

흰쥐에 있어서의 메밀채소의 투여가 지질대사에 미치는 효과

최용순[†] · 서정호* · 김천호* · 김영미** · 함승시** · 이상영**

강원대학교 생물응용공학과

*강원대학교 수의학과

**강원대학교 식품공학과

Effects of Dietary Buckwheat Vegetables on Lipid Metabolism in Rats

Yong-Soon Choi[†], Jung-Ho Sur*, Cheon-Ho Kim*, Young-Mi Kim**,
Seung-Shi Ham** and Sang-Young Lee**

Dept. of Applied Biology and Technology, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea

*Dept. of Veterinary Medicine, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea

**Dept. of Food Science and Technology, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea

Abstract

The effects of dietary buckwheat vegetables on the *in vitro* HMG-CoA reductase activity and lipids profiles of serum and liver in rats were evaluated. Buckwheat vegetables were cultivated in the range of 1~15cm of the plant height and dried. The content of rutin in the dried vegetables did not varied largely with the differences in the height of the vegetables. The water extract from buckwheat vegetables activated *in vitro* HMG-CoA reductase activity up to 150% of control. Male rats were fed on purified diets, supplemented with 0.12% cholesterol, containing dried buckwheat vegetables (BWV, 5% of diet) or rutin(0.25% of diet). Dietary BWV and rutin, compared with basal diet tended to decrease the concentration of serum cholesterol. The ratio of HDL-cholesterol to total cholesterol were higher slightly in the rutin-fed group than in the other groups. The concentration of serum triacylglycerol was lower markedly in the rutin-fed groups than in the control groups, and BWV group being intermediate. The concentration of liver cholesterol was lower significantly in the BWV group than in the other groups. The results show an effective cholesterol-lowering action of buckwheat vegetables in serum and liver of rats fed on cholesterolemic diets, and that the hypocholesterolemic effects of buckwheat vegetables are not likely to be due to the modulation of the cholesterol synthesis rate.

Key words : buckwheat vegetables, rutin, HMG-CoA reductase, cholesterol, rats

서 론

식이 성분은 사람이나 동물의 지질대사를 조절하는 중요한 인자로서 알려져 왔으며, 동맥경화를 원인으로 하는 심질환발생의 주요한 위험인자인 혈중 지질농도를 조절하기 위한 주요한 방법으로 인식되고 있다^{1,2}. 메밀은 여러과의 식물로 우리나라에서는 오랫동안 구황 식물로 이용되어 왔으며, 저자 등^{3,4}은 최근 메밀의 생리 적기능과 관련하여 혈당이나 혈청콜레스테롤 저하효과, 간장중성지방 축적의 억제효과 등을 밝혀 기능성

식품으로의 개발가능성을 시사한 바 있다.

Rutin은 quercetin을 aglycone으로 하여 glucose와 rhamnose로 구성된 수용성 flavonoids 화합물로 혈관계 질환 치료제로 이용되는 것이 보고되어 있으며, 개에 있어 rutin을 정맥투여시 콜레스테롤 저하효과가 보고되고 있다^{5,6}. Rutin은 메밀중에 함유된 주요한 flavonoids 화합물로 발아시 이들 화합물의 양적증가가 인정되고 있다⁷. 따라서 메밀을 발아시켜 어린채소로 재배하여 flavonoids계 화합물의 함량을 높인 녹색식물 형태로 지질대사 조절기능을 갖는 새로운 식품개발을 검토하고자 하는 것은 매우 의미 있는 것으로 생각된다. 또한 메밀 발아시 식이섭유량이 증가함으로서 flavonoids성분

[†]To whom all correspondence should be addressed

이외의 부가적인 효과를 기대할 수 있을 것으로 생각된다.

본 연구에서는 메밀채소를 동결건조시켜 식이섬유원으로 흰쥐에 투여하여 조직의 지질농도에 미치는 효과와, *in vitro* 조건하에서 콜레스테롤 생합성계의 율속 효소인 HMG-CoA (3-Hydroxy-3-methylglutaryl CoA) reductase 효소활성 억제효과를 확인하여, 기능성식품으로서의 개발가능성을 검토하였다.

