

해조류 첨가 오메기술의 품질 특성

신승식 · 임혜란 · 신동범 · 박성수

제주대학교 식품영양학과

Characteristics of Omegisul with Seaweeds (*Sargassum fulvellum* and *Hizikia fusiformis*) and Their Qualities

Seung-Shick Shin, He-Ran Lim, Dong-Bum Shin, and Sung-Soo Park

Department of Food Nutrition, Jeju National University

ABSTRACT In this study, we developed traditional liquor, Omegisul, with seaweeds to support the regional culture of Jeju Island in manufacturing traditional liquors. Seaweed extracts from *Sargassum fulvellum* and *Hizikia fusiformis* were added for manufacturing Omegisul at a final concentration of either 5 or 10% and fermented for 10 days. During fermentation, samples were collected to measure changes in quality of Omegisul including pH, acidity, alcohol content, chromaticity, total microbes, organic acid content, and antioxidant activity. Both pH and acidity of Omegisul were significantly altered in the early stages of fermentation. Alcohol contents increased over the fermentation period up to 9%. Regarding chromaticity of the product, L, a, and b values were highest in Omegisul with 10% *Hizikia fusiformis*. Both total plate count and lactic acid bacterial count tended to increase in the early stage of fermentation and decrease later, reaching their highest points in Omegisul with 10% *Hizikia fusiformis* at 10 days: 1.45×10^8 CFU/mL and 2.21×10^8 CFU/mL, respectively ($P < 0.05$). Among organic acids, lactic acid contents were significantly higher during fermentation with the highest concentration of 7.474 mg/mL in Omegisul containing 10% *Sargassum fulvellum*. 1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) and 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) (ABTS) radical scavenging assays showed that antioxidant activity of Omegisul was increased during fermentation period. Among the samples, Omegisul with 10% *Sargassum fulvellum* showed the highest antioxidant activities of 69.81% and 81.61% in DPPH and ABTS assays, respectively. Taken together, Omegisul with 10% *Sargassum fulvellum* showed better characteristics in terms of quality than the other groups and has potential as functional Omegisul.

Key words: Omegisul, seaweed, anti-oxidation

서 론

술은 인류의 역사와 함께 발전했다고 해도 과언이 아닐 정도로 인류에게 친숙한 존재이며, 세계 각 지역에서는 고유 특산물과 자연환경 조건을 이용하여 그 지역을 대표할 수 있는 다양한 전통 술을 제조했다. 제주도는 예로부터 토양이 척박하여 거친 환경에서도 우수한 생육을 나타내는 좁쌀, 수수, 기장과 같은 잡곡을 사용하여 술을 빚어 왔다. 특히 다른 곡류에 비해 알갱이가 작고 단단한 좁쌀을 가루로 내어 익반죽한 반죽을 둥근 모양으로 성형하여 열탕에 익혀 으갠 후 누룩과 함께 발효시켜 제조하는 오메기술은 제주도의 대표적인 전통주의 하나로 자리매김하였다(1,2). 오메기술의 제조에 사용되는 조(*Setaria italica*)는 벼과 식물로 그 성분 조성은 지질 함량이 2~5%, 단백질이 10~12%, 식이섬유가

18.3~19.0% 정도이며 비타민 B1, B2의 함량이 상대적으로 다른 곡류에 비해 많다. 또한 백미보다 철, 엽산, 비타민 E가 풍부하며 항산화, 노화방지, 면역증강, 항암 등의 효과가 보고되고 있다(3). 전통주에 관한 연구들을 살펴보면 그 지역 특산물로부터 유래하는 기능성 성분들을 술에 이행시키려는 노력이 다양하게 시도되었다(4-7). 특히 제주도는 섬이라는 지역적 특성으로 인해 다양한 해조류를 쉽게 접할 수 있어 예로부터 다양한 식품재료 및 기능성 원료로 이용되어 왔다(8). 이 중 톳(*Hizikia fusiformis*)과 모자반(*Sargassum fulvellum*)은 탄수화물의 함량이 높고 단백질과 지방의 함량이 낮으며 요오드, 칼륨 등 각종 무기질과 비타민, 식이섬유가 풍부하고 점질성 다당류를 다량 함유한 것으로 알려졌다(9). 또한 면역개선작용 등의 생체조절 기능성이 있는 것으로 알려진 laminaran, 함유 다당류인 fucoidan, 알긴산을 포함하는 다양한 생리활성물질을 함유하고 있어 항암(10), 항산화(11), 변비개선(12), 항혈액응고(13), 중금속 배출(14) 등의 다양한 효능이 보고되고 있다(15,16).

한국의 전통주에 대한 연구를 살펴보면 현재까지 쌀을 주

Received 25 March 2016; Accepted 12 April 2016

Corresponding author: Sung-Soo Park, Department of Food Nutrition, Jeju National University, Jeju-si, Jeju-do 63243, Korea
E-mail: foodpark@jejunu.ac.kr, Phone: +82-64-754-3550

재료로 하는 막걸리에 대한 연구는 활발히 진행됐으나 주재료가 좁쌀인 오메기술에 관한 연구는 오메기술의 품질 개선에 대한 연구(17-22)와 조 첨가량에 따른 막걸리 품질 특성(1,23)에 관한 조사만 있을 뿐 오메기술의 전통제조법을 이용한 건강기능성 오메기술에 대한 연구는 미약한 실정이다. 이에 본 연구에서는 지역의 특산물인 오메기와 해조류를 이용하여 지역 특색을 살린 전통주를 개발하고자 하였고, 오메기술의 제조과정에 제주도에서 자생하는 갈조류인 톳과 모자반의 첨가비율을 달리한 오메기술을 제조하여 발효 중 품질의 특성 변화를 분석하였다.

재료 및 방법

실험재료

본 실험에서 사용된 흑차조, 건조 톳, 건조 모자반은 제주에서 생산된 것으로 제주 동문시장에서 구입하여 사용하였다. 누룩과 효모는 한국효모주식회사의 바이오누룩(Seoul, Korea)을 사용하였다.

