

뽕잎 분말 첨가 두부 섭취가 충남 일부 지역에 거주하는 흡연 남자 성인의 손목 골밀도, 생화학 골대사 지표 및 혈청 지질 성상에 미친 영향

김애정^{1*} · 김명환² · 정건섭³

¹혜전대학 식품영양과, ²단국대학교 식품공학과, ³연세대학교 생물자원공학과

Effects of Mulberry-Leaf Powder Tofu Consumption on Carpal Bone Mineral Density, Biochemical Bone Turnover Markers and Serum Lipid Profiles in Smoking Male Adults Living in Choongnam

Ae-Jung Kim^{1*}, Myung-Hwan Kim² and Kun-Sub Chung³

¹Dept. of Food & Nutrition, Hyejeon College, Choongnam 350-702, Korea

²Dept. of Food Engineering, Dankook University, Seoul 330-714, Korea

³Dept. of Biological Resources & Technology, Yonsei University, Wonju 220-710, Korea

Abstract

The effects of mulberry-leaf powder Tofu(MPT) on anthropometric measurements, including bone mineral density(BMD) in the right carpus, biochemical bone turnover markers, serum levels of lipids and macrominerals, were investigated in 30 smoking male adults who lived in Choongnam were given MPT(100 g/day) for 4 weeks. The average ages, number of smoked cigarettes and packyear were 22.38 years, 15.12/day and 3.54 years, respectively. The nutrient contents per 100 g MPT were 86.10 kcal energy, 8.98 g protein, 0.53 mg fiber, 211.33 mg Ca and 1.59 g fat. Anthropometric measurements, including dietary intake using the 24-hours recall method, carpal BMD using DEXA, serum levels of protein, albumin and glucose, lipid profiles (cholesterol, triglyceride, HDL-cholesterol, LDL-cholesterol) with AI(atherosclerosis index), HTR, CRF, LHR, some biomarkers of BMD(serum alkaline phosphatase activity, osteocalcin, urinary DPD), and serum macrominerals(Ca, Ca/P ratio, Mg) and Pb were analyzed before and after consumption of MPT. After MPT consumption, dietary intakes of plant protein, total Ca and plant Ca increased significantly, but there were no significant differences in anthropometric measurements, BMD with bone metabolism markers, serum levels of protein, albumin or glucose, lipid profiles with AI, HTR, LHR and CRF.

Key words : Mulberry-leaf powder Tofu(MPT), bone mineral density(BMD), bone turnover marker, smoking, serum lipid profile, serum Ca and Pb.

서 론

최근 우리나라 20세 이상 남자 성인의 흡연율은 약 61.7% 정도의 높은 수준이며, 흡연 시작 연령 또한 낮아지고 있어 국민보건상의 문제가 우려되고 있다(NSOK 1999). 특히 20~29세 성인 남자의 흡연율은 67.8%로 다른 연령 대에 비해 가장 높은 것으로 보고 되고 있으나(Ministry of Health and Welfare 2002), 흡연으로 인한 건강 장애는 오랜 기간 경과 후에 나타나기 때문에 이 연령대의 흡연율은 일생의 건강에 심각한 영향을 줄 수 있다.

흡연이 건강에 미치는 유해한 영향은 여러 연구(McGill

HC 1998, Mjos OD 1998, Torabi *et al* 1993)를 통해 보고된 바와 같이 관상 심장 질환의 위험률을 높이고 혈중 지질 및 지단백질의 이상을 유발할 수 있다. 특히 담배 연기에는 니코틴과 납을 포함한 4,000여종의 독성 화학 물질이 포함되어 있다. 흡연으로 인해 환경오염의 산물인 납과 같은 중금속이 체내로 쉽게 흡수되게 되면, 고지혈증, 동맥경화증, 심혈관계 질환, 고혈압 등의 유발이 촉진되고, 장기적으로 인체 내에 축적되면 혈액 순환기계 질환, 중추신경계 이상, 뇌손상, 골 질 환과 같은 여러 가지 증상을 일으킨다(Cho *et al* 2004). 한편 최근에는 흡연이 칼슘과 비타민 D대사에도 관여하여 골격 건강에도 영향을 미칠 수 있음이 보고되고 있다(Kwak *et al* 2000, Kim *et al* 2003). 담배의 니코틴은 내분비계 및 신경계에 영향을 주어 뼈의 칼슘 용해를 억제시키는 에스트로젠 분비를 저하시키고, 소변 중 deoxyypyridinoline(DPD)의 배설량

* Corresponding author : Ae-Jung Kim, Tel : +82-41-630-5249, Fax : +82-41-630-5175, E-mail : kaj419@hyejeon.ac.kr

을 증가시켜 칼슘과 비타민 D의 대사에 중요한 영향을 미치고 골다공증의 위험률을 증가시킬 수도 있음이 보고되었다 (Kim *et al* 2003).

이렇게 흡연으로 인해 야기될 수 있는 지질 대사 이상, 체내 납 축적, 골밀도 저하 등 만성 퇴행성 질환을 저해하는 영양소로는 단백질, 칼슘, 식이섬유소 등이 잘 알려져 있다 (Park & Lee 2005). 특히 식이성 칼슘은 소화관에서 지방산과 비누(soaps)를 형성하는데, 이 칼슘 비누는 불용성으로서 대변으로의 칼슘 배설을 증가시키므로 고지방 식이는 식이성 칼슘의 흡수를 저하시킨다는 것은 잘 알려져 있는 바(Gacs & Bartop 1977) 이는 식이성 칼슘이 지방 흡수에 상호 방해인자로 작용하여 혈청 콜레스테롤 농도에 영향을 미칠 것으로 생각된다. 그러므로 흡연자에게 고단백, 고칼슘, 고식이섬유소 식품의 공급이 필수적인데, 이러한 조건을 한번에 만족시키는 식품은 흔하지 않다.

