

증건 횟수에 따른 우영의 이화학적 변화 및 관능적 특성 연구

이금양 · 손양주 · 전유호 · 강희진¹ · 황인경*

서울대학교 생활과학대학 식품영양학과 · 생활과학연구소, ¹명지대학교 식품영양학과

Changes in the Physicochemical Properties and Sensory Characteristics of Burdock (*Arctium lappa*) During Repeated Steaming and Drying Procedures

GeumYang Lee, YangJu Son, YuHo Jeon, HeeJin Kang¹, and InKyeoung Hwang*

Department of Food and Nutrition · Research Institute of Human Ecology, Seoul National University

¹Department of Food and Nutrition, Myongji University

Abstract This study was conducted to investigate changes in the physicochemical, antioxidant, and sensory properties of burdock during 9 repeated rounds of steaming (90°C, 3 h) and drying (60°C, 20 h) procedures. The moisture content decreased from 81.95% to 7.64% as the process was repeated. Fresh burdock showed the highest total sugar content, with 518.35 mg/g of soluble sugar, 86% being inulin. The reducing sugar content was the greatest (377.00 mg/g) in burdock that had been processed 3 times. The brown color continuously intensified, reaching its peak at 7 rounds of processing, and then weakened. Crude saponin content was the highest (6.17%) after the 5th processing. Polyphenol content and antioxidant activity (DPPH, ABTS, FRAP) were the highest at the 3rd and 5th procedures, respectively. Repeated processing weakened the grass and root odors and the bitter, astringent, and metallic tastes, whereas it strengthened the sweet and savory odors, caramel flavor, and richness.

Keywords: burdock, steaming and drying process, physicochemical property, antioxidant activity, sensory evaluation

서 론

우영(*Arctium lappa*)은 국화과에 속하는 2년생 초본으로 높이는 1.5 m, 뿌리길이는 66-77 cm 정도이며 곧게 뻗어 자란다(1,2). 원산지는 유럽 및 아시아의 온난 지역으로, 주로 유럽, 시베리아, 중국 동북부에 야생하고 일본에서 많이 재배하고 있다(3,4). 또한 우영은 난소화성 물질인 이눌린을 많이 함유하고 특유의 향기와 약리효과가 있으며 식이섬유가 많은 것으로 알려져 있다(5).

주요 성분으로 이눌린(inulin)을 비롯하여 리그난(lignan), 테르페노이드(terpenoids), 스테롤(sterol)이 있으며, 이눌린은 항당뇨 및 혈압강하와 관련이 있는 것으로, 리그난의 일종인 아크티게닌(arctigenin)과 아크티인(arctiin)은 항종양에 효과적인 것으로 발표되었다(6-10). 또한 우영의 페놀성 화합물에는 카페산(caffeic acid), 클로로젠산(chlorogenic acid), 타닌(tannin) 등의 폴리페놀이 존재한다고 알려져 있으며, 이들은 항산화 활성뿐만 아니라 항암, 항종양, 고혈압 억제 등의 다양한 효능이 있다고 보고되었다(11,12).

우영에 대한 기존의 연구내용을 살펴보면 주로 생리활성 성분 분석과 항산화능 및 항염에 관한 연구이며, 우영을 첨가하여 제조한 식품의 특성을 보는 연구가 주를 이루고 있다(13-16). 최근

우영이 기능성식품 소재로 각광받음에 따라 뒤음 공정을 거친 건조우영차와 같은 가공제품에 대한 수요증가가 이뤄지고 있으나, Chen 등이 수행한 열처리에 관한 연구(17) 이외에 가공공정이 우영의 품질이나 성분에 미치는 영향에 대한 연구는 미비한 실정이다.

증건법(Steaming and drying)이란 증기로 찐 후 건조하는 방법으로, 함유 성분 중 탄수화물 함량이 높은 근(根)과 근경류(根莖類)를 약재로 사용할 때 이용하는 가공방법이다(18). 증건 공정은 작물 구성성분의 변화를 야기해 새로운 화합물을 만들어 내거나 고분자 화합물을 분해해 저분자물질을 생성하며, 작물의 조직을 파괴하여 유용성분 용출을 극대화하는 공정으로 알려져 있다(19). 이러한 가공법은 주로 인삼에 적용하여 홍삼 및 흑삼을 제조하며, 최근 아홉 번의 증건 처리한 구증구포 흑삼의 효능이 밝혀짐에 따라 이에 관한 연구가 활발히 이루어지고 있다(20,21). 최근 이러한 경향으로 인삼 이외에 도라지, 더덕 등 근채류의 증건 가공에 의한 특성 변화에 관한 연구가 보고되고 있으나, 우영 증건에 관한 연구는 선행되지 않은 것으로 나타났다(19,22).

따라서 본 연구에서는 국내산 우영 뿌리를 아홉 번의 증숙과 건조를 반복하면서 단계별로 일반성분, 추출수율, 총 수용성 당, 환원당 및 이눌린 함량, 색도, 갈색도, 조사포닌 및 총 폴리페놀 함량 등의 이화학적 특성과 항산화 활성 및 관능적 특성의 변화를 살펴보고자 하였다.

재료 및 방법

시료 및 증건 처리 조건

본 연구에서는 경남 진주에서 2014년 7월경에 갓 수확한 우영을 농장에서 직접 구입하여 5°C에 보관하며 실험 시료로 사용하

*Corresponding author: In Kyeoung Hwang, Department of Food and Nutrition, College of Human Ecology, Seoul National University, Seoul 151-742, Korea
Tel: 82-2-880-5708
Fax: 82-2-882-5708
E-mail: ikhwang@snu.ac.kr
Received December 15, 2014; revised April 14, 2015;
accepted April 17, 2015

였다. 우영뿌리를 수세 후, 일정한 크기(길이 2.0 cm, 지름 2.0-2.5 cm)로 세절하여 찹통(WMF Steamer, Berlin, Germany)을 사용하여 90-95°C에서 3시간 동안 증숙하였다. 증숙한 우영은 열풍건조기(LD-918BH, L'equip, Hwaseong, Korea)를 이용하여 60°C에서 20시간 동안 건조하였으며, 이러한 증건 과정을 9번 반복 실시하였다. 각 단계의 우영은 일정한 무작위로 채취하여 분쇄기(HR-2860, Philips, Amsterdam, Netherlands)로 1,000 µm 이하로 분쇄한 뒤 이화학적 분석 및 관능평가 시료로 사용하였다.

열수 추출 및 추출 수율

증건 후 분쇄한 시료를 냉동건조기(NB-504, Ilshin, Dongducheon, Korea)를 이용하여 건조한 후, 얻어진 시료 건조 분말에 20 배의 3차 증류수를 넣고 항온수조(BS-31, Jeiotech, Daejeon, Korea)를 이용하여 90°C에서 1시간 동안 120 rpm으로 교반 추출하였다. 추출액을 거름종이(Whatman No. 1, Whatman Co., Maidstone, UK)로 거른 후, 잔사는 위와 동일한 방법으로 반복 추출하여 열수 추출물을 획득하였다. 이를 냉동건조(NB-504, Ilshin, Dongducheon, Korea)하고 무게를 측정하여 수율을 구하였으며, 추출물은 -80°C에서 보관하며 이화학적 특성 및 항산화능 분석 시료로 사용하였다.

일반성분 분석

생 우영 및 증건 우영의 일반성분 분석은 1,000 µm 이하로 분쇄한 증건우영을 이용하여 AOAC법(23)에 준하여 측정하였다. 수분은 105°C 상압가열건조법, 조단백은 Kjeldahl 질소 정량법으로 측정하였으며, 조지방은 Soxhlet 추출법에 따라 분석하였다. 조회분은 직접회화법으로 측정하였고, 조섬유는 Henneberg-Stohmann 계량법으로 정량하였다. 탄수화물은 시료 전체를 100%로 하고 수분, 조단백, 조지방 및 조회분 함량을 감한 것을 탄수화물 함량(%)으로 하였으며, 수분 함량을 제외한 나머지 성분은 건량기준으로 환산하여 나타내었다.

총 수용성 당, 환원당 및 이눌린 함량 분석

생 우영 및 증건 우영의 총 수용성 당 함량은 phenol-sulfuric acid법(24)으로 측정하였으며, 열수추출 후 냉동건조한 분말을 희석하여 실험에 사용하였다. 시료용액 1 mL에 5% (v/v) 페놀(Sigma Chemical Co. St. Louis, MO, USA)용액 1 mL와 95% 황산(Sigma Chemical Co.) 5 mL를 가하여 발열시킨 후 30분 동안 상온에서 방치하였으며, 분광광도계(Optizen 2120 UV, Mecasys, Daejeon, Korea)를 이용하여 470 nm에서 흡광도를 측정하였다.