해조류를 첨가한 오메기술의 제조

오메기술은 다음과 같이 제조하였다. 검은 차조 1 kg을 한 방향으로 돌려주면서 씻은 후 맑은 물이 나올 때까지 행군 다음 물에 8시간을 침지하고 체에 밭쳐 1시간 동안 물기를 제거하였다. 준비된 검은 차조를 분쇄기를 이용하여 분쇄한 후 익반죽하여 오메기떡을 빚었다. 오메기떡을 100°C 끓는 물에 떠오를 때까지 삶아 으깨어 누룩 20 g, 효모 8 g, 물 3 L를 첨가하여 용기에 넣고 잘 저은 후 30°C에서 10일간 발효시켰다.

건조 톳과 건조 모자반은 각각 100 g을 수세하여 물 900 mL와 같이 강한 불에 30분 동안 끓여 여과한 열수 추출물을 사용하였다. 오메기술에 첨가할 톳, 모자반 추출물은 전체 물 함량의 각각 5%, 10%로 정하였고 배합비는 Table 1에 나타내었다.

pH 측정

pH(FEP20, Mettler Toledo, Schwerzenbach, Switzerland)는 100 mL 삼각플라스크에 시료 20 mL를 넣고 pH meter를 이용하여 측정하였다. pH는 모두 3번 반복 측정 후 평균값으로 나타내었다.

산도 측정

산도는 국제청의 주류 분석 규정에 따라 측정하였다. 시료를 원심분리기로 원심분리(12,000 rpm/min, 10 min) 한 상층액 10 mL에 1% phenolphthalein 지시약을 2~3방울을 가하여 0.1 N NaOH로 pH 8.3이 될 때까지 중화 적정하여 소비된 양(mL)을 측정 후 다음 식에 따라 초산으로 산도를 계산하였다. 산도(%초산)=0.1 N NaOH 소비량×0.1 N NaOH의 역가×0.006×10. 산도는 모두 3번 반복 측정 후 평균값으로 나타내었다.

알코올 함량 측정

알코올 함량은 국제청의 주류 분석 규정에 준하여 측정하였다. 시료 100 mL를 메스실린더로 눈금까지 취하고 1,000 mL 삼각플라스크에 옮긴 후, 이 메스실린더를 약 15 mL의 물로 2회 씻은 액을 플라스크에 합치고 냉각기에 연결한 다음 메스플라스크에 직접 받으며 증류하였다. 증류액이 70 mL가 되면 증류를 중지하고 물을 가하여 메스실린더의 100 mL까지 채운 후 주정계를 사용하여 값을 읽고 주정 도수 환산표에 따라 온도보정을 한 다음 측정하였다. 알코올 함량은 모두 3번 반복 측정 후 평균값으로 나타내었다.

색도 측정

색도는 시료를 사각형 cell에 넣어 색차계(chromameter CR-400, Minolta, Tokyo, Japan)로 측정하였다. 기기의 측정경에 표준색판(L=94.65, a=-0.34, b=4.04)으로 보정한 후 측정하였다. 명도(lightness)는 L값, 적색도(redness)는 a값, 황색도(yellowness)는 b값으로 나타내었다. 색도는 모두 3번 반복 측정 후 평균값으로 나타내었다.

미생물 균수 측정

총균수, 젖산균 수는 식품공전에 따라 측정하였다. 균일하게 혼합된 시료를 멸균한 증류수로 10진 희석법에 따라 희석하고, 일정한 비율로 희석한 희석액을 사용하였다. 총균수는 희석 시료 1 mL와 PCA(Plate Count Agar) 15 mL를 균일하게 잘 혼합한 후 37°C에서 24시간 동안 배양하여 생성된 콜로니를 계수하였다. 젖산균 수는 총균수와 동일하게 희석한 후 희석 시료 1 mL와 MRS(Lactobacilli MRS Agar) 15 mL를 균일하게 잘 혼합한 다음 37°C에서 48시간 동안 배양하여 생성된 콜로니를 계수하였다. 미생물 균수 측정은

Table 1. The mixing ratio of raw ingredients for preparation of seaweed Omegisul

Materials	Samples				
	Control	HF-5	HF-10	SF-5	SF-10
Nuruk (g)	20	20	20	20	20
Foxtail millet (g)	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Yeast (g)	8	8	8	8	8
Water (mL)	3,000	2,850	2,700	2,850	2,700
<i>Hizikia fusiformis</i> extract (mL)	0	150	300	0	0
<i>Sargassum fulvellum</i> extract (mL)	0	0	0	150	300
Total	4,028	4,028	4,028	4,028	4,028

모두 3번 반복 측정된 후 평균값으로 나타내었다.

유기산 함량 측정

유기산 함량은 HPLC(Alliance HPLC System e2695, Waters, Milford, MA, USA)로 분리·정량하였으며, 분석조건은 Table 2와 같다. 여과한 시료를 0.45 µm syringe filter로 여과하여 10 µL를 HPLC에 주입하였다. 표준물질은 oxalic acid, citric acid, malic acid, succinic acid, lactic acid, acetic acid를 이용하여 외부표준법으로 검량선 작성 후 정량하였다. 모든 분석 결과는 2회 반복하여 측정된 후 평균값으로 나타내었다.

DPPH radical 소거 활성

1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl(DPPH) radical 소거 활성은 원심분리 시킨 시료의 상층액 100 µL에 ethanol에 녹인 0.2 mM DPPH 용액 400 µL를 가한 후 10초간 vortex 하고 실온에서 30분간 방치한 다음 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. 음성 대조구 실험은 시료 대신에 증류수를 100 µL를 취하여 실험하였다. DPPH radical 소거 활성은 실험구와 음성 대조구의 흡광도를 구하여 아래와 같이 백분율(%)로 표시하였다. DPPH radical 소거 활성은 모두 3번 반복 측정된 후 평균값으로 나타내었다.

$$\text{DPPH radical 소거 활성(\%)} = \left(1 - \frac{\text{실험구의 흡광도}}{\text{음성 대조구의 흡광도}}\right) \times 100$$

ABTS radical 소거 활성

2,2'-Azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid(ABTS) radical 소거 활성은 7.4 mM ABTS 용액과 2.6 mM potassium persulfate를 혼합하여 암소에 14~16 시간 반응시킨 후, 735 nm에서 흡광도 1.4~1.5가 되도록 희석하였다. 희석한 용액 900 µL에 원심분리 시킨 시료의 상층액 100 µL를 가한 후 10초간 vortex 하고 30분간 방치한 다음 735 nm에서 흡광도를 측정하였다. 음성 대조구 실험은 시료 대신에 증류수를 100 µL 취하여 실험하였다. ABTS radical 소거 활성은 실험구와 음성 대조구의 흡광도를 구하여 아래와 같이 백분율(%)로 표시하였다. ABTS radical 소거 활성은 모두 3번 반복 측정된 후 평균값으로 나타내었다.

