

UNIVERZITA PARDUBICE
FAKULTA CHEMICKO-TECHNOLOGICKÁ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2020

Adam Barták

Univerzita Pardubice

Fakulta chemicko-technologická

Sýry – výživové hodnoty a vliv na lidské zdraví

Adam Barták

Bakalářská práce

2020

Univerzita Pardubice
Fakulta chemicko-technologická
Akademický rok: 2019/2020

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE (projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Adam Barták**
Osobní číslo: **C17239**
Studijní program: **B2901 Chemie a technologie potravin**
Studijní obor: **Hodnocení a analýza potravin**
Téma práce: **Sýry – výživové hodnoty a vliv na lidské zdraví**
Zadávající katedra: **Katedra analytické chemie**

Zásady pro vypracování

1. Proveďte literární rešerši zabývající problematikou sýrů, jejich složením a významem pro výživu člověka.
2. Definujte základní zdroje sýrů a technologické postupy jejich výroby. Popište základní složky sýrů (makroživiny i mikroživiny) a diskutujte možné zdravotní benefity a rizika spojená s konzumací sýrů různých druhů.
3. Uveďte základní kritéria pro hodnocení kvality sýrů a pokuste s i zhodnotit vybrané ukazatele konzumace sýrů v rámci ČR.

Rozsah pracovní zprávy:
Rozsah grafických prací:
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam doporučené literatury:

Podle pokynů vedoucího práce.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Martin Adam, Ph.D.**
Katedra analytické chemie

Datum zadání bakalářské práce: **5. února 2020**
Termín odevzdání bakalářské práce: **4. července 2020**



prof. Ing. Petr Kalenda, CSc.
děkan

L.S.



prof. Ing. Karel Ventura, CSc.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 20. února 2020

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 7/2019 Pravidla pro odevzdávání, zveřejňování a formální úpravu závěrečných prací, ve znění pozdějších dodatků, bude práce zveřejněna prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 1.7.2020

Adam Barták

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce doc. Ing. Martinovi Adamovi, Ph.D. za vynaložený čas, vstřícnost a cenné rady při zpracování mé bakalářské práce. Poděkování patří také rodině a přátelům, kteří mě podporovali při tvorbě této práce a v průběhu celého studia.

ANOTACE

Práce je zaměřena na chemické složení sýrů, kde jsou zmíněny jednotlivé složky sýrů. Dále se práce zabývá problematikou klasifikace sýrů, rozdělení podle technologických postupů a jejich popis, dle obsahu tuku a dle legislativy. Část práce je také věnována vlivům konzumace sýru na člověka a vědeckým poznatkům v tomto odvětví.

KLÍČOVÁ SLOVA

Složení sýrů, klasifikace sýrů, výživa

TITLE

Cheese – Nutritional Values and Impact on Human Health

ANNOTATION

This work is focused on the chemical composition of cheeses, where the individual components of cheese are mentioned. It also deals with the classification of cheeses, categorization according to technological procedures and their description, according to fat content and according to legislation. The last part of the work is devoted to the effects of cheese consumption on humans and scientific knowledge in this field.

KEYWORDS

Cheese composition; Cheese classification, Cheese Nutrition

OBSAH

| | |
|---|----|
| SEZNAM ILUSTRACÍ A TABULEK | 10 |
| SEZNAM ZKRATEK | 11 |
| ÚVOD | 12 |
| 1 SLOŽENÍ SÝRŮ | 13 |
| 1.1 <i>Bílkoviny</i> | 13 |
| 1.1.1 Laktoferin | 13 |
| 1.1.2 Peptidy | 13 |
| 1.1.2.1 Bioaktivní peptidy | 14 |
| 1.1.2.2 Kaseinové fosfopeptidy | 14 |
| 1.1.3 Volné aminokyseliny | 14 |
| 1.2 <i>Sacharidy</i> | 15 |
| 1.3 <i>Tuky</i> | 15 |
| 1.3.1 Konjugovaná kyselina linolová | 16 |
| 1.3.2 Cholesterol | 16 |
| 1.4 <i>Minerální látky</i> | 16 |
| 1.4.1 Vápník | 17 |
| 1.4.2 Fosfor | 17 |
| 1.4.3 Sodík | 17 |
| 1.4.4 Zinek a železo | 18 |
| 1.5 <i>Vitaminy</i> | 18 |
| 1.6 <i>Polyfenolické sloučeniny</i> | 19 |
| 1.7 <i>Probiotika</i> | 19 |
| 2 KLASIFIKACE SÝRŮ | 20 |
| 2.1 <i>Rozdělení podle konzistence</i> | 20 |
| 2.1.1 Čerstvé sýry | 21 |
| 2.1.2 Měkké sýry | 21 |
| 2.1.3 Polotvrdé sýry | 21 |
| 2.1.4 Tvrdé sýry | 22 |
| 2.1.5 Velmi tvrdé sýry | 22 |
| 2.2 <i>Rozdělení podle zrání</i> | 23 |
| 2.3 <i>Rozdělení podle metody koagulace</i> | 24 |
| 2.3.1 Sýry koagulované kyselé | 25 |
| 2.3.2 Sýry koagulované teplem a kyselinou | 26 |
| 2.3.3 Sýry srážené syřidlem | 26 |
| 2.4 <i>Rozdělení podle obsahu tuku</i> | 27 |
| 2.5 <i>Rozdělení dle platné legislativy</i> | 28 |
| 2.6 <i>Sýry chráněného původu</i> | 28 |
| 2.6.1 Rozsah ochrany | 29 |
| 2.6.2 Kontrolní struktury | 30 |
| 3 VLIV SÝRU NA LIDSKÉ ZDRAVÍ | 31 |
| 3.1 <i>Sýr a zubní kaz</i> | 31 |
| 3.1.1 Studie na zvířatech | 31 |
| 3.1.2 Epidemiologické studie | 32 |

| | | |
|-------|---|----|
| 3.2 | <i>Sýr a jeho vysoký obsah tuku</i> | 33 |
| 3.3 | <i>Sýr a zdravé kosti</i> | 36 |
| 3.4 | <i>Patogeny a mykotoxiny v sýrech</i> | 38 |
| 3.4.1 | <i>Listeria monocytogenes</i> | 38 |
| 3.4.2 | Mykotoxiny v sýru | 40 |
| 4 | ZÁVĚR | 41 |
| 5 | POUŽITÁ LITERATURA | 42 |

SEZNAM ILUSTRACÍ A TABULEK

| | |
|--|----|
| Obrázek 1 Vysokoučinná kapalinová chromatografie sýrů Cheddar různého věku..... | 24 |
| Obrázek 2 Průběh kyselá koagulace | 25 |
| Obrázek 3 Průběh tepelné a kyselá koagulace | 26 |
| Obrázek 4 Průběh koagulace syřidlem | 27 |
| Obrázek 5 Vratná reakce mezi zubními minerály | 31 |
| Obrázek 6 Změny sérových koncentrací | 35 |
| Obrázek 7 Porovnání koncentrace triglyridu a cholesterolu v játrech potkanů..... | 36 |
| | |
| Tabulka 1 Rozdělení sýru dle obsahu tuku v sušině..... | 27 |
| Tabulka 2 Členění sýrů na druhy, skupiny a podskupiny | 28 |
| Tabulka 3 Účinek stravy obsahující sýr na zubní kaz krys | 32 |
| Tabulka 4 Mechanismy, kterými může sýr snižovat kariogenicitu | 33 |
| Tabulka 5 Celkový obsah pevných látek a vápníku vybraných mléčných výrobků | 37 |

SEZNAM ZKRATEK

| | |
|-------|-------------------------------------|
| ANOVA | analýza rozptylu |
| BMD | hustota minerálů v kostech |
| BP | bioaktivní peptidy |
| CHD | ischemická choroba srdeční |
| CLA | konjugovaná kyselina linolová |
| CVD | kardiovaskulární onemocnění |
| FFA | volné aminokyseliny |
| GIT | trávicí trakt |
| HDL | vysokohustotní lipoprotein |
| LAB | bakterie mléčného kvašení |
| LDL | nízkohustotní lipoprotein |
| PDO | chráněné označení původu |
| SFA | nasycené mastné kyseliny |
| TFA | <i>trans</i> mastné kyseliny |
| VLDL | lipoprotein s velmi nízkou hustotou |

ÚVOD

Sýr má v lidské stravě dlouhou historii. Ve starověku byl sýr primárně koncentrovanou formou mléka s výhodou prodloužené trvanlivosti. Vysoký obsah tuku a bílkovin v sýru z něj učinil energeticky bohaté a výživné jídlo, které bylo vhodné pro naše pracovitě předky [1].

Rozdělení sýrů do skupin je velmi složité, protože s dnešní rozmanitostí technologických postupů se velká část druhů sýru sobě podobá.

Rostoucí důkazy o silné vazbě mezi stravou a různými nemocemi, jako je rakovina, kardiovaskulární onemocnění, cukrovka a osteoporóza, usměrňují zaměření výzkumu výživy ke konkrétním potravinářským výrobkům, jako je sýr, a jeho přispívání k výživě a zdraví. Sýr je potravinou bohatá na živiny konzumovaná široce v různých zemích (ve většině věkových skupin) buď sama o sobě, nebo přidávána do jídel [2].

1 Složení sýrů

Sýr představuje důležitý potravinový zdroj základních živin a sloučenin podporujících zdraví, jako jsou bílkoviny, aminokyseliny, bioaktivní peptidy, lipidy, minerály, vitaminy a polyfenolické sloučeniny. Nicméně, sýry jsou také často spojovány s vysokým obsahem tuku, nasycených mastných kyselin, *trans*-mastných kyselin, cholesterolu a solí.

Nutriční složení sýrů je dáno několika faktory, jakými jsou vlastnosti použitého mléka (záleží na četných faktorech spojených se zvířecím zdrojem, včetně druhu, plemena, fáze laktace, psychického stavu a složení stravy), podmínky výroby a zrání sýru, což má za následek širokou rozmanitost druhů sýrů celosvětově – každý se svými zřetelnými, jedinečnými sensorickými a nutričními hodnotami [3].

1.1 Bílkoviny

V závislosti na obsahu sušiny a tuku se obsah bílkovin pohybuje od 6 % (u některých tvarohových dezertů a čerstvých sýrů) do téměř 30 % (u olomouckých tvarůžků a některých tvrdých sýrů) [4]. Esenciální aminokyseliny obsažené v bílkovinách dávají sýru extrémně vysokou biologickou hodnotu a jejich stravitelnost se blíží 95 %. Jinými slovy, bílkoviny jsou téměř plně vstřebány ve střevech a poskytují aminokyseliny potřebné k vývoji organismu [5]. Kaseiny představují bohatý zdroj esenciálních aminokyselin, vápníku a fosfátů [3].

1.1.1 Laktoferin

Laktoferin je glykoprotein vázající železo, který patří do skupiny transferinů. Vyskytuje se v mléce a jiných exokrinních sekrecích u savců. U lidí a jiných savců je vysoce využíván [6]. Enzymy, jako jsou pepsin, chymosin, katepsin a další přírodní mléčné enzymy, mají potenciální proteolytický účinek na laktoferin v sýru. Tento účinek vede také k tvorbě peptidů, jako je laktofericin a laktoferampin, které vykazují antimikrobiální aktivitu. Hlavní peptid laktofericin obsahuje 25 aminokyselin z N-konce laktoferinové molekuly, které se chovají jako antivirotikum proti hepatitidě C a mají také protirakovinné účinky [7].

1.1.2 Peptidy

Chuť a skulptura sýru jsou většinou ovlivňovány proteolýzou sýrových bílkovin, což vede k tvorbě různých biologicky a nutričně bohatých peptidů a aminokyselin. Proteolytické účinky jsou většinou katalyzovány enzymy, jako jsou proteázy a peptidázy. Účinnost proteáz závisí na mnoha faktorech, jako jsou typ laktátového startovače, použitý koagulant a podmínky, při kterých sýr zraje, jako jsou například čas, teplota a vlhkost [7].

1.1.2.1 Bioaktivní peptidy

Mléčné bílkoviny jsou klíčovým zdrojem řady bioaktivních peptidů (BP), které mohou v lidském těle vykazovat hormonální regulační účinky. Tyto peptidy se uvolňují ze své mateřské bílkoviny proteolýzou v lidském těle. Produkce BP je ovlivněna startovací kulturou a podmínkami zrání sýru. Důležitou třídou BP jsou peptidy, které inhibují aktivitu enzymu konvertujícího angiotestin I, jehož inhibice vyvolává hlavně antihypertenzní účinky, ale může také modulovat imunitní obranu a aktivitu nervového systému [8].

1.1.2.2 Kaseinové fosfopeptidy

Kaseinové fosfopeptidy jsou fosforylované deriváty kaseinu, které uvolňovány *in vitro* nebo *in vivo* během enzymatické hydrolýzy α_{s1} -kaseinů, α_{s2} -kaseinů a β -kaseinů. Většina těchto peptidů má podobnou strukturu: řada tří fosfoserylů následovaná dvěma zbytky kyseliny glutamové [9].

