

스피루리나 첨가 두부의 품질특성

김효진 · 이지연 · 이승희 · 이근중¹ · 김미리[†]
충남대학교 식품영양학과, ¹우송대학교 외식조리학과

Quality Characteristics of Tofu Prepared with Spirulina

Hyo Jin Kim, Jee Yeon Lee, Seung Hee Lee, Kun Jong Lee¹ and Mee Ree Kim[†]

Department of Food & Nutrition, Chungnam National University, ¹Department of Culinary Art, Woosong University

Abstract

In this study, the quality characteristics of tofu prepared with added spirulina(0, 0.25, 0.5, 0.75, and 1%). As the concentration of spirulina increased, tofu yield decreased and the pH and turbidity increased. The Hunter L(lightness) and a(redness) values of tofu decreased as the amount of spirulina increased. Phycocyanin(C-phycocyanin, allophycocyanin and phycoerythrin) contents increased according to the spirulina amount. Moreover the antioxidant activity of tofu increased as the concentration of spirulina increased(IC₅₀ values for control was 150.7 mg/g; 1% spirulina, 82.5 mg/g). Textural properties(TPA) for hardness, gumminess, and chewiness were higher in spirulina with added tofu, compared to those of control. Regarding the overall acceptability of sensory properties, spirulina with 0.5% added tofu had the highest scores among all treatments. From these results, it was suggested that the optimal amount of added spirulina was 0.5% for the preparation of high quality tofu.

Key words: tofu, spirulina, quality characteristics, sensory evaluation

1. 서론

두부는 대두를 자비하여 가용성분을 추출하고 이에 열화물 또는 황산염을 첨가하여 그 중의 단백질 성분을 침전·응고시킨 후 성형한 것이라 할 수 있다(한상배 2005). 두부에는 단백질이 풍부하여 소화흡수율이 높을 뿐 아니라 콜레스테롤이 없고 무기질이 풍부하여 성장발육기의 어린 아이와 노약자는 물론 환자들에게 좋은 음식으로 알려져 있다(Kim JY, Park GS 2006). 두부제조 시 영양성분을 보강하거나 두부의 기능성을 위하여 천연소재를 첨가한 연구들이 활발히 보고되고 있다. 그 예로 수용성 키토산 분해물질을 첨가하여 항균력과 기능성을 부여한 두부(Chun KH 등 1999), 오미자즙이나 매실즙과 같은 천연 응고제를 사용하여 식품의 오염을 억제한 두부(Jung GT 등 2000), 녹차(Jung JY, Cho EJ 2002), 해조류(Kim DH 등 1996), 클로렐라(Kim SS 등 2003), 허브(Jeon MK, Kim MR 2006a), 우유(Kim JM 등 1993), 마늘(Park YJ 등 2004),

복분자(Oh SW 등 2002) 등을 첨가하여 저장성, 물리적 및 관능적 특성을 향상시킨 두부 등 기호성, 저장성 및 항산화성 등을 증진시키고자 다양한 연구들이 수행되었다.

스피루리나는 사이아노 박테리아에 속하는 나선형의 세균으로 오래전부터 인류의 좋은 식량으로 이용되어 왔을 뿐 아니라 생물학적 활성을 갖는 물질을 함유하고 있어 기능성 식품으로 활용되고 있다(스피루리나 연구회 2005). 스피루리나에는 단백질이 55~70%, 지방이 6~9%, 탄수화물이 15~20% 함유되어 있고 다량의 무기질, 비타민, 섬유질 및 색소 성분을 함유하고 있다(Kay RA 1991). 스피루리나는 단백질의 함량이 높을 뿐 아니라 8가지 필수 아미노산을 포함하고 있으며 지방성분 중에는 유리지방산이 70~80%에 달하고 리놀레산, 감마리놀레산 등의 지방산이 큰 비중을 차지하고 있다(Mahajan G, Kamat M 1995). 또한 소화흡수율이 95%나 되어 체내 흡수가 뛰어나며, 베타카로틴, 피코시아닌 등 각종 항산화 활성 성분을 다량 함유하고 있다(문종철 2006). 한편, 선진화 및 고령화 사회로 진입하면서 우리나라에서도 건강기능식품인 스피루리나에 대한 관심이 높아지고 있다(Lee YJ 등 2008).

따라서 본 연구에서는 기능성이 우수한 스피루리나를 활용하고자 스피루리나 첨가량에 따른 두부를 제조하여 이 화학적 및 항산화 특성을 비교 분석하였다.

[†]Corresponding author: Mee Ree Kim, Department of Culinary Art, Woosong University
Tel: 042-821-6837
Fax: 042-821-8827
E-mail: smshin@chungwoon.ac.kr

II. 재료 및 방법

1. 실험재료

본 실험에서는 두부의 재료로 대두(국산), 응고제(태진 지앤에스)는 염화마그네슘($MgCl_2 \cdot 6H_2O$)을 사용하였으며, 스피루리나는 (주) ES 바이오텍(천안)에서 제공받아 사용하였다.

