



Quality characteristics and antioxidant activity of bitter melon (*Momordica charantia* L.) dried by different methods

Kwang-Sup Youn^{1,2}, Eun-Hye Park³, Kyung Young Yoon^{4*}

¹Department of Food Science and Technology, Catholic University of Daegu, Gyeongsan 38430, Korea

²Institute of Food Science and Technology, Catholic University of Daegu, Gyeongsan 38430, Korea

³Department of Nutrition Management, Graduate School of Environment and Public Health Studies, Yeungnam University, Daegu 42415, Korea

⁴Department of Food and Nutrition, Yeungnam University, Gyeongsan 38541, Korea

건조방법에 따른 여주의 품질특성 및 항산화 활성

윤광섭^{1,2} · 박은혜³ · 윤경영^{4*}

¹대구가톨릭대학교 식품공학전공, ²대구가톨릭대학교 식품과학연구소,

³영남대 환경보건대학원 영양관리학과, ⁴영남대학교 식품영양학과

Abstract

Bitter melon has many nutrients and is excellent for many physiological functions. Here, bitter melon was dried by various methods (sun drying, hot air drying, freeze drying, and infrared drying), and the quality characteristics and antioxidant activity of the dried bitter melon were determined to improve the utilization of bitter melon as a food. The freeze-dried bitter melon had the highest soluble solid content (1.27 °Brix), and reducing sugar content of dried bitter melon was 220.33-247.13 mg/100 g. The pH and acidity of the dried bitter melons were 4.38-4.79 and 0.60-0.69%, respectively. The total amino acid content of the freeze-dried bitter melon was the highest, and the content of arginine, which has a bitter taste, was the highest in all the samples. Hot air-dried bitter melon had the highest polyphenol content, while the flavonoid content was the highest in infrared-dried bitter melon. However, there was no significant difference between the different drying methods. Antioxidant activity was significantly higher in hot air drying and infrared drying than in the other drying methods. Thus, freeze-dried bitter melon had superior physicochemical characteristics while infrared-dried and hot air-dried bitter melon had high antioxidant activity. Therefore, a proper drying method can be selected according to the requirement either as food materials or for processing of bitter melon.

Key words : bitter melon, drying method, quality characteristics, antioxidant activity

서 론

여주(*Momordica charantia* L.)는 박과에 속하는 일년생 덩굴성 식물로 미국에서는 bitter melon(bitter gourd), 아프리카에서는 wild cucumber, 인도에서는 karela, 동남아시아

에서는 ampalaya 등 다양한 이름으로 불리고 있다. 일본과 미국에서는 차, 음료 및 건강보조식품의 재료로 이용되고 있으며(1), 중국에서는 약용식물로서 외상 치료 및 궤양의 치료에 사용되고 있다(2). 동남아시아 지역에서는 여주가 피부병, 야맹증, 구충, 류머티스, 복통, 황달, 월경촉진 등에도 효과가 있는 것으로 알려져 널리 이용되고 있다(3-5). 여주는 표면에 흑 같은 돌기가 많을수록 쓴맛이 강하며, 아미노산, 비타민, 무기질, 식이섬유 및 β-carotene의 함량이 풍부하다(6,7). 여주의 기능성 성분으로는 alkaloids, triterpenoids, phenolic acids, flavonoids, saponins, carotenoids 등이 알려져 있다(8-10). 다양한 기능성 성분의 작용으로

*Corresponding author. E-mail : yoonky2441@ynu.ac.kr
 Phone : 82-53-810-2878, Fax : 82-53-810-4666
 Received 22 November 2018; Revised 29 January 2019;
 Accepted 8 March 2019.
 Copyright © The Korean Society of Food Preservation. All rights reserved.

여주는 항당뇨 효과, 항산화 활성, 항균 및 항발암 효과, 항염증 활성, 콜레스테롤 저하 등의 다양한 생리활성을 가지는 것으로 보고되었다(11-13). 이와 같이 여주의 기능성 및 생리활성에 관한 연구는 많으나 기초적인 식품학적 특성에 관한 연구는 부족한 실정이다. 또한 여주는 다양한 기능성분을 다량 함유하고 있음에도 불구하고 생으로 섭취 시 쓴맛과 떼은맛으로 인해 식품으로서의 이용에 한계를 가진다. 여주의 쓴맛은 식물스테롤 배당체를 비롯한 아미노산, 갈락트론산, 시트룰린, 펙틴 등이 관여하는 것으로 알려져 있으며(1), 건조하여 섭취할 경우 쓴맛과 떼은맛이 일부 감소된다. 따라서 여주의 식품 재료로서의 활용성 증가를 위한 다양한 건조방법에 따른 특성 연구가 필요하다.

식품의 건조는 효소와 미생물에 의한 부패나 변질을 방지하고 식품의 저장성 및 수송성을 향상시키기 위하여 사용되며, 건조방법에는 천일건조, 열풍건조, 적외선건조, 동결건조 방법 등이 있다(14). 천일건조는 자연환경을 이용한 건조방법으로 비용이 저렴하나 기상조건의 영향을 많이 받고 장기간의 건조시간이 필요하다(15). 열풍건조는 건조시간이 빠르고 경제적인 반면, 열로 인해 식품의 수축이 나타나고, 텍스처 저하 및 갈변으로 인한 색상 변화가 따른다(14). 적외선 건조는 0.75-400 μm 범위의 파장을 이용하여 수분을 제거하는 방법으로 비타민의 파괴가 적으며 향이나 맛이 변하지 않고, 식품의 균일한 건조가 가능하다(16). 동결건조는 건조된 제품의 향, 물성 및 영양성분의 변화가 적으며, 제품의 품질이 우수한 특성을 가지는 효과적인 건조법이라고 할 수 있으나 시설 및 건조비용이 고가이다(17).

본 연구에서는 여주의 식품으로서의 활용성을 높이고자 다양한 방법으로 건조하고 각 건조방법에 따른 여주의 품질 특성 및 항산화 활성을 측정하였다. 즉, 여주를 천일, 열풍, 동결 및 적외선을 이용하여 건조하고, 이후 각 건조방법에 따른 이화학적 특성, 기능성 성분의 함량 및 항산화 활성을 측정하여 여주의 품질을 향상시킬 수 있는 건조방법을 찾고 식품으로서의 활용성 증진을 위한 기초자료 제공하고자 하였다.

