

실크펩티드를 첨가한 빵이 Rat의 지질대사에 미치는 영향

김 영 호[†] · 조 남 지

혜전대학 호텔제과제빵과

Effect of Bread Added with Silkpeptide and Cholesterol on Lipid Metabolism of Rat

Young-Ho Kim[†] and Nam-Ji Cho

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

Abstract

The aim of this study was to investigate the effect of bread supplemented with silkpeptide and cholesterol on the lipid metabolism in rats. When a rats were fed bread supplemented with silkpeptide and cholesterol, their net weight tended to decrease compared with the control. Although the food intake was increased, this was not significant., but the feed efficiency ratio was substantially decreased. The total and LDL-cholesterols were decreased, but the DHL-cholesterol was increased. The HDL-cholesterol to total cholesterol ratio and level of triglyceride were substantially increased. The atherogenic index was decreased when rats are fed bread supplemented with silkpeptide and; thus, would show an improvement in the effect of high-cholesterol symptoms.

Key words : Silkpeptide, bread, cholesterol, triglyceride.

서 론

예로부터 뽕나무(*Morus alba* L.)는 민간에게 이용되어져 왔으며, 뽕잎, 뽕나무 열매(오디), 뿌리껍질(상백피), 누에 및 실크피브로인 등은 기능성 식품 소재로서 활용이 학술적으로 규명됨에 따라 기능성 천연 식품 소재로서 높은 부가가치를 지니게 되었다. 양잠산물인 실크(silk)는 최근 식품 소재로서 그 화학적 조성이 밝혀지면서 기능성 식품 소재로 개발되고 있다(Hirabayashi *et al* 1993). 실크피브로인은 천연 단백질로서 순도가 높으면서도 다량 생산이 가능한 아미노산 자원으로(Chen *et al* 1995) 세리신과 피브로인으로 구성되어 있으며 가수분해시키면 유리아미노산과 oligopeptide의 형태인 실크펩티드가 된다(Guoding *et al* 1996).

실크펩티드는 수용성 형태로서 모든 필수 아미노산이 함유되어 있으며, 18가지의 아미노산을 함유하고 있다. 식품에서 펩티드는 영양, 맛 그리고 건강 기능성에 영향을 미침으로써 식품에 매우 중요한 역할을 한다. 일반적으로 생체에는 강한 생리 활성을 갖는 유리펩티드가 많이 있으며, 식품에는 여러 종류의 펩티드들이 발효 등의 가공 처리 중에 생길 수 있으며, 이들 중에는 식품 단백질로부터 생리 활성 펩티드가 생성되는 것으로 알려져 있다(Yoshikawa *et al* 1992).

Luo *et al*(1993)은 rat의 실험에서 피브로인 투여로 혈당의 상승이 억제되었으며, 혈청 콜레스테롤 농도의 저하가 관찰되었다고 보고하였다. Keiko *et al*(2000)은 6% 실크펩티드 용액을 첨가하여 제조한 케익은 노화 지연 효과가 우수하다고 보고하였다. 실크피브로인의 아미노산 중 glycine은 rat의 실험에서 혈청 콜레스테롤 상승을 억제하는 효과가 있으며(Sugiyama *et al* 1985), alanine은 알코올 대사를 촉진시켜 숙취와 알코올에 의한 간장해를 예방하고 tyrosine은 치매증을 예방하거나 치료하는 약리적 기능이 있는 등 기타 아미노산 등이 풍부하여 호르몬 및 인슐린 분비에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다(Takano *et al* 1991). 실크피브로인의 대부분을 차지하고 있는 glycine, alanine, serine 및 tyrosine 아미노산은 의약품 및 기능성 식품으로서의 이용에 대한 연구가 진행되고 있어 이를 이용한 연구 분야의 새로운 소재가 될 것이다.

지금까지 연구 보고된 α -glucosidase 억제 작용에 의한 혈당 강하 기능, 혈청 콜레스테롤과 중성지질 감소 기능, 노화 지연 기능 및 당뇨병 치료 기능을 가진 실크펩티드를 빵의 소재로 이용함으로써 생리 활성 효과를 지닌 이들 기능성 빵의 제조 기술을 개발하는 것은 질병의 치료나 예방을 위하여 필요하다고 생각되었다.

