

초고압 처리가 꼬마칼라감자의 항산화 증진에 미치는 영향

박성진¹⁾ · 권민수²⁾ · 황영정³⁾ · 최미숙⁴⁾ · 나영아^{4)¶}

한림성심대학교 관광외식조리과/한림성심대학교 생물소재연구소¹⁾ ·
농업회사법인 룩아 주식회사²⁾ · 한국국제대학교 외식조리학과³⁾ · 을지대학교 식품산업외식학과^{4)¶}

Effects of Antioxidant Activities of Small Colored Potatoes (*Solanum tuberosum* L.) by using Ultra High Pressure Extraction Process

Sung-Jin Park¹⁾ · Min-Soo Kwon²⁾ · Young-Jeong Hwang³⁾ ·
Mi-Sook Choi⁴⁾ · Young-Ah Rha^{4)¶}

Dept. of Tourism Food Service Cuisine, Hallym Polytechnic University¹⁾
Research Institute of Biomaterial, Hallym Polytechnic University, Chuncheon 200-711, Korea¹⁾
Rokya Agricultural Corp., Chuncheon 200-933, Korea²⁾

Dept. of Food Science & Culinary Arts, International University of Korea³⁾
Dept. of Food Technology and Services, Eulji Univrsity, Seongnam, Gyeonggi-do, 461-713, Korea⁴⁾

Abstract

We investigated a method to improve antioxidant activities of colored potato extracts by ultra high pressure extraction process. The colored potato was extracted by water at 60°C(WE) and 300 MPa for 15 min (High Pressure Extraction, HPE₁₅) and 30 min (High Pressure Extraction, HPE₃₀). The extractions yielded by different extraction processes were 1.73(WE), 2.10(HPE₁₅), and 2.41(HPE₃₀)%. Total phenolic acid contents of different extraction processes were estimated as 48.21(WE), 50.20(HPE₁₅) and 51.34(HPE₃₀) GAL mg/g, respectively. The flavonoids contents of different extraction processes were measured as 13.12(WE), 14.35(HPE₁₅) and 15.17(HPE₃₀) RE mg/g, respectively. Generally, for the contents of phenolic acid and flavonoids, the samples from HPE were higher than those from conventional extraction process. HPE₃₀ showed 76.21% of DPPH radical scavenging activity (EDA, %) in 1,000 ug/mL. The reducing power of HPE₃₀ also showed the high activity as 0.42. In generally, antioxidant activities of colored potato were increased by high pressure extraction process. We could tell that the HPE extracts of colored potato had a higher antioxidant activity than those from conventional water extraction. The results of HPE showed obvious advantages in higher efficiency, shorter extraction time.

Key words: small colored potato, high pressure extraction process, antioxidant activity, total phenolics

I. 서 론

체내에서 발생하는 활성산소는 일반적으로 체

내에 존재하는 항산화 시스템으로 인해 저해와 방어가 가능하였다. 그러나 최근 산업화로 인한 각종 매연, 환경호르몬, 알콜 및 흡연 등과 같은

환경적 요인은 활성산소의 양을 증가시켜서 체내의 항산화 시스템만으로는 산화적 스트레스에 의해 발생하는 손상을 적절히 방어하지 못할 수 있다(Gutteridge JMC & Halliwell B 1994). 이와 같은 현상으로 인해 생성되는 활성산소종(reactive oxygen species, ROS)은 불안정하고 반응성이 매우 높아서 고분자 단백질과 DNA의 변형 및 생체막을 손상시키며, 조직이나 기관들을 손상시켜 암과 같은 질병을 야기한다(Lee OH *et al* 2009; Yamashita A *et al* 2008). ROS를 제거하기 위해서 과거에는 효과와 경제성이 뛰어난 합성 항산화제인 BHT(butylated hydroxytoluene) 및 BHA(butylated hydroxyanisole)가 많이 사용되어 왔으나, 최근 이러한 합성물질의 인체에 대한 독성과 안정성의 문제가 많이 알려지면서 법적으로 규제되고 있으며 그 사용이 점점 감소하고 있다(Kim HK *et al* 2004; Kim TK *et al* 2003). 이와 함께 안전성이 확보된 천연물을 이용한 새로운 천연 항산화제 개발에 관한 연구가 활발하게 진행되고 있다(Kalt W 2006). 인간의 노화현상이나 암 발생은 생체 내에서 산화되는 생리기능에 스트레스를 가하는 현상인 oxidative stress를 유발하는 자유기(free radical)에 기인하는 것으로 알려져 있다(Macrae RG *et al* 1993). 인간의 세포는 매일 산화적 손상을 받는데 인체 각 세포의 DNA는 하루에 약 10,000번의 산화적 공격을 받는다. 이로 인한 손상은 일부 회복되지만 회복되지 않은 손상이 축적되어 노화, 암, 심장 병 등의 질병을 일으키게 된다(Block G & Langseth L 1994; Ames BN 1984). 또한 항산화 영양 성분으로는 β -carotene, 비타민 E, 비타민 C 등의 비타민과 Se, Cu, Mn, Zn 등의 미량원소와 총 phenol이 알려져 있는데 이들 미량성분의 항암효과는 항산화 능력에 기인한 다는 연구결과도 보고되었다(Park SJ *et al* 2009; Kromhout D 1987).

