

Effects of steeping condition and salinity stress on quality properties in germinated black soybean

Sung-Ran Yoon*, Su-Gon Bae, Oh-Heun Kwon, Dong-Kyoon Kang, So-Young Choe, Jung-A Ryu, Seong-Yong Choi

Gyeongsangbuk-Do Agricultural Research and Extension Services, Daegu 702-708, Korea

발아시 수침 및 염 스트레스에 따른 발아 검정콩의 품질특성

윤성란* · 배수곤 · 권오훈 · 강동균 · 최소영 · 류정아 · 최성용
경상북도농업기술원

Abstract

This study investigated the effects of the steeping condition and salinity stress on the quality properties of germinated black soybean. The absorbed water content increased drastically in six hours with the increase in the steeping time and the temperature. The pH decreased as the steeping temperature increased. A gradual increase in the dissolution of the anthocyanin was observed with the steeping time. The adequate steeping conditions were found to have been six hours at 25°C, which showed the needed absorbed water content within a short time. The germination percentage of the black soybeans decreased with the increase in the NaCl concentration. The pinitol and total phenolics contents showed the highest values under the concentrations of 0.7% and 0.3-0.5% NaCl, respectively. The flavonoid content was highest at the 0.1% NaCl concentration. Consequently, the salinity stress during the germination of the black soybeans enhanced the pinitol content and lowered the blood sugar, which gives it an advantage as a functional food material.

Key words : black soybean, germination, salinity stress, pinitol, quality

서 론

검정콩은 약콩 또는 밥밀콩이라고 불리며, 종피에 안토시아닌이 함유되어져 있어 검은깨, 흑미 등과 더불어 기능성 물질의 함량이 높은 웰빙 식품으로 알려져 있다(1). 검정콩에 포함된 기능성 성분은 필수아미노산이 약 40%가량을 차지하고 있으며, 비타민 E, 카로티노이드, 사포닌, 안토시아닌 등 노화를 예방하는 항산화 물질이 일반 콩보다 4배나 풍부하며, 탈모예방에 효과적인 cysteine 또한 풍부하게 포함되어 있는 것으로 알려져 있다(2). 더욱이 고지방 식이를 한 모델에서 일반 콩에 비하여 검정콩에서 추출되어진 안토시아닌 첨가군이 항비만 효과뿐만 아니라 혈청내 중성지방과 콜레스테롤을 낮춤으로써 지질 패턴을 개선시키는 효과가 있는 것으로 보고되고 있다(3). 반면에 콩에는 노란콩과 검정콩이 있는데, 노란콩은 된장, 간장, 고추장 등의 발효

콩제품에 이용되거나 두부, 두유, 또는 콩기름 제조에 이용되어 대량 소비되는 반면에 검정콩은 밥밀콩 등으로 소량 소비되고 있으나(4), 검정콩 가공관련 연구로는 된장, 청국장, 두부, 머핀, 쿠키 등의 소재로만 활용되어 지고 있어 다양한 가공제품에 관한 연구가 필요하다(5-7).

식물중자는 발아가 진행됨에 따라 생리적 활성이 증대되고 성분의 변화가 일어나며, 콩의 발아 또한 호흡과 대사작용으로 영양 성분 및 기능성 물질의 변화가 일어날 것으로 예상되고(8,9), 콩우유 제조시 발아콩을 이용하였을 때 관능적 특성이 향상되었다는 연구 결과(10)가 있다. 한방에서 생콩으로 기른 콩나물 순을 건조한 것을 대두황권(大豆黃卷)이라 하며, 이는 부종과 근육통을 다스리고 위장의 열을 없애는데 사용된다고 알려져 있다(11). 이와 같이 콩은 발아되면서 단백질, 지방질 및 올리고당의 함량 감소(12-15), isoflavone의 콩 발아초기 증가 및 aglycone 형태로 전환을 증가(13,14) 등의 성분의 변화가 일어나는 것으로 보고되고 있다. 또한 발아콩은 생리활성과 인지능력에 긍정적인 효

*Corresponding author. E-mail : sryoon@korea.kr
Phone : 82-53-320-0453, Fax : 82-53-320-0295

과가 있는 것으로 보고되고 있다(16).

