

아로니아, 비트, 백년초 분말 첨가 순무 물김치의 품질특성 및 항산화 활성 비교

김선희^{*} · 김지형 · 엄선아 · 한영선 · 허명제

인천광역시 보건환경연구원 식의약연구부 약품분석과

Effect of Aronia, Beet and Prickly Pear Powder on the Quality Characteristics and Antioxidant Activities of Turnip *Mul-kimchi*

Sun Hoi Kim^{*} · Ji Hyeung Kim · Sun Ah Eom · Young Sun Han · Myung Je Heo

Division of Pharmaceuticals Analysis on the Food and Drug Administration,
Institute of Public Health and Environment in Incheon Metropolitan City, Incheon 22320, Korea

Abstract

Purpose: This study examined the effects of aronia, beet and prickly pear powder on the properties of *mul-kimchi* made of turnip. **Methods:** Each turnip *mul-kimchi* was made by adding 0.2% aronia, beet or prickly pear powder. After a 24 hour fermentation process at 25°C, it was stored at 4°C. The antioxidant activities and quality characteristics of turnip *mul-kimchi* during 34 days of storage at 4°C were compared. The antioxidant activities were evaluated using DPPH (2,2-diphenyl-1-picryl-hydrazyl-hydrate) and ABTS (2,2'-azinobis-3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid) radical scavenging methods, as well as FRAP (ferric reducing antioxidant power) assays and the total polyphenol content. **Results:** The antioxidant activity of aronia-added turnip *mul-kimchi* was higher than that of the control and others. The vitamin C content was the highest on day 6, with the following levels: aronia-added turnip *mul-kimchi* (182.36 mg/kg), beet-added turnip *mul-kimchi* (171.80 mg/kg), prickly pear-added turnip *mul-kimchi* (163.80 mg/kg) and control group (158.85 mg/kg). **Conclusion:** The addition of aronia powder can improve the quality characteristics and antioxidant activities of turnip *mul-kimchi*.

Key words: turnip *mul-kimchi*, aronia, beet, prickly pear, antioxidant activity

I. 서론

최근 소비자들의 식품안전성에 대한 관심이 지속적으로 증가하고 있으며 식품 원재료와 첨가물에서도 천연 재료에 대한 선호도가 높아지고 있다. 식품에 주로 사용하던 합성색소의 안전성 문제가 대두되면서 천연색소를 이용한 친환경 제품에 대한 소비가 점점 늘고 있다. 이에 색소 본연의 기능 외에 다양한 생리활성을 가진 천연색소로 식품의 부가가치를 높이는 기능성 제품 개발이 이루어지고 있다(Jeong YZ 2013).

배추 또는 무를 소금에 절여 생강, 마늘, 파 등을 넣고 소금물에 숙성시켜 만드는 물김치는 특이하게 발효액을 주로 먹는 음식으로 냉면이나 국수의 육수 대용으로도

사용되고 있으며 재료로부터 유래한 여러 가지 영양성분과 발효에 의해 생성된 유기산을 비롯한 발효산물이 함유되어 있다(Cherng JY & Shih MF 2006). 맑고 시원한 국물과 함께 즐길 수 있는 물김치는 맵지 않고 짭짤이 강하지 않은 자극성이 적은 김치로 외국인들의 선호도가 높은 것으로 알려져 있으며, 특히 어린이, 노약자 및 환자 등으로부터 소비가 많이 이루어지는 김치종류이다(Sin DS & Cho IH 2017). 또한 물김치는 물을 많이 사용하기 때문에 재료의 연화가 빠르고, 용출된 영양성분에 의하여 신속하게 발효가 이루어져 발효 기간이 짧은 것이 특징이다(Kim HR 등 2002).

순무(*Brassica rapa*)는 유럽 원산의 1-2년생 십자화과 식물로 무보다 섬유질이 적고 품질이 좋다(Cho EJ 2008).

우리나라에서는 강화도 특화작물 중 하나로 고려시대 이전부터 재배된 것으로 알려져 있으며, 동의보감에 의하면 온순한 성질이 있으며 맛이 달고 독이 없으며 오장과 황달에 이롭고 눈을 밝게 하며 소변을 잘 통하게 하는 효능과 함께 비만인 사람에게 좋은 것으로 기재되어 있다(Heo Jun 1994). 또한 무보다 칼륨과 칼슘의 함유량이 높고, 순무 자체의 안토시아닌 색소가 있음이 보고되었다(National Rural Living Science Institute 1996, Kim MR 2000, Kim YJ 2000).

순무로 물김치를 담그면 천연의 색소가 우리나라와 연한 포도주 빛을 띠게 되어 식미를 자극할 수 있다. 그러나 순무 물김치 대량 제조 시 모래 등 이물을 제거하는 과정에서 불가피하게 보랏빛 겉질 부분이 많이 제거되는 경우가 있어 순무자체의 보랏빛 색깔과 안토시아닌 색소의 항산화능을 복구시킬 필요가 있다.

아로니아, 비트, 백년초는 우수한 생리활성으로 주목받고 있는 식품으로 이를 이용한 다양한 식품 개발 연구가 활발히 이루어지고 있으며 특히 비트와 백년초는 일부 제품의 천연색소로 다양하게 활용되고 있다.

아로니아는 장미과에 속하는 베리류의 열매로서 북아메리카가 원산지로 블랙초크베리라고도 불린다(Wu X 등 2004). 아로니아는 다른 베리류보다 안토시아닌 색소가 풍부하게 함유되어 짙은 자주색을 띠며 폴리페놀과 플라보노이드 함량이 높아 항산화, 항암, 항염, 시력개선 효과가 있는 것으로 보고되고 있다(Hou DX 2003, Kulling SE & Rawel HM 2008, Kalt W 등 2010). 최근 우리나라에서도 아로니아에 대한 관심이 증대되어 농가에서 6-7년 전부터 도입하여 전국적으로 재배되고 있다. 여러 가지 생리활성 물질을 함유하고 있는 아로니아는 짙은맛과 신맛 때문에 생과로 섭취하기 어려워 다양한 형태의 가공제품으로 개발하려는 연구들이 진행되고 있다(Park HJ & Chung HJ 2014). 실제로 일본에서는 아로니아를 잼, 와인, 주스 등의 제조에 이용하고 있으나(Hwang ES & Lee YJ 2013) 우리나라에서는 지속적으로 생산하고 있는 가공제품은 거의 없는 실정이다.

