

로스팅 온도에 따른 쥐눈이콩(*Rhynchosia nulubilis*)의 성분 분석 및 항산화 활성

이경희 · 김민정 · 김애정[†]

경기대학교 일반대학원 대체의학과

Physicochemical Composition and Antioxidative Activities of *Rhynchosia nulubilis* according to Roasting Temperature

Kyung-Hee Lee, Min-Jeong Kim, and Ae-Jung Kim[†]

Dept. of Alternative medicine, Kyonggi University, Seoul 120-702, Korea

ABSTRACT This study was conducted to determine the optimal roasting temperature (90, 100, 110, and 120; fixed time of 20 minutes) of small black coffee beans under various roasting conditions. The roasting temperature range and fixed time were the same as our preceding study. After roasting, the general composition, isoflavone contents, and antioxidant activities were measured. As the results of the proximate composition analysis of small black beans according to roasting conditions, only moisture decreased among them, whereas other general compositions were not affected. The DPPH and ABTS radical scavenging activities were the highest at a roasting temperature of 120°C. Total polyphenol and total flavonoid contents were also highest at 120°C. Isoflavone contents showed a positive correlation with DPPH and ABTS radical scavenging activities, as well as total phenol and flavonoid contents. These results suggest that the optimal roasting conditions of small black beans were determined to be 120°C for 20 minutes.

Key words: *Rhynchosia nulubilis*, roasting, isoflavone, antioxidative activities

서 론

우리나라 식생활은 경제성장에 따른 소득수준 향상으로 다양화, 고급화됨으로써 식품의 맛뿐만 아니라 질을 위주로 하는 건강기능식품에 대한 국민들의 관심이 고조되었다. 그 가운데 음료는 기존의 탄산음료 및 주스 중심에서 벗어나 숙취해소, 비만 및 당뇨 예방, 노화 방지, 미네랄 공급과 같은 기능성이 강화된 맞춤형 형태의 음료가 소비자들로부터 큰 호응을 얻고 있다(1).

음료시장에서 가장 큰 비중을 차지하고 있는 커피는 연간 약 4천억 컵이 소비되고 있다(2). 인스턴트커피가 약 78%, 원두커피가 약 9%, 커피음료가 약 12%의 구성비를 차지한다고 보고되었다(3). 간편성과 보편성 때문에 인스턴트커피가 한국의 커피 시장을 주도하고 있는데, 일반적으로 커피의 쓴맛, 신맛, 떫은맛을 완화하기 위해 커피에 커피크리머, 설탕(시럽) 등의 부재료를 첨가하는 것으로 나타났는데 이로 인해 맛의 질이 떨어지고 건강에도 악영향을 끼치는 것으로 나타났다(4-6).

알카로이드계 화합물(1,3,7-trimethylxanthine)인 커피의 카페인(caffeine)은 냄새가 없고 쓴맛을 내는 물질로 체내에서 칼슘의 흡수성을 감소시켜 커피를 다량 섭취할 경우

카페인의 뇨 중 칼슘 배설 촉진으로 골다공증을 일으킬 수 있다는 보고가 있다(7,8). 따라서 에스트로겐 분비 중단으로 칼슘대사가 취약해지는 갱년기 이후에는 커피 섭취로 인해 더욱 골질환율을 가속화시킬 수 있다(9). 따라서 갱년기 이후 여성들의 골질환 저감화를 위한 커피 대체 음료 개발의 필요성이 대두되었다.

콩과작물 가운데 쥐눈이콩(*Rhynchosia nulubilis*: yak-kong)은 검정콩 중의 한 종류로 서리태보다 작고 윤기가 흐르는 콩이며, 약재상에서는 약콩이라고 하여 예로부터 신 경통, 신장질환, 노인성 치매 예방에 이용되어 왔다. 쥐눈이콩의 isoflavone 함량은 노란콩에 비해 높으며(10,11), 종피에는 항산화 효과가 탁월한 glycitein과 cyanidin-3-glucoside가 풍부하여(12) 뇌혈관 및 심장 질환의 예방과 치료에 효과가 있는 것으로 알려졌다. 콩과작물이 함유하고 있는 isoflavone은 에스트로겐 유사 phytoestrogen으로 여성호르몬인 에스트로겐과 유사한 기능을 하며, 폐경기에 유발되는 골다공증의 예방 효과와 유방암, 자궁암, 난소암 등의 발생을 저지 또는 감소시킨다는 연구보고가 있다(13-16). 그러나 그 동안 콩과작물을 이용한 기능성 음료의 개발 및 보급이 시도되었지만 콩 특유의 콩 비린내로 인해 소비자들에게 큰 호응을 얻지 못하였다. 그러므로 커피 대체 음료의 재료로 이용하기 위해서는 콩 비린내를 개선할 수 있는 공정 개발이 필요하다고 본다.

식품가공에서 로스팅(roasting)은 해당 식품 자체의 고유

Received 29 January 2014; Accepted 17 March 2014

[†]Corresponding author.

E-mail: aj5249@naver.com, Phone: +82-2-390-5044

한 향미와 색을 얻기 위한 원료의 가공 방법으로 커피, 코코아, 보리차 등에 주로 사용되고 있는 공정이다. 로스팅의 처리는 분해, 합성, 축합 등의 반응에 의해 수용성 고형분의 함량을 증가시키고 갈색화 반응을 일으켜 갈색 색소 및 향기성분을 생성하며, 이때 생성된 amino-carbonyl 반응생성물들은 항산화성 외에도 여러 가지 생리활성을 나타낸다(17-19).