식물은 비생물학적 스트레스인 염에 노출되게 되면 세포 내 삼투압의 불균형을 가져오며 이에 따른 적응방법으로 외부의 삼투압 변화에 반응하여 compatible solute라고 하는 삼투물질을 세포내 축적한다(17). 이러한 삼투물질로는 자당, 과당과 같은 당류, glycerol, methylated inositol 등과 같은 sugar alcohol류, trehalose, raffinose, fructans 등과 같은 복합당류, 그리고 glycine betaine, dimethyl sulfonium propionate, proline, ectoine 등과 같은 전하 대사산물이 있다(18). 특히 삼투물질인 D-chiro-inositol과 D-chiro-inositol의 methylated form인 D-pinitol은 식물에서 비 생물학적 스트레스에 의해 생성되고 축적되어 식물에서 스트레스에 대한 저항성을 부여하지만 인체에서의 작용은 식물에서와는 다른 기능인 혈당조절에 관여하는 것으로 알려져 있다(19).

검정콩은 수침과 발아과정에서 생리적 활성이 증대되고 성분의 변화가 일어나며, 또한 발아콩 활용 콩우유, 된장 등에서 관능적 특성도 우수한 보고가 있다(20,21). 이에 본 연구에서는 검정콩 발아를 위한 수침조건을 설정하고 발아 시 발아수의 염 농도를 달리하여 그에 따른 발아율, 피니톨 및 기타 품질특성 변화를 살펴보고, 이를 바탕으로 하여 검정콩 발아를 위한 기초자료로 활용하고자 한다.

재료 및 방법

실험재료

본 실험에 사용한 검정콩은 2012년 경북 예천에서 재배된 소립 검정콩을 사용하였다. 수침 및 발아시킨 검정콩은 이화학적 품질분석을 위하여 동결건조한 후 분쇄하여 20 mesh sieve로 체질하였다. 제조된 시료는 -20℃에 보관하면서 실험에 사용하였다.

수분 흡수율, 수침 용액의 pH 및 안토시아닌 용출율

수분 흡수율은 검정콩 5 g에 증류수 50 mL을 넣고 온도(15, 25℃)별로 24시간까지 수침하면서 3시간마다 수침한 검정콩을 꺼내어 여과지(Whatman No.2) 위에 놓고 표면수를 제거한 후에 무게를 측정하였다. 수침 용액의 pH는 수분 흡수율을 측정하고 남은 수침 용액을 pH meter(D-51, Horiba Ltd., Kyoto, Japan)로 측정하였다. 안토시아닌 용출율은 Jung 등(22)의 방법을 변형하여 수침액을 용매(에탄올:증류수:HCl=85:13:2 v/v/v)로 1:15(w/v) 혼합 추출한 후 상온에서 1시간 동안 추출하였다. 추출액을 여과하여 암소에서 1시간동안 방치한 후 535 nm에서 흡광도(Optizen 2120UV, Mecasys Co., Ltd., Daejeon, Korea)를 측정하였다.

발아 및 발아율 조사

발아율은 25℃에서 6시간동안 수침시킨 검정콩을 콩나

물 재배기(SC-9000A, Shinchang INC, Busan, Korea)에서 발아수의 염 농도(NaCl 0, 0.3, 0.5, 0.7, 0.9%)를 달리한 후 25℃로 설정된 배양기(DS-134, Daewon science, Bucheon, Korea)에 넣은 후 2시간 간격으로 5분간 살수하도록 설정하여 24시간 후에 무작위로 100개를 채취하여 뿌리가 1 mm 이상 자란 것을 발아된 것으로 하여 백분율로 발아율을 나타내었다.

피니톨 함량

피니톨 추출은 Kim(23)의 방법을 변형하여 사용하였다. 시료에 대하여 80% 에탄올 10배를 혼합한 뒤 상온에서 4시간 추출한 후 여과하여 50℃에서 농축한 후, 일정량의 용매로 녹여 0.45 µm syringe filter로 여과하여 Table 1의 조건으로 HPLC를 사용하여 분석하였다.

