

Biological activities in *Aronia melanocarpa* depending on drying methods

Seul Lee¹, Hey-Kyung Moon², Su-Won Lee³, Jae-Nam Moon¹, Jong-Kuk Kim^{3*}

¹Department of Food Science & Biotechnology, Kyungpook National University, Daegu 41566, Korea

²Center for Scientific Instruments, Kyungpook National University, Daegu 41566, Korea

³Department of Food and Food-Service Industry, Kyungpook National University, Sangju 37224, Korea

건조방법에 따른 아로니아의 생리활성

이슬¹ · 문혜경² · 이수원³ · 문재남¹ · 김종국^{3*}

¹경북대학교 식품공학부, ²경북대학교 공동실험실습관, ³경북대학교 식품외식산업학과

Abstract

To investigate biological activities in *Aronia melanocarpa* various drying methods were employed such as vacuum freeze drying, hot air drying and cold air drying. DPPH radical scavenging activity and ABTS radical scavenging activity of vacuum freeze dried *Aronia melanocarpa* was higher than hot and cold air dried *Aronia melanocarpa*. Vacuum freeze drying method showed the greatest contents of total phenol (15.34 g GAE/100 g), flavonoid (3.10 g GE/100 g) and tannin (2.46 g TE/100 g). Total anthocyanin content decreased to 163.52 mg C3G/100 g and 50.15 mg C3G/100 g for hot and cold air drying, respectively. Vacuum freeze-dried method increased the total anthocyanin content (743.09 mg C3G/100 g) when compared with fresh *Aronia melanocarpa* (163.52 mg C3G/100 g). Total proanthocyanidin content of vacuum freeze dried *Aronia melanocarpa* has increased to 6.21 g CE/100 g more than eight times compared with fresh *Aronia melanocarpa* (0.71 g CE/100 g). Chlorogenic acid and neochlorogenic acid content of vacuum freeze dried *Aronia melanocarpa* were higher than hot air dried and cold air dried *Aronia melanocarpa*, increasing about three times compared with fresh *Aronia melanocarpa*. These results suggested that vacuum freeze drying is optimal drying method to enhance biological activities in *Aronia melanocarpa*.

Key words : *Aronia melanocarpa*, vacuum freeze drying, hot air drying, cold air drying, biological activities

서 론

아로니아는 북아메리카와 캐나다가 원산지인 장미과에 속하며, *Aronia melanocarpa*(Michx.) Ell(black chokeberry)와 *Aronia arbutifolia*(L.) Pers(red chokeberry) 두 가지 종을 포함한다(1,2). 아로니아는 베리 특유의 떫은맛과 향기로 인해 주스, 시럽, 와인과 같은 가공제품에 혼합되어 사용되어 왔지만, 최근에는 아로니아의 건강 증진 효과로 인해 아로

니아에 관한 관심이 증가하고 있는 실정이다(1). 소비자들은 식품에 포함된 산화방지성분이 암, 심혈관계질환, 관절염 발생 및 노화를 억제할 수 있다는 사실을 인지하고 식단에 식물성 생리활성물질을 포함시키고 있다(3). 많은 식품들은 자유라디칼의 소거 및 증식 억제에 중요한 역할을 하는 페놀, 안토시아닌, 플라보노이드 화합물 등과 같은 “뉴트라슈티컬(nutraceuticals)”을 포함하고 있는데, 그 중에서도 베리류는 천연 산화 방지제 역할을 하는 것으로 알려져 있다(3). 베리류 중에서도 아로니아는 상대적으로 높은 항산화력을 지닌 것으로 알려져 있으며, 안토시아닌과 페놀산의 풍부한 자원으로 다른 베리류들과 페놀 화합물 함량을 비교한 결과에서 안토시아닌 함량이 우세한 것으로 보고된 바 있다(4-7). 안토시아닌은 식물계 수용성 색소의 구성 성분으로, 항산화 활성, 혈관 보호 작용 등 건강에 유익한

*Corresponding author. E-mail : kjk@knu.ac.kr
Phone : 82-54-530-1305, Fax : 82-54-530-1309
Received 4 October 2016; Revised 11 October 2016; Accepted 13 October 2016.
Copyright © The Korean Society of Food Preservation. All rights reserved.

작용을 하는 것으로 알려져 있다(8,9). 아로니아의 항산화 활성은 아로니아에 함유된 페놀화합물의 영향을 받으며, 항돌연변이 활성(11), 혈압저하(12), 암세포 저해작용(13)이 있는 것으로 보고된 바 있다.

식품건조는 식품산업에서 원료 가공 처리 시 많이 이용되며, 수분 함량이 높은 과일 및 야채에 매우 중요한 가공방법이다. 건조방법 중 동결건조는 가장 진보된 방법으로, 다공성 구조로 거의 수축되지 않은 원형 형태의 제품을 생산하며, 수분 첨가 시 쉽게 원상태로 복원되는 동시에 영양소와 향기 성분을 유지하는 신선한 형태의 제품을 얻을 수 있다(14). 열풍건조는 빠른 건조시간으로 인해 경제적이며, 신속하고 균일하게 건조 가능하지만 수분손실에 의한 수축, 빠른 건조에 의한 표면 경화, 건조물의 낮은 복원력, 갈색화에 의한 색상 변화, 조직감, 맛 및 영양가 저하 등의 단점을 지닌다(15). 냉풍건조는 좋은 품질의 제품을 생산할 수 있고, 색, 맛, 냄새의 변화가 거의 일어나지 않으며, 열풍건조와 비교 시 항산화물질에서 뛰어난 제습효과를 지니지만, 감률건조구간에서는 긴 건조시간으로 인해 비효율적인 단점이 있다(16).