재료 및 방법

재료

메밀종자는 강원도 평창군 봉평농협에서 구입하여, 강원대학교 온실농장에서 수경재배하였다⁷⁾. 즉 메밀을 2일간 물에 침적하여 수분을 흡수시킨 후 polyurethane으로 bed를 만들어 메밀을 1cm 두께로 깔은 후 적당한 물을 가하여 초장의 길이가 3cm, 5cm, 10cm, 15cm의 길이별로 채취하여 각각 동결건조하여 본 실험의 시료로 하였다. 또한 종자의 파괴 및 종실을 분말화하여 시험재료로 하였다. 별도로 *in vitro* HMG-CoA reductase 효소활성 저해도를 측정하기 위하여 각각의 시료를 물로 추출 동결건조하여 시험재료를 조제하였다. 시료중 rutin 함량을 측정하기 위하여, 시료 1g을 정확히 취하여 80°C에서 메탄올로 한시간 환류한 후 여과하여 25ml로 채운 후 0.45µm filter로 여과하여 rutin 분석을 위한 시료로 하였다⁸⁾. Rutin은 Sigma Chemical Co. (USA) 제품이였다.

시료의 일반성분 및 rutin함량 측정

시료의 일반성분은 상법⁹⁾에 준하였으며, 조섬유는 Van Soest와 McQueen의 방법¹⁰⁾에 따라 행하였다. 시료중 rutin함량은 HPLC (Model Waters M-45)로 외부표준법으로 정량 측정하였다⁶⁾. 즉, Bondapak C18을 분석컬럼으로, 전개용매 2.5% acetic acid : methanol : acetonitrile (35 : 5 : 10, v/v v/v)으로 유속 1.0ml/min으로 하여 파장 350nm에서 측정하여 mg/g으로 표시하였다.

In vitro HMG-CoA reductase 활성저해도 측정

추출물에 의한 HMG-CoA reductase 효소활성의 저해도는 NADPH의 산화속도를 측정하여 계산하였다. HMG-CoA reductase 효소원을 얻기 위하여 시판사료 (삼양사료, 원주)에 콜레스티라민 2%를 첨가하여 2주일간 흰쥐에 자유급식한 후, 밤 12시에 단두도살하여 간장을 얻어 상법에 따라 조 마이크로즘을 분리하여, 이

후 freeze-thaw 처리에 따라 효소를 용해정제하여 실험의 효소원으로 하였다¹¹⁾. 효소원의 단백질량을 UV법으로 측정했을 때 91.9µg/ml였다. 효소측정은 240mM K-P buffer (300mM KCl, 6mM EDTA, 15mM dithiothreitol 함유)에 2mM NADPH, 1mM HMG-CoA, 효소원을 첨가하여, 37°C, 340nm에서 NADPH의 초기산화속도를 측정하여 pmol NADPH oxidized/min/100µl solubilized protein으로 표시하였다. 추출물의 첨가량은 assay 당 100µg으로 하였으며, rutin은 20µg을 첨가하였는데 이는 rutin과 NADPH의 최대흡수파장이 중복되어 그 이상의 첨가량에서는 본 방법으로 측정할 수 없었기 때문이다.

실험동물사료의 조제 및 사육

동물사료는 AIN-76 식이조성에 준하여 조제하였으며¹²⁾, 0.12%의 cholesterol을 첨가하였다 (Table 1). 본 실험에 사용한 메밀채소는 10cm 길이의 메밀채소를 재배, 동결건조하여 사료의 섬유원으로 하였다 (이때 rutin함량은 71mg/g이었다). 따라서, 대조군의 섬유원으로 셀룰로스를, 메밀채소 투여군은 메밀채소의 동결분말을 동등한 양으로 첨가하였다. 한편 rutin 첨가군은 섬유원을 셀룰로스로서 하여 rutin을 0.25% 첨가하였다. 결과적으로 메밀채소군에는 rutin함량이 3.55g/kg, rutin 첨가군에는 2.5g/kg이었다.

