

기존의 유효형 소시지와 유사한 향미를 갖는 저지방 소시지 제조를 위한 당, 아미노산 및 지방산의 조합

국성호 · 박성용 · 진구복*

전남대학교 동물자원학부 및 생물공학연구소

Effect of Various Combinations of Sugars, Amino Acids, and Fatty Acids on Volatile Compounds of Low-fat Sausages to have Similar Characteristics to Those of Regular-fat Sausages

Sung Ho Kook, Sung Yong Park, and Koo Bok Chin*

Dept. of Animal Science and Biotechnology Research Institute, Chonnam National University, Gwangju 500-600, Korea

Abstract

This study was conducted to investigate the effect of various combinations of sugars, amino acids, and fatty acids (oleic/linoleic acids) on volatile compounds of low-fat sausages (LFSs) to have similar characteristics to those with regular-fat counterparts (RFC). The addition of glucose or fructose alone in LFC increased the concentrations of myristicine, pentadecanal and octadecanal, as compared to RFC. In addition, LFSs containing lysine alone had higher concentration of myristicine, as compared to those with RFC. Without the addition of both oleic and linoleic acids, LFS containing glucose in combination with various amino acids, such as alanine, aspartic acid, cysteine, and lysine, had higher concentration of myristicine, as compared to RFC. Furthermore, myristicine content (ppm) of LFSs was different from those of RFC, regardless of the concentration of lysine in combined with glucose or fructose. LFSs containing oleic and linoleic acids with the combination of glucose/glycine or glucose/alanine had the most similar volatile compounds to those of RFC. These results indicated that volatile compounds isolated from smoked LFSs containing sodium caseinate as a fat replacer and the multiple combinations of sugar, amino acids, and fatty acids had the most similar volatile compounds to those of RFC.

Key words : volatile compounds, low-fat sausage, oil, sugars, amino acids, fatty acids

서 론

가열되지 않은 생고기는 피와 같은 냄새 이외에는 다른 냄새가 나지 않는다. 하지만 생고기를 가열하게 되면 지방산화와 분해, 리보뉴클레오티드(ribonucleotide)의 열분해, 그리고 티아민(thiamine)의 열분해에 의해서 휘발성 화합물이 발생하여 소비자들에게 좋은 향기를 제공한다(MacLeod, 1986). 일반적으로 고기에는 염용성 단백질인 근원섬유 단백질(myofibrillar protein)과 수용성 단백질인 근장 단백질(sarcoplasmic protein)이 있으며 두 단백질은 휘발성 향기 성분을 발생시키는 전구체로서 가열시 헤테로 화합물을 형성하여 고기 향을 나타내는데 중요한 역할

을 한다(Manley, 1989; MacLeod, 1986). 식육을 가열하였을 때 좋은 향미를 부여하는 중요한 전구체로 아미노산, 펩타이드, 당, 뉴클레오티드 그리고 티아민과 같은 물에 용해되는 비휘발성 물질과 중성지방 및 인지질과 같은 불용성 물질이 있으며 이와 같은 전구체가 가열되었을 때 향기를 형성하는데 중요하게 작용한다. 가열된 식육에서의 향미물질은 대부분 Maillard 반응과 지방분해에 의해서 생성된다.

식육에서 Maillard 반응과 지방분해를 거쳐 생성된 휘발성 화합물은 대부분이 pyrazines, pyridines, thiazoles, thiophenes, furans, oxazoles 그리고 pyrroles과 같은 산소, 질소 그리고 황을 포함하는 고리형태의 헤테로 화합물이다(Shahidi, 1989). 식육 속에 황(sulfur)을 포함하는 아미노산이 Maillard 반응을 거쳐 furans과 thiophenes을 생성하는데 이와 같이 황을 포함하는 헤테로 화합물은 적은 함량으로 분포하지만 낮은 역가(threshold values)로 강한

*Corresponding author : Koo Bok Chin, Department of Animal Science, Chonnam National University, Gwangju 500-600, Korea. Tel: 62-530-2121, Fax: 62-530-2129, E-mail: kbchin@chonnam.ac.kr

고기 향을 낸다(Mottram and Madruga, 1994).

모델시스템을 기초로 하여 다양한 당과 아미노산에 의한 Maillard 반응과 지방분해로 발생하는 휘발성 화합물을 비교하는 연구는 많이 진행되었으며(Farmer and Mottram, 1990; Farmer and Mottram, 1992; Yoo and Ho, 1998; Yoo *et al.*, 1998; Umamo *et al.*, 1995), 소시지와 햄에서 염지 기간, 포장조건, 방사선 세기 그리고 숙성기간 등과 같은 여러 조건에서 발생하는 휘발성 화합물을 규명하는 연구 역시 많이 이루어졌다(Ahn *et al.*, 2000; Martin *et al.*, 2000; Ruiz *et al.*, 1999; Sunesen *et al.*, 2001). 하지만 당, 아미노산 그리고 지방산을 직접 소시지에 첨가하여 연구한 경우는 미비한 실정이다. 왜냐하면 소시지 제조를 위한 고기 선택, 분쇄, 냉동, 해동, 혼합, 충전 그리고 가열과 같은 여러 가지 과정들이 휘발성 화합물의 특성과 관련이 있고 이런 과정 중에 향미 화합물이 소실되거나 이성질체가 형성될 가능성이 있기 때문이다.

