

ORIGINAL ARTICLE

## 가지제(加脂劑) 생산공정에서 배출되는 악취원인물질 연구

서용수 · 서정민<sup>1)\*</sup>

부경대학교 환경연구소, <sup>1)</sup>부산대학교 바이오환경에너지학과

### The Study of Odor-causing Compounds Emitted from a Stuffing Agent Production Process

Yong-Soo Seo, Jeong-Min Suh<sup>1)\*</sup>

Department of Environment Research Institute, Pukyong National University, Busan 48513, Korea

<sup>1)</sup>Department of Bioenvironmental Energy, Pusan National University, Miryang 50463, Korea

#### Abstract

The volatile odor compounds emitted from a stuffing agent production process were quantified by ATD and GC-MS, and then odor causing compounds were identified by the method of EOI using each TLV. As the results, 72 odor compounds were detected and total concentration was turned up 87.6 ppmv level. In these compounds, aldehyde group is higher 45.49 ppmv than others group, the next is turn up the order of aliphatics, alcohols, esters, ketones. The EOA of aldehyde group show up 101,720 and 97.2%, respectively, the odor causing compounds were identified each of odor 2-Octenal 28.31%, Hexanal 24.06%, Valeraldehyde 16.07%, Butyraldehyde 9.69%, Heptanal 4.97%, Propionaldehyde 4.64%, Acetaldehyde 3.31%. The TLVs of 7 major odor compounds are lower value level of 0.001 ~ 0.0001 ppmv, odor causing even in trace level. We need to be concerned with reduction of aldehyde compounds in the odor problem by a stuffing agent production process or ironing process of the textile containing a stuffing agent.

**Key words** : Odor causing compounds, Expected odor intensity, Stuffing agent, Thermal desorber

#### 1. 서론

섬유의 텐터공정(Tenter process)에서 악취물질의 발생은 섬유보존재로 이용되는 가지제(加脂劑, Fattiquoring oil)가 주요원인중의 하나인 것으로 알려져 있다(Paeng et al., 2008; Park et al., 2009; Hwang et al., 2011). 텐터공정에서 발생하는 악취물질을 규명하기 위해서는 섬유보존재로 이용되는 가지제의 생산과정에서 발생하는 휘발성 악취물질의 종류 및 악취물질 특성

에 관심을 가져야 할 것으로 사료된다.

악취오염물질 저감을 위한 가장 기본 사항은 주요영향물질의 종류 및 그 농도가 중요한 기초자료가 된다. 특히 일본이나 한국과 같이 인구밀도가 높고 주거지역과 공업지역이 혼재하고 있는 경우 악취민원 발생 가능성이 한층 높으며, 이에 따른 보다 신뢰성 있는 악취분석방법을 통한 악취원인물질 규명에 중점을 두어야 할 것으로 판단된다(An and Choi, 2005; Seo and Lee, 2012; Jung et al., 2016).

Received 31 May, 2018; Revised 1 August, 2018;

Accepted 9 August, 2018

\*Corresponding author: Jeong-Min Suh, Department of Bioenvironmental Energy, Pusan National University, Miryang 50463, Korea  
Phone : +82-55-350-5436  
E-mail : suhjm@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.

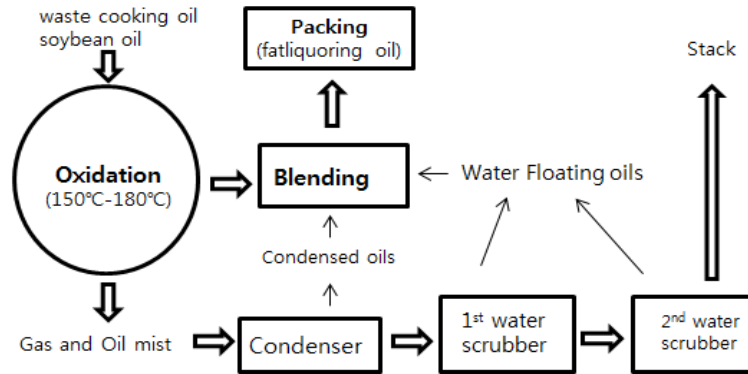


Fig. 1. The process of a fatliquoring oil production.

최근에는 흡착채취 열탈착법(US EPA Method TO17, 1999)과 GC-MS 분석방법을 많이 이용하고 있다(Villberg and Veijanen, 2001; Seo et al., 2014). 또한 다양한 흡착제의 단점을 보완한 Triple-bed 흡착튜브 사용으로 극미량의 복합 악취성분 및 휘발성 유기가스의 동시 분석도 가능하게 되었다(Seo and Lee, 2009).

