



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

박사학위논문

감과 봉선화 추출물을 이용한
최적화 염색기술 개발과
천연염색 배색감성 연구

제주대학교대학원

패션의류학과

양 영 애

2022년 8월

감과 봉선화 추출물을 이용한 최적화 염색기술 개발과 천연염색 배색감성 연구

지도교수 이 은 주

양 영 애

이 논문을 이학 박사학위 논문으로 제출함

2022년 6월

양영애의 이학 박사학위 논문을 인준함

심사위원장	권 속 희	㉠
위 원	이 은 주	㉠
위 원	엄 란 이	㉠
위 원	채 영 주	㉠
위 원	오 산 수 민	㉠

제주대학교 대학원

2022년 6월

A Study on Development of Optimal Dyeing Technology
and the Emotion for Color Combination
by Naturally Dyed Fabric
with Persimmon and Garden Balsam Extract

Young-Ae Yang
(Supervised by professor Eunjou Yi)

A thesis submitted in partial fulfillment of the
requirement for the degree of Doctor of Science

2022. 06.

This thesis has been examined and approved.

Department of Fashion and Textiles
GRADUATE SCHOOL
JEJU NATIONAL UNIVERSITY

목 차

List of Tables	IX
List of Figure	XII
I. 서론	1
1. 연구 배경 및 필요성	1
2. 연구 목표	6
II. 이론적 배경	8
1. 감과 봉선화 염색 연구	8
1) 감 염색 연구	8
2) 봉선화 염색 연구	11
3) 감과 타 천연염재와의 혼합염색	13
2. EEG를 이용한 의류소재 및 의류의 생리적 감성 연구	15
1) 뇌파의 개념과 특성	15
2) 색채의 생리적 감성 연구	17
3) 의류소재 및 의류의 생리적 감성 연구	17
3. 천연염색 의류소재 및 의류의 색채감성 연구	19
1) 단색과 배색의 색채감성	19
2) 의류소재 및 의류의 색채감성	23
3) 천연염색 의류소재 및 의류의 색채감성	25
4. 지역특화 패션소재	27
III. 연구방법	31
1. 감과 봉선화의 혼합염색 최적화	31
1-1. 염료 및 직물시료	31
1-2. 염료의 성분분석과 향균성 평가	32
1) 성분분석	32

2) 향균성	32
1-3. 염색성 평가	32
1) 염색 방법	32
2) 열 발색	33
3) 염착량	34
4) 색채특성	34
5) 염색건뢰도	34
1-4. 염색직물의 쾌적성능과 피부건강 기능성 평가	35
1) 강연도	35
2) 공기투과도	35
3) 접촉냉온감	36
4) 발수도	36
5) 자외선차단성	36
6) 향균성	37
1-5. 감과 봉선화 혼합염색 최적화	37
1) 반응표면 실험계획법	37
2) 감과 봉선화 혼합염색 최적화의 실험설계	39
3) 통계분석	40
2. 감과 봉선화의 최적화 혼합염색 직물을 이용한 천연염색 배색감성	41
2-1. 자극물	41
2-2. 피험자	45
2-3. EEG 신호를 이용한 생리적 감성 평가	45
2-4. 주관적 감성 평가	49
2-5. 데이터 분석	50
IV. 결과 및 고찰	51
1. 감과 봉선화의 혼합염색 최적화	51
1-1. 염료의 성분과 향균성	51
1) 염료성분	51
2) 향균성	53

1-2. 단일염색 직물의 염색성	54
1) 염착량	54
2) 색채특성	56
3) 강연도	59
1-3. 혼합염색 직물의 염색성	61
1) 염착량	61
2) 색채특성	63
3) 강연도	66
1-4. 혼합염색 최적화	69
1) 최적화를 위한 변인 결과 도출	69
2) 종속변인별 최적화 모델링	70
3) 혼합염색의 최적 혼합비 도출 및 검증	90
1-5. 최적화 혼합염색 직물의 염색건뢰도, 쾌적성능 및 피부건강 기능성 평가	94
1) 염색건뢰도	94
2) 공기투과도	96
3) 집축냉온감	97
4) 발수도	98
5) 자외선차단성	99
6) 항균성	100
2. 감과 봉선화의 최적화 혼합염색 직물을 이용한 천연염색 배색감성	101
2-1. EEG 신호를 이용한 생리적 감성	101
1) 3-배색 자극물에 따른 EEG 신호 특성	101
2) 배색변인과 EEG 신호 간의 관계	106
2-2. 주관적 배색감성요인	127
1) 배색감성요인 추출	127
2) 배색유형이 배색감성요인에 미치는 영향	134
3) 배색면적비가 배색감성요인에 미치는 영향	137
4) 물리적 배색변인이 배색감성요인에 미치는 영향	139
2-3. 배색감성요인 예측모델	143

1) EEG 신호와 배색감성요인 간의 관계	143
2) 배색변인과 EEG 신호를 이용한 배색감성요인 예측 모델	148
V. 결론	151
참고문헌	155
Abstract	170
감사의 글	174

국문초록

본 연구에서는 감 염색 면직물의 고유한 색채를 발현하면서 강연성을 보완할 수 있는 감과 봉선화의 최적화 혼합염색 기술을 개발하고자 하였다. 그리고 감과 봉선화의 최적화 혼합염색 기술로 염색한 면직물과 쪽 염색 면직물 및 치차청/치차황 혼합염색 면직물로 구성된 3-배색 직물의 색채에 대해 물리적 배색변인과 배색 유형 및 배색면적비의 객관적 성질과 생리적 감성 및 주관적 감성 간의 관계를 고찰함으로써 감과 봉선화 혼합염색 직물을 중심으로 구성된 천연염색 3-배색에 대한 배색감성을 정량화하고자 하였다.

연구방법으로 감과 봉선화의 열수추출물을 동결건조하여 분말 염료로 제조하였고, 성분분석 및 항균성 평가를 실시하였다. 감과 봉선화 혼합염색에 앞서 기초적인 단일염색 성질을 고찰하기 위하여 면직물을 대상으로 욱비 1:100, 염색온도 50℃, 염색시간 40분, 염색농도 100%, 150%, 200%의 조건으로 염색을 실시하고, 인공 열 발색기를 사용하여 온도 180℃, 시간 5분, 10분, 15분으로 열 발색하였다. 감과 봉선화 혼합염색에서는 염액 전체농도를 100%, 150%, 200% 별로 3수준의 감/봉선화 혼합비율을 설정하여 염색 및 열 발색한 후, 염착량인 표면 색강도 K/S와 먼셀 및 CIE 색채특성과 염색건뢰도를 평가하였다. 그리고 염색직물의 쾌적성능과 피부건강 기능성으로 강연도, 공기투과도, 접촉냉온감, 발수도, 자외선차단성을 평가하였다. 나아가 감과 봉선화 혼합염색 최적화 조건을 규명하기 위하여 반응표면분석을 이용하여 감농도(%), 열 발색시간(min)을 독립변수로, 혼합염색직물과 감 염색직물 간의 색채 차이인 물리적 색채특성(ΔL^*_{10} , Δa^*_{10} , Δb^*_{10} , $\Delta E_{ab,10}$)과 혼합염색직물의 강연도(E)를 종속변수로 설정하여 이들 종속변수의 최소화를 만족시키는 최적염색조건을 도출하였다. 감과 봉선화 혼합염색직물을 중심으로 천연염색 3-배색직물의 색채에 대한 생리적 감성 및 주관적 감성평가를 위하여 감과 봉선화 최적화 혼합염색기술로 염색한 면직물과 쪽 염색 면직물, 치차청/치차황 혼합염색 면직물을 이용하여 도일색조, 중차색조I, 중차색조II의 색조 기준 배색유형과 2:2:2와 4:1:1의 배색면적비를 조합하여 6종의 3-배색 자극물을 준비하였다. 연구에 참여한 피험자는 의류와 디자인을 전공하는 20대 여대생 30명이었으며 D₆₅광원과 0°/45°관찰각도의 조건에서 감성평가에 참

여하였다. EEG 신호를 이용한 생리적 감성은 전전두엽(Fp1, Fp2), 전두엽(F3, F4), 두정엽(P3, P4), 후두엽(O1, O2)의 8부위에서 느린 알파파(Slow Alpha, 8~11 Hz), 알파파(Alpha, 8~13 Hz), 빠른 알파파(Fast Alpha, 11~13 Hz), 낮은 베타파(Low Beta, 12~15 Hz), 베타파(Beta, 13~30 Hz) 밴드의 주파수 대역별로 안정시 출현량에 대한 상대적 출현량을 측정하였다. 주관적 감성평가는 생리적 감성평가와 동일한 조건으로 자극물을 제시하여 I.R.I(1997) 색채이미지 스케일의 기본 감각 형용사 5개와 대표형용사 23개의 총 28개 감성 형용사를 7점 의미미분척도(Semantic Differential Scales)로 평가하였다.

감과 봉선화의 단일염색 면직물의 성분분석과 항균성, 염색특성을 고찰한 결과, 감 염료의 성분은 탄닌과 플라보노이드, 봉선화 염료의 성분은 안토시아닌, 엽록소, 플라보노이드로 각각 확인되었으며, 감과 봉선화 항균성은 모두 탁월한 균 감소율을 나타내었다. 또한 감 염색 면직물은 인공 열 발색시간이 증가함에 따라 염착량이 높아져 인공 열 발색으로 자연발색의 효과를 가질 수 있음을 확인하였으며, 감 염색직물과 봉선화 염색직물 모두 Yellow Red(YR) 색상의 표면 색채 발현하여 감과 봉선화 혼합염색 직물 또한 전통 감 염색직물의 고유색상을 발현할 수 있을 것으로 기대되었다. 나아가 감과 봉선화 혼합염색 면직물은 열 발색시간이 증가할수록 염착량이 증가하는 경향을 나타내었고, 모든 농도 조건에서 감 염색 면직물과 유사한 색채특성을 보여서 감 염색직물의 고유 색채를 발현하였다. 또한 강연도는 혼합염색직물이 감 염색직물보다 약 8~30% 감소한 결과를 나타내어 감과 봉선화 혼합염색에 의해 감 염색직물 고유의 뻗뻗한 촉감을 개선할 수 있을 것으로 기대되었다.

감과 봉선화 혼합염색직물의 염색성 결과를 토대로 반응표면분석을 이용하여 동일 농도의 감 염색직물과의 색차를 최소화하고 강연도는 낮출 수 있는 감과 봉선화 혼합비율 최적화 조건을 봉선화30%/감70%의 혼합농도비율과 열 발색시간 15분으로 최적 조건이 도출되었다. 또한 최적화 조건에 의한 혼합염색 면직물의 염색견뢰도는 땀, 마찰, 손세탁견뢰도에서 3-5등급으로 대체로 우수한 견뢰도를 나타내었고, 일광견뢰도는 1등급으로 저조하였는데, 이는 감 염색직물은 광에 노출이 되면 색상이 점점 짙어지는 특성이 있어서, 변색을 기준으로 판정하는 일광견뢰도의 등급이 낮아진 것으로 판단되었다. 최적화 혼합염색 직물의 쾌적성능

으로 공기투과도는 감 염색직물보다 증가하였고, 접촉냉온감은 의미 있는 차이가 없었다. 또한 발수도는 감 염색직물과 동일하였으며, 자외선차단성은 감 염색직물보다 다소 향상되었다. 나아가 최적화 혼합염색 직물은 탁월한 항균성을 발휘할 수 있는 것으로 확인되었다. 따라서 감과 봉선화 혼합염색 면직물은 감 염색직물과 비교하여 염색견뢰도와 쾌적성능 및 항균성이 모두 우수하다고 판단되었다.

감/봉선화의 최적화 혼합염색 직물과 쪽 염색 직물, 치자 청/황 혼합염색 직물을 조합한 3-배색 면직물에 대해 EEG 신호를 이용한 생리적 감성을 고찰한 결과, 느린 알파파와 알파파, 낮은 베타파와 베타파대역에서 두정엽의 P3과 후두엽의 O1의 상대적 출현량이 중차색조 배색 I 과 동일색조 배색보다 중차색조 배색 II의 자극물에서 유의하게 높게 나타나는 경향을 나타내었으며, 물리적 배색변인 ΣL^*_{10} , Σa^*_{10} , Σb^*_{10} , ΣL^*_{10p} 가 증가할수록 모든 대역대에서 P3과 P4, O1, O2의 EEG신호 출현량이 감소하는 경향을 보였다. 따라서 본 연구의 3-배색직물은 배색유형과 물리적 배색변인이 안정시의 느린 알파파와 알파파대역, 주의집중시의 낮은 베타파와 베타파대역의 EEG 신호 출현량으로 평가한 생리적 감성에 영향을 미침을 알 수 있었다.

3-배색 직물의 주관적 배색감성요인은 ‘편안성’, ‘현대성’, ‘품위성’으로 도출되었으며, 감성요인 ‘편안성’은 배색유형인 중차색조 배색 I에서 동일색조 배색 및 중차색조 배색 II보다 높게 평가되는 경향을 보여서 감/봉선화 최적화 혼합염색 직물의 색조보다 밝고 옅은 중차색조의 천연염색 직물과 배색을 구성하였을 때에 이들 감성요인이 더 강하게 인지된다고 해석할 수 있었다. 그리고 감성요인 ‘현대성’은 배색면적비 2:2:2가 4:1:1보다 유의하게 높게 평가되었으며, 감성요인 ‘편안성’은 물리적 배색변인 ΣL^*_{10} 과 ΣL^*_{10p} 가 높을수록 강하게 지각되었으며, ΣC^*_{10} 과 ΣC^*_{10p} 가 높을수록 약하게 인지되는 경향을 보여서, 앞에서 논의한 중차색조 배색 I에서 감성요인 ‘편안성’이 높게 평가되었다는 결과와 일치하였다. 한편 감성요인 ‘현대성’은 물리적 배색변인 ΣL^*_{10} , Σa^*_{10} , Σb^*_{10} , ΣL^*_{10p} , Σa^*_{10p} 와 Σb^*_{10p} 가 높을수록 약하게 지각되어서, 유의성은 없었으나 배색구성 색체의 밝기 합이 어두운 중차색조 배색 II에서 감성요인 ‘현대성’이 강하게 느껴진 결과와 관계가 있다고 해석되었다.

주관적 배색감성요인을 정량적으로 설명하기 위하여 물리적 배색변인과 배색 유형, 배색면적비, EEG 신호를 독립변인으로 회귀식을 도출한 결과, 배색감성요인 ‘편안성’을 유의적으로 예측할 수 있는 정량화 모델이 제안되었고, 예측 회귀식은 실험값과 예측값 간에 높은 상관성($r^2=0.939$)을 나타내어 활용성이 기대되었다.

이상의 결과들은 감 염색 면직물의 색채를 보존하면서 강연성을 보완할 수 있는 감과 봉선화의 최적화 혼합염색 조건 규명과 최적화 혼합염색 면직물과 쪽과 치자청/치자황 염색직물과의 3-배색에 대해 생리적 감성과 주관적 감성 고찰을 통하여, 감 염색직물의 색상과 쾌적 성질은 유지하면서 뻣뻣한 촉감을 보완할 수 있는 감과 봉선화 혼합염색 직물 개발과 함께 혼합염색 직물의 감성 특성을 추정 하였다는 점에서 의의가 있다. 앞으로 후속 연구에서는 다양한 섬유소재에 대한 감과 봉선화 혼합염색 최적화 조건을 규명하고 다양한 천연염색 직물 색채와의 배색을 대상으로 배색감성을 객관적으로 추정함으로써, 쾌적성과 감성 색채를 제공하는 감 염색직물의 부가가치를 높이기 위한 노력이 필요할 것이다.

주제어 : 감과 봉선화 추출물, 최적화 혼합염색기술, 천연염색 배색감성, 생리적 감성, 주관적 감성

List of Table

Table 1. Brain wave types and characteristics	16
Table 2. Frequency band width and state of mind for alpha and beta waves	16
Table 3. Characteristics of fabric specimens	31
Table 4. Dye concentrations of mixture dyeing	33
Table 5. Factors and limits for the Box-Behnken experimental design	39
Table 6. Experimental design matrix and coded values on experimental runs and mixture dyeing process values by box-behnken design	39
Table 7. Color combination types, area ratio, and photos of stimuli	43
Table 8. Physical color characteristics of each color for color combinations	44
Table 9. Physical color combination variables of stimuli	45
Table 10. Color emotion descriptors of color combinations	49
Table 11. Antimicrobial activity of persimmon and garden balsam dye	53
Table 12. Color characteristics of cotton fabric depending on dye concentrations in single dyeing	58
Table 13. Stiffness properties of cotton fabric depending on dye concentrations in single dyeing	60
Table 14. Physical color characteristics of cotton fabric depending on dye concentrations and color developing time in mixture dyeing	65
Table 15. Stiffness properties of cotton fabric depending on dye concentrations and color developing time in mixture dyeing	68
Table 16. Experimental design matrix and process values on experimental runs and response values of mixture dyeing by box-behnken design	69
Table 17. Regression coefficients and significance for ΔL_{10}^*	71
Table 18. Results of ANOVA for ΔL_{10}^*	72
Table 19. Optimization graph of response surface for ΔL_{10}^*	74
Table 20. Regression coefficients and significance for Δa_{10}^*	76

Table 21. Results of ANOVA for Δa_{10}^*	76
Table 22. Optimization graph of response surface for Δa_{10}^*	78
Table 23. Regression coefficients and significance for Δb_{10}^*	80
Table 24. Results of ANOVA for Δb_{10}^*	80
Table 25. Optimization graph of response surface for Δb_{10}^*	82
Table 26. Regression coefficients and significance for $\Delta E_{ab,10}$	84
Table 27. Results of ANOVA for $\Delta E_{ab,10}$	84
Table 28. Optimization graph of response surface for $\Delta E_{ab,10}$	86
Table 29. Regression coefficients and significance for flex stiffness	88
Table 30. Results of ANOVA for flex stiffness	88
Table 31. Optimization graph of response surface for flex stiffness	90
Table 32. Lower limit and upper limit of responses for dyeing with mixtures of persimmon and garden balsam extract	91
Table 33. Response surface optimization of mixtures of persimmon and garden balsam extract	92
Table 34. Numerical optimization of factors	93
Table 35. Dyeing fastness properties of cotton fabric dyed with mixture of persimmon and garden balsam	95
Table 36. Antimicrobial activity of cotton fabric dyed with mixture of persimmon and garden balsam	100
Table 37. One-way ANOVA results for differences of EEG signal at slow alpha among 3-color combination stimuli	101
Table 38. One-way ANOVA results for differences of EEG signal at alpha among 3-color combination stimuli	102
Table 39. One-way ANOVA results for differences of EEG signal at fast alpha among 3-color combination stimuli	103
Table 40. One-way ANOVA results for differences of EEG signal at low beta among 3-color combination stimuli	104
Table 41. One-way ANOVA results for differences of EEG signal at beta among	

3-color combination stimuli	105
Table 42. One-way ANOVA results for differences of EEG signal at slow alpha depending on color combination types	107
Table 43. One-way ANOVA results for differences of EEG signal at alpha depending on color combination types	108
Table 44. One-way ANOVA results for differences of EEG signal at fast alpha depending on color combination types	109
Table 45. One-way ANOVA results for differences of EEG signal at low beta depending on color combination types	110
Table 46. One-way ANOVA results for differences of EEG signal at beta depending on color combination types	111
Table 47. t-test results for differences of EEG signal at slow alpha depending on color area ratios	112
Table 48. t-test results for differences of EEG signal at alpha depending on color area ratios	113
Table 49. t-test results for differences of EEG signal at fast alpha depending on color area ratios	114
Table 50. t-test results for differences of EEG signal at low beta depending on color area ratios	115
Table 51. t-test results for differences of EEG signal at beta depending on color area ratios	116
Table 52. Correlation coefficients between EEG signal at slow alpha and physical color combination variables	118
Table 53. Correlation coefficients between EEG signal at alpha and physical color combination variables	120
Table 54. Correlation coefficients between EEG signal at fast alpha and physical color combination variables	122
Table 55. Correlation coefficients between EEG signal at low beta and physical color combination variables	124

Table 56. Correlation coefficients between EEG signal at beta and physical color combination variables	125
Table 57. KMO and bartlett test results for factor analysis of color emotion for 3-color combinations	127
Table 58. Factor analysis results for color emotion of naturally dyed cotton fabrics with 3-color combinations	129
Table 59. One-way ANOVA results for differences of color emotion factor scores depending on color combination types for all specimens	135
Table 60. One-way ANOVA results for differences of color emotion factor scores depending on color combination types for specimens with color area ratio of 2:2:2	136
Table 61. One-way ANOVA results for differences of color emotion factor scores depending on color combination types for specimens with color area ratio of 4:1:1	137
Table 62. t-test results for differences of color emotion factor scores depending on color area ratios	139
Table 63. Pearson's correlation coefficients between physical color combination variables and color emotion factors	142
Table 64. Correlation coefficients between EEG signal at slow alpha and color emotion factors	144
Table 65. Correlation coefficients between EEG signal at alpha and color emotion factors	145
Table 66. Correlation coefficients between EEG signal at fast alpha and color emotion factors	146
Table 67. Correlation coefficients between EEG signal at low beta and color emotion factors	147
Table 68. Correlation coefficients between EEG signal at beta and color emotion factors	148
Table 69. Prediction models for color emotion factors	149

List of Figure

Fig. 1. Research flow chart of this study	7
Fig. 2. Dye of persimmon and garden balsam	31
Fig. 3. Experiment protocol for measuring EEG responses	46
Fig. 4. Equipment of EEG signal measurement	48
Fig. 5. EEG electrode locations of EEG signal experiments	48
Fig. 6. FT-IR spectrum of persimmon dye	52
Fig. 7. FT-IR spectrum of garden balsam dye	52
Fig. 8. K/S values of cotton fabrics dyed with persimmon depending on color developing time	55
Fig. 9. K/S values of cotton fabrics dyed with garden balsam depending on color developing time	55
Fig. 10. K/S values of cotton fabric depending on concentrations of dye mixture and color developing time a) 100%, b) 150%, c) 200%	62
Fig. 11. The residual plots for a) normal probability plot, b) versus fits, c) histogram, d) versus order for ΔL^*_{10}	70
Fig. 12. Response contour plot and surface plot for ΔL^*_{10} indicating the effects of the mutual interactions on concentration of persimmon (X_1) and color developing time(X_2) on ΔL^*_{10} : a) contour plots b) surface plots	73
Fig. 13. The residual plots for a) normal probability plot, b) versus fits, c) histogram, d) versus order for Δa^*_{10}	75
Fig. 14. Response contour plot and surface plot for Δa^*_{10} indicating the effects of the mutual interactions on concentration of persimmon(X_1) and color developing time(X_2) on Δa^*_{10} : a) contour plots b) surface plots	77
Fig. 15. The residual plots for a) normal probability plot, b) versus fits, c) histogram, d) versus order for Δb^*_{10}	79
Fig. 16. Response contour plot and surface plot for Δb^*_{10} indicating the effects of	

	the mutual interactions on concentration of persimmon(X_1) and color developing time(X_2) on Δb_{10}^* : a) contour plots b) surface plots	81
Fig. 17.	The residual plots for a) normal probability plot, b) versus fits, c) histogram, d) versus order for $\Delta E_{ab,10}$	83
Fig. 18.	Response contour plot and surface plot for $\Delta E_{ab,10}$ indicating the effects of the mutual interactions on concentration of persimmon(X_1) and color developing time(X_2) on $\Delta E_{ab,10}$: a) contour plots b) surface plots	85
Fig. 19.	The residual plots for a) normal probability plot, b) versus fits, c) histogram, d) versus order for flex stiffness	87
Fig. 20.	Response contour plot and surface plot for flex stiffness indicating the effects of the mutual interactions on concentration of persimmon(X_1) and color developing time(X_2) on flex stiffness: a) contour plots b) surface plots	89
Fig. 21.	Air permeability of cotton fabric depending on dye types	97
Fig. 22.	Qmax values of cotton fabric depending on dye types	98
Fig. 23.	Water repellency of cotton fabric depending on dye types	99
Fig. 24.	Sun protection properties of cotton fabric depending on dye types	100
Fig. 25.	Relationship between EEG signal at slow alpha and physical color combination variables	118
Fig. 26.	Relationship between EEG signal at alpha and physical color combination variables	120
Fig. 27.	Relationship between EEG signal at fast alpha and physical color combination variables	122
Fig. 28.	Relationship between EEG signal at low beta and physical color combination variables	124
Fig. 29.	Relationship between EEG signal at beta and physical color combination variables	126
Fig. 30.	Factor scores for naturally dyed cotton fabrics	132
Fig. 31.	Factor scores of color emotion for each specimen	134
Fig. 32.	Relationship between physical color combination variables and color emotion	

factors 142

Fig. 33. Relationship between experimental values and predicted values of factor
scores for 'comfort' 150

I. 서론

1. 연구 배경 및 필요성

최근 자연친화적 제품에 대한 관심이 높아지면서 생활영역 전반에 걸쳐 친환경적인 요소를 내포하고 있는 제품이 점점 주목받고 있다(Na & Kim., 2012). 또한 친환경 라이프스타일에 대한 관심이 높아지면서 패션분야에서도 지속가능하고 자연친화적인 패션이 중요한 트렌드로 자리 잡고 있으며, 이에 천연섬유제품에 대한 관심이 새롭게 형성되었다(Nam, 2010; Samanta & Konar, 2011). 천연염색은 천연염료 고유의 기능성이 부각되고 있을 뿐 아니라 합성섬유와 근본적 특성이 다른 환경 친화성을 가지고 있다(Kim, 2012; Cho, 2003). 천연염색은 식물성·동물성·광물성 자연염료를 사용하여 견직물, 면직물, 마직물 등의 섬유에 염색하는 것으로 자연친화적인 재료를 사용하여 환경오염이 적을 뿐 아니라 인체에 무해한 특징이 있다(Kim, 2021). 또한 천연염색의 색상은 전체적으로 채도가 낮고 튀지 않는 은은한 색상으로 자연스럽고 편안한 느낌을 주며 합성염료와는 다른 색다른 감성을 느끼게 한다(Cho, 2003). 따라서 천연염색 산업은 염재로 사용되는 식물 재배부터 천연염료 물질들을 사용하여 섬유에 염색하는 모든 수단으로 생산요소에 따라 부가가치의 차이가 크고, 소비자의 요구에 따라 감성, 기능성 등을 고도화 시켜나가는 기술 및 지식집약형 산업이라 할 수 있다(Kim, 2021).

감(영문: Persimmon, 학명: Diospyros Kaki) 염색은 제주지역을 중심으로 보편화가 되었는데, 감 염색한 옷을 갈옷이라고 하여, 이는 제주도민의 민족복식으로 농업, 어업, 목축업에서 실용적인 작업복 및 일상복으로 입혀져 왔다(Eom, 2002). 제주도에서는 음력 6~7월에 수확한 생 감(풋감)을 채취하여 짓쪄어서 짜낸 감즙에 직물을 넣어 주무른 후 햇빛에 7일~10일 정도 자연 건조하여 발색을 하였다(Byun, 2006). 대부분 면직물을 사용하여 염색하였고, 갈옷은 땀하여 풀을 칠하거나 다림질 등의 잔손질을 할 필요가 없었으며, 통기성이 좋아 시원한 여름 의복으로 주로 사용되었다(Park, 1995). 그러나 감 염색은 발색과정에서 날씨의 영향을 많이 받으므로 손질이 까다로우며 알칼리에 의해 변색이

일어날 뿐 아니라 뻗뻗하고 거친 촉감과 단순한 색상의 단점을 가지고 있다 (Hyun, 2011; Byum, 2006). 감 염색 관련 연구는 주로 감 염색의 단점을 보완하고 다양한 염색 및 실용화를 위하여 진행되어 왔다. 특히 전통적 감 염색의 자연발색에는 태양광과 발색장소, 7일~10일간의 발색기간이 필요하여 대량화 및 실용화에 어려운 부분이 많으므로, 이에 발색시간을 단축시키고 인력 소모를 줄이고 효율성을 높이기 위하여 자외선 조사(Kim & Kim, 2015; Han et al., 2004), 제논광 발색(Ha & Jang, 2013), 물에 의한 발색(Kim & Jang, 2017), 열 발색(Jung et al., 2008; Kim & Jang, 2009; Kang, 2015) 등의 발색관련 연구들이 진행되었다. 감 염색 관련 연구는 전통 염색 기법의 내구성, 항균성, 통기성 등 감 염색의 장점을 살리고 색상과 발색의 단점을 보완하여 실용화 및 산업화를 위한 다양한 연구가 활발히 이루어졌다. 이에 풋감과 감태(Sarmandakh et al., 2018), 감과 아선약(Lee & Jang 2018), 감과 히비스커스 꽃(Cho & Lee 2015), 감과 양과깍질 추출액(Han et al., 2006) 등 감과 다른 천연염재를 혼합 염색하여 다색화가 시도되고 있으나 소수에 그치고 있다. 따라서 감 염색과 다른 천연염색의 복합 및 혼합염색을 활용한 색상 다양화 및 염색성 증진 및 물성 개선을 위한 연구가 더욱 필요할 것으로 사료된다.

봉선화(영문:Garden balsam, 학명:Impatiens balsamina)는 아시아, 아프리카, 북미 등에 널리 분포하고 관상용, 공업용, 약용에 쓰이는 야생화초이다(Kim, 2004). 꽃의 형태가 봉의 형상을 닮아서 봉선화라는 이름이 붙었다고 전해지며, 우리나라에서는 울밑, 뜰안, 우물가에서 관상용으로 심어 친숙한 꽃이다(Choi & Jung, 1997). 습한 계곡이나 음지에서도 잘 자라나는 특성을 가지고 있는 1년 초 식물로 안토시아닌(Anthocyanidin) 계열의 염료를 갖고 있다(Chang & Kim, 2003). 봉선화에 대해서는 항진균 작용과 발육억제작용, 향미생물작용, 항균성 등 봉선화 추출물의 생리활성에 대한 연구들(Kang & Moon, 1992; Choi & Jung, 1997)과 봉선화 추출액을 견직물에 염색하여 봉선화의 염색성을 연구한 바(Chang & Kim, 2003)가 있다. 또한 봉선화 색소의 수용액은 주황색, 산성에서는 황색, 염기성에서는 적황색을 나타내며, 염색온도가 낮아질수록 노란색을 띠는 밝은 주황색으로 발색한다고 발표가 된 바 있다(Chang & Kim, 2003). 이에 감에 봉선화를 혼합염색하면 봉선화의 항균성과 안토시아닌 색소의 붉은색 색소가 감의 주요 성분인 탄닌의

갈색에 혼합이 되면서 감 염색직물의 뻣뻣하고 거친 촉감과 탁한 색상의 단점을 보완할 수 있을 것으로 사료된다.

천연염색은 전통기술과 전통상품으로의 인식이 높아짐에 따라 전통문화에 대한 가치가 재인식되면서 지역의 문화적 특성을 개발하여 산업화하려는 시도가 나타나고 있고, 지역적 특화 산업으로 발전하는 경향이 나타나고 있다(Kim, 2021). 지역 특화 산업은 어느 지역의 가장 특징적이고 번성한 사업으로 일반적으로 역사, 풍토, 경영자원 등의 요인으로 그 지역에 뿌리를 내린 것을 말할 수 있다. 그리고 지역 특화 전통문화 산업은 역사와 풍토에 밀접하게 결합되어 있으며, 상징적 생산 활동과 함께 산지의 이미지를 소비자들에게 강하게 인식시킬 수 있다(Kim, 2012). 지역특화 문화상품은 한 지역의 고유한 문화적, 정서적, 예술적 가치가 함축되어 있는데, 천연소재 및 천연염색 관련 대표적인 사례로 안동지역의 안동포(Kim, 2012), 한산면 지역의 한산모시(Cho et al., 2006; Hong & Ryu, 1997), 나주시의 쪽 염색(Hong & Kim, 2015; Liu, 2016), 제주도 감 염색(Cho et al., 2005; Lee, 1991; Ko, 2010), 청도군의 청도반시(Yun, 2009; Oh, 2020) 등을 들 수 있다. 특히, 천연염색 지역특화 상품으로 발전한 사례로, 나주의 쪽 염색과 제주도의 감 염색, 청도 감 염색을 들 수 있는데, 장인들이 꾸준한 노력으로 나주시가 쪽 염색을 중심으로 천연염색 산업을 지역재생정책의 일환으로 육성할 수 있었다고 하였으며(Hong & Kim, 2015; Liu, 2016), 청도군의 감 염색은 지역 특산 작물인 감을 이용하여 천연염색 제품, 사업화, 체험학습, 천연염색 관계자들의 네트워크화 지원을 통한 성공 모델을 제시하여 청도반시를 고부가가치를 지닌 청도 대표 지역 특산물의 반열에 올려놓았다고 하였다(Yun, 2009; Oh, 2020). 한편 제주도의 감 염색은 가장 오래된 전통을 가지고 있으며, 제주의 대표적인 전통염색으로 갈옷으로 불리며 민속복식으로 농업이나 어업, 목축업의 작업복이자 일상복으로 입혀져 온 제주도를 상징하는 옷이라 할 수 있는데에도 불구하고(Cho et al., 2005), 다른 지역에 비하여, 지역특화 산업으로의 육성과 발전이 상대적으로 부족한 실정이다. 이에 본 연구에서는 제주의 대표적 전통염색인 감 염색을 중심으로 타 천연염색과의 혼합염색을 하여 감 염색직물의 색채를 명도와 채도가 높은 색상으로 구현하고 뻣뻣한 성질의 강연성을 보완하는 방향으로 제주 지역특화 소재인 감 염색 직물의 물리적 성질을 개선하고 고유의 색채를 감

성 과학적으로 해석하여 물리적 성질과 감성이 결합된 고부가가치 지역특화 소재로서의 가치를 높이는데 도움을 주고자 한다.

색채감성은 색채를 통해서 느낄 수 있는 감성으로 색채에 대한 인간의 주관적 감성이라고 할 수 있다(Choi et al., 2016; Sung et al., 2016). 그리고 색채감성은 단일 색채에서 느끼는 감성과 여러 배색이 된 색채에서 느끼는 감성이 달리 나타난다(Choi et al., 2016). 배색은 두 가지 이상의 색이 서로 어울려서 한 가지 색으로는 얻을 수 없는 심미적 효과를 일으키는 색채의 활용방법으로 서로 다른 색을 배치하였을 때 여러 가지 효과를 나타낸다. 주로 색상, 명도, 채도의 3속성에 의해서 조화되는데 일반적으로 색상과 색조의 조화를 많이 고려하게 된다(Shin & Park, 2017; Hyung, 2003; Park, 2014). 배색의 색채 조화는 동일 색상 배색, 유사 색상 배색, 대조 색상 배색으로 분류되며(Cho, 2021), 배색의 이미지는 색상과 색조, 배색 효과 등에 따라 화려함, 온화함, 수수함 등 다양한 이미지로 가지고 있다(Park, 2014). 주로 색채감성 연구에서 주로 사용되는 주관적 감성 평가방법으로는 색채 감성평가 언어로 수집 및 추출을 하여 평가 척도를 개발한 후, 평가 척도를 이용한 색채감성 평가 및 분석을 하는 방식으로 이미지를 객관적으로 측정하고 수량화하는 방법이라고 할 수 있다(Lee, 2006). 그리고 특정 색채에 대한 선호도를 분석하거나, 색채에 대한 감각 이미지 평가 및 색채 감각 이미지를 대상으로 대표적인 감성요인을 추출하는 방식이 진행되어 왔다(Kim & Choi, 2010). 지역특유의 색채감성을 지닌 천연염색 소재 및 색채가 패션상품으로 호응 받기 위해서는 소비자의 색채감성에 영향을 미치는 요인을 정량적으로 파악하는 것이 필요하다(Yi et al., 2022). 천연염색 직물은 자연 그대로의 색상을 지니고 있어 편안함과 심리적 안정감을 부여하며, 전통적이며 자연적 수수한 이미지를 자아낸다(Yang & Yi, 2010). 천연염색 직물의 색채에 대한 색채감성 이미지의 연구(Yang & Yi, 2014; Yi, & Choi, 2009; Yi, 2016; Shin & Choi, 2017)는 황색, 적색, 청색 등의 천연염색 색채를 중심으로 이루어졌으나, 천연염색 직물의 배색 관련 연구는 황색과 적색, 청색 관련 배색을 중심으로 소수 이루어지고 있어(Yi et al, 2009; Lee et al, 2012; Yi et al, 2022) 미미한 실정이다. 이에 본 연구에서는 감물염색관련 발색시간 및 발색법의 간소화, 감과 봉선화 염료 혼합염색을 통한 염색성 및 기능성 증진으로 현대 패션 트렌드에 부응하는 패션소

재를 개발하고, 이를 지역특화 소재로 활성화 시킬 수 있을 것으로 기대할 수 있다. 또한 지역특화 천연물 소재를 적극 활용하여 감성적 천연염색 제품 개발을 함으로써, 지역특화 소재로서의 가치가 상승되고, 다양한 제품 개발로 이어져 지역적 특색을 알릴 수 있는 제품까지 가능할 것으로 기대할 수 있다.

이에 본 연구에서는 감 염색 면직물의 고유한 색채를 발현하면서 강연성을 보완할 수 있는 감과 봉선화의 최적화 혼합염색 조건을 규명하고, 최적화 혼합염색 조건으로 염색한 면직물과 쪽 염색 면직물 및 치자청/치자황 염색 면직물로 구성된 3-배색 직물의 색채에 대해 생리적 감성과 주관적 감성을 고찰함으로써 감과 봉선화의 최적화 혼합염색 기술을 적용한 천연염색 감성 배색의 예측 추정을 하고자 한다.

이 논문은 2020년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단 기초연구사업의 지원을 받아 수행된 연구임(No.2020R1A6A3A13073373).

2. 연구 목표

본 연구의 구체적인 목표는 다음과 같다.

첫째, 감과 봉선화의 단일 천연염색을 이용하여 면직물의 염색특성을 고찰함으로써 지역특화 천연염색소재인 감 염색직물의 색채를 구현하고 강연성을 보완하기 위한 감과 봉선화 혼합염색의 기본 조건을 파악한다.

둘째, 감 염색직물의 색채와 강연성을 최적화하기 위한 감과 봉선화의 면직물 혼합염색 조건을 규명하고, 최적화 조건에 의한 혼합염색 면직물의 염색견뢰도와 기능성을 확인한다.

셋째, 감과 봉선화의 최적화 혼합염색과 쪽 염색, 치자 청/황 혼합염색의 3색을 조합한 천연염색 면직물 3-배색에 대해 EEG 신호를 이용한 생리적 감성과 주관적 배색감성을 고찰한다.

넷째, 천연염색 면직물 3-배색의 물리적 배색특성과 생리적 감성, 주관적 배색감성요인 간의 정량적 관계를 토대로 배색감성요인과 생리적 감성의 예측 추정을 하고자 한다.

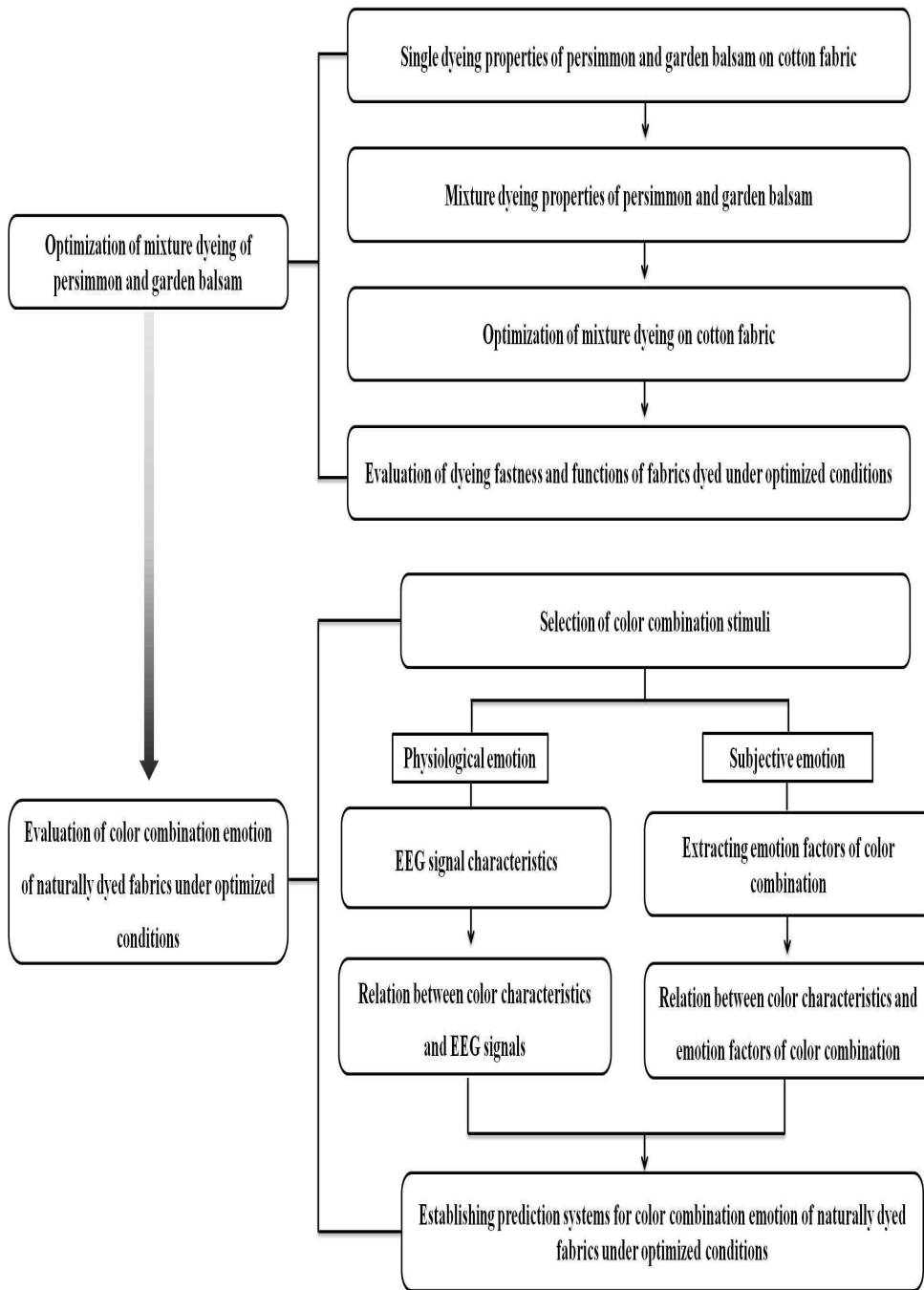


Fig. 1. Research flow chart of this study

II. 이론적 배경

1. 감과 봉선화 염색 연구

1) 감 염색 연구

감(영문: Persimmon, 학명: Diospyros Kaki)은 한국을 비롯한 일본, 중국 등의 동북아시아에 서식하고 있으며(Eom, 2002) 한국에서는 제주도를 중심으로 풋고욤이나 풋감을 사용하여 의류 또는 그물 염색에 이용해 왔다(Choi, 2018). 특히 제주도에서는 고욤나무가 많이 서식하였는데 고욤은 감과 비슷한 감나무과의 수목으로 한반도에 널리 분포하고, 일반 감나무에 비해 씨가 많고 크기가 작아 식용보다는 감물염색을 하는데 주로 사용이 되었다(Ahn, 2002).

감물은 7월~8월 사이 익지 않은 감을 이용하여 만드는 염료로 오래전부터 갈색계 염료로 옷을 염색하거나 공예 분야에서 주로 사용되었으며 감물을 만드는 방식은 익지 않은 생감의 즙을 이용한 방법과 생감의 즙을 발효한 후 사용하는 방식으로 사용되었고, 감물을 분말화하여 염료화하는 방법에 대한 연구가 이루어지고 있다(Choi, 2018; Ha & Jang, 2013). 감물은 다른 천연염색의 염색성과는 다른 특성을 지니고 있는데, 직물에 부착된 감물은 건조가 시작이 되면서 산화발색이 되는 메커니즘으로 다른 천연염색과 발색의 원리가 다르다(Eom, 2002). 그리고 일반적 천연염색은 표면과 이면이 동일한 색상으로 발현되지만 감물 염색은 건조과정에서 수분, 일광에 따라 동일한 직물에서도 다른 색상을 발현할 수 있다(Park, 2013). 대부분의 천연염료는 화학적 반응으로 인해 외부의 환경에 따라 색을 잃거나 반응하지만 감물 염색의 경우 감의 주요 성분인 탄닌이 산소, 일광, 효소 등에 의해 산화 축합되어 프로안토시아니딘(proanthocyanidine)을 형성하면서 갈색이 발색 되는 특징을 갖고 있다(Choi, 2018; Han et al., 2004). 염색에 사용되는 풋은 감은 주로 탄닌질로 구성되고 그 외 당분(sucrose), 펙틴(pectin), 트리테르페노이드(triterpenoid), 아스콜빈산(ascorbic acid), 카로틴(carotene) 등으로 구성되어 있다(Byun, 2006; Kang, 2015).

감물 염색은 제주지역을 중심으로 보편화가 되었는데 제주도에서는 음력 6~7

월에 수확한 생 감(풋감)을 짓찧어서 짜낸 감즙에 직물을 넣어 주무른 후 햇빛에 7일~10일 정도 자연 건조하여 발색을 하였고, 이렇게 감물 염색한 옷을 제주도에서는 갈옷이라고 한다(Byun, 2006). 갈옷은 제주도의 민속복식으로 농업, 어업, 목축업 등에서 실용적인 작업복 또는 일상복으로 입혀져 온 제주도를 상징하는 옷이다(Eom, 2002). 갈옷은 대부분 면직물을 사용하여 염색되었고, 감물을 들인 옷은 뻣뻣하여 풀을 하거나 다림질 등의 잔손질을 할 필요가 없었으며, 통기성이 좋아 시원한 여름 의복으로 주로 사용되었다(Park, 1995). 제주도의 갈옷은 내구성, 통기성, 강연성, 방수, 방충, 방부, 향균성, 향미생물성, 자외선차단성 등 기능적이고 위생적인 성능을 장점으로 가지고 있으나, 불균일한 색상과 일광 견뢰도가 약하여 변색 또는 탈색이 일어나는 단점이 있다(Han et al., 2005; Han et al., 2008; Han & Lee, 2010; Han, 2005; Han et al., 2004). Han(2005)은 감즙염색 면직물의 향균성을 고찰하였는데, 감즙농도가 증가함에 따라 정균성 99.97%~100%, 살균력은 97.74%~100%로 증가하였고, 저농도의 감즙에서도 탁월했다고 하였다. Lee(2010)에 따르면 감물염색 직물이 동물실험에서 알레르기성 피부염 억제 효과가 나타났다고 하였고, 감물 내에 함유된 폴리페놀 성분이 알레르기성 피부염의 증상을 완화시켜 준다고 하였다.

감 및 감물 염색 관련 연구는 주로 감물 염색의 단점을 보완하는 연구와 다양한 염색 및 실용화를 위한 연구들이 진행되어졌다. 감물 염색 직물의 염색성에 관한 연구로는 다음과 같았다. Han and Lee(2010)는 면직물과 견직물을 대상으로 뽕은감과 단감에 대한 염색성을 비교하였는데, 색차는 뽕은감액 염색포에서 가장 높게 나왔고, 감물염색 횟수가 증가할수록 명도는 감소하고 어두워지며, a^*_{10} 값은 증가하여 점차 짙은 갈색으로 발색되었다고 하였다 또한 매염에 따라 황갈색 계통의 색상과 Fe 매염포에서는 무채색의 회색, 흑색 색채가 나타났다고 하였다. Byun(2006)은 감물 염색과 발색 조건에 따른 특성을 검토하였는데, 침적시간에 따른 염색물의 발색농도의 차이는 크지 않았지만 균일한 염색을 위해서는 20분 이상의 침적시간이 필요하다고 하였고, 건조시간이 경과함에 따라 적색기의 황색으로 변색하며 명도가 감소하고 채도는 증가해서 전체적 색감이 어두워지면서도 선명해졌다고 하였다. 또한 일광을 7일간 조사한 시료와 자외선을 14시간 조사한 시료의 색상변화가 비슷하여 발색시간을 단축할 수 있었음을 확인하였다.

Huh et al.(2008)은 견직물의 감물염색을 중심으로 자외선 조사를 하였는데, 패딩 횟수가 증가함에 따라 강연도가 증가하였고, 땀, 마찰 견뢰도에서 4~5등급으로 우수하였으며, 자외선 조사를 하였을 때가 일광에 노출 했을 때보다 명도(lightness)가 더 밝고 채도가 증가하여 적황계열의 색채가 발현되었을 뿐 아니라 우수한 항균성과 소취성을 가지고 있다고 하였다. Lee and Yi(2013)는 제주산 풋감의 원액을 분말화한 염료를 제조하여 농도와 매염의 조건에 따른 면직물의 염착성과 색채 특성을 고찰하였는데, 감 염료의 염착량 최대 조건은 800%(o.w.f)이고, 색채는 모든 조건에서 Yellow Red계열로 동일하였으나, 염료의 농도와 매염에 따라 연한(p, pale), 밝은 회(ltg, light grayish), 부드러운(sf, soft), 칙칙한(d, dull), 회(g, grayish), 어두운 회(dkg, dark grayish)의 6가지 톤이 발현되었다고 하였다.

전통적 감물 염색의 자연발색에는 태양광과 발색장소, 7일~10일간의 발색기간이 필요하여 대량화 및 실용화에 어려움이 있다. 발색시간을 단축시키고 실용성을 높이기 위한 발색관련 연구로는 자외선 조사에 의한 발색(Kim & Kim, 2015; Han et al., 2004), 제논광 발색(Ha & Jang, 2013), 물에 의한 발색(Kim & Jang, 2017), 열 발색(Jung et al., 2008; Kim & Jang, 2009; Kang, 2015)등의 연구들이 진행되었다. Han et al.(2004)은 면직물을 중심으로 자외선을 이용한 발색을 하였는데, 감즙염색포의 발색시간이 증가할수록 L^*_{10} 값은 감소하고 색차, a^*_{10} , b^*_{10} 값이 증가하였고, 자외선을 이용한 발색은 전통적인 습윤 발색보다 a^*_{10} 값이 높게 측정되어 붉은 빛으로 발색되었으며 발색효과가 저하되지 않음을 확인하였다. Kim(2012)은 감물염색의 물에 의한 발색으로 순환물발색은 모든 온도에서 제논광에 의한 발색보다 발색성이 우수하였고, 낮은 온도에서는 순환의 효과가 뚜렷하였으며, 높은 온도에서는 온도의 효과가 매우 크게 작용하였다고 발표하였다. 물 순환 발색은 햇볕 없이 발색이 가능하고 에너지 절감의 효과가 있으나 어두운 색으로 발색이 되었다고 하였다. Jung et al(2008)은 감 추출액과 감 추출 발효액을 면직물에 패딩하여 열 발색을 하였는데, 모두 높은 색상 강도로 발색이 되어 열 발색이 가능하다는 것을 확인하였고, 열발색으로 세탁견뢰도가 아주 우수한 것으로 나타났다. 또한 열 발색은 200℃ 온도에서 60분이 최적 조건이라고 하였다. 그리고 Kim and Jang(2009)은 레이온 직물을 중심으로 열 발색의 효과

를 보았는데, 열 발색에 있어서 온도가 높을수록 발색성이 우수하고 발색되는 속도가 빨라 발색에 소요되는 시간이 현저히 감소하였다고 하였고, 열발색 온도와 시간이 증가할수록 L^* 값은 감소하고 a^* 값이 증가하였고 채도가 낮아 붉은 기미가 많은 어두운 색상으로 발색되는 경향을 보였다고 하였다. 그리고 접촉건열 방식의 열 발색은 140℃ 조건에서는 20~30분, 160℃에서는 5~10분이 최대발색 지점이라고 하였다.

감물 염색 관련 연구는 전통 염색 기법을 중심으로 내구성, 향균성, 통기성 등 감 염색의 장점을 살리고 색상과 발색의 단점을 보완하여 실용화 및 산업화를 위한 다양한 연구가 활발히 이루어졌으나 감물 염색 단일에 대한 염색연구에 비하여 감과 다른 천연염색의 복합 및 혼합염색에 대한 연구는 소수에 그치고 있다. 이에 감물 염색과 다른 천연염색의 복합 및 혼합염색을 활용한 색상 다양화 및 염색성 증진을 위한 연구가 더욱 더 필요할 것으로 사료된다.

2) 봉선화 염색 연구

봉선화(영문:Garden balsam, 학명:Impatiens balsamina)는 아시아, 아프리카, 북미 등에 널리 분포하고 관상용, 공업용, 약용에 쓰이는 야생화초이다(Kim, 2004). 1년생 초본으로 재배하고 있는 봉선화는 물봉선, 흰물봉선, 노랑물봉선, 미색물봉선 등의 물봉선류가 있는데 그 중 야생에서 자생하는 물봉선은 우리나라 고산과 습지대에 자생하고 있는 귀한 식물이다(Bang & Chong, 2013). 꽃과 잎은 명반이나 식초와 함께 찜어서 손톱에 물을 들이기도 하는데 꽃의 형태가 봉의 형상을 닮아서 봉선화라는 이름이 붙었다고 전해지며, 우리나라에서는 울밑, 뜰안, 우물가에서 관상용으로 심어 친숙한 꽃이다(Choi & Jung, 1997). 한방에서 봉선화에 대하여 종자를 급성자라하고 꽃을 봉선화로, 뿌리를 봉선근, 줄기를 봉선투골초로 분류하였고, 변비, 난산, 식체, 어육중독, 활혈, 소염, 진통 및 관절염, 생리불순, 타박상 및 뱀독제거 등에 봉선화 분위별로 사용되었다고 하였다(Lee, 1976; Bang, 2013).

봉선화의 색소는 안토사이나인(Anthocyanidin)으로 꽃, 잎, 줄기, 뿌리 등에 들어 있으며, 매염제에 의해 색상이 변하는 다색성 염료이다. 그리고 봉선화 색소의 수용액은 주황색, 산성에서는 황색, 염기성에서는 적황색을 나타낸다(Chang

& Kim, 2003). 안토시아닌 색소는 붉은색, 자색 등의 색을 가진 수용성 색소로 보통 배당체(Glycosides)로 존재하며, 안토시아닌의 안정성은 pH, 산소, 당(sugars)분해물질, 금속이온에 의해 영향을 많이 받는다고 알려져 있다(Kim, 2004).

