

일회용 기저귀의 포름알데히드 함량 조사

첨가물검사팀, 연구기획팀*

조성자 · 장민수 · 이현경 · 김지영 · 차재훈 · 김동규* · 이성득 · 오영희

Formaldehyde Content of Disposable Diapers

*Food Additives Team, *Reserch & Planning Team*

**Sung-ja Cho, Min-su Chang, Hyun-kyung Lee, Ji-young Kim,
Jae-hoon Cha, Dong-gyu Kim*, Sung-deuk Lee and Young-hee Oh**

Abstract

The formaldehyde content of 40 disposable diapers(adult, children, and sanitary mats) available in the market was examined. To explore and compare the reliability of the quantiative determination of formaldehyde content, High performance liquid chromatography(HPLC) and UV-VIS spectrophotometer after derivatization of compounds with acetylacetone and HPLC after derivatization with 2,4-dinitrophenylhydrazine were perfomed. As a result, the standard curve of formaldehyde by the acetylacetone-based spectrophotometric method was linear in the range of 0.1~15 $\mu\text{g/mL}$ ($R^2=1.000$). The best %RSD value was obtained in this method. The detection and quantitation limits of the acetylacetone-based spectrophotometric method were 0.009 mg/L and 0.028 mg/L, respectively. Therefore, the acetylacetone-based spectrophotometric method was used to determine the formaldehyde content of disposable diapers. Follow results were obtained 3.42 ± 2.14 mg/kg for children diapers, 4.13 ± 2.07 mg/kg for adult diapers and 4.96 ± 3.84 mg/kg for sanitary mats, which were lower than the standard formaldehyde content for disposable diapers.(under 75 mg/kg) Moreover, the lining of disposable diapers showed higher formaldehyde content than that of the waterproof layer.

Key words : diaper, lining, waterproof layer, formaldehyde

서론

2018년 4월 국민의 위생수준 향상 및 건강증진에 기여함을 목적으로 공중위생법 폐지 이후 법적

사각지대에 있던 위생용품의 전반적인 관리를 정비, 안전을 강화한 『위생용품관리법』이 시행되었다(1). 이에 공산품으로 분류되던 일회용기저귀도 위생용품으로 지정되었다. 일회용기저귀는 『위생

용품관리법』시행 이전에는 『전기용품 및 생활용품 안전관리법』 및 『어린이제품안전특별법』에 의해 국가기술표준원 자율안전확인신고(KC) 시험만 받고 5년마다 갱신만 하면 되었던 것이 『위생용품관리법』 시행 이후 3개월에 1번씩 자가품질 검사를 하도록 강화되었다(2, 3). 일회용 기저귀는 영아나 환자, 노약자가 많이 사용하는 제품으로 최근 3년간 국내에서 신고된 제조·수입하는 업체는 235개소, 619개 품목(어린이용 376, 성인용 234, 기타 9개)이다(4).

최근 국내 일회용 기저귀의 사용량은 영유아용 기저귀의 경우 출생아의 감소로 2015년 9,940억 원에 달하던 시장규모가 2017년 약 7% 감소한 9,250억 원으로 하락세를 보이고 있으나 고령사회 진입으로 성인용 기저귀 시장은 2015년 470억 원에서 2017년 570억 원으로 꾸준히 증가 추세에 있다(5). 성인용 기저귀의 경우 노약자나 환자들 뿐 아니라 중장년층의 적극적인 활동을 위한 데일리 위생케어용으로도 많이 사용되어진다(6).