두부는 오래전부터 만성적 단백질 부족을 완화하는데 크게 기여하여 온 식품으로 칼슘도 풍부하여 이러한 조건을 만족시키는 식품으로 보여진다(Kim & Lee 1989, Wolf WJ 1972). 그러나 두부의 원료인 대두 단백질은 함황 아미노산이 적어 단백질 이용률이 낮으므로 이를 개선하기 위해 함황 아미노산뿐만 아니라 무기질, 식이 섬유소, 항산화 비타민 등이 풍부한 콩잎(Kim *et al* 2002, Peller L 1970, Michichiro *et al* 1988, Lee *et al* 1997)을 두부 제조 시 첨가하여 두부의 영양을 개선할 필요가 있다.

정리해 보면 흡연으로 인한 지질 대사 이상으로 초래되는 심혈관계질환, 무기질 대사 이상으로 야기되는 골밀도 저하 등 골대사 이상 등의 영향을 미칠 수 있음이 제시되고 있으나, 이러한 체내 대사 이상을 경감시키고자 어떤 특정 식품을 선택·공급함으로써 그 효과를 규명하고자 한 연구는 거의 없는 실정이다. 이에 본 연구에서는 선행 연구에서 체내 지질 및 무기질 영양 상태 개선 효과가 이미 규명된 콩잎(Kim *et al* 2001, Kim *et al* 1988, Kim EM 1998, Kim *et al* 1999)을 첨가한 두부를 흡연 경력 3년 이상, 하루 흡연량 13개피 이상인 흡연 남자 대학생을 대상(Sung & Bae 2005)으로 4주간 섭취시켜 골밀도, 혈중 생화학 골대사 지표, 혈중 골밀도 관련 무기질 및 지질 수준에 미치는 영향을 규명하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 시료

본 연구에 사용된 콩잎 분말 첨가 두부의 제조법은 선행 연구(Han MR *et al* 2005)(Fig. 1)에 의거하여 서신 식품(Seosin Co Ltd, Seoul, Korea)에서 제조한 것(콩잎 분말 2% 첨가 두부)을 매주 구입하여 4주간 시료로 사용하였다. Fig. 1에서와

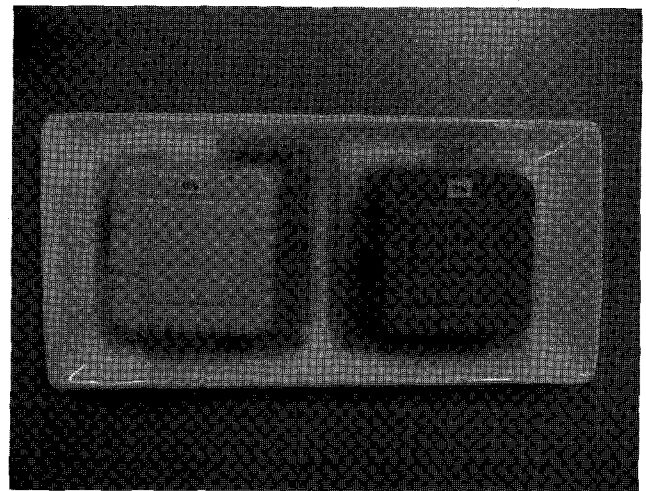


Fig. 1. 0%(left) and 2%(right) Mulberry-leaf powder Tofu.
86.71 kcal(energy), 8.98 g(protein), 0.53 g(fiber), 1.59 g(fat) and 211.33 mg(Ca)/100 g 2% MPT.
84.10 kcal(energy), 8.40 g(protein), 0.20 g(fiber), 3.50 g(fat) and 159.00 mg(Ca)/100 g 0% MPT.

같이 콩잎 분말 첨가 두부는 무첨가 두부에 비해 단백질과 칼슘 함량이 높다.

2. 콩잎 분말 첨가 두부 섭취 실험 설계 및 실험 대상자 선정

본 연구는 충남 일부 지역 대학에 재학 중인 200여명의 남자 대학생 가운데 설문지를 통해 하루에 13개피 이상 흡연하고, 흡연을 시작한지 3년 이상된 대상(Sung & Bae 2005) 가운데 본 실험의 연구를 잘 이해하고 동의한 30명(Table 1)을 선발하여 2005년 11월 20일부터 12월 18일까지 4주 동안 콩잎 분말 첨가 두부 섭취 전·후로 채혈, 체중, 체지방 및 골밀도 측정 등을 실시하였다(Fig. 2). 콩잎 분말 첨가 두부의 섭취량은 Kim *et al*(2000)의 연구를 참고로 하여 하루 동안 사람이 무리 없이 섭취할 수 있는 양(100 g/day)을 세끼 식사 중 원하는 끼니에 자유로이 부식과 함께 섭취하도록 하였다.

3. 신체 계측 및 손목 골밀도 측정

신장계로 신장을 측정한 후 Inbody 3.0(Bio-electrical Impedance Fatness Analyzer, Biospace Co, Seoul, Korea)을 이용하여 체질량지수(Body Mass Index: BMI), 체지방율, 체지방량 및 체지방량 등을 측정하였다.

골밀도를 측정하는 방법은 여러 가지가 있으나, 정밀도가 높고 신체의 모든 부위를 측정할 수 있는 이중 에너지 방사선 골밀도 측정기(dual energy X-ray absorption: DEXA)가 가장 많이 사용되고 있으며, 골밀도 측정 부위는 골절이 빈번히 발생하는 요추, 대퇴부, 전완 등이다(Ooms *et al* 1993). 따

Table 1. Anthropometric parameters of the subjects

(n=30)

Variables	Pre-treatment	Post-treatment(2 weeks)	Post-treatment(4 weeks)	Significance ²⁾
Age(yrs)	22.38± 3.55 ¹⁾	-	-	-
Height(cm)	173.46± 6.31	-	-	-
Smoking history(packyear) ³⁾	3.54± 2.23	-	-	-
Number of cigarettes/day	15.12± 0.11	-	-	-
Weight(kg)	79.56±13.07	79.55±13.67	77.23±11.54 ^{NS,2)}	NS.
BMI(kg/m ²) ⁴⁾	26.40± 3.57	26.27± 3.68	25.90± 3.58 ^{NS.}	NS.
Body fat(%)	23.92± 4.42	23.90± 5.99	23.73± 4.08 ^{NS.}	NS.
LBM(kg) ⁵⁾	58.57± 6.49	60.22± 7.93	60.50± 8.09 ^{NS.}	NS.
WHR(%) ⁶⁾	0.87± 0.04	0.87± 0.05	0.87± 0.03 ^{NS.}	NS.