환원당은 dinitrosalicylic acid (DNS)법(25)에 의해 측정하였다. 열수추출 시료용액 1 mL에 DNS 시약 1 mL를 혼합한 뒤 끓는 물에서 15분 동안 반응시킨 후, 방냉한 것을 분광광도계(Optizen 2120 UV, Mecasys)를 이용하여 570 nm에서 흡광도를 측정하였다. 총 수용성 당 및 환원당 함량은 D-(-)-fructose (Sigma Chemical Co.)를 표준물질로 사용하여 환산하였다.

이눌린 함량은 Lingyun 등(26)의 방법을 이용해 분석하였다. 열수추출 냉동건조 분말을 일정한 농도로 희석한 것을 Inulin (Sigma Chemical Co.)을 표준물질로 하여 Phenol-sulfuric acid법(24)을 시행해 총 당 함량을 구했으며, D-(-)-fructose를 표준물질로 하여 dinitrosalicylic acid (DNS)법(25)을 이용하여 환원당 함량을 측정하였다. 이눌린 함량은 아래의 식을 통하여 산출하였다.

이눌린 함량(mg/g dry sample)

=총 당 함량(mg/g dry sample)-환원당 함량(mg/g dry sample)

분말색도 및 갈색도

증건 단계별 우영의 색도를 측정하기 위해 냉동건조한 분말을 페트리접시(F3.5 cm)에 채워 색도 측정용 시료로 사용하였다. 이를 색차계(CM-5, Minolta, Tokyo, Japan)를 이용하여 3회 반복 측정하여 Hunter's color value로 L (lightness), a (redness), b (yellowness)값으로 나타내었으며, 이때의 표준 백판은 L=95.69, a=-0.19, b=-0.21이었다. 갈색도는 시료의 열수추출물을 분광광도계(Optizen 2120UV, Mecasys)를 사용하여 420 nm에서 흡광도를 측정하였다.

조사포닌 함량 측정

조사포닌 함량은 n-butanol 추출법(22)에 따라 정량하였다. 생 우영과 1, 3, 5, 7, 9회 반복 증건한 우영의 건조분말 2.5 g에 80% 메탄올 25 mL를 가해 70°C 수욕 상에서 1시간 동안 추출한 다음 여과(Whatman No. 2)하였다. 이러한 추출과정을 2회 반복 실시하여 얻어진 추출물을 50°C에서 감압 농축한 후, 증류수 25 mL를 가하고 다이에틸에테르(diethylether) 25 mL로 2회 반복 추출하여 지용성 성분을 제거하였다. 이후 수포화부탄올 25 mL를 가하여 3회 반복 추출한 후, 미리 항량한 농축 플라스크에 회수하여 감압 농축하였으며, 105°C에서 항량하여 조사포닌 함량을 구하였다.

총 폴리페놀 함량 측정

생 우영 및 1, 3, 5, 7, 9회 반복 증건한 우영의 총 폴리페놀 함량은 Folin-Ciocalteu reagent 방법(27)을 일부 변형하여 분석하였다. 우영 열수 추출물을 4 mg/mL 농도로 녹인 시료 60 µL에 증류수 300 µL를 가한 후, 2 N Folin-Ciocalteu phenol reagent (Sigma Chemical Co.) 900 µL를 넣고 교반하며 반응시켰다. 이후 30% Na₂CO₃ 용액 900 µL를 가하고 암실에서 2시간 동안 반응시켜 분광광도계(Optizen 2120UV, Mecasys)를 이용하여 765 nm에서 흡광도를 측정하였다.

DPPH, ABTS 자유 라디칼 소거 활성능 및 FRAP 활성 분석

DPPH 자유기 소거 활성능은 Brand-Williams 등의 방법(28)에 따라 측정하였다. 0.5-1.5 mg/mL의 농도로 녹인 시료 열수 추출물 160 µL에 0.2 mM DPPH (2,2-diphenyl-picrylhydrazyl, Sigma Chemical Co.)용액 640 µL를 가하여 암소에서 30분 동안 반응시킨 후, 분광광도계(Optizen 2120UV, Mecasys)를 이용하여 517 nm 파장에서 흡광도를 측정하였다.

ABTS (2,2'-Azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) diammonium salt) 자유기 소거 활성능은 Kim 등(29)의 방법을 참고하여 측정하였으며, 생 우영 및 증건 우영(1, 3, 5, 7, 9)의 분말 열수 추출물을 0.5-4.0 mg/mL 농도로 희석하여 사용하였다. PBS (100 mM potassium phosphate buffer, pH 7.4)에 1.0 mM AAPH 와 2.5 mM ABTS (Sigma Chemical Co.)를 1:1로 섞어 70°C 항온수조에서 1시간정도 반응시켜 ABTS 용액을 만들었으며, 시료용액에 49배의 ABTS 용액을 넣어 37°C 항온 수조에서 10분 간 반응시킨 후, 734 nm에서 흡광도를 측정하였다.

FRAP (ferric ion reducing antioxidant power)활성은 Benzie 등(30)의 방법을 일부 변형하여 측정하였다. 300 mM acetate buffer (pH 3.6)와 40 mM HCl에 용해시킨 10 mM TPTZ 용액, 20 mM FeCl₃·6H₂O 용액을 제조하여 10:1:1의 비율로 혼합한 뒤, 37°C의 수욕 상에서 가온한 것을 FRAP 기질용액으로 사용하였다. FRAP 용액 1,500 µL에 1 mg/mL 농도로 희석한 시료용액 200 µL를 넣고 교반 후 실온에서 30분 반응시켰으며, 분광광도계(Optizen

2120UV, Mecasys)를 이용하여 593 nm에서 흡광도를 측정하였다. DPPH, ABTS 자유 라디칼 소거활성 및 FRAP활성은 Trolox (Sigma Chemical Co.)를 표준물질로 사용하였으며, 증건 횟수에 따른 우영의 항산화력을 trolox equivalent antioxidant activity (mg TEAC/g dry sample)로 나타내었다.

관능평가

생 우영 및 증건 횟수(1, 3, 5, 7, 9)에 따른 우영의 관능적 특성을 평가하고자 정량적 묘사분석(QDA: quantitative descriptive analysis)을 수행하였다. 식품영양학과 대학원생을 대상으로 패널을 모집하여 훈련을 통해 최종적으로 9명의 패널을 선발하였으며, 패널내 토의 및 합의를 통해 생 우영과 증건 우영 평가에 적합한 총 15개의 묘사용어를 선정하였다. 관능평가 시료는 생 우영 및 증건 우영의 건조 분말을 사용하였으며, 건조분말 10g에 끓인 정수 물 1L를 가하여 5분간 추출한 후 여과지(Whatman No.1)로 여과하여 제조하였다. 시료는 관능평가 1시간 전에 일괄적으로 제조하여 시간에 따른 특성 변화를 최소화하였으며, 시료의 온도는 20°C로 하여 제공하였다. 관능평가는 3일에 걸쳐 총 세 번의 평가를 실시하였으며, 15 cm 선 척도에 생 우영 및 증건 우영의 특성 강도를 표시하도록 하였다.

통계처리

본 연구 결과는 SPSS Statistics (Ver. 21.0) 통계 프로그램을 이용하여 평균과 표준편차를 나타내었다. 실험항목에 따라서 증건 횟수에 따른 차이를 검정하기 위해 일원배치 분산분석(ONE-way ANOVA)과 Duncan's multiple range test를 이용해 $p < 0.05$ 수준에서 동일 집단군을 구분하였다.

결과 및 고찰

일반성분

생 우영과 증건 우영의 수분 함량을 측정한 결과는 Fig. 1과 같다. 생 우영은 81.95%로 가장 높은 값을 보였으며, 1회 증건 후 32.05%로 크게 감소하였다. 이후 점차 감소하여 7회 증건한 시료에서 16.33%, 8, 9회 증건 시료에서는 7회 시료 대비 절반가량으로 크게 감소하였으며, 이러한 경향은 60°C에서 장시간(20 h)의 건조가 반복됨에 따라 나타난 결과로 사료된다. 인삼을 시료로 한 Hong 등(20)의 연구에서도 증건 횟수가 증가함에 따라 수분 함량이 감소한다고 보고하였으며, 본 연구와 같은 경향을 보인 것을 확인할 수 있었다.