봉선화에 대한 연구는 대부분 봉선화 식물에 대한 문헌적 연구와(Bang, 2013; Kim et al., 2003; Hong, 1993) 봉선화 성분에 대한 항균성 및 항산화, 미백활성 등의 관련 연구가(Kang & Moon, 1992; Moon & Kang, 1990; Kim, 2005; Roh & Hwang, 2012; Kim, 2010; Kim, 2011; Kang & Moon, 1992) 주로 이루어졌다. Bang(2013)은 봉선화과 식물에 대한 임상응용을 위하여 문헌들을 중심으로 약물의 기원과 성미, 효능, 성분과 약리작용 등을 조사한 연구를 통하여 봉선화를 약용으로 이용할 수 있는 귀중한 식물자원으로 평가하였고, Kang and Moon(1992) 봉선화의 항균성에 관하여 봉선화의 성분이 양성균과 음성균에 대한 항진균 및 발육억제 작용이 있다고 하였다. Choi and Jung(1997)은 봉선화를 잎, 줄기별로 나누어 물과 메탄올로 추출하여 추출물에 대한 항균방취가공을 위해 항균성을 검토하여 물 추출물보다 메탄올 추출물의 항균효과가 크고, 봉선화의 줄기보다 잎에서 항균효과가 크게 나타났다고 하였다. 봉선화를 이용한 천연염색 연구는 양모, 견직물을 중심으로 연구되어졌는데, Choi and Jung(1999)은 봉선화를 이용한 항균활성염료를 개발하기 위해 봉선화 잎, 줄기의 증류수 추출물로 양모직물과 견직물을 염색하여 염색포의 항균성은 염색 농도가 짙고, 염색횟수가 증가할수록 항균활성이 커진다. 또한 잎 추출물로 염색한 포의 항균활성이 줄기 추출물보다 크게 보였는데, 이는 잎 추출물이 줄기 추출물보다 항균활성을 나타내는 물질이 많이 함유되어 있기 때문이라고 하였다. Chang and Kim(2003)은 봉선화의 화학적 분석과 직물염료로서의 사용 가능성을 알아보기 위하여 견직물을 중심으로 염색 농도, 시간, 염색횟수, pH에 따른 염색성 변화와 산과 알루미늄 첨가에 따른 염색성의 변화를 연구하였는데, 봉선화의 부위나 꽃의 색과 관계없이 동일한 성분이 함유되어 있다고 하였고, 줄기는 붉은(Red)계열, 잎은 노란색(Yellow)계열로 발색이 되었다고 하였다. 또한 염색 온도가 증가할수록, 염색시간이 길어질수록 색차($\Delta E_{ab,10}$)값이 증가하고 염색온도가 낮아질수록 노란색을 띠는 주황색으로 발색한다고 하였다.

이렇게 봉선화를 천연염재로 이용한 천연염색 연구는 양모와 견직물을 중심으로 연구한 사례가 있으나, 아직 사례가 부족한 실정이다. 이에 항균성 및 항산화 성분인 봉선화를 천연염재로 활용하고 상용화 할 수 있는 연구가 필요할 것으로 보인다.

3) 감과 타 천연염재와의 혼합염색

천연염료의 대부분은 식물성 유래의 한약재가 주를 이루고 합성염료에 비하여 친환경적이나 천연염재의 특성상 단일적으로 사용할 경우, 합성염료에 비하여 염색성 및 견뢰도 측면에서 부족한 부분이 있다(Cho & Lee, 2015). 이에 주로 매염제를 사용하여 색상의 다양화 및 견뢰도를 높이기 위한 노력을 기울이고 있으나(Kim, 2015; Ju, 2001), 매염제를 사용할 경우 친환경성이 저하 될 수 있어 이를 보완하기 위해 기능성 또는 염색성이 좋은 천연염재와의 복합 및 혼합 염색을 고려할 필요가 있다(Han et al., 2006; Cho & Lee, 2015). 감물 염색은 항알러지성, 소취성, 자외선 차단성 등 항균성이 우수하고 위생적 성능이 있어 기능성 의류 소재로 이용가치가 클 뿐만 아니라, 천연염색 시 감물 전처리를 하면 감물의 탄닌으로 인해 표면 코팅효과가 나타나 염착성이 증대되고 염색성이 향상되는 효과를 볼 수 있어 유기 매염제로서의 역할을 한다고 하였다(Eom, 2002; Sung, 2011; Cho & Lee, 2015). 그리고 감물 염색과 다른 천연염재와 혼합염색을 통하여 다양한 색상을 발현하거나, 감물염색의 단점인 뻣뻣한 촉감을 개선하고, 직물의 염색성 및 기능성을 향상시키려는 노력이 이루어지고 있다(Kang, 2015; Sarmandakh et al., 2018; Seo, 2012).

감과 다른 천연염재와의 혼합염색 관련 연구로는 감물과 히비스커스 꽃(Cho & Lee, 2015), 꽃감과 감태(Sarmandakh et al., 2018), 감즙과 양파껍질(Han et al., 2006), 감물과 아선약(Lee & Jeong, 2018) 등으로 혼합염색 방식으로 한 가지 염료를 먼저 염색하고 난 다음 다른 염료를 염색방법(top dyeing)과 두 가지 염료를 혼합하는 혼합염색 방법(mixing dyeing)으로 분류되어 진행되었다. Cho and Lee(2015)는 히비스커스 꽃 추출액과 감물을 견직물에 복합염색하여 염색성 및 기능성을 검토하였다. 복합염색 방법으로 히비스커스 꽃 추출액 염색을 한 후, 감물에 침지하여 자연 건조하였는데, 히비스커스 꽃 추출액과 감물의 복합염

색 시에는 20분 정도 침지하는 것이 바람직하고, 히비스커스 꽃 추출액의 염색포가 3.8R에서 감물침지 후 11.4R, 11.5R, 11.6R로 색상이 점점 탁해지는 변화를 관찰하여 감물의 화학적 변화에 의해 색상변화를 가져온 것으로 보았으며 감물이 천연매염제의 역할이 가능함을 보여주었다. 또한 복합염색을 하면 세탁, 일광, 땀 견뢰도가 단독염색 보다 향상되었다고 하였고, 항균성은 99.9%의 정균 감소율을 보였으며, 소취성도 99%로 기능성이 향상되었다고 하였다. Han et al.(2006)은 감즙과 양파껍질 추출액을 견직물에 혼합염색을 하였는데, 혼합방식을 감즙 패딩 염색 후 양파염색을 하는 경우(P-O)와 양파염색 후 감즙 패딩 염색을 하는 경우(O-P), 감즙과 양파외피 추출액의 혼합물에 염색하는 경우(P+O)로 나누고 혼합염색 후 자외선 조사장치를 이용하여 발색하였다. 그 결과 혼합염색 O-P와 P-O는 단독염색에 비해 염색성이 증가하였고 P+O에서는 양파 단독염색보다 염색성이 저하되었으며, 명반 매염제를 사용하였을 때 밝아지는 효과를 나타내었다고 하였다. 그리고 자외선 조사 2~4시간 사이의 혼합염색이 감즙 단독염색보다 색차의 변화가 적고 변색을 억제하는 효과가 있다고 하였다. Sarmandakh et al.(2018)은 풋감과 감태의 분말을 94%와 6%로 혼합하여 분말화한 후, 면직물에 염료농도 800%, 욕비 1:50으로 하여 10분간 상온에서 IR 자동염색기(auto stainer)를 이용하여 염색한 결과 감물 단일 염색 직물보다 강연성이 약 42% 향상되었고, 색채 또한 감물 단일염색 직물과 차이를 인지하지 못하는 정도의 미미한 색차를 나타내어 감물 염색의 뻗뻗한 촉감을 개선하고, 이를 통해 국내 자생 천연자원을 효율적으로 활용한 연구 결과를 보여주었다. Lee and Jeong(2018)은 감물과 아선약을 면직물에 혼합염색방법으로 염색하여 열 발색의 효과 보았다. 혼합 염색방법으로 한 가지 염료를 먼저 염색하고 난 다음 다른 염료를 염색하는 방법(top dyeing)과 두 가지 염료를 혼합하는 혼합염색(mixing dyeing) 방법으로 하였다. 감물은 열발색 과정에서 L^*_{10} 값이 가장 많이 낮아지고, a^*_{10} , b^*_{10} 값의 증가변화가 가장 크게 나타난 반면, 아선약은 L^*_{10} 값의 변동이 적고 a^*_{10} , b^*_{10} 값의 증가 변화도 적었다. 이로부터 감물과 아선약 염제가 혼합되었을 때 발색의 경향은 L^*_{10} 값의 변동은 감물의 영향을 받고, 아선약 염제의 기여로 높은 a^*_{10} , b^*_{10} 값의 유지되어 어둡고 깊은 갈색이 얻어지며, 감물과 아선약을 혼합염색한 시료가 염착성이 가장 높고, 열 발색의 발색성도 가장 크게 나타났다고 하였다.

이와 같이 감과 다른 천연염색의 혼합염색은 한가지 염료를 염색한 후 다른 염료를 염색하는 방법으로, 복합적인 개념의 염색이 이루어지고 몇몇 연구에서는 염재들을 같이 혼합한 혼합염색 방법으로 이루어졌다. 이에 본 연구에서는 감물 염색의 뻗뻗한 촉감을 개선하고 다른 천연자원을 효율적으로 활용하기 위하여 감과 봉선화의 염료를 혼합한 혼합염색 방법을 사용하여 염색성 및 기능성을 파악하고자 한다.

2. EEG를 이용한 의류소재 및 의류의 생리적 감성 연구

1) 뇌파의 개념과 특성

뇌파(EEG, Electroencephalogram)는 인간 뇌 속의 전기적인 진동으로 대뇌피질내의 신경세포의 전기적 활동을 두피에 부착한 전극을 통하여 기록하는 것을 말한다(Hwang, 2017; Lee et al., 2014). 뇌파는 사람의 뇌신경이 보여주는 정기적인 변화를 측정하여 기록하는 것으로 인간의 의식 상태에 따라 변화하며, ‘뇌전위’ 또는 ‘뇌전도’라고도 한다(Hwang et al., 2013). 뇌의 전기적 활동은 신경세포(neurons), 교세포(glia cells), 혈뇌장벽(blood-brain barrier)에 의해 결정되며, 교세포와 혈뇌장벽에 의한 뇌파의 변화는 조금씩 천천히 일어나지만 신경세포의 뇌파 변화는 크고, 빠르며 다양하게 발생하여 주로 신경세포에 의해 발생하다고 볼 수 있다(Balas & Nelson, 2010; Park, 2001). 또한 뇌파는 개인의 차이가 있고 정상적인 뇌파라고 하여도 연령에 따라 다르며, 각성시 또는 수면시에도 개인차를 보인다고 하였다(Park, 2001). 뇌파는 주파수에 따라 알파(Alpha)파, 베타(Beta)파, 감마(Gamma)파, 델타(Delta)파, 세타(Theta)파 등으로 구분되며, 델타(delta)파는 깊은 잠에 빠졌을 때 나타나고, 세타(Theta)파는 졸리거나 깊은 명상 상태에서 나타난다. 또한 알파(Alpha)파는 이완상태일 때, 베타(Beta)파는 각성상태와 의식적인 행동을 할 때 나타나며, 감마파(Gamma)파는 극도의 각성과 흥분시 발생한다(Hwang et al., 2013; Lee & Lee, 2012). 특히 알파(Alpha)파는 뇌가 활동하고 있을 때와 휴식을 할 때 가장 많이 나오는 뇌파로, 느린 알파(Slow alpha)파와 빠른 알파(Fast alpha)파로 나눈다. 느린 알파(Slow alpha)파는 심신이 이완되어 편안한 휴식을 할 때나 잠들기 전에 나타나며, 빠른 알파(Fast

alpha)파는 베타(Beta)파와 가까워지면서 긴장된 상태일 때 나타난다고 하였다 (Kim, 2011). 베타(Beta)파는 눈을 뜨고 있을 때 발생하고, 전두엽에서 많이 출현이 되며 피곤함과 스트레스를 유발하는 상태일 때 나타난다. 베타(Beta)파는 낮은 베타(Low bata)파와 중간 베타(Mid beta)파로 나누어지는데, 낮은 베타(Low bata)파는 집중력이 높아질 때 나타나며, 중간 베타(Mid beta)파는 집중상태와 활동 상태에서 나타난다고 하였다(Ansorge et al, 2009; Kim, 2011). 뇌파의 주파수특성에 따른 종류와 특징은 <Table 1>에 나타내었고, 알파파와 베타파의 주파수 대역별 종류 및 특징을 <Table 2>에 나타내었다.

Table 1. Brain wave types and characteristics(Lee et al., 2014)

Brain band	Frequency band width	State of mind
Delta	0.5~4Hz	generating deep sleep
Theta	4~8Hz	meditation, beingsleepy, Hallucinations, use one's psychic powers
Alpha	8~13Hz	relaxation, calm state, lighthypnotic
Beta	13~30Hz	the active awareness, awareness, cognitive processing, tension
Gamma	30~50Hz	memory, learning, highest level cognitive processing, judgment, reminiscence

Table 2. Frequency band width and state of mind for alpha and beta waves (Choi, 2011)

Brain band	Frequency band width	State of mind
Slow alpha	8~11Hz	meditation state
Alpha	8~13Hz	tension and relaxation
Fast alpha	11~13Hz	calming, creative states
Low bata	12~15Hz	attention, concentration
Beta	13~30Hz	the active awareness, cognitive processing
Mid beta	15~20Hz	learning ability

2) 색채의 생리적 감성 연구

색채는 각기 다른 파장을 가지고 있으며 색채의 파장 차이가 사람의 시각에 다양한 영향을 끼치며, 색채를 통해 안정감이나 불안감과 같은 감정이나 생리적 반응을 느끼게 된다(Hong et al, 2009; Lee & Lee, 2012). 또한 색채를 통해 느껴지는 주관적 감성을 객관적으로 예측하고 정량화하려는 연구들이 시도되고 있다(Lee et al, 2018). 색채와 뇌파에 대한 선행연구들은 색채자극이 생리적 자극인 뇌파유형에 따라 이완과 각성의 효과를 보여주었음을 알 수 있다(Starchenk & Boitsova, 2010; Yoto, et al., 2007; Chong, 2002; Hong et al., 2009; Hwang, 2017). Starchenk and Boitsova(2010)는 파랑색과 초록색에서 이완을 유도하는 알파파의 증가가 나타난 반면 빨강색과 주황색에서는 베타파와 감마파의 증가가 나타났다고 하였고, Yoto, et al.(2007)은 파랑색, 초록색, 검정색이 이완과 인식, 주의집중을 유도하는 알파파의 증가를 보였다고 하였다. 또한 Chong(2002)은 파랑색과 초록색의 한색계통 색채조명 자극에서 알파파의 활성화가 나타났고, 빨간색과 노란색의 난색계통 색채조명 자극에서는 베타파의 활성화를 나타내었다고 하였다. Hong et al.(2009)은 컬러테라피에서 적색과 청색, 녹색 등 색상에 따른 뇌파의 변화를 스트레스가 높은 집단과 낮은 집단으로 나누어 비교한 결과, 스트레스가 높은 집단이 청색과 녹색의 자극에서 이완 정도가 크고, 알파파가 상승하며 베타파가 감소하였다고 하였다. Hwang(2017)은 색상이 인간의 시지각에 미치는 영향을 뇌파 측정기를 이용하여 분석한 결과, 각성반응에 대한 이완반응 정도를 분석하는 RAB(Ratio of Alpha to beta, 8-13Hz/13-30Hz)의 뇌파지표에서 전두엽에서 가장 높은 이완반응을 나타내었고 무채색보다 유채색에서 이완반응이 더 컸다고 하였다.

3) 의류소재 및 의류의 생리적 감성 연구

의류 소재 및 의류 분야에서도 생리적 신호인 뇌파를 활용하여 주관적 감성을 정량화하고자 하는 연구들이 이루어져왔다(Bang & Kim, 2012; Choi, 2004; Lee & Lee, 2020; Park & Chun, 2013). Bang and Kim(2012)은 노년기 여성의 일반적인 성인 여성용 의복 착용시와 여유분을 더하여 수정된 의복 착용 시의 쾌적성을 뇌파와 심전도를 이용하여 측정한 결과, 알파파와 High베타파에 대한 알파파

의 비율값이 높게 나타나 착용 쾌적성의 높은 노년기 여성의복을 검증하였다. Park and Chun(2013)은 압박감이 다른 3종류의 컴프레션 거들을 착용시키고 안정 시 알파파와 베타파를 분석한 결과, 1.9kPa이하의 의복압에서는 알파파의 절대파워값이 상승하고, 스트레스 지수가 감소하여 신체적, 정신적으로 긴장이 이완되고 스트레스가 해소되며, 안정 상태를 유지한다고 하였다. Lee and Lee(2020)는 표면 소재와 충전재를 다르게 하여 제작한 섬유 애착물인 쿠션에 따른 효과를 신경생리학적 평가방법인 뇌파를 통해 살펴 본 결과, 알파파와 베타파 활성화에 차이가 있음이 검증되었고, 여성의 경우 남성에 비해 애착물이 있으면 더욱 주의집중하고 마음이 안정되는 것으로 해석할 수 있다고 하였다. 따라서 의류 소재 및 의류 분야에서는 착용을 하거나 쓰다듬거나 껴안기 등의 행동을 취한 후 느껴지는 주관적 감성에 대해 뇌파를 활용하여 쾌적성 및 안정감의 감성의 정량화하려는 경향을 보였다.

Choi(2004)는 상반된 촉감 특성을 가지는 견직물과 마직물을 대상으로 촉감에 따른 생리적 반응을 측정된 결과, 견직물에서 느린 알파파(Slow alpha)가 증가하고, 마직물에서는 감소하는 추세를 보였다. Kim et al.(1997)은 직물 촉각 자극에 의한 뇌파를 분석한 결과, 미끄러운 질감의 합성섬유는 느린 알파파(Slow alpha)와 세타파(Theta)의 상대적 출현량이 많았고, 느린 베타파(Slow beta)의 출현량은 적게 나타났다고 하였다. Lee and Cho(2014)는 친환경소재인 천연착색 유기면 직물을 대상으로 시·촉각적 감성을 심리적 방법과 뇌파를 분석한 결과, ‘매끄러움’, ‘유연함’, ‘고급스러움’, ‘화려함’ 감성과 선호도는 대체로 베타파(Beta)와 정적인 관계를 보이고, ‘가벼움’, ‘정적인’, ‘여성적인’ 감성은 알파파(Alpha)와 세타파(Theta)와 정적인 관계를 나타내었다고 하였다. 또한 직물로부터 유발되는 시·촉각적 감성의 차이는 미미하나 심리 생리적 반응으로 그 차이를 구분할 수 있었다고 하였다. 이에 촉감에 의해 느껴지는 감성을 알파파와 베타파, 세타파 등의 뇌파 대역대에서 나타나는 정량적 수치로 해석함으로써 주관적 감성과 생리적 반응의 관계를 나타내었다.

의류소재의 색채와 향기의 복합감성에 대한 생리적 신호인 뇌파와 주관적 감성 평가를 통해 주관적 감성평가로 파악하는데 한계가 있는 생리적 감성지표를 파악하고자 하는 노력들이 이루어져왔다(Badmaanyambu et al., 2019; Kim et

al., 2019) Badmaanyambuu et al.(2019)은 감귤의 오일을 담지한 마이크로캡슐로 가공한 면 편성물을 대상으로 EEG 신호와 주관적 향기감성을 평가한 결과, 초록 색상이 mid- α , fast- α , low- β 의 EEG 신호 대역대에서 많은 상대적 출현량을 유발하였고, low- β 의 대역대에서 회(grayish) 색조에 의한 상대적 출현향이 많이 나타나, 감귤 향기 식물에 대한 EEG 신호의 반응은 색상과 색조에 의해 영향을 받을 수 있었다고 하였다. 또한 주관적인 향기감성 “달콤한”과 “부드러운”, “편안한”의 향기감성은 안정 시의 알파파의 상대적 출현량과 부적 상관을 나타내었고, 주의집중의 높은 주파수 대역의 알파파와 각성의 감성으로 알려진 베타파의 상대적 출현량과 정적 상관을 나타내었다고 하였다. Kim et al.(2019)은 편백 정유를 함유한 마이크로캡슐을 가공한 면 편성물에 향기와 색채 톤을 조합한 6가지 시료에 대한 뇌파와 주관적 감성의 차이를 분석한 결과, 편백 정유의 강한 향기에서는 강한(strong)톤에서 알파파와 SMR파가 증가하고 대뇌의 대부분의 영역에서 뇌파가 활성화되어 강한 향기를 가진 강한(strong)톤의 그린 색상이 정신을 맑게 해주고 주의집중력을 증가시킨다고 하였다.

그러나 천연염색 색채와 감성 관련 주관적 감성과 생리적 반응인 뇌파를 고찰하는 연구는 아직 미미한 실정이다. 이에 본 연구에서는 천연염색에 대한 배색감성을 뇌파와 주관적 감성을 고찰하여 생리적 감성지표를 파악하고 주관적 감성과의 관계를 분석하고자 한다.

3. 천연염색 의류소재 및 의류의 색채감성 연구

1) 단색과 배색의 색채감성

색채는 물리적 특성과 감성적 특성이 공존하는 것으로 물체의 색을 지각함과 동시에 생겨나는 느낌이나 연상 등을 같이 경험하는 것이며, 사회적 변화에 민감하고 선호하는 경향이 다르게 나타난다. 색채감성은 색채를 통해서 느낄 수 있는 감성으로 색채에 대한 주관적 감성이 발현된다(Choi et al., 2016; Sung et al., 2016). 그리고 색채의 심리적 기능성과 감성효과는 실생활에서 인간의 감성과 감각에 많은 영향력을 끼친다(Lee, 2010). 색채에 대한 감성적 인식은 개인에 따라 어릴 적 경험이나 인간관계, 교육, 고정관념 등의 다양한 영향에 따른 개인의 성

향이 반영된다고 할 수 있다(Sung, 2012). 또한 색채감성은 인간의 본성과 함께 후천적인 학습에 의해서도 형성되어 개인적 성향에 따라 주관적이지만, 후천적인 학습을 통해서 공통적이고 객관적인 색채 감성이 적용될 수 있다(Choi et al., 2016). 국가나 집단의 색채감성은 단시간에 형성되는 것이 아니며 여러 가지 요인에 의해 영향을 받아 독특한 색채 특성을 갖게 되고, 한번 형성된 색채감성은 고정되는 것이 아닌 복합적인 요인에 의해 변한다(Je, 2010). 그리고 단일 색채와 여러 배색이 된 색채에서 느끼는 색채 감성도 다르다(Choi et al., 2016).

배색은 두 가지 이상의 색이 서로 어울려서 한 가지 색으로는 얻을 수 없는 심미적 효과를 일으키는 색채의 활용방법으로, 서로 다른 색을 배치하였을 때 여러 가지 효과를 나타내며 조합하는 색과 수에 따라 복잡하고 다양한 인상을 만들어 낸다. 주로 배색은 색상, 명도, 채도의 3속성에 의해서 조화되는데 일반적으로 색상과 색조의 조화를 많이 고려할 수 있다(Shin & Park, 2017; Hyung, 2003; Park, 2014). 배색의 색채 조화는 동일 색상 배색, 유사 색상 배색, 대조 색상 배색으로 분류하는데 동일 색상 배색은 명도와 채도가 다르더라도 같은 색상으로 조화가 생기는 관계이고, 유사 색상 배색은 색상환에서 가까운 위치에 있는 색의 조합을 말하며, 대조 색상 배색은 색상환에서 서로 반대편에 위치한 색상끼리 조합하는 배색을 말한다(Cho, 2021). 배색에 따른 이미지는 색상과 색조, 배색 효과 등에 따라 화려함, 온화함, 수수함 등 다양한 이미지를 나타낸다(Park, 2014).

색채이미지를 측정하는 방법은 연상법, 일대일 비교법, 순위법, 의미미분법 등이 있다. 구체적으로 정리하면, 연상법은 색채 자극물에 대해 자유롭게 평가하는 방법의 자유연상법이 있고, 색채 자극물 평가 시 평가 방법에 제한을 두는 제한 연상법이 있다. 그리고 자극물을 서로 비교 평가하는 일대일 비교법과 자극물에 우선순위를 정하는 순위법, 그리고 오스굿(Osgood)이 개발한 SD법인 의미미분법 등이 색채이미지를 측정하는데 활용되고 있다(Sung, 2012; Choi et al., 2016). 그리고 색채감성은 색의 3속성인 색상, 명도, 채도를 중심으로 색의 3속성의 차이에 따라 느끼는 감성의 정도가 달라진다고 하였다(Lee, 2010). 주로 사용되는 색채감성 연구의 방법으로는 색채 감성평가 언어 수집 및 추출을 하여 평가 척도를 개발한 후, 평가 척도를 이용한 색채감성 평가 및 분석을 하는 방식으로 이미

지를 객관적으로 측정하고 수량화할 수 있는 방법이라고 할 수 있다(Lee, 2006). 그리고 일반적으로 특정색채에 대한 선호도, 색채에 대한 감각 이미지 평가 및 색채감각이미지를 대상으로 대표적인 감성요인을 추출하는 방식이 진행되어 왔다(Kim & Choi, 2010).

단일 색채감성 요인에 대한 연구는 주로 컬러 차트를 이용한 색상과 톤, 색조를 중심으로 감성평가가 이루어졌고, 컬러 차트를 자극물로 하여 감성의 차이를 평가하거나(Je, 2010; Lee, 2010; Lee et al., 2012), LED 조명 또는 광색, 디지털 컬러에 대한 감성의 차이를 평가한 연구가 진행되었다(Oh & Kwak, 2015; Min, 2012; Baek et al., 2010). Lee(2010)는 우울증 환자의 색 선호도와 색채 감성 연구에 관하여 일반인은 색채에 대해 ‘활기찬’ 이미지가 높았으나 우울증 환자는 색채에 대해 난색은 ‘활기찬’ 이미지가 높았고, 한색에서는 ‘우울한’ 이미지가 높았다고 하였다. Min(2012)은 디지털 컬러의 색상별 면적 변화에 따른 감성 반응 결과로 채도가 커지거나 선명해질수록 ‘입체감’, ‘선명한’, ‘풍부한’이 높은 반응을 보이고, 색 면적이 클 때 ‘입체감’, ‘선명한’, ‘풍부한’에서 더 느껴지며, 색 면적이 작아질수록 ‘입체감’, ‘선명한’, ‘풍부한’이 덜 느껴진다고 하였다. 그리고 Lee et al.(2012)은 색채감성에 대하여 일반인과 전문가의 차이를 보았을 때, 색채감성은 색상보다 톤에 의한 영향이 크고 일반인 그룹보다 전문가 그룹에서 보다 식별력이 높고 감성을 섬세하게 판단할 수 있다고 보고하였다. Baek et al.(2010)은 LED 광색의 각 색상계열별 밝기와 채도에 따른 감성변화를 분석한 결과, 모든 색상계열에서 밝기가 어둡거나 채도가 높은 색에 대하여 동적이고 딱딱한 감성을 보이고, 밝기가 증가하거나 채도가 낮은 색에 대하여 정적이고 부드러운 감성으로 변화하여 LED 광색의 색상과 밝기가 감성변화에 큰 영향을 미친다고 하였다.

배색감성에 대한 연구들은 톤과 색채, 면적비에 따른 연구가 주로 이루어졌다. Chung(2018)은 노인의 시각적 특성을 고려한 색채의 배색을 효과적으로 활용하기 위하여 형용사별 연상되는 3색 배색을 위해 KS 표준색 155색(Hue&Tone) 색상을 활용하였으며, 색의 범위와 색조(tone), 배색기법을 알아보았다. 그 결과, 형용사별에 따른 3-배색은 전체적으로 난색 계열의 빨강계열, 노랑계열의 색상과 일부 중성색인 연두계열 색상들로 유사색상 배색, 반대색상 배색들로 배색이 많

왔고, 증명도/고채도와 톤 차이가 비슷한 유사색조배색과 톤 차이가 큰 대조색조 배색들이 많았으며, 3색 배색들은 색상이나 톤 차이가 명확히 구분되는 것으로 배색되었다고 하였다. Hyung(2003)의 연구에서는 전통건축 이미지를 색채 분석 프로그램으로 분석하여 색채팔레트를 생성하고 이미지의 배색을 분석하여 6개의 배색유형을 추출하였으며 각 유형별 24개씩 총 144개의 배색코드를 생성하였다. 또한 유형별 배색코드의 전반적인 색채 이미지를 분석하여, ‘현대적인’, ‘전통적인’, ‘도시적인’, ‘전원적인’, ‘고급스러운’, ‘편안한’, ‘여성적’, ‘남성적’의 여덟 가지 형용사 어휘별 배색코드를 분류하여 아파트 외장색채 계획 시 기초 자료가 될 수 있는 색채계획의 모델을 제시하였다. Shin and Park(2017)은 3D 모델링에 의해 제작된 실내공간 배색이미지와 설문지를 이용하여 배색과 조명에 따른 인간의 색채감성을 분석한 결과, 조도 200lx에서는 연령에 따른 색채감성의 차이가 뚜렷하게 나타난 반면, 조도 500lx에서는 연령에 따른 색채감성의 차이가 나타나지 않았다. 또한 단일배색, 유사배색, 대비배색 공통적으로 ‘탁한-선명한, 정적인-활동적인, 어두운-밝은’ 3쌍의 형용사 어휘에서 그 값의 차이가 확실히 구분되는데, 60대는 동일한 색을 20대와 40대에 비해 덜 탁하고, 덜 정적이며, 덜 어둡다고 인지한다고 하였다. Park(2014)은 잡지 광고를 자극물로 단색배색, 유사색 배색, 보색 배색, 톤 온 톤 배색, 톤 인 톤 배색의 총 5가지 배색을 선정하였다. 광고 반응의 요인분석 결과, 단색 배색과 유사색 배색은 4요인(독특, 유용/환상, 충격, 혐오 요인)으로 나타났고, 보색 배색, 톤 온 톤 배색, 톤 인 톤 배색은 3요인(유용, 독특, 혐오)이었다. 또한 단색 배색과 유사색 배색은 광고 반응의 매력, 유용/환상이 높고, 혐오, 충격성이 적을수록 호의적인 광고 태도를 나타내며, 매력, 유용/환상을 높게 인지할수록 긍정적인 브랜드 태도를 나타내었다고 하였다. 이에 단일 색채감성은 주로 컬러 차트, 조명, 디지털 컬러를 중심으로 색상과 톤, 색조에 대한 감성의 차이를 평가하였고, 배색감성에서는 배색과 조명, 잡지광고 등 다양한 분야에 톤과 색채, 면적비에 따른 연구가 주로 이루어졌다. 따라서 일반적인 단색과 배색의 색채감성 연구에는 다양한 자극물로 색채감성과 배색감성의 연구가 다양하게 이루어졌음을 알 수 있다.

2) 의류소재 및 의류의 색채감성

의류소재의 색채, 질감, 패턴 등은 의류소재 감성의 주요 요소로 인식되고, 그 중 색채는 인간의 지각에 영향을 주는 가장 민감한 요소로 시각적 요소 중, 형태와 재질보다 우선적으로 지각된다고 하였다(Yi & Choi, 2008; Weon & Kim, 2001). 의류소재의 표면적 특성인 색채 톤, 무늬, 질감 등의 시각적 효과에 따라 패션제품의 이미지와 감성이 달라질 수 있으며, 의류소재의 시각적 효과로 인하여 패션제품의 이미지 창출 및 감성적 쾌적감을 유발 시킬 수 있다고 하였다(Kim & Choi, 2016). 그리고 의류 소재 종류에 따라 색채감성의 차이를 나타낼 수 있으며, 색채와 시각적인 질감이 의류 소재의 시각적인 이미지에 영향을 미친다고 하였다(Lee & Yi, 2010). 의류 소재는 한 가지의 단일 색보다 두 가지 이상의 색이 조합된 배색으로 이루어지는 경향이 많고, 의류분야에서 배색은 의복의 이미지를 전달하는데 중요한 부분을 차지할 뿐 아니라 다양한 감성적 효과를 나타낼 수 있다(Sung, 2008). 의류소재의 색채감성의 연구들은 대부분 직물소재의 색채감성에 대한 색채특성과 시질감, 색조 등의 영향을 중심으로 이루어졌다(Kim & Choi, 2010; Lee & Lee, 2009; Lee & Lee, 2010). Kim and Choi(2010)는 9종의 블랙컬러 패션소재에 대한 색채감성과 선호도를 조사하여 소재의 구조적 특성, 색채특성 및 색채감성이 선호도에 미치는 영향을 분석한 결과, ‘심플/클래식’, ‘우아함’, ‘현대적’, ‘위엄성’의 4개 요인이 추출되었다. 색채감성 요인은 소재의 종류와 성별에 따라 유의한 차이를 보였고, 소재의 구조적 특성 및 색채특성과 유의한 상관관계를 나타내었다. 그리고 블랙컬러 패션소재의 촉감과 구매선호도에 영향을 주는 변인은 색채감성이라고 하였다. Lee and Lee(2009)는 유채색으로 날염한 면, 마, 견직물들을 대상으로 색채감성요인에 영향을 미치는 물리적 색채 특성을 확인하고, 직물의 시질감 특성이 날염시 색채감성요인에 미치는 영향을 규명하였다. 9종의 의류용 직물을 자극물로 디지털 날염기를 이용하여 색상과 색조 조합으로 날염을 하였으며, 직물의 색채감성요인은 ‘유쾌성’, ‘인상성’, ‘경연성’, ‘성숙성’, ‘온도성’의 5개 색채감성요인이 추출되었다. 또한 색채감성요인은 물리적 색채 성질 CIE L^*_{10} , a^*_{10} , b^*_{10} 및 C^*_{10} , 색조의 유의한 영향을 받았음을 확인하였고, 색조가 시질감 특성에 가장 큰 영향을 받는다고 하였다. Lee & Lee(2010)는 면과 마, 견직물을 대상으로 색채의 물리적 성질을 체계적으로 조작

한 후 직물이 시각적 질감이 색채감성에 미치는 영향을 고찰한 결과, 직물의 색채감성요인으로 ‘유쾌성’, ‘강경성’, ‘성숙성’, ‘자연성’, ‘온도성’의 5개 요인이 추출되었다. 또한 색채감성요인은 물리적 색채 성질인 CIE L^*_{10} , a^*_{10} , b^*_{10} 및 C^*_{10} , H^*_{10} 색상과 색조에 의하여 유의한 영향을 받으며, 직물의 시각적 질감특성에 따라 표면 색채감성의 인지에 차이가 있음을 확인하였다.

의류는 한 가지의 단일 색보다 두 가지 이상의 배색으로 이루어진 경우가 많으며, 패션 제품의 부가가치와 경쟁력을 높이기 위해 다양한 배색연출이 이루어지고 있다(Lee et al., 2012). 의류소재의 배색감성의 연구들은 의복의 배색, 와이셔츠와 넥타이 배색, 넥타이 문양 등을 중심으로 이루어졌다(Yu, 2002; Kang & Lim, 2005; Sung & Kang, 2007). Yu(2002)는 색채 배색에 의해 형성되는 의복의 이미지를 파악하기 위하여 배색 이미지척도를 개발하여 의복의 배색이미지 효과를 측정하고 특성을 파악하기 위한 연구로, 여성용 정장의 배색 이미지를 유채색 배색, 유채색과 무채색 배색, 무채색의 배색으로 나누어 특성과 차이를 분석하였다. 배색의 이미지 요인으로 매력성, 친근성, 젊음성, 역량성, 유연성의 5개 요인이 추출되었고 모든 배색이미지는 대체로 매력성 이미지가 잘 나타나고, 톤온톤 배색과 무채색 배색은 친근성 요인의 이미지를, 보색배색과 유채색/무채색 배색은 젊음성 요인의 이미지를 가장 잘 나타내었다고 하였다. Kang and Lim(2005)은 와이셔츠와 넥타이의 배색에서 색상은 동일하게 하고 채도는 중간으로 통제하여 명도 변화를 준 톤온톤 배색의 조화를 알아보았는데, 셔츠 톤과 타이 톤이 톤온톤 배색의 조화감 평가에 지배적인 영향을 주는 요인인 반면 색상은 영향을 미치지 않았다고 하였다. Sung and Kang(2007)은 사선 스트라이프 넥타이의 문양에 4가지 색상의 톤온톤 배색을 사용하여 그 면적비를 변화시켜 남성복 착용자의 이미지에 미치는 영향을 규명하였다. 넥타이 색상, 톤 면적비, 성별에 따른 3색 사선 스트라이프 넥타이 착용자의 이미지를 ‘활동성’, ‘능력성’, ‘매력성’, ‘현시성’, ‘온유성’의 5개 차원으로 도출하였고, 3가지 톤으로 이루어진 색면적의 대비를 살펴 본 결과, 넥타이 색상에 따라 차이는 있으나 동일 색상도 3가지 톤의 양적비례에 따라 이미지가 다를 수 있다고 하였다.

3) 천연염색 의류소재 및 의류의 색채감성

천연염색 직물은 자연 그대로의 색상을 지니고 있어 편안함과 심리적 안정감을 부여하며, 전통적이며 자연적 수수한 이미지를 자아낸다(Yang & Yi, 2010). 전통적인 천연염색이 자연주의를 대표하는 패션제품 기술로 재조명되면서 패션 산업에서도 천연염색에 대한 연구와 제품 개발이 활발하게 이루어지고 있다(Lee et al, 2012). 천연염색 제품화에 있어 천연염색 색채의 재현성 및 견뢰도 향상도 중요한 부분이나 천연염색 직물의 독특한 자연색채로 소비자의 구매동기를 유발할 수 있다면 천연염색물의 사용을 촉진시킬 수 있을 뿐 아니라 실용화에 큰 도움이 될 수 있다고 하였다(Choi et al, 2005). 천연염색 직물의 염색성과 견뢰도, 기능성 등에 관한 많은 연구들이 보고되고 있고(Choi, 2002; Lim et al., 2001; An & Kim, 2001; Jeon et al., 2003), 천연염색 직물의 색채에 대한 색채감성 이미지의 연구들도(Yang & Yi, 2014; Yi, & Choi, 2009; Yi, 2016; Shin & Choi, 2017) 황색, 적색, 청색 등의 천연염색 색채를 중심으로 이루어졌다. 그러나 천연염색 직물의 배색 관련 연구는 황색과 적색, 청색의 배색을 중심으로 소수 이루어지고 있으나(Yi et al, 2009; Lee et al, 2012; Yi et al, 2022), 미미한 실정이다.

천연염색 직물의 단색 색채감성 연구는 대부분 황색, 적색, 청색, 녹색 등을 중심으로 이루어지고 있다(Choi et al, 2005; Yang & Yi, 2014; Yi, & Choi, 2009; Yi, 2016; Shin & Choi, 2017; Yi & Choi, 2008). Shin et al.(2018)은 친환경적이고 감성적인 패션상품의 소재기획을 위하여 쪽과 괴화의 복합염색 견직물을 대상으로 색채특성을 측정하고, 연두색 견직물에 대하여 색채감성과 선호도를 분석하였다. 연두(YG) 색상 견직물의 색채감성 요인분석 결과, ‘유쾌성’, ‘품위성’, ‘편안성’ 요인으로 분류되었으며, 쪽 농도와 매염제에 따라 색채감성의 유의한 차이를 나타내었다고 하였다. 또한 색채특성과 색채감성요인 간에 유의한 상관성을 나타내어 L^*_{10} 값, b^*_{10} 값, C^*_{10} 값이 크고 a^*_{10} 값이 작을수록 ‘유쾌성’과 ‘편안성’ 감성이 강하게 느껴지고, L^*_{10} 값이 작고 a^*_{10} 값이 클수록 ‘품위성’ 감성이 더욱 느껴진다고 하였다. Choi et al.(2005)은 치자, 울금, 황벽, 홍화, 괴화, 양파의 황색계 천연염료를 이용하여 염색한 견직물의 색채이미지를 고찰하였다. 황색의 색채이미지로 ‘명량성’, ‘편안성’, ‘전원성’, ‘현시성’ 4가지 요인으로 분석되었고, 그 중 ‘명량성’ 요인이 황색의 색채이미지에서 가장 중요한 요인으로 나타났다. 또한 L^*_{10}

값, a_{10}^* 값, b_{10}^* 값 중에서 명도가 선호도에 미치는 영향이 크며, ‘명량성’과 ‘편안성’, ‘현시성’ 요인이 클수록, ‘전원성’ 요인은 작을수록 선호도가 크게 향상되었다고 하였다. Yi and Choi(2009)는 황색과 적색계열의 천연염색 직물을 중심으로 색채감성요인을 규명하고 색채감성요인과 색채감각간의 관계를 고찰하였다. 황색과 적색계열의 천연염색 직물의 색채감성요인으로 ‘활동성’, ‘독특성’, ‘편안성’ 3가지 요인으로 도출되었고, 이 중 ‘활동성’은 황색과 적색의 천연염색직물 색채감성의 가장 중요한 색채감성요인이라고 하였다. 그리고 황색계열 천연염색 직물의 색채는 ‘활동성’ 감성 경향이 높았고, 적색계열에서는 ‘독특성’ 감성이 더 강하게 나타났으며, ‘편안성’ 감성요인은 색채의 영향을 덜 받는 것으로 나타났다고 하였다.

천연염색 직물의 배색 관련 연구는 천연염색 제품을 중심으로 배색이미지를 제안하는 연구와 황색과 적색계열의 천연염색 배색직물, 감과 쪽 천연염색 배색직물의 색채감성 연구들이 이루어졌다(Kang & Choi, 2005; Yi et al., 2009; Ko, 2010; Kim, 2010; Yi et al, 2009; Lee et al, 2012; Yi et al, 2022). Kang and Choi(2005)는 톤 인 톤 배색을 중심으로 하여 저고리색, 치마색, 톤의 변화가 한복 착용자의 이미지에 미치는 영향을 규명하기 위하여 24쌍의 형용사 쌍을 중심으로 요인분석한 결과 ‘젊음’ & ‘활동성’, ‘매력성’, ‘현시성’ 요인의 3가지 차원으로 도출되었고, 이미지 차원에 따라 ‘젊음’ & ‘활동성’ 차원에서는 치마색과 톤의 영향을 미치는 것으로 나타났으며, ‘매력성’ 차원에서는 치마색이 주 효과로 독립적 영향을 미쳤고, ‘현시성’ 차원에서는 톤만이 유의적인 영향을 미친다고 하였다. Kim(2010)은 한복 유형에 따른 한복색과 배색의 선호도 평가를 통하여 한복 배색에 관한 전통성 인지도와 배색선호도에 따른 한복의 유형별 차이를 규명하였다. 전체적으로 다홍색과 색동이 가장 높은 전통성을 가진 것으로 나타났고, 배색의 전통성 평가결과 녹색과 다홍색, 송화색과 남색, 옥색과 남색, 황색과 남색에 대하여 전 연령대에서 유의한 차이를 나타내었다고 하였다. Ko(2010)는 제주 갈옷에 대한 제품분석을 바탕으로 갈옷의 이미지와 어울리는 배색을 제안하였다. 브랜드별, 용도별 제품 컬러의 출현빈도와 색상 군을 파악한 결과, 장파장, 난색계열의 5YR, 7.5YR, 10YR 색상의 황토색 계통을 띄고 있으며, 갈옷제품의 장점으로 내구성, 통기성, 자외선 차단, 물리학적 특성과 환경친화성, 제주의 전

통성 및 문화성 등의 요소라고 하였다. 그리고 갈옷 색채이미지와 구체적인 색채 영역을 분석하여 갈옷의 다양한 천연염색에 대한 갈옷과 조화된 배색연구를 제시하였다. Lee et al.(2012)은 천연염색 직물의 주요 색상인 적색과 황색의 배색 직물 조합을 대상으로 색채감성 및 배색직물의 색채감성 예측 모델을 제안하였다. 황색과 적색 배색 견직물의 색채감성평가 결과, 'Joyful', 'Natural', 'Classical', 'Soft'의 감성요인이 추출되었으며, 톤 조합 집단에 따라 백색 견직물의 색채감성요인에 유의한 차이가 있음을 확인하였다. 또한 색채 특성 변인인 CIE(Commission Internationale de l'Éclairage)와 먼셀의 색채값에서도 배색직물의 색채감성요인과 유의한 상관성을 가지는 것을 확인하였다. Yi et al.(2009)은 국내외 시판 천연염료를 이용하여 의류용 실크직물에 다양한 색채를 발현하여 색채의 배색 시스템을 구축하였으며, 천연염색 패션상품의 개발을 제안하였다. 천연염색 실크직물은 주로 증명도 중채도 이하의 톤이 발현되었고, 동일톤과 유사톤의 3배색 시스템이 구축되어 천연염색 배색을 적용할 수 있는 한국적·현대적 텍스타일 모티브를 개발하였다. Yi et al.(2022)은 감과 쪽으로 염색한 2배색 직물에 대한 한국인과 중국인의 색채감성과 선호도에 대한 국가 간 비교 고찰을 하였다. 그 결과 한국인은 감과 쪽의 천연염색에 대한 사전지식과 경험에 의해 주관적 색채감성이 영향을 받는 반면, 중국인은 물리적 색채특성 변인에 의한 영향력이 크게 나타났다고 하였다. 또한 한국인과 중국인의 색채감성은 배색의 유형과 배색직물의 색채 특성 변인에 의하여 유의한 영향을 받는다고 하였다. 또한 양 국가 집단 모두 연한(pale)톤의 감 염색직물이 포함되었고 쪽 염색직물과의 Δb^*_{10} 값이 큰 배색시료들이 가장 선호되는 경향을 보였다고 하였다.

4. 지역특화 패션소재

천연염색은 전통기술과 전통상품으로의 인식이 높아짐에 따라 전통문화에 대한 가치가 재인식되면서 지역의 문화적 특성을 개발하여 산업화하려는 시도가 나타나고 있고, 지역적 특화 산업으로 발전하는 경향이 나타나고 있다(Kim, 2021). 지역 특화 산업은 어느 지역의 가장 특징적이고 번성한 사업으로 일반적으로 역사, 풍토, 경영자원 등의 요인으로 그 지역에 뿌리를 내린 것을 말할 수 있다(Kim, 2012). 또한 문화적인 요소가 국가 또는 지역사회에서 가지는 중요성

이 날로 중대되어 가고 있다(Jang, 2013). 그리고 지역 특화 전통문화 산업은 역사와 풍토에 밀접하게 결합되어 있으며 상징적 생산 활동과 함께 산지의 이미지를 소비자들에게 강하게 인식시킬 수 있을 뿐 아니라(Kim, 2012), 과거의 문화적인 전통과 요소, 지역의 문화적 특성, 관습이나 민속신앙, 의식주와 관련된 고유한 특성 등의 요소들이 지역단위의 고유한 특성이나 정체성을 표현해주는 중요한 기제로 간주되고 있다(Jang, 2013).

지역특화 문화상품은 한 지역의 고유한 문화적, 정서적, 예술적 가치가 상품에 함축되어 있는데, 국내의 천연소재 및 천연염색 관련 대표적인 사례로 안동지역의 안동포(Kim, 2012), 한산면 지역의 한산모시(Cho et al., 2006; Hong & Ryu, 1997), 나주시의 쪽 염색(Hong & Kim, 2015; Liu, 2016), 제주도 감 염색(Cho et al., 2005; Lee, 1991; Ko, 2010), 청도군의 청도반시(Yun, 2009; Oh, 2020) 등을 들 수 있다. 또한 국외적으로 인도의 천연염료는(Bhardwaj & Jain, 1982; Siva, 2007; Potsangbam et al., 2008) 쪽(Indigo), 홍화(Safflower), 락(lac), 꼭두서니(Madder), 모린다(Morinda) 등 여러 염료들이 생산되며 우수한 품질로 알려져 있으며, 고온다습한 기후조건으로 인해 면을 이용한 염색기법이 발달하였다. 그리고 일본은 천연염료의 정제 및 분말화, 액기스화 기술의 발달과 염색제품의 상품화가 활성화되어 있으며 특히, 쪽염이 가장 발달하고 지역특성을 기반으로 전통적인 염색법을 개발하고 있다(Casselmann, 2008; Yoshioka, 2010; Lee, 2011).

국내 지역특화 패션소재의 대표적인 사례로, 안동지역의 안동포는 경상북도 안동지역에서 생산되는 대마포로 대마의 껍질로 만드는 인피섬유로서 모시와 더불어 우리나라 전통 여름용 섬유이다(Kim, 2009). 안동지역은 안동포를 비롯한 전통문화유산을 다수 보유하고 있어서 지역의 문화적 특성을 고려한 전통문화상품 개발을 시도하고 있으나 환경적 요인으로 많은 어려움을 갖고 있다(Jo et al., 1995). 그러나 안동지역은 전통문화산업과 연계된 관광지가 많은 곳으로서 관광산업의 잠재력이 매우 높은 지역으로 안동포를 전통의류제품으로 산업화하려는 노력이 가속화되고 있다(Kim, 2007). 한산면 지역의 한산모시는 충청남도 한산을 중심으로 서천, 보령, 부여, 임천 등 각지에서 생산되는 모시의 대표적 명칭으로 흡수성과 통기성이 좋고, 내구력이 강하며 염착력이 좋아 여름철의 옷감으로 이용된다(Cho et al., 2006). 서천군 내의 한산면 일부는 모시풀 재배의 최적지로

일 년에 3회 수확하며, 품질이 우수한 것으로 평가받고 있다(Hong & Ryu, 1997). 그러나 한산모시는 재래의 가내수공업의 형태로 모든 공정이 수작업으로 특산물화, 고급화되어 대량생산에 한계가 있고, 가격이 비싸며, 폭넓은 활용 및 보급화에 어려움을 갖고 있다고 하였다(Cho et al., 2006). 그러나 서천군은 지역 경제 활성화와 지방의 자립화를 위한 한산모시 산업 특구를 지정받아 전통적 전승 기술방식의 한산모시를 현대화, 사업화, 모시체험 관광 활성화 사업 등의 노력을 기울이고 있다(Cho, 2011).

천연 염색은 지역별 상이한 기후적 특성에 따라 천연 염색의 종류나 색소 성분에 차이를 보여 천연염색에 사용할 수 있는 염색의 종류가 달라질 수 있고, 같은 종류의 염색일지라도 지역적 염색방법의 차이가 있을 수 있다고 하였다(Cho, 2003). 국내에서 천연염색 지역특화 상품으로 발전한 사례로, 나주의 쪽 염색과 제주도의 감 염색, 청도 감 염색을 대표적으로 들 수 있다. 나주 지역은 호남지역의 특징적인 쪽 염색법인 침전염색법이 전통적으로 전해 내려왔고, 과거 ‘물방’이라 부르는 염료 소매상이 있을 정도로 염색이 일반화 되었던 지역이다(Hong & Kim, 2015). 50년대 이후 한국전쟁과 화학염색 산업의 확산으로 명맥이 끊어졌으나 장인들이 꾸준한 노력으로 나주시가 쪽 염색을 중심으로 천연염색 산업을 지역재생 정책의 일환으로 육성할 수 있었다고 하였다(Hong & Kim, 2015). 청도군의 감 염색은 지역 특산 작물인 감을 이용하여 천연염색 제품, 사업화, 체험학습, 천연염색 관계자들의 네트워크화 지원을 통한 성공 모델을 제시하여 청도반시를 고부가가치를 지닌 청도 대표 지역 특산물의 반열에 올려놓았다고 하였다(Yun, 2009; Oh, 2020). 한편 제주도의 감 염색은 가장 오래된 전통을 가지고 있으며, 제주의 대표적인 전통염색으로 갈옷으로 불리며 민속복식으로 농업이나 어업, 목축업의 작업복이자 일상복으로 입혀져 온 제주도를 상징하는 옷이라 할 수 있다(Cho et al., 2005). 갈옷의 색채는 제주 흙색과 비슷하여 더러워져도 쉽게 눈에 띄지 않았으며, 편리하고 위생적이며 경제적인 옷으로 통기성이 좋고, 세탁 시 건조가 빨라 여름철에 많이 사용되었다. 감즙은 직물표면에 코팅막을 형성하여 섬유와 섬유사이를 메워 뽀뽀하고 시원할 뿐 아니라, 감물로 염색된 갈천은 천연방부제 처리가 되어 썩거나 냄새가 나지 않아 하루하루의 삶이 노동이고 물이 귀한 제주지역에서 최상의 의복이라 할 수 있다고 하였다(Cho et al., 2005;

Lee, 1991; Ko, 2010). 갈옷은 제주의 향토성이 짙은 문화산물로 평가되고 있으며, 상업화와 시장 확대에 따라 제주지역의 중요한 패션문화상품으로 인식될 수 있다고 하였다(Hong, 2001). 또한 제주갈옷의 가치를 높이기 위한 문화상품 개발(Cho et al., 2005), 갈옷의 이미지와 어울리는 배색을 제안하는 연구(Ko, 2010; Yi et al., 2022), 갈옷의 구매의도에 미치는 영향(Hong, 2001)등의 연구들로 갈옷의 문화적·상품적 가치를 높이기 위한 노력들이 이루어져 왔다. 그럼에도 불구하고 다른 지역에 비하여, 지역특화 산업으로의 육성과 발전이 상대적으로 부족한 실정이다.

이에 본 연구에서는 제주의 대표적 전통염색인 감 염색을 중심으로 타 천연염색과의 혼합염색을 하여 감 염색직물의 색채를 명도와 채도가 높은 색상으로 구현하고 뽀뽀한 성질의 강연성을 보완하는 방향으로 제주 지역특화 소재인 감 염색 직물의 물리적 성질을 개선하고 고유의 색채를 감성 과학적으로 해석하여 물리적 성질과 감성이 결합된 고부가가치 지역특화 소재로서의 가치를 높이는 데 도움을 주고자 한다.

Ⅲ. 연구방법

1. 감과 봉선화의 혼합염색 최적화

1-1. 염료 및 직물시료

본 연구에서 사용된 감(영문: Persimmon, 학명:Diospyros Kaki) 염료는 7월에 제주에서 자생하는 재래종 풋감을 채집하여 분쇄기로 분쇄하고 착즙기를 이용해 착즙한 후, 동결 건조기(PVTFD10A, Ilshinlab, KOREA)를 이용하여 72시간 동안 동결·건조 시켜 분말화하였다. 봉선화(영문: Garden balsam, 학명:Impatiens balsamina) 염료는 제주에서 6월에 씨를 뿌려 재배한 후, 7월에서 8월 사이에 채집하여 분쇄한 후 착즙하여 이를 동일한 동결건조기(PVTFD10A, Ilshinlab, KOREA)로 72시간동안 동결·건조하여 분말화하였다. 직물 시료는 시판 100% 면직물을 정련, 표백한 후 사용하였으며, 시료 특성과 감과 봉선화 염료는 <Table 3>, <Fig. 2>와 같다.

Table 3. Characteristics of fabric specimens

Fiber	Weave	Weight (g/m ²)	Thickness (mm)	Fabric count (warp×weft/in ²)
Cotton	Plain	112.40	0.32	86.72



Fig. 2. Dye of persimmon and garden balsam

1-2. 염료의 성분분석과 항균성 평가

1) 성분분석

염료상태의 감과 봉선화 성분을 확인하기 위하여 푸리에 변환 적외선분광광도계(FT-IR 4600, JASCO, Japan)를 이용하여 KBr회석법에 의해 FT-IR(Fourier Transform Infrared Spectroscopy) 변환 스펙트럼을 구하고 600~4000cm⁻¹의 범위에서 피크를 측정하였다.

