

축분의 휘발성 지방산 발현 양상 연구

김태일 · 손재호* · 홍의철 · Hudson, Neale* · 양창범 · 김민균**

농촌진흥청 축산연구소

Studies on the Characteristics of Volatile Fatty Acid Evolution from Fresh Animal Feces

Kim, Tae-Il, Sohn, Jae-Ho*, Hong, Eui-Chul, Hudson, Neale*,
Yang, Chang-Bum and Kim, Min-Kyun**

National Livestock Research Institute, R.D.A, Suwon 441-350, Korea

Summary

This work was carried out to measure volatile fatty acids emissions from different manure (poultry, swine, cattle) incubated at 10°C, 25°C, and 37°C for 6 days under anaerobic condition. Following are summary of these tests results.

1. Amounts of Acetic acid generated were 1,128.05mg/kg, 628.21mg/kg and 592.50mg/kg for swine, poultry, and cattle manure, respectively, during the period of incubation. In the case of swine and cattle manure, 83.87% (946.10mg/kg) and 57.49% (340.63mg/kg) from all the temperature treatments were produced in the 25°C, respectively. 83.57% in swine and 78.79% in cattle manure were intensively emerged from 3 day, 4 day and 5 day of the 25°C treatment. In the case of poultry manure, 45.36% (284.93mg/kg) and 45.36% (284.93mg/kg) in the 25°C and in the 37°C, respectively, were produced. Accordingly, acetic acid generated from poultry manure was characteristic of being mainly produced in more than 25°C.
2. Amounts of propionic acid generated were 238.56mg/kg, 162.14mg/kg and 155.49mg/kg for swine, poultry, and cattle manure, respectively, during the period of incubation. In the case of swine manure, 78.52% (187.32mg/kg) of propionate emitted from all the temperature treatments was produced in the 25°C and 79.1% of them was intensively emerged from 3day, 4day and 5day of the 25°C treatment. In the case of poultry manure, 35.12% (56.95mg/kg) and 45.89% (74.40mg/kg) of the propionate amounts were produced in the 25°C and in the 37°C, respectively. In the case of cattle manure, 28.21% (43.86mg/kg) and 49.30% (76.66mg/kg) of the propionate amounts were produced in the 10°C and in the 25°C, respectively. Accordingly, propionate evolved from poultry manure was characteristic of being mainly produced in more than 25°C and from cattle manure, in less than 25°C, respectively.

* Intensive Livestock Systems Units, Department Primary Industries, Queensland, 4350, Australia.

** Division of Applied and Chemistry, School of Agricultural Biotechnology center for Plant Molecular Genetics and Breeding Research, College of Agriculture and Life Science, Seoul National University, Seoul, 151-742, Korea.

Corresponding author ; Kim, Tae-il, National Livestock Research Institute, RDA, Suwon, 441-706, Korea.

Tel) 82-31-290-1725, E-mail : Kimti@rda.go.kr

3. Amount of butyric acid generated were 1,463.87mg/kg, 96.72mg/kg and 129.18mg/kg for swine, poultry, and cattle manure, respectively, during the period of incubation. The time intensively emerged from the period of incubation was differently generated from the incubation temperature and animal feces.
4. Amounts of *iso*-valeric acid generated were 6,885.99mg/kg, 399.28mg/kg and 307.47mg/kg for swine, cattle and poultry manure, respectively, during the period of incubation. In the case of swine and cattle manure, 28.22% (1,943.52mg/kg) and 48.56% (193.90mg/kg) in the 25°C, 68.76% (4,734.90mg/kg) and 46.93% (187.40mg/kg) in the 37°C, respectively, were occupied. Accordingly, *iso*-valeric acid evolved from swine and cattle manure was characteristic of being mainly produced in more than 25°C. In the case of poultry manure, 59.89% (184.13mg/kg) of *iso*-valeric acid generated from all the temperature treatments was produced in the 37°C and 100% of them was intensively emerged from 2 day and 3 day of the 37°C treatment.

(Key words : Acetic acid, Propionic acid, Butyric acid, *Iso*-valeric acid, Animal feces)

서 론

축산 고밀도 지역에서의 악취는 늘 산재해 있어 이로 인한 삶의 질을 떨어뜨리기 때문에 결국 인간의 복지에 부정적인 영향을 주고 있는 것이 사실이다(Schiffman, 1998). 축산과 관련된 악취의 종류는 136 종류이지만 양적으로 검지될 수 있는 악취는 23 종류(Hartung, 1992 : Hartung and phillips, 1994)이며 주로 황화수소, 스캐톨, 저급지방산, 메틸메르캅탄, 아민류 등으로 이들 악취물질은 아미노산의 분해와 관련있는 것으로 알려져 있으며, 축쇄구조의 휘발성 지방산, amine, skatole, indole, p-cresole, H₂S, CH₄들은 단백질에서 유래하는 것으로 알려져 있다(Mackie et al., 1998).

축산분뇨에서 발생한 악취는 가축이 사료를 소화시킬 때 미생물 활동에 의해서 생성되며 악취의 형태는 복합화합물로 나타나게 된다. 휘발성 지방산(VFAs)은 혐기상태에서 축분내 함유되어 있는 탄수화물이나 다른 유기물질들이 미생물에 의해 분해될 때 주로 발생한다. Zhu 등(1999)은 휘발성 지방산(VFAs)의 생성은 미생물의 산화-환원과 다양한 유기체가 관련된 발효작용으로 가축의 위 소화관에서 시작된다고 하였다. 그는 이

