

Quality inspections of active components in oxidative hair coloring products by UPLC

Dong-Gyu Kim, Yoo-Kyung Kim, Eun-Sun Yun, Mi-Sun Hong, Ji-Young Shin, Yoon-Kyung Jeong, Jung-Hun Kim, Young-Zoo Chae and Seung-Kook Park^{1,*}

Seoul Metropolitan Government Research Institute of Public Health and Environment,
Yongmeori 2 gil 18, Gwacheon-si, Gyeonggi-do 427-070, Korea

¹Department of Food Science and Biotechnology, Institute of Life Science and Resources,
Kyung Hee University, Yongin-Si, Gyeonggi-do 446-701, Korea

(Received October 18, 2012; Revised January 16, 2013; Accepted January 25, 2013)

UPLC를 이용한 염모제 제품에 함유된 유효성분에 대한 품질검사

김동규 · 김유경 · 윤은선 · 홍미선 · 신지영 · 정윤경 · 김정현 · 채영주 · 박승국^{1,*}

서울시 보건환경연구원, ¹경희대학교 생명과학대학
(2012. 10. 18. 접수, 2013. 1. 16. 수정, 2013. 1. 25. 승인)

Abstract: To identify oxidative hair dyes in hair-coloring products, the thin-layer chromatography (TLC) screening method was used in accordance with Korean Quasi-drug Codex. However, the TLC method is not reliable when there are very small amount of materials to be tested or when R_f values of several components are similar. In this study, Ultra Performance Liquid Chromatography (UPLC) with a rapid sample preparation method was developed for the reliable and sensitive identification of active components contained in oxidative hair-coloring products. Hexane-distilled water was used for the extraction of active components contained in the products prior to UPLC analysis. The limit of detection of active components was 6.7-77.9 $\mu\text{g/L}$, and the limit of quantitation was 22.3-259.7 $\mu\text{g/L}$. Except for α -naphthol, the range of recovery ratio was 96.2-101.5%. From this study, we demonstrated that oxidative active hair-coloring components can easily be analyzed by rapid extraction method followed by UPLC analysis.

요 약: 염모제 제품 중 유효성분의 품질검사는 식품의약품안전청의 「의약외품에 관한 기준 및 시험방법」에 따라 제품에 표기된 산화염료들을 박층크로마토그래프법(TLC방법)으로 확인시험을 하도록 되어있다. 그러나 TLC방법은 원료분량이 미량이거나, R_f 값이 비슷한 성분들이 존재하면 확인시험이 어려운 문제점이 있다. 본 연구에서는 미량성분 검출이 용이하며 분석시간이 짧다고 보고된 UPLC를 이용하기 위한 시료 전처리 및 분석조건을 탐색하였다. 유효성분들을 분석할 수 있는 검출한계는 6.7-77.9 $\mu\text{g/L}$, 정량한계는 22.3-259.7 $\mu\text{g/L}$ 이었으며, 회수율은 α -naphthol를 제외하고는 96.2-101.5%로 양호하였다. 유효성분 추출하기 위한 시료 전처리에는 hexan-증류수를 사용하였다. 시료 전처리 시 복잡한 추출과정을 거치지 않고, UPLC방법은 빠르고 정확하게 염모제 제품에 함유되어 있는 유효성분들을 동시에 분석 할 수 있었다.

Key words: oxidative hair dyes, hair coloring products, quality inspection, TLC, UPLC

★ Corresponding author

Phone : +82-(0)31-201-2655 Fax : +82-(0)31-204-8116

E-mail : skpark@khu.ac.kr

1. 서 론

영구적인 모발염색에는 식물성, 금속성, 산화염료 등이 사용된다. 헤나, 인디고 등의 식물성은 천연물질이나 염색효과와 외부조건에 대한 저항성 및 내구성의 정도가 낮으며, 납이나 은이 산화될 때 검게 변하는 원리를 이용하는 금속성은 인체독성이 우려된다. 반면 산화염료는 상대적으로 높은 염색효과와 밝은 색상도 가능하기 때문에 널리 사용되고 있다.^{1,2} 산화형 염모제품(이하 염모제품)은 산화염료를 유효성분으로 하는 염모제(1제)와 과산화수소를 함유한 산화제(2제)로 구성된다.³ 산화염료에는 산화되어 발색물질을 생성하는 염료중간체와 단독으로는 발색물질이 생성되지 않지만 다양하게 색을 변화시키는 염료수정제로 나누어지고, 이들의 종류와 함유량에 따라 모발에 다양한 색상을 나타낼 수 있다.^{4,5}

