



ISSN 1229-8565 (print) ISSN 2287-5190 (on-line)
한국지역사회생활과학회지 32(3): 417~436, 2021
Korean J Community Living Sci 32(3): 417~436, 2021
<http://doi.org/10.7856/kjcls.2021.32.3.417>

수박무 가식부와 껍질의 이화학적 성분 및 항산화 활성 비교

김 예 슬 · 차 선 숙¹⁾ · 이 재 준^{†2)}

조선대학교 식품영양학과 석사과정 · 조선대학교 식품영양학과 시간강사¹⁾ · 조선대학교 식품영양학과 교수²⁾

Comparison of the Physicochemical Characteristics and Antioxidant Activities of Watermelon Radish Flesh and Peel

Yesol Kim · Seon-Sook Cha¹⁾ · Jae-Joon Lee^{†2)}

Master Student, Dept. of Food and Nutrition, Chosun University, Gwangju, Korea

Part-time lecture, Dept. of Food and Nutrition, Chosun University, Gwangju, Korea¹⁾

Professor, Dept. of Food and Nutrition, Chosun University, Gwangju, Korea²⁾

ABSTRACT

This study was performed to compare the physicochemical quality characteristics and antioxidant activities of watermelon radish flesh (WF) and peel (WP). An analysis of the proximate compositions showed that the carbohydrate content of the WP was lower than that of the WF, while the contents of crude protein, crude fat, and crude ash were higher in the WF. The total free sugar content in the WF was higher than in the WP. The content of glutamic acid was greater in the amino acids of the WF and WP. The WP had higher total amino acid and essential amino acid content than the WF. The WF contained a higher level of saturated and polyunsaturated fatty acids than the WP. The organic acid contents were higher in the WP, and of these, the level of malic acid was the highest in both the WF and WP. The contents of vitamin E and C were higher in the WF compared with the WP. The mineral content of the WP was higher than that of the WF. The pH and sugar in the WF were higher than in the WP. The "L" value and "a" value were higher in the WF than WP. The total polyphenol, total flavonoid, and anthocyanin contents in the WF were significantly higher than in the WP. The DPPH and ABTS radical scavenging activity and FRAP values in the WF were significantly higher than in the WP. The present results suggest that WF can be a good source for food processing in terms of its nutritional components and antioxidant activity.

Key words: watermelon radish flesh, watermelon radish peel, nutritional components, antioxidant activity

Received: 16 July, 2021 Revised: 30 July, 2021 Accepted: 20 August, 2021

[†]**Corresponding Author:** Jae-Joon Lee Tel: +82-62-230-7725 E-mail: leej80@chosun.ac.kr

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

I. 서론

오늘날 국민 소득이 높아지고 삶의 질이 향상되면서 건강에 대한 관심이 증가하고, 식품의 안전성, 기능성 측면에 대한 관심이 높아지고 있다. 이에 따라 소비자들이 안전하고 건강에 유익한 식품을 선호하면서 만성 서구형 혹은 퇴행성 질환을 예방하기 위한 건강 기능성 식품의 섭취가 증가하고 있는 실정이다(Lee et al. 2007).

십자화과에 속하는 근채류인 무(*Raphanus sativus*, L)는 아시아에서 가장 많이 이용되고 있으며, 국내에서 생산되는 과채류 중 배추와 더불어 소비량이 많은 중요한 채소로(Coogan & Willis 2002), flavonoid계 화합물인 kaempferol, phenol류, 방향족 아민, 항산화 비타민 등을 함유하고 있어서 항산화 효능이 좋다(Jeon et al. 2003). 일반 순무와 자색무의 항산화 효과를 비교 측정된 연구에서는 anthocyanin 함량을 비롯해 자색무가 일반 순무보다 더 좋은 활성 값을 나타냈다(Moon 2016). Anthocyanin은 로돕신(rhodopsin)의 활성화 및 재합성 촉진(Liang et al. 2004), 피부 재생, 노화 방지(Moon 2016), 혈관보호 및 항염증 작용(Liotti et al. 1976) 등 건강상의 이점이 많이 보고되어 있다. Anthocyanin을 많이 함유한 식품들인 냉동 블루베리 분말과 검정콩(Lee 2013), 자색고구마(Choi 2012), 나무딸기 과일(Jung 2015), 복분자(Kang 2014) 등 이에 관한 연구가 다양하게 진행되고 있으며 자색무에 관한 연구로는 자색무의 위벽 보호효과(Ahn et al. 2013), 자색무 잎과 뿌리의 항산화효과(Goyeneche et al. 2015), 자색무 새싹 추출물의 지방합성 억제 효능(Kim et al. 2014), 자색무의 anthocyanin 분리(Tamura et al. 2010) 등에 관한 연구가 보고되었다. 자색무의 일종인 수박무(watermelon radish)는 중국이

원산지인 Chinese Daikon radish를 말하며, 수박과 같이 속이 빨간 무의 한 종류로 단맛이 강해 '과일무'라고도 한다. 순무와 같이 동그랗게 생겼으며 주로 뿌리 부위를 식용하며, anthocyanin과 β -carotene, glucosinolate 성분이 우수하여 항산화효과가 있는 것으로 보고(Joo et al. 2017)되어 있으나, 이에 대한 연구는 매우 미비하며 이를 식품에 적용한 연구도 거의 없다.

따라서 본 연구에서는 수박무의 가식부와 껍질의 이화학적 성분 분석과 항산화 활성 등 생리 활성 기능을 비교 측정하여 기능성식품 재료로 적용 가능성을 확인하고자 하였다.

II. 연구방법

1. 실험재료

본 실험에 사용한 수박무는 2021년 1월 22일에 충청북도 영동군 양산면 가곡리 비봉산 농원에서 구입하였으며, 가식부와 껍질을 따로 분리하여 절단하여 사용하였다. Deep freezer(MDF-U52V, Sanyo Co., Osaka, Japan)를 사용하여 급속 냉동시킨 후 freeze dryer(MLU-9009, Mareuda Inc., Gwangju, Korea)를 사용하여 동결 건조하였다. 동결 건조한 수박무 가식부와 껍질은 분쇄한 후 분말로 제조하여 -70°C 에서 냉동 보관하면서 시료로 사용하였다.

2. 일반성분 분석

수박무 가식부와 껍질 분말의 일반성분 분석은 A.O.A.C.(1990) 방법에 준하여 실시하였다. 수분은 105°C 상압 가열건조법을 사용하였으며, 조단백질은 micro-kjeldahl 법, 조지방은 soxhlet 추출법, 조회분은 회화법을 통해서 분석하였다. 탄수화물 함량은 100에서 수분, 조단백질, 조지방 및 조회분의 함량을 제한 값으로 나타내었다.

3. 유리당 분석

유리당 분석은 Gancedo & Luh(1986)의 방법에 따라 실시하였다. 시료 1 g에 80% ethanol 50 mL를 가하여 heating mantle(Mtops ms-265, Seoul, Korea)에서 75°C로 5시간 가열한 다음 여과지(Whatman No. 2 filter paper)로 여과하였다. 여액을 rotary vacuum evaporator(NVC-1100, Eyela Co., Tokyo, Japan)에서 감압·농축한 후 10 mL로 정용하여 ion chromatography(DX-600, Dionex Co., Sunnyvale, CA, USA)로 분석하였다.

4. 구성 아미노산 분석

구성 아미노산의 분석은 분해관에서 시료 0.5 g, 6 N HCl 3 mL를 계량하여 탈기하고, 121°C에서 24시간 동안 가수분해하였다. 여액을 rotary vacuum evaporator(NVC-1100, Eyela Co., Tokyo, Japan)로 감압·농축하여 sodium phosphate buffer(pH 7.0) 10 mL로 정용하였다. 그 후 용액 1 mL를 취하고 membrane filter(0.2 μ m)로 여과하여 아미노산 자동분석기(S433-H, SYKAM, Eresing, Germany)로 분석하였다.

5. 지방산 분석

지방산 분석은 Wijngaarden(1967)의 방법에 따라 시료 2 g을 ether로 추출·여과한 후, 감압·농축한 지방질 약 100 mg을 가지형 플라스크에 취하였다. 1 N KOH·ethanol 용액 4 mL를 섞어 유지 방울이 없어질 때까지 교반시킨 후 14% BF₃-ethanol 5 mL를 첨가하였다. 냉각기를 부착하여 80°C에서 5분 동안 가열하여 methylester화하여 NaCl 포화용액 3 mL를 가하고, 다시 hexane 1 mL를 넣어 섞은 후 시험관에 옮겨 정치하였다.

그 후 상층액을 취하여 무수 Na₂SO₄를 넣어 수분을 제거하고 gas chromatography(GC-17A, Shimadzu Co., Kyoto, Japan)로 분석하였다.

6. 유기산 분석

유기산 분석은 Kim et al.(1997)의 방법에 준하여 시료 1 g에 증류수 50 mL를 더하여 80°C 수조에서 4시간 동안 가열하였다. 그 후 여과지(Whatman No. 2 filter paper)를 사용하여 여과한 여액을 rotary vacuum evaporator(NVC-1100, Eyela Co., Tokyo, Japan)로 감압·농축한 후, 증류수 10 mL로 정용하여 ion chromatography(DX-600, Dionex Co., Sunnyvale, CA, USA)를 사용하여 분석하였다.

