

아임계수를 이용한 사과 과피 플라보노이드의 효율적 추출 및 항산화 활성 평가

최찬익 · 유서연 · [†]정명수
이화여자대학교 식품공학과

Efficient Flavonoid Extraction from Apple Peel by Subcritical Water and Estimation of Antioxidant Activity

Chan-Ick Cheigh, Seo-Yeon Yoo and [†]Myong-Soo Chung

Dept. of Food Science and Engineering, Ewha Womans University, Seoul 120-750, Korea

Abstract

The effect of subcritical water for the extraction of total polyphenols and flavonoids from apple peel was investigated, and then the antioxidant activity of the extracts was estimated. Maximum yields of total polyphenolic compounds(36.4±1.9 mg quercetin equivalent(QE)/g dried material) and flavonoids(9.9±0.8 mg QE/g dried material) were obtained by subcritical water extraction(SWE) with operating conditions of 190°C, 1,300 psi, and 20 min. Furthermore, the highest antioxidant activity(76.1±1.1%) was observed in the extract obtained from SWE using the same conditions. The flavonoids from the SWE of apple peel were compared to three conventional extraction methods in terms of their extraction efficiency and antioxidant activity. The SWE was significantly more effective than hot water (90°C), methanol, and ethanol extraction for flavonoid yield by 4.7-, 2.2-, and 1.3-fold, respectively, and for antioxidant activity by 11.0-, 4.9, and 2.8-fold, respectively.

Key words: subcritical water extraction, SWE, apple peel, flavonoid, polyphenol

서 론

사과는 탄수화물, 식이섬유, 무기질, 비타민 등의 영양 성분 뿐만 아니라 catechins, procyanidins, dihydrochalcones, flavonols, 및 hydroxycinnamic acid 등의 페놀계 성분 및 다른 유용 식물 성분(phytochemicals)을 풍부하게 포함하고 있는 것으로 알려져 있다(Boyer & Liu 2004). 사과에 다양하게 존재하는 이들 식물성분 가운데 플라보노이드류(flavonoids)는 매우 강력한 항산화 및 항균 효과를 나타내며, 심혈관계 질환, 뇌혈관계 질환, 암, 및 당뇨 등 다양한 만성질환에 효과를 보여왔으며(Pierpoint WS 1986; Boyer & Liu 2004), 특히 이들 유용 성분이 사과의 과피에 다량 함유된 것으로 보고됨에 따라 예방식품소재로서 이들 과피의 활용 가치가 매우 높이 제시되고 있

다(Schieber 등 2003; Boyer & Liu 2004).

유럽과 서아시아 등지에서 재배되기 시작한 사과는 전세계적으로 가장 많이 재배되고 있는 과일 중 하나로서, 품종 개량 및 재배기술의 향상 등을 통해 우리나라에서도 가장 많이 생산되는 것으로 알려져 있다(Whang HJ 1999; MAF 2006). 우리나라의 사과 총 생산량은 2006년 기준으로 약 40만 톤으로 보고되었으며, 직접 섭취 외에 음료 및 잼 등의 가공품 생산에서 발생하는 다량의 과피 및 부산물의 양은 천연 항산화제 및 기능성 소재로써 그들의 이용 가치를 더욱 높이고 있다(MAF 2006; Park & Kim 2009). 그러나, 사과의 가공공정에서 발생하는 사과 과피 및 사과박 등의 가공 부산물로부터 폴리페놀계 화합물과 플라보노이드류를 얻기 위한 방법으로는 메탄올, 에탄올, 아세톤, 그리고 이들의 혼합물을 이용한 유기용

[†] Corresponding author: Myong-Soo Chung, Dept. of Food Science and Engineering, Ewha Womans University, Seoul 120-750, Korea. Tel: +82-2-3277-4508, Fax: +82-2-3277-4508, E-mail: mschung@ewha.ac.kr

매 추출법이 주로 사용되어 왔으며, 이러한 방법은 식품 제조 및 산업화에 있어 추출 용매의 잔류성, 추출 효율 등의 경제성, 그리고 사용상의 법적 규제 등 여러 가지 적용 한계를 보이고 있는 실정이다(Alonso-Salces 등 2001; Pawliszyn J 2002).