따라서 본 연구에서는 쥐눈이콩을 갱년기 여성의 골질환저감화를 위한 커피 대체 음료 재료로 사용하기 위해서 커피콩의 로스팅 조건을 응용하여 로스팅을 시도하였다. 그리고 최적 로스팅 조건을 알아보고자 영양소(일반성분, 무기질, isoflavone 등) 함량과 항산화 활성을 측정하였다.

재료 및 방법

실험 재료

쥐눈이콩(*Rhynchosia nulubilis*)은 원료의 표준화를 위해 2013년 (주)초록마을(Seoul, Korea)에서 일괄 구입하여 시료로 사용하였다.

로스팅 조건 및 추출물 제조

로스팅 조건: 쥐눈이콩 500 g을 로스터기(Proaster THCR-01, Taewhan Automation Industry Co., Gyeonggi, Korea)를 이용하여 90~120°C 사이의 온도에서 20분간 로스팅 하였다(Table 1). 로스팅 온도의 범위와 로스팅 시간은 선행연구(20)를 참조하여 설정하였다. 로스팅이 끝난 쥐눈이콩은 로스터기에 장착된 공기 냉각기로 실온에서 충분히 식힌 후에 분쇄기(FM-860T, Hanil Electric, Seoul, Korea)로 분말화 하고 추출 전까지 one way valve를 부착한 봉투에 담고 밀봉하여 포장한 후 서늘하고 어두운 곳에 보관하면서 시료로 사용하였다(Fig. 1).

추출물 제조: 쥐눈이콩 무게 대비 20배 부피의 증류수를 첨가한 후 환류냉각관을 부착한 80°C의 heating mantle(HM250C, Sergrim Lab. Tech., Seoul, Korea)에서 3시간 추출시켜 여과(No. 2, Whatman, Maidstone, UK)하여 얻었다. 이렇게 2, 3차 추출액을 얻어 모두 혼합한 후 rotary vacuum evaporator(HS-2005S-N, Hahn Shin Scientific Co., Gyeonggi, Korea)로 용매를 증발시킨 용액을 상압가열 건조시켜 고형물 함량을 산출하였다.

일반성분 분석

로스팅 쥐눈이콩 시료의 일반성분은 AOAC법(21)에 준

Table 1. Roasting conditions of small black bean

Roasting temperature (°C)	Time (min)
Raw	0
90	20
100	20
110	20
120	20

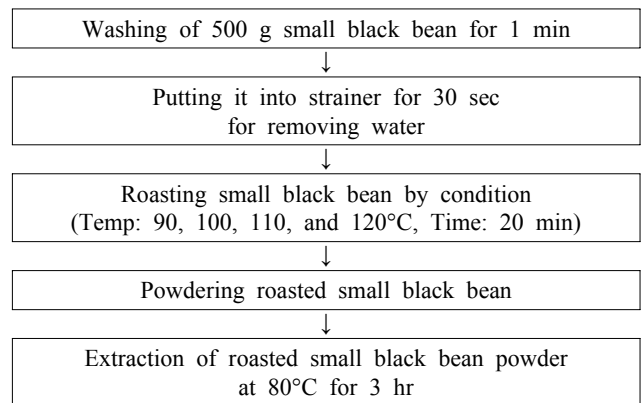


Fig. 1. Diagram for the preparation of the roasted small black bean.

하여 수분은 105°C 상압가열건조법, 조지방은 Soxhlet 추출법, 회분 함량은 550°C 회화법으로 분석하였다. 단백질 함량은 질소 분석기(Vario Max C/N, Elementar Co., Hanau, Germany)로 분석하였으며 분석된 질소 함량에 단백질 계수 6.25를 곱해서 단백질 함량으로 표기하였다.

무기질 분석

로스팅 쥐눈이콩 시료의 칼슘, 인, 마그네슘의 함량을 습식분해 후 ICP(Inductively Coupled Plasma: Lactam 8440 Plasmalac, Horiba Scientific., Longjumeau Cedex, France)를 이용하여 측정하였다.

이소플라본 분석

로스팅 쥐눈이콩 시료의 isoflavone 함량은 쥐눈이콩 분쇄 시료 1.0 g에 1 N-HCl 10 mL를 첨가하고 105°C에서 180분 동안 가수분해하여 isoflavone의 배당체를 aglycone으로 전환하였고, 상온에서 완전히 냉각한 뒤 메탄올 15 mL를 첨가하고 3시간 동안 교반 후 10,000 rpm에서 5분간 원심분리를 실시하였다. 원심분리 된 상정액은 다시 메탄올로 희석(상정액 1 mL+ 메탄올 1 mL)하였고, syringe filter(0.45 µm)로 여과한 뒤 HPLC(HP 1200 series, Agilent, Santa Clara, CA, USA)로 분석을 실시하였다. Column은 Merck사의 ODS 계열인 CAPCELL PAK UG120 cartridge column(250×4.6 mm, 5 µm)을 사용하였다. 이동상은 1 mM ammonium acetate를 함유한 증류수와 메탄올을 60:40의 비율로 혼합한 단일용매로 35분간 분리하였으며, 유속은 1.0 mL/min으로 조절하였고 시료 주입량은 20 µL, 검출 파장은 260 nm, 칼럼 온도를 25°C로 제한하여 분석하였다. 분석시료별 isoflavone 함량은 외부표준물질의 농도별(2.5~50 µg/mL) peak 면적을 기초로 한 검량식($r^2=0.999$)에 의해 계산하였다.

