

발 간 등 록 번 호

11-1543000-000373-01

동부 자원의 고품질 생산시스템
및 기능성 식품소재 개발

Research and Development for Highly-Qualified
Production System and Functional Foods
with Seeds and Sprouts of Cowpea

(농)동의나라주식회사

농 립 축 산 식 품 부

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

이 보고서를 “동부 자원의 고품질 생산시스템 및 기능성 식품소재 개발”의 보고서로 제출합니다.

2014년 3 월 12 일

주관연구기관명 : (농)동의나라주식회사

주관연구책임자 : 김 영 민

세부연구책임자 : 김 영 민

연 구 원 : 김 현 익, 정 상 훈

연 구 원 : 최 미 승, 박 영 미

연 구 원 : 신 동 아

협동연구기관명 : 전라남도농업기술원

협동연구책임자 : 김 동 관

연 구 원 : 최 진 경, 신 해 룡

연 구 원 : 박 홍 규, 이 동 숙

연 구 원 : 정 옥 례, 박 은 희

연 구 원 : 박 민 영, 임 하 너

연 구 원 : 박 영 순, 정 순 자

협동연구기관명 : (주)이파리넷

협동연구책임자 : 천 상 욱

연 구 원 : 류 재 희, 김 수 관

연 구 원 : 한 성 욱, 윤 승 섭

연 구 원 : 윤 병 관, 박 혜 리

연 구 원 : 송 다 인, 김 지 연

연 구 원 : 김 지 수

요 약 문

I. 제 목

동부 자원의 고품질 생산시스템 및 기능성 식품소재 개발

II. 연구개발의 목적 및 필요성

1. 연구개발의 목적

우수한 전분과 다양한 기능성을 갖는 것으로 알려진 동부 자원은 지금까지는 국내에서 냉쿨성(무한화서)으로 상업적 재배가 불가능하여 일부에서 간식용으로만 재배되고 있는 실정이었으나 최근 기계수확이 가능한 단간중(유한화서)이 육성되면서 영농현장에서 상업적 대량생산 재배가 가능하게 되고 동부 자원을 새싹채소(나물용), 기능성 동부죽 및 소프트 음료로의 개발 가치가 높아 농가의 신소득원 창출에 기여할 것으로 기대된다.

따라서 동부의 고소득 대체작물로의 전환을 위해, 동부나물의 생산을 위한 종자의 처리기술 및 온도, 관수 및 광조건 등의 최적 환경조건을 구명하고, 기능성 강화 재배법, 그리고 대중화를 위한 동부나물 재배에 적합한 유전자원 선발 등의 표준 매뉴얼을 개발한다. 기능성 연구에서는 동부나물의 발아와 생장과정에서의 유효성분과 생리활성을 검정하고, 영양생장기 동부의 부위별, 그리고 생육시기별 성분과 생리활성을 검정하여 기준을 마련한다. 가공 및 제품화단계는 동부나물의 재배입지에 따른 품질과 성분변화 조사를 통해 규격화된 나물을 생산하고, 영양생장기의 부위별로 가공하여 샐러드 등 동부의 이용도를 높이고, 종실과 가공된 원료를 이용해 건강 음료를 개발하여 상품화한 것을 본 연구과제의 목표로 한다.

2. 연구개발의 필요성

가. 농업환경 변화와 기후 변화에 따른 새로운 소득 작물에 대한 연구 필요

- 오늘날 UR협상과 FTA협상 등에 따른 농산물의 수입개방 및 물질 특허 제도가 국가간 마찰의 쟁점으로 부각됨에 따라 한국산 생물종의 보존과 개발, 응용 등의 문제가 크게 대두되고 있다. 이에 대한 대응방안으로 새로운 물질의 탐색과 이용에 이리한 유용식물자원 등으로부터 새로운 기능을 가진 천연물질과 응용 제품의 개발에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.
- 기후변화의 영향으로 한반도에서 재배하는 농작물의 종류가 바뀌고 있다. 기상청에 따르면 우리나라의 연평균 기온은 1973~1980년 12.2도였으나 2001~2007년 12.9도로 0.7도 올랐다. 강수량은 1255.0mm에서 1469.3mm로 214.3mm 증가했다. 우리나라의 기온이 오르고 강수량이 많아지는 것은 아열대기후로 바뀌고 있다는 증거다. 쌀보리, 사과, 복숭아, 한라봉의 재배한계선이 북상 중에 있음을 기상청은 밝혔다. <동아일보 2009.01.28>
- 동부(*Vigna unguiculata* L. Walp)는 콩과식물에 속하며 영명은 cowpea라 하고 한자로는

강두라 한다. 우리나라에는 13 ~ 14 세기경의 농서에 처음으로 기재되었으며 종실을 이용하는 보통 동부가 전국적으로 비교적 고루 재배되고 있으나 경기, 전남 경북지역에서 다소 많이 재배된다.

- 동부는 더위에 잘 적응한 콩과식물로 음지에서도 잘 자라고 건조에도 강한 편이며 불량한 토양에서도 잘 자라는 특성이 있어 기후 변화 대응에 있어서도 우리나라에 적합한 식품 소재 및 녹비작물로의 육성이 가능하다.

나. 동부의 건강지향 식품개발 가능성이 높음

- 동부의 주요성분은 단백질 23.9%, 탄수화물 55%, 지질 2%이며, 100g 속에는 칼슘 75mg, 인 400mg, 철 5.6mg, 칼륨 1400mg, 비타민 B1 0.5mg, 비타민 B2 0.1mg, 니코틴산 2.5mg이 함유되어 있다. 이와 같이 단백질 함량도 많은 편이며 비타민 B도 풍부하여 완숙한 종실은 혼반용 이외에 고물, 조미료의 원료, 죽, 커피대용 원료 등으로 이용이 가능하고 녹협은 채소로도 이용되고 있다.
- 우수한 전분과 다양한 기능성을 갖는 것으로 알려진 동부 자원은 지금까지는 국내에서 냉쿨성(무한화서)으로 상업적 재배가 불가능하여 일부에서 간식용으로만 재배되고 있는 실정이었으나 최근 기계수확이 가능한 단간중(유한화서)이 육성되면서 영농현장에서 상업적 대량생산 재배가 가능하게 되고 동부 자원을 새싹채소(나물용), 기능성 동부죽 및 소프트 음료로의 개발 가치가 높아 농가의 신소득원 창출에 기여할 것으로 기대된다.

다. 동부나물의 고품질 생산체계 확립을 통한 소득 작물화로 농가 소득 증대에 기여

- 동부의 소득 작물화를 위한 나물의 고품질 생산 체계를 확립함으로써 동부를 나물에서부터 채소, 종실, 가공식품에 이르기까지 소득을 창출할 수 있는 체계를 확립하여 농가에 보급함으로써 생산성 및 소득 증대에 기여할 수 있다.
- 동부나물의 생산체계를 확립하여 사계절 전천후 식물 공장형 대량생산 기술의 개발이 가능하다.
- 동부의 부위별로 가공 및 셀러드용 제품으로 개발하여 작물 재배의 부가가치를 높일 수 있다.
- 종실을 이용한 죽, 음료(두유) 등을 개발하여 대중화함으로써 대량소비를 유도하여 농가의 고소득 대체 작물로 전환할 수 있다.

Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

1. 연구개발의 내용

가. 고품질 동부나물 생산체계 확립

본 과제는 고품질 동부나물의 생산을 위해 종자의 처리기술 및 온도과 관수조건 및 광조건

등의 최적 환경조건을 구명하고 동부나물의 경쟁력 향상을 위한 기능성 강화 재배기술을 개발하여 표준 매뉴얼을 제작한다. 또한 동부나물의 대중화를 위해 대면적 생력재배가 가능한 유전자원을 선발한다.

나. 동부 유전자원의 기능성 변이 연구

본 과제는 재배된 동부나물의 발아과정 중 유효성분의 변화 및 생리활성을 검토하고 동부나물의 유효성분과 생리활성을 일반적으로 많이 이용되는 콩나물이나 녹두나물과 비교하는 동부나물의 생리활성을 검정한다. 또한 동부의 고소득 작물화를 위해 동부 식물체의 전부위별로 유효성분 및 생리활성을 검정하고 생육시기별로 유효성분과 생리활성을 비교 분석하여 이용가능 부위와 시기를 구명한다. 그리고 수확된 종실의 품종별 유효성분의 함량과 생리활성의 차이를 분석하여 최적의 품종을 규명하여 원료 표준화의 자료를 확보한다.

다. 동부 가공기술 및 제품화 기술 개발

본 세부과제는 동부나물의 제품화를 위해 대량 생산을 위한 재배 입지의 변화에 따른 품질 및 유효성분의 변화를 평가하여 최적의 조건을 규명하고, 기능성 강화를 위한 유효성분과 생리활성의 강화재배법의 가능성을 모색한다. 그리고 생산된 동부나물의 상품성 향상을 위한 저장조건 및 포장 방법의 변화에 따른 유효성분의 함량과 생리활성의 변화를 평가하여 규격화된 동부나물을 개발한다. 또한 영양생장기의 동부 식물체의 각 부위별로 가공 처리하여 식품 소재로 개발하고 샐러드 및 각종 식품의 첨가물로 이용할 수 있는 다양한 가공기술을 개발하고 종실과 부산물을 가공하여 소비자가 쉽게 이용할 수 있는 즉석죽과 건강 음료 제품을 개발한다.

2. 연구개발 범위

가. 고품질 동부나물 생산체계 확립

(1) 고품질 동부나물 생산을 위한 재배조건 구명

- (가) 종자 전처리 기술개발
- (나) 온도 및 관수조건 확립
- (다) 광조건 확립

(2) 기능성 강화 동부나물 재배기술 개발

- (가) 재배수의 최적 영양조건 구명
- (나) 기능성 강화기술 개발
- (다) 동부나물 재배기술 표준 매뉴얼 제작
- (라) 고품질 동부나물 생산에 적합한 유전자원 선발

나. 동부 유전자원의 기능성 변이 연구

- (1) 발아 과정 중 성분 및 생리활성 변이 연구
 - (가) 주요 두과작물의 발아기간 중 생육특성, 성분 및 생리활성 변이 연구
 - (나) 발아기간별 동부의 성분 및 생리활성 변이 연구
- (2) 동부나물의 성분 및 생리활성 변이 연구
 - (가) 발아기간 동부의 부위별 성분 및 생리활성 변이 연구
 - (나) 동부나물의 성분 및 생리활성 변이 연구
 - (다) LED 처리에 따른 동부의 성분 및 생리활성 변이 연구
- (3) 재배수 조건에 따른 동부의 성분 및 생리활성 차이
 - (가) 침종시간에 따른 처리별 기능성 성분 및 생리활성 차이
 - (나) 재배수 농도에 따른 처리별 기능성 성분 및 생리활성 차이
 - (다) 양액처리 농도에 따른 동부의 기능성 성분 및 생리활성 차이
- (4) 동부 생육기에 따른 식물체 부위별 성분 및 생리활성 차이
 - (가) 영양생장기 동부 부위별 기능성 성분 및 생리활성 차이
 - (나) 생식생장기 동부 부위별 기능성 성분 및 생리활성 차이
- (5) 주요 동부 계통별 종실 및 나물의 성분 및 생리활성 차이
 - (가) 동부 12 계통의 종실 및 나물의 성분 차이
 - (나) 동부 12 계통의 종실 및 나물의 생리활성

다. 동부 가공기술 및 제품화 기술개발

- (1) 동부나물(새싹채소)의 제품화 기술개발
 - (가) 입지별 품질 및 성분 변화
 - (나) 동부나물의 규격화 기술개발(나물채소)
- (2) 동부 영양생장기 부위별의 가공 제품개발
 - (가) 식물체 부위별 가공기술
 - (나) 샐러드 및 가공제품 개발
 - (다) 전분이용 기능성 죽 제품개발
 - (라) 동부를 이용한 건강음료 제품의 개발

IV. 연구개발결과

1. 고품질 동부나물 생산체계 확립

가. 원료곡 처리조건에 따른 동부나물 성장량과 성장반응 구명

원료곡인 동부의 침종, 포화, 노화 조건이 동부나물 생산량과 성장반응에 미치는 영향을 검토한 결과, 흡수량은 침종 초기 2시간까지는 급속히 증가하다 이후에는 완만히 증가하였으나, 발아력과 나물 생산수율 및 잔뿌리 발생량은 침종기간(1~6시간)이 길어질수록 낮았다. 5일간 포화(수분 96±1%, 20℃)처리가 무처리나 1, 3일간 포화처리에 비해 발아력과 나물 생산수율 및 잔뿌리 발생량이 높았다. 고온 노화처리에 따른 발아력과 나물 생산수율은 무처리에 비해 낮았는데, 이상의 결과로 동부나물 재배를 위한 원료곡 전처리 방법은 5일간 포화(수분 96±1%, 20℃)처리하고 세척하여 재배하는 것이 좋은 것으로 판단된다.

나. 동부나물 재배 최적 온도 구명

재배온도에 따른 동부나물의 생산량과 품질에 미치는 영향을 검토하였다. 27℃와 30℃에서 동부나물 생산수율은 각각 657, 635%로 높았고, 재배기간은 96시간으로 짧았다. 반면에 21℃와 24℃에서 재배기간은 120시간, 15℃와 18℃에서 재배기간은 240시간 소요되었고, 이들 재배온도에서는 동부나물 생산수율도 낮았다. 경실비율은 30℃와 27℃에서 각각 4.7, 6.5%로 낮았고, 21℃, 24℃, 18℃ 및 15℃에서는 각각 14.4, 16.6, 25.2, 24.0%로 재배온도가 낮아질수록 높았다. 재배온도 27℃와 30℃에서는 동부나물의 전장이 길고, 상배축장/전장 비율이 낮고, 하배축장/전장 비율이 높아 품위가 우수하였다. 따라서 동부나물 재배 최적 온도는 생산수율이 높고, 경실 비율이 낮으며, 재배기간이 짧을 뿐만 아니라 품위가 우수한 27℃ 내·외로 판단된다.

다. 동부나물 재배 최적 광조건 구명

동부나물을 재배할 때 광질에 따른 생산수율과 품질 등에 미치는 영향을 검토하였다. 모든 광질처리가 무처리(암)에 비해 동부나물 생산수율이 낮으나, 경실 비율은 비슷하여 재배기간을 늘리면 생산수율은 비슷하였다. 모든 광질 처리가 무처리에 비해 상배축과 뿌리 성장을 상대적으로 촉진하였다. 반면에 하배축 성장을 상대적으로 억제하는 경향이였다. 백색광(458nm) 처리가 자엽과 하배축의 명도 및 하배축의 황색도를 증가시켜 품위 향상에 좋았다. 동부나물의 Fe 함량은 적색광(632nm)에서 많았고, 총아미노산 함량은 백색광, 청색광(460nm) 및 황색광(560nm) 처리가 무처리(암조건)보다 많은 경향이였다.

동부나물을 재배할 때 광질별 광량에 따른 생산수율과 품질에 미치는 영향을 검토하였다. 동부나물 생산수율은 광량이 낮은 황색광 처리에서 떨어졌고, 기타 광질은 광량에 따른 차이가 없었다. 일반성분과 무기성분 함량은 처리간 큰 차이가 없으나, 적색광에서는 광량이 높을수록 Fe가 많았다. 총아미노산은 백색광과 청색광에서 광량이 높을 때 미미하게 많았다.

라. 기능성 동부나물 재배기술 개발

동부나물에 생산에 적합한 품종을 검토한 결과, 서원동부가 나물 수량이 많고 항산화활성이 우수하다. 게르마늄 함유 동부나물 재배기술을 검토한 결과, 게르마늄 용액(1,000ppm)에 2시간 침종(soaking)한 후 재배하면 나물 생산수율에는 차이가 없으면서 게르마늄 함량은 증가하였다. 또는 게르마늄 함량이 1ppm인 용액으로 재배하면 나물 생산수율에 차이가 없으면서 게르

마늄 함량은 증가하였다. 반면에 셀레늄은 동부에 다량 함유되어 별도의 처리 없이도 셀레늄 함유 동부나물 생산이 가능하였다.

2. 동부 유전자원의 재배환경에 따른 기능성 변이 연구

가. 발아 과정 중 성분 및 생리활성 변이 연구

주요 두과작물의 발아기간 중 생육특성, 성분 및 생리활성 변이 연구에서 대두, 녹두, 및 동부 종자로 7일간 재배된 새싹나물의 생육, 폴리페놀 함량, 플라보노이드 함량, 항산화성 및 항산화효소 활성 차이를 검토한 결과, 작물별 새싹나물의 총 신장은 녹두와 콩이 동부보다 유의적으로 컸으며 생체중은 오히려 콩과 동부가 녹두보다 유의적으로 높게 나타났다. Folin-Denis 방법에 따른 총 페놀 함량은 콩나물의 메탄올 추출물이 가장 높았으며, 그 다음이 동부나물, 녹두나물 순으로 나타났다($p < 0.05$). 한편, 총 플라보노이드 함량은 총 페놀 함량과 같은 경향을 보였으나 더 낮은 함량이 검출되었다. DPPH 라디칼 소거능은 추출물 농도가 증가할수록 높은 활성을 보였으며 특히 동부와 녹두추출물이 콩나물보다 비교적 높은 활성을 보였다. 항산화효소 활성은 APX와 POX 활성은 동부가 가장 높았고 그 다음이 녹두, 콩 순으로 나타났고, CAT와 SOD 활성은 콩나물이 동부와 녹두나물보다 높게 나타났다.

발아기간별 동부의 성분 및 생리활성 변이는 동부 종자를 7일 동안 재배하여 각 발아일수별 새싹나물의 생육, 폴리페놀 함량, 플라보노이드 함량, 항산화성 및 항산화효소 활성 차이를 검토한 결과, 발아일수별 동부의 신장과 생체중은 유의적으로 증가하는 것으로 나타났다. 총 페놀 함량은 건종자(DS), 침종종자(IS), 발아 후 1일묘(1DOS), 3일묘(3DOS), 5일묘(5DOS), 7일묘(7DOS) 순으로 높게 나타나 건종자에서 가장 높았고, 발아일수가 길수록 낮아지는 경향이 뚜렷하였다($p < 0.05$). DPPH 라디칼 소거능은 추출물 농도가 증가할수록 높은 활성을 보였으며 건종자, 침종종자, 발아 후 1일묘, 3일묘, 5일묘, 7일묘 순으로 높게 나타났고, 발아일수가 길수록 낮아지는 경향이 뚜렷하였으며 발아 후 7일묘에서 가장 낮은 활성을 보였다. 항산화효소 활성은 APX와 CAT 활성은 건종자, 침종종자, 발아 후 1일묘, 3일묘, 5일묘, 7일묘 순으로 유의적으로 높게 나타났고 POX 활성은 발아 후 3일묘부터 급격히 증가하다 7일묘에서 가장 높은 활성을 보였다. SOD 활성은 건종자에서 가장 낮게 나타났고, 발아 후 1일묘에서 가장 높았으나 유의적인 차이는 없는 것으로 나타났다.

나. 동부나물의 성분 및 생리활성 변이 연구

발아기간 동부의 부위별 성분 및 생리활성 변이 연구에서 5일간 재배된 동부 새싹나물의 부위별 폴리페놀 함량, 플라보노이드 함량, 항산화성 및 항산화효소 활성 차이를 검토한 결과, Folin-Denis 방법에 따른 총 페놀 함량은 재배 후 5일째 동부나물 자엽의 메탄올 추출물이 가장 높았으며, 그 다음이 뿌리, 하배축 순으로 높게 나타났다($p < 0.05$). 한편, 총 플라보노이드 함량은 총 페놀 함량과 같은 경향을 보였으나 더 낮은 함량이 검출되었다. DPPH 라디칼 소거능은 추출물 농도가 증가할수록 높은 활성을 보였으며 재배 후 5일째 동부나물 자엽의 추출물에서 가장 높았으며, 그 다음이 뿌리, 하배축 순으로 나타났다($p < 0.05$). 항산화효소 활성은 APX와 CAT 활성은 하배축에서 가장 높았고 POX와 SOD 활성은 뿌리가 가장 높은 활성을 보

였다. 이런 경향은 재배 후 5일과 7일째 동부나물에서 같게 나타났다.

두과작물의 종류별 총질소, 인산, 칼륨, 칼슘, 마그네슘 함량은 콩이 가장 높게 나타났다. 한편, 인산과 마그네슘 함량은 동부가 가장 낮게 나타났으며, 총 질소, 칼륨 그리고 칼슘 함량은 녹두가 가장 낮게 나타났다. 동부의 발아일수별 총 질소, 인산, 칼륨, 칼슘, 마그네슘 함량은 건 종자(DS)가 가장 높았고, 발아일수가 길수록 낮게 나타났다. ADH 활성은 추출물 농도에 비례하여 유의적인 차이를 보였고, 특히 동부의 ADH 활성은 나물 추출물보다는 종자에서 높게 나타났으나 대조구인 콩나물과 지구자 추출물에 비해 매우 낮은 활성을 보였다. ALDH 활성 역시 추출물 농도에 비례하여 유의적인 차이를 보였고, 특히 동부의 ALDH 활성은 반대로 종자 추출물보다는 나물에서 높게 나타났으나 대조구인 콩나물과 지구자 추출물에 비해 매우 낮은 활성을 보였다. 동부나물의 항당뇨 활성은 종자 및 나물 추출물에서 대조구 acarbose에 비해 매우 낮은 활성을 보였다

Folin-Denis방법에 따라 catechin을 표준물질로 하여 분석한 LED 처리에 따른 동부의 총 페놀 함량을 정량한 결과, 전체적으로 무차광이 차광에 비해 높은 총 페놀 함량을 보였고 LED 중에서도 청색, 적색, 황색, 백색 순으로 유의적인 높은 함량을 보였다. 하지만 LED 처리에 따른 동부의 총 플라보노이드 함량은 LED 색과 차광정도별 유의적인 차이를 보이지 않았다. LED 처리에 따른 DPPH 라디칼 소거능을 HPLC로 분석한 결과, 메탄올 추출물 2,000 mg kg⁻¹ 농도에서 무차광 상태의 황색, 적색, 백색, 청색 LED가 각각 60.8, 57.0, 53.2, 50.2% 순으로 높게 나타났으나, LED 색상별 유의적인 차이는 없었고, 차광 정도별로도 유의적인 차이를 보이지 않았다. 아질산염 소거능은 적색, 황색, 청색, 백색 순으로 높게 나타났으나, LED 색상별 유의적인 차이는 없었다.

다. 재배수 조건에 따른 동부의 성분 및 생리활성 차이

침종시간에 따른 처리별 동부의 총 페놀 함량은 Ge처리가 Ca 또는 Se 처리보다 비교적 높은 함량을 보였으나, 각 처리의 재배수 농도간 함량에 있어서 유의성을 보이지 않은 경향이였다. 총 플라보노이드 함량(표준물질: naringin) 또한 Ge, Se, Ca 처리 간에 그리고 각 처리의 재배수 농도간 함량에 있어서 유의성을 보이지 않은 경향이였다. 침종시간에 따른 처리별 동부의 DPPH 라디칼 소거능을 분석한 결과, Ge처리가 Ca 또는 Se 처리보다 비교적 높은 활성을 보였으나, Ca 또는 Se 처리는 침종시간이 길수록 높은 활성을 보였다.

재배수 농도에 따른 처리별 동부의 총 페놀 함량은 Ge, Se, Ca 처리간, 재배수 농도간 함량에 있어서 유의적인 차이를 보이지 않은 경향이였다. 한편, 총 플라보노이드 함량(표준물질: naringin)을 분석한 결과, Ca처리가 Ge 또는 Se 처리보다 높은 함량을 보였으나, 재배수 농도간 함량에 있어서 유의성을 보이지 않은 경향이였다. 재배수 농도에 따른 처리별 동부의 DPPH 라디칼 소거능을 분석한 결과, Ca처리가 Ge과 Se 처리보다 높은 활성을 보였으나, 재배수 농도간 유의성은 보이지 않았다.

양액 처리농도에 따른 동부의 총 페놀 함량과 총 플라보노이드 함량은 무처리가 오히려 약간 높았으나 양액 농도별 유의성은 보이지 않았다. 양액 처리 동부의 농도에 따른 DPPH 라디칼 소거능과 아질산염 소거능 모두 무처리가 양액처리보다 높은 활성을 보였으나 양액 농도별 유의성은 보이지 않았다.