7. 비타민 분석

비타민 C의 분석은 Rizzolo et al.(1984)의 방법에 준하여 시행하였다. 시료 5 g에 metaphosphoric acid(HPO₃) 용액 20 mL를 가하여 추출한 후, 3,000 rpm에서 20분간 원심 분리하여 membrane filter(0.45 μ m)로 여과한 것을 HPLC(LC-10AVP, Shimadzu, Kyoto, Japan)를 사용하여 분석하였다. 비타민 A와 E 분석은 식품공전법(Korea Food and Drug Association 2005)의 방법에 따라 시행하였다. 시료 0.5 g, ethanol 5 mL 및 ascorbic acid 0.1 g을 혼합하여 80°C에서 10분간 가열하고 50% KOH 용액 0.25 mL를 첨가하였다. 그 후 20분 동안 가열한 다음 증류수 24 mL, hexane 5 mL를 더하여 1,900 rpm으로 20분간 원심 분리하였다. 상층액을 취하여 hexane 40 mL를 더하고 원심 분리하여 상층액을 분리한 후, 증류수를 더하여 10분간 방치한 다음 하층을 제거하였다. 전 용액을 합해 무수 Na₂SO₄로 탈수한 후 rotary vacuum evaporator(NVC-1100,

Eyela, Tokyo, Japan)로 hexane을 감압·농축시켜 HPLC(LC-10AVP, Shimadzu, Kyoto, Japan)로 분석하였다.

8. 무기질 분석

무기질 분석 방법은 A.O.A.C.(1984) 방법에 준하여 시료 0.5 g에 60% HClO₄ 3 mL 및 20% HNO₃ 10 mL를 혼합하여 투명해질 때까지 가열하고 0.5 M HNO₃로 50 mL를 정용하였다. 분석 항목별 표준용액을 혼합한 다음 시험관에 8 mL씩 취해 표준용액으로 하였고, 0.5 M HNO₃를 대조구로 하여 원자 흡수 분광광도계(AA-6501GS, Shimadzu, Kyoto, Japan)로 분석하였다.

9. pH, 당도 및 색도 분석

pH 측정은 수박무의 가식부와 껍질 분말 각각 5 g을 채취한 후 증류수 50 mL를 첨가하여 준비하였다. Stomacher(400 lab blender, Seward, London, England)로 30초간 균질화한 후 pH-meter(A211, Thermo scientific Inc., Waltham, Massachusetts, USA)로 3회 반복 측정하였다. 당도는 수박무 가식부와 껍질 분말 각각 1 g을 증류수 9 mL에 희석하여 균질화하여 여과지(Whatman No. 2 filter paper)로 여과한 후 당도계(HI 96801, Hanna Co., Cluj, Romania)에 여과액 200 μ L를 취하여 3회 반복 측정하여 °Brix로 표기하였다. 색도 측정은 색차계(Spectro Colormeter JX-777, Color Techno, System Co., Tokyo, Japan)를 사용하여 명도(lightness, L값), 적색도(+redness/-greenness, a값) 및 황색도(+yellowness/-blueness, b값)를 측정하였다. 사용한 표준 백판 L값은 89.39, a값은 0.13, b값은 -0.51로 보정한 후 사용하였다.

10. 시료 추출

동결 건조한 수박무 가식부와 껍질 분말은 각각 100 g당 80% ethanol 1,500 mL을 첨가하여 환류 냉각관을 부착한 65°C heating mantle (Mtops ms-265, Seoul, Korea)로 3시간씩 3회 추출하고 여과지(Whatman No. 2 filter paper)로 여과하였다. 여액을 40°C 수욕 상에서 rotary vacuum evaporator(NVC-1100, Eyela Co., Tokyo, Japan)로 용매를 제거한 후 감압·농축하여 수박무 가식부와 껍질 분말 추출 수율을 구한 후, 시료의 산화를 방지하기 위하여 -70°C에서 냉동고(MDF-U52V, Sanyo Co., Osaka, Japan)에 보관하면서 사용하였다.

11. 총 polyphenol, 총 flavonoid 및 총 anthocyanin 함량 측정

총 polyphenol 함량은 Folin & Denis(1912) 방법을 사용하여 측정하였다. 시료액 0.2 mL와 Folin reagent 0.2 mL를 혼합하여 실온에서 3분간 방치한 후, 10% sodium carbonate(Na₂CO₃) 용액 0.4 mL를 함께 섞어 40분 동안 암소에 방치하였다. 그 후 microplate spectrophotometer (Epoch 2, Bio Tek Inc., Winooski, USA)를 사용하여 760 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준 물질은 gallic acid를 사용하여 검량곡선을 작성하여 총 polyphenol 함량을 구하였다.

총 flavonoid 함량은 Davis 법을 변형한 방법인 Chae et al.(2002)의 방법에 따라 측정하였다. 시료액 0.5 mL에 diethylene glycol 0.5 mL를 넣어 혼합한 후, 1 N NaOH 10 μ L를 가하여 37°C에서 1시간 동안 반응시켰다. 그 후 microplate spectrophotometer(Epoch 2, Bio Tek Inc., Winooski, USA)를 사용하여 420 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질은 quercetin을 사용하여 검량곡선을 작성하여 총 flavonoid 함량을 구

하였다.

수박무의 가식부와 껍질 분말의 anthocyanin 함량은 Jang et al.(2006)의 방법을 응용하여 측정하였다. 분말 3 g을 추출 용매(EtOH : H₂O : HCl = 85 : 13 : 2) 60 mL에 넣은 후, 호일로 겹을 싸서 150 rpm으로 상온에서 60분간 진탕 추출하였다. 추출액을 여과지(Whatman No. 2 filter paper)로 여과하여 암소에서 60분간 방치한 후, microplate spectrophotometer(Epoch 2, Bio Tek Inc., Winooski, USA)를 사용하여 530 nm에서 흡광도를 측정하였다.

12. 항산화 활성 측정

2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl(DPPH) radical 소거활성은 Blois(1958)의 방법을 참고하여 측정하였다. 시료액 0.1 mL에 0.2 mM DPPH (in ethanol) 용액 0.9 mL를 가하여 37°C에서 30분 동안 방치하였다. 무첨가군은 시료 추출물 대신 ethanol 0.1 mL를 넣어 반응시켰으며, 양성대조군으로는 합성 항산화제인 butylated hydroxyanisole(BHA), butylated hydroxytoluene (BHT)(Sigma Co., St. Louis, MO, USA) 및 ascorbic acid를 사용하여 비교하였다. 그 후 microplate spectrophotometer(Epoch 2, Bio Tek Inc., Winooski, VT, USA)로 517 nm에서 흡광도를 측정하였다.

2,2'-azino-bis-3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid(ABTS) radical 소거활성 측정은 Re et al.(1999)의 방법을 참고하여 측정하였다. ABTS free radical의 생성을 위해 7.4 mM ABTS 용액과 2.6 mM potassium persulfate 용액을 제조하여 동량으로 혼합하여 암소에서 24 시간 동안 반응시켰다. 그 후 ABTS 용액의 흡광도 값이 734 nm에서 $0.7 \sim 1.0 \pm 0.02$ 가 되도록

methanol로 희석하였다. 일정 농도로 제조한 시료액 0.1 mL와 ABTS 용액 0.9 mL를 혼합한 후 37°C에서 30분간 반응시켰다. 무첨가군은 추출물 대신 methanol을 넣어 반응시켰으며, 양성대조군으로는 합성 항산화제인 BHA, BHT 및 ascorbic acid를 사용하여 비교하였다. 그 후 microplate spectro photometer(Epoch 2, Bio Tek Inc., Winooski, VT, USA)를 사용하여 734 nm에서 흡광도를 측정하였다.

Ferric reducing antioxidant power(FRAP) 측정은 Benzie & Strain(1996)의 방법을 응용하여 측정하였다. 실험에 사용하기 위한 working solution을 제조하기 위해 40 mM HCl에 용해한 10 mM 2,4,6-tripyridyl-s-triazine(TPTZ)와 20 mM FeCl₃·6H₂O, 300 mM acetate buffer(pH 3.6)를 실험 직전에 각각 1:10:10의 비율로 섞은 후 37°C에서 10분간 반응시켜 제조하였다. 시료 추출물 5 μ L에 working solution 145 μ L를 혼합하여 섞고, 무첨가군은 시료 추출물 대신 증류수를 넣었고, 색차 대조군은 buffer를 넣었다. 37°C에서 15분간 암반응 시킨 후 microplate spectrophotometer(Epoch 2, Bio Tek Inc., Winooski, VT, USA)를 사용하여 593 nm에서 흡광도를 측정하였다.

