

Kontaktperson  
Viveca Wallqvist  
SP Kemi, Material och Ytor  
010-516 60 76  
viveca.wallqvist@sp.se

Datum  
2015-09-01

Beteckning  
3P07385-05

Sida  
1 (18)

## TRV 2014/16680 Säkra Skor

Rapporten är framtagen med ekonomiskt bidrag från Trafikverkets skyltfond. Ståndpunkter och slutsatser i rapporten reflekterar författaren och överensstämmer inte med nödvändighet med Trafikverkets ståndpunkter och slutsatser inom rapportens ämnesområde.

### Sammanfattning

Vad som kännetecknar en bra vintersko verkar vara är ett samspel av många parametrar. Sulans komposition i form av polymertyp och fyllmedelshalt samspelar med mönstring och klack. Exempelvis sko med sula innehållande etenvinylacetat i kombination med hög fyllmedelshalt, slät sula och hög klack är negativt för upplevelse av balans och fallrisk medan sko med skosula innehållande butadien-/isopren-/naturgummi, fyllmedel på ca 30% SiO<sub>2</sub>, grov mönstring och en liten klack upplevs ge bra balans och låg fallrisk.

### Syftet med projektet

Till de allra mest skadedrabbade i trafiken hör fotgängare som halkar [1]. När halkan slår till kan en stor mängd tillbud inträffa på kort tid, innan underhållsfordon hunnit avlägsna snö, frost och is [2]. Halka kan också inträffa under andra årstider än på vintern och orsakas av t.ex. vatten, insektsrester eller löv på belägningen [3]. Vikten av att ha säkra skor är därför stor för minimering av halkrelaterade tillbud.

Under ett tidigare projekt utfört av Glenn Berggård vid LTU i samarbete med FiOH har ett urval av skor, de flesta anpassade för vinterbruk, köpts in från reguljära återförsäljare [4]. Dessa skor har sedan använts vid paneltester på is och packad snö (LTU) samt för friktionstester på is och hårdhetstester (FiOH). I projekt Säkra Skor undersöks kemisk sammansättning för skosulorna från den tidigare studien. Syftet är att hitta samband mellan mätbara parametrar och säkra skor.

---

#### SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

Postadress	Besöksadress	Tfn / Fax / E-post
SP	Drottning Kristinas väg	010-516 50 00
Box 5607	45	08-10 80 81
114 86 STOCKHOLM	114 28 STOCKHOLM	info@sp.se

Detta dokument får endast återges i sin helhet, om inte SP i förväg skriftligen godkänt annat.



## Metod och material

20 par skor erhöles från LTU enligt tabell 1.

Tabell 1 Lista på undersökta skor

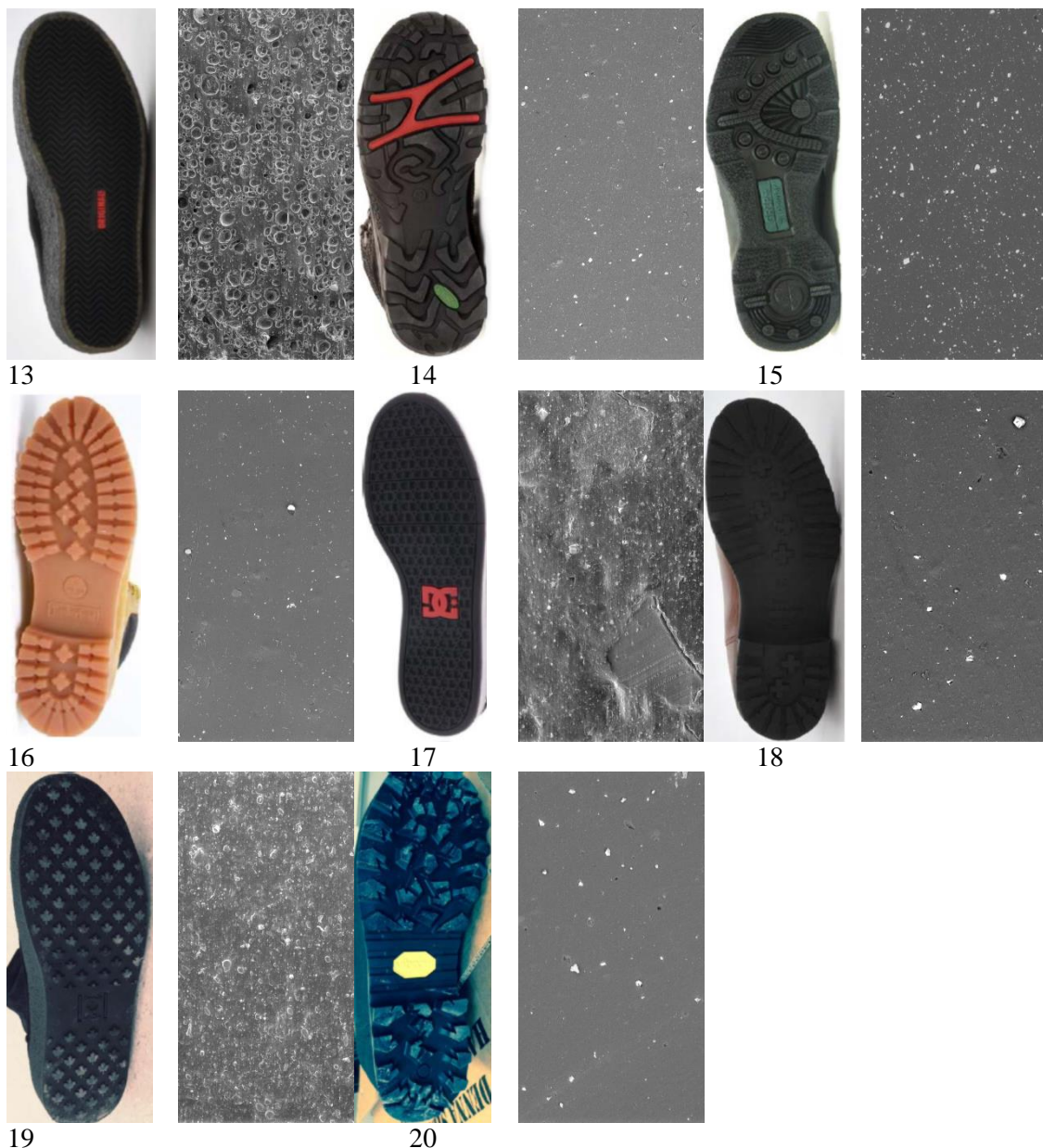
Sula#	Märke	Modell	Herr/Dam
1	Clarks	Originals Jez Ice	Dam
2	Ecco	Expedition II	Dam
3	Pomarfin		Dam
4	Timberland	Authentic	Dam
5	Rieker	Eike	Dam
6	Din Sko	Sneakers	Dam
7	Eskimo	Quebec Brown	Dam
8	Vagabond	Elba	Dam
9	Taupage		Dam
10	Anna Field		Dam
11	Ten Points	Bella	Dam
12	Canada	Snow Quebec Premium	Herr
13	Clarks	Originals Jez Ice	Herr
14	Ecco	Expedition II	Herr
15	Pomarfin		Herr
16	Timberland	6 in Premium	Herr
17	DC	Ignite 2	Herr
18	Vagabond	Davy	Herr
19	Canada	Snow Quebec Premium	Herr
20	Crispi	Summit	Herr

Ett prov togs ur sulan för varje skomodell. För de sulor som finns i herr och dammodell undersöktes endast en. Grundämneskomposition uppmättes med röntgenspektroskopi (EDX). Detta instrument är sammankopplat med ett svepelektronmikroskop (SEM), så även visuella bilder av sulornas mikrostruktur erhålls. Eftersom komposition är svårt att utläsa endast från grundämnessammansättningen kompletterades dessa mätningar med infrarödspektroskopi (FTIR). För att kartlägga fyllmedelshalt användes termogravimetrisk mätning (TGA). Eftersom hårdhetsmätning för tempererade sulor saknades gjordes även kompletterande sådana.