Table 2. Operating conditions of HPLC for the analysis of organic acids in the seaweed Omegisul

Item	Condition
Instrument	HPLC System (Alliance HPLC System e2695, Waters, Milford, MA, USA)
Column	Rezex RHM-Monosaccharide H+
Column temp.	40°C
Mobile phase	0.005 N H ₂ SO ₄
Flow rate	0.5 mL/min
Detector	UV (210 nm)

$$\text{ABTS radical 소거 활성(\%)} = \left(1 - \frac{\text{실험구의 흡광도}}{\text{음성 대조구의 흡광도}}\right) \times 100$$

통계분석

본 실험 결과는 통계분석용 프로그램 SPSS version 18.0 package program(IBM, New York, NY, USA)을 이용하여 평균과 표준편차를 산출하였다. 각 시료의 분석 결과에 대한 유의성 검정은 ANOVA를 한 후 *P*<0.05 수준에서 Duncan's multiple range test를 실시하였다.

결과 및 고찰

pH의 변화

발효 과정 중의 pH의 변화는 제품의 변질 정도와 알코올의 생성 정도를 짐작할 수 있는 중요한 지표성분이다. 발효가 진행되면서 변화하는 해조류 첨가 오메기술의 pH는 Fig. 1에 나타난 바와 같다. 담금 직후의 pH는 대조군이 5.35, 톳 5% 첨가군 5.26, 톳 10% 첨가군 5.32, 모자반 5% 첨가군 4.80, 모자반 10% 첨가군 4.94로 대조군보다 모자반을 첨가한 오메기술이 낮은 pH를 보였다. 이는 발효기간 중 미생물의 변화에서도 확인되는데, 모자반의 첨가가 오메기술 내의 젖산균을 비롯한 미생물의 발효 활성을 높여준 결과로 판단된다. 발효 2일째에 대조군 및 첨가군의 pH는 4.31~4.37의 수준으로 담금 직후에 비해 급격하게 감소하였다. 이러한 변화는 술덧에 생육하는 미생물 작용으로 유기산 생성이 빠르게 진행되었기 때문으로 여겨진다(1). 발효기간에 따라 pH는 점차 낮아져 발효 10일째에는 3.7 부근까지 감소하였다. Kim 등(24)의 전통 흑미주 발효 연구에서 pH는 발효 초기보다 발효기간에 따라 점차 낮아져 발효 10일째 4.03 수준으로 나타났다. 이것은 본 실험에서 pH가 발효 초기에 비해 발효가 진행됨에 따라 감소하는 경향과 유사하였다.

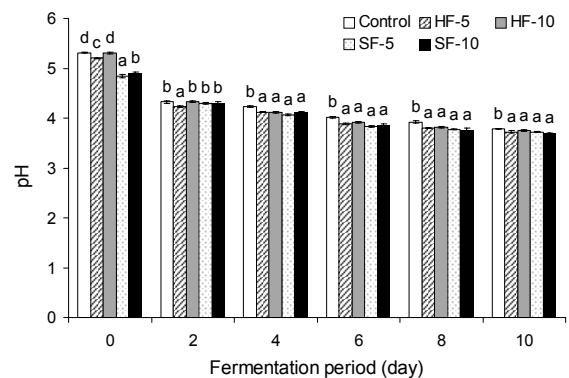


Fig. 1. pH changes in seaweed Omegisul during fermentation. All values are expressed as mean±SD. Values with different letters (a-d) are significant differences at *P*<0.05 by Duncan's multiple range test.

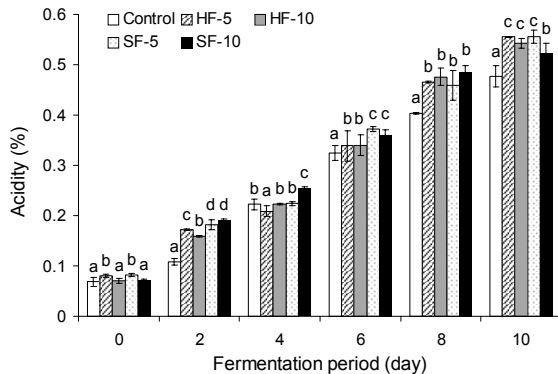


Fig. 2. Changes in total acidity of seaweed Omegisul during fermentation. All values are expressed as mean±SD. Values with different letters (a-c) are significant differences at $P<0.05$ by Duncan's multiple range test.

산도의 변화

총산의 변화는 전통주의 성분 변화를 쉽게 알 수 있는 요인일 뿐 아니라 알코올 생성 과정에서 복합적으로 생성되므로 술의 발효 진행 상황을 알 수 있는 중요한 지표성분이 된다(25). 발효 동안 해조류 첨가 오메기술의 산도 변화는 Fig. 2에 나타낸 바와 같다. 담금 직후 총산 함량은 대조군, 톳 5%, 톳 10%, 모자반 5%, 모자반 10% 첨가군이 각각 0.068%, 0.080%, 0.072%, 0.080%, 0.072%로 유의적인 차이가 없으나 발효 2일째에 급격히 증가하여 0.158~0.190%를 나타내었다. 총산 함량은 발효기간에 따라 유의적으로 증가하였고 모자반을 첨가한 오메기술에서 총산 함량이 높게 나타났다. 발효 10일째 총산 함량은 0.476~0.555%로 나타났고, 대조군을 제외한 실험군에서는 모자반을 10% 첨가한 오메기술에서 유의적으로 가장 낮게 나타났다($P<0.05$). 발효의 진행에 따른 pH의 변화는 산도의 급격한 변화에 기인하는 것으로 판단된다.

알코올 함량의 변화

알코올 함량은 발효의 진행 정도와 더불어 탁주의 주질에 가장 큰 영향을 미치는 요인 중 하나이다. 발효 중 해조류 첨가 오메기술의 알코올 함량 변화는 Fig. 3에 나타내었다. 담금 직후의 알코올 함량은 0~0.93%로 나타났고, 발효 2일째 대조군, 톳 5%, 톳 10%, 모자반 5%, 모자반 10%의 알코올 함량은 각각 7.70%, 7.97%, 7.63%, 7.97%, 7.90%로 급격하게 증가하였으며 각 시료의 유의적인 차이는 없었다. 이 알코올 함량은 발효 4일째부터 완만하게 증가하였고 발효 10일째에는 대조군, 톳 5%, 톳 10%, 모자반 5%, 모자반 10%의 알코올 함량이 각각 8.90%, 9.00%, 8.83%, 8.37%, 8.90%로 유의적 차이는 보이지 않았다.

