

삼채 뿌리 열수 농축물을 첨가한 발효유의 품질특성

전현일¹ · 박선영¹ · 정도연² · 송근섭¹ · 김영수¹

¹전북대학교 식품공학과
²순창군 발효미생물관리센터

Quality Properties of Yogurt Added with Hot Water Concentrates from *Allium hookeri* Root

Hyun-Il Jun¹, Seon-Yeong Park¹, Do-Yeon Jeong², Geun-Seoup Song¹, and Young-Soo Kim¹

¹Department of Food Science and Technology, Chonbuk National University

²Sunchang Research Center for Fermentation Microbes (SRCM)

ABSTRACT Hot water extraction concentrate was prepared from *Allium hookeri* root (AHR) to evaluate its applicability to yogurt. The highest antioxidant activity of hot water concentrates was obtained under extraction conditions of 4 hr at 95°C. Antioxidant activities measured by DPPH radical assay, ABTS radical cation assay, reducing power, and chelating activity were highly correlated with total phenolic (89.51 mg/g) and total flavonoid (52.71 mg/g) contents, with R values of 0.94 and 0.96, respectively. Yogurt was fermented with a commercial lactic acid bacteria mixed strain (Yo-mix™ 305) for 10 hr at 42°C after addition of 0~10% (w/w) hot water concentrates from AHR to yogurt base. As fermentation proceeded, pH and °Brix of yogurt decreased from 6.57~6.60 to 4.34~4.51 and from 8.10~8.90% to 4.60~5.25%, respectively, whereas titrate acidity, viscosity, and viable cell numbers increased from 0.22~0.23% to 1.01~1.10%, from 0 mPa·s to 202.55~290.50 mPa·s, and from 6.40~6.80 log CFU/mL to 8.60~9.20 log CFU/mL, respectively. There was no significant difference in any sensory attribute between the control and 2.5% addition group, suggesting that 2.5% hot water concentrate from AHR could be used to manufacture yogurt.

Key words: *Allium hookeri* root, yogurt, antioxidant activities, hot water concentrates

서 론

삼채(*Allium hookeri*)는 해발 1,400~4,200 m의 고랭지에서 자생하는 식물로 주원산지는 미얀마, 중국, 인도, 스리랑카 등의 동아시아이며 현지에서는 식용과 약용으로 사용되고 있다. 국내에서는 2011년부터 본격적으로 재배되기 시작하여 점차 전국적으로 재배 지역이 확대되고 있으며, 뿌리는 단맛, 쓴맛, 매운맛을 가지고 있다 하여 삼채로 불리고 있다. 삼채는 가공하지 않은 상태로 김치, 무침, 탕, 전, 찜 등 각종 요리의 맛을 내는 부재료로 이용되거나 건조하여 환이나 가루상태로 이용되고 있을 뿐 화학적 특성이나 가공 특성에 대한 연구는 매우 미미한 실정이다(1-3). 그러나 많은 연구의 대상이 된 마늘, 양파, 부추, 파 등과 같은 과속 식물(*Allium* species)들은 필수 아미노산의 일종인 methionine, cysteine과 같은 함황 화합물뿐만 아니라 페놀성 화합물, ascorbic acid, carotenoid 등을 많이 함유하고 있

어 항산화와 항균 활성이 높은 것으로 알려져 있으며(4-7), 이들의 기능성을 가미한 가공제품을 개발하기 위한 연구가 진행되었다(8-11).

발효유는 정장 작용, 면역력 강화, 유해 세균 억제, 혈중 콜레스테롤 감소, 대장암 발생률 저하 등과 같은 건강기능성이 있다고 알려져 있고(12), 발효유의 기능성이 지속적으로 강조되면서 국내 발효유 소비량은 2009년에 445,572톤에서 2012년에 557,715톤으로 연평균 8.4%가 증가하였으며, 시장 규모는 2011년에 1조 3,700억 원에서 2015년에 약 2조 원까지 증가될 것으로 전망되고 있다(13,14). 국내에서 시판되고 있는 기능성 발효유는 난소화성 말토덱스트린, 식이섬유, 올리고당 등과 같은 prebiotic 성분, 차조기 추출물, 탕자 추출물, 포도폴리페놀, 인삼 추출 배당체, 강화약썩 추출물, 헛개나무 추출물, 복분자 추출물, 꿀풀 추출물, 매실 추출물 등과 같은 건강기능성 성분을 강화하는 방식으로 제조되고 있으며, 식품의약품안전처에서 인정받은 새로운 기능성 원료 소재를 첨가한 발효유 제조 연구가 진행되고 있다(14).

건강기능식품 기능성 원료 추출 용매로는 주로 주정과 열수가 사용되지만 주정의 경우 알코올 제거를 위한 농축 및 건조의 번거로움 때문에 상업적으로는 열수가 많이 이용되

Received 29 April 2014; Accepted 13 May 2014

Corresponding author: Young-Soo Kim, Department of Food Science and Technology, Chonbuk National University, Jeonju, Jeonbuk 561-756, Korea

E-mail: ykim@jbnu.ac.kr, Phone: +82-63-270-2569

고 있으며, 특히 액상 식품에 적용하는 경우에 열수 추출액은 다른 처리과정 없이 바로 이용할 수 있는 장점이 있다(15). 또한 파속 식물에 함유된 함황 화합물의 일종인 dimethylsulfone(식품의약품안전처 제2012-108호)과 alliin(식품의약품안전처 제2013-295호)이 건강기능성 원료로 인정을 받았으며, 축산물 유형 가공제품인 발효유를 건강기능식품으로 제조할 수 있도록 건강기능식품 기능성 원료와 기준·규격인정에 관한 규정(식품의약품안전처 제2013-217호)이 개정됨으로써 앞으로 파속 식물을 첨가한 건강기능성 성분 강화 발효유에 관한 관심이 높아질 것으로 기대된다(14-17).

본 연구에서는 삼채의 식품가공원료 소재로서의 활용을 위한 기초자료를 얻고자 항산화 활성을 기준으로 삼채 뿌리 열수 추출 시간을 설정하였으며, 열수 추출 농축물의 첨가량을 달리하여 제조한 발효유의 품질특성을 비교 분석하여 발효유 제조 이용 가능성을 평가하였다.

재료 및 방법

재료

본 연구에 사용한 삼채(*Allium hooker*)는 전북 순창지역에서 2013년에 재배된 것으로 줄기와 뿌리를 분리하여 동결건조 한 후 뿌리만을 사용하였다. 동결건조 된 뿌리는 제분(Single type stainless roller, Shinpoong Eng. Ltd., Gyeonggi, Korea)한 후에 표준망체(100 μ m, Daihan Scientific Co. Ltd., Seoul, Korea)로 체질하였다.

