Printed in the Republic of Korea
ANALYTICAL SCIENCE & TECHNOLOGY
Vol. 20, No. 6, 488-495, 2007

HS-SPME-GC/MS 법을 이용한 PVC벽지 원자재의 TVOC 기여도 평가

장미옥 · 정탁교 · 정영림[1] · 김만구★
강원대학교 환경과학과, [1]강원대학교 공동실험실습관
(2007. 8. 16. 접수. 2007. 10. 31. 승인)

Evaluation of TVOC contribution from Raw materials of PVC wallpaper using the Headspace-SPME-GC/MS

Mi-ok Jang, Tak-Kyo Jeong, Yung-rim Jeong[1] and Man-goo Kim★
Kangwon National University Department of Environmental Science,
[1]Kangwon National University Central Laboratory Hyoja 2dong, Chuncheonsi, Kangwondo, Korea
(Received August 16, 2007; Accepted October 31, 2007)

요 약: 본 연구에서는 headspace-solid phase microextraction(HS-SPME)-GC/MS법을 이용하여 PVC 벽지의 원자재에서 방출되는 TVOC를 분석하여 기여도를 평가하였다. 시료로 사용한 원자재는 6종으로 희석제, 안정제, 가소제, 충전제, 발포제와 PVC 레진이다. 각 원자재 시료를 22 mL 바이알에 9 mL씩 취한 뒤 100°C에서 1시간동안 평형을 이룬 다음 75 μm Carboxen-PDMS 화이버로 25°C에서 1시간 흡착하여 GC/MS로 분석하였다. 정성결과 toluene, ethylbenzene 그리고 xylene과 같은 방향족 화합물과 acetone, methoxyacetone, 2-butanone 등의 케톤류와 nonane, decane, undecane 등의 알켄류가 검출되었다. 그 밖에도 ethanol, butanol 등의 알콜류와 알데히드류 등이 검출되었다. TVOC 방출량은 희석제 54.20 μg/g, 안정제 32.88 μg/g, 가소제 0.50 μg/g, PVC 레진 0.88 μg/g, 발포제 0.22 μg/g, 충전제가 0.11 μg/g로 나타났다. 각 원자재의 TVOC 방출량과 배합비를 고려한 TVOC 기여도는 희석제 0.708, 안정제 0.129, PVC 레진 0.115 순으로 높게 나타났다. 따라서 희석제와 안정제, PVC레진의 질적인 개선을 통해 TVOC 방출량을 줄이는 노력이 필요하다. 또한 본 연구에서 개발한 HS-SPME-GC/MS 방법은 원자재의 TVOC 분석에 유용하게 사용될 것으로 생각된다.

Abstract: A wallpaper having many surfaces in indoor is composed of various raw materials. In this study, TVOC contribution from raw materials of PVC wallpaper was evaluated by using headspace-solid phase microextraction (HS-SPME)-GC/MS. Samples were diluent, resin stabilizer, plasticizer, filler, blowing agent and PVC resin. 9 mL of each sample was put into 22 mL glass vial and they were equilibrated for 1 hour at 100°C. Headspace in vial was absorbed to 75 μm Carboxen-PDMS fiber and analyzed by GC/MS. Aromatic compounds like a toluene, ethylbenzene and xylene, ketones compounds like a acetone, methoxyacetone and 2-butanone and alkane compounds like a nonane decane and undecane were identified from raw materials. And

★ Corresponding author
Phone : +82-(0)33-250-8576 Fax : +82-(0)33-251-3991
E-mail : mgkim@kangwon.ac.kr

www.kci.go.kr

alcohol compounds like a ethanol and butanol and aldehydes were detected. TVOC emission of diluent, resin stabilizer, plasticizer, PVC resin, blowing agent and filler were 54.20 μg/g, 32.88 μg/g, 0.50 μg/g, 0.88 μg/g, 0.22 μg/g and 0.11 μg/g, respectively. Contribution of TVOC emission of diluent, resin stabilizer and PVC resin that were concerned about add ratio were 0.708, 0.129, 0.115, respectively. In conclusion, it's necessary to reduce TVOC emission through improvement of diluent, resin stabilizer and PVC resin. Also, HS-SPME-GC/MS method which was developed in this study will be used for raw materials analysis effectively.

