



ISSN 1229-8565 (print) ISSN 2287-5190 (on-line)
한국지역사회생활과학회지 34(3): 365~382, 2023
Korean J Community Living Sci 34(3): 365~382, 2023
<http://doi.org/10.7856/kjcls.2023.34.3.365>

건조방법에 따른 눈개승마의 영양성분 및 항산화효과 비교

김 정 연 · 남 용 재¹⁾ · 이 재 준^{†2)}

조선대학교 대학원 식품의약학과 박사과정 대학원생 · 조선대학교 교육대학원 기술가정교육전공 석사졸업생¹⁾ ·

조선대학교 식품영양학과 교수²⁾

Comparison of the Nutritional Components and Antioxidant Activity in *Aruncus dioicus* var. *kamtschaticus* with Different Drying Methods

Jeong-Yeon Kim · Yong-Jae Nam¹⁾ · Jae-Joon Lee^{†2)}

Doctoral Student, Dept. of Food and Drug, Graduate School of Chosun University, Gwangju, Korea
Master's Graduate, Major in Technology and Home-economics Education, Graduate School of Education,
Chosun University, Gwangju, Korea¹⁾

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

ABSTRACT

The purpose of this study was to compare the effects of two drying methods (hot air drying [HAD] or vacuum freeze drying [FAD]) on the physicochemical components and antioxidative activities of *Aruncus dioicus* var. *kamtschaticus* powder. The crude fat content in the FAD was higher than that in the HAD. There were no significant differences in the proximate compositions, such as contents of moisture, crude ash, crude protein, and carbohydrates, depending on the drying methods. The total amino acid and essential amino acid contents were significantly higher in FAD than in HAD. The valine, phenylalanine, lysine, histidine, aspartic acid, asparagine, glutamic acid, arginine, ornithine, and γ -amino-n-butyric acid (GABA) contents in FAD were higher than in HAD, while the serine, phosphoserine, proline, glycine, alanine, tyrosine, and taurine contents in HAD were higher than in FAD. There were no significant differences in saturated fatty acid, monounsaturated fatty acid, and polyunsaturated fatty acid contents based on the drying methods. The most abundant fatty acid in the FAD was linolenic acid, and the linolenic acid content was approximately the same, regardless of the drying method used. The contents of malic acid and total organic acids in the FAD were higher than in the HAD, while the content of succinic acid was higher in the HAD than in the FAD. Vitamin C and E contents in HAD were higher than those in FAD. The total polyphenol and total flavonoid contents, the 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) and 2,2-azino-bis-3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid (ABTS) radical scavenging activities of the FAD sample were higher than those of the HAD sample. These results indicate

Received: 3 August, 2023 Revised: 16 August, 2023 Accepted: 21 August, 2023

[†]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.

that vacuum freeze drying is a better drying method for preserving the nutritional components and antioxidative activities. These study results may provide the basic data for follow-up studies seeking a better understanding of the functional properties of the FAD powder.

Key words: *Aruncus dioicus* var. *kamtschaticus* powder, vacuum freeze drying, hot air drying, physicochemical component, antioxidative effect

I. 서론

산채식물인 눈개승마(*Aruncus dioicus* var. *kamtschaticus*)는 장미과(Rosaceae)에 속하는 다년초이며, 우리나라에서는 울릉도를 비롯한 고산 식물대에서 자생하는 식물로 삼나무이라고도 부르며(Han et al. 1992; Youn et al. 2010), 유럽과 아시아 그리고 북미 동부 및 서부 고산지역에서도 자생하는 것으로 알려졌다. 예로부터 눈개승마는 해독과 정력보강 효능이 있는 것으로 알려져 있으며, 어린순은 무침으로 먹거나 명절에 소고기국의 식재료로도 이용되고 있다(Shin et al. 2008). 눈개승마 전초에는 saponin, salicyladehyde, sparine, 인지질, 비타민 A, Ca 등이 풍부하며(Kim et al. 2011), 눈개승마 지상부에는 sambunigrin, prunasin, aruncide A, aruncide C, 1-O-caffeoyl- β -D-glucopyranose, caffeic acid 등이 검출되었으며(Vo et al. 2014), 항산화 활성을 나타내는 monoterpenoids 계열의 생리활성 물질을 다양하게 함유하는 것으로 보고되었다(Jeong et al. 2011). 이와 같이 눈개승마에 함유된 물질의 기능성이 보고되면서 산채자원으로도 중요하게 부각되어 눈개승마의 재배(Kwon et al. 2006)와 성분 연구(Choi et al. 2004; Choi et al. 2008) 등 다양한 연구가 진행되고 있다. 눈개승마의 생리활성 성분 및 효능 검증 연구로는 허혈성 질환으로 인한 세포사멸 억제효과(Lim & Lee 2012), 항산화활성(Lee et al. 2005; Kwon et al. 2006; Kim et al. 2011; Youn et al. 2012;

Jeong & Kim 2016; Kim et al. 2018) 및 항균활성(Kim et al. 2011; Nam et al. 2017), 뇌신경 세포 독성의 보호효과(Park et al. 2017), 주름 개선효과(Youn et al. 2012), 지상부의 항혈전효과(Kim & Sohn 2014), α -glucosidase 활성 저해 효과(Jeong & Kim 2016), 항당뇨효과(Shin et al. 2008), 피부염증 개선효과(Dorjsembe et al. 2022), 인지장애 개선효과(Park et al. 2019) 등이 보고되었다.

식품 산업 현장에서 건조는 원료를 가공시키고 처리할 때 많이 사용되며 수분 함량이 높은 식품에서 주로 이용되는 중요한 가공 방식이다. 식품의 건조 처리는 저장과 유통에 매우 편리하며, 품질을 연장시킬 수 있는 수단으로 제시된다(Park et al. 2016). 식품에 적용되는 건조방법은 열풍, 동결, 냉풍 및 진공 건조기 등과 같이 기계를 사용하여 건조시키는 방법과 태양 및 그늘에서 자연적으로 건조시키는 방법이 있다(Kim et al. 2014). 건조한 식품을 기능성 재료로 사용하거나, 효율성을 높이기 위해서 영양 및 기능성 성분의 손실을 최소화할 수 있는 방법으로 동결건조(freeze drying) 방식을 많이 이용한다(Beak & Woo 1993). 그러나 동결건조는 생산 효율성이 떨어짐과 동시에 비용이 매우 비싸고 건조 속도 자체가 더딘 단점을 지니고 있다(Litvin et al. 1998; Ward & Matejtschuk 2021). 반면에 보편적으로 보급된 건조 방법인 열풍건조(hot air drying)는 고온의 열을 이용해서 식품 내에서 수분을 증발시키는 방식으로 동결건조

에 비해서 공정이 보다 간단하고 건조시간이 빠르면서 경제적이고 균일한 건조가 이루어질 수 있다(Holdsworth 1971). 그러나 열풍건조는 맛과 품질적인 열화가 발생할 수 있으며, 수분 손실에 의해서 이루어지는 수축 현상과 빠른 건조에 의한 표면경화 현상, 맛과 영양가 저하, 낮은 복원력을 가진 건조물, 색상변화를 가져오는 갈색화 반응 등의 문제점이 따른다고 보고되었다(Park & Lee 2020).

따라서 본 연구에서는 눈개승마의 영양소 및 기능성 성분의 손실을 최소화시키기 위한 최적의 건조방법을 모색하고자 눈개승마를 동결건조 혹은 열풍건조한 후 이화학적 성분과 항산화 효과를 비교·분석하고자 실시하였다.

II. 연구방법

1. 실험재료 및 건조방법

본 실험에 사용된 눈개승마는 2022년 5월 국내에서 재배된 것을 구입하여 흐르는 물에 수세한 후 salad spinner(Caous, WINDAX, Seoul, Korea)를 이용하여 물기를 제거하였다. 열풍건조는 열풍건조기(GNO12, Hanil GNCO Co., Ltd., Jangseong, Korea)를 이용하여 60℃에서 40시간 건조하였다. 동결건조는 -70℃ deep freezer(MDF-U52V, Sanyo, Osaka, Japan)에서 냉동시킨 후, 진공 동결건조기(ED 8512, Ilshin, Yangju, Korea)를 이용하여 건조하였다. 열풍건조 혹은 동결건조된 눈개승마는 분말로 제조하기 위하여 분쇄기로 마쇄 후 -70℃에서 냉동 보관하면서 분석용 시료로 사용하였다. 각 실험항목에 대한 시료의 분석은 3회 반복 실시하였다.

2. 일반성분 분석

열풍 혹은 동결건조시킨 눈개승마 분말 시료의 일반성분 분석은 Association of Official Analytical

Chemists(A.O.A.C.) 방법(2005)으로 실시하였으며, 수분은 105℃ 상압가열건조법, 조단백질은 Microkjeldahl법, 조지방은 Soxhlet 추출법, 조회분은 회화법을 통해서 각각 함량을 분석하였으며, 탄수화물의 함량은 차감법으로 계산하였다.

