

Čajový saponin jako detergenční přísada

Eva Vytopilová

Bakalářská práce
2025



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

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

Akademický rok: 2024/2025

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení:	Eva Vytopilová
Osobní číslo:	T20497
Studijní program:	B0711A130009 Materiály a technologie
Specializace:	Biomateriály a kosmetika
Forma studia:	Kombinovaná
Téma práce:	Čajový saponin jako detergenční přísada

Zásady pro vypracování

Student rozepíše kapitoly mající vzat k "zeleným" tenzidům potažmo k čajovému saponinu – zdrojové rostliny, chemické struktury, vlastnosti v roztocích.

V souvislosti s praktickou částí prostuduje detergenční systémy používané k praní textilií.

V praktické části se student bude věnovat formulacím detergenčních prostředků s obsahem čajového saponinu, které následně otestuje při praní zkušební znečištěné textilie.

Dosažené výsledky zhodnotí a porovná s komerčními výrobky.

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

Seznam doporučené literatury:

- [1] KJELLIN M. a JOHANSSON I. *Surfactants from Renewable Resources*. John Wiley & Sons Inc, Verlag, ISBN 978-0-470-76041-3.
- [2] BÖTTCHER S. a DRUSCH S. Interfacial Properties of Saponin Extracts and Their Impact on Foam Characteristics. *Food Biophysics*. 2016, 11(1), 91–100. DOI:10.1007/s11483-015-9420-5.
- [3] CHEOK C. Y., SALMAN H. A. K. a SULAIMAN R. Extraction and quantification of saponins: A review. *Food Research International*. 2014, 59, 16–40. DOI:10.1016/j.foodres.2014.01.057.
- [4] YU X.-L. a YONG H. Tea saponins: effective natural surfactants beneficial for soil remediation, from preparation to application. *RSC Advances*. 2018, 8(43), 24312–24321. DOI:10.1039/C8RA02859A.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Ondřej Rudolf, Ph.D.**
Ústav technologie tuků, tenzidů a kosmetiky

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

L.S.

prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan

Ing. Lucie Urbánková, Ph.D.
ředitel ústavu

PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že

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

Prohlašuji, že

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

Ve Zlíně, dne

.....
podpis autora

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zaměřuje na problematiku praní a čištění textilií s důrazem na používané prací detergenty a jejich účinnost. V teoretické části jsou popsány základní pojmy související s procesem praní a je rozebráno složení pracích detergentů. Saponiny, jako specifická skupina detergentních látek, jsou také podrobně zkoumány z hlediska jejich molekulární struktury, vlastností a zdrojů. Dále je popsáno hodnocení prací účinnosti detergentů. V praktické části jsou stanoveny cíle a provedeny experimenty, které zahrnují přípravu pracích směsí, měření optické remise tkanin před a po zašpinění, praní a následné vyhodnocení výsledků. Diskuze se zabývá interpretací experimentálních výsledků.

Klíčová slova: čajový saponin, prací účinnost, prací detergent, praní, tenzid.

ABSTRACT

The bachelor's thesis focuses on the issue of washing and cleaning textiles with an emphasis on the laundry detergents used and their effectiveness. In the theoretical part, basic concepts related to the washing process are described and the composition of laundry detergents is analyzed. Saponins, as a specific group of detergent substances, are also investigated in detail in terms of their molecular structure, properties and sources. The evaluation of the washing efficiency of detergents is also described. In the practical part, goals are set and experiments are carried out, which include the preparation of washing mixtures, measurement of the optical remission of fabrics before and after soiling, washing and subsequent evaluation of the results. The discussion deals with the interpretation of the experimental results.

Keywords: tea saponin, washing efficiency, laundry detergent, washing, tenzid.

Poděkování

Ráda bych využila této příležitosti k vyjádření vděčnosti vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Ondřeji Rudolfovi, Ph.D., za jeho podporu, odborné vedení a cenné rady. Děkuji také paní Evě Bartoníkové za její vstřícnost a rady poskytnuté během mého měření v laboratoři.

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

OBSAH

ÚVOD.....	11
I TEORETICKÁ ČÁST	12
1 PRANÍ A ČIŠTĚNÍ.....	13
1.1 KVALITA VODY	13
1.2 DRUHY NEČISTOT	14
1.3 TEXTILIE	14
1.4 PH PRACÍ LÁZNĚ	15
2 MECHANISMUS ODSTRANĚNÍ NEČISTOTY POMOCÍ DETERGENTU	16
2.1 PRACÍ DETERGENTY	17
2.1.1 Tekuté prací detergenty	17
2.1.2 Práškové prací detergenty	17
3 SLOŽENÍ PRACÍCH DETERGENTŮ.....	18
3.1 POVRCHOVĚ AKTIVNÍ LÁTKY (PAL).....	23
3.1.1 Anionické PAL.....	23
3.1.2 Neionické PAL.....	25
3.2 BUILDERY	25
3.3 BĚLÍCÍ ČINIDLA	26
3.4 POMOCNÉ LÁTKY	26
4 SAPONINY	28
4.1 MOLEKULÁRNÍ STRUKTURA SAPONINŮ	28
4.2 VLASTNOSTI SAPONINŮ	29
4.3 ZDROJOVÉ ROSTLINY SAPONINU	30
5 HODNOCENÍ PRACÍ ÚČINNOSTI.....	33
5.1 HODNOCENÍ PRACÍ ÚČINNOSTI DETERGENTU PO JEDNOM PRACÍM CYKLU.....	33
5.2 HODNOCENÍ PRACÍ ÚČINNOSTI DETERGENTU PO VÍCE PRACÍCH CYKLECH	33
5.3 STANDARDNÍ ŠPÍNA	34
5.4 PROCES PRANÍ	34
5.5 METODY MĚŘENÍ PRACÍ ÚČINNOSTI.....	34
II PRAKTICKÁ ČÁST.....	35
6 CÍLE PRAKTICKÉ ČÁSTI BAKALÁŘSKÉ PRÁCE	36
7 PŘÍPRAVA PRACÍCH SMĚSÍ.....	37
7.1 POUŽITÉ CHEMIKÁLIE.....	37
7.2 NAVÁŽKY A VÝPOČTY	38

8	MĚŘENÍ OPTICKÉ REMISE.....	42
8.1	MĚŘENÍ REMISE TKANIN PŘED ZAŠPINĚNÍM	42
8.2	ŠPINĚNÍ TEXTILIE.....	42
8.3	PRANÍ	44
8.4	VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ MĚŘENÍ	50
9	DISKUZE	52
	ZÁVĚR.....	60

ÚVOD

Od pradávna lidé hledají efektivní způsoby, jak udržovat své oblečení a textilní výrobky čisté. S rozvojem průmyslových procesů a technologií se s tímto úkolem vyvinuly i různé chemické látky, které jsou schopny odstraňovat nečistoty a znečištění z textilií. Jedním z těchto potenciálních kandidátů je čajový saponin, přírodní látka obsažená v čajových listech, která má vlastnosti tenzidu a může být využita jako detergenční přísada.

Tato bakalářská práce se zaměřuje na zkoumání možnosti využití čajového saponinu jako alternativního zeleného tenzidu v pracích prostředcích. Práce se bude zabývat studiem zdrojových rostlin čajového saponinu, jeho chemickou strukturou a vlastnostmi v roztocích. Dále se práce zaměří na analýzu a porovnání detergentů používaných k praní textilií, včetně komerčních produktů.

Praktická část této práce se soustředí na formulaci detergentních prostředků obsahujících čajový saponin v různých kombinacích s dalšími složkami. Tyto formulace budou následně testovány při praní zkušebních znečištěných textilií, a dosažené výsledky budou zhodnoceny a porovnány s účinností komerčních detergentů.

Cílem této práce je poskytnout ucelený pohled na potenciální využití čajového saponinu jako přírodního detergentu a přispět k rozvoji ekologicky šetrných alternativ v oblasti čisticích prostředků.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 PRANÍ A ČIŠTĚNÍ

Praní a čištění ve vodném pracím roztoku je proces, při kterém interaguje mnoho fyzikálních a chemických vlivů. Výsledkem a záměrem je odstranění nečistot z tkanin. Nečistoty jsou špatně rozpustné látky ve vodě nebo ve vodném roztoku tenzidu, které snižují estetické, hygienické a funkční vlastnosti textilií. Odstranění nečistot probíhá ve dvou hlavních krocích. V prvním kroku je nečistota odstraněna ze substrátu a ve druhém kroku probíhá stabilizace dispergované nebo molekulárně rozpuštěné nečistoty v pracím roztoku. Stabilizace je nutná, aby se zabránilo opětovnému usazení nečistoty (tzv. redepozici), která již byla odstraněna, na vlákna tkaniny. Výsledek pracího procesu je závislý na více faktorech. Mezi tyto faktory patří kvalita vody, druh nečistoty, vlastnosti textilie, složení detergentu, technika praní, teplota vody a čas. [1]

1.1 Kvalita vody

Je vyjádřena především její tvrdostí. Tvrdou vodou se rozumí množství přítomných vápenatých a hořečnatých solí. Základní jednotkou pro měření tvrdosti vody je mmol/l i když existuje několik dalších jednotek, jako jsou německé [°dH] a francouzské [°dF] stupně, které se dnes používají méně. V tabulce 1 jsou uvedeny meze tvrdosti vody. [2]

Tabulka 1 Meze tvrdosti vody [2]

pitná voda	mmol/l	°dH	°dF
velmi tvrdá	> 3,76	> 21,01	> 37,51
tvrdá	2,51–3,75	14,01–21	25,01–37,5
středně tvrdá	1,26–2,5	7,01–14	12,51–25
měkká	0,7–1,25	3,9–7	7–12,5
velmi měkká	< 0,5	< 2,8	< 5

Čím je voda tvrdší, tím horších výsledků dosáhneme při praní, jelikož vysoký obsah vápenatých iontů zabraňuje odstraňování nečistot. Ionty vápníku a hořčíku se vysráží ve formě uhličitánů a jejich zbytky mohou zůstat na prádle nebo se usazovat v pračce a tvořit vodní kámen. Také vznikají nerozpustné soli mýdel a dalších tenzidů, které se také usazují na textilu i zařízení pračky. Minimální koncentrace vápníku v pitné vodě je 30 mg/l a u hořčíku 10 mg/l. Minimální koncentrace je stanovena vyhláškou ministerstva zdravotnictví. [1] [3]

1.2 Druhy nečistot

Nečistoty kategorizujeme na ve vodě rozpustné materiály, částice, tuky a oleje, proteiny, sacharidy a barviva. V tabulce 2 jsou uvedeny příklady těchto látek. Skvrny a nečistoty na textiliích jsou většinou směsí výše uvedených materiálů. [1]

Tabulka 2 Kategorizace a příklady nečistot [1]

Nečistoty rozpustné ve vodě	Částice	Tuky a oleje	Nečistoty obsahující proteiny	Sacharidy	Nečistoty obsahující barviva
anorganické soli	uhličitany	zvířecí tuky	krev	škrob	ovoce
cukry	oxidy kovů	rostlinné oleje a tuky	tráva		zelenina
močovina	silikáty	kožní maz	vejce		víno
pot	humus	minerální oleje a tuky	mléko		káva
	saze	vosky	keratin		čaj

1.3 Textile

Účinnost pracího detergentu je závislá na druhu prané textilie. Ovlivňujícím faktorem je přítomnost vápníku obsaženého na jejím povrchu. Vyšší obsah vápníku se nachází například v bavlně, v porovnání se syntetickou látkou, která obsahuje jen malé množství vápníku. Jeho přítomnost snižuje schopnost detergentu odstranit nečistotu a smáčet textilií. [1]

Syntetická vlákna jsou více hydrofobní než bavlna nebo jiná přírodní vlákna. Úhel smáčení mezi syntetickým vláknem a olejovou nečistotou je malý, a proto jdou olejové skvrny odstranit hůř. Například olivový olej na vlákne polyesteru má malý úhel smáčení i po použití tenzidu. [4]

Druhů textilií je na trhu mnoho. Příkladem je bavlna s povrchovým ošetřením pryskyřicí nebo bavlna bez povrchové úpravy, nylon, vlna, polyester, polyakryl a jejich směsi v různých kombinacích. Účinnost praní je také závislá na tloušťce jednotlivých vláken, ze kterých je textilie vyrobena a na jejich vzájemném utažení. Povrch látky může být hladký nebo hrubý a také samotná látka může být lehká nebo těžká. [5]

1.4 pH prací lázně

S rostoucím pH prací lázně se vlákno textilie a nečistota negativně nabíjí a tím dochází k jejich vzájemnému odpuzování, a tedy i ke zlepšení prací účinnosti. Při alkalickém pH také dochází ke zmýdelňování tuků, tedy i olejových nečistot jako jsou živočišné tuky a rostlinné oleje. Hodnota pH prací lázně ovlivňuje vlastnosti amfoterních tenzidů. Tyto tenzidy obsahují ve své molekule anion i kation a jsou velmi dobře kombinovatelné jak s anionickými, tak i s kationickými tenzidy. V kyselém prostředí se chovají jako kationické tenzidy a v zásaditém prostředí mají vlastnosti anionických tenzidů. Se změnou pH se také mění jejich schopnost smáčení, tvorby pěny a odstranění nečistoty. Mezi často používané amfoterní tenzidy se řadí N-alkyl betainy a N-alkylaminopropionáty.

[1] [6]

2 MECHANISMUS ODSTRANĚNÍ NEČISTOTY POMOCÍ DETERGENTU

Detergent specificky interaguje s povrchem substrátu a nečistotou. Odstraňování nečistoty může být spojeno i s chemickými reakcemi. Při redoxní reakci se štěpí oxidovatelná látka (například barvivo z čaje nebo vína). Další chemickou reakcí je enzymatický rozklad, který je závislý na teplotě a pH prací lázně. Většina pracích detergentů obsahuje směs dvou až čtyř enzymů. Proteázy se specializují na rozklad proteinů, lipázy na štěpení tuků a amylázy na rozklad škrobu. Kromě toho se celulózová vlákna rozkládají pomocí enzymu nazývaného celuláza. Některé nečistoty však nepodléhají chemickému odstranění, proto se uplatňují mezifázové procesy. [1]

Tenzidy obsažené v detergentu působí následujícími třemi způsoby a jejich vzájemnými kombinacemi:

Roll-up mechanismus způsobuje oddělení olejové/tukové nečistoty z vlákna v důsledku napětí na rozhraní mezi olejem, vodou a vláknem. Nejprve je textilie s nečistotami smáčena v pracím roztoku. Kontaktní úhel mezi olejem a vláknem textilie se díky přítomnosti tenzidu zvětší a nečistota je tzv. srolována pryč. S klesajícím povrchovým napětím se zvětšuje kontaktní úhel a tím se zvyšuje prací účinnost. [1] [6]

Emulgace olejových nečistot je zajištěna přítomností detergentu, který zastává funkci emulgátoru. Emulgátor snižuje mezifázové napětí a stabilizuje emulzi. Tenzidy se mohou adsorbovat na nepolární a polární materiály současně díky jejich složení z hydrofilní a hydrofobní části. Při nízké koncentraci tenzidů se obvykle tvoří mikroemulze, přičemž určité množství oleje je dispergováno ve vodní lázni. Emulgátor formuje samostatnou fázi na stykové ploše olejové nečistoty a vody. Dochází ke snížení mezipovrchového napětí a k vytvoření emulze olej ve vodě (o/v). [1] [6]

Solubilizace je proces začlenění substrátu do micel tenzidu. Tvorba micel je závislá na koncentraci tenzidu v roztoku. Po dosažení CMC (kritická micelární koncentrace) se molekuly agregují do micel. Micely jsou schopny solubilizovat i nečistoty, které nejsou rozpustné ve vodě a zabraňují jejich opětovnému usazení na textilií. [1] [6] [7]

2.1 Prací detergenty

Prací detergent je směs, která obsahuje jeden nebo více tenzidů a další přísady, které zvyšují účinek čištění tkanin při praní. Každá složka detergentu má svou specifickou funkci při procesu praní a funkci může zastávat i více. Částečně na sebe mohou některé složky vzájemně působit. [1] [6]

Prací detergenty se vyrábí ve více formách, přičemž nejčastěji jsou používány tekuté a práškové. V minulosti byl tradičně při praní používán práškový detergent, ale v průběhu let se používání tekutých pracích prostředků postupně zvýšilo. Některé značky také vyrábí prací prostředky ve formě tablet anebo ve formě rozpustných kapslí. [6]

2.1.1 Tekuté prací detergenty

První tekuté prací detergenty se začaly objevovat koncem 40. let 20. století, avšak ve formě pro automatické pračky byly dostupné až od roku 1986. Od práškových pracích detergentů se liší vyšším obsahem tenzidů a ve většině případů neobsahují zeolit, trifosfát a bělicí činidla. Vykazují vysokou účinnost při odstraňování mastných nečistot při teplotě prací lázně pod 60 °C. Ve srovnání s práškovými pracími detergenty se rozpouští rychleji, zejména ve studené vodě. Při formulaci nastává komplikace při použití aktivních složek, které jsou méně stabilní ve vodném prostředí. [1] [8]

2.1.2 Práškové prací detergenty

Jsou efektivní při odstraňování usazených nečistot a jílu. Doporučené dávkování v Evropě je 3 až 8 gramů pracího detergentu na litr vody na rozdíl od Ameriky a Asie, kde je dávkování podstatně nižší. [1] [6]

V minulosti obsahovaly práškové prací detergenty limitované množství ingrediencí jako alkylbenzensulfonáty, alkyl sulfáty, fosfátové buildery, uhličitan sodný a křemičitan sodný, které chrání pračku a plnidlo síran sodný nebo chlorid sodný. V 60. letech 20. století se začalo upouštět od používání fosfátových builderů a byly z části nahrazeny zeolity. V dnešní době je v Evropě 32 % práškových detergentů na bázi zeolitu. Formulace postupně prošly řadou změn. Špatně odbouratelné výrazně rozvětvené látky byly zastoupeny lineárními řetězci, které mají lepší schopnost biodegradace. V roce 1989 se v Evropě začaly objevovat kompaktní práškové detergenty. Ve srovnání s tradičními práškovými detergenty mají vyšší sypnou hmotnost, vyšší obsah tenzidů (25 % a více) a nižší dávkování. Jsou šetrnější k životnímu prostředí díky nižší spotřebě energie a obalového materiálu. [4]

3 SLOŽENÍ PRACÍCH DETERGENTŮ

V podkapitolách 3.1 až 3.4 bakalářské práce jsou podrobně popsány klíčové složky pracích detergentů a jejich funkce. Povrchově aktivní látky (PAL) jsou základní složkou detergentů díky své schopnosti odstraňovat nečistoty z povrchu textilií. Jsou rozděleny podle svého náboje na anionické, kationické, neionické a amfoterní, přičemž pro účely praní jsou nejdůležitější anionické a neionické typy. Dále jsou popsány buildery, které zvyšují účinnost tenzidů tím, že změkčují vodu a stabilizují nečistoty. Významnou roli hrají také bělicí činidla, která zajišťují odstranění barevných skvrn prostřednictvím oxidačních reakcí. V neposlední řadě se věnuje pozornost pomocným látkám, jako jsou enzymy, antiredepoziční složky, regulátory pěny a plnidla, které dohromady zajišťují efektivní a šetrné praní různých typů textilií. [1]

Tabulka 3 Obecná formulace sypkých a tekutých pracích prostředků [1] [9]