Takové peptidy mohou interferovat s absorpcí minerálů, díky jejich schopnosti vázat a rozpouštět minerály, což napomáhá absorpci minerálů ve střevě. Kromě toho je dobře zdokumentováno, že fosfopeptidy vykazují antikariogenní účinek, inhibují poškození zubního kazu podporou rekalcifikace zubní skloviny a inhibicí adheze bakterií vytvářejících plaky. Navíc, díky své schopnosti vázat a rozpouštět minerály, byly zjištěny fosfopeptidy s dalšími příznivými účinky, jako je prevence osteoporózy, hypertenze a anémie [3].

1.1.3 Volné aminokyseliny

Výroba sýrů zahrnuje různé biochemické procesy, mezi nimiž proteolýza získává na významu při tvorbě FAA (volné aminokyseliny) a chuti sýru. Vytváří základní FAA i nepodstatné FAA ve vyšších úrovních. Struktura proteolýzy a tvorby FAA může být shrnuta následovně: zpočátku jsou kaseiny hydrolyzovány zbytkovou koagulační aktivitou udržovanou ve tvarohu, fibrinolysinem a také dalšími proteolytickými enzymy na řadu peptidů střední velikosti, které jsou hydrolyzovány proteázami a peptidázami ze startovacích bakterií mléčného kvašení, nesharbovacích bakterií mléčného kvašení a sekundární mikroflóry na kratší peptidy a aminokyseliny. Charakteristický vzorec FAA se liší podle typu sýru na základě enzymatické degradace peptidů a interkonverze aminokyselin. Koncentrace různých aminokyselin v sýru souvisí s výrobní technologií (typ sraženiny, přidávání startérů a podmínky zrání), době zrání a rozsahu a typu proteolýzy. FAA vykazují různé bioaktivní vlastnosti v různých sýrech [7].

1.2 Sacharidy

Většina sýrů vykazuje zbytkové hladiny sacharidy. Laktóza představuje hlavní sacharid v mléce, ale během výroby sýrů se ztrácí v syrovátce. Kromě toho zbytková laktóza, která je zadržena v tvarohu, se během procesu zrání fermentuje na kyselinu mléčnou. Značná část světové populace je nesnášenlivá na laktózu. Vzhledem k nedostatku enzymu laktázy potřebné pro hydrolýzu laktózy na monosacharidy je absorpce laktózy u jedinců nesnášejících laktózu narušena. V současné populaci vede nadměrný příjem laktózy k rozvoji několika příznaků, jako jsou průjem, břišní obtíže a plynatost. Zrající sýry však neobsahují laktózu, takže představují mléčný výrobek, který je vhodný pro osoby trpící laktózovou intolerancí [3]. Lidé trpící nesnášenlivostí laktózy proto mohou konzumovat sýr, který svými nezbytnými složkami, jako je vápník, přispívá ke zdravé stravě [7].

1.3 Tuky

Tuk je nezbytná součást sýru a jeho výskyt je závislý na složení mléka a procesu výroby sýru. Tuky přispívají k chuti a struktuře sýru. Typy tuků obsažených v sýru jsou triglyceridy, nasycené mastné kyseliny a nenasycené mastné kyseliny včetně mono- a poly- nenasycených mastných kyselin. Obsah mastných kyselin v mléce se liší podle zvířecího zdroje mléka [7].

Sýr představuje důležitý zdroj tuku v lidské stravě a významně přispívá k příjmu SFA (nasycené mastné kyseliny) a TFA (*trans* mastné kyseliny). Přítomnost SFA a TFA je spojena s škodlivými účinky na lidské zdraví, jako je zvýšení rizika kardiovaskulárních chorob. Ze studií vyplývá, že jednotlivé SFA a TFA mají různé biologické účinky, které nejsou ve výživových doporučeních brány v úvahu. Celkově je známé, že SFA zvyšuje celkový a nízkohustotní (LDL) cholesterol. Pouze kyseliny laurová, myristová a palmitová zvyšují obsah cholesterolu, zatímco kyselina stearová má neutrální cholesterolemický účinek. Hypercholesterolemická SFA má zřetelné cholesterolemické účinky, ale srovnávací účinek mezi takovými SFA je stále nekonzistentní. [3].

Předpokládá se, že tuk při dlouhodobé konzumaci sýrů je spojen s CVD (kardiovaskulární choroba), protože lipoproteiny ukládají tuk v těle. Rovnováha mastných kyselin ve stravě však může změnit způsob ukládání cholesterolu v těle. Hlavním nutričním problémem sýrů jsou nasycené tuky, který může zvýšit plazmatickou aterogenní LDL [7].

1.3.1 Konjugovaná kyselina linolová

Konjugovaná kyselina linolová (CLA) je potenciálně výhodnou složkou mléčných výrobků včetně sýrů. Kondenzovaná kyselina linolová je směsí polohových a geometrických izomerů kyseliny linolové, které obsahují konjugované nenasycené dvojně vazby [8].

Hlavním zdrojem CLA v potravě je mléko, další tuky z přežvýkavců a také bakterie. *Trans* mastné kyseliny, které jsou z jiných zdrojů, jako jsou hydrogenované rostlinné oleje, vykazují riziko CVD zvýšením hladiny LDL cholesterolu. V rozporu s tím bylo zjištěno, že CLA z přežvýkavců je prospěšná pro zdraví.

Mezi různé prospěšné funkce CLA patří redukce tělesného tuku, inhibice zhoubných nádorů, působení proti ateroskleróze a obezitě. Mechanismus působení CLA spočívající ve snižování tělesného tuku je poměrně složitý a multifunkční. Zahnuje zvýšení spotřeby energie, modulace cytokinů a zvýšení rychlosti beta-oxidace [7].

1.3.2 Cholesterol

Obsah cholesterolu v sýrech vyvolává obavy spotřebitelů, pokud jde o konzumaci sýrů, a to díky obecnému spojení cholesterolu v potravě se zvýšením celkového cholesterolu a LDL cholesterolu. Podle epidemiologických a klinických studií však cholesterol v potravě představuje malé riziko rozvoje kardiovaskulárních chorob, jelikož má cholesterol v potravě malý vliv na plazmatický poměr LDL/HDL [3].

Obsah cholesterolu v sýrech se pohybuje od přibližně 10 do 100 mg / 100 g, v závislosti na druhu. Je dobře známé, že příjem cholesterolu v potravě má na hladinu cholesterolu v krvi lidí mnohem menší vliv než příjem nasyceného tuku v potravě, což je významný ukazatel rizika pro srdeční choroby. Většina jedinců (80 %) vykazuje malou změnu hladiny cholesterolu v krvi v reakci na změnu příjmu cholesterolu v potravě v rozmezí 250-800 mg za den [10].

1.4 Minerální látky

Sýr je důležitým potravním zdrojem několika minerálů, zejména vápníku, fosforu a hořčíku. 100 g porce tvrdého sýru poskytuje přibližně 800 mg vápníku. Sýry srážené kyselinou mléčnou, např. Cottage, však obsahují podstatně méně vápníku než odrůdy srážené syřidlem [8].

Příznivý účinek spojený s konzumací sýrů je také spojen s jeho minerálním složením, zejména s vysokými hladinami vápníku, které vykazují pozitivní účinky na různé poruchy, konkrétně na kontrolu hypertenze, osteoporózy, obezity a zubního kazu [3].

1.4.1 Vápník

Vápník je důležitým makro minerálem pro lidské tělo a vyskytuje se hojně v sýru. Obsah vápníku v sýrech se liší podle typu. Bylo zjištěno, že je vyšší v tvrdém sýru, a to až čtyřikrát vyšší než u sýrů vyrobených z plísni a mléka. Výskyt vápníku v mléce je v různých formách vázaný na kasein, v iontové nebo v koloidní formě jako fosforečnan vápenatý.

Vápník obsažený v sýru je vysoce biologicky dostupný díky komplexům složených ze sýrových peptidů a vápníku, což zamezuje vápníku srážení a napomáhá vstřebávání ve střevě. Konzumace sýrů pomáhá zabránit zubnímu kazu zlepšením remineralizace a snížením demineralizace. Působí také jako dobrý zdroj vápníku pro osoby trpící nesnášenlivostí laktózy, protože v sýru je většina laktózy metabolizována a do značné míry odstraněna v syrovátce. Příjem vápníku je nezbytný, protože tělo demineralizuje kostní vápník, pokud je hladina vápníku v krvi nedostatečná [7].

1.4.2 Fosfor

Často diskutovanou problematikou je příjem fosfátů ve stravě. Zvláště problematický je příjem velkého množství fosfátu v tavených sýrech. Ty se proto zásadně nehodí do diety u pacientů s těžší poruchou funkce ledvin [5].

Fosfáty pomáhají udržovat pH a také zvyšují pevnost sýru zesíťováním uvnitř nebo mezi molekulami kaseinu. Hladina různých fosfátů se však u sýrů liší. Například u sýru Cheddar se hladina organického fosfátu snižuje s rostoucí dobou zrání nejpravděpodobněji v důsledku defosforylace kaseinu a fosfopeptidů.

I když fosfor je nezbytnou živinou, nadměrná konzumace fosforu s nízkým obsahem vápníku vede k různým zhoršujícím se účinkům, včetně osteoporózy. Optimální molární poměr vápníku k fosforu je 1 : 1 a ve vyvážené stravě lze tento nedostatek překonat [7].

1.4.3 Sodík

NaCl plní několik důležitých funkcí v přírodních a zpracovaných sýrech. V sýru se vyskytuje široký rozsah sodíku kvůli různým množstvím soli přidané během výroby sýrů. Obecně je obsah soli v přírodních sýrech nižší než u mnoha zpracovaných sýrů [8].

Sůl spolu s požadovaným pH, aktivitou vody a redoxním potenciálem minimalizuje kazivost sýrů a zabraňuje růstu patogenů v sýru. Člověk vyžaduje ~2,4 g sodíku, tj. ~6 g NaCl, denně a ačkoli tento požadavek lze uspokojit prostřednictvím původního obsahu Na v potravinách, přidaný NaCl je hlavním zdrojem moderní západní stravy. Ve skutečnosti západní strava

obsahuje dvakrát až třikrát více sodíku, než je nezbytné, a nadměrný příjem sodíku má toxické nebo alespoň nežádoucí fyziologické účinky. Nejvýznamnější z nich jsou hypertenze a zvýšené vylučování vápníku, což může vést k osteoporóze [11].

Aby se však uspokojily obavy spotřebitelů ohledně vysoké úrovně příjmu sodíku, byly vyvinuty různé druhy sýrů se sníženým obsahem sodíku. Byly zkoumány různé přístupy ke snížení obsahu sodíku v sýru, jako je snížení přidaného množství NaCl, částečné nebo úplné nahrazení NaCl jinými solemi, jako jsou KCl, MgCl₂ a CaCl, přídavek látek zlepšujících chuť. Celkově tyto přístupy vedly k pozitivním výsledkům, přičemž se vyráběly sýry se sníženým obsahem sodíku, které spotřebitelé dobře přijímali. Velké snížení soli však vede k tvorbě sýrů s nežádoucími sensorickými vlastnostmi [3].

1.4.4 Zinek a železo

Sýr má nízký obsah železa a zinku. Za účelem zvýšení nutriční hodnoty sýru a jeho přispění k příjmu železa a zinku bylo zkoumáno obohacování sýrů těmito minerály. Několik druhů sýrů bylo s těmito minerály úspěšně obohaceno bez významných účinků na jejich smyslové vlastnosti. Vyšší úrovně obohacení však vedou ke změnám sensorických vlastností sýru, což může ovlivnit přijatelnost výrobku pro spotřebitele [3].

1.5 Vitaminy

Sýry jsou také dobrým zdrojem většiny vitaminů, především vitaminů rozpustných v tucích, tj. vitaminů A, D a E, a některých vitaminů skupiny B, zejména vitaminu B₂ [5].

Koncentrace lipofilních vitaminů v sýru je ovlivněna stejnými faktory, které ovlivňují obsah tuku. Většina vitaminu A (80-85 %) v mléčném tuku je zadržena také v tuku sýru. Koncentrace ve vodě rozpustných vitaminů v sýru je obecně nižší než v mléce kvůli ztrátám v syrovátce. Ztráta některých vitaminů B je do jisté míry kompenzována mikrobiální syntézou během zrání sýru. Zejména bakterie *Propionibacterium freudenreichii* syntetizují významné hladiny vitaminu B₁₂ v sýrech švýcarského typu. Obecně je většina sýrů dobrým zdrojem vitaminu A, vitaminu B₂, vitaminu B₁₂ a v malém rozsahu folátu. Sýr obsahuje zanedbatelné množství vitaminu C [12].

Některé vitaminy jsou široce distribuovány v potravinách a nedostatek takových vitaminů v lidské stravě je nepravděpodobný. Pro jiné vitaminy je však k dispozici jen velmi málo přírodních zdrojů, jako je tomu u vitaminu D, což může vést k jejich nedostatečnému příjmu. Dobré strategie pro dosažení přiměřeného příjmu vitaminů A a C a zejména vitaminu D bylo zkoumáno obohacení již běžně konzumovaných potravin. Obohacení běžně konzumovaných

potravin pro dosažení přiměřeného příjmu vitaminů A, C a zejména vitaminu D se jeví jako dobrá obchodní strategie. Celkově výsledky ukázaly, že obohacení sýrů vitaminy může být úspěšné, aniž by došlo ke zhoršení jejich sensorických vlastností [3].