2. 시료의 제조

대두 100 g을 12시간 물에 침지하여 불린 후 분쇄하여 10분간 가열한 후 비지를 걸러낸 두유를 모아 사용하였다. 화학 응고제 $MgCl_2$, 2.3%와 스피루리나 분말 0%, 0.25%, 0.5%, 0.75%, 1%를 첨가하여 2 kg의 압력으로 10분간 성형 후 10분간 냉수에서 냉각하였다.

3. 이화학적 특성

스피루리나 첨가 두부의 수율(%)은 원료 대두의 무게에 대한 압착 성형 후 두부의 무게로 표시하였다. pH는 AOAC method(1990)를 적용하여 시료 10 g을 100 mL의 증류수와 함께 넣고 균질화 하였다. 3,000 rpm에서 15분간 원심 분리한 후 상정액을 취하여 pH meter(420 Benchtop, Orion Research, USA)로 측정하였다. 산도는 AOAC method(1990)를 적용하여 시료 10 g을 취하여 100 mL의 증류수를 첨가한 뒤 3,000 rpm에서 15분간 원심분리한 후 상정액 5 mL과 증류수 5 mL을 취하여 0.1 N NaOH를 이용하여 pH 8.3까지 도달하는데 필요한 0.1 N NaOH양을 lactic acid 함량(%)으로 환산하여 적정산도(% w/w)로 표시하였다. 스피루리나 첨가 두부의 탁도는 시료 3 g에 증류수 30 mL을 가하여 균질화 한 후 4°C에서 3,000 rpm으로 20분간 원심 분리하여 상정액을 취하여 spectrophotometer(Model 80-2088-64, Pharmacia Biotech Co., England)를 사용하여 파장 600 nm에서 투과도를 측정하였다.

$$\text{수율(\%)} = \frac{\text{총 두부의 무게(g)}}{\text{원료 대두의 무게(g)}} \times 100$$

4. 색도 측정

색도는 색차계(Digital color measuring/difference calculation meter, model ND-1001 DP, Nippon Denshoku Co. Ltd., Japan)를 사용하여 Hunter 명도(L값, Lightness), 적색도(a값, Redness), 황색도(b값, Yellowness) 및 ΔE 값(색차지수)을 4회 반복 측정하여 평균값으로 나타냈다. 두부를 균질화 한 후 패트리디쉬 (50×12 mm)에 담아 색도를 측정하였다. Standard color value는 L값 90.42, a값 0.13, b값 3.41, ΔE 값 0.00인 calibration plate를 표준으로 사용하였다.

5. 피코시아닌 색소 측정

스피루리나 첨가 두부 10 g에 증류수 100 mL을 넣어 1분간 혼합시켜 15 시간 교반 후 4°C에서 10,000 rpm으로 10분간 원심 분리하여 얻어진 상정액을 spectrophotometer(Model 80-2088-64, Pharmacia Biotech Co., England)를 사용하여 620 nm, 652nm, 562 nm에서의 흡광도의 값으로 아래의 식에 의해 계산 하여 나타내었다(Shim EK 2008).

$$\begin{aligned} \text{C-PC(C-phycocyanin, mg/mL)} &: [A_{620} - 0.474(A_{652})]/5.34 \\ \text{APC(allophycocyanin, mg/mL)} &: [A_{652} - 0.208(A_{620})]/5.09 \\ \text{PE(phycocerythrin, mg/mL)} &: [A_{562} - 2.41(PC) - 0.849(APC)]/9.62 \end{aligned}$$

6. DPPH(1,1-diphenyl-2-picryl hydrazyl) radical 소거능 측정

시료 3 g에 methanol 50 mL을 넣은 후 15시간 동안 잘 교반한 후 3,000 rpm으로 4°C에서 10분간 원심 분리하여 얻어진 상정액을 evaporator로 용매를 휘발하여 추출물만 얻었다. 추출물 100 mg 당 1 mL methanol을 첨가하여 100 mg/mL 농도의 추출물 용액을 제조하여 시료 용액으로 사용하였다.

시료용액 50 μL 에 1.5×10^{-4} mM DPPH(1,1-diphenyl-2-picryl hydrazyl)용액 150 μL 을 가한 후 30분 후에 분광광도계(352, Pharmacia Co.)를 이용하여 515 nm에서 흡광도를 측정하였으며 라디칼 소거능(%)을 다음의 식으로 계산한 후 각 농도별 라디칼 소거능에 대한 검량선에서 라디칼 소거능이 50%가 되는 농도인 IC_{50} 을 구하였다.

$$\text{Free radical scavenging effect(\%)} = \frac{\text{Abs}_{\text{DPPH}} - \text{Abs}_{\text{Sample}}}{\text{Abs}_{\text{DPPH}}} \times 100$$

7. 조직감 측정

스피루리나 첨가 두부의 조직감은 일정한 크기(3×3×1.5)로 잘라 Texture analyser(TA/XT2, Stable Micro System Ltd., England)를 사용하여 각 4회 반복 측정하였으며, probe를 연속 2회 압착하였을 때 얻어지는 힘-시간 곡선으로

Table 1. Condition of texture analyser

Force Threshold	5 g
Acquisition Rate	400 pps
Contact Area	490.62 mm ²
Contact Force	5.0 g
Per-Test Speed	5.0 mm/s
Post-Test speed	5.0 mm/s
Test speed	5.0 mm/s
strain	30%
time	0.50 s
Trigger Type	Auto 10 g

부터 견고성, 탄력성, 파쇄성, 점성, 및 응집성, 씹힘성 등을 측정하였으며, 기기의 작동 조건은 Table 1과 같다.

