

팽화 처리가 도라지 사포닌 성분에 미치는 영향

박석준¹ · 김아영 · 이한승² · 김병용 · 백무열*

¹CJ제일제당(주), ²신라대학교 바이오식품소재학과
경희대학교 생명자원과학연구원 식품생명공학과

Effects of Puffing Process on the Saponin Components in *Platycodon grandiflorus(jacqin) A.De Candle*

Seok-Jun Park¹, A-Young Kim, Han-Seung Lee², Byung-Yong Kim, and Moo-Yeol Baik*

¹CJ Cheiljedang Foods R&D

²Department of Bio-Food Materials, Silla University

Department of Food Science and Biotechnology, Institute of Life Science and Resources, Kyung Hee University

Abstract

The changes of saponin components in *Platycodon grandiflorus (jacqin) A.De Candle* by puffing process were investigated. Major changes in appearance were browning and volume expansion, which were proportional to the increase of the puffing pressure regardless of moisture contents. Puffing has induced a porous structure in *Platycodon* so that the extraction yield increased by enhanced penetration of the extraction solvent into the inner portion. Not-puffed *Platycodon* showed the extraction yields of 35.3-42.1% and the puffed one did 56.3-60.6%. The changes in crude saponin contents showed the similar results that not-puffed *Platycodon* showed 18.8-21.7 mg/g dried sample and the puffed one did 26.2-60.4 mg/g dried sample. The DPPH radical scavenging activity of puffed *Platycodon* also increased three-fold compared to not-puffed one. The contents of platycodin complex of *Platycodon*, however, decreased with puffing pressure. The HPLC chromatogram implied that the breakage of the glycosidic bond and the ester bond in the saponin backbone could be a reason for the destruction of platycodin complex, which bound a glucose to 3 position carbon and arabinose-rhamnose-xylose-apiose to 28 position carbon of saponin backbone, respectively.

Key words: puffing, *Platycodon grandiflorus(jacqin) A.De Candle*, saponin, DPPH radical, platycodin complex

서 론

도라지 *Platycodon grandiflorus(jacqin) A.De Candle*는 초롱꽃 과에 속하는 다년생 초본의 뿌리로서 길경(桔梗)이라고도 불리며, 한국을 위시하여 중국 및 일본 등지에서 널리 자생하며, 예로부터 도라지의 약리적 기능이 알려져 있고(Lim, 1971) 최근에는 건강기능성이 과학적으로 규명되면서 건강식품으로서의 소비량이 증가함에 따라 재배면적이 확대되고 있다. 우리나라에서는 옛날부터 약용보다는 식용으로 더 많이 이용해오고 있으며, 식용으로는 당질이 많고 칼슘과 철분이 비교적 많이 함유되어 있어 생채, 나물,

전, 산적, 자반, 정과 등으로 조리되었다. 조리 시 도라지의 독특한 쓴맛과 향긋한 풍미는 식품으로서의 기호성을 높여 줄 뿐만 아니라 생리학적 효과도 뛰어나 맛과 건강을 위한 일석이조의 효과를 얻을 수 있는 식품으로 알려져 있다.

도라지 약리성분에 대한 연구는 1940년 처음으로 사포닌의 aglycone인 platycodigenin이 분리된 후 Kubota et al. (1969) 및 Akiyama et al.(1972)이 sapogenin의 구조를 밝혔는데, 이들은 전부 triterpenoid계 saponin으로 알려졌으며 그 후 Ishii et al.(1984)에 의해 새로운 17종의 saponin 구조가 밝혀졌다. 현대과학에서 보고된 주요 약리 효과로는 동물실험에서 진해, 거담작용, 중추신경 억제작용, 급만성염증, 항궤양 및 위액분비 억제작용, 혈관을 확장하여 혈압을 낮추는 항콜린작용, 혈당강화작용, 콜레스테롤 대사 개선작용 등이 있다(Tada et al., 1975; Sidhu & Oakenful, 1986; Kim et al., 1995).

팽화(puffing)는 짧은 시간에 높은 온도를 처리함으로써 식품 중에 존재하는 전분의 호화, 단백질의 변성 및 조직

*Corresponding author: Moo-Yeol Baik, Department of Food Science and Biotechnology, Institute of Life Science and Resources, Kyung Hee University, Yongin, Gyeonggi-do, 446-701, Korea
Tel: +82-31-201-2625; Fax: +82-31-204-8116

E-mail: mooyeol@khu.ac.kr

Received April 18, 2012; revised May 18, 2012; accepted May 21, 2012

화, 저장 중 지질의 산패 등을 유발시키는 효소의 불활성화 등 다양한 품질 변화를 유도하는 기술로서(Nam, 2005), 그 원리에 따라 atmospheric pressure법과 pressure-drop법으로 구분 된다(Matz, 1959). Atmospheric pressure법은 대기압에서 물질에 순간적인 열을 가함으로써 물질 내부의 수분에 열을 전달하여 고온의 수증기를 형성하고, 그 수증기압이 일정 지점에 이르렀을 때, 물질 겉껍질의 작은 흠이나 조적이 약한 부분을 통해 수증기가 외부로 방출이 되는 동시에 부피 팽창을 유발하여 팽화시키는 방식이다. Pressure-drop법은 물질 안팎의 압력을 이용하는 방식으로, 밀폐된 공간에서 물질을 가열하여, 물질 내부의 수분이 고온 고압의 상태가 되었을 때 순간적으로 팽화기의 문을 개방하여 물질 밖의 압력을 상압으로 낮추어, 물질 내부의 수증기압에 의한 수증기의 외부 방출로 인해 부피 팽창을 유도하는 방법이다. 즉, 고온, 고압의 수분의 순간적인 수증기화에 의한 원리이며, 두 방법 모두 팽화가 일어나는 기본적인 원리는 고온의 수분이 수증기화가 되는 것에 근원을 두고 있다. Atmospheric pressure법의 예로서는 sand puffing, air puffing, oil puffing, roller puffing 등이 있으며, pressure drop의 경우에는 gun puffing이 이에 속한다.

