

Changes in the Quality Characteristics and Antioxidant Activities of *Spirulina* Added Bread during Storage

Ji Yeon Lee, Sun Hee Kang and Mee Ree Kim[†]

Department of Food & Nutrition, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

스피루리나 첨가 식빵의 저장기간 중 품질 특성 및 항산화능의 변화

이지연 · 강선희 · 김미리
충남대학교 식품영양학과

Abstract

The purpose of this study was to develop functional breads added with spirulina, improvement of Quality Characteristics and for long-term storage of spirulina bread. Three different levels of spirulina (0.4, 0.8, 1.2 %) were added to the total amount of ingredient. The weight of spirulina containing bread decreased with spirulina level. During storage, moisture content was higher in spirulina containing breads compared with control bread. During storage, contents of phycocyanin increased with increasing spirulina powder. There was Hunter color value(L*, a* and b* value) lightness of the crumb of bread with increasing spirulina powder was decreased during storage. Textural properties by TPA showed that hardness was increased during storage, but the hardness of spirulina bread decreased as spirulina addition amount increased. Also, springiness was decreased during storage. The antioxidant activities was decreased with increasing spirulina powder content. Sensory results showed that the scores of over-all preference buy in the bread with spirulina 0.8 % higher than the control and the other groups.

Key words : spirulina, bread, quality characteristics, antioxidant activities

서 론

스피루리나는 1827년 독일의 해조류학자인 Turpin이 최초로 분리하여 보고한 사이아노박테리아(cyanobacteria)의 한 종류로 단백질이 55-70%, 지방이 6-9%, 탄수화물이 15-20% 함유되어 있고 다량의 무기질, 비타민, 섬유질 색소 성분을 함유하고 있다 Kay(1)는 스피루리나의 세포벽은 셀룰로스가 적고 부드러운 점액다당(mucopolysaccharide)으로 구성되어 있고 매우 얇기 때문에 소화 흡수율이 높고 단백질 함량이 높고 품질도 우수하여 필수 아미노산이 균형 있게 함유되어 있으며 단백질 이용율(NPU)도 높아 완전 단백질 식품(complete protein)인 육류, 우유, 계란처럼 우수한 단백질 식품이다(2). 또한 고도불포화 필수지방산인 리놀렌산(18:2), 감마리놀렌산(γ -linolenic acid, 18:3)이 풍부하며 n-3지방산인 리놀레익산(linoleic acid, 18:2)도 상당량

함유되어 있고(3), 이중 프로스타글란딘의 전구물질인 감마리놀렌산은 콜레스테롤 상승억제, 아토피성 피부염 개선, 월경 전 증후군의 경감, 알코올대사산물의 분해·축진 작용, 혈압조절, 혈전방지, 항 천식, 항종양작용 등이 있으며 프로스타글란딘은 혈압을 일정하게 유지시키고, 혈액응고에 관여하며, 혈소판이 서로 달라붙는 것을 막아주며 혈액 순환을 향상시키고, 염증을 줄여주는 등 다양한 기능성이 보고되어 국민건강을 증진시키는데 큰 역할을 한다. 또한 베타카로틴(β -carotene), 토코페롤(tocopherol)과 같은 항산화 비타민을 함유하고 있을 뿐 아니라 클로로필(chlorophyll), 카로티노이드(carotinoid), 피코시아닌(phycoyanin) 등의 색소를 가지며, 이 중 피코시아닌(phycoyanin)은 항산화, 항염증 작용을 한다(4,5). 최근 바쁜 현대인들에게 빵은 간편한 편의식, 자라나는 어린이들에게는 좋은 간식으로 많이 친근한 식품이다. 현대인에게 빵은 식사대용으로 이용되는 경우가 많기 때문에 영양 강화 및 기능성 물질 첨가제품의 개발을 위하여 밀가루에 신선초(6), 메밀(7), 감잎(8), β -Glucan (9), 청국장(10), 녹차가루(11), 호박(12),

[†]Corresponding author. E-mail : mrkim@cnu.ac.kr,
Phone : 82-42-821-6837, Fax : 82-42-821-8887

연근(13) 등을 첨가하여 빵을 제조하고 그 품질 특성에 대한 연구가 많이 이루어지고 있지만, 저장성 향상을 위한 연구는 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구는 식빵의 저장성을 증진시키기 위한 목적으로 현대인의 식사대용 및 자라나는 성장기 어린이에게 필수적인 영양분을 공급할 수 있는 스피루리나를 식빵에 첨가하여 저장기간 중 식빵의 품질특성 및 항산화능을 평가하였다.

재료 및 방법

실험재료

본 실험에서는 식빵의 재료로 밀가루(백설 빵용밀가루), 소금(하얀나라꽃소금, 영진그린식품), 분유(서울 전지분유), 설탕(큐원 하얀설탕), s-500(유니온 무역상사), 이스트(오뚜기 생이스트), 버터(서울우유)를 사용하였으며 스피루리나는 (주) ES 바이오텍(천안)에서 제공받아 사용하였다.

시료의 제조

스피루리나 첨가량을 달리한 식빵을 제조하기 위해 스피루리나 첨가량은 밀가루 240 g 기준에 대해 0.4%, 0.8%, 및 1.2%로 각각 달리하여 첨가하였고, 소금 1.6%, 설탕 5.8%, 버터 20%, S-500 (yeast food)는 1%, 이스트 4% 물 4% 계란 20% 탈지분유 2.9%를 첨가하였다. 제빵의 반죽은 직접 반죽법으로 수직형 반죽기를 사용하였으며, 27°C 발효기에서 40분 동안 1차 발효를 하였다. 460 g 씩 분할하여 10분 동안 벤치타임을 주었으며, 30°C에서 40분 동안 2차 발효를 한 후 윗불 170°C, 아랫불 190°C에서 20분 굽기를 하고, 1시간 방냉하여 폴리에틸렌 비닐로 포장하였다.

