

누에 분말 첨가빵이 Rat의 콜레스테롤 및 중성지질에 미치는 영향

*김 영 호

혜전대학 호텔제과제빵과

Effect of Bread with Added Silkworm Powder and Cholesterol on Lipid Metabolism of Rat

*Young-Ho Kim

Dept. of Hotel Baking Technology, Hyejeon College, Chungnam 350-701, Korea

Abstract

The principal objective of this study was to assess the effects of bread supplemented with silkworm powder and cholesterol on the lipid metabolism in rats. When the rats were fed on bread supplemented with silkworm powder and cholesterol, their net weight tended to decrease as compared with the controls. Although the rats' food intake was increased, it did not increase significantly, but the feed efficiency ratio was substantially reduced. The levels of total and LDL-cholesterols were reduced, but the levels of HDL-cholesterol were increased. The HDL-cholesterol to total cholesterol ratio and level of triglyceride level were increased substantially. The atherogenic index was reduced when rats were fed on bread supplemented with silkworm powder, and thus we concluded that the bread caused an improvement in symptoms associated with high-cholesterol.

Key words: silkworm powder, bread, cholesterol, triglyceride.

서 론

사람들은 예로부터 비단을 얻기 위해 누에를 길러 왔으며, 양잠 산물인 실크피브로인, 누에, 뽕잎, 오디 등은 기능성 천연식품 소재로서 높은 부가가치를 지니게 되었다. 최근 들어 우리나라와 일본 등 양잠 선진국에서는 누에가 갖는 기능성 물질, 즉 식품으로 이용했을 때의 효과에 주목하여 연구에 박차를 가하고 있다.

누에를 식용으로 하는 것은 양잠을 하는 사람들 사이에서 예부터 널리 알려져 있었다. 누에는 단백질을 풍부하게 함유하고 있어 약용보다는 식품으로 주로 이용되어 왔으며, 누에는 음식 섭취 후에 당분의 분해와 흡수를 지연시킴으로써 혈당 강하에 효과를 나타내었다고 하였다. 누에 분말은 누에나 방과에 속하는 유충으로서 신농경본초의 중품에 나타나 있으며, 누에 중의 deoxynojirimycin(DNJ)은 장내 탄수화물을 분

해하는 효소인 α -glucosidase의 활성을 억제하여 식후 급격히 상승하는 혈당을 조절하는 것으로 알려지고 있다^{1,2)}. 누에 분말의 제조 환경 조건에 따라 혈당이 강하되는 효과를 비교하고³⁾ 누에 분말을 투여하는 기간에 따른 혈당 강하에 미치는 영향을 연구한 보고 등이 있으며⁴⁾, 뽕잎과 누에가루 혼합 환의 streptozotocin 유발 당뇨쥐에서의 혈당 강하 효과가 있다고 보고하였다. 우리나라 당뇨병 환자가 경험한 민간요법 조사에서 82.9%가 누에 분말을 섭취한 경험이 있었으며⁵⁾, 인슐린 비의존형 당뇨병환자에게 하루에 누에 분말 500 mg을 복용했을 때 65%의 혈당 강하 효과를 보았다고 보고되었다⁶⁾. 또한, Lee 등⁷⁾은 rat의 사료로 누에 분말을 투여함으로써 장관 기능이 유의성 있게 개선되었다고 보고하였다. 한편, 제빵에서도 빵, 과자에서도 소비자의 시대적 욕구에 맞는 건강기능성 제품에 대한 개발을 위해 제빵에 여러 가지 기능성 재료를 첨가한 연구에서 효소⁸⁾나 솔잎 추출물⁹⁾을 이용한 빵 품질

* Corresponding author: Young-Ho Kim, Dept. of Hotel Baking Technology, Hyejeon College, Chungnam 350-701, Korea.
Tel: +82-41-630-5239, Fax: +82-41-631-4405, E-mail: kimyh77@hj.ac.kr

개선 연구 등 천연물질을 이용한 빵 제조가 보고되었고, 열처리한 밀기울 식이섬유 성분과 기능 특성 등에 관해 연구도 있다^{10,11)}. 양잠 산물을 이용한 제빵 연구에서 Kim¹²⁾은 누에고치 분해 산물인 실크펩티드를 첨가한 빵 반죽의 이화학적 특성에서 실크펩티드는 제빵에 첨가시 산화제 기능을 나타내어 천연산화제로서의 제빵 개량제 효과가 있다고 보고하였고, Kim 등¹³⁾은 누에가루 첨가 반죽의 물성 변화 및 빵의 품질 특성에서 누에의 단백질 분해효소가 제빵 적성에 영향을 미친다고 보고하였다.