Key words : PVC wallpaper, wallpaper raw material, HS-SPME-GC/MS

1. 서 론

현대인들은 하루 일상생활의 80 % 이상을 실내에서 보내고 있기 때문에 실내공기질에 대한 관심은 점차 커지고 있다. 실내환경오염에 의한 건강장애는 1970년대 이후 에너지 절감을 위해 실내공간을 밀폐화시키면서 나타나기 시작했다.[1] 에너지 보존을 위한 건물 기밀화에 따른 환기부족현상과 다양한 산업기술이 만들어 낸 건축자재와 생활용품로부터 방출되는 오염물질은 빌딩증후군(sick building syndrome, SBS)이라는 새로운 실내오염을 야기시켰다.[2] 새집증후군(sick house syndrome, SHS)라고도 하는 이 오염은 건물 내 거주자에게 두통, 현기증, 메스꺼움, 졸음, 눈의 자극, 집중력 감퇴 등의 증상을 불러일으키는 것으로 알려져 있다.

건축자재에서 발생하는 오염물질을 저감하는 방법은 오염원으로부터 발생을 저감하거나 오염원 자체를 제거하는 방법이 있으며, 선진국에서는 다양한 인증제도와 규제로 환경친화형 자재사용을 유도하고 있다.[3] 국내에서도 최근 '다중이용시설등의실내공기질관리법'의 시행과 함께 실내건축자재의 품질에 관한 인증제도가 시행되고 있다. 친환경상품진흥원에서 시행하고 있는 환경마크 인증제도와 공기정정협회에서 시행하고 있는 친환경건축자재 단체품질인증제도(HB마크)가 대표적인 것이다. 그 중 환경마크 인증제도는 전 세계 40여 개국에서 시행하고 있다. 우리나라에서는 1992년부터 환경부가 주관이 되어 시행해 왔으며 1994년 환경마크협회가 설립되어 전담하고 있다. 현재 2000여 품목이 환경마크인증을 받았으며 벽지는 5개사 19개 제품이 환경마트 인증을 받았다.

벽지의 환경마크는 2000년 9월 27일 환경표지 대상제품으로 제안되었다. 2001년에 마련된 벽지환경마크의 선정기준은 벽지의 전 과정 환경측면, 환경관련기준요소와 품질관련 기준 요소들을 포함하고 있다. 현재 벽지의 환경마크기준은 EL242-2001/3/2005-68로 친환경상품진흥원에 규정되어 있다. 그러나 PVC벽지는 2001년 당시 제품의 염화비닐수지(PVC)등 할로겐 합성수지의 사용금지 기준 이외에도 제품의 TVOC(휘발성유기화합물) 함량기준의 항목에 저촉되어 환경마크 인증대상품목에서 제외되었다.[4] 2007년 현재 친황경상품진흥원(환경마트협회)에서 인증개정작업을 진행하고 있으나 이후에도 PVC 벽지가 인증대상품목에 포함될 수 있는지는 좀 더 지켜봐야 하는 실정이다.

PVC벽지는 내구성과 방수 효과 및 단열 보온성 등의 기능성 향상을 위해 엠보싱 가공 처리 시 다양한 원자재를 첨가한다. 따라서 각각의 원자재가 PVC벽지에서 방출되는 TVOC 방출량에 기여하는 정도를 알아봄으로써 VOCs 방출량이 많은 원자재를 알아내고 이러한 원자재의 개선을 통해 TVOC 방출량이 적은 벽지를 생산해 낼 수 있다.

건축자재로부터 방출되는 화학물질을 측정하는 방법에는 ISO 16000-9~11에서 규정하는 표준방법인 방출시험 챔버법과 기타방법으로 추출법, HS법, 열추출법 등이 있다. 벽지는 제품만을 대상으로 하는 표준방법인 챔버법이나 기타 분석방법으로 분석이 가능하지만 벽지의 원자재처럼 액체상이나 가루상의 시료는 질소가스를 흘려주어 제품의 표면으로부터 방출되는 TVOC를 측정하는 챔버법으로는 분석이 불가능하다. 이 연구에서는 독일에서 벽지 분석을 위한 품질 분석방법으로 사용하고 있는 RAL-GZ-479법을 변형시킨 HS-SPME방법을 사용하여 PVC 벽지 원자재를 분석하였다.[5]

SPME방법은 최근 VOCs를 측정하는 방법으로 많이 사용되고 있다. SPME방법은 시료에서 휘발되는 헤드스페이스를 화이버에 흡착시킨 후 GC 주입구에서 탈착시켜 분석하는 방법으로 정확성, 신속성, 높은 감도성, 다용도성 그리고 경제성의 장점을 가지고 연

www.kci.go.kr

구나 산업 및 학문분야에서 우수한 채취방법으로 사용되고 있다.[6,7] 기존의 연구에서 SPME 방법과 표준방법인 20 L 챔버법의 상관관계를 선형회귀분석으로 알아본 결과 결정계수가 0.74로 양호한 상관성을 나타냈다. 이 연구에서는 개발된 HS-SPME-GC/MS 신속방법을 이용하여 벽지에서 방출되는 TVOC의 기여도를 평가하여 보고한다.

