

생팥과 증자팥의 성분 및 생리활성 비교

이륜경¹, 김미선², 이예슬², 이만효¹, 이종화³, 손호용^{2*}

¹경북바이오산업연구원

²안동대학교 식품영양학과

³안동대학교 식품생명공학과

Received: February 10, 2014 / Accepted: April 13, 2014

A Comparison of the Components and Biological Activities in Raw and Boiled Red Beans (*Phaseolus radiatus* L.)

Ryun Kyung Lee¹, Mi-Sun Kim², Ye-Seul Lee², Man-Hyo Lee¹, Jong Hwa Lee³, and Ho-Yong Sohn^{2*}

¹Gyeongbuk Institute for Bioindustry, Andong 760-380, Republic of Korea

²Department of Food and Nutrition, ³Department of Food Science and Biotechnology, Andong National University, Andong 760-749, Republic of Korea

In the course of study for the development of functional food using red beans (azuki beans, *Phaseolus radiatus* L.), the ethanol extracts from raw-red bean (RRB) and boiled-red bean (BRB) were prepared, and the components and various biological activities of both were compared. It was observed that the extraction yield, and the total polyphenol content, of the BRB were 1.2 times higher than that of the RRB. However, the contents of total flavonoid, total sugar and reducing sugar in the BRB were 30, 27.9 and 30.8% respectively when compared with those of RRB. In relation to antioxidative activity, both RRB and BRB exhibited moderate DPPH anion, ABTS cation, and nitrite scavenging activities and reducing power, though in all cases RRB demonstrated stronger activities than BRB. The extracts of RRB and BRB did not reveal any antimicrobial activities. In a α -amylase inhibitory activity assay, RRB was higher than BRB, while BRB showed higher α -glucosidase inhibitory activity than RRB. A strong and particular activity was observed in an anti-thrombosis activity assay of RRB. The extract of RRB demonstrated strong inhibitions against prothrombin and blood coagulation factors, with moderate thrombin inhibition. However, the extract of BRB did not exhibit any significant anti-thrombosis activity. Our results indicate that RRB has different, but useful biological activities, and loss or elimination of the biologically active substances in RRB occurs during the production of BRB. Therefore, to develop more functional foods from red beans, a study of suitable boiling, heating and drying processes is essential, and the efficient re-use of boiled waste water from the boiling process is necessary. These results could be applied to the further development of functional red bean beverages and sweat red bean pastes.

Keywords: Bioactivity, *Phaseolus radiatus* L., anti-oxidation, anti-thrombosis, waste-water

서 론

팥(*Phaseolus radiatus* L.)은 장미목 콩과의 한해살이 식물로, 한국, 중국, 일본 등의 동북아시아에서 주로 재배되며, 국내에서는 콩 다음으로 수요가 많은 두류이다[6]. 팥알은 그 형태와 구조는 콩과 비슷하나, 적색 광택을 나타내며 중앙에 흰색 띠를 가지는 특징이 있으며, 8-9%의 수분, 68%의 탄수화물 및 20%의 단백질을 함유하고 있어 영양적으로 매우 우

수하다[23]. 특히 팥은 비타민 B1을 포함한 각종 비타민, 칼륨, 칼슘, 인 등의 미네랄 및 쌀에 부족한 라이신을 다량 함유하고 있어 각기병 및 피로회복에 효과가 있으며[16], 아미노산 부족을 해소하여 단백질 생산에 도움을 주며, 탄수화물 대사 촉진의 유익한 기능을 나타내어 영양보충용 식품소재로 이용되고 있다[6]. 팥은 두류 중에서도 특이하게 세포벽 외부의 열 응고성 단백질을 가지며[1], 이들이 가열시 우선적으로 열 변성되므로 풀처럼 되지 않고 양금이 만들어질 수 있는 특이한 구조를 가지고 있어[18], 주로 팥죽, 팥 앙금, 양갱, 빙과 제조용으로 이용되어 왔으며, 최근에는 팥 음료[8] 및 팥을 이용한 장류 발효식품[27] 등의 다양한 가공식품으로 개발되고 있다.

*Corresponding author

Tel: +82-54-820-5491, Fax: +82-54-820-7804

E-mail: hysohn@andong.ac.kr

© 2014, The Korean Society for Microbiology and Biotechnology

한방에서는 팥을 적소두로 불리며 설사, 이질, 수종, 비만을 치료하는 데 사용되고 있으며[12], 팥 삶은 물을 민간에서는 이뇨 및 배변 촉진작용을 통한 붓기 제거용 및 다이어트 음료로 애용하여 왔다[16]. 팥의 껍질에는 아린 맛을 내는 시아니딘 배당체와 사포닌 성분들이 다량 함유되어 있을 뿐 아니라, trypsin inhibitor와 같은 생육억제인자를 다량 포함하고 있기 때문에[10, 11] 아린 맛을 제거하고 비영양 인자들을 불활성화시키기 위해 90°C 정도의 고온에서 10-20분간 자숙하고 1차 자숙액을 버린 후, 팥을 회수하고 이를 다시 고온 고압 증자하여 삶은 팥을 제조하고 이를 적당한 방법으로 건조하여 팥앙금 및 팥분말로 제조하며, 이때 2차로 고온에서 삶은 물을 음료로 이용하고 있다[8, 16].