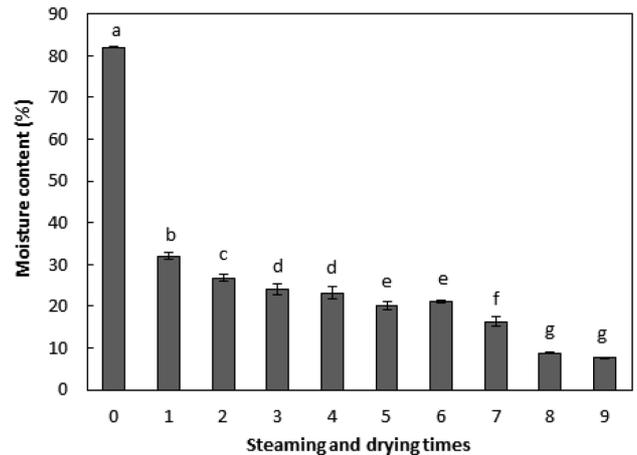


Fig. 1. Moisture contents of burdock during repeated steaming and drying procedures. All results are expressed as mean±SD for three replicates.

생 우영과 증건 우영의 일반성분을 건량 기준으로 비교하기 위해 수분 함량을 보정하여 환산한 결과는 Table 1과 같다. 증건하지 않은 우영의 탄수화물 함량은 85.58%이었으며, 이후 증건 횟수가 증가함에 따라 점차 감소하여 9회 증건 시 77.80%의 함량을 보였다. 한편, 조섬유의 경우 0회 증건 시 10.14%의 함량에서 증건함에 따라 증가하여 최종 9회 증건한 우영에서 26.22%의 조섬유 함량을 나타내었다. 탄수화물 함량 대비 조섬유 함량의 증가는, 증숙과정 중 수용성 저분자 및 고분자 탄수화물이 분해·용출됨에 따른 결과로 사료되며, 증건우영의 보다 높은 조섬유 함량은 식이섬유의 당뇨병 예방 및 혈중 콜레스테롤의 감소 등의 영양생리학적 효과를 기대할 수 있을 것으로 판단된다(31). 조단백질의 함량은 초기 8.53%에서 증건함에 따라 증가하여 9회 증건 우영에서 16.69%의 함량을 보였으며, 조지방 함량 역시 0회 증건 시 0.74%에서 9회 증건 시 1.72%로 증가하였다. 반면 회분 함량은 0회 증건 시 5.16%에서 9회 증건 시 3.79%로 감소하였다. 조지방과 조단백질의 증가경향은 탄수화물 함량 감소에 따른 상대적 증가로 판단되며, 회분함량의 감소는 증건 과정 중 유출에 의한 결과로 사료된다.

추출수율

생 우영과 증건 우영의 냉동건조 분말을 열수 추출한 수율은 Fig. 2와 같다. 0-3회 증건한 시료에서는 68.95-64.73%의 추출수

Table 1. The proximate composition of burdock during repeated steaming and drying procedures

(unit: %, dry basis)

Steaming and drying times	Carbohydrate (Crude fiber)	Crude protein	Crude lipid	Ash
0	85.58 (10.14±0.39 ^b)	8.53±0.61 ^f	0.74±0.16 ^d	5.16±0.24 ^{bc}
1	81.82 (10.06±0.28 ^b)	12.47±0.07 ^{dc}	0.45±0.01 ^e	5.26±0.11 ^{ab}
2	81.36 (10.08±0.04 ^b)	12.54±0.25 ^{dc}	0.74±0.07 ^d	5.37±0.09 ^a
3	81.47 (10.66±0.25 ^b)	12.40±0.23 ^e	0.86±0.05 ^{cd}	5.27±0.04 ^{ab}
4	81.15 (11.58±0.10 ^f)	12.89±0.18 ^{cd}	0.95±0.06 ^c	5.01±0.03 ^c
5	81.01 (12.94±0.05 ^c)	13.14±0.32 ^c	1.27±0.02 ^b	4.58±0.09 ^c
6	79.02 (17.19±0.10 ^d)	14.85±0.09 ^b	1.28±0.11 ^b	4.85±0.03 ^d
7	79.10 (18.18±0.15 ^c)	15.24±0.13 ^b	1.23±0.03 ^b	4.44±0.03 ^c
8	79.52 (23.12±0.20 ^b)	15.22±0.19 ^b	1.27±0.03 ^b	3.99±0.06 ^f
9	77.80 (26.22±0.06 ^a)	16.69±0.03 ^a	1.72±0.02 ^a	3.79±0.05 ^g

All results are expressed as mean±SD for three replicates.

¹⁾Different superscripts in the same column are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

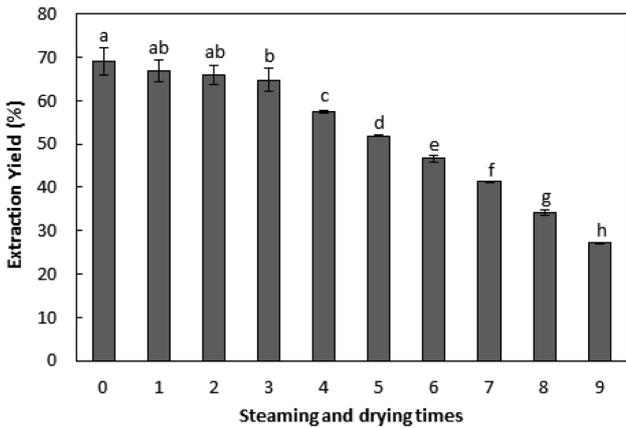


Fig. 2. Yield of hot water extraction of dried burdock during repeated steaming and drying procedures. All results are expressed as mean±SD for three replicates.

율을 보였으나, 이후 점차 감소하여 9회 증건한 시료에서 27.10%의 가장 낮은 추출수율을 보였다. 이러한 증건 횟수의 증가에 따른 추출수율의 감소는 초기의 탄수화물의 수용성 저분자물질의 용출, 고분자물질의 분해 및 용출에 의한 것으로 생각되며, 이는 본 연구의 총 탄수화물 함량의 감소 결과(Table 1)를 통해서도 확인 가능하다. 또한 Kim 등(32)의 주사현미경을 이용한 증숙 단계별 고려홍삼의 조직의 변화 연구에 의하면, 증건 과정을 반복함에 따라 호화 후 건조에 따른 수축으로 인하여 조직이 치밀해지고 동공 및 세포막의 구분이 없어진다고 하였으므로, 조직의 수축이 추출수율의 감소에 영향을 미친 것으로 판단된다.

총 수용성 당, 환원당 및 이눌린 함량

우영을 9번 증건 처리하면서 단계별로 총 수용성 당, 환원당, 이눌린 함량을 분석하였으며, 총 수용성 당 및 환원당 함량을 Fig. 3에 나타내었다. 총 수용성 당은 생 우영에서 518.35 mg/g로 유의적으로 가장 높은 함량을 보였으며, 증건 과정이 반복됨에 따라 감소하여 9회 증건 시료에서 186.59 mg/g의 함량을 보였다. 총 수용성 당 함량의 감소는 추출 수율과 유사한 경향으로, 증기에 의한 수용성 당 성분의 유출에 의한 것으로 판단된다.

환원당 함량 분석 결과 생 우영에서는 119.75 mg/g의 함량을 보였으나, 증건 횟수가 증가함에 따라 유의적으로 증가하여 3회 증건 우영에서 최대치인 377.00 mg/g에 도달하였고, 이후 감소하여 최종적으로 9회 증건 우영에서는 142.76 mg/g의 함량을 나타내었다. 초반의 환원당 함량의 증가는 이눌린과 같은 비환원당이 열작용에 의해 분해되어 다량의 저분자 환원당이 생성된 결과로 보이며, 또한 3회 증건처리 이후의 환원당 함량의 감소는 장시간의 증숙과정이 반복됨에 따라 저분자 환원당이 용출된 것으로 사료된다. 구증구포한 수삼에 대한 Jin 등(33)의 연구에서 증포 횟수가 증가함에 따라 환원당 함량이 증가하다가 감소한다고 보고하여, 본 연구와 유사한 경향인 것을 확인하였다.

