

2018 강남서초학생탐구발표대회

탐구보고서

모형실험을 통해 알아본
면과 한지의 색깔별
자외선 및 열 차단효과 탐구

출품번호

미기재

출품 부문

물리

2018. 8. 17.

< 목 차 >

1. 주제	3
2. 탐구 동기 및 필요성	3
가. 탐구 동기	3
나. 탐구의 필요성	3
3. 탐구를 통해 알아보고 싶은 점	3
4. 선행연구와 탐구의 독창성	3
가. 이론적 배경	4
나. 열 차단과 자외선 차단에 관한 선행연구 조사	5
다. 탐구의 독창성	6
5. 가설 설정	6
6. 탐구 기간	6
7. 탐구 설계	6
가. 준비물	6
나. 실험 방법 및 절차	7
8. 탐구 결과 및 해석	9
가. 면의 색깔별 자외선 및 열 차단효과 실험(야외)	9
1) 흰색·초록색·파란색·빨간색 면 옷감으로 상자 뚜껑의 반을 덮은 후 상자 속 자외선 수치 측정	
2) 흰색·초록색·파란색·빨간색 면 옷감으로 상자 뚜껑의 반을 덮은 후 상자 속 온도 측정	
나. 한지의 색깔별 자외선 및 열 차단효과 실험(야외)	12
1) 흰색·초록색·파란색·빨간색 한지로 상자 뚜껑의 반을 덮은 후 상자 속 자외선 수치 측정	
2) 흰색·초록색·파란색·빨간색 한지로 상자 뚜껑의 반을 덮은 후 상자 속 온도 측정	
다. 한지와 면 옷감을 이중으로 덮은 경우 색깔별 자외선 및 열 차단효과 실험(야외)	14
1) 흰색·초록색·파란색·빨간색 한지와 면 옷감 이중으로 상자 뚜껑의 반을 덮은 후 상자 속 자외선 수치 측정	
2) 흰색·초록색·파란색·빨간색 한지와 면 옷감 이중으로 상자 뚜껑의 반을 덮은 후 상자 속 온도 측정	
라. 빨간색 면 옷감의 넓이에 따른 열 차단 효과 실험(야외)	16
마. 빨간색 면 옷감의 자외선B 차단 효과 실험(실내)	17
9. 탐구 결론	19
가. 외부 자외선이 높아 자외선을 차단하고 싶은 경우	19
나. 외부 온도가 높아 열을 차단하고 싶은 경우	19
다. 우리나라 여름 기후에 맞게 자외선과 열을 모두 차단하고 싶은 경우	19
10. 느낀 점 및 더 탐구하고 싶은 내용	19
11. 참고 자료	20

1. 주제

모형실험을 통해 알아본 면과 한지의 색깔별 자외선 및 열 차단효과 탐구

2. 탐구 동기 및 필요성

가. 탐구 동기

올 여름 수십 년 만에 찾아온 기록적인 폭염이 계속 이어지고 있다. 그런데 이렇게 기온이 너무 높아지면 일사병이나 열사병에 걸릴 수도 있고 강한 자외선은 피부암 같은 피부질환의 위험성을 높인다고 한다. 그래서 건강한 여름을 보내기 위해서는 뜨거운 열과 강한 자외선을 차단해 줄 수 있는 옷이 필요하겠다는 생각이 들었다.

사막을 건널 때 긴 히잡을 둘러싸고 있는 사람들을 보면서 혹시 우리나라 여름 날씨에도 긴 팔이 반팔보다 열과 자외선 차단에 더 효과적일지 궁금하기도 했고, 무더운 날씨에 어떤 색의 옷을 입는것이 가장 적합할지 알아보고 싶어졌다. 그리고 ‘한지로 만든 옷’을 소개하는 동영상 을 본 적이 있는데, 우리 조상들이 오랜 세월 문풍지로 사용해왔던 한지가 열과 자외선을 차단 하는 데에도 효과가 있지 않을까 하는 궁금증이 생겨 함께 탐구해보기로 하였다.

나. 탐구의 필요성

폭염 속에서 야외활동할 때에 열 차단과 자외선 차단에 가장 적합한 옷 색깔을 찾아낼 수 있다면 더 안전하고 쾌적한 여름을 보낼 수 있을 것이다. 뿐만 아니라, 자외선A는 유리창을 통과해 실내까지 들어오기 때문에 실내에서도 자외선을 효과적으로 차단할 수 있는 방법이 있는지 찾아볼 필요가 있다.

3. 탐구를 통하여 알아보고 싶은 점

- 1) 어떤 색의 면 옷감이 열과 자외선 차단에 가장 효과적일까?
- 2) 한지도 열 차단과 자외선 차단에 효과적일까? (색깔별로 탐구)
- 3) 한지와 면을 이중으로 겹친다면 열 차단과 자외선 차단의 효과는 더 커질까?
- 4) 우리나라 폭염 속에서는 긴 팔 옷과 짧은 팔 옷 중 어느 것이 열 차단에 더 효과적일까?
- 5) 일광화상과 피부암을 유발하는 자외선B를 면 옷감으로 얼마나 차단할 수 있을까?

4. 선행연구와 탐구의 독창성

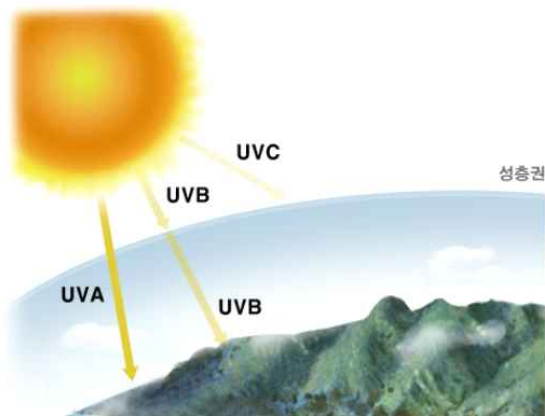
가. 이론적 배경

1) 자외선

태양은 광범위한 파장을 가진 빛 에너지를 방출한다. 가시광선의 파란색이나 보라색 광선보다 더 짧은 파장을 가진 자외선 복사는 살갗을 태우고 건강에 해로운 영향을 준다. 성층권에 존재하는 오존층은 대부분의 해로운 자외선이 지구상의 생명체에 도달하는 것을 막아준다. 그러나 성층권의 오존층이 얇아지면 지표에 도달하는 자외선 복사량이 증가한다.