본 연구의 목적은, 도라지의 원형 그대로 팽화시킬 수 있는 최적의 가공 조건(수분함량, 압력)을 규명함으로써 품질이 좋고 저장성이 향상된 새로운 도라지 가공제품 개발에 기여하고, 팽화 공정을 통해 도라지 유효성분의 추출을 증대를 유도하여 도라지농축액의 수율 증대와 이를 통한 기업의 제조 원가 절감에 도움을 주고자 함에 있다. 따라서 도라지를 수분 함량 별로 제조한 다음 원형이 변하지 않는 팽화 도라지를 제조할 수 있는 최적의 압력조건을 찾아 팽화 도라지를 제조하였고, 각 조건 별 시료의 추출수율, 조사포닌 함량, DPPH radical scavenging activity 그리고 platycoside 함량 변화를 관찰하였다.

재료 및 방법

재료

본 실험에서 사용한 도라지 시료는 2009년 경기도 여주에서 재배한 4년 근 도라지를 구입하여 사용하였다.

팽화 도라지의 제조

4년 근 도라지의 동체를 5 mm의 일정한 두께로 세절한 뒤 60°C 열풍건조기에서 건조시간을 달리하여 도라지 시료의 수분함량을 각각 4.0%, 6.0%, 8.0%, 10.0%로 제조하였다. 그리고 고온에 의한 도라지의 탄화를 최소화 하여 최적의 팽화 상태를 유지하기 위한 목적으로 건조한 도라지 절편과 쌀을 1:4(w/w)의 비율로 혼합하였으며, 이것을 회전식 팽화기에 넣고 가열하였다. 게이지 압력이 5 kg/cm²에 도달했을 때 3 kg/cm²으로 중간압을 한번 빼준 뒤, 다

시 가열하여 압력이 7 kg/cm², 8 kg/cm², 9 kg/cm², 10 kg/cm²에 이르렀을 때, 팽화기의 문을 개방하여 팽화를 유도하였다.

추출 수율

팽화도라지 약 4g(고형분함량)에 70% ethanol 20 배를 가한 뒤, 70°C에서 12시간 동안 환류 추출(Glass Extractor, Jung Sung Hancorn, Seoul, Korea)하였다. Kimble-filtering flask에 funnel을 장착하고 여과지(Advantec No.2)를 사용하여 추출물을 여과한 뒤 여과액의 총 무게를 재고, 여과액 1 g을 취해서 105°C dry oven에서 16시간 건조시킨 후 무게를 측정하여 1g의 여과액에 대한 고형분 함량을 측정하였다. 측정된 고형분 함량을 이용하여 총 추출액의 고형분 함량을 산출하였다. 원 시료에 대한 총 추출액의 고형분 함량을 백분율로 추출 수율을 계산하였다.

조 사포닌

시료의 사포닌 함량은 식품 공전에 따라 다음과 같은 방법으로 측정하였다. 도라지 약 4g(고형분 함량)에 70% ethanol 20 배를 가한 뒤, 70°C에서 12시간 동안 환류 추출(Glass Extractor, Jung Sung Hancorn, Seoul, Korea)하고 여과하여, 여과액을 빈 수기에 넣고 45-50°C에서 감압 농축한 다음, 증류수 120 mL에 녹여 분액 깔때기에 붓고 diethyl ether 120 mL을 가한 다음 시료가 골고루 섞이도록 잘 흔들어진 후 물 층과 에테르 층으로 분리 될 때까지 방치시켰다. 분리된 에테르 층은 버리고 남아있는 물 층에 다시 수포화 부탄올 120 mL을 더하여 다시 잘 흔들여 준 후 분리 될 때까지 방치 시켰다. 분리된 수포화 부탄올 층은 따로 모아놓고 물 층에 다시 수포화 부탄올을 붓는 과정을 3번 반복하였다. 분리된 수포화 부탄올에 증류수 120 mL을 넣고 잘 흔들여 준 후 다시 분리 될 때까지 방치시킨 후 물 층만 제거하여 주었다. 이렇게 사포닌 성분을 수포화 부탄올로 이행시킨 후, rotary vacuum evaporator (BÜCHI rotavapor R-124 and BÜCHI water bath B-481, Flawil, Switzerland)를 사용하여 미리 항량 된 수기에 넣고 감압농축 하였다. 감압 농축 후 dry oven에서 2시간 건조 항량 시킨 후 무게를 측정하여 조사포닌 함량을 측정하였다.

$$\text{조사포닌(mg/g dried sample)} = \frac{W_1 - W_2}{W_3} \times \frac{A}{B} \quad (1)$$

W₁ : 수포화 부탄올층을 농축 건조한 후의 수기의 무게 (mg)

W₂ : 항량으로 한 빈 수기의 무게(mg)

W₃ : 초기 팽화도라지의 무게(g)

A : 농축액의 총 무게(g)

B : 농축액 시료의 채취량(g)

DPPH scavenging activity

DPPH 용액 0.1 mM, 2.95 mL에 추출액 50 μ L를 가하여 흡광도의 변화를 517 nm에서 정확히 30 분 후에 측정하였으며 표준물질로서 L-ascorbic acid 를 동량 첨가하였다. DPPH radical 제거능은 L-ascorbic acid를 이용하여 standard curve를 작성한 후 시료의 항산화력(AEAC, L-ascorbic acid equivalent antioxidant capacity)을 mg AEAC/g dry weight 으로 나타내었다.

