

## 음식물의 부패에 의한 악취발생 특성 및 미생물을 이용한 부패악취저감 연구

김기현<sup>†</sup> · 김용휘\* · 임문순 · 박신영 · 홍윤정 · 최병선\*

세종대학교 지구환경과학과, \*세종대학교 식품공학과

## Characterization of Malodor Release from Decaying Foods and Tactics for Odor Control through Microbial Treatment

K.H. Kim<sup>†</sup>, Y.H. Kim\*, M.S. Im, S.Y. Park, Y.J. Hong, and B.S. Choi\*

*Dept. of Earth & Environmental Sciences, Sejong University*

*\*Dept. of Food Science and Technology, Sejong University*

In this study, the concentrations of major odorous compounds were measured from decaying food samples made of meat and fish as a function of time. The experimental data were collected as part of two different experiment types; experiment type 1 was made using food samples decaying continuously, while experiment type 2 was made by applying microbial treatment to those decaying food samples. The results of meat samples have shown that the emission concentrations of most odorous compounds were distinctive enough; in the case of reduced sulfur compounds such as hydrogen sulfide and methane thiol, their concentrations commonly approached a few hundred ppm values. However, the observed concentrations from fish samples were substantially low due to the effect of the initial salt treatment. According to the microbial treatment experiment, its initial effect is dramatically effective enough to remove the dominant proportion of certain odorous species such as some reduced sulfur compounds and ammonia; however, such removal effects are found to fade away through time. The results of our preliminary study were successful to characterize odorous emissions from rotting food samples. However, more studies are needed to explain mechanistically the effect of microbial treatments under different experimental settings.

**Key words:** food, decay, malodor compounds, reduced sulfur, hydrogen sulfide

### 1. 서 론

산업의 발달은 인류의 문명과 생활을 향상시키는 긍정적인 역할과 함께 환경의 훼손이라는 양면적인 기능을 동시에 각인시켜 주었다. 환경적인 측면에서 부작용으로 간주할 수 있는 여러 가지 사례 중에서, 악취의 발생과 그로 인한 피해는 아직까지 해결이 용이하지 않은 문제의 하나로 남아 있다.<sup>1,2)</sup> 생활환경에서 감지할 수 있는 악취의 발생 요인에 대한 종류 또는 특성과 관련한 정보는 다양하게 파악되고 있다. 음식물의 부패는 생활환경에서 가장 쉽게 접할 수 있는 악취문제의 하나로 간주할 수 있다. 원래 부패라는 현상은 유기물

질에 미생물이 작용하여, 악취를 내며 분해하는 현상을 의미한다. 황이나 질소를 포함하는 생물의 죽은 조직과 같은 유기화합물에 무산소성 세균이 작용하는 불완전 분해로 설명할 수 있다. 이 때, 황화수소나 아민과 같은 각종 악취물질이 배출되는 것으로 알려져 있다. 이와 같은 부패의 특성 때문에 음식물의 부패로 인한 악취의 발생은 악취관리에 중요한 영역으로 간주할 수 있다. 이러한 유형의 문제를 관리체계의 틀에 올리기 위한 노력은 무수하게 진행되었다.<sup>3)</sup>

본 연구진은 악취문제의 현안을 해결하기 위한 목적으로 주요 악취관리대상 성분들에 대한 분석기술을 지속적으로 연구하였다.<sup>4,5)</sup> 본 연구에서는 악취문제에

<sup>†</sup>To whom correspondence should be addressed.  
khkim@sejong.ac.kr

대한 연구조사의 연장선상에서 음식물의 부패와 그로부터 발생하는 악취물질의 배출특성을 파악하고자 하였다. 이를 위하여 실험실 중심으로 부패환경의 조성 및 악취물질의 배출특성에 대한 예비조사를 실시하였다. 이러한 연구를 통하여, 음식물의 부패 단계별 관리대상 악취물질들의 발생특성을 시간의 함수로 연계한 조건에서 분석하였다. 본 연구결과를 토대로 음식물의 부패로 발생하는 악취물질의 종류나 세기를 정량적인 기준으로 판단할 수 있는 근거를 확보하고자 하였다. 이와 동시에 이들 악취물질의 발생을 저감하는 데 유용한 것으로 알려진 미생물을 이용한 악취성

분들의 저감효율을 정량적인 기준으로 조사하고자 하였다.

## 2. 연구방법

### 2.1. 부패시료의 악취 채취조건 및 미생물 처리효율 평가를 위한 실험조건에 대한 확립

본 연구진은 2006년 6월부터 40여일의 기간에 걸쳐, 실험실 조건에서 음식물을 부패시키고 이들 부패물로부터 악취의 발생 양상을 조사하였다. 분석대상 물질로는 악취기준물질에 해당하는 12가지 성분을 포괄적으로 포함하는 조건에서 다음과 같이 5개 계열의 총 32

**Table 1.** A list of chemicals investigated for malodor released by decaying food samples in this study.

	Full name	Modified Name	Structural formula	Ref	Threshold concentration
A. Carbonyl compounds	Formaldehyde	Form-A	HCHO		
	Acetaldehyde	Acet-A	CH <sub>3</sub> CHO	*	0.002
	Acrolein	Acrolein	CH <sub>3</sub> =CHCHO		
	Acetone	Acetone	CH <sub>3</sub> COCH <sub>3</sub>		
	Propionaldehyde	Propion-A	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CHO	*	0.002
	crotonaldehyde	Croton-A	CH <sub>3</sub> CH=CHCHO		
	Butyraldehyde	Butyr-A	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CHO	*	0.0003
	Benzaldehyde	Benz-A	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> CHO		
	Iso-valeraldehyde	Isovaler-A	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CHCH <sub>2</sub> CHO	*	0.0002
	valeraldehyde	Vale-A	(CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> CHO	*	0.0007
B. Reduced S compounds	o-Tolualdehyde	o-Tolu-A	CH <sub>3</sub> C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> CHO		
	m-Tolualdehyde	m-Tolu-A	CH <sub>3</sub> C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> CHO		
	p-Tolualdehyde	p-Tolu-A	CH <sub>3</sub> C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> CHO		
	Hydrogen sulfide	H <sub>2</sub> S	H <sub>2</sub> S*	*	0.0005
	Methyl mercaptan	CH <sub>3</sub> SH	CH <sub>3</sub> SH*	*	0.0001
C. N compounds	Dimethyl sulfide	DMS	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> S*	*	0.0001
	Carbon disulfide	CS <sub>2</sub>	CS <sub>2</sub> *		0.21
	Dimethyldisulfide	DMDS	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> S <sub>2</sub> *	*	0.0003
D. Total and individual VOC	Ammonia	NH <sub>3</sub>	NH <sub>3</sub>	*	0.1
	Trimethyl amine	TMA	(CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> N	*	0.0001
	Total VOC	TVOC	C		
	Benzene	B	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>		0.9
	Toluene	T	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> CH <sub>3</sub>		
	Ethylbenzene	E	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> C <sub>2</sub> H <sub>5</sub>		
	m,p-Xylene	MPX	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> C <sub>6</sub> H <sub>4</sub>		
	o-Xylene	OX	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> C <sub>6</sub> H <sub>4</sub>		
	Styrene	STY	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> CH=CH <sub>2</sub>	*	0.03
	Bromobenzene	BB	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> Br		
	1,3,5-Trimethylbenzene	1,3,5-TMB	(CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> C <sub>6</sub> H <sub>3</sub>		
	1,2,4-Trimethylbenzene	1,2,4-TMB	(CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> C <sub>6</sub> H <sub>3</sub>		
	p-Isopropyltoluene	p-IPT	C <sub>10</sub> H <sub>14</sub>		
	n-Bulylbenzene	n-BB	C <sub>10</sub> H <sub>14</sub>		