Table 1. Operating conditions of HPLC for the analysis of pinitol in black soybean

Items	Conditions
Instrument	Jasco HPLC system (Tokyo, Japan)
Detector/Temperature	Nano Quantity Analyte Detector (NQAD QT-500, Quant technologies, USA)
Column/Temperature	Rspak DC-613 (6mm×150mm, Shodex™, Japan) / 70℃
Mobile phase	75% Acetonitrile
Flow rate	1.0 mL/min
Injection volumn	10 µL

총 페놀성 화합물 함량

일정량의 시료를 취하여 10배량의 증류수를 가한 후 24 시간동안 진탕추출(SK-71 Shaker, Jeio Tech, Kimpo, Korea)한 다음 여과(Whatman No.2)하여 시료용액으로 사용하였다. 총 페놀성 화합물 함량은 Folin-Ciocalteu phenol 시약을 사용하여 폴리페놀성 화합물에 의해 환원된 결과 몰리브덴 청색으로 발색되는 원리로 분석하였다(24). 각 추출물 1 mL에 2% Na₂CO₃ 용액 1 mL를 가한 후 3분간 방치한 후 다시 50% Folin-Ciocalteu 시약(Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA) 1 mL를 가하고 30분간 반응 후 750 nm에서 흡광도를 측정하였다. 이때 표준물질인 gallic acid (Sigma-Aldrich)를 사용하여 검량선을 작성하였다. 총 페놀성 화합물 함량은 mg gallic acid/g(dry basis)으로 나타내었다.

플라보노이드 함량

플라보노이드 함량은 Dewanto 등(25)의 방법에 따라 추출물 250 µL에 증류수 1 mL와 5% NaNO₂ 75 µL를 가한 다음, 5분 후 10% AlCl₃·6H₂O 150 µL를 가하여 6분 방치하고 1 N NaOH 500 µL를 가하고 10분 후, 반응액의 흡광도 값을 510 nm에서 측정하였다. 표준물질인 (+)-catechin

(Sigma-Aldrich)을 사용하여 검량선을 작성하였으며, 플라보노이드 함량은 mg catechin/g(dry basis)으로 나타내었다.

통계처리

모든 데이터는 3회 반복 측정하였으며 평균치간의 유의성은 통계프로그램(Statistical Analysis System; 9.2, SAS Institute, Cary, NC, USA)을 이용하여 $p < 0.05$ 수준으로 Duncan's multiple range test에 의하여 검정하였다.

결과 및 고찰

수침 조건에 따른 흡습특성

수침 조건에 따른 검정콩의 흡습특성 즉 수분 흡수율 및 수침 용액의 pH는 Fig. 1 및 2와 같다. 수분 흡수율의 변화는 수침 초기 6시간까지 급격하게 일어나며, 수침 시간

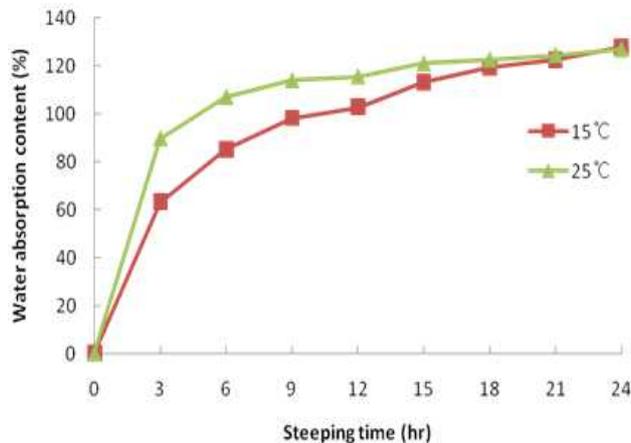


Fig. 1. Water absorption content during black soybean steeped in water at different steeping temperature and time.

Values represent the mean (n=3).

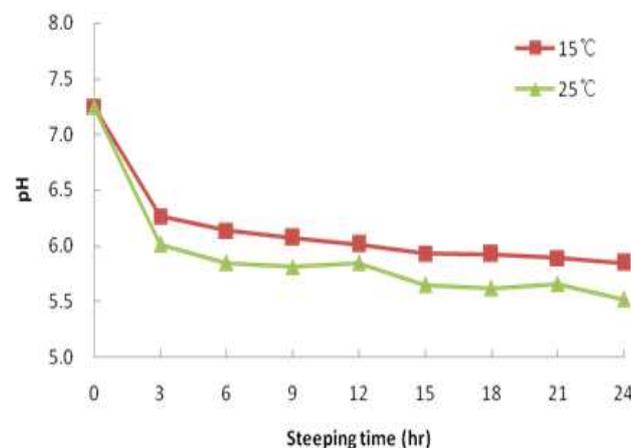


Fig. 2. pH of steeping solution during black soybean steeped in water at different steeping temperature and time.