라. 동부 생육기에 따른 식물체 부위별 성분 및 생리활성 차이

영양생장기의 동부 부위별 총 페놀 함량과 총 플라보노이드 함량은 "전남" 품종보다는 "서원" 품종이 더 높은 함량을 보였으나 "전남"은 엽수가 증가함에 따라 감소한 반면 "서원"은 엽수가 증가함에 따라 증가하는 경향이 뚜렷하였다. 부위별로는 모든 생육기 모두에서 잎, 뿌리, 가지 순으로 높게 나타났다. 영양생장기의 동부 부위별 DPPH 라디칼 소거능은 잎에서만 "전남" 품종보다는 "서원" 품종이 더 높은 활성을 보였으나 나머지 부위는 "전남"이 더 높았고 "전남"과 "서원" 모두 엽수가 증가함에 따라 감소하는 경향이 뚜렷하였다. 부위별로는 모든 생육단계에서 잎, 뿌리, 가지 순으로 높은 활성을 보였다.

생식생장기의 동부 부위별 총 페놀 함량(표준물질: catechin, chlorogenic acid, tannic acid)과 총 플라보노이드 함량(표준물질: naringin)을 분석한 결과, "전남" 품종보다는 "서원" 품종이 더 높은 함량을 보였고, 부위별로는 개화기와 성숙기 모두 잎이 가장 높았고, 가지가 가장 낮은 함량을 보였다. 생식생장기의 동부 부위별 DPPH 라디칼 소거능을 분석한 결과, "전남"과 "서원" 동부 모두 개화기는 잎이 가장 높았고, 그 다음으로 뿌리와 꽃이었고, 가지가 가장 낮은 활성을 보였다. 수확기 역시 "전남"과 "서원" 동부 모두 잎, 뿌리, 종실, 가지 순으로 높게 나타났다.

마. 주요 동부 계통별 종실 및 나물의 성분 및 생리활성 차이

계통별 동부의 총 페놀 함량을 catechin, chlorogenic acid, tannic acid를 표준물질로 분석한 결과 종실은 IT154153이 84.0 mg kg⁻¹로 가장 높게 나타났고, 나물의 경우 IT154153과 Tvu1042-3이 각각 43.9와 43.4 mg kg⁻¹로 가장 높게 나타났다. "서원" 품종과 관련된 계통별 동부의 DPPH 라디칼 소거능을 분석한 결과, 종실이 나물보다 높은 활성을 보였다. 종실은 IT104373(83.1%)과 품종 "서원"이 가장 높았고, 나물은 Tvu1042-3 계통이 55.4%로 가장 높게 나타났다.

3. 동부 가공기술 및 제품화 기술개발

가. 동부 나물 재배조건별 품질 및 성분 변화

동부의 종실에서 발아하여 나물의 생육 기간에 따른 총페놀화합물의 함량 변화를 평가하였다. 동부나물의 총페놀화합물 함량은 시중에서 이용되는 대표적인 나물자원인 콩나물에 비해 절반 이하의 낮은 함량을 보였다. 생육 기간의 변화에 따른 함량변화는 대체로 생육초기의 함량이 높았으나 동부의 종류에 따라 차이를 보였다. 플라보노이드 함량은 일반적으로 생육기간이 증가함에 따라 함량이 다소 증가하였다. 반면 콩나물의 경우는 반대로 생육기간이 증가함에 따라 함량이 감소하는 것으로 나타났다.

동부나물의 생육기간에 따른 DPPH radical 소거 활성은 동부의 종류에 따라 다소 차이를 보였으나 1일차의 활성이 가장 높았고 생육기간이 증가함에 따라 활성이 감소되었다. 아질산염소거능은 동부나물이 콩나물에 비해 약 20% 정도 높게 나타났다.

동부나물의 성장 중 vitamin C 함량은 발아후 1일차가 가장 높게 나타났고 생육기간이 길수

록 함량이 감소하는 것으로 나타났다.

동부나물과 콩나물의 생장 중 생육기간에 따른 나물의 절단 강도는 동부나물은 3일과 5일의 강도가 가장 높았고 콩나물은 1일 재배한 것의 강도가 높게 나타났다.

나. 동부나물의 규격화 기술개발

저장 조건에 따른 동부나물의 총페놀화합물 함량은 저온조건에서 저장한 동부는 저장 기간이 증가할수록 총페놀화합물 함량이 감소한 것으로 나타났으나 차이는 크지 않았다. 기간에 따른 유의적인 차이는 없었다. 통기상태로 저온에서 보관한 나물의 경우는 동부와 콩나물 모두에서 0일차에 비해 저장한 나물의 총페놀화합물 함량이 낮게 나타났다. 실온에서 밀봉보관한 나물의 총페놀화합물 함량 변화는 0일차에 비해 저장 기간이 증가함에 따라 총페놀화합물의 함량도 유의적으로 증가하는 것으로 나타났다. 플라보노이드 함량은 저온에서 보관할 경우 동부의 경우 저장기간이 증가할수록 유의적으로 감소하였다. 그러나 콩나물은 무처리(0일차)와 차이가 없었다.

DPPH radical 소거능은 저온에서 밀봉 보관한 동부나물은 무처리(0일차)에 비해 저장기간이 증가할수록 유의적으로 활성이 감소하였다. 그러나 콩나물의 경우는 저장기간이 증가할수록 활성도 증가하였다. 통기상태로 저온에서 보관한 나물의 경우도 동부나물은 무처리에 비해 유의적으로 활성이 감소하였고 콩나물은 활성이 증가하였다.

Vitamin C 함량은 저온조건에서 밀봉 보관한 동부나물은 저장기간이 증가할수록 함량이 감소하는 것으로 나타났다. 통기상태로 저온에서 보관한 경우도 무처리에 비해 함량이 크게 감소하였다. 저온 조건에서 보관한 동부나물과 콩나물은 밀봉포장에서 3일 보관까지는 비슷한 강도를 보였고 이후 일수가 증가할수록 강도가 급격하게 약해지는 것으로 나타났다.

다. 동부 종실을 이용한 제품 개발

동부 종실의 가공 조건 규명을 위해 동부 종자의 종류별로 다양한 조건으로 가공하여 유효 성분 및 기능성의 변화를 평가하였다. Roasting 처리한 동부에서 roasting 시간이 증가함에 따라 총페놀화합물의 함량도 증가하는 경향을 보였다. Boiling 처리한 동부에서 5분간 boiling한 시료에서 무처리에 비해 크게 증가하였으나 10분 이상 boiling한 경우에는 오히려 함량이 감소되는 경향을 보였다. 동부 종실을 먼저 발효 처리한 후 boiling한 경우에는 시간의 증가에 따라 일정한 경향을 보이지는 않았으나 25분간 boiling한 시료에서 가장 높은 함량을 보였다. 플라보노이드 함량도 roasting 시간에 비례적으로 증가하는 경향을 보였다. Roasting 처리한 동부의 dpph radical 소거활성은 roasting 하지 않은 동부에 비해 roasting 한 동부의 활성이 높았고 15분 동안 roasting한 경우가 가장 높은 활성을 보였다. 아질산염 소거활성은 roasting 하지 않은 동부가 거의 활성을 보이지 않은데 비해 15분간 roasting 경우는 동일 농도에서 83.3%로 높은 활성을 보였다. 가공한 동부종실의 추출 온도와 시간 조건에 따른 유효 성분 및 항산화활성은 추출 시간보다는 추출온도에 의해 영향을 받았고 추출 온도가 높아질수록 총페놀화합물 함량과 유리산소 소거능이 높아지는 것으로 확인되었다.

동부 종실의 커피 대용 가능성을 확인하기 위해 기존 커피와 비교하여 향기성분을 분석한 결과(table 3-38) 동부 종실에서는 약 25종이 커피에서는 약 33종의 성분이 확인되었다. 검출된

성분 중에서는 1-Dodecanol과 Propanoic acid가 가장 많았고 9,12-Octadecadienoic acid, Benzene 등은 소량 함유되어 있는 것으로 확인되었다. 1-Dodecanol과 Propanoic acid은 roasting 하지 않은 종실에서는 많은 양이 검출되었으나 roasting 후 함량이 크게 감소되는 것으로 나타났다. 반면 Dodecyl acrylate와 9,12,15-Octadecatrienoic acid는 roasting 하지 않은 종실에서는 검출되지 않았으나 roasting 한 후의 종실에서는 많은 양이 검출되었다. Benzene, Benzaldehyde, Dodecyl acrylate, Cyclododecyne, 2,2-dimethylcholest-4-en-3-one, γ -Sitosterol, Propanoic acid, 3,3'-thiobis 등은 동부와 커피 모두에 함유되어 있는 것으로 조사되었고, Cycloheptasiloxane, Propanoic acid(3-mercapto-), γ -Tocopherol, Stigmasta- 5,24(28)-dien-3-ol 등은 동부에만 함유되어 있는 것으로 확인되었다. 그러나 커피에 다량 함유되어 있는 caffeine, n-Hexadecanoic acid 등은 동부에 함유되어 있지 않았다. 분석된 향기성분의 양을 피크 면적으로 비교하면 동부는 커피의 약 1/10의 양을 보였다. 가공 처리한 동부로 제조한 두유의 총페놀화합물 함량은 5분 roasting 한 동부로 제조한 두유가 roasting 하지 않은 동부로 제조한 두유에 비해 3배 이상의 높은 페놀화합물 함량을 보였고 콩으로 제조한 두유보다도 약간 높은 것으로 나타났다. 플라보노이드 함량도 5분 roasting한 동부로 제조한 두유가 가장 높게 나타났다. 유리산소 소거 활성은 5분 roasting 한 동부로 제조한 두유가 가장 높은 활성을 보였고 10분 이상 roasting 한 동부로 제조한 두유에서는 다소 낮아지는 것으로 나타났다. 콩으로 제조한 두유는 동일 농도에서 동부 두유에 비해 1/4 정도의 낮은 활성을 보였다. 아질산염 소거 활성은 roasting 하지 않은 동부로 제조한 두유에 비해 roasting 시간이 길수록 활성이 높게 나타났다.

동부의 종류와 콩으로 만든 두유의 일반성분 함량은 다소 차이를 보였는데 동부 두유는 조섬유소 함량이 높았고 콩으로 만든 두유는 조지방 함량과 조단백질 함량이 높았다. 아미노산 함량은 roasting하지 않은 동부로 제조한 두유에 비해 5분에서 20분까지 크게 증가하는 것으로 나타났고 25분 이상 roasting 한 경우 오히려 함량이 감소하였다. 동부의 종류에 따른 아미노산함량은 얼룩동부로 만든 두유가 가장 함량이 높았고, 검은동부와 흰동부로 만든 두유는 비슷한 함량을 보였으나 roasting 한 검은 동부로 만든 두유는 크게 증가되는 것으로 나타났다. 콩으로 만든 두유는 동부로 만든 두유에 비해 아미노산 함량이 상대적으로 낮은 것으로 나타났는데 glutamic acid 함량은 roasting 검은 동부로 만든 두유가 124.67mg/kg인데 비해 콩으로 만든 두유는 37.69mg/kg으로 낮은 함량을 보였다.

V. 연구성과 및 성과활용 계획

1. 연구성과

- 고품질 동부나물 생산을 위한 종자전처리, 온도 및 관수조건, 광조건 등 재배 조건 규명
- 나물 및 새싹 채소 재배시 기능성 강화를 위한 최적 재배 조건 규명
- 동부 각 부위별 및 품종별 유효성분 및 기능성 분석을 통한 기초 자료 확보
- 동부나물(새싹채소) 발아 및 생육과정에서의 유효성분 및 생리활성 분석을 통한 자료 확보
- 동부의 추출 및 roasting 등의 가공 공정 개발을 통한 음료, 죽, 두유 등의 제품 개발을 위한 공정 개발
- '동부나물 재배방법'(출원번호 제10-2012-0127353), '동부를 이용한 두유음료 제조방법'(출원번호 제10-2013-0159925) 특허 출원

2. 활용방안

- 동부의 친환경적 고소득 재배기술 및 시설재배기술을 개발로 농가 및 업체에 활용
- 기후변화 대응 작물의 기능성 변이탐색으로 미래 농식품자원의 변이성 연구에 기초자료 제공
- 친환경적 재배지에서 생산된 고안전성 제품은 건강지향적, 친환경적인 식생활에 의해 수요가 증가할 것으로 생각된다.
- 전통적으로 농가에서 부작용으로 소량 재배하던 작물을 시설재배지로 전환함으로써 자원식물의 대량화와 식물공장화로 새로운 농가소득 모델을 구축에 활용
- 단순한 식품이 아니라 과학적으로 그 효능을 확인하여 건강 지향적, 친환경적인 웰빙 식제품의 개발에 활용
- 연구결과는 논문, 특허는 물론, 협력업체에 기술이전하고, 제품 생산화 및 실용화 추진에 적극 활용
- 소비자가 신뢰 가능한 친환경농산물 인증을 통해 신뢰성 확보가 가능할 것이다.
- 기능성 소재의 탐색 및 유효성·위해성 평가기술, 기능성 물질의 소재화 기술, 기능성 제품화 기술을 확보하여 향후 식품뿐만 아니라 화장품 등의 기능성 제품 생산에 활용

SUMMARY

I. TITLE

Research and Development for Highly-Qualified Production System and Functional Foods with Seeds and Sprouts of Cowpea

II. OBJECTIVE AND JUSTIFICATION

1. Purpose

Cowpea as a cereal grain recognized as a health beneficial source not only carbohydrate (about 60%) and protein (25%) but also phytochemicals for the diets of people around world. The consumption of cowpea seeds, after processing such as soaking/dry heating, followed by cooking along with cooked rice, sorghum or pearl millet, is a common practice among the rural people. In addition to that, the cooking liquor of the seeds with spices is considered to be a potential remedy for the common cold. Sometimes cowpea seeds are used as a coffee substitute.

Therefore, soft drink and milk using cowpea seeds through processing technology including extraction, roasting and boiling must be needed. And also precious technologies on eco-friendly culture production were provided. Our research focused on a) Development of cowpea sprout production system with high quality, through studies on The Yield and Growth Responses of Cowpea Sprouts According to the Treatment Conditions of Raw Seeds, Identification of Optimal Temperature for Cowpea Sprout Cultivation, Identification of Optimal Light Conditions for Cowpea Sprout Cultivation, and Development of Cultivation Techniques for Fortified Functionality Cowpea Sprouts. b) Effect of Cultural Environments on Functionality of Cowpea Genetic Resources was investigated through studies on Change in Substance Content and Bioactivity of Legume Crop During Germination, Differential Physiologically-Active Substances Content and Their Activity of Cowpea Sprouts, Effects of Nutrient Solution Treatment on Physiologically-Active Substances Content and Their Activity of Cowpea Sprouts, Physiologically-Active Substances Content and Their Activity of Cowpea Plant Parts at Different Growth Stage, and Physiologically-Active Substances Content and Their Activity of Cowpea Seeds. c) Development of Commercialization Technology for Cowpea Seeds and Sprouts; Change in Food Quality and Biologically-Active Substances under Different Culture Conditions, Standardization Technology of Cowpea Sprouts for Storage, and Commercialization Technology of Cowpea Seeds. Final goal of the study was to submit cowpea soft drink and milk as dietary foods.

2. Justification

A. Research Needs on Development of New Income Crops against Climate Change and Agriculture Environments Variation

Climate change affects negatively production and kinds of agricultural crops in Korean peninsula and getting changed into subtropical weather. According to recent reports of Korean Meteorological Administration, for the last 100 years, the earth has become hot faster than before. For the last 10,000 years, the temperature of the earth has changed by less than 1°C, but for the recent 100 years, it increased by 0.6°C, which is surprising. And flowers bloom early in spring. The iceberg of the Northern Hemisphere has become reduced and the sea level has increased by 10~25cm. Rainy days have become short, but heavy rain has been increasing more and more. Therefore, cowpea as an economic crop for environmental change were introduced to our research. Our research focused on develop new product using seeds and sprouts of cowpea and on change in growth and yield characteristics, environmental reponses, and food quality including various active ingredient and its efficiency for health.

Cowpea, also known as dongbu, have been widely used in food products such as bread and jam for traditional ceremony cakes and cooked with rice in Korea. In addition, that of cereal grains recognized as a health beneficial source not only carbohydrate (about 60%) and protein (25%) but also phytochemicals for the diets of people around world. Recently, the whole cowpea seed and cowpea protein isolate have shown significant reductions in plasma total cholesterol and high density lipoprotein (HDL) cholesterol.

B. Development of Health-Based Products with High Security and High Quality Using Cowpea Seeds or Sprouts.

The whole seeds have been reported to contain about 0.18 - 0.59% tannins(Reddy, Pierson, Sathe, & Salunkhe, 1985) phenolic acids, such as *p*-hydroxybenzoic acid, protocatechuic acid, 2,4-dimethoxybenzoic acid, and cinnamic acid derivatives, such as *p*-coumaric acid, caffeic acid, cinnamic acid and ferulic acid (Cai, Hettiarachchy, & Jalaluddin, 2003; Sosulski & Dabrowski, 1984). However, limited information is available on their antioxidant activity(Tsuda, Makino, Kato, Osawa, & Kawakishi, 1993).

From cowpea, the protein, various phenolic compounds, protocatechuic acid, *p*-hydroxybenzoic acid, caffeic acid, *p*-coumaric acid, ferulic acid, and cinnamic acid were also characterized from the same source. For this reason, the sales of cowpea foods have grown tremendously during the past three years because of the potential of cowpea as an inexpensive source of significant amounts of protein, folacin, niacin, riboflavin, and phytochemicals should be considered as healthy food ingredient. Previous studies have

emphasized the carbohydrate and proteins were generally overlooked, especially their quantification and composition. It should be noted, however, that cowpea have various seed coat colors such as brown, black, and yellowish-white due to anthocyanins can be expected to possess various biological activities.

C. Contribution to higher farmer's incomes through development of highly qualified production system for cowpea

Cowpea is recognised as a potential source of protein and other nutrients. It is cultivated for its immature pods and mature seeds and is consumed by people all around the world, especially in the developing nations. The worldwide production of dry cowpea for 2002 was estimated at 7.4 billion pounds from 20 million acres and the major producing countries are of Africa, Asia and Latin America. The consumption of cowpea seeds, after processing such as soaking/dry heating, followed by cooking along with cooked rice, sorghum or pearl millet, is a common practice among the rural people in India. In addition to that, the cooking liquor of the seeds with spices is considered to be a potential remedy for the common cold. Sometimes cowpea seeds are used as a coffee substitute.

Therefore, soft drink and milk using cowpea seeds through processing technology including extraction, roasting and boiling must be developed. And also precious technologies on eco-friendly culture production were provided. Health-based products with high security and high quality are produced from eco-friendly cultural sites. With study on eco-friendly culture, functionality, processing, and commercialization, standard criteria of investigation on variation in plant growth, its yield, physiological substances level, and functionality of resource plants would be given to producers. Finally, increase of employment and farmer's income through production of the eco-friendly agro-product must be guaranteed.

III. Research Contents and Scope

1. Research Contents

A. Development of cowpea sprout production system with high quality

Our research was aimed to determine the yield and growth responses of cowpea sprouts according to the treatment conditions of raw seeds. Main studies focused on the effects of soaking period, saturation treatment and high-temperature aging treatment. Optimal temperature for cowpea sprout cultivation would be determined through investigation growth, yield and quality of cowpea sprouts. We also check optimal light conditions for

cowpea sprout cultivation with experiments on LED treatment or combined LED and shade treatment. We also study cultivation techniques for fortified functionality cowpea sprouts through mineral treatment including germanium, selenium, and calcium

B. Effect of Cultural Environments on Functionality of Cowpea Genetic Resources

The study is conducted to determine the content of phenolics and flavonoids, antioxidant activity and antioxidant enzyme activity for the extract from 7 days old sprouts of cowpea (cv. "Seowon"), mungbean (cv. "Owool") and soybean (cv. "Pungsannamulkong").

A laboratory experiment is conducted to determine the content of phenolics and flavonoids, antioxidant activity and antioxidant enzyme activity for the extracts from cowpea seed and sprouts. We determine phenolics content and antioxidant Activity of Sprouts in three different legume crops, and investigate change in polyphenol content, antioxidant activity, and antioxidant enzyme status of cowpea during germination. An experiment is conducted to determine the content of phenolics and flavonoids, antioxidant activity and antioxidant enzyme status for the extracts from 5 and 7-day old sprouts (DOS) of cowpea at different plant parts.

In study on differential physiologically-active substances content and their activity of cowpea sprouts, we check growth, phenolics content and antioxidant activity of cowpea sprouts at different plant parts. We determine change in mineral content and biological activity of cowpea sprouts. Effects of LED Lights, Nutrient Solution Treatment, Imbibition Duration and Mineral Treatment on Physiologically-Active Substances Content and Their Activity of Cowpea Sprouts are studied. We evaluate difference in physiologically-active substances content and their Activity of cowpea seeds and sprouts among 12 cowpea major lines

C. Development of Commercialization Technology with Cowpea Seeds and Sprouts

We need to check change in active ingredient and bioactivity of cowpea seeds during processing including roasting and boiling. Effect of roasting time on total phenolics content of cowpea seeds was investigate in 3 cowpea cultivars including Geomjungdongbu, Eollukdongbu, and Heendongbu. TP content , TF level, and DPPH free radical scavenging activity at cowpea cultivar seeds are determined. We develop soft drink and milk of cowpea. For that, effect of roasting time on total phenolics content of cowpea soft drink is investigated. And also effect of roasting time on aroma constituent of cowpea milk are determined. With commercialization technologies, we find out change in active ingredient including TP content, TF level, and free amino acid content and bioactivity including DPPH free radical scavenging activity, and nitrite scavenging activity of cowpea seeds during processing, soft drink and cowpea milk.

2. Project Scope

A. Development of cowpea sprout production system with high quality

- (1) The Yield and Growth Responses of Cowpea Sprouts According to the Treatment Conditions of Raw Seeds
 - (a) Soaking period
 - (b) Saturation treatment
 - (c) High-temperature aging treatment
- (2) Identification of Optimal Temperature for Cowpea Sprout Cultivation
 - (a) Yield and quality of cowpea sprouts
 - (b) Ratio of epicotyl length to total length
- (3) Identification of Optimal Light Conditions for Cowpea Sprout Cultivation
 - (a) LED treatment
 - (b) Combined LED and shade treatment
- (4) Development of Cultivation Techniques for Fortified Functionality Cowpea Sprouts
 - (a) Effect of germanium
 - (b) Effect of selenium
 - (c) Effect of calcium

B. Effect of Cultural Environments on Functionality of Cowpea Genetic Resources

- (1) Change in Substance Content and Bioactivity of Legume Crop During Germination
 - (a) Phenolics content and antioxidant activity of sprouts in several legume crops.
 - (b) Change in polyphenol content, antioxidant activity, and antioxidant enzyme status of cowpea during germination
- (2) Differential Physiologically-Active Substances Content and Their Activity of Cowpea Sprouts
 - (a) Change in growth, phenolics content and antioxidant activity of cowpea sprouts at different plant parts
 - (b) Change in mineral content and biological activity of cowpea sprouts
 - (c) Effects of LED lights on physiologically-active substances content and their activity of cowpea sprouts
- (3) Effects of Nutrient Solution Treatment on Physiologically-Active Substances Content and Their Activity of Cowpea Sprouts

- (a) Effects of imbibition duration and mineral treatment on physiologically-active substances content and their activity of cowpea sprouts
 - (b) Effects of mineral solution concentrations on physiologically-active substances content and their activity of cowpea sprouts
 - (c) Effects of nutrient solution concentration on physiologically-active substances content and their activity of cowpea sprouts
- (4) Physiologically-Active Substances Content and Their Activity of Cowpea Plant Parts at Different Growth Stage
- (a) Physiologically-active substances content and their activity of cowpea plant parts at vegetative stage
 - (b) Physiologically-active substances content and their activity of cowpea plant parts at reproductive stage
- (5) Physiologically-Active Substances Content and Their Activity of Cowpea Seeds and Sprouts in Cowpea Major Lines
- (a) Physiologically-active substances content of cowpea seeds and sprouts in cowpea 12 lines
 - (b) Antioxidant activity of seeds and sprouts in cowpea 12 lines

C. Development of Commercialization Technology for Cowpea Seeds and Sprouts

- (1) Change in Food Quality and Biologically-Active Substances under Different Culture Conditions
- (a) Change in food quality and biologically-active substances
 - (b) Vitamin C content of cowpea and soybean sprouts
 - (c) Physical property (solidity) of sprouts
- (2) Standardization Technology of Cowpea Sprouts for Storage
- (a) Change in active ingredient and bioactivity of cowpea sprouts
 - (b) Optimum temperature for storage
 - (c) Packing methods including sealing, aeration, and vacuum
- (3) Commercialization Technology of Cowpea Seeds
- (a) Change in active ingredient and bioactivity of cowpea seeds during processing
 - (b) Change in active ingredient and bioactivity of cowpea soft drink
 - (c) Change in active ingredient and bioactivity of cowpea milk

IV. Project Results and Their Applications

1. Results of the Project

A. Development of cowpea sprout production system with high quality

(1) The Yield and Growth Responses of Cowpea Sprouts According to the Treatment Conditions of Raw Seeds

We examined the effects of soaking, saturation, and aging conditions of raw cowpea seeds, on the yield and growth responses of cowpea sprouts. The absorption caused rapid growth for the first two hours of soaking, then the growth slowed. The longer the soaking period (varied from 1 to 6 hours), the lower the germinability, yield ratio, and lateral root output became. A five-day saturation (moist $96\pm 1\%$, 20°C) treatment led to higher germinability, yield ratio, and lateral root output than no treatment and one- or three-day saturation treatment. High-temperature aging treatment led to lower germinability and yield ratio compared to no such treatment. Taking these findings into account, the optimal treatment conditions of raw cowpea seeds are a five-day saturation (moist $96\pm 1\%$, 20°C) treatment followed by cleaning and growing.