실험동물은 4주령의 Sprague-Dawley계 수컷 흰쥐 (명진실험동물, 서울)를 구입, 사육용사료 (삼양유지사료, 원주)로 일주일간 적응시킨 후, 그룹당 7마리씩으로 하여 개별사육 cage에서 4주 동안 사육하였다. 사육실 온도는 23~25°C, 12시간 간격으로 점등과 소등하였다. 실험기간동안 물 및 사료는 자유섭취하도록 하였다. 식

Table 1. Composition of diets (%)

Ingredients	Control	BWV	Rutin
Casein	20	20	20
Corn oil	10	10	10
Mineral mix (AIN-mix)	3.5	3.5	3.5
Vitamin mix (AIN-mix)	1.0	1.0	1.0
Choline bitartrate	0.2	0.2	0.2
DL-methionine	0.3	0.3	0.3
Cellulose	5.0		4.75
BV 10		5.0	
Corn starch	15.0	15.0	15.0
Sucrose	49.88	49.88	49.88
Cholesterol	0.12	0.12	0.12
Rutin			0.25

BWV : Groups fed with diets containing dried buckwheat vegetables

Rutin : Group fed with diets containing rutin

이섭취량 및 체중증가량은 매 2일 마다 측정하였다. 시험기간이 완료된 뒤 12시간 절식시킨 후, 오전 10시에 단두도살하여 혈액을 채취하였다. 혈액은 30분간 실온에 방치하여 원심분리하여 혈청을 얻었으며, 간장은 적출하여 분석시까지 -20°C 로 냉동 보관 하였다.

시험방법

혈청 총 콜레스테롤 (Cholesterol C-2, Wako Chemical Co., 일본), HDL-콜레스테롤 (HDL-Cholesterol Kit, Dai-ichi Chemical Co., 일본), Triacylglycerol (Triglyceride G-2, Wako Chemical Co.), 인지지방질 (Phospholipid C, Wako Chemical Co.)는 각각 효소법으로 측정하였다. 간장중 지방질은 Folch 등의 방법¹³⁾으로 추출정제하여, 콜레스테롤은 효소법으로 중성지방 및 인지지방은 Fletcher 방법¹⁴⁾과 Rouser 등¹⁵⁾이 보고한 방법에 따라 비색정량하였다. 혈청중 글루코스 농도 (Glucose C test kit, Wako Chemical Co.)는 효소법으로, GPT 및 GOT는 Reitman-Frankel법¹⁶⁾을 이용하여 측정하였다. 혈청중 유리지방산은 Brunk와 Swanson의 방법¹⁷⁾에 따라 비색법으로 측정하였다. 결과에 대하여 ANOVA로 분석한 후 $p < 0.05$ 수준에서 LSD-test로 유의성 검정을 행하였다.

결 과

성장별 메밀채소의 일반성분 및 rutin의 함량

Table 2는 성장별 메밀채소 및 종자의 일반성분을 나타내고 있다. 보는 바와 같이 씨앗에 비하여 발아 후 성장사 조단백질과 조지방질의 함량에 현저한 증가를 보이고 있다. 본 실험에서 조지방질은 썬시렛법으로 행한 결과로 채소에서 조지방질의 증가는 지방보다는 엽록소의 증가에 크게 기인되었을 것으로 생각된다.

Table 2. General composition (%) and rutin content (mg/g) of buckwheat vegetables and seeds (dry basis)

	Seeds	BV 1	BV 5	BV 10	BV 15
Moisture	5.3	3.2	6.4	6.9	5.5
Ash	2.2	4.8	8.3	7.9	12.9
Crude protein	10.4	18.1	18.1	17.7	17.7
Crude lipids	2.3	4.7	6.6	7.2	5.6
Sugar	79.8	59.4	53.3	51.5	58.7
Crude fiber	ND	9.8	7.3	8.8	ND
Rutin (mg/g)	0.43	86.8	108.4	91.3	107.2

ND : not determined

The name number denotes the length (cm) of buckwheat vegetables

메밀채소의 길이에 따른 일반성분의 변화패턴은 관찰할 수 없었다. 한편 rutin의 함량은 씨앗에 비하여 메밀채소에서 현저한 증가를 보였다. 그러나 성장사기에 따른 rutin함량의 현저한 변화는 없었다. 메밀종자중 rutin함량은 0.43mg/g 임에 비하여, 껍질에서는 4.89mg/g 으로 나타나, 메밀분 가공시에는 메밀껍질을 제거하므로 식품으로 사용하는 메밀분에 rutin은 매우 낮은 것으로 생각된다.

