

# 스피루리나 복용이 노인의 혈중 지질 농도, 항산화능 및 면역능에 미치는 영향\*

김 화 영<sup>§</sup> · 박 지 예

이화여자대학교 식품영양학과

The Effect of Spirulina on Lipid Metabolism, Antioxidant Capacity and Immune Function in Korean Elderlies

Kim, Wha Young<sup>§</sup> · Park, Ji Yea

Department of Food & Nutrition, Ewha womans University, Seoul, Korea

## ABSTRACT

This intervention study was performed to assess the effect of spirulina on lipid metabolism, antioxidant capacity, and immune function in elderly Koreans. The subjects were 6 male and 6 female people between the ages of 60 and 75, who were given spirulina supplements of 7.5 g/day for 24 weeks. Dietary intake, anthropometric measurements and biochemical assessment for plasma lipid levels, antioxidant status and immune function were measured before and throughout the intervention period. Before entering the study, the subjects were in relatively good health. Their nutrient intake was satisfactory, and anthropometric indices and plasma nutrient levels were within the normal range. Spirulina supplementation for 24 weeks did not affect dietary intake and anthropometric parameters. However, considerable changes were observed in blood lipid profiles, antioxidant capacity, and immune indices. The plasma concentrations of triglycerides, total- and LDL-cholesterol decreased from 4 weeks of the supplementation period. The antioxidant capacity improved, as shown in increasing TAS and decreasing TBARS after supplementation. Improved immune function was also observed as the PBL lymphocyte proliferation rate and plasma C3 levels increased. The above effects of spirulina supplementation did not differ between mild hypercholesterolemic (cholesterol  $\geq$  200mg/dl) and normocholesterolemic (cholesterol  $<$  200 mg/dl) subjects. This study provided evidence that spirulina could be used as dietary supplementation in nutritionally vulnerable groups to improve nutritional and health status and to prevent chronic disease such as hyperlipidemia or oxidation-prone diseases. Further studies in this area with various population groups are warranted. (*Korean J Nutrition* 36(3): 287~297, 2003)

KEY WORDS : spirulina, lipidemia, antioxidant capacity, immune function, intervention study, elderly.

## 서 론

최근 영양과 보건환경의 개선으로 평균 수명이 증가하고 있으나, 한편 영양 불균형, 운동 부족, 환경오염 등으로 인한 비만, 당뇨병, 뇌심혈관계 질환과 같은 만성 퇴행성 질환이 증가하고 있어 건강문제로 대두되고 있다. 이러한 질병들이 식생활과 밀접한 관련이 있음이 역학적으로 증명되면서 생리활성의 특성을 강조한 기능성 식품 혹은 건강식품을 이용한 질병 예방 및 영양상태 증진에 관한 관심이 고조되고 있다.<sup>1)</sup>

스피루리나는 지구상에서 가장 오래된 조류 (algae)의 하나로 약 30억년의 역사를 가지고 있다. 스피루리나와 클로렐라와 같은 조류들은 인류의 좋은 식량으로 사용되어 왔고, 생물학적 활성을 갖는 물질을 함유하고 있어 기능성 식품으로 활용되고 있다.<sup>2,3)</sup> 스피루리나에는 단백질이 55~70%, 지방이 6~9%, 탄수화물이 15~20% 함유되어 있고 다량의 무기질, 비타민, 섬유질 및 색소 성분을 함유하고 있다 (Table 1).<sup>3)</sup> 스피루리나는 단백질의 함량이 높을 뿐 아니라 8가지 필수아미노산을 포함하고 있으며, 지질성분 중에는 free-fatty acid가 70~80%에 달하고 linoleic acid,  $\gamma$ -linolenic acid 등의 지방산이 큰 비중을 차지하고 있다.<sup>4)</sup> 탄수화물로는 포도당, 람노스, 만노스, 자일로스 등이 있고, 색소 성분으로는 등황색의 카로티노이드, 녹색의 클로로필, 청색의 피코시아닌 등을 가지고 있다.<sup>5)</sup>

피코시아닌은 최근 연구가 활발한 색소 성분중의 하나로

접수일 : 2003년 2월 15일

채택일 : 2003년 3월 25일

\*This study was supported by 2001 ES GROUP FUND.

<sup>§</sup>To whom correspondence should be addressed.

**Table 1.** Nutritional composition of spirulina<sup>3,5)</sup> and daily amount supplied in this study

Ingredients		Per 10 g dry weight	Amount per 7.5 g*
Moisture		5%	0.375 g
Protein		65%	4.875 g
Lipid		5%	0.375 g
Carbohydrate		18%	0.35 g
Ash		7%	0.525 g
Minerals	Calcium	100.0 mg	75.0 mg
	Phosphorus	90.0 mg	67.5 mg
	Iron	15.0 mg	11.25 mg
	Sodium	60.0 mg	45.0 mg
	Copper	120.0 mg	90.0 mg
	Magnesium	40.0 mg	30.0 mg
	Manganese	0.5 mg	0.375 mg
	Zinc	0.3 mg	0.225 mg
	Potassium	120.0 mg	90.0 mg
	Chromium	28 µg	21 µg
Vitamins	Ascorbic acid	0.5 mg	0.375 mg
	β-Carotene	12.8 mg	9.6 mg
	Biotin	0.5 µg	0.375 µg
	Cobalamin	3.2 µg	2.4 µg
	Folic acid	1.0 µg	0.75 µg
	Pyridoxine	80.0 µg	60.0 µg
	Pantothenic acid	10.0 µg	7.5 µg
	Niacin	1.46 mg	1.095 mg
	Thiamin	0.31 mg	0.2325 mg
	Tocopherol	1.0 IU	0.75 IU
Pigments	Carotenoids	37.0 mg	27.75 mg
	Phycocyanin	1,500.0 mg	1,125.0 mg
	Chlorophyll	115 mg	86.25 mg
	γ-linolenic acid	135 mg	101.25 mg
	Glycolipids	200 mg	150 mg
	Sulfolipids	10 mg	7.5 mg

\*Daily dose of spirulina in this study was 7.5 g

남조류에만 함유된 청색 색소로서 인간과 동물의 담즙 색소와 같이 지방의 소화를 돕는 작용을 하며,<sup>3,5)</sup> 항산화능을 증진시킬 뿐 아니라 항염증 작용을<sup>3,6)</sup> 한다고 보고되고 있다. 또한 스피루리나는 많은 비타민과 무기질을 포함하고 있다. 특히 비타민 B<sub>12</sub>와 항산화제 역할을 하는 phenolic acid, tocopherols, β-carotene를 다량 함유하고 있다.<sup>7,8)</sup> Kapoor 등<sup>9)</sup>은 스피루리나에 함유되어 있는 철분의 흡수율은 계란의 철분과 비슷하다고 보고했으며, 스피루리나의 프로스타글란딘은 혈소판의 응집을 막아주고, 혈액순환을 향상시키며 항염증 작용을 한다고 알려져 있다.

국내에서도 스피루리나의 기능에 대한 연구가 이루어지고 있는데, Kim 등<sup>10)</sup>은 스피루리나가 즉각형 알레르기 반

응을 억제하는 것을 보고하였으며, Park 등<sup>11)</sup>은 스피루리나가 인간과 매우 유사한 표피를 가진 해명의 알레르기 반응을 효과적으로 억제 할 수 있는 물질을 함유하고 있음을 발표하였다. 동물 실험을 통해 스피루리나 단백질의 우수한 소화율과 콜레스테롤 저하효과가 보고되었으며<sup>12)</sup> 그 외에도 유산균 배양,<sup>13)</sup> 축산폐수 처리<sup>14)</sup> 등의 이용에 관한 연구가 수행되고 있다.

스피루리나를 사람에게 복용시킨 임상연구 결과는 매우 드물다. Nakaya<sup>5)</sup> 등은 경증의 고지혈증 혹은 고혈압 대상자에게 4.2 g의 스피루리나를 8주간 복용시켰을 때 혈청 콜레스테롤이 감소하였으며 동맥경화 지수도 낮아져 스피루리나가 콜레스테롤 저하 효과가 있다고 보고하였다. 또한 Becker<sup>16)</sup> 등의 연구에서는 스피루리나를 비만 환자에게 2.8 g씩 하루에 3번 4주간 복용시킨 결과 체중 감소의 효과가 있었다.