1.6 Polyfenolické sloučeniny

V posledních letech získaly polyfenolické sloučeniny velkou pozornost díky svým potenciálním prospěšným vlastnostem pro lidské zdraví. Polyfenolické sloučeniny vykazují různé biologické aktivity, včetně ochrany proti oxidačnímu stresu a několika degenerativním onemocněním. V důsledku příznivých zdravotních účinků spojených s konzumací polyfenolů jsou tedy požadovány potraviny obohacené o tyto sloučeniny, včetně sýrů [3].

Několik studií ukázalo, že využití zdrojů potravy bohatých na polyfenoly ve výživě přežvýkavců kromě toho, že může změnit chemické složení mléka, včetně jeho profilu mastných kyselin, může také vést k přenosu různých polyfenolických sloučenin v krmivu do mléka a mléčných výrobků. Na druhé straně bylo také zkoumáno přidání jednotlivých fenolických sloučenin nebo extraktů bohatých na polyfenolické sloučeniny. Oba přístupy se zdají být proveditelné ke zlepšení nutriční hodnoty sýrů. Nicméně, nezávisle na jejich původu, mají polyfenolické sloučeniny silný vliv na sensorické vlastnosti sýru a při vysokých hladinách mohou vést k nežádoucím změnám chuti a barvy sýrů [3].

1.7 Probiotika

Probiotika je termín používaný pro podávání živých mikroorganismů v potravě, které mají v našem těle určitou funkci zlepšující zdraví. Různé zdraví podporující funkce probiotických bakterií zahrnují posílení imunitního systému, snížení LDL cholesterolu, antikarcinogenní účinky a tak dále. Některé LAB (bakterie mléčného kvašení), jako je *Pediococcus Lactobacillus*, inhibují růst toxinogenní plísně produkcí určitých antimetabolitů, jako jsou hydroxylové mastné kyseliny a peroxid vodíku. Sýr působí jako dobrý zdroj pro dodání probiotických organismů, protože působí jako pufr a vytváří kyselé prostředí, které je příznivé pro přežití probiotik v GIT (trávicí trakt) [7].

Konzumace sýrů s probiotickými bakteriemi má různé účinky na zdraví, jako je zvýšení sekrece slin, a tím zvýšení zdraví ústní dutiny snížením hyposalivace a sucha v ústech. Sýr s určitými druhy LAB může také snížit produkci určitých toxinogenních mikrobusů produkcí určitých metabolitů. Některé druhy sýrů LAB vykazují antigenotoxické vlastnosti a antimutagenní vlastnosti, což může snížit riziko rakoviny [7].

2 Klasifikace sýrů

Většina sýrů se vyrábí ze stejných surovin (obvykle ovčí, kozí nebo kravské mléko, bakterie mléčného kvašení, koagulant a NaCl). Říká se, že existuje sýr pro každou chuťovou preferenci a chuťová preference pro každý sýr [3].

Sandine a kol. [13] popsali více než 1000 druhů sýru. Mnoho druhů si je však ve skutečnosti dosti podobných, pokud jde o jejich složení, chuť, strukturu a výrobní technologii. Proto by měly být považovány spíše za varianty než druhy. Byly učiněny pokusy o klasifikaci druhů sýrů, ale všechny mají svá určitá omezení [8]. Bylo navrženo několik schémat klasifikace sýrů, které mají napomáhat mezinárodnímu obchodu a poskytovat informace o složení a výživě. Základem takové klasifikace je stáří, druh mléka, země původu, proces zrání a přísady, vlhkost a tučnost, celkový vzhled, textura nebo reologické vlastnosti. Žádné z uvedených schémat však není samo o sobě úplné. Je velmi obtížné uspokojivě rozdělit různé sýry do skupin [14].

2.1 Rozdělení podle konzistence

Cílem výroby sýru je ovlivnit rozpustnost bílkovinné frakce ve vodě, dokud enzymaticky nebo kyselé nevznikne tuhá hmota. Během tohoto výrobního procesu se obsah vlhkosti sýru snižuje, a to zejména během stárnutí. Se stářím jsou sýry sušší a těžší. Sýry klasifikované podle obsahu vlhkosti se označují jako čerstvé, měkké, polotvrdé, tvrdé a velmi tvrdé.

- **Čerstvé sýry**, také nazývané čerstvé venkovské sýry, jsou měkké, bělavé barvy a mírné chuti. Kazí se velmi rychle, protože jejich obsah vlhkosti je přes 80 procent a nezrají. Tento typ sýru zahrnuje Cottage cheese, smetanový sýr, Riccotu a sýr Feta.
- **Měkké sýry**, jako jsou Brie, Camembert a mnoho hispánských sýrů, zrají jen po krátkou dobu. Obsah vody je od 50 až do 75 procent.
- **Polotvrdé sýry** obsahují 40 až 50 procent vlhkosti. Nejznámější zástupci jsou Roquefort (sýr s modrou plísní), Muenster, Gouda, Eidam, Port du Salut, Gorgonzola a Stilton.
- **Tvrdé sýry**. Obsah vlhkosti tvrdých sýrů se pohybuje od 30 do 40 procent. Čedar a švýcarský sýr jsou zástupci tvrdých sýrů.
- **Velmi tvrdé sýry**. Parmesan a Romano jsou řazeny mezi nejtvrděší sýry. Velmi tvrdé sýry se nedají snadno krájet, ale zato se dají snadno nastroumat nebo rozdrobit. Zrají nejdéle a mají obsah vody přibližně 30 procent [15].

2.1.1 Čerstvé sýry

Čerstvé sýry jsou nezrající sýry, které se vyrábějí koagulací mléka, smetany nebo syrovátky za použití kyseliny mléčné, kombinace kyseliny a syřidla nebo kombinace kyseliny a tepla. Čerstvé sýry jsou připraveny ke spotřebě ihned po výrobě. Ve většině zemí a kultur existuje tradiční forma čerstvého sýru [16].

Existuje řada odrůd čerstvého sýru a v mnoha zemích je spotřebováno značné množství. Sýry se mohou lišit podle druhu mléka, obsahu tuku a výrobních prostředků. Čerstvý sýr má obecně roztíratelnou nebo dokonce zrnitou strukturu [17].

Ve srovnání s většinou zrajících sýrů, čerstvé sýry mají obecně nízký obsah sušiny, a tedy i nízký obsah tuku a vysoký obsah laktózy. Protože je většina vápníku během koagulace kyselin rozpuštěna a odstraněna se syrovátkou, čerstvé sýry mají mnohem menší obsah vápníku než ty s přídavkem syřidla.

Smetanový sýr, sýr Cottage, tvaroh, Fromage a Ricotta jsou nejznámější druhy [16].

2.1.2 Měkké sýry

Sýry zrající povrchovou plísní jsou obvykle měkké variace charakterizované růstem bílé plísně *Penicillium camemberti* na povrchu sýru. Povrchová flóra je často složitější, zejména u sýrů vyrobených ze syrového mléka tradičními technologiemi [10].

Brie a Camembert jsou druhy tzv. zrajících sýrů z plísní a vyrábějí se z plnotučného nebo polotučného odstředěného kravského mléka, do kterého se přidává syřidlo. Po koagulaci a po sražení se do nich vstříkuje infuze *Penicillium candidum* nebo *Penicillium camemberti*. Mikrobiální dynamika během zrání Brie a Camembertu je složitá, což může mít za důsledek sled různých typů mikroorganismů, jako jsou kvasinky, plísně a bakterie mléčného kvašení, přičemž každá z nich převládá v jiných hodnotách pH a různých fázích zrání [3].

2.1.3 Polotvrdé sýry

Polotvrdé sýry tvoří velmi rozsáhlou skupinu produktů. Polotvrdá skupina sýrů je tedy heterogenní a rozdíl mezi touto a ostatními skupinami sýrů nemusí být úplně zřetelný [10]. Polotvrdé sýry jsou pravděpodobně největší skupinou známých sýrů. Produkce se obvykle provádí koagulací syřidlem, po mírném okyselení mléka kyselinou mléčnou z přidané nebo náhodné startovací kultury. Obvykle tyto sýry zrají 15 dní až 3 měsíce.

Mnoho tradičních PDO (chráněné označení původu) sýrů jsou druhy polotvrdému původu a v Evropě jsou považovány za důležitou součást kulturního dědictví v místech, kde se vyrábějí.

Polotvrdé sýry také zahrnují také tzv. „insdutriální“ sýry, které se na rozdíl od PDO sýrů vyrábějí ve výrobních závodech s velkovýrobou. Rozvíjející se vědecké znalosti, které začaly objevy Pasteura, a technologický vývoj v oblasti mléka a mléčných výrobků umožňovaly výrobu sýrů ve více řízených a směřovaných procesech ve velkých závodech. Tyto sýry lze často považovat za ty, které mají slabší chuť ve srovnání s PDO, jsou však nejdostupnější, a tedy nejvíce konzumované zejména ve velkých městských oblastech po celém světě [3].

2.1.4 Tvrdé sýry

Tvrdě lisované druhy zahrnují jedny z nejvíce komerčně důležitých sýrů vyráběných po celém světě. V této skupině existuje určitá heterogenita v technologii výroby sýrů, a to, zda je sýr považován za tvrdý sýr, není vždy jasné. Tvrdé odrůdy však obvykle mají obsah vlhkosti v rozmezí 30 až 40 % a během výroby jsou vystaveny vysokému tlaku, aby měly tvrdou, jednotnou a hustou texturu [10].

Tvrdé sýry spadají do jedné ze dvou kategorií. Lisovaný nevařený sýr se lehce lisuje po dobu několika hodin a konzumuje se od jednoho týdne, kdy je stále jemný a pružný. Dohřívání a lisované sýry se zahřívají v syrovátce a poté se lisují. Různé teploty mají za důsledek různé výsledky. Mezi další metody patří mletí sýřeniny mezi řezáním a lisováním, aby se vyloučila další syrovátka a vytvořila se jemnější textura; namáčení ve slaném nálevu pro dosažení silné kůrky; nebo mytí sýřeniny v horké vodě, aby se spařila, čímž se vytvoří pružná textura [18].

2.1.5 Velmi tvrdé sýry

Většina velmi tvrdých druhů, které zrají pomocí bakterií zevnitř, pochází z Itálie. Guinee a Fox (1987) seskupili extra tvrdé sýry italského typu do 3 podkategorií: Parmesan a příbuzné odrůdy, Asiago a Romano. Tyto sýry obvykle zrají po dlouhou dobu (2 roky nebo více) a často mají tvrdou zrnitou strukturu. Tvrdá struktura těchto sýrů vyplývá z použití polotučného odstředěného mléka při jejich výrobě, vysoké teploty zahřívání a odpařování vlhkosti během zrání [10].

Znalci sýru považují Parmasan za nejlepší sýr. Označení PDO uvádí, že sýr označovaný jako Parmesan, musí být vyroben z mléka krav pasoucích se na čerstvé trávě a seně. Parmesan má tvrdou, drsnou strukturu a má ovocnou a ořechovou chuť a většinou se konzumuje nastrouhaný s těstovinami nebo se používá v polévkách a rizotu. Může být také svačinou. Celková doba zpracování může trvat až 2-4 roky [3].

Asiago se vyrábí v provincii Vicenta v Itálii z částečně odstředěného syrového kravského mléka. Pro koagulaci mléka se používá pasta ze syřidla a pro okyselení se přidává přírodní

syrovátkový startér. Sýry zrají různě dlouho, a to v závislosti na požadované intenzitě chuti. Zralé Asiago má tvrdou, zrnitou strukturu [10].

Sýry římského typu jsou důležitými členy extra tvrdé skupiny. Italské sýry Pecorino Romano se vyrábějí z ovčího mléka za použití termofilního spouštěče. Jako koagulant se používá pasta ze syřidla. Vysoká lypolytická aktivita syřidlové pasty vede k silné, mírně žluklé chuti ve zralém sýru. Směs tvarohu a syrovátky se zahřívá na 45 až 48 °C a syrovátka se poté odstraní. Bloky tvarohu se umístí do forem a lehce se lisují před solením nebo sušením. Sýry zrají asi 8 měsíců. Sýr Pecorino Romano se obvykle nastrouhá a používá se jako dochucovadlo [10].

