

ORIGINAL ARTICLE

## 에어컨디셔너 공기질 개선의 신뢰도 확보를 위한 냄새 분석 기술 연구

강석현 · 허필호<sup>1)</sup> · 안영철<sup>2)\*</sup>

LG전자 H&A사업본부, <sup>1)</sup>부산대학교 고분자공학과, <sup>2)</sup>부산대학교 건축공학과

### Research on Odor Analysis Technology to Secure the Reliability of Air Quality Improvement in Air Conditioners

Seok-Hyun Kang, Pil-Ho Huh<sup>1)</sup>, Young-Chull Ahn<sup>2)\*</sup>

Home Appliance & Air Solution Company, LG Electronics, Gyeongnam 51554, Korea

<sup>1)</sup>Department of Polymer Science & Engineering, Pusan National University, Busan 46241, Korea

<sup>2)</sup>Department of Architectural Engineering, Pusan National University, Busan 46241, Korea

#### Abstract

In this study, the odor of the parts and the odor of the surrounding environment were classified and verified. In order to increase the reliability of odor quantitative/qualitative analysis, the selection criteria for 5 sensory evaluators were established, and the n-Butanol control solution for each odor intensity was periodically trained to recognize the odor intensity before sensory evaluation. In addition, although various odor thresholds have been used through several studies, verification of whether the odor intensity value obtained through GC/MSD analysis is similar to the degree to which a person directly smells and feels it. It is important to select the odor threshold that has the best correlation with the odor intensity calculated by the person smelling the odor. Finally, sampling and measuring flowing airflow and temporary odors such as odor component analysis was experimentally difficult due to limited collection space and differences in concentration of generated components. In this study, a quantitative analysis was made possible by using the low temperature concentration (cooling) trap method. Through this, it was confirmed that the correlation with the actual odor intensity was not caused by the product itself, but by the environmental factor discharged from the product after creating the odor environment.

**Key words** : Residential air conditioner, Odor threshold, OAV(odor activity value), Odor intensity, Indoor air quality,  
Low temperature concentration (cooling) trap

#### 1. 서론

최근 온난화 현상, 미세·초미세먼지 등 대기질 오염의  
이유로 가정용 에어컨디셔너(residential air conditioner,

이하 에어컨디셔너)를 이용한 실내 공기질 개선이 생활  
환경에서 주요 관심사로 자리 잡고 있으며, 특히 여름철  
에어컨디셔너의 냉방 사용시간 또한 크게 증가하고 있다.  
가정, 병원, 호텔, 음식점, 자동차 등에서 사용하고 있는

Received 4 November, 2020; Revised 4 December, 2020;  
Accepted 4 December, 2020

\*Corresponding author: Young-Chull Ahn, Department of Architectural  
Engineering, Pusan National University, Busan 46241, Korea  
Phone : +82-51-510-2492  
E-mail : ycahn@pusan.ac.kr

© The Korean Environmental Sciences Society. All rights reserved.  
© This is an Open-Access article 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.

에어컨디셔너, 공기청정기 등의 전자제품에서 제품자체 또는 습기 및 세균/먼지 등 주변 환경적인 요인에 의한 냄새 발생 논란이 지속적으로 제기되고 있는 추세이다. 이러한 에어컨디셔너는 일반적으로 공기의 외부순환 없이 밀폐된 공간 내에서 가동되고 있기 때문에 휘발성 유기 화합물(VOCs: Volatile Organic Compounds)이 배출될 경우 저농도라 하더라도 사용자가 인지하지 못한 상태로 실내에 장시간 노출된다면 건강측면에서 문제를 초래할 수 있다. 또한 감각공해의 한 부분으로 냄새(odor) 성분으로 인한 인간의 최소감지농도(odor threshold)에 의해 후각적 피해 또한 매우 낮은 농도에서 일어날 수 있기 때문에 쾌적한 공기질 관리가 절대적으로 필요하다 (Devos et al., 1990; Nagata, 2003). 이러한 이유로 세계 보건기구 및 주요 국가들은 실내 공기 환경 규제 부분에서 VOCs 대상 성분과 관리기준을 명시하고는 있으나, 이성질체를 포함한 탄화수소화합물의 총칭이라 할 수 있는 VOCs는 매우 낮은 농도로 생활환경 중에 존재하기 때문에 정확한 분석이나 측정이 어렵다.

최근 자동차 회사의 경우 실내냄새 원인으로 차량용 에어컨디셔너의 알루미늄 열교환기를 지목하고 있다. 원인 분석을 위해 알루미늄 열교환기 부품의 제조공정 차이에 발생하는 냄새(Simmons et al., 2000), 차량용 에어컨디셔너 운전 및 ON/OFF조건에 따른 온·습도 변화로 발생하는 냄새(Uchiyama et al., 2003), 열교환기 핀과 표면에 미생물 성장에 따른 생물막 형성으로 인한 냄새(Kim et al., 2014) 등 다양한 연구가 진행되고 있으나 냄새원인 물질과 근원을 규명하기가 어렵다. 이러한 냄새는 후각으로 냄새강도(odor intensity)를 측정하는 정성적인 방법과 냄새분석 시스템을 이용한 정량적인 방법을 이용하는데 냄새분석 시스템 이용시에는 냉동벤치장치(lab-scale test bench)를 이용하여 공기 및 응축수 시료를 채취하여 냄새원인 물질을 평가했다(Kim et al., 2006~2007). 여러 형태의 에어컨디셔너에서 발생하는 냄새성분을 분석 및 조치하기 위해 다양한 냄새포집백(Tedlar polyester, Teflon gas sampling bag)이 사용되어 왔으며, 적정량의 샘플링을 위해 냄새 발생 환경에서 포집백을 일정 시간 방치하는 자연포집 방법 또는 포집백을 압축하였다가 펼치는 등 구조 및 형태를 보완한 인위포집 방법 등을 사용하며 방법을 개선시켜 왔다. 하지만 이러한 방법을 통해서 유동 기류 및 한시적 냄새를

샘플링하고 분석하여 정량화하기는 매우 어려우며, 에어컨디셔너 제품이나 제품이 설치된 주변 냄새를 포집하는 공간에 따라 발생 성분들의 종류와 농도가 상이하여 샘플링 방법 및 측정 차수에 따른 냄새 체감과 분석 결과의 경향성을 찾기가 난해한 문제점이 있다.