이러한 한계를 극복할 수 있는 대안으로 제시된 방법 가운데 하나가 아임계 상태의 순수한 물(subcritical water)을 추출 용매로 사용하는 아임계 추출법(subcritical water extraction, SWE)이다. 대기압에서의 100℃ 이하의 물은 물질의 전기적 특성을 나타내는 상대유전율(relative permittivity, ϵ)이 매우 높기 때문에($\epsilon > 80$) 오로지 극성 화합물의 추출에만 이용할 수 있고, 비극성 폐놀계 화합물이나 플라보노이드의 추출에는 그다지 효과적이지 않다. 그러나 압력 및 온도 조절을 통하여 고온, 고압의 아임계 상태로 만듦으로써 상대유전율이 낮게 전환된($1 < \epsilon < 25$) 아임계 상태의 물은 플라보노이드와 같은 비극성 화합물(non-polar compound)을 추출하는데 매우 효과적인 것으로 알려지고 있다(Ramos 등 2002). 아임계 상태의 물을 이용한 아임계 추출은 일반적인 추출방법보다 매우 짧은 시간 안에 유용물질을 선택적으로 얻을 수 있는 환경 친화적 공정으로서 현재 많은 연구자들에 의해 매우 활발하게 연구가 진행되고 있다(Ra 등 2001; Smith RM 2002; Ko 등 2011).

본 연구는 사과 가공 공정에서 부산물로 발생하는 사과 과피의 효과적인 이용 방안을 제시하기 위하여, 비교적 새로운 추출 방법인 아임계 추출법을 이용하여 다양한 추출 조건에서 사과 과피로부터 유용 폴리페놀 및 플라보노이드를 추출하고자 하였으며, 열수, 메탄올, 에탄올을 이용한 기존 추출 방법과의 비교를 통해 플라보노이드의 추출 효율 및 추출물의 항산화 활성에 대한 아임계 추출의 효과를 평가하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 실험 재료

본 실험에 사용된 사과(Fuji) 과피는 2010년 경상북도 대구에서 재배 및 수확되어 기계적 가공 공정을 거치면서 회수된 가공 부산물로, 선별 세척 과정을 통해 불순물로부터 분리하여 사용하였다. 분리된 사과 과피는 60 cmHg, 70℃에서 3시간 동안 진공 건조(HB-501VL, Hanbaek Scientific Co., Bucheon, South Korea)한 후 고속믹서(Blender 7012S, Waring Co., Torrington, CT, USA)로 분말화시켜 아임계 추출을 위한 시료로 사용하였다.

2. 폴리페놀 및 플라보노이드의 추출

사과 과피로부터의 폐놀계 화합물 및 플라보노이드 추출은 다양한 추출 조건에서의 아임계 추출법과 열수, 메탄올,

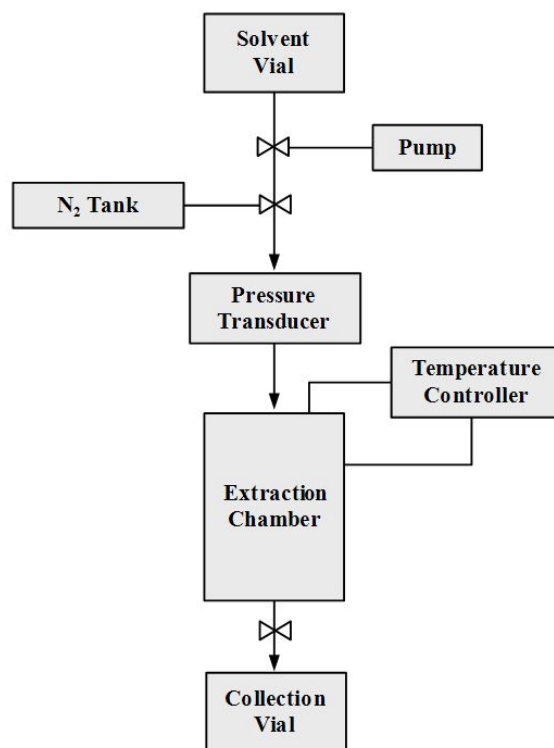


Fig. 1. Schematic diagram of subcritical water extraction (SWE) system.