\*A list of chemicals designated as malodor compounds by the Korean Ministry of Environment (Since Feb., 2005)

개 성분들을 각 계열의 분석에 적합한 시스템을 구동하여 분석하였다(Table 1): (1) 아세트알데하이드를 위시한 카르보닐 계열의 13가지 성분, (2) 황화수소를 위시한 환원 황계열 5가지 성분, (3) TVOC 및 개별 VOC를 포함한 12가지 성분, (4) 질소계 성분인 암모니아와 트리메틸아민 (이하 TMA). 이와 함께 악취공정시험법의 기준에 따라 악취의 희석배수도 동시에 측정하였다.

음식물의 부패를 유도하기 위하여 두 가지의 조사 대상 식품을 선택하였다. 보다 구체적으로 [1] 그라운드 비프와 [2] 소금치리를 가한 어류(꽂치)를 470, 140 g씩 각각 복수로 준비하였다. 이들 2가지 식품 시료는 모두 2.5 L 용량의 투명형 유리 용기 2개씩 모두 복수로 총 4개를 담아서 부패실험에 활용하였다. 모든 유리 용기는 상단에 두 개의 구멍을 뚫고, 1/4인치 테플론관 두 개씩을 10 cm 길이로 연결해 주었다. 이를 통해, 호기조건을 유지함과 동시에 시료채취의 편리성을 도모하였다. 복수로 준비한 시료는 Table 2에 제시한 바와 같이, 크게 다음과 같이 4가지로 분류하였다: M1, M2, F1, F2. 여기에서 영문 대문자 M과 F는 육류(meat)와 생선(fish)의 약자로 그리고 숫자 1과 2는 순수하게 부패조건을 유지한 경우와 부패 후 미생물처리를 가한 시료를 구분하기 위한 분류로 활용하였다.

## 2.2. 시료의 채취방법

시료의 채취와 분석에 대한 연구방법은 이미 본 연구진이 선행연구를 통해 다수의 연구논문으로 발간한 바 있다. 그리고 이러한 분석방법의 객관성을 검증하기 위한 기본적인 척도로써 주요 분석변수를 각 성분 별로 자세하게 제시한 바 있다.<sup>6)</sup> 본 연구진은 총 32개의 분석대상 물질들을 분석하기 위하여 다음과 같은 방식

으로 시료를 채취하였다. 우선, 환원황 계열, VOC 계열, TMA 성분들의 경우, 간접시료 채취방식에 기초한 진공형 링샘플러 (lung sampler) 방식을 이용하여 채취하였다. 테들러백을 장착한 진공형 링샘플러를 이용하여 진공상태를 형성한 조건에서 부패음식물이 담긴 용기내부의 공기를 백 내부로 주입시켰다. 이 때 한 개의 용기당 5 L의 시료를 백으로 채취하였다. 테들러백을 이용한 시료채취방식은 분석대상성분의 손실특성을 명확하게 이해하고 사용하는 것이 중요하다. 이러한 문제점을 최소화하기 위한 방법으로 시료채취에 이용한 링샘플러는 테플론 재질의 밸브 및 시료유입 라인을 사용하였다.<sup>5)</sup>

이렇게 채취한 시료를 백을 이용하여 다시 다단계로 희석시킨 후, 기타 성분들의 분석에도 활용하였다. 아세트알데하이드를 위시한 카르보닐 성분들은 DNPH 카트리지 (Supelco, USA)를 이용한 선농축 방식으로 시료를 채취하였다. 적정유량의 미니펌프에 (시료의 분석대상성분을 파괴시킬 수 있는) 오존과 같은 간섭물질들이 유입되는 것을 최소화하기 위하여, 카트리지의 유입구에 KI 재질의 오존 스크리버를 DNPH 카트리지의 전단에 연결하여 사용하였다.<sup>7)</sup> 암모니아는 공정시험법을 기초로 임핀저 방식의 채취법을 적용하였다. 이를 위해, 적정량의 봉산용액을 채운 임핀저에 대기시료를 통과시켜주는 방식으로 암모니아 성분을 흡수채취 하였다. 이들 성분들에 대한 분석방법은 각각의 성분 또는 계열별로 다음과 같이 요약할 수 있다.

## 2.3. 시료의 분석방법

### 2.3.1. 환원황 성분

환원황 계열의 성분은 다음과 같이 두 가지 시스템을 결합한 방식으로 분석하였다.<sup>6)</sup> 먼저 Peltier cooling

**Table 2.** A scheme for decay experiment with and without microbial treatment as a function of time (number of days).\*

Exp Type** (sample)	Exp No.						Ref
	1	2	3	4	5	6	
[1] Exp type 1: Decaying only							
M1(F1)	0	8	8 + 1 hr	9	15	40	← Decay
[2] Exp type 2: Decaying with microbial treatment							
M2(F2)	0	8					← Decay
			1 hr	1	7	32	← Treatment

\*Samples are prepared as replicates and analyzed separately for two different experiment types.

\*\*Capital letters of M and F denote meat and fish, respectively, while numbers of 1 and 2 denote experiments with decay only and decay plus microbial treatment, respectively.

(PC)/Thermal desorber (TD) (Unity & Air server: Markes, Ltd., UK)을 구동하여, 극저온 상태를 유지할 수 있는 cold trap으로 황화합물들을 (1) 선별농축, (2) 순간고온으로 상승, (3) GC의 분리관으로 유입시켜주는 방식으로 분석하였다. 그리고 그 다음 단계에서는 황성분의 분석에 가장 최신의 검출방법으로 알려진 PFPD (Pulsed Flame Photometric Detector: O.I Co., Model 5380, USA)를 장착한 GC (Donam instrument, Model: DS 6200, Korea)를 구동하였다. 이러한 분석방식은 기존의 FPD를 이용한 방식에 비해 안정성, 선택성, 재현성, 검출한계 등을 크게 개선시킨 시스템으로써, 수십 pg대의 환원황 성분을 분석하는데 용이한 것으로 알려져 있다.<sup>8)</sup> 시료유입구에는 Nafion dryer를 설치하여, 시료에 함유된 수분이 GC로 유입될 가능성을 최소화하였다. 그리고 저온농축을 위한 cold trap의 흡착소재로 Carboxpack B와 Silica Gel을 이용하였다. 분석 칼럼으로는 BP-1 (Length: 60 m, ID: 0.32 mm, Film thickness: 5.0  $\mu$ m, SGE)을 사용하였다.