과학자들은 자외선을 UV-C, UV-B, UV-A 세 가지 종류로 분류한다. 성층권 오존층은 이러한 종류의 UV를 모두 흡수하는 것이 아니라 일부분만 흡수한다.

자외선의 종류



가) UV-A (320~400nm)

UV-A는 오존과 구름을 쉽게 통과해 대부분 지표면까지 도달하고 흐린 날에도 노출량이 많으며 창문을 통해 실내까지도 침투한다. 파장영역이 $0.32\sim0.40\mu\text{m}$ 에 해당하는 자외선 UV-A는 UV-B에 비하여 에너지량이 적지만 피부를 그을릴 수 있다. 피부를 태우는 주역은 UV-B이지만 UV-A는 피부를 별정계 만들 뿐 아니라 피부 면역 체계에 작용하여 피부 노화에 따른 장기적 피부 손상을 일으킬 수 있다. 최근에는 UV-A 노출 시간이 피부를 그을릴 정도로 길어지면 피부암 발생의 위험이 UV-B의 경우와 같아진다는 연구 결과가 보고되기도 하였다. 자외선이 인체에 도달하면 표피층 아래로 흡수되는데, 이 해로운 광선에서 피부를 보호하기 위하여 인체 면역 작용이 발동한다. 그 예로 일부 세포는 자외선에 노출될 때 멜라닌이란 검은 색소를 생성하는데 그것이 자외선의 일부를 흡수한다. 따라서, 백인종과 같이 멜라닌을 적게 생성하는 사람은 UV-B에 대한 자연적 보호막도 적은 셈이다.

나) UV-B (280~320nm)

대부분은 오존층에 흡수되지만, 일부는 지표면에 도달한다. 지구에 극소량이 도달하는 UV-B는 파장영역이 $0.28\sim0.32\mu\text{m}$ 에 해당하는 자외선이다. UV-B는 동물체의 피부를 태우고 피부 조직을 뚫고 들어가며 때로는 피부암을 일으키는데, 피부암 발생의 원인은 대부분 태양 광선의 노출 및 UV-B와 관련이 있다. 또 UV-B는 7, 8월에 연평균의 5배에 이를 정도로 여름에 집중되고 날씨가 흐리면 그 양이 줄어든다.

2) 태양열의 이동

태양에서 방출되는 엄청난 양의 에너지는 어떻게 지구에 전달되는가? 태양과 지구 사이는 어떠한 매질도 존재하지 않는다. 전도나 대류가 일어날 수가 없다. 따라서 이 경우에는 복사라는 특별한 방법을 이용해 열을 전달한다. 복사는 열전달을 위한 매개체가 필요 없으며, 진공을 통해서도 전달될 수 있다. 불 옆에 서 있으면 따뜻한 것은 바로 불이 방출하는 열복사 에너지를 받기 때문이다.

나. 열 차단과 자외선 차단에 관한 선행연구 조사

1) 여름옷으로 적합한 옷감 탐색과 기능성 비교연구(제31회 서울학생탐구발표대회 작품 요약서)

면, 마, 레이온, 폴리에스테르, 나일론의 풍기성, 흡습성, 건조성을 비교 실험해 점수화한 결과, “면”이 여름에 적합한 옷감으로서 가장 높은 점수를 받았다.

2) 생활 속 재료를 활용한 지붕덮개의 폭염 차단 효과 탐구(57회 서울특별시과학전람회 작품요약서)

지붕색깔에 따른 차광효과를 연구해본 결과, 지붕색이 흰색>빨강>초록>파랑>검정 순으로 실내온도와 표면온도가 낮게 나왔다.

3) 햇빛가리개의 색과 두께에 따른 자동차 실내온도 변화(제30회 동작관악학생탐구발표대회 작품요약서)

차 내부온도가 올라가는 것을 가장 잘 막는 햇빛가리개의 색깔과 두께를 찾아보는 실험을 한 결과, 검정색처럼 어두운 색일수록, 두께가 두꺼울수록 효과적이었다. 그리고 은박지같이 빛을 반사할 수 있는 소재로 만드는 것이 효과적이다.

4) 키토산과 녹차추출물을 이용한 인체친화적 자외선 차단 셀룰로오스 섬유 개발(정혜경, 가톨릭대학교 대학원 의류학과 석사논문)

면, 마, 모시에 키토산과 녹차추출물을 이용해 더 높은 자외선 차단율을 만들어 낼 수 있는지 다양한 방법으로 실험한 결과, 키토산 매염 횟수와 녹차 염색 횟수가 증가할수록 표면색이 짙어지고 자외선 차단율도 커지는 경향을 확인할 수 있었다.

다. 탐구의 독창성

선행연구에 따르면 여름 옷으로 가장 적합한 옷감은 면이었다. 그런데 이번 탐구는 모형실험을 통해 ① 자외선과 열 차단에 가장 효과적인 “면의 색깔”을 찾아보고, ② 전통소재인 한지의 열 차단과 자외선 차단의 정도를 알아보며, ③ 긴팔과 반팔의 열 차단 정도를 비교하였고, ④ 자외선B를 효과적으로 차단할 수 있는 방법은 무엇인지 알아보았다는 점에서 독창적이다.

5. 가설 설정

가. 면

- ① 자외선 차단에 가장 효과적인 면 옷감의 색은 초록색일 것이다.
- ② 열 차단에 가장 효과적인 면 옷감의 색은 흰색일 것이다.

나. 한지

- ① 한지도 면만큼 자외선과 열을 잘 차단할 것이다.
- ② 자외선 및 열 차단에 가장 효과적인 색은 면의 경우와 같을 것이다.

다. 면과 한지를 이중으로 겹칠 경우

면과 한지를 이중으로 겹치면 자외선 차단과 열 차단의 효과가 더 커질 것이다.

라. 반팔과 긴팔 비교

반팔이 긴팔보다 열 차단에 더 효과적일 것이다.

마. 자외선B

면만으로 자외선B를 완벽하게 차단할 수는 없을 것이고, 한지와 면을 이중으로 겹친다면 더 효과적으로 차단할 수 있을 것이다.

6. 탐구 기간

2018년 7월 29일부터 2018년 8월 15일까지

7. 탐구 설계

가. 준비물

	
<p>종이상자, 빨간색·파란색·초록색·흰색 면과 한지, 온도계, 자외선측정기, 자외선(UVB)램프</p> <p>< 자외선 차단효과와 열 차단 효과 알아보기 위한 실험 준비물 사진 ></p>	

※ 면과 한지의 색은 빛의 삼원색을 고려하여 빨강, 초록, 파랑, 흰색으로 하였다.