에탄올을 이용한 기존 추출법을 통해 수행되었다. 아임계 추출은 아임계 추출장치(Accelerated Solvent Extractor; ASE 100, DIONEX Co., Sunnyvale, CA, USA)를 이용하여 수행하였으며, 사용된 아임계 추출장치의 전반적인 모식도는 Fig. 1과 같다. 건조한 사과 과피 1 g과 규조토(ASE Prep DE, DIONEX Co.) 2 g을 혼합한 후 추출기 내부에 충전하고, 추출기 하부에 filter(ASE Filter, DIONEX Co.)를 부착하였다. 아임계 추출 장치의 압력은 추출 동안 1,300 psi로 일정하게 조절되었으며, 추출 온도(110~200℃) 및 추출 시간(10~30분)을 달리한 각각의 조건에서 추출이 수행되었고, 얻어진 추출물은 24시간 동안 동결건조 후 분석시료로 사용하였다.

열수 추출은 분쇄된 사과 과피 20 g에 증류수 200 mL를 첨가하고 80℃에서 3시간 동안 반응시켜 수행한 다음, 이를 여과지(Whatman No.2, Whatman Co., Maidstone, UK)로 여과한 후, 동결건조(Model FD-5505P, Ilshinlab, Seoul, Korea)하여 추출물을 회수하였다. 메탄올 및 에탄올 추출의 경우, 분쇄한 흑미강 시료 20 g에 70% 메탄올 및 에탄올 200 mL를 첨가하고 메탄올은 65℃에서 그리고 에탄올은 79℃에서 각각 3시간 동안 추출을 수행하였다. 각 추출법에 의해 추출된 추출액은 앞서 기술한 여과 및 동결 건조 방법을 통해 그 추출물을 회수하였다.

3. 총 폴리페놀 함량 측정

총 폴리페놀의 함량은 Folin-Ciocalteu(Gutfinger, 1981)법을 이용하여 비색 정량하였다. 동결 건조된 시료 추출물 2 mg에 2 mL의 메탄올 용액을 넣고 균질화한 후, 0.45 μ m PVDF membrane filter(Millipore, Billerica, MA, USA)로 여과하여 기질로 사용하였다. 기질용액 0.1 mL에 2%(w/v) Na_2CO_3 용액 2 mL를 첨가하고 3분간 vortex mixer로 진탕한 후, 50% Ciocalteu 시약 0.1 mL를 첨가하고 상온에서 30분 동안 반응시켰다. 혼합물은 UV-Spectrophotometer(OPTIZEN 2120 UV plus, Mechasy Co., Daejeon, Korea)를 사용하여 700 nm에서 흡광도 측정을 통해 분석되었으며, 총 폴리페놀의 함량은 Quercetin(Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA)을 표준물질로 하여 작성한 표준검량곡선을 통해 시료 추출물의 총 폴리페놀 함량을 환산하여 나타내었다.

4. 플라보노이드 함량 측정

플라보노이드의 함량은 Moreno 등(2000)의 방법을 이용하여 비색 정량하였다. 동결 건조된 시료 추출물 2 mg에 2 mL의 메탄올 용액을 넣고 균질화한 후, 0.45 μ m PVDF membrane filter(Millipore)로 여과하여 기질로 사용하였다. 기질용액 0.5 mL에 95% 에탄올 1.5 mL, 10% aluminum chloride 0.1 mL, 1 M potassium acetate 0.1 mL 및 증류수 2.8 mL를 차례로 첨가하여 혼합한 후, 실온에서 30분간 정치하여 반응시킨 다음 UV-Spectrophotometer(OPTIZEN 2120 UV plus)를 이용하여 415 nm에서의 흡광도를 측정하였다. 플라보노이드 함량은 Quercetin(Sigma-Aldrich)을 표준물질로 하여 작성한 표준검량곡선을 통해 시료 추출물의 플라보노이드 함량을 환산하여 나타내었다.