### 2.3.2. 휘발성 유기화합물질

휘발성 유기화합물질(VOC)은 환원황 계열의 성분들에 대한 분석에 사용한 동일 모델의 PC/TD 시스템에 FID (Frame Ionization Detector)방식의 GC (Donam instrument, Model: DS 6200, Korea)와 연동하여 분석하였다.<sup>9)</sup> VOC의 분석에서도 샘플 유입구에 Nafion dryer를 장착하여 PC/TD로 유입되는 수분의 영향을 최소화하였다. VOC의 분석을 위한 cold trap은 Carboxpack B와 Carboxpack C를 1:1의 비율로 충전하여 사용하였다. 분석칼럼으로는 DB-VRX (Length: 60 m, ID: 0.32 mm, Film thickness: 1.8  $\mu$ m, J&W)를 사용하였다. 연구에 사용한 시스템은 분석시료의 부피 (400 ml)를 기준으로, benzene 0.14 ppb, toluene 0.11 ppb, ethylbenzene 0.11 ppb, m,p-xylene 0.04 ppb, styrene 0.12 ppb 등의 검출한계를 나타내었다. 또한 상대표준오차 (RSE)를 이용하여 정밀도를 산출하면, 5% 내외의 수준인 것으로 나타났다.

### 2.3.3. 트리메틸아민 (TMA)

트리메틸아민 (TMA)의 경우, 테들러 백에 채취한 시료를 SPME (polydimethylsiloxane/ dicinylbenzene, 65  $\mu$ m film)를 이용한 추출-선농축 방식을 적용하여 분석하였다. 백에 함유된 TMA 성분들을 직접적으로

SPME를 이용하여 농축시킨 후, GC (Donam instrument, Model: DS 6200, Kor)의 injector에서 210°C로 3분간 탈착하였다. TMA 성분을 GC 내부로 유도하기 위한 분석칼럼으로는 CPWax52CB (Length: 50 m, ID: 0.32 mm, Film thickness: 1.2  $\mu$ m, Chrompack)을 사용하였다. TMA 성분의 분석은 VOC의 분석에 활용한 GC/FID와 동일한 사양의 검출시스템을 독립적으로 사용하였다.<sup>10)</sup> 이러한 분석방법은 현 공정시험법에 제시되어 있는 방법과는 다소 차이가 있다. 또한, 테들러 백을 이용함으로써 발생하는 TMA 시료의 손실을 배제하기는 어려운 실정이다. 그러나 시료채취의 간편함과, 분석방법의 정도관리 등에 대해서는 본연구진의 선행연구를 통해서 제시한 바 있다.<sup>11)</sup> 따라서 이런 방법의 여러 가지 이점 등을 감안하여, TMA 시료의 분석을 시도하였다.

### 2.3.4. 카르보닐계 성분

아세트 알데하이드를 위시한 카르보닐계열의 성분들을 분석하기 위해, HPLC 분석방식을 이용하였다. DNPH 카트리지에 5 ml의 acetonitrile용액으로 용출한 후, 20  $\mu$ l 만큼 HPLC로 주입하여 카르보닐계 성분을 분석하였다. 칼럼은 Hichrom 5 C18 (Length: 25 cm, ID: 4.6 mm, 비극성: reversed phase)를 사용하였다. 이동상 용액은 카르보닐계 분석대상 성분 13가지 모든 물질에서 가장 효과적인 분리율을 보이는, 65% acetonitrile 용액 (acetonitrile:water=6.5:3.5)을 사용하였다. 시료에 함유된 알데하이드 성분들은 2,4-DNPH에 대한 감도가 가장 뛰어난 360 nm 파장대 (UV 영역)에서 각각 분리하여 검출하였다.<sup>7)</sup> 연구기간을 통해 분석화학적 정도관리를 확인한 결과 각 성분별로 조금씩 차이는 있지만, 연구기간내 관측한 온도와, 측정장소의 누적유량 (9.2 l)을 적용함으로써 0.48~0.58 ppb의 검출한계를 유지하는 것으로 나타났다. 또한, 정밀도는 0.61~1.90%의 수준인 것으로 나타났다.<sup>7)</sup>

### 2.3.5. 암모니아

암모니아의 분석은 UV/VIS 분광계측기 (Model Genesys™ 10 series, Thermo electron Corp.)를 이용하였다. 시료를 통과 흡수시켜준 분상용액 (10 ml)과 페놀니트로프루시드용액 (5 ml)을 먼저 반응시킨 후, 차아염소산나트륨용액 (5 ml)을 주입하여 반응시켜 주었다 (총 20 ml). 이러한 과정을 거치면, 시료는 인도페놀법에 의해 발색이 이루어진다. 혼합된 시료는 상

온에서 약 1시간 정도의 발색시간을 거친 후, 분광계로 분석하였다. 암모니아의 분석에 이용한 분석기기의 검출한계는 절대질량 기준으로 수준을 나타내었다.

#### 2.4. 미생물 시료의 준비 및 처리

부패 중인 음식물의 악취발생 저감효과를 조사하기 위한 미생물 시료는 다음과 같이 준비하였다. (주)엔텍바이오의 제품인 SJP미생물을 glucose 30[g/L] \* Bacto peptone 10[g/L] \* Malt extract[g/L] \* Yeast extract 3 [g/L]의 조성으로 준비하였다. 그리고 이 시료를 100 ml-YMP media 에 1ml의 양을 접종한 후, 28°C, 200 RPM의 조건으로 24시간 동안 shaking incubator 에서 배양하였다. 부패가 8일간 진행된 시점에서 M2와 F2 시료에 분무기를 사용하여 SJP미생물 1 ml 씩을 각각 분무해 주었다. SJP미생물을 투입하기 위해 준비한 시점에서 pH는 4.54, 총생균수는  $1.2 \times 10^8$  [FU/ml] 상태를 유지해 주었다.

### 3. 결과 및 토론

#### 3.1. 부패실험의 비교기준

Table 2에는 본 연구에서 시도한 전체적인 실험조건을 함축적으로 제시하였다. M1과 F1을 이용한 실험은 부패가 시작한 시점 (t=0 day)부터 최종 40일까지 실험을 진행하였다. 그리고 이 기간 동안 총 6차례에 걸쳐서, Tedlar bag을 이용하여 용기 내부의 시료를 채취하고 분석하였다. Table 2에 제시한 고기와 생선을 이용한 부패실험의 개요를 상세하게 설명하면, 다음과 같다. 전체 실험은 표에서 볼 수 있는 것처럼 두 가지 유형으로 실험을 진행하였다. 실험 1형은 순수하게 부패의 영향을 보는 방향으로 그리고 실험 2형에서는 일정 수준 부패가 진행된 시료에 미생물을 가하여 악취의 발생/저감양상을 파악하고자 하였다.