나. 실험 방법 및 절차

1) 면 옷감 색에 따른 자외선 수치와 온도 변화 실험

가) 변인통제

같이 할 조건	상자의 재질과 크기, 면의 두께, 자외선측정기와 온도계의 종류, 측정하는 시간
다르게 할 조건	면의 색

나) 실험 순서

- ① 준비한 4개의 상자에 뚜껑크기의 반 정도 되는 구멍을 뚫어 그 구멍에 하얀색, 파란색, 빨간색, 초록색 면을 덮는다.
- ② 밖에 나가서 각 상자에 온도계를 하나씩 꽂고, 외부온도를 측정하기 위한 온도계 1개를 상자 위에 둔다.
- ③ 5분마다 나와서 자외선측정기로 상자 밖 자외선 수치와 각 상자 안 수치를 재고, 온도계들에 표시된 숫자들을 읽는다.
- ④ 읽은 자외선 수치와 온도를 노트에 기록한다.
- ⑤ 이 과정을 4번 반복한다.(0분, 5분, 10분, 15분)

● 실험진행 시간 : 8월 1일 12시47분에서 13시02분까지 진행되었다.

2) 한지의 색에 따른 자외선 수치와 온도 변화 실험

가) 변인통제

같이 할 조건	상자의 재질과 크기, 한지의 두께, 자외선측정기와 온도계의 종류, 측정하는 시간
다르게 할 조건	한지의 색

나) 실험 순서

- ① 준비한 4개의 상자에 뚜껑크기의 반 정도 되는 구멍을 뚫어 그 구멍에 흰색, 파란색, 빨간색, 초록색 한지를 덮는다.
- ② 밖에 나가서 각 상자에 온도계를 하나씩 꽂고, 외부온도를 측정하기 위한 온도계 1개를 상자 위에 둔다.
- ③ 5분마다 나와서 자외선측정기로 상자 밖 자외선 수치와 각 상자 안 수치를 재고, 온도계들에 표시된 숫자들을 읽는다.
- ④ 읽은 자외선 수치와 온도를 노트에 기록한다.
- ⑤ 이 과정을 4번 반복한다.(0분, 5분, 10분, 15분)

● 이 실험은 8월 1일 13시15분에서 13시30분까지 진행되었다.



< 한지의 자외선 차단효과와 열 차단 효과를 알아보기 위한 측정 모습 >

3) 색깔별로 면 옷감과 한지를 겹친 다음 자외선 수치와 온도 변화 실험

가) 변인통제

같이 할 조건	상자의 재질과 크기, 면의 두께, 한지의 두께, 자외선측정기와 온도계의 종류, 측정하는 시간
다르게 할 조건	면과 한지의 색

나) 실험 순서

- ① 준비한 4개의 상자에 뚜껑크기의 반 정도 되는 구멍을 뚫어 그 구멍에 하얀색, 파란색, 빨간색, 초록색 면과 한지를 겹쳐서 덮는다.
- ② 밖에 나가서 각 상자에 온도계를 하나씩 꽂고, 외부온도를 측정하기 위한 온도계 1개를 상자 위에 둔다.
- ③ 5분마다 나와서 자외선측정기로 상자 밖 자외선 수치와 각 상자 안 수치를 재고, 온도계들에 표시된 숫자들을 읽는다.
- ④ 읽은 자외선 수치와 온도를 노트에 기록한다.
- ⑤ 이 과정을 4번 반복한다.(0분, 5분, 10분, 15분)

● 이 실험은 8월 1일 13시45분에서 14시까지 진행되었다.

4) 빨간 색의 긴팔 옷감과 반팔 옷감의 열 차단 비교 모형실험

가) 변인통제

같이 할 조건	상자의 재질과 크기, 면의 두께, 온도계의 종류, 측정하는 시간, 주변 온도
다르게 할 조건	상자 뚜껑의 구멍의 크기, 빨간 색 면 옷감의 크기(넓은 면적 vs. 1/2의 면적)

나) 실험 순서

- ① 준비한 3개의 상자 중 하나는 뚜껑크기의 반 정도 되는 구멍을 뚫어 빨간색 면 옷감을 덮고, 다른 하나는 상자 뚜껑 전체를 덮을 정도의 구멍을 뚫어 빨간 색 면 옷감을 덮는다. 나머지 하나는 상자 채로 놓는다.
- ② 밖에 나가서 각 상자에 온도계를 하나씩 꽂고, 외부온도를 측정하기 위한 온도계 1개를 상자 위에 둔다.
- ③ 5분마다 나와서 온도계들에 표시된 숫자들을 읽는다.
- ④ 읽은 온도를 노트에 기록한다.
- ⑤ 이 과정을 4번 반복한다.(0분, 5분, 10분, 15분)

● 이 실험은 8월1일 14시20분에서 14시35분까지 진행되었다.

5) 빨간 색 면 옷감의 자외선B 차단 실험

가) 변인통제

같이 할 조건	상자의 재질과 크기, 면의 두께, 자외선측정기의 종류, 측정하는 시간, 주변온도
다르게 할 조건	빨간 색 면으로 상자 뚜껑의 반을 덮은 종이상자 vs. 일반 종이상자

나) 실험 순서

- ① 준비한 2개의 상자 중 하나는 뚜껑크기의 반 정도 되는 구멍을 뚫어 그 구멍에 빨간 색 면을 덮고, 다른 하나는 상자 채로 놓는다.
- ② 자외선 램프를 켜서 각 상자마다 상자 외부와 내부의 자외선 수치를 측정한다. 이 과정을 상자마다 1분간격으로 6번씩 반복한다.
- ③ ②과정을 또 상자별로 3번씩 반복해 3번을 한 결과의 평균값을 계산한다.
- ④ 이 값들을 모두 노트에 기록한다.

● 이 실험은 8월2일 10시에서 10시30분까지 진행되었다.