Platycoside 함량 측정

사포닌의 분리 및 정량은 상기의 추출과 동일한 조건에서 추출물을 제조하고, 추출물은 상기의 수포화 부탄올법에 의거하여 n-butanol 층으로 이행된 사포닌을 분리 농축시켜 조사포닌으로 하였다. Platycoside 함량은 조사포닌을 메탄올에 용해한 후 Millipore filter(pore size 0.45 μ m)로 여과한 후 HPLC를 이용하여 분석하였다. HPLC 장비는 LC-20A Prominence Series(Shimadzu, Kyoto, Japan)을 사용하였고, column은 Waters spherisorb S5 ODS5 4.6 \times 250

(Waters, Milford, Ma, USA), detector는 ELSD-LT (Shimadzu, Kyoto, Japan)를 사용하였다. Flow rate은 0.8 mL/min, Injection volume은 20 μ L였으며, Acetonitril(ACN)과 Water를 gradient elution 방식으로 하여, 0-5 분은 15% ACN, 5-45 분은 15-50% ACN, 45-50 분은 50-90% ACN, 50-60 분은 90-15% ACN 조건으로 실시하였다.

통계분석

모든 실험은 3 회 반복 측정한 후, 통계처리 프로그램인 SAS(Statistical analysis program)을 이용하여 5% 유의 수준에서 평균값과 표준편차 그리고 Duncan's multiple range test로 평균간의 다중비교를 실시하였다.

결과 및 고찰

형태학적 변화

팽화 처리 전후의 외관상 변화를 Fig. 1에 나타내었다. 팽화 전후의 가장 큰 차이점은 갈변과 부피팽창으로 요약



Fig. 1. Morphology of not-puffed and puffed 4-year old platycodi radix.

Table 1. Extraction yield (%) of not-puffed and puffed 4-year old platycodi radix (8.0% moisture content) with different extraction times.

Puffing pressure	Time					
	4 hr	8 hr	12 hr	16 hr	20 hr	24 hr
not-puffed	35.3±0.2 ^{e*}	37.3±0.1 ^d	39.1±0.2 ^c	40.7±0.3 ^b	41.8±0.2 ^a	42.1±0.1 ^a
7 kg _f /cm ²	56.3±1.4 ^b	57.6±0.2 ^b	59.1±0.9 ^a	60.3±1.3 ^a	60.4±1.9 ^a	60.6±1.6 ^a

* Means with the same letter are not significantly different ($p < 0.05$) and the statistical analysis was conducted within the same row.

할 수 있다. 모든 팽화 처리구에서 갈변이 발생하였으며, 팽화 압력이 증가할수록 갈변의 정도가 증가함을 확인할 수 있었고, 이것은 도라지내의 당과 아미노산의 갈변 반응으로 인해 증가하는 것으로 판단되며, Yoon et al.(2005)의 보고에서와 같이 가열 온도와 가열시간이 증가할수록 갈색도가 증가하며, 또한 가용성 고형분 함량과 갈색도는 가열 시간보다는 가열온도에 더 많이 영향을 받는다는 결과와도 일치하였다.

팽화 처리 하지 않은 도라지는 건조시키지 않은 도라지에 비해 외관상 부피가 많이 감소하여 형태가 뒤틀렸음을 확인할 수 있었다. 이에 반해 팽화 도라지의 경우는 팽화 처리 하지 않은 도라지와 비교하였을 때, 팽화 처리에 의해 팽윤이 일어나 조직이 커짐을 확인할 수 있었으며, 팽화 압력이 증가할수록 그 정도 또한 증가하였다. 따라서, 간혹 팽화 압력에 의해 피층과 중심부가 분리된 팽화 도라지가 발견되기도 하였다. 7 kg_f/cm²이하에서 팽화 처리 했을 때의 도라지는 부피 팽창의 정도가 미미하였으며, 10 kg_f/cm² 이상에서 팽화시켰을 경우에는 부피팽창의 정도는 증가하지만 탄화의 정도가 극도로 심하여 시료로 사용하기에는 부적절하였다.

추출 시간에 따른 추출 수율

수분함량 8% 도라지와 수분함량 8% 상태에서 7 kg_f/cm²로 팽화시킨 도라지를 70% 에탄올을 사용하여 4시간에서 24시간까지 4시간 간격으로 추출 하였을 때 추출 수율을 Table 1에 나타내었다. 추출 시간에 따라 팽화 처리하지 않은 일반 도라지의 추출 수율은 35.3-42.1%, 팽화 도라지의 경우 56.3-60.6%의 범위로 측정되었다. 즉, 추출 시간이 길어질수록 추출 수율은 유의적($p < 0.05$)으로 증가하였음을 관찰할 수 있었다. 팽화 도라지의 경우 팽화 처리 하지 않은 도라지에 대비하여 높은 추출 수율을 보였고, 팽화 도라지의 경우 12시간 이후로는 추출 수율 간의 유의적 차이가 없는 것으로 나타났다.