본 연구에서는 에어컨디셔너에 대하여 밀폐된 공간에서 냄새 성분을 저온 동결·농축하여 고농도화 함으로써 분석이 용이하도록 하였으며, 포집백에 의존하는 방식이 아니라 냄새가 발생하는 제품 또는 규격(모양, 크기)에 따라 다양한 크기 및 형태로 포집기 제작이 가능하도록 하였다. 냄새저감(odorless) 기술수립을 위한 주요한 분석법으로 활용하여 냄새가 발생하는 대기환경 및 다양한 산업분야에서 냄새 성분을 분석하는 포집기 또는 에어컨디셔너의 품질검사 장치 등에도 활용 가능성을 두게 되었다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1. 측정 대상 물질과 최소감지농도의 신뢰도

에어컨디셔너에서 발생하는 냄새성분을 정밀분석 시 해당 휘발성 유기화합물(VOCs)은 끓는점 50~260°C 사이에 있는 C6~C16에 속하는 화합물이라 할 수 있다. 냄새유발 물질군은 VOCs, 환원황화합물, 지방산류로 분류가 가능하며, VOCs 대표 물질로는 톨루엔, 환원황화합물에는 메틸메르캅탄, 지방산류에는 노르말 부티르산, 알데하이드류에는 아세트알데하이드를 들 수 있다. 후각으로 인지되는 냄새성분의 최소 농도값을 최소감지농도로 정의하였다. 이 값은 지역, 사회·문화적인 특징과 성별, 연령 등 개인적 특성에 영향을 받게 되며 본 연구에서는 최소감지 농도값으로 Nagata값과 Devos값에 대한 냄새강도와의 신뢰도인 상관성을 분석하여 Devos값 선정하였고 측정 대상의 주요 냄새 물질 및 해당 최소감지 농도값은 Table 1에 나타내었다 (Devos, 1990; Schiffman et al., 2001).

또한 측정하고자 하는 대상 물질은 에어컨디셔너의 부품자체 냄새와 주변 환경적인 냄새를 구분하여 검증하였으며, 부품자체 냄새는 열교환기, 필터, 플라스틱, 전기 회로부품, 단열재 등 하위부품이나 원재료부터 부품 및 제품 공정단계별 냄새물질을 분석 진행하였고 환경냄새는 장치의 운전조건별 생활냄새(흡·탈착) 등의 관점에서

**Table 1.** Odor threshold of compounds

Functional group	Compounds	CAS No.	Odor threshold (ppb)	Description
VOC	Toluene	108-88-3	1564.0	Thinner
	Methyl ethyl ketone	78-93-3	7939.6	Irritant, Sweet
	p-Xylene	106-42-3	493.2	Irritant
Acid	Propionic acid	79-09-4	36.3	Sour sweat
	Isobutyric acid	79-31-2	20.1	Irritant, Unpleasant
	n-Butyric acid	107-92-6	4.0	Fermented, Unpleasant
	Isovaleric acid	503-74-2	17.3	Sour sweat, Foul
	n-Valeric acid	109-52-4	4.9	Very unpleasant
	Acetic acid	64-19-7	147.9	Vinegar
Amine	Trimethylamine	75-50-3	2.4	Fishy
Sulfide	Hydrogen sulfide	2148878	18.4	Rotten eggs
	Methyl mercaptan	74-93-1	1.1	Rotten onions
	Dimethyl sulfide	75-18-3	2.3	Stir-fried vegetables
	Dimethyl disulfide	624-92-0	12.4	Garlic
Aldehyde	Acetaldehyde	75-07-0	188.3	Hangover, Pungent
	Benzaldehyde	100-52-7	42.9	Sweet
	Butyraldehyde	123-72-8	9.3	Tangy, Irritant
	Propionaldehyde	123-38-6	145.0	Fruity
	Formaldehyde	50-00-0	871.8	Tangy, Irritant
	Acrolein	107-02-8	177.6	Fragrant
	Crotonaldehyde	123-73-9	135.8	Tear gas, Suffocating
Phenyl	Benzene	71-43-2	3758.5	Irritant
	o-Xylene	95-47-6	875.7	Irritant
	Ethylbenzene	100-41-4	3.0	Gasoline
Chloro	Chloroform	67-66-3	12070.9	Bond smell
Alkane	Hexane	110-54-3	22541.8	Fragrant, Grass
Ketone	Methyl isobutyl ketone	108-10-1	559.4	Irritant, Sweet
	Acetone	67-64-1	14617.1	Body metabolic

냄새유발 인자를 보다 정확하게 규명하고자 하며 냄새강도(odor intensity)별 관능평가 기준은 Table 2와 같이 나타내었다.

