



돼지고기에 대한 EM(Effective Microorganism) 합초 발효액의 항산화 효과

한 승 관

전주대학교 EM연구개발단

Antioxidant Effect of Fermented *Salicornia herbacea* L. Liquid with EM (Effective Microorganism) on Pork

Seung-Kwan Han

Center for EM Research & Development, Jeonju University

Abstract

The study was conducted to determine the antioxidant activity of EM (Effective Microorganism) fermented glasswort liquid for utilizing as a functional food material. Glasswort leaves by freezing-dried were showed the highest 20.19% contents, it was 20% salt contents of cooked salts. To compare antioxidant effects of glasswort plant parts (dried ground leaves, stems, and roots of glasswort) were exploited for investigation of antioxidant activity. Antioxidant activity for the samples was investigated by TBA (Thiobarbituric acid reactive method). EM fermented glasswort liquid from coastal region, the highest antioxidative activity showed in the oven-dried leaves at 14 days after storage. It was showed antioxidant effect more than 5.3 times than control. In conclusion, antioxidative effect of glasswort was apparently exhibited through measurement of TBARS (Thiobarbituric acid reactive substances).

Key words : EM (Effective Microorganism), glasswort, antioxidant

서 론

천연 항산화제는 여러 가지가 알려져 있지만 토코페롤 이외에는 거의 사용되지 않고 있다. 우수한 항산화력과 낮은 가격 때문에 널리 사용되고 있는 합성 항산화제인 butylated hydroxytoluene(BHT)와 butylated hydroxyanisole(BHA)는 과량 섭취시 심각한 병을 유발할 수 있는 것으로 알려져 있어 (Branen, 1975) 인체에 무해하고 항산화력이 우수한 천연 항산화제의 개발이 요구되고 있다. 최근 천연물을 중심으로 한 학문이 발전하면서 2차 대사산물인 생리 활성 물질에 대한 관심이 증대되고 있다. 생리 활성 물질은 매우 적은 양으로 현저한 활성을 나타내는 고부가가치 물질로서 수많은 종류가 인류에게 유용하게 이용되고 있으며 또한 새로운 물질들이 연구 개발되고 있다.

EM(Effective Microorganism)은 항산화 물질을 생성하는

일련의 유용 미생물군이며 축산업, 환경, 농업, 의료 등의 분야에서 활발히 이용되고 있다(Higa, 1995; 1998). 이들 미생물 군들은 여러 환경에서 유익한 기능을 수행하며 서로 공존, 공생하면서 상승 효과를 일으켜 항산화(antioxidant) 능력을 증대시켜 유기영양이 가능한 것으로 보고되고 있다. 또한 부패 악취를 억제, 방지하고 오수처리에도 정화 효과가 있는 것으로 보고되고 있다(EM Research Organization, 1995; Higa, 1996).

명아주과에 속하고 우리나라 남해안과 서해안 간척지 바닷가의 염습지대에서 서식하는(Kim and Song, 1983; Min, 1990) 염생 식물(halophyte)인 합초(*Salicornia herbacea* L.)는 고염습 지역에서 생육이 가능하고 염류를 흡수하여 체내에 저장하는 능력을 가지고 있을 뿐만 아니라 Mg, Ca, Fe, 그리고 K 등의 천연 미네랄을 다량 함유하는 식물로 알려져 예로부터 민간요법에 많이 이용되었던 자원식물이므로, 식용 재배 및 기능성 식품으로서 활용 가능성을 충분히 가지고 있다. 합초는 우리나라에서 대중에게 널리 알려지거나 식용하고 있는 식물은 아니지만, 유럽에서는 어린 줄기를 샐러드로 만들어 먹기도 하고 일본에서는 천연기념물로 지정되기도 하였

* Corresponding author : Seung-Kwan Han, Center for EM R&D, Jeonju University, Jeonju 560-759, Korea. Tel: 82-63-220-2919 Fax: 82-63-220-2002, E-mail: emhansk@jj.ac.kr

다(Flowers, 1972; Greenway and Munns, 1980). Cho 등(2002)은 동물을 이용한 실험에서 합초를 섭취시킴으로써 체중 증가 억제 효과와 혈중 콜레스테롤 및 지질 함량 감소 효과가 나타났다고 보고하였다. 가축에 급여하는 항생제 대체 물질로서 미생물제의 급여는 가축의 생산성을 개선하고, 혈청 콜레스테롤 함량을 감소시킨다는 연구 결과는 지속적으로 보고되어 왔지만 사료에 미생물제의 혼합 급여로 돈육의 항산화 효과에 대한 연구는 전무하다. 따라서 본 연구는 혼합 미생물제인 EM으로 천연 염생 식물인 합초를 발효시킨 EM 합초발효액의 특성과 돈육에 대한 항산화 효과를 측정함으로써 기능성 식품 소재로서의 응용을 모색하고자 수행하였다.