증건 과정에 따른 이눌린 함량의 변화는 Fig. 4에 나타내었다. 생 우영의 경우 419.56 mg/g로 유의적으로 가장 많은 양의 이눌린을 함유하였으며, 증건함에 따라 급격히 감소하여 4회 증건 우영에서 44.76 mg/g의 이눌린 함량을 보였고, 이후에는 유의적인 변화가 없는 것으로 나타났다. Böhm 등(34)은 이눌린은 포유류의 소화효소에는 저항성이 있지만, 열 또는 산 처리로 인해 β-2,1글리코사이드 결합이 분해된다고 보고한 바 있으며, Fretzdorff 등(35)의 연구에서는 이눌린을 첨가한 밀가루 반죽을 오븐으로

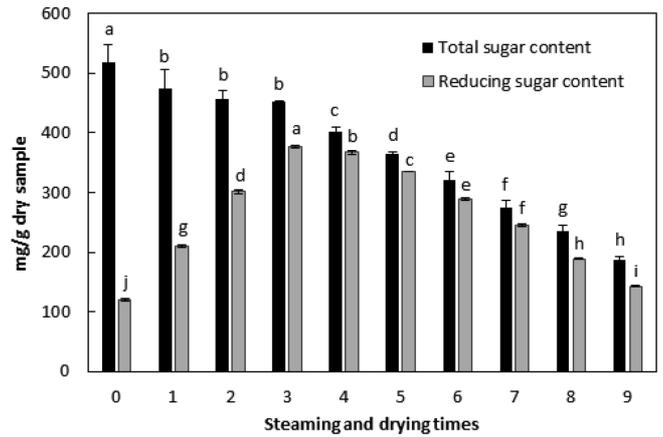


Fig. 3. Total soluble sugar and reducing sugar contents of burdock during repeated steaming and drying procedures. All results are expressed as mean±SD for three replicates.

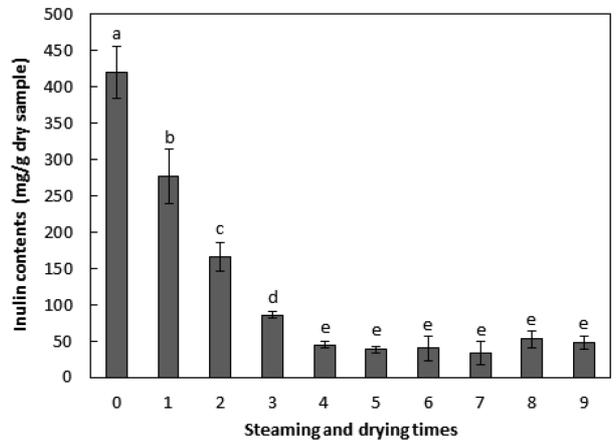


Fig. 4. Inulin content of burdock during repeated steaming and drying procedures. All results are expressed as mean±SD for three replicates.

가열하여 빵을 제조한 결과 약 67%의 이눌린 손실이 있었다고 보고하였다. 이를 토대로 볼 때, 본 연구에서의 이눌린 함량의 감소는 높은 온도에서의 반복적인 열처리 과정 중 이눌린이 분해된 결과이며, 초기 증숙과정에서 대부분의 이눌린이 분해되는 것으로 보인다. 이눌린은 선형 과당 중합체로서 중합도가 10에서 40 이상까지 존재하여 정확한 분석 어려우며, 본 실험 방법은 다른 비환원당이 검출될 수 있는 한계점이 존재함으로 이후 연구에서는 표준물질과의 비교를 통한 함량 분석이 이뤄져야 할 것으로 보인다.

본 연구 결과, 생 우영은 총 수용성 당의 약 86%가 이눌린으로 구성되어 있으나 이후 증건 횟수가 증가함에 따라 이눌린이 분해되어, 4회 이후의 증건 시료에서는 총 수용성 당의 81-96%가 환원당인 것으로 확인되었다. 그러므로 생 우영의 경우 항당뇨, 항암, 장 기능 개선 등의 이눌린 자체의 생리활성 효과가 기대되며(10), 증건 가공한 우영, 특히 3-5회 증건한 우영의 경우 환원당 함량이 많아 당도가 높은 제품을 개발할 수 있을 것으로 기대된다.

분말색도 및 갈색도

식품의 색은 가공 시 물리적, 화학적 요인에 의해 변화하며, 관능적 특성에 영향을 미치고, 생리활성 물질의 함량 및 항산화 활

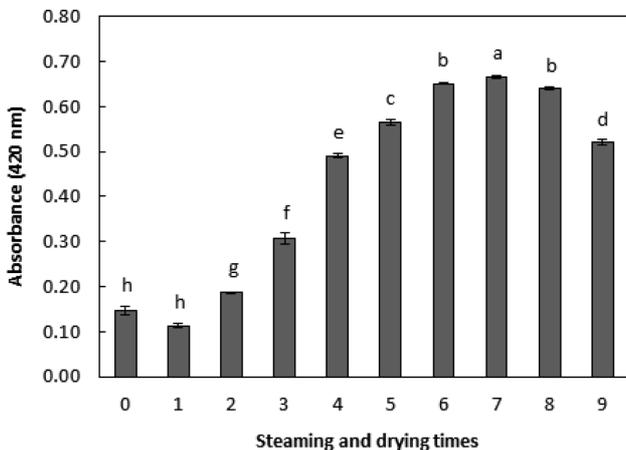
Table 2. Hunter's color value of dried burdock powders during repeated steaming and drying procedures

Steaming and drying times	L ¹⁾	a	b
0	84.49±0.21 ^{2d)}	-0.11±0.02 ^e	8.42±0.10 ^h
1	67.88±0.55 ^b	1.15±0.02 ^f	15.57±0.24 ^e
2	59.03±0.35 ^c	6.09±0.03 ^e	24.03±0.26 ^c
3	52.36±0.59 ^d	7.94±0.25 ^d	24.80±0.41 ^b
4	45.52±0.18 ^e	9.51±0.14 ^a	25.26±0.09 ^a
5	45.75±0.39 ^e	8.91±0.29 ^b	23.74±0.47 ^c
6	42.14±0.29 ^e	9.07±0.06 ^b	22.49±0.05 ^d
7	42.73±0.28 ^f	8.45±0.05 ^c	20.64±0.17 ^e
8	39.77±0.09 ^h	8.17±0.11 ^d	19.55±0.21 ^f
9	39.41±0.12 ^h	8.10±0.24 ^d	19.12±0.26 ^f

All results are expressed as mean±SD for three replicates.

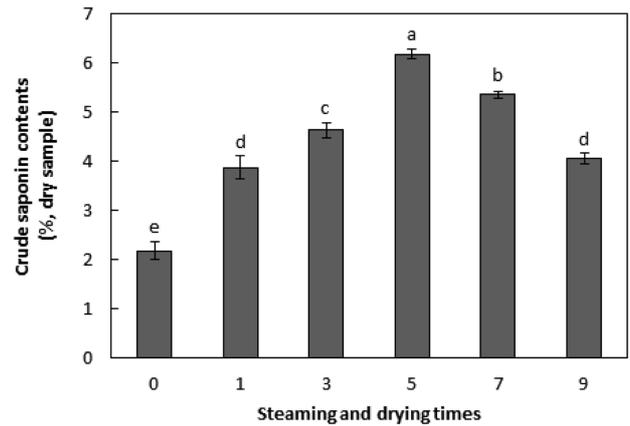
¹⁾L=lightness, a=redness, b=yellowness

²⁾Different superscripts in the same column are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

**Fig. 5. Browning index of burdock during repeated steaming and drying procedures.** All results are expressed as mean±SD for three replicates.

성과도 연관이 있는 것으로 알려져 있다(36). 생 우영과 1-9회 증건 과정을 거친 우영을 분말화하여 색차계로 측정 한 Hunter's color value 값은 Table 2와 같다. 밝기를 나타내는 L값은 생 우영에서 84.49로 가장 높았으며, 이후 4회 증건 시까지 유의적으로 감소하였다. 4, 5회 증건 우영에서는 서로 유사한 L값을 보였고, 이후 다시 감소하여 최종적으로 9회 증건한 우영에서 39.41의 명도 값을 보였다. 적색도를 나타내는 a값은 생 우영의 경우 -0.11로 확인되었으며, 4회 증건 시료까지 큰 폭으로 증가하여 9.51의 최대값을 보인 후 다시 감소하는 경향을 보였다. 황색도를 나타내는 b값 역시 증건함에 따라 점차 증가하여 4회 증건 우영에서 25.26의 최대값을 보여 적색도와 유사한 경향을 보였으며, 그 이후 감소하여 9회 증건 우영에서 19.12의 황색도를 나타내었다. Hong 등(20)은 인삼의 경우 생시료에서 89.56의 명도 값을 보였으나 증건함에 따라 점차 감소하여 9회 증건 인삼에서 51.37의 값을 보였다고 하였으므로, 우영의 명도값의 경향과 유사한 것으로 확인되었으며, 적색도와 황색도 역시 유사한 경향을 보였다.