본 연구에서는 에어컨디셔너에서 발생하는 냄새에 대하여 관능평가시험을 위해 냄새 관능평가자 5인(19세 이상)을 선정이 필요하다. 이를 위해 관능평가자는 관능평가시험 총 3단계에 걸쳐 선정하며, 1단계는 냄새강도 인식시험으로 인식시험액 1점 시험액과 증류수를 이용하여 냄새를 인식 할 수 있는지 확인하기 위한 시험을 실시하였다. 2단계는 냄새강도의 객관적인 기준 설정을 위한 대

조군 시험으로 냄새강도 인식시험을 통과한 관정요원 후보대상자들에게 냄새강도별 n-Butanol 대조액(강도 1~5 점)시험을 통해 냄새강도에 대한 정도를 인식하도록 교육 시험을 실시하였다. 두 시험 모두 냄새를 맡을 때는 뚜껑을 열린 상태에서 코와의 간격을 3~5 cm 두고 3초 이내 냄새를 맡고 한 단계의 시험이 끝나고 나면 5분 이상 신선한 공기로 호흡한 후 다음 단계의 관능시험을 실시하였다. 3단계는 관능평가 관정요원 시험으로 선정용 시험액은 Acetic acid(1.0 wt%, 식초 냄새), Trimethylamine (0.1 wt%, 생선 썩는 냄새), Methylalcohol(0.32 wt%,

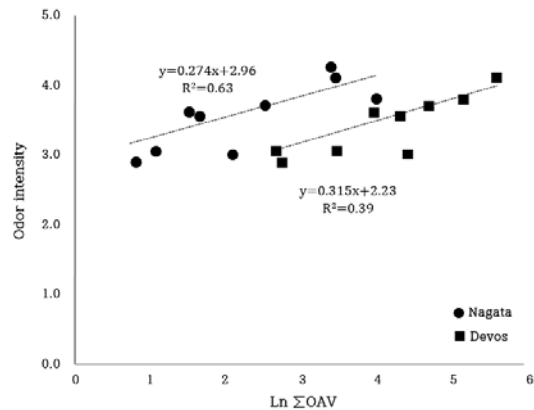
Table 2. Sensory evaluation criteria

Odor intensity		Description
0	None	Imperceptible
1	Threshold	Perceptible, but not bothering
2	Moderate	Clearly perceptible, not bothering yet
3	Strong	Bothering
4	Very strong	Extremely bothering
5	Over strong	Intolerable,

달콤한, 설탕타는 냄새),  $\beta$ -Penylethylalcohol(1.0 wt%, 장미향 냄새)을 준비하고 시험액에 5분간 거름종이를 넣고 이후 3분 동안 건조를 시켰다. 건조 시에는 교차오염이 없어야 하며 환기가 잘 되는 곳에서 실시하였다. 시험액은 4가지 중 3가지를 선택하여 진행하여야 하며 최종적으로 판정요원은 5대 1조의 거름종이를 예비 판정요원에게 주어 냄새가 나는 거름종이 3매를 선택하게 하고 냄새의 종류와 냄새 나는 거름종이를 모두 알아맞히고 냄새강도 3-4점을 인지하는 사람을 선정하는 방식으로 하였다.

최소감지농도는 대표적으로 Devos와 Nagata의 최소감지농도를 이용하고 있으나 보다 신뢰성 있는 최소감지농도를 선택하여야 하고 또한 GC/MSD (Gas Chromatography-Mass Selective Detector)분석을 통해 확보한 냄새강도 수치가 사람이 직접 냄새를 맡아서 느끼는 정도와 유사한지에 대한 검증이 필요하다. 이를 위해 사람이 냄새를 맡아서 산출한 냄새강도와 가장 상관성이 좋은 최소감지농도의 선정 필요하다. 에어컨디셔너의 부품의 냄새를 사람이 직접 맡아서 냄새강도를 산출하고 GC/MSD 정량분석치를 최소감지농도로 나누는 방식으로 OAV (Odor Activity Value, 역치도)를 산정한다. 산출된 냄새강도 및 OAV의 상관성 비교를 통해 즉, 냄새와 냄새물질의 농도는 log 스케일의 비례관계가 성립되기 때문에 냄새강도와 Ln OAV를 상관분석하면 Fig. 1과 같이 Devos와 Nagata 모두 OAV 농도증가에 따라 냄새 강도도 증가(기울기: Devos=0.274, Nagata=0.315)한다. 냄새강도와의 신뢰도 즉 상관성은 Devos의  $R^2$ (determination coefficient)값이 0.63로 양호하였고 반면에 Nagata는  $R^2$ 값이 0.39로 보다 낮게 산출되었다. 실제 사람이 냄새를 맡아서 느끼는 냄새강도는 Devos의 최소감지농도를 기반한 냄새값이 상관성이 높은 것으로 판단된다. 이에

반해 Nagata의 예민한 최소감지 농도값이 실제사람이 후각으로 느끼는 정도와 많은 차이를 보여서 상관성이 떨어지는 것으로 분석되었다. GC/MSD를 기반으로 냄새평가를 진행할 때 최소감지농도는 Devos를 기반으로 하는 것이 보다 높은 신뢰도를 확보 할 수 있다고 사료된다(Fig. 1).

Fig. 1. Correlation analysis of odor intensity vs Ln  $\Sigma$ OAV.

