

스피루리나 첨가 요구르트의 품질 특성 및 항산화능

신유미·손찬욱·심현정·김민희·김미연·권오윤·김미리*

충남대학교 식품영양학과

Quality Characteristics and Antioxidant Activity of Spirulina added Yogurt

Yu-Mi Shin, Chan-Wok Son, Hyun Jung Sim, Min Hee Kim,
Mi Yeon Kim, Oh-Yun Kwon and Mee Ree Kim*

Department of Food and Nutrition, Chungnam National University

Abstract

The aim of this study was to evaluate the quality characteristics and antioxidant activity of yogurt containing spirulina. Yogurt base was prepared from skim milk added with 0.25~1%(w/v) spirulina powder and fermented with lactic acid bacteria (*S. thermophilus* : *L. bulgaricus* = 1 : 1) at 40°C for 12 hr. Kiwi puree and oligosaccharides were then added. The addition of 1% spirulina powder stimulated the growth of lactic acid bacteria, which showed the highest viable cell count (3.4×10^9 CFU/mL), and increased the titratable acidity (1.10%). The viscosity range of the yogurt was 6,000 to 9,000 cP, and the sugar content of the yogurt was around 18 °Brix. The antioxidant activities were determined using the DPPH method, and the hydroxyl radical scavenging activity of the yogurt containing spirulina was higher than that of the control. The sensory evaluation scores for appearance, odor, taste, overall acceptability and buying intention were higher in the yogurt containing 0.25% spirulina than in the other groups. The amount of macronutrients in the yogurt containing spirulina was higher than that in the control. In addition, the amounts of micronutrients in the yogurt containing spirulina was significantly increased. According to these results, the optimum concentration of spirulina powder is around 0.25%.

Key words: Yogurt, spirulina, quality, antioxidant activity

I. 서 론

스피루리나를 비롯한 사이아노박테리아와 조류(algae)는 자연 건강식품으로서 여러 가지 영양소를 골고루 포함하고 있을 뿐 아니라 이용 효율도 높아 인류의 중요한 식량자원으로 이용되어 왔으며, 생리 활성을 갖는 물질들을 함유하고 있어 기능성 식품으로 이용되고 있다(Yang HN 등 1997, Kay RA 1991). 스피루리나의 영양성분은 단백질 60-70%, 지질 6~9%, 탄수화물 15-20% 포함되어 있고, 다량의 비타민, 무기질, 섬유질을 함유하고 있다(Kay RA 1991). 스피루리나에 함유된 단백질은 필수아미노산을 골고루 함유하여 질이 매우 우수하며, 지질성분 중에는 고도불포화 필수지방산인 리놀렌산(linolenic acid), 감마리놀렌산(γ -linolenic

acid)이 풍부하고, n-3지방산인 리놀레산(linoleic acid)도 다량 함유하고 있다(Mahajan G와 Kamat M 1995). 또한 베타카로틴(β -carotene), 토코페롤(tocopherol)과 같은 항산화 비타민을 함유하고 있을 뿐 아니라(Herbert V와 Drivas G 1982, Miranda MS 등 1998), 클로로필(chlorophyll), 카로티노이드(carotenoid), 피코시아닌(phycocyanin) 등의 색소를 가지며, 이 중 피코시아닌(phycocyanin)은 항산화, 항염증 작용(Kay RA 1991, Pinero Estrada JE 등 2001, Ciferri O 1983)을 한다. 이처럼 기능성이 우수한 스피루리나는 현재 식품의약품 안전청 고시형 건강기능식품으로 등록되어 있다.

한편 요구르트는 우유의 영양과 소화율이 향상된 유제품으로 독특한 풍미와 다양한 생리적인 기능성으로 인해 세계적으로 수요가 꾸준히 증가하고 있다(Gilliland SE 1999). 우리나라에서도 발효유 및 유산균에 대한 보급이 점차 확대되어 식이섬유·올리고당·비타민·무기질 등을 강화시켜 기능성 식품 소재를 보강하였을 뿐만 아니라 변비·위·간 기능 개선 등의 건강적인 측면을 강조하는 제품을 개발하여 발효

*Corresponding author: Mee Ree Kim, Department of Food and Nutrition, Chungnam National University, Daejeon, 305-764, Korea
Tel: 82-42-821-6837
Fax: 82-42-821-8887
E-Mail: mrkim@cnu.ac.kr

유 시장이 더욱 활기를 띠고 있다. 최근에는 윤무(Kim SB와 Lim JW 2000), 알로에(Shin YS 등 1995), 클로렐라(Sung YM 등 2005), 배양인삼(Lee LS와 Paek KY 2003), 구기자 추출액(Bae HC 등 2005), 쑥(Bae JH 등 2000), 단감 분말(Cho YS 등 2003), 삼백초(Lee IS 등 2002), 마늘분말(Cho JR 등 2007) 등을 첨가한 건강 기능성을 지닌 밸효유 제품 개발이 이루어지고 있다.

본 연구에서는 전보(Son CW 등 2007)의 연구 결과를 토대로 스피루리나에 의해 증식이 촉진되는 선발된 혼합 유산균주를 이용하여 스피루리나를 첨가한 요구르트를 개발하여 그 품질 특성 및 기능성을 평가하였다.

II. 재료 및 방법

1. 실험재료

실험에 사용한 원유(서울우유), 탈지분유(서울우유), 프락토올리고당(CJ)은 시중 슈퍼마켓에서 구입하여 사용하였고, 키위퓨레는 (주)아그라나 푸르트 코리아에서 제공받았다. 또한 스피루리나는 (주)이에스바이오텍에서 공급받은 스피루리나 원물을 Autoclave(Hanbaek Scientific Co., HB-506-6, Korea)를 이용하여 고온고압(120°C , 20min, $1.5\text{kgf}/\text{m}^2$)에서 멸균하여 사용하였다.