3. 유리 아미노산 분석

유리 아미노산의 분석(Waters Associates 1990)은 분해관에 열풍 혹은 동결건조시킨 눈개승마 분말 시료 각각 0.5 g에 6 N HCl 3 mL를 넣어 섞은 다음 탈기하여 121℃에서 24시간 가수분해하였다. 그 후 남은 여액은 rotary vacuum evaporator(EYELA VACUUM NVC-1100, Tokyo, Japan)로 감압농축한 후 sodium phosphate buffer(pH 7.0) 10 mL로 정용하였다. 이 중 용액 1 mL를 취한 후 membrane filter(0.2 μm)로 여과한 다음 아미노산자동분석기(Biochrom 20, Pharmacia, Cambridge, England)로 정량 분석하였다.

4. 지방산 분석

지방산 분석(Van Wunngaarden 1967)은 열풍 혹은 동결건조시킨 눈개승마 분말 시료 각각 2 g을 ether 용액으로 추출여과과정을 거친 다음 감압농축시킨 지질 약 100 mg을 가지형 플라스크에 취하였다. 1 N KOHethanol 용액 4 mL를 섞은 후 유지 방울이 없어질 때까지 교반시킨 다음 14% BF₃-Methanol 5 mL를 가했다. Methyl ester을 위해 환류냉각기를 부착하여 80℃에서 5분간 가열하였다. 이 용액에 NaCl 포화용액 3 mL와 hexane 1 mL를 첨가하여 섞은 후 시험관에 옮겨 정치하였다. 상층을 분취하여 무수 Na₂SO₄를 넣고 수분을 제거한 다음 Gas Chromatography(GC- 10A, Shimadzu, Kyoto, Japan)로 분석하였다.

5. 유기산 분석

유기산 분석은 Palmer & List(1973)의 방법을 변형하여 분석하였다. 시료 분말 각각 1 g에 증류수 50 mL를 가하여 교반한 후 80°C 수조에서 4시간 동안 가열한 다음 상징액을 Whatman filter paper(No. 2)로 여과시켰다. 여과된 여액을 Sep-pak C₁₈으로 정제한 후 0.45 µm membrane filter (Millipore Co., Billerica, MA, USA)로 다시 여과한 다음 Ion Chromatography(DX-600, Dionex, USA)로 분석하였다.

6. 비타민 분석

비타민 E 분석은 식품공전법(Korea Food and Drug Association 2005)에 준하여 시행하였다. 비타민 E 분석은 각각의 시료 0.5 g, 에탄올 5 mL 및 ascorbic acid 0.1 g를 취하여 80°C에서 10분 정도 가열한 다음 50% KOH 용액 0.25 mL를 첨가하였다. 같은 온도에서 20분간 가열한 후 hexane 5 mL와 증류수 24 mL를 가하여 1,150 ×g에서 20분 동안 원심분리 하였다. 상징액을 분리한 다음 hexane 40 mL를 가한 후 다시 원심분리하여 상징액을 취하여 증류수를 가한 다음 10분간 방치하고 하층부를 제거하였다. 이 과정을 3회 반복 시행한 후 전 용액을 합하여 무수 Na₂SO₄로 탈수하여 rotary vacuum evaporator(EYELA VACUUM NVC-1100, Tokyo, Japan)를 통해 hexane을 3 mL 까지 감압·농축시킨 후 HPLC(LC-10AVP, Shimadzu, Kyoto, Japan)로 분석하였다. 비타민 C 분석은 Rizzolo et al.(1984)의 방법에 준하여 실시하였는데, 각각의 시료 5 g을 10% metaphosphoric acid(HPO₃) 용액 20 mL를 첨가하여 추출한 후 20분간 3,000 rpm에서 원심분리하여 0.45 µm membrane filter(Millipore Co., Billerica, MA, USA)를 통해 여과시킨 다음

HPLC(LC-10AVP, Shimadzu, Kyoto, Japan)로 분석하였다.

7. 무기질 분석

무기질 분석은 A.O.A.C.방법(2005)에 준하여 분석하였으며, 각각의 시료 0.5 g에 60% HClO₄ 3 mL와 20% HNO₃ 10 mL를 넣은 후 투명해질 때까지 가열한 다음, 0.5 M HNO₃로 50 mL를 정용하였다. 분석항목별 표준용액을 혼합한 다음, 각각의 vial병에 8 mL씩 취하여 표준용액으로 하였고, 0.5 M HNO₃를 대조군으로 하여 원자흡수분광광도계(AA-6501GS, Shimadzu, Tokyo, Japan)로 분석하였다.

8. 시료의 추출

눈개승마의 총 polyphenol과 총 flavonoid 함량, DPPH radical 소거능과 ABTS radical 소거능 측정을 위해 먼저 각각의 분말 시료 100 g에 80% 에탄올 1,500 mL를 첨가한 후 환류냉각관을 부착한 65°C Heating mantle(WHM12016, Daihan-Scientific, Seoul, Korea)에 넣어 3시간씩 3회 반복하여 추출하였다. 여과지(Whatman No. 2)를 이용해 여과한 여액을 40°C 수욕상에서 rotary vacuum evaporator(EYELA VACUUM NVC-1100 Tokyo, Japan)를 이용하여 용매를 제거한 후 감압농축하였다. 그 후 동결건조기(ED8512, Ilshan, Yangju, Korea)로 건조하여 분말로 제조한 다음 시료의 산화방지를 위해서 -70°C에 냉동 보관하면서 실험에 사용하였다.

9. 총 polyphenol과 총 flavonoid 함량 측정

총 polyphenol 함량은 Folin-Denis법(Folin & Denis 1912)에 따라 측정하였다. 눈개승마 동결 혹은 열풍건조 에탄올 추출물 각각 1 mL와 Folin

reagent 2 mL를 시험관에 넣은 다음 실온에서 3분간 정치하였다. 여기에 10% Na_2CO_3 2 mL을 첨가하고, 이를 혼합한 다음 30°C에서 40분간 정치한 후 760 nm에서 흡광도를 ELISA microplate reader(Model 680, Biorad Laboratories Inc., Hercules, CA, USA)를 이용하여 측정하였다. 표준곡선은 tannic acid(Sigma Co, St. Louis, MO, USA)를 기준물질로 하여 최종 농도가 0-500 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 가 되도록 조제하여 검량곡선을 통해 시료 중 총 polyphenol 함량을 구했다.

눈개승마 동결 혹은 열풍건조 에탄올 추출물의 총 flavonoid 함량은 Davis 방법(Davis et al. 1983)을 변형하여 측정하였다. 추출물 1 mL에 diethylene glycol 2 mL을 첨가후 1 N NaOH 20 μL 을 넣어 37°C water bath에서 1시간 동안 반응시켰다. ELISA microplate reader(Model 680, Biorad Laboratories Inc., Hercules, CA, USA)로 420 nm에서 시료의 흡광도를 측정하였고, 표준곡선은 rutin(Sigma Co, St. Louis, MO, USA)을 기준물질로 이용하여 최종 농도가 0-500 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 가 되도록 하여 이로부터 총 flavonoid 함량을 구했다.

10. DPPH 및 ABTS radical scavenging activity

눈개승마 에탄올 추출물의 DPPH radical 소거능은 Blois 방법(Blois 1958)을 이용하여 측정하였다. 시료 농도별 1 mL와 0.2 mM DPPH 1 mL을 시험관에 취한 후 혼합하여 37°C에서 30분간 반응시켜 ELISA microplate reader(Model 680, Biorad Laboratories Inc., Hercules, CA, USA)를 사용하여 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. 이때, 활성 비교를 위하여 양성대조군으로 합성 항산화제인 butylated hydroxytoulene(BHA)와 butylated hydroxyanisole(BHT), 천연 항산화제

인 ascorbic acid를 이용하여 동일한 방법으로 측정하였다. 눈개승마 에탄올 추출물의 DPPH radical 소거능(%)은 $(1 - \text{시료첨가구의 흡광도} / \text{무첨가구의 흡광도}) \times 100$ 에 의하여 계산하여 나타냈다.

2,2-azino-bis-3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid(ABTS) radical 소거능의 측정은 Re et al.(1999)의 방법을 응용하여 측정하였다. 7.4 mM ABTS 용액과 2.6 mM potassium persulfate 용액을 제조하여 동일한 비율로 혼합하여 ABTS radical 양이온(ABTS^+)의 생성을 위해 암소에서 24시간 동안 반응시켰다. 그 다음 ABTS^+ 용액을 734 nm에서 $0.7-1.0 \pm 0.02$ 의 흡광도가 나타날 때까지 에탄올로 희석하였다. 눈개승마 에탄올 추출물 농도별 0.1 mL와 ABTS^+ 용액 0.9 mL를 혼합한 후 37°C에서 30분 동안 반응시켰다. 무첨가군은 시료 대신 에탄올을 넣어 반응시켰으며, 흡광도는 ELISA microplate reader(Model 680, Biorad Laboratories Inc., Hercules, CA, USA)를 사용하여 734 nm에서 측정하였다. ABTS radical 소거능도 양성대조군인 BHA, BHT 및 ascorbic acid와 비교하여 분석하였다. ABTS radical 소거능(%)은 $(1 - (\text{Abs}_{\text{sample}} / \text{Abs}_{\text{blank}})) \times 100$ 에 의하여 계산하여 나타냈다.

