J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.
31(6), 1043~1047(2002)

폐경 후 여성에서 이소플라본 공급에 따른 소변 중 이소플라본 배설량 변화에 관한 연구

승 정 자
숙명여자대학교 식품영양학과

The Effect of Soy Isoflavone Supplementation on Urinary Isoflavone Excretion in Korean Postmenopausal Women

Chung-Ja Sung
Depa. of Food and Nutrition, Sookmyung Women's University, Seoul 140-742, Korea

Abstract

It is well known that soy isoflavones play beneficial roles in the prevention of chronic diseases such as breast cancer, cardiovascular disease and osteoporosis. However current data are not sufficient for estimating the level of isoflavone intake. To use the urinary isoflavone excretion as a maker of isoflavone intake, 26 participants consumed the isoflavone extract capsule (90 mg soy isoplavones/capsule) daily for 3 months. The study compared effects of pre- and post-isoflavone supplement in the following parameters; physical examination, dietary recalls, and urinary isoflavon excretion. The average age, height and weight were 65.7 years, 149.4 cm, and 57.3 kg. Subjects maintained regular diet pattern, and average daily nutrient intakes between pre- and post- supplementation were not significantly different except vitamin A, carotene and vitamin C. There was no significant difference between pre- and post- supplementation in terms of daily isoflavone intake. The basal urinary isoflavone excretion was 8.37 mg/day (daidzein 6.23 mg, genistein 2.14 mg), and average daily excretion rate was 15.8%. Urinary isoflavone excretion was significantly increased, after isoflavone supplementation for 3 months as compared the basal level ($p<0.01$). Our data suggest that urinary isoflavone level, especially daidzein and genistein, may be a useful maker to estimate isoflavone intake.

Key words: isoflavone, postmenopausal women, urinary isoflavone excretion

서 론

대두식품은 단백질과 생리 활성물질의 함량이 높아 주목을 받아왔으며, 최근 10여 년간 대두에 함유된 이소플라본의 다양한 기능성이 밝혀지면서 만성 퇴행성 질환에 대한 대두식품의 잠재적인 역할에 대한 관심이 집중되고 있다(1). 역학조사에서 아시아인이 서구인보다 만성 퇴행성 질환과 갱년기 증상이 약하게 나타나는 이유중의 하나로 아시아인의 높은 대두식품 섭취를 제시하고 있다(2). 이소플라본은 구조적으로 포유류의 에스트로겐, 에스트라디올과 유사하다(3). 생체나 시험관 실험에서 이소플라본은 에스트로겐의 역할을 하며 에스트로겐 수용체에 결합하는 기능 때문에 생체내의 에스트로겐과 경쟁하는 항에스트로겐 역할을 하여 호르몬에 관여된 암 등을 방지하는 것으로 보고 있다(4).

90년대부터 동서양의 여러 나라에서는 대두식품을 포함한 이소플라본과 만성 퇴행성 질환 예방에 관한 연구가 매우 활발히 진행되고 있으며 대두의 기능성 물질의 중요성이 부각되고 있지만 우리나라에서의 연구는 일부 식품 중의 이소플라본 함량 분석(5-7)과 난소를 절제한 쥐에게 이소플라본을 공급한 일부 동물실험이 시도되었고(8), 분석 보고된 식품 중의 이소플라본 함량을 이용하여 일상 식이중 이소플라본 섭취량을 조사한 연구(5,9)가 일부 시행되었다. 그러나, 현재까지 우리나라 식품 중의 이소플라본 함량에 관한 데이터 베이스가 극히 부족한 실정이어서 섭취 수준을 판정할 수 있는 객관적인 지표가 필요시 되고 있다.