8. 관능검사

관능 평가는 충남대학교 식품영양학과 학생 10명을 panel로 선정하여 검사방법과 평가특성을 교육시킨 후 검사를 실시하였고, 두부는 일정한 크기(3×3×1.5 cm)로 잘라 제공하였다. 강도는 외관, 냄새, 맛, 조직감을 9점 척도법(1점 지극히 약함, 9점 지극히 강함)을 사용하여 평가하였으며, 다음 시료 평가에 미치는 영향을 최소화하기 위하여 물과 함께 제시하였다. 또한 기호도에 대한 관능검사는 훈련 받지 않은 대학생 30명을 대상으로 평가 내용은 색, 향기, 맛, 조직감, 전반적인 기호도, 구매 여부에 9점 척도법으로 평가하였다.

9. 통계처리

스피루리나 첨가 두부의 실험 결과는 SPSS(Statistical Package for Social Sciences, SPSS Inc., Chicago IL, USA) software package 프로그램 중에서 분산 분석(ANOVA)을 실시하여 유의성이 있는 경우에 Duncan의 다중범위검정(Duncan's multiple range test)으로 시료간의 유의차를 검증하였다($p < 0.05$).

III. 결과 및 고찰

1. 이화학적 특성

Table 2는 스피루리나 첨가량을 달리한 두부의 수율, pH, 산도와 탁도를 나타내었다. 대조군의 수율은 201.3%로 가장 높았으며, 스피루리나의 첨가량이 증가할수록 수율이 감소하는 경향을 나타내었다. 이는 다시마(Yang SE 2004), 오징어 먹물(Park EJ, Park GS 2006), 청국장 분말 첨가량(An SH 등 2008)이 증가할수록 두부의 수율이 증가한다는 보고와는 다른 경향이었으나 유기산의 농도의 증가로 단백질의 응고가 급격히 일어나면서 덩어리가 커지고 보수력이 떨어져 수율이 감소한 석류즙(Kim JY, Park GS 2006), 오미자 및 매실즙 첨가두부(Jung GT 등 2000), 오미자 추출물 첨가두부(Kim JS, Choi SY 2008)의 보고는 본 연구와 유사하였다. 스피루리나 첨가량을 달리한 두부의 pH는 대조군과 비교했을 때 유의적인 차이는 없었으나 스피루리나 첨가 두부가 대조군에 비해 높은 값을 나타내었으며 스피루리나 농도가 증가할수록 pH가 증가하는 경향을 나타내었다. 이는 스피루리나 자체의 pH가 높는데 기인되는 것이다. 스피루리나의 첨가량을 달리한 두부의 여과액의 탁도의 결과는 대조군의 탁도가 1.02로 가장 낮았으며, 스피루리나 1% 첨가 두부가 1.74로 가장 높아 스피루리나 첨가량이 증가할수록 탁도가 유의적

Table 2. Yield, pH, acidity and turbidity of spirulina tofu

spirulina(%)	Yield(%)	pH	Acidity(%)	Turbidity(Abs)
0	201.3±1.4 ^{a1)}	6.18±0.03 ^{NS2)}	0.012±0.000 ^{NS}	1.02±0.01 ^e
0.25	167.3±1.1 ^b	6.21±0.03 ^{NS}	0.011±0.000 ^{NS}	1.12±0.01 ^d
0.5	163.9±1.3 ^{bc}	6.24±0.02 ^{NS}	0.011±0.000 ^{NS}	1.13±0.01 ^c
0.75	161.0±1.4 ^c	6.29±0.02 ^{NS}	0.010±0.000 ^{NS}	1.33±0.00 ^b
1	149.5±2.1 ^d	6.35±0.01 ^{NS}	0.010±0.000 ^{NS}	1.74±0.00 ^a

All values are Mean±S.D

^{1) a-d} : Different superscripts are significantly different by Duncan's multiple range test at $\alpha=0.05$.

^{2) NS} : Values are not significantly different by Duncan's multiple range test.

으로 높아졌다($p < 0.05$). 스피루리나 첨가량이 증가할수록 분말의 미세분자가 단백질에 흡착되지 못하므로 여액으로 빠져 탁도를 증가시킨 것으로 보이며 이는 허브 두부(Jeon MK, Kim MR 2006b)와 강황첨가 두부(Min YH 등 2007)에 대한 연구와 유사한 결과를 보였다.