## 2.2. 측정 및 분석

### 2.2.1. 제품 자체의 냄새 규명

본 연구에서는 에어컨디셔너 구조 내부에서 가장 큰 면적을 차지하며 구조적으로 습기나 수분에 많이 노출되는 열교환기 부품에 대한 정밀 검증을 진행하였다. 열교환기는 고효율 및 소형화를 위해서 일반적인 알루미늄과 구리를 이용한 fin & tube 열교환기가 아닌 알루미늄 합금(A3003계열)로 제작된 헤더(header), 사이드 플레이트(side plate), 핀(fin), 마이크로채널 튜브(micro-channel tube)와 칼럼계열 용접첨가제(k-flux)로 제작된

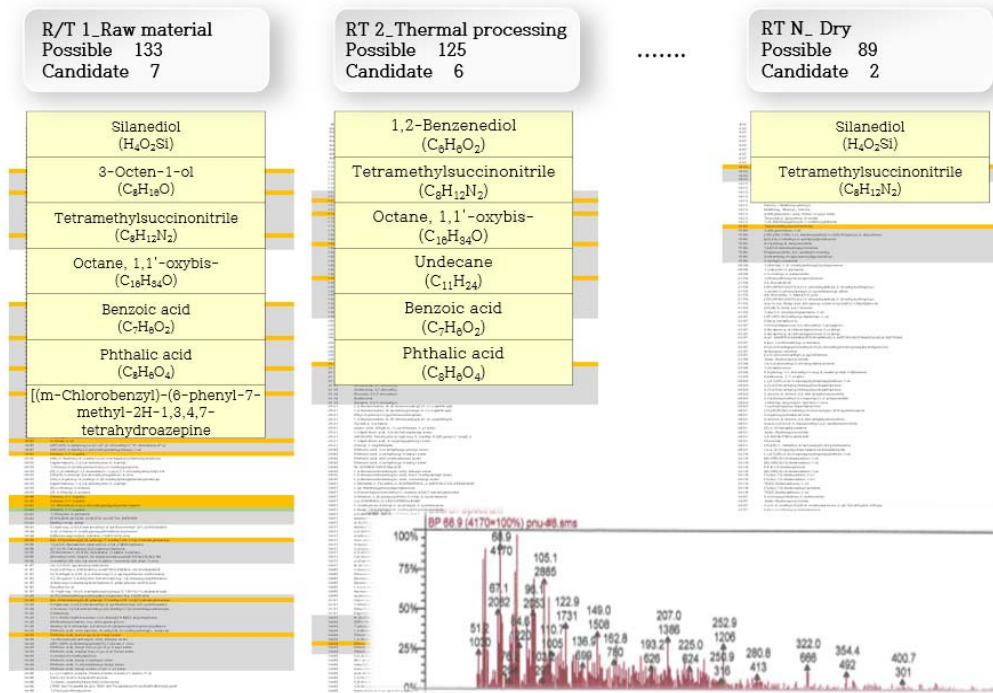


Fig. 2. Candidate component (TD-GC/MSD) of parts unit process and database.

MF(micro-channel flow) 열교환기를 사용하고 있으며 전면면적은 0.28 m<sup>2</sup>, 전열면적은 10.50 m<sup>2</sup>로 구성되어 있다.

TD(Thermal Desorption)-GC/MSD, H/S(head space)-GC/MSD분석을 통한 휘발 및 분해 성분 변화로 단위 공정별 냄새유발 인자 검출 및 부품 표면에 형성되는 친수 코팅막의 제조공정(라인)별 냄새성분을 FT-IR (fourier transform infrared) 분석을 통한 관능기(성분) 변화로 추적하였다. 부품의 원재료, 성형 단계부터 NB로 (NOCOLOK brazing furnace. flux도포/brazing하는 공정) 그리고 화학처리 공정(탈지→수세→화성→친수→건조) 과정을 지나며 발생하는 냄새 성분을 비교·분석하기 위해 제조공정 중 생성 가능한 물질에 대해 랜덤 샘플링한 MF열교환기 표본시료를 200×200 mm 채취하고 이중 각 하위 부품을 10 g추출하여 주·야간 제조공정의 균내변동(white noise)와 균간변동(black noise)고려하여 시료 채취를 진행하였다.

HS-GC/MSD, 150℃ 가열 → 성분 휘발 후 GC 분석

를 통해 데이터베이스화 하였으며, TD-GC/MSD(흡착제에 흡착된 휘발성 물질 추출, 정성·정량적 분석, 280℃ 가열 물질 열탈착 → -30℃ 저온농축 → 300℃ 재가열 후 GC 분석)을 사용하여 냄새 성분을 정량화하였다. 이렇게 열교환기 하위부품에 대한 단위·연속 제조공정별 발생 가능한 냄새정보를 기준으로 친수코팅 원재료, 하위재료의 단위공정별 관능기 변화 및 실 사용조건에 대한 비교분석을 통해 제품자체의 냄새 유발 인자를 도출하였다(Fig. 2).

### 2.2.2. 냉방 운전시 생활냄새의 흡·탈착 규명

일반적으로 에어컨디셔너를 가동했을 때 MF 열교환기에 초기 맺힌 응축수(습기, 수분)가 바람에 의해 배출되면서 일반적으로 냄새가 발생하는 것으로 알려져 있으며, 사용 전 제품 및 고객이 사용 중인 제품의 초기 및 장기 운전 시 ON→OFF 및 OFF→ON조건에서 실내 환경의 냄새물질은 대부분 응축수와 함께 배출되거나 열교환기 표면의 다공성 물질에 흡착되고 송풍 운전시 응축수가 증발되면서 흡착된 냄새물질이 순간적으로 탈착되어

