

한국 전통 간장의 항산화 활성

- 연구노트 -

이상기¹ · 정유희^{1,2} · 임성빈³ · 유성률⁴

¹단국대학교 식품영양학과, ²단국대학교 글로벌식품산업연구소
³우송대학교 외식조리학부, ⁴세명대학교 임상병리학과

Antioxidant Activity of Korean Traditional Soy Sauce

Sangki Lee¹, Yoonhwa Jeong^{1,2}, Seoung Been Yim³, and Sungryul Yu⁴

¹Department of Food Science and Nutrition and ²Institute of Global Food Industry, Dankook University

³Department of Culinary Art, Woosong University

⁴Department of Clinical Laboratory Science, Semyung University

ABSTRACT The purpose of this study was to investigate the antioxidant activity of Korean traditional soy sauce and its relationship with physicochemical properties. Seventeen samples of soy sauce prepared by using a Korean traditional method were obtained from six provinces of Korea. The most powerful antioxidant activity of soy sauce was ranging from 8.96 to 63.39% for 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging activity, from 0.12 to 2.41 AE mg/mL for ferric reducing antioxidant power (FRAP) value, and from 8.42 to 115.69 TE mg/mL for oxygen radical absorbance capacity (ORAC). Protease activity and total polyphenol contents were highly correlated with antioxidant activities such as DPPH radical scavenging activity and FRAP value (R=0.97). The contents of amino nitrogen were also correlated with DPPH radical scavenging activity (R=0.92), FRAP (R=0.93), and ORAC values (R=0.80). Based on these results, antioxidant activities were highly influenced by protease activity, contents of total polyphenols, and amino nitrogen.

Key words: soy sauce, antioxidant activity, color, protease, physicochemical properties

서 론

간장은 콩을 주원료로 하여 발효시킨 우리나라 고유의 조미료 중 하나이다(1). 한국 전통 간장은 삶은 콩을 찧어서 벽돌 모양으로 만들어 4~5개월 동안 자연 발효하여 만든 메주를 소금물에 담가 대략 2~3개월 침지시킨 후 그 여액을 용기에 옮겨 발효, 숙성시키는 식품이다(2,3). 간장은 숙성되는 동안 콩에 있는 단백질, 전분질, 지방 등이 미생물에 의해 아미노산, 유리당, 유기산 등으로 분해되어 짠맛 외에 구수한맛, 단맛, 신맛 등이 서로 어울려 독특한 맛과 향을 내는 검붉은 액체가 된다(4). 간장의 색은 Maillard 반응에 의한 변화로 메주 숙성 중 형성된 melanoidin이 간장에서 오랜 숙성 중 용출되거나 간장의 저분자 단백질, amino acid 등이 carbonyl 화합물과 반응하여 형성된다(5). Choi 등(1)은 대기업 시판 간장과 소규모 농가 생산 간장을 분석한 결과 간장의 환원당과 아미노태 질소 함량 및 산도는 관능적 특성 중 액젓 향미, 감칠맛에 영향을 미치고, 염도는 전체적

인 향미 강도에 영향을 준다고 하였다.

간장은 조미료로 이용되고 있으나 콩을 주원료로 하는 다른 발효식품과 마찬가지로 항산화, 혈당강하, 혈전용해능, 성인병 예방 등의 기능성을 가지고 있는 것으로 밝혀지고 있다(6-10). Park 등(11)은 콩 발효식품의 발효 및 숙성 과정 동안에 생성된 아미노산, peptide, 페놀 화합물 등 다양한 항산화성 물질이 여러 만성질환들을 예방하는 역할을 한다고 하였다. Chae(12)는 전통 메주로 제조된 간장과 개량 메주로 제조된 간장의 항산화 활성을 비교한 결과 전통 메주나 개량 메주와 상관없이 메주의 종류에 따라 항산화 활성을 나타내는 기전이 다를 수 있음을 보고하였다. 간장에 마늘(13), 천마 및 표고버섯(7), 미더덕 껍질, 뽕잎 및 양파 추출물(8), 황기 및 표고버섯(4) 등의 부재료를 첨가하여 항산화 활성을 높이는 연구들이 보고되고 있다. Lee 등(10)은 전통적으로 제조된 궁중 간장인 청장, 덧장, 진장, 어육간장, 꽃장과 한국 전통 간장의 항산화 활성을 비교하여 간장의 조미료로서의 역할뿐 아니라 건강 기능성을 갖춘 식품이라고 보고한 바 있다. 그러나 한국 전통 간장은 사용 원료나 발효 방법 등에 따라 각기 다른 맛과 향을 나타내어 지역적으로 품질의 차이가 크므로(3), 우리나라 여러 지역에서 생산하는 전통 간장에 대한 다양한 연구가 필요하다.

Received 14 May 2015; Accepted 10 August 2015

Corresponding author: Sungryul Yu, Department of Clinical Laboratory Science, Semyung University, Jecheon, Chungbuk 27136, Korea

E-mail: sungyu@semyung.ac.kr, Phone: +82-43-649-1418

따라서 본 연구에서는 우리나라 전국의 전통 간장을 수거하여 이화학적 분석과 항산화 활성을 측정하여 전통 발효 식품 업계 및 소비자 등에게 기초 자료를 제공하고자 하였다.

재료 및 방법

시료 선정

본 실험에서 사용된 시료는 한국 전통 방법으로 제조된 간장으로 경기도의 파주(GPJ), 가평(GGP), 이천(GIC), 경상도 봉화(GBH), 산청(GSC)과 함양(GHY), 전라도 강진(JGJ), 무주(JMJ), 순창(JSC), 정읍(JJE), 구례(JGR), 충청도 괴산(CGS), 충주(CCJ), 청원(CCW)과 영광(JYG), 강원도 평창(GPC) 및 제주도(JJJ) 등 지역에서 2013년 12월~2014년 1월 기간 동안 소규모로 인터넷을 통해 판매되고 있는 총 17개의 간장을 구입하여 실험에 사용하였다.

pH, 염도 및 환원당, 총 고형분, 가용성 고형분 함량 측정

한국 전통 간장의 pH는 pH meter(Orion 3 STAR, Thermo Scientific, Beverly, MA, USA)로 측정하였고, 염도는 Mohr법(14)으로 분석하였다. 환원당 함량은 DNS 방법을 변형하여 사용하였다(15). 총 고형분 함량은 105°C 상압건조법으로 측정하였으며(16), 가용성 고형분 함량은 디지털 당도계(Digital refractometer DR-103L, Bellingham and Stanley, Tunbridge Wells, UK)로 측정하여 °Brix로 나타내었다.

