

미생물제제 첨가가 돈육과 계육의 지방산 조성 및 콜레스테롤 생산에 미치는 영향

김병기* · 홍진규¹ · 박지현² · 김현수²

경상북도 축산기술연구소 · ¹한국 EM산업주식회사 · ²계명대학교 미생물학과

Effects of Supplementation of Microbes Additive on the Fatty Acid Composition and Cholesterol Production in Meat of Pig and Chicken Broiler

Byung-Ki Kim*, Kyu-Jin Hong¹, Ji-Hyun Park², and Hyun-Soo Kim²

Gyeongsangbuk-Do Livestock Research Institute

¹Korea EM Industry Co., LTD

²Department of Microbiology, College of Natural Science, Keimyung University

Abstract

This study was conducted to determine the effect of supplemented useful microorganism on meat quality of growing-finishing pigs for sixty days and broiler for six weeks. The pig and broiler were randomly allotted into three treatment (twenty-four heads /treatment) ; Control (0%), T1 (supplemented with 0.2%, *Aspergillus terreus* koji), T2 (supplemented with 0.2%, EM-pro). The amount of stearic acid of pork was highest in T1 and T2, and oleic acid was highest in control and T1 than others (p<0.05). The amount of stearic acid of the chicken was highest in control, and oleic acid was highest in T1 and T2 than the others. Total cholesterol and HDL-cholesterol in the serum of pigs were decreased with significant difference (p<0.05) in T1 (63.77 and 111.19 mg/mL, respectively) than control(101.69 and 132.37 mg/mL) and those of the chicken were decreased with lower significant difference (p<0.05) in T1 (78.50 and 143.61 mg/mL) than control (119.26 and 240.43 mg/mL). Total cholesterol and HDL-cholesterol in the pork were decreased with lower significant difference (p<0.05) in T1 (78.53 and 119.64 mg/mL) than control (140.55 and 150.55 mg/mL), and those of the chicken were decreased with lower significant difference (p<0.05) in T1 (93.35 and 72.03 mg/mL) than control (111.90 and 116.88 mg/mL).

From the results, the amount of total cholesterol and HDL-cholesterol in pig and chicken was remarkably changed according to supplementation of *Aspergillus terreus* koji which containing the produced lovastatin.

Key words : *Aspergillus terreus*, fatty acids, cholesterol and HDL, pork, chicken

서 론

최근 축산분야에서 발생된 조류독감, 돼지콜레라 및 일본의 광우병 파동으로 축산식품의 안전성 문제가 대두되면서

친환경 축산물이나 위생적이며 안전한 축산물을 생산·공급 (HACCP)하는 붐이 일어나면서 기존의 항생제 사용을 대체 하고 가축 생산성을 개선하는 사료첨가제의 하나가 미생물 제제인 생균제이다. 이는 미생물 자체로 만든 것으로서 가축 의 장내 세균총을 숙주동물에 유리하게 유지하거나 병원성 대장균 증식을 억제하며(Hudault et al, 1997), 돌연변이 유발 요인, 발암물질 억제와 면역반응 증진(Fernaldes and Shahani, 1990 ; Pool-Zobel et al, 1993) 섭취한 영양소의 소화율 및 가

* Corresponding author : Byung-Ki Kim, Gyeongsangbuk-do Livestock Reserarch Institute, 275 Mt. Mookri, Anjungmyeon, Youngjusi, Gyeongsangbuk-do 750-871, Korea. Tel: 82-54-638-6014, 638-5012, Fax: 82-54-638-5014. E-mail: bkkim017@hanmail.net

축 생산성을 개선시킬 수 있다고 하였다(Han, 1992). 생균제를 이용한 돼지시험에서 Yang 등(1998)이 효모 배양물을 육성·비육돈에 대하여 첨가급여시 등지방 두께와 지방 침착이 매우 양호하고, 도체등급이 향상되었고, Qureshi and Peterson (2001)와 Tamai 등(1996)은 효모 및 생균제 급여는 생산성을 개선하고, 혈청 콜레스테롤 수준이 감소되었다는 보고 이후 국내외적으로 성인병과 관련하여 저콜레스테롤 육류 생산을 위한 많은 연구가 진행되고 있다.