재료 및 방법

실험재료

본 실험에서 사용된 여주(*Momordica charantia*)는 2016년 강원도 홍천에서 수확한 열매를 한방전문 쇼핑몰 천년약초에서 구입하였으며, 세척한 후 1 cm의 두께로 균일하게 slice한 후 각 건조방법에 따라 건조되었다. 각각의 방법으로 건조된 여주는 분쇄기(IKA A11 basic, IKA-Werke GmbH, Staufen, Germany)를 사용하여 40 mesh로 분쇄한 후 이화학적 특성 분석용 시료로 사용되었다.

건조 방법

여주 열매는 천일건조(sun drying, SD), 열풍건조(hot-air drying, HD), 적외선건조(infrared drying, ID), 동결건조(freeze drying, FD) 방법을 이용하여 건조되었다. 천일건조는 일광을 이용하여 일정한 장소에서 3일간 건조하였으며, 열풍건조는 hot-air dryer(IRD-250, Woori Sci, Pocheon, Korea)를 사용하여 적외선을 작동하지 않은 상태로 55°C의 온도에서 14시간 건조하였으며, 적외선건조는 infrared dryer(IRD-250, Woori Sci)를 사용하여 55°C에서 8시간 건조하였다. 동결건조는 freeze dryer(SFDSM12, Samwon, Seoul, Korea)를 사용하여 건조하였다. 이때 각 건조물의 최종수분함량이 일정수분함량(10% 이하)이 될 때까지 건조하였다.

수분함량, pH 및 적정산도

수분함량은 적외선수분측정기(HG53, Mettler Toledo, Greifensee, Switzerland)를 이용하여 측정하였다. pH는 Kim 등(18)의 방법에 따라 시료 3 g에 증류수 30 mL를 가한 후 homogenizer(Nissei AM-12, Nohonseiki Kaisha Co., Tokyo, Japan)로 10,000 rpm에서 10분간 마쇄하여 20°C에서 2시간 방치 후 여과하여 pH meter(Toledo GmbH HG53, Switzerland)를 이용하여 측정하였으며, 적정산도는 시료 5 g을 취해 50 mL의 증류수를 가한 후 homogenizer(Nissei AM-12, Nohonseiki Kaisha Co.)로 10,000 rpm에서 10분간 마쇄하여 20°C에서 3시간 방치한 다음 여과하여 0.01 N NaOH로 적정하여 소비된 양을 citric acid로 환산하였다.

가용성 고형분 및 환원당 함량

가용성 고형분 함량은 Kim 등(18)의 방법에 준하여 시료 3 g을 취해 30 mL 가한 후 homogenizer(Nissei AM-12, Nohonseiki Kaisha Co.)로 10,000 rpm에서 10분간 마쇄하여 20°C에서 2시간 방치 후 여과하여 당도계(N-1a, Atago Co., Tokyo, Japan)를 이용하여 측정하였다.

환원당 함량은 dinitrosalicylic acid(DNS)법에 따라 시험하였다. 즉, 시료 1 g을 50배(v/w)의 증류수에 혼합하여 Sonicator(2210R-Dth, Branson yhasonic Co., Danbury, CT, USA)를 이용하여 30분간 추출하였다. 4°C, 8,000 rpm에서 20분동안 원심분리(Supra-21K, Hanil, Incheon, Korea)하여 얻은 상층액을 증류수를 이용하여 50 mL로 정용하였다. 시험관에 추출액 1 mL와 dinitrosalicylic acid(DNS) 시약을 1 mL를 넣고, 끓는 물에서 10분 동안 중탕시켜 상온에서 충분히 냉각시킨 다음 증류수 3 mL를 넣어 550 nm에서 흡광도를 측정하였다. 이때 환원당 함량은 glucose(Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA)를 표준물질로 하여 작성한 검량선으로부터 환산하였다.

유리아미노산 함량 측정

유리아미노산 측정용 시료는 환원당 함량 측정을 위한 시료 추출방법과 같은 방법으로 추출하여 사용하였다. 즉, sonicator(2210R-Dth, Branson Yhasonic Co., Danbury, CT, USA)를 이용하여 추출 후 원심분리된 상등액의 일정량을 0.45 μ L membrane filter(Milipore, Billeria, MA, USA)로 여과한 후 amino acid analyzer(L-8800, Hitach, Tokyo, Japan)로 분석하였다.

추출물 제조

기능성 성분의 함량 및 항산화 활성 측정을 위하여 건조 분말에 70% 에탄올을 1:10의 비율로 넣고 상온에서 1일간 추출하였다. 이후 추출물을 filter paper(Whatman No.1, Maidstone, England)로 여과하고 농축한 후 동결건조 하였으며, 건조된 추출물을 폴리페놀, 플라보노이드 및 항산화 활성 측정용 시료로 사용되었다.

폴리페놀 및 플라보노이드 함량 측정

폴리페놀 함량은 Dewanto 등(19)의 방법에 따라 에탄올 추출물 100 μ L에 2% sodium carbonate 2 mL과 50% Folin-Ciocalteu reagent 100 μ L을 가한 후 720 nm에서 흡광도를 측정하였으며, gallic acid(Sigma-Aldrich Co.)의 검량선에 의하여 함량을 산출하였다.

플라보노이드 함량은 Abdel-Hameed(20)의 방법에 따라 측정하였다. 즉, 시료 100 mL에 5% sodium nitrite 0.15 mL을 가한 후 25 $^{\circ}$ C에서 6분간 방치한 다음 10% aluminium chloride 0.3 mL를 가하여 25 $^{\circ}$ C에서 5분간 방치하였다. 다음 1 N NaOH 1 mL를 가하고 vortex상에서 가한 후 510 nm에서 흡광도를 측정하였으며 rutin hydrate(Sigma-Aldrich Co.)의 검량선에 의하여 함량을 산출하였다.