누에의 α -glucosidase에 의한 혈당 강하 기능, 중성지질을 감소시키고 콜레스테롤 저하 및 당뇨병 치료 기능을 가진 누에 분말을 빵, 과자의 원료로 이용하여 이들 기능성을 가진 빵을 제조하는 기술을 개발하는 것은 이들 질병의 치료나 예방을 위하여 필요하겠다. 한편, 이러한 누에 분말을 첨가하여 제조한 빵을 실험동물에 급여한 생리 활성 효과에 대해 조사한 연구보고는 아직 없다.

따라서 본 연구에서는 누에가루를 첨가한 빵을 사료로 실험동물에 직접 급여하여 콜레스테롤 및 중성지질 개선에 미치는 누에 분말 첨가빵의 기능적 효과를 알아보려고 한다.

재료 및 방법

1. 실험 시료

밀가루는 대한제분(Daehan Milling Co, Seoul, Korea) 강력분 1급품을 사용하였다. 누에가루는 산청농협에서 5령 3일 누에를 동결건조로 제조한 제품을 사용하였다. 이스트(Ottogi Co, Anyang, Korea)는 생이스트, 식염은 한주(Hanju Co, Ulsan, Korea) 정제염, 쇼트닝은 삼립유지 제품, 탈지분유는 서울우유협동조합 제품을 각각 사용하였다.

2. 반죽의 배합과 제빵 방법

제빵에 사용한 원료의 기본 배합비는 Table 1과 같으며, 제빵은 Finny¹⁴⁾의 방법을 수정한 직접반죽법(straight dough method)을 사용하였다. 제조공정은 믹서(NVM-14, Dae Young Co, Seoul Korea)를 이용하여 쇼트닝을 제외한 나머지 원료를 첨가하여 크린-업 상태까지 혼합하였다. 크린-업된 반죽에 쇼트닝을 첨가하여 1단 속도에서 3분간 혼합한 후 2단 속도에서 최적

상태의 반죽이 형성될 때까지 혼합하였다. 혼합 후 최종 반죽 온도는 26°C가 되도록 하였다. 1차 발효는 27°C, 상대습도 80%의 발효기(BP-40, Dae Young Co, Seoul, Korea)에서 최적의 발효상태까지 실시하였다. 1차 발효가 끝난 반죽은 180 g으로 분할하여 둥글리기한 후 15분간 중간 발효를 시켰다. 중간 발효가 끝난 후 밀대를 사용하여 가스 빼기를 하고 반죽을 원통형으로 성형하여 빵 틀에 3개씩(180 g×3) 넣고, 발효온도 37°C 상대습도 85%에서 빵 틀의 1 cm 높이까지 반죽이 팽창할 때까지 2차 발효를 실시하였다. 2차 발효가 끝난 반죽은 190~200°C의 오븐(FDO-7102, Dae Young Co, Seoul, Korea)에서 굽기를 하였다.

3. 일반성분 분석

일반성분은 AOAC법¹⁵⁾에 따라, 수분 함량은 105°C의 상압 가열건조법, 회분은 600°C의 직접회화법, 조단백질 함량은 micro-Kjeldahl 법을 사용하였고, 조지방 함량은 Soxhlet 추출법으로 측정하였다. 조섬유는 Prosky 등 법¹⁶⁾으로 total dietary fiber 측정용(Sigma Co, St. Louis, USA) kit를 사용하여 측정하였다.

4. 실험동물

생후 4주령된 수컷 rat를 삼육실험동물(수원)로부터 분양 받아 온도 23±1°C, 습도 60±5%를 유지하면서 light-dark cycle을 12시간씩 유지되는 동물 사육실에서 사료와 물을 충분히 공급하면서 1주일간 적응시켜 실험에 사용하였다. 실험에 사용된 rat의 체중은 170±15 g의 rat를 8 마리씩 한 군으로 하여 6주간 사육하였다.