국내 팥에 대한 연구는 팥의 종자개량[5] 및 재배에 대한 연구[21, 23]에서 점차 팥의 유용생리기능 연구 및 팥 가공제품 개발연구로 전환되고 있으며, 천연 안토시아닌계 색소를 이용하기 위한 팥 껍질 색소에 관한 연구[4, 17, 22, 28], 색소의 항산화[3, 26] 및 암세포 성장억제 효과[17], 팥 에탄올 추출물의 발암억제 효과[7], 관절염 완화효과[9] 및 팥 열수 추출물의 구강세균에 대한 항균력[13], DNA 손상 억제 효과[20] 및 혈전용해 활성[19] 등이 보고되어 있다. 또한 가공학적 특성연구로, 점차 증가되는 팥 수요에 대응하기 위한 국내산과 중국산 팥의 전분질 특성에 관한 연구[13], 볶음시간에 따른 이화학적 특성 및 항산화 활성변화 연구[24]도 진행되고 있다.

본 연구에서는, 팥의 유용기능을 이용한 고부가가치 식품개발을 목표로 무처리한 생팥 분말과 1차 자숙 후 고온 증자하고 동결건조하여 제조된 식용 팥 분말을 대상으로 에탄올 추출물을 조제하고, 각각의 유용성분 및 항산화, 항균, 항당뇨, 및 항혈전 활성을 평가하였다. 그 결과 생팥 및 증자 팥에서 강력한 항산화 활성, 항당뇨 활성 및 혈액응고인자 저해를 통한 강력한 항혈전 활성을 확인하였기에 이에 보고하는 바이다.

재료 및 방법

실험재료

본 실험에 사용된 국내산 팥은 2012년 경북 안동에서 재배한 국내산 팥 (충주팥)을 구입하여 사용하였다. 생팥은 이물질을 제거하고, 수세, 탈수하여 100-150 메쉬로 분쇄한 후 10배 무게의 95% ethanol (Daejung Chemicals & Metals Co., Ltd. Korea)을 가한 후 상온에서 12시간 2회 추출하였다. 증자 팥분말 조제를 위해서는 수세한 팥에 2.5배의 물을 가한 후 90°C에서 자숙한 후 자숙액을 버리고, 120°C에서 고압증자하고 방냉한 후 동결건조(PVTFD 100R, 일신 바이오 베이스, 한국)하여 조제하였으며, 이후 100-150 메쉬로 분쇄

한 후 10배 무게의 95% ethanol을 가하여 상온에서 12시간 2회 추출하였다. 추출액은 filter paper (Whatman No. 2)로 거른 후 50°C에서 감압 농축(Eyela Rotary evaporator N-1000, Tokyo Rikakikai Co., Ltd. Japan)하여 분말로 조제하였다. 각각의 추출물들은 DMSO에 적당한 농도로 녹여, *in-vitro* 항산화, 항균, 항당뇨 및 항혈전 활성 평가에 사용하였다. 기타 사용한 시약은 시약급 이상으로 Sigma Co. (USA)의 제품을 구입하여 사용하였다. 실험에 사용한 팥은 안동대학교 식품영양학과에서 보관하고 있다(voucher specimen 2012-PR1).

항산화 활성 측정

팥의 항산화 활성은 DPPH (1,1-diphenyl-2-picryl hydrazyl) anion scavenging activity [DSA], ABTS [2,2-azobis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonate)] cation scavenging activity [ASA], nitrite scavenging activity [NSA] 및 환원력 측정으로 평가하였다[2]. 먼저 DSA 측정의 경우, 다양한 농도로 희석한 시료 20 μ l에 99.5% ethanol에 용해시킨 2×10^{-4} M DPPH 용액 380 μ l를 넣고 혼합하여 37°C에서 30분 동안 반응시킨 후, 516 nm에서 microplate reader (Asys Hitech, Expert96, Asys Co., Austria)를 사용하여 흡광도를 측정하였다. DSA (%)는 시료 첨가구와 비첨가구의 백분율로 표시하였다[2]. ASA 측정의 경우, 7 mM ABTS (Sigma Co., USA) 5 ml와 140 mM potassium persulfate 88 ml를 섞은 후 상온에서 16시간 빛을 차단하여 ABTS 양이온을 형성시켰으며, 이후 이 용액을 414 nm에서 흡광도 값이 1.5가 되도록 ethanol로 희석하였다. 조제된 희석용액 190 μ l와 시료 10 μ l를 혼합한 후 상온에서 6분간 반응시킨 후 734 nm에서 흡광도를 측정하고 다음의 식에 의해 ASA(%)를 결정하였다[11].

$$ASA (\%) = [(C - S)/C] \times 100$$

C: DMSO 첨가시 흡광도, S: 시료 첨가시 흡광도.

한편 NSA측정의 경우, 아질산염 용액(1 mM)에 시료용액을 가하고 여기에 0.1 N HCl을 가해 pH 1.2로 조정된 후, 37°C에서 1시간 반응시킨 후 Griess reagent (Sigma Co., USA)를 가하고 혼합하였다. 이후 15분간 실온에서 방치 후 520 nm에서 흡광도를 측정하여 잔존 nitrite 양을 측정하였다. NSA(%)는 다음의 식에 의해 계산하였다[2].

$$NSA (\%) = [1 - (A - C)/B] \times 100$$

A: 1 mM nitrite 용액에 시료를 첨가하여 1시간 반응시킨 후의 흡광도, B: 1 mM nitrite 용액의 흡광도, C: 팥 시료의 흡광도.

환원력 평가를 위해서는 ethanol에 용해한 시료 2.5 ml에 0.2 M sodium phosphate buffer (pH 6.6) 2.5 ml와 10% potassium ferricyanide 2.5 ml를 첨가하고 50°C에서 20분간 반응시킨 후, 10% trichloroacetic acid 2.5 ml를 첨가하여 반응을 종료하고 4000 rpm에서 10분간 원심분리하여 상등액을 회수하였다. 회수한 상등액은 증류수로 2배 희석한 후, 신선하게 조제된 0.1% ferric chloride 용액과 5:1 (v/v) 비율로 혼합하고 700 nm에서 흡광도를 측정하여 평가하였다[2, 14]. 상기의 항산화 실험에서 대조구로는 vitamin C (Sigma Co., USA)를 사용하였으며, 용매 대조구로는 DMSO를 사용하였다. 각각의 활성 평가는 각각 3회 반복한 실험의 평균과 편차로 표시하였다.

