발아에 따른 콩류의 식후 혈당 상승 억제효능과 항산화 활성

조차영 · 최황용 · 조성훈 · 하경수 · 정지상* · 장해동 · †권영인

한남대학교 식품영양학과, *이룸생명과학연구원

Enhancement of the Anti-hyperglycemic and Antioxidant Activities of Five Selected Beans by the Germination Process

Cha-Young Cho, Hwang-Yong Choi, Sung-Hoon Jo, Kyoung-Soo Ha, Ji-Sang Chung*,

Hae-Dong Jang and †Young-In Kwon

Dept. of Food and Nutrition, Hannam University, Daejeon 305-811, Korea

*Erom R&D Center, Chuncheon 200-170, Korea

Abstract

After a mixed carbohydrate diet, inhibition of α -amylase and α -glucosidase involved in the digestion and absorption of carbohydrates can significantly decrease the postprandial increase of blood glucose level. In the course of screening these useful enzyme inhibitors, we selected five kinds of bean, using an *in-vitro* enzyme inhibition assay method. To evaluate the effect of germination process on the functionality of the bean, we investigated the inhibitory activities of the water extracts of non-germinated bean and germinated bean against α -amylase and α -glucosidase, relevant to postprandial hyperglycemia. We also investigated the oxygen radical absorbance capacity(ORAC), total phenolics content, and postprandial blood glucose lowering effect in rats(Sprague-Dawley rat model). Most germinated beans showed significantly higher α -glucosidase inhibitory activity, compared with non-germinated beans. Among germinated beans, *Glycine max* had the highest α -glucosidase inhibitory activity(53.3%). The water extract of germinated *Phaseolus vulgaris* L. had the highest α -amylase inhibitory activity(95.1%), followed by *Glycine max*(58.7%), and *Glycine max* L. Merr(54.1%). Furthermore, the five germinated beans also showed high antioxidant activities in ORAC assay. Results suggested that the germination process may improve and enhance the anti-hyperglycemia potential and antioxidant activity of the bean.

Key words: germination, bean, α -glucosidase, α -amylase, ORAC

서론

우리 민족은 전통적으로 대두(*Glycine max*), 강낭콩(*Phaseolus vulgaris* L.), 서리태(*Glycine max* (L.) Merr), 쥐눈이콩(*Rhynchosia nulubilis*), 녹두(*Phaseolus radiatus*), 완두콩(*Pisum sativum*), 팥(*Phaseolus angularis*) 등 여러 종류의 콩을 섭취하여 왔다. 이러한 콩들은 우리 식생활에 중요한 부분을 차지하고 있으며, 오래 전부터 단백질 및 지방의 급원으로 중요한 역할을 해왔다(Moon 등 2011; Yoo 2011).

콩들은 발아되면서 효소가 다량 생성되고, 영양성분의 질적 변화, 미량영양소의 증가, 비영양적 요소의 감소나 제거, 생리활성물질의 증가 및 신규물질의 생성 등 다양한 변화가 일어나며, 생리활성이 증가하는 것으로 알려져 있다. 특히 발아시 단백질, 지방질함량이 서서히 감소하지만, 만성질환 예방에 효과가 있는 생리활성물질은 급격히 증가하는 것으로 알려져 있으며, 혈압 강하 및 당뇨 증세 개선에도 도움을 주는 것으로 알려져 있다(Randhir 등 2004). 그 예로 isoflavone은 발아 초기에 함량이 향상되며, daidzein과 genistein 등 aglycone

† Corresponding author: Young-In Kwon, Dept. of Food and Nutrition, Hannam University, Daejeon 305-811, Korea. Tel: +82-42-629-8795; Fax: +82-42-629-8789, E-mail: youngk@hnu.kr

형태의 증가가 뚜렷하다. Aglycone 형태는 glycoside 형태보다 체내 흡수속도와 흡수율이 높아 생리적 이용률이 증가하는 것으로 보고되고 있다(Kim 등 2012).