Values represent the mean (n=3).

이 증가할수록, 수침 온도가 높을수록 수분 흡수율이 증가되었다. 수분 흡수율 100% 도달까지는 15°C에서 12시간, 25°C에서 6시간으로 나타났으며, 최대 수분 흡수율은 127%로 15°C 및 25°C 24시간 수침시 나타났다. 이는 Cha 등(26) 및 Chung 등(27)의 연구에서 수분 흡수율은 시간이 경과할수록 증가하며, 온도가 높을수록 높다고 하여 본 연구결과와 유사하였다. 검정콩 수침 용액의 pH는 15°C에서 24시간 수침시 5.84, 25°C에서 24시간 수침시 5.52로 수침 온도가 높을수록 pH가 낮게 나타났다. 또한 검정콩 수침시 15°C에서 12시간 수침 및 25°C 3시간 수침시 pH가 6.0으로 나타났으며, 수침 시간이 증가할수록 pH가 감소하는 것으로 나타났다. 이는 곡물에 있어서도 수침 온도와 수침 시간이 증가할수록 pH가 감소되었으며, 이와 같은 pH의 감소는 수용성 물질의 용출과 미생물의 생육 때문으로 설명되고 있다(28).

수침 조건에 따른 안토시아닌 용출율

수침 조건에 따른 안토시아닌 용출율은 Fig. 3에 나타내었다. 수침 조건으로 15°C에서 수침 15시간까지는 점차적으로 증가하다가 그 이후로는 큰 변화가 없는 것으로 나타났으며, 25°C에서는 수침 시간이 증가할수록 점차적으로 증가하는 것으로 나타났다. 15°C에서 24시간 수침시 0.27(535 nm 흡광도)로 나타났으며, 25°C 24시간 수침시 0.54(535 nm 흡광도)로 나타나 수침 시간보다는 수침 온도에 영향을 많이 받는 것으로 나타났다. 이는 Chung 등(29)의 연구에서도 안토시아닌 용출에 영향을 주는 인자로서 물의 침지 온도와 시간의 연구에서 온도와 색의 변화와 상관도가 높다고 하여 본 연구와 유사하였다. 따라서 수침 중에 발생하는 미생물의 생육에 의해서 검정콩은 이취가 생성되거나 부패하여 상품성이 떨어질 수 있으므로 이취가 생성되지 않으면서도 안토시아닌 용출율도 감소시키면서 충분한 수분 흡수

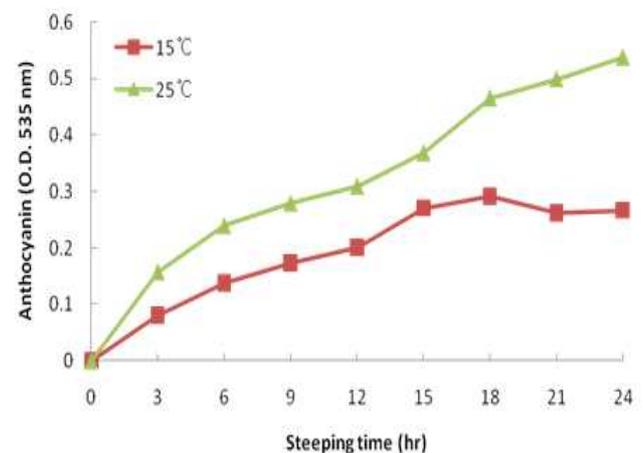


Fig. 3. Anthocyanin of steeping solution during black soybean steeped in water at different steeping temperature and time.

Values represent the mean (n=3).

율을 나타내기 위해서는 15°C에서 12시간 또는 25°C에서 6시간을 수침하는 것이 품질이 우수할 것으로 판단된다. 한편 Kim 등(30)은 발아 현미를 식품소재로 활용하기 위해서는 발아기간을 짧게 하여 이취가 나지 않도록 해야 하며, 발아율을 높이기 위해서는 발아 중에 물을 공급하는 것보다 수침한 후에 발아하는 것이 좋다고 하였다.