항균 활성 측정

생팔 및 증자팔의 추출물의 항균 활성은 기존의 보고된 방법과 동일하게 평가하였다[14]. 항균 활성평가를 위한 그람 양성세균으로는 *Staphylococcus aureus* KCTC 1916, *Staphylococcus epidermidis* ATCC 12228, *Listeria monocytogenes* KACC 10550, *Bacillus subtilis* KCTC 1924를, 그람 음성세균으로 *Escherichia coli* KCTC 1682, *Pseudomonas aeruginosa* KACC 10186, *Proteus vulgaris* KCTC 2433, *Salmonella* Typhimurium KCTC 1926, 진균으로는 *Candida albicans* KCTC 1940 및 *Saccharomyces cerevisiae* IFO 0233를 사용하였다. 항세균 활성 평가의 경우, Nutrient broth (Difco Co., USA)에 각각의 세균을 접종하여 37°C에서 24시간 동안 배양한 후, 각 균주를 O.D.₆₀₀ 0.1로 조정하여 Nutrient agar (Difco Co., USA) 배지를 포함하는 멸균 petri dish (90 × 15 mm, Green Cross Co., Ltd. Korea)에 100 µl 도말하고, 각각의 시료 5 µl를 멸균 disc-paper (지름 6.5 mm, Whatman No.2)에 가하여, 37°C에서 24시간 동안 배양하였으며, 진균 경우에는 Sabouraud dextrose (Difco Co. USA)를 이용하여 동일한 방법으로 30°C에서 24시간 동안 배양 후, 생육저지환의 크기를 측정하여 항균활성을 평가하였다[14]. 대조구로는 항세균제인 ampicillin과 항진균제인 miconazole (Sigma Co., USA)을 각각 1 µg/disc 농도로 사용하였으며, 생육저지환의 크기는 육안으로 생육이 나타나지 않는 부분의 지름을 mm 단위로 측정하였고, 3회 이상 평가 후 대표 결과로 나타내었다.

팔의 항당뇨 활성

항당뇨 활성은 *in-vitro* α-amylase 저해 활성과 α-glucosidase 저해 활성을 평가하여 나타내었다. 먼저 α-amylase 저해 활성은 기존 보고[15]와 동일하게 팔 추출물 시료 2.5 µl와 50 mM phosphate buffer (pH 6.8)로 희석한 α-amylase (0.25 U/ml) 25 µl를 혼합하여 37°C에서 10분간 preincubation

후, 0.5% soluble starch (Samchun Chemicals Co., Korea) 25 µl를 가하여 37°C에서 10분간 반응하였다. 이후 100°C에서 5분간 가열하여 반응을 정지시켰으며, 반응액에 150 µl의 DNS (3,5-dinitrosalicylic acid, Sigma Co., USA) 용액을 가하여 100°C에서 5분간 가열하여 발색한 후 상온에서 방냉하였다. 발색액은 96 well microplate reader (Tecan Co., USA)를 이용하여 540 nm에서 흡광도를 측정하였으며, 각각의 실험은 3회 반복한 후 평균값을 구하여 다음의 식으로 저해율을 계산하였다.

$$\text{저해율 (\%)} = [1 - (\text{시료 첨가구 효소활성} / \text{대조구 첨가구 효소활성})] \times 100$$

α-glucosidase 저해활성은 *p*-nitrophenol glucoside (NPG; Sigma Co., USA)를 이용하여 평가하였으며[15], 팔 시료 2.5 µl와 50 mM Sodium acetate buffer (pH 5.6)로 희석한 α-glucosidase (0.25 U/ml) 25 µl를 혼합하여 37°C에서 10분간 preincubation 하고 1 mM NPG 용액 25 µl를 가하여 60°C에서 10분간 반응하였다. 이후 1 M NaOH 25 µl를 가하여 반응을 정지시키고, 405 nm에서 흡광도를 측정하여 저해율을 계산하였다.

팔의 항혈전 활성

항혈전 활성은 기존에 보고된 방법[14]에 따라 트롬빈 타임(Thrombin Time, TT), 프로트롬빈 타임(Prothrombin Time, PT) 및 에이피티 타임(activated Partial Thromboplastin Time, aPTT)을 측정하여 평가하였다. 혈장은 표준혈장(MD Pacific Co., China)을 구입하여 사용하였으며, 기타 시약은 Sigma사(Sigma Co., USA)의 제품을 구입하여 사용하였다. 트롬빈 타임, 프로트롬빈 타임과 에이피티 측정법은 다음과 같은 과정으로 수행되었다.

TT: 37°C에서 0.5 U 트롬빈 (Sigma Co., USA) 50 µl와 20 mM CaCl₂ 50 µl, 다양한 농도의 시료 추출액 10 µl를 Amelung coagulometer KC-1A (Japan)의 튜브에 혼합하여 2분간 반응시킨 후, 표준혈장(MD Pacific Co., China) 100 µl를 첨가한 후 혈장이 응고될 때까지의 시간을 측정하였다. 대조로는 아스피린(Sigma Co., USA)을 사용하였으며, 용매 대조구로는 시료 대신 DMSO를 사용하였다. DMSO의 경우 32.1초의 응고시간을 나타내었다. 트롬빈 저해 효과는 3회 이상 반복한 실험의 평균치로 나타내었으며, 시료 첨가시의 응고시간을 용매 대조구의 응고시간으로 나눈 값으로 나타내었다.