2. 연구방법

2.1. 시료

벽지는 내구성, 방수효과, 단열보온성 등이 경쟁력이기 때문에 이러한 기능을 만족시키기 위해서 다양한 원자재를 첨가한다. 특히 요즈음 가정에서 많이 사용되고 있는 PVC벽지에는 레진, 안정제, 희석제, 가소제, 발포제, 안료, 충전제, 분산제, 증백제 등 많은 종류의 원자재가 쓰인다. 이 중 2005년에 생산된 희석제(diluent), 안정제(resin stabilizer), 가소제(plasticizer), 충전제(filler), 발포제(blowing agent)와 PVC 레진(PVC resin)을 A사로부터 제공받아 분석하였다. 안정제는 플라스틱 등의 열화를 방지 또는 억제하기 위해 첨가되는 화학약품이고, 가소제는 염화비닐, 아세트산비닐 같은 열가소성 플라스틱에 첨가하여 열가소성을 증대시킴으로써 고온에서 성형가공을 용이하게 하는 유기물질이다. 점도를 저하시키는 희석제를 비롯한 안정제, 가소제는 액체상이다. 백색을 띠는 충전제는 고무나 플라스틱의 실용화에 있어서 노화방지보강증량을 목적으로 가하는 물질이고, 노란색의 발포제는 플라스틱이나 고무 등과 배합해 기포를 만들어 내는 물질이다. PVC 레진은 백색을 띠며 벽지에 첨가되는 원자재 중에서 기본이 되는 물질이다. 충전제, 발포제, PVC 레진은 모두 고체상(분말)을 사용하였다.

2.2 바탕실험

시료를 준비하기에 앞서 먼저 시료가 들어갈 바이알의 바탕값을 검토하였다. 바이알(Perkinelmer, USA)은 22 mL 용량의 것을 사용하였으며 280°C로 유지된 오븐에 바이알을 넣고 2시간 이상 열 세척 하여 시료가 들어갈 용기내벽에 잔류하는 VOCs에 의한 영향을 최소화하였다. 액체시료는 열세척한 바이알에 9 mL를 취한 뒤 전자저울(Precisa 80A-200M, Swiss)로 무게를 측정하였다. 고체 시료의 경우는 액체시료의 9 mL에 상응하는 높이까지 시료를 넣어주어 같은 헤드스페이스의 부피 조건으로 하였다. 시료를 채운 나머지 13 mL의 헤드스페이스 부피는 최적의 헤드스페이스 부피 실험을 통해 얻어진 부피를 사용한 것이다.[8] 고체시료는 가루가 날려 SPME 화이버를 손상시킬 수 있으므로 유리재질의 glass wool(Kawa-goeshi Saitamaken, Japan)을 넣어 안정시켰다. 각각의 시료를 바이알에 넣은 후 PTFE/Silicone 재질의 셉텀(Perkinelmer, USA)이 있는 마개로 밀봉한 후 다시 무게를 재고 100°C에서 한 시간 동안 평형을 이루게 하였다. 그리고 25°C 항온 오븐에 넣어 재 평형을 이루게 하였다.