재료 및 방법

실험 재료

본 실험에 사용한 합초(*Salicornia herbacea* L.)는 전남 무안군 운남면 해안가에서 채취하였다. 채취한 합초는 물로 세척한 후, 부위별(잎, 줄기, 뿌리)로 구별하여 각각 온풍 건조(60°C, 24hrs) 및 동결 건조시켜(Vacuum Freeze Dryer, SFDSM24L, -60°C, 68hrs) 실험에 이용하였다.

EM 사용

전주대학교 EM 연구개발단과 EM Korea에서 생산한 EM 원액과 EM 활성액을 실험에 사용하였다.

EM 합초 발효액 제조

EM 활성액은 물과 당밀을 기질로 EM 원액을 증식한 것을 말하며, 만드는 법은 EM 원액을 전체량의 3~5%, 당밀도 전체량의 3~5%의 비율로 잘 혼합하여 밀폐 용기에 넣어 7~10일 정도 방치한다. 효모의 작용으로 가스가 발생하는데, 2,3일에 1회 뚜껑을 열어 가스를 빼준다. pH 3.5 이하가 되고, 새콤 달콤한 발효 냄새가 나면 사용할 수 있으며 발효 후 1개월을 기준으로 사용할 수 있다. EM 합초 발효액은 EM활성액:설탕:합초:물의 비율(%)을 각각 5:5:1:89의 비율로 혼합하여 밀폐한 후 38°C에서 7일간 발효시켜 사용하였다.

돈육의 준비

실험에 사용된 돈육은 관행사양법으로 사양한 돼지를 도살 후, 4°C 냉장고에 저장된 돈육의 대퇴부 부위를 사용하였다. TBA 실험을 위해 합초와 BHT(Butylated Hydroxy Toluene)를 1%씩 첨가하고 75°C에서 1시간 동안 온탕 가열 후 흐르는 물에 냉각시켰다. 그 후 5°C 온도에서 14일간 저장하면서 실험에 사용하였다.

일반성분의 분석

수분은 105°C 상압가열건조법(Moisture analyzer, MB45, OHAUS, U.S.A.), 조단백질은 Micro-Kjeldahl법(Kjeldahl/Nitrogen analyzer, K-424/B-324, BUCHI, Switzerland), 조지방은 Soxhlet 추출법(Universal extraction system, B-811, Büchi, Switzerland), 조회분은 550°C 직접 회화법으로, 조섬유소는 H₂SO₄-NaOH법(Fibercap system, 2022, Foss Tecator, USA)으로 AOAC(1984) 표준법에 따라 분석하였다.

무기질 분석

시료 1 g을 600°C에서 44시간 회화 후 HCl(1:1) 10 mL를 가하여 증발 건조시킨 다음 HCl(1:3) 10 mL와 증류수를 이용해 100 mL로 정용하여 시험용액으로 사용하였다. Ca, K, Na, Mg, Fe의 정량은 Min 등(2002)의 방법으로 원자흡광도계(AA-6800, Shimadzu, Tokyo, Japan)를 사용하여 530 nm의 파장에서 흡광도를 측정하였다.

식염정량

식염정량은 Mohr법(주 등, 1992)에 의해 0.1N AgNO₃로 적정하여 합초 중의 NaCl량을 측정하였다.

Thiobarbituric acid(TBA)가 측정

Witte 등(1970)의 방법에 의해 돈육 10 g을 균질기에서 20% trichloroacetic acid(TCA)용액 25 mL를 첨가하여 2분간 14,000 rpm으로 균질화하였다. 이 현탁액을 100 mL volumetric flask에 mass-up시켜 Whatman No.1 여과지로 여과하였다. 여과액 5 mL를 취해서 2-TBA시약(0.005 M, in water) 5 mL와 혼합하여 실온 냉암소에서 15시간 동안 방치한 후, UV-VIS Spectrophotometer(UV 1650, Shimadzu, Tokyo, Japan)로 530 nm의 파장에서 흡광도를 측정하여 TBA가를 계산하였으며 계산방법은 아래와 같다.

$$TBA(MDA \text{ mg}/1,000 \text{ g}) = \text{흡광도} \times 5.2$$

통계분석

결과는 SAS(1998) 통계 package를 이용하여 Duncan의 다중검정법으로 각 요인간에 유의성(p<0.05)을 검정하였다.