Messina 등(10)은 대두식품을 섭취하지 않는 개인의 체액에서는 이소플라본이 전혀 나타나지 않으며 이소플라본의 섭취가 높은 대상자에서는 혈중이나 소변의 이소플라본 함량도 높게 나타날 수 있다고 하였다. 현재까지의 보고에 의하면 이소플라본의 섭취량은 특히 소변을 통한 배설량과 관계가 깊어, 대두를 많이 이용하는 일본의 전통적인 식사를 하는 폐경 후 여성의 요중 이소플라본 배설량은 동서양의 일상식을 하는 여성의 것보다 100 내지 1000배가 높았다고 한다(11). 다수 종족을 대상으로 한 연구에서도 대두단백질의 섭취는 소변 중의 이소플라본 배설량과 양적인 상관관계를 나타내었다(12,13). 또한 최근의 투석환자를 대상으로 혈중 이소플라본 함량과

E-mail: scj@sookmyung.ac.kr
Phone: 82-2-710-9465, Fax: 82-2-701-2926

metabolic clearence를 조사한 Fanti 등(14)의 연구에서 신장 투석을 받고 있는 신장질환 환자의 경우 신장에서의 여과율이 떨어져 혈중 이소플라본의 함량이 높은 것으로 나타나, 섭취된 이소플라본은 장에서 흡수된 후 신장에서 여과되어 소변으로 배설된다는 것을 알 수 있었다.

Seow 등(13)도 역학조사에서 중국인들의 소변중 이소플라본 함량은 대두 섭취량과 비례하고, 5개의 대사산물 중 다이드제인(daidzein), 제니스테인(genistein), equol, O-desmethyl-angolensin, glycitein의 순으로 검출되었다. 또한 소변중 이소플라본의 평균 함량은 5개의 이소플라본의 합이 5.4 nmol/mg creatinine이었고 그 중 다이드제인과 제니스테인의 합은 평균이 3.07 nmol/mg creatinine으로 총 이소플라본의 56.9%를 차지하여 다이드제인과 제니스테인이 소변을 통한 주요 배설형태임을 보고하였다.

따라서 본 연구에서는 이소플라본의 섭취량 측정방법에서 식품중 함량분석이 미비한 실정이기 때문에 이상에서 제시한 연구 결과를 바탕으로 이소플라본의 섭취량에 따라 소변으로의 배설량에 변화가 있을 것으로 보고, 폐경으로 인한 에스트로겐 분비 감소로 식품을 통한 phytoestrogens섭취의 중요성이 부각되고 있는 폐경 후 여성을 대상으로 일상 식이중 이소플라본 섭취량을 분석하고 또한 3개월간 대두에서 추출한 이소플라본을 일정량 공급한 후 소변으로 배설되는 주요 이소플라본의 형태인 다이드제인과 제니스테인의 함량을 비교 분석함으로써 폐경 후 여성의 이소플라본 섭취량 판정의 기초자료를 마련하고자 한다.

연구 내용 및 방법

연구대상자

연구대상자는 전북 익산시에 거주하는 50~77세의 폐경후 여성 총 31명을 대상으로 하였으며, 모든 실험은 본인의 동의를 얻은 후 실시하였다.

연구 내용

이소플라본의 보충 시작전 3일간(평일 2일, 주말 1일)의 식이섭취조사와 신체계측, 1일간의 24시간의 소변을 수집하였다. 연구대상자들에게 이소플라본 90 mg을 함유한 T제약의 대두 이소플라본 추출물을 캡슐화하여 3개월간 매일 1회씩 섭취하도록 하였다. 이소플라본 공급 마지막 주에 3일간의 식이섭취조사를 실시하였으며, 공급 마지막날 24시간 소변을 수집하였다. 결과분석에는 이소플라본의 섭취가 불규칙하였던 5명의 대상자를 제외한 26명의 데이타만을 사용하였다.

연구 방법

신체계측조사 : 신장과 체중은 신체 자동계측기(DS-102, JENIX, Korea)를 사용하여 가벼운 옷차림 상태에서 신발을 벗고 직립한 자세로 측정하였다. 신장과 체중을 이용하여 체질량 지수(BMI, body mass index= 체중(kg)/[신장(m)]^2)를 산출하였다.