비트는 명아주과에 속하는 뿌리채소로 손쉽게 재배할 수 있는 농작물이다. 원산지는 중앙아시아 지역과 동부지중해 연안으로 북위 35-65°의 광범위한 지역에서 재배한다(Cho Y & Choi MY 2010). 비트는 혈당 강화 작용이 있어 당뇨병의 합병증을 예방하거나 완화하는 효능이 있고(Tunali T 등 1998), 특히 비트에 함유된 엽산 및 비타민 B12는 적혈구 생성, 빈혈, 고혈압, 혈액 정화, 비만증 및 변비 등에 효과가 있다(Hong SS 등 2000). 비트의 주요 색소 성분인 betalain은 적색의 betacyanin과 지질과산화에 있어 강력한 항산화 효과를 보이는 황색의 betaxanthin으로 이루어져 있다(Kanner J 등 2001). 비트의 붉은 색소는 아이스크림, 캔디류, 소스류, 레토르트 식품 등에 널리 사

용되고 있는 천연 첨가물(Lee TS 등 2005)이지만 아직까진 김치에 적용한 연구 사례는 미비한 실정이다.

백년초는 손바닥선인장으로 불리기도 하며 변비치료, 이뇨효과, 장운동 활성화, 식욕증진, 당뇨, 고혈압 등에 효능이 있어 예부터 식용 및 약용으로 이용되어 왔다(Jeon ER & Park ID 2006). 백년초의 천연 적색 색소는 비트 색소 성분과 같은 betalain으로 항산화, 항균 효과가 있으며 열과 산성조건에서 안정하여(Lee SP 등 1998) 초콜릿, 잼, 주스 등의 식품소재로 다양하게 활용되고 있다(Shin DH & Lee YW 2005).

따라서 본 연구에서는 다양한 생리활성을 가지고 있는 아로니아, 비트, 백년초 분말을 순무 물김치에 각각 첨가하여 저장 중 이화학적 품질특성, 항산화 활성 및 관능평가를 실시하여 제품화를 위한 기초자료로 활용하고자 하였다.

II. 재료 및 방법

1. 재료

본 연구에서 사용한 순무 물김치는 농업회사법인 ㈜손맛(Incheon, Korea)으로부터 공급받았다. 주재료인 순무는 인천광역시 강화군에서 재배한 강화 순무를 사용하였고 나머지 부재료인 멸치액젓, 설탕, 양파, 쪽파, 마늘, 생강, 천일염 등은 강화도 지역에서 구하여 사용하였다. 순무 물김치에 사용한 아로니아(폴란드산), 비트(국산), 백년초(국산) 분말은 인천 소재 대형마트에서 구매하였다.

2. 순무 물김치 제조

순무는 흠이나 상처 난 부분을 제거하고 깨끗이 씻은 후 나박썰기하여 준비하였다. 기타 부재료들과 순무를 이용하여 ㈜손맛의 제조 배합 방법에 따라 만든 일반 순무 물김치를 대조군으로 하였고 여기에 아로니아, 비트, 백년초 분말을 각각 0.2% 비율로 첨가한 아로니아 첨가 순무 물김치, 비트 첨가 순무 물김치, 백년초 첨가 순무 물김치 3종을 실험군으로 하였다. 제조한 순무 물김치는 25°C에서 24시간 숙성시킨 후 4°C에 냉장 저장하면서 실험하였다. 저장된 순무 물김치는 담근 지 1일(숙성), 2일, 4일, 6일, 13일, 20일, 27일, 34일 간격으로 김치건더기와 국물을 제조 배합 비율(4.4:5.6)로 채취하여 항산화 활성과 품질특성 조사에 사용하였다.

3. pH와 산도 측정

발효기간에 따른 순무 물김치 시료의 pH는 pH meter (pH-220, Denver Instrument, New York, NY, USA)를 사용하여 실온에서 측정하였고 산도는 식품공전(Ministry of Food and Drug Safety 2015a)을 참고하여 순무 물김치 국

^{*}Corresponding author: Sun Hoi Kim, Institute of Public Health and Environment in Incheon Metropolitan City, Seoheadae-ro 471, Jung-gu, Incheon 22320, Korea
ORCID: http://orcid.org/0000-0002-5817-0825
Tel: +82-32-440-5603, Fax: +82-32-440-8801, E-mail: nallsin@korea.kr



물을 증류수로 10배 희석한 후 전위차 적정기(836 Titrand, Metrohm AG, Herisau, Switzerland)를 이용하여 0.1 N NaOH 용액(Daejung Chemical Co., Gyeonggi, Korea)으로 적정한 후 소비된 0.1 N NaOH 용액의 소비량을 구하여 잿산의 함량을 %로 환산하여 표시하였다.

$$\text{총 산도}(\%) = \frac{0.009 \times V \times f}{S} \times 100$$

V: 0.1 N NaOH의 소비량(mL)

f: 0.1 N NaOH의 factor

S: 시료채취량(mL)

4. 유산균수 측정

무균적으로 채취한 순무 물김치의 국물을 멸균 생리식염수로 10배씩 단계적으로 희석한 후 유산균 측정용 플레이트(3M petrifilm lactic acid bacteria count plate(LAB), 3M Health Care, St. Paul, MN, USA)에 1 mL씩 접종하여 37°C에서 48±3시간 배양한 후 형성된 colony 수를 계수하여 log CFU/mL로 나타내었다.

5. 비타민 C 함량 측정

발효기간에 따른 순무 물김치 시료의 총 비타민 C 함량은 식품공전 일반시험법(Ministry of Food and Drug Safety 2015b)에 따라 HPLC(Dionex Ultimate 3000, Thermo Fisher Scientific, Waltham, MA, USA)를 이용하여 3회 반복 정량하였다. 분석조건은 Table 1과 같으며 비타민 C 표준물질로써 L-ascorbic acid(Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA)를 사용하여 표준곡선을 작성한 후 계산하였다.

