pISSN 1229-1153 / eISSN 2465-9223 *J. Food Hyg. Saf.*
Vol. 38, No. 2, pp. 46~54 (2023)
https://doi.org/10.13103/JFHS.2023.38.2.46

Journal of Food Hygiene and Safety
Available online at http://www.foodhygiene.or.kr

위생용품 중 포름알데히드 잔류량 실태 조사

송서현* · 윤희정 · 박성희 · 장미경 · 채선영 · 전종섭 · 이명진
경기도보건환경연구원 식품의약품연구부 첨가물분석팀

Survey on Residue Level of Formaldehyde in Hygiene Products

Seo-Hyeon Song*, Hee-Jeong Yun, Sung-Hee Park, Mi-Kyung Jang, Sun-Young Chae, Jong-Sup Jeon, Myung-Jin Lee
Food Additives Analysis Team, Food and Drug Research Division, Gyeonggi Province Institute of Health and Environment, Suwon, Korea

(Received January 26, 2023/Revised February 24,2023/Accepted February 24, 2023)

ABSTRACT - In this study, we examined the residual amounts of formaldehyde in hygiene products to determine the safety of these products in Gyeonggi-do. Formaldehyde is among the harmful substances that may remain within certain hygiene products. On the basis of an analysis of formaldehyde in a total of 222 items (6 disposable paper straws, 9 disposable paper napkins, 21 toilet papers, 13 disposable dishcloths, 16 disposable paper towels, 32 wet wipes for food service restaurants, 25 disposable cotton swabs, and 100 disposable diapers), we detected traces in three wet wipes for food service restaurants (1.87 to 4.45 mg/kg), which is approximately 9% to 22% of the standard level (20 mg/kg). We established that all the hygiene products assessed in the study met the individual standards for formaldehyde, thereby confirming that safe products are being distributed. In the standards and specifications for hygiene products, the formaldehyde test method is regulated for application with respect to three categories based on the type of product. The samples used in this study were of types for which method 1 or method 2 is applied, and the limits of detection, limits of quantification, linearity, and recovery rates were reviewed to verify the validity of each test method. When method 2 was applied, we experienced interference when performing analysis at a wavelength of 412 nm, which was associated with the influence of impurities in some samples of disposable cotton swabs and disposable diapers. Consequently, in these cases, the results were compared after analysis using method 1. By comparing the results obtained using method 2 with those obtained using method 1, the latter of which were unaffected by the interference of impurities, we were able to detect formaldehyde at low concentrations. These findings accordingly highlight the necessity to standardize the formaldehyde test method for future analyses.

Key words: Hygiene products, Formaldehyde, Test method

위생용품은 보건위생을 확보하기 위하여 특별한 위생관리가 필요한 용품으로서 세척제, 헹굼보조제, 위생물수건, 기타 위생용품 등 19종을 「위생용품 관리법」으로 관리되고 있다.「위생용품 관리법」은 2018년 4월 19일부터 시행되었는데 이전에는 관리 주체별로 (구) 「공중위생법」, 「식품위생법」, 「전기용품 및 생활용품 안전관리법」, 「어린이제품 안전 특별법」으로 나누어 관리되거나 관리되지 않던 품목들의 관리 주체를 식품의약품안전처로 일원화한 것이다[1-5].

포름알데히드는 상온에서 무색의 기체로 자극적이며 질식성의 냄새가 있고 물에 잘 녹는 물질이다. 또한 메탄올 증기와 공기가 반응하여 만들어지며, 과일, 채소, 육류, 어류 등 천연식품에서도 신진 대사의 부산물로 미량 생성된다. 포름알데히드는 산업에서 다양한 용도로 사용되는데 멜라민수지, 페놀수지, 요소수지 등의 원료이며, 펄프 및 지류 제조 공정에 사용된다. 그리고 농업분야에서는 비료, 촉매, 살균제, 소독제, 방부제 등으로 사용되고, 건축자재 등에 보존제, 안정제, 부식방지제로 사용된다[6-9].

*Correspondence to: Seo-Hyeon Song, Food Additives Analysis Team, Food and Drug Research Division, Gyeonggi Province Institute of Health and Environment, Suwon, 16381, Korea
Tel: +82-31-8008-9664, Fax: +82-31-8008-9669
E-mail: ssh0801@gg.go.kr

Copyright © The Korean Society of Food Hygiene and Safety. All rights reserved. The Journal of Food Hygiene and Safety is an Open-Access journal distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0) which permits unrestricted non-commercial use, distribution,and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

포름알데히드는 휘발성 유기화합물(Volatile Organic Compounds, VOCs) 중 하나로 새집증후군의 원인 물질로 알려져 있다. 인체에 노출되면 피부발진, 두통, 피로 등을 유발할 수 있고, 고농도에서 장기간 노출 시 비인두암 발생 가능성이 있어 국제암연구소(International Agency for Research on Cancer, IARC)에서는 확인된 인체 발암물질인 Group 1로 분류하고 있다. 우리나라에서는 포름알데히드의 인위적 사용을 대부분 제한 또는 금지하고 있으며, 비의도적 발생에 대한 관리기준을 제시하고 있다. 식품의약품안전처에서는 기구 및 용기·포장, 위생용품, 화장품의 포름알데히드를 관리하고, 환경부에서는 음용수, 생활화학제품, 실내공기질을 관리하며, 산업통상자원부에서는 어린이제품과 섬유제품의 안전관리를 담당하고 있다[7,8].