본 연구에서는 전통 누룩미생물인 *Aspergillus terreus*로부터 콜레스테롤 생합성을 억제하는 물질인 lovastatin의 대량생산을 위해 개량한 균주를 사용하여 제조한 배양체(koji)와 시판생균제인 EM-pro 제품을 첨가급여시 돈육과 계육의 지방산 조성 및 혈청 콜레스테롤과 고기내 콜레스테롤 생산에 미치는 영향을 조사하였다.

재료 및 방법

공시재료

공시축은 거세돼지(Landrace×Large White×Duroc종) 60두(3처리×20두)와 육계(Haberd종) 120수(3처리×40두)를 배치하여 T1구는 *Aspergillus terreus* 배양체를 0.2% 첨가, T2구는 시판생균제인 EM-Pro(*Lactobacillus acidophilus*, *Bacillus subtilis*, *Saccharmyces cervisiae* 3종 혼합배양물)를 0.2%씩 첨가하였고, 대조구는 일반 시판사료를 급여하였고, 사양관리 및 시험기간은 농가관행법에 준하여 돼지는 생후 100일~160일령까지 60일간, 육계는 부화 직후부터 6주간 실시하였다.

T1구에 사용된 *Aspergillus terreus* 배양체는 계명대학교 미생물학과 세균학 연구실에서 콜레스테롤 생산을 억제하는 lovastatin을 고체배양을 통해 대량 생산하도록 개량한 균주로부터 생산된 제품을 사용하였다. 배양체는 삼각플라스크에서 분쇄밀 10 g에 포자현탁액(1×10^8 spores/mL) 100 μ L씩 접종하여 28°C에서 15일간 고체배양하여 사용하였으며, T2구의 EM-Pro 생균제는 한국이엠산업(주)에서 생산된 제품으로서 *Lactobacillus acidophilus*, *Bacillus subtilis*, *Saccharmyces cervisiae* 각 10^7 cfu/g 3종을 혼합한 고체배양 제품을 사용하였다.

시료채취

돼지와 육계를 시험종료일에 도축 및 도계하여 박피한 돼지의 등심부위를, 육계의 가슴부위를 시료로 하여 전처리후 초저온 냉동고(-70°C)에 보관하였다가 고기내 지방산 및 콜레스테롤 분석에 이용하였다.

지방산

지방산 분석은 시료에서 0.5g 취한 후 Park and Goins(1994)의 방법에 따라 methylation한 후 시료에 methanol : benzene (4:1, v/v) 2 mL과 acetyl chloride 200 mL를 가하고 100°C의 heating block에서 1시간 동안 가열한 후 실온에서 충분히 방치한 다음 hexane 1 mL와 6% potassium carbonate 5 mL를 가하고 3,000 rpm에서 15분간 원심분리한 후 상등액 0.5 μ L를 취하여 gas chromatography(GA-17A, Shimadzu, Japan)로 분석하였다. 이때 분석조건은 column에서 1.5°C/min의 속도로 230°C까지 충분히 warming up시켰고, injector와 detector(FID)온도는 각각 240과 260°C로 하였다.

혈액 및 고기의 콜레스테롤

돼지의 혈액 채취는 시험개시 후 1개월과 2개월령에 돼지 보정틀에서 헤파린 처리가 되지 않은 vacutainer[®](Becton Dicknson, Franklin Lakes, NJ, USA)를 이용하여 돼지 경정맥을 통하여 7 mL를 채취하였고, 육계의 혈액 채취는 동일한 vacutainer[®]을 이용하여 시험개시 2와 6주령에 각각 날개의 동맥에서 7 mL 채취한 후 상온에서 약 2시간 방치하여 혈액을 응고시킨 후 4°C에서 3,000 rpm에서 15분간 순수혈청만을 원심분리해서 분석시까지 초저온 냉동고(-70°C)에 보관하여 triglyceride(Kit No 336, Sigma), total cholesterol(Kit No 401, Sigma), HDL-cholesterol(Kit No, 352, Sigma)를 이용하여 효소적 비색 정량으로 분석하였다.

한편 돼지고기와 닭고기의 콜레스테롤 분석은 King 등(1998)의 방법에 따라 시료에 내부 표준물질(5 α -cholestane)을 첨가한 후, 50% KOH(aq) 5 mL과 22 mL의 ethanol을 넣고 23°C에서 6시간 동안 검화시켜 반복 추출하였고, 이를 TMS 유도체를 만든 후 capillary column(30m×0.25mm I.D.; Omegawax 250)가 장착된 gas chromatography(Shimadzu GC-17A, U.S.A)를 이용하였다. 이때의 column 온도는 2.0°C/min의 속도로 280°C까지 충분히 warming up시켰고, injector와 detector(FID)온도는 각각 270과 300°C이었다.