DPPH, ABTS, EDTA, pyrogallol, ascorbic acid, gallic acid, catechin 등은 Sigma-Aldrich사(St. Louis, MO, USA)에서 구입하였으며, 그 밖의 시약들은 analytical grade를 구입하여 사용하였다.

발효유 제조에는 우유, 유크림, 탈지분유, 프락토올리고당, 매실향 등을 사용하였으며, starter로 사용된 균주는 유산균 복합균주인 Yo-mix™ 305(*Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus bulgaricus*, Danisco, Copenhagen, Denmark)를 메트로 비엔에프(Seoul, Korea)에서 제공받아 사용하였다.

열수 추출액 제조 및 농축

항산화 활성이 높은 열수 추출액의 추출 시간 선정은 뿌리 분말 1 g에 증류수 50 mL를 첨가하여 95°C에서 8시간 동안 일정 시간별로 추출한 후에 원심분리(3,500 rpm, 10분) 및 여과(Whatman No. 4, GE Healthcare Bio-Sciences AB, Uppsala, Sweden)하였으며, 이 여액에 증류수를 첨가하여 50 mL로 정용한 용액을 총 페놀성 화합물, 총 플라보노이드 및 항산화 활성의 분석시료로 사용하였다. 이때 열수 추출액의 총 가용성 물질의 수율은 12.1%였다.

열수 농축물은 뿌리 분말 100 g에 증류수 5 L를 첨가하여 95°C에서 4시간 동안 추출한 후에 원심분리(3,500 rpm, 10

분) 및 여과(Whatman No. 4, GE Healthcare Bio-Sciences AB)하였다. 여액은 40°C에서 감압농축한 후 500 mL로 정용하여 열수 추출액을 1/10배로 농축한 열수 농축물을 제조하였다.

열수 추출액의 총 페놀성 화합물 및 총 플라보노이드 함량 측정

총 페놀성 화합물 함량(total phenolic content, TPC)은 Dewanto 등(18)의 방법을 이용하였다. 시료액 0.1 mL에 Folin-Ciocalteu's phenol reagent 0.2 mL를 첨가하여 1분간 반응시킨 후에 5% Na₂CO₃ 3 mL를 첨가하였다. 암소에서 1시간 동안 반응시켜 725 nm(UV-1650PC, Shimadzu Co, Kyoto, Japan)에서 흡광도를 측정하였으며, 함량은 gallic acid를 표준물질로 사용하여 작성한 검량곡선식으로 산출하여 시료 mg당 μ g gallic acid로 나타내었다.

총 플라보노이드 함량(total flavonoid content, TFC)은 Jia 등(19)의 방법을 이용하였다. 시료액 500 μ L에 5% NaNO₂ 75 μ L를 첨가하여 상온에서 5분간 반응시킨 후에 10% AlCl₃ 150 μ L를 첨가하였다. 이 용액에 1 M NaOH 0.5 mL와 증류수 275 μ L를 첨가한 후에 510 nm에서 흡광도를 측정하였으며, 함량은 catechin을 표준물질로 사용하여 작성한 검량곡선식으로 산출하여 시료 mg당 μ g catechin으로 나타내었다.

열수 추출액의 항산화 활성 측정

DPPH radical assay는 Brand-Williams 등(20)의 방법을 이용하였다. 시료액 0.2 mL에 60 μ M DPPH 용액 2.8 mL를 첨가하여 암소에서 30분간 반응시킨 후에 515 nm에서 흡광도를 측정하였으며 대조구로는 0.1%(w/v) ascorbic acid를 사용하였다. DPPH radical 소거능(%)은 시료 첨가구와 무첨가구의 흡광도의 차이를 백분율로 산출하였다.

ABTS radical assay는 Arts 등(21)의 방법을 이용하였다. 시료액 30 μ L에 ABTS radical cation 용액 3 mL를 첨가하여 암소에서 7분간 반응시킨 후에 734 nm에서 흡광도를 측정하였으며, 대조구로는 0.1%(w/v) ascorbic acid를 사용하였다. ABTS radical cation 소거능(%)은 시료 첨가구와 무첨가구의 흡광도의 차이를 백분율로 산출하였다.

Reducing power는 Oyaizu(22)의 방법을 이용하였다. 시료액 1 mL에 0.2 M phosphate buffer(pH 6.6) 2.5 mL와 1% K₂Fe(CN)₆ 2.5 mL를 첨가하여 50°C에서 20분간 반응시켰다. 이 반응액에 10% trichloroacetic acid 2.5 mL를 첨가하여 원심분리(3,500 rpm, 10분) 한 후에 상등액을 취하였다. 이 상등액 2.5 mL에 증류수 2.5 mL와 0.1% FeCl₃ 0.5 mL를 첨가하여 700 nm에서 흡광도를 측정하였으며, 대조구로는 0.1%(w/v) ascorbic acid를 사용하였다. Reducing power는 시료액 첨가구와 무첨가구의 흡광도의 차이로 나타내었다.

Metal cheating assay는 Decker와 Welch(23)의 방법을

이용하였다. 시료액 1 mL에 증류수 3.75 mL, 2 mM FeCl₂ 0.1 mL 및 5 mM ferrozine 0.2 mL를 순차적으로 첨가하여 10분간 반응시킨 후에 562 nm에서 흡광도를 측정하였으며, 대조구로는 0.1%(w/v) ethylene diamine tetraacetic acid 2 sodium(EDTA 2Na)을 사용하였다. Chelating activity(%)는 시료 첨가구와 무첨가구의 흡광도의 차이를 백분율로 산출하였다.

SOD 유사 활성(SOD like activity)은 Marklund과 Marklund(24)의 방법을 이용하였다. 시료액 0.2 mL에 10 mM EDTA를 함유한 50 mM tris-HCl buffer(pH 8.5) 3 mL와 7.2 mM pyrogallol 0.2 mL를 첨가하여 25°C에서 10분간 반응시켰다. 이 반응액에 1 N HCl 0.1 mL를 첨가하여 반응을 정지시킨 후에 420 nm에서 흡광도를 측정하였으며, 대조구로는 0.1%(w/v) ascorbic acid를 사용하였다. SOD like activity(%)는 시료 첨가구와 무첨가구의 흡광도의 차이를 백분율로 산출하였다.

