

## 용매 추출과 병용 추출법을 이용한 양파 과육으로부터 quercetin 관련물질의 추출

진은영 · 박영서<sup>1</sup> · 장재권<sup>2</sup> · 정명수<sup>3</sup> · 박훈<sup>4</sup> · 심건섭<sup>5</sup> · 최영진\*

서울대학교 농생명공학부, 경원대학교 식품생물공학과<sup>1</sup>, 청강문화산업대학 식품과학과<sup>2</sup>,  
이화여자대학교 식품공학과<sup>3</sup>, 선문대학교 식품과학전공<sup>4</sup>, (주)그린바이오<sup>5</sup>

### Extraction of Quercetin and Its Glucosides from Onion Edible Part Using Solvent Extraction and Various Extraction Assisting Methods

Eun Young Jin, Young-Seo Park<sup>1</sup>, Jae Kweon Jang<sup>2</sup>, Myong-Soo Chung<sup>3</sup>, Hoon Park<sup>4</sup>,  
Kun-Sub Shim<sup>5</sup>, and Young Jin Choi\*

*Department of Agricultural Biotechnology, Seoul National University*

<sup>1</sup>*Department of Food Science and Biotechnology, Kyungwon University*

<sup>2</sup>*Department of Food Science, Chungkang College of Cultural Industries*

<sup>3</sup>*Department of Food Science and Engineering, Ewha Womans University*

<sup>4</sup>*Department of Food Science, Sunmoon University*

<sup>5</sup>*Greenbio Co., Ltd.*

#### Abstract

Quercetin is one of the main flavonoids from onion. To use quercetin as a functional component for onion food products, the effects of various extraction assisting methods such as juicing methods, microwave, ultrasound and enzyme treatments on the yield of quercetin and its glucosides were investigated. For conventional solvent extraction, the highest yield of quercetin and its glycosides was achieved with 0.8 mL/g of 60% methanol at 50°C for 15 min. The juicing methods using mixer and screw showed no influence on the yield. Microwave and ultrasound treatments showed 2.14 times and 2.06 times more quercetin yields than non-treated extraction, respectively. For cellulase and viscozyme treatments, the highest yields of quercetin were achieved with 0.5 mL/g of 1% enzyme-0.1M sodium acetate (pH 5.2) buffer solution. Cellulase and viscozyme treatment improved quercetin yield 1.65 times and 2.29 times more than non-treated one, respectively.

**Key words:** quercetin, extraction, onion, extraction assisting methods

## 서 론

양파는 *Allium* 속 채소류로 많이 이용되고 있는 채소 중의 하나로써 flavonoid류가 다량 함유되어 있다(Herrmann, 1976). 최근 양파가 조미소재로서의 의미를 벗어나 더욱 각광 받기 시작한 것은 양파의 약리적 효능 때문으로 1990년대부터 약리효과에 대한 연구가 활발하게 진행되었다. 양파는 예로부터 이노제, 거담제로 애용되어 왔으며(Woo et al., 2003), 위염을 일으키는 미생물인 *Helicobacter pylori*의 성장을 억제함으로써 위장을 보호하고, alliin계 휘발

성분이 위와 장의 점막을 자극해 소화분비를 촉진시키며 상관의 작용을 활성화시켜 장 무력증에 좋은 효능을 나타낸다. 또한 대장균이나 식중독을 일으키는 살모넬라균을 죽이는 항균효과를 비롯하여 간장의 해독작용을 강화시키는 glutathione 성분에 의한 중금속의 해독작용(Sheo et al., 1993)과 알레르기에 대한 저항력 증진, 콜레스테롤의 감소를 통한 당뇨병의 예방, xanthine oxidase 저해작용(Ra et al., 1998), tyrosinase 저해작용(Cho et al., 2001) 등이 보고되어 있다.

양파에 비교적 다량 함유되어 있는 quercetin은 flavonoids 화합물의 일종으로서 berry(William et al., 1999), 어성초(Hakkine et al., 1999), 두충나무(Lee et al., 2002), 참당귀(Moon et al., 2000) 등의 식물체에 aglycon 또는 배당체의 형태로 존재하면서 건강기능성을 나타낸다고 보고되고 있다. 양파의 quercetin 함량은 양파 종류와 수확 시기에

Corresponding author: Young Jin Choi, Department of Agricultural Biotechnology, Seoul National University, San 56-1, Sillim-dong, Gwanak-gu, Seoul 151-742, Korea

Tel: +82-2-880-4851; Fax: +82-2-873-5095

E-mail: choiyj@snu.ac.kr

Received February 13, 2009; revised May 6, 2009; accepted May 22, 2009

다른 차이가 있지만 185-634  $\mu\text{g g}^{-1}$  fresh weight 정도 포함되어 있다(Crozier et al., 1997). 최근 동물실험 등의 연구결과로부터 quercetin은 발암물질의 활성 감소, 암세포의 효소작용 저해, 항암물질의 활성증대 및 변이 암세포의 생육저해 작용 등 광범위한 기능성을 가진다고 보고되고 있다(Leighton et al., 1992).