통계분석

통계분석은 SAS program(1998)의 GLM(General Linear Model) Procedure를 통하여 분석하였고, 처리구간의 평균간 비교는 Duncan(1995)의 다중검정방법으로 5% 수준에서 검정하였다.

결과 및 고찰

지방산 조성

돼지 및 닭고기의 지방산 분석 결과는 Table 1과 같다. 전체적으로 돼지고기와 닭고기를 비교할 때 포화지방산 함량은

Table 1. Fatty acid composition of pork loin and chicken breast

(unit : %)

| Items | Pork | | | Chicken | | |
|---------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | Control | T1 ¹⁾ | T2 | Control | T1 | T2 |
| C14:0 (myristic acid) | 1.52±0.06* | 1.36±0.03 | 1.59±0.01 | 0.73±0.06 | 0.70±0.01 | 0.72±0.01 |
| C16:0 (palmitic acid) | 24.34±0.97 | 24.03±0.50 | 25.15±0.30 | 24.39±0.42 | 23.61±0.02 | 24.44±0.35 |
| C16:1 n-7 (palmitoleic acid) | 2.96±0.62 | 2.49±0.21 | 2.57±0.16 | 6.00±0.87 | 5.40±0.18 | 5.63±1.39 |
| C18:0 (stearic acid) | 12.37±0.34 ^b | 13.56±0.33 ^a | 13.38±0.14 ^a | 6.25±0.65 ^a | 5.40±0.20 ^b | 5.63±0.39 ^b |
| C18:1 n-9 (oleic acid) | 45.35±1.11 ^a | 45.05±1.06 ^a | 43.19±1.20 ^b | 41.62±1.40 ^b | 44.25±1.48 ^a | 43.90±1.27 ^a |
| C18:1 n-7 (vaccenic acid) | 0.16±0.10 | 0.12±0.01 | 0.12±0.10 | 0.06±0.05 | 0.08±0.04 | 0.09±0.02 |
| C18:2 n-6 (linolenic acid) | 10.83±0.75 | 10.82±0.46 | 11.45±0.58 | 18.64±0.87 | 17.48±0.83 | 16.59±0.65 |
| C18:3 n-6 (γ-linolenic acid) | 0.17±0.02 | 0.16±0.03 | 0.17±0.10 | 0.12±0.06 | 0.18±0.06 | 0.16±0.02 |
| C18:3 n-3 (α-linolenic acid) | 0.60±0.02 ^a | 0.23±0.06 ^b | 0.15±0.08 ^b | 0.24±0.05 ^b | 0.94±0.05 ^a | 0.92±0.02 ^a |
| C20:1 n-9 (eicosenoic acid) | 0.85±0.08 | 0.89±0.07 | 0.88±0.04 | 0.56±0.01 | 0.51±0.11 | 0.41±0.04 |
| C20:2 n-6 (eicosadienoic acid) | 0.41±0.14 | 0.44±0.16 | 0.43±0.01 | 0.12±0.01 | 0.10±0.01 | 0.10±0.01 |
| C20:3 n-6 (eicosatrienoic acid) | 0.13±0.01 | 0.13±0.01 | 0.10±0.01 | 0.12±0.01 | 0.12±0.01 | 0.12±0.01 |
| C20:4 n-6 (arachidonic acid) | 0.34±0.03 | 0.39±0.04 | 0.27±0.01 | 0.28±0.04 | 0.26±0.03 | 0.23±0.05 |
| SFA ²⁾ | 38.23±1.68 | 38.95±1.86 | 40.10±2.35 | 31.37±0.18 | 29.71±0.24 | 30.79±0.72 |
| UFA ³⁾ | 61.78±0.68 | 61.06±0.86 | 59.90±0.85 | 68.64±0.88 | 70.29±0.64 | 69.21±0.75 |
| UFA/SFA ratio | 1.61±1.28 | 1.57±1.36 | 1.49±1.35 | 2.19±0.28 | 2.37±0.54 | 2.25±0.73 |
| MUFA ⁴⁾ | 49.32±1.93 | 48.55±1.02 | 49.75±1.26 | 48.24±0.85 ^b | 51.25±0.73 ^a | 51.12±0.92 ^a |
| PUFA ⁵⁾ | 12.47±1.61 | 12.51±1.87 | 13.16±0.89 | 20.40±1.03 | 19.05±1.78 | 18.09±1.17 |