열수 농축물을 첨가한 발효유 제조

전유를 기반으로 하는 기질(milk solution)은 우유 90.2 g, 유크림 4 g, 탈지분유 3.5 g 및 프락토올리고당 2.2 g을 순차적으로 첨가한 후에 균질화(20,000 rpm, 5분)하고 살균(100°C, 15분)한 다음 42°C로 냉각하였으며, 냉각된 기질은 starter를 접종하기 전까지 42°C로 유지되는 배양기에서 보관하였다. Starter stock은 기질 100 g에 starter 0.3 g을 접종하여 42°C에서 10시간 동안 배양하여 제조하였다.

발효유의 기본 배합비는 예비실험을 통하여 기질 97.5 g에 starter stock 2.5 g을 가하여 요구르트의 총 무게가 100 g이 되도록 설정하였다. 이때 기질은 우유 87 g, 유크림 4 g, 탈지분유 3.5 g 및 프락토올리고당 2.5 g을 순차적으로 첨가한 후에 starter stock의 기질과 동일한 방법으로 제조하였다. 열수 농축물을 첨가한 발효유 제조는 살균(121°C, 15분)된 열수 농축물을 포함하여 기질의 무게가 97.5 g이 되도록 각각 0(control), 2.5, 5, 7.5 및 10 g씩 첨가한 후에 starter stock을 접종하여 42°C에서 10시간 동안 배양하여 발효를 완료하였으며, 2시간 간격으로 요구르트를 취하여 당도, pH, 적정산도, 점도, 생균수 및 색도의 분석시료로 사용하였다.

관능검사는 10시간 동안 배양된 발효유 87.48 g에 프락토올리고당 12.5 g과 매실향 0.02 g을 첨가하여 균질화한 후에 밀폐용기에 담아 4°C에서 24시간 보관한 것을 관능검사용 시료로 사용하였다.

열수 농축물을 첨가한 요구르트의 품질특성

pH는 pH meter(SevenMulti, Mettler Toledo GmbH, Giessen, Germany)를 사용하여 측정하였으며, 적정산도는 상등액에 0.1 N NaOH를 첨가하여 pH 8.3에 도달할 때까지 소모된 양을 lactic acid 함량으로 산출하였다. 이때 분석시료는 요구르트 10 g에 증류수 40 mL를 첨가한 후에 균질화

한 용액을 사용하였다.

색도는 색차계(SP-80, Tokyo Denshoku, Tokyo, Japan)를 사용하여 L(명도), a(적색도), b(황색도) 값을 측정하였으며, 점도는 원추평판형 probe(spindle number PK 5-1°, diameter 5 cm, cone angle 1°, gap 1 mm)가 장착된 점도계(VT550, Haake, Karlsruhe, Germany)를 사용하여 20°C에서 30초 동안 50 sec⁻¹로 회전시킨 후에 겔보기 점도를 측정하였다. 이때 분석시료는 요구르트 원액을 사용하였다.

당도는 당도계(PAL-1, Atago Co., Ltd., Tokyo, Japan)를 사용하여 측정하였다. 이때 분석시료는 요구르트 5 g에 증류수 5 mL를 첨가한 후에 균질화 및 원심분리(3,500 rpm, 15분) 하여 얻은 상등액을 사용하였다.

생균수는 시료 1 mL를 *Lactobacilli* MRS agar(Difco, Sparks, MD, USA) 배지에 도말한 후에 Oxoid사(Basingstoke, UK)의 Anaero Jar와 AnaeroGemTM을 사용하여 혐기적 상태로 배양(42°C, 48시간)한 후에 형성된 시료 mL당 colony 수를 계측하여 colony forming unit(CFU)/mL로 나타내었다. 이때 분석시료는 요구르트 1 g에 멸균 peptone 수 9 mL를 첨가하여 vortex로 균질화한 용액을 10배 희석 방법으로 희석하여 사용하였다.

열수 농축물을 첨가한 요구르트의 관능검사

관능검사는 전북대학교 식품공학과 대학생과 대학원생 20명을 대상으로 실시하였다. 요구르트의 갈색 색상(color), 향(flavor), 된 정도(dryness), 단맛(sweet taste), 신맛(sour taste) 및 전반적 기호도(overall acceptance)를 9점 척도법으로 실행하였다. 이때 색, 향, 단맛 및 신맛은 강도(약함 1↔강함 9)를 평가하였으나 전반적 기호도는 색, 향, 단맛 및 신맛을 종합적으로 판단하여 선호도(싫음 1↔좋음 9)를 평가하였다.

통계분석

각 실험은 3회 이상 반복 실험하여 얻은 결과를 SAS 통계 프로그램(Ver. 9.1, SAS Institute, Cary, NC, USA)을 이용하여 평균과 표준편차로 나타내었다. 각 시료 간의 유의성은 $P < 0.05$ 수준에서 one way ANOVA로 분산분석한 후에 Duncan's multiple range test로 비교하였으며, 총 페놀성 화합물과 총 플라보노이드 등과 같은 항산화 성분과 항산화 활성의 연관성은 Pearson 상관 분석을 이용한 단순 회귀 분석(simple regression analysis)을 실시하여 비교하였다.

결과 및 고찰

추출 시간에 따른 삼채 뿌리 열수 추출액의 항산화 활성 비교

식물체의 항산화 활성은 식물체에 함유된 다양한 항산화 성분들로 인하여 서로 다른 활성을 나타내므로 다양한 방법

Table 1. Antioxidant activities of various hot water extraction solutions from *Allium hookeri* root according to different extraction times

Time (hr)	Antioxidant activity of hot water extraction solution ³⁾				
	DPPH radical scavenging activity (%)	ABTS radical cation scavenging activity (%)	Reducing power	Chelating activity (%)	SOD like activity (%)
0.25	18.92±2.01 ^{g1)2)}	37.35±0.53 ^f	0.41±0.01 ^g	42.21±0.23 ^g	58.04±0.70 ^f
0.50	22.66±1.23 ^f	41.52±0.91 ^e	0.45±0.01 ^f	46.74±0.47 ^f	84.14±0.59 ^b
0.75	25.21±0.65 ^e	43.71±0.38 ^d	0.56±0.01 ^e	48.65±0.61 ^e	85.86±0.09 ^a
1	33.51±1.17 ^d	46.82±0.15 ^c	0.63±0.01 ^d	52.75±0.51 ^d	86.16±0.68 ^a
2	48.02±2.73 ^c	47.35±2.80 ^{bc}	0.66±0.01 ^c	57.84±0.10 ^c	81.68±0.39 ^c
4	54.00±0.34 ^a	52.27±0.76 ^a	0.79±0.00 ^a	61.85±0.19 ^a	80.63±0.06 ^c
6	52.88±0.71 ^b	48.86±0.53 ^b	0.77±0.01 ^b	60.35±1.12 ^{ab}	78.68±0.06 ^d
8	52.36±0.49 ^b	49.47±0.23 ^b	0.77±0.01 ^b	60.73±0.31 ^b	77.34±0.22 ^e
Comparison ⁴⁾	100.00±0.00	100.00±0.00	1.60±0.01	100.00±0.00	88.81±0.93

¹⁾Values are mean±SD (n=3).