7. 탐구 결과 및 해석

가. 면 옷감의 색깔별 자외선 및 열 차단효과 실험(야외)

- 1) 흰색, 초록색, 파란색, 빨간색 면 옷감으로 상자 뚜껑의 반을 덮은 후 상자 속 자외선 수치 측정

[표 1] 면 옷감의 색깔별 자외선 측정값

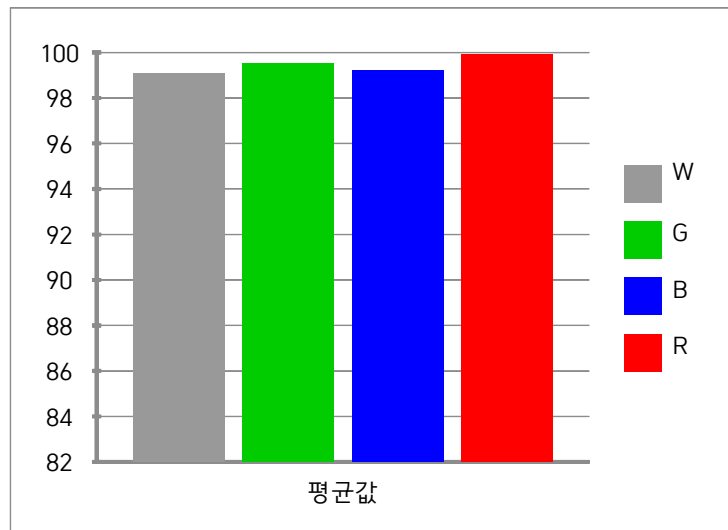
시간 (분)	외부 자외선 측정 값 (mW/cm ²)	상자 안 자외선 측정값 (mW/cm ²)			
		면 옷감 색			
		W	G	B	R
0	4.0	0.04	0.02	0.03	0.01
5	3.3	0.03	0.02	0.03	0.00
10	3.5	0.03	0.02	0.03	0.00
15	3.3	0.03	0.01	0.02	0.00

※ W: 흰색, G: 초록색, B: 파란색, R: 빨간색 (이하 같음)

[표 2] 면 옷감의 색깔별 자외선 차단율

시간 (분)	외부 자외선 측정값 - 상자 안 자외선 측정값(mW/cm ²)				자외선 차단율(%)			
	면 옷감 색				면 옷감 색			
	W	G	B	R	W	G	B	R
0	3.96	3.98	3.97	3.99	99.00	99.50	99.25	99.75
5	3.27	3.28	3.27	3.30	99.09	99.39	99.09	100.00
10	3.47	3.48	3.47	3.50	99.14	99.43	99.14	100.00
15	3.27	3.29	3.28	3.30	99.09	99.70	99.39	100.00
평균	3.49	3.51	3.50	3.52	99.08	99.51	99.22	99.94

※ 자외선 차단율(%) = (외부자외선 측정값-상자 안 자외선 측정값/외부자외선 측정값)×100



[그래프 1] 면 옷감의 색깔별 평균 자외선 차단율(%)

면 옷감의 색깔별 자외선 차단율은 평균적으로 흰색은 99.08%, 초록색은 99.51%, 파란색은 99.22%, 빨간색은 99.94%였다.(자외선 차단률 순서:빨간색>초록색>파란색>흰색)

빨간색이 자외선 차단율이 가장 높게 나왔고, 흰색이 가장 낮았다. 빨간색과 흰색의 평균적 자외선 차단 효과의 차이는 0.86%이었다. 흰색은 모든 색의 가시광선을 반사하기는 하지만, 자외선은 가시광선 중 파장이 가장 짧은 보라색보다도 파장이 더 짧다. 따라서 빨간색은 가시광

선보다 파장이 더 짧은 자외선을 잘 차단한다는 것을 알 수 있었다. 자외선이 강한 날은 빨간색 면으로 된 옷을 입으면 자외선으로부터 피부를 보호할 수 있을 것이다.

2) 흰색, 초록색, 파란색, 빨간색 면 옷감으로 상자 뚜껑의 반을 덮은 후 상자 속 온도 측정

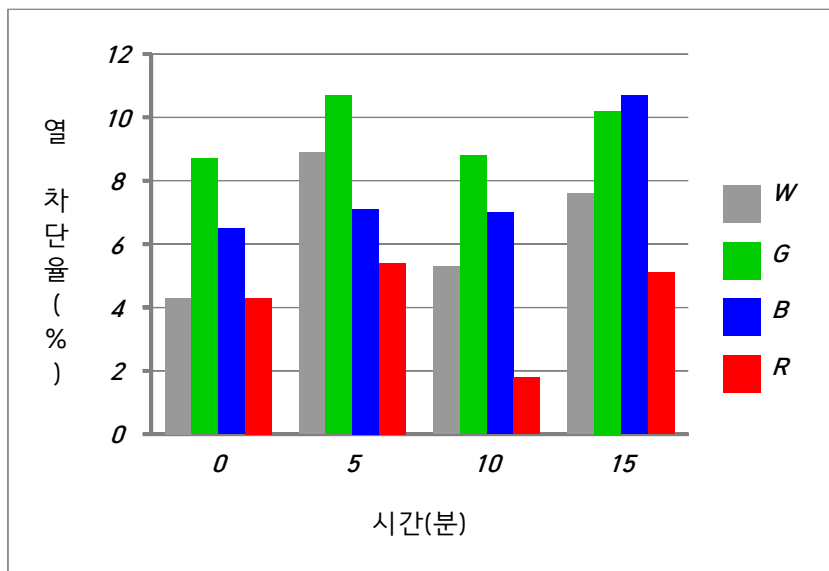
[표 3] 면 옷감의 색깔별 온도 측정값

시간 (분)	외부 온도 측정 값 (℃)	상자 안 온도 측정값(℃)			
		면 옷감 색			
		W	G	B	R
0	46	44	42	43	44
5	56	51	50	52	53
10	57	54	52	53	56
15	59	54.5	53	52.7	56

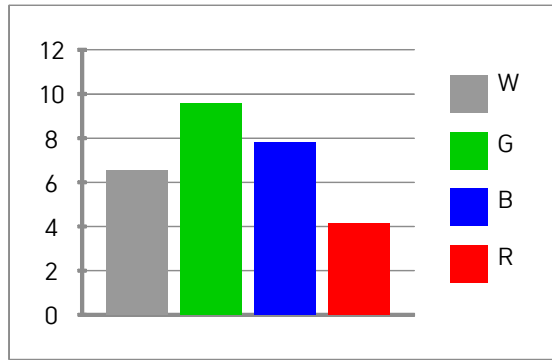
[표 4] 면 옷감의 색깔별 열 차단율

시간 (분)	외부온도측정값-상자안온도측정값(℃)				열 차단율 (%)			
	면 옷감 색				면 옷감 색			
	W	G	B	R	W	G	B	R
0	2.0	4.0	3.0	2.0	4.3	8.7	6.5	4.3
5	5.0	6.0	4.0	3.0	8.9	10.7	7.1	5.4
10	3.0	5.0	4.0	1.0	5.3	8.8	7.0	1.8
15	4.5	6.0	6.3	3.0	7.6	10.2	10.7	5.1
평균	3.63	5.25	4.33	2.25	6.53	9.60	7.83	4.15