색도 및 갈색도 측정

간장의 색도는 분체원형 석영 셀에 담아 색도계(Color JC 801, Color Techno System Corporation, Tokyo, Japan)를 이용하여 명도(L, lightness), 적색도(a, redness), 황색도(b, yellowness)를 측정하였다. 색도계의 표준 값은 증류수로 하였고, L값은 22.557, a값은 3.281, b값은 -1.382로 측정되었다. 갈색도는 melanoidin 색소의 흡수 영역 파장인 220~320 nm 사이를 scanning 한 후 가장 높은 흡광도 값을 보인 290 nm에서 간장을 200배 희석하여 UV-visible spectrophotometer(Ultrospec 2100 pro, GE Healthcare, Little Chalfont, UK)로 측정하였다(17-19).

총 질소 함량 측정

간장의 총 질소 함량은 Kjeldahl법으로 분해, 증류, 적정 과정을 거쳐 다음 식에 대입하여 구하였다(16).

$$\text{Total nitrogen (\%)} = \frac{0.0014 \times (B - A) \times D \times F}{\text{시료량(mL)}} \times 100$$

A: 0.1 N NaOH 용액의 시료 적정량(mL)

B: 0.1 N NaOH 용액의 공시료 적정량(mL)

D: 희석배수

F: 0.1 N NaOH 용액의 역가

Protease 활성 측정

간장의 protease 활성은 16,000×g에서 2분간 원심분리(Labogene 1730R, Gyrozen, Seoul, Korea) 한 간장의 상등액 0.3 mL를 1% casein 용액(0.2 M NaH₂PO₄-Na₂HPO₄, pH 7.0) 0.3 mL에 넣어 10분 동안 반응시킨 후 0.4 M TCA 용액을 0.6 mL 넣어 반응을 정지시켰다. 반응액을 10,000 rpm에서 5분 동안 원심분리 한 후 상등액 0.15 mL에 0.4 M sodium carbonate 0.75 mL와 3배 희석된 Folin reagent 0.15 mL를 가하여 37°C에서 20분간 발색시킨 후 660 nm에서 UV/visible spectrophotometer로 측정하였다. 효소 활성 1 unit은 pH 7.0과 37°C의 조건에서 1분 동안 생성되는 1 μM tyrosine의 양으로 하였다(20).

아미노태 질소 함량 측정

간장의 아미노태 질소 함량 분석은 Formol법으로 실시하였다(14). 간장 0.4 mL를 증류수 20 mL에 넣어 잘 교반한 후 0.1 N NaOH를 이용하여 pH 8.4까지 적정을 한 다음 35% 중성 formaldehyde solution(Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA) 4 mL를 넣었다. 그리고 나서 다시 0.1 N NaOH를 이용하여 pH 8.4까지 적정을 하고 다음 식에 대입하였다.

$$\text{Amino nitrogen (mg\%)} = \frac{(A - B) \times 1.4 \times F}{\text{시료량(mL)}} \times 100$$

A: 0.1 N NaOH 용액의 시료 적정량(mL)

B: 0.1 N NaOH 용액의 공시료 적정량(mL)

F: 0.1 N NaOH 용액의 역가

총 폴리페놀 함량 측정

간장의 총 폴리페놀 함량은 간장 0.05 mL와 2% sodium carbonate 1 mL를 섞어 실온에서 3분 동안 방치한 후 이 혼합물에 50% Folin reagent 0.05 mL를 가한 다음 실온에서 30분 동안 발색시킨 후 750 nm에서 UV/visible spectrophotometer로 측정하였다. 표준물질로 gallic acid를 사용하여 표준곡선을 작성한 후 총 폴리페놀 함량을 간장 1 mL 중의 mg gallic acid로 나타내었다(21).

항산화 활성 측정

간장의 DPPH(2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) 라디칼 소거 활성은 간장 0.3 mL에 0.2 mM DPPH 1.2 mL를 암실에서 실온으로 30분 동안 반응시킨 후 517 nm에서 UV/visible spectrophotometer로 측정하여 다음의 식에 의해 계산해서 백분율(%)로 나타내었다(22).

$$\text{DPPH 라디칼 소거 활성(\%)} = [1 - (\text{absorbance of sample} / \text{absorbance of control})] \times 100$$

Ferric reducing antioxidant power(FRAP) 측정은 간장 0.05 mL를 FRAP 용액 1.5 mL에 첨가하여 37°C에서

30분 동안 반응시킨 후 593 nm에서 UV/visible spectrophotometer로 측정하였다. 표준물질로 ascorbic acid를 사용하여 표준곡선을 작성한 후 FRAP 함량을 간장 1 mL 중의 mg ascorbic acid로 나타내었다(23).

Oxygen radical absorbance capacity(ORAC)는 Ou 등 (24)의 방법을 변형하여 측정하였다. 간장 50 µL를 25 nM fluorescein sodium(10 mM NaH₂PO₄-Na₂HPO₄, pH 7.4) 용액 150 µL에 첨가하여 10분 동안 37°C 암실에서 반응한 후 120 mM 2,2'-azobis(2-amidinopropane) dihydrochloride(AAPH in 10 mM NaH₂PO₄-Na₂HPO₄, pH 7.4) 용액 25 µL를 첨가하여 SpectraMax M2^e(Molecular Devices, Sunnyvale, CA, USA)를 사용하여 excitation 485 nm/ emission 535 nm 범위에서 90분 동안 fluorescence를 측정하였다. 90분 동안의 fluorescence 값은 Excel 프로그램(Microsoft, Albuquerque, NM, USA)을 이용하여 다음 식에 따라 area under the fluorescence decay curve(AUC)를 구하였다.

$$AUC=1+\sum_{i=1}^{90} f_i/f_0$$

결과 값은 간장의 fluorescence 면적에 대조군 fluorescence 면적을 빼서 계산을 하였으며, Trolox를 표준물질로 사용하였다.

통계분석

모든 분석은 3회 반복한 후 그 결과를 평균±표준편차로 나타내었다. 각 그룹 간의 유의성은 Minitab version 16 (Minitab Inc., State college, PA, USA)을 이용하여 분산분석을 통해 각 군 간의 유의성 검증을 수행한 후 Bonfferoni's multiple range test를 사용하여 5% 수준에서 검정하였다. 상관분석 또한 Minitab version 16을 이용하여 Pearson's correlation 방법을 이용하였다. 각 실험 항목 간 상관관계 (R)를 보았고, R값의 범위는 -1≤ R ≤1이며, 5% 수준에서 검정하였다.