## Resultat

I figur 1 visas bilder med 100x förstoring tagna med svepelektronmikroskop (SEM) till höger om bild på motsvarande sula.





Figur 1 SEM bilder av material i sulor samt bild på sulor.

I Figur 1 framstår vissa skor, exv. nr 10 med synliga partiklar i. Dessa kan vara fyllmedel, men också polymeren i sig kan forma liknande strukturer. Runda strukturer som i nr. 5 kan uppstå från luftinneslutningar, men kan också vara polymer. I Tabell 2 listas resultaten från analys med EDX.

Tabell 2 EDX resultat

Sula	C	O	Na	Mg	S	Cl	Zn	N	Ti	K	F	Fe
1	77.985	13.075	0	0.13	0.52		0.23	3.85	0.035			
2	78.695	10.85	0.135		0.695	0.28	0.23	5.19				
3	96.245	3.6			0.02	0.01						
4	81.705	13.16	0.115	0.005	0.45		0.065					
5	71.555	19.965						8.25				
6	85.35	11.205	0.08	0.05					0.135			
7	92.85	6.045	0.025	0.04	0.02	0.035						0.025
8	80.47	13.795	0.125	0.035	0.535		0.145					
9	82.49	13.59		0.015	0.055	0.02	0.155					
10	87.655	9.875	0.095	0.08	0.015	0.02						
11	93.825	5.325	0.02	0.02	0.055	0.015						
12	83.24	11.91	0.12		0.53		0.165					
13	80.65	11.71		0.1	0.53	0.03	0.21	2.635	0.07	0.03		
14	79.05	10.585	0.12	0.01	0.61	0.365	0.175	5.355				
15	94.89	4.565	0.005	0.01	0.05	0.02						
16	81.865	13.21	0.095	0.005	0.44		0.08					
17	79.68667	13.73	0.165	0.026667	0.4	0.043333	0.213333		0.08	0.01	2.72	
18	79.355	14.705	0.15	0.01	0.43	0.01	0.19					
19	84.81	11.18	0.105		0.54		0.145					
20	84.37	10.575	0.095	0.01	0.535		0.08			0.02		

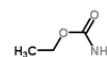
Eftersom komposition är svårt att utläsa endast från grundämnessammansättningen kompletteras dessa mätningar med infrarödspektroskopi (FTIR). Resultat från dessa mätningar kan ses i bilaga 1. Genom att knyta IR topparna till grupper i molekylerna erhålls matchning enligt tabell 3.

Tabell 3 IR matchning

Sula#	Färg	Polymertyp
1	Svart	Ej spektra! Liknar #13
2	Svart	Butadien (ev. isoprene/natur) -gummi*+ nitril
3	Svart	Styren copolymer (butadiene/isopren (SBS/SIS))
4	beige/brun	Butadien (ev. isoprene/natur) -gummi*
5	Svart	Polyuretan (polyeteruretan)
6	Vit	Styren copolymer (butadiene/isopren (SBS/SIS))
7	Grå	Styren copolymer (butadiene/isopren (SBS/SIS))
8	Svart	Butadien (ev. isoprene/natur) -gummi*
9	Svart	Etenvinylacetat
10	Svart	Styren copolymer (butadiene/isopren (SBS/SIS))
11	Svart	Styren copolymer (butadiene/isopren (SBS/SIS))
12	Svart	Butadien (ev. isoprene/natur) -gummi*
13	Svart	Butadien (ev. isoprene/natur) -gummi*
14	Svart	Ej spektra! Liknar #2
15	Svart	Styren copolymer (butadiene/isopren (SBS/SIS))
16	beige/brun	Butadien (ev. isoprene/natur) -gummi*
17	Svart	Butadien (ev. isoprene/natur) -gummi*
18	Svart	Butadien (ev. isoprene/natur) -gummi*
19	Svart	Ej spektra! Liknar #12
20	Svart	Butadien (ev. isoprene/natur) -gummi*



Styren



Uretan



Nitril



Acetat



Isopren



Butadien



Eten



Vinyl

Eftersom butadiengummi, isoprengummi och naturgummi har stora likheter i kemisk uppbyggnad är det svårt att skilja dessa åt. Vad som sticker ut är nr fem som föreslås innehålla polyuretan (PU) och nr 9 som föreslås innehålla etenvinylacetat (EVA).

För dessa typer av material är det mycket vanligt att tillsätta fyllmedel av något slag till polymeren. Fyllmedlen är ofta billigare än polymeren och bidrar till egenskaper som färg,



styrka, hårdhet och processbarhet. Några av de vanligaste fyllmedlen är kimrök (som ger sulorna deras svarta färg), kiseldioxid och kalciumkarbonat.

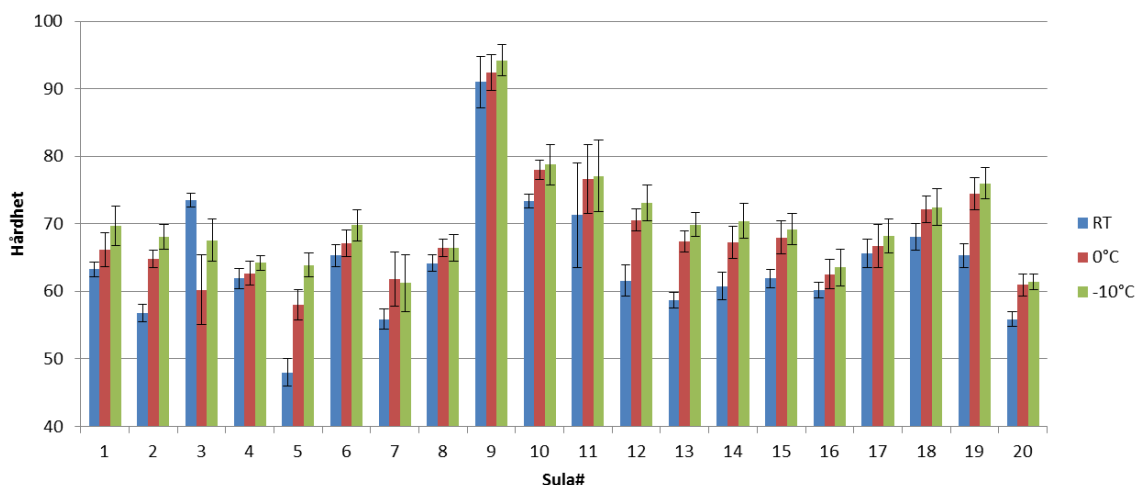
Om man kombinerar information från EDX, IR och TGA kan slutsatser om fyllmedel dras. I tabell 4 grupperas sulorna efter polymertyp, och fyllmedelstyp.