추출 수율

서로 다른 수분함량과 팽화 압력을 갖는 팽화 도라지를 70% 에탄올을 사용하여 추출 하였을 때의 추출 수율을 Fig. 2에 나타내었다. 팽화 처리 하지 않은 도라지의 추출 수율은 35.4-42.1%, 팽화 도라지의 추출 수율의 경우 52.3-

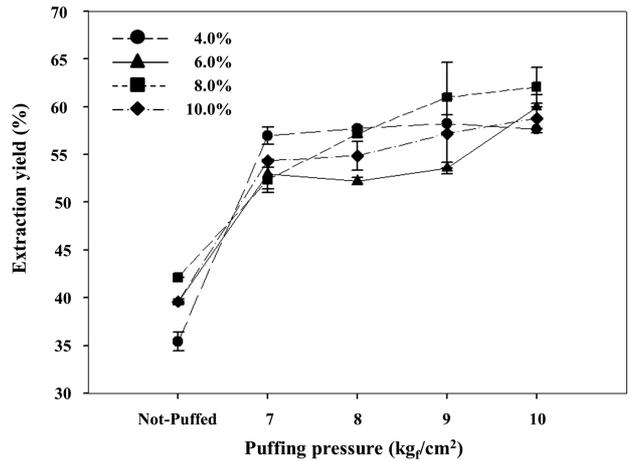


Fig. 2. Extraction yield (%) of puffed 4-year old platycodi radix with different moisture content and puffing pressure.

62.1%의 범위로 측정되었다. 즉 팽화 처리에 의해 추출 수율이 팽화 처리 하지 않은 도라지에 대비하여 48-75%까지 증가하였음을 관찰할 수 있었다. 이것은 팽화에 의한 조직의 다공질화로 인해 추출용매의 침투용이성이 증가하기 때문으로 판단된다. Kim et al.(1990)의 연구에 따르면, 열분해에 의해 비가용성 고분자 성분이 가용성 성분인 저분자 휘발성 향기성분, 단당류, 소당류 등으로 분해되면서 수율이 증가하지만, 지속적인 가열시간 증가는 불용성 화합물의 생성을 유발하여 수율이 다소 감소한다고 보고한 바 있다. 하지만 본 연구에서는 팽화 처리 시간이 모든 시험군에서 15 분 내외로 다소 단시간에 이루어 졌기 때문에 가열시간 증가에 따른 추출 수율 감소는 일어나지 않았다.

수분함량이 일정한 조건에서 팽화 압력이 증가함에 따라 추출 수율이 유의적으로 증가하였다. 하지만 팽화 압력이 일정한 조건에서 수분 함량 증가에 따른 유의적인 차이는 없었으며, 이로부터 팽화 도라지의 추출 수율은 초기 수분함량 보다는 팽화 압력에 의한 영향이 더 크게 작용함을 알 수 있었다. Yoon et al.(2010)의 연구결과에 따르면, 팽화 인삼의 추출 수율은 초기 수분함량이 낮을수록, 팽화 압력이 높을수록 증가한다. 하지만 본 연구에서는 팽화 도라지 수분함량을 10% 내로 다소 낮은 초기 수분함량 범위에서 실험이 이루어 졌기 때문에 수분함량에 따른 추출 수율 증가는 보이지 않았지만 팽화 압력이 높을수록 추출 수

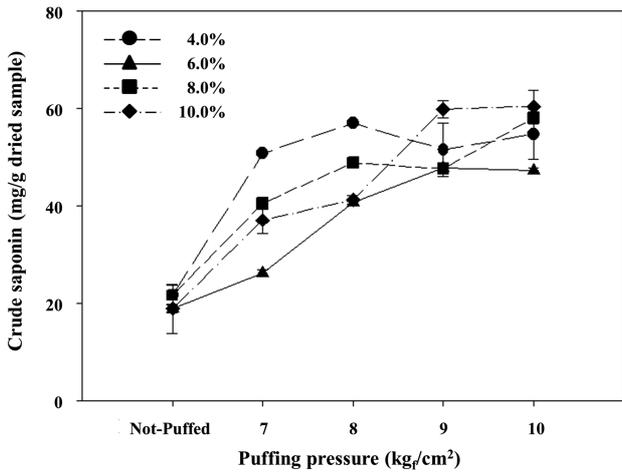


Fig. 3. Crude saponin contents of puffed 4-year old platycodi radix with different moisture content and puffing pressure.

율이 증가한다는 결과는 일치하였다.