천연물질에서 생리활성이 있는 성분을 효율적으로 추출하기 위해 많은 연구가 보고되고 있다. 초음파를 이용하거나 microwave를 조사하고 초임계나 아임계를 이용하여 추출하거나 효소처리를 하는 여러 종류의 추출 병용법이나 전처리법이 연구되고 있다. Microwave 처리 시에 구아바 잎의 quercetin(Jianlin & Zhanxia, 2004), 양파의 oleore sin(Kwon & Kwon, 1999), 사과의 pectin(Wang et al., 2007) 추출 수율이 높아졌다는 보고가 있는데 *Euonymus alatus*의 rutin과 quercetin이 많이 추출되었다는 연구 결과(Yi & Fan, 2007) 등 초음파를 조사하였을 때 식품이나 천연물질에서 추출물의 수율을 높인 연구가 많이 이루어지고 있다(Mason et al., 1996). 효소를 이용하여 추출물의 수율을 높이는 연구도 많이 행해지고 있는데 cellulase를 이용하여 아스파라거스 주스에서 페놀성의 물질의 추출수율을 높인 연구결과가 보고되었고(Sun et al., 2005), viscozyme을 이용한 연구로는 오트밀 겨에서 단백질의 추출 수율을 높였다는 보고가 있다(Guan & Yao, 2008).

본 연구에서는 저장 기간이 짧은 이유로 사용에 한계가 있는 양파 과육부를 이용한 양파가공제품 제조를 위한 기초자료를 제공하고자 양파에 함유되어 있는 유용 성분인 quercetin 관련물질의 추출법을 최적화시키기 위하여 추출 용매, 온도, 시간, 용매량, 과육 착즙 방법 등의 최적 조건을 탐색하고 초음파 처리법, 효소 처리법, 마이크로웨이브 조사법 등의 다양한 병용 추출방법에 따른 quercetin 관련물질의 수율을 측정하고 비교 분석하였다.

## 재료 및 방법

### 시료

본 실험에서 사용한 양파는 서울시 관악구 시중 마켓에서 2007년에 판매한 국내산 양파를 무작위로 선별하여 구입하였으며 4°C에서 냉장보관하면서 시료로 사용하였다.

양파 과육부의 과즙은 우선 박피한 후 가정용 녹즙기(WRD-205, Woorideul Industrial Co., Seoul, Korea)와 가정용 믹서기(HM-180, Hibell, Hwaseong, Gyeonggi, Korea)를 이용하여 착즙하였다.

### Quercetin류의 최적 추출 조건 탐색

다양한 전처리 조건과 추출조건에서 처리된 양파 시료 중의 quercetin과 그 배당체의 정량분석을 위하여 추출 용매로 일정시간 동안 항온수조(BW-05G, Jeiotech, Seoul,

Korea) 내에서 추출하거나 추출병용처리를 하여 그 효과를 보았다.

### 용매추출의 최적조건 탐색

양파에 함유되어 있는 quercetin 관련물질의 최적 추출조건을 확립하기 위하여 사용하는 용매, 용매와 시료의 비율, 추출 온도, 추출 시간, 착즙 방법에 따른 quercetin과 배당체의 추출 수율을 비교하였다. 추출용매에 따른 효과를 보기 위해 60% methanol, 60% ethanol과 증류수를 이용하여 60°C에서 1시간 동안 추출하였다. 용매와 시료의 비율에 따른 최적 추출조건을 알아보기 위해 60% methanol을 용매부와 시료 질량의 비율이 0.8, 1.6, 2.4 mL/g이 되도록 넣고 60°C에서 1시간 동안 추출하였다. 추출온도의 영향을 보기 위해 25, 40, 50, 60°C에서 추출하였다. 착즙 방법에 따른 quercetin 추출 정도를 보기 위해 양파 생과육을 가정용 녹즙기와 믹서기를 이용해 착즙한 후 각 방법으로 착즙한 시료를 60% methanol로 1시간 동안 60°C에서 추출하였다.

### 병용처리를 이용한 추출의 최적조건 탐색

초음파와 microwave 조사를 하거나 효소처리를 하는 등의 다양한 병용처리가 quercetin류의 추출에 미치는 영향을 살펴보았다. 초음파 처리는 가정용 녹즙기로 착즙한 과육에 60% methanol을 넣고 30, 60, 90분 동안 초음파세척기(280 W, VC-05, Jeiotech)를 사용하여 초음파를 조사시킨 후 용매추출 실험에서 결정된 최적 용매 추출조건(용매부와 시료질량비 0.8 mL/g, 추출온도 50°C, 추출시간 15분)에서 추출하였다.