메밀채소의 *in vitro* HMG-CoA reductase 활성저해도

본 실험에서 추출물의 첨가량은 $100\mu\text{g/assay}$ 이었다. 본 실험에서는 pravastatin (Mevalotin, Hanil Pharm. Ind. Co. LTD., 서울) 및 rutin을 동시에 비교하였다. Pravastatin은 현재 HMG-CoA reductase 저해제로서 임상용으로 사용되고 있다¹⁸⁾. Table 3에서 보는 바와 같이 pravastatin 첨가시 control의 37.2%에 상응하는 활성을 보여 약 63%의 저해효과를 나타내었다. 한편 사료로 사용한 메밀채소의 물추출물은 오히려 효소활성을 약 150% 상승시켰으며, 종자물추출물의 경우는 control과 비슷한 94%의 효소활성을, 껍질추출물의 경우 67%의 활성을 나타내어 각각 6%, 33%의 저해효과를 나타내고 있다. 한편 rutin의 경우 $20\mu\text{g/assay}$ 첨가시 효소활성의 저해도는 약 9%였다. 한편 메밀채소를 메타놀로 추출한 추출물을 $25\mu\text{g/assay}$ 첨가시 효소활성은 rutin의 저해도와 유사하였다.

메밀채소투여시 동물의 성장 및 식이섭취량

Table 4는 실험기간중 각 군의 체중증가 및 식이섭취량을 나타내고 있다. 보는 바와 같이 체중증가는 대조군에 비하여 실험군에서 낮은 증가량을 보였으며, 특히 rutin섭취군에서 유의하게 낮은 체중증가율을 보

Table 3. *In vitro* inhibitory effects of various water extracts on HMG-CoA reductase activity

Sample	Specific activity	Percentage of control (%)
Control	2,185	100.0
Pravastatin	852	40.0
Rutin	1,993	91.2
Buckwheat seed	2,039	93.3
Seed coat	1,473	67.4
Buckwheat vegetables (10cm)	3,296	150.8

Specific activities were expressed as pmol NADPH oxidized /min/100 μl microsomal protein

The amount added as an inhibitor: $100\mu\text{g/assay}$ (rutin $20\mu\text{g/assay}$)

Table 4. Growth parameters and liver weight in rats

Groups	Initial body weight (g)	Weight gain (g/4 weeks)	Food intake (g/day)	FER	Liver weight (g)
Control	141±5	158± 7 ^a	14.6±0.33	0.40±0.01 ^a	8.4±0.23
BWV	141±5	136±10 ^{ab}	13.9±0.65	0.36±0.02 ^a	7.9±0.59
Rutin	140±5	111± 7 ^b	13.7±0.59	0.30±0.02 ^b	7.4±0.55

Mean±S.E. of 7 rats

See the Table 1 for the other abbreviations

FER (Feed efficiency ratio) : weight gain divided by total feed intake during the experimental period

^a Values in the same column with different superscript letters are significantly different (p<0.05)

Table 5. The concentrations of serum lipids and glucose in rats (mg/ dl)

Groups	TC	HDL-C	TG	PL	HDL/TC (%)	NEFA	Glucose
CON	93.2±7.7	52.8±2.5	185±26	189±9 ^a	59.7±6.8	8.6±0.48	82.9±3.6
BWV	79.4±4.7	47.2±2.5	159±19	162±4 ^b	59.8±1.9	9.0±0.59	88.6±3.7
Rutin	79.6±6.0	53.4±2.2	104± 6	183±9 ^{ab}	68.5±4.0	9.7±0.38	90.2±6.0

Mean±S.E. of 7 rats

See the Table 1 for the other abbreviations

CON : control group, TC : total cholesterol, HDL-C : HDL-cholesterol, TG : triacylglycerol,

PL : phospholipid, NEFA : non esterified fatty acids

였다. 비록 간장중량은 대조군에 비하여 실험군에서 낮은 경향을 보였으나, 체중당 간장중량은 오히려 실험군에서 높은 경향을 보였다. 식이효율은 rutin투여군에서 현저한 감소를 보였으나, 식이섭취량에 군간 유의한 차이는 없었다.