시판 요구르트는 액상요구르트 5제품과 호상요구르트 4개 제품으로 H사에서 1종, M사에서 1종, N사에서 2종, P사에서 2종, S사 1종, Y사에서 2종으로 총 9종이며, 각 요구르트는 4°C 에서 보관하면서 제조일로부터 5일 이내 실험을 실시하였다.

2. 사용균주 및 배지

전보의 연구결과 (Son CW 등 2007)를 토대로 유산균에 속하는 *S. thermophilus* (KCTC, Korean Collection for Type Cultures 5092)와 유산간균에 속하는 *L. bulgaricus* (KCTC 3635)를 한국생명공학연구원 생물자원센터로부터 분양받아 사용하였다. 유산균주는 고압 멸균(121°C , 15min) MRS broth(Difco 0881, USA) 배지에서 37°C 에서 18시간 가량 2회 계대 배양 한 후 고압멸균된 10%(w/v) skim milk (Difco, USA) 배지에 2%(v/v) 접종하여 사용하였다.

3. 시료의 제조

스피루리나 첨가 요구르트 표준 재료를 Table 1과 같이 배합하였으며, 제조공정은 Fig. 1과 같다. 탈지 분유 분말, 우유에 스피루리나 원물을 0.25%, 0.5%, 1% 농도로 첨가하여 잘 균질화 하고 멸균(100°C , 20min)한 후 Starter를 2% 접종하여 40°C 항온기에서 12시간 배양 하였다. 배양이 끝나면 키위 퓨레(18%)와 올리고당(2%)을 첨가하여 저장온도 4°C 에 보관하면서 실험에 사용하였다. 이때 스피루리나는

Table 1. Ingredient (%) of yogurt added with spirulina powder

	Control	SP ¹⁾	0.25%	SP 0.5%	SP 1%
Milk	76.76	76.76	76.76	76.76	76.76
Powdered skim milk	3.24	3.24	3.24	3.24	3.24
Spirulina	0.00	0.20	0.40	0.80	
Oligosaccharide	2.00	2.00	2.00	2.00	
Mixing kiwi puree	18.00	18.00	18.00	18.00	

1) : Spirulina Powder

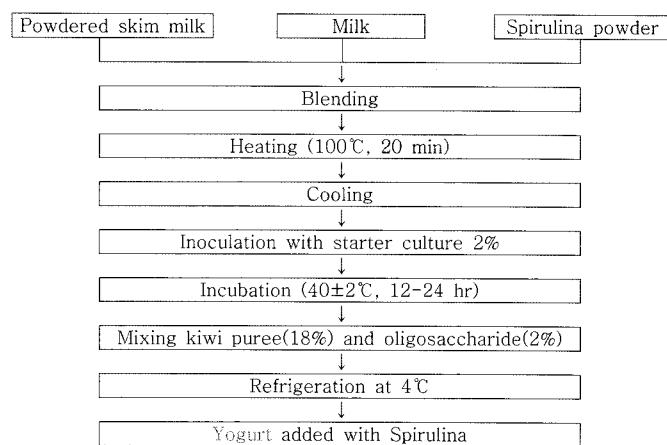


Fig. 1. Yogurt making processes with spirulina powder.

탈지분유 분말, 우유와 함께 요구르트를 제조하는 단계에 첨가되고, 키위 퓨레와 올리고당은 제조 후에 혼합되어 스피루리나의 함량은 탈지분유 분말과 우유 분말에 대한 첨가량으로 계산하였다.

4. pH 및 총 산도

시료 5 g에 증류수 45 mL과 함께 섞이도록 Bag Mixer (Bag mixer 400, window door/porte fenetre)로 균질화(speed 7, 1 min)한 후, 상층액을 10 mL 취해서 실험에 사용하였다. pH는 pH meter(Orion 420A, Orion Research Inc., USA)를 이용하여 3회 반복 측정하였고, 산도는 AOAC method (1990)에 따라 시료 용액 10 mL에 pH meter 전극을 담그고 0.1 N NaOH로 pH가 8.3이 될 때까지 적정하여 중화시키는데 소요된 NaOH량(mL)을 lactic acid 함량(%)으로 환산하여 총산함량을 표시하였다.

5. 점도

점도는 시료 50 mL을 비커에 담아 Brookfield DV-II +Viscometer(Brookfield Engineering Laboratories, Inc., Middleboro, MA, USA)의 4번 spindle을 사용하여 10rpm에서 1분 간격으로 점도를 측정하였다.

6. 당도

당도는 요구르트 시료 5 g에 증류수 5 mL을 균질화 한

후 원심분리(3000 rpm, 20min)하여 상층액을 취하여 당도계(N-1E Brix 0~32%, Atago, Japan)를 사용하여 측정하였다.

7. 색도

색도는 시료 10 g을 페트리디쉬(50 × 12 mm)에 담아 색차계 (Digital color measuring/difference caculation meter, Model ND-1001 DP, Nippon Denshoku Co. LTD., Japan)를 사용하여 Hunter L 값(명도), a 값(적색도), b 값(황색도) 및 △E 값(색차지수)를 측정하였다. 이 때 표준색은 L 값 90.45, a 값 0.15, b 값 3.36 △E 값 0.00인 calibration plate를 표준으로 사용하였다.