러한 과정은 탄수화물과 단백질의 혐기성 이화작용의 대사산물로서 유기산이 생성되는 메카니즘을 통해서 이루어진다고 제시한 바 있다. 많은 연구자들은 축산분뇨 내 함유되어 있는 탄수화물의 산화와 발효에 의해 휘발성 지방산(VFAs; Volatile Fatty Acids)이 생성이 되며 이를 악취 기준물질로 인식하여 왔다(Merkel 등, 1969; Kowalkewsky 등, 1980; Zhu et al., 1999). 특히 Otto 등(2003)은 사료내 단백질의 함량도 VFAs의 발현과 밀접한 관계가 있다고 하였다. 휘발성 지방산의 발현양상은 축분의 저장형태에 따라서 크게 달라지게 된다. 축분에서 악취물질은 주로 저장기간 중 혐기적 발효과정을 통하여 축분내 함유된 섬유소와 합질소 및 함유황 유기물질이 분해될 때 형성되며(CIGR, 1994), 혐기상태에서 장기간 저장시 축산분뇨에서 총탄소의 30% 이상이 VFAs에 포함되어 있다(Kirchmann과 Lundvall, 1993)고 보고되고 있다. 축산분뇨에서 발생되는 VFAs로는 아세트산이 주를 이루고 프로피온산과 뷰틸산이라고 하였으며(Cooper와 Cornforth, 1978; Kirchmann과 Lundvall, 1993; Sommer과 Husted, 1995) Hannano 등(1972)는 축산농가에서 발생되는 악취오염의 주된 성분이 *n*-butyric acid, *iso*-butyric acid, *n*-valeric acid, *iso*-valeric acid

등의 휘발성 지방산이라고 하였으며 Schaefer (1977)은 축산 악취의 중요한 성분으로서 phenol, p-cresol, indole, skatole, 휘발성 지방산이 주요 악취물질이라고 하고 일부는 고농도로 존재한다고 하였다.

Kroodsma(1985)는 축분의 고형물에서 대부분의 악취 물질이 발생한다고 하였으며 Spoelstra(1980)는 암모니아와 황화수소가 악취 기준물질로서 유용하지 못하다 하였으며 Zahn 등(1997)은 탄소수가 2~9개를 갖는 휘발성 유기산이 축분뇨의 악취와 관련이 깊다고 보고 한 바 있다. 축산으로부터 발현되는 악취 물질의 합리적인 제어를 위해선 발현원인물질의 잠재성 구명이 요구되어 진다. 축분에 함유된 돈슬러리에 함유된 총 VFAs의 함량은 4~25g/L 정도라는 보고가 있으나(McGill 등, 1977; Spoelstra, 1979) VFAs의 발현양상의 연구는 미진하다. 결국, 축분과 뇨를 분리 시 축분에서 저급 지방산이 얼마만큼 잠재되어 있고 총량이 얼마인지는 아직 구명되어 있지 않다.

따라서, 본 연구는 온도에 따라 각각의 축분을 혐기배양시킬 때 배양기간 동안 저급 휘발성 지방산이 발현되는 양상을 구명하고자 수행하였다.

재료 및 방법

1. 시료채취 및 배양방법

본 시험에 사용된 축분은 축산연구소 축산생명환경부 축사에서 사육하고 있는 35일령 산란계의 계분, 체중 50~60kg 육성돈의 돈분, 체중 550kg 한우의 우분을 이용하였다. 축분의 일반분석을 위한 시료채취는 동일한 개체에서 배양시 마다 시료를 채취한 후 분석용 시료로 사용하였다. 실험의 정밀도를 높이기 위해 온도별 축분마다 3반복으로 시료를 채취하여 분석하였으며 이의 평균값을 제시하였다.

축분의 혐기 배양은 신선생분으로서 채취 후 8시간미만의 축분 250g을 밀폐형 시료병

Table 1. Instrumental conditions of gas chromatography for determination of VFAs

Items	Conditions
	GC
Column	CP-Sill 5CB(Chrompack capillary column)
Detector	FID
Column temp.	7 min hold at 30℃ Raised to 220℃ at 6℃/min (10 min hold)
Inject temp.	4 min hold at -100℃ 44 min hold at 200℃
Flow rate (Carrier)	1.0 ml/min, He
	MS
Scan range	42-300 m/z
Scan rate	0.6 second/scan
RF Dump valve	300 m/z
Background mass	42 m/z
Target	20000 counts
Emission current	10 uA

에 담아 배양되어 졌다(Yasuhara 등, 1984). 밀폐형 시료병에 담은 각 밀폐형 시료병은 1 리터 크기로서 마개에 투입구와 배출구의 5mm 호수를 관통하도록 제작하였다. 배양 시는 호수를 막고 배양하였으며 발생한 가스의 채취시만 호수를 개폐하였다. 시료의 포집은 배양병의 배출구의 호수를 진공상태인 캐니스터를 연결함으로써 이루어졌다. 배양병에 담아진 각각의 축분을 10℃, 25℃, 37℃ 배양기에 각각 넣고 혐기조건에서 6일 동안 배양하였다. 배양기간 동안 매일 발생한 가스를 동일한 시간에 Canister(Maximum pressure 40PSIG, SillcoCan™)를 이용하여 포집하였고 포집된 시료는 VFAs 분석용 시료(gas)로 하였다.

2. 축분의 일반 분석 및 휘발성 지방산(VFAs)의 분석

축분의 조섬유, 조지방, 조단백질 등은 AOAC의 방법(1990)에 준하여 수행하였다.

포집된 개스는 GC/MS/MS(Saturn 2000, Varian)를 이용하여 VFAs를 분석하였다. VFAs 분석을 위한 GC(Gas Chromatograph)와 MS(mass)의 분석조건은 Table 1에 나타나 있다. 시험에 사용된 캐니스터는 포집된 시료의 안정성을 유지하기 위하여 재질이 스테인레스 스틸이고 내벽이 전기 연마된 표면을 갖는 것을 사용하였으며 시료의 변질을 막기 위해 포집 후 곧바로 분석하였다.

