

Polymannuronate 첨가에 의한 햄버거빵이 흰쥐의 지질대사에 미치는 영향

조인선 · 김인혜 · 권미진 · 남택정*

부경대학교 식품영양학과

Dietary Effects of Polymannuronate Added to Hamburger Buns on Lipid Metabolism in Rats

Ihn-Seon Joh, In-Hye Kim, Mi-Jin Kwon and Taek-Jeong Nam*

Department of Food Science and Nutrition, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

The dietary fiber alginic acid has no nutritional value; however, it decreases the utilization of nutrients by the body and can prevent obesity, hyperlipidemia, arteriosclerosis, constipation, and colon cancer. The low-molecular-weight alginic acid polymannuronate improves serum and liver lipid metabolism by decreasing cholesterol levels in high-cholesterol groups and may be used to control high blood pressure. Previously, we showed that polymannuronate, a physiologically active agent from seaweed, has a lipid-lowering effect and preventative role in colon cancer. In addition, the differentiation of polymannuronate-treated adipocytes was inhibited, triggering decreased leptin expression. This study examined ways to increase dietary satisfaction with and improve the nutritional quality of polymannuronate using hamburger buns supplemented with polymannuronate. Twenty male Sprague-Dawley rats were divided into two groups: the control group was fed hamburger buns containing 6% gluten, while the experimental group was fed hamburger buns containing 6% gluten and 10% polymannuronate. The serum triglyceride, phospholipid, and total and free cholesterol levels of the rats in the experimental group were decreased compared with those of the controls. The serum aspartate aminotransferase activity levels did not differ between the two groups. This study demonstrates that polymannuronate has beneficial effects on lipid metabolism and may be commercially useful.

Key words: Hamburger buns, Polymannuronate, Lipid metabolism, Nutritional quality

서 론

우리나라 식생활 변화는 사회의 다변화, 국제화, 기계문명화, 환경오염 등의 문제와 관련하여 점점 그 양상이 가속화되고 있다. 식생활 패턴이 양적으로나 질적으로 다양하고 풍요로운 식단을 선호하는 경향도 높아졌을 뿐만 아니라, 동물성 식품의 섭취가 크게 증가하여 지방섭취와 열량은 높아진 반면 활동 부족과 에너지 소비는 감소되어 비만의 경향이 높아졌다. 특히 즉석 식품 문화가 번창함에 따라 햄버거를 포함한 패스트푸드가 식사 대용식으로 차지하는 비중이 증대하고 있다. 그러나, 햄버거를 포함한 패스트푸드는 장기간 섭취하게 되면, 동물성 지방과 에너지, 식염의 과잉 섭취뿐 아니라 비타민과 무기질의 섭취부

족 등 영양소 섭취의 불균형을 초래하게 된다. 그 결과, 체지방의 과다 축적으로 인한 체형의 변화 및 비만증이 점차적으로 증가하고 있으며, 고지혈증, 지방간 및 심순환기계 질환에 대한 위험이 높아짐에 따라 사망의 원인으로도 직결되어 있어 현대인에게 비만 예방에 대한 개선책은 사회적 차원에서 그 필요도가 높아지고 있다.

식이섬유는 소화되지 않아 영양적 가치가 없고 영양소의 흡수를 저해하는 단점이 있으나, 비만·고지혈증·동맥경화·변비 및 대장암 등을 예방하는 것으로 알려져 있다. 이러한 이유로 가공식품에는 식이섬유를 첨가하고 있고, 식이섬유의 생리작용에 대한 연구가 많이 진행되어 왔다(Choi, 1991; Huh et al., 1993; Zhu et al., 2015). 수용성 식이 섬유인 알긴산은

<http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2015.0187>



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Korean J Fish Aquat Sci 48(2) 187-192, April 2015