Složka	Množství v sypkých pracích detergentech [%]	Množství v tekutých pracích detergentech [%]
Povrchově aktivní látky	15–25	10–50
Buildery	20–55	0–30
Bělicí činidla a aktivátory	0–25	0
Enzymy	0–1	0–2,5
Regulátory pěny	0,1–4	0,1–1
Plnidla	20–45	0
Voda	3–15	30–80
Zjasňovače	0–0,8	0–0,5

Jak je patrné z tabulky 3, složení tekutých a sypkých pracích prostředků se výrazně liší, a to zejména v zastoupení plnidel, vody a bělicích složek. Množství povrchově aktivních látek (PAL) v tekutých pracích detergentech se liší v závislosti na jejich složení. Pokud formulace obsahuje buildery, bývá obsah PAL nižší, obvykle v rozmezí 15–30 %. Naopak u prostředků bez builderů je koncentrace PAL vyšší, až do 50 %. Na rozdíl od sypkých pracích prášků tekuté detergenty neobsahují bělicí činidla ani plnidla. Funkci plnidla zde zajišťuje vyšší obsah vody, která tvoří nosnou složku tekuté formulace. [1] [9]

Tabulka 4 Složení práškového pracího detergentu s obsahem fosfátů [10]

Složka	Hmotnostní podíl
	[%]
alkylbenzensulfonát sodný (C11–13)	13,7
sodná sůl sulfátu alkoholů (C14–15)	4,0
Sulfát sodný ethoxylovaných alkoholů (C14–15)	2,0
Ethoxylovaný alkohol (C14–15)	0,5
Trifosforečnan pentasodný	41,0
Uhličitan sodný	12,4
Křemičitan sodný (46%)	6,4
Síran sodný	10,9
PEG 4000 (50%)	0,4
Dispergační polymer	0,76
Polymer pro uvolňování nečistot z vláken	0,10
Regulátor pěny	0,60
Voda	doplnění do 100 %

Tabulka 4 ilustruje složení pracího prostředku s obsahem fosfátů, konkrétně trifosforečnanu pentasodného, který zde zastává hlavní funkci builderu a účinně váže ionty tvrdé vody. Fosfátové prostředky patří k velmi účinným, zejména při odstraňování jílovitých a mastných skvrn. [10]

Tabulka 5 Složení práškového pracího detergentu bez obsahu fosfátů [10]

Složka	Hmotnostní podíl
	[%]
C9–13 alkylbenzensulfonát	13,6
C12–18 alkohol sulfát	3,9
C12–18 alkohol ethoxylát	3,6
C12–18 mastná kyselina	0,7
PEG 400	1,5
Zeolit A	17,6
Nabion 15	12,0
Kopolymer kyseliny akrylové/maleinové	3,5
Silikát	1,5
Perboritan sodný/perkarbonát	17,4
Chelatační činidlo	0,5
Protiusazovací činidlo	1,5
EDTA (ethylendiamintetraacetát)	7,0
Proteáza	1,6
Regulátor pěny	3,6
Voda	10,3

Tabulka 5 naproti tomu ukazuje formulaci bezfosfátového pracího prostředku, kde je fosfát nahrazen zeolitem A. Zeolit sice částečně plní funkci builderu, avšak jeho schopnost vázat vápník je nižší než u fosfátu. Proto musí být do formulace přidány další aktivní látky, např. kopolymer kyseliny polyakrylové a maleinové. Přesto je obtížné dosáhnout stejného výkonu jako u fosfátových formulací bez navýšení nákladů nebo zhoršení jiných parametrů, jako je pěnivost či účinnost tenzidů. [10]

Tabulka 6 Složení zředěného pracího gelu [10]

Složka	Hmotnostní podíl [%]
Alkyl ether sulfát	5,0
Alkylsulfát	5,0
Alkoxylovaný alkohol	1,0
Kyselina citronová (50%)	0,75
Proteáza	0,24
Propylenglykol	0,28
Monoethanolamin	0,32
Borax (38%)	0,6
Hydroxid sodný (50%)	1,4
Formiát sodný (36%)	1,25
Regulátor pěny	0,02
Barvivo	0,016
Parfém s benzylsalicylátem	0,30
Optický zjasňovač	0,10
Voda	Doplnění do 100 %

Formulace v tabulce 6 reprezentuje nízkonákladový ředěný prací gel. Obsahuje více než 80 % vody a přibližně 10 % PAL, přičemž k dosažení požadované viskozity nejsou použity drahé zahušťující polymery, ale vybrané parfémové složky, které kromě vůně zajišťují i mírné zahuštění roztoku. Tato formulace je příkladem ekonomického řešení, kde je prioritou nízká cena při zachování základní úrovně účinnosti a přijatelného vzhledu produktu. [10]

Tabulka 7 Složení pracího gelu pro citlivou pokožku [11]

Složka	Hmotnostní podíl
	[%]
Alkylpolyglukosid	4,0
Sodium Cocoamphoacetate	2,0
Citrát sodný	3,0
Glycerin	1,5
Proteáza	0,3
Amyláza	0,3
Glukonát sodný	0,8
Extrakt z Aloe vera	1,0
Panthenol (vitamin B5)	0,5
Voda	Do 100 %

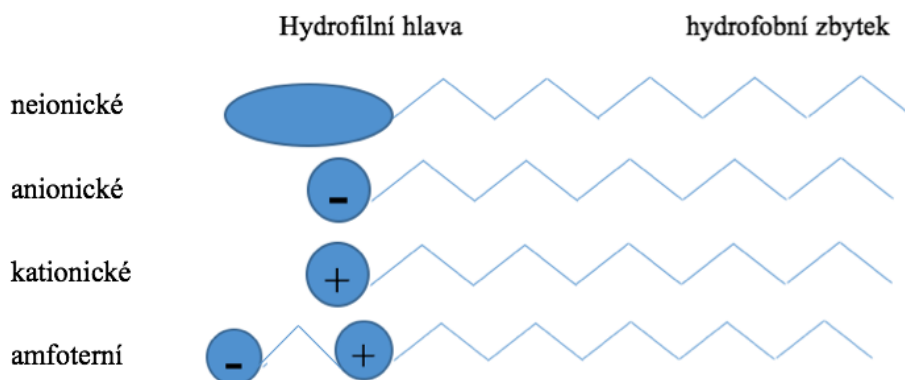
Receptura tekutého pracího detergentu v tabulce 7 je speciálně navržena pro citlivou pokožku. Neobsahuje dráždivé látky, jako jsou parfemace, barviva či agresivní enzymy. Složení je postaveno na jemných a hypoalergenních složkách, které zajišťují šetrné praní. Hlavní povrchově aktivní látkou je alkylpolyglukosid, který je jemný k pokožce i životnímu prostředí. Sekundární povrchově aktivní složka, sodium cocoamphoacetate, podporuje čisticí účinek a zároveň zachovává nízkou dráždivost. Enzymy proteáza a amyláza zajišťují efektivní odstranění skvrn. [11]

3.1 Povrchově aktivní látky (PAL)

Nazýváme je také tenzidy nebo surfaktanty. Jedná se o heterogenní molekulu s řetězcem, která obsahuje hydrofilní i hydrofobní část. Tyto látky jsou schopné hromadit se na fázovém rozhraní a tím snižovat mezifázovou energii soustavy. Tenzidy jsou jednou z nejdůležitějších přísad v detergentech. Zlepšují smáčivost a uvolňují, odstraňují, emulgují a solubilizují nečistoty. Poté, co se tenzidy disociují ve vodném roztoku, je v části molekuly nesoucí řetězec přítomen náboj, ale i nemusí. Podle přítomnosti či absence náboje pak rozdělujeme tenzidy do čtyř skupin (kationické, anionické, neionické a amfoterní). V dalších kapitolách se blíže zaměříme pouze na anionické a neionické tenzidy, které jsou pro prací detergenty nejdůležitější a nejčastěji používané. Amfoterní tenzidy jsou pro detergenty ekonomicky náročnou surovinou. Kationické tenzidy nacházejí uplatnění jako přísady s antistatickými vlastnostmi – avivážní prostředky. [1] [6] [12]

Na vlastnost tenzidu má výrazný vliv struktura hydrofobního zbytku. Tenzidy s malým rozvětvením alkylového řetězce mají dobrý čistící účinek, ale horší smáčecí vlastnosti a u tenzidů s více rozvětveným řetězcem je to naopak. [1]

Na obrázku 1 jsou vyobrazeny tenzidy se čtyřmi druhy hydrofilní hlavy.



Obrázek 1 Dělení tenzidů podle jejich hydrofilní části. [1]

3.1.1 Anionické PAL

Jsou účinné při odstraňování mastných nečistot. Jejich hydrofilní část nese ve vodě záporný náboj, který reaguje s kladně nabitými ionty vápníku a hořčíku přítomnými ve tvrdé vodě a může docházet k částečné inaktivaci v závislosti na celkové struktuře molekuly tenzidu. [6]

Mýdlo je nejznámějším anionickým tenzidem. Jeho výhodou je snadná biologická odbouratelnost, a naopak nevýhodou je snížená účinnost v tvrdé vodě, což je způsobeno tvorbou nerozpustných vápenatých mýdel. S postupem času bylo mýdlo v přípravcích na praní nahrazeno jinými účinnějšími detergenty a v současné době se používá jako tzv. oděšňovací prostředek pracích detergentů v Evropě. V zemích s celkově měkkou vodou se užívá stále. [1]

Sulfonáty $C_nH_{2n+1}SO_3^- X^+$

Lineární alkylbenzensulfonát (LAS) v pracích prostředcích zaujímá vedoucí postavení mezi tenzidy. Využívá se jako primární tenzid do práškových i tekutých pracích prostředků. Je snadno biologicky odbouratelný díky svému přímému řetězci, má velmi dobré detergenční vlastnosti a vysokou pěnivost. Pěnu lze snadno stabilizovat i regulovat. Nevýhodou je citlivost na tvrdou vodu. Předchůdcem lineárního alkylbenzensulfonátu je rozvětvený alkylbenzensulfonát, jehož nevýhodou je velmi špatná biologická rozložitelnost. V kapalných pracích detergitech jsou také zastoupeny α -olefinsulfonáty (AOS) a sekundární alkansulfonáty (SAS). I když mají SAS nízkou detergenční účinnost, excelují ve své schopnosti dobře smáčet a jsou chemicky inertní v kyselém i zásaditém prostředí díky přítomnosti stabilní vazby mezi uhlíkem a sírou. Výhodou AOS je nízká citlivost na tvrdost vody a negativní vlastností je vysoká pěnivost. [1] [6] [12]

Sulfáty $C_nH_{2n+1}OSO_3^- X^+$

Alkylsulfáty (AS) jsou vhodnými tenzidy na jemné tkaniny s dobrými detergenčními vlastnostmi. Vyrábí se z mastných alkoholů odvozených z palmového oleje, oleje palmových jader nebo kokosového oleje. Používají se především v práškových pracích detergitech. [1] [6] [12]

Ethersulfáty $C_nH_{2n+1}(OCH_2CH_2)_nOSO_3^- X^+$

Ethersulfáty mají etherovou vazbu mezi sírou a uhlovodíkovým řetězcem. Tato vazba je obecně citlivější na hydrolýzu, stejně jako vazba mezi sírou a uhlíkem u sulfátů. Odolné vůči hydrolýze jsou sulfonáty, díky jejich pevné vazbě mezi sírou a uhlovodíkovým řetězcem. U ethersulfátů jsou mezi hydrofóbním řetězcem a hydrofilní skupinou ethoxylované jednotky, které mají vliv na část jejich vlastností. Jednotky mohou být obsaženy v různém počtu a pro praní je vhodný počet 1 až 2 jednotky. Alkylethersulfáty (AES) nejsou citlivé na tvrdost vody a v tekuté formě je lze skladovat i za nízkých teplot. Jejich pěnivost je vysoká, proto nejsou vhodné do bubnových praček. Stejně jako AS jsou

vhodné pro jemné a vlněné prádlo. Jejich CMC je ve srovnání s LAS podstatě nižší, což zajišťuje velmi dobré detergenční vlastnosti i při nízké koncentraci detergentu. [1]

3.1.2 Neionické PAL

Díky nepřítomnosti nábojů nejsou citlivé na tvrdost vody. Jsou vhodné k odstranění olejových nečistot pomocí solubilizace a emulgace. Mohou být přidány do některých práškových i tekutých detergentů s anionickými tensidy. Nejběžnějšími neionickými tensidy jsou ethoxylované tensidy. [6]

Ethoxyláty alkoholu (AE) nedisociují ve vodě. Mají dobré detergenční účinky již při nízké CMC. Alkylfenol ethoxyláty (APE) jsou vhodné pro odstranění mastných nečistot. Jejich nevýhodou je jen částečná biodegradace. [1]

3.2 Buildery

Buildery jsou důležitou složkou detergentu, jelikož zvyšují čisticí účinnost tensidů, rozptylují a suspendují nečistoty, aby se nemohly znovu usadit na textilií a změkčují tvrdou vodu eliminací iontů vápníku a hořčíku. Eliminace těchto iontů je zajištěna sekvestrací, srážením nebo iontovou výměnou. Sekvestrační složky detergentu zahrnují polyfosforečnany a citráty. Mezi iontoměníče se řadí například polykarboxylové kyseliny a zeolity a mezi srážecí buildery uhličitan sodný a křemičitan sodný. [1] [6]

Uhličitan zvyšují pH pracího roztoku a se zvyšující se hodnotou pH se nečistota a vlákno negativně nabíjí, což má za následek, že se vzájemně odpuzují. Také přispívají ke změkčení vody, ze které sráží ionty za vzniku vápenatých a hořečnatých solí. Tyto soli se usazují na prádla a částech pračky. Řadíme je mezi zásadité buildery, stejně jako uhličitan sodný a křemičitan sodný. Dalším zásaditým builderem jsou hydroxidy, které se využívají v kapslích na praní a také se přidávají jako součást detergentů do myček na nádobí. [1] [6]

Komplexotvorná (sekvestrační) činidla tvoří ve vodě rozpustné komplexy s ionty alkalických zemin a stopami těžkých kovů (ionty železa a manganu). Snadno se adsorbují na nečistotu a dispergují ji. Při eliminaci iontů kovů, přítomných ve vodě, jsou rozhodujícími faktory koncentrace komplexotvorného činidla a teplota prací lázně. Většina komplexotvorných činidel ztrácí účinnost s rostoucí teplotou. Těžké kovy mohou negativně ovlivnit proces praní i zařízení praček. Zástupcem komplexotvorných činidel jsou citráty. Používají se převážně v tekutých pracích prostředcích a jsou dobře biologicky rozložitelné. [1]

Iontoměniče dobře vážou vápník, ale s rostoucí teplotou se tato schopnost snižuje. Iontová výměna je také závislá na velikosti iontů, čase a hodnotě pH. Vhodné do pracích detergentů jsou sodno-hlinité silikáty s pravidelnou krystalickou formou. Jejich známým zástupcem je zeolit A, který zajišťuje nejen výměnu iontů vápníku a hořčíku, ale také těžkých kovů (Pb, Cu, Ag, Cd, Zn, Hg). Zabraňuje vysrážení anionických tenzidů z roztoků. [1] [6]

3.3 Bělící činidla

K praní bílého prádla jsou určeny bělící činidla. Slouží především k odstranění barevných nesmývatelných nečistot, které jsou oxidovány aktivním kyslíkem. Známé je kyslíkové bělící činidlo, peruhličitan sodný, perboritan sodný a peroxid vodíku. [1] [6]

S bělícími činidly jsou úzce spjaty jejich aktivátory a stabilizátory. Aktivátory (například TAED)¹ při hodnotě pH 9–12 reagují přednostně s peroxidem vodíku za vzniku organických peroxykyselin, které vykazují bělící vlastnosti při nízké teplotě. Pro stabilizaci se přidává malé množství křemičitanu hořečnatého, který potlačuje nežádoucí katalýzu uvolňování kyslíku z bělících systémů, způsobenou ionty mědi, manganu a železa. [1]

Oxidační látky dodávají pracímu detergentu bělící účinky. Obsahují anorganické peroxysloučeniny, které se po rozpuštění přemění na peroxid vodíku a zbytek sloučeniny. Koncentrace bělícího aniontu peroxidu vodíku se zvyšuje s hodnotou pH a teplotou. Peroxid vodíku odbarvuje nečistoty a organické materiály. Jeho bělící účinek je jemnější v porovnání s chlorovými bělidly. [1] [6]

Perboritan sodný v práškové formě je jemný a bezpečný pro bravy. Lze ho začlenit do pracího detergentu na rozdíl od **chlornanu sodného**, který se musí přidávat samostatně během pracího cyklu a při nesprávném dávkování může dojít k poškození prádla a barev. Jeho výhodou je vysoká účinnost i při nízké teplotě. [1]

3.4 Pomocné látky

Enzymy jsou nápomocné při odstraňování nečistoty. Mohou být použity enzymy proteolytické k odstranění bílkovin, lipolytické na skvrny od olejů a tuků nebo amylolytické na škrob. Fungují dobře již při nízkých teplotách. Z chemického hlediska dochází k hydrolýze peptidových, glukosidových a esterových vazeb. [1] [3] [6]

¹ TAED (tetraacetyلهندiamin) – aktivátor perkarbonátu sodného

Antiredepoziční látky pomáhají předcházet opětovnému ukládání nečistot do vyprané textilie. Adsorbují se na nečistotu a textilií a dávají jim negativní náboj. Při nedostatečné schopnosti zabránit opětovnému usazování nečistot, se prádlo bude jevit po několika vypráních jako zašedlé. [1] [6]

Regulátory pěny

U pracích prostředků určených pro praní v bubnové pračce není vhodná silná pěnivost. Mohlo by dojít k přepěnění pračky a tím ke ztrátě účinných látek. Velké množství pěny omezuje máchání, odstředování a vypouštění pračky. Proto jsou přidávány inhibitory pěny. Naopak v prostředcích pro ruční praní je pěna žádoucí. [1]

Plnidla

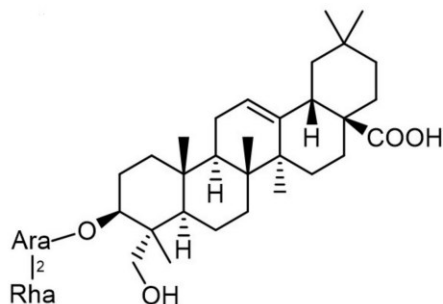
Běžnými plnidly jsou anorganické soli (síran sodný), které v detergentu dodávají určité vlastnosti. Zabraňují spékání prášku i za vlhkých podmínek a prášivosti prášku. U tekutých detergentů zajišťuje vysokou rozpustnost a zabraňuje separaci fází. [1]

4 SAPONINY

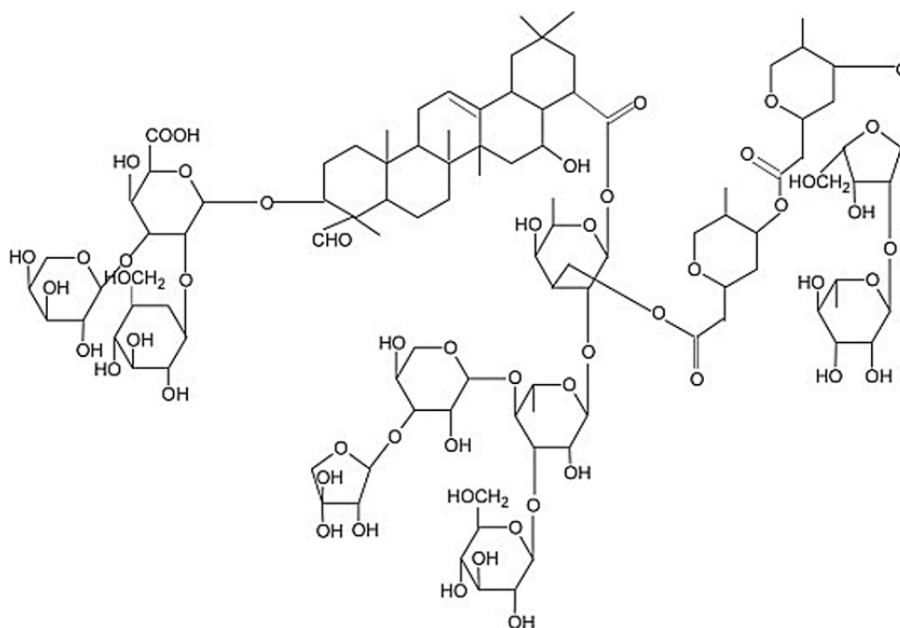
Saponiny jsou přírodní tenzidy. Jedná se o metabolity rostlin, které slouží jako ochranný prostředek proti patogenům.