²⁾Different letters in the same column indicate a significant difference according to Duncan's multiple test ($P<0.05$).

³⁾The concentration is expressed as 1 g of root per 50 mL of hot water extraction solution at each extraction time.

⁴⁾Comparison is 0.1% (w/v) ascorbic acid for DPPH radical assay, ABTS radical cation assay, reducing power, and SOD-like activity and 0.1% (w/v) ethylene diaminetetraacetic acid 2 sodium (EDTA 2Na) for metal chelating assay.

의 측정이 필요하다(5,25). 본 연구에서는 추출 시간에 따른 열수 추출액을 대상으로 DPPH radical assay, ABTS radical cation assay, reducing power, metal chelating assay 및 SOD 유사 활성을 측정하였으며, 그 결과는 Table 1과 같다. SOD 유사 활성을 제외한 모든 측정법에서 열수 추출액의 항산화 활성은 추출 시간이 증가함에 따라 4시간까지는 지속적으로 증가하다가 그 이후 소폭 감소하는 경향을 보였다. 4시간 추출한 액의 항산화 활성은 DPPH radical 소거능에서 54.00%, ABTS radical cation 소거능에서 52.27%, reducing power에서 0.79, metal chelating 활성에서 61.85%를 보여 0.25시간 추출한 액보다 각각 2.9배, 1.6배, 1.5배 높았다. SOD 유사 활성의 경우 추출 1시간까지는 점진적인 증가를 보인 후 점차 감소하는 경향을 나타내었으며, 1시간 추출한 액의 항산화 활성은 86.16%로 0.25시간 추출한 액보다 1.5배 높았다. 한편 이들의 항산화 활성은 강력한 항산화제인 대조구(0.1% ascorbic acid와 EDTA 2Na)보다 DPPH radical 소거능, ABTS radical cation 소거능, reducing power 및 chelating 활성에서 1.6~2.0배 낮게 나타났으나 SOD 유사 활성에서는 유사한 결과를 보였다.

이와 같은 결과는 기준에 보고된 삼채 뿌리 열수 추출액의 DPPH radical 소거능(10~40%)뿐만 아니라 마늘, 양파, 파, 부추 등과 같은 *Allium* 속 식물의 항산화 활성($EC_{50}=7.82\sim75.38$ mg/mL)과도 유사한 결과를 나타내었다(3,5). 한편 동일한 시료임에도 불구하고 추출 시간과 항산화 측정 방법에 따라 다양한 항산화 활성을 보이는 것은 추출 시간에 따라 열수 추출액에는 유리형 페놀성 화합물뿐만 아니라 수용성 성분인 당류, 아미노산, ascorbic acid 등과 같은 추출 성분의 조성이 달라져 항산화 활성에 영향을 미치는 것으로 판단된다.

추출 시간에 따른 열수 추출액의 항산화 성분 및 항산화 활성과의 상관성 비교

추출 시간에 따른 열수 추출액의 총 페놀성 화합물과 총 플라보노이드 함량을 측정하고 이들이 항산화 활성에 미치는 영향을 단순 회귀 분석을 통하여 분석한 상관성의 결과는 Table 2와 같다. 열수 추출액의 총 페놀성 화합물과 총 플라보노이드 함량은 추출 시간이 0.25에서 4시간으로 증가함에 따라 각각 70.99에서 89.51 mg/g과 24.86에서 52.71 mg/g으로 증가하였으나 그 이후에는 소폭 감소하는 경향을 보여 항산화 활성 결과와 유사하였다. 이와 같은 결과는 Won 등(3)이 보고한 삼채 뿌리의 총 페놀성 화합물 함량(44.99~95.70 mg/g)과 비슷한 함량을 나타내었으나 *Allium* 속 식물의 총 페놀성 화합물 함량(19.41~69.07 mg/g)보다는 높았다(5). 총 플라보노이드 함량의 경우 *Allium flavum* L.(37.87 mg/g), *Allium nutans* L.(53.87 mg/g)을 제외한 다른 *Allium* 속 식물(59.20~338.87 mg/g)보다는 낮은 함량을 나타내었다(7).

열수 추출액의 총 페놀성 화합물 및 총 플라보노이드 함량과 DPPH radical 소거능, ABTS radical cation 소거능, reducing power 및 metal chelating 활성의 상관관계수 (correlation coefficient, R) 값은 각각 0.94~0.97과 0.96~0.99로 강한 상관성을 보여 추출과정 중 총 페놀성 화합물 및 총 플라보노이드 함량 변화가 항산화 활성에 직접적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이와 같은 결과는 열처리 초기에는 결합형 페놀성 화합물 일부가 유리형으로 전환되어 증가하다가(3,8,9,25), 열처리가 과도하게 진행되면서 유리된 페놀성 화합물 일부가 분해되어 감소한 것으로 해석된다(26). 페놀성 화합물의 함량 변화는 물리적 성질뿐만 아니라 열처리 방법과 처리 시간에 영향을 받게 된다(26, 27). 반면에 SOD 유사 활성의 상관관계수 값은 각각 0.48과 0.32로 약한 상관성을 보여 측정된 총 페놀성 화합물과 총

Table 2. Total phenolic and total flavonoid contents of various hot water extraction solutions from *Allium hookeri* root according to different extraction times