염 농도에 따른 발아율

염 농도에 따른 검정콩 발아율의 변화를 분석한 결과 Fig. 4와 같다. 검정콩 수침후 12시간 후의 검정콩 발아율은 염을 처리하지 않았을 때 발아율 79%로 나타났으며, 0.9% NaCl 발아수에서는 54%로 대조구에 비해 32%정도 낮게 나타났다. 즉 염 농도가 증가할수록 발아율은 유의적으로 감소되는 것으로 나타났다. 이는 발아시 염 스트레스에 노출되게 되면서 세포내 삼투압의 불균형과 이온농도의 불균형이 일어남으로 인해 발아율이 감소하는 한다는 보고(31)가 있으며, Lim 등(32)의 메밀순 발아에서는 200 mM NaCl 처리시 대조구에 비해 39% 낮게 나타났으며, 10 mM NaCl 처리시에는 22% 증가하는 것으로 나타났으며, 전체적으로 염 농도가 증가할수록 발아율은 감소하는 것으로 보고하였다.

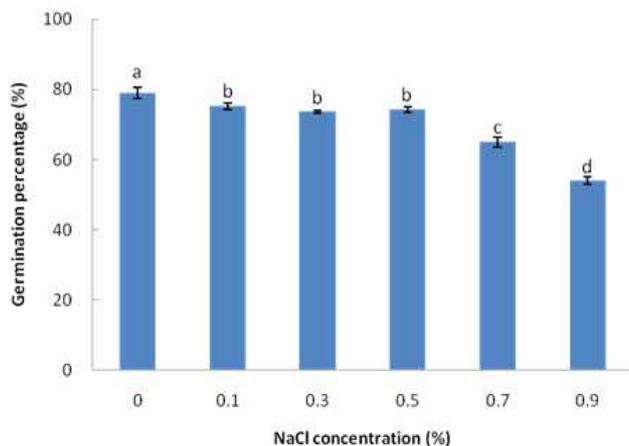


Fig. 4. Effect of various concentrations of NaCl on germination percentage of black soybean.

Values represent the mean±SD (n=3). Means with different letters are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

염 농도에 따른 피니톨 함량

염 스트레스에 반응하는 삼투물질 중의 하나인 피니톨 함량을 분석한 결과 Fig. 5와 같다. 피니톨 함량은 염 농도가 증가할수록 유의적으로 증가하는 것으로 나타났다. 염 농도 0.7%에서 1.76 mg/g의 피니톨 함량으로 대조구에 비해 30% 증가하는 것으로 나타났다. 피니톨은 식물체내에서 삼투보호물질의 기능을 하며 스트레스 상태일 때 생성하고 축적함으로써 환경에 적응하게 되며, 이들은 다량 축적되어도 식물체내에 존재하는 효소의 활성을 저해하지 않으면서 저항성을 증가시키는 유용한 물질들로 알려져 있다

(17,18). 본 연구에서 염 농도가 증가함에 따라 발아율은 감소가 되었으며, 이는 염 스트레스에 의한 삼투보호물질인 피니톨 함량 증가로 나타난 것으로 생각되어 진다. 콩류나 솔잎 등에 포함되어 있는 피니톨은 혈당강하 소재로서 활용이 되어 지고 있으며, 또한 피니톨은 혈당강하 효과뿐만 아니라 지방대사를 정상화 시키고 정상인들의 운동능력 향상, 체내의 항산화 물질을 증가시키는 효과가 있어서 산화적 스트레스에 의한 간장의 손상과 백내장의 발생을 지연시키고 장기를 보호하는 새로운 효과가 발견되어 새로운 건강식품 소재로서의 가능성을 보여주고 있다(33). 따라서 본 연구에서는 염 스트레스 조건의 발아로 피니톨의 증가가 나타났으며, 이는 발아 검정콩의 기능성 소재로서 가치를 높일 수 있을 것으로 보이며 이에 따른 발아 온도 및 발아 기간에 따른 더 구체적인 연구도 필요할 것으로 사료된다.

