

가열 및 비가열 처리 액젓으로 제조한 김치 추출물의 항산화 활성

강 현 우^{1,2} · 조 영 제^{1*}

¹부경대학교 식품공학과, ²영산대학교 한국식품조리학과

Antioxidant Activities of Extracts from Various *Kimchi* with Heat and Non-heat Treatment of Salt-Fermented Anchovies

Hyun Woo Kang^{1,2} and Young-Jae Cho^{1*}

¹Department of Food Science and Technology, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

²Department of Korean Food & Culinary Arts, Youngsan University, Busan 612-080, Korea

Abstract

The free radical scavenging activities of extracts from *kimchi*, as well as various antioxidant activities, such as 2,2-azino-bis-(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) (ABTS) radical scavenging activity, and ferric reducing antioxidant power (FRAP) were examined. Specifically, the ABTS radical scavenging and FRAP activities of ethanolic extracts from *kimchi* (*kimchi* with non-treated salt fermented anchovy, treated non-heat salt fermented anchovy, treated heat salt fermented anchovy and commercial salt-fermented anchovy) were 0.749±0.26, 0.895±0.15, 0.758±0.12, and 0.769±0.02 mM Trolox eq./mg extract and 0.727±0.11, 0.901±0.03, 0.811±0.17, and 0.843±0.16 mM FeSO₄ eq./mg extract, respectively. In addition, the antioxidant activity of extract from *kimchi* was estimated *in vivo*. Mice were randomly divided into six groups (n=6), and treated with LPS for 10 days, which resulted in lower antioxidant capacities as well as increased aspartate aminotransferase (AST) and alanine aminotransferase (ALT) values in the blood serum. Furthermore, antioxidant enzymes (catalase and superoxide dismutase) in blood serum increased in the presence of the *kimchi*. The present results reveal antioxidant activities from *kimchi* and encourage their application for the food industry and cooking.

Key words : Antioxidant activity, *kimchi*, extract, *in vitro*, *in vivo*.

서 론

산화적 스트레스를 유발하는 물질인 lipopolysaccharide (LPS)는 세포벽에 존재하는 그람음성균의 일종으로 inducible nitric oxide synthase(iNOS)의 유전자를 활성화시켜 nitric oxide (NO)의 생성을 증가시킨다(Dantzer *et al* 1998). NO가 과생성될 때 Ca²⁺의 농도 증가로 인해 superoxide anion(O₂⁻)과 hydrogen peroxide가 같이 생성되며, 산화력이 강한 OH⁻로 연쇄반응을 일으킨다(Halliwell B 1990). 이 때 발생한 자유 라디칼(free radical)은 전자가 부족하여 짝을 이룰 수 없게 되는 현상을 말하며, 짝을 이루지 못한 전자를 하나 이상 가지고 있는 분자라고 정의된다. 반응성이 강한 자유 라디칼은 생체 내에서 과도하게 발생되거나 균형이 깨질 때 세포나 조직이 손상을 받게 되는데, 이는 지질을 산화시키고 단백질의 변성을 일으켜 세포막 파괴와 DNA 손상에 의한 백내장, 당뇨병, 각종 염증 유발, 신경 질환 및 암 발병의 원인이 되

기도 한다(Gurpreet *et al* 2006). 최근에는 이러한 자유 라디칼을 억제하는 항산화 효능이 우수한 물질을 식품이나 천연물에서 얻고자 하는 연구가 다양하게 수행되고 있다(Halliwell *et al* 1992). 이미 알려져 있는 항산화성 물질에는 합성 항산화제와 천연 항산화제 등이 있으나, 보다 안전하고 생체 방어력을 증가시킬 수 있는 강한 항산화제에 대한 요구는 점차 증가하는 추세이다(Cho *et al* 2008, Lee *et al* 2008). 또한, 건강에 대한 욕구의 증대와 소득의 향상으로 인공 합성품은 가급적 사용을 꺼리는 추세이며, 이에 따라 많은 연구자들은 안전성 확보를 우선으로 하는 질병에 대한 예방 및 치료가 동시에 가능한 천연 항산화제 개발에 초점을 두고 연구가 이루어지는 실정이다(Kim *et al* 1999, Aruoma OI 1994). 본 연구에 사용한 김치는 주재료가 배추로써, 배추는 대부분 수분으로 구성되어 있고, 칼슘과 비타민이 풍부하다. 특히, 비타민 C가 다량 함유되어 있으며, 특히 isothiocyanate은 항암의 주 활성성분으로 알려져 있다(Hyun *et al* 2004). 일반적으로 배추의 효능은 민간과 한방에서 감기 예방 및 치료, 화상 치료, 갈증 해소, 소화 촉진 등의 효과가 알려져 있으며, 배추에 대한 연구로는 배추의 이화학적 특성(Park & Kim 1985),

* Corresponding author : Young-Jae Cho, Tel: +82-51-629-5826, Fax: +82-51-629-5824, E-mail: yjcho@pknu.ac.kr

