



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA CHEMICKÁ

FACULTY OF CHEMISTRY

ÚSTAV CHEMIE POTRAVIN A BIOTECHNOLOGIÍ

INSTITUTE OF FOOD SCIENCE AND BIOTECHNOLOGY

ELEMENTÁRNÍ ANALÝZA SÝRŮ S BÍLOU PLÍSNÍ NA POVRCHU

ELEMENTAL ANALYSIS OF CHEESE WITH WHITE MOLD ON THE SURFACE

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Alžbeta Pavlechová

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Pavel Diviš, Ph.D.

BRNO 2018

Zadání diplomové práce

Číslo práce: FCH-DIP1219/2017
Ústav: Ústav chemie potravin a biotechnologií
Studentka: **Bc. Alžbeta Pavlechová**
Studijní program: Chemie a technologie potravin
Studijní obor: Potravinářská chemie a biotechnologie
Vedoucí práce: **doc. Ing. Pavel Diviš, Ph.D.**
Akademický rok: 2017/18

Název diplomové práce:

Elementární analýza sýrů s bílou plísní na povrchu

Zadání diplomové práce:

1. vypracování literární rešerše k tématu práce
2. elementární analýza vzorků sýrů (stanovení celkového dusíku)
3. elementární analýza vzorků sýrů pomocí ICP–OES a ICP–MS
4. zpracování naměřených výsledků

Termín odevzdání diplomové práce: 7.5.2018

Diplomová práce se odevzdává v děkanem stanoveném počtu exemplářů na sekretariát ústavu. Toto zadání je součástí diplomové práce.

Bc. Alžbeta Pavlechová
student(ka)

doc. Ing. Pavel Diviš, Ph.D.
vedoucí práce

prof. RNDr. Ivana Márová, CSc.
vedoucí ústavu

V Brně dne 31.1.2018

prof. Ing. Martin Weiter, Ph.D.
děkan

ABSTRAKT

Táto diplomová práca sa zaoberá elementárnou analýzou syrov s bielou plesňou na povrchu. V teoretickej časti je popísaná obecná charakteristika syra, klasifikácia syrov, ich nutričné aspekty a charakteristika syrov s bielou plesňou na povrchu. Veľká časť je venovaná popisu minerálnych látok vybraných k analýze. Na konci teoretickej časti boli popísané Kjeldahlova metóda a optická emisná spektrometria s indukčne viazanou plazmou (ICP-OES). Experimentálna časť sa zaoberá prípravou vzoriek, postupom analýzy a následne spracovaním nameraných výsledkov. K analýze boli použité vzorky jedenástich syrov. Tieto vzorky pochádzali z Česka, Francúzska a Slovenska. Na stanovenie obsahu proteínov sa využila Kjeldahlova metóda a ICP-OES bola využitá k prvkovej analýze. Výsledky boli porovnané navzájom a tiež s výsledkami iných štúdií. Následne boli v záverečnej časti štatisticky spracované a vyhodnotené.

ABSTRACT

This Master's thesis deals with elementary analysis of cheeses with white mold on the surface. Theoretical part describes general characteristics of cheese, classification of cheeses, their nutritional aspects and characteristics of cheeses with white mold on the surface. Large part is focused on description of mineral substances selected for analysis. At the end of the theoretical part, the Kjeldahl method and emission spectrometry with inductively coupled plasma (ICP-OES) were described. Experimental part deals with preparation of samples, approach of analysis and processing of measured results. Eleven samples of cheeses were used for analysis. These samples were from Czech Republic, France and Slovak Republic. Kjeldahl method was used to determine protein contents and ICP-OES was used for elemental analysis. The results were compared to each other and also with results from other studies. Subsequently, they were statistically processed and evaluated in the final part.

KLÚČOVÉ SLOVÁ

Syr, syr s bielou plesňou na povrchu, hrubé bielkoviny, Kjeldahlova metóda, elementárna analýza, ICP-OES

KEY WORDS

Cheese, cheese with white mold on the surface, crude protein, Kjeldahl method, elementary analysis, ICP-OES

PAVLECHOVÁ, A. *Elementární analýza sýrů s bílou plísní na povrchu*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, 2018. 55 s. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Pavel Diviš, Ph.D.

PREHLÁSENIE

Prehlasujem, že som diplomovú prácu vypracovala samostatne a že všetky použité literárne zdroje boli správne a úplne citované. Diplomová práca je z hľadiska obsahu majetkom Fakulty chemickej VUT v Brne a môže byť použitá ku komerčným účelom len so súhlasom vedúceho diplomovej práce a dekana FCH VUT.

.....
podpis študenta

POĎAKOVANIE

Rada by som poďakovala vedúcemu mojej diplomovej práce doc. Ing. Pavlovi Divišovi, Ph.D. za odbornú pomoc, poskytovanie cenných rád a pripomienok v priebehu riešenia diplomovej práce. Ďalej tiež ďakujem Ing. Jaromírovi Pořízkovi, za ochotu pri spracovaní výsledkov.

OBSAH

| | |
|---|-----------|
| 1. ÚVOD | 8 |
| 2. TEORETICKÁ ČASŤ | 9 |
| 2.1 Charakterizácia syrov | 9 |
| 2.1.1 Nutričné aspekty syrov | 10 |
| 2.1.1.1 Bielkoviny | 10 |
| 2.1.1.2 Vápnik | 11 |
| 2.1.1.3 Ďalšie minerálne látky | 11 |
| 2.1.1.4 Vitamíny | 12 |
| 2.1.1.5 Laktóza a kyselina mliečna | 12 |
| 2.1.1.6 Mliečny tuk | 12 |
| 2.1.2 Princíp výroby syrov | 12 |
| 2.1.3 Klasifikácia syrov | 13 |
| 2.1.3.1 Rozdelenie syrov podľa druhu použitého mlieka | 13 |
| 2.1.3.2 Rozdelenie syrov podľa obsahu vody v beztukovej hmote syra (VBHS) | 13 |
| 2.1.3.3 Rozdelenie syrov podľa obsahu tuku | 13 |
| 2.1.3.4 Rozdelenie syrov podľa spôsobu koagulácie mlieka | 13 |
| 2.1.3.5 Rozdelenie syrov podľa výrobných technologických znakov | 14 |
| 2.2 Vybrané analyzované prvky | 15 |
| 2.2.1 Vápnik | 16 |
| 2.2.2 Draslík | 16 |
| 2.2.3 Horčík | 16 |
| 2.2.4 Sodík | 17 |
| 2.2.5 Železo | 17 |
| 2.2.6 Fosfor | 18 |
| 2.2.7 Zinok | 18 |
| 2.3 Syry s bielou plesňou na povrchu | 19 |
| 2.3.1 Mikroflóra syrov s bielou plesňou na povrchu | 19 |
| 2.3.2 Technológia výroby syrov s bielou plesňou na povrchu | 20 |
| 2.3.3 Proces zrenia syrov s bielou plesňou na povrchu | 21 |
| 2.3.4 Charakteristika vybraných syrov s bielou plesňou na povrchu | 22 |
| 2.3.4.1 Camembert de Normandie | 22 |
| 2.3.4.2 Brie | 22 |
| 2.4 Metóda stanovenia celkového dusíka a hrubých bielkovín podľa Kjeldahla | 23 |
| 2.5 Metódy prvkovej analýzy | 24 |
| 2.5.1 Atomová absorpčná spektrometria | 25 |
| 2.5.2 Hmotnostná spektrometria s indukčne viazanou plazmou | 26 |
| 2.5.3 Optická emisná spektrometria s indukčne viazanou plazmou | 26 |

| | | |
|------------|---|-----------|
| 2.5.3.1 | Zavádzanie vzorky do výboja..... | 27 |
| 2.5.3.2 | Zdroj plazmy | 28 |
| 2.5.3.3 | Optický systém..... | 29 |
| 2.5.3.4 | Detekcia..... | 30 |
| 3. | EXPERIMENTÁLNA ČASŤ | 31 |
| 3.1 | Popis vzoriek | 31 |
| 3.2 | Laboratórne vybavenie | 32 |
| 3.2.1 | Použité laboratórne pomôcky..... | 32 |
| 3.2.2 | Použité chemikálie | 32 |
| 3.2.3 | Použité prístroje | 33 |
| 3.3 | Použité metódy a experimentálne postupy | 34 |
| 3.3.1 | Stanovenie celkového dusíka a hrubých bielkovín vo vzorkách syrov | 34 |
| 3.3.1.1 | Príprava vzoriek pre analýzu | 34 |
| 3.3.1.2 | Postup experimentu | 35 |
| 3.3.2 | Stanovenie vybraných prvkov pomocou ICP-OES | 35 |
| 3.3.2.1 | Príprava vzoriek pre analýzu | 35 |
| 3.3.2.2 | Postup experimentu | 35 |
| 3.4 | Štatistická analýza dát | 36 |
| 4. | VÝSLEDKY A DISKUSIA | 37 |
| 4.1 | Stanovenie celkového dusíka a hrubých bielkovín v syroch podľa Kjeldahla | 37 |
| 4.2 | Prvková analýza metódou ICP-OES..... | 39 |
| 4.2.1 | Vápnik..... | 40 |
| 4.2.2 | Draslík..... | 41 |
| 4.2.3 | Horčík | 41 |
| 4.2.4 | Sodík..... | 41 |
| 4.2.5 | Železo..... | 42 |
| 4.2.6 | Fosfor..... | 42 |
| 4.2.7 | Zinok..... | 42 |
| 4.3 | Štatistická analýza dát | 43 |
| 4.3.1 | Porovnanie obsahu bielkovín v syroch s bielou plesňou na povrchu | 43 |
| 4.3.2 | Porovnanie obsahu prvkov v syroch s bielou plesňou na povrchu..... | 44 |
| 4.3.2.1 | Vápnik | 45 |
| 4.3.2.2 | Horčík..... | 46 |
| 4.3.2.3 | Ostatné prvky | 47 |
| 5. | ZÁVER..... | 48 |

| | |
|--|-----------|
| 6. ZOZNAM POUŽITÝCH ZDROJOV | 50 |
| 7. ZOZNAM POUŽITÝCH SKRATIEK A SYMBOLOV | 55 |

1. ÚVOD

Mliečne výrobky majú nezastupiteľné miesto v ľudskej výžive. Prispievajú k vyváženej a zdravej výžive, a taktiež sú potrebné pre správny vývin a zdravie človeka. Voľba primeranej kombinácie mikroorganizmov využívaných pri produkcii mliečnych výrobkov prispieva na jednej strane k rozvoju žiaducich a charakteristických sensorických vlastností, na druhej strane zaisťuje hygienickú a zdravotnú bezchybnosť výrobkov (biokonzervácia) alebo pozitívne vplyva na zdravie človeka (probiotické produkty).

Syr je mliečny produkt, ktorý obsahuje hlavne mliečnu bielkovinu, mliečny tuk a v menšom kvante ostatné zložky mlieka (laktózu, minerálne látky) v čerstvom stave alebo v konkrétnom stupni prezretia. Vyrába sa koaguláciou mlieka (kazeínu) s požadovaným obsahom tuku, pôsobením syridla alebo kyseliny mliečnej, vznikajúcou fermentáciou mlieka baktériami mliečneho kvasenia, alebo kombináciou syridla a kyseliny a následným spracovaním získanej syreniny.

Syr sa analyzuje z mnohých dôvodov, vrátane zistenia jeho zloženia ako súčasť systému kontroly kvality alebo na vytvorenie údajov pre výživové účely, na zabezpečenie dodržiavania noriem totožnosti jednotlivých odrôd s cieľom posúdiť účinnosť výroby a zabezpečiť mikrobiálnu bezpečnosť produktu. Pred analýzou musí byť syr správne vzorkovaný, pretože spoľahlivosť výsledkov akéhokoľvek analytického postupu závisí od toho, ako reprezentatívna je vzorka na analýzu.

Syry s bielou plesňou na povrchu sú mäkké syry charakteristické prítomnosťou povlaku bieleho mycélia spôsobené rastom plesne *Penicillium camemberti* na ich povrchu. Prítomnosť tejto plesne dodáva syrom charakteristický vzhľad, typickú arómu a chuť a tiež vedie k zložitejšiemu dozrievaniu ako v iných odrodách syrov s jednoduchšou mikroflórou. Tieto syry sa stávajú čoraz obľúbenejšími pre spotrebiteľov a dopyt po nich narastá.

Náplňou tejto práce, okrem literárnej rešerše na tému syrov s bielou plesňou na povrchu bola elementárna analýza vzoriek za využitia Kjeldahlovej metódy a inštrumentálnej metódy ICP-OES. Namerané výsledky boli porovnané či už s výsledkami iných autorov alebo navzájom. Nakoniec boli tiež štatisticky vyhodnoté.

2. TEORETICKÁ ČASŤ

Teoretická časť diplomovej práce sa zaoberá prevažne všeobecnou charakteristikou syrov, ich klasifikáciou, charakteristikou syrov s bielou plesňou na povrchu a v neposlednom rade charakteristikou jednotlivých analyzovaných prvkov a metód, ktoré boli v experimentálnej časti využité.

2.1 Charakterizácia syrov

Syry predstavujú tradičné produkty, ktoré sú vyrábané na celom svete. Výroba syrov vznikla na Blízkom východe počas poľnohospodárskej revolúcie približne pred 8 000 rokmi [1], [2].

Syr sa charakterizuje ako bielkovinový koncentrát z mlieka, ktorý sa vyrába okyslením alebo častejšie enzýmovou koaguláciou za spolupôsobenia určitých mikroorganizmov. Syr vzniká odstránením vody z koagulátu a podlieha chemickým a fyzikálnym zmenám pôsobením prítomnej mikroflóry. Tieto vplyvy navodzujú chuťové zmeny vo veľkej variačnej miere a pôsobia na výrazne predĺženú trvanlivosť v porovnaní s čerstvým mliekom. Bielkovinová zložka syra tvorí kazeín, ktorý sa pri syrení koaguluje. Srvátkou sa eliminuje zo syroviny podstatná časť mliečneho cukru, vo vode rozpustných vitamínov a minerálov, ako aj vo vode rozpustné srvátkové bielkoviny. Činnosťou prítomnej mikroflóry sa vytvára obrovské množstvo produktov látkovej premeny, ktoré dodávajú každému jednému syru jeho typickú chuť [3].

Jedným z dôvodov, prečo sa mlieko začalo spracovávať na syry, je ich dlhšia trvanlivosť. Predĺženie trvanlivosti je založené na fermentácii laktózy predovšetkým na kyselinu mliečnu, pokles vodnej aktivity a pH. Takisto prispieva nízky redoxný potenciál a prídavok soli. Ďalšou výhodou spracovania mlieka na syry je to, že sú v nich zastúpené nutrične najcennejšie zložky mlieka. Ich výroba je pomerne zložitý proces, ktorý zahŕňa radu krokov a biochemických premien [1].

Syr je najrozličnejšou skupinou mliečnych výrobkov. Zatiaľ čo mnohé mliečne výrobky, ak sú správne vyrobené a skladované, sú biologicky, biochemicky a chemicky veľmi stabilné, syry sú naopak, biologicky a biochemicky dynamické, vo svojej podstate nestabilné. Vzhľadom k tomu, že vo všeobecnosti, v podstate podobná surovina (mlieko z veľmi obmedzeného počtu druhov) sa podrobí výrobnému procesu, ktorého všeobecné princípy sú spoločné pre väčšinu odrôd syra, je fascinujúce, že môže byť vyrobená taká rozmanitá škála výrobkov. Nie dve šarže tej istej odrody, v skutočnosti žiadne dva syry nie sú totožné [4].

Vplyvom biochemických a mikrobiálnych procesov, ktoré prebiehajú pri výrobe, sa menia vlastnosti všetkých živín a ochranných látok. Z bielkovín vznikajú pri zrení peptidy, aminokyseliny a ďalšie produkty. Počas zrenia vznikajú ďalšie rôzne zlúčeniny, ktoré

podmieňujú typickú chuť a vôňu syrov. Z laktózy sa tvorí kyselina mliečna, kyselina propiónová a iné. Tým sa stávajú syry veľmi dobre stráviteľnými. U tavených a termizovaných syrov je stráviteľnosť a využiteľnosť vplyvom pôsobenia vysokých teplôt a pridaním taviacich solí zhoršená [5].

2.1.1 Nutričné aspekty syrov

Syr je vysoko výživné a všestranné jedlo, ktoré môže hrať dôležitú úlohu dobre vyváženej stravy. Výživová hodnota syra závisí vo veľkej miere od jeho zloženia, ktoré sa zase určuje počas výroby. Syr je zvyčajne vynikajúci zdroj bielkovín, vitamínov rozpustných v tukoch a vápnika a zrelé syry sú v podstate bez laktózy. Avšak syry tiež obsahujú vysoký obsah tuku a chloridu sodného a nízke hladiny železa a kyslé tvarohové syry obsahujú významne nižšie hladiny vápnika ako odrody koagulované syridlom [6]. Výživové hodnoty niektorých syrov sú zhrnuté v *Tabuľke 1*.

Tabuľka 1: Zloženie vybraných syrov na 100 g [7]

| Typ syru | Voda [g] | Protein [g] | Tuk [g] | Cholesterol [mg] | Energia | |
|-----------------------|-------------|----------------|------------|---------------------|---------|------|
| | | | | | kcal | kJ |
| Camembert | 50,7 | 20,9 | 23,7 | 75 | 297 | 1232 |
| Cottage cheese | 79,1 | 13,8 | 3,9 | 90 | 379 | 1571 |
| Danish blue | 45,3 | 20,1 | 29,6 | 95 | 439 | 1807 |
| Edam | 43,8 | 26,0 | 25,4 | 80 | 333 | 1382 |
| Emmental | 35,7 | 28,7 | 29,7 | 90 | 382 | 1587 |
| Feta | 56,5 | 15,6 | 20,2 | 70 | 250 | 1037 |
| Gouda | 40,1 | 24,0 | 31,0 | 100 | 375 | 1555 |
| Mozzarella | 49,8 | 25,1 | 21,0 | 65 | 289 | 1204 |
| Parmesan | 18,4 | 39,4 | 32,7 | 100 | 452 | 1880 |
| Ricotta | 72,1 | 9,4 | 11,0 | 50 | 144 | 599 |
| Roquefort | 41,3 | 19,7 | 32,9 | 90 | 375 | 1552 |

2.1.1.1 Bielkoviny

Syry sú vynikajúcim zdrojom mnohých dôležitých živín. Sú to najmä bielkoviny, prevažne kazeín, ktorých množstvo v syroch podľa ich druhu kolíše. Podľa obsahu sušiny a tuku sa obsah bielkovín pohybuje od 6 % (u niektorých tvarohových dezertov a čerstvých syrov) do takmer 30 % (u olomouckých tvarôžkov a niektorých tvrdých syrov). Mliečne bielkoviny zaraďujeme medzi bielkoviny plnohodnotné, pretože obsahujú všetky esenciálne aminokyseliny v dostatočnom množstve [8].

