pISSN 1225-4339 eISSN 2287-4992
Korean J. Food Nutr. Vol. 30. No. 2, 181~190 (2017)
https://doi.org/10.9799/ksfan.2017.30.2.181

THE KOREAN JOURNAL OF
한국식품영양학회지
FOOD AND NUTRITION

석류 과일 껍질을 활용하는 새로운 기능성 식품의 최근 연구 동향

†김 성 기
한국과학기술정보연구원 ReSEAT 프로그램

Recent Trends in New Functional Foods using Pomegranate Fruit Peel

†Sung-Kih kim
ReSEAT Program, Korea Institute of Science and Technology Information, Seoul 02456, Korea

Abstract

Functional foods are of great significance since our society is accelerating into aging. An aging society has many physiological metabolic diseases such as hypertension, diabetes, heart disease, cancer, dementia and geriatric diseases. Fundamental treatments for the elderly are almost impossible and the social burden is heavy. If these diseases can be prevented or alleviated by improving dietary habits using functional foods, the significance would be very large.

Pomegranate has been found to have 124 different kinds of phytochemicals. Polyphenols have a wide range of protective effects including various physiological metabolic diseases and cancers. It is necessary to develop functional foods such as preservatives and food extenders which can contribute to food safety, required in the food industry, by using such bioactive substances. Pomegranates have been reported to decrease the impact of many serious illnesses. There is a considerable amount of bioactive substances in the peel of a pomegranate, which has potent anticancer, antioxidant, antimicrobial and anti-apoptotic properties. Unfortunately, the peel is typically discarded after processing. Despite knowledge regarding the bioactive substances in the pomegranate peel and peel extracts, including their functionality and diversity, the knowledge is not well known by consumers in general.

The aim of this study was to review up to date research trends for processing and developing new functional foods by utilizing nutritional functional substances, favourite food materials, and materials for processing food contained in pomegranate peels and pomegranate peel extracts. This study will summarize the data found in pomegranate peel and pomegranate peel extract literature mainly recently published in Science Direct. There are polyphenolic compounds (ellagitannins, punicalagin, proanthocyanidin, flavonoids, polysaccharides, etc.) in the fruit peel, making up about 50% of the pomegranate's weight. The polyphenol content of a pomegranate fruit peel is 149.91 mg/g, which is about 100 times higher than the juice. Paying attention to the fact that the ellagitannin content (14.22 mg/g) in the fruit peel is also twice as high as that of the fruit juice and seeds, that confirms the possibility of utilizing the peel as a food ingredient capable of developing new, functional bioactive foods.

Key words: pomegranate peel, pomegranate peel extracts, polyphenolic compounds, bioactive substances, functional foods

서 론

석류는 좋은 맛과 뛰어난 건강상 이로움 때문에, 일부 국가에서는 에덴 과일로 알려졌다. 석류는 세계적으로 가장 인기 있는 기능성 식품의 하나로 그 주스는 급속히 확대되고 있다. 현재 우리가 섭취하고 있는 가식 부분은 공교롭게 영양 기능적 특성이 폐기물로 취급되었던 과일 껍질, 싹, 잎 등의 비식용 부분보다 특정한 영양학적 가치가 낮고, 생물학적 활성 성

† Corresponding author: Sung-Kih Kim, ReSEAT Program, Korea Institute of Science and Technology Information, 66 Hoegiro, Dongdaemun-gu, Seoul 02456, Korea. Tel: +82-2-3299-6231, Fax: +82-2-3299-6234, E-mail: skim425@reseat.re.kr

분도 폐기물로 취급되던 부분에서 훨씬 많다.

근래 석류 과육을 가공하고 폐기되는 과일 껍질에는 강력한 항암성, 항산화성, 항균성 및 세포사멸제의 특성이 있는 기능성 생리활성물질의 상당한 양이 존재하는 특징이 있는 것으로 밝혀졌다(Saeed 등 2015). 과일 껍질 추출물에 함유된 기능성 물질은 많은 질병을 예방하고 경감시키는 활성을 가진 물질들이다. 인체는 대사 작용으로 점점 산성화가 일어난다. 석류껍질은 이러한 산성화로 발생하는 각종 생리 질환(만성질환, 2형 당뇨병, 동맥경화증 및 심혈관질환 등)과 암을 포함하는 염증 질환의 넓은 범위에서 보호 효과와 억제 효과를 매개할 가능성이 크다는 사실에 주목할 필요가 있다. 석류껍질과 석류껍질 추출물은 화학적으로 생성되는 유리기를 소거하는 상당한 능력이 있어 항균성, 항동맥경화 및 항돌연변이의 특성이 있다. 그러나 석류껍질과 석류껍질 추출물을 함유하는 기능성 식품 성분은 상대적으로 일반 소비자에게 충분히 알려지지 않고 있다. 석류껍질 분획은 항암제로 알려진 무당의 모노 및 올리고 ellagitannins과 같은 다양한 폴리페놀의 귀중한 저장소이다. 따라서 다양한 영양보조식품의 천연 항산화제로서, 종종 이용되고 있다. 현재는 외국에서 주로 석류껍질 추출물이 식이 제제로 활용되고 있으며, 주로 캡슐이나 정제 또는 소프트 젤 형태로 판매되고 있다.

석류 과일 껍질에는 페놀화합물(ellagitannins, punicalagin, proanthocyanidin, flavonoid, 복합 다당류 등)이 존재한다. 석류는 다양한 식물화학 물질이 발견되고, 이 물질 중 폴리페놀을 이용하여 식품산업에서 필요로 하는 새로운 물질로서, 식품 안전성에 이바지할 수 있는 보존제와 식품증량제와 같은 기능성 식품으로 개발할 필요성이 있다. 합성 항균제를 피하는 소비자는 천연원료의 대체 보존료를 선호하고 있다. 소비자의 욕구를 충족시킬 수 있는 새로운 기능성 식품으로 수요가 많은 보존제를 비롯하여 생리활성 prebiotics 및 품질강화제와 같은 광범위한 분야에서 실제 이용할 수 있는 최신 연구의 자료가 필요하다.

Orgil 등(2014년)은 석류 과일의 가식 부분은 영양보조식품의 특성이 적으며, 폐기물로 생각했던 과일나무 껍질, 씨앗, 꽃, 싹이나 잎 등의 비식용 부분이 식용 과일보다 특정한 영양적 가치가 더욱 높고, 생물학적 활성 성분이 많았다는 사실을 발표한 이후부터 석류 과일 껍질의 활용에 관심을 끌게 되었다.