DPPH 라디칼 소거활성

DPPH 라디칼 소거활성은 Jang 등(21)의 방법에 의하여 실험하였다. 에탄올 추출물 0.2 mL에 0.4 mM 1,1-diphenyl-2-picryl-hydrazyl(DPPH) 용액 0.8 mL를 가하여 10분간 방치한 다음 525 nm에서 분광광도계(UV-1650PC, Shimadzu, Kyoto, Japan)를 이용하여 흡광도의 변화를 측정하였으며, DPPH radical scavenging activity(%)=100-[(absorbance of sample/absorbance of control) \times 100]에 의하여 활성도를 산출하였다.

ABTS 라디칼 소거활성 측정

건조여주 에탄올 추출물의 ABTS 라디칼 소거활성은 Oh 등(22)의 방법에 따라 7.4 mM 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) diammonium salt(ABTS)와 2.6 mM potassium persulfate를 혼합하여 실온·암소에서 24시간 동안 방치하여 라디칼을 형성시킨 다음 실험 직전

에 ABTS 용액을 732 nm에서 흡광도가 0.700 \pm 0.030이 되도록 phosphate buffer saline(PBS, pH 7.4)로 희석하여 사용하였다. 희석된 용액 950 μ L에 추출물 50 μ L를 가하여 암소에서 10분간 반응시킨 후 732 nm에서 흡광도를 측정하였으며 계산식, ABTS radical scavenging activity(%)=100-[(absorbance of sample/absorbance of control) \times 100]에 의하여 활성도를 산출하였다.

환원력 측정

건조여주 에탄올 추출물의 환원력은 Oh 등(22)의 방법에 따라 시료 1 mL에 0.2 M phosphate buffer(pH 6.6) 2.5 mL와 1% potassium ferricyanide 용액 2.5 mL를 가한 후 50 $^{\circ}$ C에서 30분간 반응시켰다. 다음에 10% trichloroacetic acid(TCA) 용액 2.5 mL를 가한 후 1,650 \times g에서 10분간 원심분리 하였으며, 상층액 2.5 mL에 증류수 2.5 mL와 0.1% FeCl₃ 용액 0.5 mL를 가한 후 700 nm에서 흡광도를 측정하였다.

통계처리

유리아미노산 함량(2회)을 제외한 모든 실험은 3회 반복으로 행하여 평균치와 표준편차로 나타내었고, 유의성 검증은 version 12의 SPSS(Statistical Package for Social Sciences, SPSS Inc., Chicago, IL, USA) software package program을 이용하여 p<0.05 수준에서 Duncan's multiple range test를 행하였다.

결과 및 고찰

이화학적 특성

건조방법에 따른 건조 여주의 수분함량, 가용성 고형분 함량, pH, 적정산도 및 환원당 함량을 측정한 결과는 Table 1과 같다. 천일건조, 열풍건조, 동결건조, 적외선건조된 여주의 수분함량은 각각 9.85%, 5.04%, 5.36% 및 7.69%로 천일건조의 수분함량이 유의적으로 가장 높았다. 또한 동결건조와 열풍건조가 낮은 수분함량을 보였으며, 두 건조방법 간의 유의적인 차이는 없는 것으로 나타났다. 가용성 고형분 함량은 동결건조가 1.27 $^{\circ}$ Brix로 가장 높았으며, 천일건조는 1.26 $^{\circ}$ Brix, 열풍건조와 적외선건조는 1.12 $^{\circ}$ Brix로 건조방법에 따른 유의적인 차이는 없었다. Silva 등(23)은 여주에 함유된 가용성 고형분 함량을 측정한 결과, 4.04 $^{\circ}$ Brix로 보고하여 본 연구와 차이를 보였다. 가용성 고형분의 함량은 과일 및 채소에 용해되어 있는 당을 비롯한 염분, 단백질, 유기산 등의 함량을 나타내는 것으로, 주로 각종 과일이나 채소류의 당도를 나타낸다. 일반적으로 가용성 고형분의 함량이 높을수록 추출 수율이 높을 뿐만 아니라, 이와 함께 높은 당도에 의한 단맛의 부여로 기호성을 높일 수 있다(24).

Table 1. Physicochemical properties of *Momordica charantia* according to different drying methods

Drying methods ¹⁾	Moisture content (%)	Soluble solid content (°Brix)	pH	Titrateable acidity ²⁾ (%)	Reducing sugar content (mg/100 g-dry weight)
SD	9.85±0.26 ³⁾⁴⁾	1.26±0.06 ^{NS5)}	4.57±0.02 ^b	0.63±0.02 ^b	280.48±9.19 ^a
HD	5.04±0.01 ^c	1.12±0.12	4.62±0.04 ^b	0.61±0.03 ^b	220.33±4.72 ^c
FD	5.36±0.29 ^c	1.27±0.18	4.79±0.03 ^a	0.60±0.01 ^b	247.13±5.87 ^b
ID	7.69±0.30 ^b	1.12±0.06	4.38±0.06 ^c	0.69±0.03 ^a	231.45±8.78 ^c

¹⁾SD, sun drying; HD, hot-air drying; FD, freeze drying; ID, infrared drying.

²⁾Titrateable acidity was expressed as percent of organic acid calculated as citric acid.

³⁾Values are means±SD of triplicate determinations.

⁴⁾Different superscripts within a column indicate significant differences at p<0.05.

⁵⁾Not significant.

천일건조, 열풍건조, 동결건조, 적외선건조 추출물의 pH는 모두 산성으로 나타났으며, 적외선건조의 pH는 4.38, 천일건조의 pH는 4.57 열풍건조의 pH는 4.62, 동결건조의 pH는 4.79로 모두 낮은 pH를 나타내었다. 적정산도는 적외선건조가 0.69%로 유의적으로 가장 높았으며, 천일건조 0.63%, 열풍건조 0.61% 및 동결건조 0.60%로 적외선건조 외 모든 시료에서는 유의적인 차이가 없었다. Ozdemir 등(25)은 숙성단계별 여주의 pH와 적정산도를 측정된 결과, pH는 4.10-4.46, 적정산도는 0.11-0.16%의 범위로 측정되었다고 보고하였다. 또한 Abdullah와 Anna(26)도 여주를 숙성단계별로 채취하여 pH와 적정산도를 측정된 결과, pH와 적정산도는 각각 4.86-5.20, 1.43-2.00%의 범위로 나타났다. Dipali Dhotre 등(27)은 천일건조 및 캐비닛건조된 여주의 적정산도를 측정된 결과, 각각 1.10%와 0.80%로 보고하여 본 연구결과에 비해 높은 값을 보였다. 이와 같이 여주의 pH와 적정산도가 다른 것은 품종 및 재배 환경에 따른 영향으로 판단된다.