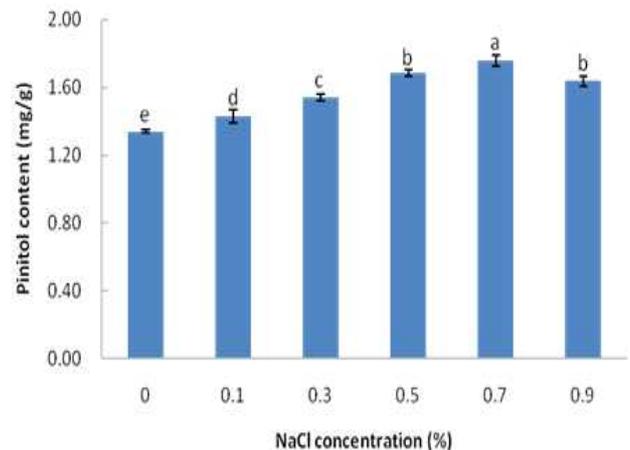


Fig. 5. Effect of various concentrations of NaCl on pinitol content of black soybean.

Values represent the mean±SD (n=3). Means with different letters are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

염 농도에 따른 총 페놀성 화합물 및 플라보노이드 함량

염 농도에 따른 총 페놀성 화합물 및 플라보노이드 함량을 분석한 결과 Fig. 6, 7과 같다. 총 페놀성 화합물 함량은 0.5% NaCl을 처리한 발아 검정콩에서 높게 나타났으나, 0.1~0.5% NaCl 첨가 한 발아 검정콩에서 큰 유의적인 차이는 없는 것으로 나타났다. 플라보노이드 함량은 0.1% NaCl을 처리한 발아 검정콩이 다른 처리구에 비하여 높게 나타났으며, 대조구와 비교하여 뚜렷한 함량변화는 없는 것으로 나타났다. Lim 등(32)의 연구에서도 발아초기에는 200 mM NaCl 처리한 메밀보다는 50 mM NaCl을 처리한 메밀에서 총 페놀성 화합물 함량이 높게 나타났다. 이는 Sa 등(34)의 연구에서 소립검정콩의 종류인 쥐눈이콩의 부위별 이화학적 품질특성을 분석한 결과에서 총 페놀성 화합물 함량은 종피 부분에 다량 함유되어 있는 것으로 나타나 살수에 의한 발아시 종피 부분에서 성분 용출이 있었을

것으로 사료된다.

따라서 이상의 결과를 종합해 볼 때 검정콩 발아를 위해서는 수침시 저온에서 단시간 하는 것이 기능성분의 손실이 적을 것으로 판단되며, 염 스트레스에 의한 발아시 기능성분인 피니톨의 증가를 볼 수 있었다. 이러한 결과를 기초로 하여 발아 검정콩의 활용을 위해서는 발아온도 및 발아기간에 따른 기능성분 뿐만 아니라 생리활성에 관한 구체적인 연구가 더 진행이 되어야 할 것으로 여겨진다. 더 나아가 발아 검정콩 활용한 다양한 가공품개발 뿐만 아니라 소립검정콩을 활용한 기능성 콩나물로서의 연구도 필요할 것으로 사료된다.

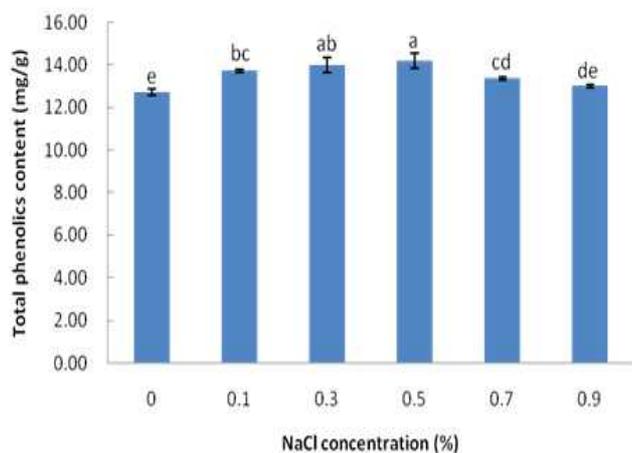


Fig. 6. Effect of various concentrations of NaCl on total phenolics content of black soybean.