5. 시료 투여 및 식이

누에가루를 첨가하지 않은 대조구의 빵과 누에가루를 2.0% 및 4.0% 첨가하여 제조한 빵을 실온에서 48시간 건조시켜 분말화한 다음 콜레스테롤을 0.5% 첨가한 것을 실험식으로 사용하였다.

6. 체중 측정 및 채혈

체중은 최종 체중에서 실험 개시 전의 체중을 감하여 체중 증가량으로 표시하였고, 식이 섭취량은 일정 시간에 측정하

Table 1. Formula of white pan bread with added silkworm powder by straight dough method (Unit: %)

	Wheat flour	SW ¹⁾	Sugar	Shortening	Salt	NFDM ²⁾	Yeast	Water
Control	100	0	5	4	2	3	3	63
SW 2.0%	100	2	5	4	2	3	3	63
SW 4.0%	100	4	5	4	2	3	3	63

¹⁾ SW: Silkworm powder, ²⁾ NFDM: Non fat dry milk.

였으며, 식이 효율(food efficiency ratio: FER)은 체중 증가량을 식이 섭취량으로 나누어 산출하였다. 실험기간 중 체중은 매일 일정한 시간에 측정하였고, 혈청을 채취하기 하루 전날의 체중을 측정하여 마지막 체중으로 결정하였고, 실험 사육 최종일에 12시간을 절식시킨 후 urethane 마취하에서 복대동맥으로부터 채혈하였다.

7. 혈액 채취 및 혈중 지질 분석

실험 동물은 에테르로 마취한 상태에서 복부를 절개하여 대동맥에서 혈액을 채취하였으며, 채취한 혈액은 4℃에서 40분간 방치한 후에 3,000×g에서 20분간 원심분리하여 혈청을 분리하였다. 혈중 총 콜레스테롤 분석은 cholesterol E kit(BC 108-E, 영동제약, 용인, 한국)를 이용하여 비색 정량하였고, 혈중 중성지방은 TG kit(BC118, 영동제약, 용인, 한국)을 이용하였고, 혈중 HDL-콜레스테롤은 kit(A308-HDL, 영동제약, 용인, 한국)을 이용하였으며, Noma 등¹⁷⁾과 Tiez 등¹⁸⁾의 방법에 따라 측정하였다.

LDL-콜레스테롤의 값은 Friedwald 등¹⁹⁾의 다음 공식에 의거하여 계산하였다.

$$\text{LDL-cholesterol} = \text{Total cholesterol} - \text{HDL-cholesterol} + (\text{TG}/5)$$

동맥경화지수(atherogenic index: AI)는 동맥경화의 위험률을 예측할 수 있는 변인으로 아래와 같은 방법으로 산출하였다.

$$\text{AI} = (\text{Total cholesterol} - \text{HDL-cholesterol}) / \text{HDL-cholesterol}$$

60세 이상의 노인에서 심혈관 질환 발생의 위험인자로 보고된 LHR은 [LDL-콜레스테롤/HDL-콜레스테롤]를 이용하여 계산하였다²⁰⁾.

8. 통계처리

실험 결과는 SAS 프로그램(statistical analysis, ver. 8.1)을 이용하여 실험군당 평균과 표준편차를 계산하였고, 일원배치 분산 분석(One way analysis of variance)을 한 후 $p < 0.05$ 수준에서 Duncan's multiple range test에 의하여 각 실험군의 평균치 간의 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

1. 시료 및 빵의 일반성분

밀가루 및 누에 분말의 일반성분 조성은 Table 2와 같다. 단백질은 밀가루가 12.56%인 반면에 누에 분말은 54.75%의 고

Table 2. Compositions of wheat flour and silkworm powder (Unit: %)

	Moisture	Crude protein	Ash	Crude fat	Crude fiber
Wheat flour	13.7	12.56	0.428	1.17	0.18
Silkworm powder	10.6	54.75	7.678	9.35	7.23

Table 3. Compositions of bread with added wheat flour and silkworm powder (Unit: %)

	Bread		
	SW ¹⁾ 0%	SW 2.0%	SW 4.0%
Moisture	38.53	39.36	39.83
Crude protein	13.70	15.15	16.23
Crude fat	3.95	4.06	4.38
Ash	2.36	2.75	2.86

¹⁾ SW: Silkworm powder.