가공제품은 저장 및 유통이 용이하며, 품질수명을 연장시키기 위한 하나의 방법으로 제시될 수 있으며, 이는 대부분 미생물 생육 억제, 손상된 효소의 활동 저해, 베리 제품의 생화학적 및 육체적 퇴화를 방지하는 것과 관련되어 있다(17,18). 본 실험에서는 건조방법에 따른 아로니아의 생리활성을 비교함으로써, 다양한 가공제품에 적용하기 위한 기초 자료로 활용하고자 하였다.

재료 및 방법

실험재료

본 실험에 사용된 아로니아는 국내(경북 군위, 2013년산, Nero 품종)에서 수확한 생과를 구입하여 -20℃ 이하의 냉동실에 보관하면서 시료로 사용하였다. 시료의 건조 및 추출을 위해 아로니아의 잎, 줄기, 꼭지 등 이물에 대해 정선작업을 거쳐 세척 후 물기를 제거한 시료를 대조군으로 사용하였다.

건조방법

정선 작업을 거친 아로니아를 이용하여 진공동결건조, 열풍건조 및 냉풍건조 하였다. 진공동결건조는 진공동결건조기(SFDTS-10K, Samwon Engineering, Pusan, Korea)를 이용하여 72시간, 열풍건조는 열풍건조기(OF-1350S, JEIO TECH Co., Ltd., Daejeon, Korea)를 이용하여 50℃에서 60시간, 냉풍건조는 냉풍건조기(SIM-4, Shinil Industry, Yongin, Korea)를 이용하여 20℃에서 156시간 동안 건조하였다. 건조 후 아로니아의 수분함량은 진공동결건조 0.99%, 열풍건조

1.19%, 냉풍건조 3.59%인 것으로 나타났다. 건조된 아로니아는 믹서기(FM-909T, Hanil Electric, Seoul, Korea)로 1분 동안 분쇄하여 40 mesh 체로 여과하여 분석용 시료로 사용하였다.

추출액 제조

생리활성 측정을 위한 추출액은 건조한 아로니아 5 g에 80% 에탄올 용액 50 mL를 가하여 환류냉각기가 부착된 heating mantle에서 80℃, 3시간 추출 후 Whatman No. 2 여과지로 여과하여 제조한 여액을 본 실험에 사용하였다.

DPPH radical scavenging activity 측정

DPPH(α, α -diphenyl- β -picrylhydrazyl) radical scavenging activity는 Blois(19)의 방법을 변형하여 측정하였다. 0.4 mM DPPH(in ethanol) 0.8 mL에 에탄올 적당량(3~4 mL)을 가한 후 분광광도계의 흡광도 값이 0.95~0.99 범위가 되도록 에탄올의 양을 조정하여 시료 0.2 mL에 앞에서 조정된 적정량의 에탄올과 0.4 mM DPPH 용액 0.8 mL를 첨가하여 10초 동안 강하게 진탕한 후 10분 동안 실온에서 반응시킨 후 525nm에서 흡광도 값을 측정하였다. DPPH radical scavenging activity는 소거활성이 50%에 상응하는 시료의 농도를 계산하여 IC₅₀값으로 나타내었다.

ABTS radical scavenging activity 측정

ABTS radical scavenging activity는 Thaipong 등(20)의 방법을 변형하여 측정하였다. ABTS free radical을 생성시키기 위해 7.4 mM ABTS 용액에 2.6 mM potassium persulfate를 1:1로 혼합하여 암소에서 약 24시간 반응시킨 후, ABTS free radical이 생성된 용액을 99.9% ethanol로 희석하여 734nm에서 흡광도 값이 1.5±0.1이 되도록 조절하였다. 희석된 ABTS 용액 2.7 mL 와 시료 0.3 mL를 혼합하여 7분 동안 반응시킨 후 734nm에서 흡광도 값을 측정하였다. ABTS radical scavenging activity는 소거활성이 50%에 상응하는 시료의 농도를 계산하여 IC₅₀값으로 나타내었다.

총 페놀 함량 측정

총 페놀 함량은 Folin-Denis법(21)을 이용하여 측정하였다. Gallic acid(Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA)를 이용하여 표준검량곡선을 작성한 후, 검량선의 범위가 되도록 시료의 농도를 조정하였다. 농도를 조정된 시료 1 mL에 Folin-Ciocalteu 0.2 mL와 2% NaNO₃ 2 mL를 첨가하여 실온에서 30분 동안 반응시킨 후 700nm에서 흡광도 값을 측정하여, gallic acid equivalent(g GAE/100 g)로 나타내었다.

총 플라보노이드 함량 측정

총 플라보노이드 함량은 각 추출물 0.5 mL에 diethylene

glycol(Daejung Chemicals & Metals Co., Ltd., Siheung, Korea) 5 mL와 1 N NaOH 0.5 mL를 첨가하여 vortex(J-MF, JISICO, Seoul, Korea)로 혼합한 후, 30°C 항온수조(B-491, BÜCHI Labortechnik AG, Flawil, Switzerland)에서 1시간 동안 반응시킨 후, 420 nm에서 흡광도 값을 측정하였다(22). Quercetin(Sigma Chemical Co.)을 이용하여 표준검량곡선을 작성한 후, quercetin equivalent(g QE/100 g)로 나타내었다.

총 탄닌 함량 측정

총 탄닌 함량은 Paaver 등(23)의 방법을 변형하여 측정하였다. 시료 0.5 mL에 1% $K_3F_3(CN)_6$ 1 mL와 1% $FeCl_3$ 1 mL를 첨가하여 혼합한 후, 실온에서 5분 동안 반응시킨 후 720 nm에서 흡광도 값을 측정하였다. Tannin acid (Samchun pure chemical Co., Pyeongtaek, Korea)를 이용하여 표준검량곡선을 작성한 후, tannin acid equivalent(g TE/100 g)로 나타내었다.