¹⁾ T1: untreated chilled pork loin, T2: chilled pork loin with curing and massaging.²⁾ Saturated fatty acids (C12:0+C14:0+C16:0+C18:0+C20:0), ³⁾ Unsaturated fatty acids, ⁴⁾ Monounsaturated fatty acids (C16:1+ C18:1+C20:1).⁵⁾ polyunsaturated fatty acids (C18:2+C18:3+C20:2+C20:3+C20:4).

* Means±S.D.

^{a-b} Means with the different superscripts in the same row are significantly different (p<0.05).

돼지고기(38.23~40.10%)가 닭고기(29.71~31.37%)보다 월등히 높았으나, 불포화지방산은 닭고기(59.90~61.78%)가 돼지고기(68.64~70.29%)보다 오히려 더 높았다. 전체 불포화지방산(UFA)에 대한 포화지방산(SFA)의 비율은 닭고기가 더 높은 경향이었고, 다가불포화지방산은 돼지고기와 닭고기간에는 거의 차이가 없었으나, 단가불포화지방산은 돼지고기(12.47~13.16%) 보다 닭고기(18.09~20.40%)가 훨씬 높게 나타났다.

세부적으로 돼지고기의 지방산 조성은 스테아린산(stearic acid)은 T1구와 T2구가 대조구보다 유의적으로 더 높았고(p<0.05), 이는 대부분 동, 식물에 모두 존재하며 체내의 콜레스테롤 상승을 막아주는 역할을 하며, 특히 HDL-cholesterol의 합성작용을 도와주고 LDL-cholesterol을 감소시키는 효과가 있어 포화지방산으로는 매우 중요한 역할을 하는 성분이다. 올레인산(oleic acid)은 대조구(45.35%)와 T1구(45.05%)가 T2구(43.19%)보다 유의적으로(p<0.05) 높았으나, 리놀렌산

(linoleic acid)은 대조구가 다른 처리구보다 오히려 높은 경향이였다. 총 포화지방산(SFA) 비율은 T2구가 다른 처리구보다 더 높은 경향이였으나 총 불포화지방산(UFA) 비율에서는 T2구가 낮아져 상반된 결과를 나타내었고, 단가불포화지방산과 다가불포화지방산 간에는 거의 차이가 없었다.

닭고기의 경우를 살펴보면 스테아린산은 대조구(6.25%)가 시험구인 T1구(5.40%)와 T2구(5.63%)보다 통계적인 유의차(p<0.05)를 나타내어 돼지고기와는 상반된 결과를 나타내었다. 올레인산(oleic acid)은 T1구(44.25%)와 T2구(43.90%)가 대조구(41.62%)보다 높은 유의차가 인정되었고(p<0.05), 리놀렌산은 대조구가 다른 처리구보다 더 높았다. 총 포화지방산(SFA) 비율은 모든 처리구간에 거의 차이가 없었으나, 총 불포화지방산(UFA) 비율은 T1구와 T2구가 대조구보다 더 높은 경향이였다. 단가불포화지방산(MUFA)은 T1구와 T2구가 대조구보다 높은 경향이였으나, 다가불포화지방산(PUFA)은 대조구가 오히려 더 높은 경향을 보였다. Park 등(2003)은 돼지

에게 효모 배양체를 0.1~0.4% 첨가급여시에 돈육의 포화지방산, 불포화지방산 조성의 차이가 없었다고 한 보고와는 달리 본 실험의 결과에서는 차이를 나타내었다.

돼지 및 육계의 혈액중 콜레스테롤 함량

Table 2는 돼지 및 육계에 대하여 혈액 중에 함유되어 있는 총콜레스테롤, triglyceride와 HDL-cholesterol 함량을 조사한 것이다. 전체적으로 돼지와 육계의 혈중 총콜레스테롤, triglyceride와 HDL-cholesterol은 육계가 돼지보다 더 높았고, 모든 처리구에서 T1구와 T2구가 대조구보다 유의적으로 낮았다 ($p<0.05$).