소비자는 오래전부터 합성화학물질로 된 식품첨가물의 안전성에 대해 관념적으로 기피하는 경향이 일반화되어 있으며, 자연히 천연물질을 선호하고 있다. 따라서 다양한 기능성을 가진 석류껍질과 석류껍질 추출물의 활용 필요성이 강조되었다. 석류껍질과 석류껍질 추출물에는 인체에서 발생하는 활성산소를 소거할 수 있는 항산화제의 기능과 생리 기능 저하로 발생하는 많은 만성질환을 경감시키거나, 예방할 수 있는 식물화학 물질의 생리활성 기능이 있어, 이를 기능성 식품으로 개발하는 데 이용하는 것이다. 석류껍질과 석류껍질 추출물의 영양학적, 기능적 그리고 항감염의 특성에 초점을 맞추어 식품첨가물로서, 기능적 식품 성분으로서, 또는 영양 보조 제제의 생물학적 활성 성분으로서, 그에 대한 기능성 활용과 관련한 최신 연구 동향을 분석하고자 한다. 석류껍질과 석류껍질 추출물은 수요가 많은 합성 식품첨가물의 귀중한 대안으로 또는 식품보존제와 같은 식품의 안전성에 관계되는 물질로 식품 가공과정에 필요한 농축 충전제 및 식품증량제, 품질향상에 도움을 줄 수 있는 영양 보조물질 등으로 활용할 수 있는 잠재적인 특성이 있다. 따라서 이 연구는 여러 식품 건강증진분야의 기능성 식품산업에 실제 이용할 수 있는 최신 연구 동향을 분석하여 식품영양학계는 물론이고, 그 식품 관련 산업계에 자료를 제공하고자 한다.

이 연구의 목적은 석류껍질과 석류껍질 추출물에 함유된 영양 기능 물질, 식품의 기호기능 물질, 생체조절기능 물질 및 식품 가공에 관련된 물질들을 활용하여 새로운 기능성 식품으로 가공 개발하는 데 필요한 최신 연구 동향을 고찰하는 것이다.

재료 및 방법

1. 석류의 성상

석류(*Punica granatum* L.)는 나무 높이가 10 m에 달하며, 줄기는 뒤틀리는 모양을 하고 있다. 이란・아프가니스탄이 원산지이며, 우리나라에는 약 500년 전에 도입된 것으로 추정된다. 석류 과일은 지름이 6~8 cm에 둥근 모양을 하며, 단단하고 노르스름한 껍질이 감싸고 있다. 과육 속에는 200여개의 씨앗이 있고, 먹을 수 있는 부분이 약 20%이고, 과육은 새콤달콤한 맛이 나고 껍질은 약으로 쓴다. 껍질에는 수렴(收斂), 지혈, 지사의 효능이 있어 한방에서는 분변혈, 대하(帶下), 탈항(脫肛), 회충 구제 등에 쓰이고, 민간에서는 천식, 백일해에 석류껍질과 감초를 섞어 다려 마신다. 열매와 껍질 모두 고혈압과 동맥경화 예방에 효과가 있고, 특히 이질균에 약효가 뛰어난 것으로 알려져 있다. 과즙은 색이 좋아 농축과즙, 화채와 과일주를 담그는 데 쓴다.

2. 석류껍질의 식물화학물질

석류는 과일과 껍질에서 많은 다양한 식물화학 물질(phytochemicals)이 발견되고 있다. 이 물질 중 폴리페놀화합물은 산성화되는 체질과 암을 포함하는 염증 질환의 넓은 범위에서 보호 효과를 줄 가능성이 높다. 석류의 주요 성분은

당질 중에 글루코오스와 프룩토오스로 약 40%, 새콤한 맛을 내는 시트르산이 약 1.5% 들어 있다. 수용성 비타민 B_1, B_2, 나이신도 들어 있으나 양은 적다. 껍질에는 타닌 등 다양한 생리활성물질이 존재하고, 종자에는 갱년기 장애에 좋은 천연 식물성 에스트로겐이 들어 있다. 종류는 단맛이 강한 감과와 신맛이 강한 산과로 나뉜다. 껍질에는 타닌이 있다. 석류는 그 껍질과 과일의 여러 곳에서 anthocyanins, gallotannins, hydroxycinnamic acid, hydroxybenzoic acid 및 가수분해성 타닌(ellagitannins, 및 gallagyl esters)을 포함하는 약 48종의 페놀화합물이 확인되었다. 과일 전체에서는 punicalagin 이성체, ellaginic acid, anthocyanins(delphinidin, cyanidin, pelargonidin, 3-glucosides, 3,5-diglucosides)과 같은 폴리페놀화합물이 광범위하게 풍부하나, 흥미롭게도 석류껍질은 과일의 다른 어떤 부분보다 농도 면에서 페놀화합물(대게 타닌의 가수분해물)의 함량이 가장 많은 유용한 저장소이다.

석류 열매는 과일 무게의 약 0.2～1.0%에 해당하는 flavonoid를 함유하며, 과일 전체에 있는 anthocyanins의 약 30%가 껍질 부분에 집중되고 있다. 이러한 화합물의 상호 간의 농도는 품종의 종류와 과일의 다양한 성장단계에 의존하고 있으며, 석류껍질의 색 변화의 원인이 된다.

3. 석류껍질 및 석류껍질 추출물의 식품첨가물로서 기능성 수준

석류껍질과 석류껍질 추출물은 식품 속 불포화지방산의 안정성을 도모하는 구실을 한다. 지방의 과산화를 방지하기 위한 수단으로 butylated hydroxytoluene(BHT), butylated hydroxyanisole(BHA) 및 tert-butylhydroquinone와 같은 합성 항산화제는 50년 이상 공업적으로 효과적인 식품첨가물로 사용되고 있다. 합성 항산화제에 대해 일부 연구(Ahmad 등 2013년; Iqbal, 등 2008년; Palomba 등 1999)는 식품첨가물로서, 합성 항산화제의 사용에 대해 안전성을 우려하는 보고를 했다. 이러한 우려는 지난 10년 동안 식품 산업계에서 합성 항산화제 사용량의 하락이 진행되고 있는 것이 그 이유 중의 하나이고, 병행하여 아스코르빈산, 토코페롤 및 페놀성분이 풍부한 식물 추출물과 같은 천연 항산화제의 사용량이 증가하고 있다는 점이다. 석류껍질 추출물은 BHT와 BHA와 같은 합성 항산화제를 대신하여 식물성 기름의 안정화를 위해 천연 항산화제로서 사용할 수 있다고 밝혔다(Iqbal 등 2008년). Ahmad 등(2013)은 쇠고기 미트볼에 천연 항산화제를 이용하여 합성 항산화제의 대체가능성을 확인해서 소비자의 요구에 부응했다. 이 연구에서 동결 농축된 석류껍질 추출물은 BHT와 항산화제가 첨가되지 않은 대조구와 비교한 결과, 석류껍질 추출물 실험구에서 높은 페놀함량 및 항산화 활성을 확인했다. Iqbal 등(2008)은 해바라기씨 기름의 안전성에 석류껍질 추출물의 효용성을 확인했고, Palomba 등(1999)은 BHT의 인체 U937세표의 자기사멸을 유도하는 연구에서 과산화수소의 역할과 변화된 산화환원 반응 상태의 이상 작용 등을 연구하는 등 많은 연구에서 이들 물질의 대체와 안정성 우려에 대해 보고하였다.

Bartnick 등(2006)의 특허에서 페놀화합물은 메탄올, 아세톤, 물, 에탄올-물 등과 같은 여러 용매를 사용하여 석류껍질을 포함한 식물재료에서 추출하는 방법에 대해 특허를 받았다. 그 후 미국 식품의약국(FDA)은 추출목적으로 에탄올과 같은 독성이 없는 식품용 용매를 추천했다.