당뇨병(Diabetes mellitus)은 인슐린 분비 결함 또는 인슐린 작용의 부전에 바탕을 둔 고혈당을 주 증상으로 하는 만성대사 이상질환이며, 고혈당증(hyperglycemia)의 지속(glucose toxicity)은 당뇨병의 복합 증세들, 신경장애(neuropathy), 신장해(nephropathy), 그리고 망막증(retinopathy) 등과 같은 합병증의 직접적인 원인이 되고 있다(Brownlee 2005). 당뇨는 유전적인 요인과 환경적인 요인이 합쳐져서 나타나는데, 인슐린의존형(Type I, IDDM)과 인슐린비의존형(Type II, NIDDM)으로 나눌 수 있으며, 발병원인으로 비만, 스트레스, 약물, 식습관, 운동 부족 등을 제시하고 있지만, 그 원인이 명확하게 밝혀져 있지 않으며, 발병 후 진행과정에서 고혈압, 신장병, 시력 장애 등 각종 합병증을 동반한다(Brownlee 2005). 당뇨합병증에 관한 연구에 있어서는 고혈당으로 인해 유발된 활성산소가 Bovine aortic endothelial cell의 5탄당대사이상을 통해 세포의 손상을 야기시키는 것이 보고(Kim 등 2006; Nishikawa 등 2000)되었고, 이들 세포손상은 항산화물질이나 non-peptidyl antioxidant enzyme mimetics와 같은 산화환원조절물질을 통해 보호될 수 있다는 것이 제시되었다(Kim 등 2006; Nishikawa 등 2000; Lee 등 2011). 당뇨병 환자에게 일반적으로 나타나는 합병증에 관한 최근 연구결과에 의하면, 당뇨전증환자에게서 일반적으로 나타나는 고혈당증으로 인한 산화적 스트레스(glucose toxicity)가 신장, 망막, 신경계에 발생하는 당뇨합병증의 주된 요인임이 알려져 있다(Brownlee 2005).

본 연구에서는 콩류의 발아를 통한 기능성 페놀성 성분들의 증가를 통한 생리활성의 변화가 올 것으로 예상하고, 5가지 콩들의 발아에 따라 항산화 및 식후 혈당 상승 억제 효과를 평가하였다. 이러한 연구는 향후 보다 더 다양한 실험을 통해 당뇨병 및 당뇨전증환자에게 좋은 급원이자 식품으로서의 가치를 향상시키는 데 도움이 될 것으로 기대된다.

재료 및 방법

1. 재료

본 실험에 사용된 콩은 대전광역시 농수산물시장에서 구입하여 사용하였다.

2. 콩의 발아시험

콩을 세척하여 g당 3 ml씩 증류수를 넣고 빛이 들어오는 상온에서 12 hr 동안 침지하였다. 침지한 콩은 침지수를 제거하고 탈지면을 올린 plate에 넓게 펼친 후 25°C의 암소에 72시간 동안 발아를 진행하였다.

3. 발아콩의 물 추출

콩 발아물을 g당 10 ml의 증류수를 넣고 혼합한 후 121°C에서 15분간 열을 가하였다. 이 추출액의 온도를 실온으로 낮춘 후 Centrifuge(Hanil Industrial Co., Ltd., Korea)를 이용하여 7,000 rpm, 30 min, 4°C에서 원심분리하여 상등액을 동량의 95% 에탄올과 혼합하였다. 이 혼합물은 Centrifuge(Hanil Industrial Co., Ltd., Korea)를 이용하여 7,000 rpm, 30 min, 4°C에서 원심분리하여 상등액을 Whatman No. 2 필터로 필터하였다. 추출액을 Rotary vacuum evaporator(EYELA Co., Japan)를 사용하여 용매를 완전히 제거한 후 freeze dryer(TD5070R(Ilshin Lab Co. Ltd., Korea)을 사용하여 동결건조하여 사용하였다.