「위생용품의 기준 및 규격」(식품의약품안전처 고시) 중 포름알데히드 시험법(제1법, 제2법, 제3법)은 위생용품 종류에 따라 구분 적용하도록 규정되어 있다[10]. 식품접객업소용 물티슈, 화장지, 일회용 타월, 일회용 종이냅킨, 일회용 행주는 제1법에 따라 2,4-디니트로페닐하이드라진 유도체화 후 액체크로마토그래프로 분석하고, 일회용 면봉과 일회용 기저귀는 제2법에 따라 아세틸아세톤 유도체화 후 분광광도계로 분석한다. 팬티라이너는 제3법에 따라 아세틸아세톤 유도체화 후 비색법 또는 액체크로마토그래프로 분석한다. 일회용 빨대(종이제)는 「식품위생법」에 따른 「기구 및 용기·포장의 기준 및 규격」(식품의약품안전처 고시)에 따라 2,4-디니트로페닐하이드라진 유도체화 후 액체크로마토그래프로 분석한다[11]. 「위생용품 관리법」 시행 초기에는 「화장품 안전기준 등에 관한 규정」 (식품의약품안전처 고시) 중 [별표 4] 유통화장품 안전관리 시험방법과 「기구 및 용기·포장의 기준 및 규격」의 포름알데히드 시험법이 제1법으로 통합되면서 식품접객업소용 물티슈와 물티슈 이외의 제품으로 전처리 및 분석과정이 구분되어 있었으나, 고시 개정으로 분석법이 간소화되고 하나로 통일되었다[10,12]. 제2법과 제3법은 각각 'KS K ISO 14184-1'와 「의약외품에 관한 기준 및 시험방법」(식품의약품안전처 고시)의 포름알데히드 시험법을 가져온 것으로 분석법 개정 이력은 없었다.

포름알데히드의 잔류량 관련 연구는 화장품, 의약외품, 수산물, 기구 및 용기·포장, 음용수, 실내공기 등 여러 분야에서 확인할 수 있었으나[13-18], 위생용품에 대한 연구 결과는 많지 않은 실정이다[19,20]. 위생용품은 대부분 인체와 식품에 직접 접촉하고 우리 생활과 밀접하게 연관되며 사용 빈도가 높기 때문에 유해물질에 대한 안전관리는 필수적이다. 2018년 어린이용 면봉에서 포름알데히드가 검출되어 문제가 되었는데 이후 면봉의 개별 규격이 설정되었다. 면봉의 제조 공정 중 접착제 사용 등으로 포름알데히드가 잔류할 수 있으며, 위생용품의 소재로 사용되는 펄프에도 포름알데히드가 잔류할 가능성이 있다. 따라서 본 연구에서는 포름알데히드 관리 기준이 설정된 위생용품에 대해 잔류량을 조사하여 안전성을 확인하고자 하였고, 위생용품 종류에 따라 구분 적용하는 시험법의 일원화 필요성을 제안하여 향후 시험법 개선의 기초자료를 제공하고자 한다.

Materials and Methods

대상시료

경기도에서 유통 중인 위생용품 중 포름알데히드 개별

Table 1. The list of hygiene products used for analysis

Item type	No. of samples	No. of imported products
Disposable paper straws	6	4 (China 2, Indonesia 1, Vietnam 1)
Disposable paper napkins	9	1 (China)
Facial tissues	11	-
Toilet papers	10	-
Disposable dishcloths	13	6 (China)
Disposable paper kitchen towel	13	2 (China)
Disposable paper hand towel	3	-
Wet wipes for food service restaurants	32	-
Disposable cotton swabs for adults	16	16 (China 15, Thailand 1)
Disposable cotton swabs for children	9	9 (China)
Disposable diapers for adults	36	13 (China 9, Thailand 2, Denmark 1, Japan 1)
Disposable diapers for children	60	14 (China 5, America 3, Canada 2, Greece 1, Japan 1, Sweden 1, Türkiye 1)
Disposable adult sanitary rugs	4	1 (China)
Total	222	66

규격이 설정된 제품 총 222건을 검사하였다. 종류 및 유형별로는 일회용 빨대(종이제) 6건, 일회용 종이냅킨 9건, 화장지 21건(미용 화장지 11건, 화장실용 화장지 10건), 일회용 행주 13건, 일회용 타월 16건(키친타월 13건, 핸드타월 3건), 식품접객업소용 물티슈 32건, 일회용 면봉 25건(성인용 면봉 16건, 어린이용 면봉 9건), 일회용 기저귀 100건(성인용 기저귀 36건, 어린이용 기저귀 60건, 성인용 위생깔개 4건)이었다. 제조국 별로 살펴보면 66건(약 30%)이 국외로 확인되었고, 나머지는 국내 제조였다. 일회용 면봉은 모두 중국 제조 제품이었고, 일회용 기저귀는 중국, 미국, 태국 등 여러 국가에서 제조된 제품이 유통되고 있었다. 미용 화장지 11건, 화장실용 화장지 10건, 핸드타월 3건, 식품접객업소용 물티슈 32건은 모두 국내 제조 제품이었다(Table 1).

표준물질 및 시약

포름알데히드 표준물질은 Sigma-Aldrich (St. Louis, MO, USA)사의 인증표준물질(certified reference material)으로 메탄올로 안정화한 수용액(37.9±1.4%)을 사용하였다.

시약으로 2,4-dinitrophenylhydrazine (2,4-DNPH), citric acid monohydrate, trisodium citrate, ammonium acetate, dimedone (5,5-dimethyl-1,3-cyclohexanedione), acetylacetone은 Sigma-Aldrich (St. Louis, MO, USA)사 제품을 사용하였다. Phosphoric acid와 acetic acid는 FUJIFILM Wako pure chemical Corp. (Osaka, Japan)사 제품을 사용하였고, acetonitrile, ethanol, methanol은 Merck KGaA (Darmstadt, Germany)사 제품을 사용하였다. 증류수는 초순수제조기(Lab Tower EDI 30, Thermo Fisher Scientific, Niederelbert, Germany)로 18.2 MΩ.cm 수준으로 정제된 증류수를 사용하였다.