(2) Identification of Optimal Temperature for Cowpea Sprout Cultivation

We examined the effects of cultivation temperature on the yield and quality of cowpea sprouts. At 27 and 30°C , the yield ratios of cowpea sprouts were higher (657 and 635%, respectively) and the cultivation period was shorter (96 hours). The cultivation period was 120 hours at 21 and 24°C , and 240 hours at 15 and 18°C , and the yield ratio was lower at those temperatures. The hard seed ratio was lower, 4.7 and 6.5%, at 30 and 27°C , respectively, while it was 14.4, 16.6, 25.2, and 24.0% at 21 , 24 , 18 , and 15°C , indicating that seed ratio increased as cultivation temperature decreased. When the cultivation temperature was 27 and 30°C , the total cowpea sprout length was longer, the ratio of epicotyl length to total length was lower, and the ratio of hypocotyl length to total length was higher, indicating superior grade. Thus, a temperature around 27°C may serve as the optimal temperature for cultivating superior-grade cowpea sprouts with a high yield ratio, low hard seed ratio, and short cultivation period.

(3) Identification of Optimal Light Conditions for Cowpea Sprout Cultivation

We examined the effects of light quality on the yield and quality of cultivated cowpea sprouts. All light qualities resulted in a lower cowpea sprout yield ratio compared to the

untreated condition (darkness), but were similar in hard seed ratio. Thus, the yield ratios were similar when the cultivation period was longer. All light qualities promoted the growth of the epicotyl and root when compared to the untreated condition, but limited the growth of the hypocotyl. White light (458 nm) significantly improved grade by increasing the lightness of the cotyledon and the hypocotyl and the yellowness of the hypocotyl. The Fe content of cowpea sprouts was higher in those grown under red light (632 nm), and the total amino acid content was higher for those grown under white light (458 nm), blue light (460 nm), and yellow light (560 nm) compared to plants grown in the untreated condition (darkness).

We examined the effects of light quantity and light quality on the yield ratio and quality of cultivated cowpea sprouts. The yield ratio of cowpea sprouts was lower in the yellow light condition (560 nm) at lower light quantity, but no differences were observed at other light qualities and quantities. No significant differences were observed in the content of normal and inorganic components among treatment groups, except that Fe was higher in sprouts grown under red light (632 nm) as light quantity increased. Total amino acid content was slightly higher in sprouts grown under white light (458 nm) and blue light (460 nm) as light quantity increased.

(4) Development of Cultivation Techniques for Fortified Functionality Cowpea Sprouts

Of the several varieties of production-grade cowpea sprouts examined, cultivar Seowon had superior antioxidant activity and higher yield. Cultivation techniques for cowpea sprouts containing germanium produced the following results: After a two-hour soak in germanium solution (1,000 ppm), the yield ratio did not change, but the germanium content increased. Meanwhile, when sprouts were cultivated in 1 ppm germanium solution, the yield ratio did not change, but the germanium content increased. Cowpea sprouts containing selenium could be produced without additional treatment because selenium was sufficiently contained in cowpea.

B. Effect of Cultural Environments on Functionality of Cowpea Genetic Resources

(1) Change in Substance Content and Bioactivity of Legume Crop During Germination

(a) Phenolics content and antioxidant activity of sprouts in several legume crops

The study was conducted to determine the content of phenolics and flavonoids, antioxidant activity and antioxidant enzyme activity for the extract from 7 days old sprouts of cowpea (cv. "Seowon"), mungbean (cv. "Owool") and soybean (cv. "Pungsan"). Plant length and weight of soybean sprouts were higher than those of cowpea and mungbean sprouts.

Total phenolics content [mg ferulic acid equivalents (FAE) kg⁻¹ DW] was highest in

soybean sprout extracts (82.2 mg kg⁻¹), followed by cowpea (32.2 mg kg⁻¹) and mungbean (24.5 mg kg⁻¹) sprout extracts ($p < 0.05$). The result of total flavonoid level [mg rutin equivalents kg⁻¹ DW] had same tendency to the total phenolics, showing lower amounts.

The antioxidant activity of the methanol extracts from all the plant dose-dependently increased. DPPH (1,1-diphenyl-2-picryl hydrazyl radical) free radical scavenging activity was higher in cowpea (44%) and mungbean (42%) sprouts than in soybean sprouts (25%).

Among antioxidant enzymes, APX and POX activities were highest in cowpea sprouts and CAT and SOD activities in soybean sprouts. The results showed that total phenolics content ($r^2 = 0.5320 \sim 0.9032$) and total flavonoids level ($r^2 = 0.4672 \sim 0.9380$) were highly correlated with antioxidant or with antioxidant enzyme activity, and that the level and activity of biologically active substances were different depending on plant species.

(b) Change in polyphenol content, antioxidant activity, and antioxidant enzyme status of cowpea during germination

A laboratory experiment was conducted to determine the content of phenolics and flavonoids, antioxidant activity and antioxidant enzyme activity from cowpea seed and sprouts. Plant length and weight of cowpea sprouts were significantly increased until 7 days after seeding.

Total phenolics [mg ferulic acid equivalents (FAE) kg⁻¹ DW] was highest in dry seed (DS) extracts of cowpea (63.9 mg kg⁻¹), followed by imbibed seed (IS) (56.8 mg kg⁻¹) and 1-day-old sprout (1DOS) (46.4 mg kg⁻¹) extracts, and significantly reduced with increase of sprouting day ($p < 0.05$). The antioxidant activity of the methanol extracts from all the samples showed same tendency to the total phenolics and dose-dependently increased.

DPPH (1,1-diphenyl-2-picryl hydrazyl radical) free radical scavenging activity was higher in DS (87.3%) and IS (41.2%) than in cowpea sprouts of 1DOS to 7DOS, ranging from 17.1 to 30.4%. Antioxidant enzymes, APX, POX, and POX activities were highest in 7DOS and lowest in DS. SOD activity showed highest activity in 1DOS and lowest in DS.

Correlation coefficient between physiological-active substance and the activity was highest between APX and CAT activities ($r^2 = 0.9574$). Especially, total phenolics content was more highly correlated with antioxidant or with antioxidant enzyme activity than total flavonoid level. The level and activity of physiologically-active substances was higher in seeds than in sprouts.

(2) Differential Physiologically-Active Substances Content and Their Activity of Cowpea Sprouts

(a) Change in growth, phenolics content and antioxidant activity of cowpea sprouts at different plant parts

A laboratory experiment was conducted to determine the content of phenolics and flavonoids, antioxidant activity and antioxidant enzyme activity from 5-day old sprouts

(DOS) of cowpea. Total phenolics [mg ferulic acid equivalents (FAE) kg⁻¹ DW] content was highest in cotyledon extracts (48.8 mg kg⁻¹), followed by roots (30.8 mg kg⁻¹) and hypocotyl (22.2 mg kg⁻¹) extracts ($p < 0.05$) from 5 DOS. The result of total flavonoid level [mg rutin equivalents kg⁻¹ DW] had same tendency to the total phenolics, showing lower amount ranges.

The antioxidant activity of the methanol extracts from all the plant dose-dependently increased. DPPH (1,1-diphenyl-2-picryl hydrazyl radical) free radical scavenging activity was higher in cotyledon extracts (82.5%) than in root (52.6%) or hypocotyl parts (35.0%) from 5 DOS.

Among antioxidant enzymes, APX and CAT activities were highest in cotyledon part and POX and SOD activities in root part of 5 and 7 DOS. The results showed that total phenolics content ($r^2 = 0.1516 \sim 0.9911$) were more highly correlated with antioxidant activity than total flavonoids level ($r^2 = 0.0113 \sim 0.9442$), and that the level and activity of physiological-active substances depend on plant part of cowpea sprouts.

(b) Change in mineral content and biological activity of cowpea sprouts

T-N, P, K, Ca and Mg contents were higher in soybean sprouts than cowpea or mungbean. The contents in cowpea was the higher in dry seeds than germinated seeds or young seedlings and was significantly decreased with increase of seedling age.

Alcohol dehydrogenase activity (ADH) was increased with increased of extract concentration and was higher in seed extracts than in sprout extracts, even though showing much lower activity than soybean or *Hovenia dulcis* extracts as the control. Aldehyde dehydrogenase activity (ALDH), however, was higher in sprout extracts than in seed extracts. However, antidiabetic activity of methanol extracts from seeds and sprouts of cowpea was much lower than control acarbose.

(c) Effects of LED lights on physiologically-active substances content and their activity of cowpea sprouts

Total phenolics (TP) content [mg catechin equivalents kg⁻¹ DW] of cowpea sprouts under no shade was more increased than shading conditions, and was the highest in blue LED light, and followed by red, yellow and white LED light. However, total flavonoid (TF) level [mg rutin equivalents kg⁻¹ DW] of cowpea sprouts was not affected by LED light color or shade treatment.

DPPH (1,1-diphenyl-2-picryl hydrazyl radical) free radical scavenging and nitrite scavenging activities was highest in yellow LED light, and followed by red, white and blue LED light under no shade condition, showing no significant difference in the activities among LED light colors. However, nitrite scavenging activity was highest in red LED light, and followed by yellow, blue and white LED light, showing no significant difference in the activity among LED light colors.

Correlation coefficient between physiological-active substance and the activity was highest

between TF level and DPPH free radical scavenging activity ($r^2= 0.8636$), followed by between TF content and nitrite scavenging activity ($r^2= 0.3420$) and between TP content and DPPH free radical scavenging activity ($r^2= 0.2565$). Especially, total flavonoid level was more highly correlated with antioxidant or with antioxidant enzyme activity than total phenolics content.

(3) Effects of Nutrient Solution Treatment on Physiologically-Active Substances Content and Their Activity of Cowpea Sprouts

(a) Effects of imbibition duration and mineral treatment on physiologically-active substances content and their activity of cowpea sprouts

Effects of imbibition duration in mineral solution on total phenolics (TP) content [mg catechin, chlorogenic acid, or tannic acid equivalents kg^{-1} DW] and total flavonoid (TF) level [mg rutin equivalents kg^{-1} DW] of cowpea sprouts were determined, and the TP and TF contents was higher with Ge treatment than with Ca or Se treatments, even though no significant difference in the contents of each mineral among solution concentrations.

DPPH (1,1-diphenyl-2-picryl hydrazyl radical) free radical scavenging and nitrite scavenging activities was higher with Ge treatment than with Ca or Se treatments, and Ca or Se treatments increased the activity with increase of imbibition time. showing no significant difference in the activities among solution concentrations. However, nitrite scavenging activity was higher with Ge treatment than with Ca or Se treatments, showing no significance in activity among solution concentrations.

(b) Effects of mineral solution concentrations on physiologically-active substances content and their activity of cowpea sprouts

Total phenolics (TP) content [mg catechin, chlorogenic acid, or tannic acid equivalents kg^{-1} DW] of cowpea sprouts was not affected by treatment of minerals Ge, Se, and Ca and their concentrations, showing no significance. However, TF content was higher with Ca treatment than with Ge or Se treatments without significant difference.

DPPH (1,1-diphenyl-2-picryl hydrazyl radical) free radical scavenging and nitrite scavenging activities was higher with Ca treatment than with Ge or Se treatments, showing no significant difference in the activities among solution concentrations. However, no significant difference in nitrite scavenging activity among minerals or solution concentrations was observed.

(c) Effects of nutrient solution concentration on physiologically-active substances content and their activity of cowpea sprouts

Total phenolics (TP) content [mg catechin, chlorogenic acid, or tannic acid equivalents kg^{-1} DW] and total flavonoid (TF) level [mg rutin equivalents kg^{-1} DW] was little higher without nutrient treatment than with nutrient solutions, showing no significant difference in

TP and TF contents among solution concentrations.

DPPH (1,1-diphenyl-2-picryl hydrazyl radical) free radical scavenging and nitrite scavenging activities were higher without nutrient treatment than with nutrient solutions, showing no significant difference in the activities among solution concentrations.

(4) Physiologically-Active Substances Content and Their Activity of Cowpea Plant Parts at Different Growth Stage

(a) Physiologically-active substances content and their activity of cowpea plant parts at vegetative stage

Total phenolics (TP) content [mg catechin, chlorogenic acid, or tannic acid equivalents kg^{-1} DW] and total flavonoid (TF) level [mg rutin equivalents kg^{-1} DW] from plant part of cowpea at vegetative stage was higher at cultivar "Seowon" than at cultivar "Jeonnam". The TP and TF contents at cultivar "Jeonnam" was significantly decreased with increase of leaf stage, while at cultivar "Seowon" was increased with increase of leaf stage. The contents were highest in leaf extracts, and followed by root and branch (lowest) extracts at all growth stages.

At vegetative stage, DPPH (1,1-diphenyl-2-picryl hydrazyl radical) free radical scavenging activity was higher at cultivar "Seowon" than at cultivar "Jeonnam" showing highest activity in the leaf extracts. However, the activity in other plant part extracts was higher at cultivar "Jeonnam" than at cultivar "Seowon". The activity was highest in leaf extracts, and followed by root and branch (lowest) extracts at all growth stages, from 1st to 7th leaf stage. No significant difference in nitrite scavenging activity among cultivars, growth stages or plant parts was observed.

(b) Physiologically-active substances content and their activity of cowpea plant parts at reproductive stage

At reproductive stage, total phenolics (TP) content [mg catechin, chlorogenic acid, or tannic acid equivalents kg^{-1} DW] and total flavonoid (TF) level [mg rutin equivalents kg^{-1} DW] was higher at cultivar "Seowon" than at cultivar "Jeonnam", showing the highest amount from leaf extracts at flowering and ripening stages in cowpea (branch part lowest).

DPPH (1,1-diphenyl-2-picryl hydrazyl radical) free radical scavenging activity was highest in leaf extracts and followed by root, flower and branch (lowest) extracts at flowering and ripening stages in both cowpea cultivars "Seowon" and "Jeonnam". However, no significant difference in nitrite scavenging activity among lines was observed from both seed and sprout extracts showing around 80% activity.

(5) Physiologically-Active Substances Content and Their Activity of Cowpea Seeds and Sprouts in Cowpea Major Lines

(a) Physiologically-active substances content of cowpea seeds and sprouts in cowpea 12 lines

Total phenolics (TP) content [mg catechin, chlorogenic acid, or tannic acid equivalents kg^{-1} DW] from seed extracts was highest at line IT154153 (84.0 mg kg^{-1}) and lowest at cultivar "Seowon" (43.9 mg kg^{-1}) and line Tvu1042-3 (43.4 mg kg^{-1}) among 12 cowpea lines. However, TP content from seed extracts was highest at lines IT154153 (43.9 mg kg^{-1}) and Tvu1042-3 (43.4 mg kg^{-1}), showing lower amounts than seed extracts. The result of total flavonoid (TF) level [mg rutin equivalents kg^{-1} DW] had same tendency to the TP and much lower amounts than TP content. TF content from seed extracts was highest at line IT154153 (8.8 mg kg^{-1}) and from sprout extracts at line Tvu7778 (7.3 mg kg^{-1}) with no significant difference among lines.

(b) Antioxidant activity of seeds and sprouts in cowpea 12 lines

The antioxidant activity of the methanol extracts from all the lines dose-dependently increased. DPPH (1,1-diphenyl-2-picryl hydrazyl radical) free radical scavenging activity was higher in seed extracts than in sprout extracts. Especially, the activity from seed extracts was highest at line IT154153 (83.1%) and from sprout extracts Tvu1042-3 (55.4 %). However, no significant difference in nitrite scavenging activity among lines was observed from both seed and sprout extracts.

C. Development of Commercialization Technology for Cowpea Seeds and Sprouts

(1) Change in Food Quality and Biologically-Active Substances under Different Culture Conditions

Total phenolics (TP) content [mg catechin, chlorogenic acid, or tannic acid equivalents kg^{-1} DW] and total flavonoid (TF) level [mg rutin equivalents kg^{-1} DW] at different sprout ages were determined from different cowpea cultivars. TP content was decreased with increase of sprout age except cultivar "Eogeumni", and was lower at cowpea cultivars than at soybean cultivar. However, the TF content at cowpea cultivar was increased with increase of sprout age, while at soybean cultivar was decreased with increase of sprout age.

DPPH (1,1-diphenyl-2-picryl hydrazyl radical) free radical scavenging activity at cowpea cultivars was lower than at soybean cultivar. The activity was highest at 3 day-old sprout of all cowpea cultivars and at 5 day-old soybean sprout. Nitrite scavenging activity was higher at cowpea cultivars than at soybean cultivar. However, no significant difference in nitrite scavenging activity among cowpea cultivars was observed.

Vitamin C content of cowpea and soybean sprouts at different ages was investigated, and the results showed highest content at 1-day-old sprouts from both cowpea and soybean, and the content was decreased with increase of sprout age.

Physical property (solidity) of sprouts showed highest content at 1-day-old sprouts from

both cowpea and soybean, and was decreased with increase of sprout age.

(2) Standardization Technology of Cowpea Sprouts for Storage

Change in active ingredient and bioactivity of cowpea sprouts under different storage conditions was investigated. Cowpea and soybean sprouts of 4day-old were stored at low temperature (4°C) and high temperature (22°C) conditions, and for 3, 6, 9, and 12 days, and packed with 3 different methods including sealing, aeration, and vacuum. Appearance and active ingredient were investigated for evaluation.

Total phenolics content [mg catechin, chlorogenic acid, or tannic acid equivalents kg⁻¹ DW] of sprouts was higher at aeration packing than at sealing when stored at low temperature (22°C), and from soybean than from cowpea sprouts. No significant difference in the content among storage durations was observed. However, at low temperature TP content was more increased with increase of storage day when sealed, while the content was decreased with increase of storage day when stored with aeration. On the other hand TF content of cowpea sprout at both low and high temperature was decreased with increase of sprout day when stored both by sealing and aeration.

DPPH (1,1-diphenyl-2-picryl hydrazyl radical) free radical scavenging activity at cowpea sprouts was decreased with increase of storage day and was much lower at cowpea sprouts than at soybean sprouts at both low and high temperature when stored both by sealing and aeration. However, nitrite scavenging activity at low and high temperatures was more increased with increase of storage day when sealed than when stored by aeration.

Vitamin C content of cowpea sprouts was higher when sealed than when aerated, while soybean sprouts was higher when aerated than when sealed. The content of cowpea sprouts was decreased with increase of storage day at low and high temperatures.

Physical property (solidity) for the all sprouts was decreased with increase of storage day, regardless of temperature and storage method.

(3) Commercialization Technology of Cowpea Seeds

(a) Change in active ingredient and bioactivity of cowpea seeds during processing

Effect of roasting time on total phenolics content of cowpea seeds was investigated in 3 cowpea cultivars including Geomjungdongbu, Eollukdongbu, and Heendongbu. The results showed that total phenolics (TP) content [mg catechin, chlorogenic acid, or tannic acid equivalents kg⁻¹ DW] of cowpea seeds was increased with increase of roasting time. Among cultivars, Geomjungdongbu showed the highest amount of TP and followed by Eollukdongbu, and Heendongbu. However, TP content of cowpea seeds was decreased with increase of boiling time. Especially, TP content of fermented cowpea seeds was increased with increase of boiling time, and was lower than that of dry seeds.

Total flavonoids (TF) content of cowpea seeds was increased with increase of roasting time. Among cultivars, Geomjungdongbu showed the highest amount of TF and followed

by Eollukdongbu, and Heendongbu. However, TF content of cowpea seeds was decreased with increase of boiling time. Especially, TF content of fermented cowpea seeds was increased with increase of boiling time.

DPPH (1,1-diphenyl-2-picryl hydrazyl radical) free radical scavenging activity at cowpea cultivar seeds was increased with increase of roasting time. Among cultivars, Geomjungdongbu showed the highest activity and followed by Eollukdongbu, and Heendongbu. The activity of cowpea seeds was decreased with increase of boiling time. Especially, The activity of fermented cowpea seeds was more increased than dry cowpea seeds, with increase of boiling time.

(b) Change in active ingredient and bioactivity of cowpea soft drink

Effect of roasting time on total phenolics content of cowpea soft drink was investigated. The results showed that total phenolics (TP) [mg catechin, chlorogenic acid, or tannic acid equivalents kg⁻¹ DW] and total flavonoids (TF) contents of cowpea soft drink were increased with increase of roasting time.

DPPH (1,1-diphenyl-2-picryl hydrazyl radical) free radical scavenging and nitrite scavenging activities of cowpea soft drink were highest at 15 min. roasting time and followed by 20, 30, and 10min.

Effect of roasting time on aroma constituent of cowpea milk were determined and the results showed that some aroma scents including benzene, benzaldehyde, cyclododecyne, 9,12,15-octadecatrienoic acid, (2'R)-17-propanoyloxy-1, γ -tocopherol, 2,2-dimethylcholest-4-en-3-one, γ -sitosterol, stigmasta-5,24(28)-dien-3-ol, propanoic acid, and 3,3'-thiobis-l were increased with increase of roasting time. The aroma constituents were present as highest amount in cultivar Eogeumni.

(c) Change in active ingredient and bioactivity of cowpea milk

Total phenolics (TP) [mg catechin, chlorogenic acid, or tannic acid equivalents kg⁻¹ DW] content, total flavonoids (TF) level, DPPH (1,1-diphenyl-2-picryl hydrazyl radical) free radical scavenging activity, and nitrite scavenging activity of cowpea milk were increased with increase of roasting time.

Crude fat, crude fiber and crude ash of cowpea milk were increased with increase of roasting time, while crude protein was decreased with increase of roasting time. Cowpea cultivars, Heendongbu and Eogeumnidongbu showed the highest crude fat content and were much lower than soybean. However, crude fiber was higher at cowpea cultivars than at soybean cultivar, and especially cultivar Eogeumnidongbu showed highest amount. On the other hand, crude protein of cowpea was lower than soybean and cultivar Heendongbu showed the lowest amount.

Total free amino acid content of cowpea milk was increased upto 10 min (1273.90mg/L) after roasting, showing higher amount than control soybean, and then decreased with increase of roasting time. Among cultivars, Eollukdongbu showed the highest amount of

total free amino acids and followed by cultivars Eogeumnidongbu and Geomjungdongbu. Especially, total free amino acid content of roasted cowpea milk (1273.90mg/L) was increased by 54% more than non-roasted milk (827.35mg/L).

2. Applications of Project Outcomes

- Determination of optimum environments including seed pre-treatment, culture temperature, irrigation and light condition for highly-qualified cowpea sprout production
- Development of culture technology for production of cowpea sprouts fortified with functionality
- Determination of variation in active ingredient and bioactivity of cowpea sprouts at different cultivar and their plant part
- Variation in substance content and bioactivity of cowpea during germination or sprouting
- Development of soft drink and milk using cowpea seeds through processing technology including extraction, roasting and boiling
- Publication of patent work on cultivation method of cowpea sprouts and development technology of soft drink and milk using
- Providing precious technologies on eco-friendly culture production for cowpea.
- For adaptation of climate change, effects of environmental variations on functionality of medicinal resources plants are investigated to provide fundamental information of future agro-food resources.
- Health-based products with high security and high quality are produced from eco-friendly cultural sites.
- Publication including paper and patent work, and technology transition and utilization to other institution.
- Credible certification of eco-friendly agro-product from culture to marketing of resources plant.
- Improvement technology in production through eco-friendly culture, functionality, processing, and commercialization.
- Providing standard criteria of investigation on variation in plant growth, its yield, physiological substances level, and functionality of resource plants as of climate change.
- Results of the project play a key benchmarking role in processing, powdering, and quality preservation of other institutions.
- Increase of employment and farmer's income through production of eco-friendly agro-product.

