

효율적 생산에 있어서 염색실험실의 중요성

1. 서 론

대량 염색공정에서 고도의 재현성을 획득할 필요성에는 많은 중요한 이유들이 있으며, 이들 중 일부는 신속한 시장대응 및 재고를 줄이기 위한 저스-인-타임(just-in-time) 공정의 필요성과 연관이 있고, 따라서 전술한 두 조건들이 충족된다면 한 번에 올바른 염색이 이루어 질 수 있다

아마, 재현성 있는 대량염색이 이루어져야 하는 가장 중요한 이유는 경제적인 이유일 것이다. <표 1>에 나열되어 있는 바와 같이, 한번에 올바른 염색이 이루어지지 않을 경우 염색업자는 경제적으로 큰 손실을 입게 된다. 연속식 염색기 혹은 날염기에서는 잘못 염색된 것을 수정할 기회를 거의 갖지 못한다.

<표 1> 비용의 비교

染色法	상대적 비용
블라인드染色	100
수정이 가미된 염색	130
탈색 후 재염색	170
염색, 탈색 및 재염색	300

일반적으로, 많은 염색공장에서 아직 저스트-인-케이스(just-in-case) 개념으로 작업하고 있고, 실질적으로 재처리 및 재염색을 보편적인 것으로 받아들이고 있다. 경제적 압력이 증가함에 따라, 흔히 자동화와 연계하여 효율적이면서 짧은 시간 내에 확고하고 재현성 있는 염색공정이 요구됨으로써 염색실험실의 역할에 대한 중요성과 압력이 증가되고 있다.

우수한 실험실 염색은 앞에서 언급한 재정상의 이익과 아울러 높은 성공

물로 블라인드 염색법을 가능케 한다. 그런 까닭에 실험실은 염색작업에서 중추적인 위치에 있다.

2. 재현성에 중요한 인자

재현성 있는 염색과 동시에 표준/배치식 컬러 매칭을 위한 엄격한 허용오차 내에 도달하기 위해서는, 대략 15개의 인자들을 제어하면서 이들의 변화를 모니터해야 한다. 이들 인자들을<표 2>에 나타내 보았다. 후처리공정에서도 이와 유사한 일련의 인자들이 적용된다.

실험실은 염색과정을 설정하고, 이 변수들을 제어 및 모니터링함에 있어서 중요한 역할을 담당한다.

이들 인자들을 엄격하게 제어하지 않고는 고도의 블라인드 염색은 전혀 불가능해진다. 예를 들어, 보통의 염색공장에서 단지 보통 혹은 일반적인 제어 및 모니터링 전략으로 29개의 염색 로트에 대해 표준 염색처방과 동일한 색상으로 블라인드 염색이 이루어졌다. 여기에서 배치(batch)와 표준색상 사이의 평균 색차는 $\Delta 1.8$ 이나, 색차의 범위는 $\Delta E 0.4 \sim 2.8$ 에 이른다.^{주1)}

주 1) 본고에서 사용된 색차는 CMC (2 : 1)식에서 인용된 것이다.

3. 실험실의 역할

실험실의 많은 기능들은 염색법에 기초를 두고 있으며, 이들의 활동은 다음과 같이 분류할 수 있다.

① 사용하고 있는 생산기계와 관련된 적용기술의 개발과 함께 염료와 약제의 평가 및 선정

② 위와 같은 합리적인 기준으로 선정된 염료에 대한 CCM용 데이터 베이

스의 준비

- ③ 수정염색과 함께 컴퓨터를 활용하거나 기존의 방법에 의한 컬러 매칭
- ④ 피염물의 염색성에 대한 평가와 컴퓨터 컬러 매칭 기술을 사용할 때 피염물의 교체를 고려한 최근 데이터 베이스의 갱신 및 염료의 상관관계 준비
- ⑤ 최종 염색물의 색농도 및 색상측정

4. 실험실 염색의 정확성

실험실의 염색결과치에 대한 정확성에 대해 흔히 정당화될 수 있는 많은 비판들이 나오고 있으나, 이 비판들을 뒷받침할 만한 연구발표가 양적으로는 거의 없다. 실무에 종사하는 많은 염색기술자들은 실험실에서의 색조합에 대해 많은 의혹을 지니고 있고, 이에 따라 대량염색을 실시하기 전에 실험실 염색처방에서 제시된 양에서 일단 10~15%를 감소시킨다. 그러나 그 뺀 양 (또는 그 이상의 양)을 그 후에 배치식 염색에서 더 넣어줄 경우에는 비생산적이 되는데, 대부분의 경우에 적어도 한 번 이상 그러한 첨가가 행해지고 있다. <표 1>에서 보여지듯이 이것은 곧 바로 비용의 상승을 유발한다.