표준원액 및 표준용액의 조제

포름알데히드 표준물질을 4% 초산과 증류수로 희석하여 1,500 mg/L 농도의 용액을 표준원액으로 사용하였다.

액체크로마토그래프(high performance liquid chromatography, HPLC) 분석용 표준용액은 표준원액을 4% 초산과 증류수에 희석하여 0.01-1.00 μg/mL 농도가 되도록 조제하여 사용하였고, 분광광도계 분석용 표준용액은 증류수에 희석하여 0.15-2.25 μg/mL 농도가 되도록 조제하여 사용하였다.

분석방법 및 장비

위생용품 중 포름알데히드 분석은 식품의약품안전처 고시 「위생용품의 기준 및 규격」 제5. 위생용품 시험법 4. 포름알데히드 가. 제1법, 나. 제2법 및 「기구 및 용기·포장의 기준 및 규격」의 IV. 기구 및 용기·포장의 시험법, 2. 항목별 시험법, 2-27 포름알데히드 시험법에 따라 시험하였다. 시험 추출액은 진탕 항온수조(BS-21, Jeio Tech, Daejeon, Korea)를 사용하여 조제하였고, 분석에는 HPLC (Acquity UPLC H-class, Waters, Milford, MA, USA)와 UV-VIS spectrophotometer (Lambda 465, PerkinElmer, Daejeon, Korea)를 사용하였다. 분석용 컬럼은 Capcell pak C18 (Osaka Soda, Osaka, Japan)을 사용하였다.

Table 2. Analytical conditions of HPLC

Parameters	Conditions
Column	Capcell pak C_{18} (4.6 × 150 mm, 5 μm)
Oven temperature	40°C
Detector	PDA[1)], 354 nm
Mobile phase	55% Acetonitrile
Flow rate	1.0 mL/min
Injection volume	10 μL

[1)]PDA: photodiode array.

제1법을 적용하는 식품접객업소용 물티슈는 물티슈액 1.0 g에 4% 초산을 가해 50 mL로 한 액을 시험용액으로 하였다. 화장지, 일회용 타월, 일회용 종이냅킨, 일회용 행주는 1 cm^2 당 2 mL의 비율로 25°C 증류수 또는 4% 초산에서 10분간 방치한 액을 10배 희석하여 시험용액으로 하였다. 시험용액 및 표준용액을 0.7 mL씩 각각 취하여 2 mL 바이알에 넣고 0.4% 2,4-DNPH 인산액 0.1 mL를 가한 후 밀봉하여 흔들어 준 다음 실온에서 30분 방치하고 acetonitrile 0.7 mL를 가하여 HPLC로 분석하였다. 분석조건은 Table 2와 같다.

제2법을 적용하는 일회용 면봉은 면체를 잘게 잘라 2.5 g을 취하고, 일회용 기저귀는 안감과 방수층을 분리하고 잘게 잘라 1 g을 취해(2개) 250 mL 플라스크에 넣고 증류수를 100 mL를 가하고 마개 후 40°C 항온수조에서 60분간 추출하였다. 여과한 추출액 및 표준용액을 5 mL씩 취해 각각 시험관에 넣고 아세틸아세톤시액 5 mL를 가한 후 잘 흔들고 40°C 항온수조에서 30분간 유지한 후 꺼내어 실온에서 30분간 방치한 다음 UV-VIS spectrophotometer로 412 nm에서 흡광도를 측정하였다. 추출액의 색상이나 불순물의 영향을 보정하기 위해 공시료액(추출액과 증류수 반응) 및 디메돈으로 포름알데히드를 확인하였다.

「기구 및 용기·포장의 기준 및 규격」 중 포름알데히드 시험법에 따라 일회용 빨대(종이제)는 1 cm^2 당 2 mL의 비율로 25°C 증류수에서 10분간 방치한 액을 시험용액으로 하였다. 시험용액 및 표준용액 25 mL씩을 각각 취하여 50 mL 메스플라스크에 넣고 구연산완충액 4 mL 및 2,4-DNPH시액 2 mL를 가한 후 밀봉하여 때때로 흔들어 주며 40°C에서 1시간 방치하고 식힌 후 물을 가해 50 mL로 한 다음 HPLC로 분석하였다. 분석조건은 Table 2와 같다.

분석법 검증

시험방법의 유효성은 식품의약품안전처의 식품·의약품 분야 시험·검사기관 품질관리를 위한 시험방법의 유효성 확인 및 검증안내서에 따라 확인하였다[21]. 농도별 표준용액을 각 분석장비를 사용하여 얻은 결과로 검량선을 작성하였고, 상관계수(coefficient of correlation, R^2) 값을 통하여 직선성을 확인하였다. 검출한계(limit of detection, LOD), 정량한계(limit of quantification, LOQ)는 측정값의 표준편차를 검량선 기울기로 나눈 값에 각각 3.3, 10배를 곱하여 산출하였다. 회수율 검토 시 바탕시료는 포름알데히드가 검출되지 않은 식품접객업소용 물티슈, 화장지, 일회용 면봉, 일회용 기저귀를 사용하였다. 표준용액을 세 가지 농도로 첨가하여 시료 별 시험법에 따라 희석하거나 처리한 다음 분석한 결과를 첨가 농도와 비교하였다. 3회 반복실험으로 얻어진 표준편차를 평균으로 나누어 상대표준편차(relative standard deviation, RSD)를 계산하였다.

Results and Discussion

분석법 검증 결과

검량선 측정을 위해 포름알데히드 표준물질을 제1법 분석 시 0.01, 0.05, 0.10, 0.50, 1.00 mg/L 농도로, 제2법 분석 시 0.15, 0.30, 0.75, 1.50, 2.25 mg/L 농도로 사용하였다. 두 시험법 모두 검량선의 R^2 값은 0.9999 이상의 직선성을 보여주었다.