결과 및 고찰

이화학적 분석

우리나라 여러 지역에서 수거한 전통 간장의 이화학적 분석 결과는 Table 1과 같다. 가장 낮은 pH는 GGP 간장으로 4.34였고, GHY 간장이 5.37로 가장 높았다. 간장의 낮은 pH는 메주로부터 기인한 유산균이 생육하면서 생성된 젖산의 영향에 의한 것이라 한다(25). 염도는 JYG 간장이 34.71%로 가장 높았고, GHY 간장은 16.77%로 가장 낮았다. 총 17종류 한국 전통 간장의 평균 염도는 27.23%였으며, Choi 등(1)은 경기 지역 7개 종류 전통 간장의 염도가 19.21%라고 보고하였다.

환원당 함량은 CCJ 간장이 32.04 mg/mL로 가장 많았고,

Table 1. pH, salinity, and contents of reducing sugar, total solid, soluble solid of 17 soy sauces

Sample ¹⁾	pH	Salinity (%)	Reducing sugar (mg/mL)	Total solid (%)	Soluble solid (°Brix)
GPJ	4.53±0.02 ⁽²⁾³⁾	30.03±0.68 ^{bc}	32.18±0.68 ^a	33.39±0.03 ^{bcd}	38.00±0.15 ^d
GBH	4.71±0.01 ^e	30.81±0.68 ^{ab}	9.52±0.29 ^{hi}	34.20±0.02 ^{abc}	38.30±0.06 ^c
GSC	4.46±0.01 ^g	28.86±0.68 ^{bcd}	21.06±0.99 ^d	29.21±0.02 ^{fg}	33.20±0.06 ⁱ
GHY	5.37±0.02 ^a	16.77±0.68 ^g	3.14±0.50 ^{jk}	19.95±0.02 ^h	23.10±0.10 ^o
JGJ	4.72±0.02 ^e	28.86±1.79 ^{bcd}	5.00±1.42 ^j	31.12±0.07 ^{cdef}	34.60±0.15 ^h
JMJ	4.56±0.02 ^f	23.40±0.00 ^{ef}	25.41±0.42 ^b	36.86±0.32 ^a	41.70±0.10 ^a
JSC	4.70±0.02 ^e	26.13±0.68 ^{cde}	10.59±0.29 ^{gh}	29.75±0.05 ^{efg}	33.20±0.06 ⁱ
JJE	4.85±0.01 ^d	29.64±0.68 ^{bc}	8.91±0.41 ^{hi}	29.30±1.60 ^{efg}	31.70±0.10 ^l
CGS	4.69±0.03 ^e	24.57±1.17 ^{def}	21.57±0.51 ^{cd}	28.50±0.52 ^{fg}	32.60±0.10 ^j
CCJ	4.86±0.02 ^d	29.64±0.68 ^{bc}	32.04±0.20 ^a	31.17±0.22 ^{cdef}	35.20±0.06 ^g
GGP	4.34±0.04 ⁱ	28.86±1.79 ^{bcd}	17.73±0.52 ^e	32.52±0.02 ^{bcd}	36.40±0.10 ^f
GIC	4.57±0.03 ^f	26.13±2.7 ^{cde}	23.32±0.51 ^c	27.17±0.04 ^g	30.90±0.10 ^m
JGR	4.70±0.02 ^e	29.25±2.34 ^{bc}	8.05±0.51 ⁱ	35.24±0.10 ^{ab}	39.20±0.06 ^b
CCW	5.14±0.01 ^c	21.06±1.17 ^{fg}	8.36±0.10 ^j	30.35±3.80 ^{defg}	32.10±0.10 ^k
JJJ	4.67±0.01 ^e	30.81±1.79 ^{ab}	13.88±0.60 ^f	33.58±0.39 ^{abcd}	37.00±0.15 ^e
JYG	5.30±0.01 ^b	34.71±1.35 ^a	3.00±0.43 ^k	31.45±0.02 ^{cdef}	34.50±0.06 ^h
GPC	4.40±0.01 ^h	23.40±2.34 ^{ef}	12.06±0.33 ^{fg}	22.54±0.03 ^h	25.40±0.15 ⁿ
Min	4.34±0.04	16.77±0.68	3.00±0.43	19.95±0.02	23.10±0.10
Max	5.37±0.02	34.71±1.35	32.04±0.20	36.86±0.32	41.70±0.10
Average	4.74	27.23	15.05	30.37	33.95

¹⁾ GPJ, soy sauce from Paju, Gyeonggi-do; GBH, Bonghwa, Gyeongsang-do; GSC, Sancheong, Gyeongsang-do; GHY, Hamyang, Gyeongsang-do; JGJ, Ganglin, Jeolla-do; JMJ, Muju, Jeolla-do; JSC, Sunchang, Jeolla-do; JJE, Jeongeup, Jeolla-do; CGS, Goesan, Chungcheong-do; CCJ, Chungju, Chungcheong-do; GGP, Gapyeong, Gyeonggi-do; GIC, Icheon, Gyeonggi-do; JGR, Gurye, Jeolla-do; CCW, Cheongwon, Chungcheong-do; JJJ, Jeju; JYG, Yeonggwang, Jeolla-do; GPC, Pyeongchang, Gangwon-do.

²⁾ Values are mean±SD (n=3).

³⁾ Means with different letters within a same column are significantly different by Bonfferoni's multiple range test (P<0.05).

JYG 간장은 3.00 mg/mL로 가장 적었다. 간장의 환원당은 간장 내 미생물이 생산한 amylase가 전분을 가수분해하여 생성되며, 그 양은 amylase의 활성에 따라 좌우된다(26).

총 고형분 함량은 간장에서 수분을 제외한 값으로 MJM 간장은 36.86%로 가장 높았고, GHY 간장이 19.95%로 가장 낮았다. 우리나라 전통 간장 17종류의 총 고형분 함량의 평균은 30.37%로 Choi 등(1)의 대기업 및 경기 지역 생산 10종의 간장과 유사하였다.