Tabell 4 Gruppering efter polymer och fyllmedel

Sula#	Färg	Polymertyp	Fyllmedel exl. kol (FTIR)	Fyllmedel exl. kol (EDX)	Grupp	Fyllmedel (EDX)	Fyllmedel exl. kol (TGA) [%]	Kol tot	Fyllmedel tot
7	Grå	Styren copolymer (butadiene/isopren (SBS/SIS))	CaCO <sub>3</sub>	Ca	1	7,4	13	-	13,0
10	Svart	Styren copolymer (butadiene/isopren (SBS/SIS))	CaCO <sub>3</sub>	Ca	1	16,9	32	3,6	35,6
11	Svart	Styren copolymer (butadiene/isopren (SBS/SIS))	CaCO <sub>3</sub>	Ca	1	5,6	14	3,8	17,8
15	Svart	Styren copolymer (butadiene/isopren (SBS/SIS))	CaCO <sub>3</sub>	Ca	1	3,6	9	3,1	12,1
2	Svart	Butadien (ev. isoprene/natur) - gummi* + nitril	SiO <sub>2</sub>	Si	2	17,1	22	6,3	28,3
4	beige/brur	Butadien (ev. isoprene/natur) - gummi*	SiO <sub>2</sub>	Si	2	20,1	24	-	24,0
16	beige/brur	Butadien (ev. isoprene/natur) - gummi*	SiO <sub>2</sub>	Si	2	19,4	26	-	26,0
20	Svart	Butadien (ev. isoprene/natur) - gummi*	SiO <sub>2</sub>	Si	2	19,8	23	5	28,0
8	Svart	Butadien (ev. isoprene/natur) - gummi*	SiO <sub>2</sub> + CaCO <sub>3</sub>	Si, Ca	3	23,9	32	5,3	37,3
13	Svart	Butadien (ev. isoprene/natur) - gummi*	SiO <sub>2</sub> + CaCO <sub>3</sub>	Si, Ca	3	19,6	26	6,8	32,8
17	Svart	Butadien (ev. isoprene/natur) - gummi*	SiO <sub>2</sub> + CaCO <sub>3</sub>	Si, Ca	3	21,6	28	15,2	43,2
12	Svart	Butadien (ev. isoprene/natur) - gummi*	SiO <sub>2</sub>	Si	2b	18,3	24	4,6	28,6
18	Svart	Butadien (ev. isoprene/natur) - gummi*	SiO <sub>2</sub>	Si	2b	23,1	31	3,8	34,8
1	Svart	Ej spektra! Liknar #13		Si, Ca		19,9			
3	Svart	Styren copolymer (butadiene/isopren (SBS/SIS))	?			0,8	8	3,7	11,7
5	Svart	Polyuretan (polyeteruretan)				0,9	0	14,2	14,2
6	Vit	Styren copolymer (butadiene/isopren (SBS/SIS))	SiO <sub>2</sub> (fumed)+ CaCO <sub>3</sub> , ev. lite TiO <sub>2</sub>	Si, Ca, Ti		20,2	33	-	33,0
9	Svart	Etenvinylacetat	SiO <sub>2</sub> + CaCO <sub>3</sub>	Si, Ca		18,4	31	10	41,0
14	Svart	Ej spektra! Liknar #2		Si		16,6			
19	Svart	Ej spektra! Liknar #12		Si		14,7			

Grupp 1 innefattar SBS/SIS polymerer med fyllmedel CaCO<sub>3</sub>. Inom gruppen finns en del variationer i fyllmedelshalt, men kolhalten ligger ganska jämt för de svarta sulorna, medan den grå sulan inte uppvisar kol. I grupp 2 återfinns butadien-, isopren- och naturgummi (samt eventuellt nitrilgummi för sula 2) med SiO<sub>2</sub> som fyllmedel. Halten SiO<sub>2</sub> ligger runt 20% i gruppen, medan kol endast ingår i de svarta sulorna. Grupp 2b är i stort identisk med 2, förutom några avvikande toppar mellan 700 och 790 cm<sup>-1</sup>. I grupp 3 finns samma polymerer som i grupp 2, men här ingår både CaCO<sub>3</sub> och SiO<sub>2</sub>. För sula 3, 5, 6 och 9 är det svårt att hitta en grupp då de skiljer sig från de övriga, antingen i polymerkomposition eller fyllmedelstyp.

Kompletterande hårdhetsmätningar utfördes på sulor tempererade vid 0°C och -10°C. I figur 2 visas resultaten ihop med mätningarna vid rumstemperatur utförda på FiOH. Figuren visar att materialen har olika hårdhet vid olika temperaturer samt att skillnaden mellan temperaturerna varierar.



Figur 2 Hårdhet vid olika temperaturer. Mätningar vid rumstemperatur är utförda på FiOH och övriga temperaturer på SP.

## Slutsatser och diskussion

Generellt är det svårt ifrån innevarande data att dra allmängiltiga slutsatser. Sammantaget med data från LTU och FiOH kan noteras att sko nr 9 sticker ut på många punkter då det är den enda som innehåller etenvinylacetat samtidigt som den har en hög fyllmedelshalt, en hård sula, lägst friktion samt upplevs som dålig både med avseende på balans och fallrisk. Sko nr 10 som upplevs som dålig ingår i kemisk grupp 1 och har även den en hård sula, dock har den genomsnittlig friktion. Båda dessa skor har en relativt hög klack, vilket kan bidra till den negativa upplevelsen. Sko nr 20 som har samma uppmätta friktionsvärde som nr 10, upplevs tvärtom som bra. Den ingår i kemisk grupp 2 och har en ganska mjuk sula och grov mönstring med liten klack, medan nr 17 som också upplevs som bra ingår i kemisk grupp 3, har en hög fyllmedelshalt, genomsnittlig friktion och hårdhet på sulan, men saknar klack.

## Ekonomisk redovisning

98 980

Utredning

206 013

Provning

14 764

Instrumentkostnader

319 757



## Presentation av projekt

Vad som kännetecknar en bra vintersko verkar vara är ett samspel av många parametrar. Sulans komposition i form av polymertyp och fyllmedelshalt samspelar med mönstring och klack. Exempelvis sko med sula innehållande etenvinylacetat i kombination med hög fyllmedelshalt, slät sula och hög klack är negativt för upplevelse av balans och fallrisk medan sko med skosula innehållande butadien-/isopren-/naturgummi, fyllmedel på ca 30% SiO<sub>2</sub>, grov mönstring och en liten klack upplevs ge bra balans och låg fallrisk.