11. 통계처리

본 실험의 분석결과는 SPSS program(SPSS version 17.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 사용하여 통계 분석을 하였다. 실험 결과는 3회 이상 반복 실시하여 측정된 평균값과 표준오차로 나타내었고, 통계적 유의성에 대한 검증을 위해 두 group 간에는 Student's t-test를 실시하였고, 세 개 이상의 group 간에는 일원배치 분산분석(one-way analysis of variance) 방식을 실시한 후, 유의적인 차이가 있을 경우 5% 수준에서 Duncan's

multiple range test를 사용하여 상호검정(Post-Hoc test)하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 일반성분

열풍 혹은 동결건조한 눈개승마 분말의 일반성분 함량을 분석한 결과는 Table 1과 같다. 열풍건조 눈개승마 분말의 일반성분 함량은 수분 4.79%, 조단백질 30.69%, 조지방 2.23%, 조회분 9.01%, 조섬유소 15.71%, 탄수화물 37.25%으로 나타났다. 동결건조 눈개승마 분말의 일반성분 함량은 수분 5.23%, 조단백질 29.73%, 조지방 4.02%, 조회분 11.02%, 조섬유소 16.33%, 탄수화물 32.97%이었다. 건조방법에 따른 일반성분 함량의 차이는 조지방 함량만 유의한 차이를 나타내어 동결건조한 것이 열풍건조한 것에 비해 높게 나타났다. Choi et al.(2008)은 동결건조하여 분석한 삼나물(눈개승마) 분말의 일반성분 함량은 수분 5.12%, 조단백질 25.00%, 조지방 6.68%, 조섬유소 4.00%, 조회

분 8.36%로 나타났다고 보고하였다. 본 연구의 동결건조한 일반성분 분석 결과와 비교할 경우 조지방 함량을 제외하고는 모두 낮은 경향을 보였다. 건조방법에 따른 채소류의 일반성분 분석 결과, 삼재 잎 분말은 조지방 함량은 동결건조한 것이 열풍건조한 것에 비하여 낮았으며, 조회분, 조단백질, 조지방 및 탄수화물 함량은 차이가 없었다고 보고하였다(Lee 2016). 모시잎 분말(Kim et al. 2014)과 곤드레나물 분말(Park et al. 2016)은 건조방법에 따른 일반성분 함량의 차이가 없었다고 보고하였다. 세발나물 분말은 조지방 함량은 열풍건조 시에 조회분 함량은 동결건조 시에 높게 나타났다고 보고하여 본 연구와는 다른 결과를 나타내었다(Park & Lee 2020).

2. 유리 아미노산

건조 방법을 달리한 눈개승마 분말의 유리 아미노산 조성 및 함량을 분석한 결과는 Table 2와 같다. 열풍건조와 동결건조한 눈개승마 분말 모두 총 24종 유리 아미노산이 검출되었으며, 필수아미노산은 tryptophane을 제외한 8종, 비필수아미노산은 16종이 검출되어 건조방법에 따른 유리 아미노산 조성은 차이가 없었다. 눈개승마 분말의 총 구성 아미노산과 총 필수아미노산 함량은 동결건조 분말이 열풍건조 분말에 비해 높은 것으로 나타났다. 이와 유사하게 Kim et al.(2014)이 모시잎을 열풍 혹은 동결건조하여 아미노산 함량을 분석한 연구에서도 총 아미노산과 총 필수아미노산 함량 모두 동결건조한 것이 열풍건조한 것에서 비하여 유의하게 높았다고 보고하였다. 건조방법에 따른 눈개승마 분말의 아미노산 종류별 함량 결과를 비교하여 보면, 열풍건조 분말은 asparagine이 1,898.51 mg%로 가장 높았으며, 다음으로는 arginine 401.73 mg%, pohosphoethanolamine 312.56 mg% 순으로

Table 1. Proximate compositions of *Aruncus dioicus* var. *kamtschaticus* powder prepared by different drying methods (% dry basis)

Composition	Hot air drying	Vacuum freeze drying
Moisture (%)	4.79 ± 0.27 ²⁾	5.23 ± 0.39
Crude protein (%)	30.69 ± 0.36	29.73 ± 0.64
Crude fat (%)	2.23 ± 0.18 ^{**3)}	4.02 ± 0.21
Crude ash (%)	9.01 ± 0.14	11.02 ± 0.24
Crude fiber (%)	15.71 ± 0.31	16.33 ± 0.41
Carbohydrates ¹⁾ (%)	37.25 ± 1.09	32.97 ± 1.01

¹⁾Carbohydrates = 100-(moisture+crude protein+crude fat+crude ash+dietary fiber).

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

³⁾Significant differences between hot air and vacuum freeze drying measured by Student's t-test(**p<0.01).

나타났다. 동결건조 분말의 경우도 asparagine이 2,601.06 mg%로 가장 함량이 높았고, arginine 473.84 mg%, aspartic acid 326.95 mg% 순으로 나타났다. 필수아미노산의 경우 valine, phenylalanine, lysine, hstidine 함량은 동결건조한 분말이 열풍 건조한 분말에 비하여 유의하게 높게 나타났으며,

그 외의 필수아미노산은 건조 방법에 따른 차이가 없었다. 비필수아미노산의 경우는 aspartic acid, asparagine, glutamic acid, arginine 함량은 동결건조한 분말이 유의하게 높게 나타났으며, serine, phosphoserine, proline, glycine, alanine, tyrosine, taurine 함량은 열풍건조한 분말이 유의

Table 2. Contents of free amino acids in *Aruncus dioicus* var. *kamtschaticus* powder prepared by different drying methods

Amino acids (AA)		(mg%, dry basis)	
		Hot air drying	Vacuum freeze drying
Essential amino acid(EAA)	Valine	259.21 ± 6.40 ¹⁾	301.85 ± 10.52
	Isoleucine	166.42 ± 5.05	156.46 ± 3.24
	Leucine	119.41 ± 1.64	114.54 ± 2.79
	Methionine	259.21 ± 6.40	301.85 ± 10.52
	Threonine	114.76 ± 1.34	150.33 ± 6.26
	Phenylalanine	141.65 ± 1.45 ²⁾	166.93 ± 6.47
	Histidine	42.02 ± 0.95 ^{**}	55.88 ± 0.87
	Lysine	96.03 ± 1.70 ^{***}	147.97 ± 0.88
	Total EAA	1,198.71	1,359.81
Non-essential amino acid(Non-EAA)	Aspartic acid	240.38 ± 4.65 ^{***}	326.95 ± 2.44
	Asparagine	1,898.51 ± 57.12 [*]	2,601.06 ± 75.27
	Serine	285.33 ± 8.72 ^{***}	190.34 ± 1.98
	Phosphoserine	20.01 ± 0.63 [*]	16.85 ± 0.85
	Glutamic acid	221.66 ± 4.14 [*]	298.96 ± 6.44
	Proline	116.65 ± 1.40 ^{**}	96.30 ± 3.16
	Glycine	46.02 ± 1.49 ^{***}	17.46 ± 1.31
	Alanine	231.99 ± 5.22 ^{***}	131.69 ± 4.24
	Tyrosine	66.19 ± 1.45 ^{**}	51.01 ± 2.20
	Cystine	ND ³⁾	ND
	Arginine	401.73 ± 1.70 ^{**}	473.84 ± 9.98
	Ornitine	16.51 ± 0.65 ^{***}	55.88 ± 0.87
	γ-Amino-n-butyric acid	191.81 ± 1.36 ^{**}	253.20 ± 10.22
	Taurine	12.31 ± 0.29 [*]	10.89 ± 0.59
	Phosphoethanolamine	312.56 ± 5.37	308.55 ± 7.02
	α-Aminoadipic acid	12.30 ± 0.38	14.74 ± 0.88
	Total Non-EAA	4,073.96	4,847.72
EAA/total Non-EAA (%)	29.42	28.05	

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

²⁾Significant differences between hot air and vacuum freeze drying measured by Student's t-test (*p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001).

³⁾ND: Not detected

하게 높게 나타났다. 특수 아미노산인 ornithine과 GABA 함량도 동결건조한 분말이 유의하게 높았다. 동결건조한 삼나물(눈개승마)의 아미노산을 분석한 연구 결과, phenylalanine, arginine, aspartic acid가 비교적 높은 함량을 나타났다고 보고하였는데(Choi et al. 2008), 이는 본 연구 결과와는 다소 다르게 나타났다.