색도 및 갈색도

총 17종류의 한국 전통 간장의 색도와 갈색도는 Table 2와 같다. L값이 가장 높은 간장은 CGS 간장이었고, 가장 낮은 간장은 JGR 간장이었다. a값은 CGS 간장이 가장 적색에 가까웠으며, GSC 간장이 가장 녹색에 가까웠다. b값을 볼 때 CGS 간장이 가장 황색에 가까웠고, GPJ 간장이 청색에 가장 가까웠다. Jeon 등(26)의 연구에 의하면 주로 전통 메주로 오래 숙성된 간장이 높은 L값을 보였고, 전통 메주보다는 개량 메주로 담근 간장이 높은 적색도와 황색도를 보여 메주의 종류와 숙성 기간이 간장의 색에 영향을 끼친다고 하였다. 간장의 갈색도를 결정하는 melanoidin 색소의 흡광도 간격이 220~320 nm로 보고됨에 따라(17) 290 nm에서 가장 높은 흡광도 값을 보여 이 파장에서 갈색도를 측정하였다. 가장 높은 흡광도 값은 MJM 간장으로 2.02이며, 가장 낮은 흡광도 값은 GIC 간장이 0.25로 간장의 종류에 따라 갈색도의 범위는 넓었다.

총 질소, 아미노태 질소 함량, protease 활성

간장의 질소 함량은 간장의 맛과 향, 색 등 상품성을 결정짓는 중요한 요소 중 하나이다(27). 총 질소는 단백질 외 peptide, 아미노태 질소, 유리 아미노산을 포함한다. 간장의 총 질소는 MJM 간장이 2.04%로 가장 높았고, GPC 간장이 0.39%로 가장 낮았다(Table 3). 17종류의 전통 질소 함량의 평균은 0.93%로 Kim 등(28)이 보고한 1.00%와 유사하였다. 식품공전에 제시한 전통 간장의 총 질소의 규격 기준(29)은 0.7% 이상으로 본 연구에서 분석한 GBH, GIC, GPC 간장을 제외한 나머지 간장들은 규격 기준을 충족시키고 있었다. Kim(30)의 연구에 의하면 일본 간장의 총 질소 함량은 1.82%로 본 연구에서 측정한 우리나라 전통 간장의 평균값보다는 높은 편이지만 MJM 간장보다는 약간 낮았다.

간장 내 미생물의 protease에 의한 단백질의 가수분해 산물인 저분자 peptide나 아미노산은 직접 혹은 간접적으로 감칠맛, 단맛, 쓴맛 등 여러 가지 맛에 영향을 끼치는 것으로 알려져 있다(31,32). Choi 등(1)은 우리나라 전통 간장 내 아미노태 질소의 함량이 감칠맛과 풍부한 향미와 같은 관능적 특성과 강한 양의 상관관계가 있다고 보고하였다. 가장 많은 아미노태 질소 함량을 가지고 있는 간장은 MJM 간장으로 139.30 mg%이며, 가장 낮은 아미노태 질소 함량을 가지고 있는 간장은 GPC 간장으로 28.23 mg%를 보였다. Choi 등(1)의 연구에 의하면 대기업 시판 간장의 아미노태 질소 함량은 252~518 mg%로 한국 전통 간장보다 높은 값을 갖는다고 하였다. 전통 간장 17종의 총 질소에 대한 아미노태 질소 함량의 비율은 4.73~13.22%였다.

우리나라 전통 간장의 주요 발효균인 *Bacillus* sp.는

Table 2. Chromaticity and brown color of 17 soy sauces

Sample	L	a	b	Brown color (Abs 290 nm)
GPJ	7.17±0.64 ^{efg2)3)}	-0.06±1.27 ^{bcd}	-0.63±0.80 ^c	0.83±0.03 ^c
GBH	6.15±0.15 ^g	-0.20±1.15 ^{bcd}	-0.36±0.27 ^e	0.78±0.04 ^c
GSC	7.91±0.42 ^{def}	-4.35±0.90 ^e	2.75±0.55 ^{bcd}	0.49±0.01 ^{efg}
GHY	8.42±0.39 ^{cde}	-0.95±0.31 ^{bcd}	2.20±0.20 ^{bcd}	0.44±0.04 ^{fgh}
JGJ	7.64±0.34 ^{defg}	-2.21±0.94 ^{cde}	1.77±0.37 ^{cde}	0.30±0.04 ^{ghi}
MJM	6.46±0.15 ^{fg}	0.21±0.97 ^{bcd}	0.16±0.00 ^{de}	2.02±0.10 ^a
JSC	10.59±0.21 ^b	1.56±0.43 ^{ab}	5.07±0.57 ^b	0.65±0.02 ^{cde}
JJE	7.59±0.60 ^{defg}	-1.36±1.56 ^{bcd}	1.86±0.41 ^{cde}	0.25±0.01 ⁱ
CGS	14.60±0.98 ^a	4.37±0.90 ^a	11.22±2.97 ^a	0.37±0.02 ^{ghi}
CCJ	9.59±0.50 ^{bc}	-1.57±0.78 ^{cde}	3.49±1.44 ^{bc}	0.28±0.02 ^{hi}
GGP	6.61±0.15 ^{fg}	-0.64±0.97 ^{bcd}	-0.01±0.53 ^{de}	0.59±0.01 ^{def}
GIC	9.07±0.62 ^{bcd}	-1.46±0.37 ^{cde}	4.16±0.56 ^{bc}	0.25±0.01 ⁱ
JGR	6.20±0.32 ^g	-0.43±0.76 ^{bcd}	-0.43±0.76 ^e	1.08±0.13 ^b
CCW	7.68±0.44 ^{defg}	-2.18±0.32 ^{cde}	1.27±0.43 ^{cde}	0.70±0.15 ^{cd}
JJJ	7.04±0.43 ^{efg}	-1.29±1.44 ^{bcd}	0.33±0.58 ^{de}	0.69±0.03 ^{cd}
JYG	7.59±0.49 ^{defg}	0.75±0.35 ^{bc}	0.05±0.14 ^{de}	0.36±0.02 ^{ghi}
GPC	7.59±0.48 ^{defg}	-2.39±0.86 ^{de}	1.35±0.20 ^{cde}	0.28±0.01 ^{hi}
Min	6.15±0.15	-4.35±0.90	-0.63±0.80	0.25±0.01
Max	14.60±0.98	4.37±0.90	11.22±2.97	2.02±0.10
Average	8.11	-0.72	2.01	0.61

¹⁾Samples are the same as Table 1.

²⁾Values are mean±SD (n=3).

³⁾Means with different letters within a same column are significantly different by Bonfferoni's multiple range test ($P<0.05$).

