

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE
FARMACEUTICKÁ FAKULTA V HRADCI KRÁLOVÉ

Obor: farmaceutické technologie



Metodická studie povrchového napětí epidermálních lipidů
Methodical study of surface tension of epidermal lipides

RIGORÓZNÍ PRÁCE

Mgr. Roman Lasák

Hradec Králové, duben 2009

Prohlašuji, že tato rigorózní práce je mým původním autorským dílem a veškeré myšlenky, data a jejich zdroje, z nichž jsem pro zpracování čerpal, řádně cituji.

Děkuji mému konzultantovi doc. RNDr. Pavlu Doležalovi, CSc. za odborné vedení méj rigorózní práce.

OBSAH

1 Úvod	4
2 Cíl práce	5
3 Teoretická část	7
3.1 Přehled k měření kontaktních úhlů.....	7
3.1.1 Porovnání rozdílných metod výpočtu volné povrchové energie dřeva použitím měření kontaktních úhlů.....	7
3.1.2 Problémy stanovení kontaktního úhlu a volné povrchové energie pevné látky	9
3.1.3 Odhad složek rovnovážné volné povrchové energie restrukturalizujících povrch pevných látek	12
3.1.4 Změny úrovní kožního mazu a složek volné povrchové energie pokožky po následujícím umytí povrchu pokožky.....	14
3.1.5 Marangoniho efekt ve vodě smáčením vlákna lidského vlasu pokrytého tenzidem	16
3.1.6 Postupné, vratné a rovnovážné kontaktní úhly	19
3.1.7 Měření dynamického adhezního napětí	19
3.1.8 Dynamické kontaktní úhly.....	21
4 Experimentální část	24
4.1 Použité suroviny	24
4.2 Použité přístroje.....	24
4.3 Další pomůcky	25
4.4 Příprava vzorků před měřením na tenziometru K100	25
4.4.1 První zkušební vzorky	25
4.4.2 Vzorky mastných kyselin s cholesterolem.....	26
4.4.3 Vzorky směsí zkoumaných látek s cholesterolsulfátem sodným.....	26
4.4.4 Vzorky ceramidů	27
5 Tabulky	28
6 Obrázky	59
7 Diskuse	71
8 Závěry	77
9 Souhrn	79
10 Seznam symbolů a zkratk	82
11 Literatura	83

1 Úvod

Mezibuněčné lipidy ve stratum corneum kůže, tedy nenasycené a nasycené mastné kyseliny, ceramidy, cholesterol a jeho deriváty jsou skupinou organických sloučenin, které stále přinášejí mnoho cenných poznatků do oblasti dermální a transdermální aplikace léčiv. Hlavním úkolem této práce bylo získat nové informace o tom, jaké vlastnosti z hlediska povrchového napětí a kontaktních úhlů vykazují epidermální lipidy a jejich směsi nanesené na měřicí destičce.

Předkládaná rigorózní práce v teoretické části podává stručný přehled vybraných prací zabývajících se měřením kontaktních úhlů. V experimentální části je měřeno povrchové napětí a kontaktní úhly destilované vody při 37°C destičkovou metodou s povrchem impregnovaným vybranými epidermálními lipidy a jejich směsmi.

Měření povrchového napětí a kontaktních úhlů bylo na tenziometru K100. Takové měření s povrchově impregnovanou destičkou nebylo na daném zařízení dosud prováděno, a tak rigorózní práce rozšiřuje dostupné firemní informace o nové popisy vlastností měřícího zařízení K100, včetně metodických detailů.

2 Cíl práce

V teoretické části vypracovat aktuální přehled studií zabývajících se měřením kontaktních úhlů, zhodnotit a vysvětlit s tím související problematiku.

Pro zpracování experimentální části byly zadány tyto úkoly:

1. Nalézt, ověřit a popsat nejvhodnější podmínky měření a zpracování vzorků epidermálních lipidů destičkovou metodou na tenziometru Krüss K100 při 25°C.
2. Změřit a vyhodnotit výsledky měření povrchového napětí a kontaktních úhlů vody čištěné destilací při 37°C na destičce impregnované zkoumanými lipidy rozpuštěnými v acetonu a chloroformu v poměru 1:1.
Zkoumanými lipidy jsou kyselina palmitová nebo kyselina olejová v kombinacích s cholesterolem v poměrech 1:9, 1:1, a 9:1.
3. Změřit a vyhodnotit výsledky měření povrchového napětí destilované vody při 37°C na povrchu měřicí destičky impregnovaném zkoumanými látkami ve vhodně zvoleném rozpouštědle.
Zkoumanými látkami jsou cholesterol sulfát sodný v kombinaci
a) s cholesterolem a s příslušnou mastnou kyselinou (kyselina palmitová nebo olejová) v poměru 1:10:6,67, a dále
b) v kombinaci s cholesterolem a analogem ceramidu 14S24 a kyselinou olejovou v poměru 1:10:10:6,67
4. Změřit a vyhodnotit výsledky kontaktních úhlů destilované vody při 37°C, přičemž povrch měřicí destičky impregnovat zkoumanými látkami rozpuštěnými v acetonu a chloroformu v poměru 1:1.
Zkoumanými látkami jsou N-acetyl-D-sfingosin, N-hexanoyl-D-sfingosin a analogy ceramidů 12SG12, 12GV12. Měření provést po nanáše z roztoku samostatně a v kombinaci s cholesterolem v poměru 1:1, a také v kombinaci s cholesterolem a kyselinou palmitovou v poměru 3:3:2

3 Teoretická část

3.1 Přehled k měření kontaktních úhlů

3.1.1 Porovnání rozdílných metod výpočtu volné povrchové energie dřeva použitím měření kontaktních úhlů

V této studii byly ke stanovení volné povrchové energie dřeva použity postupné kontaktní úhly čistých kapalin na mikrotomovaných površích jedlového dřeva.¹ Ke zpracování výsledků kontaktních úhlů na površích dřeva byla aplikována celá řada metod výpočtu volné povrchové energie.^{2,3,4,5} Za použití až pěti zkušebních kapalin (dijodmetan, formamid, voda, glycerol a ethylenglykol) bylo porovnáno pět metod výpočtu, tj. Zismanovo pojetí,⁶ stavová rovnice,⁷ rovnice harmonického průměru,⁸ rovnice geometrického průměru⁹ a acidobazické pojetí.^{10,11,12,13,1}

Cílem studie bylo hodnocení zmíněných pěti metod s cílem statisticky analyzovat rozdíly oproti teorii. V hloubkové analýze byl vliv výběru a počtu zkušebních kapalin na výslednou povrchovou energii prozkoumán acidobazickým pojetím. Výpočtem povrchové energie a jejich složek z kontaktních úhlů použitím pěti matematických přístupů byly obdrženy poměrně variabilní výsledky.¹

Jelikož Zisman vždy zdůrazňoval, že kritická povrchová energie není volná povrchová energie, ale pouze empirický parametr úzce se týkající této veličiny,¹⁴ jsou hodnoty povrchové energie získané Zismanovou metodou odlišné od výsledků dosažených pomocí jiných metod. Proto zde i chybí teoretický podklad obsahující molekulární úvahu.¹ Wu zkoumáním polymerů zjistil, že při použití geometrického harmonického pojetí a pojetí stavové rovnice, je kritická povrchová energie podle Zismanovy metody systematicky 10 % až 15 % pod volnou povrchovou energií odvozenou z těchto pojetí.¹⁵ Stejný výsledek byl nalezen, když byly použity nehomologické skupiny kapalin,¹ které se často uvádějí v literatuře.^{16,17,18}

Metoda harmonického průměru se také liší od jiných metod, udává totiž nejvyšší hodnoty volné povrchové energie.

Skupina metod (ANOVA), geometrický průměr, acidobazická a stavová rovnice, je označována jako homogenní.

Tři metody uznávají výpočet polární (či acidobazické) a disperzní složky volné povrchové energie: rovnice harmonického a geometrického průměru a acidobazická teorie.¹

Uvádí se, že stavové rovnice mohou být použitelné jen v případě, že rozhraní zahrnují pouze disperzní interakce.¹⁹ Metoda stavové rovnice má řadu nevýhod, a pokud bude použita ke studiu povrchových chemických vlastností dřeva, je skutečností, že může být vypočítána pouze celková volná povrchová energie.¹ Jak již bylo dříve zmíněno Goodem, k posouzení povrchových chemických vlastností jsou pro daný materiál nezbytné nejméně dva další parametry (polární a disperzní složka).¹⁰

U metody dvou kapalin (pojetí geometrického a harmonického průměru) bylo zdůrazněno, že výraz polarizability v jejich rovnici neodpovídá ničemu, co by souviselo s kontaktním úhlem a tudíž nejsou platné.^{1,10,20}

Pro metodu tří kapalin (acidobazické pojetí) bylo potvrzeno, že polární, tj. acidobazický výraz (γ_L^{AB}) jako produkt Lewisova kyselinového parametru a Lewisova bazického parametru volné povrchové energie může být použit v působení účasti acidického a bazického charakteru k adhezi přes rozhraní.^{10,1} Pro charakterizaci povrchu dřeva ve vztahu k jeho chemickým vlastnostem, může znalost více než dvou složek volné povrchové energie pomoci k pochopení a vysvětlení problémů potahování.^{3,16,21,22} Je tudíž přednostně doporučeno použití acidobazického přístupu, jenž přináší hodnoty nejbližší průměru všech metod.¹

Hloubková analýza acidobazické metody používající tři, čtyři a pět kapalin ukázala pozoruhodný pokles směrodatné odchylky volné povrchové energie. Fakt, že konečné řešení založené na pěti kapalinách je podobné hodnotám dosaženým kombinací diiodometanu, glycerolu a vody. Zdůrazňuje nevýhody bazického formamidu (pH 9,9) a okyseleného ethylenglykolu (pH 5,0), jenž v průběhu měření pravděpodobně upravuje chemické vlastnosti povrchu dřeva.

Použitím acidobazické teorie k výpočtu volné povrchové energie dřeva byl nalezen stejný znak jako u ostatních podobných polymerů: disperzní složka je obvykle větší než složka acidobazická.¹ Skutečnost, že je bazická složka značně silnější než kyselá složka u jedlového dřeva, je dalším typickým znakem mnoha polymerů.^{1,13,23,24}

Bylo zjištěno, že dřevo je ve svém objemu acidické, ale na povrchu bazické.^{1,25,26} Nedávný průzkum vad potahovaného dubového dřeva navíc ukázal, že změny v chemickém složení dřeva (pH, extrahovatelný obsah) jsou dobře vyjádřeny vztahem mezi kyselou a bazickou složkou a acidobazickou teorií.²²

Studie tedy ukázala, že acidobazické pojetí přináší výsledky velice podobné rovnici geometrického průměru a v menší míře i rovnici stavové. Výsledky dosažené harmonickým průměrem a Zismanovým pojetím se od této skupiny zřetelně odchylovaly. Acidobazické pojetí navíc přináší nejpodrobnější informace o chemických vlastnostech povrchů, v poskytování hodnot pro kyselé a bazické složky a navíc ještě pro polární a disperzní složky volné povrchové energie, což je u chemicky heterogenního materiálu jako je dřevo obzvláště hodnotné. Musí však být také uvedeno, že sice méně než u ostatních metod, ale i zde výsledky záleží na výběru zkušební kapaliny. Je tudíž důrazně doporučeno pracovat s více než třemi zkušebními kapalinami.¹

3.1.2 Problémy stanovení kontaktního úhlu a volné povrchové energie pevné látky

Jsou zde probírány současné obecné problémy formulace a určení volné povrchové energie. Doposud bylo navrženo několik teorií a pojetí, ale formulace povrchové a mezipovrchové volné energie, pokud se týká jejich složek, je stále velmi diskutabilním tématem. Pokud není známa žádná metoda ke stanovení veličin skutečné volné povrchové energie, jsou k lepšímu pochopení smáčecích procesů užitečné i relativní hodnoty poskytované za zjednodušených předpokladů.

V tomto článku je kladen důraz na práškové pevné látky, pro něž není přímé měření kontaktních úhlů možné. Měření kontaktních úhlů na komprimovaných tabletkách pevných látek jsou spojené s jistou chybou. Tabletky jsou obvykle hrubé a porézní, což obvykle způsobuje menší kontaktní úhel získaný při měření na tablete, než by byl získán na hladkém vzorku této pevné látky. U takových látek se nejčastěji používají techniky nasakování porézních vrstev.²⁷ Metody využívají Washburnovy rovnice, jež byla zveřejněna v roce 1921.^{27,28} Van Oss a kol. učinili nový pokrok v použití Washburnovy rovnice, zavedli totiž metodu zvanou „ nasakování tenké

vrstvy“.^{29,30} Při této metodě je tenká vrstva studované práškové pevné látky položena na podložní sklíčka a to usnadňuje penetraci kapaliny do vrstvy. Později byly pro tento účel kromě tenkých vrstev použity porézní sloupce, ale menšího průměru než tomu bývalo dříve.^{30,31,32,33} Pro přímý výpočet kontaktního úhlu z experimentů nasakování a pak pro stanovení složek volné povrchové energie pevné látky spousta autorů aplikuje Washburnovu rovnici,^{30,34,35,36,37} kde je výjádřena závislost měření vzdáleností nasáknutí (x) vs. čas (t), a nebo je také popsána úpravou této metody jako hmotnost získaná porézní vrstvou (w) vs. čas (t), což je pozměněná Washburnova rovnice.^{27,32,33,38,39,40,41} Použitím výsledků „nasáknutí“ je vypočítán kontaktní úhel z Washburnovy rovnice.

Tato procedura však vede k nadhodnoceným hodnotám kontaktních úhlů v porovnání s těmi, které jsou změřené přímo na hladkých površích té samé pevné látky, pokud vůbec může být takový povrch získán. Následkem toho složky volné povrchové energie pevné látky vypočítané takovými nadhodnocenými kontaktními úhly jsou významně nižší než ty, které byly obdrženy z kontaktních úhlů měřených přímo. Také jsou popsány metody, jak se tomuto problému vyhnout.²⁷

Poněkud matoucí stanovisko může být nalezeno v recenzním článku napsaném Wuem a Nancollasem. Článek jimi citovaný uvádí, že použití např. *n*-alkanů, „... s tak rozšiřujícími se kapalinami, zůstává kontaktní úhel (θ) přesně roven 0, takže $\cos \theta = 1$, následkem utváření předchozího filmu. Mělo by být zdůrazněno, že toto je pravdivé pouze v případě, že předchozí film dosáhl stavu duplexního filmu.“^{27,37,42}

Grundke a Augsburg navrhli novou metodiku, jak se vyhnout problému s nadhodnocením kontaktních úhlů. Použitím techniky nasakování tenkého sloupce s elektrickými váhami graficky zobrazily závislost $K \gamma_1 \cos \theta$ vs. γ_1 určené z pozměněné Washburnovy rovnice pro několik vyšetřovaných kapalin na čtyřech nízkoenergetických polymerech (teflon, polyethylen, polypropylen a polystyren). K je tady geometrický faktor, γ_1 je povrchové napětí kapaliny. Takovéto zobrazení prochází maximem, což podle autorů odpovídá volné povrchové energii pevné látky. Avšak tento zajímavý přístup by měl být pečlivě zvážen, protože pro nízkoenergetické apolární nebo slabě polární pevné látky dává mnoho přístupů zdánlivě rozumné výsledky jen proto, že povrchová energie je nízká.^{27,43}

Chibowski a kol. navrhli přístup a nasakovací proces, jež poskytuje výsledky volné povrchové energie pevné látky podobné těm získaným z kontaktních úhlů měřených na hladkém povrchu pevné látky.^{44,45,46,47,48}

Wu a Nancollas bez jakéhokoliv argumentu uvedli, že v našem přístupu „jsou chyby v působení kapilárních vzestupů. Když to bude zkorigováno, může být napsán výraz pro redukci volné energie dG , když kapalina postupuje vzdáleností dx do horizontální kapiláry: “

$$dG = 2\pi(\gamma_s - \gamma_{sl})dx$$

kde γ_s je volná povrchová energie pevné látky a γ_{sl} je volná mezifázová energie pevné látky/kapaliny.^{27,42}

Yang a Zografi v roce 1986 ukázali, že kontaktní úhly vypočítané z Washburnovy rovnice byly daleko vyšší než ty měřené přímo na hladkých površích těch samých pevných látek. Použili křemíková skla a skla pokrytá PMMA a měřili kontaktní úhly vody, ethanolu a vodných roztoků ethanolu v různých koncentracích (5 % až 90%).^{27,49}

Jak ukázaly experimenty, nasakování porézní vrstvy kapalinou je realizováno spíše procesem šíření smáčení než ponořováním při smáčení. Toto je způsobeno velmi komplikovaným trojrozměrným kapilárním systémem, kde se vyskytuje mnoho krátkých a otevřených kapilár nepravidelných tvarů. Kapalina se tudíž pravděpodobně šíří nejdříve po povrchu a poté jsou teprve naplněny kapiláry.^{50,51,52,53,54,55} Proto byla navržena všeobecná forma Washburnovy rovnice:

$$h^2 = \frac{t \cdot R_{\text{eff}}}{2\eta} \Delta G$$

Kde ΔG symbolizuje změny specifické volné energie během procesu nasakování v postupující kontaktní linii kapaliny/pevné látky, R_{eff} je efektivní poloměr mezičásticových kapilár v porézní vrstvě, t je čas, η je viskozita kapaliny. Podrobnosti teoretického zázemí, experimentálních postupů a výsledků lze najít v literatuře.^{27,44,45,46,47,48,56,57,58,59,60,61}

3.1.3 Odhad složek rovnovážné volné povrchové energie restrukturalizujících povrch pevných látek

Polymerní materiály mohou zaujímat odlišné povrchové konfigurace v závislosti na tom, zda jsou udržovány v rovnováze v nepolárních či polárních kapalinách. Odpovídající tomu mohou být jejich smáčecí vlastnosti docela odlišné v různých prostředích. Na základě této úvahy, proces měření kontaktního úhlu, jenž zahrnuje měření 4 počátečních smáčecích úhlů přisedlé kapky na vzorcích, je navržen pro odhad rovnovážných hodnot polárních a disperzních složek volných povrchových energií polymerických povrchů udržovaných v rovnováze jak v polárních (voda), tak i nepolárních prostředích (hexan, oktan, cyklohexan a vzduch v čistém prostoru). Navržený postup je ilustrován charakterizací povrchu šesti odlišných pevných látek s různými stupněmi hydrofilnosti (od hydrofobního po hydrofilní, tj. křemíkové sklo I., křemíkové sklo II., křemíkový elastomer – přechodný stupeň, hydrogel I., hydrogel II., sklo).

Pro odhad rovnovážných hodnot polárních (p') a disperzních složek (d') volné povrchové energie polymerického povrchu udržovaného v rovnováze v nepolárním (LI) a vodném prostředí (W) ($\gamma_{S(LI)}^{p'}$, $\gamma_{S(W)}^{p'}$, $\gamma_{S(LI)}^{d'}$ a $\gamma_{S(W)}^{d'}$) je vhodné použití daných rovnic, jenž zahrnují pouze počáteční smáčecí úhly, protože každá z těchto kvantit je vypočítávána téměř nezávisle z jednotlivé rovnice.

Odhad $\gamma_{S(LI)}^{p'}$ však vyžaduje určení smysluplné počáteční hodnoty kontaktního úhlu $\theta_{W(LI)}$. To proto, že je to způsobeno počátečním rychlým poklesem úhlu s časem. Je zde zapotřebí podotknout, že počáteční pokles úhlu je pro hydrofilní pevné povrchy zvláště velký. Tento počáteční rychlý pokles kontaktních úhlů může být připisován dosažení rovnovážného smáčecího úhlu z počátečního nevyváženého úhlu. Na základě této úvahy byly vzaty počáteční hodnoty rovnovážných kontaktních úhlů jako ty, které byly dosaženy po počátečním prudkém poklesu (po několika vteřinách, někdy však také 1 až 2 min). Následný pokles kontaktního úhlu je zde připisován povrchové restrukturalizaci.⁶²

Postup velmi podobný tomu předcházejícímu byl navržen Ruckensteinem a Gourisankarem k odhadu čtyř neznámých, $\gamma_{S(LI)}^{p'}$, $\gamma_{S(W)}^{p'}$, $\gamma_{S(LI)}^{d'}$ a $\gamma_{S(W)}^{d'}$. Tento postup použil sestavu počátečních kontaktních úhlů společně s jedním konečným

smáčecím úhlem. Hodnota $\gamma_{S(W)}^{d'}$ byla určena z dané rovnice, jež zahrnovala všechny 4 neznámé kvantify. ⁶³

Za zmínku stojí uvést, že vzrůst v polaritě (γ_S^P) během udržování rovnováhy ve vodě v porovnání v nepolárním prostředí je významný. Rozličné jevy mohou být odpovědné za modifikace povrchu pevné látky během udržování rovnováhy ve vodě, jak individuálně, tak kolektivně. ⁶² Některé z nich jsou: povrchová restrukturalizace prostřednictvím orientace polárních polovin; ^{63,64,65,66,67} penetrace vody do povrchové struktury, mající za následek nabobtnání povrchu; ⁶⁸ strukturování vody blízko povrchu. ⁶⁹ Restrukturalizování povrchu pevných látek je pravděpodobně nejvýznamnějším jevem spojeným s udržováním rovnováhy pevné látky ve vodě.

Je třeba poznamenat, že během udržování rovnováhy ve vodě nastává pokles v disperzní složce volné povrchové energie ($\gamma_S^{d'}$) v porovnání v nepolárním prostředí, zatímco se polární povrchová složka zvyšuje. Restrukturalizovaný pevný povrch zřejmě dosahuje vyšší hustoty polární polovin v jeho vnějších povrchových vrstvách. To snižuje disperzní příspěvek, pokud jsou disperzní interakce zahrnující polární poloviny slabší než ty, zahrnující nepolární poloviny. ⁶²

Nečekaně nízká hodnota mezipovrchové volné energie ($\gamma'_{S(W)W}$) sklo/voda během udržování rovnováhy ve vodě může způsobena vodní adsorpcí v povrchových pórech skla anebo neplatností předpokladů zahrnutých do výpočtů (zahrnující podstatu interakcí) pro substrát jako je sklo. ^{62,70,71}

Tato studie tedy ukázala, že proces kontaktního úhlu založený na měření čtyř počátečních smáčecích úhlů, je vhodně navržen k odhadu povrchových charakteristik polymerů v polárních a nepolárních prostředích. Tento proces byl použit pro povrchovou charakterizaci pevných látek s odlišnou hydrofilitou. Bylo zjištěno, že se v porovnání s nepolárním prostředím rovnovážné hodnoty polárních složek volných povrchových energií (γ_S^P) během udržování rovnováhy v polárním prostředí zvýšily. Na druhou stranu, se rovnovážné hodnoty disperzních složek volných povrchových energií ($\gamma_S^{d'}$) během udržování rovnováhy v polárním prostředí pro velmi hydrofóbní pevné látky zvýšily, ale pro pevné látky, jež mají nějakou polaritu snížily, v porovnání s nepolárním prostředím. Meziplošné volné energie pevné látky/vody se během udržování rovnováhy v polárním prostředí snížily v porovnání s nepolárním prostředím.