4.1 Molekulární struktura saponinů

Saponiny se skládají z polární glykonové struktury a nepolárních aglykonů, známých také jako sapogeniny. Podle aglykonů se dělí do dvou tříd. Triterpenoidní a steroidní saponiny. Polární strukturu tvoří jeden nebo více cukerných řetězců, nejčastěji se objevují D-glucosa (Glc), D-galaktosa (Gal), L-arabinosa (Ara), L-rhamnosa (Rha), D-xylosa (Xyl), D-fructosa (Fuc) a kyselina glukuronová (GlcA). Molekula steroidního saponinu je tvořena 27 atomy uhlíku (obrázek 2) a molekula triterpenoidního saponinu (obrázek 3) se skládá z 30 atomů uhlíku. [13] [14] [15]



Obrázek 2 Molekula steroidního saponinu. [14]



Obrázek 3 Molekula triterpenoidního saponinu. [16]

Dělení triterpenoidních saponinů: [14]

- Oleanové saponiny
- Saponiny kyseliny ursolové
- Dammaranové saponiny

Dělení steroidních saponinů: [14]

- Furostanolové
- Spirostanolové

Dále se dělí saponiny podle počtu cukerných jednotek na monodesmosidické (1 cukerná podjednotka), bidesmosidické (2 cukerné podjednotky) a tridesmosidické (3 cukerné podjednotky). [14]

4.2 Vlastnosti saponinů

Saponiny jsou přírodní neionické tenzidy a emulgátory. Mají schopnost vytvářet pěnu a zvlhčovat. Jejich složení z hydrofilní a hydrofobní části jim umožňuje tvořit micely a strukturou se podobají syntetickým molekulám tenzidů. Saponinové extrakty ze stejné rostliny mohou vykazovat různé vlastnosti, což ztěžuje identifikaci spojitostí mezi strukturou a funkcí. Obsah saponinů v rostlině je ovlivněn rostlinným druhem, genetickým původem, částí rostliny, ze které se saponin získává, environmentálními podmínkami, skladováním a zpracováním. Některé saponiny vykazují vysokou mezifázovou aktivitu a jsou využívány jako pěnicí činidla. [15] [17] [18]

Měřením povrchového napětí lze stanovit kritickou micelární koncentraci (CMC) čajových saponinů. CMC saponinů se pohybuje okolo 0,63 g/l a povrchové napětí snižují na hodnotu 36,99 mN/m. Hodnota CMC je ovlivněna esterifikací, která ji dokáže snížit na hodnotu 0,45 g/l a povrchové napětí klesá až na 25,31 mN/m. Obecně platí, že tenzid s dobrou povrchovou aktivitou dokáže snížit povrchové napětí vody z původních 72 mN/m na 32–37 mN/m. Dalším vlivem působícím na CMC je pH. S rostoucí hodnotou pH roste i CMC. Micely, které se tvoří, mají hydrofilní hlavu orientovanou směrem do vodného prostředí a hydrofobní konce směřují do jádra micely. [14] [18]

Snížení povrchového napětí vede ke tvorbě pěny. K tomuto jevu dochází i při nízkých koncentracích. Pěnivost saponinů je však slabší ve srovnání s jinými kationickými a anionickými tenzidy. Pěnivost se zvyšuje v závislosti na rostoucí koncentraci saponinů

v roztoku až do koncentrace 0,6 %. Při vyšších koncentracích nebo za přítomnosti elektrolytů pěnovost klesá. Pěnovost však neovlivňuje čisticí schopnost saponinu. Nejlepší schopnost tvořit pěnu vykazují monodesmosidické a tridesmosidické saponiny. Vytvořená pěna je stabilní, proto není třeba přidávat stabilizátory. [13] [14]

Tabulka 8 Hodnoty sníženého povrchového napětí vodných roztoků s obsahem saponinů. [14]

Zdrojová rostlina saponinu	Část rostliny	Snížené povrchové napětí [mN/m]	CMC [g/cm ³]
<i>Acacia concinna</i>	lusky	32,50	$7,00 \times 10^{-3}$
<i>Albizia procera</i>	listy	43,75	$7,00 \times 10^{-3}$
<i>Bellis perennis</i>	květy	36,80	$7,60 \times 10^{-5}$
<i>Betula pendula</i>	listy	45,70	$2,40 \times 10^{-4}$
<i>Equisetum arvense</i>	stéblo	37,90	$3,30 \times 10^{-5}$
<i>Hedera algeriensis</i>	listy	40,00	$5,00 \times 10^{-4}$
<i>Ilex paraguariensis</i>	plod	52,80	$1,50 \times 10^{-1}$
<i>Juglans regia</i>	kůra	45,00	$8,80 \times 10^{-3}$
<i>Sapindus mukorossi</i>	lusky	35,00	$7,50 \times 10^{-3}$
<i>Verbascum densiflorum</i>	květy	41,50	$3,55 \times 10^{-4}$
<i>Zephyranthes carinata</i>	cibulky	41,25	$6,40 \times 10^{-4}$

V tabulce 8 je uvedeno několik příkladů zdrojových rostlin saponinu a hodnoty naměřeného povrchového napětí po přidání saponinu do vodného roztoku při teplotě cca 20 °C v množství kritické micelární koncentrace (CMC) pro danou rostlinu. Naměřené hodnoty se pohybují v rozmezí 32,5–52,8 mN/m. Pro srovnání, hodnota sníženého povrchového napětí po přidání syntetického anionického tenzidu lauryl sulfátu sodného byla 39,2 mN/m a po použití neionického Tween 80 až 44,4 mN/m. [14]

4.3 Zdrojové rostliny saponinu

Prášek čajového saponinu se získává extrakcí z kořenů, stonků, listů, květů, plodů a semen rostlin. Následně prochází procesem zahuštění, čištění a vysušení. Jeho obsah v semenech se liší podle zralosti a obsah saponinu v listech je závislý na věku stromu a stáří listu. Velká část saponinů se nachází v rostlinách, ale je známo i několik mořských živočichů, ze kterých lze saponin získat. Najdeme ho například v mořské okurce nebo hvězdici. [13] [19]

Saponin je přítomen také v potravinách. Najdeme ho například v luštěninách (sója, fazole, cizrna, čočka), mléku, cukrové řepě, ženšenu, ostružinách, jahodách, švestkách, ovsu, česneku, pórků, čaji, špenátu a chřestu. [13] [15]

Zdrojem saponinu v rostlinné říši je více než 100 čeledí cévnatých rostlin. V jednoděložných rostlinách najdeme triterpenoidní saponin a ve dvouděložných převážně steroidní saponin. Mezi rostliny s obsahem saponinu triterpen využívajícím se jako tenzid patří *Saponaria officinalis*, jejíž saponin má horší smáčivost a *Sapindus mukoross*, který obsahuje tenzid vykazující vysokou pěnivost. [14]

Acacia concinna

Acacia concinna nazývaná také Shikakai, je rostlinou rostoucí v tropickém deštném pralese. Samotné plody se používají k mytí vlasů. Saponin se získává z lusků a kůry. Lusky najdete na obrázku 4. Při laboratorním měření obsahu látek v sušině lusku bylo naměřeno množství saponinu 8,04 %. Účinnost saponinu získaného z této rostliny je srovnatelná s komerčním dětským šamponem. [14] [20]



Obrázek 4 *Acacia concinna* – lusky. [21]

Acanthophyllum squarrosum

Saponin se získává z kořenů a má velmi dobrý čistící účinek a stálou pěnu. Je vhodnou náhradou nebezpečných složek v šamponových formulacích. [14]

***Albizia procera* – Siris bílý**

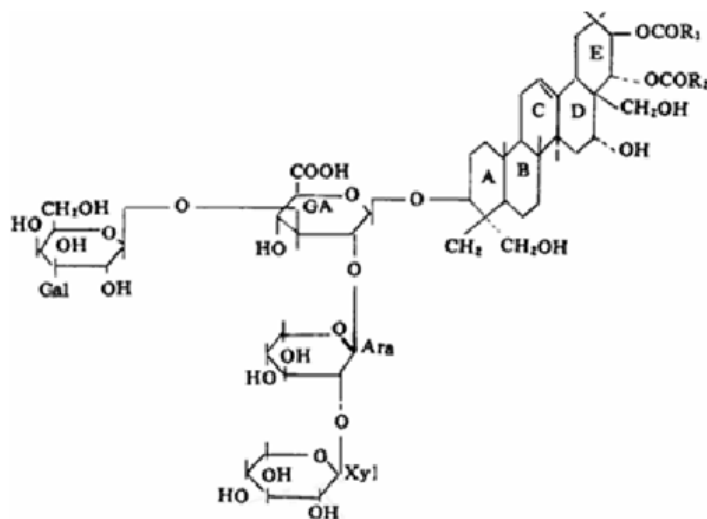
Účinnost saponinu je v porovnání s komerčním dětským šamponem nižší. Saponin se nachází ve značném množství v listech. [14]

***Camellia oleifera* – Kamélie olejná**

Je hlavním zdrojem čajových saponinů. Největší množství saponinu najdeme v jejích semenech. V extraktu je obsah surového saponinu 8,34 % a jeho pěnivost je střední s dobrou stabilitou. I když není pěna ukazatelem čistící schopnosti, je tato vlastnost důležitá

pro uživatele, a proto je kritériem při hodnocení detergentů. Smáčecí schopnost je v porovnání s komerčním detergentem slabší. [12] [21]

Polární část molekuly saponinu z *Camellia oleifera* se skládá z kyseliny glukuronové, arabinosy, xylozy a galaktosy, což lze pozorovat na obrázku 5. [22]



Obrázek 5 Molekula saponinu rostliny C. Oleifera.[23]

5 HODNOCENÍ PRACÍ ÚČINNOSTI

Hodnocení prací účinnosti se řídí normou ISO 4319. Tato norma je platná jen pro testování pracích detergentů pro domácí použití, ne pro průmyslové prací detergenty. Jelikož není možné určit prací účinnost pouze na základě samotného složení použitého pracího detergentu, není nutné ho uvádět. [4]

Prací účinnost pracího detergentu je hodnocena podle několika kritérií. Hodnotí se vzhled textilie (odstranění nečistoty, zesvětlení, celková bělost), stabilita textilie (chemické a fyzické poškození), pocit při doteku na textilií (ovlivněno druhem textilie, metodou sušení, tvrdostí vody, množstvím použitého detergentu a pračkou) a vliv na zařízení pračky. [4]

Použití bílé textilie usnadňuje určení bělosti a odstranění nečistoty z tkaniny po vyprání. Mohou však být testovány i barevné textilie, zejména pokud jde o testování pracích detergentů na barevné prádlo, jehož důležitou vlastností je zachování barevnosti tkaniny

i po více vypráních. Bílé a barevné látky by se neměly při testování prát dohromady, protože by mohlo dojít k ovlivnění výsledků. [4]

Pro srovnání pracích detergentů by měla být použita tkanina znečištěná běžným používáním. Tkaniny znečištěné uměle standardní špínou se používají při zkoumání účinnosti jednotlivých látek použitých v pracím detergentu. Pro získání přesnějších výsledků je lepší prát tkaniny vícekrát, protože některé vlastnosti detergentu se projeví až po opakovaném použití. Nicméně je možné vyhodnotit účinnost již po jednom pracím cyklu. [4]

5.1 Hodnocení prací účinnosti detergentu po jednom pracím cyklu

Měření probíhá na velkém množství látek, které mají podobnou míru znečištění, která je posouzena pouze vizuálně. Prací účinnost se určí po jednom vyprání. U této metody je nevýhodou, že není známý původ skvrn na textiliích a nelze určit kumulativní efekt detergentu. [4]

5.2 Hodnocení prací účinnosti detergentu po více pracích cyklech

Tato metoda umožňuje sledování kumulativního efektu detergentu. Testované tkaniny jsou použity nebo nošeny a následně projdou pracím cyklem. Po vyprání se změří prací účinnost

a proces se opakuje. Pokud je to možné, je dobré provést alespoň deset (a více) opakování. Nevýhodou této metody je časová náročnost a náklady, ale výsledky jsou podstatně přesnější. [4]

5.3 Standardní špína

Používá se pro získání přesnějších informací o některých vlastnostech pracího detergentu. Výsledky testování prací účinnosti na tkaninách znečištěných standardní špínou jsou odlišné od testovaných přirozených skvrn, zejména výsledný celkový vzhled látky a schopnost odstranění nečistoty. Standardní špína se aplikuje na tkaninu ve větším množství a je složena především z černého uhlí. [4]

Prací detergent lze testovat i na neznečištěných textiliích. V tomto případě se hodnotí poškození tkaniny, stálost barev a jejich přenos na ostatní tkaniny a redepozice nečistoty. Testované kousky látky jsou vyprány společně se znečištěnými textiliemi. [4]

5.4 Proces praní

Výsledná účinnost pracího detergentu je ovlivněna konkrétním typem pračky a použitým programem. Některé prací prostředky nejsou vhodné pro všechny pračky. Pokud je pro testování pracího detergentu použito více praček současně, je důležité, aby se jednalo o stejný model pračky a aby se zkontrolovala jejich přesnost funkcí. Odlišnosti mezi pračkami by mohly ovlivnit výsledky testování. Mezi faktory, které mají vliv na výsledky testování patří objem pračky, její otáčky, rychlost zahřátí vody, zvolený program, množství prádla, množství pracího prostředku, tvrdost a teplota vody, sušení a žehlení. [4]

5.5 Metody měření prací účinnosti

Norma ISO 4312:1989 popisuje hodnocení prací účinnosti a metody analýzy a testování na neznečištěných bavlněných tkaninách. Zašednutí a zažloutnutí látky se měří po 25 až 50 pracích cyklech pomocí intenzity světla emitovaného ze zdroje v daném směru. Přístroj pro měření hodnot R_g se nazývá reflektometr. Klesající hodnota R_g je známkou stupně zašednutí/zažloutnutí textilie. Maximální hodnota je 100 (perfektně bílá) a nejnižší hodnota je 0 (absolutně černá). [23]

Zvýšený obsah organických látek nerozpustných ve vodě se zjišťuje pomocí procesu extrakce, evaporace a následného vážení suchého zbytku. [23]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

6 CÍLE PRAKTICKÉ ČÁSTI BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

V praktické části se otestuje prací účinnost detergenčních prostředků s obsahem čajového saponinu v různých formulacích. Praní se provede na zkušebních znečištěných textiliích a dosažené výsledky budou zhodnoceny a porovnány s komerčními výrobky.

7 PŘÍPRAVA PRACÍCH SMĚSÍ

V praktické části bakalářské práce byly provedeny zkoušky prací účinnosti různých směsí na praní. Tři směsi obsahovaly látku TRITONTM DF-16 (směs S1, S2, S3, S myšleno jako „syntetická“) jako neionický komerční tenzid a v dalších třech směsích (směs A, B, C) byl TRITONTM DF-16 nahrazen čajovým saponinem jako prací zelenější alternativou. Pro srovnání byly použity k praní znečištěných textilií komerční prací prostředky (prací detergent na funkční, bílé a barevné prádlo a univerzál, www.jsmenatuty.cz), strouhané kokosové mýdlo (Tipheret Cosmetics s. r. o.), samotný čajový saponin (BEWIT Natural Medicine, s.r.o.) a také kohoutková voda bez použití detergentu.

7.1 Použité chemikálie

Směsná nečistota – připravená z 80 gramů sušeného mléka, 21 gramů čerstvého slepičího vejce, 120 gramů slunečnicového oleje, 50 gramů ethyl-acetátu (náhrada za halogenované rozpouštědlo), tuže (barvivo A - 33 gramů černé tuže; barvivo B – 6 gramů razítkové modři) a 690 ml vody o tvrdosti 1,8 mmol/l.

Prací směsi, které byly připraveny z látek uvedených v tabulce 9.

Tabulka 9 Seznam použitých chemikálií pro přípravu pracích směsí.

Látka	Množství účinné látky [%]	CAS	Funkce
Čajový saponin	100	8047-15-2	tenzid
Spolapon AES 242	27	125301-88-4	anionický tenzid
Zeolit	100	1318-02-1	builder (iontoměnič)
Uhličitan sodný bezvodý čistý Na_2CO_3	100	497-19-8	builder
Peroxouhličitan sodný $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 1,5 \text{H}_2\text{O}_2$	100	15630-89-4	bělící činidlo
Tetraacetyethylendiamin (TAED modrý)	100	10543-57-4	aktivátor peroxouhličitanu sodného
TRITON TM DF-16	100	58229-81-5	neionický tenzid
Chlorid sodný NaCl	100	7647-14-5	plnidlo

7.2 Navážky a výpočty

Každá směs byla připravena v množství 100 g. Jelikož ale bylo provedeno více měření pro získání přesnějších výsledků, toto množství nebylo dostatečné, a proto bylo třeba připravit dalších 50 g od každé směsi. Navážky jsou uvedeny v následujících tabulkách 10 až 15.

Tabulka 10 Složení a navážky směsi A.

Směs A		100 g směsi		50 g směsi	
Látka	Množství ve směsi [%]	Hmotnost [g]	Navážka [g]	Hmotnost [g]	Navážka [g]
Saponin	15	15	15,00	7,5	7,5
Spolapon AES 242	15	55,56	55,52	27,78	27,78
Zeolit	10	10	10,01	5	5
NaCl	19,44	19,44	19,45	9,72	9,72

Výpočet hmotnosti látek pomocí trojčlenky:

Množství látky ve směsi [%]	X [g] (hmotnost látky)
100 %	celková hmotnost směsi [g]

Pro celkové množství směsi 100 g

- Saponin: $X = 100 \cdot \frac{15}{100} = 15 \text{ g}$

- Zeolit: $X = 100 \cdot \frac{10}{100} = 10 \text{ g}$

- Spolapon AES 242:

$$X = 100 \cdot \frac{15}{100} = 15 \text{ g } 100 \% \text{ látky. Dále se vypočítá potřebná hmotnost pro tuto}$$

$$\text{látku, která je v koncentraci } 27 \%. X = 15 \cdot \frac{100}{27} = 55,56 \text{ g}$$

- NaCl: Doplní se v takovém množství, aby celková hmotnost směsi byla 100 g.

$$100 - 15 - 10 - 55,56 = 19,44 \text{ g}$$

Stejným způsobem jsou počítány hmotnosti látek i v ostatních směsích.