Table 3. Total nitrogen, protease activity, and amino nitrogen contents of 17 soy sauces

Sample ¹⁾	Total nitrogen (%)	Amino nitrogen (mg%)	Protease activity (U/mL)
GPJ	0.91±0.06 ^{e2)3)}	70.23±1.01 ^{fg}	1.32±0.02 ^c
GBH	0.67±0.07 ^h	88.55±2.30 ^{bc}	1.34±0.03 ^c
GSC	0.88±0.09 ^{ef}	41.65±3.50 ^k	0.83±0.02 ^e
GHY	0.85±0.03 ^{efg}	64.98±5.35 ^{gh}	0.84±0.01 ^e
JGJ	0.70±0.06 ^{gh}	50.75±1.26 ^j	0.71±0.02 ^f
JMJ	2.04±0.09 ^a	139.30±2.30 ^a	2.20±0.03 ^a
JSC	0.95±0.02 ^{de}	56.23±1.01 ^{ij}	0.87±0.04 ^e
JJE	0.64±0.04 ^h	41.88±2.11 ^k	0.47±0.01 ^g
CGS	0.73±0.06 ^{fgh}	40.83±2.25 ^k	0.71±0.01 ^f
CCJ	0.73±0.04 ^{fgh}	36.75±1.26 ^{kl}	0.73±0.01 ^f
GGP	0.90±0.07 ^c	74.67±0.40 ^{ef}	0.99±0.02 ^d
GIC	0.58±0.04 ^h	32.32±5.35 ^{lm}	0.51±0.01 ^g
JGR	1.58±0.05 ^b	79.57±2.67 ^{de}	1.52±0.03 ^b
CCW	1.28±0.09 ^c	92.05±1.26 ^b	1.34±0.04 ^c
JJJ	1.10±0.06 ^d	83.30±0.61 ^{cd}	1.28±0.04 ^c
JYG	0.85±0.05 ^{efg}	59.73±1.01 ^{hi}	0.53±0.03 ^g
GPC	0.39±0.04 ⁱ	28.23±2.02 ^m	0.35±0.02 ^h
Min	0.39±0.04	28.23±2.02	0.35±0.02
Max	2.04±0.09	139.30±2.30	2.20±0.03
Average	0.93	63.59	0.97

¹⁾Samples are the same as Table 1.

²⁾Values are mean±SD (n=3).

³⁾Means with different letters within a same column are significantly different by Bonfferoni's multiple range test ($P<0.05$).

protease 생산성이 우수하여 산업용 효소 생산균으로 개발되고 있다(20). 총 17종 전통 간장의 protease 활성은 MJM

간장이 2.20 U/mL로 가장 높았고, GPC 간장이 0.35 U/mL로 가장 낮았다. 간장의 protease 활성은 발효에 관여하는 *Bacillus* 속의 균의 종류나 수(33,34)뿐만 아니라 콩의 단백질 함량, 발효 및 숙성 온도(35), pH(36)와 염 농도(32)에 따라 차이가 있다.

총 폴리페놀 함량 및 항산화 활성

총 폴리페놀은 주로 식물계에서 많이 발견되는 항산화 물질로 phenolic acid류, 단순 phenol류, flavonoid류가 있다(4,21). 총 폴리페놀은 MJM 간장에서 11.20 GAE mg/mL로 가장 많았고, GPC 간장에서 2.37 GAE mg/mL로 가장 적었다(Table 4).

총 17종 전통 간장의 DPPH 라디칼 소거 활성은 평균 27.37%로, MJM 간장이 63.39%로 가장 높았고 GPC 간장이 8.96%로 가장 낮았다. Shin 등(8)은 미더덕 껍질, 뽕잎, 양파 추출물 등을 부재료로 첨가한 양조간장이 일반 양조간장에 비해 DPPH 라디칼 소거 활성이 12% 증가한 43.74~45.19%를 나타냈다고 보고하였다.

FRAP는 산화제인 Fe³⁺-TPTZ(ferric tripyridyltriazine)가 환원제와 반응하여 Fe²⁺-TPTZ(ferrous tripyridyltriazine)로 환원되는 원리로 항산화 능력을 측정하는 방법이다(37). 총 17종 전통 간장의 평균 FRAP는 0.78 AE mg/mL로, MJM 간장이 2.41 AE mg/mL로 가장 높았고 GPC 간장이 0.21 mg/mL로 가장 낮았다.

ORAC는 AAPH에 의해 발생한 과산화 라디칼이 항산화 물질과의 반응에 따른 형광(fluorescence)의 감소율을 측

Table 4. Total polyphenol contents, DPPH radical scavenging activity, FRAP, and ORAC of 17 soy sauces

Sample ¹⁾	Total polyphenol (GAE mg/mL)	DPPH (%)	FRAP (AE mg/mL)	ORAC (TE mg/mL)
GPJ	6.89±0.09 ^{e2)3)}	33.28±0.80 ^{cd}	0.96±0.10 ^{de}	25.68±3.74 ^{efg}
GBH	7.34±0.20 ^c	44.05±1.20 ^b	1.35±0.09 ^{bc}	46.46±7.81 ^{cde}
GSC	4.48±0.08 ^e	28.23±1.23 ^{de}	0.76±0.10 ^{ef}	24.41±2.64 ^{efg}
GHY	5.20±0.16 ^d	20.68±1.65 ^{fg}	0.45±0.08 ^{gh}	44.42±5.13 ^{cdef}
JGJ	4.17±0.10 ^{ef}	17.85±2.16 ^{gh}	0.40±0.08 ^{ghi}	27.66±5.03 ^{efg}
JMJ	11.20±0.50 ^a	63.39±0.32 ^a	2.41±0.21 ^a	115.69±22.55 ^a
JSC	5.17±0.23 ^d	28.37±1.34 ^{de}	0.80±0.03 ^{ef}	74.05±9.25 ^{bc}
JJE	2.94±0.09 ^{hi}	13.95±2.41 ^{hi}	0.28±0.04 ^{hij}	22.78±4.63 ^{efg}
CGS	4.22±0.18 ^{ef}	15.35±1.85 ^{gh}	0.32±0.02 ^{ghij}	14.69±1.89 ^{fg}
CCJ	3.90±0.07 ^{ef}	12.67±2.09 ^{hi}	0.19±0.03 ^{hij}	27.19±5.80 ^{efg}
GGP	5.51±0.14 ^d	24.42±2.09 ^{ef}	0.58±0.04 ^{fg}	42.01±3.58 ^{def}
GIC	3.20±0.11 ^{gh}	12.88±2.48 ^{hi}	0.18±0.05 ^{ij}	21.66±1.99 ^{efg}
JGR	8.25±0.35 ^b	45.19±1.77 ^b	1.51±0.04 ^b	67.30±2.56 ^{bcd}
CCW	7.50±0.19 ^c	44.14±0.86 ^b	1.40±0.09 ^{bc}	87.62±14.04 ^{ab}
JJJ	7.11±0.17 ^c	38.14±1.64 ^c	1.22±0.08 ^{cd}	107.02±23.00 ^a
JYG	3.81±0.04 ^{fg}	13.77±1.31 ^{hi}	0.29±0.07 ^{hij}	25.26±7.14 ^{efg}
GPC	2.37±0.06 ⁱ	8.96±2.16 ⁱ	0.12±0.05 ^j	8.42±3.93 ^g
Min	2.37±0.06	8.96±2.16	0.12±0.05	8.42±3.93
Max	11.20±0.50	63.39±0.32	2.41±0.21	115.69±22.55
Average	5.49	27.37	0.78	46.02