Time (hr)	TPC ³⁾ (mg/g)	TFC ⁴⁾ (mg/g)	Regression analysis ⁵⁾ of each antioxidant activity for hot water extraction solution ⁶⁾				
			DPPH radical scavenging activity (%)	ABTS radical cation scavenging activity (%)	Reducing power	Chelating activity (%)	SOD like activity (%)
0.25	70.99±0.81 ^{g1)2)}	24.86±0.36 ^g					
0.50	78.12±0.59 ^f	29.14±0.71 ^f					
0.75	79.51±0.63 ^c	32.36±0.10 ^e	Y=2.27X ₁ -147.89, R=0.94	Y=0.75X ₁ -16.00, R=0.97	Y=0.02X ₁ -1.24, R=0.95	Y=1.16X ₁ -41.68, R=0.97	Y=0.71X ₁ -21.08, R=0.48
1	80.69±0.15 ^d	39.86±0.71 ^d					
2	83.49±1.32 ^c	43.43±0.41 ^c					
4	89.51±0.44 ^a	52.71±0.72 ^a	Y=1.34X ₂ -16.01, R=0.98	Y=0.42X ₂ +28.79, R=0.96	Y=0.01X ₂ +0.09, R=0.98	Y=0.67X ₂ +26.70, R=0.99	Y=0.26X ₂ +68.61, R=0.32
6	88.26±0.88 ^{ab}	52.36±1.43 ^{ab}					
8	87.24±0.76 ^b	50.57±0.71 ^b					

¹⁾Values are mean±SD (n=3).

²⁾Different letters in the same column indicate a significant difference according to Duncan's multiple test ($P<0.05$).

³⁾TPC (total phenolic content) expresses as mg gallic acid equivalent per g of root.

⁴⁾TFC (total flavonoid content) expresses as µg catechin equivalent per mg of root.

⁵⁾X₁, X₂, Y, and R are TPC, TFC, each antioxidant activity, and correlation coefficient, respectively.

⁶⁾The concentration is expressed as 1 g of root per 50 mL of hot water extraction solution at each extraction time.

플라보노이드 이외에 다른 항산화 활성을 가진 물질도 영향을 미치는 것으로 판단된다. 이는 95°C의 추출조건에서 4시간 이후부터 총 페놀성 화합물 및 총 플라보노이드 함량이 감소된 것과 달리 1시간 이후부터 ascorbic acid가 산화되어 함량이 감소하기 때문에 총 페놀성 화합물 및 총 플라보노이드보다 열에 민감한 ascorbic acid의 특성이 반영된 결과로 해석된다(26,27).

결과적으로 고온의 열처리 중에 나타나는 산화 환원 반응에 의해서 Maillard 반응물질, 페놀성 화합물, ascorbic acid와 같은 항산화 성분들의 조성에 영향을 미쳐 열수 추출액의 추출 시간이 항산화 활성에 매우 중요한 요인이라 판단된다(25-29). 따라서 SOD 유사 활성을 제외한 다른 모든 측정에서 가장 높은 활성을 보인 4시간을 삼채 뿌리 열수 추출액의 추출 시간으로 선정하였다.

삼채 뿌리 열수 농축물 첨가량에 따른 발효유의 품질특성 비교

삼채 뿌리를 95°C에서 4시간 추출하여 1/10로 농축한 농축물을 0~10%(w/w) 농도 범위로 첨가한 발효유의 발효 중 pH, 적정산도, 겔보기 점도, 당도 및 색도 변화를 측정된 결과는 Fig. 1 및 2와 같다. 발효 0시간에서 농축물의 pH, 적정산도 및 생균수는 각각 6.57~6.60, 0.22~0.23% 및 6.40~6.80 log CFU/mL로 첨가량에 따라 큰 차이를 나타내지 않았으나, 당도는 첨가량이 증가할수록 8.90%에서 8.10%로 감소하였다. 색도는 L 값이 77.68에서 70.59로 감소하였으나 a와 b 값은 각각 -2.77에서 -1.03과 7.28에서 9.58로 증가하여 삼채 뿌리 열수 농축물의 첨가가 발효 초기의 당도와 색도에 영향을 주는 것으로 나타났다.

발효가 완료된 10시간에서 발효유의 경우 생균수는 8.60~9.20 log CFU/mL로 발효 초기와 마찬가지로 삼채 열수 농축물의 첨가량(2.5~10%)에 따른 차이를 나타내지 않았으므로 삼채 열수 농축물이 유산균의 증식에 큰 영향을 미치

지 않음을 확인할 수 있었다. 이와 같은 결과는 가공하지 않은 원재료와 건조하여 첨가한 삼채 뿌리가 김치의 젖산균 생육에 영향을 미치지 않았다는 결과와 유사하였다(1,2). pH와 당도는 삼채 열수 농축물의 첨가량이 증가할수록 4.34에서 4.51과 4.65%에서 5.25%로 증가하였으나 적정산도와 겔보기 점도는 각각 1.10%에서 1.01%와 290.50 mPa·s에서 202.55 mPa·s로 감소하였다. 이와 같은 경향은 발효 중간단계인 6시간을 지나면서 시작되어 발효 완료단계인 8~10시간이 되면서 확연하게 나타났다. 한편 색도는 첨가량이 증가할수록 발효 초기와 마찬가지로 L 값이 76.32에서 71.46으로 감소하였으나 a와 b 값이 각각 -2.34에서 -0.67과 8.15에서 10.53으로 증가하였다. 결과적으로 삼채 뿌리 열수 농축물의 첨가가 발효유의 생균수를 제외한 모든 품질 특성에 영향을 주는 것으로 확인되었다.

삼채 뿌리 열수 농축물을 첨가한 발효유의 발효 시간에 따른 품질특성을 조사한 결과, 발효유의 발효가 진행되면서 pH와 당도는 감소하였으나 적정산도, 겔보기 점도 및 유산균의 생균수는 증가하는 경향을 보였다. 이는 발효 중에 유산균이 증식하면서 기질에 함유된 lactose를 섭취하여 대사산물로 lactic acid 등과 같은 유기산을 생성함으로써 pH는 낮아지고 적정산도는 높아지게 되며, 이 과정에서 casein의 등전점에 도달하게 되면 curd를 생성하여 점도가 증가하기 때문으로 알려져 있다(14-17). 특히 발효 초기에 겔보기 점도가 측정되지 않았던 것도 curd를 생성할 정도로 pH가 낮지 않았기 때문으로 판단된다.

결과적으로 시판되는 유산균 발효유의 pH(농후발효유 스티드에서 3.85~4.56, 농후발효유 드링크에서 3.80~4.56)와 건강기능식품 공전의 농후 발효유 유산균의 생균수(log 8 CFU/mL 이상)를 감안할 때, 본 연구에서 삼채 열수 농축물을 첨가하여 제조한 발효유는 농후 발효유의 규격에 적합한 것으로 나타났다(12,30).