PT: 표준혈장 70 µl와 다양한 농도의 시료액 10 µl를 Amelung coagulometer KC-1A의 튜브에 첨가하여 37°C에서 3분간 가온 후, 130 µl의 PT reagent (MD Pacific Co., China)를 첨가하고 혈장이 응고될 때까지의 시간을 3회 반

복한 실험의 평균치로 나타내었다. 대조구로는 아스피린을 사용하였으며, 용매 대조구로는 DMSO를 사용하였다. DMSO의 경우 18.1초의 응고시간을 나타내었다. 프로트롬빈 저해 효과는 3회 이상 반복한 실험의 평균치로 나타내었으며, 시료 첨가시의 응고시간을 용매 대조구의 응고시간으로 나눈 값으로 나타내었다.

aPTT: 혈장 100 μ l와 다양한 농도의 시료 추출액 10 μ l를 Amelung coagulometer KC-1A의 튜브에 첨가하여 37°C에서 3분간 가온한 후, 50 μ l의 aPTT reagent (Sigma, ALEXIN™)를 첨가하고 다시 37°C에서 3분간 배양하였다. 이후 50 μ l CaCl₂ (35 mM)을 첨가한 후 혈장이 응고될 때까지의 시간을 측정하였다. 용매 대조구로는 시료 대신 DMSO를 사용하였으며, 이 경우 55.1초의 응고시간을 나타내었다. aPTT의 결과는 3회 반복한 실험의 평균치로 나타내었으며, 시료 첨가시의 응고시간을 용매 대조구의 응고시간으로 나눈 값으로 나타내었다.

기타 분석

팔 추출물의 총 flavonoid의 함량 측정은 기존의 보고[25]에 따라 측정하였으며, 각각의 시료를 18시간 메탄올 교반 추출하고 여과한 추출검액 400 μ l에 90% diethylene glycol 4 ml를 첨가하고 다시 1 N NaOH 40 μ l를 넣고 37°C에서 1시간 반응 후 420 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준시약으로는 rutin을 사용하였다[2]. 총 polyphenol 함량은 추출검액 400 μ l에 50 μ l의 Folin-ciocalteau, 100 μ l의 Na₂CO₃ 포화용액을 넣고 실온에서 1시간 방치한 후 725 nm에서 흡광도를 측정하였다[2]. 표준시약으로는 tannic acid를 사용하였다. 총당 정량의 경우에는 phenol-sulfuric acid법을, 환원당 정량의 경우에는 DNS 방법을 이용하였다[26]. 각각의 분석결과는 3회 반복한 실험의 평균과 편차로 나타내었다.

결과 및 고찰

생팔 및 증자팔의 성분 비교

생팔은 딱딱하여 씹기가 어려우며, 전형적인 두류의 강한 비린 맛과 아린 맛이 강해 그 자체로는 섭취가 어렵다. 또한 팔이 가진 소화효소 저해인자와 적혈구 응집인자들[10, 11]로 인해 반드시 삶아서 섭취하여야 한다. 본 연구에서는 생

팔을 대조구로 하여 증자팔의 유용성분을 검토하고자 하였으며, 각각의 에탄올 추출효율 및 성분 분석결과는 Table 1에 나타내었다. 추출효율의 경우 생팔보다 증자팔이 약 1.2배 증가되었으며, 추출물의 총폴리페놀 함량도 증자팔이 1.2배 증가되었다. 이는 고온처리에 의한 팔 구조 변화에 따른 추출증대 효과 및 고온 처리에 의한 폴리페놀성 물질의 증가로 이해되며, 기존의 팔의 고온처리시 폴리페놀 성분이 증가된다는 기존의 보고와 유사하다[24]. 그러나 증자팔의 경우 총플라보노이드 함량은 생팔 대비 30% 수준으로 감소하였으며, 총당 및 환원당 함량 역시 생팔 대비 27.9% 및 30.8% 수준으로 감소하였다. 이는 수용성 물질이 고온 열수처리에 의해 손실되어 나타나는 현상으로 판단되며, 향후 팔 가공제품을 제조함에 있어 가공목적에 맞는 열처리 방법의 적절한 선택이 필요함을 의미한다.

팔의 항산화 활성 비교

생팔 및 증자팔의 항산화 활성을 DSA 및 ASA로 평가한 결과(Fig. 1), 두 시료 모두에서 우수한 항산화 활성을 나타내었다. 생팔의 항산화 활성이 증자팔보다 더욱 강력하게 나타났으며, 특히 ASA 활성은 많은 차이를 나타내었다(Table 2). 생팔 및 증자팔 추출물은 각각 125 μ g/ml 농도에서 40.2% 및 19.0%의 DSA를 나타내었고, 67.1% 및 20.5%의 ASA의 활성을 나타내어, 생팔 추출물의 경우 대조구로 사용된 vitamin C의 1/10-1/20의 소거활성을 가지고 있었다. 환원력 평가의 경우에도 생팔이 증자팔의 약 2.5배의 활성을 나타내었으며, nitrite 소거능의 경우 생팔이 증자팔보다 우수한 소거능을 나타내었다. 따라서 팔의 증자 과정 중 항산화 물질의 소실 및 손실이 있음을 추측할 수 있으며, 증자팔에서 생팔보다 증가된 폴리페놀과 감소된 플라보노이드 함량(Table 1)을 고려한다면, 항산화물질은 증가된 폴리페놀 성분과는 관련성이 낮을 것으로 판단된다. 향후 기능성이 강화된 팔 가공제품 개발을 위해서는 적합한 증자공정 개발이 필요함을 제시하고 있다.