¹⁾ Mean±Standard Deviation.

²⁾ Values with different superscripts within the column are significantly different at $\alpha=0.05$ by Duncan's multiple range test.
NS : Not significant.

³⁾ Packyear=Smoking years on the basis of 1 pack of cigarettes per day.

⁴⁾ Body Mass Index.

⁵⁾ Lean Body Mass.

⁶⁾ Waist Hip Ratio.

Variables	Days																													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	
Anthropometric measurements ¹⁾	*																												*	
MPT consumption ²⁾	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Blood sampling ³⁾	*														*														*	
Urine sampling ⁴⁾	*																												*	
Bone Mineral Density assessment ⁵⁾	*														*														*	

Fig. 2. Experimental Design.

¹⁾ Height, Weigh, BMI, Body fat, and WHR were analyzed by Inbody 3.0. before and after MPT administration for 4 weeks.

²⁾ MPT(Fig. 1.) were administered for 4 weeks to university male students.

³⁾ Blood sampling were done 3 times for biochemical assessments.

⁴⁾ Urine sampling.

⁵⁾ Bone Mineral Density assessment.

라서 본 연구에서 대상자의 골밀도는 이중 에너지 방사선 골 밀도 측정기(Osteoview DEXA Scanner, Medilink, France)를 이용하여 오른쪽 손목 근위(ultradis)와 원위(distal)의 골밀도를 측정 한 후 평균값을 사용하였다.

4. 식이 섭취 조사

식이 섭취 조사는 훈련된 조사원의 지도하에 일 대 일 면접을 토대로 이루어졌으며 24시간 회상법을 이용하여 주중 2일간 주말 1일을 포함하여 3일간의 영양소 섭취 상태를 조

사하였다. 섭취한 양을 정확하게 파악하기 위하여 식품 모델을 전시한 후 이를 이용하여 음식량을 측정하였다. 1일 영양소 섭취량 분석은 2000년 한국영양학회에서 개발한 영양 평가 프로그램(Can-Pro 2.0, Computer Aided Nutritional analysis program for professionals)을 이용하여 산출하였다.

5. 혈액 및 뇨 생화학 조사

1) 혈액과 소변 채취

본인의 동의를 얻어 12시간 금식시킨 후 정맥혈 10 mL를 뺀 뒤 분말 첨가 두부 섭취 전, 섭취 2주 후, 섭취 4주 후 각각 총 3회 채혈하였다. 채취한 혈액은 실온에서 1시간 방치한 후 4℃, 1,500 rpm에서 15분간 원심분리하여 혈청을 얻었다. 혈청은 분석 시까지 -70℃에서 냉동 보관하였다.

채혈일의 일시뇨는 EDTA로 처리한 채뇨 용기에 수집하여 -70℃에 냉동 보관하여 분석에 사용하였다.

2) 골대사지표 측정

혈청 alkaline phosphatase 활성(Tiets NW 1995)은 측정용 시약 AMP((Bayer Co Ltd, Berlin, Germany)를 사용하여 ADVIA 1650(Bayer Co Ltd, Berlin, Germany)으로 410 nm에서 흡광도를 측정하였다. 혈청 osteocalcin(Tiets NW 1995)은 전기적 화학발광인 Electrochemiluminescence(ECLA)을 이용하여 측정하였다. 노중 DPD(deoxy pyridinoline) 배설량(Tiets NW 1995)은 competitive immunoassay 방법으로 Pyriliks-D kit (Meter Biosystems, MA, USA)를 사용하여 분석한 후 소변 중 크레아티닌 수치로 보정하였다.

3) 혈청 총 단백질, 알부민 및 혈당

혈청 총 단백질 함량(Tiets NW 1995)은 측정용 kit(Bayer Co Ltd, Berlin, Germany)를 사용하여 ADVIA 1650(Bayer Co Ltd, Berlin, Germany)으로 540 nm에서 흡광도를 측정하였다.

혈청 알부민 함량(Tiets NW 1995)은 측정용 kit(Bayer Co Ltd, Berlin, Germany)를 사용하여 ADVIA 1650(Bayer Co Ltd, Berlin, Germany)으로 596 nm에서 흡광도를 측정하였다.

혈당(Tiets NW 1995)은 측정용 kit(Bayer Co Ltd, Berlin, Germany)를 사용하여 ADVIA 1650(Bayer Co Ltd, Berlin, Germany)로 340 nm에서 흡광도를 측정하였다.

4) 혈청 지질 및 Lipase Activity 측정

혈청 중성 지방, 총 콜레스테롤, HDL-cholesterol 및 LDL-cholesterol(Tiets NW 1995)은 생화학자동분석기(Selectra II, Vital scientific NV, Amsterdam, Holland)를 사용하였다. 그리고 혈청 lipase activity(Tiets NW 1995)는 측정용 kit(Randox Co Ltd, MA, USA)를 사용하여 ADVIA 1650(Bayer Co Ltd, Berlin, Germany)으로 측정하였다.

5) 심혈관계 지표 산출

임상 진단에서 순환계와 관련된 진단 지수인 동맥경화지수(atherogenic index: AI), 심장위험지수(cardiac risk factor: CRF), HTR(high density lipoprotein cholesterol and total cholesterol ratio), LHR(low density lipoprotein cholesterol ratio)은 아래와 같은 공식에 의하여 산출하였다(Kim *et al* 2004).