이와 같이 최근 스피루리나의 질병 예방 및 면역능 증진에 대한 국내외 보고들이 있기는 하지만 대부분 설치류, 조류, 어류 등의 실험동물을 대상으로 이루어진 연구로서 인체를 대상으로 한 임상실험은 거의 이루어지지 않은 상태이다. 본 연구는 스피루리나의 건강보조 식품으로서의 영양학적 기능을 규명하기 위한 임상연구로서 스피루리나의 기능으로 보고되고 있는 혈중 지질 농도, 항산화능 및 면역기능에 미치는 영향을 살펴보고자 수행되었다. 본 연구는 영양 위험 집단으로 분류되는 노인을 대상으로 이루어졌다.

## 연구내용 및 방법

### 1. 연구대상자

본 연구의 대상 노인은 서울·경기 지역에 거주하는 남녀 노인 각각 6명씩 12명이었다. 이들은 설문이나 기타 실험에 응할 수 있는 지적능력과 활동능력을 가지고 있었고, 청력과 언어능력에 지장이 없는 사람들로 본 연구의 목적을 이해하고 참여하기로 동의하였다. 연구대상 노인의 연령 범위는 남자가 62~75세로, 평균 연령은 67.0세였으며 여자는 61~70세로 평균연령은 65.3세였다. 스피루리나 섭취 기간은 2001년 4월 20일부터 2001년 10월 5일까지 24주간이었다.

질병과 약물 복용상태 조사결과 남녀노인 각각 1명씩이 당뇨병으로 혈당 강하제를, 여자노인 3명이 혈압 강하제를 복용하고 있었다. 또한 대상 노인 중 5명이 비타민제를 복용하고 있었으나 실험기간 중에는 비타민제의 섭취는 금하였다. 이들 약물복용은 본 실험 결과에 영향을 미치지 않으므로 이들을 실험대상자로 선정하였다.

## 2. 연구 진행 과정

본 임상실험에서는 한국외과(주)로부터 제공받은 다이어트 지구 스피루리나 정제를 사용하였다. 스피루리나는 1회 10정 (2.5 g)씩 1일 3회 총 7.5 g을 복용하도록 하였으며 스피루리나로부터 공급받은 영양소의 양은 Table 1에 제시하였다. 스피루리나 복용 실험기간 중 대상자들에게 평상시 식사를 하도록 하였으며, 다른 영양 보충제나 비타민제의 섭취는 금하였다. 연구대상자의 스피루리나 복용 여부는 매일 전화로 확인하였으며, 12일 간격으로 스피루리나를 나누어 제공하면서 복용 상태를 재확인하였다. 스피루리나 복용 실시 전 대상자의 식이 조사, 신체계측조사, 공복시 혈액검사를 실시하여 초기 자료로 사용하였다. 스피루리나 복용 실험 중 첫 8주 동안은 4주 간격으로, 그 후에는 8주 간격으로 식이 조사, 신체계측 조사, 공복시 혈액검사를 반복 실시하였다.

식이 섭취 조사를 통하여 영양소 섭취량을 구하였으며, 신체 계측치로는 BMI, 체지방률, 체근육량, 골밀도 등을 분석하였다. 혈액에서는 혈장 지질성분으로 중성지질, 총 콜레스테롤, LDL-콜레스테롤, HDL-콜레스테롤을 조사하였으며, 혈장 알부민, total iron binding capacity (TIBC), 혈장 비타민 A와 비타민 E를 측정하였다. 또한 항산화능을 조사하기 위하여 혈장 thiobarbituric acid reactive substance (TBARS)와 total antioxidant status (TAS)를, 면역능의 측정으로 interleukin 2 (IL-2), interleukin 6 (IL-6), complement 3 (C<sub>3</sub>) 등을 분석하였고 말초혈림프구 (peripheral blood lymphocytes, PBL)의 mitogenesis를 측정하였다.

## 3. 조사 내용 및 방법

### 1) 식이 조사 및 신체 계측 조사

연구대상자의 식이섭취는 24시간 회상법을 이용하여 직접 면접을 통하여 조사하였고 섭취분량의 추정을 돕기 위해 food-model을 사용하였다. 조사한 식이의 영양소 함량은 Can-pro 1.0<sup>17)</sup>를 이용하여 분석하였다.

체구성 성분을 조사하기 위하여 체중, 신장, 체지방률, Waist-to-hip ratio (WHR), 체근육량은 체성분 분석기 (In-Body 3.0, Biospace Co., Ltd)를 이용하였다. 체중과 신장을 이용하여 body mass index [BMI : wt(kg)/ht(m<sup>2</sup>)]를 구하였으며 골밀도는 골밀도 측정기 (LUNAR PIXI, U.S.A)를 이용하여 측정하였다.

### 2) 혈액 성분 조사

본 연구대상자의 혈액은 12시간 공복상태에서 EDTA

처리된 tube에 채혈하여 혈장을 얻어 분석시까지 -70°C deep freezer에 보관하였다. 말초혈림프구의 증식능력 실험은 채혈 직후의 신선한 혈액을 사용하여 행하여졌다. 혈장 중성지질, 총 콜레스테롤과 HDL-콜레스테롤은 혈액자동분석기 (Ekachem DTSC module, Johoson & Johoson, U.S.A)로 측정하였고, LDL-콜레스테롤은 Friedwald의 공식<sup>18)</sup>을 이용해 구하였다. 또한 녹십자 의료재단에 의뢰하여 혈장 알부민과 TIBC는 자동생화학 분석기 (Hitachi 7150, Japan)로, 비타민 A와 비타민 E는 HPLC (High performance liquid chromatography)로 분석하였다.

항산화능을 판정하기 위하여 혈장 지질과산화물의 지표인 TBARS 함량은 Yagi<sup>19)</sup>의 방법을, 총 항산화능의 지표로 TAS는 kit (Randox Co., USA)를 이용해 측정하였다.

### 3) 면역능 측정

면역성분으로 혈장의 C<sub>3</sub>, IL-2 및 IL-6 농도를 측정하였다. 혈장 C<sub>3</sub>는 면역 확산법을 이용한 radial immunodiffusion plate (Nor-partigen, Behring Co., Germany)를 사용하여, IL-2와 IL-6는 enzyme immunoassay kit (Immunotech, A Beckman Coulter Co., France)를 사용하여 ELISA reader (Spectra Max 340, U.S.A)로 측정하였다.

말초혈림프구의 세포 증식 (lymphocyte proliferation rate) 능력은 Mosmann<sup>20)</sup>의 방법을 이용하여 측정하였으며 전 실험 과정은 무균상태에서 행하여졌다. 전혈을 Ficoll-paque (Histopaque 1077, Sigma H8889)를 이용해 백혈구를 분리한 후 gentamycin (GibcoBRL 15710-064)을 0.2%, FBS (Fetal Bovine Serum, GibcoBRL 100-82417)를 10% 함유한 배양액 (GibcoBRL, RPMI 1640 12385-015)과 mitogen을 넣어 37°C의 humidified CO<sub>2</sub> incubator (Flow Lab ; 5% CO<sub>2</sub>, 95% air, humidified)에서 3일간 배양한 후 세포증식 능력을 측정하였다. 이때 96 well plate에 5×10<sup>5</sup>/well이 되도록 분주하였다.

Mitogen으로는 Con A 1.0 μg/10 μl (Concanavalin A, Sigma), PHA 0.1 μl/10 μl (Phytohemagglutinin, GibcoBRL), LPS 0.1 μg/μl (Lipopolysaccharide, Sigma)를 사용하였다. 3일간의 배양이 끝난 후 MTT (3-[4,5-dimethylthiazol-2-yl]-2,5-diphenyl tetrazoliumbromide, Sigma)와 4시간 반응시켜 ELISA (Enzyme linked immuno solvent assay) reader (Spectra Max 340, U.S.A)로 492nm에서 흡광도를 측정하여 세포 증식 정도를 측정하였다.<sup>20)</sup> 말초혈림프구의 증식능력은 mitogen을 넣지 않은 well의 흡광도와 mitogen을 넣은 well의 흡광도의 비

율을 구하여 자극지수 (stimulation index, SI)로 표현하였다.