※ 열 차단율(%) = (외부 온도 측정값-상자 안 온도 측정값/외부 온도 측정값)×100



[그래프 2] 면 옷감의 색깔별 열차단율(%)



[그래프 3] 면 옷감의 색깔별 평균 열차단율(%)

면 옷감의 색깔별 열 차단율은 평균적으로 빨간색은 4.15%, 초록색은 9.60%, 파란색은 7.83%, 흰색은 6.53%로 나타났다.(열차단율 순서:초록색>파란색>흰색>빨간색) 평균값으로 보면 초록색이 열 차단율이 가장 높고 빨간색이 가장 낮게 나타났고 초록색과 빨간색 열 차단 효과의 차이는 5.45%이다.

따라서 폭염 속에서 외출을 해야 한다면 초록색 면으로 된 옷을 입는 것이 열사병이나 일사병에 걸리는 위험을 줄일 수 있는 방법일 것이다.

나. 한지의 색깔별 자외선 및 열 차단효과 실험(야외)

- 1) 흰색, 초록색, 파란색, 빨간색 한지로 상자 뚜껑의 반을 덮은 후 상자 속 자외선 수치 측정

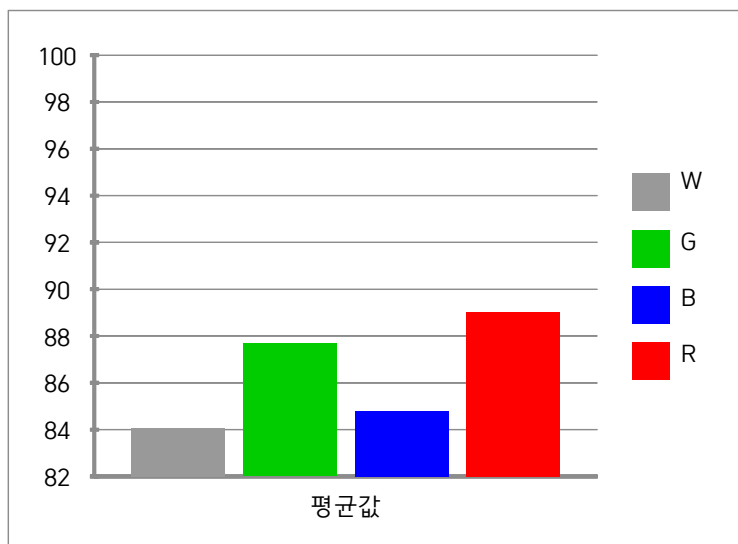
[표 5] 한지의 색깔별 자외선 측정값

시간 (분)	외부 자외선 측정 값 (mW/cm ²)	상자 안 자외선 측정값 (mW/cm ²)			
		한지 색			
		W	G	B	R
0	4.00	0.46	0.51	0.64	0.41
5	3.56	0.63	0.42	0.55	0.41
10	3.50	0.64	0.48	0.51	0.40
15	4.00	0.65	0.44	0.59	0.43

[표 6] 한지의 색깔별 자외선 차단율

시간 (분)	외부자외선측정값 - 상자 안 자외선 측정값 (mW/cm ²)				자외선 차단율(%)			
	한지 색				한지 색			
	W	G	B	R	W	G	B	R
0	3.54	3.49	3.36	3.59	88.50	87.25	84.00	89.75
5	2.93	3.14	3.01	3.15	82.30	88.20	84.55	88.48
10	2.86	3.02	2.99	3.10	81.71	86.29	85.43	88.57
15	3.35	3.56	3.41	3.57	83.75	89.00	85.25	89.25
평균	3.17	3.30	3.19	3.35	84.07	87.69	84.81	89.01

※자외선 차단율(%) = (외부자외선 측정값-상자 안 자외선 측정값/외부자외선 측정값)×100



[그래프 4] 한지의 색에 따른 자외선 차단율 평균값(%)

한지의 색깔별 자외선 차단율은 평균적으로 빨간색이 89.01%, 초록색이 87.69%, 파란색이 84.81%, 흰색이 84.07%로 면보다 자외선 차단율이 낮았다.(자외선차단율 순서:빨간색>초록색>파란색>흰색)

빨간색, 초록색, 파란색, 흰색 한지 중에 빨간색이 자외선 차단율이 가장 높고 흰색이 가장 낮다는 점과 차단율 순서는 면과 동일했다.

빨간색과 흰색의 차단율 차이는 4.94%로 색깔에 따른 자외선 차단율의 차이가 면보다 더 크게 나타났다.

빨간색이 파장이 짧은 자외선을 가장 잘 차단한다는 사실을 다시한번 확인할 수 있었다.