증건 횟수에 따른 우영 열수추출물의 갈색도는 Fig. 5에 나타내었다. 생 우영의 경우 0.15의 흡광도를 보였으며, 1회 증건 후 0.11로 감소하였다. 이후 7회 증건 까지 유의적으로 증가하여 0.67

**Fig. 6. Crude saponin content of burdock during repeated steaming and drying procedures.** All results are expressed as mean±SD for three replicates.

로 가장 높은 값을 보였고, 8-9회 증건 시에는 다시 감소하여 9회 증건 우영은 0.52의 갈색도를 나타내었다. 갈변(Browning)은 식품을 가공, 저장하는 동안 그 색깔이 점차 갈색으로 변하는 것으로, 식품의 품질 및 기능성에 영향을 미치며, 작용 메커니즘에 따라 효소적, 비효소적 갈변으로 나뉜다(37). Yamaguchi 등(38)에 따르면, 우영에는 폴리페놀을 분해하는 폴리페놀 산화효소가 존재하며, 이는 절단 등 물리적인 자극을 받을 경우 우영에 존재하는 클로로겐산을 산화시켜 최종적으로 갈색물질(melanin)이 생성하나, 이러한 작용은 열처리 가공을 통해 저해된다고 보고하였다. 본 연구에서도 1회 증건 후 갈색도가 감소한 것을 보아 열처리에 의해 효소작용이 저해된 것으로 보이며, 이후 갈색도의 증가는 우영의 환원당과 질소화합물의 참여로 생성되는 멜라노이드(melanoidin) 및 maillard reaction products (MRPs) 때문일 것으로 판단된다(39).

조사포닌 함량

사포닌은 주로 인삼의 유효성분으로 알려져 있으며, 최근 증숙 과정을 거친 홍삼, 흑삼에서 Rg3과 같은 활성이 좋은 진세노사이드가 증가한다고 보고됨에 따라 이에 관련된 연구가 활발히 진행 중에 있다(20). 반면 생 우영 및 증건 우영의 사포닌 연구는 선행되지 않아 본 실험을 진행하였고, 그 결과를 Fig. 6에 나타내었다. 생 우영의 조사포닌 함량은 2.18%로 나타났으며, 다른 근채류의 조사포닌 함량과 비교한 결과 인삼(4.24%)에 비해 절반 가량 낮고, 생도라지(0.57%), 생강(0.60%)보다는 함량이 높은 것으로 나타났다(20,22,40). 또한 조사포닌 함량은 우영을 증건함에 따라 유의적으로 증가하여 5회 증건 우영에서 6.17%의 최대 함량을 보였고, 이후 감소하여 9회 증건 우영에서 4.06%의 조사포닌 함량을 나타내었다. 증건 우영이 생 우영보다 높은 조사포닌 함량을 보인 것은 증숙에 의해 세포벽과 분자 구조가 파괴됨에 따라 조직이 연화되어 사포닌의 추출 수율이 증가하여 나타난 결과인 것으로 판단되며, 도라지를 증숙 가공한 Lee 등(22)의 연구에서도 흑도라지가 생도라지에 비해 조사포닌 함량이 2배 가까이 증가한다고 발표한 바 있다. 5회 증건 이후 조사포닌의 감소는 3시간 동안 높은 온도에서의 증숙 과정이 반복됨에 따라 증기에 의해 사포닌이 용출된 것으로 보인다. 이로써 증건 우영, 특히 5회 증건 우영은 생 우영에 비해 높은 생리활성을 기대할 수 있을 것으로 생각되나, 추후 이를 뒷받침할 만한 우영 사포닌의 개별 구조 및 함량에 관한 연구가 필요하다.

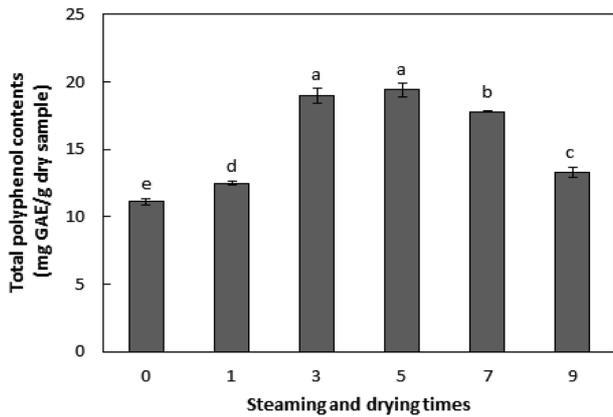


Fig. 7. Total polyphenol content of burdock during repeated steaming and drying procedures. All results are expressed as mean±SD for three replicates.

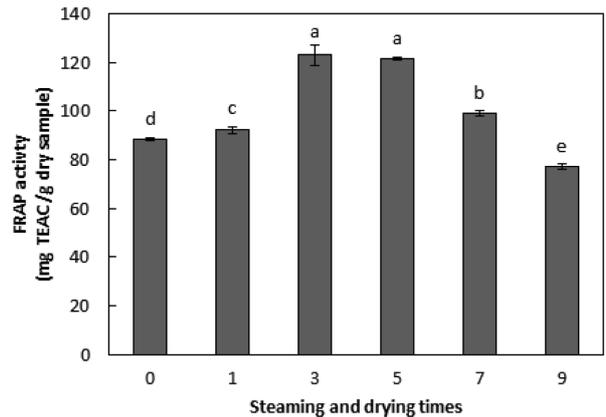


Fig 8. FRAP activity of burdock during repeated steaming and drying procedures. All results are expressed as mean±SD for three replicates.

총 폴리페놀 함량

우영에는 카페산 유도체(caffeic acid, chlorogenic acid, cynarin)와 퀘르세틴(querctin) 등의 폴리페놀 물질이 있으며, 이러한 폴리페놀 화합물은 항산화활성 및 항종양에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다(10,41). 본 연구는 증건 가공이 우영의 총 폴리페놀 함량에 영향을 미치는지 확인하기 위해 수행되었으며, 그 결과를 Fig. 7에 나타내었다. 생 우영은 11.12 mg GAE/g의 함유량을 보였으며, 더덕(6.57 mg GAE/g) (19), 인삼(9.00 mg GAE/g) (20)에 비해 총 폴리페놀의 함량이 높은 것을 확인할 수 있었다. 총 폴리페놀 함량은 1회 증건 시 증가하였으며, 이후 급격히 증가하여 3, 5회 증건 시료에서 약 18-19 mg GAE/g으로 유의적으로 가장 높은 함유량을 보였다. 이후 증속과 건조가 거듭될수록 총 폴리페놀 함량이 감소하여, 9회 증건 우영에서 13.30 mg GAE/g의 총 폴리페놀 함량을 보였다. Jin 등(33)의 연구에서도 인삼을 증건함에 따라 폴리페놀 함량이 점차 증가하다 감소하였다고 보고하였다. Xu 등(42)은 감귤류 껍질의 가열 전·후의 페놀성 화합물을 HPLC로 분석한 결과, 가열 후 유리 페놀성 화합물은 증가한 반면 에스터 결합의 분자량이 큰 페놀화합물은 감소하였다고 보고한 바 있다. 이러한 결과로 미루어 볼 때, 우영 또한 열처리 과정 중 페놀화합물이 유리되어 총 페놀 함량이 증가한 것으로 생각되며, 5회 증건 이후의 총 폴리페놀 물질의 함량 감소는, 증속 과정에서의 수용성 성분의 용출 및 추출 수율의 감소에 의한 것으로 보인다(43).

DPPH, ABTS 자유 라디칼 소거 활성 및 FRAP 활성

Yamaguchi 등(44)에 의하면 우영의 자유라디칼 소거능은 당근, 양파, 청고추 등 18가지 채소 중에서 가장 높으며, 가열에 의해서 활성이 더욱 증가하였다고 보고한 바 있다. 따라서 생 우영과 증건 우영(1, 3, 5, 7, 9)의 항산화 활성을 알아보기 위해 DPPH와 ABTS 자유기 소거 활성을 측정하였으며, Trolox equivalent antioxidant activity capacity (TEAC)로 환산한 결과를 Table 3에 나타내었다. 생 우영의 DPPH 라디칼 소거능은 22.46 mg TE/g으로 나타났으며, 3회 증건 시 25.69 mg TE/g으로 증가하였다. 이후 증건 횟수가 증가함에 따라 유의적으로 감소하여 9회 증건 우영에서 14.41 mg TE/g의 가장 낮은 항산화력을 보였다. ABTS 라디칼 소거능은 5회 증건한 시료에서 17.01 mg TE/g으로 유의적으로 가장 높게 나타났으며, 이후 감소하여 9회 증건 우영에서 11.57 mg TE/g의 낮은 항산화능을 보였다. 결과적으로 생 우영과 1회 증건 시료에서는 상대적으로 낮은 항산화력을 보였으나, 3-5회 증건 시 자유라디칼 소거활성이 증가하였고, 이후 증건 횟수가 증가함에 따라 유의적으로 항산화능이 감소하는 것을 확인할 수 있었다.