2.2 Rozdělení podle zrání

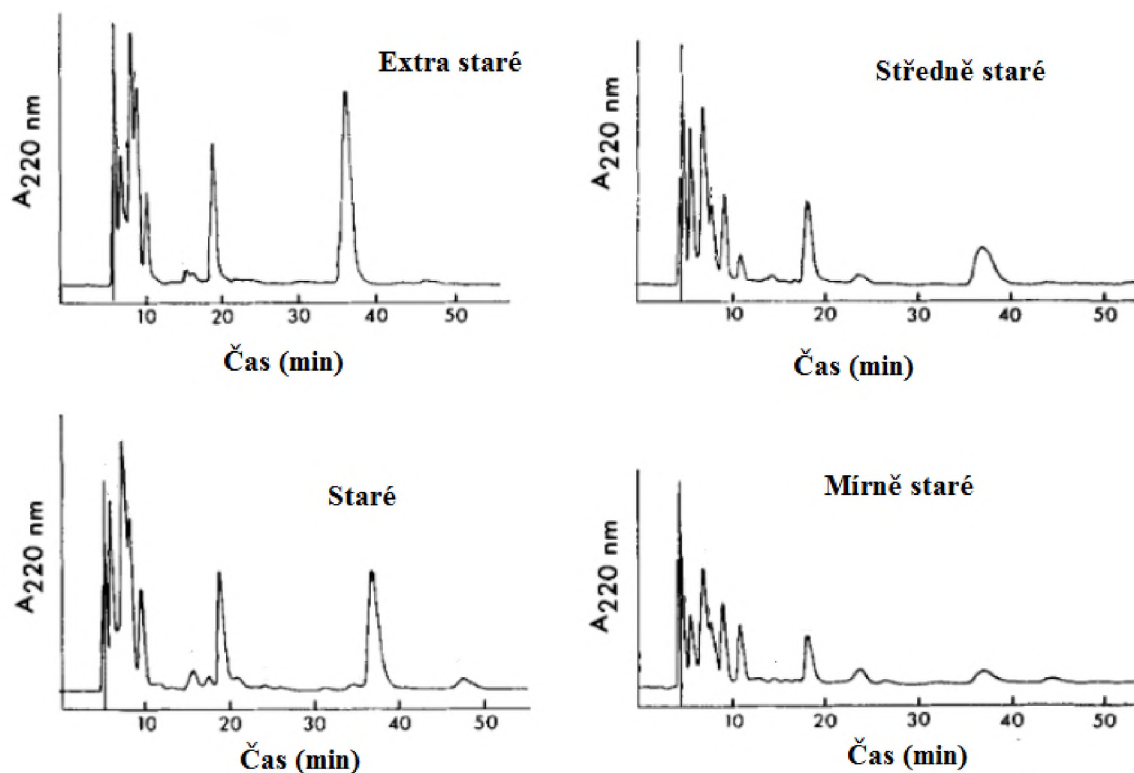
Zrání sýrů v zásadě zahrnuje rozklad bílkovin, lipidů a uhlovodíků, který uvolňuje aromatické sloučeniny a modifikuje strukturu sýru. Hlavními činidly zrání jsou mléčné enzymy (plazmin a lipoproteinová lipáza), mléčné koagulanty, startovací mléčná kultura, sekundární kultura a urychlovače zrání. Proces zrání sýru je velmi složitý a zahrnuje mikrobiologické a biochemické změny, což má za následek chuťové a texturní vlastnosti daného druhu. Mezi mikrobiologické změny během zrání patří zánik a rozklad buněk zahajujících zrání, což jsou bakterie mléčného kvašení a sekundární mikroflóra u mnoha druhů sýrů. Plísně v plísňových sýrech a složitá grampozitivní bakteriální mikroflóra ve vzorkách sýrů mají velký vliv na chuť a strukturu sýru. Biochemické změny, ke kterým dochází během zrání, lze rozdělit do primárních dějů, které zahrnují metabolismus zbytkové laktózy, laktátu a citrátu (glykolýza), lipolýzu a proteolýzu. Po primárním vývoji dochází k sekundárním biochemickým dějům, které jsou zodpovědné za vývoj mnoha těkavých aromatických sloučenin zrajících druhů sýrů [19].

Davis [20x] navrhl možnost klasifikace sýrů podle rozsahu chemického rozkladu během zrání a domníval se, že během několika let (od roku 1965) bude možné klasifikovat sýry na základě chemických otisků prstů. Téměř o 55 let později to stále není možné spolehlivě, přestože v této oblasti bylo dosaženo značného pokroku. Zřejmý problém, který se objevuje při pokusech o chemické otisky prstů sýru, vyplývá ze skutečnosti, že zrání sýrů je dynamický systém. Proto stáří, ve kterém jsou sýry analyzovány, představuje v definici hlavní problém [16].

Jako příklad stanovení stáří sýrů lze uvést studii, kterou publikovali Phan a Nakai [21].

Vodné extrakty ze 41 vzorků sýru Cheddar různého stáří byly analyzovány vysokoúčinnou kapalinovou chromatografií na koloně C₈ Adsorbosphere s reverzní fází. Jako mobilní fáze byl použit 0,1M fosfátový pufr při pH 6,0. Postupnou analýzou byly sýry klasifikované jako mírně

staré, středně staré, staré a extra staré. Pro klasifikaci neznámých vzorků z jejich chromatografických dat byly vypočteny diskriminační funkce. Většina píků identifikovaných vysokoúčinnou kapalinovou chromatografií sestávala z produktů degradace bílkovin, uvedených na obrázku 1 [21].



Obrázek 1 Vysokoúčinná kapalinová chromatografie sýrů Cheddar různého stáří
Kolona C₈ Adsorbosphere RP, eluční podmínky: průtoková rychlost 0,5 ml/min, teplota 20 °C,
mobilní fáze 0,1 M fosfátový pufr, pH 6,0 [21]

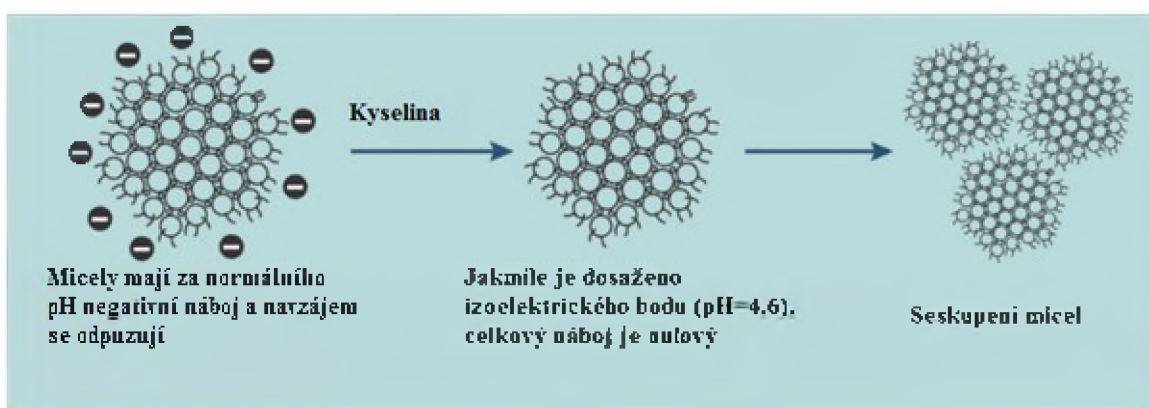
2.3 Rozdělení podle metody koagulace

Proces přeměny mléka na sýr se skládá ze tří hlavních kroků: koagulace, odvodnění a rafinace. Koagulace mléka je klíčovým krokem, který je ovlivněn hlavně bílkovinným složením mléka a který silně ovlivňuje účinnost výroby sýrů. Pro správnou výrobu sýru musí mít mléko vyhovující reaktivitu se syřidlem, vytvářet tuhý tvaroh a mít vyhovující synerezi (umožnit vyloučení velkého množství syrovátky, když je vytvořena sraženina). Během zpracování mléka na sýr se tuk a kasein zahušťují, zatímco ostatní složky mléka, zejména voda, se odstraňují. Vignola [22] definoval koagulaci mléka jako destabilizaci kaseinových micel, které se vločkují a agregují za vzniku gelu obklopujícího rozpustné složky mléka [23].

Kaseiny jsou fosfoproteiny neboli bílkoviny s fosforem. V mléce se vyskytují β -kasein, α_{s1} - kasein, α_{s2} - kasein, γ -kasein a κ -kasein. Tyto kaseiny vykazují významnou mikroheterogenitu v důsledku genetické variace a posttranslační glykosylace a fosforylace. V mléce se kaseiny vyskytují převážně ve asocičních koloidech nazývaných kaseinové micely, které zahrnují micelární fosforečnan vápenatý, který přispívá k integritě a stabilitě micel. Enzymatická destabilizace kaseinových micel nebo úprava jejich izoelektrického bodu (pH 4,6) může vést ke koagulaci nebo gelovatění. α - a β - kaseiny, které jsou silně hydrofobní, jsou uspořádány uvnitř, zatímco κ -kasein je distribuován hydrofobní částí směrem dovnitř a hydrofilní částí směrem ven, čímž poskytuje stabilitu kaseinové micely [24].

2.3.1 Sýry koagulované kyselé

Sýry koagulované kyselé se vyrábějí z mléka nebo smetany okyselením na pH přibližně 4,6, což způsobuje koagulaci kaseinů v jejich izoelektrickém bodě [10]. Kyselá koagulace, uvedená na obrázku 2, bakteriálním růstem vyžaduje hodně času, dokonce i při optimální teplotě. Kyselinu lze samozřejmě také přidat přímo, a to například kyselinu mléčnou nebo kyselinu chlorovodíkovou. To způsobuje, že srážení mléka začíná již během přidávání kyseliny, což má za následek vznik tvarohových částic s velmi proměnlivým tvarem a velikostí. Spíše než kyselina může být přidán lakton, který je pomalu hydrolyzován za vzniku kyseliny. Tímto způsobem lze získat homogenní gel. Alternativně může být kyselina přidána do studeného mléka, tj. při přibližně 5 °C. Stejně jako při srážení syřidlem nedochází při nízké teplotě ani ke kyselé koagulaci. Po okyselení se mléko rovnoměrně zahřeje, aby se zajistila nerušená tvorba gelu [17]. Sýry koagulované kyselé se vyznačují vysokým obsahem vlhkosti a obvykle se konzumují brzy po výrobě [10].



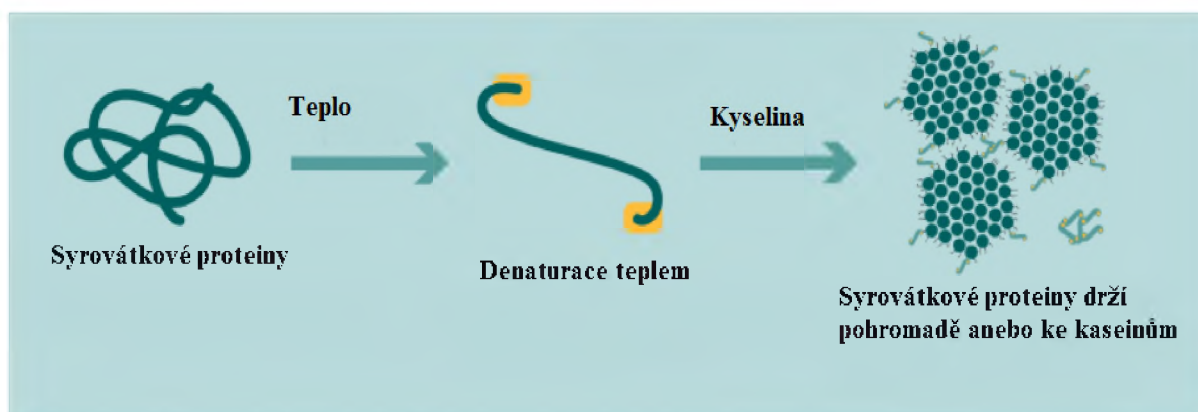
Obrázek 2 Průběh kyselá koagulace [25]

2.3.2 Sýry koagulované teplem a kyselinou

Pouze malá skupina sýrů se vyrábí kombinací teplé a kyselé koagulace, která je uvedena na obrázku 3 [10].

Zahřívání mléka samo o sobě nezpůsobuje srážení nebo koagulaci. Je jisté, že značná část bílkovin v séru se stane nerozpustnou v závislosti na čase a teplotě zahřívání. Tyto bílkoviny se do velké míry spojují s kaseinovými micelami a následně ztuhnou po koagulaci syřidlem nebo kyselé koagulaci a synerézou [17]. Koagulace při vysokých teplotách vyžaduje méně okyselení, takže výsledný sýr je mnohem méně kyselý s pH v rozmezí 5,2 až 6,0 [25].

Zahřívání může být použito k získání laktalbuminu ze syrovátky. Bílkovina se potom přidá do syrového mléka, toto se někdy používá při výrobě měkkých sýrů. Alternativně může být koagulum bohaté na bílkoviny získané z kyselé syrovátky pomocí tepelné denaturace. Zpracováno jako takové, aby se dosáhlo produktu bohatého na bílkoviny, někdy označovaného jako syrovátkový sýr [17].