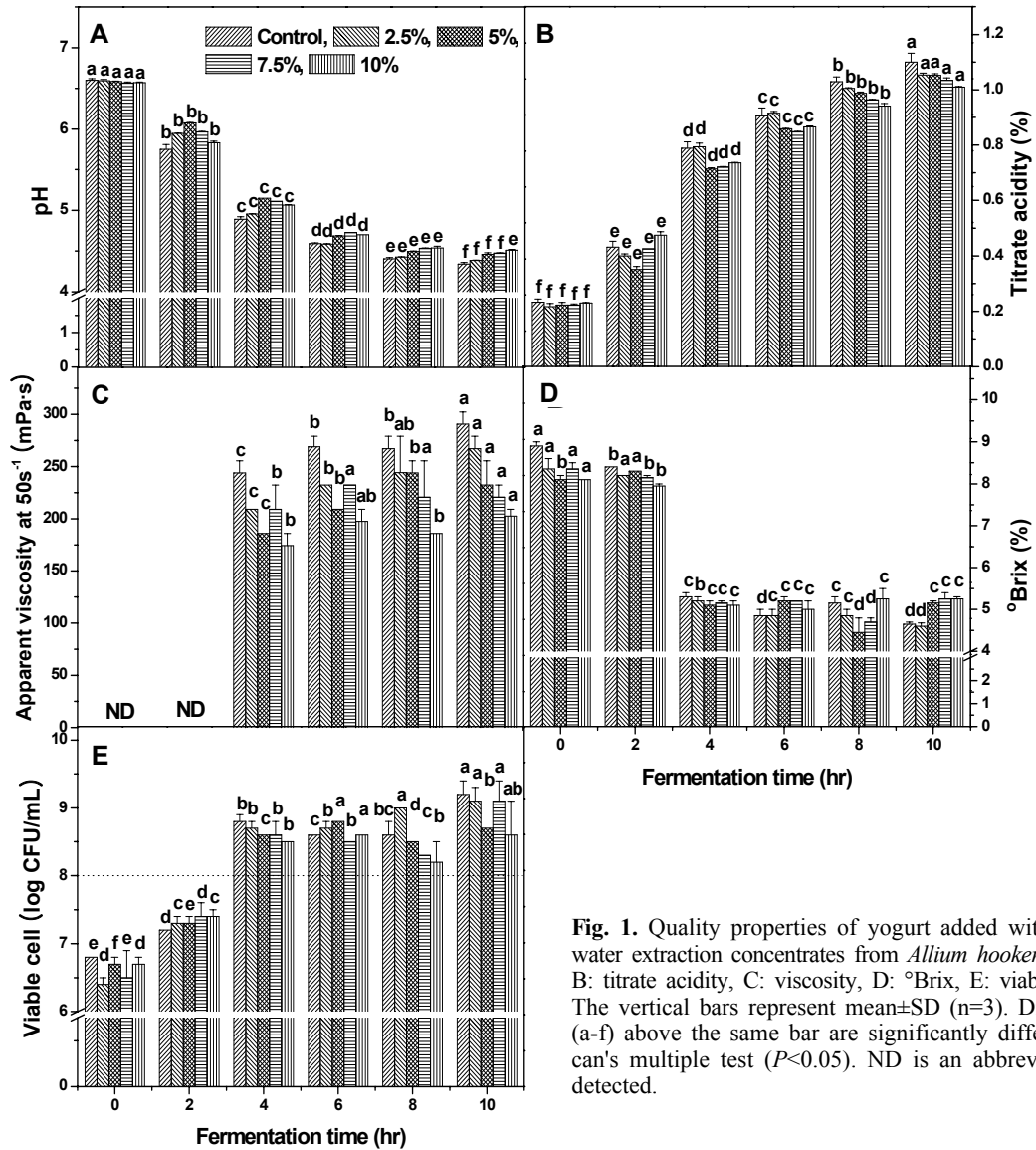


Fig. 1. Quality properties of yogurt added with various hot water extraction concentrates from *Allium hookeri* root. A: pH, B: titrate acidity, C: viscosity, D: °Brix, E: viable cell counts. The vertical bars represent mean±SD (n=3). Different letters (a-f) above the same bar are significantly different by Duncan's multiple test ($P < 0.05$). ND is an abbreviation for not detected.

삼채 뿌리 열수 농축물 첨가량에 따른 요구르트의 관능평가 비교

삼채 뿌리 열수 농축물을 0~10%(w/w) 농도 범위로 첨가한 발효유에 프락토올리고당과 매실향을 첨가하여 실시

한 관능평가 결과는 Table 3과 같다. 발효유의 일반적인 관능검사와 마찬가지로 발효유에 프락토올리고당만을 보당 처리하여 동일한 농도 범위로 실시한 예비실험에서 열수 농축물을 첨가한 모든 첨가구는 대조구와 종합적 기호도에서

Table 3. Sensory evaluation results of yogurt added with various hot water extraction concentrates from *Allium hookeri* root

Addition ratio of hot water extraction concentrates ³⁾ from <i>Allium hookeri</i> root (w/w)	Sensory evaluation					
	Color	Flavor	Dryness	Sweet taste	Sour taste	Overall acceptance
Control	1.95±1.23 ^{d1)2)}	1.90±0.64 ^d	4.40±1.23 ^a	4.10±1.07 ^a	3.45±0.76 ^a	6.20±0.62 ^a
2.5%	2.60±1.43 ^{cd}	2.05±0.39 ^d	4.45±1.57 ^a	3.85±0.59 ^{ab}	3.85±1.09 ^a	5.90±0.72 ^a
5%	3.25±1.77 ^{bc}	3.30±0.47 ^c	4.65±1.39 ^a	3.70±0.86 ^{ab}	3.60±0.68 ^a	4.25±0.72 ^b
7.5%	3.60±1.64 ^b	5.60±0.60 ^b	4.10±0.72 ^{ab}	3.90±0.72 ^{ab}	3.55±0.76 ^a	3.75±0.64 ^c
10%	5.50±0.89 ^a	6.55±1.19 ^a	3.50±0.61 ^a	3.50±0.83 ^b	3.55±0.83 ^a	2.90±0.79 ^d

¹⁾Values are mean±SD (n=20).

²⁾Different letters in the same column indicate a significant difference according to Duncan's multiple test ($P < 0.05$).

³⁾The concentration is expressed as 100 g of root per 500 mL of hot water extraction solution.