Syry obsahujú pomerne menšie množstvo srvátkových bielkovín (0,4–0,5 %) v porovnaní s ostatnými mliečnymi produktami [8].

2.1.1.2 Vápnik

Ďalšou významnou živinou, ktorá je obsiahnutá v syroch, je vápnik. Hladiny vápnika v syroch sa značne líšia. Jeho obsah závisí najmä na obsahu sušiny, do určitej miery aj na použitej technológii a taktiež na obsah vplývajú faktory ako plemeno kráv a fázy laktácie. Hladiny vápnika v mlieku môžu byť tiež zvýšené pridaním CaCl_2 pred výrobou [6], [8].

Syry obsahujú 1500 až 12000 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ a tvarohy 960 až 990 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ vápnika [9]. Hladiny vápnika sú vo všeobecnosti pomerne nízke v kyslých syroch, pretože separácia srvátky nastáva pri nízkych hodnotách pH. Naopak, srvátka vypúšťaná zo švajčiarskeho typu syra nastáva pri vysokom pH, čo znamená, že viac vápnika sa udrží v syre, a to je faktor prispievajúci k pružnosti týchto syrov. V syroch, ktoré počas dozrievania strácajú veľa vlhkosti, ako napríklad taliansky syr typu Grana, je vápnik obsiahnutý vo vysokých množstvách. Hladina vápnika v syroch typu Camembert je relatívne nízka, pretože sa pri výrobe stráca veľa vápnika, keďže syneréza je poháňaná okyselením počas tvarovania syrov. Veľa vápnika v týchto syroch je na povrchu, kde sa vyzráža pri vysokej hodnote pH spôsobenej laktátovým metabolizmom *Penicillium camemberti* [6], [10].

Vápnik obsiahnutý v mlieku a mliečnych produktoch, vrátane syrov, je navyše v ľudskom organizme dobre využiteľný (asi z 30 %), zatiaľ čo u rastlinných potravín je využiteľnosť vápnika len 5 až 10 %, v niektorých prípadoch ešte nižšia. Využiteľnosť vápnika v mliečnych výrobkoch zvyšuje prítomnosť mliečnych bielkovín, laktózy a voľných aminokyselín. Naproti tomu, hlavné látky, ktoré využiteľnosť vápnika v potravinách znižujú (kyselina fytová, kyselina šťaveľová a vláknina) v mlieku a mliečnych výrobkoch prítomné nie sú [8].

2.1.1.3 Ďalšie minerálne látky

Vedľa vápnika obsahujú syry i ďalšie významné minerálne látky, predovšetkým horčík a niektoré stopové prvky ako jód a zinok [8]. Obsah niektorých minerálnych látok je zhrnutý v *Tabuľke 2*.

Tabuľka 2: Množstvo niektorých minerálnych látok obsiahnutých v syroch [9]

| Prvok | Obsah v $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ | Prvok | Obsah v $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ |
|-------|--|-------|--|
| Ca | 1500-12000 | Fe | 1,5-4,7 |
| K | 1070-1100 | Zn | 36-44 |
| Mg | 170-550 | Mo | 0,05-0,1 |
| Na | 450-14 100 | Cu | 0,3-19 |
| P | 2900-8600 | Mn | 0,4-0,8 |
| Cl | 12000-23000 | Ni | 0,02-0,2 |
| S | 1900-2600 | Co | 0,01 |

2.1.1.4 Vitamíny

Syry sú tiež dobrým zdrojom väčšiny vitamínov, najmä vitamínov rozpustných v tukoch, t. j. vitamínov A, D a E, a niektorých vitamínov skupiny B, predovšetkým vitamínu B₂ [8].

2.1.1.5 Laktóza a kyselina mliečna

Laktóza je v syroch obsiahnutá len v nepatrnom množstve od 0,5 do 3 %. Kyselina mliečna, ktorá vzniká metabolizmom laktózy, bráni rozvoju nežiaducej mikroflóry v tráviacom trakte, najmä v hrubom čreve a zvyšuje využiteľnosť vápníka [8].

2.1.1.6 Mliečny tuk

Veľmi často diskutovanou živinou obsiahnutou v syroch je mliečny tuk, ktorý sa v syroch nachádza v rôznom množstve. Z hľadiska kvalitatívneho zloženia mastných kyselín v triacylglyceroloch obsahuje mliečny tuk pomerne vyššie percento nasýtených mastných kyselín, čo obmedzuje jeho postavenie vo výžive [7]. Napriek tomu bolo vyvinuté značné úsilie pri výrobe variantov s nízkym alebo so zníženým obsahom tuku [6]. Prípadne je pri jeho konzumácii potrebné zároveň konzumovať zdroje nenasýtených mastných kyselín – predovšetkým zdroje kyseliny olejovej a omega-3 mastných kyselín, napr. orechy, ryby či olivový alebo repkový olej. Vzhľadom k vyššiemu obsahu mastných kyselín s krátkym uhlíkovým reťazcom je mliečny tuk relatívne dobre stráviteľný [8].

2.1.2 Princíp výroby syrov

Výroba všetkých variantov syra zahŕňa všeobecne podobný postup, ktorého jednotlivé kroky sa modifikujú tak, aby poskytli produkt s požadovanými vlastnosťami. Hlavné kroky sú nasledujúce [7]:

1. Výber, štandardizácia a vo väčšine prípadov pasterizácia mlieka
2. Okyslenie, zvyčajne prostredníctvom in situ produkcie kyseliny mliečnej selektívnymi baktériami
3. Koagulácia mlieka kyselinou alebo obmedzenou proteolýzou
4. Dehydratácia koagula, aby sa získala syrenina, pomocou rôznych techník, z ktorých niektoré sú špecifické pre rôzne odrody
5. Formovanie syreniny do charakteristických tvarov
6. Solenie
7. Dozrievanie syra (v niektorých prípadoch), počas ktorého sa vytvára charakteristická aróma a textúra

2.1.3 Klasifikácia syrov

Neexistuje žiadny konečný zoznam syrov a odhady počtu odrôd sú podľa rôznych autorov v rozsahu približne od 400 do 1400. Avšak mnohé odrody majú v skutočnosti podobné zloženie, chuť, štruktúru a výrobnú technológiu a preto by sa mali považovať skôr za varianty než za odrody. Boli vykonané pokusy klasifikácie odrôd syra, ale žiadna schéma klasifikácie sa nestretla s univerzálnym schválením a všetky majú určité obmedzenia [6].

Syry vytvárajú nemalú skupinu rôznorodých produktov, ktoré sa viac, alebo menej navzájom líšia. Z tohto dôvodu ich rozdelenie je rozmanité a vychádzajúce z ich charakteristiky, ktoré sa týka či už zloženia syrov, spôsobu ich zretia a výrobnej technológie alebo zmien vonkajšieho a vnútorného vzhľadu syrov.

2.1.3.1 Rozdelenie syrov podľa druhu použitého mlieka

Podľa tohto kritéria sa syry delia na kravské, ovčie, kozie alebo syry z ostatných druhov mliek. Existujú však i syry vyrábané zo zmesi uvedených mliek [11].

2.1.3.2 Rozdelenie syrov podľa obsahu vody v beztukovej hmote syra (VBHS)

Bežné metódy klasifikácie syra sú založené na textúre a takéto syry sa často delia na extra tvrdé (maximálne 47 % VBHS), tvrdé (47 % až 55 % VBHS), polotvrde (55 % až 62 % VBHS), polomäkké (62 % až 68 % VBHS) a mäkké (viac ako 68 % VBHS) [6], [8].

2.1.3.3 Rozdelenie syrov podľa obsahu tuku

Tučnosť syrov vypovedá nielen o množstve tuku, ale tiež o chutnosti syrov, pretože nositeľom chuti v mliečnych produktoch je práve tuk. Avšak pri označovaní syrov sa väčšinou absolútna tučnosť neuvádza. Tučnosť sa totiž vyjadruje v podobe obsahu tuku v sušine (skratka t. v s.) [11].

Na základe toho možno syry rozdeliť na vysokotučné (viac ako 65 % t. v s.), plnotučné (45 % až 65 % t. v s.), polotučné (25 % až 45 % t. v s.), nízkotučné (10 % až 25 % t. v s.) a odtučnené (menej ako 10 % t. v s.) [8].

2.1.3.4 Rozdelenie syrov podľa spôsobu koagulácie mlieka

Možno najlogickejšia klasifikácia syrov je založená na metóde koagulácie mlieka na [6]:

1. Odrody koagulované kyselinami (napr. Cottage cheese, Quarg, Cream cheese)
2. Odrody koagulované kombináciou tepla a kyseliny (napr. Ricotta)
3. Syry koagulované syridlami (väčšina odrôd, napr. Gouda, Emmental, Brie)

Tieto hlavné skupiny možno rozdeliť ďalej na základe technologických parametrov [6]. Syry koagulované syridlami predstavujú približne 75 % celkovej produkcie syra a takmer všetky zrejúce syry. Kyslé syry predstavujú asi 25 % celkovej produkcie a sú vo všeobecnosti konzumované čerstvé. Koagulácia kombináciou tepla a kyseliny sa používa pre obmedzený počet odrôd, vrátane Ricotta a Manouri. Tradične ide o vedľajšie produkty vyrobené zo srvátky získanej zo syrov vyrábaných za použitia syridla, hoci dnes sa vyrábajú aj zo zmesi mlieka a srvátky alebo dokonca z mlieka samotného [7].

2.1.3.5 Rozdelenie syrov podľa výrobných technologických znakov

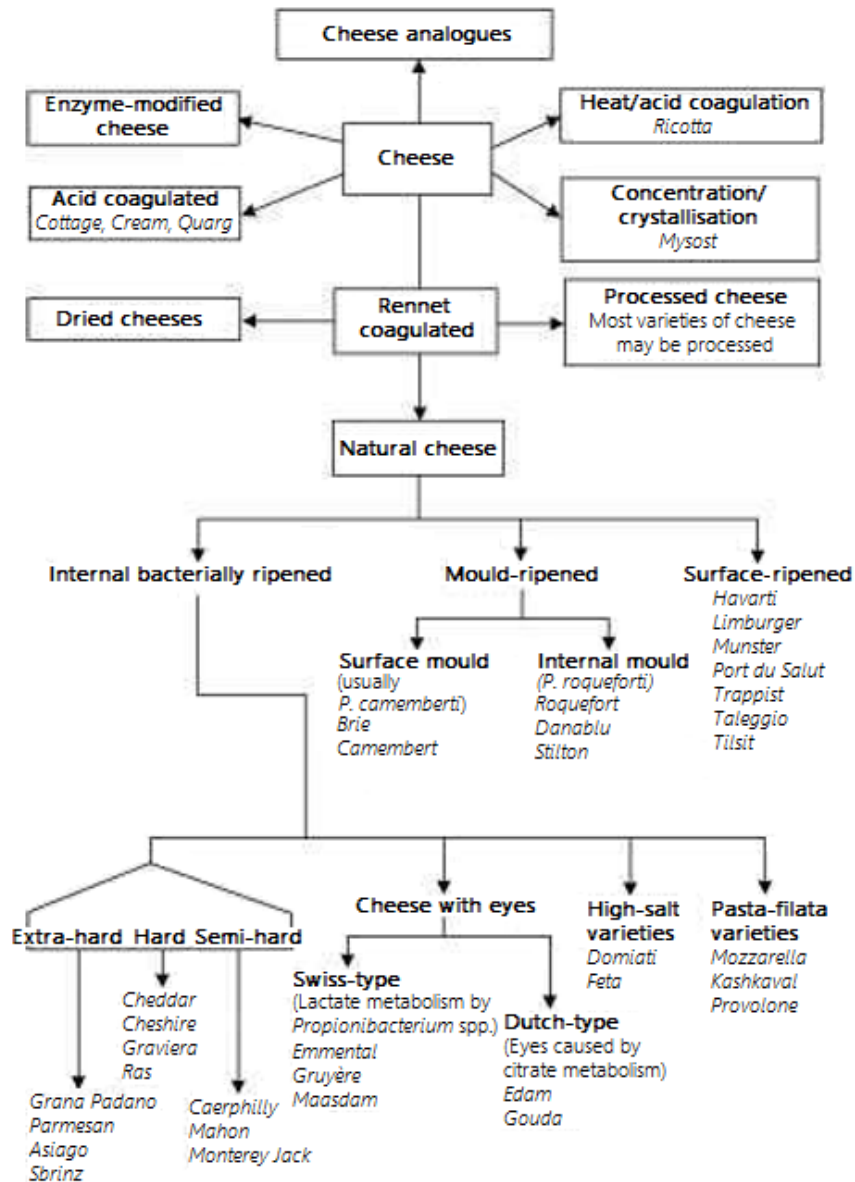
V nasledujúcej tabuľke (Tabuľka 3) sú syry rozdelené do jednotlivých kategórií vyznačujúcimi sa určitými znakmi, ktoré sú viacmenej spoločné pre všetky syry z danej kategórie. Toto rozdelenie je veľmi obširné, avšak pre spotrebiteľa veľmi užitočné.

Tabuľka 3: Rozdelenie syrov podľa technologických znakov [11]

| Typy syrov | Ich ďalšie možné členenie | Príklady |
|------------------|--|--|
| tvarohy | tvarohy vyrábané len za účasti čistých mliekarenských kultúr | tvrdé a priemyselné tvarohy |
| | tvarohy vyrábané za použitia syridla | mäkké, roztierateľné tvarohy |
| čerstvé syry | | Cottage |
| mäkké syry | syry zrejúce pod mazom | Romadur, dezertné syry |
| | syry zrejúce v chlade | Blatácké zlato |
| | syry zrejúce v soľnom roztoku | Balkánský syr, Feta, Akawi |
| plesňové syry | syry s plesňou na povrchu | Hermelín, Camembert, Brie |
| | syry s plesňou v ceste | Niva, Roquefort, Gorgonzola |
| | syry dvojplesňové | Vltavín, Bavaria Blue |
| polotvrdé syry | syry lisované | Eidam, Gouda, Madeland |
| | syry nelisované | Tylžský syr |
| | syry s mletou syreninou | Čedar |
| syry tvrdé | syry s tvorbou ôk | Ementál, Primátor, Montana |
| | syry bez tvorby ôk | Moravský bochník, Gruyére |
| syry extra tvrdé | | Parmesan, Grana, Gran Moravia |
| syry parené | | slovenské korbáčky, parenice, oštiepky |

Podľa iných autorov možno syry koagulované syridlom rozdeliť do 10 relatívne homogénnych skupín: extrémne tvrdé (napr. Grana Padano), tvrdé syry (napr. Cheddar), polotvrdé syry (napríklad Monterey Jack), švajčiarske syry (napr. Emmental), syry holandského typu (napr. Gouda), odrody zrejúce v soľnom roztoku (napr. Feta), syry talianskeho typu (napr. Mozzarella), syry s bielou plesňou na povrchu (napr. Camembert),

modré syry (napr. Roquefort), syry zrejúce pod mazom (napr. Tilsit). Schéma takéhoto rozdelenia je znázornená na *Obrázku 1*. Kyslé syry, syry koagulované kombináciou tepla aj kyseliny (napr. Ricotta), a iné syry sú zoskupené separátne. Avšak ani táto klasifikácia nie je bez rozporov, napríklad syry vyrobené z rôznych druhov mlieka sú zoskupené spolu [12].



Obrázok 1: Druhy syra klasifikované do hlavných skupín podľa metódy koagulácie a ďalej rozdelené na základe hlavných dozrievacích činidiel alebo charakteristickej technológie [6]

2.2 Vybrané analyzované prvky

Minerálne a stopové prvky síce nie sú zdrojom energie, ale napriek tomu sú potrebnou súčasťou našej výživy [13]. Aj keď sú minerály prítomné v potravinách v relatívne nízkych koncentráciách, často majú hlboký vplyv na fyzikálne a chemické vlastnosti potravín z

dôvodu interakcií s ostatnými potravinovými zložkami [10]. Hlavný metabolický význam jednotlivých prvkov je popísaný v nasledujúcich podkapitolách.

2.2.1 Vápnik

Ide o dvojmocný kation a jeho viacero úloh v živých bunkách súvisí s jeho schopnosťou tvoriť komplexy s proteínmi, sacharidmi a lipidmi. Okrem štruktúrnej role v rastlinách a živočíchoch, vápnik hrá dôležitú regulačnú úlohu v početných biochemických a fyziologických procesoch (zúčastňuje sa na nervovej a svalovej činnosti a taktiež je dôležitý aj pre zrážanlivosť krvi) [9], [10].

Stupeň resorpcie vápnika je dosť závislý na jeho chemickej forme a na zložení potravy. Napríklad stupeň resorpcie vápnika zo špenátu, kde je prevládajúcou formou oxalát vápenatý, býva okolo 2 až 5 %. Z kapusty (hlavnou formou vápnika sú vápenaté soli organických kyselín) sa resorbuje 40 až 70 % a zo pšeničného chleba (hlavnou zlúčeninou je fytín) okolo 40 % [9].

Hlavným zdrojom vápnika je mlieko a mliečne produkty. Doporučená denná dávka u dospelého človeka sa pohybuje okolo hodnoty 800 mg [9].

2.2.2 Draslík

Hlavnou funkciou draslíka v ľudskom tele je udržiavať s chloridom osmotický tlak tekutín vonku i vnútri buniek a acidobazickú rovnováhu. Okrem toho je draslík potrebný pre aktiváciu niektorých enzýmov napríklad glykolytických enzýmov a enzýmov dýchacieho reťazca. Draslík ďalej významne vplýva na svalovú aktivitu, najmä aktivitu srdcového svalu [9], [13].

Resorpcia draslíka v tráviacom trakte je rýchla a jej účinnosť pri bežnom zložení stravy dosahuje až 90 % [9].

Vyskytuje sa v potravinách hlavne vo forme voľných iónov. Obsah draslíka v niektorých rastlinných materiáloch je mimoriadne vysoký a môže dosiahnuť až 2 % (napr. v čaji a praženej káve). Pre dospelého človeka je minimálna potrebná denná dávka približne 2000 mg [9].

2.2.3 Horčík

Horčík je nevyhnutný pre všetky metabolické deje, pri ktorých sa vytvára či hydrolyzuje ATP. Taktiež sa zúčastňuje pri stabilizácii makromolekúl DNA a je nevyhnutný pre aktiváciu niektorých enzýmov napríklad fosfotransferáz a fosfatáz. V tejto funkcii môžu byť niekedy horečnaté ióny nahradené mangánatými. Ďalej je tento kov esenciálny pre fotosyntetizujúce

organizmy v dôsledku väzby horčíku v chlorofyle. Spoločne s vápnikom horčík vplýva na permeabilitu biomembrán a dráždivosť buniek [9].