항산화 활성 측정

DPPH 라디칼 소거능: 로스팅 쥐눈이콩 시료의 DPPH

Table 2. The proximate composition of roasting small black bean according to temperature (%)

Temp (°C)	Moisture	Crude protein	Crude lipid	Crude ash
raw	7.82±0.01 ^{a1)}	40.12±0.32 ^{NS}	7.02±0.21 ^{NS}	4.83±0.03 ^{NS}
90	7.30±0.01 ^a	40.61±0.12	7.48±0.12	4.86±0.02
100	7.01±0.01 ^a	40.55±0.22	7.54±0.45	4.80±0.01
110	6.80±0.15 ^{ab}	40.71±0.07	7.55±0.36	4.80±0.04
120	5.76±0.04 ^b	41.84±0.07	7.58±0.43	4.89±0.05

¹⁾Mean±SD (n=3).

Means with different superscripts (a,b) in the same column are significantly different at P<0.05 by Duncan's multiple range test. NS: not significant.

(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl, Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA) 라디칼 소거능을 Blois(22)의 방법을 변형하여 다음과 같이 검토하였다. 시료 0.1 mL에 1.5×10⁻⁴ M DPPH 용액을 가하여 실온, 암실에서 30분간 방치한 후 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. 전자공여능력은 시료 첨가구와 비첨가구의 흡광도 차이를 백분율로 표현하였으며 이때 대조용 시료로는 BHA(0.1 mg/mL)를 사용하였다. 모든 실험은 3회 반복하여 평균값으로 계산하였다.

ABTS 라디칼 소거능: 로스팅 쥐눈이콩 시료의 ABTS (2,2'-azino-bis-3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid, Sigma-Aldrich) 라디칼 소거능은 Pellegrin 등(23)의 방법으로 측정하였다. ABTS 7.4 mM과 potassium persulphate 2.6 mM을 하루 동안 암소에 방치하여 ABTS 양이온을 형성시킨 후 이용액을 735 nm에서 흡광도 값이 1.4~1.5가 되도록 증류수로 희석하였다. 희석된 ABTS 용액 1 mL에 추출물 시료 50 µL를 가하여 흡광도의 변화를 60분 후에 측정하였다. ABTS에 의한 총 항산화력은 시료첨가구와 비첨가구의 흡광도 차이를 백분율로 표현하였다.

Total polyphenol 함량: 로스팅 쥐눈이콩 시료의 총 페놀 함량은 Folin-Denis 방법(24)에 의하여 측정하였다. 추출물 1 mL를 취하여 2%(w/v) Na₂CO₃ 용액 1 mL를 가한 후 3분간 방치한 후 50% Folin-Ciocalteu 시약 0.2 mL를 가하여 반응시켜 750 nm에서 흡광도를 측정하였다. 총 페놀 함량은 tannic acid를 이용하여 작성한 표준곡선을 바탕으로 tannic acid로 환산하여 나타내었다.

Total flavonoid 함량: 로스팅 쥐눈이콩 시료의 총 플라보노이드 함량은 Davis법(25)을 변형한 방법에 따라 측정하였다. 즉 추출물 400 µL에 diethylene glycol 4 mL를 첨가하고 다시 1 N-NaOH 40 µL를 첨가한 후 37°C에서 1시간 반응 후 420 nm에서 흡광도를 측정하였다. 총 플라보노이드 함량은 rutin을 이용하여 작성한 표준곡선을 바탕으로 rutin으로 환산하여 나타내었다.

통계처리

모든 자료는 SPSS statistics 20(SPSS Institute, Chicago, IL, USA)을 이용하여 평균과 표준편차가 구해졌고, 시료 간의 유의성은 ANOVA를 실시한 후, Duncan's multiple range test로 각 시료의 평균 차이에 대한 사후 검정을 유의 수준 5%에서 실시하였다. 그리고 isoflavone 함량과 항산화

활성 간의 상관관계는 Pearson's correlation coefficient로 유의성 검정을 실시하였다.

결과 및 고찰

일반성분 분석

로스팅 온도(90, 100, 110 및 120°C)에 따른 쥐눈이콩 시료의 일반성분은 Table 2에 제시된 바와 같다.

쥐눈이콩 시료의 수분 함량은 로스팅 온도가 높아질수록 감소하는 경향을 나타내었다. 120°C에서 로스팅 한 쥐눈이콩의 수분 함량(5.76%)은 로스팅을 하지 않은 생 쥐눈이콩, 90°C와 100°C에서 로스팅 한 쥐눈이콩 시료의 수분 함량(7.8%, 7.30%, 7.01%)에 비해 유의적으로 낮은 값을 보였다. Lee 등(26)의 연구에서 커피콩 원두의 배진(로스팅 온도나 시간)이 강할수록 수분 함량이 점차 감소하였다는 보고와 유사한 결과를 보였는데 이는 쥐눈이콩 크기가 커피콩의 크기와 유사하기 때문으로 생각된다. 즉 쥐눈이콩도 커피 원두와 마찬가지로 로스팅 온도가 증가할수록 수분 함량이 낮아지는 것으로 보인다. 그러나 조단백질과 조지방 및 조회분 함량은 로스팅 온도에 따른 유의적인 차이는 나타나지 않았고 약간의 증가 경향을 보여 수분 함량에 비해 로스팅의 영향을 크게 받지 않은 것으로 보인다.