## Referenser

1. Schyllander, J., *Fotgängarolyckor*. 2014.
2. Eriksson, J. and G. Sörensen, *Vintervädrets betydelse för att fotgängare skadas i singelolyckor*. 2015.
3. Öberg, G., *Skadade fotgängare Fokus på drift och underhåll vid analys av sjukvårdsregistrerade skadade i STRADA*. 2011.
4. Berggård, G., et al., *Konsumenttester av vinterskor och halkskydd*. 2015, LTU: Luleå.

## SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut SP Kemi, Material och Ytor - Material och Ytteknik (KMy)

Utfört av

Viveca Wallqvist

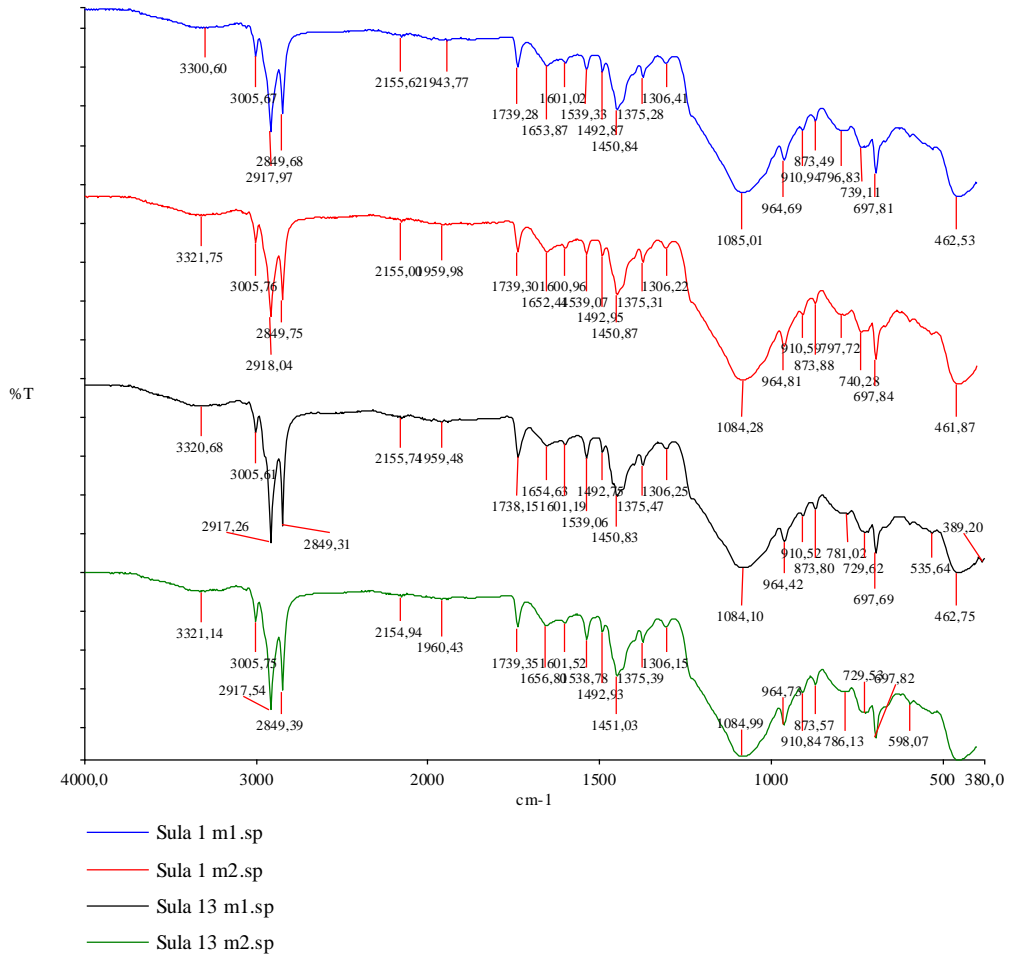
Projektteam:

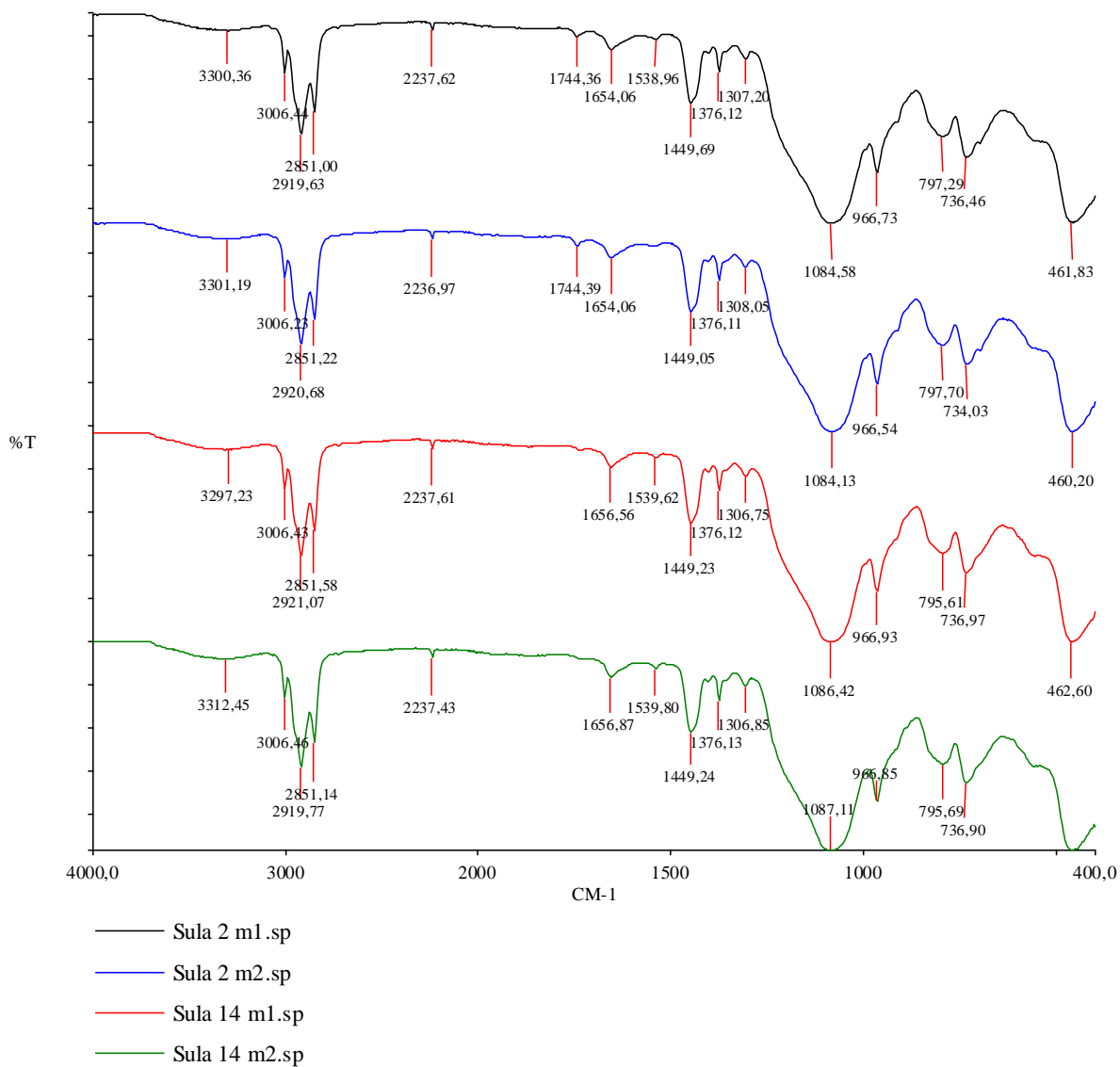
Viveca Wallqvist, Jonas Enebro, Karin Hallstenson, Jenny Johansson, Fredrik Ask, Mathias Berglund, Viktor Emanuelsson, Ingvar Demker.