총 안토시아닌 함량 측정

총 안토시아닌 함량은 pH differential method(24)를 이용하여 측정하였다. 시료 0.5 mL에 25 mM potassium chloride buffer(pH 1.0) 4.5 mL와 0.4 M sodium acetate buffer(pH 4.5) 4.5 mL를 각각 첨가하여 반응시킨 용액을 520nm와 700nm에서 흡광도 값을 측정하였다. 총 안토시아닌 함량은 아래의 식을 통해 나타내었다.

Anthocyanin content(cyanidin-3-glucoside

$$\text{equivalents, mg/L} = \frac{A \times MW \times DF \times 1,000}{\epsilon \times l}$$

A (Absorbance) = $(A_{520nm} - A_{700nm})_{pH1.0} - (A_{520nm} - A_{700nm})_{pH4.5}$
 MW (Molecular weight of cyanidine-3-glucoside) = 449.2 g/mol
 DF (dilution factor) = dilution ratio of sample
 $1,000$ = factor for conversion from g to mg
 ϵ (cyanidin-3-glucoside molar absorptivity) = 26,900 $L \times mol^{-1} \times cm^{-1}$
 l = pathlength in cm

프로안토시아닌 함량 측정

프로안토시아닌 함량은 Hagerman(25)과 Sun 등(26)의 방법을 변형하여 측정하였다. 시료 1 mL에 1% vanillin (in methanol) 2.5 mL와 25% H_2SO_4 2.5 mL(in methanol)를 넣은 후, 30°C 항온수조(B-491, BUCHI Labortechnik AG, Flawil, Switzerland)에서 20분 동안 반응시킨 후 500nm에서 흡광도 값을 측정하였다. Catechin을 이용하여 표준검량곡선을 작성한 후, proanthocyanidin equivalent(g PE/100 g)로 나타내었다.

Chlorogenic acid 및 neochlorogenic acid 함량 측정

Chlorogenic acid 및 neochlorogenic acid는 시료 용액을 0.2 μm membrane filter로 여과한 후, Zhimin(27)의 방법에 따라 HPLC(Waters 2695, Waters Co., Milford, MA, USA)를 이용하여 분석하였다. 분석조건은 Table 1에 나타내었다. 표준품은 chlorogenic acid(Sigma Chemical Co.)와 neochlorogenic acid(Sigma Chemical Co.)를 이용하여 표준검량곡선을 작성한 후 각각의 함량을 계산하였다.

Table 1. Operating conditions of HPLC for the analysis of chlorogenic acid and neochlorogenic acid

| Instrument | HPLC (Waters 2695, Waters, USA) | | |
|------------------|---|---------|----|
| Column | Atlantis dC ₁₈ 4.6×150 mm, 5 μm | | |
| Mobile phase A | Methanol | | |
| Mobile phase B | 4% Acetic acid | | |
| Flow rate | 2.0 mL/min | | |
| Gradient(%) | Time (min) | Profile | |
| | | A | B |
| | 0 | 5 | 95 |
| | 5 | 5 | 95 |
| | 10 | 40 | 60 |
| | 35 | 90 | 10 |
| | 40 | 5 | 95 |
| 50 | 5 | 95 | |
| Injection volume | 10 μL | | |
| Oven temperature | 30°C | | |
| Detection | UV 360 nm | | |

통계처리

본 실험결과는 평균과 표준편차를 이용하여 나타내었고, 유의성 분석은 Statistical Analysis System(SAS, Version 9.2, Cary, NC, USA)을 이용하여 ANOVA 분석을 실시한 후, Duncan's multiple range test로 $p < 0.05$ 수준에서 유의차 검정을 실시하였다.

결과 및 고찰

DPPH radical scavenging activity

건조방법에 따른 아로니아의 DPPH radical scavenging activity IC_{50} (mg/mL)는 Table 2에 그 값을 나타내었다. IC_{50} 값은 낮을수록 높은 항산화력을 나타내는데, 다른 건조방법과 비교하였을 때 진공동결건조 아로니아의 IC_{50} 값이 0.72 mg/mL로 가장 낮은 값을 나타내어 가장 높은 항산화력을 지닌 것으로 나타났다. 열풍건조 및 냉풍건조 아로니아의 IC_{50} 값은 각각 0.97 mg/mL, 1.60 mg/mL이었고, 생과는

2.86 mg/mL로 건조 후 아로니아의 IC₅₀값과 비교하였을 때 낮은 항산화력을 나타내었다.

Orak 등(28)은 열풍건조 및 동결건조한 스트로베리 트리 열매의 DPPH radical scavenging activity EC₅₀값은 각각 6.96 mg/mL, 2.13 mg/mL로 열풍건조보다 동결건조 시 더 높은 항산화력을 지닌다고 보고하였다. Hwang과 Nhuan(30)의 연구에서도 아로니아 열수추출물의 DPPH radical scavenging activity 측정결과, 동결건조 시 70°C 오븐건조에 비해 더 높은 항산화 활성을 지닌 것으로 나타나 본 실험 결과와 같은 경향을 나타내었다. 열풍건조에 의한 항산화 성분의 손실은 열풍 및 과실의 산소 노출에 의해 발생할 수 있으며, 건조 시간이 짧을수록 항산화 활성이 높은 것으로 알려져 있는데(28), 본 실험에서는 열풍건조와 비교하였을 때 냉풍건조 시 더 낮은 항산화력을 지닌 것으로 나타났는데, 이는 아로니아가 오랜 시간 동안 냉풍에서 산소에 노출된 것이 영향을 미친 것으로 생각된다.