무기질 분석

로스팅 쥐눈이콩 시료의 무기질 결과는 Table 3에 제시된 바와 같다. 칼슘은 생 쥐눈이콩 시료는 191.53 mg/100 g, 90°C 시료는 197.06 mg/100 g, 120°C 시료는 197.50 mg/100 g으로 온도 변화에 따른 경향성은 보이지 않았다. 인(566.25~586.73 mg/100 g)과 마그네슘(215.37~218.63

Table 3. Mineral contents of roasting small black bean according to temperature (mg/100 g)

Temp (°C)	Ca	P	Mg
Raw	191.53±3.69 ^{NS1)}	568.98±9.84 ^{NS}	211.33±3.75 ^{NS}
90	197.06±2.19	586.73±10.96	218.63±1.56
100	197.16±10.19	566.25±7.99	215.37±4.51
110	197.50±4.01	578.60±9.86	216.87±4.50
120	197.50±3.80	576.26±2.80	217.83±3.41

¹⁾Mean±SD (n=3).

NS: not significant.

Table 4. Isoflavone contents of roasting small black bean according to temperature (mg/100 g)

Temp (°C)	Aglycon isoflavone			
	Daidzein	Glycitein	Genistein	Total isoflavone
Raw	257.72±5.83 ^{bc1)}	48.83±3.23 ^c	304.39±5.61 ^b	610.94±9.11 ^c
90	253.69±3.92 ^c	52.24±2.56 ^{bc}	309.21±3.23 ^b	615.15±2.20 ^c
100	264.60±2.49 ^{ab}	53.28±0.50 ^b	341.90±12.50 ^a	659.78±10.51 ^b
110	271.88±7.83 ^a	60.52±1.33 ^a	350.03±4.28 ^a	689.11±16.09 ^a
120	272.15±2.20 ^a	55.61±2.68 ^b	348.68±8.96 ^a	676.45±8.76 ^{ab}

¹⁾Mean±SD (n=3).

Means with different superscripts (a-c) in the same column are significantly different at $P<0.05$ by Duncan's multiple range test.

mg/100 g) 함량의 경우도 상승에 따른 함량 변화는 나타나지 않았다. 즉 쥐눈이콩의 무기질 함량은 로스팅에 따른 영향을 받지 않은 것으로 생각된다.

Smith와 Circle(27)은 칼슘 190~300 mg/100 g, 마그네슘 240~340 mg/100 g, 인 500~1,080 mg/100 g 정도라고 보고하였는데 본 연구결과와 비교 시 Smith와 Circle(27)의 분석치 범위 내에는 들었지만 낮은 수준이었다.

이소플라본 함량 분석

이소플라본은 식품 속에서 열에 안정한 것으로 알려져 있으나 이는 전체 이소플라본 함량의 경우이며 각각의 형태는 수분의 존재 여부 및 열처리에 따라 구조가 변화한다는 것이 보고되어 있으며(28-30), 날콩(raw soybean)의 이소플라본은 6''-O-malonyl-β-glucosides 형태로 주로 존재하며 aglycones은 약 2% 이하의 함량으로 존재한다는 보고가 있다(31,32).

본 연구결과 온도에 따른 로스팅 쥐눈이콩 시료에 함유된 isoflavone aglycone의 분석결과는 Table 4에 제시된 바와 같다. Daidzein은 로스팅 온도가 올라갈수록 그 함량이 257.72 mg/100 g에서 272.15 mg/100 g으로 증가하였다. Glycitein과 genistein 역시 온도가 올라갈수록 각각 48.83 mg/100 g에서 55.61 mg/100 g으로, 304.39 mg/100 g에서 348.68 mg/100 g으로 그 함량이 유의적으로 증가하였다.

이는 열처리로 malonyl기 또는 acetyl기가 붙은 isoflavone의 isomer들이 glycoside와 aglycone 형태로 전환되어 총 isoflavone 함량이 증가(33)된 것으로 생각된다.

따라서 콩의 aglycones 형태를 증가시키기 위해서는 고온에서 열처리하여 배당체의 aglycones 전환을 유도하는 것이 효과적이라 판단된다.

항산화 활성

DPPH 라디칼 소거능 및 ABTS 라디칼 소거능: DPPH radical 소거활성과 ABTS radical 소거활성은 Table 5에 나타내었다. 항산화능 분석에는 두 가지 유형이 있다. 하나의 접근법은 전자 이동을 기반으로 하고 착색 산화제의 환원으로 ABTS, DPPH 및 FRAP 분석을 포함한다. 다른 방법은 열생성 퍼옥실라디칼(thermally generated peroxy radicals)에 대해 경쟁하는 산화방지제 및 기질의 항산화능을

Table 5. Antioxidative activities of roasting small black bean according to temperature

Roasting temperature (°C)	DPPH radical inhibition (%)	ABTS radical inhibition (%)
BHA	96.67±0.59 ^{a1)}	96.13±0.36 ^a
Raw	71.65±4.73 ^c	46.93±0.28 ^d
90	72.04±2.12 ^c	71.41±0.70 ^c
100	73.22±1.05 ^{bc}	84.66±2.28 ^b
110	73.44±1.63 ^{bc}	85.18±1.61 ^b
120	76.99±1.55 ^b	86.84±0.73 ^b

¹⁾Mean±SD (n=3).