각 시험법의 LOD와 LOQ를 측정한 결과, 제1법에서 0.010 mg/L 및 0.029 mg/L, 제2법에서 0.034 mg/L 및 0.104 mg/L로 각각 나타났다(Table 3).

제1법은 포름알데히드의 carbonyl기와 DNPH가 반응하여 형성된 유도체를 345 nm에서 HPLC로 분석하는 방법[22]으로 제2법에 비해 정량한계가 낮아 저농도의 포름알데히드 분석이 가능함을 확인하였다.

제2법은 포름알데히드가 아세틸아세톤 및 암모늄이온과 반응하여 생성되는 노란색의 화합물(3,5-diacetyl-1,4-dihydrolutidine)을 412 nm에서 분광광도계로 분석하는 방법으로 포름알데히드 농도에 따라 발색이 진해져 육안으로 쉽게 확인이 가능하지만[23], 제1법에 비해 정량한계가 높아 저농도의 포름알데히드를 정량할 수 없었다. 각 분석법의 LOD, LOQ는 선행 연구와 유사한 수준으로 나타났다[19].

분석법의 정확도와 정밀도를 비교하기 위해 식품접객업소용 물티슈, 화장지, 일회용 기저귀, 일회용 면봉을 바탕시료로 하여 회수율을 검토하였다. 위생용품 개별 규격 농도를 기준으로 0.25배, 1배, 2배 농도의 표준품을 첨가하였고, 일회용 기저귀는 유형에 따라 개별 규격이 다양하여 어린이용 기저귀, 성인용 기저귀, 위생깔개의 규격 농

Table 3. LOD, LOQ and linearity of formaldehyde by test method

Test method	LOD[1] (mg/L)	LOQ[2] (mg/L)	Linearity (R^2)
2,4-DNPH/HPLC	0.010	0.029	0.9999
Acetylacetone/spectrophotometer	0.034	0.104	0.9999

[1] LOD: 3.3×σ/S, limit of detection.
[2]LOQ: 10×σ/S, limit of quantification.

Table 4. Recovery rate (%) of formaldehyde by test method and item type

Test method	Item type	Final concentration	Concentration (mean±SD)	RSD (%)	Recovery (%)
2,4-DNPH/HPLC	Wet wipes	5 mg/L	4.95±0.132	2.67	99.0
		20 mg/L	19.85±0.050	0.25	99.3
		40 mg/L	39.43±0.257	0.65	98.6
	Tissues	1 mg/L	0.89±0.023	2.59	89.3
		4 mg/L	3.80±0.025	0.66	94.9
		8 mg/L	7.72±0.026	0.34	96.5
Acetylacetone/ spectrophotometer	Disposable cotton swabs	0.1 mg/kg	0.09±0.004	4.79	86.5
		0.4 mg/kg	0.38±0.004	1.17	93.9
		0.8 mg/kg	0.76±0.006	0.82	94.8
	Disposable diapers	0.20 mg/kg	0.19±0.005	2.46	94.0
		0.75 mg/kg	0.75±0.007	0.96	99.4
		3.00 mg/kg	2.99±0.031	1.02	99.8

도로 첨가하였다. 제1법과 제2법은 모두 위생용품의 종류 및 농도별로 80% 이상의 회수율이 확인되었고, RSD는 제1법에서 0.25-2.67%, 제2법에서 0.82-4.79%로 나타났다 (Table 4). 이는 AOAC와 CODEX 지침에서 제시한 농도별 회수율 범위에 만족하는 결과로 반복성도 양호한 수준이었다[21].

포름알데히드 잔류량 검사 결과

위생용품 222건에 대해 「위생용품의 기준 및 규격」, 「기구 및 용기·포장의 기준 및 규격」 중 포름알데히드 시험법에 따라 포름알데히드 잔류량을 검사하였다. 일회용 빨대(종이제), 일회용 종이냅킨, 화장지, 일회용 행주, 일회용 타월에서는 모두 검출되지 않았다. 이는 선행 연구