2) 항균성

감과 봉선화 염료의 항균성 평가는 KS K 0693(KATS, 2016)에 의해 측정하였다. 시험균은 황색포도상구균(*Staphylococcus aureus* ATCC 6538)과 폐렴균(*Klebsiella pneumoniae* ATCC 4352)을 사용하였으며, 균 감소율(%)은 대조편과 시험편의 시료에 대하여 18시간 배양 후 각각의 생균수에 대한 상대적 감소율인 균수 측정법으로 측정하였다. 균 감소율 공식은 <Eq. (1)>과 같다.

$$\text{Bacterial reduction rate(\%)} = \frac{M_a - M_b}{M_a} \times 100 \quad \text{-----Eq. (1)}$$

M_a: The number of microbe in blank specimen incubated for 18 hours

M_b: The number of microbe in test specimen incubated for 18 hours

1-3. 염색성 평가

1) 염색 방법

감과 봉선화 혼합염색의 최적화를 위한 면직물의 염색조건 변인으로 혼합염료의 감 및 봉선화 염료의 각 농도와 열 발색시간을 선정하였다. 이에 앞서 예비실험으로 감과 봉선화 염료를 각각 단일염색하여 각 단일염색의 염색거동을 파악한 후에 혼합염색의 염색조건을 확정하고자 하였다. 구체적으로 단일염색의 조건으로 염색 온도는 전통적인 감 염색기법의 저온염색 온도를 고려하여 40℃, 5

0℃, 60℃로, 염색시간 20분, 40분, 60분으로 설정하였다. 모든 염색은 IR 염색기 (DL600, Daelim Starlet co., LTD)를 사용하여 실시하였으며 욕비는 1:100으로 하였다. 예비실험으로 실시한 단일염색 결과를 바탕으로 감과 봉선화 혼합염색의 최적화 모델링을 위한 독립변수인 염색 조건은 감과 봉선화 혼합염료 전체 농도 (o.w.f)와 이에 포함된 감 염료만의 농도(o.w.f)로 정하였다. 구체적으로 혼합염료 전체 농도는 100%, 150%, 200%로, 감 염료 농도는 70%, 80%, 90%로 설정하여 염료 별 농도 조건은 <Table 4>에 제시하였다. 이때 염색 온도는 50℃, 염색 시간은 40분으로 설정하였으며, 염색 후 시료를 수세하여 자연 건조, 건조한 혼합 염색 직물을 열 발색 조건에 따라 열 발색한 후 염색 특성을 고찰하였다.

Table 4. Dye concentrations of mixture dyeing

Total (% , o.w.f)	Persimmon (% , o.w.f)	Garden balsam (% , o.w.f)
100	90	10
	80	20
	70	30
150	135	15
	120	30
	105	45
200	180	20
	160	40
	140	60

2) 열 발색

열 발색은 Flat Bed Press(P8200, Design, Korea)를 사용하여 염색직물을 가열된 열판으로 눌러서 발색시키는 방법으로 실시하였다. 감과 봉선화 단일염색에서 열 발색은 온도 100℃~200℃으로, 시간 1분~15분으로 실시하였으며, 그 결과를 바탕으로 혼합염색 시의 열 발색 조건을 확정하고자 하였다. 혼합 염색에서 열 발색은 온도 180℃, 시간 5분, 10분, 15분으로 설정하여 실시하였다.

3) 염착량

감과 봉선화 혼합 염료로 염색한 면직물의 염착량은 표면 색강도 K/S 값을 색채계(CM-2500D, Minolta, Japan)를 이용하여 360~740nm 범위의 흡수파장 범위에서 최대흡수파장에서의 표면반사율(R)을 측정하여 Kubelka-Munk식에 기초한 아래의 공식<Eq. (2)>에 따라 산출하였다.

$$K/S_{\lambda} = (1 - R_{\lambda})^2 / 2R_{\lambda} \quad \text{-----Eq. (2)}$$

K: Coefficient of absorption

S: Coefficient of scattering

R: Reflected light at wavelength

4) 색채특성

표면 색채에 대한 물리적 특성으로 색차계(CM-2500D, Minolta, Japan)를 이용하여 D65 광원과 10° 시야각 조건 하에서 CIE의 L^*_{10} , a^*_{10} , b^*_{10} , C^*_{10} 값과 먼셀 색채계의 3속성치 H(Hue), V(Value)/C(Chroma) 값을 측정하였고, 각 색채의 톤은 PCCS(Practical Color Coordinate System)에 의하여 분석하였다. 색차는 염색 처리를 하지 않은 백색 시료를 기준으로 하여 계산하였으며, CIE $\Delta E_{ab,10}$ 값은 아래의 공식<Eq. (3)>에 따라 산출하였다.

$$\Delta E_{ab,10} = [(\Delta L^*_{10})^2 + (\Delta a^*_{10})^2 + (\Delta b^*_{10})^2]^{1/2} \quad \text{-----Eq. (3)}$$

5) 염색견뢰도

감과 봉선화 염료로 염색한 면직물의 염색 견뢰도는 일광 견뢰도(KS K ISO 105-B02:2014 Xenon arc (6.5kw 수냉식, 방법3: 표준청색염포에 의함))와 손세탁 견뢰도(TWC TM 250: 2009 ((40±2)°C 30분 ECE A 세제)), 마찰 견뢰도(KS K 0650-1: 2017, 크로크미터법), 땀 견뢰도(KS K ISO 105 E04: 2013 (37±2)°C 4시간)에 따라 평가하였다.

1-4. 염색직물의 쾌적성능과 피부건강 기능성 평가

1) 강연도

염색 직물의 굴곡성을 측정하기 위한 강연도는 KS K 0539에 준한 Cantilever 측정기(HEUNG SHIN TESTER, Korea)를 이용하여 혼합염색 최적화 모델링의 반응변수로서 측정하였다. 각 직물의 크기는 2.5cm×15.0cm로 경사방향(Warp)과 위사방향(Weft)의 앞면과 뒷면을 3회 측정하여 평균을 산출하였다. 직물의 드레이프 강경도 C와 굴곡강경도 E를 아래의 공식<Eq. (4)>, <Eq. (5)>에 따라 산출하였다.

$$C(\text{cm}) = D/2, \quad \text{-----Eq. (4)}$$

$$E(\text{cm.g}) = C^3 \times W \quad \text{-----Eq. (5)}$$

C: Drape stiffness

D: Length of sample along the inclined surface(cm)

E: Flex stiffness

W: Weight of sample(g/cm²)

2) 공기투과도

공기투과도는 KS K ISO 9237:1995법으로 100Pa의 압력차 조건으로 공기투과도 시험기(FX3300, Textes, Switzerland)를 사용하여 측정하였다. 시료와 수직방향으로 일정시간동안 투과된 공기량을 측정하였으며, 5회 측정한 후 평균치를 구하였다.

3) 접촉냉온감

접촉냉온감은 JIS L 1927:2020법으로 접촉냉온감 시험기기(THERMOFEEL, PF-QMM-01)를 사용하여 피부에 닿는 이면을 각 5회씩 측정한 평균값으로 측정하였다. 피부온도와의 차이를 고려하여 열원판과 시료의 온도차를 10℃로 하였고 외기와의 영향을 최소화하기 위하여 20℃, 65% R.H로 유지된 시험환경에서 측정하였다.

4) 발수도

발수도는 KS K 0590에 의거하여 스프레이법(Spray)으로 3회 측정한 평균값으로 측정하였다. 크기 20.0cm×20.0cm의 직물 표면이 위로 향하게 하여 수틀에 끼운 후 수틀의 중심이 노즐 중심 바로 밑에 오도록 블록에 올려놓고, 27±1℃의 증류수 250ml를 깔때기에 부어서 25~30초 안에 시료에 뿌려지도록 하였다. 발수도 판정 표준표와 비교해 발수도 등급을 결정하였다.

5) 자외선차단성

최적화 혼합염색 직물의 피부건강 기능성인 자외선차단성 평가는 KS K 0850(KATS, 2019) 준용에 따라 UV Transmittance Analyzer(Labsphere Co., USA)를 사용하여 Xenon Arc 광원으로 290~400nm를 투과시켜 투과하지 않은 자외선을 UV-A(315~400nm)와 UV-B(290~315nm)로 나누어 백분율로 나타내었다. 자외선투과율과 자외선차단율을 아래의 공식<Eq. (6)>, <Eq. (7)>에 따라 산출하였다.

$$UV \text{ transmittance}(\%) = (T/B) \times 100 \quad \text{-----Eq. (6)}$$

T: UV transmitted through the fabric sample

B: UV transmitted without the fabric

$$UV \text{ Protection}(\%) = 100 - UV \text{ transmittance} \quad \text{-----Eq. (7)}$$

6) 항균성

최적화 혼합염색 직물의 피부건강 기능성으로서 항균성 평가는 KS K 0693(KATS, 2016)에 의하여 측정하였다. 시험균은 황색포도상구균 (*Staphylococcus aureus* ATCC 6538)과 폐렴간균(*Klebsiella pneumoniae* ATCC 4352)을 사용하였으며, 균 감소율(%)은 대조편과 시험편의 시료에 각 균을 18시간 배양 후 각각의 생균수에 대한 상대적 감소율로 측정하였다. 정균 감소율은 아래의 공식<Eq. (8)>에 따라 산출하였다.

$$\text{Bacterial reduction rate(\%)} = \frac{M_a - M_b}{M_a} \times 100 \quad \text{Eq. (8)}$$

M_a : The number of microbe in blank specimen incubated for 18 hours

M_b : The number of microbe in test specimen incubated for 18 hours

1-5. 감과 봉선화 혼합염색 최적화

1) 반응표면 실험계획법

감과 봉선화 염료 혼합염색 최적화 조건을 규명하기 위하여 반응표면분석(response surface analysis)을 이용하였다. 반응표면분석은 실험 계획법(design of experiment)의 종류 중 하나로 실제 공정의 실험을 바탕으로 경향성을 분석해 회귀방정식을 유도하고 목표값에 최적화 시키는 통계 분석법을 의미한다. 서로 다른 변수의 수준에 따라 변화하는 반응값을 2차원 또는 3차원의 표면을 형성하여 시각적으로 확인하는 방법을 사용한다. 그리고 상호 작용을 독립 변수의 효과 정의뿐만 아니라 변수 사이의 주효과도를 최적화할 수 있어 다양한 분야에서 적용되고 있다(Decaestecker et al., 2004; Khodadoust & Hadjmohammadi, 2011; Lee et al., 2009). 반응표면분석은 설명변수가 2개라고 가정할 때 변수 x_1 , x_2 의 변화에 따라서 반응변수 y 가 반응표면을 만드는데, 이 반응표면을 y 와 x_1 , x_2 간의 방정식으로 표현해 주는 것이다(Oh et al., 2002). 독립변수 (x_1 , x_2 , ..., x_k)와 반응변수(y)간의 관계를 함수 f 로 나타내면 공식<Eq. (9)>와 같다.

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_k) \quad \text{-----Eq. (9)}$$

새로 정의된 독립변수에 의한 1차 회귀 모형을 공식<Eq. (10)>과 같이 나타낼 수 있다.

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_k x_k \quad \text{-----Eq. (10)}$$

만약 독립변수의 수가 3으로 k=3인 경우 다음 식<Eq. (11)>과 같이 나타낼 수 있다.

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \beta_{11} x_1^2 + \beta_{22} x_2^2 + \beta_{33} x_3^2 + \beta_{12} x_1 x_2 + \beta_{13} x_1 x_3 + \beta_{23} x_2 x_3 \quad \text{-----Eq. (11)}$$

위의 식(6)을 간략히 바꾸어 쓰면 공식<Eq. (12)>과 같다.

$$y = \beta_0 + \chi' b + \chi' B \chi \quad \text{-----Eq. (12)}$$

y를 χ 로 미분하면 공식<Eq. (13)>과 같다.

$$\frac{\partial y}{\partial \chi} = \frac{\partial}{\partial \chi} (\beta_0 + \chi' b + \chi' B \chi) = b + 2B\chi \quad \text{-----Eq. (13)}$$

χ_0 을 정상점이라고 부르며 공식<Eq. (14)>에 의해 구할 수 있다.

$$\chi_0 = -B^{-1} b / 2 \quad \text{-----Eq. (14)}$$

정상점은 적합된 2차 반응표면에서 y가 최대가 되는 χ 의 점 또는 y가 최소가 되는 χ 의 점, y가 최대도 아니고 최소도 아닌 χ 의 안부점의 세 가지 중 하나가 되며, 두 개의 독립변수인 경우에 대하여 y의 등고선표에서 흥미영역을 그린다.

2) 감과 봉선화 혼합염색 최적화의 실험설계

실험계획법 중 Box-Behnken을 이용하여 감과 봉선화 염료의 혼합염색 최적화를 위한 실험설계를 하였다. 전체 염료농도 100%를 대상으로 혼합염색의 독립요인으로 감 염료농도(%), 열 발색시간(min)을 주요 변수로 하여 각각 X_1 , X_2 의 독립변수(X_n)로 하고, -1, 0, +1의 3단계로 부호화하여 단계별로 독립변수의 실험수치를 <Table 5> 같이 결정하였다. 혼합염색으로 예상되는 색채특성(ΔL^*_{10} , Δa^*_{10} , Δb^*_{10} , $\Delta E_{ab,10}$)과 강연도(E)를 종속변수로 하였다. 2가지 독립변수의 영향을 검토하기 위하여 BBD(Balanced Block Design)로 설계된 9가지의 실험 조건을 수립하였으며, <Table 6> 같이 혼합염색의 9개 실험점이 형성되었다.

Table 5. Factors and limits for the Box-Behnken experimental design

Concent ration (%, o.w.f)	Factors	Unit	Low limits (-1)	Center points (0)	High limits (+1)
100	X_1 : Persimmon conc.	%	70	80	90
	X_2 : Color developing time	min	5	10	15

Table 6. Experimental design matrix and coded values on experimental runs and mixture dyeing process values by box-behnken design

Run no	Coded variables		Process variables	
	X_1	X_2	X_1	X_2
1	1	-1	90	5
2	1	0	90	10
3	1	1	90	15
4	0	-1	80	5
5	0	0	80	10
6	0	1	80	15
7	-1	-1	70	5
8	-1	0	70	10
9	-1	1	70	15

X_1 : Persimmon conc. (%), X_2 : Color developing time (mim)

3) 통계분석

실험 자료의 분석 및 최적화는 Minitab 16(Mintab Inc., Statistical Software)을 사용하였다. 실험계획에서 설정한 9가지 조건에 따라 감과 봉선화 혼합염색을 실시한 후에 자료를 잘 설명하는 적절한 모형을 결정하였다. Canonical 모형의 수치 최적화(numerical optimization)와 모형적 최적화(graphical optimization)를 통해 최적화를 위한 감과 봉선화 염료의 혼합 비율과 열 발색시간을 설정하고, 그 지점을 예측(point prediction)을 통해 최적점으로 설정하였다. 실험에서 설정한 독립변수가 종속변수에 미치는 영향을 알아보기 위하여 각 독립변수의 값이 실험 영역에서 감소 또는 증가할 때, 반응의 영향을 설명해주는 Perturbation Plot과 Response Surface 3D Graph를 이용하였다. 통계적 유의성 검증은 ANOVA에 의해서 분석한 후, $p < 0.05$ 수준에서 검정하였다.

2. 감과 봉선화의 최적화 혼합염색 직물을 이용한 천연염색 배색감성

2-1. 자극물

본 연구에서는 감과 봉선화 혼합염색 직물을 중심으로 천연염색 직물에 의한 3-배색을 구현하여 지역특화 천연염색 배색을 개발하기 위하여 생리적·주관적 감성 평가를 위한 배색 자극물을 준비하였다. 색상에 의한 배색 종류는 중차색상 배색으로 고정하고 색조에 의한 배색종류를 감성평가의 변인으로 설정하였다. 구체적으로 중차색상 배색을 위해 Yellow Red(YR) 계열인 감과 봉선화 혼합염색 직물을 중심으로 YR과 중차색상 관계인 Purple Blue(PB)와 Green Yellow(GY)를 발현하는 천연염색 직물을 준비하였다. 이에 감과 봉선화 혼합염색에 사용한 동일한 면직물을 대상으로 PB 색상은 시판 쪽 염료(F&B, India)의 염색으로 구현하였으며, GY 색상은 치자청과 치자황 색소(Arts & Crafts, Korea)의 혼합염색으로 발현하였다.

쪽 염료는 1ℓ의 증류수를 70℃까지 가열하여 쪽 분말 10g를 혼합한 후 소다회 5g를 상온의 증류수 10ml에 녹인 후 쪽 염료 혼합액에 넣고, 하이드로설파이트($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$)를 5g를 상온의 증류수 10ml에 녹인 후 쪽 염료 혼합액에 넣어 pH 10~11을 맞추었으며, 60℃에서 60분간 환원시킨 쪽 염료 혼합액을 쪽 원액으로 사용하였다. 쪽 염색은 욕비 1:100으로 설정하여 염색농도 2.5%(pale색조), 50%(soft색조), 80%(dull색조)로 30℃에서 10분간 침염하였다. GY 색상은 치자청 색소와 치자황 색소의 혼합염색으로 구현하였으며, 쪽 염색과 마찬가지로 동일한 면직물을 이용하여 IR 염색기(DL600, Daelim Starlet co., LTD)에서 염색온도 60℃, 염색시간 60분의 조건으로 염색하였다. 전체 염료농도 100%(o.w.f)를 기준으로 감/봉선화 혼합염색과 서로 다른 색조를 발현하기 위하여 치자청7%+치자황1%(pale색조), 치자청35%+치자황5%(soft색조), 치자청70%+30%(dull색조)의 서로 다른 혼합 비율을 설정하여 염색하였다.

감성평가에서 배색변인으로 색조에 따른 배색유형과 배색면적비를 설정하였다. 배색유형은 예비실험을 통하여 색조 dull, pale, soft를 선정하였으며, 이들 색조를 이용하여 동일색조 배색과 중차색조 배색 I, 중차색조 배색 II의 3-배색 직물조합

을 구성하였다. 또 다른 배색 변인인 배색 면적비로 2:2:2, 4:1:1의 두 가지 면적비를 선정하였다.

배색 자극물의 색채 특성을 <Table 7>, <Table 8>, <Table 9>에 제시하였다. <Table 7>과 <Table 8>에서 알 수 있듯이, 3-배색에서 감과 봉선화 혼합염색 직물의 색조는 혼합염색 최적화 염색조건으로 발현한 soft 색조로 고정하였으며, 쪽 염색과 치자청/치자황 혼합염색 직물의 색채를 dull, soft, pale의 3개 색조로 각각 발현시켜 동일색조 배색, 중차색조 배색 I, 중차색조 배색 II의 3-배색 자극물을 준비하였다. 구체적으로 각각 자극물 C1과 C2는 동일색조 배색으로 3-배색 색채 특성은 같으나 C1은 면적비가 2:2:2이고, C2는 4:1:1이다. 자극물 C3과 C4는 중차색조 배색 I 이고 3-배색의 색채 특성은 같고, 면적비가 다르다. 그리고 C5와 C6은 중차색조 배색 II으로 3-배색 색채 특성은 같고 면적비의 차이가 있다. 동일색조 배색은 혼합염색 soft색조에 쪽 염색 soft색조, 치자청 및 치자황 혼합염색 soft색조를 배색하였고, 중차색조 배색 I 은 혼합염색 soft색조에 쪽 염색 pale색조, 치자청 및 치자황 혼합염색 pale색조를 배색하였으며, 중차색조 배색 II은 혼합염색 soft색조에 쪽 염색 dull색조, 치자청 및 치자황 혼합염색 dull색조를 배색하였다. 그리고 <Table 9>에 제시한 바와 같이, 각 3-배색 자극물을 구성하는 세 가지 색채 Color1과 Color2, Color3의 L^*_{10} , a^*_{10} , b^*_{10} 값을 이용하여 물리적 배색변인을 제안하였다. 즉, ΣL^*_{10} , Σa^*_{10} , Σb^*_{10} , ΣC^*_{10} 은 Color1~Color3의 L^*_{10} , a^*_{10} , b^*_{10} , C^*_{10} 의 단순 합계이며, $\Sigma L^*_{10,p}$, $\Sigma a^*_{10,p}$, $\Sigma b^*_{10,p}$, $\Sigma C^*_{10,p}$ 는 Color1~Color3의 면적비에 따라 가중치를 설정하여 합계한 값이다.

Table 7. Color combination types, area ratio, and photos of stimuli







Stimulus symbol	Color combination type	Area ratio	Photo
C1	Identical	2:2:2	
C2		4:1:1	
C3	Medium difference I	2:2:2	
C4		4:1:1	
C5	Medium difference II	2:2:2	
C6		4:1:1	

Table 8. Physical color characteristics of each color for color combinations

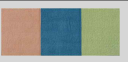
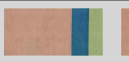

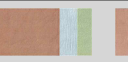
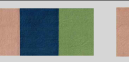
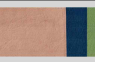
Stimulus symbol		C1	C2	C3	C4	C5	C6	
Area ratio		2:2:2	4:1:1	2:2:2	4:1:1	2:2:2	4:1:1	
Hue	Visual photo							
	Color combination type	Identical		Medium difference I		Medium difference II		
YR	color 1	L^*_{10}	65.58		65.58		65.58	
		a^*_{10}	9.82		9.82		9.82	
		b^*_{10}	16.65		16.65		16.65	
		C^*_{10}	19.33		19.33		19.33	
		H	5.6YR		5.6YR		5.6YR	
		V	6.45		6.45		6.45	
		C	3.39		3.39		3.39	
		PCCS tone	sf		sf		sf	
PB	color 2	L^*_{10}	45.41		82.22		33.55	
		a^*_{10}	-5.84		-4.21		-3.28	
		b^*_{10}	-19.74		-9.50		-18.98	
		C^*_{10}	20.58		10.39		19.26	
		H	2.5PB		2.4PB		3.5PB	
		V	4.32		8.05		3.19	
		C	5.19		3.12		4.44	
		PCCS tone	sf		p		d	
GY	color 3	L^*_{10}	66.88		75.56		57.02	
		a^*_{10}	-6.90		-7.23		-10.44	
		b^*_{10}	19.88		13.11		18.56	
		C^*_{10}	21.04		14.97		21.30	
		H	4.2GY		6.5GY		6.4GY	
		V	6.60		7.46		5.60	
		C	3.15		2.22		3.54	
		PCCS tone	sf		p		d	

Table 9. Physical color combination variables of stimuli

Color combination variable	Stimulus symbol					
	C1	C2	C3	C4	C5	C6
ΣL^*_{10}	117.87	117.87	223.36	223.36	156.15	156.15
Σa^*_{10}	-2.92	-2.92	-1.62	-1.62	-3.90	-3.90
Σb^*_{10}	16.79	16.79	20.26	20.26	16.23	16.23
ΣC^*_{10}	60.95	60.95	44.69	44.69	59.89	59.89
$\Sigma L^*_{10,p}$	711.48	749.22	893.44	840.2	624.6	705.78
$\Sigma a^*_{10,p}$	-11.68	53.08	-6.48	55.68	-15.60	51.12
$\Sigma b^*_{10,p}$	67.16	133.48	81.04	140.42	64.92	132.36
$\Sigma C^*_{10,p}$	243.80	237.88	178.76	205.36	239.56	235.76

2-2. 피험자

연구에 참여한 피험자 집단은 제주도 소재 대학교에서 의류학 및 디자인을 전공하는 20대 여대생 30명으로 구성하였다. 감성평가를 실시하기에 앞서 연구내용은 소속기관의 IRB(승인번호:JJNU-IRB-2022-014)의 승인을 얻었으며, 각 피험자로부터 연구의 목적 및 내용을 이해하여 자발적으로 참여한다는 동의서를 받았고, 시각에 이상이 없는지를 구두로 확인하였다.

2-3. EEG 신호를 이용한 생리적 감성 평가

EEG(electroencephalogram) 신호는 Polygraph System(PolyG-A, Laxtha, Korea)를 사용하여 국제 기준 전극법인 10-20 전극시스템(electrode system)에 기초하여 측정하였다. 측정 부위로 피험자의 양쪽 귓볼(A1, A2)을 기준으로 좌뇌와 우뇌 양쪽의 지정된 위치인 전전두엽(Fp1, Fp2), 전두엽(F3, F4)과 두정엽(P3, P4), 후두엽(O1, O2)의 8 부위에 전극을 부착하였다. 자극물은 중간명도의 회색(N5) 보드에 부착한 상태에서 Viewing Booth(GretaMacbeth, Judge II, USA)를

이용하여 D₆₅광원 0°/45°관찰각도에서 제시하였다. 피험자는 실험하기 전에 5분간 의자에 앉아 휴식을 취하였으며, 자극물을 제공하지 않은 상태에서 60초 동안 EEG 신호를 측정하여 Base signal로 하였다. 그 후 다시 60초 동안 휴식을 취한 후에 무작위 순서로 제공되는 자극물을 60초 동안 눈으로 보면서 EEG 신호정보를 측정하였으며, 생리적 감성평가의 실험 순서는 <Fig. 3>와 같다. 각 피험자는 총 6개의 서로 다른 배색 자극물을 60초간 눈으로 보면서 뇌파 정보를 측정하였다. 생리적 감성평가는 2022년 3월 8일부터 3월 24일까지 실시되었다.

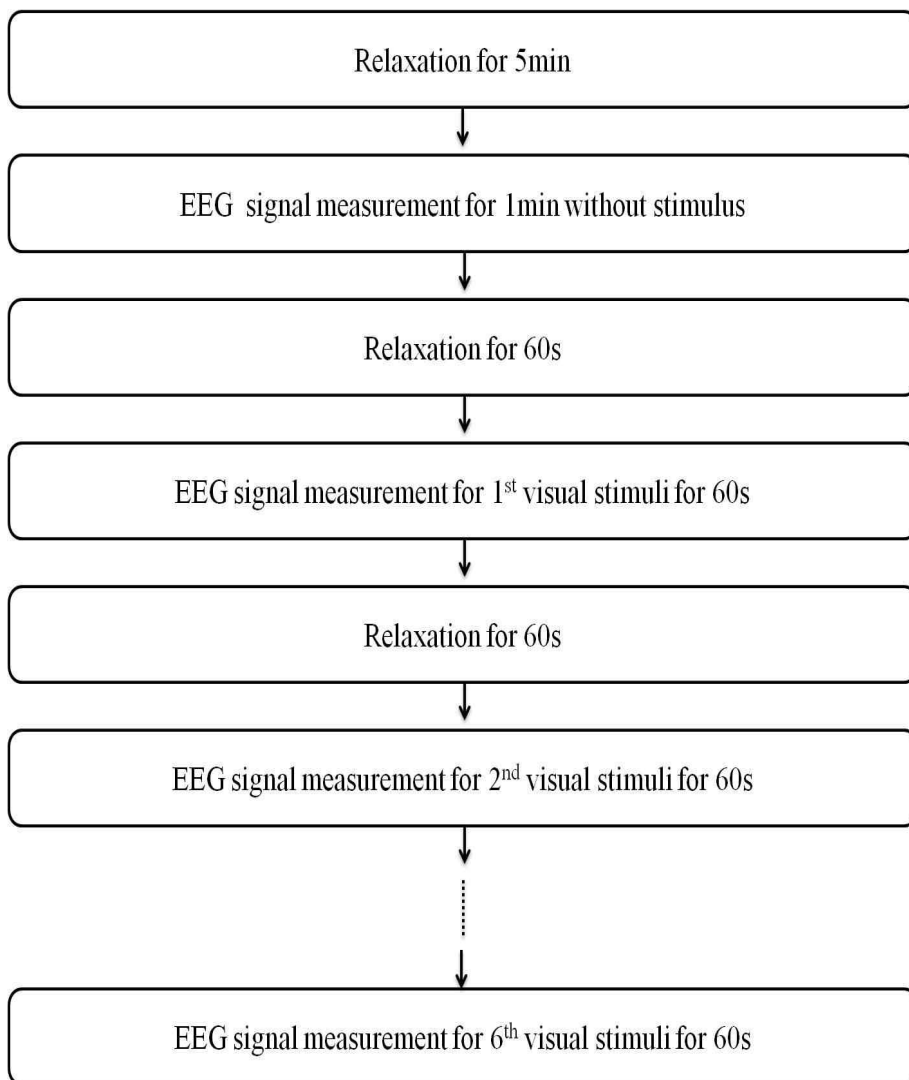


Fig. 3. Experiment protocol for measuring EEG responses

각 피험자의 EEG 신호는 자극물이 주어진 실험 단계에서 실험이 시작된 후 60초 동안의 데이터를 취하였으며, 뇌파분석은 수집된 뇌파 데이터를 Laxtha사의 뇌파분석 Software인 TeleScan TM(Ver. 2.99; Laxtha) 프로그램을 사용하여 8개 전극으로부터 유입되는 뇌파를 저장하였다. 눈 굴림이나 안면 근육의 움직임에 따라 영향을 받는 델타(delta, 0~4 Hz)를 제거한 후 FFT(fast fourier transform)의 알고리즘을 사용해 나머지 주파수 대역(4~50 Hz)을 분석하였다. 배색 자극물에 따른 뇌파는 느린 알파파(Slow Alpha, 8~11 Hz), 알파파(Alpha, 8~13 Hz), 빠른 알파파(Fast Alpha, 11~13 Hz), 낮은 베타파(Low Beta, 12~15 Hz), 베타파(Beta, 13~30 Hz) 밴드로 나누어서 주파수 대역별로 안정시 출현량에 대한 상대적 출현량 <Eq. 15>을 표준화한 값 <Eq. 16>을 최종 데이터로 사용하였다(Lee et al., 2018; Badmaanyambu et al., 2019; Kim et al., 2019).

$$N1 = (X-P)/ P \quad \text{-----Eq. (15)}$$

X: Signal during the exposure time in each stimulus

P: Pre-stimulus signal (baseline)

$$N2_{nj} = N_{X_{nj}}/ \max(N_{X_n}) \quad \text{-----Eq. (16)}$$

$N_{X_{nj}}$: Normalized value (N1) of the signal

N_{X_n} : A vector with the normalized values (N1) of the signals, elicited by all stimuli

n: Participant, j: Stimulus



Fig. 4. Equipment of EEG signal measurement (PolyG-A, Laxtha, Korea)

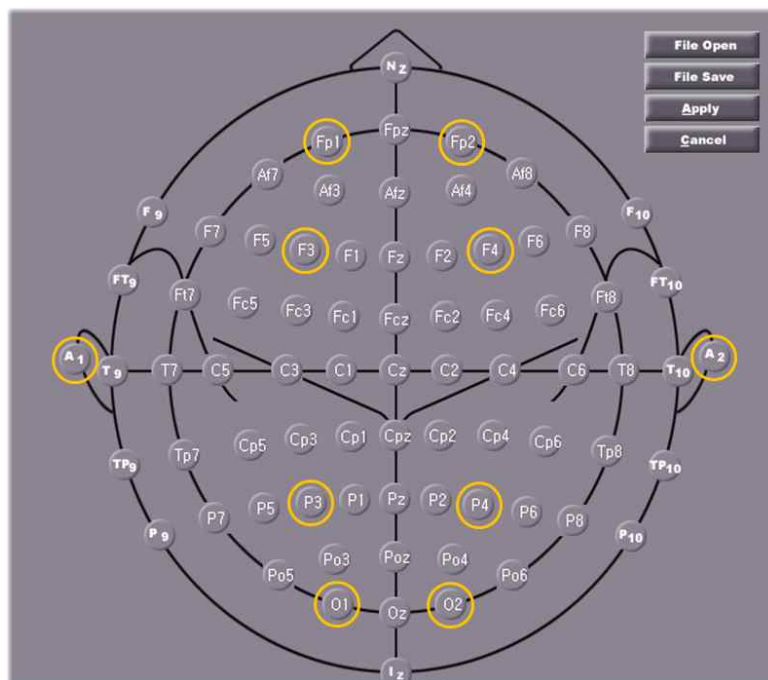


Fig. 5. EEG electrode locations of EEG signal experiments (Laxtha, Korea)

2-4. 주관적 감성 평가

각 피험자는 생리적 감성인 EEG 신호를 측정하고 난 후, EEG 신호 측정 시와 동일한 자극물의 순서대로 주관적 감성 평가에 참여하였다. 주관적 감성 평가 또한 Viewing Booth(GretaMacbeth, Judge II, USA)를 이용한 D₆₅광원 0°/45°관찰각도에서 중간명도의 회색(N=5) 보드에 부착한 3-배색 자극물을 피험자에게 정해진 순서대로 제시하고 감성평가 설문지에 답하도록 하였다. 각 피험자 별로 총 6개의 서로 다른 배색 자극물을 눈으로 보고 각각의 설문지에 답하는 방식으로 2022년 3월 8일부터 3월 24일까지 배색색채 감성평가가 실시되었다.

배색감성 형용사로는 I.R.I(1997) 색채이미지 스케일에서 ‘밝다’, ‘무겁다’, ‘강하다’, ‘깊다’, ‘부드럽다’ 5개의 기본 감각 형용사와 대표형용사 23개를 선정하여 총 28개 형용사를 사용하였다(Table 10). 설문지 형식은 -3~+3의 7점 의미미분척도(Semantic Differential Scales)로 구성하였으며, +3에는 I.R.I의 선정된 형용사를 -3에는 형용사의 부정어를 사용하였다. 즉, -3~+3까지의 점수 분포는 0이상이면 그 감성 이미지를 긍정적으로 인지함을 의미하고, 0미만이면 부정적으로 인지함을 의미한다.

Table 10. Color emotion descriptors of color combinations

IRI representative descriptors		
Basic sensation	Emotion	
	Rural	Comfort
	Conventional	Subdued
	Rustic	Clear
Bright	Gentle	Mild
Heavy	Natural	Urban
Strong	Elegant	Sporty
Deep	Modern	Classic
Soft	Pleasant	High-tech
	Dynamic	Practical
	Fancy	Chic
	Cute	Appeal
	Fragrant	

2-5. 데이터 분석

측정된 뇌파자료(Raw Data)는 Telescan(ver 2. 996, Laxtha Inc, Korea)을 이용하여 데이터를 수집하고 주파수별 분석(Power Spectrum Analysis; PSA)을 실행하여 Absolute, Band to band를 구하여 전 채널 상호상관 분석을 실시하였다. 모든 자료 분석은 뇌파측정 원 자료인 CDF파일을 TXT파일로 전환한 후 다시 EXCEL파일로 변환하여 통계 처리하였으며, 측정항목에 대한 평균과 표준편차를 산출하여 t-검정을 실시하였다

주관적 감성평가의 29개 감성 형용사에 대한 평가 결과를 중심으로 배색감성 요인을 추출하기 위하여 베리맥스(Varimax)회전에 의한 요인분석(Factor Analysis)을 사용하였으며, 각 요인의 신뢰도(Cronbach's α)검증을 실시하였다. 배색유형에 따른 감성 요인별 차이를 분석하기 위하여 일원배치분산분석(One-way ANOVA, Scheffe's Multiple Comparison)을 이용하였으며, 배색비율에 따른 감성 요인별 차이를 분석하기 위해 독립표본 t-test를 실시하였다. 배색감성요인과 물리적 배색변인 간의 상관성과 배색감성요인과 선호도와의 상관성을 고찰하기 위하여 Pearson의 상관계수를 산출하였고, 혼합염색 배색직물의 배색감성요인에 대한 정량화 예측모델을 구축하기 위하여 단계적 선형회귀분석(stepwise linear regression)을 하였다.

IV. 결과 및 고찰

1. 감과 봉선화의 혼합염색 최적화

1-1. 염료의 성분과 항균성

1) 염료성분

감 염료와 봉선화 염료의 성분을 확인하기 위하여 FT-IR 스펙트럼으로 분석한 결과를 <Fig. 6>와 <Fig. 7>에 제시하였다. 감 염료의 FT-IR 곡선은 <Fig. 6>과 같이 3228.87cm^{-1} , 1686.34cm^{-1} , 1603.79cm^{-1} , 1536.85cm^{-1} , 1441.23cm^{-1} , 1331.17cm^{-1} , 1206.05cm^{-1} , 1024.21cm^{-1} , 817.46cm^{-1} , 762.47cm^{-1} 에서 각각 피크가 나타났다. 3228.87cm^{-1} 부근에 나타난 넓은 흡수 피크는 폴리페놀류에서 발견되는 OH를 나타내는 것으로 보이며(Lee & Yi, 2013), 1686.34cm^{-1} 피크는 $1800\text{--}1650\text{cm}^{-1}$ 영역에서 나타나는 carbonyl group(C=O)의 흡수피크로 판단되었다(Tondi, 2017). 또한 1603.79cm^{-1} 피크와 1536.85cm^{-1} 흡수피크는 $1650\text{--}1550\text{cm}^{-1}$ 사이에 나타나는 carbohydrates 계열의 화합물에 의한 것으로 사료되었다(Hur et al., 2015). 그리고 1441.23cm^{-1} 은 방향족 그룹의 C-C 신축진동으로 감의 향기성분이라고 할 수 있으며(Lee & Yi, 2013), 1331.17cm^{-1} 흡수피크와 1206.05cm^{-1} , 1024.21cm^{-1} 은 페놀구조의 C-O의 신축진동이다(Lee & Yi, 2013; Tondi, 2017). 817.46cm^{-1} 과 762.47cm^{-1} 은 β -Asarone 성분에 포함된 cis-double 결합에 의해 나타난다고 할 수 있다(Pang et al., 2008). $1800\text{--}600\text{cm}^{-1}$ 사이의 피크는 적외선 영역의 C=O group과 C-O, C-C 신축진동에 의한 것이며, 이들은 타닌 추출물에서 가장 중요한 영역의 흡수피크이다(Tondi, 2017). 따라서 본 연구에서 추출한 감 염료는 주로 탄닌 성분과 플라보노이드 성분으로 구성되어 있다고 판단할 수 있었다.

봉선화 염료의 FT-IR 곡선은 <Fig. 7>와 같이 3220.22cm^{-1} , 2920.83cm^{-1} , 1562.09cm^{-1} , 1398.31cm^{-1} , 1037.98cm^{-1} , 856.89cm^{-1} , 776.00cm^{-1} 에서 각각의 피크가 나타났다. 3220.22cm^{-1} 부근의 흡수피크는 폴리페놀류의 OH를 나타내는 것으로

보이고 2920.83cm^{-1} 은 C-H group의 흡수피크이며, 1562.09cm^{-1} 은 Flavonoid에서 나타나는 C=C group의 흡수피크로 볼 수 있다(Kim & Song, 2001; Kim, 2020). 그리고 1398.31cm^{-1} 부근의 피크는 방향성 C=C 신축진동을 나타내며(Yi et al., 2010), 1037.98cm^{-1} 부근은 C=O 진동 피크이다(Kim & Song, 2001). 또한 856.89cm^{-1} 과 776.00cm^{-1} 부근의 피크는 β -Asarone 성분의 cis-double 결합에 의한 흡수피크로 볼 수 있다(Pang et al., 2008). 이상의 결과들에 따라 본 연구에서 추출한 염료는 안토시아닌(Anthocyanin)과 엽록소(Chlorophyll) 성분 및 플라보노이드계 성분으로 구성되어진다고 판단되었다.

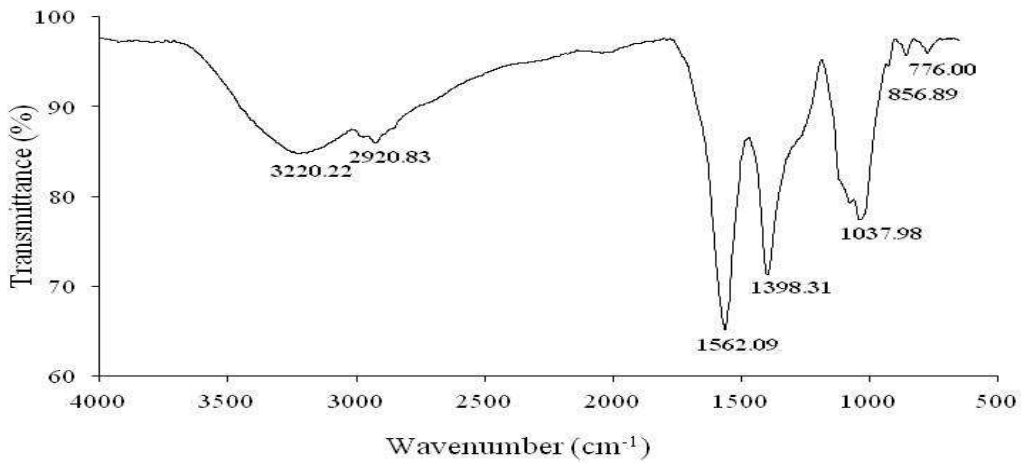


Fig. 6. FT-IR spectrum of persimmon dye

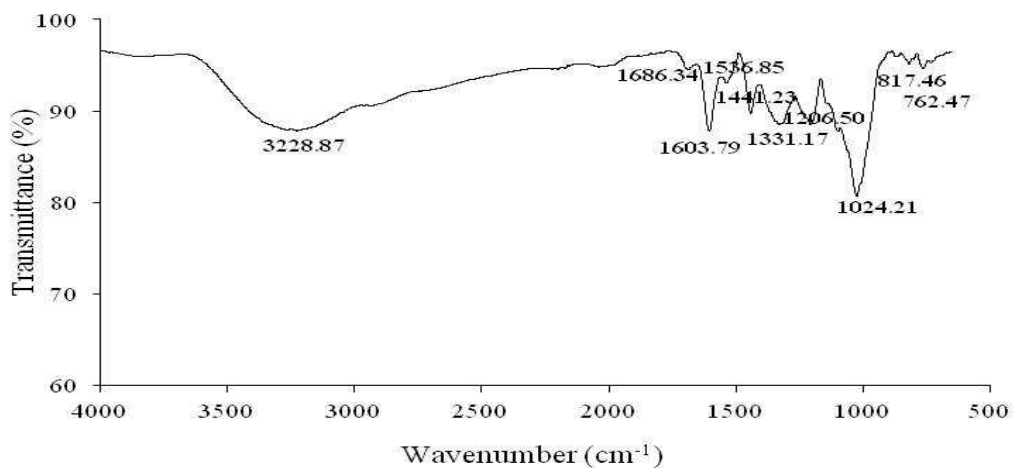


Fig. 7. FT-IR spectrum of garden balsam dye

2) 항균성

감 염료와 봉선화 염료의 항균성 결과는 <Table 11>에 제시하였다. 시험편의 사진에서 대조군과 비교하여, 두 염료 모두에서 균의 성장이 억제되어 균이 거의 발견되지 않음을 알 수 있다. 실제로 계산한 균 감소율에서 감 염료와 봉선화 염료는 황색포도상구균과 폐렴간균에 대하여 각각 99.9% 이상의 탁월한 균 감소율을 나타내었다. 이러한 결과를 바탕으로 감 염료와 봉선화 염료로 섬유소재를 염색할 경우에 염료 자체의 우수한 항균성을 섬유소재에 적용할 수 있을 것으로 기대할 수 있었다. 또한 감과 봉선화 염료로 혼합염색한 면직물 또한 항균성을 추가로 고찰하여 이들 염료의 혼합염색 직물의 항균 기능을 규명할 필요가 있을 것으로 사료되었다.

Table 11. Antimicrobial activity of persimmon and garden balsam dye

Specimen	Bacterial reduction rate (%)	
	Staphylococcus aureus	Klebsiella pneumoniae
Control	-	-
Persimmon	99.9	99.9
Garden balsam	99.9	99.9

1-2. 단일염색 직물의 염색성

1) 염착량

감과 봉선화의 혼합염색에 앞서 이들 염료로 각각 단일염색한 직물의 염색성을 파악하고자 하였다. 염색 온도 50℃, 염색 시간 40분의 조건에서 염색농도 100%, 150%, 200%로 하여 동일한 면직물을 대상으로 감 단일염색과 봉선화 단일염색을 실시하였다. 그리고 열 발색시간에 따른 염색성의 변화를 알아보기 위해 180℃의 온도에서 미발색, 5분, 10분, 15분으로 열 발색시간을 변화시켰다.

<Fig. 8>은 감 단일염색 직물의 염색농도와 열 발색시간에 따른 염착량을 나타낸 것으로 염색농도가 100%에서 200%로 높아질수록 점차 염착량이 높아지는 것을 알 수 있다. 또한 100% 감 단일염색 직물은 열 발색시간이 5분에서 10분까지는 염착량이 증가하다가 15분에서는 감소하는 경향을 보였으나, 150%, 200% 감 단일염색 직물에서는 열 발색시간이 5분에서 15분으로 늘어날수록 염착량 또한 점차 증가하는 경향을 나타내었다.

<Fig. 9>은 봉선화 단일염색 직물의 염색농도와 열 발색시간에 따른 염착량을 나타낸 것으로 염색농도가 100%에서 150%로 높아질수록 염착량도 높아졌으나 200%에서는 150%와 비슷한 염착량을 나타내어 완만해지는 추세를 보였다. 그리고 열 발색시간이 5분에서 10분으로 증가하면서 염착량이 약간 높아졌다가, 10분에서 15분으로 증가하면 염착량은 오히려 감소하는 추세를 보여 봉선화 단일염색에서는 열처리가 발색에 미치는 영향이 미비하다고 판단되었다.

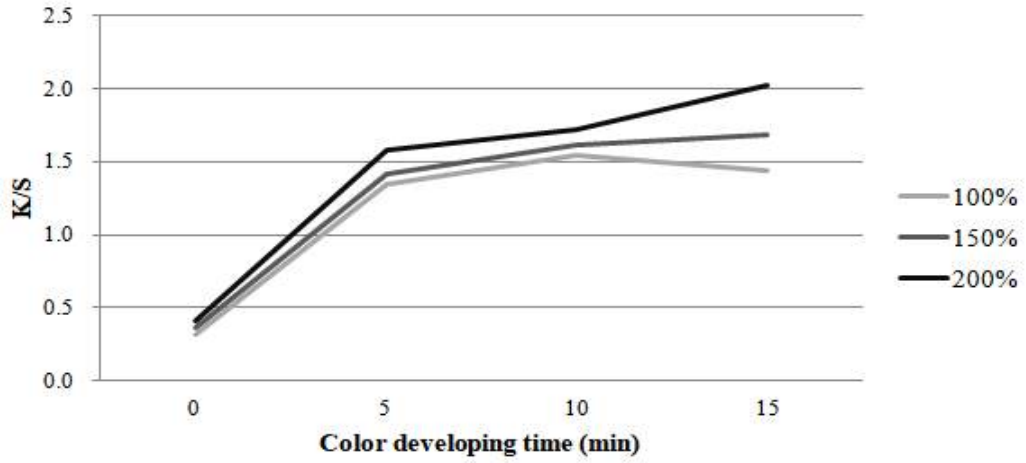


Fig. 8. K/S values of cotton fabrics dyed with persimmon depending on color developing time

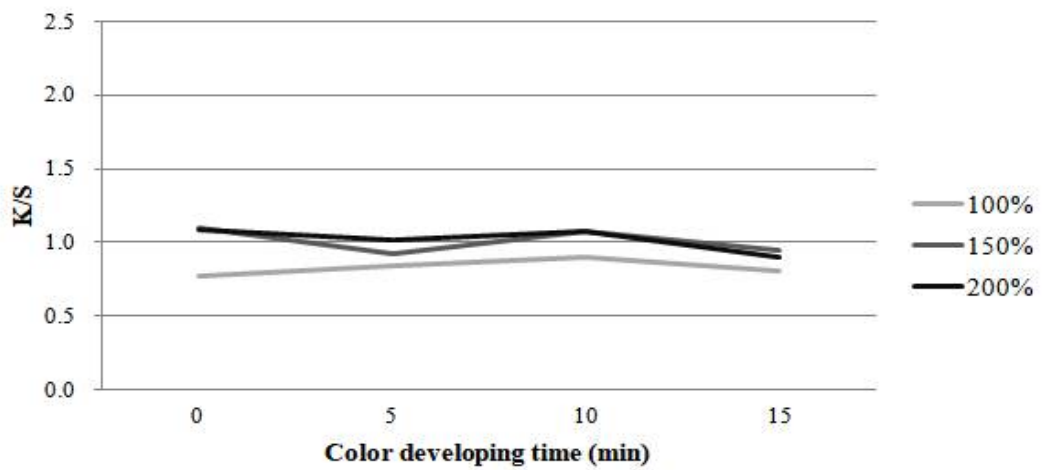


Fig. 9. K/S values of cotton fabrics dyed with garden balsam depending on color developing time

2) 색채특성

감과 봉선화로 각각 단일염색한 면직물의 색채특성을 분석한 결과를 <Table 12>에 제시하였다. 감 단일염색 직물의 100%, 150%, 200% 농도별 색채특성은 비슷한 추세를 보였다. 명도인 L^*_{10} 값은 62~91 사이의 값을 보였고, 열 발색 전에는 약 90의 L^*_{10} 값을 보였는데, 열 발색이 진행되면서 시간이 증가함에 따라 L^*_{10} 값이 점차 낮아져서 약 60의 값을 나타내었다. 즉, 열 발색시간이 늘어날수록 명도가 점차 낮아져서 색채가 점차 어두워짐을 알 수 있었다. 붉은 기미를 나타내는 a^*_{10} 은 열 발색을 하지 않은 직물에서는 -0.52~-0.62의 값을 보이다가 5분에서 15분 발색을 하면서 10.34~12.08의 값을 나타내어 열 발색을 하므로 인해 붉은 기미가 높아졌음을 알 수 있다. 노란 기미인 b^*_{10} 은 열 발색을 하지 않았을 때에는 2.27~4.02의 값을 보이다가 5분에서 15분의 열 발색을 하면서 16.96~18.32의 값을 나타내어 열 발색으로 인해 노란 기미가 증가하였음을 알 수 있으며, b^*_{10} 값이 a^*_{10} 값보다 더 크게 증가하여 노란 기미가 더 강해짐을 알 수 있었다. C^*_{10} 은 열 발색을 하지 않았을 때에는 2.33~4.07의 값을 나타내어 매우 옅은 채도를 나타내었으나 열 발색을 하면 20.16~21.79의 범위로 C^*_{10} 값이 크게 증가하였다. Hue(H)에서는 열 발색을 하지 않은 염색직물에서 5.0Y~5.4Y 범위의 Yellow 계열의 색상을 나타내다가 열 발색을 하면서 4.5YR~5.6YR 범위의 Yellow Red 계열의 색상으로 발현되었다. 명도 V는 6.11~9.09 사이의 값으로 열 발색시간이 늘어날수록 점차 낮아지는 경향을 보였으며, 채도 C는 0.22~3.90의 대체로 낮은 값을 나타내었다. 그리고 $\Delta E_{ab,10}$ 값은 12.38~43.07사이로 열 발색시간이 늘어날수록 $\Delta E_{ab,10}$ 값이 증가하여 미염색 면직물과의 색차가 점차 커짐을 알 수 있었다. PCCS tone에서는 열 발색을 하지 않았을 때는 pale색조를 보였고, 열 발색시간 5분과 10분에서는 soft색조를 발현하였으며, 15분 열 발색에서는 dull색조가 발현되었다. 감 단일염색 직물은 염색농도보다 열 발색시간에 의한 색채특성 변화가 더 크게 나타났으며, 염색농도 100%, 150%, 200%의 색채 특성 값에 큰 차이를 보이지 않아서 감과 봉선화 혼합염색의 최적화 모델링을 위해 기준이 되는 감 단일염색 농도는 100%로 선정하게 되었다.

봉선화 단일염색 직물 또한 감 단일염색 직물과 같이 100%, 150%, 200% 농도

별 색채특성이 비슷한 경향을 나타내었다. 명도 L^*_{10} 값은 77.61~84.11 사이의 값을 보였는데, 5분 열 발색을 하면서 명도 값이 올라갔다가 10분, 15분 열 발색으로 갈수록 점차 감소하는 경향을 보였으며 열 발색으로 인해 색채가 약간 밝아졌음을 알 수 있다. 붉은 기미인 a^*_{10} 은 열 발색을 하지 않은 직물에서는 3.31~4.46의 값을 보인 반면 열 발색을 하면서 2.62~4.15로 약간 감소하는 경향을 보였고, 노란 기미인 b^*_{10} 은 열 발색을 하지 않았을 때에는 10.13~12.03의 값을 보이다가 5분에서 15분의 열 발색을 하면서 11.77~14.47의 값으로 열 발색시간이 증가함에 따라 b^*_{10} 값도 점차 증가하는 경향을 보였다. 봉선화 단일염색 직물은 열 발색으로 인하여 붉은 기미인 a^*_{10} 은 감소하고, 노란 기미인 b^*_{10} 은 증가하여 노란 기미가 더 증가함을 나타내었다. C^*_{10} 은 열 발색을 하지 않았을 때에는 10.65~12.83의 값을 보이다가 열 발색을 통해 12.05~14.68의 값을 보여 열 발색으로 인해 C^*_{10} 값이 점차 증가하는 경향을 보였다. Hue(H)에서는 열 발색을 하지 않은 염색직물에서 7.9YR~8.2YR 범위의 YR 계통의 색상을 나타내다가 열 발색을 하면서 8.9YR~9.6YR 범위의 YR 계통의 색상으로 발현되었다. 명도 V는 7.66~8.32 사이의 값으로 5분 열 발색으로 명도가 약간 증가하였다가 10분, 15분 열 발색에서는 점차 감소하는 경향을 보였으며, 채도 C는 1.71~2.30으로 대체로 낮은 값을 보였다. 또한 $\Delta E_{ab,10}$ 값은 22.72~27.41로 열 발색시간이 늘어날수록 $\Delta E_{ab,10}$ 값이 증가하여 미염색 면직물과의 색차가 점차 커짐을 알 수 있었다. PCCS tone에서는 열 발색을 하지 않았을 때는 pale색조를 보이고, 열 발색시간 5분에서는 light색조를, 10분과 15분 열 발색에서는 soft색조를 발현하였다. 이상의 결과로부터 봉선화 단일염색 직물 또한 염색농도 별 색채특성 값에 서로 뚜렷한 차이를 보이지 않았으며, 감 단일염색에서보다 열 발색에 의한 영향이 미비함을 알 수 있었다. 본 연구의 감 염색직물과 봉선화 염색직물의 색상은 감 염색 선행연구(Lee & Yi, 2013; Han et al., 2004)의 감 염색직물 YR 계통의 색상, 봉선화 염색 선행연구(Chang & Kim, 2003; Kim, 2004)의 봉선화 염색직물 YR 계통의 색상과 유사한 경향을 보였다.