결과 및 고찰

1. 축분의 성상변화

축분의 배양전과 후의 일반성분 변화는 Table 2에 제시한 바와 같다. 축분의 혐기 배양시 배양전과 후의 일반성분 함량 변화를 보면 수분의 함량 변화는 축분 종류와 관계 없이 증가하는 경향이었으나 조섬유는 축분 및 온도에 따라 각기 다른 양상을 보였다. 조단백질의 경우 25℃ 이하에서는 증가하는

Table 2. Characteristics of animal manure based on the temperatures

Items	Moisture contents (%)		Crude Protein (%)		Crude Fat (%)		Crude Fiber (%)		Crude Ash (%)		
	Initial	6 day	Initial	6 day	Initial	6 day	Initial	6 day	Initial	6 day	
10℃	Swine manure	70.25*	71.91	19.90	20.66	10.28	7.03	6.04	6.59	22.97	21.01
	Poultry manure	64.48	78.93	13.18	28.11	2.37	2.13	18.06	11.33	27.00	19.96
	Cattle manure	79.56	81.96	12.01	11.93	2.39	1.48	18.66	22.72	19.32	20.31
25℃	Swine manure	74.17	76.30	16.98	21.07	9.85	8.77	8.36	6.92	26.23	18.96
	Poultry manure	74.21	76.28	22.69	25.71	7.63	2.24	11.09	13.72	22.12	20.07
	Cattle manure	80.67	80.43	12.45	12.48	2.14	2.34	21.83	17.97	18.89	17.09
37℃	Swine manure	71.82	72.36	23.27	18.17	12.17	9.95	6.27	4.31	20.54	11.99
	Poultry manure	73.85	75.59	26.81	19.96	2.16	3.49	10.81	8.91	23.32	13.46
	Cattle manure	78.71	81.09	11.62	13.50	1.98	3.01	20.95	13.65	17.30	17.00

* Data are expressed as mean with three samples in the same animal.

경향을 보였고 37℃에서는 돈분과 계분에 있어서 감소하는 경향을 나타냈다. 조지방은 돈분의 경우 온도에 관계없이 감소하는 경향이었고, 계분의 경우는 25℃와 10℃ 처리구에서는 감소하였으나, 37℃에서는 증가하였다. 우분의 조지방 함량 변화는 10℃ 처리구에서는 감소하였으나, 25℃와 37℃ 처리구에서는 증가하는 경향을 나타냈다.

2. Acetic acid의 발현 양상

아세트산의 축분별 배양온도별 발현양상은 Fig. 1에 제시된 바와 같다. 돈분을 10℃, 25℃, 37℃에서 6일 동안 각각 배양했을 때 아세트산의 총 발현량은 10℃ 처리구에서는 58.51mg/kg, 25℃ 처리구에서는 946.10mg/kg, 37℃ 처리구에서는 123.44mg/kg의 양이 발현되었으며 온도별 총 발현량 중 10℃ 처리구에서는 91.36%가 4일령, 5일령과 6일령(실험의 후반기)에 나타났고 25℃ 처리구에서는 83.57%가 3일령, 4일령과 5일령(실험의 중반기)에 발현되었으며 37℃ 처리구에서는 85.19%가 1일령, 2일령과 3일령(실험의 초반기)에 나타나는 현상을 보였다. 돈분 처리구에서는 낮은 온도에서는 실험의 후반기에 고온에서는 실험의 전반기에 다량의 아세트산이 발현되었고 중온에서 돈분 처리구 중 가장 많은 양의 아세트산이 발현되었음을 알 수 있었다.

계분을 10℃, 25℃, 37℃에서 6일 동안 각각 배양했을 때 아세트산의 총 발현량은 10℃ 처리구에서는 123.11mg/kg, 25℃ 처리구에서는 284.93mg/kg, 37℃ 처리구에서는 220.17mg/kg의 양이 발현되었으며 온도별 총 발현량 중 10℃ 처리구에서는 70.14%가 1일령, 2일령과 6일령에 나타났고 25℃ 처리구에서는 77.29%가 3일령, 4일령과 5일령(실험의 중반기)에 발현되었으며 37℃ 처리구에서는 78.74%가 1일령, 4일령과 6일령에 나타나는 현상

을 보였다. 계분 처리구에서는 낮은 온도에서는 실험의 전반기에, 고온에서는 실험의 전 기간에 다량의 아세트산이 발현되었고 중온에서 계분 처리구 중 가장 많은 양의 아세트산이 발현되었음을 알 수 있었다.

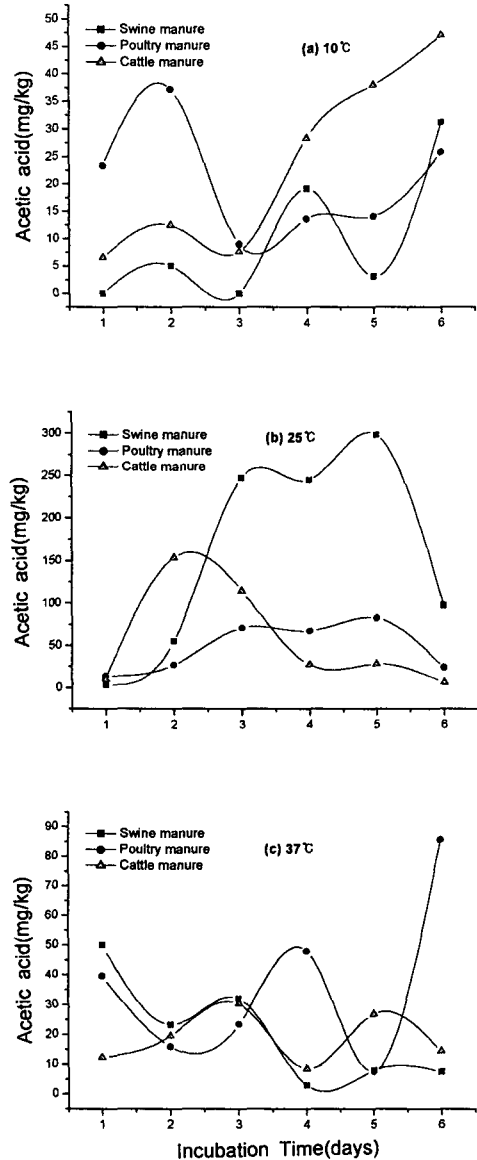


Fig. 1. Acetic acid generated from animal feces versus the incubation time. (a : 10℃, b : 25℃, c : 37℃)

