

한국 유아에서 분리한 *Bifidobacteria*에 의한 발효유의 Conjugated Linoleic Acid (CLA) 함량 증가

이효구¹ · 권영태¹ · 강혜순² · 윤철석³ · 정재홍⁴ · 김인환² · 정수현^{2*}

¹공주대학교 식품공학과, ²고려대학교 병설 보건대학 식품영양과
³(주) 라이브 맥스, ⁴안산공과대학 호텔조리과

Increase of Conjugated Linoleic Acid (CLA) Contents in Milk by Fermentation with *Bifidobacteria* Isolated from Korean Infants

Hyo-Ku Lee¹, Yung-Tae Kwon¹, Hye-Soon Kang², Chil-Surk Yoon³,
Jae-Hong Jeong⁴, In-Hwan Kim² and Soo-Hyun Chung^{2*}

¹Dept. of Food Science and Biotechnology, Kongju National University, Chungnam 340-802, Korea

²Dept. of Food and Nutrition, College of Health Sciences, Korea University, Seoul 136-703, Korea

³Live Max Co., Gyeonggi 463-420, Korea

⁴Dept. of Hotel Culinary Arts, Ansan Technical College, Gyeonggi 425-792, Korea

Abstract

More than 200 *Bifidobacterium* sp. originated from human intestine were investigated for their ability to produce conjugated linoleic acid (CLA). Of the *Bifidobacteria* tested, 1 of culture type strain and 12 isolated strains from Korean infants showed CLA producing ability. *cis*-9, *trans*-11 octadecadienoic acid presented more than 90% of the total CLA isomers produced by the *Bifidobacteria*. CLA content in fermented milk by *Bifidobacterium* sp. KHU 141 increased by 39.6 mg/100 g, which showed the potential use for producing fermented milk containing high content of CLA. In fermented milk, little changes showed in lauric acid, myristic acid, palmitic acid, oleic acid, and linolenic acid contents, whereas the content of linoleic acid (LA) decreased and the content of CLA increased. *Bifidobacterium* sp. KHU 141 converted 86.0% and 84.8% of LA consumed to CLA for 24 hr and 48 hr fermentation, respectively. Prolonging incubation from 24 to 48 hours did not appear to enhance CLA formation and CLA producing ability was stable whether bottle, test tube, or fermenter was used for making fermented milk by *Bifidobacterium* sp. KHU 141.

Key words: conjugated linoleic acid (CLA), linoleic acid (LA), *Bifidobacteria*, infants, fermented milk

서 론

Conjugated linoleic acid(CLA)는 필수지방산인 linoleic acid(*cis*-9, *cis*-12-octadecadienoic acid, LA)의 위치 및 기하 이성체를 총칭하는 것으로, CLA의 여러 이성체중 인체에 생리활성을 나타내어 active form으로 인정되고 있는 *cis*-9, *trans*-11 및 *trans*-10, *cis*-12 linoleic acid를 주로 말한다(1). LA의 이성체의 존재는 오래 전부터 알려져 왔으나 CLA가 7,12-dimethylbenz(a)anthracene에 의해 유발된 mouse의 skin carcinogenesis를 억제한다는 사실이 Ha 등(2)에 의해 보고되면서 새로운 항암성분으로 주목받기 시작하였다. 그 후 체지방 감소(3), 항당뇨병 효과(4), 성장촉진(5), 면역기능 증진(6) 등, CLA의 다양한 생리활성 효과가 알려지면서 CLA에 관한 많은 연구가 진행되고 있다.