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

$$LHR = \text{LDL-cholesterol} / \text{HDL-cholesterol}$$

$$\text{HTR} = \text{HDL-cholesterol} / \text{Total cholesterol}$$

$$\text{CRF} = \text{Total cholesterol} / \text{HDL-cholesterol}$$

6) 혈청 Ca, Ca/p Ratio, Mg 및 Pb 측정

혈청 1 mL를 취하여 microwave digestion system(Ethos Touc Control, Milestone, Bergamo, Italy)으로 분해하여 검액을 만든 뒤 ICP spectrometer(Atomscan advantage axial sequential plasma spectrometer, Thermo Jarrell Ash Co, Franklin, MA, USA)(Choi MY 2004)를 이용하여 다량 무기질 및 중금속 함량을 정량 분석하였다. 실험에 사용된 모든 기구들은 무기질의 오염을 방지하기 위해서 깨끗이 씻은 후 플라스틱 제품인 경우에는 0.4% EDTA 용액에, 유리제품인 경우는 질산원액에 24시간 이상 담갔다 2차 증류수로 3번 이상 세척하였으며, 건조기에서 습기를 제거한 후 사용하였다.

7) 통계 분석

수집된 모든 자료는 SAS(Statistical Analysis System, ver 8.01) package를 이용하여 평균±표준 편차를 구하였다. 뽕잎 분말 첨가 두부 섭취 전, 섭취 2주 후, 섭취 4주 후로 나누어 $p < 0.05$ 수준에서 ANOVA 및 Duncan's multiple range test로 유의성 여부를 검증하였다. 단, 섭취 전과 4주 후인 2회만 측정된 결과 치는 student's *t*-test로 유의성을 검증하였다.

결과 및 고찰

1. 체성분 변화

본 연구 대상자의 평균 연령과 신장은 각각 22.38세, 평균 신장 173.46 cm(Table 1)인 남자 대학생으로 구성하였다. Sung & Bae(2005)의 연구 결과, 평균 흡연력 3년 이상인 대상자들의 경우, 혈액 성상이나 골밀도에 영향을 주는 것으로 나타났다. 따라서 본 연구에서는 평균 흡연력 3.5갑년, 평균 흡연량 15.12 개피인 30명을 대상(Sung & Bae 2005)으로 뽕잎분말 첨가 두부를 4주간 섭취시킨 다음 체중, 체질량지수(BMI: Body Mass Index), 체지방 및 허리와 엉덩이 둘레 비율(WHR) 등을 측정한 결과 유의적인 차이가 없었다.

2. 손목 골밀도 및 골대사 지표 변화

골밀도는 단위 면적 또는 체적당 골량(bone mass)을 표시한 것으로 골강도를 대변하고 골절의 발생과 밀접한 연관이 있기 때문에 골격 상태나 골다공증을 진단하는데 있어 가장 많이 사용된다(Choi *et al* 2005). 그리고 Cummings *et al* (1995)에 의하면 체중과 체질량지수는 신체에 하중을 주어

뼈의 밀도를 높이고 골절 위험을 낮춘다고 한다.

본 실험 대상자의 손목 골밀도는 Table 2에서 보는 바와 같이 콩잎 분말 첨가 두부 섭취 전과 후 모두 평균 오른쪽 손목 골밀도(섭취 전: 0.49 g/cm^2 섭취 후: 0.51 g/cm^2)는 모두 정상범위($0.385 \sim 0.520 \text{ g/cm}^2$) 수준이었다. 그리고 콩잎 분말 첨가 두부 섭취 전과 후의 오른쪽 손목 근위(ultradis)는 각각 $0.43 \pm 0.06 \text{ g/cm}^2$ (섭취 전), $0.46 \pm 0.06 \text{ g/cm}^2$ (섭취 후)로 유의적인 차이가 없었으며 원위(distal)의 경우도 변화가 없었다.

본 연구에서는 골대사 생화학 지표로 오스테오칼신(osteocalcin), 소변의 DPD 배설량 및 혈청 alkaline phosphatase 활성 등을 측정하였다. 오스테오칼신(osteocalcin)은 골다공증 환자에서 골다공증을 일으키는 질환에서의 골상대에 대한 연구(Duda *et al* 1988)를 통해 발견된 골형성 표지 물질이다. 오스테오칼신은 골(bone)과 상아질(dentin)에 특이성을 가지는 49개의 아미노산으로 구성된 단백질로서 칼슘과 결합하는 γ -carboxy glutamic acid(GLA)를 포함하고 있기 때문에 bone GLA protein(BGP)라고도 한다(Charles *et al* 1985).

소변의 피리디놀린과 DPD는 히드록시프롤린에 비하여 뼈에 특징적이고(Charles *et al* 1985), 이들은 완성된 세포의 콜라겐에만 존재하며, 소변으로 배설되기 전에 대사되지 않으며, 또한 음식에 포함된 피리디놀린과 DPD는 장에서 흡수되지 않기 때문에 히드록시프롤린을 측정할 때처럼 음식을 제한하지 않아도 된다는 장점이 있다(Kim SY 2001). Kim *et al*(2003)은 담배의 니코틴은 내분비계 및 신경계에 영향을 주어 뼈의 칼슘 용해를 억제시키는 에스트로젠 분비를 저하시키고, 뇨중 DPD의 배설량을 증가시켜 칼슘과 비타민 D의 대사에 중요한 영향을 미치고 골다공증의 위험을 증가시킬 수도 있음을 보고하였다.

본 연구 결과, 콩잎 분말 첨가 두부 섭취 전·후의 골대사 생화학 지표에 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 그러나 뇨 DPD 배설량의 경우는 비록 유의적인 차이는 없었지만, 섭취 후 뇨 DPD는 약 11%가 감소된 것으로 보아 앞으로 콩잎 분말 첨가 두부의 섭취 기간이나 섭취량을 증가시킬 경우 긍정적인 결과를 초래할 것으로 기대되며 이에 대한 연구가 요구된다.