Odlíšnosti v povrchových energetikách pevných látek v různých prostředích jsou tady připisovány schopnostem povrchové restrukturalizace pevných látek.⁶²

3.1.4 Změny úrovní kožního mazu a složek volné povrchové energie pokožky po následujícím umytí povrchu pokožky

Běžná úroveň složení kožního mazu pokožky čela je u daného jednotlivce pozoruhodně stabilní, je odpovědná za základní nepolární charakter kožního povrchu. Význam tohoto zjištění na základě fyzikálně-chemického chování a smáčitelnosti povrchu pokožky však zůstává nevysvětlen. Jak se situace mění během obnovování úrovně kožního mazu po umytí pokožky a jaká je její souvislost s tzv. „suchou pokožkou“? Studie byla zaměřena na zodpovězení těchto otázek.

Abychom na tyto otázky odpověděli, tak složky volné povrchové energie čela byly posouzeny před a po umytí pokožky, neiontovým mýdlem a vodou, a během obnovování úrovně kožního mazu u 12ti zdravých dobrovolníků: čtyř oligo- (OS), čtyř normo- (NS) a pěti hyperseborhoických (HS) typů pokožky.⁷² Kožní kontaktní úhly (postupné kontaktní úhly) vody, formamidu a dijudometanu byly v intervalech měřeny a složky volné povrchové energie (tj. složky Lifshitz-van der Waalovy γ_s^{LW} , složky elektronu-příjemce γ_s^+ , elektronu-dárce γ_s^-) byly vypočítány pomocí hodnot kontaktních úhlů a acidobazické teorie van Osse, Gooda a Chaudhuryho.^{72,73,74,75}

Navzdory významným rozdílům v úrovních kožního mazu byla γ_s^{LW} na základní úrovni u všech tří typů pokožky přibližně stejná. To dokazuje, že γ_s^{LW} je na úrovni kožního mazu nezávislá. Po odstranění povrchových kožních lipidů omytím γ_s^{LW} pouze lehce klesla, což ukazuje, že kožní maz byl odpovědný pouze za malou změnu. Základní úroveň γ_s^{LW} byla obnovena 1 hodinu před přibližnou úrovní kožního mazu u NS a HS pokožky, zatímco u OS pokožky byla přibližná úroveň kožního mazu a základní úroveň γ_s^{LW} dosaženy ve stejný čas. Toto naznačuje, že je nižší tok kožního mazu u OS pokožky odpovědný za zpoždění a že nízká úroveň kožního mazu je dostatečná k udržení normální povrchové lipofility pokožky.⁷² Tato data potvrzují předchozí zjištění, kde nebyla mezi γ_s^{LW} a přibližnou úrovní kožního mazu nalezena žádná souvislost.⁷⁶

Co se týká acidické složky, data ukázala, že povrch pokožky čela projevoval velmi nízký acidický charakter (γ_s^+) bez ohledu na jeho úroveň kožního mazu.⁷² Good a Van Oss upozorovali, že některé uhlovodíky jsou γ_s^- jednapolární, ačkoliv by měly být na základě struktury bipolární (protony hydroxylových struktur by měly být příjemci elektronů). Jedním z daných vysvětlení je povrchová hydratace.⁷⁵ Přítomnost vody je ve formě „vodního vypařování“ po celém povrchu těla známým a měřitelným parametrem zvaným „transepidermální ztráta vody“.⁷⁷ Molekuly vody pocházejí jak z pasivní difuze skrz pokožku, tak z nenápadného pocení (obzvláště na čele).^{77,78} Podle této hypotézy a vzhledem k přítomnosti adsorbovaných vodních molekul pevně připoutaných k povrchu, nemusí být Lewisův kyselý charakter základních struktur vyjádřen a povrch pokožky může mít velmi slabý acidický charakter.^{72,75}

Největší zjištěnou odlišností je v této studii bazická složka. Na základní úrovni měly všechny typy pokožky silné vlastnosti elektronu-dárce γ_s^- , podobné hodnoty u NS a HS pokožky, ale mnohem nižší u OS pokožky.⁷² Složení kožního mazu závisí převážně na věku, ale velké rozdíly byly také sledovány na mladých subjektech, kvůli stupně hydrolýzy triglyceridů na volné mastné kyseliny (VMK).^{79,80,81} Předešlá studie ukázala, že hydrolýza byla vyšší u HS než u OS pokožky.⁸² Z výpočtů se předpokládá, že bazická složka je výsledkem složení kožního mazu a nízké koncentrace VMK na HS a NS pokožkách. Z výsledků u skupiny NS, úroveň kožního mazu a koncentrace VMK nemají žádný vliv na složku γ_s^- . Uvážíme-li zakrytí acidických polovin molekulami vody, zobrazuje γ_s^- vnější orientaci „hydratovaných karboxylových skupin“ VMK. Toto naznačuje, že jejich amfipatická povaha je činí povrchově aktivními, a jsou umístěny na rozhraní kožního mazu/vody na povrchu kůže.⁷² K vysvětlení vysokých hodnot γ_s^- zjištěných na površích cholesterolu a psoralenu upravených žlučovými soli byla uvedena specifická adsorpce amfipatických molekul.^{83,84} Po umytí mýdlem γ_s^- stále vykazovala nějaké hodnoty u HS a NS, navzdory velmi nízké úrovni množství kožního mazu. Toto naznačuje, že některé VMK či vodní molekuly stále zůstávají silně připevněny k povrchu pokožky. A naopak, protože hydrofilní molekuly jsou na povrchu méně početné, mytí se u OS pokožky zdá být efektivnější.⁷² Pravděpodobně kvůli času potřebného k hydrolýze přírodních mazových triglyceridů do VMK, byla úroveň γ_s^- u všech typů pokožky obnovena později než úroveň kožního mazu.⁸¹ Můžeme usoudit,

že vysoká frakce VMK je ve vysoké úrovni kožního mazu potřebná k vybavení povrchu pokožky normální úrovní γ_s^- , tj. hydrofilitou. Toto není případem u OS pokožky.

Ukázalo se, že nízká úroveň kožního mazu dává povrchu pokožky normální lipofilitu, ale normální úroveň hydrofility je dosažena pouze s mírnými či vysokými úrovněmi kožního mazu. Obdobně, může být na základě „rovnováhy složky volné povrchové energie“ (SEB) předpokládána polární-nepolární úroveň ($\gamma_s^{AB}/\gamma_s^{LW}$) jako parametr normálních smáčivých vlastností povrchu pokožky.⁷² Toto je v souladu s Goodovým návrhem naznačujícím přezkoumání metodiky hydrofilní-lipofilní rovnováhy (HLB) na základě složek volné povrchové energie.⁸⁵

Na základní úrovni a po obnovení úrovně kožního mazu koeficient $\gamma_s^{AB}/\gamma_s^{LW}$ se ukazuje, že SEB u HS a NS pokožky jsou podobné. Velmi nízká SEB hodnota u OS pokožky ale ukazuje, že pokožka trpí nedostatkem hydrofilních složek, možná kvůli nízké koncentraci VMK a slabější vazbě vody na rozhraní pokožky/vzduchu.

Toto naznačuje, že by OS pokožka měla být považována za suchou pokožku či přesněji za suchý povrch pokožky. Toto pojetí může poskytnout nové nahlédnutí do tzv. „hydratace pokožky“ stanovené z výpočtů volné povrchové energie a povrchové schopnosti vázat vodní molekuly.⁷²

3.1.5 Marangoniho efekt ve vodě smáčením vlákna lidského vlasu pokrytého tenzidem

Použitím techniky založené na Wilhelmově principu byly obdrženy křivky smáčecích sil pro individuální lidská vlasová vlákna upravená kationaktivním tenzidem TR-X-400 při teplotě, tj. 20 °C a 80 °C.

Metoda byla použita ke studiu vlastností povlaku polymerů a tenzidů na površích lidských vlasových vláken. Důvodem tohoto sdělení je podrobněji vysvětlit trhavé skluzu křivek, tzv. „stick-slip chování“.

Snímky smáčení ukazují pro neupravená vlákna tenzidy nepravidelnost spojenou převážně s fyzikální různorodostí povrchu. Při prvním ponoření po úpravě tenzidy je v obou případech (při 20 °C a 80 °C) pozorován daleko výraznější stick-slip křivek. Takto velká kolísání ve smáčecích silách pocházejí z rozpuštění tenzidu z povrchu vlákna do kapaliny ve třech fázích kontaktní linie během ponoření. Skutečnost, že tento

jev není pozorován u druhého ani třetího ponoření tento názor podporuje a naznačuje, že tenzidy byly v podstatě při prvním ponoření odstraněny. Dalším náznakem kompletního odstranění při prvním ponoření pro vlákno upravené při 20 °C je, že křivky vratných smáčecích sil jsou v prvním a druhém ponoření velmi blízké těm od neupravených vláken.

Vyšší frekvence stick-slipu v případě vlákna upraveného při 20 °C naznačuje, že se tenzid desorbuje rychleji než v případě vláken upravených při 80°C. Při úpravné teplotě 80 °C je kationaktivní tenzid zjevně silněji chemicky adsorbován na povrch vlákna, a tudíž snižuje míru desorpce během měření. Když je tenzid aplikován při 20 °C, je většinou fyzikálně adsorbován se slabšími vázacími silami a proto desorbuje velice snadno.⁸⁶ Tento aspekt byl studován samostatně.⁸⁷

Rozdíly v koncentraci tenzidu mezi okolím kontaktní linie a „celkovou“ kapalinou způsobuje gradient povrchového napětí související s toky ve filmu blízko kontaktní linie, což vyplývá ve zřejmých změnách kontaktních úhlů a smáčecích sil. Takové povrchové toky vznikající z gradientů povrchového napětí jsou známy jako Marangoniho efekty.^{86,88}

Na základě pozorování, že vlákno upravené při 80 °C se stalo „hydrofobnější“ a množství desorpce-schopného tenzidu je v tomto případě menší, zdá se být přiměřené, že sklouznutí menisku se objevuje u daleko většího kontaktního úhlu (nižší smáčecí síla), občas přibližující se 90 °C. V případě vlákna upraveného při 20 °C je většina tenzidu fyzikálně adsorbována a tudíž desorbuje snadněji a daleko rychleji, povrch vlákna po desorpci zůstává relativně nezměněn. Sklouznutí menisku se zdá objevovat při menším kontaktním úhlu (vyšší smáčecí síla) a při vyšší frekvenci. Pozorování pod zvětšením odhalilo, že velké výkyvy smáčecích sil během ponoření tenzidem upravených vláken do vody jsou vskutku spojena a úzce odpovídají pohybům menisku kapaliny po vlákně.

Stick-slip chování je následkem redukce povrchového napětí kapaliny v kontaktní linii. Velikost účinku se zdá být ovlivněna setrvačnými a dynamickými účinky povrchového napětí.

K dalšímu průkazu, že stick-slip chování křivky postupné smáčecí síly není spojeno s povlakovou strukturou vlákna, byly učiněny experimenty na hladkých nylonových 6 vláknech, což toto chování potvrdilo.

K pochopení významnosti povrchové aktivity desorbujícího materiálu byly experimenty s nylonovými 6 vlákny opakovány s kationickým polymerem Gafquat-755 (GAF-755), tento polymer není povrchově aktivní. Tyto experimenty ukazují, že stick-slip křivek existuje kvůli desorpci povrchově aktivního materiálu v okolí kontaktní linie, spíše než kvůli geometrické nerovnosti povrchu či desorpci materiálu, jenž není povrchově aktivní.

Abychom lépe pochopili účinky desorpce tenzidu na stick-slip chování křivek smáčecích sil, byla skenována lidská vlasová vlákna upravená tenzidem při 20 °C roztoky Tritonu X-400 lišícími se povrchovým napětím. Kvalitativně, stick-slip amplituda se zdá být vztažena k $(\gamma_B - \gamma_S)$, kde γ_S a γ_B představují povrchové napětí sekundárního filmu (meniskus v kontaktní linii) a povrchové napětí celkové kapaliny, takže čím vyšší je hodnota γ_B , tím vyšší je stick-slip amplituda.⁸⁶

Ve studii s polymerními vlákny upravenými polymerem, kde povrchová aktivita je materiálů velmi nízká, byl ukázán pokles povrchového napětí roztoku Tritonu X-400 při jeho velmi nízkých koncentracích, což je přisuzováno přítomnosti dodatečných povrchově aktivních složek nízké rozpustnosti jako jsou nečistoty.^{86,89,90}

Tento článek tedy ukázal, že charakteristické stick-slip chování křivek smáčecích sil obdržených během ponoření tenzidem upravených vláken do vody existuje kvůli desorpci rozpustných povrchově aktivních směsí v kontaktní linii. Intenzita účinku závisí na povrchové aktivitě desorbované složky a její koncentraci. Stick-slip smáčecí chování odráží tok v povrchových filmech způsobený gradienty povrchového napětí, Marangoniho efekt. Amplituda stick-slipu se zdá být vztažena ke gradientu povrchového napětí blízko kontaktní linie. Jemné náhodné stick-slip chování je často přisuzováno nerovnosti povrchu vlákna, ale podobná situace se může objevit i v případě relativně hladkých vláken, z nichž se uvolňují malá množství nečistot v okolí kontaktní linie, rozrušující povrchové napětí kapaliny. Toto může být pravdivé obzvláště v případě umělých vláken, jenž obsahují zatočená zakončení.⁸⁶

3.1.6 Postupné, vratné a rovnovážné kontaktní úhly

Většina čistých kapalin, s výjimkou těch, jejichž postupné kontaktní úhly jsou rovné nule nebo blízké nule, projevují na povrchu pevných látek hysterezi kontaktních úhlů, totiž jednu hodnotu je-li kapalina postupující a jinou hodnotu, když je kapalina ustupující.⁹¹ Někteří autoři však popsali rovnovážné úhly, jež byly považovány za dosažitelné až po jistém čase, když se kapalina vůči pevné látce neposouvala.⁹²

Experimenty, v nichž byla měřena síla a její změny s nehybným zdvihadlem, byly označeny jako „statické chody.“ Každý takový experiment byl započat zastavením pohybujícího se rezervoáru jak v postupujícím, tak v ustupujícím režimu. Poté začalo sledování následujících silových změn (jestliže se vyskytly). V takových statických pokusech bylo jedinou změnou v úrovni rezervoáru zmenšování povrchu způsobené vypařováním, jež se přirozeně objevilo, ať už bylo sledování započato v postupujícím či ustupujícím režimu.

Chování smáčecích sil jako funkce času bylo podrobně ohodnoceno pro vodu na dvou pevných látkách, konkrétně platině a polystyrenu, ve formě drátků se známým obvodem. Pro systém polystyren/voda byly obdrženy výsledky stejného druhu jako pro soustavu platina/voda.

Výsledky experimentů vedou k závěru, že pro systémy ukazující hysterezi kontaktních úhlů, neexistuje stabilní rovnovážný kontaktní úhel, jenž je odlišný od postupného či vratného kontaktního úhlu. Když jsou prováděna měření kontaktních úhlů nebo smáčecích sil na systémech pevná látka/kapalina v nehybném stavu a vyskytne se odpařování, jakkoliv pomalu, povrch kapaliny se stahuje, a poskytuje kontaktní úhel v ustupujícím režimu. Pokud je kapalina v postupujícím režimu na pevné látce a odpařování je eliminováno, kapalina zůstává v postupujícím režimu. Neexistuje tudíž žádné oprávnění nazývat jakéhokoliv měřeného stabilního kontaktního úhlu v ustáleném stavu jinak než postupujícím či ustupujícím.⁹¹

3.1.7 Měření dynamického adhezního napětí

Wilhelmova destičková metoda může být použita k měření adhezního napětí (τ), jež je produktem povrchového napětí a kosinu kontaktního úhlu. Měření dynamického adhezního napětí může být provedeno stálým monitorováním síly na snímacím prvku. Je posouzeno několik experimentálních sestav k měření povrchového napětí

a kontaktních úhlů ve smáčecích a nesmáčecích systémech, kde se snímací prvek pohybuje skrz rozhraní kapalina/pracovní medium.

Mezipovrchová napětí voda/vzduch, olej/vzduch a voda/olej byly určovány zdrsněnou slídovou destičkou, a to metodou smáčené destičky za daného vztlaku. Podobné měření byly provedeny použitím oleofilní destičky a metody nesmáčené destičky za daného vztlaku.⁹³ V návaznosti na návrh Daviese byla zdrsněná platinová destička pokryta uhlíkem.^{93,94}

Hodnoty meziplošných napětí mohou být vypočítána, jakmile je znám nebo alespoň předpokládán úhel kontaktu. Tento postup je nejpohodlněji vykonán vytvořením kontaktního úhlu vodného roztoku blízkému nule použitím zdrsněné slídové destičky a přečtením vynořovací síly, či alternativně vytvořením skoro nulového kontaktního úhlu olejového roztoku použitím destičky pokryté uhlíkem a přečtením adhezního napětí při ponoření, jakmile destička vnikne do rozhraní. Pak měření adhezního napětí odpovídalo přímému měření meziplošného napětí.

Symetrie snímacího prvku by měla být „kolmým hranolem“, abychom se vyhlíželi změnám obvodu objektu, když se pohybuje rozhraním. Výsledek kombinovaný meziplošným napětím a kosinem kontaktního úhlu je v mnoha aplikacích hlavním parametrem a tudíž nemusí být vytvářeny žádné předpoklady ani o kvantitě. Metoda může být také v relativním smyslu použita u objektu neznámého, ale konstantního obvodu jako nití nebo vláken.

Měření adhezních napětí několika typů lipidů na rozhraní oleje/vody poskytuje příklady, kde jsou kontaktní úhly předpokládány k výpočtu meziplošných napětí. Měření meziplošného napětí přírodního lipidu (přírodní výměšek lidské pokožky) asyntetických směsí složek lipidů signalizuje, že přírodní materiál má vysokou povrchovou aktivitu, jenž není odpovědná za žádnou z jejich hlavních složek nebo směsí těchto složek. Když je přírodní lipid rozdělen chromatografií, nejpolárnější složka představuje cca 1% hmotnosti celého lipidu. Tato část, jenž stále obsahuje mnoho neurčených složek, ukazuje značnou povrchovou aktivitu a je schopna redukovat povrchové napětí nepolárního oleje na hodnotu pro celý vzorek přírodního lipidu, když ji přidáme do oleje v 0,7% koncentraci.

Stanovení adhezního napětí bylo také použito k měření úhlů kontaktu, kde by mohlo být předpokládáno meziplošné napětí. Kontaktní úhly na rozhraní vody/vzduchu,

vody/oleje a oleje/vzduchu byly určovány na jednotlivých polyesterových a polyamidových vláknech, a to metodou smáčeného vlákna drženého ve smáčeném platinovém drátku za daného vztlaku. Adhézni napětí vláken jsou snadno pozměněna jejich působením v tenzidových nebo polymerových úpravných koupelích. Vlivy úpravy povrchu tenzidy a pryskyřicemi mohou být zřetelné z měnících se adhezních napětí. Pro většinu vláken a úprav byla pozorovatelná velká hystereze.

Zonyl RP měl lehký vliv na rozhraní vody/vzduchu a vody/oleje, což vyústilo v méně smáčitelný povrch.

DC₁₂PO učinilo vlákno na rozhraní vody/oleje smáčitelnější, zatímco adhezní napětí na rozhraní oleje/vzduchu je lehce redukováno.

Polyesterová vlákna ošetřena FC-218 byla na rozhraní kapaliny/vzduchu vodou a olejem méně smáčitelná, ale na rozhraní oleje/vody byla vodou smáčitelnější než vlákna neošetřená.⁹³

Tato data jsou v souladu s modelem Smithe a Shermana, v nichž obsahuje pryskyřice alternativní struktury hydrofilních a fluorovodíkových skupin. Na rozhraních vody/vzduchu nebo oleje/vzduchu „vstávají“ fluoruhlíkové skupiny a mají za následek nízkou smáčivost jak vodou, tak olejem. Jakmile je pryskyřice ponořena ve vodě, převáží hydrofilní struktury, jež mají za následek vodou-smáčitelnou složku.^{93,95}

3.1.8 Dynamické kontaktní úhly

V současném článku je popsán postup a zařízení, kde může být bublina jednoho pracovního media donucena růst se stálou poloměrovou rychlostí mezi paralelními deskami testované pevné látky, tak vytlačující druhé pracovní médium. Postup může být obrácen, takže jak postupné, tak vratné kontaktní úhly mohou být studovány jako funkce mezíplošné rychlosti.

Výsledky jsou dány pro vytlačení nasyceného vzduchu vodou mezi křemíkovými skleněnými deskami při 22 a 42 °C, a mezi polyethylenovými deskami při 22 °C. Při 22 °C bylo také studováno vytlačení vody nasyceného uhlovodíkového oleje mezi křemíkovými skleněnými deskami olejem nasyceným vodou a vodným roztokem laurátu draselného.

Ve všech systémech je nalezena určitá závislost postupných a vratných kontaktních úhlů na meziplošné rychlosti, až na tu při velmi nízkých rychlostech.

Postupné úhly (θ_A) se pro systémy jedné kapaliny jeví jako prakticky nezávislé na meziplošné rychlosti (v) v rozsahu $0 - 1 \text{ mm.min.}^{-1}$. Toto vede k názoru, že pokud rozhraní vzduch/voda je přinucena k dostatečně pomalému pohybu na pevném povrchu, mají vodní molekuly na periferii dostatek času, aby se přeorientovaly proti pevnému povrchu tak, že není zpozorovatelné žádné přemístění z rovnovážného stavu; podle toho je θ_A nezávislá na v . Nad 1 mm.min.^{-1} se θ_A nejdříve zvyšuje s rychlostí lineárně, ale při vyšších rychlostech se míra změny snižuje, dokud není dosažena limitující hodnota. Při meziplošné rychlosti nad 1 mm.min.^{-1} se stupeň dezorientace vodních molekul proti pevnému povrchu musí zvýšit, ihned za postupujícím rozhraním, a tím lze předpokládat, že horní limitující hodnoty pro θ_A odpovídají situaci, kde rozhraní postupuje tak rychle, že je dezorientace úplná.⁹⁶

Jelikož křemíková vrstva reprezentuje těsně zhuštěný methylový povrch a chová se v podstatě jako parafinický povrch,^{97,98} není překvapující, že postupné úhly pro vodu jsou obecně vyšší než ty pro polyetylen, s výjimkou v nejvyšších rychlostech.

Pro systémy dvou kapalin je chování podobné, s výjimkou toho, že se neobjevuje oblast při nízkých rychlostech, ve kterých je θ_A nezávislá na míře růstu. Pro θ_A je horní limitující hodnota 180° , a musí být zdůrazněno, že je obtížné sladit postupný úhel 180° s jakoukoliv patřičnou rychlostí.

