

Stanovení toxických prvků v různých kosmetických přípravcích

Kristýna Rykrová

Bakalářská práce
2025



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav technologie tuků, tenzidů a kosmetiky

Akademický rok: 2024/2025

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení:	Kristýna Rykrová
Osobní číslo:	T21152
Studijní program:	B0711A130009 Materiály a technologie
Specializace:	Biomateriály a kosmetika
Forma studia:	Prezenční
Téma práce:	Stanovení toxických prvků v různých kosmetických přípravcích

Zásady pro vypracování

- Vypracujte literární rešerši o stanovení vybraných prvků v kosmetických přípravcích.
- Odzkoušejte různé postupy extrakce vybraných prvků v kosmetických přípravcích.
- Optimalizujte stanovení prvků na přístroji atomové absorpční spektrometrie (plamen i elektrotermická atomizace).
- Optimalizovaný postup odzkoušejte pro stanovení vybraných prvků v modelových anebo reálných vzorcích.
- Dosažené výsledky kriticky zhodnotte a písemně přehledně zpracujte.

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

Seznam doporučené literatury:

1. SANZ-MEDEL, Alfredo a Rosario PEREIRO. *Atomic Absorption Spectrometry: An introduction*. 2nd edition. New York: Momentum Press, 2014. ISBN 978-1-60650-435-2.
2. SIVASANKAR, B. *Instrumental methods of analysis*. New Delhi: Oxford University Press, 2012. ISBN 978-0-19-807391.
3. CSUROS, Maria a Csaba CSUROS. *Environmental Sampling and Analysis for Metals*. Boca Raton: Lewis Publishers, 2002. ISBN 1-56670-572-x.
4. Vědecké zdroje zahrnuté v databázích Web of Science, ScienceDirect, SciFinder Scholar, Medline aj.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Štěpán Vinter, Ph.D.**
Ústav inženýrství ochrany životního prostředí

Datum zadání bakalářské práce: **17. února 2025**
Termín odevzdání bakalářské práce: **16. května 2025**

L.S.

prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan

Ing. Lucie Urbánková, Ph.D.
ředitel ústavu

PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že

- odevzdáním bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., v platném znění bez ohledu na výsledek obhajoby;
- bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a bude dostupná k nahlédnutí;
- jedno vyhotovení bakalářské práce v listinné podobě bude ponecháno Univerzitě Tomáše Bati ve Zlíně k uložení;
- na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – bakalářskou práci – nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá; neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji, že

- jsem na bakalářské práci pracoval(a) samostatně a použitou literaturu jsem řádně citoval(a); v případě publikace výsledků budu uveden(a) jako spoluautor;
- odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

Ve Zlíně, dne

.....

podpis autora

ABSTRAKT

Tato práce pojednává o stanovení různých prvků v pěti vybraných vzorcích kosmetických prostředků. Charakterizace prvkového složení těchto vzorků byla uskutečněna rentgenovou fluorescenční spektrometrií. Pro následné stanovení byly tyto vzorky rozloženy dvěma způsoby. Prvním způsobem byla mineralizace pomocí kyseliny dusičné a peroxidu vodíku, druhou metodou byla mineralizace pomocí kyseliny dusičné a fluorovodíkové. Stanovení koncentrace vybraných prvků v těchto vzorcích byla uskutečněna za pomoci metod plamenové atomové absorpční spektrometrie a elektrotermické atomové absorpční spektrometrie, kde metody prokázaly přítomnost olova, kadmia, niklu a dalších prvků v těchto vzorcích.

Klíčová slova: mineralizace, atomová absorpční spektrometrie, kosmetické přípravky, prvková analýza

ABSTRACT

This work deals with the determination of various elements in five selected samples of cosmetic products. Characterization of the elemental composition of these samples was carried out by X-ray fluorescence spectrometry. For subsequent determination, these samples were decomposed in two ways. The first method was mineralization using nitric acid and hydrogen peroxide, the second method was mineralization using nitric acid and hydrofluoric acid. Determination of the concentration of selected elements in these samples was carried out using flame atomic absorption spectrometry and electrothermal atomic absorption spectrometry, where the methods demonstrated the presence of lead, cadmium, nickel and other elements in these samples.

Keywords: mineralization, atomic absorption spectrometry, cosmetics products, elemental analysis

PODĚKOVÁNÍ AUTORA

Tímto bych chtěla věnovat své díky mému vedoucímu práce Ing. Štěpánu Vinterovi, Ph.D. za jeho odborné a cenné rady, pomoc, ochotu, trpělivost a čas, který mi věnoval při odborném vedení mé bakalářské práce.

Současně bych chtěla také poděkovat své rodině, která mě na mé studentské cestě vždy podporovala a stála při mně.

OBSAH

I	TEORETICKÁ ČÁST	12
1	HISTORIE POUŽÍVÁNÍ KOSMETICKÝCH PŘÍPRAVKŮ	13
1.1	STAROVĚKÝ EGYPT	13
1.2	STAROVĚKÉ ŘECKO A ŘÍM	14
1.3	ANGLIE 16. – 17. STOLETÍ	15
1.4	DOMÁCÍ KOSMETIKA 17. – 19. STOLETÍ	15
1.5	KOSMETIKA 20. STOLETÍ A 21. STOLETÍ	16
1.6	KOSMETICKÉ PŘÍPRAVKY SOUČASNOSTI	17
2	KOSMETICKÝ PŘÍPRAVEK	19
2.1	EVROPSKÁ LEGISLATIVA, DEFINICE KOSMETICKÉHO PŘÍPRAVKU	19
2.1.1	Látka a směs látek	20
2.1.2	Přidatné látky	21
2.1.3	Nečistoty a kontaminanty	22
2.1.4	Zakázané látky	22
2.2	SROVNÁNÍ LEGISLATIVY ZEMÍ EVROPSKÉ UNIE S JINÝMI STÁTY	23
2.2.1	Amerika	24
2.2.2	Čína	24
2.2.3	Japonsko	25
2.2.4	Austrálie	25
3	TOXICKÉ PRVKY A TĚŽKÉ KOVY	27
3.1	KADMIUM	27
3.2	NIKL	29
3.3	OLOVO	31
3.4	OSTATNÍ PRVKY	33
3.4.1	Chrom	33
3.4.2	Titan	35
3.4.3	Zinek	36
4	STANOVENÍ TOXICKÝCH PRVKŮ V KOSMETICE	37
4.1	VÝBĚR VZORKŮ K ANALÝZE	37
4.2	ÚPRAVA VZORKŮ PŘED ANALÝZOU	37
4.3	PŘÍKLADY ÚPRAVY VZORKŮ	39
5	ANALYTICKÉ METODY STANOVENÍ TOXICKÝCH PRVKŮ	41
5.1	ATOMOVÁ ABSORPČNÍ SPEKTROMETRIE	42
5.2	HMOTNOSTNÍ SPEKTROMETRIE	44
5.3	HMOTNOSTNÍ SPEKTROMETRIE S INDUKČNĚ VÁZANÝM PLAZMATEM	45
II	PRAKTICKÁ ČÁST	47

6	CÍLE EXPERIMENTÁLNÍ ČÁSTI	48
7	EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	49
7.1	POUŽITÁ LABORATORNÍ TECHNIKA	49
7.2	POUŽITÉ CHEMIKÁLIE	49
7.3	POUŽITÉ VZORKY KOSMETICKÝCH PŘÍPRAVKŮ	49
7.4	POUŽITÉ METODY	50
7.4.1	Charakteristika prvkového složení kosmetických přípravků metodou rentgenové fluorescenční spektrometrie	50
7.4.2	Mineralizace vzorků kosmetických přípravků	50
7.4.3	Úprava vzorků po mineralizaci	51
7.4.4	Stanovení koncentrace vybraných kovů metodou plamenové atomové absorpční spektrometrie	52
7.4.5	Stanovení koncentrace vybraných kovů metodou elektrotermické atomové absorpční spektrometrie	54
8	VÝSKEDKY A DISKUZE.....	58
8.1	VÝSLEDKY ANALÝZY KOSMETICKÝCH PŘÍPRAVKŮ METODOU RENTGENOVÉ FLUORESCENČNÍ SPEKTROMETRIE.....	58
8.2	VÝSLEDKY ANALÝZY KOSMETICKÝCH PŘÍPRAVKŮ METODOU PLAMENOVÉ ATOMOVÉ ABSORPČNÍ SPEKTROMETRIE	61
8.3	VÝSLEDKY ANALÝZY KOSMETICKÝCH PŘÍPRAVKŮ METODOU ELEKTROTERMICKÉ ATOMOVÉ ABSORPČNÍ SPEKTROMETRIE.....	65
	ZÁVĚR.....	71
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	72
	SEZNAM OBRÁZKŮ	77
	SEZNAM TABULEK.....	79
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	80

ÚVOD

Používání kosmetických přípravků sahá velice daleko do minulosti. Zpočátku byla používána výhradně muži, kde byla součástí nejrůznějších rituálů a kmenových obřadů. Ženy začaly kosmetiku využívat až v období starověkého Egypta, kde se stala nejen prostředkem zkrášlování, ale i každodenní péče o sebe samu. V tehdejší kultuře byla krása vnímána jako důležitá hodnota, a právě kosmetika pomáhala ženám tuto krásu podtrhnout a vyjádřit jejich ženskost i společenské postavení.

Postupem času byly kosmetické produkty rozmanitější a častěji využívány. V současnosti je kosmetika součástí každé domácnosti a je využívána lidmi po celém světě. Kosmetický průmysl je stále na vzestupu a je vyráběno čím dál více nejrůznějších produktů, proto je důležité kontrolovat kvalitu těchto výrobků. V minulosti byly využívány přípravky výhradně na bázi olova a jiných zdraví škodlivých látek. Dnes existují nejrůznější normy, vyhlášky a jiná opatření, zakazující nebo přísně omezující využívání těchto látek k výrobě kosmetických produktů a jejich uvádění na trh. S čímž souvisí i následná kontrola kvality a analýza, která je důležitá především pro ochranu zdraví všech lidí. Každá země nebo členské státy, kde je kosmetika vyráběna nebo prodávána, je opatřena legislativou, definující kosmetiku a její obsah v dané oblasti.

I TEORETICKÁ ČÁST

1 HISTORIE POUŽÍVÁNÍ KOSMETICKÝCH PŘÍPRAVKŮ

Formulování kosmetických produktů a produktů osobní péče je prastaré umění. Používání kosmetiky a parfémů jak u mužů, tak u žen sahá velmi daleko do minulosti, jelikož lidé ve starověku, stejně jako dnes, chtěli zlepšit svůj vzhled co nejrychleji a nejsnadněji pomocí nejrozličnějších kosmetických přípravků. Zpočátku byly kosmetické výrobky používány muži k zveličování jejich rysů během bitvy, k vedení kmenových obřadů a k odlišení různých kmenů nebo klanů. Používání kosmetiky ženami začalo ve starověkém Egyptě. V mnoha starověkých kulturách bylo využívání kosmetiky úzce spjato s náboženstvím a rituály, zejména s pohřbíváním mrtvých [1, 2].

1.1 Starověký Egypt

Staří Egyptané měli velký důraz na čistotu a vzhled, jelikož čistota těla a duše měla náboženský význam. Muži i ženy všech tříd chtěli v té době vypadat co nejlépe, i když zemřeli. Lékopis faraonského Egypta byl bohatý na oční produkty, získávané z rostlinných zdrojů (např. myrha, kadidlo, arabská guma, olivový olej), ze zvířat (např. tuk, med, savčí, ještěrčí nebo netopýří krev nebo zvířecí mléko), nebo z minerálů (např. hematit, galenit, lapis lazuli, síran měďnatý, oxid rtuťnatý a dusičnan draselný). Oční linky a oční stíny, které nosili Tutanchamon a Nefertiti (**obr.1**), byly vyrobeny mletím zeleného malachitu a černého galenitu. Jejich nejčastěji používanou látkou byla černá barva na oči zvaná mesdemet, jež byla složena převážně ze síranu olovnatého nebo sulfidu antimonitého [1, 3].



Obr. 1: a) Busta Tutanchamona [4], b) Busta Nefertiti [5]

Kosmetika starověkého Egypta měla i léčivou hodnotu, například plet'ové vody a masti se sodíkem a popelem, které byly určeny k čištění pokožky [1].

1.2 Starověké Řecko a Řím

Lidé ve starověkém Řecku a Římě se snažili dosáhnout přirozeného make-upu. Ženy nosily na tvářích a rtech lehké barevné odstíny, které byly vyráběny smícháním rostlin nebo ovoce s barvivý na bázi olova a rtuti.

Řecké parfémy byly používány již od střední doby bronzové (14.-13. století př. n. l.). Všechny druhy rostlin, květín, koření a vonných dřevin byly vyluhovány v oleji, na rozdíl od dnešní doby, kdy je místo oleje využíván alkohol. Oční linky a barvy na obočí byly v tomto období vyráběny z kohlového prášku, který obsahoval saze, antimon, šafrán nebo popel. Šnečí popel byl využíván k odstraňování pih, tuk z ovčí vlny byl součástí plet'ových krémů a výkaly ještěrek byly vtírány do kožních skvrn a vrásek [1].

Ve starověkém Římě byla kosmetika určena výhradně pro ženy. Každý muž, který trávil příliš mnoho času úpravou vzhledu, byl často zesměšňován. Široce využívané byly parfémy. Mezi nejčastějšími přísadami byla skořice, datlová palma, kdoule, bazalka, pelyněk a všechny druhy květín. Na bělení pokožky byly používány bílé olověné hobliny, které byly rozpuštěny v octu. Následně byly smíchány s křídou za použití většího množství octa. Na **obr. 2** jsou vyobrazeny lahvičky na parfém z tohoto období. [1].



Obr. 2: Lahvičky na parfém z období starověkého Říma [6]

1.3 Anglie 16. – 17. století

V průběhu historie bylo olovo klíčovou složkou kosmetiky. V Anglii 16. až 17. století bylo přidáváno do různých kosmetických přípravků, jejichž účelem bylo zesvětlení pleti. Světlá kůže symbolizovala mládí a plodnost. I když to nebylo poprvé v historii, kdy byly podobné typy přípravků využívány (staří Egypťané, Řekové a Římané), je to nejznámější období kvůli jeho rozšířenému použití mezi aristokracií. Jedním z nejznámějších kosmetických ošetření, charakteristických pro toto období, byla běloba, typicky připravována z vody, octa a uhličitanu olovnatého. Nejvyšší kvalitní bělobou tohoto typu byla Benátská běloba, pod originálním názvem Venetian Ceruse. Nejznámější postavou historie, jež tento přípravek využívala byla královna Alžběta I. a je také považována za možnou příčinu její smrti. Tento typ make-upu je ve Spojeném království od roku 1631 klasifikován jako jed [7].

Královna Alžběta I., jejíž portrét je na **obr. 3**, byla také známá využíváním rtěnky obsahující rumělkou, kterou nanášela i na tváře. Rumělka je minerál sulfid rtuťnatý, jež je v dnešní době nejběžnější ruda používaná k získávání rafinované elementární rtuti [8].

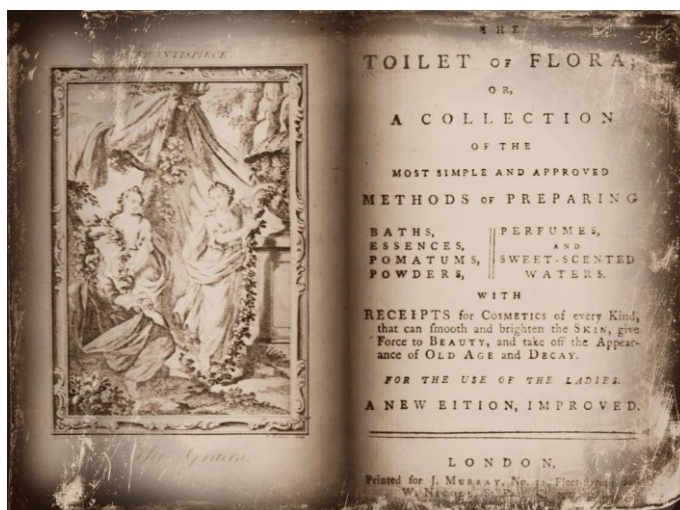


Obr. 3: Portrét královny Alžběty I. [9]

1.4 Domácí kosmetika 17. – 19. století

Během tohoto historického období si lidé často vyráběli kosmetické přípravky sami v domácích podmínkách. Jednou z nejstarších knih s recepty na přípravu domácí kosmetiky byla poprvé vydána v roce 1602. Mnoho historických receptů obsahovalo přírodní, zdravotně nezávadné přísady, ale často se objevovala alespoň jedna možnost plná škodlivých a jedovatých látek. Lidé často věděli o škodlivosti některých přísad, ale i přes to s nimi pracovali a používali je. Některé recepty podporovaly domácí míchání

chemikálií, konkrétním příkladem je recept na odstranění chloupků z knihy *The Toilet of Flora* z roku 1776, jejíž úvodní strana je na **obr. 4.**, jež byl vyráběn z nehaseného vápna, dusičnanu draselného a minerální formy sulfidu arsenu, které byly běžnými složkami depilačních krémů v tomto období [7].



Obr. 4: Úvodní strana z knihy The Toilet of Flora z roku 1776 [10]

Rtuť byla další toxická složka nalezená v mnoha historických kosmetických receptech. Chlorid rtuťnatý byl v knihách z roku 1866 doporučován k léčbě všech druhů kožních onemocnění, včetně akné a dusičnan rtuťnatý byl využíván jako lék na omrzliny [7].

Arsen, dnes velmi známý jed, se dříve nacházel ve všech druzích kosmetických procedur. Byl využíván jako součást ošetření nehtů a zubů. V knize z roku 1866 byl uváděn jako jeden ze surovin v kosmetických mycích prostředcích a recepturách na barvení vlasů [7].

Hlavním prostředkem určeným k čištění těla v 19. století bylo louhové mýdlo vyrobené smícháním potaše nebo louhu s živočišnými nebo rostlinnými tuky. Umění výroby mýdla se během druhého tisíciletí zdokonalilo [2].

1.5 Kosmetika 20. století a 21. století

Rizikantní kosmetická ošetření byla také v první polovině 20. století, kdy bylo radium považováno za zázračný materiál a bylo přidáváno zejména do kosmetiky [7].

Éra moderní kosmetiky se objevila ve 40. letech 20. století s rozšířeným používáním syntetických povrchově aktivních látek. Tyto materiály byly používány k přípravě emulzí, které tvořily základ produktů osobní péče, které se ve druhé polovině 20. století dále vyvíjely. Výrobci zlepšovali estetické vjemy použitím nových přírodních olejů

a syntetických změkčovadel. Forma produktu se stala rozmanitější. Produkty péče o pleť se tradičně používaly ke změkčením tvrdých, drsných, napjatých a šupinatých projevů poškozené kůže [2].

V poslední čtvrtině dvacátého století se začaly hledat nové chemikálie a rostliny, které by mohly být v kosmetických přípravcích prospěšné. Na přelomu 20. a 21. století byl velký rozvoj v kosmetickém průmyslu z hlediska vývoje udržitelných kosmetických produktů založených na přírodních složkách. U některých z nich, jako jsou rostlinné oleje, bylo vědeckým výzkumem prokázáno, že obsahují mastné kyseliny, nezbytné pro lidské zdraví, a některé obsahují zvláště užitečné přísady, např. azulen v heřmánku a kyselina gama-linolenová v brtnáku lékařském [8, 11].

Z historie používání přírodních produktů bylo však zřejmé, že by bylo nerozumné vracet se k jejich používání bez prokázání bezpečnosti a účinnosti moderními metodami analýzy a klinického testování, začalo tedy testování kosmetických produktů na zvířatech [11].

Pohyb směrem k přírodním produktům byl doprovázen nadměrným a násilným tlakem ze strany skupin za práva zvířat. Po celá léta se průmysl zapojoval do výzkumu alternativních testů bezpečnosti u lidí a stále více se používaly testy bez použití zvířat, například na karcinogenitu pro nové suroviny a produkty. Výsledky těchto testů se neustále zlepšovaly a potvrzovaly výsledky testů na zvířatech [11].

V posledních letech bylo vynaloženo velké úsilí v oblasti aktivních složek péče o pleť. To zahrnuje pronikání peptidů a jiných rostlinných složek do hlubších vrstev pokožky, tedy do životaschopné *epidermis* a *dermis*. Úspěšná ošetření v konečném důsledku vedou ke zpomalení stárnutí pokožky a její hydratace [8].

Antioxidanty nalezené v rostlinných materiálech jsou také rozsáhlou oblastí technologie péče o pleť, která v posledních dvou desetiletích značně pokročila. Dnes téměř každá formulace péče o pleť obsahuje nějakou formu antioxidantu, která je dodávána pokožce, aby mohla biochemicky uplatnit svůj účinek [8].

1.6 Kosmetické přípravky současnosti

V dnešní době jsou materiály jako enzymy, antioxidanty, cytokiny, DNA, genetické promotory a další sofistikované látky již hodnoceny ve výzkumných zařízeních předních výrobců a dodavatelů. Tato činidla, ačkoli jsou účinnější než dříve používané aktivní látky, jsou často citlivá na podmínky prostředí, jako je kyslík, teplo a světlo [2].

Při porovnání kosmetického přípravku ze starověkých civilizací s těmi současnými, lze těžké kovy nalézt už jen jako přísady, nečistoty ze surového stavu materiálů nebo kontaminanty s ohledem na jejich všudypřítomnost v prostředí a jejich účast na složení kovových zařízení používaných v kosmetickém průmyslu [12].

V minulosti se jako kosmetické přípravky používaly i vysoce toxické kovy, zejména sloučeniny olova a rtuti. Dnes je jejich používání významně omezováno, či přísně zakazováno [12].

V některých studiích byly nalezeny zvýšené hladiny rtuti v mýdlech a krémech pro zesvětlení pokožky, pocházejících z Afriky, Středního východu, Číny a Latinské Ameriky. V důsledku těchto zjištění, bylo stanovení některých toxických kovů ve výrobních fázích a v konečném produktu stanoveno za povinné pro zajištění kvality a bezpečnosti kosmetiky [12].

V dnešní době je podíl těžkých kovů v kosmetice velmi malý až nepatrný, ale i ve stopovém množství mohou napáchat mnoho škod a ohrožovat lidské zdraví. Jejich zdravotní toxicita by neměla být podceňována. Kosmetika je nošena delší dobu, někdy i celý den a často se aplikuje na tenké a citlivé oblasti pokožky, jako jsou rty a oční víčka [12, 13].