2) 흰색, 초록색, 파란색, 빨간색 한지로 상자 뚜껑의 반을 덮은 후 상자 속 온도 측정

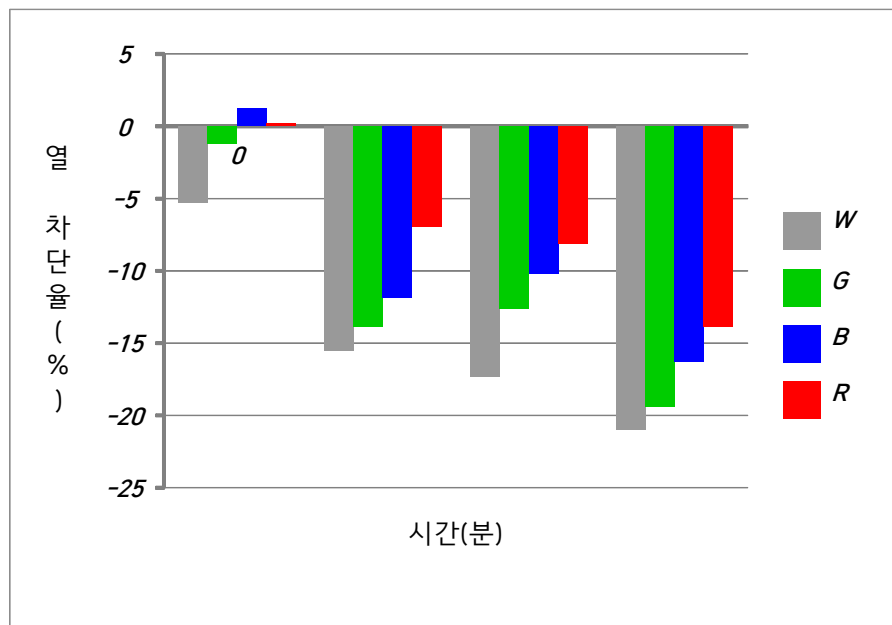
[표 7] 한지의 색깔별 온도 측정값

시간 (분)	외부 온도 측정 값(℃)	상자 안 온도 측정값(℃)			
		한지 색			
		W	G	B	R
0	49	51.6	49.6	48.4	48.9
5	49	56.6	55.8	54.8	52.4
10	49	57.5	55.2	54.0	53.0
15	49	59.3	58.5	57.0	55.8

[표 8] 한지의 색깔별 열 차단율

시간 (분)	외부온도측정값-상자안온도측정값(℃)				열 차단율 (%)			
	한지 색				한지 색			
	W	G	B	R	W	G	B	R
0	-2.60	-0.60	0.60	0.10	-5.31	-1.22	1.22	0.20
5	-7.60	-6.80	-5.80	-3.40	-15.51	-13.88	-11.84	-6.94
10	-8.50	-6.20	-5.00	-4.00	-17.35	-12.65	-10.20	-8.16
15	-10.30	-9.50	-8.00	-6.80	-21.02	-19.39	-16.33	-13.88

※ 외부온도측정값 - 상자 안 온도 측정값(℃) < 0 인 경우는 상자 안의 온도가 외부 온도 보다 높아진 경우이다.



[그래프 5] 한지의 색에 따른 열 차단율 (%)

열 차단율은 밖의 열이 상자 내부로 전달되지 않고 얼마나 단열이 되었는지 알아보기 위한 것인데 0보다 작은 값이 나온 것은 외부보다 상자 안의 온도가 더 높아진 것이다. 따라서 얇은 한지는 열 차단이 면에 비해 효과적이지 않다는 것을 알 수 있었다. 하지만 한지 색깔에 따른 열 차단의 정도는 빨간색>파란색>초록색>흰색 순서라는 사실은 파악할 수 있었다.

다. 한지와 면 옷감을 이중으로 덮은 경우 색깔별 자외선 및 열 차단 효과 실험(야외)

- 1) 흰색, 초록색, 파란색, 빨간색 한지와 면 옷감 이중으로 상자 뚜껑의 반을 덮은 후 상자 속 자외선 수치 측정

[표 9] 한지와 면 옷감 이중, 색깔별 자외선 측정값

시간 (분)	외부 자외선 측정 값 (mW/cm ²)	상자 안 자외선 측정값 (mW/cm ²)			
		색깔별 한지와 면 이중			
		W	G	B	R
0	3.4	0	0	0	0
5	3.5	0	0	0	0
10	3.5	0	0	0	0
15	3.6	0	0	0	0

[표 10] 한지와 면 옷감 이중, 색깔별 자외선 차단율

시간 (분)	외부 자외선 측정값 - 상자 안 자외선 측정값(mW/cm ²)				자외선차단율(%)			
	색깔별 한지와 면 이중				색깔별 한지와 면 이중			
	W	G	B	R	W	G	B	R
0	3.4	3.4	3.4	3.4	100	100	100	100
5	3.5	3.5	3.5	3.5	100	100	100	100
10	3.5	3.5	3.5	3.5	100	100	100	100
15	3.6	3.6	3.6	3.6	100	100	100	100

한지와 면을 겹치면 자외선 차단율이 색과 관계없이 모두 **100%**가 되었다. 따라서 한지와 면을 겹쳐서 커튼을 만들 수 있다면 유리창을 통과해 실내까지 들어올 수 있는 자외선A도 100% 차단할 수 있을 것이다. 또한 한지와 면을 겹친 옷감을 만들어 낼 수 있다면 자외선이 매우 높은 날 자외선으로부터 피부를 완벽히 보호할 수 있는 옷이 될 것이다.

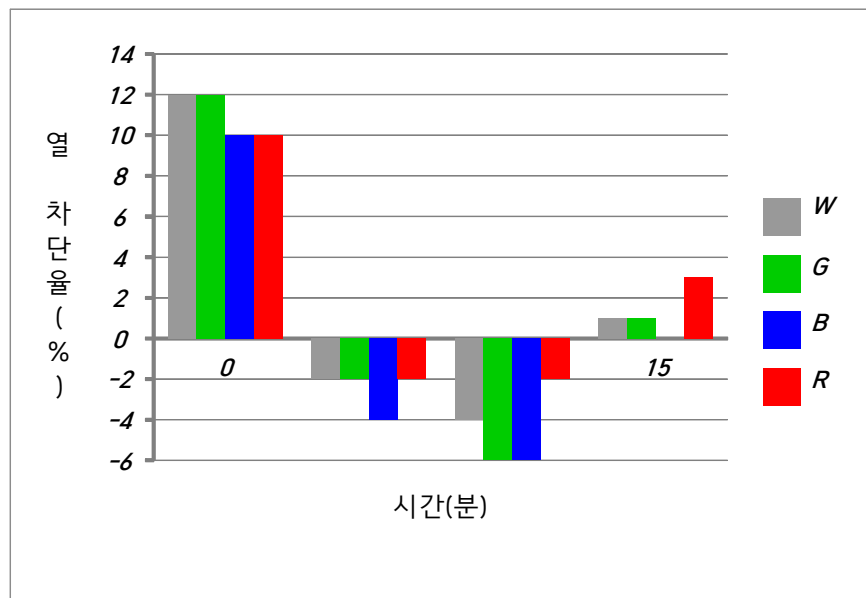
2) 흰색, 초록색, 파란색, 빨간색 한지와 면 옷감을 이중으로 상자뚜껑의 반을 덮은 후 상자 속 온도 측정