4. α -Glucosidase 억제활성측정

혈당 상승 억제실험은 Kwon 등(2007)이 사용한 당질분해 효소활성억제시험법인 α -glucosidase 저해실험법을 이용하였다(Kwon 등 2007). 효소는 rat 유래의 intestinal acetone powder를 사용하였고, 기질은 p-nitrophenyl α -D-glucopyranoside(pNPG)를 사용하였다. Rat intestinal acetone powder 100 mg을 3 ml의 0.9% NaCl solution에 첨가한 후 30초간 12회 iced water bath에서 sonication하고 나서 10,000×g, 4°C에서 30분간 원심분리(Hanil Industrial Co., Ltd., Korea)하여 상층액을 실험에 사용하였다. 100 μ l의 rat α -glucosidase solution에 50 μ l의 시료를 넣은 다음 37°C에서 10분간 pre-incubation시켰다. 50 μ l의 5 mM pNPG solution을 가한 다음 37°C에서 15분간 반응시키고, 405 nm에서 ELISA reader(Tecan; SUNRISE)를 사용하여 흡광도를 측정하여 rat α -glucosidase 저해활성을 분석하였다.

5. α -Amylase 억제활성측정

혈당 상승 억제실험은 Kwon 등(2007)이 사용한 당질분해 효소활성억제시험법인 α -amylase 저해실험법을 이용하였다(Kwon 등 2007). 효소는 pancreatic α -amylase(EC 3.2.1.1)를 사용하였고, 기질로는 1% starch solution을 사용하였다. 측정방법은 D.W에 녹인 시료 200 μ l를 0.02 M sodium phosphate buffer (pH 6.9, 0.006 M sodium chloride 함유)에 녹인 porcine pancreatic α -amylase 용액 300 μ l와 섞은 후, 25°C에서 10분간 반응시켰다. 반응이 끝난 반응액에 1% starch 500 μ l를 첨가하여 25°C에서 다시 10분간 반응시켰다. 1% DNS 용액(dinitrosalicylic acid, color reagent)을 1 ml 첨가하여 반응을 정지시킨 후, 100°C로 유지되는 boiling water bath에서 5분간 중탕시킨 후, 실온(25°C±1)에서 30분간 식히고 1 ml 증류수를 첨가하였다. 효소액을 원충용액으로 대체하고, 시료만을 용해시킨 것을 대조구로 사용하여 측정값을 비교하였으며, α -amylase에 의해서 기질로부터 분해된 환원당과 DNS 용액과의 반응을 통해 발색된 정도를 조사하기 위해 540 nm에서 ELISA reader(Tecan;

SUNRISE)를 사용하여 흡광도를 측정하였다.

6. 총 페놀 함량 측정

총 페놀 함량의 측정은 Shetty 등이 사용한 방법을 참고하였다(Shetty 등 1995). 건조하여 분말화시킨 5종의 시료 0.1 g 을 distilled water 10 mL에 넣고 20분간 교반한 후 원심분리하여 상등액을 취하였다. 시험관에 시료의 희석액 1.0 mL와 95% ethanol 1.0 mL, 증류수 5.0 mL, 50% Folin-Ciocalteu phenol reagent 0.5 mL를 가하고, 5분간 상온(25°C±1)에서 반응시킨다. 5% Na₂CO₃ 1 mL를 가하고 암실에서 1시간 보관한다. Voltex 후 725 nm에서 Spectrophotometer(Shimadzu; UV160A)를 사용하여 흡광도를 측정하였다. 지표물질인 Gallic acid를 증류수에 녹여 추출물 희석액과 같은 방법으로 반응시켜 표준검량 곡선을 작성한 후, 총 페놀 함량은 gallic acid-equivalent 값으로 계산하였으며, 모든 측정은 3회 반복하여 평균값을 내어 계산하였다.