눈개승마 분말에 가장 많이 함유되어 있는 비필수아미노산인 asparagine는 우리의 몸 안에 말산-아스파르트산 서클에서 nicotinamide adenine dinucleotide를 생성하여 alcohol dehydrogenase 활성을 촉진시켜 알코올 해독능력이 뛰어나 숙취 해소에 좋은 기능을 가지는 것으로 밝혀져 있다 (Park 1994). 따라서 눈개승마는 숙취 해소 식품으로의 활용 가능성이 있는 것으로 보여진다. 또한 ornithine과 taurine도 검출되었는데, ornithine은 의약품 아미노산으로 약리적 연구를 통해 성장호르몬 분비를 촉진해서 항비만 효과의 기능을 가지고 있으며, 간에서 암모니아를 해독하여 피부를 재생하고 간을 보호하는 등의 기능을 가진 것으로 알려졌다(Bucci et al. 1990; Müting et al. 1992), taurine은 세포를 증식하고, 세포막 안정성, 당대사를 촉진하고, 신경 흥분성을 조절하며, 해독작용 및 삼투압 조절, 망막 색소 상피세포증식 등의 효능이 있는 것으로 보고되었다(Thurston 1980; Gaull et al. 1983; Sebring & Huxtable 1985). 눈개승마 분말에는 아미노산 중 GABA도 많이 검출되었는데, GABA는 자연계에 존재하는 비단백질 아미노산으로 중추신경계의 억제성 신경전달물질로 뇌 기능 촉진, 혈압 강화작용, 이뇨효과 등이 있는 것으로 보고되었다(Ballanyi & Grafe 1985). 이상의 결과 총 유리 아미노산과 총 필수아미노산 함량을 비롯하여 필수아미노산인 valine, phenylalanine, lysine 및 histidine 함량, 특수아미노산인 arginine,

ornithine 및 GABA 함량이 동결건조 눈개승마 분말이 열풍건조 분말에 비하여 높게 나타났는데, 이는 열풍건조 시에 열처리로 인하여 아미노산 함량이 저하된 것으로 생각된다.

3. 지방산

건조방법을 각각 달리한 눈개승마 분말에 함유되어 있는 지방산 조성과 함량을 분석한 결과는 Table 3과 같다. 동결 혹은 열풍건조한 눈개승마 분말의 포화지방산은 8종, 단일불포화 지방산은 3종, 다가불포화지방산은 2종이 각각 검출되었다. 포화지방산 중 pentadecanoic acid 함량은 열풍건조한 것이 동결건조한 것에 비하여 유의하게 많이 검출되었고, heptadecanoic acid 함량은 동결건조한 것이 열풍건조한 것에 비하여 유의하게 많이 검출되었다. 그 외의 포화지방산 함량은 건조방법에 따른 차이가 나타나지 않았다. 단일불포화지방산의 경우는 palmitoleic acid 함량은 동결건조한 것이 열풍건조한 것에 비하여 유의하게 많이 검출되었다. 그 외 불포화지방산 함량은 건조방법에 따른 차이가 없었다. 동결건조한 눈개승마 분말의 지방산 함량은 linolenic acid 43.06%로 가장 많이 검출되었고, palmitic acid 26.57%, linoleic acid 18.86% 순으로 나타났다. 열풍건조한 눈개승마 분말의 지방산도 linolenic acid 42.79%로 가장 높았고, palmitic acid 25.84%, linoleic acid 20.44% 순으로 나타났다. 즉 열풍건조 혹은 동결건조 눈개승마 분말의 지방산 함량 중 linolenic acid 함량이 가장 많은 것으로 나타났다. 본 연구와 유사한 결과를 나타낸 Choi et al.(2008)의 연구에 의하면 동결건조한 삼나물(눈개승마)의 경우 불포화지방산은 linolenic acid가 가장 많이 검출되고, 그 다음으로는 linoleic acid, oleic acid 함량 순으로 나타났다고 하였다. α -Linolenic acid

Table 3. Compositions of fatty acids in *Aruncus dioicus* var. *kamtschaticus* powder prepared by different drying methods (% total fatty acids, dry basis)

Fatty acids	Hot air drying	Vacuum freeze drying
Saturated		
Myristic acid (C _{14:0})	0.44 ± 0.03 ¹⁾	0.40 ± 0.02
Pentadecanoic acid (C _{15:0})	0.19 ± 0.02 ^{**2)}	0.09 ± 0.01
Palmitic acid (C _{16:0})	25.84 ± 1.30	26.57 ± 1.04
Heptadecanoic acid (C _{17:0})	0.09 ± 0.06*	1.24 ± 0.10
Stearic acid (C _{18:0})	3.92 ± 0.21	3.85 ± 0.09
Arachidic acid (C _{20:0})	1.84 ± 0.07	2.00 ± 0.05
Behenic acid (C _{22:0})	0.64 ± 0.04	0.79 ± 0.04
Lignoceric acid (C _{24:0})	0.47 ± 0.03	0.58 ± 0.03
Monounsaturated		
Palmitoleic acid (C _{16:1})	0.29 ± 0.01 ^{**}	0.58 ± 0.05
Oleic acid (C _{18:1})	1.64 ± 0.11	1.34 ± 0.10
cis-11-Eicosenoic acid (C _{24:1})	0.58 ± 0.03	0.64 ± 0.04
Polyunsaturated		
Linoleic acid (C _{18:2})	20.44 ± 2.48	18.86 ± 0.66
Linolenic acid (C _{18:3})	42.79 ± 1.37	43.06 ± 2.82
Saturated fatty acid (%)	33.43 ± 1.78	35.52 ± 1.23
Monounsaturated fatty acid (%)	2.50 ± 0.15	2.56 ± 0.18
Polyunsaturated fatty acid (%)	63.23 ± 3.84	61.93 ± 3.48

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

²⁾Significant differences between hot air and vacuum freeze drying measured by Student's t-test (*p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001).

는 필수지방산으로 체내에서 EPA와 DHA로 생합성되는 전구물질로 사용되며, α -linoleic acid가 다량 함유된 식물성 기름을 섭취할 경우 심혈관질환의 발병률을 저하시켰다고 보고하였다(Fleming & Kris-Etherton 2014). 열풍건조와 동결건조 눈개승마 분말의 포화지방산 비율은 각각 33.43%와 35.52%로 나타났으며, 불포화지방산 비율은 각각 65.73%와 64.49%로 나타나 건조방법에 따른 포화지방산과 불포화지방산의 비율에는 차이가 없는 것으로 나타났다. 위의 연구 결과를 종합하여 보면 열풍건조와 동결건조 눈개승마 분말의 지방산 함량과 비율은 유의미한 차이를 보이지 않았으나, 수치상으로는 큰 차이를 보이지 않았다.

4. 유기산

열풍건조 및 동결건조를 하여 분말화한 눈개승마의 유기산 조성과 함량을 분석한 결과는 Table 4와 같다. Malic acid, citric acid, succinic acid, formic acid, acetic acid, lactic acid와 같이 총 8종의 유기산을 분석하였는데, 그 중 tartaric acid와 lactic acid를 제외한 6종의 유기산만 검출되었다. 눈개승마 분말의 주요 유기산 함량을 살펴보면 건조방법에 상관없이 malic acid와 citric acid를 가장 많이 함유하는 것으로 나타났다. 그리고 succinic acid와 formic acid, acetic acid 순으로 나타났다. 열풍건조한 눈개승마의 분말은 malic acid 23,455.14 mg%, citric acid 11,902.15 mg%, succinic acid 1,566.39 mg%, acetic acid 280.71mg%, formic acid 275.44 mg% 순으로 나타났다. 동결건조한 눈개승마의 분말은 malic acid 22,789.09 mg%, citric acid 11,285.67 mg%, succinic acid 1,034.49 mg%, acetic acid 289.31 mg%, formic acid 276.61 mg% 순으로 나타났다. 동결건조한 삼나무(눈개승마) 분

Table 4. Contents of organic acids in *Aruncus dioicus* var. *kamtschaticus* powder prepared by different drying methods (mg%, dry basis)

Organic acids	Hot air drying	Vacuum freeze drying
Citric acid	11,902.15 ± 240.29 ¹⁾	11,285.67 ± 390.00
Tartaric acid	ND ²⁾	ND
Malic acid	23,455.14 ± 951.83 ³⁾	22,783.09 ± 432.25
Succinic acid	1,566.39 ± 82.16*	1,034.49 ± 146.15
Lactic acid	ND	ND
Formic acid	275.44 ± 9.03	276.61 ± 13.79
Acetic acid	280.71 ± 8.89	289.31 ± 10.11
Total	37,479.83	35,669.17

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

²⁾ND: Not detected.

³⁾Significant differences between hot air and vacuum freeze drying measured by Student's t-test(*p<0.05).

말의 유기산의 경우 citric acid, fumaric acid, malic acid, malonic acid, oxalic acid, succinic acid, tartaric acid 총 7종이 검출되었으며, 그 중 citric acid가 가장 많이 검출되고, malic acid, succinic acid 순으로 검출되었다고 보고하여 본 연구와는 다소 다른 경향을 보였다(Choi et al. 2008). 눈개승마 분말의 유기산 중 succinic acid는 열풍건조한 것이 동결건조한 것에 비하여 유의하게 높았으나, 그 외 유기산 함량은 건조방법에 따른 차이가 나타나지 않았다. 눈개승마 분말의 총 유기산 함량은 열풍건조한 분말이 동결건조한 분말에 비하여 높게 나타났다. Aida et al.(2007)에 의하면 열풍건조할 경우 유기산 함량이 증가한다고 보고하였는데, 이는 열풍건조 시 열 처리로 인하여 당이 분해되면서 유기산을 생성하기 때문이라고 보고하였다. 이와 유사하게 모시잎 분말(Kim et al. 2014)과 적겨자 분말(Lee 2016)의 경우도 총 유기산 함량은 열풍건조한 분말이 동결건조한 것 보다 높은 경향을 보였다고 보고하였다.