CONTENTS

Chapter 1. Project Overview	35
Section 1. Purpose	35
Section 2. Justification	36
Section 3. Limitation	38
Chapter 2. Current Status in Technology Development of Related Project in Domestic and Overseas	47
Section 1. Current Status in Technology Development of Related Project	47
Section 2. Position of the Present Research Result in Technology Development of Domestic and Overseas	57
Chapter 3. Contents and Results of the Project	59
Section 1. Development of Cowpea Sprout Production System with High Quality	59
1. Introduction	59
2. Materials and Methods	59
3. Results and Discussion	65
4. Summary	92
Section 2. Effect of Cultural Environments on Functionality of Cowpea Genetic Resources	94
1. Introduction	94
2. Materials and Methods	95
3. Results and Discussion	108
4. Summary	151
Section 3. Development of Commercialization Technology for Cowpea Seeds and Sprouts	158
1. Introduction	158
2. Materials and Methods	158
3. Results and Discussion	165
4. Summary	202
Chapter 4. Project Achievements and Contributions to Related Fields	205
Section 1. Project Achievements by Year	205
Section 2. Contributions to Related Fields	207
Chapter 5. Project Outcomes and Their Applications	209
Section 1. Plans for Utilization and Industrialization	209
Section 2. Plan for Technology Dissemination (Education, Instruction and Publicity)	209

Section 3. Presentation Plan (Patent and Publication)	210
Section 4. Additional Research and Benchmarking Point for Other Projects	210
Chapter 6. New Science and Technology Information Collected for Project	213
Chapter 7. References	223

목 차

제 1 장	연구개발과제의 개요	35
제1절	연구개발의 목적	35
제2절	연구개발의 필요성	36
제3절	연구개발의 범위	38
제 2 장	국내외 기술개발 현황	47
제1절	국내·외 관련분야 기술개발 현황	47
제2절	연구결과가 국내외 기술개발에서 차지하는 위치	57
제 3 장	연구개발수행 내용 및 결과	59
제1절	고품질 동부나물 생산체계 확립	59
1.	서언	59
2.	재료 및 방법	59
3.	결과 및 고찰	65
4.	결과요약 및 종합결론	92
제2절	동부 유전자원의 재배환경에 따른 기능성 변이 연구	94
1.	서언	94
2.	재료 및 방법	95
3.	결과 및 고찰	108
4.	결과요약 및 종합결론	151
제3절	동부 나물의 제품화 기술개발	158
1.	서언	158
2.	재료 및 방법	158
3.	결과 및 고찰	165
4.	결과요약 및 종합결론	202

제 4 장	연구개발 목표달성도 및 관련분야에의 기여도	205
제1절	연차별 연구개발목표의 달성도	205
제2절	연구결과의 관련분야에의 기여도	207
제 5 장	연구개발 성과 및 성과활용 계획	209
제1절	실용화·산업화 계획(기술 실시)	209
제2절	교육·지도·홍보 등 기술 확산 계획	209
제3절	특허, 품종 및 논문 발표계획	210
제4절	추가연구, 타연구에 활용계획	210
제 6 장	연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보	213
제 7 장	참고문헌	223

제 1 장 연구개발과제의 개요

제1절 연구개발의 목적

동부(*Vigna unguiculata* L. Walp)는 콩과식물에 속하며 영명은 cowpea라 하고 한자로는 강두라 한다. 우리나라에는 13 ~ 14 세기경의 농서에 처음으로 기재되었으며 종실을 이용하는 보통 동부가 전국적으로 비교적 고루 재배되고 있으나 경기, 전남 경북지역에서 다소 많이 재배된다.

동부는 더위에 잘 적응한 콩과식물로 음지에서 잘 자라고 건조에도 강한 편이며 불량한 토양에서도 잘 자라는 특성이 있어 기후 변화 대응에 있어서도 우리나라에 적합한 식품 소재 및 녹비작물로의 육성이 가능하다.

동부의 주요성분은 단백질 23.9%, 탄수화물 55%, 지질 2%이며, 100g 속에는 칼슘 75mg, 인 400mg, 철 5.6mg, 칼륨 1400mg, 비타민 B1 0.5mg, 비타민 B2 0.1mg, 니코틴산 2.5mg이 함유되어 있다. 이와 같이 단백질 함량도 많은 편이며 비타민 B도 풍부하여 완숙한 종실은 혼반용 이외에 고물, 조미료의 원료, 죽, 커피대용 원료 등으로 이용이 가능하고 녹협은 채소로도 이용되고 있다.

《본초강목》에서는 “동부는 채소가 되기도 하고 열매를 먹을 수도 있어서 곡물로서의 장점을 두루 갖추고 있다.”고 하였다. 이와 같이 동부의 어린 꼬투리는 채소로 쓰이며, 열매는 팥의 대용으로 곡물에 섞어서 밥을 짓거나, 떡고물·과자의 원료로 쓰인다. 이 밖에 《본초강목》에서는 “신장을 보호하고 위장을 튼튼히 하며 오장을 고르게 하고 혈액순환을 촉진한다. 당뇨병과 토역(吐逆 : 구역질)·설사·요실금증(尿失禁症 : 무의식적으로 오줌이 나오는 상태) 등도 다스린다. 쥐에게 물렸을 때 삶아서 마시면 독이 풀린다.”고 하는 등 전통적으로 약재로도 사용되어 건강 증진용 식품으로의 개발 가능성이 높다.

또한 최근 웰빙식품에 대한 소비자의 관심 증가로 새싹채소, 나물채소 등에 대한 관심이 고조되어 있다. 특히 미국·유럽·호주에서는 채소매장에서 많은 부분을 차지하고 있으나, 일본은 식문화가 우리나라와 달라 야채시장에서 큰 부분을 차지하고 있지는 않지만 점점 증가하고 있는 추세 등 국내 뿐만 아니라 세계적으로도 큰 관심을 받고 있다.

그러나 우리나라에서 새싹채소와 쌈채소에 대한 생산, 유통, 소비, 종자에 대한 연구가 거의 없으며, 이들 채소에 대한 정부정책도 미미한 실정이다. 따라서 새싹채소와 쌈채소가 하나의 산업으로 발전하기 위해서는 생산, 유통, 소비, 종자에 대한 지속적인 기초연구가 필요하다 할 수 있다.

우수한 전분과 다양한 기능성을 갖는 것으로 알려진 동부 자원은 지금까지는 국내에서 넝쿨성(무한화서)으로 상업적 재배가 불가능하여 일부에서 간식용으로만 재배되고 있는 실정이었으나 최근 기계수확이 가능한 단간중(유한화서)이 육성되면서 영농현장에서 상업적 대량생산 재배가 가능하게 되고 동부 자원을 새싹채소(나물용), 기능성 동부죽 및 소프트 음료로의 개발 가치가 높아 농가의 신소득원 창출에 기여할 것으로 기대된다.

따라서 동부의 고소득 대체작물로의 전환을 위해, 동부나물의 생산을 위한 종자의 처리기술 및 온도, 관수 및 광조건 등의 최적 환경조건을 구명하고, 기능성 강화 재배법, 그리고 대중화를 위한 동부나물 재배에 적합한 유전자원 선발 등의 표준 매뉴얼을 개발한다. 기능성 연구에

서는 동부나물의 발아와 성장과정에서의 유효성분과 생리활성을 검정하고, 영양생장기 동부의 부위별, 그리고 생육시기별 성분과 생리활성을 검정하여 기준을 마련한다. 가공 및 제품화단계는 동부나물의 재배입지에 따른 품질과 성분변화 조사를 통해 규격화된 나물을 생산하고, 영양생장기의 부위별로 가공하여 샐러드 등 동부의 이용도를 높이고, 종실과 가공된 원료를 이용해 건강 음료를 개발하여 상품화한 것을 본 연구과제의 목표로 한다.

제2절 연구개발의 필요성

가. 농업환경 변화와 기후 변화에 따른 새로운 소득 작물에 대한 연구 필요

- 오늘날 UR협상과 FTA협상 등에 따른 농산물의 수입개방 및 물질 특허 제도가 국가간 마찰의 쟁점으로 부각됨에 따라 한국산 생물종의 보존과 개발, 응용 등의 문제가 크게 대두되고 있다. 이에 대한 대응방안으로 새로운 물질의 탐색과 이용에 이러한 유용식물자원 등으로부터 새로운 기능을 가진 천연물질과 응용 제품의 개발에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.
- 기후변화의 영향으로 한반도에서 재배하는 농작물의 종류가 바뀌고 있다. 기상청에 따르면 우리나라의 연평균 기온은 1973~1980년 12.2도였으나 2001~2007년 12.9도로 0.7도 올랐다. 강수량은 1255.0mm에서 1469.3mm로 214.3mm 증가했다. 우리나라의 기온이 오르고 강수량이 많아지는 것은 아열대기후로 바뀌고 있다는 증거다. 쌀보리, 사과, 복숭아, 한라봉의 재배한계선이 북상 중에 있음을 기상청은 밝혔다. <동아일보 2009.01.28>
- 동부(*Vigna unguiculata* L. Walp)는 콩과식물에 속하며 영명은 cowpea라 하고 한자로는 강두라 한다. 우리나라에는 13 ~ 14 세기경의 농서에 처음으로 기재되었으며 종실을 이용하는 보통 동부가 전국적으로 비교적 고루 재배되고 있으나 경기, 전남 경북지역에서 다소 많이 재배된다.
- 동부는 더위에 잘 적응한 콩과식물로 음지에서도 잘 자라고 건조에도 강한 편이며 불량한 토양에서도 잘 자라는 특성이 있어 기후 변화 대응에 있어서도 우리나라에 적합한 식품 소재 및 녹비작물로의 육성이 가능하다.

나. 동부의 건강지향 식품개발 가능성이 높음

- 동부의 주요성분은 단백질 23.9%, 탄수화물 55%, 지질 2%이며, 100g 속에는 칼슘 75mg, 인 400mg, 철 5.6mg, 칼륨 1400mg, 비타민 B1 0.5mg, 비타민 B2 0.1mg, 니코틴산 2.5mg이 함유되어 있다. 이와 같이 단백질 함량도 많은 편이며 비타민 B도 풍부하여 완숙한 종실은 혼반용 이외에 고물, 조미료의 원료, 죽, 커피대용 원료 등으로 이용이 가능하고 녹협은 채소로도 이용되고 있다.
- 《본초강목》에서는 “동부는 채소가 되기도 하고 열매를 먹을 수도 있어서 곡물로서의 장점을 두루 갖추고 있다.”고 하였다. 이와 같이 동부의 어린 꼬투리는 채소로 쓰이며, 열매는 팔의 대용으로 곡물에 섞어서 밥을 짓거나, 떡고물·과자의 원료로 쓰인다. 이 밖에 《본초강목》에서는 “신장을 보호하고 위장을 튼튼히 하며 오장을 고르게 하고 혈액순환을 촉진한다. 당뇨병과 토역(吐逆 : 구역질)·설사·요실금증(尿失禁症 : 무의식적으로 오줌이 나

오는 상태) 등도 다스린다. 쥐에게 물렸을 때 삶아서 마시면 독이 풀린다.”고 하는 등 전통적으로 약재로도 사용되어 건강 증진용 식품으로의 개발 가능성이 높다.



《생육초기, 8월 10일》



《생육 중·후기, 10월 4일》

<사진> 동부의 생육 모습

- 우수한 전분과 다양한 기능성을 갖는 것으로 알려진 동부 자원은 지금까지는 국내에서 냉쿨성(무한화서)으로 상업적 재배가 불가능하여 일부에서 간식용으로만 재배되고 있는 실정이었으나 최근 기계수확이 가능한 단간종(유한화서)이 육성되면서 영농현장에서 상업적 대량생산 재배가 가능하게 되고 동부 자원을 새싹채소(나물용), 기능성 동부죽 및 소프트음료로의 개발 가치가 높아 농가의 신소득원 창출에 기여할 것으로 기대된다.



【서원동부'의 수확기 모습】



【꽃】



【종실】

<사진> 동부의 수확기의 꽃과 종실의 모습



《선발품종A》



《선발품종B》

<사진> 동부의 선발품종의 모습

다. 동부나물의 고품질 생산체계 확립을 통한 소득 작물화로 농가 소득 증대에 기여

- 동부의 소득 작물화를 위한 나물의 고품질 생산 체계를 확립함으로써 동부를 나물에서부터 채소, 종실, 가공식품에 이르기까지 소득을 창출할 수 있는 체계를 확립하여 농가에 보급함으로써 생산성 및 소득 증대에 기여할 수 있다.
- 동부나물의 생산체계를 확립하여 사계절 전천후 식물 공장형 대량생산 기술의 개발이 가능하다.
- 동부의 부위별로 가공 및 셀러드용 제품으로 개발하여 작물 재배의 부가가치를 높일 수 있다.
- 종실을 이용한 죽, 음료(두유) 등을 개발하여 대중화함으로써 대량소비를 유도하여 농가의 고소득 대체 작물로 전환할 수 있다.

제3절 연구개발의 범위

1. 고품질 동부나물 생산체계 확립

가. 원료곡 처리조건에 따른 동부나물 성장량과 성장반응 구명

원료곡(서원동부)의 침종, 포화+침종 및 노화처리가 동부나물 생산량, 성장반응 등에 미치는 영향을 알아보려고 본 연구를 추진하였다. 침종은 증류수(수온 $25 \pm 1^\circ\text{C}$)를 1시간 간격으로 교환하면서 1~6시간 실시하고 $25 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 에서 112시간 동안 동부나물을 재배하였다. 원료곡 포화와 침종 조합은 먼저 수분함량이 $96 \pm 1\%$ 이고 실내온도가 $20 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 인 항온항습기에 각 1, 3, 5, 7일씩 포화처리한 후에 각 포화기간별로 증류수(수온 $25 \pm 1^\circ\text{C}$)에 각 10, 20, 30분씩 침종을 실시하고 $25 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 에서 94시간 동안 동부나물을 재배하였다. 원료곡 노화처리는 50°C 항온기에서 1~4일씩, 70°C 항온기에서 1~5시간 고온에 노출시킨 후에 $27 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 에서 96시간 동안 동부나물을 재배하였다. 기타 동부나물 재배조건은 온도와 재배용수 조절이 가능하도록 제작된 나물재배기(항온기 상단에 재배용수의 온도와 공급시간 조절이 가능한 시스템 부착)를 이용하여 암조건에서 $25 \pm 1^\circ\text{C}$ 인 재배용수를 시간당 12회(각 1분)씩 공급하였다. 나물수율, 발아되지 않았거나 발아력이 약한 종실의 비율, 재배기간별로 나물의 전체, 상배축, 하배축 및 뿌리 길이를 측정하였다.

나. 동부나물 재배 최적 온도 구명

재배온도에 따른 동부나물 생산량, 성장반응, 품질 등에 미치는 영향을 알아보려고 서원동부를 이용하여 본 연구를 추진하였다. 나물재배기 $15\sim 30 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 조건에서 상품가치에 이르는 시기까지 재배하였다. 기타 나물 재배조건은 온도와 재배용수 조절이 가능하도록 제작된 나물재배기(항온기 상단에 재배용수의 온도와 공급시간 조절이 가능한 시스템 부착)를 이용하여 암조

건에서 재배용수를 시간당 12회(각 1분)씩 공급하였다. 나물수율, 발아되지 않았거나 발아력이 약한 종실의 비율, 재배기간별로 나물의 전체, 상배측, 하배측 및 뿌리 길이, 색차, 조단백질 함량, 일반 및 무기성분 함량, 아미노산 함량, 비타민 C 함량 등을 조사하였다.

다. 동부나물 재배 최적 광조건 구명

(1) 광질 조건 구명

광질에 따른 동부나물 생산량, 성장반응, 품질 등에 미치는 영향을 알아보기 위하여 서원동부를 이용하여 본 연구를 추진하였다. 처리 광질은 백색(458 nm), 녹색(460 nm), 황색(560 nm) 및 적색(632 nm)이다. 나물 재배조건은 온도와 재배용수 조절이 가능하도록 제작된 나물재배기(항온기 상단에 재배용수의 온도와 공급시간 조절이 가능한 시스템 부착)를 이용하여 27±0.5℃ 압조건에서 재배용수를 시간당 12회(각 1분)씩 공급하였다. 나물수율, 발아되지 않았거나 발아력이 약한 종실의 비율, 재배기간별로 나물의 전체, 상배측, 하배측 및 뿌리 길이, 색차, 조단백질, 일반 및 무기성분, 아미노산 및 비타민 C 함량을 조사하였다.

(2) 광질별 광량조건 구명

광질별 광량에 따른 동부나물 생산량, 성장반응, 품질 등에 미치는 영향을 알아보기 위하여 서원동부를 이용하여 본 연구를 추진하였다. 나물 재배조건은 온도와 재배용수 조절이 가능하도록 제작된 나물재배기(항온기 상단에 재배용수의 온도와 공급시간 조절이 가능한 시스템 부착)를 이용하여 27 ± 0.5℃ 압조건에서 4일간 재배용수를 시간당 12회(각 1분)씩 공급하였다. 동부나물의 성장량, 성장반응, 색차, 조단백질, 일반 및 무기성분, 아미노산 및 비타민 C 등을 조사하였다.

라. 기능성 동부나물 재배기술 개발

(1) 고품질 동부나물 생산에 적합한 유전자원 선발

나물 생산에 적합한 자원을 선발하고자 서원동부, IT104373 등 12자원을 이용하였다. 나물 재배조건은 온도와 재배용수 조절이 가능하도록 제작된 나물재배기(항온기 상단에 재배용수의 온도와 공급시간 조절이 가능한 시스템 부착)를 이용하여 27 ± 0.5℃ 압조건에서 4일간 재배용수를 시간당 12회(각 1분)씩 공급하였다. 동부나물의 성장량, 성장반응, 색차, 일반 및 무기성분 및 비타민 C, 종피율 등을 조사하였다.

(2) 게르마늄 함유 동부나물 재배기술 개발

게르마늄이 함유된 동부나물 생산기술을 개발하고자 서원동부를 이용하였다. 동부나물 재배 방법은 “고품질 동부나물 생산에 적합한 유전자원 선발”과 동일한 방법으로 하였다. 침종방법은 원료곡을 1,000 ppm 게르마늄 용액을 공기를 계속 주입하고 1시간 간격으로 용액을 교환하

면서 0, 0.5, 1, 2, 3, 4시간 침종하고 재배하였다. 재배용수 조건을 구명하고자 게르마늄 0, 0.5, 1, 2, 4, 8, 16 ppm인 용액을 재배수로 이용하였다. 나물의 성장량, 성장반응, 조단백질, 일반 및 무기성분, 아미노산, 비타민 C, 게르마늄 등을 조사하였다.

(3) 셀레늄 함유 동부나물 재배기술 개발

셀레늄이 함유된 동부나물 생산기술을 개발하고자 서원동부를 이용하였다. 동부나물 재배방법은 “고품질 동부나물 생산에 적합한 유전자원 선발”과 동일한 방법으로 하였다. 침종방법을 구명하고자 원료곡을 1,000 ppm 셀레늄 용액을 공기를 계속 주입하고 1시간 간격으로 용액을 교환하면서 0, 0.5, 1, 2, 3, 4시간 침종하고 재배하였다. 재배용수 조건을 구명하고자 셀레늄 0, 0.5, 1, 2, 4, 8, 16 ppm인 용액을 재배수로 이용하였다. 나물의 성장량, 성장반응, 조단백질, 일반 및 무기성분, 아미노산, 비타민 C, 셀레늄 등을 조사하였다.

(4) 칼슘 함유 동부나물 재배기술 개발

칼슘이 함유된 동부나물 생산기술을 개발하고자 서원동부를 이용하였다. 동부나물 재배방법은 “고품질 동부나물 생산에 적합한 유전자원 선발”과 동일한 방법으로 하였다. 침종방법을 구명하고자 원료곡을 1,000 ppm 칼슘 용액을 공기를 계속 주입하고 1시간 간격으로 용액을 교환하면서 0, 0.5, 1, 2, 3, 4시간 침종하고 재배하였다. 재배용수 조건을 구명하고자 칼슘 0, 25, 50, 100, 200, 400 ppm인 용액을 재배수로 이용하였다. 나물의 성장량, 성장반응, 색차, 조단백질, 일반 및 무기성분, 아미노산, 비타민 C 등을 조사하였다.

(5) 동부나물 재배에 적합한 양액조건 구명

동부나물 재배에 적합한 재배수의 양액조건을 구명하고자 서원동부를 이용하였다. 동부나물 재배방법은 “고품질 동부나물 생산에 적합한 유전자원 선발”과 동일한 방법으로 하였다. 재배수의 양액 농도(EC)를 0, 0.3, 0.6, 0.9, 1.2, 1.5 dS/m로 하였다. 나물의 성장량, 성장반응, 색차, 조단백질, 일반 및 무기성분, 아미노산, 비타민 C 등을 조사하였다.

2. 동부 유전자원의 기능성 변이 연구

가. 발아 과정 중 성분 및 생리활성 변이 연구

(1) 주요 두과작물의 발아기간 중 생육특성 연구

선별된 동부(cv. 서원) 종자 200 g을 3% NaClO 용액으로 소독한 후 증류수로 세척하였고 세척한 것을 $24 \pm 1^\circ\text{C}$ 암실에서 15시간 증류수에 침지시킨 후, 콩나물 재배기(Miracle sprouter TM, KSP-1000, Seoul, Korea)에 치상하고 하루 4회 15분씩 증류수를 살포하여 7일간 재배하였다. 재배용액은 증류수 2 L로 매일 교환하였다. 7일간 재배하는 동안 파종 후 1, 3, 5, 7일 지난 새싹을 무작위로 30개씩을 채취하여 각 부위별로 길이와 무게를 측정하였다. 채취된 샘플은 건

종자, 침종종자, 1일, 3일, 5일, 7일 새싹을 시료로 이용하여 성분 및 생리활성 연구에 이용하였다. 기존의 나물로 개발된 콩나물과 숙주나물과 비교하기 위하여 녹두(cv. 어울) 및 콩(cv. 풍산) 종자를 대조구로 사용하였다.

선별된 동부(cv. 서원), 녹두(cv. 어울) 및 콩(cv. 풍산) 종자 200 g씩을 3% NaClO 용액으로 소독한 후 증류수로 세척하였고 세척한 것을 $24 \pm 1^\circ\text{C}$ 암실에서 15시간 증류수에 침지시킨 후, 콩나물 재배기(Miracle sprouter™, KSP-1000, Seoul, Korea)에 치상하고 하루 4회 15분씩 증류수를 살포하여 7일간 재배하였다. 재배용액은 증류수 2 L로 매일 교환하였다. 각 작물별로 7일간 재배한 새싹을 무작위로 30개씩을 채취하여 각 부위별로 길이와 무게를 측정하였다.

(2) 주요 두과작물의 성분 및 생리활성 변이 연구

(가) 동부, 녹두, 콩의 총 페놀 및 총 플라보노이드 함량

총 페놀 화합물 함량은 Folin-Denis 방법(Singleton과 Rossi, 1965)에 따라 분석하였다. 각 추출물을 1 mg mL^{-1} 농도로 조제한 후, 이 시료액 1 mL에 증류수 3 mL를 첨가하고, Folin & Ciocalteu's phenol reagent 1 mL를 첨가한 후 27°C Shaking bath에서 혼합하였다. 5분 후 NaCO_3 포화용액 1 mL를 넣어 혼합하여 실온에서 1시간 방치한 후 640 nm에서 분광광도계(UV-1650PC, SHIMADZU, Kyoto, Japan)로 흡광도를 측정하였다. 페놀 화합물 함량은 표준물질 chlorogenic acid의 농도를 이용하여 검량선을 작성한 후 정량하였다.

처리별로 수확한 동부의 메탄올 추출물을 HPLC용 메탄올을 이용하여 1 mg mL^{-1} 농도로 조제한 후 membrane filter($0.45 \mu\text{m}$)로 여과한 후 그 여액을 HPLC(Waters 2695, USA)에 주입하여 분석하였고, 분석조건은 다음과 같다. 분리된 페놀산은 표준 페놀산들의 retention time과 비교하였으며, 3-hydroxycinnamic acid, caffeic acid, chlorogenic acid, ferulic acid, gallic acid, gentistic acid, salicylic acid, syringic acid, *o*-coumaric acid, 및 *p*-coumaric acid 10종의 개별 페놀산 함량은 표준 페놀산의 peak 면적으로부터 표준 곡선을 작성하였다(Banwart 등, 1985).

총 플라보노이드 함량은 동결건조된 각 시료 0.1 g에 Lister 등(1994) 변법에 따라 75% 메탄올을 가하여 실온에서 하룻밤 동안 추출한 다음 이 검액 1.0 mL를 시험관에 취하고 10 mL의 diethylene glycol을 가하여 잘 혼합하였다. 다시 여기에 1 N NaOH 0.1 mL를 잘 혼합시켜 37°C 의 water bath에서 1시간 동안 반응시킨 후 420 nm에서 흡광도를 측정하였다. 공시험은 시료 용액 대신 50% 메탄올 용액을 동일하게 처리하였으며, 표준곡선은 naringin(Sigma Co., St. Louis, MO, USA)을 이용하여 표준 검량곡선을 작성하고 이로부터 총 플라보노이드 함량을 구하였다.

식물체에 함유하는 개별 플라보노이드류로서 naringin, quercetin dihydrate, rutin을 HPLC를 통해 측정하였다.