Values represent the mean±SD (n=3). Means with different letters are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

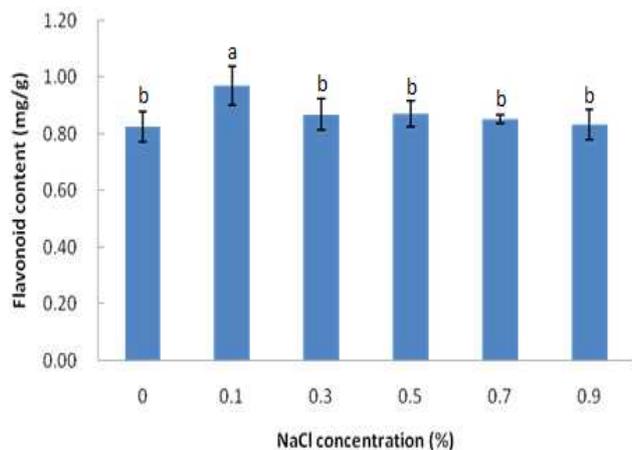


Fig. 7. Effect of various concentrations of NaCl on flavonoid content of black soybean.

Values represent the mean±SD (n=3). Means with different letters are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

요 약

본 연구에서는 검정콩 발아를 위한 수침조건을 설정하고

발아시 발아수의 염 농도를 달리하여 그에 따른 발아율, 피니톨 및 기타 품질특성변화를 살펴보고자 하였다. 그 결과 수분 흡수율의 변화는 수침초기 6시간 까지는 급격한 증가를 보였으며, 수침 시간 및 수침 온도가 증가할수록 수분 흡수율이 증가하는 것으로 나타났다. pH는 수침 온도가 높을수록 낮아지는 것으로 나타났다. 안토시아닌 용출율은 수침 시간이 증가할수록 점차적으로 증가하는 것으로 나타나 수침 시간은 단시간에 필요한 수분 흡수율을 나타내는 25°C, 6시간이 적당한 것으로 나타났다. 발아시 검정콩 발아율은 염 농도가 증가할수록 감소하는 것으로 나타났으며, 피니톨 함량을 분석한 결과 염 농도 0.7%일 때 피니톨 함량이 높게 나타났다. 총 페놀성 화합물 함량은 염 농도 0.3~0.5%에서 높은 것으로 나타났으며, 플라보노이드 함량은 염 농도 0.1%에서 높은 것으로 나타났다. 본 연구를 통하여 검정콩 발아시 염 스트레스 처리는 혈당강하 성분인 피니톨 함량을 증대하여 검정콩의 기능성 식품소재로서의 가치를 높일 수 있을 것으로 사료된다.

References

1. Yi ES, Kim HD, Chae JC, Kim YH (2008) Variation of isoflavone and saponin during maturity in black soybean. *Korean J Crop Sci*, 53, 34-41
2. Kim MJ, Kim KS (2005) Functional and chemical composition of *Hwanggunkong*, *Yakong* and *Huktae*. *Korean J Food Cookery Sci*, 21, 844-850
3. Kwon SH, Ahn IS, Kim SO, Kong CS, Chung HY, Do MS, Park KY (2007) Anti-obesity and hypolipidemic effects of black soybean anthocyanins. *J Med Food*, 10, 552-556
4. Kwon TW (2000) Soybean in the 21st century. *Korea Soybean Digest*, 17, 1-4
5. Kim JH, Lee YT (2007) Quality characteristics and antioxidant activities of soybean curd products containing small black soybean. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 36, 1431-1435
6. Lee SM, Joo N (2008) Optimization of muffin with dried *Rhynchosia Nolubilis* powder using response surface methodology. *Korean J Food Cookery Sci*, 24, 626-635
7. Ko YJ, Joo N (2005) Quality Characteristic and optimization of iced cookie with addition of Jinuni bean (*Rhynchosia Nolubilis*). *Korean J Food Cookery Sci*, 21, 514-527
8. Jeon SH, Lee KA, Byoun KE (2005) Studies on change of isoflavone and nutrients during germination of soybean varieties. *J Korean Living Sci Assoc*, 14, 485-489