Resorpcia zo stravy prebieha v tenkom čreve. Účinnosť resorpcie horčíka z potravy je pri normálnej dávke u zdravého jedinca asi 40 až 50 %. Z potravy chudobnej na tento prvok sa vstrebáva viacej [9].

Vysoký obsah horčíka sa nachádza v strukovinách, ryži, ovsených vločkách a iných potravinách. Doporučená denná dávka u dospelého človeka sa pohybuje okolo 300 až 350 mg [9].

2.2.4 Sodík

Sodík je dôležitým iónom extrabunecných tekutín. Regulácia a koncentrácia sodíkových iónov je významná pre šírenie nervových impulzov. Zúčastňuje sa tiež kontraktácie svalov, funkcií srdca, osmotickej rovnováhy mimobunecných tekutín a absorpcie nutričných látok [13].

Resorpcia sodíka v tráviacom trakte je taktiež rýchla a jej účinnosť dosahuje až 90 %. Z tela je vylučovaný močom alebo potom. Ak nie je sodík pri nadmernom potení dodávaný v strave vo vyššom množstve objavujú sa svalové kŕče, bolesti hlavy alebo hnačky. Taktiež prebytok sodíka v organizme nie je priaznivý a vedie k ťažkým poruchám [9].

V potrave sa sodík vyskytuje najmä vo forme iónov. Prirodzený obsah sodíka v potravinách je veľmi premenlivý a v mnohých potravinách rastlinného pôvodu sa vyskytuje len v minoritných množstvách. Jeho obsah sa môže zvýšiť až o niekoľko rádov solením stravy, či už z dôvodu konzervácie alebo ochucovania. Minimálna potrebná dávka sodíka pre dospelého človeka je 500 mg [9].

2.2.5 Železo

V biologickom systéme sa železo vyskytuje takmer výlučne vo forme chelátov s proteínmi. Funkcie železa v organizme závisia od toho, v akých zlúčeninách je tento prvok obsiahnutý. Väčšinou ide o účasť železa na presune kyslíka krvným riečiskom, skladovaní kyslíka vo svalovom tkanive a účasť na katalýze oxidačno-redukčných reakcií [9], [10].

V gastrointestinálnom trakte sa vstrebáva 5 až 15 % prítomného železa. Zhruba platí, že vstrebávanie dvojmocného železa sa uskutočňuje jednoduchšie ako vstrebávanie trojmocného železa. Účinnosť resorpcie nezávisí len na mocenstve, ale môže byť ovplyvnená napr. tvorbou komplexov železa. Resorpcia železa je regulovaná, pri nedostatku železa v organizme sa môže účinnosť zvýšiť až na 30–60 % [9].

Medzi potraviny bohaté na železo patria vnútornosti, mäso, vajcia, strukoviny, čaj a kakao. Ryby, hydina, cereálie, špenát, petržlen a orechy majú stredný obsah železa chudobné na železo sú mlieko, mliečne výrobky, tuky, oleje, zemiaky a väčšina ovocia. Doporučená denná dietárna dávka železa sa pohybuje u dospelého človeka v rozmedzí od 10 do 15 mg [9].

2.2.6 Fosfor

Fosfor je esenciálny prvok a jeho funkcia v živej hmote súvisí s tým, v akých zlúčeninách je obsiahnutý. Sú to predovšetkým funkcie stavebné, aktivačné, regulačné, katalytické a funkcie v energetickom metabolizme. Zo zlúčenín fosforu sú zložené významné súčasti biologických štruktúr. Hydrolýza makroergických fosfátov (ATP, GTP, fosfoenolpyruvát a kreatin-fosfát) umožňuje uskutočnenie energeticky zložitých biosyntetických reakcií. Naproti tomu v katabolických procesoch je chemická energia uložená do ATP. Účasť fosfátov v regulácii metabolizmu tkvie napr. v premene inaktívnych foriem niektorých enzýmov fosforyláciou. Ďalšou zlúčeninou fosforu je cyklický AMP, ktorý pôsobí ako allosterický aktivátor niektorých enzýmov. Fosfátmi sú taktiež niektoré kofaktory enzýmov, napr. FAD, FMN a iné. Fosfor sa nachádza taktiež v nukleových kyselinách zabezpečujúcich uloženie a expresiu genetickej informácie [9].

Organické formy fosforu v potravinách sú štiepené črevnými fosfatázami a tým resorpcia prebieha väčšinou vo forme anorganického fosfátu. Polyfosforečnany používané ako prídavné látky v potravinách sa resorbujú až po predchádzajúcej hydrolýze na ortofosforečnan [14].

Bohatým zdrojom fosforu sú orechy, syry a ostatné mliečne produkty. Veľa potravín rastlinného pôvodu s vysokými koncentraciami fosforu obsahuje pomerne veľké množstvo málo využiteľnej kyseliny fytovej a jej solí. Doporučená denná dietárna dávka fosforu činí 1200 mg pre dospelého človeka [9].

2.2.7 Zinok

Zinok je súčasťou viac než 200 metaloenzýmov. Prítomnosť zinku v molekulách niektorých metaloenzýmov je nevyhnutná pre ich katalytickú funkciu, u ďalších metaloproteínov sa väzba zinku podieľa na fixácii priestorovej štruktúry molekuly. Medzi enzými obsahujúce zinok patria napr. alkoholdehydrogenáza, laktátdehydrogenáza, alkalická fosfatáza, aldoláza, RNA-polymeráza a mnoho ďalších. Zinok sa teda zúčastňuje na katalýze reakcií vo viacerých metabolických dráhach. Tiež je potrebný pre tvorbu a pôsobenie pankreatického peptidového hormónu inzulínu, s ktorým vytvára komplexy [9].

Vstrebávanie zinku v tráviacom trakte prebieha v tenkom čreve. Účinnosť resorpcie je za normálnych podmienok približne 30 % a je regulovaná bunkami črevnej sliznice. Stupeň

resorpcie zinku je závislý okrem iného aj na zložení stravy. Vysoká koncentrácia bielkovín a aminokyselín zvyšuje účinnosť vstrebávania. Opačne pôsobí fytová kyselina a vláknina [9].

Hlavným zdrojom zinku v potrave je predovšetkým mäso, strukoviny, obilniny, vaječný žltok a orechy. Doporučená denné dietárne množstvo zinku je pre dospelého človeka od 10 do 12 mg [9].

2.3 Syry s bielou plesňou na povrchu

Plesňové syry predstavujú malý podiel svetovej výroby syrov. Tieto syry sa však stávajú čoraz obľúbenejšími pre spotrebiteľov a dopyt po nich narastá. Výroba mäkkých syrov s povrchovou plesňou, ako je Camembert, bola dlho obmedzená na Francúzsko, avšak v posledných rokoch sa ich výroba rozšírila i v iných krajinách [15]. Vo Francúzsku sú známe hlavne pod názvami Camembert a Brie, v Českej republike pod názvom Hermelín a na Slovensku vyrábané syry s bielou plesňou na povrchu s označením ako Encián alebo Plesnivec.

Syry s bielou plesňou na povrchu sú mäkké syry charakterizované prítomnosťou povlaku bieleho mycélia spôsobené rastom plesne *Penicillium camemberti* na ich povrchu. Prítomnosť tejto plesne dodáva syrom charakteristický vzhľad, typickú arómu, chuť a tiež vedie k zložitejšiemu dozrievaniu ako v iných odrodách syrov s jednoduchšou mikroflórou. Tieto syry sa stávajú čoraz obľúbenejšími pre spotrebiteľov a dopyt po nich narastá [16], [17].

Vyznačujú sa tým, že vplyvom bielej ušľachtilej plesne zrejú z povrchu do vnútra syra. Biela pleseň na povrchu má vytvárať belavý, hustý, neplstnatý, rovnomerne prerastený povrch so sviežou mierne hubovitou vôňou pripomínajúcou šampiňóny. Farba správne vyzretého syra na reze je v jadre žltkastej farby. Konzistencia má byť jemná, rovnomerne prezretá a uzavrená bez dierok. Mladý priemyselne vyrábaný syr je bez vlastnej vône a je chuťovo neutrálny [18], [19]. Chuť a vôňa sú tvorené celou radou prchavých zlúčenín, ktoré sa počas konzumácie môžu postupne uvoľňovať [20].

2.3.1 Mikroflóra syrov s bielou plesňou na povrchu

Mnohé syry obsahujú sekundárnu mikroflóru, ktorá hrá dôležitú úlohu pri procese dozrievania. Patria medzi ne aj biele plesne. Táto druhotná mikrobiálna flóra rastie počas procesu dozrievania a jej metabolizmus priamo ovplyvňuje kľúčové atribúty kvality dospelých syrov [6].

Hlavný mikroorganizmus u syrov camembertského typu je *Penicillium camemberti*. Je prísne aeróbný a preto rastie len na povrchu syrov. Táto pleseň má dôležitú proteolytickú a lipolytickú úlohu v celkovom procese dozrievania. Jej proteolytický účinok sa u daných

kmeňov odlišuje len málo a jej lipolytická aktivita je všeobecne významná, ale výrazne sa líši od jedného druhu k druhému. Okrem *P. camemberti* sú súčasťou syrov s bielou plesňou na povrchu aj kyslomliečne baktérie, kvasinky a iné povrchové baktérie, ktoré sa spolu podieľajú na zložení, súdržnosti a hrúbke kôry syrov a zároveň dodávajú syrom rovnomerný biely zamatový povlak [21], [22], [23].

V Camemberte a príbuzných syroch s plesňou na povrchu dosahuje mezofilný štartér na konci výroby asi 9 až 10 cfu/g. Spóry *P. camemberti* sa môžu pridať do mlieka alebo nastriekať na povrch syra po lisovaní. Na začiatku je povrchová mikroflóra zložená z aditívnych kyselinovo-tolerantných kvasiniek a *Geotrichum candidum*. *P. camemberti* sa objaví asi po 6 dňoch a dominuje pri dozrievaní syrov. Nakoniec, ku koncu dozrievania sa začína rozvíjať grampozitívna bakteriálna mikroflóra [24].

Výber kmeňa *P. camemberti* má významný vplyv aj na konečnú farbu syra. V závislosti od technológie, najmä z hľadiska dozrievania, syr môže mať odlišné farby. Dnes väčšina priemyselných kmeňov *P. camemberti* používa nízku schopnosť sporulovať a to je faktor, ktorý im umožňuje mať stálejšiu farbu [6].

2.3.2 Technológia výroby syrov s bielou plesňou na povrchu

Základná technológia výroby syrov s bielou plesňou na povrchu odpovedá technologickým operáciám pre mäkké syry. Vedľa základnej mezofilnej kultúry sa do štandardizovaného mlieka pridáva plesňová suspenzia *P. camemberti* (alebo sa spóry plesne nastriekajú priamo na syr po výrobe) a pred zrážaním sa okyslí. Po znížení pH (6,45 až 6,5) sa pridá syridlo a vytvorí sa mäkká syrenina. Teplota nádrže je medzi 20 a 30 °C a táto teplota stimuluje rast baktérií mliečneho kvasenia. Naďalej pomerne rýchlo klesá pH, čo vedie k demineralizácii kazeínov. Vzhľadom na nízke pH väčšina fosfátu a vápnika opustí syreninu vo forme srvátky. Táto demineralizácia bude mať dva hlavné dôsledky:

- pufrovacia kapacita syreniny bude nízka a tak sa pH počas dozrievania pomerne ľahko mení
- existuje len málo iónových väzieb medzi kazeínmi a chemické väzby medzi nimi sú hlavne slabé. Z toho vyplýva, že získaná syrenina je veľmi krehká a malo by sa s ňou zaobchádzať opatrne

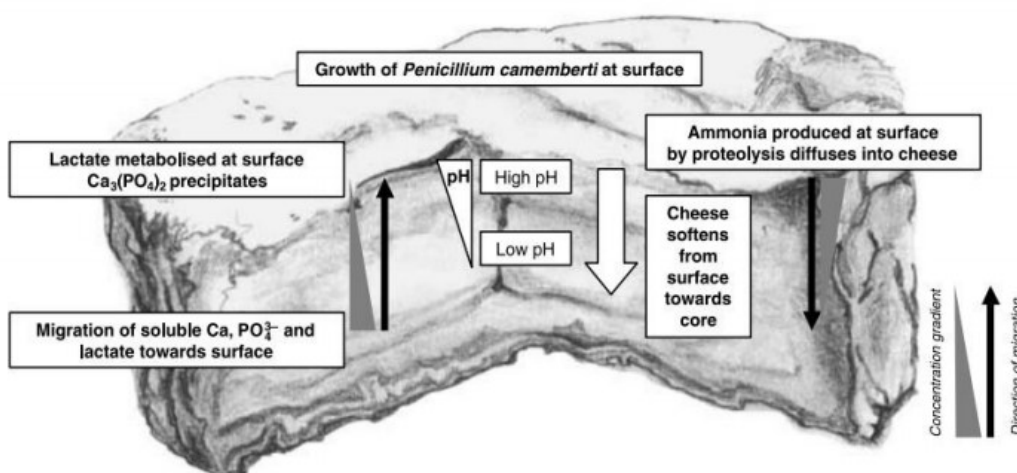
V niektorých prípadoch, po koagulácii je syrenina jemne narezaná nožmi alebo drôtmi. Zbytková laktóza a časť laktátu sa môže odstrániť premytím syreniny pridaním trocha vody do nádrže. Nasleduje plnenie syreniny do foriem. Syrenina je veľmi priepustná a srvátka sa ľahko odstraňuje vplyvom gravitácie, ale vlhkosť obsiahnutá v syre zostáva dosť vysoká (nad 65 %). Okysľovanie pokračuje počas vypúšťania srvátky a konečné pH po tvarovaní je nízke (4,4 až 4,8). Na konci tvarovania sú kyslomliečne baktérie inhibované nízkym pH. Zvyšná

laktóza a laktát sú spotrebované počas prvej fázy dozrievania. Odkvapené syry sa krátko solia v soľnom kúpeli alebo je používaný kontinuálny spôsob solenia nástrekom jemne suchej soli na vlhký povrch syra. Po oschnutí syry zrejú pri teplote 12 °C a relatívnej vlhkosti 90 % po dobu približne 10 dní. Počas zrenia sa syry taktiež obracajú. Zrelé syry majú povrch rovnomerne pokrytý bielou plesňou. Konzistencia má byť jemná, maslovitá. Chuť a vôňa je typická po proteolýze a lipolýze vplyvom plesňovej kultúry sprevádzané šampiňónovou príchuťou. Syry tohto typu sa vyrábajú s obsahom t. v s. 45 % a vyšším [1], [6], [25].

2.3.3 Proces zrenia syrov s bielou plesňou na povrchu

Aróma čerstvo vyrobenej zrazeniny je chuťovo neurčitá a má gumovitú textúru. Charakteristická aróma a textúra prírodných syrov sa vyvíja až počas zrenia. Zrenie syrov je veľmi komplexný dej, ktorý zahŕňa zmeny mikroflóry syrov a primárne (metabolizmus zvyšnej laktózy, mliečnanu a citrónanu, lipolýza a proteolýza) a sekundárne (metabolizmus voľných mastných kyselín a katabolizmus voľných aminokyselín) biochemické procesy [17].

P.camemberti, rastúci na povrchu, metabolizuje aeróbne kyselinu mliečnu ako zdroj energie, čo spôsobuje zvýšenie pH na povrchu syra a tým sa vytvára pH gradient z povrchu do jadra syra. Amoniak produkovaný deamináciou aminokyselín prispieva k zvýšeniu pH, ktoré dosahuje hodnoty okolo 7,5 na povrchu a približne 6,5 v strede syra. Vysoké pH na povrchu syra ďalej vedie k vyzrážaniu fosforečnanu vápenatého, čo prispieva k migrácii fosforečnanu vápenatého z jadra syra smerom k povrchu. Kombinácia vysokého pH a zníženého obsahu fosforečnanu vápenatého v hmote vedie k charakteristickému mäkknutiu syrov s plesňou na povrchu [2], [12]. Chemické zmeny v priebehu zrenia syrov s bielou plesňou na povrchu sú znázornené tiež na *Obrázku 2*.



Obrázok 2: Chemické zmeny počas zrenia syrov s bielou plesňou na povrchu [26]

Bielá pleseň *Penicillium camemberti* má aktívne extracelulárne proteínázy a peptidázy a tým prispieva tiež k značnej proteolýze v plesňových syroch. V syroch s bielou plesňou na

povrchu nastáva tiež vysoký stupeň lipolýzy, pretože sekundárna mikroflóra je zdrojom lipolytických enzýmov [17].

2.3.4 Charakteristika vybraných syrov s bielou plesňou na povrchu

Syry s bielou plesňou na povrchu sa líšia či už veľkosťou, tvarom, použitým mliekom alebo vlastnou výrobnou technológiou. V nasledujúcich podkapitolách sú popísané 2 najznámejšie druhy syrov z tejto skupiny.

2.3.4.1 *Camembert de Normandie*

Camembert sa vyrába z nepasterizovaného mlieka v Normandii podľa presne definovanej tradičnej metódy. Tento syr získal označenie AOC ešte pred rokom 1983 a tak sa stal najčastejšie napodobovaným syrom na svete. Camembert de Normandie je mäkký povrchovo plesňový syr kruhového tvaru s priemerom 10,5 až 11,5 cm a výškou približne 3 cm. Váži asi 250 g a balí sa do tenkých drevených krabičiek. Vyznačuje sa jemnou kôrkou pokrytou bielou ušlachtilou plesňou, ale môže mať na povrchu červené, hnedasté alebo oranžové škvrny. Vnútro má takmer bielej až svetlo žltej farby a malo by byť rovnomerne vyzreté. Je mäkký textúrovaný, ale nie drobný. Otvory pre plyn všeobecne chýbajú, ale málo otvorov a rozostupov je prijateľné [27], [28], [29].

2.3.4.2 *Brie*

Vo Francúzsku dnes nesú pečať AOC dva syry a to Brie de Meaux a Brie de Melun.

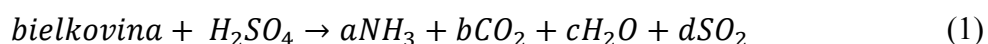
- Brie de Meaux, pomenovaný po meste Meaux, je francúzsky syr vyrábaný v regióne Brie, ktorý sa nachádza 50 km východne od Paríža. Brie de Meaux, syr s chráneným označením AOC, by mal dozrievať v regiónoch Seine-et-Marne, Loiret, Aube, Marne, Haut-Marne, Meuse a Yonne. Rozdiel medzi miestami produkcie a dozrievania je typickou tradíciou Brie. Jedná sa o surový, mäkký nepasterizovaný syr z kravského mlieka pokrytý bielou kožkou. Keď syr starne, na kôre sa vytvárajú červené alebo hnedé škvrny. Brie de Meaux sa vyrába vo forme plochého valca s priemernou hmotnosťou 2 až 6 kg. Cesto má lesklú slamovú farbu, ktorá tmavne až do slonovinovej farby [27], [30].
- Brie de Melun je predchodcom všetkých Brie, ktorý pochádza z oblasti severného Francúzska známej ako Seine-et-Marne. V roku 1980 mu bola udelená ochranná známka AOC, ktorá vyžaduje, aby sa syr vyrábal podľa prísnych pravidiel pre najvyššiu kvalitu. Brie de Melun sa vyrába buď z plnotučného alebo odstredeného surového mlieka. Je to polomäkký syr inokulovaný penicilínovou plesňou. Brie de Melun sa vyrába vo forme plochého valca s priemernou hmotnosťou od 1 do 5 kg. Vyznačuje sa vyzrelejšou, robustnejšou arómou [27], [31].