Means with different superscripts (a-d) in the same column are significantly different at $P<0.05$ by Duncan's multiple range test.

평가하는 ORAC 분석과 같은 수소원자의 전송을 포함한다. DPPH법과 ABTS법에 의한 항산화력 측정법의 차이는 DPPH는 free radical을, ABTS는 양이온 radical을 소거하는 점에서 서로 차이가 나며 두 기질과 반응물과의 결합 정도가 달라지므로 radical 제거 능력에서도 차이를 보인다. DPPH와 ABTS의 두 분석은 응용프로그램이 편리하기 때문에 가장 인기가 있다(34-36).

DPPH는 안정적인 자유라디칼로 cysteine, glutathione과 같은 함황아미노산과 ascorbic acid, aromatic amine 등에 의해 환원되어 보라색의 DPPH가 무색의 diphenylpicrylhydrazine으로 탈색되면서 흡광도가 변하는 원리로 분석되며, 항산화 물질의 항산화능 측정에 유용한 방법이다(37,38).

로스팅 온도가 높아질수록 DPPH radical 소거활성은 유의적으로 증가하는 경향을 나타냈다. 그중 120°C에서 로스팅 시 76.99%로 가장 좋은 DPPH radical 소거활성을 보였고, 생 쥐눈이콩은 71.65%로 가장 낮은 활성을 나타냈다.

ABTS radical 소거능은 ABTS 용액과 과황산칼륨과의 반응에 의해 생성된 ABTS 라디칼이 추출물의 항산화 물질과 반응하여 라디칼 특유의 청록색이 탈색되어 흡광도의 변화를 나타내므로 이를 분석하여 추출물의 항산화 능력을 추정할 수 있다. ABTS 라디칼 소거능 측정방법은 DPPH assay와 마찬가지로 인위적으로 라디칼을 제거하는 작용기작으로 DPPH 라디칼 소거능과 유의적인 상관성을 보이는 것으로 알려져 있다(39).

ABTS radical 소거활성 역시 로스팅 온도가 높아질수록 유의적으로 증가하는 경향을 나타냈다. 90°C에서 71.41%,

Table 6. Total phenol contents and total flavonoid contents of roasting small black bean according to temperature (mg/g)

Roasting temperature (°C)	Total phenol content	Total flavonoid content
Raw	0.39±0.00 ^{c1)}	0.0260±0.0002 ^c
90	0.54±0.07 ^b	0.0264±0.0001 ^c
100	0.58±0.01 ^b	0.0267±0.0005 ^{bc}
110	0.72±0.01 ^a	0.0271±0.0004 ^{ab}
120	0.75±0.01 ^a	0.0274±0.0003 ^a

¹⁾Mean±SD (n=3).

Means with different superscripts (a-c) in the same column are significantly different at $P<0.05$ by Duncan's multiple range test.

100°C에서 84.66%, 110°C에서 85.18%, 120°C에서 86.84%로 가장 높은 억제율을 나타냈다.

이러한 실험 결과를 미루어 보면, 항산화능이 우수하면서 탄 냄새가 나지 않으려면 120°C까지 로스팅하는 것이 적당한 것으로 보인다.

Total polyphenol 및 total flavonoid 함량: 로스팅 온도에 따른 쥐눈이콩 추출물의 총 폴리페놀과 총 플라보노이드 함량을 측정된 결과는 Table 6에 나타내었다. 쥐눈이콩의 총 폴리페놀 함량은 로스팅 온도가 높아질수록 증가하여 120°C에서 로스팅 한 쥐눈이콩에서 0.75 mg/g으로 가장 높았고, 생 쥐눈이콩에서 0.39 mg/g으로 가장 낮은 함량을 보여주었다. 로스팅 쥐눈이콩의 총 플라보노이드 함량 또한 0.026~0.0274 mg/g으로 로스팅 온도가 높아질수록 증가되었다. 이러한 결과는 Maillard 반응에 의해 생성되는 갈색 반응생성물인 melanoidin의 증가에 의한 것으로 판단된다(40).

Bae 등(41)의 연구에서 맥문동을 로스팅 처리하였을 때 로스팅 처리 온도가 증가함에 따라 항산화 활성이 증가하였다고 보고하였고, Sa 등(42)의 부위별 쥐눈이콩의 항산화 효과 연구에서 종피에서 총 페놀성 화합물 함량과 항산화 효과가 뛰어나다는 결과를 뒷받침하며 로스팅 방법이 종피를 활용할 수 있는 또 한 가지의 방법이라 할 수 있다.

Isolflavone과 항산화 활성 사이의 상관관계

Kim 등(43)은 검은콩에서 항산화 물질과 항산화 효과를 비교한 결과를 보면 이소플라본, 페놀산, 토코페롤, 안토시아닌 등 콩 속에 들어 있는 항산화 물질은 항산화력을 보였

으며, 이들의 항산화력은 서로 시너지 효과를 보였다고 보고하였다.