초고압 공정은 비가열처리 가공방법이므로 식품 내 주요 성분을 변성시키지 않아 신선감을 유지시킬 수 있는 가공기술로 평가되고 있고, 기존

의 가열처리에 의한 식품의 조직감 및 풍미 저하 등을 극복할 수 있다(Kim CH *et al* 2007). 한편, 초고압처리 기술은 소수성결합이나 이온결합의 파괴를 촉진하고 분자량이 작은 물질보다는 소수성결합 등을 포함하는 거대분자에 대해 선택적으로 작용한다. 이를 통하여 추출 시에 그 수율 증진을 위한 공정으로 사용될 수 있다고 보고되고 있다(Kim CH *et al* 2007). 기존의 천연물 추출에 사용된 전통적인 방법은 추출효율이 낮고 에너지 소비가 많으며 열로 인한 많은 유용성분의 파괴, 단백질의 변성, 성분의 손실, 가공성분 위주의 추출, 열에 대하여 불안정한 것 등의 단점을 드러내고 있다(Park JH *et al* 2004). 이러한 단점을 극복하기 위하여 초고압 기술을 약용식물의 유용 성분을 추출하는데 적용할 수 있는데, 이러한 추출법을 초고압 추출이라고 한다. 초고압 기술은 약용작물의 유효 성분을 짧은 시간 내에 추출할 수 있으며 순도가 높은 단일 성분과 불순물이 거의 없는 추출물을 얻을 수 있다. 그것은 초고압 하에서 세포막이 파괴(Bennett PB *et al* 1998) 되어 세포 안으로 용매의 침투가 가능하여 보다 많은 성분이 세포 밖으로 쉽게 용출되어 나오기 때문으로 추정하고 있다. 최근 들어 초고압 기술이 식품의 개발에 직접 응용되면서 일본에서는 초고압을 이용해 과일 잼을 생산하였다. 초고압을 통해 과일 잼을 만든 결과 열처리를 통해 발생하는 향과 색깔의 변화가 적고 과일 특유의 성질이 유지된다고 보고되었다(Horie Y *et al* 1991).

최근 감자는 식품산업의 발전과 함께 박피, 절단 등 소비자의 구매 요구에 맞는 1차 가공 형태로 단위 포장하여 저온 유통 및 판매되는 최소가공 가공품으로서의 수요가 증가되고 있다(Hur J 2007). 유색감자는 수분함량이 높아 장기저장이 어려운 일반감자의 단점을 보완하여 개발된 것으로, 일반감자보다 병충해에 강하고, 독특한 맛과 색을 함유하고 있어 기호가 높을 뿐만 아니라 식욕을 증진시킨다. 또한 아린 맛이 덜해서 과일처럼 생식이 가능하기 때문에 조리로 인한 영양성

분의 손실을 줄일 수 있다. 한편, 유색감자 껍질의 육색은 적색 또는 보라색을 띠고 있는데 이것은 수용성 색소인 안토시아닌으로 과실류나 채소류, 꽃 그리고 낙엽 등에 많이 함유되어 있으며(Lee JS 2012), 여러 가지 생리활성을 지닌다(Jang HL & Yoon KY 2012). 또한 적색 또는 보라색은 수용성 색소인 anthocyanin으로써 pH에 따라 주황색, 적색, 분홍색, 보라색 및 청색 등 다양한 색상을 나타내며, 자연계에 약 300여종이 존재한다(Song ES *et al* 2005). 또한 anthocyanin이 지니는 항산화 및 항암 기작은 *in vivo* 및 *in vitro* 실험에서도 입증되고 있어 이를 바탕으로 많은 연구가 이루어지고 있다(Park YM *et al* 2012; Ahn GJ 2010; Choi HD *et al* 2008; Jeong JC *et al* 2006). 그리고 칼라감자와 같은 표면이 외피로 쌓인 조직으로 이루어진 소재의 추출에 있어서 단순 열수 추출 공정으로는 용매의 소재 조직으로의 효과적인 침투가 어려워 유용성분의 추출에 한계가 있다. 이러한 단점을 극복하기 위해 고온의 열수를 이용하게 되면 목적하지 않는 성분의 용출로 식품이나 약용으로서의 이용에 한계가 있다. 따라서 이러한 소재의 기존 추출공정의 단점을 극복하고 활성성분의 효과적인 용출을 가능하게 하기 위해 본 연구에서는 초고압 공정을 꼬마칼라감자 추출에 적용하여 본 연구를 수행하였다.