Table 2. DPPH radical scavenging and ABTS radical scavenging of *Aronia melanocarpa* depending on drying methods

| Sample | DPPH radical scavenging activity IC ₅₀ (mg/mL) | ABTS radical scavenging activity IC ₅₀ (mg/mL) |
|----------------------|---|---|
| Fresh | 2.86±0.34 ^{1a2)} | 1.60±0.19 ^a |
| Vacuum freeze drying | 0.72±0.11 ^c | 0.38±0.05 ^b |
| Hot-air drying | 0.97±0.23 ^c | 0.58±0.11 ^b |
| Cold air drying | 1.60±0.15 ^b | 0.46±0.08 ^b |

¹⁾Values are mean±SD (n=3).

^{2a-c)}Means with different superscripts within a column indicate significant difference (p<0.05).

ABTS radical scavenging activity

건조방법에 따른 아로니아의 ABTS radical scavenging activity IC₅₀값은 Table 2에 나타내었다. IC₅₀값은 진공동결 건조 아로니아 0.38 mg/mL, 냉풍건조 아로니아 0.46 mg/mL, 열풍건조 아로니아 0.58 mg/mL, 생과 1.60 mg/mL 순으로 높게 나타났다.

ABTS radical scavenging activity는 DPPH radical scavenging activity 결과에 상응하여 진공동결 건조 아로니아에서 가장 높은 항산화력을 나타내었지만, DPPH radical scavenging activity와 달리 ABTS radical scavenging activity는 열풍건조보다 냉풍건조에서 약간 높은 활성을 지니는 것으로 나타났다.

총 페놀 함량

건조방법에 따른 아로니아의 총 페놀 함량은 Table 3에 나타내었다. 진공동결 건조 아로니아가 15.34 g GAE/100 g으로 가장 높은 함량을 나타내었고, 생과 6.19 g GAE/100 g보다 2배 이상 높은 함량을 함유하고 있는 것으로 나타났다. 열풍건조 및 냉풍건조 아로니아는 각각 10.49 g

GAE/100 g, 11.82 g GAE/100 g을 함유하고 있는 것으로 나타났다.

Hwang과 Nhuan(29)은 열수 추출한 동결건조 아로니아의 총 페놀 함량을 9.1 g/100 g으로 보고하였고, Chung(30)은 메탄올 추출한 동결건조 아로니아의 총 페놀 함량을 11.7 g/100 g으로 보고하여 본 실험에 사용된 진공동결 건조 아로니아에 비해 낮은 함량을 나타내었다. Wangenstein 등(31)에 의한 4가지 품종별 아로니아의 총 페놀 함량 분석결과 1.08~2.31 g GAE/100 g의 범위로 아로니아의 품종에 따른 총 페놀 함량에 차이가 있음을 보여주었다. Kulling 등(4)은 아로니아의 품종, 수확시기, 서식지, 성숙 정도 등에 따라 구성 성분에 영향을 줄 수 있다고 보고하여, 아로니아의 총 페놀 함량은 추출용매, 품종 등 다양한 요인에 의해 영향을 받는 것으로 생각된다.

총 페놀 함량과 항산화 활성은 높은 상관관계를 가지는 것으로 알려져 있는데(28), 본 실험에서도 총 페놀 함량이 가장 많은 진공동결 건조 아로니아에서 가장 높은 항산화력을 나타내었다. 가공 공정에서 페놀 성분의 주요 손실은 polyphenoloxidase와 peroxidase 같은 산화효소의 작용에 의해 발생하는데(32), 본 실험에서 열풍건조 및 냉풍건조가 진공동결 건조에 비해 낮은 값을 나타낸 것은 높은 건조 온도 및 긴 건조 시간으로 인해 건조되는 동안 페놀 성분의 파괴를 야기한 것으로 생각된다.

Table 3. Total phenol, total flavonoid and total tannin content of *Aronia melanocarpa* depending on drying methods

| Sample | Total phenol content (g GAE ¹⁾ /100 g) | Total flavonoid content (g QE ²⁾ /100 g) | Total tannin content (g TE ³⁾ /100 g) |
|----------------------|---|---|--|
| Fresh | 6.19±0.94 ^{4a5)} | 0.69±0.07 ^c | 0.68±0.03 ^d |
| Vacuum freeze drying | 15.34±0.61 ^a | 3.10±0.40 ^b | 2.46±0.16 ^a |
| Hot-air drying | 10.49±0.91 ^b | 2.13±0.14 ^b | 1.87±0.02 ^b |
| Cold air drying | 11.82±0.10 ^b | 1.85±0.13 ^b | 1.42±0.09 ^c |

¹⁾GAE, Gallic acid equivalent.

²⁾QE, Quercetin equivalent.

³⁾TE, Tannin equivalent.

⁴⁾Values are mean±SD (n=3).

^{5a-d)}Means with different superscripts within a column indicate significant difference (p<0.05).

총 플라보노이드 함량

건조방법에 따른 아로니아의 총 플라보노이드 함량은 진공동결 건조 3.10 g QE/100 g > 열풍건조 2.13 g QE/100 g > 냉풍건조 1.85 g QE/100 g > 생과 0.69 g QE/100 g 순으로 나타났습니다(Table 3). 총 플라보노이드 함량은 건조방법에 따라 차이를 나타내었으며, 건조 시에는 생과보다 약 3~4배 높은 함량을 함유하는 것으로 나타났다.

건조공정은 플라보노이드 화합물 분해에 영향을 주며 이에 의한 손실 정도는 건조방법에 따라 달라지며, 동결건

조 시 열풍건조보다 적은 영향을 받는 것으로 보고되어(34), 본 실험에서도 같은 경향을 나타내었다.

