

중심합성계획에 의한 양모염색공정의 최적화 연구

오흥렬, 이범훈, 정재윤, 남창우*, 박영환*

한양대학교 섬유공학과, *한국생산기술연구원

Optimization of Wool Dyeing Processes Using Central Rotatable Composite Plan

Heung Ryul Oh, Bum Hoon Lee, Jae Yun Jaung,
Chang Woo Nam*, and Young Hwan Park*

Department of Textile Engineering, Hanyang University, Seoul, Korea

*Korea Institute of Industrial Technology

1. 서 론

양모를 염색할 때 부딪치는 문제점중 하나는 산성염료의 빠른 초기염착으로 인한 불균염의 발생으로, 이는 이미 섬유표면에 염착된 염료가 미염착된 염료의 결합을 방해하여 불균염이 발생하게 된다. 따라서 불균염을 막기 위해 초기 염착속도를 늦춰주는 과정이 필요하게 되는데, 이를 위하여 균염제라고 불리우는 계면활성제를 사용하고 있다.

계면활성제는 그 이온성에 따라 양이온계, 음이온계, 양쪽성, 비이온계로 나눌 수 있는데 널리 쓰이는 음이온계 계면활성제를 사용할 경우, 염료 투입전에 먼저 양모 섬유의 $-NH_3^+$ 이온과 계면활성제의 음이온이 결합을 하게 한 후 염료를 투입하여 초기에는 염료가 섬유표면에 흡착되는 것을 억제하다가 온도가 높아짐에 따라 양모와 결합된 계면활성제의 음이온이 떨어져 나가면서 염료 음이온의 흡착이 이루어지게 하여 균염효과를 얻을 수 있다. 그러나 계면활성제의 양이 과다하게 되면, 섬유 표면의 (-) potential 증가로 인해 염료 이온의 접근이 오히려 방해받게 되므로 최종 흡착량이 감소할 수 있다. 따라서 염료 농도에 따라 균염효과를 극대화할 수 있는 균염제의 최적 농도를 찾는 일이 필요하다.

따라서 본 연구에서는 염료와 균염제의 최적비율을 추정해보고, 이를 바탕으로 염착곡선을 작성하여 적절한 균염제의 농도를 구하였으며, 그 밖에 pH나 액비와 같은 요인들이 양모염색 시 균염성과 염료의 최종 흡진률에 미치는 영향에 대하여 실험계획법에서 반응표면분석중의 하나인 중심합성계획을 도입하여 알아보았다.

2. 실험계획

반응표면분석은 여러개의 독립변수들이 복합작용을 함으로써 반응변수(종속변수)

에 영향을 줄 때 이러한 반응의 변화가 이루는 반응표면에 대한 통계적인 분석방법이다. 이를 통해 얻을 수 있는 것은 (1) 독립변수의 값 변화에 따라 반응량이 어떻게 달라지는가를 예측하고 (2) 어떤 독립변수의 값에서 반응량이 최적화 될 것인가를 찾아내며 (3) 결국 가장 적은 수의 실험으로 가장 좋은 정도를 주는 실험계획법이 무엇인가를 고찰, 데이터 분석을 통해 추정되는 적합한 반응표면의 성질을 규명할 수 있다.

반응함수로서 일반적으로 가정되는 반응표면모형은 k 개의 독립변수에 대한 중회귀 모형으로, 함수의 반응표면이 곡면으로 표현된다고 가정하면 2차 회귀모형으로 나타낼 수 있는데 그 표면은 아래의 식과 같이 나타낼 수 있다.

$$y = B_0 + \sum_i B_i x_i + \sum_{ii} B_{ii} x_i^2 + \sum_{i \leq j} B_{ij} x_i x_j$$

여기서 y 는 실험에 의해 결정되는 종속변수이며, B_0 는 독립변수, B_i , B_{ii} , B_{ij} 는 각 항의 계수이다. x 는 독립변수로서 본 실험에서는 pH, 염료농도, 균염제농도, 액비이다. Table 1은 중심합성계획에 따라 독립변수를 code화하여 나타낸 것이며, Table 2는 각 실험의 조건을 표로 나타낸 것이다.

3. 실험

3.1 시료 및 시약

피염물은 정련된 Wool/Nylon(90/10) 환편물(Terry)을 사용하였고 균염제로는 음이온성과 비이온성 계면활성제의 혼합물인 Led-50(청석유화)을 그대로 사용하였다. Led-50은 스테아릴 아민과 ethylene oxide, nonyl phenol이 혼합된 물질로 고형분은 30.72%, pH는 7로 나타났다. 염료는 1:1 metal complex type인 Neolan Pink BE(Ciba-Geigy, C. I. Acid Red 195)를 정제하지 않고 사용하였으며 염색에 필요한 Glauber's salt, 황산, 초산등은 1급 시약을 사용하였다.

3.2 염료와 균염제의 최적농도비 추정

최적농도비는 연속변화법을 응용하여 염료농도와 균염제 농도를 일정 비율로 변화시키면서 UV-visible spectrophotometer(Dyemax-L system)를 사용하여 흡광도의 변화가 있는 지점으로 추정하였다.