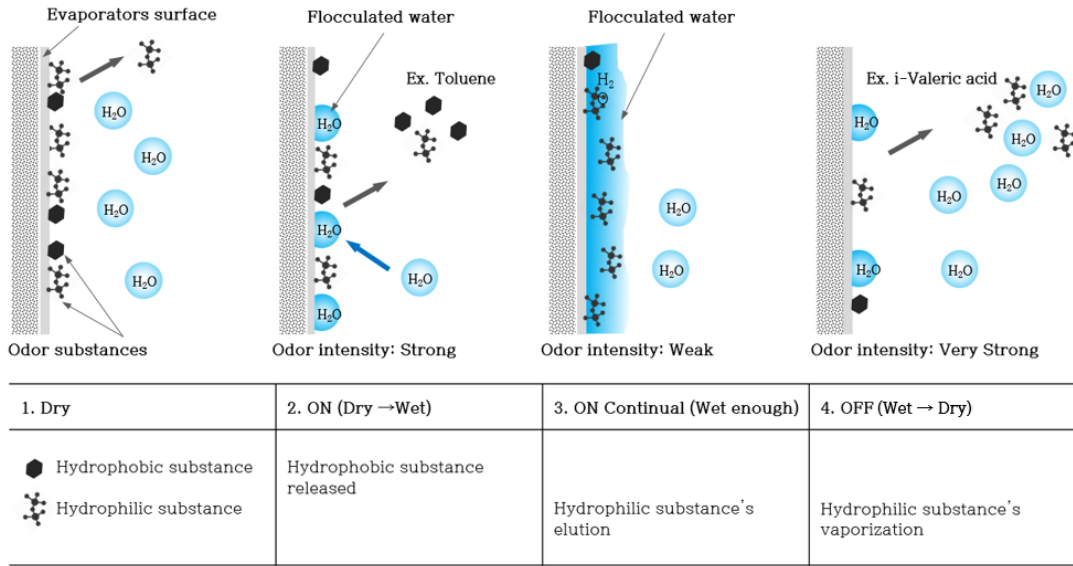


Fig. 3. Adsorption and desorption mechanisms of odor.

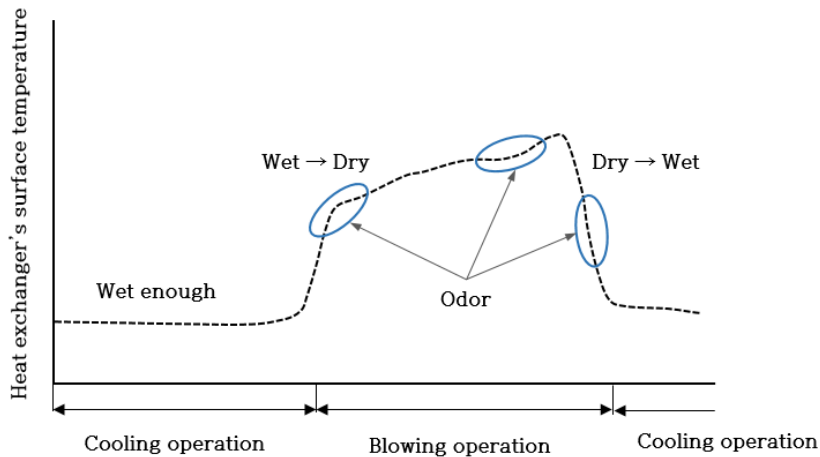


Fig. 4. Air conditioner operation mode and odor.

냄새 발생의 원인이 된다고 할 수 있다(Fig. 3~4). 이렇게 배출되는 냄새의 메커니즘을 규명한다(Uchiyama et al., 2003)는 것은 가동 조건에서 발생하는 냄새의 정량·정량평가와 앞서 기술한 데이터베이스의 대비를 통한 냄새 물질의 종류를 구분 및 분석할 필요가 있다.

2.2.3. 실험장치 구성과 시료 채취 방법

본 연구에서는 온·습도 제어가 가능한 냄새 채취 챔버

를 구성하고 냄새 성분을 저온에서 동결·농축하여 고농도로 정확한 발생 성분의 분석을 용이하도록 하기 위해 Fig. 5와 같이 챔버 형태의 실험 장치를 구성하였다. 냄새를 포집할 대상인 장치가 내장되는 밀폐된 챔버부는 냄새성분이 흡착되거나 빠져나가지 않도록 알루미늄 profile을 사용하여 챔버의 지지대를 제작하였고, 냄새 흡착이 가장 적은 PET(polyethylene terephthalate)

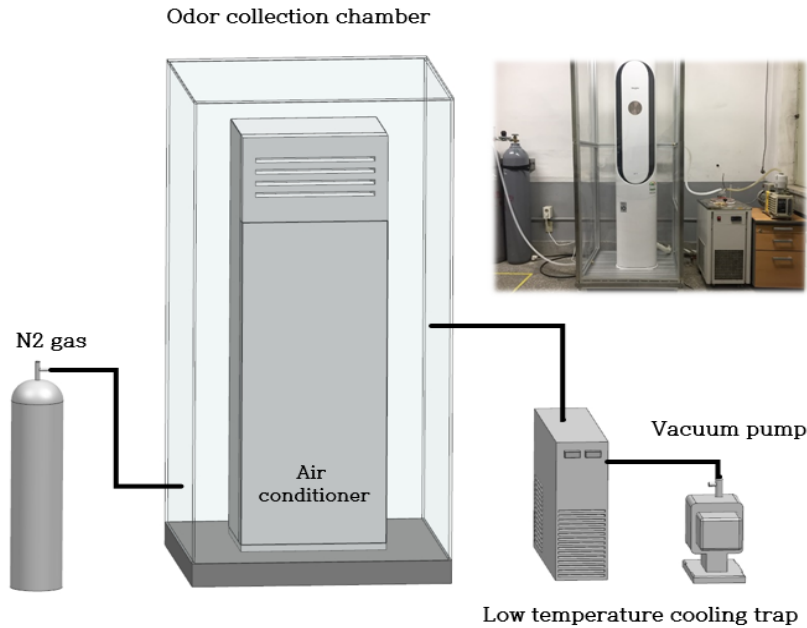


Fig. 5. Odor collection chamber using low temperature cooling trap.

film과 이 film을 고정하기 위해 neodymium자석을 이용하여 공간을 형성하였다. 챔버부와 연통되어 가스가 공급되도록 가스부를 설치하여 냄새포집 진행 전 챔버 내부를 불활성 기체인 질소(N<sub>2</sub>)로 초기 Base-line 형성이 가능하도록 하였으며, 공기조화 장치 가동 후 일정시간 동안 냄새를 유발시킬 수 있었다. 챔버부에서 배출되는 가스를 냉각하여 응축시키는 냉각트랩(cooling trap)부와 진공펌프로 냄새 성분의 흐름을 유도하여 -80℃ 이하의 온도에서 냄새 성분을 냉각하여 샘플링이 진행되었다.