13. 통계처리

모든 분석 결과는 3회 반복 측정하여 SPSS statistics(ver. 26, IBM Co., Armonk, NY, USA)를 이용하여 평균값(Mean)과 표준오차(S.E.)로 나타내었다. 두 집단 사이의 통계적 유의성 검정은 Student's t-test을 실시하여 각 실험군의 평균치 간의 유의성을 검정하였다. 세 집단 이상의 평균치 분석은 일원배치 분산분석(one-way analysis of variance)을 한 후 통계적 유의성 검정은

$p < 0.05$ 수준에서 Tukey's test를 사용하여 상호 검정(Post-Hoc test)하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 일반성분

수박무 가식부와 껍질 분말의 일반성분 측정 결과는 Table 1과 같다. 수박무 가식부의 경우 건물량 기준으로 수분 4.72%, 조단백질 0.43%, 조지방 0.24%, 조회분 0.54%, 탄수화물 94.07%로 측정되었으며, 수박무 껍질의 경우 수분 4.99%, 조단백질 2.63%, 조지방 0.65%, 조회분 1.06%, 탄수화물 90.67%를 함유하는 것으로 측정되었다. 조단백질, 조지방 및 조회분 함량의 경우 수박무 껍질이 가식부 보다 높았으며, 탄수화물의 함량은 수박무 가식부가 더 높았다. 조선무의 일반성분 조성 분석 결과, 조단백질 0.75%, 조지방 0.19%, 회분 0.65%를 함유하는 것으로 보고(Kim et al. 2007)되어 조선무는 수박무 가식부에 비해 조단백질과 조회분 함량은 높았으나, 조지방 함량은 낮은 것으로 나타났다. Ko & Jeong(2017)은 레드

비트 분말의 일반성분 함량은 조단백 1.37%, 조지방 0.17%, 조회분 0.71%으로 나타났다고 보고하였는데 수박무 가식부와 비교하였을 때 일반성분 조성 모두 비트 분말이 높게 나타났다.

2. 유리당

수박무 가식부와 껍질 분말의 총 10종의 유리당을 분석한 결과(Table 2), lactose를 제외하고 9종의 유리당이 검출되었다. 수박무 가식부와 껍질의 총 유리당 함량은 각각 38,059.54 mg/100 g과 25,005.36 mg/100 g으로 수박무 가식부의 유리당 함량이 더 높았다. 수박무 가식부와 껍질의 주요 유리당은 fructose, glucose, galactose, mannose였으며, 이중 수박무 가식부에서는 fructose 함량이 17,441.28 mg/100 g으로 가장 높았고, 수박무 껍질의 경우 glucose 함량이 10,241.57 mg/100 g으로 가장 높았다. 또한 수박무 가식부와 껍질 분말 모두 이당류인 sucrose와 maltose가 검출되었다. 자색 콜라비 가식부(Cha et al. 2013), 봄 무인 배광(Ryu et al. 2000) 및 빨간배추(Park 2019)도 유리당 함량 분석 결과, fructose 함량이 가장 높게 나타나 본 연구 결과와 유사하였다. 이와 다르게 무의 초록색과 흰색 가식부의 경우 유리당 함량은 glucose, fructose, sucrose, maltose 순으로 나타났으며(Bae et al. 2012), 결구배추는 glucose 함량이 가장 높은 것으로 나타났다(Seoung et al. 2016). 단맛이 강한 국내에서 재배하는 나무딸기류 과일에서 얻은 과즙의 당 조성을 살펴보면, fructose와 glucose가 총당 함량의 90% 이상을 차지하고 있는 것으로 나타났다(Oh et al. 2008). 수박무 가식부는 fructose와 glucose가 총당 함량의 83% 이상 차지하고 있으며, 특히 단맛이 강한 fructose 함량뿐만 아니라 이당류인 sucrose 함

Table 1. Proximate composition of watermelon radish powder

Proximate composition	Watermelon radish powder (DW) ¹⁾		t-test
	Flesh	Peel	
Moisture	4.72 ± 0.08 ³⁾	4.99 ± 0.08	0.011 ^{NS4)}
Crude protein	0.43 ± 0.02	2.63 ± 0.03	0.471 ^{***5)}
Crude fat	0.24 ± 0.01	0.65 ± 0.02	1.600 ^{**}
Crude ash	0.54 ± 0.02	1.06 ± 0.04	0.160 ^{***}
Carbohydrate ²⁾	94.07 ± 0.32	90.67 ± 0.27	0.076 [*]

¹⁾DW: dry weight basis.

²⁾100 - (moisture + crude protein + crude fat + crude ash).

³⁾All values are expressed as mean ± S.E. of triplicate determinations.

⁴⁾NS: No significance.

⁵⁾* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

Table 2. Free sugar content in watermelon radish powder

Free sugar	Watermelon radish powder (DW) ¹⁾		t-test
	Flesh	Peel	
Sucrose	4,825.54 ± 97.39 ²⁾	5,100.46 ± 119.99	0.086 ^{NS3)}
Maltose	1,600.24 ± 64.75	389.46 ± 10.28	2.761 ^{***4)}
Rhamnose	6.98 ± 0.11	1.76 ± 0.03	2.031 ^{***}
Ribose	2.58 ± 0.13	2.28 ± 0.04	1.405 ^{NS}
Mannose	41.21 ± 1.96	88.91 ± 2.83	0.260 ^{***}
Fructose	17,441.28 ± 34.58	9,007.90 ± 96.80	1.427 ^{**}
Galactose	225.32 ± 8.41	168.73 ± 14.10	0.480 [*]
Xylose	2.44 ± 0.09	4.29 ± 0.16	0.604 ^{**}
Glucose	13,913.95 ± 61.80	10,241.57 ± 32.80	0.687 ^{NS}
Total	38,059.54 ± 68.68	25,005.36 ± 60.05	0.062 ^{**}

¹⁾DW: dry weight basis.

²⁾All values are expressed as mean ± S.E. of triplicate determinations.

³⁾NS: No significance.

⁴⁾*p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001

량이 높게 측정되어 단맛을 내는 다양한 요리의 식재료로 사용할 수 있을 것으로 판단된다.

3. 구성 아미노산

수박무 가식부와 껍질 분말의 구성 아미노산을 분석한 결과(Table 3), 8종의 필수 아미노산과 9종의 비필수 아미노산이 검출되어 총 17종의 아미노산이 검출되었다. 수박무 가식부와 껍질 분말의 총 아미노산 함량은 각각 7,611.37 mg/100 g과 13,421.01 mg/100 g로 수박무 껍질이 높게 나타났다. 십자화과 채소인 자색 콜라비 가식부와 껍질 분말의 경우도 8,075.50 mg/100 g과 11,125.41 mg/100 g로 가식부에 비하여 껍질 분말의 총 아미노산 함량이 높았다(Cha et al. 2013). 빨간배추 분말(Park 2019)의 총 아미노산 함량은 17,315.61 mg/100 g로 수박무의 가식부와 껍질 분말에 비하여 높게 나타났으나, 결구배추의 경우 겉잎, 중잎 및 속잎 분말의 총 아미노산 함량은 230.50-03.11 mg/100 g의 범위로 나타나 수박무에 비하

여 낮은 것으로 나타났다(Seoung et al. 2016). 수박무 가식부와 껍질의 총 필수 아미노산 함량은 각각 1,877.77 mg/100 g와 3,240.50 mg/100 g으로 수박무 껍질의 총 필수 아미노산 함량이 더 높았다. 필수 아미노산 중 valine은 수박무 가식부에는 335.29 mg/100 g, 수박무 껍질에는 636.54 mg/100 g으로 가장 높은 함량을 보였다. 이러한 경향은 자색 콜라비 가식부와 껍질 분말의 분석 결과와 유사하여 껍질이 가식부에 비하여 총 필수 아미노산 함량이 높았다(Cha et al. 2013). 또한 자색 콜라비 가식부와 껍질(Cha et al. 2013), 결구배추(Seoung et al. 2016) 및 빨간배추(Park 2019)의 경우도 필수 아미노산 중 valine 함량이 가장 높았다. 그러나 무 초록색과 흰색 가식부의 경우 lysine 함량이 가장 높은 경향을 보였다(Bae et al. 2012). 수박무 가식부와 껍질의 총 비필수 아미노산은 각각 5,733.61 mg/100 g와 10,181.52 mg/100 g으로 측정되었다. 이 중 glutamic acid의 함량이 수박무 가식부는

1,915.22 mg/100 g, 수박무 껍질은 5,439.20 mg/100 g으로 가장 높은 함량을 나타냈다. 수박무 가식부의 총 구성 아미노산 조성을 살펴보면 glutamic acid, proline, arginine, aspartic acid 순으로 검출되었으며, 수박무 껍질은 glutamic acid, aspartic acid, serine, arginine 순으로 나타냈다. 십자화과에 속하는 결구배추(Seong et

al. 2016), 자색 콜라비(Cha et al. 2013), 무 초록색과 흰색 가식부(Bae et al. 2012) 및 빨간배추(Park 2019)의 경우도 glutamic acid의 함량이 가장 높게 나타나, 본 연구 결과와 유사한 결과를 나타냈다.