Interpretace výsledků je složitější. Není jisté, že postupující vodní fáze splaví všechny uhlovodíkový olej z pevného povrchu, když je $\theta_A < 180^\circ$; a to může zanechat adsorbovanou vrstvu. Není ani jisté, že účinek rychlosti odpovídá pomalé relaxaci molekul vody na pevném povrchu za postupujícím popředím; to může být způsobeno pomalou relaxací molekul vody a/nebo uhlovodíku na rozhraní kapalina/kapalina nebo účinky v obou těchto rozhraních. Na druhou stranu, je zde zjevná absence oblasti při nízkých rychlostech, kde θ_A je konstantní

Kvůli možnosti penetrace vody do pevných povrchů, byly stanoveny vratné úhly (θ_R). Výsledky jsou pro dva systémy pevných látek při meziplošných rychlostech v rozsahu mezi $0 - 2 \text{ mm.min.}^{-1}$. Srovnáním těchto výsledků s postupnými hodnotami je zjevné, že hystereze je přítomná u obou systémů pevných látek. Nepravidelná penetrace je považována za důvod obtížnosti, která se uskutečnila při získávání dostatečně

reprodukovatelných výsledků pro meziplošné rychlosti nad 2 mm.min.^{-1} . Při nízkých rychlostech je očekávána oblast, ve které je θ_R konstantní, a počátek účinku rychlosti je nyní interpretován vytlačením specifické volné povrchové energie (γ_{SV}) rozhraní pevná látka/pára, daleko od své rovnovážné hodnoty. Jak rozhraní ustupuje, je dezorientovaná vrstva molekul vody zpožděná, stupeň dezorientace je funkcí meziplošné rychlosti. Pokud je pevná látka nepropustná a neexistuje žádný tlak rovnovážného filmu, musí tyto molekuly desorbovat do parní fáze, a desorpce se musí stále odehrávat, i když je v rovnováze konečný tlak filmu, ale v tomto případě to budou přebytečné molekuly, které opustí povrch. Na druhou stranu, pokud je látka propustná, musí se samy přeorientovat s ohledem na molekuly vody v níže ležícím povrchu a s ohledem na parní fázi.

Potíže spojené se studiem vratných úhlů jsou obzvláště akutní v případě systémů dvou kapalin. Ve velmi málo případech byla zjištěna možnost přinutit vodní kapku, aby se stáhla koncentricky.

Když růst či stažení bylo excentrické, pro systémy jedné nebo dvou kapalin, bylo obvykle poznamenáváno, že v jistém bodě na periferii, se kontaktní úhel proti vrchnímu zkušebnímu povrchu lišil od toho proti nižšímu povrchu. Jak bylo uvedeno, ustupující případ byl vždy daleko náchylnější k této obtížnosti než postupující situace.

Abychom viděli, zda-li mohou být pozorovány podobné účinky za přítomnosti tenzidu, byly postupné úhly měřeny pro vytlačení vody nasyceného Bayolu vodným roztokem laurátu draselného, a jsou porovnány s čistým systémem dvou kapalin. Bude zřejmé, že je θ_A redukována o 10° při nejnižších rychlostech, a že je znak k horní limitující hodnotě 180° pomalejší, dosahován při 8 mm.min.^{-1} . Několik měření naznačovalo, že účinkem tenzidu bylo redukovat θ_R , při nízké rychlosti o 14° , tj. hystereze byla zvětšená.

Nezdá se, že by byla zveřejněna nějaká dynamická studie týkající se účinku teploty. V žádné meziplošné rychlosti není odlišnost, v rámci experimentálního rozptylu, když zvýšíme teplotu přes 20° . Toto nenaznačuje pouze absenci filmového tlaku, ale také velmi slabou interakční energii mezi vodou a neproniknutým křemíkových povrchem.

Naše diskuze byla založena na dalším předpokladu, že vliv gravitace může být zanedbána.⁹⁶

4 Experimentální část

4.1 Použité suroviny

Aceton	Lach-Ner, Neratovice
Chloroform	Lach-Ner, Neratovice
Ethanol 96%	Kulich, Hradec Králové
Voda destilovaná	UK-FaF, Hradec Králové
Cholesterol, min.99%	Sigma-Aldrich, Praha
Palmitová kyselina, min.99%	Sigma-Aldrich, Praha
Olejová kyselina	Fluka, Praha
14S24	UK-FaF, Hradec Králové
12SG12	UK-FaF, Hradec Králové
12GV12	UK-FaF, Hradec Králové
N-hexanoyl-D-sfingosin	Sigma-Aldrich, Praha
N-acetyl-D-sfingosin	Sigma-Aldrich, Praha
Cholesterol sulfát sodný	Sigma-Aldrich, Praha
Lihobenzín	Kulich , Hradec Králové

Uvedené komerčně dostupné látky odpovídaly deklarované jakosti podle daných norem výrobců, resp.dodavatelů.

Látky 12S24,12SG12 a 12GV12 o čistotě vyšší než 99% byly jako původní analogy ceramidů syntetizovány a poskytnuty PharmDr. Kateřinou Vávrovou z katedry anorganické a organické chemie UK-FaF v Hradci Králové.

4.2 Použité přístroje

Tenziometr K 100	Krüss, Německo
Termostat	Haake L, Německo
Tepelná magnetická míchačka	Snijders, Nizozemí

Horkovzdušná sušárna HS 61A	Chirana Stará Turá, Slovensko
Lednice s mrazničkou	Ardo, Itálie
Lednice s mrazničkou	Liebherr, Německo
Analytické váhy	Sartorius, Göttingen, Německo
Analytické váhy	Ohaus, Švýcarsko
Mikroskop	Zeiss, Göttingen, Německo
Biologický termostat BT 50	Laboratorní přístroje, Praha

4.3 Další pomůcky

Plynový kahan, pipety, odměrný válec, kádinky, lžice, stříčka, mikropipety, digitální teploměr, stojan, svorky, držáky, pipetík, buničina, hadřík, celofán,lobal, míchadélko, hodinové sklíčko, podložní sklíčko, krycí sklíčko, kopista, exsikátor, lékovky, rtuťový teploměr, zábrusové lahvičky, váženky, vialky, lupa, pinseta, nůžky, nůž, vata, kelímek, tyčinka.

4.4 Příprava vzorků před měřením na tenziometru K100

4.4.1 První zkušební vzorky

Složení:

Zkoumané látky ve třech vhodně zvolených poměrech rozpuštěné v roztoku acetonu s chloroformem v poměru 1:1

cholesterol : kyselina palmitová 1:9, 1:1, 9:1

Postup přípravy:

Nejprve jsem si připravil rozpouštědlo, tj. roztok acetonu a chloroformu v poměru 1:1, poté jsem v něm postupně rozpouštěl navážky cholesterolu a kyseliny palmitové v daných poměrech. Připravené vzorky jsem namáčením nanášel na měřicí destičku a po vysušení následně měřil při 25°C.

4.4.2 Vzorčky mastných kyselin s cholesterolem

Složení:

Zkoumané látky ve třech vhodně zvolených poměrech rozpuštěné v roztoku acetonu s chloroformem v poměru 1:1

cholesterol : kyselina palmitová 1:9, 1:1, 9:1

cholesterol : kyselina olejová 1:9, 1:1, 9:1

Postup přípravy:

Nejprve jsem si připravil rozpouštědlo, tj. roztok acetonu a chloroformu v poměru 1:1, poté jsem v něm postupně rozpouštěl navážky cholesterolu a kyseliny palmitové ve vhodně zvolených poměrech. Další sadu vzorků jsem připravil obdobným způsobem, přičemž jsem v roztoku rozpouštěl navážky cholesterolu a kyseliny olejové v daných poměrech. Připravené vzorky jsem mikropipetou nanášel na měřicí destičku a po vysušení následně měřil při 37°C.

4.4.3 Vzorčky směsí zkoumaných látek s cholesterolsulfátem sodným

Složení:

Zkoumané látky ve vhodně zvolených poměrech obsažené v roztoku destilované vody, acetonu a lihu 96% v poměru 0,4:1:1.

Cholesterol : cholesterolsulfát sodný : kyselina palmitová 10:1:6,67

Cholesterol : cholesterolsulfát sodný : kyselina olejová 10:1:6,67

Cholesterol : 14S24 : cholesterolsulfát sodný: kyselina olejová 10:10:1:6,67

Postup přípravy:

Sady vzorků si připravíme tím, že smícháme dané množství cholesterolsulfátu sodného rozpuštěného ve vodě s ostatními zkoumanými látkami v daných poměrech rozpuštěnými v roztoku acetonu s lihem 96% v poměru 1:1. Cholesterolsulfát sodný jsem rozpouštěl při 80°C v takovém množství destilované vody, aby se roztok stal nasyceným, tj. v poměru s ostatními rozpouštědly 0,4. Po smísení jsem vzorky nechal 16 hod inkubovat v biologickém termostatu při 37°C. Jelikož se ve vzorcích nacházela stále sraženina, nanášel jsem mikropipetou na měřicí destičku část vzorku nacházejícího se nad sedimentem a část vzorku po úplném rozpuštění toho sedimentu při 80°C. Při nanášení úplně rozpuštěného vzorku jsem musel mít veškeré potřebné součásti

předeřáté na požadovanou teplotu, případně vzniklou předčasnou krystalizaci na měřicí destičce jsem opět rozpouštěl v acetonu. Dané měření jsem po vysušení prováděl při 37°C.

4.4.4 Vzorky ceramidů

Složení:

Zkoumané látky samotné a v kombinaci ve vhodně zvolených poměrech rozpuštěné v roztoku acetonu s chloroformem v poměru 1:1

N-acetyl-D-sfingosin

N-acetyl-D-sfingosin : cholesterol 1:1

N-acetyl-D-sfingosin : cholesterol : kyselina palmitová 3:3:2

N-hexanoyl-D-sfingosin

N-hexanoyl-D-sfingosin : cholesterol 1:1

N-hexanoyl-D-sfingosin : cholesterol : kyselina palmitová 3:3:2

12SG12

12SG12 : cholesterol 1:1

12SG12 : cholesterol : kyselina palmitová 3:3:2

12GV12

12GV12 : cholesterol 1:1

12GV12 : cholesterol : kyselina palmitová 3:3:2

Postup přípravy:

Nejprve jsem si připravil rozpouštědlo, tj. roztok acetonu s chloroformem v poměru 1:1, poté jsem v něm rozpouštěl navážky samotných ceramidů a ceramidů v kombinaci s ostatními zkoumanými látkami v daných poměrech. Takto připravené vzorky jsem nanášel mikropipetou na měřicí destičku a po vysušení následně měřil při 37°C.

5 Tabulky

Tab. 1: Naměřené hodnoty povrchového napětí (γ) destilované vody při 25°C

n	γ (mN/m)
1	72,01
2	71,99
3	72,04
4	72,04
5	72,04
6	72,01
7	72,04
8	72,04
9	72,01
10	72,04
\bar{x}	72,03
S_d	0,01

Tab. 2: Naměřené hodnoty povrchového napětí (γ) při 25°C po prvním, druhém a třetím ponoření měřící destičky do roztoku cholesterolu a kyseliny palmitové v poměru 1:9 rozpuštěné v acetonu s chloroformem v poměru 1:1

	1.ponoření	2.ponoření	3.ponoření
n	γ (mN/m)	γ (mN/m)	γ (mN/m)
1	36,01	19,13	24,42
2	35,93	19,05	23,54
3	36,01	18,86	23,57
4	36,08	18,83	23,52
5	36,15	18,83	23,54
6	36,18	18,54	23,49
7	36,27	18,17	23,54
8	36,35	18,37	23,57
9	36,42	18,59	23,57
10	36,47	18,34	23,61
\bar{x}	36,34	18,40	23,56
S_d	0,12	0,17	0,04

Tab. 3: Naměřené hodnoty povrchového napětí (γ) při 25°C po prvním, druhém a třetím ponoření měřicí destičky do roztoku cholesterolu a kyseliny palmitové v poměru 1:1 rozpuštěné v acetonu s chloroformem v poměru 1:1

	1.ponoření	2.ponoření	3.ponoření
n	γ (mN/m)	γ (mN/m)	γ (mN/m)
1	28,98	32,15	24,88
2	30,59	33,01	25,61
3	32,25	34,20	26,66
4	33,66	35,27	27,57
5	34,71	36,03	28,37
6	35,86	36,91	29,22
7	36,98	37,67	29,96
8	37,76	38,28	30,64
9	38,64	38,98	31,25
10	39,40	39,49	31,86
\bar{x}	37,73	38,27	30,59
S_d	1,38	1,03	1,04

Tab. 4: Naměřené hodnoty povrchového napětí (γ) při 25°C po prvním, druhém a třetím ponoření měřicí destičky do roztoku cholesterolu a kyseliny palmitové v poměru 9:1 rozpuštěné v acetonu s chloroformem v poměru 1:1

	1.ponoření	2.ponoření	3.ponoření
n	γ (mN/m)	γ (mN/m)	γ (mN/m)
1	16,34	11,29	15,66
2	17,49	11,86	16,66
3	18,54	12,51	17,54
4	19,54	13,17	18,59
5	20,20	13,56	18,93
6	20,98	14,17	19,49
7	21,59	14,61	20,08
8	22,10	15,00	20,52
9	22,69	15,47	20,98
10	23,15	15,86	21,37
\bar{x}	22,10	15,02	20,49
S_d	0,86	0,67	0,74

Tab. 5: Souhrn průměrných hodnot povrchového napětí (γ) při 25°C po prvním, druhém a třetím ponoření měřicí destičky do roztoku cholesterolu a kyseliny palmitové v daných poměrech rozpuštěné v acetonu s chloroformem v poměru 1:1

CHOL./PAL. 1:9	1.ponoření	2.ponoření	3.ponoření
	γ (mN/m)	γ (mN/m)	γ (mN/m)
\bar{x}	36,34	18,40	23,56
S_d	0,12	0,17	0,04

CHOL./PAL. 1:1	1.ponoření	2.ponoření	3.ponoření
	γ (mN/m)	γ (mN/m)	γ (mN/m)
\bar{x}	37,73	38,27	30,59
S_d	1,38	1,03	1,04

CHOL./PAL. 9:1	1.ponoření	2.ponoření	3.ponoření
	γ (mN/m)	γ (mN/m)	γ (mN/m)
\bar{x}	22,10	15,02	20,49
S_d	0,86	0,67	0,74

Tab. 6: Naměřené hodnoty povrchového napětí (γ) při 37°C po nanesení 20, 40 a 60 μ l daného roztoku na měřicí destičku, tj. roztoku cholesterolu a kyseliny palmitové v poměru 1:9 rozpuštěné v acetonu s chloroformem v poměru 1:1

n	20 μ l		40 μ l		60 μ l	
	γ (mN/m)	γ (mN/m)	γ (mN/m)	γ (mN/m)	γ (mN/m)	γ (mN/m)
1	42,86	38,30	34,86	41,79	23,27	23,98
2	41,89	27,93	30,74	37,54	20,10	25,30
3	39,15	25,39	26,79	32,79	26,27	25,52
4	39,15	23,25	21,98	28,32	26,22	25,59
5	39,54	22,10	24,96	25,59	26,13	25,74
6	38,18	22,56	24,93	25,15	26,18	25,83
7	38,06	22,10	25,00	24,83	26,22	25,91
8	38,03	21,37	24,81	24,61	26,27	25,96
9	36,49	20,76	24,47	24,44	26,35	26,03
10	36,67	19,78	24,32	24,42	26,39	26,08
\bar{x}	37,48	21,32	24,71	24,69	26,28	25,96
S_d	0,83	1,10	0,30	0,31	0,09	0,10

Tab. 7: Naměřené hodnoty povrchového napětí (γ) při 37°C po nanesení 40 μl daného roztoku na měřicí destičku, tj. roztoku cholesterolu a kyseliny palmitové v poměru 1:1 rozpuštěné v acetonu s chloroformem v poměru 1:1

n	40 μl			
	γ (mN/m)	γ (mN/m)	γ (mN/m)	γ (mN/m)
1	29,91	27,91	21,49	30,30
2	27,18	29,25	22,93	30,10
3	27,03	29,71	24,61	30,76
4	26,83	27,76	25,98	31,47
5	26,66	26,47	23,54	32,05
6	26,30	24,05	21,17	28,08
7	25,49	21,86	18,15	24,49
8	24,71	20,52	16,81	21,37
9	23,59	19,54	16,47	19,52
10	22,74	19,17	16,47	18,95
\bar{x}	24,57	21,03	17,81	22,48
S_d	1,43	1,98	2,00	3,80

Tab. 8: Naměřené hodnoty povrchového napětí (γ) při 37°C po nanesení 60 μl daného roztoku na měřicí destičku, tj. roztoku cholesterolu a kyseliny palmitové v poměru 1:1 rozpuštěné v acetonu s chloroformem v poměru 1:1

n	60 μl			
	γ (mN/m)	γ (mN/m)	γ (mN/m)	γ (mN/m)
1	28,61	26,54	26,83	25,61
2	26,57	26,76	26,22	25,39
3	27,05	27,88	26,81	26,08
4	26,96	28,08	27,42	26,13
5	25,83	27,00	24,96	22,35
6	23,37	26,03	22,44	18,61
7	20,27	25,05	18,30	17,44
8	19,25	23,88	17,39	17,13
9	18,71	22,30	17,32	16,93
10	18,44	20,91	17,32	16,93
\bar{x}	20,01	23,63	18,55	17,41
S_d	2,01	2,06	2,21	0,71

Tab. 9: Naměřené hodnoty povrchového napětí (γ) při 37°C po nanesení 40 a 60 μl daného roztoku na měřicí destičku, tj. roztoku cholesterolu a kyseliny palmitové v poměru 9:1 rozpuštěné v acetonu s chloroformem v poměru 1:1

n	40 μl		60 μl	
	γ (mN/m)	γ (mN/m)	γ (mN/m)	γ (mN/m)
1	23,22	22,69	25,00	23,37
2	22,35	19,91	22,13	21,32
3	22,15	19,49	20,98	20,20
4	20,98	19,17	20,78	20,17
5	20,66	19,34	20,88	20,42
6	20,25	19,81	21,37	20,69
7	20,17	20,03	21,39	20,86
8	19,66	20,39	21,47	21,05
9	19,22	20,56	19,76	20,83
10	19,32	20,44	18,88	19,98
\bar{x}	19,73	20,25	20,57	20,68
S_d	0,47	0,32	1,19	0,41

Tab. 10: Naměřené hodnoty povrchového napětí (γ) při 37°C po nanesení 40 a 60 μl daného roztoku na měřicí destičku, tj. roztoku cholesterolu a kyseliny olejové v poměru 1:9 rozpuštěné v acetonu s chloroformem v poměru 1:1

n	40 μl		60 μl	
	γ (mN/m)	γ (mN/m)	γ (mN/m)	γ (mN/m)
1	30,69	29,47	27,86	28,69
2	30,25	29,13	27,52	28,32
3	30,08	28,88	27,32	28,13
4	30,01	28,83	27,27	28,10
5	29,98	28,81	27,27	28,08
6	29,93	28,74	27,27	28,03
7	29,86	28,74	27,22	27,98
8	29,83	28,64	27,20	27,96
9	29,79	28,57	27,15	27,93
10	29,76	28,57	27,13	27,88
\bar{x}	29,83	28,65	27,20	27,96
S_d	0,07	0,09	0,06	0,05

Tab. 11: Naměřené hodnoty povrchového napětí (γ) při 37°C po nanesení 40 a 60 μl daného roztoku na měřicí destičku, tj. roztoku cholesterolu a kyseliny olejové v poměru 1:1 rozpuštěné v acetonu s chloroformem v poměru 1:1

n	40 μl		60 μl	
	γ (mN/m)	γ (mN/m)	γ (mN/m)	γ (mN/m)
1	27,13	26,96	27,08	26,86
2	26,05	25,91	25,96	25,64
3	25,66	25,71	25,69	25,37
4	25,44	25,57	25,61	25,22
5	25,42	25,49	25,57	25,15
6	25,35	25,42	25,49	25,08
7	25,30	25,32	25,44	25,05
8	25,27	25,25	25,39	24,98
9	25,25	25,15	25,35	24,96
10	25,20	25,13	25,30	24,91
\bar{x}	25,27	25,25	25,39	24,99
S_d	0,05	0,12	0,08	0,07

Tab. 12: Naměřené hodnoty povrchového napětí (γ) při 37°C po nanesení 40 a 60 μl daného roztoku na měřicí destičku, tj. roztoku cholesterolu a kyseliny olejové v poměru 9:1 rozpuštěné v acetonu s chloroformem v poměru 1:1

n	40 μl		60 μl	
	γ (mN/m)	γ (mN/m)	γ (mN/m)	γ (mN/m)
1	29,57	32,86	32,01	33,88
2	26,03	34,35	33,59	35,49
3	24,86	35,08	32,84	33,64
4	24,54	31,79	26,03	26,83
5	24,35	28,35	24,05	25,15
6	24,25	25,13	23,10	24,08
7	24,00	24,42	22,71	23,44
8	23,88	23,71	22,64	23,15
9	23,61	23,10	22,64	23,08
10	23,44	22,81	22,64	23,03
\bar{x}	23,84	23,83	22,75	23,36
S_d	0,32	0,95	0,20	0,43

Tab. 13: Souhrn průměrných hodnot povrchového napětí (γ) při 37°C po nanesení daných roztoků na měřící destičku, tj. roztoku cholesterolu a kyseliny palmitové v daných poměrech rozpuštěné v acetonu s chloroformem v poměru 1:1 a roztoku cholesterolu a kyseliny olejové v daných poměrech rozpuštěné v acetonu s chloroformem v poměru 1:1

CHOL./PAL. 1:9	20 μ l		40 μ l		60 μ l	
	γ (mN/m)	γ (mN/m)	γ (mN/m)	γ (mN/m)	γ (mN/m)	γ (mN/m)
\bar{x}	37,48	21,32	24,71	24,69	26,28	25,96
S_d	0,83	1,10	0,30	0,31	0,09	0,10

CHOL./PAL. 1:1	40 μ l			
	γ (mN/m)	γ (mN/m)	γ (mN/m)	γ (mN/m)
\bar{x}	24,57	21,03	17,81	22,48
S_d	1,43	1,98	2,00	3,80

CHOL./PAL. 1:1	60 μ l			
	γ (mN/m)	γ (mN/m)	γ (mN/m)	γ (mN/m)
\bar{x}	20,01	23,63	18,55	17,41
S_d	2,01	2,06	2,21	0,71

CHOL./PAL. 9:1	40 μ l		60 μ l	
	γ (mN/m)	γ (mN/m)	γ (mN/m)	γ (mN/m)
\bar{x}	19,73	20,25	20,57	20,68
S_d	0,47	0,32	1,19	0,41

CHOL./OLEJ. 1:9	40 μ l		60 μ l	
	γ (mN/m)	γ (mN/m)	γ (mN/m)	γ (mN/m)
\bar{x}	29,83	28,65	27,20	27,96
S_d	0,07	0,09	0,06	0,05

CHOL./OLEJ. 1:1	40 μ l		60 μ l	
	γ (mN/m)	γ (mN/m)	γ (mN/m)	γ (mN/m)
\bar{x}	25,27	25,25	25,39	24,99
S_d	0,05	0,12	0,08	0,07

CHOL./OLEJ. 9:1	40 μ l		60 μ l	
	γ (mN/m)	γ (mN/m)	γ (mN/m)	γ (mN/m)
\bar{x}	23,84	23,83	22,75	23,36
S_d	0,32	0,95	0,20	0,43

Tab. 14: Naměřené hodnoty povrchového napětí (γ) při 37°C po nanesení 40 μ l daného roztoku ze dvou jeho částí na měřicí destičku, tj. z části roztoku nad sedimentem a z části roztoku po jeho úplném rozpuštění při 80°C. Zkoumaný roztok: cholesterol, cholesterol sulfát sodný, kyselina palmitová v poměru 10:1:6,67 v roztoku destilované vody, acetonu a lihu 96% v poměru 0,4:1:1

	nad sedimentem	po rozpuštění
n	γ (mN/m)	γ (mN/m)
1	25,54	24,47
2	24,93	23,96
3	24,69	23,69
4	24,49	23,49
5	24,37	23,37
6	24,25	23,32
7	24,20	23,22
8	24,20	23,17
9	24,15	23,08
10	24,13	23,03
\bar{x}	24,18	23,17
S_d	0,05	0,12

