



프로바이오틱스 섭취를 통한 비만 및 제2형 당뇨의 완화

어주영 · 박미현 · 김세현*

고려대학교 생명과학대학 식품공학부

Prevention of Obesity and Type 2 Diabetes by Using Probiotics

Ju Young Eor, Mi Hyun Park and Sae Hun Kim*

Division of Food Bioscience and Technology, College of Life Sciences and Biotechnology,
Korea University, Seoul 136-701, Korea

Abstract

The beneficial effects of probiotics on human health have been extensively studied. Strains of *Lactobacillus* and *Bifidobacterium* have gained considerable attention, as they are major groups of probiotic bacteria that improve gastrointestinal health. Recently, probiotics have been found to have positive effects on obesity and type 2 diabetes mellitus (T2D) that go beyond the improvement of gut health. Probiotics can alter the secretion of substances such as leptin and adiponectin from white adipose tissue via certain mechanisms. Additionally, probiotics can modulate the adaptive immune system against low-grade inflammation caused by obesity. The potential role of probiotics in the treatment of T2D has garnered interest because of increasing evidence of the anti-diabetic effect of probiotics. In this review, we discuss the results of *in vivo* studies that have examined the use of probiotics to prevent obesity and T2D, while primarily focusing on the studies that explore the cellular and molecular mechanisms underlying the activity of promising probiotic strains. The conclusions of this review could be of help to researchers who are investigating the effects of probiotics on obesity or T2D, and to patients with these diseases.

Keywords: obesity, T2D, type 2 diabetes, probiotics, lactic acid bacteria

서론

세계보건기구(World Health Organization, WHO)에 따르면 비만은 전 세계적으로 3억 명 이상의 성인에게 나타나는 현상으로 산업화된 나라에만 국한되어 나타나는 현상이 아니며, 개발도상국의 1억1천5백만 명 이상의 인구가 비만으로 고통을 받고 있다고 보고한다(Lee *et al.*, 2012). 우리나라의 경우, 국민건강영양조사(KNHANES)의 보고에 따르면 2010년의 비만율은 국민 전체 인구의 30.8%로 점점 증가 추세이고, 우리나라 국민의 영양섭취 상태가 열량 및 지방의 과잉이 되

면서 그 결과로써 비만을 증가와 함께 정상 체중인 사람에 비해 비만인에서 대사증후군의 발병이 2배 이상 높은 것으로 나타나고 있다.

비만은 섭취량이 신체 대사활동의 소비량보다 높을 때 잉여물이 지방조직에 축적됨으로써 발생되는데(Lee *et al.*, 2014), 대사증후군 이외에도 비만과 관련된 제2형 당뇨병, 고혈압, 고지혈증 등의 유병률이 최근 비만 인구의 증가와 함께 늘어나고 있다(Kim *et al.*, 2006). 때문에 세계보건기구(World Health Organization, WHO)에서는 비만을 세계적인 영양문제로 다루어, 건강을 해치는 단순 위험 인자가 아닌 치료해야 할 질병으로 인식하고 있다.

비만은 에너지의 과다 섭취, 운동 부족뿐 아니라, 신경내분비적 요인, 약물 원인, 유전적 요인 등이 복합적으로 작용하

* Corresponding author: Sae Hun Kim, Division of Food Bioscience and Technology, College of Life Sciences and Biotechnology, Korea University, Seoul 136-701, Korea. Tel: +82-2-3290-3055, Fax: +82-2-3290-3506, E-mail: saehkim@korea.ac.kr

여 발생되는데(Lee *et al.*, 2008), 인슐린 저항성을 증가시켜 대사증후군과 제2형 당뇨병의 발병 발생에 중요한 역할을 하는 것으로 여겨진다.