2. 색도

스피루리나를 첨가하여 제조한 두부의 명도(Lighness), 적색도(Redness) 및 황색도(Yellowness)를 측정한 결과는 Table 3과 같다. 스피루리나 첨가 두부의 색도는 첨가량에 따라 차이가 있어 스피루리나 첨가 두부의 밝기를 나타내는 명도는 대조군이 92.41로 가장 높은 값을 나타내었고 스피루리나의 첨가량이 늘어날수록 80.35, 73.80, 68.90, 65.15로 감소하였다. 이는 스피루리나가 가지고 있는 녹색 때문에 두부의 색이 어두워 졌기 때문으로 사료된다. 스피루리나 첨가 두부의 적색도는 대조군이 -0.50로 가장 높았고, 스피루리나의 첨가량이 증가할수록 유의적으로 감소하였다. 황색도는 대조군이 14.57, 스피루리나 0.25% 첨가 두부가 14.55, 스피루리나 0.5% 첨가 두부가 14.84, 스피루리나 0.75% 첨가 두부가 15.56, 스피루리나 1% 첨가 두부가 15.43로 스피루리나 첨가량이 증가할수록 높아졌다. 본 실험 결과는 강황 첨가 두부(Min YH 등 2007)와 노랑 파프리카즙 두부(Park BH, Jeon ER 2008)에서 첨가

Table 3. Colors of spirulina tofu

spirulina(%)	Lighness	Redness	Yellowness
0	92.41±0.04 ^{a1)}	-0.50±0.17 ^a	14.57±0.03 ^d
0.25	80.35±0.06 ^b	-3.91±0.12 ^b	14.55±0.04 ^d
0.5	73.80±0.17 ^c	-4.39±0.16 ^c	14.84±0.12 ^c
0.75	68.90±0.24 ^d	-4.50±0.22 ^{cd}	15.56±0.02 ^a
1	65.15±0.18 ^d	-4.65±0.09 ^d	15.43±0.07 ^b

All values are Mean±S.D

^{1) a-d} : Different superscripts are significantly different by Duncan's multiple range test at $\alpha=0.05$.

량이 증가할수록 명도와 적색도 값이 감소를 보이는 결과와 유사하였다. 스피루리나 두부에 첨가량에 따른 색도의 차이는 첨가된 스피루리나의 피코시아닌 색소로 인한 것으로 사료된다.

3. 피코시아닌 색소

스피루리나 첨가량에 따른 두부의 피코시아닌 색소 결과는 Fig. 1과 같다. C-PC(C-phycoerythrin)는 대조군이 0 mg/mL, 스피루리나 0.25% 첨가 두부가 0.010 mg/mL, 스피루리나 0.5% 첨가 두부가 0.018 mg/mL, 스피루리나 0.75% 첨가 두부가 0.027 mg/mL, 스피루리나 1% 첨가 두부가 0.036 mg/mL로 스피루리나 첨가 농도가 높아질수록 C-PC가 증가하는 경향을 나타내었다. APC(allophycoerythrin)는 대조군이 0 mg/mL, 스피루리나 0.5% 첨가 두부가 0.031 mg/mL, 스피루리나 1% 첨가 두부가 0.050 mg/mL로 스피루리나 첨가량이 증가할수록 APC가 높아지는 경향을 나타내었다. PE(phycoerythrin) 대조군이 0 mg/mL, 스피루리나 1% 첨가 두부가 0.34 mg/mL로 스피루리나 첨가량이 증가할수록 PE가 높아지는 경향을 나타

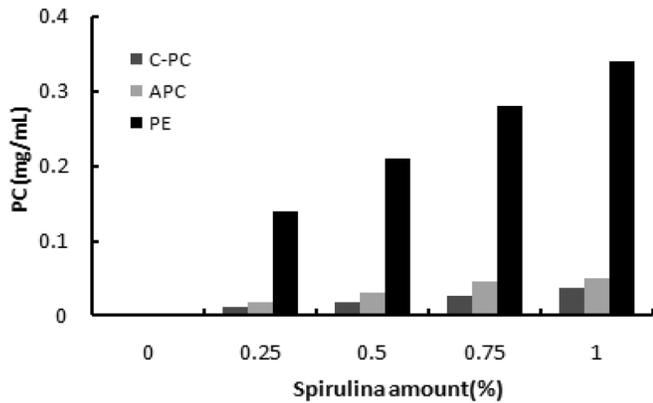


Fig. 1. Phycocyanin(PC) contents of spirulina tofu. C-PC=C-phycoerythrin, APC=allophycoerythrin, PE=phycoerythrin

내었다. Lee 등(2008)은 스피루리나를 첨가한 국수의 피코시아닌 함량을 측정하였으며, 스피루리나를 첨가할수록 C-PC, APC, PE 함량이 증가한다는 보고해 본 연구와 같은 경향을 나타내었다.

