



Original Article

가정용 섬유제품 중 기타 제품류의 폼알데하이드 위해성평가 연구

박태현^{1,2} ID, 송지환³ ID, 천사호⁴ ID, 조희래¹ ID, 윤필준^{1,5} ID, 강호연¹ ID, 구명선¹ ID, 손진혁¹ ID, 이철민^{2*} ID

¹한국제품안전관리원 위해도평가팀, ²서경대학교 일반대학원 환경화학공학과, ³한국제품안전관리원 안전기반팀, ⁴FITI시험연구원 화학제품팀, ⁵서울과학기술대학교 환경공학과

Formaldehyde Risk Assessment in Other Household Textile Products

Tae Hyun Park^{1,2}, Ji Hwan Song³, Sa Ho Chun⁴, Hee Rae Joe¹, Pil Jun Yoon^{1,5}, Ho Yeon Kang¹, Myeong Seon Ku¹, Jin Hyeok Son¹, and Cheol Min Lee^{2*}

¹Risk Assessment Team, Korean Institute of Product Safety, ²Department of Environment & Chemical Engineering, SeoKyeong University, ³Safety Foundation Team, Korean Institute of Product Safety, ⁴Chemical Product Team, FITI Testing and Research Institute, ⁵Department of Environmental Engineering, Seoul National University of Science and Technology

ABSTRACT

Background: Appropriateness issues have emerged regarding the non-application of hazardous substance safety standards for items classified as ‘other textile products’.

Objectives: Testing for formaldehyde (HCHO) and risk assessment were conducted on ‘other textiles products’ to provide reference data for promoting product safety policies.

Methods: Testing was conducted on five items (102 products) classified as ‘other textile products’ according to relevant standards (textile products safety standards), and the risk of each product was assessed using the evaluation methodologies of the European Centre for Ecotoxicology and Toxicology of Chemicals (ECETOC) and European Chemical Agency (ECHA).

Results: Out of the 102 products tested, HCHO was detected above the quantification limit in five. Based on these results, the screening risk assessment indicated that three products exceeded the criteria. Upon re-assessing the emission and transfer rates of products exceeding the criteria, it was confirmed that there were no instances of exceeding the criteria.

Conclusions: Risk assessment results can be used as supporting data for non-application of hazardous substance standards. However, it is deemed necessary to transition towards a management approach based on risks in order to addressing emerging trends such as convergence/new products.

Key words: Product safety, consumer product, other textile products, risk assessment, formaldehyde

Received March 18, 2024

Revised April 8, 2024

Accepted April 9, 2024

Highlights:

- Out of the 102 products classified as ‘other textile products’, HCHO was detected in five.
- No instances of exceeding the risk criteria were found in the products under evaluation.
- Considering the evolving forms of products, it is necessary to continue research for evaluating the safety of consumer products.

*Corresponding author:

Department of Environment & Chemical Engineering, SeoKyeong University, 124 Seogyong-ro, Seongbuk-gu, Seoul 02710, Republic of Korea
Tel: +82-2-940-2924
Fax: +82-2-940-7616
E-mail: cheolmin@skuniv.ac.kr

1. 서론

현대기술의 고도화로 인해 제품 제조공정이 복잡해지고, 이에 따라 생산된 제품이 대량으로 유통·판매되고 있음에 따라 시중에는 다양한 유형의 제품이 판매되고 있다.¹⁾ 이러한 과정

에서 가슴기살균제 사망 사건,²⁾ D사의 침대에서 모자나이트 사용에 따른 고농도 라돈 검출 사건,³⁾ 증정품 가방에서의 발암 물질 검출⁴⁾ 등 제품에서 기인한 화학물질의 노출로 인한 건강 위해 사고사례가 발생하고 있어 나날이 제품 내 화학물질 관리에 대한 중요성은 증대되고 있다.



매년 소비자 제품에서 기인한 화학물질 노출에 따른 크고 작은 사례가 보고되고 있으나, 2022년에 가장 이슈가 된 사고사례는 S사의 증정품으로 제공되었던 가방에서 발암물질인 폼알데하이드(Formaldehyde, HCHO)가 검출된 사건이라 할 수 있다.⁴⁾ 해당 품목은 국가기술표준원의 '전기생활용품안전법'상 생활용품으로 분류되며, 가정용 섬유제품 부속서의 기타 제품류로 분류된다. 이때, 기타 제품류는 관련 법상 관리대상 품목으로는 분류되나 기타 제품류의 사용특성을 고려하여 유해물질 안전기준이 적용되지 않고 있다. 당시에는 유통사의 자발적 리콜을 통해 증정된 제품 전량이 회수될 수 있도록 전량 자발적 리콜을 실시하였으나, 향후 유사한 문제가 발발하더라도 안전기준 미적용 조항으로 인해 강제력이 있는 후속조치는 현시점에서 불가능한 실정이다.