단백질 식품으로 나타났다. 이와 같이 누에 분말은 고단백질 함량으로 제빵의 발효과정 중 완충 효과 등의 영향으로 제빵에 누에 분말 첨가시는 혼합 및 발효에 많은 영향을 주어 제빵성의 저하가 예측된다. 조섬유는 밀가루, 누에 분말이 각각 0.18% 및 7.23%였으며, 회분 함량은 밀가루가 0.428%, 누에 분말이 7.678%로 누에 분말이 조섬유와 회분 함량이 매우 높게 나타났다. 누에는 5령 3일, 5령 6일로 발육시기에 따라 주요 성분의 차이가 다소 있으나, 본 실험에 사용한 누에 분말은 5령 3일 누에 성분과 비슷한 수준이었다²¹⁾. 누에 분말을 첨가한 빵의 일반 성분은 Table 3과 같다. 누에 분말 첨가량이 증가함에 따라, 빵의 수분 함량은 대조군에 비해 증가하는 경향을 나타내었으며, 회분 함량은 대조군 빵이 2.36%였고, 누에 분말을 2.0%, 4.0%를 첨가한 빵은 2.75%, 2.86%로 높았다. 빵의 단백질 함량을 보면 누에 분말을 첨가하지 않은 대조군이 13.70%였고, 누에 분말 2.0%, 4.0% 첨가군은 각각 15.15%, 16.23%로 누에 분말 증가로 인해 단백질 함량이 높게 나타났다.

2. 체중 증가량, 식이 섭취량 및 식이 효율

누에 분말을 0%, 2.0% 및 4.0% 첨가하여 제조한 빵을 건조하여 분말화 한 다음 콜레스테롤 0.5% 첨가하여 6주간 급여한 후 rat의 체중 증가율, 식이 섭취량 및 식이 효율을 조사한 결과는 Table 4와 같다.

Rat의 1일 평균 체중 증가량은 누에 분말을 첨가하지 않은 빵인 대조군에 비하여 누에 분말 첨가빵 급여군에서 낮게 나

Table 4. Effect of with bread silkworm powder and cholesterol on weight gain, feed intake and feed efficiency ratio of rats

Bread ¹⁾	Food intake (g/day)	Net weight gain (g/day)	FER ²⁾ (%)
Control	20.52±0.73 ^{a3)}	4.02±0.14 ^a	0.20±0.02 ^a
Silkworm powder 2.0%	21.01±0.63 ^a	3.70±0.17 ^a	0.17±0.02 ^b
Silkworm powder 4.0%	23.05±0.59 ^a	3.41±0.23 ^a	0.15±0.01 ^b

¹⁾ Bread contains 0.5% cholesterol, ²⁾ Feed efficiency ratio,

³⁾ Means±SD(n=8),

^{a-b} Means with different superscripts within a column indicate significant difference($p < 0.05$).

타났으며, 첨가량이 증가할수록 감소하는 경향을 보였고 4.0% 급여군에서 감소가 더 컸다. 이는 누에 분말이 고단백질로서 체내의 소화, 흡수, 이동, 대사 및 저장에 사용되는 에너지 소모량이 높았던 것으로 생각된다. 식이 섭취량은 누에 분말 첨가구들이 대조군보다 증가되었으나, 유의성 있는 차이를 보이지 않았다. 식이 효율은 대조군에 비하여 누에 분말 2.0% 및 4.0%를 첨가한 빵에서 유의적인 감소현상을 보였으며, 첨가량에서는 큰 차이를 나타내지 않았다.