반면 세발나물의 경우는 유기산 중 citric acid, oxalic acid, malic acid, tartaric acid, succinic acid 함량은 동결건조한 분말이 높았으며, formic acid 함량은 열풍건조한 것이 높았고, acetic acid 함량은 건조방법에 따른 차이가 없었다고 보고하였다(Park & Lee 2020). 유기산은 산성을 띠는 유기 화합물을 총칭하는 것을 의미하며, 체내에서 신진대사를 촉진시키며 각종의 피로 물질들을 소멸시키는 기능을 가지며, 항균제로서 작용하여 식품을 보존하는 역할을 해주는 것으로 알려져 있다(Theron & Lues 2007; Quitmann et al. 2014; Drincovich et al. 2016; Zheng et al. 2019). 유기산 중 malic acid은 신맛이 나서 식욕을 돋우는 효과가 있고 체내에서 노폐물을 없애는데 간접적으로 도움을 주는 성분으로 노폐물을 중성화시켜 몸의 순환주기를 자극해 피로를 풀어주는 역할을 한다(Chi et al. 2016; Liu et al. 2017). Citric acid는 체내에서 TCA 사이클의 기능을 활성화하여 피로 해소에 도움을 주며 노폐물을 배출시키는 작용을 하고, Mg 및 Ca의 흡수를 촉진하며 숙취 해소 및 변비를 완화하여 장내 환경 개선에도 도움을 준다고 한다(Soccol et al. 2006; Börekçi et al. 2021).

5. 비타민

열풍건조 및 동결건조하여 분말화한 눈개승마의 비타민 C와 비타민 E 함량은 Table 5와 같다. 비타민 C 함량은 열풍건조 시에는 1,487.43 mg%, 동결건조 시에는 4,427.26 mg%로 동결건조한 것이 열풍건조한 것에 비하여 약 3배 가량 높았다. 비타민 E 함량도 열풍건조 110.86 mg%, 동결건조 154.73 mg%로 동결건조한 것이 높게 나타났다. 이와 유사하게 세발나물(Park & Lee 2020)과 루꼴라(Son et al. 2020)를 열풍건조 혹은 동결건조

Table 5. Contents of vitamin C and E in *Aruncus dioicus* var. *kamtschaticus* powder prepared by different drying methods (mg/100 g, dry basis)

Vitamin	Hot air drying	Vacuum freeze drying
Vitamin C	1,487.43 ± 81.061 ^{****2)}	4,427.26 ± 117.60
Vitamin E	110.86 ± 4.33 ^{**}	154.73 ± 5.18

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

²⁾Significant differences between hot air and vacuum freeze drying measured by Student's t-test(^{**}p<0.01, ^{***}p<0.001).

하여 비타민 함량을 비교한 연구도 비타민 C와 E 함량이 동결건조한 것이 열풍건조한 것에 비하여 유의하게 많이 검출되었다고 보고하였다. 또한 다양한 생식원료(당근, 양배추, 표고버섯, 양송이버섯 등)의 비타민 C 함량을 연구한 결과도 비타민 C 함량 손실이 열풍건조한 것이 동결건조한 것에 비하여 높았다고 하였다(Jin et al. 2014). 건조방법을 달리한 모시잎의 비타민 C와 비타민 E의 함량은 열풍건조한 분말과 동결건조한 분말 사이에 차이가 없었으나, 비타민 C 함량은 동결건조한 분말이 열풍건조한 분말에 비하여 유의하게 높았다고 보고하였다(Kim et al. 2014). 비타민 C는 산소, 빛, 열 등에 의해 파괴되기가 쉬우며, 시료의 건조 온도가 증가함에 따라 비타민 C 파괴가 증가한다고 Kayaa et al.(2010)이 보고하였다. 따라서 시료를 분말로 제조 시 동결건조한 방법이 비타민 C와 비타민 E 손실을 적게 하는 것으로 보여진다.

6. 무기질

열풍건조 혹은 동결건조한 눈개승마 분말의 무기질 함량을 측정한 결과는 Table 6과 같이 나타났다. 건조방법과 상관없이 총 8종류의 무기질이 검출되었다. 열풍건조한 무기질 함량은 K가 3,306.46

mg% 가장 높은 수치를 보였으며, 다음으로 Ca 645.78 mg%, Mg 242.79 mg% 순으로 나타났고, 그 외 Mn 15.33 mg%, Fe 10.34 mg%, Na 6.49 mg%, Zn 5.52 mg%, Cu 1.98 mg% 순으로 미량 함유되어 있음을 확인할 수 있었다. 동결건조한 무기질 함량 또한 열풍건조한 무기질 함량과 동일한 순으로 수치가 나타났다. K가 2,961.72 mg% 가장 높은 수치를 보였고, 그 다음으로 Ca 588.67 mg%, Mg 233.13 mg%, Mn 14.28 mg%, Fe 10.15 mg%, Na 6.00 mg%, Zn 5.07 mg%, Cu 1.79 mg% 함량이 검출되었다. 가장 많은 성분이 함유된 K의 수치를 살펴보면 열풍건조 시에 3,306.46 mg%, 동결건조 시에 2,961.72mg%로 나타났으나, 건조방법에 따른 유의차는 없었다. 이러한 결과는 산채식물류와 엽채류의 무기질 함량을 분석한 결과 K 함량이 가장 높았다는 결과와 유사한 경향을 보여주었다(Kim 2011). 본 연구 결과 무기질 종류마다 무기질 함량이 열풍건조 시에 다소 높았으나, 건조방법에 따른 유의차는 없었다. 반면 아로나아의 경우는 무기질 함량이 진공동결건조한 것이 열풍건조 혹은 냉풍건조한 것이 비하여 높

Table 6. Contents of minerals in *Aruncus dioicus* var. *kamtschaticus* powder prepared by different drying methods (mg%, dry basis)

Minerals	Hot air drying	Vacuum freeze drying
Ca	645.78 ± 19.02 ¹⁾	588.67 ± 20.28
K	3,306.46 ± 124.10	2,961.72 ± 149.79
Mg	242.79 ± 15.73	233.13 ± 10.88
Fe	10.34 ± 0.48	10.15 ± 1.16
Na	6.49 ± 0.31	6.00 ± 0.56
Mn	15.33 ± 0.60	14.28 ± 1.03
Cu	1.98 ± 0.13	1.79 ± 0.07
Zn	5.52 ± 0.31	5.07 ± 0.53

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

게 나타났으며, 무기질 함량은 K, Ca, Mg, Na 순 이었다고 보고하였다(Lee & Kim 2015).

7. 총 polyphenol과 총 flavonoid 함량

식용식물 중 산채식물에는 polyphenol 화합물과 flavonoid가 다량 함유되어 있어 매우 높은 항산화 효능을 가지고 있는 것으로 알려져 있다(Lee et al. 2005; Youn et al. 2012; Park et al. 2017). Polyphenol은 방향족 알코올 화합물의 일종으로 식물에서 발견되며 하나의 분자에 phenol기가 2개 혹은 그 이상이 있는 작용기이며, 수산기를 여러 개 가지고 있는 것이 특징으로 이러한 화합물은 인체에서 항비만, 항염증 및 항산화 등과 같은 생리적인 활성을 가지고 있는 것으로 알려져 있다(Kim et al. 2009). Flavonoid는 식물체 내 이차대사산물의 일종으로 식물이나 균류에서 발견되며 헤테로 사이클릭 고리 2개의 페닐 고리로 구성되었으며 15개의 탄소 골격의 구조를 가지고 있다. Flavonoid는 식물에 의해서 합성된 polyphenol 화합물로 적자색과 옅은 황색 및 노란색이 보이는 색소 화합물로서 식물 중에는 거의 대부분 당과 결합된 glycoside 형태로 존재하며(Williams et al. 2004), 활성 산소종을 효율적으로 제거해서 항암과 항염, 심장질환 등의 생리기능 역할을 하는 것으로 알려져 있다(Jeong 1991; Kawaguchi et al. 1997; Lee et al. 2013).