2.4 Metóda stanovenia celkového dusíka a hrubých bielkovín podľa Kjeldahla

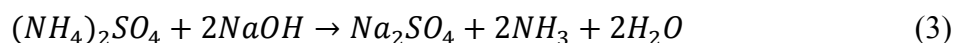
V roku 1883 Johann Kjeldahl vyvinul základný proces dnešnej Kjeldahlovej metódy na analýzu organického dusíka. Niekoľko dôležitých úprav zlepšilo pôvodný Kjeldahlov proces, avšak pôvodná metóda a súčasný postup (ako je podrobne opísané nižšie) obsahujú rovnaké základné kroky: (a) natrávenie, (b) neutralizácia a destilácia a (c) titrácia [32].

V súčasnosti je Kjeldahlova metóda veľmi rozšírená. Je medzinárodne uznávaná ako referenčná metóda merania obsahu proteínu a je uvedená ako taká v potravinovom kódexe [33]. Značné využívanie stanovenia celkového dusíka podľa Kjeldahla vychádza hlavne zo skutočnosti, že táto metóda má nekomplikovaný postup [34].

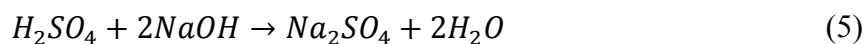
Princípom stanovenia celkového dusíka podľa Kjeldahla je rozklad vzorky koncentrovanou kyselinou sírovou pri teplote varu kyseliny. Rozklad sa urýchľuje zvýšením teploty varu a vhodným katalyzátorom, napr. oxidom meďnatým, síranom meďnatým, ortuťou, peroxidom vodíka, selénom. Dusík, ktorý bol v bielkovinách alebo aminokyselinách vo forme aminoskupiny a iminoskupiny, sa mineralizáciou prevedie na síran amónny.



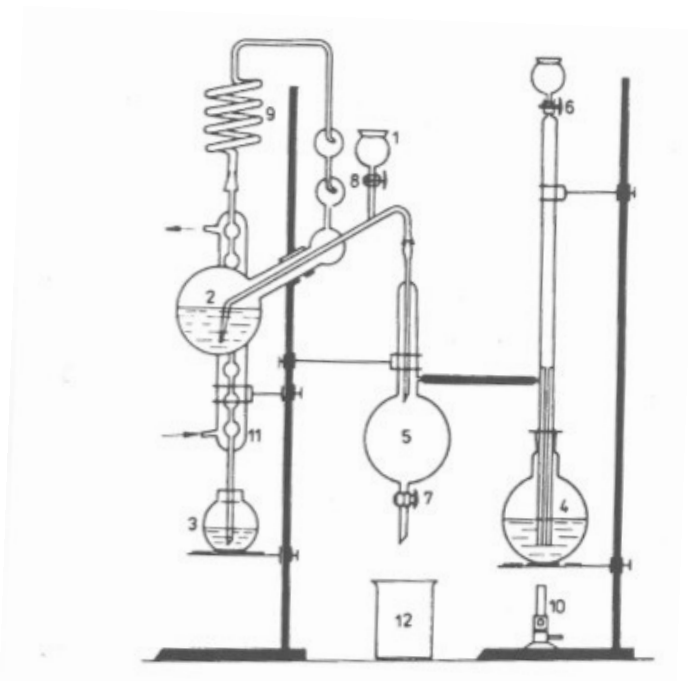
Zo síranu amónneho sa následne uvoľní amoniak 30% roztokom NaOH a preháňa sa vodnou parou v Parnas-Wagnerovom destilačnom prístroji (Obrázok 3) do predlohy so známym nadbytočným množstvom odmerného roztoku kyseliny sírovej.



Prebytok tejto kyseliny sa potom titruje odmerným roztokom hydroxidu sodného na indikátor metylčerveň alebo Tashiro.



Z množstva spotrebovanej kyseliny sírovej sa vypočíta obsah dusíka (1 ml 0,05 mol·l⁻¹ H₂SO₄ odpovedá 1,4 mg dusíka) a výsledok sa vyjadří na 100 g vzorky. Obsah dusíka sa prepočíta na obsah tzv. hrubej bielkoviny vynásobením faktorom, ktorého hodnota závisí od druhu potravinu. Použitelnosť metódy spočíva v obsahu dusíka. Pokiaľ nie je obsah dusíka príliš nízky, má metóda univerzálne použitie pre bežné potraviny a potravinárske suroviny [35].



Obrázok 3: Parnas-Wagnerova aparátúra [35]

1 – nálevka, 2 – destilačná banka, 3 – titračná banka, 4 – vyvíjač vodnej pary, 5 – odlučovač kondenzátu, 6, 7, 8 – kohúty, 9 – vzdušný chladič, 10 – kahan, 11 – vodný chladič, 12 – kadička na vypúšťanie obsahu po destilácii

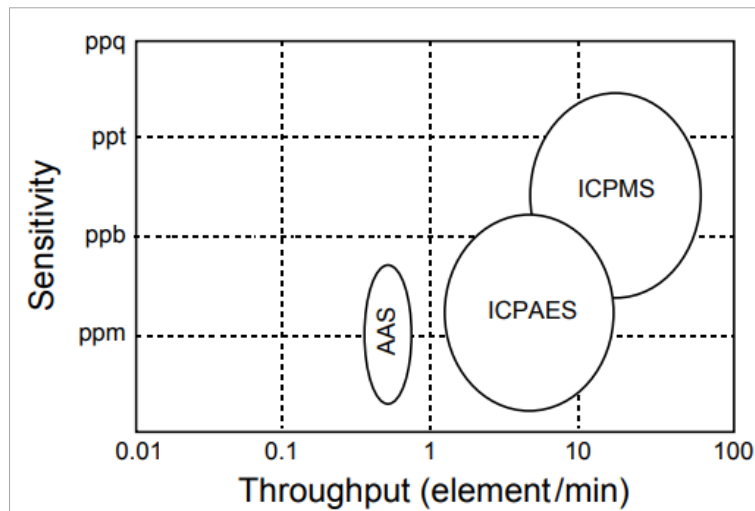
2.5 Metódy prvkovej analýzy

Vývoj presných metód na meranie koncentrácií minerálnych prvkov v potravinách a iných biologických vzorkách má dlhú históriu. Najdôležitejšou úlohou je presne zmerať tieto prvky v potravinovej matrici, ktorá obsahuje oveľa vyššie koncentrácie iných zložiek (sacharidov, proteínov a tukov), ako aj iných minerálnych prvkov, ktoré môžu interferovať [32].

V súčasnosti je na určenie prvkov k dispozícii veľa analytických metód a pre výber najvhodnejšej metódy sa musia zväžiť faktory ako napr. koncentrácia analytu vo vzorke, fyzikálno-chemické vlastnosti vzorky, množstvo vzorky k dispozícii, náklady, dostupnosť nástroja, čas analýzy a vedľajšie účinky metódy na životné prostredie [36].

Pre prvkovú analýzu sa využívajú najmä spektrometrické metódy, ako je napr. atomová spektrometria absorpčná (AAS), emisná (AES), hmotnostná spektrometria s indukčne viazanou plazmou (ICP-MS) a iné. Ich porovnanie je znázornené na *Obrázku 4*.

V tejto práci na stanovenie vybraných prvkov v syroch s bielou plesňou na povrchu bola použitá technika emisnej spektrometrie s indukčne viazanou plazmou. Jej stručná charakteristika je uvedená v kapitole 2.5.3.

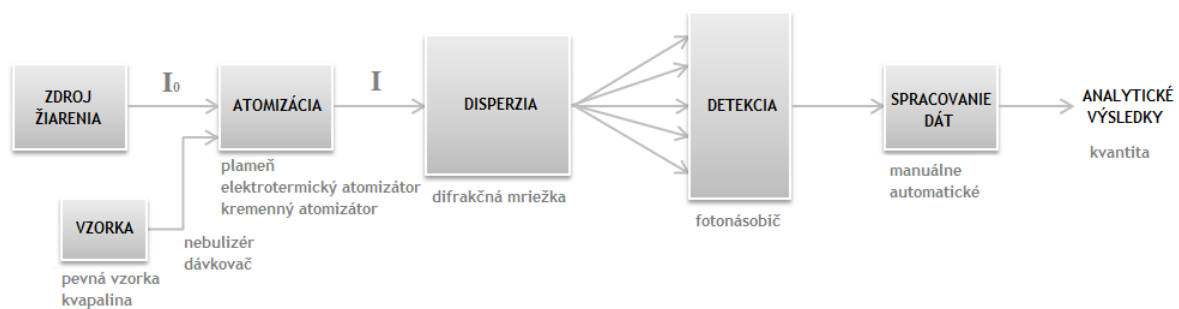


Obrázok 4: Porovnanie techník pre prvkovú analýzu [37]

2.5.1 Atomová absorpčná spektrometria

Atomová absorpčná spektrometria je optická spektrálna metóda, založená na špecifickej absorpcii monochromatického žiarenia atómami sledovaného prvku v základnom elektrónovom stave. Energia absorbovaného fotonu odpovedá prechodu valenčného elektrónu zo základnej energetickej hladiny na niektorú vyššiu hladinu. Hodnota nameranej absorbancie závisí na koncentrácii atómov a je kvantitatívnou veličinou AAS [38].

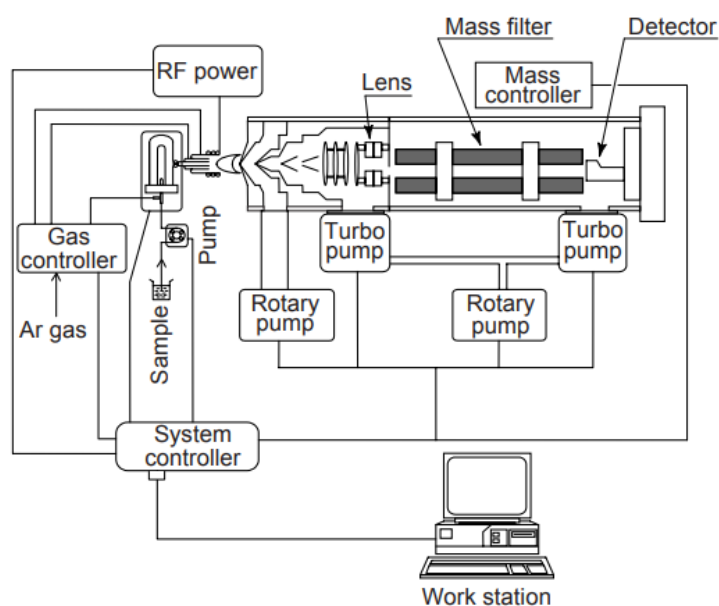
Atomový absorpčný spektrometer sa skladá z primárneho zdroja čiarového žiarenia, ktorým je obvykle výbojka s dutou katódou, kde je táto dutá katóda vyrobená z kovu stanovovaného prvku a anóda z inertného kovu napr. volfrámu, ďalej atomizátoru, ktorý vytvára absorpčné prostredie a ktorým prechádza žiarenie. Nasleduje monochromátor, kde je izolovaná vhodná rezonančná čiara, na ktorej je sledované množstvo absorpcie, a detektor, ktorým je najčastejšie fotonásobič [39]. Schéma atomového absorpčného spektrometra je znázornená na Obrázku 5.



Obrázok 5: Schéma AAS [40]

2.5.2 Hmotnostná spektrometria s indukčne viazanou plazmou

Hmotnostná spektrometria s indukčne viazanou plazmou je analytická spektrálna technika, ktorá má silný potenciál v oblasti multielementovej stopovej analýzy. Kombinuje dva osvedčené analytické nástroje: ICP (Inductively Coupled Plasma – indukčne viazaná plazma) ako zdroj kladne nabitých častíc (napr. Na^+ , Pb^+) a hmotnostnú spektrometriu (MS – Mass Spectrometry) detegujúcou tieto častice. Vznik prístroja bol podmienený vyriešením problému prepojenia oboch hlavných častí, tj. umožniť pohyb nabitých iónov z prostredia atmosférického tlaku (v ktorom sa nachádza plazmový horák) do prostredia s vysokým vákuom (v ktorom je umiestnený detektor iónov). Takéto spojenie umožňuje konštrukcia prístroja, ktorá je znázornená na *Obrázku 6*. Základnú časť prístroja tvorí plazmový zdroj, prechodnú časť tzv. expanzná komora. Vlastný hmotnostný spektrometer je tvorený iónovou optikou, kvadrupólom a detektorom. Všetky tieto časti sú výkonnými čerpadlami zbavované vzduchu, aby bol umožnený pohyb vznikajúcich iónov z plazmy do analyzátoru a zároveň, aby častice vzduchu nemali rušivý vplyv na vlastné stanovenie [37], [41].



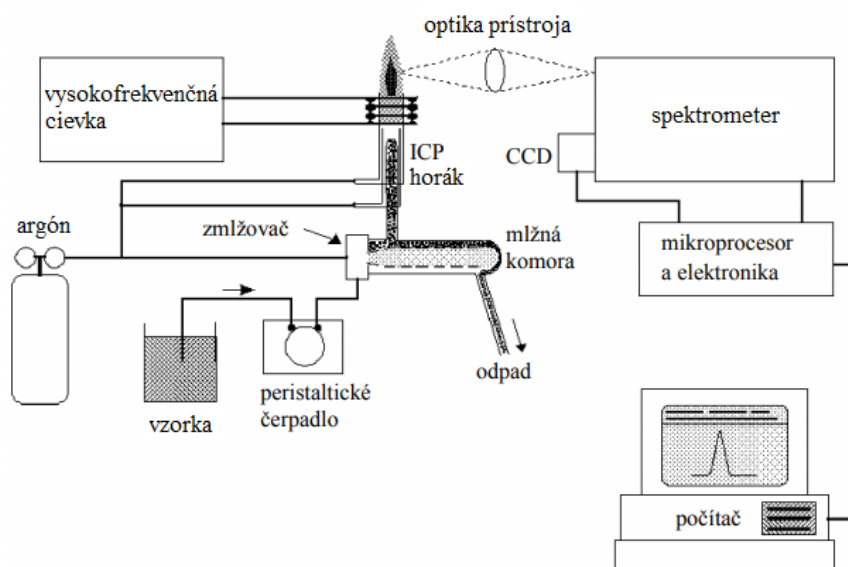
Obrázok 6: Schéma typického nástroja ICP-MS [37]

2.5.3 Optická emisná spektrometria s indukčne viazanou plazmou

Za účelom stanovenia prvkového zloženia syrov s bielou plesňou na povrchu bola v tejto diplomovej práci využitá metóda ICP-OES. ICP-OES patrí medzi jednu z najpopulárnejších analytických metód používaných na stanovenie stopových prvkov v mnohých typoch matric vzoriek. Vzorky kvapaliny a plynu sa môžu vstrekať priamo do nástroja, zatiaľ čo pevné vzorky vyžadujú extrakciu alebo kyslé natrávenie tak, aby analyty boli prítomné v roztoku. Roztok vzorky sa prevedie potom na aerosol, ktorý je vedený do plazmy, kde dochádza k jeho

rýchlemu vyparovaniu a vznikajú voľné atómy v plynnom stave. Tie sú excitované do vyšších energetických stavov. Vzhľadom k tomu, že tieto energetické stavy sú nestabilné, okamžite dochádza k ich deexcitácii na nižšie energetické stavy. Následne dochádza k emisii fotónov, ktoré sú charakterizované vlnovou dĺžkou pre dané prvky. Celkový počet fotónov je rovný koncentrácii prvkov obsiahnutých vo vzorke [42].

Optický emisný spektrometer (Obrázok 7) sa skladá zo zmlžovača, budiaceho zdroja, spektrálneho prístroja a detektoru s konečným vyhodnotením signálu.



Obrázok 7: Schéma ICP-OES [43]

2.5.3.1 Zavádzanie vzorky do výboja

Systém pre zavádzanie vzorky slúži na transport vzorky do plazmového výboja. Existuje mnoho spôsobov zavádzania vzoriek, ako napríklad rozprašovanie, generovanie hydridov, elektrotermické odparovanie a iné. Všeobecné požiadavky pre ideálny systém zavádzania vzoriek zahŕňa: vhodnosť pre vzorky vo všetkých skupenských stavoch, tolerancia voči komplexným matriciam, schopnosť analyzovať veľmi malé množstvo vzoriek (<1 ml alebo <50 mg), vynikajúca stabilita, reprodukovateľnosť, jednoduchosť a nízke náklady [42].

Rozprašovače sú najčastejšie používané zariadenia na zavádzanie vzoriek vo forme roztoku v ICP-OES. S rozprašovačom sa kvapalina vzorky konvertuje na aerosól a prepravuje sa do plazmy. V ICP-OES sa používajú pneumatické aj ultrazvukové rozprašovače. Pneumatické rozprašovače využívajú vysokorýchlostné plynové prúdy na vytvorenie aerosólu, zatiaľ čo ultrazvukové rozprašovače rozbiť kvapalné vzorky do jemného aerosólu ultrazvukovými kmitmi piezoelektrického kryštálu pri styku kvapaliny s povrchom doštičky kmitajúcej s frekvenciou 1 až 10 MHz. Tvorba aerosólu je preto v tomto prípade nezávislá od prítoku plynu [42].

Na zavádzanie do plazmy sú vhodné iba veľmi jemné kvapôčky v aerosóle. Medzi rozprašovačom a ICP horákom je umiestnená rozstrekovacia komora na odstránenie veľkých kvapôčok z aerosólu a na tlmenie impulzov, ktoré sa môžu vyskytnúť počas rozprašovania. Tepelne stabilizované rozprašovacie komory sa niekedy používajú na zníženie množstva kvapaliny zavádzanej do plazmy, a tým poskytujú stabilitu. Pneumatické rozprašovanie je však veľmi neefektívne, pretože len veľmi malá frakcia (menej ako 5 %) nasávaného roztoku vzorky skutočne dosiahne plazmu. Väčšina kvapaliny sa stratí nad odtokom v rozstrekovacej komore. Avšak pneumatický rozprašovač si zachováva svoju popularitu vďaka svojej primeranej stabilite a jednoduchému použitiu [42], [44].