무게 측정

스피루리나 빵을 제조하여 실온에서 1시간 식힌 후 무게를 측정하였다. 빵의 부피는 종자치환법(14)으로 측정하였으며 이것으로 specific loaf volume을 계산하였다.

수분함량

식빵의 수분함량을 측정하기 위해 식빵의 안쪽 부분을 1 x 1 x 1 cm로 잘라서 자외선 수분측정기를 사용하여 측정하였다.

피코시아닌 색소 측정

시료 10 g에 증류수 100 mL 넣어 1시간 blending 시켜 15시간 교반 후 3,000 rpm으로 4°C에서 10분간 원심분리하여 상등액을 취해서 여과 paper에 거른 뒤 spectrophotometer를 사용하여 562 nm에서 흡광도의 값으로 아래의 식에

의해 계산하여 나타내었다.

$$\text{Phycocerythrin (mg/mL)} = [A_{652} - 2.41(\text{PC}) - 0.849(\text{APC})] / 9.62$$

색도 측정

색도는 식빵의 껍질과 속을 분리하여 각각 분쇄기로 곱게 마쇄한 후 5 g을 패트리디쉬에 색차계(Digital color measuring/difference calculation meter, Model ND-1001 DP, Nippon Denshoku Co. LTD., Japan)를 사용하여 Hunter L 값(명도), a 값(적색도), b 값(황색도) 및 ΔE 값(색차지수)를 측정하였다. 이 때 표준색은 L 값 90.46, a 값 0.13, b 값 3.36 인 calibration plate를 표준으로 사용하였다.

조직감 측정

Texture analyzer를 사용하여 빵의 껍질부분을 제거한 후 안쪽 부분만 주사위 모양(1 x 1 x 1 cm)으로 각둑 썰기하여 probe를 2회 연속적으로 눌렀을 때 얻어지는 힘-시간 곡선으로부터 경도, 씹힘성, 응집성 탄력성 및 복원성을 측정하였다. 이때 probe는 직경이 25 mm인 compression plate였고, force threshold는 20 g, pre-test, post-test, speed 및 test speed는 5.0 m/s로 통일하고 압축 시 변형률 70%를 주어 측정된 값을 측정하였다.

DPPH (1,1'-diphenyl-2-picrylhydrazyl) radical 소거능

스피루리나를 첨가한 식빵 1.5 g에 methanol 50 mL을 넣은 후 1분간 잘 교반하여 3,000 rpm으로 4°C에서 10분간 원심분리한 후 얻어진 상등액을 evaporator로 용매를 휘발하여 추출물만 얻어서 100 mg/mL농도의 추출물 용액을 제조하였다. 제조된 시료 용액을 1.5×10^{-4} M DPPH 용액에 30분간 반응시키고 분광광도계를 이용하여 515nm에서 흡광도를 측정하였으며 라디칼 소거능(%)을 다음 식으로 계산한 후 각 농도별 라디칼 소거능에 대한 검량선에서 라디칼 소거능이 50%가 되는 농도인 IC₅₀을 구하였다(15).

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

관능검사

스피루리나 첨가 식빵에 대하여 9점 척도법을 사용하여 관능검사를 실시하였으며, 패널은 충남대학교 식품영양학과 학생 30명을 대상으로 기호도 검사를 실시하였다. 강도 특성에 대한 관능검사는 충남대학교 식품영양학과 학생 10명을 panel로 선정하여 검사방법과 평가특성을 교육시킨 후 검사를 실시하였고, 패널 20명은 기호도 검사를 실시하였다. 각 시료는 3자리 난수를 표기한 코팅된 일회용 컵에 담아서 제시하였다. 평가항목은 외관, 냄새, 맛, 조직감에

대한 강도 특성 평가를 실시하였고, 외관, 냄새, 맛, 조직감 및 전반적인 기호도에 대해서 기호도 검사와 구입의향을 조사하였다.

통계처리

스피루리나 첨가 식빵의 이화학적, 관능적 특성치 실험은 3회 반복하였으며 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 검정하였다.

결과 및 고찰

무게와 수분함량

스피루리나 식빵의 저장일에 따른 무게는 Fig. 1과 같다. 저장일이 증가할수록 대조구와 첨가구 모두 무게가 감소하는 경향을 나타내었고, 첨가량이 증가할수록 무게는 감소하는 경향을 나타내었다. Jung 등(16)의 보고에 의하면 발아 콩가루 첨가량이 증가할수록 무게는 감소한다고 하였는데 이는 본 연구의 결과와 비슷한 경향을 나타내었다.