항산화 활성을 절대적으로 평가할 수 있도록 각 라디칼 용액에 대해 50%의 자유라디칼 소거능을 나타내는 시료의 농도를 EC₅₀ value로 나타낸 결과(Table 3), DPPH의 EC₅₀값은 3회 증건 우영(3.59 mg/mL)에서, ABTS의 EC₅₀값의 경우 5회 증건 우영(3.14 mg/mL)에서 가장 낮은 값을 보였다. 따라서 생 우영보다 3-

Table 3. EC₅₀ value and trolox equivalent antioxidant capacity of burdock during repeated steaming and drying procedures

Steaming and drying times	TEAC ¹⁾ (mg TE/g dry sample)		EC ₅₀ value ²⁾ (mg/mL)	
	DPPH	ABTS	DPPH	ABTS
0	22.46±0.22 ^{b3)}	10.68±0.23 ^c	3.67±0.04 ^{cd}	4.49±0.05 ^a
1	22.43±0.35 ^b	11.20±0.12 ^{dc}	3.77±0.09 ^{cd}	4.51±0.03 ^a
3	25.69±0.60 ^a	15.67±0.22 ^b	3.59±0.09 ^d	3.42±0.06 ^c
5	22.88±0.24 ^b	17.01±0.30 ^a	3.87±0.10 ^c	3.14±0.07 ^d
7	18.76±0.11 ^c	14.03±0.55 ^c	4.57±0.12 ^b	3.47±0.15 ^c
9	14.41±0.16 ^d	11.57±0.43 ^d	5.60±0.15 ^a	4.08±0.16 ^b

All results are expressed as mean±SD for three replicates.

¹⁾TEAC: Trolox equivalent antioxidant capacity

²⁾EC₅₀ value: Effective concentration to decrease DPPH and ABTS radical by 50%

³⁾Different superscripts in the same column are significantly different at $p<0.05$ by Duncan's multiple range test.

Table 4. Sensory evaluation of burdock during repeated steaming and drying procedures

Classification	Attributes	Steaming and drying times					
		0	1	3	5	7	9
Appearance (Color)	Yellow green	9.82±1.50 ^{a1)2)}	3.43±2.21 ^b	1.00±0.73 ^c	0.64±0.54 ^c	0.63±0.47 ^c	0.74±0.44 ^c
	Brown	0.70±0.49 ^c	2.49±0.80 ^d	6.57±1.48 ^c	11.32±0.88 ^a	11.49±1.35 ^a	10.14±0.97 ^b
Odor/Aroma	Grass odor	9.72±1.90 ^a	6.28±1.52 ^b	2.60±0.82 ^c	2.44±0.84 ^c	2.16±0.64 ^c	2.45±0.66 ^c
	Rooty odor	10.67±1.18 ^a	7.14±1.56 ^b	5.49±0.87 ^c	4.91±1.24 ^c	5.16±1.01 ^c	5.57±1.30 ^c
	Sweet odor	2.79±1.51 ^c	4.18±1.39 ^b	7.00±1.11 ^a	6.91±1.58 ^a	6.43±1.11 ^a	6.53±1.48 ^a
	Savory odor	3.21±1.47 ^c	5.62±1.96 ^b	8.69±1.51 ^a	8.84±1.27 ^a	8.93±1.53 ^a	9.04±1.49 ^a
Flavor	Rooty flavor	10.93±1.47 ^a	9.09±1.25 ^b	6.80±1.33 ^c	6.84±1.25 ^c	6.91±1.11 ^c	6.94±1.17 ^c
	Caramel flavor	2.96±1.47 ^c	4.17±1.45 ^d	8.33±1.41 ^{bc}	8.96±1.36 ^{ab}	9.29±1.60 ^a	8.00±2.48 ^c
Taste	Sweet taste	4.10±2.11 ^d	5.33±1.32 ^c	8.46±1.48 ^a	8.64±1.22 ^a	7.66±1.95 ^a	6.39±2.08 ^b
	Bitter taste	7.55±2.99 ^a	5.50±1.51 ^b	4.07±1.58 ^c	4.05±1.72 ^c	4.95±2.06 ^{bc}	5.63±2.24 ^b
Texture/Mouth feel	Astringent	6.72±1.72 ^a	5.22±2.13 ^{bc}	4.55±1.23 ^c	5.59±1.63 ^b	5.53±1.65 ^b	6.15±1.60 ^{ab}
	Metallic	7.53±1.73 ^a	6.00±2.17 ^{bc}	4.97±1.44 ^c	5.66±1.43 ^{bc}	5.38±1.65 ^{bc}	6.25±1.83 ^b
	Body	4.32±1.82 ^c	5.01±1.75 ^c	5.85±1.49 ^b	6.92±1.24 ^a	7.01±1.46 ^a	7.09±1.17 ^a
After taste	Coating	5.02±1.83 ^c	5.90±1.81 ^{bc}	6.59±1.46 ^{ab}	7.52±1.36 ^a	6.94±1.64 ^{ab}	6.34±2.31 ^b
	Savory flavor	4.32±1.73 ^d	5.80±1.69 ^c	9.24±1.61 ^{ab}	9.99±1.24 ^a	8.65±1.63 ^b	8.60±1.83 ^b

All results are expressed as mean±SD for three replicates.

¹⁾Different superscripts in the same row are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

²⁾Scores of 15 cm line scale

5회 증건 처리한 우엉에서 더 높은 항산화력을 보이는 것으로 나타났다. Song 등(19)의 연구에서도 생 더덕 물 추출물에서 6.68 mg/mL EC₅₀ value를 보였으나, 증건 후 1.65 mg/mL EC₅₀ value로 감소한다고 하여 증숙처리에 의한 항산화력의 증가가 있음을 보고하였다.

생 우엉과 증건 우엉 열수추출물의 FRAP 활성 측정 결과(Fig. 8), 생 우엉은 88.49 mg TEAC/g의 활성을 보였으며, 증건 횟수가 증가함에 따라 유의적으로 증가하여 3, 5회 증건 우엉에서 최대 활성(121.63-122.97 mg TEAC/g)을 보였다. 이후 증건함에 따라 활성이 큰 폭으로 감소하여 9회 증건 우엉은 생 우엉보다 낮은 77.36 mg TEAC/g의 항산화 활성을 나타내었다. 이러한 증건에 따른 항산화능의 증가 후 감소 경향은 갈색도, 조사포닌, 총 폴리페놀 함량의 결과와 유사한 것으로 나타났으며, 항산화능의 증가는 우엉이 증건 가공을 거치며 조직의 유연화로 인한 폴리페놀 등 항산화 물질의 용출의 증가, 또는 열처리에 의한 비효소적 갈변반응으로 멜라노이딘과 같은 MRPs (maillard reaction products)의 생성에 의한 것으로 판단된다(45). 7회 이상의 증숙 공정을 거친 우엉에서의 항산화능 감소는 긴 시간의 증숙과 건조가 반복되면서 수용성 생리활성 성분의 용출이 일어난 결과로 보인다(44).

관능평가

정량적 묘사 분석(QDA)은 시료의 관능적 특성을 보다 정량적인 수치로 평가하는 방법으로(46) 증건에 따른 우엉의 관능적 특성변화를 살펴보고자 본 연구를 시행하였으며, 생 우엉 및 증건 횟수(1, 3, 5, 7, 9)에 따른 우엉추출물에 대한 관능적 특성 용어 수집 결과, 외관(갈색정도, 연두색정도), 냄새(단 냄새, 구수한 냄새, 풋내, 뿌리채소 냄새), 후각적 지각(캐러멜 향미, 뿌리채소 향미), 미각적 지각(단맛, 쓴맛), 구강감각요인(뽀은, 금속성, 바디감), After taste(입안이 코팅되는 정도, 구수함)의 총 15개의 특성이 선정되었다. 이를 15점 선척도로 평가한 결과를 Table 4에 나타내었다.

시료의 연두색 정도는 생 우엉에서 9.82로 유의적으로 가장 높

은 값을 보였고, 다음 1회 증건 시료에서 3.43으로 큰 폭으로 감소하였으며, 이후 증건 시료에서는 0.74-1.00으로 낮은 연두색의 정도를 보였다. 갈색 정도는 연두색 정도의 결과와는 반대로 생 우엉의 시료에서 0.70으로 유의적으로 가장 낮게 나타났으며, 5, 7회 증건 시료에서 11.32, 11.49로 갈색의 정도가 가장 진하다고 평가되었고, 9회 증건한 시료에서는 10.14로 감소하였다. 이는 본 연구의 열수추출물의 갈색도의 결과와 경향이 일치하는 것으로 나타났다.