우분을 10℃, 25℃, 37℃에서 6일 동안 각각 배양했을 때 아세트산의 총 발현량은 10℃ 처리구에서는 140.11mg/kg, 25℃ 처리구에서는 340.63mg/kg, 37℃ 처리구에서는 111.76 mg/kg의 량이 발현되었으며 온도별 총 발현량 중 10℃ 처리구에서는 80.98%가 4일령, 5일령과 6일령에 나타났고 25℃ 처리구에서는 78.79%가 3일령, 4일령과 5일령(실험의 중반기)에 발현되었으며 37℃ 처리구에서는 78.74 %가 2일령과 3일령에 집중적으로 발현되었다. 우분 처리구에서는 낮은 온도에서는 돈분의 발현양상과 비슷하게 실험의 후반기에, 고온에서는 실험의 전 기간에 다량의 아세트산이 발현되었고 중온에서 우분 처리구 중 가장 많은 량의 아세트산이 발현되었음을 알 수 있었다.

아세트산의 발현량이 가장 많은 축분의 순서는 Fig. 1에서 볼 수 있듯이 돈분, 1128.05 mg/kg > 계분, 628.21 mg/kg > 우분, 592.5 mg/kg로 나타났으며 모든 축분별 처리구 중 25℃에서 가장 많은 아세트산이 발현되었다.

3. Propionic acid의 발현 양상

프로피온산의 축분별 배양온도별 발현양상은 Fig. 2에 제시된 바와 같다. 돈분을 10℃, 25℃, 37℃에서 6일 동안 각각 배양했을 때 프로피온산의 총 발현량은 10℃ 처리구에서는 18.83mg/kg, 25℃ 처리구에서는 187.32 mg/kg, 37℃ 처리구에서는 32.41mg/kg의 량이 발현되었으며 온도별 총 발현량 중 10℃ 처리구에서는 89.11%가 4일령과 6일령에 집중적으로 나타났고 25℃ 처리구에서는 79.1%가 3일령, 4일령과 5일령(실험의 중반기)에 발현되었으며 37℃ 처리구에서는 79.35%가 1일령, 2일령과 3일령(실험의 초반기)에 나타나는 현상을 보였다. 돈분 처리구에서는 낮은 온도에서는 실험의 후반기에 고온에서는 실험의 전반기에 다량의 프로피온산이 발현되었

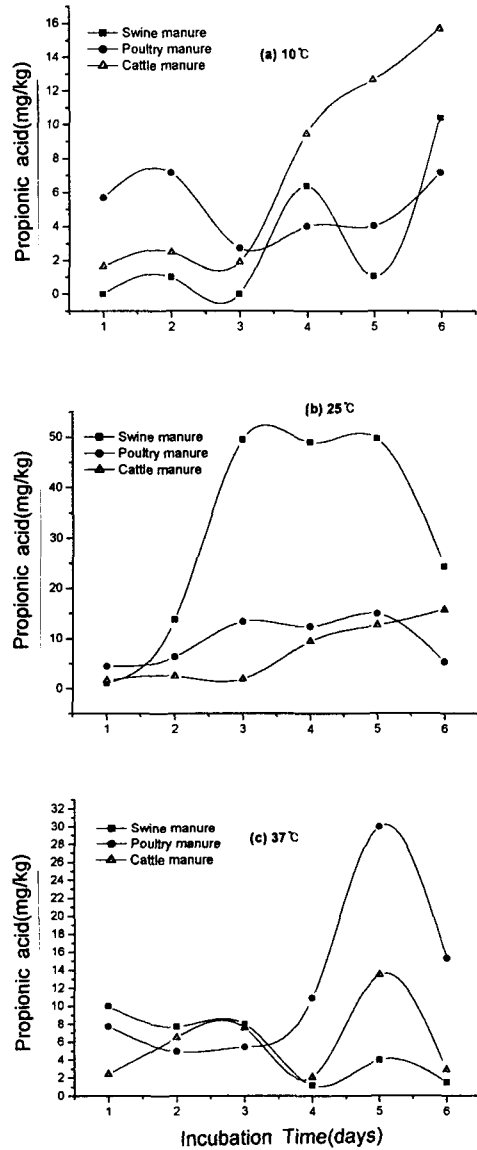


Fig. 2. Propionic acid generated from animal feces versus the incubation time. (a : 10℃, b : 25℃, c : 37℃)

고 중온에서 돈분 처리구 중 가장 많은 량의 프로피온산이 발현되었음을 알 수 있었다. 아세트산의 발현양상과 비슷한 결과를 가져왔다.

계분을 10℃, 25℃, 37℃에서 6일 동안 각각 배양했을 때 프로피온산의 총 발현량은

10℃ 처리구에서는 30.79mg/kg, 25℃ 처리구에서는 56.95mg/kg, 37℃ 처리구에서는 74.40 mg/kg의 양이 발현되었으며 온도별 총 발현량 중 10℃ 처리구에서는 65.02%가 1일령, 2일령과 6일령에 나타났고 25℃ 처리구에서는 71.56%가 3일령, 4일령과 5일령(실험의 중반기)에 발현되었으며 37℃ 처리구에서는 75.57%가 4일령, 5일령과 6일령(실험의 후반기)에 나타나는 현상을 보였다. 계분 처리구에서는 낮은 온도에서는 실험의 전 기간에, 고온에서는 실험의 후반기에 다량의 프로피온산이 발현되었고 중온에서는 실험의 중반기에 주로 발현하는 양상을 보여 주었다. 아세트산의 발현 양상과 비교할 때 고온기에서는 비슷한 양상을 보였으나 저온과 중온기에서는 발현 양상이 차이가 있었다. 특히 계분 처리구 중 가장 많은 양의 프로피온산이 발생했던 온도는 고온기이었다.