이러한 실크펩티드의 혈청 콜레스테롤과 중성지질의 감소 및 혈당 강하 작용과 그 성분에 대한 연구를 비롯하여 기능성 식품이 개발되고 있으나, 실크펩티드를 첨가하여 제조한

[†] Corresponding author : Young-Ho Kim, Tel : +82-41-630-5239, Fax : +82-41-631-4405, E-mail : kimyh77@hj.ac.kr

빵을 실험 동물에 급여한 생리 활성 효과에 대해 조사한 연구 보고는 아직 없는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 실크펩티드를 첨가한 빵을 사료로 실험 동물에 직접 급여하여 혈청 지질 개선에 미치는 빵의 기능적 효과를 알아보고자 하였다.

재료 및 방법

1. 실험 사료

밀가루는 대한제분(주) 강력분 1급품을 사용하였다. 실크펩티드는 (주)한국메디사 제품을 사용하였다. 이스트는 오푸기 사 생이스트, 식염은 (주)한주 정제염, 쇼트닝은 삼립유지 제품, 탈지분유는 서울우유협동조합 제품을 각각 사용하였다.

2. 반죽의 배합과 제빵 방법

제빵에 사용한 원료의 기본 배합비는 Table 1과 같으며, 제빵은 Finny(1984)의 방법을 수정한 직접 반죽법(straight dough method)을 사용하였다. 제조 공정은 호바터 믹서를 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, 상대 습도 80%의 발효기(대영공업사, 서울, 한국)에서 최적의 발효 상태까지 실시하였다. 1차 발효가 끝난 반죽은 180 g으로 분할하여 둥글리기한 후 15분간 중간 발효를 시켰다. 중간 발효가 끝난 후 밀대를 사용하여 가스빼기를 하고 반죽을 원통형으로 성형하여 빵 틀에 3개씩 (180 g×3) 넣고, 발효 온도 37°C 상대 습도 85%에서 빵 틀의 1 cm 높이까지 반죽이 팽창할 때까지 2차 발효를 실시하였다. 2차 발효가 끝난 반죽은 190~200°C의 오븐(대영공업사, 서울, 한국)에서 굽기를 하였다.

3. 일반 성분 분석

일반 성분은 AOAC(1990)방법에 따라, 수분 함량은 105°C의 상압 가열 건조법, 회분은 600°C의 직접 회화법, 조단백질 함량은 micro-Kjeldahl 법을 사용하였고, 조지방 함량은 Soxh-

let 추출법으로 측정하였다. 조섬유는 Prosky *et al*(1987)의 방법으로 total dietary fiber 측정용(Sigma Co., St. Louis, USA) 시약을 사용하여 측정하였다.

4. 아미노산

실크펩티드와 밀가루의 아미노산 분석은 Bidlingmeyer *et al*(1987)의 방법에 의해 일정량의 시료를 6 N-HCl 용액과 혼합하여 질소 충전 후 110°C에서 24시간 동안 가수분해한 후 50 mL로 정용하였다. 이를 0.45 μ m membrane filter로 여과하여 그 여액 20 μ L를 취하여 진공 건조하였다. 건조된 시료에 methanol : water : triethylamine(2 : 2 : 1) 용액 30 μ L를 첨가하여 2차 건조한 후 여기에 유도체 시약 methanol : triethylamine : H₂O : phenyl isothiocyanate= 7: 1 : 1 : 1, V/V)을 30 μ L 가하여 20분간 방치한 후 3차 건조하였다. Methanol 30 μ L를 첨가하여 다시 건조하고 sodium acetate buffer(pH 6.4)로 재용해하였다. 이를 HPLC(High performance liquid chromatography, Waters Associates Inc., U.S.A)를 사용하여 Table 1의 조건에서 분석하였다. 유리아미노산은 시료 2 g을 칭량하여 200 mL의 80% ethanol로 80°C에서 6시간 환류 추출한 후 여과하여 감압 건조시키고 초순수를 첨가하여 20 mL로 정용하여 시료 추출액으로 하였다. 시료 추출액을 아미노산 분석용 Lithium citrate buffer로 20배 희석한 다음 0.45 μ m membrane filter로 여과하였다. 유리아미노산은 HPLC를 사용하여 Table 2의 조건으로 분석하였다.