식이섭취조사 : 식이섭취조사는 조사원이 직접 인터뷰를 하면서 식기와 음식모형을 제시하여 3일간의 식이섭취를 회상법에 의해 조사하였다. 식이섭취조사 결과는 영양분석 프로그램 CAN-Pro(한국영양학회 1998)를 이용하여 일반 영양소 섭취량을 분석하였다. 이소플라본 섭취량은 주요 이소플라본인 제니스테인(genistein), 다이아드제인(daidzein)을 분석한 국내외 자료(5,15-17)를 근거로 분석하였다.

소변의 이소플라본 배설량 분석 : 이소플라본 공급전과 공급후 마지막날 24시간 동안의 소변을 수집하여 총 소변량을 측정한 후 균질화시켜 일부를 분석에 사용하였다. 소변의 이소플라본 함량은 Franke와 Custer(18)에 의해 개발된 HPLC방법을 토대로 한 Maskarinec 등(12)의 방법을 이용하여 분석하였다. HPLC는 LC-10AVP(Shimadzu, Japan), column은 Shimpack VP-ODS(250×4.6 mm, 4 μm) reverse-phase column(Shimadzu, Japan)과 Shimpack GVP(10×4.6 mm, 4 μm) direct cinnect guard column(Shimadzu, Japan)을 이용하여 두 가지 형태의 이소플라본 즉, 제니스테인과 다이드제인을 분석하고, 총 소변량을 곱하여 하루 동안의 배설량을 계산하였다.

통계처리

실험결과로 얻어진 각 분석치는 SAS 프로그램(Version 8.1)을 이용하였다. 모든 결과는 평균과 표준편차를 구하였으며, 실험전후의 식이섭취, 소변중 이소플라본 배설량의 변화는 paired T-test를 이용하여 유의성을 검증하였다.

결과 및 고찰

연구대상자의 일반사항

연구 대상자의 연령 및 신체계측 사항에 대한 결과는 Table 1과 같다. 평균 연령은 64.2세였으며, 평균 폐경 연령은 47.5세였다. 신장은 평균 149.6 cm이었고, 체중과 체질량지수는 각각 58.1 kg, 25.9 kg/m^{2}이었으며, 체지방함량은 37.4%였다. 연구대상자의 신장과 체중은 한국인 체위기준치에서 제시하고 있는 65세~74세 연령의 154 cm와 54 kg에 비하여 신장은 작고, 체중은 높게 나타났다.

식이섭취

영양소섭취 : 연구 대상자의 이소플라본 투여 실험 전과 실험 중 3일간의 식이섭취조사를 통하여 분석한 영양소 섭취량은 Table 2와 같다. 연구대상자의 실험 전 열량 섭취량은 1일

Table 1. General characteristics of subjects

	Mean ± SD
Age (yrs)	65.69 ± 7.78
Age at menopause (yrs)	47.50 ± 4.90
Height (cm)	149.42 ± 5.03
Weight (kg)	57.38 ± 8.95
BMI (kg/m^2)	25.65 ± 3.46

Table 2. Energy and nutrient intakes before and after isoflavone supplementation

	Baseline	Post treatment	Significance
Energy (kcal)	1337.45±362.45	1405.64±275.55	NS
Protein (g)	56.87±18.28	54.59±16.87	NS
Fat (g)	23.92±13.88	25.55±9.41	NS
Carbohydrate (g)	223.70±53.51	242.69±47.87	NS
Calcium (mg)	477.19±255.99	486.34±247.77	NS
Phosphorus (mg)	891.83±268.15	899.49±292.66	NS
Iron (mg)	9.32±3.55	10.81±3.05	NS
Sodium (mg)	3668.58±1211.80	4128.09±988.84	NS
Potassium (mg)	2403.23±689.22	2454.64±692.56	NS
Vitamin A (μgR.E)	587.00±296.74	832.69±373.08	$p<0.05$
Retinol (μg)	40.08±43.15	24.87±18.78	NS
Carotene (μg)	2948.59±1488.26	4519.47±2146.20	$p<0.01$
Vitamin B_1 (mg)	1.02±0.36	0.91±0.24	NS
Vitamin B_2 (mg)	0.67±0.26	0.78±0.24	NS
Niacin (mg)	12.83±4.86	11.76±3.10	NS
Vitamin C (mg)	85.16±33.83	152.30±82.45	$p<0.01$