Chung(30)은 동결건조 아로니아의 총 플라보노이드 함량을 3.25 g/100 g으로 보고하여, 본 실험의 진공동결건조 아로니아에 함유된 양과 비슷하였지만, Hwang과 Nhuan(29)은 동결건조 및 70°C 오븐건조 아로니아의 총 플라보노이드 함량을 각각 9.01 g/100 g, 6.20 g/100 g, Hwang 등(34)은 아로니아의 총 플라보노이드 함량이 0.53 g/100 g으로 보고하여 본 실험과는 상이한 결과를 나타내었는데, 이는 아로니아의 품종, 수확시기, 서식지, 건조조건, 추출용매 등 여러 가지 요인에 의한 기인하는 것으로 생각된다.

총 탄닌 함량

건조방법에 따른 아로니아의 총 탄닌 함량은 진공동결건조 2.46 g TE/100 g, 열풍건조 1.87 g TE/100 g, 냉풍건조 1.42 g TE/100 g, 생과 0.68 g TE/100 g 순으로 높게 나타났다(Table 3). 진공동결건조는 다른 건조방법에 비해 높은 탄닌 함량을 함유하고 있었으며, 생과와 비교하였을 때 약 4배 높은 함량을 나타내었다.

Kim과 Kim(35)은 건조방법에 따른 계피 추출물의 탄닌 함량 측정 결과, 오븐건조 및 분무건조는 동결건조에 비해 낮은 값을 나타내었다고 보고하여 본 실험과 같은 경향을 나타내었다. 이는 고온 건조 시 탄닌 성분의 변성에 의한 결과로 생각된다. 반면, 냉풍건조는 열풍건조에 비해 낮은 온도에서 건조되었지만, 오랜 시간으로 인해 탄닌 성분에 영향을 미친 것으로 생각된다.

총 안토시아닌 함량

건조방법에 따른 아로니아의 총 안토시아닌 함량 측정 결과는 Table 4에 나타내었다. 진공동결건조가 743.09 mg C3G/100 g으로 가장 높은 값을 나타내었고, 생과는 163.52 mg C3G/100 g의 값을 나타내었다. 열풍건조와 냉풍건조는 각각 101.10 mg C3G/100 g, 50.15 mg C3G/100 g으로 생과보다 낮은 함량을 나타내었는데, 이는 안토시아닌의 열에 대

한 안전성에 의한 것으로 생각된다.

Hwang 등(36)은 저장온도에 아로니아의 저장 안정성을 평가한 결과, 냉동에서는 저장기간 경과 시 아로니아 색소가 비교적 안정하였지만, 냉장에서는 저장기간 경과에 따라 아로니아 색소가 감소하는 경향을 나타내었다고 보고하였다. Horszwald 등(17)은 건조 방법에 따라 아로니아 추출물의 안토시아닌 함량을 측정한 결과, 건조온도가 높을수록 안토시아닌 함량이 감소하는 것으로 나타나 온도가 안토시아닌 함량에 영향을 미치는 것으로 보고하였다. 본 실험의 진공동결건조는 열풍건조나 냉풍건조에 비해 낮은 온도에서 건조되어 높은 색소 안정성을 나타낸 것으로 생각되며, 열풍건조는 온도에 의한 영향으로 건조하는 동안 색소 안정성이 낮아진 것으로 생각된다. 반면, 건조 온도가 높은 열풍건조에서 냉풍건조보다 약 2배가량 높은 안토시아닌 함량을 나타낸 것은 건조 시간에 따른 차이에 의한 것으로 생각되며, 높은 온도에서 짧은 시간 동안 건조하는 것이 안토시아닌 안정성에 더 좋을 것이라는 연구 결과(37)와 같은 경향을 나타내었다.

프로안토시아닌 함량

프로안토시아닌은 아로니아에 함유된 페놀 화합물의 주성분이며, 축합형 탄닌으로 B-type 프로안토시아닌과 monomer의 주요 서브유닛으로 (-)-epicatechin을 함유하고 있으며(6), 카테킨의 유닛 부분은 1.5% 정도로 구성되어 있다(38).

건조방법에 따른 아로니아의 프로안토시아닌 함량은 Table 4에 나타내었다. 진공동결건조가 6.21 g CE/100 g으로 가장 높은 함량을 나타내었고, 열풍건조 3.18 g CE/100 g, 냉풍건조 2.60 g CE/100 g, 생과 0.71 g CE/100 g 순으로 나타났다. 진공동결건조는 생과보다 약 9배 높은 함량을 함유하고 있는 것으로 나타났다.

Osxmianski 와 Wojdylo(6)는 아로니아의 페놀 화합물을 분석한 결과, 프로안토시아닌이 약 66%를 구성하고 있으며, 폴란드에서 재배된 아로니아의 프로안토시아닌 함량은 5.18 g/100 g이라고 보고하였다. Wu 등(39)은 미국산 아로니아의 프로안토시아닌 함량을 0.66 g/100 g으로 보고하였다. 아로니아의 품종 및 유전적인 배경은 프로안토시아닌 함량에 영향을 미치는 주요 요인으로 알려져 있는데(4), Wangenstein 등(31)은 아로니아의 품종별 프로안토시아닌 함량 분석결과, Moskva 2.46 g/100 g, Hugin 2.82 g/100 g, Nero 3.74 g/100 g, A *prunifolia* 4.79 g/100 g으로 보고하여, 품종에 따라 함유량에 차이가 있음을 확인하였다. 본 실험에 사용된 아로니아(Nero)와 비교하였을 때, 약 5배 이상 높은 것으로 나타나 아로니아의 프로안토시아닌 함량은 같은 품종일지라도 재배환경에 따른 차이가 큰 것으로 생각되며, 여러 가지 환경 인자들이 복합적으로 아로니아의 구성성분에 영향을 미치는 것으로 생각된다.