5. 실험 동물

Table 2. Operating conditions for analysis of amino acid by HPLC

UV/VIS detector	254 nm
Column	Water pico-tag column(3.9×150 mm, 4 μ m)
Column temp.	40°C
Mobile phase Eluent A	0.14 M sodium acetate trihydrate 0.05% triethylamine(pH 6.4 with phosphoric acid)
Eluent B	60% acetonitrile

Table 1. Formula of white pan bread added with silkpeptide by straight dough method

(Unit : %)

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

¹⁾ SP : Silkpeptide.

²⁾ NFDM : Non fat dry milk.

생후 4주령된 수컷 rat를 삼육실험동물(수원)로부터 분양 받아 온도 23±1℃, 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.

6. 시료 투여 및 식이

실크펩티드를 첨가하지 않은 대조구의 빵과 실크펩티드를 2.0% 및 4.0% 첨가하여 각각 제조한 빵을 건조시켜 분말화한 다음 콜레스테롤 0.5%를 각각 첨가하여 rat에 식이로 급여하였다.

7. 체중 측정 및 채혈

체중은 최종 체중에서 실험 개시 전의 체중을 감하여 체중 증가량으로 표시하였고, 식이 섭취량은 일정 시간에 측정하였으며 식이 효율(food efficiency ratio: FER)은 체중 증가량을 식이 섭취량으로 나누어 산출하였다. 실험 기간 중 체중은 매일 일정한 시간에 측정하였고, 혈청을 채취하기 하루 전날의 체중을 측정하여 마지막 체중으로 결정하였고 실험 사육 최종일에 12시간을 절식시킨 후 urethane 마취 하에서 복대동맥으로부터 채혈하였다.

8. 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×g rpm에서 20분간 원심분리하여 혈청을 분리하였다. 혈중 총 콜레스테롤 분석은 cholesterol E kit (BC 108-E, 영동제약, 한국)을 이용하여 효소법(Richmond W 1973)으로 비색 정량하였고, 혈중 중성지방은 TG kit(BC 118, 영동제약)을 이용하고, 혈중 HDL-콜레스테롤은 kit(A308-HDL, 영동제약, 한국)을 이용하였으며, Noma *et al*(1979)와 Tiez *et al*(1966)의 방법에 따라 측정하였다. LDL-콜레스테롤의 값은 Friedwald *et al*(1972)의 다음 공식에 의거하여 계산하였다.

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

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

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

60세 이상의 노인에서 심혈관 질환 발생의 위험 인자로

보고된 LHR은 [LDL-콜레스테롤/HDL-콜레스테롤]를 이용하여 계산하였다(Allred 1990).

9. 통계 처리

실험 결과는 SAS 프로그램을 이용하여 실험군당 평균과 표준 편차를 계산하였고, 일원 배치 분산 분석(One way analysis of variance)을 한 후 $p < 0.05$ 수준에서 Duncan's multiple range test에 의하여 각 실험군 평균치 간의 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

1. 시료 및 빵의 일반 성분

본 실험에 사용된 밀가루와 실크펩티드의 일반 성분은 Table 3과 같다. 밀가루는 수분 함량이 14.0%, 조단백질과 조회분을 각각 12.46%, 0.413%로 함유한 강력분이었다. 실크펩티드의 수분 함량은 5.80%로 낮았고, 단백질은 90.83%로 함량이 상당히 높은 특징을 보였으며 조지방과 조섬유는 각각 0.05%와 0.48%로 매우 낮았다. 실크펩티드의 원료가 되는 실크피브로인(silkfibroin)은 100% 유용한 단백질원으로서 세리신과 피브로인으로 구성되어 있으며 가수 분해시키면 유리아미노산과 oligopeptide의 형태인 실크펩티드를 얻게 된다(Guoding *et al* 1995). 실크펩티드는 다른 식품에서 볼 수 없는 고단백질원이며 또한 oligopeptide로 구성되어 있어 기능성 및 영양적인 면에서 식품에 이용 가치가 높다. 따라서 실크펩티드를 빵에 첨가함으로써 기능성 식품 소재로 응용 개발할 수 있다. 실크펩티드는 90% 이상의 고단백질이기 때문에 제빵에 이용할 경우 발효 과정 중 완충 효과로 발효 지연이 예측되며, 이를 극복하기 위해 산제의 첨가 등 반죽의 pH 조절을 고려해야 될 것으로 생각된다. 밀가루와 실크펩티드의 pH는 각각 5.80과 6.16으로 밀가루보다 실크펩티드가 높았다. 이스트의 발효 속도는 첨가된 원료의 pH에 영향을 받으며 제빵에서 pH는 중요한 역할을 하는 것으로 알려져 있다(Magoffin & Hosney 1974).