Microwave 전처리는 60% methanol 용액에 과육을 넣고 가정용 microwave(700W, RE-21CRN, Samsung, Seoul, Korea)를 이용하여 용매의 비등을 방지하기 위하여 조사시간을 20초로 하여 1회, 3회, 5회 간헐적으로 조사하여 전처리한 후 결정된 최적 용매 추출 조건으로 추출하였다.

Cellulase(Yakult Honsa, Tokyo, JAPAN)와 viscozyme(Novozyme, Bagsvaerd, Denmark) 전처리가 추출에 미치는 영향을 살펴보기 위하여 가정용 녹즙기로 착즙한 과육에 각각 1% cellulase-0.1 M sodium acetate(pH 5.2) buffer 용액과 1% viscozyme-0.1 M sodium acetate(pH 5.2) buffer 용액을 시료와 비율이 0.5, 1, 1.5 mL/g가 되도록 넣고 45°C에서 1시간 동안 항온수조에서 반응시켰다. 반응이 종결된 후 dry oven에 넣어 buffer를 증발시킨 후 최적 용매 추출 조건에서 추출하였다.

### Quercetin 류의 분석

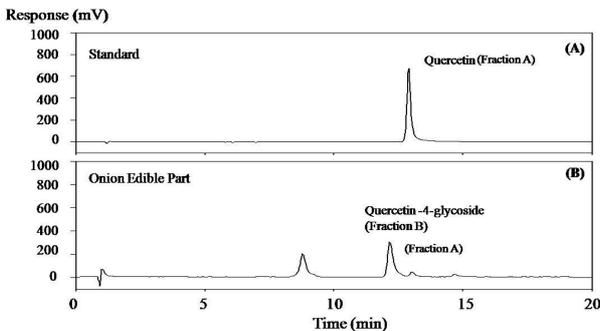
Quercetin과 그 배당체의 정량분석을 위하여 HPLC를 사용하였다. 각 처리별로 추출한 후 원심분리기(KR/UNION 55 R, Hanil, Seoul, Korea)를 사용하여 4,200×g로 30분 동안 원심분리하여 그 상층액을 분석 시료로 하였으며 상층

**Table 1. HPLC operating conditions for the analysis of quercetin and its glucosides**

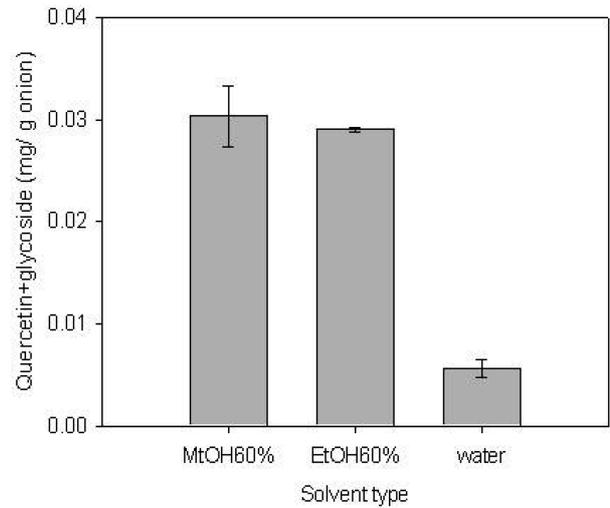
Items	Conditions
Instrument	Genetix. UK/QPix2 (Waters, us 600S)
Column	Nova-Pak C-18 column (3.9×150 mm i.d., 4 μm)
Mobile phase	A: 0.1% Formic acid, B: 100% Methanol Gradient : 80%→0% A within 25 min 20%→100% B within 25 min
Flow rate	1 mL/min
Detection	UV 375 nm
Injection volume	20 μL

액은 0.2 μm PVDF membrane filter(Millipore, Billerica, MA, USA)로 필터링 한 후 HPLC(Genetix, UK/QPix2, Waters, Milford, MA, USA)로 분석하였다. HPLC 분석에는 Waters 600 S Controller(600 s controller, Waters)를 사용하였으며 용매는 0.1% formic acid(buffer A)와 100% methanol(buffer B)을 사용하였다. Column은 Nova-Pak c-18 (4 μm, 3.9×150 mm)을 사용하였으며, 1 mL/min의 flow rate로 분석하였다. Detector는 UV-Vis detector(SLC-200, Samsung)를 이용하여 375 nm에서 분석하였다. 자세한 HPLC 분석 조건은 Table 1 에 나타내었다. 정량은 quercetin 표준품(Sigma, St. Louis, MO, USA)을 사용하여 외부 표준법으로 계산하였다. 전형적인 양파과육부의 HPLC 결과는 Fig. 1과 같다. Fig. 1(A)는 quercetin standard의 피크이고 Fig. 1(B)는 양파 과육의 피크이며 분획 A는 quercetin이고 분획 B는 quercetin-4'-O-glycoside이다.