3.3 염료의 흡진곡선 작성

염색시간에 따른 흡진율을 구하기 위하여 고온고압염색기(Colortec, Roches社, England)와 UV-visible spectrophotometer(Dyemax-L system)가 결합된 Dye-o-meter system을 이용하였다. 흡진율의 변화는 잔액의 흡광도를 측정하여 아래의 식과 같이 구하였다.

$$\text{흡진율}(E, \%) = \left(1 - \frac{A_t}{A_0}\right) \times 100$$

A_0 : 초기 염액의 흡광도, A_t : 시간에 따른 잔액의 흡광도

각 실험에는 공통적으로 10% o.w.f의 Glauber's salt를 첨가하였다. 염색은 40℃

에서 균염제를 먼저 투입하여 10분간 유지한 후 염료를 첨가하였으며, 분당 1℃의 승온속도로 100℃까지 올린 후 60분간 유지하였다.

4. 결과 및 고찰

4.1 염료와 균염제의 최적농도비율

Figure 1은 염료를 0 g/L에서 1.0 g/L까지 0.1 g/L 단위로 증가시킨 것과 균염제를 2.0 g/L에서 0 g/L까지 0.2 g/L 단위로 감소시킨 것을 혼합한 용액의 흡광도 값을 나타낸 것이다. graph를 살펴보면, 염료농도의 증가에 따라 흡광도가 증가하는데, 염료농도 0.6 g/L(균염제 농도 0.8 g/L)인 지점에서 흡광도의 증가가 두드러짐을 알 수 있다. 이는 낮은 균염제 농도에서 균염제 음이온과 염료 음이온이 서로 반발하다가 균염제 농도가 증가하게 되면 이온성이 감소하면서 소수성 친화력이 작용, 결합을 형성하기 때문으로 추측된다. 하지만 염색과정은 단순히 염료-균염제의 작용만으로 설명할 수는 없다고 생각되므로, 일단 이 지점을 염료와 균염제의 최적비로 가정한 후, 염료농도, pH, 액비등 다른 조건을 변화시키면서 실험을 진행하였다.

4.2 균염제의 농도변화에 따른 시간별 염착거동

Figure 2는 염료농도 1% o.w.f의 조건에서 균염제의 농도를 0% o.w.f에서 2.67% o.w.f까지 변화시켜가며 작성한 염착곡선이다. 염액에 균염제를 투입할수록 초기 염착속도가 줄어드는 현상을 볼 수 있으며 최적비율로 추정된 1.33% o.w.f의 균염제 농도에서 시간별로 염착량이 가장 균일하게 증가하는 것을 볼 수 있었다. 그이상의 균염제 농도에서는 초기염착은 다소 감소하였으나 70~90℃의 영역에서 급격한 염착이 이루어져, 일정하게 염착량이 증가하고 있는 균염제 농도 1.33% o.w.f일때보다 균염효과가 떨어짐을 알 수 있었다. 최종 흡진율은 98~99% 사이로 대부분의 염료가 양모에 염착이 되었다고 생각된다.

5. 참고문헌

- 1) 조경래, 염색이론과 실험, 형설출판사, 1991
- 2) 藤本武彦, 신·계면활성제 입문, 三養化成工業, 1996
- 3) 박성현, 현대실험계획법, 민영사, 1995

Table 1 Code & Experimental Conditions for the Central Rotational Plan

Code	Variables	Levels				
		-2	-1	0	1	2
x_1	pH	1	2	3	4	5
x_2	Conc. of dye(%o.w.f)	0.5	0.75	1	1.25	1.5
x_3	Conc. of surfactant(%o.w.f)	0	0.67	1.33	2	2.67
x_4	Liquor Ratio (1:L)	10	15	20	25	30

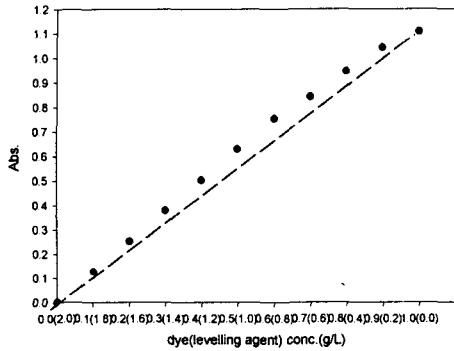


Figure 1. Plot of Interaction of Dye and Levelling Agent.

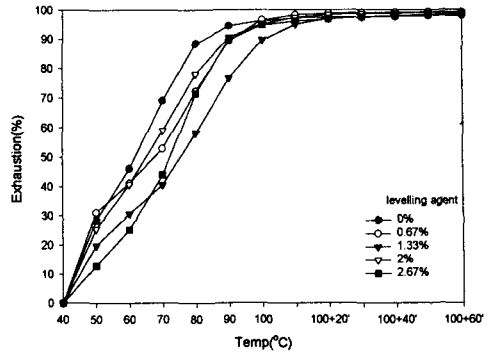


Figure 2. Effect of levelling-agent on Exhaustion Curves.

Table 2 Plan of Experiments

Expt No.	pH	Conc. of dye (%o.w.f)	Conc. of surfactant (%o.w.f)	Liquor Ratio (1:L)
1	2	0.75	0.67	15
2	2	0.75	2	15
3	2	1.25	0.67	15
4	2	1.25	2	15
5	4	0.75	0.67	15
6	4	0.75	2	15
7	4	1.25	0.67	15
8	4	1.25	2	15
9	2	0.75	0.67	25
10	2	0.75	2	25
11	2	1.25	0.67	25
12	2	1.25	2	25
13	4	0.75	0.67	25
14	4	0.75	2	25
15	4	1.25	0.67	25
16	4	1.25	2	25
17	1	1	1.33	20
18	5	1	1.33	20
19	3	0.5	1.33	20
20	3	1.5	1.33	20
21	3	1	0	20
22	3	1	2.67	20
23	3	1	1.33	10
24	3	1	1.33	30
25	3	1	1.33	20
26	3	1	1.33	20