9. Kim JS, Kim JG, Kim WJ (2004) Change in isoflavone and oligosaccharides of soybeans during germination. *Korean J Food Sci Technol*, 36, 294-298
10. Lee HY, Kim JS, Kim YS, Kim WJ (2005) Isoflavone and quality improvement of soymilk by using germinated soybean. *Korean J Food Sci Technol*, 37, 443-448
11. Won MH (2005) The physiological function characteristic improvement due to the germination of the soybean and will reach and the product development which it uses. Report of Technology Development Program for Agriculture and Forestry, Ministry of Agriculture and Forestry, Korea, p 149-184
12. Yang CB, Kim ZU (1980) Changes in nitrogen compounds in soybean sprout. *J Korean Agric Chem Soc*, 23, 7-13
13. Kim JS, Kim JG, Kim WJ (2004) Changes in isoflavone and oligosaccharides of soybeans during germination. *Korean J Food Sci Technol*, 36, 294-298
14. Kim WJ, Lee HY, Won MH, Yoo SH (2005) Germination effect of soybean on its contents of isoflavone and oligosaccharides. *Food Sci Biotechnol*, 14, 498-502
15. Kee HS, Eom KY, Choi HS, Kim DH, Yoo SH, Kim WJ (2006) Functional properties of germinated whole soy flour. *Korean J Food Sci Technol*, 38, 483-387
16. Lee YS (2005) Effect of the intake of germinated soybeans on physiological and cognition activities in mice. Ph D thesis, Hallym University, Chuncheon, Korea, p 50-93
17. Louis P, Galinski EA (1997) Characterization of genes for the biosynthesis of the compatible solute ectoine from *Marinococcus halophilus* and osmoregulated expression in *E. coli*. *Microbiol*, 143, 1141-1149
18. Hasegawa PM, Bressan RA, Zhu JK, Bohnert HJ (2000) Plant cellular and molecular responses to high salinity. *Annu Rev Plant Phys*, 51, 463-499
19. Hong Y, Park Y (2005) Effect of chiro-inositol from soybean on reducing hyperglycemia and its role for nutraceutical supplement for insulin resistance. *J Life Sci*, 15, 197-201
20. Bamforth CW, Barclay AHP (1993) Malting technology and the uses of malt. In: *Barley: Chemistry and Technology*. Macgregor AW, Bhatti RS(eds). American Association of Cereal Chemistry. St. Paul, MN, USA, p 297-354
21. Lee YT (2008) Effects of malt modification on β -glucan solubility and beer viscosity. *Korean J Food Sci Technol*, 40, 360-363
22. Jung NJ, Kang YH (2012) Comparison of the physicochemical quality characteristics of strawberry jams by processing methods. *Korean J Food Preserv*, 19, 337-343
23. Kim JJ (2009) Process development for the production of D-pinitol and D-chiro-inositol. Ph D Thesis, Gyeongsang National University, Jinju, Korea, p 14-19
24. Singleton VL, Joseph A, Rossi Jr (1965) Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *Am J Enol Viticult*, 16, 144-158
25. Dewanto V, Xianzhong W, Liu RH (2002) Processed sweet corn has higher antioxidant activity. *J Agr Food Chem*, 50, 4959-4964
26. Cha MN, Jun HI, Song GS, Kim YS (2012) The effects of germination conditions on GABA and the nutritional components of barley. *Korean J Food Sci Technol*, 44, 41-47
27. Chung HJ, Jang SH, Cho HY, Lim ST (2009) Effects of steeping and anaerobic treatment on GABA (γ -aminobutyric acid) content in germinated waxy hull-less barley. *LWT-Food Sci Technol*, 42, 1712-1716
28. Chun HS, Lee MK, Kim HJ, Chang HJ (2004) Microbiological and biochemical characterization of the traditional steeping process of waxy rice for *Yukhwa* (a Korean oil-puffed snack) production. *J Food Sci Nutr*, 9, 113-120
29. Chung KW, Joo YH, Lee DJ (2004) Content and color difference of anthocyanin by different planting dates and growth stages in seed coats of black soybean [*Glycine max*(L.) Merr.]. *Korean J Int Agri*, 16, 200-204
30. Kim SI, Son YK, Son JR, Hur HS (2001) Effect of germination condition and drying methods on physicochemical properties of sprouted brown rice. *Korean J Crop Sci*, 46, 221-228
31. Bohnert HJ, Jensen RG (1996) Strategies for engineering water-stress tolerance in plants. *Trends Biotechnol*, 14, 89-97
32. Lim JH, Park KJ, Kim BK, Jeong JW, Kim HJ (2012) Effect of salinity stress on phenolic compounds and carotenoids in buckwheat (*Fagopyum esculentum* M.) sprout. *Food Chem*, 135, 1065-1070
33. Shin YC, Jeon JY (2004) The physiological activities of pinitol isolated from soybean. *Food Ind Nutr*, 9, 28-35
34. 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 oranges of small black soybean (Yak-Kong) grown in the area of Jungsun. *Korean J Food Sci Technol*, 35, 309-315