Tab. 15: Naměřené hodnoty povrchového napětí (γ) při 37°C po nanesení 40 μ l daného roztoku ze dvou jeho částí na měřicí destičku, tj. z části roztoku nad sedimentem a z části roztoku po jeho úplném rozpuštění při 80°C. Zkoumaný roztok: cholesterol, cholesterol sulfát sodný, kyselina olejová v poměru 10:1:6,67 v roztoku destilované vody, acetonu a lihu 96% v poměru 0,4:1:1

	nad sedimentem	po rozpuštění
n	γ (mN/m)	γ (mN/m)
1	23,42	23,88
2	23,30	23,52
3	23,27	23,39
4	23,30	23,30
5	23,30	23,25
6	23,32	23,22
7	23,32	23,15
8	23,30	23,17
9	23,35	23,17
10	23,32	23,20
\bar{x}	23,32	23,18
S_d	0,02	0,03

Tab. 16: Naměřené hodnoty povrchového napětí (γ) při 37°C po nanesení 40 μ l daného roztoku ze dvou jeho částí na měřicí destičku, tj. z části roztoku nad sedimentem a z části roztoku po jeho úplném rozpuštění při 80°C. Zkoumaný roztok: cholesterol, 14S24, cholesterol sulfát sodný, kyselina olejová v poměru 10:10:1:6,67 v roztoku destilované vody, acetonu a lihu 96% v poměru 0,4:1:1

	nad sedimentem	po rozpuštění
n	γ (mN/m)	γ (mN/m)
1	23,39	28,57
2	23,37	26,96
3	23,44	26,00
4	23,49	25,52
5	23,49	25,18
6	23,54	24,88
7	23,54	24,69
8	23,57	24,59
9	23,61	24,47
10	23,61	24,39
\bar{x}	23,57	24,60
S _d	0,04	0,19

Tab. 17: Souhrn průměrných hodnot povrchového napětí (γ) při 37°C po nanesení 40 μ l daných roztoků ze dvou jeho částí na měřicí destičku, tj. z části roztoků nad sedimentem a z části roztoků po jeho úplném rozpuštění při 80°C. Zkoumaný roztok: zkoumané látky v roztoku destilované vody, acetonu a lihu 96% v poměru 0,4:1:1

CHOL./CHOL.SULF./PAL. 10:1:6,67		
	nad sedimentem	po rozpuštění
\bar{x}	24,18	23,17
S _d	0,05	0,12

CHOL./CHOL.SUF./OLEJ. 10:1:6,67		
	nad sedimentem	po rozpuštění
\bar{x}	23,32	23,18
S _d	0,02	0,03

CHOL./14S24/CHOL.SULF./OLEJ. 10:10:1:6,67		
	nad sedimentem	po rozpuštění
\bar{x}	23,57	24,60
S _d	0,04	0,19

Tab. 18: Naměřené hodnoty postupného a vratného kontaktního úhlu destilované vody při 37°C

PKU		VKU	
p (mm)	θ (°)	p (mm)	θ (°)
0,2	43,47	4,8	43,26
0,4	48,2	4,6	38,61
0,61	52,06	4,4	34,09
0,82	53,65	4,19	29,42
1,02	46,98	3,99	25,2
1,22	49,04	3,78	21,28
1,43	48,39	3,57	18,25
1,63	51	3,37	16,01
1,84	47,1	3,17	14,69
2,04	49,66	2,97	13,98
2,24	51,15	2,76	13,84
2,44	51,1	2,56	13,76
2,65	49,15	2,35	13,7
2,85	48,71	2,16	13,61
3,06	50,41	1,95	13,61
3,26	48,11	1,75	13,52
3,46	50,39	1,55	13,54
3,66	48,74	1,34	13,48
3,86	49,35	1,14	13,48
4,07	48,1	-	-
4,27	49,6	-	-
4,47	43,7	-	-
4,67	47,61	-	-
4,88	49,23	-	-
\bar{x}	48,95	\bar{x}	19,86
S_d	2,24	S_d	9,33

Tab. 19: Naměřené hodnoty postupného a vratného kontaktního úhlu při 37°C po nanesení 40 µl daného roztoku na měřicí destičku, tj. roztoku cholesterolu a kyseliny palmitové v poměru 1:9 rozpuštěné v acetonu s chloroformem v poměru 1:1

1.měření				2.měření			
PKU		VKU		PKU		VKU	
p (mm)	θ (°)	p (mm)	θ (°)	p (mm)	θ (°)	p (mm)	θ (°)
0,2	90,71	4,8	74,91	0,2	90,29	4,79	82,88
0,41	94,54	4,6	72,71	0,4	94,11	4,59	79,71
0,61	97,24	4,4	70,87	0,61	96,5	4,39	76,87
0,81	97,99	4,19	69,32	0,81	96,05	4,19	74,25
1,02	94,69	3,99	68,07	1,02	97,5	3,98	72,02
1,23	95,75	3,79	67,32	1,23	96,69	3,78	70,22
1,43	96,09	3,58	66,99	1,43	96,92	3,57	68,74
1,63	95,85	3,38	66,71	1,63	98,2	3,37	67,76
1,84	94,71	3,18	66,88	1,83	98,72	3,17	67,04
2,04	93,55	2,97	67,06	2,03	98,45	2,97	66,64
2,24	91,8	2,77	67,29	2,24	98,03	2,76	66,58
2,44	90,62	2,57	67,4	2,45	97,18	2,56	66,75
2,65	89,07	2,37	67,5	2,66	96,83	2,36	67,11
2,85	87,73	2,16	67,57	2,86	96,38	2,16	67,24
3,05	85,91	1,96	67,67	3,07	95,93	1,95	67,34
3,25	85,28	1,75	67,7	3,27	95,85	1,75	67,45
3,45	84,97	1,55	67,68	3,47	95,59	1,55	67,47
3,66	83,68	1,35	67,63	3,67	94,33	1,34	67,49
3,86	83,25	1,14	67,64	3,87	93,67	1,14	67,47
4,07	82,95	-	-	4,08	92,45	-	-
4,27	82,64	-	-	4,28	90,74	-	-
4,47	81,88	-	-	4,48	89,56	-	-
4,67	81,25	-	-	4,68	89,34	-	-
4,87	79,78	-	-	4,88	88,53	-	-
\bar{x}	89,25	\bar{x}	68,36	\bar{x}	94,91	\bar{x}	70,05
S _d	5,76	S _d	2,11	S _d	3,07	S _d	4,74

Tab. 20: Naměřené hodnoty postupného a vratného kontaktního úhlu při 37°C po nanesení 60 μ l daného roztoku na měřicí destičku, tj. roztoku cholesterolu a kyseliny palmitové v poměru 1:9 rozpuštěné v acetonu s chloroformem v poměru 1:1

PKU		VKU	
p (mm)	θ (°)	p (mm)	θ (°)
0,2	89,77	4,8	77,58
0,4	94,04	4,6	75,01
0,61	97,48	4,39	72,77
0,81	96,88	4,18	70,94
1,01	95,12	3,99	69,43
1,21	95,65	3,78	68,23
1,41	95,72	3,58	67,52
1,62	95,24	3,38	67,18
1,82	93,99	3,18	67,23
2,03	92,55	2,98	67,43
2,23	89,74	2,78	67,52
2,43	87,76	2,57	67,6
2,63	86,23	2,37	67,68
2,83	84,63	2,17	67,69
3,04	83,24	1,96	67,73
3,24	82,95	1,76	67,73
3,44	83,24	1,56	67,67
3,64	82,83	1,35	67,67
3,85	82,55	1,15	67,59
4,05	82,32	-	-
4,26	82,31	-	-
4,47	82,35	-	-
4,67	82,49	-	-
4,87	82,05	-	-
\bar{x}	88,38	\bar{x}	69,06
S_d	5,74	S_d	2,86

Tab. 21: Naměřené hodnoty postupného a vratného kontaktního úhlu při 37°C po nanesení 40 μ l daného roztoku na měřicí destičku, tj. roztoku cholesterolu a kyseliny palmitové v poměru 1:1 rozpuštěné v acetonu s chloroformem v poměru 1:1

PKU		VKU	
p (mm)	θ (°)	p (mm)	θ (°)
0,2	85,83	4,8	78,75
0,4	88,31	4,59	75,55
0,6	90,39	4,39	73,1
0,81	89,61	4,18	70,96
1,01	87,49	3,98	69,29
1,22	88,54	3,78	68,11
1,42	89,64	3,58	67,44
1,63	90,65	3,38	66,91
1,83	91,27	3,17	66,66
2,03	91,73	2,97	66,75
2,23	92,12	2,77	66,91
2,44	92,58	2,57	67,17
2,64	92,76	2,37	67,4
2,84	92,66	2,16	67,59
3,04	92,35	1,96	67,7
3,25	91,96	1,75	67,76
3,45	91,53	1,55	67,91
3,65	91,1	1,35	68,01
3,86	90,54	1,15	68,08
4,07	88,01	-	-
4,27	85,82	-	-
4,47	85,33	-	-
4,67	84,73	-	-
4,87	84,46	-	-
\bar{x}	89,56	\bar{x}	69,06
S_d	2,66	S_d	3,21

Tab. 22: Naměřené hodnoty postupného a vratného kontaktního úhlu při 37°C po nanesení 40 μ l daného roztoku na měřicí destičku, tj. roztoku cholesterolu a kyseliny palmitové v poměru 9:1 rozpuštěné v acetonu s chloroformem v poměru 1:1

PKU		VKU	
p (mm)	θ (°)	p (mm)	θ (°)
0,2	84,56	4,79	81,65
0,4	87,67	4,59	77,13
0,61	90,44	4,39	73,5
0,81	91,97	4,19	70,54
1,01	93,74	3,99	68,2
1,21	93,47	3,78	66,51
1,42	93,82	3,58	65,3
1,62	90,56	3,38	65,08
1,82	90,21	3,18	65,04
2,02	89,9	2,98	65,44
2,23	89,66	2,78	65,51
2,43	89,27	2,57	65,57
2,63	88,81	2,37	65,83
2,83	88,53	2,17	66,21
3,03	88,28	1,97	66,57
3,24	88,13	1,76	66,8
3,44	87,68	1,56	67
3,64	87,54	1,36	67,19
3,84	87,51	1,16	67,38
4,04	87,8	-	-
4,25	88,53	-	-
4,45	88,77	-	-
4,65	89,35	-	-
4,85	88,55	-	-
\bar{x}	89,36	\bar{x}	68,23
S_d	2,14	S_d	4,38

Tab. 23: Naměřené hodnoty postupného a vratného kontaktního úhlu při 37°C po nanesení 40 µl daného roztoku na měřicí destičku, tj. roztoku cholesterolu kyseliny olejové v poměru 1:9 rozpuštěné v acetonu s chloroformem v poměru 1:1

PKU		VKU	
p (mm)	θ (°)	p (mm)	θ (°)
0,2	86,49	4,8	74,61
0,4	86,92	4,6	71,89
0,6	81,44	4,39	69,49
0,8	78,78	4,19	67,53
1,01	78,25	3,99	66,06
1,22	78,12	3,79	65,35
1,42	78,16	3,59	65,03
1,62	77,99	3,39	65,42
1,82	77,77	3,19	65,37
2,02	77,55	2,99	65,16
2,22	77,53	2,78	65,5
2,42	77,55	2,58	65,37
2,62	77,39	2,37	65,21
2,83	77,41	2,18	65,03
3,04	77,4	1,97	65,12
3,24	77,38	1,77	65,4
3,44	77,34	1,57	65,12
3,65	77,32	1,37	64,89
3,85	77,34	1,16	64,85
4,06	77,35	-	-
4,26	77,39	-	-
4,46	77,41	-	-
4,66	77,53	-	-
4,86	77,55	-	-
\bar{x}	78,56	\bar{x}	66,44
S_d	2,60	S_d	2,61

Tab. 24: Naměřené hodnoty postupného a vratného kontaktního úhlu při 37°C po nanesení 40 μ l daného roztoku na měřicí destičku, tj. roztoku cholesterolu a kyseliny olejové v poměru 1:1 rozpuštěné v acetonu s chloroformem v poměru 1:1

PKU		VKU	
p (mm)	θ (°)	p (mm)	θ (°)
0,2	76,86	4,79	75,57
0,4	77,55	4,59	73,28
0,61	77,53	4,39	71,39
0,81	77,11	4,18	69,73
1,01	77,01	3,98	68,53
1,21	77,13	3,78	67,9
1,42	77,23	3,58	67,75
1,62	77,19	3,38	67,83
1,83	77,19	3,17	67,84
2,03	77,25	2,96	67,88
2,23	77,29	2,76	67,88
2,43	77,35	2,56	67,89
2,63	77,35	2,36	67,91
2,83	77,43	2,15	67,91
3,03	77,47	1,95	67,91
3,24	77,62	1,75	67,95
3,45	77,79	1,55	67,95
3,65	77,97	1,34	67,96
3,85	77,87	1,14	67,98
4,05	77,97	-	-
4,26	78,01	-	-
4,46	78,13	-	-
4,66	78,15	-	-
4,86	78,17	-	-
\bar{x}	77,53	\bar{x}	68,90
S_d	0,38	S_d	2,11

Tab. 25: Naměřené hodnoty postupného a vratného kontaktního úhlu při 37°C po nanesení 40 μ l daného roztoku na měřicí destičku, tj. roztoku cholesterolu a kyseliny olejové v poměru 9:1 rozpuštěné v acetonu s chloroformem v poměru 1:1

PKU		VKU	
p (mm)	θ (°)	p (mm)	θ (°)
0,2	78,23	4,8	72,06
0,41	78,46	4,6	70,07
0,61	81	4,4	68,41
0,81	82,18	4,2	67,21
1,02	81,35	3,99	66,41
1,23	80,44	3,79	66,23
1,43	79,87	3,59	66,35
1,63	79,67	3,38	66,59
1,84	79,63	3,18	66,69
2,05	78,6	2,97	66,76
2,25	77,98	2,77	66,8
2,45	77,25	2,57	66,78
2,66	76,75	2,37	66,8
2,86	76,47	2,16	66,83
3,06	76,19	1,96	66,87
3,27	75,73	1,76	66,91
3,47	75,65	1,56	66,94
3,67	75,65	1,36	66,91
3,87	75,73	1,16	66,93
4,07	75,85	-	-
4,27	75,55	-	-
4,48	75,54	-	-
4,69	75,4	-	-
4,89	75,14	-	-
\bar{x}	77,68	\bar{x}	67,29
S_d	2,16	S_d	1,40

Tab. 26: Souhrn průměrných hodnot postupného a vratného kontaktního úhlu při 37°C po nanesení daných roztoků na měřicí destičku, tj. roztoku cholesterolu a kyseliny palmitové v daných poměrech rozpuštěné v acetonu s chloroformem v poměru 1:1 a roztoku cholesterolu a kyseliny olejové v daných poměrech rozpuštěné v acetonu s chloroformem v poměru 1:1

40μl	CHOL./PAL. 1:9			
	PKU	VKU	PKU	VKU
\bar{x}	89,25	68,36	94,91	70,05
S _d	5,76	2,11	3,07	4,74

60μl	CHOL./PAL. 1:9	
	PKU	VKU
\bar{x}	88,38	69,06
S _d	5,74	2,86

40μl	CHOL./PAL. 1:1		CHOL./PAL. 9:1	
	PKU	VKU	PKU	VKU
\bar{x}	89,56	69,06	89,36	68,23
S _d	2,66	3,21	2,14	4,38

40μl	CHOL./OLEJ. 1:9		CHOL./OLEJ. 1:1		CHOL./OLEJ. 9:1	
	PKU	VKU	PKU	VKU	PKU	VKU
\bar{x}	78,56	66,44	77,53	68,90	77,68	67,29
S _d	2,60	2,61	0,38	2,11	2,16	1,40

Tab. 27: Naměřené hodnoty postupného a vratného kontaktního úhlu při 37°C po nanesení 40 μ l daného roztoku na měřicí destičku, tj. roztoku N-acetyl-D-sfingosinu rozpuštěného v acetonu s chloroformem v poměru 1:1

PKU		VKU	
p (mm)	θ (°)	p (mm)	θ (°)
0,2	57,41	4,79	55,56
0,4	58,44	4,59	51,54
0,6	58,1	4,39	47,62
0,81	57,16	4,19	44,08
1,01	57,01	3,99	40,77
1,21	56,32	3,78	37,81
1,41	56,71	3,58	35,7
1,62	57,05	3,38	34,1
1,82	57,31	3,18	33,51
2,03	57,3	2,98	34,1
2,23	57,4	2,78	35,53
2,43	57,33	2,58	36,26
2,63	57,79	2,37	37,07
2,84	58,7	2,17	38,02
3,04	58,61	1,97	39,48
3,24	58,92	1,77	41,07
3,45	59,66	1,57	42,66
3,65	59,86	1,37	44,55
3,85	60,26	1,17	46,21
4,05	60,62	-	-
4,26	60,84	-	-
4,46	61,12	-	-
4,66	61,41	-	-
4,86	62,6	-	-
\bar{x}	58,66	\bar{x}	40,82
S_d	1,70	S_d	6,01

Tab. 28: Naměřené hodnoty postupného a vratného kontaktního úhlu při 37°C po nanesení 40 μ l daného roztoku na měřicí destičku, tj. roztoku N-acetyl-D-sfingosinu a chlosterolu v poměru 1:1 rozpuštěné v acetonu s chloroformem v poměru 1:1

PKU		VKU	
p (mm)	θ (°)	p (mm)	θ (°)
0,2	41,95	4,8	71,57
0,4	46,16	4,59	71,55
0,61	48,95	4,39	71,65
0,82	50,26	4,19	71,88
1,02	52,79	3,99	71,98
1,22	57,95	3,78	71,94
1,42	61,65	3,57	71,87
1,63	68,51	3,37	71,82
1,83	71,83	3,17	71,74
2,03	72,49	2,97	71,7
2,23	72,77	2,77	71,64
2,43	72,93	2,57	71,5
2,64	73,11	2,36	71,42
2,84	73,29	2,15	71,34
3,05	73,45	1,95	71,26
3,26	73,48	1,75	71,2
3,46	73,58	1,55	71,16
3,66	73,74	1,34	71,1
3,86	73,79	1,14	71,12
4,06	73,56	-	-
4,26	73,32	-	-
4,46	73,26	-	-
4,67	72,49	-	-
4,87	72,3	-	-
\bar{x}	66,57	\bar{x}	71,55
S_d	10,36	S_d	0,28

Tab. 29: Naměřené hodnoty postupného a vratného kontaktního úhlu při 37°C po nanesení 40 μ l daného roztoku na měřicí destičku, tj. roztoku N-acetyl-D-sfingosinu, chlosterolu a kyseliny palmitové v poměru 3:3:2 rozpuštěné v acetonu s chloroformem v poměru 1:1

PKU		VKU	
p (mm)	θ (°)	p (mm)	θ (°)
0,2	64,92	4,8	72,75
0,4	68,55	4,59	72,53
0,61	69,87	4,39	72,49
0,81	69,95	4,19	72,59
1,02	69,7	3,99	72,57
1,22	69,39	3,79	72,46
1,42	69,18	3,59	72,36
1,62	68,81	3,39	72,3
1,83	70,75	3,19	72,28
2,03	72,04	2,98	72,22
2,23	72,65	2,78	72,2
2,44	72,95	2,58	72,14
2,64	73,17	2,38	72,12
2,84	73,27	2,18	72,1
3,04	73,47	1,97	72,08
3,25	73,71	1,77	72,04
3,45	73,91	1,57	72,06
3,65	74,11	1,37	72,02
3,86	74,21	1,16	71,96
4,06	74,33	-	-
4,26	74,49	-	-
4,46	74,59	-	-
4,67	74,59	-	-
4,88	73,74	-	-
\bar{x}	71,93	\bar{x}	72,28
S_d	2,52	S_d	0,22

Tab. 30: Naměřené hodnoty postupného a vratného kontaktního úhlu při 37°C po nanesení 40 μ l daného roztoku na měřicí destičku, tj. roztoku N-hexanoyl-D-sfingosinu rozpuštěného v acetonu s chloroformem v poměru 1:1

PKU		VKU	
p (mm)	θ (°)	p (mm)	θ (°)
0,2	66,85	4,8	66,86
0,41	68,15	4,6	63,27
0,61	68,86	4,4	59,98
0,81	69,04	4,2	56,98
1,01	69,5	3,99	54,42
1,22	68,42	3,79	52,34
1,42	67,99	3,59	50,73
1,63	67,67	3,39	49,87
1,83	68,36	3,19	49,67
2,04	68,94	2,99	50,33
2,25	69,33	2,79	51,08
2,45	69,93	2,59	52,34
2,66	69,59	2,39	53,84
2,86	69,28	2,19	55,67
3,07	70,31	1,99	56,95
3,27	71,36	1,78	58,65
3,47	71,11	1,58	59,84
3,67	71,52	1,38	60,82
3,87	71,81	1,18	61,46
4,08	72,13	-	-
4,28	72,54	-	-
4,48	72,74	-	-
4,69	72,06	-	-
4,89	71,16	-	-
\bar{x}	69,94	\bar{x}	56,06
S_d	1,65	S_d	4,92

Tab. 31: Naměřené hodnoty postupného a vratného kontaktního úhlu při 37°C po nanesení 40 μ l daného roztoku na měřicí destičku, tj. roztoku N-hexanoyl-D-sfingosinu a cholesterolu v poměru 1:1 rozpuštěné v acetonu s chloroformem v poměru 1:1

PKU		VKU	
p (mm)	θ (°)	p (mm)	θ (°)
0,2	60,44	4,8	75,45
0,4	61,77	4,6	72,89
0,61	61,61	4,4	70,79
0,82	61,74	4,19	69,01
1,02	61,72	3,99	67,6
1,22	62,49	3,78	66,57
1,42	63,44	3,58	65,91
1,62	63,9	3,38	65,59
1,83	63,81	3,17	65,49
2,03	64,17	2,97	65,5
2,23	65,44	2,77	65,54
2,43	66,54	2,56	65,56
2,63	67,95	2,36	65,62
2,83	69,51	2,16	65,71
3,03	70,89	1,96	65,75
3,23	72,53	1,76	65,77
3,44	74,36	1,56	65,84
3,64	76,16	1,36	65,81
3,85	77,76	1,15	65,86
4,05	78,91	-	-
4,26	79,45	-	-
4,46	79,84	-	-
4,66	80,2	-	-
4,86	80,18	-	-
\bar{x}	69,37	\bar{x}	67,17
S_d	7,07	S_d	2,78

Tab. 32: Naměřené hodnoty postupného a vratného kontaktního úhlu při 37°C po nanesení 40 µl daného roztoku na měřicí destičku, tj. roztoku N-hexanoyl-D-sfingosinu, cholesterolu a kyseliny palmitové v poměru 3:3:2 rozpuštěné v acetonu s chloroformem v poměru 1:1