조사포닌 함량

서로 다른 수분함량과 팽화 압력을 갖는 팽화 도라지에 대한 조사포닌 함량은 Fig. 3에 나타내었다. 조사포닌 함량 또한 추출 수율과 동일하게 모든 팽화 처리군에서 팽화 처리 하지 않은 도라지 시료에 비해 그 함량이 증가하는 경향을 나타내었다. 팽화 처리 하지 않은 도라지의 조사포닌 함량은 18.8-21.7 mg/g dried sample, 팽화 도라지는 26.2-60.4 mg/g dried sample 의 범위로 측정되었다. 팽화 처리에 의해 조사포닌 함량이 팽화하지 않은 대조군에 대비하여 44-232%까지 증가함을 확인할 수 있었다. 이것은 팽화 처리에 의해 도라지 조직이 팽화 과정을 거치면서 부피팽창에 따른 용매의 침투가 용이해지고 배당체 형태의 사포닌에 결합되어 있는 일부 당류가 팽화에 의해 분해되어 분자량이 작은 형태가 되어 조사포닌의 추출을 증가시키는 것으로 판단된다. Kim & Ryu(2005)는 압출성형공정을 통한 추출 수율과 조사포닌 함량의 증가는 고온, 고압, 고전단력의 압출성형조건에서 세포벽과 분자구조의 파괴에 따른 결합력의 약화와 수분흡수의 용이성 때문이라 보고하였으며, Yoon et al.(2005)에 의하면 인삼을 세절하여 동결건조시킨 후 가열온도(130-190°C)와 가열시간(10-30 분)에 따른 성분변화를 관찰하였을 때, 조사포닌의 함량은 160°C 및 가열시간 20 분일 때 64.40 mg/g의 최대값으로 측정되었고, 그 이후의 가열온도와 가열시간의 범위에서는 조사포닌의 함량이 감소하는 경향을 나타내었으며, 조사포닌 함량은 가열시간에 영향을 많이 받으며, 가용성 고형분 함량, 산성다당체 및 총 페놀성 화합물 함량은 가열온도에 영향을 많이 받는다고 보고한 바 있다.

추출 수율과 마찬가지로 수분함량이 일정한 조건에서 팽

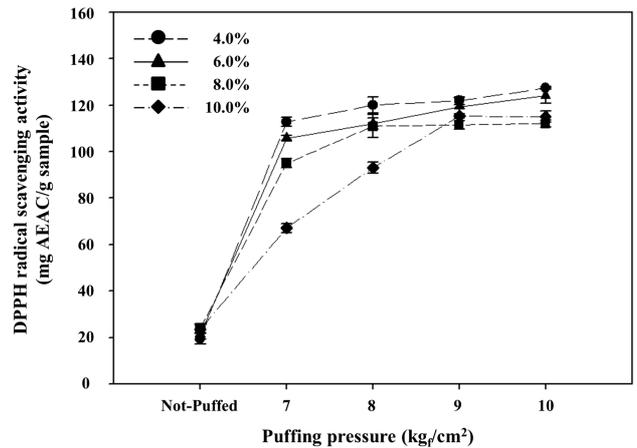


Fig. 4. DPPH · scavenging activities of puffed platycodi radix.

화 압력이 증가함에 따라 조사포닌 함량이 유의적으로 증가하였다. 하지만 팽화 압력이 일정한 조건에서 수분함량 증가에 따른 유의적인 차이는 없었으며, 이로부터 팽화 도라지의 조사포닌 함량은 초기 수분함량보다는 팽화 압력에 의한 영향이 더 크게 작용함을 알 수 있었다.

DPPH radical scavenging activity

팽화 처리 하지 않은 도라지와 팽화 도라지 시료에 대한 DPPH radical scavenging activity를 Fig. 4에 나타내었다. 모든 팽화 처리군에서 팽화 처리 하지 않은 도라지 시료에 비해 그 활성이 증가하는 경향을 나타내었는데 이는 가열 처리공정에 생성되는 일부 갈변 물질이 항산화 활성을 증가시킨 것으로 추측된다. 팽화 처리하지 않은 대조군의 DPPH radical scavenging activity는 19.4-23.9 mg AEAC/g sample, 팽화 도라지는 67.0-127.4 mg AEAC/g sample의 범위로 측정되었다. 이것은 팽화 처리가 도라지의 세포벽 구조를 파괴함으로써 세포 내부의 항산화 물질의 용출을 용이하게 하기 때문이다. Kang et al.(2006)의 연구에서 가공 과정 중 열처리된 홍삼과 선삼은 백삼에 비해 항산화 활성이 뛰어나며, 홍삼에 비해 더 높은 온도에서 가공되는 선삼은 홍삼보다 더 높은 항산화 활성을 나타내는 것으로 보고되었다.

수분함량이 일정한 조건에서는 팽화 압력이 증가함에 따라 DPPH radical scavenging activity가 유의적으로 증가하였다. 하지만 팽화 압력이 일정한 조건에서 수분함량 증가에 따른 유의적인 차이는 없었으며, 이로부터 팽화 도라지의 DPPH radical scavenging activity는 초기 수분함량보다는 팽화 압력에 의한 영향이 더 크게 작용함을 확인할 수 있었다.