기타 제품류의 유해물질 안전기준 미적용 조항은 인체와의 직접적인 노출 가능성이 적어 인체 위해가 낮다는 점에 근거하여 적용된 조항이다. 하지만 시중 유통되는 품목이 융복합신기술 제품의 출현 및 제품 유형의 다변화 등에 따라 동일한 품목이지만 과거와 사용형태가 상이하여 과거와는 상이한 노출 형태를 나타낼 수 있다. S사 증정품의 HCHO 검출 사례⁴⁾ 또한 토트백, 크로스백 등 인체에 직접적인 노출이 발생하는 품목에서 문제가 제기되었다는 점이 이러한 실태를 대변한다. 이에, 다변화된 제품 형태를 고려하여 현행 유해물질 미적용 조항의 타당성을 재검토할 필요가 있다고 보여진다.

또한, 기타 제품류의 이와 같은 안전기준 미적용 조항으로 인해 국가기술표준원과 한국제품안전관리원에서 주기적으로 실시하고 있는 안전성 조사시 해당 품목에 대한 이슈가 발생할 경우 처벌 근거가 부재한 실정이다. 안전성 조사는 시중 유통되는 품목을 무작위로 구매하여 안전기준에 기반한 실태조사를 실시하고 있으나, 기타 제품류의 경우 상기 언급한 미적용 조항으로 인해 조사 근거와 처벌 근거가 부재하다. 따라서 해당 품목에 대한 실태조사 사례가 보고된 바 없으며, 안전성 검증을 위한 별도 근거 또한 전무한 실정이다. S사 서머캐리백 사례 또한 강제적 리콜이 아닌 자발적 리콜을 통해 전량 회수 조치가 이루어졌다는 점이 이러한 현실을 대변하고 있다.

이에, 본 연구는 가정용 섬유제품 부속서상 기타 제품류(이하, 기타 섬유제품)로 분류되는 품목을 대상으로 동 사고의 원인 물질인 HCHO의 함량 실태조사와 필요시 전이량, 방출량 실태조사를 통한 위해성평가를 실시하여 제품안전정책 추진에 있어 기초적 자료를 제공하고자 수행된 연구이다.

II. 재료 및 방법

1. 평가대상 품목 선정

국내 섬유제품 관리는 부속서상 세부 분류 표에 기반하여 품목을 지정·관리하는 형태이나, 2017년도 부속서가 마련된

이후 세부 분류 현황에 신규 품목 추가는 전무한 실정이다. 부속서의 입법 시기(2017년)를 고려, 7년이 지난 현시점에서 융복합·신제품 출현 등으로 인해 가정용 섬유제품으로 분류 가능한 품목 또한 추가되었을 것으로 사료된다. 이에, 평가대상 품목 선정을 위해 국외 섬유제품 관리현황 중 국내와 유사하게 품목의 세부 분류를 제공하고 있는 기준과⁵⁻⁷⁾ GS1 (Global Standard No. 1)의 GPC (Global Product Classification)^{8,9)} 및 온·오프라인 유통 실태조사를 통해 기타 섬유제품으로 분류할 수 있는 품목을 발굴하였다.

위 방법론에 기반하여 도출된 품목은 부속서상 기타 제품류로 분류되고, 유해물질 노출에 따른 위해가 우려되는 품목 5개(가방, 모기장, 식탁보, 자동차용 핸들커버, 대시보드 커버)를 선정하여 평가대상 품목으로 선정하였다. 이때, 가방의 경우 토트백과 같이 인체에 직접적인 노출이 발생하는 제품을 대상으로 하였다. 선정된 품목은 온·오프라인 경로를 통해 품목별 20개 제품(자동차용 핸들커버의 경우 22개 제품)을 구매하여 총 102개 제품을 실태조사하였다. 구매 경로별 구매 제품은 판매되는 제품의 온라인 구매 비율이 높다는 점을 고려하여 온라인 75%, 오프라인 25%로 하였다.

2. 함량 및 전이량·방출량 평가

평가대상 제품의 HCHO 실태조사는 가정용 섬유제품 부속서상 HCHO 시험 방법인 KS K ISO 14184-1에 따라 함량 값을 도출하고, 추가 시험이 필요할 경우 ES 12336.1 (경피 전이량), KS I ISO 12219-2 (방출량)에 따라 시험분석 값을 도출하였다. 시험 부위는 시험분석의 결과가 위해성평가 데이터로 활용될 것이라는 점을 고려하여 신체 노출이 이루어지는 부위를 위주로 샘플링하였다.

함량 및 경피 전이량 분석에 활용된 장비는 자외선-가시광선 분광분석기(UV-Lambda 25, Perkinelmer)를 활용하였으며, 방출량의 경우 고성능액체크로마토그래피(1290 Infinity II LC, Agilent)를 활용하였다. 이때, UV-Vis의 함량, 전이량에 대한 정량한계(Limit of quantitation, LOQ)는 각각 20 mg/kg, 0.005 µg/cm²/min이며, 방출량은 5 µg/m³이다.