4. 자료의 통계처리

모든 자료는 SPSS 통계 package (Ver 7.5)를 이용하여 평균치와 표준 오차를 산출하였고, 스피루리나 복용 기

Table 2. Daily nutrient intakes of male subjects during experimental period<sup>1)</sup>

	Initial	After spirulina supplementation			
		4 weeks	8 weeks	16 weeks	24 weeks
Energy (kcal)	1808.1 ± 177.3 <sup>NS2)</sup> ( 90.4) <sup>3)</sup>	1558.3 ± 118.4 ( 77.9)	2051.1 ± 210.7 (102.6)	1799.9 ± 157.4 ( 90.0)	2029.5 ± 130.1 (101.5)
Protein (g)	76.0 ± 11.6 <sup>ob4)</sup> (116.9)	57.9 ± 4.4 <sup>a)</sup> ( 89.1)	103.1 ± 15.4 <sup>b)</sup> (158.6)	73.5 ± 8.4 <sup>ob)</sup> (113.1)	77.1 ± 7.8 <sup>ob)</sup> (118.6)
Fat (g)	49.1 ± 10.9 <sup>NS)</sup>	36.7 ± 6.5	61.5 ± 14.1	34.2 ± 5.1	40.5 ± 8.2
Carbohydrate (g)	253.2 ± 18.6 <sup>NS)</sup>	243.8 ± 23.2 <sup>a)</sup>	263.1 ± 20.8 <sup>ob)</sup>	288.6 ± 23.0 <sup>ob)</sup>	320.6 ± 17.4 <sup>b)</sup>
Calcium (mg)	483.8 ± 92.8 <sup>NS)</sup> ( 69.1)	483.7 ± 87.8 ( 69.1)	699.2 ± 122.0 ( 99.9)	624.0 ± 125.0 ( 89.1)	442.8 ± 27.2 ( 63.3)
Iron (mg)	10.7 ± 1.3 <sup>NS)</sup> ( 89.2)	9.8 ± 1.2 ( 81.7)	11.7 ± 1.3 ( 97.5)	11.9 ± 1.4 ( 99.2)	12.8 ± 1.6 (106.7)
Vitamin A (μg RE)	738.3 ± 133.2 <sup>NS)</sup> (105.5)	836.4 ± 200.2 (119.5)	704.2 ± 129.4 (100.6)	996.8 ± 344.1 (142.4)	616.0 ± 72.4 ( 88.0)
Vitamin B <sub>1</sub> (mg)	1.4 ± 0.2 <sup>NS)</sup> (140.0)	1.0 ± 0.1 (100.0)	1.5 ± 0.4 (150.0)	1.1 ± 0.09 (110.0)	1.4 ± 0.2 (140.0)
Vitamin B <sub>2</sub> (mg)	1.0 ± 0.1 <sup>NS)</sup> ( 83.3)	0.9 ± 0.1 ( 75.0)	1.3 ± 0.2 (108.3)	1.1 ± 0.2 ( 91.7)	1.1 ± 0.1 ( 91.7)
Niacin (mg)	17.4 ± 2.2 <sup>ob)</sup> (133.8)	12.7 ± 2.0 <sup>a)</sup> ( 97.7)	21.5 ± 2.3 <sup>b)</sup> (165.4)	13.7 ± 1.4 <sup>ob)</sup> (105.4)	17.8 ± 2.3 <sup>ob)</sup> (136.9)
Vitamin C (mg)	80.5 ± 17.3 <sup>NS)</sup> (133.8)	91.9 ± 19.7 ( 97.7)	70.7 ± 5.9 (165.4)	94.3 ± 22.1 (105.4)	98.1 ± 24.6 (136.9)
Cholesterol (mg)	241.1 ± 55.7 <sup>NS)</sup>	132.8 ± 35.4	209.0 ± 50.9	201.9 ± 60.4	181.8 ± 54.4

1) Mean ± SE  
 2) NS : not significant by Duncan's multiple range test (p < 0.05)  
 3) ( ) : % RDA  
 4) Means in a same row without a common superscript differ by Duncan's multiple range test (p < 0.05)

Table 3. Daily nutrient intakes of female subjects during experimental period<sup>1)</sup>

	Initial	After spirulina supplementation			
		4 weeks	8 weeks	16 weeks	24 weeks
Energy (kcal)	1728.6 ± 219.2 <sup>NS2)</sup> (101.7) <sup>3)</sup>	1578.3 ± 163.0 ( 92.8)	2021.4 ± 334.0 (118.9)	1619.8 ± 185.9 ( 95.2)	1454.3 ± 150.9 (85.5)
Protein (g)	63.6 ± 9.2 <sup>ob4)</sup> (115.6)	66.2 ± 7.8 <sup>ob)</sup> (120.4)	90.2 ± 17.3 <sup>b)</sup> (164.0)	69.6 ± 10.5 <sup>ob)</sup> (126.5)	46.1 ± 5.7 <sup>a)</sup> (83.8)
Fat (g)	31.9 ± 5.5 <sup>ob)</sup>	40.3 ± 5.3 <sup>ob)</sup>	53.5 ± 11.5 <sup>b)</sup>	38.3 ± 8.2 <sup>ob)</sup>	24.4 ± 4.7 <sup>a)</sup>
Carbohydrate (g)	298.0 ± 37.3 <sup>NS)</sup>	239.8 ± 25.1	298.7 ± 56.5	251.6 ± 18.7	266.5 ± 37.1
Calcium (mg)	591.7 ± 111.9 <sup>NS)</sup> ( 84.5)	475.5 ± 80.8 ( 67.9)	816.1 ± 189.9 (116.6)	610.2 ± 114.9 ( 87.2)	461.1 ± 81.5 (65.9)
Iron (mg)	11.8 ± 1.4 <sup>a)</sup> ( 98.3)	11.5 ± 1.2 <sup>a)</sup> ( 95.8)	17.3 ± 3.2 <sup>b)</sup> (144.2)	12.5 ± 1.2 <sup>ob)</sup> (104.2)	8.7 ± 1.0 <sup>a)</sup> (72.5)
Vitamin A (μg RE)	755.3 ± 152.2 <sup>a)</sup> (107.9)	669.5 ± 121.1 <sup>a)</sup> ( 95.6)	1499.8 ± 327.0 <sup>b)</sup> (214.3)	921.0 ± 281.7 <sup>ob)</sup> (131.6)	355.2 ± 80.5 <sup>a)</sup> (50.7)
Vitamin B <sub>1</sub> (mg)	1.1 ± 0.2 <sup>NS)</sup> (110.0)	1.0 ± 0.1 (100.0)	1.6 ± 0.3 (160.0)	1.0 ± 0.1 (100.0)	1.1 ± 0.1 (110.0)
Vitamin B <sub>2</sub> (mg)	1.0 ± 0.2 <sup>ob)</sup> ( 83.3)	1.0 ± 0.1 <sup>ob)</sup> ( 83.3)	1.3 ± 0.2 <sup>b)</sup> (108.3)	1.0 ± 0.3 <sup>ob)</sup> ( 83.3)	0.7 ± 0.08 <sup>a)</sup> (58.3)
Niacin (mg)	13.3 ± 1.9 <sup>ob)</sup> (102.3)	15.3 ± 1.9 <sup>ob)</sup> (117.7)	21.1 ± 4.7 <sup>b)</sup> (162.3)	16.4 ± 3.1 <sup>ob)</sup> (126.2)	11.0 ± 0.8 <sup>a)</sup> (84.6)
Vitamin C (mg)	101.3 ± 20.9 <sup>NS)</sup> (144.7)	84.1 ± 12.4 (120.1)	145.9 ± 35.3 (208.4)	82.0 ± 11.8 (117.1)	133.6 ± 50.8 (190.8)
Cholesterol (mg)	164.2 ± 43.0 <sup>ob)</sup>	192.2 ± 44.2 <sup>obc)</sup>	333.2 ± 79.2 <sup>c)</sup>	238.9 ± 46.1 <sup>bc)</sup>	73.9 ± 25.0 <sup>a)</sup>

1) Mean ± SE  
 2) NS : not significant by Duncan's multiple range test (p < 0.05)  
 3) ( ) : % RDA  
 4) Means in a same row without a common superscript differ by Duncan's multiple range test (p < 0.05)

간별 영양소 섭취량의 차이는 one-way ANOVA, Duncan's multiple comparison test에 의해  $p < 0.05$  수준에서 검증하였다. 스피루리나 복용 전후 신체 계측치, 혈액 성분 농도, 항산화능 및 면역능 차이의 유의성은 student's t-test, paired t-test에 의해 검증하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 영양소 섭취에 미치는 영향