모든 실험은 3회 이상 반복하여 실시하였고 평균과 표준편차를 계산한 후 그 결과를 비교하였다. 모든 결과의 수치는 wet basis를 기준으로 하였고 양파과육 시료의 수분함량은 90%였다. 분산분석을 실시하여 유의적으로 차이가 나는 경우 SPSS(SPSS Inc., Chicago, IL, USA)로 분석하여 Duncan's test를 통해 유의수준 p=0.05에서 유의성을 검증하였다.



**Fig. 1. Representative chromatograms of analytical HPLC for (A) quercetin standard and (B) the onion edible part.**



**Fig. 2. The effects of various solvents on the extraction yields of quercetin and its glucosides from onion edible.**

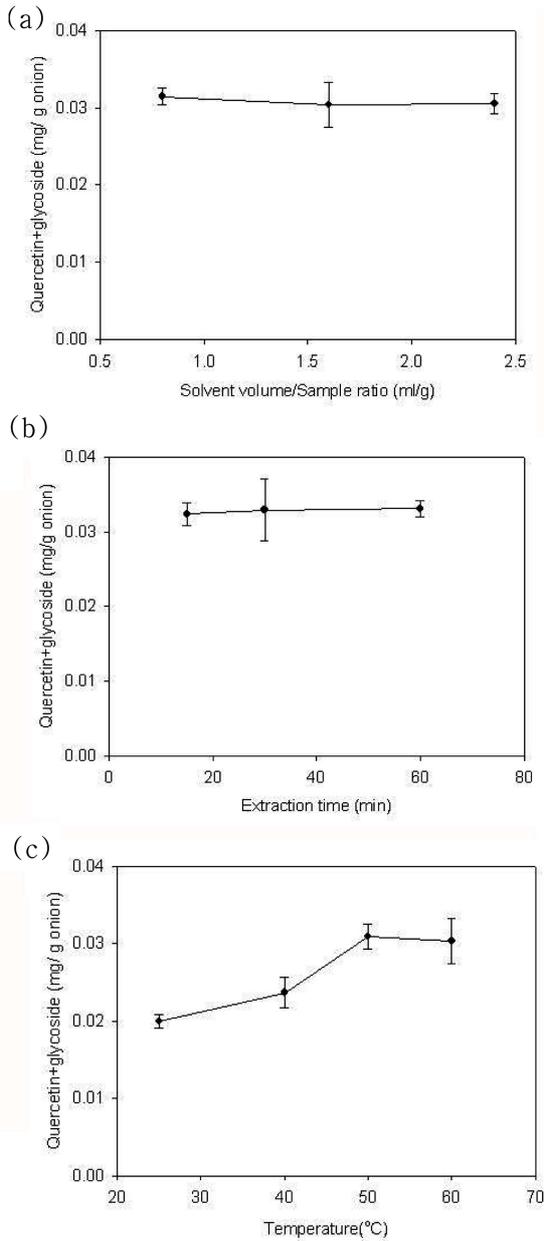
### 결과 및 고찰

#### 용매 추출의 최적조건 탐색

용매 종류에 따른 quercetin과 배당체의 추출양을 Fig. 2 에 나타내었다. 60%의 methanol을 사용하였을 경우 약 0.030 mg/g으로 증류수를 사용한 경우보다 quercetin과 배당체가 약 5배 이상 더 많이 추출되었다. 60% ethanol의 경우, 0.029 mg/g으로 methanol의 경우와 유의적인 차이는 없었다. 기능성분인 quercetin과 그 배당체가 증류수보다는 유기용매에 더 잘 녹아 나오므로 ethanol보다 methanol이 quercetin과 그 배당체에 대한 친화력이 더 크기 때문에 더 많이 추출되었을 것이라고 사료된다.

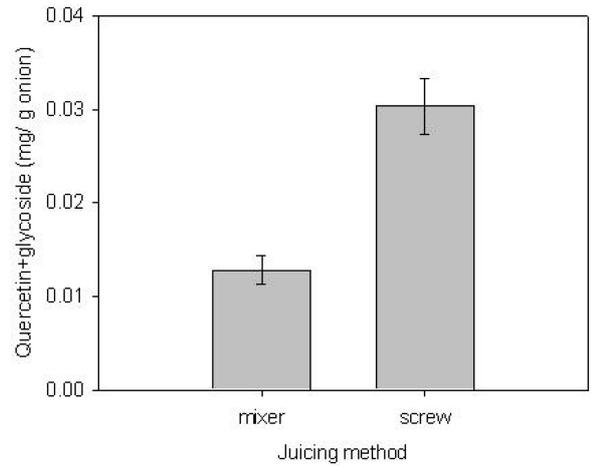
Fig. 3(A)에 추출 용매와 시료의 비율에 따른 quercetin과 그 배당체의 추출 수율을 비교하였다. 추출용매와 시료의 비율에 따른 추출효율은 그 비율이 0.8일 때 0.031±0.001 mg/g으로 가장 많이 추출되었으나 다른 비율을 가질 때도 유의적인 차이는 보이지 않았다.