Received 9 April 2015; Accepted 21 April 2015

*Corresponding author: Tel: +82. 51. 629. 5846 Fax: +82. 51. 629. 5842

E-mail address: namtj@pknu.ac.kr

미역이나 다시마와 같은 갈조류의 성분 중 30-40%를 차지하는 해조다당류의 일종으로, poly-D-mannuronate와 poly- α -L-guluronate의 heteropoly-saccharide로 이루어진 단위에 유리 카르복실기를 가진 천연고분자 물질로 강한 반응성을 가지며 각종 무기질과 치환반응을 일으키는 것으로 알려져 있다(Haug et al., 1974; Nishide et al., 1988). 알긴산은 추출방법에 따라 점성, 용해성 및 유화능 등의 물성이 좌우되며, 더욱이 이 같은 물성은 D-mannuronate와 L-guluronate 및 각각 구성당 block의 상대적 비율에 의해서도 많은 영향을 받는다고 알려져 있다. 특히, D-mannuronate와 L-guluronate를 많이 함유하는 알긴산을 각각 구분하여 흰쥐에 급여시킨 결과 D-mannuronate가 많이 함유된 급여군에서 혈청 및 간장 콜레스테롤 저하 등 지질대사 개선에 더 효과가 있었으며(Suzuki et al., 1993), 알긴산을 부분적으로 가수분해하여 저분자화할 경우는 그 효과가 증대되었다(Lee et al., 1997; Lee et al., 1998). 알긴산으로부터 유래된 저분자 40 kDa의 polymannuronate를 4주간 흰쥐에게 급여했을 때 흰쥐의 혈청내 중성지질과 총콜레스테롤을 감소시키는 등 지질개선 효과가 우수하며, 3T3-L1 지방세포에 polymannuronate를 처리하였을 때 지방세포로의 분화억제효과를 나타내었고, 특히 HT-29 대장암세포에서는 암세포 성장을 저해하는 효과도 나타냈다(Kim and Nam, 2004; 2005).

따라서 본 연구에서는 polymannuronate를 실제 식생활에 활용, 패스트푸드 중의 하나인 햄버거용 빵에 첨가하여 흰쥐의 지질대사에 미치는 영향을 규명함으로써 햄버거의 영양적 가치를 개선할 수 있는 방안을 제시하고자 한다.

재료 및 방법

Polymannuronate 첨가 햄버거빵의 제조 및 일반성분 분석

Polymannuronate 첨가 햄버거빵은 직접반죽법(straight dough method)으로 만들었으며, 빵제조를 위한 배합률은 베이커 백분율(Baker's %)을 기준으로 하였다. 대조군은 밀가루 100%로 제조하였고, 실험군은 밀가루에 polymannuronate 10%, 활성 글루텐 6%를 첨가하였다. 제조한 햄버거빵의 일반성분 분석은 AOAC 법에 따라 정량하였으며, 식이섭취의 함량은 사료영양연구소(부경대학교 소재)에 의뢰하였다.

실험동물의 식이 및 사육

실험식은 polymannuronate 첨가 햄버거빵 식이와 시중의 M사 햄버거를 사용하였다. 흰쥐에 급여할 실험식을 제조하기 위하여 실험군은 polymannuronate 첨가 햄버거 buns를 제조한 후, M사의 햄버거 빵에 polymannuronate 첨가 햄버거 buns를 대체하여 분쇄 및 동결건조하였다. 이에 대한 기초식은 M사의 햄버거를 동일하게 분쇄, 동결건조하여 사용하였다. 여기에 mineral mixture, vitamin mixture, choline chloride,

methionine을 Table 1에서 제시한 대로 혼합하여 -20°C에 보관하였다. 실험동물은 샘타코(♂)에서 4주령된 Sparague Dawley 계 수컷(체중 80 ± 5 g)을 분양받아 사용하였다. 각 10마리씩 분류하여 연립식 사육케이지에 넣고, 일반사료로서 5일간 순치예 비사육한 후에 기초식이와 polymannuronate를 함유하는 식이를 급여하였다. 예비사육 및 본 사육기간 중의 식이는 쥐 체중의 15%를 급여하였고, 물은 자유급여(ad libitum) 섭취시켰으며, 사육기간 중에는 체중과 섭취량을 일정시간에 칭량·급여하였다. 그리고 사육실의 온도는 $22 \pm 1^\circ\text{C}$, 습도 $50 \pm 10\%$, 12 h light-dark cycle로 조절하였다.