4. 항산화성

스피루리나 첨가에 따른 두부의 항산화성을 DPPH 라디칼 소거능으로 측정된 결과는 Fig. 2와 같다. DPPH 라디칼 소거능의 IC₅₀ 값은 대조군이 150.7 mg/g, 스피루리나 0.25% 첨가 두부가 138.7 mg/g, 스피루리나 0.5% 첨가 두부가 89.2 mg/g, 0.75% 첨가 두부가 86.8 mg/g, 1% 첨가 두부가 82.5 mg/g으로 스피루리나의 농도가 증가할수록 DPPH 라디칼 소거능의 IC₅₀ 값이 낮아져 두부의 항산화능이 증가하는 경향을 나타내었다. Cho 등(2005)은 스피루리나 첨가 샐러드 드레싱의 항산화능 측정결과 스피루리나 첨가량이 증가할수록 항산화능이 증가한다고 보고하여 이는 본 연구와 일치하는 경향을 나타내었다. 이같은 항산화능의 증가는 두부에 사용한 스피루리나의

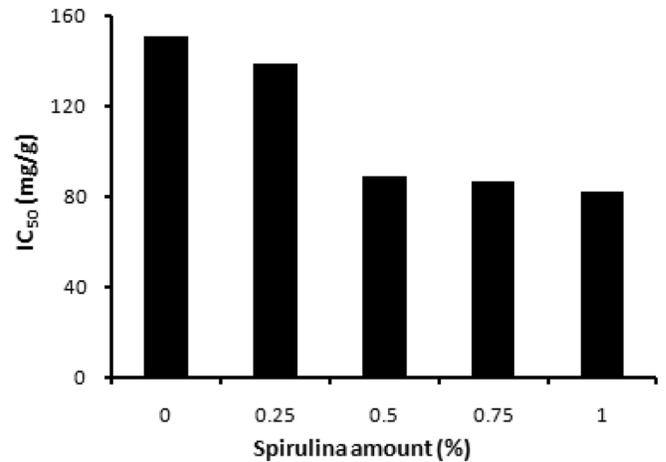


Fig. 2. The antioxidative activity by DPPH(a,a'-diphenyl-β-picrylphenylazoly) of spirulina tofu.

Table 4. Texture of spirulina tofu

Attribute	spirulina(%)				
	0	0.25	0.5	0.75	1
Hardness(g)	277.70±50.57 ^{d1)}	322.07±30.18 ^d	438.58±14.84 ^c	558.94±53.89 ^b	830.43±62.03 ^a
Adhesiveness	-3.27±3.37 ^a	-11.21±0.53 ^b	-3.40±1.03 ^a	-1.61±2.79 ^a	-2.16±0.61 ^a
Springiness	0.98±0.03 ^a	0.89±0.04 ^b	0.96±0.03 ^a	0.96±0.03 ^a	0.96±0.03 ^a
Cohesiveness	0.82±0.01 ^b	0.83±0.01 ^a	0.80±0.01 ^c	0.81±0.01 ^b	0.81±0.01 ^{bc}
Gumminess	215.27±20.42 ^d	265.92±21.78 ^d	351.68±11.57 ^c	451.67±45.11 ^b	668.67±55.68 ^a
Chewiness	221.30±33.50 ^d	235.65±22.37 ^d	337.23±17.42 ^c	435.88±51.34 ^b	642.01±47.89 ^a
Resilience	0.42±0.02 ^a	0.43±0.03 ^b	0.43±0.03 ^a	0.43±0.01 ^a	0.45±0.01 ^a

All values are Mean±S.D

¹⁾ a-d : Different superscripts are significantly different by Duncan's multiple range test at α=0.05.

함량이 증가하면서 피코시아닌 함량이 증가하였기 때문으로 사료된다.

5. 조직감 측정

스피루리나의 첨가량을 달리한 두부의 조직감 특성은 Table 4와 같다. 스피루리나 첨가 두부의 조직감을 기계적인 방법으로 측정하였을 때 견고성과 씹힘성에서 시료 간에 유의적인 차이를 보였다($p < 0.05$). 견고성은 대조군이 277.70 ± 50.57 g으로 가장 낮았고, 스피루리나 1% 첨가 두부가 830.43 ± 62.03 g으로 유의적으로 가장 높았다($p < 0.05$). Park CK와 Hwang IK(1994)은 두부의 견고성은 두유 내 고형분의 함량 응고제 첨가량 단백질 함량과 조성 에 따라 크게 영향을 받는다고 보고하였다. 본 실험의 결과는 강황 첨가 시 두부의 견고성이 일반 두부보다 낮게 나타났다는 결과와 상이하였으나(Doston CR 등 1977), 첨가물에 의하여 두부의 견고성이 증가하였다는 석류추출물 첨가두부(Kim JY, Park GS 2006)와 오미자 추출물 첨가두부(Kim JS, Choi SY 2008)의 보고와는 일치하는 결과를 나타내었다. 스피루리나의 첨가량이 증가할수록 씹힘성도 증가하는 경향을 나타내었다. 대조군이 221.30 ± 33.50 으로 가장 낮은 값을 나타내었으며, 스피루리나를 첨가할수록 증가하여 스피루리나 1% 첨가 두부는 642.01 ± 47.89 로 가장 높았다. 이는 Table 2에 나타난 바와 같이 스피루리나 첨가 두부의 수율이 스피루리나 첨가량이 증가

할수록 감소하는 것으로 두부의 수분이 첨가량에 따라 감소하여 두부의 조직감을 단단하게 한 것으로 사료된다.