색도의 변화

발효 동안 해조류 첨가 오메기술의 색도는 Table 3에 나타내었다. 명도를 나타내는 L값은 담금 직후 대조군, 톳 5%,

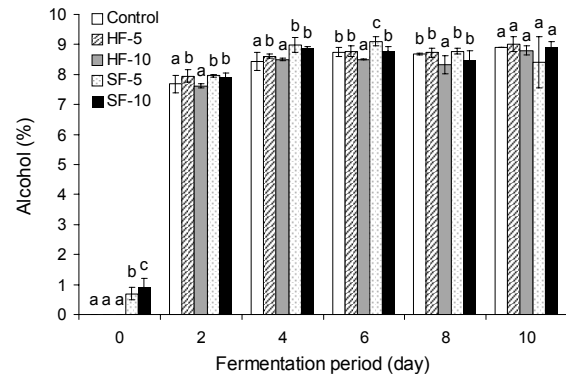


Fig. 3. Changes in alcohol contents of seaweed Omegisul during fermentation. All values are expressed as mean±SD. Values with different letters (a-c) are significant differences at $P<0.05$ by Duncan's multiple range test.

톳 10%, 모자반 5%, 모자반 10% 첨가군이 각각 51.56, 51.43, 50.38, 48.93, 49.39로 대조군에 비해 톳 5%를 첨가한 오메기술은 유의적인 차이가 없었고 톳 10%와 모자반을 첨가한 오메기술은 낮게 나타났다($P<0.05$). 이 L값은 발효기간이 증가함에 따라 증가하여 발효 6일째 53.20~55.61로 톳을 10% 첨가한 오메기술에서 가장 높게 나타났다. 발효 10일째에는 톳을 10% 첨가한 오메기술이 54.31로 가장 높게 나타났다. 적색도를 나타내는 a값은 담금 직후 대조군, 톳 5%, 톳 10%, 모자반 5%, 모자반 10% 첨가군이 각각 -1.73, -1.56, -1.47, -1.45, -1.56으로 대조군보다 해조류 첨가군이 높게 나타났다. 적색도는 발효기간 중 전체적으로 증가하는 경향을 보였으며, 발효 10일째에는 톳을 10% 첨가한 오메기술에서 가장 높게 나타났다. 황색도를 나타내는 b값은 담금 직후 대조군, 톳 5%, 톳 10%, 모자반 5%, 모자반 10% 첨가군이 각각 6.57, 6.98, 6.83, 4.63, 5.12로 나타났으며, 발효기간이 증가함에 따라 증가하여 발효 10일째 9.94~12.52로 톳을 10% 첨가한 오메기술이 가장 높게 나타났다.

미생물의 변화

발효 동안 해조류 첨가 오메기술의 총균수는 Table 4에 나타내었다. 담금 직후 대조군에서는 1.50×10^7 CFU/mL, 톳 5% 첨가군 1.30×10^7 CFU/mL, 톳 10% 첨가군 1.60×10^7 CFU/mL, 모자반 5% 첨가군 2.00×10^7 CFU/mL, 모자반 10% 첨가군 1.30×10^7 CFU/mL로 유의적인 차이가 없으나($P<0.05$), 발효 2일째 $3.95 \times 10^7 \sim 5.65 \times 10^7$ CFU/mL로 대수적으로 증가하였다. 대체로 발효기간이 증가함에 따라 증가하는 경향을 보였고 발효 10일째 $5.85 \times 10^7 \sim 1.45 \times 10^8$ CFU/mL로 톳을 10% 첨가한 오메기술이 유의적으로 가장 높게 나타났다($P<0.05$).

젖산균수는 담금 직후 대조군 1.75×10^7 CFU/mL, 톳 5% 첨가군 1.20×10^7 CFU/mL, 톳 10% 첨가군 1.10×10^7 CFU/mL, 모자반 5% 첨가군 2.75×10^7 CFU/mL, 모자반 10%

Table 3. Changes in color value of seaweed Omegisul during fermentation

Color value	Days	Samples				
		Control	HF-5	HF-10	SF-5	SF-10
L	0	51.56±0.14 ^d	51.43±0.06 ^d	50.38±0.08 ^c	48.93±0.10 ^a	49.39±0.04 ^b
	2	53.92±0.02 ^d	54.99±0.03 ^e	52.83±0.01 ^b	53.60±0.06 ^c	51.08±0.07 ^a
	4	53.99±0.04 ^c	54.01±0.05 ^c	53.64±0.01 ^b	54.15±0.02 ^d	52.56±0.04 ^a
	6	54.64±0.02 ^d	53.20±0.07 ^a	55.61±0.07 ^e	53.73±0.04 ^b	53.91±0.02 ^c
	8	52.70±0.06 ^a	53.35±0.05 ^c	54.69±0.11 ^d	53.01±0.04 ^b	52.88±0.09 ^b
	10	53.53±0.03 ^b	54.27±0.04 ^d	54.31±0.05 ^d	51.72±0.06 ^a	54.07±0.03 ^c
a	0	-1.73±0.02 ^a	-1.56±0.02 ^b	-1.47±0.01 ^b	-1.45±0.02 ^b	-1.56±0.02 ^b
	2	-1.46±0.01 ^a	-1.20±0.02 ^c	-1.19±0.01 ^c	-1.16±0.01 ^d	-1.31±0.02 ^b
	4	-1.38±0.01 ^a	-1.15±0.02 ^b	-1.09±0.02 ^c	-0.94±0.01 ^e	-1.05±0.02 ^d
	6	-1.32±0.01 ^a	-1.29±0.03 ^b	-0.85±0.02 ^e	-1.12±0.02 ^c	-1.09±0.01 ^d
	8	-1.57±0.02 ^a	-1.43±0.01 ^b	-1.06±0.04 ^e	-1.22±0.02 ^c	-1.16±0.02 ^d
	10	-1.49±0.01 ^a	-1.36±0.01 ^b	-1.08±0.01 ^d	-1.23±0.02 ^c	-1.09±0.03 ^d
b	0	6.57±0.07 ^c	6.98±0.03 ^c	6.83±0.03 ^d	4.63±0.04 ^a	5.12±0.02 ^b
	2	9.56±0.02 ^c	10.75±0.08 ^d	9.32±0.02 ^b	9.35±0.02 ^b	7.85±0.03 ^a
	4	10.29±0.02 ^c	10.69±0.03 ^e	10.53±0.06 ^d	10.19±0.04 ^b	9.41±0.04 ^a
	6	11.53±0.01 ^c	10.32±0.07 ^a	12.73±0.09 ^d	10.23±0.05 ^a	10.80±0.07 ^b
	8	10.49±0.04 ^b	10.81±0.04 ^c	12.47±0.08 ^d	10.20±0.04 ^a	10.61±0.11 ^b
	10	11.71±0.04 ^c	12.01±0.04 ^d	12.52±0.06 ^e	9.94±0.09 ^a	11.46±0.05 ^b