II. 재료 및 방법

1. 실험 재료

본 실험에 사용된 칼라꼬마감자는 농업회사법인 룩아(주)에서 제공받아 즉시 세척하여 사용하였다. 초고압 추출은 칼라꼬마감자 50 g을 비닐팩에 증류수와 함께 넣어 공기가 들어가지 않도록 잘 밀봉한 후, 초고압 추출 장치(Ilshin autoclave, Daejeon, Korea)를 이용하여 60°C에서 300 MPa의 압력으로 15분, 30분으로 추출 조건을 다르게 하여 실행하였다. 초고압 추출이 끝난 시료를 각각 수직 환류 냉각기에 부착된 추출 flask에

시료 증량에 대하여 각각 10배의 증류수를 추출 용매로 사용하여 실온에서 12시간 동안 2회 반복 추출하였다. 대조군으로는 칼라꼬마감자 50 g을 초고압 추출과정은 제외하고 나머지는 같은 조건인 실온에서 12시간 동안 2회 반복 추출하였다. 얻어진 각각의 추출물들을 감압여과장치(Rotary Vacuum Evaporator N-N series, Berlin, EYELA, Germany)로 여과하여 농축을 하였고, 동결건조를 한 후에 실험에 사용하였다(Kim CH *et al* 2008).

2. 총 페놀 및 플라보노이드 함량

총 페놀 함량은 Folin-Denis법(Gutfinger T 1981)에 따라 추출물 1 mL에 Folin-Ciocalteu 시약 및 10% Na₂CO₃용액을 각 1 mL씩 차례로 가한 다음 실온에서 1시간 정치한 후 spectrophotometer(UV 1600 PC, Shimadzu, Tokyo, Japan)를 이용하여 700 nm에서 흡광도를 측정하였다. Gallic acid(Sigma Co., St. Louis, MO, USA)를 0 ~ 100 µg/mL의 농도로 제조하여 시료와 동일한 방법으로 분석하여 얻은 표준 검량선으로부터 시료 추출물의 총 페놀 함량을 산출하였다.

총 플라보노이드는 Moreno MIN 등(2000)의 방법에 따라 추출물 0.5 mL에 10% aluminum nitrate 0.1 mL 및 1 M potassium acetate 0.1 mL, ethanol 4.3 mL를 차례로 가하여 혼합하고 실온에서 40분간 정치한 다음 415 nm에서 흡광도를 측정하였다. Rutin(Sigma Co., St. Louis, MO, USA)을 표준물질로 하여 0 ~ 100 µg/mL의 농도 범위에서 얻어진 표준 검량선으로부터 추출물의 총 플라보노이드 함량을 계산하였다.

3. DPPH radical에 대한 전자공여능 측정

추출물의 전자공여작용(electron donating abilities, EDA)은 각각의 추출물에 대한 DPPH (α,α-diphenyl-picrylhydrazyl)의 전자공여효과로 각 시료의 환원력을 측정하였다. 즉 에탄올 1 mL, 시료 10 µL, 100 mM sodium acetate buffer (pH 5.5) 990 µL를 분주한 시험관에 0.5 mM DPPH 용액

(Abs. EtOH soln.) 0.5 mL를 넣어 교반하고, 암실에서 5분간 반응을 유도한 후, 잔존 radical의 농도를 UV spectrophotometer를 이용하여 517 nm에서 측정하였다(Lee HH & Lee SY 2008). 전자공여능(%)은 $[(1-As/Ac) \times 100]$ 으로 나타내었고, As와 Ac에 실험군과 대조군의 흡광도 값을 각각 대입하여 계산하였다.

$$EDA(\%) = (1 - \frac{As}{Ac}) \times 100$$

As : 추출물 첨가구의 흡광도

Ac : 추출물 무첨가구의 흡광도

4. 환원력 측정

Oyaizu M(1986)의 방법에 따라 측정하였으며 시료 1 mL에 pH 6.6의 200 mM 인산 완충액 및 1%의 potassium ferricyanide를 각 1 mL씩 차례로 가하여 교반한 후 50°C의 수욕상에서 20분간 반응시켰다. 여기에 15% TCA (trichloroacetic acid) 용액을 1 mL 가하고 12,000 X g에서 15분간 원심 분리하여 얻은 상정액 1 mL에 증류수 및 ferric chloride 각 1 mL를 가하여 혼합한 후 700 nm에서 흡광도를 측정하였다. 시료의 환원력은 흡광도의 값으로 나타내었다.

5. ABTS 라디칼 소거능 측정

ABTS 라디칼 소거능 측정은 Roberta R 등 (1999)의 방법으로 평가하였다. 7.4 mM ABTS와

2.6 mM potassium persulphate를 제조하여 섞은 후, 암소에 하루 동안 방치하여 양이온 라디칼 (ABTS·⁺)을 형성시킨 후, 734 nm에서 흡광도의 값이 1.5 이하가 되도록 희석하였다. 희석된 ABTS·⁺용액 1 mL에 농도별로 제조된 시료 20 µL를 첨가한 뒤 30분 후 흡광도의 변화를 측정하였다. 항산화 활성은 시료를 녹인 용매인 dimethyl sulfoxide(DMSO)를 대조군으로 사용하여 대조군에 대한 라디칼 소거능을 백분율로 나타내었다.