기기분석을 통한 악취평가방법으로 활용되는 예상악취강도추정법(Seo and Lee, 2013; Noh et al., 2016)은 측정된 각 물질농도를 해당 물질의 최소감지농도(Threshold Limit Value, TLV)로 나누어 예상악취강도(Expected Odor Intensity, EOI)를 산정하고, 악취강도 백분율로 예상악취기여율(Expected Odor Attribution, EOA)을 평가하는 방법이다(Nagata and Takeuchi, 1996).

본 연구에서는 자동 열탈착시스템과 GC-MS 방법으로 가지제 생산업체에서 배출되는 악취오염물질을 예상악취강도평가법으로 원인물질을 파악하여, 텐터시설에서 발생하는 주요 악취오염물질과 섬유 가지제 첨가로 발생하는 악취물질 저감 대책 수립에 주요한 자료로 활용하고자 하였다.

## 2. 시료채취 및 분석방법

### 2.1 대상 시설과 시료의 채취

연구 대상 시설은 부산광역시 S구에 위치하여 폐식용유(waste cooking oils)와 대두유(soybean oil)을 주원료로 가지제를 생산하는 시설을 대상으로 하였다. 가지제 생산공정은 Fig. 1에 보는 바와 같이 크게 산화-혼합

공정 및 포장공정으로 나누어진다. 산화공정은 회분식 반응기로서 보통 폐식용유(대두유)에 산화제 BPO(Benzoyl Peroxide)를 150°C~180°C 정도에서 혼합과 반과 함께 산화반응이 일어나게 한다. 이러한 과정에서 각종 유증기가 발생하므로, 유증기는 1차적으로 응축기에서 응축 회수하여 재활용되고, 잔여 유증기는 직렬로 연결된 2대의 세정집진장치에서 처리후 최종 배출된다.

분석 대상 시료는 현장에서 세정집진장치(wet scrubber) 후단의 배출가스를 polyethylene coated aluminum 5 ℓ Bag에 악취공정시험기준에 따라 진공흡인 채취하였다. 현장 채취된 Bag내의 가스를 흡착튜브에 흡착-채취하기 위하여 Fig. 2에 보는 바와 같이 진공펌프와 mass flow controller로 구성된 흡착-채취 장치를 이용하였다. 흡착-채취 장치는 분석대상 가스 흐름이 있는 구간은 비교적 오염물질의 부착 혹은 반응에 의한 소실의 영향이 적은 Polytetrafluoroethylene (PTFE) 재질을 사용하였으며, 흡착-채취 유량은 US EPA Method TO17에 따라 안전한 시료채취량(Safe Sampling Volume, SSV) 50 ml/min으로 흡착-채취 후 수 시간 이내 자동열탈착기(Automatic Thermal Desorber, ATD 400, Perkinelmer)를 통하여 GC-MS(QP 2010A, GC 2010A, Shimadzu)에 도입시켜 분석을 수행하였다.

### 2.2 자동열탈착기와 GC-MS

여러 종류의 휘발성 악취물질들을 분리검출하기 위한 자동 열탈착기와 가스크로마토그래피 질량분석기(GC-MS)의 분석조건을 Table 1에 나타내었다. 본 연구에서 사용된 흡착-채취용 흡착튜브는 Triple-bed를 사용

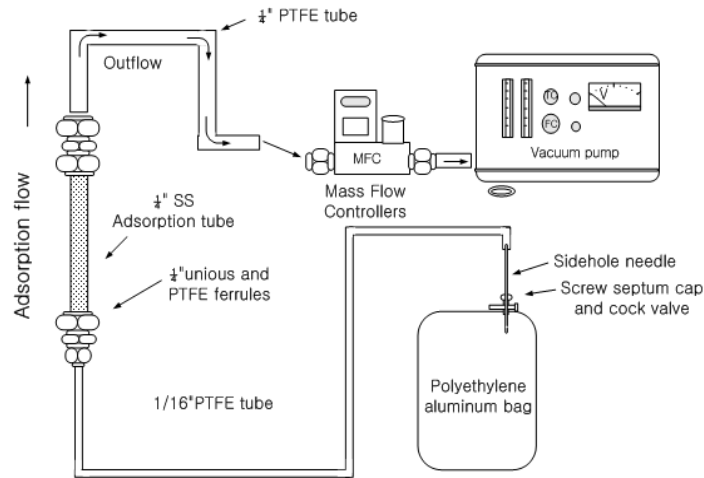


Fig. 2. Flow diagram of tube adsorption-sampling.