염모제품에 사용되는 산화염료들 중 *p*-phenylenediamine (PPD), toluene-2,5-diamine sulfate, 2-methyl-5-hydroxyethylaminophenol, *m*-aminophenol, N,N'-bis(2-hydroxyethyl)-*p*-phenylenediamine sulfate, *p*-methylaminophenol sulfate 그리고 propylene glycol은 접촉성 또는 알레르기성 피부염 유발 가능성이 높으며,^{6,7} 이들의 분석에는 thin-layer chromatography (TLC),⁸ gas chromatography,^{9,10} liquid chromatography¹¹⁻¹⁴ 그리고 capillary electrophoresis^{15,16} 이용한 분석방법이 보고되었다.

염모제품은 미국이나 유럽에서는 화장품으로 분류되어 있으나, 일본, 중국을 포함한 동아시아 국가에서는 의약외품으로 분류되어 제품과 사용되는 원료약품의 안전성과 유효성에 대하여 정부 관련부서의 규제를 받는다.¹⁷ 한국의 경우, 이들의 품질검사는 「의약외품에 관한 기준 및 시험방법(Korean Quasi-drug Codex, KQC)」에 따라 식품의약품안전청에 보고된 제품의 품목허가(신고)증에서 주성분으로 표기된 산화염료들을 TLC방법에 따라 표준용액 반점과 시험액 반점의 이동거리의 비(R_f 값)와 색상을 비교하는 확인시험을 하도록 되어있고, 염모력시험으로 함량시험을 대체하고 있다.¹⁸ 최근 모발염색의 경향은 노화현상으로 나타나는 백발 혹은 새치머리를 본래의 색으로 바꾸는 것뿐만 아니라, 개인의 취향에 따라 모발에 멋을 내기 위하여, 사용되는 산화염료의 종류가 많아지고 함유량의 범위도 수%에서 매우 적은 양까지 함유되고 있다. 그러므로, 다양한 색상을 가진 제품에 함유된 유효성분들의 품질검사에 고시된 KQC에 따른 TLC방법만을 이용한 확인시험은

점차 어려워지고 있다.

따라서, 본 연구에서는 한국에서 유통되는 염모제품에 함유되어 유효성분으로 작용하는 산화염료들을 빠르고 정확하게 검사하기 위하여, 성분들에 대한 분리효율이 높아서 미량성분 검출이 용이하며 분석시간이 짧다고 보고된¹⁹ Ultra Performance Liquid Chromatography (UPLC)를 이용하기 위한 시료 전처리 방법과 분석조건을 탐색하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 표준물질 및 시약

표준물질 중 *O*-, *p*-aminophenol, 2,6-diaminopyridine, 2,4-diaminophenoxyethanol HCl, N,N'-bis(2-hydroxyethyl)-*p*-phenylenediamine sulfate, 2-nitro-*p*-phenylenediamine, 4,4-diaminodiphenylamine sulfate, *p*-amino-*o*-cresol, *p*-nitro-*m*-phenylenediamine sulfate, 2-methyl-5-hydroxyethylaminophenol 그리고 *n*-phenyl-*p*-phenylenediamine (Sigma, St. Louis, MO, USA). Toluene-2,5-diamine sulfate, *p*-methylaminophenol, *p*-nitro-*o*-phenylenediamine, 2-amino-4-nitrophenol 그리고 2-amino-5-nitrophenol (Aldrich, Milwaukee, WI, USA). *O*-, *m*-, *p*-phenylenediamine, *m*-aminophenol 그리고 *o*-chloro-*p*-phenylenediamine (Fluka, St. Louis, MO, USA). Resorcinol, α -naphthol (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA). 2-methylresorcinol, picramic acid (Acros, Geel, Belgium)를 사용하였다. 시약 중 Acetonitrile (ACN), ethanol (EtOH)은 HPLC grade (J.T. Baker, Center Valley, PA, USA). Ammonium phosphate monobasic, ammonium phosphate dibasic (Sigma, St. Louis, MO, USA)을 사용하였으며, 증류수는 ELGA water purification system (ELGA, High Wycombe, Bucks, UK)에서 제조하였다. 표준용액 및 시험액 여과에는 0.2 μ m GHP syringe filter (Millipore, Bedford, MA, USA)를 사용하였다.