Tabulka 11 Složení a navážky směsi B.

Směs B		100 g směsi		50 g směsi	
Látka	Množství ve směsi [%]	Hmotnost [g]	Navážka [g]	Hmotnost [g]	Navážka [g]
Saponin	15	15	15	7,5	7,51
Spolapon AES 242	15	55,56	55,56	27,78	27,78
Zeolit	10	10	10	5	5
Na ₂ CO ₃	15	15	15	7,5	7,5
NaCl	4,44	4,44	4,44	2,22	2,22

Tabulka 12 Složení a navážky směsi C.

Směs C		100 g směsi		50 g směsi	
Látka	Množství ve směsi [%]	Hmotnost [g]	Navážka [g]	Hmotnost [g]	Navážka [g]
Saponin	15	15	15,00	7,5	7,5
Spolapon AES 242	15	55,56	55,55	27,78	27,78
Zeolit	10	10	10,01	5	5
Na ₂ CO ₃	15	15	15,00	7,5	7,5
TAED	3	3	3,00	1,5	1,5
Na ₂ CO ₃ ·1,5H ₂ O ₂	12,5	12,5	12,50	6,25	6,25

Tabulka 13 Složení a navážky směsi S1.

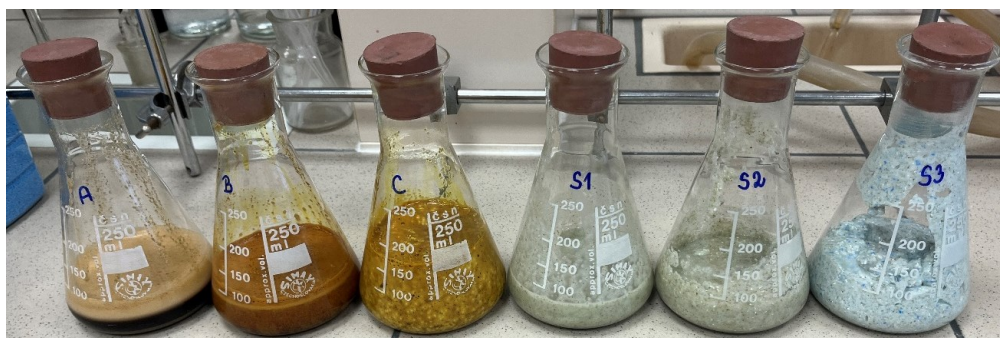
Směs S1		100 g směsi		50 g směsi	
Látka	Množství ve směsi [%]	Hmotnost [g]	Navážka [g]	Hmotnost [g]	Navážka [g]
TRITON™ DF-16	15	15	15	7,5	7,5
Spolapon AES 242	15	55,56	55,56	27,78	27,78
Zeolit	10	10	10	5	5
NaCl	19,44	19,44	19,44	9,72	9,72

Tabulka 14 Složení a navážky směsi S2.

Směs S2		100 g směsi		50 g směsi	
Látka	Množství ve směsi [%]	Hmotnost [g]	Navážka [g]	Hmotnost [g]	Navážka [g]
TRITON™ DF-16	15	15	15,16	7,5	7,51
Spolapon AES 242	15	55,56	55,56	27,78	27,78
Zeolit	10	10	10	5	5
Na ₂ CO ₃	15	15	15	7,5	7,5
NaCl	4,44	4,44	4,44	2,22	2,22

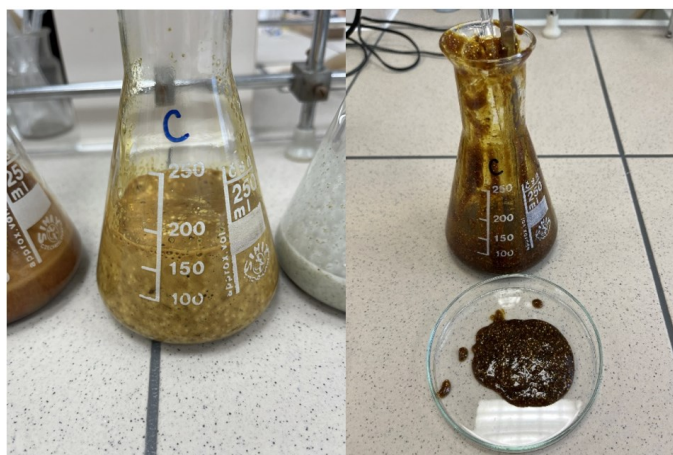
Tabulka 15 Složení a navážky směsi S3.

Směs S3		100 g směsi		50 g směsi	
Látka	Množství ve směsi [%]	Hmotnost [g]	Navážka [g]	Hmotnost [g]	Navážka [g]
TRITON™ DF-16	15	15	15,02	7,5	7,51
Spolapon AES 242	15	55,56	55,56	27,78	27,78
Zeolit	10	10	10	5	5
Na ₂ CO ₃	15	15	15	7,5	7,5
TAED	3	3	3	1,5	1,5
Na ₂ CO ₃ ·1,5H ₂ O ₂	12,5	12,5	12,51	6,25	6,25



Obrázek 6 Směsi ihned po namíchání. [vlastní foto]

Směsi C a S3 se po namíchání zahřály a napěnily. Pravděpodobně mohlo dojít k uvolnění peroxidu nebo kyslíku z peroxouhličitanu, protože ostatní směsi, které peroxouhličitan neobsahovaly, takto nereagovaly. Následně byly všechny směsi uloženy v lednici. Směsi A, B a C mají hnědé zabarvení, které je způsobeno obsaženým saponinem. Zbarvení připravených směsí je vidět na obrázku 6.



Obrázek 7 Směs C ihned po namíchání (vlevo); směs C po 4 dnech (vpravo). [vlastní foto]

Na obrázku 7 je porovnání směsi C ihned po namíchání a po několika dnech, kde napěnění směsi úplně zmizelo.

8 MĚŘENÍ OPTICKÉ REMISE

Použité přístroje

Spektrofotometr Spekol 11 s nástavcem pro měření odrazivosti materiálu R 45/0, remise.

Mini-pračka Ecowash-Pico.

Sušárna.

8.1 Měření remise tkanin před zašpiněním

Každá prací směs byla testována na dvou druzích textilií, tj. 100 % bavlna a 100 % polyester. Tkaniny byly nakoupeny v metráži v maloobchodní síti. Před samotným využitím pro bakalářskou práci byla metráž ručně vyprána v teplé pitné vodě s malým přídavkem detergentu a následně vymáčána 3× ve vodě destilované. Textilie byly následně nastříhány na obdélníky o rozměru 12 × 30 cm. Na spektrofotometru byly nejprve měřeny remise takto nastříhaných čistých a vyžehlených plátének na 10 místech na jedné straně a na dalších 10 místech z druhé strany. Průměrná remise čisté bavlny je 74,91 s odchylkou 2,07. Pro čistý polyester je průměrná remise 78,82 s odchylkou 0,94. Naměřené hodnoty remise čistých plátének jsou v tabulce 16.

Tabulka 16 Remise čistých tkanin před zašpiněním.

měření	bavlna		polyester	
	1. strana	2. strana	1. strana	2. strana
1	71,5	77,9	81	78,8
2	69,9	78,5	78,6	81
3	72,1	76,6	77,9	79,3
4	76,6	73,1	77,9	78,8
5	75,7	75,7	77,7	78,2
6	74	75,7	79,4	78,3
7	74,2	73,7	78,4	78
8	75,3	75,4	78	79,5
9	76,3	75,1	77,9	78,6
10	74,2	76,6	79,3	79,7
průměr	74,91		78,82	
odchylka	2,07		0,94	

8.2 Špinění textilie

Každý kus tkaniny byl nasycen standardní špínou o hmotnosti 3,5–4 gramu a následně vysušen v sušárně při teplotě 50 °C. Dále byla měřena optická remise znečištěné suché

textilie opět celkem na 20 místech z obou stran. Po změření remisí byl kus textilie nastříhán na tři stejně velké kusy.

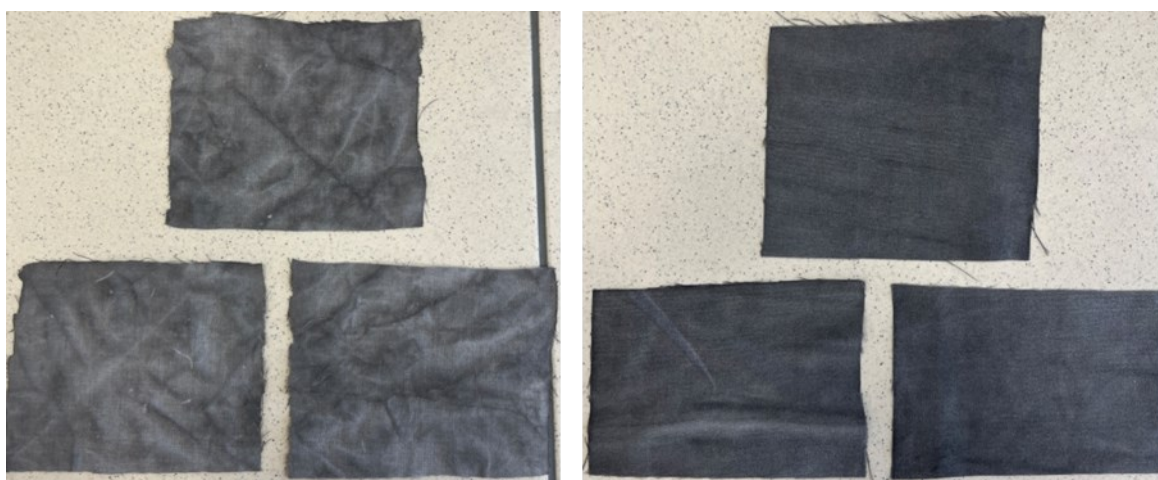
Tabulka 17 Průměry naměřených hodnot remisí znečištěných látek před praním v připravených směsích.

	Sada	Bavlna		Polyester	
		Remise	Odchylka	Remise	Odchylka
Směs A	1.	15,65	5,76	15,91	5,91
	2.	15,09	1,58	17,43	5,72
Směs B	1.	16,85	4,29	16,80	6,45
	2.	16,79	3,96	17,36	5,66
Směs C	1.	15,51	4,01	13,93	2,03
	2.	15,06	2,09	18,01	5,98
Směs S1	1.	15,31	4,01	14,36	3,08
	2.	15,18	3,00	16,29	4,48
Směs S2	1.	16,44	4,59	15,93	6,23
	2.	16,46	3,61	18,60	6,68
Směs S3	1.	18,00	4,04	17,84	1,86
	2.	16,44	2,99	14,30	3,14

Tabulka 18 Průměry naměřených hodnot remisí znečištěných látek před praním v komerčních směsích, saponinu, vodě a kokosovém mýdle.

	Sada	Bavlna		Polyester	
		Remise	Odchylka	Remise	Odchylka
Voda	1.	17,71	3,08	16,12	2,96
Saponin	1.	17,86	4,34	15,59	3,26
	2.	17,99	2,80	17,09	5,28
	3.	13,98	1,88	14,53	3,05
Kokosové mýdlo	1.	15,24	1,94	16,08	2,32
Univerzální prací prostředek	1.	18,24	6,68	16,48	5,65
Prací prostředek na funkční prádlo	1.	17,71	3,08	16,12	2,96
Prací prostředek na bílé prádlo	1.	16,97	5,22	19,76	6,42
Prací prostředek na barevné prádlo	1.	16,41	5,06	16,95	7,00

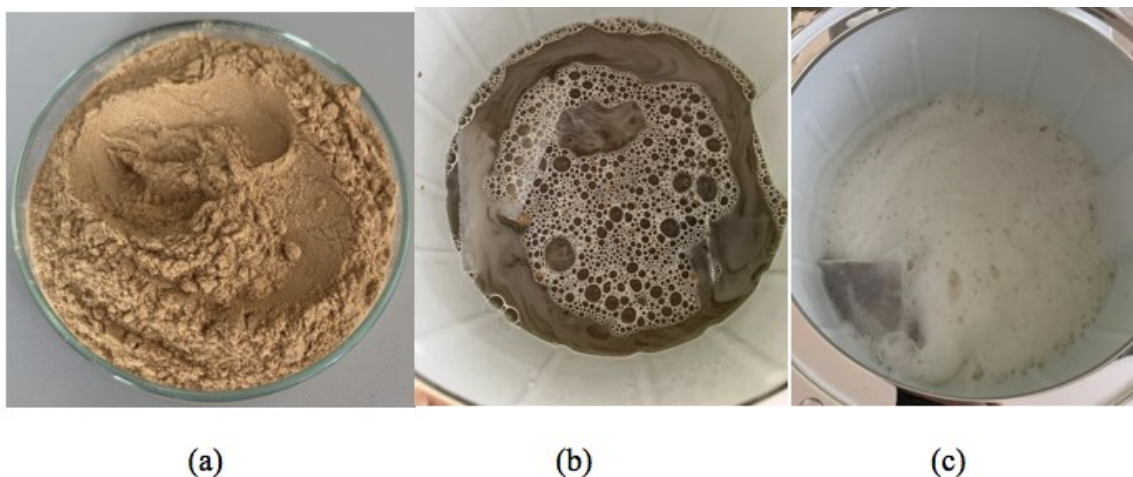
Všechny naměřené hodnoty remisí znečištěných plátének před vypráním jsou uvedeny v přílohách P I až P XIII. Hodnoty naměřených remisí znečištěných plátének bavlny se pohybovaly od minima 8,7 do maxima 30,9 a průměrná hodnota byla 16,42. Pro pláténka polyesteru jsou naměřeny hodnoty remise v rozmezí 8 až 32,6 a průměrná hodnota byla 16,45. Průměrné hodnoty a odchylky lze vidět v tabulkách 17 a 18. Rozdíl mezi průměrnou hodnotou remise bavlny a polyesteru je zanedbatelný a lze říct, že oba druhy látky byly před vypráním znečištěny stejně. Ukázka zašpiněných plátének je vidět na obrázku 8.



Obrázek 8 Znečištěná pláténka bavlny (vlevo); znečištěná pláténka polyesteru (vpravo).
[vlastní foto]

8.3 Praní

Pro praní byla použita kohoutková voda o tvrdosti 2,1–2,7 mmol/l a teplotě 40 °C. Hodnota tvrdosti vody byla poskytnuta vodárnou Zlín, a.s. Na jeden prací cyklus, který trvá 20 minut, bylo použito 15 gramů prací směsi a objem vody 4,5 litru. Nastříhané tři kousky pláténka byly po prvním vyprání vysušeny a byla změřena optická remise. Každý kousek byl přeměřen celkem na 3 místech z každé strany, tedy celkově 6 krát. Poté byly kousky textilií podrobeny druhému pracímu cyklu a opět byla měřena optická remise. Praní ve směsích A, B, C, S1, S2 a S3 bylo provedeno na dvou sadách textilních materiálů vedle sebe. Komerční prací prostředky byly otestovány jen na jedné sadě. Praní v saponinu bylo třeba provést na třech sadách, protože mezi měřením první a druhé sady byly velké rozdíly naměřených hodnot. Všechny naměřené hodnoty optických remisí jsou v přílohách P I až P XIII a z nich vypočítané průměrné hodnoty jsou v tabulkách 19 až 26. Na obrázku 9 je čistý saponin v práškové formě, který má specifické hnědé zabarvení a je prašný. Zbarvení bylo výrazné i v prací lázni. Samotný saponin měl také dobrou pěnivost, což lze vidět na obrázku 9 při pohledu do pracího prostoru pračky (c).



Obrázek 9 (a) čistý saponin; (b) prací lázeň se saponinem před praním;
(c) prací lázeň se saponinem po vyprání. [vlastní foto]

Bavlna praná ve směsích A, B a C měla po 2. vyprání hodnoty remise jen o něco vyšší než po 1. praní. Nejvyšší hodnoty remise byly změřeny po vyprání ve směsi B. Remise plátének po vyprání ve směsích A, B a C jsou zapsány v tabulkách 19 a 20.

Tabulka 19 Průměrné optické remise po 1. a 2. vyprání bavlny
v pracích směsích A, B, C.

		Bavlna			
		Po 1. praní		Po 2. praní	
		Remise	Odchylka	Remise	Odchylka
Směs A	1. sada	26,02	3,74	30,41	3,45
	2. sada	30,11	1,22	31,11	1,31
Směs B	1. sada	40,01	3,04	47,18	2,72
	2. sada	40,88	1,68	41,07	2,15
Směs C	1. sada	38,48	2,45	41,9	1,61
	2. sada	29,21	1,81	31,43	1,92

Po vyprání polyesteru ve směsi C byly výrazně větší odchylky (5,00–7,73) v naměřených hodnotách remise u obou sad v porovnání s odchylkami naměřených hodnot u bavlny prané ve směsích A, B i C, kde se odchylky pohybovaly v rozmezí 1,22–3,74 a také v porovnání ostatních směsí (A a B) použitých na polyester, kde byly odchylky 1,91–4,23. Vysoké odchylky byly způsobeny nestejným rozmístěním skvrn na pláténku, což lze vidět na obrázku 10. Na obrázku 11 je pro porovnání bavlna po 2. vyprání ve směsi C a polyester dvakrát vypraný ve směsi B.

Tabulka 20 Průměrné optické remise po 1. a 2. vyprání polyesteru
v pracích směsích A, B, C.

		Polyester			
		Po 1. praní		Po 2. praní	
		Remise	Odchylka	Remise	Odchylka
Směs A	1. sada	56,01	3,42	57,51	4,20
	2. sada	64,79	3,23	65,12	4,23
Směs B	1. sada	74,15	1,99	74,4	2,20
	2. sada	68,21	2,88	68,46	1,91
Směs C	1. sada	59,45	6,30	69,17	7,73
	2. sada	59,33	5,00	61,29	6,51



Obrázek 10 Polyester po 2. praní ve směsi C.
[vlastní foto]



(a)

(b)

Obrázek 11 (a) bavlna po 2. praní ve směsi C; (b) polyester po 2. praní ve směsi B.
[vlastní foto]

Hodnoty optické remise bavlny po 1. a 2. vyprání ve směsi S1 byly podobné. Po 2. praní nedošlo tedy k velkým změnám. Větší rozdíly hodnot mezi 1. a 2. praním byly změřeny u směsí S2 i S3.

Tabulka 21 Průměrné optické remise po 1. a 2. vyprání bavlny v pracích směsích S1, S2, S3.

		Bavlna			
		Po 1. praní		Po 2. praní	
		Remise	Odchylka	Remise	Odchylka
Směs S1	1. sada	30,02	2,13	30,62	2,69
	2. sada	31,75	2,35	33,84	1,74
Směs S2	1. sada	38,71	2,08	46,05	2,33
	2. sada	30,91	5,03	32,41	4,31
Směs S3	1. sada	39,16	3,46	46,23	3,72
	2. sada	31,61	2,23	41,84	2,63

Hodnoty remise měřené na polyesteru byly, stejně jako u bavlny, po vyprání ve směsi S1 podobné a větší rozdíly byly změřeny u směsí S2 a S3. Optická remise polyesteru po vyprání ve směsích S1, S2 i S3 byla celkově vyšší než u bavlny, což lze vyčíst z tabulek 21 a 22.

Tabulka 22 Průměrné optické remise po 1. a 2. vyprání polyesteru v pracích směsích S1, S2, S3.