추출시간에 따른 추출효율은 15분, 30분, 1시간으로 추출하여도 유의적인 차이를 보이지 않았다(Fig. 3(B)). 추출 온도의 경우, 온도를 높일수록 quercetin과 배당체가 많이 추출되었으나 50°C 이상일 때는 유의적으로 차이가 없었다(Fig. 3(C)). 최대 수율은 50°C의 온도에서 0.031±0.002 mg/g이었으며 60°C에서는 0.030±0.003 mg/g으로 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 온도가 증가할수록 quercetin과 배당체의 추출이 늘어났지만 용매의 끓는점이 64.96°C이기 때문에 60°C 이상일 경우 안전성의 문제와 용매가 증발되어 농축되는 현상이 생길 수 있어 최대 추출 온도를 60°C로 정하였다. 결과적으로 용매 추출의 최적 조건은 60% methanol을 이용하여 용매/시료 비율이 0.8로써 50°C에서 15분간 추출하는 경우이었다.



**Fig. 3. The effects of extraction conditions on the extraction yield of quercetin and its glucosides from onion edible part. (a) solvent volume/sample ratio, (b) extraction time, (c) extraction temperature**

착즙 방법에 따른 추출효율은 Fig. 4에 나타내었다. 믹서기를 이용하여 착즙하였을 때는 quercetin과 배당체가  $0.013 \pm 0.002$  mg/g 추출되었고 녹즙기를 이용하여 착즙하였을 때는  $0.030 \pm 0.003$  mg/g 추출되었다. 녹즙기를 이용하였을 때 믹서기를 이용하여 착즙할 때보다 quercetin과 배당체가 2.37배 더 많이 추출되었다. 이는 믹서기를 이용한 착즙의 경우, 믹서기의 칼날이 단순히 양파 과육을 잘게 절단하지만, 녹즙기의 경우는 두 개의 스크류(screw)가 돌아가며 절단력과 더불어 전단력이 작용하여 양파 과육을



**Fig. 4. The effect of juicing methods on the yield of quercetin and its glucosides from onion edible part.**

으깬으로써 세포막을 파괴시켜 세포 내 물질의 용출을 더욱 용이하게 만들어 추출 수율을 높인 것으로 생각된다.

**병용처리를 이용한 추출의 최적조건 탐색**

초음파처리로 인한 quercetin과 그 배당체의 추출량을 Fig. 5(A)에 나타내었다. 초음파처리 시 60분 조사를 했을 때 quercetin과 배당체가 가장 많이 추출되었다. 60분 조사를 했을 때 quercetin과 배당체가  $0.063 \pm 0.002$  mg/g만큼 추출되어 대조군의  $0.030 \pm 0.003$  mg/g보다 2.06배 더 많이 추출되었다. 60분 조사할 때까지 quercetin과 배당체의 추출량이 늘어났으나 90분 조사 시에는 감소하였다. 초음파처리는 중합체를 분해시키거나 세포를 파괴시키는 큰 특성을 가진다. 이러한 특성에 따라 quercetin과 배당체가 더 많이 추출되었다고 볼 수 있다. 초음파처리가 추출 수율 증가에 효과를 보인 이유는 용매의 상대적인 극성에 따른 시료-용매 접촉 표면적의 증가효과 때문일 것이다(Yang and Zhang., 2007; Haizhou et al., 2004).

양파과육 부분에 추출 전 microwave를 조사하면 대조군에 비하여 quercetin과 배당체의 추출 수율이 증가하였으나 조사 시간에 따른 유의적인 차이는 보이지 않았다(Fig. 5(B)). Quercetin과 배당체의 최대 추출을 보인 60초 조사 시( $0.064 \pm 0.004$  mg/g) 대조군보다 2.14배 더 많이 추출되었다. Microwave를 물체에 조사하면 내부 성분 중 수분의 쌍극자 모멘트를 유도하여 시료 내부로부터 급속한 유전자열을 발생시켜 수분이 증발하여 세포벽에 압력을 가함으로써 결과적으로 세포를 파괴하는 효과를 가지고 있다(Mandal et al., 2007). 이런 효과로 인해 다른 방법과 비교할 때 상대적으로 짧은 시간 안에 효율적으로 quercetin과 배당체가 추출된 것으로 사료된다.