5. 항산화 활성의 검정

항산화 활성은 변형된 Blois 등(1958)의 방법을 이용하여 DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) free radical에 대한 전자공여능 (electron donating ability, EDA) 측정을 통해 검정되었다. 추출물의 전자공여능 검정을 위해, 동결 건조된 시료 2 mg에 2 mL의 메탄올 용액을 넣고 균질화한 후, 0.45 μ m PVDF membrane filter(Millipore)로 여과하여 기질용액으로 사용하였다. 기질용액 0.2 mL에 100 μ m DPPH 용액 1 mL를 넣고 vortex mixer로 30초간 진탕하고 실온에서 15분간 방치한 후, 517 nm에서의 흡광도로 잔존하는 DPPH free radical을 측정하였다. 침출액 무첨가구인 경우는 침출액 대신 0.2 mL 메탄올을 첨가하여 대조구로 사용하였으며, 517 nm에서 DPPH 용액의 흡광도를 약 1.0으로 조정한 후 시료용액의 흡광도를 측정하였다. 항산화 효과는 침출액 무첨가구에 대한 침출액 첨가구의 흡광도 차이를 백분율로 하여 나타내었으며, 동결 건조한 사과 과피 추출물 대신 합성 항산화제인 BHT를 넣어 같은 방법으로 실험

을 수행함으로써 기존의 항산화제의 효과와 비교 검증하였다.

결과 및 고찰

1. 총 폴리페놀에 대한 추출 온도의 효과

사과 과피로부터 총 폴리페놀의 아임계 추출을 위한 추출 온도의 효과가 검토되었다. 총 폴리페놀에 대한 아임계 추출은 추출장치의 압력(1,300 psi)과 시간(20분)을 일정하게 조절하면서 추출 온도를 110~200°C로 달리한 조건에서 수행되었다. Fig. 2에서와 같이, 추출 온도 110°C에서는 건조된 사과 과피 1 g 당 추출된 폴리페놀의 함량이 19.7 \pm 1.3 mg QE/g dried material로 관찰되었으나, 110°C를 기준으로 추출 온도를 190°C까지 높임에 따라 그 함량이 36.4 \pm 1.9 mg QE/g dried material까지 대략 1.85배 정도 증가하는 경향을 보였으며, 그 이상의 추출 온도에서는 수율의 증가가 관찰되지 않았다. Smith RM(2002)와 Andersson T(2007)는 그들의 연구에서 순수한 물을 추출용매로 사용하는 아임계 추출방식에 대한 페놀계 성분의 높은 열 안정성을 보고하였으며, 이러한 폴리페놀의 특성은 190°C의 고온 고압의 아임계 추출 조건에서 사과 과피에 존재하는 폴리페놀이 구조적 파괴나 손실 없이 최대로 추출될 수 있음을 제시하고 있다.

2. 플라보노이드에 대한 추출 온도 및 시간의 효과

사과 과피로부터 플라보노이드의 아임계 추출을 위한 추출 온도 및 시간의 효과가 검토되었다. 플라보노이드에 대한

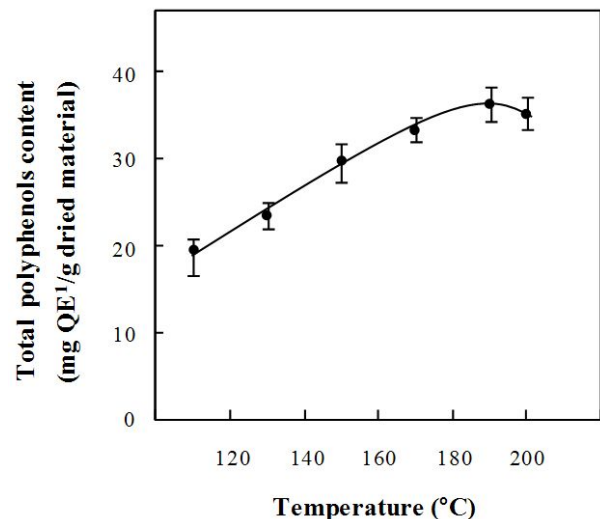


Fig. 2. Effects of extraction temperature on the SWE of total polyphenols from dried apple peel for an extraction time of 20 min. Experiments were conducted in triplicate. Data are mean and SD values. ¹QE indicates quercetin equivalent.