열풍건조 혹은 동결건조한 눈개승마 분말 에탄올 추출물의 총 polyphenol 및 총 flavonoid 함량은 Table 7과 같다. 총 polyphenol 함량은 열풍건조 추출물은 229.08 mg TAE/g, 동결건조 추출물은 313.42 mg TAE/g 함유되어 있는 것으로 나타나 동결건조 추출물이 열풍건조 추출물에 비하여 유의하게 높게 나타났다. 눈개승마 열풍건조 혹은 동결건조 추출물의 총 flavonoid 함량은 각각

61.51 mg RE/g와 80.61 mg RE/g로 나타나 총 polyphenol 함량과 마찬가지로 동결건조 추출물이 높게 나타났다. Youn et al.(2012)은 열풍건조한 눈개승마 70% 에탄올 추출물의 총 polyphenol 함량은 122.60 ± 1.17 mg/g, 총 flavonoid 함량은 36.80 ± 3.0 mg/g 나타났다고 보고하였으며, Lee et al.(2005)도 눈개승마 80% 메탄올 추출물의 총 polyphenol과 총 flavonoid 함량이 각각 $66.48 \mu\text{g/g}$ 과 $16.47 \mu\text{g/g}$ 로 보고하였는데, 본 연구 결과와 비교하였을 경우 본 연구에서 총 polyphenol과 총 flavonoid 함량이 다소 높게 나타났다. 건조방법을 달리한 세발나물 추출물(Park & Lee 2020), 루꼴라 추출물(Son et al. 2020) 및 아로니아 추출물(Hwang & Thi 2014)의 총 polyphenol과 총 flavonoid 함량을 연구한 결과에서도 동결건조 추출물이 열풍건조 추출물에 비하여 유의하게 높았다고 보고하였다. 삼백초의 경우도 동결건조한 것이 열풍건조한 것에 비하여 총 페놀성 화합물 함량이 높았다고 하였다(Kim et al. 2006). 이러한 결과는 높은 열처리에 의한 건조 시료들에 비해서

Table 7. Total polyphenol and total flavonoid contents of 80% ethanol extracts of *Aruncus dioicus* var. *kamtschaticus* prepared by different drying methods

Drying methods ¹⁾	Total polyphenol (mg TAE ²⁾ /g)	Total flavonoid (mg RE ³⁾ /g)
Hot air drying	$229.08 \pm 3.7144^{4)***5)}$	$61.51 \pm 3.67^*$
Vacuum freeze drying	313.42 ± 1.88	80.61 ± 2.31

¹⁾Hot air-dried and freeze-dried *Aruncus dioicus* var. *kamtschaticus* 80% ethanol extracts 1,000 ppm(1 mg/mL).

²⁾TAE: tannic acid equivalent.

³⁾RE: rutin equivalent.

⁴⁾All values are expressed as mean \pm SE of triplicate determinations.

⁵⁾Significant differences between hot air and vacuum freeze drying by Student's t-test (* $p < 0.05$, *** $p < 0.001$).

낮은 온도에서 건조된 시료에 총 polyphenol 함량이 높았다고 보고한 연구와도 유사하였다(Que et al. 2006). 이상의 결과, 눈개승마 분말 추출물의 동결건조 시 총 polyphenol과 총 flavonoid 함량이 높게 나타나 동결건조하는 방법이 항산화 효과에 있어 보다 효율적일 것이라고 생각된다.

8. DPPH radical 소거활성 및 ABTS radical 소거활성

DPPH radical 소거활성의 측정 방식은 DPPH 가 항산화 활성을 지닌 물질들과 반응하여 hydrogen 전자를 받아서 환원되는 진한 자색 화합물이며 짙은 자색이 탈색되는 특징이 있다. 그래서 짧은 시간 내에 비교적 항산화능 측정이 가능해서 다양한 천연소재로부터 항산화 물질 탐색에 많이

사용되는 방법이다(Prior et al. 2005; Thongchai et al. 2009). ABTS radical의 소거활성 측정 방식은 ABTS radical 양이온 탈색 정량법이라고도 하며, potassium persulfate와 ABTS 반응으로 독특한 청록색을 띄게 되며 항산화 물질을 가해서 그로 인해서 연한 녹색으로 탈색되는 정량법이다(Vandenberg et al. 1999). 열풍 혹은 동결건조한 눈개승마 분말 에탄올 추출물의 DPPH radical 소거능과 ABTS radical 소거능을 측정한 결과는 Table 8과 같다. DPPH 라디칼 소거활성은 눈개승마 추출물의 농도가 증가할수록 증가하였으며, 각 농도별 모두 동결건조 추출물이 열풍건조 추출물에 비하여 높은 것으로 나타났다. 열풍건조 및 동결건조 눈개승마 추출물의 DPPH radical 소거능의

Table 8. DPPH and ABTS radical scavenging activities of 80% ethanol extracts of *Aruncus dioicus* var. *kamtschaticus* powder prepared by different drying methods

Drying methods	Concentrations ($\mu\text{g/mL}$)	DPPH radical scavenging activity (%)	ABTS radical scavenging activity (%)
Hot air drying	125	9.21 \pm 1.01 ^{3)*4)}	12.20 \pm 1.01 ^{**}
	250	12.63 \pm 1.29 ^{**}	20.36 \pm 0.98 ^{***}
	500	36.23 \pm 0.82 ^{***}	65.98 \pm 0.99 ^{***}
	1,000	66.93 \pm 0.18 ^{c5)}	91.87 \pm 0.13 ^c
	IC ₅₀ ²⁾	718.54	496.42
Vacuum freeze drying	125	10.36 \pm 0.79	22.90 \pm 1.02
	250	20.06 \pm 0.99	33.63 \pm 0.78
	500	42.23 \pm 0.71	75.63 \pm 1.01
	1,000	69.89 \pm 1.56 ^b	92.66 \pm 0.13 ^b
	IC ₅₀	653.30	351.12
BHT ¹⁾	1,000	92.74 \pm 0.13 ^a	94.13 \pm 0.00 ^a
BHA ¹⁾	1,000	92.66 \pm 0.13 ^a	94.28 \pm 0.42 ^a
Ascorbic acid	1,000	91.79 \pm 0.13 ^b	94.92 \pm 0.16 ^a

¹⁾BHT: Butylated hydroxytoluene, BHA: Butylated hydroxyanisole.

²⁾IC₅₀: Concentration required to reduce 50% of DPPH radical activity.

³⁾All values are expressed as mean \pm SE of triplicate determinations.

⁴⁾Significant differences between hot air and vacuum freeze drying at the same concentration by Student's t-test (*p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001).

^{5)a-c}Values with different letters in the same concentration are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test.

DPPH:2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl; ABTS: 2,2'-azino-bis-3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid

IC₅₀은 각각 718.54 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 과 653.30 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 로 나타났다. 눈개승마 70% 에탄올 추출물(Youn et al. 2012)과 80% 메탄올 추출물(Lee et al. 2005)의 DPPH radical 소거능의 RC₅₀ 값은 각각 226.75 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 와 40.65 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 로 보고되었다. ABTS radical 소거활성 측정 결과도 눈개승마 추출물의 농도가 증가할수록 증가하는 경향을 보였으며, 모든 농도에서 동결건조 추출물이 열풍건조 추출물에 비해 높게 나타났다. 열풍건조 및 동결건조 눈개승마 추출물의 ABTS radical 소거능의 IC₅₀은 각각 496.42 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 와 351.12 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 로 나타났다. 눈개승마 70% 에탄올 추출물(Youn et al. 2012)과 80% 메탄올 추출물(Lee et al. 2005)의 ABTS radical 소거능 RC₅₀ 값이 각각 394.97 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 와 48.27 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 로 보고되었다. 이와 같이 눈개승마 추출물의 항산화능의 차이는 눈개승마 생산지, 수확시기, 용매 차이, 용매 추출 농도 등이 다르기 때문이라 여겨진다. 같은 농도(1,000 $\mu\text{g}/\text{mL}$)에서 측정한 눈개승마 추출물의 경우 DPPH radical 소거능과 ABTS radical 소거능은 모두 합성항산화제인 BHT와 BHA, 천연항산화제인 비타민 C에 비해서는 떨어진 것으로 나타났다. 이상의 결과를 종합해보면 눈개승마 추출물의 항산화능을 측정할 때 DPPH radical 및 ABTS radical 소거활성 모두 열풍건조 추출물에 비하여 동결건조 추출물이 우수하게 나타났는데, 이러한 결과는 동결건조 추출물에 항산화물질인 총 polyphenol과 총 flavonoid 함량이 상대적으로 높았으며, 항산화 비타민인 비타민 C와 E의 함량도 높았던 결과라 생각된다.

IV. 요약 및 결론

본 연구는 산채식물인 눈개승마를 분말로 제조 시 열풍건조 혹은 동결건조하여 건조방법이 영양성분 및 항산화능에 미치는 영향을 비교하고자 실시

하였다. 일반성분 분석 결과, 수분, 조단백질, 조회분, 조섬유소 및 탄수화물 함량은 건조방법에 따른 차이가 나타나지 않았으나, 조지방 함량의 경우 동결건조한 것이 열풍건조한 것에 비하여 유의하게 높게 나타났다. 유리 아미노산의 조성을 살펴보면, 열풍건조와 동결건조한 눈개승마 분말에서 모두 총 24종 아미노산이 검출되었으며, 필수아미노산은 tryptophane을 제외한 8종이 모두 검출되었다. 열풍건조 눈개승마의 분말에서는 asparagine이 가장 함량이 높았으며, 다음으로는 arginine, phosphoethanolamine 순으로 나타났다. 동결건조 눈개승마 분말은 asparagine, arginine, aspartic acid 순으로 나타났다. 총 아미노산과 필수아미노산 함량은 동결건조한 것이 열풍건조한 것에 비하여 유의하게 높았다. 지방산 조성 및 함량을 분석한 결과는 동결건조 및 열풍건조 눈개승마 분말 모두 포화지방산 8종, 단일불포화지방산 3종, 다가불포화지방산 2종이 검출되었다. 열풍건조 혹은 동결건조한 눈개승마 분말의 지방산은 모두 linolenic acid, palmitic acid, linoleic acid 순으로 나타났다. 유기산 함량은 건조방법에 상관없이 malic acid, citric acid, succinic acid, formic acid, acetic acid 총 5종이 검출되었으며, 유기산 중 malic acid 함량이 가장 높았으며, 그 다음은 citric acid, succinic acid 함량 순이었다. Citric acid, formic acid 및 acetic acid 함량은 건조방법에 따른 유의차가 없었으나, malic acid 함량은 동결건조한 것이 열풍건조한 것에 비하여 유의하게 높았으며, succinic acid 함량은 열풍건조한 것이 유의하게 높게 나타났다. 비타민 C와 비타민 E 함량도 동결건조한 것이 열풍건조한 것에 비하여 유의하게 높았다. 무기질 조성 분석 결과, 열풍건조 혹은 동결건조한 눈개승마 분말의 경우 총 8종이 나타났으며, 총 무기질 조성 및 함량은