3. 영양소 섭취 상태

본 연구 대상자의 영양소 섭취량 및 한국인 영양 섭취 기준(The Korean Nutrition Society 2005)에 대한 섭취 비율은 Table 3과 같다. 평균 열량 섭취량은 콩잎 분말 첨가 두부 섭취 전($1,708.80 \text{ kcal}$: EER의 91.53%)과 섭취 후($1,739.17 \text{ kcal}$: EER의 89.93%)로 유사한 수준이었으며, 본 연구의 대상자와 비슷한 조건(평균 23.91세, 3.14년의 흡연 경력, 11.87개과/일의 흡연량을 갖는 남자 성인)인 Sung & Bae(2005)의 $2,184.9 \text{ kcal}$ 와 유사한 섭취 수준이었다. 평균 단백질 섭취량은 섭취 전은 영양 섭취 기준의 110 %였으며 섭취 후는 118% 수준을 보였으나 유의적인 차이는 없었다. 총 열량 섭취량에 대한 탄수화물, 단백질, 지방 섭취량의 비율(CPF ratio)은 섭취 전($63.27 : 13.30 : 23.43$)과 섭취 후($62.90 : 14.65 : 22.45$)를 Sung & Bae(2005)의 연구 결과($57.2 : 13.7 : 26.4$)와 비교 시 당질의 섭취 비율은 낮고 단백질과 지방의 섭취 비율은 비슷한 수준이었다. 평균 단백질 섭취량은 콩잎 분말 첨가 두부 섭취에 따른 유의차가 없었으나 식물성 단백질 섭취량은 섭취 후 유의적으로 증가하였다($p < 0.05$). 평균 식이 섬유소 섭취량은 섭취 전 10.09 g 에서 섭취 후 10.47 g 으로 유사한 수준이었으며, Sung & Bae(2005)의 6.60 g 에 비해서는 높은 수

Table 2. BMD and bone metabolism markers of the subjects

(n=30)

Variables	Pre-treatment	Post-treatment(4 weeks)	Significance ²⁾	Normal range ³⁾
BMD(g/cm^2) ⁴⁾ Ultradis	0.43 ± 0.06 ¹⁾	0.46 ± 0.06 ^{NS,2)}	NS.	0.36~0.49
Distal	0.55 ± 0.05	0.55 ± 0.04 ^{NS.}	NS.	0.41~0.55
Average BMD(g/cm^2)	0.49 ± 0.03	0.51 ± 0.02 ^{NS.}	NS.	0.385~0.520
Alkaline phosphatase(IU/L)	90.00 ± 16.60	87.50 ± 11.45 ^{NS.}	NS.	39~117
Osteocalcin(ng/dL)	29.45 ± 0.14	27.24 ± 7.24 ^{NS.}	NS.	11~43
DPD(RU)(nM/mM Cre) ⁵⁾	6.25 ± 2.73	5.54 ± 1.64 ^{NS.}	NS.	2.5~6.5

¹⁾ Mean±Standard deviation.

²⁾ Significance as determined by student *t*-test.

NS : Not significant, * $p < 0.05$.

³⁾ Normal range by SMSI(Seoul Medical Science Institute).

⁴⁾ BMD : Bone Mineral Density.

⁵⁾ DPD : Deoxypridinolin.

Table 3. Mean daily energy and nutrient intakes of the subjects

(n=30)

Variables	Pre-treatment	Post-treatment(4 weeks)	% of DRIs ³⁾		Significance ²⁾
			Pre-treatment	Post-treatment	
Energy(kcal)	1708.80± 185.81 ¹⁾	1739.17± 77.18 ^{NS,2)}	89.93(EER) ³⁾	91.53(EER)	NS.
Total protein(g)	52.71± 8.93	62.09± 3.71	117.13(RI) ³⁾	137.98(RI)	NS.
Plant protein(g)	31.39± 3.81	41.64± 1.69			*
Animal protein(g)	21.31± 5.47	20.45± 2.03			NS.
Carbohydrate(g)	271.06± 12.97	279.86± 12.21			NS.
Fat(g)	45.97± 2.88	41.26± 3.26			NS.
Fiber(g)	13.25± 0.92	13.73± 2.62			NS.
Total Calcium(mg)	650.58± 14.38	832.78±104.47	92.94(RI)	118.96(RI)	*
Plant Calcium(mg)	304.39± 7.83	450.57± 74.99			*
Animal Calcium(mg)	346.18± 7.56	382.20± 29.79			NS.
Phosporus(mg)	1053.44± 11.39	933.42± 51.21			NS.

¹⁾ Mean±Standard deviation.

²⁾ Significance as determined by student *t*-test.

NS : Not significant, * *p*<0.05.

³⁾ DRI : Dietary Reference Intakes for Korean.

EER : Estimated Energy Requirements.

RI : Recommended Intake.

준이었다. 평균 칼슘 섭취량 섭취 전(650.58 mg)에 비해 섭취 후(832.78 mg) 유의적인 증가(*p*<0.05)를 보였는데, Sung & Bae (2005)의 588.70 mg과 비교 시 섭취 전은 유사한 수준이었고, 섭취 후에는 더 높은 수준을 보였다. 식물성 칼슘 섭취량은 섭취 전(304.39 mg)에 비해 섭취 후(450.57 mg)가 유의적으로 증가(*p*<0.05) 되었고, Sung & Bae(2005)의 280.19 mg에 비해 총 단백질 섭취량과 같은 경향을 보였다. 반면 인의 섭취량은 섭취 전(1,053.44 mg)에 비해 섭취 후(933.42 mg) 유의적인 차이가 없었으며, Sung & Bae(2005)의 인 섭취량(1,121.1 mg)과 비교 시 섭취 전과 섭취 후 모두 낮은 수준을 보였다.

정리해 보면 빵잎 분말 첨가 두부의 섭취에 의해 식물성 단백질, 총 칼슘과 식물성 칼슘 섭취량은 유의적으로 증가(*p*< 0.05)되었는데, 이는 식물성 단백질, 칼슘 함량이 풍부한 빵잎 분말 첨가 두부의 섭취 때문으로 생각된다.

4. 혈청 총 단백질, 알부민 및 혈당 수준 변화

빵잎 분말 첨가 두부 섭취 전, 2주 후, 4주 후의 혈청 총 단백질, 알부민 및 혈당 수준은 Table 4와 같다. 혈청 총 단백질, 알부민 및 혈당 수준은 섭취 전, 섭취 2주 후, 섭취 4주 후 간에 유의적인 차이는 없었다. 혈당의 경우는 두부 섭취 4주 후에 섭취 전과 비교했을 때 감소되는 경향을 보여 앞

로 보다 장기적인 섭취에 따른 평가가 필요하다고 생각한다.