[표 11] 한지와 면 옷감 이중, 색깔별 온도 측정값

시간 (분)	외부 온도 측정 값 (℃)	상자 안 온도 측정값 (℃)			
		한지와 면 옷감 이중 색			
		W	G	B	R
0	49	43	43	44	44
5	49	50	50	51	50
10	49	51	52	52	50
15	53	52	52	53	51

[표 12] 한지와 면 옷감 이중, 색깔별 열 차단율

시간 (분)	외부 온도 측정값 - 상자 안 온도 측정값(℃)				열 차단율(%)			
	색깔별 한지와 면 이중				색깔별 한지와 면 이중			
	W	G	B	R	W	G	B	R
0	6	6	5	5	12	12	10	10
5	-1	-1	-2	-1	-2	-2	-4	-2
10	-2	-3	-3	-1	-4	-6	-6	-2
15	1	1	0	2	1	1	0	3



[그래프 6] 한지와 면 옷감 이중, 색에 따른 열 차단율

한지와 면을 이중으로 겹쳤을 경우는 측정할 때마다 색깔별 열 차단 순위가 계속 바뀌었고 색깔들 간에 열 차단율 차이가 뚜렷하지도 않았다. 면과 비교해 보면, 면과 한지를 겹친 경우 면보다 열 차단율이 낮아졌는데, 이것은 상자 안의 열이 외부로 잘 방출되지 못했기 때문인 것 같다.

라. 빨간색 면 옷감의 넓이에 따른 열 차단효과 실험(야외)

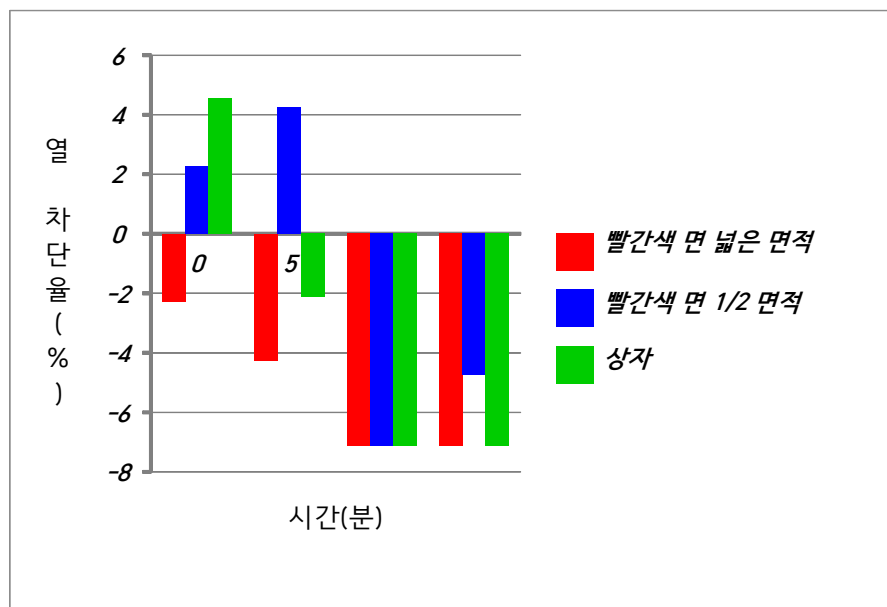
한지와 면 자외선 차단 실험에서 차단율이 가장 높았던 빨간색 면을 가지고 반팔(빨간색 1/2 면적)과 긴팔(빨간색 넓은 면적) 모형을 만들어 열 차단율 차이를 실험해보았다.

[표 13] 빨간색 면 넓은 면적, 빨간색 면 1/2 면적의 온도 측정값

시간 (분)	외부 온도 측정 값 (℃)	상자 안 온도 측정값 (℃)		
		빨간색 면 넓은 면적	빨간색 면 1/2 면적	상자
0	44	45	43	42
5	47	49	45	48
10	42	45	45	45
15	42	45	44	45

[표 14] 빨간색 면 넓은 면적, 빨간색 면 1/2면적, 상자의 열 차단율

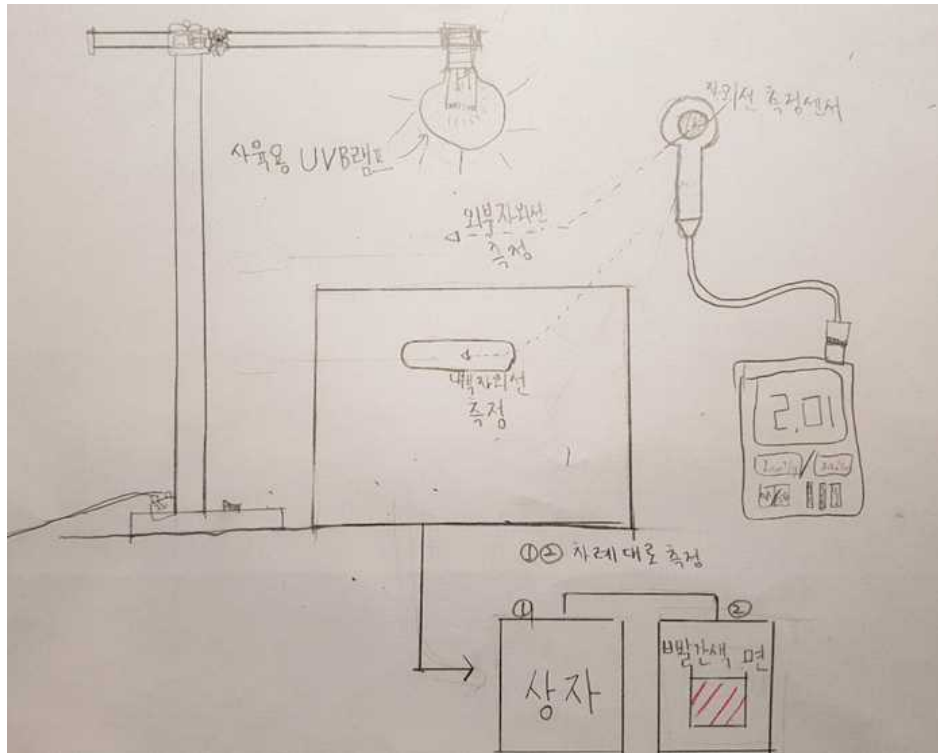
시간 (분)	외부 온도 측정값 - 상자 안 온도 측정값(℃)			열 차단율(%)		
	빨간색 면 넓은 면적	빨간색 면 1/2 면적	상자	빨간색 면 넓은 면적	빨간색 면 1/2 면적	상자
0	-1	1	2	-2.27	2.27	4.55
5	-2	2	-1	-4.26	4.26	-2.13
10	-3	-3	-3	-7.14	-7.14	-7.14
15	-3	-2	-3	-7.14	-4.76	-7.14



[그래프 7] 빨간색 면 넓은 면적, 빨간색 면 1/2면적의 열 차단율

빨간색 1/2면적(반팔)이 빨간색 넓은 면적(긴팔)보다 열 차단율이 더 높았다. 그런데 반팔의 열 차단율은 외부온도가 더 높을 경우(47도) 더 높게 나타났고, 외부온도가 조금 낮아지자(42도) 열 차단율도 떨어지는 모습을 보였다.