Obrázek 3 Průběh tepelné a kyselé koagulace [25]

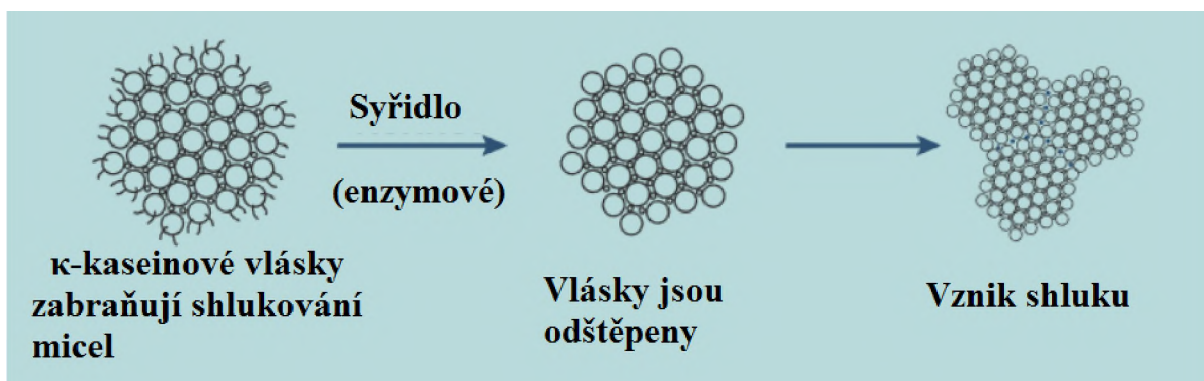
2.3.3 Sýry srážené syřidlem

Syřidlo je obecný termín pro proteázové přípravky používané ke koagulaci mléka. Většina proteáz koaguluje mléko za vhodné teploty a pH. Avšak většina enzymů je příliš proteolytických vzhledem k jejich srážlivosti mléka, a tak hydrolyzují koagulum příliš rychle, což vede ke ztrátám krátkých peptidů v syrovátce (a tím ke snížení výtěžku sýru) a k produkci hořkých peptidů. Syřidla se získávají z mnoha zdrojů a obsahují jednu nebo více proteáz [8].

Sýry srážené syřidlem představují 75 % celkové produkce sýrů a téměř všechny zrající sýry [10]. Existuje velká rozmanitost sýrů srážených syřidlem, a proto musí být dále klasifikovány. Druhy srážené syřidlem se dělí na relativně homogenní skupinu na základě

charakteristik zrání činidel anebo výrobní technologie. Nejrozmanitější skupina sýrů srážených syřidlem je ta, která zahrnuje vnitřně bakteriálně zrající sýry, které se zařazují mezi většinu tvrdých a polotvrdých sýrů. Tato skupina může být rozdělena podle obsahu vlhkosti (extra tvrdá, tvrdá a polotvrdá) a podle toho, zda sýr má oka. Většina odrůd zařazených do skupin jiných než vnitřně vyzrálé sýry jsou měkké nebo polotvrdé [10].

Koagulace mléka vyvolaná syřidlem, která je uvedena na obrázku 4, je ve skutečnosti dvoustupňový proces. Primární fáze zahrnuje specifickou enzymatickou modifikaci kaseinových micel za vzniku paracaseinových micel, které se agregují v přítomnosti Ca^{2+} při teplotách nad 20 °C. Na agregaci micel se změnou syřidla se odkazuje jako na sekundární fázi koagulace [10].



Obrázek 4 Průběh koagulace syřidlem [25]

2.4 Rozdělení podle obsahu tuku

V sýrařství se u většiny výrobků neudává absolutní tučnost, ale obsah tuku v sušině, jak je vidět v tabulce 1 [26].

Tabulka 1 Rozdělení sýru dle obsahu tuku v sušině [26]

| Skupina sýrů | Obsah tuku v sušině (%) |
|--------------|-------------------------|
| nízkotučné | <30 |
| polotučné | 30-45 |
| plnotučné | 45-55 |
| vysokotučné | 55-70 |

2.5 Rozdělení dle platné legislativy

Sýry tvoří velmi početnou a různorodou skupinu výrobků, které se třídí podle různých kritérií. Ve výše uvedené kapitole byly druhy sýrů děleny podle způsobu výroby. Spotřebitel se však setkává s tříděním a názvoslovím sýrů nejen podle způsobu výroby, ale i podle obsahu tuku a vzhledu. Na etiketě sýru (a stejně tak tvarohu) musí být uveden druh, skupina a podskupina, které jsou uvedeny v tabulce 2, podle vyhlášky Ministerstva zemědělství č. 77/2003 Sb. pro mléko a mléčné výrobky, mražené krémy, jedlé tuky a oleje, ve znění platných předpisů [5].

Tabulka 2 Členění sýrů na druhy, skupiny a podskupiny [5]

| druh | skupina | podskupina |
|------|-------------|----------------------------|
| sýr | přírodní | nezrající |
| | | termizovaný |
| | | zrající |
| | | zrající pod mazem |
| | | zrající v celé hmotě |
| | | s plísní na povrchu |
| | | s plísní uvnitř hmoty |
| | | dvouplísňový |
| | | v solném nálevu, bílý |
| | | extra tvrdý (ke strouhání) |
| | | tvrdý |
| | | polotvrdý |
| | | poloměkký |
| | | měkký |
| | tavený | nízkotučný (roztíratelný) |
| | tavený | vysokotučný (roztíratelný) |
| | syrovátkový | |

2.6 Sýry chráněného původu

Dne 14. 12. 2012 bylo v Úředním věstníku Evropské unie zveřejněno nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 1151/2012 ze dne 21. listopadu 2012 o režimech jakosti zemědělských produktů a potravin [27], které vstupuje v platnost dvacátým dnem po vyhlášení, tj. 3. 1. 2013 s tím, že ustanovení čl. 12 odst. 3 a čl. 23 odst. 3 se použijí až ode dne 4. 1. 2016.

Nařízení obsahuje pravidla poskytování ochrany zeměpisným označením a označením původu pro zemědělské výrobky určené pro lidskou spotřebu, uvedené v příloze II Smlouvy o založení Evropského společenství, a také pro potraviny a zemědělské produkty, uvedené v příloze. Nařízení se týká těchto potravin a produktů: maso a masné produkty, sýry, další produkty

živočišného původu, oleje a tuky, ovoce, zelenina a cereálie, ryby, měkkýši a korýši, koření, pivo, čokoláda a odvozené produkty, chléb, pečivo a další pekárenské a cukrářské produkty, nápoje připravené z rostlinných výtažků, těstoviny, sůl, přírodní gumy a pryskyřice, hořčičná pasta, seno, vonná silice, korek, košenila, květiny a okrasné rostliny, bavlna, vlna, proutí, třený len, kůže, kožešiny a peří.

Chráněné označení původu je název, který identifikuje produkt pocházející z určitého místa, regionu nebo země, jehož jakost nebo vlastnosti jsou převážně nebo výlučně dány konkrétním zeměpisným prostředím s jeho vlastními přírodními a lidskými činiteli a u něhož všechny fáze produkce, tj. produkce, zpracování a příprava, probíhají ve vymezené zeměpisné oblasti. Vyžaduje se tedy úzká vazba na oblast původu. Chráněné zeměpisné označení je název, který identifikuje produkt pocházející z určitého místa, regionu nebo země, a jehož danou jakost, pověst nebo jinou vlastnost, kterou lze přičíst především tomuto zeměpisnému původu a u něhož alespoň jedna fáze produkce, tj. produkce, zpracování nebo příprava, probíhá ve vymezené zeměpisné oblasti.

Rozdíl mezi označením původu a zeměpisným označením tedy spočívá zejména v požadované intenzitě vazby produktu na dané zeměpisné prostředí. Zatímco u označení původu se vyžaduje vazba velmi silná, pro zeměpisné označení postačí, aby alespoň jedna fáze produkce probíhala v příslušném místě, regionu nebo zemi, přičemž minimálně pověst produktu musí být přičitatelná jeho zeměpisnému původu.

2.6.1 Rozsah ochrany

Zapsaná označení jsou chráněna proti: přímému nebo nepřímému obchodnímu užití zapsaného označení na produktech, na které se zápis nevztahuje, pokud jsou tyto produkty srovnatelné s produkty zapsanými pod tímto názvem, nebo (tam, kde výrobky nejsou srovnatelné) pokud užívání označení těží z dobré pověsti chráněného označení; to platí i pro případy, kdy jsou tyto produkty používány jako přísada; každému zneužití, napodobení nebo připomínání, i když je skutečný původ výrobku uveden nebo i když je chráněný název přeložen nebo provázen výrazem „druh“, „typ“, „způsob“, „jak se vyrábí v“, „napodobenina“ apod., včetně případů, kdy jsou tyto produkty používány jako přísada; každému jinému nepravdivému nebo zavádějícímu údaji o provenienci, původu, povaze nebo základních vlastnostech produktu, uvedenému na obalu, reklamních materiálech apod., způsobilému vyvolat nepravdivý dojem o jeho původu; všem ostatním praktikám způsobilým uvést spotřebitele v omyl ohledně

skutečného původu produktu. Tento bod byl úmyslně formulován obecně, aby zaplnil případné mezery v podrobněji formulovaných ustanoveních.

2.6.2 Kontrolní struktury

Nařízení by nemělo valného smyslu bez účinného kontrolního mechanismu. Funkcí orgánů příslušných k provádění úředních kontrol je zabezpečit, že produkty nesoucí chráněné označení splňují požadavky uvedené ve specifikacích, a zajistit, aby byla respektována ochrana práv jejich oprávněných uživatelů [27].

V České republice jsou takto chráněny především Niva a Olomoucké tvarůžky, v Itálii Gorgonzola, Parmigiano reggiano, Mascarpone a Mozzarella, v Nizozemsku Eidam a Gouda, ve Velké Británii Cheddar, ve Francii Camembert a Brie a v Řecku Feta.

3 Vliv sýrů na lidské zdraví

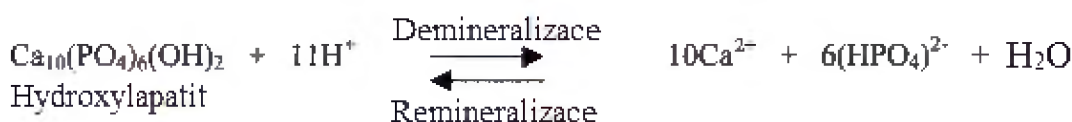
Vysoká koncentrace esenciálních aminokyselin v sýru přispívá k růstu a vývoji lidského těla. Přes přítomnost značného množství nasycených a *trans* nenasycených mastných kyselin však neexistuje jasný důkaz vzniku nemoci z konzumace sýrů. Konjugovaná kyselina linolová a sfingolipidy přítomné v sýru mohou mít antikarcinogenní vlastnosti. Je známé, že vysoká koncentrace vápníku v sýru přispívá k tvorbě a udržení silných kostí a zubů, ale také vykazuje pozitivní vliv na krevní tlak a pomáhá při hubnutí v kombinaci s nízkoenergetickými dietami. Sýr je důležitý mléčný výrobek a je nedílnou součástí zdravé výživy vzhledem k jeho podstatnému přínosu pro lidské zdraví. V poslední době je lidská strava spojována s různými chorobami, jako jsou cukrovka, obezita, kardiovaskulární diáza, osteoporóza nebo rakovina, a zaměření výzkumu výživy se posunulo do oblasti specifických složek potravin, které přispívají ke zdravé výživě [1].

3.1 Sýr a zubní kaz

Vzhledem k výrazné všudypřítomnosti zubního kazu u dětí, dospělých a starších osob by bylo užitečné více porozumět mechanismům odpovědným za antikariogenní vlastnosti sýru.

Počty studií antikariogenních účinků rostly v posledních letech, zejména s vědomím, že potraviny, jako jsou mléko a sýr, mohou nejen snížit účinky kyselin, ale také mohou pomoci obnovit sklovinu, která mohla být poškozena při konzumaci jídla.

Remineralizace, uvedená na obrázku 5, se přirozeně vyskytuje v ústech, protože sliny obsahují ionty vápníku a fosfáty v koncentracích, které představují přesycení vzhledem ke sklovině. Pokud jsou zuby udržovány v téměř neutrálním prostředí, zdá se, že dochází k mineralizaci a předem vytvořené léze mají tendenci remineralizovat. Řada výzkumných pracovníků skutečně oznámila zlepšení remineralizace *in vitro* a *in situ* u roztoků nebo potravin obsahujících vápník a anorganický fosforečnan [28].



Obrázek 5 Vratná reakce mezi zubními minerály (hydroxyapatit) a kyselinou (H^+) [28]

3.1.1 Studie na zvířatech

Studie primárně s laboratorními krysami odhalily ochranné účinky sýru při tvorbě zubního kazu, podporující výsledky měřením pH plaku u lidí. König a kol. [29] ukázali, že když byl sýr

Emmentaler přidán do potravy kryš, vyvinul se u nich méně závažný kaz než u kryš se stravou bez sýru. Edgar a kol. [30] získali podobné výsledky. Tito výzkumníci krmili krysy sýrem Čedar po 12 z 22 prodaných jídel a našli méně kazů u zvířat, které byly krmeny sýrem, než u zvířat, která nedostávaly žádný sýr [28].