가공 적성(Kim *et al* 2000), 저장 기술 개발(Kim & Rhee 1985), 김치의 제조(Kang *et al* 1999), 생리활성(Kim *et al* 2000, Jeon *et al* 1999, Cha & Oh 2000, Kim *et al* 2005) 등이 보고되었다. 또한, hydroxyl benzoic acid, hydroxyl cinamic acid, keampferol, quercetin과 같은 생리활성이 우수한 플라보노이드가 다량 포함되어 있다고 알려져 있다(Ku *et al* 2007, Song YO 2004, Cheigh & Park 1994, Penman & Sanderson 1972). 김치는 이러한 배추를 이용하여 제조하는 우리나라 전통 발효 식품으로, 한국인의 식생활에 중요한 위치를 차지하고 있으며, 다소비 식품으로 국민 건강 유지에 크게 이바지하고 있다(Kim JS 2002, Kim *et al* 2004, Yoon SS 1992). 최근에는 김치가 항암, 비만 방지, 동맥경화 억제, 항균, 변비의 치료 등 건강식품으로 주목을 받고 있고, 김치를 이용한 생리활성에 관한 연구가 활발히 진행 중이다(Kim & Kim 2002, Kim *et al* 2004). 김치의 감칠맛을 부여하는 보조적인 역할을 하는 천연 조미료인 액젓은 식품에 첨가하였을 때 맛을 향상시켜 주는 반면에, 가공 공정 및 유통 저장에 문제가 있는 경우 불쾌치 등을 야기한다. 우리나라는 새우와 멸치 등의 해양생물을 이용한 액젓이 대표적이지만, 이러한 원료는 매우 쉽게 변질되며, 공정 조건에 따라 품질에도 차이가 난다(Do *et al* 1993). 본 연구에서는 멸치를 이용한 액젓으로 제조한 김치를 통해 항산화 활성을 분석하였는데, 멸치는 높은 생리활성 효과와 콜레스테롤 함량을 낮출 뿐 아니라, 혈압을 정상적으로 유지하고, 성장과 피로 회복에 탁월한 타우린이 풍부한 것으로 보고되었다(Cho & Rhee 1979). 이것은 다양한 유리아미노산이 멸치에 다량 포함되어있기 때문이지만, 반면에 단백질 분해효소 및 고도 불포화 지방산이 다량 함유하고 있어, 대기 중에서 쉽게 산패가 진행되는 문제를 가지고 있다(Kang & Cho 2013).

따라서 본 연구에서는 가열 및 비가열 처리 액젓으로 제조한 김치의 추출물을 이용하여 항산화 활성을 확인함으로써 액젓의 제조 조건에 따른 김치의 항산화 및 차이점을 제시하고, 최적조건의 김치를 이용한 기능성 소재 개발을 통한 기초자료를 제공함으로써 국민 건강에 이바지하고자 한다.

재료 및 방법

1. 실험 재료

액젓은 기장에서 어획된 멸치를 빙장 상태로 실험실로 이동 후, 무게 대비 식염 24%를 가하여 용기에 햇볕이 들지 않은 상온에서 12개월 숙성 후 여과시킨 멸치액젓을 이용하였다. 여과 후 가열 처리군과 비가열 처리군으로 나누어 시료로 사용하였으며, 가열 처리군은 멸치액젓을 80℃로 30분 가열한 다음 20분간 온도를 유지하였다. 가열 처리가 완료된 액젓은 실온에서 냉각시킨 후 일반 배추에 첨가하여 김치를

제조하였다. 김치는 액젓을 첨가하지 않고 담근 김치, 비가열 액젓을 사용하여 담근 김치, 가열 액젓을 사용하여 담근 김치 그리고 시중에 판매되는 제조한 액젓을 첨가하여 담근 김치로써 모두 2010년에 제조하였고, 첨가된 양념 및 조미료로는 배추(1 kg), 마늘(20 g), 생강(10 g), 고춧가루(70 g), 설탕(15 g), 그리고 액젓(60 g)으로 모든 조건을 동일하게 하였으며, 3% 소금물에 3시간 동안 절인 후 1시간의 탈수를 하였고, 액젓을 넣지 않은 군은 소금으로 액젓과 동일한 염도로 제조하여 액젓 첨가 김치와 동일 조건으로 제조하였다. 담가진 김치는 공기가 순화하지 않는 플라스틱 용기에 넣어 보관하였고, 숙성 기간을 동일하게 맞추기 위하여 10~15℃에서 20일간 숙성하였다(Ko *et al* 2004). 본 실험에 사용된 시료 추출을 위한 용매는 에탄올을 사용하였으며, 추출은 동결 건조를 수행한 21일간 숙성시킨 김치 1.0 kg에 에탄올 2.0 L를 첨가하여 상온에서 6시간씩 3회 반복 추출하였다. 추출물은 여과지(No. 11, Whatman, Maidstone, England)로 잔재물을 제거한 후, rotary vacuum evaporator(N-1001S-W, Eyela, Japan)로 농축하고 동결 건조하였다. 이 후 시료를 -20℃에 보관하여 사용하였고, 실험을 진행하기 전 0.45 µm 실린지 필터(Minisart®, Sartorius stedim biotech, Germany)로 김치액을 여과하였다.