평균 1337.5 kcal였으며, 이소플라본 공급 중에 유의적인 차이를 보이지 않았다. 단백질의 섭취량은 실험전 1일 평균 56.9 g으로 양호한 수준을 나타내었고, 이소플라본 공급 중에도 유의적인 차이를 보이지 않았다. 이외에 지질, 당질, 무기질의 섭취량에 있어서도 이소플라본 공급전과 공급중에 유의적인 차이를 보이지 않았다. 그러나 비타민 A($p<0.05$), 카로틴($p<0.01$), 비타민 C($p<0.01$)의 섭취량이 이소플라본 공급기간중 유의적으로 증가하였는데, 이는 본 실험이 6월에서 9월 사이에 실시된 관계로 대상자들이 여름철 과일의 섭취가 많아졌기 때문으로 사료된다.

이소플라본 섭취량 : 연구대상자의 실험 전과 실험 중의 일상 식이를 통한 이소플라본의 섭취량에 대한 결과는 Table 3과 같다. 일상 식이 중 총 이소플라본의 섭취량은 25.3 mg이었으며, 이중 다이드제인이 11.8 mg, 제니스테인이 14.1 mg이었다. 매일 90 mg의 이소플라본을 함유한 대두추출분을 공급하는 동안의 하루 평균 식이를 통한 이소플라본의 섭취량은 21.5 mg(다이드제인 10.1 mg, 제니스테인 11.4 mg)으로 실험전과 유의적인 차이를 보이지 않았고, 보충량을 합하여 3개월간 1일 평균 111.5 mg의 이소플라본을 섭취하였다.

조사대상자의 일상 식이 중 1일 평균 이소플라본 섭취량은 홍콩인의 19.3 mg보다는 높은 편이었고(12) 전통적인 식사를 하는 일본인의 하루 섭취량 150~200 mg(11,19)보다는 훨씬 낮았다. Maskarinec 등(12)의 하와이 주민을 대상으로 이소플라본의 섭취량을 조사한 결과 중국계 38.2 mg, 일본계 31.3 mg, 하와이 원주민 22.2 mg, 백인계 6.9 mg, 필리핀계 5.0 mg의 순으로 조사되어 백인과 필리핀계보다는 본 연구 대상자의 섭취수준이 높았으나 중국계나 일본계에 비하여 낮은 수준이었다. 그러나 우리나라는 전통적으로 대두를 이용한 다양한 식품과 양념 등이 개발되어있고 일상적으로 섭취빈도가 높으나 현재까지는 이러한 다양한 대두식품의 이소플라본 함량에 대한 데이타 부족으로 본 연구에서는 대두, 된장, 고추장, 청국장, 쌈장, 간장, 두유, 두부, 연두부, 콩나물, 콩가루를 통한 이소플라본의 섭취량만을 사용하였기 때문에 실제의 섭취량보다 적게 추정되었을 가능성이 있을 것으로 사료된다.

소변중 이소플라본 배설량

연구대상자의 이소플라본 공급전과 공급후의 24시간 소변을 통한 이소플라본의 배설량을 주요 배설형태인 다이드제인과 제니스테인의 합으로 분석한 결과는 Table 4와 같다. 이소플라본 공급전의 24시간 소변을 통한 이소플라본 배설량은 평균 8.3 mg(다이드제인 6.2 mg, 제니스테인 2.1 mg)으로 소변중 다이드제인의 배설량이 제니스테인의 배설량보다 높은 것은 다른 연구결과와 같았다(12,20). 연구대상자의 이소플라본 공급전 일상식이를 통한 이소플라본의 섭취량과 소변중 배설량과의 회귀분석결과(Fig. 1), [소변중 이소플라본의 배설량 = 0.1577(이소플라본섭취량)+3.668]로 유의적인 수준은 아니었으나 이소플라본의 섭취량의 약 15.8%정도가 비례적으로 소변을 통하여 배설됨을 알 수 있었다. Xu 등(21)은 두유로 섭취한 이소플라본의 15~20%가 소변으로 배설되어 섭취량에 비례한다고 하였다. 24시간의 소변배설에서 다이드제인과 제니스테인은 섭취량의 각각 21%, 9%가 배설이 되었고(21), 이소플

