

당뇨환자를 위한 올리고당 첨가 콩아이스크림 : 품질특성과 당뇨 흰쥐에서의 혈당 및 지질 개선에 미치는 효과*

허보영 · 성혜영 · 최영선[†]

대구대학교 식품영양학과

Oligosaccharide-Supplemented Soy Ice Cream for Diabetic Patients : Quality Characteristics and Effects on Blood Sugar and Lipids in Streptozotocin-Induced Diabetic Rats^{*}

Her, Bo-Young · Sung, Hye-Young · Choi, Young-Sun[§]

Department of Food and Nutrition, Daegu University, Daegu 712-714, Korea

ABSTRACT

The purpose of this study was to investigate not only quality characteristics such as overrun, meltdown and sensory evaluation of oligosaccharide-supplemented soy ice cream but also physiological effects of ice cream with soy and/or oligosaccharide on blood sugar and lipid profile in streptozotocin-induced diabetic rats. Powder of parched soybean was added at 7.6% replacing skimmed milk and cream, soybean oil at 7.6% replacing milk oil in cream, and fructooligosaccharide at 9.5% replacing sucrose on weight basis. Five kinds of ice cream were prepared: MMS (skimmed milk, milk oil, sucrose), MMO (skimmed milk, milk oil, oligosaccharide), SSS (soybean, soybean oil, sucrose), SSO (soybean, soybean oil, oligosaccharide), and BSO (black soybean, soybean oil, oligosaccharide). Overrun and meltdown of soy ice cream were significantly lower than those of milk ice cream. Scores of sensory evaluation especially in mouth feel and melting feel in mouth were lower in soy ice cream. Freeze-dried ice cream was supplemented to AIN93-based diets at 30% (w/w). Sprague-Dawley male rats with diabetes induced by injecting streptozotocin were fed experimental diets for 4 weeks. Plasma glucose level was significantly lowered in SSO group compared with MMS group. Plasma insulin levels of MMO and SSO groups were not significantly different from that of normal group, while those of MMS and SSS group were significantly lower than normal group. Plasma cholesterol was decreased in groups fed ice cream supplemented either soybean or fructooligosaccharide compared to MMS group. HDL-cholesterol level was elevated and triglyceride was decreased significantly in MMO group compared to MMS group. LDL-cholesterol levels of SSS and BSO groups and liver triglyceride level of SSO group were significantly lower compared to MMS group. In conclusion, oligosaccharide-supplemented soy ice cream lowered blood sugar, and ice cream supplemented with soybean and/or oligosaccharide improved lipid profile in diabetic rats. (Korean J Nutrition 38(8): 663~671, 2005)

KEY WORDS : soy ice cream, oligosaccharide, diabetes, blood glucose, lipid, quality characteristics.

서 론

최근 우리나라는 당뇨병의 유병률이 크게 증가하고 있으며,¹⁾ 2003년 사망원인통계 결과에 의하면 당뇨병은 암, 뇌 혈관질환, 심장병에 이어 사망원인질환 4순위 (인구 10만명 당 25명)에 해당하며, 내분비, 영양 및 대사질환 중 94.3%

를 차지하여 국민건강을 크게 위협하고 있다.²⁾

당뇨병 치료에 가장 중요한 식사요법의 주요 목표는 혈 당과 정상적인 혈중 지질 및 지단백질 농도를 조절함으로써 관상동맥질환 등의 합병증 위험을 감소시키는 것이다. 기존의 인슐린이나 경구용 혈당강하제의 투여는 근원적 치료에 한계가 있고 경제적 부담과 부작용의 위험도 수반하고 있어, 영양학적으로 당뇨치료에 유익한 효과를 가져오는 식품이나 민간약용으로 쓰여 온 야생식물 등의 혈당강하효과에 대한 관심이 증대되고 이 분야에 대한 많은 연구가 수행되고 있다.³⁻⁵⁾

아이스크림은 많은 사람들이 즐기는 식품이나 주재료 성분인 유지방과 설탕은 혈당이나 혈청 지질 조절에 바람직

접수일 : 2005년 7월 21일

채택일 : 2005년 10월 5일

*This research was supported by the Daegu University Research Grant, 2004.

[†]To whom correspondence should be addressed.

E-mail : yschoi@daegu.ac.kr

하지 않아 당뇨병 환자에게는 섭취가 제한될 수 밖에 없다. 특히 여름철에 갈증과 더위로 인해 아이스크림과 청량음료 섭취로 혈당을 급속하게 증가시킬 우려가 있으므로 혈당 조절의 어려움을 겪기 쉽다.⁶⁾ 아이스크림 원료인 당류는 당뇨환자의 혈당 조절에 부정적 영향을 미치므로 당뇨환자를 위한 아이스크림으로 사카린을 사용하거나 sorbitol을 사용한 제조법이 제시되기도 한다.⁷⁾

최근 고급 아이스크림에 대한 수요가 증가하고 건강에 대한 관심이 높아짐에 따라 동물성 단백질과 유지방을 식물성 단백질과 식물성유로 대체한 건강기능성 아이스크림에 대한 관심이 증대되고 있다. 국내에서는 아이스크림의 기능성을 높이기 위해 녹차아이스크림이 상용화 되었고, 뿐 일분말을 첨가한 아이스크림,⁸⁾ 분리대두단백을 이용한 대두아이스크림 제조⁹⁾ 등이 보고되었다.

콩은 당뇨병 치료에 가장 중요한 식사요법의 주요 목표인 혈당과 정상적인 혈중 지질 및 지단백질 농도를 조절함으로써 관상동맥질환의 위험을 감소시키는 데 유익한 효과가 있음이 보고되어졌다.¹⁰⁻¹²⁾ 올리고당은 대체감미료 중의 하나로 기존 당류가 갖고 있는 비만, 충치 억제, 혈당 개선, 콜레스테롤이나 중성지방을 감소시킬 수 있는 기능성 당류로,¹³⁾ 혈당과 혈액 내 중성지방과 콜레스테롤을 감소시킨다고 보고된 바 있어 당뇨병 환자를 위한 유익한 성분이다.^{14,15)} 검정콩은 노란콩과는 달리 종피에 안토시아닌 색소를 함유하고 있으며 약콩이라 하여 한방에서 귀하게 사용되어 왔다.^{16,17)}

따라서 본 연구는 콩을 원료로 하여 당뇨병 환자를 위한

저칼로리, 저포화지방 아이스크림을 개발할 목적으로 올리고당 첨가 콩아이스크림을 제조하여 품질 특성을 평가하였으며, 당뇨를 유발시킨 흰쥐를 대상으로 하여 혈당 조절과 지질 개선 효능을 검증하였다.