따라서 본 연구는 약 15% 이상의 지방을 포함하는 유화형 소시지와 유사한 향미를 갖는 저지방 소시지를 개발하기 위해서 3% 미만의 지방을 포함하는 저지방 소시지에 aldehydes, ketones, dicarbonyls 그리고 oxygen-contain-

ing heterocyclic compounds를 생성하기 위해서 환원당인 glucose와 fructose를 첨가하였고 aldehydes, amines 그리고 hydrogen sulfid를 생성하기 위해서 각각 다른 특징을 가지는 alanine(nonpolar, aliphatic R group), cysteine(polar, uncharged R group), glycine(nonpolar, aliphatic R group), lysine(positively charged R group) 그리고 aspartic acid (negetively charged R group)등과 같은 아미노산을 첨가하였으며 지방산으로 octanal, nonanal 그리고 2-undecenal의 전구체인 oleic acid와 hexanal, 2-nonenal 그리고 2,4-decadienal의 전구체인 linoleic acid를 첨가하여 Maillard 반응과 지방분해에 의해 형성된 휘발성 향미 화합물의 변화를 알아보기 위해서 실시하였다.

재료 및 방법

소시지 제조

저지방 및 유화형 소시지의 제조는 Chin 등(2004)의 방법에 의해 제조되었다. 본 연구의 실험설계는 Table 1과 같다. 소시지 제조를 위한 식육과 비육류 첨가물의 배합비는 Table 2와 3과 같다. 실험 1에서 사용된 oil은 Folch

Table 1. Experimental designs in this study

| Exp. | Treatments |
|------|---|
| 1 | Regular-fat control Low-fat control (LFC) LFC + Oil LFC + Sodium caseinate (SCN) LFC + SCN + Oil |
| 2 | Regular-fat control Low-fat control (LFC) LFC + Glucose (0.1 M) LFC + Glucose (0.1 M) + Lysine (0.1 M) LFC + Glucose (0.1 M) + Cysteine (0.1 M) LFC + Glucose (0.1 M) + oleic/linoleic acid (0.1 M/0.1 M) LFC + Glucose (0.1 M) + Lysine (0.1 M) + oleic/linoleic acid (0.1 M/0.1 M) LFC + Glucose (0.1 M) + Cysteine (0.1 M) + oleic/linoleic acid(0.1 M/0.1 M) LFC + Oil (0.1 M) |
| 3 | Regular-fat control Low-fat control (LFC) LFC + Glucose (0.1 M) + Glycine (0.1 M) LFC + Glucose (0.1 M) + Alanine (0.1 M) LFC + Glucose (0.1 M) + Aspartic acid (0.1 M) LFC + Glucose (0.1 M) + Glycine (0.1 M) + oleic/linoleic acid(0.1 M/0.1 M) LFC + Glucose (0.1 M) + Alanine (0.1 M) + oleic/linoleic acid(0.1 M/0.1 M) LFC + Glucose (0.1 M) + Aspartic acid (0.1 M) + oleic/linoleic acid(0.1 M/0.1 M) |
| 4 | Regular-fat control Low-fat control (LFC) LFC + Glucose (0.1 M) + Lysine (0.05 M) LFC + Glucose (0.1 M) + Lysine (0.1 M) LFC + Glucose (0.1 M) + Lysine (0.2 M) LFC + Fructose (0.1 M) + Lysine (0.05 M) LFC + Fructose (0.1 M) + Lysine (0.1 M) LFC + Fructose (0.1 M) + Lysine (0.2 M) |

Table 2. Formulation of low-fat and regular-fat sausages

| Treatments | Content (%) | | | | Total |
|-------------------|-------------|-------|------------------------------------|-----|-------|
| | Meat | Water | Non-meat ingredients ¹⁾ | Fat | |
| RFC ²⁾ | 55 | 24 | 6 | 15 | 100 |
| LFC ³⁾ | 60 | 34 | 6 | 0 | 100 |

¹⁾Non-meat ingredients : see Table 3.

²⁾RFC : regular-fat control with 15% fat.

³⁾LFC : low-fat control with 2~3% fat.

Table 3. Non-meat ingredients added into comminuted sausages

| Non-meat ingredients | Amount (%) |
|-------------------------|------------|
| Salt | 1.40 |
| Cure blend | 0.25 |
| Sodium tripolyphosphate | 0.30 |
| Sodium erythorbate | 0.05 |
| Sugar | 1.00 |
| Non-fat dry milk | 1.00 |
| Malto-dextrin | 1.00 |
| Spices #5 | 1.00 |
| Total | 6.00 |

등(1957)의 방법에 의해서 돈육의 등지방으로부터 추출되었으며 훈연과정 중 건조 과정 이후 소시지 시료에 도포하였다. 실험 2와 3에서 다양한 아미노산, 당 그리고 지방산의 농도를 각각 0.1 M씩 첨가하였는데 아미노산과 당은 각각 1차와 2차 세절 과정 중에 반씩 나누어 첨가하였고 지방산은 1차 세절 후 첨가하였다. 실험 4에서는 실험 2와 3에서 유향형 세절소시지의 휘발성 화합물과 가장 유사한 경향을 보이는 당과 아미노산을 선별하여 농도별(0.05, 0.1 그리고 0.2 M)로 첨가했으며 첨가하는 양과 시기는 실험 2와 3의 경우와 동일하였다.