CLA는 반추동물의 젖과 그 가공품, 고기가 주된 공급원이지만 이들 식품에 천연적으로 함유된 CLA 함량도 생리활성 효과를 기대하기에는 매우 적은 양이다. 따라서 CLA가 다량 함유된 제품을 생산하기 위한 연구에 많은 노력을 기울이고 있는데, CLA를 화학적으로 합성하여 제품에 첨가하거나 낙농제품에서 CLA가 천연적으로 생성되도록 동물의 사료에 CLA의 전구체를 넣어주는 방법이 있다(7,8). 그러나 화학합성 CLA를 제품에 첨가하는 것은 합성 시 생성되는 산화물질이나 화학물질의 잔류우려가 있으며, 사료에 첨가한 전구체의 CLA로의 전환율도 높지 않은 수준이어서 실용화에는 한계를 보이고 있다.

한편 미생물 중 LA를 CLA로 전환하는 미생물을 탐색하는 연구가 시도되고 있는데 국내외에서는 지금까지 *Butyrivibrio fibrisolvens*, *Ruminococcus albus*, *Eubacterium len-*

*Corresponding author. E-mail: chung59@kohealth.ac.kr
Phone: 82-2-940-2854. Fax: 82-2-941-7825

tum 등의 rumen bacteria가 주로 알려져 왔으나(9,10), 최근 들어 *Propionibacterium freudenreichii* ssp. *shermanii*(11), *Lactococcus lactis* ssp. *lactis*(12), *Bifidobacterium* sp.(13) 등의 dairy starter 미생물의 일부가 CLA 전환능이 있는 것으로 보고되고 있다. 국내에서의 미생물에 의한 CLA 생산에 관한 연구로는 Ham 등(14)의 유아로부터 분리한 *Lactobacillus fermentum*에 의한 CLA 생산에 관한 보고와 본 연구자들(15)이 수행한 상업용 dairy starter의 CLA 생산능에 관한 연구가 있다. 그러나 *Lactobacillus fermentum*에 의한 낙농제품 등에서의 CLA 생산능은 아직 알 수 없으며, 상업용 dairy starter에 의한 발효유에서의 CLA 생산도 발효유 음용 시 CLA의 생리활성 효과를 기대하기에는 매우 적은 양이었다. 따라서 dairy starter로 사용할 수 있는 미생물의 선발 및 발효 제품 개발에 관한 연구가 CLA의 생리활성 효과를 기대할 수 있는 발효유 생산에 매우 중요하다고 생각된다.

본 연구에서는 장내 우세균총으로 정상작용 등, 인체에 유익한 기능을 갖고 있고 발효유 제조에 널리 이용되고 있는 *Bifidobacterium* 속 균주들을 대상으로 CLA 생산능을 조사하여 균주를 선발하였으며, 선발된 균주를 사용하여 발효유를 제조하였고 발효유의 CLA 함량이 현재까지 국내·외에서 보고된 다른 연구의 결과보다 매우 높은 CLA 함량의 증가를 보였기에 이를 보고하는 바이다.

재료 및 방법

Bifidobacteria 균주

국내 균주분양 기관에서 분양받은 공시균주와 국내의 건강한 유아의 분변에서 분리하여 고려대학교 보건대학 식품미생물학 실험실에 보관 중인 *Bifidobacterium* 속 균주들을 사용하였다.

Bifidobacteria 균주의 CLA 생산능

Bifidobacteria 균주는 MRS broth(Difco Lab. Co., USA)에서 24시간, 2회 계대 배양하여 활성화시킨 후 500 µg/mL LA를 첨가한 MRS broth에서 계대 배양액을 1% 접종하고 37°C incubator에서 24시간 동안 정치 배양하였다. 각 균주의 CLA 생산능은 배양액의 지방을 추출하여 분석·조사하였다.

발효유 제조

CLA 생산능이 있는 것으로 나타난 균주의 발효유 제조 원료는 저지방 우유(fat 1.8%)를 사용하였다. 우유에 LA를 90 mg/100 g 첨가하여 homogenizer(UTRA-TURRAX T25, JAKNE&KUNKEL, IKA-Labortechnik, Germany)로 혼합한 후 250 mL serum bottle에 200 mL 분주하여 살균하였다. MRS broth에서 24시간씩 2회 계대 배양한 선발된 균주의 균액을 1% 접종하여 37°C incubator에 정치배양하였다. Fermenter(7 L; working volume 6 L)를 사용하여 발효유를 제

조할 때에도 같은 방법으로 배지를 제조하고 배양하였다.