스피루리나 복용 전과 스피루리나 복용 4주 후, 8주 후, 16주 후, 24주 후에 조사한 식이섭취 결과는 Table 2, 3에 수록하였다. 스피루리나 복용 실험 전 연구대상자의 영양소 섭취량은 남녀 노인 모두 칼슘과 비타민 B<sub>2</sub>를 제외한 다른 영양소는 권장량<sup>21)</sup>의 90% 이상을 충족하고 있었다. 칼슘과 비타민 B<sub>2</sub>는 다른 연구에서도 우리나라 노인들의 가장 부족되는 영양소로 지적되고 있다.<sup>22-24)</sup> 최근 국내에서 보고된 다른 노인 대상 연구결과<sup>23,24)</sup>와 비교해 볼 때 본 연구대상 노인의 영양소 섭취상태는 양호한 편이었다. 실험기간 동안 연구대상 노인의 열량 섭취량은 조사 때에 따

라 1600~2000 kcal 정도였고 콜레스테롤의 섭취량은 200 mg이하였으며, 지방 에너지 비는 20% 정도였다. 또한 모든 대상자가 대부분의 영양소를 권장량의 75~125% 사이를 섭취하고 있어 개인간의 편차가 적은 편이었다. 본 연구대상 노인은 24주의 스피루리나 복용 기간동안 대체로 일관된 영양소 섭취 경향을 보였다. 그러므로 하루 7.5 g의 스피루리나 복용은 24주 동안 식욕이나 식이 섭취에 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.

### 2. 신체 계측치에 미치는 영향

Table 4에서 보는 바와 같이 스피루리나 복용 실험 전 남자 노인의 BMI는 26.6 kg/m<sup>2</sup>였으며 WHR은 1.0이었다. 골밀도는 0.6 g/cm로 모든 대상자가 정상범위 ( $\geq 0.53$  g/cm)에 있었으며 체지방률과 근육량은 25.9%, 50.4 kg로 정상범위에 있었다. 여자노인의 경우 BMI는 26.6 kg/m<sup>2</sup>, WHR은 1.0, 체지방률은 35.3%, 근육량은 37.0 kg이었다. 평균 골밀도는 0.4 g/cm로 대상자가 6명 중 4명이 골연화 단계 ( $< 0.42$  g/cm)에 있었다.

남녀 노인 조사 대상자는 24주간의 스피루리나 복용 기간 동안 반복 측정된 신체 계측치에 유의적 변화가 없어 하루 7.5 g씩 24주간의 스피루리나 복용은 신체 계측치에 영향을 미치지 않는 것으로 보인다.

### 3. 혈액 지질 및 기타 성상에 미치는 영향

연구대상 노인의 실험 전 평균 혈장 중성지질 함량은 남녀 노인 각각 141.0 mg/dl, 195.5 mg/dl로 남자 2명과 여자 3명이 정상범위 ( $< 200$  mg/dl)를 초과하였다 (Table 5). 실험기간 동안 중성지질은 복용 4주 후부터 24주 후까지 점차적으로 감소하여 24주 후에는 남녀 평균이 각각 92.8 mg/dl과 117.7 mg/dl로 되었다 (Fig. 1). 스피루리나 복용 전 200 mg/dl 이상인 노인 5명 중 4명의 노인이 스피루리나 복용 24주 후 정상범위에 속하게 되었다. 실험 전 평균

**Table 4.** Anthropometric values of subjects before and after spirulina supplementation<sup>1)</sup>

	Male		Female	
	Initial <sup>NS2)</sup>	After 24 weeks	Initial <sup>NS</sup>	After 24 weeks
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	26.6 ± 1.6	26.9 ± 0.6	26.6 ± 1.0	26.3 ± 1.0
Body fat (%)	25.9 ± 3.0	26.6 ± 2.9	35.3 ± 1.2	35.1 ± 1.3
WHR	1.0 ± 0.03	1.0 ± 0.03	1.0 ± 0.02	1.0 ± 0.01
Lean body mass (kg)	50.4 ± 2.4	50.8 ± 2.4	37.0 ± 2.3	36.7 ± 2.4
Bone density (g/cm)	0.6 ± 0.05	0.6 ± 0.04	0.4 ± 0.03	0.4 ± 0.03

1) Mean ± SE

2) All the measured variable were not significantly differ by paired t-test between initial and after 24weeks spirulina supplementation ( $p < 0.05$ )

**Table 5.** Blood lipid profile and plasma indices of subjects before and after spirulina supplementation

	Male		Female	
	Initial	After 24weeks	Initial	After 24weeks
Triglycerides (mg/dl)	141.0 ± 30.3 <sup>NS</sup>	92.8 ± 3.8	195.5 ± 23.0*	117.7 ± 31.8
Cholesterol (mg/dl)	215.7 ± 12.5**	177.3 ± 11.9	247.2 ± 18.4*	198.5 ± 14.5
LDL-cholesterol (mg/dl)	145.6 ± 9.4**	101.3 ± 9.3	163.7 ± 16.0*	125.5 ± 8.8
HDL-cholesterol (mg/dl)	41.8 ± 3.9**	57.5 ± 3.6	44.3 ± 4.1 <sup>NS</sup>	49.5 ± 6.3
Albumin (g/dl)	3.9 ± 0.1 <sup>2)</sup>	4.3 ± 0.02	4.1 ± 0.1*	4.6 ± 0.1
TIBC (μg/dl)	358.3 ± 6.6 <sup>NS3)</sup>	374.7 ± 12.0	415.3 ± 15.7 <sup>NS</sup>	416.0 ± 14.2
Vitamin A (μg/dl)	116.7 ± 13.6**	170.0 ± 14.6	113.3 ± 7.6**	158.3 ± 6.0
Vitamin E (mg/dl)	1.3 ± 0.2 <sup>NS</sup>	1.5 ± 0.1	1.5 ± 0.1 <sup>NS</sup>	1.4 ± 0.2

1) Mean ± SE

2) Significantly differ by paired t-test between initial and after 24 weeks spirulina supplementation (\* :  $p < 0.05$  \*\* :  $p < 0.001$ )

3) NS : not significant by paired t-test between initial and after 24 weeks spirulina supplementation ( $p < 0.05$ )

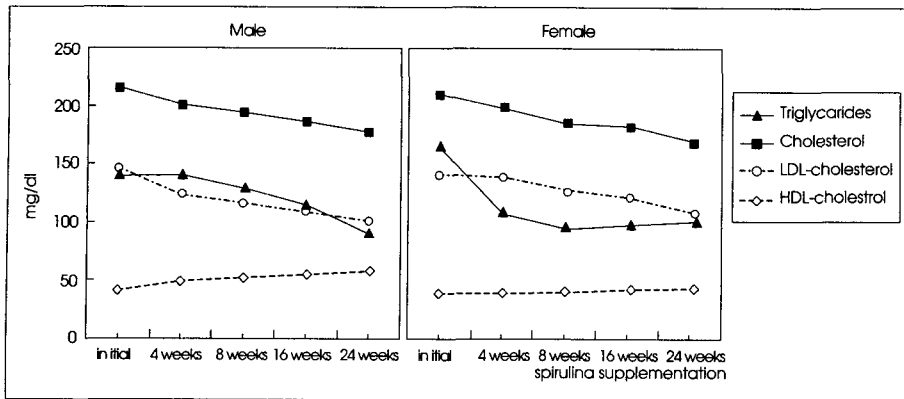


Fig. 1. Changes in blood lipid profile by spirulina supplementation.

총 콜레스테롤 함량은 남녀 노인 각각 215.7 mg/dl, 247.2 mg/dl이었으며, 스피루리나 복용 후 모든 대상자가 유의적으로 감소하여 24주 후 남녀 노인 각각 177.3 mg/dl, 198.5 mg/dl이었다. 복용 전 노인 대상자 중 5명이 혈중 콜레스테롤 240 mg/dl 이상으로 위험 수준에 있었으나 스피루리나 복용 후 1명만이 240 mg/dl을 초과하였다.