6. 관능평가

스피루리나 첨가량별 두부의 강도특성은 9점 척도법으로 외관, 냄새, 맛, 조직감에 대한 평가 결과를 Table 5에 나타내었다. 두부 표면의 매끄러운 정도는 스피루리나 1% 첨가 두부의 표면이 5.8점으로 높게 나왔으나 통계 결과는 유의적인 차이가 없었다. 두부 표면에 생기는 기공의 균일 정도는 대조군이 7.1점으로 가장 높게 나타내었으며 스피루리나 0.5%, 0.25%, 0.75%, 1% 첨가 두부 순으로 낮게 나타내었다. 스피루리나 특유의 녹색은 0.75%와 1%는 유의적인 차이가 없었으며, 스피루리나 0.5% 첨가 두부는 5.9점, 스피루리나 0.25% 첨가 두부는 5.2점으로 약간의 차이를 나타내었다. 스피루리나 첨가 두부의 스피루리나 특유의 향은 스피루리나 1% 첨가 두부가 6점으로 약간 강함으로 나타내었고, 0.75%, 0.5%, 0.25% 첨가 두부는 3~4점 사이의 점수로 유의적인 차이가 없었다. 두부의 비릿한 콩 비린내는 대조군과 스피루리나 첨가군은 모두 유의적 차이가 없었다. 스피루리나 첨가 두부의 스피루리나 맛은 스피루리나 1% 첨가 두부가 가장 높았으며 스피루리나 첨가량이 많을수록 높게 나타내었다. 두부에서 콩으로부터 기인한 고소한맛은 대조군에서 가장 높았으나 통계적으로는 대조군과 스피루리나 첨가군의 유

Table 5. Sensory characteristics of spirulina tofu

Attribute	spirulina(%)				
	0	0.25	0.5	0.75	1
Appearance					
surface smoothness	6.5±1.0 ^{NS2)}	6.0±1.6 ^{NS}	6.5±1.2 ^{NS}	6.1±1.0 ^{NS}	5.8±1.2 ^{NS}
air cell distribution	7.1±0.9 ^{a1)}	6.6±0.8 ^{ab}	6.8±1.3 ^{ab}	6.1±0.8 ^b	5.9±0.9 ^b
green color	1.0±0.0 ^c	5.2±0.9 ^b	5.9±1.2 ^{ab}	6.7±1.3 ^a	6.8±1.7 ^a
Flavor					
spirulina flavor	1.1±0.3 ^c	3.1±1.3 ^b	3.8±1.8 ^b	3.7±2.1 ^b	6.0±1.9 ^a
beany	3.1±1.1 ^{NS}	2.8±1.4 ^{NS}	3.1±1.9 ^{NS}	3.9±2.4 ^{NS}	3.8±1.5 ^{NS}
off-flavor	2.1±1.4 ^{NS}	2.4±1.8 ^{NS}	2.0±1.2 ^{NS}	2.5±1.9 ^{NS}	2.9±2.1 ^{NS}
Taste					
spirulina taste	1.0±0.0 ^c	2.5±1.2 ^{bc}	3.1±2.0 ^b	3.8±2.3 ^{ab}	5.3±2.8 ^a
roasted nutty	5.9±1.1 ^{NS}	5.8±1.5 ^{NS}	5.7±1.8 ^{NS}	5.3±1.8 ^{NS}	4.6±1.6 ^{NS}
plained taste	6.0±1.8 ^a	6.3±1.4 ^a	6.1±1.5 ^a	5.6±1.6 ^a	4.9±1.8 ^a
Texture					
springiness	5.9±1.1 ^a	6.0±1.2 ^a	6.2±1.1 ^{ab}	6.5±0.9 ^a	6.3±1.1 ^a
smoothness	5.8±1.5 ^{NS}	5.6±4.1 ^{NS}	5.3±0.5 ^{NS}	5.0±0.8 ^{NS}	5.0±0.7 ^{NS}
chewiness	4.2±1.2 ^b	5.1±1.3 ^{ab}	5.2±1.0 ^{ab}	5.5±0.9 ^a	5.6±1.0 ^a

All values are Mean±S.D

¹⁾ a-c : Different superscripts are significantly different by Duncan's multiple range test at $\alpha=0.05$.

²⁾ NS : Values are not significantly different by Duncan's multiple range test.

Table 6. Sensory preference results of spirulina tofu

Attribute	spirulina(%)				
	0	0.25	0.5	0.75	1
Appearance	6.4±0.5 ^{b1)}	6.1±0.9 ^b	7.3±0.9 ^a	6.5±1.2 ^{ab}	6.3±0.8 ^a
Flavor	6.2±1.0 ^a	5.9±1.2 ^{ab}	6.8±1.2 ^{ab}	5.6±1.2 ^b	5.8±0.6 ^{ab}
Taste	6.1±0.9 ^b	6.1±1.1 ^b	7.9±0.6 ^a	5.7±1.4 ^b	5.5±1.1 ^b
Texture	6.1±0.6 ^{ab}	5.7±1.6 ^b	7.0±1.2 ^b	6.2±1.1 ^{ab}	5.2±1.2 ^b
Overall preference	5.2±1.1 ^c	6.2±1.5 ^b	7.7±0.9 ^a	6.5±0.9 ^b	5.7±0.7 ^{bc}
Buying intention	5.8±1.7 ^{NS2)}	5.5±2.0 ^{NS}	6.8±1.4 ^{NS}	5.7±1.6 ^{NS}	5.3±1.6 ^{NS}

All values are Mean±S.D

^{1) a-c} : Different superscripts are significantly different by Duncan's multiple range test at $\alpha=0.05$.