4. 지방산

Table 3. Total amino acid content in watermelon radish powder

Amino acid	Watermelon radish powder (DW) ¹⁾		t-test
	Flesh	Peel	
Essential			
Valine	335.29 ± 20.71 ⁵⁾	636.54 ± 26.05	0.010 ^{**6)}
Methionine	43.79 ± 4.60	33.41 ± 3.53	0.446 ^{NS7)}
Isoleucine	218.38 ± 8.25	369.10 ± 10.34	0.104 ^{***}
Leucine	319.35 ± 20.71	556.39 ± 27.57	0.160 ^{**}
Threonine	225.49 ± 19.70	437.84 ± 31.49	0.403 ^{**}
Phenylalanine	192.75 ± 14.49	309.83 ± 23.23	0.405 [*]
Histidine	258.35 ± 11.11	364.48 ± 7.41	0.307 ^{**}
Lysine	284.36 ± 8.81	532.90 ± 32.79	1.995 ^{**}
Total EAA ²⁾	1,877.77 ± 31.23	3,240.50 ± 154.17	2.443 ^{**}
Non-essential			
Aspartic acid	605.46 ± 6.99	1,205.32 ± 45.87	2.809 ^{NS}
Serine	344.02 ± 26.16	783.88 ± 9.25	1.483 ^{***}
Glutamic acid	1,915.22 ± 167.33	5,439.20 ± 170.84	0.001 ^{***}
Proline	1,136.14 ± 69.53	837.96 ± 29.75	1.106 ^{NS}
Glycine	197.27 ± 17.17	367.79 ± 16.67	0.003 ^{**}
Alanine	300.34 ± ± 26.93	577.01 ± 20.17	0.149 ^{**}
Tyrosine	126.41 ± 11.04	200.89 ± 16.87	0.333 [*]
Cystine	14.36 ± 1.66	15.75 ± 0.55	1.620 ^{NS}
Arginine	1,094.38 ± 56.89	752.71 ± 29.58	0.724 ^{NS}
Total NAA ³⁾	5,733.61 ± 83.15	10,181.52 ± 34.79	1.151 ^{***}
Total AA ⁴⁾	7,611.37 ± 94.20	13,421.01 ± 39.23	1.168 ^{***}
EAA/AA (%)	24.60	24.10	3.183

¹⁾DW: dry weight basis.

²⁾Total EAA: Total essential amino acid.

³⁾Total NAA: Total non-essential amino acid.

⁴⁾Total AA: Total amino acid.

⁵⁾All values are expressed as mean ± S.E. of triplicate determinations.

⁶⁾*p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001

⁷⁾NS: No significance.

수박무 가식부와 껍질 분말의 지방산 조성과 함량을 분석한 결과는 Table 4와 같다. 수박무 가식부와 껍질 분말에서 포화지방산 11종, 단일불포화지방산 5종, 다가불포화지방산 7종의 총 23종의 지방산이 검출되었다. 수박무 가식부와 껍질

의 구성 지방산 중 포화지방산은 palmitic acid 함량이 각각 18.19%와 17.10%로 가장 높았고, heneicosanoic acid, stearic acid, lignoceric acid 순으로 검출되었다. 그중 pentadecanoic acid, arachidic acid, heneicosanoic acid는

Table 4. Composition of fatty acids in watermelon radish powder

Fatty acid	Watermelon radish powder (DW) ¹⁾		t-test
	Flesh	Peel	
Lauric acid (C12:0)	0.30 ± 0.03 ²⁾	0.18 ± 0.01	2.703 ^{*3)}
Tridecanoic acid (C13:0)	0.10 ± 0.00	0.05 ± 0.00	0.308 ^{***}
Myristic acid (C14:0)	0.88 ± 0.04	0.76 ± 0.04	0.000 ^{NS4)}
Pentadecanoic acid (C15:0)	0.30 ± 0.04	0.53 ± 0.01	2.880 ^{**}
Palmitic acid (C16:0)	18.19 ± 0.12	17.10 ± 0.06	0.800 ^{**}
Heptadecanoic acid (C17:0)	1.12 ± 0.07	1.41 ± 0.11	0.388 ^{NS}
Stearic acid (C18:0)	4.27 ± 0.13	3.34 ± 0.09	0.250 ^{**}
Arachidic acid (C20:0)	0.48 ± 0.06	0.90 ± 0.03	0.986 ^{**}
Heneicosanoic acid (C21:0)	13.67 ± 0.07	15.11 ± 0.13	0.719 ^{**}
Behenic acid (C22:0)	1.17 ± 0.07	0.76 ± 0.03	1.160 ^{**}
Lignoceric acid (C24:0)	2.04 ± 0.03	1.57 ± 0.06	0.986 ^{**}
Saturated	42.52 ± 0.06	41.71 ± 0.10	0.440 ^{**}
Palmitoleic acid (C16:1)	0.92 ± 0.06	0.83 ± 0.01	3.208 ^{NS}
Elaidic acid (C18:1n9t)	0.54 ± 0.05	0.72 ± 0.04	0.035 ^{NS}
Oleic acid (C18:1n9c)	1.53 ± 0.09	4.71 ± 0.10	0.028 ^{***}
Erucic acid (C22:1n9)	0.09 ± 0.00	0.16 ± 0.00	2.118 ^{**}
Nervonic acid (C24:1)	2.07 ± 0.04	1.92 ± 0.08	0.800
Monounsaturated	5.15 ± 0.24	8.34 ± 0.23	0.011 ^{***}
Linolelaidic acid (C18:2n6t)	0.06 ± 0.00	0.06 ± 0.01	4.000 ^{NS}
Linoleic acid (C18:2n6c)	11.46 ± 0.08	11.23 ± 0.06	0.114 ^{NS}
cis-11,14-Eicosadienoic acid (C20:2)	0.18 ± 0.01	0.45 ± 0.01	0.000 ^{***}
Linolenic acid (C18:3n3)	36.73 ± 0.16	35.15 ± 0.09	0.604 ^{**}
cis-11,14,17-Eicosatrienoic acid (C20:3n3)	0.37 ± 0.06	0.25 ± 0.03	0.986 ^{NS}
Arachidonic acid (C20:4n6)	0.35 ± 0.01	0.10 ± 0.01	0.800 ^{***}
cis-4,7,10,13,16,19-Docosahexaenoic acid (C22:6n3)	3.18 ± 0.16	2.71 ± 0.08	0.800 ^{NS}
Polyunsaturated	52.33 ± 0.02	49.95 ± 0.01	2.118 ^{**}
Total	100	100	

¹⁾DW: dry weight basis.

²⁾All values are expressed as mean ± S.E. of triplicate determinations.

³⁾*p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001

⁴⁾NS: No significance.

수박무 가식부에 비해 수박무 껍질에서 유의적으로 높은 함량을 나타냈다. 자색 콜라비 가식부 분말의 경우 포화지방산 중 arachidic acid 함량이 가장 높았고, 콜라비 껍질과 빨간배추 분말은 수박무와 유사하게 palmitic acid 함량이 가장 높은 것으로 나타났다(Cha et al. 2013; Seong et al. 2016). 단일불포화지방산의 함량은 erucic acid 가 수박무 껍질에서 유의적으로 더 높은 함량을 보였다. 다가불포화지방산은 수박무 가식부와 껍질 모두 linolenic acid 함량이 각각 36.73%와 35.15%로 가장 높았고, 그 다음으로 linoleic acid 함량이 높은 것으로 나타났다. 빨간배추와 자색 콜라비 가식부는 linoleic acid 함량(Cha et al. 2013; Park 2019), 껍질은 cis-8,11,14-eicosatrienoic acid 함량이 다가불포화지방산 중 가장 높게 나타나(Cha et al. 2013), 본 연구 결과와는 다른 경향을 보였다. 대부분 다가불포화지방산 함량은 수박무 가식부가 껍질에 비하여 높게 나타났으나, cis-11,14-eicosadienoic acid 는 수박무 껍질이 수박무 가식부보다 유의적으로 높은 함량을 나타냈다.

5. 유기산

수박무 가식부와 껍질 분말의 유기산을 분석한 결과(Table 5), 총 7종의 유기산이 검출되었다. 수박무 가식부와 껍질 모두 malic acid 함량이 가장 높았으며, 가식부는 2,004.34 mg/100 g, 껍질은 2,073.57 mg/100 g로 통계적 유의차는 없었다. 다음으로 수박무 가식부의 경우 citric acid, tartaric acid, succinic acid, acetic acid, lactic acid, formic acid 순으로, 수박무 껍질의 경우 citric acid, tartaric acid, lactic acid, acetic acid, succinic acid, formic acid 순으로 함량을 보였다. 총 유기산 함량은 수박무 가식부는 2,927.05 mg/100 g, 수박무 껍질은 4,623.97 mg/100 g으로 수박무 껍질의 함량이 가식부 함량 보다 약 1.5배 높았다. 무의 초록색과 흰색 가식부의 경우도 유기산 중 malic acid 함량이 가장 높게 나타나 본 연구 결과와 유사한 경향이었으나(Bae et al. 2012), 유기산은 malic acid, citric acid, succinic acid 및 oxalic acid 총 4종만 검출되었다. 자색 콜라비의 경우 콜라비 가식

Table 5. Organic acid content in watermelon radish powder

Organic Acid	Watermelon radish powder (DW) ¹⁾		t-test
	Flesh	Peel	
Citric acid	796.53 ± 21.95 ²⁾	1,891.39 ± 103.91	2.368 ^{***3)}
Tartaric acid	47.62 ± 2.19	497.04 ± 21.90	3.548 ^{***}
Malic acid	2,004.34 ± 114.61	2,073.57 ± 112.92	0.000 ^{NS4)}
Succinic acid	41.14 ± 2.60	30.40 ± 1.50	0.634 [*]
Lactic acid	12.97 ± 0.27	71.87 ± 2.45	3.284 ^{***}
Formic acid	11.43 ± 1.47	12.22 ± 0.58	1.850 ^{NS}
Acetic acid	13.02 ± 0.47	47.48 ± 3.45	3.437 ^{**}
Total	2,927.05 ± 139.61	4,623.97 ± 241.79	0.574 ^{**}

¹⁾DW: dry weight basis.

²⁾All values are expressed as mean ± S.E. of triplicate determinations.

