VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV KONSTRUOVÁNÍ

INSTITUTE OF MACHINE AND INDUSTRIAL DESIGN

POROVNÁNÍ TŘECÍCH VLASTNOSTÍ KOSMETICKÝCH MASÁŽNÍCH PŘÍPRAVKŮ

COMPARISON OF FRICTIONAL PROPERTIES OF COSMETIC MASSAGE PRODUCTS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE Petr Dohnal

AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE doc. Ing. Martin Vrbka, Ph.D.

SUPERVISOR

BRNO 2022

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

Zadání bakalářské práce

Ústav:	Ústav konstruování
Student:	**Petr Dohnal**
Studijní program:	Strojírenství
Studijní obor:	Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce:	**doc. Ing. Martin Vrbka, Ph.D.**
Akademický rok:	2021/22

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Porovnání třecích vlastností kosmetických masážních přípravků

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Většina vlastností kosmetických produktů se hodnotí pouze senzoricky, kde vzorek lidí subjektivně posuzuje určité vlastnosti produktu (např. roztíratelnost, lepkavost, hydrataci) a hodnotí jej pomocí bodové stupnice. To může být do jisté míry zkresleno, zejména vlivem malého počtu dobrovolníků a vágním hodnocením. Podstatou této bakalářské práce je objektivně posoudit skluznost vybraných masážních přípravků (krémů, gelů a olejů) pomocí experimentálního měření součinitele tření na tribometru Bruker UMT TriboLab.

Typ práce: výzkumná

Cíle bakalářské práce:

Hlavním cílem je experimentální popis vývoje součinitele tření vybraných masážních přípravků (krémů, gelů a olejů) s využitím pin–on–plate simulátoru a kontaktních těles z lékařského silikonu. Práce bude zaměřena především na vzájemné porovnání skluznosti a trvanlivosti jednotlivých přípravků.

Dílčí cíle bakalářské práce:

– stručně popsat tribologické studie v kosmetice se zaměřením na měření součinitele tření včetně použitých simulátorů, podmínek měření a třecích vzorků,

– nastavit tribometr Bruker UMT TriboLab do konfigurace pin–on–plate, připravit kontaktní tělesa z lékařského silikonu, nastavit podmínky měření a provést verifikační experiment,

– provést měření součinitele tření vybraných masážních přípravků (krémů, gelů a olejů),

– na základě naměřených dat porovnat skluznosti a trvanlivosti jednotlivých přípravků.

Požadované výstupy: průvodní zpráva.

Rozsah práce: cca 27 000 znaků (15 – 20 stran textu bez obrázků).

Časový plán, struktura práce a šablona průvodní zprávy jsou závazné:

http://www.ustavkonstruovani.cz/texty/bakalarske–studium–ukonceni/

Seznam doporučené literatury:

SAVARY, G., L. GILBERT, M. GRISEL a C. PICARD. Instrumental and sensory methodologies to characterize the residual film of topical products applied to skin. Skin Research and Technology [online]. 2019, 25(4), 415-423 [cit. 2021-10-18]. ISSN 0909-752X. Dostupné z: doi:10.1111/srt.12667

KUSAKARI, K., M. YOSHIDA, F. MATSUZAKI, T. YANAKI, H. FUKUI a M. DATE. Evaluation of post-application rheological changes in cosmetics using a novel measuring device: relationship to sensory evaluation. J. Cosmet. Sci. 2003, 54(4), 321-333.

DERLER, S. a L.-C. GERHARDT. Tribology of Skin: Review and Analysis of Experimental Results for the Friction Coefficient of Human Skin. Tribology Letters [online]. 2012, 45(1), 1-27 [cit. 2021-10-18]. ISSN 1023-8883. Dostupné z: doi:10.1007/s11249-011-9854-y

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2021/22

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Martin Hartl, Ph.D. ředitel ústavu	doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D. děkan fakulty

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá tribologickými vlastnostmi masážních přípravků – krémů a olejů. Jejím cílem je porovnat vybrané přípravky mezi sebou. K experimentům byl využit tribometr v konfiguraci pin-on-plate, který simuluje roztírání přípravku na kůži. Jako model lidské kůže byla použita kůže hovězí. Vlastnosti přípravků byly porovnány na základě chování součinitele tření v průběhu měření. Během experimentů byl nalezen vhodný parametr, pomocí kterého lze jednoduše porovnat trvanlivosti přípravků. Podle výsledků byl vybrán nejlepší olej z hlediska trvanlivosti a také skluznosti. Práce by mohla posloužit jako základ pro hodnocení a výběr přípravků vhodných k masážním účelům.

KLÍČOVÁ SLOVA

masážní přípravek, součinitel tření, tribometr, hovězí kůže

ABSTRACT

This bachelor’s thesis examines tribological properties of massage products (creams and oils). Its aim is to create a comparison of the selected products. Tribometer in the pin-on-plate configuration was used for the experiment because of its ability to simulate the process of rubbing the product on the skin. Cowhide was used as a model of human skin. The attributes of products were compared based on the characteristics of the coefficient of friction during the measurements. Through the experiments a suitable parameter was found for easy comparison of the product's durability. According to the results the best oil was selected in terms of durability and lubrication. The thesis could be used as a basis for creating a standardised method for evaluation and selection of products suitable for massage purposes.

KEYWORDS

massage product, coefficient of friction, tribometer, cowhide

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

DOHNAL, Petr. *Porovnání třecích vlastností kosmetických masážních přípravků* [online]. Brno, 2022 [cit. 2022-05-12]. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/139697. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav konstruování. Vedoucí práce doc. Ing. Martin Vrbka, Ph.D.

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucímu práce doc. Ing. Martinu Vrbkovi, Ph.D. za cenné rady a podporu při měření v laboratoři i při sepisování samotné práce.

PROHLÁŠENÍ AUTORA O PŮVODNOSTI PRÁCE

Prohlašuji, že bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně, pod odborným vedením doc. Ing. Martina Vrbky, Ph.D. Současně prohlašuji, že všechny zdroje obrazových a textových informací, ze kterých jsem čerpal, jsou řádně citovány v seznamu použitých zdrojů.

…….

Podpis autora

OBSAH

1 ÚVOD 13

2 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ 14

2.1 Masáž 14

2.2 Využití tribologie v kosmetice 14

2.2.1 Evaluation of post-application rheological changes in cosmetics using a novel measuring device: Relationship to sensory evaluatiom 14

2.2.2 Relationship between tactile sensation and friction signals in cosmetic foundation 16

2.2.3 Particulate lubricants in cosmetic applications 18

2.2.4 Tactile perception of skin and skin cream by friction induced vibrations 20

2.2.5 Instrumental and sensory methodologies to characterize the residual film of topical products applied to skin 22

3 ANALÝZA PROBLÉMU A CÍL PRÁCE 25

3.1 Analýza problému 25

3.2 Cíl práce 25

4 MATERIÁL A METODY 26

4.1 Zkoumané přípravky 26

4.2 Měřicí zařízení 27

4.3 Parametry experimentu 29

4.3.1 Nastavení a parametry přístroje 29

4.3.2 Materiál kontaktních těles 29

4.3.3 Množství přípravku a délka měření 30

4.4 Zpracování dat 31

5 VÝSLEDKY 32

5.1 Oleje 32

5.1.1 SynCare 32

5.1.2 Weleda 33

5.1.3 Wolfberry 35

5.1.4 GlySkinCare 36

5.1.5 Nupreme 37

5.2 Krémy 39

5.2.1 SynCare 39

5.2.2 Alpa 41
5.2.3 Emspoma 42
5.2.4 Health Culture 43

6 DISKUZE 45

7 ZÁVĚR 48

8 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ 49

9 SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ 51

10 SEZNAM TABULEK 53

1 ÚVOD

V dnešní době tráví spousta lidí velkou část dne u počítače, ať už v práci, nebo ve svém volném čase. Dlouhodobé sezení u počítače ve strnulé poloze není pro člověka přirozené a často může způsobovat ztuhlost zad a krku, které posléze přechází v bolest. Lidé se vzniklých obtíží snaží zbavit například cvičením. Jestliže jim cvičení nepomůže, můžou vyzkoušet masáž. Aby však masáž splnila svůj účel a pomohla od bolesti, musí být správně provedena, a také je třeba použít vhodný masážní přípravek. Posoudit, který přípravek je pro masáž vhodný a který ne, není tak jednoduché, jak by se mohlo na první pohled zdát.

Jednotlivé masážní přípravky se mezi sebou hodnotí tak, že se vybere skupina dobrovolníků. Rozdá se mezi ně několik různých přípravků a dobrovolníci pak hodnotí jejich vlastnosti pomocí bodové stupnice. Toto hodnocení není příliš efektivní, protože každý člověk hodnotí přípravky subjektivně. Celý proces je také dost časově náročný. Proto je snaha subjektivní hodnocení lidmi nahradit hodnocením objektivním pomocí přístrojů a vytvořit model, na kterém by bylo možné přípravky opakovaně testovat v předem daných laboratorních podmínkách.

Vlastnostmi masážních přípravků se zabývá biotribologie. Tento obor možná není tak rozšířený nebo veřejně známý, nicméně seriózní výzkumy v tomto odvětví probíhají již řadu let. V případě dalšího úspěšného rozvoje oboru by mohlo být hodnocení přípravků pomocí skupiny dobrovolníků zcela nahrazeno efektivnějším měřením v laboratořích.

Zkoumat vlastnosti přípravků lze z různých úhlů pohledu. Na vlastnosti se můžeme dívat například v závislosti na složení přípravků. Já jsem se v práci nezabýval složením, ale zaměřil jsem se na porovnání vlastností vybraných přípravků, jak už napovídá samotný název práce.

2 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ

2.1 Masáž

Masáž lidé vyhledávají z různých důvodů, například aby jim pomohla zbavit se stresu nebo navodila příjemné pocity odpočinku na těle i na duši. Už po jedné masáži mohou lidé pociťovat její blahodárné účinky. Mezi nejvýznamnější patří úleva od bolesti, snížení krevního tlaku, lepší prokrvení masírované oblasti a podpora funkce imunitního systému. Na celkový efekt, kterým masáž zapůsobí na člověka, má vliv řada faktorů. Patří mezi ně technika masáže, zkušenosti maséra a také použitý masážní přípravek, kterých existuje celá řada (oleje, krémy, vosky, gely, …). Aby bylo možné vybrat správný přípravek, je nutné mezi sebou porovnat jejich vlastnosti. [1; 2; 3]

2.2 Využití tribologie v kosmetice

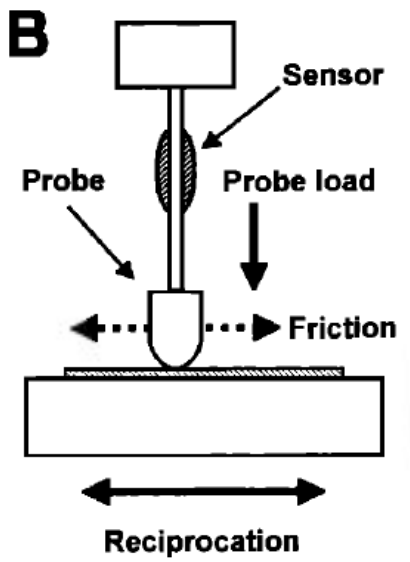
Vlastnosti přípravků jsou analyzovány například v souvislosti s jejich složením [7; 9], kde se vědci snaží zjistit, jaký vliv mají jednotlivé komponenty, ze kterých je přípravek vytvořen, na vybrané vlastnosti přípravků. Další možností, jak na přípravky nahlížet, je porovnávat výsledky laboratorních testů s tím, jak přípravky hodnotí jejich uživatelé [4; 5]. Nebo je možné se také zabývat tím, jak se samotné nastavení měřícího přístroje a použité parametry odrazí na získaných výsledcích [8]. Pro přiblížení výzkumu v tomto oboru jsem popsal několik vědeckých studií.

2.2.1 Evaluation of post-application rheological changes in cosmetics using a novel measuring device: Relationship to sensory evaluatiom

Autoři: Ken Kusakari, Mari Yoshida, Fumiaki Matsuzaki, Toshio Yanaki, Hiroshi Fukui a Munehiro Date

Autoři článku zkoumali vlastnosti kosmetických přípravků po jejich aplikaci. Výsledky porovnávali se subjektivním smyslovým vnímáním člověka. Zaměřili se hlavně na roztíratelnost a lepkavost po použití přípravků. [4]

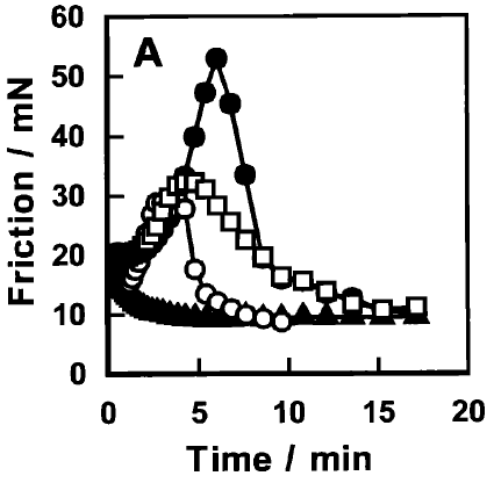
Použili přístroj (obr. 2-1), který měří třecí sílu mezi sondou a podložkou. Sonda přístroje se pohybuje recipročně po zkoumaném povrchu ve vodorovném směru. Udržuje při tom konstantní rychlost a také normálovou sílu, kterou působí na vzorek. [4]



Obr. 2-1 Schéma měřícího přístroje [4]

Při měření využívali dva druhy sond. Jedna byla na konci zaoblená do poloměru 10 mm. Druhá měla na konci připevněný váleček s průměrem 10 mm. Obě byly na povrchu opatřeny polyimidovou vrstvou stejně jako podložka. Přístroj měřil třecí sílu v rozsahu 0,001 – 0,1 N. Amplituda pohybu podložky vůči sondě byla 30 mm, rychlost pohybu 10 – 80 mm/s. Normálovou sílu volili mezi hodnotami 0,02 N a 0,3 N. [4]

Při testech použili vždy 5 – 40 µl maziva. Měření probíhalo 3 – 15 minut. Když se sonda dostala do úvrati, zvedli ji 5 mm nad povrch vzorku, aby zamezili unikání vzorku mimo kontaktní plochu. Teplota okolí byla udržována na 25 °C a vlhkost na 50 %. Teplota vzorku byla nastavena na 32 °C. Na měření použili běžně dostupné kosmetické přípravky (emulze, masážní a hydratační krémy). Lidé hodnotili jednotlivé vlastnosti vzorků senzoricky. Jejich hodnocení bylo poté porovnáváno s výsledky měření na přístroji. [4]



Obr. 2-2 Příklad výsledku měření se zaoblenou sondou, křivky odpovídají jednotlivým přípravkům [4]

Objevili souvislost mezi velikostí třecí síly na přístroji s roztíratelností a viskozitou přípravku. Změna třecí síly při měření odpovídala změně roztíratelnosti na kůži při senzorické zkoušce. Oproti tomu změna viskozity měla mnohem menší vliv na velikost třecí síly. Nenašli žádnou spojitost mezi lepkavostí hydratačního krému a třecí silou měřenou při použití zaoblené sondy. Zjistili však, že při použití sondy s válečkem už tuto souvislost pozorovat lze. Rostoucí třecí síla odpovídala zvyšující se lepkavosti krému. Domnívají se také, že vizuální pozorování probíhajících experimentů by mělo poskytnout užitečné informace k interpretaci naměřených výsledků. Autoři si myslí, že tato metoda porovnávání přípravků je užitečná, ale smyslové hodnocení lidí je také důležité a zatím ho nelze zcela nahradit simulacemi a měřením pomocí přístrojů. [4]

2.2.2 Relationship between tactile sensation and friction signals in cosmetic foundation

Autoři: Keita Horiuchi, Akio Kashimoto, Ryuta Tsuchiya, Masahito Yokoyama a Ken Nakano

Autoři článku chtěli najít souvislost mezi výsledky měření přípravků v laboratoři a hodnocením lidí. Zkoumané vzorky měřili v laboratoři na tribometru a také nechali ohodnotit jejich vlastnosti lidem. Získané výsledky poté porovnávali a snažili se v nich najít souvislost. [5]