하였으며 흡착력이 약한 Tenax-TA의 단점을 보완하기 위하여 하나의 튜브에 Tenax-TA와 소량의 Carboxpack B 및 Carboxsieve SIII 흡착제를 흡착강도 순으로 그 량을 적게 하여 3단 배열된 것이다(Seo and Lee, 2009). 그 외 자동열탈착기와 GC-MS의 주요 분석조건은 Desorb flow 50.2 ml/min, Outlet split flow 11.5 ml/min, mass range 20~350 m/z, 운반가스는 99.9999%의 헬륨으로 하여 저비점과 저분자량의 물질을 효과적으로 검출이 가능하도록 하였다.

2.3 정성 및 정량분석

GC-MS를 이용한 정성분석은 표준물질과의 체류시간 비교, 표준 스펙트럼 정보 Library(wiley229, Nist107)와 비교하는 방법을 이용하였고, 정량분석은 목적이온의 이온 강도를 이용하여 정량하였으며, 표준물질이 없는 물질의 경우에는 동일 물질 그룹에서 유사한 분자량을 가진 물질의 TIC(Total Ion Chromatography)값을 이용하여 비교 정량하였다.

자동 열탈착장치와 GC-MS의 분석 신뢰성을 확인하기 위하여 약 10 ppm의 알데히드표준을 희석하여 공시료 및 아세트알데히드 기준 1.67~83.3 ppbv로 희석 제조한 다음 시료의 농축에 사용한 동일한 흡착튜브로 각 500 ml를 농축하여 검량한계(Limit Of Determination, LOD)와 직진성(linearity)을 검토하여 Table 2에 나타내었다. 아세트알데히드 기준 복합 희석표준가스 1.67

ppbv를 반복시험(repeatability test)한 결과 상대표준편차(Relative Standard Deviation, RSD)평가에서 아세트알데히드가 다른 물질에 비하여 다소 높게 나타났으나 전체적으로 6.50% 이내로 나타났다. 그리고 검량선(Standard curve)으로부터 검량한계를 확인한 결과 아세트알데히드가 0.415 ppbv로 나타났으며, 아세트알데히드를 제외한 다른 물질들은 54 ppt 수준까지 측정 가능한 것으로 나타났다.

본 연구에서 사용된 표준물질은 TO14 표준(41종, Restek), 오존전구물질 표준(57종, Restek), TO15(25종, Supelco) 및 아민화합물(4종, Regas), 알데히드(6종, Regas), 황화합물(4종, Regas)을 이용하여 정성 및 정량에 이용하였으며, 그 외의 물질들과 지방산, 알콜 등을 정량하기 위하여 액체 특급시약과 표준시약(20종, Merck)을 이용하여 실리카성분으로 코팅된 캐니스트에 혼합 표준가스를 제조하여 사용하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 배출 악취물질의 종류와 농도

가지제 생산공정에서 발생하는 최종배출가스에 대하여 VOCs 및 악취물질 72종을 각각 검출 정량하였으며, GC-MS TIC 차트를 Fig. 3에 나타내었다. 각 물질 그룹별 정성 및 정량분석으로 악취물질의 배출특성을 조사한 결과를 Table 3에 나타내었는데 배출가스중의 악취물질

**Table 1.** Operating conditions of Automatic Thermal Desorber (ATD) and GC-MS

| Parameters                          |                   | Conditions  |
|-------------------------------------|-------------------|---|
| ATD650<br>(Perkin Elmer, UK)        | Primary tube type | Triple-bed  |
|                                     | Cold trap type    | Tenax-TA 20 mg  |
|                                     | 1st Desorption    | 350°C-4 min   |
|                                     | 2nd Cryo temp.    | -30°C   |
|                                     | 2nd Desorption    | 350°C-1 min   |
|                                     | Desorb flow       | 50.2 mL/min   |
|                                     | Inlet split       | No  |
|                                     | Outlet split      | 11.5 mL/min   |
| GC-MS (QP2010)<br>(Shimadzu, Japan) | Oven temp.        | 35°C-10 min<br>8°C/min-120°C-10 min<br>12°C/min- 80°C- 7 min<br>15°C/min-230°C-10 min |
|                                     | Column            | AT1-60 m×0.32 mm×1.0 µm   |
|                                     | Interface temp.   | 230°C   |
|                                     | Mass range        | 20~350 m/z  |
|                                     | Column pressure   | 15.9 psi  |
|                                     | MS Det. temp.     | 250°C   |
|                                     | Carrier gas       | He (99.9999%)   |
| Mass filter type                    | Quadrupole        |   |