2. 실험 방법

1) ABTS 라디칼 소거 활성

항산화 활성 측정은 Kim *et al*(2011)의 방법을 응용하였다. 7.0 mM ABTS 용액에 potassium persulfate를 2.4 mM이 되도록 용해시킨 다음, 암실에서 12~16시간 동안 반응시켰다. 이를 414 nm에서 흡광도가 1.5가 되도록 증류수로 조정 한 후 3.0 mL를 취하고, 추출물 1 mg/mL 중에서 1 mL를 혼합하여 실온에서 10분간 반응시킨 후, UV spectrophotometer(Cary 50, Varian Inc., Australia)를 이용하여 414 nm에서 흡광도를 측정하여 ABTS 라디칼 분석 단위인 mM Trolox eq./mg extract로 표시하였다.

2) FRAP을 이용한 항산화력 측정

FRAP 측정은 Benzie & Strain(1999)의 방법을 응용하였다. 즉, 300 mM acetate buffer(pH 3.6), 40 mM HCl에 용해한 10 mM TPTZ 및 20 mM FeCl₃ · 6H₂O를 각각 10:1:1 (v/v/v)의 비율로 혼합하여 FRAP 시약을 제조하였다. 이어서 김치 추출물의 양이 1 mg이 되도록 희석한 시료액 0.15 mL와 3.0 mL의 FRAP 시약을 혼합하고, 37℃에서 5분간 반응시킨 후 593 nm에서 흡광도를 측정하였다(Sunrise™, Tecan Trading AG, Switzerland). 결과는 FeSO₄ · 7H₂O를 표준물질로 하여

mM FeSO₄ eq./mg extract으로 표시하였다(Kim *et al* 2011).

3) 혈액 분석

4주령의 Balb/c female을 Samtaco Bio Korea(Osan, Korea)로부터 구입했다. 마우스를 12시간 동안 dark-light cycle에 적응을 시키고, 25±2°C로 조절된 상태에서 실험 시작 전 7일간의 적응기를 가졌다. 마우스는 무작위로 6그룹으로 나누었고(n=6), 하루에 한번 김치 추출물을 10일간 경구 투여하였다. 각 그룹은 액젓을 첨가하지 않고 담근 김치를 처리한 그룹, 비가열 액젓을 사용하여 담근 김치를 처리한 그룹, 가열 액젓을 사용하여 담근 김치를 처리한 그룹, 그리고 시중에 판매되는 액젓을 첨가하여 담근 김치를 처리한 그룹으로 100 mg/kg의 농도를 제조하여 2.0 mL/kg/day 용량으로 처리하였고, 산화적 스트레스는 LPS는 3 mg/kg의 농도를 1.0 mL/kg/day로 시료 처리하기 1시간 전에 복강 내 투여하였다(Table 1). 절식시킨 마우스는 4시간 후 마취하고 희생시켜 혈액을 채취하여 2,000 g로 10분간 원심분리 하였고, 얻어진 serum을 정량한 후 효소 측정 kit를 이용하여 안산제약주의 분석방법에 따라 AST, ALT를 분석하였다. 효소의 활성은 혈청 mL당 Karmen unit로 표시하였다(Kim *et al* 2007, Lee *et al* 2012, Lim *et al* 2007).

4) 항산화 효소 활성 분석

CAT를 측정하기 위해 혈액을 원심분리하여 얻어진 serum을 정량한 후, 1×assay buffer(50 mM potassium phosphate, pH 7.0) 75 µL에 colorimetric assay substrate(200 mM H₂O₂) 용액 25 µL를 넣어주어 잘 섞어준 후, stop solution(15 mM sodium azide in water)을 900 µL에서 10 µL만 취해서 color reagent(150 mM potassium phosphate buffer에 0.25 mM 4-aminoantipyrine과 2 mM 3,5-dichloro-2-hydroxybenzenesulfonic acid를 혼합) 1 mL와 혼합하여 15분간 방치 후 520 nm에서 측정하였다. 또한 SOD의 분석은 CAT와 같은 방법으로 serum을 정량하고, 김치 추출물의 kit 내 water-soluble tetrazolium salt(WST)와 enzyme 용액에 반응시킨 뒤, 20분간 상

온에 방치한 후 450 nm에서 흡광도를 측정하여 xanthine oxidase의 억제를 통한 SOD 활성도를 구하였으며, 3회 반복 측정하여 평균값으로 하였다(Lee *et al* 2012).

5) 통계분석

모든 결과는 3회 반복 측정 후 평균±표준편차로 나타내었으며, 유의성 검증은 Window용 SPSS 12.0 version으로 paired t-test, one way ANOVA를 수행하였으며, Duncan's new multiple range test로 사후 검증하였다.