향미 화합물의 추출

제조된 소시지로부터 휘발성 화합물들은 Heath와 Reineccius(1986)의 동시 연속증류추출법(simultaneous distillation extraction, SDE)을 이용하여 추출하였다. 균질하게 간 100 g의 소시지 시료를 2000 mL의 둥근 플라스크에 옮긴 후 900 mL의 증류수와 원활한 추출을 위해서 stir bar를 첨가하였다. 그리고 50 mL의 dichloromethane을 100 mL의 둥근 플라스크에 옮긴 후 약 4°C로 고정된 냉각수 장치와 Linkens-Nickerson 장치를 결합시킨 후 dichloromethane에 2000 ppm으로 희석시킨 heptano과 hexadecane의 내부표준물질을 1 mL 정확하게 취하여 첨가하였다. 냉각수의 온도를 4°C로 유지하면서 3시간 동안 추출하였다. 분리된 용매 추출액을 anhydrous sodium sulfate로 수분을 제거한 후 Kuderna-Danish 농축기(K-D 농축기)를 이용하여 약 3 mL까지 농축시킨 후에 질소 가스로 정확히 1 mL

까지 다시 농축시켰다.

휘발성화합물의 정량 및 정성 분석

추출된 휘발성 화합물의 정량 분석은 Hewlett-Packard 6890 gas-chromatograph(GC)를 사용하여 분석하였다. GC에 장착된 검출기는 flame ionization detector(FID)이며 분리관은 극성 5%와 비극성 95%를 함유한 HP-5의 fused silica capillary column(30 m×0.25 mm (i.d), 0.1 μm (ft))을 사용하였다. 오븐의 온도는 40°C에서 5분간을 유지한 후 분당 4°C의 상승비율로 160°C까지 증가시켰으며, 분당 10분의 상승 비율로 230°C까지 증가시켰고 230°C에서 8분간 유지하였다. 주입부와 검출기의 온도는 각각 220°C와 250°C로 하였다. 헬륨을 운반 가스로 사용하였으며 유속을 1 mL/min로 하였다. 각 성분에 대한 정량 값은 분석된 내부표준물질(2000 ppm)의 peak면적에 대한 상대적인 면적을 환산하여 계산하였다.

$$\text{농도(ppm)} = \frac{\text{확인된 화합물의 peak 면적} \times 20}{\text{동정된 내부표준물질의 peak 면적}}$$

세절 소시지로부터 분리된 휘발성 화합물들의 정성분석은 5973 mass selective detector (MSD)가 장착된 HP 6890 GC의 질량분석검출기를 사용하여 수행하였다. 운반 기체는 헬륨을 사용했으며 1.0 mL/min의 유속으로 이동시켰다. Mass spectra를 획득하기 위해서 70 eV의 이온화에너지, 10-500 amu의 질량범위 그리고 2.0 scans/s의 비율의 조건으로 동정하였다. Ion source의 온도는 178°C로 했으며 filament emission은 1 mA로 고정시켰다. 모든 mass spectra는 HP-MS Chemstation Data System에 기록되며 GC/MS의 column은 GC 분석에서 사용했던 같은 규격의 HP-5를 사용하였다. 모든 mass spectra는 Wiley 77n MS library와 비교하여 정성 분석하였다.

통계처리

통계처리는 SPSS program에 의한 일원배치 분산분석으로 유의차를 검정하여 유의차가 있으면 Duncan's의 다중검정법을 이용하여 5% 범위 내에서 각 처리구의 유의차를 분석하였다(SPSS, 1999).

결과 및 고찰

오일 도포에 의한 휘발성 화합물의 특성

본 실험은 저지방 소시지의 향미 특성에 있어서 오일 도포와 카제인 단백질의 첨가에 따른 효과를 조사하기 위해 실시하였다. 이전 연구 결과(Yoo *et al.*, 2005)와 마찬가지로 저지방 소시지로부터 동정된 myristicine, octadecanal 그리고 pentadecanal과 같은 휘발성 화합물은 유향형 대조구에 비해 많은 양이 검출되었다. 저지방 대조구에 오일