냄새포집 단계는 총 4개의 과정으로 이루어지며, 냄새환경 재현 전 밀폐된 챔버의 전처리(과정 1), 냄새환경 재현 후 제품가동(과정 2), 관능평가 후 냄새를 확인(과정 3), 탈착된 냄새를 포집(과정 4)이라 할 수 있다. 생활 냄새 환경의 재현을 위해 챔버 내부 환경을 생활취가 없는 상태로 유지하기 위해 외부에서 질소가스를 챔버 내부로 주입시켜 공기를 정화(Cleaning)하였고, 질소가스 충전 후 냄새 환경 재현을 위해 생활냄새 중 세탁물을 이용하여 밀폐된 챔버의 전처리 과정을 마무리 하였다. 생활냄새를 제품 가동을 하여 제품에 흡착시킨 뒤 탈착 되어 냄새

를 발생 하계끔 에어컨디셔너 운전 조건을 설정한 후 관능 평가를 통해 깨끗하고 시큼한 냄새를 확인(관능도 총 5점 중, 1~2점) 후 진공펌프를 이용하여 밀폐된 챔버 내에 존재하고 있는 냄새성분을 냉각트랩으로 옮겨 샘플링하여 성분 분석하였다.

#### 2.2.4. VOCs 분석방법

실험 장치에 의해 채취된 냄새 성분에 대한 분석은 TD-GC/MSD를 이용해 진행하였으며, 분석 조건은 Table 3에 나타내었다. 사용된 저온응축관 충전제는 Tenax-TA를 사용하였으며, 그 외 열탈착기와 GC/MSD의 주요 분석조건은 Desorb flow 25 ml/min, mass range 35~280 m/z, 운반 가스는 99.9999%의 헬륨으로 하여 냄새 물질을 효과적으로 검출이 가능하도록 하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1. 에어컨디셔너 제품 자체 냄새 규명

열교환기 부품의 경우 원재료 → 성형 → 조립 → 건조 등 단위 부품별 제조과정 전체를 분석한 결과, Benzoic acid(3 ppb), Acetaldehyde(12 ppb) 성분이 매우 소량

Table 3. TD-GC/MSD analysis conditions

Parameter		Conditions
Thermal Desorption system(TD) (JTD-505III)	PAT thermal desorption	0°C~350°C
	Transfer line	Room Temp. +10 ~ 300°C
	SAT thermal desorption	Curie point heating
	SAT	Quartz tube
	SAT cooling	Down to -99°C
	SAT oven	200°C
	Needle	Room temperature +10 ~ 300°C
	GC connection	Direct connection to capillary column or injection
	Dimension/weight	255(W) × 210(H) × 105(D) mm · 3.1 kg
Gas Chromatography/ Mass Spectrometry (GC/MS) (Agilent7890A)	Carrier gas	He, 1.8 ml/min
	Column	DB-1 Capillary (60 m × 0.32 mm × 1 um) 60°C-10 min 10°C/min, 210°C, 10 min 20°C/min, 250°C, 8 min Total : 45 min
	Oven temperature	250°C
	Interface temperature	150°C
	Quadrupole temperature	230°C
	Ion source temperature	EI (electron ionization)
	Ionization method	35 ~ 280 m/z
	Mass range	

검출되는 것을 확인하였다. Benzoic acid는 일반적으로 toluene에서 공정온도 영향으로 반응하며(식 1), Acetaldehyde 경우 역시 500~650°C 고온조건에서 반응한다(식 2).



친수코팅 공정은 탈지액, 화성액, 친수액, 수세액 등의 원재료를 사용하게 되는데 제조공정별 시료의 관능기 변화를 FT-IR 분석한 결과 1750 cm<sup>-1</sup>, 1140 cm<sup>-1</sup> 관능 peak가 검출되는 것을 확인할 수 있었다. Fig. 6와 같이 1750 cm<sup>-1</sup> peak의 경우 anhydride계 성분으로 식초냄새 유발이 가능하며 1140 cm<sup>-1</sup> peak는 Sulfoxide계(S=O)로 황냄새 혹은 마늘냄새, 조개냄새 등을 유발하는 Sulfone, Sulfonyl chloride, Sulfate, Sulfonamide 등의 황화합물로 판단하였다. 그러나 친수코팅 공정 최종 단

계인 건조(~150°C) 과정을 지난 시료에서는 이러한 관능 peak가 모두 사라지는 것을 확인하였다.

### 3.2. 냉방운전시 생활취(흡·탈착)의 냄새 규명

주변환경 냄새 재현 전 조건은 에어컨디셔너의 냉방 운전 전에 질소가스로 정화를 30 min간 되어 있는 상태로 이를 기준으로 앞에서 기술한 과정 1~4까지 평가 진행하였다. 특히 과정 1은 제품운전 blank조건으로 냄새 채취 챔버에 질소를 30 min가 주입하고 냄새포집을 30 min가 진행하고, 과정 2은 제품 운전 ON/OFF 조건으로 1단계는 냉방 5 min → 송풍 5 min, 2~9단계는 냉방 2.5 min → 송풍 5 min, 10단계는 냉방 2.5 min → 송풍 1 min → 냄새포집 30 min으로 진행하였다.