Rosen S a kol. [31] ukázali, že mladé sýry Čedar (mladší než 1 měsíc) a zralé (mladší než 6 měsíců), pokud byly podávány samostatně (živiny byly podávány intubací žaludku), způsobovaly velmi málo kazu ve srovnání s kontrolní stravou obsahující pouze sacharózu. Nárůst zubního kazu u zvířat krmených sýrem s 20% sacharózou nebyl statisticky významný, ale podstatně se lišil od pozorování u kryš krmených kontrolní stravou obsahující sacharózu bez sýru. Krysy byly na začátku experimentu naočkovány *Streptococcus mutans* a na konci byly stanoveny hladiny bakterií. Data uvedená v tabulce 3 ukázala, že procentuální obnova *S. mutans* byla výrazně vyšší u zvířat krmených sacharózou se sýrem nebo bez sýru, než u zvířat krmených samotným sýrem. Výzkumníci dospěli k závěru, že experiment potvrdil nízký a pravděpodobně antikariogenní potenciál sýru [28].

Tabulka 3 Účinek stravy obsahující sýr na zubní kaz kryš [28]

| Potrava | Sacharóza (%) | Obnova <i>S mutans</i> (%) | Celkový počet sklovinových lézí |
|----------------|---------------|----------------------------|---------------------------------|
| MIT305* | 5 | 100 | 12,6 ± 8,8 |
| SLS** | 20 | 100 | 8,7 ± 6,6 |
| Zralý čedar*** | 20 | 68 | 2,9 ± 4,0 |
| Mladý čedar | 20 | 82 | 2,4 ± 3,6 |
| Zralý čedar | 0 | 0 | 0,8 ± 1,4 |
| Mladý čedar | 0 | 0 | 0,6 ± 1,2 |

*kukuřičový škrob (62 %), laktalbumin (20 %) a sacharóza (5 %) s vitaminy, solemi, bavlníkovým olejem a celulózu

** škrob (65 %), laktalbumin (15 %) a sacharóza (20 %)

***sýry byly rozmíchané s a bez přidané sacharózy

3.1.2 Epidemiologické studie

Jensen a kol. [32] prokázali, že tavený sýr je antiacidogenní a chrání zuby. Provedli dva experimenty. V prvním subjekty jedly sýr a poté sýr namočený v 10% roztoku sacharózy. Měření pH plaku ukázalo, že samotný sýr vykazoval pH 6,3, sýr se sacharózou pH 6,5 a sacharóza samotná pH 4,3. Samotný sýr zjevně nebyl acidogenní a byl schopen zabránit nízkému pH způsobeného roztokem sacharózy. Ve druhém experimentu vědci připravili tenké řezy skloviny nebo vzorky připravené z kořenů zubů, které byly zdravé nebo předem ošetřené, aby vytvořily léze podobné zubnímu kazu. Ty byly umístěny do úst dobrovolníků po dobu

1 měsíce a dobrovolníkům byl podáván tavený sýr čtyřikrát denně. Zařazení sýrů do stravy mělo za následek statisticky významné snížení velikosti předem vytvořených lézí skloviny a ke snížení vývoje kořenových lézí.

Moynihan a kol. [33] uvedli, že jídla obsahující sýr zvyšují koncentraci vápníku v plaku na výrazně vyšší úroveň než u kontrolních jídel bez sýru. Studie potvrdila dřívější zprávy o zvýšení obsahu vápníku v plaku po konzumaci samotného sýru, a navíc rozšířila pozorování tím, že ukázala, že účinky sýru lze pozorovat, i když byl sýr zředěn jinými složkami potravin (např. těstoviny se sýrovou omáčkou). Kromě toho subjekty s nejnižší základní hladinou vápníku měly tendenci vykazovat největší zvýšení obsahu vápníku v plaku. Toto zjištění naznačuje, že sýr může být obzvláště prospěšný pro osoby s nízkým obsahem vápníku v plaku, které mají neodmyslitelně větší tendenci k rozvoji zubního kazu [28].

Tabulka 4 Mechanismy, kterými může sýr snižovat kariogenicitu [28]

| efekt | důsledek | mechanismus |
|--|--|--|
| stimulace tvoření slin | vyrovnávací účinek zvyšuje pročištění jídla | neutralizuje kyseliny plaku odstraňuje zdroj fermentovatelných uhlohydrátů |
| inhibice bakterií plaku | možné snížení bakteriální zátěže | snižuje produkci kyselin |
| dodávka velkého množství vápníku a anorganického fosfátu | snižuje demineralizaci zvyšuje remineralizaci | Adsorbovanými proteiny, kaseinovými fosfopeptidy, tj. vázaný Ca a P Kaseinovými fosfopeptidy, tj. Vázaný Ca a P |

Řada výzkumných pracovníků navrhla různé mechanismy, uvedené v tabulce 4, pro vysvětlení pozorovaných antikariogenních účinků sýrů. Nejznámějším vysvětlením je tlumící účinek mléčných bílkovin na tvorbu kyselin v zubním plaku a podpora odbourávání potravy stimulací ústní sliznice [28].

3.2 Sýr a jeho vysoký obsah tuku

Vzhledem k vysokému množství nasycených tuků a cholesterolu přítomných v mléčných výrobcích se často doporučuje omezit spotřebu těchto produktů, aby se snížilo riziko kardiovaskulárních chorob. Komplexní metaanalýza nedávných epidemiologických studií však naznačuje, že požití mléčných výrobků nemá vliv na riziko kardiovaskulárních onemocnění nebo může být s tímto rizikem nepřímo spojeno. Ve skutečnosti se v několika studiích ukázalo, že sýr, i když je známé, že je mléčným výrobkem s vysokým obsahem tuků, má zdraví podporující účinky. Zdá se, že například evropské země s vysokou spotřebou sýrů, jako je

Francie, Švýcarsko a Řecko, mají nižší výskyt kardiovaskulárních chorob a s tím spojené úmrtnosti [2].

Vzhledem k tomu, že LDL cholesterol je důležitým a velmi dobře známým rizikovým faktorem pro CHD (ischemická choroba srdeční), existuje pozitivní vztah mezi příjmem nasycených tuků a hladinou LDL cholesterolu v séru. Protože sýr obsahuje vysoký obsah SFA (nasycené mastné kyseliny), předpokládá se, že příjem sýru zvýší koncentraci LDL cholesterolu [2].

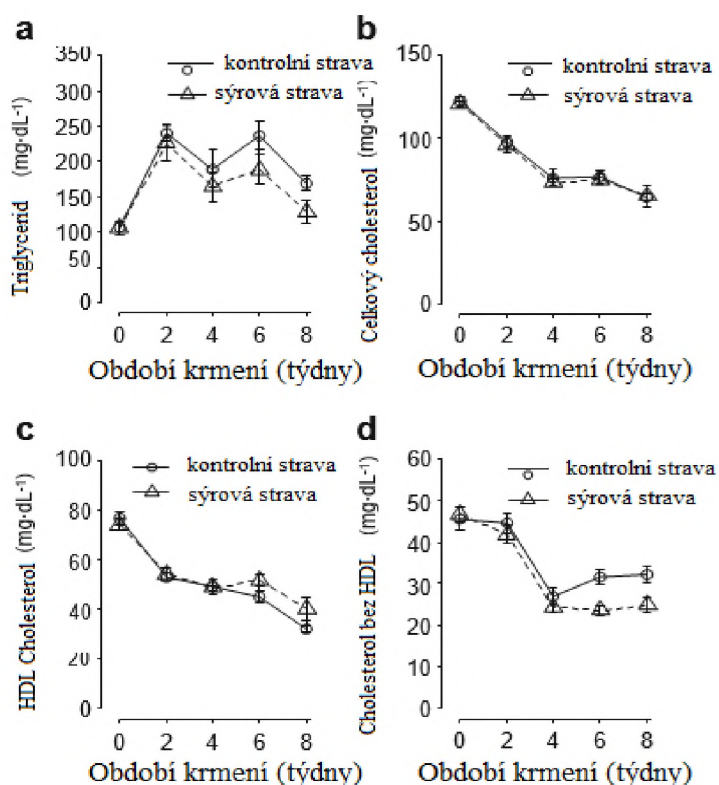
Pokyny pro výživu se zaměřují hlavně na SFA a jejich účinky na zvyšování LDL cholesterolu. Vazba mezi zdroji potravy pro SFA a CHD však může být méně přímá, protože některé potravinové zdroje s vysokým obsahem SFA obsahují řadu nasycených a nenasycených mastných kyselin, z nichž každá může odlišně ovlivňovat metabolismus lipoproteinů a přispívat významnými množstvími dalších živin, které mohou změnit riziko CHD [34].

Průřezová studie provedená Houstonem a kol. [35] zkoumající vztah mezi spotřebou sýrů a rizikovými faktory pro kardiovaskulární choroby, včetně hladin LDL cholesterolu, u 10 875 subjektů (mužů i žen) potvrdila, že muži a ženy reagovali na spotřebu sýrů odlišně. Muži vykazovali vyšší koncentrace LDL cholesterolu, když se zvýšil příjem sýrů, zatímco ženy vykazovaly nižší koncentrace LDL cholesterolu. Tato studie však nerozlišovala mezi druhy sýrů, protože účinek vysokotučného sýru na hladiny LDL cholesterolu by se lišil například od účinku nízkotučného sýru. Obsah vápníku a bílkovin v sýru a skutečnost, že sýr je fermentovaným produktem, byly diskutovány Preedym a kol. [36] jako možné mechanismy vysvětlující, proč sýr jako mléčný výrobek obsahující vysokou koncentraci SFA nezvyšuje hladiny LDL cholesterolu v séru. Průřezový výzkum provedený Jacqmainem a kol. [37] na 470 subjektech (stejný počet mužů a žen) ukázal, že hladiny LDL cholesterolu v séru byly negativně spojeny s příjmem vápníku. Tato zjištění potvrdili Lorenzen a kol. [38], kteří zkoumali vliv příjmu vápníku v mléce na citlivost metabolismu tuků při dietě s vysokým obsahem tuků u devíti mužů. Jacobsenem a kol. [39] bylo prezentováno, že vysoká spotřeba bílkovin s vysokou spotřebou vápníku snižuje vylučování fekálního tuku. Agerbaek a kol. [40] uvedli, že fermentované mléčné potraviny mají účinek snižující cholesterol (konkrétně LDL cholesterol) [41].

Høstmark a kol. [42] prokázali, že zvýšení frekvence konzumace sýrů bylo pozitivně spojeno s koncentrací cholesterolu lipoproteinů s vysokou hustotou (HDL) v séru a nepřímo asociováno s hladinami triglyceridů v séru. Biong a kol. [43] uvedli, že příjem sýrů snižuje hladinu LDL cholesterolu v krvi ve studiích o lidských intervencích. Celkově se zdá pravděpodobné, že

zdravotní přínosy sýru mohou být zprostředkovány zlepšeným metabolismem cholesterolu. Higurashi a kol. [44] uvedli, že snížení sekrece lipoproteinů s velmi nízkou hustotou (VLDL) u potkanů krmených sýrem s vysokým obsahem tuků, což naznačuje, že k těmto indukovaným změnám metabolismu lipidů může dojít především v játrech, protože VLDL je syntetizován a vylučován z této tkáně. V této studii se výzkumníci snažili zhodnotit vliv spotřeby sýru na akumulaci lipidů v játrech a jejich sekreci do séra u potkanů krmených sýrem s vysokým obsahem tuků. Dvě skupiny potkanů byly krmeny následující stravou: 20% tuková strava zahrnující kasein a máslový olej (kontrolní strava) nebo 20% tuková strava zahrnující lyofilizovaný sýrový prášek (sýrová strava).

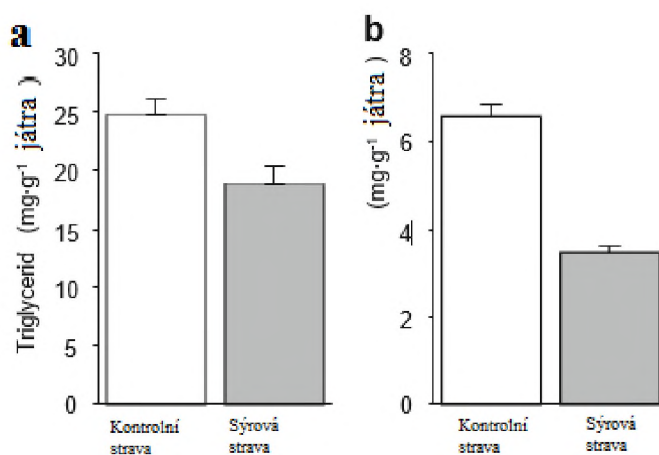
Koncentrace triglyceridů v séru, celkového cholesterolu, HDL cholesterolu a non-HDL cholesterolu, uvedené na obrázku 6, byly měřeny každé 2 týdny. Opakovaná analýza rozptylu (ANOVA) odhalila, že hlavní účinek stravy na HDL cholesterol vedl ke statistické tendenci a že na non-HDL cholesterol byl významný. Ve všech zkoumaných parametrech séra byl hlavní účinek času významný a interakce strava-čas nebyla významná [2].



Obrázek 6 Změny sérových koncentrací triglyceridů (a), celkového cholesterolu (b), cholesterolu s vysokou hustotou (HDL) (c) a cholesterolu bez HDL (d) měřených pomocí biochemického autoanalyzátoru [2]

Byl vyhodnocen vliv konzumace sýrů na akumulaci lipidů v játrech. Výsledky ukázaly, že koncentrace triglyceridů a cholesterolu v játrech byly významně nižší ve skupině sýrů ve srovnání s kontrolní skupinou 9 týdnů po zahájení experimentu.