이러한 원칙에 따라 우선 실험 1형은 부패실험은 양쪽 시료를 준비한 용기에서 각각 총 6차례씩 시료를 채취하고 조사하는 방식으로 6차례의 실험을 진행하였다 (Table 2의 실험 1, 2, 3, 4, 5, 6을 참조). 최초로 부패가 되지 않은 음식물을 용기에 담은 시점에 바로 채취분석을 실시하고, 그 이후 다음과 같이 추가로 5차례 더 조사하였다: 따라서 실험 2에서 6은 각각 8일, 8일 1시간, 9일, 15일, 40일에 해당한다. 부패가 시작한 시점에서 첫 분석을 한 실험 2의 기준 시점을 8일로 설정한 것은 시료가 적절하게 부패가 되는 조건을 보

고자 한 것이다. 물론 이 시점은 비교 대상이 되는 미생물 처리를 진행하는 기준 시간을 의미하기도 한다. 따라서 8일 이후에 설정한 모든 시점은 순수하게 부패만 진행되는 상황과 미생물처리 효과를 유사한 관점에서 비교할 수 있게 두 가지 실험의 일정을 동일한 기준을 감안하였다.

실험 2형도 모두 실험 1을 위해 설정한 6개의 시간대에서 동일하게 준비한 용기로부터 6차례에 걸쳐 실험하는 방식으로 진행하였다. 그러나 이들 실험의 경우, 실험 1과 2는 단순히 실험 1형과 동일한 방식으로 반복분석 자료를 생산하였다는 의미를 지니는 수준이다. 반면 실험 3, 4, 5, 6은 미생물을 가한 조건에서 1시간, 일주일, 한달 정도의 경과시간을 두면서 미생물처리의 효과를 검증하기 위한 조건으로 진행한 실험을 의미한다. 결과적으로 실험 1형이나 2형 모두 동일한 시점에서 6차례씩 실험을 진행한 것이지만, 양자에 대한 해석은 조금 더 다양한 각도에서 접근할 필요가 있다.

#### 3.2. 자료해석을 위한 접근방법

전체 연구자료에 대한 해석은 다음과 같이 세 가지 기준을 중심으로 시도하였다. (1) 순수하게 부패의 영향을 평가하기 위한 실험 1형의 결과에 대한 해석, (2) 미생물 처리에 따른 악취성분의 배출 특성에 대한 실험 2형의 평가, (3) 미생물의 처리효율을 평가 하기 위한 실험 1, 2 유형의 비값 산정과 같이 3가지 주요 관점을 중심으로 결과를 평가하고자 하였다. 이러한 세가지 기준을 판단하기 위해서, 전체 자료에 대한 활용은 다음과 같이 여러 가지 복합적인 기준을 설정하였다. 가장 먼저 실험 1형의 해석은 다음과 같이 예외조항을 설정하였다. 먼저 실험 1에서 6까지의 자료 중에서 실험 3과 4의 결과는 제외한 조건에서 부패의 경향을 판단하고자 하였다. 총 6차례의 실험은 모두 동일한 2.5 리터의 용기에서 5리터의 시료를 채취하였는데, 실험 3과 4는 직전 시료의 채취 후에 충분히 악취가 발생하기 전에 다시 시료를 채취하는 상황이 유지되었다. 실제로 고기와 생선을 이용한 실험 1형의 결과를 정리한 Table 3, 4를 보면, 총 6차례의 실험 중 실험 3, 4의 결과가 급격하게 낮은 수준의 농도로 급감해 있는 양상을 확인할 수 있다. 따라서 시간의 경과에 따른 부패의 양상은 그림 1A에 제시한 것과 같이 실험 1, 2, 5, 6의 자료만으로 비교하였다.

미생물의 처리효과를 보기 위한 결과의 분석은 앞서

언급한 바와 같이 실험 3, 4, 5, 6의 자료만을 활용하였다. 결과적으로 실험 2의 단계를 통해, 8일까지 부패조건이 유지된 시료에 미생물을 가한 후 1시간, 1일, 7일, 32일의 경과시점에 채취 및 분석을 하였다고 볼 수 있다. 그리고 미생물처리에 따른 악취물질의 배출경감 효과를 평가하기 위한 비값의 산출은 실험 3, 4, 5, 6의 결과로부터 도출하였다 (Table 5 참조). 이러한 비교에 활용한 실험 3, 4의 결과는 앞서 언급한 바와 같이 시료채취 간격의 문제로 인해 절대 농도의 크기가 현저하게 줄어들지만, 실험 1, 2형 모두 비교 대상구가 형성되었다는 점에서 양 실험 유형의 결과를 이용한 비값을

산출하는 데에는 별다른 문제가 없을 것으로 사료된다.

### 3.3. 부패의 진행과 악취물질의 배출 특성

Table 3, 4에는 고기와 생선의 부패로부터 발생하는 악취성분들의 배출경향을 시간의 함수로 각각 제시하였다. 양 쪽 표에는 일단 6차례의 실험결과를 가감없이 모두 제시하였지만, 앞서 설명과 같이 이들 결과 중 실험 3, 4에 대한 절대치의 변화경향에 대한 해석에는 주의가 필요하다. 그림 1A에는 실험 3, 4의 결과를 제외한 황성분들의 악취발생 경향을 시간의 함수로 제시하였다. 그리고 Table 3에는 모든 실험결과를 단순한 농

Table 3. Results of meat corruption experiment as a function of decaying interval (ppm unit).