혈청지질 농도 및 glucose 농도

Table 5에서 보는 바와 같이 혈청콜레스테롤 농도는 대조군에 비하여 실험군에서 낮은 농도를 나타내었으나, 통계적인 유의한 차이는 없었다. 메밀채소 및 rutin 투여군간 혈청콜레스테롤 농도에는 차이가 없었으나, 두군 모두 대조군에 비하여 약 15%의 혈청콜레스테롤 저하효과를 나타내고 있다. HDL-콜레스테롤 농도는 군간 유의한 차이는 없었으나, HDL-/total-콜레스테롤 농도의 비는 rutin 섭취군에서 높은 경향을 보였다. 혈청중성지방 농도는 대조군에 비하여 rutin섭취군에서 유의하게 낮았으나, 메밀채소 섭취군은 대조군과 rutin섭취군의 중간정도의 농도를 나타내었다. 혈청인 지방질은 메밀채소 섭취군에서 두군에 비해 유의하게 낮았으나, 대조군과 rutin 섭취군간의 농도의 차이는 없었다. 이는 메밀채소 섭취군의 상대적으로 낮은 경향을 보인 HDL-콜레스테롤 농도를 반영한 것으로 생각된다. 혈청유리지방산 농도 및 혈청 glucose 농도에 군간 유의한 차이는 없었다. 혈청 GOT 및 GPT 활성에 식이에 의해 차이는 없었다 (data not shown).

Table 6. The concentrations of liver lipids in rats (mg/g)

Groups	Cholesterol	Triacylglycerol	Phospholipid
Control	6.38±0.61 ^{ab}	22.4±3.2	30.6±1.4
BWV	4.83±0.60 ^a	22.5±3.9	30.3±2.7
Rutin	6.86±0.44 ^b	21.6±1.4	30.0±1.6

Mean±S.E. of 7 rats

^a Values in the same column with different superscript letters are significantly different (p<0.05)

See the Table 1 for the other abbreviations

간장지질 농도

Table 6은 간장중 지질농도를 나타낸 것이다. 간장 콜레스테롤 농도는 메밀채소 투여군에서 다른 두군보다 현저하게 낮았으나, 대조군과 rutin섭취군간 유의한 차이는 없었다. 그러나 간장중성지방 및 인지방질 농도에 군간 차이는 없었다.

고 찰

Rutin은 경구투여시 소화관의 미생물에 의해 분해되어 quercetin이나, 그 유도체로 전환 흡수되는 듯하다¹⁹⁾. Quercetin의 지질대사에 미치는 효과 등에 관한 연구는 미미한 실정으로, Basarker와 Nath²⁰⁾은 1%의 콜레스테롤을 섭취한 흰쥐에서 quercetin의 혈청콜레스테롤 저하작용을 보고하고 있으나, Kato 등²¹⁾은 콜레스테롤 무첨가식에서 단지 혈청중성지방 농도의 감소만을 보고

하고 있다. 한편, Shaikemeleva⁶⁾는 개에 4mg/kg 수준으로 rutin을 정맥투여했을 때 혈액 및 간장의 콜레스테롤 저하효과가 있음을 보고한 바 있다. 최근 rutin의 함량이 높은 메밀채소를 재배하여 이를 rutin이 아닌 기능성 식품으로 개발하고자 하는 연구가 시도되어 왔으나, 메밀채소의 생체내에서의 생리적 효과등은 알려져 있지 않다⁷⁾. 본 연구의 *in vitro*와 *in vivo*의 실험결과는 영양원으로서 뿐만 아니라 체내 콜레스테롤대사를 조절할 수 있는 채소임을 시사한다.

메밀을 재배하여 성장하는 과정에서 메밀채소의 rutin 함량은 크게 변화하지 않았으나, 메밀종자에 비하여 메밀채소의 rutin 함량은 약 150~200배 이상으로 증가하여 rutin을 이용하고자 하는 목적으로 메밀야채를 이용할 경우 매우 효과적인 식품이 될 수 있음을 보여준다. Rutin은 비교적 물에 용해도가 낮아, 조리과정에서도 그 손실량은 적을 것으로 생각되어진다. 메밀채소의 rutin 함량은 생육시기, 재배환경, 종자의 종류에 따라 변화하고 있음이 보고되고 있다⁸⁾.