팔의 항균활성

생팔 및 증자팔 추출물의 항세균 및 항진균 활성을 평가한 결과, 실험에 사용한 모든 그람양성 세균, 그람음성 세균 및 진균에 대해 500 μ g/disc 농도까지 항균력이 나타나지 않

Table 1. The ethanol extraction yields of raw-, and boiled- red bean and their components analysis.

Samples	Extraction Yield (%)	Content (mg/g)			
		Total flavonoid	Total polyphenol	Total sugar	Reducing sugar
Raw- red bean	1.5 \pm 0.07	6.25 \pm 0.73	15.73 \pm 0.06	136.14 \pm 0.62	49.48 \pm 0.625
Boiled- red bean	1.8 \pm 0.13	2.00 \pm 0.10	19.02 \pm 0.29	38.03 \pm 0.0.87	15.23 \pm 0.0.57

Values are means \pm standard deviation of triplicate determinations.

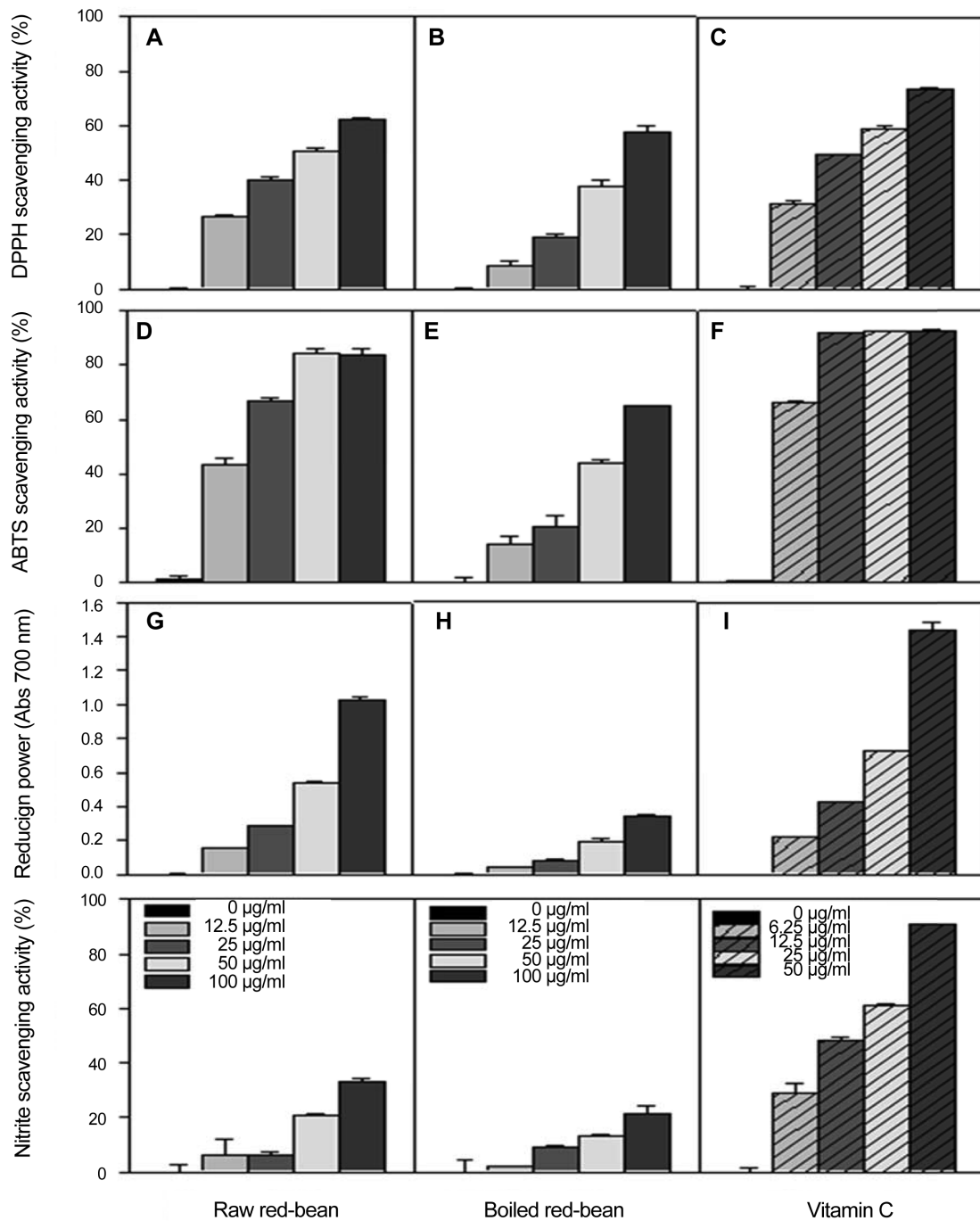


Fig. 1. Comparison of anti-oxidant and nitrite scavenging activities of the ethanol extracts between raw- red bean and boiled- red bean. Symbols for vitamin C (C, F, and I): ■, 0 µg/ml; ▨, 6.25 µg/ml; ▩, 12.5 µg/ml; ▪, 25.0 µg/ml, and ▫, 50 µg/ml, respectively. Symbols for red-bean (A, B, D, E, G and H): ■, 0 µg/ml; □, 6.25 µg/ml; ▨, 12.5 µg/ml; ▩, 25.0 µg/ml, and ▫, 50 µg/ml, respectively.