LDL-콜레스테롤 평균함량은 실험 전 남녀 각각 145.6 mg/dl, 163.7 mg/dl이었으며 정상 기준치인 130 mg/dl를 초과한 대상자는 4명씩 8명이었다. LDL-콜레스테롤은 스피루리나 복용 후 모든 대상자에서 감소하여 24주 후에는 남녀의 평균이 101.3 mg/dl와 125.7 mg/dl로 되어 유의적인 차이가 있었고, 여자 노인 2명을 제외한 모든 대상자가 정상범위에 속하게 되었다. HDL-콜레스테롤 농도는 남녀 노인 각각 41.8 mg/dl, 44.3 mg/dl로 정상이었으며 스피루리나 복용 후 증가하는 경향을 보여 남자노인에서는 이 차이가 유의적이었다.

스피루리나가 혈중 지질대사에 미치는 영향을 살펴보기 위해 Gonzalez 등<sup>25)</sup>은 쥐에게 60% fructose 식이에 5%의 스피루리나를 첨가해 주었더니 총 콜레스테롤 농도가 감소하고, HDL-콜레스테롤과 중성지질은 증가한다고 발표하였다. 또한 Rodriguez-Hernandez 등<sup>26)</sup>은 당뇨쥐에게 4주 동안 5%의 스피루리나 식이 공급시 LDL-콜레스테롤이 감소하였다고 보고하였다. Torres-Duran 등<sup>27)</sup>은 지방간인 쥐에게 스피루리나 1.0 mg/kg을 4일 먹인 결과 혈장 LDL-콜레스테롤 농도는 감소하였고, HDL-콜레스테롤 농도는 증가하는 것을 관찰하였고, Salazar 등<sup>28)</sup>은 동물 실험을 통해 스피루리나가 총 콜레스테롤과 LDL-콜레스테롤 농도는 감소시키며 HDL-콜레스테롤 농도는 증가시킴을 보고하였다. Iwata 등<sup>29)</sup>은 스피루리나가 lipoprotein lipase와 간의 triglyceride lipase의 활성을 증가시켜 혈중 지질 상태를 양호하게 한다고 주장하고 있다. 본 연구 결과 이러한 동물 실험의 결과가 사람에서도 같은 경향으로

스피루리나 복용은 혈장 지질 수준에 영향을 미침을 알 수 있었다.

지질외의 혈장성분으로 조사한 연구대상 노인의 혈장 알부민 함량은 스피루리나 복용 전 남녀 노인 각각 3.9 g/dl과 4.1 g/dl로 정상범위인 3.5~4.7 g/dl에 있었으며, 혈장 TIBC는 남녀 노인 각각 358.3  $\mu$ g/dl, 415.3  $\mu$ g/dl로 모든 대상자가 정상범위인 250~450  $\mu$ g/dl에 속하였다. 스피루리나 복용 후 남녀 노인 모두 혈장 알부민 함량은 유의적으로 증가하여 각각 4.3 g/dl과 4.6 g/dl로 되었으며 TIBC는 스피루리나 복용에 따른 유의적 변화가 없었다(Table 5).

스피루리나는 단백질 함량이 높을 뿐 아니라, 소화율도 높아 95%의 소화율을 보인다고 보고되고 있다.<sup>12)</sup> 본 실험에서 스피루리나로 공급된 단백질 함량은 하루 4.9 g (Table 1) 정도로 그 양이 많지 않았음에도 남녀 노인의 혈장 알부민 농도를 증가시킨 것은 스피루리나 복용이 체내 단백질 대사 효율을 증진시킨 것으로 사료된다. 그러므로 스피루리나 복용은 영양 위험 집단에서 단백질 상태를 증진시키는 효능이 있을 것으로 사료된다. 또한 스피루리나는 철분 함량이 높고 이용율도 높은 것으로 보고되고 있다.<sup>9,30)</sup> 본 연구에서 스피루리나로부터 철분이 하루 11.25 mg (Table 1)이 공급되었으나 스피루리나 복용에 따른 혈장 TIBC의 유의적 변화는 없었다. 이는 스피루리나 복용 전 남녀 노인의 TIBC는 모두 정상범위에 있었고, 또한 모든 대상자들이 철분을 권장량에 충족 될 만큼 식사로 섭취하고 있었기 때문에 스피루리나의 첨가 효과가 나타나지 않았던 것으로 사료된다.

혈장 비타민 A는 스피루리나 복용 실험 전 남녀 노인 각각 116.7  $\mu$ g/dl, 113.3  $\mu$ g/dl로 정상범위인 30~110  $\mu$ g/dl의 상한선에 있었고, 스피루리나 복용 24주 후 45.7%, 39.7% 씩 유의적으로 증가하여 각각 170.0  $\mu$ g/dl, 158.3  $\mu$ g/dl이 되었다. 혈장 비타민 E는 남녀 노인 각각 1.3 mg/dl, 1.5 mg/dl로 남자노인 2명, 여자노인 3명이 정상범위인

0.75~1.41 mg/dl를 초과하였으며, 스피루리나 복용에 따른 유의적 변화는 없었다(Table 5).

Annapurna 등<sup>31)</sup>은 쥐에서 스피루리나 첨가군 (1.0 mg/kg)이 스피루리나로부터 공급받은 것과 같은 양의  $\beta$ -carotene을 공급해준 대조군 ( $\beta$ -carotene 275  $\mu$ g/kg)에 비해 혈장 및 간에서 비타민 A와 carotene 농도가 높았다고 보고하였다. Jenkins 등<sup>32)</sup>과 Mitchell 등<sup>33)</sup> 역시 쥐에게 스피루리나 공급시 간의 비타민 A 수준이 유의적으로 증가함을 보고했다. 본 연구에서 노인의 혈장 비타민 A가 증가한 것은 스피루리나로부터 많은 양의  $\beta$ -carotene (1600  $\mu$ gRE : Table 1)를 공급받았기 때문인 것으로 보인다.

본 실험에서 스피루리나로부터 0.75 IU/day (Table 1)의 비타민 E가 공급되었으나 모든 대상자에서 스피루리나 복용에 따른 혈장 비타민 E 농도의 유의적 변화는 없었다. Mitchell 등<sup>33)</sup>은 쥐에게 2.7% 스피루리나 공급시 혈장과 간에서 총콜레스테롤이 감소함에 따라  $\alpha$ -tocopherol 수준이 유의적으로 감소되었으며, 10.7% 이상의 스피루리나 공급시 혈장과 간에서  $\alpha$ -tocopherol 수준이 현저히 감소되었다고 보고하였다. 본 연구에서는 혈장 총콜레스테롤 함량은 스피루리나 복용에 따라 유의적으로 감소하였으나 혈

장 비타민 E 함량은 유의적 차이가 없었다.

4. 항산화 상태에 미치는 영향

스피루리나가 인체의 항산화능에 미치는 영향을 알아보기 위해 혈장 지질과산화물의 지표인 TBARS와 총 항산화능의 지표로 TAS를 측정하였다. 혈장 TBARS는 스피루리나 복용 전 남녀 노인 각각 3.1 nmol/ml, 3.2 nmol/ml였으며 스피루리나 복용 4주 후부터 감소하여 복용 16주까지는 남녀 각각 1.8과 1.9로 유의적인 감소 ( $p < 0.05$ )를 보인다. 그 후 24주까지는 같은 수준을 유지하였다 (Table 6, Fig. 2). 개인별로 TBARS의 변화를 살펴봐도 모든 대상자에서 스피루리나 복용에 따라 감소하는 결과를 보여 지질과산화물의 생성 억제 효과를 보였다. 혈장 내 TAS는 스피루리나 복용 전 남녀 노인 각각 1.6 nmol/l, 1.4 nmol/l이었으며 스피루리나 복용 24주 후 남자 1.7 nmol/l, 여자 1.5 nmol/l로 유의적으로 증가하여 항산화능의 증가를 보였다.