Table 12. Color characteristics of cotton fabric depending on dye concentrations in single dyeing

Dye	Dye conc. (% o.w.f)	Color developing time (min)	CIE				Munsell		$\Delta E_{ab,10}$	PCCS tone	
			L^*_{10}	a^*_{10}	b^*_{10}	C^*_{10}	H	V/C			
Persimmon	Undyed	—	93.42	2.09	-11.22	11.41	9.5PB	9.20/3.70	—	p	
		100	0	91.95	-0.52	2.27	2.33	5.0Y	9.09/0.22	12.38	p
			5	71.60	10.34	17.79	20.58	5.6YR	7.06/3.62	36.11	sf
			10	68.24	10.97	16.96	20.20	4.8YR	6.72/3.63	37.77	sf
			15	67.31	10.82	17.01	20.16	5.0YR	6.63/3.60	38.40	d
	150	0	91.52	-0.59	3.14	3.20	5.4Y	9.05/0.32	13.29	p	
		5	70.70	10.67	17.73	20.69	5.3YR	6.97/3.66	36.69	sf	
		10	67.36	11.28	17.22	20.59	4.7YR	6.63/3.71	38.62	sf	
		15	64.83	11.65	17.01	20.62	4.5YR	6.38/3.72	40.31	d	
	200	0	91.13	-0.62	4.02	4.07	5.5Y	9.01/0.43	14.21	p	
		5	70.29	11.25	18.32	21.50	5.2YR	6.93/3.82	37.53	sf	
		10	67.00	10.91	17.56	20.67	5.1YR	6.60/3.67	39.01	sf	
		15	62.14	12.08	18.13	21.79	4.7YR	6.11/3.90	43.07	d	
	Garden balsam	100	0	82.48	3.31	10.13	10.65	8.1YR	8.15/1.71	22.72	p
			5	84.11	2.62	11.77	12.05	9.4YR	8.32/1.78	23.46	lt
			10	82.66	3.03	13.21	13.55	9.6YR	8.17/2.02	25.38	sf
15			82.70	3.11	13.30	13.66	9.6YR	8.18/2.04	25.45	sf	
150		0	77.94	4.20	12.00	12.71	8.2YR	7.69/2.05	26.76	p	
		5	83.22	2.82	12.72	13.03	9.6YR	8.23/1.93	24.69	lt	
		10	81.49	3.33	14.21	14.59	9.6YR	8.06/2.20	26.80	sf	
		15	81.47	3.57	14.47	14.91	9.5YR	8.06/2.27	27.05	sf	
200		0	77.61	4.46	12.03	12.83	7.9YR	7.66/2.09	27.00	p	
		5	82.71	2.96	13.31	13.64	9.6YR	8.18/2.02	25.45	lt	
		10	82.56	3.09	13.79	14.13	9.6YR	8.16/2.10	25.95	sf	
		15	80.03	4.15	14.08	14.68	8.9YR	7.91/2.30	27.41	sf	

3) 강연도

감 단일염색 식물과 봉선화 단일염색식물의 드레이크 강경도와 굴곡 강경도를 <Table 13>에 제시하였다. 감 단일염색 식물은 미염색 면직물보다 드레이크 강경도와 굴곡 강경도 모두 높은 수치를 나타낸 반면, 봉선화 단일염색 식물은 미염색 면직물보다 낮은 수치를 보였다. 감 단일염색 식물에서는 미염색 면직물보다 수치가 증가하여 의미 있는 차이를 보였다. 이러한 경향은 선행연구(Han & Lee, 2010)에서도 감 염색 면직물이 미염색 면직물보다 강연도가 증가하는 경향을 나타내었다고 하였으며, 감의 탄닌성분으로 인해 풀을 한 것과 같은 뻣뻣한 효과를 나타낸다고 하였다. 그러나 열 발색으로 인해 감 단일염색 식물의 뻣뻣한 성질이 낮아지는 것을 알 수 있었다. 이는 180℃ 온도의 열판 사이에 염색직물을 넣고 열 발색을 하는 방법에 따라 염색직물이 열판으로 인한 순간적 다림질을 하는 효과로 감 염색 소재의 뻣뻣한 성질을 개선해주는 것으로 사료된다. 염색농도가 100%, 150%, 200%로 높아질수록 드레이크 강경도와 굴곡 강경도 값이 점차 높아지는 것을 알 수 있었다. 봉선화 단일염색의 경우에 미염색 면직물보다 수치가 약간 작아지긴 했으나, 의미 있는 차이가 아니며, 열 발색시간이 5분, 10분, 15분으로 증가함에 따라 드레이크 강경도와 굴곡 강경도는 점차 높아지긴 했으나 미비한 차이를 보여 의미 있는 증가는 아닌 것을 알 수 있었다. 또한 염색농도 증가에 따른 드레이크 강경도와 굴곡 강경도의 변화는 뚜렷하지 않았다. 드레이크 강경도와 굴곡 강경도는 미염색 면직물과 100% 농도로 염색한 식물 간에 두드러진 증가를 보임을 알 수 있었다. 따라서 감 염색식물의 강연도 증가를 개선하기 위한 혼합염색 조건의 최적화 모델링을 위하여, 미염색 면직물에 비하여 강연도 증가가 뚜렷함 감 100% 단일염색한 직물을 기준으로 감과 봉선화 혼합염색 시의 강연도를 비교함이 적합하다고 사료되었다.

Table 13. Stiffness properties of cotton fabric depending on dye concentrations in single dyeing

Dye	Dye conc. (% o.w.f)	Color developing time (min)	Drape stiffness	Flex stiffness	
	Undyed	—	1.86	2.91	
Persimmon	100	0	2.32	5.88	
		5	2.03	4.06	
		10	2.08	4.33	
		15	2.08	4.37	
		0	2.85	10.93	
	150	5	2.11	4.55	
		10	2.14	4.82	
		15	2.17	4.99	
		0	2.98	12.70	
	200	5	2.17	4.94	
		10	2.18	5.14	
		15	2.20	5.26	
		0	1.59	2.25	
	Garden balsam	100	5	1.69	2.30
			10	1.74	2.54
			15	1.81	2.87
0			1.57	1.95	
150		5	1.59	1.96	
		10	1.76	2.55	
		15	1.78	2.68	
		0	1.72	2.45	
200		5	1.73	2.47	
		10	1.76	2.57	
		15	1.82	2.84	

1-3. 혼합염색 직물의 염색성

1) 염착량

염색농도와 열 발색시간에 따른 혼합염색 직물의 염착량의 거동을 알아보기 위하여 염색 온도 50℃, 염색 시간 40분의 조건에서 감과 봉선화 염료를 혼합한 혼합염색 전체농도를 100%, 150%, 200%로 설정하여 혼합염색을 실시하고 180℃에서 미발색, 5분, 10분, 15분의 시간으로 각각 열 발색 한 결과를 <Fig. 10>에 나타내었다. 혼합염색 전체농도 100%의 혼합비율별 K/S값을 나타낸 것으로 열 발색시간 길어질수록 K/S값이 높은 값을 보였다. 열 발색을 하지 않은 직물에서는 염착량의 값이 비슷한 추세를 보이다가 열 발색시간이 15분으로 갈수록 혼합염색 농도별 염착량의 차이를 나타내었다. 또한 감80%+봉선화20% 혼합비율이 5분 열 발색시간을 제외하고 높은 염착량을 보였다. 혼합염색 전체농도 150%의 혼합비율별 염착량의 결과로, 5분 열 발색에서는 감105%+봉선화45% 혼합비율에서 10분 발색을 제외하고 높은 값을 보였다. 10분 열 발색에서는 감120%+봉선화30% 혼합비율이 감105%+봉선화45%보다 높은 값을 보였으며, 열 발색시간이 길어질수록 대체적으로 염착량도 점차 높아지는 결과를 보였다. 혼합염색 전체농도 200%의 결과로, 감140%+봉선화60% 혼합비율에서 가장 높은 K/S값을 나타내었고, 전반적으로 모두 10분 열 발색시간까지는 서서히 증가하였으나 10분 이후 정체되어 가는 경향을 보였다.

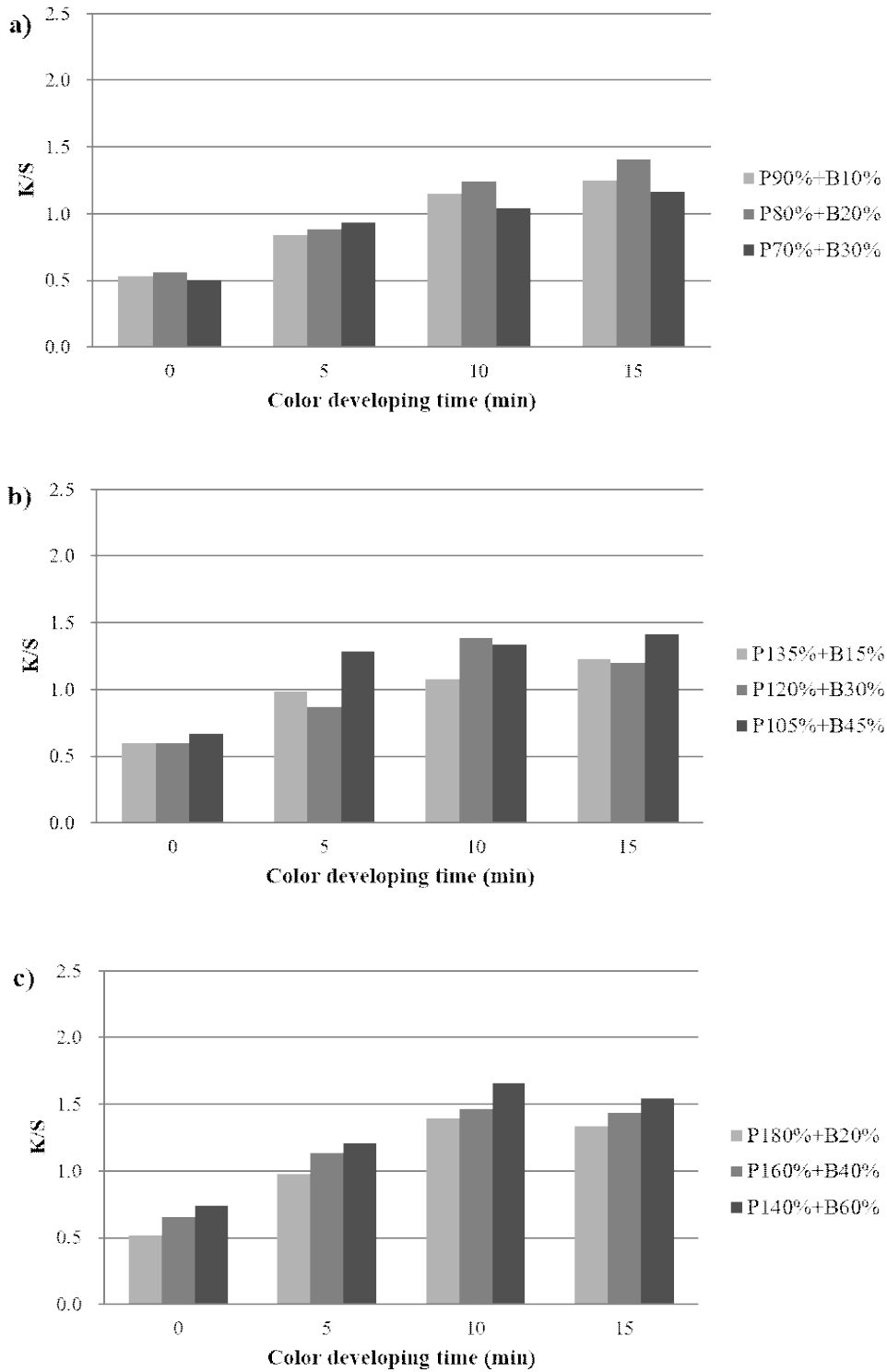


Fig. 10. K/S values of cotton fabric depending on concentrations of dye mixture and color developing time a) 100%, b) 150%, c) 200% (P: Persimmon, B: Garden balsam)

2) 색채특성

혼합염색 직물의 혼합염색 전체농도 및 염료 비율별 색채특성을 분석한 결과를 <Table 14>에 나타내었다. 100% 혼합염색 전체농도 및 염료 비율별 명도 L^*_{10} 값은 66.48~87.85의 값으로 열 발색하지 않은 직물이 열 발색을 한 직물보다 높은 명도값을 나타내었고, 열 발색시간이 늘어날수록 명도가 점차 낮아지는 경향을 보였다. 붉은 기미인 a^*_{10} 은 열 발색을 하지 않은 직물에서는 1.64~1.85의 값을 보였으나 열 발색을 하면서 8.73~11.04 사이의 값을 나타내었다. 또한 열 발색시간이 늘어날수록 a^*_{10} 값도 점차 높아지는 경향을 보여 열 발색을 함으로 인해 붉은 기미가 높아졌음을 알 수 있다. 노란 기미인 b^*_{10} 은 열 발색을 하지 않은 직물에서 6.30~7.31의 값을 보이다가 열 발색을 하면서 13.68~16.62의 값을 나타내어 열 발색으로 인해 노란 기미가 높아졌음을 알 수 있다. 노란 기미의 b^*_{10} 값이 붉은 기미의 a^*_{10} 값보다 더 크게 증가하여, 열 발색에 의해 붉은 기미보다 노란 기미가 더 강해졌음을 알 수 있다. C^*_{10} 은 열 발색을 하지 않았을 때에는 6.51~7.54 값을 보이다가 열 발색을 하면서 16.13~19.56의 값을 나타내어 열 발색으로 인해 C^*_{10} 값이 더 높아져서 직물 색채의 채도가 더 증가함을 알 수 있었다. Hue(H)는 열 발색을 하지 않은 염색직물에서 7.6YR~8.4YR 범위의 Yellow Red 계열의 색상을 나타내다가 열 발색을 하면서 3.1YR~5.9YR 범위의 YR 색상이 발현되었다. 명도 V는 6.54~8.72 사이의 값으로 열 발색을 하지 않은 직물이 열 발색을 한 직물보다 높은 V값을 나타내었고, 열 발색시간이 증가할수록 V값이 낮아져서 직물 색채의 밝기가 어두워지는 경향을 보였다. 채도 C는 1.01~3.49 범위로 열 발색 직물이 열 발색을 하지 않은 직물보다 높은 C값을 나타내었고, 열 발색시간이 늘어날수록 C값이 점차 높아지는 추세를 보였다. $\Delta E_{ab,10}$ 값은 16.93~38.58로 열 발색시간이 늘어날수록 $\Delta E_{ab,10}$ 값이 높아져 면직물 미염색 면직물과의 색차가 점차 커짐을 알 수 있었다. PCCS tone에서는 감 단일염색과 비슷한 경향으로 열 발색을 하지 않았을 때는 pale색조를, 열 발색시간 5분과 10분에서는 soft색조를, 15분 열 발색에서는 dull색조가 발현되었다.

150% 혼합염색 전체농도 및 염료 비율에서는 100%와 대체적으로 비슷한 경향을 보이고 혼합염색 전체농도 100%보다 L^*_{10} 값은 낮아지고, a^*_{10} 과 b^*_{10} 값은 높아

저 혼합염색 전체농도가 높아짐에 따라 색채가 더 어두워지고 붉은 기미와 노란 기미가 점차 상승하는 것으로 나타났다. 혼합비율 모두 YR 색상이 발현되었고, V와 C값은 100% 전체 염색농도와 큰 차이를 보이지 않았다. $\Delta E_{ab,10}$ 값은 150% 혼합염색 전체농도가 100%보다 높아지는 경향을 나타내었으며, PCCS tone은 100% 혼합염색 전체농도와 동일하게 발현되었다.

한편, 200% 혼합염색 전체농도 및 염료 비율별 L^*_{10} 값은 70.00~88.46 사이의 값으로 열 발색일 하지 않은 직물이 열 발색을 한 직물보다 높은 값을 나타내었고, 열 발색시간이 늘어날수록 L^*_{10} 값이 낮아지는 경향을 보였다. 붉은 기미인 a^*_{10} 은 열 발색을 하지 않은 직물에서는 1.05~2.41의 값을 보인 반면 열 발색을 하면서 8.46~11.44로 높아지는 경향을 나타내었고, 노란 기미인 b^*_{10} 은 열 발색을 하지 않았을 때에는 6.11~9.47의 값을 보이다가 5분에서 15분의 열 발색을 하면서 13.02~18.05의 값으로 열 발색시간이 증가함에 따라 b^*_{10} 값도 증가하는 경향을 나타내었다. L^*_{10} 값이 낮고, 노란 기미인 b^*_{10} 값이 붉은 기미 a^*_{10} 보다 높은 염색 직물이라고 할 수 있다. C^*_{10} 값은 열 발색을 하지 않았을 때에는 6.20~9.77의 값을 보이다가 열 발색을 통해 15.59~21.37의 값을 나타내었고, 열 발색시간이 늘어날수록 C^*_{10} 값이 점차 증가하는 경향을 보였다. Hue에서는 열 발색을 하지 않은 염색직물에서 8.8YR~9.5YR 범위의 YR 색상을 나타내다가 열 발색을 하면서 3.6YR~5.9YR 범위의 YR 색상으로 발현되었다. Munsell에서의 명도 V는 6.16~8.75 사이의 값으로 열 발색이 늘어날수록 V값은 감소하는 반면, 채도 C는 0.88~3.80사이의 값으로 열 발색시간이 증가할수록 C의 값이 점차 높아지는 경향을 보였다. 200% 혼합염색 전체농도 직물은 YR 색상의 낮은 명도와 낮은 채도를 보이다고 할 수 있다. 또한 $\Delta E_{ab,10}$ 값은 16.65~42.20로 열 발색시간이 늘어날수록 $\Delta E_{ab,10}$ 값이 증가하였으며, PCCS tone에서는 100%, 150% 혼합염색 전체농도와 동일한 경향을 보였다. 혼합염색 직물은 혼합염색 전체농도 100%, 150%, 200%가 동일한 YR 색상을 발현하여 감 단일염색 및 봉선화 단일염색 시의 색상과 일치하는 경향임을 알 수 있었다. 또한 100%, 150%, 200%의 혼합염색 전체농도가 모두 유사한 색채특성을 나타내어서 혼합염색 조건 최적화에서는 100%의 혼합염색 전체농도를 대상으로 고찰함이 적절하다고 사료되었다.

Table 14. Physical color characteristics of cotton fabric depending on dye concentrations and color developing time in mixture dyeing

Dye conc. (%, o.w.f)			Color developing time (min)	CIE				Munsell		$\Delta E_{ab,10}$	PCCS tone
Total	P	B		L^*_{10}	a^*_{10}	b^*_{10}	C^*_{10}	H	V/C		
Undyed			—	93.42	2.09	-11.22	11.41	9.5PB	9.20/3.70	—	p
100	90	10	0	88.13	1.82	6.32	6.58	7.6YR	8.72/1.04	16.93	p
			5	75.34	9.87	13.85	17.01	3.8YR	7.44/3.17	31.87	sf
			10	70.04	10.94	14.12	17.86	3.3YR	6.90/3.37	35.60	sf
			15	67.97	11.04	13.81	17.68	3.1YR	6.69/3.35	36.80	d
	80	20	0	87.13	1.85	7.31	7.54	8.4YR	8.61/1.15	18.19	p
			5	74.84	8.73	13.57	16.13	4.6YR	7.38/2.95	31.68	sf
			10	69.51	9.80	13.71	16.85	3.9YR	6.84/3.13	35.39	sf
			15	66.98	10.62	13.68	17.32	3.3YR	6.58/3.25	37.31	d
	70	30	0	87.85	1.64	6.30	6.51	7.9YR	8.69/1.01	17.00	p
			5	75.52	8.76	16.10	18.33	5.9YR	7.46/3.19	32.17	sf
			10	71.02	10.33	16.52	19.48	5.0YR	7.00/3.49	35.51	sf
			15	66.48	10.30	16.62	19.56	5.2YR	6.54/3.47	38.58	d
135	15	0	87.29	1.94	7.65	7.90	8.4YR	8.63/1.20	18.46	p	
		5	73.56	9.99	15.89	18.77	4.9YR	7.26/3.37	33.41	sf	
		10	69.97	10.61	17.39	20.37	5.2YR	6.90/3.62	36.88	sf	
		15	66.04	11.28	17.87	21.13	5.1YR	6.50/3.76	39.96	d	
150	120	30	0	87.28	1.99	7.75	8.00	8.3YR	8.63/1.22	18.56	p
			5	75.10	8.66	13.31	15.88	4.5YR	7.41/2.92	31.31	sf
			10	66.78	9.98	12.73	16.18	3.3YR	6.56/3.05	36.68	sf
			15	64.93	11.10	17.43	20.66	5.0YR	6.39/3.68	40.39	d
105	45	0	83.57	2.57	9.12	9.48	8.7YR	8.26/1.46	21.28	p	
		5	73.16	10.14	16.06	18.99	4.8YR	7.22/3.41	33.81	sf	
		10	69.93	10.64	16.37	19.52	4.7YR	6.89/3.52	36.17	sf	
		15	64.65	11.14	16.05	19.53	4.4YR	6.36/3.54	39.68	d	
180	20	0	88.46	1.05	6.11	6.20	9.2YR	8.75/0.88	16.65	p	
		5	73.47	8.46	13.55	15.98	4.8YR	7.24/2.90	32.44	sf	
		10	69.77	11.00	16.67	19.98	4.6YR	6.88/3.61	36.58	sf	
		15	64.45	11.44	18.05	21.37	5.0YR	6.34/3.80	41.22	d	
200	160	40	0	84.62	2.06	9.37	9.59	9.5YR	8.36/1.41	21.04	p
			5	71.90	8.57	13.02	15.59	4.5YR	7.08/2.85	33.06	sf
			10	70.00	10.81	17.26	20.37	5.0YR	6.90/3.64	36.81	sf
			15	62.63	10.85	17.77	20.82	5.4YR	6.16/3.66	42.20	d
140	60	0	84.93	2.41	9.47	9.77	8.8YR	8.40/1.48	21.02	p	
		5	69.90	9.40	12.66	15.77	3.6YR	6.88/2.96	34.31	sf	
		10	68.09	10.00	17.77	20.39	5.9YR	6.71/3.55	38.23	sf	
		15	62.72	10.67	17.55	20.54	5.5YR	6.16/3.61	41.95	d	

P: Persimmon, B: Garden balsam

3) 강연도

혼합염색 직물의 드레이프 강경도와 굴곡 강경도를 <Table 15>에 제시하였다. 혼합염색 직물은 대체적으로 미염색 면직물보다 드레이프 강경도와 굴곡 강경도가 증가하는 경향을 보였다. 100% 혼합염색 전체농도에서는 열 발색을 하지 않은 시료가 열 발색을 한 시료보다 높은 수치를 나타내었고, 5분 열 발색으로 드레이프 강경도와 굴곡 강경도 모두 값이 낮아지다가 10분 열 발색에서 높아지는 추세를 보였으나, 열 발색시간에 따른 의미 있는 차이는 보이지 않았다. 150% 혼합염색 전체농도에서는 감 135%+봉선화 15% 혼합비율을 제외하고 열 발색을 하지 않은 염색직물보다 열 발색직물이 높은 값을 나타내었고, 열 발색시간이 5분에서 15분으로 늘어날수록 드레이프 강경도와 굴곡 강경도 모두 값이 점차 높아지는 경향을 나타내었으나, 차이가 미비하여 의미 있는 차이를 보이지 않았다. 그러나 감 135%+ 봉선화 15% 혼합비율에서는 열 발색을 하지 않은 직물이 열 발색을 한 직물보다 강연도 값이 높은 수치를 보였고, 열 발색시간에 따른 드레이프 강경도와 굴곡 강경도가 점차 낮아지는 추세를 보였으나 차이가 미비하였다. 200% 혼합염색 전체농도에서는 모든 혼합비율에서 열 발색을 하지 않은 직물이 열 발색을 한 직물보다 드레이프 강경도와 굴곡 강경도 값이 높은 수치를 나타내었고, 5분 열 발색시간에서는 강연도 값이 낮아지다가 열 발색시간이 늘어날수록 점차 값이 높아지는 경향을 보였으나 의미 있는 차이를 보이지 않았다.

혼합염색 전체농도 100%, 150%, 200%로 높아짐에 따라 드레이프 강경도와 굴곡 강경도 모두 점차 높아지는 경향을 나타내었고, 대체적으로 열 발색을 하지 않은 직물이 열 발색을 한 직물보다 높은 값을 보였다. 그리고 열 발색시간에 따른 감과 봉선화 혼합비율에 따른 드레이프 강경도와 굴곡 강경도는 값의 차이는 보였으나, 대부분 미미한 차이를 나타내어 유의한 차이를 보였다고 할 수 없었다. 이에 감 단일염색 직물에서도 열 발색을 하지 않은 직물이 열 발색 직물보다 높은 값을 보였고, 감과 봉선화 혼합염색 직물에서도 유사한 경향을 나타내었다. 또한 감 단일염색 직물에서 열 발색시간이 증가함에 따른 드레이프 강연도와 굴곡 강연도 값이 상승하는 경향과 혼합염색 직물 중 감70%+봉선화30%, 감120%+봉선화20%, 감105%+봉선화45%와 200% 혼합염색 전체농도의 감180%+봉선화

20%, 감160%+봉선화40%, 감140%+봉선화60%가 유사한 추세를 나타내었다. 혼합염색 직물의 강연성은 봉선화 혼합비율이 증가할수록 개선되었는데, 이는 꽃감과 감태의 이성분 복합염료 섬유에 관한 선행연구에서(Sarmandakh et al., 2018) 꽃감과 감태 단일염료를 혼합하여 염색하였을 때에 감태 혼합 비율이 증가할수록 강연성이 개선되는 결과와 유사한 결과를 나타내었다. 이에 단일염색 직물의 뻣뻣한 성질을 보완하는 혼합염색을 위하여 열 발색을 한 직물이 열 발색을 하지 않은 직물보다 낮은 값을 보인 혼합염색 전체농도 100%의 혼합염색을 최적화로 설정하였다.

Table 15. Stiffness properties of cotton fabric depending on dye concentrations and color developing time in mixture dyeing

Dye conc. (% , o.w.f)			Color developing time (min)	Drape stiffness	Flex stiffness
Total	P	B			
Undyed			—	1.86	2.91
			0	2.14	4.31
100	90	10	5	2.03	4.09
			10	2.05	4.16
			15	2.03	4.02
			0	2.05	4.01
	80	20	5	1.99	3.72
			10	2.08	4.37
			15	2.07	4.32
			0	1.90	3.50
	70	30	5	1.74	2.57
			10	1.83	2.96
			15	1.89	3.29
			0	2.15	4.43
150	135	15	5	2.10	4.46
			10	2.08	4.30
			15	2.06	4.27
			0	2.03	3.94
	120	30	5	2.04	4.16
			10	2.04	4.13
			15	2.07	4.29
			0	2.02	3.85
	105	45	5	1.99	3.79
			10	2.02	4.02
			15	2.04	4.14
			0	2.23	5.06
200	180	20	5	2.03	4.10
			10	2.05	4.17
			15	2.09	4.50
			0	2.20	5.04
	160	40	5	2.00	3.93
			10	2.01	3.92
			15	2.07	4.34
			0	2.00	3.94
	140	60	5	1.96	3.63
			10	1.97	3.65
			15	2.02	4.06

1-4. 혼합염색 최적화

1) 최적화를 위한 변인 결과 도출

반응표면분석을 위하여 감 염료농도(X_1)와 열 발색시간(X_2)을 독립변수(X_n)로 하고, 혼합염색으로 예상되는 물리적 색채특성(ΔL^*_{10} , Δa^*_{10} , Δb^*_{10} , $\Delta E_{ab,10}$)과 강 연도(E)를 종속변수로 설정한 실험설계에 따라서 감 염료의 농도(X_1)와 열 발색 시간(X_2)의 수준을 조합하여 9종의 혼합염색을 실시하였다. 독립변수에 따른 종속변수의 결과치는 <Table 16>과 같다.

Table 16. Experimental design matrix and process values on experimental runs and response values of mixture dyeing by box-behnken design

Run no	Process variables		Responses				
	X_1	X_2	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	Y_5
1	90	5	3.74	0.47	3.94	5.45	4.09
2	90	10	1.80	0.03	2.84	3.36	4.16
3	90	15	0.66	0.22	3.20	3.27	4.02
4	80	5	3.24	1.61	4.22	5.56	3.72
5	80	10	1.27	1.17	3.25	3.68	4.37
6	80	15	0.33	0.20	3.33	3.35	4.32
7	70	5	3.92	1.58	1.69	4.55	2.57
8	70	10	2.78	0.64	0.44	2.89	2.96
9	70	15	0.83	0.52	0.39	1.05	3.29

X_1 : Persimmon dye conc. (% o.w.f), X_2 : color developing time (min), Y_1 : ΔL^*_{10} , Y_2 : Δa^*_{10} , Y_3 : Δb^*_{10} , Y_4 : $\Delta E_{ab,10}$, Y_5 : Flex stiffness

2) 종속변인별 최적화 모델링

(1) ΔL_{10}^*

실험계획법에서 반응변수로 정한 ΔL_{10}^* 은 감 염료로 단일염색한 직물의 표면 색채에서의 L_{10}^* 값과 이와 동일한 농도의 감과 봉선화 염료로 혼합염색한 직물 표면 색채의 L_{10}^* 값 간의 차이이다. <Table 16>에서 알 수 있듯이 ΔL_{10}^* 은 0.33~3.92의 범위를 나타내었다. 반응표면분석에서 얻어진 2차 모델식에 대한 적합성을 오차항에 대한 잔차분석을 통하여 확인하였다. 혼합염색 직물의 ΔL_{10}^* 값의 결정도에 대한 잔차분석 결과를 <Fig. 11>에 제시하였다. <Fig. 11(a)>에서 표준화 잔차의 정규 확률도는 모든 데이터들이 직선상에 분포됨에 따라 정규분포를 나타내고 있으며 잔차의 정규성을 만족하였다. <Fig. 11(b)>에서 예측값과 표준화 잔차의 산점도를 살펴보면 ± 0.4 이내의 수평 밴드 내에서 랜덤하게 퍼져 있으므로 오차가 등분산성을 만족하여 선택된 모형이 적절함을 알 수 있으며, <Fig. 11(c)>의 히스토그램에서는 종 모양 형태를 취하지 못하여 정규분포라고 확인하기에는 부족하였다. <Fig. 11(d)>의 대순서 그림에서 살펴보면 ± 0.4 이내의 주기성과 같은 일정한 패턴이 나타나지 않았다.

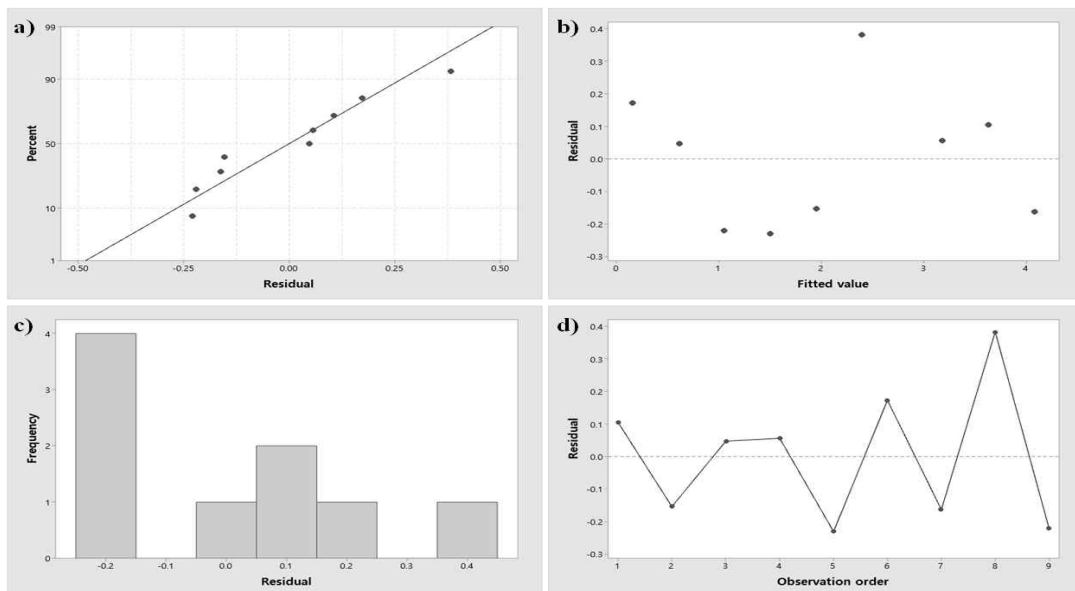


Fig. 11. The residual plots for a) normal probability plot, b) versus fits, c) histogram, d) versus order for ΔL_{10}^*

혼합염색 직물의 ΔL^*_{10} 값에 대한 독립변수 감 염료농도와 열 발색시간에 대한 반응표면분석을 수행하였다. 반응표면분석법으로 확인한 결과 아래와 같은 회귀다항식을 얻었다.

$$Y_1 = 50.2 - 1.103X_1 - 0.443X_2 + 0.00675X_1^2 + 0.00680X_2^2 + 0.00005X_1X_2$$

여기서 Y_1 은 반응표면분석법에서 반응치로 설정된 감 단일염색 직물과 감/봉선화 혼합염색 직물 간의 ΔL^*_{10} 값이고, 계량인자인 X_1 , X_2 는 각각 혼합염색 시 감 염료의 농도와 열 발색시간이다. 회귀다항식의 각 계수와 유의성은 <Table 17>에 제시하였는데 유의성 p -value를 살펴보면 열 발색시간(X_2)이 회귀다항식에 가장 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다. 회귀곡선에 대한 결정계수 R^2 값은 97.75로 높은 정확도를 나타냈으며 <Table 18>에서와 같이 ANOVA를 수행하였을 때, 전체 모형의 F -value는 26.08로 높았고, p -value는 0.011로 낮은 결과를 보여 유의성이 있다고 판단하였다.

Table 17. Regression coefficients and significance for ΔL^*_{10}

Factor	Coefficient	SE coefficient	T-value
Constant	1.500	0.253	5.93 [†]
X_1	-0.222	0.138	-1.60
X_2	-1.513	0.138	-10.93 [†]
X_1^2	0.675	0.240	2.81
X_2^2	0.170	0.240	0.71
X_1X_2	0.002	0.170	0.01

[†] $p < .05$

Table 18. Results of ANOVA for ΔL^*_{10}

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-value
Regression	5	15.0050	3.0010	26.08 [†]
Linear	2	14.0359	7.0179	60.98
X ₁	1	0.2948	0.2948	2.56
X ₂	1	13.7411	13.7411	119.40 [†]
Square	2	0.9690	0.4845	4.21
X ₁ ²	1	0.9112	0.9112	7.92
X ₂ ²	1	0.0578	0.0578	0.50
2-way interaction	1	0	0	0
X ₁ X ₂	1	0	0	0
Pure error	3	0.3452	0.1151	
Total	8	15.3502		

[†] $p < .05$

<Fig. 12>는 ΔL^*_{10} 값에 대한 2차원 등고선도와 3차원 반응표면도이다. 등고선도와 반응표면도는 인자의 조합에 대한 혼합염색 ΔL^*_{10} 값의 반응곡선을 나타내는 것으로 등고선도 및 반응표면도의 모든 지점에서의 반응치 값은 서로 동일하다. 감 염료농도(X₁)와 열 발색시간(X₂)을 변화시켰을 때의 ΔL^*_{10} 값의 반응곡선으로 종속변수인 ΔL^*_{10} 값은 감 염료농도(X₁)의 변화보다는 열 발색시간(X₂)의 변화에 더 영향을 받는 것을 알 수 있다. 즉 열 발색시간(X₂)이 증가할수록 ΔL^*_{10} 값은 낮아지는 결과를 나타내어 열 발색시간(X₂)이 12.5분 이상일 때 1이하의 ΔL^*_{10} 값을 갖는다. 이는 감과 봉선화 혼합염색 시에 발색시간을 12.5분 이상 실시할 경우에 동일 조건으로 감 100% 단일염색한 직물 표면 색채의 L^*_{10} 값과의 차이인 ΔL^*_{10} 이 1 이하의 매우 근소한 차이를 가짐으로써, 감 단일 염색 직물의 색채와 유사해질 수 있음을 의미한다.

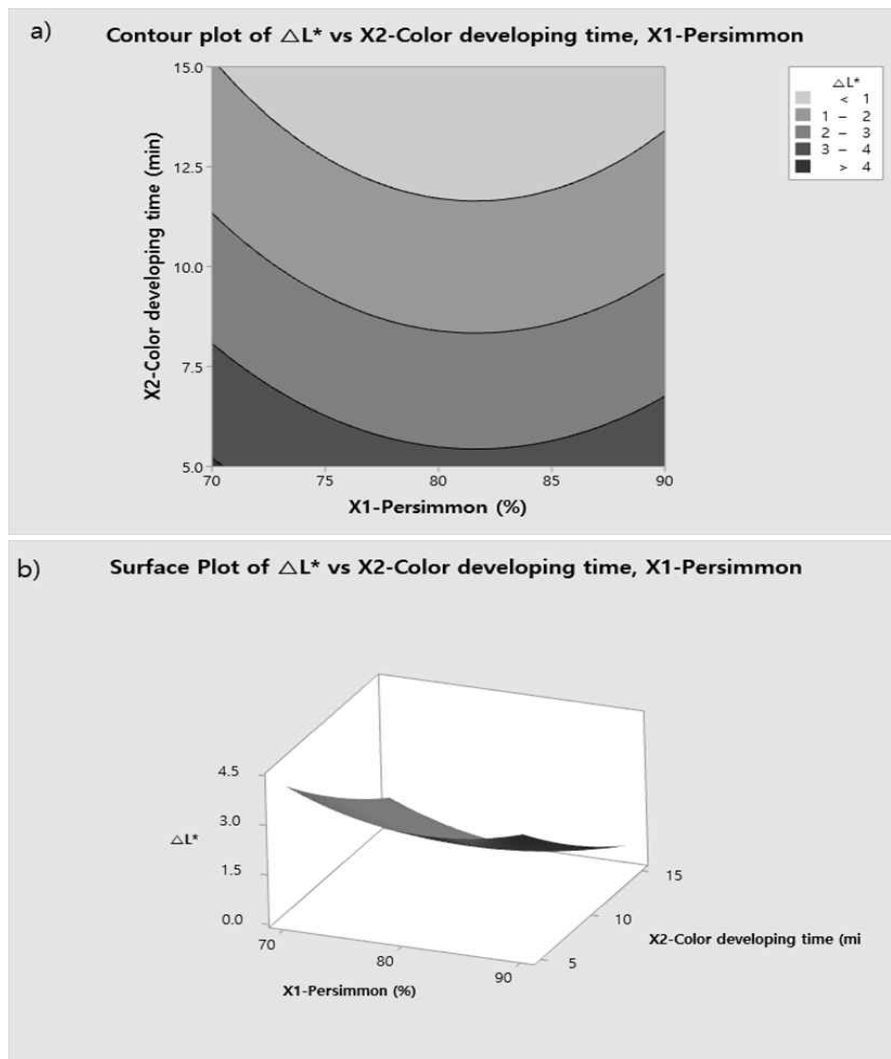
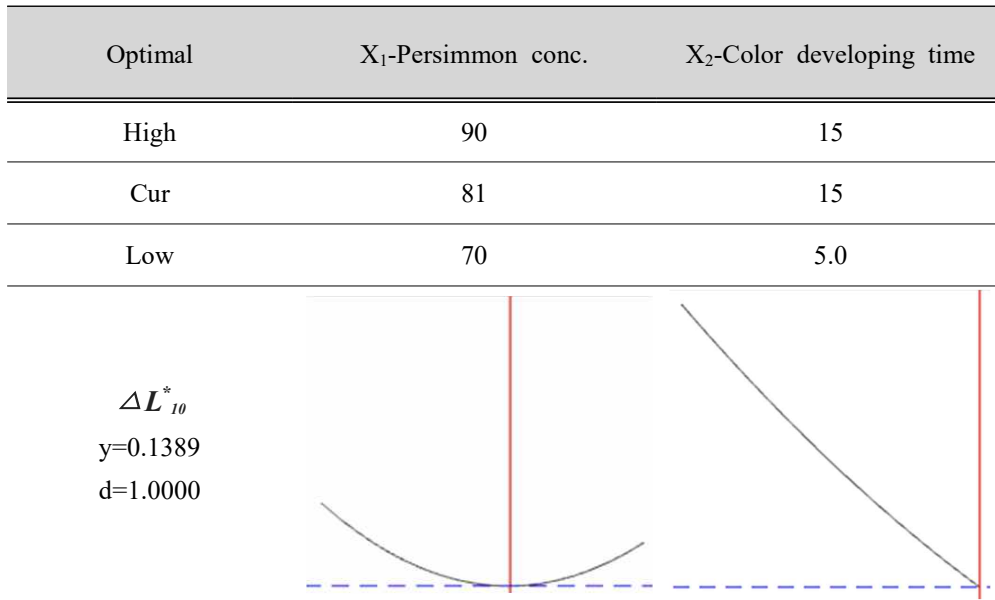


Fig. 12. Response contour plot and surface plot for ΔL^*_{10} indicating the effects of the mutual interactions on concentration of persimmon (X_1) and color developing time(X_2) on ΔL^*_{10} : a) contour plots b) surface plots

마지막 단계는 반응 표면을 이용하여 원하는 최적의 반응값을 얻기 위한 변수의 수준을 최적화하는 것으로 신제품 개발에 많이 활용되고 있다. 제품의 품질에 영향을 미치는 주요 인자를 결정하여 독립변수로 설정하고 반응변수의 함수식을 구한 후 최적화를 얻어낸다. 따라서 <Table 19>와 같이 ΔL^*_{10} 값에 대한 최적화도를 구하였다. 최적화도의 독립변수로 감 염료농도와 열 발색시간으로 설정하고 반응치로 ΔL^*_{10} 값을 설정하였다. 최적 조건을 찾아내기 위해 ΔL^*_{10} 값의 목표값

을 0.33, 상한값을 3.92로 그 이하의 최소값을 추구하는 조건으로 하는 최적점을 도출하고자 한다. 그 결과 X_1 (감 염료농도)이 81.7171%이고, X_2 (열 발색시간)가 15분일 때 ΔL^*_{10} 의 최적화 값은 0.1389로 추정되었다.

Table 19. Optimization graph of response surface for ΔL^*_{10}



(2) Δa^*_{10}

실험계획법에 의한 혼합염색 직물의 Δa^*_{10} 값은 앞의 <Table 16>에 제시된 바와 같이 0.03~1.61의 범위를 나타내고 있으며 반응표면분석에서 얻어진 2차 모델식에 대한 적합성을 오차항에 대한 잔차분석을 통하여 확인하였다. 감과 봉선화 염료 혼합염색 직물의 Δa^*_{10} 값의 결정도에 대한 잔차분석 결과를 <Fig. 13>에 제시하였다. <Fig. 13(a)>에서 표준화 잔차의 정규 확률도는 모든 데이터들이 직선상에 분포됨에 따라 정규분포를 나타내고 있어 잔차의 정규성을 만족하였다. <Fig. 13(b)>에서 예측값과 표준화 잔차의 산점도를 살펴보면 ± 0.4 이내의 수평 밴드 내에서 랜덤하게 퍼져 있으므로 오차가 등분산성을 만족하여 선택된 모형이 적절함을 알 수 있다. <Fig. 13(c)>의 히스토그램에서는 종 모양 형태를 취하고 있지 못하여 정규분포라고 확인하기에는 부족하였으며, <Fig. 13(d)>의 대순서 그림에서 살펴보면 ± 0.4 이내의 주기성과 같은 일정한 패턴이 나타나지 않았

다.

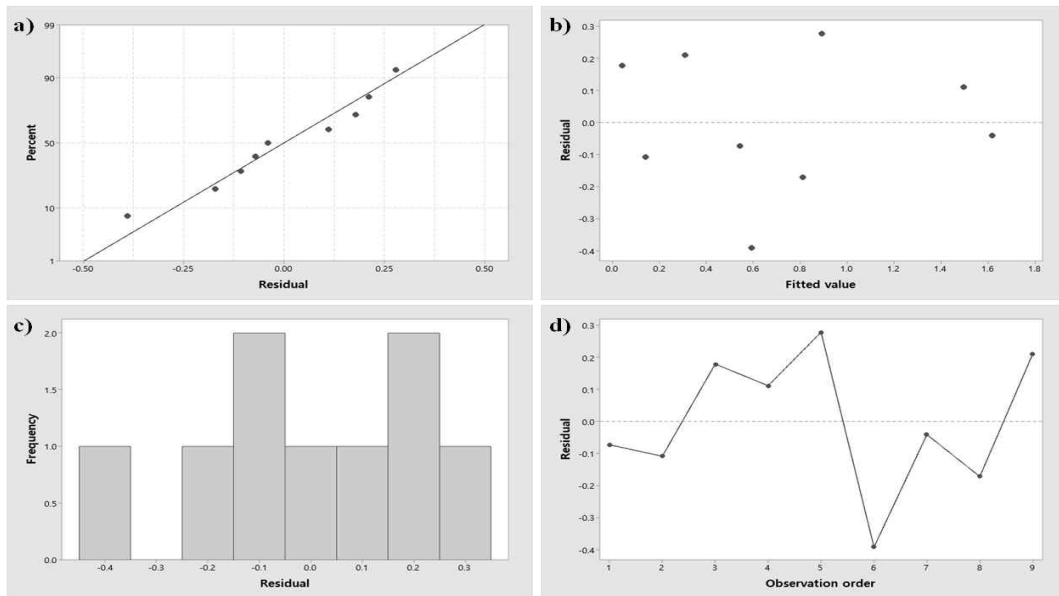


Fig. 13. The residual plots for a) normal probability plot, b) versus fits, c) histogram, d) versus order for Δa_{10}^*

혼합염색 직물의 Δa_{10}^* 값에 대한 독립변수 감 염료농도와 열 발색시간에 대한 반응표면분석을 수행하였다. 반응표면분석법으로 확인한 결과, 아래와 같은 회귀다항식을 얻었다.

$$Y_2 = -18.3 + 0.592X_1 - 0.537X_2 - 0.00417X_1^2 + 0.00613X_2^2 + 0.00405X_1X_2$$

여기서 Y_2 는 반응표면분석법에서 반응치로 설정된 감 단일염색 직물과 감/봉선화 혼합염색 직물 간의 Δa_{10}^* 값이고 계량인자인 X_1 , X_2 는 감 염료농도와 열 발색시간이다. 회귀다항식의 각 계수와 유의성은 <Table 20>에 나타내었다. 유의성 p-value를 살펴보면 열 발색시간(X_2)이 회귀다항식에 가장 큰 영향을 미치는 것으로 나타났고, 회귀곡선에 대한 결정계수 R^2 값은 87.04로 비교적 높은 정확도를 나타냈으며 <Table 21>와 같이 ANOVA를 수행하였을 때, 전체 모형의 F-value는 4.03이었으며, p-value는 0.140로서 유의적이지 않았다.

Table 20. Regression coefficients and significance for Δa_{10}^*

Factor	Coefficient	SE Coefficient	T-value
Constant	0.891	0.261	3.41 [†]
X ₁	-0.337	0.143	-2.35
X ₂	-0.453	0.143	-3.17 [†]
X ₁ ²	-0.417	0.248	-1.68
X ₂ ²	0.153	0.248	0.62
X ₁ X ₂	0.202	0.175	1.16

[†] $p < .05$

Table 21. Results of ANOVA for Δa_{10}^*

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-value
Regression	5	2.4714	0.4943	4.03
Linear	2	1.9131	0.9566	7.80
X ₁	1	0.6801	0.6800	5.54
X ₂	1	1.2331	1.2331	10.05 [†]
Square	2	0.3942	0.1971	1.61
X ₁ ²	1	0.3472	0.3472	2.83
X ₂ ²	1	0.0470	0.0470	0.38
2-way interaction	1	0.1640	0.1640	1.34
X ₁ X ₂	1	0.1640	0.1640	1.34
Pure error	3	0.3680	0.122	
Total	8	2.8394		

[†] $p < .05$

<Fig. 14>는 Δa^*_{10} 값에 대한 2차원 등고선도와 3차원 반응표면도로 감 염료농도(X_1)와 열 발색시간(X_2)을 변화시켰을 때의 Δa^*_{10} 값의 반응곡선이다. 독립변수인 감 염료농도(X_1)와 열 발색시간(X_2)에 대한 종속변수인 Δa^*_{10} 값은 감 염료농도(X_1)의 변화보다는 열 발색시간(X_2)의 변화에 더 영향을 받는 것을 알 수 있다. 열 발색시간(X_2)이 10분 이상이고 감 염료농도(X_1)가 90%일 때, Δa^*_{10} 값이 0.3이하의 값을 보였다.

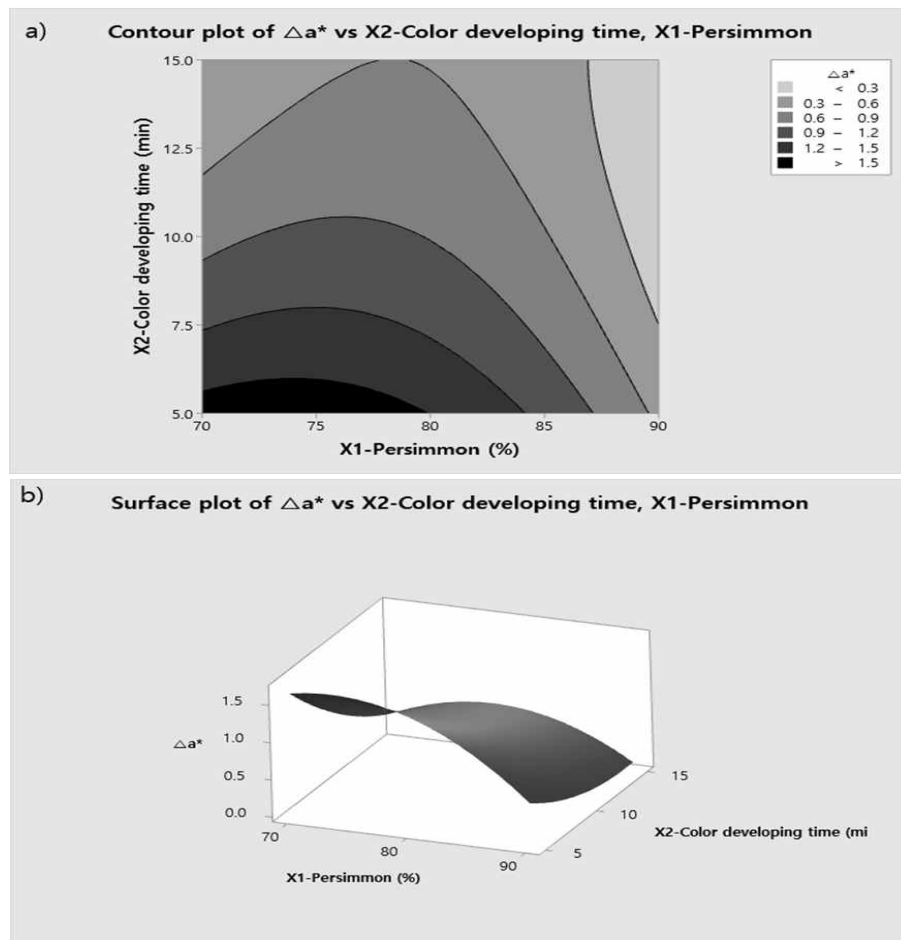
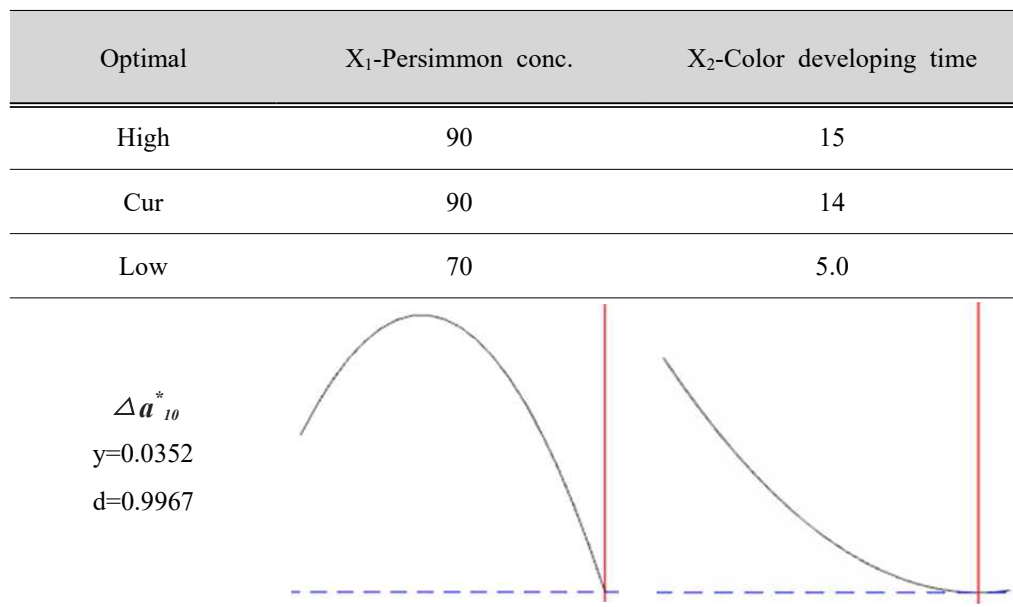


Fig. 14. Response contour plot and surface plot for Δa^*_{10} indicating the effects of the mutual interactions on concentration of persimmon(X_1) and color developing time(X_2) on Δa^*_{10} : a) contour plots b) surface plots

최적화 실험의 마지막 단계로 <Table 22>과 같이 Δa^*_{10} 값에 대한 최적화도를 제시하였다. 최적화도의 독립변수로 감 염료농도와 열 발색시간으로 설정하고 반응치로 Δa^*_{10} 값을 설정하였다. 최적화 혼합염색 직물의 Δa^*_{10} 값의 목표값을 0.03으로 하고 상한값을 1.61로 그 이하의 최소값을 추구하는 조건으로 최적점을 도출하고자 하였다. 그 결과 X_1 (감 염료농도)이 90%이고, X_2 (열 발색시간)가 14.0909분일 때 Δa^*_{10} 의 최적화 값은 0.0352로 추정되었다.

Table 22. Optimization graph of response surface for Δa^*_{10}



(3) Δb^*_{10}

반응표면분석 실험계획에 의한 혼합염색 직물의 Δb^*_{10} 값은 앞의 <Table 16>에 나타내었으며, 0.39~4.22값의 범위를 나타내고 있다. 반응표면분석에서 얻어진 2차 모델식에 대한 적합성을 오차항에 대한 잔차분석을 통하여 확인하였고, 혼합염색 직물의 Δb^*_{10} 값의 결정도에 대한 잔차분석 결과를 <Fig. 15>에 제시하였다. <Fig. 15(a)>에서 표준화 잔차의 정규 확률도는 모든 데이터들이 직선상에 분포됨에 따라 정규분포를 나타내고 있어 잔차의 정규성을 만족하였고, <Fig. 15(b)>의 예측값과 표준화 잔차의 산점도를 살펴보면 ± 0.075 이내의 수평 밴드 내에서 랜덤하게 퍼져 있어 등분산성을 만족하고 있다. <Fig. 15(c)>의 히스토그램

램에서는 종 모양 형태를 취하고 있지 못하여 정규분포라고 확인하기에는 부족하였으며 <Fig. 15(d)>의 대순서 도식화에서 살펴보면 ± 0.075 이내의 주기성과 같은 일정한 패턴이 나타나지 못하고 있었다.