3. 건강 위해성평가

평가대상 물질인 HCHO는 미국 환경청(United States Environmental Protection Agency, US EPA), 세계보건기구 국제 암 연구기관(World Health Organization International Agency for Research on Cancer, WHO IARC), 유럽화학물질청(European Chemical Agency, ECHA) 등 여러 문헌에서 발암물질로 분류되는 대표적인 물질이다. 하지만 대부분의 HCHO에 대한 발암 위해성평가는 근로환경과 같이 지속적으로 노출되는 환경에서 검토되고,¹⁰⁾ 평가대상 제품과 같이 간헐적 노출이 발생하는 제품에서 HCHO 위해성평가가 감작성과 같은 비발

암 독성 영향을 위주로 검토되고 있다.¹¹⁻¹³⁾ 이에, 본 연구에서도 HCHO의 건강 위해성평가는 비발암 독성 영향을 위주로 평가하였다.

국가기술표준원은 타 부처(환경부, 식품의약품안전처)와 같

이 시중 유통제품의 유해물질 노출에 의한 위해성평가 방법론에 대해서 지침화된 문서는 전무하다. 이에, 본 연구에서는 국외에서 소비자제품 위해성평가에 널리 사용되는 방법론을 활용하여 기타 섬유제품의 위해성평가를 실시하였다. 위해성평

Table 1. Values of each exposure factor for exposure assessment (contents based)

Exposure factor	Symbol	Unit	Value	Note	Applicable products	Source
Surface area	SA	cm ²	223.6	Area of palm (one side) (75th)	Bag (except crossbag type)	National Institute of Environmental Research (2019) ¹⁷⁾
			447.1	Area of palm (two side) (75th)	Handle cover	National Institute of Environmental Research (2019) ¹⁷⁾
			554.4	Area of cross section of forearm (75th)	Tablecloth	National Institute of Environmental Research (2019) ¹⁷⁾
			3,418.1	Area of the back (75th)	Bag (crossbag type)	National Institute of Environmental Research (2019) ¹⁷⁾
Thickness of layer	TL	cm	0.01	For textile product (75th)	All types	European Centre for Ecotoxicology and Toxicology of Chemicals (2004) ¹⁴⁾
Transfer to skin rate	TF	-	1	-	All types	European Centre for Ecotoxicology and Toxicology of Chemicals (2004) ¹⁴⁾
Frequency of use	FQ	day ⁻¹	1	-	All types	European Centre for Ecotoxicology and Toxicology of Chemicals (2004) ¹⁴⁾
Density	ρ	g/cm ³	1	-	All types	European Centre for Ecotoxicology and Toxicology of Chemicals (2004) ¹⁴⁾
Body weight	BW	kg	54.4	Adult body weight (25th)	All typescript	National Institute of Environmental Research (2019) ¹⁷⁾
Exposure time	ET	hour/day	0.86	Using time for all types bag (average)	All types bag	Korean Institute of Product Safety (2022) ¹⁸⁾
			8.79	Sleeping time (75th)	Mosquito net	National Institute of Environmental Research (2019) ¹⁷⁾
			2.38	Eating time (75th)	Tablecloth	National Institute of Environmental Research (2019) ¹⁷⁾
			0.94	Driving time (average)	Handle cover, dashboard cover	Korea Transport Institute (2013) ¹⁹⁾
Amount of product	A	kg	0.1	Product information	Handle cover	-
			0.5	Product information	Dashboard cover	-
Fraction released to air	F	-	1	Formaldehyde vapour pressure	-	National Institute of Environmental Research (2022) ²⁰⁾
Volume	V	m ³	3.1	Volume of compact size car	Handle cover, dashboard cover	United States Environmental Protection Agency (2024) ²¹⁾

가는 함량 분석결과에 기반한 위해성평가 방법론(European Centre for Ecotoxicology and Toxicology of Chemicals, ECETOC)과¹⁴⁾ 해당 방법론에서 위해 기준을 초과한 품목에 대해선 European Chemicals Agency (2016)¹⁵⁾ 방법론을 활용하여 노출량과 위해도를 산출하였다. 이때, 산출된 위해도의 가변성을 표현하기 위해 ECETOC 방법론에 대해선 각 노출계수의 75th 값을(분모항의 경우 25th),¹⁶⁾ ECHA 방법론에 대해선 평균값을 활용하여 노출량을 산정하였으며, 백분위 값 식별이 어려운 인자에 대해선 단일 값(평균)을 적용하였다.

품목별 노출경로 설정은 평가대상 품목이 어린이 제품이 아니라면 점과 사용 형태를 고려하여, 가방, 식탁보의 경우 경피 경로를, 모기장, 핸들커버의 경우 경피·흡입 경로를, 대시보드커버는 흡입 경로를 고려하였으며, 각 방법론의 노출량 산정식은 다음과 같다.