아임계 추출은 추출장치의 압력(1,300 psi)을 일정하게 조절 하면서 추출 온도(110~200°C) 및 추출 시간(10~30분)을 달리한 조건에서 수행되었다. Fig. 3에서 제시된 결과들은 플라보노이드의 아임계 추출에서 추출 온도와 시간의 중요성을 보여주고 있으며, 가장 높은 플라보노이드의 추출 수율(9.9±0.8 mg QE/g dried material)은 190°C, 20분의 추출 조건에서 관찰되었다. 10분과 20분의 추출 시간에서는 190°C까지 추출 온도가 높아짐에 따라 유사한 경향을 보이며 플라보노이드의 추출 수율도 함께 증가하는 것이 관찰되었으나, 추출 시간 30분의 경우는 다른 시간에 비해 보다 낮은 추출 온도에서 수율 증가가 관찰되었으며, 추출 온도 170°C에서 가장 많은 플라보노이드(9.0±1.2 mg QE/g dried material)가 획득되었다. 이러한 현상은 플라보노이드의 구조적 파괴 또는 손실이 발생되지 않는 범위 내에서의 추출 온도 및 시간의 증가가 플라보노이드의 용해성을 증가시킬 뿐만 아니라, 물의 상대 유전율도 함께 떨어뜨려서 더 많은 플라보노이드의 추출을 가능하게 하는 것으로 설명할 수 있다(Lide DR 2005; Ko 등 2011). 다양한 과실 및 과채류로부터 플라보노이드를 포함한 페놀계 성분의 유기용매 추출 관련 연구들은 추출에 사용된 용매의 극성이 증가할수록 유용 성분의 추출률이 높아지고, 순수한 물을 사용하는 것보다는 수용성 메탄올 또는 에탄올을 사용하는 경우에 추출물의 활성이 더욱 증가한다는 결과를 제시하고 있다(Duh 등 1992; Balasinska & Troszyska 1998; Ramos 등 2002). 따라서 이들 연구의 결과들은 대기압 하에서 100°C 이하의 물과는 달리 고온, 고압의 조건에서 낮은 상대 유전율 ($1 < \epsilon < 25$)을 가진 아임계 상태의 물이 사과 과피로부터 폴리

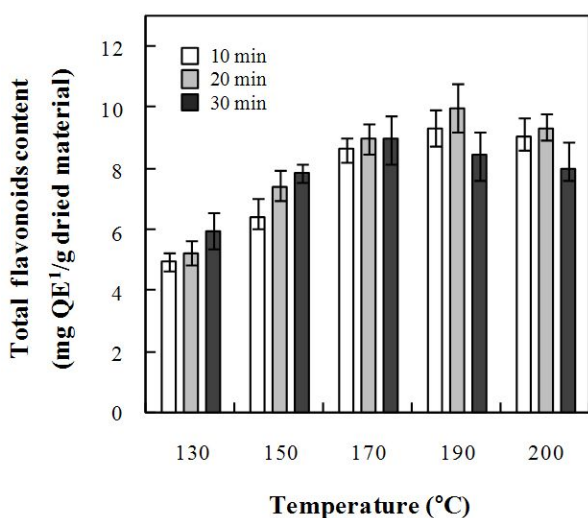


Fig. 3. Effects of extraction temperature and time on the SWE of flavonoides from dried apple peel. Experiments were conducted in triplicate. Data are mean and SD values. ¹QE indicates quercetin equivalent.

페놀 및 플라보노이드와 같은 비극성 화합물을 추출하는데 있어 매우 효과적인 이유를 설명하고 있다.