세부적으로 돼지 혈액내 총 콜레스테롤은 모든 처리구 중에서 T1구(63.77 mg/mL)와 T2구(89.76 mg/mL)가 대조구(101.69 mg/mL)에 비하여 낮았다($p<0.05$). 중성지질인 triglyceride은 T2구가 다른 처리구보다 낮았으나 유의성이 인정되지 않았다.

이런 결과는 *Aspergillus terreus* 첨가로 배양체에 생산된 Lovastatin이 콜레스테롤 합성시에 관여하는 HMG-CoA 환원효소를 저해하여 총 콜레스테롤 및 triglyceride가 감소된 것으로 사료된다. HDL-cholesterol은 T1구(111.19 mg/mL)가 대조구(132.37 mg/mL)보다 낮았다($p<0.05$).

한편 육계의 콜레스테롤은 T1구(78.50 mg/mL)가 대조구(119.26 mg/mL)보다 크게 낮았고($p<0.05$), triglyceride은 처리구간에 거의 차이가 없었고, HDL-cholesterol에서는 총 콜레스테롤과 같이 T1구가 크게 낮아 통계적인 유의차를 나타내었다($p<0.05$).

이처럼 *Aspergillus terreus* 첨가로 인하여 돼지 및 육계의 혈액 중 콜레스테롤 함량이 낮아진 것은 혈액중 콜레스테롤 농도를 저해시키는 lovastatin($C_{24}H_{36}O_5$, Mevinilin, Monacolin K, mevacorTM)이 콜레스테롤 생합성 효소인 HMG-Co A(3-hydroxy-3-methyl-glutaryl coenzyme A) reductase를 경쟁적으로 저해하기 때문이라고 설명하였다(Slater and Macdonald, 1988 ; Finkelstein and Ball, 1992). 지금까지 연구 결과에 따르면 lovastatin은 2차 대사산물로서 *Penicillin* sp.(Michael et. al,

2002). *Monascus ruber*(Hubert et al., 2001) 및 *Aspergillus terreus*에서 생산되지만 그 중에서도 *Aspergillus terreus*가 가장 많은 lovastatin을 생산하는 것으로 보고되고 있다(Slater and Macdonald, 1988). Lovastatin의 생산조건은 일반적으로 복합배지에서 온도가 28°C이고 pH 5.8~6.3 수준에서 10일 이상 배양시에 생산성이 극대화되었다는 보고(Endo et al., 1976)와 Kim and Park(2004)이 *Aspergillus terreus*를 고체배양법으로 분쇄밀의 호화전분에 28°C에서 15일간 배양시 lovastatin 생산량이 가장 우수하였다고 보고한 것으로 볼 때, 본 시험의 T1구에 사용한 시험재료가 Kim and Park(2004)이 제공한 동일한 배양체로서 생산된 lovastatin의 효과 때문으로 판단된다.

또한 *Streptococcus thermophilus* 및 *Lactobacillus acidophilus*로 발효시킨 발효유를 흰쥐나 토끼에게 급여시 혈중 콜레스테롤이 낮았다는 보고(Grunewald, 1982; Kiyosawa et al., 1984; Rao et al., 1981; Thakur and Jha, 1981)와 인체실험에서도 *Lactobacillus acidophilus*와 *Streptococcus thermophilus*로 발효시킨 요구르트를 미국인들에게 먹었을 시에 혈중 콜레스테롤치가 낮았다는 보고(Mann, 1977)와 한국인들에게 *Lactobacillus acidophilus*를 발효시킨 요구르트를 먹인 결과 콜레스테롤의 통계적인 차이는 없었으나 감소된 경향이었다고 하였다(Lee, 1997). 이처럼 유산균에 의한 혈중 콜레스테롤 저하 효과의 보고와 같이 본 시험의 T2구의 시험재료가 *Lactobacillus acidophilus*의 2종을 발효시킨 생균제이므로 혈중 콜레스테롤이 낮아진 것으로 사료된다.

돼지고기 및 닭고기내 콜레스테롤 함량

돼지 및 닭고기의 총 콜레스테롤, triglyceride 및 HDL-cholesterol 성분을 Table 3에 나타내었다. 전체 돼지고기와 닭고기의 총콜레스테롤, triglyceride와 HDL-cholesterol은 모든 성분에서 돼지고기가 닭고기보다 더 높았고, 모든 처리구에서 T1구와 T2구가 대조구보다 크게 낮았다.

