

## 김치 젖산균의 *In Vitro*에서 콜레스테롤 저하 효과

김 미 정<sup>1</sup>, 김 금 란  
안양대학교 식품영양학과

### *In Vitro* Evaluation of Cholesterol Reduction by Lactic Acid Bacteria Extracted from Kimchi

Mi-Jung Kim<sup>1</sup>, Gum-Ran Kim

Department of Food Science and Nutrition, Anyang University, Anyang 430-714, Korea

#### Abstract

It has been recognized that high level of serum cholesterol is a risk factor associated with atherosclerosis and coronary heart disease. Ingestion of probiotic lactic acid bacteria(LAB) in Kimchi would possibly be a method to decrease serum cholesterol in humans, as it was reported. *In vitro* culture experiment evaluated the effects of LAB(*Leu. citreum*, *Lac. plantarum*, *Leu. mesenteroides*, *Weissella kimchii*, *W. confusa*) extracted from Kimchi on cholesterol reduction in the MRS broth containing soluble cholesterol. Experimental strain of *Leu. citreum* and *Leu. mesenteroides* dominated in the first phase of Kimchi fermentation reduced the level of cholesterol 55.64% and 56.37%, respectively. Also, cholesterol lowering-effect was observed in over 55% of *Lac. plantarum*, *W. kimchii* and *W. confusa* strains, which were dominated in the end phase of fermentation. Our results suggest that selected probiotic LAB from Kimchi have an excellent cholesterol reducing effect in *in vitro* culture.

**Key words :** Kimchi, cholesterol, lactic acid bacteria, *in vitro*.

#### I. 서 론

서구화된 식생활로 인해 동물성 식품의 포화지방산과 cholesterol 과다 섭취로 혈중 cholesterol 농도의 증가와 동맥경화증을 유발하는 중요한 요인으로 인식되면서 혈중 cholesterol을 저하시키는 효과가 인정된 식품들이 각광을 받고 있는데, 그 식품 중 하나가 바로 젖산균을 함유하고 있는 발효 식품이다(Giliand 1990).

젖산균은 오랜 세월 동안 산업적으로 이용되어온 중요한 세균의 하나로, 우유 가

---

¶ : 교신저자, 031-467-0964, mjkim@anyang.ac.kr, 경기도 안양시 만안구 안양5동 708-113

공품과 자연 발효 식품인 김치, 간장, 된장 등에서 매우 중요한 역할을 담당하고 있다. 또한 인간 장내에 존재하며 여러 유익한 작용을 하며, 건강 유지에 큰 역할을 담당하고 있다(Giliand 1990; Carr 1995).

젖산 발효를 하는 대표적인 식품이 바로 우리나라의 김치이다. 김치의 모든 재료들은 각각 다양한 기능성 성분들을 함유하고 있고 김치 발효 중에도 젖산균이 김치 자체의 숙성에 관여할(조재선 1995) 뿐 아니라, 다른 해로운 균들을 저해하면서 체내에서 장내 정상 세균총의 유지, 장내 이상 발효의 개선, 장내 부패 세균의 독성 물질 무독화 작용, 칼슘의 체내 흡수 촉진, 혈청 콜레스테롤 저하 작용, 면역 기능 부활 작용에 의한 interferon 유도, 항체 생성 및 세포성 면역 활성화 기작에 의한 병원성 세균의 감염 방어 및 항암 효과 등 생균제로서(probiotics)의 기능이 주목받고 있다(Cheigh & Park 1994; 오영주·황인주·Leitzmann 1994; Yu 1995).

현재 젖산균의 이러한 기능성이 알려지면서 김치에 관한 여러 기능성에 관련된 연구들이 다양하게 수행되고 있다. 이 중 가장 많은 연구가 이루어진 분야는 김치의 항산화 활성(이윤미 등 2004; 최영숙 등 2000; 최홍식 등 2000), 항세균성 물질(김옥미 등 1998; 임용숙 등 2001), 항돌연변이(Rhee & Heui-Dong Park 1999; 박건영 등 1998; 조은주 등 1997), 항암활성(박건영 등 1998; 조은주 등 1997) 등이다.