2.3. HS-SPME 방법

본 연구에서 사용한 HS-SPME 분석방법은 독일에서 벽지를 분석할 때 사용하는 RAL-GZ 479방법을 변형하여 개발한 것이다.[5] RAL-GZ 479방법은 바이알에 시료를 펀칭하여 넣고 밀봉하여 100°C에서 1시간 가열하여 헤드스페이스를 형성시킨 후 실린지로 취하여 GC주입구에 직접 주입하여 분석하는 방법이다. 이 방법은 벽지가 실제로 100°C가 아닌 사람이 생활하는 25°C에서 유해물질을 방출한다는 점을 고려하지 않았다. 또한 실린지를 이용하여 주입하는 것은 실린지에 시료가 흡착되어 손실될 수 있는 가능성과 피크가 넓게 퍼져서 분석된다는 문제점을 가지고 있다. 본 연구에서는 시료를 바이알에 넣고 25°C에서 평형을 이루게 한 후 헤드스페이스를 SPME로 흡착하여 GC 주입구에서 열탈착시키는 동시에 컬럼 선단에서 저온 농축하여 분석하였다. 이 방법은 사람이 생활하는 온도에서 벽지도 유해물질을 방출한다는 점을 반영하였고 시료를 컬럼 선단에서 저온농축시킴으로써 피크가 넓게 퍼지는 현상을 개선하였다. *Fig.* 1에 독일의 RAL-GZ 479방법을 변형시킨 HS-SPME방법의 모식도를 나타냈다.

2.4. 시료의 채취 및 분석

본 연구에서 사용한 SPME 화이버는 극성/비극성 흡착제로 코팅된 75 μm carboxen-PDMS로 분석하기 전에 2시간동안 280°C의 GC 주입구에서 열세척 하였다. 그리고 25°C 항온 오븐에서 평형을 이룬 바이알 안의 헤드스페이스를 1시간 동안 노출시켜 흡착하였다. 이 화이버를 250°C로 유지되는 GC 주입구에서 10분간 열탈착 하는 동시에 컬럼 선단을 액체질소로 저온 농축하여 분석하였다. 분석은 GC/MS QP-2010 (Shimadzu, Japan)을 사용하였고 NIST(Version 21, 107)와 Willey(version 7) library를 이용하여 정성하였

www.kci.go.kr

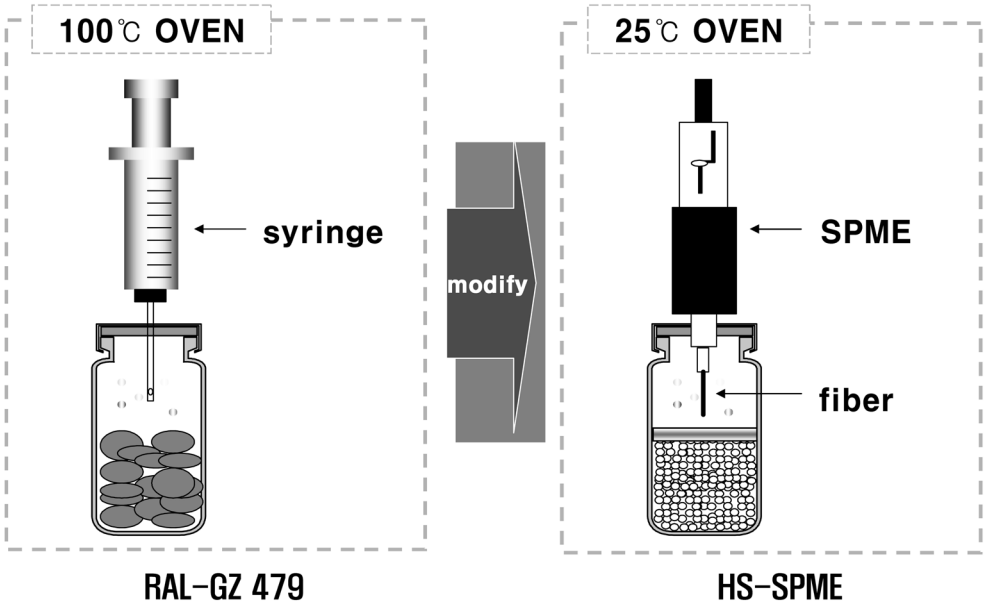

Fig. 1. Diagram of HS-SPME method modifing RAL-GZ 479 method.

Table 1. HS-SPME GC/MS conditions

GC/MS	QP-2010 (Shimadzu, Japan)
GC	
Column	UA-5 (60 m×0.25 mm×0.1 μm film)
Carrier gas	He, 1.0 mL/min
Injector temp.	250°C (10 min)
Oven temp.	40°C (0 min)-15°C/min-250°C (20 min)
Cryofocusing	Coolant (Liq. N_2), 10 min
Detector(MS)	
Interface	250°C
Ion source	250°C
Ionization	EI (70 eV)
Scan range	m/z 35~400
SPME	Supelco, USA
Fiber	75 μm carboxen-PDMS

다. UA-5(60 m×0.25 mm×0.1 μm film, Frontier Lab, Japan) 컬럼을 사용하여 분석하였다. 자세한 분석조건은 *Table* 1에 나타냈다.