결과 및 고찰

1. ABTS 라디칼 소거 활성

ABTS 라디칼 소거 활성을 위해 항산화 측정 정도 비교법의 하나인 TEAC assay를 수행하였다. TEAC assay는 혈장이나 혈청의 항산화 효과뿐만 아니라, 식물성 화학물질(phytochemicals)의 항산화 효과 측정에 현재 가장 광범위하게 사용되고 있는데, 이 방법은 ABTS가 양이온 라디칼을 소거하는 항산화제의 능력을 평가한다. 다양한 김치 에탄올 추출물에 대한 항산화 효과를 비교한 결과는 Table 2와 같이 항산화 효과에 약간의 차이를 보였다. 액젓을 첨가하지 않고 담근 김치, 비가열 액젓을 사용하여 담근 김치, 가열 액젓을 사용하여 담근 김치 그리고 시중에 판매되는 액젓을 첨가하여 담근 김치에서 각각 0.749±0.26, 0.895±0.15, 0.758±0.12, 그리고 0.769±0.02 mM Trolox eq./mg extract로 비가열 처리 액젓이 첨가된 김치가 가장 높은 수치를 나타내었다. 이것은 김치 부재료인 액젓의 제조 조건에 따라 최종 제품인 김치의 항산화 활성에 어느 정도 영향을 미칠 수 있다는 것을 보여주는 것으로 판단된다. Lee & Cheigh(1996)의 연구에서는 김치의 물 추출물, 메탄올 추출물, 그리고 에테르 추출물을 2.5% 농도로 첨가하여 항산화 활성을 확인하였을 때, 대조구에서는 시간에 따라 산화가 현저하게 진행된 반면, 김치의 물 추출물과 메탄올 추출물 첨가구에서 산화 생성 억제 효과가 우수하였으며, 김치에 존재하는 수용성 또는 지용성의 항

Table 1. Experimental design of mice

	7 to 14 day (dose of sample)	15 to 25 day (dose of sample)
Normal ¹⁾	2.0 mL/kg/day of 1.0% saline, ip	1.0 mL/kg/day of 1.0% saline, ip ²⁾
Control	2.0 mL/kg/day of 1.0% saline, ip	1.0 mL/kg/day of LPS, ip
Kimchi treatment	2.0 mL/kg/day of 1.0% saline, ip	2.0 mL/kg/day of various kimchi extract, oa with 1.0 mL/kg/day of LPS, ip

¹⁾ Normal: normal group, Control: LPS-treated group, kimchi treatment: various kimchi posttreated and LPS-pretreated group.

²⁾ ip: intraperitoneally, oa: oral administration.

Table 2. Antioxidant activities of kimchi

	TEAC ¹⁾ (mM Trolox eq./mg extract)	FRAP (mM FeSO ₄ eq./mg extract)
Non treated kimchi	0.749±0.26 ^{2)a3)}	0.727±0.11 ^a
Kimchi of salt fermented anchovy (non-heat)	0.895±0.15 ^b	0.901±0.03 ^b
Kimchi of salt fermented anchovy (heat)	0.758±0.12 ^a	0.811±0.17 ^a
Kimchi of salt fermented anchovy (commercial)	0.769±0.02 ^a	0.843±0.16 ^b

¹⁾ TEAC: Trolox equivalent antioxidant capacity, FRAP: Ferric reducing antioxidant power.

²⁾ Values represent means±S.D. (n=3).

³⁾ ^{a,b} Values with different alphabets are significantly different at $p<0.05$ as analyzed by Duncan's multiple range test.

산화 물질로는 ascorbic acid, carotenoids, chlorophylls, flavonoids 등이라고 보고하였다. 그러나 본 연구와 같이 김치를 이용한 항산화 효능 평가 중 ABTS 라디칼의 소거 활성에 관한 연구는 전무하기 때문에 본 연구 결과가 김치에 대한 항산화 활성에 관한 중요한 기초자료를 제공할 것으로 판단되고, 추후 김치에 포함되어 있는 항산화 지표 물질을 이용한 ABTS 라디칼의 소거 활성에 관한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

2. FRAP을 이용한 항산화력 측정

FRAP assay는 철이 환원되는 것을 바탕으로 항산화력을 측정하는데, pH 3.6에서 ferric(Fe³⁺) TPTZ complex가 ferrous(Fe²⁺) 형태로 환원될 때 발생하는 청색파장을 593 nm에서 측정하여 환원력을 계산하는 방법으로 라디칼 소거 방식의 항산화 측정법과는 다른 메커니즘의 항산화 측정법이다. Table 2와 같이 에탄올 추출물 모두 높은 활성을 확인하였으며, 그 중에서 비가열 액젓으로 제조한 김치 추출물이 항산화 활성이 가장 우수하였다. 액젓을 첨가하지 않고 담근 김치, 비가열 액젓을 사용하여 담근 김치, 가열 액젓을 사용하여 담근 김치 그리고 시중에 판매되는 액젓을 첨가하여 담근 김치에서 각각 0.727±0.11, 0.901±0.03, 0.811±0.17, 그리고 0.843±0.16 FeSO₄ eq./mg extract를 나타내었으며 또한, ABTS 결과와 유사하게 첨가 액젓의 가열 처리 유무에 따라 약간의 변화를 나타내었다. 일반적으로 김치에 첨가되는 부재료들이 항산화 활성과 밀접한 관계가 있다고 알려져 있는데, 이는 김치에 첨가되는 재료, 즉 chlorophyll 화합물, pectin, polyphenol 성분 등이 각각 생화학적 변화를 하고 있는 것으로 알려져 있다(Choi YS 1999). 이와 같은 결과를 토대로 김치는 자체적으로도 항산화 활성이 우수하면서 김치의 첨가되는 액젓의 열처리에 따라 생리활성이 다르기 때문에, 앞으로 본 연구에서도 가열 및 비가열 처리 액젓을 첨가한 김치에 대한 항산화 활성에 직접적으로 관여하는 단일 지표 성분 분

석에 관한 추가 연구가 필요할 것으로 사료된다.