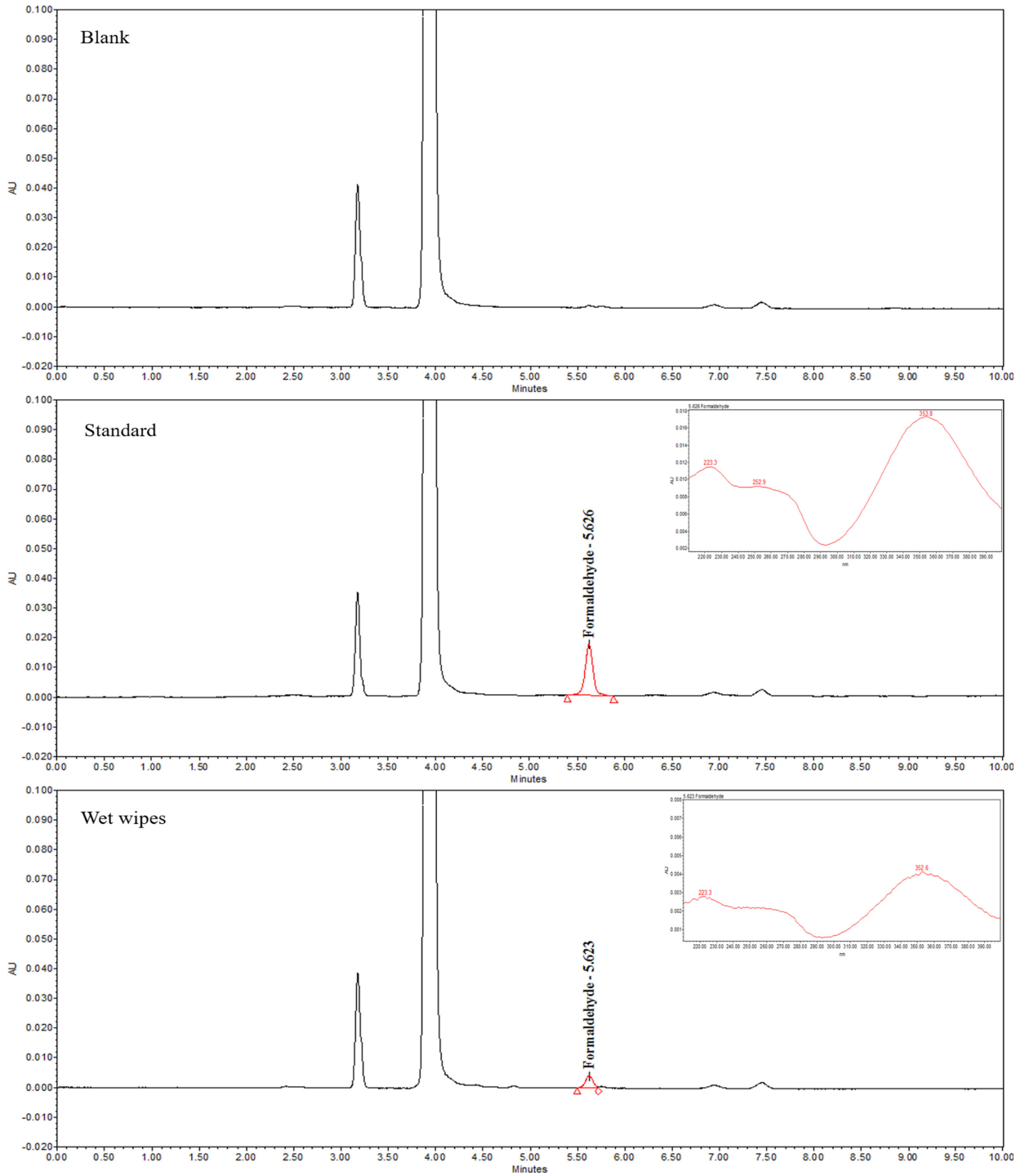

Fig. 1. Chromatogram and match plot of formaldehyde standard (0.5 mg/L) and wet wipes by HPLC.

Table 5. The results of formaldehyde in wet wipes for food service restaurants

No.	Concentration (mg/kg)	Specification (mg/kg)
1	4.45	
2	1.87	20
3	2.49	

와 동일한 경향으로 나타났다[19].

식품접객업소용 물티슈는 32건 중 3건에서 포름알데히드가 검출되었고(Fig. 1), 검출 농도는 규격(20 mg/kg) 대비 약 9-22% 수준이었다(Table 5). 「위생용품의 기준 및 규격」 중 식품접객업소용 물티슈의 제조기준에 따르면 사용가능한 살균·보존제는 「화장품법」에 따라 사용상의 제한이 필요한 성분이거나, 「식품위생법」에 따른 식품첨가물이어야 한다[10]. 검출 제품에 사용된 살균·보존제로는 2개 제품에서 potassium sorbate, 1개 제품에서 cetylpyridinum chloride와 sodium benzoate로 표시되어 있었다. 포름알데히드는 「화장품 안전기준에 관한 규정」 중 사용할 수 없는 원료로 지정된 성분이므로 본 연구 결과 검출된 포름알데히드는 제조 공정이나 유통 중 생성된 것으로 보인다. 검출된 제품의 소재는 천연펄프 100% 2개, 레이온과 펄프 혼합 1개로 확인되었으며, 펄프 소재에 포름알데히드가 잔류한 것으로 판단된다. 「위생용품 관리법」 시행 전 식품접객업소용 물티슈는 포름알데히드 규격이 없어 안전관리가 이루어지지 않았으나, 본 연구 결과를 통해 안전하게 관리됨을 확인할 수 있었다.

일회용 면봉과 일회용 기저귀에서는 대부분 정량한계 미만이거나 불검출이었다. 선행 연구에서는 일회용 기저귀에서 기준 대비 낮은 수준의 포름알데히드가 검출되었다는 보고가 있어 본 연구 결과와 검출 농도에서 차이가 있었다[19,20]. 그러나 2021년 식품의약품안전평가원 용역연구개발과제 최종 보고서의 결과는 본 연구와 유사한 경향으로 나타났다[24]. 이는 제조업체의 VOCs 저감화를 위한 공정 개선 등의 효과로 추측된다[25,26]. 선행 연구와 본 연구 결과를 통해 일회용 기저귀 중 포름알데히드의 검출 농도가 안전한 수준임을 확인할 수 있지만, 영유아와 노인 등 취약계층이 장시간 사용하기 때문에 포름알데히드에 대한 지속적인 모니터링이 필요하다고 생각된다.

시료 추출액의 분석 파장 간섭 확인

일회용 면봉과 일회용 기저귀는 「위생용품의 기준 및 규격」 중 포름알데히드 시험법의 제2법에 따라 시험한다. 시료 추출액 중 색소나 불순물의 영향을 보정하기 위해 증류수와 디메돈으로 확인하도록 명시하고 있다. 분석에 필요한 시약 중 아세틸아세톤시액은 사용 12시간 전에 조제해야 하고, 사용 기한이 6주 정도로 제한되어 있다.