3. 항산화 활성에 대한 추출 온도의 효과

사과 과피로부터 아임계 추출법을 이용해 서로 다른 추출 온도에서 획득된 추출물들의 항산화 활성이 검정되었으며, 이를 통해 항산화 활성에 대한 아임계 추출 온도의 효과가 검토되었다. 항산화 활성의 평가를 위한 아임계 추출은 추출 장치의 압력(1,300 psi)과 시간(20분)을 일정하게 유지하면서 추출 온도를 110~200°C로 달리한 조건에서 수행되었다. Fig. 4에서 보여지는 것과 같이, 추출 온도 190°C의 아임계 추출물에서 가장 높은 활성(76.1±1.1%)이 관찰되었으며, 110°C에서 190°C까지 추출 온도가 높아짐에 따라 그 활성 역시 각각 15.9±2.4%에서 76.1±1.1%로 대략 4.9배 증가하는 경향을 보였으나, 200°C 이상의 추출 온도에서는 더 이상 활성의 증가가 관찰되지 않았다. 이러한 결과는 앞서 제시된 총 폴리페놀 및 플라보노이드의 아임계 추출에 대한 추출 온도의 효과와 유사한 경향을 보여주는 것으로, 이들 항산화 물질들의 추출 수율에 따라 항산화 활성이 결정되고 있음을 제시한다.

4. 추출 방법에 따른 플라보노이드 수율 및 항산화 활성의 비교

사과 과피로부터 열수, 메탄올, 에탄올을 이용한 기존 추출법과 아임계 추출법을 통해 획득된 추출물의 플라보노이

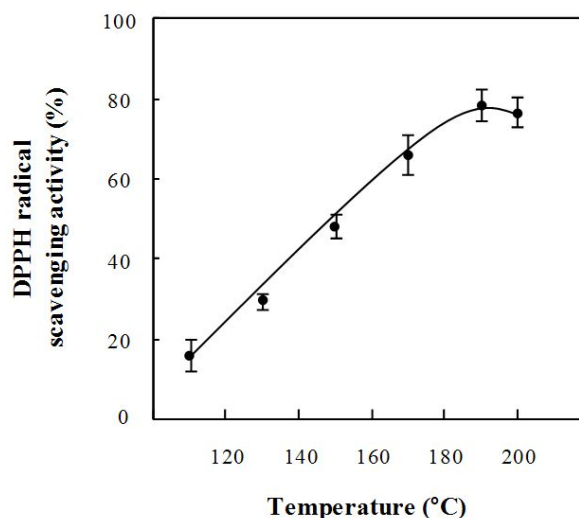


Fig. 4. DPPH radical scavenging activity of the extracts obtained from dried apple peel using the SWE for 20 min at different extraction temperatures. DPPH radical scavenging activity(%)=[(ODc - OCs)/ODc]×100, (ODc; optical density of control, OCs; optical density of sample). Experiments were conducted in triplicate. Data are mean and SD values.

드 함량 및 항산화 활성이 비교 평가되었다(Fig. 5). 기존 추출법에 의해 획득된 추출물들의 경우, 각각의 추출물에 함유된 사과 과피 1 g 당 플라보노이드의 함량은 열수 및 메탄올 추출물에 비해 에탄올 추출물(7.65±0.6 mg QE/g dried material)에서 가장 높게 관찰되었다. 그러나, 이러한 에탄올 추출물로부터의 결과는 추출 온도 190°C에서 20분 동안 수행된 아임계 추출물의 플라보노이드 함량(9.9±0.8 mg QE/g dried material)에 비해 상대적으로 낮은 농도임을 확인할 수 있었다. 결과적으로 사과 과피 시료로부터 획득된 아임계 추출물은 열수, 메탄올, 그리고 에탄올 추출물에 비해 각각 4.7배, 2.2배, 그리고 1.3배 더 높은 플라보노이드를 함유하고 있으며, 이러한 결과는 아임계 추출법의 플라보노이드 추출 효율이 에탄올 추출법을 포함한 기존의 전통적 추출법들에 비해 매우 우수하다는 것을 제시하고 있다.

또한, 사과 과피로부터 기존 추출법 및 아임계 추출법을 통해 획득된 추출물들의 항산화 활성을 분석한 결과, Fig. 5에서 보여지는 것처럼 그 추출물들의 플라보노이드 함량 결과와 유사한 경향을 나타내었고, 열수 또는 메탄올 추출물에 비해 에탄올 추출물(27.5±0.9%)에서 가장 높은 활성이 측정되었다. 그러나 플라보노이드의 추출에서와 마찬가지로, 아임계 추출물은 에탄올에 의한 것보다 대략 2.8배 이상의 항산화 활성(9.9±0.8 mg QE/g dried material)을 나타내며, 기존의 전통적 추출법들에 비해 매우 유용한 추출 방법임을 설명하고 있다.