3. 혈청 콜레스테롤 및 중성지질

누에 분말을 0%, 2.0% 및 4.0% 첨가하여 제조한 빵을 건조하여 분말화 한 다음 콜레스테롤 0.5%를 각각 첨가하여 rat의 식이로 6주간 급여한 후 rat의 총콜레스테롤 농도, HDL-cholesterol, LDL-cholesterol, HDL-cholesterol 농도에 대한 LDL-cholesterol 농도비율(LHR) 및 동맥경화지수를 측정 한 결과는 Table 5와 같다. 총콜레스테롤 농도는 누에 분말을 첨가하지 않은 대조군이 94.7±3.4 mg/dl이었고, 누에 분말 2.0% 첨가구는 76.1±1.7 mg/dl, 4.0% 첨가구는 74.1±0.9 mg/dl로 나타나 누에 분말 첨가 빵 급여시 대조군에 비하여 혈청 콜레스테롤 농도가 유의적으로 감소되는 경향을 보여 누에 분말 첨가빵이 혈청의 콜

레스테롤 저하에 효과가 있음을 나타내었다. 총콜레스테롤 중 HDL-콜레스테롤의 함량을 보면 대조군은 33.2±2.3 mg/dl이었으나, 누에 분말 2.0% 및 4.0% 첨가군은 각각 36.2±1.8 mg/dl, 36.9±3.3 mg/dl를 나타내어 누에 분말 첨가빵 급여시 HDL-콜레스테롤 함량이 유의적으로 증가된 것으로 관찰되었다. Sugiyama 등²²⁾과 Lou 등²³⁾은 피브로인 펩티드의 생리학적 활성으로는 casein diet를 투여한 rat에 피브로인을 병용 투여하면 혈청 콜레스테롤 농도의 상승을 억제하는데 이는 주로 glycine에 의한 효과라고 하였고, 또한 rat에서 피브로인을 첨가한 식이를 사료로 급여한 후에 혈청 콜레스테롤 농도의 저하가 관찰되었다고 보고하였다. 본 실험에서도 누에 분말 첨가빵 급여시 이와 유사한 결과를 보였고, 누에 분말 첨가빵 급여시 총콜레스테롤의 상승 억제효과를 보인 것은 누에 분말에 다량 함유된 glycine의 영향으로 생각된다.

LDL-콜레스테롤 농도는 대조군이 40.9±3.7 mg/dl이었으나, 실크웬트 2.0% 및 4.0% 첨가군은 각각 21.4±2.5 mg/dl, 19.5±3.1 mg/dl로 나타내어 누에 분말 첨가빵 급여시 LDL-콜레스테롤이 유의적으로 감소하였다. 순환기계로부터 오는 성인병은 대부분 동맥경화에 의하여 발병되므로 이러한 것을 이용하여 순환기계 질환의 발병 초기 지표로 알려진 동맥경화지수를 총콜레스테롤과 HDL-콜레스테롤로부터 산출한 결과는 대조군이 1.85±0.02이었고, 누에가루 2.0% 및 4.0% 첨가구는 각각 0.48±0.02, 0.50±0.01로 나타내어 누에 분말 첨가 빵 급여시 동맥경화지수가 유의적으로 감소되어 고콜레스테롤증 개선효과가 있을 것으로 예측된다.

HDL-콜레스테롤 농도에 대한 LDL-콜레스테롤 농도비(LHR)는 대조군이 1.2±0.2 mg/dl, 누에 분말 2.0% 첨가구는 0.6±0.1, 누에 분말 4.0% 첨가구는 0.5±0.2로 누에 분말 첨가빵 급여시 유의적으로 감소되었다.

이와 같이 HDL-콜레스테롤 증가는 말초조직으로부터 콜레스테롤을 간으로 운반하여 이와 같이 HDL-콜레스테롤 증가는 말초조직으로부터 콜레스테롤을 간으로 운반하여 관벽에 콜레스테롤 침착을 방지함으로써^{24,25)} 관상동맥질환 예방이 가능함을 제시하고 있다. 혈중 콜레스테롤 농도는 콜레스테롤 섭취량에 따라 생합성 조절되어 일정하게 유지되나, 지

Table 5. Effects of bread with added silkworm powder and cholesterol on serum HDL-cholesterol, LDL-cholesterol, total cholesterol levels, AI(atherogenic index) and triglyceride of rats (mg/dl)