실크펩티드의 첨가량을 달리하여 제조한 빵의 일반 성분은 Table 4와 같다. 수분 함량은 실크펩티드 증가에 따라 높아지는 경향을 보였고, 조단백질 함량은 대조구가 13.67%,

Table 3. Compositions of wheat flour and silkpeptide

	Moisture (%)	Ash (%)	Crude protein (%)	Crude fat (%)	Crude fiber (%)	pH
Wheat flour	14.0	0.413	12.46	1.23	0.14	5.80
Silkpeptide	5.80	1.985	90.83	0.05	0.48	6.16

Table 4. Compositions of bread added with silkpeptide
(Unit : %)

Bread	Moisture	Ash	Crude protein	Crude fat	Crude fiber
Control	37.20	2.40	13.67	4.12	0.08
Silkpeptide 2.0%	37.85	2.43	15.12	4.12	0.08
Silkpeptide 4.0%	38.43	2.43	16.82	4.14	0.08

실크펩티드 2.0%, 4.0% 첨가시 각각 15.12%, 16.82%로 조단백질 함량이 많이 증가되어 실크펩티드 첨가빵은 단백질이 보강되는 영양적 효과가 있음을 보였다. 조섬유 함량은 실크펩티드 증가에도 함량의 변화가 없는 것으로 나타났다.

2. 아미노산

밀가루와 실크펩티드의 아미노산 조성은 Table 5와 같다. 밀가루의 총 아미노산은 7549.76 mg%였다. 전체적으로 glutamic acid와 proline의 함량은 각각 3,443.00 mg%와 794.13 mg%

Table 5. Total amino acid compositions of wheat flour and silkpeptide
(Unit : mg%)

Amino acids	Wheat flour	Silkpeptide
Aspartic acid	272.53	728.69
Threonine	177.88	523.87
Serine	342.29	7,367.23
Glutamic acid	3,443.00	919.91
Proline	794.13	246.12
Glycine	241.02	18,760.04
Alanine	177.19	14,173.40
Cystine	94.42	90.10
Valine	269.73	1,096.82
Methionine	72.08	80.50
Isoleucine	231.53	320.11
Leucine	475.09	276.67
Tyrosine	93.35	4,213.76
Phenylalanine	351.26	404.74
Histidine	154.44	439.01
Lysine	156.53	287.60
Arginine	203.29	295.55
Total	7,549.76	50,224.12

로 높았으며 lysine, methionine, tyrosine 및 cystine 등의 함량은 낮게 나타났다. 이는 Kim *et al*(1997)의 밀가루 아미노산 조성에 관한 보고와 유사하였다. 밀가루의 영양 성분 및 제빵 적성에 있어 중요한 인자는 아미노산 성분이다. 밀가루에 가장 많이 함유되어 있는 glutamic acid는 글루텐을 이루는 주된 아미노산으로 반죽 내에서 약 95% 정도가 mono amide 상태인 glutamine으로 존재함으로써 다른 아미노산과 수소 결합을 이루어 결속력 및 탄력성을 증가시켜 반죽 형성에 큰 역할을 한다(Pyler 1990, Grains & Oilseeds 1982).