팽화 처리에 따른 platycoside 함량

초기 수분함량 6.0% 조건에서 다양한 팽화 압력에 따른

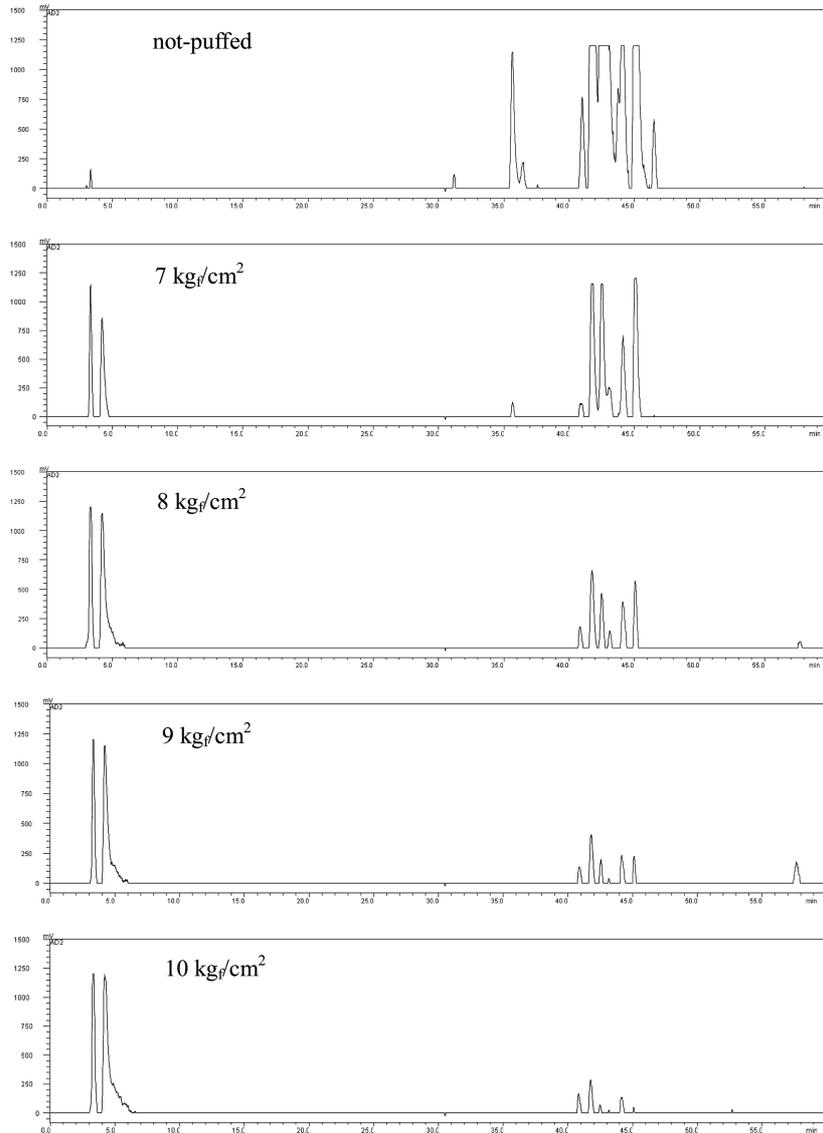


Fig. 5. HPLC chromatograms of the puffed 4-year old platycodi radix with various puffing pressure at the same moisture content (6.0%).

팽화 도라지의 HPLC chromatograms을 Fig. 5에 나타내었다. 팽화 도라지와 팽화 처리 하지 않은 도라지의 chromatograms을 비교하였을 때, platycodin complex의 함량은 전반적으로 팽화 처리 하지 않은 도라지보다 감소하였으며, 팽화 압력이 증가할수록 감소하는 경향을 나타냈다. 팽화 압력 10 kg/cm²에서 platycodin complex peak는 거의 사라지는 것을 볼 수 있었다. 이는 triterpenoid backbone을 가진 major saponin 3번 탄소에 glycosidic bond로 결합된 glucose와 28번 탄소에 ester bond에 의해 결합된 arabinose-rhamnose-xylose-apiose가 열과 압력에 의해서 쉽게 깨지고, 그로 인해 platycodin complex 함량이 감소되는 것으로 추측된다.

팽화 압력이 증가함에 따라, platycoside 함량과 major

platycoside 함량은 감소하였다(Table 2). 시료의 농도와 HPLC-ELSD instrument의 gain 값을 달리하여 실험을 진행하였지만, platycodin D를 제외한 platycoside E, platycodin D₃, deapioplatycoside E와 platyconic acid A는 완전하게 검출되지 않았다. 팽화 압력 10 kg/cm²에서 팽화시킨 팽화 도라지의 platycoside 함량은 팽화 처리 하지 않은 도라지보다 눈에 띄게 감소하는 것을 알 수 있었다. Ha et al.(2004)의 연구에 따르면 platycoside는 증숙이나 압력에 의해 변화되며, 이 연구에서는 열처리 후 platycoside E, platycodin D₃, platycodin D, polygalacin D, platycodin A의 함량은 감소되는 것으로 보고되었다. 또한 도라지 사포닌은 인삼의 사포닌과 같은 물질로서 인삼 사포닌인

Table 2. Platycoside contents in puffed 4-year old platycodi radix. (DPE: Deapioplatycoside E, PE: Platycoside E, PD3: Platycodin D3, PA: Platyconic acid A, PD: Platycodin D)