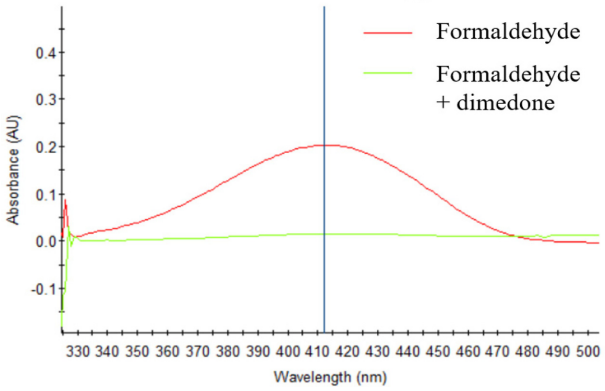

Fig. 2. Formaldehyde spectrum change by dimedone treatment.

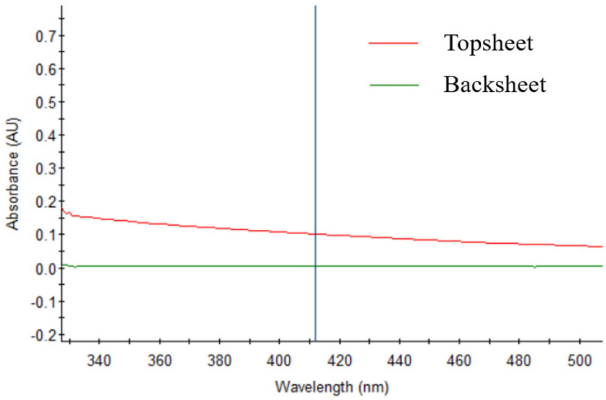

Fig. 3. Interference by impurities in the topsheet of disposable diapers at 412 nm.

본 연구의 분석 대상 시료 중 검정 색소가 함유된 면봉은 시료 추출액에 색소가 존재해 분석 파장에서 간섭이 있었고, 디메돈을 처리하여 포름알데히드에 의한 영향이 아님을 확인하였다. 디메돈은 포름알데히드와 반응하여 포름알데히드에 의한 발색반응이 나타나지 않게 작용한다. 포름알데히드 표준액과 디메돈을 처리한 표준액의 스펙트럼은 Fig. 2와 같다. 일부 기저귀 추출액은 색이 투명하지만 흡광도가 높게 나타나 확인 실험이 필요한 경우가 있었다. 흡광도가 높은 원인을 파악하기 위해 안감(topsheet)과 방수층(backsheet)을 나누어 분석해 본 결과, 안감에서 간섭이 확인되었고 방수층에서는 간섭이 나타나지 않았다(Fig. 3).

기저귀의 안감은 피부에 직접 접촉하는 면으로 소변이 잘 흡수되도록 친수성 부직포(폴리에틸렌, 폴리프로필렌)와 로션 등의 성분이 사용되고, 방수층은 구성 상 최하위층 면으로 흡수된 소변이 노출되지 않도록 방수필름(폴리에틸렌), 부직포(폴리프로필렌), 색소 등의 성분이 사용된다[27,28]. 일부 시료에 사용된 친수성 소재와 피부 보호를 위한 로션 등에서 미지의 성분이 추출되어 분석 시 불순물로 작용하는 것으로 추측된다.

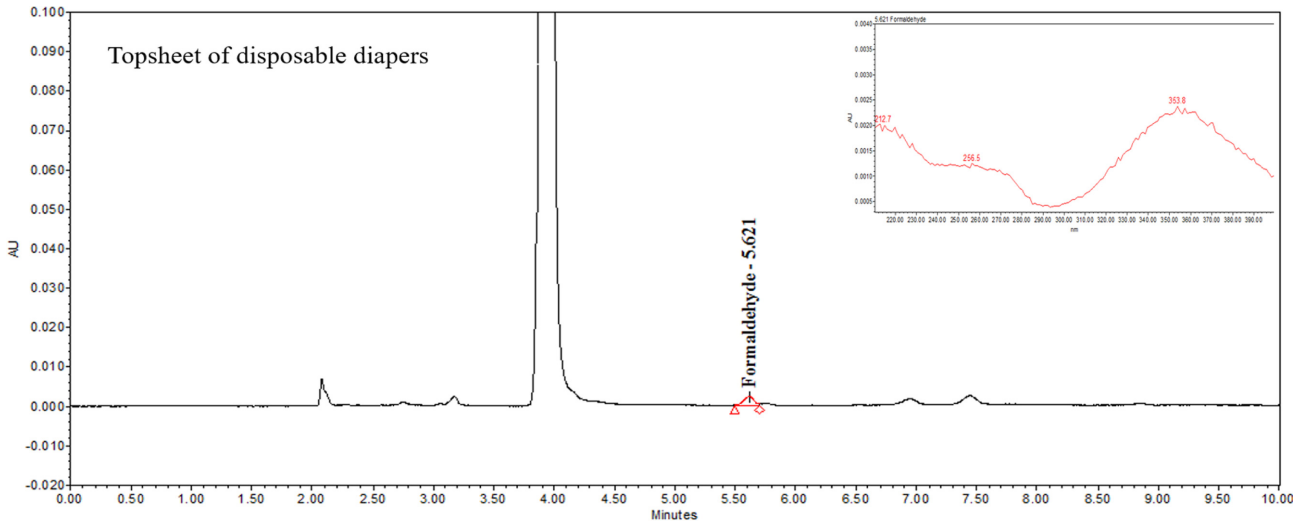

Fig. 4. Chromatogram and match plot of disposable diapers by HPLC.