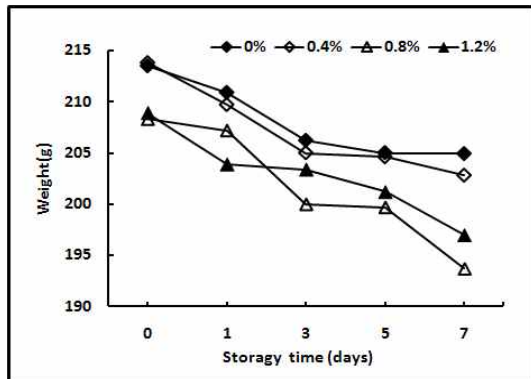


Fig. 1. Weight of the bread prepared with different amounts of spirulina during storage at 20°C

적외선 수분측정기로 식빵의 껍질을 저장일별로 수분함량을 측정된 결과는 Fig. 2와 같다. 대조구의 경우 저장일이 증가할수록 수분이 유의적으로 감소하는 경향을 보였으나, 저장일 5일과 7일에서는 수분함량의 유의적인 차이가 없었다. 스피루리나 첨가구는 저장일이 증가할수록 수분함량이 유의적으로 감소하는 경향을 나타내었다. 스피루리나 첨가량에 따른 수분함량의 변화는 첨가량이 증가할수록 유의적으로 수분함량이 증가하는 경향을 나타내었다. 이는 Kim 등(17)의 스피루리나를 첨가한 다식의 수분함량 변화와 같은 결과를 나타내었다. 이러한 현상은 Kim(18)의 식빵에 키토산을 첨가한 경우 수분감소가 적어 노화를 방지하고

저장기간이 증가되었다는 연구결과와 일치하였으며, 본 연구에서의 결과에서는 스피루리나의 수분 결합능력에 의한 것으로 생각된다.

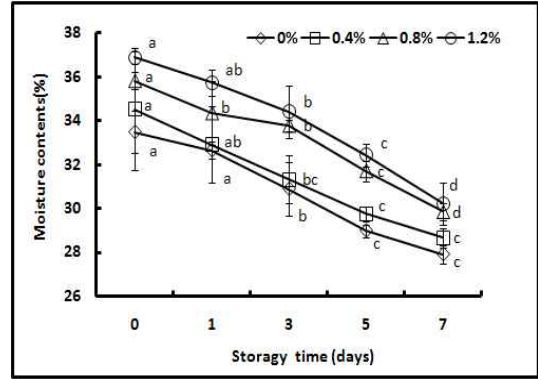


Fig. 2. Moisture content of the bread prepared with different amounts of spirulina during storage at 20°C. Values with different superscripts are significantly different by Duncan's multiple range test at p<0.05.

피코시아닌 색소

피코시아닌은 다른 녹조류에 없는 스피루리나 특유의 청색 색소로 항산화 효과가 큰 것으로 보고되어 있다. 피코시아닌 색소의 항산화 활성은 플라보노이드나 폴리페놀과 비슷하다고 보고되어(19), 스피루리나 식빵의 항산화능에 중요한 역할을 하는 것으로 사료된다. PE (phycoerythrin)의 저장일별 변화의 그림은 Fig. 3과 같다. PE의 값은 스피루리나 0.4% 첨가구는 저장 1일에 가장 낮은 것으로 나타났고, 저장 7일에 가장 높은 것으로 나타내었다. 0.8% 첨가구는 저장 1일에 가장 낮은 것으로 나타났고, 저장 5일에 가장 높은 것으로 나타내었으며, 1.2% 첨가구는 저장 1일에 가장 높은 것으로 나타내었다. 또한 스피루리나 첨가량이 증가할수록 PE값이 증가하는 경향을 보였다.

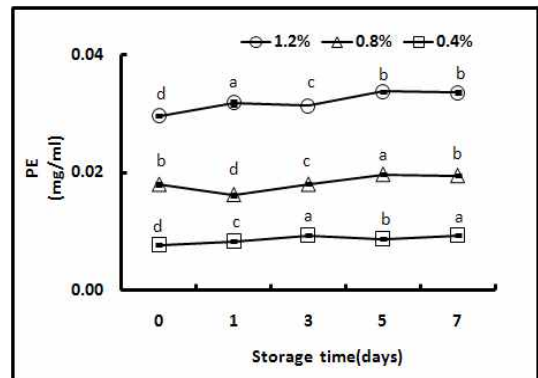


Fig. 3. Phycocyanin PE of the bread prepared with different amounts of spirulina during storage at 20°C. Values with different superscripts are significantly different by Duncan's multiple range test at p<0.05.

색 도

스피루리나 식빵 안쪽 부분의 저장일별 색도 변화를 측정한 결과는 Fig. 4와 같다. 저장일에 따른 명도는 0.4% 첨가가 저장일이 증가할수록 명도도 증가하였고, 0.8%는 저장일이 증가함에 따라 증가하는 경향을 보였으나, 유의적인 차이는 없었다. 1.2% 첨가구는 저장일이 증가함에 따라 유의적으로 증가하는 것으로 나타내었다. 첨가량에 따른 변화는 첨가량이 증가할수록 명도는 감소하는 경향을 보였다. 스피루리나 첨가군에서 저장일에 따른 적색도는 0.4% 첨가구가 저장 5일째에서 가장 낮은 것으로 나타내었으나 유의적인 차이는 없었고, 0.8% 첨가구는 3일째부터 증가하는 경향을 나타내었으나 유의적인 차이는 없었다. 1.2% 첨가구는 저장일이 증가함에 따라 적색도가 감소하는 경향을 보였다. 저장일에 따른 황색도는 모든 첨가구가 저장일이 증가함에 따라 증가하는 경향을 보였으나, 유의적인 차이는 없었다. 이는 Kang 등(9)의 β -Glucan을 첨가한 우유식빵의 저장기간 동안 명도의 변화와 유사한 결과를 나타내었다.