영유아나 중장년층 및 노약자, 환자 등 화장실 이용이 불편한 건강취약계층이 많이 사용하는 일회용 기저귀는 피부에 직접 닿는 안감, 흡수층, 방수층, 접착부분으로 이루어져 있으며 안감은 주로 부직포, 흡수층은 흡수지와 고분자흡수체, 겔감은 폴리에틸렌 필름으로 이루어져 있다. 기저귀의 장시간 사용이나 소변 등을 보았을 때 바로 교체가 이루어지지 않으면 생산 및 가공 후 남아있는 유해물질에 의해 상대적으로 건강 취약계층에 피부 자극이나 발진 등을 유발 할 수 있다. 일회용 기저귀의 안감에 사용되는 부직포는 물에 젖어도 잘 찢어지지 않게 제품의 형태안전성 및 방축성 향상을 위하여 포름알데히드가 사용되기도 하는데 가공 처리 단계의 가공액과 완제품의 저장 및 유통 과정에서 직물로부터 유리되어 인체에 유해한 유리포름알데히드를 발생 할 수 있다.

포름알데히드는 가장 간단한 알데히드 화합물로 자극성의 냄새를 가지고 있다. 상온에서 포름알데히드는 기체이며, 산업적으로 메탄올의 산화적 촉매 반응으로 합성되며 이때 촉매로는 금속 또는 금속산화물이 이용된다. 이렇게 생산된 포름알데히드는 알데히드 작용기의 높은 반응성을 이용하

여 산업적으로 중요한 수지나 플라스틱 등 좀 더 복잡한 화합물 제조에 이용되고 수용액 자체로는 살균제, 소독제, 보존제 등으로 사용되고 있다(7).

이러한 포름알데히드는 생활용품에 다양한 용도로 사용되나 독성이 매우 강해 민감한 사람에게는 극소량이어도 자극을 일으킬 수 있으며 심하면 비인두암, 골수성백혈병 등을 유발하는 발암성 물질이며 유전자 변형을 일으키는 물질로 인체에 대한 유독성에 관련된 연구가 되어왔다(8). 또한 실내 공기 오염의 주된 물질로 세계보건기구(WHO) 산하 국제암연구기관(IARC)에서 분류한 1군 발암 물질로 제한되어 관리되어 오고 있다(9).

포름알데히드에 대한 연구는 시료에 따른 전처리 방법 및 분석 장비의 종류, 포름알데히드의 독성 등에 대해 식품, 생활용품, 화장품, 대기, 실내 공기, 먹는 물 등에서 다양하게 이루어지고 있다(10~13).

위생용품 기준 및 규격(14)에 의하면 위생용품의 포름알데히드 분석법은 2,4-디니트로페닐하이드라진(2,4-dinitrophenylhydrazine, DNPH) 유도체를 이용한 HPLC 분석법, 아세틸아세톤 시액을 이용한 분광광도법, 아세틸아세톤 시액을 이용한 HPLC법 등이 있으며 일회용 기저귀는 아세틸아세톤시액을 이용한 분광광도법으로 측정하도록 되어있다.

현재 『위생용품관리법』이 제정되고 시간이 많이 경과하지 않아 위생용품의 유해물질 및 품질 평가 등에 대한 조사 연구가 거의 없는 실정이다. 따라서 본 연구는 영유아나 노약자가 많이 사용하는 일회용 기저귀의 포름알데히드의 안전성을 평가하기 위해 분석법의 유효성을 검증하여 일회용 기저귀의 포름알데히드 측정에 적합한 시험법을 평가하고 시중에 판매중인 일회용 기저귀의 포름알데히드 함량을 조사하여 품질관리 및 시민건강의 기초자료로 활용하고자 한다.

재료 및 방법

1. 재료

시중에 유통 중인 일회용 기저귀(어린이용, 성

인용, 위생매트) 40건을 구입하여 시료로 하였다. 어린이용 기저귀는 27건(국내산 19건, 수입산 8건), 성인용 기저귀 10건(국내산 5건, 수입산 5건), 위생매트 3건(국내산)이었다.