^{2) NS} : Values are not significantly different by Duncan's multiple range test.

의적인 차이는 없었다. 질감에서 두부의 표면의 힘을 주었을 때 원래 상태로 돌아가려는 탄력성과 부드러운 정도는 유의한 차이가 없었으며 두부를 시식하였을 때 씹히는 정도인 씹힘성은 스피루리나의 첨가량이 증가할수록 증가하였다. 이는 기계적 특성과 같이 스피루리나의 첨가량이 증가할수록 견고성이 단단해지는 것과 마찬가지로 씹힘성도 증가하는 것으로 보인다.

스피루리나 첨가량별 두부의 기호도 특성은 외관, 향, 맛, 조직감, 전체적인 기호도 구매 여부에 대하여 평가하였으며 그 결과를 Table 6에 나타내었다. 외관은 대조군이 6.4점, 스피루리나 0.25% 첨가 두부가 6.1점, 스피루리나 0.5% 첨가 두부가 7.3점, 스피루리나 0.75% 첨가 두부가 6.5점, 스피루리나 1% 첨가 두부가 6.3점으로 스피루리나 0.5% 첨가 두부가 가장 높은 값을 나타내었다. 향에서는 스피루리나 0.75% 첨가 두부가 가장 낮은 5.6점을 나타내었고, 스피루리나 0.5% 첨가 두부가 6.8점으로 가장 높은 값을 나타내었다. 또한 맛에서는 스피루리나 1% 첨가 두부가 5.5점으로 가장 낮은 값을 나타내었고 스피루리나 0.5% 첨가 두부가 7.9점으로 유의적으로 가장 높은 값을 나타내었다($p<0.05$). 텍스처에서는 스피루리나 0.5% 첨가 두부가 7.0점으로 높은 점수를 나타내었고, 대조군, 0.25%, 0.75%, 1%, 첨가 두부는 5~6점 사이의 점수를 나타내었다. 전체적인 기호도는 스피루리나 0.5% 첨가 두부가 가장 높은 점수를 나타내었고, 대조군에서 가장 낮은 5.2점을 나타내었다. 구매의사에서는 대조군이 5.8점, 스피루리나 0.25% 첨가 두부가 5.5점, 스피루리나 0.5% 첨가 두부가 6.8점, 스피루리나 0.75% 첨가 두부가 5.7점, 스피루리나 1% 첨가 두부가 5.3점으로 스피루리나 0.5% 첨가 두부가 가장 높은 점수를 나타내었다. 본 결과를 종합하여 스피루리나 첨가 두부 제조 시 스피루리나 0.5% 첨가하여 제조하였을 때 스피루리나 첨가 두부로서의 조리적성 및 기능성 식품 개발 가능성이 최적 조건으로 사료된다.

IV. 결론

본 연구는 두부에 건강기능식품 원료인 스피루리나를 첨가하여 기능성이 우수한 두부를 개발하고자 스피루리나를 0.25%, 0.5%, 0.75%, 1% 수준으로 첨가하여 제조한 두부의 품질 특성에 관하여 조사하였다. 스피루리나 첨가 두부의 수율은 대조군이 201.3%로 가장 높게 나타내었으며 스피루리나 첨가량이 증가할수록 낮아졌다. 탁도 및 pH는 스피루리나 첨가량이 증가할수록 증가하였다. 색도 중 명도와 적색도는 스피루리나 첨가량이 증가할수록 감소하는 경향을 나타내었다. 피코시아닌 색소(C-phycoerythrin, allophycoerythrin, phycoerythrin)는 스피루리나 첨가량이 증가할수록 증가하였다. 항산화능 측정 결과 DPPH 라디칼 소거능의 IC₅₀ 값은 대조군이 150.7 mg/g, 스피루리나 1% 첨가 두부가 82.5 mg/g 으로 스피루리나의 첨가량이 증가할수록 DPPH 라디칼 소거능의 IC₅₀ 값이 낮아져 두부의 항산화능이 증가하였다. 기계적 조직감(TPA) 측정 결과, 경도 및 씹힘성은 스피루리나 첨가량이 증가할수록 높아지는 경향을 나타내었다. 강도특성 및 기호도 관능검사 결과, 전반적인 기호도는 스피루리나 0.5% 첨가 두부가 7.7점으로 가장 높은 점수를 받았다. 이와 같은 결과를 종합하여 보았을 때, 항산화기능이 우수한 두부 제조 시 스피루리나는 0.5% 첨가가 적합한 것으로 사료된다.

V. 감사의 글

본 연구는 교육과학기술부 2단계 BK21과 (주)이에스바 이오텍의 지원에 의한 것으로 이에 감사드립니다.