Variables	Total-cholesterol	HDL-cholesterol	LDL-cholesterol	AI ²⁾	LHR ³⁾	Triglyceride
Control	94.7±3.4 ^{a1)}	33.2±2.3 ^a	40.9±3.7 ^a	1.85±0.2 ^a	1.2±0.2 ^a	103.2±5.6 ^a
Silkworm powder 2.0%	76.1±1.7 ^b	36.2±1.8 ^b	21.4±2.5 ^b	0.45±0.2 ^b	0.6±0.1 ^b	92.4±3.6 ^b
Silkworm powder 4.0%	74.1±0.9 ^b	36.9±3.3 ^b	19.5±3.1 ^b	0.50±0.1 ^b	0.5±0.2 ^b	88.4±5.2 ^b

¹⁾ Means±SD(n=8), ²⁾ AI(Atherogenic index)=Total cholesterol-HDL-cholesterol/HDL-cholesterol, ³⁾ LHR: LDL-cholesterol/HDL-cholesterol,

^{a-c} Means with different superscripts within a column indicate significant difference($p < 0.05$).

속적으로 섭취하거나 또는 과량 섭취할 경우 혈액내 축적되어 세포 노화 촉진 및 여러 가지 대사성 질환을 유발한다고 보고하였다²⁶⁾.

HDL-콜레스테롤은 말초조직에 있는 콜레스테롤의 간으로의 역수송을 담당하고 있는 지단백의 일종으로 동맥경화와 혈관장애 개선에 대해 효과가 있는 것으로 보고되었다. LDL-콜레스테롤은 혈청콜레스테롤의 주된 운반 형태 중 가장 많은 부분을 차지하는데 동맥혈관벽에 콜레스테롤을 축적하여 동맥경화를 일으킬 수 있기 때문에 동맥경화증과 심혈관계 질환의 발병에 중요한 위험 인자로 알려져 있다²⁷⁾.

한편, 누에 분말을 0%, 2.0% 및 4.0%를 첨가하여 제조한 빵의 중성지질농도를 보면 대조군의 중성지질 농도는 103.2±5.6 mg/dl이었고, 누에 분말 2.0% 첨가구는 92.4±3.9 mg/dl, 4.0% 누에가루 첨가구는 88.4±5.2 mg/dl로 보여 누에 분말 첨가빵 급여시 중성지질 농도는 유의적인 감소를 보였으나 누에 분말 첨가량에서는 차이를 보이지 않았다. 고콜레스테롤 증은 심혈관계 질환의 위험인자로서 만성 성인병의 예방 및 치료시 혈청 지질의 개선이 중요하다. 따라서 이에 대한 식요소법 연구가 활발히 진행되고 있다²⁸⁾. 동맥경화증은 여러 가지 원인에 의하여 유발되는 매우 복잡한 질병이므로 그 병리 발생 원인과 기전에 대하여는 여전히 분명치 못한 점이 많다. 그러나 생체 내에서 지방질 대사와는 직접적으로 관련있다는 사실에는 의심의 여지가 없다.

본 실험에서 나타난 바와 같이 누에 분말을 첨가한 빵은 동물실험에서 혈청 콜레스테롤을 유의성 있게 저하시키고 중성지방 농도의 저하에도 영향을 미치는 것으로 나타나 중성지방의 저하뿐만 아니라 동맥경화증에 대한 예방 및 치료 효과도 기대할 수 있다. 최근 성인병에 유효한 것으로 알려진 건강식품에 대하여 관심이 고조되고 있다. 따라서 본 실험 결과에 기초할 때 누에 분말이 고지혈증을 포함한 동맥경화 등의 예방과 회복에 관련되는 조절 기능을 생체에 대하여 충분히 발휘할 수 있는 기능성 식품의 중요한 인자가 될 수 있다고 보여진다.

요약 및 결론

본 연구에서는 누에 분말을 첨가한 빵의 기능성을 확인하기 위하여 누에 분말을 0%, 2.0% 및 4.0% 첨가하여 제조한 빵을 건조하여 분말화 한 다음 0.5% 콜레스테롤을 첨가한 식이를 rat에게 6주간 급여하여 혈청지질 수준에 미친 영향에 대해 조사하였다.