스피루리나의 성분인 phenolic acids, phycocyanin, tocopherol,  $\beta$ -carotene는 항산화 역할을 하는 것으로 보고되고 있다.<sup>8,9)</sup> Miranda 등,<sup>8)</sup> Rodriguez-Hernandez 등<sup>26)</sup>은 동물 실험을 통해 스피루리나 복용에 의해 간과 혈청의

Table 6. Plasma antioxidative capacity of subjects before and after spirulina supplementation<sup>1)</sup>

	Male		Female	
	Initial	After 24 weeks	Initial	After 24 weeks
Plasma TBARS (nmol/ml plasma)	3.1 $\pm$ 0.1 <sup>**2)</sup>	1.7 $\pm$ 0.2	3.2 $\pm$ 0.08 <sup>NS3)</sup>	1.9 $\pm$ 0.2
TAS (nmol/L plasma)	1.6 $\pm$ 0.008*	1.7 $\pm$ 0.007	1.4 $\pm$ 0.008*	1.5 $\pm$ 0.007

1) Mean  $\pm$  SE

2) NS : not significant by paired t-test between initial and after 24 weeks spirulina supplementation ( $p < 0.05$ )

3) Significantly differ by paired t-test between initial and after 24 weeks spirulina supplementation (\* :  $p < 0.05$  \*\* :  $p < 0.001$ )

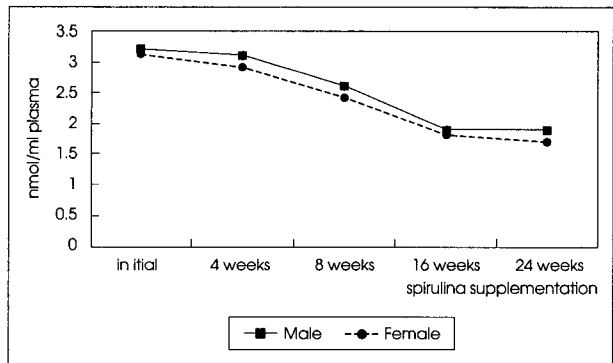


Fig. 2. Changes in plasma TBARS by spirulina supplementation.

Table 7. Immune indices of the subjects before and after spirulina supplementation<sup>1)</sup>

	Male		Female	
	Initial	After 24 weeks	Initial	After 24 weeks
Plasma conc. of immune substances				
IL-2 (pg/ml)	105.5 $\pm$ 30.4 <sup>NS2)</sup>	61.0 $\pm$ 23.5	166.4 $\pm$ 32.2 <sup>*3)</sup>	37.7 $\pm$ 3.6
IL-6 (pg/ml)	15.4 $\pm$ 1.5 <sup>NS</sup>	17.8 $\pm$ 1.4	15.2 $\pm$ 1.9 <sup>NS</sup>	17.6 $\pm$ 3.0
C3 (g/l)	1.1 $\pm$ 0.08 <sup>NS</sup>	1.3 $\pm$ 0.1	1.3 $\pm$ 0.08*	1.7 $\pm$ 0.05
Mitogen stimulation index				
Con A 10 $\mu$ g/ml	1.8 $\pm$ 0.1*	3.7 $\pm$ 0.5	1.4 $\pm$ 0.2 <sup>NS</sup>	2.2 $\pm$ 0.5
PHA 0.1 $\mu$ l/ml	1.4 $\pm$ 0.07*	2.6 $\pm$ 0.3	1.6 $\pm$ 0.3 <sup>NS</sup>	2.3 $\pm$ 0.3
LPS 0.1 $\mu$ g/ml	1.6 $\pm$ 0.1*	2.5 $\pm$ 0.4	1.3 $\pm$ 0.1 <sup>NS</sup>	2.2 $\pm$ 0.5

1) Mean  $\pm$  SE

2) NS : not significant by paired t-test between initial and after 24 weeks spirulina supplementation ( $p < 0.05$ )

3) Significantly differ by paired t-test between initial and after 24 weeks spirulina supplementation (\* :  $p < 0.05$ )

TBARS 수준이 감소되었음을 보고했으며, Upasani 등<sup>34)</sup>은 스피루리나 (1500 mg/kg) 공급받은 쥐의 TBARS 수준은 비타민 E (50 IU/kg)와 비타민 C (800 mg/kg)을 공급해 준 그룹과 차이가 없다고 보고하여 스피루리나의 항산화능이 항산화 비타민과 비슷함을 발표하였다. 본 연구 결과 스피루리나는 사람에서도 항산화 기능을 하는 것으로 사료된다.

**5. 면역능에 미치는 영향**

스피루리나의 기능으로서 면역능 증진에 대한 보고가 있어 본 연구에서는 스피루리나가 면역능에 미치는 영향을 살펴보았다. 말초혈림프구의 증식능력을 측정하였고 혈장의 IL-2, IL-6, C3 농도를 조사하였다. Con A로 유도된 자극지수는 스피루리나 복용 전 남녀 노인이 각각 1.8과 1.4였으며 (Table 7), 스피루리나 복용 4주 후부터 계속 증가하는 경향을 보여 (Fig. 3) 24주 후에는 각각 3.7과 2.2로 증가하였으며 이 차이가 남자노인에게서는 유의적이었다. PHA로 유도된 자극지수는 스피루리나 복용 전 남녀 노인 각각 1.4와 1.6이었으며 스피루리나 복용 후 모두 증가하였으나 유의적인 차이는 없었다. LPS로 유도된 자극지수는 스피루리나 복용 전 남녀 노인이 각각 1.6과 1.3이었고 스피루리나 복용 후 두 군 모두 증가하였으며 남자 노인에서는 유의적인 차이가 있었다.

Antiinflammatory cytokine인 IL-2의 혈장 농도는 스피루리나 복용 전 남녀노인이 각각 105.5 pg/ml과 166.4 pg/ml이었으며 스피루리나 복용 24주 후 IL-2 함량은 감소하여 여자노인에서는 이 차이가 유의적이었다 (p < 0.05). Proinflammatory cytokine인 IL-6 함량은 스피루리나 복용 전 남녀 노인 각각 15.4 pg/ml, 15.2 pg/ml이었으며, 스피루리나 복용에 따른 유의적인 변화는 없었다. C<sub>3</sub> 함량은 스피루리나 복용 전 남녀 노인 각각 1.1 g/l, 1.3 g/l이었으며 스피루리나 복용 24주 후 남녀 노인 모두 증가하였으

나 여자노인만이 유의적 차이를 보였다.

스피루리나 복용이 면역 글로불린 생성과 T 세포 활성을 증진시킨다는 연구 결과가 동물과<sup>35,36)</sup> 인체<sup>37)</sup> 실험에서 보고되고 있다. Hayashi 등<sup>35)</sup>의 연구에서 10~20% 스피루리나가 포함된 사료를 쥐에게 7주간 먹었을 때 비장세포의 Con A와 PHA에 의한 세포증식이 유의적으로 증가했고, Qureshi 등<sup>36)</sup>은 쥐에게 스피루리나 추출물을 투여했을 때 PHA에 의한 T세포 증식효과를 보고하였는데 본 연구결과 노인에서도 스피루리나의 장기 복용이 말초혈림프구의 mitogen에 대한 증식효과를 보여 위의 결과들이 사람에서도 나타남을 보여주고 있다. 그러므로 스피루리나 복용은 노인 대상자에서 T 세포와 B 세포의 증식을 증가시키고 혈장 C<sub>3</sub> 함량을 증가시키므로 스피루리나가 일반적으로 면역 능력 증진에 효과가 있다고 볼 수 있다. 그러나 혈장 IL-2를 포함한 cytokine에 미치는 영향은 앞으로 연구를 더 해 보아야 할 부분이라고 본다.

**6. 혈장 중 콜레스테롤 농도에 따른 스피루리나 증제 효과의 비교**

관상 동맥 질환의 위험 요인이 높은 대상자와 낮은 대상자 사이에 스피루리나 효과의 차이가 있는지를 알아보기 위해 연구대상 노인을 고콜레스테롤 군과 저콜레스테롤 군으로 나누어 스피루리나 복용 후 지질 상태, 항산화능 및 면역능 변화를 비교해 보았다. 한국인의 고지혈증 치료지침<sup>38)</sup>에 따라 본 실험 대상자를 스피루리나 복용 전의 수준을 기준으로 고콜레스테롤혈증 경계치인 혈장 총 콜레스테롤 농도가 200 mg/dl이상인 고콜레스테롤 노인은 남녀 각각 3명과 4명으로 총 7명 (58.3%)이었고 200 mg/dl미만으로 저콜레스테롤 노인은 5명이었다 (Table 8). 고콜레스테롤 노인군은 스피루리나 복용 전 중성지질, 총 콜레스테롤, LDL-콜레스테롤과 HDL-콜레스테롤 농도가 저콜레스테롤인 노인에 비해 높은 경향을 보였다.