Elektrotermické odparovače umožňujú tvorbu suchého aerosolu, ktorý je vhodný pre transport do plazmového výboja. Pri elektrotermickom odparení vzniká prechodne oblak atómov s podstatne vyššou hustotou ako pri zmlžovaní, a tým dochádza k mnohonásobnému zlepšeniu medze detekcie [44].

2.5.3.2 Zdroj plazmy

Pre potreby spektrálnej analýzy je dôležité, aby zdroj plazmy bol priestorovo a časovo stály, obzvlášť v priestore vzniku aerosólu. V súčasnosti je najviac preskúmaná a využívaná indukčne viazaná plazma (ICP) pre budenie vzoriek v optickej emisnej spektrometrii (OES). Jej zavedenie do praxe znamenalo kvalitatívnu zmenu vo význame, možnostiach a použití tejto významnej analytickej metódy [38].

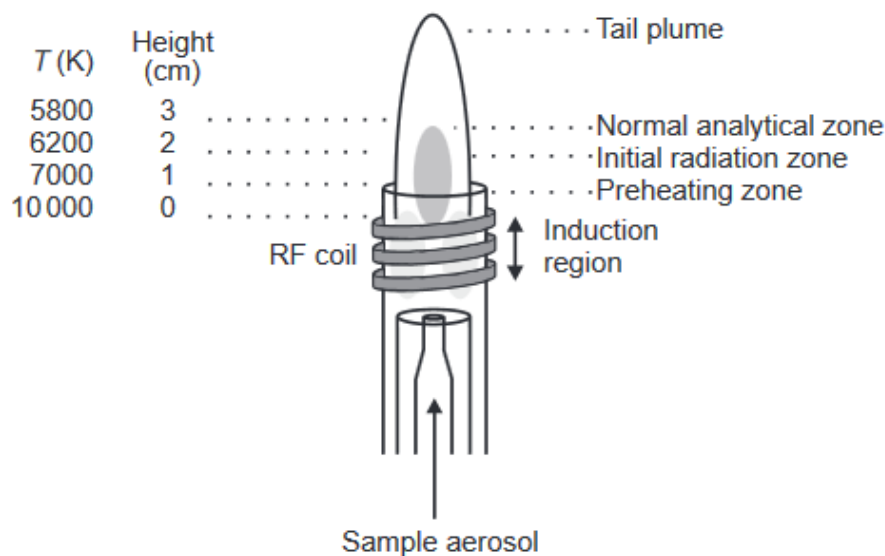
Výhodou budenia vzorky v ICP sú [38]:

- nízke medze stanoviteľnosti pre značné množstvo prvkov
- relatívne nízka interferencia a ľahká kalibrácia na modelové roztoky
- značný rozsah linearitu závislosti signálu na koncentrácii prvku.

Nevýhody [38]:

- nutnosť predchádzajúceho prevedenia analyzovanej vzorky do roztoku
- z toho plynúca väčšia časová náročnosť na analýzu vzoriek v pevnom skupenstve.

Indukčne viazaná plazma je tvorená objemom ionizovaného argónu a voľných elektrónov za vysokej teploty a to až 10000 K, ktorý je stabilizovaný interakciou s vysokofrekvenčným polom. Výboj ICP vzniká za atmosférického tlaku v prúde plynu, najčastejšie argónu, v sústave koncentricky usporiadaných žiaruvzdorných trubíc. Trubice sú umiestnené koaxiálne v indukčnej cievke, ktorá je tvorená dvoma až piatimi závitmi chladenými najčastejšie vodou. Do cievky je dodávaná energia z vysokofrekvenčného generátora (*Obrázok 8*) [38].



Obrázok 8: Plazmová hlavica ICP výboja [42]

Plazmový výboj vzniká ionizáciou vysokofrekvenčným iskorvým výbojom z Teslovho transformátoru alebo indukčne zahriatým uhlíkom. Pri vhodnej kombinácii rozmerov plazmovej hlavice, frekvencie vysokofrekvenčného pola a dostatočnej rýchlosti prúdenia nosného plynu môže byť vo výboji prerazený úzky kanál. Do kanálu sa zavedie aerosol, bez toho aby sa porušila stabilita plazmy. Tak prechádza aerosol analytickým kanálom, ktorý je obklopený plazmou o vysokej teplote. Dochádza k vypareniu vzorky, atomizácii a ionizácii voľných atómov a iónov. Nad vysokofrekvenčnou cievkou pozorujeme žiarenie analytu. Výhodou je, že aerosol sa relatívne dlho zdrží v tuneli, čo spôsobí vysoký stupeň atomizácie a ionizácie analyzovaných častíc aerosólu [38].

2.5.3.3 Optický systém

Optický systém slúži na vedenie lúča polychromatického žiarenia do monochromátoru, ktorý izoluje príslušný spektrálny interval. Po výstupe z monochromátoru nasleduje fokusácia žiarenia na detektor. Optické systémy sú obvykle tvorené šošovkami, zrkadlami, rotačnými zrkadlovými sektormi a polopriepustnými zrkadlami. Čím je v systéme viac optických prvkov, tým väčšie sú straty žiarenia, dôsledkom čoho dochádza k zvýšeniu detekčných limitov. K rozkladu polychromatického žiarenia sa používajú monochromátory alebo polychromátory rozličných typov. V metóde OES je pre detekciu nevyhnutné vymedziť úzky spektrálny interval, v dôsledku čoho sa vyžadujú monochromátory s vysokou rozlišovacou schopnosťou. Monochromátory pozostávajú zo vstupnej štrbiny, disperzného prvku a výstupnej štrbiny, prípadne môžu byť doplnené pomocnými optickými prvkami. Medzi monochromátory patria tiež rozličné druhy optických filtrov pracujúce na princípe absorpcie, interferencie, rozptylu alebo polarizácie žiarenia [45].

2.5.3.4 Detekcia

Detektory sa delia na dve základné skupiny podľa typu fotoelektrického javu na detektory pracujúce na princípe vonkajšieho a vnútorného fotoelektrického javu. Do prvej skupiny patria fotokatódy, fotónky a fotonásobiče. Z nich sa v OES najčastejšie využívajú fotonásobiče s diskretnými dynódami, ktoré fungujú na princípe násobenia počtu elektrónov odrazmi medzi individuálnymi diódami v elektrickom poli, z ktorých má každá vyšší potenciál ako tá predchádzajúca dynóda. Uvoľnené elektróny dopadom žiarenia z fotokatódy sú urýchlené elektrickým poľom a putujú medzi dynodami. Nárazom do dynódy sa zakaždým uvoľní zodpovedajúce množstvo elektrónov, ktoré sú takisto urýchlené elektrickým poľom. Geometrickým radom sa tak tvorí odozva v podobe elektrického prúdu, ktorá sa nakoniec odoberá z anódy. Do druhej skupiny a to medzi detektory pracujúce na princípe vnútorného fotoelektrického javu zahŕňame fotodiódy, diódové pole a plošné CCD detektory. V súčasnosti sa začínajú viac využívať posledné dva vymenované detektory [46].

3. EXPERIMENTÁLNA ČASŤ

Cieľom práce bolo stanoviť obsah celkového dusíka resp. obsah hrubej bielkoviny vo vzorkách syrov s bielou plesňou na povrchu prostredníctvom Kjeldahlovej metódy. Pomocou optickej emisnej spektrometrie s indukčne viazanou plazmou bola prevedená analýza siedmych prvkov. Z rady makroprvkov sa jednalo o vápnik, draslík, horčík, sodík a fosfor a z rady mikroprvkov bolo vybrané železo a zinok. Namerané dáta sa štatisticky vyhodnotili.

3.1 Popis vzoriek

Pre elementárnu analýzu bolo vybraných 11 rôznych syrov s bielou plesňou na povrchu rozdelených do troch skupín podľa krajiny pôvodu. Jednalo sa teda o syry vyrobené v Českej, Francúzskej a Slovenskej republike. V skupine vybraných syrov sa nachádzali syry z kravského aj kozieho mlieka.

České a slovenské syry s bielou plesňou na povrchu boli zakúpené v bežnej obchodnej sieti a francúzske syry boli zaobstarané prostredníctvom internetového obchodu. V nasledujúcej tabuľke (*Tabuľka 4*) je uvedený prehľad vzoriek analyzovaných v rámci tejto diplomovej práce.

Tabuľka 4: Zoznam použitých syrov s bielou plesňou na povrchu

| Vzorka | Názov vzorky | Výrobca | Krajina pôvodu | Použité mlieko |
|--------|------------------------|--|----------------|----------------|
| 1 | Kamadet | Madeta a.s. | Česko | Kravské |
| 2 | Olmín | Olma a.s. | Česko | Kravské |
| 3 | Encián | Tatranská mliekareň a.s. | Slovensko | Kravské |
| 4 | Hermelín Král sýrů | Savencia Fromage & Dairy a.s. | Česko | Kravské |
| 5 | Plesnivec | Tatranská mliekareň a.s. | Slovensko | Kravské |
| 6 | Camembert de Normandie | GILLOT SAS | Francúzsko | Kravské |
| 7 | Crottin de Chavignol | Les Aix d'Angillon pour Laiterie de Feux | Francúzsko | Kozie |
| 8 | Brie de Meaux | Fromagerie Donge | Francúzsko | Kravské |
| 9 | Chaource | Fromagerie de Vaudes | Francúzsko | Kravské |
| 10 | Neufchâtel | LES CATELIERS | Francúzsko | Kravské |
| 11 | Chabichou du Poitou | Poitou – Chevre | Francúzsko | Kozie |

Niektoré syry obsahovali na svojom obale tiež ochrannú známku. Syry s ochrannou známkou sú zhrnuté v *Tabuľke 5*.

Tabuľka 5: Zakúpené syry s ochrannou známkou

| Názov vzorky | Ochranná známka |
|--|---|
| Kamadet |  |
| Encián Plesnivec |  |
| Camembert de Normandie Crottin de Chavignol Brie de Meaux Chaource Neufchâtel Chabichou du Poitou |  |

Vzorky boli uchovávané v chladničke pri teplote $< 6\text{ }^{\circ}\text{C}$ až do doby analýzy. Pred analýzou sa odstránila povrchová kôrka a vzorka bola nastrúhaná na strúhadle a na analytických vahách sa navážilo potrebné množstvo, s ktorým sa ďalej pracovalo.

3.2 Laboratórne vybavenie

V experimentálnej časti diplomovej práce boli využité laboratórne pomôcky, chemikálie a prístroje, ktoré sú konkrétne zaznamenané v podkapitolách 3.2.1 až 3.2.3.

3.2.1 Použité laboratórne pomôcky

- Bežné laboratórne sklo
- Plastové centrifugačné skúmavky
- Automatické pipety, špičky
- Injekčné striekačky
- Mikrofiltre o priemere $0,45\text{ }\mu\text{m}$
- Mineralizačné trubice

3.2.2 Použité chemikálie

- Ultračistá deionizovaná voda vyrobená stanicou ELGA PureLab Classic (Veolia Water Systems Ltd., UK)
- Kyselina sírová 96% (Lach-Ner, G)
- Hydroxid sodný (Mach chemikálie, CZ)
- Weiningerov katalyzátor (90 g síranu sodného, 7 g síranu ortuťnatého, 1,5 g síranu meďnatého a 1,5 g selénu)

- Fenolftaleín
- Tashiro indikátor
- Prvkové štandardy (Analytika Praha spol. s.r.o., CZ)

Tabuľka 6: Použité prvkové štandardy pre prvkovú analýzu pomocou ICP-OES

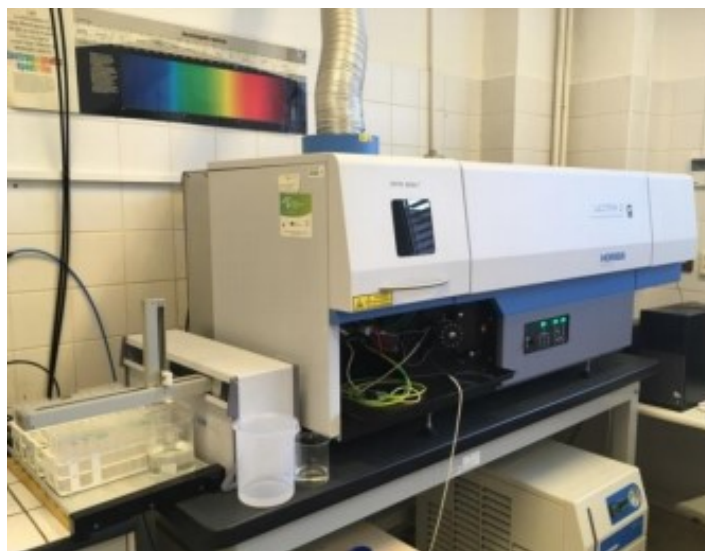
| Prvok | Koncentrácia [mg.l ⁻¹] | Štartovný materiál | Obchodný názov |
|----------------|------------------------------------|---|----------------|
| Draslík | 100 ± 0,2 | KNO ₃ | MERCK |
| Sodík | 100 ± 0,2 | NaCl 99,999 % | ASTASOL |
| Fosfor | 100 ± 0,2 | NH ₄ H ₂ PO ₄ 99,999 % | ASTASOL |
| Horčík | 100 ± 0,2 | Mg 99,99 % | ASTASOL |
| Vápnik | 100 ± 0,2 | CaCO ₃ 99,995 % | ASTASOL |
| Železo | 100 ± 0,2 | Fe 99,999 % | ASTASOL |
| Zinok | 100 ± 0,2 | Zn 99,999 % | ASTASOL |

3.2.3 Použité prístroje

- Predvážky A&D EK-600H (A&D INSTRUMENTS LTD., UK)
- Analytické váhy BBL32 (Boeckel + Co., G)
- Jednotka pre prípravu ultračistej deionizovanej vody ELGA PureLab Classic UV (Veolia Water Systems Ltd., UK)
- Sušiareň s prirodzenou cirkuláciou vzduchu DRY-Line (VWR, UK)
- Parnas-Wagnerova destilačná aparátúra
- Mineralizačná jednotka KT-8s (C. GERHARDT GMBH & CO. KG, G)
- Centrifúga EBA 21 (Hettich Zentrifugen, G)
- Optický emisný spektrometer s indukčne viazanou plazmou Jobin Yvon Ultima 2 (Horiba Scientific Ltd., FR)



Obrázok 9: Mineralizačná jednotka KT-8s



Obrázok 10: Optický emisný spektrometer s indukčne viazanou plazmou Jobin Yvon Ultima 2

3.3 Použité metódy a experimentálne postupy

V experimentálnej časti diplomovej práce pre stanovenie dusíka a hrubých bielkovín bola využitá Kjeldahlova metóda a pre prvkovú analýzu ICP-OES. Príprava vzoriek a postupy konkrétnych analýz sú bližšie popísané v kapitolách 3.3.1 a 3.3.2.

3.3.1 Stanovenie celkového dusíka a hrubých bielkovín vo vzorkách syrov

3.3.1.1 Príprava vzoriek pre analýzu

Pri Kjeldahlovej metóde stanovenia celkového dusíka sa 1 g vysušenej vzorky s presnosťou na štyri desatinné miesta mineralizoval spolu s 2 g Weiningerovho katalyzátora a 10 ml koncentrovanej kyseliny sírovej v mineralizačnom prístroji. Nastavené podmienky mineralizácie sú zhrnuté v *Tabuľke 7*. Po skončení mineralizácie a vychladení sa vyčírený obsah Kjeldahlovej banky kvantitatívne previedol do odmernej banky s objemom 100 ml a doplnil po rysku s destilovanou vodou. S takto pripravenou vzorkou sa ďalej pracovalo v Kjeldahlovej metóde stanovenia celkového dusíka.

Tabuľka 7: Nastavené podmienky pre mineralizáciu pri stanovení celkového dusíka

| Priebeh | Čas [h] |
|----------------------------------|---------|
| Zahrievanie z 0 °C na 400 °C | 1 |
| Mineralizácia pri 400 °C | 1,5 |
| Chladenie v mineralizátore | 0,5 |
| Chladenie na laboratórnu teplotu | 0,5 |

3.3.1.2 Postup experimentu

Pre stanovenie bola použitá Parnas-Wagnerova aparátúra. Do destilačnej banky prístroja bolo napipetovaných 10 ml pripravenej zmineralizovanej vzorky s 3 kvapkami fenolftaleínu. Následne sa pridával 33% roztok hydroxidu sodného do zásaditého pH (trvalo ružového sfarbenia fenolftaleínu). Uvoľnený amoniak bol predestilovaný vodnou parou a zachytávaný do predlohy s 25 ml $0,05 \text{ mol}\cdot\text{l}^{-1}$ roztoku kyseliny sírovej. Ústie chladiča muselo byť ponorené pod hladinou kyseliny. Po 25 minútach destilácie bola predloha znížená tak, aby koniec chladiča nezasahoval do roztoku a destilácia prebiehala ďalších 5 minút. Po ukončení destilácie bola opláchnutá vonkajšia stena vývodu chladiča do predlohy. Do predlohy s destilátom sa pridali 3 kvapky Tashirovho indikátora a destilát sa titroval odmerným roztokom $0,1 \text{ mol}\cdot\text{l}^{-1}$ hydroxidu sodného do prvého trvalého žltého sfarbenia. Z množstva spotrebovaného roztoku NaOH sa vypočítal obsah dusíka a ten sa následne prepočítal na obsah „hrubej bielkoviny“ vynásobením prepočítavacím faktorom 6,38.

3.3.2 Stanovenie vybraných prvkov pomocou ICP-OES

3.3.2.1 Príprava vzoriek pre analýzu

Pri prvkovej analýze sa podobne ako v predchádzajúcej metóde 1 g vysušenej vzorky mineralizoval s kyselinou sírovou, ale bez použitia katalyzátora z dôvodu zkreslenia dát. Mineralizát bol následne kvantitatívne prevedený do odmernej banky s objemom 25 ml a doplnený po rysku deionizovanou vodou. Ešte pred samotnou prvkovou analýzou musel byť tento roztok zcentrifugovaný a prefiltrovaný cez mikrofilter o pórovitosti $0,45 \mu\text{m}$. Pre stanovenie Ca, K, Mg a Na bol roztok nariadený 20krát a pre stanovenie P, Zn a Fe 10krát.

3.3.2.2 Postup experimentu

Meranie bolo prevedené na ICP optickom emisnom spektrometri ULTIMA 2 HORIBA Scientific na Fakulte chemickej, VUT v Brne. Presné nastavené podmienky prístroja pre analýzu uvádza *Tabuľka 8*. Použité vlnové dĺžky sú zhrnuté v *Tabuľke 9*.