재료 및 방법

1. 올리고당 첨가 콩아이스크림 제조

1) 재료

노란콩은 2004년 경북 고령산 백태를, 검정콩은 2004년 경북 의령산 속청을 구입하여 볶은 뒤 분쇄하여 채 (80 mesh)로 내린 가루를 사용하였다. Fructooligosaccharide는 CJ제품 (백설올리고당), 탈지분유는 서울유업제품, 생크림 (매일중휘핑크림)과 원유는 매일유업제품, 대두유는 CJ제품 (백설식용유)을 사용하였다. 안정제는 Gelatin ((주)웅천상사), 유화제는 SP ((주)삼립유지), 향신료로는 바닐라 에센스 ((주)유니크)를 이용하였다.

2) 아이스크림 제조 방법

아이스크림 제조는 Koo와 Lee⁹⁾와 Kim과 Lee¹⁸⁾의 방법을 참고하여 일반아이스크림 제조방법에 준하였다. 아이스크림의 종류는 콩과 올리고당의 시너지 효과와 콩의 종류에 따른 영양생리 효과를 검증하고자 총 5종류, 즉 우유 아이스크림 (MMS), 올리고당첨가 우유아이스크림 (MMO), 콩아이스크림 (SSS), 올리고당첨가 콩아이스크림 (SSO), 올리고당첨가 검정콩아이스크림 (BSO)을 제조하였으며, 기

Table 1. Ingredients of ice cream

Ingredients	Ice cream ¹⁾	MMS	MMO	SSS	SSO	BSO	g (%)
Soybean ²⁾	-	-	-	8 (7.6)	8 (7.6)	-	-
Black soybean	-	-	-	-	-	8 (7.6)	-
Skimmed milk	4 (3.8)	4 (3.8)	-	-	-	-	-
Soy oil	-	-	-	8 (7.6)	8 (7.6)	8 (7.6)	-
Cream ³⁾	35 (33.3)	35 (33.3)	35 (33.3)	8 (7.6)	8 (7.6)	8 (7.6)	-
Oligosaccharide ⁴⁾	-	13.5 (12.9)	-	-	13.5 (12.9)	13.5 (12.9)	-
Sugar	10 (9.5)	-	-	10 (9.5)	-	-	-
Milk	55 (52.4)	51.5 (49.0)	70 (66.7)	66.5 (63.3)	66.5 (63.3)	66.5 (63.3)	-
Gelatin	0.6 (0.6)	0.6 (0.6)	0.6 (0.6)	0.6 (0.6)	0.6 (0.6)	0.6 (0.6)	-
Emulsifier	0.3 (0.3)	0.3 (0.3)	0.3 (0.3)	0.3 (0.3)	0.3 (0.3)	0.3 (0.3)	-
Vanilla essence	0.1 (0.1)	0.1 (0.1)	0.1 (0.1)	0.1 (0.1)	0.1 (0.1)	0.1 (0.1)	-

¹⁾MMS – Regular ice cream (skimmed milk, milk oil, sugar)

²⁾MMO – Ice cream with oligosaccharide (skimmed milk, milk oil, oligosaccharide)

³⁾SSS – Soybean ice cream (soybean, soy oil, sugar)

⁴⁾SSO – Soybean ice cream with oligosaccharide (soybean, soy oil, oligosaccharide)

⁵⁾BSO – Black soybean ice cream with oligosaccharide (black soybean, soy oil, oligosaccharide)

⁶⁾Parched soybean powder composed of soy protein 23.3%, soy oil 19.8%, fiber 4.8%.

⁷⁾Liquid cream composed of milk oil 37%, water 57.7%, milk protein 2.1%.

⁸⁾Oligosaccharide syrup composed of fructooligosaccharide 41%, water 25%, and the rest of it, glucose and sucrose

본 성분은 Table 1과 같다. 콩아이스크림의 경우 우유아이스크림과 함유 지방량을 동일하게 조정하기 위하여 대두유를 첨가하였으며, 올리고당 첨가량만큼 설탕의 중량을 감하였다.

분량의 콩가루, 대두유, 감미료, 유화제, 생우유를 넣고 homogenizer (Brown MR350CA, USA)로 2분간 균질화하여 85°C에서 2분간 살균한 후 50°C까지 냉각하여 안정제인 젤라틴을 첨가하여 골고루 섞은 뒤 4°C에서 24시간 숙성하였다. 숙성된 혼합물에 바닐라 에센스 0.1%를 첨가한 후 아이스크림 제조기 (ICE-20, Cuisinart)를 사용하여 아이스크림을 제조하였으며, 일반아이스크림도 같은 방법으로 제조하였다.

2. 아이스크림의 품질특성 측정

1) Overrun과 meltdown

Overrun은 Ioanna 등¹⁹⁾의 방법을 수정 보완하여 측정하였다. 아이스크림 제조기를 40분 동안 작동하면서 10분 간격으로 제조기로부터 아이스크림을 꺼내 메스실린더를 채우고 무게를 재어 overrun을 계산하였다. Meltdown은 Shin과 Yoon²⁰⁾의 방법을 따랐으며, 철망 위에 시료를 올려놓고 실온에서 15분 간격으로 90분 동안 녹아떨어지는 양을 무게로 측정하여 백분율로 표시하였다. Overrun과 meltdown은 각각 3회 반복 측정하였다.

Overrun (%) =

$$\frac{20 \text{ ml 믹스의 무게 (g)} - 20 \text{ ml 아이스크림의 무게 (g)}}{20 \text{ ml 아이스크림의 무게 (g)}} \times 100$$

2) 관능 평가

여대생 20명을 대상으로 예비관능평가를 실시하여, 1차 관능평가에서 가장 기호도가 낮은 BSO를 제외한 MMS, MMO, SSS, SSO, 총 4종류의 아이스크림을 27명의 여대생을 대상으로 단맛의 정도, 입안에서의 질감, 입안에서의 녹는 정도, 콩비린내, 색, 전반적인 기호도에 대하여 5점 척도법 (나쁘다 1~좋다 5)을 이용하여 관능평가를 실시하였다.

3. 동물 사육 및 실험식이

1) 실험 식이

제조된 아이스크림을 급속동결건조기를 이용하여 동결건조시켰다. 실험식이는 AIN-93 식이²¹⁾에 동결건조시킨 아이스크림을 30% 혼합하여 만들었다.