$$ABTS \text{ 라디칼 소거능} = (1 - \frac{A_{test}}{A_{Control}}) \times 100$$

6. 통계처리

실험에서 얻어진 결과는 실험군당 평균 ± 표준편차로 표시하였고, 각 군당 3개의 시료를 사용하여 실험은 3회 반복 시행하였으며, 각 군의 평균 치간의 차이에 대한 유의성은 one-way ANOVA 분석을 수행하였고 평균값의 통계적 유의성은 p<0.05 수준에서 검증하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 추출수율

추출 공정별 꼬마감자 감자 추출물의 수율은 3회 추출하여 그 평균값을 <Table 1>에 나타내었다. 추출 수율 결과를 통해 초고압 처리 추출물의

<Table 1> Comparison of the extraction yielded from small colored potato according to different extraction processes

Sample	High Pressure	Yield (%w/w)
WE	-	1.73 ± 0.30 ^{b1)}
HPE15	15 min	2.10 ± 0.51 ^{ab}
HPE30	30 min	2.41 ± 0.22 ^a

Values are mean ± S. D. Values are mean of triplicates

† WE : water extraction at 60°C

HPE15 : high pressure extraction for 15 minutes at 60°C with water solvent

HPE30 : high pressure extraction for 30 minutes at 60°C with water solvent

1) Values with different superscript within the same column are significantly different at p<0.05.

수율이 15분 처리 시 2.10, 30분 처리 시 2.41%의 추출 수율을 나타내어 일반 열수추출공정과 비교하여 약 1.2 ~ 1.4배의 추출수율을 나타내었는데, 이는 초고압 5분, 15분 처리추출물이 일반 열수추출에 비해 각각 1.8배, 1.9배까지 증가하였다고 보고(Kim CH *et al* 2007)된 내용과 유사한 결과로서 초고압 공정을 통해 꼬마칼라 감자의 수율이 증가하는 결과를 확인할 수 있었다. 또한 이와 비슷한 연구결과로 저온 고압공정이 일반열수 추출 공정의 8.39%에 비해 약 3%가 높은 11.41%의 추출 수율을 나타내었다(Ling J *et al* 2008). 이처럼 초고압 공정에 의해 기존의 추출 방법으로는 용출되어지지 않았던 성분들이 초고압 처리를 통한 조직과 세포막의 변형으로 인해 용매들이 세포 안으로 쉽게 들어감으로써 기존 물질들의 용출량이 증가한 결과라 사료된다.

2. 총 페놀 및 플라보노이드 함량

식물에 널리 존재하는 phytochemical 중 폴리페놀 화합물은 식품에 많이 분포되어 있으며, 천연항산화제로의 작용이 우수하다(Sato M *et al* 1996; Fitzpatrick DF *et al* 1993). 각종 질병의 치료 및 예방에 효과가 있어 폴리페놀 함량이 높은 식물은 건강보조식품 재료로써도 각광받고 있다. 이에 따라 일반감자와 꼬마칼라감자의 항산화활성과 관련이 깊은 총 폴리페놀과 플라보노이드 함량을 측정하였으며, 그 결과는 <Table 2>와 같다. 꼬마칼라 감자의 일반적인 열수 추출물의 경우 총 페놀 함량은 48.21 mg/g의 함량을 나타내었

고, 총 플라보노이드는 13.12 mg/g의 함량으로 나타났다. 하지만, 초고압 공정을 거친 꼬마칼라 감자에서는 총 페놀함량이 50.20 ~ 51.34 mg/g, 총 플라보노이드 함량은 14.35 ~ 15.17 mg/g로 초고압 공정을 실시함에 따라 총 페놀 함량과 총 플라보노이드 함량이 증가함을 나타내었다. Velioglu YS 등(1998)은 다양한 과일, 채소, 곡물의 총 폴리페놀 함량을 측정한 결과, 보라색 감자와 일반 감자의 총 폴리페놀 함량이 각각 781 mg/100 g과 437 mg/100 g이라고 보고하여 유색감자가 일반 감자에 비해 많은 양의 폴리페놀을 함유하고 있었으며, 감자의 폴리페놀 함량의 차이는 품종과 재배지역 및 재배환경에 따른 차이가 원인인 것으로 판단된다. 초고압 공정에 따른 변화 비교에서는 초고압 공정을 병행하였을 시 총 페놀과 총 플라보노이드 함량이 초고압 공정을 거치지 않은 것보다 유의적으로 증가되는 것으로 보아 활성성분의 용출이 증진된 것으로 보인다. 특히 phenol 유도체를 비롯한 sesamol, tocopherol, flavonoids 와 이의 유도체들 및 페놀화합물등의 천연 항산화제로서 잘 알려져 있는 물질등이 초고압 공정을 통해서 같은 조건의 추출을 하였을 시 이와 같은 유용성분의 용출이 증가할 수 있음을 확인할 수 있었다.