Tabuľka 8: Nastavené podmienky pre prvkovú analýzu pomocou ICP-OES

| | |
|--------------------------|---|
| Rýchlosť otáčok čerpadla | 15 otáčok/min |
| Výkon generátora | 1200 W |
| Prietok plazmového plynu | $13 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ |
| Auxilárny plyn | $0 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ |
| Prietok pomocného plynu | $0,8 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ pre prvky Ca, K, Mg, Na |
| | $0,2 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ pre prvky P, Zn, Fe |
| Spektrum vlnovej dĺžky | 160–800 nm |

Tabuľka 9: Použité vlnové dĺžky pre prvkovú analýzu

| Prvok | Vlnová dĺžka λ [nm] |
|----------------|---|
| Vápnik | 422,673 |
| Draslík | 766,49 |
| Horčík | 285,213 |
| Sodík | 588,995 |
| Fosfor | 213,618 |
| Železo | 259,94 |
| Zinok | 206,191 |

3.4 Štatistická analýza dát

Analýza a štatistické vyhodnotenie nameraných dát bolo realizované pomocou techniky Analýzy rozptylu (ANOVA). Táto metóda umožňuje zistiť či existujú rozdiely medzi jednotlivými skupinami viacnásobným porovnávaním stredných hodnôt.

4. VÝSLEDKY A DISKUSIA

V diplomovej práci bol stanovený celkový dusík resp. obsah hrubej bielkoviny podľa Kjeldahla a bola prevedená elementárna analýza jedenástich vzoriek syrov s bielou plesňou na povrchu pomocou ICP-OES. Výsledky boli porovnané či už s dostupnou literatúrou alebo s údajmi na obale. Nakoniec sa štatisticky vyhodnotil rozdiel medzi skupinami českých, francúzskych a slovenských syrov s bielou plesňou na povrchu.

4.1 Stanovenie celkového dusíka a hrubých bielkovín v syroch podľa Kjeldahla

Metódou podľa Kjeldahla bol stanovený obsah celkového dusíka v českých, francúzskych a slovenských syroch s bielou plesňou na povrchu. Následne sa percentuálny obsah prepočítal na percento hrubej bielkoviny. Prehľad obsahu dusíka a hrubej bielkoviny je uvedený v *Tabuľke 10*. Všetky hodnoty sú uvedené v percentách.

Tabuľka 10: Obsah celkového dusíka a hrubej bielkoviny stanovených v experimentálnej časti a deklarovaný obsah bielkovín

| Vzorka | Názov | Obsah celkového dusíka (%) | Obsah hrubej bielkoviny (%) | Deklarovaný obsah bielkovín (%) |
|--------|------------------------|----------------------------|-----------------------------|---------------------------------|
| 1 | Kamadet | 3,08 ± 0,20 | 19,66 ± 1,28 | 21 |
| 2 | Olmín | 2,24 ± 0,15 | 14,29 ± 0,96 | 15 |
| 3 | Encián | 3,64 ± 0,25 | 23,24 ± 1,60 | 21 |
| 4 | Hermelín Král sýrů | 3,22 ± 0,18 | 20,55 ± 1,15 | 18 |
| 5 | Plesnivec | 3,50 ± 0,29 | 22,34 ± 1,85 | 21 |
| 6 | Camembert de Normandie | 3,36 ± 0,28 | 21,44 ± 1,79 | 21 |
| 7 | Crottin de Chavignol | 3,92 ± 0,27 | 25,02 ± 1,72 | 20 |
| 8 | Brie de Meaux | 3,22 ± 0,31 | 20,55 ± 1,98 | 22 |
| 9 | Chaource | 3,22 ± 0,27 | 20,54 ± 1,72 | 17 |
| 10 | Neufchâtel | 2,52 ± 0,20 | 16,08 ± 1,28 | 16,6 |
| 11 | Chabichou du Poitou | 2,66 ± 0,19 | 17,97 ± 1,21 | 18 |

V potravinách sa vyskytuje mnoho látok, ktoré obsahujú dusík. Sú to látky anorganické (amónne soli, dusitany, dusičnany, amoniak) alebo organické (bielkoviny, aminokyseliny, amíny, purínové a pyrimidínové bázy, dusíkaté farbivá atď.). Celkový obsah dusíka vyjadrujúci sa tzv. hrubou bielkovinou je postačujúci pre prvú analytickú orientáciu o obsahu

bielkovín. Pre stanovenie obsahu celkového dusíka v rámci tejto práce bola vybraná klasická a v praxi najpoužívanejšia metóda podľa Kjeldahla [47].

Namerané výsledky sa v obsahu celkového dusíka pohybovali v rozsahu 2,2 až 3,9 %. Následne sa tento obsah prepočítal na obsah hrubej bielkoviny vynásobením faktorom 6,38. Hodnota prepočítavacieho faktora bola použitá podľa literatúry [48].

Syry sú výborným zdrojom mnohých dôležitých živín, predovšetkým bielkovín, ktorých množstvo v syroch podľa ich druhu kolíše [8]. Namerané výsledky sa v obsahu hrubých bielkovín pohybovali v rozsahu 14,29 až 25,02 %. Najvyšším obsahom sa vyznačoval kozí syr Crottin de Chavignol a najnižší obsah bol stanovený v kravskom syre Olmín.

Podľa dostupnej literatúry mäkké syry obsahujú 12,5 až 20,2 % bielkovín, čo vyplýva z nižšieho obsahu sušiny, tvrdé syry obsahujú 23,8 až 40,6 % [9]. Výsledky teda odpovedajú údajom uvedeným v literatúre, s výnimkou kozieho syru Crottin de Chavignol, ktorý sa pohybuje v dolnej hranici tvrdých syrov. Dôvodom by mohlo byť vyššie percento sušiny tohto syra.

Vyššie percento hrubej bielkoviny v kozom syre Crottin de Chavignol možno do malej miery súvisí tiež s rozdielnym zložením kozieho a kravského mlieka. Kravské mlieko obsahuje v priemere 12,3 % celkových tuhých látok pozostávajúcich z 3,6 % tuku, 3,3 % bielkovín, 4,6 % laktózy a 0,7 % popola. Mlieko z kôz v priemere obsahuje 12,2 % celkových tuhých látok pozostávajúcich z 3,8 % tuku, 3,5 % bielkovín, 4,1 % laktózy a 0,8 % popola, čo naznačuje, že má viac tuku, bielkovín a popola a menej laktózy ako kravské mlieko aj keď rozdiel nie je až tak výrazný. Rovnako ako v prípade kravského mlieka, zloženie kozieho mlieka sa mení podľa stravy, plemena, zvierat v rámci plemena, podmienok prostredia, kŕmenia a podmienok sezóny, lokality a fázy laktácie. Je známe, že významné odchýlky sa vyskytujú v zložení mlieka a výnosu počas rôznych období a etáp laktácie v dojení kravy, s podobným javom u kozieho mlieka [49].

Pre zaujímavosť bola overená pravdivosť o obsahu bielkovín deklarovaných na etikete kupovaných syrov. Zakúpené vzorky mali deklarované hodnoty, ktoré sú uvedené v *Tabuľke 10*. Ako je zrejmé z výsledkov, percentuálne množstvá v tejto diplomovej práci boli vyššie než deklarované v prípade vzoriek syrov 3, 4, 5, 6, 7, 9 a nižšie vo vzorkách 1, 2, 8, 10, 11. Ako je uvedené v Nariadení EU č. 1169/2011 o poskytovaní informácií o potravinách spotrebiteľom, vzhľadom k prirodzeným odchýlkam vznikajúcich pri výrobe a počas skladovania nie je možné, aby potraviny obsahovali vždy presne rovnaké množstvo živín, ako je uvedené na etikete. Nesmú sa však líšiť natoľko, aby to uvádzalo spotrebiteľa v omyl. Pokiaľ sa nameraná hodnota nenachádza v rozmedzí prípustných odchýlok, mala by byť posúdená povaha odchýlky vo vzťahu k predmetnej živine. Možno teda usúdiť, že v tomto

případe ku klamaníu spotrebitel'a nedochádza. Rozdiely v obsahu hrubých bielkovín neboli výrazné, napriek tomu chyba pri meraní mohla nastať v rámci prevádzania Kjeldahlovej metódy, pretože i menšie výchylky pri titrácii spôsobia väčšie rozdiely vo výsledných hodnotách.

4.2 Prvková analýza metódou ICP-OES

Pomocou inštrumentálnej metódy ICP-OES bola prevedená elementárna analýza 7 prvkov v 11 druhoch syrov s bielou plesňou na povrchu, ktoré pochádzali z Česka, Francúzska a Slovenska. Získané výsledky boli následne porovnané medzi sebou, ale tiež s dostupnými databázami a publikáciami, ktoré sa zaoberali touto problematikou. Prehľad všetkých výsledkov je uvedený v nasledujúcich tabuľkách (*Tabuľka 11*, *Tabuľka 12* a *Tabuľka 13*). Všetky hodnoty v tabuľkách sú uvedené v $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$.

Najviac zastúpenými prvkami v syroch s bielou plesňou na povrchu, analyzovaných v rámci tejto diplomovej práce, boli sodík, vápnik a fosfor a najmenej zastúpenými zinok so železom. Bola stanovená tiež koncentrácia selénu, avšak výsledné hodnoty vyšli pod limit detekcie a nebolo možné stanoviť presný obsah. Jednotlivé výsledky s diskúsiou sú zhrnuté v kapitolách 4.2.1 až 4.2.7.

Tabuľka 11: Koncentrácie makroprvkov v českých, francúzskych a slovenských syroch s bielou plesňou na povrchu

| Vzorka | Koncentrácia prvkov [$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$] | | | | |
|--------|--|-----------|---------|-------------|------------|
| | Ca | K | Mg | Na | P |
| 1 | 4342 ± 84 | 1245 ± 24 | 323 ± 4 | 8611 ± 118 | 6188 ± 277 |
| 2 | 2292 ± 80 | 2406 ± 26 | 187 ± 2 | 8201 ± 250 | 2466 ± 254 |
| 3 | 2801 ± 100 | 1168 ± 52 | 174 ± 0 | 7100 ± 218 | 4129 ± 451 |
| 4 | 3116 ± 92 | 534 ± 6 | 153 ± 2 | 6154 ± 108 | 3611 ± 318 |
| 5 | 2963 ± 66 | 1682 ± 8 | 188 ± 4 | 10851 ± 122 | 2957 ± 357 |
| 6 | 2657 ± 38 | 1833 ± 12 | 157 ± 2 | 10518 ± 482 | 3186 ± 134 |
| 7 | 514 ± 4 | 1929 ± 58 | 90 ± 0 | 6683 ± 46 | 3061 ± 336 |
| 8 | 1733 ± 20 | 1702 ± 28 | 126 ± 2 | 7677 ± 182 | 3358 ± 247 |
| 9 | 755 ± 12 | 1791 ± 42 | 100 ± 0 | 9414 ± 334 | 3575 ± 306 |
| 10 | 125 ± 2 | 1375 ± 32 | 24 ± 0 | 8715 ± 216 | 3635 ± 256 |
| 11 | 496 ± 10 | 1908 ± 14 | 86 ± 0 | 5978 ± 84 | 3036 ± 150 |

Niektoré z týchto prvkov, ako napr. Na, Ca, Mg, K patria do kategórie makroprvkov, ktoré ľudské telo potrebuje vo väčších množstvách, na rozdiel od prvkov považovaných za mikroprvky, ako napr. Fe, Zn a Se, ktoré sú potrebné v menších množstvách (menej ako 100 mg/deň) [36].

Tabuľka 12: Koncentrácie mikroprvkov v českých, francúzskych a slovenských syroch s bielou plesňou na povrchu

| Vzorka | Koncentrácia prvkov [$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$] | |
|--------|--|-----------------|
| | Fe | Zn |
| 1 | $3,2 \pm 1,0$ | $67,1 \pm 3,0$ |
| 2 | $0,7 \pm 1,0$ | $18,8 \pm 1,0$ |
| 3 | $0,9 \pm 1,0$ | $35,4 \pm 9,0$ |
| 4 | $0,8 \pm 2,0$ | $33,6 \pm 10,0$ |
| 5 | $1,7 \pm 1,0$ | $40,9 \pm 11,0$ |
| 6 | $3,9 \pm 21,0$ | $22,4 \pm 7,0$ |
| 7 | $1,1 \pm 0,0$ | $4,4 \pm 1,0$ |
| 8 | $1,3 \pm 1,0$ | $33,5 \pm 2,0$ |
| 9 | $1,2 \pm 1,0$ | $3,9 \pm 1,0$ |
| 10 | $0,9 \pm 1,0$ | $13,8 \pm 1,0$ |
| 11 | $0,7 \pm 1,0$ | $30,9 \pm 3,0$ |

4.2.1 Vápnik

Jeho množstvo v syre závisí od viacerých faktorov: od obsahu vápnika v mlieku, výšky pasterizácie (vápnik sa stáva nerozpustný a neviaže sa na kazeín), prídavku chloridu vápenatého do mlieka (vyššie množstvo CaCl_2 spôsobuje, že vápnik neviazaný na kazeín koaguluje srvátkové bielkoviny, v dôsledku čoho syry viažu viac vody). Ďalej závisí od prídavku vody (zmena kyslosti a zníženie obsahu voľného vápnika), rýchlosti prekysávania syreniny a doby zrenia syrov (vápnik sa stáva viac rozpustný a aj viac stráviteľný). Koncentrácia vápnika v syroch sa môže za účelom plastickejšej konzistencie znižovať tiež pridaním vody do syrového zrna [19].

V literatúre sa uvádza, že hladina vápnika v syroch typu Camembert je relatívne nízka, pretože sa pri výrobe stráca veľa vápnika, keďže syneréza je poháňaná okyselením počas tvarovania syrov. Veľa vápnika v týchto syroch je na povrchu, kde sa vyzráža pri vysokej hodnote pH spôsobenej laktátovým metabolizmom *Penicillium camemberti* [6], [10].

Počas dozrievania mäkkého syra sa veľa minerálov premiestni zvnútra von. Tak je to i s vápnikom. Podľa dostupnej literatúry množstvo vápnika vo vonkajšej koži na konci dozrievania bolo $16,7 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ a oproti $0,92 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ v centrálnej časti. Tento minerál je spojený s fosfátovými iónmi a precipituje pri pH gradientovom efekte [50].

Namerané koncentrácie sa u vápnika pohybovali v rozmedzí hodnôt $125\text{--}4342 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Celková priemerná koncentrácia vápnika činila $1981 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. S najvyššou koncentráciou sa vyznačoval kravský syr Kamadet a s najnižšou kravský syr Neufchâtel. Podobný obsah vápnika uvádza publikácia *McCance and Widdowson's The composition of foods* pre kozie

syry [51]. Rozdiel medzi uvedenými koncentráciami je $651 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Veľmi nízke koncentrácie vápnika mohli byť spôsobené odstránením povrchovej kôrky zo syra, kde sa koncentruje viacej vápnika a analýzou vzoriek syra tesne pred dátumom spotreby.

4.2.2 Draslík

Migrácia draslíka je reverzibilná oproti migrácii vápnika. Tento prenos súvisí len s rastom *P. Camemberti*, pH gradient teda nemá žiadny účinok [50].

Rozsah výsledných koncentrácií draslíka vo vzorkách syrov s bielou plesňou na povrchu sa pohyboval medzi hodnotami $534\text{--}2406 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Celková priemerná koncentrácia draslíka činila $1598 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Najperspektívnejšie sa z hľadiska obsahu draslíka vyznačoval český syr Olmín z kravského mlieka. Najnižšia koncentrácia bola zistená u kravského syru Hermelín. Podobný obsah draslíka uvádza publikácia *McCance and Widdowson's The composition of foods* pre kozie syry [51]. Rozdiel medzi uvedenými koncentráciami je $278 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$.

4.2.3 Horčík

Presun horčíka počas dozrievania je podobný migrácii vápnika. Počas dozrievania sa premiestňuje zvnútra k povrchovej kôrke. Podľa francúzskej štúdie množstvo horčíka na konci dozrievania predstavuje $521,9 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ vo vonkajšej vrstve oproti $72,7 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ v centrálnej časti. Tieto minerály sú spojené s fosfátovými iónmi a precipitujú pri pH gradientovom efekte. Na porovnanie s vápnikom, horčík migruje 2,5-krát menej ako vápnik, a preto má menšiu afinitu k fosfátovým iónom [50].

Namerané výsledky sa u horčíka pohybovali v rozmedzí $24\text{--}323 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, pričom najvyššou koncentráciou sa vyznačoval kravský syr Kamadet a najnižšiu mal Neufchâtel tiež z kravského mlieka. Celková priemerná koncentrácia horčíka činila $146 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Najpodobnejší obsah tohto prvku je uvedený v publikácii *McCance and Widdowson's The composition of foods* pre syr Brie a Camembert [51]. Rozdiel medzi uvedenými koncentráciami je iba $4 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ v prípade Brie a $6 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ v prípade syra Camembert.

4.2.4 Sodík

Množstvo sodíka pri povrchu syra je menšie ako množstvo v jeho jadre [50]. Namerané hodnoty sa u sodíka pohybovali v rozmedzí $5978\text{--}10851 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Najvyšší obsah sodíka vykazoval kravský syr Plesnivec a najnižší obsah bol nameraný u kozieho syra Chabichou du Poitou. Podľa dostupnej literatúry syry obsahujú 450 až $14100 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ sodíka [9]. Výsledky teda odpovedajú údajom uvedeným v literatúre. Celková priemerná koncentrácia sodíka je $8173 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Podobný obsah v prípade tohto prvku bolo uvedené vo vedeckom článku

O'Callaghana a kol. pre syr Brie [7]. Rozdiel medzi uvedenými koncentráciami predstavuje $1173 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$.

4.2.5 Železo

Železo je najskôr vo väčších množstvách v kôre ako vo zvyšku syra. Časť obsahu železa môže byť spojená s kontamináciou, najmä počas výroby. Po 5 dňoch železo migruje do kôry a zráža sa na povrchu syra vo forme hydroxidu alebo nerozpustných fosfátov vplyvom gradientu pH. Zdá sa, že prevažuje iba gradient pH v migrácii železa [50].

Namerané výsledky sa u železa pohybovali v rozmedzí $0,7\text{--}3,9 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Najvyššiu koncentráciu železa mal kravský syr Camembert a najnižšiu kravský syr Olmín a kozí syr Chabichou du Poitieu. Celková priemerná koncentrácia železa bola $1 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Podobný obsah v prípade tohto prvku uvádza *O'Callaghan a kol.* pre syr Camembert [7]. Rozdiel medzi uvedenými koncentráciami predstavuje $1 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$.

4.2.6 Fosfor

Namerané výsledky sa u fosforu pohybovali v rozmedzí $2466\text{--}6188 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, pričom s najvyšším obsahom fosforu sa vyznačoval kravský syr Kamadet a s najnižším obsahom skončil kravský syr Olmín. Celková priemerná koncentrácia fosforu vyšla $3564 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Podľa dostupnej literatúry syry obsahujú $2900\text{--}8600 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ fosforu [9]. Podobný obsah v prípade tohto prvku uvádza tiež *O'Callaghan a kol.* pre syr Brie, pričom rozdiel medzi uvedenými koncentráciami predstavuje $336 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ [7].