았다(Table 3). 강 등[12]은 *Streptococcus mutans*를 포함한 일부 구강세균에 팥의 열수 추출물이 항균력을 가짐을 보고한 바, 실험에 사용한 추출용매의 차이에 따라 항균효과가

다르게 나타나리라 판단되며, 팥의 항세균성 물질은 수용성, 내열성 물질로 추측된다. 한편 생팥 및 증자팥 모두에서 항균 활성이 인정되지 않으므로, 가공 공정 중 폐기되고 있는

Table 2. The radical scavenging activities (IC₅₀) of the ethanol extracts of red-beans.

Samples/ Chemicals	Radical scavenging activity: IC ₅₀ (µg/ml)		
	DPPH	ABTS	Nitrite
Raw- red bean	240.38	79.57	>100
Boiled- red bean	402.14	328.80	>100
Vitamin C	15.2	4.0	17.6

Values are means ± standard deviation of triplicate determinations.

생팜 자숙액에 항균 활성성분이 존재할 가능성도 있으므로, 향후 자숙액을 이용한 항균 활성 평가 및 활성성분 규명 연구가 필요하다.

팜의 해당노 활성 비교

생팜 및 증자팜의 해당노활성은 *in-vitro* α-amylase 및 α-glucosidase 활성을 측정하여 평가하였다. 먼저 임상에서 2형 당뇨병 치료제로 사용되고 있는 acarbose의 경우 62.5 µg/ml 농도에서 46%의 α-amylase 저해 및 43%의 α-glucosidase 저해를 나타내어 매우 강력한 저해활성을 나타내었다(Fig. 2). 생팜 추출물의 경우 α-amylase 저해활성이 우수하였으며, α-glucosidase 저해활성은 미미한 반면, 증자팜은 경우 α-amylase 저해활성은 거의 없었으며, 상대적으로 α-glucosidase 저해활성이 나타났다. 저해활성은 농도의존적으로 나타났으며, 특히 생팜 추출물은 62.5 µg/ml 농도에서 9.7%, 125 µg/ml 농도에서 18.8%의 α-amylase 저해를 나타내었고, 증자팜은 62.5 µg/ml 농도에서 9.6%, 125 µg/ml 농도에서 10.7%의 α-glucosidase 저해를 나타내었다. 따라서 팜의 고온 열수처리과정 중, α-amylase 저해 활성물질은 소실 및 실패되며, α-glucosidase 저해 활성물질은 생성 또는 활성화됨을 알 수 있었다(Fig. 2).

Table 3. Anti-microbial activity of the ethanol extracts of raw- red bean and boiled-red bean against pathogenic and food-spoilage bacteria and fungi.

Samples/ Chemicals	Growth inhibition zone (mm)									
	Gram-positive				Gram-negative				Fungi	
	SA ^a	SE	LM	BS	EC	PA	PV	ST	CA	SC
Raw- red bean	- ^b	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Boiled- red bean	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ampicillin	24.0	22.0	24.0	28.0	10.0	14.0	36.0	18.0	-	-
Miconazole	-	-	-	-	-	-	-	-	17.0	26.0

^aSA: *Staphylococcus aureus*, SE: *Staphylococcus epidermidis*, LM: *Listeria monocytogenes*, BS: *Bacillus subtilis*, EC: *Escherichia coli*, PA: *Pseudomonas aeruginosa*, PV: *Proteus vulgaris*, ST: *Salmonella typhimurium*, CA: *Candida albicans*, SC: *Saccharomyces cerevisiae*, ^b -: No inhibition.

The concentrations of the extracts and antibiotics used were 500 µg/disc and 1 µg/disc, respectively. The growth inhibition zone expressed was included size of disc-paper (6.5 mm of diameter). The data represent a classical result of three independent determinations.

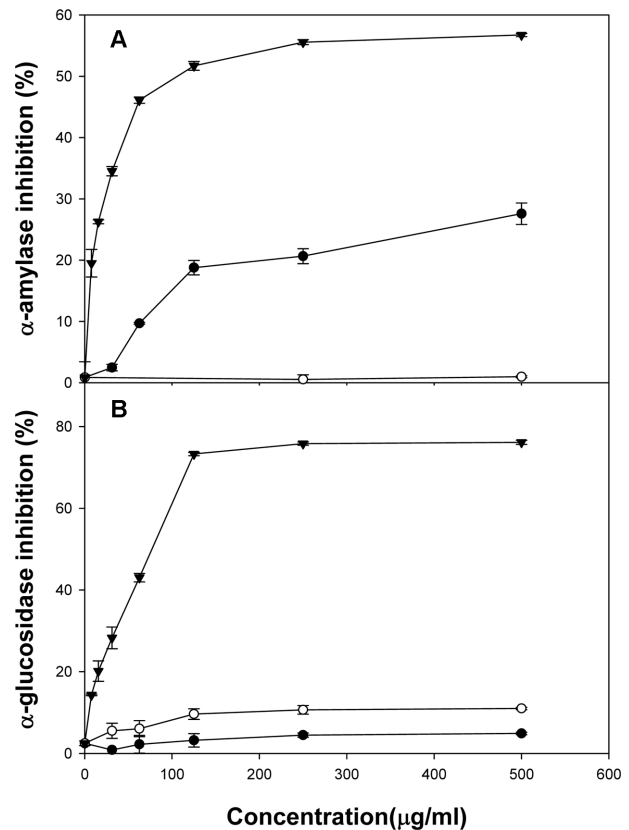


Fig. 2. Comparison of inhibitory activities against (A) α-amylase and (B) α-glucosidase of the ethanol extracts between raw- red bean (●) and boiled-red bean (○). Acarbose (▼), a commercial anti-diabetic agent used to treat type 2 diabetes, was used as a positive control.

팜의 항혈전 활성

생팜 및 증자팜 에탄올 추출물의 항혈전 활성을 평가한 결과는 Table 4에 나타내었다. 먼저 임상에서 항혈전제로 사

Table 4. Anti-thrombosis activity of the ethanol extracts of raw-, and boiled- red bean.