건조방법에 따른 건조 여주의 환원당 함량은 천일건조 280.48 mg/100 g, 동결건조 247.13 mg/100 g, 적외선건조 231.45 mg/100 g, 열풍건조 220.33 mg/100 g으로 나타났다. 숙성 별로 채취된 여주의 환원당 함량을 측정된 결과, 녹색과 1.04%에서 완숙과의 경우 1.37%의 범위로 나타나 본 연구결과에 비해 다소 높게 측정되었다(25). 냉풍건조, 열풍건조 및 천일건조에 의해 건조된 무의 환원당 함량은 16.5-17.1 mg/100 g의 범위로 측정되었으며 냉풍건조가 천일건조에 비해 유의적으로 높은 환원당 함량을 나타내어(28), 본 연구결과와 다소 차이를 보였다. 일반적으로 환원당 함량은 건조제품의 품질 중 색도에 영향을 주는 주요 요인이며 환원당 함량이 많을수록 비효소적 갈변반응이 촉진되어 색이 검어진다고 한다.

아미노산 함량

건조방법에 따른 건조 여주의 아미노산 함량을 분석한 결과는 Table 2와 같다. 총 아미노산의 함량은 동결건조 1,211.88 mg/100 g, 적외선건조 1,123.84 mg/100 g, 천일건조

1,083.37 mg/100 g, 열풍건조 1,007.78 mg/100 g로 측정되어 동결건조 시 가장 높은 아미노산 함량을 나타내었다. 붉은 대게를 다양한 방법으로 건조하여 유리아미노산의 함량을 측정된 결과(29), 생육에 비해 동결건조 시 유리아미노산 함량 감소가 가장 작았으며, 열풍건조 시 함량 감소가 가장 크게 나타나 본 연구결과와 같았다. 또한 열풍건조 시 유리아미노산의 함량 감소는 가열건조에 의해 단백질의 유출손실과 가열분해에 의한 것으로 보고하였다(29). 건조 여주의 펩투아미노산 함량은 적외선건조가 가장 높았고, 다음으로 열풍건조, 동결건조, 천일건조 순으로 나타내었다. 비펩투아미노산의 함량은 동결건조 776.86 mg/100 g으로 가장 높았으며, 천일건조 679.69 mg/100 g, 적외선건조 608.50 mg/100 g, 열풍건조 570.18 mg/100 g으로 측정되었다. 아미노산 조성 중 쓴맛을 나타낸다고 알려진 arginine의 함량이 열풍건조 361.99 mg/100 g, 적외선건조 343.89 mg/100 g, 천일건조 296.42 mg/100 g, 동결건조 279.31 mg/100 g로 매우 높은 값을 보였다. 이는 여주 쓴맛의 원인 중 하나가 높은 arginine 함량에 기인하는 것으로 판단된다. 또한 건조방법 중에서는 열풍건조가 가장 높은 arginine 함량을 나타내어 열풍건조된 여주의 쓴맛이 강할 것으로 생각된다.

유리아미노산은 생체활성물질의 구성성분이며, 맛을 내는 중요한 성분이다. 유리아미노산은 감칠맛계(aspartic acid, glutamic acid), 단맛계(threonine, serine, glutamine, proline, glycine, alanine, lysine), 그리고 쓴맛계(valine, methionine, isoleucine, leucine, phenylalanine, histidine, arginine), 황 화합물과 비슷한 맛(cysteine, methionine)으로 분류되기도 한다(30). 따라서 여주의 유리아미노산 중 맛 특성에 따라 분류하여 나타낸 결과는 Table 3과 같다. 감칠맛(MSG-like)의 경우 천일건조 171.34 mg/100 g, 동결건조 138.44 mg/100 g, 적외선건조 49.48 mg/100 g, 열풍건조 37.86 mg/100 g로 천일건조 시 가장 높게 나타났다. 단맛(sweet)은 동결건조 281.59 mg/100 g, 적외선건조 222.81 mg/100 g, 천일건조 165.69 mg/100 g, 열풍건조 158.32 mg/100 g로 동결건조와 적외선건조에서 높게 나타났다.

Table 2. Free amino acid contents of *Momordica charantia* according to different drying methods

		(mg/100 g-dry weight)			
Amino acid	Drying methods ¹⁾				
	SD	HD	FD	ID	
Essential amino acid	Isoleucine	47.65±2.62	58.38±0.59	43.09±1.08	64.78±1.05
	Leucine	62.57±1.33	49.64±1.52	45.73±0.15	64.21±1.65
	Lysine	72.75±1.58	51.63±2.11	44.42±0.89	63.72±2.25
	Methionine	11.90±2.13	6.14±0.21	20.88±1.90	3.74±0.08
	Phenylalanine	70.80±2.63	69.28±1.38	67.37±2.58	76.26±1.52
	Threonine	52.81±3.01	81.29±2.96	45.03±2.35	101.31±2.89
	Tryptophan	77.78±0.17	52.76±2.52	98.75±1.52	55.88±0.82
	Valine	7.41±1.11	68.49±0.52	69.74±0.99	85.43±3.02
Total essential amino acid		403.68±2.51	437.60±3.74	435.0±2.12	515.34±1.58
Non-essential amino acid	Alanine	57.28±4.20	43.92±1.05	140.74±1.20	69.37±1.05
	Arginine	296.42±2.01	361.9±2.11	279.31±1.85	343.89±2.95
	Aspartic acid	60.75±2.62	33.42±1.01	92.56±1.25	42.56±3.56
	Glutamic acid	110.59±3.22	4.44±0.51	45.88±2.56	6.92±0.58
	Glycine	17.44±1.50	7.54±0.28	26.42±3.12	12.74±1.11
	Histidine	46.69±0.52	57.72±0.72	52.98±0.95	57.79±2.02
	Serine	38.16±2.10	25.57±1.55	69.40±5.162	39.39±2.89
	Tyrosine	52.36±1.62	35.58±1.56	69.57±1.25	35.84±3.25
Total non-essential amino acid		679.69±1.85	570.18±2.10	776.86±0.35	608.50±1.85
Total amino acids (g/100 g-dry weight)		1,088.37±2.89	1,007.78±1.85	1,211.88±2.78	1,123.84±1.96

¹⁾SD, sun drying; HD, hot-air drying; FD, freeze drying; ID, infrared drying.