Pro stanovení účinku sýru na vylučování fekálním tukem bylo u potkanů krmených sýrem a kontrolní dietou změřeno množství tuku vyloučeného ve stolici a porovnáno na obrázku 7. Opakovaná analýza rozptylu (ANOVA) odhalila, že hlavní účinek stravy vedl ke statistické tendenci v suché fekální hmotnosti a významný vliv na celkový obsah tuku v celkovém tuku a na obsahu cholesterolu ve stolici. U cholesterolu ve stolici byl rovněž významný hlavní účinek času a interakce strava-čas, s následným testem, který odhalil významné rozdíly mezi skupinami u 4 a 8 týdnů [2].



Obrázek 7 Porovnání koncentrace triglyceridů (a) a koncentrace celkového cholesterolu (b) v játrech u potkanů krmených kontrolní stravou nebo stravou se sýrem [2]

3.3 Sýr a zdravé kosti

Osteoporóza je jedním z hlavních zdravotních problémů, zejména u postmenopauzálních žen a starších mužů. Mezi jeho důsledky patří snížená hmotnost a zvýšená křehkost kostí. Odhaduje se, že osteoporotická fraktura nebo vertebrální fraktura se na celém světě vyskytuje každé 3 minuty a 22 sekund. Podle Světové zdravotnické organizace se v roce 2050 očekává počet zlomenin kyčle u více než 6 milionů pacientů ročně. Vápník, bílkoviny a vitamin D jsou rozhodujícími živinami pro zdraví kostí. Mléčné výrobky včetně různých druhů sýrů jsou důležitými zdroji vápníku a dalších živin v potravě [36].

Vápník spolu s vitaminem D a bílkovinami jsou tři základní živiny, které ovlivňují získávání a udržování kostní struktury. Několik studií o příjmu těchto živin zdůraznilo jejich význam při prevenci úbytku kostní hmoty, a tím ke snížení rizika fraktury křehkých kostí u starších osob.

Lze očekávat, že mléčné výrobky poskytováním vápníku i bílkovin budou mít pozitivní vliv na zdraví kostí. Jsou to polyvalentní potraviny obsahující mnoho základních živin a jejich účinky na zdraví kostí mohou být více než součet jednotlivých prvků. Protože strava v průmyslových zemích má často nedostatek vápníku, mléko a mléčné výrobky by mohly představovat ideální zdroj tohoto minerálu. Mnoho autorů pozorovalo, že při optimalizaci příjmu vápníku u dětí a dospívajících, ať už prostřednictvím mléčných výrobků nebo doplňků, se BMD (hustota minerálů v kostech) zvyšuje o 4–8 %, v závislosti na studii a na měřeném místě kostry [45].

Mléčné výrobky, obzvláště různé druhy sýrů, jsou významným zdrojem vápníku, který v mnoha stravách představuje více než 50 % celkového vápníku. Obsah vápníku v sýrech, uvedený v tabulce 5, je většinou vyšší než u ostatních mléčných výrobků kvůli vysokému celkovému obsahu tuhých látek v sýrech. Tvrdé a extra tvrdé sýry jsou obecně lepšími zdroji vápníku v potravě než měkké nebo polotvrdé sýry. Kysele koagulované sýry, jako je tvaroh, obsahují relativně nízký obsah vápníku. Během výroby těchto typů sýrů se koloidní vápník ve sraženině přeměňuje na iontový stav kvůli kyselému prostředí a nízkým koagulačním teplotám. Tato přeměna vede ke značné ztrátě vápníku syrovátkou. Obsah vápníku v sýrech vyrobených ultrafiltračním procesem je vyšší než u jejich konvenčních sýrů. Například Covacevich a kol. [46] uvedli, že obsah vápníku v sýrech Mozzarella solených solným roztokem a solených solným roztokem vyrobených ultrafiltrací vzrostl ve srovnání s běžnými sýry o 41 % a 32 %. U filtrovaných druhů tvarohového sýru byl zaznamenán asi čtyřikrát vyšší obsah vápníku než u konvenčního sýru. Obsah vápníku u některých typů sýrů může být také zvýšen reverzní osmózou a vápníkovým obohacením sýrového mléka [36].

Tabulka 5 Celkový obsah pevných látek a vápníku vybraných mléčných výrobků [36]

| Mléčný produkt | celkový obsah pevných látek (%) | Vápník (mg/100g) |
|-------------------------------------|---------------------------------|------------------|
| Mléko (3,5 % tuku, ošetřeno teplem) | 11,9 | 118 |
| kefír | 10,1 | 120 |
| jogurt (>3,5 % tuku) | 16,1 | 152 |
| syrovátka | 6,1 | 51 |
| Feta | 44,8 | 493 |
| Eidam | 50,5 | 755 |
| Parmesan | 69,8 | 1295 |

Studie ukázaly, že dostatečná spotřeba mléka a mléčných výrobků během dětství a dospívání je důležitá pro maximální minerální hustotu a nižší riziko osteoporózy. Ačkoli existuje mnoho studií, které ukazují, že příjem vápníku mlékem a mléčnými výrobky v dětství a dospívání byl

spojen s maximální kostní hmotou a nižším rizikem osteoporózy, v literatuře je k dispozici omezený počet studií ohledně konzumace sýrů a zdraví kostí.

Podle Cheng a kol. [47] by zvýšení příjmu vápníku konzumací sýru mohlo být pro přírůstek kortikální kosti výhodnější než spotřeba tablet obsahujících podobné množství vápníku. Podobně Lee a kol. [48] uvedli, že někteří starší jedinci mohou mít větší užitek ze zpracovaného sýru než z doplňkového vápníku. Biologická dostupnost mléčného vápníku požitého s nebo bez taveného sýru a jeho vztah k BMD u potkanů zkoumali Kato a kol. [49]. Zjistili, že mezní síla a energie stehenní kosti a BMD zpracovaného sýru obohaceného vápníkem byly vyšší než kontrolní skupina. Autoři došli k závěru, že sílu kostí a BMD lze účinně zvýšit konzumací mléčného vápníku se sýrem [36].

3.4 Patogeny a mykotoxiny v sýrech

Výroba sýru se před staletími vyvinula jako prostředek k zachování nezpracovaného mléka fermentací. Výběr prospěšné přírodní mikroflóry v mléce, jako jsou laktobacily, streptokoky a laktokoky, nebo jejich přímé přidání jako startovací kultury, konzervuje produkty a v mnoha případech představuje konkurenci bakteriálním patogenům.

Sýry však mohou být kontaminovány patogeny v důsledku jejich přítomnosti v mléce používaném k výrobě sýrů a následnému přežití během výroby sýrů. Alternativně mohou bakteriální patogeny kontaminovat sýr při dodatečném zpracování, pokud hygiena a jiná opatření ve zpracovatelském závodě nejsou dostatečná k zabránění opětovné kontaminace. Charakteristiky specifické odrůdy sýrů určují potenciál pro růst a přežití mikrobiálních patogenů, přičemž zrající měkké sýry představují vyšší riziko růstu a přežití patogenů než starší tvrdé sýry, kde kombinace faktorů, včetně pH, obsahu soli a aktivity vody, mohou vzájemně působit, aby byly sýry mikrobiologicky bezpečné. Ačkoli sýry jsou spojovány s doloženým výskytem nemocí přenášených potravinami, epidemiologické důkazy shromážděné z celého světa potvrzují, že k tomu dochází zřídka [8].

3.4.1 *Listeria monocytogenes*

Listeria monocytogenes je etiologickým činitelem listeriózy u lidí a zvířat, vysoce fatální infekce spojené s požitím kontaminované potravy. V posledních třech desetiletích, po uznání listeriózy jako potravinového onemocnění, bylo v Severní Americe a Evropě hlášeno velké množství nálezů listeriózou a s výskytem této choroby byly spojovány různé potravinářské výrobky. Několik nálezů bylo spojeno s konzumací mléčných výrobků, zejména sýrů a hotových jídel. V evropských zemích se může roční výskyt hlášených případů listeriózy pohybovat mezi

0,3 a 7,5 případy na 1 milion obyvatel. Přestože má nízkou nakažlivost, ve srovnání s jinými chorobami přenášenými potravinami, jako je salmonelóza nebo kampylobakteriíza, ovlivňuje vzhledem k vysoké míře hospitalizace až 94 % a vysoké míře úmrtnosti (12,8 až 17 % případů) rizikové skupiny, jako jsou těhotné ženy, novorozenci, děti, starší lidé a pacienti s oslabenou imunitou [50].

Sýr, zejména farmářský, je považován za vysoce rizikový produkt s ohledem na *L. monocytogenes*. Ve skutečnosti byly takovéto produkty příčinou několika ohnisek listeriózy. V letech 2009 a 2010 došlo k mezinárodním nákazám (25 případů v Rakousku, 8 v Německu a 1 v České republice, celkově s osmi úmrtími) listeriózy spojené se „Quargel“ a zakysaným tvarohem [36].

Složení sýru, obsah vlhkosti, pH, obsah soli a podmínky zrání ovlivňují přítomnost a růst *L. monocytogenes*. Přežití a reprodukci tohoto patogenu mohou podpořit zejména měkké sýry. Několik průzkumů provedených v letech 2000-2010 zkoumalo *L. monocytogenes* z různých typů sýrů a závodů na zpracování mléka v několika zemích. Výsledky získané v těchto studiích ukázaly významnou variabilitu výskytu *L. monocytogenes* v sýrových výrobcích (0,2 až 46 %) a v prostředí výroby mléčných sýrů (0 až 52 %). Zprávy EFSA (Evropský úřad pro bezpečnost potravin) také uvádí vyšší výskyt *L. monocytogenes* u měkkých a polotvrdých sýrů, zejména sýrů vyrobených z pasterizovaného mléka. U sýru vyrobeného z nezpracovaného mléka bylo mléko vyhodnoceno jako zdroj kontaminace, ale nebyla zaznamenána žádná souvislost kontaminace *L. monocytogenes* s nezpracovaným mlékem a byly zahrnuty i jiné zdroje kontaminace z prostředí zpracování mléka, jako jsou nohy zaměstnanců. Zdá se, že nejpravděpodobnějším zdrojem je následné zpracování sýrů vyrobených z pasterizovaného mléka s rostlinnými kmeny [50].

Infekce *L. monocytogenes* u těhotných žen může vést k potratu, porodu mrtvého dítěte, předčasnému porodu nebo k infekci novorozence. Listeriíza se může objevit kdykoli během těhotenství, ale nejčastěji se objevuje během třetího trimestru. Protože bakteriální kultury nejsou běžně získávány ze spontánně potracených plodů nebo mrtvých novorozenců, je obtížné přesně odhadnout podíl úmrtnosti plodu, který může být způsoben infekcí *L. monocytogenes* během těhotenství. U těhotných žen s diagnózou listeriízy je úmrtnost plodu mezi 16 a 45 % [51].

3.4.2 Mykotoxiny v sýru

Mykotoxiny mohou způsobit fatální otravu a toxické účinky, které se nazývají mykotoxikóza. Mykotoxikóza je onemocnění lidí a zvířat v důsledku konzumace mykotoxinů. Bylo popsáno, že mykotoxiny jsou karcinogenní, tremorogenní, hemoragické, teratogenní a dermatitické pro širokou škálu organismů a způsobují jaterní karcinom u člověka. Mykotoxiny mají různé akutní a chronické účinky na člověka a zvířata v závislosti na dávce toxinu, postiženém orgánu, pohlaví, věku a druhu zvířete [52].

Někteří autoři se domnívají, že sýr je citlivý pro růst plísní i pro produkci mykotoxinů. Naopak jiní autoři uvedli, že v literatuře se mohou objevovat zprávy o produkci mykotoxinů v sýrech a mléčných výrobcích. Dospěli k závěru, že sýr je ve skutečnosti lepším prostředím pro růst plísní než pro produkci mykotoxinů. Vliv toxických plísní na sýr je relativně nízký a netoxické formy převládají nad toxickým. Sýr je špatným substrátem pro produkci mykotoxinů, pokud je správně skladován při nízké teplotě (5 až 7 °C). I když se však riziko považuje za nízké, mělo by být kontrolováno. Prvním cílem je vyhnout se mykotoxinům v mléce. Poté by se při výrobě a skladování sýru měly brát v potaz 2 různé aspekty. Plísňové kontaminanty, které potenciálně produkují mykotoxiny, jsou nežádoucí a kultury zrání plísní, které jsou záměrně přidávány během výroby sýru. by neměly být mykotoxinogenní.

Pokud jde o toxicitu mykotoxinů, které se vyskytují v sýrech, chybí jim nejnovější vědecké poznatky. Mezi nejčastější mykotoxiny stabilní v sýru patří aflatoxiny, citrinin, kyselina cyklopiazonová, roquefortin C, sterigmatocystin a kyselina mykofenolová. Jiné mykoxiny, jako jsou patulin a kyselina penicilová, díky perzistentním mikroaerofilním podmínkám v sýru přetrvávají. Aby bylo možné pochopit mechanismy toxicity těchto mykotoxinů, musí být provedeno toxikologické zkoumání s nejnovějšími přístroji [53].