2) 실험 동물

5주령 된 Sprague-Dawley 종 수컷 흰쥐 60마리를

구입하여 1주간 환경에 적응시킨 후 무작위로 추출하여 당뇨를 유발하지 않는 정상군 (Normal)에 10마리를 배정하고 당뇨군 (Diabetes) 당 10마리를 배정하여 당뇨를 유발하고 실험식이를 자유롭게 4주 동안 섭취시켰다. 당뇨유발은 streptozotocin (STZ)을 0.1 M citric acid buffer (pH4.5) 용액에 용해시킨 후, 체중 kg당 50 mg을 대퇴부에 투여하고 정상군에게도 동량의 0.1 M citric acid buffer 용액을 투여하였다.

4. 시료 분석

1) 혈당 변화 측정

혈당 측정은 당뇨 유도일로부터 일주일에 1회 일정한 시간에 꼬리정맥으로부터 비공복시 혈액을 취하여 혈당측정기 (Superglucocard II, Akaray, Japan)를 이용하여 측정하였다.

2) 혈액 및 장기 채취

실험동물을 희생 전 12시간 금식시킨 후 에테르 마취하에 희생시키고, 복부대동맥에서 혜파린 처리한 주사기로 혈액을 채취하여 혈장을 분리하여 -70°C에 냉동 보관한 후 분석에 사용하였다. 혈액 채취 후 해부하여 간, 심장, 췌장, 폐, 신장, 소장, 맹장을 분리하여 무게를 측정하였다.

3) 혈당과 인슐린 농도 측정

혈당은 Glucose oxidase 반응을 이용한 효소시약 kit (아산제약, Korea)를 사용하여 500 nm에서 비색정량하고, 혈장의 인슐린 농도는 radioimmunoassay kit (Linco, USA)를 이용하여 측정하였다.

4) 지질농도 측정

혈장 총 콜레스테롤, HDL-콜레스테롤 농도와 중성지방 농도는 효소시약 kit (아산제약, Korea)를 사용하여 측정하였고, LDL-콜레스테롤은 Friedewald 공식 (총 콜레스테롤 - (HDL-콜레스테롤) - (중성지방/5))을 이용하여 계산하였다. 간조직의 총 콜레스테롤과 중성지방 함량을 측정하기 위해 간조직에 생리식염수를 넣어 조직균질기로 빙냉하에서 균질화한 후 Folch 등²²⁾의 방법에 의해 지질을 추출한 후, 효소시약 kit를 사용하여 측정하였다.²³⁾

5. 통계처리

SAS package를 사용하여, 평균과 표준오차를 구하였으며, One way ANOVA에 의해 P<0.05에서 유의차가 있는 항목에 대해서는 Duncan's multiple range test로 군간 평균의 유의차를 검증하였다.

결과 및 고찰

1. 아이스크림의 품질 특성

1) Overrun과 meltdown

아이스크림은 종류에 따라 다소 차이가 있으나 공기를 함유하고 있는데, 그 함유량을 overrun이라 한다. Table 2에서 보는 바와 같이 아이스크림 제조기 작동시간이 30분일 때 overrun 수치가 최대에 달하였고, 이 때 MMS의 overrun이 가장 높았으며, 다음으로 MMO, SSS ≈ SSO, BSO의 순이었다.

Overrun은 주로 아이스크림의 조직감에 영향을 주므로, 아이스크림의 품질특성에 중요한 요소다. Kim²⁴⁾은 overrun에 영향을 주는 요인으로는 원료의 조성과 함량, 당 함량, 교반기의 회전속도, 냉매량 및 온도 등을 들 수 있다고 하였으며, 당함량이 증가할수록 overrun은 감소하고, 지방이 증가할수록 overrun은 증가한다고 보고하였다. Sommer²⁵⁾는 일반아이스크림의 주원료로 사용되는 탈지분유가 조직을 개선시키며, overrun을 증가시킨다고 보고하였다. 본 연구에서 overrun은 우유아이스크림이 콩아이스크림에 비하여 높게 나타났는데 이는 우유아이스크림의 경우 고형분으로 탈지분유를 사용하였으므로 overrun에 좋은 영향을 미쳤을 것으로 사료된다.

Thomas²⁶⁾는 아이스크림 믹스의 숙성과정이 아이스크림 믹스 내에 분산되어 있는 지방구를 경화시킴으로써 지방구 분산을 안정화시켜 overrun에 좋은 영향을 미치나, 액체상

태의 oil은 동결과정에서 지방구간에 응결이 일어나 overrun이 감소한다고 보고하였다. 본 연구에서도 우유아이스크림의 경우 주원료인 생크림이 지방구 분산을 안정화시켜 overrun이 증가한 반면, 액체상태의 soy oil을 사용한 콩아이스크림의 경우 동결과정에서 지방구간의 응결이 일어나 overrun이 낮게 나타났다고 판단된다.

제조한 아이스크림을 상온에서 15분 간격으로 meltdown(녹아내리는 정도)를 측정한 결과 (Table 3), 75분과 90분 후에 MMO가 가장 높았으며, 다음이 MMS였고, SSO와 BSO의 meltdown 정도는 동일하였다. 아이스크림 중에 SSS의 녹아내리는 정도가 가장 낮아, MMS의 1/2 정도에 해당하였다.

Arbuckle⁷⁾은 아이스크림이 녹아내리는 정도를 나타내는 meltdown은 상온에서 녹아내리는 아이스크림 모양이 냉동보관 전의 아이스크림 베이스의 질감 및 외관과 유사한 것이 바람직하며, 아이스크림의 고형분이 너무 많고 끈끈한 경우 녹아내릴 때 제모양을 유지하고 녹아내리는 시간도 오래 걸린다고 보고하였다. 콩아이스크림의 경우 고형분의 함량이 우유아이스크림보다 많아 녹아내리는 시간이 오래 걸리는 것으로 판단된다. 구와 이⁹⁾의 연구에서는 설탕첨가 아이스크림이 다른 감미료에 비교하여 녹아내리는 정도가 낮았다고 보고하였으며, 본 연구에서도 설탕첨가 아이스크림이 올리고당 아이스크림에 비해 녹아내리는 정도가 낮았다.

2) 관능적 특성

아이스크림의 관능적 평가 (Table 4)에 의하면 입안에

Table 2. Overruns of oligosaccharide-supplemented soy ice cream compared with milk ice cream

Group	Overrun (%)			
	10	20	30	40 min
MMS	23.42 ± 0.715 ^a	41.02 ± 0.566 ^a	45.64 ± 0.489 ^a	34.46 ± 0.881 ^a
MMO	13.79 ± 0.229 ^d	30.71 ± 0.794 ^b	38.54 ± 0.548 ^b	22.67 ± 0.523 ^b
SSS	15.64 ± 0.321 ^c	16.91 ± 0.581 ^d	29.99 ± 0.583 ^c	16.31 ± 0.338 ^d
SSO	17.46 ± 0.381 ^b	26.27 ± 0.333 ^c	29.90 ± 0.214 ^c	21.23 ± 0.585 ^{bc}
BSO	16.73 ± 0.637 ^{bc}	25.31 ± 0.438 ^c	26.33 ± 0.296 ^d	20.59 ± 0.536 ^c

Values are mean ± SEM ($n = 3$), and those not sharing common superscript within a column are significantly different by Duncan's test, $P < 0.05$.