조직감

Texture analyzer로 식빵의 안쪽 부분을 2회 압착하여 얻은 저장일별 스피루리나 식빵의 물성을 측정한 결과는 Fig. 5와 같다. 대조구는 저장 0일에서 131.3으로 가장 낮게 나타났고 저장일이 변화함에 따라 증가하는 경향을 나타내어 저장 7일에는 234.3으로 가장 높게 나타내었다. 0.4% 첨가구는 저장 0일에 123.5로 가장 낮게 나타났고 저장일이 변화함에 따라 증가하는 경향을 나타내어 저장 7일에는 195.6으로 가장 높은 것으로 나타내었다. 마찬가지로 0.8%와 1.2% 첨가구도 저장 7일에 가장 높게 나타내었다. 첨가량에 따른 변화는 첨가량이 증가할수록 경도는 감소하는 경향을 보였다. 탄력성의 대조구는 저장 0일에서 1.035로 가장 높게 나타내었고, 저장일이 변화함에 따라 감소하는 경향을 나타내어 저장 7일에는 0.889로 가장 낮게 나타내었다. 마찬가지로 0.4%, 0.8% 첨가구 저장 0일에서 가장 높은 것으로 나타내었고, 저장일이 변화함에 따라 감소하는 경향을 나타내었다.

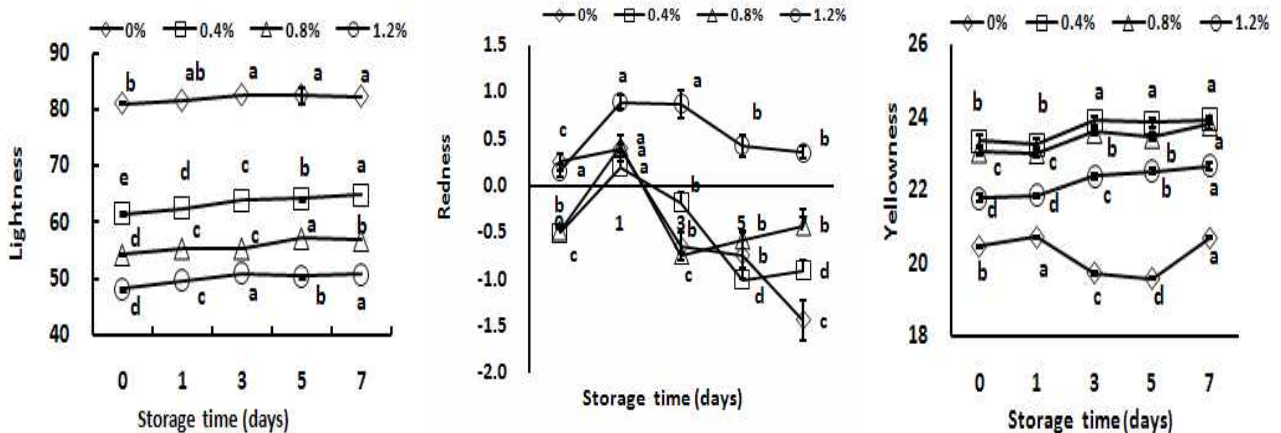


Fig. 4. Color value for crumb of the bread prepared with different amounts of spirulina during storage at 20°C. Values with different superscripts are significantly different by Duncan's multiple range test at p<0.05.

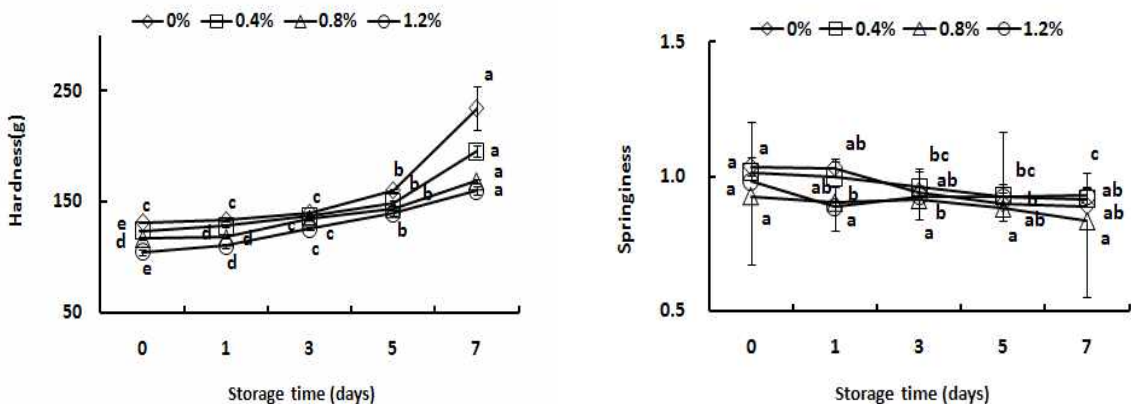


Fig. 5. Texture of the bread prepared with different amounts of spirulina during storage at 20°C. Values with different superscripts are significantly different by Duncan's multiple range test at p<0.05.