(나) 동부, 녹두, 콩의 항산화성

HPLC에 의해 DPPH(1,1-diphenyl-2-picryl hydrazyl radical) scavenging activity 검정 방법(Blois, 1958)으로서 분석대상이 DPPH 용액의 흡광도(500 - 550 nm)와 같은 영역에 있을 경우 HPLC를 이용하여 정량적 분석조건이 가능하다. 900 uL DPPH 용액(100 uM)과 시료용액 100

uL을 혼합한 후 암조건에서 10분 동안 반응시킨다. 900 uL DPPH 용액(100 uM)과 시료 추출물을 용해한 용액(100 uL)을 혼합하여 상기방법으로 측정하여 시료가 첨가되지 않은 DPPH용액의 용출 peak의 면적으로 한다.

각 시료로부터 메탄올 추출물의 아질산염 소거작용의 측정은 1 mM NaNO₂ 20 μl에 시료의 추출액 40 μl와 0.1N HCl(pH 1.2) 또는 0.2 M citrate buffer(pH 4.2) 또는 0.2 M citrate buffer(pH 6.0)을 140 μl 사용하여 부피를 200 μl로 맞추었다. 이 반응액을 37°C 항온수조에서 1시간 반응시킨 후 2% acetic acid 1,000 μl, Griess 시약(30% acetic acid로 조제한 1% sulfanilic acid와 1% naphthylamine을 1:1 비율로 혼합한 것, 사용직전에 조제) 80 μl를 가하여 잘 혼합시켜 빛을 차단한 상온에서 15분간 반응시킨 후 520 nm에서 흡광도를 측정하여 아래와 같이 아질산염 소거능을 구하였다(Gray와 Dugan, 1975).

$$N(\%) = 1 - (A - C) / B \times 100$$

N : Nitrite scavenging 활성(%)

A : 시료가 첨가된 반응용액 중의 1 mM NaNO₂의 용출 피크면적

B : 시료가 첨가되지 않은 1 NaNO₂의 용출 피크면적

C : 대조군의 용출 피크면적

(다) 동부, 녹두, 콩의 항산화효소 활성

주요한 항산화 효소로서 Ascorbate peroxidase(APX), Catalase(CAT), peroxidase(POX)와 Superoxide dismutase(SOD)의 효소활성을 측정하였다. 효소액 조제는 동결건조 시료 0.5 g에 2 mM EDTA, 1% PVP 40, 1 mM PMSF가 첨가된 100 mM potassium phosphate buffer(pH 7.5)에서 균질화하여 15.000 g로 20분간 원심분리한 다음 상층액을 항산화효소에 사용하였다. Ascorbate peroxidase(APX) 경우 extraction buffer에 위의 조성액 10 mM를 첨가하여 사용하였다. 단백질 정량은 BSA를 표준물질을 사용하여 Bradford(1976) 방법에 따라 측정하였다.

APX : Ascorbate peroxidase(APX) 활성은 Chen과 Asada(1989) 방법에 따라 ascorbate의 산화 정도를 290 nm에서 2분간의 흡광도 변화를 측정하였다. APX의 반응액은 0.5 mM ascorbate와 0.2 mM H₂O₂가 첨가된 100 mM potassium phosphate buffer(pH 7.5)로 하였다.

CAT : Catalase(CAT) 활성은 Mishra 등(1993)의 방법에 의해 측정하였으며, 반응액은 50 mM potassium phosphate buffer(pH 7.0)와 10 mM H₂O₂로 하였다. CAT 활성은 반응액에 추출액을 가한 다음 240 nm에 2분간의 흡광도 변화를 측정하였다.

POX : POX 활성은 Egley 등(1983)의 방법에 의해 측정하였으며 반응액은 최종농도가 40 mM K-PO₄ buffer(pH 6.9), 1.5 mM guaiacol, 6.5 mM H₂O₂가 되도록 만든다. POX 활성은 반응액에 sample을 혼합하여 spectrophotometer를 이용해서 470 nm에서 2분간 흡광도 변화를 측정하였다.

SOD : SOD 효소활성 검정은 분석용 Kit(Sigma사,19160)를 사용하여 측정하였다. 즉, SOD의 효소활성이 NBT(Nitroblue tetrazolium)의 환원을 저해하는 능력을 검정하는 photochemical NBT method를 사용하였다. 반응액은 50 mM carbonic buffer(pH 10.2), 0.1 mM EDTA, 0.1 mM Xanthine, 0.025 mM NBT로 하였으며, NBT 환원 저해율을 흡광도 450 nm에서 측정하였

다. 각 시료에 대하여 3회 반복으로 하였으며, SOD 효소활성은 다음의 계산식에 의해 환산하였다.

$$\text{SOD활성(NBT환원 저해율, \%)} = \left\{ \frac{(A_{\text{blank1}} - A_{\text{blank3}}) - (A_{\text{sample}} - A_{\text{blank2}})}{(A_{\text{blank1}} - A_{\text{blank3}})} \right\} \times 100$$

나. 동부나물의 성분 및 생리활성 변이 연구

(1) 동부나물의 성분 및 생리활성 변이 연구

(가) 발아일수별 동부의 무기물 함량

전질소는 풍건한 시료 5 g을 Kjeldahl flask에 취하고 황산염 혼합분말 5 g과 황산용액(Conc. H_2SO_4) 25 ml을 가한 다음 분해용 전기로에서 무색이 될 때까지 분해하여 Micro-Kjeldahl법으로 자동질소분석기(Gerhardt Autosampler Vapodest 50 carouse, Germany)를 이용하여 분석하였다.

유효인산(Av. P_2O_5)은 Lancast법으로 풍건한 시료 5 g에 침출액 20 ml을 넣고 10분간 진탕하여 시료 내 인산을 침출시킨 다음 No 2.여지로 여과하여 유도결합 플라즈마 분광광도계(Inductively couple plasma spectrometer(ICP), ICPE-9000, Simadzu, Japan)를 이용하여 분석하였다.

K, Ca, Mg는 풍건한 식물체 시료 5 g을 100 ml 삼각플라스크에 넣고 1 N- NH_4OAC 침출액 50 ml을 가하여 30분간 진탕(160 rpm/min)한 다음 No 2.여지로 여과하여 유도결합 플라즈마 분광광도계(ICPE-9000, Simadzu, Japan)를 이용하여 분석하였다(농업과학기술원, 2000).

(나) 동부나물의 숙취활성

- ① ADH(alcohol dehydrogenase) activity
- ② ALDH(aldehyde dehydrogenase) activity

(다) 동부나물의 향당노(a-glucosidase 저해활성) 활성

(3) LED 처리에 따른 동부의 성분 및 생리활성 변이 연구

(가) 차광별 광량조건 구명시험

광질에 따른 동부나물의 성분 및 생리활성 변이를 알아보려고 시험품종으로 Kim 등(1986)이 육성한 서원동부(13.15 g/100립)를 이용하였다. 동부나물 재배조건은 온도와 재배용수 조절이 가능하도록 제작된 나물재배기(향온기 상단에 재배용수의 온도와 공급시간 조절이 가능한 시스템 부착)를 이용하여 $27 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 압조건에서 재배용수를 시간당 12회(각 1분)씩 공급하였다.

(나) 광량(차광)별 광량조건 구명시험

광질별 광량에 따른 동부나물의 성분 및 생리활성 변이를 알아보려고 시험품종으로 Kim 등

(1986)이 육성한 서원동부(11.35 g/100립)를 이용하였다. 나물 재배조건은 온도와 재배용수 조절이 가능하도록 제작된 나물재배기(항온기 상단에 재배용수의 온도와 공급시간 조절이 가능한 시스템 부착)를 이용하여 27 ± 0.5°C 압조건에서 4일간 재배용수를 시간당 12회(각 1분)씩 공급하였다.

다. 재배수 조건에 따른 동부의 성분 및 생리활성 차이

(1) 침종시간에 따른 처리별 기능성 성분 및 생리활성 차이

게르마늄이 함유된 동부나물 생산기술을 개발하고자 서원동부(12.58 g/100립)를 이용하였다. 원료곡(서원동부)을 이용하여 침종방법을 구명하고자 1,000 ppm 게르마늄((주)캐러스 Ge⁺ Mineral) 용액을 공기를 계속 주입하고 1시간 간격으로 용액을 교환하면서 0, 2, 4시간 침종하고 재배하였다. 셀레늄과 칼슘은 (주)대유 DaeyuSelenium 제품으로 사용하였고, 처리방법은 게르마늄과 같은 방법으로 수행하였다.

(2) 재배수 농도에 따른 처리별 기능성 성분 및 생리활성 차이

게르마늄이 함유된 동부나물 생산기술을 개발하고자 서원동부(12.58 g/100립)를 이용하였다. 재배용수 조건을 구명하고자 게르마늄과 셀레늄은 0, 0.5, 4, 16 ppm인 용액을, 칼슘 0, 100, 400 ppm인 용액을 각각 재배수로 이용하였다.

(3) 양액처리 동부의 농도에 따른 기능성 성분 및 생리활성 차이

동부나물 재배에 적합한 재배수의 양액조건을 구명하고자 서원동부(12.58 g/100립)를 이용하였다. 양액 조성을 이용하여 동부나물 재배수의 농도(EC)를 0, 0.6, 1.5 dS/m로 하였다.

라. 동부의 생육기에 따른 식물체 부위별 성분 및 생리활성 차이

(1) 영양생장기 동부 부위별 기능성 성분 및 생리활성 차이

- ① 생육시기별 : 초생기, 3엽기, 5엽기, 7엽기
- ② 부위별 : 잎, 가지, 뿌리

(2) 생식생장기 동부 부위별 기능성 성분 및 생리활성 차이

- ① 생육시기별 : 개화기, 수확기(성숙기)
- ② 부위별 : 잎, 가지, 뿌리, 꽃(종실)

마. 주요 동부 계통별 종실 및 나물의 성분 및 생리활성 차이

나물 생산에 적합한 자원을 선발하고자 서원동부, IT104373, IT145383, IT154149, IT145387, IT145373, IT154153, IT145384, IT145391, Tvu1042-3, Tvu7426, Tvu7778 등 12자원을 이용하였

다. 나물 재배조건은 온도와 재배용수 조절이 가능하도록 제작된 나물재배기(항온기 상단에 재배용수의 온도와 공급시간 조절이 가능한 시스템 부착)를 이용하여 $27 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 압조건에서 4일간 재배용수를 시간당 12회(각 1분)씩 공급하였다.

3. 동부 가공기술 및 제품화 기술개발

가. 동부나물 (새싹채소)의 제품화 기술개발

(1) 입지별 품질 및 성분 변화

- 산업화 조건 규명 : 대량 생산을 위한 재배 입지의 변화에 따른 품질 및 유효성분의 변화를 평가하여 산업화를 위한 재배 조건을 규명한다.
- 기능성 강화 재배법 적용 가능성 모색 : LED 및 저온 처리 등을 통한 재배법으로 유효 성분 및 기능성의 강화 가능성을 모색한다.
- 유효성분 및 기능성 평가 : 재배 입지별 비타민, 폴리페놀 등의 유효성분의 함량과 항산화, 항암활성 등의 기능성 평가

(2) 동부나물의 규격화 기술개발(나물채소)

- 저장 조건 : 가공한 원료의 저장 온도와 기간에 따른 기능성 성분 함유량의 손실 최소화 방법 구명하기 위해 기능성 성분의 변화, 향기, 맛, 색깔, 수분함량을 조사하여 기능성 성분의 변화 및 상품적 손실이 적은 조건을 구명한다.
- 포장 방법 : 포장방법에 따른 기능성 성분의 변화, 향기, 맛, 색깔, 수분함량을 조사함으로써 최적 포장방법을 개발한다.

나. 동부 영양생장기 부위별의 가공 제품개발

(1) 식물체 부위별 가공기술

- 건조 전처리: 무처리, 열탕처리(대조구, 100°C 끓은 물에 1, 3, 5분간 침지), 증열(1, 3, 5분간 찜)에 따른 건조 후 향기, 맛, 색깔, 유연성 등을 조사한다.
- 건조방법 : 자연건조(양건, 음건), 열풍건조(드라이오븐), 동결건조(-40°C)에 따른 향기, 맛, 색깔, 수분함량 및 기능성 등을 조사한다.
- 가공용 제품 개발 : 상기 가공 방법으로 처리된 잎, 녹엽 등의 영양 부위를 활용하여 죽, 샐러드 등 다양한 제품의 개발에 활용한다.

(2) 샐러드 및 가공제품 개발

- 저장 조건 : 가공한 원료의 저장 온도와 기간에 따른 기능성 성분 함유량의 손실 최소화

방법 구명하기 위해 기능성 성분의 변화, 향기, 맛, 색깔, 수분함량을 조사하여 기능성 성분의 변화 및 상품적 손실이 적은 조건을 구명한다.

- 셀러드 및 가공제품 개발 : 녹협과 어린순을 이용한 셀러드, 캔용 가공 셀러드제품 개발 및 적정 영양생장 부위를 다양한 가공식품에 첨가할 수 있는 식품 첨가 소재로 개발한다.
- 포장 방법 : 포장방법에 따른 기능성 성분의 변화, 향기, 맛, 색깔, 수분함량을 조사함으로써 최적 포장방법을 개발한다.

다. 동부종자 전분이용 제품화 기술개발

(1) 전분이용 기능성 죽 제품개발

- 건조 전처리: 무처리, 열탕처리(대조구, 100℃끓은 물에 1, 3, 5분간 침지), 증열처리(1, 3, 5분간 찜)에 따른 건조 후 향기, 맛, 색깔, 유연성 등을 조사한다.
- 건조방법 : 자연건조(양건, 음건), 열풍건조(드라이오븐), 동결건조(-40℃)에 따른 향기, 맛, 색깔, 수분함량 및 기능성 등을 조사한다.
- 첨가량 결정 : 상기 방법으로 가공된 완숙 종실과 가공용 잎, 녹협 등을 적정 비율로 혼합하여 건강 식이용 죽을 개발한다.
- 포장방법 : 개발된 죽을 소비자의 이용이 편리하도록 즉석죽 형태 등의 단일 포장방법을 개발한다.

(2) 동부를 이용한 건강 음료 제품의 개발

- 건조 전처리: 무처리, 열탕처리(대조구, 100℃끓은 물에 1, 3, 5분간 침지), 증열처리(1, 3, 5분간 찜)에 따른 건조 후 향기, 맛, 색깔, 유연성 등을 조사한다.
- 건조방법 : 자연건조(양건, 음건), 열풍건조(드라이오븐), 동결건조(-40℃)에 따른 향기, 맛, 색깔, 수분함량 및 기능성 등을 조사한다.
- 첨가량 결정 : 가공된 종실과 가공용 잎, 녹협 등을 적정 비율로 혼합하여 추출한다.
- 추출조건 확립: 혼합된 원료를 추출시간 및 추출온도조건에 따른 유효성분 및 기능성의 변화와 맛, 향, 색 등을 평가하여 최적의 조건을 확립한다.

(3) 개발된 가공식품의 관능 및 기호도 조사

- 개발된 제품에 대한 관능검사는 훈련된 패널요원 10명을 대상으로 9점 평정법으로 3회 실시한다.
- 개발된 제품에 대한 기호도는 다양한 연령층을 대상으로 5점 평정법으로 조사한다.
- 개발된 제품에 대한 관능검사 및 기호도 연구를 통한 제품의 품질평가로 관능, 기호도, 상품성이 높은 제품을 개발한다.

제 2 장 국내·외 기술개발 현황

제1절 국내·외 관련분야 기술개발 현황

1. 국내·외 연구개발 현황

가. 동부의 주요 성분

동부(*Vigna unguiculata* L. Walp.)의 주성분은 당질이고 단백질 함량도 많은 편이며 비타민 B도 풍부하여 완숙한 종실은 혼반용 이외에 고물, 조미료의 원료, 죽, 커피 대용 원료 등으로 이용이 가능하고 녹협은 채소로도 이용되고 있다. 조(1990)는 동부에는 단백질 23.9%, 탄수화물 55%, 지질 2%이며, 100g 속에는 칼슘 75mg, 인 400mg, 철 5.6mg, 칼륨 1400mg, 비타민 B₁0.5mg, 비타민 B₂0.1mg, 니코틴산 2.5mg이 함유되어 있다고 보고하였다. 동부 종자는 단백질과 다양한 페놀 화합물, protocatechuic acid, *p*-hydroxy benzoic acid, caffeic acid, *p*-coumaric acid, ferulic acid, cinnamic acid를 함유하고 있으며(Cai *et al.*,2003),동부종자와 분리된 단백질은 plasma 총 콜레스테롤과 HDL 콜레스테롤 함량을 유의적으로 감소되었다고 보고(Frota *et al.*,2008)한 바 있다. 또한, Siddhuraju and Becker(2007)는 두 품종의 종자 추출물에서 항산화성과 자유라디칼 소거능을 다양한 방법으로 확인 바 있고 Gutiérrez-Urbe *et al.*(2011)은 동부 전체 종자, 종피 및 자엽을 부위별 추출물로부터 총 페놀 함량과 MCF-7 암세포주에 대한 항암활성을 비교한 바 있다. 동부의 주성분은 당질이고 단백질함량도 많은 편이며 비타민 B도 풍부하다. 완숙한 종실은 혼반용 외에 떡고물, 조미료의 원료, 죽, 커피대용원료 등으로 이용하고, 녹협은 채소로 많이 이용하며, 또한 사료 및 녹비로도 이용된다(농촌진흥청 국립식량과학원). 동부의 성분에 대해 LC-ESI/MS를 이용하여 동부로부터 6개의 anthocyanin (Delphinidin-3-O-glucoside, Cyanidin-3-O-galactoside, Cyanidin -3-O-glucoside, Petunidin-3-O-glucoside, Peonidin-3-O-glucoside, Malvidin-3-O -glucoside)과 4개의 flavonol 또는 flavonol glycoside (Quercetin-3 -O-glucoside, kaempferol-3-O-glucoside, Quercetin-3 -O-6"-acetylglucoside, Quercetin)를 동정한 연구결과가 있다 (Chang 등, 2004).

나. 동부의 주요 기능성

동부종자로부터 분리한 단백질은 plasma 총 콜레스테롤과 HDL 콜레스테롤 함량을 유의적으로 감소시켰음을 보고한 바 있다(Cai 등, 2003). 또한, Siddhuraju & Becker(2007)는 두 품종의 종자 추출물에서 항산화성과 자유라디칼 소거능을 다양한 방법으로 항산화성을 확인한 바 있고 Gutiérrez-Urbe 등(2011)은 동부 전체 종자, 종피 및 자엽의 부위별 추출물로부터 총 페놀 함량과 MCF-7 암세포주에 대한 항암활성을 비교한 바 있고 Oh 등(2003)은 콩나물의 사포닌 함량 분석 연구에서 자엽에서 4.19mg/g인데 비해 줄기와 뿌리가 각각 7.46과 7.45mg/g으로 거의 2배정도 높은 함량을 보였음을 보고하였다. 하지만 동부 종자 또는 새싹에 대한 부위별 생장, 품질 및 생리활성에 관한 연구는 아직 미미한 실정에 있다.

항산화효소는 식물에 유해한 활성산소를 소거하는 작용이 있으며, 그 활성의 증가는 온도 변화나 영양소 부족, 수분 스트레스, 오존에의 노출 등과 같은 환경스트레스에 대한 식물의 내성을 증가시키는 것으로 알려져 있고, 식물종에 따라서도 그 정도가 다양한 것으로 보고되어 있다(Kang 등, 1999; Chung 등, 1999). 과산화적 스트레스에 대한 적응과정 중에는 유해한 활성산소를 소거하기 위해 ascorbate peroxidase(APX), guaiacol peroxidase(GPX) 및 catalase(CAT) 등의 항산화 효소의 활성이 증가하는 것으로 알려져 있다(Blume & McClure, 1980; Nakano and Asada, 1981). 식물은 또한 활성 산소종에 대한 방어 기작으로 복합 항산화 시스템을 가지고 있는데, 특히 항산화 효소의 발현은 중요한 역할을 한다(Davies, 1995). 항산화 효소 중에서 superoxide dismutase(SOD)는 환원 산소종을 과산화수소와 산소를 전환시키는 반응을 촉매하는 효소로서 효소 분자에 들어있는 금속 조효소의 종류에 따라 Cu/Zn-SOD, Mn-SOD 및 Fe-SOD로 구분된다(Bowler 등, 1992). SOD에 의해서 유기된 과산화수소는 peroxidase(POD)나 catalase(CAT)에 의해서 물 분자와 산소 분자로 분해됨으로써 과다한 활성 산소종에 의한 피해를 감소시키는 것으로 알려져 있다(Anderson 등, 1995).

다. 두과작물의 발아의 생화학적 메카니즘

발아과정은 복잡한 생화학적 메커니즘을 밝히는 좋은 수단으로 식물생화학자들에 의해 연구되어 왔으며 최근에는 종자를 발아시키면 화학성분의 변화와 함께 영양적 가치도 변한다는 점을 이용하여 식품의 영양적 가치를 증대시키려는 노력이 성행되고 있다(Wang과 Field, 1978). 발아과정은 먼저 수분이 흡수되면서 종피가 부풀어 수분과 가스의 투과가 용이해지고 이에 따라 종자내의 효소들이 활성화되어 자엽에 있는 영양성분들이 분해되고 성장점으로 이동하여 발아에 필요한 새로운 물질을 합성하는 과정을 말하며(Tao와 Khan, 1976.) 이 과정에 의해 곡류나 두류의 영양적 저해인자는 감소된다고 한다. 특히 대두에서는 trypsin inhibitor의 활성을 저해하고 phytic acid를 감소시켜 무기질 이용성을 증가시킨다고 한다(Suaaex 등, 1975; 김 등, 1984). 주로 분해적인 대사는 자엽에서 일어나고 배축에서는 합성적인 대사가 일어나며 대두를 발아시킨 콩나물에서도 이와 같은 대사적 변화가 많은 실험에서 관찰되었으며 특히 발아시 비타민 B₁, B₂, C, carotene, retinol 함량과 조섬유소 함량이 증가함을 보여 주었다(Hofsten, 1979; Chen 등, 1975.).

식품으로서 콩나물에 관한 연구는 주로 우리나라에서 비교적 많이 이루어졌다. 즉, 콩나물이 성장할 때 ascorbic acid, riboflavin, thiamin 등 비타민의 생성 및 변화(이 등, 1957), 단백질 및 유리 아미노산의 변화(배와 유, 1967), 지방질의 변화(신, 1974.), 구성당류(이 등, 1959.) 및 nucleotide당의 변화(김과 신, 1966.) 등에 대한 연구가 있다. 또 X-선 조사가 콩나물 성장시 산화적 인화적 및 조직흡수에 미치는 영향(이 등, 1965.), flavin화합물의 변화(이 등, 1960), glyoxylic 회로에 미치는 영향(김 등, 1966.) 및 핵산대사에 미치는 영향(이 등, 1966.)에 대한 보고가 있다. 그리고 콩나물 중의 비타민C의 생합성은 광선(Takashi, 1981), 영양물질(장과 윤, 1962.), gibberellic acid(GA₃), 2,4-dichloro phenoxyaceic acid (2,4-D), 1-naphthleneacetic acid(NAA) 등 식물 성장호르몬(김, 1981)에 의하여 조절된다는 것이 보고되고 있다. 이 중에서 성장호르몬에 의한 식물체 성분의 생합성 조절이 호르몬의 종류와 그 농도 및 식물체의 종류에 따라서 잘 이루어 질 수 있을 뿐만 아니라 성장과 성분을 함께 조절할 수 있다는 점에서 가장 실용적인 것으로 보고(김, 1982.)되고 있다.

라. 콩나물 Peroxidase의 효소적 특성

식품의 변색이나 향미손상을 일으키는 효소로는 peroxidase, lipase, lipoxygenase, protease 등이 있는데(Williams 등, 1986) 특히 peroxidase(E.C. 1.11.1.7)는 식물체에 널리 분포하여 과일이나 야채의 가공시에 효소적 갈변을 일으키는 효소이며, 이런 갈변에 관여하는 효소로는 주로 polyphenol oxidase나 tyrosinase 등이 있다(Stutle, 1989). 또한 peroxidase는 내열성이 강한 효소로서 열안정성이나 재활성화에 관한 많은 보고가 있으며(Lopez와 Burgos 1995; Lee 등, 1999) 한국산 무(*Raphanus sativus*)에서 활성이 매우 높아 그 효소적 특성이 밝혀져 있다(Yoo와 Kim, 1988). 이 외에도 Japanese radish(Morita 등, 1961), Jerusalem artichoke(Yoon 등, 1993), soybean(Sessa와 Anderson, 1981), potato tuber(Kahn 등, 1983.), tobacco(Pang 등, 1989.), peanut(Hu와 Huystee, 1989.) 등에서의 peroxidase를 추출, 정제하여 그 생화학적인 특성이나 산업적 이용에 대한 가치 등이 보고된 바가 있다. 또한 peroxidase는 superoxide dismutase, catalase, glucose oxidase, polygalacturonase, cellulase 등의 활성과도 밀접한 관계가 있고(Halliwell, B. 1977) indoleacetic acid 산화나(Smith 등, 1982) lignification(Chibbar와 Huystee, 1984.), phenol성 화합물의 산화(Halliwell, B. and J. de Rycker. 1978.), 엽록체의 분해(Matile 등, 1987.), 과일의 숙성(Abeles 등, 1988.) 등에도 관여하며 최근에는 분자적인 구조를 밝혀 isoperoxidase나 active site에 관한 많은 연구가 활발히 진행되고 있다(Aibara 등, 1982; Khan과 Robinson, 1993; Welinder, 1985.).