대사증후군은 인슐린 저항성을 기저로 하여 심혈관계 질환과 관련된 여러 위험요인들을 동시 다발적으로 포함하여 발생하는 질환군으로, 대사증후군 환자들은 심혈관계 질환의 위험도가 일반인에 비해 높다고 알려져 있다. 특히 복부 비만의 경우, 대사증후군의 유병률과 관계가 있다고 여겨지는데, 우리나라의 비만을 증가와 함께 대사증후군의 유병률도 꾸준히 증가하는 추세이다(Kim *et al.*, 2009).

제2형 당뇨병의 발생에 가장 중요한 원인들 중의 하나로 여겨지는 비만과 당뇨는 서로 연관되어 있다. 제2형 당뇨병 환자의 상당수는 비만인 경우가 많고, 비만인 사람의 상당수는 제2형 당뇨병을 갖고 있다. 체중이 감소되어 비만이 호전되면 포도당 및 인슐린의 항상성 장애도 함께 호전된다(Kim *et al.*, 2011). 제2형 당뇨병은 포도당을 혈류에서 세포로 운반하고, 에너지로 전환시키는데 필요한 인슐린으로 불리는 호르몬의 생산이 부족하거나 적기 때문에 정상인보다 혈중 포도당 수준이 높아지면서 발병된다. 당뇨병 환자들의 경우, 혈당치를 정상인에 가깝게 낮추기 위해서 치료제로서 sulfonylureas 나 metformin, glitazones 등을 경구투여하는데, 이러한 약물 투여는 저혈당, 체중 증가, 간 독성 및 높은 혈중 젖산과 같은 다양한 부작용이 발생된다(Chung *et al.*, 2003).

당뇨 이외에도 비만과 비만 관련 질환들의 치료약제들이 개발되고 있으나, 의약품의 경우 약물에 의한 부작용을 완전히 배제하기에는 지속적인 연구가 요구되기 때문에, 부작용을 최소화한 기능성 소재의 개발에 관한 연구가 필요하다(Lee *et al.*, 2014). 이러한 관점에서 프로바이오틱스(probiotics)를 통한 비만과 당뇨와 같은 비만 관련 질환 예방 및 치료에 관련한 연구들이 활발하게 이루어지고 있다. 장내 미생물 균총이 비만, 당뇨, 그리고 심혈관 질환과 같은 중요한 질병과 관련되어 있다는 결과들이 임상 및 동물 모델 실험을 통해 제시되고 있다. 몇몇 연구에 의하면 프로바이오틱스가 함유된 유제품 섭취는 당뇨 예방을 위한 항비만 효과를 보이고, 혈당을 낮추는 것이 확인되고 있다(Kim *et al.*, 2011). 따라서 본 원고는 프로바이오틱스 섭취에 따른 비만 개선과 비만 관련 질환들의 증상 완화 효과에 대한 최근 연구 동향을 살펴보고자 한다.

본 론

1. 비만과 당뇨

1) 비만으로 인한 인슐린 저항성

비만이 인슐린 저항성의 가장 중요한 원인으로 인식되고

있으나, 비만인 사람이 모두 인슐린 저항성이 있는 것이 아니다. 체질량수에 근거하여 정상체중군, 과체중군, 비만군으로 나누어, 인슐린 저항성 평가한 실험결과에 의하면 체질량지수가 25 kg/m^2 이상인 비만남자에서 인슐린 저항성의 유병률은 43.9%였고, 허리둘레가 90 cm 이상인 복부 비만 남자에서의 유병률은 54.3%이었다. EGIR study에 인슐린 저항성의 유병률 26%와 비교하면 비만군에서 상당히 높은 유병률을 보였다는 것을 알 수 있다(Park *et al.*, 2003). 비만은 인슐린의 감수성을 저하시키는데, 이 과정에서 체내 인슐린 분비가 증가되어 보상되나, 간에서 인슐린 추출률이 저하되어 결국 순환 혈중의 인슐린 농도가 증가하면서 인슐린 저항성이 생기게 된다. 인슐린 저항성을 반영하는 공복 인슐린 및 C-peptide 농도를 비교한 실험결과를 보면 비만과 관계 되는 체용적지수, 체지방률, 허리둘레가 커질수록 공복 인슐린과 C-peptide가 증가하는 양의 상관관계를 보인다(Chung *et al.*, 2003).