Table 1. Sensory evaluation of the bread prepared with different amounts of spirulina during storage at 20°C

	spirulina (%)	storage time (day)					
		0	1	3	5	7	
Preference	color	0	7.2±0.8 ^{a1)}	6.7±0.9 ^{ab}	6.5±1.0 ^b	5.7±1.1 ^c	5.5±1.2 ^c
		0.4	6.7±0.9 ^a	5.8±1.5 ^{bc}	6.6±1.0 ^{ab}	6.5±0.9 ^{ab}	5.4±1.1 ^c
		0.8	7.2±0.9 ^a	7.0±1.3 ^a	7.0±0.9 ^a	7.2±1.3 ^a	6.2±1.2 ^b
		1.2	6.0±0.9 ^a	5.3±1.4 ^a	6.1±1.0 ^a	5.6±1.5 ^a	4.5±1.6 ^b
	odor	0	6.8±0.8 ^a	5.7±1.3 ^b	6.1±1.2 ^b	5.9±1.2 ^b	5.8±1.1 ^b
		0.4	6.3±1.1 ^{ab}	5.1±1.4 ^c	6.4±0.9 ^{ab}	6.7±1.0 ^a	5.8±1.1 ^b
		0.8	6.4±1.2 ^a	6.1±0.9 ^a	6.5±0.9 ^a	6.0±1.3 ^a	6.0±1.1 ^a
		1.2	6.1±1.6 ^a	3.9±1.3 ^c	5.7±1.3 ^{ab}	5.6±1.5 ^{ab}	4.9±1.3 ^b
	taste	0	7.1±1.0 ^a	5.8±1.0 ^b	6.3±1.0 ^b	6.1±1.0 ^b	6.2±0.9 ^b
		0.4	6.4±1.4 ^a	4.9±1.5 ^b	6.2±0.8 ^a	6.4±1.1 ^a	6.3±0.8 ^a
		0.8	7.3±1.4 ^a	6.1±1.3 ^b	6.8±1.0 ^{ab}	6.6±1.2 ^{ab}	6.3±1.0 ^b
		1.2	6.3±1.3 ^a	3.9±1.6 ^b	6.3±1.2 ^a	5.8±1.5 ^a	5.6±0.8 ^a
texture	0	6.6±1.1 ^a	5.6±1.3 ^{bc}	6.2±0.8 ^{ab}	5.9±0.8 ^b	5.1±0.8 ^c	
	0.4	6.8±0.9 ^a	6.0±0.8 ^b	5.9±0.9 ^b	6.5±1.5 ^{ab}	5.2±0.8 ^c	
	0.8	6.6±1.1 ^a	6.1±1.6 ^a	6.3±1.1 ^a	6.3±1.6 ^a	6.1±1.2 ^a	
	1.2	6.0±1.4 ^{ab}	4.4±1.4 ^c	6.2±1.0 ^a	5.7±1.2 ^{ab}	5.2±1.2 ^b	
overall preference	0	7.3±0.7 ^a	6.4±1.2 ^b	6.1±0.7 ^{bc}	6.0±1.0 ^{bc}	5.6±0.8 ^c	
	0.4	6.6±1.0 ^a	5.6±1.5 ^{bc}	6.2±0.7 ^{ab}	6.5±1.2 ^a	5.5±0.7 ^c	
	0.8	6.9±0.8 ^a	6.5±1.3 ^a	6.8±1.1 ^a	7.1±1.4 ^a	6.6±0.7 ^a	
	1.2	6.1±1.0 ^a	4.0±0.9 ^c	6.1±1.0 ^a	5.7±1.5 ^a	5.0±0.8 ^b	
buying intention	0	7.2±1.1 ^a	6.2±1.5 ^b	6.3±0.9 ^b	6.8±1.2 ^{ab}	6.1±0.7 ^b	
	0.4	6.1±0.9 ^{ab}	4.8±1.5 ^c	6.3±0.8 ^a	6.4±1.1 ^a	5.6±0.9 ^b	
	0.8	6.6±1.3 ^{ab}	5.8±1.7 ^b	7.1±1.3 ^a	6.7±1.5 ^a	6.6±0.8 ^{ab}	
	1.2	5.8±1.3 ^a	4.2±1.4 ^c	5.8±1.4 ^a	5.2±1.5 ^{ab}	4.7±0.8 ^{bc}	
volume	0	6.3±1.3 ^{ab}	6.0±1.1 ^{ab}	6.1±1.0 ^{ab}	6.8±1.3 ^a	5.6±1.3 ^b	
	0.4	7.1±1.1 ^a	6.0±1.2 ^a	6.3±1.0 ^a	6.3±1.3 ^a	5.9±1.3 ^a	
	0.8	6.4±1.7 ^a	6.2±0.8 ^{ab}	6.8±0.8 ^a	5.4±1.7 ^b	6.2±0.9 ^{ab}	
	1.2	6.4±0.9 ^{ab}	5.4±1.3 ^{ab}	6.3±0.7 ^a	5.1±2.2 ^b	6.2±1.1 ^{ab}	
air cell size	0	6.4±1.0 ^a	5.7±1.3 ^b	6.1±0.8 ^{ab}	5.4±1.6 ^b	6.7±1.1 ^a	
	0.4	7.1±1.1 ^a	5.0±1.7 ^b	6.2±1.2 ^{ab}	5.8±1.4 ^{ab}	6.5±1.3 ^{ab}	
	0.8	5.5±1.7 ^a	5.9±1.6 ^a	6.3±1.5 ^a	5.8±1.7 ^a	6.6±0.7 ^a	
	1.2	6.0±0.9 ^a	5.7±1.8 ^a	6.3±1.9 ^a	4.9±1.5 ^a	5.6±0.9 ^a	
color	0	4.5±1.9 ^a	3.6±1.7 ^a	4.5±1.5 ^a	4.6±1.0 ^a	4.6±1.6 ^a	
	0.4	5.4±0.5 ^a	4.1±1.5 ^b	5.6±1.2 ^a	5.2±0.8 ^a	5.4±0.7 ^a	
	0.8	6.4±0.7 ^a	5.9±1.2 ^a	6.8±1.0 ^a	6.5±0.9 ^a	6.7±1.0 ^a	
	1.2	7.6±1.0 ^a	7.7±1.9 ^b	7.7±0.7 ^a	7.6±1.2 ^a	7.9±0.9 ^a	
spirulina flavor	0	1.5±1.5 ^a	1.5±1.0 ^a	1.5±1.2 ^a	1.7±1.2 ^a	1.2±0.6 ^a	
	0.4	4.3±2.0 ^a	4.3±1.9 ^a	4.6±1.6 ^a	3.4±1.8 ^{ab}	2.5±1.5 ^b	
	0.8	5.1±1.6 ^{ab}	6.0±1.1 ^a	6.1±1.1 ^a	4.6±1.8 ^b	3.5±2.6 ^c	
	1.2	5.1±1.4 ^b	7.3±0.7 ^a	7.7±0.9 ^a	5.2±2.1 ^b	4.1±2.0 ^b	