우분을 10℃, 25℃, 37℃에서 6일 동안 각각 배양했을 때 프로피온산의 총 발현량은 10℃ 처리구에서는 43.86mg/kg, 25℃ 처리구에서는 76.66mg/kg, 37℃ 처리구에서는 34.97 mg/kg의 양이 발현되었으며 온도별 총 발현량 중 10℃ 처리구에서는 86.24%가 4일령, 5일령과 6일령에 나타났고 25℃ 처리구에서는 80.05%가 2일령, 3일령에 집중적으로 발현되었으며 37℃ 처리구에서는 78.76%가 2일령, 3일령과 5일령에 발현되었다. 우분 처리구에서는 낮은 온도에서는 돈분의 발현양상과 비슷하게 실험의 후반기에, 고온에서는 실험의 전 기간에 다량의 프로피온산이 발현되었고 중온에서 우분 처리구 중 가장 많은 양의 프로피온산이 발현되었음을 알 수 있었다.

프로피온산의 발현량이 가장 많은 축분의 순서는 Fig. 2에서 볼 수 있듯이 돈분, 238.56 mg/kg > 계분, 162.14mg/kg > 우분, 155.49 mg/kg 으로 나타났으며 축분별 처리구 중 돈분과 우분은 25℃에서, 계분은 37℃에서 가장 많은 프로피온산이 발현되었다.

4. Butyric acid의 발현 양상

뷰틸산의 축분별 배양온도별 발현양상은 Fig. 3에 제시된 바와 같다. 돈분을 10℃, 25℃, 37℃에서 6일 동안 각각 배양했을 때 뷰틸산의 총 발현량은 10℃ 처리구에서는 51.43 mg/kg, 25℃ 처리구에서는 1365.95mg/kg, 37℃ 처리구에서는 46.49mg/kg의 양이 발현되었으며 온도별 총 발현량 중 10℃ 처리구에서는 73.65%가 6일령에 집중적으로 나타났고 25℃ 처리구에서는 87.92%가 3일령, 4일령과 6일령에 발현되었으며 37℃ 처리구에서는 82.31%가 1일령, 2일령과 6일령에 나타나는 현상을 보였다. 돈분 처리구에서는 낮은 온도에서는 실험의 6일령에, 고온에서는 실험의 전반기에 다량의 뷰틸산이 발현되었고 중온에서 실험의 중반기 이후에 가장 많은 양의 뷰틸산이 발현되었으며 온도별로 볼 때에도 중온에서 가장 많은 양의 뷰틸산이 발현되었다. 돈분의 뷰틸산 37℃ 처리구의 경우에는 배양 4일령과 5일령에 전혀 검지가 되지 않아 아세트산과 프로피온산의 발현 양상과는 크게 달랐다.

계분을 10℃, 25℃, 37℃에서 6일 동안 각각 배양했을 때 뷰틸산의 총 발현량은 10℃ 처리구에서는 15.43mg/kg, 25℃ 처리구에서는 7.20mg/kg, 37℃ 처리구에서는 74.09mg/kg의 양이 발현되었으며 온도별 총 발현량 중 10℃ 처리구에서는 100%가 1일령과 4일령에 나타났고 25℃ 처리구에서는 72.5%가 4일령에 발현되었으며 37℃ 처리구에서는 88%가 1일령, 2일령과 5일령에 나타나는 현상을 보였다. 계분 처리구에서는 낮은 온도나 중온에서의 뷰틸산 발현 양상은 부분적으로 이루어졌으며, 고온에서는 실험의 전반기에 다량의 뷰틸산이 발현되는 양상을 띠었다. 계분에서 뷰틸산의 온도별 발현이 많은 처리구는 고온에서 이루어졌다.

우분을 10℃, 25℃, 37℃에서 6일 동안 각

각 배양했을 때 뷰틸산의 총 발현량은 10℃ 처리구에서는 12.87mg/kg, 25℃ 처리구에서는 79.51mg/kg, 37℃ 처리구에서는 36.80mg/kg의 량이 발현되었으며 온도별 총 발현량 중 10℃ 처리구에서는 100%가 5일령에 나타났고 25℃ 처리구에서는 89.6%가 1일령, 3일령과

4일령에 집중적으로 발현되었으며 37℃ 처리구에서는 85.3%가 2일령과 3일령에 발현되었다. 우분 처리구에서는 낮은 온도에서는 실험의 후반기에 발현되었으며 고온에서는 실험의 전반기에서, 그리고 중온에서는 전반기와 중반기에서 주로 발현되는 것으로 밝혀졌다. 우분의 뷰틸산의 다량 검출 온도는 25℃ 였다.

뷰틸산의 발현량이 가장 많은 축분의 순서는 Fig. 3에서 볼 수 있듯이 돈분, 1463.87 mg/kg > 우분, 129.18mg/kg > 계분, 96.72mg/kg 으로 나타났으며 축분별 처리구 중 돈분과 우분은 25℃에서, 계분은 37℃에서 가장 많은 뷰틸산이 발현되었다.