6. 항산화 활성 측정

1) DPPH radical 소거능

발효기간별로 순무 물김치 대조군 및 각 실험군에서 순무와 국물을 제조 배합 비율(4.4:5.6)로 취하여 마쇄한 뒤, 시료 무게의 9배에 해당하는 80% 에탄올(Honeywell Burdick & Jackson, Ulsan, Korea)을 가하여 2시간 동안 초음파 추출하였다. 추출액을 여과지(Whatman No. 41,

Advantec, Tokyo, Japan)로 여과하여 순무 물김치 추출물로 하였다. DPPH radical 소거능을 측정하기 위해 순무 물김치 추출물 150 µL를 96-well plate에 넣고 0.4 mM DPPH 용액(Sigma-Aldrich Co.) 150 µL를 첨가한 후 암소에서 20분 동안 반응시킨 후 microplate reader(Infinite M200 pro, Tecan Group Ltd., Männedorf, Switzerland)를 사용하여 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. 이 때 DPPH 대신 80% 에탄올과 시료를 반응시켜 시료 고유의 색에 대한 흡광도 값을 보정하여 다음의 식(Seifried HE 등 2007)을 이용해 산출하였다.

$$\text{DPPH radical 소거능}(\%) = \left[1 - \frac{(A_s - A_b)}{A_c} \right] \times 100$$

A_s: Sample의 흡광도

A_b: Sample Blank의 흡광도

A_c: Control의 흡광도

2) ABTS radical 소거능

ABTS radical 소거능은 Re R 등(1999)의 방법을 응용하여 평가하였다. 2.6 mM potassium persulfate(Sigma-Aldrich Co.)와 7.4 mM ABTS(Sigma-Aldrich Co.)를 각각 제조하여 섞은 후, 암소에 16시간 동안 방치하여 양이온(ABTS+)을 형성시킨 뒤 734 nm에서 흡광도의 값이 0.70±0.02가 되도록 증류수를 이용하여 희석하였다. 조제한 ABTS 용액 200 µL에 순무 물김치 추출물 40 µL를 첨가하여 혼합하고 암소에서 7분간 반응시킨 후 microplate reader(Tecan Group Ltd.)를 사용하여 흡광도를 측정하였다. 이 때 ABTS 대신 증류수와 시료를 반응시켜 시료 고유의 색에 대한 흡광도 값을 보정하여 다음 식을 이용해 산출하였다.

$$\text{ABTS radical 소거능}(\%) = \left[1 - \frac{(A_s - A_b)}{A_c} \right] \times 100$$

A_s: Sample의 흡광도

A_b: Sample Blank의 흡광도

A_c: Control의 흡광도

Table 1. Operation conditions for vitamin C of turnip *mul-kimchi* by HPLC

Index	Condition
Column	Luna 5 µ NH ₂ 100A (4.6×250 mm)
Column oven temperature	30°C
Detector	UV 254 nm
Mobile phase	0.05 M Potassium dihydrogen phosphate solution·Acetonitrile (60:40)
Flow rate	1.0 mL/min
Injection volume	10 µL

3) FRAP 활성

FRAP 활성은 Benzie IFF & Strain JJ(1996)의 실험 방법을 변형하여 측정하였다. FRAP 반응 시액은 300 mM acetate buffer(pH 3.6)(Samchun Pure Chemical Co., Ltd., Pyeongtaek, Korea), 40 mM HCl(Junsei Chemical Co., Tokyo, Japan)에 녹인 10 mM TPTZ(Sigma-Aldrich Co.), 20 mM ferric chloride(Kanto Chemical Co., Tokyo, Japan)와 증류수를 10:1:1:1.2 비율로 실험 직전에 제조하여 사용하였다. FRAP 반응 시액 1.8 mL와 순무 물김치 추출액 0.3 mL를 혼합하여 4분간 반응시킨 후 UV spectrophotometer(Cary 300, Varian, Palo Alto, CA, USA)를 사용하여 595 nm에서 흡광도를 측정하였다. Iron(II) sulfate heptahydrate(Sigma-Aldrich Co.)로 표준곡선을 작성하여 시료 1 g당 µmole Fe(II)로 표현하였다.

7. 총 폴리페놀 함량 측정

총 폴리페놀 함량을 측정하기 위해 Folin-Denis법(Meda A 등 2005)을 변형하여 사용하였다. 순무 물김치 국물 50 µL를 취해 2% sodium carbonate solution(Wako Pure Chemical Industries Ltd., Tokyo, Japan) 1 mL와 잘 혼합하고 3분간 반응시킨 후 2 N Folin & Ciocalteu's phenol reagent(Sigma-Aldrich Co.) 50 µL를 넣어 다시 30분간 반응시킨 다음 UV spectrophotometer(Varian)를 사용하여 700 nm에서 흡광도를 측정하였다. 총 폴리페놀 화합물의 함량은 gallic acid(Sigma-Aldrich Co.) 검량선에 의하여 산출하였다.

8. 관능평가

관능적 품질특성은 인천광역시 보건환경연구원 직원(연구원) 52명을 panel로 선정하여 7점 기호 척도법으로 실시하였다. 평가항목은 외관, 향미, 맛, 조직감 및 전반적 기호도로 총 5항목을 조사하였으며 선호도가 높을수록 7점, 선호도가 낮을수록 1점을 주도록 하였다. 본 연구는 인하대학교 기관생명윤리위원회에서 IRB 심의면제 확인을 받아 진행하였다(Approval Number: 180319-1A).

9. 통계처리

본 연구의 모든 실험은 3회 이상 반복 측정하였다. 실험결과와 분석은 SPSS Statistics(ver. 24, IBM Corp., Armonk, NY, USA)를 이용하여 각 시료의 평균과 표준편차를 산출하였고 각 실험군 간의 유의성 검증을 위하여 일원배치분산분석(one-way ANOVA)을 실시하였으며 사후검증으로 *p*<0.05 수준에서 Duncan's multiple range test를 실시하였다.