스피루리나 복용 후 혈장 중성지질은 두 그룹 모두 감소

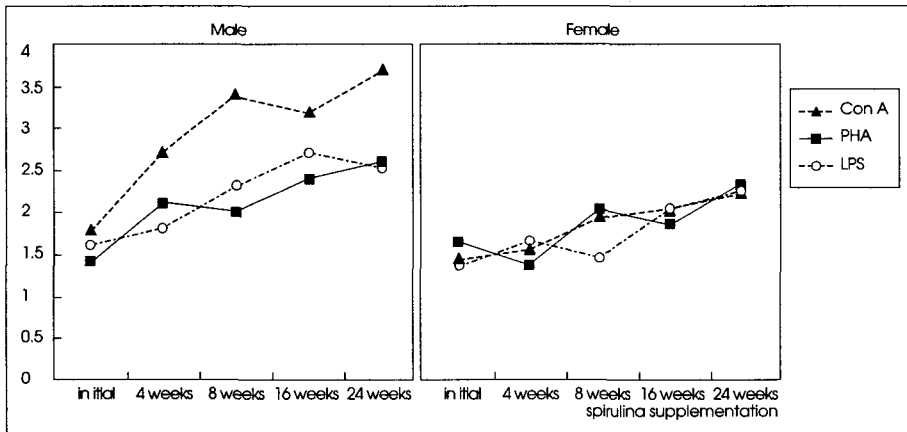


Fig. 3. Changes in mitogen stimulation index by spirulina supplementation.



**Table 8.** Comparison of the effect of spirulina intervention between hyper- and normocholesterolemic subjects<sup>1)</sup>

	Hypercholesterolemic subjects (≥ 200 mg/dl) (n = 7)		Normocholesterolemic subjects (<200 mg/dl) (n = 5)	
	Initial	After 24 weeks	Initial	After 24 weeks
Triglycerides (mg/dl)	197.1 ± 22.4 <sup>2)</sup>	127.3 ± 24.1	127.8 ± 29.2 <sup>NS3)</sup>	74.4 ± 14.3
C:holesterol (mg/dl)	258.7 ± 10.7 <sup>**</sup>	211.4 ± 7.3	193.2 ± 4.8 <sup>**</sup>	155.0 ± 4.6
LDL-cholesterol (mg/dl)	174.9 ± 10.2 <sup>*</sup>	130.3 ± 5.2	126.4 ± 2.3 <sup>*</sup>	89.7 ± 6.2
HDL-cholesterol (mg/dl)	44.4 ± 3.5 <sup>NS</sup>	55.7 ± 5.9	41.2 ± 4.8 <sup>*</sup>	50.4 ± 3.3
Plasma TBARS (nmol/ml plasma)	3.1 ± 0.1 <sup>**</sup>	1.8 ± 0.2	3.2 ± 0.1 <sup>**</sup>	1.9 ± 0.2
TAS(nmol/L plasma)	1.5 ± 0.008 <sup>NS</sup>	1.6 ± 0.008	1.4 ± 0.1 <sup>NS</sup>	1.6 ± 0.009
SI to Con A 10 μg/ml	1.7 ± 0.2 <sup>*</sup>	3.1 ± 0.4	1.5 ± 0.1 <sup>NS</sup>	2.8 ± 0.9
SI to PHA 0.1 μl/ml	1.7 ± 0.2 <sup>NS</sup>	2.3 ± 0.3	1.2 ± 0.05 <sup>*</sup>	2.6 ± 0.2
SI to LPS 0.1 μg/ml	1.5 ± 0.1 <sup>NS</sup>	2.4 ± 0.5	1.3 ± 0.1 <sup>NS</sup>	2.4 ± 0.4

1) Mean ± SE

2) Significantly differ by paired t-test between initial and after 24 weeks spirulina supplementation (\* : p<0.05 \*\* : p<0.001)

3) NS : not significant by paired t-test between initial and after 24 weeks spirulina supplementation (p<0.05)

하였고 고콜레스테롤인 노인에서는 이 차이가 유의적이었다. 혈장 총 콜레스테롤 농도는 스피루리나 복용 후 두 그룹 모두 유의적 감소를 보여 스피루리나 복용 24주 후 고콜레스테롤 노인군과 저콜레스테롤 노인군 각각 46.7 mg/dl (18.1%), 38.0 mg/dl (19.7%) 씩 감소하였다. LDL-콜레스테롤은 스피루리나 복용 후 각각 44.6 mg/dl (25.5%), 36.7 mg/dl (29.0%) 씩 감소하여 두 그룹 모두 그 차이가 유의적이었다 (p < 0.05). 스피루리나 복용 전 고 LDL-콜레스테롤 혈중 (160 mg/dl 이상)인 노인은 고콜레스테롤인 노인 7명 중 4명이었으며, 그중 3명이 스피루리나 복용 24주 후 정상범위 (130 mg/dl 미만)에 속하게 되었다. HDL-콜레스테롤은 두 그룹 모두 증가하였으나, 저콜레스테롤 노인에서만 유의적 차이가 있었다.

혈장 TBARS와 TAS는 스피루리나 복용 전 두 군간 유사한 수준이었으며 스피루리나 복용 후 혈장 TBARS 두 군 모두 유의적인 감소를 보였으나 (p < 0.05) TAS는 유의적 차이가 없었다.

Con A, PHA 및 LPS로 유도된 말초혈림프구의 자극지수는 실험 전 두 군간에 유의적인 차이는 없었으나 고콜레스테롤 노인군이 다소 높은 경향을 보였다. 스피루리나 복용 24주 후 Con A 자극지수는 고콜레스테롤인 노인군과 저콜레스테롤인 노인 각각 1.4 (82.4%)와 1.3 (86.7%) 씩 증가하였으나 고콜레스테롤인 노인에서만 이 차이가 유의적이었다. PHA와 LPS 자극지수도 두 군 모두 증가하였는데 PHA에 대한 반응은 저콜레스테롤군 노인에서만 유의적인 차이를 보였다.

이상의 비교에서 살펴 본 것과 같이 스피루리나의 효과는 mild hypercholesterolemia 노인을 정상노인과 비교했을 때 큰 차이가 없었다. 혈장 콜레스테롤 농도에 상관없이 비

슷한 수준에서 혈장지질, 항산화능, 면역능 증진의 효과를 보여주고 있다. 그러나 앞으로 위험요인을 더 많이 가지고 있는 노인에 대한 스피루리나의 효과를 연구할 필요가 있다고 사료된다.

## 요약 및 결론

본 연구에서는 스피루리나가 인체의 혈중 지질 수준, 항산화능 및 면역능에 미치는 영향을 조사하기 위하여 건강한 노인을 대상으로 24주간 스피루리나를 복용하는 중재 실험을 수행하였다.

1) 스피루리나 복용이 노인의 식품 섭취와 신체 계측치에 영향을 미치지 않았다.

2) 스피루리나 복용에 따라 남녀 노인 모두 혈장 중성지질, 총 콜레스테롤과 LDL-콜레스테롤은 감소하였으며, 혈장 HDL-콜레스테롤 농도는 증가하였다.

3) 혈장 알부민 함량은 스피루리나 복용에 따라 남녀노인 모두 유의적으로 증가하였으나 TIBC에는 영향을 미치지 않았다.

4) 본 조사 대상 노인의 혈장 비타민 A와 E 영양상태는 양호한 편이었으며 스피루리나 복용 24주 후 노인의 혈장 비타민 A 농도는 유의적으로 증가하였으나 비타민 E 농도는 스피루리나 복용에 따른 유의적 변화가 없었다.

5) 스피루리나가 인체의 항산화능에 미치는 영향을 알아보기 위해 측정된 혈장 TBARS 농도는 남녀 노인 모두 스피루리나 복용 4주 후부터 점차적으로 감소하여 24주 후 유의적 차이를 보여 지질과산화물 생성 억제 효과를 보였다. 또한 혈장 내 TAS가 유의적으로 증가하여 스피루리나가 항산화능을 증진시킴을 알 수 있었다.

6) 스피루리나 복용 후 말초혈림프구의 Con A, PHA 및 LPS에 대한 자극지수는 남녀 노인 모두 복용 4주 후부터 증가하였다. 뿐만 아니라 혈장 C<sub>3</sub> 함량이 증가하여 스피루리나가 일반적으로 면역을 증진시킴을 알 수 있었다.

7) 연구대상자를 혈장 콜레스테롤  $\geq 200$  mg/dl군과 콜레스테롤  $< 200$  mg/dl 이하인 군으로 나누어 위의 여러 가지 지표의 변화를 조사하여 비교해 본 결과 혈장 콜레스테롤 농도에 따른 유의적인 차이를 발견할 수 없었다.