2. 국내·외 제품개발 현황

가. 국내 제품개발 현황

○ 시판 중인 주요 국내 새싹채소(<http://kin.naver.com/qna>)



무 새싹



적색무 새싹



브로콜리 새싹



완두콩 새싹



메밀 싹



해바라기 싹

○ 시판 중인 곡류 죽



자죽 (호선죽집)



녹두죽 (www.delicook.com/cooking)



팥죽(둥지죽) (www.delicook.com/cooking)



태광식품



호박죽(kr.blog.yahoo.com/piketow/731691.html)



울무죽(woman.donga.com/docs/magazine)

○ 시판 중인 두류 음료



동아오츠카



해태



정식품



매일유업



서울우유



남양유업

나. 국외 제품개발 현황

○ 시판 중인 주요 국외 새싹채소



Mungbean (USA)
(www.sproutpeople.com)

Wheat (USA)
(www.sproutpeople.com)



Radish (USA)
(www.sproutpeople.com)












French Garden (USA)
(www.sproutpeople.com)













Seeds, sprouting and juicers (USA)
(www.whiteflowerfarm.com)

Sprouting seeds (USA)
(www.whiteflowerfarm.com)

○ 시판 중인 주요 국외 축제품류

	<p><u>Health Valley Fat-Free Black B...</u></p> <p>Black Bean Vegetable Soup is made with the finest organic beans, veget ... more</p>		<p>\$3.79 \$2.47</p> <p>go to store</p>
	<p><u>Dr. McDougall's Black Bean and...</u></p> <p>Certified Vegan Dr. McDougall's Right Foods are always natural, Heart ... more</p>		<p>\$6.57 \$4.45</p> <p>go to store</p>
	<p><u>Tuscan White Bean Soup Starter</u></p> <p>In Tuscan kitchens it was once customary to keep a pot of bean soup si ... more</p>	WILLIAMS-SONOMA	<p>\$16.95</p> <p>go to store</p>
	<p><u>Bobs Red Mill 13 Bean Soup Mix...</u></p> <p>... more</p>		<p>\$22.76</p> <p>go to store</p>
	<p><u>Arrowhead Mills Organic 7 Bean...</u></p> <p>... more</p>		<p>\$81.37</p> <p>go to store</p>
	<p><u>Navy Beans, Organic 15 oz Can ...</u></p> <p>Navy Beans, Organic 15 oz Can - 100% USA family farmed, organically gr ... more</p>	Swanson Health Products 	<p>\$1.99 \$1.76</p> <p>go to store</p>

○ 시판 중인 국외 두류 음료

	<p><u>Orgain, INC. Orgain Ready To D...</u></p> <p>Orgain Ready To Drink Sweet Vanilla Bean - 12 Drinks ... more</p>		<p>\$33.99</p> <p>go to store</p>
	<p><u>Orgain Meal Replacement Drink ...</u></p> <p>A convenient, organic meal replacement drink that contains whey protei ... more</p>	Dr. David Williams	<p>\$94.98</p> <p>go to store</p>
	<p><u>MetaboLife Slender Satisfactio...</u></p> <p>MetaboLife Slender Satisfaction Shake - Vanilla Bean 0.81 lbs Pwdr - M ... more</p>	SWANSON Health Products 	<p>\$24.99 \$18.67</p> <p>go to store</p>
	<p><u>Orgain Meal Replacement Drink ...</u></p> <p>This meal replacement drink gives you a tremendous amount of nutrition ... more</p>	Dr. Lark	<p>\$94.98</p> <p>go to store</p>
	<p><u>Nutribiotic - ProZone Nutritio...</u></p> <p>Nutribiotic - ProZone Nutritionally Balanced Drink Mix Vanilla Bean - more</p>	LuckyVitamin.com 	<p>\$21.99 \$15.37</p> <p>go to store</p>
	<p><u>Orgain Ready to Drink High Pro...</u></p> <p>Contains the equivalent of 10 servings of fruits and vegetables. 24 Vi ... more</p>		<p>\$3.59 \$3.23</p> <p>go to store</p>

3. 국내외 관련 시장 동향 제품 및 시장 분석

가. 국내 제품 및 시장 분석

(1) 생산 및 시장현황

(가) 국내 제품생산 및 시장 현황(한국농촌경제연구원, 2006)

최근 새싹·쌈채소는 웰빙식품으로 소비가 증가하고 있다. 특히 미국·유럽·호주에서는 채소매장에서 많은 부문을 차지하고 있으나, 일본은 식문화가 우리나라와 달라 야채시장에서 큰 부문을 차지하고 있지는 않지만 점점 증가하고 있는 추세에 있다.

표. 새싹채소 재배면적 추정

(단위: ha, %)

	2002	2003	2004	2005	비중(2005)
무순	10.5	13.4	15.6	19.9	30.7
순무	10.2	13.0	15.2	19.4	29.9
알팔파	3.5	4.5	5.3	6.7	10.4
샐러드	1.9	2.4	2.8	3.6	5.6
로메인	1.6	2.1	2.4	3.1	4.8
상추	1.5	2.0	2.3	2.9	4.5
겨자쌈	1.0	1.3	1.5	1.9	2.9
치커리	0.8	1.0	1.2	1.6	2.4
적근대	0.6	0.8	0.9	1.2	1.9
유채쌈	0.5	0.6	0.7	0.9	1.3
브로콜리	0.4	0.5	0.5	0.7	1.1
청경채	0.4	0.5	0.5	0.7	1.1
기타	1.1	1.4	1.6	2.1	3.2
계	34.0	43.5	50.7	64.7	100.0

주: 새싹채소 재배면적은 새싹채소 농가 조사와 하나로 클럽 거래 자료를 이용하여 추정하였으며, 가정에서 자가소비용으로 재배하고 있는 면적은 제외된 것임.

국내 채소 생산액은 2000년에는 6조 7천억에서 2005년에 6조 9천억원으로 2000년 이후 연평균 0.5% 증가하고 있다. 그러나 동기간 중에 새싹채소는 연평균 24%, 쌈채소는 연평균 5% 높은 증가세를 보이고 있다.

그럼에도 불구하고 우리나라에서 새싹채소와 쌈채소에 대한 생산, 유통, 소비, 종자에 대한 연구가 거의 없으며, 이들 채소에 대한 정부정책도 미미한 실정이다. 따라서 새싹채소와 쌈채소가 지속적으로 발전하기 위해서는 생산, 유통, 소비, 종자에 대한 기초연구가 필요하다.

새싹채소 소비는 웰빙 영향으로 증가하고 있으며, 소비자가 고품질·안전 농산물을 원하고 있

어 전부 친환경 농법으로 재배하고 있다. 새싹채소는 약품 처리되지 않은 종자를 이용하여 짝을 띄우고, 짝이 뜬지 1주일 이내에 수확하는 것으로 농약과 비료를 사용하지 않아 100% 친환경으로 재배가 가능하다.

우리나라 채소종자(대목용 제외)의 시장규모는 1,500억원 내외로 파악되고 있는데 이 중 새싹채소 종자는 전체 채소종자 시장의 2%로 추정되고 있고, 싹채소 종자는 엽채류 종자의 약 30%로 추정된다.

이를 근거로 한 새싹·싹채소 종자의 시장규모는 연간 100억원을 약간 상회하여 전체 채소종자 시장의 7% 내외를 차지하고 있고, 새싹채소 종자가 30억원 내외, 싹채소 종자가 70억원 내외로 추정된다.

표. 새싹·싹채소 종자의 시장규모 추정

(단위: 백만원(%))

		2001	2002	2003	2004	2005	비고
채소종자전체		155,463 (100)	148,714 (100)	146,941 (100)	153,946 (100)	156,396 (100)	
엽채류		24,583 (15.8)	23,990 (16.1)	25,465 (17.3)	24,251 (15.8)	22,987 (14.7)	
기능성	새싹	3,109	2,974	2,939	3,079	3,128	전체 매출액의 2%
	싹	7,375	7,197	7,640	7,275	6,896	엽채류 매출액의 30%
	계	10,484 (6.7)	10,171 (6.8)	10,579 (7.2)	10,354 (6.7)	10,024 (6.4)	

주1: 채소종자 전체매출액에는 대목용 매출액은 제외되어 있음.

주2: ()내는 해당년도 채소종자전체에 대한 비율임.

자료: 한국종자협회 채소종자 매출액자료를 이용하여 작성함.

새싹채소 종자는 수출이 이루어지지 않고 있으며, 오히려 수입에 크게 의존하고 있다. 새싹채소 종자의 수입실적은 파악되지 않고 있으나 현장 조사결과 유통량의 60~90%가 수입되고 있다고 추정하고 있다.

표. 새싹채소 종자의 국내산과 수입산 비중(A사 사례)

(단위: %)

	2005	2006. 7월 현재
국내산	35.7	31.3
수입산	64.3	68.7
계	100	100

주: 국내산에는 A회사의 자사품종으로 해외채종도 포함되어 있음.

나. 국외 제품생산 및 시장 현황

- 새싹채소 종자의 주 수입품목은 브로콜리, 적양배추 등 10여 종에 이르며 주 수입국은 미국, 이탈리아 등이다.
- 미국에서 주로 수입되는 새싹채소 종자는 브로콜리, 클로버, 무 등이고, 이탈리아에서 수입되는 종자는 적양배추, 적무, 알팔파, 월동춘채, 적콜라비 등이며, 무 종자는 뉴질랜드에서도 수입되고 있다.

표. 주요 수입 새싹채소 종자와 주 수입국

브로콜리	적양배추	적무	클로버	알팔파	월동춘채	무	적콜라비
미국	이탈리아	이탈리아	미국	이탈리아	이탈리아	미국, 뉴질랜드	이탈리아

자료: A종자회사

- 미국의 차 시장은 Hot, Iced and RTD(ready-to-drink) Tea의 3가지로 분류되며, 2001년 차의 미국내 판매량은 24억5,100만 달러로 1996년의 17억8,200만 달러에 비해 38% 증가하였으며, 2000년의 23억6,800만 달러에 비해 3.5% 증가한 것으로 나타나고 있다. 미국은 차 문화가 발달한 나라는 아니지만, 온차와 냉차 시장은 동 기간 동안 37.4% 증가한 것으로 나타나고 있다. 냉차 특히 RTD 냉차가 계속해서 인기를 얻고 있으며, 차 시장에서 가장 큰 판매 증대를 기록한 것으로 나타났다. 반면 loose tea(차 잎으로 판매)와 티백의 판매는 아직 확실한 기반을 얻지 못하고 있으며, 커피 시장에서 뜨거운 커피의 시장점유율이 점점 하락하고 있는 것과 마찬가지로 온차(hot tea)의 판매율도 점점 하락하고 있다. 그러나 점점 많은 성인 인구가 건강을 의식하여 건강에 도움이 되는 음료를 선호하게 되면서 허브 차와 블랙 차 및 녹차의 소비를 부추길 것으로 예상하고 있다.
- 영국의 차는 여러 가지 다양한 종류의 과일 및 허브 차의 도전으로 그 시장이 점차 축소되고 있다. 2002년에 약 6억 6천만 파운드에서 2004년에는 6억2천3백만 파운드로 감소하였고 2009년까지 9% 더 축소되어 그 시장이 6억 파운드까지 내려갈 것으로 전망하고 있다. 하지만 프리미엄급 차는 2002~2004년까지 50% 성장하여 1억 파운드 이상의 시장이 되었으며 과일 및 허브 차 또한 동기간에 약 30% 시장성장을 보여 약 6천4백만 파운드에 이르고 있다. 이러한 프리미엄급 차와 과일 및 허브 차시장의 성장은 소비자의 고급제품 구매경향과 더불어 웰빙 붐으로 인한 건강위주로 바뀐 생활스타일의 변화에서 그 동인을 찾아 볼 수 있다. 특히 녹차나 카페인 함유량이 낮은 차들이 웰빙제품이라고 소비자들에게 널리 인식되어 있어 비교적 높은 가격에도 불구하고 꾸준히 시장이 성장하고 있다.
- 이탈리아는 최근 웰빙에 대한 관심의 증가로 과일, 허브차와 특히 녹차에 대한 수요는 크게 증가하여 2005년도 판매량 기준 전년대비 4% 성장하는 등 최근 5년간 건설한 성장세를 유지해오고 있는데, 이는 소비자들의 건강에 대한 관심과 다양한 효능에 대한 지식이 증가했기 때문으로 분석된다. 특히 녹차의 경우 항산화작용이 알려지면서 이탈리아 소비자들로부터 큰 인기를 얻고 있는데 2005년도 판매량 기준 전년대비 15% 성장했다.
- 한편, 죽제품 시장은 우리나라와 스프 정도 수준에서 산업화되어 있는 실정이다.

제2절 연구결과가 국내외 기술개발에서 차지하는 위치

1. 고품질 동부나물 생산체계 확립

- 고품질 동부나물의 생산을 위해 종자의 처리기술 및 온도와 관수조건 및 광조건 등의 최적 환경조건 구명
- 동부나물의 경쟁력 향상을 위한 기능성 강화 재배기술을 개발로 표준화
- 동부나물의 대중화를 위해 대면적 생력재배가 가능한 유전자원 선발
- 고품질 동부나물 생산 재배조건 구명과 대중화와 업체 또는 농가기술이전
- 기능성 강화 및 품질 동부나물 생산에 적합한 유전자원 선발

2. 동부 유전자원의 기능성 변이 연구

- 동부나물의 발아과정 중 유효성분의 변화 및 생리활성을 검토
- 동부나물의 유효성분과 생리활성을 일반적으로 많이 이용되는 콩나물이나 녹두나물과 비교하는 동부나물의 생리활성
- 동부 고소득화를 위해 동부 식물체의 부위별로 유효성분 및 생리활성을 검정
- 생육시기별로 유효성분과 생리활성 비교/분석하여 이용가능 부위와 시기 구명
- 수확된 종실의 품종별 유효성분의 함량과 생리활성의 차이를 분석하여 최적의 품종을 구명하여 원료 표준화의 자료를 확보
- 발아생리 생화학적 메카니즘에 기인한 동부 유전자원의 발아 과정 중과 나물의 성분 및 생리활성 비교 분석
- 노지 재배과정 품종 및 식물체 부위별의 성분 및 생리활성 시험을 통한 식품소재 응용 기술

3. 동부 가공기술 및 제품화 기술개발

- 제품화를 위해 대량생산 재배입지별 품질 및 유효성분의 변화 평가
- 기능성 강화를 위한 유효성분과 생리활성의 강화재배법의 가능성 모색
- 동부나물의 상품성 향상을 위한 저장조건 및 포장 방법의 변화에 따른 유효성분의 함량과 생리활성의 변화를 평가하여 규격화된 동부나물 개발
- 영양생장기의 동부 식물체의 각 부위별로 가공 처리하여 식품 소재로 개발하고 각종 식품의 첨가물로 이용
- 다양한 가공기술을 개발하고 종실과 부산물을 가공하여 소비자가 쉽게 이용할 수 있는 즉석죽과 건강 음료 제품을 개발
- 동부나물의 제품화 및 규격화 기술개발과 함께 나물채소 개발로 상품화 응용
- 동부 전분이용 기능성 음료 및 죽 제품개발로 특화 소득자원 개발

제 3 장 연구개발 수행 내용 및 결과

제1절 고품질 동부나물 생산체계 확립

1. 서언

동부(*Vigna unguiculata* L.)를 발아시킨 동부나물은 우리나라에서 이용사례가 거의 없는 식품인 반면, 두류를 이용한 콩나물과 녹두나물은 고유의 전통식품으로 오랜 기간 이용되어 왔다. 일반적으로 종자의 발아과정에서 trypsin inhibitor의 활성을 저해하고 phytic acid를 감소시켜 무기물의 이용성이 증대된다고 알려져 있고(Kim *et al.*, 1984; Suaaex *et al.*, 1975), 특히, 콩나물은 칼슘, 칼륨 등 무기질과 hiamin, riboflavin, niacin 등의 수용성 비타민 B 및 식이섬유 함량, 녹두나물은 retinol equivalent, retinol, β -carotene 등의 비타민 A류 및 비타민 C 함량이 원료곡인 콩이나 녹두에 비해 증가한다고 보고되었다(Rural Development Administration, 2011). 나물 생산을 위한 원료곡 전처리에 관한 연구로 녹두나물은 침종 후 aeration 기간과 온도에 따른 성장 변화(Kang *et al.*, 2004b), BA 용액 처리 농도와 기간이 세균발생, 배축 길이와 두께, 생산량 등에 미치는 영향(Kang *et al.*, 2004a, 2004c) 등이 보고되었다. 콩나물은 침종 온도와 기간 그리고 조건에 따른 흡수와 발아 및 생육정도(Bae *et al.*, 2002a, 2002b; Yoshida and Kajimoto, 1978), 침지온도와 시간이 고형물 용출속도에 미치는 영향(Lee *et al.*, 1986), 수침과정에서 지질성분의 변화(Oh *et al.*, 1992; Sinhg *et al.*, 1968), 침지조건 개선을 통한 부패에 미치는 미생물 억제(Choi *et al.*, 2000) 등 전처리 기술이 검토되었다. 한편 종피가 두꺼운 작두콩은 종피에 상처를 주면 흡수와 발아가 촉진되고(Doo *et al.*, 2001), 가시박은 순차적인 노화, 저온층적, 적색광 건조 처리에서 발아율이 향상된다는 보고(Kang *et al.*, 2003) 등 발아촉진에 관한 연구가 여러 작물에서 진행되었다. 동부는 녹두와 같이 *Vigna*속에 포함되고 생태반응이 매우 유사한 작물로 나물을 길렀을 때 식감이 강한 콩나물과 약한 녹두나물의 중간으로 약간 부스러워 다양한 소비층에서 선호하는 수준이며 자엽의 식감 또한 우수하여 새로운 식품으로 발전이 가능하다고 판단된다. 그러나 대부분 떡고물이나 떡소 등에 이용되어 동부나물 생산을 위한 원료곡 전처리 방법, 재배적온 등 기본적인 재배기술이 정립되지 않았다. 최근에 발아기간에 따른 페놀화합물 함량이 원료곡에서 가장 많았고 발아일수가 경과할수록 감소하였으며, DPPH 라디칼 소거능, APX와 CAT 및 POX 효소활성 또한 유사하게 감소하고(Chon, 2013), 열수에 8시간 침지처리가 갓끈동부 발아촉진에 좋다는 보고(Kim *et al.*, 2009) 외 나물생산에 관한 연구는 거의 없는 실정이다. 따라서 본 연구는 원료곡인 동부의 침종, 포화, 노화 등 전처리 방법, 재배온도, 광질조건, 기능성 물질 처리에 따른 동부나물의 생산량과 품질, 게르마늄과 셀레늄 함량 등에 미치는 영향 구명 및 나물생산에 적합한 유전자원 선발 등 동부나물 상품화를 위한 고품질 생산체계 확립에 적용하고자 수행하였다.

2. 재료 및 방법

가. 원료곡 처리조건에 따른 동부나물 성장량과 성장반응 구명

원료곡의 침종, 포화+침종 및 노화처리가 동부나물 생산량, 성장반응 등에 미치는 영향을 알아보기 위하여 시험품종으로 Kim *et al.*(1986)이 육성한 서원동부(13.15 g/100립)를 이용하였다. 침종 기간이 동부나물 생산량 등에 미치는 영향을 검토하기 위해 증류수(수온 25±1℃)를 1시간 간격으로 교환하면서 각 1, 2, 3, 4, 5, 6시간씩 침종을 실시하고 25±0.5℃에서 112시간 동안 나물을 재배하였다. 그리고 원료곡 포화와 침종 조합은 먼저 수분함량이 96±1%이고 실내온도가 20±0.5℃인 항온항습기에 각 1, 3, 5, 7일씩 포화처리한 후에 각 포화기간별로 증류수(수온 25±1℃)에 각 10, 20, 30분씩 침종을 실시하고 25±0.5℃에서 94시간 동안 나물을 재배하였다. 또한 원료곡 노화처리는 50℃ 항온기에서 각 1, 2, 3, 4일씩, 70℃ 항온기에서 1, 2, 3, 4, 5시간씩 고온에 노출시킨 후에 27±0.5℃에서 96시간 동안 나물을 재배하였다. 기타 나물 재배조건은 온도와 재배용수 조절이 가능하도록 제작된 나물재배기(항온기 상단에 재배용수의 온도와 공급시간 조절이 가능한 시스템 부착)를 이용하여 압조건에서 25±1℃인 재배용수를 시간당 12회(각 1분)씩 공급하였다. 나물수율은 나물 재배용 원료곡인 동부의 종실중 대비 일정 재배기간별로 나물 생체중의 비로 나타냈고, 발아되지 않았거나 발아력이 약한 종실의 비율은 나물 재배용 원료곡인 동부의 종실중 대비 나물 재배 후에도 발아되지 않거나 발아력이 약한 종실중(수분흡수 전 원료곡 종실중으로 환산)의 비로 나타냈다. 그리고 일정 재배기간별로 나물의 전체, 상배축, 하배축 및 뿌리 길이를 측정하였다.

나. 동부나물 재배 최적 온도 구명

재배온도에 따른 동부나물 생산량, 성장반응, 품질 등에 미치는 영향을 알아보기 위하여 시험품종으로 Kim *et al.*(1986)이 육성한 서원동부(13.15 g/100립)를 이용하였다. 나물재배기에서 15, 18, 21, 24, 27, 30±0.5℃ 별로 상품가치에 이르는 시기까지 재배하였다. 기타 나물 재배조건은 온도와 재배용수 조절이 가능하도록 제작된 나물재배기(항온기 상단에 재배용수의 온도와 공급시간 조절이 가능한 시스템 부착)를 이용하여 압조건에서 재배용수를 시간당 12회(각 1분)씩 공급하였다. 나물수율은 나물 재배용 원료곡인 동부의 종실중 대비 일정 재배기간별로 나물 생체중의 비로 나타냈고, 발아되지 않았거나 발아력이 약한 종실의 비율은 나물 재배용 원료곡인 동부의 종실중 대비 나물 재배 후에도 발아되지 않거나 발아력이 약한 종실중(수분흡수 전 원료곡 종실중으로 환산)의 비로 나타냈다. 그리고 일정 재배기간별로 나물의 전체, 상배축, 하배축 및 뿌리 길이를 측정하였다. 색차는 나물생산 직후 부위별(상배축, 자엽, 하배축, 뿌리) 및 동결건조분말(분쇄기(C/11/1, Glenmills, USA)) 전체를 색차계(JS555, Color Techno. System, Reference plate L=98.52, a=0.07, b=-0.57)를 사용하여 L(명도), a(적색도) 및 b(황색도)를 측정하였다. 조단백질 함량은 동결건조분말(분쇄기(C/11/1, Glenmills, USA))을 질소분석기(rapid N cube, Elementar, Germany)로 T-N을 측정하고 단백질계수(6.25)를 적용하여 환산하였다. 일반 및 무기성분 함량은 동결건조분말을 ICP(700DV, Perkin Elemer, USA)로 분석하였다. 아미노산 함량은 동결건조분말 시료 0.5 g에 6 N HCl 용액 10 ml를 가하고 질소를 충전하여 110℃에서 24시간 가수분해하고 여액을 원심분리하고 상정액을 농축한 후 추가로 3회에 걸쳐 각각 물 10 ml를 가하여 농축하여 염산과 물을 완전히 제거하고 구연산나트륨 완충용액(pH 2.2, 0.12 N)을 사용하여 2 ml로 정용한 다음 syringe filter(0.2 μm)로 여과한 여액을 취하여 아미노산자동분석기(S433, Sykam Co., Eresing, Germany)로 분석하였다. 분석조건은 Cation separation

column(LCAK60/Na, 4.6×150 mm)을 사용하였고 0.2 N Na-citrate buffer 용액(pH 3.45, 10.85)의 유속은 0.45 ml/min, ninhydrin 용액의 유속은 0.25 ml/min column 온도는 50~80℃ 반응 온도는 131℃ 분석시간은 68분이었다. 비타민 C 함량은 Youn *et al.*(2011)의 방법을 변형하여 동결건조 분말 0.4g에 10% metaphosphoric acid 20 ml를 첨가하여 균질화 시키고 15,000 rpm에서 15분간 원심분리하여 상등액을 syringe filter (0.2 μm)로 여과한 후 HPLC로 분석하였다. 분석용 컬럼은 SunFire C18 (4.6×150 mm, 5 μm), 검출파장은 254 nm, 컬럼온도는 25℃, 이동상의 유속은 분당 1.0 ml로 하였다. HPLC 이동상은 0.05M potassium phosphate monobasic 60%, acetonitrile 40%의 등용매 조건으로 분석하였다. 분석장비는 Waters 2489 UV/Visible 검출기와 Empower software가 장착된 Waters HPLC 2695 Alliance System (Milford, MA, USA)을 사용하였다.