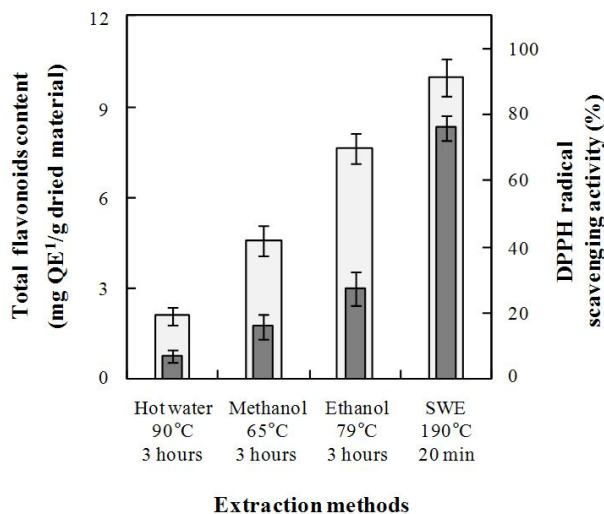


Fig. 5. Comparison of SWE and conventional methods on the extraction of flavonoids(□) and DPPH radical scavenging activity(■) from dried apple peel. DPPH radical scavenging activity(%)=[(ODc-ODs)/ODc]×100, (ODc; optical density of control, ODs; optical density of sample). Experiments were conducted in triplicate. Data are mean and SD values. ¹QE indicates quercetin equivalent.

사과 과피의 항산화 활성에 관한 최근 연구 결과들은 주스와 잼 등의 가공품 생산에서 발생하는 다량의 사과 과피가 catechins, epicatechins, procyanidins와 같은 flavanols뿐만 아니라, hydroxycinnamates 및 anthocyanins 등의 유용 기능성 성분들을 매우 풍부하게 함유하고 있다는 것을 보고하고 있다(Kondo 등 2002; Schieber 등 2003; Boyer & Liu 2004). 그러나 앞서 언급한 바와 같이, 에탄올 또는 메탄올 등의 유기용매를 사용하는 기존의 추출방법은 추출용매의 잔류성 등으로 인한 식품 제조에 적용한계를 나타낼 뿐만 아니라, 상대적으로 오랜 추출 시간 및 낮은 추출 효율 등의 경제성 측면에서도 산업화에 한계를 나타내고 있다(Alonso-Salces 등 2001; Pawliszyn J 2002). 이와 같은 실정에서 Fig. 5의 결과는 추출 매체로서 물을 이용하는 아임계 추출법이 사과 과피로부터 기능성 폴리페놀 및 플라보노이드를 추출하는데 매우 적합한 방법이며, 기존의 전통적 추출법에 대한 효과적인 대안임을 제시하고 있다.

요약 및 결론

본 연구에서는 사과의 가공부산물인 사과 과피로부터 기능성 폴리페놀 및 플라보노이드를 새로운 추출방법인 아임계 추출법을 통해 추출하였고, 이들 성분의 추출 효율 및 항산화 활성에 대한 추출 온도와 시간의 영향을 평가하였다. 건조된 사과 과피 시료로부터 폴리페놀(36.4±1.9 mg QE/g dried material) 및 플라보노이드(9.9±0.8 mg QE/g dried material)에 대한 최대 수율은 190°C, 20분, 그리고 1,300 psi의 추출 조건에서 관찰되었으며, 동일 조건의 아임계 추출물로부터 최대 항산화 활성(76.1±1.1%)이 검출되었다. 또한 아임계 추출법과 열수(90°C), 메탄올, 에탄올을 이용한 기존 추출법과의 플라보노이드 추출 효율 및 항산화 활성을 비교 평가함으로써 아임계 추출법의 산업적 적용 가능성을 검토하였다. 기존 추출법에 따른 사과 과피 추출물의 최대 플라보노이드 함량(7.65±0.6 mg QE/g dried material) 및 항산화 활성(27.5±0.9%)은 에탄올 추출물에서 관찰되었으나, 비교 실험에서 관찰된 아임계 추출물의 플라보노이드 함량 및 항산화 활성은 이들보다 각각 1.3배 그리고 2.8배 이상 높은 것이었다. 이상의 결과들은 사과 과피로부터 항산화 활성을 지닌 폴리페놀 및 플라보노이드를 추출하는데 있어 아임계 추출법이 매우 효과적일 뿐만 아니라, 산업적 적용 가능성 또한 매우 크다는 것을 설명하고 있다.