5. 혈청 지질 성상 변화

빵잎 분말 첨가 두부(고단백, 고칼슘 식품) 섭취 전과 후의 혈청 지질 수준 변화는 Table 5에 제시된 바와 같다. 본 연구 대상자(하루 평균 흡연량: 15.12개피, 흡연력: 3.5년 이상)의 경우는 흡연량이 25개피가 되지는 않았지만 혈청 지질의 정상 범위와 비교 시(Table 5) 중성 지방과 LDL-cholesterol 수준은 높고, HDL-cholesterol 수준은 낮은 편이었다.

흡연이 건강에 미치는 유해한 영향은 여러 연구(McGill HC 1998, Mjos OD 1998, Torabi *et al* 1993)를 통해 보고된 바와 같이 관상 심장 질환의 위험율을 높이고 혈중 지질 및 지단백질의 이상을 유발할 수 있다. 혈청 콜레스테롤 농도의 저하에 영향을 주는 인자로서 식이 섬유소(Peller L 1970), 단백질(Michichiro *et al* 1988), 지방산(Lee *et al* 1997) 등 다양한 식이 인자가 알려져 있다. 식이 섬유소는 대변의 부피를 증가시켜 결국 담즙산을 회색시킴으로써 혈중 총 콜레스테롤 농도를 감소시키는 효과가 인정되고 있다(Kim *et al* 2001). 흡연이 혈청 지질 수준에 미치는 영향은 연구에 따라 다소 차이는 있으나, 하루 25개피 이상의 담배를 피우는 사람들은 HDL-cholesterol 수준은 낮고 중성 지질과 LDL-cholesterol은

Table 4. Serum levels of total protein, albumin and glucose of the subjects

(n=30)

Variables	Pre-treatment	Post-treatment(2 weeks)	Post-treatment(4 weeks)	Significance ²⁾	Normal range ³⁾
Total protein(g/dL)	7.70± 0.29 ¹⁾	7.72± 0.26	7.81± 0.28 ^{NS,2)}	NS.	6.5~8.3
Albumin(g/dL)	4.92± 0.24	4.94± 0.22	5.00± 0.20 ^{NS.}	NS.	3.5~5.3
Glucose(mg/dL)	88.91±29.44	85.00±22.11	82.08± 21.60 ^{NS.}	NS.	70~110

1) Mean±Standard deviation.

2) Values with different superscripts within the column are significantly different at $\alpha=0.05$ by Duncan's multiple range test.
NS : Not significant.

3) Normal range by SMSI(Seoul Medical Science Institute).

Table 5. Serum lipid parameters, AI, HTR, LHR and CRF of the subjects

(n=30)

Variables	Pre-treatment	Post-treatment(2 weeks)	Post-treatment(4 weeks)	Significance ²⁾	Normal range ³⁾
Total Cholesterol(mg/dL)	182.54±40.93 ¹⁾	177.18±43.06	178.92±31.19 ^{NS,2)}	NS.	<200
Triglyceride(mg/dL)	142.85±81.50	134.55±69.55	118.75±87.97 ^{NS.}	NS.	<150
HDL-Cholesterol(mg/dL)	46.46± 8.43	48.09± 9.52	49.08±13.41 ^{NS.}	NS.	42~74
LDL-Cholesterol(mg/dL)	104.77±31.97	99.27±34.47	100.50±25.75 ^{NS.}	NS.	<130
Lipase activity(U/L)	28.77± 5.21	27.73± 3.41	28.33± 3.96 ^{NS.}	NS.	<60
AI ⁴⁾	2.93± 0.03	2.68± 0.02	2.65± 0.04 ^{NS.}	NS.	<3.0
LHR ⁵⁾	2.26± 0.12	2.09± 0.20	2.02± 0.24 ^{NS.}	NS.	-
HTR ⁶⁾	0.26± 0.03	0.27± 0.05	0.27± 0.04 ^{NS.}	NS.	-
CRF ⁷⁾	3.93± 0.02	3.68± 0.02	3.65± 0.03 ^{NS.}	NS.	<7.0

1) Mean±Standard deviation.

2) Values with different superscripts within the column are significantly different at $\alpha=0.05$ by Duncan's multiple range test.
NS : Not significant.

3) Normal range by SMSI(Seoul Medical Science Institute).

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

5) LHR : Low density lipoprotein cholesterol and high density lipoprotein ratio= LDL-cholesterol/HDL-cholesterol.

6) HTR : High density lipoprotein cholesterol and total cholesterol ratio=HDL-cholesterol/total cholesterol.

7) CRF : Cardiac risk factor = Total cholesterol / HDL-cholesterol.

높은 것으로 보고되고 있다(Duthie *et al* 1993, Brot C 1999, Duthie *et al* 1996, Yoon GA 1997). 본 연구 결과 뽕잎 분말 첨가 두부 섭취 전과 후 혈청 지질 수준에 유의적인 차이는 나타나지 않았지만 섭취 기간에 비례해서 감소되는 경향은 보였다. 심혈 관계 지표로 사용되는 AI, LHR, HTR 및 CRF 수준도 뽕잎 분말 첨가 두부 섭취 전과 후 유의적인 차이는 없었으나 섭취 기간이 길어질수록 AI, LHR, CRF는 감소, HTR 수준은 증가되는 경향을 보여주었다.

6. 혈청 칼슘, 칼슘/인 비율 및 납 수준 변화

담배 연기에는 니코틴과 납을 포함한 4,000여종의 독성 화학 물질이 포함되어 있다(McGill HC 1998, Mjos OD 1998, Torabi *et al* 1993). 생체가 다량의 납에 노출되거나, 미량이

라도 만성적으로 접하게 되면, 체내에 축적되어 조혈 기능 저해, 신경계 손상, 장기의 생화학적, 형태학적 변화 등의 증독증상 등을 나타낸다(Lee & Cho 1991). 납과 같은 유해 중금속을 제거하기 위해 여러 가지 식이인자와의 상호 관계에 대한 연구가 이루어지고 있다. 그 가운데 칼슘은 납의 흡수에 영향을 주는 무기질로 납과 경쟁적인 흡수 관계에 있으며, 또 칼슘이 부족할 경우 흡수 부위의 tight junction을 변화시켜 납의 흡수를 증가시킨다고 보고하였으며, 칼슘은 납의 배설량을 증가시킨다고 보고하였다(Lee & Cho 1991).