Time (Days)	0	8	8.04	9	15	40
Pollutants <sup>1)</sup>	Concentration (ppm)					
H <sub>2</sub> S	V 0.02 II	689 V	36.8 V	73.7 V	2090 V	21.4 V
CH <sub>3</sub> SH	V <u>8.71E-06</u> <sup>2)</sup>	486 V	186 V	231 V	2305 V	121 V
DMS	V 0.01 II	<u>0.007</u> II	<u>0.006</u> II	<u>0.007</u> II	<u>0.08</u> III	<u>0.08</u> III
CS <sub>2</sub>	0.02	0.94	1.72	1.24	19.1	19.7
DMDS	V <u>4.84E-06</u>	6.60 V	46.3 V	73.1 V	83.2 V	247 V
Form-A	1.38E-03	8.44 III	6.34 II	2.28 II	11.0 III	1.15 I
Acet-A	V 0.02 II	59.6 V	71.3 V	45.7 V	3.24 IV	6.09 IV
Acrolein	<u>3.29E-04</u>	<u>1.07</u> III	<u>1.07</u> III	<u>1.07</u> III	<u>1.03</u> III	<u>1.11</u> III
Acetone	0.12	4.17	6.43	5.43	11.8	1.7
Propion-A	V 1.00E-03	5.18 IV	6.52 IV	2.64 IV	1.17 III	0.65 III
Croton-A	<u>3.40E-04</u>	<u>1.19</u>	<u>1.19</u>	<u>1.19</u>	<u>1.09</u>	<u>0.71</u>
Butyr-A	V <u>3.60E-04</u> I	<u>1.27</u> IV	4.04 V	2.92 V	<u>1.16</u> IV	<u>0.75</u> IV
Benz-A	<u>3.39E-04</u>	<u>1.16</u>	<u>1.16</u>	<u>1.16</u>	<u>1.10</u>	<u>1.08</u>
Isovaler-A	V <u>3.55E-04</u> I	<u>1.25</u> V	<u>1.25</u> V	<u>1.25</u> V	<u>1.13</u> V	<u>1.18</u> V
Valer-A	V <u>3.68E-04</u>	<u>1.30</u> V	<u>1.30</u> V	<u>1.30</u> V	<u>1.18</u> V	<u>1.23</u> V
o-Tolu-A	<u>3.63E-04</u>	<u>1.27</u>	<u>1.27</u>	<u>1.27</u>	<u>1.17</u>	<u>1.20</u>
m-Tolu-A	<u>3.61E-04</u>	<u>1.23</u>	<u>1.23</u>	<u>1.23</u>	<u>1.26</u>	<u>1.20</u>
p-Tolu-A	<u>3.41E-04</u>	<u>1.24</u>	<u>1.24</u>	<u>1.24</u>	<u>1.25</u>	<u>1.13</u>
TVOC	1.80	493	651	459	336	291
B	<u>9.17E-05</u>	<u>0.09</u>	0.09	0.14	<u>0.09</u>	<u>0.09</u>
T	9.27E-03	4.24 I	39.0 III	3.81 I	0.50	0.20
E	3.91E-04	0.31	0.75	0.62	0.10	0.38
MPX	4.14E-04	0.31 I	0.84 II	0.66 II	0.11 I	0.42 I
OX	<u>5.42E-05</u>	0.29 I	0.85 II	0.33 I	0.08	<u>0.05</u>
STY	V <u>8.30E-05</u>	<u>0.32</u> II	<u>0.20</u> II	<u>0.08</u> I	<u>0.08</u> I	<u>0.87</u> III
BB	<u>1.59E-04</u>	<u>0.16</u>	<u>0.16</u>	<u>0.16</u>	<u>0.16</u>	<u>0.16</u>
1,3,5-TMB	<u>1.02E-04</u>	0.49 II	0.44 II	0.55 II	<u>0.10</u> I	10.5 III
1,2,4-TMB	<u>1.37E-04</u>	0.14 I	0.29 II	0.12 I	0.05 I	0.28 II
p-IPT	<u>1.07E-04</u>	<u>0.11</u>	<u>0.11</u>	0.11	<u>0.11</u>	0.51
n-BB	<u>1.54E-04</u>	<u>0.15</u>	<u>0.15</u>	<u>0.15</u>	<u>0.15</u>	<u>0.15</u>
NH <sub>3</sub>	V 0.12	218 V	109 V	133 V	432 V	14.9 IV
TMA	V <u>2.47E-03</u> II	<u>0.01</u> II	<u>0.02</u> II	<u>0.22</u> III	<u>0.36</u> IV	<u>0.73</u> IV
D/T <sup>3)</sup>	NM	4481	448	1442	1442	3000

1) All odorous pollutants investigated in this study; V markings given for 12 odorous criteria pollutants.

2) All underlined values imply below detection limits (BDL).

3) The number of dilutions to threshold (D/T) is measured after diluting all original samples by 1000 times.

Table 4. Results of fish corruption experiment as a function of decaying interval (ppm unit).

Time (Days)	0	8	8.04	9	15	40
Pollutants <sup>1)</sup>	Concentration (ppm)					
H <sub>2</sub> S	V <u>1.26E-05</u> <sup>2)</sup>	<u>0.009</u> II	<u>0.07</u> III	<u>0.009</u> II	<u>0.007</u> II	<u>0.012</u> II
CH <sub>3</sub> SH	V <u>2.53E-03</u> II	<u>0.46</u> V	<u>0.21</u> V	<u>0.11</u> IV	<u>0.66</u> V	<u>54.8</u> V
DMS	V <u>8.79E-06</u>	<u>0.67</u> III	<u>0.10</u> III	<u>0.06</u> III	<u>0.20</u> III	<u>0.006</u> II
CS <sub>2</sub>	1.46E-03	1.51	1.23	0.55	0.24	1.19
DMDS	V <u>0.01</u> II	<u>0.003</u> II	<u>0.93</u> IV	<u>0.003</u> II	<u>0.13</u> III	<u>3.59</u> V
Form-A	3.14E-03	4.68 II	5.60 II	3.36 II	10.6 III	6.37 II
Acet-A	V <u>0.34</u> III	<u>61.8</u> V	<u>57.5</u> V	<u>51.3</u> V	<u>15.6</u> V	<u>12.7</u> IV
Acrolein	0.02	<u>1.07</u> III	<u>1.07</u> III	<u>1.07</u> III	<u>1.03</u> III	<u>1.11</u> III
Acetone	4.75E-03	2.31	2.01	4.80	1.18	<u>0.77</u>
Propion-A	V <u>1.63</u> IV	<u>2.20</u> IV	<u>3.66</u> IV	<u>3.61</u> IV	<u>1.99</u> IV	<u>0.69</u> III
Croton-A	6.19E-03	<u>1.19</u>	<u>1.19</u>	<u>1.19</u>	<u>1.09</u>	<u>0.71</u>
Butyr-A	V <u>0.05</u> III	<u>2.86</u> V	<u>3.11</u> V	<u>3.13</u> V	<u>3.05</u> V	<u>0.75</u> IV
Benz-A	1.14E-03	<u>1.16</u>	<u>1.16</u>	<u>1.16</u>	<u>1.10</u>	<u>1.08</u>
Isovaler-A	V <u>6.26E-03</u> III	<u>1.25</u> V	<u>1.25</u> V	<u>1.25</u> V	<u>1.13</u> V	<u>1.18</u> V
Valer-A	V <u>0.03</u> III	<u>1.30</u> V	<u>1.30</u> V	<u>1.30</u> V	<u>1.18</u> V	<u>1.23</u> V
o-Tolu-A	<u>3.63E-04</u>	<u>1.27</u>	<u>1.27</u>	<u>1.27</u>	<u>1.17</u>	<u>1.20</u>
m-Tolu-A	<u>3.63E-04</u>	<u>1.23</u>	<u>1.23</u>	<u>1.23</u>	<u>1.26</u>	<u>1.20</u>
p-Tolu-A	<u>3.63E-04</u>	<u>1.24</u>	<u>1.24</u>	<u>1.24</u>	<u>1.25</u>	<u>1.13</u>
TVOC	5.97	315	314	681	264	78.0
B	1.44E-03	0.13	0.19	11.4	0.09	<u>0.09</u>
T	0.03	0.59	2.69 I	12.2 II	0.38	0.20
E	1.18E-03	0.09	0.22	0.18	0.06	0.30
MPX	1.48E-03	0.11 I	0.27 I	4.67 III	0.09	0.34 I
OX	1.14E-03	0.12	0.41 I	0.65 I	0.20 I	0.46 I
STY	V <u>8.30E-05</u>	<u>0.08</u> I	<u>0.13</u> I	<u>6.99</u> IV	<u>0.08</u> I	<u>0.08</u> I
BB	<u>1.59E-04</u>	<u>0.16</u>	<u>0.16</u>	<u>0.16</u>	<u>0.16</u>	<u>0.16</u>
1,3,5-TMB	4.98E-04	<u>0.10</u> I	0.12 I	<u>0.10</u> I	0.11 I	<u>0.10</u> I
1,2,4-TMB	<u>1.37E-04</u>	0.09 I	0.15 I	0.20 I	0.11 I	0.21 I
p-IPT	9.65E-04	0.15	<u>0.11</u>	<u>0.11</u>	0.05	0.47
n-BB	<u>1.54E-04</u>	<u>0.15</u>	<u>0.15</u>	<u>0.15</u>	<u>0.15</u>	<u>0.15</u>
NH <sub>3</sub>	V <u>0.17</u> II	<u>97</u> V	<u>193</u> V	<u>169</u> V	<u>506</u> V	<u>59.7</u> V
TMA	V <u>4.91E-03</u> II	<u>0.13</u> III	<u>0.01</u> II	<u>0.33</u> IV	<u>0.43</u> IV	<u>1.10</u> IV
D/T <sup>3)</sup>	NM	144	144	144	144	1442