III. 결과 및 고찰

1. pH, 산도 및 유산균수의 변화

아로니아, 비트, 백년초 분말을 각각 첨가하여 제조한 순무 물김치의 발효기간에 따른 pH, 산도 및 유산균수의 변화는 Table 2와 같다. 모든 실험군 및 대조군의 pH는 발효 13일까지 유의적인 차이를 보이며 급격하게 감소하다가 이 후 발효 34일까지는 거의 변화가 없었고 산도는 발효 1일부터 발효 34일까지 점진적으로 증가하였다(*p*<0.05). 발효 13일 이후 pH가 미미하게 감소하여도 산도는 계속적으로 증가하는 것은 김치 발효 중에 주로 생성되는 잿산과 초산이 해리상수가 매우 작은 약산이어서 높은 농도로 축적되어도 pH는 어느 한계값 이하로 낮아지지 않기 때문이다(Kim DC 등 2014). 담근 지 1일 경과 후의 pH는 대조군의 pH 4.07에 비해 아로니아 첨가 순무 물김치의 pH가 4.21로 유의적인 차이를 보이며 다소 높게 나타났으며 이러한 현상은 발효 34일까지 지속적으로 관찰되었다(*p*<0.05). 산도 변화에서도 전반적으로 아로니아 첨가 순무 물김치의 산도가 유의적인 차이를 보이며 가장 낮았다(*p*<0.05). 일반적으로 김치 숙성 과정 중 pH는 일정시기까지 빠르게 감소하다가 산패기에 접어들면서 감소 정도가 완만해지는 것으로 알려져 있으며, Lee YK 등(2005)에 따르면 산도의 경우 pH와 반비례한다고 보고하였는데 이는 본 실험의 결과와 일치하였다.

순무 물김치 대조군 및 실험군의 유산균수는 담근 지 1일에 8.29-8.34 log CFU/mL이었고 발효 2일에는 8.53-8.56 log CFU/mL로 증가하여 가장 많은 유산균수를 나타내었다. 이후 발효 6일까지 소폭 감소하였으나 유의적인 차이는 보이지 않았고 이후 급격한 감소를 보이며 발효 34일에 6.76-7.20 log CFU/mL 수준까지 줄어들었다(*p*<0.05). 이러한 결과는 30°C, 24시간 숙성 후 4°C 저장한 열무 물김치의 유산균수 변화가 발효 초기에 최대값을 보인 후 점차 감소했다는 Choi SY & Hahn YS(1997)의 보고와 같은 결과를 나타내었다. 발효기간 동안 순무 물김치 대조군과 실험군 사이의 유의적인 차이는 발효 6일까지 보이지 않았고 발효 20일 이후부터 비트, 백년초를 각각 첨가한 순무 물김치의 유산균수가 대조군과 유의적인 차이를 보이며 적게 나타났다(*p*<0.05). 유산균수를 pH 변화와 함께 살펴보면 pH 3.8±0.1 부근인 발효 2일부터 발효 6일까지의 유산균수가 대조군과 실험군 모두 가장 많았고 pH가 3.6±0.1으로 급격히 낮아져 산패기로 접어든 것으로 보이는 발효 13일 이후부터 확연한 차이를 보이며 감소하였다(*p*<0.05).

2. 비타민 C 함량 측정

순무 물김치의 발효기간에 따른 비타민 C 함량은 Table

Table 2. Changes of pH, total acidity and lactic acid bacteria count of turnip *mul-kimchi* during fermentation

	Sample ¹⁾	Fermentation period (day)							
		1	2	4	6	13	20	27	34
pH	C	^A 4.07±0.01 ^a	^{AB} 3.84±0.01 ^b	^C 3.82±0.00 ^c	^C 3.71±0.01 ^d	^B 3.58±0.02 ^c	^A 3.54±0.01 ^f	^A 3.52±0.01 ^g	^A 3.52±0.01 ^g
	A	^C 4.21±0.01 ^a	^C 3.93±0.02 ^b	^D 3.93±0.01 ^b	^D 3.78±0.00 ^c	^C 3.66±0.01 ^c	^C 3.59±0.02 ^c	^B 3.57±0.01 ^f	^B 3.58±0.00 ^{ef}
	B	^A 4.11±0.02 ^a	^A 3.84±0.00 ^b	^B 3.80±0.01 ^c	^B 3.68±0.01 ^d	^B 3.58±0.01 ^c	^B 3.56±0.01 ^f	^B 3.56±0.00 ^f	^B 3.57±0.01 ^{ef}
	P	^B 4.13±0.01 ^a	^B 3.86±0.01 ^b	^A 3.78±0.01 ^c	^A 3.66±0.00 ^d	^A 3.54±0.00 ^f	^A 3.52±0.02 ^f	^C 3.51±0.01 ^f	^A 3.51±0.02 ^f
Total acidity (%)	C	^B 0.16±0.01 ^a	^B 0.24±0.01 ^b	^B 0.31±0.01 ^c	^B 0.33±0.01 ^d	^B 0.52±0.01 ^e	^{AB} 0.57±0.01 ^f	^A 0.60±0.01 ^g	^B 0.62±0.01 ^b
	A	^A 0.13±0.01 ^a	^A 0.22±0.00 ^b	^A 0.26±0.01 ^c	^A 0.29±0.01 ^d	^A 0.44±0.01 ^e	^A 0.55±0.01 ^f	^A 0.59±0.02 ^b	^A 0.57±0.01 ^g
	B	^B 0.18±0.01 ^a	^C 0.25±0.01 ^b	^C 0.35±0.00 ^c	^C 0.41±0.01 ^d	^B 0.52±0.02 ^c	^B 0.58±0.01 ^f	^C 0.67±0.01 ^g	^C 0.67±0.01 ^g
	P	^B 0.17±0.02 ^a	^B 0.23±0.01 ^b	^D 0.44±0.02 ^c	^D 0.49±0.02 ^d	^C 0.60±0.01 ^e	^B 0.59±0.02 ^c	^B 0.64±0.00 ^f	^D 0.71±0.01 ^g
Lactic acid bacteria count (log CFU/mL)	C	8.29±0.00 ^b	8.54±0.11 ^a	8.49±0.13 ^a	8.43±0.07 ^a	^B 8.14±0.02 ^c	^D 8.06±0.06 ^c	^D 7.81±0.05 ^d	^C 7.14±0.04 ^c
	A	8.30±0.02 ^a	8.53±0.03 ^a	8.51±0.02 ^a	8.51±0.03 ^a	^A 7.90±0.04 ^c	^C 7.93±0.05 ^d	^C 7.72±0.05 ^d	^C 7.20±0.05 ^c
	B	8.34±0.03 ^b	8.54±0.05 ^a	8.51±0.01 ^a	8.49±0.04 ^a	^B 8.13±0.03 ^c	^A 7.53±0.06 ^d	^A 7.00±0.02 ^e	^A 6.76±0.03 ^f
	P	8.32±0.05 ^c	8.56±0.04 ^a	8.54±0.07 ^{ab}	8.48±0.02 ^b	^B 8.13±0.03 ^d	^B 7.75±0.07 ^c	^B 7.30±0.03 ^f	^B 6.89±0.05 ^g

¹⁾ C: control turnip *mul-kimchi*; A: aronia-added turnip *mul-kimchi*; B: beet-added turnip *mul-kimchi*; P: prickly pear-added turnip *mul-kimchi*.
^{ab} Means within a row (during fermentation of each sample) with different letters are significantly different by Duncan's multiple range test ($p<0.05$).
^{AD} Means within a column (between the samples of the same fermentation day) with different letters are significantly different by Duncan's multiple range test ($p<0.05$).