건조방법에 따른 차이가 없었다. 건조방식과 상관 없이 눈개승마 분말 모두 무기질 중 K 함량이 가장 높았으며, 다음으로 Ca, Mg, Mn 순으로 나타났다. 열풍건조 혹은 동결건조한 눈개승마 분말 에탄올 추출물의 항산화 물질과 항산화능을 비교 분석한 결과, 총 polyphenol과 총 flavonoid 함량은 모두 동결건조 분말 추출물 유의하게 높았다. DPPH radical 소거 활성과 ABTS radical 소거 활성 측정 결과도 동결건조한 추출물이 열풍건조한 추출물에 비하여 우수한 것으로 나타났다. 따라서 눈개승마의 영양성분 및 항산화효과 분석 결과를 종합해 보면 건조방법에 따라 차이가 나타남을 알 수 있었다. 영양성분의 경우 조지방, 총 아미노산, 총 필수 아미노산, 특수 아미노산인 arginine, ornitine, GABA, 총 유기산, malic acid, 비타민 C, 비타민 E의 함량의 경우는 동결건조한 눈개승마 분말이 열풍건조한 눈개승마 분말에 비하여 유의하게 높게 나타났다. 또한 항산화 활성 결과를 살펴보면, 총 polyphenol과 총 flavonoid 함량, DPPH radical 소거 활성과 ABTS radical 소거는 활성도 동결건조한 눈개승마 분말이 열풍건조한 눈개승마 분말에 비하여 유의하게 높게 나타났다. 따라서 눈개승마 분말을 기능성 식재료로 사용할 경우 동결건조하는 방법이 영양성분 보존과 더불어 항산화 효과 증대를 위한 최적의 방법으로 사료된다.

References

- Aida TM, Tajima K, Watanave M, Saito Y, Kuroda K, Nonaka T, Hattori H, Smith Jr RL, Arai K(2007) Reactions of d-fructose in water at temperature up to 400°C and pressures up to 100 MPa. *J Supercrit Fluid* 42(1), 110-119. doi:10.1016/j.supflu.2006.12.017
- AOAC(2005) Official methods of analysis. 18th ed. Association of official analytical chemists.
- Ballanyi K, Grafe P(1985) An intracellular analysis of γ -aminobutyric acid-associated ion movements in rat sympathetic neurons. *J Physiol* 365, 41-58. doi:10.1113/jphysiol.1985.sp015758
- Beak SE, Woo SK(1993) Antioxidant activity of crude gingerol I. Thermal stability of gingerol from ginger and effect of its concentration on the oxidation of soybean oil. *J Korean Soc Food Sci* 9(1), 33-36
- Blois MS(1958) Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature* 29(11), 1199-1200. doi:10.1071/FP11192
- Börekçi BS, Kaban G, Kaya M(2021) Citric acid production of yeasts: an overview. *Eurobiotech J* 5, 79-91. doi:10.2478/eibtj-2021-0012
- Bucci L, Hickson JF, Pivarnik JM, Woimsky I, McMahon JC, Tumer SD(1990) Ornithine ingestion and growth hormone release in body-builders. *Nutr Res* 10(3), 239-245. doi:10.1016/S0271-5317(05)80265-9
- Chae SK, Kang GS, Ma SJ, Bang KW, Oh MW, Oh SH(2002) Standard food analysis. Paju: Jigu-Moonwha Sa, pp381-382
- Chi Z, Wang ZP, Wang GY, Khan I, Chi ZM(2016) Microbial biosynthesis and secretion of l-malic acid and its applications. *Crit Rev Biotechnol* 36(1), 99-107. doi:10.3109/07388551.2014.924474
- Choi BB, Lee HJ, Bang SK(2004) Studies on the amino acid, sugar analysis and antioxidative effect of extracts from *Artemisia* sp. *Korean J Food Sci Technol* 17(1), 86-91
- Choi MG, Chung HS, Moon KD(2008) Chemical components of *Solidago virgaurea* spp, *Aster glehni* var. *hondoensis* and *Aruncus dioicus* var. *kamtschaticus* grown on Ulleung island, Korea. *Korean J Food Preserv* 15(4), 576-581
- Davis FB, Middleton E, Davis PJ, Blas SD(1983) Inhibition by quercetin of thyroid hormone stimulation in vitro of human red blood cell Ca^{2+} -ATPase activity. *Cell Calcium* 4(2), 71-81. doi:10.1016/0143-4160(83)90036-2
- Dorjsembe B, Joo H, Nho C, Ham J, Kim JC(2022) *Aruncus dioicus* var. *kamtschaticus* extract ameliorates psoriasis-like skin inflammation via Akt/mTOR and JAK2/STAT3 signaling pathways in a murine model. *Nutr* 14(23), 5094. doi:10.3390/nu14235094
- Drincovich MF, Voll LM, Maurino VG(2016) Editorial: on the diversity of roles of organic aids. *Front*

- Plant Sci 7, 1592. doi:10.3389/fpls.2016.01592
- Fleming JA, Kris-Etherton PM(2014) The evidence for α -linolenic acid and cardiovascular disease benefits: comparisons with eicosapentaenoic acid and docosahexaenoic acid. *Adv Nutr* 5(6), 863S-876S. doi:10.3945/an.114.005850
- Folin O, Denis W(1912) On phosphotungstic-phosphomolybdic compounds as color reagents. *J Biol Chem* 12(2), 239-243. doi:10.1515/bchm2.1912.80.5.376
- Gaull GE, Wrighe CE, Tallan HH(1983) Taurine in human lymphoblastoid cells: uptake and role in proliferation. *Prog Clin Biol Res* 125, 297-303
- Han KS, Ham SS, Jeong EH, Lee HK(1992) Antimutagenic effects of the edible mountain herb juices against Trp-P-1 and 2AF. *Korean J Food Hyg* 7(4), 161-168
- Hwang ES, Thi ND(2014) Antioxidant contents and antioxidant activities of hot-water extracts of aronia(*Aronia melanocarpa*) with different drying methods. *Korean J Food Sci Technol* 46(3), 303-308. doi:10.9721/KJFST.2014.46.3.303
- Holdsworth SD(1971) Dehydration of food products. *J Food Technol* 6(4), 331-336
- Jeong GH, Kim TH(2016) Free radical scavenging and α -glucosidase inhibitory effects of a roots extract of *Aruncus dioicus* var. *kamtschaticus*. *Korean J Food Preserv* 23(7), 989-994. doi:10.11002/kjfp.2016.23.7.989
- Jeong HY(1991) Aging · free radical · arteriosclerosis. *J Life Sci* 1(1), 2-14
- Jeong SY, Jun DY, Kim YH, Min BS, Min BK, Woo MH(2011) Monoterpenoids from the aerial parts of *Aruncus dioicus* var. *kamtschaticus* and their antioxidant and cytotoxic activities. *Bioorg Med Chem Lett* 21(11), 3252-3256. doi:10.1016/j.bmcl.2011.04.043
- Jin TY, Oh DH, Eun JB(2006) Change of physicochemical characteristics and functional components in the raw materials of Saengsik, uncooked food by drying methods. *Korean J Food Sci Technol* 38(2), 188-196
- Kawaguchi K, Mizuno T, Aida K, Uchino K(1997) Hesperidin as an inhibitor of lipases from porcine pancreas and pseudomonas. *Biosci Biotechnol Biochem* 61(1), 102-104. doi:10.1271/bbb.61.102
- Kayaa A, Aydina O, Kolayl S(2010) Effect of different drying conditions on the vitamin C(ascorbic acid) content of Hayward kiwifruits (*Actinidia deliciosa* Planch). *Food Bioprod Process* 88(2-3), 165-173. doi:10.1016/j.fbp.2008.12.001
- Kim AN, Lee KY, Ha MH, Heo HJ, Choi SG(2018) Effect of freeze, hot-air, and vacuum drying on antioxidant properties and quality characteristics of samnamul(*Aruncus dioicus* var. *kamtschaticus*). *Korean J Food Preserv* 25(7), 811-818. doi:10.11002/kjfp.2016.23.7.989
- Kim AR, Lee HJ, Jung HO, Lee JJ(2014) Physicochemical composition of ramie leaf according to drying methods. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 43(1), 118-127
- Kim EM(2011) Antioxidant and anticancer effects of extracts and components from *Artemisia princeps Pampanini* and *Cirsium setidens* Nakai. *J East Asian Soc Diet Life* 21(6), 871-876
- Kim MJ, Kim IJ, Nam SY, Lee CH, Yun T, Song BH(2006) Effects of drying methods on content of active components, antioxidant activity, and color values of *Saururus chinensis* Bail. *Korean J Med Crop Sci* 14(1), 8-13
- Kim MS, Sohn HY(2014) Anti-thrombosis activity of the aerial part of *Aruncus dioicus* var. *kamtschaticus*. *J Life Sci* 24(5), 515-521
- Kim MS, Kim KH, Jo JE, Choi JJ, Kim YJ, Kim JH, Jang SA(2011) Antioxidative and antimicrobial activities of *Aruncus dioicus* var. *kamtschaticus* hara extracts. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40(1), 47-55. doi:10.3746/jkfn.2011.40.1.047
- Kim YM, Choi MS, Bae JH, Yu SO, Cho JY, Heo BG(2009) Physicochemical activity of bang-a, aster and lettuce greens by the different drying methods. *J Bio-Environm Cont* 18(1), 60-66
- Korea Food and Drug Association(2005) Food standards codex. *Korean Foods Indust Assoc*, pp383-385, pp367-368
- Kwon JW, Park JH, Kwon KS, Kim DS, Jeong JB, Lee HK, Sim YE, Kim MS, Youn JY, Chung GY, Jeong HJ(2006) Effect of shading practices on the chemical compounds and antioxidant in *Arucus dioicus*. *Korean J Plant Res* 19(1), 1-7
- Lee JM(2016) Physicochemical and antioxidant properties in *Allium hookeri* by hot air- and freeze-drying methods. *Korean J Food Preserv*