실험동물 시료의 분석

총콜레스테롤, 유리콜레스테롤, HDL- (high density lipoprotein)과 LDL- (low density lipoprotein)콜레스테롤, 중성지질 및 인지질, 혈당, GOT (glutamic oxaloacetic transaminase), GPT (glutamic pyruvic transaminase)의 분석시료 중, 혈청은 저온보관중의 시료를 그대로 분석하였다. 간장분석시료는 간장조직 1 g을 취하여 마쇄한 후, hexan : isopropanol 혼액(3:1, v/v)으로 지질을 추출하고 N_2 gas로 농축하였다. 농축한 시료는 chloroform : methanol 혼액(2:1, v/v) 1 mL에 용해하여 분석용 시료로 사용하였다.

체중변화, 식이섭취량 및 식이효율 측정

체중은 1주일에 1회, 일정한 시간에 측정하였으며, 예비사육 직후의 체중을 초기(initial) 체중으로 하였고, 4주 후의 체중을 마지막(final) 체중으로 하여 체중 증가량을 계산하였다. 식이는 1일 1회 매일 일정한 시간에 규칙적으로 급여하고 다음 날 같은 시간에 잔량을 조사하여 1일 섭취량을 기록하였다. 식이효율은 체중 증가량을 4주간의 총 식이섭취량으로 나누어 계산하였다.

혈액분석

혈청 중 GOT, GPT, total cholesterol (T-CHO), HDL-C,

Table 1. Formulation of experimental diets (g/kg)

Constituents	Test animal group ¹	
	Control ²	Polyman
Hamburger powder	950	0
Polymannuronate H. P. ³	0	950
Mineral mixture	35	35
Vitamin mixture	10	10
Choline chloride	2	2
Methionine	3	3

¹Test animal: Strain, Sparague Dawley age, 4 weeks; average body weight; 80 ± 5 g; feeding period, 4 weeks by experimental diet after 5 days of basal diet. ²Codes of experimental diet. Control, fed the M's hamburger diet; Polyman, fed the hamburger diet containing the polymannuronate. ³H.P.: Hamburger Powder.

LDL-C 함량은 혈액생화학측정기(Thermo Fisher Scientific, USA)를 이용하여 측정하였다. 혈청 중 triglyceride 함량은 triglyceride (TG) 측정 kit (AM 157S-K, Asan Pharm, Seoul, Korea)를 사용하였고, 혈당 함량 및 혈청 leptin 농도는 glucose 측정 kit (AM 201-K, Asan Pharm)와 leptin ELISA kit (ADI-900-019A, Enzo Life Science, Switzerland)를 사용하여 각각 측정하였다.

간 조직 내 Triglyceride 함량

간 조직 내 TG를 측정하기 위하여 간 조직을 세절한 후 PBS buffer에 넣고 균질화하였다. 그런 다음 원심분리(2,500 g, 4°C, 10 min)하여 상층액을 회수한 후, TG 측정 kit를 이용하여 측정하였다.

통계처리

모든 실험결과는 각 군별의 평균과 표준편차(mean ± S.D)로 나타내었으며, 각 실험군 간의 유의성은 SPAA ver. 18.0 프로그램 사용하여 통계처리 하였다. 각 군에 대한 유의성 검증은 ANOVA test와 Duncan's multiple range test를 $P < 0.05$ 수준에서 분석하였다.