젖산균이 담즙산을 탈포합시켜서(deconjugation) 콜레스테롤과 담즙산을 침전시켜 콜레스테롤을 저하시킨다는 Klaver와 Van der Meer(Klaver & R.van der Meer 1993) 연구는 있지만, 우리나라 대표 식품인 김치 젖산균을 통한 콜레스테롤 저하 효과에 대한 연구는 거의 없다. 또한 콜레스테롤 실험은 대부분 김치 자체를 급여한 *in vivo* 실험이고 김치의 젖산균을 순수 분리하여 콜레스테롤 수준에 어떠한 영향을 미치는지에 관한 실험(Park et al. 1996; 이재준·정영기 1999)은 많지 않다.

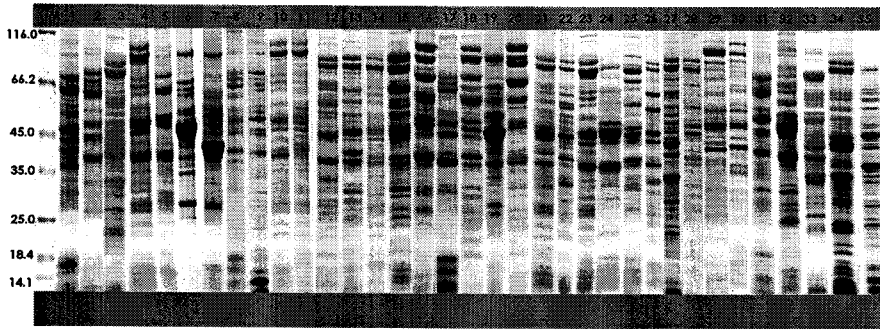
따라서 본 연구에서는 젖산 발효 식품인 김치에 나타나는 대표적인 젖산균이 *in vitro* 조건 하에서 콜레스테롤 저하 효과가 어느 정도 있는지를 평가하여 간접적으로 김치의 유산균 섭취에 따른 콜레스테롤 저하 효과를 유추하여 보고자 하였다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 젖산균 표준 균주

젖산균 표준 균주는 KCTC(Korean Collection for Type Culture, Daejeon), KCCM(Korean Culture Center of Microorganisms, Seoul, Korea), ATCC(American Type Culture Collection, Rockville, U.S.A.)로부터 분양받아 30℃에서 12시간 배양하였다.

표준 균주의 목록과 SDS-PAGE 단백질 패턴 결과는 <Fig. 1>과 <Table 1>에 있다.



〈Fig. 1〉 SDS-PAGE profiles of whole cell proteins of reference strains tested  
 Lane:M, Protein molecular weight markers (kDa).  
 Numbers correspond to the lane numbers indicated in 〈Table 1〉.

## 2. 실험균주

본 연구에서는 표준균주 35종 중 김치에서 많이 분포되는 젖산균인 5균주를 이용하였다. 실험에 사용한 젖산균주의 목록은 〈Table 2〉에 나타나 있다.

## 3. 젖산균 배양액의 제조

MRS broth에 계대한 후 steel wool method(Parker 1955)를 사용하여 37℃ 24시간 혐기 배양한 후 접종 배양액을  $10^7 \sim 10^8$ cfu/mL로 준비하였다.

## 4. 콜레스테롤의 저하 효과 측정

김치의 대표적인 젖산균에 의한 콜레스테롤 저하 효과를 *in vitro* 하에서 측정하기 위한 실험은 Gilliland와 Speck의 방법에 따라 수행하였다(Gilliland & Speck 1977). 즉 L-cystein · monohydrochloride · monohydrate가 0.05% 첨가된 MRS broth를 121℃ 15분간 고압 멸균을 하였다. 멸균된 MRS broth에 50mL에 가용성 총콜레스테롤(soluble total cholesterol. Sigma)를 1.1g 첨가하여, 용해시킨 후 milipore(0.45µm)로 여과 멸균하여 Eppendorf tube에 1mL 씩 무균 분주하였다. 그 후, 각각의 젖산균주 접종 배양액을 15µL/mL씩 무균 접종한 후, 37℃ 24시간 혐기배양을 실시하였다. 콜레스테롤 정량을 위하여 배양 후, 3,000×g, 10분 동안 원심 분리한 다음 상층액은 TMA 200FR (Toshiba 200FR, Serial No. A7602034)를 사용하여 흡광도를 측정함으로써 콜레스테롤 양(mg/dL)을 정량적으로 분석하였다.