Table 3. Meltdown properties of oligosaccharide-supplemented soy ice cream compared with milk ice cream

Group	Melt down (%)				
	30	45	60	75	90 min
MMS	0.978 ± 0.010 ^a	8.049 ± 0.071 ^a	11.488 ± 0.580 ^a	14.863 ± 0.157 ^b	18.989 ± 0.248 ^b
MMO	0.546 ± 0.002 ^b	5.063 ± 0.047 ^b	12.285 ± 0.330 ^a	16.485 ± 0.263 ^a	21.021 ± 0.373 ^a
SSS	0.434 ± 0.148 ^b	1.461 ± 0.026 ^d	3.911 ± 0.084 ^c	6.177 ± 0.426 ^c	8.319 ± 0.23 ^d
SSO	0.663 ± 0.114 ^b	2.518 ± 0.345 ^d	3.963 ± 0.149 ^c	6.587 ± 0.335 ^c	11.701 ± 0.687 ^c
BSO	0.653 ± 0.059 ^b	3.925 ± 0.216 ^c	5.135 ± 0.376 ^b	6.207 ± 0.106 ^c	11.577 ± 0.288 ^c

Values are mean ± SEM ($n = 3$), and those not sharing common superscript within a column are significantly different by Duncan's test, $P < 0.05$.

Table 4. Sensory characteristics of oligosaccharide-supplemented soy ice cream compared with milk ice cream

	MMS	MMO	SSS	SSO
Mouth feel	4.26 ± 0.156 ^a	3.70 ± 0.158 ^b	2.63 ± 0.161 ^c	2.52 ± 0.135 ^c
Melting feel	4.22 ± 0.134 ^a	4.11 ± 0.180 ^a	2.67 ± 0.151 ^b	2.70 ± 0.139 ^b
Sweet	4.22 ± 0.154 ^a	3.70 ± 0.158 ^b	3.26 ± 0.182 ^c	3.07 ± 0.130 ^c
Bitter	4.85 ± 0.070 ^a	4.67 ± 0.092 ^a	3.85 ± 0.190 ^b	3.59 ± 0.228 ^b
Beany flavor	4.37 ± 0.132 ^a	4.33 ± 0.169 ^a	3.52 ± 0.209 ^b	3.67 ± 0.220 ^b
Color	4.59 ± 0.144 ^a	4.37 ± 0.170 ^a	3.33 ± 0.131 ^b	3.67 ± 0.107 ^b
Overall acceptance	4.56 ± 0.134 ^a	3.74 ± 0.165 ^b	3.07 ± 0.130 ^c	3.11 ± 0.082 ^c

Values are mean ± SEM (n = 27), and those not sharing common superscript within a row are significantly different by Duncan's test, P < 0.05.

Table 5. Body weight, food intake and food efficiency ratio after feeding experimental diet

Group	Initial weight (g)	Final weight (g)	Weight gain (g/day)	Food intake (g/day)	Food efficiency ratio
Normal	251.00 ± 5.91 ^a	354.70 ± 15.94 ^a	3.70 ± 0.482 ^a	19.67 ± 0.373 ^b	0.189 ± 0.026 ^a
MMS	228.33 ± 5.46 ^b	269.55 ± 10.16 ^b	1.47 ± 0.247 ^b	26.81 ± 0.774 ^a	0.054 ± 0.009 ^b
MMO	226.67 ± 6.28 ^b	283.33 ± 13.34 ^b	2.02 ± 0.485 ^b	27.09 ± 1.078 ^a	0.073 ± 0.017 ^b
SSS	231.43 ± 5.53 ^b	297.71 ± 12.94 ^b	2.37 ± 0.352 ^b	28.70 ± 0.714 ^a	0.081 ± 0.010 ^b
SSO	227.50 ± 3.66 ^b	293.12 ± 14.60 ^b	2.44 ± 0.219 ^b	26.90 ± 1.178 ^a	0.089 ± 0.018 ^b
BSO	228.12 ± 2.49 ^b	282.75 ± 16.13 ^b	2.28 ± 0.222 ^b	26.25 ± 0.844 ^a	0.077 ± 0.022 ^b

Values are mean ± SEM (n = 10), and those not sharing common superscript within a column are significantly different by Duncan's test, P < 0.05.

Table 6. Organ weights of diabetic rats fed ice cream

Group	Liver	Kidneys	Spleen	Pancreas
	g/100 g B.W.			
Normal	2.745 ± 0.324 ^b	0.707 ± 0.039 ^b	0.204 ± 0.016	0.033 ± 0.007 ^a
MMS	4.086 ± 0.080 ^a	1.171 ± 0.035 ^a	0.183 ± 0.005	0.019 ± 0.002 ^b
MMO	4.068 ± 0.050 ^a	1.131 ± 0.033 ^a	0.189 ± 0.010	0.021 ± 0.002 ^b
SSS	3.913 ± 0.124 ^a	1.100 ± 0.037 ^a	0.194 ± 0.010	0.018 ± 0.003 ^b
SSO	3.828 ± 0.130 ^a	1.093 ± 0.094 ^{ab}	0.197 ± 0.006	0.020 ± 0.002 ^b
BSO	3.799 ± 0.094 ^a	1.157 ± 0.08 ^a	0.192 ± 0.008	0.017 ± 0.002 ^b

Values are mean ± SEM (n = 10), and those not sharing common superscript within a column are significantly different by Duncan's test, P < 0.05.