**Table 2.** Repeatability and LOD(Limit Of Determination) for aldehydes

| Compounds        | Target m/z | RSD (%) | LOD (ppbv) | Linearity (r <sup>2</sup> ) | Calibration curve |
|------------------|------------|---------|------------|-----------------------------|-------------------|
| Acetaldehyde     | 29         | 6.50    | 0.415      | 0.9847                      | y=3,702x+83,279   |
| Propionaldehyde  | 58         | 0.22    | 0.027      | 0.9886                      | y=28,382x+329,276 |
| Isobutyraldehyde | 72         | 2.27    | 0.030      | 0.9991                      | y=30,536x-214,559 |
| Butyraldehyde    | 44         | 2.85    | 0.031      | 0.9980                      | y=42,071x-42,597  |
| Isovaleraldehyde | 44         | 5.59    | 0.054      | 0.9991                      | y=62,357x-42,252  |
| Valeraldehyde    | 44         | 5.88    | 0.049      | 0.9967                      | y=81,401x-120,365 |

및 VOCs의 농도 합이 약 87.45 ppm로 조사되었다. 이들 중 알데히드류가 45.49 ppmv로 가장 높게 나타났으며, 다음으로 Aliphatic hydrocarbons, Alcohols, Esters, Ketones 순으로 나타났다.

배출가스에서 검출된 주요 성분들 중 알데히드류는 n-Hexanal 7.09 ppmv, n-Valeraldehyde 6.93 ppmv, n-Butyraldehyde 6.83 ppmv, Acetaldehyde 5.22 ppmv, Propionaldehyde 4.88 ppmv으로 다른 그룹에 비해 높은 농도를 나타내었다. 다음으로 높은 농도를 차지하는 알코올류는 Ethanol, n-Propanol, n-Pentanol, Isopentanol가 1.29~2.00ppmv의 범위로 나타났다. 그 외 Aliphatic hydrocarbons에서는 n-Pentane+ isopentane

9.12 ppmv로 주요물질로 나타났으며, Esters에서는 n-Butyl formate 1.11 ppmv, 2-Pentenyl propionate 0.87 ppmv으로 나타났다. Fatty acids의 경우에는 n-Heptanoic acid과 Undecanoic acid 두 물질이 각각 0.2 ppmv검출되었으며, Ketones는 Methyl ethyl ketone 2.03 ppmv의 농도를 보였다.

### 3.2 주요악취원인물질

예상악취강도평가에 활용되는 악취물질별 최소감지 농도에 대한 연구는 기기분석법과 후각측정법을 이용하여 Nagata and Takeuchi(1996)에 의해서 이미 다양한 악취물질에 대한 연구가 진행되었다. 본 연구는 가지제

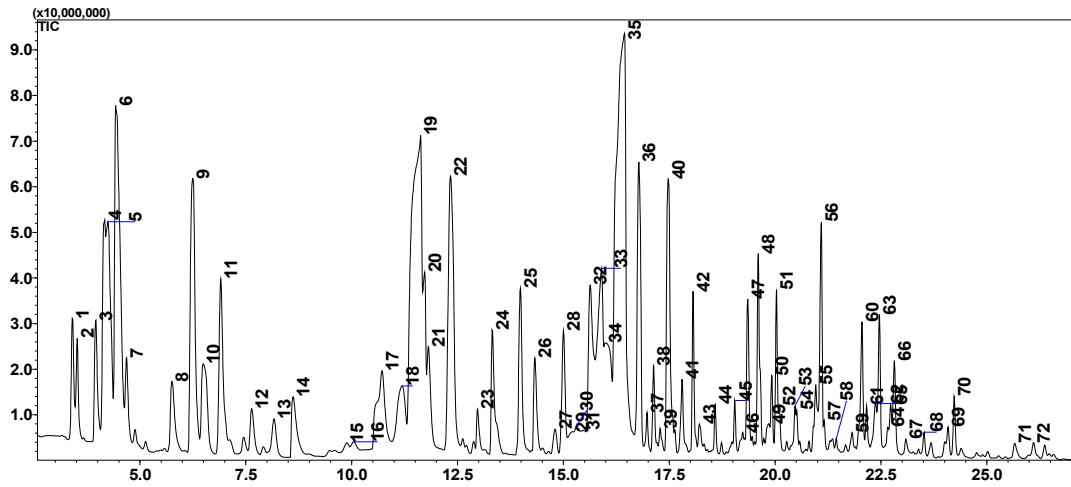


Fig. 3. TIC(Total Ion Chromatograph) chart of exit gas analyzed by GC-MS.