1) All odorous pollutants investigated in this study: V markings given for 12 odorous criteria pollutants.

2) All underlined values imply below detection limits (BDL).

3) The number of dilutions to threshold (D/T) is measured after diluting all original samples by 1000 times.

도의 크기만 제시하는 대신, 그 농도에 상응하는 악취도 (로미숫자)의 형태로도 동시에 제시하였다. 각 성분의 농도에 상응하는 1에서 5도까지의 악취도로의 환산은 기존에 발표된 환산식을 이용하였다.<sup>6,12)</sup> Table 3의 고기시료에 대한 결과를 보면, 부패가 진행하면서 악취물질의 배출이 꾸준히 이루어진 것을 알 수 있다. 특히, 황화수소를 위시한 황계열 화합물들은 수 백 ppm에 달하는 고농도의 배출이 이루어지면서, 악취도도 5도의 수준을 보일 정도로 높게 나타났다. 이러한 경향은 암모니아도 5도 수준을 유지할 정도로 수 백 ppm

수준의 고농도가 상당 수준 지속된 것을 볼 수 있다. 작은 양 (10 g)의 고기, 생선, 부패음식 등의 악취물질을 조사한 윤순일<sup>13)</sup>의 선행연구에서도 이와 같이 황계열 화합물의 고농도 배출현상을 확인한 바 있다. 14일 정도를 부패시킨 상태의 고기시료에서 황화수소 11 ppm, 메틸치온 9 ppm 등의 농도를 확인한 바 있다. 이들 성분에 비해 상대적으로 약하지만, 악취의 배출이 지속되는 경향은 카보닐, VOC, TMA 성분들에서도 확인할 수 있다. 희석배수도 8일이 경과한 시점에 4백만 배 이상의 값을 보이며 가장 높게 나타났고, 실험 5, 6

**Table 5.** The effect of microbial treatment on meat samples is compared by applying microbial treatments on samples for 8 days under rotting conditions. As the time period of these experiments is counted upon the time of microbial treatment, addition of 8 days will match the time scale introduced in the experimental scheme of Table 2.

Exp type	Concentration of each odorous pollutants (in ppm unit)								Concentration ratio (Exp 1/Exp 2)			
	Exp type 2 (After treatment)				Exp type 1 (No treatment*)				0.04	1	7	32
	0.04	1	7	32	0.04	1	7	32				
H <sub>2</sub> S	<u>0.008</u>	<u>0.009</u>	289	749	36.8	73.7	2090	21.4	4757	7861	7.23	0.03
CH <sub>3</sub> SH	1.05	30.6	891	1140	186	231	2305	121	176.69	7.55	2.59	0.11
DMS	<u>0.006</u>	1.13	<u>0.06</u>	<u>0.06</u>	<u>0.006</u>	<u>0.007</u>	<u>0.06</u>	<u>0.06</u>		0.01		
CS <sub>2</sub>	0.54	0.71	7.22	8.39	1.72	1.24	19.1	19.7	3.17	1.75	2.64	2.36
DMDS	0.78	1.07	6.33	60.6	46.3	73.1	83.2	247	59	69	13	4.07
Form-A	8.49	<u>1.45</u>	11.5	0.65	6.34	2.28	11.0	1.15	0.75	1.57	0.96	1.78
Acet-A	42.4	45.5	4.99	2.70	71.3	45.7	3.24	6.09	1.68		0.65	2.25
Acrolein	<u>1.07</u>	<u>1.07</u>	<u>1.03</u>	<u>1.11</u>	<u>1.07</u>	<u>1.07</u>	<u>1.03</u>	<u>1.11</u>				
Acetone	2.11	3.05	1.18	2.23	6.43	5.43	11.8	1.7	3.04	1.78	10	0.77
Propion-A	2.25	4.16	1.17	<u>0.84</u>	6.52	2.64	1.17	0.65	2.91	0.64		0.77
Croton-A	1.19	1.19	<u>1.09</u>	<u>0.71</u>	1.19	1.19	<u>1.09</u>	<u>0.71</u>				
Butyr-A	<u>1.27</u>	2.87	<u>1.16</u>	<u>0.75</u>	4.04	2.92	<u>1.16</u>	<u>0.75</u>	3.19	1.02		
Benz-A	<u>1.16</u>	<u>1.16</u>	<u>1.10</u>	<u>1.08</u>	<u>1.16</u>	<u>1.16</u>	<u>1.10</u>	<u>1.08</u>				
Isovaler-A	<u>1.25</u>	<u>1.25</u>	<u>1.13</u>	<u>1.18</u>	<u>1.25</u>	<u>1.25</u>	<u>1.13</u>	<u>1.18</u>				
Valer-A	<u>1.30</u>	<u>1.30</u>	<u>1.18</u>	<u>1.23</u>	<u>1.30</u>	<u>1.30</u>	<u>1.18</u>	<u>1.23</u>				
o-Tolu-A	<u>1.27</u>	<u>1.27</u>	<u>1.17</u>	<u>1.20</u>	<u>1.27</u>	<u>1.27</u>	<u>1.17</u>	<u>1.20</u>				
m-Tolu-A	<u>1.23</u>	<u>1.23</u>	<u>1.26</u>	<u>1.20</u>	<u>1.23</u>	<u>1.23</u>	<u>1.26</u>	<u>1.20</u>				
p-Tolu-A	<u>1.24</u>	<u>1.24</u>	<u>1.25</u>	<u>1.13</u>	<u>1.24</u>	<u>1.24</u>	<u>1.25</u>	<u>1.13</u>				
TVOC	350	257	140	111	651	459	336	291	1.86	1.78	2.41	2.62
B	0.40	0.22	0.10	<u>0.09</u>	0.09	0.14	<u>0.09</u>	<u>0.09</u>	0.23	0.64	0.93	
T	4.47	0.84	0.69	0.17	39.0	3.81	0.50	0.20	8.73	4.56	0.73	1.15
E	0.36	0.13	0.16	<u>0.08</u>	0.75	0.62	0.10	0.38	2.05	4.81	0.61	4.74
MPX	0.41	0.19	0.13	0.29	0.84	0.66	0.11	0.42	2.07	3.44	0.80	1.41
OX	0.27	0.15	0.08	<u>0.05</u>	0.85	0.33	0.08	<u>0.05</u>	3.11	2.15		
STY	<u>0.08</u>	<u>0.08</u>	<u>0.08</u>	<u>0.08</u>	0.20	<u>0.08</u>	<u>0.08</u>	0.87	2.37			11
BB	<u>0.16</u>	<u>0.16</u>	<u>0.16</u>	<u>0.16</u>	<u>0.16</u>	<u>0.16</u>	<u>0.16</u>	<u>0.16</u>				
1,3,5-TMB	<u>0.10</u>	<u>0.10</u>	<u>0.10</u>	0.27	0.44	0.55	<u>0.10</u>	10.45	4.27	5.43		38
1,2,4-TMB	0.20	0.09	0.06	0.22	0.29	0.12	0.05	0.28	1.43	1.32	0.85	1.28
p-IPT	0.08	0.12	<u>0.11</u>	0.40	<u>0.11</u>	0.11	<u>0.11</u>	0.51	1.39	0.93		1.28
n-BB	<u>0.15</u>	<u>0.15</u>	<u>0.15</u>	<u>0.15</u>	<u>0.15</u>	<u>0.15</u>	<u>0.15</u>	<u>0.15</u>				
NH <sub>3</sub>	246	193	670	59.7	109	133	432	14.9	0.44	0.69	0.64	0.25
TMA	1.72E-03	2.82E-02	0.19	0.75	1.63E-02	2.19E-01	0.36	0.73	9.43	7.77	1.93	0.97
D/T	45	144	2080	10000	448	1442	1442	3000	9.96	10.01	0.69	0.30