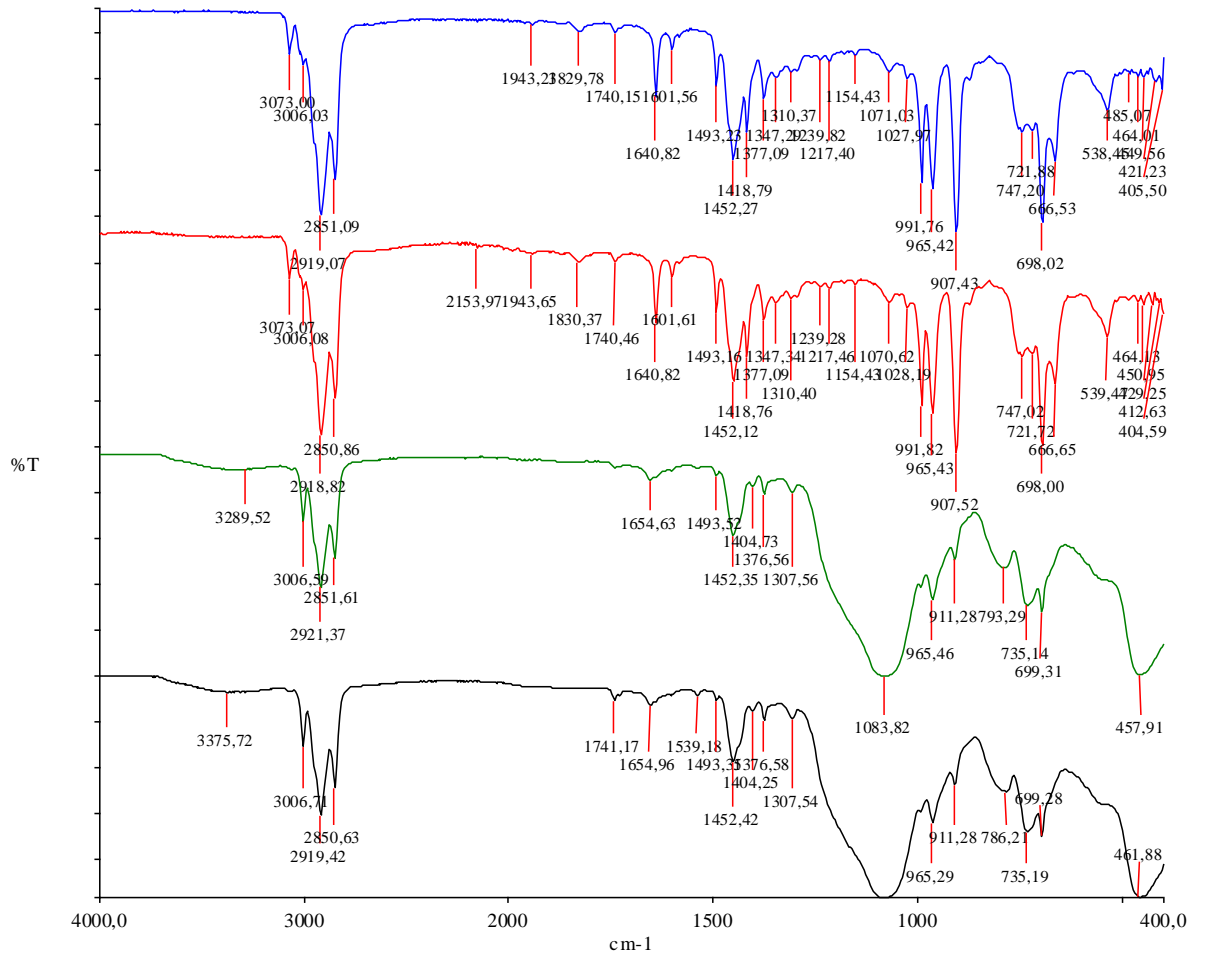




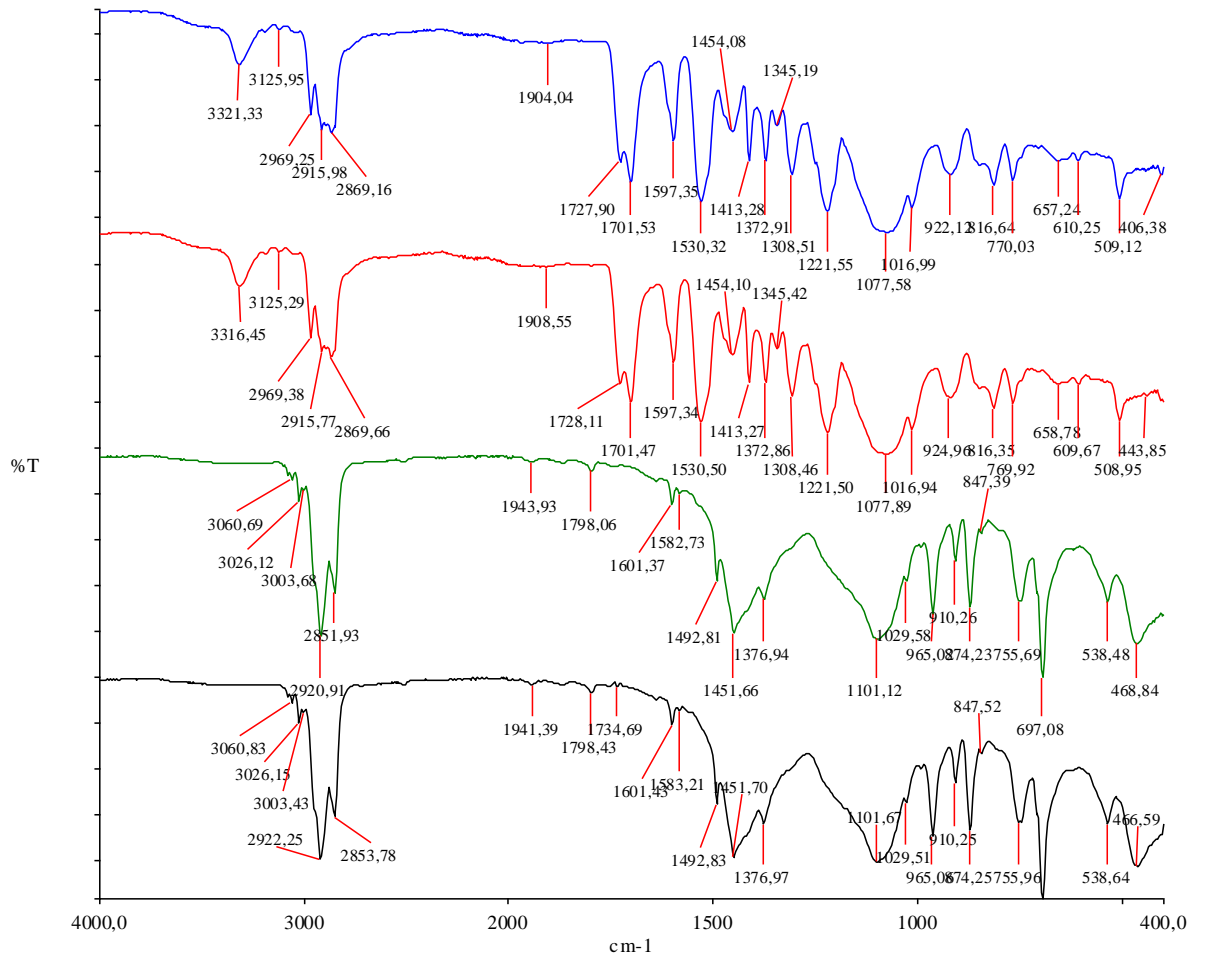
### Bilaga 1