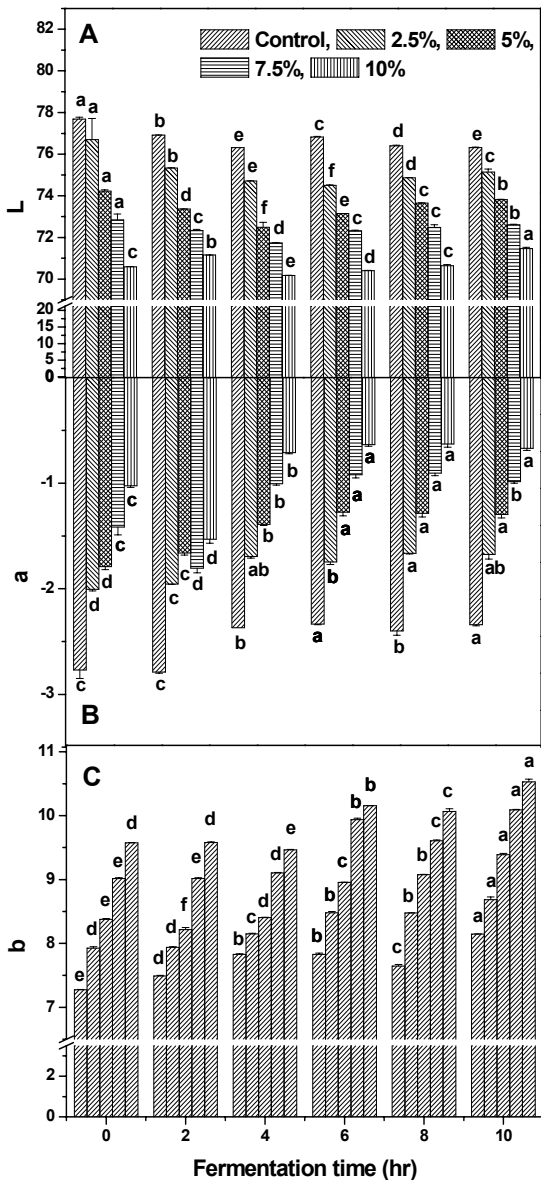


Fig. 2. Color values of yogurt added with various hot water extraction concentrates from *Allium hookeri* root. A: L value, B: a value, C: b value. The vertical bars represent mean±SD (n=3). Different letters (a-f) above the same bar are significantly different by Duncan's multiple test (P<0.05).

유의적 차이를 나타내었다(data not shown). 따라서 삼채 뿌리 열수 농축물의 이취를 개선하기 위하여 발효유에 프락토올리고당과 매실향을 첨가하여 관능평가를 재실시하였다. 열수 농축물 첨가량이 증가할수록 요구르트의 갈색과 향의 강도는 각각 1.95에서 5.50과 1.90에서 6.55로 증가하였으나 단맛의 강도는 4.10~3.50으로 감소하였다. 반면에 된 정도와 신맛의 강도는 각각 4.40~3.50과 3.45~3.55로 감소하거나 증가하였으나 첨가량에 따른 유의적 차이는 나타나지 않았다.

관능평가 결과를 발효가 완료된 발효유의 품질특성 결과와 비교해 보면, 열수 농축물 첨가량이 증가할수록 갈색의

강도가 증가한다고 평가한 관능검사 결과와 L 값이 감소하지만 a와 b 값이 증가한다는 색도의 결과가 일치하였다. 반면에 관능평가에서 유의적 차이를 나타내지 않았던 된 정도와 신맛의 강도는 점도와 pH는 감소하지만 적정산도는 증가한다는 기계적 측정 결과와 차이를 보였다. 특히 단맛의 강도는 열수 농축물의 첨가량이 증가할수록 감소하여 기계적 측정 결과와 상반된 경향을 나타내었다. 이는 열수 농축물과 첨가된 매실향의 향미가 발효유의 신맛과 단맛의 강도를 인지하는 데 영향을 준 것으로 판단된다. 한편 관능평가의 항목을 종합적으로 고려한 전반적 기호도는 열수 농축물 2.5% 첨가구까지는 대조구와 차이를 보이지 않았으나 그 이상의 첨가 농도부터는 크게 감소하였다. 이는 색과 향미에서 차이를 식별하였기 때문으로 판단된다. 따라서 삼채 뿌리 열수 농축물을 첨가한 발효유에 매실향을 첨가함으로써 관능성 개선이 가능한 것으로 나타났으며, 이와 같은 결과는 소량의 감귤 농축액과 감귤향을 첨가함으로써 산양유 발효유의 이취인 지방취를 개선하는 데 도움이 된다는 결과와 유사하였다(31). 이와 더불어 삼채 뿌리 열수 농축물을 첨가함으로써 항산화 활성이 보다 강화된 발효유의 제조가 가능할 것으로 판단된다.

요 약

항산화 활성이 강화된 발효유의 개발 가능성을 확인하고자 삼채 뿌리의 열수 추출조건을 설정한 후 열수 농축물을 첨가한 발효유를 제조하여 품질특성을 조사하였다. 추출 시간에 따른 열수 추출액의 항산화 활성은 95°C에서 4시간 추출했을 때 DPPH radical 소거능이 54%, ABTS radical cation 소거능이 52%, reducing power가 0.79, metal chelating 활성이 62%로 가장 높게 나타났으며, 이들의 항산화 활성은 총 페놀성 화합물 및 총 플라보노이드 함량과 높은 상관관계(R)를 나타내었다. 95°C에서 4시간 추출한 열수 추출물을 1/10배로 농축한 농축물을 0~10%(w/w) 농도 범위로 첨가하여 발효한 발효유의 품질특성을 비교한 결과, 발효가 완료된 발효유의 pH는 6.57~6.60에서 4.34~4.51로 감소한 반면에 적정산도는 0.22~0.23%에서 1.01~1.10%로 증가되었고, 생균수가 6.40~6.80 log CFU/mL에서 8.60~9.20 log CFU/mL로 증가되었다. 삼채 뿌리 열수 농축물을 첨가한 발효유에 매실향을 첨가한 관능평가에서는 된 정도와 신맛의 강도를 제외한 갈색, 향 및 당도의 강도에서 삼채 뿌리 열수 농축물의 첨가량이 증가함에 따라 각각 유의적 차이가 나타났으나, 2.5% 첨가구에서는 색, 향, 단맛 및 신맛의 강도뿐만 아니라 전반적 기호도에서도 대조구와 유의적 차이를 보이지 않았다.

감사의 글

본 논문은 '산업통상자원부', '한국산업기술진흥원', '호남지

역사업평가원'의 '광역경제권 선도산업육성사업'으로 수행된 연구 결과이며, 이에 감사드립니다.