생산공정에서 배출되는 휘발성 악취물질들 중 주요한 악취원인물질을 확인하기 위하여 각 측정된 농도를 해당 물질의 TLV로 나누어 EOI를 산정하였으며, 총괄예상악취강도(total expected odor intensity)에서 각 물질별 악취강도 백분율을 EOA로 하였다. 또한 측정된 항목만이 악취유발물질임을 가정하여 수행하였으며, 포름알데히드, 암모니아, 고휘발성 방향족 탄화수소 일부는 본 분석장치에서 분석이 불가능하거나 현장 취기 특성 및 검지관을 통한 간이분석 평가에서 악취에 거의 영향이 없는 것으로 판단되어 평가에서 제외하였다.

배출가스중의 정량 분석된 악취물질과 해당물질의 최소감지농도 값으로부터 예상악취강도를 추정하여 각 물질 그룹별로 예상악취강도 분포특성을 조사한 결과를 Fig. 4에 나타내었다. 그 결과 알데히드류가 예상악취강도는 101,720이고 악취기여율은 97.2%를 차지하고 있었다.

이러한 악취평가로부터 주요악취원인물질 20종을 예상악취강도 순으로 Table 4에 나열한 결과 2-Octenal 28.31%의 악취기여율로 가장 높게 나타났으며, 다음으로 Hexanal 24.06%, Valeraldehyde 16.07%, Butyraldehyde 9.69%, Heptanal 4.97%, Propionaldehyde 4.64%, Acetaldehyde 3.31%로 이들 7종의 알데히드류가 악취발생에 주요하게 기여하고 있는 것으로 평가되었다. 이들 7종의 악취주요원인물질은 최소감지농도값이 0.01 ~

1.5 ppbv로 극미량의 ppt수준에서도 악취유발이 가능한 물질로 존재한다.

이들 주요악취원인 20종 중 알데히드와 케톤류는 물에 대한 용해도가 일반적으로 알콜류보다 낮고, 가장 예상악취강도가 높은 2-Octenal은 물 용해도가 0.6127 mg/mL (PubChem Compound Database;accessed May 31, 2018)로 일반적인 세정집진설비 만으로는 제거가 어려운 것으로 판단된다. Park et al.(2009)은 GC-MS와 GC/FID/Olfactometry를 활용하여 염색공장 텐터공정에서 배출되는 냄새를 연구한 결과에서도 2-Ethyl-hexanal, Octanal, Nonanal이 검출되었으며, 본 연구와 유사하게 알데히드류가 주 원인물질임을 밝힌 바 있다. 각종 산업현장에서 악취원인물질의 확인 및 물리화학적 특성조사는 악취처리기술의 과학적이고 효과적인 활용에 주요한 기초자료가 된다. 따라서 본 연구의 예상악취강도 평가를 통한 악취원인물질의 확인방법은 악취물질의 제어 및 저감을 위한 기초자료 확보에 유용하게 이용 가능 할 것으로 사료된다.

#### 4. 결론

가지제 생산공정의 최종배출가스에서 VOCs 및 악취물질 72종이 각각 검출 정량 되었으며 그 농도 합이 약 87.45 ppm 수준이었다. 이들 중 알데히드류가 45.49