지방추출 및 지방산 Ethylation

MRS broth 및 발효유에서의 CLA 분석을 위한 지방추출은 Bligh와 Dyer의 방법(16)을 수정하여 실시하였다. MRS broth는 분액깔대기에 배양액 5 mL, chloroform-methanol(1:1, v/v) 혼합용매 60 mL 및 0.88% KCl 수용액 10 mL를 가하고 homogenizer로 혼합한 후 chloroform 층을 회수하였다. *Bifidobacteria* 균주로 제조한 발효유는 분액깔대기에 각 시료 10 mL, chloroform-methanol(1:1, v/v) 혼합용매 120 mL 및 0.88% KCl 수용액 20 mL을 가해서 혼합한 후 chloroform 층을 회수하여 지방을 추출하였다. 회수한 각 chloroform 분획은 50°C에서 evaporator로 감압증류하여 chloroform을 제거한 후 다시 chloroform을 소량 가하여 지방을 회수하였으며, 이를 teflon tube에 담고 용매를 건조시킨 후 Kim 등(17)의 방법에 따라 지방산의 에틸에스터를 제조하여 gas chromatography 분석에 사용하였다.

Gas chromatography 분석

각 시료로부터 추출하여 제조한 지방산의 에틸에스터는 gas chromatography(Varian CP 3800 GC)를 이용하여 분석하였다. GC column은 Supelco wax-10 fused silica capillary column(0.25 id×30 m, 0.25 µm film thickness; Supelco, Inc., Bellefonte, PA, USA)을 사용하였으며, flame ionization detector(injector temp., 240°C; detector temp., 260°C; column oven temp., 190°C to 240°C, 4.5°C/min)를 사용하였다. CLA와 기타 지방산의 정량에는 heptadecanoic acid(C_{17:0}, Nu-Check-Prep, Inc., MN, USA)를 내부표준물질(internal standard)로 사용하였으며, CLA와 표준지방산의 에틸에스터(Sigma Chemical Co., St. Louis, Mo, USA)의 retention time을 비교하여 각 peak를 동정하였다.

결과 및 고찰

국내 모유아 유래 *Bifidobacteria* 균주들의 CLA 생산능 *Bifidobacteria* 중 인체의 장에서 유래한 균주로 알려진 *B. adolescentis*, *B. bifidum*, *B. breve*, *B. infantis*, *B. longum* 등 5종, 7개의 *Bifidobacterium* 속 공시균주와 국내 유아로부터 분리하여 *Bifidobacterium* 속으로 확인된 200여 균주를 대상으로 LA를 기질로 첨가하여 CLA 생산능을 조사하였다. 조사 대상 균주 중 공시균주에서는 *B. breve* ATCC 15701 균주와 분리균주 중에서는 12개 균주가 기질로 첨가한 LA를 CLA로 전환시키는 것으로 나타났다(Table 1). CLA 생산능이 있는 균주 중 분리균주 *Bifidobacterium* KHU 032, 097 균주는 CLA 전환능이 10~50 µg/mL로 상업용 starter 중 CLA 전환능이 있는 균주들(15)과 같은 낮은 수준이었고, 공시균주인 *B. breve* ATCC 15701과 *Bifidobacterium* KHU 021, 037, 044, 045, 117 균주는 50~100 µg/mL의 CLA를 생