결과 및 고찰

Polymannuronate 첨가 햄버거빵의 일반성분 분석

Polymannuronate와 활성글루텐을 농도별로 첨가하여 기계적, 관능적 텍스처 특성을 검토한 결과, polymannuronate 함량이 높으면서 전반적인 소비자 기호도에서 유의적인 차이가 없는 polymannuronate 10%, 글루텐 6%군을 흰쥐에게 실험군 식이로 사용하였다(data not shown). Table 2는 흰쥐에게 식이로 제공한 햄버거의 일반성분을 분석한 결과를 나타낸 것이다. 대조군과 polymannuronate 실험군에서 총식이섬유 함량을 제외한 수분함량, 조단백질, 지질, 그리고 회분 모두 차이가 없었다. 그러나 대조군인 시중 M사 햄버거의 총식이섬유 함량은 0.8% 인 반면, polymannuronate를 첨가한 햄버거 buns로 대체한 햄버거의 총식이섬유 함량은 6%로 급격히 증가하였다. 즉, 해조류 유래 polymannuronate를 첨가함에 따라 기능성 빵의 텍스처와 기호도에 있어서 나쁜 영향을 주지 않으면서도 밀가루만을 이용하여 만드는 기존의 재료보다는 식이섬유를 보강할 수 있는 기능성 소재 중 하나로 대체가능함을 나타내었다.

체중 변화, 식이섭취량 및 식이효율

기초식이 및 실험식이를 급이한 흰쥐의 초기체중과 사육최종일의 체중증가량, 그리고 사육기간 중의 사료섭취량 및 식이효율을 Table 3에 나타내었다. 체중변화와 함께 식이섭취량을 계측한 결과, 전사육기간에 걸쳐 비슷하게 나타났으며, 식이효율 또한 동일한 경향으로 나타났다.

혈청 및 간장 조직 내 지질 함량

일반적으로 소비하고 남은 에너지는 지방으로 전환되어, 체내에 축적된 지방으로 인해 혈중 이상지질 현상이 나타나게 된다. 특히 혈중 콜레스테롤이 제대로 조절되지 않으면 심혈관계 질환이 발생할 수도 있기 때문에, HDL-콜레스테롤의 증가는 과다하게 생성된 혈중 콜레스테롤을 저하시키고 비만으로 인해 초래할 수 있는 심혈관계의 대표적인 질환인 동맥경화를 개선 시키는데에 도움이 된다(Park et al., 2007).

Polymannuronate 식이가 흰쥐의 혈청 및 간장 지질 함량에 미치는 영향을 살펴보기 위해 각 식이군의 혈청지질 농도를 Table 4 나타내었다. 혈청 TG농도와 인지질농도는 polymannuronate 식이군에서 각각 57.04 ± 12.02 mg/dL, 121.15 ± 5.02 mg/dL로 대조군(100.87 ± 17.52 mg/dL, 148.69 ± 8.4 mg/dL)에 비해 유의적으로 낮았다($P < 0.01$). 이는 polymannuronate의 1차 구조와 관련되어 저분자화 될 때 유리 카르복실기 등 기능기들이 노출되어 장에서 담즙산과 결합하여 장에 흡수가 감소되고 체외로 배출되어 낮아진 것으로 생각된다. 혈청 및 간장 중의 총콜레스테롤 농도 또한 polymannuronate 식이군에서 대조군에 비해 유의적으로 낮았으며, LDL-콜레스테롤은 차이가 없는 반면, HDL-콜레스테롤의 함량은 polymannuronate 식이군에서 유의적으로 높게 나타났다(Table 5). 이는 해조 음료 및 추출물을 투여했을 때 총 콜레스테롤, LDL-콜레스테롤 등이 감소한 것으로 나타난 연구결과(Joo et al., 2003)와 일치하였다.

뿐만 아니라 혈청 유리 콜레스테롤 또한 대조군에 비해 polymannuronate 식이군에서 감소하였다(Table 5). 마찬가지로 저분자화로 인한 기능기들의 노출증가로 담즙산과 결합하여 체외로 배출되는 효과를 가져온 것으로 생각된다. 알긴산의 경우, 흰쥐의 혈청 및 간장의 유리 콜레스테롤을 감소시켰고(Tsuji et al., 1974), 흰쥐에 해조류 갈래곰보를 급이하였을 때 유리 콜레스테롤 및 cholesteryl ester의 농도가 감소한다고 보고하였는데(Park et al., 2001) 이는 본 연구결과와도 일치한다. 따라서 polymannuronate가 포함된 햄버거 식이가 흰쥐의 혈청 지질 함