양파 과육에 효소 처리한 경우, 효소의 종류에 관계없이 quercetin과 배당체의 추출량이 증가하였다(Fig. 6). Cellulase

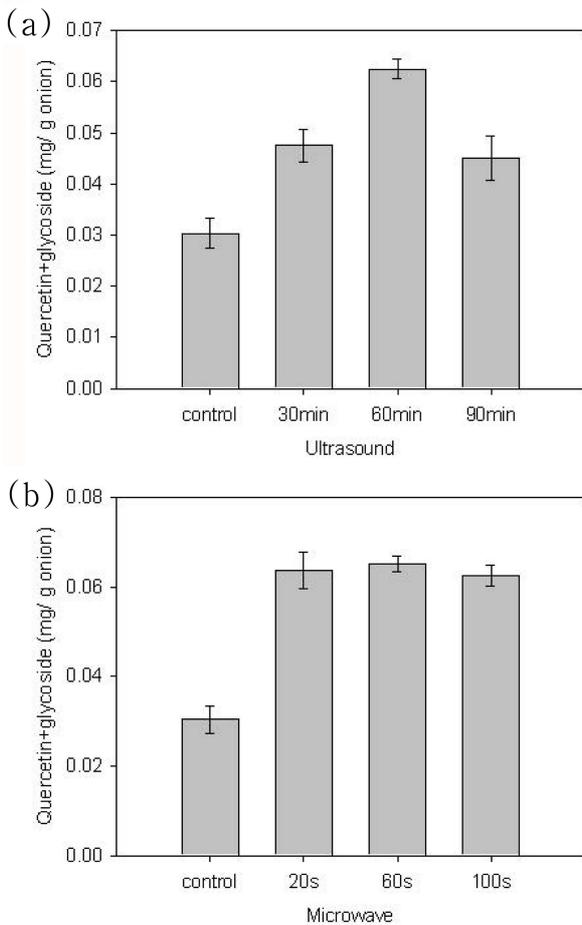


Fig. 5. The extraction yield of quercetin and its glucosides from onion edible part treated by (a) ultrasound and (b) microwave.

용액을 5 mL 넣었을 때 quercetin과 배당체가 0.050±0.004 mg/g으로 최대치가 추출되었으며 이는 대조군과 비교하여 1.65배 더 많이 추출되었으나 5 mL 이상을 넣었을 때는 추출이 감소하였다(Fig. 6(A)). Viscozyme 처리의 경우, 용액을 5 mL 넣었을 때 quercetin과 배당체의 최대치가 추출되었으며 cellulase의 경우와 마찬가지로 5 mL 이상을 넣었을 때는 추출이 감소하였다. Fig. 6(B)에서 보듯이 quercetin과 배당체의 최대 추출치는 5 mL을 넣었을 때로 0.070±0.002 mg/g이었으며 대조군과 비교하여 2.29 배 더 많이 추출되었다.

Cellulase 처리를 한 경우 quercetin과 배당체의 추출 효율의 증가는 세포벽을 이루는 cellulose의 분해로 기능성성분의 용출이 용이해진 것이라 볼 수 있다. 또한 viscozyme 처리를 한 양파껍질에서 더 많은 quercetin과 배당체가 추출되었는데 이는 cellulose만 선택적으로 분해하는 cellulase와 달리 viscozyme은 arabanase, cellulase, beta-glucanase, hemicellulase, xylanase 등이 포함된 복합 효소로 세포벽을 이루는 다양한 종류의 물질을 분해하여 더 효과적으로 quercetin과 배당체의 추출을 이끌어 낸 것이라 볼 수 있다.

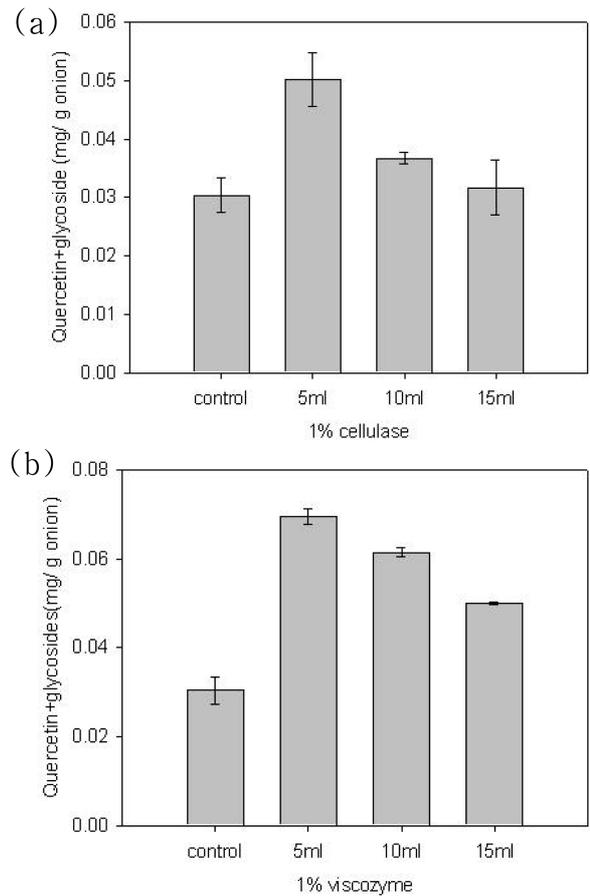


Fig. 6. The extraction yields of quercetin and its glucosides contents of onion edible part treated with (a) cellulase and (b) viscozyme.