7. 항산화 활성 측정(Oxygen Radical Absorbance Capacity)

항산화 활성 측정은 Kurihara 등(2004)의 ORAC assay을 참고하였다. 체내에서 산화를 일으키는 peroxy radical의 생성과 소멸에 의한 fluorescein의 흡광도 감소율을 측정하여 계산하였다. 과산화 라디칼의 생성을 위하여 2,2'-azobis(2-amidinopropane) dihydrochloride(AAPH, 20 mM)을 사용하였고, 측정기기는 GENios functional plate reader(Tecan Trading AG, Austria)로 사용하였으며, 전자가 485 nm에서 흡수되고, 538 nm에서 방출되게 설정해 놓고 사용하였다. Fluorescein 값은 2분마다 100 cycle로 기록되었으며 모든 Fluorescein 값은 최초의 값에 비교되어 상대적으로 나타내었으며, ORAC 값은 1 g당 μ M Trolox equivalent로 나타내었다(μ M TE/g).

8. 동물(Rat)을 이용한 식후 혈당 상승 억제효과

동물실험조건은 온도 22°C, 습도 50%를 유지하였고, 사육 공간(SPF zone)의 모든 공기는 HEPA필터를 통한 공기를 사용하였다. Rat의 식이(LabDiet 5053, Orientbio Ltd., Korea)는 하루에 20~25 g으로 체중 증가에 따라 조금씩 늘려서 제공하였고, 깔짚(Corn cob 1/4, Orientbio Ltd., Korea)은 이틀에 한 번씩 교체하였으며, 사육실의 점등 및 소등시간은 12시간을 기준으로 나누었다. 5주령의 SD Rat을 5마리씩 1군으로 정하고 총 15마리 3군으로 나누어 모든 군에 sucrose 2 g/kg과 각 군별로 Control(물), Sample(0.1 g/kg, 0.5 g/kg)을 액상상태로 경구투여를 하였다. 경구투여량은 1 mL/100 g으로 하였다. 혈당 측정은 24시간 절식 후 측정하였다. 24시간 절식 시 수분의 공급은 자유롭게 하였다. 혈당 측정 0시간의 경우 경구 투여 전 측정을 이행하였고, 30분, 1시간, 2시간으로 측정하였다.

측정 시 rat의 꼬리끝을 멸균된 메스를 이용하여 살짝 절개 후 약 0.5 μ L의 혈액을 혈당스트립에 흡수시켜 측정기(Caresens II, Caresens Ltd., Korea)에 의해 측정하였다.

9. 통계처리

통계처리는 SPSS for Window 12.0으로 분석하였다. α -Glucosidase, α -amylase, 총 페놀 함량, 항산화 활성 및 동물실험의 비교는 *t*-test를 실행하였다. 또한 항산화 활성과 총 페놀 함량의 상관관계성을 Microsoft Office Excel® 2007 프로그램을 사용하여 Pearson's correlation coefficient의 상관계수를 구해 분석하였다.

결과 및 고찰

1. 발아에 따른 콩류의 α -Glucosidase 및 α -Amylase 저해활성

소장 용모막에 존재하는 α -glucosidase는 이당류나 다당류들을 보다 작은 단당류로 분해한 후 당의 흡수가 이루어져 혈당 상승을 일으킨다. 특히 식후 30분이 경과 시 혈당이 증가하는데, 당뇨병 환자의 경우 급격히 상승하는 과도한 혈당 및 고혈당증이 지속됨에 따라 발생하는 활성산소(Reactive oxygen species; ROS)들로 인해 당뇨병의 복합증세인 신경장애, 신장해, 그리고 망막증 등과 같은 질병이 발생하게 된다(Gordon 등 2005). 따라서 효율적인 당뇨병의 관리를 위해서는 α -glucosidase 및 α -amylase 저해활성과 활성산소를 제거할 수 있는 항산화 활성을 갖는 소재가 필요하다.