을 도포할 경우 pentadecanal의 농도가 증가한 반면에, 카제인 단백질의 첨가에 의해서는 감소하였다(Table 4). 또한 카제인 단백질이 첨가된 저지방 소시지는 오일 도포와 무관하게 유화형 소시지의 향미 특성과 가장 유사한 특성을 보였다. Yoo 등(2007)의 결과에 따르면 저지방 소시지에 지방대체제로 카제인 단백질을 첨가한 경우 4-ethyl-2-methoxy-phenol과 myristicine을 제외한 나머지 향미 화합물에서 유화형 대조구와 유사한 농도를 갖는다고 보고하였다. Negroni 등(2001)은 xylose와 glucose에 lysine을 첨가시켜 반응시킨 모델시스템에서 다양한 오일(olive, canola, sunflower oil)의 첨가가 휘발성 향미 화합물의 농도에 영향을 주어 치환기가 없는 pyrazine은 olive 오일에서 높은 양이 검출된 반면 2-methyl, 2,5-dimethyl 그리고 2,3-dimethyl과 같은 치환기를 가지는 pyrazine은 canola와 sunflower 오일의 첨가로 높은 양이 검출되었다고 보고하였다. 하지만 저지방 대조구에 돈육의 등지방에서 추출한 오일을 도포한 결과 소시지에서 동정된 14가지의 휘발성 향미 화합물 중에 단지 pentadecanal만이 오일을 도포하지 않은 저지방 대조구에 비해 높은 농도를 보였을 뿐 나머지 향미물질에서 변화가 관찰되지 않아 소시지에 등지방 오일 도포는 향미물질의 농도에 크게 관여하지 않음을 확인할 수 있었다.

당과 아미노산의 Maillard 반응 및 지방산화에 의한 휘발성 화합물의 특성 1

본 실험은 저지방 소시지에 첨가한 당과 아미노산의 Maillard 반응과 지방산 분해에 의한 휘발성 향미 화합물에서의 변화를 확인하기 위해서 실시하였다. Table 4의 실험과 동일하게 myristicine, pentadecanal 그리고 octadecanal

이 저지방 대조구에서 높은 농도를 보였다. 유화형 대조구와 차이를 보인 3가지의 화합물 중에서 myristicine은 glucose에 지방산(oleic/linoleic acid)을 첨가하고 lysine을 첨가하거나 첨가하지 않은 경우라도 저지방 소시지의 향미가 유화형 대조구와 유사한 결과를 나타냈다(Table 5, $p>0.05$). Glucose를 포함한 저지방 대조구에 지방산을 단독으로 첨가한 처리구와 지방산과 함께 lysine과 cysteine을 첨가한 처리구는 유화형 대조구에서 동정된 pentadecanal과 octadecanal의 농도와 비슷하여 유의적 차이를 보이지 않았다. 더구나 pentadecanal과 octadecanal은 저지방 대조구에 지방산을 첨가하지 않고 glucose와 lysine을 첨가할 경우 유화형 대조구의 농도와 유의적 차이를 보이지 않았지만 glucose에 cysteine만을 첨가할 경우 유화형 대조구보다 높은 양이 검출되어 유화형 대조구와 차이를 보였다($p<0.05$). Chloroform, furfural 그리고 trans caryophyllene의 농도는 비록 유화형 대조구와 저지방 대조구간에 차이를 보이지 않았지만, 아미노산(lysine, cysteine)과 지방산의 첨가로 인해 차이를 보였다. 저지방 소시지에 당, 아미노산 및 지방산의 첨가로 유화형 대조구로부터 동정된 모든 휘발성 향미 화합물과 동일한 농도를 보이지 않았지만 glucose만은 단독으로 첨가할 때보다 glucose에 아미노산과 지방산을 조합 함으로서 기존의 저지방 대조구의 향미를 유화형 대조구와 유사하게 개선시킬 수 있었다. Glucose와 다양한 아미노산(glutamic acid, glutamine, lysine, alanine)을 단독 및 두 가지 또는 세 가지를 혼합하여 반응시켜 생성된 pyrazine의 농도변화를 알아보기 위해서 실시한 모델시스템에서 glucose에 아미노산을 단독으로 첨가할 경우 두 가지 또는 세 가지를 혼합하여 첨가한 경우보다 많은 양의 pyrazine이 검출되었으며 그 중에서 glucose

Table 4. Quantitative analysis of major volatile compounds in low-fat and regularfat sausages treated with oil painting by GC and GC/MS (Unit: ppm)

| Compounds | Treatments ¹⁾ | | | | |
|--|--------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | RFC | LFC | Oil | SCN | SCN+Oil |
| 1 Furfural | 12.39 | 17.26 | 19.29 | 18.55 | 18.14 |
| 2-Furan methanol | 2.92 | 4.62 | 5.60 | 5.82 | 5.86 |
| 3 2-Methyl phenol | 1.85 | 2.38 | 2.71 | 2.66 | 2.62 |
| 4 4-Methyl phenol | 2.43 | 3.17 | 3.72 | 3.59 | 3.59 |
| 5 2-Methoxy phenol | 7.72 | 9.06 | 10.06 | 9.79 | 9.68 |
| 6 4-Methyl-1-[1-methylethyl]-3-cyclohexen-1-ol | 4.64 | 4.00 | 4.11 | 4.06 | 4.09 |
| 7 2-Methoxy-4-methyl phenol | 7.47 | 8.85 | 9.55 | 9.33 | 9.24 |
| 8 4-Ethyl-2-methoxy phenol | 2.95 | 3.95 | 4.36 | 4.13 | 4.04 |
| 9 α -Terpinenyl acetate | 5.74 | 6.07 | 6.31 | 7.18 | 7.07 |
| 10 Eugenol | 7.57 | 8.70 | 8.66 | 8.90 | 8.95 |
| 11 Trans-caryophyllene | 8.27 | 6.90 | 7.51 | 7.53 | 6.85 |
| 12 Myristicine | 10.99 ^b | 15.41 ^a | 15.64 ^a | 15.94 ^a | 15.99 ^a |
| 13 Pentadecanal | 6.40 ^c | 25.18 ^b | 31.33 ^a | 9.90 ^c | 8.74 ^c |
| 14 Octadecanal | 0.87 ^b | 4.65 ^a | 5.93 ^a | 1.72 ^b | 1.34 ^b |

¹⁾Treatment : RFC = regular-fat control; LFC = low-fat control; SCN = sodium caseinate

^{a-c} Means with different superscripts within same row are different ($p<0.05$).