Table 3. Dietary isoflavone intakes before and after isoflavone supplementation

	Baseline	Post *treatment*	Significance
Daidzein (mg/day)	11.82+ 8.55	10.11+12.80	NS
Genistain (mg/day)	13.48+10.76	11.43±15.35	NS
Total (mg/day)	25.30+19.29	21.54±27.15	NS

Table 4. Urinary isoflavones excretion before and after isoflavone supplementation

	Baseline	Post *treatment*	Significance
Daidzein (mg/day)	6.23+5.81	10.58+7.51	$p<0.01$
Genistain (mg/day)	2.14±2.01	3.78±2.26	$p<0.05$
Total (mg/day)	8.37+7.71	13.86±9.62	$p<0.01$

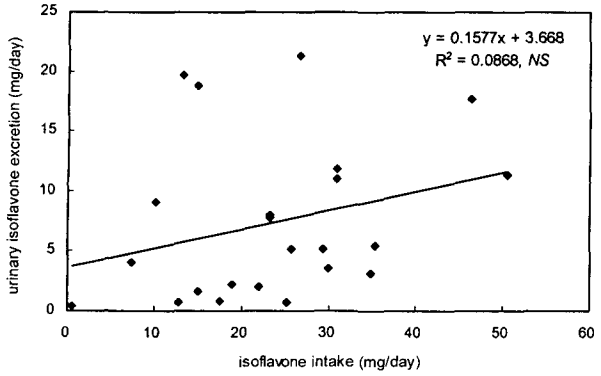

Fig 1. The relation of dietary isoflavone intake and urinary isoflavone excretion.

라본 섭취 후 48시간 뒤 소변의 배설량은 다이드제인이 섭취량의 16±4%, 제니스테인이 10±4%로 나타나 본 연구결과와 유사한 비율을 보였다(22).

매일 90 mg의 이소플라본을 공급한 3개월 후에는 1일 평균 13.8 mg(다이드제인 10.6 mg, 제니스테인 3.8 mg)으로 공급전 8.4 mg에 비하여 유의적인 증가를 나타내었다($p<0.01$). 최근의 연구에서 Uesugi 등(23)은 1일 평균 식이를 통한 이소플라본의 섭취량이 30 mg인 폐경후 여성의 24시간 소변을 통한 이소플라본 배설량을 분석한 결과 다이드제인과 제니스테인의 합으로 계산했을 때 7 mg/day가 배설된다고 보고하였으며, 일상 식이를 유지시키면서 매일 61.8 mg의 이소플라본을 함유한 대두추출물을 공급한 결과 2주 후에는 하루 평균 11.1 mg, 4주 후에는 11.7 mg의 이소플라본이 소변을 통하여 배설되었다고 보고하였다. 이와 같은 연구결과와 비교하여 볼 때 본 연구 대상자의 소변을 통한 이소플라본의 배설량은 계산된 섭취량에 비하여 높게 나타나고 있음을 알 수 있으며, 따라서 정확한 이소플라본의 섭취실태 파악을 위하여 우리나라 식품중의 이소플라본 함량 분석에 대한 많은 데이터가 축적되어야 할 필요성이 높은 것으로 사료된다. 또한 24시간 소변을 통한 이소플라본 배설량의 측정이 이소플라본의 섭취수준을 파악하는데 유용한 자료로 활용될 가능성이 있음을 확인할 수 있었다.