그 결과, 이전 제품 자체에서 배출된 냄새성분과 운전 조건에 따른 가동 평가시 검출 물질에 대한 공통 성분이 전혀 없음을 확인하였으며, 특히 가동 초기 조건에서의 관능평가 및 TD-GC/MSD 분석 결과 냄새유발 인자가 최소감지농도 이하 이거나 전혀 없음을 확인하였다.



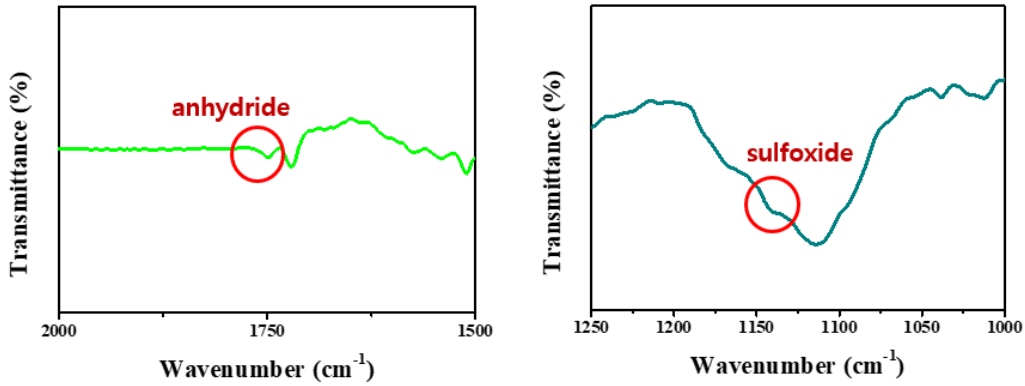
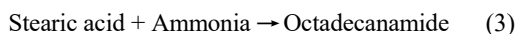


Fig. 6. FT-IR result of hydrophilic coating material.

Table 4. TD-GCMS result by operation conditions

Compound (ppb)	Operation conditions					
	Before	Cooling↔ Blowing	Loading laundry	2 weeks	5 weeks	
Acid	Propanoic acid	248	.	48	.	.
	Phthalic acid	.	598	.	.	.
	Cyclamic acid	37	.	.	.	.
	Butanoic acid	.	196	56	.	.
Amine	Octadecanamide	.	.	51,620	81,00	.
Ester	Diocyl phthalate	.	436	.	.	.
	Diethyl phthalate	252	2,040	.	.	.
Alkene	Thiophene	43	.	.	.	.
	Hexadecene	.	.	24	.	.
	Octadecene	82	.	115	.	.

이에 따라 냄새 환경 조성을 위해 에어컨디셔너 주변에 세탁물을 두고 지속가동 조건으로 시간에 따른 실험군(3주/5주)을 두고 평가 진행하였다. 관능평가 결과, 지속가동 3주 조건에서는 2/5수준으로 킁킁하고 시큼한 악취가 발생하였으며 5주 조건에서는 3/5수준으로 냄새취가 증가하는 결과를 얻었으며, 검출 성분 또한 Octadecanamide 농도가 매우 높게 검출되고 증가되는 것을 확인하였다. 이 성분은 Stearic acid와 Ammonia의 합성으로 생성되어 저온냉각을 통해 검출된 것으로 판단된다.



(식 3)에서 Stearic acid는 포화지방산으로 공기중의 수증기와 가수분해하여 불포화 지방산인 Oleic acid로의 변환 가능하며, 변환된 Oleic acid는 상온에서 공기와 접촉하여 썩은 냄새로 유발 가능하다. Stearic acid는 빨래시 사용되는 세제의 주 성분이며, Ammonia는 사람이 흘리는 땀의 성분으로 주변환경 냄새 재현을 위한 생활 냄새인 세탁물에서 파생된 성분이 그대로 검출된 것이라 사료된다.

#### 4. 결론

본 연구는 에어컨디셔너 공기질 개선의 신뢰성 확보를 위한 냄새분석 기술을 위해 수행되었으며 측정하고자

하는 대상물을 에어컨디셔너의 부품자체 냄새와 주변 환경적인 냄새를 구분하여 검증하였다. 냄새 정량 정성적 분석의 신뢰도를 높이기 위해

1) 관능 평가자 5인의 선정기준(냄새강도 인식시험, n-Butanol 대조액의 냄새강도별 시험, 4가지 테스트액을 이용한 관능평가 판정요원 시험)을 정립하였다.

2) 다양한 최소감지농도가 여러 문헌을 통해 이용되고 있으나 GC/MSD분석을 통해 확보한 냄새강도 수치가 사람이 직접 냄새를 맡아서 느끼는 정도와 유사한지에 대한 검증이 필요하다. 이를 위해 사람이 냄새를 맡아서 산출한 냄새강도와 가장 상관성이 좋은 최소감지농도를 확보하여야 한다. 에어컨디셔너의 부품의 냄새를 사람이 직접 맡아서 냄새 강도를 산출하고 GC/MSD 정량적 분석치를 최소감지농도로 나누는 방식으로 OAV를 산정한다. 산출된 냄새강도 및 OAV의 상관성 비교를 통해 즉, 냄새와 냄새물질의 농도는 log 스케일의 비례관계가 성립되기 때문에 냄새강도와 Ln OAV를 상관분석을 하여 냄새강도와의 신뢰도 즉, 상관성이 높은 Devos의 R<sup>2</sup> 값 0.63을 채택함으로써 GC/MSD를 기반으로 냄새 평가를 진행할 때 최소감지농도는 Devos을 취하는 것이 Nagata을 취하는 것보다 더 높은 신뢰도를 확보 할 수 있다고 사료된다.