마. 빨간색 면 옷감의 자외선B 차단효과 실험(실내, 자외선B 램프)



자외선B램프
실험 모습

[표 15] 빨간색 면 옷감의 자외선B 측정값

실험 횟수	시간 (분)	외부 자외선 측정 값 (mW/cm ²)		상자 안 자외선 측정값 (mW/cm ²)	
		상자	빨간색 옷감	상자	빨간색 옷감
1회	0	0.026	0.004	0	0
	1	0.188	0.054	0	0
	2	0.826	0.10	0	0
	3	1.166	0.20	0	0
	4	1.493	0.316	0	0
	5	2.667	2.68	0	0
2회	0	0.026	0.028	0	0
	1	0.26	0.02	0	0
	2	1.50	0.039	0	0
	3	3.07	0.221	0	0
	4	2.81	0.987	0	0
	5	3.81	3.61	0	0
3회	0	0.032	0.028	0	0
	1	0.054	0.067	0	0
	2	0.226	0.266	0	0
	3	0.862	2.16	0	0
	4	3.27	3.67	0	0
	5	2.63	2.94	0	0

피부 깊숙이 침투하여 피부암을 유발하는 자외선B만의 차단 정도를 알아보기 위해 실내에서 자외선B 램프 실험을 하였다. 구멍을 뚫은 상자에 빨간색 면 옷감을 덮은 후 자외선B를 쬔 결과 상자 안의 자외선B 수치는 “0”이 되었다. 이를 통해 빨간색 면은 자외선B를 완벽하게 차단한다는 사실을 확인할 수 있었다.

면만으로 자외선B가 완벽히 차단되었으므로 면과 한지를 겹친 실험은 진행하지 않았다.

9. 탐구 결론

가. 외부 자외선이 높아 자외선을 차단하고 싶은 경우

한지보다는 면이 자외선을 더 잘 차단해 줄 수 있었다. 면 중에서는 빨간색 면이 자외선 차단율이 가장 높았고, 피부암을 유발하는 자외선B는 100% 차단할 수 있었다. 한지와 면을 이중으로 겹친 경우는 색깔과 상관없이 모두 자외선을 100% 차단하였다.

따라서 빨간색 면으로 된 옷을 입는 것이 자외선 차단에 가장 효과적이고, 한지와 면을 이중으로 겹친 커튼을 설치한다면 커튼의 색과 관계없이 실내로 들어오는 자외선을 완벽히 차단할 수 있을 것이다.

나. 외부 온도가 높아 열을 차단하고 싶은 경우

흰색, 빨간색, 파란색, 초록색 면 옷감과 한지로 열 차단 실험을 해 본 결과, 초록색 면이 열 차단에 가장 효과적이었다.

반팔과 긴팔 중에는 반팔이 열 차단율이 더 높았다. 따라서 초록색 면으로 된 반팔 옷을 입는 것이 열 차단에 가장 효과적일 것이다.

다. 우리나라 여름 기후에 맞게 자외선과 열을 모두 차단하고 싶은 경우

면의 열 차단율은 초록색>파란색>흰색>빨간색의 순서이고, 자외선 차단율은 빨간색>초록색>파란색>흰색의 순서로 나타났다. 이 두 가지를 모두 고려한다면 초록색 면으로 된 반팔옷을 입는 것이 열과 자외선을 모두 차단하는 데에 가장 효과적일 것이다. 단, 외부 자외선 지수가 매우 높음(자외선지수 10)이나 위험(자외선지수 11) 정도인데 야외활동을 해야 하는 경우에는 빨간색 면으로 된 긴팔 옷을 입는 것이 안전할 것이라고 생각한다.

10. 느낀 점 및 더 탐구해보고 싶은 내용

기온이 높고 자외선이 강한 여름에는 흰색 옷을 입는 것이 가장 시원할 것이라고 생각했었는데, 실제로 실험을 해보니 처음 생각과는 전혀 다른 결과가 나왔다. 나의 가설 중 일부가 틀렸다는 것이 약간 당황스럽기는 했지만, 실험을 통해 열과 자외선 차단에 가장 효과적인 옷이 무엇인지 직접 찾아볼 수 있어서 매우 뿌듯했다.

다음 번에는 겨울철 강한 바람과 낮은 기온으로부터 우리 몸을 보호할 수 있는 최적의 옷감과 색을 알아내는 탐구를 해보고 싶다. 이를 통해 우리나라의 추운 겨울을 건강하게 보낼 수 있는 방법을 찾아낼 수 있으면 좋겠다.

11. 참고 자료

- 선생님도 놀란 초등과학 뒤집기: 열 (성우출판사)

- 두산백과, 복사열

<https://terms.naver.com/entry.nhn?docId=1103025&cid=40942&categoryId=32233>

- 두산백과, 자외선

<https://terms.naver.com/entry.nhn?docId=1137712&cid=40942&categoryId=32238>

- 자외선의 ABC, 이것만 알면 자외선 차단 쉬워진다, 한겨레 2015. 7. 16.자 기사

<http://www.hani.co.kr/arti/society/health/700518.html>

- 한지로 실을 만들어 의류를 만든다?, YTN사이언스 핫클립 (2017. 7. 24.자)

<https://tv.naver.com/v/1886365>

- 한지 바르고 구들장 손질... 우리 집 겨우살이 준비, 오마이뉴스 2015. 12. 16.자 기사

<https://m.news.naver.com/read.nhn?mode=LSD&mid=sec&sid1=103&oid=047&aid=0002103573>

- 키토산과 녹차추출물을 이용한 인체친화적 자외선 차단 셀룰로오스 섬유의 개발(정혜경, 가톨릭대학교 대학원 의류학과 석사논문)