Table 1. Screening of *Bifidobacteria* for their ability to produce CLA from free linoleic acid (500 µg/mL) in MRS broth at 37°C for 24 hr

| Strains | CLA ¹⁾ | Strains | CLA ¹⁾ |
|------------------------------------|-------------------|---|-------------------|
| <i>B. adolescentis</i> ATCC 15703 | - | <i>Bifidobacterium</i> sp. KHU 037 | ++ |
| <i>B. bifidum</i> ATCC 11863 | - | <i>Bifidobacterium</i> sp. KHU 044 | ++ |
| <i>B. breve</i> ATCC 15700 | - | <i>Bifidobacterium</i> sp. KHU 045 | ++ |
| <i>B. breve</i> ATCC 15701 | ++ | <i>Bifidobacterium</i> sp. KHU 052 | +++ |
| <i>B. infantis</i> ATCC 15697 | - | <i>Bifidobacterium</i> sp. KHU 065 | +++ |
| <i>B. infantis</i> ATCC 25962 | - | <i>Bifidobacterium</i> sp. KHU 097 | + |
| <i>B. longum</i> ATCC 15707 | - | <i>Bifidobacterium</i> sp. KHU 117 | ++ |
| <i>Bifidobacterium</i> sp. KHU 017 | +++ | <i>Bifidobacterium</i> sp. KHU 129 | +++ |
| <i>Bifidobacterium</i> sp. KHU 021 | ++ | <i>Bifidobacterium</i> sp. KHU 141 | ++++ |
| <i>Bifidobacterium</i> sp. KHU 032 | + | Other <i>bifidobacteria</i> sp. isolated (KHU 001 - KHU 207) | - |

¹⁾+: Formation of 9/11-CLA was 10~50 µg/mL, ++: 50~100 µg/mL, +++: 100~200 µg/mL, ++++: 200~500 µg/mL, and -: not detected (<5 µg/mL).

산하였고, *Bifidobacterium* KHU 017, 052, 065, 129 균주는 100~200 µg/mL로 비교적 높은 수준의 CLA 생산능을 나타내었고, *Bifidobacterium* KHU 141 균주는 200 µg/mL 이상의 우수한 CLA 생산능을 보였다. 특히 분리균주 *Bifidobacterium* KHU 141 균주는 첨가한 LA의 60% 이상을 CLA로 전환하였는데, 이는 현재까지 국내·외에서 보고된 dairy starter에 의한 CLA 생산에 관한 결과와 비교할 때 매우 우수한 수준의 CLA 생산이라 할 수 있다(11,12).

Bifidobacterium 균주의 CLA isomer 생산 패턴

Fig. 1은 LA가 첨가된 MRS broth, 공시균주인 *B. breve* ATCC 15701 균주와 국내 유아에서 분리한 *Bifidobacterium* sp. KHU 141 균주 배양액 중의 지방산을 분석한 gas chromatogram이다. MRS broth에 기질로 첨가한 LA(peak No. 4)로부터 전환된 CLA는 두 종류의 *Bifidobacterium* 모두가 90% 이상이 cis-9, trans-11 CLA(retention time=11.2 min)이었으며, 다른 CLA 이성체는 거의 생성되지 않았음(not detectable)을 알 수 있다. 이러한 결과는 본 연구의 CLA 생산 *Bifidobacteria* 모두에서 같은 양상을 보였으며(data not shown), 화학합성에 의한 CLA 생산 시 여러 이성체가 함께 생산되는 것과 Kishino 등(18)이 보고한 *Lactobacillus acidophilus*에 의한 CLA 생산 시 cis-9, trans-11 CLA가 38%, trans-9, trans-11 CLA isomer가 62% 생산된 결과와 비교할 때 *Bifidobacteria*에 의한 CLA 생산은 고순도 cis-9, trans-11 CLA 생산이 가능하다는 것을 보여주는 결과로 생각된다.