요 약

이소플라본의 섭취량 측정방법에서 식품중 함량분석이 미비한 실정이기 때문에 식이섭취조사 이외에도 소변을 통한 분석방법의 이용 가능성을 알아보고자 실시되었다. 전북 익산시에 거주하는 폐경 후 여성을 대상으로 3개월간 이소플라본 90 mg을 함유한 대두 이소플라본 추출물을 매일 1회씩 섭취하도록 하고, 실험전과 실험 후반 3일간의 식이섭취조사와 1일간의 24시간 소변을 수집하여 소변으로의 이소플라본 배설량을 측정 비교한 결과를 요약하면 다음과 같다. 연구대상자 26명의 평균 연령은 64.2세였으며, 신장은 149.6 cm이었고, 체중과 체질량지수는 각각 58.1 kg, 25.9 kg/m^{2}이었다. 연구대상자의 실험 전 열량 섭취량은 1일 평균 1337.5 kcal였으며, 이소플라본 공급기간 중에도 유의적인 차이를 보이지 않았다. 단백질의 섭취량은 실험전 1일 평균 56.9 g으로 양호한 수준을 나타내었고, 이소플라본 공급 중에도 유의적인 차이를 보이지 않았다. 이외에 비타민 A, 카로틴, 비타민 C를 제외한 지질, 당질, 비타민, 무기질의 섭취량에 있어서도 실험 전과 실험 기간중에 유의적인 차이를 보이지 않았다. 일상식이중 총 이소플라본의 섭취량은 25.3 mg이었으며, 이중 다이드제인이 11.8 mg, 제니스테인이 13.5 mg이었다. 이소플라본 공급 기간(90 mg/ day)중 일상 식이를 통한 이소플라본의 섭취량은 21.5 mg으로 실험전과 유의적인 차이를 보이지 않았다. 이소플라본 공급전의 24시간 소변중 이소플라본(다이드제인과 제니스테인의 합) 배설량은 8.4 mg이었으며, 이소플라본 섭취량의 15.8%가 비례적으로 소변을 통하여 배설되었다. 매일 90 mg의 이소플라본을 공급(90 mg/day)한 3개월 후에는 13.9 mg으로 공급전에 비하여 유의적인 증가를 나타내었다($p<0.01$). 이상의 결과를 통하여 24시간 소변을 통한 이소플라본 배설량 특히 다이드제인과 제니스테인의 측정은 이소플라본의 섭취수준을 파악할 수 있는 자료로 활용 가능성이 있음을 확인할 수 있었다. 그러나 본 연구는 대상자가 수가 적고 실험기간과 공급수준의 다양성이 없다는 제한점을 가지고 있기 때문에 좀더 많은 인원수를 대상으로 기간과 섭취수준을 달리하는 등의 지속적인 연구가 수행되어야 할 것으로 사료된다.

감사의 글

이 논문은 2001년 숙명여자대학교 교비연구비지원에 의하여 수행되었으며 이에 감사드립니다.

문 헌

1. Adlercreutz H, Mazur W. 1997. 1 Phyto-oestrogens and western diseases. *Annals of Medicine* 29: 95-120.
2. Ho SC. 1999. Soy consumption and potential benefits for bone and heart health in the Chinese population. 8th Asian Congress of Nutrition. S6-2.
3. Martin PM, Horwitz KB, Ryan DS, McGuire WL. 1978. Phytoestrogen interaction with estrogen receptors in human breast cancer cells. *Epidemiology* 103: 1860 1867.
4. Messina M, Messina V. 1991. Increasing use of soyfoods and their potential role in cancer prevention. *J ADA* 91: 836-840.
5. Lee SK, Lee MJ, Yoon S, Kwon DJ. 2000. Estimated isoflavone intake from soy products in Korean middle-aged women. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 29: 948-956.
6. Choi YB, Sohn HS. 1998. Isoflavone content in fermented and unfermented soybean foods. *Korean J Food Sci Technol* 30: 745-750.
7. Kim MJ. 2001. Quantification of isoflavoens and coumestrol in Korean soy foods and estimations of their intake. *MS Thesis*. Seoul National University.
8. Kim MS, Park YJ, Lee YS. 1999. Effect of dietary isoflavone on bone mineral and blood lipids in ovariectomized rats. 8th Asian Congress of Nutrition. PM8-3.
9. Sung CJ, Choi SH, Kim MH, Park MH, Go BS, Kim HK. 2000. A study on dietary isoflavone intake from soy foods and