2.2. 기기 및 분석조건

Acquity UPLC[®] (Waters, Milford, MA, USA), 컬럼은 Acquity UPLC[®] HSS T3 (1.8 μ m, 2.1×100 mm, Waters, Milford, MA, USA)을 사용하였다. 이동상은 0.02 mM ammonium phosphate monobasic에 0.02 mM ammonium phosphate dibasic을 첨가하면서 pH를 5.2로 조정 후 0.2 μ m filter로 여과한 용액을 ACN과 혼합하는 gradient mode을 사용하였다. 시료 전처리

Table 1. The operating conditions of Ultra Performance Liquid Chromatography (UPLC)

Column	Acquity UPLC HSS T3 (1.8 μ m, 2.1 \times 100 mm, Waters, USA)		
Flow rate	0.35 mL/min		
Injection volume	1 μ L		
UV wavelength	235 nm		
	Time (min)	A (%)	B (%)
	0.00	100	0
	8.00	95	5
	12.00	95	5
Mobile phase	15.00	65	35
(gradient)	17.00	45	55
	18.00	100	0
	20.00	100	0

A: 0.02 mM ammonium phosphate at pH 5.2
B: Acetonitrile (ACN)

초음파 추출기(7652H, Fisher, Fair Lawn, NJ, USA), 원심분리기(Universal 320, Andreas Hettich GmbH & Co., KG, Germany) 그리고 pH meter (Fisher AR-50, Fair Lawn, NJ, USA)를 사용하였다.

2.3. 시험방법

시료 100 mg을 centrifuge tube에 취하고 hexan 0.3 mL 첨가하고 증류수 10 mL를 추가하여 분산하고 7000 rpm에서 20 분 원심분리 후, 하층 액(증류수 층)을 0.2 μ m 필터로 여과하여 시험액으로 하였다. 따로 유효성분으로 사용된 표준물질들을 각각 10 mg을 취하고 소량의 에탄올을 첨가하여 분산 후 증류수 10 mL에 용해하여 표준용액(1000 μ g/mL)을 제조하였다. Table 1의 조건으로 UPLC를 이용하여 분석하고, 시험액과 표준용액의 머무름 시간과 흡광도를 비교하는 확인시험과 함량시험을 하였다.

분석기기 및 시험방법에 대한 정확도와 정밀도를 알아보기 위하여, 회수율은 바탕시료로 사용된 시료 100 mg에 유효성분들이 들어있는 표준용액을 첨가한 시험액 1과 바탕시료의 시험액 2에 대하여 시료와 동일한 전 처리와 시험방법으로 분석하고 계산하였다. 검량선은 표준용액을 2, 10, 20, 200배로 희석 후 파장 235 nm에서 분석하였다. 유효성분들의 검출한계와 정량한계는 분석 프로그램(Empower 2, Waters, USA)을 이용하여 S/N ratio를 3과 10으로 하였을 때 적분되는 한계를 검출한계와 정량한계로 하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 시료 전처리 조건

시료 100 mg을 원심분리용 튜브에 취하고, 증류수 10 mL 가하여 분산하고 원심 분리하고 여과한 용액(시험액 1)과 hexan 0.3 mL 첨가하고 증류수 10 mL 추가하여 고르게 분산 후 원심 분리하여 하층 액을 여과한 용액(시험액 2)을 비교하였다. 증류수만으로 추출한 시험액 1보다 hexan-증류수로 추출한 시험액 2가 유효성분 외에 함유된 기타 원료성분들을 효과적으로 제거 할 수 있었고 0.2 μ m 실린지 필터에서 여과가 용이하였다.