2 KOSMETICKÝ PŘÍPRAVEK

Kosmetické přípravky jsou považovány za součást běžné péče o tělo již od začátků lidských civilizací. Ačkoli pojem kosmetika nyní označuje produkty, používané ke zkrášlení pokožky, vlasů, očí nebo jiných částí těla, v daleké minulosti to nebylo jejím prvotním zamýšleným účelem. Prvním cílem malování na tělo v dávných primitivních kulturách byla ochrana lidí před zlými duchy, kteří se mohli dostat do jejich těla zranitelnými otvory, jako jsou oči. Druhým cílem bylo pro lékařské účely léčit viditelné nebo neviditelné patologie v oku nebo v jiné části těla. Posledním důvodem zvýrazňování očí bylo spojení s mládím, krásou a společenskou silou. Malby a kamenné rytiny, pocházející z prehistorických dob poskytují důkazy, že oční víčka byla malována tak, aby jim dala vzhled mládí nebo síly [3].

Využívání kosmetiky tak jak ji známe sahá více než 6000 let do starověkého Egypta, kde propojovali kosmetiku a náboženství. Dnes miliony lidí po celém světě používá kosmetické přípravky jako součást každodenního života. Důvodem je především zvýšená informovanost o metodách, jak zlepšit svůj vzhled [14–16].

2.1 Evropská legislativa, definice kosmetického přípravku

Kosmetické přípravky, které se vyrábí v členských státech Evropské Unie, či jsou do těchto zemí dováženy, podléhají Nařízení Evropského Parlamentu a rady (ES) č. 1223/2009 ze dne 30. listopadu 2009 o kosmetických přípravcích. V následující **tab. 1** je uveden seznam kapitol, které toto nařízení obsahuje.

Tab. 1: Seznam kapitol, které obsahuje Nařízení Evropského Parlamentu a rady (ES) č. 1223/2009 ze dne 30. listopadu 2009 o kosmetických přípravcích [12, 17]

Kapitola	Název kapitoly	Články
I	Oblast působnosti a definice	1 a 2
II	Bezpečnost, odpovědnost, volný pohyb	3 až 9
III	Posouzení bezpečnosti, informační dokumentace k přípravku, oznamovací povinnost	10 až 13
IV	Omezení pro některé látky	14 až 17
V	Zkoušky na zvířatech	18
VI	Informace pro spotřebitele	19 až 21
VII	Dozor nad trhem	22 až 24
VIII	Nedodržení požadavků a ochranná doložka	25 až 27
IX	Správní spolupráce	28 až 30
X	Prováděcí opatření a závěrečná ustanovení	31 až 40

Toto nařízení také obsahuje 10 příloh, ve kterých je uveden například seznam všech zakázaných látek nebo je zde i uvedena zpráva o bezpečnosti kosmetického přípravku. Seznam všech deseti příloh je uveden v následující **tab. 2**.

Tab. 2: Seznam příloh, které obsahuje Nařízení Evropského Parlamentu a rady (ES) č. 1223/2009 ze dne 30. listopadu 2009 o kosmetických přípravcích [17]

Příloha	Název přílohy
I	Zpráva o bezpečnosti kosmetického přípravku
II	Seznam látek zakázaných v kosmetických přípravcích
III	Seznam látek, které mohou být obsaženy v kosmetických přípravcích při dodržení stanovených omezení
IV	Seznam barviv v kosmetických přípravcích
V	Seznam konzervačních přísad povolených v kosmetických přípravcích
VI	Seznam filtrů ultrafialového záření povolených v kosmetických přípravcích
VII	Symbyoly pro používání na vnějším obalu nebo na obalu, do kterého je výrobek plněn
VIII	Seznam validovaných alternativních metod ke zkouškám na zvířatech
IX	Část A – Zrušená směrnice a její následné změny, část B – Seznam lhůt pro provedení ve vnitrostátním právu a použitelnost
X	Srovnávací tabulka

Dle Nařízení Evropského Parlamentu a rady (ES) č. 1223/2009 ze dne 30. listopadu 2009 o kosmetických přípravcích kapitoly 1, jež pojednává o oblasti působnosti a definicích, článku 2, označený jako definice, je kosmetický přípravek kterákoliv látka, nebo směs látek, jež je určena k zevnímu kontaktu s částmi lidského těla, a to se svrchní vrstvou kůže, vlasy a pokožkou hlavy, vnějšími pohlavními orgány, nehty, rty, zuby a sliznicemi dutiny ústní. Účelem kosmetických prostředků jsou změny vzhledu těchto částí, jejich čištění, ochrana a udržování v dobrém stavu, či parfemace a úpravy tělesných pachů. Jsou klasifikovány jako přípravky, jež mají být na tělo natírány, nalévány, sypány, či jinak aplikovány [17, 18].

2.1.1 Látka a směs látek

Látka, použita v kosmetickém přípravku, je, podle již zmíněného Nařízení 1223/2009 o kosmetických přípravcích, definována jako jakákoli látka, sloučenina chemického původu, či chemický prvek, vyskytující se v přírodním stavu nebo vyrobený různými procesy s přídatnými látkami, jež udržují a uchovávají této látce stabilitu. Oproti tomu jsou směsi definovány jako směsi či roztoky složené ze dvou či více, již zmíněných, látek [17].

2.1.2 Přídavné látky

Nařízení 1223/2009 také definuje kosmetickou složku, a to jako jakoukoli látku nebo směs záměrně použitou v kosmetickém přípravku během procesu výroby. Podle článku 19, nečistoty v surovém stavu ani pomocné technické materiály použité v přípravku nejsou považovány za přísady. Všechny přídavné látky jsou uvedeny v přílohách již zmiňovaného nařízení [12, 17].

Přídavnými látkami, mohou být nanomateriály, záměrně vyrobené nerozpustné materiály o vnějších rozměrech od 1 do 100 nm. Kosmetika vyrobená za použití nanomateriálů vykazuje určité jedinečné výhody oproti tradiční kosmetice. V dnešním světě mezi běžné nanomateriály patří liposomy, pevné lipidové nanočástice, kovové nanočástice, nanokrystaly, nanoemulze, nanokapsle a řada dalších nanočástic, které se používají k dodávání aktivních kosmetických složek. Tyto látky jsou obsaženy v různých kosmetických přípravcích, včetně opalovacích krémů nebo krémů proti stárnutí. Například nanočástice stříbra a zlata poskytují především antibakteriální ochranu, liposomy pomáhají při dodávání některých látek zlepšením jejich rozpustnosti a stability [17, 19].

Většina kosmetických přípravků mohou být díky svému organickému složení a vysokému obsahu vody snadno mikrobiologicky degradovány, proto jsou přidávány konzervační složky. Mikrobiální kontaminace v kosmetice představuje významné riziko pro zdraví spotřebitele, protože by mohly takto kontaminované produkty vést k podráždění nebo infekci, zejména pokud jsou aplikovány na poškozenou kůži nebo na oči. Aby bylo zabráněno mikrobiálnímu růstu, jsou konzervační látky často přidávány do kosmetiky za primárním účelem inhibice vývoje mikroorganismů (antimikrobiální funkce). Mohou se však také přidávat k ochraně kosmetiky před poškozením a degradací způsobenou vystavením kyslíku (antioxidační funkce) nebo UV záření (fotoprotektivní funkce) [12, 17].

Běžně používané antioxidanty jsou butylovaný hydroxyanisol (BHA) a butylovaný hydroxytoluen (BHT). Protože se jedná o biologicky aktivní produkty, mohou konzervační látky působit jako toxické, dráždivé nebo senzibilizující látky. Bezpečnost těchto chemikálií je tedy vždy zpochybňována. Vědecké důkazy o možných škodlivých účincích, které mohou mít některé konzervační látky na zdraví spotřebitelů vedlo k rostoucím omezením různých mezinárodních předpisů. Například nejrozšířenější skupina konzervačních látek, parabeny, byla přezkoumána a přehodnocena v nařízení EU a jejich použití bylo v kosmetických přípravcích zakázáno [12].

Dále mohou kosmetické přípravky obsahovat barviva, jež mají za úkol obarvit kosmetický přípravek či část lidského těla. K obarvení dochází vlivem viditelného světla či absorpce. Prekurzory oxidační barvy na vlasy jsou rovněž považovány za barviva [17].

V neposlední řadě je přídatnou látkou také filtr ultrafialového záření, jímž je látka, jež absorbuje či rozptýlí ultrafialové paprsky. Díky této příměsi dochází k protekci kůže před vlivy právě tohoto typu záření [17].

Kosmetický přípravek je složen z ingrediencí, jež musí být dle nařízení uvedeny na vnějším obalu kosmetického přípravku. Tyto ingredience jsou podle názvosloví INCI (*International Nomenclature of Cosmetic Ingredients*) seřazeny sestupně dle obsaženého množství nad 1 procento. Pod jedno procento jsou tyto ingredience uspořádány v libovolném pořadí. INCI je deklarace, jež je povinná a řídí se přísnými pravidly [12, 18, 20].

2.1.3 Nečistoty a kontaminanty

Kosmetika je náchylná ke kontaminaci širokou škálou neúmyslných stopových látek, které se v označení neobjevují, přestože některé z nich mohou představovat určité zdravotní riziko. Mnoho z těchto sloučenin je zakázáno nebo omezeno v různých právních předpisech, ale ne všechny legislativy mají stejné omezení [12].

V nařízeních, týkajících se kosmetických přípravků, je jasně uvedeno, že výrobci, distributoři a/nebo dovozci, kteří uvádějí konečný produkt na trh, jsou odpovědní za identifikaci těch stopových látek, které mohou představovat zdravotní a bezpečnostní problém. Dále je nutno vzít v úvahu, že přípravek nemusel být kontaminován při přepravě, ale během procesů výroby, je tedy při kontrolách nutno vzít v úvahu zdroj surovin, použitý materiál, výrobní procesy (zejména procesy syntézy a extrakce) a interakce s obalem [12].

Stopové látky v kosmetice lze považovat za nečistoty a/nebo kontaminanty podle jejich zdroje původu. Obecně jsou nečistoty již přítomné v surovinách, ale mohou také pocházet z výrobního procesu a/nebo skladovacích podmínek (obvykle migrací z konečného obalu a/nebo chemické změny způsobené kontaktem kosmetiky s konečným obalem). Naproti tomu kontaminanty pocházejí z externích zdrojů a špatných výrobních postupů například nedostatečné skladování surovin nebo nestabilita primárního obalu [12].

2.1.4 Zakázané látky

V příloze II v nařízení 1223/2009 o kosmetických přípravcích je uveden seznam, který obsahuje 1328 látek, jež je zakázáno používat v kosmetických přípravcích. V převážné

většině se jedná zejména o toxické prvky či sloučeniny a těžké kovy, jež mají zásadní vliv na zdraví člověka i na životní prostředí [17, 21].

Jedná se o látky, které mohou být nebezpečné pro lidské tělo, jelikož mohou být bio kumulativní nebo jinak závadné a mohou obsahovat karcinogeny, mutageny a teratogeny [21].

Zakázaných látek existuje celá řada, konkrétními příklady mohou být například těžké kovy jako olovo, rtuť, kadmium, stroncium, či nikl nebo kobalt. Nejedná se však pouze o toxické prvky, ale také o antibiotika, nikotin, hormony a mnoho dalších [17, 21].

2.2 Srovnání legislativy zemí Evropské Unie s jinými státy

V zemích EU platí nejprísnejší legislativa, týkající se těžkých kovů v kosmetice. Přítomnost prvků jako arsen, kadmium, kobalt, chrom, rtuť, nikl, olovo a antimon je zakázána, tudíž jako potenciální nečistoty jsou omezeny na stopové množství. Oproti tomu americké předpisy zakazují pouze rtuť a stanovují určité specifikace pro arsen a olovo v některých barvicích přísadách [12].

Přestože používání rtuti je zakázáno ve všech legislativách, je nadále používána jako součást konzervačních přísad v některých kosmetických přípravcích na oční okolí, přičemž jejich koncentrace je omezena. Limitní koncentrace některých prvků v kosmetických přípravcích pro vybrané hlavní světové trhy jsou uvedeny v **tab. 3** [12].

Tab. 3: Limitní koncentrace [$\mu\text{g/g}$] vybraných toxických prvků ve vybraných státech

Toxický prvek	Německo	Thajsko	Čína	Indie	Kanada	Korea
Olovo	0	20	10	20	10	20
Kadmium	0	3	5	-	3	5
Rtuť	0	1	1	-	1	1
Arsen	0	5	2	2	3	10
Antimon	0	-	-	-	5	10
Nikl	0	-	-	-	-	10

V **tab. 3** je vybráno několik toxických prvků a jejich limitní koncentrace [$\mu\text{g/g}$] v kosmetických přípravcích ve vybraných zemích. Německo zde reprezentuje státy EU, kde je legislativa, týkající se kosmetických přípravků, nejprísnejší. Oproti tomu, jak vyplývá z tabulky 1, je nejméně přísná legislativa v Indických zemích, kde pro některé prvky nejsou stanovené žádné koncentrační limity.

2.2.1 Amerika

Zákony USA definují kosmetiku a kosmetický výrobek jako produkt pro čištění, zkrášlení, podporu přitažlivosti nebo změnu vzhledu. V těchto definicích jsou zahrnuty výrobky pro péči o pleť, vonné přípravky, přípravky na manikúru, rtěnky, přípravky pro líčení očí a obličej, přípravky do koupele, na vlasy a na barvení vlasů, přípravky pro ústní hygienu, přípravky pro děti, přípravky pro osobní čistotu, na holení, na opalování a deodoranty. Mýdla sestávající především z alkalické soli mastné kyseliny a na etiketě neoznačující jiné tvrzení než čištění lidského těla, nejsou podle zákona považována za kosmetiku [12, 22].

Americké zákony pro uvádění kosmetických přípravků na trh nevyžadují, aby kosmetické produkty nebo přísady, jiné než barviva, měly schválení FDA (Americký Úřad pro kontrolu potravin a léčiv – Food and Drug Administration) před uvedením na trh, a nevyžaduje, aby kosmetické firmy sdílely své bezpečnostní údaje s agenturou. Kosmetika musí být řádně označena a musí být bezpečná, pokud se používá v souladu s jejich pokyny nebo pokud se používá obvyklým nebo očekávaným způsobem. FDA monitoruje bezpečnost kosmetiky na trhu a má pravomoc zakročit proti kosmetice, která není v souladu se zákonem [23].

Výsledky analýzy stovek externě aplikovaných kosmetických přípravků (kosmetika aplikovaná na pokožku, jako jsou oční stíny, tvářenky, šampony a tělová mléka) na olovo a další nečistoty americkým úřadem FDA, ukázaly hladiny olova pod detekčním limitem do 14 ppm. Na základě tohoto výzkumu vydala tatáž asociace návrh pokynů pro průmysl, který doporučuje 10 ppm jako maximální hladinu olova jako nečistotu v kosmetickém přípravku. Tyto pokyny platí pro kosmetické produkty na rty (jako jsou rtěnky, lesky na rty a tužky na rty) a externě aplikovanou kosmetiku (jako jsou oční stíny, tvářenky, šampony a tělová mléka) prodávané ve Spojených státech [24, 25].

2.2.2 Čína

Čína reguluje svůj kosmetický trh prostřednictvím Národního úřadu pro lékařské produkty (NMPA), který slouží jako hlavní regulační orgán. NMPA je čínská agentura odpovědná za regulaci léků a zdravotnických prostředků pod kontrolou Státní správy pro regulaci trhu [12, 26].

Definice Čínského kosmetického prostředku se blíží definici uvedené v dřívější směrnici EU, ale kosmetika se zde rozlišuje na běžnou kosmetiku a kosmetiku pro speciální účely. Běžné kosmetické produkty jsou zde definovány jako chemické produkty, které se aplikují na povrch jakékoli části lidského těla (kůže, vlasy, nehty a rty) roztíráním, postřikem

a jinými podobnými způsoby k udržení tělesné hygieny, k odstranění nežádoucích pachů, k ochraně pokožky a ke zlepšení vzhledu. Mezi tyto přípravky se řadí produkty péče o pleť, vlasy a nehty, make-up a parfémy [26].

Mezi speciální kosmetiku patří produkty na podporu růstu vlasů, barvy na vlasy, depilační a epilační přípravky, produkty na hubnutí, antiperspiranty a deodoranty, opalovací krémy a přípravky na bělení pokožky. Mýdla nejsou klasifikována jako kosmetika [12].

2.2.3 Japonsko

Obecně lze říci, že v Japonsku existuje kosmetika a kvazi léčiva. Pojem kosmetika označuje produkty s mírným účinkem na lidské tělo, které jsou určeny k aplikaci třením, kropením nebo jinými podobnými metodami a používají se k čištění, zkrášlení, zvýšení přitažlivosti, ke změně vzhledu nebo k udržení zdravé pokožky a vlasů. Kosmetika je zde rozdělena do šesti různých kategorií, a to na parfémy a kolínské vody, make-up, výrobky pro péči o pleť, péči o vlasy, speciální přípravky (např. opalovací krém) a mýdlo [12, 27].

Kvazi léčiva jsou definována jako přípravky, určené k aplikaci na lidské tělo a jsou považovány za kosmetiku s mírným farmakologickým účinkem. Do této kategorie jsou zařazeny následující produkty: přípravky proti lupům, přípravky k bělení kůže, proti akné, proti popraskání a vysušování, deodoranty, antiperspiranty, přípravky na podporu růstu vlasů a jejich barvení, kadeřnické přípravky pro trvalou na vlasy, koupelové soli, zubní pasty a ústní vody za účelem udržení zdraví člověka. Mají mírný účinek na lidské tělo, ale nejsou určeny k použití při diagnostice, léčbě nebo prevenci onemocnění nebo k ovlivnění struktur a jakékoli funkce lidského těla [12, 27].

2.2.4 Austrálie

V Austrálii jsou kosmetické produkty právně klasifikovány do dvou kategorií třemi různými způsoby, jimiž jsou primární účel produktu, jeho složky a tvrzení o produktu. První z kategorií je kosmetický přípravek, jež je definován k použití na jakékoli vnější části lidského těla či dutinu ústní, za účelem změny vůně nebo vzhledu, čištění, udržování v dobrém stavu nebo jeho ochrany. Hlavními typy kosmetiky jsou zde přípravky na obličej a nehty, vlasové a kadeřnické přípravky, přípravky ústní hygieny, parfémy a vůně, kosmetika pro osobní hygienu a péči o pleť [12, 28, 29].

Druhou kategorií jsou terapeutické produkty, používané k prevenci, diagnostice nebo léčbě onemocnění nebo ovlivnění struktury či funkce lidského těla. Do této kategorie se řadí opalovací krémy (produkty, které se primárně používají k ochraně před UV zářením) zvlhčovače, které obsahují jako sekundární složku sluneční clonu a mají stanovený terapeutický účel („pomáhá chránit pokožku před škodlivými účinky UV záření“), pleťové bělící přípravky a jiné [28, 29].

3 TOXICKÉ PRVKY A TĚŽKÉ KOVY

Lidé, zvířata, ale i životní prostředí jsou nejrozličnějšími způsoby vystavovány těžkým kovům. Hromadění těžkých kovů v přírodě vede ke kontaminaci půdy, vzduchu, vody a ovzduší a u lidí i zvířat mohou způsobovat vážné zdravotní komplikace [18].

Těžké kovy jsou souborem kovů a polokovů karcinogenní povahy, které mají poměrně vysokou hustotu a jsou toxické nebo jedovaté již při nízkých koncentracích. Jedná se například o chrom, kadmium, olovo, nebo rtuť. Tyto prvky jsou uvolňovány do životního prostředí přírodními i antropogenními zdroji, kterými jsou například odpady, výfuky automobilů nebo těžba. Jejich toxicita, a to i v nízkých koncentracích, se zvyšuje v důsledku lidské průmyslové činnosti, která znečišťuje životní prostředí, vodu, půdu a živé organismy. Prostřednictvím potravního řetězce způsobují tvorbu nerozložitelných toxických sloučenin v tělech živočichů, které dále způsobují změnu životních funkcí a nepříznivě ovlivňují DNA, proteiny a lipidy produkcí volných radikálů, které vedou k vážným zdravotním problémům a jsou nejsilnějšími neurotoxiny [18, 30, 31].

Těžké kovy jsou biologicky neodbouratelné a mají tendenci se hromadit v měkkých tkáních živých organismů. V důsledku dlouhodobého vystavování těžkým kovům dochází k závažným zdravotním rizikům. Nebezpečí těchto prvků spočívá v jejich schopnosti vázat se na mnoho funkčních skupin nacházejících se v biomolekulách, jako jsou karboxylové kyseliny, aminoskupiny nebo skupiny obsahující síru. Dále se mohou vázat na proteiny a enzymy a narušovat jejich funkce. Mnohé z těchto kovů jsou pro člověka toxické a mohou způsobovat vážná zdravotní rizika i ve stopovém množství [18, 21, 30].

3.1 Kadmium

Kadmium je považováno za jeden z nejběžnějších a nejškodlivějších těžkých kovů. Poprvé bylo objeveno v roce 1817 jako nečistota v uhličitanu zinečnatém (kalamín, **obr. 5**). Nevyskytuje se jako samostatný prvek, ale nachází se v zinkových rudách a v minerálech jako greenockit (sulfid kademnatý) **na obr. 5**. Lze ho také získat jako vedlejší produkt při úpravě zinkových, olověných a měděných rud [32].



a)



b)

Obr. 5: a) Kalamín [33], b) Greenockit [34]

Jedná se o stříbrný, kujný a měkký kov, rozpustný v kyselinách, ale v zásadách nerozpustný. Je dobře elektricky vodivý a tvoří sloučeniny v mocenstvích Cd^{2+} , ale občas také jako Cd^{1+} . Obrázek kadmia je na **obr. 6** [32, 35, 36].



Obr. 6: Kadmium [37]

Kadmium je neesenciální a toxický pro mnoho organismů, včetně zvířat a lidí. Způsoby, jakým se kadmium dostává do těla jsou převážně požití nebo méně inhalace. Hromadí se v ledvinách a játrech. Dlouhodobá expozice kadmiu je úzce spojena s kardiovaskulárními chorobami, jako je například ateroskleróza a hypertenze. [13, 32].