실크펩티드의 총 아미노산은 50,224.12mg%로 밀가루의 총 아미노산 함량의 6.7배로 매우 높은 함량이었다. 아미노산 조성은 glycine(37.4%)이 제일 많았으며 alanine(28.2%), serine(14.7%) 및 tyrosine(8.6%) 순으로 나타났고, 이들 총 함량은 전체 아미노산 함량의 89%로 높은 비율을 차지하였다. 이는 Nahm & Oh(1995)가 보고한 아미노산 조성결과 유사하였다. 실크펩티드에 많이 함유된 glycine은 rat의 실험에서 혈청 콜레스테롤 상승을 억제하는 효과가 있으며(Sugiyama *et al* 1985, Luo *et al* 1993), alanine은 알코올 대사를 촉진시켜 숙취와 알코올에 의한 간장해를 예방하고, tyrosine은 치매증을 예방하는 등 기타 아미노산이 풍부하여 호르몬 및 인슐린 분비에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다(Chen *et al* 1991).

견피브로인의 대부분을 차지하고 있는 glycine, alanine, serine 및 tyrosine 등 실크피브로인의 대부분을 차지하고 있는 이들 아미노산을 주요 소재로 이용한 의약품 및 기능성 제품 제조 가능성이 검토되어 있다. 실크펩티드를 빵에 첨가함으로써 단백질 강화와 다양한 아미노산을 보충할 수 있는 등 영양적 및 생리적 활성의 효과가 탁월하므로 실크펩티드는 기능성 식품 소재로서 그 이용 가치가 매우 높은 것으로 생각된다.

3. 체중 증가량, 식이 섭취량 및 식이 효율

실크펩티드 0%, 2.0% 및 4.0%를 첨가하여 각각 제조한 빵을 건조 분말화한 다음 콜레스테롤 0.5%를 각각 첨가하여 6주간 급여한 후 rat의 체중 증가율, 식이 섭취량 및 식이 효율을 조사한 결과는 Table 6과 같다.

Rat의 1일 평균 체중 증가량은 실크펩티드를 첨가하지 않은 빵인 대조군에 비하여 실크펩티드 첨가군에 감소하였고 첨가량이 증가할수록 감소하는 경향을 보였으며, 4.0% 급여군에서 감소가 더 컸다. 이는 실크펩티드가 고단백질로서 체내의 소화, 흡수, 이동, 대사 및 저장에 사용되는 에너지 소모량이 높았던 것으로 생각된다. 식이 섭취량은 실크펩티드 첨가군들이 대조군보다 증가되었으나 유의성 있는 차이를 보이지 않았다. 식이효율은 대조군에 비하여 실크펩티드 2.0% 및 4.0%를 첨가한 빵에서 유의적인 감소 현상을 보였으며 첨가량에서는 큰 차이를 나타내지 않았다.

Table 6. Effect of bread with silkpeptide 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
Silkpeptide 2.0%	23.11±0.32 ^a	3.44±0.21 ^a	0.15±0.01 ^b
Silkpeptide 4.0%	21.06±0.42 ^a	3.36±0.18 ^a	0.16±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($p<0.05$).