뽕잎 분말 첨가 두부 섭취 전과 후의 혈청 칼슘, 칼슘/인 비율, 납 수준은 Table 6에 제시된 바와 같다. 본 연구 결과, 뽕잎 분말 첨가 두부 섭취 전(칼슘 섭취량: 650.58 mg)과 후(칼슘 섭취량: 832.78 mg)의 혈청 칼슘, 마그네슘과 납의 수

Table 6. Serum Ca, Ca/P ratio, Mg and Pb levels of the subjects

(n=30)

Variables	Pre-treatment	Post-treatment(2 weeks)	Post-treatment(4 weeks)	Significance ²⁾	Normal range ³⁾
Calcium(mg/dL)	9.83± 0.28 ¹⁾	9.80± 0.42	9.85± 0.27 ^{NS,2)}	NS.	8.2~10.8
Ca/P ratio	2.33± 0.19	2.54± 0.11	2.45± 0.29 ^{NS.}	NS.	-
Magnesium(mg/dL)	2.12± 0.29	2.18± 0.16	2.19± 0.14 ^{NS.}	NS.	1.47~2.70
Lead(µg/dL)	8.51± 0.28	7.83± 0.22	7.72± 0.16 ^{NS.}	NS.	<20

¹⁾ Mean±Standard deviation.

²⁾ Values with different superscripts within the column are significantly different at $\alpha=0.05$ by Duncan's multiple range test.

NS : Not significant.

³⁾ Normal range by SMSI(Seoul Medical Science Institute).

준은 정상 범위에 들었으며, 빵잎 분말 첨가 두부 섭취에 따른 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 이렇게 혈청 칼슘과 납의 수준에 있어서 유의적인 차이가 나타나지 않고 경미하게 높아지거나 낮아지는 경향만을 보였다. 이는 본 연구의 섭취 기간이 4주로 제한되어 있었던 점과 어떤 한 가지 요인을 과량 투여하는 동물 실험과는 달리 일상 식생활을 통해 식품으로 적정량을 공급하였기 때문으로 생각된다.

요약 및 결론

본 연구에서는 선행 연구에서 체내 지질 및 무기질 영양 상태 개선 효과가 이미 규명된 빵잎 분말 첨가 두부를 흡연 남자 대학생을 대상으로 4주간 섭취시켜 흡연으로 인한 혈중 골격 관련 무기질의 농도와 골밀도, 골대사 지표 및 지질 수준에 미치는 영향을 규명하고자 하였다. 본 실험 대상자의 평균 연령은 22.38세, 평균 신장은 173.46 cm이었으며 빵잎 분말 첨가 두부를 4주간 섭취시킨 결과 체중, BMI, 체지방, WHR, 손목 골밀도 등에 유의적인 차이는 없었다. 골대사 생화학 지표인 혈청 alkaline phosphatase 활성, 혈청 osteocalcin, 노 DPD의 경우도 빵잎 분말 첨가 두부 섭취에 따른 유의적인 차이가 없었다. 빵잎 분말 첨가 두부 섭취 전과 후 총 열량 섭취량에 대한 CFP ratio을 비교해 보면, 섭취 후 당질, 지질 섭취 비율은 감소한 반면, 단백질의 섭취 비율이 다소 상승되었고, 평균 단백질, 섬유소 섭취량은 섭취 전과 후 유의적인 차이가 없었다. 그러나 평균 식물성 단백질과 총 칼슘과 식물성 칼슘 섭취량은 섭취 전에 비해 섭취 후 모두 유의적으로 증가($p<0.05$)되었다. 혈청 총 단백질, 알부민, 혈당 수준 및 혈청 지질 수준과 심혈 관계 지표로 사용되는 AI, LHR, HTR 및 CRF 수준도 섭취 전과 후 유의적인 차이가 없었다. 그리고 빵잎 분말 첨가 두부 섭취 전과 후의 혈청 칼슘, 마그네슘, 납 수준은 모두 정상 범위에 들었으나, 섭취 기간에 따른 유의차는 없었다.

정리해 보면 4주간 고칼슘·고단백 빵잎 분말 첨가 두부를

섭취하기는 하였지만, 섭취 기간이 4주로 제한되어 있었고, 본 실험 대상자들이 모두 젊은 청장년이어서 중년층의 흡연 자들에 비해 흡연 경력이 상대적으로 짧았으며, 그에 따라 골밀도, 혈청 지질 수준, 혈 수준 등이 모두 정상 수준이어서 빵잎 분말 첨가 두부 섭취의 영향을 크게 받지 않은 것으로 사료된다. 그러나 차후 본 실험 대상자들이 중년에 접어들기 전에 이와 같은 급원을 일상 식이를 통해 꾸준히 섭취한다면 중년 이후에 나타날 지질 대사 이상, 골밀도 저하 현상 등을 예방하는데 도움이 되리라 생각된다.

감사의 글

본 연구는 농림기술관리센터에서 시행한 2004년도 농림 기술개발과제(104003-02-1-HD110)의 협동 연구 과제로 수행된 연구 결과의 일부로 연구비 지원에 감사드립니다.

문헌

- Brot C, Jorgensen NR, Sorensen OH (1999) The influence of smoking on vitamin D status and calcium metabolism. *Eur J Clin Nutr* 53: 920-926.
- Charles P, Poser JW, Mosekilde L, Jensen FT (1985) Estimation of bone turnover evaluated by 45 Ca-kinetics: efficiency of bone gamma-carboxy glutamic acid containing protein, serum alkaline phosphatase, and urinary hydroxyproline excretion. *J Clin Invest* 76: 2254-2258.
- Cho SY, Kim MJ, Lee MK, Park EM, Jang JY, Choi JM, Kim DJ (2004) Effect of Korean traditional tea materials on minerals content and histological changes in Pb-administrated rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 33: 311-317.
- Choi MK, Bae YJ, Sung CJ (2005) The relation among bone mineral density, Ca and Mg contents in hair and nail, and nutrient intakes of preschool children in Chungnam district.