HMG-CoA reductase는 생체내 콜레스테롤합성과정 중 중요한 유효효소로 콜레스테롤 합성저해제 개발의 주요한 지표로 이용되고 있다⁹⁾. 현재 콜레스테롤 합성 저해제로 이용되고 있는 pravastatin (100 μ g/assay)은 본 실험에서 60%의 효소활성을 억제하고 있다. 그러나 rutin은 20 μ g/assay를 첨가를 하였으나 효소활성의 저해효과는 약 9% 정도로 미약하였다. 저자 등²²⁾은 *in vitro*에서 메밀껍질의 HMG-CoA reductase 활성저해를 보고한 바 있으며, 실제로 메밀껍질을 0.5% 수준으로 닭에 투여시 15%의 혈청콜레스테롤 농도저하 효과가 있음을 확인한 바 있다 (unpublished data). 이러한 메밀껍질의 HMG-CoA reductase 활성의 저해효과는 본 연구에서도 확인되어 약 33%의 저해효과를 나타내었다. 그러나 메밀종자의 효소활성 저해효과는 약 7%로 낮았으며, 더구나 메밀채소의 물추출물은 효소활성을 150% 상승시키는 결과를 나타내어 오히려 메밀채소의 추출물에는 HMG-CoA reductase를 활성화시키는 효과가 있음을 시사한다. 이러한 결과로부터 적어도 rutin의 HMG-Co reductase 효소활성의 저해효과는 없는 것으로 판단된다.

메밀채소, 특히 rutin의 투여는 체중의 증가를 억제시키는 효과가 있음을 보여주었다. Rutin군에서의 낮은 식이효율이 rutin의 어떤 효과에 기인되는지는 알 수 없다. 혈청중 GPT나 GOT 활성에 사료의 차이에 의한 차이는 없어 간장에 대한 rutin의 독성은 없는 듯하다. 그러나, 본 실험에서 식이중 rutin량은 메밀채소 섭취군

(3.55g/kg)이 rutin 단독 투여군 (2.5g/kg) 보다 높아, 메밀채소중에 함유된 rutin 이외의 성분이 식이효율의 상승 및 체중감소를 억제하는 것으로 생각된다.

한편, 원취에 있어 메밀채소 또는 rutin의 식이투여는 혈청콜레스테롤 농도 저하효과가 있음을 잘 보여주고 있다. 이러한 결과는 비록 투여 방법 또는 동물의 종류는 다르나, 개에 rutin을 정맥주사시 혈액콜레스테롤 농도가 낮아진다는 결과와 일치하고 있다⁶⁾. 특히 메밀채소 섭취군은 rutin함량이 많음에도 불구하고, HDL-콜레스테롤농도, HDL-/total-콜레스테롤의 비율은 오히려 rutin군에서 높은 경향을 보여주고 있어, 두 군간 지방단백질의 패턴변화는 rutin 단독에 기인되지 않는 듯하다. 어쨌든, 혈청중성지방의 농도는 rutin군에서 유의하게 낮았음에도 불구하고, rutin 또는 메밀채소의 섭취에 의한 간장중성지방 농도에 변동이 없다는 결과로부터, rutin에 의한 혈청중성지방 농도의 변화는 간장에서의 VLDL의 분비속도의 변화보다는 오히려 VLDL이나 LDL의 이용도에 차이에 기인할 것으로 판단된다. 또한, 절식 후 유리지방산 농도는 대조군에 비하여 rutin투여군에서 높은 경향을 나타내어, 대조군에 비하여 rutin군의 지방이용도가 높음을 예측할 수 있다. 그러나, 이와는 달리 혈청콜레스테롤 농도의 차이는 없음에도 불구하고, 간장콜레스테롤 농도는 메밀채소 투여군이 rutin 투여군보다 현저히 낮은 농도를 나타내고 있다. 이러한 효과가 식이중 rutin 함량의 차이, 또는 rutin이외의 성분에 의해 발견되고 있는지는 알 수 없다. 하나의 가능성으로 메밀채소중에 존재하는 섬유소의 물리적인 효과에 기인될 수도 있을 것이다. 간장콜레스테롤의 축적은 간장의 LDL-receptor 활성을 억제하므로 rutin군의 경우 장기투여에 의해 혈청콜레스테롤의 상승을 유발할 가능성이 있다²³⁾. Haug 등²⁴⁾은 혈청콜레스테롤이 상승하기 전 현저한 간장콜레스테롤의 축적현상을 지적하고 있어, rutin의 장기적인 투여에 의해 혈청콜레스테롤 농도의 상승이 유발될 가능성은 배제될 수 없을 것이다.