4. 혈청 콜레스테롤 및 중성지질

실크펩티드를 0%, 2.0% 및 4.0% 첨가하여 제조한 빵을 건조 분말화한 다음, 콜레스테롤 0.5%를 각각 첨가하여 rat의 식이로 6주간 급여한 후 rat의 총 콜레스테롤 농도, HDL-cholesterol, LDL-cholesterol, HDL-cholesterol 농도에 대한 LDL-cholesterol 농도 비율(LHR) 및 동맥경화지수를 측정한 결과는 Table 7과 같다. 총 콜레스테롤 농도는 실크펩티드를 첨가하지 않은 대조군이 94.7±3.4 mg/dL이었고, 실크펩티드 2.0% 첨가군은 80.3±2.1 mg/dL, 4.0% 첨가군은 79.5±1.5 mg/dL로 나타내어 실크펩티드 첨가빵 급여시 대조군에 비하여 혈청 콜레스테롤 농도가 유의적으로 감소되는 경향을 보여 실크펩티드 첨가빵이 혈청의 콜레스테롤 저하에 효과가 있음을 나타내었다. 총 콜레스테롤 중 HDL-콜레스테롤의 함량을 보면 대조군은 33.2±2.3 mg/dL였으나, 실크펩티드 2.0% 및 4.0% 첨가군은 각각 41.6±3.1 mg/dL, 42.3±2.1 mg/dL로 나타내어 실크펩티드 첨가빵 급여시 HDL-콜레스테롤 함량이 유의적으로 증가된 것으로 관찰되었다. Sugiyama *et al*(1985)와 Lou *et al*(1993)는 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 실크펩티드 첨가빵 급여시 이와 유사한 결과를 보였고, 실크펩티드 첨가빵 급여시 총 콜레스테롤의 상승 억제 효과를 보인 것은 실크펩티드에 다량 함유된 glycine의 영향으로 생각된다. LDL-콜레스테롤 농도는 대조군이 40.9±3.7 mg/dL이었으나, 실크펩티드 2.0% 및 4.0% 첨가군은 각각 20.3±3.8 mg/dL, 18.9±2.81 mg/dL로 나타내어 실크펩티드 첨가빵 급여시 LDL-콜레스테롤이 유의적으로 감소하였다. 순환 기계로부터 오는 성인병은 대부분 동맥경화에 의하여 발병되므로 이러한 것을 이용하여 순환기계 질환의 발병 초기 지표로 알려진 동맥경화지수를 총 콜레스테롤과 HDL-콜레스테롤로부터 산출한 결과 대조군이 1.85±0.02 이었고 실크펩티드 2.0% 및 4.0% 첨가군은 각각 0.93±0.01, 0.88±0.01로 나타내어 실크펩티드 첨가빵 급여시 동맥경화지수가 유의적으로 감소되어 고콜레스테롤증 개선 효과가 있을 것으로 예측된다. HDL-콜레스테롤 농도에 대한 LDL-콜레스테롤 농도비(LHR)는 대조군이 1.2±0.2 mg/dL 실크펩티드 2.0% 첨가군은 0.5±0.1, 실크펩티드 4.0% 첨가군은 0.4±0.1로 실크펩티드 첨가빵 급여시 유의적으로 감소되었다. 이와 같이 HDL-콜레스테롤 증가는 말초 조직으로부터 콜레스테롤을 간으로 운반하여 관벽에 콜레스테롤 침착을 방지함으로써(Barr *et al* 1951, Rifkind *et al* 1979) 관상동맥질환 예방이 가능함을 제시하고 있다. 혈중 콜레스테롤 농도는 콜레스테롤 섭취량에 따라 생합성 조절되어 일정하게 유지되거나 지속적으로 섭취하거나 또는 과량 섭취할 경우 혈액내 축적되어 세포 노화 촉진 및 여러 가지 대사성 질환을 유발한다고 보고하였다(Jeong *et al* 1996). HDL-콜레스테롤은 말초 조직에 있는 콜레스테롤의 간으로의 역수송을 담당하고 있는 지단백의 일종으로 동맥경화와 혈관 장애 개선에 대해 효과가 있는 것으로 보고되었다(Venter *et al* 1990). LDL-콜레스테

Table 7. Effects of bread added with silkpeptide and cholesterol on serum HDL-cholesterol, LDL-cholesterol, total cholesterol levels, AI(atherogenic index) and triglyceride of rats

Variables	Total-cholesterol	HDL-cholesterol	LDL-cholesterol	AI ²⁾	LHR ³⁾	Triglyceride (mg/dL)
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
Silkpeptide 2.0%	80.3±2.1 ^b	41.6±3.1 ^b	20.3±3.8 ^b	0.93±0.1 ^b	0.5±0.1 ^b	92.2±3.6 ^b
Silkpeptide 4.0%	79.5±1.5 ^b	42.3±2.1 ^b	18.9±2.81 ^b	0.88±0.1 ^b	0.4±0.1 ^b	91.8±4.8 ^b

¹⁾ Means ±SD(n=8).

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

²⁾ AI(Atherogenic index) = Total cholesterol-HDL-cholesterol/HDL-cholesterol.

³⁾ LHR : LDL-cholesterol/HDL-cholesterol.