2.5. 검량선 용액의 분석

벽지 원자재에서 방출되는 TVOC를 정량하기 위해서 톨루엔으로 검량선을 작성하였다. 톨루엔(99.8 %, Sigma-Aldrich, USA)은 유동파라핀(Fluka, Germany) 용매를 사용하여 희석하였으며, working standard로 0.001, 0.005, 0.01 mol/L 농도를 제조하였다. 각 표준용액을 2 μL씩 22 mL 바이알에 넣고 밀봉시킨 후 40°C 오븐에서 3분 동안 기화시켰다. 25°C 항온오븐에서 평형을 이룬 헤드스페이스를 SPME 화이버로 2시간동안 흡착시켜 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 바탕실험

각 원자재를 분석하기 전에 분석 컬럼, SPME 화이버와 바이알의 바탕실험을 시행하였다. 분석결과를 *Fig.* 2에 나타냈다. 시료(d) 크로마토그램과 비교했을 때, 컬럼(a), SPME 화이버(b) 그리고 바이알(c) 크로마토그램에서 특징적인 봉우리를 확인할 수 없었으며, 검출된 봉우리의 전체면적이 시료에서 검출된 봉우리의 전체면적의 10 % 미만으로 나타나 배경수준이 좋은 것으로 나타났다.

3.2. 분석재현성과 직선성

HS-SPME-GC/MS를 이용한 PVC 벽지 원자재 분석의 재현성과 직선성 평가는 단계별로 희석한 톨루엔 표준용액을 3회 반복 측정하여 수행하였다. 재현성은 평가결과 모두 15 % 이내로 나타났고, 검량선의 결정

www.kci.go.kr

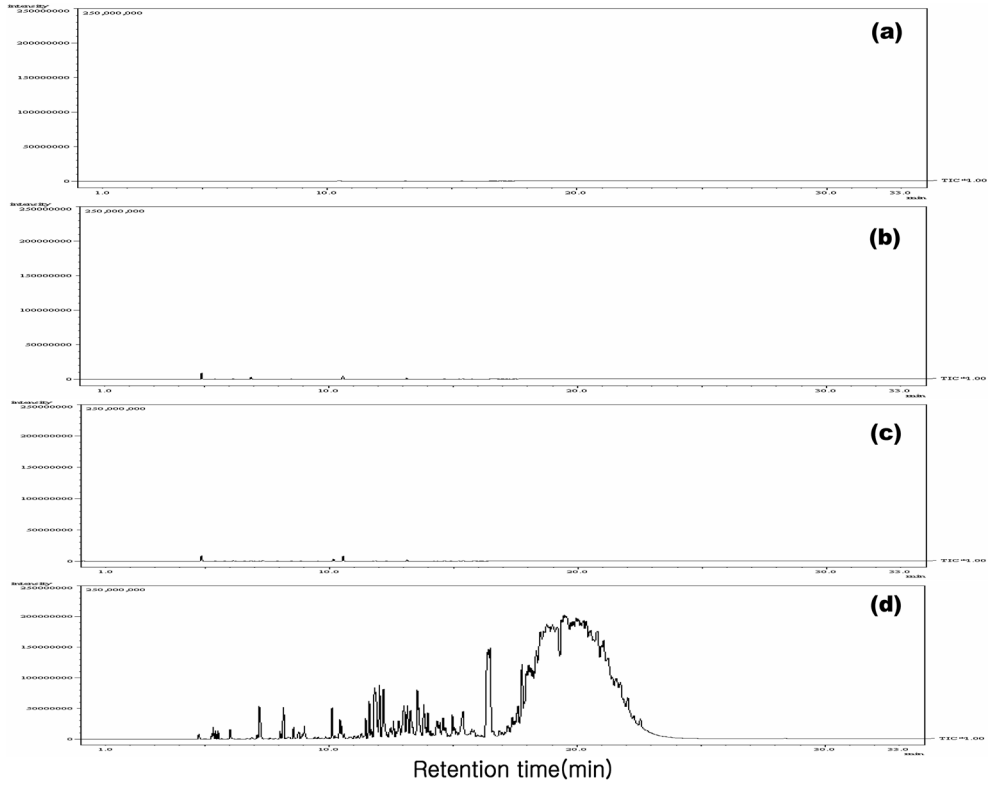

Fig. 2. Total ion chromatograms of blank test for column(a), SPME fiber(b) and vial(c). sample(d).