Table 5. Quantitative analysis of volatile compounds in low-fat and regular-fat sausages treated with the combination of sugar, amino acids and fatty acids (1) (Unit: ppm)

| Compounds | Treatments ¹⁾ | | | | | | | | |
|---------------------|--------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------|---------------------|
| | RFC | LFC | Glu | | | | | | oil |
| | | | alone | FAS | Lys | | Cys | | |
| | | | | no addition | FAS | no addition | FAS | | |
| Chloroform | 0.95 ^d | 1.30 ^{cd} | 1.51 ^{cd} | 1.31 ^{cd} | 2.58 ^b | 2.01 ^{bc} | 4.63 ^a | 4.11 ^a | 1.33 ^{cd} |
| Furfural | 14.56 ^b | 16.54 ^b | 17.28 ^b | 15.61 ^b | 17.59 ^b | 14.26 ^b | 38.56 ^a | 31.80 ^a | 19.18 ^b |
| Trans-caryophyllene | 4.38 ^{bc} | 3.43 ^{cde} | 2.44 ^{cde} | 1.78 ^e | 5.70 ^{ab} | 1.90 ^{de} | 7.03 ^a | 3.65 ^{bcd} | 5.69 ^{ab} |
| Myristicine | 10.12 ^c | 15.58 ^{abc} | 15.25 ^{abe} | 12.08 ^{cde} | 15.97 ^{ab} | 11.34 ^{de} | 18.05 ^a | 14.28 ^{bcd} | 17.04 ^{ab} |
| Pentadecanal | 4.96 ^c | 20.20 ^b | 18.60 ^b | 7.41 ^c | 5.20 ^c | 2.03 ^c | 25.36 ^{ab} | 8.86 ^c | 31.42 ^a |
| Octadecanal | 0.57 ^d | 4.83 ^b | 3.24 ^c | 1.30 ^d | 0.74 ^d | 0.65 ^d | 6.33 ^a | 1.93 ^{cd} | 6.43 ^a |

¹⁾Treatments: RFC = regular-fat control; LFC = low-fat control; Glu = Glucose; FAS = oleic/linoleic acid; Lys = Lysine; Cys = Cysteine
^{a-e} Means with different superscripts within same row are different ($p < 0.05$).

에 lysine을 첨가한 처리구에서 가장 높은 pyrazine의 농도를 나타냈다고 Yoo와 Ho(1998)은 보고하였다. 또한 지방종류에 따른 휘발성 화합물의 차이를 조사한 모델 연구의 결과에 의하면 2-pentylpyridin, 2-alkylthiophenes, alkenylthiophenes, pentylthiopyran 그리고 alkanethiols과 같은 cysteine과 ribose의 반응에 의해 형성된 휘발성 향미 화합물들은 중성지방의 첨가에 의해 낮은 양이 검출된 반면 mercaptocarboxyls는 인지질의 첨가에 의해 낮은 농도를 보였다(Farmer and Mottram, 1990). 본 실험에서도 지방의 종류에 따라 휘발성 향미 화합물의 농도에 차이가 관찰되어 glucose에 지방산을 첨가할 경우 trans caryophyllene, myristicine, pentadecanal 그리고 octadecanal과 같은 향미 성분들이 glucose에 oil을 첨가한 경우와 비교할 때 낮은 농도를 보여 지방 종류가 휘발성 향미 화합물의 농도변화에 관여함을 알 수 있었다.

당과 아미노산의 Maillard 반응 및 지방산화에 의한 휘발성 화합물의 특성 2

본 실험은 다양한 아미노산(glycine, alanine, aspartic acid)의 첨가에 의한 Maillard 반응과 지방분해로 형성되는 휘발성 향미 화합물의 변화를 알아보기 위해서 실시하였다. 유화형 대조구와 저지방 대조구간에 차이를 보인 myristicine, pentadecanal 그리고 octadecanal 중에서 myristicine은 저지방 소시지에 glucose, 지방산(oleic/linoleic acid) 및 아미노산(glycine, alanine 및 aspartic acid)등이 복합 첨가되었을 때 유화형 대조구와 동일한 농도를 보였다(Table 6). 또한 저지방 소시지에 glucose와 glycine만을 첨가 하더라도 유화형 대조구의 myristicine의 농도와 비슷하여 유의적 차이를 보이지 않았다. 유화형 대조구에서 동정된 pentadecanal의 농도는 glucose와 glycine을 첨가하고 지방산을 첨가하거나 첨가하지 않은 처리구와 glucose, alanine 및 지방산이 첨가된 처리구에서만 동일한 경향을 나타내었다. 하지만 glucose에 지방산 첨가와 관계없이 aspartic acid를 첨