\*Exp days of 0.04, 1, 7, and 32 for after treatment correspond to 8.04, 9, 15, and 40 days without treatment, respectively.

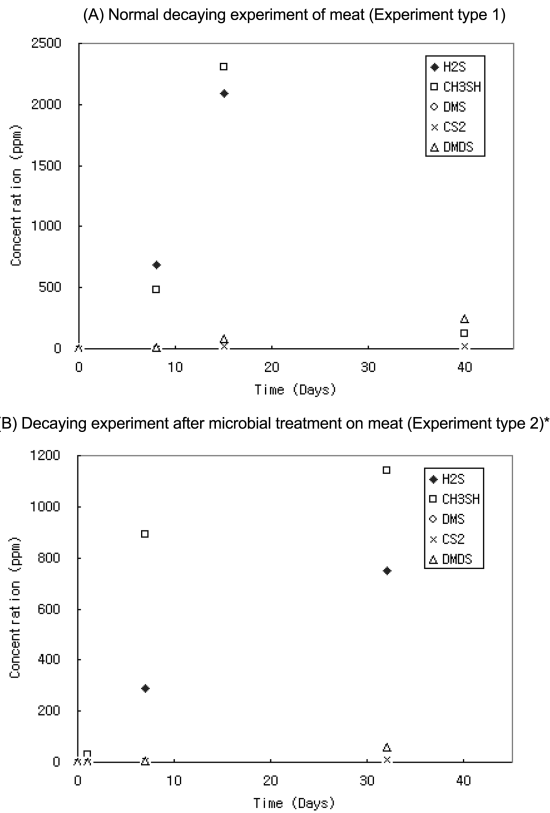
에서도 조금 감소하였지만 높은 수준의 결과를 보였다.

비교 대상으로 활용한 생선시료의 악취성분에 대한 발생경향을 비교해 보면, 모든 악취 성분들의 농도가 현저하게 떨어져 있다는 것을 확인할 수 있다 (Table 4). 이러한 경향은 가장 민감한 악취성분에 해당하는 황계열 성분만의 결과를 분리해서 제시한 Fig. 2에서도 뚜렷하게 확인할 수 있다. 생선의 부패과정에서 발견한 배출농도는 선행연구들에 비해 현저하게 낮은 수준이다. 윤순일(2003)의 연구결과에 의하면, 생선시료의 경우 고기시료에 비해 황화합물의 배출농도가 대략 3~6 배 정도 높은 수준을 유지하는 것으로 제시한 바 있다. 이는 실험에 사용한 생선시료 (꽂치)가 미리 소금에 절여둔 상태로 준비한 데 따른 효과로 볼 수 있을 듯 하다. 비록 성분에 따라 큰 차이는 있지만, 소금으로 처리한 생선시료의 결과를 보면, 고기 시료에 비해 대략 1,000 배 가까이 낮은 수준의 농도를 띄는 것으로 나타

났다. 이러한 경향은 거의 모든 악취성분들에서 일관적으로 나타난다. 결과적으로 소금처리하는 악취발생의 경향에 현저한 영향을 미친다는 것을 알 수 있다. 따라서 악취저감에 대한 해석은 생선시료에 대한 분석결과 대신, 고기시료에 대한 결과를 중심으로 시도하였다.

### 3.4. 미생물 처리를 통한 악취저감 효과의 비교

미생물처리의 효과를 평가하기 위한 결과를 간략하게 파악하기 위해, Table 5에는 고기를 이용한 실험 결과 중 1, 2 유형의 실험 중 실험 3, 4, 5, 6의 결과만을 동시에 비교할 수 있게 제시하였다. 그리고 이들 양 쪽 유형의 농도치를 이용한 비값을 산출하였다. 실험 1/실험 2의 비값을 산출하면, 미생물 처리의 효과에 대한 특성을 단순하게 평가하는 것이 가능하다. 단 미생물의 처리에 따라 일부 성분들은 감자기 검출한계 이하로 떨어지는 경향을 보이기도 한다. 따라서 비값의