# III. 결 과

## 1. 실험균주

젖산균 표준균주 35종 중 김치에서 많이 분리되는 젖산균 중 미숙기와 적숙기 발

〈Table 1〉 List of reference strains

Lane No.*	Species	Strain
1	<i>Lactobacillus plantarum</i>	KCTC 3104
2	<i>Lactobacillus casei</i>	KCTC 3109
3	<i>Lactobacillus fermentum</i>	KCTC 3112
4	<i>Lactobacillus amylophilus</i>	KCTC 3160
5	<i>Lactobacillus coryniformi</i>	KCTC 3167
6	<i>Lactobacillus brevis</i>	KCCM 11509
7	<i>Lactobacillus hilgardii</i>	KCTC 3500
8	<i>Lactobacillus sakei</i>	KCTC 3598
9	<i>Lactobacillus maltaromicus</i>	KCTC 3602
10	<i>Lactobacillus delbrueckii</i> subsp. <i>lactis</i>	KCTC 1058
11	<i>Lactobacillus fructosus</i>	KCTC 3544
12	<i>Leuconostoc mesenteroides</i> subsp. <i>mesenteroides</i>	KCTC 3505
13	<i>Leuconostoc mesenteroides</i> subsp. <i>dextranicum</i>	KCTC 3530
14	<i>Leuconostoc citreum</i>	ATCC 13146
15	<i>Leuconostoc carnosum</i>	KCTC 3525
16	<i>Leuconostoc lactis</i>	KCTC 3528
17	<i>Leuconostoc paramesenteroides</i>	KCTC 3531
18	<i>Leuconostoc fallax</i>	KCTC 3537
19	<i>Leuconostoc gelidum</i>	KCTC 3527
20	<i>Leuconostoc argentimum</i>	ATCC 51355
21	<i>Leuconostoc mesenteroides</i> subsp. <i>cremoris</i>	KCTC 3529
22	<i>Weissella confusa</i>	KCTC 3499
23	<i>Weissella thailandensis</i>	KCTC 3751
24	<i>Weissella kimchii</i>	KCTC 3746
25	<i>Weissella minor</i>	KCTC 3681
26	<i>Weissella halotolerans</i>	KCTC 3595
27	<i>Weissella hellenica</i>	KCTC 3668
28	<i>Weissella viridescens</i>	KCTC 3504
29	<i>Weissella minor</i>	KCTC 3604
30	<i>Weissella kandleri</i>	KCTC 3610
31	<i>Pediococcus pentosaceus</i>	KCTC 3507
32	<i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>lactis</i>	KCCM 32406
33	<i>Pediococcus acidilactici</i>	KCTC 3101
34	<i>Weissella confusa</i>	KCTC 3499
35	<i>Lactobacillus sakei</i> subsp. <i>sakei</i>	KCTC 3603

\* Numbers correspond to the lane numbers in Figure.

〈Table 2〉 Strains of lactic acid bacteria selected in this study

Species	Strains
<i>Leu. citreum</i>	ATCC 13146
<i>Leu. mesenteroides</i>	KCTC 3505
<i>Lac. plantarum</i>	KCTC 3104
<i>W. kimchii</i>	KCTC 3746
<i>W. confusa</i>	KCTC 3499

효균인 *Leuconostoc* 2종, 과숙기 발효균인 *Lactobacillus* 1종과 *Weissella* 2종을 사용하였다

## 2. 젖산균의 콜레스테롤 저하 효과

김치에 많이 분포되는 대표적인 젖산균 중 *Lactobacillus* 1종, *Leuconostoc* 2종과 *Weissella* 2종을 대상으로 콜레스테롤 저하 효과를 측정된 결과는 〈Table 3〉에 있다.

콜레스테롤 저하 효과가 나타나는 것으로 보고된(Chang young Oh & Wan Kyu Lee 2000) *Leu. cremoris*(KCTC 3529)를 대조균으로 활용하였는데 본 실험 결과에서는 58.64%의 저하 효과가 나타났다. 김치 젖산균으로 보고되는 실험 균주들은 대조균인 *Leu. cremoris*(KCTC 3529)보다 대체로 낮은 결과인 55~56.37%로 저하 효과를 확인할 수 있었다. 이 결과는 *Lactobacillus* 균주에서 56%의 콜레스테롤 저하 효과가 있는 것을 보고한 오와 이의 연구(Chang young Oh & Wan Kyu Lee 2000)와 유사한 경향을 나타내었다.