이미 언급한 실험실의 기능에 대해 만족할만한 효과를 얻기 위해서는 다음 두 가지 조건이 충족되어야 한다.

- ① 실험실에서의 염색방법이 실제염색과 상관관계를 가져야 한다.
- ② 칭량과 측정이 실험실과 공장에서 모두 매우 정확해야 한다.

5. 실험실의 문제점

실험실에서 대량염색으로의 재현성을 획득하는 데 있어 많은 문제점들은 공통된 방법의 결핍과 부정확한 평양 및 측정, 표준 작업과정의 부재와 관련

된 것들이다.

세계적으로 수많은 염색공장을 조사해 보면, <표 2>에 기록된 염색인자들 가운데 실험실과 공장 간에 차이를 보이는 염색인자의 수가 상당히 많은 것에 놀라게 된다. 그 가운데 가장 일반적인 것들은 다음과 같다.

<표 2> 재현성 있는 염색에 도달하기 위한 중요인자

○ 染色用水의 水質
○ 皮염물의 前處理
○ 皮염물의 染色性
○ 皮염물의 重量
○ 染料와 약제의 坪량
○ 染料와 약제의 투여방법
○ 染料의 선정
○ 染料의 표준화
○ 染料의 水分含有量
○ 坪량시 皮염물의 水分含有量
○ 염욕 조제
○ 욕 비
○ 염욕의 pH
○ 염색기기의 배치순서
○ 染色時間/溫度 曲線

- 사용된 물
- 피염물의 차이
- 염료의 출처
- 염색방법
- 욕 비
- 염욕의 pH
- 염색시간/온도 곡선
- 피염물의 중량 산출기준
- 색의 평가방법

앞서 언급한 염색공장의 조사로부터 얻어진 일반적인 결과들을 <표 3>에 나타냈다.

<표 3> 실험실 염색의 정확도

(다섯 명의 염색기술자에 의해 네 가지 색상들을 4회 염색)

	기술자 내의 변동치	기술자 간의 변동치
평균(ΔE)	0.83	1.44
범위(ΔE)	0.2~3.4	0.22~4.7

<표 4>에서 보여지듯이 CCM 기술을 도입함으로써 비록 우수한 데이터 베이스를 이용할 수 있어도 실험실 염색의 부정확성으로 인해 또한 어려움을 겪는다. 이 예에 나타난 것과 같이 이는 일반적인 염색공장에서 준비되어 있는 데이터 베이스와 같은 피염물에 대해 예견된 형태로 염색될 때 얻어진 결과들이다.

<표 4> 컴퓨터 컬러 매칭 기술에 의한 결과

(열 가지 색에 대한 예측치방)

	목표치에 대한 색차 ²⁾	
	첫 예측	수정후
평균(ΔE)	2.9	1.8
분포(ΔE)	1.32~5.3	0.8~3.8

주 2) 잘 운영되는 시스템은 첫 예측에서 ΔE 값이 1.0보다 낮을 것이다.

6. 벌크 염색으로 이전

실험실과 벌크 염색공정 사이에 표준화된 절차를 도입하고 일반적 수준의

정확도를 유지함으로써 규모가 늘어난 공정에서 높은 재현성을 보장할 것이다. 실험실 내에서 재현성을 얻기 위해서는 염액 및 분산액을 정확하게 준비해야 하고, 피염물의 중량을 정확히 측정하며 계산된 양을 정확히 준수하여 투입하고, 염색과정은 관리하에서 행해져야 한다.