Zkoumané vzorky obsahovaly 10 % syntetického oleje a zbylá část byla tvořena různým poměrem slídového a akrylového prášku. Nejprve dali vzorky vyzkoušet lidem, kteří hodnotili 5 různých vlastností na stupnici od -2 do +2. Při měření na tribometru simulovali roztírání přípravku na lidské kůži pomocí silikonové polokoule s poloměrem 8 mm a plátu s tloušťkou 5 mm také ze silikonu. Testování probíhalo ve třech konfiguracích. V první aplikovali vzorek jen na plátek silikonu, ve druhém jen na polokouli a ve třetím jen na plátek, na kterém bylo vytvořeno jemné vroubkování. [5]

Před experimentem byla silikonová tělesa očištěna etanolem a osušena. Vzorek byl nanesen pomocí kosmetického tamponu. Zatěžující síla byla nastavena na 0,2 N a rychlost pohybu v kontaktu na 20 mm/s. Všechna měření probíhala v klimatizované místnosti při teplotě 25° C a vlhkosti vzduchu 30 %. [5]

Při testu, kdy aplikovali vzorek na plátek silikonu, pozorovali stick–slip. Toto označení se používá pro jev, kdy se třecí tělesa k sobě opakovaně rychle přilepují a zase odlepují. Při měření se to projeví v podobě oscilující hodnoty třecí síly [6] (v článku použili grafy, kde na svislou osu nevynášeli třecí sílu, ale změnu délky pružiny, která byla vyvolána třecí silou). V tomto případě její hodnota kmitala u různých vzorků se stejnou frekvencí 22 Hz. Kmity však dosahovaly různých amplitud a prvotní maximální hodnota třecí síly se také lišila. [5]

Při aplikaci vzorku na polokouli se kontaktní místo velmi rychle vysušilo a třecí síla se dostala na stejnou hodnotu jako bez použití jakéhokoliv přípravku. Vzorky se lišily tím, za jak dlouho se k této hodnotě přiblížily. Při použití vroubkovaného plátku pozorovali stejné vibrace jako při použití hladkého plátku. Objevily se i další vibrace, které byly způsobené vroubkováním. U všech vzorků měly stejnou frekvenci 50 Hz, avšak různé amplitudy. [5]

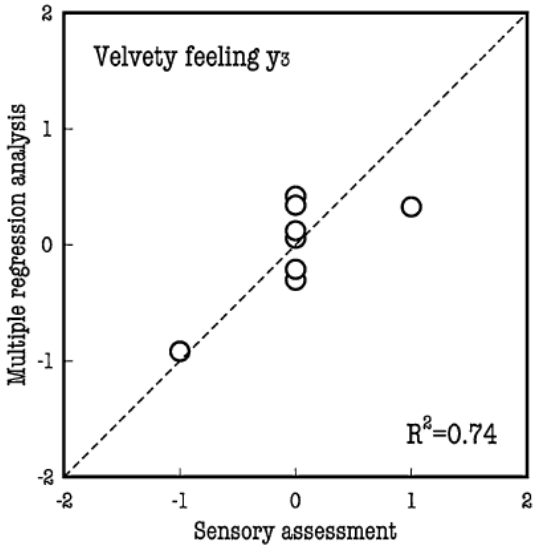
Naměřená data byla zanalyzována a bylo z nich určeno 7 charakteristik (součinitel statického a dynamického tření, amplituda vibrací způsobených vroubkováním…) pro každý vzorek označených x_j. Vlastnosti (jemnost, hladkost…), které byly získány z hodnocení lidí y_i, pak byly vyjádřeny jako lineární funkce x_j. Příklad:

$$y_2 = 0{,}01x_4 - 0{,}45x_7 + 3{,}63$$

$$y_2 \ldots\ldots\ldots hedvábný\ pocit$$

$x_4 \ldots\ldots\ldots amplituda\ vibrací\ při\ testu\ s\ aplikací\ vzorku\ na\ hladký\ plátek\ (frekvence\ 22\ Hz)$

$x_7 \ldots\ldots\ldots amplituda\ vibrací\ vyvolaných\ vroubkováním\ (frekvence\ 50\ Hz)$ [5]



Obr. 2-3 Ukázka lineární funkce pro hedvábný pocit [5]

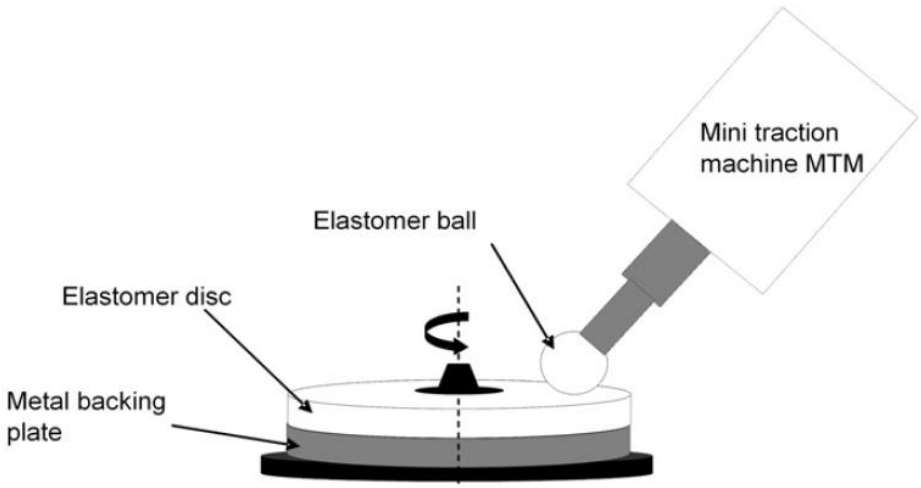
Autoři došli k závěrům, že vytvořené funkce přibližně modelují skutečné vlastnosti přípravků. Získaná data však nepostačují ke spolehlivému určení vlastností pomocí měření na tribometru. Domnívají se, že přesnost by mohlo zlepšit využití nelineárních funkcí a také, že celkový pocit lidí při použití přípravku nelze popsat jen s využitím měření součinitele tření. [5]

2.2.3 Particulate lubricants in cosmetic applications

Autoři: K. Timm, C. Myant, H. A. Spikes a M. Grunze

Autoři článku se zabývali tím, jak se přítomnost polymerního prášku v kosmetických přípravcích projevuje v jejich chování. Zaměřili se na vliv množství polymerního prášku a velikosti částic na vlastnosti přípravku. Použili polymerní prášek s kuličkovými částicemi, který rozmíchali ve vodném roztoku. Nepoužili komerční přípravky, aby byl lépe pozorovatelný vliv prášku. [7]

Měření prováděli na přístroji mini-traction machine od firmy PCS-instruments (obr. 2-4). Jako experimentální tělesa použili kuličku z nylonu nebo z polydimethylsiloxanu (dále PDMS) o průměru 19 mm a disk z PDMS. PDMS má modul pružnosti i Poissonovo číslo podobné jako lidská kůže a stejně jako kůže je hydrofobní. Disk měl průměr 46 mm a tloušťku 4,5 mm a byl umístěn na disku z nerezové oceli. Kulička byla při testech nehybná a disk se otáčel kolem své osy. Relativní rychlost mezi kuličkou a diskem byla 50 mm/s. [7]



Obr. 2-4 Schéma měřícího přístroje [7]

Použité nylonové prášky obsahovaly částice o průměrech 11,5 ± 0,6 μm, 21,8 ± 0,6 μm a 63,2 ± 0,6 μm. Maziva připravili na vodném základu. Přidali do nich modifikátory, emulgátory, konzervant a prášek. [7]

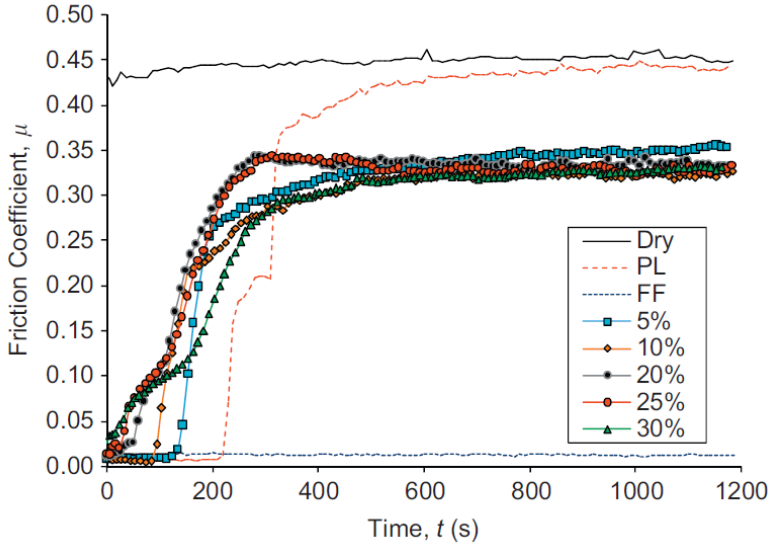
Před každým testem očistili kuličku i disk deionizovanou vodou a izopropanolem a nechali na vzduchu oschnout. Prováděli dva druhy testů: částečně namazaný a zcela ponořený. Při částečně namazaném použili 25 µl maziva, které nakapali pipetou na disk a rozetřeli prstem se sterilní rukavicí. Při zcela ponořeném testu použili přibližně 30 ml maziva a disk byl během celého testu zcela pokryt mazivem. Všechna měření probíhala v klimatizované místnosti s teplotou 18 ± 2 °C a relativní vlhkostí 43 ± 3 %. Zatěžovací síla byla 0,5 N. Všechny testy trvaly 20 min a vždy byly opakovány nejméně dvakrát. Jako výsledky pak byly použity průměry z jednotlivých měření. V určitých časových intervalech byl vždy test přerušen, aby mohl být pořízen snímek kontaktních ploch. Výsledkem každého testu byla závislost součinitele tření na čase (obr. 2-5 a 2-6). [7]

Nejprve měřili součinitel tření bez maziva a poté testovali samotný roztok bez nylonového prášku, aby získali referenční hodnoty, se kterými posléze mohli porovnat výsledky získané při testování suspenzí s práškem. [7]

Při zcela ponořeném testu nemá koncentrace ani velikost částic vliv na hodnotu součinitele tření, která zůstává neměnná po celou dobu měření. [7]

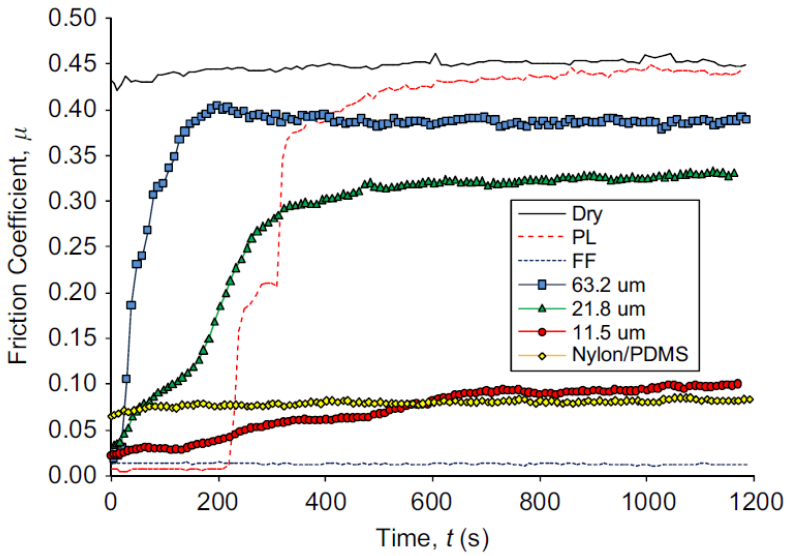
Při částečně ponořeném testu prošla hodnota součinitele tření třemi fázemi. Nejprve se držela na nízké hodnotě velmi podobné hodnotě při zcela ponořeném testu. Ve druhé fázi se součinitel tření postupně zvyšoval až přešel do třetí fáze, kde se jeho hodnota ustálila. [7]

Zkoumali také maziva s různými koncentracemi prášků. Zjistili, že s rostoucí koncentrací prášku se zkracovala doba první fáze, při které se součinitel tření držel na nízké hodnotě a prodlužovala se doba, po kterou hodnota součinitele tření postupně rostla. Konečná hodnota byla pro vyšší koncentrace mírně nižší než pro nižší koncentrace. [7]



Obr. 2-5 Graf zobrazující vliv koncentrace prášku na chování součinitele tření [7]

Zabývali se i vlivem velikosti částic na hodnotu součinitele tření. Experimenty jim ukázali, že počáteční hodnota součinitele tření byla nezávislá na velkosti částic a hned po začátku měření začala růst. Čím menší byly částice v suspenzi, tím pomaleji rostla hodnota součinitele tření a také se ustálila na nižší konečné hodnotě. [7]



Obr. 2-6 Graf zobrazující vliv velikosti částic prášku na chování součinitele tření [7]

Měřili také součinitel tření mezi nylonem a PDMS. Jeho hodnota byla menší než pro kontakt PDMS na PDMS. Z toho dedukovali, že po přidání suspenze s nylonovým práškem do kontaktu dvou PDMS povrchů dojde ke snížení součinitele tření, což jim experimenty potvrdily. [7]

2.2.4 Tactile perception of skin and skin cream by friction induced vibrations

Autoři: Shuyang Ding a Bharat Bhushan

V článku se autoři zabývali vibracemi a třením, které vznikají při přejíždění prstu po pokožce. Zkoumali, jak se mění při změně vstupních parametrů – normálové síly, rychlosti a době mezi aplikací krému a testováním. [8]

Pro modelování lidské kůže použili prasečí kůži a také umělou kůži Vitro-Skin od společnosti IMS. Referenční hodnoty určili při měření se vzorkem z polymethylmethakrylátu (dále PMMA) o tloušťce 2 mm. Použili běžně dostupný pleťový krém Vaseline Intensive Care Lotion. Při experimentech použili 4,8 mg krému. Pomocí bavlněného tamponu krém roztírali 30 s po ploše 4 cm^2. Tímto postupem získali souvislou vrstvu krému o tloušťce přibližně 1 μm. Pro co nejlepší napodobení procesu roztírání krému po kůži použili při experimentech umělý prst. Na povrchu prstu byla vytvořena textura odpovídající textuře skutečného lidského prstu. Umělý prst vyrobili ze syntetického materiálu Smooth-Cast 300 od firmy Smooth-On. [8]

Experimenty probíhaly na tribometru v uspořádání pin-on-plate. Přístroj měřil normálovou sílu, třecí sílu a vzniklé vibrace. Součinitel tření byl po měření vypočten jako podíl průměrných hodnot třecí síly a normálové síly. Při testech na porovnání nenamazaného a namazaného povrchu byla zvolena normálová síla 0,05 N a rychlost 20 mm/s. Zkoumané veličiny byly měřeny na dráze 30 mm. Při sledování vlivu normálové síly byla síla postupně nastavena na hodnoty 0,05 N, 0,1 N a 0,2 N a rychlost byla vždy 20 mm/s. Při zkoumání vlivu rychlosti byla rychlost volena postupně 10 mm/s, 20 mm/s a 30 mm/s a zatížení bylo vždy 0,05 N. Při zkoumání vlivu doby, po kterou se nechá krém působit na vzorek, bylo měření prováděno okamžitě po aplikaci krému, po 1 hodině od aplikace a po 3 hodinách při normálové síle 0,05 N a rychlosti 20 mm/s. Testy, u kterých se měnily vstupní parametry už byly prováděny jen na vzorcích z prasečí kůže. [8]

Při měření se vzorkem z PMMA došlo v důsledku aplikace krému ke snížení součinitele tření oproti vzorku, který nebyl ošetřen krémem. Zatímco u vzorků z prasečí a umělé kůže došlo po aplikaci krému ke zvýšené součinitele tření. Po natření krémem však bylo pozorováno snížení vibrací u všech tří vzorků. Autoři se domnívají, že pokles vibrací v případě PMMA byl způsoben snížením tření v kontaktu. U vzorků z kůží si pokles vysvětlují tím, že kůže do sebe vsákla krém, stala se vláčnější a lépe tlumila vznikající vibrace, i když tření v kontaktu bylo větší. [8]

