

염료의 화학구조와 유전독성에 관한 상관관계

배진석, 김성동*

한국염색기술연구소 DTP 센터, *건국대학교 공과대학 섬유공학과

1. 염료의 독성 및 규제

최근에 건강이나 안전 그리고 환경문제가 관심의 대상이 되고 있으며 특히 화학공업 같은 제조업이 환경에 미치는 영향은 중요하다고 할 수 있다¹.

세계 각국에서 2-나프틸아민이나 벤지딘 유도체가 암과 관계가 있다는 것이 밝혀지면서² 향후에는 이러한 문제가 발생하지 않도록 엄격한 규제가 도입되었으며 현재는 세계적으로 여러 개의 중요한 환경관련 법과 규정이 채택 되었다. 그 중에서 주요 규제법령으로서는 유럽의 European Core Inventory (ECI) 과 European Inventory of Existing Commercial Substances (EIECS), 미국의 Toxic Substances Control Act (TSCA) 그리고 일본의 Ministry of Technology and Industry (MITI)가 잘 알려져 있다. 이러한 법률들은 새로운 화학약품의 등록을 위한 그들만의 정보와 테스트 방법을 가지고 있다³.

TSCA는 인간의 건강과 환경에 유해한 독성물질들을 판명하고 제어하기 위하여 1976년에 제정되었으며 이미 다른 법률로서 규제되고 있는 것은 여기서는 제외되었다. 염료가 인간과 환경에 미치는 악영향을 최소화하기 위하여 국제적인 기구인 ETAD(Ecological and Toxicological Association of the Dyes and Organic Pigments Manufacturers) 1974년 설립되었다. ETAD는 유기 합성 염료와 안료에 관해서 생태학적, 독성학적인 영향에 관해서 분석 조사한다. ETAD의 독성학적 업무의 주요 목적은 염료와 중간체에 의해서 야기되는 인간에 대한 잠재적인 위험에 대해서 판단, 평가하는 것이다⁴.

2. 염료의 화학구조와 발암성

돌연변이성이나 발암성 같은 유전자에 대한 독성(genotoxic)이 있는 화학물질들은 일반적으로 화학반응에 의해 유전인자의 청사진 물질이라 할 수 있는 DNA에 해를 끼치게 된다. 따라서 어떤 화학물질이 유전자에 대해 독성을 나타내기 위해서는 다음의 두 가지 기본 조건을 충족시켜야 한다³.

- 화학물질이 DNA와 반응하기 위해서는 세포핵 내에 존재하는 DNA에 도달할 능력이 있어야만 한다.
- 화학물질이 화학반응에 의해서 DNA와 결합할 능력이 있어야만 한다.

2.1 방향족 아민과 방향족 니트로 화합물

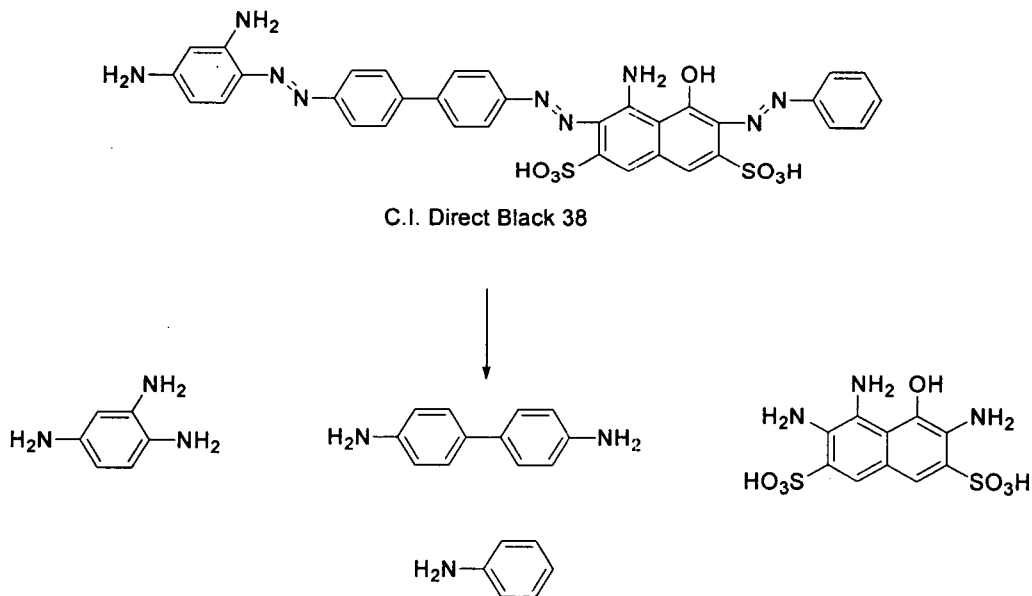
방향족 아민과 방향족 니트로 화합물은 많은 염료나 안료의 중간체로 사용되며, 특히 아조염료의 중간체로서 매우 중요하다. 이 그룹 중에서 가장 강력한 발암성 물질은 화학구조내에 2개 이상의 방향족환을 가지고 있으며 1차 아미노기(-NH₂) 또는 메틸아미노기(-NHMe, -NMe₂)를 가지고 있다.