8. 유산균수

유산균수는 요구르트 1 g을 멸균수 9 mL에 넣고 균질화(Bagmixer 400, Timer 1min, Speed 7)한 후 멸균생리식염수(0.85% NaCl)로 회석하여 각각의 배지에 시료를 분주하여 표준평판배양법에 따라 시험하였다. 유산균 측정을 위한 배지는 Man Rogosa Sharp(MRS) broth(Difco, Sparks, MD 21152, USA)와 agar powder(Daejung Chemicals & Metals Co., Korea)를 혼합하여 만든 배지를 사용하였고, 35~37 °C 배양기에서 48시간 배양한 다음 colony수가 30~300개 사이의 평판을 선택하여 산출하였으며, 유산균은 황색의 집락으로 계측하고 미생물수는 시료 1 g당 colony forming unit(CFU)로 나타내었다.

9. DPPH(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) radical 소거능

시료 0.3 g에 methanol 10 mL을 넣은 후 5분간 잘 교반하여 3,000 rpm으로 4°C에서 10분간 원심 분리한 후 얻어진 상등액을 evaporator로 용매를 휘발하여 추출물만 얻었다. 추출물 50 mg 당 1 mL methanol을 첨가하여 50 mg/mL 농도의 추출물 용액을 제조하였다. 제조된 시료용액을 1.5×10⁻⁴M DPPH 용액에 30분간 반응시켜 515 nm에서 흡광도를 분광광도계로 측정하였다.

10. Hydroxyl radical 소거능

DPPH radical 소거능 실험과 동일한 방법으로 추출된 시료용액 0.15 mL에 buffer 0.35 mL, 3 mM deoxyribose, 0.1 mM ascorbic acid, 0.1 mM EDTA, 0.1 mM FeCl₃, 1 mM H₂O₂ 용액 0.1 mL을 넣어 잘 교반 한 후 37°C에서 1시간 동안 반응시켰다. 반응이 끝난 후 2% TCA용액과 1% TBA 용액을 잘 섞은 후 100°C에서 20분간 반응한 후 실온으로 냉각하여 원심 분리한 뒤 상등액을 취하여 분광광도계를 이용하여 532 nm에서 흡광도를 측정하였다.

11. 관능적 특성

스피루리나를 첨가한 요구르트의 관능적 특성을 평가하

기 위해 식품영양학과 학생 20명의 경험있는 패널을 선발하여 훈련 후 7점 척도법을 사용하여 관능검사를 실시하였다. 평가항목으로는 스피루리나 냄새(spirulina odor)와 맛(spirulina taste)에 대하여 특성차이검사를 평점법으로 실시하였고, 외관(appearance), 냄새(odor), 맛(taste), 전체적인 수용도(overall acceptability)에 대한 기호도 검사를 실시하였다. 또한 구입의향(buying intention)을 묻는 소비자 수요도 조사를 실시하였으며, 기존 시판 요구르트 제품 9가지와 스피루리나 첨가 요구르트 시료 4가지에 대하여 전체적인 기호도를 비교하기 위하여 순위법 검사를 실시하였다.

12. 일반성분 분석

일반성분 분석은 AOAC법(1990)에 따라 행하였다. 즉, 수분은 상압 가열 건조법, 조단백질은 Kjeldahl법, 조지방은 Soxhlet 추출법, 회분은 직접 회화법으로 각각 측정하였고, 탄수화물은 100에서 수분, 조단백질, 조지방, 회분을 뺀 값으로 결정하였다.

13. 무기질 분석

무기질 분석은 시료 0.2 g에 HNO₃(EP Grade, 반도체급) 2 mL와 황산 1 mL을 첨가한 후 시료용액을 Microwave Digestion System(MNS1200 MEGA, Milestone)으로 분해하였다(250w 5min → 500w 5min → 250w 5min). 분해한 시료를 50 mL로 정용하여 유도결합 플라즈마 원자흡광계(ICP-AES)에 주입하여 분석하였으며 기기 분석조건은 Table 2와 같다.

14. 통계분석

스피루리나 첨가 요구르트의 실험 결과는 Windows SPSS 12.0(Statistical Package for Social Sciences. SPSS Inc., Chicago IL, USA) software package 프로그램 중에서 분산분석(ANOVA)을 실시하였고 유의성이 있는 경우에 Duncan의 다중범위검정(Duncan's multiple range test)으로 시료간

Table 2. Analysis condition of ICP-AES

Model	OPTIMA 3300DV (PERKIN ELMER, USA)
Instrument	Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometer
Gas	Ar gas
RF Power	27.12 MHz
Nebulizer gas flow rate	10~18L/min
Coolant gas flow rate	15L/min
Axially gas flow rate	0.5ml/min
Sample uptake	1.5ml/min
Calibration curve	1,5,10ppm
Standard solution	ANAPURE MULTI STANDARD(Anapecs Co. Korea)

의 유의차를 검증하였다. 또한 일반계와 다수계간의 차이는 t-test를 통해 평균값에 대한 유의차를 평가하였다.

III. 결과 및 고찰

1. pH 및 총 산도

스피루리나의 첨가량을 달리하여 제조한 요구르트의 pH는 Fig. 2, 총산도는 Fig. 3과 같다. 스피루리나 첨가량에 따른 pH는 대조구가 4.60, 스피루리나 0.25%, 0.50%, 1% 첨가구가 각각 4.28, 4.05, 4.05로 스피루리나 첨가량이 많을수록 pH가 유의적으로 낮아졌다.

적정 산도는 대조구가 0.66%, 스피루리나 0.25%, 0.5%, 1% 첨가구가 각각 0.86%, 1.00%, 1.10%로 스피루리나 첨가량이 증가할수록 산도가 유의적으로 높게 나타나 스피루리나가 유산균 증식에 효과가 있어 산도가 높게 나타난 것을 알 수 있었다. 이러한 결과는 요구르트의 산도는 0.8~1.0%가 적당하며(정충일과 강국희 1999) 호상 요구르트의

적정 산도가 1.0~1.1%일 때 가장 좋은 품질을 나타낸다고 한 보고와(Shin YS 등 1994) 일치하였다.