Sample		Average coefficient of friction
PMMA	Virgin	0.42
	Cream treated	0.17
Pig skin	Virgin	0.40
	Cream treated	1.6
Synthetic skin	Virgin	0.29
	Cream treated	0.35

Obr. 2-7 Tabulka zobrazující průměrnou hodnotu součinitele tření při jednotlivých měřeních [8]

Autoři zjistili, že zvyšující se rychlost a zvětšující se zatížení způsobily menší vibrace na kůži natřené krémem a snížily také součinitel tření. Na kůži bez krému měla zvyšující se rychlost a zvětšující se zatížení přesně opačný vliv. Vznikalo více vibrací a také se zvyšoval součinitel tření. Delší doba působení krému způsobila vetší útlum vibrací a snížila součinitel tření. [8]

2.2.5 Instrumental and sensory methodologies to characterize the residual film of topical products applied to skin

Autoři: Géraldine Savary, Laura Gilbert, Michel Grisel a Céline Picard

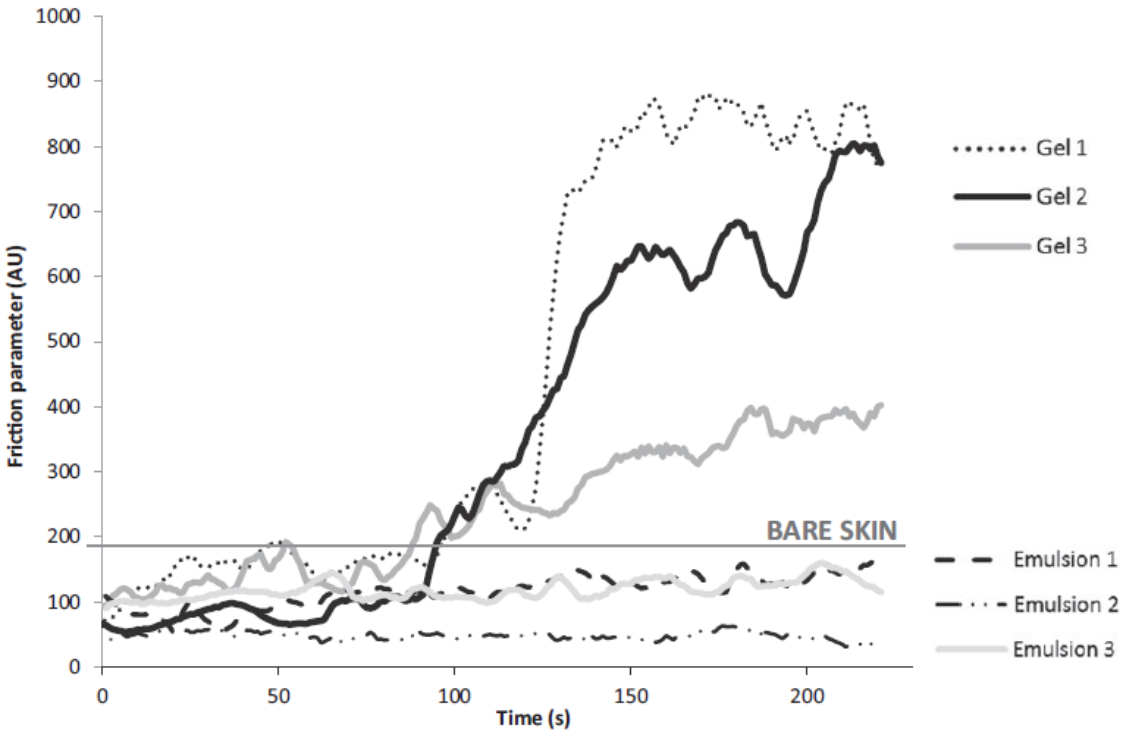
V článku se autoři snažili porozumět, jak souvisí složení přípravků s výsledným vjemem uživatele při jejich použití. Cílem práce bylo díky nalezeným souvislostem usnadnit vývoj produktů, které vyhovují požadavkům spotřebitelů. [9]

Zkoumali celkem 6 různých běžně dostupných přípravků – 3 emulze a 3 gely. U každého se zaměřili na 4 vlastnosti: tuhost, lepkavost, roztíratelnost a množství zbytku po aplikaci. Nejprve 11 dobrovolníků hodnotilo vybrané vlastnosti přípravků na stupnici od 0 do 9. Všichni dobrovolníci hodnocení přípravků několikrát opakovali, vždy s dostatečným časový rozestupem, aby minimalizovali nepřesnosti hodnocení. [9]

Měření třecích vlastností přípravků bylo prováděno přímo na kůži. Byl využit přístroj frictiometer FR 700 (obr. 2-8) od německé společnosti Courage + Khazaka electronic GmbH. Nejdůležitější částí přístroje je rotující hlava, na které je připevněn teflonový disk. Hlava koná rotační pohyb s konstantní úhlovou rychlostí, kterou lze předem nastavit. Teflonový disk je přitlačován ke kůži a přístroj měří kroutící moment, který působí proti směru rotace hlavy. Moment přístroj následně převádí na třecí parametr. Autoři zvolili rychlost 90 otáček za minutu. Nejprve přístrojem měřili jednu minutu na holé kůži. Poté na kůži aplikovali 50 µl přípravku a měřili alespoň 5 minut. [9]

Obr. 2-8 Přístroj frictiometer FR 700 při použití [10]

Autoři se domnívají, že absence hydrofilního polymeru, který se používá například jako zahušťovadlo, způsobil špatnou roztíratelnost jednoho z přípravků. Zjistili, že gely nezanechávaly na kůži téměř žádné zbytky v porovnání s emulzemi. Výsledky měření přístrojem frictiometer FR 700 lze vidět na obr. 2-9. [9]



Obr. 2-9 Výsledky měření pomocí přístroje frictiometer FR 700 [9]

Hodnota třecího parametru se u emulzí se v průběhu testu příliš neměnila. Držela se celou dobu pod hodnotou naměřenou na holé kůži. Autoři si to vysvětlují tím, že olej, který byl obsažen ve všech emulzích, vytvořil na kůži kluznou vrstvu, která snižovala tření. Oproti tomu hodnota třecího parametru u gelů se držela jen asi 100 s pod hodnotou naměřenou na holé kůži. Poté se začala postupně zvyšovat. Autoři předpokládají, že zpočátku bylo v kontaktu dostatečné množství gelu, který snižoval tření. Postupně docházelo ke ztenčování vrstvy gelu v důsledku odpařování vody a vsakování do kůže, což mělo za následek zvýšení třecího parametru. Rozdíly v hodnotách třecího parametru během jednotlivých fázích testu (na začátku, v průběhu postupného zvyšování a na konci) byly dány různým složením zkoumaných gelů. Autoři došli k závěru, že krémy mohou být více vhodné na masáž, která trvá delší dobu, zatímco gely se hodí například k rychlé aplikaci léčivého přípravku do kůže. [9]

3 ANALÝZA PROBLÉMU A CÍL PRÁCE

3.1 Analýza problému

Kosmetické a masážní přípravky se často porovnávají pomocí skupiny dobrovolníků, kteří vyzkouší několik přípravků a následně ohodnotí jejich vlastnosti. Tento postup není příliš efektivní, protože každý člověk hodnotí vlastnosti přípravků subjektivně. Proto je snaha ho nahradit experimentálním měřením v laboratorních podmínkách, díky kterému by pak šlo exaktně popsat vlastnosti přípravků pomocí fyzikálních veličin. Často jsou výzkumy zaměřeny na hledání korelace mezi hodnocením přípravků lidmi a výsledky získanými při laboratorních měřeních. Výsledky experimentů v laboratořích se však mohou lišit v závislosti na použitém přístroji, zvolených parametrech měření a okolních podmínkách.

Vlastnosti přípravků lze zkoumat z různých pohledů např. v závislosti na složení. Nenašel jsem však žádnou studii, která by se zabývala vlastnostmi přípravků z hlediska vhodnosti jejich použití při masážích. Problematika masáží a především masážních přípravků je tématem práce. Součástí experimentální části by mělo být i nalezení vhodných podmínek a nastavení přístroje tak, aby získané výsledky měly požadovanou vypovídající hodnotu.

3.2 Cíl práce

Hlavním cílem je experimentální popis vývoje součinitele tření vybraných masážních přípravků (krémů a olejů) s využitím pin-on-plate simulátoru. Práce bude zaměřena především na vzájemné porovnání skluznosti a trvanlivosti jednotlivých přípravků.

Dílčí cíle práce:

- stručně popsat tribologické studie v kosmetice se zaměřením na měření součinitele tření včetně použitých simulátorů, podmínek měření a třecích vzorků,
- nastavit tribometr Bruker UMT TriboLab do konfigurace pin-on-plate, připravit kontaktní tělesa, nastavit podmínky měření a provést verifikační experiment,
- provést měření součinitele tření vybraných masážních přípravků (krémů a olejů),
- na základě naměřených dat porovnat skluznosti a trvanlivosti jednotlivých přípravků.

4 MATERIÁL A METODY

4.1 Zkoumané přípravky

V tabulce 4-1 jsou zobrazeny jednotlivé přípravky, které byly zkoumány. Celkem bylo porovnáno 9 přípravků – 5 olejů a 4 krémy. V případě olejů se jednalo o 4 jednodruhové a jeden směsný olej. Krémy obsahovaly vždy více složek. Ve sloupci „Složení“ je u nich uveden olej, který tvoří hlavní maznou složku. Kromě oleje však krémy obsahovaly ještě další složky (vodu, glycerol, zahušťovadla, vonné látky…).

Tab. 4-1 Zkoumané masážní přípravky

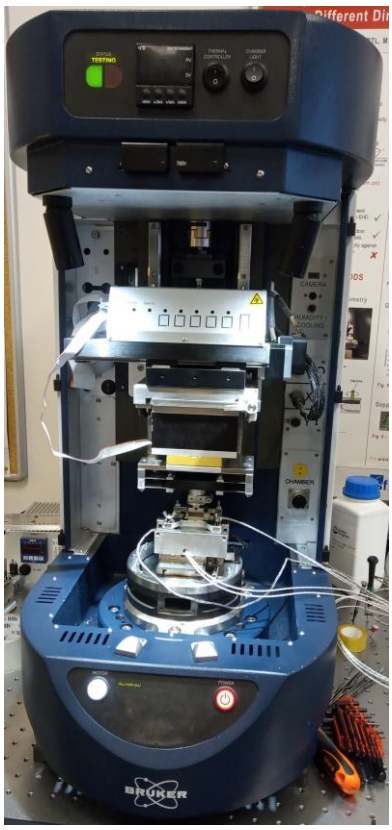
Druh	Značka	Složení	Foto
Olej	SynCare	Meruňkový olej	[8]
Olej	Weleda	Slunečnicový + olivový olej	[9]
Olej	Wolfberry	Mandlový olej	[10]
Olej	GlySkinCare	Makadamový olej	[11]
Olej	Nupreme	Konopný olej	[12]

Krém	SynCare	Arganový + sójový olej	[13]
Krém	Alpa	Minerální olej	[14]
Krém	Emspoma	Minerální olej	[15]
Krém	Health Culture	Konopný olej	[16]

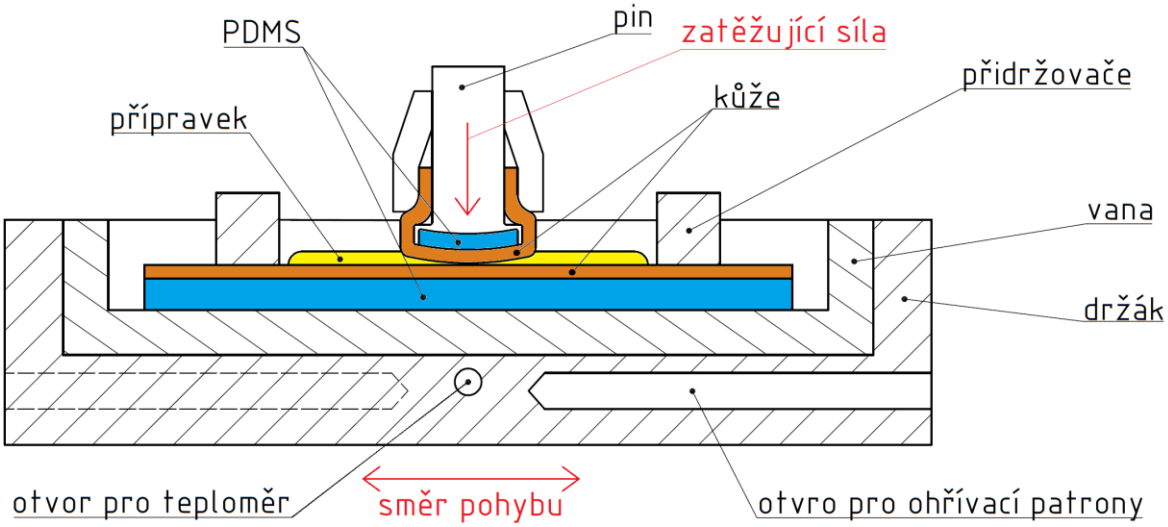
4.2 Měřicí zařízení

Všechna měření byla prováděna na tribometru Bruker UMT TriboLab (obr. 4-1). Přístroj dokáže simulovat třecí kontakt dvou těles. V místě kontaktu je jedna část pohyblivá ve vodorovném směru a druhá statická. Pohyblivá část je tvořena základní deskou přístroje, která koná vratný přímočarý posuvný pohyb. K desce je přišroubován držák, ve kterém jsou vytvořené tři otvory. Jeden je určen pro teploměr a dva pro ohřívací patrony. S jejich využitím lze celou soustavu udržovat na teplotě 37° C pro přesnější napodobení lidské kůže. V držáku je umístěna vana, do které se pokládá vzorek. Aby se vzorek ve vaně nepohyboval, je zajištěn pomocí dvou přidržovačů.

Nepohyblivé těleso neboli pin je drženo v objímce. Skrze pin je měřena třecí a normálová síla. Z těchto sil je následně dopočítáván součinitel tření. Přístroj je propojen s počítačem, přes který se ovládá a také se v něm zaznamenávají naměřená data. Hodnota součinitele tření je zaznamenávána 100krát za sekundu a ukládána ve formě tabulky v MS Excel.



Obr. 4-1 Tribometr Bruker UMT TriboLab při probíhajícím měření



Obr. 4-2 Schéma měřící aparatury

4.3 Parametry experimentu

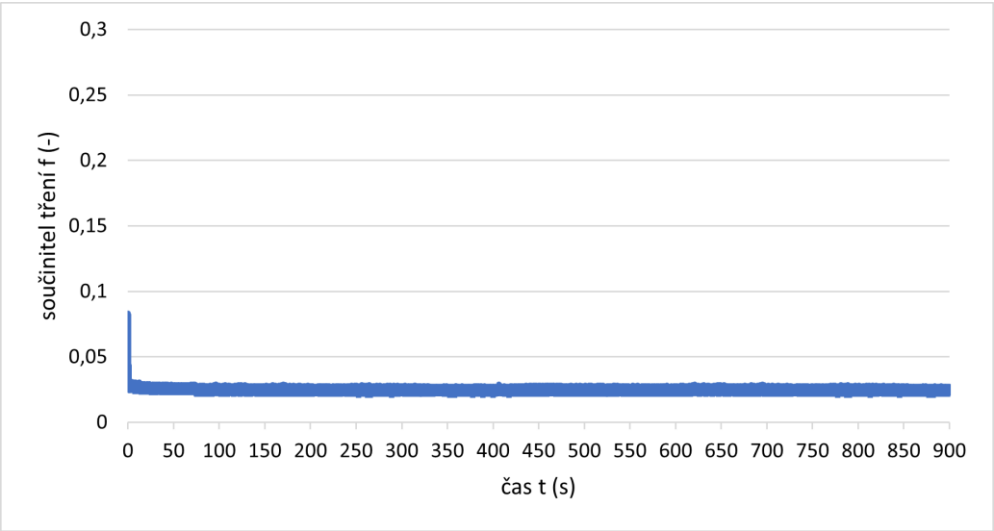
4.3.1 Nastavení a parametry přístroje

Pro napodobení lidského prstu jsem použil pin se zaoblením 30 mm. Zatěžující sílu, kterou je pin přitlačován ke vzorku, jsem zvolil 2 N. V porovnání se silami, které byly použity v článcích popsaných v rešeršní části, je zvolená hodnota trochu vyšší. Důvodem je to, že při použití menší zátěžné síly přístroj nedává konzistentní výsledky. Při masáži se také používá větší síla než na běžné roztírání kosmetických přípravků po kůži. Proto si myslím, že zvolená síla 2 N nebude mít na výsledky negativní vliv.