³⁾*p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001

⁴⁾NS: No significance.

부에 비하여 콜라비 껍질이 총 유기산 함량이 높았으며, 두 부위 모두 유기산 중 oxalic acid 함량이 가장 높았으며, acetic acid, citric acid, succinic acid, malic acid 순으로 검출되었다고 보고하였다(Cha et al. 2013). 절구배추의 경우는 citric acid, malic acid 및 succinic acid 총 3종의 유기산이 검출되었으며, succinic acid 함량이 가장 높은 것으로 나타났다(Seong et al. 2016).

6. 비타민

수박무 가식부와 껍질 분말의 비타민 A, E 및 C 함량을 분석한 결과는 Table 6과 같다. 수박무 가식부와 껍질의 비타민 A 함량은 각각 0.07 mg/100 g와 0.08 mg/100 g으로 통계적 유의차는 없었다. 수박무 가식부의 비타민 E 함량은 1.22 mg/100 g으로 검출되었고, 수박무 껍질의 경우 비타민 E가 검출되지 않았다. 콜라비 가식부의 비타민 E 함량은 0.17 mg/100 g 검출된 것으로 보고(Cha et al. 2013)되어 수박무 가식부가 콜라비 가식부에 비하여 비타민 E 함량이 높은 것으로 나타났다. 비타민 C 함량은 수박무 가식부와 껍질에서 각각 730.59 mg/100 g와 388.71 mg/100 g로 다량 검출되었으며, 가식부의 함량이 껍질보다 유의적으로 높았다. 같은 십자화과에

속하는 채소들의 비타민 C 함량은 일반 순무 14.51 mg/100 g, 자색무 32.16 mg/100 g, 콜라비 62.32 mg/100 g (Moon 2016), 무의 초록색과 흰색 가식부 각각 18.1 mg/100 g과 13.4 mg/100 g(Bae et al. 2012), 자색 콜라비의 가식부와 껍질은 각각 231.36 mg/100 g와 402.74 mg/100 g(Cha et al. 2013)로 수박무가 이들 십자화과 채소들에 비하여 비타민 C를 다량 함유하는 것을 확인하였다.

7. 무기질

수박무 가식부와 껍질 분말의 무기질 함량을 분석한 결과(Table 7), 총 8종의 무기질이 검출되었다. 수박무 가식부의 총 무기질 함량은 3,484.41 mg/100 g, 수박무 껍질은 5,725.14 mg/100 g으로 수박무 껍질의 함량이 수박무 가식부보다 높았다. 수박무 가식부의 경우, K 함량이 3,101.83 mg/100 g으로 가장 많이 검출되었고, 다음으로 Ca, Mg, Na 순으로 나타났다. Fe, Zn, Mn, Cu는 5 mg/100 g 미만으로 검출되었다. 수박무 껍질의 경우에도 K 함량이 5,079.67 mg/100 g으로 가장 많이 검출되었고, Ca, Mg, Na, Fe 순으로 나타났다. Zn, Mn, Cu는 5 mg/100 g 미만으로 검출되었다. 같은 십자화과에 속하는 채소류의 총 무기질 함량은 일반 순무는 50.97 mg/100 g,

Table 6. Vitamin A, C, and E content in watermelon radish powder

Vitamin	Watermelon radish powder (DW) ¹⁾		t-test
	Flesh	Peel	
Vitamin A	0.07 ± 0.00 ²⁾	0.08 ± 0.01	0.319 ^{NS4)}
Vitamin E	1.22 ± 0.10	<LLOQ ³⁾	
Vitamin C	730.59 ± 17.49	388.71 ± 21.92	0.113 ^{***5)}

¹⁾DW: dry weight basis.

²⁾All values are expressed as mean ± S.E. of triplicate determinations.

³⁾LLOQ: lower limit of quantification.

⁴⁾NS: No significance.

⁵⁾***p<0.001

Table 7. Mineral content in watermelon radish powder

Mineral	Watermelon radish powder (DW) ¹⁾		t-test
	Flesh	Peel	
Ca	228.43 ± 10.55 ²⁾	394.23 ± 11.03	0.002 ^{***3)}
K	3,101.83 ± 48.56	5,079.67 ± 73.50	0.009 ^{**}
Mg	105.80 ± 5.80	189.97 ± 14.81	2.808 ^{**}
Fe	2.32 ± 0.15	15.04 ± 1.15	3.095 ^{***}
Na	43.45 ± 1.09	41.67 ± 1.16	0.030 ^{NS4)}
Mn	0.55 ± 0.05	1.66 ± 0.10	0.874 ^{**}
Cu	0.12 ± 0.01	0.40 ± 0.03	4.571 ^{***}
Zn	1.90 ± 0.11	2.51 ± 0.12	0.012 [*]
Total	3,484.41 ± 165.83	5,725.14 ± 199.04	0.066 ^{**}

¹⁾DW: dry weight basis.

²⁾All values are expressed as mean ± S.E. of triplicate determinations.

³⁾*p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001.

⁴⁾NS: No significance.

자색무는 71.16 mg/100 g (Moon 2016), 자색 콜라비 가식부와 껍질은 각각 366.00 mg/100 g 와 4,440.00 mg/100 g(Cha et al. 2013)로 수박무의 총 무기질 함량이 다른 십자화과 채소들보다 높은 것을 확인하였다. 또한 수박무의 가식부와 껍질과 마찬가지로 자색 콜라비 가식부와 껍질의 경우도 무기질 중 K 함량이 가장 높았고, Ca, Mg, Na 순으로 검출되었다(Cha et al. 2013). 이 천 계절무, 강화 순무 및 조선무의 경우도 K 함량이 가장 높았으며, 그 외에 Na, Mg, P, Ca, Fe, Zn 등이 검출되었다(Kim et al. 2007).

8. pH, 당도 및 색도

수박무 가식부와 껍질 분말의 pH, 당도 및 색도를 측정한 결과(Table 8), 수박무 가식부와 껍질의 pH는 각각 6.32와 6.25로 모두 약산성을 나타냈다. 자색무인 보르드무와 수박무의 가공방법(열풍건조, 열풍건조 후 볶음처리, 증숙 후 건조, 증숙·건조 후 볶음처리)에 따른 pH 변화에 관한 연구에서는 이들 무의 pH는 5.31-5.85 정도인

것으로 나타났다(Joo et al. 2017). 이러한 차이는 본 연구에서 사용한 수박무는 가공과정을 거치지 않고 생 것을 동결건조하여 분석하였기 때문이라 사료된다.

당도는 수박무 가식부는 7.30 °Brix, 수박무 껍질은 6.53 °Brix으로 수박무 가식부가 껍질보다 높은 당도를 보였다. 열풍건조, 열풍건조 후 볶음처리, 증숙 후 열풍건조, 증숙·건조 후 볶음처리한 수박무 분말의 경우 당도는 3.62~4.02 범위를 나타내어(Joo et al. 2017), 본 연구에서 사용한 동결건조시킨 수박무 분말의 당도가 더 높은 것으로 나타났다. 국내산 나무딸기류 과일에서 얻은 과즙의 당도는 6.5~16.9%(°Brix)이며(Oh et al. 2008), 5종의 복분자 과일류의 당도는 8.7~11.3%(°Brix)라고 보고(Kim et al. 2005)되어 본 연구에서 사용한 수박무 가식부의 당도는 당도가 높다고 알려진 딸기류 과일의 과즙에 비해서는 낮지만 당도가 높은 수준에 속하는 것으로 보여진다.

색도는 명도를 나타내는 L값의 경우 수박무 가식부가 53.02로 수박무 껍질 48.28에 비하여 높

Table 8. pH, °Brix, and Hunter color values of watermelon radish powder

Watermelon radish powder (DW) ¹⁾	pH	° Brix	Hunter color ²⁾		
			L	a	b
Flesh	6.32 ± 0.03 ³⁾	7.30 ± 0.10	53.02 ± 0.51	26.08 ± 0.21	-3.23 ± 0.50
Peel	6.25 ± 0.01	6.53 ± 0.06	48.28 ± 0.74	-4.37 ± 0.18	14.94 ± 0.56
t-test	2.703 ^{*4)}	0.400 ^{***}	0.261 ^{**}	0.042 ^{***}	0.024 ^{***}

¹⁾DW: dry weight basis.

²⁾L: lightness, a: redness, b: yellowness.

³⁾All values are expressed as mean ± S.E. of triplicate determinations.

⁴⁾*p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001

았으며, 적색도를 나타내는 a값은 수박무 가식부의 경우 26.08, 수박무 껍질은 -4.37로 확연한 차이를 나타냈다. 황색도를 나타내는 b값은 수박무 가식부가 -3.23, 수박무 껍질은 14.94로 수박무 껍질이 가식부보다 높은 값을 나타냈다. 수박무 가식부의 a값이 높은 이유는 가식부에 다량의 anthocyanin 함량에 의한 것으로 판단된다. Joo et al.(2017)에 의하면 열풍건조, 열풍건조 후 볶음처리, 증숙 후 열풍건조, 증숙·건조 후 볶음처리한 수박무 분말의 경우 L값은 54.70~58.75, a값은 3.58~5.65, b값은 0.45~17.73 나타나 가공 방법에 따라 색도가 달라지는 것을 알 수 있었으며, 이들 결과는 가식부와 껍질을 같이 분석한 것이어서 본 연구 결과와는 차이가 보인다.