2. 시약 및 장비

표준물질은 formaldehyde solution(Wako, Japan)을 사용하였고, 전처리를 위한 시약은 Ammonium acetate(Yakur Pure Chemical, Japan), Acetylacetone(Wako, Japan), Dimedone(Wako, Japan), 2,4-dinitrophenylhydrazine(Wako, Japan), DNPH(Wako, Japan), Titric acid monohydrate(Wako, Japan), Trisodium citrate(Wako, Japan)은 특급 등급을, Acetonitrile(Merk, Germany)은 HPLC용을 사용하였다. 전처리를 위한 진탕 항온수조(제이오텍, 한국)와 분

석을 위한 Spectrophotometer(Agilent, USA)와 HPLC/DAD(Agilent, USA)를 이용하였다.

3. 시험방법

일회용 기저귀의 포름알데히드 분석은 위생용품 기준 및 규격 제5 위생용품 시험법 9. 포름알데히드법에 의하여 실험하였다(14). 각 각의 분석 기조건은 표 1, 2와 같다.

1) 시험용액 조제

일회용 기저귀의 안감과 방수층을 분리하여 각각 1g을 정확히 달아 250 mL 플라스크에 넣고 증류수를 100 mL 가하여 $40 \pm 2^\circ\text{C}$ 의 항온수조에서 흔들며 60분간 유지하였다. 그 후 필터를 사용하여 여과한 후 여액을 시험용액으로 하였다.

Table 1. Operating conditions of Spectrophotometer

Method	Spectrophotometer
Instrument	Agilent 8453
Measurement Wavelength(nm)	412
Measurement range(nm)	300~600
Beam Type	Single

Table 2. Operating conditions of HPLC

Method	DNPH method	Acetylacetone method
Instrument	Agilent 1260 infinity	Agilent 1260 infinity
Column	Eclipse XDS - C18 (4.6 × 150 mm, 5 μm)	Eclipse XDS - C18 (4.6 × 150 mm, 5 μm)
DAD Wavelength(nm)	345 nm	415 nm
Injection Vol.	10.0 μl	10.0 μl
Oven Temp.	40°C	35°C
Mobile phase	55% Acetonitrile	20% Acetonitrile
Flow	1.0 mL/min	1.0 mL/min

1) DNPH : 2,4-Dinitrophenylhydrazine

2) 분석방법

(1) Acetylacetone/Spectrophotometer와 Acetylacetone/HPLC법

시험용액 5 mL를 시험관에 넣고 아세틸아세톤 시액 5 mL를 가해 섞은 후 $40 \pm 2^\circ\text{C}$ 의 항온수조에서 30분간 흔들어 준 후 상온 방치 후 분광광도계 412 nm에서 흡광도를 측정한다. HPLC 법은 DAD를 이용하여 415 nm에서 측정하였다. 증류수 5 mL로 공시험을 행하고 포름알데히드 표준용액을 이용하여 정량선을 작성하여 포름알데히드 함량을 구한다. 염료 등의 추출로 색이 있는 시험액은 디메돈과 에탄올 혼합액 1 mL를 가하여 $40 \pm 2^\circ\text{C}$ 의 항온수조에서 10분간 반응시킨 후 아세틸아세톤시액을 가하여 시험하였다.

(2) DNPH/HPLC법

시험용액 25 mL를 50 mL 메스플라스크에 넣고 구연산완충액 4 mL 및 2,4-DNPH시액 2 mL를 가한 후 40°C 항온수조에서 흔들어주며 1시간을 방치하였다. 상온으로 식힌 후 증류수를 가하여 50 mL로 정용하여 HPLC를 이용하여 분석하였다.

4. 검출한계 및 정량한계

보정선은 표준용액을 희석하여 $0.1 \sim 15 \mu\text{g/mL}$ 로 조제하여 분광광도계 및 액체크로마토그래프의 보정선을 작성하였고 다음과 같은 방법으로 검출한계(limit of detection, LOD)와 정량한계(limit of Quantitation, LOQ)를 구하였다.

$$\text{LOD} = 3 \times \frac{\text{Standard deviation of the blank}}{\text{The slope of the calibration curve}}$$

$$\text{LOQ} = 10 \times \frac{\text{Standard deviation of the blank}}{\text{The slope of the calibration curve}}$$