Table 3. Changes in total vitamin C of turnip *mul-kimchi* according to fermentation periods (Unit: mg/kg)

Sample ¹⁾	Fermentation period (day)							
	1	2	4	6	13	20	27	34
C	^B 116.19±1.17 ^c	^D 114.32±1.26 ^c	^A 128.80±0.51 ^b	^D 158.85±1.98 ^a	^C 86.97±1.06 ^c	^C 91.96±1.35 ^d	^B 92.45±0.80 ^d	^B 90.79±0.37 ^d
A	^A 130.27±0.67 ^c	^A 143.50±0.62 ^b	^A 129.79±0.19 ^c	^A 182.36±2.36 ^a	^A 98.93±3.62 ^f	^A 100.62±3.97 ^{ef}	^A 111.20±5.61 ^d	^A 105.16±1.92 ^e
B	^A 132.69±0.96 ^b	^B 121.59±1.46 ^c	^C 105.67±1.25 ^d	^B 171.80±2.02 ^a	^B 93.79±1.84 ^f	^{AB} 98.03±1.26 ^c	^B 94.20±0.99 ^f	^C 84.57±2.54 ^g
P	^C 109.58±2.24 ^d	^C 119.05±1.39 ^b	^B 113.52±2.94 ^c	^C 163.80±0.75 ^a	^B 93.73±1.31 ^{ef}	^{BC} 94.17±0.28 ^c	^B 95.74±0.93 ^c	^B 91.22±1.67 ^f

¹⁾ C: control turnip *mul-kimchi*; A: aronia-added turnip *mul-kimchi*; B: beet-added turnip *mul-kimchi*; P: prickly pear-added turnip *mul-kimchi*.
^{abg} Means within a row (during fermentation of each sample) with different letters are significantly different by Duncan's multiple range test ($p<0.05$).
^{AD} Means within a column (between the samples of the same fermentation day) with different letters are significantly different by Duncan's multiple range test ($p<0.05$).

3에서 보는 바와 같다. 발효 1일에 대조군 116.19 mg/kg으로 아로니아, 비트 첨가 순무 물김치의 130.27, 132.69 mg/kg에 비해 다소 낮게 측정되었고($p<0.05$) 숙성적기인 발효 6일에는 모두 비타민 C 함량 최고치를 나타냈다. 이때 대조군이 158.85 mg/kg, 실험군은 163.80-182.36 mg/kg의 범위로 실험군 모두 대조군과 유의적인 차이를 보였다($p<0.05$). 이 후 비타민 C의 함량이 급속하게 감소하여 산패기인 발효 13일에 86.97-98.83 mg/kg으로 낮아지고 발효 34일까지 일정한 수준을 유지하는 양상을 나타내었다. 전체 발효기간 중 비타민 C의 함량은 4종의 순무 물김치 중에서 아로니아 첨가 순무 물김치가 대체로 가장 높았고 전반적으로 대조군과의 유의적인 차이를 나타냈

다($p<0.05$). Oh JY & Hahn YS(1999)의 보고에 따르면 김치는 대부분의 경우 발효가 진행됨에 따라 총 비타민 C 함량이 점차 상승하다가 숙성적기 이후 감소한다고 하였는데 이는 본 실험의 결과와 일치하였다. 이러한 비타민 C 함량 증가 양상에 대하여 Lee TY & Lee JW(1981), Han HU 등(1990)의 연구에서는 김치의 주재료인 배추의 pectin이 효모와 곰팡이가 분비한 polygalacturonase에 의해 호기적으로 분해되어 galacturonic acid가 생성되고 이것이 기질이 되어 총 비타민 C 생합성이 이루어지며 이러한 생합성은 김치 재료 중의 효소 작용에 기인한 것이라고 보고하였다. 따라서 본 연구에서는 순무 물김치의 숙성적기가 pH 3.8±0.1 부근의 비타민 C 함량이 최고치

인 발효 6일 전후인 것으로 판단되었으며 4종의 순무 물김치 중 아로니아 첨가 순무 물김치의 비타민 C 함량이 가장 높다는 것을 확인하였다.

3. 항산화 활성 및 총 폴리페놀 함량 측정

자연에 존재하는 항산화 물질은 매우 다양하기 때문에 한 가지 방법으로 대상 물질의 항산화 활성을 측정하는 것은 어렵다. 각 실험 방법마다 반응 메커니즘에 따른 제약이 따르기도 하며 항산화 물질의 특성에 따라 특정 성분의 항산화 물질은 측정하지 못하는 등의 단점들이 있다. 따라서 본 연구에서는 DPPH 및 ABTS radical 소거능, FRAP 활성 총 3가지의 다양한 *in vitro* 항산화 실험을 이용하여 순무 물김치의 발효기간에 따른 항산화 활성을 측정하였으며 항산화 물질인 총 폴리페놀의 함량 측정에 병행하였다.

3종의 항산화 실험을 통한 순무 물김치 대조군 및 3가지 실험군의 항산화 활성 측정 결과와 총 폴리페놀 함량 측정 결과는 Table 4와 같다. 전체 발효기간 동안 아로니아 첨가 순무 물김치의 항산화 활성과 총 폴리페놀 함량 모두 유의적인 차이를 보이며 가장 높게 측정되었다($p<0.05$).