Table 4. Total anthocyanin and proanthocyanidin content of *Aronia melanocarpa* depending on drying methods

| Sample | Total anthocyanin content (mg C3G ¹⁾ /100 g) | Total proanthocyanidin content (g CE ²⁾ /100 g) |
|---------------------|---|--|
| Fresh | 163.52±3.18 ³⁾⁴⁾ | 0.71±0.24 ^c |
| Vacuum fresh drying | 743.09±24.19 ^a | 6.21±0.48 ^a |
| Hot-air drying | 101.10±2.10 ^c | 3.18±0.35 ^b |
| Cold air drying | 50.15±2.35 ^d | 2.60±0.12 ^b |

¹⁾C3G, Cyanidin-3-glucoside.

²⁾CE, Catechin equivalent.

³⁾Values are mean±SD (n=3).

^{4)a-d} Means with different superscripts within a column indicate significant difference (p<0.05).

Chlorogenic acid 함량

Chlorogenic acid(CGA)는 caffeic acid와 (-)-quinic acid의 ester로 천연 화합물이며, 생합성의 중간체로서 중요한 역할을 하며 아로니아의 주성분으로 알려져 있다(6,40). 생체 내에서는 과산화 지질의 생성 억제효과, 콜레스테롤 생합성 억제효과 및 항산화 작용이 있어(41) 산화방지제로 잘 알려져 있으며, 또한 식사 후 혈액 내 포도당의 방출을 느리게 하는 역할을 한다(42).

건조방법에 따른 아로니아의 chlorogenic acid 함량은 진공동결건조 180.08 mg/100 g, 열풍건조 112.28 mg/100 g, 냉풍건조 70.76 mg/100 g, 생과 60.71 mg/100 g 순으로 나타났다(Table 5). 진공동결건조는 생과에 비해 약 3배, 열풍건조는 약 2배 높은 값을 나타내었다.

Table 5. Chlorogenic acid and neochlorogenic acid content of *Aronia melanocarpa* depending on drying methods

| Sample | Chlorogenic acid content (mg/100 g) | Neochlorogenic acid content (mg/100 g) |
|---------------------|-------------------------------------|--|
| Fresh | 60.71±5.24 ¹⁾⁽²⁾ | 45.24±3.24 ^d |
| Vacuum fresh drying | 180.08±10.48 ^a | 125.09±9.54 ^b |
| Hot-air drying | 112.28±7.35 ^b | 88.24±8.42 ^b |
| Cold air drying | 70.76±6.12 ^c | 65.32±5.53 ^c |

¹⁾Values are mean±SD (n=3).

^{2)a-d}Means with different superscripts within a column indicate significant difference (p<0.05).

Osxmianski와 Wojdylo(6)은 아로니아의 페놀 화합물 분석 결과, CGA가 301.85 mg/100 g DW으로 약 3.8%를 차지하는 것으로 보고하였다. Slimestad 등(43)은 CGA가 flavonol보다 더 많이 함유되어 있으며, 아로니아의 CGA 함량을 61 mg/100 g FW으로 보고하여, 본 실험의 생과와 비슷한 값을 나타내었다. Rop 등(44)은 아로니아의 품종별 CGA 함량은 113.12~196.10 mg/100 g, Nero 품종은 193.15 mg/100 g이라고 보고하였다. Ochmian 등(45)은 품종별 CGA 함량이 72.0~96.6 mg/100 g이며, Nero 품종은 75.2 mg/100 g으로 보고하여, 본 실험과는 상이한 결과를 나타내었다. 아로니아의 CGA 함량은 같은 품종일지라도 큰 차이를 나타내어, 품종에 따른 차이뿐만 아니라, 수확시기, 서식지 등 다양한 환경적 요인에 영향을 받는 것으로 생각된다.

Neochlorogenic acid 함량

Neochlorogenic acid는 천연 폴리페놀 화합물로 chlorogenic acid의 이성질체이며, 건과나 다양한 식물 자원에서 찾아볼 수 있다. Neochlorogenic acid는 암 예방식이 화합물로서의 가능성을 가지고 있으며(46), 완화효과에 관여하는 것으로 알려져 있다(47).

건조방법에 따른 아로니아의 neochlorogenic acid 함량은 진공동결건조 125.09 mg/100 g, 열풍건조 88.24 mg/100 g,

냉풍건조 65.32 mg/100 g, 생과 45.24 mg/100 g 순으로 나타났다(Table 5). 진공동결건조는 생과에 비해 약 3배, 열풍건조는 약 2배 높은 값을 나타내어 chlorogenic acid와 같은 경향을 보였다.

Osxmianski와 Wojdylo(6)은 neochlorogenic acid가 아로니아의 페놀 화합물 중 약 3.7%를 차지하며, 그 함량은 290.81 mg/100 g으로 본 실험결과에 사용된 생과에 비해 6배 이상, 진공동결건조보다는 2배 이상 높은 값을 나타내었다. 반면 Slimestad 등(43)은 neochlorogenic acid 함량을 123 mg/100 g FW으로 보고하여 본 실험의 진공동결건조와 비슷한 수치였으며, 생과보다 약 3배 높은 함량을 나타내었다. Rop 등(44)은 품종별 아로니아의 neochlorogenic acid 함량 분석 결과 84.50~193.15 mg/100 g으로 보고하였고, Ochmian 등(45)은 품종별 아로니아의 neochlorogenic acid 함량을 59.3~79.1 mg/100 g으로 보고하여 본 실험 결과와 상이하였는데, 이는 건조방법에 따른 함유량의 변화, 시료의 전처리 방법, 품종 등 다양한 요인에 따른 차이에서 기인한 것이라고 생각된다.