Hlavním problémem kadmia je tendence hromadění v lidských tkáních a pomalé uvolňování do celého oběhu. Normálně se váže na keratin a postihuje především kosterní, reprodukční, metabolický a respirační systém. Cílovými orgány pro kadmium jsou játra, kosti, cévní systém, nervové tkáně, ale především ledviny, což vede k jejich poškození nebo nesprávné funkci. Se zvyšující se koncentrací kadmia uvnitř ledvin je rychlost vylučování vápníku z těla vyšší, což znamená zvýšené riziko ledvinových kamenů. Je spojováno také s cukrovkou, rakovinou plic a přispívá ke stárnutí kůže a lokálně by také mohlo

způsobit dráždivou dermatitidu. Toxická dávka kadmia se pohybuje mezi 3 až 330 mg. Smrtelná dávka je kolem 1,5 až 9 g [31, 32, 36].

Nejtoxictější formou je dvojmocný iont kadmia (Cd^{2+}), který je nejběžnější formou a je schopný narušit základní buněčné funkce a způsobit různé nežádoucí účinky již při nízkých koncentracích, a to díky nízké rychlosti vylučování [31].

Některé studie prokázaly, že ženy mají vyšší hladinu kadmia než muži a těhotné ženy mají vyšší hladinu kadmia než netěhotné ženy. Kadmium neprochází placentární bariérou a zůstává v ní zachyceno, což mu brání v ovlivnění plodu [31].

Kadmium a jeho sloučeniny jsou uznávanými karcinogeny a představují velké riziko nejen pro lidi a zvířata, ale také pro životní prostředí. Díky těmto vlastnostem je přítomnost kadmia a sloučenin kadmia dle Nařízení 1223/2009 v zemích evropské unie přísně zakázána v jakémkoli kosmetickém přípravku [17, 32].

3.2 Nikl

Nikl patří mezi toxické těžké kovy. Jako prvek byl objeven v roce 1751, avšak slitiny obsahující nikl byly používány dávno před jeho objevením, tedy kolem roku 1700–1400 př. n. l [32, 38].

Jako přírodní surovina se nikl nachází nejčastěji v meteoritech (obsahují 5–50 % Ni) a minerálech jako je smaltit, pentlandit, nikelin, gersdorffit a garnierit. Nejvyšší obsah niklu má ze všech nerostů bunsenit (oxid nikelnatý), který obsahuje až 78,58 % Ni. Avšak je známo téměř 200 nerostů obsahujících nikl. Některé z vyjmenovaných minerálů jsou uvedeny na **obr. 7** [32, 38].



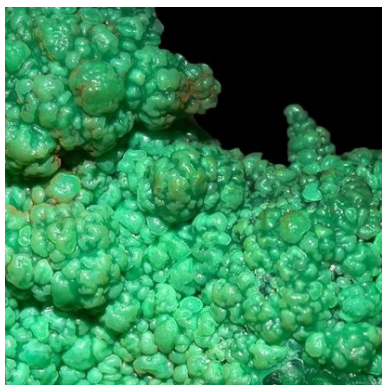
a)



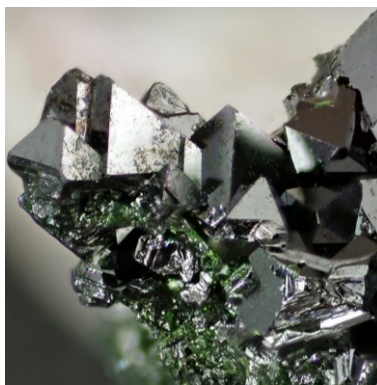
b)



c)



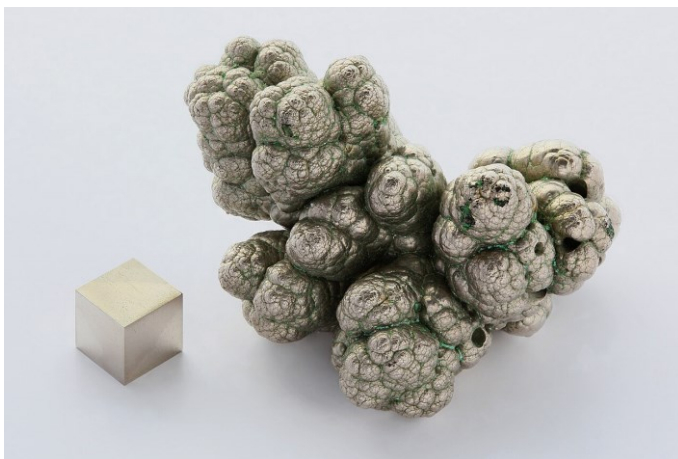
d)



e)

Obr. 7: a) pentlandit [39]; b) nikelin [40]; c) gersdorffit [41];
d) garnierit [42]; e) bunsenit [43]

Nikl (**obr. 8**) je stříbřitě bílý přechodný kov s vysokým leskem. Je tvrdý, vysoce tvárný a kujný kov, vysoce odolný vůči korozi. Je dobrým vodičem elektřiny a tepla a jeho vlastnosti závisí na jeho čistotě. Běžně vytváří sloučeniny v mocenství Ni^{2+} . Díky svým jedinečným fyzikálním a chemickým vlastnostem se kovový nikl a jeho sloučeniny široce využívají v moderním průmyslu. Je také přidáván do sloučenin pro výrobu mincí, dobíjecích baterií a speciálních slitin. Také je díky své vysoké odolnosti vůči korozi nanášen v tenké vrstvě nanášen na povrchy vůči vodě méně odolných kovů [32, 38, 44].



Obr. 8: Nikl [45]

Nikl patří do skupiny prvků, jež jednoznačně negativně ovlivňují zdravotní stav lidského organismu. Je silně alergenní a patří mezi lidské karcinogeny. Vyskytuje se ve stopovém množství v enzymech organismů a rostlin, jeho biologická funkce však dosud není známa [32].

Jednou z nejvíce ohrožených skupin jsou kuřáci, jelikož cigaretový kouř obsahuje vysoce toxický tetrakarbonyl niklu, jež je považován za nejtoxičtější sloučeninu niklu, působící především na dýchací systém. Otrava se touto sloučeninou se projevuje závratěmi, bolestmi hlavy a záněty horních dýchacích cest [38].

Nikl je také alergen, na něj trpí 6–10 % obyvatelstva a mohl by způsobit kontaktní dermatitidu, zvanou niklový svrab. U těchto lidí způsobuje zarudnutí kůže, při dlouhodobém styku s předměty z niklu vznikají kožní ekzémy. Největší nebezpečí hrozí při nošení náušnic, obsahujících nikl či jeho sloučeniny, jelikož je oblast ucha velice senzitivní. Alergická reakce by v těchto případech mohla způsobit otoky hlavy nebo astmatické záchvaty [38].

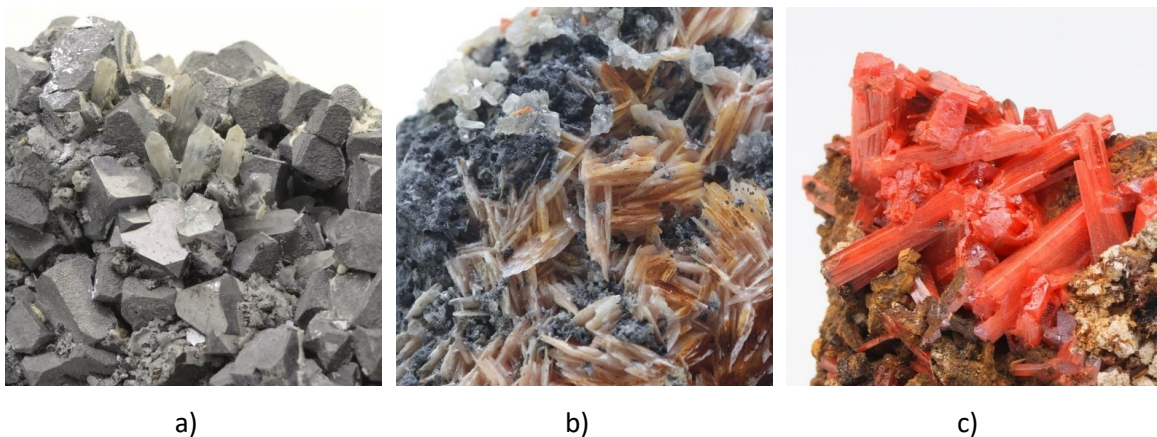
Akumulace niklu v těle by mohla v důsledku chronické expozice vést k poškození plic, kardiovaskulárním a ledvinovým onemocněním. Dlouhodobá expozice vysokým dávkám niklu způsobuje záněty kůže, poškození jater a srdce, či úbytek tělesné hmotnosti. Denní příjem v potravě je 300 µg, toxický příjem činí dávka tohoto prvku 50 mg [32, 38, 44].

Z pohledu na životní prostředí se nikl přirozeně vyskytuje v atmosféře v podobě sopečného popela nebo díky vznikajícím aerosolům z mořské hladiny. Také se často uvolňuje při lesních požárech. Jestliže by byl přítomen v ovzduší, mohl by se z atmosféry dostávat do vody nebo do půdy, kde se často váže na částice obsahující železo nebo mangan. Nikl také vstupuje do vody přirozenou cestou, a to rozpouštěním minerálů na dně moří a oceánů. Průmyslovým zdrojem tohoto prvku v životním prostředí by také mohlo způsobovat spalování fosilních paliv, těžba a zpracování niklu a rafinace ropy a plynu [38].

3.3 Olovo

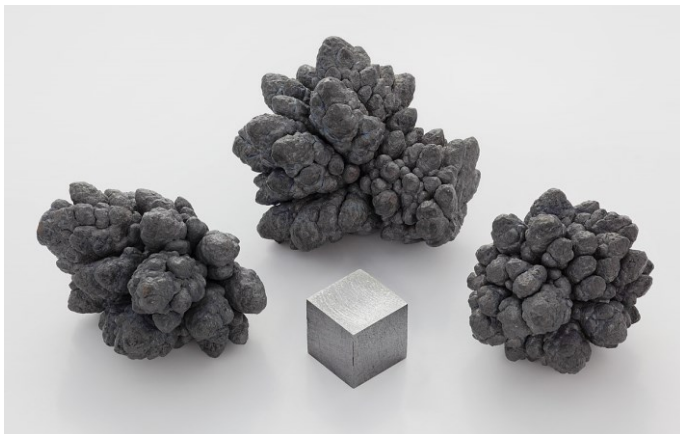
Olovo bylo známo již starověkými civilizacemi. Dnes je považováno za nejtoxičtější těžký kov a je jedním z nejvíce studovaných [32].

Jako samostatný prvek se vyskytuje jen vzácně. Častěji se nachází v minerálech jako galenit (sulfid olovnatý), cerusit (uhličitan olovnatý) nebo krokoit (chroman olovnatý), které jsou uvedeny na **obr. 9** [32].



Obr. 9: a) Galenit [46], b) Cerusit [47], c) Krokoit [48]

Když je olovo čerstvě řezané, je stříbrné a lesklé. Jeho povrch však podléhá oxidaci, rychle se zabarvuje a vytváří nerozpustnou, matně šedou vrstvu uhličitanu olovnatého. Tento kov je měkký, vysoce tvárný a mírně tažný. Má nízký bod tání a vysokou hustotu. Špatně vede elektřinu i teplo, ale je odolný vůči korozi. Olovo (**obr.10**) vytváří sloučeniny v mocenstvích Pb^{2+} a Pb^{4+} , vyskytuje se však více jako olovnatý kation v mocenství Pb^{2+} [32, 49].



Obr. 10: Olovo [50]

Olovo má potenciál způsobit kontaminaci životního prostředí a závažné zdravotní problémy. Pro člověka je olovo nebezpečné zejména při požití a inhalaci, v menší míře při kontaktu s pokožkou. Většina požitého olova však prochází tělem, aniž by byla absorbována. Oproti tomu vdechnuté olovo představuje větší problém, jelikož je absorbováno do krevní plazmy a do buněk. Je schopno procházet nervovým systémem a hromadit se v měkkých tkáních a kostech [32, 36].

Olovo ovlivňuje činnost střev, funkci centrální nervové soustavy, kardiovaskulárního systému a imunitního systému. Dokáže poškodit funkci mozku a ledvin a v konečném důsledku by mohlo dojít k úmrtí [32].

Když se dostane do kontaktu s životně důležitými orgány, je neurotoxické, poškozuje tkáň ledvin, v horším případě dochází k jejich selhání (nephrotoxicita). Má také schopnost ovlivňovat reprodukční systém a vývoj plodu díky jeho průchodnosti placentou. U osob s vysokou hladinou olova v krvi dochází k narušení sexuálních funkcí, projevujících se sníženým počtem spermií a jejich pohyblivostí [51].

Chronická expozice olovu způsobuje neurologické, teratogenní onemocnění a onemocnění krevního systému, toxická dávka olova se pohybuje kolem 1 mg, smrtelná dávka kolem 10 g [32, 36].

Hlavní zdroje kontaminace životního prostředí olovem jsou průmyslové procesy, jako je spalování fosilních paliv, těžba, tavení, výroba a recyklace. Používá se také pro olověné trubky, olovem glazované nebo olovem pájené nádoby, olovnaté barvy, olovnatý benzín nebo olovnaté letecké palivo. Do kosmetiky se pak olovo dostává z ovzduší, během průmyslových procesů, nebo díky kontaminaci některé ze složek kosmetického přípravku či zařízení, jež jsou použita během procesu výroby [31].

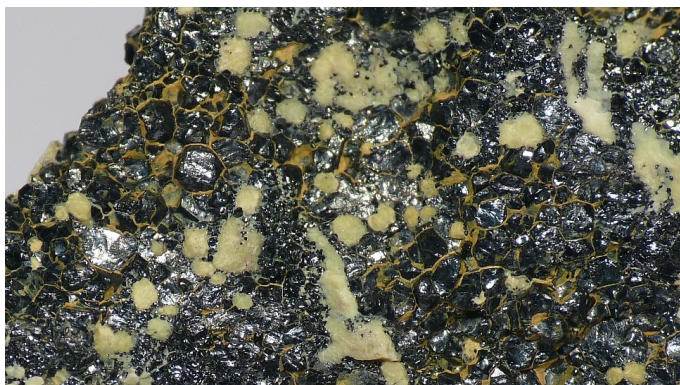
Olovo se pro své vlastnosti běžně nepoužívá a dle Nařízení 1223/2009 je jeho přítomnost v Evropské Unii přísně zakázána v jakémkoli kosmetickém přípravku. Ale i přesto je v různé míře přítomno v různých kosmetických přípravcích jako kontaminant [12, 36].

Některé potraviny napomáhají k detoxikaci olova. Jedná se o ibišek jedlý, mátu peprnou, ovoce, dýňová semínka, kořen rebarbory a mořské řasy. Jako protijed při otravě olovem (antidotum), jsou vitamíny D a C a mléko [49].

3.4 Ostatní prvky

3.4.1 Chrom

Chrom byl poprvé objeven v minerálu krokoit v roce 1797. Dnes se vyskytuje jako chromit (oxid železnato-chromitý), který je uveden na **obr. 13** [32].



Obr. 11: Chromit [52]

Chrom (**obr.14**) je ocelově šedý, lesklý, tvrdý kov s vysokým leskem. Je křehký, kujný a má vysoký bod tání. Kovový chrom vystavovaný vzduchu vytváří na povrchu tenkou ochrannou oxidovou vrstvu [32].



Obr. 12: Chrom [53]

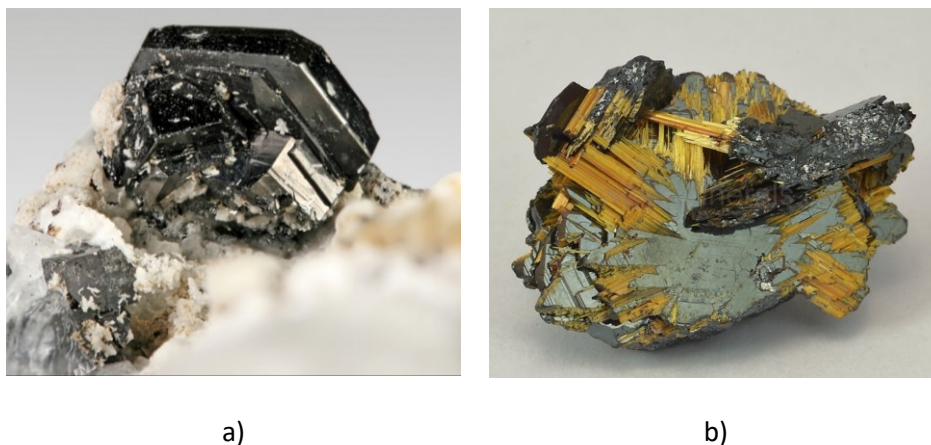
Chrom není pro rostliny nezbytným prvkem, zatímco u lidí hraje důležitou roli v metabolismu glukózy, některých bílkovin a tuků. Příznaky nedostatku chromu v těle jsou hyperglykémie nebo hubnutí. Příjem chromu je v malém množství (10-100 μg), jako doplněk stravy, nezbytný primárně pro ovlivnění účinku inzulínu. Chrom ve vyšších dávkách (200 mg) bývá toxický a karcinogenní a při dávce vyšší než 3 g způsobuje smrt [32].

Šestimocné formy chromu jsou 100 až 1000krát toxičtější než trojmocné sloučeniny nejen pro člověka, ale i pro rostliny. Šestimocné formy chromu mohou snižovat růst rostlin, člověku vyvolává podráždění kůže a dýchacích cest a rakovinu plic [32].

Požití velkého množství chromu způsobuje žaludeční nevolnosti, křeče, poškození ledvin a jater, při kontaktu s kůží je schopný vyvolat kožní vředy. U lidí, kteří jsou extrémně citliví na chrom, dochází k alergickým reakcím sestávajícím ze silného zarudnutí a otoku kůže [13].

3.4.2 Titan

Titan byl poprvé objeven v roce 1791 v černém magnetickém písku. Dnes se vyskytuje v nerostech ilmenit (oxid železnato-titaničitý) a rutil (oxid titaničitý), které jsou uvedeny na **obr. 15** [32].



Obr. 13: Ilmenit [54], b) Rutil [55]

Jedná se o lesklý, bílý kov a drahý chemický prvek. Výhodnými vlastnostmi tohoto chemického prvku jsou dobrá pevnost (jako slitiny oceli), nízká hustota (o 45 % lehčí než ocel) a vynikající odolnost proti korozi. Mechanické vlastnosti titanu (**obr. 16**) závisí na přítomnosti nečistot v podobě kyslíku a dusíku [32].



Obr. 14: Titan [56]

Biochemická role titanu není jasná ani u lidí ani u zvířat. U lidí i zvířat vykazuje nízkou toxicitu [32].

Titan má tendenci biokumulace v plicní tkáni a v lymfatických uzlinách. Při vdechnutí pigmentu oxidu titaničitého (titanová běloba) by mohlo dojít díky malé velikosti částic k plicní fibróze [32].

3.4.3 Zinek

Zinek byl užíván jako součást mosazi dlouho před objevením prvku samotného. V Evropě byl poprvé objeven a zkoumán v roce 1746 při redukci kalamínu (směs oxidu zinečnatého a železitého s dřevěným uhlím). Dnes se nevyskytuje jako samostatný prvek, ale je obsažen v meteoritech a minerálech [32].

Zinek (**obr. 17**) je lesklý, šedý kov, za běžných teplot tvrdý a křehký a je dobrým elektrickým vodičem. Při teplotách 100 až 150 °C je zinek tvárný, ale nad teplotu 210 °C je opět křehký. Má relativně nízký bod tání a varu [32].



Obr. 15: Zinek [57]

Zinek hraje důležitou roli ve všech živých systémech od bakterií až po člověka. Jedná se o esenciální stopový prvek, nezbytný pro rostliny, zvířata a mikroorganismy.

V lidském těle je zinek přítomen v proteinech a enzymech. Je nezbytný pro růst, vývoj a reprodukci. Hraje také roli v metabolismu RNA a DNA, přenosu signálu a genové expresi. Také reguluje apoptózu (řízenou smrt) buněk [32].

Nedostatek zinku je spojován s mnoha onemocněními. U dětí způsobuje zpomalení růstu, oddaluje pohlavní dospívání a způsobuje nárůst infekcí, což by mohlo vést až ke smrtelným účinkům [32].

Toxicita zinku a jeho sloučenin je velmi nízká, avšak konzumace nadbytku zinku představuje vážná zdravotní rizika, kde se toxická dávka pohybuje kolem 150 až 600 mg. Smrtelná dávka zinku je potom 6 g [32].

4 STANOVENÍ TOXICKÝCH PRVKŮ V KOSMETICE

Je žádoucí, aby bylo ověřeno, že konečný produkt odpovídá původně navrženému složení, aby byla zajištěna kvalita a očekávaná účinnost komerčně vyráběného produktu. Proto jsou také nezbytné analytické metody, které umožňují stanovení obsahu nežádoucích složek v kosmetickém přípravku [12].

4.1 Výběr vzorků k analýze

V první řadě je důležité, vybrat řadu vzorků jež mají být otestovány. V několika studiích byly vybírány vzorky náhodně od různých výrobců, pod různými obchodními značkami a z různých obchodů, bez ohledu na jejich cenu a kvalitu. Převážně byly přípravky vybírány tak, aby mezi zástupci byly k analýze zvoleny různě kvalitní produkty v různých cenových kategoriích. Vybrané vzorky reprezentují oblíbené, dostupné a běžně používané kosmetické produkty [58, 59].

4.2 Úprava vzorků před analýzou

Protože matice kosmetiky není jednoduchá, k jejich degradaci se používají různé úpravy vzorků. Některé z metod jsou uvedeny v následující **tab. 4** [12].