햄스터와 같은 동물에서 30일간 0.12%의 콜레스테롤을 투여시 콜레스테롤합성과 LDL-receptor 활성은 최대로 억압되어진다²⁵⁾. 본 결과는 0.12%의 콜레스테롤 투여식에서 메밀채소의 효과적인 간장콜레스테롤 농도의 억제효과를 보여준다. 아직까지, rutin 또는 quercetin의 혈청콜레스테롤 농도 저하작용의 메카니즘을 검토한 연구는 전무하다. 그러나, Table 3에서 본 바와 같이 rutin 또는 메밀채소 추출물은 HMG-CoA reductase 활성을 억제시키지 못하거나, 오히려 활성화시키는 효과를 나타내므로, 적어도 실험군 (메밀채소군과 rutin군)

에서 혈청콜레스테롤의 감소는 콜레스테롤합성 조절 이외의 메카니즘에 의해 발현될 것으로 생각된다.

결론적으로, 실험동물에 있어 메밀채소 및 rutin의 경구투여는 혈청콜레스테롤 농도를 감소시키는 경향을 보이며, 메밀채소는 부가적으로 간장콜레스테롤 농도를 감소시키고 있음을 알 수 있었다. 그러나 rutin은 *in vitro*에서 HMG-CoA reductase 활성 저해효과가 없음을 보여 준다. 본 연구결과는 혈청콜레스테롤 농도 조절을 목표로 하는 기능성식품으로서 메밀채소의 개발가능성을 시사한다.

요 약

메밀채소의 *in vitro* HMG-CoA reductase 효소의 활성저해 및 흰쥐에 투여시 체내조직의 지질농도를 평가하였다. 메밀채소는 1~15cm 길이의 초장으로 재배하여 동결건조하였다. Rutin의 함량은 성장과정 중 크게 변화하지 않았다. 메밀채소의 물추출물은 *in vitro* HMG-CoA reductase 활성을 150%까지 활성화시켰다. 메밀채소 또는 rutin을 함유하는 콜레스테롤식을 4주간 흰쥐에 자유급식시켰다. 식이 메밀채소 및 rutin은 혈청콜레스테롤 농도를 감소시키는 경향이 있었다. HDL-콜레스테롤과 총 콜레스테롤 농도의 비는 rutin섭취군에서 약간 높았다. 혈청중성지질 농도는 대조군에 비하여 rutin섭취군에서 낮았으며, 메밀채소 투여군은 중간정도의 농도를 나타내었다. 간장콜레스테롤 농도는 메밀채소 투여군에서 현저하게 낮았다. 이러한 결과로부터 콜레스테롤식을 섭취한 흰쥐에 메밀채소의 투여는 간장 및 혈청의 지질농도의 감소효과가 있음을 보여주며, 더 나아가 메밀채소에 의한 콜레스테롤 저하효과는 적어도 콜레스테롤합성조절에 기인되지는 않은 듯 하다.

감사의 글

이 논문은 1993년도 한국학술진흥재단의 공모과제 연구비에 의하여 연구되었음.