		spirulina (%)	storage time (day)				
			0	1	3	5	7
toasty	0	6.6±1.1 ^a	6.1±0.9 ^{ab}	5.3±0.9 ^{bc}	4.9±1.4 ^c	5.9±1.0 ^{abc}	
	0.4	6.9±1.1 ^a	5.3±1.9 ^{abc}	4.9±1.1 ^{bc}	4.3±1.5 ^c	6.1±0.9 ^{ab}	
	0.8	5.9±2.0 ^a	4.3±1.8 ^b	4.9±2.0 ^b	4.8±1.6 ^b	6.4±1.3 ^a	
	1.2	6.2±1.2 ^{ab}	3.6±1.5 ^c	4.4±2.2 ^{abc}	4.6±1.5 ^c	6.3±1.2 ^a	
yeast flavor	0	4.7±2.1 ^a	5.2±2.2 ^a	5.4±1.9 ^a	5.4±1.6 ^a	4.7±2.0 ^a	
	0.4	4.2±2.1 ^a	4.4±1.1 ^a	4.7±1.0 ^a	4.2±1.2 ^a	4.1±1.2 ^a	
	0.8	4.6±1.7 ^{ab}	5.4±1.4 ^a	5.1±1.4 ^a	4.4±1.4 ^a	3.5±1.0 ^b	
	1.2	4.0±1.4 ^{ab}	4.8±1.6 ^a	5.2±1.0 ^a	4.0±1.9 ^b	3.0±1.2 ^b	
spirulina taste	0	1.6±1.5 ^a	1.6±1.2 ^a	1.3±0.6 ^a	1.6±1.0 ^a	1.2±0.6 ^a	
	0.4	3.3±1.4 ^{ab}	4.6±1.6 ^{ab}	5.2±1.2 ^a	3.5±2.0 ^b	3.6±1.6 ^{ab}	
	0.8	5.1±2.0 ^{ab}	6.0±1.2 ^a	5.4±1.4 ^{ab}	4.7±2.0 ^{ab}	4.4±2.1 ^b	
	1.2	5.7±1.1 ^b	7.7±0.7 ^a	7.6±0.9 ^a	5.2±2.2 ^b	5.8±2.0 ^b	
Intensity yeast taste	0	3.5±1.3 ^b	4.8±2.6 ^{ab}	5.4±1.6 ^a	4.9±1.5 ^{ab}	3.5±1.1 ^a	
	0.4	2.8±1.5 ^{bc}	4.2±1.6 ^{abc}	4.5±1.1 ^a	4.1±1.4 ^{ab}	2.9±1.0 ^a	
	0.8	4.2±1.6 ^a	4.5±1.3 ^a	3.7±0.8 ^a	3.6±1.4 ^a	2.4±1.4 ^b	
	1.2	4.0±1.7 ^{ab}	5.0±1.8 ^a	4.0±0.9 ^{ab}	3.6±1.3 ^b	1.7±1.3 ^c	
toasty taste	0	6.4±1.0 ^a	5.6±1.6 ^a	5.6±0.8 ^a	5.1±1.2 ^a	5.3±1.9 ^a	
	0.4	5.9±1.1 ^a	4.6±1.5 ^a	5.5±0.7 ^a	5.3±1.5 ^a	6.2±1.1 ^a	
	0.8	6.3±1.3 ^a	4.2±1.6 ^b	6.0±0.7 ^a	5.7±1.5 ^a	6.3±1.2 ^a	
	1.2	5.8±0.8 ^a	4.4±2.1 ^a	5.4±1.6 ^a	5.6±2.2 ^a	5.4±1.1 ^a	
springness	0	5.6±0.8 ^a	5.6±1.4 ^a	5.6±0.7 ^a	4.8±1.7 ^{ab}	3.9±0.9 ^b	
	0.4	6.5±1.9 ^a	4.8±1.4 ^{ab}	4.7±1.3 ^{ab}	5.0±1.2 ^{ab}	4.2±1.0 ^b	
	0.8	5.7±1.9 ^a	5.0±1.3 ^{ab}	5.0±1.0 ^{ab}	5.0±1.1 ^{ab}	4.6±1.5 ^b	
	1.2	6.9±0.9 ^a	3.9±1.6 ^b	4.4±0.9 ^b	5.0±2.7 ^{ab}	4.1±0.8 ^b	
softness	0	5.9±1.0 ^a	5.8±1.4 ^a	4.9±0.9 ^a	5.4±1.2 ^a	4.8±1.4 ^a	
	0.4	5.8±1.3 ^a	4.9±1.3 ^a	4.6±1.1 ^a	5.6±1.4 ^a	4.9±1.6 ^a	
	0.8	5.1±1.6 ^a	4.7±1.6 ^a	5.3±1.1 ^a	5.1±1.5 ^a	4.5±1.3 ^a	
	1.2	6.7±1.8 ^a	3.3±1.7 ^b	4.7±1.2 ^{ab}	5.1±2.2 ^{ab}	4.0±0.9 ^b	