		Polyester			
		Po 1. praní		Po 2. praní	
		Remise	Odchylka	Remise	Odchylka
Směs S1	1. sada	49,26	3,91	52,32	3,99
	2. sada	58,55	5,12	58,86	4,53
Směs S2	1. sada	72,89	1,93	76,93	2,77
	2. sada	69,56	1,26	74,55	1,69
Směs S3	1. sada	62,97	5,06	70,13	2,53
	2. sada	60,46	4,00	73,42	4,32

Po vyprání bavlny v saponinu byly rozdíly mezi testovanými sadami. Remise po vyprání 2. sady v saponinu byla podobná jako u bavlny po vyprání ve vodě a zároveň byla tato hodnota remise výrazně nižší než u ostatních sad vypraných v saponinu. Z tabulek 23 a 24 vidíme, že remise po praní v čisté vodě pro oba druhy textilií je poměrně nízká

i po opakovaném cyklu. Naproti tomu kokosové mýdlo vykazovalo znatelně vyšší remisi u polyesteru oproti bavlně.

Tabulka 23 Průměrné optické remise po 1. a 2. vyprání bavlny ve vodě, saponinu a kokosovém mýdle.

		Bavlna			
		Po 1. praní		Po 2. praní	
		Remise	Odchylka	Remise	Odchylka
Voda	1. sada	25,09	2,70	25,13	3,07
Saponin	1. sada	36,44	3,81	39,73	4,52
	2. sada	23,11	2,64	27,84	2,90
	3. sada	30,94	2,55	31,82	2,31
Kokosové mýdlo	1. sada	42,87	4,11	43,58	3,17

Mezi sadami polyesteru vypranými v saponinu byly, stejně jako u bavlny, velké rozdíly hodnot remise.

Tabulka 24 Průměrné optické remise po 1. a 2. vyprání polyesteru ve vodě, saponinu a kokosovém mýdle.

		Polyester			
		Po 1. praní		Po 2. praní	
		Remise	Odchylka	Remise	Odchylka
Voda	1. sada	29,06	3,81	33,62	3,06
Saponin	1. sada	58,37	2,97	61,96	2,44
	2. sada	37,91	7,98	43,21	7,50
	3. sada	54,26	5,10	55,71	3,62
Kokosové mýdlo	1. sada	70,92	1,21	70,94	0,90

Bavlna praná v komerčních pracích prostředcích, tabulka 25, měla nízké hodnoty remise jak po 1., tak i po 2. praní. Hodnoty remise se podobaly hodnotám remise po praní bavlny ve vodě. Rozdíly mezi zvolenými komerčními pracími prostředky nebyly po použití na bavlně velké.

Tabulka 25 Průměrné optické remise po 1. a 2. vyprání bavlny
v komerčních pracích směsích.

	Bavlna			
	Po 1. praní		Po 2. praní	
	Remise	Odchylka	Remise	Odchylka
Univerzální prací prostředek	25,21	6,06	28,51	5,66
Prací prostředek na funkční prádlo	25,09	2,70	25,13	3,07
Prací prostředek na bílé prádlo	29,98	2,56	33,58	3,03
Prací prostředek na barevné prádlo	26,49	3,08	33,47	3,76

Tabulka 26 Průměrné optické remise po 1. a 2. vyprání polyesteru
v komerčních pracích směsích.

	Polyester			
	Po 1. praní		Po 2. praní	
	Remise	Odchylka	Remise	Odchylka
Univerzální prací prostředek	29,93	7,66	33,17	7,45
Prací prostředek na funkční prádlo	29,06	3,81	33,62	3,06
Prací prostředek na bílé prádlo	63,33	2,12	68,79	2,13
Prací prostředek na barevné prádlo	53,99	5,31	64,76	6,36

Na polyesteru, tabulka 26, se už rozdíly mezi prostředky projeví lépe. Vyšší hodnoty remise byly změřeny pro prací prostředek na bílé a na barevné prádlo, zatímco univerzální prací prostředek a prostředek na funkční prádlo měly podobné hodnoty remise jako po vyprání bavlny.

8.4 Vyhodnocení výsledků měření

Výpočet prací schopnosti

$$\text{Prací schopnost lázně podle vzorce} = \frac{C-B}{A-B} \cdot 100 [\%]$$

Kde:

A – hodnota remise čisté textilie na 20 místech po obou stranách tkaniny

B – hodnota remise znečištěné textilie před praním na 20 místech po obou stranách tkaniny

C – hodnota remise vypraného pláténka na 18 místech po obou stranách tkaniny (pláténko nastříhané na 3 kusy, kde každý kus byl měřen na 3 místech z jedné strany a na 3 místech z druhé strany. Tedy celkově každý kus byl měřen na 6 místech.)

Dosadí se naměřené hodnoty do vzorce $\frac{C-B}{A-B} \cdot 100$ přičemž za A se dosadí vždy hodnota 74,91 pro bavlnu a 78,82 pro polyester. Výpočet pro prací účinnost směsi A po 1. vyprání bavlněné textilie z první sady bude následující. $\frac{C-B}{A-B} \cdot 100 = \frac{26,02 - 15,65}{74,91 - 15,65} \cdot 100 = 17,51 \%$

Stejným způsobem se vypočítá prací účinnost pro ostatní směsi. Výsledky jsou uvedeny v tabulkách 27 až 30.

Nejvyšší prací účinnost (z testovaných směsí A, B a C) na bavlně i na polyesteru, tabulka 27, má směs B. Naopak nejmenší účinnost má směs A.

Tabulka 27 Prací účinnost [%] testovaných směsí A, B, C.

		Bavlna		Polyester	
		Po 1. praní	Po 2. praní	Po 1. praní	Po 2. praní
Směs A	1. sada	17,51	24,92	63,74	66,13
	2. sada	25,12	26,78	77,16	77,68
Směs B	1. sada	39,89	52,24	92,47	92,87
	2. sada	41,44	41,78	82,74	83,14
Směs C	1. sada	38,68	44,43	70,15	85,12
	2. sada	23,64	27,36	67,95	71,17

Dle tabulky 28, z testovaných směsí S1, S2 a S3 měla nejvyšší účinnost směs S2 na polyesteru. Na bavlně byly u směsi S2 rozdíly v prací účinnosti mezi sadami. Účinnost směsi S2 je podobná s účinností směsi S3.

Tabulka 28 Prací účinnost [%] testovaných směsí S1, S2, S3.

		Bavlna		Polyester	
		Po 1. praní	Po 2. praní	Po 1. praní	Po 2. praní
Směs S1	1. sada	24,68	25,69	54,14	58,9
	2. sada	27,74	31,25	67,58	68,07
Směs S2	1. sada	38,08	50,64	90,57	96,99
	2. sada	24,72	27,29	84,63	92,91
Směs S3	1. sada	37,18	49,6	74,01	85,75
	2. sada	25,94	43,44	71,55	91,63

I samotná kohoutková voda má určitou prací účinnost. U saponinu byla prací účinnost po 1. vyprání bavlny nižší než po vyprání jen ve vodě. Podrobněji bude tento problém popsán v kapitole 9. Hodnoty prací účinnosti pro vodu, saponin a kokosové mýdlo jsou zaznamenány v tabulce 29.

Tabulka 29 Prací účinnost [%] vody, saponinu a kokosového mýdla

		Bavlna		Polyester	
		Po 1. praní	Po 2. praní	Po 1. praní	Po 2. praní
Voda	1. sada	12,92	12,99	20,64	27,91
Saponin	1. sada	32,57	38,34	67,65	73,34
	2. sada	8,99	17,3	33,72	42,31
	3. sada	27,84	29,27	61,79	64,05
Kokosové mýdlo	1. sada	46,30	47,50	87,41	87,44

Komerční prací prostředky, tabulka 30, byly ve srovnání s ostatními směsmi málo účinné na bavlně. Na polyesteru dosáhly lepších výsledků prací prostředek na bílé prádlo a prostředek na barevné prádlo.

Tabulka 30 Prací účinnost [%] testovaných komerčních směsí.

		Bavlna		Polyester	
		Po 1. praní	Po 2. praní	Po 1. praní	Po 2. praní
Univerzální prací prostředek		12,3	18,13	21,58	26,78
Prací prostředek na funkční prádlo		12,56	17,95	24,2	31,84
Prací prostředek na bílé prádlo		22,46	28,67	73,77	83,03
Prací prostředek na barevné prádlo		17,23	29,17	59,87	77,27

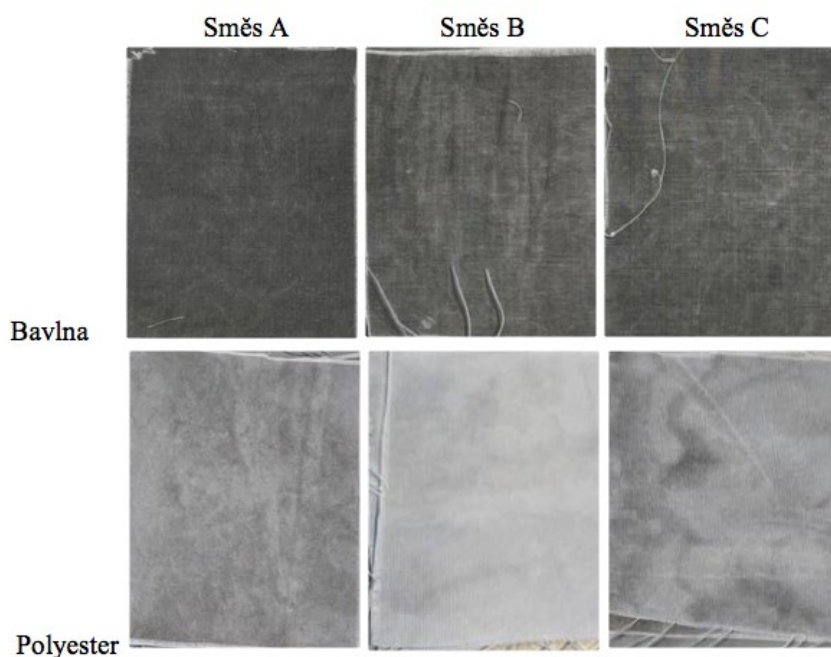
9 DISKUZE

Směsi A, B, C

Prací účinnost směsi B byla nejvyšší v porovnání se směsí A a C pro bavlnu i polyester, což jde vidět i na obrázku 12. Pro směsi A a C se výsledky lišily při použití rozdílné textilie. Bavlna se vyprala lépe ve směsi C a u polyesteru jsou výsledky nejednoznačné, jelikož po 1. vyprání polyesteru byla v průměru účinnější směs A, ale po 2. vyprání směs C. Lze tedy předpokládat, že pokud by bylo provedeno praní na více sadách, byla by účinnost směsi C vyšší než u směsi A. Dalším ovlivňujícím faktorem byla vyšší odchylka naměřených hodnot remise po vyprání polyesteru ve směsi C, jak již bylo popsáno v předchozí kapitole. Všechny tři směsi měly výrazně vyšší účinnost při praní polyesteru. U směsí A a B jsou minimální rozdíly mezi 1. a 2. praním polyesteru. Směs A je po 2. praní polyesteru až o 46,06 % účinnější než na bavlně. Pro směs B je rozdíl účinností 41 % a pro směs C 42,25 %. V tabulce 31 jsou zapsány průměrné prací účinnosti testovaných směsí.

Tabulka 31 Průměrná prací účinnost [%] pro prací směsi A, B, C.

	Bavlna		Polyester	
	Po 1. praní	Po 2. praní	Po 1. praní	Po 2. praní
Směs A	21,32	25,85	70,45	71,91
Směs B	40,67	47,01	87,61	88,01
Směs C	31,16	35,90	69,05	78,15



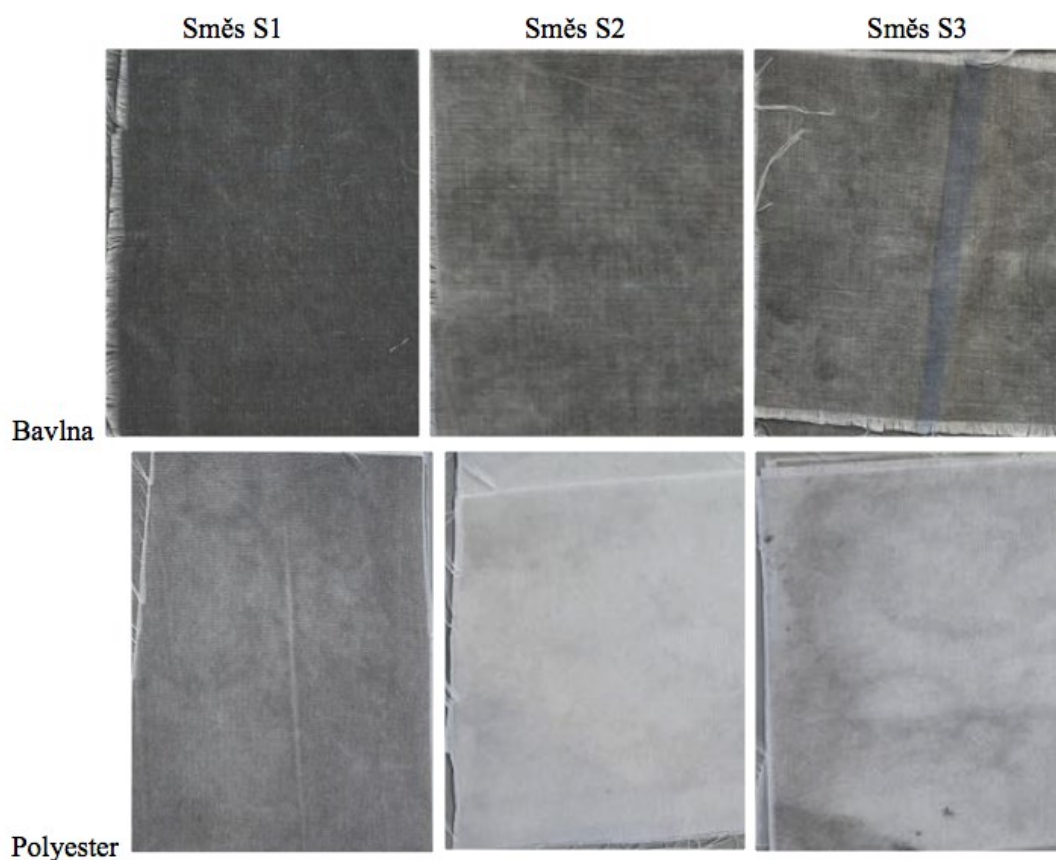
Obrázek 12 Srovnání plátének po 2. praní ve směsích A, B, C. [vlastní foto]

Směsi S1, S2, S3

Z tabulky 32 je patrné, že prací účinnost směsi S1 byla oproti směsím S2 a S3 nejnižší, a to jak na bavlně, tak i na polyesteru. Účinnost směsí S2 a S3 se lišila podle použité textilie. Pro bavlnu měla vyšší prací účinnost směs S3 s obsahem uhličitanu a peroxouhličitanu a pro polyester byla nejúčinnější směs S2, která na rozdíl od směsi S3 neobsahuje peroxouhličitan. Rozdíl prací účinnosti po 2. praní bavlny mezi směsí S2 a S3 je 7,55 % a pro polyester 6,26 %. Srovnání plátének po 2. vyprání ve směších S1, S2 a S3 je na obrázku 13.

Tabulka 32 Průměrná prací účinnost [%] pro prací směsi S1, S2, S3.

	Bavlna		Polyester	
	Po 1. praní	Po 2. praní	Po 1. praní	Po 2. praní
Směs S1	26,21	28,47	60,86	63,49
Směs S2	31,40	38,97	87,60	94,95
Směs S3	31,56	46,52	72,78	88,69



Obrázek 13 Srovnání plátének po 2. praní ve směších S1, S2, S3.
[vlastní foto]

Směsi A a S1

Rozdíl mezi prací účinností směsi A a S1 po 1. praní bavlny je 4,89 % a po 2. praní 2,62 %. Tyto rozdíly nejsou příliš vysoké a dá se říct, že směsi mají podobnou účinnost. V obou případech byla mírně účinnější směs S1. Pro polyester jsou rozdíly účinností o něco znatelnější. Rozdíly jsou 9,59 % po 1. praní a 8,42 % po 2. praní. V tomto případě byla ale účinnější směs A než směs S1.

Směsi B a S2

Prací účinnost směsi B na bavlně byla vyšší než účinnost směsi S2. Naopak na polyesteru byla změřena vyšší prací účinnost pro směs S2. Rozdíly v pracích účinnostech směsí B a S2 pro bavlnu po 1. praní jsou 9,27 % a po 2. praní 8,05 %. Pro polyester jsou rozdíly účinností jen 0,01 % po 1. praní a po 2. praní 6,95 %. U obou směsí byla účinnost dostatečně vysoká. Směs B dosáhla své nejvyšší účinnosti 92,87 % po 2. vyprání polyesteru z první sady a směs S2 až 96,99 % také po 2. praní polyesteru z první sady.

Směsi C a S3

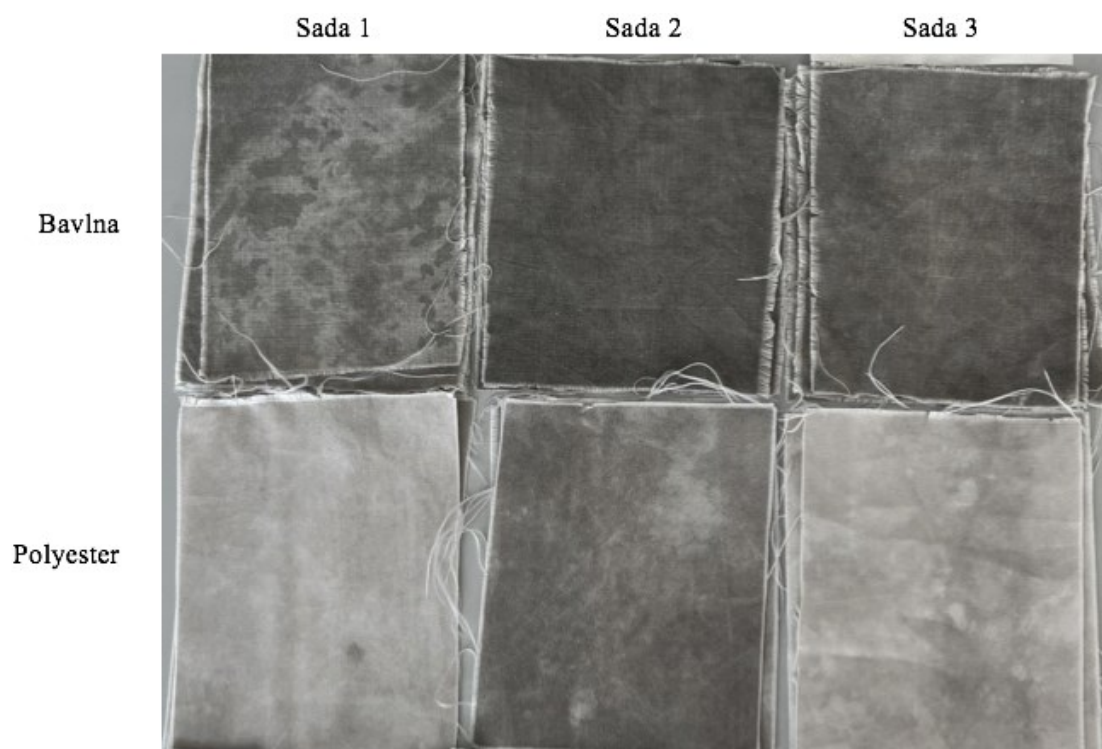
U směsi S3 byla změřena vyšší prací účinnost než u směsi C. V S3 byla lépe vypraná bavlna i polyester. Rozdíly v účinnostech směsí se pohybovaly od 0,4 % do 10,63 %.