요 약

건조방법에 따른 아로니아의 생리활성 물질을 비교하기 위해, 진공동결건조, 열풍건조 및 냉풍건조를 실시하였다. 건조방법에 따른 아로니아의 생리활성 측정결과, DPPH radical scavenging activity IC₅₀와 ABTS radical scavenging activity IC₅₀은 각각 진공동결건조에서 0.72 mg/mL, 0.38 mg/mL로 열풍건조 및 냉풍건조와 비교하였을 때 가장 높은 항산화력을 나타내었다. 총페놀, 총 플라보노이드 및 총 탄닌 함량은 진공동결건조에서 각각 6.19 g GAE/100 g, 3.10 g QE/100 g, 2.46 g TE/100 g으로 열풍건조와 냉풍건조보다 높은 함량을 함유하고 있는 것으로 나타났다. 총 안토시아닌 함량은 열풍건조 및 냉풍건조 시 생과에 비해 줄어들었지만 진공동결건조에서는 약 4.5배 증가하였다. 총 프로안토시아닌 함량은 진공동결건조 6.21 g CE/100 g>열풍건조 3.18 g CE/100 g>냉풍건조 2.60 g CE/100 g>생과 0.71 g CE/100 g 순으로 나타났다. Chlorogenic acid 함량 및 neochlorogenic acid 함량은 진공동결건조에서 각각 180.08 mg/100 g, 125.09 mg/100 g으로 가장 높게 나타났다. 위의 실험결과, 진공동결건조가 아로니아의 생리활성을 강화시키는데 가장 적합한 방법일 것으로 생각된다.

References

1. Chrubasik C, Li G, Chrubasik S (2010) The clinical effectiveness of chokeberry: a systematic review. PTR,

- 24, 1107-1114
2. Kokotkiewicz A, Jaremicz Z, Luczkiewicz M (2010) Aronia plants: a review of traditional use, biological activities, and perspectives for modern medicine. *J Med Food*, 13, 255-269
 3. Benvenuti S, Pellati F, Melegari M, Bertelli D (2004) Polyphenols, anthocyanins, ascorbic acid, and radical scavenging activity of *Rubus*, *Ribes*, and *Aronia*. *J Food Sci*, 69, 164-169
 4. Kulling SE, Rawel HM (2008) Chokeberry (*Aronia melanocarpa*)-A review on the characteristic components and potential health effects. *Planta Med*, 74, 1625-1634
 5. Skupien K, Oszmianski J (2007) The effect of mineral fertilization on nutritive value and biological activity of chokeberry fruit. *Agric Food Sci*, 16, 46-55
 6. Oszmianski J, Wojdylo A (2005) *Aronia melanocarpa* phenolics and their antioxidant activity. *Eur Food Res Technol*, 221, 809-813
 7. Kahkonen MP, Hopia AI, Heinonen M (2001) Berry phenolics and their antioxidant activity. *J Agric Food Chem*, 49, 4076-4082
 8. Bridle P, Timberlake CF (1997) Anthocyanins as natural food colours-selected aspects. *Food Chem*, 58, 103-109
 9. Mladin P, Mladin G, Oprea E, Rădulescu M, Nicola C (2011) Variability of the anthocyanins and tannins in berries of some *Lonicera caerulea* var. *kamchatica*, *Aronia melanocarpa* and *Berberis thunbergii* var. *atropurpurea* genotypes. *Scientific Papers RIFG*, 27, 38-42
 10. Zheng W, Wang SY (2003) Oxygen radical absorbing capacity of phenolics in blueberries, cranberries, chokeberries, and lingonberries. *J Agric Food Chem*, 51, 502-509
 11. Gasiorowski K, Szyba K, Brokos B, Kołaczyńska B, Jankowiak-Włodarczyk M, Oszmianski J (1997) Antimutagenic activity of anthocyanins isolated from *Aronia melanocarpa* fruits. *Cancer Lett*, 119, 37-46
 12. Hellstrom JK, Shikov AN, Makarova MN, Pihlanto AM, Pozharitskaya ON, Ryhanen EL, Kivijarvi P, Makarov VG, Mattila PH (2010) Blood pressure-lowering properties of chokeberry (*Aronia mitchurinii*, var Viking). *J Funct Foods*, 2, 163-169
 13. Bermudez-Soto MJ, Larrosa M, Garcia-Cantalejo J, Espin JC, Tomas-Barberan FA, Garcia-Conesa MT (2007) Transcriptional changes in human Caco-2 colon cancer cells following exposure to a recurrent non-toxic dose of polyphenol-rich chokeberry juice. *Genes Nutr*, 2, 111-113
 14. Tsami E, Krokida MK, Drouzas AE (1998) Effect of drying method on the sorption characteristics of model fruit powders. *J Food Eng*, 38, 381-392
 15. Yoon KS, Choi YH (1998) The quality characteristics of dried kiwifruit using different drying methods. *Food Eng Prog*, 2, 49-54
 16. Lee TH, Kum JS, Park ST, Hong SK, Choi HW, Lee JH (2009) Persimmon drying by the mixed desiccant cooling dryer. The Society of Air-Conditioning and Refrigerating Winter Workshop Presentation File, 586-591
 17. Horszwald A, Julien H, Andlauer W (2013) Characterisation of *Aronia* powders obtained by different drying processes. *Food Chem*, 141, 2858-2863
 18. Barbosa-Canovas GV, Vega-Mercado H (1996) Dehydration of foods. Chapman & Hall, New York, USA
 19. Blois MS (1958) Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature*, 181, 1199-1200
 20. Thaipong K, Boonprakob U, Crosby K, Cisneros-Zevallos L, Byrne DH (2006) Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. *J Food Compos Anal*, 19, 669-675
 21. Gutfinger T (1981) Polyphenols in olive oils. *J Am Oil Chem Soc*, 58, 966-968
 22. The Korean Society of Food Science and Nutrition (2000) Handbook of Experiments in Food Science and Nutrition -Food Science. Hyoilbooks, Seoul, Korea
 23. Paaver U, Matto V, Raal A (2010) Total tannin content in distinct *Quercus robur* L. galls. *J Med Plants Res*, 4, 702-705
 24. Lee JM, Durst RW, Wrolstad RE (2005) Determination of total monomeric anthocyanin pigment content of fruit juices, beverages, natural colorants, and wines by the pH differential method: Collaborative study. *J AOAC Int*, 88, 1269-1278
 25. Hagerman AE (2002) Tannin Handbook. Miami University, Oxford, USA
 26. Sun BS, Ricardo-da-Silva JM, Spranger I (1998) Critical factors of vanillin assay for catechins and proanthocyanidins. *J Agric Food Chem*, 46, 4267-4274
 27. Zhimin Xu (2012) Analysis of Antioxidant-Rich Phytochemicals. Wiley-Blackwell, USA
 28. Orak HH, Aktas T, Yagar H, İsbilir SS, Ekinçi N, Sahin FH (2012) Effects of hot air and freeze drying methods on antioxidant activity, colour and some nutritional characteristics of strawberry tree (*Arbutus unedo* L) fruit.