- Korean Nutr Soc* 38: 544-552.
- Choi MY (2004) Analysis of manganese contents in 30 Korean common foods. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 32: 1408-1413.
- Cummings SR, Nevit MC, Browner WS (1995) Risk factors for hip fracture in white women. *N Engl J Med* 322: 767-773.
- Duda RJ, Grien JF, Katzmann JA, Peterson JM, Mann KG, Riggs BL (1988) Concurrent assays of circulating bone Gla-protein and bone alkaline phosphatase: effect of sex, age and metabolic bone disease. *J Clin Endocrinol Metab* 66: 951-957.
- Duthie GG, Arthur JR, Beattie JA (1993) Cigarette smoking, antioxidants, lipid peroxidant, and coronary heart disease. *Ann NY Acad Sci* 686: 120-129.
- Duthie SJ, Ma A, Ross MA, Collins AR (1996) Antioxidant supplementation decrease oxidative DNA damage in human lymphocytes. *Cancer Research* 56: 1291-1295.
- Gacs G, Bartop D (1977) Significance of Ca-soap formation for calcium absorption in the rat. *Gut* 18: 64-66.
- Han MR, Kim AJ, Chung KS, Lee SJ, Kim MH (2005) Optimization for manufacturing soybean curd adding mulberry leaf powder and extract. *Food Engineering Progress* 9: 276-282.
- Kim AJ, Kim MH, Kim SS, Kwak HP (2000) The effects of mulberry leaf-Jeolpyun on the serum lipid level male University students. *J East Asian Soc Dietary Life* 10: 387-393.
- Kim EM (1998) Popular obesity diet. *Korean Soc Obesity* 7: 253-263.
- Kim MJ, Kim JW, Lee SJ (2002) Effects of YK-209 mulberry leaves on disaccharidase activities of small intestine and blood glucose-lowering in streptozotocin-induced diabetic rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 31: 107-109.
- Kim MK, Lee HY (1989) Detoxification study with different dietary protein levels and detoxifying periods in lead poisoned rats. *J Korean Nutr* 22: 185-193.
- Kim SK, Kim SY, Kim HJ, Kim AJ (2001) The effect of mulberry-leaf extract on the body fat accumulation in obese fa/fa male zucker rat. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 30: 516-520.
- Kim SK, Kim YS, Kim AJ, Kim SY (1999) Antihyperlipidemic effects of mulberry leaves in adult females. *Soomchunhyang J Nat Sci* 5: 167-171.
- Kim SK, Yeon BY, Choi MK (2003) Comparison of nutrient intakes and serum mineral levels between smokers and non-smokers. *Korean J Nutr* 36: 635-645.
- Kim SY (2001) A study of soymilk and exercise's effect on bone mineral density in underweight college women with low bone mass. *MS Thesis* University of Sookmyung Women's, Seoul, Korea.
- Kim SY, Lee WC, Kim HB, Kim AJ (1988) Antihyperlipidemic effects of methanol extracts from mulberry leaves in cholesterol-induced hyperlipidemia rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 30: 1217-1222.
- Kim YE, Oh SW, Kwon EA, Han DS, Kim IH, Lee CH (2004) Effects of green tea, buckwheat and grape leaves extracts on lipid metabolism, antioxidative capacity, and antithrombotic activity in rats fed high cholesterol diets. *Korean J Food Sci Technol* 36: 979-985.
- Kwak CS, Lee JW, Hyun WJ (2000) The effect of smoking and alcohol drinking on nutritional status and eating habits in adult males. *Korean J Community Nutr* 5: 161-171.
- Lee JS, Cho SY (1991) Effects of dietary protein and calcium levels on hematological properties and renal functions of the Pb-administered rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 20: 337-345.
- Lee KH, Choi IS, Lee SS, Oh SH (1997) Effects of non-digestible substances and calcium and lipid metabolism in rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 26: 927-935.
- McGill HC (1998) The cardiovascular pathology of smoking. *Am Heart J* 115: 250-257.
- Michichiro S, Yukio Y, Katsuko Y, Yukio H, Takaharu M, Minoru K (1988) The hypocholesterolemic action of the undigestion fraction of soybean protein in rats. *Atherosclerosis* 72: 115-117.
- Ministry of Health and Welfare (2002) Report on 2001 national health and nutrition survey. Korean Health Industry Development Institute(ed), Seoul, Korea
- Mjos OD (1998) Lipid effects of smoking. *Am Heart J* 115: 272-275.
- NSOK (1999) Annual report on the cause of death statistics. In: Yearbook of Statistics. National Statistical Office(ed), Seoul, Korea.
- Ooms ME, Lips P, Van Lingen A, Valkenburg HA (1993) Determinations of bone mineral density and risk factors for osteoporosis in health elderly women. *J Bone Miner Res* 8: 669-675.

- Park JR, Lee YS (2005) Effects of dietary chitosan on blood tissue levels of lead, iron, zinc, and calcium in lead administered rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 34: 336-341.
- Peller L (1970) Fiber and diabetes. *Lancet* 24: 434-437.
- Sung CJ, Bae YJ (2005) The study on nutritonal status, bone mineral density and plasma mineral concentrations of smoking male adults. *Korean J Community Nutr* 10: 91-100.
- The Korean Nutrition Society (2005) Dietary Reference Intakes for Koreans, Seoul.
- Tiets NW (1995) Clinical guide to laboratory tests. 3rd ed. pp 418-421. Tiets NW(ed), WB Saunders Company. Philadelphia, USA.
- Torabi MR, Bailey WJ, Majd-Jabbari M (1993) Cigarette smoking as a predictor of alcohol and other drug use by children and adolescents: evidence if the "gateway drug effect". *J Sch Health* 63: 302-306.
- Wolf WJ (1972) What is soy protein? *Food Technol* 26: 44-50
- Yoon GA (1997) Changes of vitamin C level, lipid peroxidation and lipid concentration in plasma of smokers and non-smokers. *Korean J Nutr* 30: 1180-1187.
- (2006년 10월 21일 접수, 2006년 11월 30일 채택)