결과 및 고찰

1. 시험법 비교

위생용품 기준 및 규격 고시(14)에 의하면 위생용품의 포름알데히드를 측정하는 시험법은 DNPH/HPLC법, 아세틸아세톤/분광광도계, 아세틸아세

톤/HPLC법 등이 있으며, 위생용품의 종류에 따라 시험법 및 전처리 방법이 다르게 되어있다. 화장지나 냅킨은 DNPH/HPLC법, 일회용 기저귀는 아세틸아세톤시액 및 디메돈 시액을 이용한 분광광도계법, 팬티라이너에는 아세틸아세톤 시액을 이용한 HPLC 법을 적용하도록 되어있다. 이렇게 각각의 위생용품의 포름알데히드 시험법이 다른 것은 위생용품관리법을 제정하며 서로 다른 법으로 규제되어오던 기준 및 시험법을 옮겨왔기 때문이다. 일회용 기저귀는 기존 안전관리대상 공산품으로 전기생활용품 안전법과 어린이제품법의 규제를 받았으며 시험법 역시 안전확인기준 부속서(15)에 따라 분석하였다. 위생용품 기준 및 규격에서 일회용 기저귀의 포름알데히드는 아세틸아세톤 시액을 이용한 분광광도계법으로 분석하게 되어있다. 아세틸아세톤 시액을 이용한 분광광도계법이나 HPLC 법은 포름알데히드가 암모늄염의 존재 하에서 아세틸아세톤과 반응하여 생기는 황색화합물의 흡광도를 412 nm에서 측정하여 포름알데히드를 정량하는 방법이다. 그러나 아세틸아세톤 시액을 이용하는 분석법은 시료의 색이 방해물질로 존재할 수 있어 색이 있는 시료는 디메돈 시액을 이용하여 사전처리를 하는 단계를 더 거치기도 하는 불편함이 있다. 또 다른 위생용품의 포름알데히드를 분석하는 방법인 DNPH/HPLC법은 시료 중 DNPH와 반응하여 형성된 DNPH-카르보닐 유도체로부터 카르보닐계 화합물을 HPLC를 이용하여 345 nm에서 분석하는 방법으로 감도가 뛰어나며 알데히드와 케톤 모두에 대한 측정이 가능한 것으로 알려져 있다(16).

따라서 일회용 기저귀의 포름알데히드 함량 측정에 앞서 위생용품기준 및 규격에서 정하는 포름알데히드 시험법을 각각의 유효성 검증을 하여 좀 더 적합한 시험법을 찾고자 하였다. 시험법의 분석 유효성 검증을 위하여 검량선 직선성에 대한 결정계수(R^2), 재현성, LOD 및 LOQ를 구하였다. 각 시험법의 검량선 직선성에 대한 결정계수 R^2 값은 포름알데히드 표준용액을 $0.1 \sim 15 \mu\text{g/mL}$ 로 단계 희석하여 측정하였으며 분광광도계법이 1.000, 아세틸아세톤 유도체 HPLC법이 0.999, DNPH/HPLC 0.968로 나타났다. 아세틸아세톤

유도체를 이용한 분석법이 DNPH 유도체법에 비해 높은 직선성을 나타내었다. DNPH/HPLC법은 10 mg/L 이하의 농도에서는 결정계수 R²값이 0.9995로 좋은 직선성을 보였으나 농도가 높아질수록 직선성이 좋지 않게 나타났다.