Saponin

Praní v čistém saponinu bylo provedeno na třech sadách, jelikož prací účinnost druhé sady byla výrazně nižší oproti 1. a 3. sadě. Po 1. vyprání bavlny z 2. sady byla prací účinnost jen 8,99 %, což je méně, než změřená prací účinnost čisté vody také po 1. praní bavlny (12,92 %). U zbylých sad bavlny, praných jednou v saponinu, byla prací účinnost 32,57 % a 27,84 %. Podobná prací účinnost na bavlně po 1. praní byla změřena u směsi C (31,16 %), S2 (31,4 %) a S3 (31,56 %). Prací účinnost po 2. vyprání byla ve srovnání s 1. praním v průměru vyšší o 5,17 %.

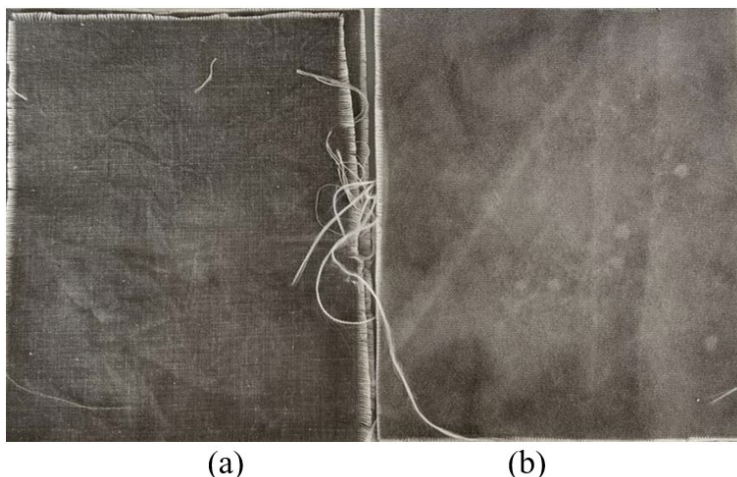
Pokud budeme brát v potaz vypočítaný průměr prací účinnosti saponinu, který je negativně ovlivněn měřením 2. sady, tak si na bavlně vedl lépe než směs A, a komerční prací prostředky na funkční, barevné prádlo a univerzální prací prostředek. Srovnatelnou účinnost měl s pracím prostředkem na bílé prádlo a směsí S1. Na polyesteru byl saponin účinnější než univerzální prací prostředek a prací prostředek na funkční prádlo. Podobné výsledky měl opět se směsí S1.

Velké rozdíly naměřených hodnot mezi sadami by mohly být způsobené nehomogenitou samotného saponinu, případně jeho chemickou nestabilitou. Také je možné, že došlo ke kontaminaci cizí látkou a následné interakci se saponinem. Je však zajímavé, že velké rozdíly hodnot byly naměřeny i při praní 2. sady polyesteru, která byla vyprána ihned po dokončení praní bavlny. Také je možné, že výsledky byly ovlivněny časovým odstupem mezi praním jednotlivých sad. Špína tedy byla na pláténku ze sady 2 delší dobu, než na sadě 1. Sada 3 byly špiněna až po vyprání sady 2 a nebyla zašpiněná tak dlouho.



Obrázek 14 Pláténka po 2. vyprání v saponinu.
[vlastní foto]

Horší výsledky praní sady 2 jsou patrné i z obrázku 14, kde jsou pláténka ztavně tmavší než u sady 1 a 3. Také je vidět na obrázku 15, že výsledek praní v samotné vodě je podobný, jako po vyprání 2. sady v saponinu.

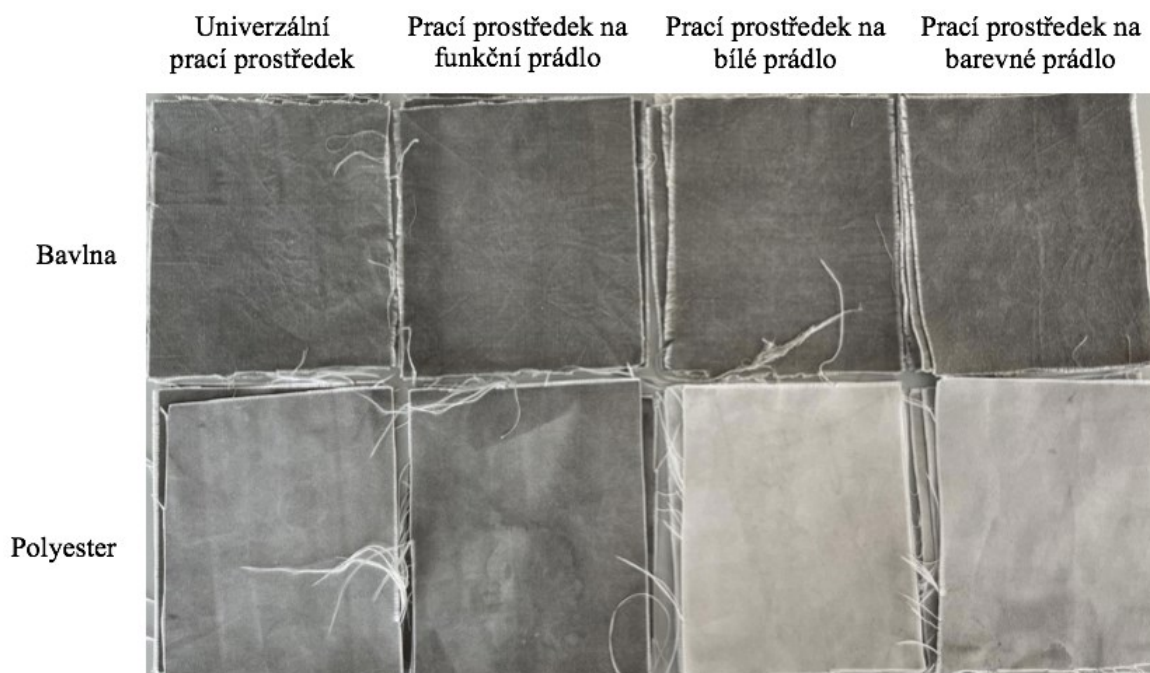


Obrázek 15 pláténka po 2. vyprání ve vodě.
(a) bavlna; (b) polyester. [vlastní foto]

Komerční prací prostředky

Prací účinnost pracího prostředku na bílé a na barevné prádlo, byla celkově lepší než účinnost zbylých komerčních pracích prostředků. Nicméně všechny komerční prací prostředky nedokázaly dobře odstranit nečistoty z bavlny. I po jejím 2. praní byla prací účinnost nízká. Nejnižší účinnost byla změřena pro prací prostředek na funkční prádlo (17,95 %), jen o 0,18 % byl účinnější univerzální prací prostředek (18,13 %). Tyto prací prostředky byly dokonce na bavlně méně účinné než všechny připravené prací směsi (A, B, C, S1, S2, S3). Je možné, že prací prostředek na funkční prádlo byl málo účinný, protože se funkční prádlo běžně intenzivně nešpiní a není potřeba do výrobku přidávat tak velké množství účinných látek. O trochu lepší výsledky byly změřeny u pracího prostředku na bílé prádlo, který dosáhl účinnosti 28,67 % a u pracího prostředku na barevné prádlo (29,17 %). Tyto dva prací prostředky jsou svou účinností srovnatelné se směsmi A a S1 a se samotným saponinem.

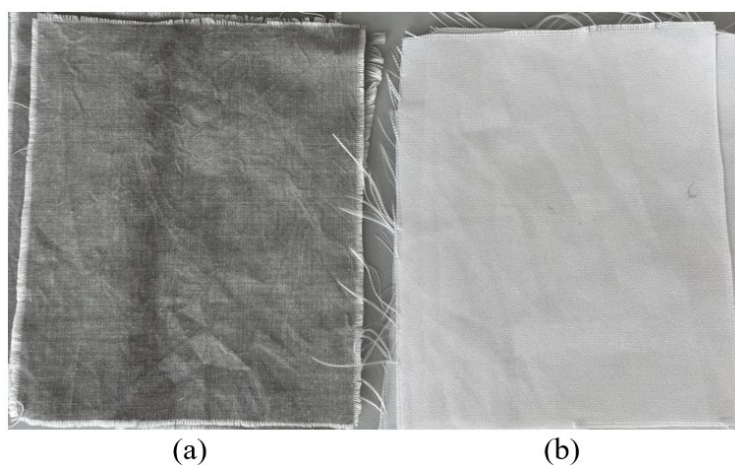
Lepší účinnost měly komerční prací prostředky po vyprání polyesteru. Větší rozdíly v jejich účinnosti mezi nimi lze pozorovat i na obrázku 16, kde jsou výrazné rozdíly v barvách plátenek polyesteru. Po 2. vyprání byl nejúčinnější prací prostředek na bílé prádlo s účinností 83,03 %. Což je podobná účinnost jako u směsi S3 a u kokosového mýdla. Horší účinnost o 5,76 % byla změřena u pracího prostředku na barevné prádlo, který měl účinnost 77,27 %. Výrazně horší účinnost měl prací prostředek na funkční prádlo (31,84 %) a univerzální prací prostředek (26,78 %). Jejich účinnost na polyesteru byla podobná prací účinnosti kohoutkové vody.



Obrázek 16 Pláténka po 2. vyprání v komerčních pracích prostředcích.
[vlastní foto]

Kokosové mýdlo

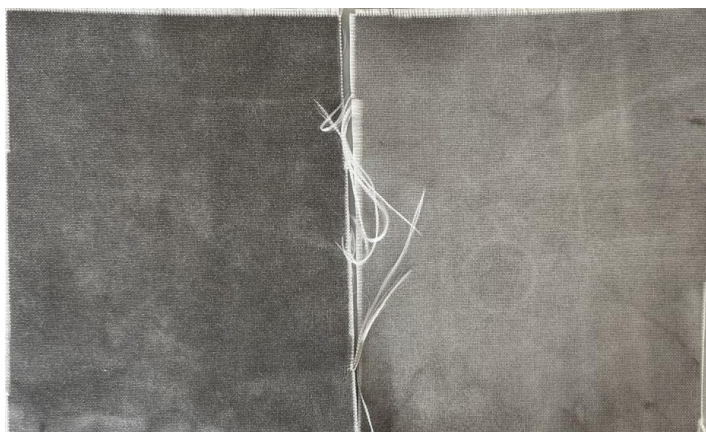
Kokosové mýdlo při praní dosáhlo dobrých výsledků. Jeho účinnost byla vysoká již po 1. vyprání a rozdíly mezi 1. a 2. praním byly minimální. Účinnost po 2. praní bavlny byla 47,5 %. Podobnou účinnost měly směsi B a S3. Po 2. vyprání polyesteru byla účinnost kokosového mýdla 87,44 %, což je srovnatelné se směsí B, S3 a pracím prostředkem na bílé prádlo. Na obrázku 17 je vidět, že na polyesteru nezůstala téměř žádná nečistota.



Obrázek 17 Pláténka po 2. vyprání v kokosovém mýdle. (a) bavlna; (b) polyester.
[vlastní foto]

Bavlna a polyester

Nečistoty se lépe odstraňovaly z polyesteru. Z bavlny bylo jejich odstranění komplikovanější v průměru o 37,84 %. Zajímavé také bylo, že po vyprání bylo vždy pláténko z jedné strany zašpiněné více než z druhé strany. Rozdíl pláténka polyesteru ze dvou stran lze vidět na obrázku 18.



Obrázek 18 Polyester po 2. praní v univerzálním pracím prostředku.
[vlastní foto]

Standardní špína byla při špinění nanášena na všechny pláténka rovnoměrně po celé ploše, ale byla nanesena z jedné strany a na druhou stranu pláténka prosákla. Strana, na kterou byla špína nanášena, byla zpravidla už před praním tmavší, což lze pozorovat na naměřených hodnotách remise (přílohy P I až P XIII). Pro názornou ukázkou jsou v tabulce 33 naměřené optické remise pláténka polyesteru a bavlny před praním ve směsi A. Rozdíl remisí mezi stranami pláténka bavlny byl 10,25 a u polyesteru 10,54.

Tabulka 33 Optické remise zašpiněných plátének před praním ve směsi A.

měření	Bavlna		Polyester	
	1. strana	2. strana	1. strana	2. strana
1	11,2	24	10,8	19,6
2	9,7	23,7	8,8	21,9
3	8,7	25,4	12,5	20
4	10,9	13,8	17,1	17
5	10,4	24	8,3	22,3
6	10,3	22	11,4	24
7	10,3	18,4	8,5	21,1
8	11,3	19	8,2	21,5
9	10,7	21,2	10,6	17,5
10	11,7	16,2	10,2	26,9
Průměr	10,52	20,77	10,64	21,18
Odchylka	0,82	3,62	2,56	2,78

ZÁVĚR

Čajový saponin představuje zajímavou možnost jako přírodní alternativa v oblasti detergentů. Praktická část této práce potvrdila, že formulace detergentů obsahujících čajový saponin mohou být účinné při praní textilií. Testy provedené na zkušebních znečištěných textiliích ukázaly, že čajový saponin má potenciál jako čisticí látka s dobrými detergentními vlastnostmi. Čajový saponin může být atraktivní volbou pro spotřebitele, kteří preferují přírodní a ekologicky šetrné produkty. Přínos této práce spočívá v poskytnutí konkrétních informací a dat, které mohou být využity při dalším výzkumu v oblasti zelených tenzidů a ekologických detergentů.

Celkově byly směsi A, B a C s obsaženým saponinem, který nahrazuje TRITON™ DF-16, podobně účinné jako směsi S1, S2 a S3. Rozdíly v účinnostech nebyly velké (0,01–10,55 %) a proto je saponin dobrou zelenou náhražkou. V některých případech byly účinnější směsi se saponinem a v některých případech zase směsi s TRITON™ DF-16, proto nelze jednoznačně říct, že by byly účinnější směsi se saponinem anebo naopak.

Celkově nejvyšší hodnota prací účinnosti z měřených směsí byla 96,99 %. Změřena byla u směsi S2 po 2. praní polyesteru na 1. sadě. Po 2. praní polyesteru dosáhly dobré účinnosti (kolem 90 %) i směsi B, S3, kokosové mýdlo, a prací prostředek na bílé prádlo.

Nejvyšší hodnota prací účinnosti změřená po vyprání bavlny byla 52,24 %. Což je téměř o polovinu horší prací účinnost než na polyesteru. Tato hodnota byla změřena u směsi B po 2. praní bavlny z 1. sady. Podobná prací účinnost na bavlně (kolem 50 %) byla změřena i u směsí S2, S3 a kokosového mýdla.

Obecně se nečistota odstraňovala lépe z polyesteru než z bavlny. Problém s praním bavlny měly především komerční prací prostředky s účinnostmi po 2. vyprání od 18,13 % do 29,17 %. Méně účinné byly také směsi A, S1 a samotný saponin, u kterých se prací účinnost pohybovala okolo 28 %.

Nejnižší hodnota prací účinnosti po vyprání polyesteru byla změřena u komerčního univerzálního pracího prostředku. Po 1. vyprání byla jeho účinnost 21,58 %, což je jen o 0,94 % lepší účinnost než po praní ve vodě. Špatné výsledky po vyprání polyesteru měl také prostředek na funkční prádlo a samotný saponin po praní 2. sady. Jejich prací účinnosti byly nižší než 50 %. Všechny ostatní testované směsi měly účinnost po praní polyesteru vyšší než 50 %.

Velké rozdíly hodnot prací účinnosti byly změřeny pro samotný saponin. Po praní 2. sady bavlny byly naměřeny podobné účinnosti (8,99 % a 17,3 %) jako u kohoutkové vody bez použití pracího prostředku (12,92 % a 12,99 %). U dalších dvou sad bavlny byly výsledky prací účinnosti lepší. Hodnoty se pohybovaly od 27,84 % do 38,34 %. Stejně tak byly zaznamenány rozdíly prací účinnosti saponinu na sadách polyesteru, kde u 2. sady byla změřena výrazně nižší prací účinnost cca 38 %, než u 1. a 3. sady s prací účinností okolo 67 %.

Je důležité zdůraznit, že práce má svá omezení a další studie by měly zkoumat další aspekty využití čajového saponinu v detergentech, včetně jeho dlouhodobých účinků na textilie a životní prostředí. Nicméně, na základě dosavadního výzkumu lze konstatovat, že čajový saponin má potenciál jako ekologicky šetrná alternativa v oblasti domácí chemie.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] SMULDERS, E, et. al. *Laundry Detergents*. 2002. Weinheim: Wiley-VCH, 2002. ISBN 3-527-30520-3.
- [2] RAVOS. s.r.o. *Tvrdost vody*. Online. 2024. Dostupné z: <https://www.ravos-sro.cz/vse-o-vode/pitna-voda/vlastnosti-vody/tvrdost-vody/> [cit. 2024-04-17].
- [3] KYNCL, M. Možnosti zvyšování obsahu hořčíku v pitné vodě. In: VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA (ed.). *Sborník vědeckých prací Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava, Řada hornicko-geologická*, sv. 48, č. 2. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2002, s. 9–12. ISSN 0474-8476.
- [4] SHOWELL, Michael S. *Powdered Detergents Surfactant Science*. [Surfactant science series volume 71]. 1st ed. CRC Press, 1998. ISBN 9780824799885.
- [5] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 4319:1977, *Surface active agents – Detergents for washing fabrics – Guide for comparative testing of performance*. 1st ed. Geneva: 1977.
- [6] BAJPAI, Divya; TYAGI, V. K. Laundry Detergents: An Overview. Online. *Journal of Oleo Science*. 2007, vol. 56, no. 7, s.327–340. ISSN 1345-8957. Dostupné z: https://www.jstage.jst.go.jp/article/jos/56/7/56_7_327/_article#citedby-wrap [cit. 2022-12-11].
- [7] MÜLLEROVÁ, M., Šváb, M., & Santos, M. M. dos. Měření kritických micelárních koncentrací tenzidů ve vodných roztocích. *Chemické Listy*. 2007, roč. 101, č. 6, s. 509–514. ISSN 0009-2770.
- [8] LAI, Kuo-Yann. *Liquid Detergents*. Online, E-kniha. 2nd ed. Boca Raton: CRC Press, 2006. ISBN 978-0-8247-5835-6. [cit. 2025-05-02].
- [9] ZOLLER, Uri, ed. *Handbook of detergents. Part E*. Vol. 141. Boca Raton: CRC Press, 2008. ISBN 978-1-57444-757-6.
- [10] SHOWELL, Michael, ed. *Handbook of Detergents, Part D: Formulation*. Vol. 128. Boca Raton: CRC Press, 2006. ISBN 978-0-8247-0350-9.
- [11] XIE, Jun. *Mastering Laundry Detergent Liquid Formulation: A Comprehensive Guide for Industry Insiders*. Online. Yeser Chemicals, 27. května 2023 [cit. 2025-05-07].