2) 비만으로 인한 대사증후군

비만은 고인슐린혈증, 고지혈증, 고혈압 등의 심혈관 위험인자들을 동반하는 대사증후군을 발생시킴으로써 요통, 관절염, 뇌혈관 질환, 암, 당뇨병 등과 같은 만성 퇴행성 질환의 유병률을 증가시키는 것으로 알려져 있다. 비만의 지표로써 사용되는 체지방률에 따른 대사증후군 발병 정도를 실험한 결과, 20대와 70대를 제외한 모든 연령군에서 성별에 관계없이 체지방률이 높은 경우(체지방률: M \geq 20%, F \geq 30%)에 체지방률이 정상인 사람보다 대사증후군을 발생시킬 가능성이 5배에서 9배 정도 높게 통계적으로 유의하게 나타났다.(Kim and Joo, 2009).

비만으로 인하여 지방세포가 증가하게 되면 지방세포에서 분비되는 호르몬인 아디포카인(adipokine)의 양이 증가하게 된다. 분비되는 여러 아디포카인은 제2형 당뇨와 대사증후군을 일으킨다고 여겨지고 있다. 실제 비만인과 정상인을 대상으로 한 실험에서 아디포카인의 일종인 visfatin의 농도는 $20.53 \pm 31.76 \text{ ng/mL}$ 로 정상인의 $6.09 \pm 4.83 \text{ ng/mL}$ 에 비해 높게 나타났다. 혈청 visfatin의 농도가 높은 군일수록 혈압이 상승되는 경향성을 보였다(Kim *et al.*, 2009).

3) 비만으로 인한 제2형 당뇨병

비만은 제2형 당뇨병의 발생에 가장 중요한 병인의 하나로써 인슐린의 감수성을 저하시켜 간에서의 인슐린 추출률을 저하시킨다. 이에 따른 결과로서 제2형 당뇨병 발병 이전에 인슐린 저항성이 시작되고, 보상 반응으로 췌장의 베타 세포에서 인슐린 분비가 증가된다. 인슐린 저항성이 개선되지 않은 상태가 지속되면 베타 세포의 보상적 분비 기능이 저하되고, 더 이상 인슐린 저항성을 보상하지 못하는 상태가 지속

되면 결국 베타 세포의 인슐린 분비능이 쇠진하여 인슐린 분비가 저하되면서 더 이상 인슐린 저항성을 보상하지 못하는 상태로 이행되고, 내당능 장애, 지질대사 이상, 고혈압을 유도하여 결국 당뇨병으로 진행된다. 비만 중에서도 특히 복부 비만은 제2형 당뇨병의 발병과 가장 연관되어 있다(Chung *et al.*, 2003).

2. 지방과 장에서의 유산균

1) 지방세포에서 유산균의 영향

유산균은 일반인에게 널리 알려져 있는 인체에 이로인한 영향을 주는 살아있는 미생물로 주로 장관 내에서 정장작용을 기대하며, 사람들이 섭취하는 프로바이오틱스의 대표이다(박 등, 2003; Lee *et al.*, 2012). White adipose tissue라고도 알려져 있는 체내에 존재하는 지방세포에서는 랩틴과 아디포넥틴과 같은 아디포사이토키닌들을 분비한다. 프로바이오틱스가 장에서 흡수되어 지방세포에 영향을 미치는 정확한 메커니즘들은 밝혀지지 않았지만, 어느 정도 영향을 미치는가에 대해서는 여러 조사결과가 나와 있다. 앞서 언급된 랩틴은 지방세포의 무게와 사이즈를 모두 증가시키는 역할을 한다. 그리고 아디포넥틴은 탄수화물과 지질의 대사에 영향을 미치는 것으로 알려져 있는데, probiotics로 발효한 우유를 식이로 비만을 유도한 비만 쥐에게 일정 기간 먹었을 때 랩틴은 감소, 아디포넥틴은 증가하는 경향을 보였다. 이는 프로바이오틱스가 지질대사에 관여하여 지방세포의 감소에 영향을 미치는 것으로 보인다(Sato *et al.*, 2007).