함량 기반의 위해성평가를 위한 경피(ADD_{Der·Conts}, mg/kg/day) 및 흡입 노출량(ADD_{Inh·Conts}, mg/m³) 산정식은 다음과 같으며, 각 인자의 계수는 Table 1과 같다. 이때, C_{Air·Conts} (mg/m³)는 함량 분석 결과에 기반한 방출량 추정치이며, 각 계수는 국립환경과학원, ECETOC 등에서 보고된 자료를 활용하였다.^{14,17-21)} HCHO의 경피 흡수율(Absorption, ABS)은 공식적으로 보고된 흡수율 정보가 부재함에 따라,²²⁾ OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development) 권고에 따라 100%를 가정하여 적용하였다.²³⁾

$$ADD_{Der·Conts} = \frac{C \times SA \times TL \times TF \times FQ \times \rho \times ABS}{BW} \quad (1)$$

$$ADD_{Inh·Conts} = C_{Air·conts} \times ET \quad (2)$$

$$C_{Air·Conts} = C \times A \times \frac{F}{V} \quad (3)$$

전이량, 방출량 기반의 위해성평가를 위한 경피(ADD_{Der·M}, mg/kg/day) 및 흡입 노출량(ADD_{Inh·E}, mg/m³) 산정식은 다음과 같으며, 각 인자의 계수는 Table 2와 같다. 이때, M_{Dermal}은 제품으로부터 HCHO의 경피 전이량(μg/cm²/min), HCHO의 C_E은 제품에서 방출된 HCHO의 농도(mg/m³)이며, 각 계수는 Table 1과 동일한 자료를 활용하되 보고된 값의 평균값을 활용하여 적용하였다.

$$ADD_{Der·M} = \frac{M_{Dermal} \times SA \times ET \times ABS}{BW} \quad (4)$$

$$ADD_{Inh·E} = C_E \times ET \quad (5)$$

산출된 노출량은 HCHO의 독성참고치 정보와 연계하여 다음의 식에 따라 노출 경로별 위해도(Hazard quotient, HQ)를 산출할 수 있으며, 각 경로의 위해도의 합을 통해 개별 제품의 총 위해도(Hazard index, HI)를 산정할 수 있다.²⁴⁾ 총 위해도는 1이 초과할 경우 위해가 있다고 분류한다.²⁴⁾

$$HQ_{Route} = \frac{ADD_{Route}}{TRV_{Route}} \quad (6)$$

Table 2. Values of each exposure factor for exposure assessment (emitted and transferred amount based)

Exposure factor	Symbol	Unit	Value	Note	Applicable products	Source
Surface area	SA	cm ²	208.6	Area of palm (one side) (average)	Bag (except crossbag type)	National Institute of Environmental Research (2019) ¹⁷⁾
			417.7	Area of palm (two side) (average)	Handle cover	National Institute of Environmental Research (2019) ¹⁷⁾
			509.1	Area of cross section of forearm (average)	Tablecloth	National Institute of Environmental Research (2019) ¹⁷⁾
			3,215.0	Area of the back (average)	Bag (crossbag type)	National Institute of Environmental Research (2019) ¹⁷⁾
Exposure time	ET	hour/day	0.86	Using time for all types bag (average)	All bag types	Korean Institute of Product Safety (2022) ¹⁸⁾
			7.95	Sleeping time (average)	Mosquito net	National Institute of Environmental Research (2019) ¹⁷⁾
			1.97	Eating time (average)	Tablecloth	National Institute of Environmental Research (2019) ¹⁷⁾
			0.94	Driving time (average)	Handle cover, dashboard cover	Korea Transport Institute (2013) ¹⁹⁾
Body weight	BW	kg	64.5	Adult body weight (average)	All types	National Institute of Environmental Research (2019) ¹⁷⁾

$$HI = \sum HQ_{Route} \quad (7)$$

여기서, HCHO의 독성참고치(Toxicological Reference Values, TRV)는 다양한 문헌^{25,26)}에서 보고된 바 있으나 보수적 추정치에 기반한 위해도를 평가하기 위해 United States Environmental Protection Agency²⁵⁾의 독성참고치 정보를 활용하였다. 따라서, 흡입 노출경로에 대해선 0.0098 mg/m³, 경피 노출경로에 대해선 다음의 경구 독성참고치의 경피 독성참고치 변환 식²⁷⁾에 따라 0.2 mg/kg/day를 적용하였다.

$$TRV_{dermal} = TRV_{oral} \times GIABS \quad (8)$$

이때, HCHO의 TRV_{oral}은 0.2mg/kg/day이며,²⁵⁾ GIABS (Gastrointestinal absorption)는 1이다.²⁵⁾

III. 결 과

1. 함량 기반 위해성평가 결과

Table 3은 조사대상 품목 5개(102개 제품)에 대한 HCHO 실태조사 결과 중 정량한계(20 mg/kg) 이상으로 검출된 제품의 분석결과를 기술통계 분석하여 제시하였다. 모기장, 대시보드 커버의 경우 모두 정량한계 미만으로 조사된 반면, 가방, 식

탁보, 핸들커버의 경우 각각 1, 1, 3개(검출률 각각 5.0, 5.0, 13.6%)의 제품에서 정량한계 이상으로 검출되었다. 조사대상 품목의 HCHO 실태조사 결과에 대한 자료가 전무하여 측정결과에 대한 직접적인 비교는 어려우나, 국가기술표준원의 보고 결과(20.0~681.0 mg/kg)⁴⁾와 비교했을 때 실태조사 결과는 모두 해당 문헌의 실태조사 결과 범위에 포함되는 것으로 나타났다.