3.2. 동시분석 조건

분석시간을 단축하면서 검출한계는 낮추기 위하여 일반적인 3-5 μ m 대신 1.8 μ m 입자 컬럼으로 구성된 UPLC에 대한 이동상의 조건을 탐색하였다. 첫 번째, 유효성분들의 분리 및 머무름시간에 중요한 역할¹⁵ 하는 이동상의 pH는 0.02 mM ammonium phosphate monobasic에 0.02 mM ammonium phosphate dibasic을 첨가하면서 pH 4.8에서 6.0까지 0.2 간격으로 조절하고 pH에 따른 표준물질들의 머무름시간을 비교하였다. pH 영향은 유효성분들 중 *p*-phenylenediamine은 적었으나, 아민기를 2개를 갖는 2,4-diaminophenoxyethanol HCl, N,N'-bis(2-hydroxyethyl)-*p*-phenylenediamine sulfate은 크게 받았다. 특히 2,6-diaminopyridine과 *m*-phenylenediamine, *m*-aminophenol와 2,4-diaminophenoxyethanol HCl은 pH 변화(4.8 \rightarrow 5.2)에 따라 머무름시간의 순서가 각각 바뀌었다. 표준물질들의 동시분

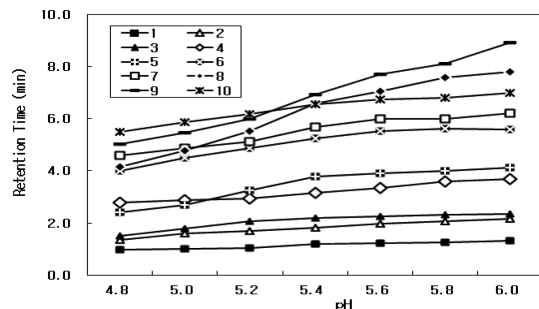


Fig. 1. The effects of eluent acidity on the separation: 1. *p*-phenylenediamine; 2. *p*-aminophenol; 3. toluene-2,5-diamine; 4. 2,6-diaminopyridine; 5. *m*-phenylenediamine; 6. *p*-methylaminophenol; 7. *m*-amiophenol; 8. 2,4-diaminophenoxyethanol HCl; 9. N,N'-bis(2-hydroxyethyl)-*p*-phenylenediamine sulfate; 10. *o*-phenylenediamine.

석이 가능한 pH는 5.2이었다(Fig. 1). Natalia 등은 이동상 pH에 따라 성분들의 머무름시간은 달라지는데, 이는 산성 조건하에서 hydroxyl group의 부분적인 해리와 amino group의 양자화에 의한 것이라고 보고하였

다.¹¹ 두 번째, 이동상 pH를 5.2로 고정하고, ammonium phosphate을 0.1, 0.03, 0.02, 0.01 mM으로 각각 조제하고 이동상 농도에 따른 유효성분들의 분리정도를 비교하였다. 컬럼의 수명을 고려하여 완충액의 농도가