4. 분석 방법

이 연구는 석류껍질과 석류껍질 추출물의 영양학적, 영양생리학적 및 식품학적 기능성을 조사하기 위해 주로 Science Direct에 수록된 논문을 중심으로 분석하였다. 검색의 key word; ‘pomegranate’ 이고, 연도의 refine filters; ‘2016’ 이며, 잡지의 refine filters; ‘Food Chemistry, LWT-Food Science and Technology, Food Research International, Journal of Functional Foods, Innovative Food Science & Emerging Technologies, The Journal of Nutritional Biochemistry, Nutrition Journal of Food Composition and Analysis, Phytochemistry, Trends in Food Science & Technology’에서 일차 검색하고, 미진한 부분은 2015년도 부분도 활용했다. 총 132편 중에서 2016년도 14편 그리고 2015년 6편은 이 연구에 적합하다고 판단하여 문헌분석을 시행했다. 해당 논문의 초록, 연구방법과 결론의 내용을 중심으로 요약 정리하였다.

결과 및 고찰

1. 생리활성물질로의 가치

석류는 지구상에 가장 오래된 건강증진 과일 중 하나이다. 석류 씨앗껍질과 석류껍질 및 과일의 가식 부분은 당분, 유기산, 비타민, 미네랄, 폴리페놀이 풍부하다. 석류는 중국의 의약품과 기능성 식품에 사용하고 있는 식물의 일종이다(Li 등 2015). 석류 과일 무게의 약 50%의 달하는 과일 껍질에는 폴리페놀 화합물 등이 존재한다. 석류 과일을 가공하고 폐기되는 과일 껍질에는 강력한 항암성, 항산화성 및 항균성의 특성이 있는 생리활성물질의 상당한 양이 존재하는 특징이 있다.(Orgil 등 2014) 일반과일, 채소, 와인 및 차와 같은 식품과 음료에도 어느 정도 양의 페놀화합물을 함유하고 있어, 건강상의 혜택을 주지만, 석류껍질에는 페놀화합물을 비롯하여 다양한 생리활성물질을 많이 함유하고 있어, 더욱 관심이 쏠리고 있다.

석류는 사람의 식이로서, 다기능성과 영양상의 이익이 있

어, 그 열매는 타닌을 비롯한 여러 생리활성물질 특히 페놀함량이 풍부하여 질환의 위험을 감소하는 것으로 보고되었다. 시험관 및 생체실험에서 항당뇨병, 항염증, 항산화, 항증식성 및 항비만에 유의성 있는 효과가 있는 것으로 밝혀졌다(Al-Muammar & Khan 2012; Shaban 등 2013; Wu & Tian 2013). 더욱이 석류의 섭취는 관상동맥, 심장질환, 당뇨병, 고지혈증 등 대사증후군 환자에게 큰 이익이 된다(Esmaillzadeh 등 2006; Hashemi 등 2010). 석류껍질 폴리페놀과 다른 몇 가지 식물 폴리페놀은 시험관 내에서 지방간세포의 지방저하 효과와 관련하여 콜레스테롤 유출 메커니즘을 밝혔다(Zhao 등 2014).

Li 등(2015)의 연구에 의하면 석류주스는 항발암성 및 항증식성 활성(Orgil 등 2016)뿐만 아니라, 다른 건강증진 능력이 있는 것으로 표시되어 있는 폴리페놀, flavonoid, anthocyanin 및 carotinoid 등의 다양한 물질이 포함되어 있다. 석류껍질과 석류껍질 추출물의 항산화력은 심혈관 보호 특성 때문에, 기능성 음료로 자리매김 되고 있다. 석류껍질 추출물용액 500 mL를 1일 2회 섭취하면 총 ellagitannins 82 mg을 제공하게 되고, 이는 포도주를 탈알코올화 할 수 있다(Tarrega 등 2013).

Seeram 등(2002)의 특허에 의하면, 석류껍질의 가수분해성 폴리페놀 특히 ellagitannin은 가장 높은 활성 항산화물질이다. 이러한 화합물(ellagic acid, punicalagin, punicalin, gallagic acid)은 높은 항산화 활성과 다각적인 생물학적 활성을 유지하고 있으며, 특히 함께 상승적으로 작용한다. 철 또는 전이금속킬레이트화는 펜톤(Fenton) 반응에 통해 생성된 유리기의 전파를 방해한다. 일반적으로 석류껍질 추출물의 flavonoid의 상대적인 효력은 수산기의 수와 형태에 기인하여 항산화물질로서 작용한다.

2. 식품첨가물로의 가치

식품생산자와 연구자는 사람의 건강을 증진할 수 있는 새로운 제품 개발에 항산화 물질을 비롯하여 다양한 신물질에 대한 관심이 증가하고 있다. 식품산업에서 특정 인체장애에 대한 효과와 기능성에 대해 현재까지 연구되어 온 식물화학물질 부분에서 석류껍질은 광범위하게 기술적으로 식품첨가물로 이용 가능한 물질이다. 석류과일 껍질추출물은 수요가 많은 합성 항균제의 대체 보존료, 안정제 및 품질강화제와 같은 광범위한 분야의 식품첨가물질의 특성이 있다. 육류산업에서 육류의 색과 맛을 포함한 육류의 질은 소비자의 요구를 충족하기 위해 가장 중요한 요소이다. 사후 숙성하는 동안 육류의 지방 산화는 맛, 색, 냄새 등의 품질저하뿐만 아니라, 영양에도 영향을 미친다. 지방 산화로 식품 내에 있는 항산화제의 양을 감소시킬 수 있으므로, 항산화제의 공급이 필요하다. 석류는 지방의 산화방지뿐만 아니라, 낙농염소의 우유 지방산에 미치는 리놀렌산을 포함하는 공급원으로 석류 씨앗 기름이 유용함을 발표했다(Emami 등 2016).

Viuda-Martos 등(2013)은 석류껍질과 석류껍질추출물은 가수분해성 타닌인 ellagitannins, ellaginic acid, punicalin 및 punicalagin 이성체 등 많은 양을 함유하고 있다. 이들 물질은 화학적 유리기를 제거하는 특성으로 식품 중의 지방 산화를 효율적으로 억제하는 능력을 갖추고 있다. Kumudavally 등(2009)의 특허에 의하면 석류껍질의 많은 함량의 가수분해성 타닌인 ellagitannins, ellaginic acid, punicalin 및 punicalagin 이성체 등은 자유라디칼 포착 특성의 결과로 식품에서 지방 산화를 효율적으로 억제하는 능력을 가지고 있다는 것이다. Borochov-Neori 등(2009)은 석류껍질은 지방 과산화에 있어 식물성 기름, 닭고기, 쇠고기와 염소고기 패티(patty)의 안정성을 현저히 증대시키는 것을 실증했다. 석류껍질의 다양한 기능성 특성(항산화 능력, 관능적 품질, 껍질 색, 미네랄 및 페놀함량)은 석류 품종, 농업 및 기후 조건과 과일의 숙성과 수확 일에 의존한다는 것이 밝혀졌다. 또, 석류껍질과 석류껍질추출물에는 소화되지 않는 식품 성분인 prebiotics이 있어 결장 미생물총 중 유산균(*Lactobacillus pentosus, Lactobacillus rhamnosus* 및 *Lactobacillus acidophilus*)의 증식을 선택적으로 또는 무작위로 개선할 수 있고, 병원균을 억제하고, 사람의 장에 있는 유익한 미생물의 성장에 도움을 준다.