서의 질감, 입안에서의 녹는 정도, 단맛, 쓴맛, 콩비린내, 색, 전반적인 기호도에 있어 MMS가 가장 높은 점수를 보였다. 우유아이스크림인 MMS는 모든 항목에서 4점 이상을 받았으며, 전반적인 기호도 5점 만점에 4.6점을 얻었다. 올리고당첨가 우유아이스크림 (MMO)도 입안에서의 녹는 정도, 쓴맛, 콩비린내, 색의 평가에서는 일반아이스크림과 차이를 보이지 않았다. 콩아이스크림 (SSS, SSO)은 전반적인 기호도에 있어 중간점수를 받았으나, 특히 입안에서의 질감과 녹는 정도에 있어 3 이하의 낮은 점수를 얻었다. 이러한 관능적 평가결과는 콩아이스크림이 우유아이스크림에 비하여 overrun과 meltdown 정도가 낮은 결과와 일치한다. 이는 아이스크림의 공기 함유율이 탈지분유 대신에 콩가루를 사용하였을 경우 줄어든 것이 입안에서의 질감에 대한 점수로 반영되었다. 따라서 공기함유율을 높일 수 있는 품질 개선방안이 요구된다. 아이스크림에서 안정제와 유화제는 효과적으로 조직을 부드럽게 하며 overrun

을 증가시키므로²⁹⁾ 이를 통한 개선 방안이 필요할 것으로 사료된다.

2. 아이스크림의 생리 효능 비교

1) 체중과 식이효율

Table 5에서 보는 바와 같이 체중증가량은 정상군에 비하여 당뇨군에서 유의하게 감소하였고, 식이섭취량은 유의하게 증가하였음에도 불구하고 식이효율은 당뇨군에서 유의하게 감소하였다. 그러나 당뇨군 간에는 유의한 차이를 보이지 않았다. 체중 100 g에 대한 간장과 신장의 상대적 무게는 당뇨군이 유의하게 증가하였으나, 당뇨군 간에는 유의한 차이를 보이지 않았다. Goldberg²⁷⁾는 당뇨군에서 간조직의 무게증가의 원인으로 당뇨병에 의해 인슐린의 기능이 저하되어 체지방 분해가 증가하게 되고, 이때 생성된 유리지방산이 간으로 이동하여 중성지방 합성에 이용됨으로써 간이 비대해지기 때문으로 보고하였다. Mogensen과 An-

derson²⁸⁾은 당뇨군에서 신장조직의 무게증가의 원인으로 신사구체 여과율 증가로 인해 신장의 용적과 크기가 증가하기 때문이라고 보고하였다. 비장의 무게는 정상군과 당뇨군 간에 차이가 없었으며, 췌장은 당뇨군이 정상군에 비하여 유의하게 감소하였다 (Table 6).

Struthers 등²⁹⁾은 정상군과 당뇨대조군에 비하여 생콩을 먹인 당뇨군에서 췌장무게가 생콩의 trypsin inhibitor의 영향을 받아 유의하게 증가하였다고 보고하였으며, Koh³⁰⁾도 생콩을 급여한 당뇨군이 당뇨대조군에 비하여 췌장무게가 유의하게 증가하였다고 보고하였다. 이와는 달리 본 연구에서는 콩아이스크림군과 우유아이스크림군 사이에 유의한 차이를 보이지 않았는데 이는 아이스크림의 원료로 볶은 콩을 사용하였기 때문에 trypsin inhibitor의 영향을 받지 않았기 때문으로 사료된다.

2) 혈당 변화, 공복 혈장 포도당 및 인슐린 농도

Fig. 1은 streptozotocin 투여 후 꼬리정맥에서 취한 혈당의 변화를 보여준다. 1주일 후 당뇨군 혈당이 정상군 혈당의 4배 정도로 상승하였으며, 14일째에는 MMS 군에 비하여 콩 또는 올리고당 첨가군에서 모두 유의하게 낮은 혈당을 보였다. 28일째는 SSO와 BSO군이 MMS군에 비해

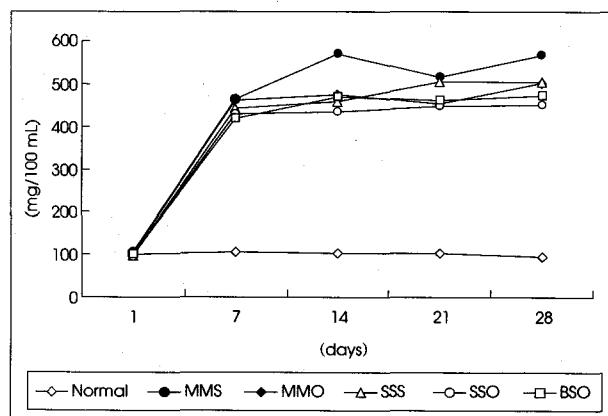


Fig. 1. Blood glucose changes in normal rats and streptozotocin-induced diabetic rats fed ice creams.

혈당이 유의하게 감소한 결과를 보였다.

4주간의 실험식이 후 공복시 혈장 포도당 농도는 Fig. 2에서 보는 바와 같이 SSO 군만이 MMS군에 비하여 유의하게 감소하였으며, MMO, SSS, BSO군은 MMS군에 비해 낮아지는 경향을 보였다. 한편 혈장 인슐린 농도는 당뇨군이 정상군에 비해 낮은 수준을 보였으나, MMO, SSS와 SSO군은 정상군의 인슐린 농도와 유의한 차이를 보이지 않았다. 따라서 SSO 아이스크림은 혈당개선효과가 있으며, 동시에 혈액 인슐린 농도를 유지하는 효과도 있는 것으로 판단되므로 콩과 올리고당을 포함한 아이스크림은 혈당 개선에 상승작용을 나타낼 수 있음을 시사한다.

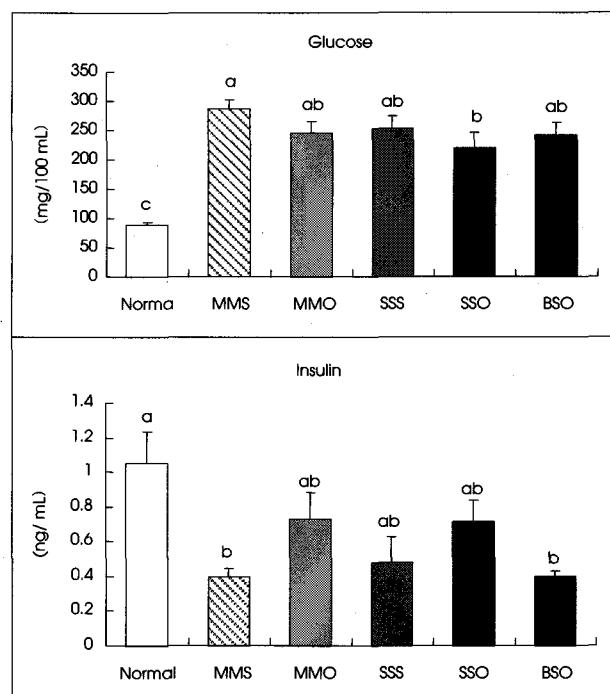


Fig. 2. Plasma levels of glucose and insulin in normal rats and diabetic rats fed ice creams. Data are expressed as means with error bars representing SEM ($n = 10$), and those not sharing common superscript are significantly different by Duncan's test, $P < 0.05$.