2. 당도

스피루리나의 첨가량을 달리하여 제조한 요구르트의 당도는 Fig. 4에 나타내었다. 스피루리나 첨가량에 따른 당도의 변화는 대조구와 스피루리나 첨가구 모두 18.00~18.40°Brix 사이로 나타나 대조구와 첨가구는 사이에 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 스피루리나의 첨가가 당도에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.

3. 점도

스피루리나 첨가 요구르트의 점도는 Fig. 5에 나타내었다. 스피루리나 첨가에 따른 점도의 변화는 스피루리나 첨가 농도가 높아질수록 유산균 생성이 촉진되어 요구르트 제조시간이 단축되므로 점도도 유의적으로 높아지는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 Rasic JL과 Kurmann JA(1978)

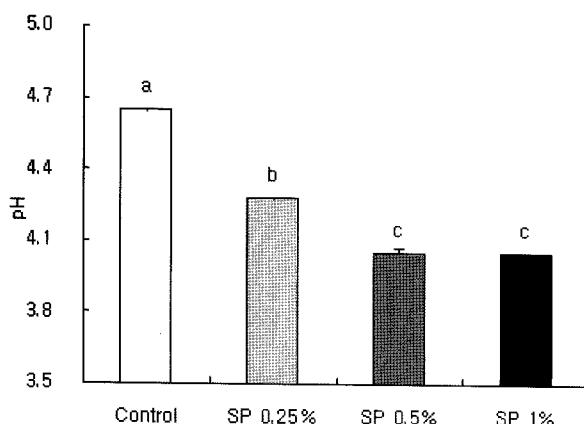


Fig. 2. Effect of spirulina concentration on the pH of yogurt.

^{a-c} : Different letters on the bars significantly different by Duncan's multiple range test at $p<0.05$

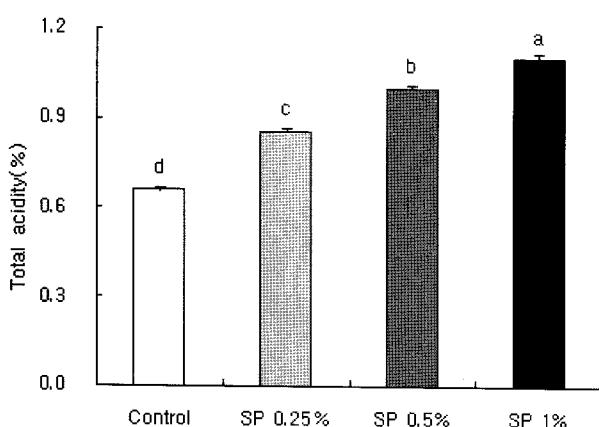


Fig. 3. Effect of spirulina concentration on the total acidity of yogurt. ^{a-d} : Different letters on the bars are significantly different by Duncan's multiple range test at $p<0.05$.

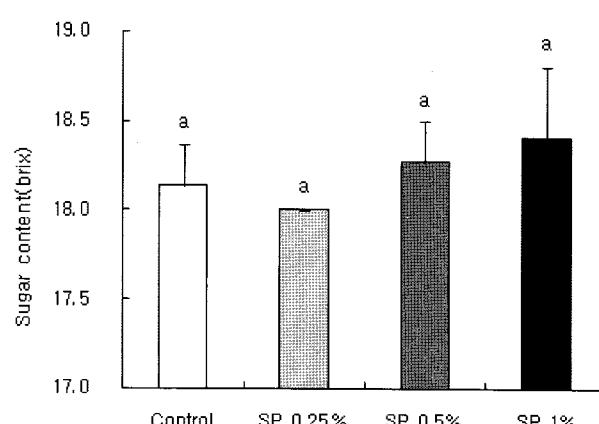


Fig. 4. Effect of spirulina concentration on the sugar content of yogurt. ^a : Different letters on the bars are significantly different by Duncan's multiple range test at $p<0.05$

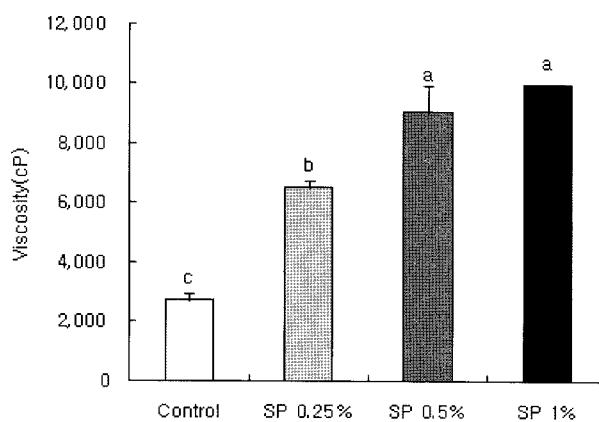


Fig. 5. Effect of spirulina concentration on the viscosity of yogurt. ^{a-c} : Different letters on the bars are significantly different by Duncan's multiple range test at $p<0.05$

은 요구르트 혼합액의 총 고형분 함량, 단백질 가수분해 정도, 사용 균주의 slime 생산 능력과 산 생성력 등이 요구르트의 점도에 영향을 주는 요인이라고 보고하였으며, 알로에(Shin YS 등 1995), 클로렐라(Sung YM 등 2005), 배양인삼(Lee LS와 Peak KY 2003), 삼백초(Lee IS 등 2002), 마늘분말(Cho JR 등 2007) 등을 첨가한 요구르트의 점도는 산 생성량에 비례하여 증가하였다는 보고와 일치하였다.