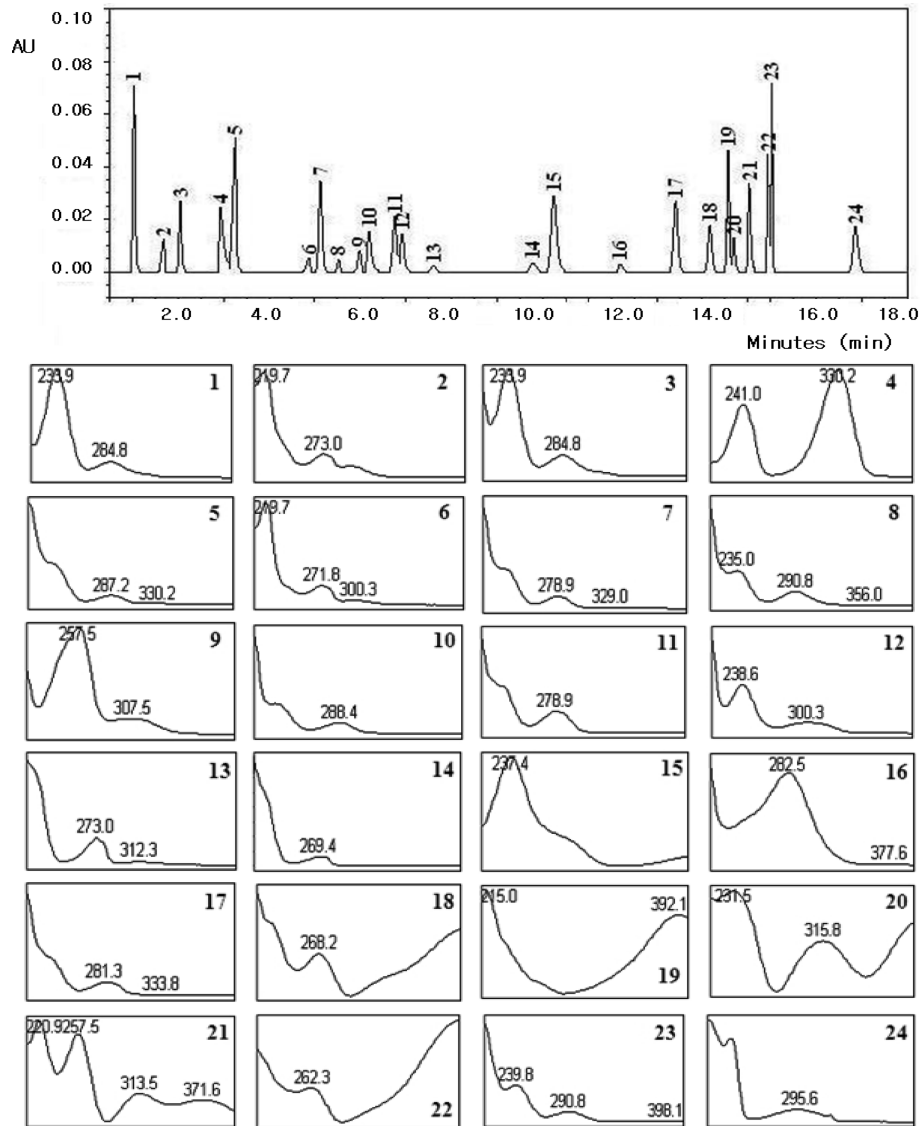


Fig. 2. The chromatogram and spectra of 24 oxidative hair dyes by UPLC: 1. *p*-phenylenediamine; 2. *p*-aminophenol; 3. toluene-2,5-diamine sulfate; 4. 2,6-diaminopyridine; 5. *m*-phenylenediamine; 6. *p*-methylaminophenol; 7. *m*-aminophenol; 8. 2,4-diaminophenoxyethanol hydrochloride; 9. N,N'-bis(2-hydroxyethyl)-*p*-phenylenediamine sulfate; 10. *o*-phenylenediamine; 11. *o*-aminophenol; 12. *o*-chloro-*p*-phenylenediamine; 13. resorcinol; 14. 2-methylresorcinol; 15. 2-nitro-*p*-phenylenediamine; 16. 4,4'-diaminodiphenylamine; 17. *p*-amino-*o*-cresol; 18. *p*-nitro-*o*-phenylenediamine; 19. *p*-nitro-*m*-phenylenediamine sulfate; 20. picramic acid; 21. 2-amino-4-nitrophenol; 22. 2-amino-5-nitrophenol; 23. 2-methyl-5-hydroxyethylaminophenol; 24. α -naphthol. Analysis conditions: Acquity UPLC HSS T3 column (Waters, USA); mobile phase: 0.02 mM ammonium phosphate buffer at pH 5.2 with acetonitrile gradient; column temperature: 30 °C; flow rate: 0.35 mL/min; injection volume: 1 μ L; UV detector wavelength; 235 nm.

낮으면서, 2,6-diaminopyridine와 *m*-phenylenediamine의 분리가 양호한 이동상 농도는 0.02 mM이었다. 세 번째, 모든 성분을 완충액으로만 분석하면 시간이 많이 소요되고 소수성인 α -naphthol은 검출이 어려우므로, 완충액과 ACN에 대한 적절한 농도구배(%) 조건을 탐색하였다. 머무름시간이 비교적 짧은 13종의 유효성분이 검출된 8분 이후에 ACN의 비율을 점차로 높여 분석시간을 단축하고, α -naphthol에 대한 검출도 가능하였다. Fig. 2에서 24종의 유효성분을 20 분 이내에 동시분석 할 수 있었다.