4.2.7 Zinok

Namerané výsledky sa u zinku pohybovali v rozmedzí $3,9\text{--}67,1 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Najvyššia koncentrácia bola dosiahnutá v kravskom syre Kamadet a najnižšia v kozom syre Chaource. Celková priemerná koncentrácia zinku vyšla $28 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Podobný obsah v prípade tohto prvku uvádza *O'Callaghan a kol.* pre syr Camembert [7]. Rozdiel medzi uvedenými koncentráciami predstavuje $1 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$.

Možnou príčinou odchýlok koncentrácií prvkov mohla byť nedostatočne optimalizovaná metóda mineralizácie, ktorá mohla následne ovplyvniť celú analýzu. Všetky tieto odchýlky mohli byť tiež spôsobené spriemerovaním nameraných výsledkov, ale tiež na obsah minerálov vplývajú faktory ako zloženie mlieka, z ktorého sa syry vyrábajú, samotná výroba syra a podmienky dozrievania.

Taktiež prítomnosť stopových prvkov v potravinách je výsledkom pôdnych a poveternostných podmienok a niektoré prvky môžu byť tiež výsledkom kontaminácie určitých poľnohospodárskych postupov alebo výrobných postupov [36].

Tabuľka 13: Koncentrácia prvkov v syroch s bielou plesňou na povrchu nájdené v literatúre v jednotkách $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$

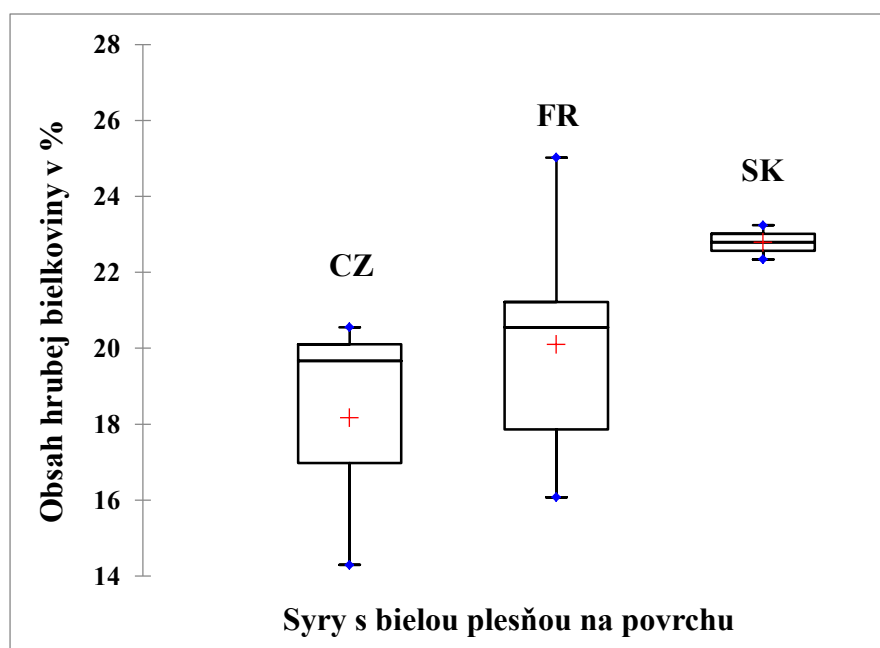
| Publikácia | Analyzovaný syr | Na | K | Ca | Mg | P | Fe | Zn |
|--|----------------------------------|------|------|------|-----|------|----|----|
| O'Callaghan et al. [7] | Brie | 7000 | 1000 | 5400 | 270 | 3900 | 8 | 22 |
| | Camembert | 6500 | 6500 | 3500 | 210 | 3100 | 2 | 27 |
| McCance and Widdowson's The composition of foods [51] | Brie | 5560 | 910 | 2560 | 150 | 2320 | - | 20 |
| | Camembert | 6050 | 1040 | 2350 | 140 | 2410 | - | 21 |
| McCance and Widdowson's The composition of foods [51] | Kozie syry, mäkké s bielou kôrou | 6010 | 1320 | 1330 | 140 | 2290 | - | 10 |

4.3 Štatistická analýza dát

4.3.1 Porovnanie obsahu bielkovín v syroch s bielou plesňou na povrchu

Súbor 11 syrov bol rozdelený na tri skupiny podľa pôvodu na české, francúzske a slovenské syry s bielou plesňou na povrchu. Porovnaním výsledkov analýzy uvedených v *Tabuľke 10* bolo zistené, že rozdiel v obsahu hrubých bielkovín v jednotlivých skupinách syrov podľa krajiny pôvodu je štatisticky nevýznamný ($p > 0,05$). Porovnanie skupín je znázornené v *Grafe 1*.

Graf 1: Krabicový graf hrubého obsahu bielkovín v českých (CZ), francúzskych (FR) a slovenských (SK) syroch s bielou plesňou na povrchu



Interpretácia krabicového grafu:

Hodnota mediánu českých vzoriek syrov je 19,66, dolného kvartilu 16,98 a horného kvartilu 20,11. Rozsah nevybočujúcich hodnôt je v rozmedzí 14,29–20,55. Vo výbere sa nenachádzajú žiadne extrémne hodnoty. Hodnota mediánu francúzskych vzoriek syrov je 20,56, dolného kvartilu 17,86 a horného kvartilu 21,22. Rozsah nevybočujúcich hodnôt je v rozmedzí 16,07 – 25,02. Na dolnom, ani na hornom konci nie sú žiadne extrémny. Hodnota mediánu slovenských vzoriek syrov je 22,79, dolného kvartilu 22,57 a horného kvartilu 23,02. Rozsah nevybočujúcich hodnôt je v rozmedzí 22,34–23,24. Vo výbere sa takisto nenachádzajú žiadne extrémne hodnoty.

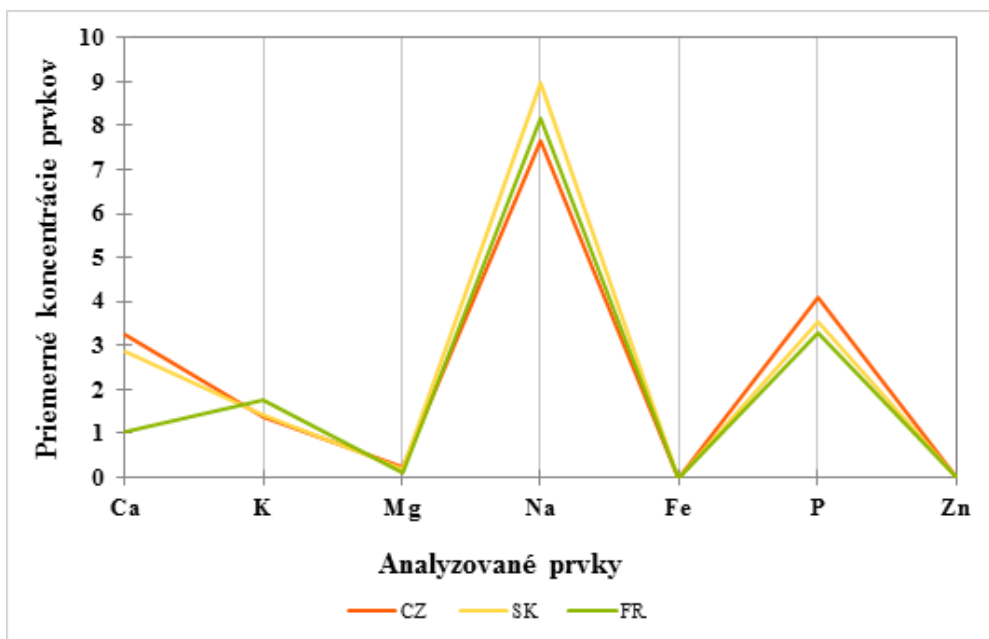
4.3.2 Porovnanie obsahu prvkov v syroch s bielou plesňou na povrchu

V *Tabuľke 14* sú uvedené priemerné koncentrácie prvkov v českých, francúzskych a slovenských syroch s bielou plesňou na povrchu. Porovnanie priemerných koncentrácií jednotlivých prvkov je znázornené v *Grafe 2*.

Tabuľka 14: Prehľad priemerných koncentrácií makro a mikroprvkov v českých, francúzskych a slovenských syroch s bielou plesňou na povrchu v jednotkách $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$

| | Ca | K | Mg | Na | Fe | P | Zn |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| CZ | 3,250 | 1,395 | 0,221 | 7,655 | 0,002 | 4,088 | 0,040 |
| SK | 2,881 | 1,425 | 0,181 | 8,975 | 0,001 | 3,543 | 0,038 |
| FR | 1,047 | 1,756 | 0,097 | 8,164 | 0,002 | 3,309 | 0,018 |

Graf 2: Porovnanie priemerných koncentrácií jednotlivých prvkov v českých, francúzskych a slovenských syroch s bielou plesňou na povrchu v jednotkách $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$

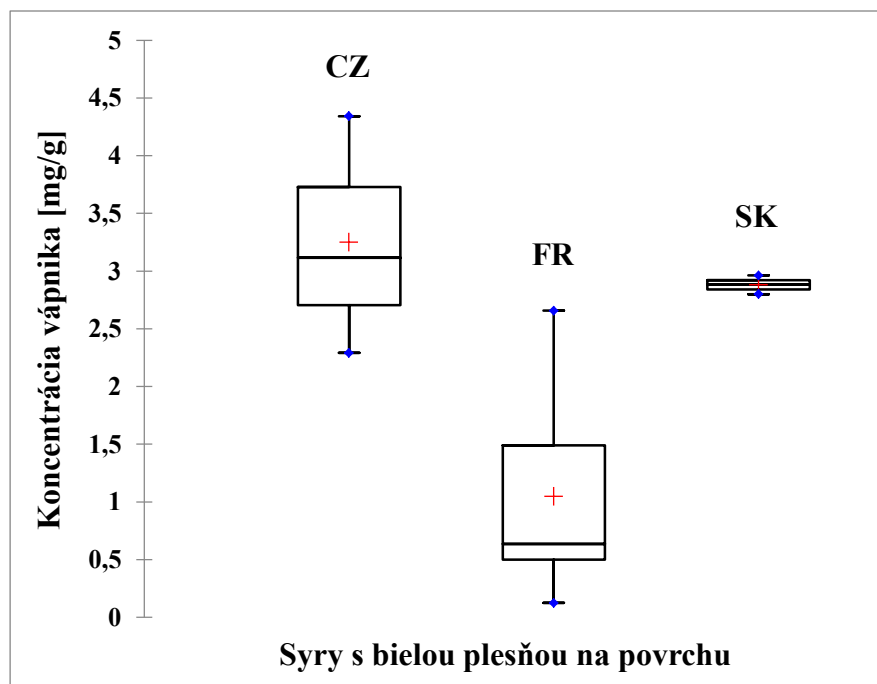


Porovnaním výsledkov analýzy syrov s bielou plesňou na povrchu uvedených v *Tabuľke 11* a *Tabuľke 12* bolo zistené, že rozdiel koncentrácií prvkov v syroch je štatisticky významný práve v koncentrácii vápnika a horčíka ($p < 0,05$) medzi súborom českých a francúzskych syrov.

4.3.2.1 Vápnik

Medzi vzorkami z Česka, Francúzska a Slovenska bol identifikovaný štatisticky významný rozdiel v koncentrácii vápnika (Ca), $F(2, 8) = 6,949$; $p = 0,018$. Následne sa previedlo medzi-skupinové porovnanie, z ktorého nám vyšlo, že štatisticky významný rozdiel je práve medzi českými a francúzskymi vzorkami ($0,0228 < 0,05$). V českej skupine syrov je o $2,20 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ vyššia koncentrácia vápnika ako v skupine francúzskych syrov. Rozdiel medzi českými a slovenskými vzorkami nebol štatisticky významný. Nakoniec rozdiel medzi slovenskými a francúzskymi vzorkami tiež nebol štatisticky významný, ale bol tam trend $p = 0,09$, čo nie je síce $0,05$, ale blíži sa k tejto hodnote.

Graf 3: Krabicový graf koncentrácie vápnika v českých (CZ), francúzskych (FR) a slovenských (SK) syroch s bielou plesňou na povrchu



Interpretácia krabicového grafu:

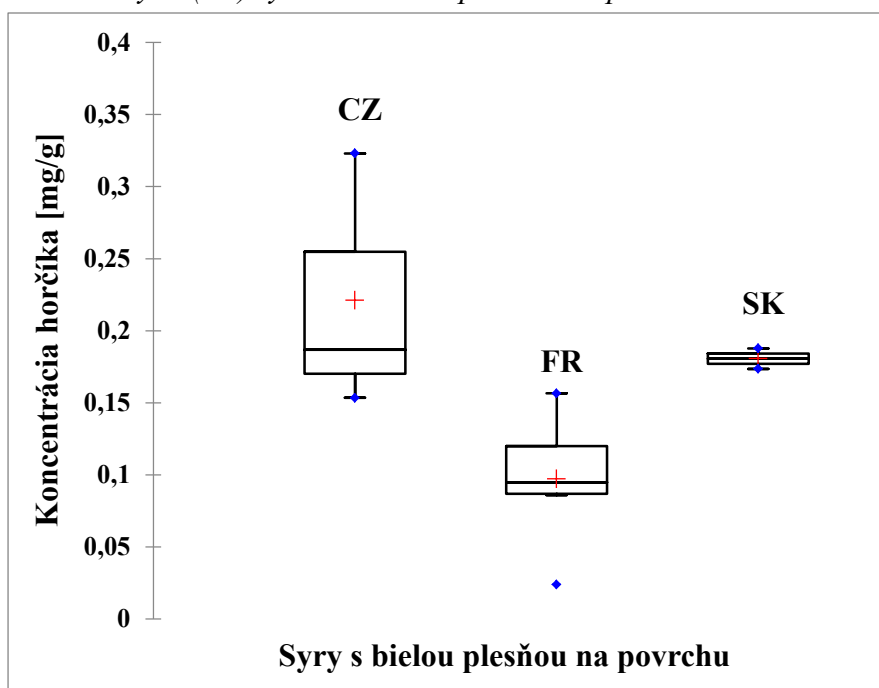
Hodnota mediánu českých vzoriek syrov je $3,25$, dolného kvartilu $2,70$ a horného kvartilu $3,73$. Rozsah nevybočujúcich hodnôt je v rozmedzí $2,29$ – $4,34$. Vo výbere sa nenachádzajú žiadne extrémne hodnoty. Hodnota mediánu francúzskych vzoriek syrov je $0,63$, dolného kvartilu $0,50$ a horného kvartilu $1,49$. Rozsah nevybočujúcich hodnôt je v rozmedzí $0,12$ – $2,66$. Na dolnom, ani na hornom konci nie sú žiadne extrémny. Hodnota mediánu slovenských

vzoriek syrov je 2,88, dolného kvartilu 2,84 a horného kvartilu 2,92. Rozsah nevybočujúcich hodnôt je v rozmedzí 2,80–2,96. Vo výbere sa takisto nenachádzajú žiadne extrémne hodnoty.

4.3.2.2 Horčík

Medzi vzorkami z Česka, Francúzska a Slovenska bol identifikovaný štatisticky významný rozdiel v koncentrácii horčíka (Mg), $F(2, 8) = 5,134$; $p = 0,037$. Následne sa previedlo medzi-skupinové porovnanie, z ktorého nám vyšlo, že štatisticky významný rozdiel je práve medzi českými a francúzskymi vzorkami ($0,037 < 0,05$). V českej skupine syrov je o $0,12 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ vyššia koncentrácia horčíka ako v skupine francúzskych syrov. Rozdiel medzi českými a slovenskými vzorkami nebol štatisticky významný a taktiež ani medzi vzorkami zo Slovenska a Francúzska.

Graf 4: Krabicový graf koncentrácie horčíka v českých (CZ), francúzskych (FR) a slovenských (SK) syroch s bielou plesňou na povrchu.



Interpretácia krabicového grafu:

Hodnota mediánu českých vzoriek syrov je 0,18, dolného kvartilu 0,17 a horného kvartilu 0,25. Rozsah nevybočujúcich hodnôt je v rozmedzí 0,15–0,32. Vo výbere sa nenachádzajú žiadne extrémne hodnoty. Hodnota mediánu francúzskych vzoriek syrov je 0,095, dolného kvartilu 0,087 a horného kvartilu 0,12. Rozsah nevybočujúcich hodnôt je v rozmedzí 0,086 – 0,15. Na dolnom konci sa nachádza navyše jedna extrémna hodnota 0,024, ktorá je znázornená vo forme samostatného bodu. Hodnota mediánu slovenských vzoriek syrov je 0,181, dolného kvartilu 0,177 a horného kvartilu 0,184. Rozsah nevybočujúcich hodnôt je v rozmedzí 0,173–0,188. Vo výbere sa nevyskytujú žiadne extrémne hodnoty.

4.3.2.3 *Ostatné prvky*

Medzi vzorkami z Česka, Francúzska a Slovenska neboli identifikované štatisticky významné rozdiely v draslíku, sodíku, železe, fosfore a v zinku.

5. ZÁVER

Cieľom tejto diplomovej práce bola elementárna analýza syrov s bielou plesňou na povrchu. Celkom bolo analyzovaných 11 vzoriek syrov, ktoré pochádzali z Českej, Francúzskej a Slovenskej republiky. Medzi vzorkami sa nachádzali 2 syry vyrobené z kozieho mlieka a zvyšných 9 syrov bolo vyrobených z mlieka kravského.

Teoretická časť tejto diplomovej práce bola venovaná všeobecným poznatkom o syroch. Konkrétnejšie boli popísané nutričné aspekty syrov v ľudskej výžive, v skratke bola spomenutá technologická výroba syrov a rozdelenie syrov podľa viacerých kritérií. Práca sa sústreďovala najmä na popis syrov s bielou plesňou na povrchu. Podstatnú súčasť práce tvorí aj kapitola venujúca sa charakteristike vybraných prvkov stanovovaných vo vzorkách syrov a v neposlednom rade kapitola o metódach využitých v experimentálnej časti tejto diplomovej práce.

K stanoveniu bielkovín v experimentálnej časti bola použitá Kjeldahlova metóda. Všetky vzorky boli tiež podrobené prvkovej analýze pomocou ICP-OES. Výsledné hodnoty boli následne spracované do tabuliek, znázornené do grafov a porovnané či už medzi sebou alebo s dátami nájdenými v dostupnej literatúre. Hodnoty získané týmito analýzami boli ďalej spracované štatisticky.