2) 유산균의 장에서의 역할

비만이 유발되어지면 장내에 균총의 구성이 바뀌게 된다. 이러한 점에서 대사증후군, 당뇨, 인슐린 저항성이 나타난 환자나 동물 모델에서는 정상 상태와 비교하여 달라진 장내 균총의 구성을 보이며, 장내에서의 GLP-1, GLP-2의 분비, 장내 펩타이드 YY 등의 구성에 변화가 발생한다. 이러한 변화의 결과로는 간과 지방세포의 지질대사가 현저히 저하되는 결과를 보인다. 이렇게 장은 모든 기관에 영향을 미칠 정도로 중요한 역할을 하고 있으며, 유산균과 비피더스균과 같은 프로바이오틱스는 숙주에 긍정적인 영향을 미치며, 장내 환경을 개선한다. 한 연구는 유전적으로 비만인 C57BL/6J *ob/ob* 마우스와 일반 마우스의 장내 균총을 16S rRNA를 통해 분석을 하여 비교해본 실험을 행하였다. 그 결과, 장내에 존재하는 bacteroidetes는 비만 마우스에서 50% 정도 감소하였고, firmicutes는 증가한 경향성을 보였다. 이러한 결과는 비만이 동물이나 인체 내에서 유발되었을 때, 지방세포뿐만 아니라, 장내 균총의 구성 비율에 영향을 주어 에너지 소비의 효율을 정상보

다 낮게 만드는 것으로 분석이 되고 있다(Ley *et al.*, 2005). 비만으로 인해 발생한 지질의 대사는 장에서 산화적 스트레스를 발생시킨다. 장에서 발생한 산화적 스트레스는 장 상피세포의 tight junction protein 중 하나인 ZO-1을 인산화시키면서 tight junction protein의 재분배를 일으키고, 이것은 전체적인 장벽 기능을 망가뜨리면서 장 투과성을 높아지게 한다. 장 투과성이 높아지게 되면 비만이 걸린 상태에서 내독소혈증, 지방세포의 염증, 대사장애 등이 나타나는 것으로 알려져 있다. 장내 균총에는 프로바이오틱스뿐만 아니라, 프리바이오틱스도 영향력이 큰 것으로 보고되어진다. 이러한 배경을 바탕으로 프리바이오틱스의 비만과 장내 균총을 관계로 한 연구 결과도 존재하는데, 6주령의 C57BL/6J *ob/ob* 마우스 그룹을 일반그룹, 프리바이오틱스 그룹, GLP-2 투여 그룹으로 나누어 4주 동안 투여한 결과, 혈액에서 염증인자인 IL-1a, IL-1b, TNF- α , MCP-1, MIP-1a, INFc, IL-6, IL-10, IL-18, IL-15 등의 농도가 비만 그룹에서 가장 높았으며, 프리바이오틱스 그룹에서 현저히 낮게 나왔다. 또한 장 투과성에 영향을 미치는 tight junction protein인 occludin, ZO-1의 mRNA 발현을 조사한 결과, 프리바이오틱스를 먹인 그룹에서만 유의적으로 증가한 경향을 보였다. 프리바이오틱스 그룹은 또한 장내 균총 중에서 비피더스균총과 유산균총의 수를 증가시켰으며, 이러한 결과는 프로바이오틱스나 프리바이오틱스가 장내 균총에 영향을 미칠 뿐만 아니라, 장 투과성에도 영향을 미치기 때문에 지질의 산화적 스트레스로 인한 장벽의 손상을 완화시키는 것으로 보인다(Cani *et al.*, 2009).