3. 전자 공여능(Electron donating ability, EDA)에 의한 항산화 활성

*In vitro*상에서의 꼬마칼라 감자 초고압 추출물과 일반 추출물의 DPPH에 대한 전자공여능을 비

<Table 2> Total polyphenol and total flavonoid contents of small colored potato according to different extraction processes

Sample†	Total polyphenol(GAL ¹)mg/g)	Total flavonoids(RE ²)mg/g)
WE	48.21 ± 1.89 ^b	13.12 ± 0.73 ^b
HPE15	50.20 ± 0.14 ^{a,b}	14.35 ± 0.17 ^{a,b}
HPE30	51.34 ± 0.94 ^a	15.17 ± 0.28 ^a

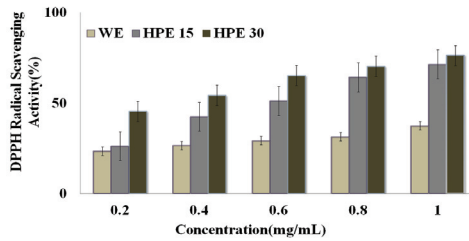
Values are mean ± S. D. Values are mean of triplicates

† See the table 1 for abbreviation

¹)Gallic acid equivalent

²)Rutin equivalent

Values with different superscript within the same column are significantly different at p<0.05.



Values are mean ± S. D. Values are mean of triplicates
 † See the table 1 for abbreviation

<Fig. 1> DPPH radical scavenging activities of small colored potato according to different extraction processes

교하여 <Figure 1>에 나타내었다. 전자공여능 측정에 사용된 DPPH는 안정한 자유라디칼로서 그것의 비공유전자로 인해 517nm 부근에서 최대 흡수치를 나타낸다. 전자 또는 수소를 받으면 517nm 부근에서 흡광도가 감소하며 각 추출물에서 이러한 라디칼을 환원시키거나 상쇄 시키는 능력이 크면 높은 항산화 활성 및 활성산소를 비롯한 다른 라디칼에 대하여 소거 활성을 기대할 수 있다. 또한 인체 내에서 활성 라디칼에 의한 노화를 억제하는 척도로도 이용할 수 있다. 항산화 활성도는 시료농도에 의존적으로 시료의 농도가 증가함에 따라 증가하였고, 일반 열수 추출물 보다는 초고압 열수 추출물의 항산화도가 높게 측정되었다. 이러한 결과는 초고압 추출공정을 통해 꼬마 칼라 세포 및 조직의 파괴로 인한 활성 물질의 용출이 증가되었으며, 초고압 처리가 활성물질의 변성 및 파괴에 효과적으로 기여하는 것으로 사료된다. Reddivari L 등(2007)의 연구에서는 품종에 따른 감자의 DPPH 소거능이 17.0~95.7%로 품종에 따른 라디칼 소거능의 차이가 크게 나타

났다고 보고하였다. 게다가 내부 육질이 같은 yellow임에도 불구하고 표피의 색이 보라색에 가까울수록 라디칼 소거능이 높은 것으로 보아 표피의 색 또한 라디칼 소거능을 높이는데 영향을 줄 것으로 여겨진다. 항산화 활성은 갈변을 일으키는 페놀성 화합물의 항산화 작용에 의한 것으로 추측된다(Ling J *et al* 2008).

4. 환원력

항산화 작용의 여러 가지 기작 중에서 활성 산소종 및 유리기에 전자를 공여하는 능력이 환원력 이므로 이를 측정하여 항산화 활성을 검정하는 수단으로 이용할 수 있으며, 환원력이 강할수록 녹색에 가깝게 발색되므로 항산화 활성이 큰 물질일수록 높은 흡광도 값을 나타낸다(Kim JH *et al* 2003). 꼬마칼라 추출물의 환원력을 조사한 결과를 <Table 3>에 나타내었으며, 최종농도 1.0 ug/mL에서 일반추출물의 경우 0.11, 초고압 추출물의 경우 0.24, 0.42로, 일반 추출물보다는 초고압 추출물의 활성이 높았고, 초고압 추출을 병행하였을 시에 활

<Table 3> Reducing power of small colored potato according to different extraction processes

Sample†	Concentration (µg/mL)				
	200	400	600	800	1,000
WE	0.09 ± 0.11	0.09 ± 0.22	0.09 ± 0.12	0.10 ± 0.13	0.11 ± 0.32
HPE15	0.10 ± 0.12	0.10 ± 0.53	0.11 ± 0.35	0.14 ± 0.75	0.24 ± 0.64
HPE30	0.11 ± 0.12	0.12 ± 0.45	0.12 ± 0.37	0.13 ± 0.54	0.42 ± 0.13

Values are mean ± S. D. Values are mean of triplicates
 † See the table 1 for abbreviation

성도가 증가하는 것을 볼 수 있었다.