냄새 특성에 대해 평가한 결과, 풋내와 뿌리채소 냄새의 경우 생 우엉에서 가장 높게 나타났으나, 이후 유의적으로 감소하여 3-9회 시료에서 낮은 값을 보였으며, 시료 간 유의적인 차이는 존재하지 않았다. 단 냄새와 구수한 냄새 특성의 경우 풋내 및 뿌리채소 냄새와 반대로, 생 우엉이 유의적으로 가장 낮은 값을 보였으며, 이후 증가하여 3-9회 증건 우엉에서 높은 값을 보였다.

후각 및 미각적 지각의 캐러멜 향미는 생 우엉에서 2.96의 유의적으로 가장 낮은 값을 보였으며, 이후 증가하여 3, 5, 7회 증건 우엉에서 8.33-9.29의 높은 수치를 보였으나 9회 증건 시 8.00으로 감소하였다. 캐러멜 향미는 갈색정도, 뿌리채소 향미는 뿌리채소 냄새와 경향성이 같은 것을 확인할 수 있었다. 단맛은 생 우엉 시료에서 4.10으로 가장 낮은 것으로 나타났으며, 이후 증가하여 3, 5, 7회 증건 우엉에서 높게 평가되었고, 9회 증건 시 감소하여 6.39의 값을 보였다. 단맛은 본 연구의 환원당 함량 변화와 유사했으며, 이는 이눌린이 분해됨에 따라 과당이 생성되어 감미가 높아진 것으로 사료된다. 쓴맛은 생시료에서 7.55로 유의적으로 높게 나타났으며, 3-7회 증건 우엉에서 낮은 값을 보여 단맛의 결과와 반대적인 경향을 보였다.

뽀은과 금속성의 구강감각요인은 생 우엉에서 유의적으로 가장 높게 나타났으며(6.72, 7.53), 3회 증건 우엉에서 가장 낮은 수치(4.55, 4.97)를 보였다. 바디감은 증건 횟수가 증가함에 따라 증가하여 5-9회 증건 시료에서 6.92-7.09로 높은 값을 보였으며, 섭취 후 느껴지는 입안의 코팅 정도와 구수한 향미는 5회 증건 시료에서 유의적으로 가장 높게 나타났다.

관능평가 결과를 종합해 보면, 증건 횟수가 증가함에 따라 초기 관찰되었던 연두색은 사라지고 갈색의 정도가 증가하는 것을 확인할 수 있었다. 또한 풋내, 뿌리채소 냄새, 쓴맛, 짠, 금속성의 특성들은 증건함에 따라 감소하였으며, 단 냄새, 구수한 냄새, 바다감은 높아지는 경향을 보였다. 캐러멜 향미와 단맛은 증건 횟수에 따라 증가하다가, 9회 증건 시료에서 7회 증건 시료에 비해 유의적으로 감소하였으며, 이는 환원당 및 수용성 성분들의 용출에 의한 것으로 생각된다. 인삼을 삼증삼포한 Cheon 등(47)의 연구에서도 갈색도, 풋내, 단맛 등의 항목에서 본 연구와 유사한 결과가 확인되었다.

요 약

우영은 다양한 생리활성을 가지고 있으며 가격이 저렴하고 재배가 쉬운 특징이 있어 각광받고 있으나, 아직은 가공 제품에 대한 연구가 활발하지 않은 실정이다. 우영과 같은 근채류의 일종인 인삼, 도라지, 더덕 등이 증숙 및 건조과정 의해 생리활성 성분이 증가된다는 보고가 있으므로, 본 연구에서는 증건 공정을 우영에 적용하여 특성을 분석함으로써, 우영의 활용을 증대시키고자 하였다. 증건 우영을 제조하기 위하여 증숙(3 h, 90-95°C)과 열풍건조(20 h, 60°C)를 9회 반복 수행하여 시료를 제조하였으며, 이화학적 특성, 항산화 활성 및 관능적 특성 변화를 분석하였다. 수분 함량(wet basis)의 경우, 81.95%의 함량을 보였으며, 증건함에 따라 감소하여 최종적으로 7.64%의 함량을 보였다. 일반성분 함량을 건량으로 환산한 결과, 생 우영의 탄수화물 함량은 85.58%이었으며, 이후 점차 감소하여 9회 증건 시 77.80%의 함량을 보였다. 한편, 조섬유의 경우 0회 증건 시 10.14%의 함량에서 가공함에 따라 점차 증가하여 최종 9회 증건한 우영에서 26.22%의 조섬유 함량을 나타내었다. 조단백질의 함량은 초기 8.53%에서 점차 증가하여 9회 증건 우영에서 16.69%의 함량을 보였으며, 조지방 역시 증건과정을 거침에 따라 증가하여 0회 증건 시 0.74%에서 9회 증건 시 1.72%의 조지방 함량을 나타내었다. 반면 회분 함량은 0회 증건 시 5.16%에서 9회 증건 시 3.79%로 감소하였다. 추출 수율은 생 우영에서 68.95%이었으나 이후 감소하여 9회 증건 우영에서 27.10%를 나타내었다. 총 수용성 당, 환원당, 이눌린 함량을 측정된 결과, 생 우영은 총 수용성 당의 약 86%가 이눌린으로 구성되어 있었고, 증건 과정을 거침에 따라 열작용에 의해 이눌린이 분해되고 환원당이 생성되어 4-9회 증건 시료에서 총 수용성 당의 81-96%가 환원당인 것으로 확인되었다. 분말색도의 경우, 명도는 초기 84.49에서 9회 증건 처리 시 39.41로 점차 감소하였으며, 적색도와 황색도는 4회 증건 처리 시까지 증가한 후 감소하였다. 열수추출물의 갈색도는 7회 증건 처리 시까지 증가한 후 감소하는 경향을 보였다. 조사포닌은 5회 증건 시료에서 6.17%의 최대 함량을 보였으며, 총 폴리페놀은 3, 5회 증건 처리 시료에서 약 18-19 mg GAE/g의 가장 높은 함량을 나타내었다. 이와 유사하게 DPPH, ABTS 자유라디칼 소거능과 FRAP활성에서도 3, 5회 증건 시료에서 높은 항산화 활성을 보였다. 관능평가 결과 생 우영 및 초기 증건 시료에서 풋내, 뿌리채소 냄새, 쓴맛, 짠, 금속성의 특성이 있었으나, 이후 증건 횟수가 증가함에 따라 감소하였고, 반면에 단 냄새, 구수한 냄새, 캐러멜 향미 및 바다감의 특성 정도가 높아진 것을 확인하였다. 실험결과를 종합해 보았을 때, 생 우영의 경우 이눌린의 생리활성 효과가 기대되며, 3-5회 증건한 우영에서는 총 폴리페놀 및 사포닌 함량의 증가로 인한 높은 항산화 활성과 단맛을 기대할 수 있을 것으로 사료된다. 이번 연구를 통해 우영 증건 횟수에

따른 이화학적 특성 변화 및 관능적 특성을 확인하였으며, 우영의 이용 가능성을 증진시킬 수 있는 기초 자료가 될 수 있을 것으로 기대된다.