Rychlost pohybu v kontaktu se v článcích v rešerši různila. Zvolil jsem přibližně střední hodnotu 34 mm/s. Při volbě dráhy, na které dochází k vzájemnému pohybu, jsem byl omezen rozměry vany a umístěním přidržovačů. Zvolil jsem nejdelší možnou dráhu 17 mm.

4.3.2 Materiál kontaktních těles

Nejprve jsem pro simulaci kontaktu lidské kůže použil lékařský silikon polydimethylsiloxan (PDMS) s tvrdostí 30 Shore. Do vany jsem vložil plátek o tloušťce 3,5 mm a na pin přilepil menší plátek s tloušťkou 1 mm. Výsledek testu s použitím 0,4 ml oleje Nupreme zachycuje obr. 4-3.



Obr. 4-3 Závislost součinitele tření na čase při použití kontaktních těles z PDMS

Na grafu lze vidět, že součinitel tření zůstával po celou dobu na konstantní hodnotě. Potřeboval jsem, aby se s časem nějak měnil. Proto jsem použil hovězí kůži, která má schopnost vsakovat do sebe přípravky jako skutečná kůže a očekával jsem, že s ní už se součinitel tření bude s časem nějak vyvíjet. Kůže měla tloušťku přibližně 1,3 mm. Pro všechny další experimenty jsem vždy do vany vložil plátek z PDMS a na něj položil plátek hovězí kůže. Podobně pin s plátkem PDMS jsem přetáhl ještě plátkem kůže (viz schéma na obr. 4-2).

4.3.3 Množství přípravku a délka měření

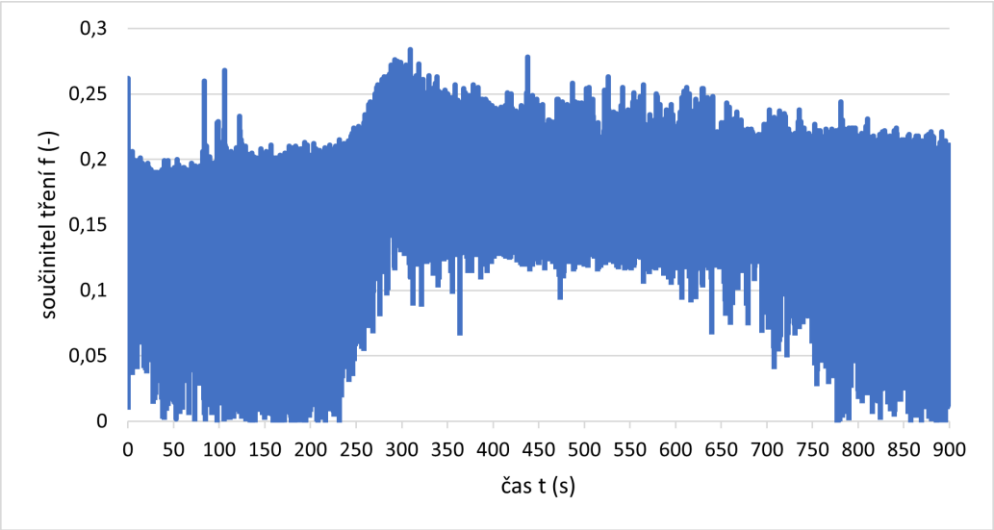
Potřeboval jsem ještě určit délku jednoho měření a také množství přípravku, které bych následně používal pro porovnávání přípravků mezi sebou. Vybral jsem jeden olej (Nupreme) a jeden krém (Emspoma), které měly největší balení. S nimi jsem se snažil najít vhodné množství pomocí následujícího postupu. Připravil jsem si do přístroje plátek PDMS a kůže. Použil jsem 0,1 ml oleje a nechal přístroj 10 minut běžet. Poté jsem na plátek kůže v přístroji přidal 0,3 ml oleje a nechal znovu 10 minut běžet. Nakonec jsem na stejný plátek přidal ještě 0,5 ml oleje a opět nechal proběhnout desetiminutový cyklus. Tento sled tří měření jsem opakoval 5 krát. Stejný principem jsem prováděl ještě experimenty s délkou jednoho měření 15 a 20 minut.

Z pozorování získaných výsledků jsem se rozhodl pro další experimenty používat 15minutové časové úseky. Podobně jako s olejem jsem postupoval i s krémem. Na jeden plátek jsem postupně nanesl 0,1, 0,3 a 0,5 ml krému. Po každé aplikaci jsem nechal přístroj běžet 15 minut. S krémem jsem tedy již neměřil úseky dlouhé 10 ani 20 minut. Celkem jsem provedl 5 experimentů s krémem.

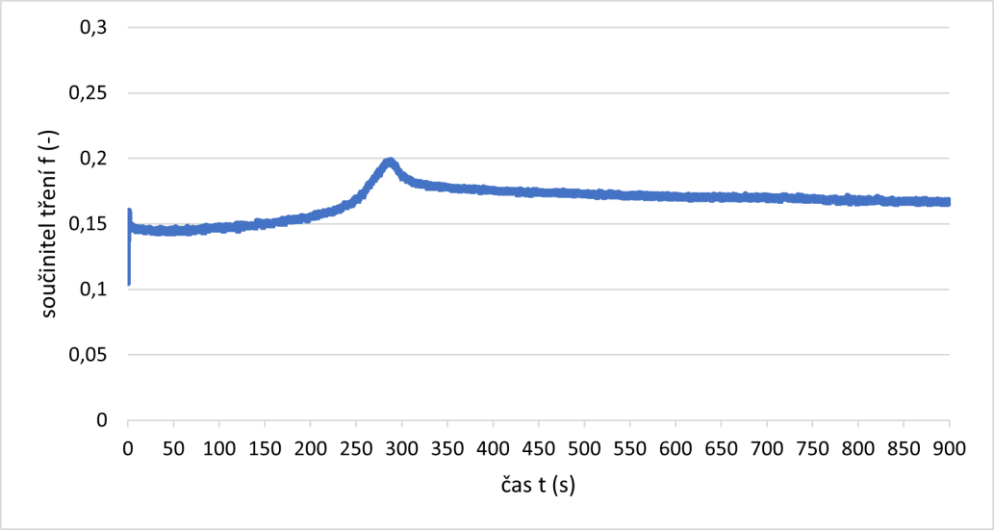
Po vyhodnocení získaných dat jsem se rozhodl pro následující postup při měření jednotlivých přípravků. Na plátek kůže podloženým PDMS jsem nejprve nanesl stříkačkou 0,4 ml přípravku. Nechal jsem proběhnout jedno 15minutové měření. Poté jsem na stejný plátek přidal ještě 0,2 ml přípravku a spustil další 15minutové měření. Tímto postupem jsem získal více dat na následné vyhodnocení a lépe využil kůži. S každým přípravkem jsem měření třikrát opakoval, abych zvýšil validitu výsledků. V průběhu některých měření jsem pořizoval snímky kontaktní plochy na plátku kůže, které jsem následně využil pro lepší pochopení vývoje součinitele tření v čase.

4.4 Zpracování dat

Získaná data z měření nešlo rovnou použít pro vytváření grafů. Nejprve jsem je musel vyhladit pomocí Savitzky-Golay filtru. K tomu jsem použil program Matlab s vestavěnou funkcí „sgolayfilt“. Z Matlabu jsem získal vyhlazená data opět ve formě tabulky, ze kterých jsem již následně vytvářel grafy v MS Excel. Rozdíl mezi daty před a po filtrování je patrný z obr. 4-4 a 4-5.



Obr. 4-4 Data před filtrací



Obr. 4-5 Data po filtraci

5 VÝSLEDKY

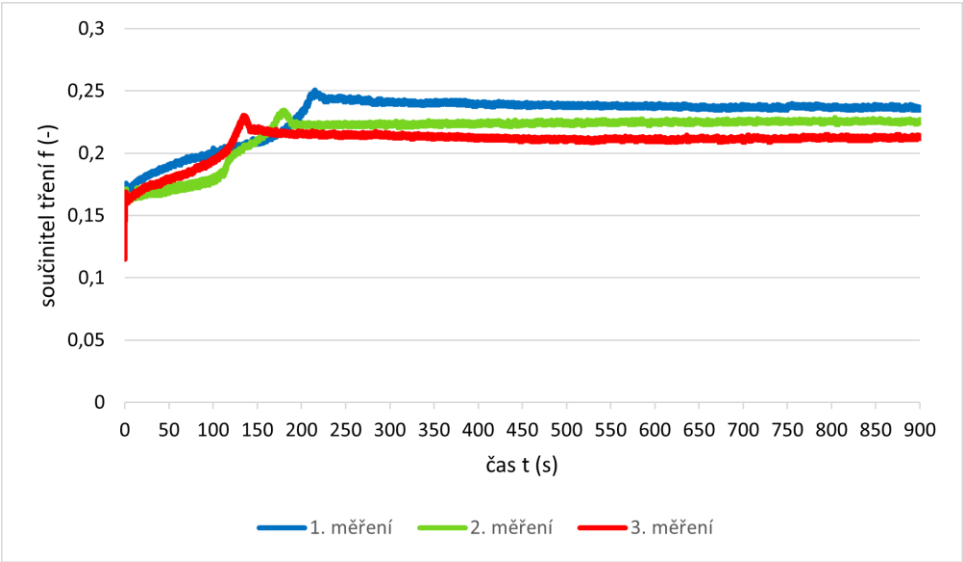
V této kapitole jsou ukázány výsledky laboratorních měření. Primárním výsledkem každého experimentu byl graf zobrazující vývoj součinitele tření v závislosti na čase. Pro každý přípravek byly vytvořeny vždy dva grafy – jeden pro použití 0,4 ml přípravku a jeden pro doplnění 0,2 ml. V každém grafu jsou zachycena tři měření (tři opakování). Pod grafy jsou umístěny fotografie. Časový údaj u každého snímku označuje moment, kdy byl pořízen.

5.1 Oleje

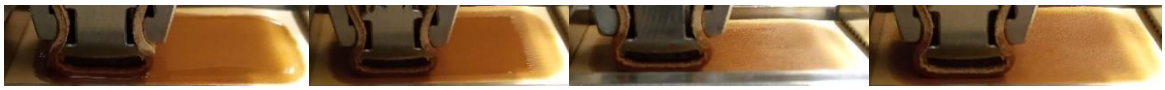
Všechny oleje vykazovaly podobné chování. Zpočátku se součinitel tření držel na konstantní hodnotě, případně velmi pozvolna rostl. Po nějaké době se růst zrychlil a poté se součinitel tření dostal na maximální hodnotu. Po překročení této hodnoty se mírně snížil a dále se udržoval na konstantní hodnotě, která se až do konce měření neměnila.

5.1.1 SynCare

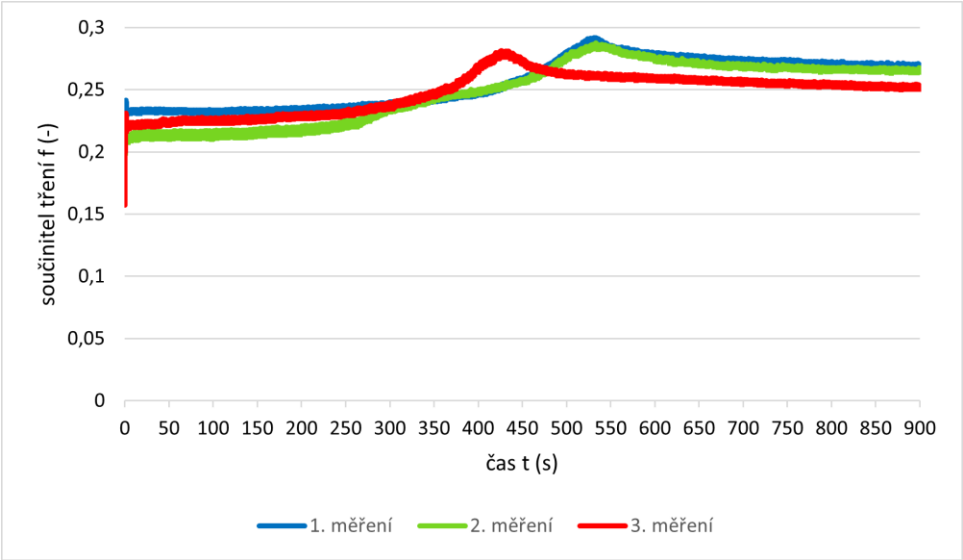
Olej značky SynCare se dostal v průběhu měření na nejvyšší hodnoty součinitele tření ze všech olejů.



40 s 190 s 220 s 540 s



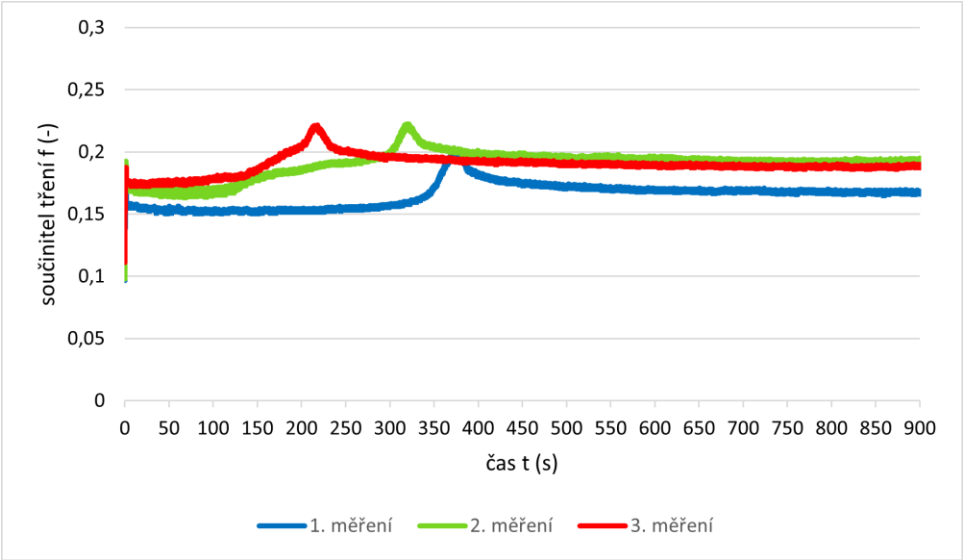
Obr. 5-1 Závislost součinitele tření na čase při aplikaci 0,4 ml přípravku, fotografie byly pořízeny při 2. měření



40 s 480 s 530 s 620 s

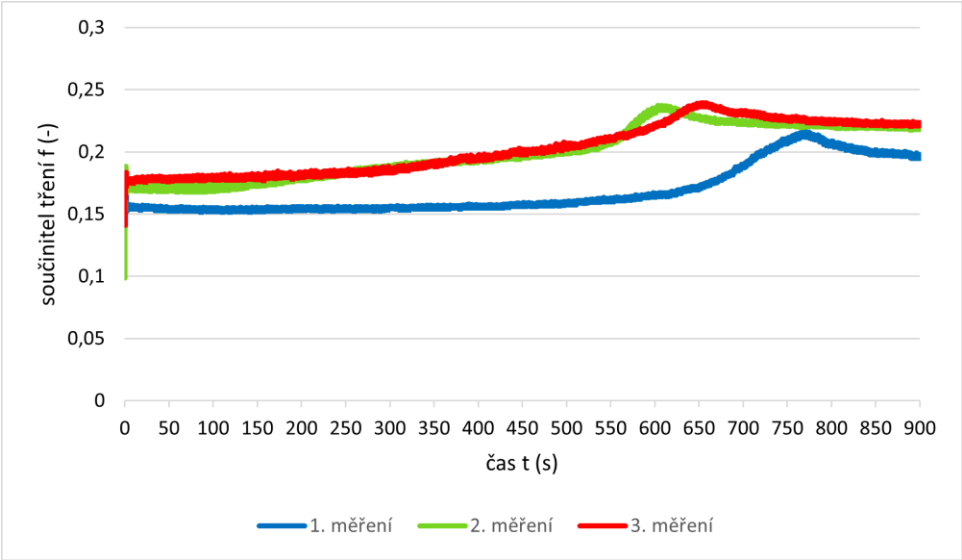
Obr. 5-2 Závislost součinitele tření na čase při doplnění 0,2 ml přípravku, fotografie byly pořízeny při 2. měření