3. 영양보조식품으로의 가치

식품가공 폐기물은 오랫동안 그 처분으로 유발되는 환경영향에 대한 처치문제, 최소화 및 예방하는 문제로 많은 숙고의 대상이 되고 있다. 현재 식품가공 폐기물을 재활용하는 차원에서 이를 귀중한 영양보조식품의 공급원으로 설정하는 것은 중요한 의미가 있다. 농업에서 나온 부산물은 대부분 영양보조식품의 르네상스가 될 수 있어, 식품으로 재사용할 수 있는 방법이 개발되고 있다. 그 생산은 먼저 거시적인 전처리부터 시작하여 거대분자와 미세분자를 각각 분리하고, 추출하여, 정제하는 과정을 거쳐 영양보조식품으로 형성하는 등의 5가지 주요 단계로 이루어진다(Galanakis 등 2012).

장내미생물총은 비만과 관련된 위험요인을 평가할 때 환경인자로 알려졌지만, 최근 석류껍질은 prebiotics 활동의 영향으로 동맥경화 및 유도 비만식이와 관련된 염증성 장애의 제어에 있어 유망한 영양보조식품으로 알려졌다. 식품에서 영양보충제의 역할과, 식품의 여러 가지 가공조건에서 활성성분의 안정성과, 최종 식품제품에서 관능적 수용성 등은 이 천국의 과일로 부르는 석류 과일 폐기물의 본질적인 가치를 완전히 활용하기 위해 철저히 검토되었다(Gullon 등 2015; Sahebka 등 2016).

4. 최근 국외 학술정보의 주요 내용

석류 과일 껍질을 활용하여 기능성 식품개발에 대한 최근 국외의 연구동향을 보면, 석류는 그 특이한 맛과 뛰어난 건강상 이로운 특성으로 세계적으로 소비시장이 급속히 확대되고 있다. 지난 10년간 석류 과일 및 과일 껍질 추출물은 많은 만성질환을 예방하고 경감시키는 생리활성물질로 알려져 있다. 석류껍질과 그 추출물에 대한 최신 학술정보를 검색하여 그 중요한 내용을 분석함으로써 일부 선진국과 개발도상국에서 수행되고 있는 석류 산업의 부산물을 활용할 수 있는 첨단 학술정보(2015~2016)를 다음과 같이 도출할 수 있다.

Gullon 등(2015년)의 연구에서 *in vitro* 위장 소화 (*in vitro* gastrointestinal digestion, GID) 과정에서 페놀화합물과 flavonoid 화합물의 생물학적 활성은 각각 35.90 및 64.02%였으나, ellaginic acid은 예외로 증가했다. GID는 ellaginic acid으로 킬레이트화 활성과 환원력을 증가시켰다. 또, 석류껍질 분말을 첨가할 경우에는 대장 세균에 의한 발효는 아세트산, 프로피온산 및 부티르산을 생성했다. 석류껍질 분말의 항산화 활성의 증가와 단쇄 지방산(short chain fatty acid) 생산은, 석류껍질 분말이 건강상의 이익을 증진하는 기능성 식품을 개발하기 위한 잠재적 성분으로 식품산업에 기여하는 것이다.

Orgil 등(2016)의 연구에 의하면, 석류 폴리페놀은 건강에 매우 유익하고, 다양한 자극으로 유도되는 산화 스트레스 및 세포사멸 과정에서 정상 세포를 보호하는 항증식성과 항안드로겐 활성을 확인했다고 보고하였다.

Kazemi 등(2016)은 동남아 지역에서 일반적으로 재배되는 석류 품종 마라스 석류의 껍질에서 페놀추출을 위한 펄서 초음파 보조추출(pulsed ultrasound-assisted extraction; PUAE)기술의 최적화를 연구했다. 이 연구의 주요 목표는 punicalagin 및 hydroxybenzoic acid의 최고의 수율과 항산화 활성을 얻을 수 있도록 PUAE 기술조건을 최적화하는 것이다. 10분간의 짧은 추출 적용은 생산 에너지와 비용을 절감할 수 있었다. 마라스 품종의 석류껍질 추출물에서 측정된 페놀화합물 중에서 punicalagin 및 ellaginic acid이 가장 많았고, gallic acid은 미량 포함되었다.

2016년 Turgut 등(2016)은 지방과 단백질의 산화를 늦추기 위해 석류껍질 추출물의 항산화 작용을 확인하기 위해 4±1℃에서 냉장 보관 중인 미트볼을 이용하여 연구하였다. 석류껍질 추출물의 첨가는 미트볼의 색상과 산패 냄새에 대한 관능평가에서 냉장 보관기간을 연장하는 데 효과가 있었고, 이러한 결과는 석류추출물은 지방과 단백질의 산화를 지연시키는 데 효과적이었음을 보여주었다.

Sahebkar 등(2016)의 연구에서는 동맥벽 내피를 통과하는 산화된 저밀도 지방단백질의 이동은 동맥경화 과정에 대한 기본적인 기폭제 단계로 간주하고 있다. 심혈관 위험인자와 산화 스트레스로 일어나는 만성 심혈관질환의 병인을 제어하기 위한 긍정적인 응용 프로그램으로 천연물에서 발견되는 미량의 잠재적인 치료효과를 보고했다.

Haghighian 등(2106)의 연구에서는 심혈관질환의 가장 중요한 위험인자 중 하나인 이상 지방 혈증(dyslipidemia)에 있어 석류의 폴리페놀이 지방 저하 작용이 있음을 제시했다. 또, 이상 지방 혈증 환자의 일부 심혈관 위험인자에 석류껍질 추출물의 효과를 확인했다. 이 연구에서 석류껍질 추출물이 고지혈증과 비만 여성에서 심혈관 위험인자 개선에 긍정적인 효과를 확인한 것이다.

Song 등(2016)의 연구에서는 사람의 암 중 세계에서 6번째로 일반적인 것이 간암이고, 중국의 경우, 3번째로 가장 일반적인 악성 종양이다. 원발성 간암은 임상적으로 가장 흔한 악성종양 중 하나이며, 발견되었을 때는 이미 간 내부에서 전이될 수 있어 그것은 중・후기의 암이 된다. 지난 10년간 세계적으로 간암의 발생을 효과적으로 제어하지 못했다. 천연물질 중에서 종양세포의 사멸을 유도하는 작용을 하는 성분을 찾는다는 것은 간암치료를 위해 특히 중요하다. 석류껍질 추출물을 이용하여 사람의 간암세포의 사멸을 유도하는 항암성의 효과를 확인한 것에 대해 주목하게 된다.