세부적으로 돼지고기의 경우, 총 콜레스테롤은 T1구(78.53 mg)와 T2구(117.64 mg)가 대조구(140.55 mg)보다 크게 낮아

Table 2. Total cholesterol, triglyceride and HDL-cholesterol of serum from pig and broiler chicken (unit : mg/mL, serum)

| | Items | Total-cholesterol | Triglyceride | HDL-cholesterol |
|---------|---------|----------------------------|--------------|---------------------------|
| Pig | Control | 101.69±17.67 ^a | 46.83±16.59 | 132.37±18.93 ^a |
| | T1 | 63.77±19.82 ^b | 36.68±15.01 | 111.19±16.09 ^b |
| | T2 | 89.76±17.72 ^{ab} | 30.98±12.45 | 107.38±14.97 ^b |
| Broiler | Control | 119.26±14.08 ^a | 139.81±26.23 | 240.43±26.77 ^a |
| | T1 | 78.50±12.22 ^b | 143.71±24.30 | 153.61±23.61 ^b |
| | T2 | 107.11±18.78 ^{ab} | 163.36±24.76 | 162.85±22.08 ^b |

^a Means±S.D.

^{ab} Means with the different superscripts in the same column are significantly different ($p<0.05$).

Table 3. Total cholesterol, triglyceride and HDL-cholesterol of pork loin and chicken breast (unit : mg/100 g)

| Items | | Total-cholesterol | Triglyceride | HDL-cholesterol |
|---------|---------|----------------------------|--------------|----------------------------|
| Pork | Control | 140.55±11.83 ^{a*} | 137.32±13.33 | 150.55±21.83 ^a |
| | T1 | 78.53±17.67 ^c | 164.64±15.64 | 119.64±12.47 ^b |
| | T2 | 117.64±14.47 ^b | 192.18±14.65 | 133.45±18.06 ^{ab} |
| Chicken | Control | 111.90±22.43 ^a | 137.28±13.29 | 116.88±21.87 ^a |
| | T1 | 93.35±11.24 ^b | 141.12±10.66 | 72.03±20.49 ^b |
| | T2 | 97.53±11.11 ^{ab} | 148.02±11.35 | 92.45±20.85 ^{ab} |

*Means±S.D.

^{ab}Means with the different superscripts in the same column are significantly different (p<0.05).

통계적인 유의차가 있었다(p<0.05). Triglyceride는 처리구 간에 거의 차이가 없었으며, HDL-cholesterol 함량은 T1구가 대조구보다 크게 낮았으나(p<0.05), T1구와 T2구 간에는 통계적인 유의차는 없었다.

닭고기의 경우, 총 콜레스테롤은 T1(93.35 mg)가 대조구(111.90 mg)보다 월등히 낮아 통계적인 유의차가 인정되었다(p<0.05). 그러나 triglyceride는 처리구 간에는 거의 차이가 없었으나, HDL-cholesterol 함량은 T1구(72.03 mg)가 대조구(116.88 mg)보다 크게 낮았으나(p<0.05) T1구와 T2구 간에는 통계적인 유의차는 없었다. 이처럼 돼지고기와 닭고기 공히 T1구의 총 콜레스테롤 함량이 낮아진 것은 혈중 콜레스테롤이 감소하였기 때문으로 사료된다.

일반적으로 혈청 콜레스테롤은 지단백질(지방질-단백질의 복합체, lipoprotein)에 의해 수송되는데, 혈청지단백질은 주로 밀도에 따라 초저밀도지단백질(very low density lipoprotein, VLDL), 저밀도지단백질(low density lipoprotein, LDL), 고밀도지단백질(high density lipoprotein, HDL-cholesterol) 등으로 분류된다. 이러한 콜레스테롤은 적당하게 섭취하면 몸에 유익하지만 과다하면 동맥경화증을 일으킨다는 보고가 있다(Kim, 1995). Manzoni and Rollini (2002)는 Cholesterol의 생합성 기작 설명에서 Acetyl CoA가 HMG CoA를 합성할 때 HMG CoA reductase 합성이 이루어져 몇 단계를 거쳐 최종산물인 Cholesterol을 합성되고, Qureshi and Peterson(2001)은 Lovastatin의 생합성 과정에 대한 연구에서 닭에게 HMG-CoA (Hydroxy-methylglutaryl coenzyme A) reductase inhibitor(활성 저해)하는 물질을 급여시 콜레스테롤 수준이 최대 87.5%까지 감소하였다고 보고하였다.