Dostupné z: https://yeserchem.com/mastering-laundry-detergent-liquid-formulation-a-comprehensive-guide-for-industry-insiders/#elementor-toc_heading-anchor-3

- [12] ŠMIDRKAL, J. Tenzidy a detergenty dnes. *Chemické listy*. 1999, roč. 93, s. 421–427. ISSN 0009-2770.
- [13] CHEOK, Ch., SALMAN, H. a SULAIMAN, R. Extraction and quantification of saponins: A review. *Food Research International*. 2014, vol. 59, s. 16–40. ISSN 0963-9969.
- [14] RAI, S.; ACHARYA-SIWAKOTI, E.; KAFLE, A.; DEVKOTA, H.P.; BHATTARAI, A. Plant-Derived Saponins: A Review of Their Surfactant Properties and Applications. Online. *Sci.* 2021, vol. 3, no. 44. ISSN 2413–4155. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/sci3040044>. [cit. 2025-05-02].
- [15] ÖZLEM, Güçlü-Üstündağ, MAZZA, Giuseppe. Saponins: Properties, Applications and Processing. Online. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2007, vol. 47, no. 3, s. 231–258. ISSN 1040-8398. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/10408390600698197>. [cit. 2025-05-02].
- [16] LIU, Zhifeng, LI, Zhigang, ZHONG, Hua, ZENG, Guangming, LIANG, Yunshan et al. Recent advances in the environmental applications of biosurfactant saponins: A review. *Journal of Environmental Chemical Engineering*. 2017, no. 5, s. 6030–6038. ISSN 2213-3437.
- [17] FENG, Jin, CHEN, Ying, LIU, Xin a LIU, Songbai. Efficient improvement of surface activity of tea saponin through Gemini-like modification by straightforward esterification. *Food Chemistry*. 2015, vol. 171, s. 272–279. ISSN 0308-8146.
- [18] BÖTTCHER, Sandra a DRUSCH, Stephan. Interfacial Properties of Saponin Extracts and Their Impact on Foam Characteristics. Online. *Food Biophysics*. 2016, vol. 11, s. 91–100. ISSN 1557-1900. Dostupné z: [doi:10.1007/s11483-015-9420-5](https://doi.org/10.1007/s11483-015-9420-5). [cit. 2025-05-02].
- [19] YU, Xiao-Lan a HE, Yong. Tea saponins: effective natural surfactants beneficial for soil remediation, from preparation to application. *The Royal Society of Chemistry*. 2018, vol. 8, 24312–24321. ISSN 2046-2069.
- [20] KHANPARA, Komal, RENUKA, V, SHUKLA, J. a HARISHA, C.R. A detailed investigation on shikakai (acacia concinna linn.) - fruit. Online. *Journal of Current Pharmaceutical Research*. 2012, vol. 9, no. 1, s. 6–10. ISSN 2230-7842. Dostupné z:

https://www.researchgate.net/publication/280313608_A_detailed_investigation_on_shikakai_Acacia_concinna_Linn_fruit. [cit. 2025-05-02].

- [21] KALA.BG. *Acacia Concinna Fruit Extract (Shikakai)*. Online, fotografie. 30.4.2024. In: KALA.BG. Dostupné z: <https://www.kala.bg/en-product-details-57.html>
- [22] CHEN, Yu-Fen, YANG, Chao-Hsun, CHANG, Ming-Shiang, CIOU, Young-Ping a HUANG, Yu-Chun. Foam Properties and Detergent Abilities of the Saponins from *Camellia oleifera*. Online. *Sci.* 2010, vol. 11, no. 11, s. 4417–4425. ISSN 1422-4425. Dostupné z: <https://www.mdpi.com/1422-0067/11/11/4417> [cit. 2025-05-02].
- [23] HE, Li, ZHOU, Guoying, ZHANG, Huaiyun, HE, Yuanhao. Chemical constituents and biological activities of saponin from the seed of *Camellia oleifera*. Online. *Academic Journals*. 2010, vol. 5, no. 25, s. 4088–4092. ISSN 1992-2248. Dostupné z: https://academicjournals.org/article/article1380710952_He%20et%20al.pdf [cit. 2024-04-30]
- [24] INTERNATIONAL STANDARD. ISO 4312:1989. *Surface active agents - Evaluation of certain effects of laundering - Methods of analysis and test for unsoiled cotton control cloth*. Online. 2nd. ed. 1989. Dostupné z: <https://cdn.standards.iteh.ai/samples/10180/82f26643d7cc4d5997910ab46df5f278/ISO-4312-1989.pdf> [cit. 2025-05-02].

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Dělení tenzidů podle jejich hydrofilní části.....	23
Obrázek 2 Molekula steroidního saponinu.	28
Obrázek 3 Molekula triterpenoidního saponinu.....	28
Obrázek 4 Acacia concinna – lusky.....	31
Obrázek 5 Molekula saponinu rostliny C. Oleifera	32
Obrázek 6 Směsi ihned po namíchání.....	40
Obrázek 7 Směs C ihned po namíchání (vlevo); směs C po 4 dnech (vpravo).....	41
Obrázek 8 Znečištěná pláténka bavlny (vlevo); znečištěná pláténka polyesteru (vpravo)..	44
Obrázek 9 (a) čistý saponin; (b) prací lázeň se saponinem před praním; (c) prací lázeň se saponinem po vyprání.	45
Obrázek 10 Polyester po 2. praní ve směsi C.	46
Obrázek 11 (a) bavlna po 2. praní ve směsi C; (b) polyester po 2. praní ve směsi B.	46
Obrázek 12 Srovnání plátének po 2. praní ve směsích A, B, C.	52
Obrázek 13 Srovnání plátének po 2. praní ve směsích S1, S2, S3.....	53
Obrázek 14 Pláténka po 2. vyprání v saponinu.....	55
Obrázek 15 pláténka po 2. vyprání ve vodě. (a) bavlna; (b) polyester.	56
Obrázek 16 Pláténka po 2. vyprání v komerčních pracích prostředcích.....	57
Obrázek 17 Pláténka po 2. vyprání v kokosovém mýdle. (a) bavlna; (b) polyester.	57
Obrázek 18 Polyester po 2. praní v univerzálním pracím prostředku.....	58

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Meze tvrdosti vody	13
Tabulka 2 Kategorizace a příklady nečistot	14
Tabulka 3 Obecná formulace sypkých a tekutých pracích prostředků	18
Tabulka 4 Složení práškového pracího detergentu s obsahem fosfátů	19
Tabulka 5 Složení práškového pracího detergentu bez obsahu fosfátů	20
Tabulka 6 Složení zředěného pracího gelu	21
Tabulka 7 Složení pracího gelu pro citlivou pokožku	22
Tabulka 8 Hodnoty sníženého povrchového napětí vodných roztoků s obsahem saponinů.	30
Tabulka 9 Seznam použitých chemikálií pro přípravu pracích směsí.	37
Tabulka 10 Složení a navážky směsi A.	38
Tabulka 11 Složení a navážky směsi B.	39
Tabulka 12 Složení a navážky směsi C.	39
Tabulka 13 Složení a navážky směsi S1.	39
Tabulka 14 Složení a navážky směsi S2.	40
Tabulka 15 Složení a navážky směsi S3.	40
Tabulka 16 Remise čistých tkanin před zašpiněním.	42
Tabulka 17 Průměry naměřených hodnot remisí znečištěných látek před praním v připravených směsích.	43
Tabulka 18 Průměry naměřených hodnot remisí znečištěných látek před praním v komerčních směsích, saponinu, vodě a kokosovém mýdle.	43
Tabulka 19 Průměrné optické remise po 1. a 2. vyprání bavlny v pracích směsích A, B, C.	45
Tabulka 20 Průměrné optické remise po 1. a 2. vyprání polyesteru v pracích směsích A, B, C.	46
Tabulka 21 Průměrné optické remise po 1. a 2. vyprání bavlny v pracích směsích S1, S2, S3.	47
Tabulka 22 Průměrné optické remise po 1. a 2. vyprání polyesteru v pracích směsích S1, S2, S3.	47
Tabulka 23 Průměrné optické remise po 1. a 2. vyprání bavlny ve vodě, saponinu a kokosovém mýdle.	48
Tabulka 24 Průměrné optické remise po 1. a 2. vyprání polyesteru ve vodě, saponinu a kokosovém mýdle.	48
Tabulka 25 Průměrné optické remise po 1. a 2. vyprání bavlny v komerčních pracích směsích.	49
Tabulka 26 Průměrné optické remise po 1. a 2. vyprání polyesteru v komerčních pracích směsích.	49

Tabulka 27 Prací účinnost [%] testovaných směsí A, B, C.	50
Tabulka 28 Prací účinnost [%] testovaných směsí S1, S2, S3.....	51
Tabulka 29 Prací účinnost [%] vody, saponinu a kokosového mýdla	51
Tabulka 30 Prací účinnost [%] testovaných komerčních směsí.....	51
Tabulka 31 Průměrná prací účinnost [%] pro prací směsi A, B, C.....	52
Tabulka 32 Průměrná prací účinnost [%] pro prací směsi S1, S2, S3.	53
Tabulka 33 Optické remise zašpiněných plátének před praním ve směsi A.....	59

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

CMC Kritická micelární koncentrace

EDTA Ethylendiamintetraacetát

PAL Povrchově aktivní látky

LAS Lineární alkylbenzensulfonát

AOS α -olefinsulfonáty

SAS Sekundární alkansulfonáty

AS Alkylsulfát

AES Alkylethersulfát

AE Ethoxyláty alkoholu

APE Alkylfenol ethoxyláty

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I:	Praní ve směsi A
Příloha P II:	Praní ve směsi B
Příloha P III:	Praní ve směsi C
Příloha P IV:	Praní ve směsi S1
Příloha P V:	Praní ve směsi S2
Příloha P VI:	Praní ve směsi S3
Příloha P VII:	Praní v saponinu
Příloha P VIII:	Praní ve vodě
Příloha P IX:	Praní v kokosovém mýdle
Příloha P X:	Praní v univerzálním pracím prostředku
Příloha P XI:	Praní v pracím prostředku na funkční prádlo
Příloha P XII:	Praní v pracím prostředku na bílé prádlo
Příloha P XIII:	Praní v pracím prostředku na barevné prádlo

PŘÍLOHA P I: PRANÍ VE SMĚSI A

	remise zašpiněné textilie před praním			remise po 1. vyprání ve směsi A			remise po 2. vyprání ve směsi A		
	bavlna	polyester		bavlna	polyester		bavlna	polyester	
1.SADA	11,2	24	10,8	19,6	24,8	31,9	29,3	35,9	53,7
	9,7	23,7	8,8	21,9	21,1	32,8	30,7	35,6	54,1
	8,7	25,4	12,5	20	22,8	26,8	29	32,9	51
	10,9	13,8	17,1	17	24,6	27,2	35	27	62,6
	10,4	24	8,3	22,3	25,3	26,7	34,8	27,5	56,7
	10,3	22	11,4	24	23,9	33,8	29,3	26,2	61
	10,3	18,4	8,5	21,1	20,7	27,3	32,6	25,6	59,6
	11,3	19	8,2	21,5	23,2	28,7	33,7	26,3	62,2
	10,7	21,2	10,6	17,5	21,6	25,2	28,6	27,4	65,2
	11,7	16,2	10,2	26,9					
	15,65		15,91		26,02		30,41		57,51
průměr									
odchylka	5,76		5,91		3,74		3,45		4,20
	remise zašpiněné textilie před praním			remise po 1. vyprání ve směsi A			remise po 2. vyprání ve směsi A		
	bavlna	polyester		bavlna	polyester		bavlna	polyester	
2. SADA	14,7	16,5	13,9	23,4	28,8	29,6	31,6	30,5	68,5
	13,3	17,6	13,2	20,9	31,4	28,3	31,9	29,7	64,3
	13,2	15,2	11,6	26,8	28,7	28,4	31	32,6	65,7
	11,8	14,8	10,7	26,3	30	31	30,9	32,1	70,3
	14,2	18,3	10,6	19,1	31,2	32	32,1	29,7	70,5
	13,7	15,9	10,6	21,7	31,7	32,1	30,5	31,6	67,1
	14,6	16,5	12,6	19,9	30,1	29,3	33	28,3	63,2
	14,1	14,7	12,2	19,6	30	29,7	30,1	32,7	62,4
	14,2	15,9	12,7	22,2	28,9	30,8	32,5	29,1	62,7
	15,1	17,4	13,4	27,1					
	15,09		17,43		30,11		31,11		65,12
průměr									
odchylka	1,58		5,72		1,22		1,31		4,23

PŘÍLOHA P II: PRANÍ VE SMĚSI B

	remise zašpiněné textilie před praním				remise po 1. vyprání ve směsi B				remise po 2. vyprání ve směsi B			
	bavlna		polyester		bavlna		polyester		bavlna		polyester	
1.SADA	13,4	22,7	10,7	23,5	35,8	43,1	74,3	69,8	49,8	50,2	76,1	76
	13,1	19,5	10,7	26,5	41,1	42,4	72,6	71,1	46,7	49,3	76,8	76
	13,8	19,6	9,9	22,6	39,3	45,2	74,6	70	48,3	49,7	76,7	75,8
	13	18,3	11,4	18,8	36,7	43,5	74,9	76	41,8	49,5	75,7	75
	12,5	22,4	11,3	19,1	38,3	43,4	75,4	76,2	44,6	51,5	75	75
	11,9	23,5	11,2	26,4	35,6	42,6	75,9	73,4	45,5	48,2	76	73,1
	12,9	21,2	12,5	25,5	39,5	39,1	74,4	75,7	49,6	44,6	70	71,3
	13	21,3	10,7	24,8	42,3	35	75,7	76,4	45,9	44,6	70,1	72,4
	11,7	19,9	9,6	19,5	40,3	36,9	74,1	74,2	46,7	42,7	72,2	76
	11,9	21,3	9	22,2								
	průměr	16,85		16,80		40,01		74,15		47,18		74,40
	odchylka	4,29		6,45		3,04		1,99		2,72		2,20
2. SADA	17,5	12,3	11,7	22,7	42,1	39,5	63,3	70,8	40	41,4	63,3	69,6
	17	13,2	13,8	24,8	41,2	38,4	64,1	70,9	41,4	39,5	67,5	70,5
	19,9	11	16	24,4	39,7	37,1	71,2	72,8	40,7	39,9	70,8	70,9
	19	14,1	15,8	21,7	42,3	42,7	68,6	72,9	43,3	42	70,4	68,4
	23,6	14,4	10,9	18,4	41,8	42,9	69,3	68,8	45	41,2	67,4	67,8
	22,2	13,4	9,7	19,4	41,6	39,9	64,8	69,2	43,2	40	69,6	65,3
	23,3	13	10	20,9	43,8	39,6	63,4	67,6	40,9	40,5	67	68,9
	19,4	15	10,1	25,3	41,2	41,7	67,9	66,2	36,9	40,1	68,1	69,8
	17,8	12,9	12,4	25,3	39,3	41	68,6	67,4	37,7	45,6	68,2	68,7
	23,1	13,7	11,3	22,6								
	průměr	16,79		17,36		40,88		68,21		41,07		68,46
	odchylka	3,96		5,66		1,68		2,88		2,15		1,91

PŘÍLOHA P III: PRANÍ VE SMĚSI C

	remise zašpiněné textilie před praním			remise po 1. vyprání ve směsi C		remise po 2. vyprání ve směsi C	
	bavlna	polyester		bavlna	polyester	bavlna	polyester
1.SADA	13,8	14,7	13	37,6	34,3	43,9	41,9
			13			43,9	54,8
	12,2	13,8	12,4	38,6	38,9	41,9	42,6
			13,2			41,9	57,6
	12,7	13,7	15	36,3	40,5	41,9	40,3
			14			41,9	73,5
	11,4	21,4	17,4	36,7	36,4	41,9	66,1
			14,2			41,9	77,3
	11,5	17	16,1	38	37,1	41,9	73,5
			13,6			41,9	64,6
	14	20,6	19	42,4	34,8	41,8	71
2. SADA			11,8			45,5	75,8
	10,3	20,2	12,4	40,1	37,8	42,4	40,7
			12,2			42,4	71,6
	11,6	23,8	16,5	44,3	38,9	43,1	72,2
			12,1			43,1	66,4
	13,3	19,5	14,3	40,4	39,6	43,9	42
			11,9			43,9	74,8
	13,2	21,5	15,4				
			11,1				
	15,51		13,93	38,48		41,90	69,17
	4,01		2,03	2,45		1,61	7,73
průměr							
odchyłka							
	remise zašpiněné textilie před praním			remise po 1. vyprání ve směsi C		remise po 2. vyprání ve směsi C	
	bavlna	polyester		bavlna	polyester	bavlna	polyester
2. SADA	12,4	18,2	11,9	29,7	30,5	29,4	33,1
			25,8			29,4	66,4
	15,5	18,2	13	29,2	27	31,1	33,3
			24,6			31,1	62,6
	14,5	16,6	14,3	29,6	27,9	32,7	33,1
			25,3			32,7	64,4
	14,2	17,4	11,3	31,5	30,1	34,7	31,4
			24,8			34,7	50,8
	14	12,5	12	28,1	26,9	35,2	29,3
			22,7			35,2	50
	18	14,6	13,1	28,8	25,9	31,9	31,3
2. SADA			25,4			31,9	53,8
	14,8	12,9	12,2	32	29,4	31,1	28,7
			19,9			31,1	66
	12,4	17,1	12,9	31,3	27,4	29,5	28,3
			25,8			29,5	67,3
	12,8	15,6	12,7	32,4	28,1	30,8	30,9
			19,1			30,8	73,6
	12,2	17,3	9,7				
			23,7				
	15,06		18,01	29,21		31,43	61,29
	2,09		5,98	1,81		1,92	6,51
průměr							
odchyłka							

PŘÍLOHA P IV: PRANÍ VE SMĚSI S1

	remise zašpiněné textilie před praním			remise po 1. vyprání ve směsi S1			remise po 2. vyprání ve směsi S1					
	bavlna	polyester		bavlna	polyester		bavlna	polyester				
1.SADA	11,2	18,8	15,2	11	29,8	28,7	48,6	45,8	33,3	29	55,3	49,6
	12,1	19	17,9	12,4	33,6	27,4	48,2	43,9	35	28,2	57,1	48,2
	11,6	17,4	18	11,9	31,5	27,9	54,4	46,9	33,2	27,1	59,6	52,6
	10,9	14,6	16,7	11,9	31,4	30,8	53,3	47,8	28,1	31,8	49,7	47,3
	9,8	22,2	18,4	10,8	34,9	28,4	48,6	45,4	28,2	30,4	56,5	46,2
	11,3	19	17,5	10,1	30,5	27,8	55,4	48,1	28,1	30,4	55,8	52
	12	22,8	17,4	11,2	29,2	32,9	46,4	52,2	34,1	27,8	56,2	46,4
	11,4	19,7	15,8	11,4	27,8	28,7	42,6	55,5	34,8	29,3	56	49,1
	15	14,9	14,5	12,1	30,8	28,3	49	54,5	34,1	28,3	53,6	50,6
	13,1	19,4	20,3	12,6								
průměr	15,31	14,36		30,02		49,26		30,62		52,32		
odchylka	4,01	3,08		2,13		3,91		2,69		3,99		
2. SADA	remise zašpiněné textilie před praním			remise po 1. vyprání ve směsi S1			remise po 2. vyprání ve směsi S1					
	bavlna	polyester		bavlna	polyester		bavlna	polyester				
	12,1	20,8	12,3	19,4	30,2	34,6	61,6	49,1	31,8	36	62,1	57,2
	12,1	17,5	12,5	24,9	32,1	33,5	63,6	56,3	35,2	33,5	53,3	57,8
	13,3	16,1	11,4	20,5	28,8	32,2	65,3	59,7	35,3	37,3	55,2	67,8
	13	15,2	11,7	20,7	29,7	34,8	52,1	62,4	31,1	31,8	56,8	55,4
	12,9	20	12,8	21,7	31,2	34,9	52,1	63,4	32,9	33,3	65,2	57,9
	13,2	20,8	12	19,5	28,6	35,3	56,8	61,7	35,8	33,7	62,3	62
	12	17,4	12,5	20,9	30,7	30,9	48,1	61	31,6	33,4	51,9	59,6
	12,8	14	13,2	22,9	31,2	31,1	59,9	64,4	33,6	36,5	51,2	65,3
	12,8	15,6	11,6	16,4	34,5	27,2	60,5	55,9	33,2	33,2	58,2	60,2
	12,7	19,3	11,5	17,4								
	průměr	15,18	16,29		31,75		58,55		33,84		58,86	
	odchylka	3,00	4,48		2,35		5,12		1,74		4,53	