3) 마지막으로 에어컨디셔너 냉방 운전시 유동기류 및 한시적으로 발생하는 냄새 성분을 샘플링하고 측정·분석하는 것은 제한적인 포집 공간이나 발생 성분의 농도차이 등의 이유로 실험적으로 상당한 어려움이 존재하였으나, 본 연구에서는 저온 농축 냉각트랩방법을 고안하여 정량적인 분석이 가능하도록 하였다. 부품 자체의 냄새유발 인자 검출을 위해 각 단위·연속 제조공정별 발생 가능한 냄새를 분석하고, 친수코팅 하위재료의 경우 관능기(성분) 변화를 추적한 결과, 실질적인 냄새(강도)와의 연관성은 제품 자체 인자가 아닌 주변환경 냄새 조성 후 제품에서 배출되는 환경적 인자가 원인임을 도출하였다.

### 감사의 글

본 연구는 청정공기산업 특화를 통한 기업육성 및 신성장 창출 기반구축 사업으로 수행된 연구결과입니다. (과제번호 P0009800)

### REFERENCES

- Chuang, H. C., Ho, K. F., Lin, L. Y., Chang, T. Y., Hong, G. B., Ma, C. M., Liu, I. J., Chuang, K. J., 2017, Long-term indoor air conditioner filtration and cardiovascular health: A randomized crossover intervention study, *Environ. Intern.*, 106, 91-96.
- Clobes, A. L., Ananth, G. P., Hood, A. L., Schroeder, J. A., Lee, K. A., 1992, Human activities as sources of volatile organic compounds in residential environments, *Ann. New York Acad. Sci.*, 641, 79-86.
- Cohen, M. A., Ryan, P. b., Yanagisawa, Y., Spengler, J. D., Özkaynak, H., Epstein, P. S., 1989, Indoor/outdoor measurements of volatile organic compounds in the Kanawha Valley of West Virginia, *JAPCA, J. Air & Waste Manag. Asso.*, 39, 1086-1093.
- Devos, M., Patte, F., Rouault, J., Laffort, P., Van Gemert, L. J., 1990, Standardized human olfactory thresholds, IRL Press, Oxford University Press, USA.
- Kataoka, H., Ohashi, Y., Mamiya, T., Nami, k., Saito, K., Ohcho, K., Takigawa, T., 2012, Indoor air monitoring of volatile organic compounds and evaluation of their emission from various building materials and common products by gas chromatography-mass spectrometry, *Advan. Gas Chromat. Prog. Agricul., Biom. Indust. Applic.*, 162-184.
- Kim, K. H., Kim, S. H., Jung, Y. R., Kim, M. G., Kim, J. H., Park, H. Y., Lee, J. K., Jee, Y. J., Kim, K. H., 2006, A Study on odor evaluation of automobile air conditioner evaporator by using lab scale test bench, *Korean Soc. Automot. Eng.*, 11, 685-691.
- Kim, S. H., Kim, K. H., Jung, Y. R., Kim, M. G., Kim, J. H., Park, H. Y., Ji, Y. J., 2007, Examination about evaluation method of odor active compounds in evaporator by using condensed water, *Korean Soc. Anal. Sci.*, 10, 361-369.
- Kim, Y. H., Kim, K. H., 2013, An accurate and reliable analysis of trimethylamine (TMA) using thermal desorption and gas chromatography-time of flight mass spectrometry, *Anal. Chim. Acta*, 780, 46-54
- Nagata, Y., 2003, Measurement of odor threshold by triangle odor bag method, *Japan Environ. Sanit. Cen.*, 7, 118-127
- National Center for Biotechnology Information, PubChem compound database CID=243, 2004, <https://pubchem>.

- ncbi.nlm.nih.gov/compound/Benzoic-acid.  
National Center for Biotechnology Information, PubChem Compound Database; CID=31292, 2005, <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Octadecanamide>.
- Park, S. J., Kim, E. Y., 2014, Determination of malodor-causing chemicals produced by microorganisms inside automobile, Korean Soc. Biotech. Bioeng., 29, 118-123
- Park, S. J., Oh, Y. H., Jo, B. Y., Lee, J. S., Kim, E. Y., 2014, Investigation on the cause of malodor through the reproduction of chemicals, Korean Soc. Biotech. Bioeng., 29, 392-398
- Rose, L. J., Simmons, R. B., Crow, S. A., Ahearn, D. G., 2000, Volatile organic compounds associated with microbial growth in automobile air conditioning systems, Curr. Microbio., 41, 206-209.
- Schiffman, S. S., Bennett, J. L., Raymer, J. H. j., 2001, Quantification of odors and odorants from swine operations in North Carolina, Agricul. Fore. Mete., 108, 213-240.
- Uchiyama, K., Kasebe, O., Kobayashi, K., Sato, S., Ito, H., 2003, Analysis for adsorbed odor from car air conditioner evaporator, Japan Soc. Auto. Eng. Ann. Cong., 37, 1-4.
- 
- Chief researcher. Seok-Hyun Kang  
Home Appliance & Air Solution Company, LG Electronics  
[seokhyun.kang@leg.com](mailto:seokhyun.kang@leg.com)
  - Associate Professor. Pil-Ho Huh  
Department of Polymer Science & Engineering, Pusan National University  
[pilho.huh@pusan.ac.kr](mailto:pilho.huh@pusan.ac.kr)
  - Professor. Young-Chull Ahn  
Department of Architectural Engineering, Pusan National University  
[ycahn@pusan.ac.kr](mailto:ycahn@pusan.ac.kr)