Moisture content	Puffing Pressure	Platycosides (mg/g sample)					
		DPE	PE	PD3	PA	PD	Total
4%	not-puffed	-	-	10.2±0.2 ^d	-	287.0±5.5 ^a	297.2±5.3 ^c
	7 kg _f /cm ²	-	-	-	-	99.1±3.9 ^f	99.1±3.9 ^e
	8 kg _f /cm ²	-	-	3.7±0.1 ^{ef}	-	40.7±0.7 ⁱ	102.7±4.0 ^g
	9 kg _f /cm ²	-	-	-	-	20.9±0.2 ^{jk}	20.9±0.2 ^{kl}
	10 kg _f /cm ²	-	-	-	-	5.0±0.0 ^l	5.0±0.0 ⁿ
6%	not-puffed	-	-	65.5±1.2 ^a	-	271.0±2.5 ^b	336.5±1.3 ^a
	7 kg _f /cm ²	-	-	4.2±0.1 ^c	-	141.8±2.4 ^d	146.0±2.3 ^c
	8 kg _f /cm ²	-	-	1.3±0.0 ^{ghi}	-	71.2±3.1 ^e	72.5±3.1 ^b
	9 kg _f /cm ²	-	-	0.7±0.1 ^{hi}	-	38.9±2.5 ⁱ	39.6±2.6 ^j
	10 kg _f /cm ²	-	-	0.1±0.0 ^j	-	25.2±1.9 ^j	25.4±1.9 ^k
8%	not-puffed	-	10.8±1.0 ^b	20.8±0.3 ^c	-	245.9±5.4 ^c	277.5±6.7 ^d
	7 kg _f /cm ²	-	3.8±0.2 ^{cd}	1.7±0.3 ^{gh}	-	115.8±5.5 ^e	121.3±5.9 ^f
	8 kg _f /cm ²	-	-	0.7±0.1 ^{ih}	-	38.7±1.7 ⁱ	39.4±1.8 ^j
	9 kg _f /cm ²	-	-	0.6±0.0 ^{ih}	-	23.6±3.1 ^j	24.2±3.1 ^k
	10 kg _f /cm ²	-	3.0±0.1 ^d	-	-	7.1±0.2 ^l	10.2±0.1 ^{mn}
10%	not-puffed	-	26.7±2.5 ^a	51.9±2.1 ^b	-	241.2±0.5 ^c	319.9±0.1 ^b
	7 kg _f /cm ²	-	6.4±0.3 ^c	2.7±0.1 ^{fg}	-	116.0±1.9 ^e	125.1±2.0 ^f
	8 kg _f /cm ²	-	2.3±0.3 ^d	1.8±0.1 ^{gh}	-	56.1±4.0 ^h	60.2±3.7 ⁱ
	9 kg _f /cm ²	-	-	0.1±0.0 ^j	-	14.9±0.3 ^k	15.0±0.2 ^{lm}
	10 kg _f /cm ²	-	-	-	-	-	-

* Means with the same letter are not significantly different. ($p < 0.05$)

ginsenoside 역시 열에 매우 불안정한 물질인데, Kim et al.(2008)의 연구에 따르면 팽화 인삼의 ginsenoside 함량의 변화를 관찰해본 결과 ginsenoside-Rb1, Rb2, Rc, Rd, Re, Rb1의 함량은 팽화 압력이 증가할수록 감소한 반면, ginsenoside-Rg3의 경우 팽화 처리 하지 않은 인삼에서는 검출되지 않았으나 팽화 처리구에서는 발견되었으며, 팽화 압력이 증가할수록 증가하는 경향을 보였다.

결론

팽화에 의한 도라지 사포닌 성분(추출수율, 조사포닌, DPPH radical scavenging activity, ginsenoside 동정)에 대한 영향을 조사해 본 결과는 다음과 같다.

팽화 처리 후 외관상의 가장 큰 변화는 갈변과 부피팽창이었다. 팽화 압력이 증가할수록 갈변과 부피팽창의 정도는 증가하였지만, 수분함량에 따른 차이는 관찰되지 않았다. 4시간에서 24시간 간격으로 추출 수율 측정 결과, 팽화 처리 하지 않은 도라지 추출 수율은 35.3-42.1%, 팽화 도라지의 경우 56.3-60.6%의 범위로 팽화 도라지가 팽화 처리 하지 않은 도라지에 비해 높은 추출 수율을 보였고, 팽화 도라지의 경우 12시간 이후로는 추출 수율 간의 유의적 차이가 없는 것으로 나타났다. 이것은 팽화에 의한 조직의 다공질화로 인해 추출용매의 침투용이성의 증가에

기인하는 것으로 판단된다. 그리고 팽화 압력 증가에 따라 추출수율 또한 증가하는 경향을 나타내었지만, 초기 수분함량에 따른 유의적인 차이는 관찰되지 않았다. 조사포닌 함량의 경우, 팽화 처리 하지 않은 도라지는 18.8-21.7 mg/g dried sample, 팽화 도라지는 26.2-60.4 mg/g dried sample의 범위로 측정되었다. 조사포닌 함량 또한 추출 수율에서와 동일하게 팽화 압력 증가에 따라 유의적으로 증가하는 경향을 나타내었지만, 초기 수분함량에 따른 유의적인 차이는 관찰되지 않았다. DPPH radical scavenging activity의 경우, 팽화 처리 하지 않은 도라지는 19.4-23.9 mg AEAC/g sample, 팽화 도라지는 67.0-127.4 mg AEAC/g sample의 범위로 측정되었다. DPPH radical scavenging activity 또한 팽화 압력 증가에 따라 유의적으로 증가하는 경향을 나타내었다. 이는 팽화 과정 중 열처리에 의해 total phenolic 함량이 증가하며, maillard reaction products 또한 항산화 활성을 증가시키는데 기인하는 것으로 생각된다.