Samples/ Chemicals	Concentration (mg/ml)	Anti-thrombosis activity (× control)		
		TT	PT	aPTT
DMSO	-	1.0 ± 0.0	1.0 ± 0.0	1.0 ± 0.0
Aspirin	1.5	1.9 ± 0.1	1.7 ± 0.1	1.9 ± 0.1
Raw red-bean	5	8.4 ± 0.1	> 15.0	> 15.0
	2.5	2.2 ± 0.1	> 15.0	> 15.0
	1.25	1.1 ± 0.1	1.1 ± 0.1	1.2 ± 0.1
Boiled red-bean	5	1.2 ± 0.0	1.1 ± 0.0	1.2 ± 0.1
	2.5	1.0 ± 0.1	1.0 ± 0.0	1.0 ± 0.1
	1.25	1.0 ± 0.0	0.9 ± 0.1	1.0 ± 0.1

용되고 있는 아스피린(양성 대조구)은 1.5 mg/ml의 낮은 농도에서 TT, PT, aPTT를 무첨가구에 비해 각각 1.9배, 1.7배 및 1.9배 연장시켜 양호한 항혈전 활성을 나타냄을 확인하였다. 생팥의 경우 1.25 mg/ml 농도에서는 거의 항혈전 활성이 나타나지 않았으나, 2.5 mg/ml 농도에서는 트롬빈 저해에 따른 TT가 2.2배 연장되었으며, 내인성 혈전 생성에 관여하는 프로트롬빈 및 혈액응고인자 저해에 따른 PT 및 aPTT는 15배 이상 연장되는 강력한 항혈전 효과를 나타내었다. 팥의 경우, 이미 뭉쳐진 혈전 주성분인 fibrin의 용해 활성은 보고[19]된 바 있으나, 혈전 생성 자체를 억제하는 효과는 현재까지 보고된 바 없다. 한편 증자팥의 경우, 5 mg/ml 농도에서도 TT, PT, aPTT 연장 효과가 모두 미약하게 나타나 항혈전 활성이 소실되어 있음을 알 수 있었다. 이러한 결과는 팥의 항혈전 활성 성분이 증자과정 중 고열 처리에 의해 활성이 소실되었거나, 또는 자숙액 폐기하는 과정에서 손실된 것으로 추측된다.

상기의 결과를 종합할 때, 팥을 이용한 가공식품 개발을 위해서는 생팥의 적합한 삶기 공정, 열처리 및 건조공정의 개발이 필요하며 특히 현재까지 대부분 폐기되고 있는 증자 팥 제조단계의 팥 자숙액의 효율적인 이용에 대한 연구가 필요하다고 판단된다. 본 연구결과는 기능성 팥 음료 및 양갱 제조 등을 위한 팥 고부가가치 식품 개발 기본자료로 활용될 것이다.

요 약

본 연구에서는 팥의 유용기능을 이용한 고부가가치 식품 개발을 목표로 무처리한 생팥 분말과 1차 자숙 후 고온 증자하고 동결건조하여 제조된 식용 팥 분말을 대상으로 에탄올 추출물을 조제하고, 각각의 유용성분 및 항산화, 항균, 항당뇨, 및 항혈전 활성을 평가하였다. 추출효율의 경우 생팥

보다 증자팥이 약 1.2배 증가되었으며, 추출물의 총폴리페놀 함량도 증자팥이 1.2배 증가되었다. 그러나, 증자팥의 총플라보노이드 함량은 생팥 대비 30% 수준으로 감소하였으며, 총당 및 환원당 함량 역시 생팥 대비 27.9% 및 30.8% 수준으로 감소하였다. 항산화 활성은 생팥 및 증자팥에서 모두 우수한 음이온 및 양이온 소거능을 나타내었으나, 생팥이 증자팥보다 강력하였으며, 환원력 및 nitrite 소거능에서도 생팥 추출물이 우수하였다. 한편 α -amylase 저해활성은 생팥에서 우수하였으며, α -glucosidase 저해활성은 증자팥에서 상대적으로 우수하였다. 가장 특이한 활성은 항혈전 활성 평가에서 확인되었으며, 생팥 추출물은 매우 강력한 프로트롬빈 및 혈액응고인자 저해를 나타낸 반면 증자팥 추출물에서는 거의 활성이 나타나지 않았다. 상기 결과는 생팥의 증자과정 중 유용성분의 소실 및 유용활성의 손실이 나타남을 의미하며, 향후 생팥의 적합한 삶기 공정, 열처리 및 건조공정의 개발이 필요하며, 특히 현재까지 대부분 폐기되고 있는 증자팥 제조단계의 팥 자숙액의 효율적인 이용에 대한 연구가 필요함을 제시하고 있다. 본 연구결과는 기능성 팥 음료 및 양갱 제조 등을 위한 팥 고부가가치 식품 개발 기본자료로 활용될 것이다.