Table 7. Plasma and hepatic levels of lipids in streptozotocin-induced diabetic rats

Group	Plasma (mg/100 mL)				Liver (mg/g wet liver)	
	Total cholesterol	HDL cholesterol	LDL cholesterol	Triglyceride	Total cholesterol	Triglyceride
Normal ¹⁾	82.5 ± 3.2 ^b	43.7 ± 2.0 ^b	26.3 ± 4.7 ^{ab}	62.6 ± 4.8 ^c	12.8 ± 0.9	71.4 ± 14.5 ^{ab}
MMS	152.5 ± 17.1 ^a	47.7 ± 2.3 ^b	39.0 ± 8.7 ^a	328.9 ± 61.5 ^a	13.0 ± 1.4	80.4 ± 10.2 ^a
MMO	112.5 ± 4.6 ^b	67.8 ± 11.1 ^a	17.2 ± 10.6 ^{ab}	137.8 ± 33.6 ^{bc}	10.4 ± 0.6	45.8 ± 8.7 ^{ab}
SSS	100.1 ± 7.9 ^b	56.3 ± 5.5 ^{ab}	11.6 ± 7.7 ^b	160.6 ± 72.4 ^{abc}	11.2 ± 1.1	48.9 ± 12.4 ^{ab}
SSO	118.3 ± 14.2 ^b	52.7 ± 5.1 ^b	16.4 ± 7.0 ^{ab}	173.4 ± 59.0 ^{abc}	10.3 ± 0.9	40.5 ± 7.8 ^b
BSO	111.3 ± 5.9 ^b	50.6 ± 2.1 ^b	12.7 ± 8.7 ^b	189.4 ± 25.5 ^{ab}	11.7 ± 1.0	66.9 ± 10.9 ^{ab}

Values are mean ± SEM ($n = 10$), and those not sharing common superscript within a column are significantly different by Duncan's test, $P < 0.05$.

3) 혈장 지질 및 간조직 지질 비교

혈장 콜레스테롤은 Table 7에서 보는 바와 같이 MMO, SSS, SSO, BSO가 MMS에 비해 유의하게 낮은 효과를 보였으며, HDL 콜레스테롤 농도는 MMO군이 MMS에 비해 유의하게 높은 결과를 보였고, 중성지방 농도는 올리고당 첨가 또는 콩 아이스크림이 모두 낮은 경향을 보였으나, MMO가 MMS에 비하여 유의하게 낮았다. 간 콜레스테롤은 군 간 유의한 차이가 없었으며 간 중성지방은 MMS에 비해 올리고당 첨가 또는 콩 아이스크림이 모두 낮은 경향을 보였으나, SSO가 MMS에 비해 유의하게 낮은 수준을 보였다.

Kim 등³¹⁾의 연구에서는 당뇨유발 후 올리고당을 섭취한 군들의 혈장 총 콜레스테롤 농도가 감소하였고, Chai와 Rhee³²⁾의 연구에서는 당뇨유발 후 올리고당을 섭취한 군들의 혈장 중성지방의 농도가 감소하였다고 보고하였다. 또한 Koh³³⁾는 대두를 섭취한 당뇨군의 중성지방과 총 콜레스테롤 농도가 대조군에 비교하여 감소하였다고 보고하였다. 본 연구 결과에서도 올리고당 또는 콩을 첨가한 아이스크림군의 혈장 중성지방과 혈장 총 콜레스테롤 농도가 감소하여 콩과 올리고당을 첨가한 아이스크림이 혈장지질 개선에 효과가 있었다고 판단된다.

대두에는 단백질, 지방, 식이섬유, 사포닌, 올리고당, 피틴산, 이소플라본 등이 함유되어 있다. 대두의 배아와 자엽부에 주로 존재하는 이소플라본은 genistein, daidzein, glycitein의 3종의 aglycone과 각각 3종의 배당체가 존재한다.^{33,34)} 검정콩은 약콩이라하며 검정콩 껍질에서 항산화효과가 탁월한 glycitein이 검출되었으며 isoflavone, anthocyanin 색소 등이 함유되어 있다.³⁵⁾ 그 중에서 이소플라본은 각종 심혈관질환, 골다공증, 유방암, 전립선암 예방 효과를 보이는 등 생리적 활성이 활발하게 보고된 성분으로,³⁴⁾ genistein을 함유한 콩단백식이군이 genistein을 제거한 콩 단백식이 군에 비해 혈장 콜레스테롤을 저하시켰다.³⁶⁾ 노란 콩의 genistein 함량이 검정콩의 2배에 달하며,³⁵⁾ 또 다른 연구³⁷⁾에서 노란콩섭취군이 검정콩섭취군에 비하여 혈장 콜레스테롤 농도 저하효과가 높게 나타났다. 본 연구에서도 전반적으로 노란콩아이스크림이 검정콩아이스크림에 비해 지질 개선 효과가 나은 경향을 보였는데, 이런 결과는 노란콩과 검정콩에 함유된 genistein 등의 미량성분의 차이에 의한 것으로 사료된다.

한편 이처럼 이소플라본의 생리활성을 대한 긍정적 효과가 보고되는 반면에, 대두의 가공정도가 estrogen 의존성 유방암의 진행에 미치는 효과가 다르다는 보고³⁸⁾도 있다. 폐경여성에서 유방암 예방 효과에 있어 분리 정제된 이소플라본보다 대두가루 형태의 식품이 더 바람직하며, 이는

대두가공품 내에 다른 생리활성물질들의 역할이 있을지도 모르며, 아시아에서처럼 대두 자체로 만든 가공식품이 유방암의 예방에 더 바람직할 것이라 제안하였다.

대두의 우수한 식품학적 기능성과 생리활성을 고려하여 대두를 이용한 두유, 대두 요구르트, frozen soy yogurt 등과 같은 가공식품이 유제품 대체식품으로서 개발되고 있다. 대두아이스크림 제조에는 주로 우유고형분 대신 분리대두 단백을 사용한 제품들이 시도되었다.^{9,18)} 발효두유를 이용하여 맛과 기호성을 증진시킨 대두요구르트 아이스크림은 유산균발효 냉동식품으로 생산되기 시작했다.³⁹⁾ 그러나 Ali 등⁴⁰⁾은 비만과 당뇨 모델 쥐에서 이소플라본이 저장지방량과 혈장 지질을 개선시켰으나, 프로바이오틱 (probiotics)이 이소플라본의 효과를 상승시키지 않았다고 보고하여 유산균 발효 아이스크림의 생리효과는 확인되지 않았다. 본 연구에서는 대두와 함께 섭취한 프리바이오틱 (prebiotics)인 프럭토올리고당은 혈당과 혈장 지질 개선에 있어 콩의 효과에 상승작용하였다.