Table 2. Proximate composition and total dietary fiber content of hamburger (%)

Samples ¹	Moisture	Crude ash	Crude protein	Crude lipid	TDF ²	N-free extract ³
Control	42.4	1.9	13.3	11.4	0.8	30.2
Polyman	43.2	2.0	14.8	10.4	6.0	23.6

¹ Codes of experimental diet. Control, fed the M's hamburger diet; Polyman, fed the hamburger diet containing the polymannuronate. ² Total dietary fiber. ³ 100-(Moisture+Crude ash+Crude protein+Crude lipid+TDF).

Table 3. Weight gains, feed intakes and its efficiency ratio in the rats fed the experimental diets (Mean ± S.D.)

Test animal group ¹	Control	Polyman
Initial body weight (g)	125.77 ± 2.81	124.90 ± 3.49
Weight gain (g/4 weeks)	184.78 ± 8.22	181.80 ± 9.80
Feed intake (g/day)	18.36 ± 1.02	19.08 ± 1.59
Feed efficiency ratio (%)	0.36 ± 0.03	0.35 ± 0.03

¹Refer to the footnote of Table 1. Results represent mean+SD (n=10) for each group.

Table 4. Triglyceride and phospholipid levels in the serum of the rats fed the experimental diets (Mean ± S.D.)

Test animal group ¹	Control	Polyman
Triglyceride level (mg/dL)	100.87 ± 17.52	57.04 ± 12.02*
Phospholipid level (mg/dL)	148.69 ± 8.04	121.15 ± 5.02*

¹Refer to the footnote of Table 1. Results represent mean+SD (n=10) for each group.

Significantly different in student t-test from control (**P<0.01).

Table 5. Cholesterol levels in the serum and liver of the rats fed the experimental diets (Mean ± S.D.)

Test animal group ¹	Control	Polyman
Total cholesterol level		
Serum (mg/dL)	60.34 ± 4.20	52.27 ± 1.17**
Liver (mg/g)	76.26 ± 6.74	46.81 ± 6.03*
HDL-cholesterol level		
Serum (mg/dL)	43.40 ± 2.99	49.87 ± 3.47*
LDL-cholesterol level		
Serum (mg/dL)	5.38 ± 1.19	6.14 ± 0.69
Free cholesterol level		
Serum (mg/dL)	25.12 ± 4.22	22.62 ± 2.75

¹Refer to the footnote of Table 1. Results represent mean+SD (n=10) for each group.

Significantly different in student t-test from control (*P<0.05, **P<0.01).

량을 개선시켜 주는 효과가 있는 것으로 생각된다

혈청 중 GOT와 GPT의 활성

기초식이와 polymannuronate 실험식이를 급여한 흰쥐의 혈청으로부터 GOT와 GPT의 활성을 측정하였다(Table 6). GOT는 기초식이군과 polymannuronate 식이군 모두 유의적인 차이를 나타내지 않은 반면, GPT 활성은 polymannuronate 식이군(29.00 ± 5.35 Karmen)에서 대조군(44.26 ± 5.08 Karmen)에 비해 유의적으로 낮게 나타났다. GOT 및 GPT는 간세포에 다량으로 존재하는 효소이며, 간 손상시 혈액으로 유출되어 혈청 수치가 증가됨으로써 간 손상의 지표로 활용되고 있다. 근래에

는 비만, 당뇨, 고혈압, 고지혈증 등 대사성 증후군의 유병률이 증가하면서 GOT/GPT 비율을 측정함에 따라 임상적으로 활용하기도 한다 (Mehta et al., 2002; Ko et al., 2009). 본 연구에서는 polymannuronate식이를 단기간 급여하였음에도 불구하고, GPT의 활성이 유의적으로 대조군에 비해 낮게 측정됨에 따라 패스트푸드의 잦은 섭취에 의한 대사성 증후군 발병에 따른 간 독성 예방효과 및 간기능 회복의 가능성을 확인할 수 있었다.