REFERENCES

- You BR, Kim E, Jang JY, Choi HJ, Kim HJ. 2013. Quality characteristics of kimchi with *Allium hookeri* root powder added. *Korean J Food Preserv* 20: 863-870.
- You BR, Kim HJ. 2013. Quality characteristics of kimchi added with *Allium hookeri* root. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 42: 1649-1655.
- Won JY, Yoo YC, Kang EJ, Yang H, Kim GH, Seong BJ, Kim SI, Han SH, Lee SS, Lee KS. 2013. Chemical components, DPPH radical scavenging activity and inhibitory effects on nitric oxide production in *Allium hookeri* cultivated under open field and greenhouse conditions. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 42: 1352-1356.
- Goo YM, Kim TW, Lee MK, Lee SW. 2013. Development of transgenic potato with high content of sulphur-containing essential amino acids. *J Plant Biotechnol* 40: 1-8.
- Kim KH, Kim HJ, Byun MW, Yook HS. 2012. Antioxidant and antimicrobial activities of ethanol extract from six vegetables containing different sulfur compounds. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 41: 577-583.
- Csiszár J, Lantos E, Tari I, Madoşá E, Wodala B, Vashegyi Á, Horváth F, Pécsváradi A, Szabó M, Bartha B, Gallé A, Lazár A, Coradini G, Staicu M, Postelnicu S, Mihacea S, Nedelea G, Erdei L. 2007. Antioxidant enzyme activities in *Allium* species and their cultivars under water stress. *Plant Soil Environ* 53: 517-523.
- Stajner D, Varga IS. 2003. An evaluation of the antioxidant abilities of *Allium* species. *Acta Biologica Szegediensis* 47: 103-106.
- Hwang CR, Shin JH, Kang MJ, Lee SJ, Sung NJ. 2012. Antioxidant and antiobesity activity of solvent fractions from red garlic. *J Life Sci* 22: 950-957.
- Shin JH, Kim GM, Kang MJ, Yang SM, Sung NJ. 2010. Preparation and quality characteristics of yogurt with black garlic extracts. *Korean J Food Cookery Sci* 26: 307-313.
- Lee SG, Lee YJ, Kim MK, Han GS, Jeong SG, Jang A, Chae HS, Kim DH, Ham JS. 2009. Quality characteristics and inhibitory activity against *Staphylococcus aureus* KCCM 40510 of yogurts manufactured with garlic juice. *Korean J Food Sci Ani Resour* 29: 500-505.
- Shori AB, Baba AS, Chuah PF. 2013. The effects of fish collagen on the proteolysis of milk proteins, ACE inhibitory activity and sensory evaluation of plain- and *Allium sativum*-yogurt. *J Taiwan Inst Chem Eng* 44: 701-706.
- Ann YG. 2011. [Lactic acid bacterial] Probiotics lactic acid bacteria. *Korean J Food & Nutr* 24: 817-832.
- KDC. 2013. 2012 *Dairy statistics yearbook*. Korea Dairy Committee, Seoul, Korea. p 164.
- Jang SS. 2013. Current status of fermented milk development. *Food Sci Ani Resour Ind* 2: 11-18.
- Lee HY. 2013. Approval of functional ingredient of health/functional foods in Korea. *Food Industry and Nutrition* 18(1): 1-7.
- Im JH, Choi JK, Lee MH, Ahn YT, Lee JH, Huh CS, Kim GB. 2011. Effect of functional yogurt (R&B Rhythm[®]) on the improvement of constipation in animal models. *Korean J Food Sci Ani Resour* 31: 442-450.
- Park JS, Park JW, Cho BH, Song SO, Wee SH, Oh SM, Kim JM. 2013. The analysis for calcium and fructooligosaccharides contents in nutrients fortified dairy products. *Korean J Food Sci Ani Resour* 33: 781-786.
- Dewanto V, Wu X, Adonm KK, Liu RH. 2002. Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity. *J Agric Food Chem* 50: 3010-3014.
- Jia Z, Tang M, Wu J. 1999. The determination of flavonoid contents in mulberry and they scavenging effects on superoxide radicals. *Food Chem* 64: 555-559.
- Brand-Williams W, Cuvelier ME, Berset C. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food Sci Technol* 28: 25-30.
- Arts MJ, Haenen GR, Voss HP, Bast A. 2004. Antioxidant capacity of reaction products limits the applicability of the trolox equivalent antioxidant capacity (TEAC) assay. *Food Chem Toxicol* 42: 45-49.
- Oyaizu M. 1986. Studies on products of browning reaction-antioxidant activities of products of browning reaction prepared from glucosamine. *Jap J Nutr* 44: 307-315.
- Decker EA, Welch B. 1990. Role of ferritin as a lipid oxidation catalyst in muscle food. *J Agric Food Chem* 38: 674-677.
- Marklund S, Marklund G. 1974. Involvement of superoxide anion radical in the oxidation of pyrogallol and a convenient assay for superoxide dismutase. *Eur J Biochem* 47: 469-474.
- Yang HS, Lee YB, Yoo BJ. 2013. Antioxidant activity of water-soluble extracts from *Kalopanax cortex*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 42: 527-533.
- Sikora E, Cieřlik E, Leszczyńska T, Filipiak-Florkewicz A, Pisulewski PM. 2008. The antioxidant activity of selected cruciferous vegetables subjected to aquathermal processing. *Food Chem* 107: 55-59.
- Chyah AM, Lee YC, Yamaguchi T, Takamura H, Yin LJ, Matoba T. 2008. Effect of cooking on the antioxidant properties of coloured peppers. *Food Chem* 111: 20-28.
- Blokhina O, Virolainen E, Ragerstedt KV. 2003. Antioxidants, oxidative damage and oxygen deprivation stress: a review. *Ann Bot* 91: 179-194.
- Mandal S, Yadav S, Yadav S, Nema RK. 2009. Antioxidants: a review. *J Chem Pharm Res* 1: 102-104.
- Ko SJ, Jeong SS, Choi CH, Kim KH. 2013. pH and buffering capacity in some commercial fermented milks. *J Korean Soc Dent Hyg* 13: 701-711.
- Ham JS, Jeng SG, Shin JH, Choi MY, Han GS, Chae HS, Yoo YM, Ahn JN, Ko SH, Park KW, Choi SH, Lee WK. 2007. Optimization of goat milk yoghurt preparation conditions by response surface methodology. *Korean J Food Sci Ani Resour* 27: 345-350.