4. 색도

스페루리나 첨가량을 달리하여 제조한 요구르트의 색도는 Table 3에 나타내었다. 대조구, 스페루리나 0.25%, 0.5%, 1% 첨가구의 명도는 각각 90.77, 73.43, 65.91, 55.10으로 스페루리나 첨가 농도가 증가할수록 유의적으로 낮은 값을 나타내고, 녹색도는 스페루리나를 첨가할수록 증가하였다. 반면 황색도는 각각 10.76, 7.97, 8.17, 8.36으로 스페루리나 첨가량이 증가할수록 낮아 졌으나 첨가구 간에는 유의적 차이는 나타나지 않았다. 이와 같은 결과는 청록색의 클로로필, 카로티노이드의 등황색, 피코시아닌의 청색이 합쳐져 생긴 결과라고 사료된다.

5. 유산균수

스페루리나의 첨가량을 달리하여 제조한 요구르트의 유산균수는 Table 4에 나타내었다. 대조구, 스페루리나 0.25%, 0.5%, 1% 첨가구의 유산균수는 각각 5.8×10^8 , 6.3×10^8 , 1.5×10^9 , 3.4×10^9 CFU/mL로 스페루리나 첨가 농도가 증가할수록 유산균수가 높아지는 경향을 나타내었다. 이와 같은 결과는 알로에(Shin YS 등 1995), 클로렐라(Sung YM 등 2005), 배양인삼(Lee LS와 Peak KY 2003), 구기자 추출물(Bae HC 등 2005)을 첨가한 요구르트를 제조한 경우 첨가량이 증가함에 따라 유산균수가 증가하였다고 보고한 바와 유사한 결과를 보였다. 또한 우리나라의 식품공전(2002)에 의하면 신선한 액상 및 호상 요구르트의 생균수는 각각 10^7 , 10^8 CFU/mL 이상으로 규정하고 있는데, 본 연구의 결과도 대조구와 스페루리나 첨가구 모두 적정치 범위 이상의 생균이 존재하여 성분 규격에 적합한 것을 알 수 있었다. 이와 같은 결과는 요구르트에 첨가된 스페루리나가 젖산균의

Table 3. Effect of spirulina concentration on the Hunter color values of yogurt

	L value	a value	b value	ΔE
Control	90.77 ± 0.47^a	-4.84 ± 0.20^a	10.76 ± 0.98^a	8.91 ± 0.88^d
SP 0.25%	73.43 ± 0.14^b	-4.05 ± 0.14^c	7.97 ± 0.13^b	18.08 ± 0.10^c
SP 0.5%	65.91 ± 0.40^c	-4.28 ± 0.15^b	8.17 ± 0.03^b	25.34 ± 0.37^b
SP 1%	55.10 ± 0.35^d	-4.36 ± 0.25^b	8.17 ± 0.03^b	35.94 ± 0.37^a
F	10365.82	18.51	41.43	2977.72

^{a-d} : Different superscripts within samples are significantly different by Duncan's multiple range test at $p<0.05$

Table 4. Effect of spirulina concentration on lactic acid bacteria (CFU/mL)

Sample	Lactic acid bacteria (CFU/mL)
Control	5.8×10^8
SP 0.25%	6.3×10^8
SP 0.5%	1.5×10^9
SP 1%	3.4×10^9

산 생성을 촉진시켜 스페루리나 첨가 요구르트 섭취 시 장내 균총 개선 효과도 기대해 볼 수 있을 것으로 사료된다.

6. 항산화능

1) DPPH 라디칼 소거능

스페루리나 첨가에 따른 요구르트의 기능성을 검토하기 위하여 상등액의 항산화 활성을 DPPH법으로 측정한 결과는 Fig. 6과 같다. DPPH radical 소거능의 IC_{50} (DPPH radical을 50% 소거시키는데 필요한 농도)값은 대조구가 130.91 mg/mL, 스페루리나 0.25, 0.5, 1% 첨가구가 각각 111.63, 93.43, 71.05mg/mL로 스페루리나 첨가 농도가 높아질수록 DPPH radical 소거능의 IC_{50} 값이 낮아지는 경향을 보였다. 이와 같은 결과는 스페루리나가 항산화 작용을 하는 베타카로틴이 다른 채소보다 월등히 함유되어 있고 Vitamin E와 같은 항산화성분이 함유되어 있기 때문에 나타난 것으로 사료된다.

2) Hydroxyl radical 소거능

스페루리나 첨가 요구르트의 항산화 활성을 Hydroxyl radical 소거능으로 측정한 결과는 Fig. 7과 같다. 스페루리나 첨가 농도에 따른 IC_{50} 값을 살펴보면, 대조구(68.10 mg/mL)에 비해 스페루리나 0.25% 첨가구는 53.68 mg/mL, 스페루리나 0.5, 1% 첨가구는 각각 49.51, 42.98 mg/mL로 스페루

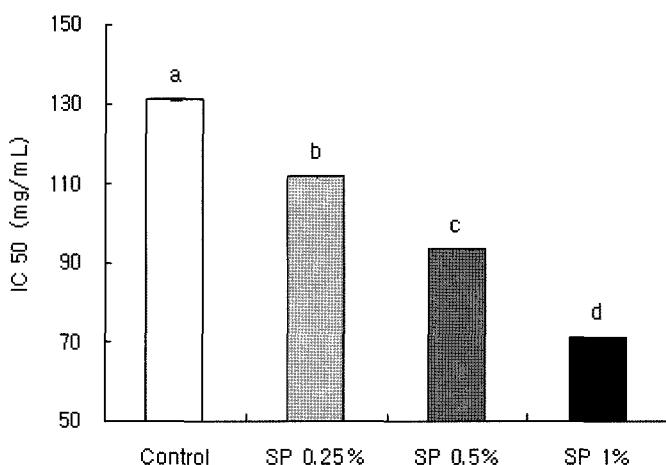


Fig. 6. DPPH radical scavenging activity of yogurt added with spirulina. ^{a-d} : Different letters on the bars are significantly different by Duncan's multiple range test at $p<0.05$