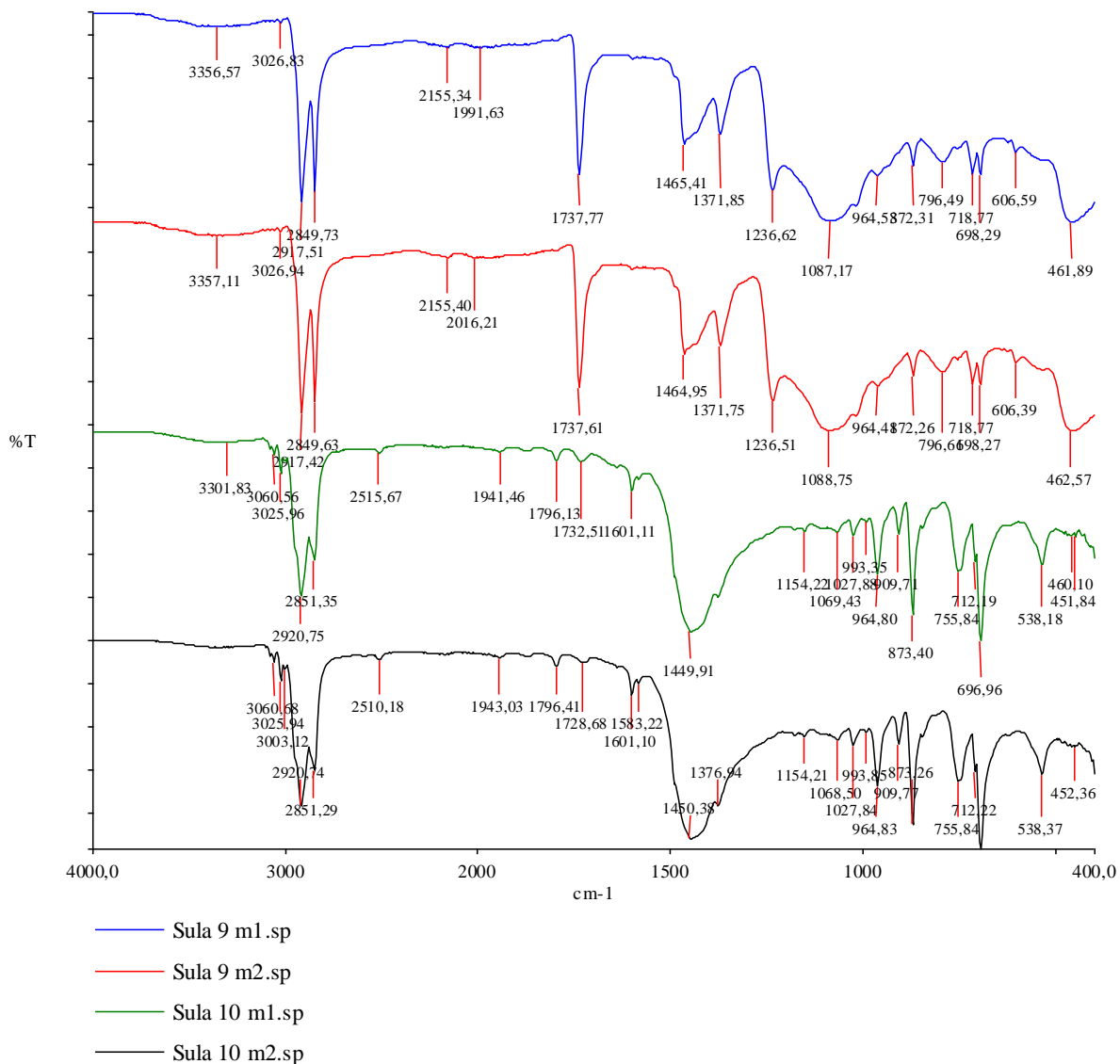


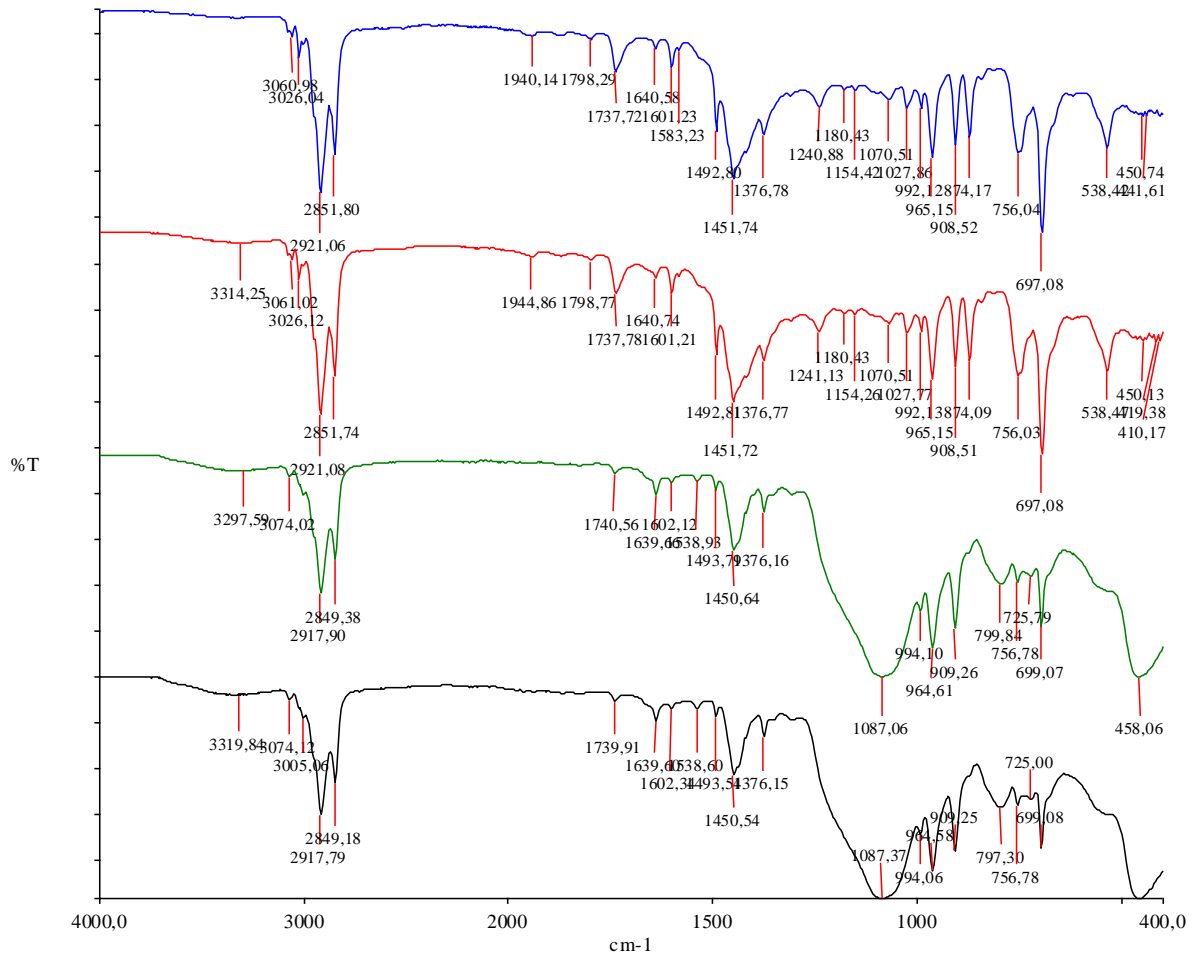
- Sula 3 m1.sp
- Sula 3 m2.sp
- Sula 4 m1.sp