5.1.2 Weleda

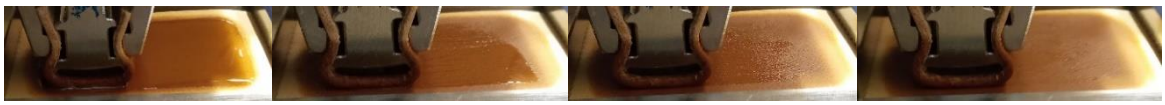


50 s 180 s 220 s 780 s

Obr. 5-3 Závislost součinitele tření na čase při aplikaci 0,4 ml přípravku, fotografie byly pořízeny při 3. měření



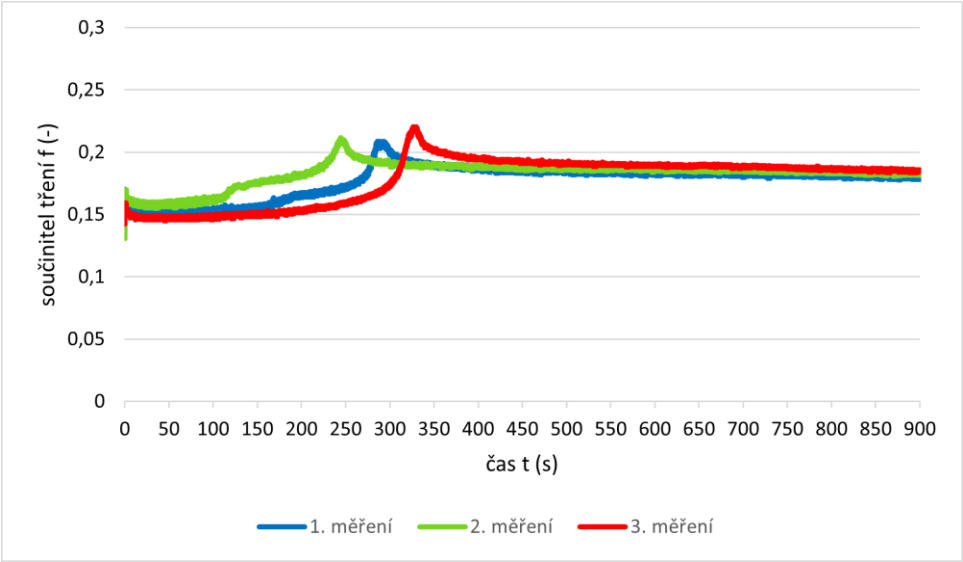
50 s 470 s 640 s 770 s



Obr. 5-4 Závislost součinitele tření na čase při doplnění 0,2 ml přípravku, fotografie byly pořízeny při 3. měření

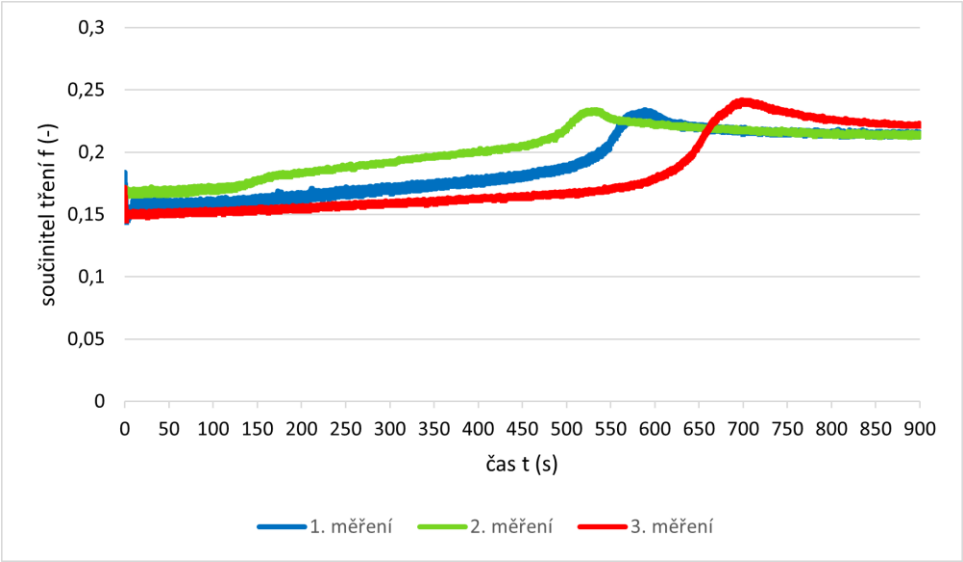
Už při porovnání prvních dvou olejů je vidět, že se mezi sebou liší v hodnotách součinitele tření v průběhu testů a také v době, za kterou dosáhnou maximální hodnoty součinitele tření.

5.1.3 Wolfberry



10 s 100 s 320 s 900 s

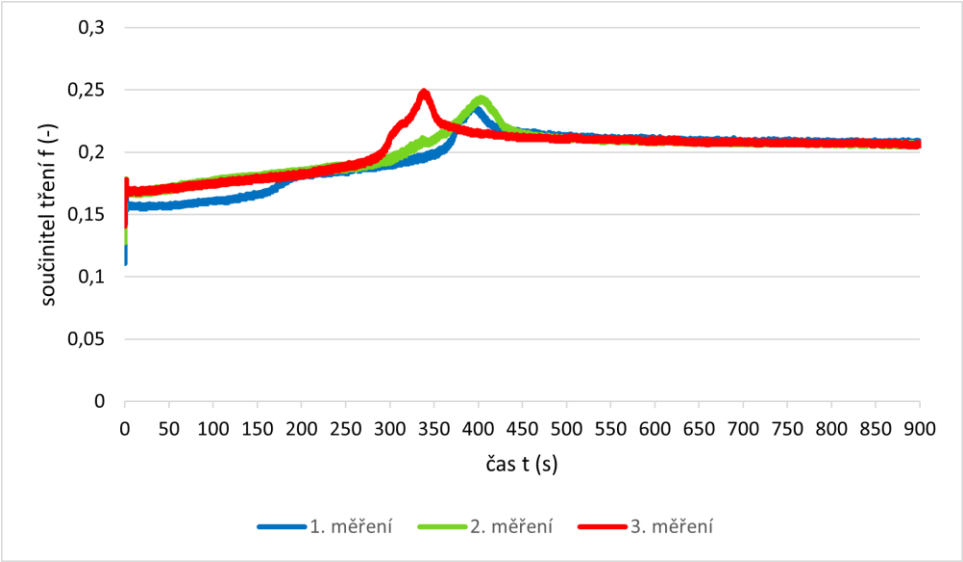
Obr. 5-5 Závislost součinitele tření na čase při aplikaci 0,4 ml přípravku, fotografie byly pořízeny při 2. měření



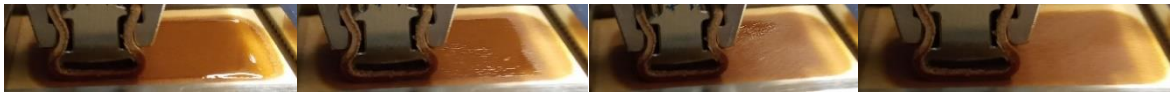
20 s 300 s 450 s 690 s

Obr. 5-6 Závislost součinitele tření na čase při doplnění 0,2 ml přípravku, fotografie byly pořízeny při 2. měření

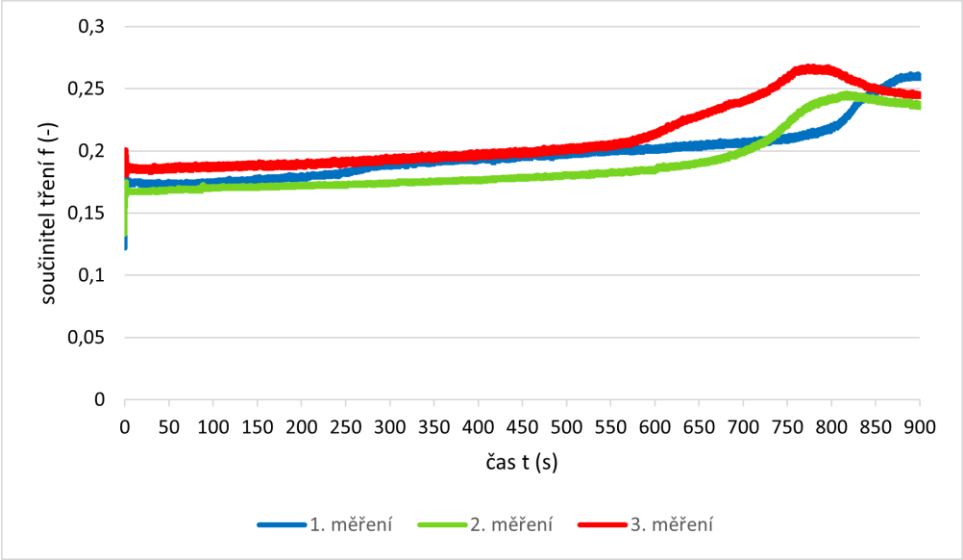
5.1.4 GlySkinCare



230 s 290 s 400 s 670 s



Obr. 5-7 Závislost součinitele tření na čase při aplikaci 0,4 ml přípravku, fotografie byly pořízeny při 1. měření

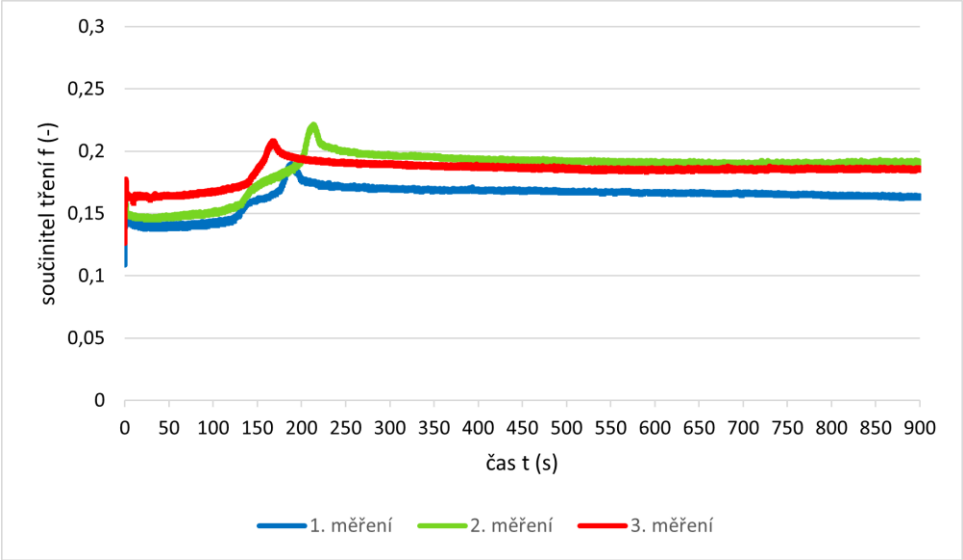


120 s 510 s 700 s 780 s

Obr. 5-8 Závislost součinitele tření na čase při doplnění 0,2 ml přípravku, fotografie byly pořízeny při 1. měření

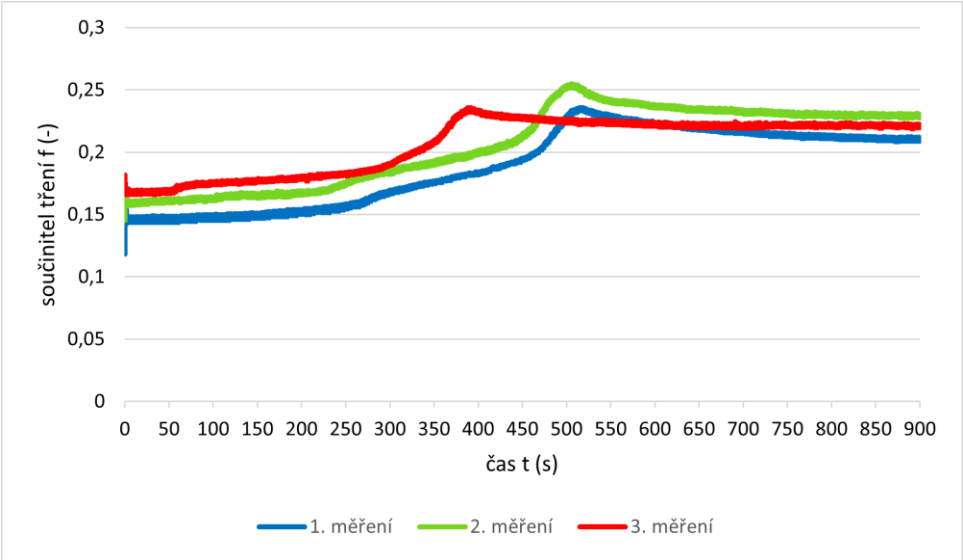
5.1.5 Nupreme

Na obr. 5-9 se při 1. měření olej dostal na nejnižší hodnotu součinitele tření ze všech olejů.



140 s 220 s 410 s 780 s

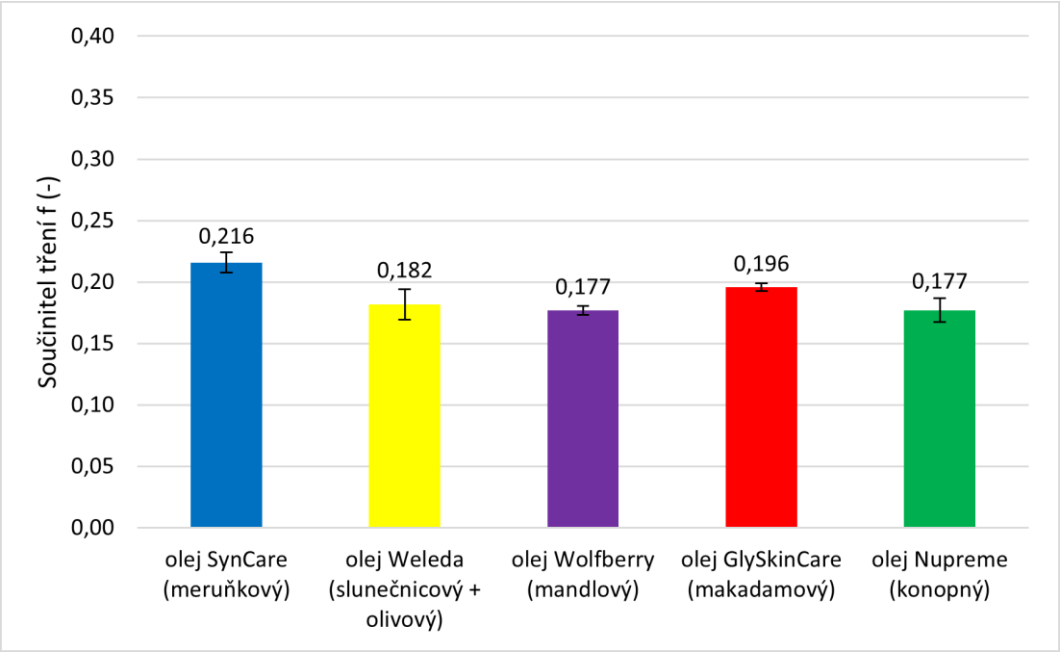
Obr. 5-9 Závislost součinitele tření na čase při aplikaci 0,4 ml přípravku, fotografie byly pořízeny při 1. měření