분변 중의 조성

Table 7은 기초식이와 polymannuronate 식이를 급여 3주 후부터 7일간 분변을 수집하여 일일분변량, 분변 중 총콜레스테롤, 총 담즙산, 총 식이섬유 함량을 측정하였다. 수집한 변의 하루 평균 부피는 polymannuronate 식이군에서 1.23 ± 0.13 g/day로, 대조군(0.98 ± 0.09 g/day)에 비해 유의적으로 증가하였다. 이는 식이섬유소 함량이 증가할수록 수분보유력, 장 내용물의 부피, 점성의 부여로 인해 변량이 현저하게 증가한 것으로 생각된다.

분변 중의 총콜레스테롤 함량 또한 polymannuronate 식이군(190.75 ± 13.83 mg/g)이 대조군(113.83 ± 10.52 mg/g)에 비해 유의적으로 현저히 높게 나타났다. 식이섬유는 장내에서 콜레스테롤과 담즙산의 재흡수를 저해하는데, 식이섬유가 소화기에서 콜레스테롤 및 담즙산과 직접 결합함으로써 흡수가 억제

Table 6. GOT and GPT in the serum of the rats fed the experimental diets (Mean ± S.D.)

Test animal group ¹	Control	Polyman
Serum level		
GOT (Karmen)	206.36 ± 14.08	193.93 ± 13.82
GPT (Karmen)	44.26 ± 5.08	29.00 ± 5.35**

¹Refer to the footnote of Table 1. Results represent mean+SD (n=10) for each group. GOT, glutamic oxaloacetic transaminase; GPT, glutamic pyruvic transaminase.

All data were calculated by Mean±S.D. for 10 individuals.

Significantly different in student t-test from control (**P<0.01).

Table 7. Fecal cholesterol and total bile acids, and total dietary fiber (TDF) contents of the rats fed the experimental diets (Mean ± S.D.)

Test animal group ¹	Control	Polyman
Fecal (g/day)	0.98 ± 0.09	1.23 ± 0.13**
Total cholesterol (mg/g)	113.83 ± 10.52	190.75 ± 13.83**
Total bile acid (µmol/g)	76.61 ± 15.44	193.55 ± 13.17**
TDF (g/g fecal)	0.063 ± 0.006	0.080 ± 0.003**

¹Refer to the footnote of Table 1. Results represent mean+SD (n=10) for each group.

Significantly different in student t-test from control (**P<0.01).

되어 분변으로의 배설이 증가된다(Mirttinen, 1987; Vahouny, 1987). 펙틴과 같은 수용성 식이섬유는 콜레스테롤과 중성지방의 흡수를 저해하고 배설을 촉진시킴으로써 혈중 콜레스테롤을 낮추는데, 본 연구에서도 동일하게 polymannuronate 섭취로 인한 콜레스테롤 흡수저해는 혈중 triglycerol의 농도와 콜레스테롤 농도 및 간장 중의 콜레스테롤 농도를 저하시키는 기전으로 보인다.

실험식에 따른 분변 중의 총 담즙산 함량을 측정한 결과, polymannuronate 식이군($193.55 \pm 13.17 \mu\text{mol/g}$)에서 대조군($76.61 \pm 15.44 \mu\text{mol/g}$)에 비해 유의적으로 높게 나타났다. 뿐만 아니라 분변 중의 총 식이섬유 함량 또한 polymannuronate 식이군($0.080 \pm 0.003 \text{ g/g fecal}$)에서 대조군($0.063 \pm 0.006 \text{ g/g fecal}$)에 비해 높게 나타났다. 이 결과는 분변 중의 총 담즙산 함량과 일치하는 경향을 나타내었는데, 이는 Table 2에 나타낸 바와 같이 polymannuronate를 첨가한 햄버거빵의 일반성분 분석 결과, 총식이섬유의 함량이 증가함에 따라 섭취시 소장에서 담즙산과 결합하여 분변으로 배설된 것으로 추측된다.