5. ABTS 라디칼 소거능

ABTS assay는 potassium persulfate와의 반응으로 생성된 peroxide radical 성격의 $ABTS^{\cdot+}$ 이 항산화 물질에 의해 제거되면서 청록색이 탈색되어지는 것을 이용하여 항산화 활성을 측정하는 방법이다. 앞에서의 DPPH assay의 경우 유리라디칼이 소거되어지는 것을 이용하는 것인 반면 ABTS assay는 양이온 라디칼이 소거되어지는 것을 이용하는 방법이다(Li H *et al* 2007 ; Que F *et al* 2006). <Figure 2>는 꼬마칼라감자 ABTS radical 소거능을 나타낸 것으로 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 및 1.0 mg/mL에서 일반추출물은 각각 5.05 ± 0.50 , 6.40 ± 0.14 , 9.14 ± 0.15 , 9.23 ± 0.26 및 $10.79 \pm 2.69\%$ 를 나타내었다. 특히 최종농도 1.0 mg/mL에서 일반추출물의 경우 10.79%, 초고압 추출물의 경우 15분 처리 시 16.87%, 30분 처리 시 20.05%로, 일반 추출물보다는 초고압 추출물의 활성이 높았고, 초고압 추출을 병행하였을 시에 활성도가 증가하는 것을 볼 수 있었다.

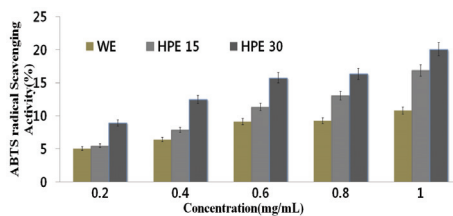
이에 따라, 초고압 공정의 병행을 통해 활성이 증진되는 것으로 유용성분의 수율 증진가능성을 확인 할 수 있었다. 특히 초고압 공정을 통한 유용성분 증진은 시료 자체의 조직에 따라 추출 수율 및 유용생리활성 물질의 차이를 보인 것으로 판단된다. 또한 초고압 공정을 통한 추출 방법은 실험실 규모에서는 작은 차이이라도 대규모 공정으로

활용될 시에는 큰 수율의 증진을 보일 것으로 기대되는 추출공정법이라 사료된다.

IV. 요약 및 결론

본 연구에서는 칼라감자와 같은 표면이 외피로 쌓인 조직으로 이루어진 소재의 추출에 있어서 단순 열수 추출 공정으로는 용매가 소재 조직으로의 효과적인 침투가 어려워 유용성분의 추출에 한계가 있다. 하지만, 고온의 열수를 이용하게 되면 목적하지 않는 성분의 용출로 식품이나 약용으로서의 이용에 한계가 있어 이러한 단점을 극복하기 위해 기존 추출공정의 단점을 극복하고 활성성분의 효과적인 용출을 가능하게하기 위해 초고압 공정을 꼬마칼라감자 추출에 적용하여 본 연구를 수행하였으며 그 결과는 다음과 같다.

추출 수율 결과를 통해 초고압 처리 추출물의 수율이 15분 처리 시 2.10, 30분 처리 시 2.41%의 추출 수율을 나타내어 일반 열수추출공정과 비교하여 약 1.2 ~ 1.4배의 추출수율을 나타내었으며, 총 페놀과 총 플라보노이드 함량은 초고압 공정을 병행하였을 시 초고압 공정을 거치지 않은 것보다 다소 증가되는 것으로 보아 활성성분의 용출이 증진된 것으로 보인다. 전자 공여능은 시료 농도에 의존적으로 시료의 농도가 증가함에 따라 증가하여 30분 초고압 처리한 추출물이 1.0 mg/mL에서 76.21%로 높은 활성을 나타내었으며, 일반 열수 추출물 보다는 초고압 열수 추출물의



Values are mean \pm S. D. Values are mean of triplicates
 † See the table 1 for abbreviation

<Fig. 2> ABTS radical scavenging activities of small colored potato according to different extraction processes

항산화도가 높게 측정 되었다. 꼬마칼라 추출물의 환원력은 최종농도 1,000 ug/mL에서 일반추출물의 경우 0.11, 초고압 추출물의 경우 0.24, 0.42로, 일반 추출물보다는 초고압 추출물의 활성이 높았고, 초고압 추출을 병행하였을 시에 활성도가 증가하는 것을 볼 수 있었다. 꼬마칼라감자의 ABTS radical 소거능을 나타낸 것으로 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 및 1.0 mg/mL에서 각각 5.05±0.50, 6.40±0.14, 9.14±0.15, 9.23±0.26 및 10.79±2.69%를 나타내었다. 특히 최종농도 1.0 mg/mL에서 일반추출물의 경우 10.79%, 초고압 추출물의 경우 16.87%, 20.05%로, 일반 추출물보다는 초고압 추출물의 활성이 높았고, 초고압 추출을 병행하였을 시에 활성도가 증가하는 것을 볼 수 있었다. 이에 따라, 초고압 공정의 병행을 통해 활성이 증진되는 것으로 유용성분의 수율 증진가능성을 확인 할 수 있었다. 특히 초고압 공정을 통한 유용성분 증진은 시료 자체의 조직에 따라 추출 수율 및 유용생리활성 물질의 차이를 보인 것으로 판단된다. 또한 초고압 공정을 통한 추출 방법은 실험실 규모에서는 작은 차이라도 대규모 공정으로 활용될 시에는 큰 수율의 증진을 보일 것으로 기대되는 추출공정법이라 사료된다.