각 시험법의 재현성은 아세톤아세틸 유도체 분광광도법의 %RSD가 0.50%로 다른 분석법에 비해 가장 정밀한 것으로 나타났다. 재현성은 비슷한 조건에서 동일 시료를 반복 측정하여 얻어진 값의 일치성을 판정하는데 유효한 값으로 표준편차의 값을 낮춰 양호한 재현성이 나타나야 측정법에 대한 신뢰성을 높일 수 있다(17). 정성한계(LOD)와 정량한계(LOQ)는 표 3과 같으며 아세틸아세톤/HPLC법이 LOD 0.005 µg/mL, LOQ 0.018 µg/mL로 가장 낮은 농도에서 정성과 정량이 가능한 것으로 나타났다. 이상의 시험법 유효성 검증을 통하여 시중에서 유통되어지는 일회용 기저귀의 포름알데히드 함량은 검량선 직선성에 대한 결정계수 법과 재현성이 좋게 나타난 아세틸아세톤 유도체를 이용한 분광광도법으로 분석하였다.

2. 일회용 기저귀의 포름알데히드 함량 조사

서울시 대형유통매장에서 유통 중인 일회용 기저귀 40건(국내산 27건, 수입 13건)에 대하여 포름알데히드 함량을 조사하였다. 일회용 기저귀는 성인용 기저귀, 어린이용 기저귀 및 위생매트로 나누어져 있으며 본 실험에서는 성인용 10건, 어린이용 27건, 위생매트 3건을 검사하였다.

조사한 일회용 기저귀의 전체 평균 포름알데히드 함량은 3.74 ± 2.24 mg/kg으로 위생용품관리법 기준에 비해 상당히 낮은 수준이었으며 위생매트가 4.96 ± 3.84 mg/kg으로 성인용 기저귀나 어린이용 기저귀보다 높게 나타났다. 성인용 기저귀의

평균 포름알데히드 함량은 4.13 ± 2.07 mg/kg으로 어린이용 일회용 기저귀의 3.45 ± 2.14 mg/kg에 비하여 높게 나타났으나 두 유형의 일회용 기저귀 간의 포름알데히드 함량은 유의미한 차이가 없는 것으로 나타났다(p<0.05).

위생용품 기준 및 규격(14)에서 정하는 일회용 기저귀의 포름알데히드 기준은 성인용 기저귀는 75 mg/kg이며 20개월 미만의 영유아용 일회용 기저귀의 경우 20 mg/kg 이하로 좀 더 엄격한 기준을 두고 있다. 본 실험에서 조사한 일회용 기저귀의 포름알데히드 함량은 기준보다 상당히 낮은 수준으로 나타났으며 더 낮은 영·유아용 기저귀의 기준을 넘는 시료는 없었다. 다만 판매되는 일회용 기저귀의 경우 성인용과 어린이용으로만 표시되어지며 어린이 기저귀의 경우 어린이의 체중을 기준으로 하고 있어 위생용품 기준 및 규격에서 정하는 20개월 미만의 영유아용에 대한 규정이 모호한 편으로 이는 일회용 기저귀의 표시기준 등에 대해 세밀한 기준과 정의가 정해져야 할 것으로 보인다.

일회용 기저귀의 포름알데히드는 분석은 피부에 직접 닿는 안감과 방수층에 대해서만 검사하게 되어 있어 다른 위생용품인 팬티라이너의 포름알데히드 측정법과는 차이가 있다. 일회용 기저귀가 영유아나 노약자가 사용하는 위생용품이며 소변을 보았을 때 바로 교체하지 못하기도 하는 점을 고려하면 안감과 방수층만이 아닌 팬티라이너 등과 같이 전체에 대한 포름알데히드 검사가 이루어져야 할 것이나 안감, 흡수층, 방수층으로 이루어져 있는 기저귀의 경우 팬티라이너와는 다르게 흡수층에 고분자흡습제가 다량 함유되어 있어 많은 양의 수분을 흡수하기 때문에 시험용액의 제조가 어렵다. 팬티라이너의 경우 시험용액 제조 시 중량

Table 3. Repeatability, LOD and LOQ of formaldehyde analysis by different method

	Spectrophometer Method	Acetylacetone/HPLC Method	DNPH/HPLC Method
Repeatability(%)	0.50	0.57	2.04
LOD(mg/L)	0.009	0.005	0.024
LOQ(mg/L)	0.029	0.018	0.081