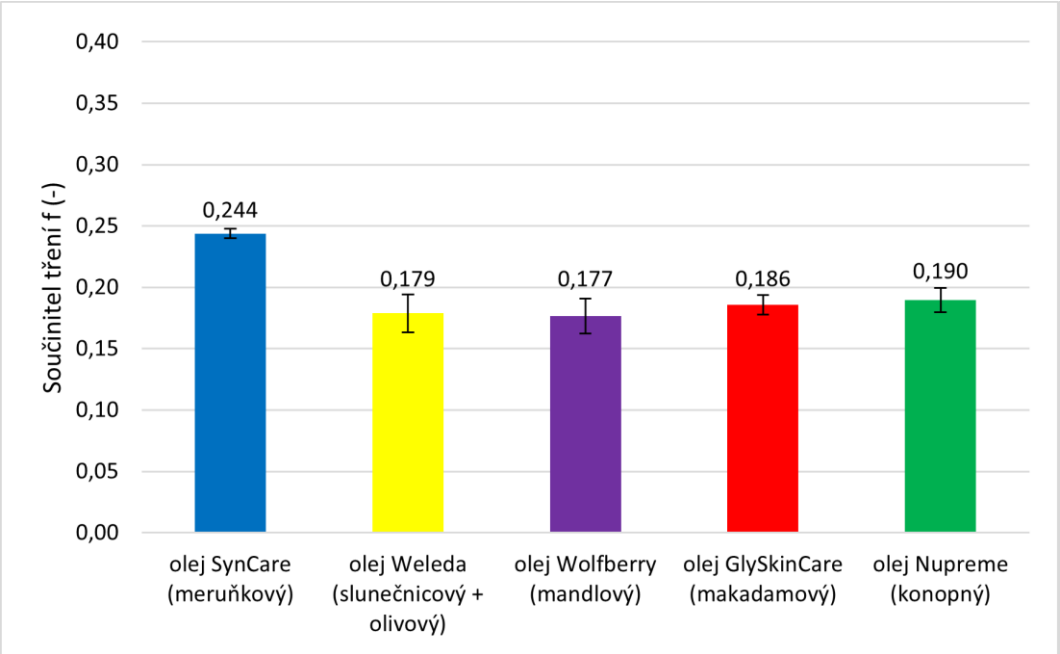
180 s 320 s 540 s 900 s

Obr. 5-10 Závislost součinitele tření na čase při doplnění 0,2 ml přípravku, fotografie byly pořízeny při 1. měření

Pro lepší porovnatelnost jednotlivých olejů jsem vytvořil grafy, který zobrazuje průměrné hodnoty součinitele tření ze všech tří měření. Hodnotu u každého oleje jsem získal tak, že jsem určil průměrnou hodnotu u jednotlivých 15minutových měření. Tím jsem získal celkem 6 hodnot pro každý olej – tři pro množství 0,4 ml a tři pro doplněné množství 0,2 ml. Zprůměrováním tří hodnot pro každé množství jsem získal dvě hodnoty, které jsou použity v grafech.



Obr. 5-11 Porovnání průměrných hodnot součinitele tření olejů při aplikaci 0,4 ml přípravku

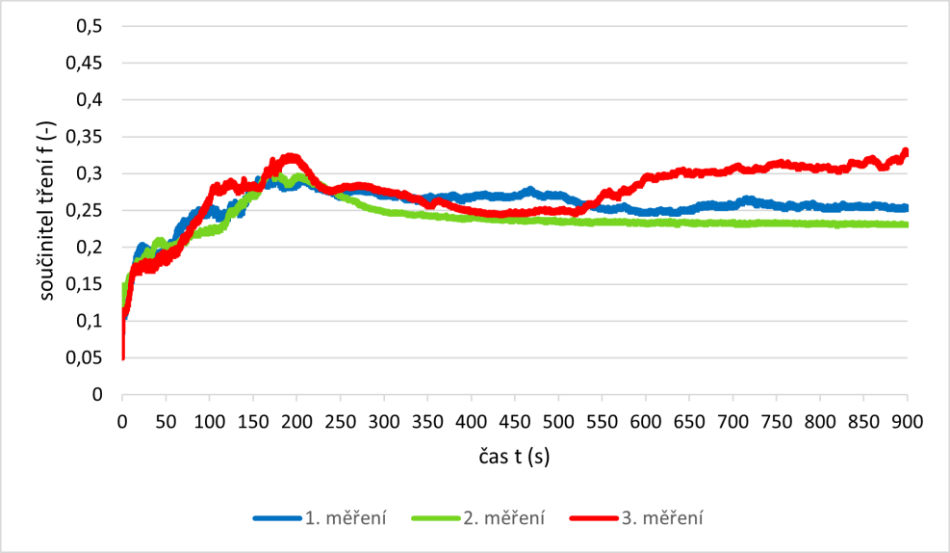


Obr. 5-12 Porovnání průměrných hodnot součinitele tření olejů při doplnění 0,2 ml přípravku

5.2 Krémy

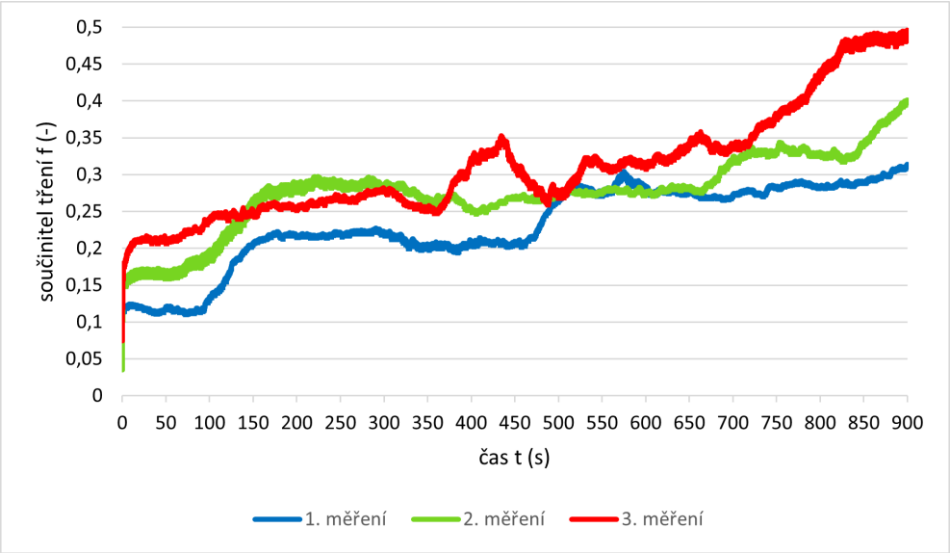
Na rozdíl od olejů, krémy se ve svém chování více lišily. V průběhu testu se u každého krému vyvíjel součinitel tření jinak. Nešlo obecně popsat trendy, které by byly pozorovatelné u všech krémů současně.

5.2.1 SynCare



13 s 100 s 330 s 800 s

Obr. 5-13 Závislost součinitele tření na čase při aplikaci 0,4 ml přípravku, fotografie byly pořízeny při 2. měření

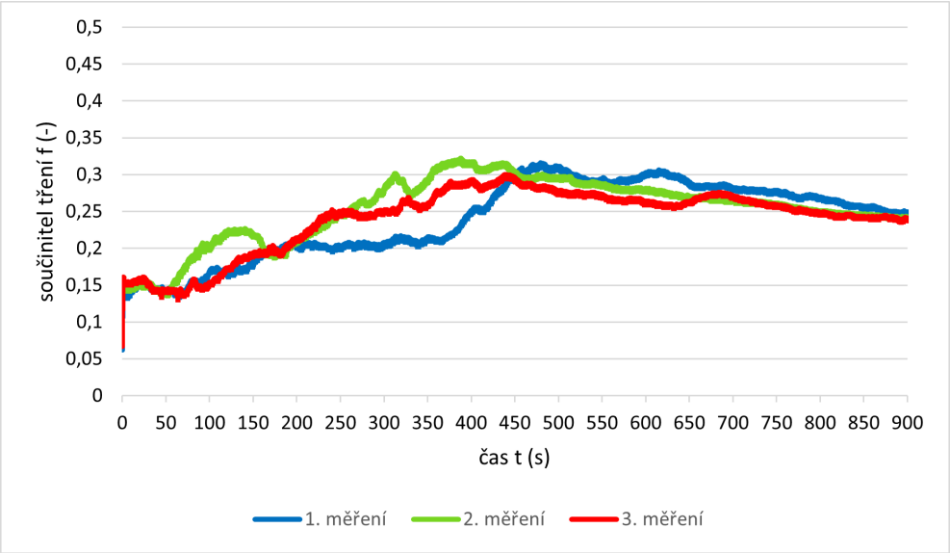


70 s 330 s 510 s 750 s

Obr. 5-14 Závislost součinitele tření na čase při doplnění 0,2 ml přípravku, fotografie byly pořízeny při 2. měření

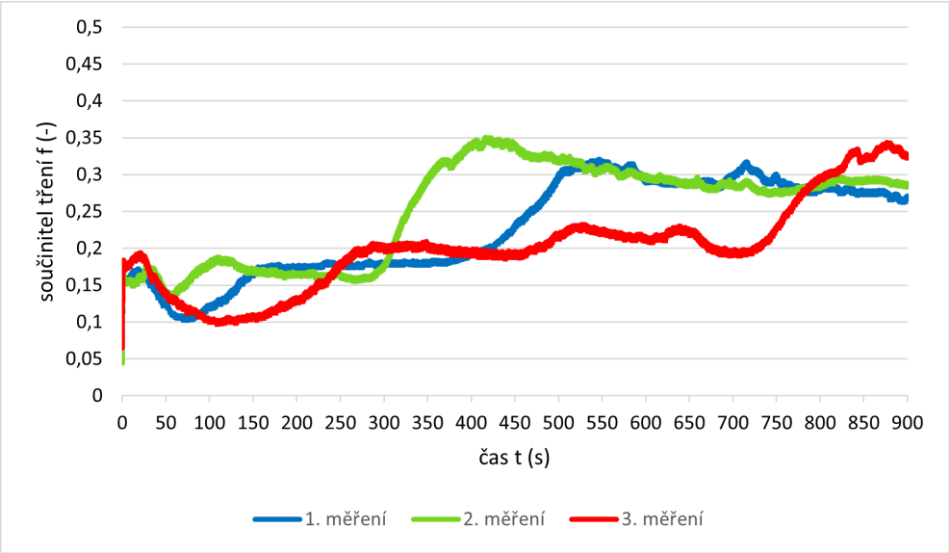
5.2.2 Alpa

Na obr. 5-16 je vidět u všech měření zajímavý pokles hodnoty součinitele tření asi 30 s po zahájení.

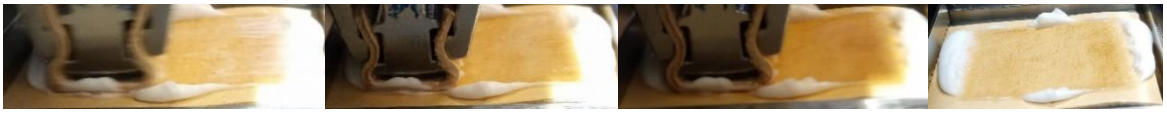


10 s 280 s 530 s 900 s

Obr. 5-15 Závislost součinitele tření na čase při aplikaci 0,4 ml přípravku, fotografie byly pořízeny při 3. měření



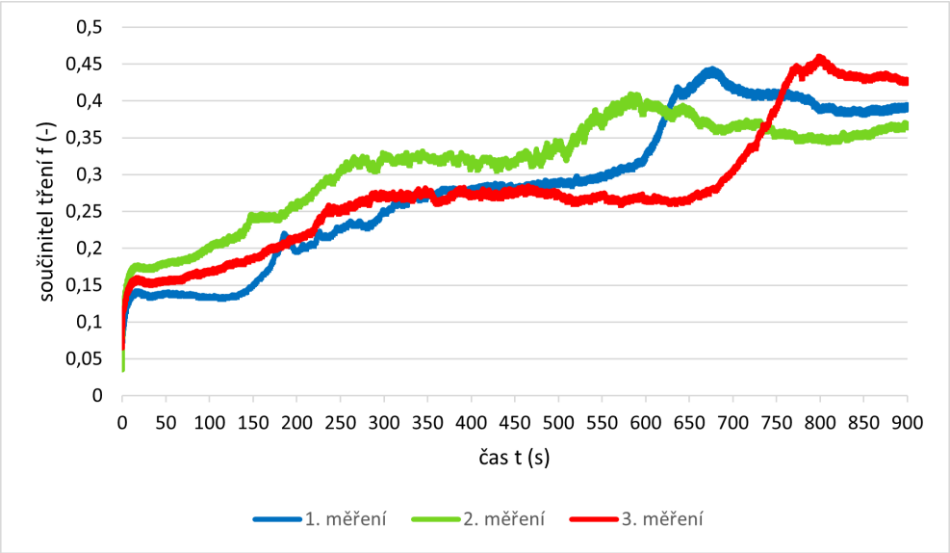
20 s 120 s 500 s 900 s



Obr. 5-16 Závislost součinitele tření na čase při doplnění 0,2 ml přípravku, fotografie byly pořízeny při 3. měření

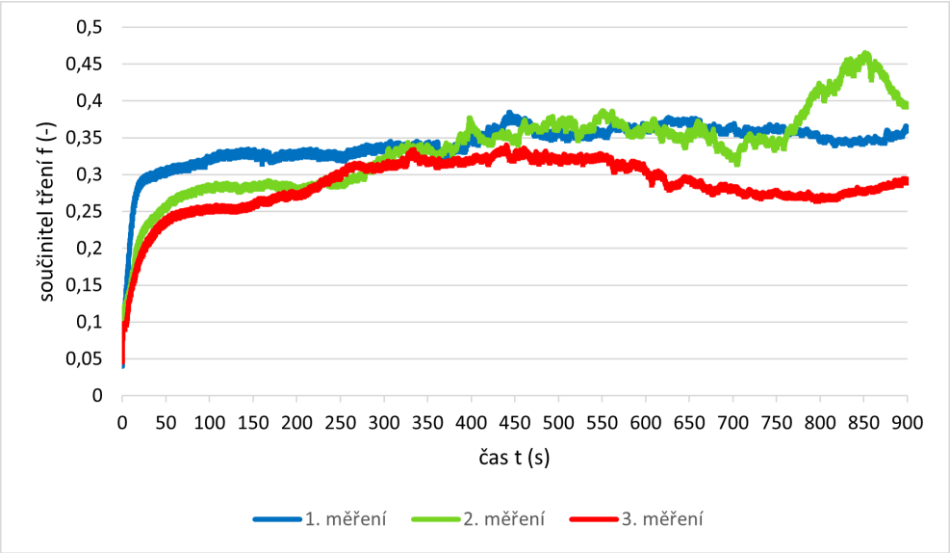
5.2.3 Emspoma

Na obr. 5-17 má součinitel tření rostoucí tendenci, zatímco na obr. 5-18 se hodnota v průběhu měření výrazně neměnila.