또한 Choi 등(44)은 45종의 식용 및 약용 식물의 추출물에서 항산화 활성을 측정하였고 폴리페놀 화합물과의 함량을 비교한 결과, 총 폴리페놀 함량이 높은 식물은 대부분이 플라보노이드 함량도 많았으며 추출물의 radical 소거능과 폴리페놀 화합물 함량 간에는 양의 상관관계를 보였다고 보고하였다.

따라서 본 연구에서는 로스팅 쥐눈이콩 시료의 DPPH법과 ABTS법을 통한 항산화 능력과 총 페놀 및 총 플라보노이드 함량과 isoflavone 함량 간의 상관관계를 알아보고 Table 7에 제시하였다.

DPPH 소거능과 총 페놀, 총 플라보노이드의 상관계수는 각 0.483, 0.439로 낮은 편이었고, ABTS 소거능과의 상관계수는 각각 0.885, 0.746으로 높은 정의 상관관계를 나타내며, ABTS법에 의한 항산화 활성은 총 페놀 및 총 플라보노이드의 함량과 밀접한 상관성이 있는 것으로 나타났다.

이소플라본 함량과 항산화 활성과의 상관관계를 살펴보면 DPPH 소거능과는 0.520, ABTS 소거능과는 0.806으로 DPPH 소거능보다는 ABTS 소거능과의 밀접한 상관관계를 나타냈다. 또한 이소플라본과 페놀성 화합물과의 상관관계에서 총 페놀은 0.842, 총 플라보노이드는 0.775로 강한 양의 상관관계를 나타내며 밀접한 상관성이 있는 것으로 나타났다.

콩의 isoflavone은 이소프라바논(isoflavanone), 이소플라반(isoflavan)과 동시에 이소플라보노이드(isoflavonoids)에 속하며 세포 내 ROS와 관련하여 매우 활발히 연구되고 있는 페놀성 천연물질이다(45). 특히 genistein은 호중구에 의한 superoxide 생성을 억제시키거나 유해한 활성 산소종을 제거하여 항산화 효과를 나타낸다고 보고되어 있다(46, 47). 또한 마우스 피부를 이용한 연구에서 genistein은 종양 촉진제인 hydrogen peroxide의 효과적인 소거제로 작용하였고 자외선과 Fenton 반응에 의한 산화적 DNA의 손상을 막아준다고 보고되어 있다(48,49). 콩의 항산화 물질로서 isoflavone 외에 phenolic acid들도 주요 역할을 하는 것으로 밝혀져 있다(50,51).

본 연구결과 이러한 이소플라본과 total phenol과 total flavonoids가 정의 상관관계를 보인 것은 같은 페놀성 천연

Table 7. Correlation of DPPH radical scavenging activity, ABTS radical scavenging activity and total polyphenol, total flavonoid, isoflavone amount by different roasting temperature

	DPPH radical scavenging activity	ABTS radical scavenging activity	Total phenol	Total flavonoids	Isoflavone
DPPH radical scavenging activity	1				
ABTS radical scavenging activity	0.435	1			
Total phenolics	0.483	0.885 ^{**}	1		
Total flavonoids	0.439	0.746 ^{**}	0.802 ^{**}	1	
Total isoflavone	0.520 [*]	0.806 ^{**}	0.842 ^{**}	0.775 ^{**}	1

Coefficient of correlation is significantly different at ^{*} $P<0.05$, ^{**} $P<0.01$.

물질(45)이기 때문으로 생각된다.

요 약

본 연구에서는 쥐눈이콩을 골질환 저감화를 위한 커피 대체 음료의 원료로 사용하기 위해 쥐눈이콩을 커피와 유사한 조건으로 로스팅 하였고, 로스팅으로 인한 영양소 함량 및 생리활성에 변화를 주는지 여부를 알아봄으로써 최적의 로스팅 조건을 알아보고자 하였다. 로스팅 온도범위와 시간은 선행 예비실험 결과를 참조하여 온도는 90°C에서 120°C 범위로 한정하고 시간은 20분으로 고정시켰다. 온도별 로스팅 쥐눈이콩 시료의 일반성분 분석결과, 수분 함량만이 로스팅 온도가 높아질수록 감소하는 경향을 나타내었을 뿐 다른 일반성분 함량은 로스팅 온도의 영향을 받지 않은 것으로 나타났다. 로스팅 쥐눈이콩 시료의 DPPH법, ABTS법에 의한 free radical 소거능은 로스팅 온도가 높아질수록 활성이 증가하였다. 총 폴리페놀과 총 플라보노이드 함량 역시 로스팅 온도가 높아질수록 증가하였다. 로스팅 쥐눈이콩 시료의 DPPH법과 ABTS법을 통한 항산화 능력과 총 페놀 및 총 플라보노이드 함량 그리고 isoflavone 함량과의 상관관계를 분석한 결과, 총 페놀 및 총 플라보노이드 함량은 항산화 활성과 밀접한 상관성을 보여주었다. 또한 이소플라본 함량은 총 페놀 및 총 플라보노이드 함량과도 높은 정의 상관관계를 나타냈다. 정리해보면 110°C, 120°C에서 20분 동안 쥐눈이콩을 로스팅 할 경우 열처리가 생리활성 효과를 증진 시킬 수 있었다. 추후 후속연구로 본연구의 쥐눈이콩 최적 로스팅 조건을 이용해서 커피 대체 음료를 제조한다면 기존의 콩음료의 콩비린내를 감소시킬 수 있으므로 커피시장에서 소비자의 호응도가 높은 골질환 저감화 커피 대체 음료로 자리매김할 수 있을 것으로 기대된다.