9. 추출 수율, 총 polyphenol, flavonoid 및 anthocyanin 함량

수박무 가식부와 껍질 분말을 80% 에탄올로 추출하여 추출 수율을 비교 측정한 결과(Table 9), 추출 수율은 가식부는 34.24%, 껍질은 15.25%로 가식부가 껍질보다 높았다. 식물 추출물의 항산화 활성이 우수해도 그 추출 수율이 낮으면 경제성이 떨어진다. 추출 수율이 10% 이상이면 산업화와 경제성이 인정된다고 보고되어 있는데(Hah et al. 2005), 본 연구에서 사용한 수박무 가식부와 껍질의 추출 수율은 모두 10% 이상으로 확인되어 경

제적으로 활용 가능성이 높은 소재라고 판단된다.

수박무 가식부와 껍질의 총 polyphenol 함량과 총 flavonoid 함량을 비교 측정한 결과(Table 10), 총 polyphenol 함량은 수박무의 가식부는 127.92 mg GAE/g, 수박무 껍질은 117.06 mg GAE/g으로 수박무 가식부의 총 polyphenol 함량이 껍질보다 높게 측정되었다. 비트 분말 추출물의 경우는 총 polyphenol 함량은 87.63 mg GAE/g(Ko & Jeong 2017)로 수박무 가식부와 껍질에 비하여 낮았다. 반면 자색무의 품종인 보르도르무와 수박무를 열풍, 볶음, 증숙 등의 가공공정을 거쳤을 경우 총 polyphenol 함량은 각각 290.45~414.37 mg GAE/100 g과 274.48~646.66 mg GAE/100 g로 보고(Joo et al. 2017)되었다. 이러한 결과는 본 연구보다 높게 나타났다. 자연 상태 결합형 형태의 총 phenol성 화합물은 열처리로 인하여 유리형으로 바뀌어 용출이 용이하게(Yoon et al. 2005) 되므로 일반적으로 열처리를 하였을 경우 총 phenol 함량이 증가한다고 보고(Lee et al. 2009)하여 열처리와 같은

Table 9. Yield of 80% ethanol extracts from watermelon radish

Parameters	Watermelon radish ethanol extracts	
	Flesh	Peel
Extraction yield (%)	34.24	15.25

Table 10. Total polyphenol, total flavonoid, and total anthocyanin content in watermelon radish ethanol extracts

Watermelon radish ethanol extracts ¹⁾	Total polyphenol (mg GAE ²⁾ /g)	Total flavonoid (mg QE ³⁾ /g)	Total anthocyanin (mg/100 g)
Flesh	127.92 ± 0.76 ⁴⁾	46.94 ± 0.31	18.97 ± 0.27
Peel	117.06 ± 1.23	10.54 ± 0.27	1.03 ± 0.04
t-test	0.762 ^{***5)}	0.308 ^{***}	10.677 ^{***}

¹⁾Watermelon radish powder 80% ethanol extracts 1,000 ppm(mg/mL).

²⁾Gallic acid equivalent.

³⁾Quercetin equivalent.

⁴⁾All values are expressed as mean ± S.E. of triplicate determinations.

⁵⁾***p<0.001

가공 방법이 총 polyphenol 함량에 영향을 미친 것으로 사료된다. 총 flavonoid 함량은 수박무 가식부는 46.94 mg QE/g, 수박무 껍질은 10.54 mg QE/g으로 측정되어 수박무 가식부의 총 flavonoid 함량이 껍질보다 유의적으로 높았다. 여러 종류 채소들의 flavonoid 함량과 비교해보았을 때, 무순 24.3 mg/mL, 시금치 7.51 mg/mL, 브로콜리 5.02 mg/mL, 가지 4.32 mg/mL, 당근 2.54 mg/mL, 토마토 2.24 mg/mL, 호박 1.81 mg/mL로 측정되어(Lee et al. 2001) 수박무가 다른 채소들보다 총 flavonoid 함량이 훨씬 많았다. 식물체에 널리 함유되어 있는 phenolic 화합물들은 flavonoid, flavonols, flavonones, flavones, isoflavones, flavan-3-ols과 anthocyanins을 포함하고 항암, 항산화, 항균, 항알레르기성, 항비만, 항궤양, 항염증 등 다양한 생리 활성 기능이 있는 것으로 보고되어(Vallverdu-Queralt et al. 2010) 수박무는 항산화제로서 효능이 있을 것으로 사료된다.

Anthocyanin 색소는 과일이나 채소의 열매, 뿌리, 줄기 및 잎 등에서 발견되는 붉은색 계통의 수용성 색소로(Francis 1989) 세포의 산화 및 노화를 억제시키고, 콜레스테롤 수치 개선 및 심장 질환, 뇌졸중, 혈관 질환 등 혈액 관련 질환 치료

에 도움을 주는 강한 항산화 물질이다(Park et al. 2014). 수박무 가식부와 껍질의 anthocyanin 함량(Table 10)은 각각 18.97 mg/100 g와 1.03 mg/100 g으로 수박무 껍질보다 가식부에 anthocyanin 이 다량 함유되어 있었다. 자색무의 품종인 보르도르무와 수박무의 anthocyanin 함량은 6.22~7.50 mg/100 g과 3.05~10.72 mg/100 g(Joo et al. 2017), 빨간 배추 분말의 anthocyanin 함량은 9.46 mg/100 g으로 보고되어(Park 2019), 수박무 가식부가 십자화과에 속하는 자색의 다른 채소들보다 anthocyanin 함량이 높은 것을 확인하였다. 그러나 Joo et al.(2017)이 보고한 보르도르무와 수박무의 anthocyanin 함량이 본 연구에 비하여 낮게 나타난 것은 이들 무가 가공공정을 거치면서 anthocyanin이 열에 의하여 산화되어(Marklund & Marklund 1974) 그 함량이 저하된 것으로 보여진다.

10. DPPH radical 소거활성

2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl(DPPH)를 이용한 DPPH radical 소거활성은 지질 과산화 연쇄반응에 관여하는 free radical이 항산화 물질로부터 전자를 제공받아 짙은 자주색에서 황색으로 탈색되는 원리를 이용하여 측정하였다(Kim et al.

Table 11. DPPH radical scavenging activity of watermelon radish ethanol extracts

	Concentration (mg/mL)	DPPH radical scavenging activity (%)	IC ₅₀ ¹⁾ (mg/mL)
Watermelon radish Flesh	0.125	13.67 ± 0.58 ³⁾⁴⁾	0.69
	0.250	24.04 ± 0.87 ^b	
	0.500	41.78 ± 0.36 ^c	
	1.000	67.56 ± 0.90 ^{dC5)}	
Watermelon radish ethanol extracts Peel	0.125	2.07 ± 0.54 ^k	1.38
	0.250	4.41 ± 0.23 ^j	
	0.500	18.20 ± 0.35 ^h	
	1.000	36.33 ± 0.32 ^{lD)}	
	2.000	72.89 ± 0.58 ^c	
BHA ²⁾	1.000	86.74 ± 0.28 ^{bb}	
BHT ²⁾	1.000	88.37 ± 0.08 ^{bb}	
Ascorbic acid	1.000	93.48 ± 0.00 ^{aA}	

¹⁾IC₅₀ is the concentration of sample required for scavenging radical by 50%.

²⁾BHT: butylated hydroxytoluene, BHA: butylated hydroxyanisole.

³⁾All values are expressed as mean ± S.E. of triplicate determinations.

⁴⁾Means with the different letters(a-k) within the same row are significantly different at p<0.05 by Tukey's test.

⁵⁾Means with different letters(A-D) in the same concentration are significantly different at p<0.05 by Tukey's test.

2001). 수박무 가식부와 껍질의 DPPH radical 소거 활성을 비교 분석한 결과(Table 11), 수박무 가식부는 0.125, 0.25, 0.5, 1 mg/mL 농도에서 각각 13.67, 24.04, 41.7, 67.56%로 나타났다. 수박무 껍질의 경우 0.125, 0.25, 0.5, 1, 2 mg/mL에서 2.07, 4.41, 18.20, 36.33, 72.89%로 측정되어 수박무 가식부와 껍질 에탄올 추출물 모두 농도에 비례하여 DPPH radical 소거활성이 증가하였다. 50% radical 소거 활성인 IC₅₀값을 계산한 결과, 수박무 가식부는 0.69 mg/mL, 수박무 껍질은 1.38 mg/mL으로 수박무 가식부가 껍질보다 DPPH radical 소거활성이 우수한 것으로 나타났다. 이러한 결과는 수박무 가식부가 껍질보다 비타민 C, 비타민 E, 총 polyphenol, flavonoid 및 anthocyanin을 많이 함유하기 때문으로 판단된다. 비트 분말의 경우 DPPH radical

소거활성 IC₅₀값이 252.52 g/mL으로 나타나 (Jeong et al. 2014). 자색무 가식부 추출물이 비트 추출물에 비하여 항산화 활성이 우수한 것으로 나타났다.

11. ABTS radical 소거활성

2,2-azino-bis-3-ethylbenzthiazoline-6-sulphonic acid(ABTS)는 ABTS가 potassium persulfate와 반응하여 청록색의 ABTS radical 이 형성된 후(Vandenberg et al. 1999) 항산화 제에 의해 radical이 제거되면서 청록색이 탈색되는 원리를 이용하여 소거활성을 측정하였다(Kim & Han 2018). 수박무 가식부와 껍질의 ABTS radical 소거활성을 분석한 결과(Table 12), 수박무 가식부는 0.125L, 0.25, 0.5, 1 mg/mL 농도에서 34.70, 56.07, 88.40, 95.72%로 나타났다.