110 s 300 s 510 s 740 s

Obr. 5-17 Závislost součinitele tření na čase při aplikaci 0,4 ml přípravku, fotografie byly pořízeny při 2. měření

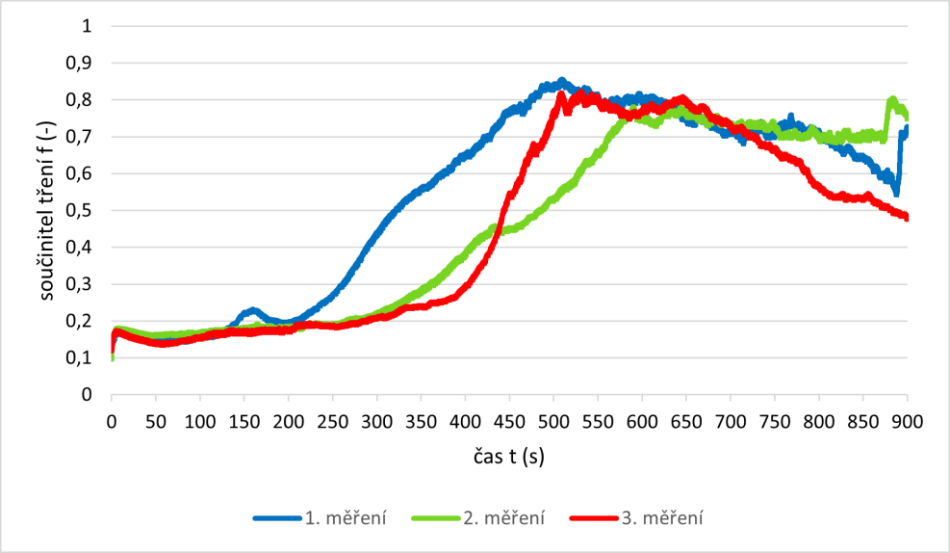


110 s 220 s 380 s 580 s

Obr. 5-18 Závislost součinitele tření na čase při doplnění 0,2 ml přípravku, fotografie byly pořízeny při 2. měření

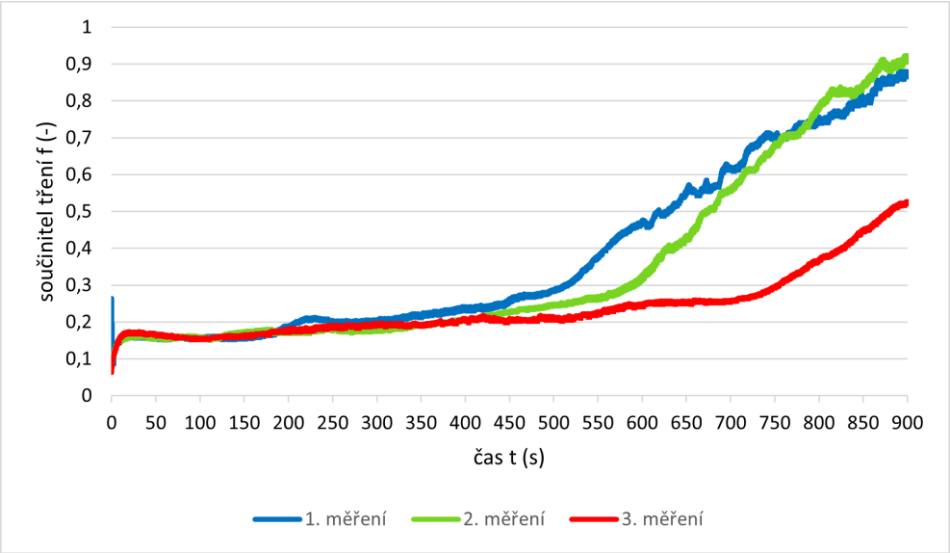
5.2.4 Health Culture

U obou grafů je na svislé ose použito jiné měřítko než u ostatních krémů.



15 s 80 s 390 s 840 s

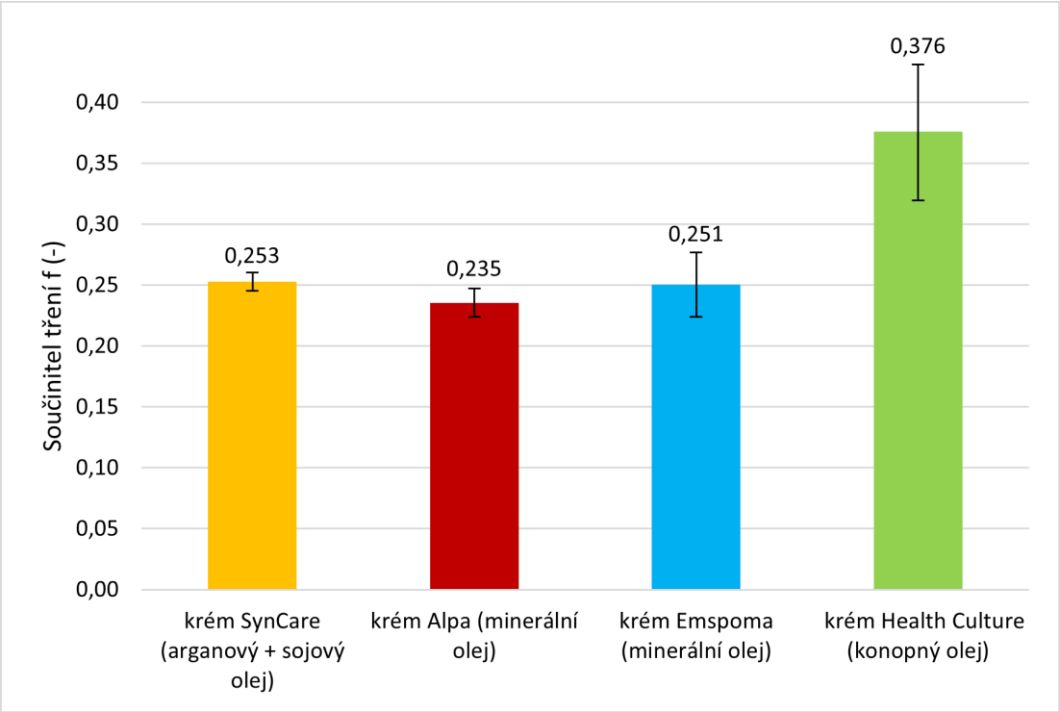
Obr. 5-19 Závislost součinitele tření na čase při aplikaci 0,4 ml přípravku, fotografie byly pořízeny při 2. měření



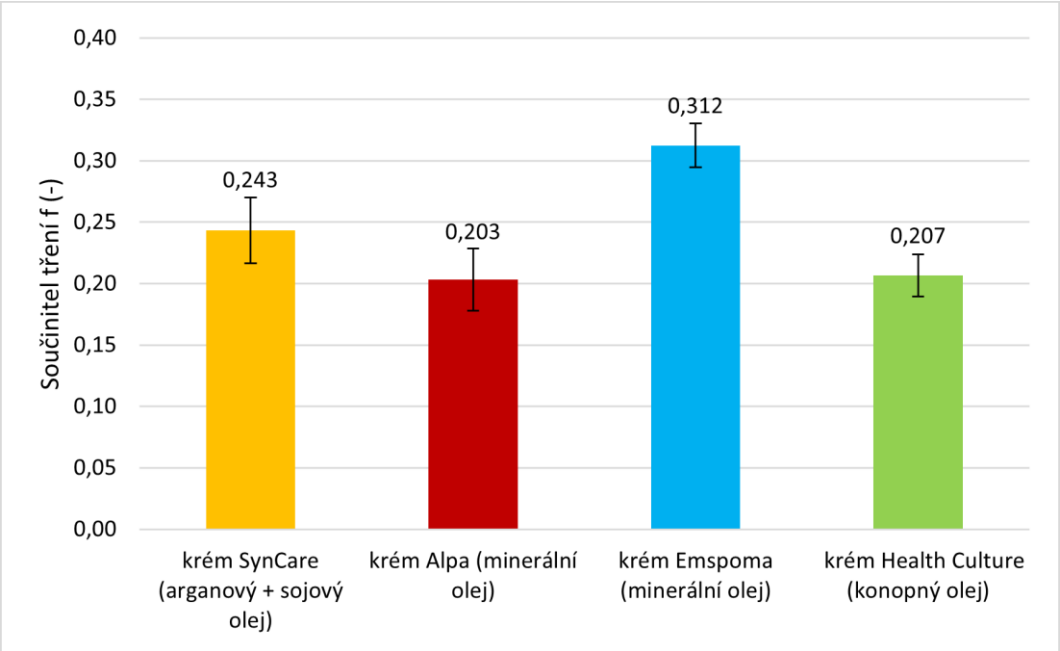
45 s 150 s 440 s 820 s

Obr. 5-20 Závislost součinitele tření na čase při doplnění 0,2 ml přípravku, fotografie byly pořízeny při 2. měření

Stejně jako u olejů jsem i u krémů vytvořil grafy, které zobrazují průměrné hodnoty součinitele tření ze všech tří měření.



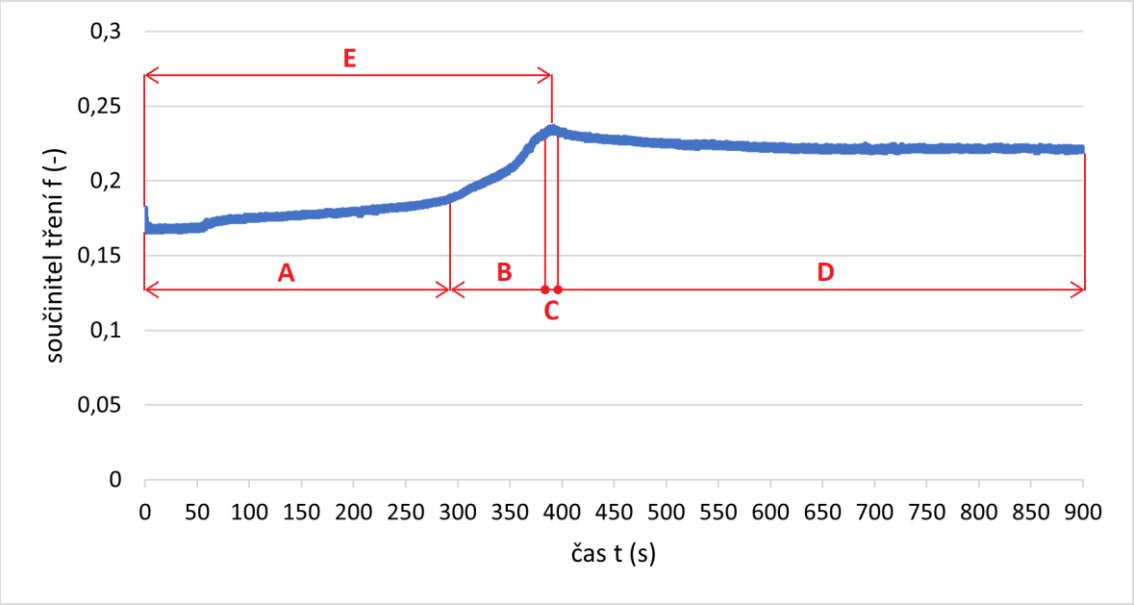
Obr. 5-21 Porovnání průměrných hodnot součinitele tření krémů při aplikaci 0,4 ml přípravku



Obr. 5-22 Porovnání průměrných hodnot součinitele tření krémů při doplnění 0,2 ml přípravku

6 DISKUZE

Oleje se během měření chovaly jednotvárně. Při sledování kontaktu třecích těles v průběhu experimentu se mi podařilo zjistit, proč tomu tak bylo. Vybral jsem jedno měření konopného oleje Nupreme, na kterém popíšu typický vývoj součinitele tření v průběhu měření.

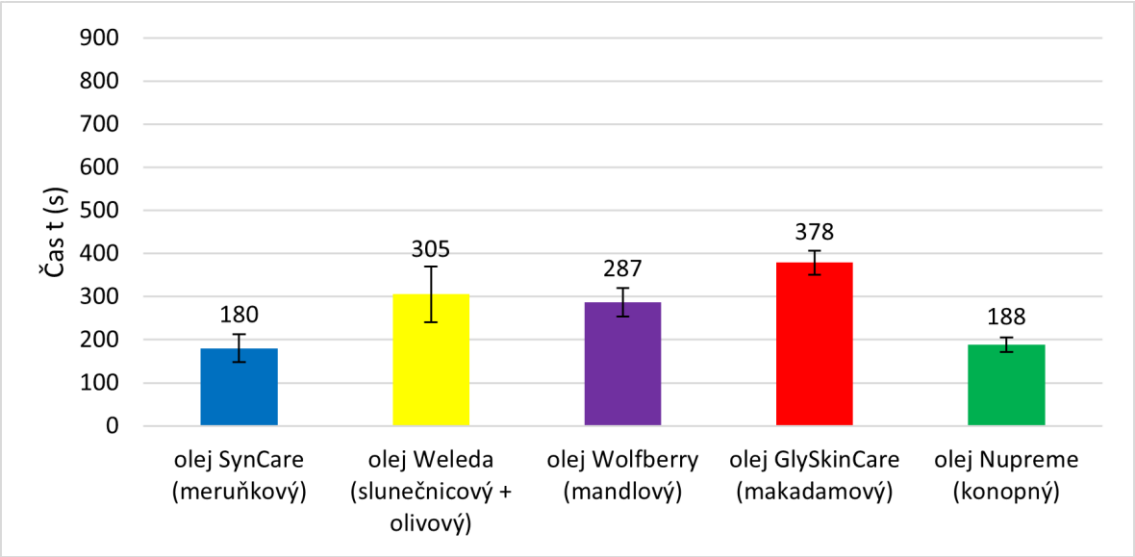


Obr. 6-1 Vývoj součinitele tření při použití konopného oleje Nupreme s vyznačenými významnými úseky

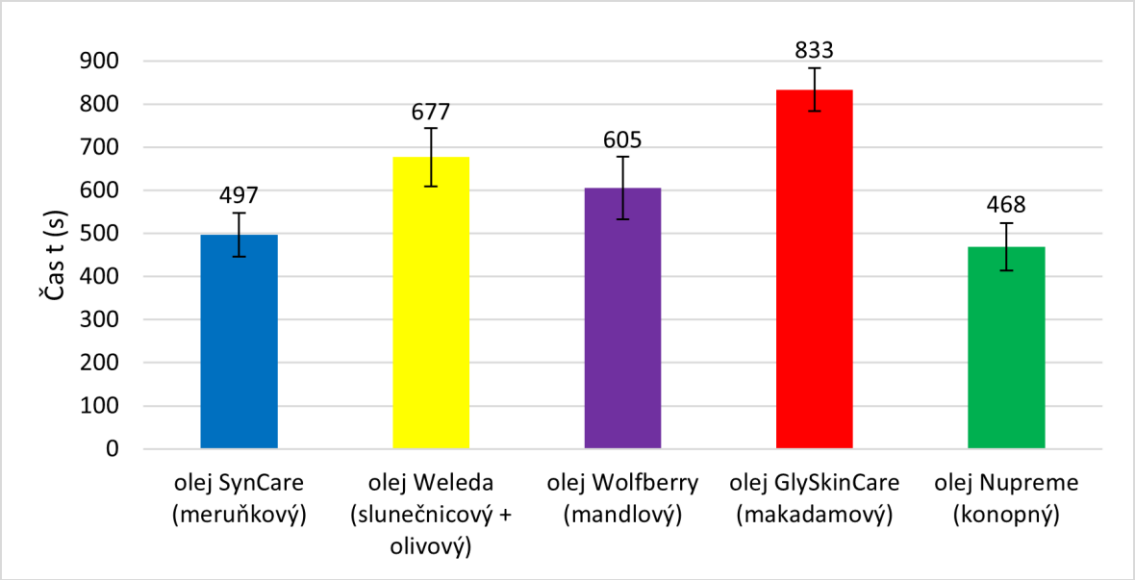
Olej se z počátku experimentu držel v kapalné formě na povrchu plátku kůže. V grafu (obr. 6-1) je tato oblast označena písmenem A. Lze vidět, že v této části se součinitel tření drží na konstantní hodnotě, případně velmi pomalu roste. Olej se postupně vsakoval do kůže a na jejím povrchu ho ubývalo. Po určité době došlo ke vsáknutí takového množství oleje, že zbylé množství na povrchu již nedostatečně lubrikovalo kontakt, a proto se součinitel tření začal zvyšovat. Jeho růst se postupně zrychloval s ubývajícím množstvím oleje (úsek B v grafu). V okamžiku, kdy došlo ke vsáknutí veškerého oleje, dosáhl součinitel tření své maximální hodnoty (oblast C). Po vsáknutí součinitel tření mírně klesl a ustálil se na konstantní hodnotě (úsek D), která byla vždy vyšší než hodnota v oblasti A. Po vsáknutí oleje se kůže vizuálně již nijak neměnila.

Zkoumané oleje se od sebe lišily délkami jednotlivých úseků a také hodnotami součinitele tření v odpovídajících úsecích. Významným faktorem, kterým se oleje různí, je doba, za kterou se všechen olej vsákl. Tedy doba od začátku měření do momentu, kdy byl součinitel tření na maximální hodnotě. V grafu je tento časový úsek označen kótou E.

Pro lepší porovnání doby, za kterou dojde ke vsáknutí veškerého oleje do kůže (kóta E), jsem vytvořil dva grafy (obr. 6-2 a 6-3). Sloupce u každého oleje zobrazují čas, za který dojde k úplnému vsáknutí oleje. Hodnota je vždy určena jako průměr ze všech tří měření.