가하게 되면 유화형 대조구의 pentadecanal 보다 약 3배 정도의 높은 양이 검출되어 차이를 보였다($p < 0.05$). 저지방 대조구의 octadecanal 함량을 유화형 대조구와 유사한 농도로 맞추기 위해서는 glucose와 지방산을 첨가하고 glycine과 alanine을 각각 첨가해야만 유화형 대조구와 유사한 농도를 형성할 수 있었다. 비록 2-methoxy phenol, 2-methoxy-4-methyl phenol 그리고 4-ethyl-2-methoxy phenol은 유화형 대조구와 저지방 대조구간에 농도차이가 발견되지 않았지만 glucose와 aspartic acid를 첨가함으로써 유화형 대조구에 비해 낮은 농도를 보였다($p < 0.05$). 위의 결과들을 종합해 보면, 저지방 대조구에 당과 아미노산을 첨가한 경우보다 당, 아미노산 및 지방산을 복합첨가할 때 유화형 대조구와 더 유사한 향미를 가질 수 있었으며, 특히 glucose, 지방산 및 glycine 또는 alanine 첨가가 유화형 대조구에서 동정된 모든 휘발성 향미 화합물과 동일한 농도를 보였다. 모델시스템을 이용한 이전 연구에서 ribose와 cysteine의 반응에 의해 형성된 황을 포함하는 33가지 화합물들은 methyl linoleate를 첨가할 경우 동정된 황 화합물의 농도가 모두 감소하였고 methyl α -linoleate를 첨가할 경우에는 2-formylthiophene과 2-ethylthiophene을 제외한 나머지 황 화합물에서 적은 양이 검출되었다(Stephen Elmore *et al.*, 2002). 저지방 대조구에 glucose와 lysine을 첨가하여도 myristicine은 유화형 대조구에 비해 높은 농도를 보였지만 여기에 지방산(oleic/linoleic acid)을 첨가함으로써 myristicine의 양을 감소시켜 유화형 대조구와 비슷한 향미특성을 형성할 수 있었다. 따라서 지방산이 특정 휘발성 향미 화합물의 휘발력을 저하시킬 수 있어서 식품에서 향미물질을 적절하게 변화시키는데 이용될 수 있을 것으로 사료된다.

아미노산의 농도에 따른 휘발성 화합물의 특성

본 실험은 저지방 대조구에 glucose와 fructose를 각각 첨가하고 다양한 농도(0.05, 0.1, 0.2 M)의 lysine을 첨가함

Table 6. Quantitative analysis of volatile compounds in low-fat and regular-fat sausages treated with the combination of sugar, amino acids and fatty acids (2) (Unit: ppm)

| Compounds | Treatments ¹⁾ | | | | | | | |
|---------------------------|--------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------------------|---------------------|
| | RFC | LFC | Glu | | | | | |
| | | | Gly | | Ala | | Asp | |
| | | | no addition | FAS | no addition | FAS | no addition | FAS |
| Chloroform | 1.54 ^c | 2.17 ^a | 1.74 ^{bc} | 1.73 ^{bc} | 1.83 ^b | 1.57 ^c | 1.49 ^c | 1.49 ^c |
| 2-Methoxy phenol | 20.45 ^a | 17.94 ^{ab} | 15.38 ^{ab} | 18.41 ^{ab} | 16.27 ^{ab} | 16.26 ^{ab} | 13.40 ^b | 17.26 ^{ab} |
| 2-Methoxy-4-methyl phenol | 18.28 ^a | 15.30 ^{ab} | 13.53 ^{ab} | 16.70 ^{ab} | 14.26 ^{ab} | 15.34 ^{ab} | 11.52 ^b | 14.66 ^{ab} |
| 4-Ethyl-2-methoxy phenol | 9.04 ^a | 7.91 ^a | 7.02 ^{ab} | 8.74 ^a | 7.27 ^{ab} | 8.26 ^a | 5.55 ^b | 7.02 ^{ab} |
| Myristicine | 7.08 ^b | 11.03 ^a | 10.66 ^{ab} | 9.31 ^{ab} | 11.57 ^a | 7.94 ^{ab} | 11.11 ^a | 9.56 ^{ab} |
| Pentadecanal | 10.07 ^{de} | 16.63 ^c | 12.71 ^{cd} | 9.13 ^{de} | 18.09 ^c | 5.89 ^e | 36.41 ^a | 25.20 ^b |
| Octadecanal | 1.15 ^e | 2.84 ^d | 6.18 ^b | 1.65 ^e | 3.99 ^c | 1.07 ^e | 8.43 ^a | 4.83 ^c |

¹⁾Treatments: RFC = regular-fat control; LFC = low-fat control; Glu = Glucose; Gly = Glycine; Ala = Alanine; Asp = Aspartic acid; FAS = oleic/linoleic acid

^{a-e} Means with different superscripts within same row are different ($p < 0.05$).