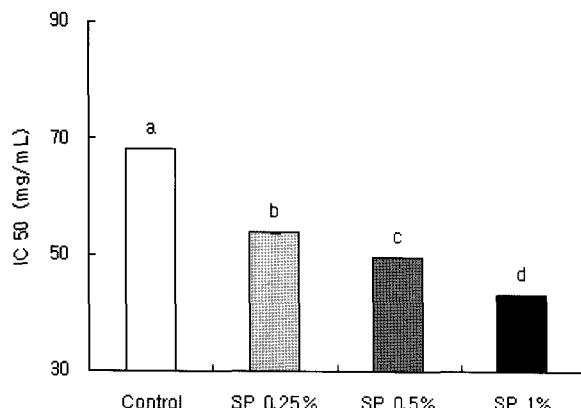


Fig. 7. Hydroxyl radical scavenging activity of yogurt added with spirulina. ^{a-d}: Different letters on the bars are significantly different by Duncan's multiple range test at $p<0.05$

리나 첨가량이 증가할수록 항산화력이 높아졌다. 이와 같은 결과는 단감 분말을 첨가한 요구르트의 항산화 활성이 대조구로 사용한 시판 항산화제 BHT 0.005%보다 높고(Cho YS 등 2003), 구기자엽 추출액 첨가 요구르트에서 83.85%의 높은 항산화력을 보였다는(Bae HC 등 2005) 연구 결과와 비슷한 경향을 나타내었다.

Table 5. Sensory scores of spirulina added yogurt

Sample	Intensity			Acceptability			Overall acceptability
	Spirulina odor	Spirulina taste	Appearance	Odor	Taste		
Control	1.7±1.3 ^b	1.7±1.3 ^b	5.0±1.3 ^a	4.6±1.0 ^a	4.9±1.6 ^a	4.7±1.3 ^{ab}	
SP 0.25%	1.9±1.2 ^{ab}	2.2±1.4 ^{ab}	5.2±1.2 ^a	4.9±1.1 ^a	5.2±1.3 ^a	5.2±1.1 ^a	
SP 0.5%	2.3±1.3 ^{ab}	2.8±1.5 ^{ab}	3.8±1.0 ^b	4.2±0.6 ^a	4.0±1.2 ^{ab}	4.0±0.9 ^b	
SP 1%	3.0±1.2 ^a	3.3±1.6 ^a	3.1±1.1 ^b	4.1±0.6 ^a	3.6±1.3 ^b	3.7±1.4 ^b	

^{a-b}: Different superscripts within samples are significantly different by Duncan's multiple range test at $p<0.05$

Table 6. Physicochemical and sensory qualities of commercial and spirulina added yogurt

Products	Sensory quality		Physicochemical properties		
	Over-all preference	pH	Acidity (%)	Sugar contents (°Brix)	Viscosity (cP)
C	1*	4.01±0.01 ^e	0.93±0.00 ^g	20.0±0.00 ^d	4600±0.58 ^g
A	2	3.70±0.01 ^j	1.15±0.01 ^a	20.0±0.00 ^d	7200±0.00 ^d
SP 0.25%	3	4.28±0.01 ^b	0.66±0.01 ⁱ	18.0±1.00 ^e	6533±0.58 ^f
Control	4	4.65±0.07 ^a	0.66±0.01 ⁱ	18.1±0.10 ^e	2733±0.00 ^h
O	5	3.80±0.01 ⁱ	1.08±0.00 ^c	22.4±0.00 ^c	500±0.58 ^j
G	6	3.89±0.01 ^g	0.99±0.02 ^e	27.0±0.00 ^a	400±0.00 ^m
SP 0.5%	7	4.05±0.01 ^d	1.00±0.00 ^d	18.3±0.10 ^e	9067±0.00 ^c
P	8	3.93±0.01 ^f	0.99±0.01 ^d	14.0±0.00 ^f	10400±0.00 ^a
R	9	3.73±0.01 ^j	0.99±0.00 ^d	20.0±0.00 ^d	6800±0.58 ^c
B	10	3.83±0.01 ^{ih}	0.81±0.01 ^h	14.0±0.00 ^f	440±1.00 ^k
S	11	4.10±0.01 ^c	0.95±0.01 ^f	20.0±1.00 ^d	1200±0.58 ⁱ
K	12	3.86±0.01 ^{hg}	0.95±0.00 ^f	24.0±0.00 ^b	420±1.00 ^j
SP 1%	13	4.05±0.01 ^d	1.10±0.01 ^b	18.4±0.06 ^e	9967±0.00 ^b

* Number means order assigned by ranking test among 13 yoghurts including 9 commercial and 4 spirulina added yoghurts.

^{a-m}: Different superscripts within samples are significantly different by Duncan's multiple range test at $p<0.05$.

조회분, 조단백질량이 유의적으로 높아졌으며($p<0.05$) 조지방과 조섬유량도 증가하였으나 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 이는 스피루리나가 양질의 단백질로 되어있어 많은 필수아미노산을 함유하고 있으며, 포도당, 람노스, 만노스, 자일로스 등의 탄수화물을 포함하며, 고도불포화 지방산인 리놀렌산과 감마리놀렌산이 풍부하기 때문인 것으로 사료된다.