다. 동부나물 재배 최적 광조건 구명

(1) 광질 조건 구명

광질에 따른 동부나물 생산량, 성장반응, 품질 등에 미치는 영향을 알아보려고 시험품종으로 Kim *et al.*(1986)이 육성한 서원동부(13.15 g/100립)를 이용하였다. 동부나물 재배조건은 온도와 재배용수 조절이 가능하도록 제작된 나물재배기(항온기 상단에 재배용수의 온도와 공급시간 조절이 가능한 시스템 부착)를 이용하여 27±0.5℃ 암조건에서 재배용수를 시간당 12회(각 1분)씩 공급하였다. 나물수율은 나물 재배용 원료곡인 동부의 종실중 대비 일정 재배기간별로 나물 생체중의 비로 나타냈고, 발아되지 않았거나 발아력이 약한 종실의 비율은 나물 재배용 원료곡인 동부의 종실중 대비 나물 재배 후에도 발아되지 않거나 발아력이 약한 종실중(수분흡수 전 원료곡 종실중으로 환산)의 비로 나타냈다. 그리고 일정 재배기간별로 나물의 전체, 상배축, 하배축 및 뿌리 길이를 측정하였다. 한편 색차, 조단백질, 일반 및 무기성분, 아미노산 및 비타민 C 분석은 “동부나물 재배 최적 온도 구명”과 동일한 방법으로 하였고 각 광질의 재배용기 부위별 광량은 Table 1-1과 같다.

Table 1-1. The quantity of light each part of the culture container.

Light quality		Light quantity (Lux)		Treatment method
Color	Wavelength(nm)	Top of container	Bottom of container	
White	458	9,150	6,020	12hr lighting/12hr dark
Blue	460	187	126	"
Yellow	560	5,560	3,760	"
Red	632	1,820	1,270	"
Dark(control)	-	-	-	24hr dark

(2) 광질별 광량조건 구명

광질별 광량에 따른 동부나물 생산량, 성장반응, 품질 등에 미치는 영향을 알아보기 위하여 시험 품종으로 Kim *et al.*(1986)이 육성한 서원동부(11.35 g/100립)를 이용하였다. 나물 재배조건은 온도와 재배용수 조절이 가능하도록 제작된 나물재배기(항온기 상단에 재배용수의 온도와 공급시간 조절이 가능한 시스템 부착)를 이용하여 27±0.5℃ 암조건에서 4일간 재배용수를 시간당 12회(각 1분)씩 공급하였다. 동부나물의 성장량, 성장반응, 색차, 조단백질, 일반 및 무기성분, 아미노산 및 비타닌 C 분석은 “동부나물 재배 최적 온도 구명”과 동일한 방법으로 하였고 각 광질별 차광 정도에 따른 재배용기 부위별 광량은 Table 1-2와 같다.

Table 1-2. The quantity of light each part of the culture container according to the degree of shading.

Light quality	Light quantity at non-shaded(Lux)		Light quantity at 50% shading (Lux)		Light quantity at 50% shading(Lux)		Treatement method
	Top of container	Bottom of container	Top of container	Bottom of container	Top of container	Bottom of container	
White(458nm)	9,150	6,020	4,210	2,830	2,190	1,540	12hr lighting/ 12hr dark
Blue(460nm)	187	126	83	55	42	30	"
Yellow(560nm)	5,560	3,760	2,690	1,830	1,360	950	"
Red(632nm)	1,820	1,270	850	578	427	297	"
Dark(control)	-	-	-	-	-	-	24hr dark

라. 기능성 동부나물 재배기술 개발

(1) 고품질 동부나물 생산에 적합한 유전자원 선발

나물 생산에 적합한 자원을 선발하고자 서원동부, IT104373, IT145383, IT154149, IT145387, 전남1호, IT154153, 전남2호, IT145391, IT97K-1042-3, Tvu7426, Tvu7778 등 12자원을 이용하였다. 나물 재배조건은 온도와 재배용수 조절이 가능하도록 제작된 나물재배기(항온기 상단에 재배용수의 온도와 공급시간 조절이 가능한 시스템 부착)를 이용하여 27±0.5℃ 암조건에서 4일간 재배용수를 시간당 12회(각 1분)씩 공급하였다. 동부나물의 성장량, 성장반응, 색차, 일반 및 무기성분 및 비타닌 C 분석은 “동부나물 재배 최적 온도 구명”과 동일한 방법으로 하였다. 종피 율은 종피제거기(grain polisher, Kett)를 이용하여 종실을 순수한 종피와 순수한 자엽으로 완전히 분리하여 산출하였다.

(2) 게르마늄 함유 동부나물 재배기술 개발

게르마늄이 함유된 동부나물 생산기술을 개발하고자 서원동부(12.58 g/100립)를 이용하였다. 동부나물 재배방법, 성장량, 성장반응, 색차, 조단백질, 일반 및 무기성분, 아미노산 분석은 “고품질 동부나물 생산에 적합한 유전자원 선발”과 동일한 방법으로 하였다. 원료곡(서원동부)의 일반 및 무기성분은 Table 1-3과 같다. 침종방법을 구명하고자 원료곡을 1,000 ppm 게르마늄 용액을 공기를 계속 주입하고 1시간 간격으로 용액을 교환하면서 0, 0.5, 1, 2, 3, 4시간 침종하고 재배하였다. 그리고 재배용수 조건을 구명하고자 게르마늄 0, 0.5, 1, 2, 4, 8, 16 ppm인 용액을 재배수로 이용하였다. 본 실험에 사용된 게르마늄 함유 제품은 (주)캐리스 Ge⁺ Mineral로 일반 및 무기성분 조성은 Table 1-4와 같다. 게르마늄은 무기성분 분석에 사용된 시료를 이용하여 ICP Mass Spectrometer(ELAN DRC-e, PerkinElmer)로 분석하였다. 분석조건은 RF power은 1,400 W, nebulizer gas flow은 1.07 ℓ/min, auxiliary gas flow은 1.3 ℓ/min, plasma gas flow은 17 ℓ/min, lens voltage은 5 mV, analog stage voltage는 -2,350 mV, pulse stage voltage은 1,450 mV로 하였다. 비타민 C 함량은 동부나물 재배 직후에 나물 생체 1g에 10% metaphosphoric acid 100 ml를 첨가하여 균질화 시키고 15,000 rpm에서 15분간 원심분리하여 상등액을 syringe filter (0.2 μm)로 여과한 후 HPLC로 분석하였다. 분석용 컬럼은 SunFire C18 (4.6×150 mm, 5 μm), 검출파장은 254 nm, 컬럼온도는 25℃, 이동상의 유속은 분당 1.0 ml로 하였다. HPLC 이동상은 0.05M potassium phosphate monobasic 60%, acetonitrile 40%의 등용매 조건으로 분석하였다. 분석장비는 Waters 2489 UV/Visible 검출기와 Empower software가 장착된 Waters HPLC 2695 Alliance System (Milford, MA, USA)을 사용하였다.

Table 1-3. General and inorganic components content of raw seed(Seowon-dongbu).

%						mg/kg											
T-C	T-P	K	Ca	Mg	Na	Pb	Cd	B	Al	Ti	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	Mo
39.4	28.6	1.39	0.08	0.32	0.02	-	-	4.03	-	0.05	1.32	6.75	68.4	0.70	4.66	30.5	71.3

Table 1-4. General and inorganic components content of the product used in the manufacture of germanium solution.

Ge (ppm)	%					mg/kg										
	K	Ca	Mg	Na	Pb	Cd	B	Al	Ti	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	Mo
1,692	0.09	0.20	0.06	0.45	-	-	329	326	7.7	-	1,201	384	-	-	3.5	10.7

(3) 셀레늄 함유 동부나물 재배기술 개발

셀레늄이 함유된 동부나물 생산기술을 개발하고자 서원동부(12.58 g/100립)를 이용하였다. 동부나물 재배방법, 성장량, 성장반응, 색차, 조단백질, 일반 및 무기성분, 아미노산 분석은 “고품질 동부나물 생산에 적합한 유전자원 선발”과 동일한 방법으로 하였다. 원료곡의 일반 및 무기성분은 Table 1-3과 같다. 침종방법을 구명하고자 원료곡을 1,000 ppm 셀레늄 용액을 공기를 계속 주입하고 1시간 간격으로 용액을 교환하면서 0, 0.5, 1, 2, 3, 4시간 침종하고 재배하였다.

그리고 재배용수 조건을 구명하고자 셀레늄 0, 0.5, 1, 2, 4, 8, 16 ppm인 용액을 재배수로 이용하였다. 본 실험에 사용된 셀레늄 함유 제품은 (주)대유 DaeyuSelenium으로 일반 및 무기성분 조성은 Table 1-5와 같다. 셀레늄은 무기성분 분석에 사용된 시료를 이용하여 ICP Mass Spectrometer(ELAN DRC-e, PerkinElmer)로 분석하였다. 분석조건은 RF power은 1,400 W, nebulizer gas flow은 1.07 ℓ/min, auxiliary gas flow은 1.3 ℓ/min, plasma gas flow은 17 ℓ/min, lens voltage은 5 mV, analog stage voltage는 -2,350 mV, pulse stage voltage은 1,450 mV로 하였다. 비타민 C 함량은 동부나물 재배 직후에 나물 생체 1g에 10% metaphosphoric acid 100 ml를 첨가하여 균질화 시키고 15,000 rpm에서 15분간 원심분리하여 상등액을 syringe filter (0.2 μm)로 여과한 후 HPLC로 분석하였다. 분석용 컬럼은 SunFire C18 (4.6×150 mm, 5 μm), 검출과장은 254 nm, 컬럼온도는 25℃, 이동상의 유속은 분당 1.0 ml로 하였다. HPLC 이동상은 0.05M potassium phosphate monobasic 60%, acetonitile 40%의 등용매 조건으로 분석하였다. 분석장비는 Waters 2489 UV/Visible 검출기와 Empower software가 장착된 Waters HPLC 2695 Alliance System (Milford, MA, USA)을 사용하였다.

Table 1-5. General and inorganic components content of the product used in the manufacture of selenium solution.

Ge (ppm)	%								mg/kg							
	K	Ca	Mg	Na	Pb	Cd	B	Al	Ti	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	Mo
1,377	5.50	0.14	2.07	0.01	-	-	3,891	20.7	-	-	-	373	-	-	-	4,577

(4) 칼슘 함유 동부나물 재배기술 개발

칼슘이 함유된 동부나물 생산기술을 개발하고자 서원동부(12.58 g/100립)를 이용하였다. 동부나물 재배방법, 생장량, 생장반응, 색차, 조단백질, 일반 및 무기성분, 아미노산 분석은 “고품질 동부나물 생산에 적합한 유전자원 선발”과 동일한 방법으로 하였다. 원료곡의 일반 및 무기성분은 Table 1-3과 같다. 침종방법을 구명하고자 원료곡을 1,000 ppm 칼슘 용액을 공기를 계속 주입하고 1시간 간격으로 용액을 교환하면서 0, 0.5, 1, 2, 3, 4시간 침종하고 재배하였다. 그리고 재배용수 조건을 구명하고자 칼슘 0, 25, 50, 100, 200, 400 ppm인 용액을 재배수로 이용하였다. 비타민 C 함량은 동부나물 재배 직후에 나물 생체 1g에 10% metaphosphoric acid 100 ml를 첨가하여 균질화 시키고 15,000 rpm에서 15분간 원심분리하여 상등액을 syringe filter (0.2 μm)로 여과한 후 HPLC로 분석하였다. 분석용 컬럼은 SunFire C18 (4.6×150 mm, 5 μm), 검출과장은 254 nm, 컬럼온도는 25℃, 이동상의 유속은 분당 1.0 ml로 하였다. HPLC 이동상은 0.05M potassium phosphate monobasic 60%, acetonitile 40%의 등용매 조건으로 분석하였다. 분석장비는 Waters 2489 UV/Visible 검출기와 Empower software가 장착된 Waters HPLC 2695 Alliance System (Milford, MA, USA)을 사용하였다.

(5) 동부나물 재배에 적합한 양액조건 구명

동부나물 재배에 적합한 재배수의 양액조건을 구명하고자 서원동부(12.58 g/100립)를 이용하

였다. 동부나물 재배방법, 성장량, 성장반응, 색차, 조단백질, 일반 및 무기성분, 아미노산 분석은 “고품질 동부나물 생산에 적합한 유전자원 선발”과 동일한 방법으로 하였다. 원료곡의 일반 및 무기성분은 Table 1-3과 같다. Table 1-6의 양액 조성을 이용하여 동부나물 재배수의 농도(EC)를 0, 0.3, 0.6, 0.9, 1.2, 1.5 dS/m로 하였다. 비타민 C 함량은 동부나물 재배 직후에 나물 생체 1g에 10% metaphosphoric acid 100 ml를 첨가하여 균질화 시키고 15,000 rpm에서 15분간 원심분리하여 상등액을 syringe filter (0.2 μ m)로 여과한 후 HPLC로 분석하였다. 분석용 컬럼은 SunFire C18 (4.6 \times 150 mm, 5 μ m), 검출과장은 254 nm, 컬럼온도는 25 $^{\circ}$ C, 이동상의 유속은 분당 1.0 ml로 하였다. HPLC 이동상은 0.05M potassium phosphate monobasic 60%, acetonitile 40%의 등용매 조건으로 분석하였다. 분석장비는 Waters 2489 UV/Visible 검출기와 Empower software가 장착된 Waters HPLC 2695 Alliance System (Milford, MA, USA)을 사용하였다.

Table 1-6. The composition of the nutrient solution used un the experiment(mg/ ℓ).

Ca	NO ₃	NH ₄	K	H ₂ PO ₄	SO ₄	Mg	Fe	Cu	B	Mn	Zn	Mo	Cl
161.2	211.4	17.5	314.0	42.1	64.8	53.5	3.04	0.02	0.50	0.51	0.05	0.01	-

3. 결과 및 고찰

가. 원료곡 처리조건에 따른 동부나물 성장량과 성장반응 구명

(1) 원료곡 침중에 따른 성장반응

원료곡 침중기간에 따른 동부나물의 생산수율, 발아되지 않거나 발아력이 약한 종실의 비율은 Table 1-7과 같다. 1~6시간 침중 직후 종실의 무게(수분 흡수정도)는 원료곡 무게 대비 각 136, 171, 189, 196, 200, 205%로 1, 2시간 침중에서는 급격하게 증가하다 3시간 이상 침중에서는 완만하게 증가하였다. 각 침중기간별로 96시간 재배한 나물의 원료곡 무게 기준 생산수율은 무침중에서 635%로 가장 높았고, 1시간 침중에서는 543%로 무침중 대비 85.5% 수준이었으며, 2~6시간 침중에서는 414~383% 범위로 침중기간에 따른 차이가 인정되지 않았다. 이러한 결과는 112시간 재배에서도 같은 경향을 보였는데, 이와 같이 2시간 이상 침중에서 동부나물 생산량에 차이를 보이지 않은 결과는 Kang *et al.*(2004a)의 녹두 침중기간(3~7시간)에 따른 녹두나물 생산량에 차이가 없다는 보고와 유사하였다. 나물재배 후 발아되지 않은 종실비율은 무침중에서 1.6%로 낮은 편이었으나, 1시간 침중 10.3%이었고, 2~6시간 침중 15.5~20.8%로 차이가 없었다. 그리고 발아력이 약해 나물의 상품가치가 떨어지는 종실의 비율은 발아되지 않은 종실비율과 유사하게 무침중에서 3.2%로 가장 낮았고 1시간 침중에서 14.2%, 2~6시간 침중에서 28% 이상이었다. 이와 같은 결과는 콩나물 재배에서 원료곡 1~3시간 침중에서는 발아율 차이가 없는 반면 4시간 이상 침중하면 발아율이 낮았다는 보고(Bae *et al.*, 2002a)와 유사한 경향이었으나, 무침중에 대한 자료가 제시되지 않아 상대적 비교는 곤란하였다. 한편 콩나물 재배에서는 무침중이나 1회 침중(90분)보다 건수침(3~4시간 간격으로 침중과 배수를 2~4회 반복)에

서 빠른 생육을 보였다는 보고(Bae *et al.*, 2002b) 등을 감안하면 좀 더 다양한 침종방법을 검토해야 할 것으로 판단되었다. 동부나물의 전체, 하배축, 상배축 및 뿌리 길이는 Fig. 1-1과 같이 원료곡의 침종기간이 길어질수록 작아지는 경향이였다. 나물을 96, 112시간 재배하였을 때 전체 길이는 무침종에서 각각 11.3, 22.1 cm인 반면 1~6시간 침종에서 각각 11.1~8.2, 20.8~17.9 cm 범위로 무침종에 비해 각각 1.2~3.1, 1.3~4.2 cm 짧았다. 상배축, 하배축 및 뿌리의 길이 또한 전체 길이와 유사한 경향을 보여 112시간 재배하였을 경우 1~6시간 침종에서 무침종에 비해 각각 6.2~30.6, 4.8~24.7, 4.7~21.7% 범위로 감소하였다. 한편 각 침종기간별 72시간 재배한 나물 전체 길이 기준(100%) 96, 112시간 재배하였을 때의 성장량(길이) 증가 정도를 보면, 무침종에서는 각각 296, 579%인 반면 1~6시간 침종에서는 각각 307~358, 654~758% 범위로 대체로 원료곡을 침종하여 나물을 재배할 때 높은 경향을 보였다. 이와 같은 결과는 침종기간에 길어질수록 절대적인 나물 생산수율은 현저하게 떨어지나, 기준으로 하는 72시간 재배에서는 침종기간별 상대적인 편차가 크지 않은 반면, 96, 112시간 재배에서는 처리간 상대적인 차이가 크기 때문인 것으로 생각된다. 상배축 성장량(길이)은 72시간 재배 기준(100%) 무침종에서는 각각 167%(96시간), 260%(116시간)인 반면 1~6시간 침종에서는 157~180%(96시간), 214~249%(112시간) 범위로 처리간 차이가 크지 않을 뿐만 아니라 일정한 경향을 나타내지 않았다. 또한 나물 재배기간별 하배축과 뿌리 성장변이 또한 상배축 성장량 변이와 유사한 경향을 나타냈다. 생산된(112시간 재배) 동부나물의 개체당 잔뿌리 발생량은 무침종에서 23.13개로 가장 많았고, 1~3시간 침종에서 약 19개, 4, 5, 6시간 침종에서 각각 16.7, 15.4, 13.7개로 침종기간이 길어질수록 감소하는 경향을 나타냈다(Fig. 1-2). 이상의 잔뿌리 발생량 차이는 생육량 저하가 요인인지 아니면 다른 요인에 의한 것인지에 대한 검토가 필요하다고 보아진다. 이상의 결과는 원료곡을 BA 용액에 침종하여 재배한 녹두나물의 하배축과 뿌리의 길이 및 잔뿌리 발생량은 침종기간이 길어질수록 짧거나 적게 발생한다는 보고(Kang *et al.*, 2004a)와 유사하였다. 따라서 동부나물은 원료곡을 침종할 필요 없이 짧은 시간에 세척하고 즉시 재배하는 것이 종자활력이 상대적으로 우수하고 생산수율 및 품질에도 좋은 것으로 판단되었다.

Table 1-7. Changes in yield and quality of cowpea sprouts according to the soaking period of raw seeds.

Soaking hours	Sprout yield ratio ^z (%)			Non germination ratio (%)	Germinability weak ratio (%)
	After soaking	96 CH ^y	112 CH		
0	-	635a	741a	1.6c	3.2c
1	136c ^x	543b	620b	10.3b	14.2b
2	171b	414c	459c	15.5a	28.9a
3	189ab	402c	445c	17.1a	32.9a
4	196a	390c	430c	17.1a	30.8a
5	200a	391c	432c	20.8a	32.3a
6	205a	383c	422c	18.2a	32.3a

^zFresh sprout weight/material seed weight×100, ^yCultivation hours.

^xMeans with same letter within a columns are not significantly different at $p < 0.05$ by LSD test.

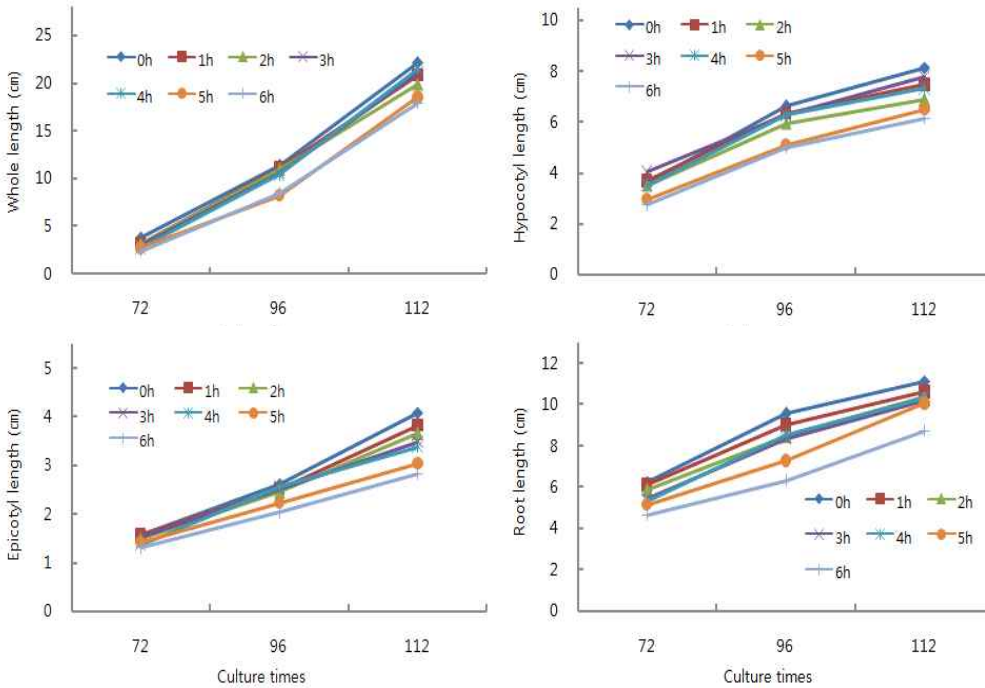


Fig. 1-1. Changes in whole, hypocotyl, epicotyl and root length of cowpea sprouts according to the soaking period of raw seeds.

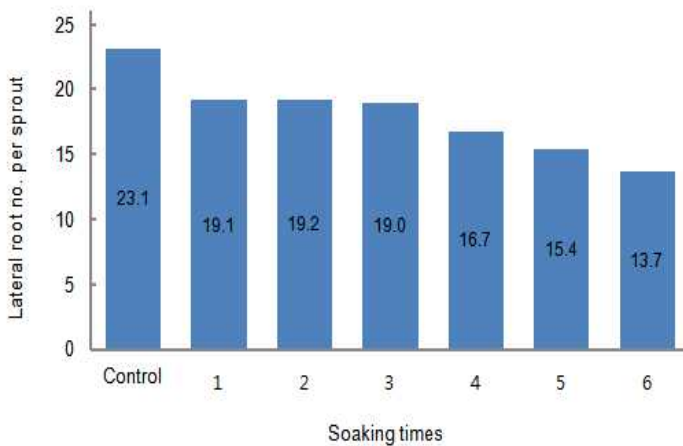


Fig. 1-2. Changes in lateral root number of cowpea sprouts according to the soaking period of raw seeds. The sprouts were cultivated for 112 hours seed soaking.