Table 12. ABTS radical scavenging activity of watermelon radish ethanol extracts

	Concentration (mg/mL)	ABTS radical scavenging activity (%)	IC ₅₀ ¹⁾ (mg/mL)
Watermelon radish ethanol extracts	0.125	34.70 ± 2.19 ^{2)d3)}	0.18
	0.250	56.07 ± 0.59 ^c	
	0.500	88.40 ± 0.50 ^b	
	1.000	95.72 ± 0.07 ^{aA4)}	
Peel	0.125	18.33 ± 0.57 ^e	0.48
	0.250	33.54 ± 1.19 ^d	
	0.500	56.32 ± 0.72 ^c	
	1.000	89.77 ± 1.77 ^{bB}	
BHA ²⁾	1.000	95.59 ± 0.29 ^{aA}	
BHT ²⁾	1.000	95.72 ± 0.07 ^{aA}	
Ascorbic acid	1.000	95.55 ± 0.07 ^{aA}	

¹⁾IC₅₀ is the concentration of sample required for scavenging radical by 50%.

²⁾BHT: butylated hydroxytoluene, BHA: butylated hydroxyanisole.

³⁾All values are expressed as mean ± S.E. of triplicate determinations.

⁴⁾Means with the different letters(a-e) within the same row are significantly different at p<0.05 by Tukey's test.

⁵⁾Means with different letters(A-D) in the same concentration are significantly different at p<0.05 by Tukey's test.

수박무 껍질은 위와 같은 농도에서 18.33, 33.54, 56.32, 89.77%로 측정되어 수박무 가식부와 껍질 모두 농도에 비례하여 ABTS radical 소거활성이 증가하는 것으로 나타났다. 1 mg/mL 농도에서 양성대조군인 BHA, BHT, ascorbic acid의 ABTS radical 소거 활성은 각각 95.59, 95.72, 95.55%로 수박무 가식부와 비슷한 수치가 나타나 수박무 가식부의 높은 항산화 활성을 확인할 수 있었다. IC₅₀값은 수박무 가식부가 0.18 mg/mL, 수박무 껍질이 0.48 mg/mL으로 수박무 가식부가 껍질보다 ABTS radical 소거활성이 우수함을 보였다. Teow et al.(2007)은 19종의 고구마의 ABTS radical 소거 활성을 비교 분석한 결과, 대체적으로 소거활성이 낮게 측정되었는데, 그중 진한 자색의 고구마가 비교적 활성이 높게 나타나 본 연구결과와 유사하였다.

12. FRAP 활성

FRAP은 ferric tripyridyltriazine(Fe³⁺- TPTZ) 복합체가 항산화 물질에 의해 ferrous tripyridyltriazine(Fe²⁺-TPTZ)로 환원되는 원리를 이용하여 항산화력을 측정하는 방법이다 (Funasaka et al. 1999). 수박무 가식부와 껍질의 FRAP 활성을 분석한 결과(Table 13), 수박무 가식부는 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0 mg/mL 농도에서 188.78, 218.67, 240.56, 250.89, 267.56 mM FeSO₄/g으로, 수박무 껍질은 위와 같은 농도에서 133.55, 150.67, 151.11, 152.56, 163.67 FeSO₄/g으로 측정되었다(Table 13). 수박무 가식부와 껍질 모두 농도에 비례하여 FRAP 활성이 증가하는 것으로 나타났으며, 수박무 가식부의 FRAP 활성이 수박무 껍질보다 높은 것을 확인하였다. 이는 시료 추출물의 hydroxyl groups의 환원력에 의해 활성산소 연쇄반응을 억제시켜 항산

Table 13. Ferric reducing antioxidant power of watermelon radish ethanol extracts

		Concentration (mg/mL)	FRAP value (mM)
Watermelon radish ethanol extracts	Flesh	0.200	188.78 ± 0.39 ^{1)e2)}
		0.400	218.67 ± 0.88 ^d
		0.600	240.56 ± 0.84 ^c
		0.800	250.89 ± 0.96 ^b
		1.000	267.56 ± 1.02 ^a
	Peel	0.200	133.55 ± 0.69 ^b
		0.400	150.67 ± 0.34 ^g
		0.600	151.11 ± 0.84 ^g
		0.800	152.56 ± 0.51 ^g
		1.000	163.67 ± 1.21 ^f

¹⁾All values are expressed as mean ± S.E. of triplicate determinations.

²⁾Means with the different letters(a-h) within the same row are significantly different at p<0.05 by Tukey's test.

화 활성이 나타난 것으로 사료된다(Duh et al. 1999).

IV. 요약 및 결론

본 연구는 수박무의 가식부와 껍질의 이화학적 성분 및 항산화 활성을 비교 분석하였다. 조단백, 조지방 및 조회분의 함량은 수박무 껍질이 가식부보다 높았으며, 탄수화물의 함량은 가식부가 더 높게 나타났다. 수박무 가식부와 껍질의 주요 유리당은 fructose, glucose, sucrose, maltose, galactose, mannose였으며, 총 유리당 함량은 수박무 가식부가 껍질보다 높았다. 구성 아미노산은 필수 아미노산 8종과 비필수 아미노산 9종으로 총 17종이 검출되었고, 수박무 가식부와 껍질 모두 glutamic acid 함량이 가장 높았다. 지방산은 포화지방산 11종, 단일불포화지방산 5종, 다가불포화지방산 7종의 총 23종의 지방산이 검출되었으며, 포화지방산과 다가불포화지방산은 수박무 가식부가 껍질보다 높았으며, 단일불포화지방산은 수박무 껍질이 더 높게 나타났다. 유기산 함량은 수박무 껍질

이 가식부에 비해 약 1.5배 높게 검출되었으며, 수박무 가식부 및 껍질 모두 malic acid 함량이 가장 높았다. 수박무 가식부의 비타민 C와 비타민 E 함량은 껍질에 비하여 더 높았다. 수박무 가식부와 껍질의 주요 무기질은 K, Ca, Na 순으로 검출되었으며, 총 무기질 함량은 수박무 껍질이 가식부보다 높게 검출되었다. pH는 수박무 가식부와 껍질 모두 약산성을 나타내었다. 당도는 수박무 가식부(7.30 °Brix)가 수박무 껍질(6.53 °Brix)보다 높게 나타났다. 색도는 수박무 가식부가 껍질에 비해 L값과 a값이 높았으나, b값은 낮았다. 수박무 가식부는 항산화 비타민인 비타민 C와 비타민 E뿐만 아니라 항산화 물질인 총 polyphenol, 총 flavonoid 및 anthocyanin 함량, DPPH radical 소거활성, ABTS radical 소거활성, FRAP 활성 등이 수박무 껍질보다 높게 나타났다. 이를 통해 수박무 가식부의 우수한 항산화 활성을 확인할 수 있었다. 따라서 수박무의 가식부와 껍질 모두 영양소가 풍부하고 항산화 활성이 우수하여 기능성식품 소재로서의 가치가 있을 것으로 사료된다.