5. iso-Valeric acid의 발현 양상

이소밸릭산의 축분별 배양온도별 발현 양상은 Fig. 4에 제시된 바와 같다. 돈분을 10℃, 25℃, 37℃에서 6일 동안 각각 배양했을 때 이소밸릭산의 총 발현량은 10℃ 처리구에서는 207.57mg/kg, 25℃ 처리구에서는 1,943.52 mg/kg, 37℃ 처리구에서는 4,734.90 mg/kg의 량이 발현되었으며 온도별 총 발현량 중 10℃ 처리구에서는 88.58%가 5일경과 6일령에 집중적으로 나타났고 25℃ 처리구에서는 85.36%가 2일령과 5일령에 발현되었으며 37℃ 처리구에서는 79.35%가 5일령과 6일령에 나타나는 현상을 보였다. 돈분 처리구에서 이소밸릭산의 발현 양상은 온도에 구분 없이 후반기에 주로 발현되는 것으로 밝혀졌다. 온도별로 볼 때 고온에서 가장 많은 량의 이소밸릭산이 발현되었다. Zhu 등(1999)은 긴 사슬과 곁가지를 가진 VFAs(C4~C9)는 짧은 사슬의 형태보다 더욱 불쾌한 악취를 낸다고 하였다. 돈분의 경우 곁가지를 가진 휘발성 지방산이 다량 발현되어 악취의 잠재성이 많을 것으로 사료된다.

계분을 10℃, 25℃, 37℃에서 6일 동안 각

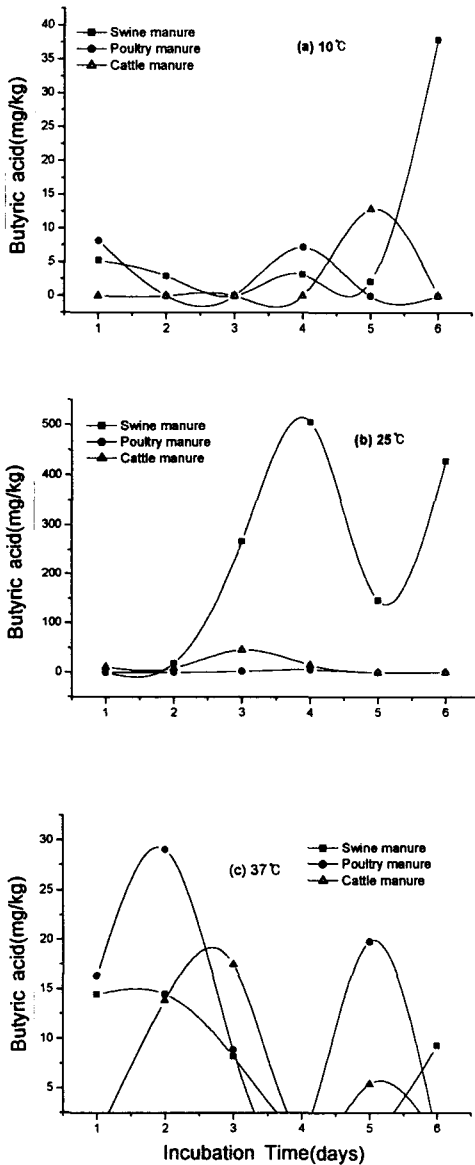


Fig. 3. Butyric acid acid generated from animal feces versus the incubation time. (a : 10℃, b : 25℃, c : 37℃)

각 배양했을 때 이소벨릭산의 총 발현량은 10℃ 처리구에서는 55.23mg/kg, 25℃ 처리구에서는 68.11mg/kg, 37℃ 처리구에서는 184.13 mg/kg의 량이 발현되었으며 온도별 총 발현량 중 10℃ 처리구에서는 94.61%가 3일령과 4일령과 5일령에 발현되었고 25℃ 처리구에서는 93.88%가 2일령과 3일령에 발현되었으며 37℃ 처리구에서는 100%가 2일령과 3일령에 나타나는 현상을 보였다. 계분 처리구에서는 낮은 온도에서는 중 후반기에 주로 발현되었고 고온에서는 실험의 전반기에 다량의 이소벨릭산이 발현되는 양상을 띄었다. 계분에서 이소벨릭산의 온도별 발현이 많은 처리구는 고온에서 이루어졌다.

우분을 10℃, 25℃, 37℃에서 6일 동안 각각 배양했을 때 이소벨릭산의 총 발현량은 10℃ 처리구에서는 17.98mg/kg, 25℃ 처리구에서는 193.90mg/kg, 37℃ 처리구에서는 187.40 mg/kg의 량이 발현되었으며 온도별 총 발현량 중 10℃ 처리구에서는 85.09%가 1일령과 2일령에 나타났고 25℃ 처리구에서는 92.41%가 2일령, 3일령과 4일령에 집중적으로 발현되었으며 37℃ 처리구에서는 96.62%가 3일령과 6일령에 발현되었다. 우분 처리구에서는 낮은 온도에서는 실험의 전반기에 발현되었으며 중온에서는 전반기와 중반기에, 고온에서는 3일마다 대량 발현되는 것으로 밝혀졌다. 우분의 iso-Valeric acid의 다량 검출 온도는 25℃였다.

이소벨릭산의 발현량이 가장 많은 축분의 순서는 Fig. 4에서 볼 수 있듯이 돈분, 6,885.99mg/kg > 우분, 399.28mg/kg > 계분, 307.47 mg/kg으로 나타났으며 축분별 처리구 중 우분은 25℃에서, 돈분과 계분은 37℃에서 가장 많은 이소벨릭산이 발현되었다. 지방산 중 이소벨릭산은 특히 돈분을 혐기 배양 시 37℃ 처리구에서 다량 검출된 것으로 밝혀졌다.