¹⁾Means in the same row with different letters are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

DPPH

스피루리나 식빵의 DPPH radical 소거능 측정 결과 IC_{50} 값은 Fig. 6과 같다. 스피루리나 첨가군에서 0.4% 첨가군은 저장 0일에서 59.56으로 가장 낮은 것으로 나타났고, 저장일이 증가할수록 DPPH radical 소거능의 IC_{50} 값이 증가하는 경향을 나타내었다. 0.8% 첨가군은 저장 0일에서 44.02로 가장 낮은 것으로 나타났고, 저장일이 증가할수록 DPPH radical 소거능의 IC_{50} 값이 증가하는 경향을 나타내었다. 마찬가지로 1.2% 첨가군도 저장일이 증가할수록 DPPH radical 소거능의 IC_{50} 값이 증가하는 경향을 나타내었다. 스피루리나 첨가량에 따른 변화는 첨가량이 증가할수록 DPPH radical 소거능의 IC_{50} 값이 감소하는 경향을 나타내어 식빵을 제조할 때 스피루리나 첨가량이 많을수록 높은 항산화성을 가질 것으로 사료된다.

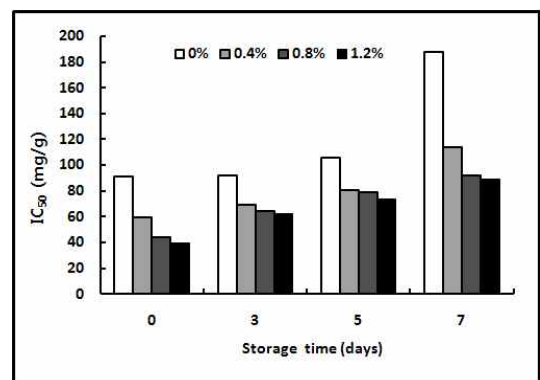


Fig. 6. The antioxidative activity by DPPH of the bread prepared with different amounts of spirulina during storage at 20°C

관능검사

스피루리나 식빵의 저장일에 따른 관능평가는 Table 1과 같다. 색은 저장일이 증가할수록 기호도가 감소하는 경향을 보이고, 스피루리나 첨가량이 증가할수록 색에 대한 기호도는 0.4% 첨가구가 저장0일에서 가장 높은 것으로 나타났고, 0.8% 첨가구는 저장5일에서 가장 높은 것으로 나타났고, 1.2% 첨가구는 저장3일에서 가장 높은 것으로 나타났으나 유의적인 차이는 없었다. 전반적인 향에 대한 기호도는 저장3일째부터 감소하는 경향을 나타냈고, 스피루리나 첨가량이 증가할수록 향에 대한 기호도가 감소하는 경향을 보였다. 맛에 대한 기호도는 0.8% 첨가구가 저장일별마다 가장 높은 기호도를 나타내었다. 스피루리나 1.2% 첨가구의 맛의 기호도가 가장 낮았다. 조직감은 대조구와 1.2% 첨가구가 저장 3일째부터 감소하는 경향을 나타내었고, 0.4% 첨가구와 0.8% 첨가구는 저장7일째에서 가장 낮은 것으로 나타내었다. 전반적인 기호도에서 저장일이 증가할수록 대조구는 감소하는 경향을 나타내었고, 저장7일에서 가장 낮은 것으로 나타내었다. 0.4% 첨가구는 저장7일에서 가장 낮은 것으로 나타내었고, 0.8% 첨가구는 저장1일에서 가장 낮은 것으로 나타났으며 1.2% 첨가구도 저장1일에 가장 낮은 것으로 나타내었다. 제품 구매 의향은 저장일이 증가할수록, 첨가량이 증가할수록 낮아지는 것으로 나타내었다. 스피루리나 첨가군에서 빵 속 색의 강도는 스피루리나 0.4%, 0.8% 첨가구는 저장3일에 가장 높은 강도를 나타내었고, 1.2% 첨가구는 저장7일에 가장 높은 강도를 나타내었으나 유의적인 차이는 없었다. 스피루리나 향에서 첨가구 모두 저장7일에 가장 낮은 것으로 나타났고, 첨가량이 증가할수록 스피루리나 향도 증가하는 것으로 나타내었다. 스피루리나 맛에서 0.4% 첨가구는 저장3일에서 가장 높은 것으로 나타내었고, 0.8%, 1.2% 첨가구는 저장 1일에서 가장 높은 것으로 나타내었다. 탄력도에서 0.4%, 0.8%는 저장일이 증가할수록 탄력도가 감소하는 경향을 보였으나 유의적인 차이는 없었다. 1.2% 첨가구는 저장1일에서 가장 낮은 것으로 나타났다. 촉촉한 정도에서 0.4%, 1.2% 첨가구는 저장0일에서 가장 높은 것으로 나타났고, 0.8% 첨가구는 저장3일에서 가장 높은 것으로 나타났으나 유의적인 차이는 없었다.