전반적 양상을 살펴보면 발효 2일에 3종의 항산화 실험에서 대조군 및 3가지 실험군 모두 항산화 활성이 증

가하였으며 이후 소폭의 증감을 보이다 발효 27일에 감소하는 것으로 나타났다. 반면 총 폴리페놀 함량은 항산화 활성에서 나타난 양상과 같이 발효 2일에는 급격히 증가하였으나($p<0.05$) 이후에도 조금씩 증가하여 발효 34일까지 꾸준한 증가세를 보였다. Kim JM 등(2015)에 따르면 유근피 추출물의 DPPH 및 ABTS radical 소거능, 환원력과 총 폴리페놀 함량과의 상관관계 분석에서 높은 연관성을 보였으며 이는 DPPH 및 ABTS radical 소거능, 환원력 실험이 phenolic 화합물에 특이적으로 반응하기 때문이라고 보고한 바 있다. 본 연구에서도 발효 20일까지 3종의 항산화 활성과 총 폴리페놀 함량의 연관성이 있는 것으로 보이나 발효 20일 이후 총 폴리페놀 함량이 소폭 증가하는 것과 반대로 3종의 항산화 활성이 감소하는 것은 발효에 따른 여러 가지 변화에 기인한 것으로 사료된다.

4. 관능평가

순무 물김치들을 제조하여 25°C에서 24시간 숙성시킨 후 4°C에 저장한 순무 물김치의 관능검사를 위해 담근 지 6일째에 외관, 향미, 맛, 조직감 및 전반적 기호도에 대한 관능평가를 실시하였으며 결과는 Fig. 1과 같다. 대조군과 비교 시 백년초 첨가 순무 물김치는 맛, 조직감 및

Table 4. DPPH radical scavenging activity, ABTS radical scavenging activity, FRAP activity and total polyphenol content of turnip *mul-kimchi* according to fermentation periods

		Sample ¹⁾	Fermentation period (day)						
			1	2	4	6	13	20	27
DPPH radical scavenging activity (%)	C	^A 28.90±4.70 ^d	^A 37.53±2.97 ^c	^B 46.87±3.15 ^b	^A 41.40±4.61 ^{bc}	^A 43.60±1.15 ^{bc}	^A 53.23±0.95 ^a	^A 16.97±0.87 ^e	^A 14.63±5.68 ^e
	A	^B 45.50±5.24 ^c	^C 61.63±4.74 ^{ab}	^C 64.97±2.65 ^{ab}	^B 60.13±5.76 ^b	^B 61.90±7.56 ^{ab}	^B 69.47±2.70 ^a	^C 47.80±5.12 ^c	^C 36.60±0.87 ^d
	B	^A 35.90±2.65 ^{cd}	^B 46.77±1.93 ^{abc}	^A 40.67±0.95 ^{cd}	^A 44.70±2.51 ^{bc}	^A 51.43±5.35 ^{ab}	^A 53.57±10.63 ^a	^B 29.43±2.69 ^{ef}	^B 26.00±1.57 ^f
	P	^A 34.30±1.50 ^b	^{AB} 41.33±1.94 ^{ab}	^B 46.83±3.44 ^a	^A 44.27±3.57 ^a	^A 43.97±4.66 ^b	^A 46.63±8.78 ^a	^A 22.33±2.06 ^c	^A 19.67±2.65 ^c
ABTS radical scavenging activity (%)	C	^A 29.47±4.70 ^d	^A 38.93±1.79 ^b	^A 45.80±2.31 ^a	^A 33.17±1.69 ^{cd}	^A 38.70±0.89 ^b	^A 43.83±0.70 ^a	^A 35.97±2.49 ^{bc}	^A 37.23±1.15 ^{bc}
	A	^B 48.87±7.52 ^c	^C 69.70±1.78 ^{ab}	^B 68.87±4.12 ^{ab}	^C 64.90±2.19 ^b	^D 72.77±2.67 ^{ab}	^C 75.43±2.17 ^a	^C 55.60±6.73 ^c	^B 52.73±3.59 ^c
	B	^{AB} 40.60±1.59 ^{bc}	^B 46.07±0.87 ^a	^A 44.80±1.65 ^{ab}	^B 40.67±1.62 ^{bc}	^C 48.00±0.36 ^a	^B 49.00±1.65 ^a	^B 46.67±1.45 ^a	^A 38.20±5.57 ^c
	P	^B 44.77±8.57 ^{ab}	^B 46.53±3.79 ^a	^A 41.07±2.96 ^{ab}	^{AB} 36.80±2.80 ^b	^B 43.67±1.72 ^{ab}	^A 43.13±1.62 ^{ab}	^{AB} 39.93±0.55 ^{ab}	^A 35.90±7.62 ^b
FRAP activity (μmole Fe(II))	C	^A 1.28±0.04 ^b	^A 1.43±0.28 ^b	^{AB} 1.77±0.04 ^a	^A 1.39±0.34 ^b	^A 1.33±0.03 ^b	^A 1.46±0.04 ^b	^A 0.90±0.04 ^c	^A 0.82±0.01 ^c
	A	^B 2.14±0.04 ^c	^C 2.67±0.02 ^{ab}	^C 2.65±0.09 ^{ab}	^B 2.55±0.18 ^b	^C 2.59±0.04 ^b	^C 2.76±0.16 ^a	^D 1.74±0.02 ^d	^C 1.66±0.01 ^d
	B	^A 1.28±0.09 ^{cd}	^B 1.97±0.02 ^a	^B 1.81±0.04 ^a	^A 1.57±0.30 ^b	^{AB} 1.39±0.07 ^{bc}	^B 1.83±0.10 ^a	^C 1.07±0.03 ^{de}	^B 1.00±0.01 ^e
	P	^A 1.19±0.05 ^b	^B 1.71±0.10 ^a	^A 1.69±0.02 ^a	^A 1.47±0.30 ^a	^B 1.50±0.07 ^a	^A 1.49±0.16 ^a	^B 0.97±0.02 ^b	^B 0.97±0.05 ^b
Total polyphenol content (Gal mg/mL)	C	^A 0.25±0.01 ^a	^A 0.36±0.01 ^b	^A 0.39±0.00 ^{bc}	^A 0.37±0.00 ^c	^A 0.38±0.01 ^{cd}	^A 0.40±0.00 ^d	^A 0.39±0.01 ^{ef}	^A 0.41±0.00 ^g
	A	^B 0.31±0.00 ^a	^B 0.41±0.00 ^b	^B 0.42±0.01 ^b	^B 0.43±0.00 ^c	^B 0.42±0.01 ^b	^B 0.44±0.00 ^d	^C 0.44±0.01 ^d	^C 0.45±0.01 ^e
	B	^C 0.29±0.01 ^a	^B 0.38±0.00 ^b	^A 0.38±0.00 ^b	^C 0.40±0.00 ^c	^A 0.39±0.00 ^b	^B 0.42±0.00 ^d	^B 0.42±0.00 ^d	^B 0.44±0.01 ^e
	P	^B 0.28±0.00 ^a	^B 0.38±0.01 ^b	^A 0.38±0.00 ^{bc}	^B 0.39±0.01 ^c	^A 0.39±0.01 ^{bc}	^B 0.42±0.00 ^d	^B 0.43±0.00 ^d	^B 0.44±0.01 ^e