- 23(1), 57-62. doi:10.11002/kjfp.2016.23.1.57
- Lee S, Kim JK(2015) Quality characteristics of *Aronia melanocarpa* by different drying method. Korean J Food Preserv 22(1), 56-62. doi: 10.11002/kjfp.2015.22.1.56
- Lee SO, Lee HJ, Yu MH, Im HG, Lee IS(2005) Total polyphenol contents and antioxidant activities of methanol extracts from vegetables produced in Ullung Island. Korean J Food Sci Technol 37(2), 233-240
- Lee YJ, Han OT, Choi HS, Lee BY, Chung HJ, Lee OH(2013) Antioxidant and anti-adipogenic effects of PineXol®. Korean J Food Sci Technol 45(1), 97-10. doi:10.9721/KJFST.2013.45.1.97
- Lim SH, Lee JW(2012) Methanol extract of goat's-beard(*Aruncus dioicus*) reduces renal injury by inhibiting apoptosis in a rat model of ischemia-reperfusion. Prev Nutr Food Sci 17(2), 101-108. doi:10.3746/pnf.2012.17.2.101
- Litvin S, Mannheim CH, Miltz J(1998) Dehydration of carrots by a combination of freeze drying, microwave heating and vacuum drying. J Food Eng 36(1), 103-111
- Liu J, Li J, Shin HD, Du G, Chen J, Liu L(2017) Biological production of L-malate: recent advances and future prospects. World J Microbiol Biotechnol 34(1), 1-9. doi:10.1016/j.jbiotec.2017.05.011
- Mütting D, Kalk JF, Klein CP(1992) Long-term effectiveness of high-dose ornithine-aspartate in urea synthesis rate and portal hypertension in human liver cirrhosis. Amino Acids 3(2), 147-153. doi:10.1007/BF00806780
- Nam HH, Lee JH, Choo BK(2017) Effect of NaCl treatment on growth and physiological activity of *Aruncus dioicus* var. *kamtschaticus*(Maxim.) H. hara. Korean J Org Agric 25(4), 789-804. doi:10.11625/KJOA.2017.25.4.789
- Palmer JK, List DM(1973) Determination of organic acids in foods by liquid chromatography. J Agric Food Chem 21(5), 903-906. doi:10.1021/jf60189a019
- Park SB, Kang JY, Lim JM, Park SK, Yoo SK, Lee U, Kim DO, Heo HJ(2019) Effect of *Aruncus dioicus* var. *kamtschaticus* extract on neurodegeneration improvement: Ameliorating role in cognitive disorder caused by high-fat diet induced obesity. Nutr 11(6), 1319. doi: 10.3390/nu11061319
- Park SB, Lee U, Kang JY, Kim JM, Park SK, Park SH, Choi SG, Heo HJ(2017) Protective effects of *Aruncus dioicus* var. *kamtschaticus* extract against hyperglycemic-induced neurotoxicity. Korean J Food Sci Technol 49(6), 668-675. doi:10.9721/KJFST.2017.49.6.66
- Park SC(1994) Effect of bean sprout extracts on metabolism and biological functions of ethanol in vitro and in vivo. Korean Soybean Digest 10(1), 123-143. doi:10.3746/jkfn.2007.36.12.1544
- Park SJ, Lee DW, Park SH, Rha YA(2016) Quality characteristics of *Cirsium setidens* Nakai by different drying method. Culi Sci Hos Res 22(2), 104-114. doi: 10.20878/cshr.2016.22.2.009
- Park YJ, Lee JJ(2020) Comparison of nutritional components and antioxidative effects of *Spergularia marina* according to different drying methods. Korean J Community Living Sci 31(1), 51-63. doi:10.7856/kjcls.2020.31.1.51
- Prior RL, Wu X, Schaich K(2005) Standardized method for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplement. J Agric Food Chem 53(10), 4290-4302. doi:10.1021/jf0502698.
- Que F, Mao L, Zhu C, Xie G(2006) Antioxidant properties of Chinese yellow wine, its concentrate and volatiles. LWT-Food Sci Technol 39(2), 111-117. doi:10.1016/j.lwt.2005.01.001
- Quitmann H, Fan R, Czermak P(2014) Acidic organic compounds in beverage, food, and feed production. Adv Biochem Eng Biotechnol 143, 91-141. doi:10.1007/10_2013_262.
- 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
- Sebring LA, Huxtable RJ(1985) Taurine modulation of calcium binding to cardiac sarcolemma. J Pharmacol Exp Ther 232(2), 445-451
- Shin JW, Lee SI, Woo MH, Kim SD(2008) Effect of ethanol extracts of goat's beard on streptozotocin induced diabetic symptoms and oxidative stress in rats. J East Asian Soc Diet Life 18(6),

- 939-948
- Socol CR, Vandenberghe LPS, Rodrigues C, Pandey A(2006) New perspectives for citric acid production and application. *Food Technol Biotechnol* 44(2), 141-149
- Son HK, Jeong Y, Ha JH(2020) Effects of freeze and hot-air drying methods on contents of physicochemical components and antioxidant activities of *Eruca sativa* Mill. *Korean Soc Food Sci Nutr* 49(7), 759-767. doi:10.3746/jkfn.2020.49.7.759
- Theron MM, Lues JFR(2007) Organic acids and meat preservation: a review. *Food Res Int* 23(2), 141-158. doi:10.1080/87559120701224964
- Thongchai W, Liawruangrath B, Liawruangrath S(2009) Flow injection analysis of total curcuminoids in turmeric and antioxidant capacity using 2,2' diphenyl-1-picrylhydrazyl assay. *Food Chem* 112(2), 494-499. doi:10.1016/j.foodchem.2008.05.083
- Thurston JH, Hauhart RE, Dirgo JA(1980) Taurine, a role in osmotic regulation of mammalian brain and possible clinical significance. *Life Sci* 26(19), 1561-1568. doi:10.1016/0024-3205(80)90358-6
- Van Wungaarden D(1967) Modified rapid preparation fatty acid esters from liquid for gas chromatographic analysis. *Anal Chem* 39(7), 848-849. doi:10.1021/ac60251a031
- 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
- Vo QH, Nguyen PH, Zhao BT, Thi YN, Nguyen DH, Kim WI, Seo UM, Min BS, Woo MH(2014) Bioactive constituents from the n-butanolic fraction of *Aruncus dioicus* var. *kamtschaticus*. *Nat Prod Sci* 20(4), 274-280
- Ward KR, Matejtschuk P(2021) The principles of freeze-drying and application of analytical technologies. *Methods Mol Biol* 2180, 99-127. doi:10.1007/978-1-0716-0783-1_3
- Waters Associates(1990) Analysis of amino acid in waters. PICO, TAG system. Seoul. Young-in Scientific Co Ltd, Korea. pp41-46
- Williams RJ, Spencer JP, Rice-Evans C(2004) Flavonoids: Antioxidants or signaling molecules? *Free Radic Biol Med* 36(7), 838-849. doi:10.1016/j.freeradbiomed.2004.01.001
- Youn JS, Shin SY, Wu Y, Hwang JY, Cho JH, Ha YG, Kin JK, Park MJ, Lee SH(2012) Antioxidant and anti-wrinkling effects of *Aruncus dioicus* var. *kamtschaticus* extract. *Korean J Food Preserv* 19(3), 393-399. doi:10.11002/kjfp.2012.19.3.393
- Zheng J, Huang C, Yang B, Kallio H, Liu P, Ou S(2019) Regulation of phytochemicals in fruits and berries by environmental variation-Sugars and organic acids. *J Food Biochem* 43(6), e12642. doi:10.1111/jfbc.12642