3.3. 시험방법 관리

UPLC를 이용하여 산화염료들에 대한 분석방법의 타당성을 확인한 결과, 유효성분들은 양호한 직선을 보였으며, 회수율은 α -naphthol을 제외하고는 96.2-101.5%이었다. α -naphthol은 40.8%이었는데, 이는 소수성인 α -naphthol의 일부가 전처리 과정에서 핵

산 층으로 이행된 것으로 보인다. 유효성분들의 검출한계는 6.7-77.9 $\mu\text{g/L}$, 정량한계는 22.3-259.7 $\mu\text{g/L}$ 이었다(Table 2).

3.4. 시료에 함유된 유효성분 품질검사

시료는 시중에서 유통되는 2제형 염모제품(염모제와 산화제가 따로 들어있어서 염색할 때 섞어서 사용) 중 유효성분들이 표기된 제품에 대하여 UPLC를 이용하여 품질검사를 하였다. 시료들은 제품에 표기된 색상을 표현하기 위하여, 유효성분을 다양하게 함유하고 있었다. 품질검사 결과는 Table 3과 같으며, 제품에 유효성분으로 표기된 산화염료들을 동시분석 할 수 있었다.

분석시료 S-1의 경우, 함유된 유효성분들의 크로마토그램은 Fig. 3과 같으며, 함유량은 *p*-aminophenol 881 $\mu\text{g/mL}$, resorcinol 936 $\mu\text{g/mL}$ 그리고 *p*-amino-*o*-cresol 441 $\mu\text{g/mL}$ 이었다.

Table 2. The recovery rate of spiked standard solution by UPLC

Oxidative hair dyes	Average recovery rate (% , n=3)	C.V. ^{a)} (%)	LOD ^{b)} ($\mu\text{g/L}$)	LOQ ($\mu\text{g/L}$)
<i>p</i> -phenylenediamine	98.2	1.43	6.7	22.3
<i>p</i> -aminophenol	96.5	1.76	15.1	50.3
toluene-2,5-diamine sulfate	98.3	1.02	10.1	33.7
2,6-diaminopyridine	99.3	1.11	5.4	18.0
<i>m</i> -phenylenediamine	97.4	1.13	7.7	25.7
<i>p</i> -methylaminophenol	101.5	2.27	20.4	68.0
<i>m</i> -aminophenol	98.6	1.22	6.7	22.3
2,4-diaminophenoxyethanol HCl	96.2	1.56	8.1	27.0
N,N'-bis(2-hydroxyethyl)- <i>p</i> -phenylenediamine sulfate	96.9	1.55	44.2	147.3
<i>o</i> -phenylenediamine	97.5	2.15	10.2	34.0
<i>o</i> -aminophenol	99.5	2.31	14.1	47.0
<i>o</i> -chloro- <i>p</i> -phenylenediamine	98.8	1.32	14.0	46.7
resorcinol	96.5	1.55	9.1	30.3
2-methylresorcinol	97.5	1.23	50.4	168.0
2-nitro- <i>p</i> -phenylenediamine	96.9	1.14	20.1	67.0
4,4'-diaminodiphenylamine sulfate	99.5	1.41	19.5	65.0
<i>p</i> -amino- <i>o</i> -cresol	99.8	1.10	20.4	68.0
<i>p</i> -nitro- <i>o</i> -phenylenediamine	97.9	1.33	17.5	58.3
<i>p</i> -nitro- <i>m</i> -phenylenediamine sulfate	96.7	1.45	16.8	56.0
picramic acid	96.7	1.55	30.6	80.5
2-amino-4-nitrophenol	98.7	1.01	39.8	132.7
2-amino-5-nitrophenol	98.9	2.12	8.8	29.3
2-methyl-5-hydroxyethylaminophenol	98.7	1.32	15.1	50.3
α -naphthol	40.8	6.60	77.9	259.7

^{a)}Coefficient of variation = (standard deviation/mean value) \times 100 (n=3).