¹⁾Samples are the same as Table 1.

²⁾Values are mean±SD (n=3).

³⁾Means with different letters within a same column are significantly different by Bonfferoni's multiple range test ($P<0.05$).

Table 5. Correlations between each variable of 17 soy sauces

	pH	Salinity	Reducing sugar	Total solid contents	Soluble solid contents	L	a	b	Brown color	Total nitrogen	Amino nitrogen	Protease	Total polyphenol	DPPH	FRAP	ORAC
pH	1.000 ¹⁾ (0.000) ²⁾															
Salinity	-0.206 (0.427)	1.000 (0.000)														
Reducing sugar	-0.534 (0.027)	0.091 (0.727)	1.000 (0.000)													
Total solid contents	-0.278 (0.281)	0.598 (0.011)	0.263 (0.307)	1.000 (0.000)												
Soluble solid contents	-0.339 (0.183)	0.584 (0.014)	0.374 (0.172)	0.989 (0.000)	1.000 (0.000)											
L	0.088 (0.736)	-0.253 (0.328)	0.214 (0.410)	-0.370 (0.144)	-0.333 (0.191)	1.000 (0.000)										
a	0.113 (0.666)	0.004 (0.998)	0.057 (0.828)	0.165 (0.526)	0.199 (0.444)	0.579 (0.015)	1.000 (0.000)									
b	-0.001 (0.998)	-0.292 (0.256)	0.220 (0.442)	-0.378 (0.135)	-0.340 (0.182)	0.976 (0.000)	0.493 (0.044)	1.000 (0.000)								
Brown color	-0.188 (0.470)	-0.124 (0.636)	0.207 (0.426)	0.624 (0.007)	0.649 (0.005)	-0.390 (0.122)	0.172 (0.510)	-0.374 (0.139)	1.000 (0.000)							
Total nitrogen	0.022 (0.934)	-0.145 (0.579)	-0.087 (0.739)	0.599 (0.011)	0.593 (0.012)	-0.317 (0.214)	0.118 (0.651)	-0.308 (0.229)	0.904 (0.000)	1.000 (0.000)						
Amino nitrogen	0.056 (0.831)	-0.111 (0.672)	-0.023 (0.929)	0.620 (0.008)	0.607 (0.010)	-0.492 (0.045)	0.141 (0.590)	-0.497 (0.042)	0.899 (0.000)	0.847 (0.000)	1.000 (0.000)					
Protease	-0.120 (0.646)	-0.096 (0.714)	0.203 (0.434)	0.684 (0.002)	0.697 (0.002)	-0.417 (0.096)	0.114 (0.662)	-0.411 (0.101)	0.941 (0.000)	0.882 (0.000)	0.933 (0.000)	1.000 (0.000)				
Total polyphenol	-0.053 (0.838)	-0.110 (0.675)	0.120 (0.647)	0.665 (0.004)	0.671 (0.003)	-0.418 (0.095)	0.145 (0.579)	-0.417 (0.096)	0.933 (0.000)	0.888 (0.000)	0.951 (0.000)	0.995 (0.000)	1.000 (0.000)			
DPPH	-0.107 (0.682)	-0.087 (0.741)	0.067 (0.799)	0.660 (0.004)	0.654 (0.004)	-0.461 (0.062)	0.036 (0.891)	-0.432 (0.083)	0.909 (0.000)	0.853 (0.000)	0.920 (0.000)	0.969 (0.000)	0.973 (0.000)	1.000 (0.000)		
FRAP	-0.112 (0.668)	-0.088 (0.737)	0.074 (0.777)	0.666 (0.004)	0.660 (0.004)	-0.451 (0.069)	0.056 (0.831)	-0.422 (0.092)	0.938 (0.000)	0.881 (0.000)	0.927 (0.000)	0.969 (0.000)	0.972 (0.000)	0.994 (0.000)	1.000 (0.000)	
ORAC	0.072 (0.783)	-0.179 (0.491)	-0.083 (0.751)	0.496 (0.043)	0.459 (0.064)	-0.322 (0.208)	0.054 (0.836)	-0.315 (0.218)	0.748 (0.000)	0.818 (0.000)	0.832 (0.000)	0.798 (0.000)	0.824 (0.000)	0.829 (0.000)	0.838 (0.000)	1.000 (0.000)

¹⁾Coefficient of correlation (-1 < R < 1).²⁾P value (P < 0.05).

정하는 방법으로(38), 친수성 물질과 소수성 물질 모두 반응하기 때문에 다른 항산화 방법보다 폭 넓게 사용할 수 있는 장점을 가지고 있다(39). 총 17종 전통 간장의 평균 ORAC는 46.02 TE mg/mL로, JMJ 간장에서 115.69 TE mg/mL로 가장 높았고 GPC 간장이 8.42 TE mg/mL로 가장 낮았다.