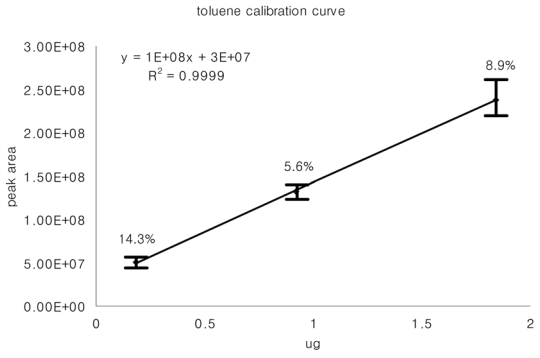

Fig. 3. Calibration curve of toluene obtained from HS-SPME-GC/MS.

계수(R^2)는 0.99 이상으로 양호한 직선성을 나타냈다. *Fig.* 3에 톨루엔의 검량선을 나타냈다.

3.3. 시료 분석

각 원자재 시료를 GC/MS로 분석하여 얻은 크로마토그램을 *Fig.* 4에 나타냈다. 가소제, PVC 레진, 충전제 그리고 발포제는 다른 원자재와 같은 스케일에서 볼 경우 아무 피크도 확인할 수 없었기 때문에 스케일을 4배 확대하여 나타냈다. 희석제(a)와 안정제(b)에서는 타 원자재에서 거의 나타나지 않은 C_{10} 이상의 VOCs가 뭉쳐서 용리되는 봉우리가 머무름시간 14~21분 사이에서 나타났다. 4배 확대한 크기에서는 가소제에서 약간의 뭉침 봉우리가 나타났으나 PVC 레진, 충전제, 발포제는 뭉쳐서 용리되는 봉우리가 나타나지 않았다.

뭉쳐서 용리되는 봉우리에는 Oil 정성하기 힘든 수많은 종류의 VOCs가 있다. *Table* 2에 원자재에서 검출된 VOCs를 나타내었다. 뭉쳐서 용리되는 봉우리 외에서는 toluene, ethylbenzene, xylene, trimethylbenzene과 같은 방향족 화합물과 acetone, methoxyacetone, 2-butanone, 2-propenone 등의 케톤류 그리고 nonane, decane, undecane 등의 알켄류가 검출되었다. 또한, ethanol, butanol등의 알콜류와 카르복시산류, 알데히드류도 검출되었다. 희석제에서는 방향족 화합물이 주로 검출되었고 안정제에서는 알켄류와 알데히드 그리고 방향족화합물까지 다양한 화학종이 검출되었다. 가소제에서는 알켄류와 방향족화합물이, 발포제에서는 알