^{b)}LOD; Limit of detection, LOQ; Limit of quantitation

Table 3. The quality inspections of active components by UPLC

Products	Oxidative hair dye components ^{a)}								Labeled color on packing	
	1	2	3	4	5	6	7	8		
S-1	Spec. ^{b)}		○			○	○			Orange red
	UPLC ^{c)}		D			D	D			
S-2	Spec.	-	○	○	○	○	○	○	○	Red purple
	UPLC		D	D	D	D	D	D	D	
S-3	Spec.	○	○	-	-	-	○	-	-	Dark red
	UPLC	D	D				D			

^{a)} 1; *p*-phenylenediamine, 2; *p*-aminophenol, 3; toluene-2,5-diamine sulfate, 4; *m*-aminophenol, 5; resorcinol, 6; *p*-amino-*o*-cresol, 7; α -naphthol, 8; picramic acid

^{b)} Oxidative hair dye components marked in specification

^{c)} Analytical result of hair dye components by UPLC (D; detected, ND; not detected)

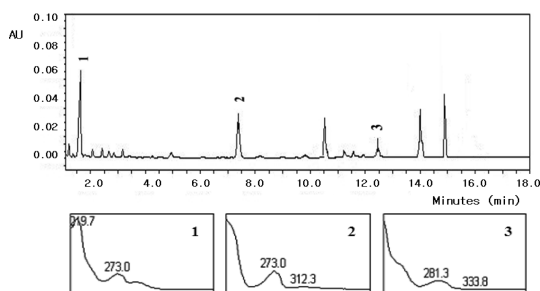


Fig. 3. The sample (S-1) chromatogram of oxidative hair dyes by UPLC: 1. *p*-aminophenol; 2. resorcinol; 3. *p*-amino-*o*-cresol.

Table 4에서 고시된 KQC에 따른 TLC방법과 UPLC 방법을 비교하였다. TLC를 이용한 품질검사는 수종의 시약과 TLC판 등 간단한 장치로서 쉽게 할 수 있는 유용한 확인시험이나, 혼합, 가열, 방치 등 전처리 과정이 복잡하고 분석에 시간이 오래 걸리며, 제품에 R_f 값이 비슷한 성분들이 미량으로 함유되어 있으면 검출하기 어렵다. 그러나 UPLC를 이용한 동시분석은 시료의 전처리가 비교적 간단하고 짧은 시간에 미량으로 함유되어 있는 유효성분들을 동시에 확인 및 함량분석이 가능하였다.

Table 4. The comparative table of TLC method and UPLC for quality inspection of active components

<input type="checkbox"/> TLC method in accordance with Korean Quasi-drug Codex (KQC)			
<ul style="list-style-type: none"> The comparison of R_f values and colors of the standard solution and the test solution. Pre-treatment: Several steps such as heat, concentration and alkalization to extract active ingredients. 			
Mix & Heat - Sample 2 g - D-H ₂ SO ₄ 30 mL - Sodium sulfate 5 g - Water 20 mL	⇒	Heat & Alkalization - Take the lower part of solution - Concentration (10 mL) - Take 5 mL and add ammonia solution	⇒
		Mix and Stand - Iso-propanol 1 mL - NaHSO ₃ 1 g - Leave in room temperature - Take the upper part of solution	⇒
		Sample solution	
<ul style="list-style-type: none"> Quality inspection: It is a useful method to identify hair dye components contained in coloring products using a few kinds of reagents and TLC plates without the necessity of highly expensive analysis equipments. But if several oxidative hair dyes whose R_f values are similar are contained in very small amounts in the hair products, it is difficult to detect. 			
<input type="checkbox"/> UPLC method			
<ul style="list-style-type: none"> The comparison of RT(retention time) and UV spectra of the standard solution and the test solution. Pre-treatment: Relatively simple and take a short time. 			
Mix in centrifuge tube - Sample 100 mg - Hexane 0.3 mL and Water 10 mL	⇒	Centrifuge - 7000 rpm, 20 min	⇒
		Filtration - Take the lower part solution - Filtrate (0.2 μm)	⇒
		Sample solution	
<ul style="list-style-type: none"> Quality inspection: It enables to identify active components contained in very small amounts in a short time as having high separation efficiency, and is possible to conduct the quantitative test of active ingredients which is difficult to analyze in the case of TLC method. 			