References

- Ahn MJ, Koh RK, Kim GO, Shin TY(2013) Aqueous extract of purple Bordeaux radish, *Raphanus sativus* L. ameliorates ethanol-induced gastric injury in rats. *Orient Pharm Exp Med* 13(4), 247-252. doi:10.1007/s13596-013-0131-5
- AOAC(1984) Official methods of analysis. 14th ed. Asso of official analytical chemists, Washington, DC, USA, p.878
- AOAC(1990) Official methods of analysis. 15th ed. Assoc of official analytical chemists. Washington, DC, USA, p.788
- Bae R, Lee YK, Lee SK(2012) Changes in nutrient levels of aqueous extracts from radish (*Raphanus sativus* L.) root during liquefaction by heat and non-heat processing. *Korean J Hort Sci Technol* 30(4), 409-416. doi:10.7235/hort.2012.11141
- 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. doi:10.1006/abio.1996.0292
- Blois MS(1958) Antioxidant determination by the use of a stable free radical. *Nat* 181, 1199-1200. doi:10.1038/1811199a0
- Cha SS, Lee MY, Lee JJ(2013). Comparison of physicochemical composition of Kohlrabi flesh and peel. *Korean J Food Preserv* 20(1), 88-96. doi:10.11002/kjfp.2013.20.1.88
- Chae SK, Kang GS, Ma SJ, Bang KW, Oh MW, Oh SH(2002) Standard good analysis. Paju: Jigu-Moonwha Sa, pp381-382
- Choi JM(2012) A study on the antioxidative activity and development of processed food of anthocyanin from purple sweet potatoes. Master's Thesis, International University of Korea, pp32-51
- Coogan RC, Willis RBH(2002) Effect of drying and salting on the flavour compound of Asian white radish. *Food Chem* 77(3), 305-307. doi:10.1016/S0308-8146(01)00350-8
- Duh PD, Du PC, Yen GC(1999) Action of methanolic extract of mung bean hulls as inhibitors of lipid peroxidation and non-lipid oxidative damage. *Food Chem Toxicol* 37(11), 1055-1061. doi:10.1016/S0278-6915(99)00096-4
- Folin O, Denis W(1912) On phosphotungstic-phosphomolybdic compounds as color reagents. *J Biol Chem* 12(2), 239-249. doi:10.1016/S0021-9258(18)88697-5
- Francis FJ(1989) Food colorants: anthocyanins. *Crit Rev Food Sci Nutr* 28(4), 273-314. doi:10.1080/10408398909527503
- Funasaka Y, Chakraborty AK, Komoto M, Ohashi A. and Ichihashi M(1999) The depigmenting effect of α -tocopherol ferulate on human melanoma cells. *Br J Dermatol* 141(1), 20-29. doi:10.1046/j.1365-2133.1999.02916.x
- Gancedo MC, Luh BS(1986) HPLC analysis of organic acid and sugars in tomato juice. *J Food Sci* 51(3), 571-573. doi:10.1111/j.1365-2621.1986.tb13881.x
- Goyeneche R, Roura S, Ponce A, Vega-Galvez A, Quispe-Fuentes I, Uribe E, Di Scala K(2015) Chemical characterization and antioxidant capacity of red radish (*Raphanus sativus* L.) leaves and roots. *J Funct Foods* 16, 256-264. doi:10.1016/j.jff.2015.04.049
- Hah DS, Kim CH, Kim GS, Kim EG, Kim JS(2005) Antioxidative effects of traditional medicinal plants on lipid peroxidation. *Korean J Vet Res* 45(3), 341-350
- Jang KI, Lee JH, Kim KY, Jeong HS, Lee HB(2006) Quality of stored grape(*Vitis labruscana*) treated with ethylene-absorbent and activated charcoal. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 35(9), 1237-1244. doi:10.3746/jkfn.2006.35.9.1237
- Jeon HN, Kim HJ, Soung YO(2003) Effect of *Kimchi* solvent fractions on anti-oxidative enzyme activities of heart, kidney and lung of rabbit fed a high cholesterol diet. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 32(2), 250-255
- Jeong YZ, Jin SY, Han YS(2014) Functional and quality characteristics of glutinous barley Jeung-pyun added with beet(*Beta vulgaris* L.) powder. *Korean J Food Nutr* 27(1), 1-9. doi:10.9799/ksfan.2014.27.1.001
- Joo SY, Park JD, Choi YS, Sung JM(2017) Quality characteristics and antioxidant activity of red radish(Bordeaux and watermelon radish) tea with use of different processing methods. *Korean J Food Nutr* 30(5), 908-915. doi:

- 10.9799/ksfan.2017.30.5.908
- Jung HN(2015) Antioxidant and antiinflammatory of *Rubus* fruits. Master's thesis, Seoul University, pp34-37
- Kang EJ(2014) Study of optimal extraction and isolation processing conditions of anthocyanin in *Bokbunja* and its byproducts. Master's Thesis, Dankook University, pp23-26
- Kim DH, Kim SJ, Jeong SL, Cheon CJ, Kim SY(2014) Antiadipogenic effects of red radish(*Raphanus sativus* L.) sprout extract in 3T3-L1 preadipocytes. *J Life Sci* 24(11), 1224-1230. doi:10.5352/JLS.2014.24.11.1224
- Kim DH, Lim DW, Bai S, Chun SB(1997) Fermentation characteristics of whole soybean meju model system inoculated with 4 *Bacillus* strains. *Korean J Food Sci Technol* 29(5), 1006-1015
- Kim HR, Lee JH, Kim YS, Kim KM(2007) Chemical characteristics and enzyme activities of Icheon ge-geol radish, Gangwha turnip, and Korean radish. *Korean J Food Sci Technol* 39(3), 255-259
- Kim MH, Han YS(2018) Anti-oxidative and anti-diabetic effects of butanol fraction from *Yangha*(*Zingiber mioga* ROSC). *Korean J Food Cook Sci* 34(1), 105-112. doi:10.9724/kfcs.2018.34.1.105
- Kim SH, Chung HG, Jang YS, Park, YK, Park HS, Kim SC(2005) Characteristics and screening of antioxidative activity for the fruit by *Rubus coreanus* Miq. clones. *J Korean Forest Soc* 94(1), 11-15
- Kim SM, Cho YS, Sung SK(2001) The antioxidant ability and scavenging ability of plant extracts. *Korean J Food Sci Technol* 33(5), 626-632
- Ko SH, Jeong HC(2017) Quality characteristics of Julpyun with added beet powder. *J Korean Soc Food Cult* 32(6), 576-582 doi:10.7318/KJFC/2017.32.6.576
- Korea Food and Drug Association(2005) Food standards codex. Korean Foods Industry Association. Seoul, Korea. pp367-368, pp 383-385
- Lee HJ(2013) Antioxidant activity and properties characteristics of pound cakes prepared by using frozen blueberry powder & anthocyanin extracted from black beans. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 26(4), 772-782. doi:10.9799/ksfan.2013.26.4.772
- Lee JH, Kwak EJ, Kim JS, Lee YS(2007) Quality characteristics of sponge cake added with mesangi(*Capsosiphon Fulvescens*) powder. *Korean J Food Cook Sci* 23(1), 83-89
- Lee JM, Son ES, Oh SS, Han DS(2001) Contents of total flavonoid and biological activities of edible plants. *Korean J Diet Cult* 16(5), 504-514
- Lee SH, Hwang IK, Lee YR, Joung EM, Jeong HS, Lee HB(2009) Physicochemical characteristics and antioxidant activity of heated radish (*Raphanus sativus* L.) extracts. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38(4), 490-495. doi:10.3746/jkfn.2009.38.4.490
- Liang FQ, Green L, Wang C, Alssadi R, Godley BF(2004) Melatonin protects human retinal pigment epithelial(RPE) cells against oxidative stress. *Exp Eye Res* 78(6), 1069-1075. doi:10.1016/j.exer.2004.02.003
- Lietti, A, Cristoni A, Picci M(1976) Studies on *Vaccinium myrtillus* anthocyanosides. I. vasoprotective and antiinflammatory activity. *Arzneimittelforschung* 26(5), 829-832
- Marklund S, Marklund G(1974) Involvement of the superoxide anion radical in the autoxidation of pyrogallol and a convenient assay for superoxide dismutases. *Eur J Biochem* 47(3), 469-474. doi:10.1111/j.1432-1033.1974.tb03714.x
- Moon HS(2016) Study of physicochemical properties and antioxidant activity of purple radish and *Allium fistulosum* L. Master's thesis, Hoseo University, pp29-43
- Oh HH, Hwang KT, Kim MY, Lee HK, Kim SZ(2008) Chemical characteristics of raspberry and blackberry fruits produced in Korea. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 37(6), 738-743. doi:10.3746/jkfn.2008.37.6.738
- Park EM(2019) Physiological activities of red Chinese cabbage and its applications to cookie and Teokgalbi. Master's thesis, Chosun University, pp56-58
- Re R, Pellegrini N, Proteggente 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. doi:10.1016/S0891-5849(98)00315-3

- Rizzolo A, Formi E, Polesello A(1984) HPLC assay of ascorbic acid in fresh and processed fruit and vegetables. *Food Chem* 14(3), 189-199. doi:10.1016/0308-8146(84)90058-X
- Ryu KD, Chung DH, Kim JK (2000) Comparison of radish cultivars for physicochemical properties and Kakdugi preparation. *Korean J Food Sci Technol* 32(3), 681-690
- Seong GU, Hwang IW, Chung SK(2016) Physicochemical composition of head-type kimchi cabbage leaves. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 45(6), 923-928. doi:10.3746/jkfn.2016.45.6.923
- Tamura S, Tsuji K, Yongzhen P, Ohnishi-Kameyama M, Murakami N(2010) Six new acylated anthocyanins from red radish (*Raphanus sativus*). *Chem Pharm Bull* 58(9), 1259-1262. doi:10.1248/cpb.58.1259
- Teow CC, Truong VD, McFeeters RF, Thompson RL, Pecota KV, Yencho GC(2007) Antioxidant activities, phenolic and β -carotene contents of sweet potato genotypes with varying flesh colours. *Food Chem* 103(3), 829-838. doi:10.1016/j.foodchem.2006.09.033
- Vallverdu-Queralt A, Jauregui O, Medina-Remon A, Andres-Lacueva C, Lamuela-Raventos RM (2010) Improved characterization of tomato polyphenols using liquid chromatography/electrospray ionization linear ion trap quadrupole Orbitrap mass spectrometry and liquid chromatography/electrospray ionization tandem mass spectrometry. *Rapid Commun Mass Spectrom* 24(20), 2986-2992. doi:10.1002/rcm.4731
- Vandenberg R, Haenen GRMM, Vandenberg H, Bast A(1999) Applicability of an improved trolox equivalent antioxidant capacity(TEAC) assay for evaluation of antioxidant capacity measurements of mixtures. *Food Chem* 66(4), 511-517. doi:10.1016/S0308-8146(99)00089-8
- Wijngaarden DV(1967) Modified rapid preparation of fatty acid esters from lipids for gas chromatographic analysis. *Anal Chem* 39(7), 848-849. doi:10.1021/ac60251a031
- Yoon SR, Lee MH, Park JH, Lee IS, Kwon JH, Lee GD(2005) Changes in physicochemical compounds with heating treatment of ginseng. *J Korean Soc Food Nutr* 34(10), 1572-1578. doi:10.3746/jkfn.2005.34.10.1572