본 연구 결과로 미루어 볼 때 스피루리나는 건강 보조 식품으로서 유용하다고 사료된다. 특히 혈중 지질 농도의 정상화와 항산화능 및 면역능에서 유효하다고 판단된다. 그러나 다양한 인구 집단과 더 많은 사람들을 대상으로 임상 연구가 이루어져야 할 것이며 그 기전에 관한 연구 또한 필요하다.

#### ■ 감사의 글

본 연구를 위하여 6개월 동안을 하루같이 스피루리나를 복용하고 실험에 임해 주신 12명의 할머니, 할아버지께 감사드립니다. 또한 스피루리나를 공급해 주시고 연구비를 지원해 주신 ES group과 대상 노인들의 반복된 건강검진과 혈액채취를 담당해 주신 ES 의원의 여러분께도 감사의 뜻을 포함합니다.

#### Literature cited

- Jun BH, Lee HG. An investigation of the intake of the health food among the salary men in Seoul. *Kor J Soc Food Sci* 16(1): 9-16, 2000
- Yang HN, Lee EH, Kim HM. Spirulina platensis inhibits anaphylactic reaction. *Lif Sci* 61: 1237-1244, 1997
- Kay RA. Microalgae as food and supplement. *Critical Reviews in Food Science & Nutrition* 30(6): 555-573, 1991
- Mahajan G, Kamat M.  $\gamma$ -linolenic acid production from spirulina platensis. *Appl Microbiol and Biotechnology* 43: 466-469, 1995
- Ciferri O. Spirulina, the edible microorganism. *Microbiol Rev* 47: 551-578, 1983
- Pinero Estrada JE, Bermejo Descos P, Villar del Fresno AM. Antioxidant activity of different fractions of spirulina platensis protean extract. *Farmaco* 56: 497-500, 2001
- Herbert V, Drivas G. Spirulina and Vitamin B<sub>12</sub>. *JAMA* 248(23): 3096-3097, 1982
- Miranda MS, Cintra R, Barros SBM, Mancini-Filho J. Antioxidant activity of the microalga spirulina maxima. *Brazilian J Medical and Biological res* 31: 1075-1079, 1998
- Kapoor R, Mehta U. Supplementary effect of spirulina on hematological status of rats during pregnancy and lactation. *Plant Foods for Human Nutrition* 52(4): 315-324, 1998
- Kim HM, Lee EH, Cho HH, Moon YH. Inhibitory effect of mast cell-mediated immediate-type allergic reactions in rats by spirulina. *Biochemical Pharmacology* 55: 1071-1076, 1998
- Park YI. Isolation and purification of antiallergic substance from Spirulina. *K J microbiol symposium book*, pp.80-82, 2000
- Kim HY. True digestibility spirulina protein and effects of spirulina on growth and lipid metabolism in rats. Thesis for Master's degree. Ewha Womans Univ, 2000
- Sin HM. Effects of spirulina and seaweed on growth of lactic acid bacteria. Korea Univ, 1980
- Ahn JH, Kim SS, Kim TH, Lee JH, Ohh SJ, Lee JH, Lee HY. The treatment of swine wastes and simultaneous productions of biomass by the growth of spirulina platensis. *Kor J Appl Microbiol Biotechnol* 24: 519-524, 1999
- Nakaya N, Homma Y, Goto Y. Cholesterol lowering effect of spirulina. *Nutr Rep Int* 37: 1329-1337, 1988
- Becker EW, Jakober R, Luftr D, Schmulling RM. Clinical and biochemical evaluation of the alga Spirulina with regard to its application in the treatment of obesity. a couple-blind cross-over study. *Nutr Rep Int* 33: 565-572, 1986
- The Korean nutrition society. Nutritional assessment program, 'Can-pro 1.0', 1997
- Fiedewald WT, Levy RI, Fredrick DS. Estimation of the concentration of low density lipoprotein cholesterol in plasma without use of the preparative ultracentrifuge. *Clin Chem* 18: 499-502, 1972
- Yagi K. Assay for blood plasma or serum. *Methods in Enzymology Academic Press Inc NY* 105: 328-331, 1984
- Mosmann T. Rapid colorimetric assay for cellular growth and survival: Application to proliferation and cytotoxicity assays. *J Immunol Methods* 65: 55-63, 1983
- The Korean nutrition society. Recommended dietary allowances for Koreans. 7th, 2000
- Ministry of health and welfare. Report on 1998 national health and nutrition survey. Seoul, 1999
- Choi JH, Kim MH, Cho MS, Lee HS, Kim WY. The nutritional status and dietary pattern by BMI in Korean elderly. *The Korean Nutrition Society* 35(4): 480-488, 2002
- An SY, Kim WY. The nutritional status and effects of vitamin and mineral supplementation in institutionalized elderly subjects. *Kor Soc J Com Nutr* 5(2): 201-207, 2000
- Gonzalez de Rivera C, Miranda-Zamora R, Diaz-Zagoya JC, Juarez-Oropeza MA. Preventive effect of spirulina maxima on the fatty liver induced by a fructose-rich diet in the rat, a preliminary report. *Life Sci* 53(1): 57-61, 1993
- Rodriguez-Hernandez A, Ble-castillo JL, Juarez-Oropeza MA, Diaz-Zagoya JC. Spirulina maxima prevents fatty liver formation in CD-1 male and female mice with experimental diabetes. *Life Sci* 20: 69(9): 1029-1037, 2001
- Torres-Duran PV, Miranda-Zamora R, Paredes-Carbajal MC, Masher D, Ble-Castillo J, Diaz-Zagoya JC, Juarez-Oropeza MA. Studies on the preventive effect of spirulina maxima on fatty liver development induced by carbon tetrachloride, in the rat. *J Ethnopharmacol* 64(2): 141-147, 1999
- Salazar M, Martinez E, Madrigal E, Ruiz LE, Chamorro GA. Subchronic toxicity study in mice fed Spirulina maxima. *J Ethnopharmacology* 62(3): 235-241, 1998
- Iwata K, Inayama T, Kato T. Effects of spirulina platensis on pla-

- sma lipoprotein lipase activity in fructose-induced hyperlipidemic rats. *J of Nutritional Science & Vitaminology* 36(2) : 165-171, 1990
- 30) Puyfoulhoux G, Rouanet JM, Besancon P, Baroux B, Baccou JC, Caporiccio B. Iron availability from iron-fortified spirulina by an in vitro digestion/Caco-2 cell culture model. *J Agric Food Chem* 49(3) : 1625-1629, 2001
- 31) Annapurna VV, Deosthale YG, Bamji MS, Spirulina as a source of vitamin A. *Plant Food Hum Nutr* 41(2) : 125-134, 1991
- 32) Jenkins MY, Sheikh NM, Mitchell GV, Grundel E, Blakely SR, Carter CJ. Dietary carotenoids influenced biochemical but not morphological changes in adult male rats fed a choline-deficient diet. *Nutr Cancer* 19(1) : 55-65, 1993
- 33) Mitchell GV, Grundel E, Jenkins MY, Blakely SR. Effects of graded dietary levels of spirulina maxima on vitamin A and E in male rats. *J Nutr* 120(10) : 1235-1240, 1990
- 34) Upasani CD, Khera A, Balaraman R. Effect of lead with vitamin E, C or spirulina on malondialdehyde, conjugated dienes and hydroperoxides in rats. *Indian J Exp* 39(1) : 70-74, 2001
- 35) Hayashi O, Isobe K, Hirahashi T, Katoh T, Okuwaki Y. Bactericidal activity of mouse macrophages stimulated with Spirulina plantensis. *J Kagawa Nutr Univ* 26: 71-77, 1995
- 36) Qureshi MA, Garich JP, Kidd MT. Dietary Spirulina plantensis enhances humoral and cell-mediated immune functions in chickens. *Immunopharmacol Immunotoxicol* 18(3) : 405-476, 1996
- 37) Liu L, Guo B, Ruan J, Dai X, Chen L, Wu B. Study on effect and mechanism of polysaccharides on spirulina plantensis on body immune functions improvement. *Marine Sci* 6: 44-49, 1991
- 38) Korean guidelines of hyperlipidemia treatment for prevention of atherosclerosis. Korean society of lipidology and atherosclerosis, 2002