실험항목 간의 상관관계

한국 전통 간장 17종의 이화학적 분석과 다양한 항산화 활성 간의 상관관계는 Table 5와 같다. 총 질소와 protease, 아미노태 질소는 서로 강한 상관관계를 가지고 있으며, 특히 protease 활성과 아미노태 질소의 상관관계는 0.933으로 유의적으로 높은 상관성을 보였다. You 등(31)은 아미노태 질소는 간장의 발효균에 의해 생성되는 protease가 콩 단백질질을 아미노산이나 peptide로 분해되는 정도를 나타낸다고 하였다. 또한 아미노태 질소는 총 질소량이 많고 protease 활성이 높을수록 아미노산 및 저분자 peptide가 다량으로 생산되어 많아진다고 한다(40). Protease와 갈색도의 상관관계는 0.941로 강한 상관성을 보여 protease에 의해 생성된 amino 화합물과 간장 내 carbonyl 화합물을 기질로 하는 Maillard 반응을 통해 간장의 갈색도가 정해진다(5)는 연구결과와 유사하였다. 총 폴리페놀 화합물은 DPPH 라디칼 소거 활성, FRAP, ORAC와 각각 0.973, 0.972, 0.829의 상관성을 나타내었다. ORAC의 상관성은 DPPH 라디칼 소거 활성과 FRAP보다는 비교적 약간 낮은 상관관계 값을 보였는데, 이들은 작용 기전이 다르기 때문인 것으로 추측된다. DPPH 라디칼 소거 활성과 FRAP법은 유리 라디칼 소거능을 이용하는 항산화 실험 방법이고, ORAC는 수소 전자 전달이동을 이용한 측정법이다(41). 종합적으로 볼 때 갈색도 및 총 질소와 아미노태 질소의 함량과 protease 활성이 항산화 활성들과의 상관관계가 높았다. 간장은 발효 및 숙성 과정 중에 기능성 peptide뿐만 아니라 Maillard 반응을 통해 폴리페놀 화합물을 생성하여 항산화 활성을 나타낸다고 하였다(10). 또한 Pratt 등(42)은 콩 단백질 가수 분해물에 phenol산이 다수 포함되어 있다고 하였다.

요 약

본 연구에서는 전국 17지역에서 생산한 한국 전통 간장의 이화학적 분석, 색도 및 갈색도, 총 질소 및 아미노태 질소, 총 폴리페놀의 함량, protease 활성과 항산화 활성을 측정하고, 이들 사이의 상관관계를 분석하였다. pH는 4.34~5.37, 염도는 16.77~34.71%, 환원당은 3.00~32.04 mg/mL, 총 고형분 함량은 19.95~36.86%, 가용성 고형분 함량은 23.10~41.70°Brix의 범위를 보였다. 총 질소 함량은 무주(JMJ) 간장이 12.60%로 가장 높았고, 평창(GPC) 간장이 2.23%로 가장 낮았다. 아미노태 질소는 JMJ 간장에서 139.30 mg%로 가장 높은 함량을 보였고, GPC 간장에서 28.23 mg%로 가장 낮은 함량을 보였다. Protease 활성은 JMJ 간

장에서 2.20 U/mL로 가장 높은 활성을 나타냈고, GPC 간장에서 0.35 U/mL로 가장 낮은 활성을 나타냈다. 총 폴리페놀 함량은 JMJ 간장에서 11.20 GAE mg/mL로 가장 많이 포함되었고, GPC 간장에서 2.37 GAE mg/mL로 가장 적게 포함되었다. DPPH 라디칼 소거 활성은 JMJ 간장에서 63.39%로 가장 높은 활성을 보였고, GPC 간장에서 8.96%로 가장 낮은 활성을 보였다. FRAP는 JMJ 간장에서 2.41 AE mg/mL로 가장 높은 활성을 보였고, GPC 간장에서 0.12 AE mg/mL로 가장 낮은 활성을 보였다. ORAC는 JMJ 간장에서 115.69 TE mg/mL로 가장 높은 항산화 활성을 보였고, GPC 간장에서 8.42 TE mg/mL로 가장 낮은 항산화 활성을 보였다. 실험항목 간 상관관계를 본 결과 protease 활성이 총 폴리페놀 함량과 0.995로 가장 높은 상관성을 보였고, 총 폴리페놀 함량은 DPPH 라디칼 소거 활성과 0.973으로 상관성이 높았다.

감사의 글

본 연구는 2014년도 세명대학교 교내학술연구비 지원에 의해 수행된 연구이며, 이에 감사드립니다.

REFERENCES

- Choi NS, Chung SJ, Choi JY, Kim HW, Cho JJ. 2013. Physico-chemical and sensory properties of commercial Korean traditional soy sauce of mass produced vs. small scale farm produced in the Gyeonggi area. *Korean J Food & Nutr* 26: 553-564.
- Kang S, Lee S, Ko JM, Hwang I. 2011. Comparisons of the physicochemical characteristics of Korean traditional soy sauce with varying soybean seeding periods and regions of production. *Korean J Food & Nutr* 24: 761-769.
- Korean Society of Food Science and Technology. 2008. *Encyclopedia of food science and technology*. Kwangil Pub, Seoul, Korea. p 27-29.
- Kim HS, Lim JM, Kwon HJ, Yoo JY, Park PS, Choi YH, Choi JH, Park SY. 2013. Antioxidant activity and quality characteristics on the maturation period of the soy sauce containing *Astragalus membranaceus* and oak mushroom (*Lentinus edodes*). *Korean J Food Preserv* 20: 467-474.
- Kim DH. 1995. *Food chemistry, Maillard reaction*. Tamgudang, Seoul, Korea. p 403-416.
- Park KY, Moon SH, Baik HS, Cheigh HS. 1990. Antimutagenic effect of doenjang (Korean fermented soy paste) toward aflatoxin. *J Korean Soc Food Nutr* 19: 156-162.
- Kwon HJ, Kim HS, Choi YH, Choi JH, Choi HS, Song J, Park SY. 2014. Antioxidant activity and quality characteristics on the maturation period of the soy sauce with *Gastrodia elata* and oak mushroom (*Lentinus edodes*). *Korean J Food Preserv* 21: 231-238.
- Shin YJ, Lee CK, Kim HJ, Kim HS, Seo HG, Lee SC. 2014. Preparation and characteristics of low-salt soy sauce with anti-hypertensive activity by addition of miduduk tunic, mulberry, and onion extracts. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 43: 854-858.
- Kang JH. 1999. Functional characterization of soy protein hydrolysate. *Food Industry and Nutrition* 4(3): 66-72.