최적 조건의 조합에 따른 추출효율

각 처리별 최적 조건을 조합하여, 즉 양파를 viscozyme 으로 처리한 후 microwave를 60초 조사하고 60분 동안 초음파 조사한 후 최적 용매 추출 조건으로 추출하였을 때 quercetin과 배당체의 추출량은 0.014±0.0002 mg/g으로, 대조군의 0.030±0.003 mg/g에 비하여 유의적으로 적게 추출되었다(Table 2). 효소처리 후 buffer solution을 증발시킬 때의 열처리 후 microwave와 초음파의 지속적인 처리에 의해 배당체의 파괴가 일어났을 것이라고 볼 수 있다.

Table 2. Amount of quercetin and its glucosides in onion edible part with various treatments

Process	Quercetin + glucosides (mg/g onion)
Control	0.030±0.003 <sup>b1)</sup>
Microwave	0.065±0.002 <sup>de</sup>
Ultrasound	0.063±0.002 <sup>d</sup>
Cellulase	0.050±0.004 <sup>c</sup>
Viscozyme	0.070±0.002 <sup>e</sup>
Optimum combination	0.014±0.0002 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup>Values (Mean±S.D.) with different superscript within treatments are significantly different at p<0.05.

Hirota et al.(1998)에 의하면 양파 과육을 60분 동안 끓였을 때 quercetin 4'-glucoside 함량이 약 80% 정도 감소하였다고 보고하였다. 본 실험 결과에서도 대조군보다 최적 조건의 조합에 따른 시료의 quercetin과 배당체의 추출 정도가 53.33% 감소하였다. 양파 과육 부분의 최소 추출치는 대조군, 즉 상온에서 60% methanol을 용매로 하여 1시간 동안 추출한 결과로 quercetin과 배당체의 추출량은 3.0 mg/100 g(fresh weight)이 되고 최대 추출치는 viscozyme 처리를 한 양파과육으로 7.0 mg/100 g(fresh weight)만큼 quercetin과 배당체가 추출되었다. 이것은 Kang et al.(1998)이 껍질 부분은 317.99 mg/100 g(fresh weight), 과육부분은 4.10 mg/100 g(fresh weight)의 quercetin과 배당체가 추출되었다는 결과와 비교해 보았을 때 microwave나 초음파 처리, 효소처리 시 더 효율적으로 quercetin과 배당체를 추출할 수 있음을 알 수 있었다.

## 요 약

양파 과육부에 함유되어 있는 유용 성분인 quercetin과 그 배당체를 다양한 착즙 및 추출방법에 따른 수율을 측정, 분석하였으며 그 결과를 요약하면 다음과 같다. 양파과육의 quercetin과 배당체의 최적 추출 조건으로는 50°C에서 60% methanol을 용매로 사용했을 때 15분의 추출시간인 것으로 나왔으며 용매와 시료의 비율이 0.8 mL/g일 때 추출 수율이 가장 좋았다. 초음파를 60분 동안 처리 시 대조군에 비하여 2.06배의 추출 증가 효과를 볼 수 있었으며 microwave는 60초 조사 시에 최대의 추출 증가 효과를 나타내어 microwave를 처리하지 않은 시료와 비교하여 quercetin과 배당체가 2.14배 많이 추출되었다. 효소 처리 시 cellulase 용액과 시료의 비율이 0.5 mL/g일 때 quercetin과 배당체의 수율이 가장 높았으며 1.65 배 더 많이 추출되었고 viscozyme과 시료의 비율이 0.5 mL/g일 때 quercetin과 배당체의 수율이 가장 높았으며 추출증가율은 2.29 배인 것으로 나왔다. 가장 많은 quercetin과 배당체의 추출 수율을 보인 방법은 viscozyme과 시료의 비율이 0.5 mL/g일 때의 0.070±0.002 mg/g인 것으로 나타났다.

## 감사의 글

본 연구는 농림부 농림기술개발사업의 연구비 지원에 의한 연구결과와 일부로서 이에 감사 드립니다.