PKU		VKU	
p (mm)	θ (°)	p (mm)	θ (°)
0,2	72,92	4,8	74,34
0,41	75,65	4,59	72,28
0,61	77,19	4,39	70,73
0,81	78	4,19	69,47
1,01	78,6	3,99	68,66
1,22	78,77	3,78	68,12
1,42	78,58	3,58	67,85
1,63	78,38	3,38	67,79
1,83	78,81	3,18	67,81
2,03	79,36	2,98	67,89
2,23	79,42	2,78	67,98
2,44	79,65	2,58	68,08
2,64	79,95	2,38	68,2
2,85	79,75	2,18	68,33
3,05	79,85	1,97	68,42
3,25	80,04	1,76	68,5
3,45	79,79	1,57	68,58
3,65	79,47	1,36	68,71
3,85	79,26	1,16	68,81
4,05	79,06	-	-
4,25	78,94	-	-
4,45	78,43	-	-
4,66	78,59	-	-
4,86	78,41	-	-
\bar{x}	78,62	\bar{x}	68,98
S _d	1,52	S _d	1,66

Tab. 33: Naměřené hodnoty postupného a vratného kontaktního úhlu při 37°C po nanesení 40 μ l daného roztoku na měřicí destičku, tj. roztoku 12SG12 rozpuštěného v acetonu s chloroformem v poměru 1:1

PKU		VKU	
p (mm)	θ (°)	p (mm)	θ (°)
0,2	74,7	4,8	75,31
0,4	77,69	4,59	69,88
0,61	80,28	4,39	64,86
0,81	81,9	4,19	60,14
1,01	82,75	3,99	55,56
1,21	82,96	3,79	50,72
1,41	83,06	3,58	45,97
1,62	83,15	3,38	41,42
1,83	83,34	3,17	37,21
2,03	83,56	2,97	32,85
2,23	83,77	2,77	28,96
2,43	83,77	2,56	25,89
2,63	83,73	2,36	23,05
2,83	83,56	2,16	23,49
3,03	83,5	1,96	24,01
3,23	83,74	1,76	22,39
3,44	84,15	1,56	21,87
3,64	84,79	1,35	21,08
3,84	85,6	1,15	21,51
4,05	85,44	-	-
4,25	84,43	-	-
4,45	83,86	-	-
4,66	83,94	-	-
4,87	84,15	-	-
\bar{x}	82,99	\bar{x}	39,27
S_d	2,34	S_d	17,89

Tab. 34: Naměřené hodnoty postupného a vratného kontaktního úhlu při 37°C po nanesení 40 µl daného roztoku na měřicí destičku, tj. roztoku 12SG12 a cholesterolu v poměru 1:1 rozpuštěné v acetonu s chloroformem v poměru 1:1

PKU		VKU	
p (mm)	θ (°)	p (mm)	θ (°)
0,2	74,78	4,8	91,25
0,4	77,12	4,6	87,1
0,61	79,11	4,39	83,25
0,82	80,31	4,19	79,64
1,01	81,08	3,99	75,97
1,21	81,53	3,79	72,28
1,42	81,79	3,58	68,83
1,62	82,06	3,38	65,59
1,82	82,36	3,18	62,51
2,02	82,43	2,97	59,7
2,22	82,3	2,77	57,5
2,42	82,22	2,57	56,22
2,62	82,16	2,37	56,27
2,82	82,06	2,16	56,21
3,03	82,45	1,96	55,86
3,23	83,5	1,76	55,81
3,44	84,3	1,56	55,97
3,64	85,74	1,36	56,16
3,84	87,29	1,15	56,32
4,05	89,09	-	-
4,25	90,8	-	-
4,45	92,47	-	-
4,66	94,21	-	-
4,86	95,87	-	-
\bar{x}	84,04	\bar{x}	65,92
S_d	5,07	S_d	11,75

Tab. 35: Naměřené hodnoty postupného a vratného kontaktního úhlu při 37°C po nanesení 40 µl daného roztoku na měřicí destičku, tj. roztoku 12SG12, cholesterolu a kyseliny palmitové v poměru 3:3:2 rozpuštěné v acetonu s chloroformem v poměru 1:1

PKU		VKU	
p (mm)	θ (°)	p (mm)	θ (°)
0,2	76,82	4,79	88,04
0,4	79,65	4,59	84,75
0,6	81,58	4,39	81,55
0,81	82,71	4,19	78,44
1,01	83,12	3,99	75,45
1,21	83,3	3,78	72,65
1,41	83,35	3,58	70,13
1,61	83,14	3,38	68,06
1,81	82,96	3,18	66,4
2,02	82,83	2,98	65,53
2,22	82,75	2,78	65,44
2,42	82,69	2,58	65,53
2,62	83,24	2,38	65,61
2,83	83,92	2,18	65,74
3,03	84,56	1,98	65,95
3,23	85,51	1,78	66,14
3,43	86,72	1,57	66,2
3,64	88,48	1,37	66,35
3,84	90,44	1,17	66,48
4,04	92,36	-	-
4,24	94,28	-	-
4,44	95,66	-	-
4,65	95,66	-	-
4,85	94,76	-	-
\bar{x}	85,85	\bar{x}	70,76
S _d	5,16	S _d	7,11

Tab. 36: Naměřené hodnoty postupného a vratného kontaktního úhlu při 37°C po nanesení 40 µl daného roztoku na měřicí destičku, tj. roztoku 12GV12 rozpuštěného v acetonu s chloroformem v poměru 1:1

PKU		VKU	
p (mm)	θ (°)	p (mm)	θ (°)
0,21	71,55	4,8	69,68
0,41	72,53	4,6	64,47
0,61	72,96	4,39	59,45
0,82	72,95	4,19	54,62
1,01	73,02	3,99	50,06
1,22	73,12	3,78	45,43
1,42	73,28	3,58	40,92
1,62	73,34	3,38	36,29
1,82	73,34	3,18	31,93
2,02	73,5	2,98	27,6
2,23	73,82	2,78	23,7
2,43	73,66	2,57	20,18
2,64	73,37	2,37	17,79
2,84	73,33	2,17	15,98
3,04	73,39	1,97	14,97
3,24	73,76	1,77	14,82
3,44	74,22	1,57	14,35
3,64	74,75	1,37	14,43
3,84	74,65	1,16	14,59
4,05	74,64	-	-
4,25	74,9	-	-
4,45	75,41	-	-
4,65	76,42	-	-
4,86	77,31	-	-
\bar{x}	73,88	\bar{x}	33,22
S_d	1,22	S_d	18,51

Tab. 37: Naměřené hodnoty postupného a vratného kontaktního úhlu při 37°C po nanesení 40 µl daného roztoku na měřicí destičku, tj. roztoku 12GV12 a cholesterolu v poměru 1:1 rozpuštěné v acetonu s chloroformem v poměru 1:1

PKU		VKU	
p (mm)	θ (°)	p (mm)	θ (°)
0,2	65,85	4,8	76,79
0,4	66,43	4,6	71,75
0,6	67,23	4,39	66,88
0,81	67,79	4,19	62,02
1,01	68,34	3,99	57,4
1,21	68,84	3,78	52,96
1,41	69,56	3,58	48,56
1,61	69,87	3,38	44,72
1,82	70,59	3,17	40,99
2,02	71,24	2,97	37,18
2,23	72,2	2,77	36,86
2,43	72,77	2,57	35,77
2,63	73,7	2,37	34,83
2,84	74,24	2,16	33,07
3,04	74,42	1,96	32,9
3,25	74,96	1,75	32,5
3,45	75,62	1,55	30,69
3,65	76,76	1,35	30,96
3,85	78,03	1,15	31,18
4,06	79,72	-	-
4,26	80,69	-	-
4,46	82,33	-	-
4,67	83,38	-	-
4,87	83,37	-	-
\bar{x}	73,66	\bar{x}	45,16
S_d	5,30	S_d	14,68

Tab. 38: Naměřené hodnoty postupného a vratného kontaktního úhlu při 37°C po nanesení 40 μ l daného roztoku na měřicí destičku, tj. roztoku 12GV12, cholesterolu a kyseliny palmitové v poměru 3:3:2 rozpuštěné v acetonu s chloroformem v poměru 1:1

PKU		VKU	
p (mm)	θ (°)	p (mm)	θ (°)
0,2	78,31	4,8	88,67
0,4	81,75	4,6	84,75
0,61	84,23	4,39	81
0,81	85,67	4,19	77,56
1,01	86,6	3,99	74,09
1,22	86,56	3,79	70,91
1,42	87,03	3,58	67,98
1,63	87,41	3,38	65,26
1,83	87,44	3,18	62,71
2,04	87,5	2,97	61,77
2,24	87,83	2,76	62,67
2,44	87,79	2,56	62,39
2,64	87,83	2,36	62,57
2,85	87,98	2,16	63,31
3,05	87,84	1,96	63,61
3,26	87,51	1,76	64,53
3,46	87,49	1,56	65,6
3,67	87,76	1,35	67,09
3,87	88,32	1,14	68,16
4,07	89	-	-
4,28	89,9	-	-
4,48	91,26	-	-
4,69	93,14	-	-
4,89	94,46	-	-
\bar{x}	87,53	\bar{x}	69,19
S_d	3,14	S_d	7,98

Tab. 39: Souhrn průměrných hodnot postupného a vratného kontaktního úhlu při 37°C po nanesení 40 µl daných roztoků na měřicí destičku, tj. roztoků zkoumaných látek rozpuštěných v acetonu s chloroformem v poměru 1:1

	acetylsfin.		acetylsfin./chol. 1:1		acetylsfin./chol./pal. 3:3:2	
	PKU	VKU	PKU	VKU	PKU	VKU
\bar{x}	58,66	40,82	66,57	71,55	71,93	72,28
S _d	1,70	6,01	10,36	0,28	2,52	0,22

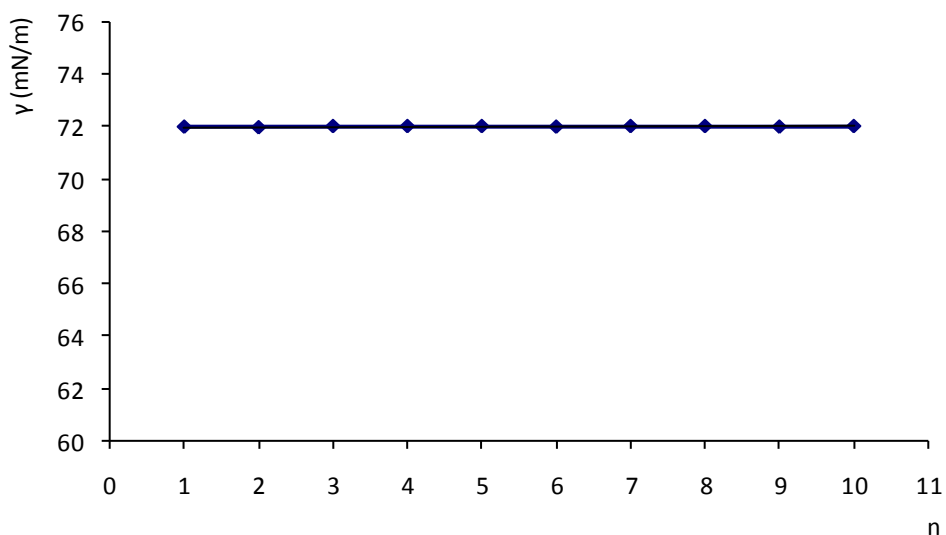
	hexanoysfin.		hexanoysfin./chol. 1:1		hexanoysfin./chol./pal. 3:3:2	
	PKU	VKU	PKU	VKU	PKU	VKU
\bar{x}	69,94	56,06	69,37	67,17	78,62	68,98
S _d	1,65	4,92	7,07	2,78	1,52	1,66

	12SG12		12SG12/CHOL. 1:1		12SG12/CHOL./PAL. 3:3:2	
	PKU	VKU	PKU	VKU	PKU	VKU
\bar{x}	82,99	39,27	84,04	65,92	85,85	70,76
S _d	2,34	17,89	5,07	11,75	5,16	7,11

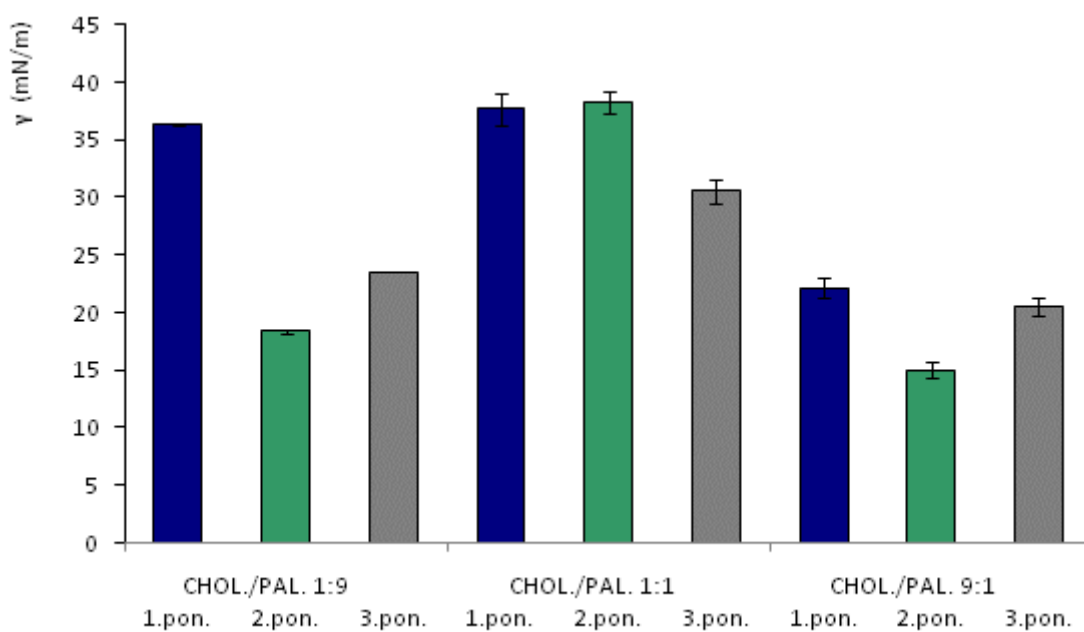
	12GV12		12GV12/CHOL. 1:1		12GV12/CHOL./PAL. 3:3:2	
	PKU	VKU	PKU	VKU	PKU	VKU
\bar{x}	73,88	33,22	73,66	45,16	87,53	69,19
S _d	1,22	18,51	5,30	14,68	3,14	7,98

6 Obrázky

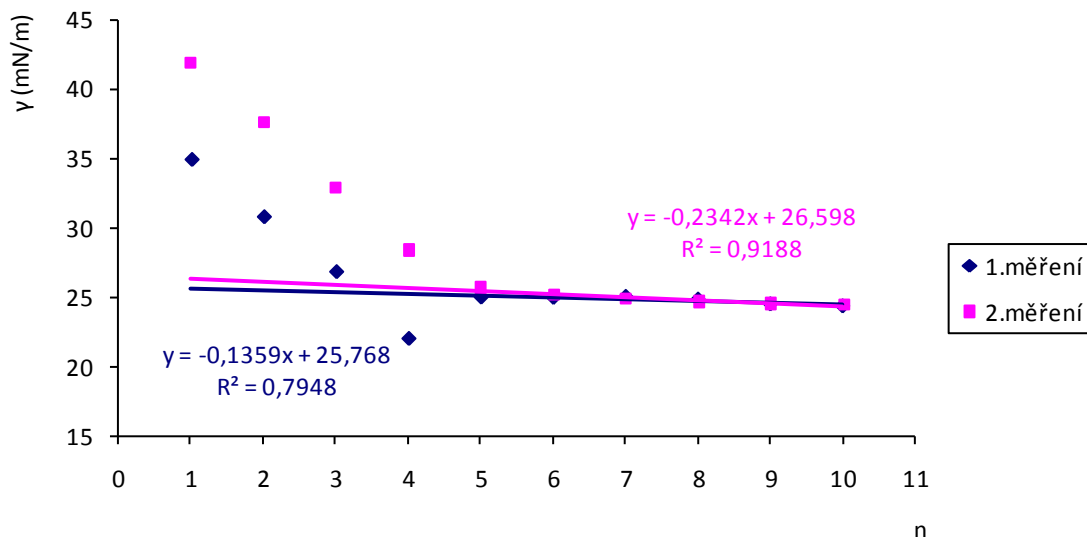
Obr. 1: Grafické znázornění naměřených hodnot povrchového napětí (γ) destilované vody při 25°C



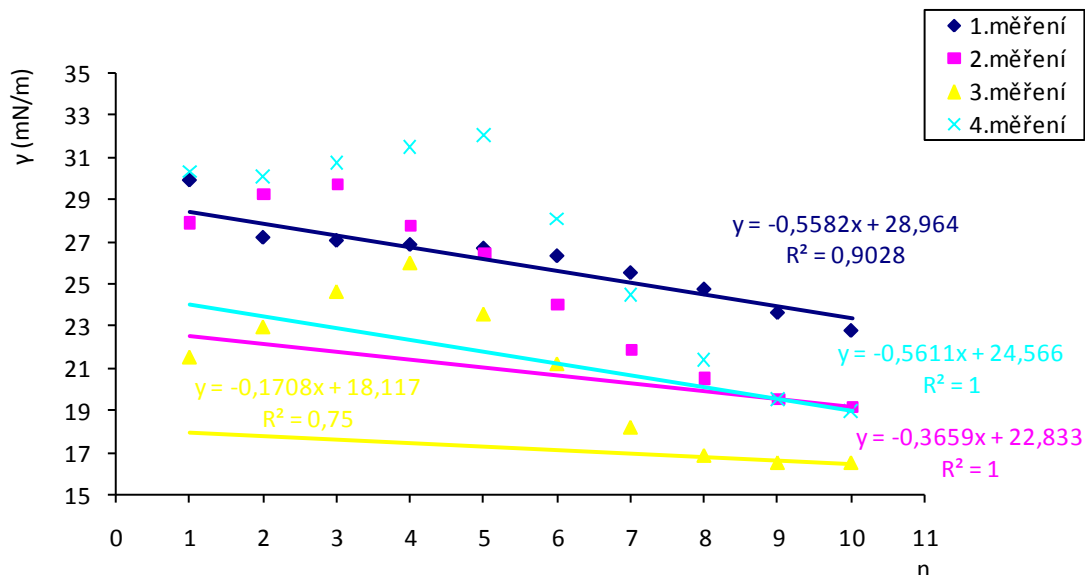
Obr. 2: Grafické znázornění průměrných hodnot povrchového napětí (γ) při 25°C po prvním, druhém a třetím ponoření měřící destičky do roztoku cholesterolu a kyseliny palmitové v daných poměrech rozpuštěné v acetonu s chloroformem v poměru 1:1



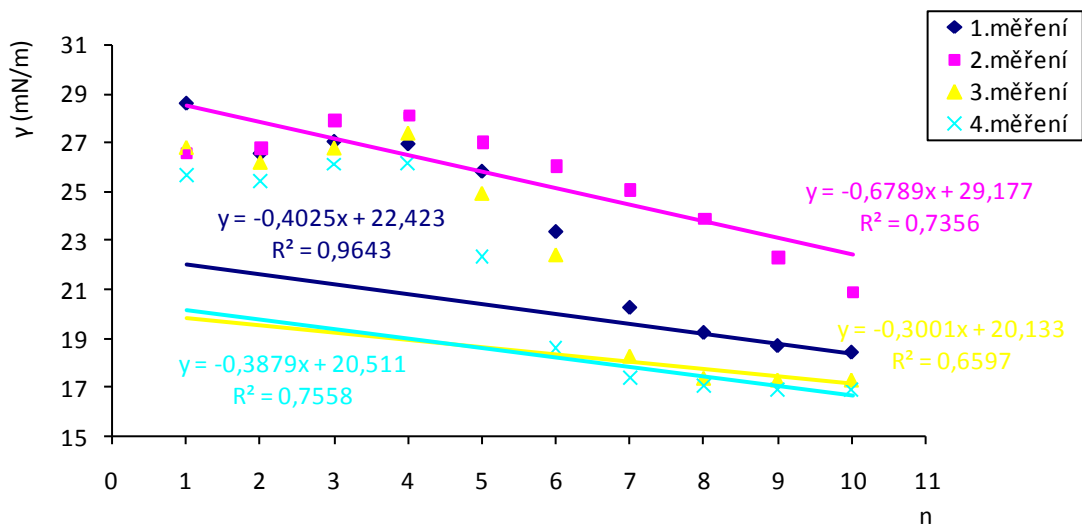
Obr. 3: Grafické znázornění naměřených hodnot povrchového napětí (γ) při 37°C po nanesení 40 μ l daného roztoku na měřicí destičku, tj. roztoku cholesterolu a kyseliny palmitové v poměru 1:9 rozpuštěné v acetonu s chloroformem v poměru 1:1



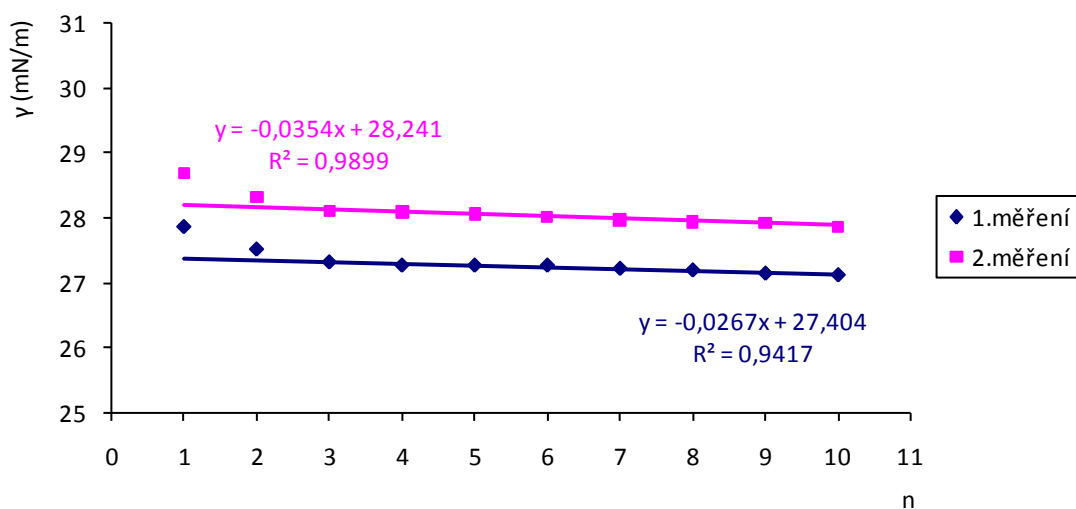
Obr. 4: Grafické znázornění naměřených hodnot povrchového napětí (γ) při 37°C po nanesení 40 μ l daného roztoku na měřicí destičku, tj. roztoku cholesterolu a kyseliny palmitové v poměru 1:1 rozpuštěné v acetonu s chloroformem v poměru 1:1