References

1. Abu-Ghannam N. 1998. Modelling textural changes during the hydration process of red beans. *J. Food Eng.* **38**: 341-352.
2. Ahn SM, Hong YK, Kwon GS, Sohn HY. 2011. Evaluation of antioxidant and nitrite scavenging activity of seaweed extracts. *J. Life Sci.* **21**: 576-583.
3. Ariga T, Koshiyama I, Fukushima D. 1988. Antioxidative properties of procyanidins B-1 and B-3 from azuki beans in aqueous systems. *Agr. Biol. Chem.* **52**: 2717-2722.
4. Bae DG, Jung YS. 2010. Colorant extracting and its storage stability from red bean and black bean seed coat. *Agric. Rex. Bull. Kyungpook Natl Univ.* **28**: 31-38.
5. Chang KY, Han KS, Park JC. 1968. Studies on the selection in adzuki bean breeding. III. Phenotypic and genotypic correlations among some characters in the population of adzuki bean varieties. *Res. Bul. Chinju Agr. Col.* **7**: 39-44.
6. Choi SY, Jeong YJ, Lee SJ, Chi OH, Chegal SA. 2002. Food and health for modern people. Dongmyungsa, Seoul, Korea. pp. 244-246.
7. Choi YH, Kang MY, Nam SH. 1998. Inhibitory effect of various cereal and bean extracts on carcinogenicity *in vitro*. *Korean J. Food Sci. Technol.* **30**: 964-969.
8. Hwang CS, Jeong DY, Kim YS, Na JM, Shin DH. 2005. Effects of enzyme treatment on physicochemical characteristics of small red bean percolate. *Korean J. Food Sci. Technol.* **37**: 189-193.
9. Jeong SH, Kim SH, Kim HK, Yun BR, Lee HW, Lim JH, et al.

2012. Effect of *Vigna anugularis* ethanol extract on papain-induced arthritis in mice. *Korean J. Oriental Physiol. Pathol.* **26**: 665-671.
10. Kang MH. 1985. Growth inhibition of rats fed raw or heated Korean beans and the effect of methionine or protein supplementation. *Korean J. Nutr.* **18**: 126-138.
11. Kang MH, Kim YH, Lee SR. 1980. Trypsin inhibitor and hemagglutinating activities of some minor beans in Korea. *Korean J. Food Sci. Technol.* **12**: 24-33.
12. Kang SJ, Han YS. 2012. Studies on the anti oralmicrobial activity and selected functional component of small red bean extract. *Korean J. Food Cookery Sci.* **28**: 41-49.
13. Kim CK, Oh BH, Na JM, Sin DH. 2003. Comparison of physicochemical properties of Korean and Chinese red bean starches. *Korean J. Food Sci. Technol.* **35**: 551-555.
14. Kim JI, Jang HS, Kim JS, Sohn HY. 2009. Evaluation of antimicrobial, antithrombin, and antioxidant activity of *Dioscorea batatas* Decne. *Korean J. Microbiol Biotechnol.* **37**: 113-139.
15. Kim MS, Ahn SM, Jung IC, Kwon GS, Sohn HY. 2010. Screening of α -amylase and α -glucosidase inhibitor from Nepalese plant extracts. *Korean J. Microbiol Biotechnol.* **38**: 183-189.
16. Koh KJ, Shin DB, Lee YC. 1997. Physicochemical properties of aqueous extracts in small red bean, mung bean and black soybean. *Korean J. Food Sci. Technol.* **29**: 854-859.
17. Koide T, Hashimoto Y, Kamei H, Kojima T, Hasegawa M, Terabe K. 1997. Antitumor effect of anthocyanin fractions extracted from red soybeans and red beans *in vitro* and *in vivo*. *Cancer Biother. Radio.* **12**: 277-280.
18. Meng GT, Ma CY. 2001. Thermal properties of *Phaseolus angularis* (red bean) globulin. *Food Chem.* **73**: 453-460.
19. Oh HS, Kim JH, Lee MH. 2003. Isoflavone contents, antioxidative and fibrinolytic activities of red bean and mung bean. *Korean J. Soc. Food Cookery Sci.* **19**: 263-270.
20. Park YM, Jeong JB, Seo JH, Lim JH, Jeong HJ, Seo EW. 2011. Inhibitory effect of red bean (*Phaseolus angularis*) hot water extracts on oxidative DNA and cell damage. *Korean J. Plant Res.* **24**: 130-138.
21. Rho CW, Son SY, Hong ST, Lee KH, Ryu IM. 2003. Agromomic characters of Korean adzuki beans (*Vigna angularis* (Willd.) Ohwi & Ohashi). *Korean J. Plant Res.* **16**: 147-154.
22. Ryszard A, Ronald BP. 2006. Content of proanthocyanidins in selected plant extracts as determined via n-butanol/HCl hydrolysis and a colorimetric assay or by HPLC. *Pol. J. Food Nutr. Sci.* **56**: 319-322.
23. Song SB, Ko JY, Kim JI, Lee JS, Jung TW, Kim KY, et al. 2013. Changes in physicochemical characteristics and antioxidant activity of Adzuki bean and Adzuki bean tea depending on the variety and roasting time. *Korean J. Food Sci. Technol.* **45**: 317-324.
24. Song SB, Seo HI, Ko JY, Lee JS, Kang JR, Oh BG, et al. 2011. Quality characteristics of Adzuki bean sediment according to variety. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **40**: 1121-1127.
25. Valentina U, Facic J, Stampar F. 2007. Sugars, organic acids, phenolic composition and antioxidant activity of sweet cherry (*Prunus avium* L.). *Food Chem.* **107**: 185-192.
26. Woo KS, Song SB, Ko JY, Seo MC, Lee JS, Kang JR, et al. 2010. Antioxidant components and antioxidant activities in methanolic extract from adzuki beans (*Vigna angularis* var. nipponensis). *Korean J. Food Sci. Technol.* **42**: 693-698.
27. Yoon WJ. 2010. Quality characteristics of traditional soybean paste(doenjang) manufacture with various soybeans. Master's thesis. Kyungpook National University.
28. Yoshida K, Sato Y, Okuno R, Kameda K, Isobe M, Kondo T. 1996. Structural analysis and measurement of anthocyanin from colored seed coats of *Vigna*, *Phaseolus*, and *Glycine* Legumes. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* **60**: 589-593.