요 약

본 연구는 공시균인 *Aspergillus terreus*와 유산균을 이용하여 혈중 및 고기내 콜레스테롤이 저하된 육류 개발을 목표로 하였다. 따라서 거세돈 60두를 60일간 및 육계는 6주간을 공

시하여 대조구는 일반 시판사료만 급여하였고, T1구는 *Aspergillus terreus* 배양체, T2구는 시판중인 EM-pro 배양체(*Lactobacillus acidophilus*, *Bacillus subtilis*와 *Saccharmyces cerevisiae*의 3종 혼합배양물)를 각각 0.2%씩 첨가급여한 결과는 다음과 같다.

돼지고기내의 스테아린산은 T1구와 T2구가 높았으나, 올레인산은 대조구와 T1구가 높았다(p<0.05). 또한 닭고기의 스테아린산은 대조구가 높았으나, 올레인산은 T1구와 T2가 유의적으로 높았다(p<0.05).

혈액 중 돼지고기의 총 콜레스테롤과 HDL-cholesterol 함량은 T1구(63.77 mg, 111.19 mg)가 대조구(101.69 mg, 132.37 mg)보다 크게 낮아 통계적인 유의차를 보였고(p<0.05), 육계의 경우는 T1구(78.50 mg, 143.61 mg)가 대조구(119.26 mg, 240.43 mg)보다 크게 낮았다(p<0.05).

돼지고기의 총 콜레스테롤과 HDL-cholesterol 함량은 T1구(78.53 mg, 117.64 mg)가 대조구(140.55 mg, 150.55 mg)보다 크게 낮아 유의차를 나타내었고(p<0.05). 육계의 경우는 T1구(93.35 mg, 72.03 mg)가 대조구(111.90 mg, 116.88 mg)보다 크게 낮았다(p<0.05).

이상의 결과를 종합해 볼 때, *Aspergillus terreus* 처리한 T1구가 돼지와 육계의 혈액 및 고기내에서 총 콜레스테롤과 HDL-cholesterol 함량이 크게 낮아졌다.

따라서 *Aspergillus terreus* 배양체가 체내의 콜레스테롤 합성에 상당히 영향을 미친 것으로 판단되며, 향후 저콜레스테롤 고기 생산의 가능성을 보여주었다.