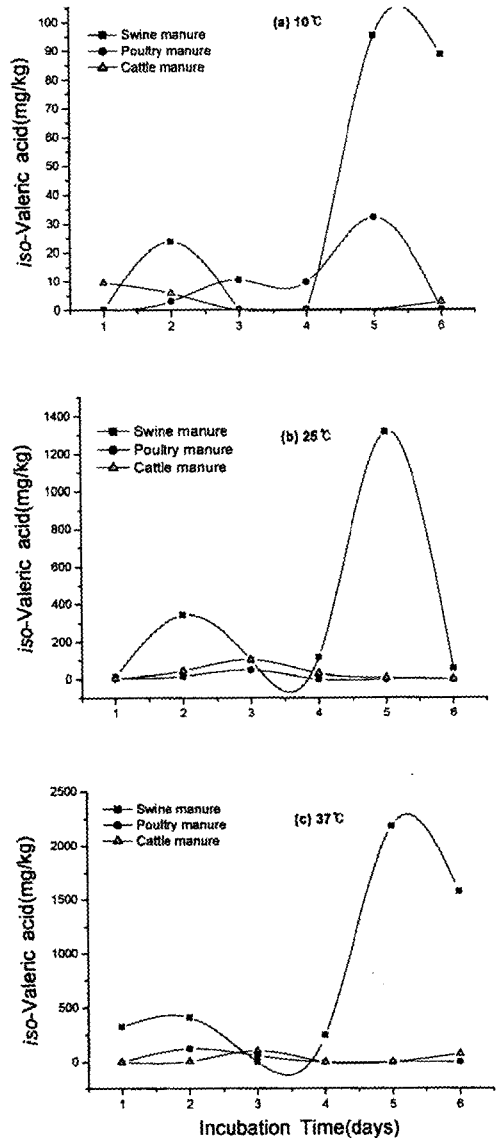


Fig. 4. iso-Valeric acid generated from animal feces versus the incubation time. (a : 10℃, b : 25℃, c : 37℃)

결론

배양온도별 휘발성지방산의 발현 양상은 휘발성 지방산의 특성에 따라 축분마다 달리 나타났다. 축분별 아세트산과 프로피온산의 발현량이 많은 순서는 돈분 > 계분 > 우분이었

으며 아세트산의 경우 축분에 관계없이 25℃ 처리구에서 발현량이 많았고 배양 후 3일, 4일과 5일령에 발현량이 집중되는 현상을 보였으나 프로피온산의 경우는 돈분과 우분은 25℃ 처리구에서, 계분은 37℃ 처리구에서 많은 양이 발현되었으며 발현량이 집중되는 시기는 축분별로 차이가 있었다. 축분별 뷰틸산과 이소밸릭산의 발현량이 많은 순서는 돈분>우분>계분이었으며 계분과 우분의 경우 뷰틸산과 이소밸릭산이 25℃ 처리구에서와 37℃ 처리구에서 각각 다량 발현되는 반면 돈분의 경우는 뷰틸산은 25℃ 처리구에서, 이소밸릭산은 37℃ 처리구에서 다량 발현되었다. 집중적으로 발현되는 일령은 각기 달랐다. 돈분, 우분, 계분 중 돈분에서 휘발성 저급 지방산의 발현량이 가장 많아 돈분이 약취 잠재력이 가장 큰 것으로 밝혀졌다. 이와 같은 결과는 조지방의 함량이 타 축종에 비해 높아서 VFAs의 발현 양상이 조지방과 관련이 깊은 것으로 나타나 Otto 등 (2003)이 제시한 단백질의 함량이 VFAs와 관련이 깊다고 한 결과와는 달랐다.

동일개체의 신선축분이라 할지라도 가축에 급여하는 사료와 환경여건에 따라 축분의 가변성이 좌우되기 때문에 축분의 성분과 저급 지방산과의 관계 구명을 위해선 보다 많은 연구가 이루어져야 할 것으로 사료된다.

적 요

본 연구는 돈분, 계분, 우분을 온도별 혐기 배양시 휘발성 저급지방산 발현 양상을 구명하기 위해 수행하였다. 축분은 축산기술연구소에서 사육하는 35일령 산란계의 계분, 체중 50~60kg 육성돈의 돈분, 체중 550kg 한우의 우분을 이용하였다. 축분의 VFAs 발현 양상을 구명하기 위해 밀폐된 상태에서 10℃, 25℃, 37℃로 하여 6일간 배양하였으며 배양기간 중 24시간마다 canister를 이용하여

VOC 분석용 시료를 채취하였다. 그 결과는 다음과 같다.

1. 배양온도에서 검지된 아세트산의 양은 6일동안 돈분에서 1,128.05mg/kg, 계분에서 628.21mg/kg, 우분에서 592.50mg/kg이 발현되었으며 돈분의 경우 83.87%(946.10mg/kg)가 25℃에서 발현되었고 이 중 83.57%가 3일령, 4일령과 5일령에 집중적으로 나타났다. 계분의 경우 25℃ 처리구에서 45.36%(284.93 mg/kg), 37℃에서 35.05%(220.17mg/kg)로 나타나 주로 25℃ 이상에서 발현한 것으로 특징지어졌다. 우분의 경우 57.49%(340.63mg/kg)가 25℃에서 발현되었고 이 중 78.79%가 3일령, 4일령과 5일령에 발현되었다.

2. 배양온도에서 검지된 프로피온산의 양은 6일 동안 돈분에서 238.56mg/kg, 계분에서 162.14mg/kg, 우분에서 155.49mg/kg이 발현되었으며 돈분의 경우 78.52%(187.32mg/kg)가 25℃에서 발현되었고 이 중 79.1%가 3일령, 4일령과 5일령에 집중적으로 나타났다. 계분의 경우 25℃ 처리구에서 35.12%(56.95mg/kg), 37℃에서 45.89%(74.40mg/kg)로 나타나 주로 25℃ 이상에서 발현한 것으로 특징지어졌다. 우분의 경우 10℃ 처리구에서 28.21%(43.86mg/kg), 25℃에서 49.30%(76.66mg/kg)로 나타나 주로 25℃ 이하에서 발현한 것으로 나타났다.