팽화 도라지에서는 platycodin complex 함량이 팽화 처리 하지 않은 도라지보다 감소하였으며, 팽화 압력이 증가할수록 감소하는 경향을 나타냈다. 이는 triterpenoid backbone을 가진 major saponin 3번 탄소에 glycosidic bond로 결합된 glucose와 28번 탄소에 ester bond에 의해 결합된 arabinose-rhamnose-xylose-apiose가 열과 압력에 의해서 쉽게 깨지고, 그로 인해 platycodin complex 함량이 감소되는 것으로 추

측하였다.

팽화 처리는 도라지 세포벽 파괴를 이끌고 이로 인해 도라지 세포 내 유효성분의 용출을 용이하게 해줌으로써 추출 수율, 조사포닌, DPPH radical scavenging activity의 수득률을 높일 수 있었다. 하지만 팽화 과정 중 열처리에 의해 platycodin complex가 대부분 파괴되어 매우 낮은 platycodin complex 함량을 얻었다. 이로써 팽화를 이용하여 추출 수율 증대, 항산화 활성 증대 등 새로운 기능성에 대한 도라지 가공 기술을 확보할 수 있었으나, platycosides를 대부분 파괴시키기 때문에 platycoside에 대한 약리효과에는 효과적이지 않은 것으로 나타나서, 추후 이에 대한 보완 연구가 필요하다고 판단된다.

요 약

한국에 널리 자생하는 식용 식물이자 약용 식물인 도라지의 가공식품으로서의 활용도를 높이고자 팽화 기술을 적용하여 사포닌 성분의 변화와 추출율의 변화, 그리고 외관상의 변화들을 관찰하였다. 팽화 압력이 증가할수록 그 갈변과 부피 팽창도가 증가하였고, 추출 수율은 약 1.5 배, 조사포닌 함량은 약 2 배, DPPH radical scavenging activity는 3 배 이상 증가하는 것을 확인하였다. 그러나, 도라지 약리작용 물질의 하나로 보고되고 있는 platycodin complex는 감소함을 나타내어, 약리 효능을 유지하기 위해서는 팽화 조건을 설정하기 위해서는 추가의 연구가 필요하다고 판단하였다.

참고문헌

Akiyama T, Tanaka O, Shibata S. 1972. Chemical studies on the oriental plant drugs. XXX. Sapogenins of the roots of *Platycodon grandiflorum* A. De Candolle. (1) Isolation of the sapogenins and the stereochemistry of polygalacic acid. *Chem. Pharm. Bull.* 20: 1945-1951.

Ha JJ, Chung JW, Ha YW, Shin EM, Kim YS. 2004. Compositional analysis of major saponins and anti-inflammatory activity

of steam-processed platycodi radix under pressure. *Nat. Prod. Sci.* 14: 274-280.

Ishii H, Tori K, Tozjo T, Yoshimura Y. 1984. Saponins from Roots of *Platycodon grandiflorum* (Part 2. Isolation and structure of New Triterpene Glycosides). *Chem. Soc. Perkin Trans.* 661-668.

Kang KS, Kim HY, Pyo JS, Yokozawa. 2006. Increase in the free radical scavenging activity of ginseng by heat-processing. *Biol. Pharm. Bull.* 29: 750-754.

Kim BS, Ryu GH. 2005. Effect of die temperature and dimension on extract characteristics of extruded white ginseng. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 34: 544-548.

Kim JH, Ahn SC, Choi SW, Hur NY, Kim BY, Baik MY. 2008. Changes in effective components of ginseng by puffing. *J. Korean Soc. Biol. Chem.* 51: 188-193.

Kim KS, Osamu E, Shinji I, Hiroshige L. 1995. Effects of *Platycodon grandiflorum* feeding on serum and liver lipid concentrations in rats with diet-induced hyperlipidemia. *J. Nutr. Sci. Vitaminol.* 41: 485-491.

Kim SB, Do JR, Lee YW, Gu YS. 1990. Nitrite-scavenging effects of roasted-barley extracts according to processing conditions. *Korean J. Food Sci. Technol.* 22: 748-752.

Kubota TH, Kitatan H, Hinoh H. 1969. The structure of platycodigenic acid A, B and C further triterpenoid constituents of *Platycodon grandiflorum* A. De Candolle, *Chemical Commun.* 22: 1314.

Lim KH. 1971. *A Medicinal Phytology (the details)*. Dong Myoung Sa, Gyeonggi-Do, Korea, p. 281.

Matz SA. 1959. *The Chemistry and Technology of Cereals as Food and Feed*. AVI Publishing Company Inc., Westport, USA, pp. 179-181.

Sidhu GS, Oakenful DG. 1986. A mechanism for the activity of saponin. *Br. J. Nutr.* 55: 643-649.

Tada A, Kaneiwa Y, Shoji J, Shibata S. 1975. Studies on the Saponins of root of *Platycodon grandiflorum* A. De Candolle. I. Isolation and the structure of platycodin-D. *Chem. Pharm. Bull.* 23: 2965-2972.

Yoon SR, Lee GD, Kim HK, Kwon JH. 2010. Monitoring of chemical changes in Explosively puffed ginseng and the optimization of puffing conditions. *J. Ginseng Res.* 34: 59-67.

Yoon SR, Lee MH, Park JH. 2005. Changes in physicochemical compounds with heating treatment of ginseng. *J. Korean Soc. Food Sci. Nur.* 34: 1572-1578.