Obr. 6-2 Doba do vsáknutí oleje při aplikaci 0,4 ml oleje



Obr. 6-3 Doba do vsáknutí oleje při doplnění 0,2 ml oleje

Doba do vsáknutí je parametr vhodný pro porovnání olejů z hlediska trvanlivosti, protože by mohla reflektovat dobu, po kterou by šlo provádět skutečnou masáž s dostatečnou lubrikací, a tedy bez potřeby doplňovat masážní přípravek. Na obou grafech (obr. 6-2 a 6-3) je vidět, že vsakování trvalo nejdéle makadamovému oleji značky GlySkinCare. Podle toho lze prohlásit, že tento olej má nejlepší trvanlivost.

V grafu na obr. 6-3 dosahují všechny oleje výrazně vyšších hodnot než v grafu na obr. 6-2. Pravděpodobně je to způsobeno tím, že po doplnění 0,2 ml oleje je již v kůži vsáknuto 0,4 ml oleje, a proto je další vsakování obtížnější a trvá delší dobu.

Při pohledu na grafy na obr. 5-11 a 5-12 je vidět, že nejnižších průměrných hodnot součinitele tření dosáhl mandlový olej značky Wolfberry. Ke stejnému závěru lze dojít, při porovnání výsledných grafů měření jednotlivých přípravků. Rozdíly v hodnotách však nejsou příliš velké s výjimkou oleje SynCare, který dosahoval mírně vyšších hodnot v porovnání s ostatními oleji.

Vzhledem k tomu, že chování jednotlivých krému nebylo tak jednotné jako u olejů, nebylo možné vybrat jednoho zástupce a u něj popsat trendy ve vývoji součinitele tření v průběhu experimentu, které by byly pozorovatelné u všech krémů. I v případě porovnání jednotlivých měření u jednoho přípravku za stejných podmínek bylo možné pozorovat větší rozdíly, než tomu bylo u olejů. Nenašel jsem žádný vhodný parametr (jako byla u olejů doba do vsáknutí), pomocí kterého by šla trvanlivost krémů efektivně srovnat. Nepodařilo se mi nalézt souvislost mezi vzhledem kontaktní plochy kůže a chováním součinitele tření v průběhu měření. U všech krému došlo krátce po spuštění měření k rozetření přípravku mimo kontakt třecích těles a dále se vzhled kontaktních ploch nijak výrazně neměnil. U součinitele tření však často docházelo ke změnám i v pozdějších fázích měření.

Při porovnání krémů podle průměrných hodnot součinitele tření dosáhly podle obr. 5-22 krémy Alpa a Health Culture přibližně stejného výsledku. Podle obr. 5-21 má však krém Health Culture jednoznačně nejvyšší součinitel tření. Pro lepší srovnání je třeba se podívat na chování součinitele tření v průběhu celých měření (obr. 5-16, 5-16, 5-19 a 5-20). Krém Health Culture si po začátku měření udržoval součinitel tření na neměnné nízké hodnotě, ale po určité době začal růst na hodnoty velmi vysoké. Krém Alpa se zpočátku také držel na nízkých hodnotách, které se však začaly zvyšovat dříve než u krému Health Culture. Na druhou stranu se ani zdaleka nepřiblížily k tak vysokým hodnotám, na které se dostal krém Health Culture. Rozhodnout, který krém je lepší, už asi záleží na konkrétním použití krému. Zda potřebujeme krém s konstantní hodnotou součinitele tření a nebude nám vadit častější doplňování přípravku, anebo nám vyhovuje více krém se součinitelem tření, který se v průběhu masáže mírně mění, ale zase nám vydrží delší dobu bez doplňování.

U každého přípravku se mezi jednotlivými měřeními vyskytly menší či větší odlišnosti. Největší podíl na vzniku těchto rozdílů přikládám použití hovězí kůže. Jedná se o materiál biologického původu, a proto nelze zaručit, že všechny použité vzorky měly stejné vlastnosti. Příčinou větší variability výsledků v případě krému může být také to, že velká část krému se dostala mimo kontakt. Nebylo však nijak měřitelné, kolik krému v kontaktu zůstalo, a u každého krému a měření mohlo jít o jiné množství.

Souhlasím s tvrzením z [4], že pro lepší pochopení naměřených výsledků, je dobré vizuální pozorování probíhajícího experimentu. Právě díky sledování kontaktu během měření v souvislosti s naměřenými daty, se mi podařilo objasnit, proč vypadají grafy u olejů tak, jak vypadají.

7 ZÁVĚR

Ve své práci jsem analyzoval vlastnosti masážních krémů a olejů. Cílem bylo jednotlivé přípravky porovnat mezi sebou na základě provedených laboratorních měření. Všechny experimenty byly prováděny na tribometru Bruker UMT TriboLab. Zpočátku byl používán pro napodobení lidské kůže silikon PDMS, který se však brzy ukázal jako nevhodný. Proto byl doplněn hovězí kůží, která do sebe dokáže vsakovat přípravky a lépe tak vystihuje vlastnosti lidské kůže.

Z měření byly získány grafy závislostí součinitele tření na čase, které byly následně využity pro porovnání přípravků. Pro lepší představu o vlastnostech olejů a krémů a pro jejich porovnání byly vytvořeny grafy s průměrnými hodnotami součinitele tření. Grafy všech olejů vypadaly velmi podobně. V průběhu měření se podařilo objevit užitečný parametr – dobu, za kterou se olej vsákne. Díky tomuto parametru lze snadno zhodnotit jednotlivé oleje z hlediska trvanlivosti. Ukázalo se, že nejlepší trvanlivost ze zkoumaných olejů má makadamový olej značky GlySkinCare. Jako olej s nejlepšími kluznými vlastnostmi pak vyšel mandlový olej značky Wolfberry. Rozdíly mezi oleji v tomto ohledu však nebyly příliš velké.

U výsledků měření krémů byla vidět větší variabilita. Každý krém měl své typické chování. Nepodařilo se nalézt žádný vhodný parametr pro porovnání trvanlivosti jako u olejů. Při porovnávání krémů bylo třeba dívat se na grafy z jednotlivých měření, na kterých bylo možné sledovat odlišné chování. Podle tvaru grafů by bylo možné vybrat si krém pro konkrétní aplikaci.

Cíle práce byly naplněny v plném rozsahu. Použitá metoda zkoumání masážních přípravků se jeví jako prakticky využitelná. Není však dokonalá a určitě by bylo možné nalézt několik modifikací, které by ještě zlepšily nebo zpřesnily získané výsledky. Jedna z možností jak ji vylepšit by mohlo být nalezení syntetického materiálu, který by měl schopnost vsakovat do sebe přípravky. Zároveň by měl materiál ve všech svých částech stejné vlastnosti, což u hovězí kůže není možné a negativně to ovlivňuje výsledky experimentů. Další možností pro zlepšení by mohlo být upravení metody tak, aby při měření krémů nedocházelo k roztírání maziva mimo kontakt třecích těles. Nebo nějakým způsobem měřit množství krému mimo kontakt a následně tuto informaci zapracovat do interpretace výsledků.

8 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

[1] FRISCH, Suzy. The Science Behind Massage. In: *Mpls.St.Paul Magazine* [online]. 25.12.2018 [cit. 2022-05-12]. Dostupné z: https://mspmag.com/health-and-fitness/the-science-behind-massage/

[2] FLORIDA ACADEMY. The Science Behind Massage Therapy. *Florida Academy* [online]. 13.8.2019 [cit. 2022-05-12]. Dostupné z: https://florida-academy.edu/science-behind-massage-therapy/

[3] VLČEK, Martin. *Alternativní masážní směry* [online]. Brno, 2007 [cit. 2022-05-12]. Dostupné z: https://is.muni.cz/th/niflp/text_prace.doc. Bakalářská práce. Masarykova univerzita v Brně, Fakulta sportovních studií, Katedra sportovní medicíny a zdravotní tělesné výchovy. Vedoucí práce MUDr.Kateřina Kapounková.

[4] KUSAKARI, Ken a et al. Evaluation of post-application rheological changes in cosmetics using a novel measuring device. *Journal of cosmetic science* [online]. 2003, **54**(4), 321-333 [cit. 2022-04-10]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/profile/Ken-Kusakari/publication/9064589_Evaluation_of_post-application_rheological_changes_in_cosmetics_using_a_novel_measuring_device_Relationship_to_sensory_evaluation/links/0a85e5383f3d774faa000000/Evaluation-of-post-application-rheological-changes-in-cosmetics-using-a-novel-measuring-device-Relationship-to-sensory-evaluation.pdf

[5] HORIUCHI, Keita et al. Relationship Between Tactile Sensation and Friction Signals in Cosmetic Foundation. *Tribology Letters* [online]. 2009, **36**, 113-123 [cit. 2022-04-10]. Dostupné z: doi:10.1007/s11249-009-9466-y

[6] JIMÉNEZ, A.-E. a M.-D. BERMÚDEZ. Friction and wear. *Tribology for Engineers* [online]. 2011, 33-63 [cit. 2022-04-10]. Dostupné z: doi:10.1533/9780857091444.33.

[7] TIMM, K. et al. Particulate lubricants in cosmetic applications. *Tribology International* [online]. 2011, **44**(12), 1695-1703 [cit. 2022-04-10]. ISSN 0301-679X. Dostupné z: doi:10.1016/j.triboint.2011.06.017.

[8] DING, Shuyang a Bharat BHUSHAN. Tactile perception of skin and skin cream by friction induced vibrations. *Journal of Colloid and Interface Science* [online]. 2016, (481), 131-143 [cit. 2022-04-10]. ISSN 0021-9797. Dostupné z: doi:10.1016/j.jcis.2016.07.034.

[9] SAVARY, Géraldine et al. Instrumental and sensory methodologies to characterize the residual film of topical products applied to skin. *Skin Research and Technology* [online]. 2019, **25**(4), 415-423 [cit. 2022-05-04]. Dostupné z: doi:10.1111/srt.12667

[10] *Courage + Khazaka electronic GmbH* [online]. [cit. 2022-05-06]. Dostupné z: https://www.courage-khazaka.de/en/scientific-products/all-products/probe-systems/16-wissenschaftliche-produkte/alle-produkte/175-frictiometer-e

[11] *SynCare* [online]. [cit. 2022-05-07]. Dostupné z: https://www.syncare.cz/obchod/masazni-olej-bio

[12] *Weleda* [online]. [cit. 2022-05-07]. Dostupné z: https://www.weleda.cz/product/a/masazni-olej-s-arnikou

[13] *Wolfberry* [online]. [cit. 2022-05-07]. Dostupné z: https://www.wolfberry.cz/mandlovy-olej-wolfberry-bio-100-ml.html

[14] *Dr.Max* [online]. [cit. 2022-05-07]. Dostupné z: https://www.drmax.cz/biotter-100-macadamia-oil-30ml

[15] *Nupreme* [online]. [cit. 2022-05-07]. Dostupné z: https://www.nustore.cz/bio-konopny-olej-250ml/

[16] *SynCare* [online]. [cit. 2022-05-07]. Dostupné z: https://www.syncare.cz/obchod/pletovy-masazni-krem-s-arganovym-olejem

[17] *Alpa* [online]. [cit. 2022-05-07]. Dostupné z: https://www.alpa.cz/cs/e-shop/36-alpa-krem-masazni

[18] *Emspoma* [online]. [cit. 2022-05-07]. Dostupné z: https://emspoma.cz/masazni-emulze/emspoma-sport-emulze-regeneracni-velke-baleni/

[19] *Nonstop-Lékárna* [online]. [cit. 2022-05-07]. Dostupné z: https://nonstop-lekarna.cz/medic-progress-konopne-mazani-10-250-ml-70271/srovnani-cen

9 SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ

Obr. 2-1 Schéma měřícího přístroje [4] 15

Obr. 2-2 Příklad výsledku měření se zaoblenou sondou, křivky odpovídají jednotlivým přípravkům [4] 15

Obr. 2-3 Ukázka lineární funkce pro hedvábný pocit [5] 17

Obr. 2-4 Schéma měřícího přístroje [7] 18

Obr. 2-5 Graf zobrazující vliv koncentrace prášku na chování součinitele tření [7] .. 19

Obr. 2-6 Graf zobrazující vliv velikosti částic prášku na chování součinitele tření [7]... 20

Obr. 2-7 Tabulka zobrazující průměrnou hodnotu součinitele tření při jednotlivých měřeních [8] 22

Obr. 2-8 Přístroj frictiometer FR 700 při použití [10] 23

Obr. 2-9 Výsledky měření pomocí přístroje frictiometer FR 700 [9] 24

Obr. 4-1 Tribometr Bruker UMT TriboLab při probíhajícím měření 28

Obr. 4-2 Schéma měřící aparatury 28

Obr. 4-3 Závislost součinitele tření na čase při použití kontaktních těles z PDMS ... 29

Obr. 4-4 Data před filtrací 31

Obr. 4-5 Data po filtraci 31

Obr. 5-1 Závislost součinitele tření na čase při aplikaci 0,4 ml přípravku, fotografie byly pořízeny při 2. měření 32

Obr. 5-2 Závislost součinitele tření na čase při doplnění 0,2 ml přípravku, fotografie byly pořízeny při 2. měření 33

Obr. 5-3 Závislost součinitele tření na čase při aplikaci 0,4 ml přípravku, fotografie byly pořízeny při 3. měření 33

Obr. 5-4 Závislost součinitele tření na čase při doplnění 0,2 ml přípravku, fotografie byly pořízeny při 3. měření 34

Obr. 5-5 Závislost součinitele tření na čase při aplikaci 0,4 ml přípravku, fotografie byly pořízeny při 2. měření 35

Obr. 5-6 Závislost součinitele tření na čase při doplnění 0,2 ml přípravku, fotografie byly pořízeny při 2. měření 35

Obr. 5-7 Závislost součinitele tření na čase při aplikaci 0,4 ml přípravku, fotografie byly pořízeny při 1. měření 36

Obr. 5-8 Závislost součinitele tření na čase při doplnění 0,2 ml přípravku, fotografie byly pořízeny při 1. měření 36

Obr. 5-9 Závislost součinitele tření na čase při aplikaci 0,4 ml přípravku, fotografie byly pořízeny při 1. měření 37

Obr. 5-10 Závislost součinitele tření na čase při doplnění 0,2 ml přípravku, fotografie byly pořízeny při 1. měření 37

Obr. 5-11 Porovnání průměrných hodnot součinitele tření olejů při aplikaci 0,4 ml přípravku 38

Obr. 5-12 Porovnání průměrných hodnot součinitele tření olejů při doplnění 0,2 ml přípravku 38

Obr. 5-13 Závislost součinitele tření na čase při aplikaci 0,4 ml přípravku, fotografie byly pořízeny při 2. měření 39

Obr. 5-14 Závislost součinitele tření na čase při doplnění 0,2 ml přípravku, fotografie byly pořízeny při 2. měření 40

Obr. 5-15 Závislost součinitele tření na čase při aplikaci 0,4 ml přípravku, fotografie byly pořízeny při 3. měření 41

Obr. 5-16 Závislost součinitele tření na čase při doplnění 0,2 ml přípravku, fotografie byly pořízeny při 3. měření 41

Obr. 5-17 Závislost součinitele tření na čase při aplikaci 0,4 ml přípravku, fotografie byly pořízeny při 2. měření 42

Obr. 5-18 Závislost součinitele tření na čase při doplnění 0,2 ml přípravku, fotografie byly pořízeny při 2. měření 42

Obr. 5-19 Závislost součinitele tření na čase při aplikaci 0,4 ml přípravku, fotografie byly pořízeny při 2. měření 43

Obr. 5-20 Závislost součinitele tření na čase při doplnění 0,2 ml přípravku, fotografie byly pořízeny při 2. měření 43

Obr. 5-21 Porovnání průměrných hodnot součinitele tření krémů při aplikaci 0,4 ml přípravku 44

Obr. 5-22 Porovnání průměrných hodnot součinitele tření krémů při doplnění 0,2 ml přípravku 44

Obr. 6-1 Vývoj součinitele tření při použití konopného oleje Nupreme s vyznačenými významnými úseky 45

Obr. 6-2 Doba do vsáknutí oleje při aplikaci 0,4 ml oleje 46

Obr. 6-3 Doba do vsáknutí oleje při doplnění 0,2 ml oleje 46

10 SEZNAM TABULEK

Tab. 4-1 Zkoumané masážní přípravky 26