**Table 3.** The concentration of odor and VOCs emitted from a stuffing agent production process

| Peak no.                             | Compounds               | Conc. (ppmv) | Peak no.                           | Compounds                  | Conc. (ppmv) |
|--------------------------------------|-------------------------|--------------|------------------------------------|----------------------------|--------------|
| <i><u>Alcohols</u></i>               |                         |              |                                    |                            |              |
| 3                                    | Ethanol                 | 2.00         | 21                                 | 1-n-Heptene                | 0.69         |
| 8                                    | n-Propanol              | 1.65         | 13                                 | Methylcyclopentane         | 0.64         |
| 33                                   | n-Pentanol              | 1.54         | 55                                 | n-Butylcyclopentane        | 0.38         |
| 32                                   | Isopentanol             | 1.29         | 50                                 | Nonane                     | 0.27         |
| 20                                   | 1-Pentene-3-ol          | 1.10         | 39                                 | cis-2-Octene               | 0.16         |
| 60                                   | 1-Octen-3-ol            | 0.71         | 37                                 | trans-2-Octene             | 0.14         |
| 45                                   | n-Hexanol               | 0.18         | 16                                 | Cyclohexane                | 0.12         |
| 65                                   | 1-Octanol, 2-butyl      | 0.17         | 59                                 | 2-Ethyl-1-octene           | 0.09         |
| 43                                   | Cyclopentanol, 2-methyl | 0.15         | <i><u>Aromatic Hydrocarbon</u></i> |                            |              |
| 69                                   | Cyclooctanol            | 0.14         | 15                                 | Benzene                    | 0.11         |
| 67                                   | 4-Ethylcyclohexanol     | 0.06         | 30                                 | Toluene                    | 0.10         |
|                                      |                         |              | 58                                 | n-Propylbenzene            | 0.04         |
| <i><u>Aldehydes</u></i>              |                         |              | <i><u>Esters</u></i>               |                            |              |
| 35                                   | n-Hexanal               | 7.09         | 24                                 | n-Butyl formate            | 1.11         |
| 19                                   | n-Valeraldehyde         | 6.93         | 28                                 | 2-Pentenyl propionate      | 0.87         |
| 9                                    | n-Butyraldehyde         | 6.83         | 12                                 | n-Propyl formate           | 0.81         |
| 1                                    | Acetaldehyde            | 5.22         | 7                                  | Ethyl formate              | 0.74         |
| 5                                    | Propionaldehyde         | 4.88         | 23                                 | n-Propyl acetate           | 0.30         |
| 4                                    | Acrylaldehyde(Acrolein) | 3.70         | 53                                 | n-Hexyl formate            | 0.22         |
| 40                                   | 2-Ethylcrotonaldehyde   | 2.17         | 52                                 | n-Pentyl acetate           | 0.15         |
| 25                                   | 2-Methylcrotonaldehyde  | 1.37         | 29                                 | n-Pentyl formate           | 0.09         |
| 14                                   | Crotonaldehyde          | 1.21         | <i><u>Fatty acids</u></i>          |                            |              |
| 56                                   | 2-Heptenal              | 1.14         | 49                                 | n-Heptanoic acid           | 0.20         |
| 48                                   | Heptanal                | 0.94         | 62                                 | Undecanoic acid            | 0.20         |
| 26                                   | 2-Pentenal              | 0.74         | <i><u>Ketones</u></i>              |                            |              |
| 42                                   | 2-Hexenal               | 0.67         | 10                                 | Methyl ethyl ketone        | 2.03         |
| 51                                   | 4,4-Dimethyl-2-pentenal | 0.64         | 47                                 | Methyl n-amyl ketone       | 0.76         |
| 66                                   | 2-Hexenal, 2-ethyl      | 0.45         | 18                                 | Methyl propyl ketone       | 0.72         |
| 38                                   | 2-Pentenal, 2-methyl    | 0.38         | 34                                 | Methyl n-butyl ketone      | 0.26         |
| 70                                   | 2-Octenal               | 0.30         | 61                                 | Methyl hexyl ketone        | 0.18         |
| 27                                   | Butanal, 2-ethyl        | 0.20         | 71                                 | Cyclodecanone              | 0.12         |
| 44                                   | 2-n-Butylacrolein       | 0.17         | 46                                 | Ethyl isobutyl ketone      | 0.06         |
| 54                                   | 2-Hexenal, 2-methyl     | 0.13         | 31                                 | 2-Hexen-5-one              | 0.01         |
| 72                                   | Nonanal                 | 0.12         | <i><u>Oxides</u></i>               |                            |              |
| 57                                   | Acrolein, dimer         | 0.11         | 17                                 | Furan, tetrahydro-2-methyl | 1.40         |
| 68                                   | 2-Heptenal, 2-methyl    | 0.10         | 63                                 | Furan, 2-pentyl            | 0.52         |
|                                      |                         |              | 41                                 | 2,4-Dimethylfuran          | 0.42         |
| <i><u>Aliphatic hydrocarbons</u></i> |                         |              | 64                                 | Unknown                    | -            |
| 6                                    | n-Pentane+isopentane    | 9.12         |                                    |                            |              |
| 22                                   | Pentane, 2,4-dimethyl   | 3.43         |                                    |                            |              |
| 11                                   | n-Hexane                | 2.67         |                                    |                            |              |
| 36                                   | 3-Methylheptane         | 1.99         |                                    |                            |              |
| 2                                    | n-Butane                | 1.85         |                                    |                            |              |
| Total                                |                         |              |                                    |                            | <b>87.45</b> |