1. Rat의 1일 평균 체중 증가량은 대조군에 비하여 누에 분말 첨가빵 급여시 감소하는 경향을 보였고, 혈중 총콜레스테롤 농도는 대조군이 94.7±3.4 mg/dl이었으나, 누에

분말 2.0% 첨가구는 76.1±1.7 mg/dl, 4.0% 첨가구는 74.1±0.9 mg/dl로 누에 분말 첨가빵 급여시 대조군에 비하여 혈중 총콜레스테롤 농도가 유의적으로 감소되는 경향을 나타내었다.

2. HDL-콜레스테롤의 함량은 누에 분말 첨가빵 투여시 대조군은 37.3±2.3 mg/dl에서 누에 분말 2.0% 및 4.0% 첨가빵 급여군은 각각 36.2±1.8 mg/dl, 36.9±3.3 mg/dl로 함량이 증가된 것으로 나타났다.
3. LDL-콜레스테롤 농도는 대조군이 40.9±3.7 mg/dl이었으나, 누에 분말 2.0% 및 4.0% 첨가군은 각각 21.4±2.5 mg/dl, 19.5±3.1 mg/dl를 나타내어 LDL-콜레스테롤이 감소하는 효과를 나타내었다.
4. 동맥경화지수 결과는 대조군이 1.85±0.02에서 누에 분말 2.0% 및 4.0% 첨가시 각각 0.48±0.02, 0.50±0.01로 누에 분말 첨가빵 급여시 동맥경화지수가 유의적으로 감소되어 고콜레스테롤증 개선 효과가 있을 것으로 보여진다. HDL-콜레스테롤 농도에 대한 LDL-콜레스테롤 농도비(LHR)는 대조군이 1.2±0.2 mg/dl, 누에 분말 2.0% 첨가구는 0.6±0.1, 누에 분말 4.0% 첨가구는 0.5±0.2로 누에 분말 첨가빵 급여시 감소되었다.
5. 중성지질 농도는 대조군이 103.2±5.6 mg/dl이었고, 누에 분말을 2.0%, 4.0% 첨가구는 각각 92.4±3.9 mg/dl, 88.4±5.2 mg/dl을 보여 누에 분말 첨가빵 급여시 중성지질 농도는 유의적으로 감소하는 효과를 보였다. 본 실험 결과에서 보는 바와 같이 누에 분말 첨가빵은 동물실험에서 혈청 콜레스테롤을 유의성 있게 저하시키고 중성지방 농도의 저하에도 영향을 미치는 것으로 볼 때 지방 저하뿐만 아니라 동맥경화증에 대한 예방 및 치료 효과에도 기대할 수 있을 것으로 본다.

참고문헌

1. Chung, SH, Kim, MS and Ryu, KS. Effect of silkworm extract on intestinal α -glycosidase activity in mice administered with a high carbohydrate-containing diet. *Kor. J. Seri.* 39:86-92. 1997
2. Kyo, HS, Kim, SY, Ryu, KS and Lee, WC. Effect of several sericultural products and blood glucose lowering for alloxan-induced hyperglycemic mice. *Kor. J. Seri.* 40:38-42. 1998
3. Ryu, KS, Lee, HS, Chung, SH and Kang, PD. An activity of lowering blood-glucose levels according to preparative conditions of silkworm powder. *Kor. J. Seri.* 39:79-85. 1997
4. Kyo, HS, Kim, SY, Ryu, KS and Lee, WC. Effect of several sericultural products and blood glucose lowering for alloxan-