Gullon 등(2016)은 잠재적인 '천연' 항균제로 식품공업에 응용할 목적으로 폴리페놀 프로필과 석류껍질 가루의 항균특성을 연구했다. 항균 특성은 식중독 원인균인 *Salmonella* sp, *E. coli, S. aureus* 및 *L. monocytogenes*에서 강했다. Nicosia 등(2016)의 연구에 위하면, 석류 과일 껍질의 추출물을 이용하여 감귤류 과일과 체리 과일의 수확 후 곰팡이로 인한 부패방지 항균효과를 발표하였다. 시험관 실험에서 석류 과일 껍질의 추출물과 20시간 배양할 경우, *Botrytis cinerea, Penicillium digitatum* 및 *Penicillium expansum*의 분생자 발아를 억제하는 등 대부분의 곰팡이 포자의 발아를 억제하는 강한 항균력을 보였다. 1.2～12 g/L 농도에서 숙주 병원균 조합의 대부분에서 완전한 감염억제 효과가 있었다. 천연 항균제의 항균활성에 대한 작용메커니즘은 완전히 밝혀져 있지 않다. 그러나 테르펜 및 페놀은 세포막 붕괴로 미생물 성장을 억제하는 페놀화합물의 효과는 알려졌다.

Pagliarulo 등(2016)의 연구에 의하면 석류 가종피와 껍질 추출물은 효과적인 항균활성을 갖는 것으로 나타났다. 종종 식품매개 질병으로 발생하는 *Staphylococcus aureus* 및 *Escherichia coli*에 대해 항균활성을 확인했다. 이 연구에서 석류 폴리페놀 추출물의 가장 풍부한 생물활성물질은 타닌, anthocyanin, catechin, gallic acid 및 ellaginic acid을 포함했다. 석류 과종피(aril)와 과일껍질의 부산물에 있는 주요한 폴리페놀을 50%(v/v)의 에탄올 수용액으로 추출하였다. 석류껍질과 석류껍질 추출물은 식품의 부패와 감염(*Staphylococcus aureus, Salmonella*

enteritidis 및 *Listeria monocytogenes*)에 장벽의 구실을 하는 것으로 밝혔다. 이 연구 결과는 과종피 및 껍질 추출물 모두 효과적인 항균활성을 갖고 있었다. 이는 사람에 있어 2가지 중요한 고병원성 *Staphylococcus aureus* 및 *Escherichia coli* 분리균주의 증식과 생존에 억제 효과가 있었으며, 이들은 식품 매개 병원균으로 종종 발생한다.

Ahmed 등(2016)의 연구에서 천연 석류껍질 추출물과 발효 석류껍질 추출물 모두 대조구와 비교하여 저장 2～3주후에 TBARS 값은 유의적으로 감소했다. 전체적으로 천연 석류껍질 추출물과 발효석류껍질 추출물은 에테르 추출물 및 TBARS 값을 줄이면서 오메가-3 지방산의 수준을 증가시킴으로써 돼지고기의 품질을 향상시켰다.

Mosele 등(2015)은 체내에서 소화하는 동안 석류 페놀화합물의 안정성에 대한 연구에서 주스, 펄프와 껍질 추출물과 같은 여러 석류제품을 *in vitro* 위장 소화로 시험한 결과, 비 흡수부분은 결장발효에 의해 미생물 대사산물로 사람의 변에서 확인 가능한 것으로 나타났다. 석류 추출물은 대장 발효 후에 절대량 측면에서 장 미생물의 많은 대사산물의 생산으로 이어질 미생물 기질의 최고 공급원이 되었다. 석류 추출물을 사용하면 만성질환 예방에 있어 잠재적인 건강 혜택으로 식품제품을 풍부하게 하는 좋은 전략이 될 수 있다고 시사했다. 석류의 페놀화합물과 폴리페놀의 항산화 활성과 항증식성 활성은 대부분 과일의 껍질과 내부 얇은 막과 같은 비식용 부분에서 유래된 것으로 밝혔다.

Nallely 등(2015)은 석류 적과 중에 생성된 폐기물에서 무게, 크기, 성숙도 지수, pH, 유기산과 설탕 프로필, 무기질, punicalagin, ellaginic acid의 함량 및 총 폴리페놀 등을 측정해서 항산화 활성물질과 생리활성물질로 사용가능성을 확인했다. 시트르산 등 유기산이 많고, 주요 무기질로 칼륨은 건조물 kg당 11 mg에 달한다. 총 폴리페놀 함량은 건조물 kg당 777 mg에서 1,660 mg 범위로 많았다. 석류 적과는 특히 신맛과 달콤한 품종에서는 식품, 화학, 제약 산업에서 필요로 하는 잠재적인 생리활성 화합물이 풍부하다. 석류나무는 남은 과일나무의 활력을 저하하지 않고, 그 과일의 최대 크기와 품질에 도움을 줄 수 있도록 간벌이 필요하다. 이 연구에서 과일 무게의 약 50%의 달하는 석류 과일껍질은 고분자량 페놀의 존재로 특징된다. 복합 다당류, ellagitannins, proanthocyanidin 및 flavonoid는 전체적으로 강력한 항돌연변이성, 항산화성, 항균성 및 세포사멸 억제의 특성이 있는 미소요소의 상당한 양이 존재하는 특징이 있었다.

Gullon 등(2016)은 석류과즙 추출 부산물에서 얻은 석류껍질 분말의 폴리페놀 프로필과 항균 활성 등을 다양한 세균 등을 이용하여 평가했다. 항균 활성은 *Salmonella* sp = *E. coli* = *S. aureus* = *L. monocytogenes* > *P. aeruginosa* > *L. innocua* 순으로 감소했다. 고로 석류 과일 껍질 추출물의 항균 특성을 항균제로 활용하는 것은 유망한 것으로 제안하였다. Elsherbiny 등(2016)은 감자 무름병 발병을 조사한 연구에서 석류껍질의 메탄올 추출물은 *Fusarium sambucinum*의 성장을 억제하여 치유적인 용도와 예방적인 용도 모두에서 효과가 있었다. *F. sambucinum*의 균사 성장은 75.5% 억제되었고, 20 mg/mL 농도에서 병원균의 포자 발아는 완전히 억제되었다. HPLC 분석을 통해 24종의 페놀화합물을 확인 정량하였다.

Nicosia 등(2016)은 석류껍질 추출물은 감귤과 체리수확 후 부패를 억제하기 위한 천연 항균제제로 평가할 목적으로 연구했다. 시험관에서 *Botrytis cinerea, Penicillium digitatum* 및 *Penicillium expansum*의 분생자의 발아에 대해 강한 살균 활성을 확인하였다. 모든 곰팡이의 포자 발아 대부분은 석류껍질 추출물과 20시간 항온처리 후에 억제되었다.