2.2 아조염료

아조염료는 상업적으로 중요한 위치를 차지하고 있으며 앞에서 설명한 방향족 아민 및 방향족 니트로 화합물과의 관계 때문에 많이 연구되어 왔다. 아조염료는 방향족 아민 화합물로부터 제조되며 분해되어서도 아미노기로 된다. 아조염료의 발암성은 Butter yellow에서처럼 염료 그 자체에서 발생하기도 하고, 또는 아조그룹의 환원개열(reductive cleavage)에 의해 생성된 아미노기 때문에 발생하기도 한다.

2.3 Polyazo 염료

아조염료의 경우에는 주로 아조의 환원분해에 의해 발암성 아민을 만들어내기 때문에 유전독성을 나타낸다. Polyazo 염료의 경우도 마찬가지로서 C. I. Direct Black 38 이 대표적이다. 이 염료내의 3개의 아조의 환원분해에 의해서 4개의 중간체가 만들어지는데, 그중에서 대표적인 발암물질인 벤지딘과 돌연변이성 물질인 1,2,4-트리아미노벤젠이 생성된다^{5,6}.



2.4 벤지딘계 염료

벤지딘과 그 유도체는 섬유산업에 있어서 면섬유의 염색을 위한 아조 직접염료의 중간체로서 오랫동안 사용되어 왔으나 불행하게도 벤지딘은 방광이나 신장에 암을 유발한다는 것이 밝혀졌다². 벤지딘 유도체인, 3,3'-디클로로벤지딘, *o*-디아니시딘, *o*-톨리딘도 염료의 제조에 널리 사용되었으나 에임즈 테스트에서 유전독성이 있다는 것이 밝혀졌으며 이들 유도체인 4,4'-thiodianiline, 4,4'-oxydianiline,

4,4'-methylenedianiline dihydrochloride, 4,4'-methylenebis-(2-chloroaniline), 4,4'-methylenebis-(2-methylaniline) 등도 유전독성이 있음이 알려졌다. 또한, 이러한 중간체를 이용하여 합성한 많은 직접 염료들 C.I. Direct Red 2, C. I. Direct Blue 15, C. I. Direct Blue 14, C. I. Direct Red 28, C. I. Direct Blue 53, C. I. Direct Blue 6, C. I. Direct Red 39, C. I. Direct Blue 8, C. I. Direct Blue 10, C. I. Direct Red 46 등도 유전독성을 나타내었다^{1,7}.

참고문헌

1. IARC, *monographs on the evaluation of the carcinogenic risk of chemicals to humans; Some aromatic azo compounds*, Vol. 8, International Agency for research on cancer, Lyon, France, 1975.
2. G. Fare, *Cancer Res.*, **26**, 2406(1966).
3. U. S. Environmental Protection Agency, "*Manual; Best Management Practices for Pollution Prevention in the Textile Industry*", 1996.
4. A. T. Peters and H. S. Freeman, "*Colour Chemistry; The Design and Synthesis of Organic Dyes and Pigments*", Elsevier Applied Science, 1991.
5. D. R. Waring and G. Hallas, "*The Chemistry and Application of Dyes*", Plenum Press 1990.
6. T. L. Vigo, "*Textile Processing and Properties; Preparation, Dyeing, Finishing and Performance*", Elsevier, 1994.
7. J. Shore, "*Colorants and Auxiliaries*", Society of Dyers and Colourists, 1990.