참고문헌

- 문종철. 2006. 내 몸을 바꾸는 스피루리나, 도서출판 가라피, 경기도, pp 45-47, 53, 109-113
스피루리나 연구회. 2005. 완전식품 스피루리나, 한가람서원, 서

- 을, pp 14, 24
- 한상배. 2005. 우리나라 두부류의 관리체계, 한국식품영양과학회 춘계산업심포지움 학술대회논문집. pp 1-7
- An SH, Lee SH, Park GS. 2008. Quality characteristics of tofu prepared with various concentrations of commercial chungkukjang powder. *Korean J Food Cookery Sci* 24(2):258-265
- AOAC. 1990. Official methods of Analysis 15th ed. Association of official analytical chemists, Inc. Virginia, pp 918
- Chun KH, Kim BY, Hahm YT. 1999. Extension of tofu shelf-life with water soluble degraded chitosan as a coagulant. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 28(1):161-166
- Cho H, Yang YH, Lee KJ, Cho YS, Chun HK, Song KB, Kim MR. 2005. Quality characteristics of low fat salad dressing with spirulina during storage. *Korean J. Food Preserv* 12(4):329-335
- Doston CR, Frank HA, Cavaletto CG. 1977. Indirect methods as criteria of spoilage in tofu (soybean curd). *J Food Sci* 42(1):273-279
- Jeon MK, Kim MR. 2006a. Quality characteristics of tofu prepared with herbs. *Korean J Food Cookery Sci* 22(1):30-36
- Jeon MK, Kim MR. 2006b. Studies on Storage Characteristics of Tofu with Herb. *Korean J Food Cookery Sci* 22(3):307-313
- Jung GT, Ju IO, Choi JS, Hong JS. 2000. Preparation and shelf-life of soybean curd coagulated by fruit juice of *Schizandra chinensis ruprecht* (omija) and *Prunus mume* (maesil). *Korean J Food Sci Technol* 32(5):1087-1092
- Jung JY, Cho EJ. 2002. The effect of green tea powder levels on storage characteristics of tofu. *Korean J Soc Food Cookery Sci* 18(2):129-134
- Kay RA. 1991. Microalgae as food and supplement. *Crit Rev Food Sci* 30(6):555-573
- Kim DH, Lim MS, Kim YO. 1996. Effect of seaweeds addition on the physicochemical characteristics of soybean curd. *J Korean Soc Food Nutr* 25(2):249-254
- Kim JM, Kim HT, Choi YB, Hwang HS, Kim TY. 1993. Effects of cow's milk addition on the quality of soybean curd. *J Korean Soc Food Nutr* 22(4):437-442
- Kim JS, Choi SY. 2008. Quality Characteristics of soybean curd with Omija extract. *Korean J Food & Nutr* 21(1):43-50
- Kim JY, Park GS. 2006. Quality characteristics and shelf-life tofu coagulated by fruit juice of pomegranate. *Korean J Food Cult* 21(6):644-652
- Kim SS, Park MK, Oh NS, Kim DC, Han MS, In MJ. 2003. Studies on quality characteristics and shelf-life of chlorella soybean curd (tofu). *J Korean Soc Agric Chem Biotechnol* 46(1):12-15
- Lee YJ, Yeon BR, Kim MH, Kim MR. 2008. Quality Characteristics and Antioxidant Activity of Raw and Cooked Noodles Amended with Spirulina. *J East Asian Soc Dietary Life* 18(6):1081-1088
- Mahajan G, Kamat M. 1995. γ -Linolenic production from *Spirulina platensis*. *Appl Microbio and Biotechnology* 43(3):466-469
- Min YH, Kim JY, Park LY, Lee SH, Park GS. 2007. Physicochemical quality characteristics of tofu prepared with turmeric (*Curcuma aromatica salab*). *Korean J Soc Food Cookery Sci* 23(4):502-510
- Oh SW, Lee YC, Hong HD. 2002. Effects on the shelf-life of tofu with ethanol extracts of *Rubus coreanus miquel*, *Therminalia chebula retz* and *Rhus javanica*. *Korean J Food Sci Technol* 34(4):746-749
- Park BH, Jeon ER. 2008. Quality characteristics of soybean curd prepared with the addition of yellow paprika juice. *Korean J Food Cookery Sci* 24(4):439-444
- Park CK, Hwang IK. 1994. Effects of coagulant concentration and phytic acid addition on the contents of Ca and P and rheological property of soybean curd. *Korean J Food Sci Technol* 26(4):355-358
- Park EJ, Park GS. 2006. The characteristics of quality and storage of tofu (soybean curd) according to the concentration of cuttlefish ink. *J East Asian Soc Dietary Life* 16(6):707-716
- Park YJ, Oh NS, Han MS, Park MK, In MJ. 2004. Effects of coagulants on the yield and textural properties of soybean curd (tofu) containing garlic. *J Korean Soc Appl Biol Chem* 47(3):370-372
- Shim EK. 2008. Physicochemical and sensory characteristics of riceyeotgangjung added spirulina powder. Ms Thesis. Chungnam National University of Korea. pp 11-34
- Yang SE. 2004. Quality characteristics and shelf-life of tofu prepared by addition of seaweeds. MS. Thesis. Mokpo Nati Univ of Korea. pp 1-35

2010년 10월 15일 접수; 2010년 12월 6일 심사(수정); 2010년 12월 6일 채택