REFERENCES

- Kim HB. 2011. A study on the improvement of the distribution structure in the Korean beverage market. *MS Thesis*. Konkuk University, Seoul, Korea. p 6-17.
- Brien DL, Adams J. 2012. Coffee: a cultural and media focussed approach. *M/C J* 15: 24-28.
- Jeon HJ. 2013. Food buzzword this year is 'premium' and 'convenience'. *Economic Review*. <http://www.econovill.com/archives/59392> (accessed Mar 2014).
- Jin YH, Park YB. 2006. The present condition and strategy of the coffee market in Korea foodservice industry. *Proceedings of the Culinary Society of Korean Academy Conference*. Las Vegas, NV, USA. p 11-28.
- Porody WT. 1994. Low fat, low cholesterol, and low calorie dairy creamer. *USA Patent* 5,366,751.
- Narain C, Paterson A, Piggott JR, Dhawan M, Reid E. 2004. Whitening and sweetening influences on filter coffee preferences. *Br J Food* 106: 465-478.
- Kiel DP, Felson DT, Hannan MT, Anderson JJ, Wilson PW. 1990. Caffeine and the risk of hip fracture: the Framingham study. *Am J Epidemiol* 132: 675-684.
- Yeh JK, Aloia JF, Semla HM, Chen SY. 1986. Influence of injected caffeine on the metabolism of calcium and the retention and excretion of sodium, potassium, phosphorus, magnesium, zinc and copper in rats. *J Nutr* 116: 273-280.
- Kim SH, Choi BY. 2001. Ca and P balance in Korean female adolescents. *Korean J Nutr* 34: 433-439.
- Bae EA, Kwon TW, Moon GS. 1997. Isoflavone contents and antioxidative effects of soybeans, soybean curd and their by-products. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 26: 371-375.
- Kang SA, Jang KH, Cho Y, Hong K, Suh JH, Choue R. 2003. Effects of artificial stomach fluid and digestive enzymes on the aglycon isoflavone contents of soybean and black bean (*Rhynchosia molubilis*: Yak-Kong). *Korean J Nutr* 36: 32-39.
- Bae EA, Moon GS. 1997. A study of the antioxidative activities of Korean soybeans. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 26: 203-208.
- Kennedy AR. 1995. The evidence for soybean products as cancer preventive agents. *J Nutr* 125: 733-743.
- Kwoon HJ. 1999. Bioactive compounds of soybean and their activity in angiogenesis regulation. *Korean Soybean Digest* 16: 63-68.
- Sirtori CR. 2001. Risks and benefits of soy phytoestrogens in cardiovascular diseases, cancer, climacteric symptoms and osteoporosis. *Drug Saf* 24: 665-682.
- Lee YB, Lee HJ, Kim CH, Lee SB, Sohn HS. 2005. Soy isoflavones and soyasaponins: characteristics and physiological functions. *Agric Chem Biotechnol* 48: 49-57.
- Suh CS, Chun JK. 1981. Relationships among the roasting condition, color and extractable solid content of roasted barley. *Korean J Food Sci Technol* 13: 334-339.
- Yoon SK, Kim WJ. 1989. Effects of roasting conditions on quality and yield of barley tea. *Korean J Food Sci Technol* 21: 575-582.
- Kim SD, Do JH, Oh HI. 1981. Antioxidant activity of panax ginseng browning products. *J Korean Agric Chem Soc* 24: 161-166.
- Jang SS. 2012. Preparation and evaluation of mung bean *Dasik* using the roasted mung bean. *MS Thesis*. Kyonggi University, Seoul, Korea.
- AOAC. 1990. *Official methods of analysis*. 15th ed. Association of Official Analytical Chemicals, Washington, DC, USA. p 8-35.
- Blois MS. 1958. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature* 181: 1199-1200.
- Pellegrin N, Roberta R, Min Y, Catherine RE. 1998. Screening of dietary carotenoids and carotenoid-rich fruit extracts for antioxidant activities applying 2,2'-azinobis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) radical cation decolorization assay. *Method Enzymol* 299: 379-389.
- Folin O, Denis W. 1912. On phosphotungstic-phosphomolybdic compounds as color reagents. *J Biol Chem* 12: 239-243.
- Davis WB. 1947. Determination of flavanones in citrus fruits. *Anal Chem* 19: 476-478.
- Lee MJ, Kim SE, Kim JH, Lee SW, Yeum DM. 2013. A study of coffee bean characteristics and coffee flavors in relation to roasting. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 42: 255-261.
- Smith AK, Circle SJ. 1978. *Soybean: chemistry and technology*. Avi Publishing Company, Westport, CT, USA. Vol 1, p 61.
- Grün IU, Adhikari K, Li C, Li Y, Lin B, Zhang J, Fernando LN. 2001. Changes in the profile of genistein, daidzein, and