www.kci.go.kr

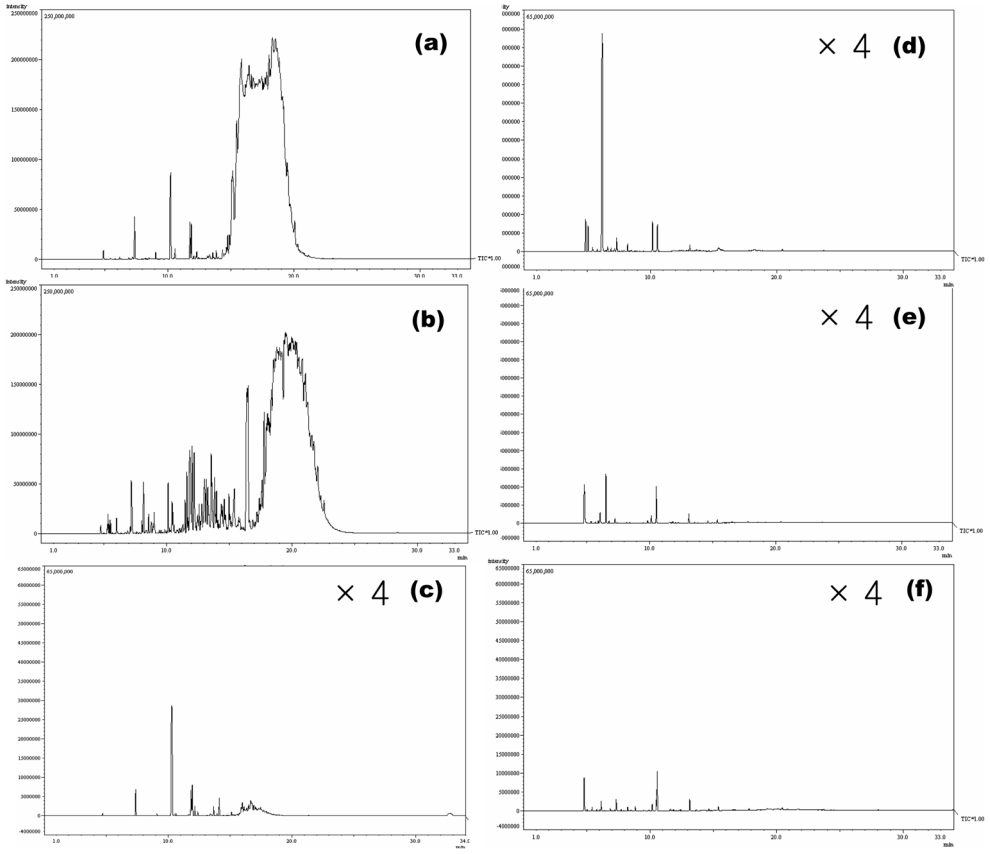

Fig. 4. Total ion chromatograms of emitted TVOC from raw materials of PVC wallpaper. (a) diluent, (b) resin stabilizer, (c) plasticizer, (d) PVC resin, (e) blowing agent, and -(f) filler.

콜류와 방향족화합물이 주로 검출되었다. 이러한 화학종 중에서도 toluene, ethylbenzene, xylene은 두통, 관절통, 눈의 뿌옇게 보임, 권태감, 탈력감, 메쓱거림 등의 증상을 유발시키고, acetaldehyde, acetone, decane 등의 화학종은 두통과 숨막힘, 입안의 쓴맛 등의 증상을 일으키는 것으로 알려져 있다.[9]

원자재들의 TVOC 방출량은 GC/MS 크로마토그램의 C_6~C_{16} 사이 면적을 톨루엔 등가로 환산하여 구하였다. TVOC 방출량의 단위는 무게당 방출량 (μg/g)을 사용하였으며, 각 원자재 시료무게(g)와 TVOC 방출량(μg)을 *Table* 3에 나타내었다. TVOC 방출량은 희석제가 54.20 μg/g, 안정제가 32.88 μg/g, PVC 레진이 0.88 μg/g, 가소제가 0.50 μg/g, 발포제가 0.22 μg/g, 충전제가 0.11 μg/g순으로 높은 방출량을 나타냈다. 희석제와 안정제는 뭉쳐서 용리되는 봉우리로 인해 TVOC 방출량이 다른 원자재보다 두드러지게 많다. 희석제는 뭉쳐서 용리되는 봉우리가 TVOC(C_6~C_{16}) 범위 안에서 검출되었으나 안정제는 뭉쳐서 용리되는 봉우리가 TVOC 범위 이상에서까지 검출되었기 때문에 SVOC 방출량 또한 많다는 것을 알 수 있다.

3.4. TVOC 상대 기여도 평가

각 원자재의 PVC벽지 TVOC 방출량에 대한 상대 기여도는 배합비(kg)와 각 원자재의 TVOC 방출량(μg/g)을 고려하여 구하였다. 배합비는 PVC 벽지의 기본이 되는 PVC 레진 100 kg을 기준으로 하였으며, 가소제 60 kg, 충전제 50 kg, 희석제 10 kg, 발포제 6 kg, 안정제 3 kg의 배합비를 가진다. 기여도 산출식은 다음과 같고 배합비(kg)와 상대 기여도를 표 4에 나타내었다.

Table 4에서 각 원자재의 PVC 벽지 TVOC 방출량에 대한 상대기여도는 희석제가 0.708, 안정제가 0.129, PVC 레진이 0.115, 가소제 0.039, 충전제 0.007, 발포제 0.002의 순으로 높게 나타났다. 희석제와 안정

www.kci.go.kr

Table 2. Detected volatile organic compounds from raw materials of PVC wallpaper

class of compound	compound	Diluent	Resin stabilizer	Plasticizer	PVC resin	Blowing agent	Filler
alkanes/alkenes	dichrolomathane					0	
	nonane	0		0			
	decane	0	0	0			
	undecane		0	0			
	propene				0		
	isobutene		0			0	
	2-butene		0				
alcohols	ethanol				0	0	0
	butanol	0	0				0
	pentanol					0	
	2-ethylhexanol			0			
aldehydes/ ketones	acealdehyde		0				
	butylraldehyde		0				
	valeraldehyde						0
	hexaldehyde						0
	acetone	0	0				
	methoxyacetone					0	0
	2-butanone	0		0	0	0	0
	2-pentanone		0				
carbonic acids/esters	methyl methacrylate	0		0			
	ethylhexanoic acid		0				
aromatics	toluene	0	0	0	0	0	0
	ethylbenzene	0	0	0		0	
	xylene	0		0		0	
	trimethylbenzene	0	0	0			