Table 3. Free amino acid contents of *Momordica charantia* according to taste characteristics

Taste characteristics ¹⁾	Drying methods ²⁾			
	SD	HD	FD	ID
MSG-like	171.34±2.85	37.86±3.45	138.44±2.55	49.48±2.52
Sweet	165.69±1.89	158.32±1.44	281.59±1.52	222.81±2.02
Bitter	573.57±1.25	666.02±1.08	634.76±2.85	687.20±1.02
Tasteless	125.11±2.85	87.21±2.82	113.99±0.89	99.56±0.85

¹⁾MSG-like (monosodium glutamate-like), Asp+Glu; Sweet, Ala+Gly+Pro+Ser+Thr; Bitter, Arg+His+Ile+Leu+Met+Phe+Pro+Trp+Val; Tasteless, Lys+Tyr.

²⁾SD, sun drying; HD, hot-air drying; FD, freeze drying; ID, infrared drying.

쓴맛(bitter)은 적외선건조가 687.20 mg/100 g로 가장 높은 값을 나타내었으며, 열풍건조 666.02 mg/100 g, 동결건조 634.76 mg/100 g, 천일건조 573.57 mg/100 g로 측정되었다. 이상과 같이 모든 건조방법에서 여주는 단맛 또는 감칠맛을 내는 아미노산에 비해 쓴맛을 내는 아미노산의 함량이 매우 높음을 알 수 있었다. 특히 적외선건조 시 쓴맛을 내는 아미노산의 함량이 매우 높아 여주의 쓴맛을 감소시키기 위한 건조방법으로 바람직하지 못한 것으로 판단된다. 반면 천

일건조 시 쓴맛을 나타내는 아미노산의 비율이 낮게 나타났으며, 또한 동결건조 시 감칠맛과 단맛을 내는 아미노산의 비율이 다른 건조방법에 비해 높게 나타난 것을 알 수 있었다.

폴리페놀 및 플라보노이드 함량

건조방법에 따른 여주 에탄올 추출물의 폴리페놀 및 플라보노이드 함량을 측정된 결과는 Table 4와 같다. 폴리페놀 함량은 천일건조, 열풍건조, 동결건조 및 적외선건조 시 각각 2.75 mg GAE/g, 3.40 mg GAE/g, 2.83 mg GAE/g 및 3.13 mg GAE/g으로 열풍건조 시 가장 높은 함량을 보였으나 적외선건조와 유의적인 차이는 없었다. 플라보노이드 함량은 천일건조, 열풍건조, 동결건조 및 적외선건조가 각각 1.45 mg RE/g, 1.54 mg RE/g, 1.47 mg RE/g 및 1.65 mg RE/g으로 적외선건조가 가장 높은 값을 나타내었으나 건조방법에 따른 유의적인 차이는 없었다. 성숙단계별 여주의 폴리페놀 함량을 측정된 결과, 생과의 경우 2.8-4.8 mg GAE/100 g이었으며, 건조과의 경우 224-336 mg GAE/100 g으로(26) 본 연구결과와 유사하였다. 반면, Ozdemir 등(25)은 여주 건조물의 폴리페놀 함량은 5.62-8.25 mg GAE/g로 보고하여 본 연구결과에 비해 높은 함량을 보였다. 또한 Cha 등(31)은 여주의 에탄올 추출물에

함유된 폴리페놀과 플라보노이드의 함량이 각각 3.82%와 2.22%였으며, 건조여주 g당 각각 6.24 mg 및 3.62 mg의 폴리페놀과 플라보노이드를 함유하고 있어, 본 연구결과에 비해 다소 높은 함량을 보였다. 여주의 폴리페놀 성분 중 catechin, P-comaric acid, tannic acid, ferulic acid, galic acid, caffeic acid 등은 우수한 항산화 효과가 있는 것으로 알려져 있다(32,33). 잣솔잎을 다양한 방법으로 건조시켜 제조한 분말 추출액의 총페놀 함량은 진공건조 및 동결건조 시 열풍건조에 비해 유의적으로 높았으며($p < 0.05$), 플라보노이드 함량은 열풍건조가 진공건조 및 동결건조에 비해 유의적으로 높은 함량을 나타내어(34), 본 연구결과와 다소 차이를 보였다. 반면, Kim과 Lee(35)는 톳 건조 시 열풍건조와 동결건조한 경우 폴리페놀 함량의 유의적인 차이가 없었으며, 천일건조 한 톳의 폴리페놀 함량이 가장 낮다고 보고하여 본 연구결과와 같았다. 이와 같이 천일건조에 의한 폴리페놀의 낮은 함량은 햇빛의 영향으로 폴리페놀이 산화 파괴되어 감소된 것으로 보고하였다.

Table 4. Total polyphenol and flavonoid contents of *Momordica charantia* according to different drying methods

Drying methods ¹⁾	Polyphenol (mg GAE ²⁾ /g)	Flavonoid (mg RE ³⁾ /g)
SD	2.75±0.03 ⁴⁾⁶⁾	1.45±0.01 ^{NS6)}
HD	3.40±0.19 ^a	1.54±0.16
FD	2.83±0.04 ^b	1.47±0.08
ID	3.13±0.20 ^a	1.65±0.15

¹⁾SD, sun drying; HD, hot-air drying; FD, freeze drying; ID, infrared drying.

²⁾GAE, gallic acid equivalents.

³⁾RE, rutin equivalents.

⁴⁾Values are means±SD of triplicate determinations.

⁵⁾Different superscripts within a column indicate significant differences at $p < 0.05$.

⁶⁾Not significant.