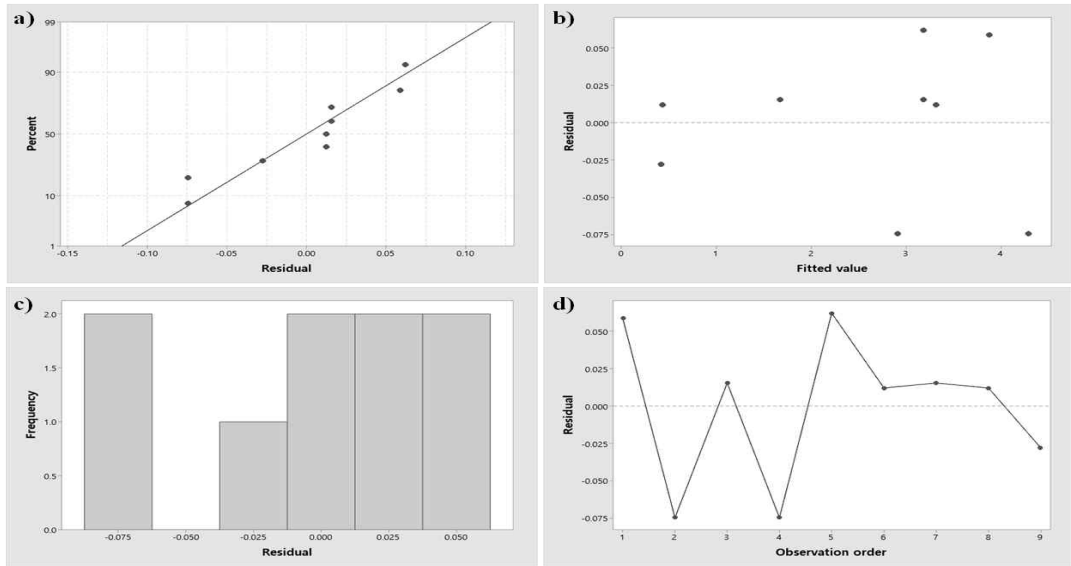


Fig. 15. The residual plots for a) normal probability plot, b) versus fits, c) histogram, d) versus order for Δb_{10}^*

혼합염색의 Δb_{10}^* 값에 대한 독립변수 감 염료농도와 열 발색시간에 대한 반응 표면분석을 수행하였다. 반응표면분석법으로 확인한 결과 아래와 같은 회귀다항식을 얻었다.

$$Y_3 = -98.14 + 2.5230X_1 - 0.8163X_2 - 0.015167X_1^2 + 0.02473X_2^2 + 0.002800X_1X_2$$

여기서 Y_3 은 반응표면분석법에서 반응치로 설정된 감 단일염색 직물과 감/봉선화 혼합염색 직물 간의 Δb_{10}^* 값이고 계량인자인 X_1 , X_2 는 감 염료농도와 열 발색시간이다. 회귀다항식의 각 계수와 유의성은 <Table 23>에 나타내었고 유의성 p -value를 살펴보면 감 염료농도(X_1)와 열 발색시간(X_2), 감 염료농도의 이차항(X_1^2), 열 발색시간의 이차항(X_2^2), 감 염료농도와 열 발색시간의 이차항(X_1X_2)이 회귀다항식에 가장 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다. 회귀곡선에 대한 결정계

수 R^2 값은 99.88로 높은 정확도를 나타내었고, <Table 24>와 같이 ANOVA를 수행하였을 때, 전체 모형의 F-value는 485.03로 높고, p -value는 0.000로 낮은 결과 값을 보여 유의성이 있다고 판단하였다.

Table 23. Regression coefficients and significance for Δb_{10}^*

Factor	Coefficient	SE Coefficient	T-value
Constant	3.1878	0.0608	52.41 [†]
X ₁	1.2433	0.0333	37.32 [†]
X ₂	-0.4883	0.0333	-14.66 [†]
X ₁ ²	-1.5167	0.0577	-26.28 [†]
X ₂ ²	0.6183	0.0577	10.72 [†]
X ₁ X ₂	0.14	0.0408	3.43 [†]

[†] $p < .05$

Table 24. Results of ANOVA for Δb_{10}^*

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-value
Regression	5	16.1497	3.22994	485.03 [†]
Linear	2	10.7061	5.35304	803.85 [†]
X ₁	1	9.2753	9.27527	1392.84 [†]
X ₂	1	1.4308	1.43082	214.86 [†]
Square	2	5.3652	2.68261	402.84 [†]
X ₁ ²	1	4.6006	4.60056	690.85 [†]
X ₂ ²	1	0.7647	0.76467	114.83 [†]
2-way interaction	1	0.0784	0.0784	11.77 [†]
X ₁ X ₂	1	0.0784	0.0784	11.77 [†]
Pure error	3	0.02	0.00666	
Total	8	16.1697		

[†] $p < .05$

<Fig. 16>는 Δb^*_{10} 값의 반응곡선으로 2차원 등고선도와 3차원 반응표면도이다. 독립변수인 감 염료농도(X_1)와 열 발색시간(X_2)을 변화하였을 때 종속변수인 Δb^*_{10} 값의 반응곡선을 나타낸다. 그 결과로서 감 염료농도(X_1)가 양쪽 끝 수준의 값을 갖는 방향이고 열 발색시간(X_2)이 10분 이상일 때 최소값을 나타내어 Δb^*_{10} 값은 감 염료농도(X_1)와 열 발색시간(X_2)에 따른 영향을 모두 받는 것을 알 수 있다.

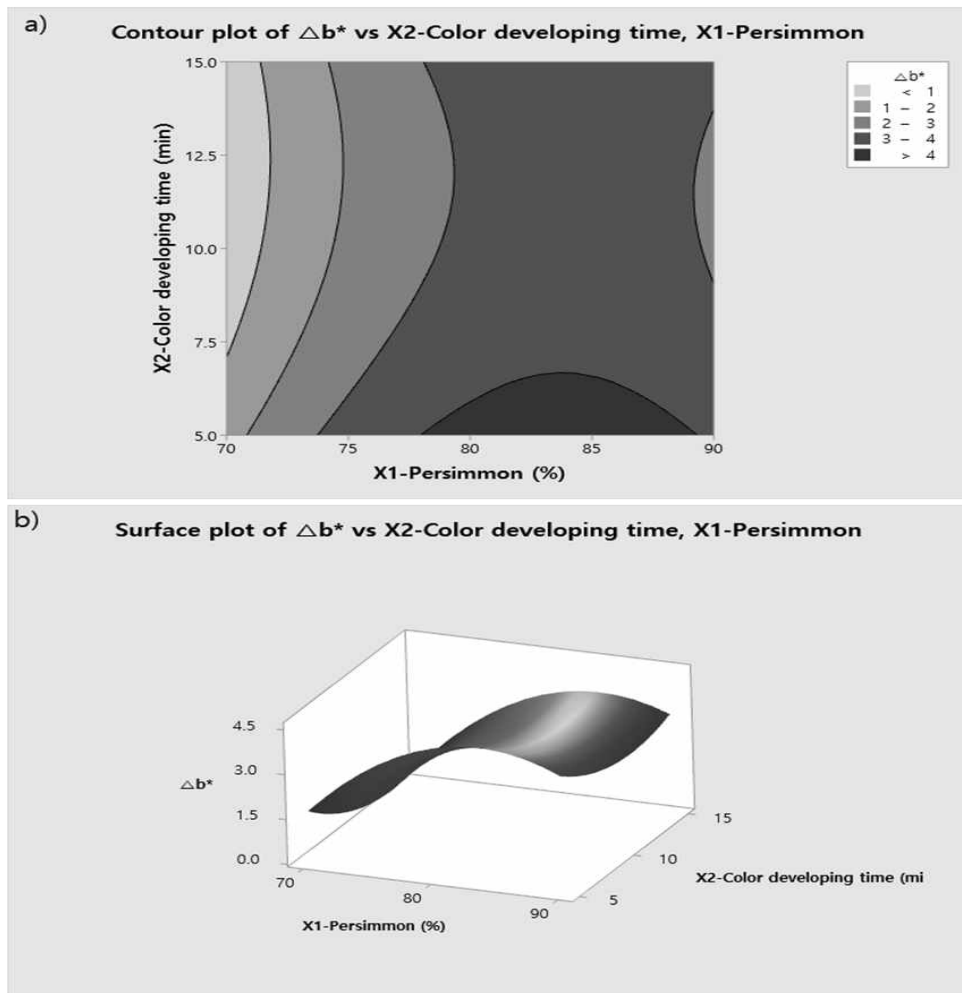
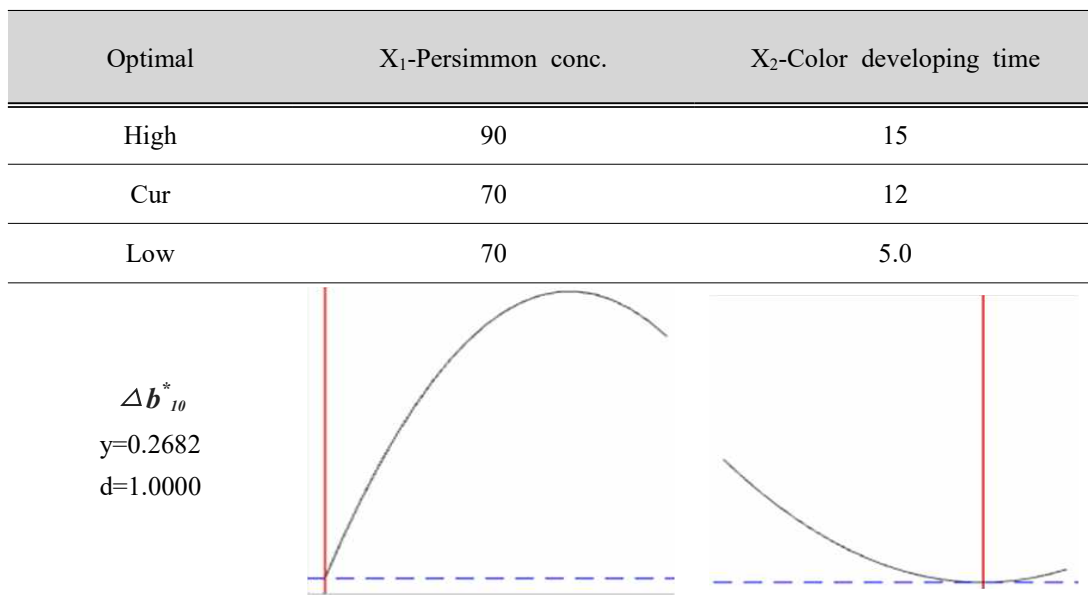


Fig. 16. Response contour plot and surface plot for Δb^*_{10} indicating the effects of the mutual interactions on concentration of persimmon (X_1) and color developing time(X_2) on Δb^*_{10} : a) contour plots b) surface plots

최적화 실험의 마지막 단계로 <Table 25>에서와 같이 Δb_{10}^* 값의 최적화도를 제시하였다. 최적화도는 독립변수로 감 염료농도와 열 발색시간을 설정하고 반응치로 Δb_{10}^* 값을 설정하였다. 최적화 혼합염색 직물의 Δb_{10}^* 값의 목표값을 0.39로 하고 상한값을 4.22로 하여 그 이하의 최소값을 추구하는 조건으로 최적점을 도출하고자 하였다. 그 결과 X_1 (감 염료농도)이 70%이고, X_2 (열 발색시간)가 12.5758분일 때 Δb_{10}^* 의 최적화 값은 0.2682로 추정되었다.

Table 25. Optimization graph of response surface for Δb_{10}^*



5) $\Delta E_{ab,10}$

실험계획법에 의한 혼합염색 직물의 $\Delta E_{ab,10}$ 값은 앞의 <Table 16>에 제시된 바와 같이 1.05~5.56값의 범위를 나타내고 있다. 반응표면분석에서 얻어진 2차 모델식에 대한 적합성을 오차항에 대한 잔차분석을 통하여 확인하였으며 혼합염색 직물의 $\Delta E_{ab,10}$ 값의 결정도에 대한 잔차분석 결과를 <Fig. 17>에 제시하였다. <Fig. 17(a)>에서 표준화 잔차의 정규 확률도는 모든 데이터들이 직선상에 분포됨에 따라 정규분포를 나타내고 있으며 잔차의 정규성을 만족하였으며 <Fig. 17(b)>에서 예측값과 표준화 잔차의 산점도를 살펴보면 ± 0.5 이내의 수평 밴드 내에서 랜덤하게 퍼져 있으므로 오차가 등분산성을 만족하여 선택된 모형이 적

절함을 알 수 있다. <Fig. 17(c)>의 히스토그램에서는 종 모양 형태에 가깝게 취하고 있어 정규분포를 만족한 것으로 판단할 수 있다. <Fig. 17(d)>의 대순서 도식화를 살펴보면 ± 0.5 이내의 주기성과 같은 일정한 패턴이 나타나지 않았다.

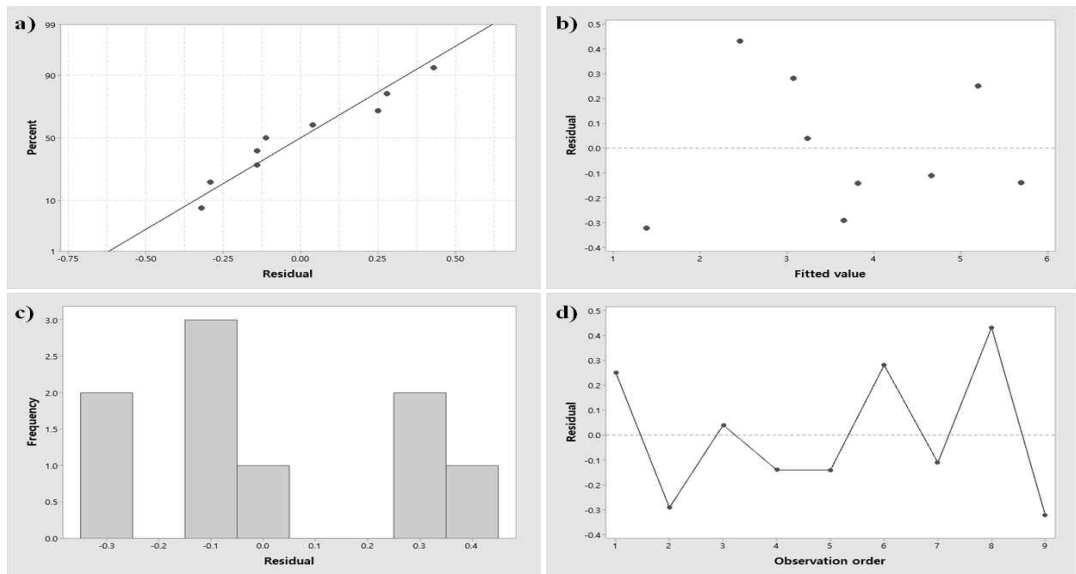


Fig. 17. The residual plots for a) normal probability plot, b) versus fits, c) histogram, d) versus order for $\Delta E_{ab,10}$

혼합염색 직물의 $\Delta E_{ab,10}$ 값에 대한 독립변수 감 염료농도, 열 발색시간에 대한 반응표면분석을 수행하였다. 반응표면분석법으로 확인한 결과 아래와 같은 회귀다항식을 얻었다.

$$Y_4 = -39.9 + 1.221X_1 - 1.242X_2 - 0.00767X_1^2 + 0.0226X_2^2 + 0.00660X_1X_2$$

여기서 Y_4 는 반응표면분석법에서 반응치로 설정된 감 단일염색 직물과 감/봉선화 혼합염색 직물 간의 $\Delta E_{ab,10}$ 값이고 계량인자(X_1, X_2)는 감 염료농도와 열 발색시간이다. 회귀다항식의 각 계수와 유의성은 <Table 26>에 나타내었고 유의성 p -value를 살펴보면 열 발색시간(X_2)이 회귀다항식에 가장 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다. 회귀곡선에 대한 결정계수 R^2 값은 96.28로 높은 정확도를 보였다. <Table 27>와 같이 ANOVA를 수행하였을 때, 전체 모형의 F-value는 15.55

로 높고, p-value는 0.024로 낮은 결과 값을 보여 유의성을 나타내었다.

Table 26. Regression coefficients and significance for $\Delta E_{ab,10}$

Factor	Coefficient	SE Coefficient	T-value
Constant	3.821	0.325	11.77 [†]
X ₁	0.600	0.178	3.37
X ₂	-1.341	0.178	-7.39 [†]
X ₁ ²	-0.767	0.308	-2.49
X ₂ ²	0.564	0.308	1.83
X ₁ X ₂	0.330	0.218	1.51

[†]p<.05

Table 27. Results of ANOVA for $\Delta E_{ab,10}$

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-value
Regression	5	14.7587	2.9517	15.55 [†]
Linear	2	12.5109	6.2555	32.95 [†]
X ₁	1	2.1570	2.1570	11.36 [†]
X ₂	1	10.3539	10.3539	54.54 [†]
Square	2	1.8124	0.9062	4.77
X ₁ ²	1	1.1755	1.1755	6.19
X ₂ ²	1	0.6369	0.6369	3.35
2-way interaction	1	0.4353	0.4353	2.29
X ₁ X ₂	1	0.4353	0.4353	2.29
Pure error	3	0.5695	0.1898	
Total	8	15.3282		

[†]p<.05

<Fig. 18>는 $\Delta E_{ab,10}$ 값에 대한 2차원 등고선도와 3차원 반응표면도이다. 감 염료농도(X_1)와 열 발색시간(X_2)을 변화시켰을 때 $\Delta E_{ab,10}$ 값의 반응곡선으로 독립변수인 감 염료농도(X_1)와 열 발색시간(X_2)에 대한 종속변수인 $\Delta E_{ab,10}$ 값은 감 염료농도(X_1)의 변화보다는 열 발색시간(X_2)의 변화에 더 영향을 받는 것으로 나타났다. 2차원 등곡선도에서 열 발색시간(X_2)이 12분 이상이고 감 염료농도(X_1)가 70%일 때, $\Delta E_{ab,10}$ 값이 2이하의 값을 보였다.

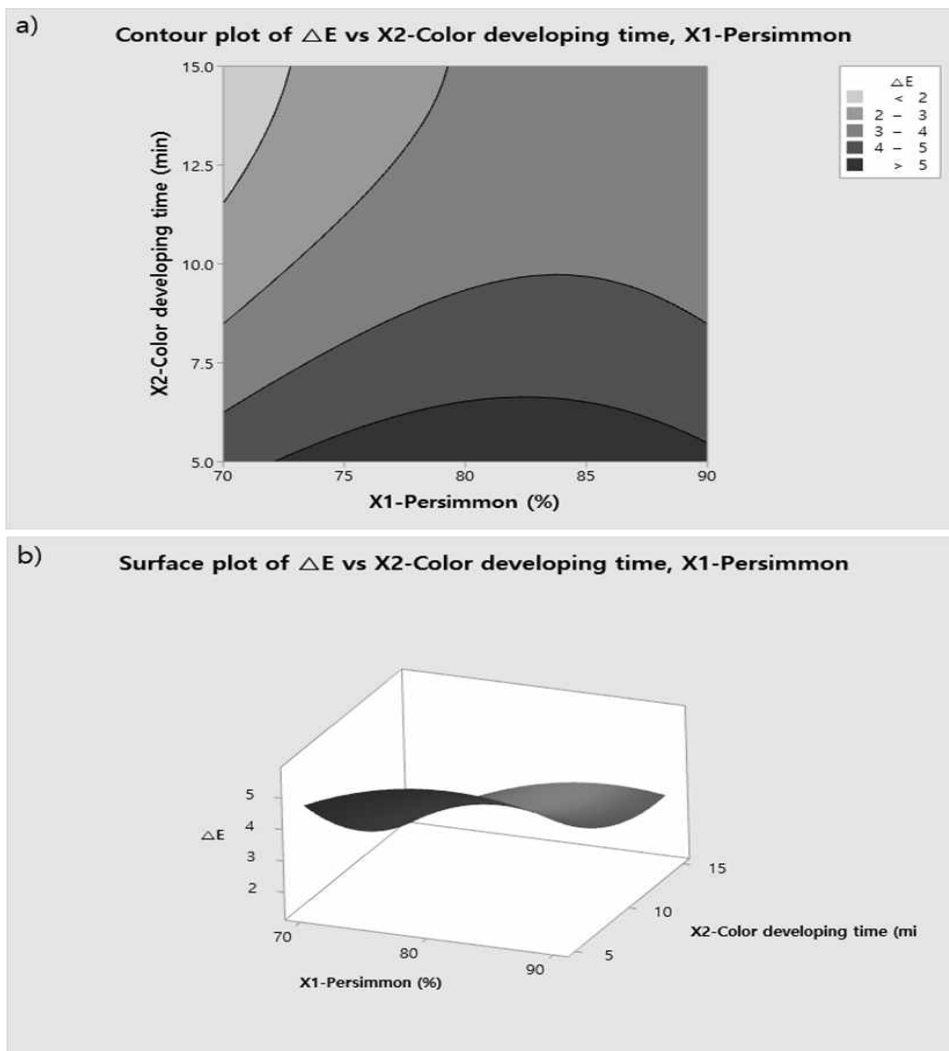
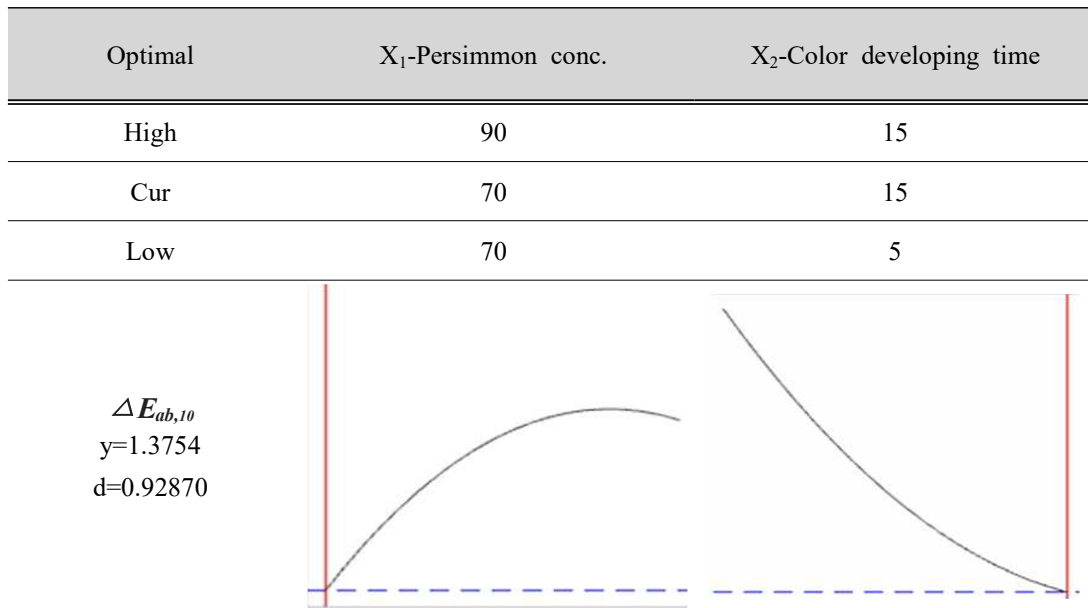


Fig. 18. Response contour plot and surface plot for $\Delta E_{ab,10}$ indicating the effects of the mutual interactions on concentration of persimmon (X_1) and color developing time(X_2) on $\Delta E_{ab,10}$: a) contour plots b) surface plots

<Table 28>는 ΔE 값에 대한 최적화도로 독립변수로 감 염료농도와 열 발색시간으로 설정하고 반응치로 $\Delta E_{ab,10}$ 값을 설정하였다. 최적 조건을 찾아내기 위해 $\Delta E_{ab,10}$ 값의 목표값을 1.05, 상한값을 5.56로 하여 그 이하의 최소값을 추구하는 조건으로 하는 최적점을 도출하고자 한다. 그 결과 X_1 (감 염료농도)이 70%이고, X_2 (열 발색시간)가 15분일 때 $\Delta E_{ab,10}$ 의 최적화 값은 1.3754로 감 단일염색 직물과 감/봉선화 혼합염색 직물의 두 직물 색상 간의 차이가 2이하로 낮은 값을 보여 색상 정확도가 높다고 볼 수 있으며, 혼합염색 직물이 감 단일염색 직물의 색상과 유사해 질 수 있다는 것을 알 수 있다.

Table 28. Optimization graph of response surface for $\Delta E_{ab,10}$



(5) 강연도

반응표면분석 실험계획에 의한 혼합염색 직물의 강연도 값은 앞의 <Table 16>에 나타내었으며, 2.57~4.37값의 범위를 나타내고 있다. 반응표면분석에서 얻어진 2차 모델식에 대한 적합성을 오차항에 대한 잔차분석을 통하여 확인 하였고, 혼합염색의 강연도 값의 결정도에 대한 잔차분석 결과를 <Fig. 19>에 제시하였다. <Fig. 19(a)>에서 표준화 잔차의 정규 확률도는 모든 데이터들이 직선상

에 분포됨에 따라 정규분포를 나타내고 있으며 잔차의 정규성을 만족하였으며 <Fig. 19(b)>에서 예측값과 표준화 잔차의 산점도를 살펴보면 ± 0.15 이내의 수평 밴드 내에서 랜덤하게 퍼져 있으므로 오차가 등분산성을 만족하였다. <Fig. 19(c)>의 히스토그램에서는 종 모양 형태에 가깝게 취하고 있어 정규분포를 만족한 것으로 판단할 수 있으며 <Fig. 19(d)>의 대순서 그림에서 살펴보면 ± 0.15 이내의 주기성과 같은 일정한 패턴이 나타나지 못하고 있다.

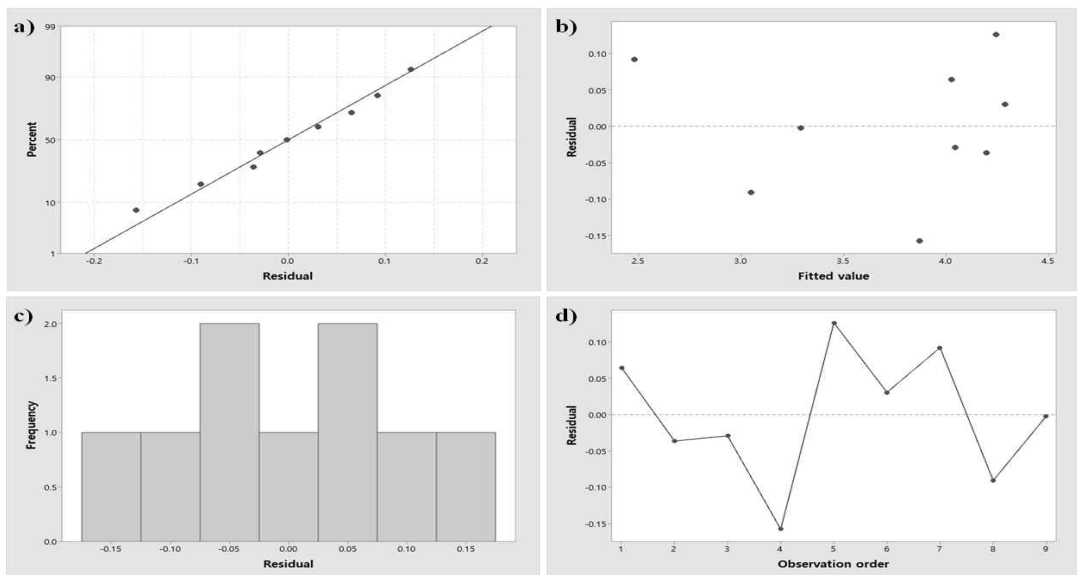


Fig. 19. The residual plots for a) normal probability plot, b) versus fits, c) histogram, d) versus order for flex stiffness

혼합염색 직물의 강연도 값에 대한 독립변수 감 염료농도, 열 발색시간에 대한 반응표면분석을 수행하였다. 반응표면분석법으로 확인한 결과 아래와 같은 회귀다항식을 얻었다.

$$Y_5 = -44.37 + 1.091X_1 + 0.491X_2 - 0.00621X_1^2 - 0.00658X_2^2 - 0.00398X_1X_2$$

여기서 Y_5 는 반응표면분석법에서 반응치로 설정된 혼합염색 직물의 강연도 값이고 계량인자(X_1, X_2)는 감 염료농도와 열 발색시간이다. 회귀다항식의 각 계수와 유의성은 <Table 29>에 나타내었고 유의성 p -value를 살펴보면 감 염료농도

(X_1)와 열 발색시간(X_2), 감 염료농도의 이차항(X_1^2)이 회귀다항식에 가장 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다. 회귀곡선에 대한 결정계수 R^2 값은 98.03로 높은 정확도를 나타냈으며 <Table 30>와 같이 ANOVA를 수행하였을 때, 전체 모형의 F-value는 29.89로 높았고, p -value는 0.009로 낮은 결과를 보여 유의성이 있다고 판단하였다.

Table 29. Regression coefficients and significance for flex stiffness

Factor	Coefficient	SE Coefficient	T-value
Constant	4.2450	0.110	38.73 [†]
X_1	0.5759	0.060	9.59 [†]
X_2	0.2075	0.060	3.46 [†]
X_1^2	-0.6210	0.104	-5.97 [†]
X_2^2	-0.1650	0.104	-1.58
X_1X_2	-0.1988	0.0735	-2.70

[†] $p < .05$

Table 30. Results of ANOVA for flex stiffness

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-value
Regression	5	3.23218	0.64644	29.89 [†]
Linear	2	2.24843	1.12422	51.98 [†]
X_1	1	1.99019	1.99019	92.02 [†]
X_2	1	0.25824	0.25824	11.94 [†]
Square	2	0.8257	0.41285	19.09 [†]
X_1^2	1	0.77157	0.77157	35.68 [†]
X_2^2	1	0.05413	0.05413	2.50
2-way interaction	1	0.15805	0.15805	7.31
X_1X_2	1	0.15805	0.15805	7.31
Pure error	3	0.06488	0.02163	
Total	8	3.29706		

[†] $p < .05$

<Fig. 20>는 감 염료농도(X_1)와 열 발색시간(X_2)을 변화시켰을 때 강연도 값의 반응곡선으로 독립변수로는 감 염료농도와 열 발색시간이고 종속변수는 강연도 값이다. 독립변수인 감 염료농도(X_1)와 열 발색시간(X_2)에 대한 종속변수인 강연도 값은 감 염료농도(X_1)와 열 발색시간(X_2)에 영향을 받는 것을 알 수 있다. 열 발색시간(X_2)이 10분 이하이고 감 염료농도(X_1)가 70%일 때, 강연도 값이 2.5이하의 값을 보였다.

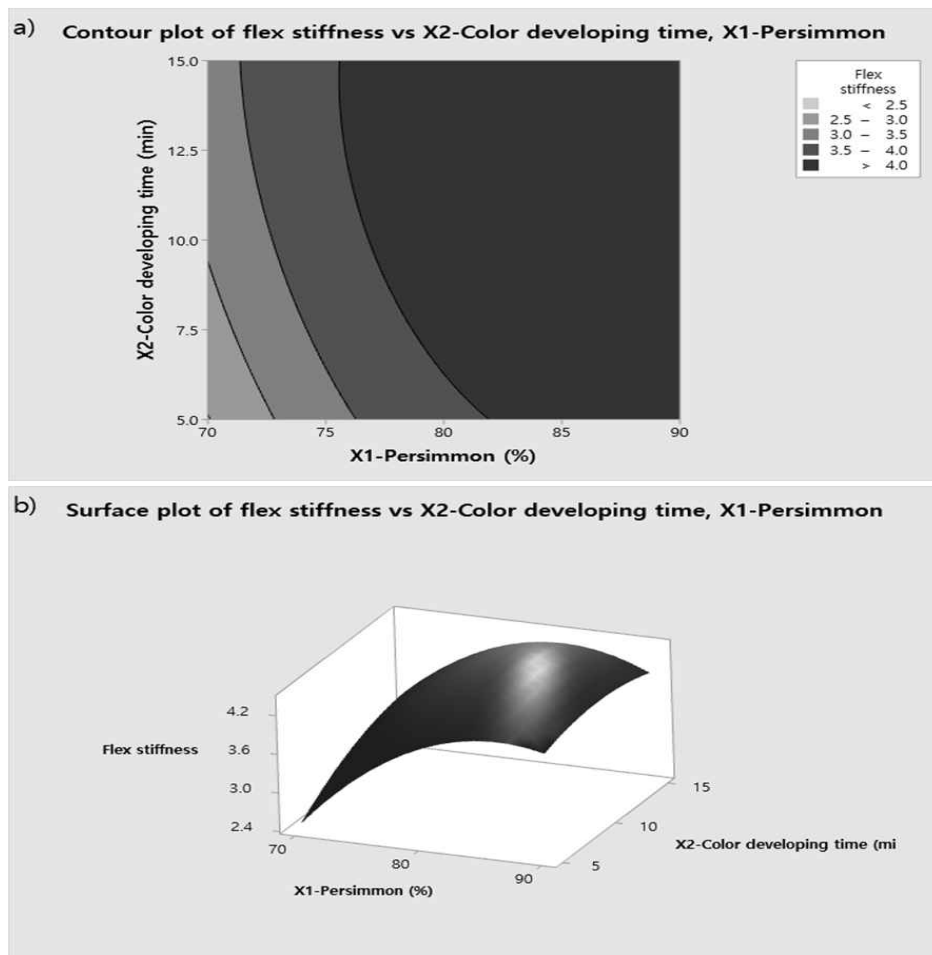
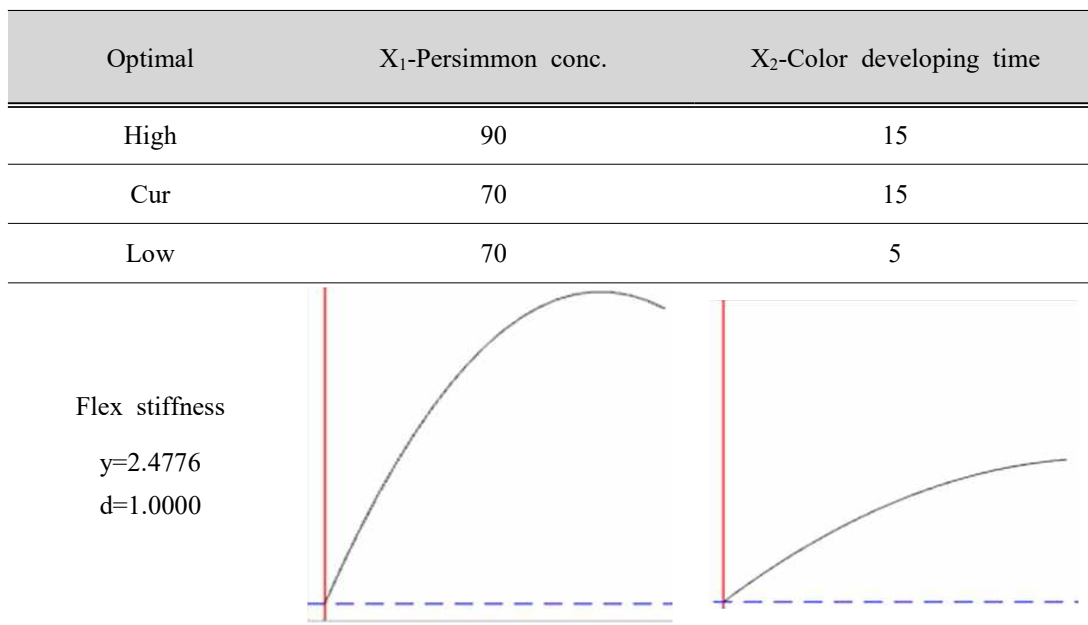


Fig. 20. Response contour plot and surface plot for flex stiffness indicating the effects of the mutual interactions on concentration of persimmon(X_1) and color developing time (X_2) on flex stiffness: a) contour plots b) surface plots

<Table 31>는 강연도 값에 대한 최적화도로 독립변수로 감 염료농도와 열 발색시간으로 설정하고 반응치로 혼합염색 직물의 강연도 값을 설정하였다. 최적화 혼합염색 직물의 강연도 값의 목표값을 2.57로 하고 상한값을 4.37로 하여 그 이하의 최소값을 추구하는 조건을 최적점으로 도출하고자 하였다. 그 결과 X_1 (감 염료농도)이 70%이고, X_2 (열 발색시간)가 15분일 때 강연도의 최적화 값은 2.4776로 추정되었다.

Table 31. Optimization graph of response surface for flex stiffness



3) 혼합염색의 최적 혼합비 도출 및 검증

다수의 반응변수에 대한 목표값을 만족하는 최적 혼합비를 도출하기 위해 Minitab 16(Minitab Inc., Statistical Software)의 반응 최적화 도구를 사용하여 최적 혼합비를 도출하였다. <Table 32>에 제시한 바와 같이 감과 봉선화 염료 혼합염색 직물의 ΔL^*_{10} 은 3.92, Δa^*_{10} 은 1.61, Δb^*_{10} 은 4.22, $\Delta E_{ab,10}$ 은 5.56 이하의 최소값으로 감 염색직물과 근접하게 만들고자 하며, 강연도는 4.37 이하의 최소값을 추구하는 조건으로 하는 최적점을 도출하고자 하였다. 이에 반응표면분석법의 반응 최적화 결과를 <Table 33>에 제시하였는데, 혼합염색 직물의 ΔL^*_{10} 은

1.0508, Δa^*_{10} 은 0.3086, Δb^*_{10} 은 0.4178, $\Delta E_{ab,10}$ 은 1.3754, 강연도는 3.2900이 최적 혼합시 반응치의 추정치로 도출되었다. 이때 각 반응 변수 별 결과에 대한 적합성 d는 ΔL^*_{10} 은 0.79921, Δa^*_{10} 은 0.82366, Δb^*_{10} 은 0.99275, $\Delta E_{ab,10}$ 은 0.92870, 강연도는 0.60039로 나타났다. 이 모델의 전체 설명력은 81.72%로 목표성능을 위한 독립변수의 최적 혼합비와 반응변수의 추정값은 <Table 34>과 같이 정리할 수 있다.

Table 32. Lower limit and upper limit of responses for dyeing with mixtures of persimmon and garden balsam extract

Response factors	CIE				Flex stiffness
	ΔL^*_{10}	Δa^*_{10}	Δb^*_{10}	$\Delta E_{ab,10}$	
Coal	Minimize	Minimize	Minimize	Minimize	Minimize
Lower limit	-	-	-	-	-
Upper limit	3.92	1.61	4.22	5.56	4.37

Table 33. Response surface optimization of mixtures of persimmon and garden balsam extract

Optimal	X ₁ -Persimmon conc.	X ₂ -Color developing time
High	90	15
Cur	70	15
Low	70	5

Composite desirability 0.8172	
ΔL^*_{10} Maximum y=1.0508 d=0.79921	
Δa^*_{10} Maximum y=0.3086 d=0.82366	
Δb^*_{10} Maximum y=0.4178 d=0.99275	
$\Delta E_{ab,10}$ Maximum y=1.3754 d=0.92870	
Flex stiffness Maximum y=3.2900 d=0.60039	

Table 34. Numerical optimization of factors

Factors	Level/goal			Numerical optimization
	Low limits	Center points	High limits	
X ₁ -Persimmon	70	80	90	70
X ₂ -Color developing time	5	10	15	15
Y ₁		Minimize		1.0508
Y ₂		Minimize		0.3086
Y ₃		Minimize		0.4178
Y ₄		Minimize		1.3754
Y ₅		Minimize		3.2900

1-5. 최적화 혼합염색 직물의 염색견뢰도, 쾌적성능 및 피부건강 기능성 평가

1) 염색견뢰도

최적화 혼합염색 직물의 염색견뢰도 결과는 <Table 35>와 같다. 혼합염색 직물의 땀견뢰도는 산성과 알칼리성으로 나누어 측정한 변퇴색에서 3-4등급을 보였으나, 섬유에 대한 오염도에서는 면과 양모 모두에서 4-5등급으로 우수하였다. 마찰견뢰도는 건조에서 4등급을 보였고, 습윤에서 3등급을 나타내어 약간 우수한 결과를 보였다. 손세탁견뢰도는 변퇴색에서는 3등급을 보였으나, 섬유에 대한 오염도에서는 아세테이트, 면, 폴리아마이드, 폴리에스터, 아크릴, 모에서 모두 4-5등급으로 우수하였다. 그리고 일광견뢰도에서는 1등급으로 저조한 편으로 나타났는데, 이는 감 염색 직물의 염색 특성으로 실험 시 광에 노출이 되면 오히려 색상이 더 짙어져서 변색에 의해 등급을 판정하는 일광견뢰도에서는 등급이 낮아졌을 가능성이 있다(Huh, 2011; Lee & Yi, 2013). 따라서 감 염색직물의 사전지식과 일광에 의한 색상 변화를 보았을 때, 실제 감과 봉선화 혼합염색 직물에 대한 소비자들이 느끼는 일광견뢰도는 일반 천연염색 직물에서처럼 색이 바래지거나 얼어지는 현상과는 차이가 있을 것으로 사료된다.

Table 35. Dyeing fastness properties of cotton fabric dyed with mixture of persimmon and garden balsam

Dyeing fastness properties		Grade	
Perspiration	Acidic	Color change	3-4
		Stain	Cotton
	Wool		4-5
	Alkaline	Color change	3-4
		Stain	Cotton
	Wool		4-5
Rubbing	Dry	4	
	Wet	3	
Light fastness	Color change	1	
Hand washing laundry	Stain	Color change	3
		Acetate	4-5
		Cotton	4-5
		Polyamide	4-5
		Polyester	4-5
		Acrylic	4-5
		Wool	4-5

2) 공기투과도

최적화 혼합염색 직물의 공기투과도의 결과는 <Fig. 21>과 같다. 모든 염색직물은 미염색 면직물보다 다소 낮은 공기투과도를 보여서, 천연추출물 염료의 염색공정에서 천연염료가 섬유와 직물표면에도 일부 부착됨으로써, 공기투과도에 영향을 미치는 섬유간극과 실 간극 등의 구조적 요인에 다소 변화가 생길 수 있음을 알 수 있었다. 특히 감 염색 시 점도가 비교적 강한 타닌 성분이 면직물에 코팅이 되면서 면직물 구조의 기공을 감소시키면서 공기투과도가 감소한 것으로 사료된다. 그러나 최적화 혼합염색 직물은 356mm/s로 단일 봉선화 염색직물과 단일 감물염색 직물보다 공기 투과도가 증가하였다. 그러나 전반적으로 미염색 면직물과 비교하여, 모든 염색직물의 공기투과도가 뚜렷한 변화를 보인다고는 할 수 없으므로, 최적화 혼합염색 직물의 공기투과도는 쾌적성능에 영향을 미친다고 할 수 없는 것으로 판단되었다. 한편 선행연구에서 감 염색 티셔츠의 통기성결과 (Yi et al., 2007), 미염색 티셔츠보다 공기투과율이 향상되었으며, 이러한 결과는 감 염료가 일부 실과 섬유 사이의 공간을 넓히면서 미염색 티셔츠보다 높은 투과율을 나타내었다고 하였다. 또한 감물 가공 견직물(Kim & Kim, 2015)에서도 미염색 견직물보다 공기투과율이 증가하였고, 이는 감물 처리 전에는 경위사 중 견사의 단면형상이 평평하나 감물처리 및 건조 후에는 실의 단면이 둥글게 집속하는 효과가 있다고 보았다. 그러나 본 연구의 결과는 선행연구와 다른 경향을 보인 것은 발색방식의 차이로 볼 수 있으며, 열 발색을 하는 방식에서 열판에 의해 강하게 눌러지면서 감 염료가 면직물의 일부 실과 실 사이의 공간을 채워졌을 것으로 사료되었다.

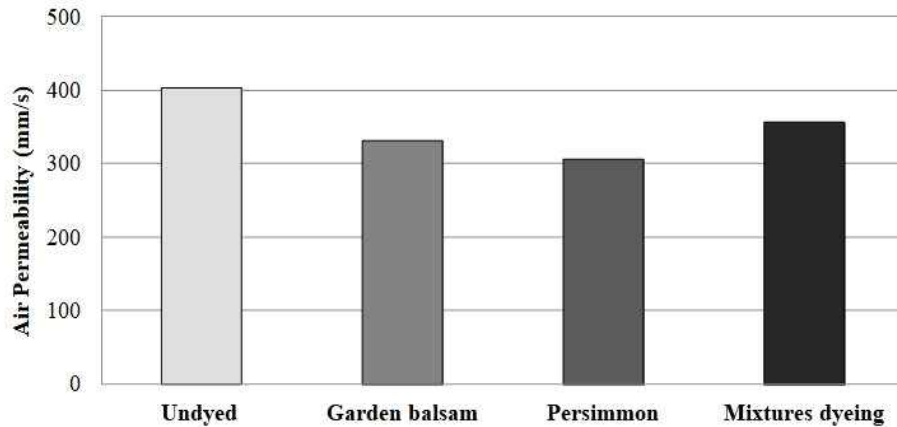


Fig. 21. Air permeability of cotton fabric depending on dye types

3) 접촉냉온감

접촉냉온감(Q_{max})은 인체가 직물에 접촉시 0.3초 이하의 순간적인 열 이동을 측정된 것으로 Q_{max} 값이 클수록 냉감이 강하고 그 값이 적을수록 따뜻한 감이 부여된다고 할 수 있다(Kim & Song, 2013). <Fig. 22>에는 미염색 면직물과 100% 봉선화 단일염색 직물, 100% 감 단일염색 직물, 감 70%와 봉선화 30%의 최적화 혼합염색 직물의 접촉냉온감을 나타내었다. 미염색 면직물의 접촉냉온감은 0.13의 값을 보였고, 봉선화 단일염색 직물은 0.14, 감 단일염색 직물에서는 0.13의 값을 나타내었다. 그리고 최적화 혼합염색 직물의 접촉냉온감이 0.12로 가장 낮은 수치를 보였으나 미염색 면직물과 단일염색 직물들과 혼합염색 직물의 접촉냉온감 수치 차이가 0.01~0.02의 미비한 차이이므로 명확한 차이가 없다고 볼 수 있다. 그리고 선행연구(Kim & Song, 2013)에서 레이온 100% 직물이 0.11~0.12 사이의 Q_{max} 값 보였다고 보고하였고, 해군 동근무복(Shin, 2003)의 접촉냉온감에서는 0.09~0.14사이의 Q_{max} 값을 나타내었다. 이에 본 연구의 혼합염색 직물의 접촉냉온감은 선행연구(Kim & Song, 2013)의 레이온 100% 직물과 비슷한 경향을 보인다고 할 수 있으며, 혼합염색에 의해 면직물 접촉냉온감에 뚜렷한 변화는 있지 않다고 할 수 있다. 또한 전통 감 염색직물은 통기성이 좋은 여름철 의복으로 시원한 천연염색 직물로 인식되어 있는데, 이는 선행연구(Park & Son, 1999)에서 감 염색으로 푸새를 한 것처럼 뻣뻣하여 몸에 달라붙지 않아 감각적으로 시원하게 느낀다는 것을 입증한 바 있다. 따라서 감 염색직물에 의한

시원한 느낌은 감 염색직물의 뽀뽀한 성질에 의한 피부와 직물사이의 공간이 생기면서 느껴지는 것이라고 할 수 있다.

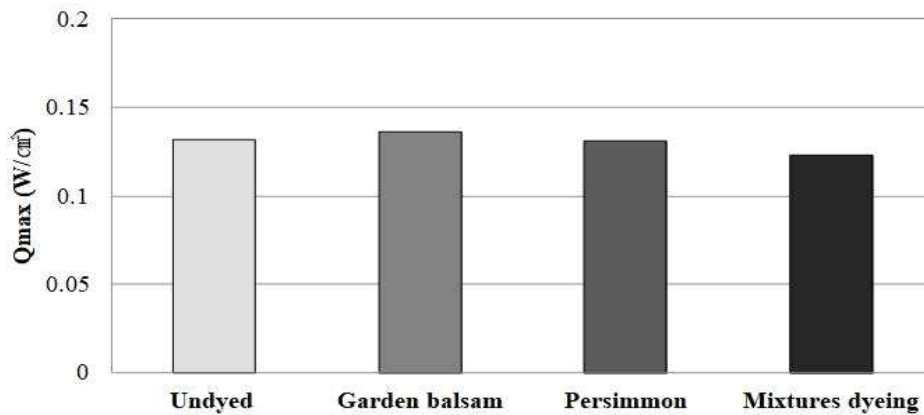


Fig. 22. Qmax values of cotton fabric depending on dye types

4) 발수도

발수도는 미염색 면직물과 염색농도 100%(o.w.f)의 열 발색 온도 180℃의 열 발색시간 15분 조건의 단일 봉선화 염색직물과 단일 봉선화 염색직물, 최적화 혼합염색 직물에 대한 결과를 <Fig. 23>에 나타내었다. 미염색 면직물과 단일 봉선화 염색직물의 발수도는 0이었지만 단일 감물염색 직물은 50을 나타내었고, 감과 봉선화 혼합염색 직물도 단일 감물염색 직물과 동일하게 50을 나타내었다. 단일 봉선화 염색직물은 미염색 면직물과 같은 발수도를 나타내어 염색 농도, 열 발색시간 조건에 따른 발수도에 미치는 효과는 없는 것으로 나타났다. 단일 감물염색 직물과 혼합염색 직물은 염색 농도, 열 발색시간에 따른 발수도 결과 모두 50으로 나타나, 미염색 면직물과 단일 봉선화 염색직물보다 발수 기능이 높아졌다고 볼 수 있으나, 혼합염색 직물과 단일 감물염색 직물의 발수도의 차이는 보이지 않았다. 이에 혼합 염색 직물은 단일 감물 염색직물과 같은 발수도 값을 보여, 동일한 발수기능을 갖고 있는 것으로 판단되어진다. 또한 선행연구(Han & Lee, 2010)의 감 염색 견직물과 면직물에서도 발수도가 50으로 나타난 결과와 일치하였다.

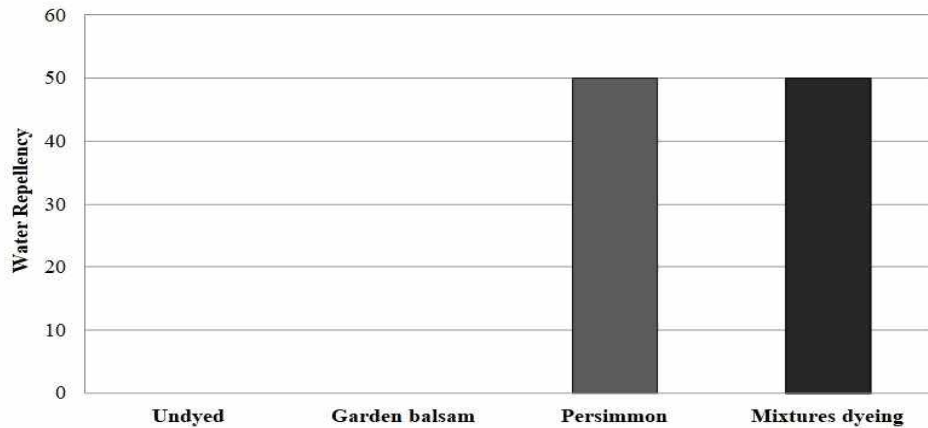


Fig. 23. Water repellency of cotton fabric depending on dye types

5) 자외선차단성

최적화 혼합염색 직물의 자외선차단율은 <Fig. 24>과 같이 미염색 면직물과 봉선화 단일염색 직물, 감 단일염색 직물보다 높게 나타났다. UV-A(315~400 nm)의 자외선차단율은 미염색 면직물의 차단율이 84.4%이고, 봉선화 단일염색 직물은 94.3%, 감 단일염색 직물에서는 95.7%로 미염색 면직물보다 10% 이상의 높은 차단율을 나타내었으며, 최적화 혼합염색 직물은 96.1%로 감 단일염색 직물보다 다소 높은 차단율을 나타내었다. UV-B(290~315nm)의 자외선차단율은 미염색 면직물은 90.0%이고, 봉선화 단일염색 직물은 95.8%, 감 단일염색 직물에서는 97.3%로 높은 차단율을 나타내었고, 최적화 혼합염색 직물은 97.4%의 우수한 차단율을 나타내었다. 또한 선행연구(Kim & Kim, 2015)에서도 견직물과 나일론 직물의 감물가공포의 자외선차단율이 90%이상을 나타내어 감물염색 가공으로 인하여 자외선 차단효과가 있다고 하였다. 따라서 봉선화 단일염색과 감 단일염색 면직물은 미염색 면직물보다 훨씬 향상된 자외선차단성을 발휘하는 것을 알 수 있으며, 특히 최적화 혼합염색 면직물은 UV-A와 UV-B에 대해 모두 96% 이상의 우수한 자외선차단율을 나타내어, 감 단일염색 면직물보다도 다소 향상된 결과를 보여서, 자외선에 대한 피부건강기능성을 기대할 수 있었다.

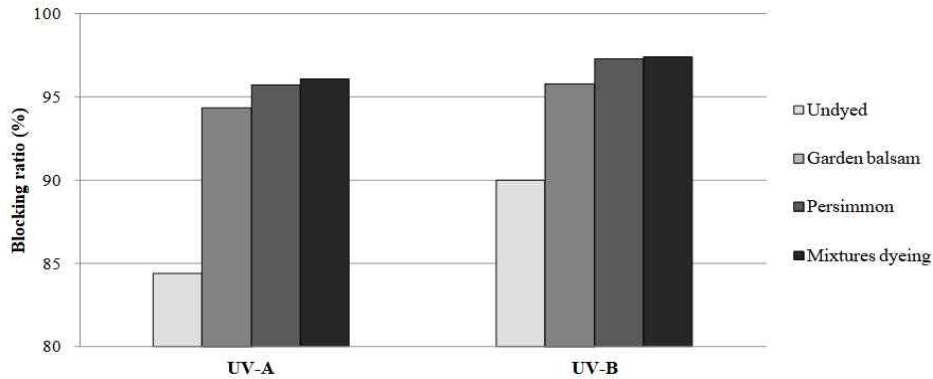


Fig. 24. Sun protection properties of cotton fabric depending on dye types

6) 항균성

감과 봉선화의 최적화 혼합염색 직물의 항균성 결과를 <Table 36>에 제시하였다. 대조군과 비교하여, 황색포도상구균과 폐렴간균 모두 성장이 억제되어 균이 거의 발견되지 않음을 알 수 있었다. 구체적인 균 감소율은 황색포도상구균에 대해서 99.9%의 균 감소율을 보였고, 폐렴간균에 대해서는 94.7%의 균 감소율을 나타내었다. 앞에서 논의된 바와 같이(<Table 11>), 감 염료와 봉선화 염료 자체의 항균성은 99.9%이상의 균 감소율을 나타내었으므로, 염료 자체의 우수한 항균성이 이들 염료의 혼합염색 직물에서도 발휘되어 나타남을 확인할 수 있었다.

Table 36. Antimicrobial activity of cotton fabric dyed with mixture of persimmon and garden balsam

Specimen	Bacterial reduction rate (%)	
	Staphylococcus aureus	Klebsiella pneumoniae
Control	-	-
Dyed with mixtures	99.9	94.7

2. 감과 봉선화의 최적화 혼합염색 직물을 이용한 천연염색 배색감성

2-1. EEG 신호를 이용한 생리적 감성

1) 3-배색 자극물에 따른 EEG 신호 특성

3-배색 자극물에 따른 EEG 신호의 상대적 출현량에 차이가 있는지를 분석하기 위하여 일원배치 분산분석과 사후검정으로 Scheffe's test를 실시한 결과를 대역별로 나누어 <Table 37>, <Table 38>, <Table 39>, <Table 40>, <Table 41>에 나타내었다. 느린 알파파에서 3-배색 자극물에 따른 EEG 신호의 상대적 출현량에 차이는 <Table 37>과 같다. 명상초기 상태에서 발생하여 기본적으로 안정의 지표로 알려진 느린 알파파는 상대적 출현량에 대해서 모든 EEG 채널 부위에서 3-배색 자극물에 따른 유의한 차이를 보이지 않았다. 그러나 중차색조 배색Ⅱ에 속하는 C5와 C6은 느린 알파파의 상대적 출현량이 동일색조 배색(C1, C2)과 중차색조 배색Ⅰ(C3, C4)보다 대부분 높은 값을 나타내는 경향이였다. 또한 감정과 행동을 통합하고 단기간 기억을 저장하는 전전두엽(Fp1, Fp2) 부위에서 느린 알파파의 상대적 출현량이 다른 EEG 채널의 상대적 출현량보다 다소 높은 경향을 나타내었다.