물은 혈청콜레스테롤의 주된 운반형태 중 가장 많은 부분을 차지하는데 동맥 혈관벽에 콜레스테롤을 축적하여 동맥경화를 일으킬 수 있기 때문에 동맥경화증과 심혈관계 질환의 발병에 중요한 위험 인자로 알려져 있다(Gorden *et al* 1981, Stamel & Wenlforth 1986). 한편 실크펩티드를 0%, 2.0% 및 4.0%를 첨가하여 제조한 빵의 중성지질농도를 보면 대조군의 중성지질 농도는 103.2±5.6 mg/dL이었고, 실크펩티드 2.0% 첨가군은 92.2±3.6 mg/dL, 실크펩티드 4.0% 첨가군은 91.8±4.8 mg/dL로 보여 실크펩티드 첨가빵 급여시 중성지질 농도는 유의적인 감소를 보였으나, 실크펩티드 첨가량에서는 차이를 보이지 않았다. 고콜레스테롤증은 심혈관계 질환의 위험인자로서 만성 성인병의 예방 및 치료시 혈청 지질의 개선이 중요하다. 따라서 이에 대한 식사 요법 연구가 활발히 진행되고 있다(Rifkind *et al* 1979). 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 관련 있다는 사실에는 의심의 여지가 없다.

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

요약 및 결론

본 연구에서는 실크펩티드를 첨가한 빵의 기능성을 확인하기 위하여 실크펩티드를 0%, 2.0% 및 4.0% 첨가하여 제조한 빵을 건조 분말화한 후 0.5% 콜레스테롤을 첨가한 식이를 rat에게 6주간 급여하여 혈청 지질 수준에 미친 영향에 대해 조사하였다.

1. Rat의 1일 평균 체중 증가량은 대조군에 비하여 실크펩티드 첨가빵 급여시 감소하는 경향을 보였고, 혈중 총 콜레스테롤 농도는 대조군이 94.7±3.4 mg/dL였으나, 실크펩티드 2.0% 첨가군은 80.3±2.1 mg/dL, 4.0% 첨가군은 79.5±1.5 mg/dL로 실크펩티드 첨가빵 급여시 대조군에 비하여 혈중 총 콜레스테롤 농도가 유의적으로 감소되는 경향을 나타내었다.
2. HDL-콜레스테롤의 함량은 실크펩티드 첨가빵 투여시 대조군은 37.3±2.3 mg/dL에서 실크펩티드 2.0% 및 4.0%

% 첨가빵 급여군은 각각 41.6±3.1 mg/dL, 42.3±2.1 mg/dL로 함량이 증가된 것으로 나타났다.

3. LDL-콜레스테롤 농도는 대조군이 40.9±3.7 mg/dL이었으나, 실크펩티드 2.0% 및 4.0% 첨가군은 각각 20.3±3.9 mg/dL, 18.9±2.81 mg/dL로 나타내어 LDL-콜레스테롤이 감소하는 효과를 나타내었다.
4. 동맥경화지수 대조군 1.85±0.02에서 실크펩티드 2.0% 및 4.0% 첨가시 각각 0.93±0.01, 0.88±0.01로 실크펩티드 첨가빵 급여시 동맥경화지수가 유의적으로 감소되어 고콜레스테롤증 개선 효과가 있을 것으로 보여진다.
5. 중성지질 농도는 대조군이 103.2±5.6 mg/dL이었고, 실크펩티드 2.0%, 4.0% 첨가군은 각각 92.2±3.6 mg/dL, 91.8±4.8 mg/dL를 보여 실크펩티드 첨가빵 급여시 중성지질 농도는 유의적으로 감소하는 효과를 보였다. 본 실험 결과에서 보는 바와 같이 실크펩티드 첨가빵은 동물 실험에서 혈청 콜레스테롤을 유의성 있게 저하시키고 중성지방 농도의 저하에도 영향을 미치는 것으로 볼 때 지방 저하뿐만 아니라 동맥경화증에 대한 예방 및 치료 효과에도 기대를 할 수 있을 것으로 본다.

감사의 글

본 논문은 2006년도 해전대학 학술연구조성비의 지원에 의해 연구되었으며 이에 감사드립니다.

문헌

- Allred JB (1990) Elevated blood cholesterol, a risk for heart disease that decrease with advanced age. *J Am Diet Assoc* 90: 574-576.
- AOAC (1990) *Official Methods of Analysis*, 15th ed., Association of official analytical chemists, Washington D.C. USA
- Barr DB, Russ EM, Eder HA (1951) Protein-lipid relationship in human plasma : II in the atherosclerosis and related conditions. *Am J Med* 11: 480-493.
- Bidlingmeyer BA, Cohen SA, Taruin TL, Frost BA (1987) New rapid high sensitivity analysis of amino acid in food type samples. *J Assoc Off Anal Chem* 70: 241-253.
- Chen K, Takano R, Hirabayashi K (1991) Production of soluble fibroin powder by hydrolysis with hydrochloric acid and physical properties. *J Seric Sci Japan* 60: 358-362.
- Chen K, Umeda Y, Hirabayash K (1995) Enzymatic hydrolysis of silk fibroin. *Japan J Sericulture Sci* 65: 131-133.
- Finny KF (1984) An optimized straight dough bread making method after 44 years. *Cereal Chem* 61: 20-26.