Table 4는 함량 기반의 위해성평가 방법론에 기반하여 개별 제품에 대한 위해도를 산출한 결과이다. 함량 기반의 위해성평가에서 가방, 식탁보에서 검출된 HCHO는 위해 기준을 초과한 사례가 없었던 반면, 핸들커버의 경우 검출된 3개 제품 모두에서 위해 기준을 초과한 것으로 나타났다. 다만, 함량 기반의 위해성평가 특성상 보수적 추정치에 기반한 평가결과가 제시되므로, 보다 세부적인 평가를 목적으로 위해 기준을 초과한 3개 제품에 대한 추가적인 시험분석 및 위해성평가를 진행하였다.

2. 방출량·전이량 기반 위해성평가 결과

Table 5는 Table 4의 평가결과에서 위해 기준을 초과한 3개 제품(핸들커버)을 대상으로 노출 경로별 상세 노출량 및 위해도 산정을 위해 방출량, 전이량을 측정된 결과와 이에 기반한 노출량과 위해도를 산출한 결과이다.

3개 제품의 방출량·전이량 측정결과를 활용한 위해성평가 결과, 산출된 HI는 핸들커버 a, b, c 각각 0.4, 0.4, 0.1로 나타

Table 3. Formaldehyde test analysis (contents) results (unit : mg/kg)

Product	N*	AM [†]	GM [‡]	SD [§]	Min	Max [¶]
Bags	1/20	60.0	-	-	60.0	60.0
Mosquito net	0/20	-	-	-	-	-
Tablecloth	1/20	94.0	-	-	94.0	94.0
Handle cover	3/22	197.0	160.8	160.3	99.0	382.0
Dashboard cover	0/20	-	-	-	-	-

*Number of products detected above LOQ (20 mg/kg), [†]Arithmetic mean, [‡]Geometric mean, [§]Standard deviation, ^{||}Minimum, [¶]Maximum.

Table 4. Risk assessment results based on the content of the product

Product division	Testing results*	Route	Exposure [†]	HQ	HI	
Bags	a	60.0	Dermal	2.47E-03	1.23E-02	1.23E-02
Tablecloth	b	94.0	Dermal	9.58E-03	4.79E-02	4.79E-02
Handle cover	a	Inhalation	4.97E-01	5.07E+01	5.09E+01	
		Dermal	3.14E-02	1.57E-01		
	b	Inhalation	1.29E-01	1.32E+01	1.32E+01	
		Dermal	8.14E-03	4.07E-02		
	c	Inhalation	1.43E-01	1.46E+01	1.47E+01	
		Dermal	9.04E-03	4.52E-02		

*mg/kg, [†]Inhalation: mg/m³, Dermal: mg/kg/day.

Table 5. Risk assessment results based on emitted and transferred amounts of the product

Product division		Testing results*	Route	Exposure [†]	HQ	HI
Handle cover	a	0.072	Inhalation	2.82E-03	2.88E-01	6.79E-01
		0.214	Dermal	7.83E-02	3.91E-01	
	b	0.067	Inhalation	2.62E-03	2.68E-01	4.34E-01
		0.091	Dermal	3.33E-02	1.66E-01	
	c	0.025	Inhalation	9.75E-04	9.95E-02	3.36E-01
		0.130	Dermal	4.74E-02	2.37E-01	

*Inhalation: mg/m³, Dermal: µg/cm²/min, †Inhalation: mg/m³, Dermal: mg/kg/day.

나 위해 기준을 초과하는 사례는 없는 것으로 조사되었다. 이 때, ECETOC 방법론에 기반하여 산출된 HI에 가장 큰 비율을 차지한 HQ_{Inhalation}는 상세 위해성평가 결과와 비교하였을 때 핸들커버 a, b, c에 대해 약 120, 30, 118배(0.029, 0.268, 0.100)의 차이를 나타내어 추정치에 기반한 결과와 실측 결과 간 상대적으로 큰 차이를 나타내었다.

IV. 고 찰

현행 가정용 섬유제품 부속서상 HCHO는 내의류, 중의류의 경우 75 mg/kg 이하로, 외의류 및 침구류에 대해선 300 mg/kg의 안전기준을 적용하고 있다. 기타 섬유제품의 경우 별도의 유해물질 안전기준이 부재하여 안전기준 초과 여부를 판단할 수 없으나, 내의류, 중의류를 대상으로 적용되는 기준을 적용하게 될 경우 4개의 제품이(3.9%), 외의류 및 침구 기준의 경우 1개 제품이(1.0%) 해당 값을 초과하는 것으로 나타났다. 섬유제품 내 HCHO 실태조사와 관련한 문헌은 국내외적으로 다양하게 보고된 바 있으나,²⁸⁻³⁰⁾ 대부분 의류 품목을 대상으로 하고 있어 실태조사 결과 간 직접적인 비교가 어려우므로 각 문헌 간의 비교 분석을 통한 체계적 고찰은 이루어지지 못하였다. 또한, 시중 유통되는 다양한 기타 섬유제품에 반하여, 다양한 품목 및 제품을 대상으로 실태조사가 이루어지지 않았다는 점도 연구의 대표성을 확보할 수 없다는 한계점으로 지적할 수 있다. 다만, 그간 의류에 집중적으로 이루어졌던 연구에서 벗어나 새로운 품목군을 평가대상으로 설정하고 이에 대한 실태조사와 위해성평가 결과를 제시했다는 점은 향후 관련 연구 수행에 있어 비교 자료를 제공했다는 점에 의의가 있다고 사료된다.