4. 결 론

UPLC를 이용하여 염모제품에 함유되어 유효성분으로 사용되는 산화염료들을 빠르고 정확하게 확인 할 수 있는 시료 전처리 및 이동상의 동시분석 조건을 탐색하였다. 고시된 KQC에 따른 TLC방법은 수종의 시약을 사용하여 유효성분들의 추출 및 검출에 시간이 많이 소요되고 성분들의 함유량은 알 수 없으나, UPLC방법은 핵산-증류수만으로 성분들의 추출이 가능하고, 짧은 시간에 확인 및 함량분석을 할 수 있었다. 유효성분들을 검출할 수 있는 검출한계는 6.7-77.9 µg/L, 정량한계는 22.3-259.7 µg/L 이었고, 회수율은 α-naphthol를 제외하고는 96.2-101.5%로 양호하였다. 따라서 본 연구의 UPLC를 이용한 유효성분들의 품질 검사는 시료의 전처리가 비교적 간단하고 미량성분의 검출이 용이한 동시 분석방법으로 생각된다.

감사의 글

본 연구는 서울시 보건환경연구원 식의약품부의 지원으로 이루어졌으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. B. J. Ha, *J. Beau. Tricho.*, **4**(2), 197-201 (2008).
2. B. Peytavi, A. Tosti, D. A. Whiting and R. Trueb, 'Hair growth and disorders', p505, Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, 2008.
3. D. H. Johnson, 'Hair and Hair Care', p191, Marcel Dekker INC, New York, 1997.
4. G. S. Kass and L. Hoehm, *J. Soc. Cosm. Chem.*, **12**, 146-156 (1961).
5. R. Tucker and H. Harold, *J. Soc. Cosm. Chem.*, **19**, 361-369 (1968).
6. H. Sosted, S. C. Rastogi, K. E. Andersen, J. D. Johansen and T. Menne, *Contact Dermatitis*, **50**, 344-348 (2004).
7. M. L. Lind, A. Boman, J. Surakka, J. Sollenberg and B. Meding, *Ann. Occup. Hyg.*, **48**, 533-539 (2004).
8. D. Koh, C. Tan, B.T. Tan, Y.H. Leow and C. L. Goh, *Contact Dermatitis*, **43**, 182-183 (2000).
9. N. Tanada, M. Kageura, K. Hara, Y. Hieda, M. Takamoto and S. Kashimura, *Forensic Sci. Int.*, **52**(1), 5-11 (1991).
10. M. L. D. Gioia, A. Leggio, A. L. Pera, A. Liguori, A. Napoli, F. Perri and C. Siciliano, *J. Chromatogr. A*, **1066**, 143-148 (2005).
11. A. P. Natalia and N. N. Pavel, *Analyst*, **125**, 1249-1254 (2000).
12. B. H. Shao, X. Z. Xu, J. W. Yan and X. Y. Fu, *J. liq. Chrom. & Rel. Technol.*, **24**(2), 241-249 (2001).
13. L. H. Wang and S. J. Tsai, *Anal. Biochem.*, **312**, 201-207 (2003).
14. M. Narita, K. Murakami and J. M. Kauffmann, *Anal. Chim. Acta*, **588**, 316-320 (2007).
15. C. E. Lin, Y. T. Chen and T. Z. Wang, *J. Chromatogr. A*, **837**, 241-252 (1999).
16. S. Dong, L. Chi, S. Zhang, Q. Wang and Y. Fang, *Anal. Bioanal. Chem.*, **391**, 653-659 (2008).
17. G. J. Nohynek, R. Fautz, B. K. Florence and H. Toutain, *Food Chem. Toxicol.*, **42**, 517-543 (2004).
18. KFDA, 'Korean Quasi-drug Codex', p81, KFDA press, Seoul, 2010
19. L. Novakova, L. Matysova and P. Solich, *Talanta*, **68**, 908-918 (2006).
20. E. Mariani, A. Bargagna, M. Longobardi and S. Dorato, *Int. J. Cosm. Sci.*, **16**, 17-27 (1994).