3) 유산균과 항비만 효과

유산균은 비만을 억제하는 여러 가지 요인을 조절하여 항비만 효과를 보일 뿐만 아니라, 그 스스로도 분변까지 살아남아 장내 환경을 개선하는 것으로 알려져 있다. 한 연구는 SD rat에 40%의 고지방 식이를 7주 동안 그룹을 3가지로 나누어 일반, 고지방, 고지방식이에 비피더스균을 함께 먹여 비만을 유도한 다음, 혈액에서 TC, TG, HDL, LDL 등의 증감을 조사하고, 체내에서 이루어지는 지방대사와 연관되어 있는 라이페이즈, 베타글루코시데이즈, 트립토판네이즈 등을 알아보는 실험을 시행하였다. 그 결과, 프로바이오틱스를 먹인 그룹에서는 고지방식이만 섭취시켰을 때보다 유의적으로 낮은 혈액 내 LDL, TC, TG 등이 감소하였고, 지방분해에 관여하는 라이페이즈는 증가하였고, 베타글루코시데이즈와 트립토판네이즈는 감소한 결과가 나왔다. 이는 프로바이오틱스가 체내에서 지질대사를 높여주는 역할을 하는 것으로 보이며, 프로바이오틱스가 고지방식으로 비만을 유도한 쥐에게 항비만 효과를 보여주는 결과뿐만 아니라, 각 그룹의 SD rat의 분변에서도 살아남는 프로바이오틱스가 존재한다는 것을 보였다

(An *et al.*, 2011).

3. 유산균에 의한 제2형 당뇨병 완화 및 치료

유산균의 비만과 대사증후군 그리고 제2형 당뇨병의 완화 및 치료에 대한 정확한 메커니즘은 알려져 있지 않지만, 유산균을 통한 비만 및 제2형 당뇨병의 완화 및 치료한 많은 실험 결과들이 있다.

1) 고지방 식이를 한 쥐를 대상으로 한 유산균의 효과

유산균은 염증 유발 사이토카인인 TNF- α 를 억제함으로써 염증반응을 막을 수 있다. 실제로 쥐에게 12주 동안 High fat diet(60% fat)를 먹이고 프로바이오틱스의 종류인 *L. rhamnosus*, *L. paracasei*, *B. animalis* 세 가지와 일반 그룹으로 나누어 매일 10^8 CFU/mL로 경구투여를 시켰다. 그 결과, 지방세포에서의 아디포넥틴은 큰 유의차가 없었지만, 지방세포, 공장, 간에서의 TNF- α 는 유의적인 차이가 발생하며, 고지방 식이만을 섭취했을 때보다 감소하였고, 혈중 LBP는 비피더스균 그룹에서만 감소한 결과를 알 수 있었다. 앞서 언급된 두 *Lactobacillus* 균종 두 개는 *in vitro* 상에서도 MMP-12가 각각의 프로바이오틱스 그룹에서 감소되는 것으로 보아, anti-inflammatory 효과가 있는 것으로 증명되었다. 마지막으로 454 pyrosequencing과 16s rRNA를 통해 분변에 대한 분석을 한 결과, 프로바이오틱스가 고지방 식이로 뒤바뀐 장내 균총의 구성을 제자리로 회복시킨 사실이 발견되었다. 또한 대사증후군과 연관되어 있던 49종의 장내 균총이 유익한 균으로 뒤바뀌어 있음을 보여주었다(Wang *et al.*, 2015).