김치 초기 발효균으로 알려진 *Leu. citreum*(Choi *et al.* 2003)은 55.46%를 보였고, 주 발효균으로 연구(Mheen & Kwon 1984; Lee *et al.* 1993)된 *Leu. mesenteroides*은 56.37%로 김치 섭취에 있어 콜레스테롤 저하 효과를 기대할 수 있었다.

그 외에도 산패균인 *Lac. plantarum*은 55.91% 저하되었는데 이 *Lactobacillus* spp.은 복합 담즙산 분해 효소와 관련되어 혈중 콜레스테롤의 저하 효과를 나타낸다는 결과와 콜레스테롤의 흡착 능력이 다른 젖산균에 비해 높아 심각한 고콜레스테롤혈증에도 생물학적 대체 치료가 가능하다고 주장하는 젖산균으로(Ahn & Kim 1999), 과숙기 김치를 섭취함으로써 기대해 볼 수 있는 효과였다. 또 다른 김치의 젖산균들로 알려지고 있는 *W. kimchii*와 *W. confusa* 등에서도 55% 이상의 콜레스테롤 저하 효과가 나타났다.

항산화성은 발효 단계에 있어 초기의 김치보다는 숙성된 김치에서 효과가 높게 나타났다(Lee & Cheigh 1996), 콜레스테롤 저하 효과에서는 초기 발효균이나 후기

<Table 3> Amount of residual cholesterol after *in vitro* incubation of selected lactic acid bacteria in Kimchi

Species	Strains	Residual cholesterol (mg/dL)	Cholesterol lowering ratio(%)
<i>Leu. citreum</i>	ATCC 13146	98	55.46
<i>Leu. mesenteroides</i>	KCTC 3505	96	56.37
<i>Lac. plantarum</i>	KCTC 3104	97	55.91
<i>W. kimchii</i>	KCTC 3746	99	55
<i>W. confusa</i>	KCTC 3499	99	55
Control I <sup>a</sup>		220	0
Control II <sup>b</sup> ( <i>Leu. cremoris</i> )	KCTC 3529	91	58.64

<sup>a</sup> MRS broth containing cholesterol without lactic acid bacteria.

<sup>b</sup> Lactic acid bacteria with Cholesterol lowering effect(Park et al. 1996).

발효균에서 큰 차이가 없이 유사한 저하 효과를 가지고 있어 김치는 숙성단계에 상관없이 효능을 기대할 수 있었다.

또한 이러한 젖산균들은 우리나라 대표적인 다소비 식품인 김치의 섭취로 콜레스테롤 저하라는 또 다른 유의성을 가져다 줄 수 있는 것을 확신할 수 있었으며 추후 *in vivo* 실험에서의 기초 자료로 활용되고자 하였다.

#### IV. 고 찰

콜레스테롤은 성호르몬, 비타민 D, 담즙산의 전구체이며, 세포의 구성분으로 지방질 대사에 관여하는 필수 성분이다. 하지만 포화 지방산과 콜레스테롤 과다 섭취로 조직 중에 다량 축적되면 혈중 콜레스테롤 증가로 동맥경화증과 심장병 등의 순환기계통 질병을 유발시키는 것으로 알려져 있다. 콜레스테롤의 체내 공급은 80~90%가 체내에서 공급된 것이고, 10~20%가 식품에서 흡수되어 이용되어진다. 혈액 중에는 chylomicron, very low density lipoprotein(VLDL) cholesterol, high density lipoprotein(HDL) cholesterol, low density lipoprotein(LDL) cholesterol이 존재한다(이영순 등 2005).

젖산균은 인간이 이용할 수 있는 가장 유익한 미생물로 오랜 역사를 두고 각종 발효 식품, 장류, 주류, 김치 등에 광범위하게 분포되고 있다.

젖산균의 인체에 대한 유익한 기능 중 혈중 콜레스테롤 저하 효과에 관한 연구

(Chang young Oh & Wan Kyu Lee 2000)로는 젖산균의 콜레스테롤 동화, 복합 담즙산을 분해하여 담즙산 재흡수를 억제하는 방법과 콜레스테롤의 세포벽 흡착 등의 직, 간접적인 방법으로 가정되어지고 있다. 젖산균 중 *L. acidophilus*에 의한 복합 담즙산 결과 생성된 유리 담즙산이 pH 6.0 이하의 조건에서 용해도 감소로 콜레스테롤이 함께 침전하여 콜레스테롤 저하 효과가 나타난다고 Klaver와 Van der Meer (Klaver & R.van der Meer 1993)가 보고하였다. 또한 우유와 육류를 섭취하면서도 혈중 콜레스테롤이 낮은 순환계 질환 발병율이 낮은 Samburu 족과 Masai 족을 연구한 Mann과 Spoerry(Mann & Spoerry 1994)의 결과에서도 젖산균의 혈중 콜레스테롤 저하를 입증한 대표적인 연구 결과이다.