혈청 중 Leptin의 함량

Polymannuronate 급이에 의한 혈청 중의 leptin 분비에 미치는 영향을 확인하였다(Fig. 1). 혈액을 분리하여 RIA 분석으로 혈청 중 leptin을 분석한 결과, polymannuronate 급이군의 leptin 분비량이 대조군에 비해 유의적으로 낮았다. 비만 조절에 있어서 leptin은 고지방식이로 비만을 유도했을 때 혈중 leptin 농도가 유의적으로 증가함에 따라(Klein et al., 1996; Frederich et al., 1995) 혈중 leptin 농도의 증가는 비만 유전자 발현의 증가를 나타내었다. 그러나 사람과 동물을 대상으로 한 연구에서 대부분의 비만 대상자들에게서 정상에 비해 혈중 leptin 농도가 높게 나타남에 따라, leptin 저항성에 관한 기전 및 저해 물질을 찾는 데에 많은 관심을 나타내고 있다(Park et al., 2009; Kim, 2013). 본 연구에서는 polymannuronate 급이군에서 대조군에 비해 유의적인 체중의 증가를 나타내지 않음에도 불구하고 혈중 leptin 농도가 유의적으로 감소함에 따라, polymannuronate 첨가로 인해 일반 햄버거 식이에 따른 leptin 저항성을 감소시킬 수 있음을 확인할 수 있었다.

사 사

이 논문은 부경대학교 자율창의학술연구비(2014년)에 의하여 연구되었음

References

Choi JH, Kim JI, Kim IS, Choi JS, Byun DS and Yoon TH. 1991. Dose effect of brown algae (*Undaria pinnatifida*) on inhibitory action of obesity I. Effect on body weight, feed and growth efficiencies and metabolic body size. *Kor J Gerontol* 1, 168-172.

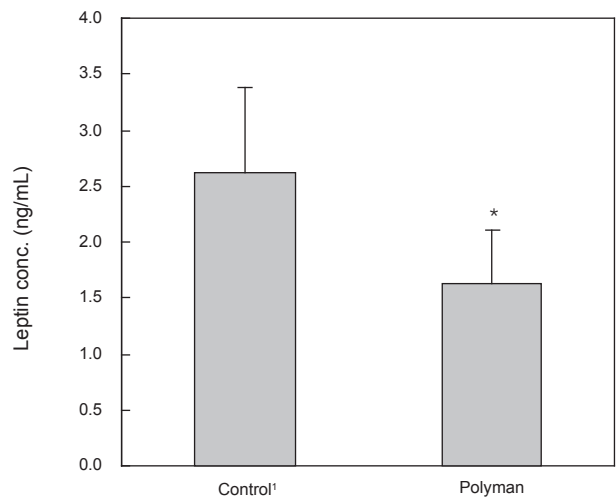


Fig. 1. The level of serum leptin in the experimental rats. *Refer to the footnote of Table 1. Results represent mean+SD (n=10) for each group. Significantly different in student t-test from control (* $P < 0.01$).

Frederich RC, Hamann A, Anderson S, Lollmann B, Iowell BB and Filer JS. 1995. Leptin levels reflect body lipid content in mice : evidence for diet-induced resistance to leptin action. *Nature Med* 1, 1311-1314.

Haug A, Larsen B and Smidsrod O. 1974. Uronic acid sequence in alginate from different sources. *Carbohydr Res* 32, 217-225.

Huh KB, Lee JH, Paik IK, Ajn KJ, Jung YJ, Kim MJ, Lee HC, Lee YH and Lee YJ. 1993. Influence of total abnormal fat accumulation on serum lipids and lipoproteins in Korean middle-aged men. *Korean J Nutr* 26, 299-312.

Joo DS, Lee JK, Choi YS, Cho SY, Je YK and Choi JW. 2003. Effect of seatangle oligosaccharide drink on hepatic lipids in rats fed a hyperlipidemic diet. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 32, 1364-1369.