이미 언급했듯이 염료의 선정은 중요한 한 인자이고 고도의 재현성이 요구될 때 단순한 생산물 대체는 더 이상 선택할 수 있는 것이 아니다. 반드시 염료와 피염물에 대한 시험도 행하여져야 한다. 실험실의 청결 및 정돈들은 정확성과 마찬가지로 중요하다.

7. 정보교환

재현성 있는 염색은 많은 변수를 제어하는 데 따라 좌우된다. 다른 많은 분야와 마찬가지로 정보교환의 부족은 심각한 문제를 야기한다. 여러 재료공급자들에 대해 공급된 재료에 대한 일정한 규격이 설정되어 있지 않거나 또는 이것이 업무계약서의 기초로 양측에 의해 받아들여지지 않는다면 위에서 보듯이 많은 문제들이 발생한다는 것은 분명하다.

이것은 공급자와 사용자 사이에 필수자재인 염료, 약제, 피염물 혹은 염색용수의 수질조차도 포함할 것인지에 대해서도 지속적인 대화가 있어야 한다는 것을 의미한다.

이러한 관점에서, 실험실은 그 생산체제에 대해 도움을 제공해야 하고, 이 분야에서는 또한 요구사항을 명확히 해야하고, 실험실 기술자와 생산직원들 간에 지속적인 대화가 있어야 한다.

8. 실험실의 정확성을 향상시키기 위한 보조기구

실험실 염색의 재현성에 도움되는 많은 개발이 있어 왔지만, 높은 재현성

을 얻기 위해서는 잘 명문화되고 표준화된 작업절차와 아울러 실험실 직원들을 적절히 훈련시키는 길 밖에는 다른 방법이 없다. 실험실 염색공정에서 염액 및 분산액의 준비, 피염물 측량, 염색처방 계산 및 염욕준비와 같은 초기단계들은 자동화될 수 있다. 비록 이런 형태의 완전 자동화 시스템은 비용이 많이 들 뿐만 아니라 많은 실험실들에 적용시키는 것은 어려울 것이나, 저자의 실험실은 수준 높은 정확성을 가능케 하는 자동 뷰렛과 전자식 투여 피펫들을 근간으로 하는 저비용 시스템을 개발했다. 현재에는 복잡한 제어장치들과 멀티프러덕트(multi-product) 주입시설 및 로봇까지 갖춘 실험실용 염색기들이 이용되고 있다.

9. 정확성의 한계

현재, 염색공정에서 도달 가능한 정확성의 한계들을 간단히 요약하고, 염색자의 제어 밖에 있으나 관리되어야 할 변수들에 의해 부과되어질 수 있는 몇몇 한계들을 <표 5>와 같이 정리하였다.

<표 5> 정확성의 한계

	ΔE
칼라 배칭의 허용 범위	1.0
피염물의 종류	4.0 이상
수질의 변동	3.0 이상
염액 및 분산액의 변동	3.0~5.0
컴퓨터에 의한 처방예측	
일반적 시스템	2.5~3.0
최적 시스템	1.0 이하
무게 측정시 5%의 변동	2.5
칼라 평가를 위한 반복편성 또는	
카드 래핑(card wrapping)	0.15
배치 균일	0.2
벌크 내에서의 반복성	0.2
실험실 염색의 반복성	0.12
분광광도계의 재현성	0.05~0.2

10. 결론

본고는 현재 실험실 염색에서 수준 높은 정확도에 도달하는 것과 이 성과들을 대량 염색에 성공적으로 이전하기 위한 방법들이 가능하다는 것을 보여준다. 전 세계에 걸쳐 많은 염색공장들은 엄격한 컬러 매칭 허용공차에 따라 한번에 올바른 염색이 되는 블라인드 염색을 추구해 가고 있다.

그러나 이 공정이 성공적으로 되기 위해서는 염료의 선정과 제어, 피염물의 제어, 컴퓨터 컬러 매칭 기술에 적합한 데이터 베이스의 준비, 실험실 염색의 정확성을 포함하는 많은 염색인자들을 제어해야 한다. 많은 염색업체들은 그들 자신의 실험실에서 이 작업을 수행하는 것이 불가능하므로, 흔히 이 분야의 전문기관으로부터 도움을 받는다.