감사의 글

본 연구는 계명대학교 전통미생물자원개발 및 산업화연구센터(TMR)와 (주)한국이엠(EM)산업회사의 연구비 지원으로 수행한 것이며 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. Duncan, Davide B. (1995) Multiple range and multiple F test. *Biometrics* **11**, 1-6.
2. Endo, A., Kuroda, M., and Tarazawa, K. (1976) Competitive inhibitor of 3-hydroxy-methylglutaryl-coenzyme A reductase by Mc-230A and ML-236 B fungal metabolites having hypocholesterolemic activity. *FEBS Lett* **72**, 323-326.
3. Fernaldes, C. F. and Shahani, K. M. (1990) Anticarcinogenic and immunological properties of dietary lactobacilli. *J. Food Prod.* **53**, 704-710.
4. Fernaldes, D. B. and Ball, C. (1992) *Biotechnology of filamentous fungi*. Butterworth-Heinemann, London, UK, pp. 241- 251.
5. Grunewald, K. K. (1982) Serum cholesterol levels in rats fed skim milk fermented by *Lactobacillus acidophilus*. *J. Food Sci.* **47**, 2078-2079.
6. Hubert, S., Renana, S. M., Hedi, G., Markus, N., Heinrich, W., and Winfried, M. (2001) Effect of atorvastatin, simvastatin, and lovastatin on the metabolism of cholesterol and triacyl-glycerides in HepG2 cell. *Biochemical Pharmacology* **62**, 1545-1555.
7. Hudault, S., Lieven, V., Bernet-Camard, M. F., and Servin, A. L. (1997) Antagonistic activity exerted *in vitro* and *in vivo* by *Lactobacillus casei*(strain GG) against *Salmonella typhimurium* C5 infection. *Appl. Environ. Microbiol.* **63**, 513-519.
8. Kim, H. D. and Park, J. H. (2004) Production of lovastatin solid culture. *J. Korean Soc. Food. Sci. Nutr.* **33(3)**, 566-570.
9. Kim, H. S. and Park, J. H. (2004) Production of lovastatin in solid culture. *J. Korean Soc. Food. Sci. Nutr.* **33(3)**, 566-570.
10. King, A. T., Paniangvait, P., Jones, A. D., and German, J. B. (1998) Rapid method for quantification of cholesterol in turkey meat and product. *J. Food. Sci.* **63**, 382-386.
11. Kiyosawa, H. C., Sugawara, L. Sagawara., and Miyake, H. (1984) Effect of milk and yogurt on serum lipids and development of sudanophilic lesions in cholesterol fed rabbits. *Am. J. Clin. Nutri.* **40**, 479-494.
12. Lee, Y. K. (1997) Effect of fermented milk on the blood cholesterol level of Korean. *J. Fd. Hyg. Safety* **12(1)**, 83-95 (in Korean).
13. Mann, G. V. (1977) A Factor in yogurt which lowers cholesterolemia in man. *Atherosclerosis* **26**, 335-340.
14. Manzoni, M. and Rpllini, M. (2002) Biosynthesis and biotechnological production of statins by filamentous fungi and application of these cholesterol lowering drugs. *Appl Microbiol. Biotechnol.* **58**, 55-564.
15. Michael, H. D., Peter, L., Jim, X. S., Gale, P., and Edward, W. (2002) Arnold macodynamic, safety and pharmacokinetic comparison of extended and immediate-release formulation of lovastatin. *Clinical Therapeutics* **24**, 112-125.
16. Park, J. H., Lim, O. C., Na, C. S., and Ryu, K. S. (2003) Effect of dietary supplementation of yeast culture on the performance, nutrient digestibility and physico-chemical characteristics of the pork in growing-finishong pigs. *Kor. Anim. Sci. & Technol.* **45(2)**, 219-228.
17. Park, P. W. and Goins, R. E. (1994) In situ preparation of fatty acid methyl esters for analysis of fatty acid composition in fluids. *J. Food. Sci.* **72** (Suppl. 2), 5 (Abstr).
18. Pool-Zobel, B. L., Bertram, B., Knoll, M., Lambertz, R., Neudecker, C., Schillinger, U., Schmezer, P., and Holzapfel, W. H. (1993) Antigenotoxic properties of lactic acid bacteria *in vivo* in the gastrointestinal tract of rats. *Nutrition and Cancer* **20**, 271-279.
19. Qureshi, A. A. and Peterson, D. M. (2001) The combined effects novel tocotrienols and lovastatin on lipid metabolism in chickens. *Atherosclerosis* **156**, 39-47.
20. Rao, D. R., Chawan, C. B., and Pulusani, S. R. (1981) Influence of milk and thermophilus milk on plasma cholesterol levels and hepatic cholesterologenesis in rats. *J. Food Sci.* **46**, 1339-1341.
21. SAS (1998) SAS/STAT Software for PC. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
22. Slater, E. E. and Macdonald, J. S. (1988) Mechanism of action and biological profile of HMG-CoA reductase inhibitors. A new therapeutic alternative. *Drugs* **36**, 72-82.
23. Tamai, Y., Yoshimitsu, N., Watanabe, Y., Kuwabara, Y., and Nagai, S. (1996) Effects of milk fermented by culturing with various lactic acid bacteria and a yeast on serum cholesterol levels in rats. *J. Ferm. Bioeng.* **81**, 181-190.
24. Thakur, C. P. and Jha, A. N. (1981) Influence of milk yogurt and calcium on cholesterol induced atherosclerosis in rabbits. *Atherosclerosis* **39**, 211-215.
25. 김현욱 (1995) 발효유와 유산균의 혈중 cholesterol 저하 효과. 제 9회 유산균과 관한 국제학술심포지엄, pp. 55-62.
26. 양승주, 현재석, 양창범, 고석민, 최홍훈 (1998) 육성비육돈에 대한 사료첨가제 참가급여 실험. 한국축산학회지 **40**, 21-30.
27. 한인규 (1992) 단위 가축에 대한 항생제, 생균제 및 효소제의 성장 촉진효과와 작용 기전. 영양사료기술세미나, pp. 61-70.