2) 제2형 당뇨 환자들을 대상으로 한 유산균의 효과

당뇨병과 유산균의 관한 연구 중 50~60대 연령대인 18명의 당뇨 환자들을 대상으로 한 연구가 있다. 이들을 9명씩 두 그룹으로 나눈 후, 하나의 그룹은 synbiotic(10^8 CFU/mL *Lactobacillus acidophilus*, 10^8 CFU/mL *Bifidobacterium bifidum* 그리고 2 g oligofructose)을 30일 동안 섭취시키고, 다른 한 그룹은 플라시보 그룹으로 지정한 후 결과를 조사하였다. 조사 결과의 척도로는 total cholesterol, triglyceride, 그리고 glycemia가 있었다. 30일 동안 프로바이오틱스를 포함한 synbiotic을 먹인 그룹에서 total cholesterol과 total glyceride에서는 큰 차이가 없었지만, HDL, 공복 시 혈당증은 유의적인 차이를 가지며 감소하였다(Moroti *et al.*, 2012).

결 론

유산균의 식품 및 식재료로서의 이용은 오랜 시간 인간에 의해 행해져 왔으며, 약제로의 이용은 최근에 들어서야 여

러 방면에서 보고되어왔다. 유산균의 첫 번째 인체에서의 작용은 위 장관에서의 다양한 건강 기능 위주로 보고되어졌다. 하지만 프로바이오틱스는 장 건강뿐만 아니라, 혈중 콜레스테롤 저하, 골다공증 완화, 혈전증 및 염증 완화의 효과가 밝혀지면서 오늘날에는 비만 및 당뇨 치료에까지도 효과가 있을 것이라는 이론을 바탕으로 수많은 연구들이 진행되어왔다. 실제로 최근 들어 저 열량 식습관 및 다이어트에 대한 사람들의 관심이 쏟아지면서 프로바이오틱스의 항비만 효과에 더욱더 큰 이목이 쏠렸다. 본 원고에서는 유산균이 직접적으로 체내에서의 지방의 축적 억제 그리고 간접적으로는 비만으로 인한 낮은 단계의 염증에 대한 인자의 발현 억제 등을 문헌적인 고찰을 통해 살펴보았다. 유산균을 포함한 프로바이오틱스와 그들의 발효물의 다양한 생체 외 실험, 동물 모델 실험, 그리고 비만 또는 당뇨 환자를 대상으로 한 실험의 결과를 종합해 본 결과, 유산균이 비만 및 제2형 당뇨에 대한 질환을 억제하는 것을 볼 수 있었다. 하지만 아직도 유산균의 제2형 당뇨에 대한 완화 메커니즘은 밝혀지지 않았다. 이제 유산균의 현상학적인 효과에 그치지 않고, 정확한 메커니즘을 규명하는 연구가 필요하다고 생각된다. 가까운 미래에 그러한 메커니즘이 하나 둘씩 규명됨에 따라 유산균의 의약품으로써의 가치는 더욱 늘어날 것으로 전망된다. 마지막으로, 프로바이오틱스와 연관되어 있는 질병에 대한 연속적인 연구와 관심뿐만 아니라, 높은 수준의 연구가 이루어져야 할 것이다.

참고문헌

- Ahn, Y. T., Bae, J. S., Kim, Y. H., Lim, K. S. and Hun, C. S. 2005. Effects of fermented milk intake on hepatic antioxidative systems in alcohol treated rats. *Korean J. Food Sci. Technol.* 37:631-635.
- An, H. M., Park, S. Y., Lee, D. K., Kim, J. R., Cha, M. K., Lee, S. W., Lim, H. T., Kim, K. J. and Ha, N. J. 2011. Antiobesity and lipid-lowering effects of *Bifidobacterium* spp. in high fat diet-induced obese rats. *Lipids in Health and Disease* 10:116.
- Cani, P. D., Possemiers, S., Van de Wiele, T., Guiot, Y., Everard, A., Rottier, O., Geurts, L., Naslain, D., Neyrinck, A., Lambert, D. M., Muccioli, G. G. and Delzenne, N. M. 2009. Changes in gut microbiota control inflammation in obese mice through a mechanism involving GLP-2-driven improvement of gut permeability. *GUT* 58:1091-1103.
- Chung, B. C., Park, S. H., Lee, J. Y., Lee, S. W., Chung, S. C., Kim, J. G., Ha, S. W. and Kim, B. W. 2003. Relationship between obesity indices and risk factors of atherosclerosis