본연구의 제한점으로 올리고당 첨가 우유아이스크림의 경우 품질특성이 좀 더 개선되어야 당뇨환자를 위한 생리기능적인 아이스크림 제품으로 개발이 가능할 것으로 판단된다. 콩아이스크림의 경우 콩기름은 넣지 않고 콩가루만 첨가하거나 첨가제를 달리함으로써 overrun과 meltdown 특성을 개선할 수 있는 후속 연구가 필요하다. 또한 당뇨환자에서 올리고당 첨가 콩아이스크림의 혈당 및 지질대사 개선 효과를 검증하는 임상실험도 필요한 것으로 사료된다.

요약 및 결론

본 연구에서는 당뇨환자의 혈당 증가 억제와 혈장 지질을 개선하고자 할 목적으로 아이스크림의 주원료인 우유단백질, 유지방과 설탕의 일부를 대두와 검정콩, 대두유 및 프럭토올리고당으로 대체하여 아이스크림을 제조하여 제품의 품질특성을 평가하고, 동시에 동물실험을 통하여 건강기능성을 규명하고자 하였다.

아이스크림의 재료로 콩과 올리고당의 시너지효과와 콩의 종류를 달리하여 영양생리학적으로 평가할 목적으로 우유아이스크림 (MMS), 올리고당첨가 우유아이스크림 (MMO) 콩아이스크림 (SSS), 올리고당첨가 콩아이스크림 (SSO), 올리고당첨가 검정콩아이스크림 (BSO)을 제조하였다. 제조한 아이스크림을 overrun, meltdown, 관능특성 면에서 품질특성을 비교하였고, 제조된 아이스크림의 건강기능성 평가를 위해 동결건조된 아이스크림을 AIN-93 식이의 30% 수준으로 첨가하여 실험식이로 하였다.

5주령 된 Sprague-Dawley 종 수컷 쥐를 당뇨를 유발하지 않은 정상군 (Normal)과 당뇨군 (Diabetes) 5군으로 나누고, streptozotocin (STZ)으로 당뇨를 유발하여 당뇨 유발 1주일 후부터 실험식이를 자유롭게 4주 동안 섭취시켰다. 희생된 쥐의 장기와 혈액을 취하고, 혈당, 인슐린농도 및 지질농도에 미치는 효과를 측정하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1) Overrun과 meltdown은 콩아이스크림 (SSS, SSO)이 우유아이스크림 (MMS, MMO)에 비하여 유의하게 낮게 나타났다.

2) 우유아이스크림에서 관능평가 점수는 설탕 대신 올리고당을 첨가한 경우는 크게 떨어지지 않았으며, 콩아이스크림의 경우 전반적인 질 평가 점수는 보통 수준에 해당하였으나, 모든 항목에서 우유아이스크림에 비하여 유의하게 낮은 점수를 보였다.

3) 공복혈장 포도당 농도는 올리고당첨가 콩아이스크림 군이 우유아이스크림군에 비하여 유의하게 감소하였으며, 혈장 인슐린 농도는 당뇨군이 정상군에 비해 낮은 수준을 보였으나, 올리고당첨가 우유아이스크림과 올리고당첨가 콩아이스크림군은 정상군과 유의한 차이를 보이지 않았다.

4) 혈장 콜레스테롤은 올리고당과 (또는) 콩을 첨가한 아이스크림 (MMO, SSS, SSO, BSO)군이 우유아이스크림 군에 비해 유의하게 낮은 결과를 보였으며, HDL 콜레스테롤 농도는 올리고당첨가 우유아이스크림군이 우유아이스크림군에 비해 유의하게 높은 결과를 보였다. 중성지방 농도는 올리고당첨가 우유아이스크림군이 우유아이스크림군에 비해 유의하게 낮았다. 간조직의 중성지방농도는 올리고당첨가 콩아이스크림군이 우유아이스크림군에 비해 유의하게 낮았다.

본 연구는 당뇨병 환자의 경우 섭취가 제한되는 일반 우유아이스크림 대신에 혈당 조절과 혈장지질 개선 등에 효과적인 올리고당첨가 콩아이스크림을 제조하여 동물실험을 통해 기능성을 규명함으로써 당뇨환자들의 식품 선택의 폭을 넓히고 식품기호를 충족시키는데 기여하게 될 것이다. 혈당조절과 지질개선에 콩 또는 올리고당 첨가 아이스크림이 효과를 보였으나 특히 콩과 올리고당을 동시에 첨가한 아이스크림의 효과가 가장 컸다. 그러나 올리고당첨가 콩아이스크림이 품질 및 관능 평가에 있어 일반 우유 아이스크림에 미치지 못하여 품질 특성을 향상시킴과 동시에 또 다른 제조 방법에 의해 셀프이나 아이스케이크 종류로 개발함으로써 당뇨환자뿐만 아니라 노인용 기호식품, 다이어트 식품으로 이용이 가능하리라 본다.