감사의 글

이 논문은 2010년도 교육과학기술부의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업 지원을 받아 수행된 것임(No. 2010-0021890).

참고문헌

- Alonso-Salces RM, Korta E, Barranco A, Berrueta LA, Gallo B, Vicente F. 2001. Pressurized liquid extraction for the determination of polyphenols in apple. *J Chromatogr A* 933: 37-43
- Andersson T. 2007. Parameters affecting the extraction of polycyclic aromatic hydrocarbons with pressurised hot water. Ph.D. Thesis, Uni. of Helsinki, Finland
- Balaszynska B, Troszynska A. 1998. Total antioxidative activity of evening primrose(*Oenothera paradoxa*) cake extract measured *in vitro* by liposome model and murine L1210 cells. *J Agric Food Chem* 46:3558-3563
- Blois MS. 1958. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature* 181:1198-1200
- Boyer J, Liu RH. 2004. Apple phytochemicals and their health benefits. *Nutr J* 3:1-15
- Duh PD, Yeh DB, Yen GC. 1992. Extraction and identification of an antioxidant component from peanut hull. *JAOCs* 69:818-819
- Ko MJ, Cheigh CI, Cho SW, Chung MS. 2011. Subcritical water extraction of flavonol quercetin from onion skin. *J Food Eng* 102:327-333
- Kondo S, Tsuda K, Muto N, Ueda J. 2002. Antioxidative activity of apple skin or flesh extracts associated with fruit development of selected apples cultivars. *Sci Hort* 96:177-185.
- Lide DR. 2005. CRC Handbook of Chemistry and Physics. 86th ed. Boca Raton, FL, CRC Press
- MAF. 2006. Director-general of investment evaluation and statistics bureau. Agricultural & forestry statistical yearbook. pp. 116. The Ministry of Agriculture and Forestry. Korea
- Moreno MIN, Isla MI, Sampietro AR, Vattuone MA. 2000. Comparison of the free radical scavenging activity of propolis from several region of Argentina. *J Ethnopharmacol* 71: 109-114
- Park MK, Kim CH. 2009. Extraction of polyphenols from apple peel using cellulase and pectinase and estimation of antioxidant activity. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38:535-540
- Pawliszyn J. 2002. Comprehensive Analytical Chemistry, Sampling and Sample Preparation for Field and Laboratory. pp. 255-257. Elsevier Science BV
- Pierpoint WS. 1986. Plant Flavonoids in Biology and Medicine, Biochemical, Pharmacological and Structure-Activity Relationship. pp.125-140. Alan R. Liss, Inc.
- Ra YJ, Lee YW, Kim JD, Row KH. 2001. Supercritical fluid extraction of catechin compounds from green tea. *Korean J Biotechnol Bioeng* 16:327-331
- Ramos L, Kristenson EM, Brinkman UA. 2002. Current use of pressurised liquid extraction and subcritical water extraction in environmental analysis. *J Chromatogr A* 975:3-29
- Schieber A, Hilt P, Streker P, Endre HU, Rentschlber C, Carle R. 2003. A new process for the combined recovery of pectin and phenolic compounds from apple pomace. *Innovative Food Sci Emerging Technol* 4:99-107
- Smith RM. 2002. Extractions with superheated water. *J Chromatogr A* 975:31-46
- Whang HJ. 1999. Changes of phenolic compounds in Korean apple (fuji) during maturation. *Korean J Food & Nutr* 12: 364-369

접 수 : 2011년 9월 2일
 최종수정 : 2011년 9월 15일
 채 택 : 2011년 9월 19일