항산화 활성

DPPH 라디칼 소거활성은 tocopherol, ascorbate, flavonoid 화합물, 방향족 아민류, Maillard형 갈변 생성물질, peptide 등 항산화 활성을 나타내는 생리활성 물질에 의해 DPPH 라디칼이 환원됨으로서 짙은 자색이 탈색되는 정도에 따라 항산화 효과를 수소공여능으로 측정하는 방법이다(36). 건조방법에 따른 여주의 DPPH 라디칼 소거활성을 측정한 결과는 Fig. 1A와 같다. 적외선건조가 모든 농도에서 가장 높은 라디칼 소거활성을 나타내었는데, 특히 0.1 mg/mL 농도에서는 DPPH 라디칼 소거활성이 16.07%로 가장 높은 활성을 보였다. 열풍건조의 경우에도 0.1, 0.5 및 1.0 mg/mL 농도에서 각각 4.10%, 9.03%, 15.13%의 DPPH 라디칼 소거활성을 나타내어 적외선건조와 유의적인 차이를 보이지 않았다. 그리고 천일건조는 전체적으로 DPPH 라디칼 소거활성이 낮은 것으로 나타내었다. 여주 메탄올 추출물의 DPPH 라디칼 소거능을 측정한 결과, 1 mg/mL 농도에서

약 10%의 소거능을 나타내어(31) 본 연구에 비해 낮은 활성을 보였다. Kim과 Lee(35)는 건조방법에 따른 톳의 DPPH 라디칼 소거활성의 변화를 살펴본 결과 천일건조가 동결건조, 열풍건조에 비해 유의적으로 활성이 감소한 것으로 보고하여 본 연구결과와 유사하였다. 일반적으로 폴리페놀 함량과 항산화활성 간에 양의 상관관계가 있는 것으로 알려져 있으며, 본 연구 결과에서는 이러한 경향을 나타내었다. 따라서 여주의 경우 열풍건조 및 적외선건조가 천일건조 및 동결건조에 비해 기능성 성분의 파괴를 줄이고 라디칼 소거활성을 유지하는 데 효율적인 건조방법으로 판단된다.

ABTS 라디칼 소거활성은 수소공여 항산화제(hydrogen-donating antioxidants)와 연쇄절단형 항산화제(chain-breaking antioxidants) 모두를 측정할 수 있으며 수용상(aqueous phase)과 유기상(organic phase) 모두에 적용 가능한 측정방법이다(36). 즉 ABTS 라디칼 소거활성은 lipophilic 또는 hydrophilic 항산화 물질의 측정에 적용 가능한 방법이다(37). 여주의 건조방법에 따른 ABTS 라디칼 소거활성을 측정한 결과(Fig. 1B), 0.1 mg/mL 농도에서 열풍건조는 14.74%, 적외선건조는 14.25%로 두 건조방법 간 유의적인 차이는 없었다. 또한 0.5 mg/mL 농도에서는 열풍건조, 동결건조, 적외선건조의 ABTS 라디칼 소거활성이 각각 49.63%, 46.56%, 52.00%로 유의적인 차이가 없었다. 추출물 1.0 mg/mL 농도에서는 열풍건조의 ABTS 라디칼 소거활성이 78.08%로 가장 높은 활성을 나타내었으며, 모든 시료에서 DPPH 라디칼 소거능에 비해 높은 활성을 보였다. 이는 많은 페놀성 물질은 효과적으로 라디칼을 제거하나, 페놀물질의 종류에 따라 라디칼을 선택적으로 제거하는 것으로 보고되어(38), DPPH 라디칼보다 높은 소거능을 보인 것으로 판단된다. 이러한 결과는 여주 품종별 항산화 활성을 측정한 결과, 폴리페놀 함량이 높을수록 ABTS 라디칼 소거활성이 높게 나타났으며, 또한 DPPH 라디칼 소거능에 비해 ABTS 라디칼 소거능이 높게 나타난 Boo 등(13)의 연구 결과와 일치하였다. 이상의 결과에서 여주 건조 시 열풍건조 및 적외선건조가 항산화 활성 유지에 효율적인 건조방법이 될 것으로 판단된다.

환원력 측정은 항산화작용의 여러 기작 중에서 활성 산소종 및 유리기에 전자를 공여하는 능력을 말하며, 700 nm에서 ferric-ferricyanide(Fe^{3+}) 혼합물이 수소를 공여하여 유리라디칼을 안정화시켜 ferrous(Fe^{2+})로 전환하는 환원력을 흡광도 값으로 나타내며, 환원력이 강할수록 푸른색을 띠게 되므로 항산화 활성이 큰 물질일수록 높은 흡광도 값을 나타낸다(39). 건조방법에 따른 여주 추출물의 흡광도를 측정한 결과(Fig. 1C), 0.1 mg/mL 농도에서 0.13-0.16의 환원력을 보였고, 0.5 및 1.0 mg/mL 농도에서는 적외선건조 및 열풍건조가 높은 환원력을, 천일건조가 가장 낮은 환원력을 나타내었다. 이는 건조방법에 따른 꾸지뽕 열매의 환원력 측정 결과(40), 적외선건조와 열풍건조 추출물의 환원

력이 동결건조보다 높게 나타난 결과와 유사하였다. 또한 이러한 결과는 DPPH 라디칼 소거 활성과 같이 환원력 또한 적외선건조 및 열풍건조 추출물의 높은 폴리페놀 함량에 기인한 것으로 판단된다. 이상의 결과 적외선건조 및 열풍건조 방법이 다른 건조방법에 비해 높은 항산화 활성을

타나임을 알 수 있었다. 따라서 여주의 식품재료로서의 이용 및 가공 목적에 따라 적절한 건조방법을 선택할 수 있을 것으로 판단된다.