Bifidobacterium 균주들을 이용한 발효유의 CLA 함량 증가

CLA 생산능이 있는 *Bifidobacterium* 균주들 중 MRS broth에서 비교적 높은 CLA 생산능을 보인 균주들을 사용한 발효 24시간 후 발효유의 CLA 함량을 Table 2에 나타내었다. 공시균주인 *B. breve* ATCC 15701에 의한 발효유의 CLA 함량은 14.2 mg/100 g(7.5±0.94 mg/g fat)으로서 대조구보다 발효유 100 g 당 7.5 mg의 CLA 함량의 증가를 보였으며, 분리균주 *Bifidobacterium* sp. KHU 021, 037, 044, 097

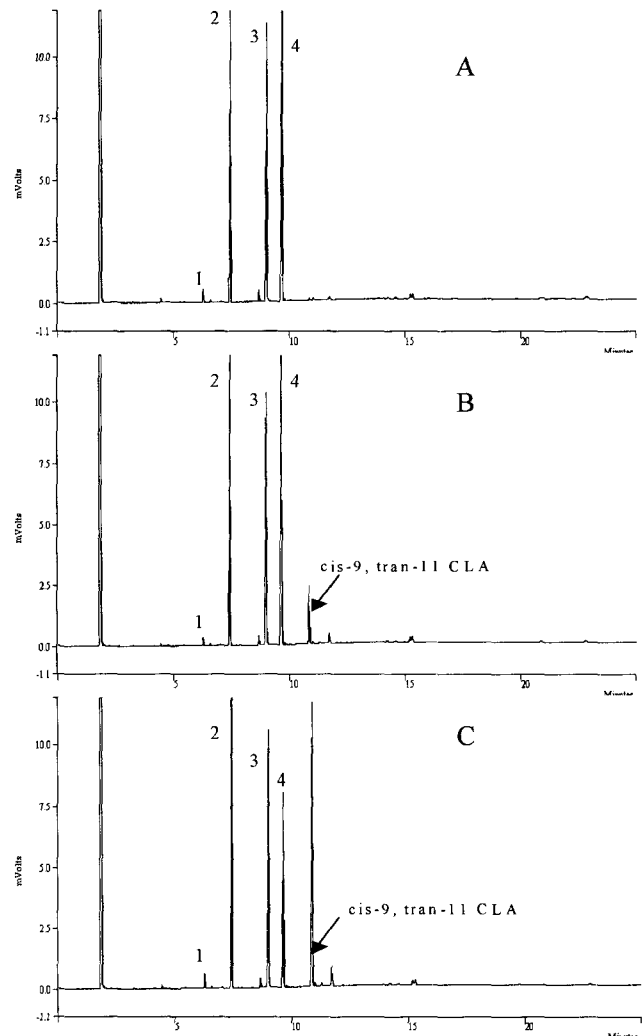


Fig. 1. Gas chromatogram of fatty acid ethyl esters of media (A), cultured media of *B. breve* ATCC 15701 (B), and cultured media of *Bifidobacterium* sp. KHU 141 (C).

Media: MRS broth supplemented with 500 µg/mL of linoleic acid. Incubation at 37°C for 24 hr.

The numbers of the peaks represent the following fatty acids: 1 palmitic acid, 2 internal standard, 3 oleic acid, and 4 linoleic acid.

Table 2. CLA formation in milk by fermentation with *Bifidobacteria* at 37°C for 24 hr

| Strains | Lipid basis (mg/g fat) | Sample basis (mg/100 g sample) | Conversion rate (%) |
|------------------------------------|------------------------|--------------------------------|---------------------|
| Control ¹⁾ | 3.5±0.67 | 6.7 | - |
| <i>B. breve</i> ATCC 15701 | 7.5±0.94 | 14.2 | 8.3 |
| <i>Bifidobacterium</i> sp. KHU 017 | 16.1±0.81 | 30.4 | 26.3 |
| <i>Bifidobacterium</i> sp. KHU 021 | 7.9±0.76 | 15.0 | 9.2 |
| <i>Bifidobacterium</i> sp. KHU 037 | 8.6±0.32 | 16.3 | 10.7 |
| <i>Bifidobacterium</i> sp. KHU 044 | 6.3±0.69 | 11.9 | 5.8 |
| <i>Bifidobacterium</i> sp. KHU 045 | 17.2±0.71 | 32.5 | 28.7 |
| <i>Bifidobacterium</i> sp. KHU 052 | 13.5±0.68 | 25.6 | 21.0 |
| <i>Bifidobacterium</i> sp. KHU 097 | 6.8±0.53 | 12.9 | 6.9 |
| <i>Bifidobacterium</i> sp. KHU 117 | 8.0±0.91 | 15.2 | 9.4 |
| <i>Bifidobacterium</i> sp. KHU 129 | 15.4±0.82 | 29.1 | 24.9 |
| <i>Bifidobacterium</i> sp. KHU 141 | 24.5±0.65 | 46.3 | 44.0 |