특히 *Bifidobacterium*, *Lb. acidophilus*와 *Str. thermophilus* 등에 콜레스테롤 저하 효과가 우수한 균주로 요쿠르트 제조에 유용한 균주로 밝히고 있다(Park *et al.* 1996). 저콜레스테롤 식품 개발을 위한 방법으로 콜레스테롤 분해 미생물과 효소를 이용한 연구들이 진행되지만, 분해산물의 유해성(Ahn & Kim 1999)에 대한 문제를 안고 있는 실정이다.

우리나라 대표적인 발효 식품인 김치의 젖산균은 김치 맛을 향상시키고 해로운 균을 사멸시켜 저장성과 위생을 부여하며 정장작용을 하는 것으로 알려져 있다(Mheen & Kwon 1984). 김치 중의 미생물 연구는 1939년 진(진만현 1939)의 연구를 시작으로 다양하게 진행되고 있으며, 최근에는 이러한 김치 젖산균의 항산화 활성, 항세균성 물질, 항돌연변이, 항암 활성(이윤미 등 2004; 최영숙 등 2000; 최홍식 등 2000; 김옥미 등 1998; 임용숙 등 2001; Rhee & Heui-Dong Park 1999; 박건영 등 1998; 조은주 등 1997) 등의 생리활성적인 측면의 연구도 활발히 진행되고 있다. 이에 착안하여 본 연구에서는 젖산 발효 식품으로 알려진 김치에 분포하는 대표적인 몇 종류 젖산균을 중심으로 연구가 미미한 콜레스테롤 저하 효과를 확인하여 향후 *in vivo* 실험을 위한 연구의 기초 자료로 활용하고자 하였다.

## V. 요약

본 연구는 김치에 분포하는 것으로 알려져 있는 대표적인 젖산균에 관한 콜레스테롤 저하 효과에 관하여 연구하였다. *Lactobacillus* 1종, *Leuconostoc* 2종과 *Weissella* 2종을 대상으로 콜레스테롤 저하 효과를 측정하였다. 김치 초기 발효균인 *Leu. citreum*은 55.46% 콜레스테롤 감소율을 보였고, 대표적인 산패균인 *Lac. plantarum*은 55.91%, *Leu. mesenteroides*은 56.37%였으며 *W. kimchii*, *W. confusa* 등에서도 55% 이상의 콜레스테롤 저하 효과가 나타났다.

김치의 발효 숙성 과정에 나타나는 젖산균들이 시험관 내에서 콜레스테롤 저하 효

과가 확인되어, 향후 *in vivo* 조건하에서 콜레스테롤 저하에 어느 정도 영향을 미치는지 검토해볼 필요가 있다고 사료된다.

## 감사의 글

“본 논문은 안양대학교 안식년 기간 중 연구되었음”.