위해성평가 결과의 경우, ECETOC 방법론에 기반한 평가 결과에서 식탁보 a와 핸들커버 b의 함량 실태조사 결과(각각 94.0, 99.0 mg/kg)가 유사한 값을 나타내었으나, 핸들커버 b에 대해서만 위해 기준을 초과하는 것으로 조사되었다. 이는 제품 내 함유된 유해물질 함량 외에 제품 사용형태에 따른 노출량이 위해 정도에 기여하고 있음을 간접적으로 확인할 수 있는 결과라 할 수 있다. ECHA 방법론에 기반한 결과에는 재평

가 대상 제품 모두, 위해 기준보다 낮은 수치로 나타나 위해 기준을 초과한 제품은 없는 것으로 조사되었다. 다만, HCHO의 높은 휘발성으로 인해 시간 경과에 따른 함량 감소로 전이량·방출량 또한 비례하여 감소하는 경향을 나타낼 것으로 예상된다.³¹⁾ 따라서 실제 노출량은 본 연구에서 산출된 노출량보다 낮을 것으로 판단되며, 이에 따른 위해도 또한 산출된 위해도보다 낮은 수치를 나타낼 것으로 사료된다. 다만, 본 연구가 시중 유통되는 품목 중 일부를 대상으로만 평가되었다는 점을 고려하여 향후 동일 품목으로 분류되는 제품의 지속적인 모니터링을 통한 위해성평가 수행이 필요할 것으로 여겨진다.

섬유제품에서 HCHO는 섬유제품의 주름을 방지하기 위한 목적으로 과거부터 지속적으로 사용되고 있는 물질이며,²⁸⁾ 인체 노출에 따른 발암 및 비발암 건강장해를 유발할 수 있는 대표적인 물질로 알려져 있다.^{25,26)} 언론, 마스크 등은 이러한 유해성 정보에 기반하여, 특정 매체에서 HCHO가 검출되었을 경우, 해당 물질이 발암성임을 강조하여 보도하게 되는데, 이러한 보도 대부분이 위해에 기반한 건강장해 발현 가능성 등 과학적 근거 제시가 이루어지지 않고 있다. 이러한 제한적 정보에 기반한 위해 정보 전달은 관계 분야 이해관계자들의 제품 생산 및 관리에 어려움을 야기할 수 있고, 소비자들에게 막연한 불안감만을 조성할 우려가 있다 사료된다. 유럽위원회(European Commission, EC)는 소비자 제품에서 HCHO 노출에 따른 위해는 흡입 노출로 인한 자극성을 주 위해 요인으로 선정할 바 있으며, 간헐적 노출이 이루어지는 매체에서는 발암성 영향을 예측할 수 없다 보고한 바 있다.¹³⁾ 본 연구 또한 평가대상 품목이 간헐적 노출이 이루어지는 품목이라는 점을 고려하여 비발암성 건강 위해성평가만을 수행하고 그 결과를 제시하여 향후 섬유제품 내 HCHO의 위해 관리에 있어 과학적이고 합리적인 결과가 제공될 수 있도록 하였다.

경피 노출 경로에 대한 위해도는 함량 분석과 전이량 시험이 모두 이루어진 핸들커버 3개 품목에 대해, 함량 측정 결과를 기반으로 한 노출량 산정 결과(각각 0.0314, 0.0081, 0.0090 mg/kg/day)가 전이량 기반의 노출량(각각 0.0783, 0.0333, 0.0474 mg/kg/day)보다 상대적으로 낮은 수치를 나타내는 것

으로 나타났다. 이는 함량 측정 결과에 기반한 노출량 산정 식에서 제품 내 유해물질이 함유된 물질이 피부와 직접 접촉하는 층의 두께(TL)를 고려하여 노출량이 산정되지만, 전이량의 경우 두께와 같은 별도의 보정계수가 부재하다는 차이에서 기인한 것으로 사료된다. Delmaar (2013)³²⁾에서도 ECETOC의 경피 노출량 추정 결과가 완제품에서 충분히 보수적이지 않을 수 있다고 지적한 바 있다. 다만, 스크리닝(Screening) 목적으로 수행되는 노출량 산정 식 중 타 방법론에 비해 ECETOC가 전반적으로 보수적 추정치를 제공하고 있다는 보고 결과와^{33,34)} 노출량 산정과정에서 입력되는 변수가 단순하여 신속한 평가가 가능하다는 점을 고려하면 상세 위해성평가 대상 품목 선정을 위한 스크리닝 도구로서 역할은 충분히 수행할 수 있을 것으로 사료된다.³³⁾

기타 섬유제품의 위해성평가 결과는 조사대상 전 품목에 대해 위해 기준을 초과하지 않는 것으로 나타나, 정책적 자료로서 기타 제품류의 유해물질 안전요건 미적용 조항에 대한 근거 자료로써 활용될 수 있을 것으로 판단된다. 하지만 향후 기타 섬유제품으로 분류될 수 있는 융복합신제품 출현시 유해물질 미적용 조항에 따른 관리사각지대 문제의 재발 우려가 있으므로, 현행 관리형태는 중장기적으로 개선되어야 할 문제라 할 수 있다. 뿐만 아니라 관리 품목을 지정·고시하여 관리하는 형태는 융복합신제품 출현에 유동적인 대응이 어렵다는 한계점이 과거부터 지적된 바 있어,^{1,35)} 이의 문제 해결을 위한 지속적인 연구가 필요하다고 보여진다. 환경부(생활화학제품 등), 식품의약품안전처(위생용품 등)의 경우, 이와 같은 제한사항을 고려하여 위해성평가와 관련한 다양한 연구추진을 통해 제품출시 전후를 포괄할 수 있는 제품안전정책 추진을 위해 활발한 활동을 수행하고 있다. 국내 제품안전 주무부처인 국가기술표준원 또한 제품안전 사각지대 발생 최소화 및 사후관리 강화를 위해 2018년 제품안전 전담기관인 한국제품안전관리원을 신설하고, 다양한 위해성평가 및 제품사고조사 등의 연구를 추진해오고 있다. 다만, 국가기술표준원 소관품목의 위해성평가 분야에 대한 문헌이 타 부처 품목에 비해 상대적으로 미흡하다는 점을 고려하면, 본 연구의 결과가 향후 국가기술표준원의 제품안전정책 연구추진에 있어 기반 자료로써 활용될 수 있을 것으로 기대하는 바이다.

V. 결 론

본 연구는 제품 형태의 다변화로 인해 유해물질 함유에 따른 인체 위해가 우려되지만, 기타 섬유제품으로 분류되어 유해물질 안전기준이 적용되지 않는 품목을 대상으로 최근 이슈화된 HCHO의 실태조사 및 위해성평가를 통해 기타 섬유제품의 안전성을 평가한 연구이다. 실태조사는 관련 부속서상 시험분석 방법론과 관련 표준에 기반하여 설정하였으며, 위해성평가는

함량 분석 결과에 기반한 평가방법론과 해당 방법론에서 위해 기준을 초과한 품목에 대해선 상세 평가를 통해 개별 제품의 위해도를 산출하였다. 평가결과, 함량에 기반한 위해성평가지 3개 제품(핸들커버)에서 위해 기준을 초과하는 것으로 나타났으나, 방출량·전이량에 기반한 위해성평가지 위해 기준을 초과하는 제품은 없는 것으로 조사되었다. 평가 결과는 현행 기타 섬유제품의 유해물질 안전기준 미적용 조항의 근거 자료로서 활용될 수 있으나, 융복합신제품 출현에 따른 현행 제도의 한계점이 우려되므로 지속적인 연구를 통한 관리 사각지대를 최소화하려는 노력이 필요하다고 사료된다.

감사의 글

본 연구는 산업통상자원부의 융복합신기술 제품안전기술지원사업에서 지원받았으며(과제번호: 20024035) 이에 감사드립니다.

Conflict of Interest

No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

References

- Kim BY, Kwon HY. The status and improvement of product safety management law and institution. *J Law Econ Regul.* 2017; 10(1): 61-79.
- Ju MJ, Yoon JG, Jo EK, Lee SA, Oh JH, Park JH, et al. A study on the regional distribution of enrollment cases who reported humidifier disinfectant-related health effects. *J Environ Health Sci.* 2021; 47(4): 303-309.
- Park TH. Health risk assessment on radon exposure in Korea residential environments: based on the risk assessment model provided by US EPA [dissertation]. [Seoul]: Seokyeong University; 2019.
- Korean Agency for Technology and Standards (KATS). Starbucks, initiates voluntary recall of travel bags. Eumseong: Korean Agency for Technology and Standards; 2022.
- Australian Competition and Consumer Commission (ACCC). Safety guidance on concentrations of particular chemicals in certain consumer goods. Canberra: ACCC Publication; 2014.
- Japan Environment Association (JEA). "Household textile products version 3.5" certification criteria. Eco Mark Product Category No. 104. Tokyo: Japan Environment Association; 2022.
- Global Organic Textile Standard (GOTS). Global Organic Textile Standard (GOTS) version 7.0. Stuttgart: Global Standard Gemeinnützige GmbH; 2023.
- Global Standard No. 1 (GS1). GPC browser. Available: <https://gpc-browser.gs1.org/> [accessed 6 April 2024].
- Park TH, Kim JS, Song JH, Yun PJ, Hong SK, Moon ES, et al. A

- pilot study on the standard classification system for effective operation of the product safety management: for children's products. *J Stand Certif Saf.* 2023; 13(1): 35-50.
10. Adamović D, Čepić Z, Adamović S, Stošić M, Obrovski B, Morača S, et al. Occupational exposure to formaldehyde and cancer risk assessment in an anatomy laboratory. *Int J Environ Res Public Health.* 2021; 18(21): 11198.
 11. Naya M, Nakanishi J. Risk assessment of formaldehyde for the general population in Japan. *Regul Toxicol Pharmacol.* 2005; 43(3): 232-248.
 12. Trantallidi M, Dimitroulopoulou C, Wolkoff P, Kephelopoulou S, Carrer P. EPHECT III: health risk assessment of exposure to household consumer products. *Sci Total Environ.* 2015; 536: 903-913.
 13. European Commission (EC). Commission Regulation (EU) .../... of XXX amending Annex XVII to Regulation (EC) No 1907/2006 of the European Parliament and of the Council as regards formaldehyde and formaldehyde releasers. Available: <https://ec.europa.eu/transparency/comitology-register/screen/documents/084710/3/consult?lang=en> [accessed 31 March 2024].
 14. European Centre for Ecotoxicology and Toxicology of Chemicals (ECETOC). Targeted risk assessment. ECETOC technical report No. 93. Brussels: ECETOC; 2004.
 15. European Chemicals Agency (ECHA). Guidance on information requirements and chemical safety assessment. Chapter R.15: consumer exposure assessment. ECHA-16-G-07-EN. Helsinki: ECHA; 2016.
 16. Delmaar JE, Park MVDZ, van Engelen JGM. ConsExpo 4.0: consumer exposure and uptake models program manual. RIVM report 320104004/2005. Bilthoven: RIVM; 2005.
 17. National Institute of Environmental Research (NIER). Korean exposure factors handbook. Incheon: NIER; 2019.
 18. Korean Institute of Product Safety (KIPS). Establishment of risk management and risk assessment methods to assist in developing and revising safety standards for new convergence products. Seoul: Korea Planning & Evaluation Institute of Industrial Technology; 2022.
 19. Korea Transport Institute (KOTI). 2013 National transportation survey and DB construction project: automobile usage survey. Sejong: Ministry of Land, Infrastructure and Transport; 2013.
 20. National Institute of Environmental Research (NIER). Regulations regarding the subject and methods of safety assessment for household chemical products. Incheon: NIER; 2021.
 21. United States Environmental Protection Agency (US EPA). Vehicle size classes used in the fuel economy guide. Available: <https://www.fueleconomy.gov/feg/info.shtml#sizeclasses> [accessed 14 March 2024].
 22. National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). NIOSH skin notation profiles: formaldehyde/formalin. DHHS (NIOSH) Publication No. 2011-145. Cincinnati: National Institute for Occupational Safety and Health; 2011.
 23. Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). Guidance notes on dermal absorption. Paris: OECD Environment, Health and Safety Publication; 2011.
 24. Jung JY, Lee HW, Park SH, Lee JI, Yoon DK, Lee CM. Health risk assessment by exposure to heavy metals in PM_{2.5} in Ulsan industrial complex area. *J Environ Health Sci.* 2023; 49(2): 108-117.
 25. United States Environmental Protection Agency (US EPA). Regional Screening Levels (RSLs) - generic tables. Available: <https://www.epa.gov/risk/regional-screening-levels-rsls-generic-tables> [accessed 14 March 2024].
 26. European Chemicals Agency (ECHA). Registration dossier - formaldehyde. Available: <https://echa.europa.eu/registration-dossier/-/registered-dossier/15858> [accessed 5 April 2024].
 27. United States Environmental Protection Agency (US EPA). Guidelines for human exposure assessment. Washington, D.C.: Risk Assessment Forum, U.S. EPA; 2020.
 28. Aldag N, Gunschera J, Salthammer T. Release and absorption of formaldehyde by textiles. *Cellulose.* 2017; 24: 4509-4518.
 29. de Groot AC, Le Coz CJ, Lensen GJ, Flyvholm MA, Maibach HI, Coenraads PJ. Formaldehyde-releasers: relationship to formaldehyde contact allergy. Formaldehyde-releasers in clothes: durable press chemical finishes. Part 1. *Contact Dermatitis.* 2010; 62(5): 259-271.
 30. Piccinini P, Senaldi C, Summa C. European survey on the release of formaldehyde from textiles. Luxembourg: European Communities; 2007.
 31. Guo H, Murray F, Lee SC, Wilkinson S. Evaluation of emissions of total volatile organic compounds from carpets in an environmental chamber. *Build Environ.* 2004; 39(2): 179-187.
 32. Delmaar JE, Bokkers BG, ter Burg W, van Engelen JG. First tier modeling of consumer dermal exposure to substances in consumer articles under REACH: a quantitative evaluation of the ECETOC TRA for consumers tool. *Regul Toxicol Pharmacol.* 2013; 65(1): 79-86.
 33. Zaleski RT, Dudzina T, Keller D, Money C, Qian H, Rodriguez C, et al. An assessment of the ECETOC TRA consumer tool performance as a screening level tool. *J Expo Sci Environ Epidemiol.* 2023; 33(6): 980-993.
 34. Kang SH, Lim MY, Lee KY. Comparison of exposure estimates using consumer exposure assessment models and the Korean exposure algorithm. *J Environ Health Sci.* 2024; 50(1): 43-53.
 35. Huh KO. Directions and suggestions for consumer safety policy in living. *Korean J Hum Ecol.* 2010; 19(2): 311-323.

<저자정보>

박태현(연구원), 송지환(팀장), 천사호(팀장),
조희래(팀장), 윤필준(연구원), 강호연(연구원),
구명선(연구원), 손진혁(연구원), 이철민(교수)