에 따라 headspace 상에서 휘발성 향미 화합물의 농도에 영향을 미치는지 확인하기 위해서 실시하였다. Table 6에서 glucose에 0.1 M의 lysine을 첨가할 경우 대조구의 myristicine의 농도보다 높아 유의적 차이를 보였었는데 본 실험에서도 동일한 경향을 보였다. 게다가 lysine의 농도가 증가하여도 myristicine은 유화형 대조구에 비해 높은 양이 검출되어 차이를 나타냈다(Table 7). 따라서 다양한 농도(0.05, 0.1, 0.2 M)의 lysine에 fructose를 첨가하여도 유화형 대조구의 myristicine을 대체할 수 없었다. 저지방 소시지에 존재하는 pentadecanal과 octadecanal은 각각의 glucose와 fructose에 lysine의 첨가에 의해 휘발력이 억제되어 유화형 대조구와 유사한 농도를 보였으며, lysine의 농도별 차이는 발견되지 않았다. Chloroform과 같은 휘발성 향미 화합물은 유화형 대조구와 저지방 대조구간의 차이를 보이지 않았지만 각각의 glucose와 fructose에 0.2 M의 lysine을 첨가함으로써 대조구에서 동정된 chloroform보다 약 10배 정도의 높은 양이 검출되어 유의적 차이를 보였다($p < 0.05$). 따라서 저지방 대조구에 각각의 glucose와 fructose를 첨가하고 lysine을 농도별(0.05, 0.1, 0.2 M)로 첨가할 경우 chloroform을 제외한 나머지 휘발성 향미 화합물에서 차이를 확인할 수 없었으며 lysine의 농도가 증가

되어도 유화형 대조구와 저지방 소시지의 myristicine의 농도차이를 보완할 수 없었다.

요 약

본 연구는 유화형 소시지와 유사한 향미 특성을 갖는 저지방 소시지를 개발하기 위해 오일, 당(glucose, fructose), 아미노산(alanine, aspartic acid, cysteine, glycine, lysine) 및 지방산(oleic/linoleic acid)의 효과를 조사하기 위해 실시하였다. 등 지방 오일의 도포는 저지방 소시지의 향미 특성에 큰 영향을 주지 못하였다. 저지방 대조구에 당을 단독으로 첨가한 경우와 당과 아미노산을 혼합한 경우에 몇몇 향미물질에서 유화형 대조구와 차이를 보인 반면 지방산을 혼합 첨가한 경우에는 유화형 대조구와 유사한 향미를 가질 수 있었다. 특히, glucose에 지방산을 첨가하고 glycine과 alanine을 각각 첨가한 경우에 유화형 대조구에서 동정된 향미 화합물과 동일한 농도를 보였다. Lysine의 농도별 첨가에 따른 휘발성 향미 화합물의 특성에서 유화형 대조구에 비해 저지방 대조구에서 높은 농도를 보였던 myristicine은 lysine의 농도를 증가시켜도 유화형 대조구에서 정량된 양과 동일하지 못했다. 유화형 대조구와 가

Table 7. Quantitative analysis of volatile compounds isolated from low-fat and regular-fat sausages containing glucose and fructose in combined with various lysine content (0.05-0.2 M) (Unit: ppm)

| Compounds | Treatments ¹⁾ | | | | | | | | |
|--------------|--------------------------|--------------------|-----|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | RFC | LFC | Lys | Glu | | | Fru | | |
| | | | | 0.05 M | 0.10 M | 0.20 M | 0.05 M | 0.10 M | 0.20 M |
| Chloroform | 0.87 ^b | 1.41 ^b | | 1.50 ^b | 2.68 ^b | 10.37 ^a | 1.80 ^b | 2.36 ^b | 9.65 ^a |
| Myristicine | 8.43 ^b | 14.06 ^a | | 14.70 ^a | 14.71 ^a | 13.86 ^a | 14.75 ^a | 14.13 ^a | 13.84 ^a |
| Pentadecanal | 3.69 ^{bc} | 11.26 ^a | | 6.25 ^{bc} | 3.76 ^{bc} | 2.79 ^c | 7.38 ^{ab} | 3.45 ^{bc} | 1.42 ^c |
| Octadecanal | 0.25 ^b | 2.11 ^a | | 0.96 ^b | 0.58 ^b | 0.47 ^b | 1.17 ^b | 0.26 ^b | 0.42 ^b |

¹⁾Treatments: RFC = regular-fat control; LFC = low-fat control; Lys = lysine; Glu = glucose; Fru = fructose

^{a-c} Means with different superscripts within same row are different ($p < 0.05$).

장 유사한 농도를 보인 처리구는 glucose와 지방산에 glycine과 alanine을 각각 첨가한 처리구였다. 결론으로, 저지방 대조구에 당을 단독으로 첨가하거나 당과 아미노산을 혼합한 경우보다 당과 아미노산에 지방산을 복합적으로 혼합하여 첨가하면 유효형 대조구와 더 유사한 향미를 생성할 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(R05-2002-000-00706-0)의 지원에 의하여 수행되었으며 부분적으로 전남대학교 생물공학연구소의 지원으로 수행되었으며 이에 감사를 드립니다.