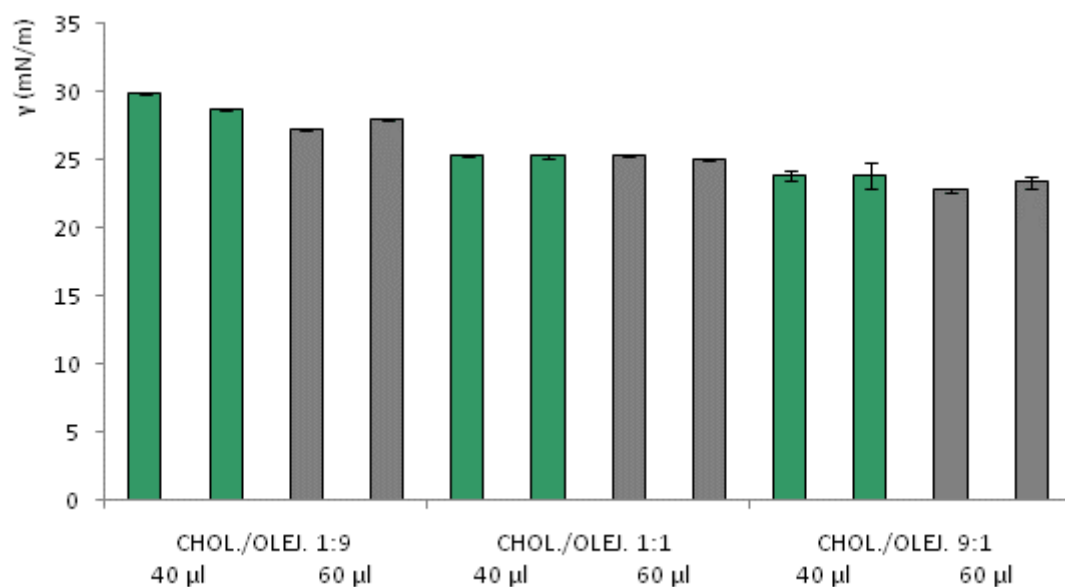
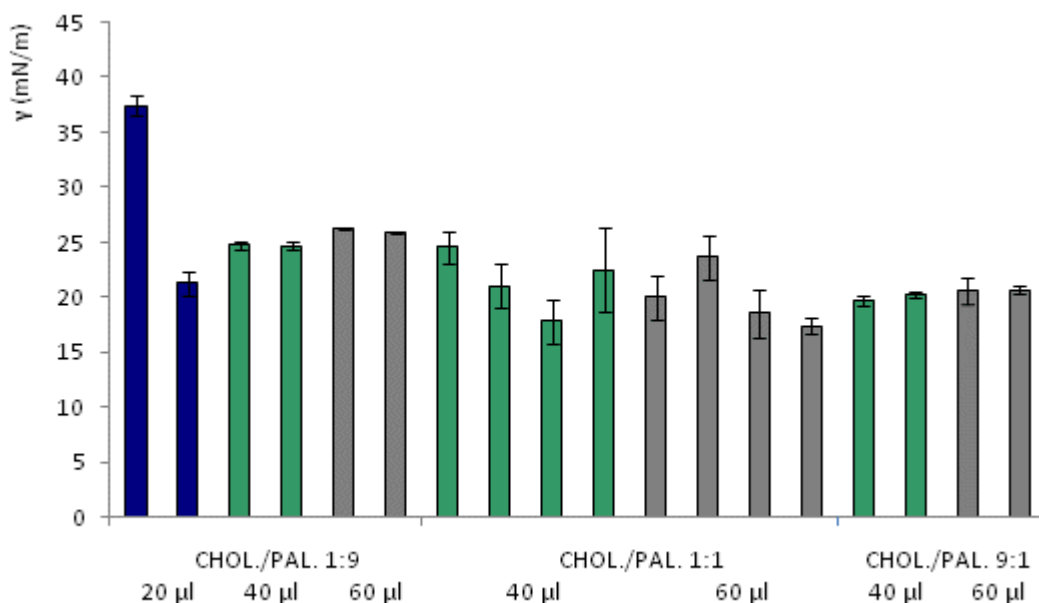
Obr. 5: Grafické znázornění naměřených hodnot povrchového napětí (γ) při 37°C po nanesení 60 μ l daného roztoku na měřicí destičku, tj. roztoku cholesterolu a kyseliny palmitové v poměru 1:1 rozpuštěné v acetonu s chloroformem v poměru 1:1



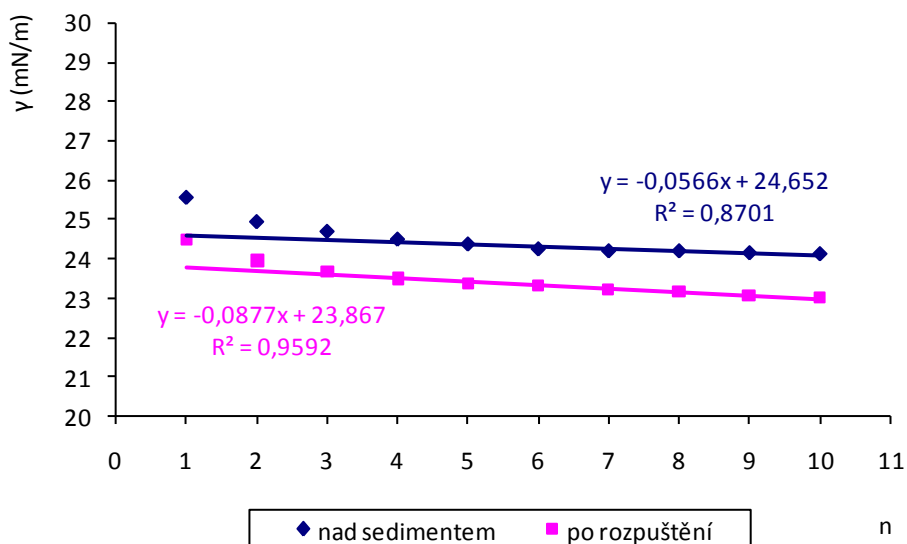
Obr. 6: Grafické znázornění naměřených hodnot povrchového napětí (γ) při 37°C po nanesení 60 μ l daného roztoku na měřicí destičku, tj. roztoku cholesterolu a kyseliny olejové v poměru 1:9 rozpuštěné v acetonu s chloroformem v poměru 1:1



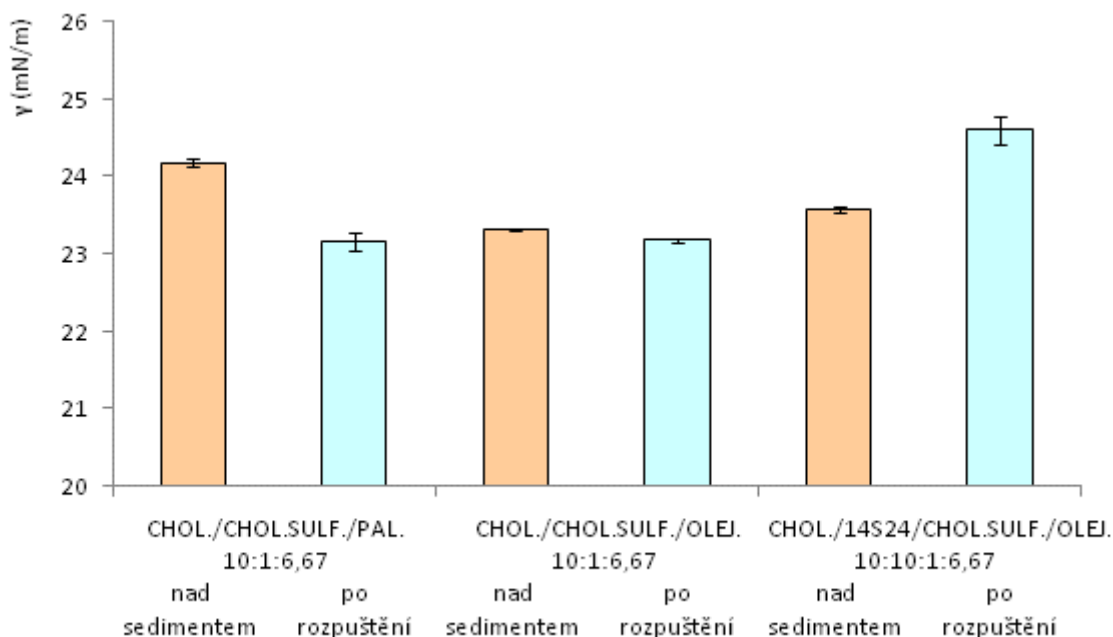
Obr. 7: Grafické znázornění průměrných hodnot povrchového napětí (γ) při 37°C po nanesení daných roztoků na měřicí destičku, tj. roztoku cholesterolu a kyseliny palmitové v daných poměrech rozpuštěné v acetonu s chloroformem v poměru 1:1 a roztoku cholesterolu a kyseliny olejové v daných poměrech rozpuštěné v acetonu s chloroformem v poměru 1:1



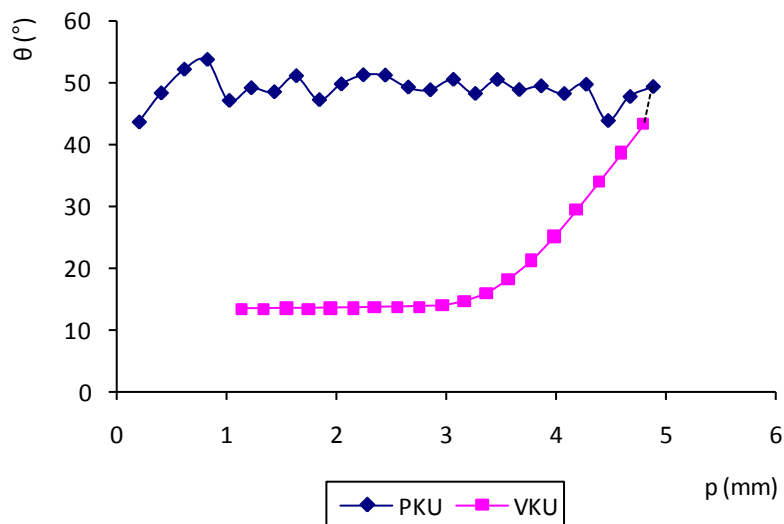
Obr. 8: Grafické znázornění naměřených hodnot povrchového napětí (γ) při 37°C po nanesení 40 μ l daného roztoku ze dvou jeho částí na měřicí destičku, tj. z části roztoku nad sedimentem a z části roztoku po jeho úplném rozpuštění při 80°C. Zkoumaný roztok: cholesterol, cholesterol sulfát sodný, kyselina palmitová v poměru 10:1:6,67 v roztoku destilované vody, acetonu a lihu 96% v poměru 0,4:1:1



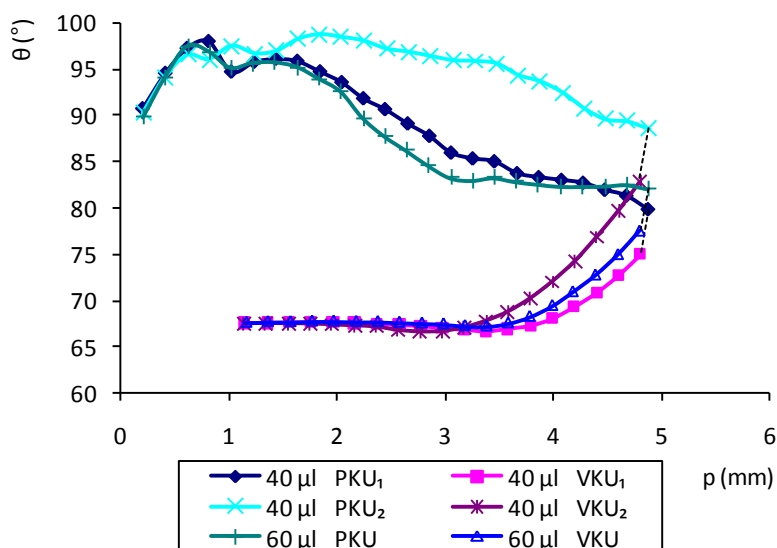
Obr. 9: Grafické znázornění průměrných hodnot povrchového napětí (γ) při 37°C po nanesení 40 μ l daných roztoků ze dvou jeho částí na měřicí destičku, tj. z části roztoků nad sedimentem a z části roztoků po jeho úplném rozpuštění při 80°C. Zkoumaný roztok: zkoumané látky v roztoku destilované vody, acetonu a lihu 96% v poměru 0,4:1:1



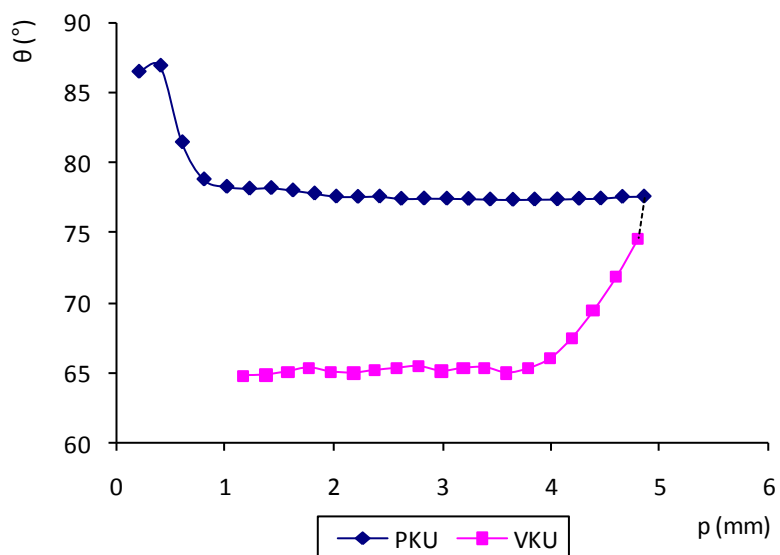
Obr. 10: Závislost kontaktního úhlu θ ($^\circ$) destilované vody na poloze p (mm) měřicí destičky při 37°C



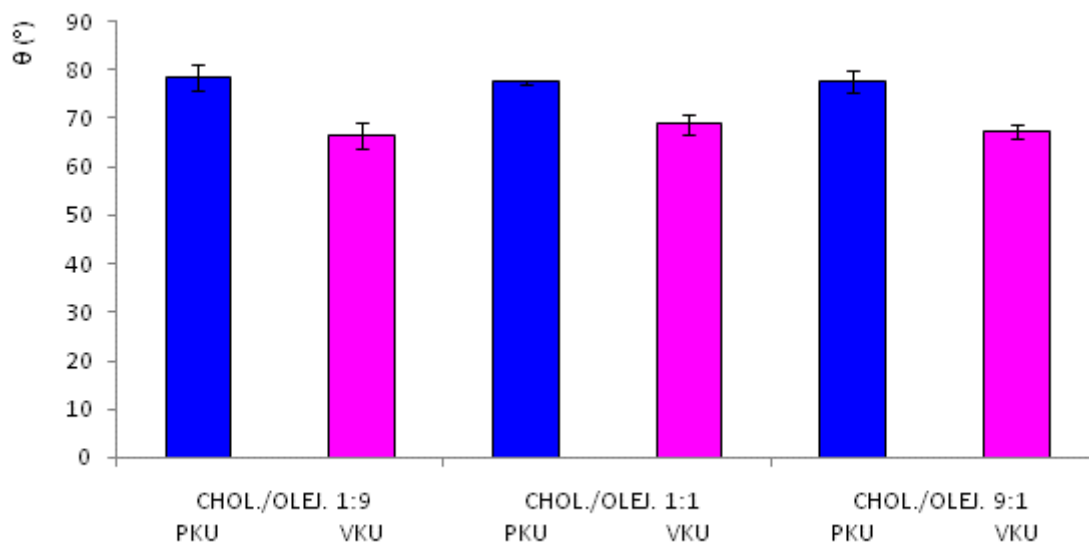
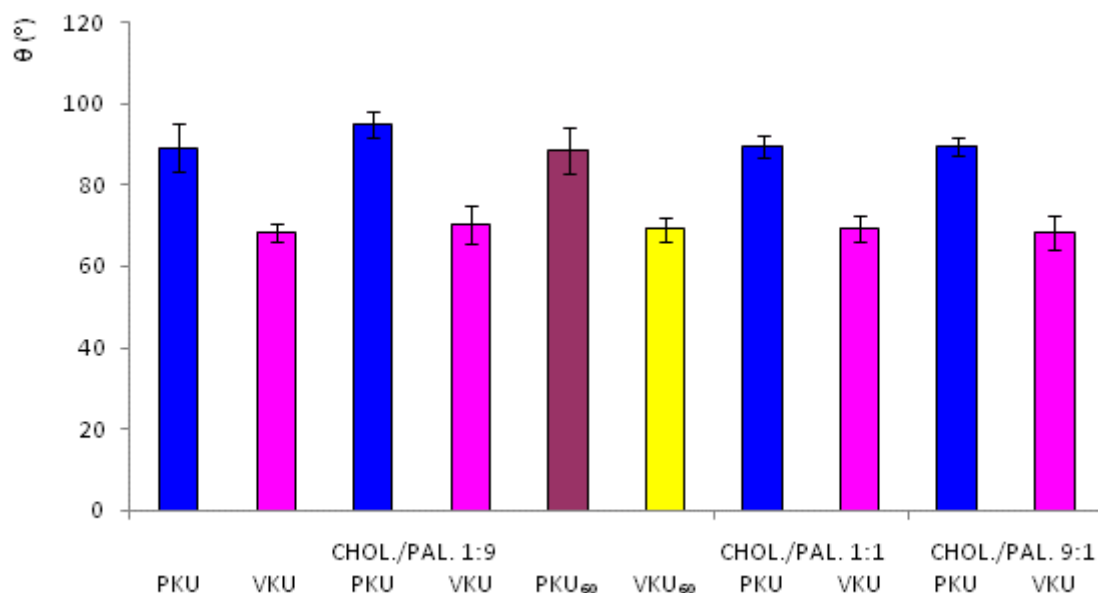
Obr. 11: Závislost kontaktního úhlu θ ($^\circ$) po nanesení 40 a 60 μl daného roztoku na měřicí destičku na poloze p (mm) měřicí destičky při 37°C . Zkoumaný roztok: cholesterol a kyselina palmitová v poměru 1:9 rozpuštěné v acetonu s chloroformem v poměru 1:1.



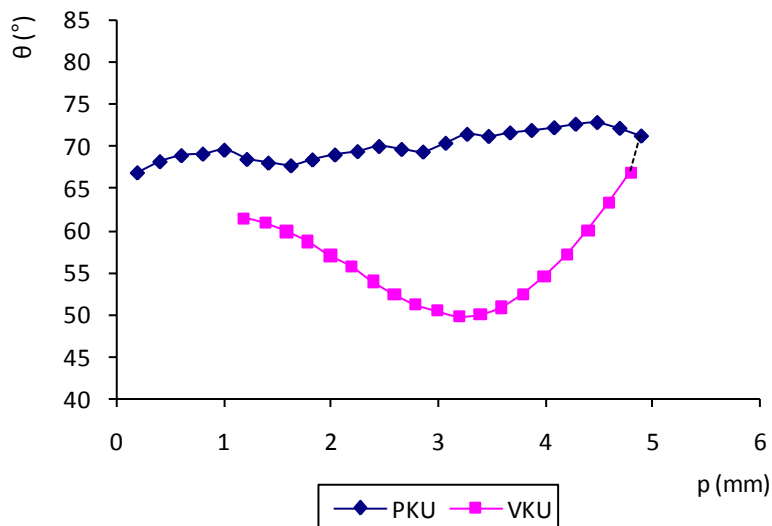
Obr. 12: Závislost kontaktního úhlu θ ($^{\circ}$) po nanesení 40 μ l daného roztoku na měřící destičku na poloze p (mm) měřící destičky při 37 $^{\circ}$ C. Zkoumaný roztok: cholesterol a kyselina olejová v poměru 1:9 rozpuštěné v acetonu s chloroformem v poměru 1:1.



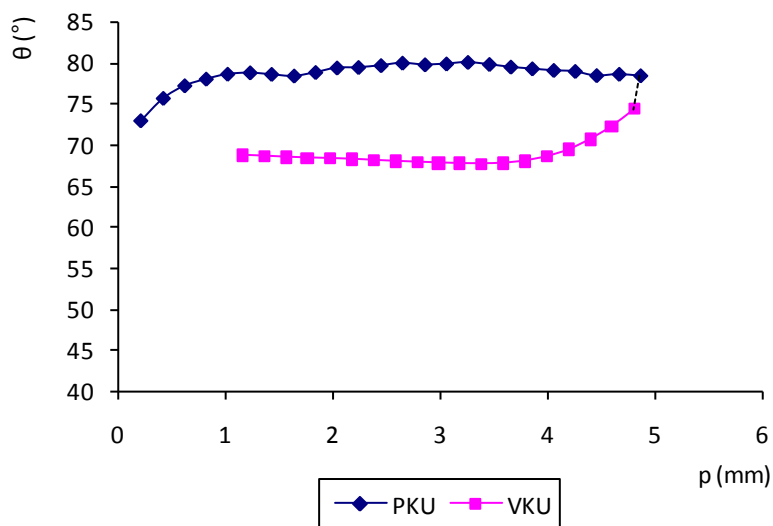
Obr. 13: Grafické znázornění průměrných hodnot postupného a vratného kontaktního úhlu při 37°C po nanesení daných roztoků na měřicí destičku, tj. roztoku cholesterolu a kyseliny palmitové v daných poměrech rozpuštěné v acetonu s chloroformem v poměru 1:1 a roztoku cholesterolu a kyseliny olejové v daných poměrech rozpuštěné v acetonu s chloroformem v poměru 1:1



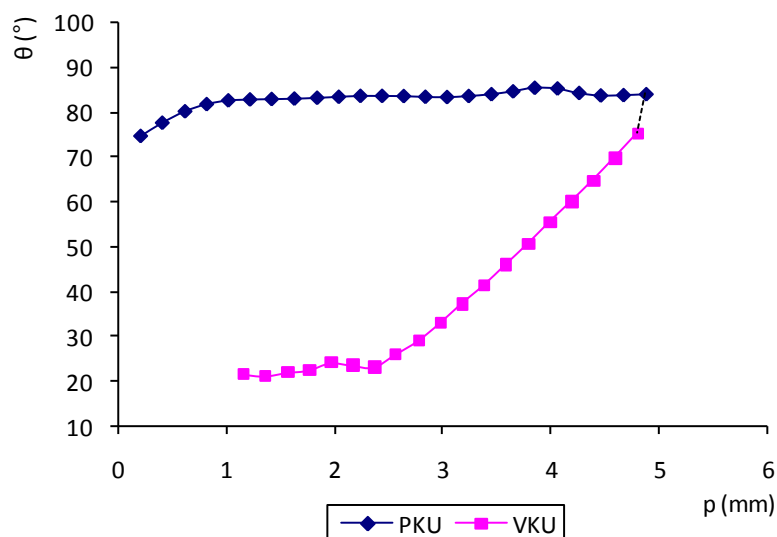
Obr. 14: Závislost kontaktního úhlu θ ($^{\circ}$) po nanesení 40 μ l daného roztoku na měřící destičku na poloze p (mm) měřící destičky při 37 $^{\circ}$ C. Zkoumaný roztok: N-hexanoyl-D-sfingosin rozpuštěný v acetonu s chloroformem v poměru 1:1.