문 헌

1. Stehbens, W. E. : Diet and atherogenesis. *Nutr. Rev.*, **47**, 1 (1989)
2. 최용순, 이상영 : 혈청콜레스테롤과 3-hydroxy-3-methylglutaryl coenzyme A reductase. *한국영양식량학회지*, **21**, 580 (1992)
3. 최면, 김종대, 박경숙, 오상룡, 이상영 : 메밀보충급

여가 백서의 혈당 및 혈압에 미치는 영향. *한국영양식량학회지*, **20**, 300 (1991)

4. 최용순, 안철, 심호흠, 최면, 오상룡, 이상영 : 인스탄트 메밀국수가 백서의 소화흡수율, 간장 및 혈청지질 농도에 미치는 영향. *한국영양식량학회지*, **21**, 478 (1992)
5. 생약학연구회편 : 현대생약학. 학장사, 서울, p.318 (1993)
6. Shaikemeleva, U. S. : Effect of rutin on cholesterol content in dog lymph, blood and tissues. *Byull. Eksp. Biol. Med.*, **95**, 53 (1983)
7. Choi, B. H., Park, K. Y. and Park, R. K. : Vegetable value and productivity of buckwheat seedlings. *Korean J. Crop Sci.*, **37**, 86 (1992)
8. Ohara, T., Ohinata, H. and Muramatsu, T. : Determination of rutin in buckwheat foods by high performance liquid chromatography. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, **36**, 114 (1989)
9. 이상영, 심호흠, 함승시, 이해익, 최용순, 오상룡 : 메밀의 영양성분과 냉동건조막국수의 이화학적 성질. *한국영양식량학회지*, **20**, 354 (1991)
10. Van Soest, P. J. and McQueen, R. W. : The chemistry and estimation of fiber. *Proc. Nutr. Soc.*, **32**, 123 (1973)
11. Kleinsek, D. A., Dugan, R. E., Baker, T. A. and Porter, J. W. : 3-hydroxy-3-methylglutaryl CoA reductase from rat liver. *Method in Enzymol.*, **71** (Part C), 462 (1981)
12. American Institute of Nutrition : Report of the American Institute of Nutrition Ad Hoc Committee on standards for nutritional studies. *J. Nutr.*, **107**, 1340 (1977)
13. Folch, J., Lees, M. and Sloane-Stanly, G. H. : A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. Biol. Chem.*, **226**, 497 (1957)
14. Fletcher, M. J. : A colorimetric method for estimating serum triglycerides. *Clin. Chim. Acta*, **22**, 393 (1968)
15. Rouser, G., Siakatos, A. N. and Fleischer, S. : Quantitative analysis of phospholipids by thin-layer chromatography. *Lipids*, **1**, 85 (1966)
16. Reitman, S. and Frankels, S. : A colorimetric method for the determination of serum glutamic oxaloacetic and glutamic pyruvic transaminase. *Am. J. Clin. Path.*, **26**, 56 (1957)
17. Brunk, S. D. and Swanson, J. R. : Colorimetric method for free fatty acids in serum validated by comparison with gas chromatography. *Clin. Chem.*, **27**, 924 (1981)
18. Endo, A. : The discovery and development of HMG-CoA reductase inhibitors. *J. Lipid Res.*, **33**, 1569 (1992)
19. Ueno, I., Nakano, N. and Hirono, I. : Metabolic fate of ¹⁴C-quercetin in the ACI rat. *Jpn. J. Exp. Med.*, **53**, 41 (1983)
20. Basarker, P. W. and Nath, N. : Hypocholesterolemic and hypolipidemic activity of quercetin, a vitamin P-like compound in rats. *Indian J. Med. Res.*, **77**, 122 (1983)
21. Kato, N., Tosa, N., Doudou, T. and Imamura, T. : Eff-

- ects of dietary quercetin on serum lipids. *Agric. Biol. Chem.*, **47**, 2119 (1983)
22. 이윤형, 신용복, 이재은, 최용순, 이상영 : 식물추출물로 부터 3-hydroxy-3-methylglutaryl coenzyme A reductase의 활성저해제의 탐색. *한국생물공학회지*, **6**, 55(1991)
23. Spady, D. K. and Dietschy, J. M. : Dietary saturated triacylglycerols suppress hepatic low density lipoprotein receptor activity in the hamster. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, **82**, 4526 (1985)
24. Haung, Y. S., Horrobin, D. F. and Manku, M. S. : Short-term effect of dietary cholesterol on tissue n-6 fatty acids in fat-deficient rats. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, **178**, 209 (1985)
- (1994년 2월 16일 접수)