## 참고문헌

1. Giliand SE (1990) : Health and nutritional benefits from lactic acid bacteria. *FEMS Microbiol. Rev.* 87:175-188.
2. Carr JG (1995) : Lactic acid Bacteria in Beverage and Foods. Academic press, New York, USA.
3. 조재선 (1995) : 식품재료학. 문운당. pp.125-126.
4. Cheigh HS · Park KK (1994) : Biochemical, microbiological and nutritional aspects of kimchi. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 34:175-203.
5. 오영주 · 황인주 · Leitzmann C (1994) : 김치 영양생리학적 평가. 김치의 과학. 한국식품과학회 pp.226-245.
6. Yu R (1995) : Effect of dietary hot red pepper powder on humoral immune response in rat. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 24:837-842.
7. 이윤미 · 권명자 · 김재곤 · 서홍석 · 최재수 · 송영옥 (2004) : 배추김치의 dichloromethane 휘분으로부터 항산화 물질의 분리 및 동정. *한국식품과학회지* 36(1): 121- 133.
8. 최영숙 · 황정희 · 김재이 · 전영수 · 최홍식 (2000) : 부재료 첨가에 따른 갓김치의 항산화성. *한국식품영양과학회지* 29(6):1003-1008.
9. 최홍식 · 황정희 (2000) : 김치와 김치재료의 항산화 기능성. *식품산업과 영양* 5 (3):52-56.
10. 김옥미 · 김미경 · 이승언 · 이갑랑 · 김순동 (1998) : 향신료 에탄올 추출물이 김치에서 분리한 *Lactobacillus plantarum*과 *Leuconostoc mesenteroides*의 항균성에 미치는 영향. *한국식품영양과학회지* 27(3):455-460.
11. 임용숙 · 박경남 · 배만중 · 이신호 (2001) : 김치 발효미생물에 대한 소나무 에탄올 추출물의 항균 효과. *한국식품영양과학회지* 30(6):1158-1163.
12. Rhee CH · Park HD (1999) : Isolation and characterization of lactic acid bacteria producing antimutagenic substance from Korean Kimchi. *Kor. J. Appl. Microbiol.*



- Biotechnol.* 27(1):15-22.
13. 박건영 · 조은주 · 이숙희 (1998) : 부재료 첨가 배추 김치의 항돌연변이 및 항암성 증진 효과. *한국식품영양과학회지* 27(4):625-632.
  14. 조은주 · 이숙희 · 이선미 · 박건영 (1997) : 김치 분획물의 *in vitro* 항돌연변이 및 항암효과. *대한암예방학회지* 2(2):113-121.
  15. Klaver FAM · R. van der Meer (1993) : The assumed assimilation of cholesterol by *Lactobacillus* and *Bifidobacterium bifidum* is due to their bile salt-deconjugation activity. *Appl. Environ. Microbiol.* 59:1120-1124.
  16. Park SY · Ko YT · Jeong HK · Yang JO · Chung HS · Kim YB · Ji GE (1996) : Effect of various lactic acid bacteria on the serum cholesterol levels in rats resistance to acid, bile and antibiotics. *Kor. J. Appl. Microbiol. Biotechnol.* 24(3):304-310.
  17. 이재준 · 정영기(1999) : 김치와 김치재료의 콜레스테롤 저하 및 항암효과. *생명과학회지* 9(6):743-752.
  18. Parker CA(1955) : Anaerobiosis with iron wool. *Aust. J. Exp. Biol. Sci.* 33:33-38.
  19. Gilliland SE · Speck ML (1977) : Deconjugation of bile acid by intestinal *Lactobacilli*. *Appl. Environ. Microbiol.* 33:15-18.
  20. Oh CYo · Lee WK (2000) : Cholesterol lowering effect of lactic acid bacteria isolated from the human intestine. *Kor. J. Vet. Publ. Hlth.* 24(3):181-188.
  21. Choi IK · Jung SH · Kim BJ · Park SY · Kim J · Han HU (2003) : Novel *Leuconostoc citreum* starter culture system for the fermentation of kimchi, a fermented cabbage product. *Antonie van Leeuwenhoek.* 84:247-253.
  22. Mheen TI · Kwon TW (1984) : Effect of temperature and salt concentration on kimchi fermentation. *Korean J. Food Sci. Technol.* 16:443.
  23. Lee H · Baek J · Yang M · Han HU · Ko Y · Kim H (1993) : Characteristics of lactic acid bacteria community during kimchi fermentation by temperature down-shift. *Kor. J. Microbiol.* 31:346-353.
  24. Lee YO · Cheigh HS (1996) : Antioxidative effect of kimchi with various fermentation period on the lipid oxidation of cooked ground beef. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 6:66-71.
  25. 이영순 · 이정실 · 이현옥 (2005) : 고급영양학. 광문각, pp. 62-63.
  26. Mann GV · Spoerry A (1994) : Studies of a surfactant and cholesteremia in the Masai. *Am. J. Clin. Nutr.* 27:464.
  27. Ahn YT · Kim HU (1999) : A review on the hypocholesterolesterolemic effect of

*lactic acid bacteria. Kor. Dairy Techno.* 17(2):109-121.

28. 진만현 (1939) : 조선적물의 세균학적 연구. 선민의계. 92.

---

2006년 10월 20일 접수

2006년 12월 15일 게재확정