Table 37. One-way ANOVA results for differences of EEG signal at slow alpha among 3-color combination stimuli

EEG Channel	C1	C2	C3	C4	C5	C6	F-value	p-value
Fp1	-0.08	-0.18	-0.13	-0.05	-0.08	-0.11	0.137	0.983
Fp2	-0.10	-0.16	-0.14	-0.07	-0.11	-0.06	0.096	0.993
F3	-0.38	-0.39	-0.34	-0.35	-0.16	-0.31	0.634	0.674
F4	-0.33	-0.37	-0.37	-0.35	-0.16	-0.32	0.532	0.752
P3	-0.42	-0.40	-0.50	-0.38	-0.08	-0.26	1.983	0.083
P4	-0.36	-0.31	-0.42	-0.29	-0.19	-0.26	0.490	0.784
O1	-0.30	-0.31	-0.25	-0.38	-0.02	0.00	1.856	0.104
O2	-0.23	-0.30	-0.34	-0.27	-0.12	-0.08	0.767	0.575

알파파에서 3-배색 자극물에 따른 EEG 신호의 상대적 출현량에 차이를 분석한 결과는 <Table 38>과 같다. 긴장 이완 상태에서 주로 발생하는 알파파의 상대적 출현량은 느린 알파파에서와 같이 3-배색 자극물에 따른 유의한 차이를 보이지 않았다. 그러나 느린 알파파에서와 마찬가지로 중차색조 배색Ⅱ에 속하는 C5와 C6을 제공하였을 때에 알파파의 상대적 출현량이 동일색조 배색(C1, C2)과 중차색조 배색 I (C3, C4)에서보다 높은 경향을 보였으며, 전전두엽(Fp1, Fp2)에서의 상대적 출현량이 다른 EEG 채널의 상대적 출현량보다 높은 경향을 나타내었다.

Table 38. One-way ANOVA results for differences of EEG signal at alpha among 3-color combination stimuli

EEG Channel	C1	C2	C3	C4	C5	C6	F-value	p-value
Fp1	-0.12	-0.22	-0.14	-0.07	-0.11	-0.14	0.175	0.972
Fp2	-0.10	-0.15	-0.13	-0.09	-0.11	-0.06	0.063	0.997
F3	-0.40	-0.40	-0.38	-0.38	-0.19	-0.32	0.624	0.682
F4	-0.30	-0.32	-0.37	-0.31	-0.14	-0.30	0.483	0.789
P3	-0.42	-0.43	-0.59	-0.40	-0.14	-0.26	2.268	0.050
P4	-0.30	-0.23	-0.41	-0.26	-0.19	-0.22	0.492	0.782
O1	-0.30	-0.34	-0.32	-0.36	-0.10	-0.06	1.334	0.252
O2	-0.15	-0.33	-0.36	-0.33	-0.10	-0.08	1.133	0.344

빠른 알파파에서 3-배색 자극물에 따른 EEG 신호의 상대적 출현량에 차이를 분석한 결과는 <Table 39>와 같다. 정신집중 상태에서 주로 발생하는 빠른 알파파에서도 3-배색 자극물에 따른 유의한 차이를 보이지 않았다. 그러나 중차색조 배색Ⅱ(C5, C6)에서 빠른 알파파의 상대적 출현량이 동일색조 배색(C1, C2)과 중차색조 배색 I (C3, C4)에서보다 보다 높은 경향을 보였으며, 공간적 사고와 인식 기능 역할을 하는 두정엽의 우뇌(P4)의 부위에서 상대적 출현량이 다른 EEG 채널에서보다 높은 경향을 나타내었다.

Table 39. One-way ANOVA results for differences of EEG signal at fast alpha among 3-color combination stimuli

EEG Channel	C1	C2	C3	C4	C5	C6	F-value	p-value
Fp1	-0.19	-0.23	-0.16	-0.17	-0.15	-0.10	0.138	0.983
Fp2	-0.17	-0.10	-0.12	-0.16	-0.17	-0.07	0.132	0.985
F3	-0.27	-0.29	-0.29	-0.25	-0.20	-0.13	0.313	0.905
F4	-0.28	-0.24	-0.30	-0.25	-0.13	-0.23	0.291	0.917
P3	-0.27	-0.40	-0.46	-0.28	-0.11	-0.21	1.295	0.268
P4	-0.09	-0.16	-0.29	-0.17	-0.11	-0.11	0.369	0.870
O1	-0.22	-0.35	-0.27	-0.24	-0.04	-0.05	1.120	0.352
O2	-0.19	-0.30	-0.27	-0.31	0.02	-0.04	1.408	0.224

낮은 베타파에서 3-배색 자극물에 따른 EEG 신호의 상대적 출현량에 차이를 분석한 결과는 <Table 40>에 제시하였다. 주의집중 상태에서 주로 발생하는 낮은 베타파도 3-배색 자극물에 따른 유의한 차이를 보이지 않았다. 다른 대역과 마찬가지로 중차색조 배색Ⅱ(C5, C6)에서 낮은 베타파의 상대적 출현량이 다른 색조의 배색유형에서보다 높은 경향을 보였으며, 이성적 사고 기능을 담당하는 전두엽 좌뇌(F3)의 부위에서 다른 EEG 채널에서보다 낮은 베타파의 상대적 출현량이 더 높은 경향을 나타내었다.

Table 40. One-way ANOVA results for differences of EEG signal at low beta among 3-color combination stimuli

EEG Channel	C1	C2	C3	C4	C5	C6	F-value	p-value
Fp1	-0.13	-0.12	-0.10	-0.20	-0.04	-0.11	0.187	0.967
Fp2	-0.20	-0.06	-0.17	-0.27	-0.10	-0.10	0.421	0.834
F3	-0.01	-0.07	0.12	-0.01	0.07	0.06	0.320	0.901
F4	-0.14	-0.19	-0.14	-0.24	-0.01	-0.17	0.440	0.820
P3	-0.09	-0.13	-0.22	-0.15	0.10	-0.04	0.901	0.482
P4	-0.12	-0.09	-0.16	-0.19	-0.05	0.02	0.453	0.811
O1	-0.11	-0.07	-0.20	-0.12	0.16	0.11	1.734	0.129
O2	-0.07	-0.16	-0.17	-0.21	0.05	0.05	0.943	0.454

베타파에서 3-배색 자극물에 따른 EEG 신호의 상대적 출현량에 차이를 분석한 결과는 <Table 41>에 제시하였다. 의식적 행동 상태에서 주로 발생하는 베타파에서도 3-배색 자극물에 따른 유의한 차이를 보이지 않았다. 그러나 중차색조 배색Ⅱ(C5, C6)에서 C5의 베타파의 상대적 출현량이 다른 배색 시료에서보다 높은 경향을 보였으며, 시각 정보를 분석하는 후두엽(O1, O2)의 부위에서 다른 EEG 채널에서보다 베타파의 상대적 출현량이 더 높은 경향을 나타내었다.

Table 41. One-way ANOVA results for differences of EEG signal at beta among 3-color combination stimuli

EEG Channel	C1	C2	C3	C4	C5	C6	F-value	p-value
Fp1	-0.55	-0.60	-0.54	-0.42	-0.41	-0.51	0.662	0.653
Fp2	-0.61	-0.48	-0.61	-0.42	-0.45	-0.52	0.755	0.583
F3	-0.26	-0.29	-0.28	-0.13	-0.11	-0.29	0.560	0.731
F4	-0.31	-0.35	-0.41	-0.20	-0.18	-0.42	1.000	0.419
P3	-0.12	-0.24	-0.29	-0.29	-0.07	-0.17	0.633	0.675
P4	-0.18	-0.30	-0.32	-0.26	-0.20	-0.22	0.247	0.941
O1	0.05	-0.07	-0.12	-0.11	0.19	0.15	1.385	0.232
O2	0.03	-0.20	-0.09	-0.07	0.05	0.04	0.723	0.607

이상과 같이 3-배색 자극물에 따라서 EEG 신호의 상대적 출현량에 차이가 있는지를 검토한 결과, 알파파 대역(slow alpha, alpha, fast alpha)과 베타 대역(low beta, beta)에서 모든 부위별로 3-배색 자극물에 따라 EEG 신호의 상대적 출현량에는 유의한 차이가 나타나지 않았다. 그러나 중차색조 배색Ⅱ에 속하는 C5와 C6을 제공하였을 때에 대부분의 알파파 및 베타파 대역에서, 다른 3-배색 자극물을 제공하였을 때보다, EEG 신호의 상대적 출현량이 다소 높은 경향을 나타내어서, 배색유형에 따른 EEG 신호의 차이를 구체적으로 분석할 필요가 있음을 시사하였다.

2) 배색변인과 EEG 신호 간의 관계

(1) 배색유형이 EEG 신호에 미치는 영향

3-배색 자극물의 배색 유형에 따른 EEG 신호의 상대적 출현량에 차이가 있는지를 분석하기 위하여 일원배치 분산분석과 사후검정으로 Scheffe's test를 실시한 결과를 대역별로 <Table 42>, <Table 43>, <Table 44>, <Table 45>, <Table 46>에 나타내었다. 느린 알파파에서 3-배색 자극물의 배색 유형에 따른 EEG 신호의 상대적 출현량에 차이를 검정한 결과는 <Table 42>과 같다. 느린 알파파는 공간적 사고와 인식기능 역할을 하는 두정엽의 좌뇌(P3), 시각 정보를 분석하는 후두엽의 좌뇌(O1)에서 배색유형 간에 유의한 차이를 나타내었다. 또한 사후검정으로 Scheffe's test를 실시한 결과, soft 색조의 혼합염색 직물과 pale 색조의 짙 염색 직물, pale 색조의 치자청/치자황 혼합염색 직물로 구성된 중차색조 배색 I 과 soft 색조의 혼합염색 직물과 dull 색조의 짙 염색 직물, dull 색조의 치자청/치자황 혼합염색 직물로 구성된 중차색조 배색 II 간에 유의한 차이가 확인되었다. 짙고 어두운 색조와 배색한 중차색조 배색 II가 밝고 옅은 색조와 배색한 중차색조 배색 I 보다 높은 상대적 출현량을 나타내어, 중차색조 배색 II에서 명상초기 상태에서 나타나는 느린 알파파의 상대적 출현량이 더 활성화됨을 알 수 있다. 특히, O1 EEG 채널은 후두엽으로 뇌의 뒤쪽에 위치하고 있으며 시각 영역과 인접해 있어 시각 정보를 분석하고 통합하는 역할을 하는 부위로(Kim, 2011) 3-배색 자극물의 시각적인 특성인 색채에 의해 EEG 신호의 상대적 출현량 차이가 유의하게 발생하였음을 알 수 있다.

Table 42. One-way ANOVA results for differences of EEG signal at slow alpha depending on color combination types

EEG Channel	Identical	Medium difference I	Medium difference II	F-value	p-value
Fp1	-0.13 A	-0.09 A	-0.10 A	0.066	0.936
Fp2	-0.13 A	-0.11 A	-0.09 A	0.057	0.944
F3	-0.38 A	-0.35 A	-0.23 A	1.110	0.332
F4	-0.35 A	-0.36 A	-0.24 A	0.740	0.479
P3	-0.41 AB	-0.44 A	-0.17 B	3.900	0.022 [†]
P4	-0.33 A	-0.36 A	-0.23 A	0.767	0.466
O1	-0.30 A	-0.32 A	-0.01 B	4.390	0.014 [†]
O2	-0.26 A	-0.30 A	-0.10 A	1.734	0.179

[†]p<.05. A and B mean Scheffe's multiple comparison test's results

알파파에서 3-배색 자극물의 배색 유형에 따른 EEG 신호의 상대적 출현량에 차이를 검정한 결과는 <Table 43>과 같다. 긴장 이완 상태에 보이는 알파파의 상대적 출현량은 느린 알파파와 같이 두정엽의 좌뇌(P3), 후두엽의 좌뇌(O1)에서 배색유형 간에 유의한 차이를 나타내었다. 사후검정 결과, 짙고 어두운 색조 배색인 중차색조 배색Ⅱ가 밝고 옅은 색조 배색인 중차색조 배색Ⅰ보다 높은 값을 나타내어, 중차색조 배색Ⅱ에서 알파파의 상대적 출현량이 더 활성화되었다. 이러한 결과는 선행연구들(Kim & Kim, 2016; Yeh et al., 2013)에서 보고한 부드러운 느낌의 연한색조(pale tone, bright tone)의 색상자극에서 편안한 상태의 뇌파 반응이 나타난 결과와는 일치하지 않는다. 이는 본 연구의 대상인 3-배색 천연염색 직물의 배색감성 특성이라고 풀이할 수 있으며, soft 색조의 혼합염색 직물과 짙고 어두운 dull 색조의 쪽 및 치자청/치자황 혼합염색 직물과 배색한 중차색조 배색Ⅱ에서 편안한 상태의 알파파의 상대적 출현량이 더 활성화됨을 의미한다.

Table 43. One-way ANOVA results for differences of EEG signal at alpha depending on color combination types

EEG Channel	Identical	Medium difference I	Medium difference II	F-value	p-value
Fp1	-0.17 A	-0.11 A	-0.12 A	0.167	0.846
Fp2	-0.12 A	-0.11 A	-0.09 A	0.046	0.955
F3	-0.40 A	-0.38 A	-0.25 A	1.193	0.306
F4	-0.31 A	-0.34 A	-0.22 A	0.672	0.512
P3	-0.43 AB	-0.50 A	-0.20 B	4.509	0.012 [†]
P4	-0.26 A	-0.34 A	-0.21 A	0.668	0.514
O1	-0.32 AB	-0.34 A	-0.08 B	3.299	0.039 [†]
O2	-0.24 A	-0.35 A	-0.09 A	2.275	0.106

[†]p<.05. A and B mean Scheffe's multiple comparison test's results

빠른 알파파에서 3-배색 자극물의 배색유형에 따른 EEG 신호의 상대적 출현량에 차이를 검정한 결과는 <Table 44>와 같다. 정신집중 상태에서 보이는 빠른 알파파의 상대적 출현량은 후두엽의 우뇌(O2)에서 배색유형 간에 유의한 차이를 나타내었다. 사후검정 결과, soft 색조의 혼합염색 직물과 dull 색조의 쪽 염색 직물, dull 색조의 치자청/치자황 혼합염색 직물로 구성된 중차색조 배색Ⅱ가 다른 배색유형보다 높은 상대적 출현량을 나타내어, 중차색조 배색Ⅱ에서 정신집중 상태에 빠른 알파파의 상대적 출현량이 더 활성화됨을 알 수 있다.

Table 44. One-way ANOVA results for differences of EEG signal at fast alpha depending on color combination types

EEG Channel	Identical	Medium difference I	Medium difference II	F-value	p-value
Fp1	-0.21 A	-0.16 A	-0.13 A	0.256	0.774
Fp2	-0.13 A	-0.14 A	-0.12 A	0.013	0.987
F3	-0.28 A	-0.27 A	-0.17 A	0.640	0.528
F4	-0.26 A	-0.28 A	-0.18 A	0.430	0.651
P3	-0.33 A	-0.37 A	-0.16 A	2.035	0.134
P4	-0.13 A	-0.23 A	-0.11 A	0.605	0.547
O1	-0.28 A	-0.25 A	-0.05 A	2.490	0.086
O2	-0.24 A	-0.29 A	-0.01 B	3.265	0.041 [†]

[†]p<.05. A and B mean Scheffe's multiple comparison test's results

낮은 베타파에서의 3-배색 자극물의 배색유형에 따른 EEG 신호의 상대적 출현량에 차이를 검정한 결과는 <Table 45>과 같다. 주의집중 상태에서 보이는 낮은 베타파의 상대적 출현량은 시각 정보 분석 역할을 하는 후두엽의 좌뇌(O1)에서 배색유형 간에 유의한 차이를 나타내었다. 또한 사후검정 결과, 짙고 어두운 색조와 배색한 중차색조 배색Ⅱ가 밝고 옅은 색조와 배색한 중차색조 배색Ⅰ보다 높은 상대적 출현량을 나타내어, 중차색조 배색Ⅱ에서 주의집중 상태에서 나타나는 낮은 베타파의 상대적 출현량이 더 활성화됨을 알 수 있었다.

Table 45. One-way ANOVA results for differences of EEG signal at low beta depending on color combination types

EEG Channel	Identical	Medium difference I	Medium difference II	F-value	p-value
Fp1	-0.12 A	-0.15 A	-0.08 A	0.186	0.831
Fp2	-0.13 A	-0.22 A	-0.10 A	0.504	0.605
F3	-0.04 A	0.06 A	0.06 A	0.452	0.637
F4	-0.17 A	-0.19 A	-0.09 A	0.403	0.669
P3	-0.11 A	-0.19 A	0.03 A	1.778	0.172
P4	-0.10 A	-0.18 A	-0.01 A	1.045	0.354
O1	-0.09 AB	-0.16 A	0.14 B	4.18	0.017 [†]
O2	-0.11 A	-0.19 A	0.05 A	2.200	0.114

[†]p<.05. A and B mean Scheffe's multiple comparison test's results

베타파에서 3-배색 자극물의 배색유형에 따른 EEG 신호의 상대적 출현량에 차이를 검정한 결과는 <Table 46>과 같다. 의식적 행동 상태에서 보이는 베타파의 상대적 출현량은 시각 정보를 분석하는 후두엽의 좌뇌(O1)에서 배색유형 간에 유의한 차이를 나타내었다. 또한 사후검정 결과, 짙고 어두운 색조와 배색한 중차색조 배색II가 밝고 옅은 색조와 배색한 중차색조 배색 I 보다 높은 상대적 출현량을 나타내어, 중차색조 배색II에서 의식적 행동 상태에서 나타나는 베타파의 상대적 출현량이 더 활성화됨을 알 수 있다.

Table 46. One-way ANOVA results for differences of EEG signal at beta depending on color combination types

EEG Channel	Identical	Medium difference I	Medium difference II	F-value	p-value
Fp1	-0.57 A	-0.48 A	-0.46 A	0.865	0.423
Fp2	-0.55 A	-0.52 A	-0.49 A	0.211	0.810
F3	-0.28 A	-0.21 A	-0.20 A	0.299	0.742
F4	-0.33 A	-0.30 A	-0.30 A	0.067	0.935
P3	-0.18 A	-0.29 A	-0.12 A	1.158	0.317
P4	-0.24 A	-0.29 A	-0.21 A	0.269	0.765
O1	-0.01 AB	-0.11 A	0.17 B	3.187	0.044 [†]
O2	-0.08 A	-0.08 A	0.04 A	0.796	0.453

[†] p<.05. A and B mean Scheffe's multiple comparison test's results

이상과 같이 3-배색 자극물의 배색유형에 따라서 EEG 신호의 상대적 출현량에 차이가 있는지를 분석한 결과, 안정 상태에서 보이는 느린 알파파와 알파파의 상대적 출현량은 두정엽의 좌뇌(P3), 후두엽의 좌뇌(O1)에서 배색유형 간에 유의한 차이를 나타내었다. 그리고 주의집중 상태에서 보이는 낮은 베타파와 베타파의 상대적 출현량은 시각 정보를 분석하는 후두엽의 좌뇌(O1)에서 배색유형 간에 유의한 차이를 보였다. 구체적으로 알파파 대역(slow alpha, alpha)과 베타파 대역(low beta, beta)에서 짙고 어두운 색조와 배색한 중차색조 배색Ⅱ가 밝고 옅은 색조와 배색한 중차색조 배색 I 보다 높은 상대적 출현량을 나타내어, 중차색조 배색Ⅱ가 EEG 신호에 의한 생리적 감성을 더 유발한다고 할 수 있었다.

(2) 배색면적비가 EEG 신호에 미치는 영향

3-배색 자극물의 배색 면적비에 따른 EEG 신호의 상대적 출현량에 차이가 있는지를 분석하기 위하여 독립표본 t-test를 실시한 결과 <Table 47>, <Table 48>, <Table 49>, <Table 50>, <Table 51>과 같다. 느린 알파파에서 3-배색 자극물의 배색 면적비에 따른 EEG 신호의 상대적 출현량에 차이는 <Table 47>과 같다. 명상초기 상태에 보이는 느린 알파파는 배색 면적비와 모든 EEG 신호의 상대적 출현량과 유의한 차이를 보이지 않았다. 또한 배색 면적비 2:2:2와 4:1:1의 EEG 신호의 상대적 출현량이 유사한 경향을 보였다. 이에 느린 알파파의 상대적 출현량은 3-배색 자극물의 배색 면적비에 따른 영향을 받지 않는 것으로 판단된다.

Table 47. t-test results for differences of EEG signal at slow alpha depending on color area ratios

EEG Channel	Mean		t-value	p-value
	2:2:2	4:1:1		
Fp1	-0.10	-0.12	0.209	0.835
Fp2	-0.12	-0.10	-0.205	0.838
F3	-0.29	-0.35	0.611	0.542
F4	-0.29	-0.35	0.642	0.522
P3	-0.33	-0.35	0.147	0.883
P4	-0.32	-0.29	-0.377	0.707
O1	-0.19	-0.23	0.417	0.677
O2	-0.23	-0.21	-0.130	0.897

알파파에서 3-배색 자극물의 배색 면적비에 따른 EEG 신호의 상대적 출현량에 차이는 <Table 48>과 같다. 안정 상태에 보이는 알파파는 느린 알파파와 같이 배색 면적비와 모든 EEG 신호의 상대적 출현량과 유의한 차이를 나타내지 않았고, 2:2:2와 4:1:1의 배색 면적비의 EEG 신호 상대적 출현량이 유사한 경향을 나타내었다. 알파파의 상대적 출현량은 3-배색 자극물의 배색 면적비에 따른 영향을 받지 않음을 알 수 있다.

Table 48. t-test results for differences of EEG signal at alpha depending on color area ratios

EEG Channel	Mean		t-value	p-value
	2:2:2	4:1:1		
Fp1	-0.12	-0.14	0.218	0.827
Fp2	-0.11	-0.10	-0.151	0.88
F3	-0.32	-0.36	0.500	0.617
F4	-0.27	-0.31	0.457	0.648
P3	-0.39	-0.36	-0.284	0.777
P4	-0.30	-0.24	-0.677	0.500
O1	-0.24	-0.25	0.182	0.856
O2	-0.20	-0.25	0.462	0.645

빠른 알파파에서 3-배색 자극물의 배색 면적비에 따른 EEG 신호의 상대적 출현량에 차이는 <Table 49>와 같다. 빠른 알파파는 느린 알파파, 알파파와 같이 배색 면적비와 모든 EEG 신호의 상대적 출현량과 유의한 차이를 보이지 않았으며, 배색 면적비 2:2:2와 4:1:1의 EEG 신호 상대적 출현량이 유사한 경향을 나타내었다. 이에 정신집중 상태에 보이는 빠른 알파파의 상대적 출현량도 3-배색 자극물의 배색 면적비에 따른 영향을 나타내지 않았다.

Table 49. t-test results for differences of EEG signal at fast alpha depending on color area ratios

EEG Channel	Mean		t-value	p-value
	2:2:2	4:1:1		
Fp1	-0.17	-0.17	-0.018	0.986
Fp2	-0.15	-0.11	-0.467	0.641
F3	-0.25	-0.22	-0.332	0.740
F4	-0.24	-0.24	0.009	0.993
P3	-0.28	-0.30	0.214	0.831
P4	-0.16	-0.15	-0.141	0.888
O1	-0.18	-0.21	0.398	0.691
O2	-0.15	-0.21	0.711	0.478

낮은 베타파에서 3-배색 자극물의 배색 면적비에 따른 EEG 신호의 상대적 출현량에 차이는 <Table 50>과 같다. 주의집중 상태에 나타나는 낮은 베타파는 배색 면적비와 모든 EEG 신호의 상대적 출현량과 유의한 차이를 보이지 않았으며, 전두엽의 좌뇌(F3)에서 EEG 신호 상대적 출현량이 다른 EEG 채널보다 높게 나타났으나 배색 면적비에 따른 차이는 없었다. 낮은 베타파의 상대적 출현량은 3-배색 자극물의 배색 면적비에 따른 영향을 받지 않는 것으로 사료된다.

Table 50. t-test results for differences of EEG signal at low beta depending on color area ratios

EEG Channel	Mean		t-value	p-value
	2:2:2	4:1:1		
Fp1	-0.09	-0.14	0.567	0.572
Fp2	-0.16	-0.14	-0.165	0.869
F3	0.06	0.00	0.649	0.517
F4	-0.10	-0.20	1.108	0.269
P3	-0.07	-0.11	0.376	0.707
P4	-0.11	-0.09	-0.227	0.821
O1	-0.05	-0.03	-0.232	0.817
O2	-0.06	-0.11	0.491	0.624

베타파에서 3-배색 자극물의 배색 면적비에 따른 EEG 신호의 상대적 출현량에 차이는 <Table 51>과 같다. 의식적 행동 상태에 보이는 베타파도 낮은 베타파와 같이 배색 면적비와 모든 EEG 신호의 상대적 출현량과 유의한 차이를 보이지 않았다. 또한 배색 면적비 2:2:2와 4:1:1의 EEG 신호 상대적 출현량이 유사한 경향을 나타내었다. 이에 베타파의 상대적 출현량도 3-배색 자극물의 배색 면적비에 따른 영향을 받지 않았음을 알 수 있다.

Table 51. t-test results for differences of EEG signal at beta depending on color area ratios

EEG Channel	Mean		t-value	p-value
	2:2:2	4:1:1		
Fp1	-0.50	-0.51	0.182	0.856
Fp2	-0.56	-0.48	-1.079	0.282
F3	-0.22	-0.24	0.176	0.861
F4	-0.30	-0.32	0.263	0.793
P3	-0.16	-0.23	0.764	0.446
P4	-0.24	-0.26	0.260	0.795
O1	0.04	-0.01	0.520	0.604
O2	0.00	-0.07	0.750	0.454

이에 3-배색 자극물의 배색 면적비에 따른 EEG 신호의 상대적 출현량에 차이가 있는지를 분석한 결과, 알파파대역(slow alpha, alpha, fast alpha)과 베타파대역(low beta, beta) 모두 배색 면적비와 모든 EEG 신호의 상대적 출현량과 유의한 차이를 나타내지 않으므로, 알파파대역과 베타파대역에 EEG 신호의 상대적 출현량은 3-배색 자극물의 배색 면적비에 따른 영향을 보이지 않음을 알 수 있다.

(3) EEG 신호와 물리적 배색변인 간의 상관관계

3-배색 자극물의 EEG 신호의 상대적 출현량과 물리적 배색변인 간의 관계를 Pearson's correlation coefficients로 분석을 실시한 결과를 <Table 52>, <Table 53>, <Table 54>, <Table 55>, <Table 56>에 나타내었다. 느린 알파파에서 3-배색 자극물의 EEG 신호의 상대적 출현량과 물리적 배색변인 간의 상관관계를 <Table 52>에 나타내었고, 느린 알파파의 두정엽(P3), 후두엽(O1)과 상관관계가 높은 물리적 배색변인에 대해 각각의 관계를 그래프로 나타낸 결과를 <Fig. 25>에 제시하였다. 느린 알파파의 상대적 출현량은 공간적 사고와 인식기능 역할을 하는 두정엽의 좌뇌(P3), 시각 정보를 분석하는 후두엽의 좌뇌(O1)에서 ΣL^*_{10} 과 Σa^*_{10} , $\Sigma L^*_{10,p}$ 의 물리적 배색변인과 유의한 부정 상관관계를 나타내었다.

또한 <Fig. 25(a)>와 <Fig. 25(b)>는 두정엽 좌뇌(P3)에서 느린 알파파의 상대적 출현량과 부정 상관관계를 보인 물리적 배색변인 Σa^*_{10} , $\Sigma L^*_{10,p}$ 과의 관계를 도식화한 결과이다. 중차색조 배색Ⅱ의 C5는 감과 봉선화 혼합염색 직물과 배색을 구성하는 쪽 염색 직물과 치자청/치자황 염색 직물의 색채가 초록 기미가 상대적으로 강하고 표면밝기는 낮아서, Σa^*_{10} 과 $\Sigma L^*_{10,p}$ 의 값이 가장 낮은 반면에, 두정엽(P3)에서 느린 알파파의 상대적 출현량이 가장 높았다. 한편, 중차색조 배색Ⅰ의 C3은 감과 봉선화 혼합염색 직물과 배색을 구성하는 쪽 염색 직물과 치자청/치자황 염색 직물의 색채가 붉은 기미가 강하고 표면밝기가 높아서 Σa^*_{10} 과 $\Sigma L^*_{10,p}$ 의 값이 높은 반면에, 두정엽(P3)에서 느린 알파파의 상대적 출현량이 가장 낮게 나타났다. 또한 후두엽 좌뇌(O1)의 느린 알파파와 부정 상관관계를 보인 ΣL^*_{10} , $\Sigma L^*_{10,p}$ 물리적 배색변인과의 관계는 <Fig. 25(c)>, <Fig. 25(d)>와 같이 제시하였다. 중차색조 배색Ⅱ의 C5와 C6은 감과 봉선화 혼합염색 직물을 포함한 3-배색 직물의 표면밝기가 낮아서, ΣL^*_{10} 과 $\Sigma L^*_{10,p}$ 의 값이 낮은 반면에 후두엽(O1)에서 느린 알파파의 상대적 출현량이 높았다. 한편, 중차색조 배색Ⅰ의 C4는 표면밝기가 높아 ΣL^*_{10} 과 $\Sigma L^*_{10,p}$ 의 값이 높은 반면에 후두엽(O1)에서 느린 알파파의 상대적 출현량이 가장 낮게 나타났다. 이에 명도의 합과 a^*_{10} 의 합, 명도의 면적비율의 합의 값이 클수록 명상초기 상태에서 보이는 느린 알파파의 상대적 출현량이 낮아진다고 볼 수 있다.

Table 52. Correlation coefficients between EEG signal at slow alpha and physical color combination variables

EEG channel	ΣL^*_{10}	Σa^*_{10}	Σb^*_{10}	ΣC^*_{10}	$\Sigma L^*_{10,p}$	$\Sigma a^*_{10,p}$	$\Sigma b^*_{10,p}$	$\Sigma C^*_{10,p}$
Fp1	0.010	0.007	0.015	-0.019	-0.004	-0.016	-0.015	-0.004
Fp2	-0.007	-0.010	-0.002	-0.003	-0.009	0.014	0.014	0.008
F3	-0.064	-0.075	-0.045	0.026	-0.079	-0.053	-0.054	0.026
F4	-0.072	-0.078	-0.060	0.046	-0.093	-0.056	-0.060	0.053
P3	-0.165 [†]	-0.179 [†]	-0.139	0.108	-0.188 [†]	-0.029	-0.039	0.125
P4	-0.079	-0.084	-0.068	0.055	-0.091	0.019	0.014	0.071
O1	-0.169 [†]	-0.184 [†]	-0.140	0.107	-0.148 [†]	-0.046	-0.051	0.082
O2	-0.119	-0.127	-0.103	0.084	-0.116	-0.002	-0.009	0.090

[†]p<.05

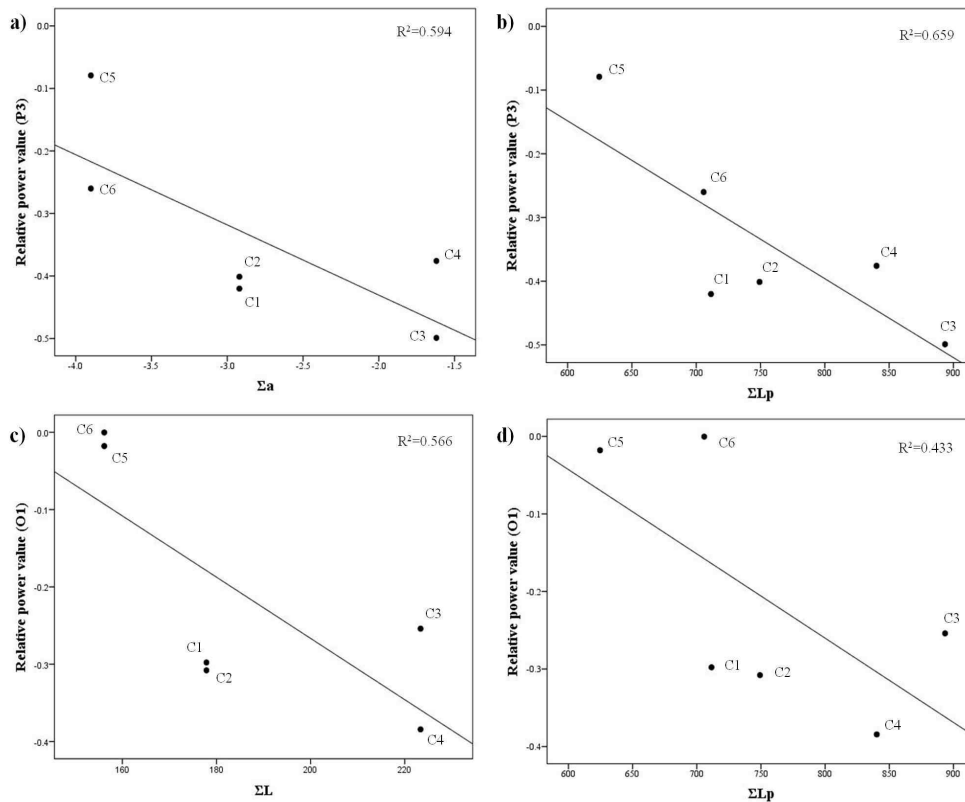


Fig. 25. Relationship between EEG signal at slow alpha and physical color combination variables

알파파에서 3-배색 자극물의 EEG 신호의 상대적 출현량과 물리적 배색 변인 간의 상관관계를 <Table 53>에 제시하였으며, 두정엽(P3), 후두엽(O2)에서 알파파의 상대적 출현량과 상관관계가 높은 물리적 배색변인과의 관계를 도식화한 결과는 <Fig. 26>에 제시하였다. 안정 상태에서 보이는 알파파의 상대적 출현량은 느린 알파파와 같이 두정엽의 좌뇌(P3), 후두엽의 좌뇌(O1)에서 물리적 배색 변인과 유의한 상관관계를 나타내었다. 두정엽의 좌뇌(P3)는 ΣL^*_{10} 과 Σa^*_{10} , Σb^*_{10} , $\Sigma L^*_{10,p}$ 와 부적인 상관관계를 나타내었고, $\Sigma C^*_{10,p}$ 와 정적인 상관관계를 나타내었다. 명도의 합과 a^*_{10} 의 합, b^*_{10} 의 합, 명도의 면적비율의 합의 값이 클수록 알파파의 상대적 출현량이 낮아지고, 채도의 면적비율의 합의 값이 클수록 알파파의 상대적 출현량이 높아지는 경향을 보였다. 후두엽의 좌뇌(O1)는 ΣL^*_{10} 과 Σa^*_{10} 과 부적 상관관계를 나타내었고, 후두엽의 우뇌(O2)는 ΣL^*_{10} 과 Σa^*_{10} , $\Sigma L^*_{10,p}$ 와 부적인 상관관계를 보였다.

<Fig. 26(a)>, <Fig. 26(b)>는 두정엽 좌뇌(P3)에서 느린 알파파의 상대적 출현량과 부적 상관관계를 보인 Σa^*_{10} , $\Sigma L^*_{10,p}$ 물리적 배색변인과의 관계를 도식화한 결과이다. 느린 알파파에서와 마찬가지로 중차색조 배색Ⅱ의 C5는 모든 시료 중에서 Σa^*_{10} , $\Sigma L^*_{10,p}$ 값이 가장 낮은 반면에 두정엽(P3)에서 알파파의 상대적 출현량은 가장 높게 나타났다. 반면에 중차색조 배색Ⅰ의 C3은 Σa^*_{10} , $\Sigma L^*_{10,p}$ 의 값이 가장 높았으나, 두정엽(P3)에서 알파파의 상대적 출현량이 가장 낮게 나타났다. 이는 전반적으로 두정엽(P3)에서 알파파의 상대적 출현량이 배색변인 Σa^*_{10} , ΣL^*_{10} 과 부적인 상관관계를 가지는 결과와 일치한다. 또한 후두엽 좌뇌(O1)에서 알파파의 상대적 출현량과 물리적 배색변인 ΣL^*_{10} , Σa^*_{10} 간의 관계는 <Fig. 26(c)>와 <Fig. 26(d)>에 제시하였다. 중차색조 배색Ⅱ의 C6은 ΣL^*_{10} , Σa^*_{10} 값이 가장 낮은 값을 보인 반면에, 후두엽(O1)에서 알파파의 상대적 출현량이 가장 높은 값을 나타내었다. 한편, 중차색조 배색Ⅰ의 C3은 ΣL^*_{10} , Σa^*_{10} 의 값이 가장 높았으나, 후두엽(O1)에서 알파파의 상대적 출현량이 가장 낮았다. 이에 명도의 합과 a^*_{10} 의 합의 값이 클수록 안정 상태에서 보이는 알파파의 상대적 출현량이 낮아진다고 할 수 있다. 따라서 후두엽에서는 명도의 합과 a^*_{10} 의 합, 면적비를 반영한 명도의 합이 클수록 알파파의 상대적 출현량이 낮아지는 경향임을 알 수 있었다.

Table 53. Correlation coefficients between EEG signal at alpha and physical color combination variables

EEG channel	ΣL^*_{10}	Σa^*_{10}	Σb^*_{10}	ΣC^*_{10}	$\Sigma L^*_{10,p}$	$\Sigma a^*_{10,p}$	$\Sigma b^*_{10,p}$	$\Sigma C^*_{10,p}$
Fp1	0.018	0.013	0.025	-0.031	0.003	-0.016	-0.014	-0.016
Fp2	-0.009	-0.011	-0.005	0.001	-0.009	0.010	0.010	0.007
F3	-0.074	-0.084	-0.056	0.036	-0.087	-0.046	-0.048	0.037
F4	-0.076	-0.080	-0.066	0.054	-0.096	-0.043	-0.048	0.063
P3	-0.194 ^{††}	-0.205 ^{††}	-0.170 [†]	0.141	-0.215 ^{††}	0.000	-0.013	0.167 [†]
P4	-0.086	-0.087	-0.082	0.075	-0.094	0.041	0.033	0.093
O1	-0.151 [†]	-0.164 [†]	-0.126	0.097	-0.137	-0.027	-0.033	0.086
O2	-0.151 [†]	-0.156 [†]	-0.139	0.122	-0.151 [†]	-0.048	-0.058	0.124

[†] p<.05, ^{††} p<.01

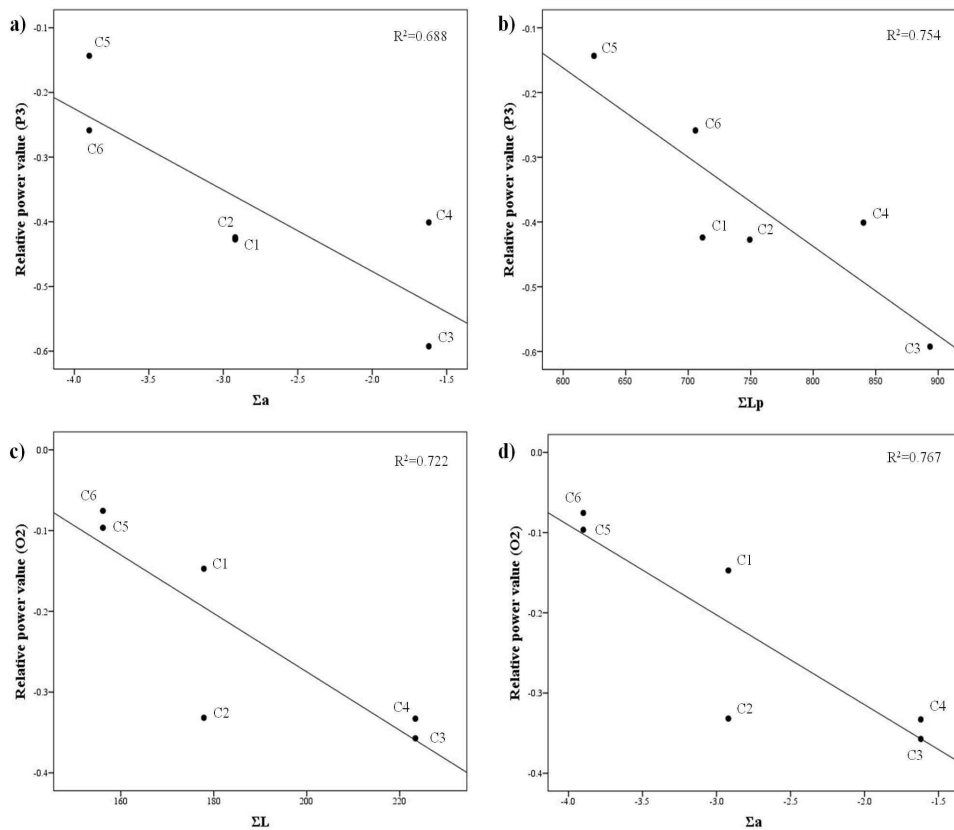


Fig. 26. Relationship between EEG signal at alpha and physical color combination variables

빠른 알파파에서 3-배색 자극물에 대한 EEG 신호의 상대적 출현량과 물리적 배색변인 간의 상관관계는 <Table 54>와 같다. 이중에서 빠른 알파파의 두정엽(P3), 후두엽(O2)과 상관관계가 높은 물리적 배색변인들에 대해 구체적으로 자극물을 포함시켜 도식화한 결과는 <Fig. 27>과 같이 제시하였다. 빠른 알파파의 상대적 출현량은 두정엽의 좌뇌(P3), 후두엽의 우뇌(O2)에서 물리적 배색변인과 유의한 상관관계를 나타내었다. 즉, 두정엽의 좌뇌(P3)에서 $L^*_{10,p}$ 와 부적인 상관관계를 나타내었으며, 후두엽의 우뇌(O2)에서는 ΣL^*_{10} 과 Σa^*_{10} , $\Sigma L^*_{10,p}$ 와 각각 부적인 상관관계를 보였다. 이중에서 두정엽 좌뇌(P3)의 빠른 알파파와 $\Sigma L^*_{10,p}$ 간의 관계를 각 시료별로 <Fig. 27(a)>에 나타내었다. 중차색조 배색Ⅱ의 C5는 $\Sigma L^*_{10,p}$ 값이 가장 낮았는데, 두정엽(P3)에서 빠른 알파파의 상대적 출현량이 가장 높게 나타났다. 반면에 중차색조 배색Ⅰ의 C3은 $\Sigma L^*_{10,p}$ 값이 가장 높았으나 두정엽(P3)의 빠른 알파파는 모든 시료 중에서 가장 낮았다. 또한 후두엽 좌뇌(O2)의 빠른 알파파와 Σa^*_{10} 의 관계는 <Fig. 27(b)>와 같다. 중차색조 배색Ⅱ의 C5는 Σa^*_{10} 값이 가장 낮았는데, 후두엽(O2)에서 빠른 알파파의 상대적 출현량은 가장 높은 값을 보였다. 한편, 중차색조 배색Ⅰ의 C4는 Σa^*_{10} 값이 가장 높았는데 후두엽(O2)에서 빠른 알파파의 상대적 출현량은 가장 낮게 나타났다. 이에 공간적 사고와 인식기능 역할을 하는 두정엽의 좌뇌(P3)는 면적비를 반영한 명도 합의 값이 클수록 빠른 알파파의 상대적 출현량이 감소하는 경향을 보이고, 시각 정보를 분석하는 후두엽의 우뇌(O2)는 배색을 구성하는 색채들의 명도 합과 a^*_{10} 의 합, 면적비를 반영한 명도 합의 값이 클수록 빠른 알파파의 상대적 출현량이 감소하는 경향임을 알 수 있다.

Table 54. Correlation coefficients between EEG signal at fast alpha and physical color combination variables

EEG channel	ΣL^*_{10}	Σa^*_{10}	Σb^*_{10}	ΣC^*_{10}	$\Sigma L^*_{10,P}$	$\Sigma a^*_{10,P}$	$\Sigma b^*_{10,P}$	$\Sigma C^*_{10,P}$
Fp1	-0.015	-0.021	-0.005	-0.005	-0.010	0.000	0.001	-0.005
Fp2	-0.011	-0.012	-0.010	0.008	0.009	0.035	0.035	-0.003
F3	-0.057	-0.064	-0.044	0.030	-0.049	0.020	0.017	0.033
F4	-0.059	-0.063	-0.051	0.041	-0.070	-0.007	-0.011	0.047
P3	-0.126	-0.135	-0.108	0.086	-0.153 [†]	-0.030	-0.040	0.115
P4	-0.081	-0.078	-0.082	0.081	-0.089	0.003	-0.006	0.095
O1	-0.110	-0.124	-0.085	0.057	-0.115	-0.041	-0.045	0.063
O2	-0.158 [†]	-0.170 [†]	-0.136	0.109	-0.159 [†]	-0.068	-0.075	0.101

[†] p<.05

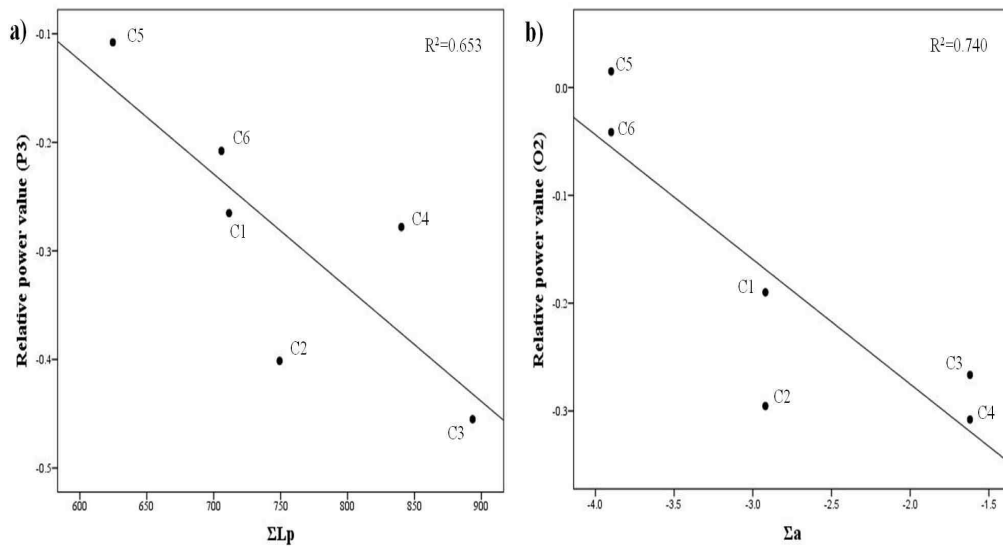


Fig. 27. Relationship between EEG signal at fast alpha and physical color combination variables

낮은 베타파에서 3-배색 자극물에 대한 EEG 신호의 상대적 출현량과 물리적 배색변인 간의 상관관계는 <Table 55>에 제시하였다. 낮은 베타파의 후두엽(O1, O2)과 상관관계가 높은 물리적 배색변인들에 대해 각각의 관계를 그래프로 나타낸 결과는 <Fig. 28>과 같다. 주의집중 상태에서 보이는 낮은 베타파는 두정엽의 좌뇌(P3), 후두엽의 좌뇌와 우뇌(O1, O2)에서 물리적 배색변인과 유의한 상관관계를 나타내었다. 두정엽의 좌뇌(P3)에서 $\Sigma L^*_{10,p}$ 와 부적인 상관관계를 나타내어 면적비를 반영한 명도 합의 값이 클수록 낮은 베타파의 상대적 출현량이 낮아짐을 알 수 있다. 또한 후두엽의 좌뇌(O1)에서 ΣL^*_{10} 과 Σa^*_{10} , Σb^*_{10} , $L^*_{10,p}$ 와 부적인 상관관계를 나타내었으며, 후두엽의 우뇌(O2)에서는 Σa^*_{10} 과 부적인 상관관계를 보였다.

후두엽 좌뇌(O1)에서 낮은 베타파의 상대적 출현량과 부적 상관관계를 보인 ΣL^*_{10} , Σa^*_{10} , $\Sigma L^*_{10,p}$ 간의 관계를 각 시료별로 <Fig. 28(a)>, <Fig. 28(b)>, <Fig. 28(c)>에 제시하였다. 중차색조 배색Ⅱ의 C5는 ΣL^*_{10} , Σa^*_{10} , $\Sigma L^*_{10,p}$ 값이 가장 낮은 값을 나타내었으나 후두엽(O1)에서 낮은 베타파의 상대적 출현량은 가장 높았다. 한편, 중차색조 배색Ⅰ의 C3은 ΣL^*_{10} , Σa^*_{10} , $\Sigma L^*_{10,p}$ 값이 가장 높은 반면에, 후두엽(O1)에서 낮은 베타파의 상대적 출현량은 가장 낮았다. 이에 명도의 합과 a^*_{10} 값의 합, 면적비를 반영한 명도 합이 클수록 후두엽 좌뇌(O1)에서 낮은 베타파의 상대적 출현량이 낮아진다고 해석할 수 있다. 또한 후두엽 우뇌(O2)에서 느린 베타파의 상대적 출현량과 부적 상관관계를 보인 물리적 배색변인 Σa^*_{10} 의 관계는 <Fig. 28(d)>와 같다. 후두엽 우뇌(O2)에서 느린 베타파의 상대적 출현량은 붉은 기미가 강할수록 낮아진다고 할 수 있다. 이에 후두엽의 좌뇌(O1)에서 명도의 합과 a^*_{10} 의 합, b^*_{10} 의 합, 면적비를 반영한 명도 합의 값이 클수록 낮은 베타파의 상대적 출현량이 낮아지고, 후두엽의 우뇌(O2)에서는 a^*_{10} 의 합이 클수록 낮은 베타파의 상대적 출현량이 감소하는 것을 알 수 있다.

Table 55. Correlation coefficients between EEG signal at low beta and physical color combination variables

EEG channel	ΣL^*_{10}	Σa^*_{10}	Σb^*_{10}	ΣC^*_{10}	$\Sigma L^*_{10,P}$	$\Sigma a^*_{10,P}$	$\Sigma b^*_{10,P}$	$\Sigma C^*_{10,P}$
Fp1	-0.043	-0.045	-0.039	0.034	-0.04	-0.046	-0.047	0.018
Fp2	-0.075	-0.074	-0.075	0.072	-0.055	0.007	0.003	0.048
F3	0.010	0.002	0.024	-0.036	0.017	-0.047	-0.042	-0.051
F4	-0.059	-0.063	-0.052	0.043	-0.069	-0.088	-0.090	0.030
P3	-0.130	-0.136	-0.118	0.101	-0.147 [†]	-0.042	-0.051	0.110
P4	-0.104	-0.107	-0.097	0.087	-0.087	0.009	0.002	0.075
O1	-0.188 [†]	-0.198 ^{††}	-0.165 [†]	0.137	-0.187 [†]	-0.001	-0.012	0.140
O2	-0.143	-0.150 [†]	-0.129	0.111	-0.137	-0.049	-0.057	0.101

[†] p<.05, ^{††} p<.01

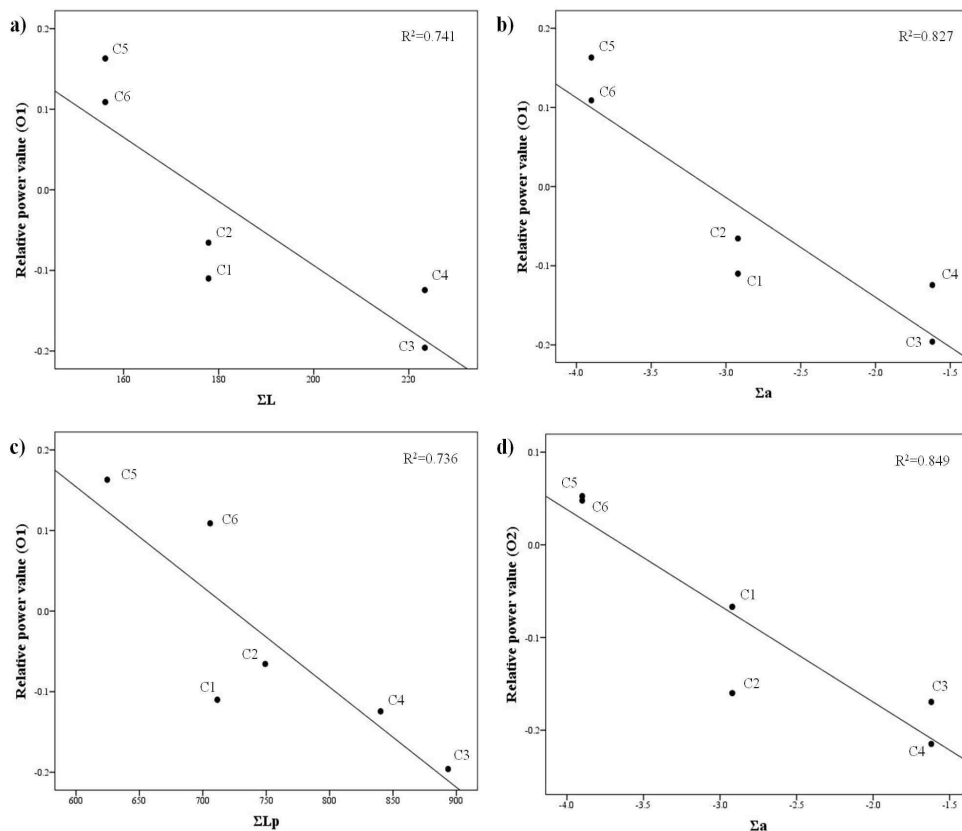


Fig. 28. Relationship between EEG signal at low beta and physical color combination variables

베타파에서 3-배색 자극물에 EEG 신호의 상대적 출현량과 물리적 배색 변인 간의 상관관계를 <Table 56>에 나타내었고, 베타파의 후두엽(O1)과 상관관계가 높은 물리적 배색변인과의 관계를 도식화한 결과는 <Fig. 29>와 같다. 베타파는 낮은 베타파와 같이 시각 정보를 분석하는 후두엽 좌뇌(O1)와 물리적 배색 변인과 유의한 상관관계를 나타내었다. 후두엽 좌뇌(O1)와 물리적 배색변인 ΣL^*_{10} 과 Σa^*_{10} , Σb^*_{10} , $\Sigma L^*_{10,p}$ 와 유의한 부적 상관관계를 나타내었다. 후두엽 좌뇌(O1)에서 베타파의 상대적 출현량과 부적 상관관계를 보인 물리적 배색변인 ΣL^*_{10} , Σa^*_{10} , Σb^*_{10} , $\Sigma L^*_{10,p}$ 간의 관계를 <Fig. 29(a)>, <Fig. 29(b)>, <Fig. 29(c)>, <Fig. 29(d)>에 제시하였다. 중차색조 배색 II의 C5는 ΣL^*_{10} , Σa^*_{10} , Σb^*_{10} , $\Sigma L^*_{10,p}$ 값이 가장 낮았으나, 후두엽(O1)에서 베타파의 상대적 출현량은 가장 높은 값을 보였다. 반면 중차색조 배색 I의 C3은 ΣL^*_{10} , Σa^*_{10} , Σb^*_{10} , $\Sigma L^*_{10,p}$ 값이 가장 높았으나 후두엽(O1)에서 베타파의 상대적 출현량은 가장 낮게 나타났다. 이에 명도의 합과 a^*_{10} 값의 합, b^*_{10} 값의 합, 면적비를 반영한 명도 합이 클수록 후두엽 좌뇌(O1)에서 베타파의 상대적 출현량이 낮아지는 경향을 나타내었다.