결과 및 고찰

일반성분 함량

합초의 일반성분 함량은 Table 1과 같다. 해안 합초의 조섬유 함량은 줄기를 동결 건조한 것이 74.11%로 가장 높았으며, 조회분 함량 또한 잎 부분이 다른 부위보다 높아 동결

건조시킨 잎이 27.71%로 가장 높게 나타났다. 수분 함량은 잎을 온풍 건조한 것이 7.10%로 동결 건조한 것 6.24% 보다 높았으며 줄기보다 잎의 수분 함량이 더 높게 나타났다. 이러한 결과는 Kim 등(2001)이 보고한 초피와 민피의 수분 함량이 줄기보다 잎에서 더 높게 나타났다는 결과와는 일치하였다. 건조 방법에 따른 수분 함량은 온풍 건조한 것이 동결 건조한 것보다 높게 나타났다. 이것은 온풍 건조는 단시간에 표피 수분을 증발시켰기 때문에 건조한 피막을 형성하게 되어 내부 수분이 완전 건조되지 않았던 것으로 사료된다. 조단백질 함량은 온풍 건조시킨 잎이 1.99%로 가장 높았으며, 조지방의 함량은 동결 건조한 잎이 1.83%로 가장 높게 나타났다.

무기질 분석

채취된 함초 중의 무기질(Na, K, Ca, Fe, Mg) 함량을 조사한 결과는 다음 Table 2와 같았다. Na의 경우, 해안 함초에서 그 함량이 유의적으로 높게 나타나 이것은 바닷물의 Na 이온 농도에 의한 결과라 생각된다. K과 Mg의 경우 자생지에 관계없이 각 부위별로 거의 비슷한 함량을 보였으나, 해안 함초를 동결 건조한 시료가 온풍 건조한 시료보다 훨씬 높은 함량을 나타내었다. 이는 동결 건조한 시료의 수분함량이 온풍 건조한 시료의 수분함량보다 낮은 결과에서 기인한 것으

로 사료된다. Ca 함량은 해안 함초 뿌리보다 잎에서 2배 이상 높은 함량을 보이고 있다. 이는 Min 등(2002)이 함초의 Ca 함량은 뿌리보다 잎에서 약 10배 정도 많았다고 보고한 것과 유의적인 결과를 보였다. Fe 함량은 해안 함초의 뿌리 부분에서 월등히 높게 나타났으며 잎과 줄기의 Fe 함량은 시료간에 큰 차이를 보이지 않았다. 염생 식물 함초에는 Na, K, Mg, Ca, Fe 등 인체에 중요한 무기염류를 함유하고 있어 (Min et al., 2002) 유용한 식품 소재로 활용할 수 있을 것으로 생각된다.

식염 정량

함초는 다른 염생식물과 마찬가지로 독특한 짠맛을 가지면서도 일반 소금과는 달리 많이 먹어도 갈증이 나지 않는 특징이 있으므로 이러한 특성에 관여하는 성분의 정량적 비교(Lee et al., 1991)를 위해 함초 중의 NaCl 함량을 분석하여 Table 3에 나타냈다. 해안에서 채취한 함초는 동결 건조시킨 잎이 가장 높은 함량을 보여, 이는 구운 소금의 약 1/5에 미치는 20.19%의 식염 함량을 나타냈다. 해안에서 채취한 함초의 경우 역시 온풍 건조시킨 뿌리가 가장 낮은 3.40%를 나타냈다.

이와 같이 함초의 잎은 줄기보다 약 2배 정도 많은 NaCl을 함유하고 있었으며 해안에서 채취한 함초가 식염 함량이

Table 1. Proximate composition of *Salicornia herbacea* L.

(unit : %)

Samples ¹⁾	Crude fiber	Crude ash	Moisture	Crude protein	Crude lipid
OLC	73.31±0.13 ²⁾	25.77±0.60	7.1 ±0.61	1.99±0.03	1.77±0.07
OSC	73.43±0.04	16.69±0.22	5.51±0.34	1.22±0.02	0.85±0.09
ORC	73.61±0.38	7.46±0.09	6.51±0.38	0.68±0.01	0.74±0.04
FLC	74.06±0.14	27.71±0.19	6.24±0.34	1.93±0.02	1.83±0.10
FSC	74.11±0.08	14.49±0.17	5.19±0.21	0.95±0.02	0.63±0.03

¹⁾ OLC, Oven dried leaves from coastal region; OSC, Oven dried stems from coastal region; ORC, Oven dried roots from coastal region; FLC, Freeze dried leaves from coastal region; FSC, Freeze dried stems from coastal region.