10. Lee NK, Ryu YJ, Yeo IC, Kwon KO, Suh EM, Hahm YT. 2012. Physiological activities of Korean traditional soybean-fermented royal court soy sauce, *Gungjungjang*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 41: 149-155.
11. Park JW, Lee YJ, Yoon S. 2007. Total flavonoids and phenolics in fermented soy products and their effects on antioxidant activities determined by different assays. *Korean J Food Culture* 22: 353-358.
12. Chae SH. 2000. Color characteristics and antioxidizing ability of Korean traditional soy sauces prepared from different conditions. *MS Thesis*. Yonsei University, Seoul, Korea.
13. Shin JH, Kang MJ, Yang SM, Lee SJ, Ryu JH, Kim RJ, Sung MJ. 2010. Comparison of physicochemical properties and antioxidant activities of Korean traditional *kanjang* and garlic added *kanjang*. *Journal of Agriculture & Life Science* 44: 39-48.
14. Chae SK, Kang GS, Ma SJ, Bang KW, Oh MH. 2006. *Analysis of standard food*. 3rd ed. Jigu Publishing Co., Seoul, Korea. p 299-300,460-463.
15. Miller GL. 1959. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Anal Chem* 31: 426-428.
16. AOAC. 2005. *Official methods analysis*. 18th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA. Method 970.59.
17. Moon GS, Cheigh HS. 1990. Separation and characteristics of antioxidative substances in fermented soybean sauce. *Korean J Food Sci Technol* 22: 461-465.
18. Park SK, Han CG, Kyung KH, Yoo YJ. 1990. Effect of oxygen on the browning of soy sauce during storage. *Korean J Food Sci Technol* 22: 307-311.
19. NREL. Standard Procedures for Biomass Compositional Analysis. http://www.nrel.gov/biomass/analytical_procedures.html (accessed Jul 2013).
20. Yoon KH, Shin HY. 2010. Medium optimization for the protease production by *Bacillus licheniformis* isolated from Cheongkookjang. *Kor J Microbiol Biotechnol* 38: 385-390.
21. Song SB, Ko JY, Kim JI, Lee JS, Jung TW, Kim KY, Kwak DY, Oh IS, Woo KS. 2013. Changes in physicochemical characteristics and antioxidant activity of adzuki bean and adzuki bean tea depending on the variety and roasting time. *Korean J Food Sci Technol* 45: 317-324.
22. Ahn JB, Park JA, Jo HJ, Woo IH, Lee SH, Jang KI. 2012. Quality characteristics and antioxidant activity of commercial *Doenjang* and traditional *Doenjang* in Korea. *Korean J Food & Nutr* 25: 142-148.
23. Thaipong K, Boonprakob U, Crosby K, Cisneros-Zevallos L, Byrne DH. 2006. Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extract. *J Food Comp Anal* 19: 669-675.
24. Ou B, Hampsch-Woodill M, Prior RL. 2001. Development and validation of an improved oxygen radical absorbance capacity assay using fluorescein as the fluorescent probe. *J Agric Food Chem* 49: 4619-4626.
25. Jeong JK, Zheng Y, Choi HS, Han GJ, Park KY. 2010. Catabolic enzyme activities and physiological functionalities of lactic acid bacteria isolated from Korean traditional *Meju*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39: 1854-1859.
26. Jeon MS, Sohn KH, Chae SH, Park HK, Jeon HJ. 2002. Color characteristics of Korean traditional soy sauces prepared under different processing conditions. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 31: 32-38.
27. Park OJ. 1995. Studies on the nitrogen and flavor components in traditional Korean soy sauce by two difference fermentation jars. *MS Thesis*. Yonsei University, Seoul, Korea.
28. Kim YA, Kim H, Chung MJ. 1996. Physicochemical analysis of Korean traditional soy sauce and commercial soy sauce. *Korean J Soc Food Sci* 12: 273-279.
29. Ministry of Food and Drug Safety. Korean Food Standards Codex. http://fse.foodnara.go.kr/residue/RS/jsp/menu_02_01_03.jsp?idx=54 (accessed Feb 2015).
30. Kim ND. 2007. Trend of research papers on the soy sauce tastes in Japan. *Food Industry and Nutrition* 12(1): 40-50.
31. You MJ. 2008. A study on the quality characteristics of *Chungukjang* with different condition of bean roasting. *MS Thesis*. Ewha Womans University, Seoul, Korea.
32. Kim BS, Lee CH, Hong YA, Kwon TH, Shin MK, Kim JH, Woo CJ, Kim YB, Park HD. 2008. Changes of enzyme activity and physiological functionality of traditional *Kanjang* (soy sauce) during fermentation in the using *Bacillus* sp. SP-KSW3. *Korean J Food Preserv* 15: 293-299.
33. Ki WK, Kim JK, Kang DH, Cho YU. 1987. Development of excellent mutants for manufacture of ordinary Korean soy sauce and soybean paste. *Kor J Appl Microbiol Bioeng* 15: 21-28.
34. Kim JK, Kim SD. 1988. Genetic breeding of Korean soy sauce-fermenting *Bacillus* by UV mutation. *J Korean Agric Chem Soc* 31: 346-350.
35. Lee SY, Baik SH, Ahn YJ, Song J, Kim JH, Choi HS. 2013. Quality characteristics of commercial Korean types of fermented soybean sauces in China. *Korean J Food Sci Technol* 45: 796-800.
36. Kim HE, Han SY, Jung JB, Ko JM, Kim YS. 2011. Quality characteristics of *doenjang* (soybean) prepared with germinated regular soybean and black soybean. *Korean J Food Sci Technol* 43: 361-368.
37. Benzie IF, Strain JJ. 1996. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": the FRAP assay. *Anal Biochem* 239: 70-76.
38. Prior RL, Hoang H, Gu L, Wu X, Bacchiocca M, Howard L, Hampsch-Woodill M, Huang D, Ou B, Jacob R. 2003. Assays for hydrophilic and lipophilic antioxidant capacity (oxygen radical absorbance capacity (ORAC_{FL})) of plasma and other biological and food samples. *J Agric Food Chem* 51: 3273-3279.
39. Hwang JH, Park KY, Oh YS, Lim SB. 2013. Phenolic compound content and antioxidant activity of citrus peels. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 42: 153-160.
40. Kwon OJ, Kim MA, Kim T, Kim DG, Son DH, Choi UK, Lee SH. 2010. Changes in the quality characteristics of soy sauce made with salts obtained from deep ocean water. *Korean J Food Preserv* 17: 820-825.
41. Lee YJ, Kim DB, Cho JH, Baik SO, Lee OH. 2013. Physicochemical characteristics and antioxidant activity of bio-resource juices from Jeju. *Korean J Food Sci Technol* 45: 293-298.
42. Pratt DE, Di Pietro C, Porter WL, Giffie JW. 1981. Phenolic antioxidants of soy protein hydrolyzates. *J Food Sci* 47: 24-35.