3. 배양온도에서 검지된 뷰틸산의 양은 6일 동안 돈분에서 1,463.87mg/kg, 계분에서 96.72mg/kg, 우분에서 129.18mg/kg이 발현되었으며 돈분의 경우 93.31%(1,365.95mg/kg)가 25℃에서 발현되었고 이 중 87.92%가 3일령, 4일령과 6일령에 집중적으로 나타났다. 계분의 경우 37℃ 처리구에서 76.60%(74.09 mg/kg)로 발현되었고 이 중 88%가 1일령, 2일령과 5일령에 집중적으로 나타났다. 우분의 경우 61.55%(79.51mg/kg)가 25℃에서 발현되었고 이 중 89.6%가 1일령, 3일령과 4일령에 집중적으로 나타났다.

4. 배양온도에서 검지된 이소밸릭산의량은 6일 동안 돈분에서 6,885.99mg/kg, 계분에서 307.47mg/kg, 우분에서 399.28mg/kg이 발현되었으며 돈분의 경우 25℃ 처리구에서 28.22%(1,943.52mg/kg), 37℃에서 68.76%(4,734.90 mg/kg)로 나타나 주로 25℃ 이상에서 발현한 것으로 나타났다. 계분의 경우 37℃ 처리구에서 59.89%(184.13mg/kg)로 발현되었고 이중 100%가 2일령과 3일령에 집중적으로 나타났다. 우분의 경우 25℃ 처리구에서 48.56%(193.90mg/kg), 37℃에서 46.93%(187.40mg/kg)로 나타나 주로 25℃ 이상에서 발현한 것으로 나타났다.

인 용 문 헌

1. AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists. Washington D.C.
2. Cooper, P. and Cornforth, I. S. 1978. Volatile fatty acids in stored animal slurry. *Journal of the science of food and agriculture* 29:19-27.
3. CIGR. International Commission of Agricultural Engineering. 1994. Aerial environmental in animal housing. Concentration in and emissions from farm buildings. Working Group Report Series No. 94.1.
4. Cooper, P. and Cornforth, I. S. 1978. Volatile fatty acids in stored animal slurry. *J. Sci. Food Agri.* 29(1):19-27.
5. Hannano, T., Oka, Y., Takada, O. and Asano, T. 1972. Test of malodor composition in the feces of domestic animals, *Bull. Hyogo Prefect, Stan, Anim. Husbandry* 9: 140-145.
6. Hartung, J. 1992. Emission and control of gases and odorous substances from animal housing and manure store. *Zbl. Hyg.* 192, 389-418.
7. Hartung, J. and Phillips, V. R. 1994. Control of gaseous emissions from livestock building and manure stores. *J. Agric. Engng. Res.* 57, 173-189.
8. Kirchmann, H. and Lundvall, A. 1993. Relationship between N immobilization and volatile fatty acids in soil after application of pig and cattle slurry. *Biology and Fertility of Soils* 15:161-164.
9. Kowalkewsky, H. H., Schev, R. and Vetter, H. 1980. Measurement of odor emissions and immissions. In *Effluents from Livestock*, ed. J. K. R. Gasser, 609-626. London, England: Applied Science Published.
10. Kroosma, W. 1985. Separation as a method of manure handling and odors reduction in pig buildings. In: *Odor prevention and control of organic sludge and livestock farming*(Nielson V C; Voorburg J J; L'Hermite P, eds), pp. 213-221. Elsevier Applied Science Publishers, London and New York.
11. Mackie, R. I., Stroot, P. G. and Varel, V. H. 1998. Biochemical identification and origin of key odor components in Livestock Waste. *J. of Animal Sci.* 76(5):1231-1342.
12. McGill, A. E. J. and Jackson, N. 1977. Changes in short chain carboxylic acid content and chemical oxygen demand of stored pig slurry. *J. Sci. Food Agri.* 12(3): 310-316.
13. Merkel, J. A., Hazen, T. E. and Miner, J. R. 1969. Identification of gases in a swine confinement-building atmosphere. *Transactions of the ASAE*, 12(3):310-316.
14. Otto, E. R., Yokoyama, M., Hengemuehle,

- S., von Bermuth, R. D., van Kempen, T. and Trottier, N. L. 2003. Ammonia, volatile fatty acids, phenolics, and odor offensiveness in manure from growing pigs fed diets reduced in protein concentration. *J. Anim. Sci.* 81:1754-1763.
15. Schaefer, J. 1977. Sampling, characterization and analysis of malodors. *Agriculture and Environ.* 3:121-127.
16. Schiffman, S. S. 1998. Livestock odors: implications for human health and well-being. *J. Animal Sci.* 76:1343-1355.
17. Sommer, S. G. and Husted, S. 1995. The chemical buffer system in raw and digested animal slurry. *Journal of Agricultural Science, Cambridge* 117:91-100.
18. Spoelstra, S. F. 1979. Volatile fatty acids in anaerobically stored piggery wastes. *Netherland J. Agric. Sci.* 27(1):60-66.
19. Spoelstra, S. F. 1980. Origin of objectionable odorous components in piggery wastes. *J. Sci. Agric.* 28:415-423.
20. Yasuhara, A., Fuwa, K. and Jimby, M. 1984. Identification of odours compounds in fresh and rotten swine manure. *Agric. Biol. Chem.* 48(12):3001-3010.
21. Zahn, J. A., Hatfield, J. L., Do, Y. S., DiSpirito, A. A., Laird, D. A. and Pfeiffer, R. L. 1997. Characterization of volatile organic emissions and wastes from a swine production facility. *J. Environ. Qual.* 26(6):1687-1696.
22. Zhu, J., Riskowski, G. L. and Torremorell, M. 1999. Volatile fatty acids as odor indicators in swine manure - A critical review. *American Society of Agriculture Engineers* 42(1):175-182.