¹⁾ C: control turnip *mul-kimchi*; A: aronia-added turnip *mul-kimchi*; B: beet-added turnip *mul-kimchi*; P: prickly pear-added turnip *mul-kimchi*.
^{abg} Means within a row (during fermentation of each sample) with different letters are significantly different by Duncan's multiple range test ($p<0.05$).
^{AD} Means within a column (between the samples of the same fermentation day) with different letters are significantly different by Duncan's multiple range test ($p<0.05$).

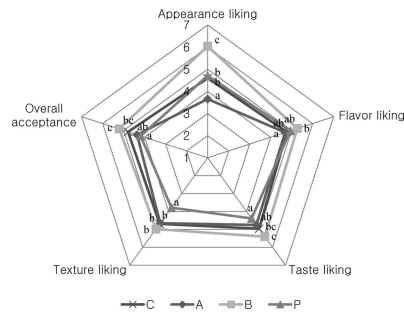


Fig. 1. Acceptability for sensory properties of each turnip *mul-kimchi* after fermentation at 4°C for 6 days (C: control turnip *mul-kimchi*; A: aronia-added turnip *mul-kimchi*; B: beet-added turnip *mul-kimchi*; P: prickly pear-added turnip *mul-kimchi*). Different letters (a-c) mean significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

전반적 기호도에서 가장 낮은 선호도를 보였다($p < 0.05$). 반면 비트 첨가 순무 물김치의 향미가 가장 높게 선호되었고($p < 0.05$) 외관에서도 6.04점으로 유의적인 차이를 보이며 가장 우수한 것으로 나타났다($p < 0.05$). 전반적 기호도에서는 비트 첨가 순무 물김치가 5.21점으로 가장 선호도가 높았으며 이러한 결과는 비트의 선명한 붉은 빛깔의 색깔에 의해 외관에서 월등히 높은 점수를 얻었기 때문인 것으로 판단된다.

IV. 요약 및 결론

본 연구는 최근 다양한 생리활성을 가진 천연색소로 주목받고 있는 아로니아, 비트, 백년초를 순무 물김치에 적용하여 항산화 활성을 높인 고부가가치의 상품김치 개발 가능성 및 발효기간에 따른 이화학적 품질특성을 평가하기 위한 것으로 숙성 및 저장발효기간(1일(숙성), 2일, 4일, 6일, 13일, 20일, 27일, 34일)에 따라 순무 물김치의 이화학적 품질특성(pH, 산도, 유산균수, 비타민 C 함량)과 항산화 활성, 총 폴리페놀 함량 및 관능적 특성을 측정하였다. 25°C에서 1일간 숙성시킨 후 4°C에 저장하며 발효양상을 살펴본 결과 대조군 및 실험군에서 발효 6일에 pH 3.66-3.78, 산도 0.29-0.49%로 측정되었으며 비타민 C 함량이 아로니아(182.36 mg/kg) > 비트(171.80 mg/kg) > 백년초(163.80 mg/kg) > 대조군(158.85 mg/kg) 순으로 대조군과 유의적인 차이를 보이며 최고에 달하였고 이때의 유산균수는 8.43-8.51 log CFU/mL로 비타민 C 함량에서와 같은 순으로 측정되었으나 대조군과 실험군 사이에 유의적인 차이는 없는 것으로 나타났다. 이러한

pH, 비타민 C 함량 및 유산균수의 결과를 바탕으로 순무 물김치의 숙성적기는 발효 6일 전후임을 알 수 있었다. 또한 항산화 활성과 총 폴리페놀 함량 측정 결과에서는 발효 2일에 가장 급격한 활성증가와 함량 증가를 보이며 발효 20일까지 큰 변화 없이 유지되었으며 전반적으로 아로니아 첨가 순무 물김치에서 가장 높은 항산화 활성과 총 폴리페놀 함량이 측정되었고 이러한 결과는 유의적인 차이를 보였다. 반면 비트, 백년초를 각각 첨가한 순무 물김치는 대조군과 비교하여 발효기간 동안 대부분 항산화 활성과 총 폴리페놀함량에서 유의적인 차이가 보이지 않았다. 한편, 관능평가에서는 전반적 기호도가 대조군과 유의적인 차이를 보이지 않았으나 비트 > 대조군 > 아로니아 > 백년초 순으로 높게 나타났으며 이러한 결과는 선명한 붉은 색깔의 비트 첨가 순무 물김치가 외관에서 월등히 높은 점수를 얻었기 때문인 것으로 판단된다. 이상의 결과로부터 아로니아 가루를 첨가한 순무 물김치가 이화학적 품질특성 및 항산화 활성이 가장 좋을 수 있었고 비트 첨가 순무 물김치는 관능평가에서 가장 좋은 점수를 받아 소비자 기호에 더 적합한 것으로 나타났다. 본 연구 결과를 바탕으로 순무 물김치 대량 생산 과정 중 간편하게 아로니아 또는 비트 가루를 첨가함으로써 좀 더 몸에 좋고 맛있는 상품김치 제조에 활용이 가능할 것으로 사료된다.