Tab. 4: Vybrané metody úpravy vzorků pro určité typy kosmetických přípravků [12]

Analyt	Vzorek	Příprava vzorku
Obvyklý mokrý rozklad		
Hg	Krémy, pleťové vody, tělová mléka	1 g vzorku se 3 ml HNO ₃ a 0,5 ml HClO ₄ ; ohřev až do odpaření na polovinu původního objemu; po ochlazení naředění s HCl
Pb	Rtěnky	0,2 g vzorku s HNO ₃ se štěpí 4 h; v peci přes noc na 85 °C; po ochlazení se přidá H ₂ O ₂ a zahřátí 1 h
Suché zpopelnění		
Pb	Rtěnky	1 g vzorku spálit na popel při 500 °C; přidavek HCl ve třech krocích extrakce
Mikrovlnný rozklad		
27 prvků	Rtěnky, obličejové pudry, krémy, make-up	0,15 g vzorku se 3 ml HNO ₃ , použití vysokotlaké uzavíratelné nádoby; po vychladnutí zředit vodou a filtrovat
Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ir, Mn, Ni, Pb, Pd, Pt, Rh, V	Tělová mléka	Rozklad 1 g vzorku v 5 ml HNO ₃ a 1 ml HF, 20 min mikrovlnné ozařování; po vychladnutí naředit vodou na 30 ml
Pb	Rtěnky	Mikrovlnný rozklad 0,3 g vzorku se 7 ml HNO ₃ a 2 ml HF; po vychladnutí přidat 30 ml 4% H ₃ BO ₃ ; Rozklad při 180 °C 10 min
Úprava pevného vzorku		
Pb	Rtěnky	Přímý odběr tuhého vzorku do kontinuální grafitové absorpční spektrometrie s vysokým rozlišením; srovnat se dvěma postupy rozkladu
Extrakce		
Pb, Cd	Rtěnky, oční linky, oční stíny	Extrakce na pevné fázi pomocí magnetických částic Fe ₃ O ₄ funkčně upravených pyridin-2,6-diaminem jako sorbentu k předkoncentraci iontů v rozložených matricích

Tab. 4 poskytuje přehled publikovaných postupů, vhodných pro rozklad matric vybraných druhů kosmetických přípravků, jež se provádí před stanovením těžkých kovů. Obsah této tabulky se zaměřuje na rozklad rtěnek a krémů [12].

Ke stanovení těžkých kovů se používají kyselina dusičná, roztok kyseliny dusičné s kyselinou chloristou a kyselina sírová s peroxidem vodíku. V těchto případech rozkladu se postup provádí v otevřených nádobách. Tato metoda má však nevýhody, které spočívají v použití velkého množství kyselin a jejich kontinuální nahrazování, riziko tékání analytu, kontaminace a omezená oxidační síla kyselin používaných při atmosférickém tlaku. Kyselina chloristá bývá užitečná pro rozklad špatně oxidovatelných kosmetických vzorků, jako jsou krémy a make-upy, kyselina fluorovodíková zase v případě, když kosmetický

přípravek obsahuje minerální látky, příkladem je oxid křemičitý, oxid hlinitý, oxid titaničitý a slída [12].

Dalším způsobem analýzy je takzvané suché zpopelnění. Ale tento princip se používá jen zřídka, díky teplotě, pro tento způsob typické, asi 450 až 500 °C. Díky takto vysokým teplotám by mohlo docházet ke ztrátám vzorků. Tento způsob byl tedy omezen pouze na vzorky, jež obsahují prvky, které jsou termostabilní. Dalším důvodem, proč se tento princip používá jen zřídka, je vznícení vzorku s vyšším obsahem tuků a olejů, díky čemuž dochází ke ztrátám analytu [12].

Mikrovlnný rozklad poskytuje rychlejší a účinnější způsob degradace matrice ve srovnání s konvenčními postupy rozpouštění, a to i pro velmi mastné kosmetické přípravky. Použití uzavřených systémů výrazně zlepšuje rozklad, což zvyšuje reaktivitu použitých kyselin a zároveň zabraňuje ztrátám analytu. Mikrovlny navíc ohřívají vzorky a kyseliny bez předchozího přístupu tepla do stěny nádoby a v důsledku toho lze v kapalně fázi dosáhnout vysokých teplot, zvýšení reaktivity kyselin a zamezení použití velkých objemů kyselin s vysokou oxidační silou. Kyselina dusičná nebo směs této kyseliny s peroxidem vodíku, kyselinou chlorovodíkovou či v některých případech i kyselina sírová a kyselina fluorovodíková, je využívána k rozpouštění většiny kosmetických přípravků. Například velmi mastné matrice, jako jsou rtěnky, lze rozpustit pouze pomocí kyseliny dusičné ve vysokotlakových nádobách [12].

Další možnost analýzy pomocí techniky, jako je atomová absorpční spektrometrie, je přímé odpařování a atomizace kovů z pevné látky. Pro stanovení olova ve rtěnkách byl použit přímý odběr pevných vzorků. Stejným způsobem bylo použito vzorkování suspenze spolu s průtokovým vstřikováním a tvorbou páry pro zavedení vzorku do ICP-MS, ke stanovení germania, arsenu, kadmia, antimonu, rtuti a bismutu [12].

Dále by také mohla být použita extrakce na pevné fázi s nanočásticemi různých stopových kovů v rozložených kosmetických vzorcích pro následné stanovení pomocí FAAS. Stejným způsobem se provádí disperzní mikroextrakce kapalina–kapalina pro zvýšení citlivosti ke stanovení olova ve rtěnkách [12].

4.3 Příklady úpravy vzorků

Ve studii přípravy vzorků k analýze v Nigérii, byly použity vzorky bělicích krémů, pudrů a rtěnek. Vzorky pudrů a rtěnek byly naváženy po 3 g, do porcelánového kelímku a vysušeny

do sucha v muflové peci postupným zvyšováním teploty do 550 °C po dobu 2 h. Vzorky popela byly vyluhovány v 5 ml 1M kyseliny dusičné a poté odpařeny téměř do sucha na horké plotně v digestoři. Nechaly se vychladnout, přefiltrovaly se a byly přelity do 100 ml kalibrované baňky, kde byly po značku zředěny [59].

Krémy pro zesvětlení pokožky byly za mokra převedeny do roztoku kyseliny dusičné (65 %) a kyseliny chloristé (70 %) v poměru 4:1 a na plotně v digestoři byly téměř dosucha vysušeny pomalým zvyšováním teploty po dobu 3 hodin. Postup byl opakován přidáním směsi kyselin, dokud se nevyvinuly bílé páry, označující konec procesu digesce. Roztoky byly vychlazeny na laboratorní teplotu, přefiltrovány do 100 ml odměrné baňky a zředěny po značku. Příklady stanovení koncentrací vybraných prvků v různých kosmetických přípravcích jsou uvedeny v **tab. 5** [12].

Tab. 5: Příklady stanovení koncentrací [mg/kg] vybraných toxických prvků v různých kosmetických přípravcích [14]

Značka	Stát	Cd	Ni	Pb	Cr	Fe
Tělové mléko						
Nivea	Dubaj	2,1 ± 0,2	3,24 ± 0,41	4,57 ± 0,31	0,08 ± 0,01	2,42 ± 0,38
Hollywood Style	USA	-	2,27 ± 1,35	1,67 ± 0,03	-	0,50 ± 0,13
Dove	Indie	0,25 ± 0,03	6,24 ± 0,10	7,19 ± 0,16	0,62 ± 0,04	2,71 ± 0,63
MIEIVIC	Čína	0,14 ± 0,02	0,08 ± 0,04	0,30 ± 0,02	0,12 ± 0,01	5,81 ± 0,42
Johnson's dětské tělové mléko	Itálie	0,27 ± 0,02	6,16 ± 0,33	7,94 ± 0,10	0,67 ± 0,03	2,01 ± 0,72
Make-up						
Mabelline New York	Francie	0,10 ± 0,02	5,96 ± 0,21	3,73 ± 0,20	0,23 ± 0,01	7,0 ± 4,0
Cool Beauty	Pakistán	0,16 ± 0,04	5,46 ± 0,18	3,69 ± 0,04	0,20 ± 0,01	5,3 ± 2,0
BB Cream Fair & lovely	Indie	0,13 ± 0,01	5,66 ± 0,41	2,78 ± 2,01	0,19 ± 0,03	2,3 ± 1,0
Rtěnka						
L'Oreal Paris	Francie	0,20 ± 0,04	6,92 ± 0,02	5,89 ± 0,23	1,0 ± 0,1	6,1 ± 1,2
Etude Real Australlian	Austrálie	0,14 ± 0,04	6,69 ± 0,22	5,59 ± 0,07	0,36 ± 0,01	11,0 ± 4,0
Christine Princess	Pakistán	0,15 ± 0,03	6,49 ± 0,14	4,72 ± 0,17	0,32 ± 0,01	3,0 ± 2,0

Tab. 5 odkazuje na studii uvedenou v článku *Arshad et. al.*, která byla provedena s cílem vyhodnotit koncentraci těžkých kovů v různých značkách kosmetických produktů se zvláštním důrazem na posouzení jejich zdravotních rizik [14].

5 ANALYTICKÉ METODY STANOVENÍ TOXICKÝCH PRVKŮ

Analytické metody umožňují zjištění možné přítomnosti zakázaných látek a případně jejich obsah v kosmetickém přípravku, stanovení obsahu složek s omezenou koncentrací, ověření, že limity stanovené v právních předpisech jsou splněny a nejsou překročeny.

Pro analytickou kontrolu kosmetické přísady by měla být zvolena vhodná metoda s přihlédnutím ke složkám, typu vzorku (matrice) a jeho očekávané hladině koncentrace. Široce používanými metodami kvantitativní analýzy stanovení toxických prvků jsou hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem (ICP-MS) kvůli nízkému limitu detekce, nejčastěji využívaném pro stanovení antimonu, arsenu, barya, olova, kadmia a niklu. Dalšími metodami stanovení těžkých kovů jsou atomová emisní spektrometrie (AES), atomová absorpční spektrometrie (AAS), plamenová atomová absorpční spektrometrie (FAAS) a elektrotermická atomová absorpční spektrometrie (ET-AAS) využívající se i v kosmetickém průmyslu jako rychlá metoda stanovení olova, arsenu a jiných těžkých kovů ve kterémkoliv vhodně upraveném vzorku. Kromě kvantitativní analýzy lze AES použít současně jako kvalitativní analytickou metodu pro stanovení kovových prvků [12, 13, 60].

Následující **tab. 6** poskytuje přehled analytických metod pro stanovení těžkých kovů ve vybraných kosmetických přípravcích, zaměřujíc se konkrétně na krémy a rtěnky. Dále je zde také uveden limit detekce jednotlivých analytických metod.

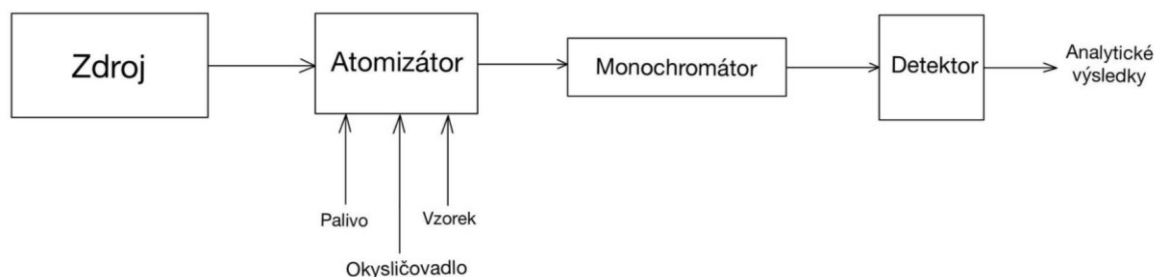
Tab. 6: Metody stanovení těžkých kovů pro vybrané kosmetické přípravky [12, 61–64]

Analyt	Vzorek	Metoda	Detekční limit
Mokrý rozklad			
Hg	Krémy, pleťové vody, tělová mléka	CV-AAS	0,01 µg/l
Pb	Rtěnky	ET-AAS	0,001 µg/l
Suché popílkování			
Pb	Rtěnky	FAAS	0,01 ng/ml
Mikrovlnný rozklad			
27 prvků	Rtěnky, pudry, krémy, make-up	ICP-OES	0,01 µg/l
Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ir, Mn, Ni, Pb, Pd, Pt, Rh, V	Tělová mléka	ICP-MS	0,001 µg/l
Pb	Rtěnky	ICP-MS	0,001 µg/l
Úprava pevného vzorku			
Pb	Rtěnky	ETAAS	0,001 µg/l
Extrakce			
Pb, Cd	Rtěnky, oční linky, oční stíny	FAAS	0,01 ng/ml

5.1 Atomová absorpční spektrometrie

Atomová absorpční spektrometrie (AAS) je analytická optická metoda, využívající se při kvantitativní analýze více než 60 prvků. Podstatou této metody je absorpce elektromagnetického záření volnými plynnými atomy. Vychází z Kirchhofova a Bunsenova zákona, dle kterého jsou volné plynné atomy schopny absorbovat záření téže vlnové délky, jež sami emitují [65, 66].

Na **obr. 16** je vyobrazeno a popsáno schéma atomového absorpčního spektrometru.



Obr. 16: Schéma atomového absorpčního spektrometru [65]

Zdrojem záření atomového absorpčního spektrometru jsou výbojky s dutou katodou nebo spektrální lampy, jejichž použití se liší v závislosti na stanovovaném prvku. Prvním

typem čárového zdroje záření atomového absorpčního spektrometru je výbojka s dutou katodou. Katoda této výbojky je dutý váleček, vyrobený z kovu, jež má být analyzován ve stanovovaném vzorku. Wolframový nebo molybdenový drátek slouží jako anoda. Po vložení jednosměrného napětí (300-400 voltů) nastává výboj. Z výbojky vystupuje proti katodě emisní atomové spektrum analyzovaného kovu [65, 66].

Dalším zdrojem záření mohou být také spektrální lampy pro stanovení sodíku, draslíku, rubidia nebo cesia. Spektrální lampa má podobu baňky, ve které je zatavena wolframová elektroda, jež obsahuje malé množství analyzovaného prvku. Lampy jsou napájeny střídavým napětím (220 voltů). Tyto lampy emitují vysoce intenzivní záření [65, 66].

Lampa obsahuje argon nebo neon při tlaku do 10 kPa. Napětí o 400 V vyvolá výboj, při kterém vznikají ionizované atomy vzácných plynů, obsažených v lampě, které naráží do kovu. Uvolněné atomy tohoto kovu jsou při srážkách excitovány, mají vyšší energii než v základním stavu, a při deexcitaci, tedy uvolnění této energie, vysílají záření [65, 66].

Další součástí atomového absorpčního spektrometru je plamenový nebo elektrotermický atomizátor. Atomizátor slouží k převedení vzorku na volné atomy. Teplota v něm musí být dostatečná, aby stačila k atomizaci vzorku, ale nesmí být příliš vysoká, aby nedošlo k excitaci atomů vzorku. Optimální teplota je 2000-3000 °C [65, 66].

Plamenový atomizátor funguje na principu zmlžování nebo ultrazvukového rozprašování vzorku v kapalném skupenství. Vzniklý aerosol vzorku se smíchá s topným plynem a oxidačním činidlem a je dávkován do plamene, kde je atomizován. Plamen podle druhu paliva a jeho poměru s okysličovadlem nabývá různých teplot, kde vysoký podíl paliva snižuje teplotu plamene. V následující **tab. 7** jsou uvedeny běžně používané směsi paliva a oxidovadla pro AAS a teploty jejich plamene [65, 66].

Tab. 7: Teploty plamene v atomizátoru [65]

Palivo	Oxidovadlo	Teplota plamene [°C]
Propan	Vzduch	1900
Acetylen	Vzduch	2300
Acetylen	Kyslík	3100
Acetylen	Oxid dusný	3000
Vodík	Kyslík	2600

Elektrotermický atomizátor je, elektrickým proudem vyhříváná, grafitová trubice, kterou prochází záření. Tato trubice však bývá vyrobena i z kovu s vysokou teplotou tání,

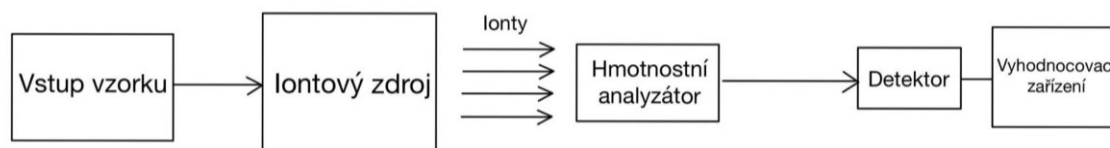
například z wolframu. Vzorek je mikropipetou vnášen na vnitřní stranu trubice nebo na nosnou podložku v ochranné atmosféře argonového proudu [65, 66].

Teplotní program sestává ze tří fází. První fází je sušení při teplotě 50-200 °C, kde dochází k odpařování rozpouštědla. Druhou fází je pyrolýza (děj za tepelného štěpení) při teplotě 200-800 °C, při které dochází k rozkladu matrice a poslední fází je atomizace. Při atomizaci dochází k prudkému zahřátí na vysoké teploty. Typickou teplotou atomizace například kadmia je 1000 °C a teplota atomizace olova je 1400 °C [65, 66].

Součástí atomového absorpčního spektrometru je také monochromátor, jehož základní částí je mřížka. Jako detektor slouží fotonásobič, který je připojený na vhodné vyhodnocovací zařízení. Atomové absorpční spektrum se jeví jako tmavé čáry na světlém pozadí a dle charakteristiky se jedná o spektrum čárové, které se měří u volných atomů, jež jsou v plynném stavu. Většina kovů snadno odevzdává své elektrony. Přecházejí tak na kationty a emitují záření o vlnových délkách ve spektru viditelného záření. Jedná-li se však o nekovy, jež mají vysoký ionizační potenciál, při návratu elektronů se uvolňuje více energie a emitují záření v oblasti ultrafialového spektra [65, 66].

5.2 Hmotnostní spektrometrie

Hmotnostní spektrometrie (MS) je separační analytická metoda, jež převádí stanovovaný vzorek na ionizovanou plynnou fázi. Vzniklé ionty jsou separovány podle podílu jejich hmotnosti a náboje. Přístrojem pro tento typ analýzy je hmotnostní spektrometr, jehož popsané schéma je znázorněno na **obr. 17** [65].



Obr. 17: Schéma hmotnostního spektrometru [65]

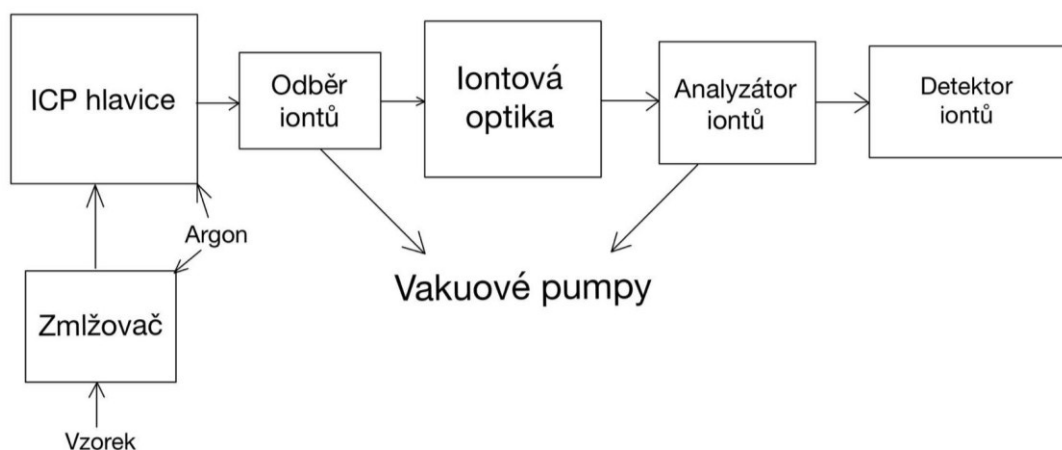
Hmotnostní spektrometr sestává ze vstupu vzorku, iontového zdroje, hmotnostního analyzátoru a detektoru. Vzorek je ionizován chemickou reakcí nebo nastává ionizace nárazem prudce letících elektronů. Vzorek je dávkován v podobě páry do iontového zdroje, kde je bombardován elektrony. Vzniklé elektrony jsou vysokým napětím urychleny a získávají kinetickou energii. Takto dále postupují do magnetického pole, jehož silové účinky způsobují pohyb po kruhové dráze. Na detektor dopadají ionty při určitém poloměru. S měnící se indukcí magnetického pole dochází ke změně poloměru dráhy kationtů [65].

Analyzátozem hmotnostního spektrometru bývá kvadrupól nebo kvadrupólová iontová past. Kvadrupólový analyzátor obsahuje čtyři tyčové, rovnoběžné elektrody, na něž je přiváděno stejné stejnosměrné napětí (stovky voltů) a zároveň část radiofrekvenčního pole. Hodnoty se nastaví tak, aby měli ionty stabilní trajektorii vedoucí k detektoru. Ostatní ionty k detektoru neprojdou. Kvadrupólová iontová past funguje na podobném principu jako kvadrupól, avšak namísto čtyř elektrod má pouze tři, z nichž jedna je kruhová a dvě jsou vyklenuté do prostoru kruhu. Právě v tomto místě se shromažďují ionty. Je zde používáno helia o nízkém tlaku, které třením zpomaluje pohyb iontů a napomáhá k jejich hromadění v iontové pasti. Detektory iontů převádějí proud iontů na proud elektronů. Vzniklý elektrický proud je zesilovačem zesílen a jeho šum omezuje citlivost elektronu [65].

V elektronových násobičích jsou další elektrody, které zesilují elektrický proud. Nejčastěji je konstruován jako zužující se trubice. Do širší části této trubice, na níž je přiváděno napětí, dopadají elektrony. Směrem k úzkému konci, který je uzemněn, napětí klesá k nule. Ion vyrazí elektron, který dopadá na místo s nižším napětím a vyrazí další elektron. Dalšími nárazy elektronů se signál zvětšuje a takto zvětšený proud elektronů je veden do zesilovače, kde je vyhodnocován [65].

5.3 Hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem

Využití hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem poskytuje stanovení nízké meze detekce pro téměř všechny prvky. Metoda také slouží k rychlé kvalitativní analýze. Umožňuje stanovení celkového obsahu kovů ve vzorku. Na **obr. 18** je vyobrazeno a popsáno schéma hmotnostního spektrometru s indukčně vázaným plazmatem [67].



Obr. 18: Schéma hmotnostního spektrometru s indukčně vázaným plazmatem [67]

Součástí hmotnostního spektrometru s indukčně vázaným plazmatem je systém zmlžování vzorků, ICP hlavice, odběr iontů z plazmatu, iontový filtr a iontový detektor [67].