Literature cited

- 1) Cho NH. Prevalence of diabetes and management status in Korean population. *Korean J Med* 68: 1-2, 2005
- 2) NSOK. Annual Report on the Cause of Death Statistics. National Statistical Office of Korea. Seoul, Korea, 2003
- 3) Choi HJ, Kim YE. Effects of *polygonatum odoratum* on *in vivo* insulin activity in streptozotocin-induced diabetic rats. *Kor J Nutr* 36: 239-244, 2003
- 4) Lee KS, Choi YS, Seo JS. Sea tangle supplementation lowers blood glucose and supports antioxidant systems in streptozotocin-induced diabetic rats. *J Med Food* 7: 130-135, 2004
- 5) Ravi K, Sivagnanam K, Subramanian S. Anti-diabetic activity of *Eugenia jambolana* seed kernels on streptozotocin-induced diabetic rats. *J Med Food* 7: 187-191, 2004
- 6) Kim IJ. Seasonal management of life styles for diabetic patients. *Clinical Med* 3 (1): 43-48, 2005
- 7) Arbuckle WS. Ice Cream Service Handbook. Westport Com, 1980
- 8) Kim HB, Chung WY, Ryu KS. Sensory characteristics and blood glucose lowering effect of ice-cream containing mulberry leaf powder. *Kor J Seric Sci* 41 (3): 129-134, 1999
- 9) Koo SH, Lee SK. Influence of sugar alcohol and enzyme treatment on the quality characteristics of soy ice cream. *J Kor Soc Food Sci* 16 (2): 151-159, 2000
- 10) Jung EJ, Kim SY, Kim JY, Ahn JY, Park JW, Cha MH, Lee YC. Effect of soy protein concentrate and age on plasma lipids and phospholipid fatty acid patterns in female rats. *J Kor Soc Food Sci Nutr* 32 (2): 269-277, 2003
- 11) Madani S, Lopez S, Blond JP, Prost J, Belleville J. Highly purified soybean protein is not hypocholesterolemic in rats but stimulates cholesterol synthesis and excretion and reduces polyunsaturated fatty acid biosynthesis. *J Nutr* 128 (2): 1084-1091, 1998
- 12) Anderson JW, Johnstone BM, Cook-Newell MF. Meta-analysis of the effects of soy protein intake on serum lipids. *New Eng J Med* 333 (5): 276-282, 1995
- 13) Sung HY, Jung HJ, Choi YS, Cho SH, Yun JW. Effect of chicory inulin and oligosaccharides on lipid metabolism in rats fed a high cholesterol diet. *J Kor Soc Food Sci Nutr* 33 (2): 305-310, 2004
- 14) Kok NN, Taper HS, Delzenne NM. Oligofructose modulates lipid metabolism alterations induced by a fat-rich diet in rats. *J Appl Toxicol* 18 (1): 47-53, 1998
- 15) Delzenne N, Kor N, Fiordaliso M, Deboyser DM, Goethals FM, Roberfroid MB. Dietary fructooligosaccharides modify lipid metabolism in rats. *Am J Clin Nutr* 57 (S): 820S, 1993
- 16) Kwon TW. Soybean in the 21th century. *Korea Soybean Digest* 17: 1-4, 2001
- 17) Ko MK, Kwon TW, Song YS. Effect of yellow and black soybeans on plasma and hepatic lipid composition and fecal lipid excretion in rats. *J Kor Soc Food Sci Nutr* 27 (1): 126-131, 1998
- 18) Kim JY, Lee SY. Quality characteristics of soy ice creams as affected by enzyme hydrolysis times and added calciums. *Kor J*

- Food Cookery Sci* 19(2) : 216-222, 2003
- 19) Ioanna S, Martinou V, Gregori KZ. Effect of some stabilizers on textural and sensory characteristics of yogurt ice cream from sheep's milk. *J Food Sci* 55(3) : 703-707, 1990
 - 20) Shin WS, Yoon S. Effect of stabilizers on the texture of frozen yogurt. *J Kor Soc Food Sci* 12(1) : 20-26, 1996
 - 21) Reeves PG, Nielsen FH, Fahey GC. AIN-93 Purified Diets for Laboratory rodents: Final Report of American Institute of Nutrition Ad Hoc Writing Committee on the Reformulation of the AIN-76A Rodent Diet. *J Nutr* 123: 1939-1951, 1993
 - 22) Folch J, Lees M, Sloane SGH. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J Biol Chem* 226(1) : 497-509, 1957
 - 23) Sale FO, Marchesini SPH, Berra BA. Sensitive enzymatic assay for determination of cholesterol in lipid extracts. *Anal Biochem* 142: 347-350, 1984
 - 24) Kim HS. The relationship between ingredients and overrun of ice cream. MS Thesis. Yonsei Univ, 1998
 - 25) Sommer HH. Theory and Practice of Ice Cream Making. 5th Edition. Olsen Publishing Co, 1946
 - 26) Thomas EL. Structure and properties of ice cream emulsion. *Food Technol* 41: 562-593, 1981
 - 27) Goldberg RB. Lipid disorders in diabetes. *Diabetes Care* 4(5) : 561-572, 1981
 - 28) Mogensen CE, Anderson MJ. Increased kidney size and glomerular filtration rate in juvenile diabetes. *Diabetes* 22(9) : 706-712, 1973
 - 29) Struthers BJ, MacDonald JR, Dahlgren RR, Hopkins DT. Effects on the monkey, pig and rat pancreas of soy products with varying levels of trypsin inhibitor and comparison with the administration of cholecystokinin. *J Nutr* 113(1) : 86-97, 1983
 - 30) Koh JB. Effect of raw soy flour (yellow and black) on serum glucose and lipid concentrations in streptozotocin-induced diabetic rats. *J Kor Soc Food Sci Nutr* 27(2) : 313-318, 1998
 - 31) Kim MH, Kim HY, Kim YK, Kim JY, Kim SH. Effect of soyoligosaccharide on blood glucose and lipid metabolism in streptozotocin-induced diabetic rats. *Kor J Nutr* 34(1) : 3-13, 2001
 - 32) Chai YM, Rhee SJ. Effect of dietary oligosaccharide on the blood glucose and serum lipid composition in streptozotocin-induced diabetic rats. *J Kor Soc Food Sci Nutr* 30(4) : 710-716, 2001
 - 33) Kim KS, Kim MJ, Park JS, Sohn HS, Kwon DY. Compositions of functional components of traditional Korean soybeans. *Food Sci Biotechnol* 12: 157-160, 2003
 - 34) Lee KH, Chung HK, Han JH, Sohn HS. Soy isoflavone: Current usage and production. *Korea Soybean Digest* 20(2) : 28-36, 2003
 - 35) Bae EA, Moon GS. A study on the antioxidative activities of Korean soybean. *J Kor Soc Food Sci Nutr* 26(2) : 203-208, 1997
 - 36) Potter SM, Baum JA, Teng H, Stillman RJ, Shay NF, Erdman JW Jr. Soy protein and isoflavones: their effects on blood lipids and bone density in postmenopausal women. *Am J Clin Nutr* 68(6S) : 1375S-1379S, 1998
 - 37) Ko MK, Kwon TW, Song YS. Effect of yellow and black soybeans on plasma and hepatic lipid composition and fecal lipid excretion in rats. *J Kor Soc Food Sci Nutr* 27(1) : 126-131, 1998
 - 38) Allred CD, Allred KF, Ju YH, Goepfert TS, Doerge DR, Helferich WG. Soy processing influence growth of estrogen-dependent breast cancer tumors. *Carcinogenesis* 25: 1649-1657, 2004
 - 39) Lee SY. Development of dairy analogs using soybean. *Korea Soybean Digest* 14(2) : 1-11, 1997
 - 40) Ali AA, Velasquez MT, Hansen CT, Mohamed AI, Bhathena SJ. Effects of soybean isoflavones, probiotics, and their interactions on lipid metabolism and endocrine system in an animal model of obesity and diabetes. *J Nutr Biochem* 15: 583-590, 2004