Juneja 등(2016)은 천연 식물에 기반을 둔 항균제에 관한 연구에서 ellagic acid는 식품 매개 병원균에 대한 항균 활성을 갖는 것을 확인했다. 갈은 닭고기에서 *Escherichia coli* O104:H4의 내열성에 대한 석류의 높은 ellagic acid의 산업적인 효과를 평가한 것이다. 석류 분말 사용과 사용하지 않는 실험 사이에서 *E. coli* O104:H4의 열 저항에 가장 큰 차이가 있음을 확인했다. 일정한 온도에서 1.0%의 석류 분말 이상을 첨가할 경우, 열 저항은 단지 약간의 감소를 가져왔다. 육류 가공업체는 갈은 닭고기에서 *E. coli* O104:H4의 특이한 감소를 달성하기 위해 결정적인 처리를 설계할 때 모델로 사용할 수 있다고 밝혔다. Ellagitannins은 일반적으로 gallotannins의 대사산물이다. 페놀 화합물의 독특한 반응기로 쉽게 가수분해 될 수 있다. 가수분해로 hexahydroxydiphenic acid을 방출하고, 높은 항산화력의 비교적 안정된 단량체 구조를 한 ellagic acid은 자연적으로 락톤화되어 생성된다.

Behnaz 등(2015)은 냉장 보관 중인 닭 가슴살의 품질수명에 미치는 석류 추출물의 효과를 연구했다. 시료를 20일간 4℃에 저장하고, 5일 간격으로 분석한 결과, 대조구인 일반세균보다 슈도모나스 속, 유산균, 장내세균과 저온세균, 효모와 곰팡이에 이르기까지 모든 총 생균측정에서 현저하게 감소했다. 한편, 이 연구에서 과산화물가, TBARS의 값과 단백질의 산화는 대조구보다 모든 처리구에서 낮았다는 것은 닭가슴살의 품질수명에 석류 추출물의 활용가치가 있음을 보여 주었다.

Masci 등(2016)는 석류과일 또는 껍질에서 항산화 활성과 항증식성 활성을 측정할 때 그 추출방법으로 용매로 에틸아세테이트를 이용하면 ellaginic acid 또는 punicalagins의 풍부한 추출물을 얻는데 유용했다. 항산화 능력은 페놀 함량에 직접 관계하고 있는 것을 증명했고 반면, 항증식성 활성은 주로 ellaginic acid에 기인했다. 육류제품 생산에서 천연 항산화제

는 합성 항산화제와 같이 안전성이 있다고 보아, 육류제품에 대한 소비자의 수용성, 기호성, 안전성 및 육류 제품의 품질 수명을 위해 응용 가능성을 관찰했다. 사료 중에 석류 씨앗 펄프로 보리와 옥수수를 대체할 경우, 염소고기의 색과 지방의 안정성을 향상할 수 있었다. 육류생산에 천연 항산화 물질을 사용하는 것은 바로 관심이 높아진 소비자의 욕구를 충족시킬 수 있어서 대단히 유용한 것으로 평가했다.

5. 국내 연구 동향

Koh 등(2005)은 석류씨 추출물의 항산화 및 항균 활성 등의 연구가 있다. Kim 등(2013)은 국내산과 수입품 석류의 화학성분과 기능적 특성 연구에서 국내산과 수입품 석류의 화학성분 분석 및 생리활성 기능을 분석하여 기능성 물질의 소재개발과 착즙 후 버려지는 부산물 활용 방안을 연구하였다. 위의 연구에서 석류 과즙 중 유기산은 시트르산과 말산이 유리 당으로는 글루코오스와 프룩토오스가 확인되었다. 석류의 폴리페놀 함량은 국내산 열매껍질에서 149.91 mg/g으로 가장 낮은 함량을 보인 국내산 과즙보다는 약 100배 정도 높게 함유되어 있었다. Ellaginic acid 함량은 국산 과일껍질에서 14.22 mg/g으로 미국산보다 두 배 이상 높았으며, 고흥산과 미국산 모두 과즙이나 씨앗보다는 열매껍질에서 ellaginic acid 함량이 월등히 높게 나타났다. 석류 부위별 추출물은 농도 의존적으로 항산화 활성이 증가하였다.

Jeen(2011)은 국내산과 이란산 석류 부위별 추출물의 항산화 활성 연구에서, 이란산과 국내산 석류를 착즙하여 과즙과 부산물로 버려지는 외피, 내피, 씨앗의 4부분으로 나누어 기능성 성분과 항산화 능력을 분석하였다. 이 연구에서 석류 부위별 추출물의 기능성 성분 중 총 페놀 함량은 국내산 석류 외피가 210 mg/g±8.08로 가장 높았고, flavonoid의 함량은 이란산 석류 내피와 이란산 석류 외피에서 가장 높았다. Phytoestrogen 함량은 이란산보다 국내산 석류 내피에서 96.04 μg/mL로 가장 높게 측정되어 전반적으로 이란산 석류보다 국내산 석류의 기능성 성분의 함량이 높았다고 보고했다.

우리나라에서 기능성 식품은 1990년대 후반부터 일부에서 관심을 끌기 시작했으나, 2004년부터 공론화 되었다. 석류껍질에 관한 연구는 특히 미진하여 최근에 와서 단편적이지만, 연구되고 있다. 새로운 건강기능성 식품의 다양한 소재를 개발하기 위해 학계 및 식품산업계를 중심으로 석류껍질의 유효한 성분을 탐색하고, 안전성을 포함하는 기능성과 가공기술을 개발하는 데 더욱 큰 관심이 필요하다고 본다.

요약 및 결론

1. 요약

이 연구는 석류껍질과 석류껍질 추출물의 영양학적, 기능적 그리고 항감염의 특성에 관한 내용을 리뷰하고 있다. 식품첨가물로서, 기능적 식품 성분으로서 또는 영양보조 제제의 생물학적 활성 성분으로서 그들의 활용에 초점을 맞추고 있다.

특이한 것은 국내산 석류 과일의 부위별 폴리페놀 함량은 열매껍질에서 과즙보다는 약 100배 정도 높았고, 수입산과 비교하여 열매껍질에서 2배 이상 많았다.

식품보존료, 안정제, 영양보조제, prebiotics 및 품질향상제로서, 작용할 수 있는 귀중한 물질의 저장소인 석류껍질의 이용은 여러 만성 질병의 예방에 있어 실용적인 접근방식이라고 생각된다. 많은 문헌에서 석류껍질과 석류껍질 추출물이 건강을 개선하는 생물학적 성분으로 기능할 가능성은 확인되었다. 또, 약리학적 특성 및 영양보조식품의 특성은 강조되고 있었다. 다만, 몇 보고서에서 독성학적 소견과 식이 범위 및 섭취형태에 대해 언급했다.

석류껍질과 석류껍질 추출물에 대해 질병완화 내지 치료와의 관련성과 화학적 특성에 대해선 잘 알려져 있어, 합성 식품첨가물의 대체품 또는 영양보조식품으로 제시되고 있다. 그러나 석류껍질과 석류껍질 추출물의 일부 속성 때문에, 아직 식품시스템에서 완전히 선택하는 성분으로 간주하는 경우가 많지 않다. 석류껍질과 석류껍질 추출물을 기능성 식품의 성분으로 활용하기 위해 먼저 이들이 가진 유용한 성분의 프로필을 작성하고, 그들의 기능성을 조사하는 연구개발 전략이 필요하다. 합성 항균제 사용과 같은 식품저장법은 식품에서 미생물 부패를 억제하기 위해 전통적으로 사용되고 있는 방법들이다. 그러나 식품의 오염과 미생물에 의한 부패는 아직도 완전히 통제되지 않고 있기 때문에, 새로운 천연 항균제 개발이 더욱 시급하다.