Zmlžovačem je zajištěna tvorba aerosolu. Aerosol vzniká působením kinetické energie plynného argonu, jež vytéká z trysky. Peristaltickým čerpadlem je řízen transport vzorku. Aby byly získány dostatečně malé částice s co nejmenší distribucí velikostí, je zapotřebí mlžných komor. Některé částice se tříští nárazem na zakončení komory. K oddělování částic aerosolu, jež mají příliš velký průměr, dochází turbulencí a vlivem gravitace v proudu aerosolu. Aerosol vzorku je přiváděn do injektoru, jež prochází osou hořáku plazmové hlavice [67].

Závity indukční cívky vytvářejí elektromagnetické pole, jež je zdrojem energie plazmy. Cívka je chlazená vodou nebo argonem. Plazma má prstencovitý tvar, vytvářený přiváděným proudem argonu. Nejteplejší část tohoto prstence dosahuje teploty až 10 000 K [67].

Aerosol vzorku je nesen argonem a je středem prstence plazmatu prorážen tzv. analytickým kanálem, v němž teplota dosahuje okolo 5 000 K. Zde se nachází většina atomů a iontů vzorku. Plazma expanduje do oblasti se sníženým tlakem. Toto vakuum je vytvořeno mechanickou pumpou. Tok iontů vstupuje do vlastního hmotnostního spektrometru, kde vytváří iontový paprsek. Ve vakuové části přístroje je iontový paprsek usměrňován iontovou optikou do iontového filtru (kvadrupólový analyzátor) [67].

V detektoru iontů dopadá kation na citlivou vrstvu a vyrazí jeden či více elektronů. Počet těchto elektronů je znásoben elektronovým násobičem. Výsledkem je pulz, jež obsahuje až 10⁸ elektronů, který je zachycován a zpracováván předzesilovačem, dále je digitalizován, a nakonec je měřen celkový procházející proud [67].

II PRAKTICKÁ ČÁST

6 CÍLE EXPERIMENTÁLNÍ ČÁSTI

Praktická část této bakalářské práce je zaměřena na stanovení toxických prvků, jako je kadmium, nikl a olovo ve vybraných kosmetických přípravcích, které jsou uvedeny v **tab.8** v následující kapitole. Také jsou zde reprezentována data analýzy železa, zinku a chromu v téže vzorcích.

Prvním cílem experimentu byla charakteristika prvkového složení vybraných vzorků pomocí metody rentgenové fluorescenční spektrometrie.

Druhý cíl byl zaměřen na stanovení zinku, železa a chromu pomocí plamenové atomové absorpční spektrometrie.

Hlavním a zároveň posledním cílem této bakalářské práce bylo zjištění množství niklu, kadmia a olova ve vybraných kosmetických přípravcích pomocí elektrotermické atomové absorpční spektroskopie.

Všechny technologické postupy, jež jsou uvedeny a popsány v praktické části této práce byly provedeny v prostorách Fakulty technologické Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně.

7 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

7.1 Použitá laboratorní technika

- Analytické váhy XP 205 DR, Mettler, Německo
- Atomový absorpční spektrometr ContrAA 800D, Analytikjena, Německo
- X-Ray Fluorescence Spectrometr, ElvaX, Ukrajina
- Filtrační papír ze skleněných mikrovláken o velikosti pórů 0,45 μm , Papírny Pernštejn
- Laboratorní pec MP 05-1.0, Laboratorní pec Martínek, ČR
- Mineralizátor MLS 1200, digestion/drying module, exhaust module EM-30, Milestone-microwave laboratory systems, Švýcarsko

7.2 Použité chemikálie

- Kyselina dusičná 65% (HNO_3 p.a.), Penta s.r.o.
- Kyselina fluorovodíková 38-40% (HF p.a.), Penta s.r.o.
- Peroxid vodíku 30% (H_2O_2 p. a.), Penta s r. o.
- Standardy pro AAS: Ni, Cd, Pb 1 g/l (Astasol)
- Standard pro stanovení Hg: $1,000 \pm 0,002$ g/l (Astasol)
- Říční sediment, materiál pro kontrolu jakosti, Metranal 01, Analytika, spol. s r. o.

7.3 Použité vzorky kosmetických přípravků

Vzorky kosmetických prostředků, jež byly použity za účelem experimentu v praktické části bakalářské práce, jsou vypsány v následující **tab.8** včetně výrobce a země původu.

Tab. 8: Seznam kosmetických přípravků použitých k analýze

Druh kosmetického přípravku	Výrobce	Země původu
Rtěnka, Matte to last 201 Silk Nude	miss sporty, Coty	Paříž, Francie
Rtěnka, Starlight Velvet Lipstick	SHEGLAM	Singapur
Barva na vlasy, odstín modročerný 1_4	syoss	Osaka, Japonsko
Hydratační opalovací emulze SPF30	Lirene	Polsko
Svěží hydratační krém, NIVEA soft	NIVEA	Hamburk, Německo

7.4 Použité metody

Technologické procesy, jež byly provedeny při analýze a experimentu v praktické části této bakalářské práce jsou v postupném pořadí následující:

- Charakteristika prvkového složení kosmetických přípravků metodou rentgenové fluorescenční spektrometrie (XRF)
- Mineralizace vzorků kosmetických přípravků
- Úprava vzorků po mineralizaci
- Stanovení koncentrace vybraných kovů metodou plamenové atomové absorpční spektrometrie (FAAS)
- Stanovení koncentrace vybraných kovů metodou elektrotermické atomové absorpční spektrometrie (ET-AAS)

7.4.1 Charakteristika prvkového složení kosmetických přípravků metodou rentgenové fluorescenční spektrometrie

Rentgenová fluorescenční spektrometrie (XRF) má schopnost poskytnout posouzení relativního složení většiny prvků s vysokým rozlišením. Postup XRF zahrnuje vzájemně propojené procesy. Příchozí rentgenové záření vyvráží elektron atomu z vnitřního orbitalu, což vede k excitaci atomu a produkci vysokoenergetického záření. Proces také zahrnuje detekci tohoto záření za účelem dosažení různých úrovní intenzity. Poslední fází tohoto procesu je převod detekovaných intenzit na koncentrace prvků [68].

Pro analýzu byl použit rentgenový fluorescenční spektrometr s energiově disperzním uspořádáním, kde byla zdrojem záření rhodiová rentgenka. Vzorek byl do přístroje vložen v testovací tubě se speciální fólií a nebyl před analýzou nijak upravován.

Měření proběhlo při dvou nastavených parametrech. Prvními parametry byly napětí na rentgence 45 kV a proud 10 μA , druhými parametry byly napětí 10 kV a proud 25 μA . Doba analýzy každého vzorku kosmetického přípravku byla 120 sekund.

7.4.2 Mineralizace vzorků kosmetických přípravků

Rozklad byl proveden pomocí mikrovlnné mineralizace za použití silných kyselin. Mikrovlnný laboratorní systém (mineralizátor MLS 1200) umožnil souběžný rozklad šesti vzorků v teflonových mineralizačních kelímcích. K mineralizaci vzorků byly použity

dva způsoby. V obou případech byla připravena přesná navážka (0,05 g) neupraveného vzorku kosmetického přípravku, jež byla umístěna do teflonové patrony.

V prvním způsobu mineralizace bylo k přesné navážce vzorku přidáno pomocí pipety 2,5 ml 65% kyseliny dusičné a 0,5 ml 30% peroxidu vodíku (mineralizace 1). V tomto případě došlo k rozkladu organických sloučenin pomocí peroxidu vodíku ale nikoliv k rozkladu sloučenin anorganických, tedy oxidů. Právě na rozklad látek anorganického původu byl použit druhý způsob mineralizace, tedy 4 ml 65% kyseliny dusičné a 1 ml kyseliny fluorovodíkové (mineralizace 2).

K mikrovlnné mineralizaci za zvýšené teploty a tlaku byl použit softwarově řízený rozkladný program, trvající 21 minut, jež je uveden v následující **tab. 9**.

Tab. 9: Program mikrovlnné mineralizace

Krok	Čas [min]	Výkon [W]
1	2	250
2	2	0
3	5	400
4	2	0
5	2	500
6	2	0
7	6	600

Po ukončení procesu mineralizace a vychladnutí mineralizačních patron na laboratorní teplotu byly rozložené vzorky a certifikované referenční materiály kvantitativně převedeny do 25 ml odměrných baněk a doplněny po rysku deionizovanou vodou.

Mineralizace byla provedena na vzorcích kosmetických prostředků, certifikovaných referenčních materiálů a na blancích, jež představují samotné směsi kyselin bez přidání vzorku nebo referenčního materiálu. Stanovení bylo provedeno 3x vedle sebe.

7.4.3 Úprava vzorků po mineralizaci

Jelikož byly vzorky po mineralizaci zakalené, byla provedená následná filtrace vzorků přes filtrační papír ze skleněných mikrovláken o velikosti pórů 0,45 μm pro usnadnění následné analýzy.

7.4.4 Stanovení koncentrace vybraných kovů metodou plamenové atomové absorpční spektrometrie

Ke stanovení koncentrace chromu, zinku a železa ve vybraných vzorcích kosmetických přípravků byla zvolena metoda plamenové atomové absorpční spektrometrie (FAAS). Měření probíhalo na atomovém absorpčním spektrometru ContrAA 800D. Podmínky měření (vlnové délky a koncentrace kalibračních standardů použité pro měření) pro stanovované kovy jsou uvedeny v následující **tab. 10**.

Tab. 10: Podmínky měření

Prvek	λ [nm]	c_{st} [mg/l]
Cr	359	0; 2,5; 5; 10; 15; 20
Zn	213	0; 0,2; 0,4; 0,8; 1,2; 1,5
Fe	371	0; 10; 20; 40; 60; 80

Vysvětlení symbolů pro **tab. 10**:

- λ Použitá vlnová délka pro měření kalibračních standardů [nm]
- c_{st} Koncentrace kalibračních standardů [mg/l]

7.4.4.1 Statistické zpracování výsledků

Z naměřených hodnot kalibračních standardů pro stanovení obsahu chromu, zinku a železa byly sestaveny kalibrační grafy závislosti absorbance na koncentraci. Dále byly do těchto grafů vloženy rovnice **(1)** ve tvaru:

$$y = ax + b \quad (1)$$

Dále byla vložena také hodnota spolehlivosti R^2 . V následující **tab. 11** jsou uvedeny koeficienty a , b z rovnice regrese, uvedené v obecném tvaru ve vztahu **(1)** a hodnota spolehlivosti R^2 pro každý stanovovaný prvek.

Tab. 11: Koeficienty lineární regrese

Prvek	a	b	R^2
Cr	0,0087	0,004	0,9933
Zn	0,2798	0,0145	0,9947
Fe	0,0057	0,021	0,9867

Z hodnot v **tab. 11** a naměřené absorbance každého měřeného vzorku byla vypočítána hodnota dle regrese dle následující rovnice **(2)**.

$$c_m = \frac{(A-b)}{a} \quad (2)$$

Pro vztah (2) platí:

- c_m Vypočtená hmotnostní koncentrace hledaného prvku [mg/l]
- A Naměřená absorbance [-]
- a, b Koeficienty z **tab. 11** z rovnice (1) [-]

Následně byla vypočtena výsledná koncentrace chromu, zinku a železa ve vybraných vzorcích dle rovnice (3) na základě hodnot vypočtených dle regrese ve vztahu (2), objemu mineralizovaného vzorku a navážka vzorku před mineralizací.

$$c_x = \frac{c_m V}{m} \quad (3)$$

Pro vztah (3) platí:

- c_x Vypočtená koncentrace hledaného prvku [$\mu\text{g/g} = \text{mg/kg}$]
- c_m Hmotnostní koncentrace hledaného prvku [mg/l]
- V Objem rozloženého vzorku [25 ml]
- m Navážka vzorku [g]

Celkový obsah daného prvku ve vybraných vzorcích byl spočítán dle rovnice (4) pomocí průměrné hodnoty vypočtených koncentrací hledaného prvku z předchozího vztahu (3).

$$c_p = \frac{(c_1 + c_2 + c_3)}{3} \quad (4)$$

Pro vztah (4) platí:

- c_p Vypočtená průměrná koncentrace hledaného prvku [mg/kg]
- $c_{1,2,3}$ Zjištěná koncentrace hledaného prvku třikrát vedle sebe [mg/kg]

Odchylka měření byla vypočítána jako směrodatná odchylka průměru na základě průměrné hodnoty pomocí funkce SMODCH.VÝBĚR v programu Microsoft (MS) excel, jež je definována vztahem (5).

$$\sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{(n-1)}} \quad (5)$$

Pro vztah (5) platí:

- x Střední hodnota výběru
- n Velikost hodnoty

7.4.5 Stanovení koncentrace vybraných kovů metodou elektrotermické atomové absorpční spektrometrie

Ke stanovení koncentrace niklu, kadmia a olova ve vybraných vzorcích kosmetických přípravků byla zvolena metoda elektrotermické atomové absorpční spektrometrie (ET-AAS). Měření probíhalo na atomovém absorpčním spektrometru ContrAA 800D. Podmínky měření (vlnové délky a koncentrace kalibračních standardů použité pro měření) pro stanovované kovy jsou uvedeny v následující **tab. 12**.

Tab. 12: Podmínky měření

Prvek	λ [nm]	c_{st} [mg/l]
Ni	232	0; 10; 20
Cd	228	0; 10; 21
Pb	283	0; 20; 40

Vysvětlení symbolů pro **tab. 12**:

- λ Použitá vlnová délka pro měření kalibračních standardů [nm]
- c_{st} Koncentrace kalibračních standardů [mg/l]

Teplotní programy měření pro každý prvek bez použití modifikátoru jsou uvedeny v následujících **tab. 13 až 15**.

Tab. 13: Teplotní program pro stanovení Ni

Ni			
Krok	Teplota [°C]	Rychlost ohřevu [°C/s]	Čas [s]
Sušení	80	6	28,3
Sušení	90	3	23,3
Sušení	110	5	14,0
Pyrolýza	350	50	24,8
Pyrolýza	900	300	11,8
Přechod na plyn	900	0	5,0
Atomizace	2300	1500	5,9
Čištění	2450	500	4,3

Tab. 14: Teplotní program pro stanovení Cd

Cd			
Krok	Teplota [°C]	Rychlost ohřevu [°C/s]	Čas [s]
Sušení	80	6	28,3
Sušení	90	3	23,3
Sušení	110	5	14,0
Pyrolýza	300	50	23,8
Pyrolýza	300	0	10,0
Přechod na plyn	300	0	5,0
Atomizace	1200	1400	3,6
Čištění	2450	500	6,5

Tab. 15: Teplotní program pro stanovení Pb

Pb			
Krok	Teplota [°C]	Rychlost ohřevu [°C/s]	Čas [s]
Sušení	80	6	28,3
Sušení	90	3	23,3
Sušení	110	5	14,0
Pyrolýza	350	50	24,8
Pyrolýza	600	300	10,8
Přechod na plyn	600	0	5,0
Atomizace	1500	1500	4,6
Čištění	2450	500	5,9

7.4.5.1 Statistické zpracování výsledků

Z naměřených hodnot kalibračních standardů pro stanovení obsahu niklu, kadmia a olova byly sestrojeny kalibrační grafy závislosti absorbance na koncentraci. Dále byly do těchto grafů vloženy lineární regrese, rovnice regrese (1) a hodnota spolehlivosti R^2 . V následující **tab. 16** jsou uvedeny koeficienty a, b z rovnice regrese a hodnota spolehlivosti R^2 pro každý stanovovaný prvek.

Tab. 16: Koeficienty lineární regrese

Prvek	a	b	R^2
Ni	0,0086	0,0079	0,9983
Cd	0,0701	0,0737	0,9808
Pb	0,012	0,0138	0,9992

Z hodnot v **tab. 16** a naměřené absorbance vybraných prvků v blankách byla vypočítána jejich koncentrace dle rovnice (6).

$$c_{bl} = \frac{(A-b)}{a} \quad (6)$$

Pro vztah (6) platí:

- c_{bl} Koncentrace blanku [$\mu\text{g/l}$]
- A Naměřená absorbance [-]
- a, b Koeficienty z **tab. 16** z rovnice (1) [-]

Koncentrace niklu, kadmia a olova ve vzorcích byla spočítána z průměrných hodnot koncentrací těchto prvků v blankích, vypočítaných dle vztahu (4) a koeficientů uvedených v **tab. 16** dle následující rovnice (7).

$$c = \left(\frac{(A-b)}{a} \right) \cdot c_{bl} \quad (7)$$

Pro vztah (7) platí:

- c Vypočtená koncentrace vybraných prvků [$\mu\text{g/l}$]
- A Naměřená absorbance [-]
- a, b Koeficienty z **tab. 16** z rovnice (1) [-]
- c_{bl} Koncentrace blanku [$\mu\text{g/l}$]

Následně byla vypočtena výsledná koncentrace chromu, zinku a železa ve vybraných vzorcích dle rovnice (8). Pro výpočet byla použita vypočtená koncentrace dle vztahu (7), objem rozloženého vzorku a navážka vzorku.

$$c_x = \left(\frac{c_v V}{m} \right) / 1000 \quad (8)$$

Pro vztah (8) platí:

- c_x Vypočtená koncentrace hledaného prvku [mg/kg]
- c_v Koncentrace vybraných prvků [$\mu\text{g/l}$]
- V Objem rozloženého vzorku [25 ml]
- m Navážka vzorku [g]

Celkový obsah daného prvku ve vybraných vzorcích byl stanoven pomocí průměrné hodnoty na základě vztahu (4) a směrodatná odchylka průměru byla vypočítána dle vztahu (5) pomocí funkce v programu MS excel.

Posledním výpočtem bylo stanovení intervalu spolehlivosti na hladině významnosti 0,05 pomocí funkce v MS excel dle následujícího vzorce (9).

$$\text{CONFIDENCE.NORM}(\alpha, \sigma, n) \quad (9)$$

Pro vztah (9) platí:

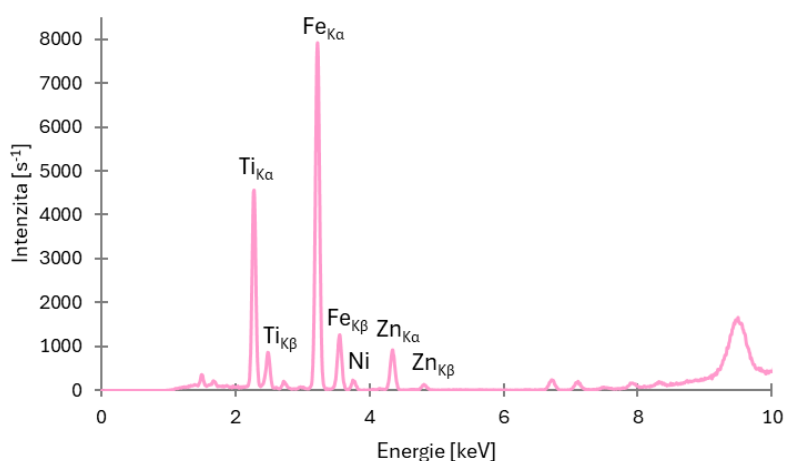
- α Hladina významnosti 0,05 [-]
- σ Směrodatná odchylka průměru [mg/kg]
- n Počet stanovení vedle sebe [-]

8 VÝSKEDKY A DISKUZE

Předmětem této kapitoly je interpretace výsledků experimentální části bakalářské práce, které jsou dále diskutovány s ohledem na cíle a zaměření práce, a to v návaznosti na teoretickou část.

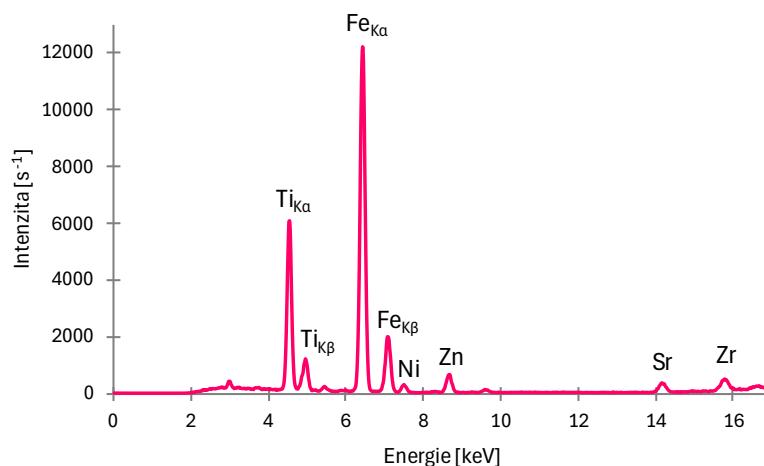
8.1 Výsledky analýzy kosmetických přípravků metodou rentgenové fluorescenční spektrometrie

Cílem analýzy metodou XRF bylo stanovení přibližného prvkového složení vybraných vzorků kosmetických přípravků. Následující **obr. 19** prezentuje graf přibližného složení prvků ve vzorku rtěnky.



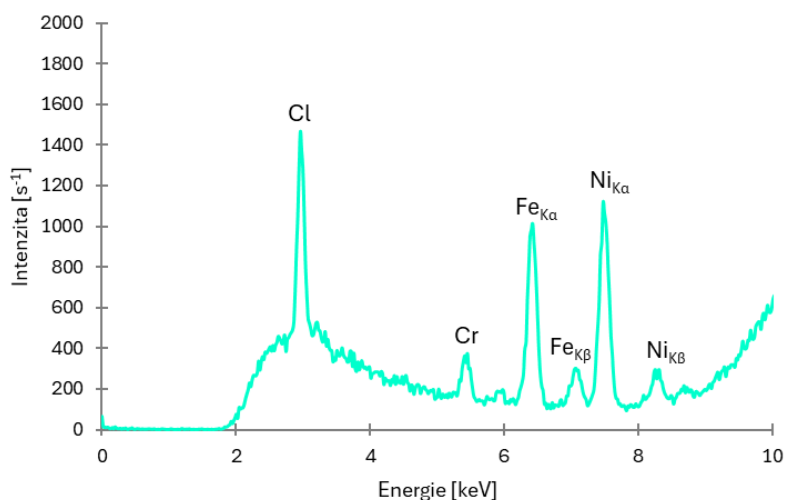
Obr. 19: XRF Spektrum prvků ve vzorku rtěnky

V grafu na **obr. 19** lze vidět, že ve vzorku rtěnky byly stanoveny prvky jako titan, železo, nikl a zinek. Prvkem s nejvyšší intenzitou v tomto vzorku bylo železo. Mezi další prvky, které byly zaznamenány v tomto vzorku patří hliník, křemík a draslík. Následující **obr. 20** vykresluje graf, který představuje spektrum prvků ve vzorku rtěnky 2, jež bylo stanoveno pomocí téže metody.



Obr. 20: XRF Spektrum prvků ve vzorku rtěnky 2

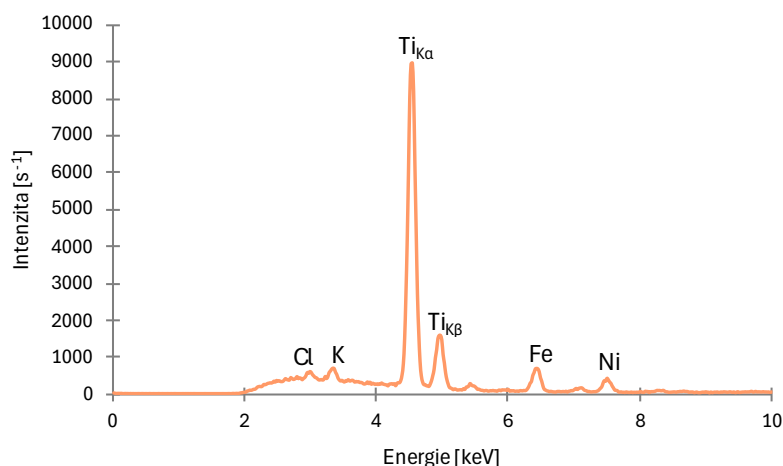
Z grafu na **obr. 20** je zřejmé, že vzorek rtěnky 2 obsahuje následující těžké prvky: titan, železo, nikl, zinek, stroncium a zirkon, kde prvkem s nejvyšší intenzitou je opět železo, jako tomu bylo i v předchozím grafu na **obr. 19**. Mezi další prvky, které byly v tomto vzorku stanoveny patří křemík a vápník. V následujícím grafu na **obr. 21** je uvedeno spektrum prvků, patřící vzorku krému.



Obr. 21: XRF spektrum prvků ve vzorku krému

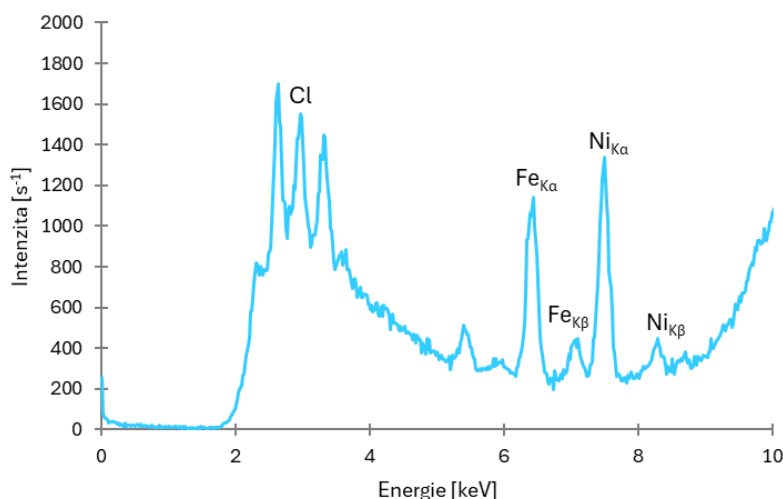
Graf na **obr. 21** vyobrazuje spektrum prvků ve vzorku krému, mezi které patří chlor, chrom, železo a nikl, které byly stanoveny pomocí metody XRF. Sloučeniny obsahující vázaný chlor zde představují látky s nejvyšší naměřenou intenzitou.

Pomocí této metody bylo stanoveno také spektrum prvků ve vzorku krému na opalování, jež je vyobrazeno na **obr. 22**.



Obr. 22: XRF spektrum prvků ve vzorku krému na opalování

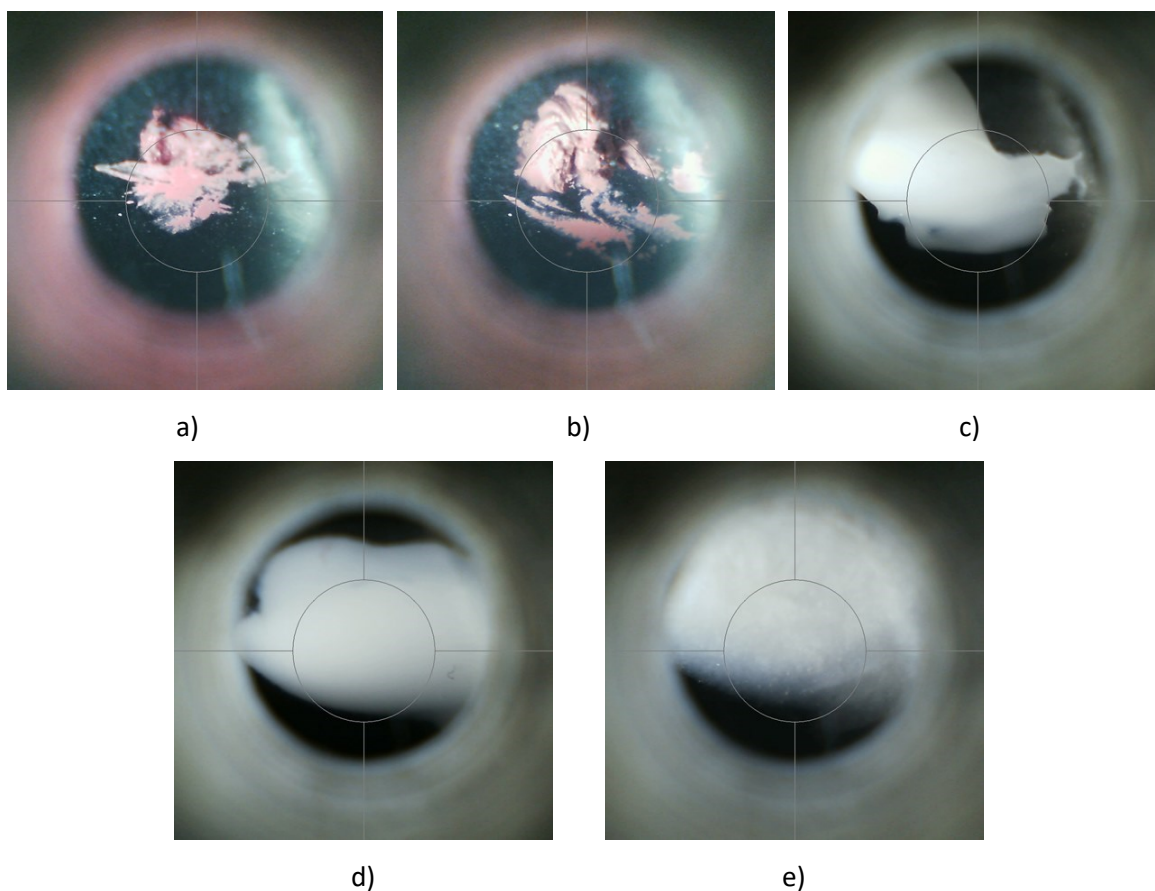
V grafu na **obr. 22** je vyobrazeno spektrum prvků ve vzorku krému na opalování. Těmito prvky jsou draslík, titan, železo a nikl. Také je zde vyznačen pík znázorňující organické sloučeniny obsahující vázaných chlor. Mezi další prvky, které zde byly stanoveny patří draslík, křemík a fosfor. V následujícím grafu na **obr. 23** je poslední naměřené spektrum prvků, které bylo stanoveno pomocí XRF analýzy a náleží vzorku barvy na vlasy.



Obr. 23: XRF spektrum prvků ve vzorku barvy na vlasy

Spektrum prvků ve vzorku barvy na vlasy na **obr. 23** vyobrazuje tři viditelné píky, které značí, že v tomto vzorku byla změřena přítomnost organických sloučenin s vázaným chlorem, železa a niklu. Chlor zde opět, jako tomu bylo u vzorku krému na **obr. 21** představuje prvek s nejvyšší naměřenou intenzitou. Mezi další stanovené prvky, které byly zaznamenány při analýze barvy na vlasy patří síra, fosfor a draslík.

Následující **obr. 24** ukazuje, jak vypadaly vzorky vybraných kosmetických prostředků při analýze pomocí metody XRF.

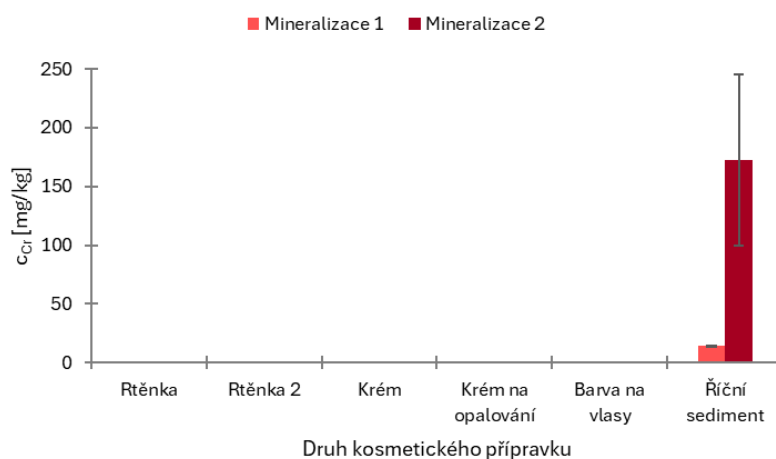


Obr. 24: Vzorky při XRF analýze: a) rtěnka; b) rtěnka 2; c) krém; d) krém na opalování; e) barva na vlasy

8.2 Výsledky analýzy kosmetických přípravků metodou plamenové atomové absorpční spektrometrie

Tato kapitola představuje výsledky analýzy vybraných vzorků kosmetických přípravků metodou plamenové atomové absorpční spektrometrie. Stanovovanými prvky byly chrom, zinek a železo, jejichž množství je udáváno v miligramech na kilogram vzorku. Naměřené koncentrace chromu a železa jsou porovnány s daty ve studii *Arshad et. al.*, která jsou uvedena v **tab.5** kapitoly 4.3 *Příklady úpravy vzorků* v teoretické části práce. Nakonec byla ověřena přesnost analýzy na základě měření koncentrace stanovovaných prvků ve standardizovaném materiálu (říčním sedimentu) [14, 69].

Prvním ze stanovovaných prvků byl chrom, jehož přítomnost ve vzorcích vybraných kosmetických přípravků je shrnuta v následujícím grafu na **obr. 25**.



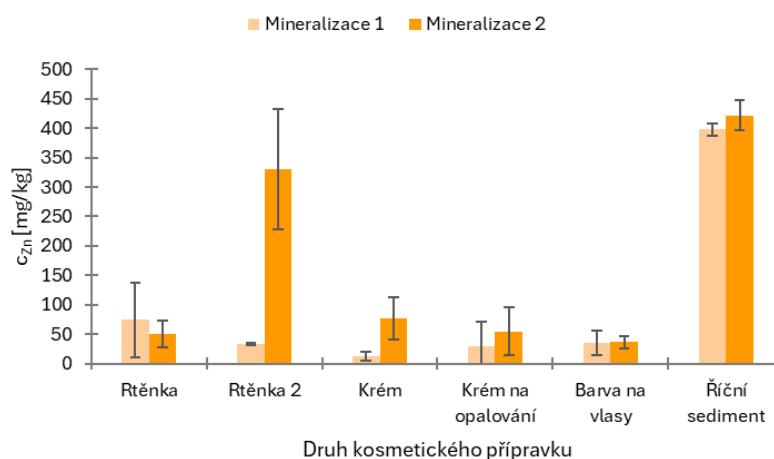
Obr. 25: Srovnání hodnot koncentrací chromu vedle sebe na základě rozdílného způsobu mineralizace vybraných kosmetických prostředků

Graf mineralizace 1 na **obr. 25** charakterizuje rozklad pomocí kyseliny dusičné a peroxidu vodíku, mineralizace 2 značí rozklad pomocí kyseliny dusičné a fluorovodíkové. Z grafu však nejsou viditelné žádné rozdíly mezi těmito typy mineralizace, jelikož vyšly hodnoty pod detekčním limitem přístroje. Nebyly tedy promítnuty do grafu, nachází se zde pouze interpretace výsledků analýzy použitého standardu, říčního sedimentu, ve kterém je množství chromu znatelné. Je zřejmé, že mineralizace 2, tedy pomocí kyseliny dusičné a fluorovodíkové byla účinnější, jelikož bylo při tomto způsobu mineralizace naměřeno větší množství toho prvku.

Ve srovnání hodnot, uvedených na **obr.25** s daty uvedenými v **tab.5** se naměřené koncentrace příliš neliší v případě analýzy krému i rtěnek. Hodnoty v **tab.5** jsou velmi nízké a v některých případech nebyla koncentrace chromu detekována. Koncentrace krému Nivea zde nabývá hodnoty 0,08 mg/kg. U Evropské rtěnky se jedná o hodnotu 1,0 mg/kg a u ostatních rtěnek se hodnoty koncentrace pohybují kolem 0,32 mg/kg [14].

Výsledky analýzy chromu v říčním sedimentu poukazují na hodnoty koncentrace při mineralizaci 1 na 14,18 mg/kg, při mineralizaci 2 byla stanovena hodnota koncentrace 172,2 mg/kg. Tabelaovaná koncentrace chromu v tomto materiálu odpovídá hodnotě 118 mg/kg s přesností 12 mg/kg [69].

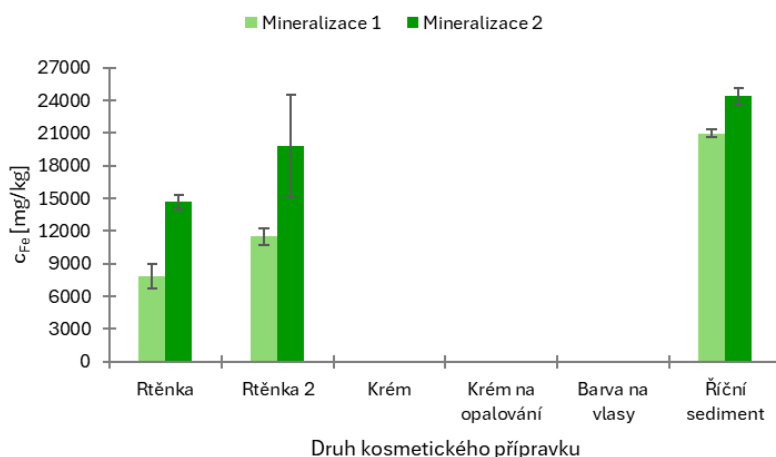
Druhým stanovovaným prvkem pomocí této metody byl zinek, jehož přítomnost ve vzorcích vybraných kosmetických přípravků je shrnuta v následujícím grafu na **obr. 26**.



Obr. 26: Srovnání hodnot koncentrací zinku vedle sebe na základě rozdílného způsobu mineralizace vybraných kosmetických prostředků

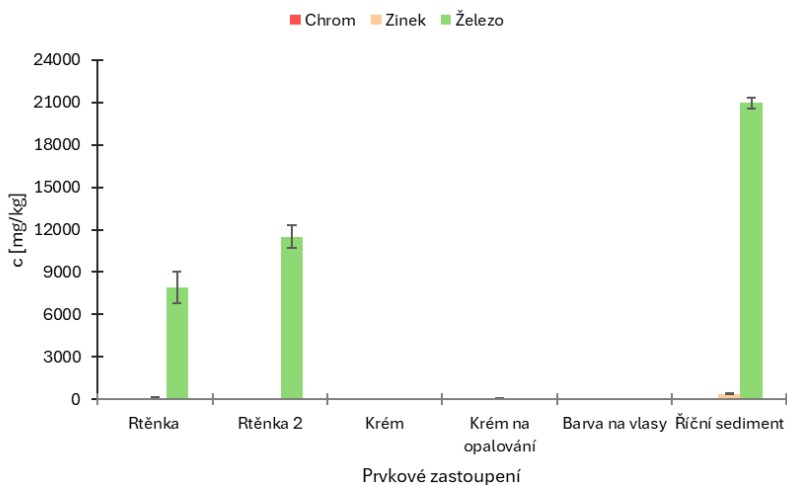
V grafu na **obr. 26** jsou patrné rozdíly mezi mineralizací 1 a 2. Při mineralizaci 2 bylo nalezeno větší množství zinku, jelikož se v kosmetice běžně vyskytuje oxid zinečnatý, který byl právě tímto způsobem lépe rozložen. Nejvyšší koncentrace zinku 330,28 mg/kg byla naměřena ve rtěnce 2, jež byla rozložena pomocí mineralizace 2, což odpovídá i studiím *Łodyga-Chruścińska et. al.*, kde bylo měřeno 12 vzorků rtěnky a přítomnost zinku byla stanovena v rozmezí koncentrací 1,73–488,31 mg/kg [70].

Z výsledků analýzy říčního sedimentu bylo možné určit přesnost použité metody. Výsledky stanovení koncentrace zinku, jelikož obsah ve standardizovaném materiálu je 465 mg/kg s nejistotou stanovení 64 mg/kg prokázaly jeho přítomnost. Při mineralizaci 1 bylo stanoveno 398,2 mg/kg zinku, při mineralizaci 2 byla stanovena hodnota koncentrace 421,6 mg/kg. Posledním ze tří stanovovaných prvků pomocí téže metody bylo železo, jehož přítomnost ve vzorcích kosmetických přípravků je shrnuta v grafu na **obr. 27** [69].



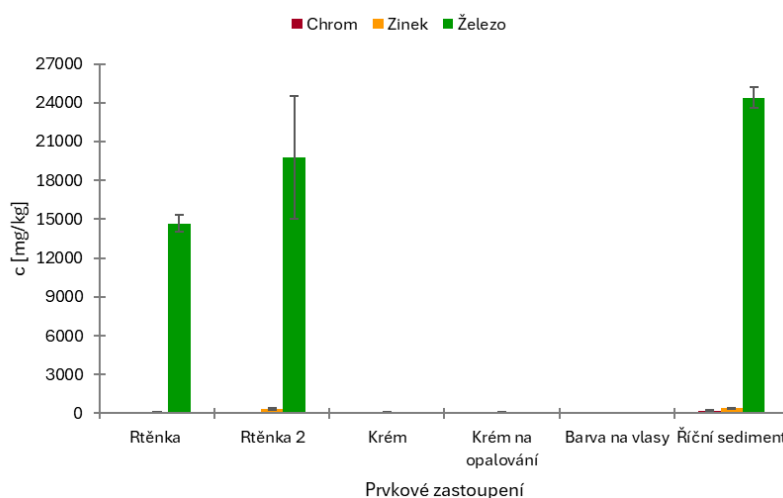
Obr. 27: Srovnání hodnot koncentrací železa vedle sebe na základě rozdílného způsobu mineralizace vybraných kosmetických prostředků

V tomto grafu jsou opět patrné rozdíly mezi mineralizací 1 a 2. Mineralizace 1 nebyla tolik účinná jako mineralizace 2, jak tomu bylo v předchozím případě při stanovení zinku. Ačkoliv je zřejmé, že přítomnost železa byla ve rtěnkách prokázána, hodnoty dosahují vysokých čísel oproti hodnotám v **tab. 5**. Jelikož vyšly příliš vysoké, mohlo dojít k chybě během některé z operací či ke kontaminaci vzorku. Ve vzorcích krémů a barvy na vlasy nebyla přítomnost železa prokázána. Následující grafy na **obr. 28 a 29** znázorňují rozdíly v množství stanovovaných látek [14].



Obr. 28: Porovnání hodnot koncentrací chromu, zinku a železa ve vybraných kosmetických přípravcích; mineralizace 1

Graf na **obr. 28** prezentuje naměřenou koncentraci chromu, zinku a železa ve všech stanovovaných vzorcích, které byly rozloženy pomocí mineralizace 1 a poukazuje na rozdíly v naměřených množstvích. Je zřejmé, že koncentrace železa nabývá nejvyšších hodnot, z čehož plyne, že železo je z vybraných prvků nejhojněji zastoupeno ve rtěnkách.



Obr. 29: Porovnání hodnot koncentrací chromu, zinku a železa ve vybraných kosmetických prostředcích; mineralizace 2

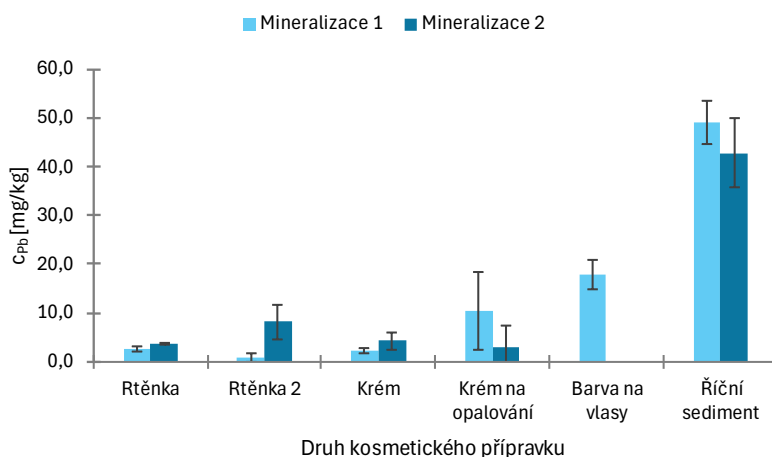
Graf na **obr. 29** taktéž prezentuje naměřenou koncentraci chromu, zinku a železa ve stanovovaných vzorcích, které byly ovšem rozloženy pomocí mineralizace 2. Naměřená koncentrace železa je zde opět nejvyšší.

8.3 Výsledky analýzy kosmetických přípravků metodou elektrotermické atomové absorpční spektrometrie

V této kapitole jsou prezentovány výsledky analýzy vybraných kosmetických přípravků metodou elektrotermické atomové absorpční spektrometrie. Stanovovanými prvky byly olovo, kadmium a nikl, jejichž stanovovaná koncentrace je udávána v miligramech na kilogram vzorku. Naměřené hodnoty jsou diskutovány a porovnávány s **tab.3**, nacházející se v kapitole 2.2 *Srovnání legislativy zemí Evropské Unie s jinými státy* v teoretické části práce. Také je porovnávána koncentrace vybraných prvků se studií *Arshad et. al.*, jejíž data jsou uvedena v **tab.5** kapitoly 4.3 *Příklady úpravy vzorků* v teoretické části práce. Nakonec byla ověřena přesnost analýzy na základě měření koncentrace stanovovaných prvků ve standardizovaném materiálu (říčním sedimentu) [12, 14, 69].