요 약

본 연구는 다양한 생리활성을 지닌 여주의 식품으로서의 활용성을 향상시키기 위해 여러 가지 건조방법으로 건조한 뒤 이들의 품질 특성 및 항산화 활성을 측정하였다. 건조방법에 따른 여주의 수분함량은 천일건조가 유의적으로 가장 높았다. 가용성 고형분 함량은 동결건조가 1.27 °Brix로 가장 높았으며, 건조 여주의 pH는 4.38-4.79를, 산도는 0.60-0.69%로 나타났다. 건조 여주의 환원당 함량은 220.33-247.13 mg/100 g으로 높은 함량을 나타내었다. 건조 여주의 총 아미노산의 총 함량은 동결건조 시 가장 높은 함량을 보였으며, 유리 아미노산 중 쓴맛을 가지는 arginine의 함량이 가장 높았다. 건조 여주의 폴리페놀 함량은 열풍건조 시 가장 높았으며, 플라보노이드 함량은 적외선건조가 가장 높은 값을 나타내었으나 건조방법에 따른 유의적인 차이는 없었다. 항산화 활성의 경우 열풍건조와 적외선건조 시 다른 건조방법에 비하여 유의적으로 높은 활성을 나타내었다. 이상의 결과, 동결건조 시 우수한 품질특성을 나타내었으며, 열풍건조 및 적외선건조 시 높은 항산화 활성을 보였다. 따라서 여주의 식품재료 및 가공 목적에 따라 적절한 건조방법을 선택할 수 있을 것으로 판단된다. 향후 건조방법에 따른 건조여주의 쓴맛 감소효과를 정성적 및 정량적 분석을 위해 관능검사 및 쓴맛성분의 함량을 분석한다면, 다양한 식품산업으로의 적용이 확대될 수 있을 것으로 판단된다.

References

1. An SH (2014) Quality characteristics of muffin added with bitter melon (*Momordica charantia* L.) powder. Korean J Food Cook Sci, 30, 499-508
2. Gurbuz I, Akyuz C, Yesilada E, Sener B (2000) Anti-ulcerogenic effect of *Momordica charantia* L. fruits on various ulcer models in rats. J Ethnopharmacol, 71, 77-82
3. Srivastava Y, Venkatakrisna-Bhatt H, Verma Y (1988) Effect of *Momordica charantia* Linn. pomous aqueous extract on cataractogenesis in murrin alloxan Diabetics. Pharmacol Res Commun, 20, 201-209
4. Virdi J, Sivakami S, Shahani S, Suthar AC, Banavalikar MM, Biyani MK (2003) Antihyperglycemic effects of

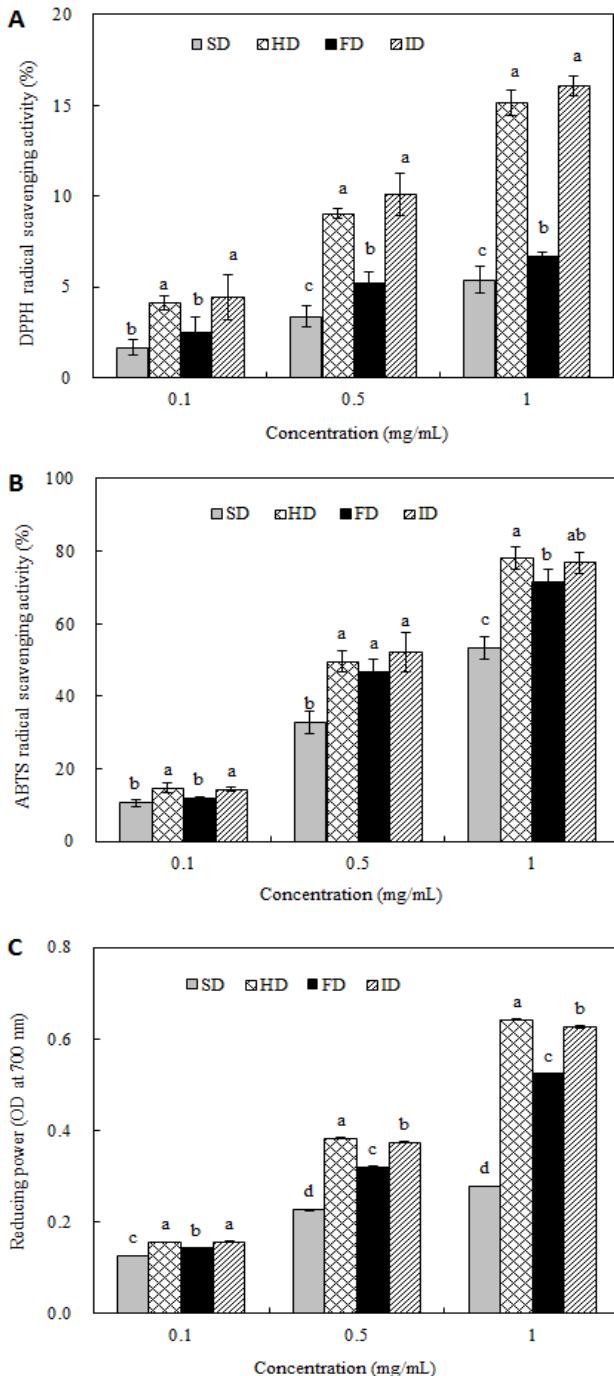


Fig. 1. Antioxidant activities of *Momordica charantia* extracts with different drying methods.

A, DPPH radical scavenging activity; B, ABTS radical scavenging activity; C, reducing power. Values are means±SD of triplicate determinations. Different letter at the same concentration indicate significant differences (p<0.05).