- their conjugates during thermal processing of tofu. *J Agric Food Chem* 49: 2839-2843.
29. Hendrich S, Murphy PA. 2001. Isoflavones: source and metabolism. In *Handbook of Nutraceuticals and Functional Foods*. Wildman REC, ed. CRC Press, Inc., Boca Raton, FL, USA. p 55-75.
 30. Jackson CJC, Dini JP, Lavandier C, Rupasinghe HPV, Faulkner H, Poysa V, Buzzell D, DeGrandis S. 2002. Effects of processing on the content and composition of isoflavones during manufacturing of soy beverage and tofu. *Process Biochem* 37: 1117-1123.
 31. Wang H, Murphy PA. 1994. Isoflavone composition of American and Japanese soybeans in Iowa: effects of variety, crop year, and location. *J Agric Food Chem* 42: 1674-1677.
 32. Hoeck JA, Fehr WR, Murphy PA, Welke GA. 2000. Influence of genotype and environment on isoflavone contents of soybean. *Crop Sci* 40: 48-51.
 33. Chien JT, Hsieh HC, Kao TH, Chen BH. 2004. Kinetic model for studying the conversion and degradation of isoflavones during heating. *Food Chem* 91: 425-434.
 34. Floegel A, Kim DO, Chung SJ, Koo SI, Chun OK. 2011. Comparison of ABTS/DPPH assays to measure antioxidant capacity in popular antioxidant-rich US foods. *J Food Compos Anal* 24: 1043-1048.
 35. Dudonné S, Vitrac X, Coutière P, Woillez M, Mérillon JM. 2009. Comparative study of antioxidant properties and total phenolic content of 30 plant extracts of industrial interest using DPPH, ABTS, FRAP, SOD, and ORAC assays. *J Agric Food Chem* 57: 1768-1774.
 36. Rodriguez-Amaya DB. 2010. Quantitative analysis, *in vitro* assessment of bioavailability and antioxidant activity of food carotenoids—a review. *J Food Compos Anal* 23: 726-740.
 37. Cho SH, Choi YJ, Rho CW, Choi CY, Kim DS, Cho SH. 2008. Reactive oxygen species and cytotoxicity of bamboo (*Phyllostachys pubescens*) sap. *Korean J Food Preserv* 15: 105-110.
 38. Sanchez-Moreno C. 2002. Review: methods used to evaluate the free radical scavenging activity in foods and biological systems. *Food Sci Technol Int* 8: 121-137.
 39. Lee YM, Bae JH, Jung HY, Kim JH, Park DS. 2011. Antioxidant activity in water and methanol extracts from Korean edible wild plants. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40: 29-36.
 40. Do JH, Kim KH, Jang JG, Yang JW, Lee KS. 1989. Changes in color intensity and components during browning reaction of white ginseng water extract. *Korean J Food Sci Technol* 21: 480-485.
 41. Bae KM, Park SH, Jung KH, Kim MJ, Hong SH, Song YO, Lee H. 2010. Effects of roasting conditions on physico-chemical properties and sensory properties of *Liriodopsis* tuber. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39: 1503-1508.
 42. Sa JH, Shin IC, Jeong KJ, Shim TH, Oh HS, Kim YJ, Cheung EH, Kim GG, Choi DS. 2003. Antioxidative activity and chemical characteristics from different organs of small black soybean (Yak-Kong) grown in the area of Jungsun. *Korean J Food Sci Technol* 35: 309-315.
 43. Kim SH, Kwon TW, Lee YS, Choung MG, Moon GS. 2005. A major antioxidative components and comparison of antioxidative activities in black soybean. *Korean J Food Sci Technol* 37: 73-77.
 44. Choi SY, Lim SH, Kim JS, Ha TY, Kim SR, Kang KS, Hwang IK. 2005. Evaluation of the estrogenic and antioxidant activity of some edible and medicinal plants. *Korean J Food Sci Technol* 37: 549-556.
 45. Middleton E. 1996. Biological properties of plant flavonoids: an overview. *Pharm Biol* 34: 344-348.
 46. Kusunoki T, Higashi H, Hosoi S, Hata D, Sugie K, Mayumi M, Mikawa H. 1992. Tyrosine phosphorylation and its possible role in superoxide production by human neutrophils stimulated with FMLP and IgG. *Biochem Biophys Res Commun* 183: 789-796.
 47. Record IR, Dreosti IE, McInerney JK. 1995. The antioxidant activity of genistein *in vitro*. *J Nutr Biochem* 6: 481-485.
 48. Wei H, Wei L, Frenkel K, Bowen R, Barnes S. 1993. Inhibition of tumor promoter-induced hydrogen peroxide formation *in vitro* and *in vivo* by genistein. *Nutr Cancer* 20: 1-12.
 49. Wei H, Cai Q, Rahn RO. 1996. Inhibition of UV light- and Fenton reaction-induced oxidative DNA damage by the soybean isoflavone genistein. *Carcinogenesis* 17: 73-77.
 50. Rice-Evans CA, Miller NJ, Paganga G. 1996. Structure-antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acids. *Free Radical Biol Med* 20: 933-956.
 51. Barnes PJ. 1983. Progress in cereal chemistry and technology. Proceeding of 7th World Cereal and Bread Congress. Holas J, Kratochvil J, eds. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands.