

Využití jedlého hmyzu v kosmetice

Bc. Markéta Řehová, DiS.

Diplomová práce
2024

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

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

Akademický rok: 2023/2024

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: Bc. Markéta Řehová
Osobní číslo: T22315
Studijní program: N0711A130011 Biomateriály a kosmetika
Forma studia: Kombinovaná
Téma práce: Využití jedlého hmyzu v kosmetice

Zásady pro vypracování

- Vypracujte literární rešerši na zadané téma.
- Navrhněte vhodné využití částí jedlého hmyzu v kosmetických přípravcích a připravte vzorky pro použití skupinou při bandů.
- Otestujte vliv přidavku ingrediencí z jedlého hmyzu do kosmetického přípravku na užité vlastnosti přípravku.
- Zhodnotte získané výsledky.

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

Seznam doporučené literatury:

- [1] ABRAHAM, V., SHIVANDA, T. N., RASHMI, M. A. Insects in food, nutraceuticals and cosmetic. *Insect Environment*, 2014, Vol. 20, Issue 3, p81-87. ISSN: 0975-1963.
- [2] BAINES, D. a R. SEAL. Natural Food Additives, Ingredients and Flavourings. 2012, 1 – 460. ISBN 9781845698119.
- [3] MWANGI, M.N., A. MELSE-BOONSTRA, D.G.A.B. OONINCX, T. STOUTEN, M. VEENENBOS, M. DICKE a J.J.A. VAN LOON. Insects as sources of iron and zinc in human nutrition. *Nutrition Research Reviews*, 2018, 31(2), 248 – 255, ISSN 14752700.
- [4] HONG, Ki-bae, Yang Hee HONG, Eun Young JUNG, Kyungae JO a Hyung Joo SUH. Changes in the Diversity of Human Skin Microbiota to Cosmetic Serum Containing Prebiotics: Results from a Randomized Controlled Trial. *JOURNAL OF PERSONALIZED MEDICINE* 2020, 10(3) ISSN 20754426.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Martina Čermeková, Ph.D.**
Ústav technologie tuků, tenzidů a kosmetiky

Datum zadání diplomové práce: **9. února 2024**
Termín odevzdání diplomové práce: **10. května 2024**

PROHLÁŠENÍ AUTORKY DIPLOMOVÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že:

- diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a dostupná k nahlédnutí;
- na moji diplomovou 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 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou 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 diplomové práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem diplomové 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 diplomové práci pracovala samostatně a použitou literaturu jsem citovala. V případě publikace výsledků budu uvedena jako spoluautorka.
- že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

Ve Zlíně dne:

Jméno a příjmení studentky: Markéta Řehová

.....
podpis studentky

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá využitím jedlého hmyzu v kosmetice. Jako hlavní zástupce jedlého hmyzu byl zvolen moučný červ a podrobně bylo popsáno a otestováno jeho využití v kosmetických přípravcích. Teoretická část popisuje nutriční složení larev moučných červů a jeho vliv na pokožku a zdraví člověka. Praktická část práce se zaměřuje na testování vlastností připravených vzorků kosmetických přípravků s obsahem larev moučných červů.

Klíčová slova: jedlý hmyz, moučný červ, kosmetika, kůže, aktivní látky

ABSTRACT

The diploma thesis focuses on the use of active substances from edible insects in cosmetic products. A mealworm was selected as the main representative from edible insects and its use in cosmetics was described and tested. The theoretical part describes the nutritional composition of mealworms and its active substances influence on skin and human health. The practical part tested the cosmetic products prepared with dried mealworms.

Keywords: edible insects, mealworm, cosmetics, skin, active ingredients

PODĚKOVÁNÍ

Ráda bych touto cestou vyjádřila poděkování Ing. Martině Černekové, Ph.D. za její cenné rady, připomínky, trpělivost a ochotu při vedení diplomové práce.

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

OBSAH

ÚVOD	9
I TEORETICKÁ ČÁST	10
1 POTEVNÍK MOUČNÝ	11
2 NUTRIČNÍ SLOŽENÍ LAREV POTEVNÍKA	12
2.1 Vliv na lidské zdraví.....	12
3 VYUŽITÍ AKTIVNÍCH LÁTEK V KOSMETICE	13
3.1 VITAMÍNY	14
3.1.1 Vitamín C	14
3.1.2 Vitamín E	15
3.1.3 Vitamín A.....	15
3.1.4 Betakaroten	15
3.1.5 Biotin.....	16
3.1.6 Vitamín B3	16
3.1.7 Vitamín B5	16
3.2 MINERÁLY	17
3.2.1 Zinek	17
3.2.2 Selen.....	17
3.2.3 Měď.....	18
3.3 POLYFENOLY.....	18
3.3.1 Výskyt polyfenolů v moučných larvách	19
3.4 MASTNÉ KYSELINY	19
3.4.1 Kyselina olejová.....	21
3.4.2 Kyselina linolová	21
3.4.3 Kyselina alfa-linolenová	21
3.4.4 Kyselina stearová	22
3.5 BIOAKTIVNÍ PEPTIDY	22
3.5.1 Antioxidační účinky	23
3.5.2 Antimikrobiální účinky	23
3.5.3 Protizánětlivé účinky.....	24
II PRAKTICKÁ ČÁST	25
4 CÍLE PRÁCE	26
5 TESTOVÁNÍ VZORKŮ	27
5.1 PŘÍPRAVA VZORKŮ.....	27
5.1.1 Postup přípravy vzorků	27
5.2 MĚŘENÍ PH.....	28
5.2.1 Postup měření.....	28
5.2.2 Výsledky a diskuze	29

5.3	MĚŘENÍ VIZKOZITY	29
5.3.1	Postup měření.....	29
5.3.2	Výsledky a diskuze	30
5.4	MIKROBIOLOGICKÉ TESTY.....	31
5.4.1	Postup měření.....	31
5.4.2	Aerobní sporuláty.....	32
5.4.3	Celkové počty mikroorganismů	33
5.4.4	Plísňe a kvasinky	34
5.4.5	Výsledky a diskuze	34
5.5	ELEKTRONICKÝ NOS.....	35
5.5.1	Příprava vzorků	36
5.5.2	Postup měření.....	36
5.5.3	Výsledky a diskuze	37
5.6	RENTGENOVÁ SPEKTROMETRIE	38
5.6.1	Postup měření.....	39
5.6.2	Výsledky a diskuze	39
5.7	RAMANOVA SPEKTROSKOPIE.....	39
5.7.1	Postup měření.....	40
5.7.2	Výsledky a diskuze	41
ZÁVĚR		42
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....		43
SEZNAM OBRÁZKŮ		48
SEZNAM TABULEK.....		49

ÚVOD

Kosmetický průmysl neustále hledá nové ingredience, tak aby vyhověl měnícím se požadavkům spotřebitelů. Rostoucí zájem o udržitelné a ekologicky šetrné postupy, má za následek výrazný posun v průzkumu alternativních zdrojů pro kosmetické složky a jejich formulace. Konkrétně se v posledních letech dostává do popředí, v oblasti kosmetického průmyslu, využití aktivních látek jedlého hmyzu, které nabízí nejen šetrnější přístup k životnímu prostředí, ale také mnoho benefitů v oblasti péče o pleť.

Jedlý hmyz, zejména jeho larvy, jsou bohatým zdrojem nutričně prospěšných látek, jejichž potenciál lze využít také v péči o zevnějšek. Primárně se jedná o lipidy, proteiny, vitamíny a minerály, které udržují zdravý vzhled pleti, podporují její hydrataci, zlepšují její strukturu a mají zklidňující účinky. Také napomáhá v boji proti stárnutí pokožky a stimuluje tvorbu kolagenu v pleti.

Naplňtí této diplomové práce je konkrétně se zaměřit na využití aktivních látek larev Potemníka moučného *Tenebrio molitor* v péči o pleť. Cílem práce je shrnutí účinku jednotlivých účinných látek, popis možností aplikace zhotovených kosmetických přípravků s jejich obsahem a zhodnocení fyzikálně-chemických vlastností těchto přípravků.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 POTEMNÍK MOUČNÝ

Potemník moučný (*Tenebrio molitor*) je druh brouka Potemníka z čeledi Tenebrinoidea, jehož larvální stadium je lidově označováno jako moučný červ, který se vyznačuje noční aktivitou. Běžně se tyto larvy vyskytují v mouce a obilí a navzdory svému statusu kuchyňského škůdce se staly nedílnou součástí novodobého potravinářského průmyslu. [1, 2, 3]

Larvy Potemníka moučného mají tělo rozdělené do třech hlavních částí: hlavy, hrudníku a břicha. Hlava obsahuje ústní ústrojí přizpůsobené ke žvýkání zrn a další organické hmoty. Za hlavou se nachází hrudník se šesti kloubovými nohama, umožňujícími pohyb a zkoumání v jejich prostředí. Břicho se skládá z mnoha segmentů a obsahuje důležité orgány, jako jsou trávicí a reprodukční systémy. Zevně je tělo moučného červa pokryto tvrdým krunýřem, poskytujícím oporu a ochranu. [1, 2, 3]

Samice potemníka klade cca 160 až 280 na povrchu lepkavých vajíček, z nichž se larvy líhnou zhruba po dvou týdnech. Následný vývoj larev je poměrně zdlouhavý. Čerstvě vylíhnuté larvy jsou bělavé barvy, načež se během svého růstu dokážou svléknout až šestnáctkrát. Během procesu postupného svlékání se jejich zbarvení mění od bílé, přes žlutou až po světle hnědou barvu. Larvy dorůstají zhruba do 30 mm a prochází osmi až více než dvaceti vývojovými stádii, přičemž jejich počet ovlivňován mnoha faktory. Například se jedná o kvalitu potravy, teplotu, vlhkost nebo fotoperiodu. Přidáním zejména škrobu, proteinů a vitamínů může výrazně ovlivnit celkovou dobu vývoje, počet larválních stádií a schopnost přežívání larev. [1, 2, 3]



Obrázek 1 Usušené larvy moučného červa [vlastní zdroj]

2 NUTRIČNÍ SLOŽENÍ LAREV POTE MNÍKA

V novodobém potravinářském průmyslu nacházejí uplatnění zejména larvy Potemníka, a to díky svému nutričně vyváženému složení, jehož dominantou je vysoký obsah bílkovin, jež činí okolo 50 % celkového složení larev. Složení bílkovin je širokospektré a bohaté na řadu nutričně významných aminokyselin, včetně vysokého obsahu esenciálních aminokyselin, které je nutno přijímat v potravě. Primárně obsaženými aminokyselinami v larvách jsou leucin, tyrosin, valin a methionin. [4, 5, 6]

Další významnou nutriční složkou jsou tuky, jež představují od 24 % do 36 % celkového složení larev. Tukový profil je bohatý primárně na obsah omega-3 a omega-6 mastných kyselin, olejovou, palmitovou a stearovou kyselinu. [4, 5, 6]

Larvy potemníka rovněž obsahují velké množství vitamínů (rozpuštěných ve vodě i v tucích) a minerálů (zinek, selen, železo, draslík, fosfor, magnezium a měď). Mezi další významné obsahové látky larev patří chitosan, polyfenolické sloučeniny a bioaktivní proteiny. [4, 5, 6]

Variabilita obsahu složek v jedlém hmyzu závisí na ročním období, vývojovém stádiu, pohlaví, prostředí, stresových faktorech, způsobu usmrcení a zejména na výživě hmyzu. Díky široké škále obsahových látek nacházejí larvy Potemníka moučného uplatnění taktéž v zemědělském, farmaceutickém a kosmetickém průmyslu. [4, 5, 6]

2.1 Vliv na lidské zdraví

Nutričně plnohodnotná strava je základem pro zdraví každého jedince. Vyvážený obsah bílkovin, tuků, sacharidů, vitamínů a minerálních látek ve stravě je důležitý pro celkovou funkci těla, mozku, metabolismu a imunity. Larvy moučného červa všechny tyto požadavky splňují, čímž se řadí mezi vhodné alternativy výživy lidského organismu, ale i zvířat. [4]

Během studování konzumace larev moučných červů a byly zjištěny antidiabetické, antihypertenzní, antioxidační a protizánětlivé účinky na lidský organismus. A to díky bioaktivním peptidům, jež vznikají přirozenou hydrolýzou bílkovin obsažených v tělech moučných červů. [4]

3 VYUŽITÍ AKTIVNÍCH LÁTEK V KOSMETICE

Larvy moučných červů nachází v dnešní době potencionální uplatnění taktéž v kosmetickém průmyslu. Vysoký obsah nutrientů a biologicky aktivních látek larev poskytuje mnoho různých variant, jak pozitivně ovlivnit vzhled, strukturu, stárnutí, hydrataci a výživu pleti. [4, 7]

Výhodou je taktéž ekologická udržitelnost, neboť se kosmetický průmysl rozvíjí velmi rychle a intenzivně. Hmyz obecně, a především larvy moučných červů, mají krátký životní cyklus, tudíž je lze pěstovat nepřetržitě, lokálně na malém obsahu půdy a s výrazně nižšími náklady na chov. [4, 7]

Dalším přínosem je možnost regulace poměru jednotlivých obsahových složek larev, a to především způsobem jejich chovu, což je pro kosmetické, ale i potravinářské účely velkou výhodou. Navíc vyšší obsah tukové složky moučných larev nabízí zajímavý profil mastných kyselin, což by do budoucna mohlo alespoň částečně nahradit využívání rostlinných olejů v kosmetických přípravcích. [4, 7]

Z kosmetologického hlediska jsou hlavními nositeli účinku larev mastné kyseliny, proteiny, vitamíny, minerály, polyfenoly, enzymy, chitosan a především bioaktivní peptidy. Zejména bioaktivním peptidům je v současné době věnovaná velká pozornost a jsou předmětem mnoha studií, jež se zabývají problematikou péče o pleť. [4, 7]

3.1 Vitamíny

Jako vitamíny je obecně označována skupina látek organického původu, jež se podílejí na správném růstu, vývoji a funkci celého organismu či některého z jeho orgánu. Jedná se o látky esenciální, lidský organismus si je nedokáže sám syntetizovat, a tudíž musí být v dostatečném množství přijímány v potravě. V těle se účastní mnoha metabolických procesů, slouží jako regulátory růstu tkání, koenzymy nebo jako součásti koenzymů. Vyznačují se vysokou antioxidační aktivitou. Vitamíny lze dělit do dvou základních skupin, a to vitamíny rozpustné ve vodě a vitamíny rozpustné v tucích. Mezi vitamíny rozpustné ve vodě patří vitamín C a komplex vitamínů skupiny B. Mezi vitamíny rozpustné v tucích se řadí vitamín E, D, K, A i jeho deriváty. [8]

Vitamíny mají pozitivní účinek i při zevní aplikaci. Každý vitamín přináší pokožce jiný benefit, a proto se řadí mezi jedny z nejvyužívanějších kosmetických přísad. Larvy Potemníka moučného jsou bohaté především na obsah vitamínu E, C a některé vitamíny skupiny B. [7, 8]

3.1.1 Vitamín C

Kyselina L-askorbová neboli vitamín C je ve vodě rozpustná látka, jež se přirozeně vyskytuje primárně v šípících, rakytníku, jahodách, brusinkách, černém rybízu, ale i v citrusových plodech. Podílí se na správné funkci imunitního systému, normální tvorbě kolagenu a činnosti nervové soustavy. Snižuje míru únavy a vyčerpání, působí jako antioxidant a podporuje vstřebávání železa. Při topické aplikaci vitamínu C lze očekávat rozjasnění pleti a sjednocení jejího tónu. Taktéž působí regeneračně, protizánětlivě, exfoliačně a antioxidačně. Při vyšších koncentracích napomáhá zesvětlovat strie a mírné jizvy. Nevýhodou vitamínu C v kosmetických přípravcích je jeho nestabilita, proto se často využívají jeho deriváty. Avšak kyselina L-askorbová je biologicky nejúčinnější formou. [9, 10, 11]

3.1.2 Vitamín E

Vitamín E je souhrnný název pro skupinu látek označované jako tokoferoly. Jsou to látky rozpustné v tucích, jejichž nejvýznamnějším a nejúčinnějším derivátem je alfa tokoferol. Přirozeně jej lze nalézt především v ořeších a obilných klíčcích. V organismu plní významnou antioxidační funkci, přispívá ke stabilizaci řady enzymů a hormonů. Do kosmetických produktů se přidává jako antioxidační a konzervační přísada. Dokáže také výrazně regenerovat, vyživit a zklidnit pokožku. Napomáhá ke snížení viditelnosti pigmentových skvrn a bojuje proti stárnutí pleti. [10, 11, 12]

3.1.3 Vitamín A

Vitamín A (retinol) se řadí mezi vitamíny rozpustné v tucích. Pro lidský organismus je nezbytný, neboť přispívá k normálnímu stavu pokožky a sliznic. Dále ovlivňuje aktivitu mazových žláz, rohovatění pokožky a kvalitu vidění za šera. Přirozeně se vyskytuje ve formě tzv. retinoidů. Jedná se o deriváty vitamínů A, mezi jejichž nejznámější zástupce se řadí isotretinoin, acitrein, etretinát a tretion. Uplatnění nachází retinoidy především v medicíně, kde je jejich účinků využíváno k léčbě akné a dalších zánětlivých onemocnění kůže. I v kosmetickém průmyslu nachází retinol a jeho deriváty široké uplatnění. Působí antioxidačně, stimuluje tvorbu kolagenu v pleti, sjednocuje tón pleti a šetrně vyhlazuje její reliéf. Při vysokých koncentracích může retinol způsobit pálení, svědění, začervenání a olupování pleti, proto je vhodné, při jeho používání, začít s nižšími koncentracemi. [10, 11, 12]

3.1.4 Betakaroten

Betakaroten, také provitamín A, je oranžovo-červený pigment, jenž se řadí do skupiny karotenoidů. V játrech se přeměňuje na vitamín A, je tedy jeho přirozeným zdrojem. Zajišťuje správnou funkci imunitního systému, zdraví pokožky a přispívá ke správné funkci zraku. Mezi jeho hlavní účinky patří schopnost chránit pokožku při nadměrném slunění a zároveň napomáhá k jejímu kosmeticky žádoucímu zbarvení. Jeho suplementace je tedy vhodná převážně v jarních a letních měsících. V topických přípravcích slouží jako antioxidační látka, která chrání pokožku před vnějšími vlivy. Zároveň má schopnost pokožku zvláčňovat. I při zevní aplikaci podporuje její zbarvení kůže při opalování, proto je často přidáván do sluneční kosmetiky, ale i samoopalovacích přípravků. [13, 14]

3.1.5 Biotin

Biotin, známý také pod názvem vitamín B7 či vitamín H, je jedním z mnoha zástupců vitamínů skupiny B. Je součástí enzymů, jež zodpovídají za přenos karboxylových skupin organických kyselin. V těle se podílí primárně na metabolismu lipidů, cukrů, aminokyselin a také zasahuje do syntézy mastných kyselin. Přispívá k normálnímu udržení stavů vlasů, pokožky a nehtů. Z hlediska topické aplikace zajišťuje pokožce a vlasům zvláčnění a hydrataci. Díky schopnosti podporovat syntézu mastných kyselin, jež jsou důležité pro zdraví pokožky, potencionálně napomáhá k jejímu plnějšimu hebkému vzhledu. Biotin je často přidáván do přípravků vlasové kosmetiky, neboť podporuje růst vlasů a napomáhá vyhlazovat vlasovou strukturu. [15, 16, 17]

3.1.6 Vitamín B3

Vitamín B3, známý jako niacin či kyselina nikotinová, se rovněž řadí mezi vitamíny skupiny B. V lidském organismu vzniká přeměnou esenciálních aminokyselin a následně se stává hlavní částí struktury koenzymů, jež zprostředkovávají přenos protonu při metabolismu makroživin (NAD, NADP, NADH a NADPH). Je nezbytný pro normální činnost nervové soustavy a udržuje normální stav pokožky a sliznic. Z kosmetického hlediska je velmi oblíbenou surovinou. Při zevní aplikaci má schopnost udržet v pokožce vodu, rozjasnit ji a sjednotit její barevný tón. Rovněž eliminuje projevy akné a růžovky, neboť má protizánětlivé účinky. U niacinu byl prokázán pozitivní vliv na tvorbu fibroblastů, čímž se podílí na zlepšení elasticity pleti. [15, 17, 18]

3.1.7 Vitamín B5

Vitamín B5, také kyselina pantotenová nebo dexpanthenol, rovněž patří mezi vitamíny skupiny B. Ačkoliv lze označit kyselinu pantotenovou a dexpanthenol za synonyma, z chemického hlediska se jedná o kyselinu a její alkoholový analog, tudíž dvě odlišné látky. Metabolickými procesy se dexpanthenol přeměňuje na kyselinu pantotenovou, avšak jejich biologické účinky jsou zcela totožné, proto je lze souhrnně pojmenovat jako vitamín B5. Vitamín B5 je velice častou a oblíbenou kosmetickou surovinou. Je to látka tělu vlastní a je součástí NMF faktoru pleti, tudíž přirozeně zabraňuje transepidermálním ztrátám vody. Při zevní aplikaci zanechává pokožku měkkou a vláčnou, působí protizánětlivě, antibakteriálně, eliminuje začervenání, svědění a pnutí pokožky. Také napomáhá správné obnově kožní bariéry. [15, 17, 19]

3.2 Minerály

Minerály jsou prvky, jež jsou pro funkci lidského organismu nezbytné. Tělo si je nedokáže samo syntetizovat, proto musejí být v dostatečném množství konzumovány, a to buď ve stravě nebo pomocí doplňků stravy. V lidském organismu je se přirozeně vyskytuje zhruba 22 minerálů, které se podle své funkce a množství dělí na makroprvky a mikroprvky (stopové prvky). Minerály tvoří cirka 4% celkové tělesné hmotnosti člověka a jsou nezbytné k udržení stálosti vnitřního prostředí organismu, formování kostí, normální činnosti srdce, nervové soustavy, močového a zažívacího traktu, podporují normální stav pokožky i sliznic. [20, 21]

Z kosmetického hlediska jsou minerály nezbytnou součástí složení mnoha kosmetických produktů. Podílejí se na textuře a konzistenci finálního produktu, rovněž slouží jako barviva, opalescentní přísady, absorbenty či UV filtry. Některé minerály se přímo podílejí svými účinky na zdraví pokožky, a to i při zevní aplikaci. [20, 21]

Těla moučných červů jsou bohatá na obsah minerálních látek, a to zejména na obsah vápníku, fosforu, draslíku, magnezia, železa. Rovněž obsahují významný podíl zinku, mědi a selenu, což jsou prvky, jež hrají klíčovou roli ve zdraví kůže. Jejich suplementace je nezbytná pro normální stav kůže, ale i při zevní aplikaci mají velmi pozitivní vliv její funkci a vzhled. [4, 20, 21]

3.2.1 Zinek

Zinek je obzvlášť oblíbená přísada kosmetických přípravků. Slouží převážně jako UV filtr, pigment, antibakteriální či dezodorační přísada. Pro lidský organismus je nepostradatelným stopovým prvkem, jež zasahuje do metabolismu živin, syntézy DNA, a správné funkce imunitního systému. Taktéž se řadí mezi významné antioxidanty, chrání buňky před oxidativním stresem a přispívá k udržení normálního stavu pokožky, vlasů a nehtů. Jako aktivní látka kosmetických produktů působí protizánětlivě, antibakteriálně a antivirotický. Významně napomáhá zklidňovat, hojit a regenerovat kůži. Reguluje tvorbu kožního mazu a snižuje tvorbu lupů. [20, 21, 22]

3.2.2 Selen

Selen patří mezi esenciální stopové prvky, jež se přirozeně vyskytuje zejména v mléčných výrobcích, čaji, vnitřnostech a obilovinách. Je důležitý zejména pro správnou funkci štítné žlázy a imunitního systému. Napomáhá k udržování normálního stavu pokožky, vlasů a nehtů. Rovněž působí antioxidačně, a to primárně během procesu hojení ran. V zánětlivé

fázi hojení působí tak, že likviduje vzniklé reaktivní formy dusíku a kyslíku. Jako aktivní látka kosmetických formulací zlepšuje elasticitu pleti a vyhlazuje její reliéf. Spolu se zinkem se přidává do šampónů proti lupům. [20, 21, 22]

3.2.3 Měď

Měď je rovněž nepostradatelným stopovým prvkem v lidském těle. Nezbytná je zejména pro imunitní systém a správnou distribuci kyslíku v organismu, neboť je součástí struktury více než desítek enzymů. Dále je součástí syntézy kolagenu a vazivových tkání. Měď pozitivně přispívá k normální pigmentaci pokožky a vlasů. Její deficit se projevuje urychleným šedivěním vlasů, jejich vypadáváním a může vyvrcholit ve ztrátu kožního pigmentu. V kosmetických přípravcích je často v obsažena spolu se zinkem, neboť v této kombinaci umocňují své účinky. Působí antioxidačně a protizánětlivě, kůži dokáže zklidnit a zvláčnit. [20, 21, 22]

3.3 Polyfenoly

Z chemického hlediska jsou polyfenoly sloučeniny, jež ve své molekulové struktuře obsahují více než jednu fenolovou jednotku. Jedná se o látky pouze rostlinného původu a v rostlinné sféře jsou v podstatě všudypřítomné. Každý rostlinný druh má svou typickou skladbu polyfenolů, přičemž se jejich zastoupení mění v jednotlivých částech rostliny. Jsou produkovány jako sekundární metabolity, jež jsou nezbytnou součástí procesu rozmnožování rostlin, poskytují jim ochranu před UV zářením, patogeny, ale i škůdci. [23, 24]

Dle své chemické struktury se polyfenoly dělí do několika skupin. Kupříkladu se jedná o třísloviny, flavonoidy, lignany, kumariny, taniny, fenylypropanoidy, fenolové kyseliny a mnoho dalších. Všechny tyto skupiny mají nespočet zástupců, více či méně známých, jež plní v rostlinách ojedinělou funkci. Každá z těchto látek je nositelem specifického účinku, avšak obecně se polyfenoly vyznačují vysokou antioxidační schopností. [23, 24]

Polyfenoly mají rovněž prokázané rozsáhlé účinky na lidské zdraví. Díky vysoké antioxidační aktivitě, a tedy schopnosti eliminovat volné kyslíkové radikály, působí preventivně primárně proti chorobám, jejichž původcem bývá zpravidla nadměrné působení volných radikálů. Jsou rovněž schopny inhibovat určité enzymy, které se účastní biochemických reakcí, při nichž volné radikály vznikají. Dále se polyfenoly vyznačují imunostimulačními schopnostmi, řada z nich vykazuje antiseptické a protizánětlivé účinky.

Například třísloviny mají silné adstringentní vlastnosti, zacelují rány, urychlují hojení kůže, napomáhají regeneraci nové tkáně, stahují póry a regulují kožní maz. Flavonoidy, jež jsou nejznámější a nejprobádanější skupinou polyfenolů, výrazně podporují účinek vitamínu C. Díky širokému spektru účinku nachází polyfenoly využití i v kosmetických přípravcích. Kromě zmíněných regeneračních, hojivých a antioxidačních vlastností mají taktéž vliv na tvorbu kolagenu a elastinu, pokožku chrání, zklidňují, zvláčňují a chrání před nežádoucími mikroorganismy. [23, 24]

3.3.1 Výskyt polyfenolů v moučných larvách

Vzhledem k tomu, že jsou polyfenoly pouze rostlinného původu, jejich přirozený výskyt v larvách není možný. Tak jako lidský organismus, tak i mouční červi a kterýkoliv jiný jedlý hmyz, musí polyfenoly získávat pomocí stravy. Množství i druh polyfenolů v moučných larvách se tedy čistě odvíjí pouze od způsobu jejich chovu a druhu krmiva. To znamená, že čím více polyfenolů budou larvy ve stravě konzumovat, tím více budou bohaté na jejich obsah. [4, 25]

Tyto hodnoty jsou sledovány a zkoumány primárně z toho důvodu, že mouční červi představují jednu z alternativ výživy, a tudíž je snaha o to, aby měly potencionálně co nejblahodárnější vliv na lidské zdraví. Je však nutné zmínit, že finální obsah polyfenolů v larvách primárně záleží na způsobu jejich zpracování k následné konzumaci. [4, 25]

Regulace obsahu polyfenolů v larvách moučných červů může potenciálně najít využití i v kosmetických aplikacích. Neboť pokud bude možné vypěstovat červy s určitým obsahem polyfenolů, bude následně teoreticky možné vytvořit kosmetický přípravek se specifickým účinkem, jehož zdrojem budou právě larvy moučných červů. [4, 25]

3.4 Mastné kyseliny

Z chemického hlediska se jedná o karboxylové kyseliny se 4 až 26 uhlíky v řetězci. Sudý počet atomů uhlíku je zapříčiněn tím, že syntéza jednotlivých mastných probíhá z dvouuhlíkatých jednotek acetyl-koenzymu-A. Mastné kyseliny jsou buď volně přítomné nebo součástí lipidů a jejich derivátů. [26, 27]

Mastné kyseliny lze dělit dle několika kritérií, mezi které patří přítomnost dvojně vazby, délka řetězce, struktura řetězce a zda si jej umí lidský organismus sám syntetizovat. Mastné kyseliny, neobsahující žádnou dvojnou vazbu, nesou označení nasycené mastné kyseliny. Ty, jež obsahují dvojnou vazbu se označují jako nenasycené mastné kyseliny a z hlediska

počtu dvojných vazeb jsou dále děleny na mononenasycené mastné kyseliny a polynenasycené mastné kyseliny. Polynenasycené mastné kyseliny zahrnují ještě podskupinu tzv. esenciálních mastných kyselin. Jedná se o mastné kyseliny, které si tělo nedokáže syntetizovat samo, a proto je nezbytná jejich pravidelná konzumace. Mezi esenciální mastné kyseliny patří omega-3 a omega-6 mastné kyseliny. [26, 27]

Obecně jsou mastné kyseliny a jejich deriváty pro lidský organismus nepostradatelné. V těle se účastní mnoha biologických procesů a jsou součástí spousty biologicky důležitých látek a struktur. Primárně, slouží jako zásobárna energie, plní strukturální funkci buněčných membrán a nervové tkáně. Významně se podílejí na vstřebávání důležitých vitaminů a minerálů. Pro pokožku jsou důležité z hlediska struktury, výživy a hydratace. Zabraňují nadměrnému úbytku vody a tvoří ochranou bariéru. Důležité deriváty eikosa-polyenových mastných kyselin, tedy látky označované jako prostaglandiny, leukotrieny či tromboxany, slouží jako vnitrobuněčné signalizační molekuly, které ovlivňují svalový stah, srážení krve, bolest nebo průběh zánětu. [26, 27]

Z hlediska výživy je vhodné přijímat primárně nenasycené mastné kyseliny, neboť nadměrný příjem nasycených mastných kyselin zvyšuje hladinu LDL (low density lipoprotein – tukový lipoprotein s nízkou hustotou) cholesterolu v krvi, čímž se mnohonásobně zvyšuje riziko vzniku kardiovaskulárních onemocnění a obezity. Naopak nenasycené mastné kyseliny tyto rizika snižují a jsou zdraví prospěšné. Zejména esenciální polynenasycené mastné kyseliny omega-3 a omega-6. Tyto kyseliny jsou nezbytné pro správnou činnost nervové soustavy a vývoj mozku, činnost srdce a oběhové soustavy, udržují normální činnost zraku a mají protizánětlivé účinky. [26, 27]

Dle dostupných studií jsou larvy moučných červů ideálním zdrojem tuků, a tedy i mastných kyselin. Tuková složka těl moučných červů obsahuje okolo 70 % nenasycených mastných kyselin, z čehož je 60 % mononenasycených a 10 % polynenasycených. Zbýlých 30 % tvoří nasycené mastné kyseliny. Poměr zastoupení jednotlivých mastných kyselin se však může měnit v závislosti na vývojovém stádiu larvy a taktéž na způsobu jejich výživy. Vhodné tukové zastoupení těl larev je přínosem nejen pro potravinářství, ale i pro kosmetický a farmaceutický průmysl. Signifikantní je pro larvy moučných červů velký obsah kyseliny olejové (mononenasycená). Z nasycených mastných kyselin je to primárně kyselina palmitová a stearová. Z polynenasycených mastných kyselin je nejvíce zastoupená kyselina

linolová (omega-6). Nezanedbatelný je i obsah kyseliny alfa-linolenové (omega-3) a arachidonové (omega-6). [28, 29]

3.4.1 Kyselina olejová

Jedná se o mononenasyčenou mastnou kyselinu patřící do skupiny omega-9 mastných kyselin. Přirozeně se vyskytuje zejména v rostlinných, ale i živočišných tucích a po kyselině palmitové je druhou nejhojněji zastoupenou mastnou kyselinou lidských tkání. Lidský organismus si kyselinu olejovou dokáže sám syntetizovat, každopádně pouze za předpokladu dostatečného přísunu omega-3 i omega-6 mastných kyselin. Optimální přísun kyseliny olejové napomáhá správné funkci mozku, srdce a oběhového systému. Kyselině olejové se rovněž připisují silné antioxidační a protizánětlivé účinky. Při topické aplikaci napomáhá zvlhčovat a regenerovat pokožku. Díky protizánětlivým účinkům zlepšuje hojení drobných ran a zklidňuje ekzematické a zánětlivé kožní projevy. Kyselina olejová taktéž zvyšuje propustnost kožní bariéry, což napomáhá lepší penetraci účinných látek do nižších vrstev pokožky. [30, 31, 32]

3.4.2 Kyselina linolová

Kyselina linolová, známá taktéž pod zkratkou CLA, je esenciální polynenasycená mastná kyselina patřící do skupiny omega-6 mastných kyselin, která se přirozeně vyskytuje v tukových složkách buněčných membrán. Zdrojem kyseliny linolové mohou být živočišné i rostlinné tuky. Tělo si ji nedokáže samo syntetizovat, a proto musí být v dostatečné míře konzumována. Pro správnou funkci v lidském organismu však musí být nejdříve příslušnými enzymy přeměněna na kyselinu gama linolovou. V lidském těle se účastní mnoha metabolických procesů. Dle studií napomáhá k udržování optimální hladině krevního cukru, snižuje hladinu LDL cholesterolu, má silné antioxidační účinky a posiluje imunitní systém. Silný nedostatek kyseliny linolové může zapříčinit suchost pokožky, vypadávání vlasů či špatné hojení ran. Při zevní aplikaci zlepšuje funkci přirozené kožní bariéry, posiluje její lipidovou vrstvu a zamezuje transepidermálním ztrátám vody. Díky protizánětlivým a antioxidačním účinkům zklidňuje pokožku, mírní zánětlivé projevy kůže a napomáhá v boji proti stárnutí. [32, 33, 34]

3.4.3 Kyselina alfa-linolenová

Kyselina alfa-linolenová, též známá pod zkratkou ALA, je esenciální polynenasycená mastná kyselina, řadící se do skupiny omega-3 mastných kyselin. Stejně jako kyselina

linolová musí být v dostatečné míře přijímána v potravě, neboť si ji lidský organismus nedokáže sám syntetizovat. Zdrojem kyseliny alfa-linolenové jsou jak rostlinné, tak i živočišné tuky. Tak jako již zmíněná CLA se účastní mnoha metabolických procesů v těle, je nezbytná pro správnou funkci buněčných membrán, nervového, imunitního a kardiovaskulárního systému. Příznivě působí na snížení hladiny LDL cholesterolu v krvi, napomáhá mírnit projevy autoimunitních onemocnění i chronických zánětlivých kožních chorob. Při zevní aplikaci má stejné účinky jako kyselina linolová, navíc napomáhá podporovat syntézu kolagenu a elastinu, čímž přispívá k pružnosti a pevnosti pleti. [27, 32, 35]

3.4.4 Kyselina stearová

Jedná se o nasycenou mastnou kyselinu přirozeně vyskytující se v rostlinných i živočišných tucích. Pro lidský organismus představuje zdroj energie a bylo prokázáno, že na rozdíl od jiných nasycených mastných kyselin nezvyšuje hladinu LDL cholesterolu v krvi. V kosmetickém průmyslu je kyselina stearová využívána hojně, jelikož plní mnoho funkcí. Vykazuje emulgační a detergenční schopnosti, zlepšuje texturu finálního produktu a po nanesení na pokožku, zanechává pocitově příjemný film. Při zevní aplikaci navíc pomáhá pokožku hydratovat a zlepšuje funkci lipidové vrstvy kožní bariéry. [36, 37]

3.5 Bioaktivní peptidy

Peptidy jsou sloučeniny organického původu a taktéž základní stavební jednotky proteinů, skládající se z kratších řetězců aminokyselin, které jsou navzájem propojeny peptidickou vazbou. Peptidy jsou tvořeny základními dvaceti aminokyselinami, přičemž jejich sekvence udává funkci a význam výslednému peptidu. Pod pojmem bioaktivní peptid si lze představit opět peptid tvořený danou sekvencí aminokyselin, ale se specifickým účinkem, který zpravidla ovlivňuje určitý fyziologický proces v organismu. Bioaktivních peptidů existuje velké množství a mohou být přijímány v potravě, tvořeny během enzymatického trávení proteinů nebo si je organismus syntetizuje sám. U bioaktivních proteinů bylo vědecky prokázáno mnoho pozitivních účinků na lidské zdraví, a proto se v posledních letech dostávají do popředí zejména ve farmaceutickém a kosmetickém průmyslu. [4, 38, 39, 40]

Jak bylo již dříve zmíněno, larvy moučného červa jsou nutričně velmi rozmanité a bohaté zejména na obsah proteinů. Právě díky vysokému obsahu proteinů jsou larvy rovněž potencionálně bohatým zdrojem bioaktivních peptidů. Tak jako u jiných nutrientů, jež larvy

obsahují, tak i u bioaktivních peptidů závisí jejich výsledný obsah na vývojovém stádiu larev, jejich způsobu chovu a primárně na jejich zpracování. Některé technologické postupy mohou výsledný obsah bioaktivní proteinů výrazně snížit a některé naopak výrazně zvýšit (například fermentace, enzymatické zpracování). Mechanismy účinků mnoha bioaktivních peptidů nejsou zatím zcela objasněny a jsou stále předmětem mnoha studií a výzkumů, každopádně v larvách moučných červů byl prokázán obsah bioaktivních peptidů, které se vyznačovaly antidiabetickým, antihypertenzivním, antimikrobiálním, protizánětlivým a antioxidačním účinkem. Pro kosmetický průmysl jsou atraktivní zejména ty peptidy, jejichž pořadí aminokyselin vykazuje antimikrobiální, antioxidační a protizánětlivé účinky. [4, 38, 39, 40]

3.5.1 Antioxidační účinky

U larev moučných červů byl prokázán obsah antioxidačních peptidů. Tyto bioaktivní peptidy jsou tvořeny sekvencí aminokyselin, které dokážou neutralizovat reaktivní formy kyslíku (volné radikály), jež přirozeně vznikají během okysličování a látkové výměny organismu. Neutralizací těchto reaktivních forem kyslíku snižují riziko vzniku oxidačního stresu. Oxidační stres je stav, kdy je organismus vystaven velkému množství volných radikálů a zároveň nedostatku antioxidantů, jež by tyto struktury dokázaly eliminovat. Dlouhodobé vystavení organismu oxidačnímu stresu vede k nevratnému poškození buněk a tkání. Některé kovy, jako železo a měď, výrazně katalyzují tvorbu reaktivního hydroxylového radikálu z peroxidu vodíku. Antioxidační peptidy dokážou do své struktury tyto kovy navázat, tím inhibují tvorbu volných radikálů, čímž opět snižují riziko vzniku oxidačního stresu. Antioxidačních účinků bioaktivních peptidů obsažených v larvách lze potencionálně využít v potravinářském, farmaceutickém, ale i kosmetickém průmyslu. Konzumace antioxidantů preventivně působí proti řadě onemocnění včetně civilizačních chorob. Kosmetické preparáty s obsahem antioxidantů preventivně působí proti stárnutí pleti a nadměrné tvorbě vrásek, neboť volné radikály výrazně zasahují do syntézy kolagenu a elastinu v pleti. [4, 38, 39, 40]

3.5.2 Antimikrobiální účinky

Antimikrobiální peptidy jsou sloučeniny, jež jsou přirozenou součástí imunitního systému larev moučných červů. Působí proti celé řadě patogenů, jako jsou bakterie, viry, kvasinky a plísňe, čímž larvy chrání před okolním prostředím. Mechanismy účinků proti působení všech druhů patogenů nejsou zatím zcela objasněny. U bakterií dochází pomocí působení

bioaktivních peptidů k narušení buněčné stěny, což vede k lýze buňky a její smrti. Některé bioaktivní proteiny inhibují syntézu proteinů a nukleových kyselin buňky, což taktéž vede k její smrti. U virů bioaktivní peptidy interagují s jejich povrchovými proteiny, čímž inhibují spojení viru s hostitelskou buňkou. Tyto antimikrobiální peptidy a jejich účinky jsou atraktivní zejména pro farmaceutický a kosmetický průmysl. Pro kosmetické přípravky antimikrobiální peptidy potencionálně představují další možnost jejich konzervace, ale i samotného účinku na pleť. Obzvláště účinné by mohly být kosmetické přípravky s obsahem těchto peptidů pro osoby trpící akné, popřípadě jinými zánětlivými projevy na kůži. [4, 38, 39, 40]

3.5.3 Protizánětlivé účinky

V larvách moučných červů byly objeveny taktéž bioaktivní peptidy s protizánětlivým účinkem. Pořadí aminokyselin těchto peptidů je uspořádáno tak, že vytváří struktury, jež jsou schopny inhibovat tvorbu prozánětlivých cytokinů, chemokinů a prostaglandinů. Jedná se o skupiny signálních molekul, jež působí během procesu hojení rány a podporují její prozánětlivou fázi. Touto fyziologickou fází prochází každý přirozený proces hojení, avšak u chronických zánětů v této fázi zánět setrvává a nedochází ke správnému hojení. Potlačením tvorby prozánětlivých molekul tak může dojít k lepšímu hojení a potlačení zánětu. Účinků protizánětlivých peptidů lze tedy efektivně uplatnit v léčbě chronických zánětlivých ran, ale i zánětlivých kožních onemocnění. Kosmetické přípravky s obsahem protizánětlivých peptidů by mohly být vhodnou volbou pro osoby trpící chronickým akné, růžovkou, ale i ekzematickými projevy na pleti. [4, 38, 39, 40]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 CÍLE PRÁCE

Cílem této diplomové práce bylo ověřit vliv přídavku jedlého hmyzu na vlastnosti kosmetických přípravků. V praktické části bylo cílem pomocí měření pH, viskozity, mikrobiálních testů a metodou elektronického nosu zhodnotit fyzikální, sensorické a mikrobiální vlastnosti těchto připravených vzorků a porovnat tyto vlastnosti s čistým krémovým základem. Dalším cílem bylo ověřit, jestli je technicky možné provádět analýzu aktivních látek popsanych v teoretické části v kosmetických emulzích pomocí Ramannovy spektroskopie, rentgenové spektrometrie a metody elektronického nosu.

5 TESTOVÁNÍ VZORKŮ

5.1 Příprava vzorků

Byly připraveny čtyři vzorky krémů s 0% (čistý krémový základ), 1%, 2% a 4% koncentrací larev moučného červa o hmotnosti 50 g. Tyto vzorky byly následně testovány a jejich vlastnosti byly porovnávány se vzorkem bez obsahu larev moučného červa.



Obrázek 2 1% vzorek
[vlastní zdroj]



Obrázek 3 2% vzorek
[vlastní zdroj]



Obrázek 4 4% vzorek
[vlastní zdroj]

5.1.1 Postup přípravy vzorků

K přípravě vzorků byl použit komerčně vyráběný mastný krémový základ od firmy Likochem. Jedná se o emulzní hydrofilní krémový základ typu O/V, založený na gelové bázi, který je dobře mísitelný s vodou i tuky.

Složení krému dle INCI: aqua, cocos nucifera oil, sodium, polyacrylate, potassium sorbate, alcohol denat.

Do třech sterilních kelímků bylo naváženo 0,5 g; 1 g a 2 g velmi jemně namletých a prosetých larev moučného červa, jež byly následně doplněny na množství 50 g krémovým základem tak, aby vznikly vzorky s 1%, 2% a 4% koncentrací. Vzorky byly následně důkladně promíchány, uzavřeny a ponechány při pokojové teplotě. Čtvrtý sterilní kelímek byl naplněn pouze 50 g krémového základu. Tento 0% vzorek následně sloužil pouze k porovnání během testování připravených vzorků s obsahem larev.

5.2 Měření pH

Zdravá pokožka se vyznačuje mírně kyselým pH v rozmezí od 4,5 do 5,5. Ideální hodnota pH je důležitá pro správnou funkci přirozené kožní bariéry a zajišťuje odolnost vůči chemickým, biologickým i mechanickým vlivům. Hodnota pH může být ovlivněna mnoha faktory. Mezi endogenní faktory se řadí věk, genetické predispozice, hormonální vlivy, přirozená vlhkost pokožky a složení potu i mazu. Mezi exogenní faktory, jež zásadně ovlivňují přirozené pH pokožky patří primárně používání kosmetických prostředků, mýdel, čistících prostředků, ale i jiných chemických látek, jež mohou potenciálně dráždit pokožku. [41]

5.2.1 Postup měření

U připravených koncentrací vzorků s obsahem larev moučného červa byla naměřena hodnota pH pomocí PH60S-Z Smart Spear pH testeru. Tyto hodnoty byly následně porovnány s hodnotou pH čistého krémového základu.



Obrázek 5 PH60S-Z Smart Spear pH tester [42]

5.2.2 Výsledky a diskuze

Tabulka 1 Hodnoty pH vzorků krémů

Vzorek	0%	1%	2%	4%
Hodnota pH	5,42	5,44	5,46	5,50

Dle naměřených hodnot lze pozorovat, že hodnota pH mírně rostla se zvyšující se koncentrací vzorku. Konkrétně se hodnota pH zvětšila o dvě setiny s každým zvýšeným procentem koncentrace. Tyto hodnoty jsou však zanedbatelné a nemají zásadní vliv na vlastnosti krému ani na pokožku. V případě zhotovení vzorku, s mnohem vyšším obsahem larev moučných červů, je žádoucí hodnotu pH sledovat, neboť by pravděpodobně mohla být příliš vysoká a muselo by dojít ke snížení pH vzorku. Tato skutečnost však primárně závisí na hodnotě pH samotných moučných červů.

5.3 Měření viskozity

5.3.1 Postup měření

U připravených vzorků byla pomocí digitálního rotačního viskozimetru NDJ-79B fluidimetr 1-1000000MP měřena viskozita. Měření probíhalo od nejnižších otáček (0,1 otáček za minutu) a postupně se počet otáček zvyšoval, a to do té doby, dokud nebylo možné viskozitu naměřit. Hodnoty viskozity byly následně porovnávány s hodnotou viskozity čistého krémového základu.



Obrázek 6 Rotační viskozimetr NDJ-79B fluidimetr 1-1000000MP [43]

5.3.2 Výsledky a diskuze

Tabulka 2 Hodnoty viskozity vzorků

Vzorek	0%	1%	2%	4%
Počet otáček za minutu	2	2	2	2
Spindel	L4	L4	L4	L4
Vytíženost přístroje [%]	80	69	93,3	88,2
Hodnota viskozity [mPa.S]	204 000	241 310	249 800	279 960

Dle naměřených hodnot lze pozorovat, že se vzrůstající koncentrací vzorků, s obsahem larev moučných červů, přímo úměrně vzrůstala i jejich viskozita. 4% vzorek má výrazně vyšší viskozitu než čistý krémový základ. Přídavek moučných larev do krémového základu tedy zvyšuje viskozitu finální směsi.

5.4 Mikrobiologické testy

Kvalita kosmetického výrobku a bezpečnost spotřebitele nesmí být v žádném případě ovlivněna přítomností mikroorganismů. Pro každý kosmetický přípravek uváděný na trh jsou stanovovány mikrobiologické limity, a to kvantitativně i kvalitativně. Tyto mezní hodnoty pro kosmetiku udává norma ČSN EN ISO 17516. Obecně platí, že každý výrobek uváděný na trh musí splňovat maximální možný obsah celkového počtu mikroorganismů do 10^3 CFU/ml či g svého celkového obsahu (CFU-colony forming units, kolonie tvořící jednotky). Další podmínkou je, že ve finálním výrobku nesmí být přítomny mikroorganismy jako *E. coli*, *P. aeruginosa*, *C. albicans* a *S. aureus*. Pro jednotlivá stanovení jsou používány mezinárodní standardní zkušební metody a jsou stanoveny mikrobiální limity pro kosmetiku určenou k lokální aplikaci, k aplikaci v oblastí očí, v oblasti intimních partií či pro kosmetiku určenou pro děti. Pro zajištění kvality a bezpečnosti kosmetického výrobku je zásadní, aby počet nesespecifických mikroorganismů zůstal stabilní či v lepším případě klesal. Pro zajištění kvality a bezpečnosti kosmetického výrobků pro spotřebitele je nutné provádět potřebné analýzy možného mikrobiologického rizika. Jednotlivé postupy analýzy jsou dány normou ČSN ISO 18415. [44, 45]

U připravených vzorků byly provedeny testy mikrobiální kvality s cílem zjistit, zda přídavek jedlého hmyzu nezhoršuje mikrobiologické parametry vzorků. Testovala se přítomnost kvasinek a plísní, aerobních sporulátů a celkové počty mikroorganismů. Výsledné hodnoty byly srovnány s mikrobiální kvalitou čistého krémového základu.

5.4.1 Postup měření

Nejdříve byly připraveny vzorky pro nanášení na živné půdy. Z každého vzorku krému bylo odebráno 0,5 g vzorku, který byl následně vortexován ve zkumavce s obsahem 4,5 ml fyziologického roztoku. Z toho ředění 10^{-1} bylo následně automatickou pipetou odebráno 500 μ l roztoku, které bylo opět vortexováno ve zkumavce s obsahem 4,5 ml fyziologického roztoku. Tento postup byl opakován až do přípravy ředění 10^{-3} .

Z každého takto připraveného ředění bylo automatickou pipetou odebráno 100 μ l vzorku, který byl naočkován na Petriho misku s obsahem specifické živné půdy a pomocí skleněné tyčinky důkladně rozetřen po celé její ploše. Tento postup byl u každého ředění proveden dvakrát. Následně byly Petriho misky uzavřeny a uloženy ke kultivaci.

5.4.2 Aerobní sporuláty

Jako živná půda byl použit masopeptonový agar (MPA), obsahující výtažek z masa, pepton, sůl a agar. Před naočkováním na živnou půdu byly vzorky zahřívány při 80 °C po dobu deseti minut. Po naočkování byly vzorky kultivovány při 37 °C po dobu 24 hodin. Testovány byly vzorky z ředění 10^{-1} a 10^{-2} .

Tabulka 3 Počty kolonií aerobních sporulátů

c	Ředění	Počet kolonií prvního vzorku	Počet kolonií druhého vzorku	Průměr počtu kolonií obou vzorků	CFU/ml
0%	10^{-1}	0	0	0	0
0%	10^{-2}	0	0	0	0
1%	10^{-1}	3	3	3	300
1%	10^{-2}	3	3	3	3000
2%	10^{-1}	1	0	1	100
2%	10^{-2}	0	0	1	0
4%	10^{-1}	2	0	2	200
4%	10^{-2}	1	0	1	1000

5.4.3 Celkové počty mikroorganismů

Jako živná půda byl použit masopeptonový agar (MPA), obsahující výtažek z masa, pepton, sůl a agar. Po naočkování byly vzorky kultivovány při 37 °C po dobu 24 hodin. Testovány byly vzorky ze všech připravovaných ředěních.

Tabulka 4 Počty kolonií celkového počtu mikroorganismů

c	Ředění	Počet kolonií prvního vzorku	Počet kolonií druhého vzorku	Průměr počtu kolonií obou vzorků	CFU/ml
0%	10 ⁻¹	0	0	0	0
0%	10 ⁻²	0	0	0	0
0%	10 ⁻³	0	0	0	0
1%	10 ⁻¹	9	6	7,5	750
1%	10 ⁻²	0	0	0	0
1%	10 ⁻³	0	0	0	0
2%	10 ⁻¹	16	16	16	1600
2%	10 ⁻²	4	6	5	50000
2%	10 ⁻³	1	0	1	10 000
4%	10 ⁻¹	36	36	36	3600
4%	10 ⁻²	8	1	4,5	45 000
4%	10 ⁻³	0	0	0	0

5.4.4 Plísně a kvasinky

Pro stanovení kvasinek a plísní byla použita živná půda CHYGA, složená z vody, glukózy, agaru, kvasničného extraktu a chloramfenikolu. Chloramfenikol inhibuje růst bakterií. Po naočkování byly vzorky kultivovány při pokojové teplotě po dobu pěti dnů. Pro stanovení byla testována všechna připravená ředění.

Tabulka 5 Počty kolonií plísní a kvasinek

c	Ředění	Počet kolonií prvního vzorku	Počet kolonií druhého vzorku	Průměr počtu kolonií obou vzorků	CFU/ml
0%	10 ⁻¹	0	0	0	0
0%	10 ⁻²	0	0	0	0
0%	10 ⁻³	0	0	0	0
1%	10 ⁻¹	5	3	4	400
1%	10 ⁻²	0	0	0	0
1%	10 ⁻³	0	0	0	0
2%	10 ⁻¹	1	0	0	100
2%	10 ⁻²	0	0	0	0
2%	10 ⁻³	0	0	0	0
4%	10 ⁻¹	3	0	3	0
4%	10 ⁻²	0	0	0	0
4%	10 ⁻³	0	0	0	0

5.4.5 Výsledky a diskuze

Při porovnání výsledků z měření vzorků krémů s obsahem larev se vzorkem čistého krémového základu, lze usoudit, že přidavek jedlého hmyzu vede ke zhoršení mikrobiologické kvality vzorků. Pokud bychom vytvářeli formulaci kosmetického přípravku s přídavkem jedlého hmyzu, bylo by potřeba zvolit vhodný konzervační systém a otestovat jeho účinnost. Následně pak provést podle příslušných ISO norem hodnocení mikrobiologické bezpečnosti finálního výrobku.

5.5 Elektronický nos

Elektronický nos, taktéž E-nos, je zařízení, které bylo vyvinuto k napodobení lidského nosu. Jeho funkcí je zhodnotit zkoumaný vzorek a vytvořit jeho digitální záznam. [46]

Celý systém E-nosu se skládá z hardwarových a softwarových součástí. Hardwarová část E-nosu je složena ze soustavy plynových snímačů a elektromechanických systémů, sloužících pro manipulaci a distribuci pachů. Pro zaznamenání pachů E-nosem se používají různé matrice senzorů k vytvoření reaktoru, jež reaguje odlišně na širokou škálu chemických plynů. Podobně jako lidský nos, tak i E-nos zahrnuje manipulační systémy, které zajistí distribuci cílového pachu přímo k senzoru plynu. [46, 47]

Softwarové části E-nosu zajišťují předzpracování naměřených dat a algoritmy pro rozpoznávání vzorku. Klasifikátor rozlišuje třídy zápachu. Pro předzpracování naměřených dat je nejčastěji využívána analytická metoda PCA. Jedná se o metodu analýzy hlavních komponent, kde je vybrána nejvíce převažující složka v rozdílech jednotlivých hodnot. V našem případě se jedná primárně o obsah alkoholu, obsah těkavých látek a obsah oxidu uhličitého. [46, 47]

Lidský nos má pro zaznamenání a rozpoznání pachů k dispozici až miliony receptorových buněk, zatímco E-nos disponuje pouze pár jednotkami až desítkami senzorů. E-nos je však mnohem citlivější na nižší koncentrace látek a dokáže rozeznat pachy, které lidský nos ani nezaznamená. Nutno podotknout, že k identifikaci pachů potřebuje databázi se vzorky k porovnání. Výhodou je, že lze tuto metodu využít jako rychlou orientační náhradu mikrobiálních zkoušek, které jsou časově velmi náročné. Využití nalézá například při kontrolách kvality potravin, v diagnostice a analýze onemocnění, detekci těkavých látek v ovzduší či detekci drog. [46]



Obrázek 7 Experimentální elektronický nos [vlastní zdroj]

5.5.1 Příprava vzorků

Měřeny byly vzorky krémů s obsahem larev moučných červů o 0%, 1%, 2% a 4% koncentraci. Tyto vzorky byly před měřením rozděleny na dvě části. Jedna část vzorků byla ponechána při pokojové teplotě a druhá část se skladovala v lednici při teplotě 4°C.

5.5.2 Postup měření

Objem jednotlivého měřeného vzorku činil 2,5 ml a každý vzorek byl proměřen třikrát v jeden den. Jednotlivé vzorky byly měřeny po měsíci, v intervalu třech měsíců. Naměřená data byla uchována na SD kartě a následně vyhodnocena.

Měřený vzorek byl umístěn do nádoby, která byla následně uzavřena víkem, jež bylo opatřeno senzory snímající teplotu, čas, obsah alkoholu, amoniaku a vodíku. Nejprve byl systém senzorů zkalibrován na vzduch a poté došlo k měření jednotlivých vzorků. Každý vzorek byl měřen po dobu deseti minut, přičemž zaznamenáno bylo pouze posledních 20 s. Vzhledem k tomu, že se vzorkuje během měření po dvou sekundách, měření bylo provedeno na 300 vzorcích. U posledních vzorků se předpokládá, že je křivka již stabilizovaná, a proto je z posledních 11 vzorků (vzorky 290 až 300) této průměrované křivky vypočítán průměr a výběrová směrodatná odchylka.

Po ukončení měření bylo nutné odstranit z měřicího systému zbytky předchozího vzorku, což bylo provedeno samostatným měřením ve vzduchové atmosféře. Sensory byly tzv. vyvětrány.

Použitý přístroj obsahuje komerčně vyráběné senzory a výrobce udává nejvyšší citlivost jednotlivých senzorů na uvedené chemické látky takto: senzor MQ-8 nejcitlivěji reaguje na přítomnost vodíku, MQ-135 nejcitlivěji reaguje na přítomnost amoniaku, MQ-3 nejcitlivěji reaguje na přítomnost etanolu.

5.5.3 Výsledky a diskuze

V následujících tabulkách jsou uvedeny průměrné hodnoty a odchylky měření zaznamenané na jednotlivých senzorech pro vzorky emulzí s přidavkem hmyzu 0%, 1%, 2% a 4%. Hodnoty byly získány z posledních jedenácti hodnot po ustálení senzoru (viz kapitola 5.5.2). Dále bylo provedeno srovnání dat naměřených pro čistou emulzi (přídavek 0% hmyzu) a pro ostatní vzorky s přidavkem hmyzu. Cílem bylo zjistit, jestli se po přidavku hmyzu mění látky uvolňované z takto připravených vzorků při delším skladování v porovnání se změnami probíhajícími v čisté emulzi. Na hodnocení byl použit dvouvýběrový nepárový t-test.

Tabulka 6 Hodnoty naměřené senzorem MQ-8 detekujícím přítomnost vodíku

c	1. měření				2. měření				3. měření			
	0%	1%	2%	4%	0%	1%	2%	4%	0%	1%	2%	4%
M	611,64	599,5	588,5	579,9	591,91	567,7	571,6	558,2	583,00	558,9	566,0	549,73
SE	0,11	0,5	0,3	0,4	0,10	0,3	0,5	0,3	0,14	0,3	0,9	0,11

Po provedení statistické analýzy z uvedených výsledků vyplývá pro měření získaná na senzoru MQ-8, že u emulzí s přidavkem 1% a 4% hmyzu nedošlo ke statisticky významně změně. U emulze s přidavkem 2% hmyzu byla změna oproti čisté emulzi statisticky významná.

Tabulka 7 Hodnoty naměřené senzorem MQ-135 detekujícím přítomnost amoniaku

c	1.měření				2. měření				3. měření			
	0%	1%	2%	4%	0%	1%	2%	4%	0%	1%	2%	4%
M	321,18	317,7	314,64	308,66	325,91	310,91	312,91	304,9	327,4	308,74	313,91	304
SE	0,15	0,2	0,08	0,11	0,12	0,12	0,10	0,2	0,3	0,15	0,10	0,19

Po provedení statistické analýzy z uvedených výsledků vyplývá pro měření získaná na senzoru MQ-135, že u emulzí s přidavkem 1%, 2% a 4% hmyzu byla změna oproti čisté emulzi statisticky významná.

Tabulka 8 Hodnoty naměřené senzorem MQ-3 detekujícím přítomnost ethanolu

	1. měření				2. měření				3. měření			
c	0%	1%	2%	4%	0%	1%	2%	4%	0%	1%	2%	4%
M	823,8	846,64	840,28	845,4	834,63	813,77	818,0	810,8	840,09	804,09	806,73	801,5
SE	0,3	0,18	0,14	0,4	0,15	0,09	0,06	0,3	0,10	0,10	0,14	0,2

Po provedení statistické analýzy z uvedených výsledků vyplývá pro měření získaná na senzoru MQ-3, že u emulzí s přídavkem 1%, 2% a 4% hmyzu byla změna oproti čisté emulzi statisticky významná.

Po provedení statistické analýzy naměřených dat lze z uvedených výsledků usoudit, že přídavek hmyzu má vliv na změnu uvolňovaných látek během skladování vzorku. Do jaké míry má přídavek hmyzu vliv na chemickou změnu, nelze touto metodou určit, každopádně experiment lze považovat za úspěšný, neboť se podařilo prokázat možnost využití této metody při měření emulzních vzorků. Vzhledem k finančně i časově náročným mikrobiologickým testům by do budoucna mohla tato metoda sloužit jako možná rychlá orientační alternativa k mikrobiologickým metodám hodnotícím mikrobiální odolnost a bezpečnost finálního kosmetického výrobku.

5.6 Rentgenová spektrometrie

Ve spolupráci s VUT Brno proběhlo měření vzorků s obsahem larev moučných červů pomocí ručního přístroje Innov-X DELTA. Jedná se o přístroj fungující na bázi XRF – rentgen fluorescenční spektrometrie a slouží k určování prvkového složení materiálů.



Obrázek 8 Ruční rentgenový spektrometr Innov-X DELTA [vlastní zdroj]

5.6.1 Postup měření

Při použití rentgenové XRF spektrometrie byly testovány připravené vzorky emulze s přídatkem 1%, 2% a 4% larev moučného červa. Cílem bylo detekovat obsah minerálních látek v uvedených vzorcích. Každý vzorek byl proměřen třikrát a ze získaných hodnot byl stanoven průměr a směrodatná odchylka.

5.6.2 Výsledky a diskuze

Z detekovaných minerálů byly nejvýraznější a nejlépe detekovatelné zinek a měď. Zjištěná množství v jednotlivých vzorcích jsou uvedena v následujících tabulkách.

Tabulka 9 Obsah zinku ve vzorcích

Obsah zinku (ppm)			
Obsah larev	1%	2%	4%
MD	1030	510	790
SE	120	60	100

Tabulka 10 Obsah mědi ve vzorcích

Obsah mědi (ppm)			
Obsah larev	1%	2%	4%
MD	1110	490	830
SE	160	80	130

V případě připravených vzorků bylo měření pravděpodobně ovlivněno nehomogenitou připravených emulzí. Metoda byla v rámci tohoto experimentu zkoušena jako možná rychlá orientační alternativa k analytickým metodám. Ve všech případech vzorků s obsahem larev moučných červů byla detekována přítomnost zinku a mědi.

5.7 Ramanova spektroskopie

Tato metoda analytické chemie se řadí mezi metody elektromagnetické spektroskopie a spolu s infračervenou spektroskopií patří mezi metody tzv. vibrační molekulové spektroskopie. Jedná se o nedestruktivní spektroskopickou metodu, jež je vhodná pro kvalitativní i kvantitativní stanovení obsahu vzorku. [48, 49]

Princip této spektroskopické metody spočívá v měření rozdílů energií vibračních hladin molekuly. Každá molekula je schopna vibrace. Při tzv. vibraci se v molekule mění délka a úhel vazeb mezi jejími jednotlivými atomy. Tyto vibrace jsou kvantovány, což v praxi znamená, že různé molekulové vibrace mají přiřazenou právě jednu hodnotu energie. [48, 49]

Tato metoda je založena na Ramanově jevu. Je to energetický přechod molekuly mezi jejími dvěma vibračními hladinami. K tomuto energetickému přechodu dochází při srážce molekuly s fotonem, jehož nejčastějším zdrojem je laserový paprsek. Výstupem Ramanovy spektroskopie je spektrum, tedy závislost rozdílu vlnové délky rozptýlených fotonů oproti původním fotonům na odezvě detektoru. [48, 49]

Touto metodou lze identifikovat organické i anorganické sloučeniny a uplatnění nachází zejména ve forenzních vědách, farmacii a archeologii, ale také v chemickém, zemědělském a potravinářském průmyslu. [48, 49]

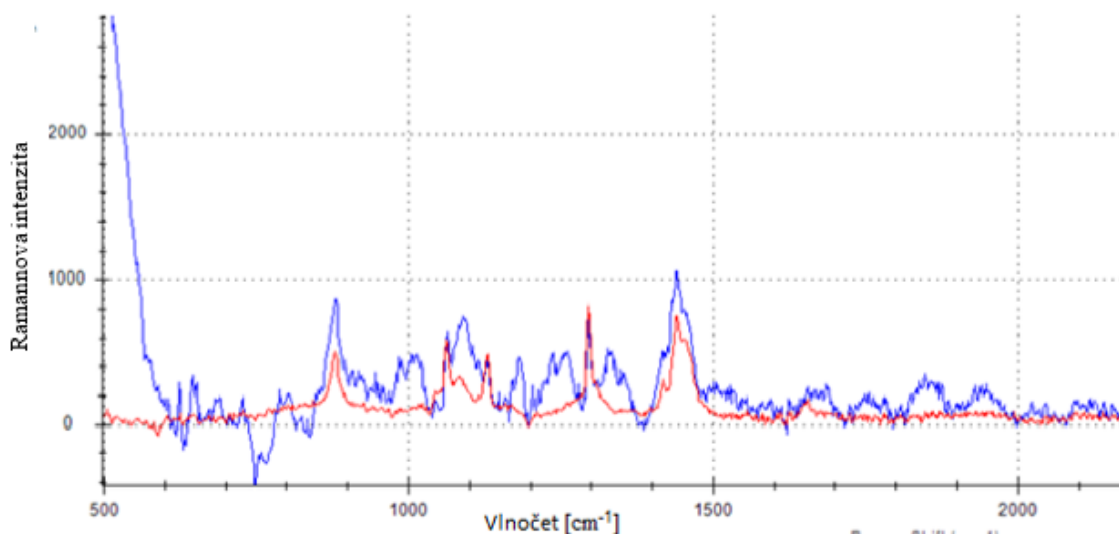
5.7.1 Postup měření

K měření byl využit vzorek s 0% a 4% obsahem larev moučných červů, jejichž spektra byla následně porovnávána. Měřilo se pomocí přenosného zařízení iRaman Plus, model: BWS465-785S s laserem o vlnové délce 785 nm. Integroční čas softwaru (průběžné zaznamenávání naměřených dat) byl nastaven na 10 sekund. Průměrný čas odpovídal 5 sekundám.



Obrázek 9 iRaman Plus, model: BWS465-785S [50]

5.7.2 Výsledky a diskuze



Obrázek 10 Ramanovo spektrum 0% (červená křivka) a 4% vzorku (modrá křivka) krému [vlastní zdroj]

Cílem tohoto měření bylo vyzkoušet, zda je Ramanova spektroskopie vhodnou alternativou měření emulzí a zda se po přidání určitých aktivních látek do emulze jejich obsah ve vzorku na spektru projeví či splyne se spektrem samotné emulze vlivem luminescence.

K měření byly využity dva vzorky, a to 0% vzorek (čistý emulzní krémový základ) a 4% vzorek (tentýž emulzní krémový základ s obsahem čtyř procent larev moučných červů). Na obrázku číslo 1 lze vidět dvě křivky, přičemž červená křivka znázorňuje Ramanovo spektrum 0% vzorku a červená 4% vzorku. Při porovnání těchto dvou spekter lze vidět, že se aktivní látky obsažené v larvách moučných červů na spektru zřetelně projeví. Na to lze usoudit z většího množství píků modré křivky především v oblasti 900 – 1500 cm^{-1} . Přesná identifikace konkrétních píků a jejich přiřazení k jednotlivým chemickým substancím vyžaduje jisté zkušenosti s touto metodou a není již náplní této diplomové práce. V této fázi šlo jen o potvrzení toho, že by Ramanova spektroskopie mohla být vhodnou, snadnou, šetrnou a relativně rychlou metodou měření obsahu aktivních látek v emulzích. Bylo by jisté přínosné v experimentech v tomto směru pokračovat. Vzhledem k tomu, že se podařilo pomocí Ramanovy spektrometrie detekovat rozdíly ve složení samotné emulze a emulze s přídavkem larev moučných červů, lze do budoucna uvažovat o možnosti hodnocení průniku účinných látek emulzních přípravků touto metodou nejprve na modelu lidské kůže, případně i přímo na živých subjektech.

ZÁVĚR

Teoretická část diplomové práce je zaměřena na podrobný popis nutričního složení larev moučného červa (*Tenebrio molitor*). Jednotlivé obsahové látky jsou podrobně rozděleny a popsány, a to jak z jejich chemického hlediska, tak i z hlediska vlivu na lidské zdraví. Cílem teoretické části bylo vyzdvihnout vliv jednotlivých látek na pleť a potencionální využití moučných červů v kosmetickém průmyslu.

V praktické části diplomové práce byly zhotoveny vzorky krémů s určitými koncentracemi larev moučných červů. Cílem této diplomové práce bylo ověřit vliv přísady jedlého hmyzu na vlastnosti kosmetických přípravků. V praktické části bylo cílem pomocí měření pH a viskozity zhodnotit fyzikálně-chemické vlastnosti připravených vzorků. Pomocí mikrobiologických testů se hodnotil vliv přísady larev moučných červů na mikrobiologickou kvalitu vzorků.

Další součástí praktické části diplomové práce bylo měření vzorků pomocí metody elektronického nosu, Ramannovy spektroskopie a rentgenové XRF spektrometrie. Cílem těchto měření bylo vyzkoušet, zda jsou tyto metody vhodnými alternativami analýzy emulzních přípravků.

Pomocí ručního rentgenového spektrometru se podařilo stanovit obsah mědi a zinku ve všech vzorcích s obsahem larev moučných červů. U Ramannovy spektroskopie i metody elektronického nosu se podařilo prokázat látkové změny vlivem přísady larev moučných červů v porovnání s čistým emulzním základem.

Byla ověřena skutečnost, že by tyto časově nenáročné nedestruktivní metody mohly být do budoucna využívány jako alternativa analýzy emulzních přípravků s obsahem aktivních látek. Tato prvotní experimentální měření však vyžadují další testování. Připravené vzorky byly testovány pouze laboratorně, každopádně lze se stejně připravenými vzorky testovat i na probandech a navázat tímto na tuto diplomovou práci dalšími testy.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. COTTON R. T. & ST GEORGE R. A. 1929: The mealworms. Technical Bulletin United States Department of Agriculture 95: 1-37
2. CONNAT J. L., DELBECQUE J. P., GLITHO I. & DELACHAMBRE J. 1991: The onset of metamorphosis in *Tenebrio molitor* larvae (Insecta, Coleoptera) under grouped, isolated and starved conditions. *Journal of insect physiology* 37(9): 653-662.
3. Adámková, A.; Mlček, J.; Adámek, M.; Borkovcová, M.; Bednářová, M.; Hlobilová, V.; Knižková, I.; Juríková, T. *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) - Optimization of Rearing Conditions to Obtain Desired Nutritional Values. *Journal of Insect Science*, 2020, roč. 20, č. 5. ISSN 1536-2442. (Jimp)
4. I. HANIF, A. APRIANTINI a Y. C. ENDRAWATI. Review: Nutritional Contents and Bioactive Compounds of Mealworm (*Tenebrio molitor*) as Edible Insect. *Jurnal Ilmu Produksi dan Teknologi Hasil Peternakan* [online]. 2023, 2023-10-29, 11(3), 153-162 [cit. 2024-03-03]. ISSN 2615-594X. Dostupné z: doi:10.29244/jipthp.11.3.153-162
5. Adámková, A., L. Kouřimská, M. Borkovcová, M. Kulma, & J. Mlček. 2016. Nutritional values of edible coleoptera (*Tenebrio molitor*, *Zophobas morio* and *Alphitobius diaperinus*) reared in the Czech Republic. *Potravinářstvo*. 10(1):664-671.
6. Adámková, A., J. Mlček, L. Kouřimská, M. Borkovcová, T. Bušina, M. Adámek, M. Bednářová, & J. Krajsa. 2017. Nutritional potential of selected insect species reared on the island of Sumatra. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 14(5):521-531.
7. VERHEYEN, Geert R., Filip MEERSMAN, Isabelle NOYENS, Sarah GOOSSENS a Sabine VAN MIERT. The Application of Mealworm (*Tenebrio molitor*) Oil in Cosmetic Formulations. *European Journal of Lipid Science and Technology* [online]. 2023, 125(3) [cit. 2024-03-03]. ISSN 1438-7697. Dostupné z: doi:10.1002/ejlt.202200193
8. Fajfrová, Jana. (2011). Vitamins and their function in organism. *Interni Medicina pro Praxi*. 13. 466-468.
9. VAŠUTOVÁ, Kateřina, Vitamin C: Známe ho necelých sto let. *Bez předpisu*. 2009, 1(1), 24-25 27. BAREL, A., O., PAYE, M., MAIBACH, H., I. *Handbook of Cosmetic Science and Technology*. New York, 2001. 28. SCHLOSSMAN, M.L. *The Chemistry and Manufacture of Cosmetics*. Allured Publ. Corp., New York, 2008.
10. BAREL, A., O., PAYE, M., MAIBACH, H., I. *Handbook of Cosmetic Science and Technology*. New York, 2001.

11. SCHLOSSMAN, M.L. The Chemistry and Manufacture of Cosmetics. Allured Publ. Corp., New York, 2008.
12. BAYER, Milan, Vitaminy rozpustné v tucích. Praktické lékárenství. 2008, 4(5), 235-237
13. B-Karoten, & Skóry, Pielęgnacji & Arct, Jacek & Mieloch, Magdalena. (2016). β -carotene in skin care.
14. CLARK, Stephen. Beta Carotene. In: XPharm: The Comprehensive Pharmacology Reference [online]. Elsevier, 2007, s. 1-3 [cit. 2024-03-03]. ISBN 9780080552323. Dostupné z: doi:10.1016/B978-008055232-3.61302-9
15. KLADENSKÝ, Jiří. Effect of vitamins, minerals, and trace elements on human health with a focus on the urogenital system. What are the risks involved in their deficiency or overdose? - 1st part. Urologie pro praxi [online]. 2017, 18(2), 58-62 [cit. 2022-04-06]. ISSN 12131768. Dostupné z: doi:10.36290/uro.2017.014
16. BIOTIN Cosmetic Ingredient (INCI). Cosmetics Ingredients Database | Online Raw Materials Search [online]. Copyright © SpecialChem 2022 [cit. 06.04.2022]. Dostupné z: <https://cosmetics.specialchem.com/inci-ingredients/biotin>
17. Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1223/2009 ze dne 30. listopadu 2009 o kosmetických přípravcích
18. Niren NM. Pharmacologic doses of nicotinamide in the treatment of inflammatory skin conditions: a review. Cutis. 2006 Jan;77(1 Suppl):11-6. PMID: 16871774.
19. Hašek J. Dexpanthenol v léčbě kožních onemocnění. Dermatol. Praxi 2011, 5 (1): 41-44
20. HAFTEK, Marek; ABDAYEM, Rawad a GUYONNET-DEBERSAC, Pascale. Skin Minerals: Key Roles of Inorganic Elements in Skin Physiological Functions. Online. International Journal of Molecular Sciences. 2022, roč. 23, č. 11. ISSN 1422-0067. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/ijms23116267>. [cit. 2024-03-10].
21. Kladenský, Jiří. "Vliv vitaminů, minerálů a stopových prvků na lidské zdraví s podrobnějším zaměřením na urogenitální systém. Jaká rizika přináší jejich deficit či předávkování? – 2. část." (2017).
22. Nový průvodce vitamíny a minerály: Potravinové doplňky založené na vědeckém výzkumu. Praha: Pharma Nord 1997.
23. PANDEY, Kanti Bhooshan a Syed Ibrahim RIZVI. Plant Polyphenols as Dietary Antioxidants in Human Health and Disease. Oxidative Medicine and Cellular Longevity [online]. 2009, 2(5), 270-278 [cit. 2024-03-10]. ISSN 1942-0900. Dostupné z: doi:10.4161/oxim.2.5.9498
24. EL GHARRAS, Hasna. Polyphenols: food sources, properties and applications – a review. International Journal of Food Science & Technology [online]. 2009, 44(12),

- 2512-2518 [cit. 2024-03-10]. ISSN 0950-5423. Dostupné z: doi:10.1111/j.1365-2621.2009.02077.x
25. WANG, Yanxia, Hongya LI, Yu LU, Wenyi HE, Chen WANG a Litang LÜ. Chemical components in yellow mealworm (*Tenebrio molitor* L.) reared with tea powder. *Journal of Future Foods* [online]. 2022, 2(3), 266-269 [cit. 2024-03-10]. ISSN 27725669. Dostupné z: doi:10.1016/j.jfutfo.2022.06.008
 26. GROFOVÁ, Z., 2010. Mastné kyseliny. *Medicína pro praxi*. 7(10): 388-90. ISSN 1803-5310.
 27. VRABLÍK, M., 2007. Omega-3 mastné kyseliny a kardiovaskulární onemocnění. *Interní medicína pro praxi*. 9 (6): 262-264. ISSN 1803-5256.
 28. ALVES, Ariana Vieira, Eliana Janet SANJINEZ-ARGANDOÑA, Adelita Maria LINZMEIER, Claudia Andrea Lima CARDOSO, Maria Lígia Rodrigues MACEDO a Claude WICKER-THOMAS. Food Value of Mealworm Grown on *Acrocomia aculeata* Pulp Flour. *PLOS ONE* [online]. 2016, 2016-3-14, 11(3) [cit. 2024-03-17]. ISSN 1932-6203. Dostupné z: doi:10.1371/journal.pone.0151275
 29. JAJIC, Igor, Aleksandra POPOVIC, Miroslav UROSEVIC, Sasa KRSTOVIC, Milos PETROVIC, Darko GULJAS a Miljan SAMARDZIC. Fatty and amino acid profile of mealworm larvae (*Tenebrio molitor* L.). *Biotechnology in Animal Husbandry* [online]. 2020, 36(2), 167-180 [cit. 2024-03-17]. ISSN 1450-9156. Dostupné z: doi:10.2298/BAH2002167J
 30. TOUITOU, E., B. GODIN, Y. KARL, S. BUJANOVER a Y. BECKER. Oleic acid, a skin penetration enhancer, affects Langerhans cells and corneocytes. *Journal of Controlled Release* [online]. 2002, 80(1-3), 1-7 [cit. 2024-03-24]. ISSN 01683659. Dostupné z: doi:10.1016/S0168-3659(02)00004-4
 31. JIANG, Shao Jun, Sang Min HWANG, Eung Ho CHOI, Sung Ku AHN, Peter M. ELIAS a Seung Hun LEE. Structural and Functional Effects of Oleic Acid and Iontophoresis on Hairless Mouse Stratum Corneum. *Journal of Investigative Dermatology* [online]. 2000, 114(1), 64-70 [cit. 2024-03-24]. ISSN 0022202X. Dostupné z: doi:10.1046/j.1523-1747.2000.00834.x
 32. LIN, Tzu-Kai, Lily ZHONG a Juan SANTIAGO. Anti-Inflammatory and Skin Barrier Repair Effects of Topical Application of Some Plant Oils. *International Journal of Molecular Sciences* [online]. 2018, 19(1) [cit. 2024-03-24]. ISSN 1422-0067. Dostupné z: doi:10.3390/ijms19010070
 33. Wu DC, Goldman MP. A Topical Anti-inflammatory Healing Regimen Utilizing Conjugated Linolenic Acid for Use Post-ablative Laser Resurfacing of the Face: A Randomized, Controlled Trial. *J Clin Aesthet Dermatol*. 2017 Oct;10(10):12-17. Epub 2017 Oct 1. PMID: 29344315; PMCID: PMC5749693.
 34. Mercola J, D'Adamo CR. Linoleic Acid: A Narrative Review of the Effects of Increased Intake in the Standard American Diet and Associations with Chronic

- Disease. *Nutrients*. 2023 Jul 13;15(14):3129. doi: 10.3390/nu15143129. PMID: 37513547; PMCID: PMC10386285.
35. SIMARD, MéliSSa, Andréa TREMBLAY, Sophie MORIN, Cyril MARTIN, Pierre JULIEN, Julie FRADETTE, Nicolas FLAMAND a Roxane POULIOT. A-Linolenic acid and linoleic acid modulate the lipidome and the skin barrier of a tissue-engineered skin model. *Acta Biomaterialia* [online]. 2022, 140, 261-274 [cit. 2024-03-24]. ISSN 17427061. Dostupné z: doi:10.1016/j.actbio.2021.11.021
 36. SENYILMAZ-TIEBE, Deniz, Daniel H. PFAFF, Sam VIRTUE, et al. Dietary stearic acid regulates mitochondria in vivo in humans. *Nature Communications* [online]. 2018, 9(1) [cit. 2024-03-24]. ISSN 2041-1723. Dostupné z: doi:10.1038/s41467-018-05614-6
 37. KHALIL, M. H., John F. MARCELLETTI, Lee R. KATZ, David H. KATZ a Laura E. POPE. Topical application of docosanol-or stearic acid-containing creams reduces severity of phenol burn wounds in mice. *Contact Dermatitis* [online]. 2000, 43(2), 79-81 [cit. 2024-03-24]. ISSN 0105-1873. Dostupné z: doi:10.1034/j.1600-0536.2000.043002079.x
 38. TEIXEIRA, Carla S. S., Caterina VILLA, Joana COSTA, Isabel M. P. L. V. O. FERREIRA a Isabel MAFRA. Edible Insects as a Novel Source of Bioactive Peptides: A Systematic Review. *Foods* [online]. 2023, 12(10) [cit. 2024-04-07]. ISSN 2304-8158. Dostupné z: doi:10.3390/foods12102026
 39. FERRAZZANO, Gianmaria Fabrizio, Francesca D'AMBROSIO, Sara CARUSO, Roberto GATTO a Silvia CARUSO. Bioactive Peptides Derived from Edible Insects: Effects on Human Health and Possible Applications in Dentistry. *Nutrients* [online]. 2023, 15(21) [cit. 2024-04-07]. ISSN 2072-6643. Dostupné z: doi:10.3390/nu15214611
 40. RIVERA-JIMÉNEZ, Julia, Carmen BERRAQUERO-GARCÍA, Raúl PÉREZ-GÁLVEZ, Pedro J. GARCÍA-MORENO, F. Javier ESPEJO-CARPIO, Antonio GUADIX a Emilia M. GUADIX. Peptides and protein hydrolysates exhibiting anti-inflammatory activity: sources, structural features and modulation mechanisms. *Food & Function* [online]. 2022, 2022-12-13, 13(24), 12510-12540 [cit. 2024-04-07]. ISSN 2042-6496. Dostupné z: doi:10.1039/D2FO02223K
 41. LAMBERS, H.; PIESENS, S.; BLOEM, A.; PRONK, H. a FINKEL, P. Natural skin surface pH is on average below 5, which is beneficial for its resident flora. *Online. International Journal of Cosmetic Science*. 2006, roč. 28, č. 5, s. 359-370. ISSN 0142-5463. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/j.1467-2494.2006.00344.x>. [cit. 2024-04-14].
 42. Dostupné z: <https://www.verkon.cz/ph-metr-prenosny-apera-serie-60-z-smart/>, [cit. 2024-05-06].
 43. Dostupné z <https://www.ebay.com/itm/235258270837>, [cit. 2024-05-06].

44. ČSN ISO 175165 – Kosmetika – Mikrobiologie – Mikrobiologické limity. 2015.
Praha: Český normalizační institut.
45. ČSN ISO 18415 – Průkaz specifických a nespecifických mikroorganismů. 2008.
Praha: Český normalizační institut.
46. HASIL, Radim. Využití umělého nosu v senzorické analýze. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta technologie, 2011. Bakalářská práce.
47. POHANKOVÁ, Michaela. Možnosti využití aktivních látek z jedlého hmyzu v kosmetických přípravcích, Online. Diplomová práce. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta technologická. 2021. Dostupné z: <https://theses.cz/id/8j7irc/>. [cit. 2024-04-14].
48. NĚMCOVÁ, I.; ČERMÁKOVÁ L.; RYCHLOVSKÝ P. Spektrometrické analytické metody I. 2. vyd. Praha: Karolinum, 2004. 166 s. ISBN 80-246-0776-X
49. KLOUDA, P. Moderní analytické metody. 2. vyd. Ostrava: Pavel Klouda, 2003. 132 s. ISBN 80-86369- 07-2
50. Dostupné z: https://www.metrohm.com/cs_cz/products/b/wt-8/bwt-840000340.html, [cit. 2024-05-06].

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Usušené larvy moučného červa [vlastní zdroj]	11
Obrázek 2 1% vzorek [vlastní zdroj]	27
Obrázek 3 2% vzorek [vlastní zdroj]	27
Obrázek 4 4% vzorek [vlastní zdroj]	27
Obrázek 5 PH60S-Z Smart Spear pH tester [42]	28
Obrázek 6 Rotační viskozimetr NDJ-79B fluidimetr 1-1000000MP [43]	29
Obrázek 7 Experimentální elektronický nos [vlastní zdroj]	35
Obrázek 8 Ruční rentgenový spektrometr Innov-X DELTA [vlastní zdroj]	38
Obrázek 9 IRaman Plus, model: BWS465-785S [50]	40
Obrázek 10 Ramanovo spektrum 0% (červená křivka) a 4% vzorku (modrá křivka) krému [vlastní zdroj]	41

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Hodnoty pH vzorků krémů	29
Tabulka 2 Hodnoty viskozity vzorků.....	30
Tabulka 3 Počty kolonií aerobních sporulátů	32
Tabulka 4 Počty kolonií celkového počtu mikroorganismů	33
Tabulka 5 Počty kolonií plísní a kvasinek	34
Tabulka 6 Hodnoty naměřené senzorem MQ-8 detekujícím přítomnost vodíku	37
Tabulka 7 Hodnoty naměřené senzorem MQ-135 detekujícím přítomnost amoniaku.....	37
Tabulka 8 Hodnoty naměřené senzorem MQ-3 detekujícím přítomnost ethanolu.....	38
Tabulka 9 Obsah zinku ve vzorcích.....	39
Tabulka 10 Obsah mědi ve vzorcích.....	39