참고문헌

- Ahn, D. U., Jo, C., and Olson, D. G. (2000) Analysis of volatile components and the sensory characteristics of irradiated raw pork. *Meat Sci.* **54**, 209-215.
- Chin, K. B., Lee, H. L., Koo, S. H., Yoo, S. S., and Chun, S. S. (2004) Evaluation of various combinations of pork lean and water added on the physico-chemical, textural and sensory characteristics of low-fat sausages. *Food Sci. Biotechnol.* **13**, 481-485.
- Farmer, L. J. and Mottram, D. S. (1990) Interaction of lipid in the Maillard reaction between cysteine and ribose: the effect of a triglyceride and three phospholipids on the volatile products. *J. Sci. Food Agric.* **53**, 505-525.
- Farmer, L. J. and Mottram, D. S. (1992) Effect of cysteine and ribose on the volatile thermal degradation products of a triglyceride and three phospholipids. *J. Sci. Food Agric.* **60**, 489-497.
- Folch, J., Lees, M., and Sloanestanley, G. H. (1957) A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues. *J. Biol. Chem.* **226**, 497-509.
- Heath, H. B. and Reineccius, G. (1986) Isolation of Food Flavours. In: *Flavour chemistry and technology*. Heath, H. B. and Reineccius, G. (eds.), AVI, NY.
- MacLeod, G. (1986) The scientific and technological basis of meat flavours. In: *Developments in Food Flavours*. Birch, G. G. and Lindley, M. G. (eds.), Elsevier Applied Science, London and New York, pp. 191-223.
- Manley, C. H. (1989) Progress in the science of thermal generation of aromas. In: *Thermal Generation of Aroma*. Parliament, T. H., McGorin, R. J., and Ho, C. T. (eds.), ACS Symp. Ser. 409, American Chemical Society, Washington, DC, pp. 12-22.
- Martin, L., Timon, M. L., Petron, M. J., Ventanas, J., and Antequera, T. (2000) Evolution of volatile aldehydes in Iberian ham matured under different processing conditions. *Meat Sci.* **54**, 333-337.
- Mottram, D. S. and Madruga, M. (1994) Important sulfur-containing aroma volatiles in meat. In: *Sulfur Compounds in Foods*. Mussinan, C. J. and Leelan, M. E. (eds.), ACS Symp. Ser. 564, American Chemical Society, Washington, DC, pp. 180-187.
- Negrone, M., D'Abostina, A., and Arnoldi, A. (2001) Effects of olive, canola, and sunflower oils on the formation of volatiles from the maillard reaction of lysine with xylose and glucose. *J. Agri. Food Chem.* **49**, 439-445.
- Ruiz, J., Ventanas, J., Cava, R., Andres, A., and Garcia, G. (1999) Volatile compounds of dry-cured Iberian ham as affected by the length of the curing process. *Meat Sci.* **52**, 19-27.
- Shahidi, F. (1989) Flavor of cooked meats. In: *Flavor Chemistry*. Shahidi, F. (ed), ACS Symp. Ser. 388, American Chemical Society, Washington, DC, pp. 188-201.
- SPSS Inc. (1999) SPSS 10.0 for Windows. Illinois: SPSS Inc.
- Stephen Elmore, J., Campo, M. M., Enser, M., and Mottram, D. S. (2002) Effect of lipid composition on meat-like model systems containing cysteine, ribose, and polyunsaturated fatty acids. *J. Agric. Food Chem.* **50**, 1126-1132.
- Sunesen, L. O., Dorigoni, V., Zanardi, E., and Stahnke, L. (2001) Volatile compounds released during ripening in Italian dried sausages. *Meat Sci.* **58**, 93-97.
- Umamo, K., Hagi, Y., Kazuaki, N., Shyoji, A., and Shibamoto, T. (1995) Volatile chemical formed in the headspace of a heated D-glucose/L-cysteine maillard model system. *J. Agric. Food Chem.* **43**, 2212-2218.
- Yoo, S. S., Kook, S. H., Park, S. Y., Shim, J. H., and Chin, K. B. (2005) Evaluation of curing and flavor ingredients, and different cooking methods on the product quality and flavor compounds of low-fat sausages. *Food Sci. Biotechnol.* **14**, 634-638.
- Yoo, S. S., Kook, S. H., Park, S. Y., Shim, J. H., and Chin, K. B. (2007) Physicochemical characteristics, textural properties and volatile compounds in comminuted sausages as affected by various fat levels and fat replacers. *Int. J. Food Sci. Technol.* **42**, 1114-1122.
- Yoo, S. S. and Ho, C. T. (1998) Characteristics of the volatile flavor components from peanut butters isolated by selective purge and trap method. *Food Sci. Biotechnol.* **7**, 188-192.
- Yoo, S. S., Min, S. S., and Kim, J. H. (1998) The study on the formation of sulfur-containing compounds responsible for meat flavor generated by the Maillard reaction. *Food Sci. Biotechnol.* **7**, 122-126.

(Received 2009.5.10/Revised 1st 2009.7.30, 2nd 2009.8.11/
Accepted 2009.8.12)