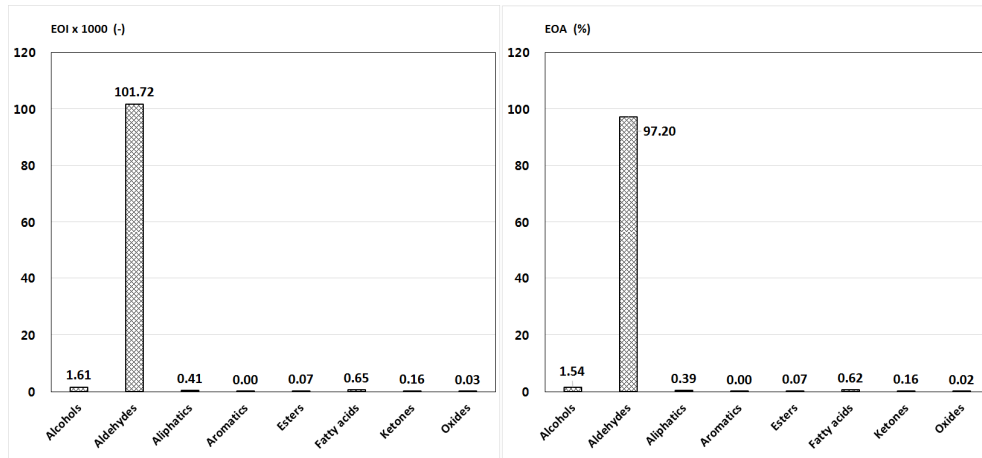


Fig. 4. The distribution of expected odor intensity and odor attribution.

Table 4. The concentration and odor attribution of major 20 odor components

| No | Compounds           | Conc. (ppmv) | TLV (ppbv) | EOI (-) | EOA (%) | Reference TLV              |
|----|---------------------|--------------|------------|---------|---------|----------------------------|
| 1  | 2-Octenal           | 0.30         | 0.01*      | 29,784  | 28.31   | Otanal                     |
| 2  | n-Hexanal           | 7.09         | 0.28       | 25,320  | 24.06   |                            |
| 3  | n-Valeraldehyde     | 6.93         | 0.41       | 16,909  | 16.07   |                            |
| 4  | n-Butyraldehyde     | 6.83         | 0.67       | 10,195  | 9.69    |                            |
| 5  | Heptanal            | 0.94         | 0.18       | 5,225   | 4.97    |                            |
| 6  | Propionaldehyde     | 4.88         | 1.0        | 4,881   | 4.64    |                            |
| 7  | Acetaldehyde        | 5.22         | 1.5        | 3,480   | 3.31    |                            |
| 8  | 2-Pentenal          | 0.74         | 0.41*      | 1,806   | 1.72    | n-Valeraldehyde            |
| 9  | 2-Hexenal, 2-ethyl  | 0.45         | 0.28*      | 1,611   | 1.53    | n-Hexanal                  |
| 10 | Dimethyl-2-pentenal | 0.64         | 0.41*      | 1,560   | 1.48    | n-Valeraldehyde            |
| 11 | Acrylaldehyde       | 3.70         | 3.6        | 1,028   | 0.98    |                            |
| 12 | Isopentanol         | 1.29         | 1.7        | 756     | 0.72    |                            |
| 13 | Nonanal             | 0.12         | 0.34       | 339     | 0.32    |                            |
| 14 | Undecanoic acid     | 0.20         | 0.6*       | 326     | 0.31    | n-Hexanoic acid            |
| 15 | Heptanoic acid      | 0.20         | 0.6*       | 325     | 0.31    | n-Hexanoic acid            |
| 16 | Butanal, 2-ethyl    | 0.20         | 0.67*      | 295     | 0.28    | n-Butyraldehyde            |
| 17 | cis-2-Octene        | 0.16         | 1.0        | 158     | 0.15    |                            |
| 18 | trans-2-Octene      | 0.14         | 1.0        | 144     | 0.14    |                            |
| 19 | 1-Octen-3-ol        | 0.71         | 6.0*       | 119     | 0.11    | n-Hexanol                  |
| 20 | Methyl amyl ketone  | 0.76         | 6.8*       | 111     | 0.11    | Methyl n-amyl butyl ketone |

\* Presumed TLV(Threshold Limit Value) from TLV of reference compound in the same group.

ppmv로 가장 높게 나타났으며, 다음으로 Aliphatics, Alcohols, Esters, Ketones 순으로 나타났다.