¹⁾Milk (fat 1.8%) 100 mL+linoleic acid 90 mg.

및 117 균주가 이와 비슷한 수준인 5.2~9.6 mg의 CLA 함량 증가를 보였다. 분리균주 *Bifidobacterium* sp. KHU 017, 045, 052 및 129 균주는 대조군보다 발효유 100 g 당 18.9~25.8 mg의 CLA 함량이 증가되었으며, KHU 141 균주에 의한 발효유의 CLA 함량은 46.3 mg/100 g(24.5±0.65 mg/g fat)으로서 대조군보다 발효유 100 g 당 39.6 mg의 CLA가 증가하였다. 기질로 첨가한 LA의 CLA로의 전환율은 *B. breve* ATCC 15701, *Bifidobacterium* sp. KHU 021, 037, 044, 097 및 117 균주가 5.8~10.7%였으며, *Bifidobacterium* sp. KHU 017, 045, 052 및 129 균주는 21.0~28.7%, KHU 141 균주의 경우에는 44.0%였다.

이상의 결과는 Alonso 등(19)의 *Lactobacillus acidophilus*와 *L. casei* 등을 사용하여 발효유에서 5.15~11.65 mg/100 g의 CLA를 증가시킨 결과와 비교할 때, *B. breve* ATCC 15701, *Bifidobacterium* sp. KHU 021, 037, 044, 097 및 117 균주의 경우는 큰 차이가 없으나, *Bifidobacterium* sp. KHU 017, 045, 052, 129 및 KHU 141 균주의 경우에는 매우 높은 증가량이었다. 특히 *Bifidobacterium* sp. KHU 141 균주의 경우에는 현재까지 국내·외의 유산균 등에 의한 발효유에서의 CLA 생산에 관한 연구·보고와 비교할 때 CLA 생산량이 가장 높아 CLA 함유 발효유 제조용 starter 균주로의 이용 가능성이 매우 높을 것으로 생각된다.

Fermenter에서의 *Bifidobacterium* sp. KHU 141 균주에 의한 CLA 생산

발효유 제조시 가장 높은 CLA 생산량과 전환율을 보인 *Bifidobacterium* sp. KHU 141 균주를 대상으로 fermenter에서 48시간 동안 배양하면서 24시간 및 48시간 후의 발효유의 CLA 함량과 우유의 주요 지방산 함량을 측정하여 Table 3에 나타내었다. 배양시간에 따른 지방산 함량의 차이는 주로 LA와 CLA에서 나타났으며, 우유의 다른 주요 지방산인 lauric acid, myristic acid, palmitic acid, oleic acid 및 linolenic acid 함량의 큰 변화는 없었다. 따라서 *Bifidobacterium* sp. KHU 141 균주는 LA를 전구체로 CLA를 생산하는 것을 알 수 있으며, LA 함량은 초기 1.30 mg/g에서 24

Table 3. Fatty acid composition of fermented milk by *Bifidobacterium* sp. KHU 141 (Unit: mg/g sample)

| Fatty acid | 0 hr | 24 hr | 48 hr |
|------------|------|-------|-------|
| C 12:0 | 0.56 | 0.53 | 0.54 |
| C 14:0 | 1.67 | 1.62 | 1.60 |
| C 16:0 | 4.80 | 4.69 | 4.58 |
| C 18:0 | 2.06 | 2.03 | 1.98 |
| C 18:1 | 3.95 | 3.61 | 3.54 |
| C 18:2 | 1.30 | 0.87 | 0.84 |
| C 18:3 | 0.02 | 0.02 | 0.02 |
| c9,t11-CLA | 0.09 | 0.46 | 0.48 |

Fermentation was carried out at 37°C in 7 L fermenter (working volume 6 L).