3. 혈액 분석

AST 및 ALT는 간세포에 존재하는 효소로, 각 효소의 측정치는 간세포의 염증 정도를 판단하는 기준이 된다. 본 실험은 산화적 스트레스로 인하여 손상을 받은 마우스에 김치 추출물을 급여하였을 때 미치는 영향을 AST와 ALT 효소 활성을 통해 비교하였다. 산화적 스트레스를 받은 마우스는 AST(28.5 Kamen/mL)와 ALT(4.5 Kamen/mL)의 수치가 급격히 증가한 것에 반해 가장 우수한 김치 추출물인 비가열 처리 액젓 첨가 김치 추출물 군에서는 AST와 ALT 수치가 19.5 및 2.3 Kamen/mL로써 그 활성이 현저히 감소한 것을 확인하였다(Fig. 1, 2). 특히 ALT의 경우 약 50% 활성이 감소하였다. 기존의 Hwang JW(1999)은 동일한 조건의 일반적인 부재료를 이용하여 담근 김치를 동결건조한 후, 극성차에 의한 용매로 분획하여 물, 디클로로메탄, 에틸아세테이트, 헥산, 부탄올 등의 획분을 얻었으며, 이 용매 추출물들이 고콜레스테롤 식이를 급여한 토끼의 생체 지질에 미치는 연구를 수행하였을 때, 토끼의 혈장으로부터 추출물의 항산화 효과에 대한 모든 김치 분획물에서 대조군에 비해 산화 생성물 함량이 낮았고, 특히 디클로로메탄 분획물이 가장 효능이 우수하다고 보고하였다. 이는 우리의 연구와 동물 모델에서 유사한 항산화 활성의 결과를 확인하였고, 본 실험에서 사용한 에탄올 추출 외에 다른 유기용매를 이용한 최적의 추출 조건 확립이 필요할 것으로 사료된다.

4. 항산화 효소 활성 분석

김치 추출물을 급여한 마우스의 blood serum으로부터 CAT와 SOD의 활성은 Fig. 3, 4에 나타내었다. SOD는 아무 처리를 하지 않은 그룹과 비교하여 김치 추출물을 급여한 마우스에서 활성이 모두 20% 이상 증가한 것을 확인하였고, 특히 비가열 처리 액젓이 첨가된 김치 추출물 군에서 활성이

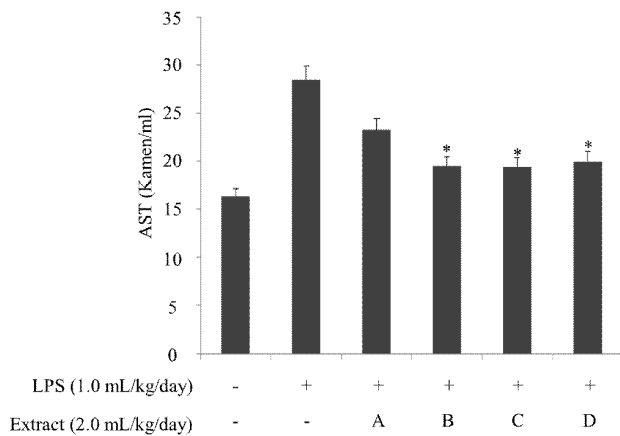


Fig. 1. Effect of AST in mice blood serum.

A; non treated *kimchi*, B; *kimchi* of salt fermented anchovy (non-heat), C; *kimchi* of salt fermented anchovy(heat), D; *kimchi* of salt fermented anchovy(commercial). * ($p < 0.05$) are significantly different as analyzed by paired *t*-test that compared the oxidative stress group with the *kimchi* extract treated group.

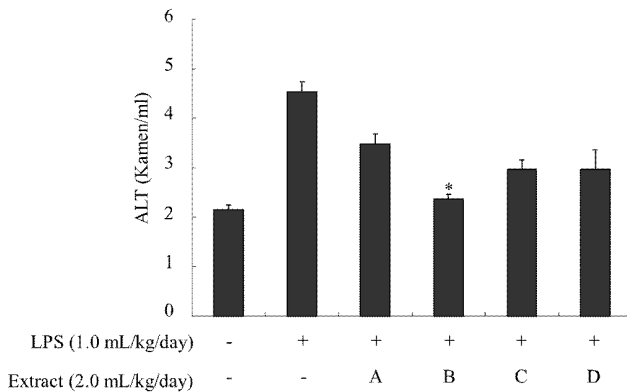


Fig. 2. Effect of ALT in mice blood serum.

A; non treated *kimchi*, B; *kimchi* of salt fermented anchovy (non-heat), C; *kimchi* of salt fermented anchovy(heat), D; *kimchi* of salt fermented anchovy(commercial). * ($p < 0.05$) are significantly different as analyzed by paired *t*-test that compared the oxidative stress group with the *kimchi* extract treated group.