All values are expressed as mean±SD.

Values with different letters (a-e) are significant differences at $P<0.05$ by Duncan's multiple range test.

Table 4. Changes in viable cell numbers of seaweed Omegisul during fermentation

	Fermentation period (day)	Samples				
		Control	HF-5	HF-10	SF-5	SF-10
Total viable cell	0	$1.50 \times 10^7 \pm 0.00^a$	$1.30 \times 10^7 \pm 0.14^a$	$1.60 \times 10^7 \pm 0.42^b$	$2.00 \times 10^7 \pm 0.28^b$	$1.30 \times 10^7 \pm 0.14^a$
	2	$4.60 \times 10^7 \pm 0.14^a$	$5.55 \times 10^7 \pm 0.64^b$	$5.45 \times 10^7 \pm 0.64^b$	$5.65 \times 10^7 \pm 0.35^b$	$3.95 \times 10^7 \pm 0.35^a$
	4	$5.15 \times 10^7 \pm 0.21^b$	$6.85 \times 10^7 \pm 0.50^c$	$7.50 \times 10^7 \pm 1.70^c$	$5.40 \times 10^7 \pm 0.14^b$	$4.40 \times 10^7 \pm 0.00^a$
	6	$3.65 \times 10^7 \pm 0.35^a$	$1.38 \times 10^8 \pm 1.34^b$	$1.25 \times 10^8 \pm 0.57^b$	$5.25 \times 10^7 \pm 1.63^a$	$4.25 \times 10^7 \pm 3.32^a$
	8	$5.30 \times 10^7 \pm 0.57^a$	$9.10 \times 10^7 \pm 0.99^b$	$9.20 \times 10^7 \pm 0.14^b$	$6.00 \times 10^7 \pm 1.56^a$	$7.05 \times 10^7 \pm 0.07^{ab}$
	10	$6.60 \times 10^7 \pm 0.14^a$	$1.10 \times 10^8 \pm 0.92^b$	$1.45 \times 10^8 \pm 0.64^c$	$5.85 \times 10^7 \pm 0.92^a$	$8.20 \times 10^7 \pm 1.56^a$
Lactic acid bacteria	0	$1.75 \times 10^7 \pm 0.35^a$	$1.20 \times 10^7 \pm 0.00^a$	$1.10 \times 10^7 \pm 4.67^a$	$2.75 \times 10^7 \pm 0.50^b$	$2.35 \times 10^7 \pm 1.06^b$
	2	$6.05 \times 10^7 \pm 0.21^a$	$7.95 \times 10^7 \pm 0.21^c$	$8.00 \times 10^7 \pm 0.14^c$	$7.10 \times 10^7 \pm 0.14^b$	$5.75 \times 10^7 \pm 0.50^a$
	4	$1.09 \times 10^8 \pm 1.63^a$	$1.34 \times 10^8 \pm 0.29^b$	$1.45 \times 10^8 \pm 0.50^b$	$1.45 \times 10^8 \pm 1.06^b$	$1.56 \times 10^8 \pm 0.92^b$
	6	$1.56 \times 10^8 \pm 0.92^a$	$1.83 \times 10^8 \pm 0.42^a$	$2.31 \times 10^8 \pm 1.06^b$	$1.53 \times 10^8 \pm 1.77^a$	$1.91 \times 10^8 \pm 2.33^a$
	8	$1.25 \times 10^8 \pm 0.85^a$	$1.72 \times 10^8 \pm 1.06^b$	$2.35 \times 10^8 \pm 0.85^c$	$1.26 \times 10^8 \pm 0.64^a$	$1.36 \times 10^8 \pm 0.00^a$
	10	$1.04 \times 10^8 \pm 0.21^a$	$1.39 \times 10^8 \pm 1.34^b$	$2.21 \times 10^8 \pm 1.20^c$	$8.85 \times 10^7 \pm 0.65^a$	$8.30 \times 10^7 \pm 1.13^a$

All values are expressed as mean±SD.

Values with different letters (a-c) are significant differences at $P<0.05$ by Duncan's multiple range test.

첨가균 2.35×10^7 CFU/mL로 모자반을 첨가한 오메기술에서 높게 나타났다. 발효 2일째 $5.75 \times 10^7 \sim 8.00 \times 10^7$ CFU/mL로 대수적으로 증가하였고 발효 6일째 1.53×10^8 CFU/mL~ 2.31×10^8 CFU/mL로 최대에 달하였으며 이후 감소하였다. 발효기간 동안 젖산균의 생육은 대조군에 비해 톳 10%의 첨가군에서만 유의적으로 높게 나타났다. Kim 등 (26)의 연구에서 발효기간 동안 총균, 유산균 수가 증가하는 결과는 유사한 경향을 나타내었으나 무첨가군과 첨가군 간의 차이가 없는 것은 다른 경향을 나타내었다.

유기산 함량의 변화

전통주의 발효 과정 중 생성되는 유기산은 특유의 신맛과

향을 나타내며, 유해 미생물의 생육을 억제하는 역할을 한다. 발효 과정 중 변화하는 해조류 첨가 오메기술의 유기산 함량을 Table 5에 나타내었다. 발효기간 동안 lactic acid 함량은 담금 직후 검출되지 않았고 발효가 진행됨에 따라 증가하는 경향을 보이면서 발효 10일째 각각 5.663, 6.552, 6.351, 6.494, 7.474 mg/mL 수준으로 유기산 중 가장 많은 증가를 보였다. Malic acid, oxalic acid, citric acid는 발효 과정 중 거의 검출되지 않거나 미량 검출되었다. Succinic acid는 담금 직후 0.550~0.700 mg/mL에서 발효 5일째 0.471~0.592 mg/mL로 발효기간 동안 낮게 나타났고 모자반 첨가군이 대조군에 비해 높았다. 발효 10일째에는 전반적으로 증가하여 모자반 10%에서는 0.924 mg/mL로 높아

Table 5. Changes in organic acid of seaweed Omegisul during fermentation (mg/mL)

Type of organic acid	Fermentation period	Samples				
		Control	HF-5	HF-10	SF-5	SF-10
Oxalic acid	0	ND	ND	ND	ND	ND
	1	0.050±0.001 ^a	0.058±0.001 ^b	0.056±0.002 ^b	0.074±0.002 ^c	0.083±0.001 ^d
	5	0.006±0.007 ^a	0.001±0.001 ^a	0.015±0.007 ^b	0.026±0.004 ^b	0.037±0.005 ^c
	10	ND	ND	ND	ND	ND
Citric acid	0	ND	ND	0.009±0.000 ^a	0.015±0.002 ^b	ND
	1	0.438±0.011 ^c	0.409±0.005 ^b	0.466±0.001 ^d	0.411±0.002 ^b	0.225±0.002 ^a
	5	ND	ND	ND	ND	ND
	10	ND	ND	ND	ND	ND
Malic acid	0	0.004±0.004 ^a	ND	ND	0.003±0.001 ^a	ND
	1	0.014±0.020 ^a	0.032±0.011 ^a	0.130±0.004 ^b	0.234±0.001 ^c	0.009±0.013 ^a
	5	ND	ND	ND	ND	ND
	10	ND	0.009±0.012 ^a	0.034±0.002 ^c	ND	0.022±0.002 ^b
Succinic acid	0	0.662±0.035 ^b	0.700±0.026 ^b	0.676±0.001 ^b	0.550±0.008 ^a	0.576±0.007 ^a
	1	0.603±0.016 ^a	0.604±0.008 ^a	0.609±0.008 ^a	0.663±0.017 ^b	0.657±0.013 ^b
	5	0.471±0.008 ^a	0.462±0.002 ^a	0.507±0.001 ^b	0.592±0.006 ^c	0.536±0.008 ^b
	10	0.631±0.246 ^a	0.598±0.207 ^a	0.635±0.277 ^a	0.735±0.303 ^b	0.924±0.008 ^b
Lactic acid	0	ND	ND	ND	ND	ND
	1	0.754±0.011 ^a	0.787±0.011 ^b	0.733±0.008 ^a	0.790±0.016 ^b	0.809±0.050 ^b
	5	1.807±0.100 ^a	2.550±0.068 ^b	2.573±0.100 ^b	3.024±0.115 ^c	2.918±0.016 ^c
	10	5.663±0.488 ^a	6.552±0.475 ^b	6.351±0.621 ^b	6.494±0.667 ^b	7.474±0.156 ^c
Acetic acid	0	0.495±0.004 ^b	0.478±0.018 ^b	0.505±0.005 ^c	0.399±0.008 ^a	0.401±0.008 ^a
	1	0.550±0.061 ^a	0.758±0.004 ^b	0.587±0.039 ^a	0.514±0.016 ^a	0.770±0.062 ^b
	5	0.150±0.006 ^c	0.110±0.015 ^b	0.106±0.007 ^b	0.069±0.012 ^a	0.590±0.001 ^d
	10	0.193±0.004 ^c	0.165±0.004 ^a	0.174±0.005 ^b	0.170±0.002 ^b	0.164±0.000 ^a

All values are expressed as mean±SD.

Values with different letters (a-c) are significant differences at $P<0.05$ by Duncan's multiple range test.

ND: Not detectable.

졌다. Acetic acid 함량은 발효 1일째 0.514~0.770 mg/mL로 시료 간에 차이가 없었다. 발효 10일째 0.164~0.193 mg/mL로 발효기간 동안 감소하는 경향을 보였다. 이상의 결과, 막걸리의 맛에 영향을 주는 유기산 함량이 해조류의 첨가량이 증가할수록 유의적으로 높은 것으로 나타나 해조류의 첨가가 전통주의 관능 품질에 미치는 영향이 클 것으로 판단된다.

DPPH radical 소거 활성

천연물의 항산화 활성은 활성 radical에 의한 식품 중의 지방질 산화를 억제하는 특성이 있고 인체 내에서는 활성 radical에 의한 노화를 억제하는 역할을 하고 있으며, radical 소거 작용은 인체의 질병과 노화를 방지하는 데 중요한 역할을 한다(27-29). 해조류 첨가 오메기술의 DPPH radical 소거 활성을 측정 한 결과는 Fig. 4에 나타내었다. 담금 직후 DPPH radical 소거 활성은 5.30~13.77%로 대조군보다 10% 첨가군과 모자반 10% 첨가군이 높게 나타났으며 발효가 진행됨에 따라 유의적으로 증가하여 발효 10일 53.43~69.81%로 나타났다. 대조군과 비교해 10% 첨가군은 유의적인 차이가 없었으나 모자반 10% 첨가군이 높게 나타났고, 특히 모자반 10% 첨가군에서 활성이 높게 나타났다. 갈조류

추출물은 많은 연구에서 항산화 활성의 우수성을 나타내었는데, 특히 fucan과 같은 황화 다당은 polyphenol 화합물과 더불어 항산화 활성을 갖는 갈조류의 주요 성분으로 알려졌다. Lee 등(30)의 연구에서 해조류를 통해 항산화 활성을 알아본 결과 미역, 다시마, 청각 등의 추출물에서는 거의 활성을 나타내지 않거나 낮은 활성을 나타낸 반면 모자반, 톳은 상당히 높은 항산화 활성을 갖는다고 보고된 바 있다.

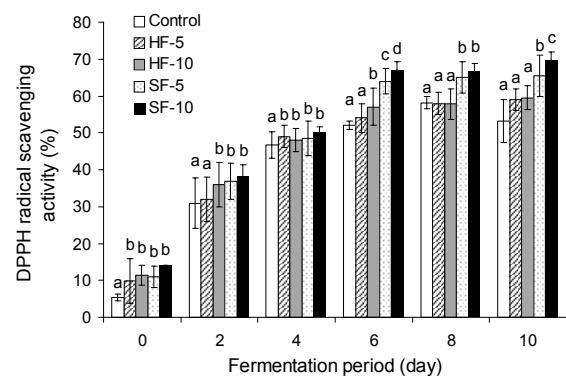


Fig. 4. Changes in DPPH scavenging activity of seaweed Omegisul during fermentation. All values are expressed as mean±SD. Values with different letters (a-c) are significant differences at $P<0.05$ by Duncan's multiple range test.

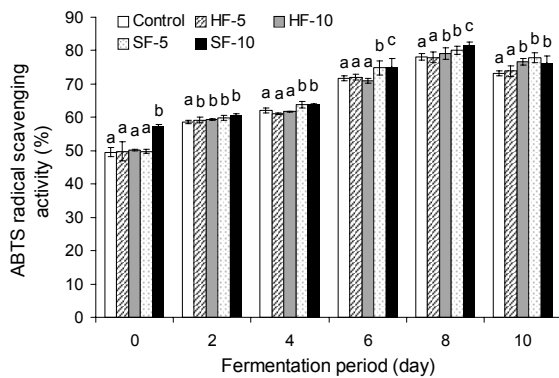


Fig. 5. Changes in ABTS scavenging activity of seaweed Omegisul during fermentation. All values are expressed as mean \pm SD. Values with different letters (a-c) are significant differences at $P < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

ABTS radical 소거 활성

담금 직후 해조류 첨가 오메기술의 ABTS radical 소거 활성을 Fig. 5에 나타내었다. 항산화도는 대조군, 톳 5%, 톳 10%, 모자반 5%, 모자반 10%의 첨가군에서 각각 49.29, 49.67, 50.43, 49.72, 57.32%로 나타났으며, 모자반 10% 첨가군에서 유의적으로 가장 높게 나타났다($P < 0.05$). 항산화도는 발효기간 동안 전반적으로 증가하여 발효 8일째에 모자반 10% 첨가군에서 78.25~81.61%로 가장 높게 나타났다. Ahn 등(31)은 해조류 메탄올 추출물의 항산화 활성 연구에서 톳 추출물보다 모자반 추출물이 더 높은 활성을 보였다고 보고하였는데 본 연구 결과도 이와 유사한 경향을 보였다.

요 약

본 연구에서는 지역 특색을 살린 전통주를 개발하여 사당되고 있는 제주 전통주 문화를 정립하고자 제주지역의 대표적 민속주인 오메기술의 제조과정에 다양한 생리활성물질이 함유된 톳, 모자반과 같은 해조류를 물 첨가량 대비 5, 10%로 첨가한 후, 해조류의 함량 차이에 따른 오메기술의 발효 중 pH, 산도, 알코올 함량, 색도, 미생물 수, 유기산 함량 및 항산화력을 측정하였다. pH는 담금 직후 4.80~5.35에서 발효 2일째 급격하게 감소하였고 발효기간에 따라 점차 낮아져 발효 10일에는 모자반을 10% 첨가한 오메기술이 3.72로 유의적으로 가장 낮았다. 총산은 담금 직후에 비해 발효 2일째 0.158~0.190%로 급격하게 증가하였고 발효기간에 따라 점차적으로 증가하는 경향을 보였다. 알코올 함량은 발효 2일째에 급격하게 상승하였으며 발효 4일째부터 완만하게 증가하여 발효 10일 8.37~9.00%로 나타났다. 색도는 발효 10일 L값과 a값, b값 모두 톳을 10% 첨가한 오메기술에서 높게 나타났다. 총균수와 젖산균 수는 발효 초기 증가하다가 발효 후기는 감소하는 경향을 나타내었는데 발효 10일째에 톳을 10% 첨가한 오메기술에서 총균수는 1.45×10^8

CFU/mL, 젖산균 수는 2.21×10^8 CFU/mL로 나타났다. 유기산에서는 lactic acid와 succinic acid가 많이 검출되었으며 lactic acid는 발효 10일째의 모자반 10%를 첨가한 오메기술에서 7.474 mg/mL로 가장 높게 나타났고 succinic acid는 발효 10일 0.598~0.924 mg/mL로 유의적인 차이가 없었다. 항산화 활성을 확인하기 위해 DPPH 및 ABTS radical 소거 활성을 측정한 결과 DPPH radical 소거 활성에서는 발효가 진행됨에 따라 점차 증가하여 발효 10일째에는 모자반을 10% 첨가한 오메기술이 69.81%로 가장 높게 나타났고, ABTS radical 소거 활성에서는 발효가 진행됨에 따라 증가하여 발효 8일째에 78.25~81.61%로 모자반을 10% 첨가한 오메기술에서 유의적으로 가장 높게 나타났으나 발효 10일째에는 모든 실험군에서 감소하였다. 본 실험 결과에서는 전반적인 품질 비교를 통해 모자반을 10% 첨가한 오메기술이 다른 비교구에 비해 탁월한 결과를 보여 기능성 오메기술로서의 가능성을 확인할 수 있었으며, 이후 지역 특성을 살린 전통주로 기능성 오메기술을 상품화하기 위한 기초자료로서 유용하게 활용될 것으로 판단된다. 현재 오메기술의 소비자 기호도 조사를 수행하고 있으며 그 결과 또한 보고할 계획이다.

감사의 글

이 논문은 2015학년도 제주대학교 학술진흥연구비 지원사업에 의하여 수행된 연구 결과입니다.