- Sula 4 m2.sp



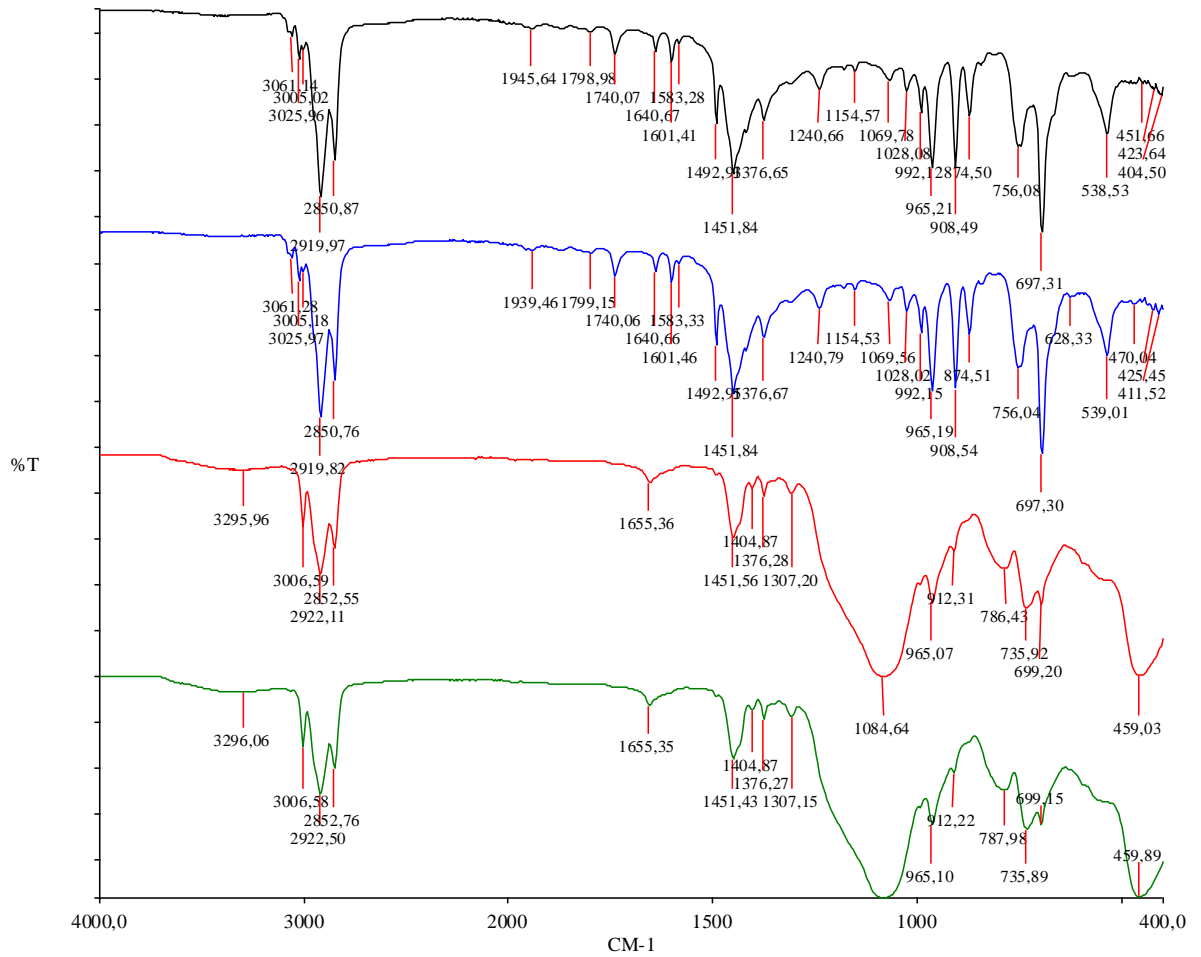
- Sula 5 m1.sp
- Sula 5 m2.sp
- Sula 6 m1.sp
- Sula 6 m2.sp