의 40배의 물을 사용하게 되어 있어 같은 방법으로 시험용액을 제조해 보았으나 모든 수분을 흡수층에서 흡수하므로 따로 시험용액을 제조할 수 없었다. 따라서 본 실험에서도 일회용 기저귀 전체에 대한 포름알데히드 함량은 조사하지 못하였고 시험법에 정하여진 안감과 방수층을 따로 분리하여 포름알데히드 함량을 분석하였다. 일회용 기저귀 전체에 대한 포름알데히드 함량을 조사하기 위해서는 시료용액 제조를 위한 전처리 법에 대한 연구가 더 필요 할 것이다.

안감과 겉감의 포름알데히드 함량은 표 4와 같이 안감이 방수층에 비하여 높게 나타났다. 안감의 포름알데히드 최대 함량은 위생매트에서 14.36 mg/kg, 어린이용 기저귀의 방수층에서 11.30 mg/kg으로 나타났다. 유형별로 살펴보면 안감의 경우 위생매트의 평균 포름알데히드 함량이 8.92 ± 7.31 mg/kg으로 가장 높게 나타났으며 성인용,

어린이용 순으로 나타났다. 방수층은 안감과 달리 어린이용이 가장 높았으며 위생매트의 방수층에서 가장 낮은 포름알데히드 함량을 나타냈다. 안감과 겉감의 포름알데히드 함량 차이는 통계적으로 유의미한 차이가 있으며(p<0.05) 안감의 포름알데히드 함량이 방수층보다 높은 것으로 판단된다(표 5). 일회용 기저귀의 안감은 주로 부직포로, 방수층은 폴리에틸렌 필름으로 구성되어 있어 포름알데히드가 주로 나무의 방부제등으로 쓰이는 점을 감안할 때 목재를 기본 원료로 하는 부직포를 사용하는 안감에서 포름알데히드가 잔존하는 것으로 보인다.

시중에 유통되는 기저귀는 국내산뿐 아니라 여러 나라에서 수입되어 판매되고 있으며 국내산 기저귀와 수입기저귀의 포름알데히드 함량은 표 6에 나타난 것과 같이 크게 차이가 없었다.

Table 4. Formaldehyde content of a disposable diaper lining and waterproof layer (mg/kg)

	Total	Lining	Waterproof layer
Children	3.45 ± 2.14(0.17~7.73)*	3.80 ± 3.75(0.00~13.76)	3.11 ± 2.80(0.28~11.30)
Adult	4.13 ± 2.07(0.68~8.11)	5.59 ± 3.82(0.05~11.78)	2.67 ± 1.37(0.64~4.52)
Sanitary mats	4.96 ± 3.84(0.17~7.76)	8.92 ± 7.31(0.61~14.36)	0.99 ± 0.38(0.56~1.26)
Total	3.74 ± 2.24(0.17~7.76)	4.63 ± 4.20(0.00~14.36)	2.83 ± 2.45(0.28~11.30)

* Mean ± S.D(Min~Max)

Table 5. Independent-Samples T-test of Lining and Waterproof layer

	Average	Average deviation	t	p
Lining	4.63	4.20	2.333*	0.23
Waterproof layer	2.83	2.45		

* p < 0.05

Table 6. Comparison of formaldehyde content of domestic and imported disposable diapers (mg/kg)

Origin(No. of sam.)	Lining	Waterproof	Total
Domestic(27)	4.64 ± 4.40(0.00~14.36)*	2.77 ± 2.54(0.28~11.30)	3.71 ± 2.29(0.17~7.76)
Imported(13)	4.59 ± 3.89(0.00~11.78)	2.96 ± 2.33(0.57~8.90)	3.78 ± 2.22(0.68~8.11)

* Mean ± S.D(Min~Max)