PŘÍLOHA P V: PRANÍ VE SMĚSI S2

	remise zašpiněné textilie před praním			remise po 1. vyprání ve směsi S2			remise po 2. vyprání ve směsi S2		
	bavlna	polyester		bavlna	polyester		bavlna	polyester	
1.SADA	13	21,2	11	17,2	44,8	41,1	72,2	42,2	49,8
	12,5	19	10,3	24,3	37,3	38	72,5	45,4	47,4
	11,8	20,7	9,8	24,1	37,6	39,1	73,3	47,9	46,1
	11	18,3	8,5	23,8	37,7	37,7	73,1	45,5	47,9
	11,5	21,8	8,6	23,8	34,9	37,7	74,1	47,9	46,9
	11	20,1	8,7	21,6	40,4	36,2	72,7	47	48,3
	12,5	20,7	9,7	21,3	39,5	37,5	72,7	43,5	48,6
	12,7	20,3	12	21,3	39,7	39,1	73,3	43,9	41,1
	12,6	21,3	10,6	23,3	39,8	38,6	76,9	43,3	46,2
	11,8	25	10,7	18					
	16,44		15,93		38,71		72,89	46,05	76,93
průměr									
odchylka	4,59		6,23		2,08		1,93	2,33	2,77
2. SADA	remise zašpiněné textilie před praním			remise po 1. vyprání ve směsi S2			remise po 2. vyprání ve směsi S2		
	bavlna	polyester		bavlna	polyester		bavlna	polyester	
	13,9	18,3	12,6	22,5	35,2	27,3	69,9	33,9	37,5
	13,6	19,7	11,9	25,6	36,1	26,6	68,9	32,1	37,7
	11,9	20,1	12,4	25,4	34,8	23,6	68,8	29,1	37,7
	14,2	21,2	11,9	28,1	25,8	37,5	71	28,5	34,9
	13,3	18,2	12,5	27,3	25,4	38	69,4	29,5	32,4
	13,3	20,9	10,9	26,5	23,4	38,5	70,6	28,9	32,7
	11,4	20,2	13	23,1	27,6	34,4	70,1	36,6	24,4
	12,4	21,7	11,8	21	28,2	33,4	69,5	35,4	27,3
	13,2	20,6	13,1	25,4	28,3	32,3	69,9	38,7	26,1
	12,9	18,2	10,9	26					
	16,46		18,60		30,91		69,56	32,41	74,55
průměr									
odchylka	3,61		6,68		5,03		1,26	4,31	1,69

PŘÍLOHA P VI: PRANÍ VE SMĚSI S3

	remise zašpiněné textilie před praním				remise po 1. vyprání ve směsi S3				remise po 2. vyprání ve směsi S3			
	bavlna	17,9	polyester	16,8	bavlna	42,9	polyester	66,3	bavlna	44,4	polyester	70,1
1.SADA	16,3	17,9	17,9	16,8	38,2	42,9	66,6	66,3	43,8	44,4	64	70,1
	14,3	20,7	18,1	15,6	42,2	43,5	70,3	66,4	46,3	43,7	66,7	69,5
	12,6	19	18,4	17	44,4	39	68	61,9	43,8	51	69,4	68,8
	14,7	20,5	18,9	17	34,2	38,8	60,6	65	39,9	42,3	70,9	66,1
	14,6	20,3	23,2	15,7	34,3	35,1	66,3	64,4	46,3	55,2	71,2	71,5
	14,1	21,8	19,9	17,1	33,7	34,5	65,3	59,7	42,2	42,6	70,8	71,6
	14,6	24,1	19,5	17,3	43,1	39,2	48,2	61,7	50,4	46,4	72,1	73,8
	14,8	25,7	17,3	17	41,4	42,1	64,9	55,5	47,2	48,3	68,2	73,7
	13,1	24,1	20,8	15,1	39	39,3	58,1	64,3	49,5	48,8	72	72
	14,6	22,2	17,6	16,6								
průměr	18,00	17,84		39,16		62,97		46,23		70,13		
odchylka	4,04	1,86		3,46		5,06		3,72		2,53		
	remise zašpiněné textilie před praním				remise po 1. vyprání ve směsi S3				remise po 2. vyprání ve směsi S3			
	bavlna	14	polyester	16,1	bavlna	31,8	polyester	57,2	bavlna	44,7	polyester	71,4
2. SADA	19,8	14	10,9	16,1	32,4	31,8	62,9	57,2	41,6	44,7	70,7	71,4
	15,2	14,2	11,3	18,9	27,1	32,6	63,1	59	39,3	43,4	79,6	62,9
	16,6	13,8	12,8	15,7	30,4	33,3	64,8	55,7	44,9	42,7	76	78,2
	21	15,5	12,7	19	33,4	28,6	55	65,6	37,8	39,2	69,5	73,4
	17,5	14,1	10,6	16,1	34,2	27,9	59,6	64,9	38,9	46,2	69,3	77,3
	16,2	13,8	11,7	14,7	33	28,3	63,6	66,9	39,4	44,1	71,8	73
	21,9	12,6	11,7	14,9	30,1	32,9	53,5	57,4	41,9	41,4	69	74,6
	22,8	16,1	9,5	15,8	32,5	33,1	55,8	60,9	44,1	40,3	71,3	77,1
	20,1	14,1	12,3	17,9	32,6	34,7	58,7	63,7	45,3	37,9	75,8	80,6
	16	13,5	12,3	21,1								
průměr	16,44	14,30		31,61		60,46		41,84		73,42		
odchylka	2,99	3,14		2,23		4,00		2,63		4,32		

PŘÍLOHA P VII: PRANÍ V SAPONINU

1.SADA	remise zašpiněné textilie před praním				remise po 1. vyprání v saponinu				remise po 2. vyprání v saponinu			
	bavlna		polyester		bavlna		polyester		bavlna		polyester	
	24,9	13,3	13,6	18,3	29,4	37,9	59,5	62,3	39,4	33,9	64	59,4
	20	13,4	13,7	17,6	33,4	36,9	61,3	59,8	40	33,4	60	60,9
	18	18,1	13,9	15,6	32	38,9	61	62,5	45,6	49,5	63,1	60,8
	17	21,1	13,9	16,8	40,2	36,6	57,9	53,1	42,6	41,5	64,4	64,7
	13,6	21,7	12,7	17,5	36,6	32,4	58,7	56,5	43,7	36,7	62,1	64,3
	12,8	20,9	12,6	20,2	42,4	40,1	57,5	52	43,9	40,7	62,7	65,9
	14,1	26,2	11,2	19,3	35,2	41,4	56,9	59,1	43,6	33,9	57,1	61
	11,2	22,3	11,2	22,8	29,2	35,1	53,8	61,3	39,6	33,7	59,1	61,5
14,5	22,2	12,6	16,8	39,6	38,6	57,6	59,8	38,2	35,2	58,9	65,4	
13	18,8	11,9	19,6									
průměr	17,86		15,59		36,44		58,37		39,73		61,96	
odchylka	4,34		3,26		3,81		2,97		4,52		2,44	
2.SADA	remise zašpiněné textilie před praním				remise po 1. vyprání v saponinu				remise po 2. vyprání v saponinu			
	bavlna		polyester		bavlna		polyester		bavlna		polyester	
	16,3	19,3	13,7	24,4	27,8	22,7	39,1	51,2	34,7	26,8	33,8	47,7
	14,8	20,4	11,4	29,8	25,1	23,4	31,9	48,3	31,9	27,2	33,4	45,1
	15,3	22,1	11,1	17	29,5	21,9	27,3	41	30,3	26,6	34,8	44
	16,6	23,5	14	17,3	22,9	20,9	27,2	37	30,1	23,7	53,7	52,6
	14,6	18,9	12,8	25,2	22,5	20,6	31,2	42,8	30,6	27,7	37,6	43,4
	16,4	17	11,9	22,5	22,8	19,7	29,9	44,1	27,7	25,4	34,1	54,1
	14,9	19,2	13	19,4	19,6	25,2	51,6	26,7	25,9	29,7	54,8	42,7
	14	21	12,2	17,8	20,8	26	38,7	30,2	24,6	26,5	44,2	35,9
17,4	17,1	13,7	21,1	21,2	23,3	43,9	40,2	23,1	28,6	50,4	35,4	
17,8	23,2	12,4	21,1									
průměr	17,99		17,09		23,11		37,91		27,84		43,21	
odchylka	2,80		5,28		2,64		7,98		2,90		7,50	
3.SADA	remise zašpiněné textilie před praním				remise po 1. vyprání v saponinu				remise po 2. vyprání v saponinu			
	bavlna		polyester		bavlna		polyester		bavlna		polyester	
	12,4	17,4	12,4	16,2	36,4	32,3	60,6	45,4	35,2	34,3	51,5	54,7
	12,3	13,7	11,3	18,1	29,9	28	53,7	60	29,1	31,3	55,1	57,3
	12,8	18,2	11,1	17,3	29,5	32,1	53	45,2	29,9	33	55,3	58,1
	11	16,4	11	19	33,3	29,5	57,9	47,7	36,4	29,7	66	58
	12,5	15,8	10,3	16,2	28,3	29,6	52,5	53,1	33,6	30,3	52,5	48,7
	13,3	14,4	12,2	15,2	29,4	34,2	60,2	49,1	30	27,3	57,3	54,7
	13,1	13,9	14,2	17,9	26,8	30,6	53,7	60,3	30,2	32,2	54,1	58
	13,5	14,7	12	18,5	28,8	30,8	57,4	59,1	34,5	31,6	55,5	53,2
12,9	15,9	10,6	16,8	32,2	35,3	49,4	58,3	32,6	31,5	53,2	59,5	
11,3	14,1	11,8	18,4									
průměr	13,98		14,53		30,94		54,26		31,82		55,71	
odchylka	1,88		3,05		2,55		5,10		2,31		3,62	

PŘÍLOHA P VIII: PRANÍ VE VODĚ

	remise zašpiněné textilie před praním				remise po 1. vyprání ve vodě				remise po 2. vyprání ve vodě			
	bavlna		polyester		bavlna		polyester		bavlna		polyester	
1.SADA	18	14,9	23,3	13,4	21,8	24,1	25,3	23,5	21,2	23,2	37,8	33,4
	16,7	20,4	16,1	17,1	24,6	25,7	36,2	29,8	27,5	22,6	34,9	32,2
	17,1	26,5	15,5	15,5	28,8	30,4	32,5	27,3	27,9	20,5	36	28,1
	15,8	13,9	18,8	13,9	24	21,5	22	28,9	21,4	32,8	28	33,9
	17,2	17,6	18,6	13,2	25,3	25,6	26,5	30	23,7	27,2	30,4	38
	15,5	20,9	16,1	14,4	27,7	24,7	26	30,5	28,2	24,7	30,1	37,4
	17,4	14,5	18	12,6	21,4	21,4	31,1	29,9	25,6	28,4	31,7	37,2
	19,2	13,5	17,4	12,2	22,3	28,1	36,2	25,8	25,9	25,6	33,6	33
	16,2	23,1	15,2	13,9	28,4	25,9	32,9	28,7	22,7	23,3	33,4	36,1
	18,2	17,5	22,7	14,5								
průměr	17,71		16,12		25,09		29,06		25,13		33,62	
odchylka	3,08		2,96		2,70		3,81		3,07		3,06	

PŘÍLOHA P IX: PRANÍ V KOKOSOVÉM MÝDLE

	remise zašpiněné textilie před praním			remise po 1. vyprání v kokosovém mýdle			remise po 2. vyprání v kokosovém mýdle					
	bavlna	polyester		bavlna	polyester		bavlna	polyester				
1.SADA	13,3	16,2	16,1	17,8	38,7	45	71,5	72	47,4	45,7	71,3	72,4
	13,3	15,9	15,3	14,4	39,2	43,2	69,9	69,7	44,9	45,3	70,8	70,5
	13,6	17,1	15,7	17,1	42,3	42,9	70,9	71,7	45,8	46,5	72,7	71,4
	14,2	13,9	13,8	17,7	44,7	37,1	68,6	68,8	44	36	70	69,4
	13,9	15,9	12,8	20,3	35,6	43,5	73	70,9	39,5	45,9	70,2	70,5
	13,8	18,5	14,6	20,2	42,6	35	72,1	70,1	44,3	37,8	69,1	71
	12,8	18,9	14,6	19,7	46	44,2	70,7	71,4	42,5	40	70,8	71,5
	13,9	18,1	14,7	19,1	47,4	47,3	70,8	71,2	46,3	42,2	71	71,3
	15	18,3	13	15,8	47,3	49,6	70,2	73,1	44,5	45,9	71,1	71,9
	13,4	14,8	13,2	15,7								
průměr	15,24		16,08		42,87		70,92		43,58		70,94	
odchylka	1,94		2,32		4,11		1,21		3,17		0,90	

PŘÍLOHA P X: PRANÍ V UNIVERZÁLNÍM PRACÍM PROSTŘEDKU

1. SADA	remise zašpiněné textilie před praním		remise po 1. vyprání v univerzálním pracím prostředku		remise po 2. vyprání v univerzálním pracím prostředku	
	bavlna	polyester	bavlna	polyester	bavlna	polyester
	10,8	16,1	13,8	18,2	17,6	32
	10,8	18,7	12,8	17,5	19,6	34,2
	11	18,8	11,9	18	20,3	37,8
	11,1	24,1	11,7	15	24,5	34
	9,3	23,6	10,9	27,1	23,3	31,9
	14	29,1	11,6	27,1	24,8	36,7
	14,9	27	12,3	29,9	28,3	30,3
	12,8	26,4	12	19,2	27,5	30,7
	14,2	30,9	11,5	18,5	30,9	28,8
	17,1	24	11,5	19		
průměr	18,24	16,48	25,21	29,93	28,51	33,17
odchylka	6,68	5,65	6,06	7,66	5,66	7,45

PŘÍLOHA P XI: PRANÍ V PRACÍM PROSTŘEDKU NA FUNKČNÍ PRÁDLO

1. SADA	remise zašpiněné textilie před praním				remise po 1. vyprání v pracím prostředku na funkční prádlo				remise po 2. vyprání v pracím prostředku na funkční prádlo			
	bavlna		polyester		bavlna		polyester		bavlna		polyester	
	18	14,9	23,3	13,4	21,8	24,1	25,3	23,5	21,2	23,2	37,8	33,4
	16,7	20,4	16,1	17,1	24,6	25,7	36,2	29,8	27,5	22,6	34,9	32,2
	17,1	26,5	15,5	15,5	28,8	30,4	32,5	27,3	27,9	20,5	36	28,1
	15,8	13,9	18,8	13,9	24	21,5	22	28,9	21,4	32,8	28	33,9
	17,2	17,6	18,6	13,2	25,3	25,6	26,5	30	23,7	27,2	30,4	38
	15,5	20,9	16,1	14,4	27,7	24,7	26	30,5	28,2	24,7	30,1	37,4
	17,4	14,5	18	12,6	21,4	21,4	31,1	29,9	25,6	28,4	31,7	37,2
	19,2	13,5	17,4	12,2	22,3	28,1	36,2	25,8	25,9	25,6	33,6	33
	16,2	23,1	15,2	13,9	28,4	25,9	32,9	28,7	22,7	23,3	33,4	36,1
	18,2	17,5	22,7	14,5								
průměr	17,71		16,12		25,09		29,06		25,13		33,62	
odchylka	3,08		2,96		2,70		3,81		3,07		3,06	

PŘÍLOHA P XII: PRANÍ V PRACÍM PROSTŘEDKU NA BÍLÉ PRÁDLO

	remise zašpiněné textilie před praním				remise po 1. vyprání v pracím prostředku na bílé prádlo				remise po 2. vyprání v pracím prostředku na bílé prádlo			
	bavlna		polyester		bavlna		polyester		bavlna		polyester	
1. SADA	19,5	13,1	24,4	13,7	26,9	31,3	64,8	60,6	34,2	30,6	68,4	66,4
	21,4	12,7	26,8	12,6	26,3	34,8	66,1	62,4	35,2	33,9	67,9	68,9
	20,8	12,4	21,5	15,6	29,4	28,8	67	62,6	37,5	27,7	70,6	67,3
	27,7	11,4	18,6	27,9	32,3	30,8	63,4	61,5	32,5	35,5	64,2	69,6
	23,3	12	14	18,7	29,8	26,8	61,7	66,3	29,3	36,8	67,5	69,9
	23,3	11,5	16	29,1	29,7	26,5	64,2	63,3	33,7	32,3	67,4	70,3
	18	13,5	12,4	32,6	29,4	29,2	63,3	59,8	35,6	31,4	65,9	72,4
	19	13	13,6	20,3	35,7	29,4	65,3	60	34,3	32,9	68,9	72,1
	20,1	11,3	17,3	30,8	32,4	30,2	65,4	62,2	40,6	30,5	68,9	71,7
	24,5	10,9	15,8	13,4								
průměr	16,97		19,76		29,98		63,33		33,58		68,79	
odchylka	5,22		6,42		2,56		2,12		3,03		2,13	

PŘÍLOHA P XIII: PRANÍ V PRACÍM PROSTŘEDKU NA BAREVNÉ PRÁDLO

	remise zašpiněné textilie před praním				remise po 1. vyprání v pracím prostředku na barevné prádlo				remise po 2. vyprání v pracím prostředku na barevné prádlo			
	bavlna		polyester		bavlna		polyester		bavlna		polyester	
	22,2	15,4	9	25,3	23,5	29,4	57,7	46,5	32,5	31,7	71,9	61,3
1. SADA	15,6	17,2	8	24,7	21,4	28,2	58,8	50	35,8	32,8	69,4	59,5
	12	18,4	8,9	23,5	24,7	26,3	59,4	47	33,1	32,9	72,8	54,8
	14,1	20,2	11,6	24,1	25,5	25,7	45,2	59,8	26,6	39,6	57	72,6
	10,5	24,7	11,8	24,2	27,8	28,9	53,8	57,1	30,2	38	61,2	66,5
	10,1	20,2	9,3	21,4	27,1	27,3	46,9	60,9	27,4	40,6	58,7	72,3
	10,6	24,4	11,1	22,8	29,4	22,3	51	56,1	37,2	31	69,3	57,7
	9,6	19,8	12,2	24,2	31,6	22,2	48,6	60,9	34,8	29,6	72,4	60,2
	9,3	23,5	9,6	23,2	32,1	23,4	55	57,1	35,3	33,4	69,9	58,1
	12,4	18	9,1	25								
	16,41		16,95		26,49		53,99		33,47		64,76	
průměr												
odchylka	5,06	7,00				3,08	5,31				3,76	6,36