References

1. Lee CB. An Illustrated Guide to Korean Flora. Hyang-Mun Publisher. Seoul, Korea. p. 272 (2003)
2. Lim JA. The study of antioxidation of burdock (*Arctium lappa* L.). MS thesis, Pusan National University, Busan, Korea (1998)
3. Do BS, Lim RJ. Korea medicinal plant dictionary. Available from: <http://www.krpia.co.kr/pcontent/?svcid=KR&proid=42>. Accessed Aug. 01, 2001.
4. People with nature. An Illustrated Guide to Medicinal Herb of Four Seasons (Dongui Bogam). Globooks, Paju, Korea. p. 280 (2011)
5. Lee JH, Lim JH, Cheung JD, Suh DW. Major characteristics of burdock (*Arctium lappa* L.) native to Yeong-Nam region. Korean J. Plant Res. 16: 8-14 (2003)
6. Li YJ, Shi W, Li YD, Zhou Y, Hu X, Song C, Ma HB, Wang CW, Li Y. Neuroprotective effects of chlorogenic acid against apoptosis of PC12 cells induced by methylmercury. Environ. Toxicol. Phar. 26: 13-21 (2008)
7. Rault-Nania MH, Demougeot C, Gueux E, Berthelot A, Dzimiria S, Rayssiguier Y, Rock E, Mazur A. Inulin supplementation prevents high fructose diet-induced hypertension in rats. Clin. Nutr. 27: 276-282 (2008)
8. Awale S, Lu J, Kalauni SK, Kurashima Y, Tezuka Y, Kadota S, Esumi H. Identification of arctigenin as an antitumor agent having the ability to eliminate the tolerance of cancer cells to nutrient starvation. Cancer Res. 66: 1751-1757 (2006)
9. Takasaki M, Konoshima T, Komatsu K, Tokuda H, Nishino H. Anti-tumor-promoting activity of lignans from the aerial part of *Saussurea medusa*. Cancer Lett. 158: 53-59 (2000)
10. Chan YS, Cheng LN, Wu JH, Chan E, Kwan YW, Lee SMY, Leung GPH, Yu PHF, Chan SW. A review of the pharmacological effects of *Arctium lappa* (burdock). Inflammopharmacology 19: 245-254 (2011)
11. Pari L, Prasath A. Efficacy of caffeic acid in preventing nickel induced oxidative damage in liver of rats. Chem.-Biol. Interact. 173: 77-83 (2008)
12. Maruta Y, Kawabata J, Niki R. Antioxidative caffeoylquinic acid derivatives in the roots of burdock (*Arctium lappa* L.). J. Agr. Food Chem. 43: 2592-2595 (1995)
13. Im DY, Lee KI. Antioxidative activity and tyrosinase inhibitory activity of the extract and fractions from *Arctium lappa* roots and analysis of phenolic compounds. Kor. J. Pharmacogn. 45: 141-146 (2014)
14. Hong II, Choi SK. A study on the development of burdock Gruel. J. Culin. Res. 20: 18-26 (2014)
15. Kim MK, Kim WM, Lee HJ, Choi EY. Optimization of muffin preparation by addition of dried burdock (*Arctium lappa* L.) powder and oligosaccharide by response surface methodology. Korean J. Food Cook. Sci. 26: 575-585 (2010)
16. Lim JH, Jeong MC, Moon KD. Purification and characterization of polyphenol oxidase from burdock (*Arctium lappa* L.). Korean J. Food Preserv. 12: 489-495 (2005)
17. Chen FA, Wu AB, Chen CY. The influence of different treatments on the free radical scavenging activity of burdock and variations of its active components. Food Chem. 86: 479-484 (2004)
18. Ju YS, Jung JG. Medicinal Source Phytology. Yeong-Rim Publisher, Seoul, Korea. pp. 110-115 (2005)
19. Song CH, Seo YC, Choi WY, Lee CG, Kim Du, Chung JY, Chung HC, Park DS, Ma CJ, Lee HY. Enhancement of antioxidative activity of *Codonopsis lanceolata* by stepwise steaming process. Korea J. Medicinal Crop Sci. 20: 238-244 (2012)
20. Hong HD, Kim YC, Rho JH, Kim KT, Lee YC. Changes on physicochemical properties of *Panax ginseng* C. A. Meyer during repeated steaming process. J. Ginseng Res. 31: 222-229 (2007)

21. Kim HJ, Lee JY, You BR, Kim HR, Choi JE, Nam KY, Moon BD, Kim MR. Antioxidant activities of ethanol extracts from black ginseng prepared by steaming-drying cycles. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 40: 156-162 (2011)
22. Lee SJ, Shin SR, Yoon KY. Physicochemical properties of black *doraji* (*Platycodon grandiflorum*). *Korean J. Food Sci. Technol.* 45: 422-427 (2013)
23. AOAC. Official Method of Analysis of AOAC Intl. 15th ed. Method 777, 780, 788. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA, USA (1990)
24. Dubois M, Gilles KA, Hamilton JK, Rebers PA, Smith F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Anal. Chem.* 28: 350-356 (1956)
25. Miller GL. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Anal. Chem.* 31: 426-428 (1959)
26. Lingyun W, Jianhua W, Xiaodong Z, Da T, Yalin Y, Chenggang C, Tianhua F, Fan Z. Studies on the extracting technical conditions of inulin from jerusalem artichoke tubers. *J. Food Eng.* 79: 1087-1093 (2007)
27. Singleton VL, Rossi jr JA. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *Am. J. Enol. Viticult.* 16: 144-158 (1965)
28. Brand-Williams W, Cuvelier ME, Berset C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food Sci. Technol.* 28: 25-30 (1995)
29. Kim DO, Lee KW, Lee HJ, Lee CY. Vitamin C equivalent antioxidant capacity (VCEAC) of phenolic phytochemicals. *J. Agr. Food Chem.* 50: 3713-3717 (2002)
30. Benzie IFF, Strain JJ. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": The FRAP assay. *Anal. Biochem.* 239: 70-76 (1996)
31. Schneeman BO. Dietary fiber and gastrointestinal function. *Nutr. Res.* 18: 625-632 (1998)
32. Kim CS, Jang DS, Che SY. Histological characteristics of Korean red ginseng in steaming processes. *Korean J. Medicinal Crop Sci.* 14: 36-40 (2006)
33. Jin Y, Kim YJ, Jeon JN, Wang C, Min JW, Jung SY, Yang DC. Changes of ginsenosides and physicochemical properties in ginseng by new 9 repetitive steaming and drying process. *Korean J. Plant Res.* 25: 473-481 (2012)
34. Böhm A, Kaiser I, Trebstein A, Henle T. Heat-induced degradation of inulin. *Eur. Food Res. Technol.* 220: 466-471 (2005)
35. Fretzdorff B, Welge N. Fructan and raffinose content in the whole grain of some cereals and pseudo-cereals. *Getreide Mehl und Brot.* 57: 3-8 (2003)
36. Pellegrini N, Chiavaro E, Gardana C, Mazzeo T, Contino D, Gallo M, Riso P, Fogliano V, Porrini M. Effect of different cooking methods on color, phytochemical concentration, and antioxidant capacity of raw and frozen *Brassica* vegetables. *J. Agr. Food Chem.* 58: 4310-4321 (2010)
37. Mathew AG, Parpia HAB. Food browning as a polyphenol reaction. Vol. 19, pp. 75-145. In: *Advances in Food Research*. Chichester CO. Elsevier, Amsterdam, Netherlands (1971)
38. Yamaguchi T, Katsuda M, Oda Y, Terao J, Kanazawa K, Oshima S, Inakuma T, Ishiguro Y, Takamura H, Matoba T. Influence of polyphenol and ascorbate oxidases during cooking process on the radical-scavenging activity of vegetables. *Food Sci. Technol. Res.* 9: 79-83 (2003)
39. Ashoor SH, Zent JB. Maillard browning of common amino acids and sugars. *J. Food Sci.* 49: 1206-1207 (1984)
40. Lee HR, Lee JH, Park CS, Ra KR, Ha JS, Cha MH, Kim SN, Choi YM, Hwang JB, Nam JS. Physicochemical properties and antioxidant capacities of different parts of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe). *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 43: 1369-1379 (2014)
41. Ferracane R, Graziani G, Gallo M, Fogliano V, Ritieni A. Metabolic profile of the bioactive compounds of burdock (*Arctium lappa*) seeds, roots and leaves. *J. Pharmaceut. Biomed.* 51: 399-404 (2010)
42. Xu G, Ye X, Chen J, Liu D. Effect of heat treatment on the phenolic compounds and antioxidant capacity of citrus peel extract. *J. Agr. Food Chem.* 55: 330-335 (2007)
43. Kang KS, Kim HY, Pyo JS, Yokozawa T. Increase in the free radical scavenging activity of ginseng by heat-processing. *Biol. Pharm. Bull.* 29: 750-754 (2006)
44. Yamaguchi T, Mizobuchi T, Kajikawa R, Kawashima H, Miyabe F, Terao J, Terao J, Matoba T. Radical-scavenging activity of vegetables and the effect of cooking on their activity. *Food Sci. Technol. Res.* 7: 250-257 (2001)
45. Murakami M, Yamaguchi T, Takamura H, Atoba TM. Effects of thermal treatment on radical-scavenging activity of single and mixed polyphenolic compounds. *J. Food Sci.* 69: FCT7-FCT10 (2004)
46. Cartier R, Rytz A, Lecomte A, Poblete F, Krystlik J, Belin E, Martin N. Sorting procedure as an alternative to quantitative descriptive analysis to obtain a product sensory map. *Food Qual. Prefer.* 17: 562-571 (2006)
47. Cheon HY. Quality characteristics of three times-steamed and dried ginseng extracts. MS thesis, Joongbu University, Geumsan, Korea (2005)