Prvním stanovovaným prvkem pomocí této metody bylo olovo, jehož přítomnost ve vzorcích je uvedena v následujícím grafu na **obr. 30**, jež obsahuje přehled analyzované koncentrace olova ve vybraných vzorcích kosmetických přípravků, které byly mineralizovány, též jako v předchozí kapitole, dvěma způsoby. Je zřejmé, že analýza všech vzorků byla pozitivní na přítomnost olova, avšak jak je uvedeno v **tab. 3** v teoretické části práce, většina vzorků

obsahuje jeho vyšší množství, než je povoleno v zemích, kde byl daný kosmetický přípravek vyroben. V zemích EU je přítomnost tohoto prvku zcela zakázána, proto by vzorek rtěnky, krému a krému na opalování neměl tento prvek obsahovat. V asijských zemích se limitní koncentrace pohybuje kolem 10 až 20 mg/kg, čemuž odpovídá naměřená koncentrace ve vzorku rtěnky a barvy na vlasy [12].



Obr. 30: Srovnání hodnot koncentrací olova vedle sebe na základě rozdílného způsobu mineralizace vybraných kosmetických prostředků

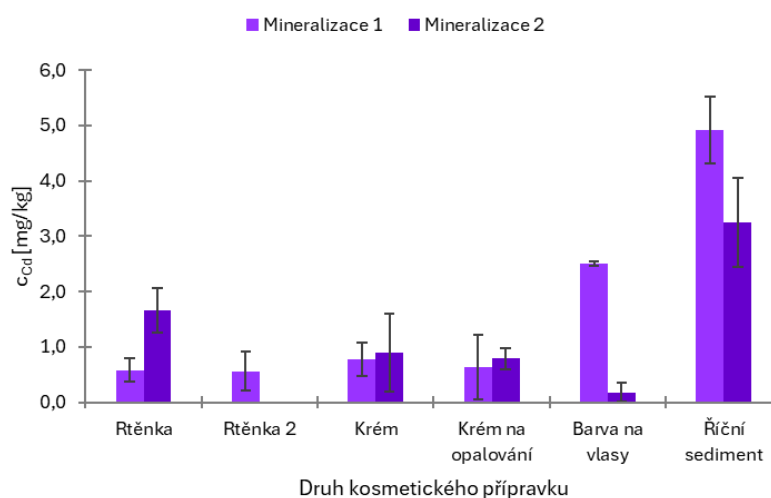
V grafu na **obr. 30** jsou viditelné rozdíly mezi mineralizacemi 1 a 2. Na rozdíl od kapitoly předešlé, kde bylo množství analyzovaných prvků vyšší ve vzorcích, jež byly rozkládány pomocí mineralizace 2, zde je tomu u některých vzorků naopak. Mohlo to být způsobeno tím, že se po mineralizaci vytvořily sraženiny, které byly odfiltrovány, což mohlo ovlivnit výsledky analýzy.

Nejvyšší naměřené množství olova bylo nalezeno v barvě na vlasy, jež byla rozložena pomocí mineralizace 1. Naopak nejnížší množství olova v takto rozloženém vzorku bylo naměřeno ve rtěnce 2. Pomocí mineralizace 2 se podařilo stanovit nevyšší množství olova ve rtěnce 2 a nejnížší v barvě na vlasy, kde nebylo vůbec detekováno.

Ve srovnání hodnot, uvedených na **obr.30** s daty uvedenými v **tab.5** se hodnoty příliš neliší v případě analýzy krému, jež byl využit, v obou případech se jedná o krém značky Nivea. Studie v **tab.5** uvádí stanovenou koncentraci olova 4,57 mg/kg, v případě analýzy uvedené na **obr.30** se jedná o hodnotu 4,18 mg/kg. Tato koncentrace byla stanovena při způsobu rozkladu vzorku pomocí mineralizace 2, u mineralizace 1 je hodnota nižší. Při porovnání koncentrace olova v Evropských rtěnkách, jsou hodnoty odlišné. V obou případech se jedná o francouzskou kosmetiku, avšak ve studii uvedené v **tab.5** jsou hodnoty vyšší. V této studii

byla naměřena koncentrace olova 5,89 mg/kg, v grafu na **obr. 30** jsou hodnoty nižší, a to 2,58 mg/kg při způsobu rozkladu vzorku pomocí mineralizace 1 a při způsobu druhém koncentrace odpovídá číslu 3,58 mg/kg. Ve rtěnce 2 je v porovnání s **tab.5** koncentrace olova vyšší. Z výsledků analýzy říčního sedimentu bylo možné určit přesnost použité metody. Výsledky stanovení koncentrace olova, jelikož obsah ve standardizovaném materiálu je 82,4 mg/kg s nejistotou stanovení 16,4 mg/kg prokázaly méně přesné stanovení než při následujícím kadmiu a niklu. Při mineralizaci 1 bylo stanoveno 49,04 mg/kg olova, při mineralizaci 2 hodnota koncentrace byla 42,69 mg/kg [69].

Druhým analyzovaným prvkem pomocí metody ET-AAS bylo kadmium. Na základě **tab. 3**, uvedené v teoretické části práce je zřejmé, že přítomnost kadmia v kosmetice v zemích EU je taktéž jako u olova, zakázána. U vzorků rtěnky 2 a barvy na vlasy však naměřená koncentrace kadmia legislativě podléhá, jelikož legislativa asijských zemí není tak přísná jako evropská, limitní koncentrace se v těchto zemích pohybuje kolem 5 mg/kg. Následující **obr. 31** obsahuje graf sestavený z výsledků analýzy tohoto prvku, ve vybraných vzorcích kosmetických přípravků [12].

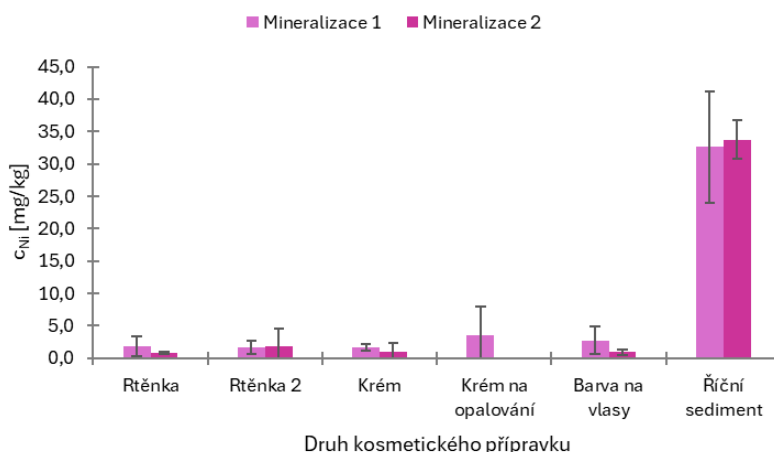


Obr. 31: Srovnání hodnot koncentrací kadmia vedle sebe na základě rozdílného způsobu mineralizace vybraných kosmetických prostředků

Graf na **obr. 31** poskytuje interpretaci výsledů analýzy kadmia ve vybraných vzorcích. Stejně jako u předchozích grafů, jsou zde značné rozdíly mezi způsobu mineralizace. Nejvyšší množství kadmia bylo nalezeno v barvě na vlasy, která byla rozložena pomocí mineralizace 1. Naopak jeho nejnižší množství v takto rozloženém vzorku bylo nalezeno ve rtěnce 2. Nevyšší množství kadmia ve vzorku, který byl mineralizován druhým způsobem, bylo ve rtěnce a nejnižší ve rtěnce 2, kde hodnota stanovované koncentrace nebyla detekována.

Ve srovnání hodnot, uvedených na **obr.31** s daty uvedenými v **tab.5** v teoretické části, se hodnoty v případě analýzy krému tentokrát liší více než u analýzy olova. Studie v **tab.5** uvádí stanovenou koncentraci kadmia 2,1 mg/kg, v případě analýzy uvedené na **obr.31** je hodnota nižší v obou případech mineralizace vzorku. V případě vzorku, jež byl rozložen pomocí mineralizace 1 nabývá koncentrace hodnoty 0,78 mg/kg, v případě mineralizace 2 je hodnota lehce vyšší, a to 0,89 mg/kg. Při srovnání koncentrace kadmia v Evropských rtěnkách, jsou hodnoty opět odlišné, tentokrát jsou hodnoty uvedené na **obr. 31** vyšší. V **tab.5** byla naměřena koncentrace kadmia 0,20 mg/kg, v grafu na **obr. 31** se jedná o hodnoty 0,58 mg/kg při způsobu rozkladu vzorku pomocí mineralizace 1 a při mineralizaci 2 je to 1,65 mg/kg. Ve rtěnce 2 je v porovnání s **tab.5** koncentrace kadmia taktéž vyšší při způsobu mineralizace 1, při mineralizaci 2 nebylo kadmium detekováno. Výsledky analýzy říčního sedimentu byly srovnány se složením tohoto materiálu. Výsledky prokázaly vysokou přesnost stanovení koncentrace kadmia, jelikož obsah ve standardizovaném materiálu je 4,91 mg/kg při mineralizaci 1, při mineralizaci 2 je to 3,25 mg/kg, což je velmi blízké tabelované hodnotě tohoto materiálu, 3,10 mg/kg [14, 69].

V následujícím grafu na **obr. 32** jsou interpretovány výsledky naměřené koncentrace posledního stanovovaného prvku, niklu, ve vybraných vzorcích. Výsledky se pohybují převážně v kladných hodnotách, což značí jeho přítomnost. Na základě **tab. 3**, v teoretické části práce je zřejmé, že přítomnost niklu, taktéž jako olova a kadmia, v kosmetice je v zemích EU zakázána. U vzorků rtěnky 2 a barvy na vlasy však naměřené koncentrace legislativě podléhá, jelikož některé asijské země, jako je Čína a některé další, nemají omezení pro přítomnost niklu v kosmetice. Avšak některé země, jako například Korea mají stanovenou limitní koncentraci niklu v kosmetických přípravcích na 10 mg/kg [12].



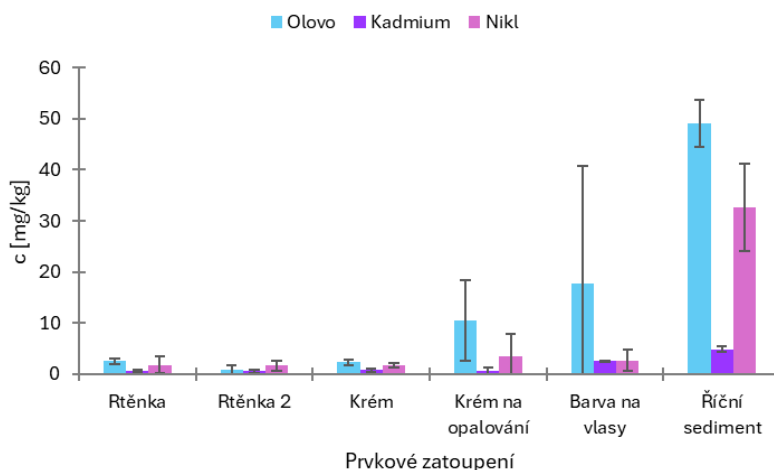
Obr. 32: Srovnání hodnot koncentrací niklu vedle sebe na základě rozdílného způsobu mineralizace vybraných kosmetických prostředků

Výsledky analýzy, obsažené v grafu na **obr. 32** jsou viditelně podobné. Nejvyšší nalezené množství niklu je viditelné v krému na opalování, který byl rozložen způsobem mineralizace 1. Naopak nejnižší množství tohoto prvku, v takto rozloženém vzorku bylo nalezeno v krému. Při způsobu mineralizace 2 bylo nejvyšší nalezené množství niklu nalezeno ve vzorku rtěnky 2 a jeho nejnižší naměřená koncentrace byla v krému na opalování, kde nebyla přítomnost niklu detekována.

Ve srovnání hodnot, uvedených na **obr.32** s daty uvedenými v **tab.5** v teoretické části, se hodnoty v případě analýzy krému opět liší. V **tab.5** stanovovaná koncentrace niklu nabývá hodnoty 3,24 mg/kg, v případě analýzy uvedené na **obr.32** jsou hodnoty nižší. Koncentrace niklu u vzorku rozloženém pomocí mineralizace 1 nabývá hodnoty 1,71 mg/kg, v případě mineralizace 2 je koncentrace 0,99 mg/kg. Při srovnání koncentrace niklu ve rtěnkách, jsou hodnoty velmi odlišné. V **tab.5** je uvedena naměřená koncentrace 6,92 mg/kg, v grafu na **obr. 32** se jedná o hodnoty 1,84 mg/kg při způsobu rozkladu vzorku pomocí mineralizace 1 a při mineralizaci 2 je to 0,80 mg/kg. Ve rtěnce 2 je koncentrace niklu v porovnání s **tab.5** taktéž nižší [14].

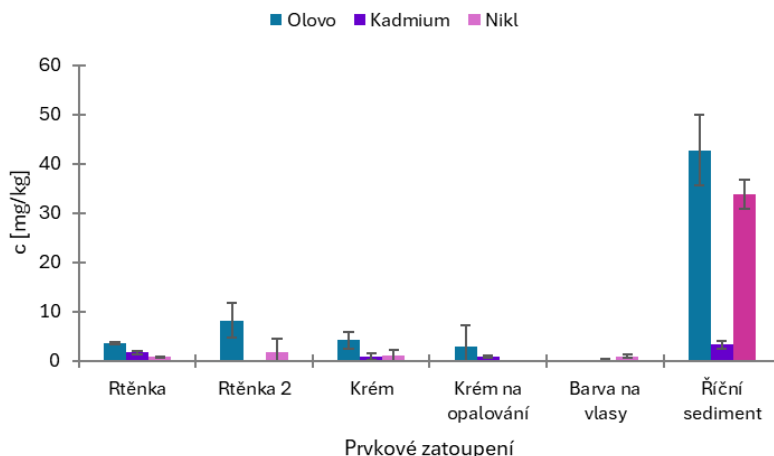
Pro určení přesnosti měření byla provedena analýza standardizovaného materiálu. Výsledky analýzy říčního sedimentu prokázaly vysokou přesnost stanovení koncentrace niklu, při obou způsobech mineralizace vzorku. Koncentrace niklu ve standardizovaném materiálu je 32,63 mg/kg při mineralizaci 1, při mineralizaci 2 je to 33,76 mg/kg, což je velmi blízké tabelované hodnotě tohoto materiálu 35,4 mg/kg [69].

Následující grafy na **obr. 33 a 34** poskytují přehled o naměřených hodnotách olova, kadmia a niklu, které jsou uspořádány podle způsobu mineralizace vzorků, které jsou mezi sebou porovnávány.



Obr. 33: Porovnání hodnot koncentrací olova, kadmia a niklu ve vybraných kosmetických prostředcích; mineralizace

Graf na **obr. 33** prezentuje naměřenou koncentraci olova, kadmia a niklu ve všech stanovovaných vzorcích, které byly rozloženy pomocí mineralizace 1 a poukazuje na rozdíly v naměřených množstvích. Je zřejmé, že stanovená koncentrace olova ve všech vzorcích nabývá vyšších hodnot, než je tomu u ostatních prvků. Naopak nejnižších naměřených koncentrací dosahuje kadmium.



Obr. 34: Porovnání hodnot koncentrací olova, kadmia a niklu ve vybraných kosmetických prostředcích; mineralizace 2

Graf na **obr. 34** taktéž prezentuje naměřenou koncentraci olova, kadmia a niklu ve stanovovaných vzorcích, které byly ovšem rozloženy pomocí mineralizace 2. Naměřené koncentrace olova jsou zde opět nejvyšší, až na barvu na vlasy, kde nebyla naměřena žádná koncentrace. Nejnižších hodnot naopak dosahuje kadmium, kromě rtěnky a krému na opalování, kde je nejnižší množství niklu.

ZÁVĚR

Podstata praktické části této práce spočívala v analýze vybraných kosmetických prostředků, kterými byly 2 rtěnky, barva na vlasy, tělový krém a krém na opalování s cílem stanovení obsahu vybraných prvků v těchto vzorcích. Otestovány byly dva způsoby mineralizace, mezi něž patří směs kyseliny dusičné a peroxidu vodíku (mineralizace 1) a směs kyseliny dusičné a fluorovodíkové (mineralizace 2). Výsledky plamenové a elektrotermické atomové absorpční spektrometrie byla ověřena pomocí říčního sedimentu, jež je certifikovaným materiálem Metranal 01.

První metodou bylo stanovení přibližného prvkového zastoupení ve vybraných vzorcích metodou rentgenové fluorescenční spektrometrie. Mezi nejčastěji stanovené prvky v těchto vzorcích patří titan, zinek, železo a nikl. Ve vzorcích rtěnky bylo nejvíce zastoupeno železo, ve vzorku krému byl nejvíce zastoupeny chloridy v podobě chloridu sodného, taktéž tomu bylo i u barvy na vlasy a v krému na opalování byla stanovena nejvyšší přítomnost titanu.

Z výsledků stanovení koncentrace chromu, zinku a železa pomocí plamenové atomové absorpční spektrometrie bylo zjištěno, že chrom v těchto vzorcích nebyl vůbec detekován. Dalším stanovovaným prvkem byl zinek, jehož nejvyšší naměřená koncentrace byla stanovena v Asijské rtěnce, kde jeho koncentrace nabývá hodnoty 330,3 mg/kg při způsobu mineralizace 2. Naopak nejnižší koncentrace byla zaznamenána ve vzorku krému s hodnotou 12,25 mg/kg při způsobu mineralizace 1. Při stanovení koncentrace železa bylo výsledkem i stanovení vyšších koncentrací v obou typech rtěnek, jelikož byla prokázána přítomnost tohoto prvku.

Poslední bylo stanovení koncentrace olova, kadmia a niklu ve vybraných vzorcích metodou elektrotermické atomové absorpční spektrometrie. Nejvyšší naměřená koncentrace olova byla ve vzorku barvy na vlasy, rozložené pomocí mineralizace 1. Tato koncentrace dosahuje 17,76 mg/kg, což podléhá legislativě pouze v Indii, Koreji nebo v Thajsku. Nejnižší naměřená koncentrace 0,83 mg/kg tohoto prvku byla ve rtěnce Asijského původu, rozložené mineralizací 1. Nejvyšší stanovené množství kadmia 2,51 mg/kg bylo obsaženo taktéž v barvě na vlasy, což podléhá legislativě v Thajsku, Kanadě a Asijských zemích. Nejvyšší naměřená koncentrace niklu 3,59 mg/kg byla nalezena ve vzorku krému na opalování, rozloženém mineralizací 1, nejnižší koncentrace 0,80 mg/kg byla naměřena u rtěnky, rozložené mineralizací 2. Nikl nemá moc legislativních omezení. V zemích EU je zakázán, avšak v zemích jako je Thajsko, Čína, Indie a Kanada nemá žádné omezení.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] MARK CARTWRIGHT. *Cosmetics in the Ancient World* [online]. 6. září 2019 [vid. 2024-10-25]. Dostupné z: <https://www.worldhistory.org/article/1441/cosmetics-in-the-ancient-world/>
- [2] ROSEN, Meyer R. *Delivery System Handbook for Personal Care and Cosmetic Products - Technology, Applications and Formulations* [online]. B.m.: William Andrew Publishing. ISBN 978-0-8155-1504-3. Dostupné z: <https://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kpDSHPCCP3/delivery-system-handbook/delivery-system-handbook>
- [3] MURUBE, Juan. Ocular Cosmetics in Ancient Times. *The Ocular Surface* [online]. 2013, **11**(1), 2–7. ISSN 1542-0124. Dostupné z: [doi:https://doi.org/10.1016/j.jtos.2012.09.003](https://doi.org/10.1016/j.jtos.2012.09.003)
- [4] LEE LAWRENCE. *Ingenuity And Innovations 1 - Kohl Eyeliner: More Than Meets the Eye* [online]. únor 2023 [vid. 2024-10-26]. Dostupné z: <https://www.aramcoworld.com/Articles/January-2023/Ingenuity-And-Innovations-1-Kohl-More-Than-Meets-t>
- [5] *Egyptská královna Nefertiti* [online]. 14. červen 2010 [vid. 2025-02-15]. Dostupné z: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Nofretete_Neues_Museum.jpg
- [6] Perfume Bottles: The Ancients. *WysInfo Docuwebs - Documentaries On The Web*.
- [7] KERRY GRIST. *Dangerous beauty: hazardous chemicals and poisons in historic cosmetics* [online]. 29. červenec 2022 [vid. 2024-10-25]. Dostupné z: <https://blog.sciencemuseumgroup.org.uk/dangerous-beauty-hazardous-chemicals-and-poisons-in-historic-cosmetics/>
- [8] ROGER L. MCMULLEN a GIORGIO DELL'ACQUA. History of Natural Ingredients in Cosmetics. *Cosmetics 2023* [online]. 2023 [vid. 2024-10-25]. Dostupné z: <https://www.mdpi.com/2079-9284/10/3/71>
- [9] *Portraits of Queen Elizabeth I* [online]. [vid. 2024-10-27]. Dostupné z: <https://www.rmg.co.uk/stories/topics/portraits-queen-elizabeth-i>
- [10] *The Toilet of Flora* [online]. 30. listopad 2020 [vid. 2024-10-27]. Dostupné z: <https://genderdesk.wordpress.com/2020/11/30/the-toilet-of-flora/>
- [11] HILDA BUTLER. *Poucher's Perfumes, Cosmetics and Soaps 10th Edition*. 2000. ISBN 0-7514-0479-9.
- [12] SALVADOR, Amparo; Chisvert, Alberto. *Analysis of Cosmetic Products (2nd Edition)*. 2017. ISBN 978-0-44-463516-7.
- [13] ZAKARIA, Airin a Yu Bin HO. Heavy metals contamination in lipsticks and their associated health risks to lipstick consumers. *Regulatory Toxicology and Pharmacology* [online]. 2015, **73**(1), 191–195. ISSN 0273-2300. Dostupné z: [doi:https://doi.org/10.1016/j.yrtph.2015.07.005](https://doi.org/10.1016/j.yrtph.2015.07.005)
- [14] ARSHAD, Hamna, Moniba Zahid MEHMOOD, Munir Hussain SHAH a Arshad Mehmood ABBASI. Evaluation of heavy metals in cosmetic products and their health risk assessment. *Saudi Pharmaceutical Journal* [online]. 2020, **28**(7), 779–790. ISSN 1319-0164. Dostupné z: [doi:https://doi.org/10.1016/j.jsps.2020.05.006](https://doi.org/10.1016/j.jsps.2020.05.006)
- [15] ABED, Mayyadah S, Ahmed A MOOSA a Mohammed A ALZUHAIRI. Heavy metals in cosmetics and tattoos: a review of historical background, health impact, and regulatory limits. *Journal of Hazardous Materials Advances* [online]. 2024, **13**, 100390. ISSN 2772-4166. Dostupné z: [doi:https://doi.org/10.1016/j.hazadv.2023.100390](https://doi.org/10.1016/j.hazadv.2023.100390)
- [16] ULLAH, Hussain, Shamsa NOREEN, FOZIA, Ali REHMAN, Amir WASEEM, Shumaila ZUBAIR, Muhammad ADNAN a Ijaz AHMAD. Comparative study of