Table 3. TVOC emission from raw materials of PVC wallpaper

Raw materials	weight(g)	TVOC (μg)	Unit TVOC (μg/g)
PVC resin	4.68	4.12	0.88
Plasticizer	9.85	4.96	0.50
Filler	12.92	1.36	0.11
Diluent	7.40	401.09	54.20
Blowing agent	4.99	1.07	0.22
Resin stabilizer	9.38	308.40	32.88

제는 배합비가 다른 원자재에 비해 상대적으로 작음에도 불구하고 TVOC 방출량(μg/g)이 많기 때문에 높은 기여도를 나타냈다. PVC 레진은 TVOC 방출량(μg/g)이 희석제와 안정제에 비해서는 적지만 배합비가 크기 때문에 기여도가 3위로 높게 나타났다. 가소제와 충전제 그리고 발포제의 기여도는 모두 합쳐도 5 %가 안 되는 수준을 보였다.

Table 4. Add ratio and contribution of raw materials of PVC wallpaper

Raw materials	Add ratio(kg)	Contribution
PVC resin	100	0.115
Plasticizer	60	0.039
Filler	50	0.007
Diluent	10	0.708
Blowing agent	6	0.002
Resin stabilizer	3	0.129

4. 결 론

HS-SPME-GC/MS 법을 이용하여 PVC 벽지제품의 TVOC 방출량에 대한 상대기여도를 평가한 결과 희석제가 0.708, 안정제가 0.129, PVC 레진이 0.115 순으로 높은 기여도를 나타냈다. 희석제와 안정제는 플라스틱의 성형가공을 용이하게 만들고 PVC 레진은 PVC 벽지의 기본이 되기 때문에 PVC 벽지 제조 시

www.kci.go.kr

사용이 불가피한 원자재이다. 따라서 TVOC 방출량에 기여도가 높은 이러한 원자재들의 질적인 개선을 통해 PVC벽지로부터 방출되는 TVOC를 줄이는 노력이 필요하다.

또한 본 연구에서 사용한 HS-SPME-GC/MS 방법은 우수한 직선성과 재현성으로 벽지원자재의 TVOC 기여도 평가에 효과적이었으며 신속성과 정확성의 장점을 이용하여 연구분야 뿐만 아니라 산업분야에서 원자재를 평가하는 방법으로 유용하게 활용될 것으로 생각된다.

감사의 글

이 논문은 강원대학교 환경과학과 BK21 웰빙사업단과 강원대학교 부속환경연구소의 지원에 의해 이루어 졌으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. National Academy of Science (NAS), “Human exposure assessment for airborne pollutants”, Washngton DC., 1993.
2. Hoddinott K. B., Lee A. P., *Chemosphere*, **41**, 77-84 (2000).
3. A.T. Hodgson, A. F. Rudd, D. Beal and S. Chandra, *Indoor air*, **10**, 178-192 (2000).
4. 한국석유화학공업협회, “종이벽지와 PVC벽지의 사용 중 품질비교”, 1-7 (2006).
5. 정보영, Headspace-SPME-GC/MSD를 이용한 벽지에서 방출되는 휘발성유기화합물의 신속한 분석방법 개발, 강원대학교 이학석사학위 논문 (2005).
6. Koziel, J A; Pawliszyn, J, Air sampling and analysis of volatile organic compounds with solid phase microextraction, Journal of the air& Waste management association, Vol. 51, Issue 2 (2001).
7. 정탁교, 한국분석과학회 추계학술대회초록집, p. 210 (2006).
8. 박수미, 헤드스페이스-모세관컬럼-GC/FID를 이용한 대기 중 트라이메틸아민 분석법 개발, 강원대학교 이학석사학위 논문 (2005).
9. 일본건축학회, “새집증후군 대책의 바이블”, 선진문화사, 62-66 (2004).

www.kci.go.kr