- Fridewald WT, Lavy RI, Fredricson DS (1972) Estimation of low density lipoprotein cholesterol plasma, without use of the preparative ultracentrifuge. *Clin Chem* 18: 499-502.
- Gorden T, Castelli WP, Dawer TR (1981) Lipoprotein, cardiovascular disease and death the Framingham study. *Arch Inter Med* 141: 1128-1135.
- Grains & Oilseeds (1982) Handling, Marketing, Processing Canadian International Grains Institute, Canada, p 534-536.
- Guoding C, Mitsuo A, Kiyoshi H (1996) Isolation of tyrosine from silk fibroin by enzyme hydrolysis. *J Seric Sci Japan*, 65: 182-184.
- Hirabayashi K, Chen K, Akiyama D, Ayub Z (1993) The second International silk conference. The collection of papers. Beijing. 224-232.
- Jeong LY, Suh MJ, Song YS (1996) Effect of dietary fibers on cholesterol metabolism in cholesterol fed rats. *J Korean Sci Food Nutr* 25:392-398.
- Kaili C, Yujib U, Kiyoshi H (1995) Enzymatic hydrolysis of silk fibroin. *J Seric Sci Japan* 65: 131-133.
- Keiko F, Sadayuki T, Rumiko K (2000) Preparation and properties of a novel sponge cake by combining rice flour with silk fibroin protein. *J Soc Food Sci Technol Japan* 47: 363-367.
- Kim CT, Cho SJ, Hwang JK, Kim CJ (1997) Composition of amino acid, sugars and minerals of domestic wheat varieties. *J Koraen Soc Food Sci Nutr* 26: 229-235.
- Lampe JW (1999) Health effects of vegetables and fruit. Assessing mechanism of action in human experimental studies. *Am J Clin Nutr* 70: 145-490.
- Luo J, Chen K, Xu Q, Hirabayashi K (1993) Study on foodization of fibroin and it functionality. The second international silk conference. The collection of papers. Beijing. 1: 73-87.
- Magoffin CD, Hosenev RC (1974) A review of fermentation. *Baker's Digest* 48, 22-29.
- Nahm JH, Oh YS (1995) Study of pharmacological effect of silk fibroin. *RDA J Agri Sci* 37: 145-157.
- Noma A, Okabe KN, Nakayama Y, Ueno Y, Shinhara H (1979) Improves method for simultaneous determination of cholesterol in high and low density lipoprotein. *Clin Chem* 25: 1480-1486.
- Prosky L, Asp NG, Furda I, Devreis JW, Sejweozer TF, Harland BA (1987) Determination of total dietary fiber in foods and food products. *J Assoc Off Anal Chem* 68: 677-684.
- Pyler EJ (1990) Baking science and technology. 3ed., volII, Sosland Pub. Co., Kansas, pp 83-85.
- Rifkind BM, Tamir I, Heiss G, Wallace RG, Tyroler HA (1979) Distribution of high density and other lipoproteins in selected LRC prevalence study populations. *A Brief Survey Lipids* 14: 105-112.
- Sugiyama K, Kushima Y, Muramatsu K (1985) 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.
- Takano R, Chen K, Hirabayashi K (1991) Production of soluble fibroin powder by hydrolysis with hydrochloric acid and physical properties. *J Sericulture Sci Japan* 60: 358-362.
- Tiez NW, Fiereck EA (1966) New method of determination of the lipase activity of the serum. *Clin Chem* 13: 352-359.
- Yoshikawa M, Chiba H (1992) Frontiers and new horizons in amino acid research. *J Sericulture Sci Japan* 61: 403-406.

(2006년 11월 8일 접수, 2006년 12월 15일 채택)