따라서 본 연구에서는 시중에 판매되고 있는 대두, 녹두,

Fig. 1. Comparison of rat intestinal α -glucosidase inhibitory activities of non-germinated beans and germinated beans. Each point represents mean±S.D.(n=9). * p <0.05, ** p <0.01, and *** p <0.001 compared to different samples at the same concentration by unpaired Student's *t*-test.

Fig. 2. Comparison of porcine pancreatic α -amylase inhibitory activities of non-germinated beans and germinated beans. Each point represents mean $\pm$ S.D.(n=9). * p <0.05, ** p <0.01, and *** p <0.001 compared to different samples at the same concentration by unpaired Student's t -test.

강낭콩, 팥, 서리태의 발아에 따른 α -glucosidase, α -amylase 저해활성을 조사한 결과, Fig. 1과 같이 대두, 녹두, 강낭콩, 팥은 동일한 농도에서 발아 전 α -glucosidase 저해활성이 거의 나타나지 않았다(3.7 ± 3.2 , 9.4 ± 5.6 , 5.8 ± 4.7 및 $7.9\pm 5.4\%$). 하지만 발아가 됨에 따라 대부분의 콩에서 α -glucosidase 저해활성이 증가하는 것을 알 수 있었다(53.3 ± 1.9 , 28.0 ± 2.3 , 21.8 ± 2.6 및 $15.7\pm 3.0\%$). α -Amylase의 저해활성(Fig. 2)은 α -glucosidase와 동일한 농도에서 대두, 서리태가 발아에 의해 저해활성이 증가하였다(21.9 및 11.5%). 서리태의 경우 α -glucosidase에서는 저해활성을 나타내지 않았지만 α -amylase를 저해하는 것을 알 수 있었다. 임상에서 사용되고 있는 탄수화물분해효소 효소저해제의 경우 α -amylase 및 α -glucosidase 효소 모두 저해활성이 높아 설사와 배탈 등 부작용이 있으므로(Harris 등 1992), 두 효소 중 한 가지 효소만을 상대적으로 잘 저해하는 소재의 탐색이 필요할 것으로 사료된다.

2. 발아에 따른 콩류의 총 페놀 함량

5종의 콩류의 발아에 따른 총 페놀 함량은 Fig. 3과 같이 녹두가 가장 많이 증가하였으며(51.5%), 대두(22.2%), 팥(20.6%), 서리태(20.2%), 강낭콩(15.3%) 순으로 5종의 콩류들이 발아에 따라 총 페놀 함량이 증가하는 것으로 나타났다. 대부분의 페놀성 화합물들은 강력한 항산화제로 직접적으로 유리라디칼을 제거하고, xanthine oxidase와 lipid peroxidation을 억제하여 항산화 방어체계를 향상시킨다(Fiorani 등 2001; Fiorani 등 1999; Reuser 등 1994). 이러한 페놀성 화합물들이 발아를 통해 증가함으로써 당뇨병에서의 산화적 스트레스를 예방하는데 도움이 될 것으로 사료된다.

Fig. 3. Comparison of total phenolic contents in non-germinated beans and germinated beans. Each point represents mean $\pm$ S.D.(n=9). * p <0.05, ** p <0.01, and *** p <0.001 compared to different samples at the same concentration by unpaired Student's t -test.

3. 발아에 따른 콩류의 항산화 활성

발아 전, 발아 후 콩들의 peroxyl radical scavenging capacity를 ORAC assay를 이용하여 항산화 활성을 측정한 결과 Fig. 4 및 5와 같이 나타났다. 발아 전, 후 콩들은 vitamin E 수용성 유도체인 Trolox(6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-carboxylic acid) $1\mu\text{M}$ 의 항산화 활성과 비교한 결과 Fig. 4와 같이 동일한 농도에서 발아에 따라 활성이 증가함을 알 수 있었고, 총 페놀 함량과 비교 피어슨 상관계수로 분석해 보았을 때 0.85 로 높은 유의성을 나타내었다. 그리고 H_2O_2 -CuSO₄를 hydroxyl

Fig. 4. Effect of water extract of non-germinated beans and germinated beans on hydroxyl radical scavenging activities using ORAC assay. Each point represents mean $\pm$ S.D.(n=9). * p <0.05, ** p <0.01, and *** p <0.001 compared to different samples at the same concentration by unpaired Student's t -test.