요 약

국내 유통되고 있는 일회용 기저귀(성인, 어린이용) 40건의 포름알데히드 함량을 조사하였다. 위생용품의 포름알데히드 시험법인 DPNH/HPLC법, 아세틸아세톤/분광광도계법, 아세틸아세톤/HPLC법의 시험법 유효성 검증결과 아세틸아세톤/분광광도계법의 R²값이 1.000, %RSD가 0.05로 가장 좋았으며, LOD와 LOQ는 0.009 mg/L와 0.029 mg/L이다. 따라서 일회용 기저귀의 포름알데히드 함량은 아세틸아세톤/분광광도계법을 이용하여 측정하였다. 유형별 일회용 기저귀 전체 평균 포름알데히드 함량은 어린이용 기저귀 3.45 ± 2.14 mg/kg, 성인용 기저귀 4.13 ± 2.07 mg/kg, 위생매트는 4.96 ± 3.84 mg/kg으로 성인용 기저귀의 기준(75 mg/kg 이하) 및 20개월 미만 어린이용 기저귀의 기준(20 mg/kg)에 비해 낮은 수준으로 나타났다. 또한 일회용 기저귀의 안감이 방수층에 비해 포름알데히드 함량이 높았다(p<0.05).

참고문헌

1. 위생용품관리법, 법률 제 14837호, 제정 2017. 4.18., 시행 2018.4.18.
2. 전기용품 및 생활용품안전관리법, 법률 제 15338호, 2017.12.30., 전부제정
3. 어린이제품 안전특별법, 법률13859호, 2016.1. 27. 개정
4. 산업통상자원부 국가기술표준원, 언론보도 2017. 9.28.
5. <http://news.kotra.or.kr/user/globalBbs/kotranews>
6. 닐슨 코리아 : Global baby Care Report, Global Information Inc. : <http://www.giikorea.co.kr>
7. 김정임, 최근형, 홍수명, 권오경, 임건재, 홍무기, 김지효 : Electrochemical sensor를 이용한 목재 방출 포름알데히드 신속분석. 한국분석과학회 학술대회 자료집, p.166, 2010.
8. 서정철, 강모열, 조수현, 임연희, 김진희, 손종렬, 홍운철 : 서울 일부지역 고령자에서 휘발성유기화합물과 포름알데히드가 심박동변이에 미치는 영향. 대한직업환경의학회지, 23: 253~260, 2011.
9. WHO. Formaldehyde. Concise International Chemical Assessment Document 40, World Health Organization, Geneva, Switzerland, 2002.
10. 김현아, 장진욱, 김도형, 이희재, 이수민, 장호원, 이광수, 이창희, 장영미, 강찬순 : 수산물 중 포름알데히드 함량분석. 한국식품과학회지, 43:17~22, 2002.
11. 이기창, 박재형, 이원태 : 아세틸아세톤 유도체화 시약과 HPLC를 이용한 미량 포름알데히드 수질분석. 대한환경공학회지, 37:81~86, 2015.
12. 김신도, 이현정, 황의현, 윤중섭 : 실내 공기 중 폼알데하이드 DNPH법과 전기적 신호 측정법 비교. 한국대기환경학회 학술대회논문집, p.105~107, 2008.
13. 정보경, 박원희, 김동규, 최은정, 김연천, 황인숙, 채영주 : 화장품 중 포름알데히드 함유량 조사. 대한화장품학회지, 38:51~55, 2012.
14. 위생용품 기준 및 규격, 식품의약품안전처 고시 제 2018-80호, 2018.10.30.
15. 자율 안전 확인 대상 공산품 안전기준 부속서, 산업통상자원부 국가기술표준원.
16. 황운정, 박상근, 백성욱 : DNPH 카트리지와 HPLC를 이용한 대기 중 카르보닐화합물의 농도측정- 분석방법의 평가와 실제에의 적용. 한국대기보전학회지, 12(2):199~209, 1996.
17. 백성욱, 김기현, 허귀석 : 대기환경측정과 정도관리(1)-원리와 방법론. 한국대기환경학회지, 20:237~249, 2004.