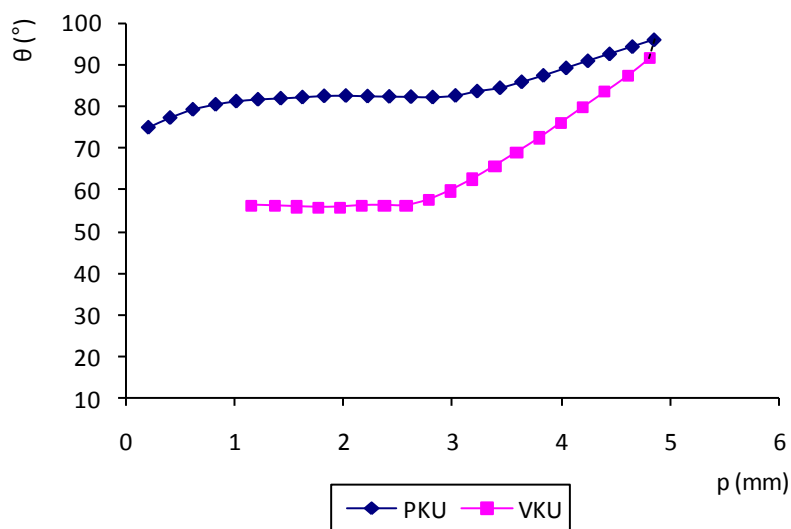
Obr. 15: Závislost kontaktního úhlu θ ($^{\circ}$) po nanesení 40 μ l daného roztoku na měřící destičku na poloze p (mm) měřící destičky při 37 $^{\circ}$ C. Zkoumaný roztok: N-hexanoyl-D-sfingosin, cholesterol a kyselina palmitová v poměru 3:3:2 rozpuštěné v acetonu s chloroformem v poměru 1:1.



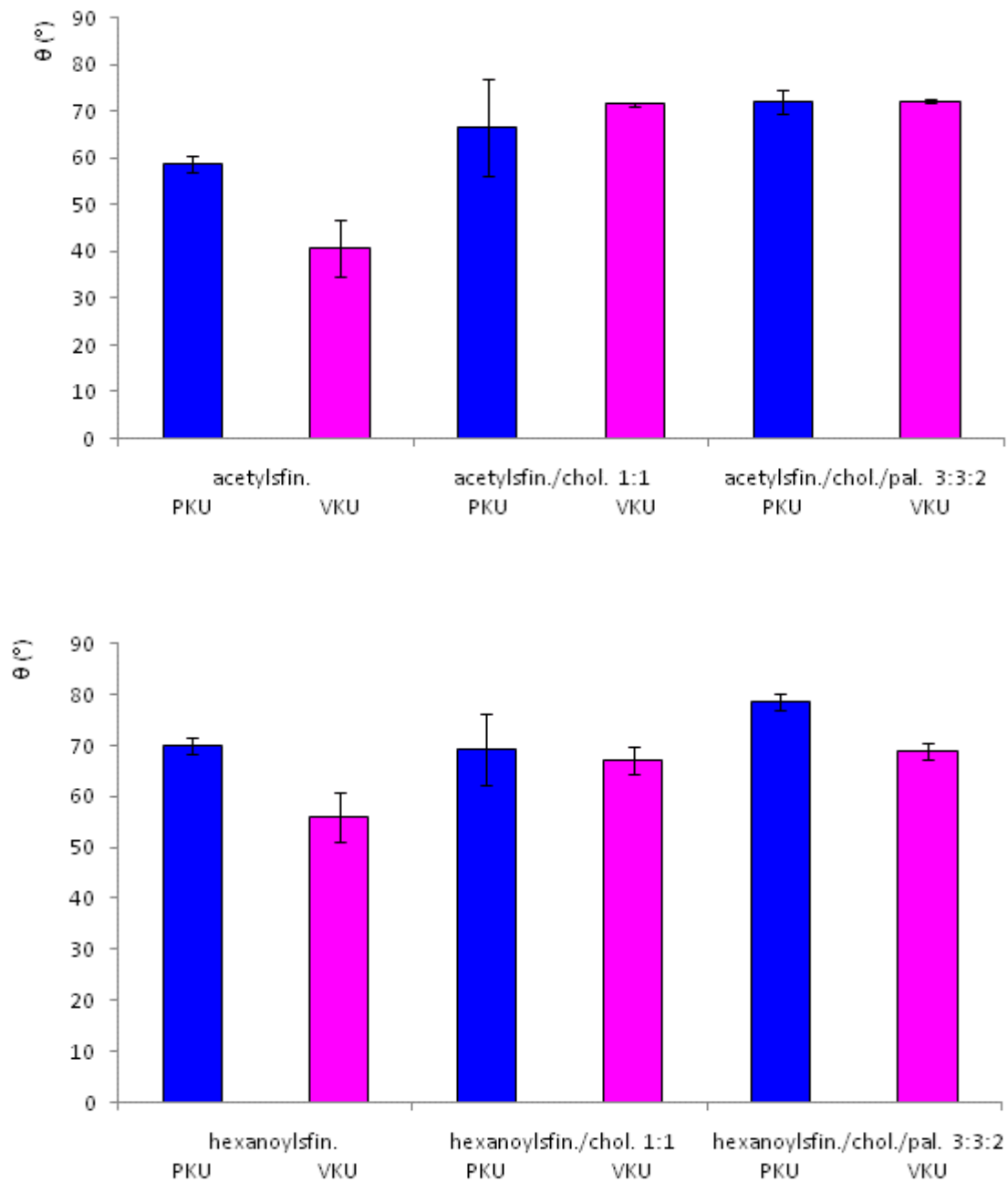
Obr. 16: Závislost kontaktního úhlu θ ($^{\circ}$) po nanesení 40 μ l daného roztoku na měřící destičku na poloze p (mm) měřící destičky při 37 $^{\circ}$ C. Zkoumaný roztok: 12SG12 rozpuštěný v acetonu s chloroformem v poměru 1:1.

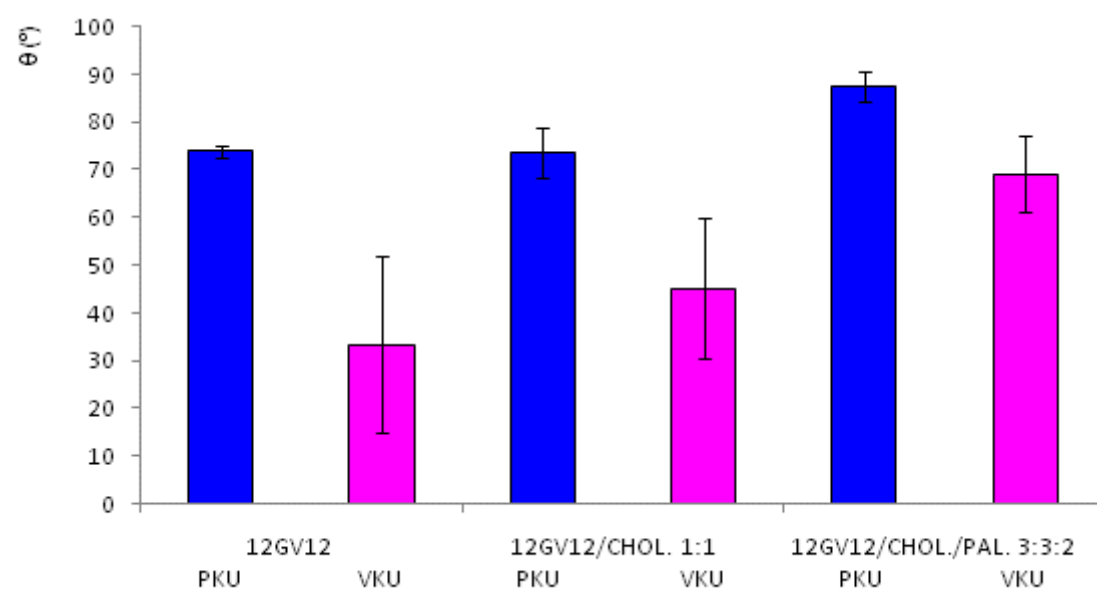
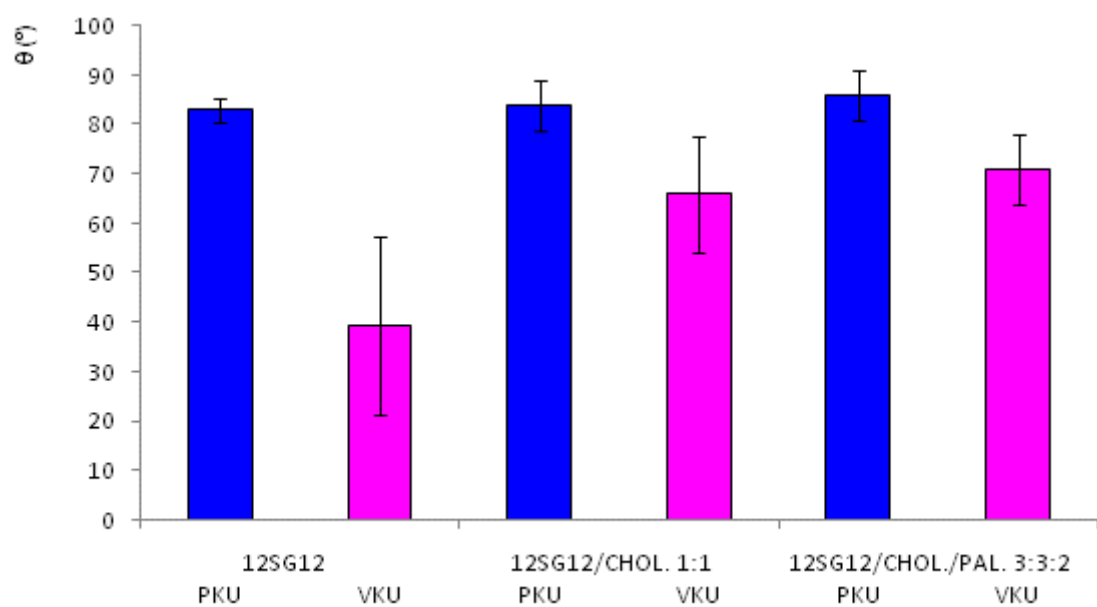


Obr. 17: Závislost kontaktního úhlu θ ($^{\circ}$) po nanesení 40 μ l daného roztoku na měřící destičku na poloze p (mm) měřící destičky při 37 $^{\circ}$ C. Zkoumaný roztok: 12SG12 a cholesterol v poměru 1:1 rozpuštěné v acetonu s chloroformem v poměru 1:1.



Obr. 18: Grafické znázornění průměrných hodnot postupného a vratného kontaktního úhlu při 37°C po nanesení 40 μ l daných roztoků na měřicí destičku, tj. roztoků zkoumaných látek rozpuštěných v acetonu s chloroformem v poměru 1:1





7 Diskuse

Na tenziometru K 100 byly měřeny hodnoty povrchového napětí (γ) a kontaktních úhlů (θ) destilované vody destičkovou metodou, přičemž povrch měřící destičky byl impregnována zkoumanými látkami. Výsledky jsou uvedeny v tab. 1 až 39 a na obr. 1 až 18.

Při měření povrchového napětí (γ) přístroj zaznamenává deset po sobě následujících měření ($n=10$), ze kterých stanoví průměrné hodnoty povrchového napětí (\bar{x}) a směrodatné odchytky měření (S_d). Program přístroje K100 nepočítá průměrné hodnoty ze všech měření běžným způsobem, tj. jako $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$, jak je patrné v zaznamenaných tabulkách, ale první čtyři hodnoty zanedbává a z pěti hodnot utvoří průměr pěti měření, jež bere jako jedno měření a pro 6. až 10. měření bere průměr vždy z naměřené veličiny a předcházející průměrné až se dospěje k 10. průměrné hodnotě. Směrodatná odchytky (S_d) se počítá obdobným způsobem.

Při měření kontaktních úhlů přístroj zaznamenává hodnoty kontaktních úhlů (θ) v závislosti na poloze měřící destičky (p), tj. hodnoty postupného kontaktního úhlu (PKU) v poloze měřící destičky 0 až 5 a hodnoty vratného kontaktního úhlu (VKU) v poloze 5 až 1, což je patrné v zaznamenaných tabulkách a grafech. Z naměřených hodnot PKU a VKU program přístroje stanoví běžným způsobem průměrné hodnoty (\bar{x}) a směrodatné odchytky měření (S_d).

První výsledky

Nejdříve bylo potřeba provést měření povrchového napětí standardu, abychom si ověřili, zda přístroj měří správně, zda je správně nakalibrován. Jako standard byla změřena destilovaná voda, získané výsledky jsou uvedeny v tab. 1 a ilustrovány na obr. 1. V měřícím programu LabDesk 3.1 jsem jako standard uvedl přednastavené parametry vody dle Büschera.

Prvotní experimentální data jsou v tab. 2 až 5 a na obr. 2 uvedena pouze orientačně, z metodických důvodů. Měření prvních vzorků sloužilo ke správnému přednastavení

měřicího přístroje a měřících parametrů. Jsou zatížena chybou a nelze je brát plně v úvahu. Jednalo se o následující chyby:

- měřicí destička byla nesprávně vložena do držáku a důsledkem toho se měřicí kapalina před ukončením měření neodtrhávala ve středu měřicí destičky
- na měřicí nádobě byl umístěn kryt, se kterým docházelo ke střetům s měřicí destičkou
- při daném měření docházelo k nepatrným vibracím v měřicí kapalině
- namáčením měřicí destičky do roztoku zkoumaných látek nelze s přesností určit, jaké množství zkoumaných látek se nachází na měřicí destičce
- měřicí destička nebyla před daným měřením vytemperovaná na měřicí teplotu

Povrchové napětí vzorků mastných kyselin s cholesterolem

Výsledky jsou uvedeny v tab. 6 až 13 a pro orientaci na obr. 3 až 7. Před začátkem měření byly odstraněny následující chyby:

- a. měřicí destička byla umístěna do držáku za pomoci mnou určené značky,
- b. byl vyměněn kryt měřicí nádoby,
- c. k zabránění otřesu byla pod měřicí přístroj umístěna gumová podložka,
- d. roztok zkoumaných látek byl nanášen na měřicí destičku v přesném objemu pomocí mikropipety
- e. a měřicí destička byla před vlastním měřením 2 minuty temperována v měřicí komoře na teplotu měření.

Naměřené hodnoty povrchového napětí u jednotlivých měření se zpočátku od sebe odchylují, ale po dosažení určité úrovně smáčivosti nabývají konstantních hodnot. Je to patrné i v grafickém vyjádření, kde se ustálené úrovně hodnot prokládají lineární regresí. Pro potvrzení správnosti měření jsou prováděna u jednotlivých vzorků dvě měření. Jelikož se u jednoho vzorku tato dvě měření příliš neshodovala, provedl jsem měření čtyři, jak lze vidět v tab. 7 až 8 a na obr. 4 až 5. Tyto rozdílné výsledky mohou být ovlivněny způsobem nanášení na měřicí destičku a rozvržením struktur lipidů po měřicí ploše destičky.

Na měřicí destičku nanášíme před daným měřením 40 μl a 60 μl připravených vzorků. Naměřené hodnoty při 40 μl a 60 μl se při současném posouzení směrodatných odchylek od sebe výrazně neliší, což lze vidět například v tab. 13 a na obr. 7. Lze zde také vyčíst, že na měřicí destičku nebylo vhodné nanášet 20 μl připraveného vzorku lipidů, naměřené hodnoty se totiž od sebe značně odlišují, což bylo dáno především nedostatečným pokrytím zkoumaných látek na měřicí destičce, jak jsem orientačně ověřil pomocí lupy a pod mikroskopem.

Při vysychání rozpouštědla z nanesených vzorků s kyselinou palmitovou se na destičce vytvářely krystalické struktury, totéž se stalo i u jednoho vzorku s kyselinou olejovou v poměru 1:9 k cholesterolu. U ostatních vzorků s kyselinou olejovou se toto nestalo, protože se na měřicí destičce už nacházelo dostatečné množství kyseliny olejové potřebné k rozpuštění cholesterolu. Důvodem krystalizace může být přílišná koncentrace roztoku zkoumaných lipidických látek, tj. 0,5 g zkoumaných látek v 14 ml rozpouštědla, což může mít nepatrný vliv na zkreslení výsledků.

Vzorky s kyselinou olejovou se na měřicí destičce lépe rozprostírají a v porovnání se vzorky s obsahem kyseliny palmitové méně vysychají.

Vzorky s kyselinou palmitovou lépe vytváří lipidické struktury a důsledkem toho snižují více povrchové napětí než vzorky s kyselinou olejovou.

Vrstva lipidické směsi na měřicí destičce při vnořování do destilované vody jako měřicí kapaliny, ji při daném uspořádání měření odpuzuje a při vnořování měřicí destičky do úrovně hladiny měřicí kapaliny se kapalina po destičce vytáhne a vtahuje ji do sebe. Jelikož se na hydrofilní destičce nachází hydrofobní povlak lipidů, hydrofilní kapalina se méně vytáhne na měřicí destičce, a měřicí přístroj změří menší sílu k potřebnou vytažení kapaliny, tj. menší povrchové napětí ve srovnání s čistým hydrofilním povrchem měřicí destičky. Čím je tedy povlak na povrchu destičky hydrofobnější, tj. čím lépe se vytvářejí lipidické směsi, tím je povrchové napětí změřené za daných podmínek menší.

Cholesterol se podílí na vytváření lipidických směsí, a je prokazatelné, že čím více cholesterolu se nachází ve vzorcích, tím se povrchové napětí snižuje více.

Povrchové napětí směsí zkoumaných látek s cholesterolsulfátem sodným

Výsledky jsou uvedeny v tab. 14 až 17 a pro orientaci na obr. 8 až 9. Naměřené hodnoty povrchového napětí se v grafickém vyjádření opět prokládají křivkami lineární

regrese. Při vysychání nanesených vzorků na měřicí destičce opět vznikaly krystalické struktury, což může být dáno koncentrací připravených vzorků, tj. 2mg cholesterolu sulfátu sodného s ostatními zkoumanými látkami v daných poměrech v 1200 μ l rozpouštědla.

Jelikož po přípravě vzorků vznikla sraženina, prováděl jsem dvě měření daného vzorku, tj. měření části vzorku nad sedimentem a měření části vzorku po jeho úplném rozpuštění při 80°C. Při všech měření jsem nanášel 40 μ l zkoumaných látek na měřicí destičku.

Po nanesení části vzorku nad sedimentem není zcela zřetelné, jaké části zkoumaných látek se nacházejí na měřicí destičce, tzn. jaké části zkoumaných látek se nacházejí v nasycené vrstvě nad sraženinou.

Při nanášení vzorků po jeho úplném rozpuštění při 80°C se ihned na měřicí destičce vytvořily krystaly v porovnání s předchozími měření, nebylo tedy možné vytvořit tímto způsobem souvislou vrstvu lipidů. Proto tedy jsem nanášení připravených vzorků prováděl na topné spirále, kde jsem si všechny potřebné součásti předeřál na teplotu rozpuštěného vzorku, tedy 80°C, abych předešel předčasnou krystalizaci za nižší teploty. Případné nesouměrnosti nanesené vrstvy lipidů jsem řešil přidáním vhodného rozpouštědla, acetonu. I při tomto měření nemohu s jistotou určit, jaké množství zkoumaných látek se nachází na měřicí destičce, musím vzít v potaz, že část zkoumaných látek mi zůstane v mikropipetě při krystalizaci.

Vzorky po rozpuštění vykazují nižší hodnoty povrchového napětí než vzorky změřené z vrstvy nad sedimentem, ale u vzorku s ceramidem tomu tak není. Vzorky s kyselinou palmitovou nevykazují nižší hodnoty povrchového napětí v porovnání se vzorky s kyselinou olejovou, jak bylo zjištěno v předešlých měřeních.

Vzorky s kyselinou olejovou a ceramidem nevykazují nižší hodnoty povrchového napětí ve srovnání se vzorky s kyselinou olejovou bez ceramidu.

Tyto výsledky povrchového napětí mohou být tedy ovlivněny složením a rozvržením zkoumaných látek v nanesené vrstvě na měřicí destičce, koncentrací připravených vzorků, způsobem nanášení na měřicí destičku, počtem ověření správnosti měření a taky zabudováním destilované vody do struktury zkoumaných látek. Nelze je s jistotou porovnávat a činit z nich závěry, ale lze konstatovat, že byly změřeny, a že se tak chovají za těchto daných podmínek.

Kontaktní úhly vzorků mastných kyselin s cholesterolem

Výsledky jsou uvedeny v tab. 18-26 a pro orientaci na obr. 10-13. K ověření principu měření a jednotlivých zákonitostí měřených veličin, byl před začátkem měření kontaktních úhlů změřen standard, destilovaná voda, což je patrné v tab. 18 a na obr. 10. Měření kontaktních úhlů spočívá ve dvou hodnotách, tj. postupného a vratného kontaktního úhlu. Měřicí destička vykonává dva pohyby, při pohybu z polohy 0 do polohy 5, tedy při vnořování do měřícího roztoku, měří postupné kontaktní úhly (PKU). Při pohybu z polohy 5 do polohy 1, tedy při vynořování z měřícího roztoku, měří vratné kontaktní úhly (VKU). Při měření kontaktních úhlů musí být měřicí nádoba naplněna větším objemem měřícího roztoku, než jsme doposud používali, jinak při měření měřicí program nahlásí chybu: the position of the vessel is out of range. Měření jsem prováděl konkrétně při 60 ml měřícího roztoku (destilované vody).

V tab. 19, 20 a na obr. 11 byly uvedeny hodnoty postupných (PKU) a vratných kontaktních úhlů (VKU) po nanesení 40 a 60 μ l zkoumaných látek na měřicí destičku. Hodnoty kontaktních úhlů se v rámci směrodatných odchylek shodovaly při obou měření po nanesení 40 μ l zkoumaných látek na měřicí destičku, a při měření po nanesení 40 μ l a 60 μ l zkoumaných látek na měřicí destičku. Proto jsem všechna měření prováděl jen jednou, po nanesení 40 μ l vzorku.

Při vysychání nanesených vzorků na měřicí destičce se opět tvořily krystaly jako při měření povrchového napětí stejných vzorků.

Ze zjištěných výsledků je patné, že čím je nanesená vrstva lipidů hydrofobnější, tím měřicí přístroj zaznamená větší kontaktní úhly. Důvodem je skutečnost, že se nanesená hydrofobní vrstva měřicí destičky při obou pohybech brání vtáhnutí měřicí destičky do hydrofilní měřicí kapaliny (destilované vody), což má za následek zvětšení kontaktních úhlů mezi měřicí kapalinou a povrchem měřicí destičky.

Vzorky s kyselinou palmitovou lépe tvoří lipidické směsi, jsou tedy hydrofobnější a vykazují tedy větší kontaktní úhly v porovnání s kyselinou olejovou. Za povšimnutí stojí i zmínka, že se vzrůstajícím množstvím cholesterolu ve vzorcích se kontaktní úhly příliš nemění, jsou tedy téměř podobné při všech třech hmotnostních poměrech u daných vzorků.

Kontaktní úhly vzorků ceramidů

Výsledky jsou uvedeny v tab. 27-39 a pro orientaci na obr. 14-18. Všechna měření jsou provedena jen jednou, po nanesení 40 μ l připravených vzorků. Z výsledků je patrné, že vzorky s ceramidy a cholesterolem, a vzorky s ceramidy, cholesterolem a kyselinou palmitovou poskytují větší kontaktní úhly v porovnání se samotným ceramidem, podílejí se totiž zřejmě na bohatší lipidické struktuře.