요 약

본 연구는 저장기간 중 스피루리나를 첨가한 식빵의 품질 특성 및 항산화 효과에 대하여 보고하고자 스피루리나를 0.4, 0.8, 1.2% 첨가한 식빵을 만들어 0,1,3,5,7일간 저장실험을 하였다. 저장일이 증가할수록 대조구와 첨가구 모두 무게가 감소하는 경향을 나타냈고, 수분함량은 저장일이 증가할수록 유의적으로 감소했다. 피코시아닌 색소는 스피루리나

리나 0.4%, 0.8%, 1.2% 첨가구는 각각 저장7일, 5일, 1일에 가장 낮은 것으로 나타났고, 저장1일에 가장 낮은 것으로 나타냈다. 명도는 저장일이 변화함에 따라 증가하는 경향을 나타냈다. 적색도는 유의적인 차이는 없었다. 황색도는 모든 첨가구가 저장일이 증가함에 따라 증가하는 경향을 보였으나, 유의적인 차이는 없었다. 조직감의 경도는 모든 첨가구가 저장 7일에서 가장 높은 것으로 나타났고, 탄력성은 저장일이 증가함에 따라 감소하는 경향을 나타냈다. DPPH radical 소거능은 스피루리나 첨가량이 증가할수록 IC₅₀ 값이 낮아 첨가량이 증가할수록 항산화성이 높게 나타났다. 관능평가는 색은 저장일이 증가할수록 기호도가 감소하는 경향을 나타냈고, 전반적인 향에 대한 기호도는 저장3일째부터 감소하는 경향을 나타냈으며, 맛에 대한 기호도는 0.8% 첨가구가 저장일별마다 가장 높은 기호도를 나타냈다. 조직감은 대조구와 1.2% 첨가구가 저장 3일째부터 감소하는 경향을 나타냈고, 0.4% 첨가구와 0.8% 첨가구는 저장7일째에서 가장 낮은 것으로 나타냈다. 전반적인 기호도는 저장일이 증가 할수록 대조구는 감소하는 경향을 나타냈고, 저장7일에서 가장 낮은 것으로 나타냈다. 제품 구매 의향은 저장일이 증가할수록, 첨가량이 증가할수록 낮아지는 것으로 나타냈다.

감사의 글

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

참고문헌

1. Kay RA (1991) Microalgae as food and supplement. *Critical Reviews in Food Science & Nutrition.*, 30, 555-573
2. Zao X, Yang YH, Cho YS, Chun HK, Song KB, Kim MR (2005) Quality characteristics of spirulina added salad dressing. *J East Asian Soc Dietary Life*, 15, 292-299
3. Mahajan G, Kamat M (1995) γ -Linolenic acid production from spirul patensis. *Appl Microbio and Biotechnology*, 43, 466-469
4. Pinero Estrada JE, Bermejo Descos P, Villar del Fresno AM (2001) Antioxidant activity of different fractions of spirulina platensis protean extract. *Farmaco*, 56, 497-500
5. Ciferri O (1983) Spirulina, the edible microorganism. *Microbiol Rev*, 47, 551-578
6. Choi OJ, Kim YD, Kang SK, Jung HS, Ko MS, Lee HC (1999) Properties on the quality characteristics of

- bread added with angelica keiskei koidz flour. J Korean Soc Food Sci Nutr, 28, 118-125
7. Kim BR, Choi YS, Lee SY (2000) Study on Bread - Making Quality with Mixture of Buckwheat Wheat Flour. J Korean Soc Food Sci Nutr, 29, 241-247
 8. Bae JH, Woo HS, Choi HJ, Choi C (2001) Qualities of bread added with Korean persimmon (*Diospyros kaki* L. folium) leaf powder. J Korean Soc Food Sci Nutr, 30, 882-887
 9. Kang EY, Yang YH, Oh SH, Lee JH, Chang KS, Kim MK, Cho HY, Kim MR (2006) Storage Quality Characteristics of Milk Bread Added with β -Glucan from *Agrobacterium* spp. R259 KCTC 10197BP. J Korean Soc Food Sci Nutr, 35, 613-621
 10. Kim KH, Song MY, Yook HS (2007) Quality Characteristics of Bread Made with Chungkukjang Powder. J East Asian Soc Dietary Life, 17, 853-859
 11. Im JG, Kim YH (1999) Effect of green tea addition on the quality of white bread. Korean J Soc Food Sci 15, 395-400
 12. Moon HK, Han JH, Kim JH, Kim JK, Kang WW, Kim GY (2004) Quality characteristics of the breads added with freeze dried old pumpkin powders. Korean J Soc Food Cookery Sci, 20, 126-132
 13. Kim IH, Ha SC, Rhee IK (2002) Rheological changes of dough and bread making qualities of wheat flour with addition of soy flour. Korean J Food Pres 9, 418-424
 14. AACC (1983) Approved method of the AACC. 8th ed, American association of cereal chemist, St Paul.
 15. Shin YM, Son CW, Shim HJ, Kim MH, Kim MY, Kwon OY, Kim MR (2008) Quality characteristics and antioxidant activity of spirulina added yogurt. Korean J Food Cookery Sci, 24, 68-75
 16. Jung JY, Kim WJ, Chung HJ (2006) Quality Characteristics of Bread Added with Germinated Soybean Powder. J Korean Soc Food Sci Nutr, 35, 1260-1266
 17. Kim HJ, Kim MY, Lee YJ, Kim MR (2008) Quality characteristics of soybean dasik with spirulina. Korean J Food Cookery Sci, 24, 899-904
 18. Kim JS (2004) Effect of chitosan addition on the shelf-life of bread. J Korean Soc Food Sci Nutr, 17, 388-392
 19. 스피루리나연구회 (2005) 완전식품 스피루리나. 한가람 서원, 서울, p 31-41

(접수 2010년 8월 13일, 수정 2010년 12월 21일 채택 2010년 12월 31일)