²⁾ All data are mean±S.D. (n=3).

Table 2. Mineral contents of *Salicornia herbacea* L.

(unit : mg/100g)

Samples ¹⁾	Na	K	Mg	Ca	Fe
OLC	1037.93 ²⁾	1641.77	142.33	4712.81	20.35
OSC	1023.10	1214.06	206.16	3009.55	16.76
ORC	1036.63	1484.84	254.71	2401.05	130.97
FLC	1015.05	2212.79	136.90	4201.89	25.48
FSC	457.33	1402.75	232.24	2209.80	45.10

¹⁾ OLC, Oven dried leaves from coastal region; OSC, Oven dried stems from coastal region; ORC, Oven dried roots from coastal region; FLC, Freeze dried leaves from coastal region; FSC, Freeze dried stems from coastal region.

²⁾ All data are mean±S.D. (n=3).

전반적으로 높게 나타났다. 이러한 결과는 Lee 등(1999)의 염생식물과 비염생식물 체내의 Na 이온 함량 변화에서 염 농도가 높아질수록 Na이온의 함량이 증가되었다는 보고처럼 생육환경의 Na 이온 농도 차이에 따른 영향인 것으로 생각된다.

EM 합초 발효액의 지방 산패 억제 효과

EM 합초 발효액의 지방 산패 억제 효과를 알아보기 위해 TBA 방법으로 부위별로 따른 항산화 활성 차이를 비교하였다. Fig. 1에 나타난 바와 같이 모든 시료가 저장기간이 길어질수록 TBARS치가 증가하였다. 온풍 건조한 합초를 EM으로 발효액을 만든 뿌리가 2주간의 저장기간 동안 잎과 줄기보다 지방산패 억제 효과를 나타냈다. 저장 14일에는 대조구

의 TBARS치 0.48 MDA mg/kg 보다 뿌리 부분의 EM 합초 발효액이 0.09 MDA mg/kg를 나타내 5.3배 정도 강한 항산화 효과를 보였다. 잎과 줄기는 각각 0.13 MDAmg/kg과 0.19 MDA mg/kg을 보여 각각 대조구보다 3.7배와 2.5배의 항산화 효과를 나타냈다. 이러한 결과는 EM이 보유하고 있는 항산화 물질이 합초 자체의 항산화 효과를 더욱 증진시켜 나타난 결과로 생각된다. 이상에서와 같이 EM 합초 발효액은 저장하는 동안 지방의 산패를 억제하는 효과가 매우 우수한 것으로 나타났다. 그러나 항산화 활성을 나타내는 성분의 분리 및 동정에 관한 연구는 계속되어야 할 것으로 생각된다.

요 약

EM 합초 발효액의 항산화 효과에 대한 연구를 수행하였다. 합초의 무기질 함량은 Na의 경우 높은 함량을 나타냈으며 K와 Mg의 경우 자생지에 관계없이 각 부위별로 거의 비슷한 함량을 보였으나, 동결 건조한 시료가 온풍 건조한 시료보다 훨씬 높은 함량을 나타내었다. Ca 함량은 뿌리보다 잎에서 2배 이상 높은 함량을 보였으며, Fe은 합초의 뿌리에 많이 함유되어 있었다. 해안에서 채취한 합초의 동결 건조시킨 잎이 20.19%로 가장 높은 함량을 보여 구운 소금의 약 1/5에 미치는 식염 함량을 나타냈다. 합초의 뿌리 부분을 EM으로 발효시킨 EM 합초 발효액이 저장 14일에는 대조구보다 5.3배 정도의 항산화 효과를 나타냈다.

참고문헌

1. AOAC (1984) Official methods of analysis. 14th ed., Association of official Analytical Chemists, Washington DC.
2. Branen, A. L. (1975) Toxicology and biochemistry of butylated hydroxy anisole and butylated hydroxytoluene. *J. Amer. Oil Chem. Soc.* **52**, 59-62.
3. EM Research Organization. (1995) EM Application Manual for APNAN Countries. 1st ed., pp. 1-7.
4. Flowers, T. J., Troke, P. F., and Yeo, A. R. (1972) The mechanism of salt tolerance in halophytes. *Ann. Rev. Plant Physiol.* **28**, 89-121.
5. Greenway, H. and Munns, R. (1980) Mechanism of salt tolerance in nonhalophytes. *Ann. Rev. Plant Physiol.* **31**, 149-190.
6. Higa, T. (1995) Use of microorganisms in agriculture & their positive effects on environmental safety. *Nobunkyo* pp. 42-74.