- heavy metals content in cosmetic products of different countries marketed in Khyber Pakhtunkhwa, Pakistan. *Arabian Journal of Chemistry* [online]. 2017, **10**(1), 10–18. ISSN 1878-5352. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2013.09.021>
- [17] Nařízení Evropského Parlamentu a Rady (EU) č. 1223/2009 ze dne 30. listopadu 2009 o kosmetických přípravcích [online]. 30. listopad 2009 [vid. 2023-09-22]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009R1223&from=ES>
- [18] LAWI, Dhuha Jalil, Waleed salah ABDULWHAAB a Ali Abid ABOJASSIM. Potential Health Risks of Zn, Fe, and Pb in Medical Skin Creams and Cosmetic Products Derived from Plants in Iraq. *Biological Trace Element Research* [online]. 2023, **201**(8), 4167–4176. ISSN 1559-0720. Dostupné z: doi:10.1007/s12011-022-03493-z
- [19] MALIK, Muhammad Imran, Dilshad HUSSAIN, Muhammad Raza SHAH a Dong-Sheng GUO. *Handbook of Nanomaterials, Volume 2* [online]. B.m.: Elsevier, 2024. ISBN 978-0-323-95513-3. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1016/B978-0-323-95513-3.00009-5>
- [20] SYROVÝ V. *TAJEMSTVÍ KOSMETIKY. Nový pohled na kosmetické prostředky a jejich vliv na zdraví a životní prostředí*. 2017. ISBN 978-80-903137-1-2.
- [21] BRABCOVÁ, Karolína. *Rizika spojená s chemikáliemi v kosmetice* [online]. únor 2014 [vid. 2023-10-22]. Dostupné z: https://arnika.org/soubory/dokumenty/prospotrebitele/zdrava_planeta/ke_stazeni/Rizika_spojen%C3%A1_s_chemick%C3%B4mi_l%C3%A1tkami_v_kosmetice.pdf
- [22] FDA. *Cosmetics & U.S. Law* [online]. [vid. 2025-02-15]. Dostupné z: <https://www.fda.gov/cosmetics/cosmetics-laws-regulations/cosmetics-us-law>
- [23] FDA. *Limiting Lead in Lipstick and Other Cosmetics* [online]. 22. listopad 2022 [vid. 2023-12-06]. Dostupné z: <https://www.fda.gov/cosmetics/cosmetic-products/limiting-lead-lipstick-and-other-cosmetics>
- [24] FDA. FDA's Testing of Cosmetics for Arsenic, Cadmium, Chromium, Cobalt, Lead, Mercury, and Nickel Content [online]. 2022 [vid. 2023-11-27]. Dostupné z: <https://www.fda.gov/cosmetics/potential-contaminants-cosmetics/fdas-testing-cosmetics-arsenic-cadmium-chromium-cobalt-lead-mercury-and-nickel-content>
- [25] FDA. *Lead in Cosmetics* [online]. 25. únor 2022 [vid. 2023-12-06]. Dostupné z: <https://www.fda.gov/cosmetics/potential-contaminants-cosmetics/lead-cosmetics>
- [26] BIORIUS. *China Cosmetic Regulations - Comprehensive Guide* [online]. [vid. 2025-02-15]. Dostupné z: <https://biorius.com/cosmetic-regulations/china-cosmetic-regulations/>
- [27] BIORIUS. *Japan Cosmetic Regulations - Comprehensive Guide* [online]. [vid. 2025-02-15]. Dostupné z: <https://biorius.com/cosmetic-regulations/japan-cosmetic-regulations/>
- [28] CHEMLINKED, Cosmetic Compliance Intelligence & Solutions. *Australia Cosmetics Regulation* [online]. [vid. 2025-02-15]. Dostupné z: <https://cosmetic.chemlinked.com/cosmepedia/australia-cosmetic-regulation>
- [29] AUSTRALIAN GOVERNMENT DEPARTMENT OF HEALTH AND AGED CARE a AUSTRALIAN INDUSTRIAL CHEMICALS INTRODUCTION SCHEME. *Cosmetics and therapeutics* [online]. [vid. 2025-02-15]. Dostupné z: <https://www.industrialchemicals.gov.au/cosmetics-and-soap/cosmetics-and-therapeutics>
- [30] SADAK, Omer. Chemical sensing of heavy metals in water. *Advanced Sensor Technology: Biomedical, Environmental, and Construction Applications* [online].

- 2022, 565–591 [vid. 2023-09-22]. Dostupné z: doi:10.1016/B978-0-323-90222-9.00010-8
- [31] UNGUREANU, Elena Loredana a Gabriel MUSTATEA. Toxicity of Heavy Metals. In: Hosam M SALEH a Amal I HASSAN, ed. *Environmental Impact and Remediation of Heavy Metals* [online]. Rijeka: IntechOpen, 2022, s. Ch. 2. ISBN 978-1-80355-526-3. Dostupné z: doi:10.5772/intechopen.102441
- [32] EWA BOBROWSKA-GRZESIK, JERZY CIBA, ANDRZEJ GROSSMAN, JOLANNA KLUCZKA, JOLANTA TROJANOWSKA a MARIA ZOLOTAJKIN. *Chemical Elements Compendium*. 2013. ISBN 978-80-86380-66-7.
- [33] *Calamine: An Anti-Itch Mineral* [online]. 12. červen 2023 [vid. 2023-12-22]. Dostupné z: <https://www.rockngem.com/calamine-an-anti-itch-mineral/>
- [34] *Greenockite* [online]. [vid. 2023-12-22]. Dostupné z: https://www.si.edu/object/greenockite%3Anmnhmineralsciences_1148491
- [35] MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ. *Kadmium a sloučeniny (jako Cd)* [online]. 2021 [vid. 2023-09-22]. Dostupné z: <https://www.irz.cz/latky-v-irz/kadmium-a-slouceniny-jako-cd>
- [36] ATTARD, Tamara a Everaldo ATTARD. Heavy Metals in Cosmetics. In: Hosam M SALEH a Amal I HASSAN, ed. *Environmental Impact and Remediation of Heavy Metals* [online]. Rijeka: IntechOpen, 2022, s. Ch. 7. ISBN 978-1-80355-526-3. Dostupné z: doi:10.5772/intechopen.102406
- [37] *Cadmium* [online]. 2023 [vid. 2023-11-02]. Dostupné z: <https://en.wikipedia.org/wiki/Cadmium>
- [38] MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ. *Nikl a sloučeniny (jako Ni)* [online]. 2021 [vid. 2025-05-03]. Dostupné z: https://www.irz.cz/latky-v-irz/nikl-a-slouceniny-jako-ni#field_content_zakladni_informace
- [39] *Pentlandite* [online]. 27. říjen 2008 [vid. 2025-05-03]. Dostupné z: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pentlandite,_Pyrrhotite-540342.jpg
- [40] JOHN, James St. Nickeline in matrix [online]. nedatováno [vid. 2025-05-03]. Dostupné z: <https://www.flickr.com/photos/jsjgeology/25808105550/in/photostream/>
- [41] RRUFF. *Gersdorffite R070304* [online]. [vid. 2025-05-03]. Dostupné z: <https://rruff.info/Gersdorffite/R070304>
- [42] LE COMPTOIR GÉOLOGIQUE. *GARNIERITE* [online]. [vid. 2025-05-03]. Dostupné z: <https://www.le-comptoir-geologique.com/garnierite-encyclopedia.html>
- [43] RRUFF. *Bunsenite R080121* [online]. [vid. 2025-05-03]. Dostupné z: <https://rruff.info/Bunsenite>
- [44] DENKHAUS, E a K SALNIKOW. Nickel essentiality, toxicity, and carcinogenicity. *Critical Reviews in Oncology/Hematology* [online]. 2002, **42**(1), 35–56. ISSN 1040-8428. Dostupné z: doi:[https://doi.org/10.1016/S1040-8428\(01\)00214-1](https://doi.org/10.1016/S1040-8428(01)00214-1)
- [45] *Nickel* [online]. 24. duben 2025 [vid. 2025-05-03]. Dostupné z: <https://en.wikipedia.org/wiki/Nickel>
- [46] *Galenit* [online]. [vid. 2023-12-22]. Dostupné z: <https://sberatelmineralu.cz/en/eshop/size/medium/galenit-29/>
- [47] *Cerussit, Baryt, Wulfenit* [online]. [vid. 2023-12-22]. Dostupné z: <https://sberatelmineralu.cz/eshop/lokality/afrika/maroko/cerussit-baryt-wulfenit/>
- [48] *Krokoit* [online]. [vid. 2023-12-22]. Dostupné z: <https://sberatelmineralu.cz/en/eshop/size/medium/krokoit-4/>
- [49] MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ. *Olovo a sloučeniny (jako Pb)* [online]. 2021 [vid. 2023-09-22]. Dostupné z: <https://www.irz.cz/latky-v-irz/olovo-a-slouceniny-jako-pb>

- [50] *Lead* [online]. 2023 [vid. 2023-11-02]. Dostupné z: <https://en.wikipedia.org/wiki/Lead>
- [51] ŠTEFÁNEK, Jiří. *Nefrotoxicita* [online]. [vid. 2023-10-22]. Dostupné z: <https://www.stefajir.cz/nefrotoxicita>
- [52] *Chromit* [online]. 4. říjen 2023 [vid. 2023-12-23]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Chromit>
- [53] *Chromium* [online]. 24. duben 2010 [vid. 2024-10-25]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Chromium_crystals_and_1cm3_cube.jpg
- [54] *Ilmenit* [online]. 4. říjen 2023 [vid. 2023-12-23]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Ilmenit>
- [55] JIRÍ ŠPALEK. *RUTIL, HEMATIT* [online]. [vid. 2023-12-23]. Dostupné z: <https://www.minerals.cz/rutil-hematit1.html>
- [56] *Titanium* [online]. 18. červenec 2009 [vid. 2024-10-25]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Titan-crystal_bar.JPG
- [57] *Zinc* [online]. 2. říjen 2010 [vid. 2024-10-25]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Zinc_fragment_sublimed_and_1cm3_cube.jpg
- [58] ARSHAD, Hamna, Moniba Zahid MEHMOOD, Munir Hussain SHAH a Arshad Mehmood ABBASI. Evaluation of heavy metals in cosmetic products and their health risk assessment. *Saudi Pharmaceutical Journal* [online]. 2020, **28**(7), 779–790. ISSN 1319-0164. Dostupné z: [doi:https://doi.org/10.1016/j.jsps.2020.05.006](https://doi.org/10.1016/j.jsps.2020.05.006)
- [59] SANI, Ali, Maryam Bello GAYA a Fatima Aliyu ABUBAKAR. Determination of some heavy metals in selected cosmetic products sold in kano metropolis, Nigeria. *Toxicology Reports* [online]. 2016, **3**, 866–869. ISSN 2214-7500. Dostupné z: [doi:https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2016.11.001](https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2016.11.001)
- [60] MITSUI T. *New Cosmetic Science* [online]. 1997. ISBN 978-0-444-82654-1. Dostupné z: [doi:https://doi.org/10.1016/B978-0-444-82654-1.X5000-5](https://doi.org/10.1016/B978-0-444-82654-1.X5000-5)
- [61] KOPYŠČ, Edyta, Krystyna PYRZYŃSLKA, Sławomir GARBOŚ a Ewa BUSKA. Determination of Mercury by Cold-Vapor Atomic Absorption Spectrometry with Preconcentration on a Gold-Trap. *Analytical Sciences* [online]. 2000, **16**(12), 1309–1312. ISSN 1348-2246. Dostupné z: [doi:10.2116/analsci.16.1309](https://doi.org/10.2116/analsci.16.1309)
- [62] ULRICH, N. SPECTROSCOPY | Atomic Emission and Absorption. *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition* [online]. 2003, 5441–5447 [vid. 2023-11-25]. Dostupné z: [doi:10.1016/B0-12-227055-X/01119-6](https://doi.org/10.1016/B0-12-227055-X/01119-6)
- [63] CÁMARA-MARTOS, F. a R. MORENO-ROJAS. Cobalt: Properties and Determination. *Encyclopedia of Food and Health* [online]. 2016, 166–171 [vid. 2023-11-25]. Dostupné z: [doi:10.1016/B978-0-12-384947-2.00175-6](https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384947-2.00175-6)
- [64] TYLER, Geoff a Jobin YVON. ICP-OES , ICP-MS and AAS Techniques Compared [online]. 2003 [vid. 2023-11-25]. Dostupné z: https://www.horiba.com/fileadmin/uploads/Scientific/Downloads/OpticalSchool_CN/TN/ICP/ICP-OES_ICP-MS_and_AAS_Techniques_Compared.pdf
- [65] KLOUDA P. *Moderní analytické metody*. 2016. ISBN 978-80-86369-22-8.
- [66] VÁVROVÁ J. *Atomová absorpční spektrometrie* [online]. [vid. 2023-11-01]. Dostupné z: <https://dastacr.cz/DS3/hypertext/JVABL.htmkl>
- [67] MESTEK O. *Hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem* [online]. 2010 [vid. 2023-11-03]. Dostupné z: https://old.vscht.cz/anl/josef/LabAtom/Navod_ICP-MS_2010.pdf
- [68] OYEDOTUN, Temitope D Timothy. X-ray fluorescence (XRF) in the investigation of the composition of earth materials: a review and an overview. *Geology, Ecology, and Landscapes* [online]. 2018, **2**(2), 148–154. ISSN null. Dostupné z: [doi:10.1080/24749508.2018.1452459](https://doi.org/10.1080/24749508.2018.1452459)

- [69] ANALYTIKA. *QCM Říční sediment, kovy, 80g* [online]. [vid. 2025-05-13]. Dostupné z: <https://www.analytika.net/referencni-materialy/matricove-referencni-materialy/matricove-referencni-materialy/qcm-ricni-sediment-kovy-80g/#null>
- [70] ŁODYGA-CHRUŚCIŃSKA, Elżbieta a Anna SYKUŁA. Hidden Metals in Several Brands of Lipstick and Face Powder Present on Polish Market. *Cosmetics* 5 [online]. 2018 [vid. 2025-04-11]. Dostupné z: <https://www.mdpi.com/2079-9284/5/4/57>

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1: a) Busta Tutanchamona [4], b) Busta Nefertiti [5]</i>	13
<i>Obr. 2: Lahvičky na parfém z období starověkého Říma [6]</i>	14
<i>Obr. 3: Portrét královny Alžběty I. [9]</i>	15
<i>Obr. 4: Úvodní strana z knihy The Toilet of Flora z roku 1776 [10]</i>	16
<i>Obr. 5: a) Kalamín [33], b) Greenockit [34]</i>	28
<i>Obr. 6: Kadmium [37]</i>	28
<i>Obr. 7: a) pentlandit [39]; b) nikelin [40]; c) gersdorffit [41]; d) garnierit [42]; e) bunsenit [43]</i>	30
<i>Obr. 8: Nikl [45]</i>	30
<i>Obr. 9: a) Galenit [46], b) Cerusit [47], c) Krokoit [48]</i>	32
<i>Obr. 10: Olovo [50]</i>	32
<i>Obr. 11: Chromit [52]</i>	34
<i>Obr. 12: Chrom [53]</i>	34
<i>Obr. 13: Ilmenit [54], b) Rutil [55]</i>	35
<i>Obr. 14: Titan [56]</i>	35
<i>Obr. 15: Zinek [57]</i>	36
<i>Obr. 16: Schéma atomového absorpčního spektrometru [65]</i>	42
<i>Obr. 17: Schéma hmotnostního spektrometru [65]</i>	44
<i>Obr. 18: Schéma hmotnostního spektrometru s indukčně vázaným plazmatem [67]</i>	45
<i>Obr. 19: XRF Spektrum prvků ve vzorku rtěnky</i>	58
<i>Obr. 20: XRF Spektrum prvků ve vzorku rtěnky 2</i>	59
<i>Obr. 21: XRF spektrum prvků ve vzorku krému</i>	59
<i>Obr. 22: XRF spektrum prvků ve vzorku krému na opalování</i>	60
<i>Obr. 23: XRF spektrum prvků ve vzorku barvy na vlasy</i>	60
<i>Obr. 24: Vzorky při XRF analýze: a) rtěnka; b) rtěnka 2; c) krém; d) krém na opalování; e) barva na vlasy</i>	61
<i>Obr. 25: Srovnání hodnot koncentrací chromu vedle sebe na základě rozdílného způsobu mineralizace vybraných kosmetických prostředků</i>	62
<i>Obr. 26: Srovnání hodnot koncentrací zinku vedle sebe na základě rozdílného způsobu mineralizace vybraných kosmetických prostředků</i>	63
<i>Obr. 27: Srovnání hodnot koncentrací železa vedle sebe na základě rozdílného způsobu mineralizace vybraných kosmetických prostředků</i>	64
<i>Obr. 28: Porovnání hodnot koncentrací chromu, zinku a železa ve vybraných kosmetických přípravcích; mineralizace 1</i>	64
<i>Obr. 29: Porovnání hodnot koncentrací chromu, zinku a železa ve vybraných kosmetických prostředcích; mineralizace 2</i>	65

<i>Obr. 30: Srovnání hodnot koncentrací olova vedle sebe na základě rozdílného způsobu mineralizace vybraných kosmetických prostředků.....</i>	<i>66</i>
<i>Obr. 31: Srovnání hodnot koncentrací kadmia vedle sebe na základě rozdílného způsobu mineralizace vybraných kosmetických prostředků.....</i>	<i>67</i>
<i>Obr. 32: Srovnání hodnot koncentrací niklu vedle sebe na základě rozdílného způsobu mineralizace vybraných kosmetických prostředků.....</i>	<i>68</i>
<i>Obr. 33: Porovnání hodnot koncentrací olova, kadmia a niklu ve vybraných kosmetických prostředcích; mineralizace</i>	<i>70</i>
<i>Obr. 34: Porovnání hodnot koncentrací olova, kadmia a niklu ve vybraných kosmetických prostředcích; mineralizace 2</i>	<i>70</i>

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1: Seznam kapitol, které obsahuje Nařízení Evropského Parlamentu a rady (ES) č. 1223/2009 ze dne 30. listopadu 2009 o kosmetických přípravcích [12, 17]</i>	<i>19</i>
<i>Tab. 2: Seznam příloh, které obsahuje Nařízení Evropského Parlamentu a rady (ES) č. 1223/2009 ze dne 30. listopadu 2009 o kosmetických přípravcích [17]</i>	<i>20</i>
<i>Tab. 3: Limitní koncentrace [$\mu\text{g/g}$] vybraných toxických prvků ve vybraných státech</i>	<i>23</i>
<i>Tab. 4: Vybrané metody úpravy vzorků pro určité typy kosmetických přípravků [12]</i>	<i>38</i>
<i>Tab. 5: Příklady stanovení koncentrací [mg/kg] vybraných toxických prvků v různých kosmetických přípravcích [14]</i>	<i>40</i>
<i>Tab. 6: Metody stanovení těžkých kovů pro vybrané kosmetické přípravky [12, 61–64] ...</i>	<i>42</i>
<i>Tab. 7: Teploty plamene v atomizátoru [65]</i>	<i>43</i>
<i>Tab. 8: Seznam kosmetických přípravků použitých k analýze</i>	<i>49</i>
<i>Tab. 9: Program mikrovlnné mineralizace</i>	<i>51</i>
<i>Tab. 10: Podmínky měření</i>	<i>52</i>
<i>Tab. 11: Koeficienty lineární regrese</i>	<i>52</i>
<i>Tab. 12: Podmínky měření</i>	<i>54</i>
<i>Tab. 13: Teplotní program pro stanovení Ni</i>	<i>54</i>
<i>Tab. 14: Teplotní program pro stanovení Cd</i>	<i>55</i>
<i>Tab. 15: Teplotní program pro stanovení Pb</i>	<i>55</i>
<i>Tab. 16: Koeficienty lineární regrese</i>	<i>55</i>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

AAS	Atomová absorpční spektrofotometrie
AES	Atomová emisní spektrofotometrie
BHA	Butylovaný hydroxyanisol
BHT	Butylovaný hydroxytoluen
Cd	Chemická značka kadmia
Co	Chemická značka kobaltu
Cr	Chemická značka chromu
Cu	Chemická značka mědi
CV-AAS	Atomová absorpční spektrometrie – technika studených par
DNA	Deoxyribonukleová kyseliny
ET-AAS	Elektrotermická atomová absorpční spektrometrie
EU	Evropská Unie
FAAS	Plamenová atomová absorpční spektrometrie
FDA	Americký Úřad pro kontrolu potravin a léčiv
Fe	Chemická značka železa
Fe ₃ O ₄	Oxid železnato-železitý (magnetit)
GaP	Fosfid gallitý
H ₃ BO ₃	Kyselina trihydrogenboritá
H ₂ O ₂	Peroxid vodíku
HCl	Kyselina chlorovodíková
HClO ₄	Kyselina chloristá
HF	Kyselina fluorovodíková
Hg	Chemická značka rtuti
HNO ₃	Kyselina dusičná
ICP-MS	Hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem

INCI	International Nomenclature of Cosmetic Ingredients
Ir	Chemická značka iridia
Mn	Chemická značka manganu
MS	Microsoft
Ni	Chemická značka niklu
NMPA	Čínský Národní úřad pro lékařské produkty
Pb	Chemická značka olova
Pd	Chemická značka paladia
ppm	Jedna miliontina z celku
Pt	Chemická značka platiny
Rh	Chemická značka rhodia
RNA	Ribonukleová kyselina
XRF	Rentgenová fluorescenční spektrometrie
Zn	Chemická značka zinku