REFERENCES

- Kim JY, Yi YH. 2010. pH, acidity, color, amino acids, reducing sugars, total sugars, and alcohol in puffed millet powder containing millet *takju* during fermentation. *Korean J Food Sci Technol* 42: 727-732.
- Kang YJ, Oh YJ, Koh JS. 2005. Non thermal process and quality changes of foxtail millet *Yakju* by micro filtration. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 34: 277-284.
- Kim HS. 2014. Quality characteristics of Okwada gruel added with different amount of foxtail millet. *MS Thesis*. Myungji University, Seoul, Korea.
- Bae IY, Yoon EJ, Woo JM, Kim JS, Lee HG, Yang CB. 2002. The development of Korean traditional wine using the fruits of *Opuntia ficus-indica* var. *saboten* - I. Characteristics of mashes and sojuers. *J Korean Soc Agric Chem Biotechnol* 45: 11-17.
- Song JH, Baek SY, Lee DH, Jung JH, Kim HK, Lee JS. 2011. Screening of fungal *nuruk* and yeast for brewing of Gugija-*Liriope tuber* traditional rice wine and optimal fermentation condition. *Kor J Mycol* 39: 78-84.
- Lee TJ, Hwang DY, Lee CY, Son HJ. 2009. Changes in yeast cell number, total acid and organic acid during production and distribution processes of Makgeolli, traditional alcohol of Korea. *Kor J Microbiol* 45: 391-396.
- Kim YS, Park YS. 2007. The production of traditional alcoholic beverage in containing medicinal herb. *Food Science and Industry* 40(2): 83-89.
- Ko YW, Sung GH, Yi CH, Kim HH, Choi DM, Ko YD,

- Lee WJ, Koh HB, Oak JH, Chung IK, Kim JH. 2008. Temporal variations of seaweed biomass in Korean coasts: Munseom, Jeju Island. *Algae* 23: 295-300.
9. Kim JA. 2004. The changes of components related to anti-oxidation and biological activities in algae (*Hizikia fusiformis* and *Ecklonia cava* of Jeju Island) with harvesting periods, blanching times and drying methods and isolation of the biologically active substances. *PhD Dissertation*. Ewha Womans University, Seoul, Korea.
 10. Cho KJ, Lee YS, Ryu BH. 1990. Antitumor effect and immunology activity of seaweeds toward sarcoma-180. *Bull Korean Fish Soc* 23: 345-352.
 11. Cho SH, Kang SE, Cho JY, Kim AR, Park SM, Hong YK, Ahn DH. 2007. The antioxidant properties of brown seaweed (*Sargassum siliquastrum*) extracts. *J Med Food* 10: 479-485.
 12. Park EY, Lee SS. 1996. Effect of dietary fiber on the serum lipid level and bowel function in aged rats. *Korean J Nutr* 29: 934-942.
 13. Shim YY, An JH, Cho WD, Chun H, Kim KI, Cho HY, Yang HC. 2002. Inhibitory mechanism of blood coagulation and *in vivo* anticoagulant activities of polysaccharides isolated from *Codium fragile*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 31: 917-923.
 14. Cho MC, Ahn KH, Suh KH. 2005. Biosorption of Pb and Cr by using *Sargassum thunbergii*. *J Kor Fish Soc* 38: 153-157.
 15. Kwak CS, Kim SA, Lee MS. 2005. The correlation of anti-oxidative effects of 5 Korean common edible seaweeds and total polyphenol content. *J Korean Soc Food Sci Nur* 34: 1143-1150.
 16. Lee SY, Kim KBWR, Song EJ, Kim JH, Kim AR, Kim MJ, Moon JH, Kang HM, Lee HD, Hong YK, Ahn DH. 2008. Effect of extracts from *Sargassum siliquastrum* on shelf-life and quality of bread. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 37: 490-496.
 17. Kim JA, Lee JM. 2004. Changes of chemical components and antioxidant activities in *Hizikia fusiformis* (Harvey) OKAMURA with blanching times. *Korean J Soc Food Cook Sci* 20: 219-226.
 18. Ko JS, Yang YT, Ko YH, Kang YJ. 1993. Zymological characteristics of Cheju folk wine made of foxtail millet. *J Korean Agric Chem Soc* 36: 277-283.
 19. Kang YJ, Koh JS. 2003. Improvement on the filtration process of foxtail millet *Yakju*. *Korean J Food Preserv* 10: 482-487.
 20. Kim JY, Go JS. 2004. Fermentation characteristics of Jeju foxtail millet-wine by isolated alcoholic yeast and saccharifying mold. *J Korean Soc Appl Biol Chem* 47: 85-91.
 21. Kim HS, Yang YT, Jung YH, Koh JS, Kang YJ. 1992. Clarification of foxtail millet wine. *Korean J Food Sci Technol* 24: 101-106.
 22. Lim S, Jwa MK, Mok C, Park YS. 2004. Changes in microbial counts, enzyme activity and quality of *Foxtail Millet Yakju* treated with high hydrostatic pressure during storage. *J Korean Soc Food Sci Nur* 33: 576-581.
 23. Woo KS, Lee JS, Ko JY, Song SB, Oh BG, Kang JR, Nam MH, Ryu IS, Seo MC. 2010. Physicochemical characteristics of Korean traditional wine fermented from foxtail millet (*Setaria italica* Beauvios) and nuruk at different addition rates. *Korean J Food Sci Technol* 42: 298-303.
 24. Kim OS, Park SS, Sung JM. 2012. Antioxidant activity and fermentation characteristics of traditional black rice wine. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 41: 1693-1700.
 25. Lee JK, Jo HJ, Kim KI, Yoon JA, Chung KH, Song BC, An JH. 2013. Physicochemical characteristics and biological activities of makgeolli supplemented with the fruit of *Akebia quinata* during fermentation. *Korean J Food Sci Technol* 45: 619-627.
 26. Kim S, Kim E, Yoon S, Jo N, Jung SK, Kwon S, Chang YH, Jeong Y. 2011. Physicochemical and microbial properties of Korean traditional rice wine, *Makgeolli*, supplemented with cucumber during fermentation. *J Korean Soc Food Sci Nur* 40: 223-228.
 27. Tong L, Chuang CC, Wu S, Zuo L. 2015. Reactive oxygen species in redox cancer therapy. *Cancer Lett* 10: 18-25.
 28. Zuo L, Zhou T, Pannell BK, Ziegler AC, Best TM. 2015. Biological and physiological role of reactive oxygen species – the good, the bad and the ugly. *Acta Physiol* 214: 329-348.
 29. Mishra V, Shah C, Mokashe N, Chavan R, Yadav H, Prajapati J. 2015. Probiotics as potential antioxidants: a systematic review. *J Agric Food Chem* 63: 3615-3626.
 30. Lee BH, Choi BW, Chun JH, Yu BS. 1996. Extraction of water soluble antioxidants from seaweeds. *J Korean Ind & Eng Chem* 7: 1069-1077.
 31. Ahn SM, Hong YK, Kwon GS, Sohn HY. 2011. Evaluation of antioxidant and nitrite scavenging activity of seaweed extracts. *J Life Sci* 21: 576-583.