2. 결론

최근 건강관리는 질병치료에서 차츰 질병예방으로 방향이 옮아가는 경향이다. 식품제품의 시장 고급화로 소비자들은 건강을 위해 의약품을 넘어 식품을 선택하고 있다. 미생물에는 항상 저항성 문제가 있으므로, 종래의 항균제가 미래의 항균약품으로의 전망은 아직 분명하지 않다. 비록 합성 항균제가 많은 나라에서 승인되고 있다고 해도 근래는 천연 항균제를 사용하는 경향이 뚜렷해서, 안전하고 효과적이면서 소비자가 수용할 수 있는 천연 항균제의 공급원을 탐색하는 것이 필요하게 되었다. 식물은 무수한 성분을 함유하고 있고, 특히 항균특성을 함유한 새로운 생물학적 활성 분자가 있다는 사실에 유의할 필요가 있다. 병원균을 억제하기 위해 천연물질을 탐색하여 분류하고 평가하여, 소비자가 제공된 식품에 대해 안전성과 건전성을 확인하도록 하는 것은 또 하나의 도전이 될 수 있다. 저온유통이 불가피하면서도 저장기간이 짧은 두

부, 어묵 및 막걸리의 보존성 향상을 위해 석류껍질 에탄올추출물이 확실한 항균효과가 있음에 유의할 필요가 있다. 천연 항균제의 효율적인 생산형식 등의 과제는 앞으로 연구과제가 된다. 식품산업에 있어 미생물의 안전성은 전 세계를 통틀어 소비자를 비롯한 규제당국과 식품을 연구하는 연구자 및 식품산업에 종사하는 모든 사람에 있어 중요한 관심 사항으로 계속 남아 있다.

석류껍질과 석류껍질 추출물의 건강증진활동 및 화학적 특성 모두에 관련된 전망을 고려할 때, 석류껍질과 석류껍질 추출물은 가능성 식품 소재로 여전히 과소 평가되고 있다. 이 연구에서 밝히고 있는 석류껍질과 석류껍질 추출물의 생리활성물질로의 유효성, 식품에서의 영양보충제 역할, 여러 가지 식품가공 조건 아래에서 활성 성분의 안정성 및 최종 식품제품에서 관능적 수용성 등은 이 천국의 과일 폐기물의 본질적인 활용가치를 완전히 이해하는 데 도움이 될 것이다. 여러 가지 관능적으로 허용 가능한 식품첨가물로서, 석류껍질과 석류껍질 추출물의 활용은 식품제조에서 영양보조식품으로도 개발할 수 있다. 앞으로 식품 과학 및 영양학 분야에서 과학적 연구를 위한 새로운 길을 열 것이다. 이 연구는 여러 식품에서 석류껍질과 석류껍질 추출물 성분을 식품보존료, 안정제, 첨가제, prebiotics와 품질 강화와 같은 광범위한 분야에서 실제 이용 가능한지에 대해 세심한 주의를 기울이고 있다. 다만, 경제적인 가능성을 충분히 검토하는 연구가 필요함을 제안한다.

근래 참살이 붐을 타고 천연 항균제에 관한 관심이 크게 높아지고 있다. 합성 항균제 사용보다 천연 항균제를 사용한 기간이 길지 않아 천연 항균제의 수는 많지 않지만, 식품제품의 안전성과 질을 확보하기 위해 식품에 적용될 물질의 수를 확대할 필요가 있다. 미래에 식물항균제가 될 수 있는 물질을 광범위하게 탐색하는 전략적인 과제가 필요하다. 국내 건강기능 식품산업은 질병 예방을 통한 국민 의료비 절감과 건강증진으로 삶의 질 향상에 이바지하는 고부가가치 미래핵심 동력산업이 되고 있다. 세계 보건산업정책의 새로운 패러다임은 질병의 치료에서 이제는 질병 예방과 식품개발에서 고부가가치 기능성 식품으로 바뀌고 있다.

References

Ahmad SR, Gokulakrishnan P, Giriprasad R, Yatoo MA. 2013. Fruit based natural antioxidants in meat and meat products: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* http://dx.doi.org/10.1080/10408398

Ahmed ST, Mun HMd, Manirul I, Ko S, Yang C. 2016. Effects of dietary natural and fermented herb combination on growth performance, carcass traits and meat quality in grower-finisher pigs. *Meat Science* 122:7-15

Al-Muammar MN, Khan F. 2012. Obesity: The preventive role of the pomegranate (*Punica granatum*). *Nutrition* 28:595-604

Bartnick DD, Mohler CM, Houlihan M. 2006. Phenolic compounds can be extracted from plant materials by using different solvents such as methanol, acetone, water and ethanol water. U.S. Patent No. 20,060,088,627

Behnaz B, Javad A, Hossein T. 2015. Effect of pomegranate juice dipping and chitosan coating enriched with *Zataria multiflora* Boiss essential oil on the shelf-life of chicken meat during refrigerated storage. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 29:280-287

Borochov-Neori H, Judeinstein S, Tripler E, Harar M, Greenberg A, Shome I. 2009. Seasonal and cultivar variations in antioxidant and sensory quality of pomegranate (*Punica granatum* L.) fruit. *Journal of Food Composition and Analysis* 22: 189-195

Elsherbiny AE, Basma HA, Zakaria AB. 2016. Efficiency of pomegranate (*Punica granatum* L.) peels extract as a high potential natural tool towards Fusarium dry rot on potato tubers. *Postharvest Biology and Technology* 111:256-263

Emami A, Fathi-Nasri MH, Ganjkhanlou M, Rashidi L, Zali A. 2016. Effect of pomegranate seed oil as a source of conjugated linolenic acid on performance and milk fatty acid profile of dairy goats. *Livestock Science*. 193:1-7

Esmaillzadeh A, Tahbaz F, Gaieni IH, Alavi-Majd LA. 2006. Cholesterol-lowering effect of concentrated pomegranate juice consumption in type II diabetic patients with hyperlipidemia. *Int J Vitam Nutr Res* 76:147-151

Galanakis CM. 2012 Recovery of high added-value components from food wastes: Conventional, emerging technologies and commercialized applications. *Trends in Food Science and Technology* 26:68-87

Gullon B, Manuela EP, Juana F, José AP, Manuel V. 2015. *In vitro* gastrointestinal digestion of pomegranate peel (*Punica granatum*) flour obtained from coproducts: Changes in the antioxidant potential and bioactive compounds stability. *Journal of Functional Foods* 19:617-628

Gullon B, Manuela EP, Jose AP, Manuel. 2016. Assessment of polyphenolic profile and antibacterial activity of pomegranate peel (*Punica granatum*) flour obtained from coproduct of juice extraction. *Food Control* 59:94-98