- three extracts from *Momordica charantia*. J Ethnopharmacol, 88, 107-111
5. Parkash A, Ng TB, Tso WW (2002) Purification and characterization of charantin, a napin-like ribosome-inactivating peptide from bitter melon (*Momordica charantia*) seeds. J Peptide Res, 59, 197-202
 6. Day C, Cartwright T, Provost J, Bailey CJ (1990) Hypoglycaemic effect of *Momordica charantia* extracts. Planta Med, 56, 426-435
 7. Pugazhenth S, Murthy SP (1995) Partial purification of a hypoglycemic fraction from the unripe fruits of *Momordica charantia* Linn (bitter melon). Indian J Clin Biochem, 10, 19-22
 8. Ahn MJ, Yuk HJ, Lee HY, Hwang CE, Jeong YS, Hong SY, Kwon OK, Kang SS, Kim HR, Park DS, Cho KM (2015) Effect of the enhanced biological activities and reduced bitter taste of bitter melon (*Momordica charantia* L.) by roasting. J Agric Life Sci, 49, 107-119
 9. Moon SL, Choi SH (2014) Characteristic of cookies quality containing bitter melon (*Momordica charantia* L.) powder. Culi Sci Hos Res, 20, 80-90
 10. Kim BK, Hong JS, Yoon HJ, Hong SD, Hong SP, Lee JI (2013) Influence of bitter melon extraction on oral squamous cell carcinoma. Kor J Oral Maxillofac Pathol, 37, 59-66
 11. Kim MW (2013) Effect of bitter melon on plasma blood glucose and cholesterol levels in streptozotocin induced diabetic rats. J East Asian Soc Dietary Life, 23, 704-712
 12. Nam SW, Kim MR (2015) A Study on inhibitory activities on carbohydrase and anti-inflammatory activities of hot-water and ethanol extracts from immature dried bitter melon (*Momordica charantia* L.). J East Asian Soc Dietary Life, 25, 999-1006
 13. Boo HO, Lee HH, Lee JW, Hwang SJ, Park SU (2009) Different of total phenolics and flavonoids, radical scavenging activities and nitrite scavenging effects of *Momordica charantia* L. according to cultivars. Korean J Medicinal Crop Sci, 17, 15-20
 14. Hong JH, Lee WY (2004) Quality characteristics of osmotic dehydrated sweet pumpkin by different drying methods. J Korean Soc Food Sci Nutr, 33, 1573-1579
 15. Christopher GJ (1997) Industrial drying of food. Blackie Academic & Professional, New York, NY, USA, p 1-6
 16. Holdsworth SD (1971) Dehydration of food products: a review. J Food Technol, 6, 331-370
 17. Litvin S, Mannheim CH, Miltz J (1998) Dehydration of carrots by a combination of freeze-drying, air or microwave heating and air or vacuum drying. J Food Eng, 36, 103-111
 18. Kim HK, Lee BY, Shin DB, Kwon JH (1998) Effect of roasting conditions on physicochemical characteristics and volatile flavor components of chicory roots. Korean J Food Sci Technol, 30, 1279-1284
 19. Dewanto V, Wu X, Adom KK, Liu RH (2002) Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity. J Agric Food Chem, 50, 3010-3014
 20. Abdel-Hameed ESS (2008) Total phenolic contents and free radical scavenging activity of certain egyptian ficus species leaf samples. Food Chem, 114, 1271-1277
 21. Jang HL, Shin SR, Yoon KY (2017) Isolation of antioxidant peptide from sandfish (*Arctoscopus japonicus*) roe hydrolysate. Korean J Food Preserv, 24, 542-549
 22. Oh MH, Hwang YJ, Yoon KY (2017) Biological activity of water-soluble polysaccharides from *Cedrela sinensis* according to extraction methods. Korean J Food Sci Technol, 49, 215-221
 23. Silva GMSW, Premathilaka ULRRW, Maduwanthi SDT, Uthpala TGG (2016). Development of fermented *Momordica charantia* and analysis of biochemical properties. Int J Sci Eng Res, 7, 362-366
 24. Jan NE, Kawabata S (2011) Relationship between fruit soluble solid content and the sucrose concentration of the phloem sap at different leaf to fruit ratios in tomato. J Japan Soc Hort Sci, 80, 314-321
 25. Ozdemir Y, Ozturk A, Tufekci S, Keskinel O, Kosti RI (2017) Physicochemical and nutritional properties of bitter melon at four maturation stages. Eurasian J Food Sci Technol, 1, 36-40
 26. Abdullah A, Anna PK (2011) Influence of ripening stages on physicochemical characteristics and antioxidant properties of bitter melon (*Momordica charantia*). Int Food Res J, 18, 895-900
 27. Dipali Dhotre AM, Sonkamble AM, Kalaskar AB (2012) Effect of pre-treatments and drying methods on storage life of bitter melon slices. Asian J Hort, 7, 101-103
 28. Lee WY, Cha WS, Oh SL, Cho YJ, Lee HY, Lee BS, Park JS, Park JH (2006) Quality characteristics of dried radish (*Raphanus sativus*) by drying methods. Korean J Food Preserv, 13, 37-42
 29. Yang CY (1999) Manufacturing conditions and quality of dried meat on the snow crab II. Change of weight loss, yield on the steaming and various drying method.

- Korean J Food Nutr, 12, 258-264
30. Solms J (1969) The taste of amino acids, peptides, and proteins. J Agric Food Chem, 17, 686-688
 31. Cha JY, Jin JS, Cho YS (2011) Biological activity of methanolic extract from *Ganoderma lucidum*, *Momordica charantia*, *Fagopyrum tataricum* and their mixtures. J Life Sci, 21, 1016-1024
 32. Kubola J, Siriamornpun S (2008) Phenolic contents and antioxidant activities of bitter melon (*Momordica charantia* L.) leaf, stem and fruit fraction extracts in vitro. Food Chem, 110, 881-890
 33. Wu SJ, Ng LT (2007) Antioxidant and free radical scavenging activities of wild bitter melon (*Momordica charantia* Linn. var. *abbreviata* Ser.) in Taiwan. LWT-Food Sci Technol, 41, 323-330
 34. Chung HS, Kim IH, Kim SH, Lee JH (2013) Antioxidant properties of *Pinus koraiensis* needle powder extracts as influenced by drying methods. Food Eng Prog, 17, 396-400
 35. Kim JA, Lee JM (2004) The change of biologically functional compounds and antioxidant activities in *Hizikia fusiformis* with drying methods. J Korean Soc Food Cult, 19, 200-208
 36. 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, 1231-1237
 37. Miller NJ, Rice-Evans CA (1997) Factors influencing the antioxidant activity determined by the ABTS^{•+} radical cation assay. Free Radical Res, 26, 195-199
 38. Goycoolea FM, Cardenas A (2003) Pectins from *Opuntia* spp.: a short review. J Prof Assoc Cactus, 5, 17-29
 39. Sa YJ, Kim JS, Kim MO, Jeong HJ, Yu CY, Park DS, Kim MJ (2010) Comparative study of electron donating ability, reducing power, antimicrobial activity and inhibition of α -glucosidase by *Sorghum bicolor* extracts. Korean J Food Sci Technol, 42, 598-604
 40. Youn KS, Kim JW (2012) Antioxidant and angiotensin converting enzyme I inhibitory activities of extracts from mulberry (*Cudrania tricuspidata*) fruit subjected to different drying methods. J Korean Soc Food Sci Nutr, 41, 1388-1394