Dále je z výsledků patrné, že vzorky ceramidů s cholesterolem a vzorky ceramidů s cholesterolem a kyselinou palmitovou nevykazují v rámci směrodatných odchylek výrazné změny v naměřených hodnotách kontaktních úhlů. Za povšimnutí stojí i skutečnost, že po nanesení zkoumaných látek na měřicí destičku, se na jejím povrchu nevytvářely krystalky. Může být dáno koncentrací připravených vzorků, tj. 5 mg ceramidu samotného nebo v kombinaci s dalšími zkoumanými látkami v daných poměrech v 6 ml rozpouštědla s důsledkem nepatrného vlivu na získané výsledky.

8 Závěry

Metodické

K dostatečnému pokrytí měřicí destičky povlakem zkoumaných lipidických látek bylo pro měření mezivrchového napětí potřebné na ni nanášet nejméně 40 μl předem připravených vzorků lipidů.

Nanáška 20 μl poskytovala kolísavé, nereprodukovatelné hodnoty. Naopak, po nanesení 40 μl a 60 μl vzorků na měřicí destičku se naměřené hodnoty kontaktních úhlů či mezivrchového napětí od sebe vzájemně výrazně neliší. Dostatečně to ukazuje i pouhé orientační posouzení intervalů směrodatných odchylek kolem příslušných průměrných hodnot.

Kyselina palmitová ve vzorcích nanesených směsí s cholesterolem snižuje mezivrchové napětí s vodou významně více než kyselina olejová. Kyselina palmitová tedy s cholesterolem vytváří lépe smáčené povrchy, naopak kyselina olejová se takto jeví jako více vodorezistentní. Důvodem může být skutečnost, že kyselina palmitová lépe vytváří celistvé lipidické povrchy, než kyselina olejová.

Se vzrůstajícím podílem cholesterolu oproti testovaným mastným kyselinám v povlakové vrstvě se mezivrchové napětí mezi destičkou a destilovanou vodou jako měřicí kapalinou snižuje více. tzn. že se cholesterol podílí na vytváření lipidických směsí.

Při přípravě vzorků s cholesterolsulfátem sodným vznikla v nanášecí kapalině sraženina v důsledku nerozpustnosti hydrofilního tenzidu v rozpouštěcí směsi pro lipidy. Z toho důvodu byla provedena měření povrchového napětí destičkou impregnovanou ve dvou skupinách. Jednak z části disperze testovaných látek nad sedimentem a za druhé z části po úplném rozpuštění vzorku při 80°C.

Naměřené hodnoty povrchového napětí destičkou potaženou vrstvou vzorků s obsahem cholesterolsulfátu sodného jsou překvapivě odchylné od předpokládů. což může

způsobovat z mnoha jiných faktorů zabudování destilované vody do lipidických struktur.

Jedná se o tyto vztahy:

Vzorky s kyselinou palmitovou nesnižují více povrchové napětí než vzorky s kyselinou olejovou.

Vzorky po rozpuštění vykazují nižší povrchové napětí než vzorky nad sedimentem. U vzorků s ceramidem tomu tak není.

Vzorky s ceramidem a kyselinou olejovou by měly vykazovat nižší hodnoty povrchového napětí než vzorky s kyselinou olejovou.

Kyselina palmitová ve vzorcích s cholesterolem nanesená na měřicí destičce vykazuje větší hodnoty kontaktních úhlů měřící kapaliny v porovnání s kyselinou olejovou. Důvodem může být opět skutečnost, že kyselina palmitová lépe vytváří lipidické struktury než kyselina olejová.

Zvláštností je, že cholesterol se vzrůstající četností ve vzorcích s mastnými kyselinami nanesených na měřicí destičce nevykazuje zřetelné změny v hodnotách kontaktních úhlů měřící kapaliny, přičemž by se měl podílet na vytváření lipidických struktur.

Vzorky ceramidů s cholesterolem, a vzorky ceramidů s cholesterolem a kyselinou palmitovou nanesené na měřicí destičce vykazují větší kontaktní úhly měřící kapaliny v porovnání se vzorky se samotným ceramidem, což se dá vysvětlit rolí cholesterolu a kyseliny palmitové v budování bohatších lipidických struktur.

Za povšimnutí stojí i skutečnost, že vzorky ceramidů s cholesterolem, a vzorky ceramidů s cholesterolem a kyselinou palmitovou nanesené na měřicí destičce nevykazují v rámci směrodatných odchylek výrazné změny v naměřených hodnotách kontaktních úhlů měřící kapaliny

9 Souhrn

V teoretické části je podán stručný aktuální přehled prací zabývajících se měřením postupných a vratných kontaktních úhlů. Jedná se o studie rozdílných metod výpočtu volné povrchové měření kontaktních úhlů, stanovení kontaktního úhlu a volné povrchové energie pevné látky, studii odhadu složek rovnovážné volné povrchové energie restrukturalizujících povrch pevných látek, měření změn kožního mazu, Marangoniho efektu ve vodě při smáčení lidského vlasu pokrytého tenzidem, měření dynamického adhezního napětí a dynamických kontaktních úhlů.

V experimentální části byly tenziometrem Kruss K100 změřeny hodnoty povrchového napětí a kontaktních úhlů destilované vody při 37°C na povrchu měřící platinové destičky impregnované zkoumanými lipidy ve vybraných poměrech nanesenými z těkavého rozpouštědla.

Bylo zjištěno, že kyselina palmitová ve vzorcích s cholesterolem na poskytuje vůči vodě nižší povrchové napětí a větší hodnoty kontaktních úhlů než kyselina olejová. S rostoucím podílem cholesterolu ve vzorcích s mastnými kyselinami se více snižuje mezipovrchové napětí, zatímco hodnoty kontaktních úhlů se příliš nemění.

Dále bylo zjištěno, že směsi analogů ceramidů s cholesterolem a vzorky ceramidů s cholesterolem a kyselinou palmitovou vykazují na měřící destičce větší hodnoty kontaktních úhlů měřící kapaliny než vzorky se samotnými ceramidy.

U vzorků s cholesterolsulfátem sodným a zkoumanými látkami bylo měřeno povrchového napětí vody na destičce naimpregnované ze dvou rozdílně připravených směsí, konkrétně z části nad sedimentem a z části úplně rozpuštěné při 80°C. Bylo zjištěno, že všechny vzorky po rozpuštění vykazují nižší hodnoty povrchového napětí než vzorky změřené z vrstvy nad sedimentem, ale u vzorku kde je obsažen analog ceramidu tomu tak není. Další zvláštností bylo, že vzorky s obsahem kyseliny palmitové nevykazují nižší hodnoty povrchového napětí v porovnání se vzorky s obsahem kyseliny olejové, a že vzorky s podílem kyseliny olejové a ceramidem nevykazují nižší hodnoty povrchového napětí v porovnání se vzorky s podílem kyseliny olejové bez ceramidu.

Abstract

The theoretical part brings a brief overview of selected relevant papers dealing with measurements of advancing and receding contact angles. These studies deal with the methods of determination of free surface energy, determination of contact angles, estimation of free equilibrium surface energy components, changes in the level of components of free surface skin energy following washing, Marangoni effect in water, advancing, receding and equilibrium contact angles, measurement of dynamic adhesive tension and dynamic contact angles.

In the experimental part, the Krüss K100 tensiometer equipped with the plate method was used to measure the surface tension and contact angles of distilled water at 37°C on the surfaces impregnated with examined substances in selected proportions and dissolved in volatile solvent.

The measuring plate surface was impregnated with prepared samples in advance; the first samples: palmitic acid and oleic acid with cholesterol; the second samples: cholesterol sodium sulphate in mixtures with cholesterol and selected fatty acid, as well as in combination with cholesterol, 14S24 and oleic acid; the third samples: N-acetyl-D-sphingosin, N-hexanoyl-D-sphingosin, 12SG12, 12GV12 in the solution alone, as well as in combinations with cholesterol and in combination with cholesterol and palmitic acid.

It was found out that palmitic acid in samples with cholesterol applied on a measuring plate determines lower surface tension and greater contact angles values of distilled water as the measuring liquid compared with palmitic acid. With the cholesterol at proportion of rising fatty acid contents again applied on a measuring plate, the measuring liquid surface tension decreases, whilst the values of the measuring liquid contact angles do not change much.

It was further established that samples of ceramides with cholesterol, and samples of ceramides with cholesterol and fatty acid applied on the measuring plate show greater values of measuring liquid contact angles compared with the ceramide alone.

Samples with cholesterol sodium sulphate and other examined substances were measured for liquid surface tension using a plate impregnated from two parts of prepared samples, i.e. from the part above sediment and the part after complete sample

dissolution at 80°C. It was found out that measured values of surface tension using the plate applied by a layer of samples with cholesterol sodium sulphate do not correspond to the envisaged relationship.

10 Seznam symbolů a zkratek

n	počet měření
γ (mN/m)	povrchové napětí
\bar{x}	průměrné hodnoty
S_d (mN/m)	směrodatná odchylka měření
CHOL.	cholesterol
PAL.	kyselina palmitová
OLEJ.	kyselina olejová
CHOL.SULF.	cholesterol sulfát sodný
PKU	postupný kontaktní úhel
VKU	vratný kontaktní úhel
p (mm)	poloha měřicí destičky
θ (°)	kontaktní úhel
acetylsfin.	N-acetyl-D-sfingosin
hexanoylsfin.	N-hexanoyl-D-sfingosin
pon.	ponoření
PKU ₆₀	postupný kontaktní úhel při 60 μ l
VKU ₆₀	vratný kontaktní úhel při 60 μ l

11 Literatura

-
- ¹ M. Gindl, G. Sinn, W. Gindl, A. Reiterer, S. Tschegg: *Colloids Surfaces A: Physicochem. Engin. Aspects*, 181, 2001, 279-287
- ² M.A. Kalnins, M.T.: Knaebe, *J. Adhes. Sci. Technol.*, 6, 1992, 1325
- ³ Q. Shen, J. Nylund, J.B. Rosenholm, *Holzforschung*, 52, 1998, 521.
- ⁴ T. Nguyen, W.E. Johns, *Wood Sci. Technol.*, 12, 1978, 63
- ⁵ E. Liptaková, J. Kudela., J. Sarvaš, *Holzforschung*, 54, 2000, 189
- ⁶ W.A. Zisman, *Ind. Eng. Chem.*, 55, 1963, 19
- ⁷ A.W. Neumann, R.J. Good, C.J. Hoppe, M. Sejpal, *J. Colloid Interface Sci.*, 49, 1974, 291
- ⁸ S. Wu, *J. Polym. Sci. Part C*, 34, 1971, 19
- ⁹ D.K. Owens, R.C. Wendt, *J. Appl. Polym. Sci.*, 13, 1969, 1741
- ¹⁰ R.J. Good, *J. Adhes. Sci. Tehnol.*, 6, 1992, 1269
- ¹¹ M.K. Chaudhury, *Mater. Sci. Eng.*, R16, 1996, 97
- ¹² F.M. Fowkes, *J. Adhes. Sci. Technol.*, 1, 1987, 7
- ¹³ C.J. van Oss, R.J. Good, M.K. Chaundhury, *Langmuir*, 4, 1988, 884
- ¹⁴ J. Schulz, M. Nardin, in: M.E. Schrader, G. Loeb (Eds.), *Modern Approaches to Wettability: Theory and Applications*, Ch. 4, Plenum Press, New York, 1992
- ¹⁵ S. Wu, *J. Colloid Surface Sci.*, 71, 1979, 605
- ¹⁶ D.J. Gardner, *Wood Fiber Sci.*, 28, 1996, 422
- ¹⁷ W.D. Bascom, in: M.E. Schrader, G. Loeb (Eds.), *Modern Approach of Wettability: Theory and Applications*, Ch. 13, Plenum Press, New York, 1992
- ¹⁸ H.Y. Erbil, *Polymer*, 37, 1996, 5483
- ¹⁹ L.-H. Lee, in: K.L. Mittal (Ed.), *Contact Angle, Wettability and Adhesion*, VSP, Utrecht, The Netherlands, 1993, p. 45
- ²⁰ W. Wu, G.H. Nancollas, *Adv. Colloid Interface Sci.*, 79, 1999, 229
- ²¹ M. De Meijer, H. Militz, *Prog. Org. Coat.*, 38, 2000, 223
- ²² M. Gindl, N.G. Sinn, N. Gierlinger, W. Gindl, A. Reiterer, S. Tschegg, in: S.E. Stanzl-Tschegg, A. Reiterer (Eds.), *Wood Machining: Properties of Wood and Wood Composites Related to Wood Machining*, Proc. Int. Symp., Vienna, 27–29 September, 2000, p. 195
- ²³ E. Chibowski, F. Gonzalez-Caballero, *J. Adhes. Sci. Technol.*, 7, 1993, 1195.
- ²⁴ X. Qin, W.V. Chang, *J. Adhes. Sci. Technol.*, 10, 1996, 963
- ²⁵ Q. Shen, P. Mikkola, J.B. Rosenholm, *Colloids Surf. A Physicochem. Eng. Aspects*, 145, 1998, 235.
- ²⁶ D. Ma, W.E. Johns, A.K. Dunker, A.E.J. Bayoumi, *J. Adhes. Sci. Technol.*, 4, 1990, 411
- ²⁷ E. Chibowski, R. Perea-Carpio, *Adv. Colloid Interface Sci.*, 98, 2002, 245-264
- ²⁸ E. Washburn, *Phys. Rev.*, 17, 1921, 2731
- ²⁹ R.F. Giese, P.M. Constanzo, C.J. van Oss, *J. Phys. Chem. Miner.*, 17, 1991, 611
- ³⁰ C.J. van Oss, R.F. Giese, Z. Li et al., *J. Adhesion Sci. Technol.*, 6, 1992, 413
- ³¹ L. Holysz, *Colloids Surf. A.*, 134, 1998, 321
- ³² L. Holysz, *Adsorpt. Sci. Technol.*, 14, 1996, 89

-
- ³³ A. Siebold, A. Walliser, M. Nordin, M. Oppliger, J. Schultz, *J. Colloid Interface Sci.*, 186, 1997, 60
- ³⁴ Z. Li, R.F. Giese, C.J. van Oss, J. Yvon, J. Ases, *J. Colloid Interface Sci.*, 56, 1993, 279
- ³⁵ Z. Li, R.F. Giese, C.J. van Oss, *Langmuir*, 10, 1994, 330
- ³⁶ C.J. van Oss, W. Wu, R.F. Giese, J.O. Naim, *Colloids Surf. B.*, 4, 1995, 185
- ³⁷ P.M. Constanzo, W. Wu, R.F. Geese Jr., C.J. van Oss, *Langmuir*, 11, 1995, 1827
- ³⁸ H.W. Kilau, J.E. Pahlman, *Colloids Surf.*, 26, 1987, 217
- ³⁹ R. Varadaraj, J. Bock, N. Brons, S. Zushma, *J. Colloid Interface Sci.*, 167, 1994, 207
- ⁴⁰ L. Labajos-Broncano, M.L. Gonzalez-Martin, C. Gonzalez-Garcia, J.M. Bruque, *J. Colloid Interface Sci.*, 233, 2001, 233
- ⁴¹ L. Labajos-Broncano, M.L. Gonzalez-Martin, C. Gonzalez-Garcia, J.M. Bruque, *J. Colloid Interface Sci.*, 234, 2001, 9
- ⁴² W. Wu, G.H. Nancollas, *Adv. Colloid Interface Sci.*, 79, 1999, 229
- ⁴³ K. Grundke, A. Augsburg, *J. Adhes. Sci. Technol.*, 14, 2000, 765
- ⁴⁴ E. Chibowski, *J. Adhesion Sci. Technol.*, 6, 1992, 1069
- ⁴⁵ E. Chibowski, L. Holysz, *Langmuir*, 8, 1992, 710
- ⁴⁶ L. Holysz, E. Chibowski, *Langmuir*, 8, 1992, 717
- ⁴⁷ E. Chibowski, L. Holysz, *J. Adhesion Sci. Technol.*, 11, 1997, 1289
- ⁴⁸ E. Chibowski, F. González- Caballero, *Langmuir*, 9, 1993, 330
- ⁴⁹ Y.-W. Yang, G. Zografí, *J. Pharm. Sci.*, 75, 1986, 719
- ⁵⁰ J. Van Brokel, D.M. Heertjes, *Powder Technol.*, 16, 1977, 91
- ⁵¹ A. Marmur, *Adv. Colloid Interface Sci.*, 39, 1997, 13
- ⁵² W.B. Haines, *J. Agric. Sci.*, 20, 1930, 97
- ⁵³ K.S. Sobrie, Y.Z. Wu, S.R. McDougall, *J. Colloid Interface Sci.*, 174, 1995, 289
- ⁵⁴ L.R. Fisher, P.D. Lark, *J. Colloid Interface Sci.*, 69, 1979, 486
- ⁵⁵ Y.-W. Yang, G. Zografí, E.E. Miller, *J. Colloid Interface Sci.*, 122, 1988, 35
- ⁵⁶ E. Chibowski, in: K.L. Mittal (Ed.), *Acid-Base Interactions: Relevance to Adhesion Science and Technology*, 2, VSP, Utrecht, 2000, p. 419
- ⁵⁷ E. Chibowski, R. Ogonowski, *J. Surf. Sci. Technol.*, 13, 1977, 77
- ⁵⁸ E. Chibowski, M. Espinosa-Jiménez, A. Ontiveros-Ortega, E. Giménez-Martín, *Langmuir*, 14, 1998, 5237
- ⁵⁹ A. Ontiveros-Ortega, M. Espinosa-Jiménez, E. Chibowski, F. González-Caballero, *J. Colloid Interface Sci.*, 202, 1998, 189
- ⁶⁰ E. Chibowski, A. Ontiveros-Ortega, M. Espinosa-Jiménez, R. Perea-Carpio, L. Holysz, *J. Colloid Interface Sci.*, 235, 2001, 283
- ⁶¹ E. Chibowski, F. González-Caballero, *J. Adhes. Sci. Technol.*, 7, 1993, 1195
- ⁶² Eli Ruckenstein, Sang Hwan Lee: Estimation of the Equilibrium Surface Free Energy Components of Restructuring Solid Surfaces, *J. Colloid Interface Sci.* 120, 1, 1987
- ⁶³ Ruckenstein, E., and Goufisankar, S. V., *J. Colloid Interface Sci.*, 107, 488, 1985.
- ⁶⁴ Lee, S. H., and Ruckenstein, E., *J. Colloid Interface Sci.*, 117, 172, 1987
- ⁶⁵ Holly, F. J., and Refojo, M. F., *J. Biomed. Mater. Res.* 9, 315, 1975
- ⁶⁶ Andrade, J. D., Gregonis, D. E., and Smith, L. M., in "Physicochemical Aspects of Polymer Surfaces" (K. L. Mittal, Ed.), Vol. 2, p. 911. Plenum Press, New York, 1983
- ⁶⁷ Yasuda, H., Sharma, A. K., and Yasuda, T., *J. Polym. Sci. Polym. Phys. Ed.*, 19(9), 1285, 1981
- ⁶⁸ Timmons, C. O., and Zisman, W. A., *J. Colloid Interface Sci.*, 22, 165, 1966

-
- ⁶⁹ Lee, H. B., Jhon, M. S., and Andrade, J. D., *J. Colloid Interface Sci.*, 51, 225, 1975
- ⁷⁰ Fowkes, F. M., *Ind Eng. Chem.*, 56, 40, 1964
- ⁷¹ Kaelble, D. H., *J. Adhes.*, 2, 66, 1970
- ⁷² A. Mavon, D. Redoules, P. Humbert, P. Agache, Y. Gall, *Colloids Surfaces B: Biointerfaces*, 10, 1998, 243–250
- ⁷³ C.J. van Oss, R.J. Good, M.K. Chaudhury, *Separ. Sci. Technol.*, 21, 1, 1987, 1
- ⁷⁴ C.J. van Oss, R.J. Good, M.K. Chaudhury, *Langmuir*, 4, 1988, 884
- ⁷⁵ R.J. Good, C.J. van Oss, in: M.E. Schrader, G.I. Loeb (Eds.), *Modern Approaches to Wettability*, Plenum Press, New York, 1992, Chap. 1
- ⁷⁶ A. Mavon, H. Zahouani, D. Redoules, P. Agache, Y. Gall, P. Humbert, *Colloids Surfaces B: Biointerfaces*, 8, 1997, 147
- ⁷⁷ D.R. Wilson, H.I. Maibach, in: J.L. Leve[^]que (Ed.), *Cutaneous Investigation in Health and Disease*, Marcel Dekker, New York, 1989, p. 153
- ⁷⁸ K. Sato, W.H. Kang, K. Saga, K.T. Sato, *J. Am. Acad. Dermatol.*, 20, 4, 1989, 537
- ⁷⁹ M.E. Stewart, *Seminars in Dermatology*, 11, 2, 1992, 100
- ⁸⁰ M.E. Stewart, D.T. Downing, *J. Invest. Dermatol.*, 95, 1990, 603
- ⁸¹ D.T. Downing, J.S. Strauss, P.E. Pochi, *J. Invest. Dermatol.*, 53, 1969, 322
- ⁸² Y.F. Korolev, *Vestn. Dermatol. Venerol.*, 32, 1958, 9.
- ⁸³ B. Janczuk, E. Chibowski, J.M. Bruque, M.L. Kerkeb, F. Gonzalez-Caballero, *J. Colloid Interface Sci.*, 159, 1993, 421.
- ⁸⁴ A. Said, A. Mavon, S. Makki, P. Humbert, J. Millet, *Colloids Surfaces B: Biointerfaces*, 8, 1997, 227
- ⁸⁵ C.O. Timmons, W.A. Zisman, *J. Colloid Interface Sci.*, 22, 1966, 165
- ⁸⁶ Y. K. Kamath, C. J. Dansizer, H.-D. Weigmann: Marangoni Effect in the Water Wetting of Surfactant Coated Human Hair Fibers, *J Colloid Interface Sci.* 102, 1, 1984
- ⁸⁷ Kamath, Y. K., Dansizer, C. J., and Weigmann, H.-D., *J. Appl. Polym. Sci.*, (accepted for publication).
- ⁸⁸ Scriven, L. E., and Sterling, C. V., *Nature (London)*, 187, 186, 1960
- ⁸⁹ Kamath, Y. K., Dansizer, C. J., and Weigmann, H.-D., *J. Appl. Polym. Sci.*, 29, 1011, 1984
- ⁹⁰ Miles, G. D., and Shedlovsky, L., *J. Phys. Chem.*, 48, 57, 1944
- ⁹¹ Lynn S. Penn, B. Miller, *J Colloid Interface Sci.* 77, No. 2, 1980
- ⁹² Dann, J. R., *J. Colloid Interface Sci.*, 32, 302, 1970
- ⁹³ Raymond L. Bendure: Dynamic Adhesion Tension Measurement, *J. Colloid Interface Sci.* 42, 1, 1973
- ⁹⁴ Davies, J- T., Rideal, E. K., "Interfacial Phenomena," Vol. 2, pp. 222-225. Academic Press, New York, 1963.
- ⁹⁵ Smith, S., and Sherman, P. O., *Text. Chem. Color.*, 1, 105, 1969
- ⁹⁶ G. E. P. Elliott and A. C. Riddiford, *J. Colloid Interface Sci.*, 23, 389-398, 1967
- ⁹⁷ Phillips, M. C., and Riddiford, A. C., *Proc. 4th Intern. Congr. Surface Activity*, 1965
- ⁹⁸ Phillips, M. C., and Riddiford, A. C., *J. Colloid Interfacial Sci.*, 22, 149, 1966