- induced hyperglycemic mice. *Kor. J. Seri.* 40:38-42. 1998
5. Cho, MR and Cho, YW. A study of folk remedies in type II diabetic patients. *Kor. J. Nutr.* 31:1151-1157. 1998
 6. Cho, MR, Cho, YW, Chung, SH and Ryu, JH. Effects of silkworm powder on blood glucose and lipid levels in NIDDM(Type II) patients. *Kor. J. Nutr.* 31:1139-1150. 1998
 7. Lee, HS, Kim, SY, Lee, YK, Lee, WC, Lee, SD, Moon, JY and Ryu, KS. Effects of silkworm powder, mulberry leaves and mulberry root bark administered to rat on gastrointestinal function. *Kor. J. Seri.* 41:29-35. 1999
 8. Chamberlain, N, Collins, TH and McDermott, EE. α -Amylase and bread properties. *J. Food Tech.* 16:127-152. 1981
 9. Kim, EJ and Kim, SM. Bread properties utilizing extracts of pine needle according to preparation method. *Kor. J. Food Sci. Technol.* 30: 542-547. 1998
 10. Hwang, JK, Kim, JT, Cho, SJ and Kim, CJ. Characteristics of water soluble fractions of wheat bran treated with various thermal processes. *Kor. J. Food Sci. Technol.* 27:934-938. 1995
 11. Wang, WM, Klop, CF and Ponte, JG. Effects of twin-screw extrusion on the physical properties of dietary fiber and other components of whole wheat and wheat bran and on the baking quality of the wheat bran. *Cereal Chem.* 70:707-711. 1993
 12. Kim, YH. Effect of silkpetide on physicochemical properties of bread dough. *Kor. J. Food Sci. Technol.* 36:246-254. 2004
 13. Kim, YH, Cho, NJ and Im, MH. Rheological properties of dough and characteristics of bread added with silkworm powder. *Kor. J. Food Sci. Technol.* 37:377-388. 2005
 14. Finny, KF. An optimized straight dough bread making method after 44 years. *Cereal Chem.* 61:20-26. 1984
 15. AOAC. Official Methods of Analysis, 15th ed, The Association of Official Analytical Chemists. Washington DC. USA. 1990
 16. Prosky, L, Asp, NG, Furda, I, Devreis, JW, Scjweezer, TF and Harland, BA. Determination of total dietary fiber in foods and food products. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.* 68:677-684. 1987
 17. Noma, A, Okabe, KN, Nakayama, Y, Ueno, Y and Shinhara, H. Improves method for simultaneous determination of cholesterol in high and low density lipoprotein. *Clin. Chem.* 25:1480-1486. 1979
 18. Tiez, NW and Fiereck, EA. New method of determination of the lipase activity of the serum. *Clin. Chem.* 13:552-539. 1966
 19. Fridewald, WT, Lavy, RI and Fredricson, DS. Estimation of low density lipoprotein cholesterol plasma, without use of the preparative ultracentrifuge. *Clin. Chem.* 18:499-502. 1972
 20. Allred, JB. Elevated blood cholesterol, A risk for heart disease that decrease with advanced age. *J. Am. Diet Assoc.* 90: 574-576. 1990
 21. Magoffin, CD and Hosoney, RC. A review of fermentation. *Baker's Digest.* 48:22-29. 1974
 22. Sugiyama, K, Kushima, Y and Muramatsu, K. Effect of sulfur containing amino acids and glycine on plasma cholesterol level in rats fed on a high cholesterol diet. *Agric. Biol. Chem.* 49:3455-3461. 1985
 23. Luo, J, Chen, K, Xu, Q and Hirabayashi, K. Study on foodization of fibroin and it functionality. The Second International Silk Conference. *The Collection of Papers. Beijing.* 1:73-87. 1993
 24. Barr, DB, Russ, EM and Eder, HA. Protein-lipid relationship in human plasma: II in the atherosclerosis and related conditions. *Am. J. Med.* 11:480-493. 1951
 25. Rifkind, BM, Tamir, I, Heiss, G, Wallace, RG and Tyroler, HA. Distribution of high density and other lipoproteins in selected LRC prevalence study populations: a brief survey. *Lipids.* 14:105-112. 1979
 26. Jeong, LY, Suh, MJ and Song, YS. Effect of dietary fibers on cholesterol metabolism in cholesterol fed rats. *Kor. Sci. Food Nutr.* 25:392-398. 1996.
 27. Gorden, T, Castelli, WP and Dawer, TR. Lipoprotein, cardiovascular disease and death the Framingham study. *Arch. Inter. Med.* 141: 1128-1135. 1981
 28. Rifkind, BM, Tamir, I, Heiss, G, Wallace, RG and Tyroler, HA. Distribution of high density and other lipoproteins in selected LRC prevalence study populations. *Lipids.* 14:105-112. 1979

(2008년 7월 20일 접수; 2008년 9월 10일 채택)