Kim IH and Nam TJ. 2004. The effects of polymannuronates on leptin in 3T3-L1 adipocytes. *J Kor Fish Soc* 37, 372-379. <http://dx.doi.org/10.5657/kfas.2004.37.5.372>.

Kim IH and Nam TJ. 2005. Inhibitory effect of low-molecularized polymannuronate on proliferation and DNA synthesis of human colon cancer cells. *J Life Sci* 15, 857-862. <http://dx.doi.org/10.5352/JLS.2005.15.6.857>.

Kim YW. 2013. Improvement of leptin resistance. *YUJM* 30, 4-9.

Klein S, Coppack SW, Mohamed-Ali V and Landt M. 1996. Adipose tissue leptin production and plasma leptin kinetics in humans. *Diabetes* 45, 984-987.

Ko JS, Yoon JM, Yang HR, Myung JK, Kim H, Kang GH, Cheon JE and Seo JK. 2009. Clinical and histological features of nonalcoholic fatty liver disease in children. *Dig Dis Sci* 54, 2225-2230. <http://dx.doi.org/10.1007/s10620-009->

0949-3.

- Lee DS. 1997. Improved functionality of alginate from the edible brown algae by low-molecularization. Pukyong National University, Busan, Korea.
- Lee DS, Kim HR and Pyeun JH. 1988. Effect of low-molecularization on rheological properties of alginate. *J Korean Fish Soc* 31, 82-89.
- Mehta K, Van Thiel DH, Shah N and Mobarhan S. 2002. Non-alcoholic fatty liver disease : pathogenesis and the role of antioxidants. *Nutr Rev* 60, 289-293.
- Mirttinen TA. Dietary fiber and lipids. 1987. *Am J Clin Nutr* 45, 1237-1242.
- Nishide E, Kinoshita Y, Anzai H and Uchida N. 1988. Distribution of hot-water extractable material, water-soluble alginate and alkali-soluble alginate in different parts of *undaria pinnatifida*. *Nippon Suisan Gakkaishi* 54, 1619-1622.
- Park HY, Yoon HD and Oh EK. 2001. Effect of *Meristotheca papulosa* on lipid concentration of serum and liver in rats fed high fed diet. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 30, 107-111.
- Park MY, Ahn SA, Cho WK, Cho KS, Park SH, Hahm SH, Jung MH and Suh BK. 2009. Serum leptin, adiponectin and resistin levels in obese children and their correlations with insulin resistance. *Korean J Pedia* 52, 766-771. <http://dx.doi.org/10.3345/kjp.2009.52.7.766>.
- Park SH, Jang MJ, Hong JH, Rhee SJ, Choi KH and Park MR. 2007. Effects of mulberry leaf extract feeding on lipid status of rats fed high cholesterol diets. *J Kor Soc Food Sci Nutr* 36, 43-50. <http://dx.doi.org/10.3746/jkfn.2007.36.1.043>.
- Suzuki T, Nakai K, Yoshie Y, Shirai T and Hirano T. 1993. Effects of sodium alginates rich in guluronic acid mannuronic acids on cholesterol levels and digestive organs of high-cholesterol-fed rats. *Nippon Suisan Gakkaishi* 59, 545-551.
- Tsuji, K., Horid, Y and Tsuji, E. 1974. Effect of konjac flour diet on the endogenous cholesterol metabolism in rats. *Eiyogaku Zashi* 27, 405-411.
- Vahouny GV, Khalafi R, Satchithanandam S, Watkins DW, Story JA, Cassidy MM and Kritchevsky D. 1987. Dietary fiber supplementation and fecal bile acid, Neutral steroids and divalent cations in rats. *J Nutr* 117, 2009-2015.
- Zhu W, Li D, Wang J, Wu H, Xia X, Bi W, Guan H and Zhang L. 2015. Effects of polymannuronate on performance, antioxidant capacity, immune status, cecal microflora, and volatile fatty acids in broiler chickens. *Poul Sci* 94, 345-352. <http://dx.doi.org/10.3382/ps/pev006>.