색소와 불순물의 영향으로 분석 파장에서 간섭이 있었던 시료를 제1법에 적용하여 분석해 본 결과, 간섭 물질의 영향 없이 분석이 가능하였다. 검정 면봉은 제1법에서도 포름알데히드가 검출되지 않았으나, 기저귀의 안감은 제1법에서 미량 검출된 것을 확인할 수 있었다(Fig. 4). 이는 분석법의 정량한계 차이로 인해 제2법에서 저농도 포름알데히드를 확인할 수 없었던 것으로 보인다. 본 연구 대상 시료 중 면봉과 기저귀에서 정량한계 이상으로 검출된 시료가 없어 두 시험법의 검출농도를 비교할 수 없었다. 참고적으로 회수율 검토에 사용한 면봉과 기저귀의 바탕시료를 제1법으로 분석한 결과, 첨가한 농도와 유사한 수준임을 확인하였다. 두 시험법 모두 위생용품 중 포름알데히드 분석에 적합한 방법이지만 제1법을 일회용 기저귀와 면봉에 적용할 경우 불순물의 영향 없이 저농도 정량이 가능해진다.

팬티라이너는 제3법을 적용하도록 규정되어 있으나 시중에서 판매되는 위생용품(요실금용 팬티라이너)은 모두 성인용 기저귀로 분류되어 있어 제2법으로 분석하였다. 팬티라이너는 기저귀와 유사한 소재를 사용하기 때문에 제1법 적용이 가능할 것으로 예상된다. 따라서 위생용품의 종류에 따라 시험법을 구분하여 적용하지 않고 일원화하는 것이 필요해 보인다.

국문요약

경기도에서 유통 중인 위생용품의 안전성을 확인하기 위해 포름알데히드 잔류량에 대해 조사하였다. 포름알데히드는 위생용품에 잔류할 수 있는 유해물질 중 하나이다. 일회용 빨대(종이제) 6건, 일회용 종이냅킨 9건, 화장지 21건, 일회용 행주 13건, 일회용 타월 16건, 식품접객업소용 물티슈 32건, 일회용 면봉 25건, 일회용 기저귀 100건 등 총 222건에 대한 검사 결과, 식품접객업소용 물티슈 3건(1.87-4.45 mg/kg)에서 검출되었으며 규격(20 mg/kg) 대비 약 9-22% 수준이었다. 연구 대상 위생용품은 모두 포름알데히드 개별규격에 적합하였고 안전한 제품이 유통되고 있음을 확인하였다. 「위생용품의 기준 및 규격」 중 포름알데히드 시험법은 유형에 따라 세가지로 구분하여 적용하도록 규정되어 있다. 본 연구에 사용된 시료는 제1법 또는 제2법을 적용하는 유형으로 각 시험법의 유효성 검증을 위해 검출한계, 정량한계, 직선성, 회수율을 검토하였다. 제1법은 제2법에 비해 검출한계와 정량한계가 낮게 나타나 저농도의 포름알데히드 정량이 가능함을 확인하였다. 두 시험법은 모두 상관계수(R^2)가 0.9999이상, 회수율이 80%이상, 반복성도 양호한 수준이었다. 제2법 적용 시 일회용 면봉과 일회용 기저귀 중 일부 시료에서 불순물의 영향으로 분석파장에서 간섭이 확인된 경우가 있어 제1법으로 분석 후 결과를 비교하였다. 그 결과 제1법은 제2법에 비해 불순물의 간섭 없이 분석이 가능하였고, 저농도의 포름알데히드를 검출할 수 있었다. 따라서 향후 위생용품의 종류에 따라 시험법을 구분하여 적용하지 않고 일원화하는 것이 필요해 보인다.

Conflict of interests

The authors declare no potential conflict of interest.

ORCID

Seo-Hyeon Song https://orcid.org/0000-0003-2852-2778
Hee-Jeong Yun https://orcid.org/0000-0002-1972-1145
Sung-Hee Park https://orcid.org/0000-0001-6251-1648

Mi-Kyung Jang https://orcid.org/0000-0002-3566-7791
Sun-Young Chae https://orcid.org/0000-0001-8062-9666
Jong-Sup Jeon https://orcid.org/0000-0001-7636-2508
Myung-Jin Lee https://orcid.org/0000-0002-4881-7672