한글 초록

본 연구에서는 초고압 추출공정을 이용하여 전통적인 기존 추출공정과 비교함으로써 초고압 추출공정에 의한 꼬마칼라감자의 항산화 활성 증진을 확인하고자 연구를 수행하였다. 초고압 처리 추출물의 수율이 15분 처리시 2.10, 30분 처리시 2.41%로 추출 수율을 나타내어 일반 열수추출공정(1.73%)과 비교하여 약 1.2 ~ 1.4배의 추출수율을 나타내었다. 초고압 공정에 따른 변화 비교에서는 초고압 공정을 병행하였을 시 총 페놀과 플라보노이드 함량이 초고압 공정을 거치지 않은 것보다 다소 증가되는 것으로 보아 활성성분의 용출이 증진된 것으로 보인다. DPPH radical 소거

활성은 30분 초고압 처리한 추출물이 1.0 mg/mL에서 76.21%로 높은 활성을 나타내었으며, 환원력 역시 전체적으로 초고압 공정을 실시하였을 때의 활성이 높게 측정되었다. 초고압 추출이 꼬마칼라감자 내부 조직까지 영향을 주어 세포벽이 깨어지면서 조직 및 구조가 변화한 것으로 판단되며, 이를 통해 수율 및 활성 성분의 용출 증가가 이루어진 것으로 사료된다. 따라서 꼬마칼라감자의 초고압 추출공정의 최적화를 통한 활성물질의 추출 극대화를 통해 높은 경제적 가치를 이룰 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 중소기업청에서 시행한 2013년도 산학연공동기술개발사업지원(과제번호:C0113115)에 의하여 수행된 연구 결과의 일부이며 이에 감사드립니다.

참고문헌

- Ahn GJ (2010). Quality characteristics of Sulgidduk prepared with amount of purple sweet-potato powder. *Korean J Culinary Res* 16(1): 127-136.
- Ames BN (1984). Dietary carcinogen and anti-carcinogens. *Clin Toxicol* 22(3): 291-301.
- Bennett PB, Marquis RE, Demchenko I (1998) High pressure biology and medicine. University of Rochester Press, New York, USA, 1-428
- Block G, Langseth L (1994). Antioxidant vitamins and disease prevention. *Food Technol* 48(7): 80-84.
- Choi, HD, Lee HC, Kim SS, Kim YS, Lom HT, Ryu GH (2008). Nutrient components and physicochemical properties of new domestic potato cultivars. *Kor J Food Sci Technol* 40(4): 382-388.
- Fitzpatrick DF, Hirschfield SL, Coffey RG (1993).

- Endothelium-dependent vasorelaxing activity of wine and other grape products. *Am J Physiol* 265(2): H774-H778.
- Gutfinger T (1981). Polyphenols in olive oils. *JAOC* 58(11): 966-967.
- Gutteridge JMC, Halliwell B (1994). Antioxidants In nutrition, Health, and Disease. Oxford University Press. London, UK, 1-62.
- Horie Y, Kimura K, Ida M, Yosida Y, Ohki K (1991). Jam preparation by pressurization. *Nippon Nogeikagaku Kaishi* 65(6): 975-980.
- Hur J (2007). Effect of Citrate and Phosphate on the Inhibition of Browning in Minimally Processed Potatoes. *Korean J Culinary Res* 13(2): 254-259.
- Jang HL, Yoon KY (2012). Biological activities and total phenolic content of ethanol extracts of white and flesh-colored *Solanum tuberosum* L. potatoes. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 41(8): 1035-1040.
- Jeong JC, Chang DG, Yoon YH, Park CS, Kim SY (2006). Effect of cultural environments and nitrogen fertilization levels on the antocyanin accumulation of purple-fleshed potato. *J Bio-Environ* 15(2): 201-210.
- Kalt W (2006). Effects of production and processing factors on major fruit and vegetable antioxidant. *J Food Sci* 70(1): 11-19.
- Kim CH, Kwon MC, Syed AQ, Hwang B, Nam JH, Lee HY (2007). Toxicity reduction and improvement of anticancer activities from *Rhodiola sachalinensis* A. Bor by ultra high pressure extracts process. *Korean J Medicinal Crop Sci* 15(6): 411-416.
- Kim CH, Kwon MC, Han JG, Na CS, Kwak HG, Choi GP, Park UY, Lee HY (2008). Skin-Whitening and UV protective effects of *Angelica gigas* Nakai extracts on ultra high pressure extraction process. *Korean J Medicinal Crop Sci* 16(4): 255-260.
- Kim HK, Kwon YJ, Kim YE, Nahmgang B (2004). Changes of total polyphenol content and antioxidant activity of *Aster scaber* thunb extracts with different microwave assisted extraction conditions. *Korean J Food Preserv* 11(1): 88-95.
- Kim JH, Kim JK, Kang WW, Ha YS, Choi SW, Moon KD (2003). Chemical composition and DPPH radical scavenger activity in different sections of safflower. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 32(5): 733-738.
- Kim TK, Shin HD, Lee YH (2003). Stabilization of polyphenolic antioxidants using inclusion complexation with cyclodextrin and their utilization as the fresh-food preservative. *Korean J Food Sci Technol* 35(2): 266-272.
- Kromhout D (1987). Essential micronutrients in relation to carcinogenesis. *Am J Clin Nutr* 45(5): 1361-1467.
- Lee HH, Lee SY (2008). Cytotoxic and antioxidant effects of *Taraxacum coreanum* Nakai. and *T. officinale* WEB. extracts. *Korean J Medicinal Crop Sci* 16(2): 79-85.
- Lee JS (2012). Quality characteristics of wet noodles added with freeze-dried purple sweet potato powder. *Korean J Culinary Res* 18(5): 279-292.
- Lee OH, Lee BY, Lee J, Lee HB, Son JY, Park CS, Shetty K, Kim YC (2009). Assessment of phenolics-enriched extract and fractions of olive leaves and their antioxidant activities. *Bioresour Technol* 100(23): 6107-6113.
- Li H, Choi YM, Lee JS, Park JS, Yeon KS, Han CD (2007). Drying and antioxidant characteristics of the shiitake(*Lentinus edodes*) mushroom in a conveyer-type far-infrared dryer. *J*