Table 56. Correlation coefficients between EEG signal at beta and physical color combination variables

EEG channel	ΣL^*_{10}	Σa^*_{10}	Σb^*_{10}	ΣC^*_{10}	$\Sigma L^*_{10,p}$	$\Sigma a^*_{10,p}$	$\Sigma b^*_{10,p}$	$\Sigma C^*_{10,p}$
Fp1	0.007	-0.005	0.026	-0.043	-0.024	-0.017	-0.014	-0.014
Fp2	-0.016	-0.022	-0.007	-0.002	-0.036	0.075	0.073	0.030
F3	0.004	-0.003	0.015	-0.025	-0.032	-0.017	-0.016	0.004
F4	0.003	0.000	0.008	-0.013	-0.050	-0.024	-0.026	0.030
P3	-0.114	-0.113	-0.111	0.104	-0.126	-0.068	-0.077	0.104
P4	-0.055	-0.055	-0.053	0.050	-0.066	-0.025	-0.030	0.061
O1	0.175 [†]	-0.182 [†]	0.160 [†]	0.139	-0.178 [†]	-0.055	-0.066	0.138
O2	-0.070	-0.077	-0.057	0.042	-0.082	-0.063	-0.067	0.051

[†]p<.05

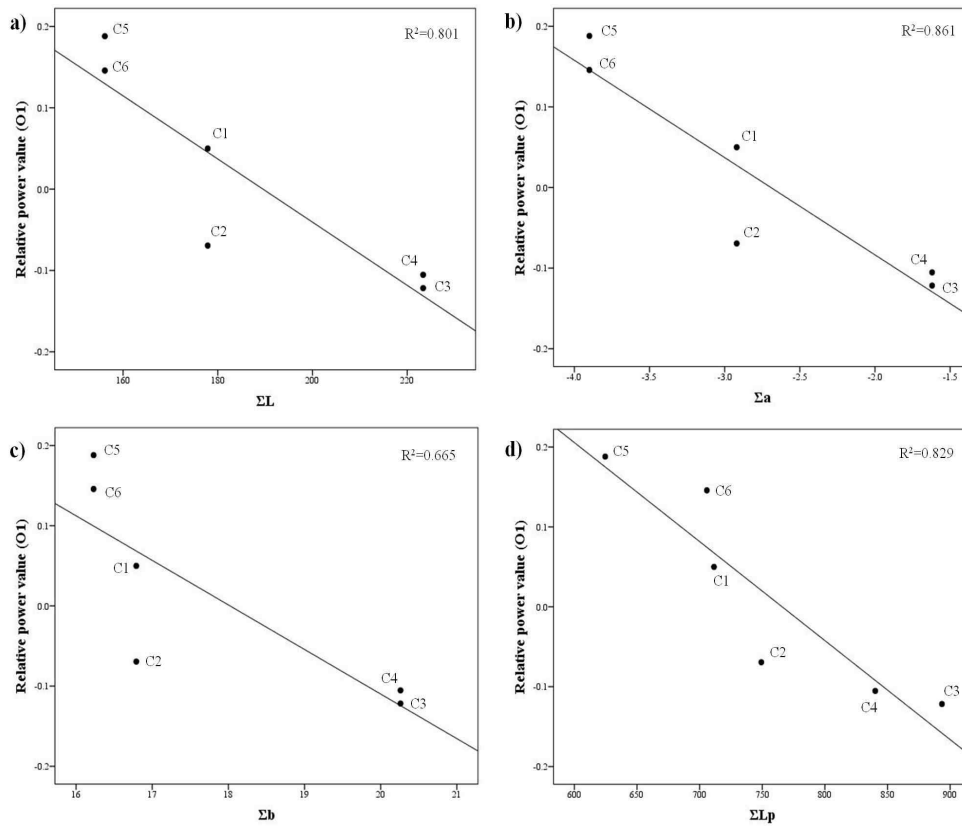


Fig. 29. Relationship between EEG signal at beta and physical color combination variables

이에 3-배색 자극물에 EEG 신호의 상대적 출현량과 물리적 배색변인 간의 관계를 분석한 결과, 알파파대역(slow alpha, alpha, fast alpha)과 베타파대역(low beta, beta)에서는 대부분 공간적 사고와 인식기능 역할을 하는 두정엽의 좌뇌(P3), 시각 정보를 분석하는 후두엽의 좌뇌와 우뇌(O1, O2)에서 물리적 배색변인과 유의한 상관관계를 나타내었다. 따라서 물리적 배색변인 ΣL_{10}^* 과 Σa_{10}^* , Σb_{10}^* , $\Sigma L_{10,p}^*$ 와 부적 상관관계를 나타내어 명도의 합과 a_{10}^* 의 합, b_{10}^* 의 합, 면적비를 반영한 명도 합의 값이 클수록 뇌파의 활성 반응이 낮아지는 것을 알 수 있다. 이러한 결과를 통하여, 3-배색 자극물에 대한 EEG 신호의 상대적 출현량은 표면 밝기와 Σa_{10}^* , Σb_{10}^* 에 의하여 뇌의 활성 반응에 큰 영향을 미친다는 것을 알 수 있다.

2-2. 주관적 배색감성요인

1) 배색감성요인 추출

감과 봉선화 염료 혼합염색 직물을 비롯하여 쪽 염색, 치자청과 치자황 염색의 천연염색 3-배색 색채에 대한 감성 이미지 27개 문항의 점수를 바탕으로 요인분석을 실시하였다. 고유값 1 기준시 스크리 검정(Scree-test)을 이용하여 요인수를 3으로 결정하였고 주성분 분석에 의한 베리맥스(Varimax)에 의한 직교회전을 이용하여 7번 반복회전에 의하여 요인이 수렴되었다. Kaise-Meyer-Olkin(KMO) 측도는 변수쌍들 간의 상관관계가 다른 변수에 의해 잘 설명되는 정보를 나타는 것으로 KMO 값이 0.90 이상이면 좋은 것이며, 0.50 이하이면 요인분석을 위한 변수들의 선정이 좋지 못함을 나타낸다. 본 연구의 KMO 총 설명력은 0.903으로 요인분석을 위한 변수들의 선정이 좋은 것으로 판정할 수 있으며 <Table 57>에 KMO와 Bartlett 검정 측도를 나타내었다.

Table 57. KMO and bartlett test results for factor analysis of color emotion for 3-color combinations

Kaiser-Meyer-Olkin(KMO) Test		0.903
Bartlett's test of sphericity	test statistic	3296.716
	degrees of freedom	351
	significance	0.000

감과 봉선화 혼합염색 직물의 색채를 중심으로 구성한 천연염색 3-배색의 색채감성 이미지 요인분석의 결과로서는 구체적으로 색채감성 이미지의 요인 별 명칭과 성분행렬은 <Table 58>에 제시하였다. 제1요인은 감성 이미지 형용사 중 ‘맑다’, ‘밝다’, ‘은은하다’, ‘부드럽다’, ‘무겁다’, ‘강하다’, ‘깊다’, ‘귀엽다’, ‘편안하다’, ‘향기롭다’, ‘온화하다’, ‘내추럴하다’, ‘경쾌하다’의 형용사가 포함되었고, 전체 분산의 30.14%를 차지하였으며 ‘맑다’, ‘밝다’, ‘은은하다’, ‘부드럽다’의 요인 적재값이 가장 커서 주요 감성 이미지인 것으로 나타나 ‘편안성’으로 명명하였다. 제2요인은 ‘도시적이다’, ‘스포티하다’, ‘화려하다’, ‘하이테크하다’, ‘소박하다’, ‘다이나믹하

다', '모던하다'의 형용사로 총 분산의 17.45%를 차지하였으며 '도시적이다', '스포티하다', '화려하다', '하이테크하다'의 요인 적재값이 커서 '현대성'으로 명명하였다. 제 3요인은 '고상하다', '우아하다', '실용적이다', '전통적이다', '점잖다', '전원적이다', '매력적이다'의 감성 이미지 형용사가 포함되어 '품위성'으로 명명하였으며 전체 분산의 11.46%를 차지하였다.

이상의 요인분석 결과의 총 설명력은 59.05%로 나타났다. 또한 전체 문항에 대한 신뢰도 평가를 위해 요인별로 Cronbach's α 를 계산하였는데, 다른 감성 형용사들과 부적의 상관을 보인 '깊다', '강하다', '무겁다', '소박하다'를 역코딩하여 계산하였다. 제1요인은 0.943, 제2요인은 0.836, 제3요인은 0.693의 값을 보여서 각 집단별 감성 이미지 형용사들의 상관관계가 높은 것으로 나타났으며, 이로부터 제1요인, 제2요인, 제3요인을 구성하는 감성 이미지 형용사들의 내적 일관성이 높은 것으로 판단 할 수 있다.

Table 58. Factor analysis results for color emotion of naturally dyed cotton fabrics with 3-color combinations

Color emotion descriptors	Color emotion factors		
	Comfort	Modernity	Dignity
Clear	0.837	0.065	0.232
Bright	0.834	0.100	0.047
Subdued	0.833	-0.196	0.216
Soft	0.831	-0.285	0.139
Heavy	-0.818	0.170	-0.041
Strong	-0.805	0.345	-0.042
Deep	-0.788	0.290	0.049
Cute	0.788	0.043	-0.031
Comfort	0.740	-0.339	0.228
Fragrant	0.677	0.009	0.277
Mild	0.633	-0.267	0.433
Natural	0.551	-0.467	0.257
Pleasant	0.448	0.443	-0.011
Urban	-0.002	0.742	0.081
Sporty	-0.198	0.742	-0.207
Fancy	-0.276	0.699	-0.128
High-tech	-0.190	0.680	0.002
Rustic	0.368	-0.642	0.300
Dynamic	-0.425	0.590	-0.201
Modern	0.273	0.543	0.352
Elegant	-0.159	-0.078	0.690
Chic	0.336	0.261	0.662
Practical	0.251	0.076	0.593
Conventional	-0.020	-0.332	0.563
Gentle	0.062	-0.301	0.503
Rural	0.241	-0.445	0.477
Appeal	0.292	0.395	0.444
Eigen value	8.139	4.711	3.093
Variance (%)	30.144	17.446	11.456
Accumulative variance (%)	30.144	47.590	59.047
Cronbach's α	0.943	0.836	0.693

각 3-배색 직물들과 감성요인 간의 관계를 살펴보면 <Fig. 30>과 같다. <Fig. 30(a)>는 감성요인 ‘편안성’과 ‘현대성’에 대한 각 3-배색 직물의 요인점수를 나타내었다. 감성요인 ‘편안성’에서 양의 점수를 보인 3-배색 직물은 중차색조 배색 I의 C3과 C4이고, 이 중에서 배색비율 2:2:2 면적인 C3의 점수가 가장 높아서 감성요인 ‘편안성’이 가장 강하게 느껴지는 것으로 해석된다. 따라서 ‘편안성’ 감성요인은 밝고 옅은 색조와 배색한 중차색조 배색 I에서 더 강하게 느껴지는 경향이 있다고 사료된다. 한편 감성요인 ‘현대성’에서는 동일색조 배색의 C1과 중차색조 배색 II의 C5와 C6, 중차색조 배색 I의 C3이 양의 점수를 나타내었다. 이 중에서 중차색조 배색 II의 배색비율 2:2:2 면적인 C5의 감성요인점수가 가장 높아서 ‘현대성’ 감성이 가장 강하게 인지되었다고 할 수 있다. 따라서 감성요인 ‘현대성’은 짙고 어두운 색조와 배색한 중차색조 배색 II와 배색비율 2:2:2 면적비 대부분 정적으로 인지되었다고 할 수 있다. 한편 감성요인 ‘편안성’과 ‘현대성’에서 모두 양의 점수를 받은 3-배색 직물은 중차색조 배색 I의 C3이었으며, 모두 음의 점수를 받은 직물은 동일색조 배색의 C2로 나타났다. 이는 C3은 감성요인 ‘편안성’과 ‘현대성’ 모두 정적으로 인지되며, C2는 감성요인 ‘편안성’과 ‘현대성’ 모두 부적으로 느껴진다고 해석할 수 있다.

<Fig. 30(b)>는 감성요인 ‘편안성’과 ‘품위성’에 대한 각 3-배색 직물의 감성요인점수를 나타낸 것이다. 감성요인 ‘편안성’에서 양의 점수를 받은 3-배색 직물은 중차색조 배색 I의 C3과 C4이었으며, 이 중에서 C3의 점수가 가장 높아서 감성요인 ‘편안성’이 가장 강하게 느껴지는 것으로 나타났다. 나머지 중차색조 배색 II와 동일색조 배색 직물은 음의 점수를 나타내었다. 한편 감성요인 ‘품위성’에서는 동일색조 배색의 C2와 중차색조 배색 I의 C3이 양의 점수를 나타내었다. 이 중에서 C3의 감성요인점수가 가장 높아서 ‘품위성’ 감성이 가장 강하게 인지되었다고 할 수 있다. 따라서 감성요인 ‘편안성’과 ‘품위성’에서 모두 양의 점수를 받은 3-배색 직물은 중차색조 배색 I의 C3이었으며, 모두 음의 점수를 받은 직물은 중차색조 배색 II의 C5, C6과 동일색조 배색 C1로 나타났다. 이는 C3은 감성요인 ‘편안성’과 ‘품위성’ 모두 정적으로 인지되며, 중차색조 배색 II의 C5, C6과 동일색조 배색 C1은 두 감성요인이 부적으로 느껴진다고 해석할 수 있다.

<Fig. 30(c)>는 감성요인 ‘현대성’과 ‘품위성’에 대한 각 3-배색 직물의 감성요인점수를 나타내었다. 감성요인 ‘현대성’에서 양의 점수를 보인 3-배색 직물은 중차색조 배색Ⅱ의 C5와 C6, 중차색조 배색Ⅰ의 C3, 동일색조 배색의 C1이고, 이 중에서 중차색조 배색Ⅱ의 C5의 감성요인점수가 가장 높아서 감성요인 ‘현대성’이 가장 강하게 느껴지는 것으로 해석되었다. 따라서 감성요인 ‘현대성’은 짙고 어두운 색조와 배색한 중차색조 배색Ⅱ에서 더 강하게 느껴지는 경향을 보인다고 할 수 있다. 한편 감성요인 ‘품위성’에서는 동일색조 배색의 C2와 중차색조 배색Ⅰ의 C3이 양의 점수를 나타내었다. 이 중에서 중차색조 배색Ⅰ의 C3의 감성요인점수가 가장 높게 나타나 감성요인 ‘품위성’은 밝고 옅은 색조와 배색한 중차색조 배색Ⅰ이 더 강하게 느껴진다고 할 수 있다. 한편 감성요인 ‘현대성’과 ‘품위성’에서 모두 양의 점수를 받은 3-배색 직물은 중차색조 배색Ⅰ의 C3이었고, 모두 음의 점수를 받은 직물은 중차색조 배색Ⅰ의 C4로 나타났다. 이는 밝고 옅은 색조와 배색한 중차색조 배색Ⅰ에서 배색비율 2:2:2인 C3은 감성요인 ‘현대성’과 ‘품위성’ 모두 정적으로 인지되는 반면 배색비율 4:1:1인 C4는 두 감성요인이 부적적으로 느껴진다고 할 수 있다. 따라서 밝고 옅은 색조와 배색한 중차색조 배색Ⅰ의 C3은 감성요인 ‘편안성’, ‘현대성’, ‘품위성’ 모두에서 긍정적으로 느껴지는 경향이라고 할 수 있다. 한편 짙고 어두운 색조와 배색한 중차색조 배색Ⅱ의 C5와 C6은 감성요인 ‘현대성’에서는 정적으로 인지된 반면, 감성요인 ‘편안성’과 ‘품위성’에서는 부정적으로 느껴지는 경향이라고 할 수 있다.

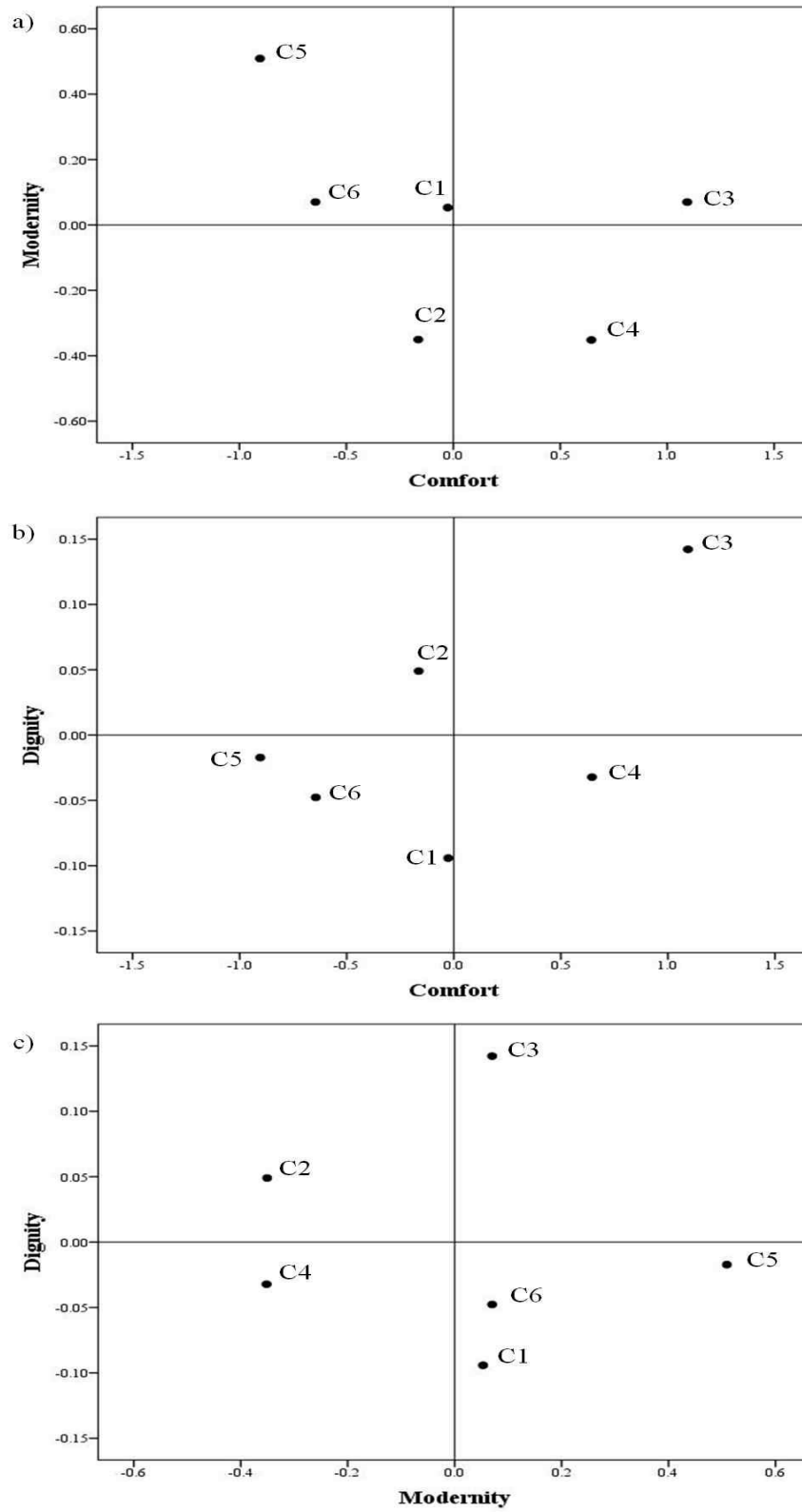


Fig. 30. Factor scores for naturally dyed cotton fabrics

각 배색감성 이미지 요인에 대하여 시료 별 평균점수의 분포는 <Fig. 31>에 나타내었다. 감성요인 ‘편안성’은 동일색조 배색인 C1과 C2, 중차색조 배색Ⅱ인 C5, C6은 음의 평균값을 나타낸 반면, 중차색조 배색Ⅰ의 C3, C4는 양의 평균값을 나타내었다. 감성요인 ‘편안성’은 시료별 유의한 차이를 나타내었다. 구체적으로 C3의 평균 점수가 1.09로 가장 높은 양의 평균값을 보여 긍정적 영향을 미치는 것을 알 수 있었으며, C5가 -0.90의 가장 낮은 음의 평균값을 보여 부정적 영향을 미치는 것을 알 수 있었다. 감성요인 ‘현대성’은 감성요인 ‘편안성’과 마찬가지로 시료별 유의한 차이를 나타내었고, C5가 0.51로 가장 높은 양의 평균값을 나타내었으며, C2와 C4가 -0.35로 가장 낮은 음의 평균값을 보였다. 또한 C1, C3, C5, C6은 양의 평균값을 보여 긍정적 영향을 미치는 것을 알 수 있었으며, C2와 C4는 음의 평균값으로 부정적 영향을 미치는 것을 알 수 있었다. 감성요인 ‘품위성’에 대해서는 C3이 0.14의 양의 평균값으로 높은 평균값을 보였고, C1이 -0.09로 가장 낮은 평균값을 나타내었으나 시료별 유의한 차이를 보이지 않았다. 또한 감성요인 ‘품위성’은 감성요인 ‘편안성’과 감성요인 ‘현대성’에 비해 각 시료별 평균값의 차이가 크게 보이지는 않았다. 이에 주관적 감성요인 ‘편안성’에서 시료별 평균점수의 차이가 가장 크게 나타났으며, 중차색조 배색Ⅰ과 중차색조 배색Ⅱ의 배색유형의 특성 차이가 감성요인 ‘편안성’에 의미 있는 영향을 미칠 것으로 기대할 수 있다.

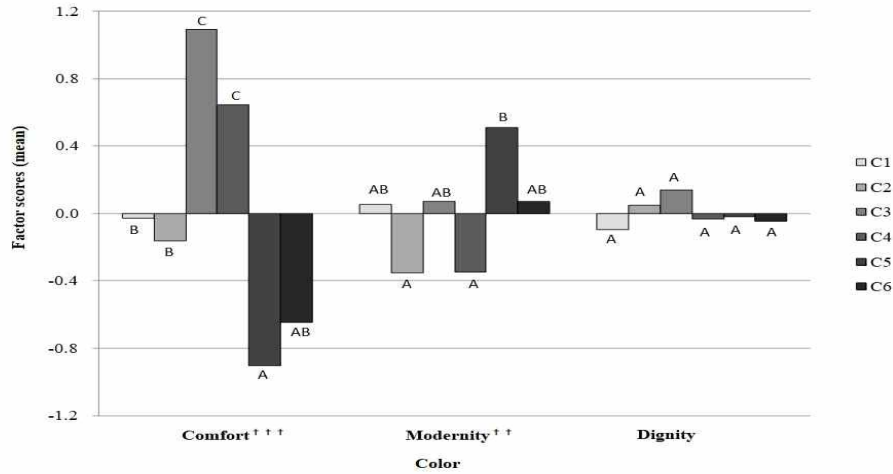


Fig. 31. Factor scores of color emotion for each specimen

^{††}p<.01., ^{†††}p<.001. A, B and C mean Scheffe's multiple comparison test's results

2) 배색유형이 배색감성요인에 미치는 영향

배색유형인 동일색조 배색, 중차색조 배색 I, 중차색조 배색 II에 따라 배색감성요인의 차이가 있는지 one-way ANOVA로 검정한 결과는 <Table 59>, <Table 60>, <Table 61>에 제시하였다. 배색유형에 따른 배색감성요인에 미치는 영향을 검정한 결과를 <Table 59>에 제시하였다. 감성요인 '편안성'(Comfort)과 감성요인 '현대성'(Modernity)에서 동일색조 배색, 중차색조 배색 I, 중차색조 배색 II에 따른 유의한 차이를 보였고, 감성요인 '품위성'(Dignity)에서는 유의한 차이를 나타내지 않았다. 감성요인 '편안성'에서 중차색조 배색 I 이 양의 평균값을 나타내어 긍정적으로 느껴짐을 알 수 있었고, 반면 동일색조 배색과 중차색조 배색 II는 음의 평균값을 나타내어 부정적으로 느껴지는 것으로 나타났다. 감성요인 '현대성'은 중차색조 배색 II가 양의 평균값을 나타내었고, 동일색조 배색과 중차색조 배색 I은 음의 평균값을 나타내었다. 따라서 감성요인 '현대성'에서는 중차색조 배색 II에서는 긍정적으로 느껴지나, 동일색조 배색과 중차색조 배색 I은 부정적으로 느껴짐을 알 수 있었다. 감성요인 '품위성'은 중차색조 배색 I에서 양의 평균값을 보이고, 동일색조 배색과 중차색조 배색 II에서 음의 평균값을 나타내었으나 색조 간의 유의한 차이를 보이지 않았다.

Table 59. One-way ANOVA results for differences of color emotion factor scores depending on color combination types for all specimens

Color emotion factor	Identical	Medium difference I	Medium difference II	F-value	p-value
Comfort	-0.10 B	0.87 C	-0.77 A	74.587	0.000 ⁺⁺⁺
Modernity	-0.15 A	-0.14 A	0.29 A	3.897	0.022 ⁺
Dignity	-0.02 A	0.05 A	-0.03 A	0.136	0.873

⁺p<.05, ⁺⁺⁺p<.001. A, B, and C mean Scheffe's multiple comparison test's results

배색 면적비 2:2:2에서의 배색유형에 따른 배색감성요인에 미치는 영향을 검정한 결과를 <Table 60>에 나타내었다. 감성요인 ‘편안성’(Comfort)에서 동일색조 배색, 중차색조 배색 I, 중차색조 배색 II에 따른 유의한 차이를 나타내었고, 감성요인 ‘현대성’(Modernity)과 감성요인 ‘품위성’(Dignity)에서는 유의한 차이를 보이지 않았다. 감성요인 ‘편안성’은 색조에 따른 배색유형 간에 유의한 차이가 나타난 유일한 감성요인으로 나타났다. 중차색조 배색 I 이 감성요인 ‘편안성’에서 가장 높게 느껴지는 것으로 나타났고, 동일색조 배색과 중차색조 배색 II는 음의 평균값을 보여 감성요인 ‘편안성’이 부정적으로 느껴짐을 알 수 있으며 그 중 중차색조 배색 II가 동일색조 배색보다 유의하게 더 낮은 점수로 확인되었다. 감성요인 ‘현대성’에서는 동일색조 배색, 중차색조 배색 I, 중차색조 배색 II 모두 양의 평균값을 보였으나 색조 간의 유의한 차이를 보이지 않았고, 감성요인 ‘품위성’에서는 중차색조 배색 I 은 양의 평균값을 보이고, 동일색조 배색과 중차색조 배색 II는 음의 평균값을 보였으나 감성요인 ‘현대성’과 마찬가지로 색조 간의 유의한 차이를 보이지 않았다. 이에 2:2:2 면적에서는 감성요인 ‘편안성’이 색조간의 유의한 차이를 보이고 중차색조 배색 I에서는 긍정적으로 느껴지나 동일색조 배색과 중차색조 배색 II에서는 부정적으로 느껴짐을 알 수 있다.

Table 60. One-way ANOVA results for differences of color emotion factor scores depending on color combination types for specimens with color area ratio of 2:2:2

Color emotion factor	Identical	Medium difference I	Medium difference II	F-value	p-value
Comfort	-0.03 B	1.09 C	-0.90 A	70.501	0.000 ⁺⁺⁺
Modernity	0.05 A	0.07 A	0.51 A	2.243	0.112
Dignity	-0.09 A	0.14 A	-0.02 A	0.507	0.604

⁺⁺⁺p<.001. A, B, and C mean Scheffe's multiple comparison test's results

배색 면적비 4:1:1에서의 배색유형에 따른 배색감성요인에 미치는 영향을 검정한 결과를 <Table 61>에 나타내었다. 4:1:1 면적에서도 2:2:2 면적과 같이 감성요인 ‘편안성’(Comfort)에서 동일색조 배색, 중차색조 배색 I, 중차색조 배색 II에 따른 유의한 차이를 나타내었고, 감성요인 ‘현대성’(Modernity)과 감성요인 ‘품위성’(Dignity)에서는 유의한 차이를 보이지 않았다. 감성요인 ‘편안성’에서는 중차색조 배색 I 이 가장 높게 느껴지는 것으로 나타났고, 양의 평균값을 보여 긍정적으로 인지되었다고 볼 수 있다. 중차색조 배색 II가 가장 낮은 점수를 보였으며, 동일색조 배색과 중차색조 배색 II가 음의 평균값을 보여 감성요인 ‘편안성’에서 부정적으로 느껴짐을 알 수 있다. 감성요인 ‘현대성’에서는 중차색조 배색 II에서 양의 평균값을 보였고, 동일색조 배색과 중차색조 배색 I 은 동일한 음의 평균값을 보였으나 색조 간의 유의한 차이를 보이지 않았다. 감성요인 ‘품위성’에서는 동일색조 배색이 양의 평균값을 나타내었고, 중차색조 배색 I 과 중차색조 배색 II에서 음의 평균값을 보였으나 감성요인 ‘현대성’과 마찬가지로 색조 간의 유의한 차이를 보이지 않았다. 배색 면적비 4:1:1에서도 2:2:2 면적과 동일하게 감성요인 ‘편안성’에서만 색조 간에 유의한 차이를 보였고, 중차색조 배색 I 이 양의 평균값을 보여 긍정적으로 느껴지고, 동일색조 배색과 중차색조 배색 II는 음의 평균값을 보여 부정적으로 느껴짐을 알 수 있다.

Table 61. One-way ANOVA results for differences of color emotion factor scores depending on color combination types for specimens with color area ratio of 4:1:1

Color emotion factor	Identical	Medium difference I	Medium difference II	F-value	p-value
Comfort	-0.16 A	0.65 B	-0.64 A	19.907	0.000 ⁺⁺⁺
Modernity	-0.35 A	-0.35 A	0.07 A	1.802	0.171
Dignity	0.05 A	-0.03 A	-0.05 A	0.068	0.934

⁺⁺⁺p<.001. A and B mean Scheffe's multiple comparison test's results

3) 배색면적비가 배색감성요인에 미치는 영향

배색유형별로 배색면적비가 배색감성요인에 미치는 영향을 알아보기 위하여 배색유형인 동일색조 배색, 중차색조 배색 I, 중차색조 배색 II 별로 면적비에 따라 배색감성요인에 차이가 있는지를 t-test로 검정한 결과를 <Table 62>에 제시하였다. 모든 배색유형에서는 감성요인 ‘편안성’(Comfort)은 2:2:2 면적비에서 감성요인점수 평균은 0.05이고, 4:1:1 면적비에서는 감성요인점수가 -0.05의 평균값을 나타내었으나, 두 면적비 간의 유의한 차이를 보이지 않아 면적비에 따른 차이를 보이지 않았다. 감성요인 ‘현대성’(Modernity)에서는 2:2:2 면적에서는 0.21의 평균값을 보이고, 4:1:1 면적에서는 -0.21의 평균값을 보였고, 두 면적비 간의 유의한 차이를 보였다. 감성요인 ‘현대성’은 2:2:2와 4:1:1의 면적비 차이를 보인다고 판단할 수 있다. 또한 2:2:2 면적은 양의 평균값을 보여 정적인 영향을 미친다고 할 수 있으며, 4:1:1은 음의 평균값을 나타내어 부적인 영향을 미친다고 할 수 있다. 감성요인 ‘품위성’(Dignity)에서는 2:2:2 면적에서는 0.01의 평균값을 보였고, 4:1:1 면적에서는 -0.01의 평균값을 보였으나 유의한 차이를 보이지 않아 면적비의 차이를 보이지 않았다.

동일색조 배색의 면적비가 배색감성요인에 미치는 영향을 알아본 결과, 감성요인 ‘편안성’(Comfort)은 2:2:2 면적에서는 -0.03의 평균값을 나타내었고, 4:1:1 면적에서는 -0.16의 평균값을 보였으나 유의한 차이를 보이지 않았다. 감성요인 ‘현

대성'(Modernity)에서는 2:2:2 면적은 0.05의 평균값을 보이고, 4:1:1 면적에서는 -0.35의 평균값을 나타내었으나 유의한 차이를 나타내지 않았다. 감성요인 '품위성'(Dignity)에서는 2:2:2 면적에서는 -0.09의 평균값을 보이고, 4:1:1 면적은 0.05의 평균값을 보였으나 유의한 차이를 보이지 않았다. 이에 동일색조 배색의 감성요인 '편안성'과 감성요인 '현대성', 감성요인 '품위성' 모두에서 면적비의 차이를 보이지 않았다.

중차색조 배색 I의 면적비가 배색감성요인에 미치는 영향을 알아본 결과, 감성요인 '편안성'(Comfort)은 2:2:2 면적비에서 감성요인점수 평균은 1.09이고, 4:1:1 면적비에서는 감성요인점수가 0.65의 평균값을 나타내었다. 이 두 면적비 간의 유의한 차이를 나타내어 중차색조 배색 I에 감성요인 '편안성'은 2:2:2와 4:1:1의 면적비 차이를 보인다고 판단할 수 있다. 또한 2:2:2 면적이 4:1:1 면적보다 감성요인 '편안성'에 더 많은 영향을 미치는 것으로 나타났다. 감성요인 '현대성'(Modernity)에서는 2:2:2 면적에서는 0.07의 평균값을 보이고, 4:1:1 면적에서는 -0.35의 평균값을 보였으나 유의한 차이를 보이지 않아 감성요인 '현대성'에서는 면적비에 대한 차이가 없는 것으로 판단할 수 있다. 감성요인 '품위성'(Dignity)에서는 2:2:2 면적에서는 0.14의 평균값을 보였고, 4:1:1 면적에서는 -0.03의 평균값을 보였으나 유의한 차이를 보이지 않아 감성요인 '품위성'에서도 면적비의 차이를 보이지 않았다.

중차색조 배색 II의 면적비가 배색감성요인에 미치는 영향을 알아본 결과, 감성요인 '편안성'(Comfort)은 2:2:2 면적에서는 -0.90의 평균값을, 4:1:1 면적에서는 -0.64의 평균값을 보였으나 유의한 차이를 보이지 않았다. 또한 감성요인 '현대성'(Modernity)에서는 2:2:2 면적에서 0.51의 평균값을 보이고, 4:1:1 면적에서는 0.07의 평균값을 보였으나 감성요인 '편안성'과 같이 유의한 차이를 나타내지 않았다. 그리고 감성요인 '품위성'(Dignity)에서는 2:2:2 면적에서 -0.02의 평균값을 보이고, 4:1:1 면적에서는 -0.05의 평균값을 나타내었으나 유의한 차이를 보이지 않아 감성요인 '품위성'도 면적비의 차이를 나타내지 않았다. 중차색조 배색 II에서도 배색감성요인별 면적비의 차이를 보이지 않았다. 이에 배색유형 중 중차색조 배색 I의 감성요인 '편안성'에서 면적비에 따른 차이를 나타내었고, 2:2:2면적이 4:1:1면적보다 중차색조 배색 I의 감성요인 '편안성'에 더 많은 영향을 미치는

것으로 나타났다. 그러므로 혼합염색 dull색조와 쪽 염색 pale색조, 치자청과 치자황 혼합염색의 pale색조 조합인 중차색조 배색 I 은 동일면적비인 2:2:2 면적비에서 편안한 감성을 더 느끼는 것으로 판단할 수 있다.

Table 62. t-test results for differences of color emotion factor scores depending on color area ratios

Tone combination types	Color emotion factor	Mean		t-value	p-value
		2:2:2	4:1:1		
Total	Comfort	0.05	-0.05	0.729	0.467
	Modernity	0.21	-0.21	2.885	0.004 ⁺⁺
	Dignity	0.01	-0.01	0.137	0.891
Identical	Comfort	-0.03	-0.16	0.605	0.548
	Modernity	0.05	-0.35	1.580	0.120
	Dignity	-0.09	0.05	-0.595	0.554
Medium difference I	Comfort	1.09	0.65	3.221	0.002 ⁺⁺
	Modernity	0.07	-0.35	1.938	0.058
	Dignity	0.14	-0.03	0.659	0.512
Medium difference II	Comfort	-0.90	-0.64	-1.375	0.175
	Modernity	0.51	0.07	1.601	0.115
	Dignity	-0.02	-0.05	0.110	0.913

⁺⁺ p<.01.

4) 물리적 배색변인이 배색감성요인에 미치는 영향

물리적 배색변인인 ΣL^*_{10} , Σa^*_{10} , Σb^*_{10} , ΣC^*_{10} 과 면적비를 반영한 물리적 배색변인인 $\Sigma L^*_{10,p}$, $\Sigma a^*_{10,p}$, $\Sigma b^*_{10,p}$, $\Sigma C^*_{10,p}$ 가 배색감성요인에 미치는 영향을 알아보기 위해 상관관계를 분석하여 그 결과를 <Table 63>에 나타내었다. 감성요인 ‘편안성’은 ΣL^*_{10} , Σa^*_{10} , Σb^*_{10} , ΣC^*_{10} 과 각각 유의한 상관관계를 나타내었다. ΣL^*_{10} 과는 0.673, Σa^*_{10} 과는 0.676, Σb^*_{10} 과는 0.647로 양의 상관계수를 나타내었고, ΣC^*_{10} 과

-0.599의 음의 상관계수를 나타내었다. Σa^*_{10} 과는 가장 높은 양의 상관계수를 나타내어 감성요인 ‘편안성’과 가장 높은 정적 상관관계를 보이는 물리적 배색변인이라고 할 수 있으며, ΣC^*_{10} 은 가장 낮은 음의 상관계수를 나타내어 감성요인 ‘편안성’과 가장 강한 부적 상관관계를 나타내었다.

감성요인 ‘편안성’과 상관관계가 높은 물리적 배색변인에 대해 각각의 관계를 <Fig. 32> 같이 그래프로 나타내었다. 감성요인 ‘편안성’과 정적인 관계를 보인 ΣL^*_{10} , Σa^*_{10} , Σb^*_{10} 물리적 배색변인의 관계를 <Fig. 32(a)>, <Fig. 32(b)>, <Fig. 32(c)>와 같이 ΣL^*_{10} , Σa^*_{10} , Σb^*_{10} 값이 가장 높은 값을 나타낸 연한 색조와의 배색인 중차색조 배색 I의 C3은 ‘편안성’ 배색감성요인이 강하게 느껴진 반면 ΣL^*_{10} , Σa^*_{10} , Σb^*_{10} 값이 가장 낮은 값을 나타낸 어두운 색조와의 배색인 중차색조 배색 II의 C5는 ‘편안성’ 배색감성요인이 가장 낮게 느껴진다고 할 수 있다. 한편 감성요인 ‘편안성’과 부정적인 관계를 보인 $\Sigma C^*_{10,p}$ 물리적 배색변인의 관계를 <Fig. 32(d)>와 같이 나타내었다. 중차색조 배색 I의 C3은 $\Sigma C^*_{10,p}$ 값이 가장 낮은 값을 나타내었으나 감성요인 ‘편안성’이 강하게 느껴졌다. 반면, 중차색조 배색 II의 C5는 $\Sigma C^*_{10,p}$ 값이 가장 높은 값을 나타내었으나, 감성요인 ‘편안성’이 가장 낮게 느껴진다고 할 수 있다. 이에 감성요인 ‘편안성’은 붉은 기미 Σa^*_{10} 값이 높으며, 채도가 낮을수록 강하게 인지된다고 볼 수 있다. 이러한 경향은 선행연구(Lee et al., 2012; Yi et al., 2022)의 천연염색 배색직물의 색채특성 중 ‘은은하다’, ‘내추럴하다’, ‘편안하다’ 등의 감성형용사를 포함하는 감성이 ΣL^*_{10} 값이 클수록 높게 평가를 받는 반면, ΣC^*_{10} 값이 큰 배색직물은 낮은 평가를 받은 결과와 유사한 경향을 나타내었다. 그러나 Σa^*_{10} 과 Σb^*_{10} 은 상관관계의 방향성이 다른 경향을 나타내었는데, 이는 배색을 구성하는 색채특성마다 색채특성이 다르기 때문에 각 배색연구마다 Σa^*_{10} 과 Σb^*_{10} 이 다르게 나타나는 것으로 사료되었다. 또한 감성요인 ‘현대성’은 ΣL^*_{10} 과 Σa^*_{10} 에서 유의한 상관관계를 나타내었다. ΣL^*_{10} 은 -0.152, Σa^*_{10} 은 -0.167의 음의 상관계수를 나타내었고, Σa^*_{10} 이 가장 낮은 음의 상관계수를 나타내어 감성요인 ‘현대성’과 부적 상관관계를 나타내었다. Σb^*_{10} 은 -0.122의 음의 상관계수를 나타내었고, ΣC^*_{10} 은 0.089의 양의 상관계수를 나타내었으나 감성요인 ‘현대성’과 유의한 상관관계를 보이지 않았다. 따라서 감성요인

‘현대성’은 명도인 ΣL^*_{10} 과 Σa^*_{10} 값이 낮을수록 강하게 인지된다고 할 수 있다. 한편, 감성요인 ‘품위성’에서는 ΣL^*_{10} 이 0.038, Σa^*_{10} 은 0.037, Σb^*_{10} 은 0.039로 양의 상관계수를 나타내었고, ΣC^*_{10} 은 -0.039의 음의 상관계수를 나타내었으나 감성요인 ‘품위성’과 유의한 상관관계를 보이지 않았다.

면적비를 반영한 물리적 배색변인인 $\Sigma L^*_{10,p}$, $\Sigma a^*_{10,p}$, $\Sigma b^*_{10,p}$, $\Sigma C^*_{10,p}$ 는 감성요인 ‘편안성’은 $\Sigma L^*_{10,p}$ 와 0.671의 상관계수를 가져서 가장 높은 정적 상관을 보였고, $\Sigma C^*_{10,p}$ 와는 -0.607의 상관계수를 보여서 부적인 상관관계를 나타내었다. $\Sigma L^*_{10,p}$ 값이 높을수록 감성요인 ‘편안성’이 같이 높아지고, $\Sigma C^*_{10,p}$ 값이 낮을수록 감성요인 ‘편안성’도 높아진다고 볼 수 있다. $\Sigma b^*_{10,p}$ 는 0.059, $\Sigma a^*_{10,p}$ 는 0.008의 상관계수를 나타내었으나 감성요인 ‘편안성’과 유의한 상관관계를 보이지 않았다. 감성요인 ‘편안성’은 명도가 높으며, 채도가 낮을수록 강하게 인지된다고 사료된다. 또한 감성요인 ‘현대성’은 $\Sigma L^*_{10,p}$, $\Sigma a^*_{10,p}$, $\Sigma b^*_{10,p}$ 에서 모두 유의한 차이를 나타내었고, 부적인 상관관계를 나타내었다. $\Sigma b^*_{10,p}$ 는 -0.228의 상관계수를 보여 가장 낮은 부적인 상관관계를 보였고, $\Sigma a^*_{10,p}$ 는 -0.225의 상관계수로 $\Sigma L^*_{10,p}$ 의 -0.169의 상관계수와 큰 차이를 보이지 않았다. $\Sigma C^*_{10,p}$ 는 0.059의 양의 상관계수를 나타내었으나 감성요인 ‘현대성’과 유의한 상관관계를 나타내지 못하였다. 따라서 감성요인 ‘현대성’은 명도가 낮고, $\Sigma a^*_{10,p}$ 와 $\Sigma b^*_{10,p}$ 값이 낮을수록 감성요인 ‘현대성’이 강하게 인지된다고 볼 수 있다. 한편, 감성요인 ‘품위성’에서는 $\Sigma L^*_{10,p}$ 는 0.047의 양의 상관계수를 보였고, $\Sigma C^*_{10,p}$ 는 -0.055, $\Sigma a^*_{10,p}$ 는 -0.006, $\Sigma b^*_{10,p}$ 는 -0.001의 음의 상관계수를 나타내었으나 유의한 상관관계를 보이지 않았다. 이에 물리적 배색변인인 $\Sigma L^*_{10,p}$ 는 감성요인 ‘편안성’과 정적 상관관계를 보이나 감성요인 ‘현대성’과는 부적 상관관계를 나타내어, $\Sigma L^*_{10,p}$ 값이 높아지면 감성요인 ‘편안성’이 높아지고, $\Sigma L^*_{10,p}$ 값이 낮아지면 감성요인 ‘현대성’이 높아지는 것을 알 수 있다. $\Sigma a^*_{10,p}$ 는 감성요인 ‘현대성’에서만 부적 상관관계를 보였고, $\Sigma b^*_{10,p}$ 도 감성요인 ‘현대성’에서만 부적 상관관계를 나타내었다. $\Sigma C^*_{10,p}$ 는 감성요인 ‘편안성’에서만 부적 상관을 보였다.

Table 63. Pearson's correlation coefficients between physical color combination variables and color emotion factors

Color emotion factor	ΣL^*_{10}	Σa^*_{10}	Σb^*_{10}	ΣC^*_{10}	ΣL^*_{10p}	Σa^*_{10p}	Σb^*_{10p}	ΣC^*_{10p}
Comfort	0.673 ⁺⁺	0.676 ⁺⁺	0.647 ⁺⁺	-0.599 ⁺⁺	0.671 ⁺⁺	0.008	0.059	-0.607 ⁺⁺
Modernity	-0.152 ⁺	-0.167 ⁺	-0.122	0.089	-0.169 ⁺	-0.225 ⁺⁺	-0.228 ⁺⁺	0.059
Dignity	0.038	0.037	0.039	-0.039	0.047	-0.006	-0.001	-0.055

⁺ p<.05, ⁺⁺ p<.01

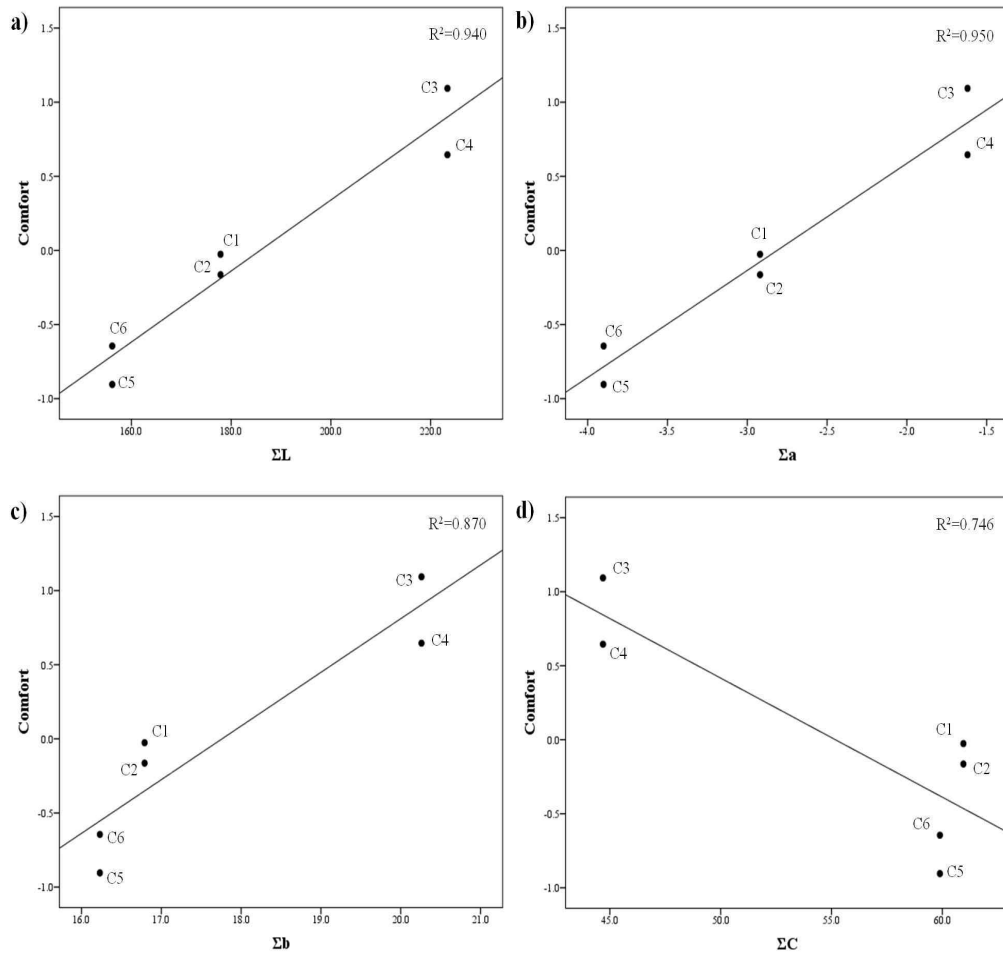


Fig. 32. Relationship between physical color combination variables and color emotion factors

2-3. 배색감성요인 예측모델

1) EEG 신호와 배색감성요인 간의 관계

3-배색 자극물의 EEG 신호의 상대적 출현량과 주관적 감성 간의 관계를 Pearson's correlation coefficients로 분석을 실시한 결과를 <Table 64>, <Table 65>, <Table 66>, <Table 67>, <Table 68>에 나타내었다. 느린 알파파는 3-배색 자극물의 EEG 신호의 상대적 출현량과 주관적 감성 간의 상관관계를 <Table 64>에 나타내었다. 느린 알파파에서는 Fp2와 F4, P4 EEG 채널을 제외한 Fp1, F3, P3, O1, O2 EEG 채널과 주관적 감성요인 '현대성'과 감성요인 '품위성' 간의 유의한 상관관계를 나타내었으나, 감성요인 '편안성'과는 유의한 상관관계를 보이지 않았다. 감성요인 '현대성'은 전두엽의 좌뇌(F3), 두정엽의 우뇌(P4), 후두엽의 좌뇌와 우뇌(O1, O2) EEG 신호의 상대적 출현량과 정적인 상관관계를 나타내었다. 감성요인 '품위성'은 전전두엽의 좌뇌(Fp1) EEG 신호의 상대적 출현량과 정적인 상관관계를 나타내었다. 명상초기 상태에 보이는 느린 알파파는 대부분 전두엽, 두정엽, 후두엽 부위들은 '도시적이다', '스포티하다', '화려하다', '하이테크하다' 등의 감성 형용사를 포함하고 있는 감성요인 '현대성'의 주관적 감성이 높아지는 반면, 전전두엽 부위는 '고상하다', '우아하다', '전통적이다' 등의 감성 형용사를 포함하는 감성요인 '품위성'의 주관적 감성이 높아짐을 알 수 있었다.

Table 64. Correlation coefficients between EEG signal at slow alpha and color emotion factors

EEG channel	Comfort	Modernity	Dignity
Fp1	0.014	-0.009	0.203 ^{††}
Fp2	-0.037	-0.040	0.140
F3	-0.055	0.198 ^{††}	0.142
F4	-0.071	0.083	0.092
P3	-0.106	0.137	0.030
P4	-0.070	0.249 ^{††}	0.137
O1	-0.030	0.156 [†]	0.122
O2	-0.079	0.224 ^{††}	0.111

[†]p<.05, ^{††}p<.01

알파파에서 3-배색 자극물의 EEG 신호의 상대적 출현량과 주관적 감성 간의 상관관계를 <Table 65>에 나타내었다. 알파파는 Fp2와 F4 EEG 채널을 제외한 Fp1, F3, P3, P4, O1, O2 EEG 채널과 주관적 감성요인 '편안성', '현대성', '품위성' 간의 유의한 상관관계를 나타내었다. 감성요인 '편안성'은 시각 영역과 인접한 후두엽의 우뇌(O2) EEG 신호의 상대적 출현량과 부적의 상관관계를 나타내었고, 감성요인 '현대성'은 두정엽의 좌뇌와 우뇌(P3, P4), 후두엽의 좌뇌와 우뇌(O1, O2) EEG 신호의 상대적 출현량과 정적인 상관관계를 나타내었다. 감성요인 '품위성'은 전전두엽의 좌뇌(Fp1)와 전두엽의 좌뇌(F3) EEG 신호의 상대적 출현량과 정적인 상관관계를 나타내었다. 안정 상태에 보이는 알파파는 감성요인 '편안성'의 주관적 감성에서 감소하는 경향을 보인 반면, 감성요인 '현대성'과 '품위성'의 주관적 감성에서 증가하는 경향을 나타내었다. 이는 느린 알파파와 같이, '도시적이다', '스포티하다' 등의 감성형용사를 포함하는 감성요인 '현대성'과 '고상하다', '전통적이다' 등의 감성형용사를 포함하는 감성요인 '품위성'에서 안정감을 더 느껴지는 것으로, 본 연구의 천연염색 중차색상 YR, PB, GY 배색의 특징으로 사료되었다. 그러나 '맑다', '밝다', '은은하다' 등의 감성형용사를 포함하는 감성요인 '편안성'에서 안정 상태에 보이는 알파파가 비활성화 되는 것은, 기존 선

행연구(Yeh et al., 2013; Kim & Kim, 2016)에서의 부드러운 느낌의 색상자극은 편안한 상태의 뇌파반응을 나타낸다는 경향과는 다른 경향을 보여 본 연구에서 제시한 천연염색 배색에 따른 경향으로 판단하였다.

Table 65. Correlation coefficients between EEG signal at alpha and color emotion factors

EEG channel	Comfort	Modernity	Dignity
Fp1	0.020	0.000	0.190 [†]
Fp2	-0.025	-0.035	0.114
F3	-0.101	0.114	0.159 [†]
F4	-0.104	0.074	0.080
P3	-0.126	0.147 [†]	0.099
P4	-0.093	0.241 ^{††}	0.126
O1	-0.082	0.166 [†]	0.121
O2	-0.178 [†]	0.197 ^{††}	0.112

[†]p<.05, ^{††}p<.01

빠른 알파파에서 3-배색 자극물의 EEG 신호의 상대적 출현량과 주관적 감성 간의 상관관계를 <Table 66>에 나타내었다. 빠른 알파파는 P3, P4, O1, O2 EEG 채널과 주관적 감성요인 '편안성', '현대성', '품위성' 간의 유의한 상관관계를 나타내었다. 감성요인 '편안성'은 알파파와 같이 시각 영역과 인접한 후두엽의 우뇌(O2) EEG 신호의 상대적 출현량과 부적인 상관관계를 나타내었고, 감성요인 '현대성'은 후두엽의 좌뇌(O1) EEG 신호의 상대적 출현량과 정적인 상관관계를 보였다. 또한 감성요인 '품위성'은 두정엽의 좌뇌와 우뇌(P3, P4) EEG 신호의 상대적 출현량과 정적인 상관관계를 나타내었다. 정신집중 상태에 보이는 빠른 알파파는 공간적 사고와 인식기능 역할을 하는 두정엽과 시각 정보 분석 역할을 하는 후두엽에서 활성화되었다. 감성요인 '편안성'과 '현대성'의 주관적 감성은 후두엽과 상관관계를 나타내었으나, 감성요인 '편안성'과 부적인 상관관계를 나타내어 빠른 알파파가 낮아지는 경향을 보인 반면, 감성요인 '현대성'과 정적인 상관관계

를 나타내어 빠른 알파파가 활성화된다고 볼 수 있다. 또한 주관적 감성요인 ‘품위성’에서 두정엽의 EEG 신호의 상대적 출현량이 높게 나타나, 정신집중 상태의 빠른 알파파의 활성화 반응이 두드러졌다.