시간 및 48시간 후에 각각 0.87 mg/g 및 0.84 mg/g으로 감소하였고 이에 따라 CLA는 각각 0.37 mg/g 및 0.39 mg/g으로 증가하여 24시간 및 48시간 후, 각각 소비된 LA의 86.0% 및 84.8%가 CLA로 전환되었다.

한편, 배양시간에 따른 CLA 생산량은 배양 24시간과 48시간 사이에 큰 차이가 없었는데, 이 같은 결과는 *Lactobacillus acidophilus*와 *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* 등을 사용하여 발효한 우유에서 나타난 Lin 등(12)의 보고와 유사한 결과이다. 또한 fermenter를 이용한 배양(working volume: 6 L)에서도 *Bifidobacterium* sp. KHU 141 균주의 CLA 생산능이 bottle이나 시험관을 이용하여 발효한 경우와 비교하여도 감소하지 않고 안정적으로 유지되었다. 따라서 본 균주에 의한 CLA 함유 발효유의 대량 배양의 가능성은 높을 것으로 보이며, 아울러 CLA의 생리활성 효과를 기대할 수 있는 발효유의 대량 생산을 위하여 본 *Bifidobacterium* sp. KHU 141 균주와 *Lactobacillus acidophilus*나 *Streptococcus thermophilus* 등, 발효유 제조에 일반적으로 사용되는 dairy starter culture와의 혼합배양 등에 관한 연구가 계속되어야 할 것으로 생각된다.

요 약

인체의 장관에서 유래한 200여 *Bifidobacteria* 균주를 대상으로 CLA 생산능을 조사한 결과, 공시균주 1종과 국내의

유아로부터 분리한 12개 균주가 기질로 첨가한 LA를 CLA로 전환하였으며, 각 CLA 생산 균주들에 의한 CLA 이성체는 90% 이상이 cis-9, trans-11 CLA이었다. CLA 생산능과 전환율이 가장 높은 *Bifidobacterium* sp. KHU 141 균주를 사용하여 발효유를 제조하였을 때, 발효유의 CLA 함량은 대조구보다 39.6 mg/100 g 증가하여 CLA의 생리활성 효과를 기대할 수 있는 발효유의 생산에 사용할 수 있는 균주로 나타났다. *Bifidobacterium* sp. KHU 141에 의한 fermenter에서의 발효유 제조 시 lauric acid, myristic acid, palmitic acid, oleic acid 및 linolenic acid 함량은 큰 변화를 보이지 않았으나, LA 함량은 감소하고 CLA 함량은 증가하여 배양 24시간 및 48시간 후에 각각 소비된 LA의 86.0% 및 84.8%가 CLA로 전환되었다. *Bifidobacterium* sp. KHU 141에 의한 CLA 생산은 배양 24시간과 48시간 사이에 큰 차이가 없었으며, fermenter에서의 CLA 생산능도 bottle이나 시험관을 이용하여 발효한 경우와 같이 안정적으로 유지되었다.

감사의 글

본 연구는 농림부 농림기술개발사업의 지원을 받아 수행한 연구결과의 일부로 연구비 지원에 감사드립니다.