Table 3. Contents of NaCl in *Salicornia herbacea* L. samples and roasted salt

Samples ¹⁾	NaCl (%)
Roasted salt	97.66±1.16 ²⁾
OLC	16.32±0.27
OSC	9.72±0.13
ORC	3.40±0.61
FLC	20.19±1.74
FSC	7.74±0.58

¹⁾ OLC, Oven dried leaves from coastal region; OSC, Oven dried stems from coastal region; ORC, Oven dried roots from coastal region; FLC, Freeze dried leaves from coastal region; FSC, Freeze dried stems from coastal region.

²⁾ All data are mean±S.D. (n=3).

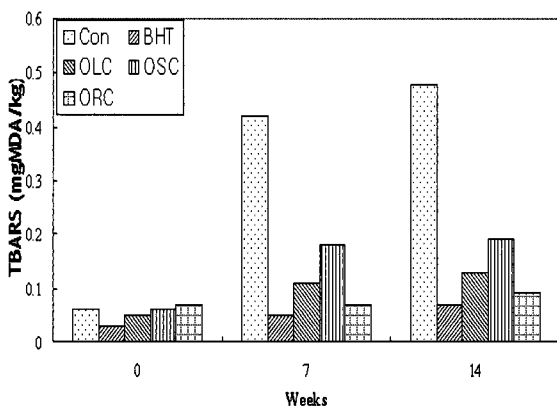


Fig. 1. Changes in TBARS values of meat treated with EM fermented *Salicornia herbacea* L. liquid during storage at 5°C. Con, Control; BHT, Butylated hydroxy toluene; OLC, Oven dried leaves from coastal region; OSC, Oven dried stems from coastal region; ORC, Oven dried roots from coastal region.

7. Higa, T. (1996) *An Earth Saving Revolution*. Sunmark Publishing Inc., Tokyo. in Japan.
8. Higa, T. (1998) The complete data EM encyclopedia. Sogo Unicom. pp. 182-237.
9. Jo, Y. C., Ahn, J. H., Chon, S. M., Lee, K. S., Bae, T. J., and Kang, D. S. (2002) Studies on pharmacological effects of glasswort (*Salicornia herbacea* L.). *Korean J. Medicinal Crop Sci.* **10**, 93-99.
10. Kim, C. S. and Song, T. G. (1983) Ecological studies on the halophyte communities at western and southern coasts in Korea. *K. J. Ecology* **6**, 167-176.
11. Kim, Y. D., Kang, S. K., Choi, O. J., Jung, H. S., Jang, M. J., Seo, J. S., and Ko, M. S. (2001) Changes in the chemical compositions of Chopi (*Zanthoxylum piperitum* DC.) according to varieties and picking date. *Korean J. Soc. Food Sci. Nutr.* **30**, 199-203.
12. Lee, B. M., Shim, S. I., Lee, S. G., Kang, B. H., Chung, I. M., and Kim, K. H. (1999) Physiological response on saline tolerance between halophytes and glycophytes. *Korean J. Environmental Agri.* **18**, 61-65.
13. Lee, B. H., Moon, Y. H., Jeong, B. C., Kim, K. S., and Ryu, S. N. (1991) Growth characteristics and it's potentiality of use of halophyte, *Suaeda asparagoides* Miq. *Korean J. Intl. Agri.* **23**, 256-261.
14. Min, B. M. (1990) On the accumulation of minerals with the plant species in a reclaimed land. *K. J. Ecology* **13**, 9-18.
15. Min, J. G., Lee, D. S., Kim, T. J., Park, J. H., Cho, T. Y., and Park, D. I. (2002) Chemical Composition of *Salicornia herbacea* L. *Korean J. Food Sci. Nutr.* **7**, 105-107.
16. SAS (1996) SAS/STAT Software for PC. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
17. Witte, V. C., Krause, G. F., and Bailey, M. E. (1970) A new extraction method for determining 2-thiobarbituric acid values of pork and beef during storage. *J. Food Sci.* **35**, 582-587.
18. Ju, H. K., Cho, H. K., Park, C. K., Cho, K. S., Chae, S. K., and M, S. J. (1992) Food analysis(II)-Analysis of mineral contents. Yrim Co., Seoul.

(2004. 8. 13. 접수 ; 2004. 9. 14. 채택)