Haghighian MK, Maryam R, Abdolvahab M, Bahram P. 2016.

pomegranate (*Punica granatum* L.) peel hydro alcoholic extract ameliorates cardiovascular risk factors in obese women with dyslipidemia: A double blind, randomized, placebo controlled pilot study. *European Journal of Integrative Medicine* 8: 123-129

Hashemi M, Kelishadi R, Hashemipour M, Zakerameli A, Poursafa P. 2010. Acute and long-term effects of grape and pomegranate juice consumption on vascular reactivity in paediatric metabolic syndrome. *Cardiol Young* 20:73-77

Iqbal S, Haleem S, Akhta M, Zia-ul-Haq M, Akbar J. 2008. Efficiency of pomegranate peel extracts in stabilization of sunflower oil under accelerated conditions. *Food Research International* 41:194-200

Jeen SY. 2011. Study on antioxidant activities of extracts from different parts of Korean and Iranian pomegranate. Korean Journal of Food and Nutrition 40:1063-1072

Juneja VK, Vasco C, Ursula G, Sudarsan M, Mendel F. 2016. "Effect of pomegranate powder on the heat inactivation of *Escherichia coli* O104:H4 in ground chicken. *Food Control* 7:123-129

Kazemi M, Roselina KHM, Azizah AH. 2016. Optimization of pulsed ultrasound-assisted technique for extraction of phenolics from pomegranate peel of malas variety: Punicalagin and hydroxybenzoic acids. *Food Chemistry* 206:156-166

Kim MS, Yoon SH, Na HS, Lee JH. 2013. Chemical compositions and functional characteristics of Korean and imported pomegranate (*Punica granatum* L.). *Korean Journal of Food Preservation* 20:342-347

Koh JH, Hwang MH, Mun JS, Hwang SY, Son JY. 2005. Antioxidative and antimicrobial activities of pomegranate seed extracts. *Korean Journal of Food and Cookery Science* 21:171-179

Kumudavally KV, Tabassum A, Radhakrishna K, Bawa AS. 2009. Hydrolysable tannins of pomegranate peel have the capacity of efficiently inhibiting lipid oxidation in foods. Indian Pat IN 2007DE01607A

Li X, Humaira W, Linwei L, Tian Y, Ahmad I. 2015. Physicochemical characteristics, polyphenol compositions and antioxidant potential of pomegranate juices from 10 Chinese cultivars and the environmental factors analysis. *Food Chemistry* 175:575-584

Masci A, Andrea C, Eugenio L, Luciana M, Patrizia P, Stefania C. 2016. Evaluation of different extraction methods from pomegranate whole fruit or peels and the antioxidant and antiproliferative activity of the polyphenolic fraction. *Food Chemistry* 202:59-69

Mosele JI, Alba M, Mari-Paz R, María-José M, Laura R. 2015. Application of *in vitro* gastrointestinal digestion and colonic fermentation models to pomegranate products (juice, pulp and peel extract) to study the stability and catabolism of phenolic compounds. *Journal of Functional Foods* 14:529-540

Nallely N, Paulina N, Sandra M, Francisca H, Angel AC, Aneta W. 2015. Identification and quantification of major derivatives of ellagic acid and antioxidant properties of thinning and ripe Spanish pomegranates. *Journal of Functional Foods* 12:354-364

Nicosia MGL, Sonia P, Ginat FVR, Maria CS, Paolo R, Samir D, Leonardo A. 2016. Control of postharvest fungal rots on citrus fruit and sweet cherries using a pomegranate peel extract. *Postharvest Biology and Technology* 114:54-61

Orgil, O, Schwartz E, Baruch L, Matityahu, Mahajna J, Amir R. 2014. The antioxidative and anti-proliferative potential of non-edible organs of the pomegranate fruit and tree. *LWT-Food Science and Technology* 58:571-577

Orgil O, Limor S, Doron H, Jamal M, Rachel A. 2016. The anti-proliferative and anti-androgenic activity of different pomegranate accessions. *Journal of Functional Foods* 26:517-528

Pagliarulo C, Valentina DV, Gianluca P, Roberta C, Gabiria P, Paola S, Maria GV. 2016. Inhibitory effect of pomegranate (*Punica granatum* L.) polyphenol extracts on the bacterial growth and survival of clinical isolates of pathogenic *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*. *Food Chemistry* 190: 824-831

Palomba L, Sestili P, Cantoni O. 1999. The antioxidant butylated hydroxytoluene induces apoptosis in human U937 cells: The role of hydrogen peroxide and altered redox state. *Free Radical Research* 931:93-101

Saeed A, Ismail T, Daniele F, Piero S. 2015. Pomegranate peel and peel extracts: Chemistry and food features. *Food Chemistry* 174:417-425

Sahebkar A, Simental-Mendía LE, Giorgini P, Claudio F. 2016. Lipid profile changes after pomegranate consumption: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Phytomedicine* 23:1103-1112

Seeram NP, Heber D. 2011. Purification of pomegranate ellagitannins and their uses. US patents: No. US 7919636 B2

Sestili P, Diamantin, G, Bedini A, Tarzia G. 2002. Plant-derived

phenolic compounds prevent the DNA single-strand breakage and cytotoxicity induced by tert-butylhydroperoxide via an iron-chelating mechanism. *Biochemical Journal* 364:121-128

Shaban NZ, El-Kersh MAL, El-Rashidy FH, Habashy NH. 2013. Protective role of *Punica granatum* (pomegranate) peel and seed oil extracts on diethylnitrosamine and phenobarbital-induced hepatic injury in male rats. *Food Chemistry* 141: 1587-1596

Song B, Li J, Li J. 2016. Pomegranate peel extract polyphenols induced apoptosis in human hepatoma cells by mitochondrial pathway. *Food and Chemical Toxicology* 93:158-166

Tarrega MA, Varela P, Fromentin E, Feuillere N, Issaly N, Roller M. 2013. Specific phenolic compounds and sensory properties of a new dealcoholized red wine with pomegranate (*Punica granatum* L.) extract. *Food Science and Technology International*. 20:421-429

Turgut SS, Ayla S, Fatma I. 2016. Effect of pomegranate peel extract on lipid and protein oxidation in beef meatballs during refrigerated storage. *Meat Science* 116:126-132

Viuda-Martos M, Perez-Alvarez JA, Sendr E, Fernandez-Lopez J. 2013. *In vitro* antioxidant properties of pomegranate (*Punica granatum*) peel powder extract obtained as coproduct in the juice extraction process. *Journal of Food Processing and Preservation* 37:772-776

Wu XM, Tian W. 2013. Pomegranate husk extract, punicalagin and ellagic acid inhibit fatty acid synthase and adipogenesis of 3T3-L1 adipocyte. *J Functional Foods* 5:633-641

Zhao W, Li JK, He XY, Cheng YJ, Liu R. 2014. *In vitro* steatosis hepatic cell model to compare the lipid-lowering effects of pomegranate peel polyphenols with several other plant polyphenols as well as its related cholesterol efflux mechanisms. *Toxicol. Rep* 1:945-954

Received 05 December, 2016
Revised 01 March, 2017
Accepted 17 March, 2017