- Food sci Technol Int, 18, 391-402
29. Hwang ES, Nhuan DT (2014) Antioxidant contents and antioxidant activities of hot-water extracts of aronia (*Aronia melanocarpa*) with different drying methods. Korean J Food Sci Technol, 46, 303-308
 30. Chung HJ (2014) Comparison of total polyphenols, total flavonoids, and biological activities of black chokeberry and blueberry cultivated in Korea. J Korean Soc Food Sci Nutr, 43, 1349-1356
 31. Wangensteen H, Braunlich M, Nikolic V, Malterud KE, Slimestad R, Barsett H (2014) Anthocyanins, proanthocyanidins and total phenolics in four cultivars of aronia: Antioxidant and enzyme inhibitory effects. J Funct Foods, 7, 746-752
 32. Shahidi F, Naczk M (1995) Food phenolics. Technomic Publishing Company, Inc, Lancaster, USA, p 1-331
 33. Ioannou I, Ghouil M (2012) Advances in applied biotechnology, In Tech, Marian Petre, Rijeka, Croatia, p 101-126
 34. Hwang SJ, Yoon WB, Lee OH, Cha SJ, Kim JD (2014) Radical-scavenging-linked antioxidant activities of extracts from black chokeberry and blueberry cultivated in Korea. Food Chem, 146, 71-77
 35. Kim NM, Kim DH (2000) Quality change of cinnamon extract prepared with various drying methods. Korean J Food Nutr, 13, 152-157
 36. Hwang ES, Ki KN (2013) Stability of the anthocyanin pigment extracted from Aronia (*Aronia melanocarpa*). Korean J Food Sci Technol, 45, 416-421
 37. GAF Hendry, JD Houghton (1996) Natural Food Colorants 2nd ed, Blackie Academic & Professional, Glasgow, UK, p 112-130
 38. Esatbeyoglu T, Winterhalter P (2008) Research project dietary procyanidins from a better understanding of human health effects to functionalised foods. Isolation, characterisation and analysis of procyanidins Internal Report
 39. Wu XL, Gu LW, 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, 7846-7856
 40. Wout B, John R, Marie B (2003) Lignin biosynthesis. Annu Rev Plant Biol, 54, 519-546
 41. Frank J, Kamal-Eldin A, Razden A, Lundh T, Bessby B (2003) The dietary hydroxycinnamate caffeic acid and its conjugate chlorogenic acid increase vitamin E and cholesterol concentrations in Sprague-Dawley rats. J Agric Food Chem, 51, 2526-2531
 42. Johnston KL, Clifford MN, Morgan LM (2003) Coffee acutely modifies gastrointestinal hormone secretion and glucose tolerance in humans: glycemic effects of chlorogenic acid and caffeine. Am J Clin Nutr, 78, 728-733
 43. Slimestad R, Torskangerpoll K, HS Nateland, T Johannessen, NH Giske (2005) Flavonoids from black chokeberries, *Aronia melanocarpa*. J Food Compos Anal, 18, 61-68
 44. Rop O, Mlcek J, Jurikova T, Valsikova M, Sochor J, Reznicek V, Kramarova D (2010) Phenolic content, antioxidant capacity, radical oxygen species scavenging and lipid peroxidation inhibiting activities of extracts of five black chokeberry (*Aronia melanocarpa* (Michx.) Elliot) cultivars. J Med Plants Res, 4, 2431-2437
 45. Ochmian I, Grajkowski J, Smolik M (2012) Comparison of some morphological features, quality and chemical content of four cultivars of chokeberry fruits (*Aronia melanocarpa*). Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca, 40, 253-260
 46. Noratto G, Porter W, Byrne D, Cisneros-Zevallos L (2009) Identifying peach and plum polyphenols with chemopreventive potential against estrogen-independent breast cancer cells. J Agric Food Chem, 57, 5219-5226
 47. Stacewicz-Sapuntzakis M, Bowen PE, Hussain EA, Damayanti-Wood BI, Farnsworth NR (2001) Chemical composition and potential health effects of prunes: a functional food?. Crit Rev Food Sci Nutr, 41, 251-286