Fig. 5. Effect of water extract of non-germinated beans and germinated beans on peroxyl radical scavenging activities using ORAC assay. Each point represents mean±S.D. (n=9). * $p<0.05$, ** $p<0.01$, and *** $p<0.001$ compared to different samples at the same concentration by unpaired Student's *t*-test.

radical generator로 사용한 hydroxyl radical scavenging capacity 측정 결과, Fig. 5와 같이 발아가 진행됨에 따라 높은 활성을 나타내었고, 피어슨 상관계수로 분석하였을 때 0.7의 유의성을 나타내었다. 이러한 결과는 항산화성분으로 알려져 있는 페놀화합물들이 발아가 진행됨에 따라 증가되어 나타난 결과로 사료되며(Kwon 등 2011), 당의 흡수단계에서 작용하는 혈당 상승 억제효능과 함께 흡수된 당으로 인하여 발생하는 산화적 손상으로부터 당뇨합병증과 관련된 조직세포들의 세포손상억제효과를 나타낼 것으로 사료된다(Kwon 등 2011; Paganga 등 2006). 당뇨병관리보조제로서 필요한 두 가지(혈당 상승 억제와 항산화 활성) 효능의 중요성으로 볼 때, 발아시킨 콩은 당뇨병 환자에게 효율적인 식품소재가 될 것으로 사료된다.

4. 발아에 따른 콩류의 식후 혈당 감소 효과

콩류 발아 추출물의 *in vitro* 효소저해활성 결과를 검증하기 위하여 Sprague-Dawley(SD) rat을 이용한 식후(sucrose) 혈당 감소 효과를 측정하였다(Fig. 6~10). 모든 발아콩 추출물들이 발아전 추출물보다 식후 혈당을 더욱 감소시키는 것으로 알 수 있었다. 특히 팔은 발아 전 164.0 ± 9.2 mg/dL, 발아 후 139.3 ± 15.0 mg/dL로 식후 급격히 상승하는 혈당을 효과적으로 저해하는 것으로 나타났다. 위와 같은 결과는 콩을 효율적으로 섭취하기 위하여 발아를 통해 식후 급격히 상승하는 혈당을 억제해 주거나 흡수를 지연시켜 줌으로써 당뇨병 환자, 특히 insulin resistance가 과다하게 나타나는 NIDDM(non-insulin-dependent diabetes mellitus) 환자들에게 단백질 및 지방탄수

Fig. 6. Effect of *Glycine max* extracts on sucrose loading test. After fasting for 24 hours, 6-week-old, male SD rats were orally administered with sucrose solution(2.0 g/kg) with or without samples. Each point represents mean±S.D.(n=5). * $p<0.05$, ** $p<0.01$, and *** $p<0.001$ compared to different samples at the same concentration by unpaired Student's *t*-test.

Fig. 7. Effect of *Phaseolus radiatus* extracts on sucrose loading test. After fasting for 24 hours, 6-week-old, male SD rats were orally administered with sucrose solution(2.0 g/kg) with or without samples. Each point represents mean±S.D.(n=5). * $p<0.05$, ** $p<0.01$, and *** $p<0.001$ compared to different samples at the same concentration by unpaired Student's *t*-test.