## 참고문헌

Cho NC, Yoon YH, Lee HJ, Shon HJ, Kim YK, Choi KH, Ra MS, Jo YK, Lee HH, Chin JE. 2001. Effect of onion (*Allium cepa* L.) extract on tyrosinase gene expression. Korean J. Food

- Nutr. 14: 228-232.
- Crozier A, Lean MEJ, MS McDonald, Black C. Quantitative Analysis of the Flavonoid Content of Commercial Tomatoes, Onions, Lettuce, and Celery. 1997. J. Agric. Food Chem. 45: 590-595.
- Dimitris PM, John TR. 2002. Hydroxyl Free Radical-Mediated Oxidative Degradation of Quercetin and Morin: A Preliminary Investigation. J. Food Compos. Anal. 15: 103-113.
- Guan X, Yao H. 2008. Optimization of viscozyme L-assisted extraction of oat bran protein using response surface methodology. Food Chem. 106: 345-351.
- Hakkine SH, Karenlampi SO, Heinone IM, Mykkanen HM, Torronen AR. 1999. Content of the flavonols quercetin, myricetin, and kaempferol in 25 edible berries. Agric. Food Chem. 47: 2274-2279.
- Haizhou L, Lester P, Jochen W. 2007. High intensity ultrasound-assisted extraction of oil from soybeans. Food Res. Int. 37: 731-738.
- Herrmann K. 1976. Flavonols and flavones in food plants: A review. J. Food Technol. 11: 433-448.
- Hirota S, Shimoda T, Takahama U. 1998. Tissue and spatial distribution of flavonol and peroxidase in onion bulbs and stability of flavonol glucosides during boiling of the scales. J. Agric. Food Chem. 46: 3497-3502.
- Jianlin H, Zhanxia Z. 2004. Microwave-Assisted Extraction of Quercetin and Acid Degradation of Its Glycosides in Psidium Guajava Leaves. Anal. Sci. 20: 395-397.
- Kang SK, Kim YD, Hyun KH, Kim YW, Seo JS, Park YK. 1998. Development of Separating Techniques on Quercetin-Related Substances in Onion(*Allium cepa* L.)-2. Optimal Extracting Condition of Quercetin-Related Substances in Onion. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 27: 687-692.
- Kwon YJ, Kwon JH. 1999. Oleoresin content and functional properties of fresh onion by microwave-assisted extraction. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 28: 876-881.
- Lee ST, Lee YH, Choi YJ, Shon GM, Lee HJ, Heo HS. 2002. Comparison of quercetin and soluble tannin in *Houttuynia cordata* THUNB. According to growth stages and plants parts. Korean J. Med. Crop Sci. 10: 12-16.
- Leighton T, Ginther C, Fluss L, Harter W, Cansado J, Notario V. 1992. Molecular characterization of quercetin and quercetin glycosides in *Allium* vegetables; Phenolic compounds in foods and their effects on health 2, American Chemical Society Symposium Series 507: 220-238.
- Mandal V, Mohan Y, Hemalatha S. 2007. Microwave assisted extraction – An innovative and promising extraction tool for medicinal plant research. Pharmacogn. Rev. 1: 7-18.
- Mason TJ, Pamiwnyk L, Lorimer JP. 1996. The uses of ultrasound in food technology. Ultrason. Sonochem. 3: S253-S260.
- Moon HI, Ahn KT, Lee, KR, Zee OP. 2002. Flavonoid compounds and biological activities on the aerial parts of angelica gigas. J. Pharmaceutical Society of Korea 44: 119-127.
- Ra KS, Chung SH, Suh HJ, Son JY, Lee HK. 1998. Inhibition of xanthin oxidase from onion skin. Korean J. Food Sci. Technol. 30: 697-701.
- Sheo HJ, Lim HJ, Jung DL. 1993. Effect of onion juice on toxicity of lead in rat. J. Korean Soc. Food Nutr. 22: 138-143.
- Sun T, Tang J, Joseph RP. 2005. Effect of pectolytic preparations

- on the phenolic composition and antioxidant activity of asparagus juice. *J. Agric. Food Chem.* 53: 42-48.
- Wang S, Chen F, Wu J, Wang Z, Liao X. 2007. Optimization of pectin extraction assisted by microwave from apple pomace using response surface methodology. *J. Food Eng.* 78: 693-700.
- William M, Amanda JS, Michael EJL, Peter G, Garry GD, Alan C. 1999. Effect of freezing and storage on the phenolics, ellagitanins, flavonoids, antioxidant capacity of red raspberries. *J. Agric. Food Chem.* 50: 5197-5201.
- Woo HS, Aan BJ, Bae JH, Kim S, Choi HJ, Han HS, Choi C. 2003. Effect of biologically active fractions from onion on physiological activity and lipid metabolism. *J Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 32: 119-123.
- Yi Y, Fan Z. 2007. Ultrasound-assisted extraction of rutin and quercetin from *Euonymus alatus*(Thunb.) Sieb. *Ultrason. Sonochem.* 15: 308-313.