Table 66. Correlation coefficients between EEG signal at fast alpha and color emotion factors

EEG channel	Comfort	Modernity	Dignity
Fp1	0.062	0.060	0.114
Fp2	0.060	-0.045	0.006
F3	-0.108	0.051	0.144
F4	-0.124	0.045	0.008
P3	-0.111	0.040	0.212 ⁺⁺
P4	-0.138	0.074	0.157 ⁺
O1	-0.112	0.167 ⁺	0.139
O2	-0.234 ⁺⁺	0.132	0.139

⁺p<.05, ⁺⁺p<.01

낮은 베타파에서 3-배색 자극물의 EEG 신호의 상대적 출현량과 주관적 감성간의 상관관계를 <Table 67>에 나타내었다. 낮은 베타파는 Fp1, P4, O1, O2 EEG 채널과 주관적 감성요인 ‘편안성’과 ‘품위성’ 간의 유의한 상관관계를 나타내었다. 감성요인 ‘편안성’은 두정엽의 우뇌(P4)와 후두엽의 좌뇌와 우뇌(O1, O2) EEG 신호의 상대적 출현량과 부적인 상관관계를 나타낸 반면, 감성요인 ‘품위성’은 전전두엽의 좌뇌(Fp1) EEG 신호의 상대적 출현량과 정적인 상관관계를 보였다. 주의집중 상태에 보이는 낮은 베타파는 주관적 감성요인 ‘편안성’에서 낮아지고, 감성요인 ‘품위성’에서 높아지는 경향을 보였다. 또한 공간적 사고와 인식기능 역할을 하는 두정엽과 시각 정보 분석 역할을 하는 후두엽은 ‘맑다’, ‘밝다’, ‘은은하다’, ‘부드럽다’ 등의 감성형용사를 포함하고 있는 감성요인 ‘편안성’ 감성에서 주의집중 상태의 뇌파반응이 비활성되었고, 각성상태를 유지하는 전전두엽은 ‘고상하다’, ‘우아하다’, ‘전통적이다’ 등의 감성형용사를 포함하고 있는 감성요

인 ‘품위성’ 감성에서 주의집중 상태의 뇌파반응이 활성화되었다.

Table 67. Correlation coefficients between EEG signal at low beta and color emotion factors

EEG channel	Comfort	Modernity	Dignity
Fp1	0.011	0.014	0.158 [†]
Fp2	-0.001	0.096	0.059
F3	-0.011	0.107	0.126
F4	-0.102	0.083	0.035
P3	-0.077	0.107	0.127
P4	-0.149 [†]	0.143	0.072
O1	-0.172 [†]	0.052	0.090
O2	-0.242 ^{††}	0.129	0.027

[†]p<.05, ^{††}p<.01

베타파에서 3-배색 자극물의 EEG 신호의 상대적 출현량과 주관적 감성 간의 상관관계를 <Table 68>에 나타내었다. 베타파는 Fp2, F3 EEG 채널과 주관적 감성요인 ‘품위성’ 간의 유의한 상관관계를 나타낸 반면, 감성요인 ‘편안성’과 ‘현대성’ 감성 간에는 유의한 상관관계를 보이지 않았다. 감성요인 ‘품위성’은 전전두엽의 우뇌(Fp2)와 전두엽의 좌뇌(F3) EEG 신호의 상대적 출현량과 부적인 상관관계를 나타내었다. 의식적 행동 상태에 보이는 베타파는 ‘고상하다’, ‘우아하다’, ‘전통적이다’ 등의 감성형용사를 포함하고 있는 감성요인 ‘품위성’ 감성에서 감소하는 경향을 나타내었고, 전전두엽과 전두엽에서 베타파의 비활성화 반응이 두드러졌다고 볼 수 있다.

Table 68. Correlation coefficients between EEG signal at beta and color emotion factors

EEG channel	Comfort	Modernity	Dignity
Fp1	0.028	0.019	0.010
Fp2	0.056	-0.047	-0.182 [†]
F3	-0.045	-0.012	-0.160 [†]
F4	-0.059	-0.057	-0.146
P3	-0.127	-0.059	-0.020
P4	-0.080	0.025	-0.111
O1	-0.079	0.026	-0.025
O2	-0.099	0.003	-0.029

[†] p<.05

이에 안정 시에 보이는 알파파대역(slow alpha, alphah, fast alpha) EEG 신호의 상대적 출현량과 주관적 감성요인 ‘편안성’, ‘현대성’, ‘품위성’ 간의 상관관계를 나타내었고, 주의 집중 시에 보이는 베타파대역(low beta, beta) EEG 신호의 상대적 출현량과 주관적 감성요인 ‘편안성’과 ‘품위성’ 간의 상관관계를 나타내었다. 또한 알파파대역 EEG 신호의 상대적 출현량은 주관적 감성요인 ‘편안성’에서 비활성되는 반면, 감성요인 ‘현대성’과 ‘품위성’에서 활성화되었다. 그러나 베타파대역 EEG 신호의 상대적 출현량은 주관적 감성요인 ‘편안성’과 ‘품위성’에서 비활성하는 경향을 보였다. 본 연구의 3-배색 자극물은 주관적 감성요인 ‘현대성’과 ‘품위성’에서 편안한 상태의 뇌파반응이 나타난다고 볼 수 있다.

2) 배색변인과 EEG 신호를 이용한 배색감성요인 예측 모델

감과 봉선화 염료 혼합염색의 배색감성요인에 유의한 영향을 미치는 객관적 변인들을 이용하여 단계적 회귀분석에 의한 배색감성요인 예측 모델과 산점도를 <Table 69>, <Fig. 33>에 제안하였다. 각 배색감성요인의 객관적 색채특성과 배색유형(동일색조 배색, 중차색조 배색 I, 중차색조 배색 II), 면적비(2:2:2, 4:1:1), EEG 신호 조건들을 독립변인으로 입력하여 최적의 예측력이 나오는 회귀식을 도출하였다. 배색유형과 면적비는 더미변수로 적용하였다. 감성요인 ‘편안성’(Comfort)의 예측식에는 감성요인 ‘편안성’과 상관관계가 높았던 붉은 기미 a_{10p}^* 와 EEG 신호의 느린 알파파(P3, Fp2), 빠른 알파파(Fp2, P4)가 설명변수로 사용되었고 R^2 가 0.566으로 나타났다. 그리고 감성요인 ‘현대성’(Modernity)은 노란 기미 Σb_{10p}^* 와 동일색조 배색, EEG 신호의 느린 알파파(P4), 빠른 알파파(F4)가 설명변수로 사용되었으며 R^2 가 0.169로 나타났다. 감성요인 ‘품위성’(Dignity)은 채도인 ΣC_{10p}^* 와 빠른 알파파(P3), 낮은 베타파(Fp1) 베타파(Fp2, F3)가 설명변수로 사용되었고 R^2 가 0.140으로 나타났다. 또한 배색 선호도를 예측하기 위한 회귀식에는 채도인 ΣC_{10p}^* 와 빠른 알파파(O1, P4), 알파파(O1), 낮은 베타파(P3, O1), 빠른 알파파(F4), 베타파(F3)가 설명변수로 사용되었으며, R^2 가 0.258로 나타났다. 배색감성요인과 선호도의 예측 모델을 위한 회귀분석 결과 감성요인 ‘편안성’에서 적절한 회귀식이 도출되었다. 감성요인 ‘편안성’의 예측 회귀식은 <Fig. 33>과 같이, 실험값과 예측값 간에 정적인 관계를 나타내었고, 연한 색조와의 배색인 중차색조 배색 I의 C3시료가 가장 높은 값을 보인 반면 어두운 색조와의 배색인 중차색조 배색 II의 C5와 C6시료가 가장 낮은 값을 나타내었다. 또한 실험값과 예측값 간에 높은 상관성($r^2=0.939$)을 보여서, 활용성이 기대되었다.

Table 69. Prediction models for color emotion factors

Color emotion factor	Equation	R ²	F-value
Comfort	$Y = 2.228 + 0.743 \cdot \Sigma a_{10p}^* + 0.690 \cdot \text{Slow alpha}(P3) - 1.429 \cdot \text{Slow alpha}(Fp2) + 1.078 \cdot \text{Fast alpha}(Fp2) - 0.618 \cdot \text{Fast alpha}(P4)$	0.566	45.419 ⁺⁺⁺
Modernity	$Y = 0.693 + 0.664 \cdot \text{Slow alpha}(P4) - 0.007 \cdot \Sigma b_{10p}^* - 0.3920 \cdot \text{Alpha}(F4) + .351 \cdot \text{Identical}$	0.169	8.921 ⁺⁺⁺
Dignity	$Y = -0.154 + 0.337 \cdot \text{Fast alpha}(P3) - 0.443 \cdot \text{Beta}(Fp2) - 0.313 \cdot \text{Low beta}(Fp1) - 0.253 \cdot \text{Beta}(F3)$	0.140	7.150 ⁺⁺⁺

⁺⁺⁺ p < .001

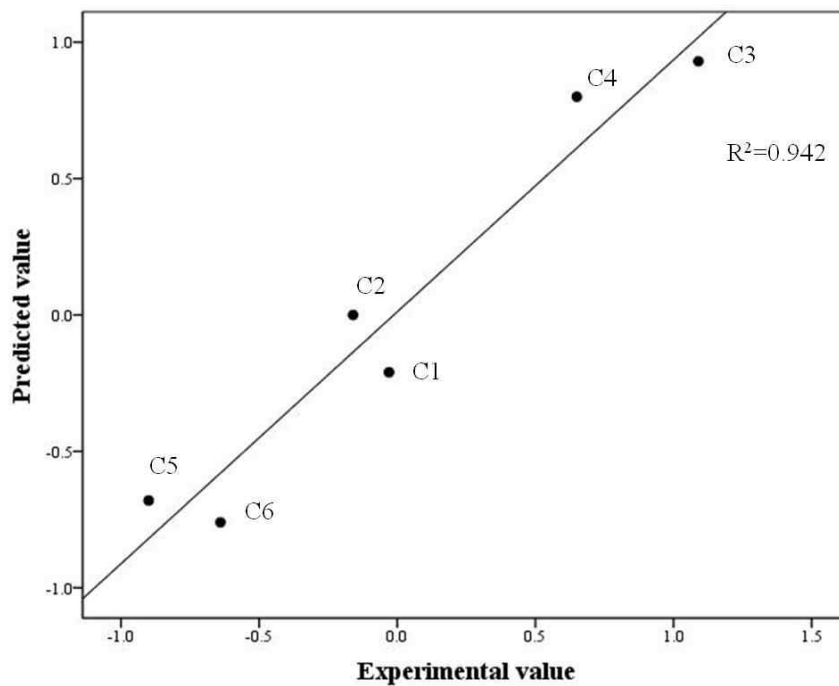


Fig. 33. Relationship between experimental values and predicted values of factor scores for 'comfort'

V. 결론

본 연구는 감과 봉선화를 혼합염색함으로써 감 염색 면직물의 고유 색채를 보존·발현하고 감 염색 면직물의 단점인 강연성을 보완할 수 있는 감과 봉선화의 최적화 혼합염색 기술을 개발하고, 감과 봉선화의 최적화 혼합염색 면직물과 쪽과 치자청/치자황 염색직물과의 3-배색에 대한 생리적 감성과 주관적 감성을 토대로 천연염색 3-배색에 대한 배색감성 예측 추정을 하고자 하였다. 연구 결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 본 연구의 감 염료는 탄닌과 플라보노이드, 봉선화 염료는 안토시아닌, 염록소, 플라보노이드로 각각 확인되었으며, 감과 봉선화 모두 황색포도상구균과 폐렴간균에 대해 99.9% 이상의 탁월한 균 감소율을 나타내었다. 또한 감 염색 면직물은 인공 열 발색시간이 증가함에 따라 염착량이 증가하여 인공 열 발색으로 자연발색의 효과를 가질 수 있음을 확인하였으며, 감 염색직물과 봉선화 염색직물 모두 Yellow Red (YR) 색상의 표면색채를 발현하여 감과 봉선화 혼합염색 직물 또한 전통 감 염색직물의 고유색상을 발현할 수 있을 것으로 기대되었다. 나아가 감과 봉선화의 혼합염색 면직물은 열 발색시간이 증가할수록 K/S값이 증가하는 경향을 보였고, 모든 농도 조건에서 감 염색 면직물과 유사한 색채특성을 보여서 감 염색직물의 고유 색채를 발현하였다. 또한 혼합염색 면직물은 감 염색 면직물보다 약 8~30% 감소한 강연도를 보여서 감과 봉선화 혼합염색에 의해 감 염색직물의 뻣뻣한 촉감을 개선할 수 있을 것으로 기대되었다.

둘째, 감/봉선화의 혼합염색 결과를 토대로 반응표면분석을 이용하여 동일 농도의 감 염색직물과의 색차를 최소화하고 강연도는 낮출 수 있는 감과 봉선화의 혼합염색 최적화 조건을 규명하였다. 최적 혼합염색 조건으로 봉선화 30%/감70%의 혼합농도비율과 15분의 열 발색시간이 도출되었으며, 이때 최적화 혼합염색직물과 감 염색직물 간의 ΔL^*_{10} 은 1.0508, Δa^*_{10} 은 0.3086,

Δb^*_{10} 은 0.4178, $\Delta E_{ab,10}$ 은 1.3754로 색채 차이가 매우 근소하였으며, 강연도는 감 염색직물보다 24% 감소한 3.29가 최적화 혼합염색 직물의 결과로 추정되었다.

셋째, 최적화 혼합염색 조건으로 염색한 감/봉선화 혼합염색 면직물의 염색건뢰도는 땀 건뢰도가 3-5등급, 마찰건뢰도는 4등급, 손세탁건뢰도는 3-5등급으로 대체로 우수한 건뢰도를 나타내었다. 일광건뢰도는 1등급으로 저조하였는데, 이는 감 염색직물이 광에 노출이 되면 색상이 점점 짙어지는 특성이 있어서, 변색을 기준으로 판정하는 일광건뢰도의 등급이 낮아진 것으로 판단되었다. 최적화 혼합염색 직물의 쾌적성능으로 공기투과도는 감 염색직물보다 증가하였고, 접촉냉온감은 의미 있는 차이가 없었다. 또한 발수도는 감 염색직물과 동일하였으며, 자외선차단성은 감 염색직물보다 다소 향상되었다. 나아가 최적화 혼합염색 직물은 황색포도상구균에 대해 99.9%, 폐렴간균에 대해 94.7%의 균 감소율을 나타내어 탁월한 항균성을 발휘할 수 있는 것으로 확인되었다. 따라서 감과 봉선화의 최적화 혼합염색 면직물은 감 염색직물과 비교하여 염색건뢰도와 쾌적성능 및 항균성이 모두 우수하다고 판단되었다.

넷째, 감/봉선화 최적화 혼합염색 직물과 쪽 염색 직물, 치자 청/황 혼합염색 직물을 조합한 3-배색 면직물에 대해 EEG 신호를 이용한 생리적 감성을 고찰한 결과, 느린 알파파와 알파파, 낮은 베타파와 베타파대역에서 두정엽의 P3과 후두엽의 O1의 상대적 출현량이 중차색조 배색 I 과 동일색조 배색보다 중차색조 배색 II의 자극물에서 유의하게 높게 나타나는 경향이었으며, 물리적 배색변인 ΣL^*_{10} , Σa^*_{10} , Σb^*_{10} , ΣL^*_{10p} 가 증가할수록 모든 대역대에서 P3과 P4, O1, O2의 EEG신호 출현량이 감소하는 경향을 보였다. 그리고 배색면적비와는 모든 대역대에서 유의한 차이를 보이지 않았다. 따라서 본 연구의 3-배색직물은 배색유형과 물리적 배색변인이 안정시의 느린 알파파와 알파파대역, 주의집중시의 낮은 베타파와 베타파대역의 EEG 신호 출현량으로 평가한 생리적 감성에 영향을 미침을 알 수

있었다.

다섯째, 감/봉선화 최적화 혼합염색 직물을 포함한 3-배색 직물의 주관적 배색감성 감성요인은 ‘편안성’, ‘현대성’, ‘품위성’으로 도출되었으며, 감성요인 ‘편안성’은 배색유형인 중차색조 배색 I에서 동일색조 배색 및 중차색조 배색 II보다 높게 평가되는 경향을 나타내어서 감/봉선화 최적화 혼합염색 직물의 색조보다 밝고 열은 중차색조의 천연염색 직물과 배색을 구성하였을 때에 이들 감성요인이 더 강하게 인지된다고 풀이할 수 있었다. 그리고 감성요인 ‘현대성’은 배색면적비 2:2:2가 4:1:1보다 유의하게 높게 평가되었으며, 감성요인 ‘편안성’은 물리적 배색변인 ΣL^*_{10} 과 ΣL^*_{10p} 가 높을수록 강하게 인지되었으며, ΣC^*_{10} 과 ΣC^*_{10p} 가 높을수록 약하게 지각되는 경향을 보여서, 앞에서 논의한 중차색조 배색 I에서 감성요인 ‘편안성’이 높게 평가되었다는 결과와 일치하였다. 한편 감성요인 ‘현대성’은 물리적 배색변인 ΣL^*_{10} , Σa^*_{10} , Σb^*_{10} , ΣL^*_{10p} , Σa^*_{10p} 와 Σb^*_{10p} 가 높을수록 약하게 인지되어서, 유의성은 없었으나 배색구성 색채의 밝기 합이 어두운 중차색조 배색 II에서 감성요인 ‘현대성’이 강하게 느껴진 결과와 관계가 있다고 해석되었다.

여섯째, 주관적 배색감성요인을 정량적으로 설명하기 위하여 물리적 배색변인과 배색유형, 배색면적비, EEG 신호를 독립변인으로 회귀식을 도출한 결과, 배색감성요인 ‘편안성’을 유의적으로 예측할 수 있는 정량화 모델이 제안되었다. 감성요인 ‘편안성’은 물리적 배색변인 Σa^*_{10} 과 EEG 신호인 느린 알파파(P3), 빠른 알파파(Fp2)가 정적인 예측변인으로, 느린 알파파(Fp2)와 빠른 알파파(P4)(fast alpha(P4))가 부적인 예측 변인으로 예측 회귀식에 포함되었다. 이 예측 회귀식은 실험값과 예측값 간에 높은 상관성 ($r^2=0.939$)을 보여서, 활용성이 기대되었다.

이상의 결과들은 감 염색 면직물의 색채를 보존하면서 강연성을 보완할 수 있는 감과 봉선화의 최적화 혼합염색 조건 규명과 최적화 혼합염색 면직물과 쪽과

치자청/치자황 염색직물과의 3-배색에 대해 생리적 감성과 주관적 감성 고찰을 통하여, 감 염색직물의 색상과 쾌적 성질은 유지하면서 뻣뻣한 촉감을 보완할 수 있는 감과 봉선화 혼합염색 직물 개발과 함께 혼합염색 직물의 감성 특성과 예측 추정을 하였다는 점에서 의의가 있다. 다만 본 연구의 감과 봉선화 혼합염색 직물은 현재 업계에서 나오는 감물염색 직물의 색채를 그대로 반영하기에는 다소 한계가 있으며, 한정된 천연염색 직물로 구성된 배색을 대상으로 평가한 한계가 있다. 그러나 본 연구는 감 염료 분말화와 인공 열 발색을 통하여 전통 감 염색방법에 현대적 공정을 도입하고 염색 데이터를 정량화할 수 있는 방향성을 제시하는 데에 일조하였다고 사료된다. 앞으로 후속 연구에서는 다양한 섬유소재에 대한 감과 봉선화 혼합염색 최적화 조건을 규명하고 다양한 천연염색 직물 색채와의 배색을 대상으로 배색감성 예측 추정을 함으로써, 쾌적성과 감성 색채를 제공하는 감 염색직물의 부가가치를 높이기 위한 노력이 필요할 것이다.

참고문헌

- Ahn, M. S. (2002). *천연염색*[Natural Dyeing. Seoul:] Yehaksa.
- An, K. C., & Kim, J. H. (2001). A study of the dyeability and physical properties of mordanted and finished fabrics dyed with natural dye of safflower. *Journal of the Korean Society of Dyers and Finishers*, 13(1), 23-31.
- Ansorge, U., Kiss, M., & Eimer, M. (2009). Goal-driven attentional capture by invisible colors: evidence from event-related potentials. *Psychonomic Bulletin & Review*, 16(4), 648-653.
- Badmaanyambuu, S., Kim, C., & Yi, E. (2019). EEG signal, subjective fragrance sensation, and preference of citrus oil microcapsule-loaded fabric. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, 43(2), 297-309.
- Baek, C., Kim, Y. J., Kim, H. S., & Park, S. O. (2010). The analysis of color emotion for LED light. *Journal of Korean Society of Color Studies*, 24(3), 68-79.
- Balas, B., & Nelson, C. A. (2010). The role of face shape and pigmentation in other-race face perception: an electrophysiological study. *Neuropsychologia*, 48(2), 498-506.
- Bang, J. H., & Chong, M. S. (2013). A literatural reserch for the practical use of the balsaminaceae. *Journal of Korean Medical Gigong*, 13(1), 77-104.
- Bhardwaj, H. C., & Jain, K. K. (1982). Indian dyes and dyeing industry during 18-19th century. *Indian Journal of History of Science*, 17(1), 70-81.
- Byun, S. J. (2006). Color characteristics and properties of the fabrics dyed with persimmon juice. *Art Journal*, 7, 1-22.
- Cao, J., Wu, Y., Jin, Y., Yilihan, P., & Huang, W. (2014). Response surface methodology approach for optimization of the removal of chromium (VI) by NH₂-MCM-41. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 45(3), 860-868.

- Casselmann, K. D. (2008). The colour of women's culture: natural dyeing as self-expression in America, Japan, Norway and Australia. *Textile Society of America Symposium Proceedings*, 251.
- Chang, C. C., & Kim, A. S. (2003). A study on the dyeing properties of silk fabrics dyed with *Impatiens balsamina* extract. *Journal of the Korean Society of Dyers and Finishers*, 15(1), 1-7.
- Cho, A. R. (2021). *A study on color harmony utilizing digital media* (Unpublished master's thesis). Korea National University of Education, Cheongju.
- Cho, H. S., Kim, S. K., & Lee, E. J. (2005). Development of traditional cultural products using persimmon dyeing. *Proceedings of the Korea Society of Costume Conference*, 22, 142-143.
- Cho, I. S., & Lee, J. S. (2015). Combination dyeing of silk fabrics with hibiscus flowers and persimmon juice extract. *Fashion & Textile Research Journal*, 17(3), 476-485.
- Cho, M. S. (2003). *An analysis of the trend of natural dyeing* (Unpublished master's thesis). Ewha Womans University, Seoul.
- Cho, S. H. (2011). *On the study of industrial cluster's coexistence and cooperation in the era of decentralized local government* (Unpublished doctoral dissertation), Konyang University, Nonsan.
- Cho, S. H., Park, J. J., Jung, M. H., Park, S. H., & Lee, M. C. (2006). Study of spinning technique development for mass production of Hansan-mosi. *Textile Science and Engineering*, 43(2), 70-77.
- Choi, I. R. (2002). A study of color difference on fabrics dyed with yellow natural material -by natural gardenia and Japanese pagoda tree-. *The Research Journal of the Costume Culture*, 10(4), 433-440.
- Choi, I. R. (2004). A study on the physiological responses to the texture. *The Research Journal of the Costume Culture*, 12(5), 702-706.
- Choi, J. I., Choi, J. S., & Lee, H. J. (2016). A comparative study on color emotion

- by age groups of the elderly -focused on single color. *Journal of Korean Society of Color Studies*, 30(3), 47-55.
- Choi, S. C., & Jung, J. S. (1997). Studies of antimicrobial from extracts of *impatiens balsamina*(I). *Journal of the Korean Fiber Society*, 34(6), 393-399.
- Choi, S. C., & Jung, J. S. (1999). Study on the antimicrobial activity of *Impatiens balsamina*(III). *Journal of the Korean Fiber Society*, 36, 338-343.
- Choi, S. N. (2018). *A study on methods of making kakishibu and application* (Unpublished master's thesis). Korea University, Seoul.
- Choi, S. S. (2011). The effects of a color environment on the emotional evaluation of space-focusing on the theory of MBTI personality classification and the cross tabulation analysis of brain waves. *Journal of Korean Society of Design Science*, 11(4), 561-573.
- Choi, Y. J., Ryu, H. S., & Kweon, S. (2005). A study of color image on silk fabrics dyed with yellow natural materials. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, 29(6), 868-876.
- Chung, H. S. (2018). A study on the three color scheme according to the color perception characteristics of the elderly. *Korean Society of Basic Design & Art*, 19(5), 658-668.
- Das, P. K., & Mondal, A. K. (2012). Biodiversity and conservation of some dye yielding plants for justification of its economic status in the local areas of lateritic zone of west bengal, India. *Advances in Bioresearch*, 3(1), 43-53.
- Decaestecker, T. N., Lambert, W. E., Van Peteghem, C. H., Deforce, D., & Van Bocxlaer, J. F. (2004). Optimization of solid-phase extraction for a liquid chromatographic - tandem mass spectrometric general unknown screening procedure by means of computational techniques. *Journal of Chromatography*, 1056(1-2), 57-65.
- Eom, H. J. (2002). *A study on the diversification dyeing techniques of persimmon* (Unpublished master's thesis). Catholic University, Daegu.
- Ha, S. Y., & Jang, J. D. (2013). Effect of color developing by xenon irradiation on

- cotton fabrics dyed with persimmon extract powder dye. *Textile Coloration and Finishing*, 25(1), 56-64.
- Han, M. R., & Lee, J. S. (2010). Natural dyeing and dyed fabrics properties with persimmon juice. *Fashion & Textile Research Journal*, 12(2), 224-232.
- Han, Y., Lee, H., & Yoo, H. (2004). The characteristics of persimmon juice dyeing using padding and UV irradiation method (part I) -color and properties of persimmon juice dyed cotton fabrics-. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, 28(6), 795-806.
- Han, Y. (2005). The antibacterial activities of persimmon juice and persimmon juice dyed cotton fabrics. *Journal of the Korean Home Economics Association*, 43(3), 119-129.
- Han, Y. S., Lee, H. J., & Yoo, H. J. (2004). The characteristics of persimmon juice dyeing using padding and UV irradiation method (Part1)- color and properties of persimmon juice dyed cotton fabrics. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, 28(6), 795-806.
- Han, Y. S., Lee, H. J., & Kim, J. H. (2005). The effects of chitosan pretreatment on the dyeabilities and antibacterial activities of persimmon juice-dyed cotton fabrics. *Journal of the Korean Home Economics Association*, 43(2), 115-126.
- Han, Y. S., Yoo, H. J., & Lee, H. J. (2006). The characteristics of mixed dyeing using persimmons juice and onion outer skin extract. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, 30(1), 115-124.
- Hong, G. J., Kim, S. M., Lee, B. C., Yi, D. H., & An, S. K. (2009). The effect of color therapy on stress and electroencephalogram variation. *Korean Journal of Aesthet Cosmetol*, 7(1), 51-59.
- Hong, H. S. (2001). The effect of benefit thought and fashion image on purchase intention of gal-ot. *Journal of the Korean Home Economics Association*, 39(2), 73-84.
- Hong, J. M., & Ryu, H. S. (1997). Mechanical properties and fabric handle of

- hansan ramie (Part1). *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, 21(8), 1315-1322.
- Hong, S. Y., & Kim, K. H. (2015). Case study on a social enterprise based on the traditional craft -indigo dyeing social enterprise in naju-. *Journal of Agricultural History*, 14(1), 69-97.
- Hong, W. P. (1993). Taxonomy of korean impatiens 1-morphological study. *Korean Journal of Plant Taxonomy*, 23(4), 243-243.
- Huh, M. W., Bae, J. S., & An, S. Y. (2008). Dyeability and functionality of silk fabrics treated with persimmon juice. *Fashion & Textile Research Journal*, 10(6), 1036-1044.
- Hur, S. H., Kim, S. W., & Min, B. W. (2015). Discrimination of cultivars and cultivation origins from the sepals of dry persimmon using FT-IR spectroscopy combined with multivariate analysis. *Korean Journal of Food Science and Technology*, 47(1), 20-26.
- Hyun, Y. I. (2011). *Property change by treating with cellulase enzyme in persimmon dyed cotton fabrics* (Unpublished master's thesis). Pusan National University, Pusan.
- Hwang, M. (2017). A study on EEG arousal effect on stimulation of color. *Journal of Integrated Design Research*, 17, 63-72.
- Hwang, M. K. & Kwon, M. W. (2018). A study on EEG arousal effect on stimulation of color-focusing on the measurement of α -wave against β -wave-. *Journal of Integrated Design Research*, 17(4), 63-72.
- Hwang, Y. S., Kim, S. Y., & Kim, J. Y. (2013). An analysis of youth EEG based on the emotional color scheme images by different space of community facilities. *Korean Institute of Interior Design Journal*, 22(5), 171-178.
- Hyung, A. J. (2003). *A study on the development of housing complex's color codes using color correlations of traditional color scheme* (Unpublished master's thesis). Yonsei University, Seoul.

- Je, N. N. (2010). *A comparative study of color emotion of Korean, Chinese and Japanese college students* (Unpublished master's thesis). Ewha Womans University, Seoul.
- Jo, P. G., Choo, T. G., & Ku, Y. S. (1995). Clothing behavior of elderly women by lifestyle groups. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, 19(1), 57-70.
- Jeon, D. W., Kim, J. J., & Shin, H. S. (2003). The effect of chitosan treatment of fabrics on the natural dyeing using japanese pagoda tree(I). *The Research Journal of the Costume Culture*, 11(3), 423-430.
- Ju, J. Y. (2001). The study on the mordanting and dyeing properties of polygenetic natural dyes (part1) -lithodpermurn officinale. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, 25(8), 1484-1492.
- Jung, J. S., Park, J. S., & Kim, T. K. (2008). Coloration of cotton fabrics with tannins of persimmon extracts by heating process. *Textile Coloration and Finishing*, 20(3), 25-30.
- Kang, K. J., & Lim, J. Y. (2005). A study on the harmony according to tone on tone coloration of shirt and necktie -on warm and cool color. *The Research Journal of the Costume Culture*, 13(4), 632-645.
- Kang, K. J., & Choi, S. K. (2005). The effect of coloration type on the image of Korean dress's wearer-on the tone-in-tone coloration. *The Research Journal of the Costume Culture*, 13(6), 977-989.
- Kang, S. C., & Moon, Y. H. (1992). Isolation and antimicrobial activity of a naphthoquinone from *impatiens balsamina*. *Korean Journal of Pharmacognosy*, 23(4), 240-247.
- Kang, T. Y. (2015). *Effect of heating process on color value of cotton fabrics using combination of catechu and persimmon extract* (Unpublished master's thesis). Pusan National University, Pusan.
- Khodadoust, S., & Hadjmohammadi, M. (2011). Determination of N-methylcarbamate

- insecticides in water samples using dispersive liquid - liquid microextraction and HPLC with the aid of experimental design and desirability function. *Analytica Chimica Acta*, 699(1), 113-119.
- Kim, A. S. (2004). A study on the dyeing properties of silk fabrics dyed with impatiens balsamina extract(II). *Textile Coloration and Finishing*, 16(3), 1-7.
- Kim, B. H., & Song, W. S. (2001). The dyeability and antimicrobial properties of Cinnamoum cassia by mordants concehtration. *Fashion & Textile Research Journal*, 3(2), 162-167.
- Kim, C. J., Badmaanyambu, S., & Yi, E. (2019). Electroencephalogram and subjective sensibilities of chamaecyparis obtusa scent-infused knitted fabrics based on color tone and fragrance intensity. *Textile Science and Engineering*, 56(2), 93-102.
- Kim, H. G. (2021). A study on the revitalization of Jeju natural dyeing industry. *Journal of Rural Tourism*, 24(1), 13-28.
- Kim, H. S. (2007). Branding program connected with the traditional culture in andong: consumer's evaluation. *Fashion & Textile Research Journal*, 9(6), 645-650.
- Kim, H. S. (2012). Cultural and industrial measures for the utilization of traditional green fabrics in Andong. *The Journal of Culture Policy*, 26(1), 201-225.
- Kim, H. Y. (2005). Effect of simulated acid rain on antioxidants and related enzymes in garden balsam(*Impatiens balsamina* L.). *Journal of Life Science*, 15(3), 382-386.
- Kim, H. Y. (2010). Effect of ultraviolet (UV-B) on antioxidants and antioxidative enzymes in garden balsam(*impatiens balsamina* L.). *Korean Journal of Weed Science*, 30(2), 135-142.
- Kim, H. Y. (2011). Effect of simulated acid rain on fatty acid composition and antioxidant system in garden balsam(*Impatiens balsamina* L.). *Korean Journal of Weed Science*, 31(2), 152-159.

- Kim, J., & Kim, J. (2015). Effects of UV irradiation on the physical properties of fabrics treated with eco-friendly persimmon juice-silk and nylon fabrics. *Journal of Fashion Business*, 19(4), 120-134.
- Kim, J. E., Lee, K. H., Imgap, Y., & Sohn, J. H. (1997). Emotion-related EEG features induced by tactile stimulation of textures. *Science of Emotion and Sensibility*, 1(1), 153-160.
- Kim, J. M., Do, W. I., & Park, J. H. (2003). Pharmacognostical studies on the folk medicine 'bong seon wha dae'. *Korean Journal of Pharmacognosy*, 34(3), 193-196.
- Kim, J. S. (2015). Natural dyeing properties and antibacterial activities of fabrics dyed with mordant: focused on gardenia, scutellaria, houttuynia, phellodendron. *Journal of the Korea Society of Art and Design*, 18(3), 222.
- Kim, J. S. (2020). Study of flavonoid/hydroxypropyl- β -cyclodextrin inclusion complexes by UV-vis, FT-IR, DSC, and X-Ray diffraction analysis. *Preventive Nutrition and Food Science*, 25(4), 449.
- Kim, M. J. (2012). *Study on black colored dyeing using persimmon juice as a main dyeing material* (Unpublished doctoral dissertation). Pusan National University, Pusan.
- Kim, M. K. (2011). *Electroencephalographical analysis of coloring stimuli using munsell 10 hue and make-up color* (Unpublished doctoral dissertation). Soongsil University, Seoul.
- Kim, M. K., & Kim, M. K. (2016). Correlation between the factors of personal color diagnosis guide and brain wave analysis. *Asian Journal of Beauty and Cosmetology*, 14(4), 407-416.
- Kim, O. S., & Jang, J. D. (2009). Effect of heating process on color values of rayon fabrics dyed with persimmon extract. *Fashion & Textile Research Journal*, 11(6), 961-967.
- Kim, O. S., & Jang, J. D. (2017). Effect of color developing by water treatment on

- cotton fabrics dyed with persimmon extract, *Fashion & Textile Research Journal*, 19(5), 646-652.
- Kim, S. A. (2010). A comparative study on color coordination preferences according to hanbok styles. *Journal of the Korean Society of Fashion Design*, 10(4), 5-47.
- Kim, S. M., & Song, W. S. (2013). The physical properties of knitted fabric with hanji/rayon. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, 37(2), 151-158.
- Kim, Y. S. (2009). A study on the development project of goods used hemp cloth in An-dong. *The Journal of the Korea Society of Art & Design*, 12(2), 29-44.
- Kim, Y. W., & Choi, J. M. (2016). A study of emotional consumption propensity and preferences for sensibility factors of the fabrics. *Science of Emotion and Sensibility*, 19(3), 27-42.
- Kim, Y. W., & Choi, J. M. (2010). Color sensibility and preference of the black color fabrics. *Science of Emotion and Sensibility*, 13(2), 337-346.
- Ko, K. R. (2010). A color effects research for strengthening a competition of the traditional dyed clothe 'Gal-Oht'. *Journal of Korean Society of Color Studies*, 24(3), 5-16.
- Lee, A. R., & Lee, E. J. (2009). Prediction models for color emotion factors by visual texture and physical color properties of printed fabrics. *Proceedings of the Korean Society for Emotion and Sensibility Conference, 2009*, 54-57.
- Lee, A. R., & Yi, E. (2013). Dyeing of cotton fabrics with persimmon extract powder-focused on dyeability and mechanical properties depending on color characteristics. *Korean Journal of Human Ecology*, 22(5), 461-476.
- Lee, A. R., & Yi, E. J. (2010). Prediction models for fabric color emotion factors by visual texture characteristics and physical color properties. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, 34(9), 1567-1580.
- Lee, A. R., Sarmandakh, B., Kang, E. Y., & Yi, E. (2012). Effect of colorimetric characteristics and tone combination on color emotion factors of naturally

- dyed color combination fabrics - focus on yellowish and reddish fabrics. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, 36(10), 1028-1039.
- Lee, A. Y., & Lee, S. H. (2012). The effect of color on human physiological and emotional responses: focusing on brain wave analysis according to color stimulation type. *Korea Journal of Counseling*, 13(2), 779-798.
- Lee, H. S. (1991). A study on the history and making method of the Cheju Do Galot. *Journal of Jeju National University*, 33, 165-174.
- Lee, H. J., Shin, D. I., & Shin, D. K. (2014). The classification algorithm of users' emotion using brain-wave. *The Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences*, 39(2), 122-129.
- Lee, J. A. (2010). *Study on color preference and color sensibility of depressed patients* (Unpublished master's thesis). Pochon CHA University, Pochon.
- Lee, J., Ryu, J., Kim, H., & Lee, H. (2014). An analysis of human physiological responses to apply color to the indoor living space. *Journal of Korean Society of Color Studies*, 28(1), 96-105.
- Lee, M. & Cho G. (2014). Analysis of visuo-tactile affection of naturally colored organic cotton fabric: correlation between psychological and psychophysiological affection responses. *Science of Emotion and Sensibility*, 2014, 253-254.
- Lee, M. S. (2011). Analysis of the conditions and products of natural dyeing shopping malls in japan. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, 35(3), 254-266.
- Lee, M., Kim, C., Sarmandakh, B., Cho, G., & Yi, E. (2018). Electroencephalogram and psychological response to fragrance and color of Citrus unshiu scent-infused fabrics. *Fibers and Polymers*, 19(7), 1548-1555.
- Lee, S. A., Jung, C. W., Kim, W. J., & Ahn, J. H. (2009). Optimized mixing design of lightweight aerated concrete by response surface analysis. *Journal of the Korea Concrete Institute*, 21(6), 745-752.
- Lee, S. H. (2010). Analysis of anti-allergic activities by extracts from persimmon

- sap-stained rayon and cotton fabrics. *Journal of Life Science*, 20(5), 794-798.
- Lee, S. J. (1976). Korean folk medicine. *Korean Journal of Pharmacognosy*, 7(1), 1-2.
- Lee, S. J., & Jang, J. D. (2018). Effect of heat treatment on the color developing of cotton fabrics dyed with different combination methods of persimmon and catechu. *Textile Coloration and Finishing*, 30(3), 216-226.
- Lee, Y. H. (2006). *A study on the various colorations and color sentiment images of paints* (Unpublished master's thesis). Hongik University, Seoul.
- Lee, Y. J., Lee, N. K., & Kim, S. J. (2012). A comparison of color sensibility judgment in color professionals and non-professionals: Focus on the respective contribution of hue and tone. *Journal of Korea Society of Color Studies*, 26(4), 5-17.
- Lim, K. Y., Jeon, T. J., Yoon, K. J., & Eom, S. I. (2001). A study on the dyeing characteristics of natural dyes(II)- expansion of color range of natural dyes by mordanting and combination dyeing. *Journal of the Korean Society of Textile Engineers and Chemists*, 38(11), 577-588.
- Min, J. Y. (2012). *A study on the emotional response according to the area effect of digital color recreated on the display* (Unpublished master's thesis). Ewha Womans University, Seoul.
- Na, Y. J., & Kim, H. W. (2012). Sensibility preference of eco-friendly fabric products and trust reliability. *Journal of Korean Society for Clothing Industry*, 14(3), 430-437.
- Nam, H. N. (2010). A study of sustainable fashion design. *Journal of The Korean Society of Fashion Design*, 10(2), 53-58.
- Oh, H. R., Lee, B. H., Jaung, J. Y., Nam, C. W., & Park, Y. H. (2002). A study on the optimization of wool dyeing using response surface analysis. *Journal Korean Fiber Society*, 39(5), 622-630.
- Oh, S. M., & Kwak, Y. S. (2015). Color emotion comparison under LED illuminations having different spectral distributions. *Journal of Korea Society*

of Color Studies, 29(4), 81-90.

- Oh, Y. J. (2020). The procedure of making a regional specialty and its invigoration: how did the Cheong-do's seedless persimmon get a status as a regional specialty?. *Korean Cultural Anthropology*, 53(3), 305-337.
- Pang, T. S., Lee, K. J., Ham, I. H., Bu, Y. M., Kim, H. C., Rhee, J. S., & Choi, H. Y. (2008). A study on the content changes of β -asarone and α -asarone in *acorus gramineus* according to its parts, extraction solvent, and fermentation. *The Korea Journal of Herbology*, 23(4), 149-157.
- Park, E. H. (2014). *The effect of color schemes in advertising responses and advertising effectiveness : focused on advertisements in fashion magazines* (Unpublished doctoral dissertation). Konkuk University, Seoul.
- Park, H. Y. (2013). The simultaneous two-color formation of the two sides of cloth dyed with the astringent juice of persimmons. *Society of Art & Design*, 16(4), 105-128.
- Park, S. M. (2001). *The effect that the change of brainwave has on increasing the concentration: by using the brainwave controller* (Unpublished doctoral dissertation). Sookmyung Women's University, Seoul.
- Park, S. J. (1995). An experimental study on physical and chemical properties of the fabrics dyed with persimmon juice. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, 19(6), 955-967.
- Park, S. J., & Son, W. K. (1999). The effect of differences between Gal-Ot and undyed clothing, and clothing types on wear sensation. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, 23(1), 30-41.
- Potsangbam, L., Ningombam, S., & Laitonjam, W. S. (2008). Natural dye yielding plants and indigenous knowledge of dyeing in manipur, Northeast India.
- Roh, S. S., & Hwang, D. S. (2012). Inhibitory effect of active compounds isolated from *Impatiens balsamina*(garden balsam) for melanogenesis. *Journal of Haehwa Medicine*, 21(1), 125-133.

- Samanta, A. K., & Konar, A. (2011). Dyeing of textiles with natural dyes. *Natural Dyes*, 3, 30-56.
- Sarmandakh, B., Kim, C., & Yi, E. (2018). Preparing bi-component dye of unripe diospyros kaki THUNB. fruit and ecklonia cava and investigating its dyeing properties on fabric. *Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society*, 19(4), 525-531.
- Seo, B. E. (2012). *Dyeing of cotton fabrics with charcoal using persimmon juice* (Unpublished master's thesis). Pusan National University, Pusan.
- Shin, D. J. (2003). *The study on the mechanical properties and thermal properties of military uniform's fabrics* (Unpublished master's thesis). Pusan National University, Busan.
- Shin, E. G., & Park, S. (2017). The age differences for color emotion of warm and cool color combinations. *Journal of the Architectural Institute of Korea Planning & Design*, 33(10), 49-56.
- Shin, J., Kim, Y., & Choi, J. (2018). Effects of colorimetric properties and color sensibility factors on color preferences for green yellow natural dyed silk fabrics: focused on combination dyeing with indigo and japanese pagoda tree. *Science of Emotion & Sensibility*, 21(1), 143 - 154.
- Siva, R. (2007). Status of natural dyes and dye-yielding plants in India. *Current Science*, 92(7), 916-925.
- Sung, J. B. (2011). *The comparison of sappanwood dyeing property between pre-chitosan treatment and pre-persimmon juice treatment on PET fabric* (Unpublished master's thesis). Pusan National University, Pusan.
- Sung, K. H. (2012). *A study on the effect of color sensibility and characteristic type on the attitudes toward the advertising* (Unpublished doctoral dissertation). Hongik University, Seoul.
- Sung, K. H., Kim, J. H., & Lee, C. Y. (2016). The effect of color sensibility and

- color preference on the attitudes towards the advertising and the brand. *Journal of Digital Design*, 16(4), 178-188.
- Sung, N. S., & Kang, K. J. (2007). The effect on the image of men's wearer with color and area of tone on tone combination of stripe necktie -based on 1:2:3 area ratio. *Journal of the Korean Fashion Design*, 7(1), 41-62.
- Sung, N. S. (2008). *The effects on the image of necktie by three color combination and area ratio of stripe patterns* (Unpublished doctoral dissertation). Gyeongsang National University, Jinju.
- Tondi, G. (2017). Tannin-based copolymer resins: synthesis and characterization by solid state ¹³C NMR and FT-IR spectroscopy. *Polymers*, 9(6), 223.
- Weon, K., & Kim, Y. I. (2001). Characteristics of color and color name in korea fashion apparel industries. *Journal of Korean Society of Color Studies*, 15(1), 37-48.
- Yang, Y. A., & Yi, E. (2010). Color sensibility image of naturally dyed silk fabric. *Science of Emotion & Sensibility*, 13(2), 403 - 412.
- Yeh, Y. Y., Lee, D. S., & Ko, Y. H. (2013). Color combination and exposure time on legibility and EEG response of icon presented on visual display terminal. *Displays*, 34(1), 33-38.
- Yi, E., & Choi, J. (2008). Intergenerational differences of color sensation and preference for naturally dyed fabrics. *Fibers and Polymers*, 9(5), 646 - 652.
- Yi, E. (2016). Color sensibility of naturally dyed silk fabrics in blue and green. *Textile Science and Engineering*, 53(2), 120-127.
- Yi, E., & Choi, J. (2009). Color sensibility factors for yellowish and reddish natural dyed fabrics by 40s middle-aged consumers. *Science of Emotion and Sensibility*, 12(1), 109-120.
- Yi, E. J., Cho, J. Y., & Park, D. K. (2009). Development of sensible color-coordinate fashion products using natural dyeing. *Proceedings of the KAIS Fall Conference*, 2009-05, 550-553.
- Yi, E., Lee, S. H., & Choi, J. (2022). A comparative study of color emotion and

- preference of Koreans and Chinese for two-color combination by naturally dyed fabrics with persimmon and indigo. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, 46(1), 33-48.
- Yi, E., Yoo, E. S., Han, C. H., & Lee, A. R. (2010). Dyeing properties and color characteristics of silk fabrics dyed with *prunus yedoensis matsumura* flower extract. *Textile Coloration and Finishing*, 22(3), 194-206.
- Yi, E., Kim, Y. P., & Park, J. H. (2007). Comfort properties of T-shirts dyed with natural persimmon juice. *Journal of the Textile Institute*, 98(3), 195-200.
- Yoshioka, S. (2010). History of Japanese colour: traditional natural dyeing methods. *Colour: Design & Creativity*, 5(4), 1-7.
- Yu, K. W. (2002). *Image perception by two-color arrangement of woman's suits* (Unpublished doctoral dissertation). Konkuk University, Seoul.
- Yun, S. H. (2009). 천연염색의 산업적 가치와 향후 전망[Industrial value and future prospect of natural dyeing]. *Dyeing and Finishing*, 4, 47-52.

Abstract

This study was performed to develop an optimized mixture dyeing technology of persimmon and garden balsam for maintaining the unique color of persimmon-dyed cotton fabric and improving its stiffness and to quantify physiological and psychological emotion by investigating their relationship with objective parameters such as color combination variables, color combination types, and color area ratio.

Dye powders of persimmon and garden balsam were prepared respectively by freeze drying of their hot water extract and thereafter were tested in terms of ingredient analysis and antimicrobial activity. Each dye of persimmon and garden balsam was tested for their single dyeing properties under the conditions of 1:100 for bath ratio, 50°C for dyeing temperature, and three different dye concentrations including 100%, 150%, and 200% (owf) for a cotton fabric with post-heat treatment for color developing under the conditions of 180°C with varied treatment durations of 5 min, 10 min, and 15 min. As for dyeing cotton fabric with mixture dye of persimmon and garden balsam with post-heat treatment, dye concentrations were varied as 100%, 150%, and 200% (owf) each of which was composed of three different mixture ratios of persimmon and garden balsam. The dyed cotton fabric with each dye was measured for K/S values as color strength, physical color characteristics of CIE, Munsell, and PCCS, dyeing fastness, and stiffness properties. Based on the results of single dyeing with persimmon and garden balsam respectively, a response surface method was applied to optimize the mixture dyeing conditions with persimmon dye concentrations and heat treatment time as independent variables and with physical color characteristics (ΔL^*_{10} , Δa^*_{10} , Δb^*_{10} , $\Delta E_{ab,10}$) and flex stiffness as dependent variables. Comfort properties like air permeability, Q_{\max} values, and water repellency and skin-health functions such as antimicrobial activity and sun protection properties were evaluated for cotton fabric dyed under the optimized conditions. As for evaluating human emotion of color combinations by

naturally dyed cotton fabrics including one under optimized mixture dyeing condition of persimmon and garden balsam, a total of six different stimuli each of which had a three-color combination were prepared with combinations of three dyeing types (mixture of persimmon and garden balsam, indigo, and mixture of yellow gardenia and blue gardenia), three color combination types based on tone difference (identical, medium different I, medium different II) and two color area ratios (2:2:2, 4:1:1). A total of 30 female college students majoring in fashion and design participated in both of EEG signal measurement for physiological emotion and subjective visual assessment for psychological emotion. Each three-color combination was presented in a viewing cabinet illuminated by a D65 simulator with 0°/45° of viewing angle. Electroencephalography (EEG) was measured simultaneously, analyzed by FFT (Fast Fourier Transform), and then relative powers of slow alpha (8~11 Hz), alpha (8~13 Hz), fast alpha (11~13 Hz), low beta (12~15 Hz), and beta (13~30 Hz) were calculated followed by normalization. For psychological emotion evaluation, twenty eight color emotion descriptors including five basic sensation adjectives and twenty one representative adjectives were selected from I.R.I color image scales and they were scored by 7-points semantic differential scale.

The results of this study are as follows;

1. Persimmon dye was found as consisting of tannin and flavonoid while garden balsam of anthocyanin, chlorophyll, and flavonoid. Each of dye showed excellent antimicrobial activity against *Staphylococcus aureus* and *Klebsiella pneumoniae*.
2. Mixture dyeing with persimmon and garden balsam was found as giving Yellow Red as hue to cotton fabric identical to traditional persimmon single dyeing, which means mixture dyeing with them could reproduce the shade of traditional persimmon-dyed fabric. As for stiffness, cotton fabric dyed with the mixture gave 8~30% decrease of flex stiffness from persimmon single dyeing depending on dye concentrations, which implies the mixture dyeing could contribute to improving stiffness of single persimmon-dyed fabric.
3. By using response surface method, optimum dyeing conditions for minimizing

color difference between single persimmon-dyed fabric and the mixture-dyed fabric and for decreasing flex stiffness were determined as mixture ratio of 70% persimmon and 30% garden balsam and 15 min of post-heat treatment. Cotton fabric dyed under optimized conditions of mixture dyeing showed good dyeing fastness with 3-5 grades. It showed increase of air permeability while Q_{\max} and water repellency were similar to single persimmon dyed cotton fabric. As skin-health functions, sun protection properties and antimicrobial activity of cotton fabric dyed under optimized conditions for mixture dyeing were revealed as excellent.

4. As for EEG signal, in providing medium difference II as a color combination type for three-color combination, all brain bands including slow alpha, alpha, low beta, and beta seemed to increase their waves more at P3 and O1 than in the other color combinations. Moreover all waves tended to decrease at P3, P4, O1, and O2 as each value of physical color combination variables such as ΣL^*_{10} , Σa^*_{10} , Σb^*_{10} , and $\Sigma L^*_{10,p}$ increased. These results indicates that EEG signals as physiological emotion could be affected by color combination types and physical color combination variables of three-color combinations composed of differently colored fabrics with natural dyes.
5. As psychological emotion factors of three-color combination, ‘Comfort’, ‘Modernity’, and ‘Dignity’ were identified by factor analysis. Factor ‘Comfort’ was more strongly perceived in medium difference I as a color combination type than the other color combination types, which means that ‘Comfort’ tended to be felt more when cotton dyed with persimmon/garden balsam under the optimized condition was matched with brighter and paler toned fabrics. This result was supported by statistical significance that factor scores of ‘Comfort’ was positively correlated with ΣL^*_{10} and $\Sigma L^*_{10,p}$.
6. In order to predict psychological emotion factors quantitatively, stepwise linear regression was attempted with objective parameters such as physical color combination variables, color combination types, and EEG signal. As results, factor

‘Comfort’ was described as significantly regressed by the objective parameters and Its experimental data and predicted data showed high correlation ($r^2=0.939$) to each other.

This study has strong implication that the optimized mixture dyeing technology with persimmon and garden balsam could contribute to provide cotton fabric identical color shade to traditional persimmon-dyed fabric and to improve fabric stiffness as well as it gives comfort properties and skin-health functions to cotton fabric. In addition, it needs to be noted that three-color combinations by naturally dyed fabrics including one under the optimized dyeing conditions for persimmon and garden balsam were identified in terms of their physiological and psychological emotion so that psychological emotion factor ‘Comfort’ was quantified with objective parameters. In a future study, a varied textiles such as silk and nylon need to be investigated to develop optimized dyeing technology with mixture of persimmon and garden balsam and to identify physiological and psychological emotion of color combinations by fabric dyed under the optimized conditions.

Key words : extract of persimmon and garden balsam, optimized mixture dyeing technology, emotion of color combination for naturally dyed fabric, physiological emotion, psychological emotion

감사의 글

대학원 수업을 듣고 배움을 채웠던 날이 엇그제 같은데 벌써 학위 논문을 마무리하게 되는 순간을 맞이하게 되어 감회가 새롭습니다. 논문을 준비하는 동안 많은 물음과 해답을 찾으면서 나의 부족함과 마주하기도 하였고, 그 안에서 많은 깨달음을 얻기도 하였습니다. 먼저 저를 늘 아껴주시고 많은 가르침을 주신 지도교수 이은주 교수님께 진심으로 깊은 감사와 존경의 마음을 전합니다. 제 논문에 많은 관심과 아낌없는 조언을 해주신 권숙희 교수님과 엄란이 교수님, 멀리에서도 저의 논문을 심사해 주시고 부족한 부분에 많은 피드백을 해주신 채영주 교수님, 새롭게 접목하는 연구 분석에 대하여 적합한 방향을 제시해주시고, 많은 조언을 해주신 오산수민 박사님께 진심으로 감사의 마음을 드립니다.

대학원 생활을 하는 동안 많은 관심과 격려를 해주신 패션의류학과 교수님들과 선배님, 후배님들에게 깊은 감사의 마음을 전합니다. 그리고 항상 저를 믿고 응원해 주시는 어머니, 아버지, 친오빠와 올케언니 너무 감사합니다. 늦은 나이에 학업을 다시 시작하는 저에게 많은 격려와 도움을 주셔서 원활하게 대학원 생활을 마치고 논문을 마무리 할 수 있었습니다. 언제나 내 편이 되어 힘이 되어주는 허여사와 월이, 동생 보경이에게 감사의 마음을 전합니다. 마지막으로 항상 분주하고 부족했던 엄마를 믿어주고, 응원을 아낌없이 주는 우리 희훈이와 정혜, 아이들의 아빠에게도 미안함과 고마움을 전합니다.

2022년 6월

양영애 드림