Fig. 8. Effect of *Phaseolus angularis* extracts on sucrose loading test. After fasting for 24 hours, 6-week-old, male SD rats were orally administered with sucrose solution(2.0 g/kg) with or without samples. Each point represents mean±S.D.(n=5). * $p<0.05$, ** $p<0.01$, and *** $p<0.001$ compared to different samples at the same concentration by unpaired Student's *t*-test.

Fig. 9. Effect of *Glycine max* L. Merr extracts on sucrose loading test. After fasting for 24 hours, 6-week-old, male SD rats were orally administered with sucrose solution (2.0 g/kg) with or without samples. Each point represents mean $\pm$ S.D. (n=5). * p <0.05, ** p <0.01, and *** p <0.001 compared to different samples at the same concentration by unpaired Student's t -test.

Fig. 10. Effect of *Phaseolus vulgaris* L. extracts on sucrose loading test. After fasting for 24 hours, 6-week-old, male SD rats were orally administered with sucrose solution (2.0 g/kg) with or without samples. Each point represents mean $\pm$ S.D. (n=5). * p <0.05, ** p <0.01, and *** p <0.001 compared to different samples at the same concentration by unpaired Student's t -test.

화물의 훌륭한 급원인 콩 섭취 시 효율적인 혈당 관리 소재로서 사용이 가능할 것으로 사료된다. 또한 대부분의 콩들이 다량의 전분을 포함하고 있는 경우가 많은데, 이를 제거하고 생리활성물질만 분리하여 섭취한다면 식후 혈당 강하 효과에 더욱 좋은 결과를 나타낼 것으로 사료된다.

요약 및 결론

본 연구에서는 5가지의 콩의 발아에 따른 총 페놀 함량과 항산화 활성 및 식후 혈당 감소 효과를 분석하였다. 식후 혈당 감소 능력 측정 결과, 대두, 녹두, 강낭콩, 팥은 동일한 농

도에서 발아 전 α -glucosidase 저해활성이 거의 나타나지 않았으나, 발아에 따라 대부분의 콩에서 α -glucosidase 저해활성이 증가하는 것으로 나타났다. α -Amylase의 저해활성은 α -glucosidase와 동일한 농도에서 대두와 서리태가 발아에 따라 증가하였다. 그리고 실험동물(SD rat)에 sucrose를 투여에 따른 식후 혈당 저해 효과를 측정한 결과, 발아시킨 콩들이 식후혈당저해효과를 나타냈다. 그러나 α -glucosidase, α -amylase 억제활성과 동물실험을 통한 식후 혈당 저해효과를 비교해 보았을 때 효능이 일치되지 않았다. 이와 같은 결과는 발아시킨 콩들이 α -glucosidase의 효소(sucrase, maltase, isomaltase, glucoamylase 등)들에 특이적으로 결합하여 각기 다른 활성반응을 나타낼 것으로 생각된다. 그리고 발아에 따른 녹두의 총 페놀 화합물이 가장 많이 증가하였으며(51.5%), 대두(22.2%), 팥(20.6%), 서리태(20.2%), 강낭콩(15.3%) 순으로 전체적으로 증가하는 것으로 나타났다. ORAC assay를 이용하여 항산화 활성을 측정한 결과, 5종의 콩들이 발아에 따라 증가되었으며, 총 페놀 함량과 피어슨 상관계수로 비교하였을 때 유의성을 나타내었다. 이상의 결과로 단백질 및 지방탄수화물의 훌륭한 급원인 콩을 발아시킴으로써 효율적인 혈당관리식품소재로서 사용이 가능함을 확인할 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 2010년도 선정 농림수산식품부 농림수산식품연구개발사업의 지원으로 수행한 연구결과이며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