Conflict of Interest

No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

References

- Benzie IFF, Strain JJ. 1996. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": The FRAP assay. *Anal Biochem* 239(1):70-76.
- Cherng JY, Shih MF. 2006. Improving glycogenesis in streptozotocin (STZ) diabetic mice after administration of green algae *Chlorella*. *Life Sci* 78(11):1181-1186.
- Cho EJ. 2008. Korean traditional food research. Sungshin Women's University Press, Seoul, Korea. p 130.
- Cho Y, Choi MY. 2010. Quality characteristics of jelly containing added turmeric (*Curcuma longa* L.) and beet (*Beta vulgaris* L.). *Korean J Food Cook Sci* 26(4):481-489.
- Choi SY, Hahn YS. 1997. The changes of vitamin C content in *Yulmoo mulkimchi* according to the shift of fermentation temperature. *Korean J Soc Food Sci* 13(3):364-368.
- Han HU, Lim CR, Park HK. 1990. Determination of microbial community as an indicator of kimchi fermentation. *Korean J Food Sci Technol* 22(1):26-32.
- Heo Jun (許浚). *Donguibogam* (東醫寶鑑). In Donguihakyeonguso

- (東醫學研究所) editor. 1994. Yeogang Publisher, Seoul, Korea. pp 2697-2698.
- Hong SS. 2000. The drying characteristics of food stuff (beet) by freeze drying. *J Ind Sci Tech Inst* 14(1):49-58.
- Hou DX. 2003. Potential mechanisms of cancer chemoprevention by anthocyanins. *Curr Mol Med* 3(2):149-159.
- Hwang ES, Lee YJ. 2013. Quality characteristics and antioxidant activities of *Yanggaeng* with aronia juice. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 42(8):1220-1226.
- Jeon ER, Park ID. 2006. Effect of angelica plant powder on the quality characteristics of batter cakes and cookies. *Korean J Food Cook Sci* 22(1):62-68.
- Jeong YZ. 2013. Preparation and quality characteristics of glutinous barley *Jeung-pyun* added with beet (*Beta vulgaris* L.) powder. Master's thesis. Sookmyung Women's University, Seoul, Korea. p 1.
- Kalt W, Hanneken A, Milbury P, Tremblay F. 2010. Recent research on polyphenolics in vision and eye health. *J Agric Food Chem* 58(7):4001-4007.
- Kanner J, Harel S, Granit R. 2001. Betalains -A new class of dietary cationized antioxidants. *J Agric Food Chem* 49(11):5178-5185.
- Kim DC, Won SI, In MJ. 2014. Preparation and quality characteristics of *mul-kimchi* added with chlorella. *J Appl Biol Chem* 57(1):23-28.
- Kim HR, Park JE, Jang MS. 2002. Effect of perilla seed paste on the *Yulmoo mul-kimchi* during fermentation. *Korean J Soc Food Cook Sci* 18(3):290-299.
- Kim JM, Cho ML, Seo KE, Kim YS, Jung TD, Kim YH, Kim DB, Shin GH, Oh JW, Lee JS, Lee JH, Kim JY, Lee DW, Lee OH. 2015. Effect of extraction conditions on *in vitro* antioxidant activities of root bark extract from *Ulmus pumila* L. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 44(8):1172-1179.
- Kim MR. 2000. Physicochemical and sensory properties of turnip kimchi during fermentation. *Korean J Soc Food Sci* 16(6):568-576.
- Kim YJ. 2000. Physiological function of turnip and turnip kimchi. Korea Food Research Institute, Seongnam, Korea. pp 42-49.
- Kulling SE, Rawel HM. 2008. Chokeberry (*Aronia melanocarpa*) -A review on the characteristic components and potential health effects. *Planta Med* 74(13):1625-1634.
- Lee SP, Whang K, Ha YD. 1998. Functional properties of mucilage and pigment extracted from *Opuntia ficus-indica*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 27(5):821-826.
- Lee TS, Jang YM, Hong KH, Park SK, Park Kwon YK, Park JS, Chang SY, Hwang HS, Kim EJ, Han YJ, Kim BS, Won HJ, Kim MC. 2005. Survey of beet red contents in foods using TLC, HPLC. *J Food Hyg Saf* 20(4):244-252.
- Lee TY, Lee JW. 1981. The change of vitamin C content and

effect of galacturonic acid addition during kimchi fermentation. *J Korean Agric Chem Soc* 24(2):139-144.

- Lee YK, Shin KO, No HK, Kim SD. 2005. Quality characteristics of *mul-kimchi* prepared using eastern deep seawater added with chitosan-ascorbate. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 34(9):1450-1458.
- Meda A, Lamien CE, Romito M, Millogo J, Nacoulma OG. 2005. Determination of the total phenolic, flavonoid and proline contents in Burkina Faso honey, as well as their radical scavenging activity. *Food Chem* 91(3):571-577.
- Ministry of Food and Drug Safety. 2015a. Korean food standards codex. Korean Food Industry Association, Seoul, Korea. pp 168-169, 187-190.
- Ministry of Food and Drug Safety. 2015b. Korean food standards codex, general tests. Korean Food Industry Association, Seoul, Korea. pp 94-98.
- National Rural Living Science Institute. 1996. Food composition table (5th revision). Rural Development Administration, Seoul, Korea. pp 100-113.
- OH JY, Hahn YS. 1999. Effect of NaCl concentration and fermentation temperature on the quality of *mul-kimchi*. *Korean J Food Sci Technol* 31(2):421-426.
- Park HJ, Chung HJ. 2014. Influence of the addition of aronia powder on the quality and antioxidant activity of muffins. *Korean J Food Preserv* 21(5):668-675.
- Re R, Pellegriani N, Progettante A, Pannala A, Yang M, Rice-Evans C. 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radic Biol Med* 26(9-10):1231-1237.
- Seifried HE, Anderson DE, Fisher EI, Milner JA. 2007. A review of the interaction among dietary antioxidants and reactive oxygen species. *J Nutr Biochem* 18(9):567-579.
- Shin DH, Lee YW. 2005. Quality characteristics of bread added with prickly pear (*Opuntia ficus-indica*) powder. *Korean J Food Nutr* 18(4):341-348.
- Sin DS, Cho IH. 2017. Comparison of chemical properties in *Baikkimchi* and aronia (*Aronia melanocarpa*) -Added *Baikkimchi* according to their fermentation periods. *Korean J Food Cook Sci* 33(4):395-403.
- Tunali T, Yarat A, Yanardağ R, Özcelik F, Özsoy O, Ergenekon G, Eeemkli N. 1998. The effect of chard (*Beta vulgaris* L.) on the skin of streptozotocin induced diabetic rats. *Pharm* 53(9):638-640.
- Wu X, Gu L, Prior RL, McKay S. 2004. Characterization of anthocyanins and proanthocyanidins in some cultivars of ribes, aronia and sambucus and their antioxidant capacity. *J Agric Food Chem* 52(26):7846-7856.

Received on Feb.20, 2018 / Revised on Jun.26, 2018 / Accepted on Jun.27, 2018