무기질 분석 결과는 Table 8에 나타내었으며, 대조구와 스피루리나 첨가구의 생시료 100 g당 무기질 함량은 각각 K이 180.81, 206.78 mg, Ca이 123.52, 166.59 mg, Na이 48.84, 50.70 mg으로 K, Ca, Na이 대부분을 차지하였으며, Na과 K의 함량은 스피루리나 첨가구에서 유의적으로 높게 나타났다($p<0.05$). 그 외 P, Fe, Mg, Cu, Zn, Al은 스피루리나 첨가구에서 유의적으로 높게 나타났고($p<0.05$), 반면 Mo, Se 함량은 대조구와 첨가구 사이에 유의적 차이를 나타내지 않았다. 또한 Mn, Ge, Co, Cd, Pb, Hg, As는 대조구와 첨가구 모두에서 검출되지 않았다. 이러한 결과는 스피루리나가 미량원소를 비롯한 많은 종류의 무기질을 함유하고, 스피루리나에 함유된 청색 색소인 피코시아닌이 칼슘, 아연, 철분, 셀레늄을 함유하고 있기 때문에 대조구에 비해 스피루리나 첨가구에서 무기질 함량이 더 높게 나타난 것으로 사료된다.

9. 시판요구르트와의 특성 비교

시중에 유통되는 주요 회사의 9가지 제품과, 대조구와 스피루리나 첨가(0.25%, 0.5%, 1%)요구르트에 대하여 순위

법을 통해 전반적인 기호도의 순위를 Table 6에 나타내었다. 또한, 이들 13가지 요구르트의 이화학적 특성을 Table 6에 제시하였다. 시판제품의 pH는 대부분 3.70~4.10으로 나타났으며, 특히 M사의 A 제품과 H사의 R제품이 타사제품에 비해 유의적으로 낮게 나타났으며, 대조구와 스피루리나 첨가 요구르트의 pH는 4.05~4.65로 나타나, 시판제품보다 pH가 좀 더 높은 것으로 나타났고, 특히 대조구의 pH가 4.65로 가장 높아 유의적 차이를 나타내었다($p<0.05$). 산도는 0.81~1.15% 까지 나타났고 호상 요구르트의 적정 산도가 1.0%~1.1%일 때 가장 좋은 품질을 낸다고 보고되었는데 (Shin YS 등 1994), 대부분의 시판 제품들은 이보다 산도가 낮은 것으로 나타났으나, Y사의 O 제품과 스피루리나 0.5%와 1% 첨가 요구르트는 이 범위에 속하였다. 당도는 14~27 °Brix 까지 폭넓은 범위를 보이고 있으며 총산도와 함께 맛을 결정하는 주요한 인자로 작용할 것으로 본다. 점도는 액상요구르트의 경우 최저 400cP(P사의 G)에서 500 cP(H사의 R), 호상요구르트는 최저 2,733 cP(대조구)에서 10,400 cP (Y사의 P)로 서로간의 유의적 차이를 보이는 바 성분의 차이와 함께 첨가한 증점제의 역할이 더 클 것으로 추측하며 스피루리나의 첨가량이 증가할수록 시판 요구르트에 비해 점도가 유의적으로 증가하는 것으로 나타났다. 관능검사를 순위법으로 실시한 결과는 스피루리나 0.25% 첨가 요구르트가 3위, 대조구가 4위, 스피루리나 0.5% 첨가가 7위로 비교적 높은 순위를 보여 시판제품과 비슷한 수준의 기호도를 보이는 것을 알 수 있었다.

Table 7. Proximate composition of spirulina added yogurt

	Kcal (kcal)	Moisture (%)	Protein (%)	Fat (%)	Carbohydrate (%)	Fiber (%)	Ash (%)
Control	104.0	76.61	3.84	2.74	15.99	0.30	0.83
SP 0.25%	106.6*	76.02*	3.99*	2.78	16.42*	0.42	0.81*
F-value	0.177	0.452	0.000	0.032	0.007	2.306	0.000
P-value	0.004	0.002	0.000	0.182	0.001	0.141	0.013

* Significantly different between control and SP 0.25% at $p<0.05$

Table 8. Mineral composition of spirulina added yogurt (unit : mg/100g wet basis)

	Na	K	Ca	P	Fe	Mg	Cu	Zn	Al
Control	48.84	180.81	123.52	1.21	0.03	8.15	0.12	0.24	0.03
SP 0.25%	50.70*	206.78*	166.59	1.56*	0.16*	10.55*	0.21*	0.38*	0.05*
F-value	1.08	2.35	85.39	2.95	0.11	9.10	2.26	4.70	12.93
P-value	0.001	0.000	0.068	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Mo	Se	Mn	Co	Cd	Pb	Hg	As	Ge
Control	0.02	0.05	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
SP 0.25%	0.02	0.05	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
F-value	0.10	0.44	-	-	-	-	-	-	-
P-value	0.589	0.161	-	-	-	-	-	-	-

* Significantly different between control and SP 0.25% at $p<0.05$

ND : Not detected.