가장 우수한 것을 확인하였다. CAT 활성에서는 무처리 그룹과 비교하였을 때 비가열 처리 액젓이 첨가된 김치 추출물에서는 약 3배 이상의 활성을 나타냈다. 이와 같은 결과로 김치 섭취 그룹에서 항산화 효소의 활성이 상승한 것은 김치가 생체 내에서 항산화 효소계의 활성을 직, 간접적으로 조절하는 것으로 사료된다. Hur *et al*(2000)은 김치의 열수 추출, 메탄올 추출, 헥산 추출물 중 3주간 발효한 김치의 헥산 추출물이 쥐의 간에서 MDA 생성을 유의적으로 저해하였다고 보고하였고, 항산화 효소인 glutathione S-transferase 활성 역시 증가시켰다고 발표하였다.

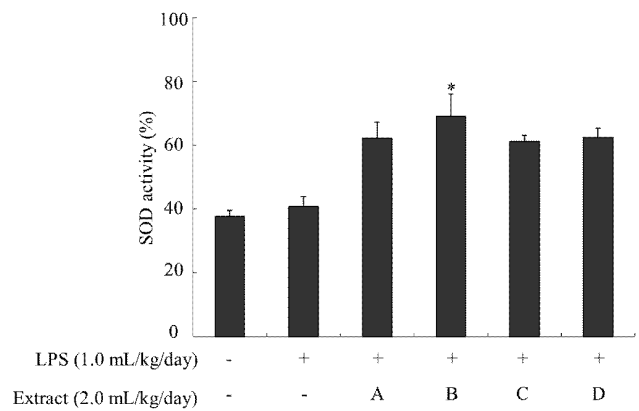


Fig. 3. SOD activity in mice blood serum.

A; non treated *kimchi*, B; *kimchi* of salt fermented anchovy (non-heat), C; *kimchi* of salt fermented anchovy(heat), D; *kimchi* of salt fermented anchovy(commercial). * ($p < 0.05$) are significantly different as analyzed by paired *t*-test that compared the oxidative stress group with the *kimchi* extract treated group.

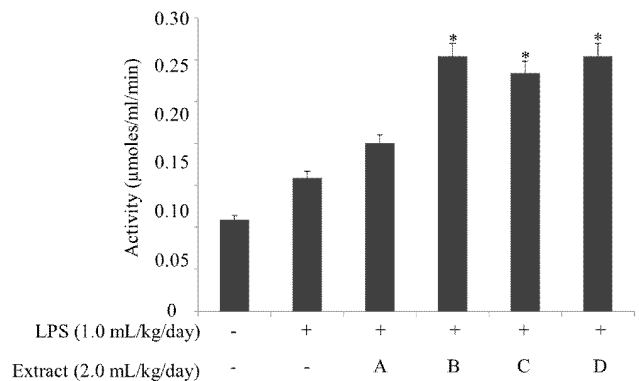


Fig. 4. CAT activity in mice blood serum.

A; non treated *kimchi*, B; *kimchi* of salt fermented anchovy (non-heat), C; *kimchi* of salt fermented anchovy(heat), D; *kimchi* of salt fermented anchovy(commercial). * ($p < 0.05$) are significantly different as analyzed by paired *t*-test that compared the oxidative stress group with the *kimchi* extract treated group.

기준에 김치를 이용한 지질 산패도 측정에 관한 연구 결과에서는 김치는 지질에 대하여 산패에 대한 높은 억제 효과를 입증한 결과가 보고되어 있고(Rina Y 1995), 또한, 김치의 유기용매 추출물이 linoleic acid와 반응시켜 산화 반응에 대한 항산화 효과를 비교한 결과, 반응 시간이 경과함에 따라 김치의 열수 및 메탄올 추출물 첨가 그룹에서 대조 그룹과 비교하여 과산화물의 생성에 대한 저해 효과가 현저하게 나타났으며, 다른 유기용매 추출물에서도 상당히 높은 항산화 효과가 있다고 보고되었고, 이는 김치에 첨가되어 존재하는 수용성 및 지용성 물질에 의해 지질의 산화 반응으로 인한

과산화물의 생성을 저지하는 항산화성을 나타낸다고 보고하였다(Choi YS 1999). Ryu *et al*(2003)의 연구에서는 동물 모델을 이용하여 6주간 일반 사료에 3, 5, 그리고 10%의 김치를 첨가하여 급여한 결과에서 SOD와 glutathione peroxidase (GPx)의 활성을 유의적으로 증가시켜 김치 식이가 생체 내 항산화 효소계에 영향을 미치는 것을 확인하였다. 이처럼 김치를 이용한 항산화 연구는 현재까지 활발히 수행되는 반면에 김치의 첨가물인 액젓의 공정 변화에 따른 항산화 활성에 관한 연구는 미비하기 때문에, 본 연구에서 그 차이점을 밝히고자 하였으며, 가열 처리한 액젓 첨가 김치보다 비가열 처리한 액젓 첨가 김치의 항산화 활성이 높은 것은 가열 시 사멸되는 미생물에 영향을 받는 것으로(Yoo EJ 2004), 공정의 조절을 통한 생리활성이 우수한 김치를 제조하는데 필요한 기초자료를 제공할 수 있을 것으로 판단된다.