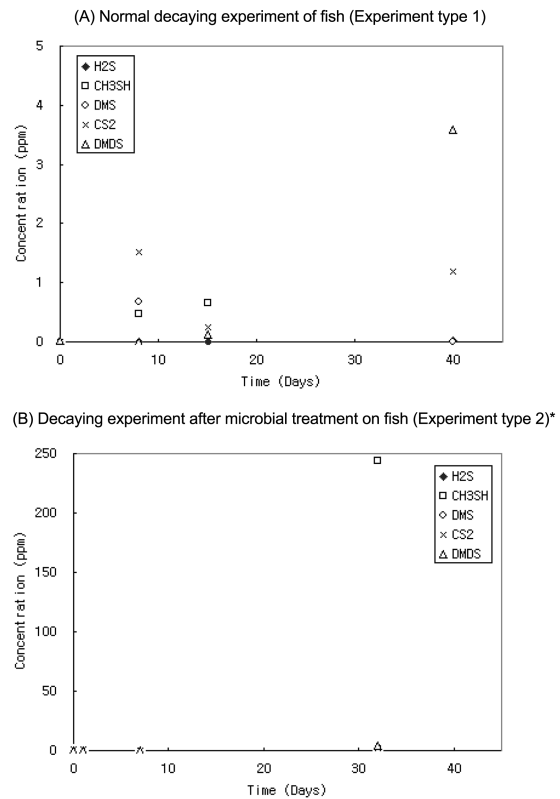


\*Exp type 2 is conducted by applying microbial treatment on 8-day rotten samples. Refer to the results of 8 days in Fig 1(A) for odor concentrations prior to the microbial treatment.

**Fig. 1.** Comparison of release patterns for odorous sulfur compounds from decaying meat samples is made as a function of time (number of days).

산출에 검출한계 이하의 농도는 단순히 검출한계치로 대체하여 계산하였다.

Table 5의 결과를 보면, 미생물 처리의 효과가 황계열 성분에서 가장 뚜렷하게 나타나는 것을 알 수 있다. 특히 황화수소의 경우, 처리 1시간과 1일 후에 수 천배에 가까운 경감효과가 나타난다. 그리고 시간이 지날수록 경감효과는 빠르게 감소해서, 7일 후에는 7배 그리고 한달 경과 시점에는 오히려 미처리 시료에 비해 농도가 늘어난 것을 볼 수 있다. 이러한 효과는 그림 1에 제시한 것처럼 단순히 부패조건을 유지한 시료는 최종 시점의 시료에서 부패미생물의 활성저하로 인해, 약취가 현저하게 감소하였다. 이에 반해, 미생물처리 시료구에서는 SJP 미생물에 의해 활성이 억제되었던 부패미생물의 재활성에 따른 부패현상으로 인해, 오히려 약취가 증가한 효과를 반영하는 것으로 보인다. 결과적으로 미생물 처리에 의한 황계열 약취저감효과는 초기



\*Exp type 2 is conducted by applying microbial treatment on 8-day rotten samples. Refer to the results of 8 days in Fig 1(A) for odor concentrations prior to the microbial treatment.

**Fig. 2.** Comparison of release patterns for odorous sulfur compounds from decaying fish samples is made as a function of time (number of days).

에 강력하게 발생하지만, 시간이 지나면 다시 원상태로 회귀하는 양상을 보인다는 것을 알 수 있다. 이처럼 강하게 변화하지는 않지만, TMA나 희석배수에서도 유사한 시간적 경향을 확인할 수 있다. 반면 알데하이드 계열, VOC 계열의 성분, 암모니아 등에서는 이러한 효과가 약하게 존재하거나 또는 거의 미미한 수준이란 것을 알 수 있다.

#### 4. 결 론

본 연구에서는 고기와 생선시료를 방치한 조건에서 시간의 경과에 따른 약취의 발생특성을 조사하였다. 그리고 이들 시료가 부패한 지 8일 시점에는 미생물 처리를 가하고, 미생물 처리의 효과를 비교 분석하였다. 비록 생선시료의 경우, 소금처리의 영향으로 인해 약취의 발생이 미미한 수준을 지속하였지만, 육류 시료의

경우 황계열 화합물들 및 다수의 성분들이 수 백 ppm에 달하는 고농도 악취배출현상을 확인할 수 있었다. 특히 이러한 악취물질의 배출을 긴 시간적인 관점에서 비교 분석한 바, 대부분의 악취성분들의 배출이 시간적 인자의 영향을 상당히 뚜렷하게 받는다는 것을 확인할 수 있었다. 미생물을 가한 실험의 결과에 의하면, 이러한 효과는 황계열 성분들과 같이 일부 성분들에 대단히 뚜렷한 저감효과가 존재하는 것을 확인해 주었다. 특히 실험초기 단계에 주요 황성분들이 거의 검출한계 수준까지 소멸되었다가, 다시 장시간이 흘러가면서 증가하는 양상을 보이는 특성에 주목할 필요가 있다. 특히 대부분의 음식물 쓰레기에 대한 처리가 처리시설로 이송되는데 소요되는 시간이 수일 이내에 이루어진다는 점을 감안하면, 이러한 저감메커니즘은 충분히 연구할 가치가 있을 것으로 사료된다. 결과적으로 본 예비 조사를 통해, 악취의 발생이나 저감 특성을 보다 다양한 조건에서 지속적으로 모니터링할 필요성을 확인하였다.

### 감사의 글

본 연구에 지원을 아끼지 않은 ‘엔텍바이오’의 박세준 사장님과 대기환경연구실의 연구조원들에게 감사드립니다.

### 참고문헌

1. Steinmann, A., *Environmental Impact Assessment Review*, **2004**, 24, 695-710.
2. Rappert, S. and Muller, R., *Waste Management*, **2005**, in press.
3. Liang, Y.-X., Su, Z.Z., Wu, W.-A., Lu, B.-Q., Fu, W.-Z., Yang, L. and Gu, J.-Y., *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, **2003**, 38, 112-123.
4. Kim, K.H., *Environ. Sci. & Technol.*, **2005**, 39(17), 6765-6769.
5. Kim, K.H., Choi, G.H., Choi, Y.J., Song, H.N., Yang, H.S., and Oh, J.M., *Talanta*, **2006**, 68, 1713-1719.
6. 김기현, 최여진, 홍윤정, 사재환, 박종호, 전의찬, 최철렬, 구윤서, *한국대기환경학회지*, **2005**, 21(2), 215-226.
7. 홍윤정, 김기현, *한국분석과학회지*, **2005**, 18(1), 42-49.
8. 최여진, 전의찬, 김기현, *한국대기환경학회지*, **2005**, 21(5), 515-524.
9. Kim, K.H., Oh, S.I., and Choi, Y.J., *Talanta*, **2004**, 64(2), 518-627.
10. 임문순, 김기현, 최여진, 전의찬, *한국대기환경학회지*, **2006**, 투고중.
11. 김기현, 현성혁, 임문순, *한국분석과학회지*, **2006**, 19(1), 96-102.
12. Nagata, Y. and Takeuchi N., *Bulletin of Japan Environmental Sanitation Center*, 1980, 7, 75-86.
13. Yun, S-I, *Kor. J. Microbiol. Biotechnol.*, **2003**, 31(4), 413-420.