- Korean Soc Food Sci Nutr* 36(2): 250-254.
- Ling J, Han JG, Ha JH, Jeong HS, Kwon MC, Ahn JH, Kim JC, Choi GP, Chung EK, Lee HY (2008). Effect of immune activity on *Berberis koreana* Palibin by ultra high pressure low temperature process. *Korean J Medicinal Crop Sci* 16(6): 439-445.
- Macrae RG, Robinson RK, Sadler MJ (1993). Encyclopedia of food science. *Food Technology and Nutrition* 1: 607-171.
- Moreno MIN, Isla MIN, Sampietro AR, Vattuone MA (2000). Comparison of the free radical scavenging activity of propolis from several region of Argentina. *J Ethnopharmacology* 71(1-2): 109-114.
- Oyaizu M (1986). Studies on products of browning reactions: antioxidative activities of products of browning reaction prepared from glucosamine. *Jpn J Nutr* 44(6): 307-315.
- Park SJ, Seong DH, Park DS, Kim SS, Gou J, Ahn JH, Yoon YB, Lee HY (2009). Chemical compositions of fermented *Codonopsis lanceolata*. *J Korea Soc Food Sci Nutr* 38(3): 396-400.
- Park JH, Lee HS, Mun HC, Kim DH, Seong NS, Jung HG, Bang JK, Lee HY (2004). Effect of ultrasonification process on enhancement of immuno-stimulatory activity of *Ephedra sinica* Stapf and *Rubus coreanus* Miq. *Korean J Biotechnol Bioeng* 19(2): 113-117.
- Park YM, Kim MH, Yoon HH (2012). Quality characteristics of Sulgidduck added with purple sweet potato. *Korean J Culinary Res* 18(1): 54-64.
- Que F, Mao L, Zhu C, Xie G (2006). Antioxidant properties of Chinese yellow wine, its concentrate, and volatiles. *LWT-Food Sci Technol* 39(2): 111-117.
- Reddivari L, Hale AL, Miller JC (2007). Determination of phenolic content, composition and their contribution to antioxidant activity in specialty potato selections. *Am J Potato Res* 84(4): 275-282.
- Roberta R, Nicoletta P, Anna P, Anath P, Min Y, Catherine RE (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Bio Med* 26(9-10): 1231-1237.
- Sato M, Ramarathanm N, Suzuki Y, Ohkubo T, Takeuchi M, Ochi H (1996). Varietal differences in the phenolic content and superoxide radical scavenging potential of wines from different sources. *J Agric Food Chem* 44(1): 37-41.
- Song ES, Park SJ, Woo NRA, Won MH, Choi JS, Kim JG, Kang MH (2005). Antioxidant capacity of colored barley extracts by varieties. *Kor J Soc Food Sci Nutr* 34(10): 1491-1497.
- Velioglu YS, Mazza G, Gao L, Oomah BD (1998). Antioxidant activity and total phenolics in selected fruits, vegetables, and grain products. *J Agric Food Chem* 46(10): 4113-4117.
- Yamashita A, Soga Y, Iwamoto Y, Asano T, Li Y, Abiko Y, Nishimura F (2008). DNA microarray analyses of genes expressed differentially in 3T3-L1 adipocytes co-cultured with murine macrophage cell line RAW264.7 in the presence of the toll-like receptor 4 ligand bacterial endotoxin. *Int J Obesity* 32(11): 1725-1729.

2014년 04월 22일 접수

2014년 06월 15일 1차 논문수정

2014년 06월 25일 2차 논문수정

2014년 07월 05일 3차 논문수정

2014년 07월 15일 논문게재확정