- Brownlee M. 2005. The pathobiology of diabetic complications. *Diabetes* 54:1615-1625
- Fiorani M, Sanctis R, Menghinello P, Cucchiari L, Cellini B, Dacha M. 2001. Quercetin prevents glutathione depletion induced by dehydroascorbic acid in rabbit red blood cells. *Free Radic Res* 34:639-48
- Gordon JM, Derek S. 2005. The inhibitory effects of berry polyphenols on digestive enzymes. *BioFactors* 23:189-195
- Harris MI, Zimmer P. 1992. Classification of diabetes mellitus and other categories of glucose intolerance, In K. G. M. M. Albertiet al (eds.), *International Textbook of Diabetes Mellitus*, John Wiley, London, pp.3-18
- Kurihara H, Fukami H, Asami S, Totoda Y, Nakai M, Shibata H, Yao XS. 2004. Effects of oolong tea on plasma anti-oxidative capacity in mice loaded with restraint stress assessed

- using the oxygen radical absorbance capacity (ORAC) assay. *Biol Pharm Bull* 27:1093-1098
- Kim SJ, Kim GH. 2006. Quantification of quercetin in different parts of onion and its DPPH radical scavenging and antibacterial activity. *Food Sci Biotech* 15:39-43
- Kwon YI, Apostolidis E, Kim YC, Shetty K. 2007. Health benefits of traditional corn, beans and pumpkin: *In vitro* studies for hyperglycemia and hypertension management. *J Med Foods* 10:266-275
- Kwon YI, Vatter DA, Shetty K. 2006. Evaluation of clonal herbs of Lamiaceae species for management of diabetes and hypertension. *Asia Pac J Clin Nutr* 15:107-118
- Lee EJ, Hyun BJ. 2011. Study on the alleviation of an alcohol induced hangover and the antioxidant activity by mulberry fruit. *Korean J Food & Nutr* 24:204-209
- Moon HK, Lee SW, Moon JN, Kim DH, Yoon WJ, Kim GY. 2011. Quality characteristics of various beans in distribution. *J East Asian Soc Dietary Life* 21:215-221
- Nishikawa T, Edelstein D, DU XL, Yamagishi S, Matsumura T, Kaneda Y, Yorek MA, Beebe D, Oates PJ, Hammes HP, Giardino I, Brownlee M. 2000. Normalizing mitochondrial superoxide production blocks three pathways of hyperglycaemic damage. *Nature* 404:787-790
- Plumb W, Price KR, Williamson G. 1999. Antioxidant properties of flavonol glycosides from green beans. *Redox Rep* 4: 123-127
- Paganga G, Miller N, Rice-Evans CA. 2006. The polyphenolic contents of fruits and vegetables and their antioxidant activities. What does a serving constitute? *Free Radic Res* 30:153-162
- Tadera K, Minami Y, Takamatsu K, Matsuoka T. 2006. Inhibition of α -glucosidase and α -amylase by flavonoids. *J Nutr Sci Vitaminol* 52:149-153
- Reuser AJT, Wisselaar HA. 1994. An evaluation of the potential side-effects of α -glucosidase inhibitors used for the management of diabetes mellitus. *European J Clin Invest* 3:19-24
- Randhir R, Lin YT, Shetty K. 2004. Phenolics, their antioxidant and antimicrobial activity in dark germinated fenugreek sprouts in response to peptide and phytochemical elicitors. *Asia Pac J Clin Nutr* 13:295-307
- Shetty K, Curtis OF, Levin RE, Wikowsky R, Ang W. 1995. Prevention of verification associated with *in vitro* shoot culture of oregano (*Origanum vulgare*) by *Pseudomonas* spp. *J Plant Physiol* 147:447-451
- Kim US, Kim JY, Kim SJ, Moon KH, Baek SH. 2012. Isoflavonoid contents, antibacterial activities, and physiological activities of Cheonggukjang made from sword bean. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 41:174-181
- Yoo KM. 2011. Effects of soybean varieties on the physicochemical and sensory characteristics of Tofu. *Korean J Food & Nutr* 24:451-457

접 수 : 2012년 4월 5일
 최종수정 : 2012년 4월 30일
 채 택 : 2012년 5월 1일