요약 및 결론

김치는 한국의 고유한 발효식품으로 독특한 향과 감칠맛 등을 함유하고 있어 식용 증진 및 비타민, 무기질 외에 유용성분의 우수한 급원이다. 따라서 김치가 내포하는 기성성과 영양성을 고려할 때 한국인의 식생활에서 매우 중요한 위치를 차지하고 있다. 또한, 김치는 다양한 항산화 관련 물질이 존재하고 있지만, 첨가되는 재료의 처리에 따른 항산화성에 대하여 연구가 미흡한 실정이다. 이에 본 연구는 가열 및 비가열 처리를 한 멸치 액젓으로 담근 김치를 이용하여 항산화에 대한 특성을 확인하고자 ABTS 라디칼 소거 활성 및 FRAP 항산화능을 분석하였다.

액젓을 첨가하지 않은 김치, 비가열 처리 액젓을 첨가한 김치, 가열 처리 액젓을 첨가한 김치 그리고 시판 중인 액젓을 첨가한 김치에 대하여 ABTS 라디칼 소거 활성은 각각 0.749 ± 0.26 , 0.895 ± 0.15 , 0.758 ± 0.12 , 그리고 0.769 ± 0.02 mM Trolox eq./mg extract를 나타내었고, FRAP 항산화능은 0.727 ± 0.11 , 0.901 ± 0.03 , 0.811 ± 0.17 , 그리고 0.843 ± 0.16 mM FeSO₄ eq./mg extract를 확인하였다. 또한 동물 모델을 이용하여 LPS 투여에 대한 김치 추출물의 AST 및 ALT 수치가 모든 군에서 우수하였지만, 특히 비가열 처리 액젓을 첨가한 김치 추출물에서 가장 높았으며, 항산화 효소인 CAT와 SOD에서도 비가열 처리 액젓을 첨가한 김치 추출물이 유의적으로 가장 우수하였다.

이상의 연구 결과, 가열 및 비가열 처리를 한 멸치 액젓으로 제조한 김치에 대하여 *in vitro*, *in vivo*에서 각 그룹 간에 항산화 활성 차이를 확인하였으며, 본 결과는 첨가물인 액젓 조건을 최적화 하여 생리활성이 우수한 김치를 제조할 수 있고, 이러한 김치에 대한 식품으로써 중요한 기초 자료가 될 것으로 기대된다.

문헌

- Aruoma OI (1994) Nutrition and health aspects of free radicals and antioxidants. *Food Chem Toxicol* 62: 671-683.
- Benzie IFF, Strain JJ (1999) Ferric reducing/antioxidant power assay: direct measure of total antioxidant activity of biological fluids and modified version for simultaneous measurement of total antioxidant power and ascorbic acid concentration. *Methods Enzymol* 299: 15-27.
- Cha YS, Oh SH (2000) Investigation of γ -aminobutyric acid in Chinese cabbage and effects of the cabbage diets on lipid metabolism and liver function of rats administered with ethanol. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 29: 500-505.
- Cheigh HS, Park KY (1994) Biochemical, microbiological, and nutritional aspects of kimchi (Korean fermented vegetable products). *Crit Rev Food Sci Nutr* 34: 175-203.
- Cho YJ, Ju IS, Chun SS, An BJ, Kim JH, Kim MU, Kwon OJ (2008) Screening of biological activities of extracts from *Rhododendron mucronulatum* Turcz. flowers. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 37: 276-281.
- Cho Y, Rhee HS (1979) A study on flavourous taste components in kimchis. *Korean J Food Sci Technol* 11: 26-31.
- Choi YS (1999) Antioxidative activity of mustard leaf kimchi with optional ingredients. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 29: 1003-1008.
- Dantzer R, Bluthé RM, Gheusi G, Cremona S, Laye S, Parnet P, Kelley KW (1998) Molecular basis of sickness behavior. *Annals NY Acad Sci* 856: 127-134.
- Do SD, Lee YM, Chang HG (1993) The study on kinds and utilities of jeot-kal(fermented fish products). *Korean J Soc Food Sci* 9: 222-229.
- Gurpreet K, Sarwar A, Zoobi J, Kaleem J, Mohammad A (2006) Evaluation of antioxidant activity of *Cassia siamea* flowers. *J Ethnopharmacol* 108: 340-348.
- Halliwell B (1990) How to characterize a biological antioxidant. *Free Radic Res Commun* 9: 1-13.
- Halliwell B, Gutteridge JMC, Cross CE (1992) Free radicals, antioxidants and human disease: where are we now? *J Lab Clin Med* 119: 598-620.
- Hur YM, Kim SH, Choi JW, Park KY (2000) Inhibition of tumor formation and changes in hepatic enzyme activities by kimchi extracts in Sarcoma-180 cell transplanted mice. *J Food Sci Nutr* 5: 48-53.
- Hwang JW (1999) The effect of solvent fractions of kimchi on plasma lipid concentration of rabbit fed cholesterol diet. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 29: 204-210.