문헌

- Ip C, Angioni E, Carta G, Thompson HJ, Barbano D, Bauman D. 1999. Conjugated linoleic acid enriched butter fat alters mammary gland morphogenesis and reduces cancer risk in rats. *J Nutr* 129: 2135-2142.
- Ha YL, Grimm NK, Pariza MW. 1987. Anticarcinogens from fried ground beef; heat-altered derivatives of linoleic acid. *Carcinogenesis* 8: 1881-1887.
- Park YK, Albright J, Liu W, Storkson JM, Cook ME, Pariza MW. 1997. Effect of conjugated linoleic acid on body composition in mice. *Lipids* 32: 853-858.
- McCarty MF. 2000. Activation of PPAR gamma may mediate a portion of the anticancer activity of conjugated linoleic acid. *Med Hypotheses* 55: 187-188.
- Chin SF, Liu W, Storkson JM, Ha YL, Pariza MW. 1992. Dietary sources of conjugated dienoic isomers of linoleic acid, a newly recognized class of anticarcinogens. *J Food Comp Anal* 5: 185-197.
- Cook ME, Miller CC, Park Y, Pariza MW. 1993. Immune modulation by altered nutrient metabolism control of immune-induced growth depression. *Poult Sci* 72: 1301-1315.
- Miriam LK, Julie RB. 1998. Dietary fatty acid sources affect conjugated linoleic acid concentrations in milk from lactating dairy cows. *J Nutr* 128: 881-885.
- Ha YL, Park GB, Kang WS. 1998. Role of conjugated linoleic acid (CLA) as a new functional substance for agricultural and marine products. Proceedings of Int Agr Res Util. Symposium for 50th anniversary GSNU 49-55.
- Kepler CR, Hirons KP, McNeill JJ, Tove SB. 1966. Intermediates and products of the biohydrogenation of linoleic acid by *Butyrivibrio fibrisolvens*. *J Biol Chem* 241: 1350-1354.
- Eysen H, Vewhulst A. 1984. Biotransformation of linoleic acid and bile acids by *Eubacterium lentum*. *Appl Environ Microbiol* 47: 39-45.
- Jiang J, Björck L, Fonden R. 1998. Production of conjugated linoleic acid by dairy starter cultures. *J Appl Microbiol* 85: 95-108.
- Lin TY, Lin CW, Lee CH. 1999. Conjugated linoleic acid concentration as affected by lactic cultures and added linoleic acid. *Food Chemistry* 67: 1-5.
- Chung SH, Kim IH, Kim YJ, Yoon CS. 2001. Increase of conjugated linoleic acid in fermented milk by lactic cultures. AOCs 92nd Annual Meeting & Expo Abstracts S28.
- Ham JS, In YM, Jeong SG, Kim JG, Lee EH, Kim HS, Yoon SK, Lee BH. 2002. Screening of conjugated linoleic acid producing lactic acid bacteria from fecal samples of healthy babies. *Asian-Aust J Anim Sci* 15: 1031-1035.
- Lee HK, Kwon YT, Kang HS, Yoon CS, Jeong JH, Kim HK, Kim IH, Chung SH. 2004. Conjugated linoleic acid (CLA) contents in commercial yoghurts and production of CLA by commercial dairy starter cultures. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 33: 1343-1347.
- Bligh EG, Dyer WJ. 1959. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can J Biochem Physiol* 37: 911-917.
- Kim IH, Yoon CS, Lee KW. 2001. Transesterification of conjugated linoleic acid and tricaprylin by lipases in organic solvents. *Food Research International* 34: 301-306.
- Kishino S, Ogawa J, Omura Y, Mastumura K, Shimizu S. 2002. Conjugated linoleic acid production from linoleic acid by lactic acid bacteria. *JAOCS* 79: 159-163.
- Alonso L, Cuesta EP, Gilliland SE. 2003. Production of free conjugated linoleic acid by *Lactobacillus acidophilus* and *Lactobacillus casei* of human intestinal origin. *J Dairy Sci* 86: 1941-1946.

(2004년 6월 18일 접수; 2004년 9월 3일 채택)