urinary isoflavone excretion and, menopausal symptoms in Korean women in rural areas. *Kor J Community Nutr* 5: 120-129.
10. Messina M, Messina V. 1994. *The simple soybean and your health.* Avery Publishing Group, Garden City Park, NY.
11. Adlercreutz H, Honjo H, Higashi A, Fotsis T, Hamalainen E, Hasegawa T, Okada H. 1991. Urinary excretion of lignans and isoflavonoid phytoestrogens in Japanese men and women consuming a traditional Japanese diet. *Am J Clin Nutr* 54: 1093-1099.
12. Maskarinec G, Singh S, Meng L, Franke AA. 1998. Dietary soy intake and urinary isoflavone excretion among women from a multiethnic population. *Cancer Epidemiology Biomarkers & Prevention* 7: 613-619.
13. Seow A, Shi CY, Franke AA, Hankin JH, Lee HP, Yu MC. 1998. Isoflavonoid levels in spot urine are associated with frequency of dietary soy intake in a population-based sample of middle-aged and older Chinese in Singapore. *Cancer Epidemiology, Biomarkers & Prevention* 7: 135-140.
14. Fanti P, Sawaya BP, Custer LJ, Franke AA. 1999. Serum levels and metabolic clearance of the isoflavones genistein and daidzein in hemodialysis patients. *J Am Soc Nephrol* 10: 864-871.
15. de Kleijn MJ, van der Schouw YT, Wilson PW, Adlercreutz H, Mazur W, Grobbee DE, Jacques PF. 2001. Intake of dietary phytoestrogens is low in postmenopausal women in the United States: the Framingham study (1-4). *J Nutr* 131: 1826-1832.
16. Liggins J, Grimwood R, Bingham SA. 2000. Extraction and quantification of lignan phytoestrogens in food and human sample. *Anal Bio* 287: 102-109.
17. Franke AA, Hankin JH, Yu MC, Maskarinec G, Low SH, Custer LJ. 1999. Isofavones levels in soy foods consumed by multiethnic populations in Singapore and Hawaii. *J Agric Food Chem* 47: 977-986.
18. Franke AA, Custer LJ. 1994. High-performance liquid chromatography assay of isoflavonoids and coumestrol from human urine. *J Chromatogr B* 662: 47-60.
19. Cassidy A, Bingham S. 1995. Biological effects of isoflavones in young women: importance of the chemical composition of soyabean products. *British J Nutr* 74: 587-601.
20. Watanabe S, Yamaguchi M, Sobue T, Takahashi T, Miura T, Arai Y, Mazur W, Wähälä K, Adlercreutz H. 1998. Pharmacokinetics of soybean isoflavones in plasma, urine and feces of men after ingestion of 60 g baked soybean powder (kinako). *J Nutr* 128: 1710-1715.
21. Xu X, Wang HJ, Murphy PA, Cook L, Hendrich S. 1994. Daidzein is a more bioavailable soymilk isoflavone than is genistein in adult women. *J Nutr* 124: 825-832.
22. Xu X, Harris KS, Wang HJ, Murphy PA, Hendrich S. 1995. Bioavailability of soybean isoflavones upon gut microflora women. *J Nutr* 125: 2307-2315.
23. Uesugi T, Fukui Y, Yamori Y. 2002. Beneficial effects of soybean isoflavone supplementation on bone metabolism and serum lipids in postmenopausal Japanese women: a four-week study. *J Am Coll Nutr* 21: 97-102.

(2002년 8월 16일 접수; 2002년 11월 15일 채택)