- Hyun YH, Koo BS, Song JE, Kim DS (2004) *Food materials*. Hyungseul, Daegu. pp 152-153.
- Jeon YS, Kye IS, Cheigh HS (1999) Changes of vitamin C and fermentation characteristics of kimchi on different cabbage variety and fermentation temperature. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 28: 773-779.
- Kang EJ, Jeong ST, Lim BS, Jo JS (1999) Quality changes in winter Chinese cabbage with various storage methods. *Korean J Postharvest Sci Technol* 6: 173-178.
- Kang HW, Cho YJ (2013) Characteristics of salt fermented anchovies with heat treatment. *J East Asian Soc Dietary Life* 2: 92-97.
- Kim EM, Kim YJ, Jeong MK (2004) Preference and eating activities of Chinese for traditional Korean kimchi. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 33: 1641-1645.
- Kim GH, Kang JK, Park HW (2000) Quality maintenance of minimally processed Chinese cabbage for kimchi preparation. *J Kor Soc Food Sci Nutr* 29: 218-223.
- Kim HK, Lee GD, Kwon JH, Kim KH (2005) Monitoring on extraction yields and functional properties of *Braccia oleacea* var. *capita* extracts. *Food Sci Biotechnol* 14: 836-840.
- Kim ID, Kang KS, Kwon RH, Yang JO, Lee JS, Ha BJ (2007) The effect of *Rubus coreanum* Miquel against lipopolysaccharide-induced oxidative stress and lipid metabolism. *J Fd Hyg Safety* 22: 213-217.
- Kim JS (2002) Strategies for kimchi. *Food Distribution Research* 19: 91-101.
- Kim SH, Kim JO (2002) A study on the strategy to promote export for Korean kimchi business to Japan. Collection of treatises, Mokwon University 42: 313-340.
- Kim SY, Ryu KS, Lee WC, Ku HO, Lee HS, Lee KR (1999) Hypoglycemic effect of mulberry leaves with anaerobic treatment in alloxan-induced diabetic mice. *Korean J Pharmacogn* 30: 123-129.
- Kim YS, Lee SJ, Hwang JW, Kim EH, Park PJ, Jeon BT (2011) Antioxidant activity and protective effects of extracts from *Helianthus tuberosus* L. leaves on t-BHP induced oxidative stress in Chang cells. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40: 1525-1531.
- Kim YS, Lee SJ, Hwang JW, Kim EH, Park PJ, Jeong JH (2011) Antioxidant activities of extracts from *Ligustrum ovalifolium* H. leaves. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40: 1642-1647.
- Kim YS, Rhee HS (1985) The changes of chlorophylls in blanched and fermented Chinese cabbage. *Korean J Soc Food Sci* 1: 27-32.
- Ko YT, Hwang JK, Baik IH (2004) Effects of jeotkal addition on quality of kimchi. *Korean J Food Sci Technol* 36: 123-128.
- Ku HS, Noh JS, Kim HJ, Cheigh HS, Song YO (2007) Antioxidant effects of sea tangle added Korean cabbage kimchi in vitro and in vivo. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 36: 1497-1502.
- Lee MA, Choi HJ, Kang JS, Choi YW, Joo WH (2008) Antioxidant activities of the solvent extracts from *Tetragonia tetragonioides*. *Journal of Life Science* 18: 220-227.
- Lee SJ, Kim YS, Hwang JW, Kim EK, Moon SH, Jeon BT, Jeon YJ, Kim JM, Park PJ (2012) Purification and characterization of a novel antioxidative peptide from duck skin by-products that protects liver against oxidative damage. *Food Research International* 49: 285-295.
- Lee YO, Cheigh HS (1996) Antioxidant activity of various solvent extracts from freeze dried kimchi. *Journal of Life Science* 6: 66-71.
- Lim BO, Jeong YJ, Park MH, Kim JD, Hwang SJ, Yu BP (2007) Immunoregulatory effects of saengshik on DSS induced inflammatory bowel disease in mouse model system. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 36: 32-42.
- Park KW, Kim MZ (1985) Influence of cultivar and storage period on the quality of Chinese cabbage. *J Korean Soc Hort Sci* 26: 299-303.
- Penman A, Sanderson GR (1972) A method for the determination of uronic acid sequence in alginates. *Carbohydrate Res* 25: 273-282.
- Rina Y. (1995) Effect of dietary hot red pepper powder on humoral immune response in rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 24: 837-842.
- Ryu SH, Kwon MJ, Song YS, Moon GS (2003) Effect of kimchi diet on antioxidative system rat. *Inje Journal* 18: 475-488.
- Song YO (2004) The functional properties of kimchi for the health benefits. *Food Industry & Nutrition* 9: 27-33.
- Yoo EJ (2004) The cytotoxic, antioxidant and antihypertensive activities in Dolsanleaf mustard and its kimchi. *Ph D Dissertation* Yeosu National University, Yeosu. pp 40-44.
- Yoon SS (1992) A Historical study of Korean traditional kimchi. *Korean J Dietary Culture* 6: 467-477.