Pri stanovení hrubej bielkoviny Kjeldahlovou metódou bolo stanovené najvyššie množstvo u vzorky Crottin de Chavignol z kozieho mlieka, a to 25,02 %. Najnižšie množstvo bielkovín bolo zaznamenané u vzorky kravského syra Olmín, a to 14,29 %. Namerané dáta pri porovnaní s deklarovými hodnotami uvedenými na obale nevykazovali príliš veľké odchýlky.

Elementárnou analýzou bolo preukázané, že najviac zastúpenými prvkami v syroch s bielou plesňou na povrchu, analyzovaných v rámci tejto diplomovej práce, boli sodík, vápnik a fosfor a najmenej zastúpenými zinok so železom. Je dôležité venovať pozornosť sledovaniu obsahu prvkov v potravinách, aby vyváženou konzumáciou potravín človek dostával do tela všetky potrebné látky. Najperspektívnejšie, čo sa týka obsahu vápnika, horčika, fosforu a zinku ($\text{Ca } 4342 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, $\text{Mg } 323 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, $\text{P } 6188 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ a $\text{Zn } 67,1 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$), sa javil kravský syr Kamadet z Českej republiky. Najbohatším syrom na obsah draslíka bol kravský syr Olmín s $2406 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ tohto prvku, v ktorom však bolo najnižšie zastúpenie železa a fosforu ($\text{Fe } 0,7 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ a $\text{P } 2466 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$). Naproti tomu najchudobnejším syrom na obsah draslíka bol kravský syr Hermelín ($534 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$). Čo sa týka sodíka, ten mal najvyššie nameranú hodnotu v slovenskom kravskom syre Plesnivec ($\text{Na } 10851 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) a najnižšia hodnota sodíka bola stanovená vo francúzskom kozom syre Chabichou du Poitou ($\text{Na } 5978 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$), ktorý sa podobne ako český syr Olmín vyznačoval najnižším obsahom železa ($\text{Fe } 0,7 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$).

Najvyššia koncentrácia železa bola však nameraná vo francúzskom syre Camembert, a to $3,9 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Vzorka francúzskeho syra Chaource sa vyznačovala najnižším obsahom zinku ($3,9 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$). Najnižšie koncentrácie vápnika a horčíka boli namerané vo kravskom syre Neufchâtel, a to $125 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ pre vápnik a $24 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ pre horčík.

V zásade sa koncentrácie vybraných prvkov v syroch s bielou plesňou na povrchu nelíšili od koncentrácií uvádzaných v literatúre. Ak sa vyskytli odchýlky v prvkovom zložení mohlo to byť spôsobené viacerými faktormi, napríklad jedným z nich je aj zloženie mlieka, ktoré sa mení podľa stravy, plemena, podmienok prostredia, kŕmenia a podmienok sezóny, lokality a tiež fázy laktácie. Je známe, že významné odchýlky sa vyskytujú v zložení mlieka počas rôznych období a etáp laktácie v dojení kravy, s podobným javom u kozieho mlieka [49]. Niektoré prvky môžu byť tiež výsledkom kontaminácie určitých poľnohospodárskych postupov alebo výrobných postupov [36]. Rovnaký faktor hrá rolu i pri porovnávaní hodnôt s dostupnou literatúrou. *Velíšek* [9] udáva rozsah koncentrácií prvkov pre širokú škálu syrov, nie len pre mäkké syry s plesňou na povrchu. *O'Callaghan a kol.* [7] udáva koncentrácie prvkov v syroch Brie a Camembert. Podobne aj v publikácii *McCance and Widdowson's The composition of foods* [51] sú udané elementárne zloženia syrov Brie a Camembert a navyše sa tu nachádzajú aj hodnoty koncentrácií prvkov pre kozie syry mäkké s bielou kôrov.

Súbor 11 syrov bol následne rozdelený na tri skupiny podľa pôvodu na české, francúzske a slovenské syry s bielou plesňou na povrchu. Štatistickým porovnaním hodnôt obsahu hrubých bielkovín v jednotlivých skupinách syrov podľa krajiny pôvodu sa dospelo k záveru, že tento rozdiel je štatisticky nevýznamný ($p > 0,05$). Porovnaním výsledkov analýzy vybraných prvkov u syrov s bielou plesňou na povrchu bolo zistené, že rozdiel koncentrácií prvkov v syroch je štatisticky významný práve v obsahu vápnika a horčíka ($p < 0,05$) medzi súborom českých a francúzskych syrov.

6. ZOZNAM POUŽITÝCH ZDROJOV

- [1] KADLEC, P. a kol. *Technologie potravin II*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 2008. ISBN 978-80-7080-510-7.
- [2] FOX, P. F., T. UNIACKE-LOWE, P. L. H. MCSWEENEY a J. A. O'MAHONY. *Chemistry and Biochemistry of Cheese. Dairy Chemistry and Biochemistry* [online]. 2nd ed. Cham (CH): Springer International Publishing, 2015, s. 499-546 [cit. 2018-04-16]. ISBN 978-3-319-14892-2.
- [3] DRDÁK, M. a kol. *Základy potravinářských technologií*. Bratislava: Malé centrum, 1996. ISBN 80-967064-1-1.
- [4] FOX, P. F. Cheese: An Overview. *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology* [online]. Boston (MA): Springer, 1993 [cit. 2018-04-16]. ISBN 978-1-4615-2650-6. Dostupné z: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4615-2650-6_1
- [5] BULKOVÁ, Viera. *Nauka o poživatinách I. část*. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 1999. ISBN 80-7013-293-0.
- [6] MCSWEENEY, P. L. H. *Cheese Problems Solved* [online]. Cambridge (England): Woodhead Publishing Limited, 2007 [cit. 2018-04-16]. ISBN 978-1-84569-353-4. Dostupné z: <https://thunderbooks.files.wordpress.com/2009/05/cheese-problems-solved-woodhead-2007.pdf>
- [7] O'CALLAGHAN, Y. C., T. P. O'CONNOR a N. M. O'BRIEN. Nutritional Aspects of Cheese. *Fundamentals of Cheese Science* [online]. 2nd ed. Boston (MA): Springer, 2017, s. 715-730 [cit. 2018-05-01]. ISBN 978-1-4899-7681-9. Dostupné z: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4899-7681-9_20
- [8] ANDĚL, M., J. DOSTÁLOVÁ, P. DLOUHÝ a J. DRBOHLAV. *Sýry a tvarohy ve výživě*. Praha: Česká technologická platforma pro potraviny, 2012. ISBN 978-80-905096-2-7.
- [9] VELÍŠEK, J. a J. HAJŠLOVÁ. *Chemie potravin I*. 3. vyd. Tábor: OSSIS, 2009. ISBN 978-80-86659-15-2.
- [10] FENNEMA, O. R. *Food chemistry*. 3rd ed. New York: Marcel Dekker, 1996. ISBN 08-247-9691-8.
- [11] OBERMAIER, O., V. ČEJNA a J. KOPÁČEK. *Jak poznáme kvalitu? Sýry a tvarohy* [online]. 2. přep. vyd. Sdružení českých spotřebitelů, z. ú., 2016 [cit. 2018-04-18]. ISBN 978-80-87719-43-5. Dostupné z: <http://www.konzument.cz/users/publications/4-publikace/229-jak-pozname-kvalitu-syry-a-tvarohy.pdf>
- [12] MCSWEENEY, P. L. H., G. OTTOGALLI a P. F. FOX. Diversity of cheese varieties: An overview. *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology* [online]. 3rd ed. Academic Press, 2004, 2, p. 1-23 [cit. 2018-04-17]. ISBN 978-0-12-263653-0.

- [13] KERESTEŠ, J. a a kol. *Mlieko vo výžive ľudí*. Bratislava: CAD Press, 2016. ISBN 978-80-88969-72-3.
- [14] BELITZ, H.-D., W. GROSCH a Peter. SCHIEBERLE. *Food chemistry*. 4th rev. and extended ed. Berlin: Springer, 2009. ISBN 978-3-540-69934-7.
- [15] GRIPON, J. C. Mould-Ripened Cheeses. *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology* [online]. Boston: Springer, 1993 [cit. 2018-04-12]. DOI: https://doi.org/10.1007/978-1-4615-2648-3_4. Dostupné z: https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-1-4615-2648-3_4
- [16] SPINLER, Henry-Eric. Surface Mold-Ripened Cheeses. *Cheese (Fourth Edition): Chemistry, Physics and Microbiology* [online]. San Diego: Academic Press, 2017 [cit. 2018-04-11]. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-417012-4.00036-3>. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780124170124000363>
- [17] SAMKOVÁ, E., L. HASOŇOVÁ, R. BLECHOVÁ a R. KALA. Senzorické hodnotenie sýrů s plísní na povrchu v závislosti na stadiu zralosti. *Mlékařské listy* [online]. 2015 [cit. 2018-04-18]. Dostupné z: http://www.mlekarskelisty.cz/upload/soubory/pdf/2016/156-157/veda_157-13-18.pdf
- [18] BŘEZINA, P., A. KOMÁR a J. HRABĚ. *Technologie, zbožiznalství a hygiena potravin*. Vyškov: VVŠ PV, 2001. ISBN 80-7231-079-8.
- [19] HERIAN, K., J. KERESTEŠ a I. HRBEK. Výroba sýrů. *Společnost mladých agrárníků* [online]. [cit. 2018-04-18]. Dostupné z: http://www.smacr.cz/data/public/seminare/Vyroba-syru-14.-a-15.1.2015_2.pdf
- [20] KUBÍCKOVÁ, J. a W. GROSCH. Quantification of potent odorants in Camembert cheese and calculation of their odour activity values. *International Dairy Journal* [online]. 1998, 8(1), 17-23 [cit. 2018-04-13]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0958694698000144>
- [21] FUQUAY, J. W., P. F. FOX a P.L.H. MCSWEENEY. *Encyclopedia of dairy sciences* [online]. 2nd ed. Academic Press, 2011 [cit. 2018-04-18]. ISBN 978-0-12-374407-4.
- [22] KOŇUCHOVÁ, M., D. LIPTÁKOVÁ, A. ŠÍPKOVÁ a L. VALÍK. Využitie druhu *Geotrichum candidum* v mliekarenskom priemysle. *Chemické listy* [online]. 2016, , 491-497 [cit. 2018-04-18]. Dostupné z: http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2016_07_491-497.pdf
- [23] RATTRAY, F. P. a I. EPPERT. Cheese| Secondary Cultures. In: FUQUAY, John W. *Encyclopedia of Dairy Sciences* [online]. 2nd ed. San Diego: Academic Press, 2011, s. 567-573 [cit. 2018-04-23]. ISBN 9780123744074. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780123744074000686>

- [24] MCSWEENEY, P. L. H. Microbial changes in Camembert. *Cheese Science* [online]. [cit. 2018-04-24]. Dostupné z: <http://www.cheesescience.net/2010/07/microbial-changes-in-camembert.html>
- [25] LECLERCQ-PERLAT, M.-N. Cheese | Camembert, Brie, and Related Varieties. In: FUQUAY, John W. *Encyclopedia of Dairy Sciences* [online]. 2nd ed. San Diego: Academic Press, 2011, s. 773-782 [cit. 2018-04-24]. ISBN 9780123744074. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780123744074000911>
- [26] MCSWEENEY, P. L. H. Biochemistry of cheese ripening. *International Journal of Dairy Technology* [online]. 2004, **57**(2-3), 127-144 [cit. 2018-04-25]. Dostupné z: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1471-0307.2004.00147.x>
- [27] IBURG, Anne. *Lexikon sýrů: výroba, původ, druhy, chuť*. Čestlice: Rebo Productions CZ, 2004. ISBN 80-723-4379-3.
- [28] TEDESCHI, T., G. GALAVERNA, A. DOSSENA a S. SFORZA. Chapter 19 - Cheeses. *Comprehensive Analytical Chemistry* [online]. Elsevier, 2013, **60**, s. 479-509 [cit. 2018-04-24]. ISBN 9780444595621. ISSN 0166-526X. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780444595621000190?via%3Dihub>
- [29] *Codex standard for Camembert*, Formely codex STAN C-33-1973, revision 2007
- [30] *Brie de Meaux* [online]. [cit. 2018-05-01]. Dostupné z: <https://www.cheese.com/brie-de-meaux/>
- [31] *Brie de Melun* [online]. [cit. 2018-05-01]. Dostupné z: <https://www.cheese.com/brie-de-melun/>
- [32] NIELSEN, S. Suzanne. *Food analysis* [online]. 5th ed. New York: Springer, 2017 [cit. 2018-04-19]. ISBN 978-3-319-45776-5. Dostupné z: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/978-3-319-45776-5.pdf>
- [33] O'SULLIVAN, A. V. R. I. L., O'CONNOR, B. A. R. R. Y., Kelly, A., & McGRATH, M. J. (1999). The use of chemical and infrared methods for analysis of milk and dairy products. *International journal of dairy technology*, **52**(4), 139-148.
- [34] Bradstreet, R. B. (1954). Kjeldahl method for organic nitrogen. *Analytical Chemistry*, **26**(1), 185-187
- [35] HÁLKOVÁ, Jana, Marie RUMÍŠKOVÁ a Jana RIEGLOVÁ. *Analýza potravin*. 2. vyd. Brno: RNDr. Ivan Straka, 2001. ISBN 80-86494-02-0.
- [36] GONZÁLVEZ, Ana a Miguel de la GUARDIA. Chapter 3 - Mineral Profile. *Comprehensive Analytical Chemistry* [online]. Elsevier, 2013, **60**, 51-76 [cit. 2018-04-25]. ISBN 9780444595621. ISSN 0166-526X. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780444595621000037>
- [37] YAMASAKI, Shin-ichi. Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry in Environmental Analysis. *Encyclopedia of Analytical Chemistry* [online]. John Wiley & Sons, 2006-09-15 [cit. 2018-04-15]. DOI: 10.1002/9780470027318.a0830. ISBN 9780470027318.

- [38] STUŽKA, Václav. *Analytická atomová optická spektrometrie*. 2. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého, 2000. ISBN 80-244-0206-8.
- [39] RUBEŠKA, Ivan a Bedřich MOLDAN. *Atomová absorpční spektrofotometrie*. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1967. Moderní metody v chemické laboratoři, sv. 19.
- [40] NĚMCOVÁ, Irena, Ludmila ČERMÁKOVÁ a Petr RYCHLOVSKÝ. *Spektrometrické analytické metody*. Praha: Karolinum, 1997. ISBN 80-7184-365-2.
- [41] MIHALJEVIČ, Martin, Ladislav STRNAD a Ondřej ŠEBEK. Využití hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem v geochemii. *Chemické listy* [online]. 2004-03-09, 123-130 [cit. 2018-04-15]. Dostupné z: http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2004_03_02.pdf
- [42] HOU, Xiandeng a Bradley T. JONES. Inductively Coupled Plasma/Optical Emission Spectrometry. *Encyclopedia of Analytical Chemistry* [online]. Chichester: John Wiley, 2000 [cit. 2018-04-15]. Dostupné z: http://www.unil.ch/idyst/files/live/sites/idyst/files/shared/Labos/Hou%26Jones_2000.pdf
- [43] BOSS, Charles B. a Kenneth J. FREDEEN. *Concepts, Instrumentation and Techniques in Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry* [online]. 3rd ed. PerkinElmer, 1997 [cit. 2018-04-15]. Dostupné z: https://www.perkinelmer.com/lab-solutions/resources/docs/GDE_Concepts-of-ICP-OES-Booklet.pdf
- [44] SOMMER, Lumír. Optická emisní spektrometrie v indukčně vázaném plazmatu a vysokoteplotních plamenech. Praha: Academia, 1992, 151 s. Pokroky chemie. ISBN 80-200-0215-4.
- [45] ČERNOHORSKÝ, Tomáš, Václav ČERVENÝ, Bohumil DOČEKAL, Josef KOMÁREK, Jan KRATZER, Věra SPĚVÁČKOVÁ a Jiřina SYSALOVÁ. *Atomová absorpční spektrometrie: kurz AAS I*. Praha: Spektroskopická společnost Jana Marka Marci a VŠCHT, 2015, 134 stran. ISBN 978-80-905704-6-7.
- [46] *Spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem: sborník přednášek 2015*. Brno: Spektroskop. společnost Jana Marka Marci, 2015, 288 stran. ISBN 978-80-905704-7-4.
- [47] COULTATE, Tom P. *Food: the chemistry of its components* [online]. 5th ed. Cambridge (UK): Royal Society of Chemistry, 2009 [cit. 2018-05-01]. ISBN 978-0-85404-111-4. Dostupné z: https://books.google.cz/books?hl=sk&lr=&id=KF2A8Cz7B-cC&oi=fnd&pg=PR17&dq=T.+P.+Coultate:+Food.+The+Chemistry+of+Its+Component s.+Third+Edition.&ots=fjB83vjsZ1&sig=NEpItg1XFNcp_DRo2lINCITQi8Q&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false
- [48] ČERNÁ, E. a M. MERGL. *Laboratorní kontrolní metody v mlékařství*. Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury, 1971.
- [49] PARK, Young W. 2.2 Goat Milk–Chemistry and Nutrition. In: *Handbook of milk of non-bovine mammals* [online]. 2nd ed. John Wiley, 2017 [cit. 2018-05-02]. ISBN 978-1-119-11027-9. Dostupné z: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/9781119110316>

- [50] LE GRAET, Y. a G. BRULÉ. Migration des macro et oligo-éléments dans un fromage à pâte molle de type Camembert. *Le Lait* [online]. 1988, **68**(2), 219-234 [cit. 2018-05-01]. Dostupné z: https://lait.dairy-journal.org/articles/lait/pdf/1988/02/lait_68_1988_2_15.pdf
- [51] MCCANCE, R. A. a Elsie M. WIDDOWSON. *McCance and Widdowson's The composition of foods*. 7th ed. Cambridge (UK): Royal Society of Chemistry, 2015. ISBN 978-1-84973-636-7.

7. ZOZNAM POUŽITÝCH SKRATIEK A SYMBOLOV

| | |
|---------|--|
| AAS | Atomová absorpčná spektrometria |
| AES | Atomová emisná spektrometria |
| AMP | Adenozínmonofosfát |
| ANOVA | Analýza rozptylu |
| AOC | Chránené označenie pôvodu |
| ATP | Adenozíntrifosfát |
| CCD | Nábojovo viazaná súčiastka |
| CZ | Česká republika |
| DNA | Deoxyribonukleová kyselina |
| EU | Európska únia |
| FAD | Flavinadeníndinukleotid |
| FMN | Flavínmononukleotid |
| FR | Francúzska republika |
| GTP | Guanozíntrifosfát |
| ICP-MS | Hmotnostná spektrometria s indukčne viazanou plazmou |
| ICP-OES | Optická emisná spektrometria s indukčne viazanou plazmou |
| RNA | Ribonukleová kyselina |
| SK | Slovenská republika |
| VBHS | Množstvo vody v beztukovej hmote syra |