물질 그룹별로 예상악취강도는 알데히드류가 예상악취 강도 101,720의 정도로 예상악취기여율 97.2%를 나타내었다. 주요악취원인물질의 예상악취기여율은 2-Octenal 28.31%로 가장 높게 나타났으며, 다음으로 n-Hexanal

24.06%, n-Valeraldehyde 16.07%, n-Butyraldehyde 9.69%, Heptanal 4.97%, Propionaldehyde 4.64%, Acetaldehyde 3.31%로 이들 7종의 최소감지농도값이 0.001 ~ 0.00001 ppmv로 비교적 낮은 알데히드류가 악취발생에 주요하게 기여하고 있는 것으로 평가되었다. 주요 악취원인 물질인 알데히드 7종은 물에 대한 용해도가

낮아 일반적인 세정집진설비로는 악취오염물질 제거가 어려운 것으로 판단된다.

최근 염색공단에 섬유 가지제를 포함하는 텐터공정에서 발생하는 악취저감 대책 수립에 있어서 알데히드류의 물질 저감에 관심을 가질 필요가 있을 것으로 사료된다.

### 감사의 글

본 논문은 부산대학교 기본 연구지원 사업(2년)에 의하여 연구되었습니다.

### REFERENCES

- An, S. Y., Choi, S. W., 2005, Measurement of odor compounds from odorous emissions source of Industrial Complex, *J. Environ. Sci.*, 14(1), 81-89.
- Hwang, Y. S., Park, H. J., Chung, G. H., Kim, D. H., Na, B. K., 2011, Full-scale EFC study on oil recovery and reuse from discharge gas of tenter facility in textile industry, *Clean tech.*, 17(3), 259-265.
- Jung, J. S., Kim, D. C., Lee, H. C., Yeon, S. W., Yeon, I. J., 2016, A Study on the odor compounds emitted using odor contribution analysis - Focus on the ochang scientific industrial complex area, *J. Environ. Sci.*, 25(9), 1329-1339.
- Nagata, Y., Takeuchi, N., 1996, A Report on sensory measurement of odor in exercise at National Environmental Training Institute, *Bulletin, Japan Environ. Sanitation Center, Kanagawa-Ken*, 23, 67-79.
- National Center for Biotechnology Information. PubChem Compound Database; CID=16900, <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/16900> (accessed May 31, 2018).
- Noh, D. j., Seo, Y. S., Lee, J. K., 2016, Emissions of odorous and siloxane compounds from a sewage sludge drying facility and removals of the compounds using a packed bed wet scrubber, *J. Korean Material Cycle Waste Manage.*, 33(3), 230-238.
- Paeng, J. I., Cho, S. J., Kim, H. M., 2008, Odor characteristics of dyeing and finishing textile factories, *J. Korean Soci. Environ. Admin.*, 14(2), 45-54.
- Park, C. S., Yoo, Y. J., Choi, H. Y., Yoo, J. H., Lee, I. H., Ha, J. H., Kim, M. G., 2009, Identification of individual odor characteristic and odor-active compounds from a dye company, *J. Korean Soci. Odor Res. Eng.*, 8(3), 144-150.
- Seo, S. J., Seo, Y. K., Hwang, Y. J., Jung, D. H., Baek, S. O., 2014, Application of adsorption sampling and thermal desorption with GC/MS analysis for the measurement of low-molecular weight PAHs in ambient Air, *J. Korean Soci. Atmos. Environ.*, 30(4), 362-377.
- Seo, Y. S., Lee, J. K., 2009, The study of simultaneous analysis for trace multi-odorous and volatile organic gases using a triple-bed adsorbent tube, *Korean Chem. Eng. Res.*, 48(2), 244-252.
- Seo, Y. S., Lee, Y. E., 2012, Assessments of the VOCs and smells compounds emitted from properties exhumed at Sim Seol Tomb, *J. Korean Soci. Conserv. Sci. Cultural Property*, 28(1), 63-73.
- US EPA Method To-17A, 1999, Determination of volatile organic compounds in ambient air using active sampling onto sorbent tubes, 2nd Edition, 9-22.
- Villberg, K., Veijanen, A., 2001, Analysis of GC/MS thermal desorption system with simultaneous sniffing for determination of off-odor compounds and VOCs in fumes formed during extrusion coating of low-density polyethylene, *Anal. Chem.*, 73, 971-977.