IV. 요약

스페루리나 고유의 색과 냄새로 인한 관능적 품질 저하를 개선하고, 영양성이 풍부하고 기능성이 뛰어난 스페루리나 첨가 요구르트를 개발하기 위하여 우유와 탈지분유에 스페루리나를 0%, 0.25%, 0.5%, 1%의 농도로 첨가하여 40°C에서 12시간 발효시킨 후 키위퓨레와 올리고당을 첨가하여 요구르트를 제조한 후 스페루리나 첨가량에 따른 이화학적, 미생물학적, 관능적 특성 및 기능성을 측정하였다. 스페루리나 첨가 농도가 높아질수록 pH 감소와 적정산도의 증가폭이 커졌으며, 점도 역시 스페루리나 첨가 농도가 증가할수록 높아졌다. 생균수는 대조구가 5.8×10^8 CFU/mL, 스페루리나 0.25%, 0.5%, 1% 첨가구가 각각 6.3×10^8 CFU/mL, 1.5×10^9 CFU/mL, 3.4×10^9 CFU/mL로 스페루리나 첨가 농도가 높을수록 생균수가 증가하는 경향을 보였다. DPPH radical 소거능 및 Hydroxyl radical 소거능에 대한 항산화 활성 역시 스페루리나 첨가량이 증가할수록 높아지는 경향을 보였다. 또한 7점 척도법으로 관능검사 실시 결과 대조구가 4.7점, 스페루리나 0.25%, 0.5%, 1% 첨가구가 각각 5.2점, 4.0점, 3.7점으로 스페루리나 0.25% 첨가구의 기호도가 가장 높았다. 또는 시판제품과의 순위법 검사에서 스페루리나 0.25% 농도의 첨가구가 3위를 나타내 비교적 높은 기호도를 보였다. 요구르트의 영양성분을 분석한 결과 스페루리나 첨가구는 대조구에 비해 일반성분 중 열량, 탄수화물, 수분, 조회분, 조단백질은 유의적으로 높아졌다. 또한 무기질 중 Na, K, P, Fe, Mg, Cu, Zn, Al이 유의적으로 높아졌으며 Cd, Pb, Hg 등의 중금속은 검출되지 않았다. 이상과 같이 스페루리나를 0.25% 첨가하여 요구르트를 제조할 때 유산균의 생육 및 산 생성을 촉진시켰으며, 요구르트의 관능적인 면에서도 좋은 결과를 보였다. 따라서 여러 가지 유용한 생리 활성을 가지는 스페루리나는 새로운 기능성 요구르트의 개발에 있어서 좋은 천연물 소재로서의 가능성을 가지고 있다고 사료된다.

감사의 글

본 연구는 (주)이에스바이오텍의 지원을 받아 스페루리나를 이용한 웰빙 식품 개발 사업의 일환으로 수행되었으며 그 지원에 감사드립니다.

참고문헌

- 정충일, 강국희. 1999. 우유·유제품 미생물학. 유한문화사. 서울. p 179
- AOAC. 1990. Official Methods Analysis 15th ed. Association of Official Analytical Chemists. Inc. Virginia. USA. p 918
- Bae HC, Cho IS, Nam MS. 2005. Effects of the biological function of yogurt added with *lycium chinence* miller extract. J Anim Sci Technol 47(6):1051-1058

- Bae JH, Hong KR, Oh DH, Park JR, Choi SH. 2000. Fermentation characteristics of set-type yogurt from milk added with mugwort extract. Korean J Food Sci Ani Resour 20(5):21-29
- Cho JR, Kim JH, In MJ. 2007. Effect of garlic powder on preparation and quality characteristics of yoghurt. J Korean Soc Appl Biol Chem 50(3):48-52
- Cho YS, Cha JY, Kwon OC, Ok M, Shin SR. 2003. Preparation of yogurt supplemented with sweet persimmon powder and quality characteristics. Korean J Food Preserv 10(2):175-181
- Ciferri O. 1983. Spirulina, the edible microorganism. Microbiol Rev 47(4):551-578
- Gilliland SE. 1999. Acidophilus milk products, review of potential benefits to consumer. J Dairy Sci 72(10):2483-2489
- Herbert V, Drivas G. 1982. Spirulina and Vitamin B12. J Am Med Assoc 248(3):3096-3097
- Kay RA. 1991. Microalgae as food and supplement. Crit Rev Food Sci 30(6):555-573
- Kim SB, Lim JW. 2000. Studies on the manufacture of adlay yogurt. Korean J Food Sci Ani Resour 20(4):56-63
- Korea Food Industry Association. 2002. In Code of Food Monyoungsa. Seoul. Korea. p 215
- Lee IS, Lee SO, Kim HS. 2002. Preparation and quality characteristics of yogurt added with saurus chinensis(Lour.) Bail. J Korean Soc Food Sci Nutr 31(2):411-416
- Lee LS, Paek KY. 2003. Preparation and quality characteristics of yogurt added with cultured ginseng. Korean J Food Sci Technol 35(2):235-241
- Mahajan G, Kamat M. 1995. γ -Linolenic acid production from spirul platensis. Appl Microbiol Biot 43(3):466-469
- Miranda Ms, Cintra R, Barros SBM, Mancini-Filho J. 1998. Antioxidant activity of the microalga spirulina maxima. Braz J Med Biol Res 31(8):1075-1079
- Pinero Estrada JE, Bermejo Descos P, Villar del Fresno AM. 2001. Antioxidant activity of different fractions of spirulina platensis protean extract. Farmaco 56(5-7):497-500
- Rasic JL, Kurmann JA. 1978. Yoghut. Technical dairy publishing house. Copenhagen, Denmark. pp 85-87
- Shin YS, Lee KS, Lee JS, Lee CH. 1995. Preparation of yoghurt added with Aloe vera and its quality characteristics. J Korean Soc Food Nutr 24(2):254-260
- Shin YS, Sung HJ, Kim DH, Lee KS. 1994. Preparation of yoghurt added with potato and its characteristics. Korean J Food Sci Technol 26(6):266-271
- Son CW, Shin YM, Sim HJ, Kim MY, Kim MR. 2007. Effect of spirulina on growth of lactic acid bacteria. Korean J Food Cookery Sci 23(6):968-967
- Sung YM, Cho JR, Oh NS, Kim DC, In MJ. 2005. Preparation and quality characteristics of curd yoghurt added with chlorella. J Korean Soc Appl Biol Chem 48(1):60-64
- Yang HN, Lee EH, Kim HM. 1997. Spirulina platensis inhibits anaphylactic reaction. Life Sci 61(13):1237-1244

(2007년 12월 26일 접수; 2008년 1월 29일 채택)