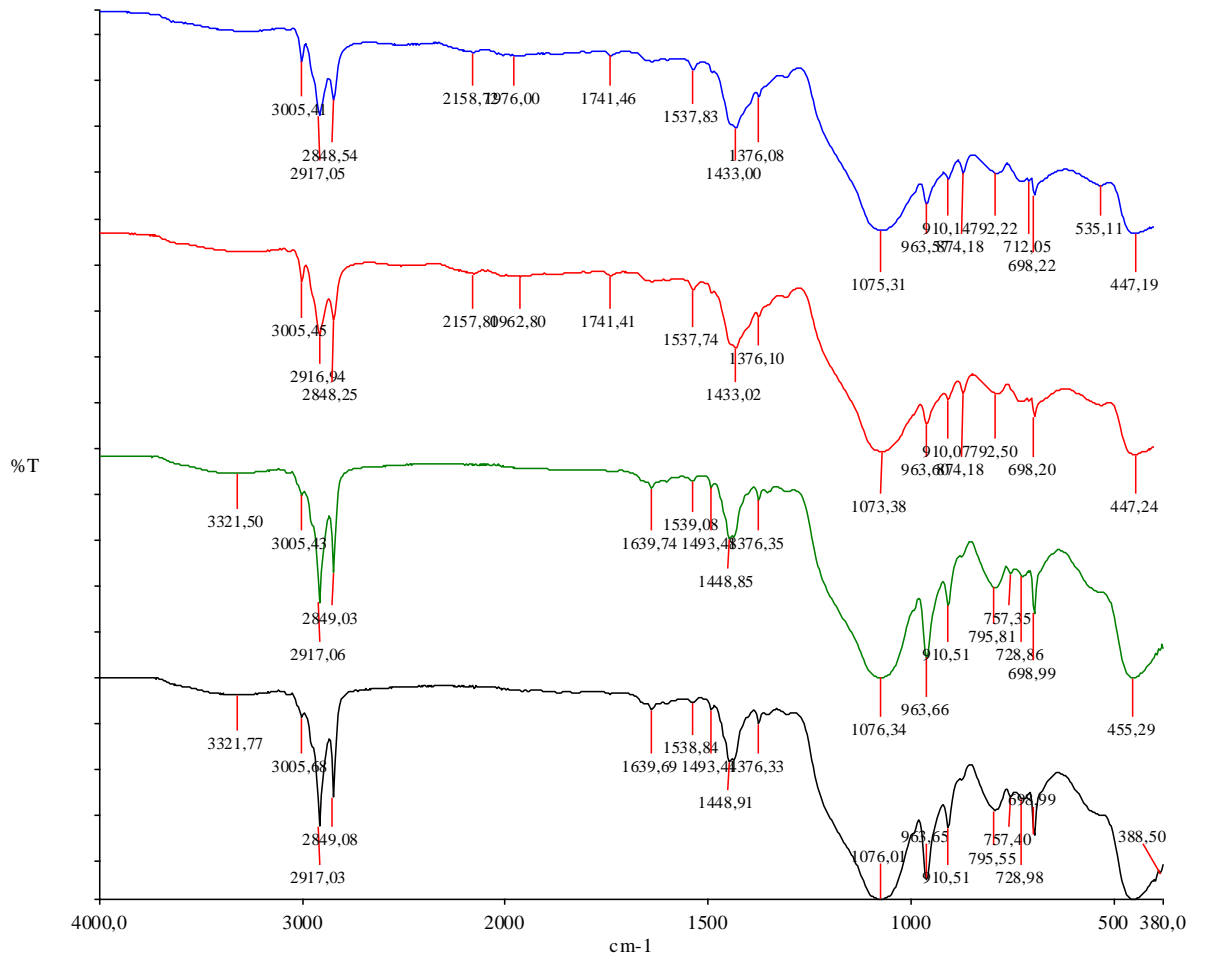


- Sula 11 m1.sp
- Sula 11 m2.sp
- Sula 12 m1.sp
- Sula 12 m2.sp

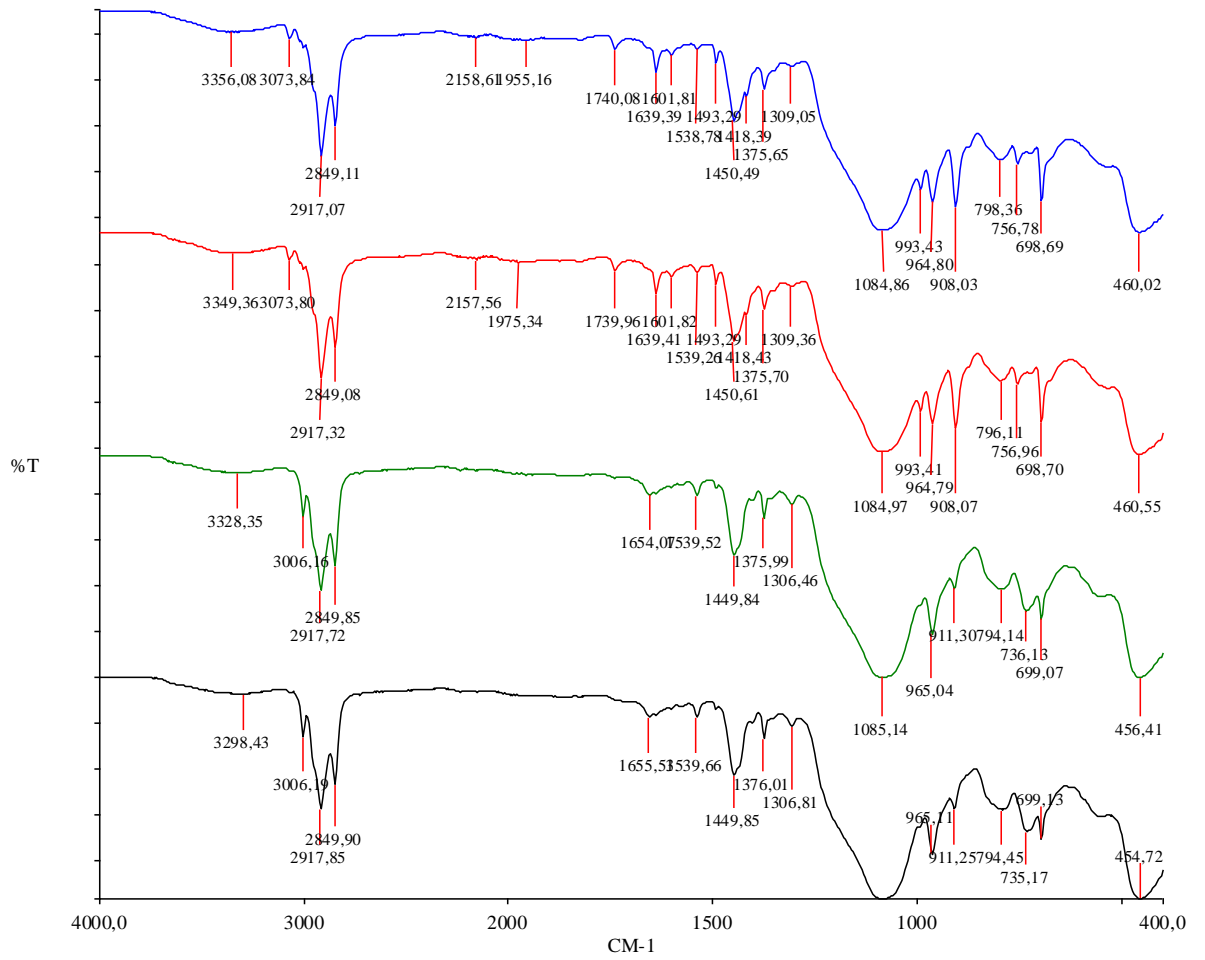


- Sula 15 m1.sp
- Sula 15 m2.sp
- Sula 16 m1.sp
- Sula 16 m2.sp





- Sula 17 m1.sp
- Sula 17 m2.sp
- Sula 18.sp
- Sula 18 m2.sp



- Sula 19 m1.sp
- Sula 19 m2.sp
- Sula 20 m1.sp
- Sula 20 m2.sp