4 ZÁVĚR

V této práci byla vypracována literární rešerše zaměřená na složení sýrů. Klasifikace druhů sýrů, kterých je v dnešní době velké množství, byly v bakalářské práci podrobně prezentovány. Dále byla rozvedena problematika sýrů ve výživě s ohledem na vědecké poznatky.

Sýry a další mléčné výrobky jsou nedílnou součástí lidské stravy. Obsah důležitých esenciálních látek v sýrech hraje významnou roli v lidské výživě. I přesto, že tato potravina byla vědecky zkoumána dopodrobna, je důležité výzkum v oblasti sýrů zachovat, a to kvůli stále měnícím se požadavkům společnosti na vlastnosti potravin.

5 POUŽITÁ LITERATURA

- [1] WALTHER, B., A. SCHMID, R. SIEBER and K. WEHRMÜLLER. Cheese in nutrition and health. *Dairy Science & Technology*. 2008, 88(4-5), 389-405.
- [2] HIGURASHI, S., A. OGAWA, T.Y. NARA, K. KATO and Y. KADOOKA. Cheese consumption prevents fat accumulation in the liver and improves serum lipid parameters in rats fed a high-fat diet. *Dairy Science & Technology*. 2016, 96, 539-549.
- [3] CABALLERO, B., P.M. FINGLAS and F. TOLDRÁ. *Encyclopedia of food and health*. Boston: Academic Press, 2016. ISBN 0128035129.
- [4] FARDET, A., F. GAUCHERON a Y. SOUSTRE. *Produits Laitiers: Technologie(s), Nutrition, Effet matrice et Santé* [online]. Paris: Direction des Affaires Scientifiques et Techniques, 2018 [cit. 2020-06-03]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/324895522_Produits_Laitiers_Technologies_Nutrition_Effet_matrice_et_Sante.
- [5] ANDĚL, M. *Sýry a tvarohy ve výživě*. Praha: Česká technologická platforma pro potraviny, 2012. ISBN 978-80-905096-2-7.
- [6] EL-LOLY, M.M. and M.B. MAHFOUZ. Lactoferrin in Relation to Biological Functions and Applications: A Review. *International Journal of Dairy Science*. 2011, 6(2), 79-111.
- [7] FOSTER, R.D. *Cheese: types, nutrition, and consumption*. New York: Nova Science Publishers, 2011. ISBN 978-1-61209-828-9.
- [8] FOX, P. *Cheese: chemistry, physics and microbiology. Volume 1 general aspects. 3rd ed.* Amsterdam: Elsevier, 2004. ISBN 0-1226-3652-x.
- [9] MIQUEL, E., J.Á. GÓMEZ, A. ALEGRÍA, R. BARBERÁ, R. FARRÉ and I. RECIO. Identification of Casein Phosphopeptides Released after Simulated Digestion of Milk-Based Infant Formulas. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2005, 53(9), 3426-3433.
- [10] FOX, P. F. *Fundamentals of cheese science*. Gaithersburg, MD: Aspen Publication., 2000.
- [11] GUINEE, T.P. and P.F. FOX. *Salt in Cheese: Physical, Chemical and Biological Aspects. In Cheese*. London: Academic Press, 2017. ISBN: 978-0-12-417012-4.
- [12] TAYLOR, S. *Advances in Food and Nutrition Research*. San Diego, California: Academic Press, 1996. ISBN 0-12-016439-6.

- [13] SANDINE, W.E. and P.R. ELLIKER. Microbiologically induced flavors and fermented foods: flavor in fermented dairy products. *Journal of agricultural and food chemistry*. 1970, 18(4), 557-562.
- [14] KANAWJIA, S. K. and Y. KHETRA. Dairy Technology Division. NDRI, Karnal: Dairy Technology Division, 2016. [cit. 2020-03-31]. Dostupné z: <http://www.agrimoon.com/cheese-technology-icar-ecourse-pdf-book/>.
- [15] BROWN, A. *Understanding food: Principles and preparation*. Belmont, California: Wadsworth Pub Co. 2008. ISBN 0-538-73498-1.
- [16] FOX, P. *Cheese: chemistry, physics and microbiology. Volume 2 major cheese groups 3rd ed.* Amsterdam: Elsevier, 2004. ISBN 0-1226-3653-8.
- [17] WALSTRA, P., J.T.M. WOUTERS and T.J. GEURTS. *Dairy science and technology 2nd ed.* Boca Raton: CRC Press, 2006. ISBN 978-0-8247-2763-5.
- [18] HARBUTT, J. and M. ASPINWALL. *World cheese book. New edition*. London: Dorling Kindersley Limited, 2015. ISBN 978-02-411-86-5-2.
- [19] PAGTHINATHAN, M. and M.S.M. NAFEES. Biochemistry of cheese ripening. *AGRIEAST: Journal of Agricultural Sciences*. 2017, 10, 16-26.
- [20] DAVIS, J.G. *Cheese, Vol. 1, Basic Technology*, Churchill Livingstone, London, 1965.
- [21] PHAM, A.M. and S. NAKAI. Application of Stepwise Discriminant Analysis to High Pressure Liquid Chromatography Profiles of Water Extract for Judging Ripening of Cheddar Cheese. *Journal of Dairy Science*. 1984, 67, 1390-1396.
- [22] VIGNOLA, C.L. *Science et technologie du lait transformation du lait*. Montréal: Presses Internationales Polytechnique. 2002.
- [23] TROCH, T. and É. LEFÉBURE. Cow milk coagulation: process description, variation factors and evaluation methodologies. A review. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*. 2017, 21(4), 276-287.
- [24] YADA, R. *Proteins in Food Processing (Second Edition). The Caseins: Structure, stability, and functionality*. Kidlington: Woodhead Publishing, 2018. ISBN 978-0-08-100722-8.
- [25] CHEESE SCIENCE TOOLKIT. Coagulation. In: *Cheese science* [online]. [cit. 2020-04-08]. Dostupné z: <https://www.cheesescience.org/coagulation.html>.
- [26] OBERMAIER, O. a V. ČEJNA. *Sýry a tvarohy*. Praha: Sdružení českých spotřebitelů pro Českou technologickou platformu pro potraviny, 2013. ISBN 978-80-87719-06-0.
- [27] EVROPSKÁ UNIE. *Zákon č. 1151 ze dne 21. listopadu 2012 o zeměpisném označení a označení původu zemědělských produktů a potravin*. Dostupný z:

<https://www.upv.cz/cs/prumyslova-prava/oznaceni-puvodu-zemepisna-oznaceni/prihlasovani-do-zahranici/oznaceni-puvodu-a-zemepisna-oznaceni-spolecenstvi0.html>.

- [28] KASHKET, S. and D.P. DEPAOLA. Cheese Consumption and the Development and Progression of Dental Caries. *Nutrition Reviews*. 2002, 60(4), 97-102.
- [29] KONIG, K.G. *Möglichkeiten der Kariesprophylaxe beim Menschen und ihre Untersuchung im kurzfristigen Rattenexperiment*. Bern: Hans Huber, 1966.
- [30] EDGAR, W.M., W.H. BOWEN and S. AMSBAUGH Effects of different eating patterns on dental caries in the rat. *Caries Research* 1982, 16(5), 384-389.
- [31] ROSEN, S., D.B. MIN and D.S. HARPER. Effect of cheese, with or without sucrose, on dental caries and recovery of *Streptococcus mutans* in rats. *Journal of Dental Research*. 1984, 63(6), 894-896.
- [32] JENSEN, M.E. and C.F. SCHACHTELE. The acidogenic potential of reference foods and snacks at interproximal sites in the human dentition. *Journal of Dental Research*. 1983, 62(8), 889-892.
- [33] MOYNIHAN, P.J., S. FERRIER and G.N. JENKINS. The cariostatic potential of cheese: cooked cheese-containing meals increase plaque calcium concentration. *British Dental Journal*. 1999, 187(12), 664-667.
- [34] RASHIDINEJAD, A., P. BREMER, J. BIRCH and I. OEY. *Nutrients in Cheese and Their Effect on Health and Disease. Nutrients in Dairy and their Implications on Health and Disease*. London: Academic Press, 2017. ISBN 9780128097625.
- [35] HOUSTON, D., D.K. BUSH and A. KRITCHEVSKY. The association between cheese consumption and cardiovascular risk factors among adults. *Journal of Human Nutrition and Dietetics*. 2008, 21(2), 129-140.
- [36] PREEDY, V.R., R.R. WATSON and V.B. PATEL, 2013. *Handbook of Cheese in Health: Production, Nutrition and Medical Sciences*. Wageningen: Wageningen Academic Publishers. ISBN 978-90-8686-211-5.
- [37] JACQMAIN, M., E. DOUCET, J.-P. DESPRÉS and C. BOUCHARD. Calcium intake, body composition, and lipoprotein-lipid concentrations in adults. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 2003, 77(6), 1448-1452.
- [38] LORENZEN, J.K. and A. ASTRUP, Dairy calcium intake modifies responsiveness of fat metabolism and blood lipids to a high-fat diet. *British Journal of Nutrition*. 2011, 105(12) 1823-1831.

- [39] JACOBSEN, R., J. LORENZEN, S. TOUBRO, I. KROG-MIKKELSEN and A. ASTRUP. Effect of short-term high dietary calcium intake on 24-h energy expenditure, fat oxidation, and fecal fat excretion. *International Journal of Obesity* 2005, 29(3), 292.
- [40] AGERBAEK, M., L. GERDES and B. RICHELSEN. Hypocholesterolaemic effect of a new fermented milk product in healthy. *European Journal of clinical nutrition*, 1995, 49(5), 346-352.
- [41] DE GOEDE, J., J.M. GELEIJNSE, E.L. DING and S.S. SOEDAMAH-MUTHU. Effect of cheese consumption on blood lipids: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Nutrition Reviews*. 2015, 73(5), 259-275.
- [42] HØSTMARK, A.T., A. HAUG, S.E. TOMTEN and D.S. THELLE. Serum HDL cholesterol was positively associated with cheese intake in the Oslo Health Study. *Journal of Food Lipids* 2009, 16(1), 89-102.
- [43] BIONG, A.S., H. MÜLLER, I. SELJEFLOT, M.B. VEIERØD and J.I. Pedersen. A comparison of the effects of cheese and butter on serum lipids, haemostatic variables and homocysteine. *British Journal of Nutrition*. 2004, 95(5), 791-797.
- [44] HIGURASHI, S., KUNIEDA Y., H. MATSUYAMA and H. KAWAKAMI. Effect of cheese consumption on the accumulation of abdominal adipose and decrease in serum adiponectin levels in rats fed a calorie dense diet. *International Dairy Journal* .2007, 17(10), 1224-1231.
- [45] PAMPALONI, B., E. BARTOLINI and M.L. BRANDI. Parmigiano Reggiano cheese and bone health. *Clinical cases in mineral and bone metabolism*. 2011, 8(3), 33-36.
- [46] COVAVEVICH, H.R. and F.V. Kosikowski. Mozzarella and Cheddar Cheese Manufacture by Ultrafiltration Principles. *Journal of Dairy Science*. 1978, 61(6), 701-709.
- [47] CHENG, S., A. LYYTIKAINEN, H. KROGER, C. LAMBERG-ALLARDT, M. ALEN, A. KOISTINEN, Q.J. WANG, M. SUURINIEMI, H. SUOMINEN, A. MAHONEN, P.H.F. NICHOLSON, K.K. IVASKA, R. KORPELA, C. OHLSSON, K.H. VAANANEN and TYLAVSKY F. Effects of calcium, dairy product, and vitamin D supplementation on bone mass accrual and body composition in 10-12-y-old girls: a 2-y randomized trial. *American Journal of clinical nutrition*. 2005, 82(5), 1115-1526.
- [48] LEE, C.J. and G.S LAWLER. Effects of supplementation of the diets with calcium and calciumrich foods on bone density of elderly females with osteoporosis. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 1981, 34(5), 813-823.

- [49] KATO, K., Y. TAKADA, H. MATSUYAMA, Y. KAWASAKI, S. AOE, H. YANO and Y. TOBA. Milk calcium taken with cheese increases bone mineral density and bone strength in growing rats. *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry*. 2002, 66(11), 2342-2346.
- [50] MELO, J., P.W. ANDREW and M.L. FALEIRO. *Listeria monocytogenes* in cheese and the dairy environment remains a food safety challenge: The role of stress responses. *Food Research International*. 2015, 67, 75-90.
- [51] RYSER, E.T. and E.H. MARTH. *Listeria, Listeriosis, and Food Safety*. 3rd edition. New York: CRC Press, 2007, ISBN 978-0-8247-5750-2.
- [52] SENGUN, I., D. YAMAN and S. GONUL. Mycotoxins and mould contamination in cheese: a review. *World Mycotoxin Journal*. 2008, 1(3), 291-298.
- [53] HYMERY, N., V. VASSEUR and M. COTON. Filamentous Fungi and Mycotoxins in Cheese: A Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2014, 13(4), 437-456.