- in type 2 diabetics. Korean Society for the Study of Obesity 12(2):93-107.
5. Kim, J. H., Cho, G. J., Choi, K. M., Han, J. H., Yoon, D. K. and Kim, S. M. 2009. The relationship between plasma visfatin level, obesity and metabolic syndrome in women without diabetes. Korean Society for the Study of Obesity 18(1):15-23.
 6. Kim, M. K., Choi, A. R., Han, G. S., Jeong, S. G., Oh, M. H., Kim, D. H. and Ham, J. S. 2011. Dairy products intake and managing diabetes. Korean J. Dairy Sci. Technol. 29: 17-22.
 7. Kim, N. K. and Joo, N. S. 2009. Relationship between exercise, body fatness and metabolic syndrome. Korean Society for the Study of Obesity 18(4):138-145.
 8. Kim, J. Y., Shin, H. W., Jeong, I. K., Cho, S. W., Min, S. J., Lee, S. J., Park, C. Y., Oh, K. W., Hong, E. G., Kim, H. K., Kim, D. M., Yu, J. M., Ihm, S. H., Choi, M. G., Yoo, H. J. and Park, S. W. 2006. The relationship of adiponectin, leptin and ghrelin to insulin resistance and cardiovascular risk factors in human obesity. Korean Journal of Internal Medicine 69(6):631-641.
 9. Lee, H. S., Choi, J. H., Kim, Y. G. and Lee, C. H. 2012. Effect of dietary intake of *Salicornia herbacea* L. hot water extract on anti-obesity in diet-induced obese rats. Journal of Life Science 23(1):69-78.
 10. Lee, S. J., Park, H. J., Song, Y. O., Jang, S. H., Goo, J., Ko, Y. G. and Cho, J. H. 2014. Antioxidant activity and anti-obesity effect of *Coprinus comatus* in Zucker rat (fa/fa). Korean J. Vet. Serv. 37(1):51-58.
 11. Lee, S. K., So, S. H., Hwang, E. I., Koo, B. S., Han, G. H., Ko, S. B. and Kim, N. M. 2008. Effect of ginseng and herbal plant mixtures on anti-obesity in obese SD rat induced by high fat diet. Korean J. Soc. Food Sci. Nutr. 37(4):437-444.
 12. Ley, R. E., Backhed, F., Tumbaugh, P., Lozupone, C. A., Knight, R. D. and Gordon, J. I. 2005. Obesity alters gut microbial ecology. PNAS. 102:11070-11075.
 13. Moroti, C., Magri, L. F. S., Costa, M. de R., Cavallini, D. CU and Sivieri, K. 2012. Effect of the consumption of a new symbiotic shake on glycemia and cholesterol levels in elderly people with type 2 diabetes mellitus. Lipids in Health and Disease 11:29.
 14. Park, S. H., Lee, W. Y., Lee, Y. S., Rhee, E. J. and Kim, S. W. 2003. Obesity and insulin resistance in apparently healthy Korean men. Korean J. Medicine 65(4):451-457.
 15. Sato, M., Uzu, K., Yoshida, T., Hamad, E. M., Kawakami, H., Matsuyama, H., Abd El-Gawad, I. A. and Maizumi, K. 2007. Effects of milk fermented by *Lactobacillus gasseri* SBT2055 on adipocyte size in rats. British Journal of Nutrition 99:1013-1017.

Received August 2, 2015
Revised September 11, 2015
Accepted October 17, 2015