References

1. Ministry of Food and Drug Safety, (2022, December 1). Hygiene Products Control Act. Retrieved from https://www.law.go.kr/lsSc.do?menuId=1&subMenuId=17&tabMenuId=93&query=%EC%9C%84%EC%83%9D%EC%9A%A9%ED%92%88%EA%B4%80%EB%A6%AC%EB%B2%95#undefined
2. Ministry of Health and Welfare, (2022, December 1). (former) Public Health Control Act. Retrieved from https://www.law.go.kr/lsSc.do?menuId=1&subMenuId=17&tabMenuId=93&query=%EC%9C%84%EC%83%9D%EC%9A%A9%ED%92%88%EA%B4%80%EB%A6%AC%EB%B2%95#undefined
3. Ministry of Food and Drug Safety, (2022, December 1). Food Sanitation Act. Retrieved from https://www.law.go.kr/lsSc.do?menuId=1&subMenuId=17&tabMenuId=93&query=%EC%9C%84%EC%83%9D%EC%9A%A9%ED%92%88%EA%B4%80%EB%A6%AC%EB%B2%95#undefined
4. Ministry of Trade Industry and Energy, (2022, December 1). Electrical Appliances and Consumer Products Safety Control Act. Retrieved from https://www.law.go.kr/lsSc.do?menuId=1&subMenuId=17&tabMenuId=93&query=%EC%9C%84%EC%83%9D%EC%9A%A9%ED%92%88%EA%B4%80%EB%A6%AC%EB%B2%95#undefined
5. Ministry of Trade Industry and Energy, (2022, December 1). Special Act on the Safety of Products for Chlidren. Retrieved from https://www.law.go.kr/lsSc.do?menuId=1&subMenuId=17&tabMenuId=93&query=%EC%9C%84%EC%83%9D%EC%9A%A9%ED%92%88%EA%B4%80%EB%A6%AC%EB%B2%95#undefined
6. Liteplo R.G., Beauchamp R., Meek M.E., Chénier R., 2002. Formaldehyde. World Health Organization, Ottawa, Canada, pp. 1-48.
7. National Institute of Food and Drug Safety Evaluation, 2022. Formaldehyde Integrated Risk Assessment. Cheongju, Korea, pp. 9-21.
8. National Institute of Food and Drug Safety Evaluation, (2022, December 1). Tox-Info, Retrieved from https://www.nifds.go.kr/toxinfo/tcd/info/tcdDetailPop.do?toxicCode=T0572593006980.
9. United States Environment Protection Agency, (2022. December 1). The pulp and paper industry, the pulping process, and pollutant releases to the environment. Retrieved from https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwiKy9ntzoX-AhXH3GEKHTlDA7wQFnoECAsQAQ&url=https%3A%2F%2Fdownloads.regulations.gov%2FEPA-HQ-OAR-2007-0544-0223%2Fattachment_4.pdf&usg=AOvVaw3xjP_7TRH6o1s9QfSyXopS
10. Ministry of Food and Drug Safety, 2021. Standards and Specification for Hygiene Products, Cheongju, Korea.
11. Ministry of Food and Drug Safety, 2021. Standards and Specification for apparatus, containers and packaging, Cheongju, Korea, pp. 143-144.
12. Ministry of Food and Drug Safety, 2018. Standards and Specification for Hygiene Products, Cheongju, Korea, pp. 81-89.
13. Jung, B.K., Park, W.H., Kim, D.G., Choi, E.J., Kim, Y.C., Hwang, I.S., Chae, Y.Z., Monitoring of formaldehyde in cosmetic products. *J. Soc. Cosmet. Scientists Korea*, **38**, 51-55 (2012).
14. Kim, H.S., Park, W.H., Lee, C.Y., Han, E.J., Kim, N.Y., Moon, S.J., Hwang, I.S., Oh, Y.H., Formaldehyde content and pH of panty liners. *Report of S.I.H.E.*, **54**, 142-148 (2018).
15. Kim, H.A., Jang, J.W., Kim, D.H., Lee, H.J., Lee, S.M., Chang, H.W., Lee, K.S., Lee, C.H., Jang, Y.M., Kang, C.S., Analysis of formaldehyde in fisheries products. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **43**, 17-22 (2011).
16. Kang, T.H., Comparison of formaldehyde contents in utensils, container and packing materials according to analysis methods. Master's thesis, Pukyong National University, Busan, Korea (2012).
17. Yi, G.H., Yun, I.C., Kim, Y.K., Kim, C.C., Choi, G.J., Lee, T.S., Comparison of ACFAS method and DNPH-LC method for quantitative analysis of formaldehyde in drinking water. *J. Korean Soc. Water Wastewater*, **27**, 827-836 (2013).
18. Sim, S.H., Kim, Y.S., Characterization and assessment of indoor air quality in newly constructed apartments -volatile organic compounds and formaldehyde. *Kor. J. Env. Hlth.*, **32**, 275-281 (2006).
19. Na, Y.R., Kown, H.J., Cho, H.N., Kim, H.J., Park, Y.K., Park, S.A., Lee, S.J., Kang, J.M., Formaldehyde Monitoring of Hygiene Products in Domestic Market. *J. Food Hyg. Saf.,* **35**, 225-233 (2020).
20. Cho, S.J., Chang, M.S., Lee, H.K., Kim, J.Y., Cha, J.H., Kim, D.G., Lee, S.D., Oh, Y.H., Formaldehyde Content of Disposable Diapers. *Report S.I.H.E.*, **54**, 135-141 (2018).
21. Ministry of Food and Drug Safety, 2021. Guidelines for Validation and Verification of Test Methods for Qualty Control of Testing Inspection Agencies in the Food and Drug Field. Cheongju, Korea, pp. 1-40.
22. Beasley, R.K., Hoffmann, C.E., Rueppel, M.L., Worley, J.W., Sampling of formaldehyde in air with coated solid sorbent and determination by high performance liquid chromathgraphy. *Anal. Chem.,* **52**, 1110-1114 (1980).
23. Nash, T., The colorimetric estimation of formaldehyde by means of the Hantzsch reaction. *Biochem. J.,* **55**, 416-421 (1953).
24. Heo, K.Y., (2022. December 1). A study on improving the safety management of hygiene products with quality standard development. Retrieved from https://rnd.mfds.go.kr/RDCAC08F01View
25. Ministry of Food and Drug Safety, (2022. December 1). Tips

for reducing sanitarypad VOCs. Retrieved from https://www.mfds.go.kr/brd/m_1060/view.do?seq=14305&srchFr=&srchTo=&srchWord=VOC&srchTp=0&itm_seq_1=0&itm_seq_2=0&multi_itm_seq=0&company_cd=&company_nm=&Data_stts_gubun=C9999&page=1

26. Ministry of Food and Drug Safety, (2022, December 1). Disposable diapers can be produced in sanitary pad manufacturing facilities. Retrieved from http://www.mfds.go.kr/brd/m_99/view.do?seq=45836&srchFr=srchTo=&srchWord=%EA%B8%B0%EC%A0%80%EA%B7%80&srchTp=0&itm_seq_2=0&multi_itm_seq=0&company_cd=&company_nm=&Data_stts_gubun=C9999&page=1
27. Dey, S., Kenneally, D., Odio, M., Hatzopoulos, I., Modern diaper performance: construction, materials, and safety review. *Int. J. Dermatol.,* **55**, 18-20 (2016).
28. Kim, J.I., Manufacturing technology and use of spunbond non-woven fabric. *Fiber Technology and Industry,* **12**, 71-80 (2008).