(2) 원료곡 포화+침중에 따른 성장반응

원료곡 포화(수분 $96 \pm 1\%$, 20°C)처리에 따른 동부나물 재배기간별 생산수율은 24시간까지는 처리 간에 차이가 없었으나 48, 72, 94시간 재배에서는 5일간 포화 처리 시 각각 363, 479, 649%로 가장 높았다. 한편 각 포화처리별 침종기간에 따른 나물의 생산수율을 보면, 1일간 포화처리하고 침종하지 않았을 경우에 10~30분간 침종하였을 때 보다 72, 94시간 나물재배에서

유의하게 낮았으나, 기타 처리조합이나 재배기간에 따른 유의차는 없었다. 동부나물 재배 후 발아되지 않는 종실의 비율은 5, 3일 포화처리에서 각각 1.1, 1.4%로 가장 낮았고 7일 포화에서는 5.6%로 가장 높았다. 이와 같은 결과는 20℃의 저온조건이라도 포화습도가 96±1%로 매우 높기 때문에 7일 이상 장기간 포화처리는 종자활력을 떨어뜨린 것으로 생각된다. 각 포화처리 별 침종기간에 따른 미발아 종실의 비율은 0, 1, 3일간 포화처리하고 침종기간이 길어질수록 대체로 높아지는 경향이었으나 5일간 포화처리에서는 침종 여부나 기간에 따른 유의차가 없었다. 반면에 7일간 포화처리에서 침종을 하지 않을 경우에 미발아 종자비율이 11.1%로 매우 높았고 침종기간이 길어질수록 낮아지는 경향이였다. 이와 같이 7일간 포화처리에서는 상이한 경향을 나타낸 것은 포화처리 기간이 길어 원료곡의 오염(부패균 감염 등)으로 침종하지 않거나 침종시간이 짧을 경우 오염원을 완전하게 제거하지 못하였기 때문으로 보여진다. 발아력이 약해 상품가치가 떨어지는 종실의 비율은 5일 포화+침종기간 조합을 제외한 기타 처리조합에서는 미발아 종자비율과 대체로 유사한 경향이였다(Table 1-8).

Table 1-8. Changes in yield and quality of cowpea sprouts according to the saturated and soaking period of raw seeds.

Saturation days	Soaking minutes	Sprout yield ratio ^z (%)				Non germination ratio (%)	Germinability weak ratio (%)
		24 CH ^y	48 CH	72 CH	94 CH		
0	0	238a ^x	340a	453a	584a	1.9b	3.4b
	10	230a	332a	452a	590a	2.1b	5.8a
	20	242a	344a	458a	594a	2.4b	7.1a
	30	234a	322a	429a	559a	6.1a	6.3a
	Mean	236A	335B	448B	582B	3.1B	5.7A
1	0	227a	337a	465a	624a	1.6b	2.8b
	10	241a	320a	418b	533b	3.4a	5.9ab
	20	236a	314a	412b	533b	3.4a	7.9a
	30	237a	312a	400b	506b	3.8a	9.2a
	Mean	235A	321B	424B	549C	3.0B	6.5A
3	0	231a	349a	480a	631a	0.5a	2.4b
	10	247a	339a	451a	603a	1.3a	3.8ab
	20	241a	335a	440a	572a	1.6a	4.8a
	30	246a	348a	462a	598a	2.1a	5.5a
	Mean	241A	343AB	454AB	601B	1.4C	4.1B
5	0	246a	368a	500a	664a	1.1a	1.1b
	10	249a	369a	504a	653a	0.8a	0.8b
	20	247a	360a	480a	653a	1.3a	1.3b
	30	250a	355a	479a	625a	1.1a	4.7a
	평균	248A	363A	479A	649A	1.1C	2.0C
7	0	253a	351a	455a	579a	11.1a	5.0a
	10	251a	347a	452a	583a	6.8b	3.7ab
	20	238a	332a	441a	580a	2.4c	4.0ab
	30	246a	354a	472a	613a	2.1c	2.4b
	Mean	247A	346AB	455AB	589B	5.6A	3.8B

^zFresh sprout weight/material seed weight×100, ^yCultivation hours.

^xMeans with same letter within a columns are not significantly different at $p < 0.05$ by LSD test.

각 포화처리별로 침종기간에 따른 동부나물의 전체, 하배축, 상배축 및 뿌리 길이는 Fig. 1-3 과 같이 일정한 경향을 나타내지 않았다. 반면에 포화처리별 동부나물의 전체, 상배축 및 하배 축 길이는 포화(5일)+침종, 포화(7일)+침종 조합 순으로 길었다. 그러나 뿌리 길이는 포화(5일)+ 침종, 포화(3일)+침종 조합 순으로 긴 반면 포화(7일)+침종 조합에서는 가장 짧았다. 따라서 생 산수율과 생육량(각 부위별 길이)을 기준에서 동부나물 재배를 위한 원료곡 포화조건은 5일간 포화(수분 96±1%, 20℃)처리하고 세척하여 바로 재배하는 것이 가장 좋은 것으로 보아진다. 이 상의 결과에 원료곡 침종액에 자몽 추출물, 키토산 등 항균물질을 처리하면 콩나물 부패와 대 장균 수가 줄었다는 결과(Choi *et al.*, 2000)를 조합하면 좀 더 합리적인 방법이 도출할 수 있을 것으로 보아진다. 각 포화기간별 무침종에서 생산된(94시간 재배) 동부나물의 개체당 잔뿌리 발생량은 포화처리를 하지 않거나 1, 3시간 처리에서는 약 10개인 반면, 5, 7일간 포화처리에서 는 각각 16.3, 16.4개로 상대적으로 많은 편이었다(Fig. 1-4). 이와 같은 결과는 전술한 침종기간 에 따른 잔뿌리 발생량 차이와 같이 생육량(생산수율) 차이가 요인인지 아니면 다른 요인에 의 한 것인지에 대한 검토가 필요하다고 판단된다.

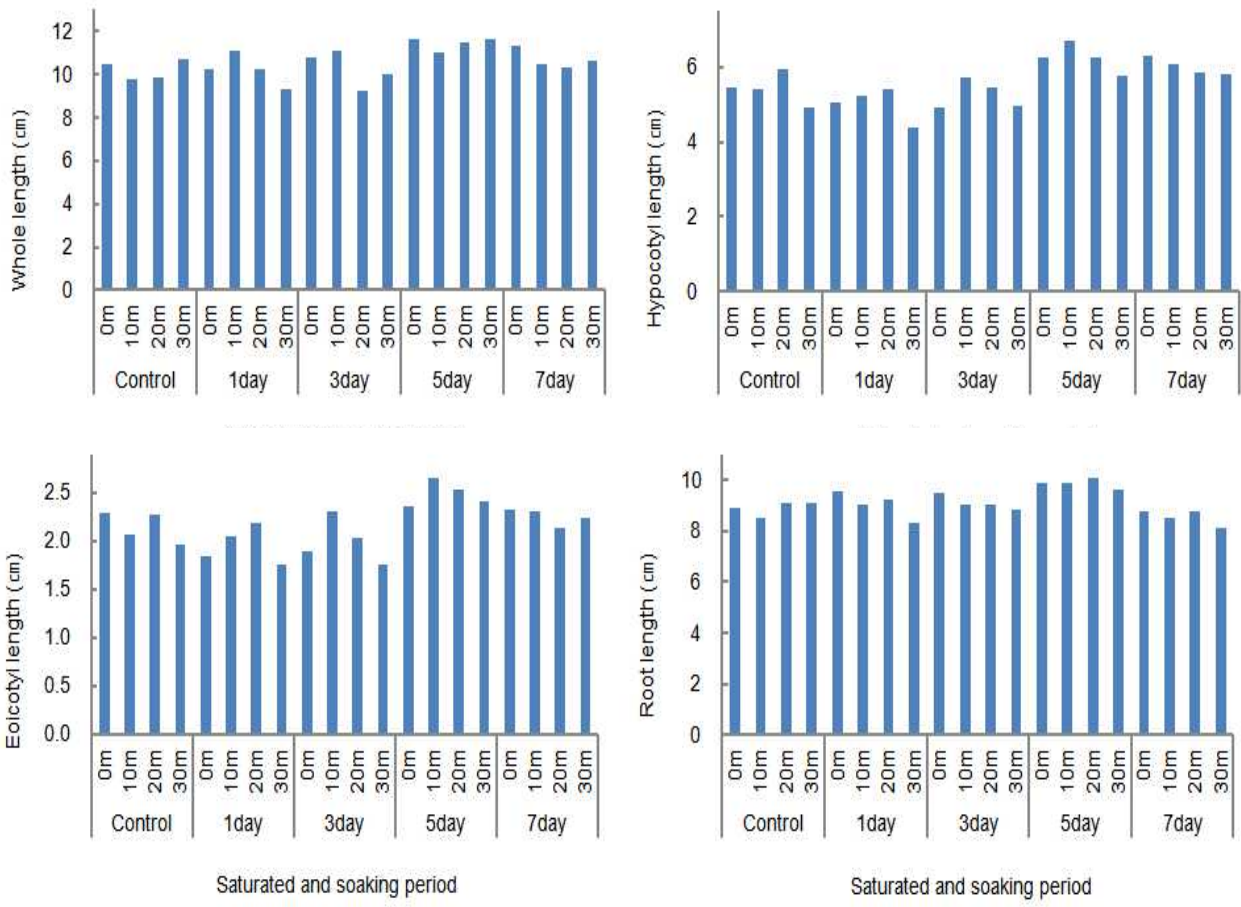


Fig. 1-3. Changes in whole, hypocotyl, epicotyl and root length of cowpea sprouts according to the saturated and soaking period of raw seeds. The sprouts were cultivated for 94 hours seed soaking.

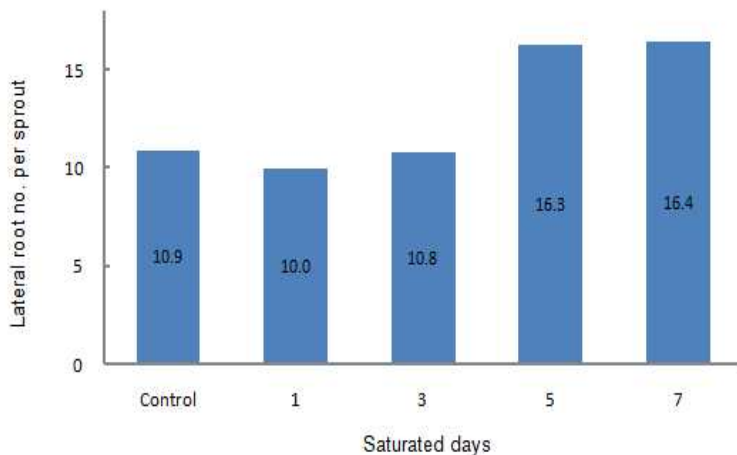


Fig. 1-4. Changes in lateral root number of cowpea sprouts according to the saturated period of raw seeds. The sprouts were cultivated for 94 hours seed soaking.

(3) 원료곡 노화 온도에 따른 성장반응

동부는 경실이 일부 포함되어 있기 때문에 노화(고온)처리를 통해 경실을 타파하고자 원료곡을 50°C에서 1~4일 전처리하여 동부나물을 재배하고 발아정도와 나물 생산수율을 조사한 결과는 Table 1-9와 같다. 발아되지 않은 종실이나 발아력이 약해 나물 상품성이 떨어지는 종실의 비율은 무처리에서는 각각 1.8, 3.5%로 낮은 편이었으나 1~4일 원료곡 노화(50°C)처리에서는 각각 21.9~35.2%, 10.3~17.5% 범위로 매우 높았다. 그 결과 48시간부터 재배를 완료할 때까지 나물 생산수율은 무처리가 원료곡 노화(50°C)처리보다 유의하게 높았고, 본 연구의 처리 범위에서는 노화기간에 따른 차이는 없었다.

Table 1-9. Changes in yield and quality of cowpea sprouts according to the heating(50°C) period of raw seeds.

Treatment (days)	Sprout yield ratio ^z (%)				Non germination ratio (%)	Germinability weak ratio (%)
	24 CH ^y	48 CH	72 CH	96 CH		
0	220a ^x	350a	504a	626a	1.8b	3.5b
1	208a	276b	354b	430b	21.9a	17.5a
2	208a	266b	326b	394b	32.3a	10.3a
3	212a	278b	347b	421b	35.2a	10.9a
4	213a	280b	356b	434b	24.9a	16.0a

^zFresh sprout weight/material seed weight×100, ^yCultivation hours.

^xMeans with same letter within a columns are not significantly different at $p < 0.05$ by LSD test.

또한 나물 재배기간별 전체, 상배측, 하배측 및 뿌리 길이는 Fig. 1-5와 같이 1~4일 노화(50°C)처리하고 재배하였을 때보다 전처리 없이 재배한 경우에 더 길었다. 생산된(96시간 재배) 동부나물의 개체당 잔뿌리 발생량은 생산수율과 유사하게 무처리 9.0개, 1~3일 처리 6.0개, 4일 처리 4.7개로 50°C 조건에서는 노화일수가 길어질수록 감소하였다(Fig. 1-6).

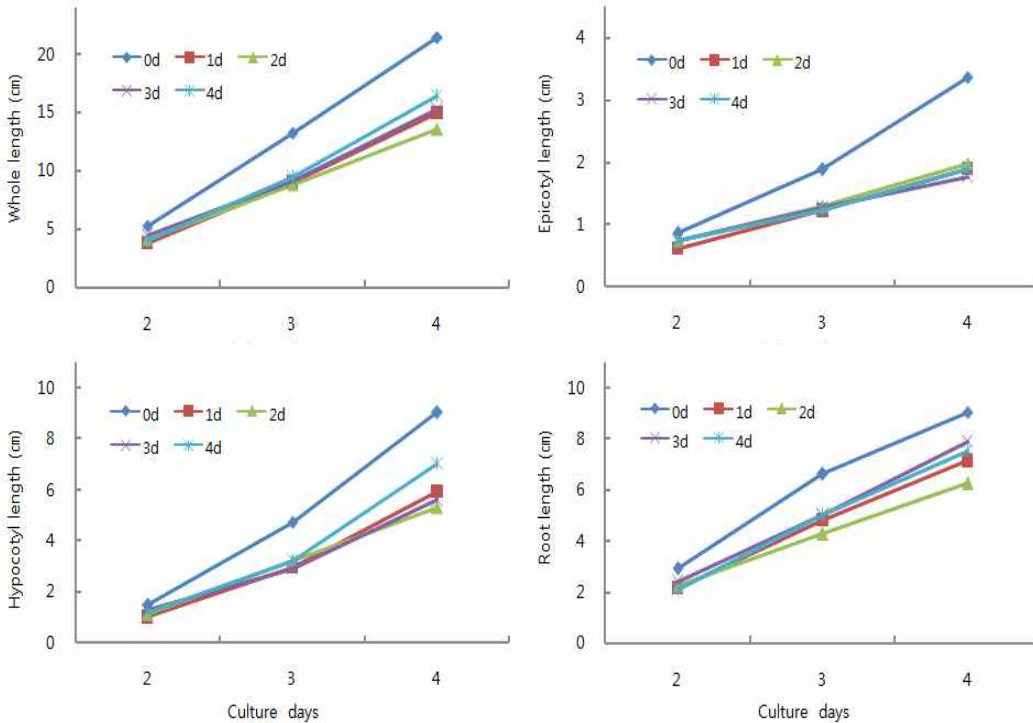


Fig. 1-5. Changes in whole, hypocotyl, epicotyl and root length of cowpea sprouts according to the heating(50°C) period of raw seeds.

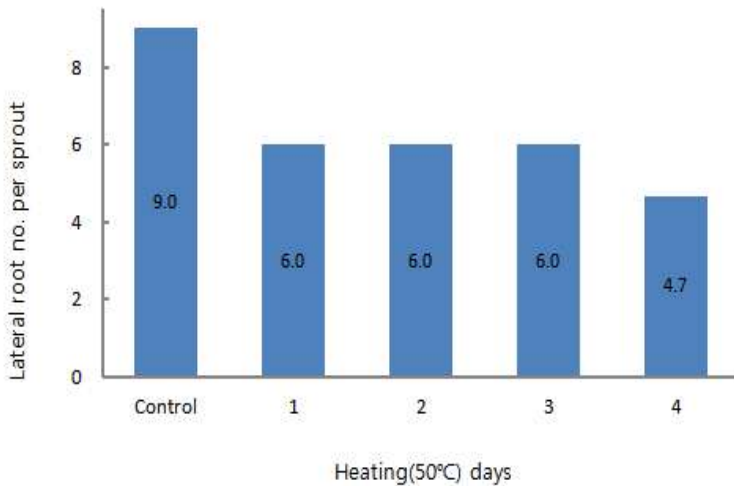


Fig. 1-6. Changes in lateral root number of cowpea sprouts according to the heating(50°C) period of raw seeds. The sprouts were cultivated for 96 hours seed soaking.

한편 원료곡을 70°C에서 1~5시간 노화처리하고 동부나물을 재배하여 발아정도와 나물 생산수율을 조사한 결과는 Table 1-10과 같다. 발아되지 않은 종실의 비율은 무처리나 1시간 노화(70°C)처리에서 각각 1.8, 2.9%로 낮은 편이었으나, 2~5시간 노화처리에서는 5.0~15.8% 범위로 유의하게 높았다. 발아력이 약해 나물 상품성이 떨어지는 종실의 비율은 무처리나 1~3시간 노화처리에서는 5.8~7.9% 범위로 4, 5시간 노화처리의 14.2, 12.1%보다 유의하게 낮았다. 그 결과 48시간부터 재배를 완료할 때까지 나물 생산수율은 무처리에서 가장 높았고, 재배기간 72시

간부터는 노화(70°C)처리 시간이 길어질수록 낮아지는 경향이였다.

Table 1-10. Changes in yield and quality of cowpea sprouts according to the heating(70°C) period of raw seeds.

Treatment (hr)	Sprout yield ratio ^z (%)				Non germination ratio (%)	Germinability weak ratio (%)
	24 CH ^y	48 CH	72 CH	96 CH		
0	244a ^x	371a	519a	696a	1.8d	7.9b
1	227a	327b	447b	609b	2.9d	7.1b
2	243a	338b	452b	578bc	5.0c	5.8b
3	228a	313b	425bc	545c	5.8c	6.8b
4	228a	307b	404bc	518cd	9.5b	14.2a
5	231a	292b	379c	472d	15.8a	12.1a

^zFresh sprout weight/material seed weight×100, ^yCultivation hours.

^xMeans with same letter within a columns are not significantly different at $p < 0.05$ by LSD test.

또한 나물 재배기간별 전체, 상배축, 하배축 및 뿌리 길이는 생산수율 차이와 유사하게 1~5 시간 노화(70°C)처리하고 재배하였을 때보다 전처리 없이 재배한 경우에 더 길었다(Fig. 1-7). 생산한 동부나물의 개체당 잔뿌리 발생량은 Fig. 1-8과 같이 1, 2, 3시간 노화(70°C)처리에서 각각 10.5, 10.5, 10.0개로 무처리 9.0개보다 많아 70°C에서 단기간(1~3시간) 노화처리에서는 잔뿌리 발생량을 늘려 나물 품질에는 불리하게 작용하였다. 따라서 동부나물 재배에서 경실 타파를 목적으로 노화(고온)처리는 실시하지 않은 것이 좋은 것으로 판단된다.

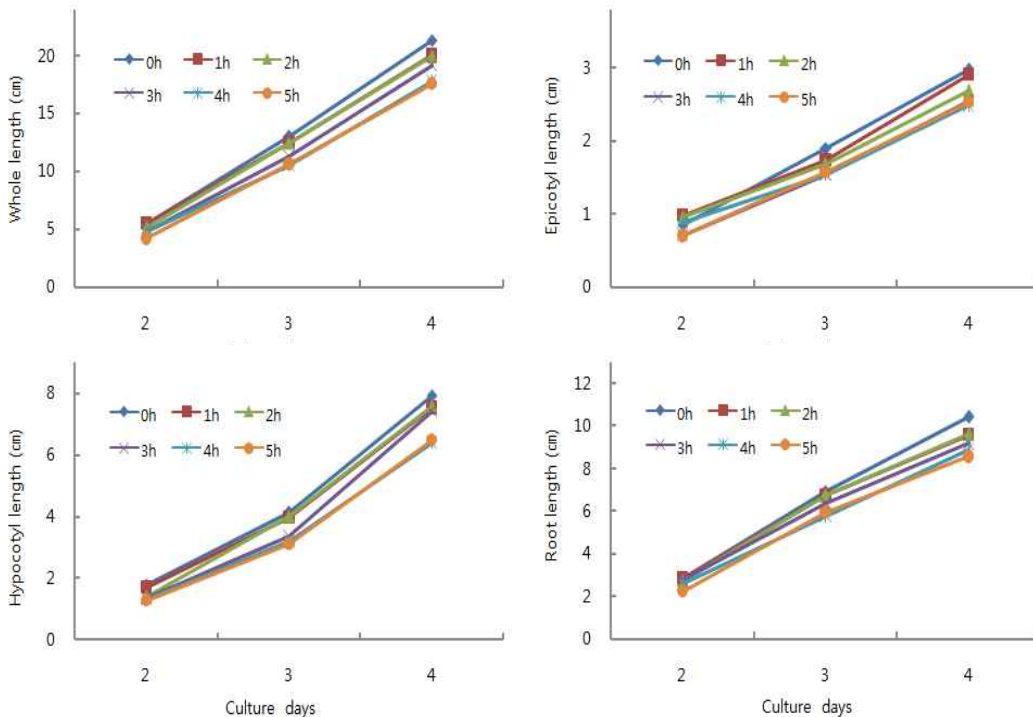


Fig. 1-7. Changes in whole, hypocotyl, epicotyl and root length of cowpea sprouts according to the heating(70°C) period of raw seeds.

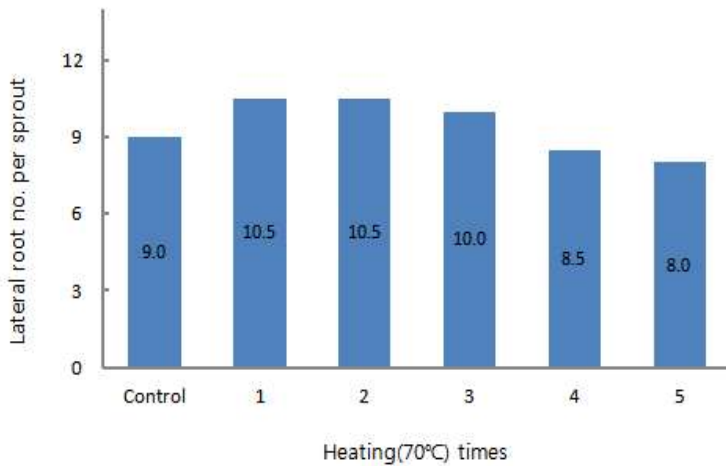


Fig. 1-8. Changes in lateral root number of cowpea sprouts according to the heating(70°C) period of raw seeds. The sprouts were cultivated for 96 hours seed soaking.

나. 최적 재배온도 구명

동부나물 재배온도에 따른 재배기간별 생산수율, 재배 후 발아되지 않거나 발아력이 약한 종실의 비율 및 비타민 C 함량은 Table 1-11과 같다. 재배기간별 나물수율은 27, 30°C에서 4일 재배에서 6.3배, 21, 24°C에서는 5일 재배에서 5.4배 이상인 반면 15, 18°C에서는 10일 재배에서 5.3배 이상이었다. 따라서 동부나물은 최소한 21°C 이상에서 재배해야 될 것으로 보인다. 나물 재배 후 발아되지 않거나 발아력이 약한 종실의 비율은 30°C에서 각각 1.5, 3.2%, 27°C에서 각각 2.5, 4.0%, 24°C에서 각각 7.3, 6.2%, 15°C에서 각각 10.7, 17.3%로 재배온도가 낮을수록 높은 경향이였다. 나물 재배 후 동결건조 분말의 비타민 C 함량은 24°C 재배에서 2.85 mg/g로 가장 많았고 15, 17, 30°C 재배에서는 2.15~2.29 mg/g로 함량이 낮아 재배온도가 낮거나 높았을 때 비타민 C 함량이 낮은 경향을 보였다.

Table 1-11. Changes in yield, hard seed ratio and vitamin C content of cowpea sprouts according to the culture temperatures.

Temperature (°C)	Sprout yield ratio ^z (%)										Non germination ratio (%)	Germinability weak ratio (%)	Vitamin C (mg/g DW)
	1DC ^y	2DC	3DC	4DC	5DC	6DC	7DC	8DC	9DC	10DC			
15			243	278	324	362	414	455	485	536	10.3a ^x	17.3a	2.15b
18			247	288	328	376	432	469	486	552	8.2b	16.9a	2.43ab
21		292	376	458	543						7.9b	6.5b	2.59ab
24		293	380	466	549						7.3b	6.2b	2.85a
27	217	316	453	657							2.5c	4.0c	2.25b
30	226	333	476	635							1.5c	3.2c	2.29b

^zSprout yield ratio : fresh sprout weight/material seed weight×100, ^yDC : days cultivation.

^xMeans with the same letter within a columns are not significantly different at 5% level by DMRT

동부나물 재배온도에 따른 배축, 뿌리 등의 성장반응은 Fig. 1-9와 같다. 전장은 재배온도 27, 30°C에서 상대적으로 급격하게 신장하였고 21, 24°C에서는 약간 완만하게 신장한 반면 15, 18°C에서는 매우 완만하였다. 상배축장/전장 비율은 재배온도인 27, 30°C에서는 상대적으로 낮아 품위에 유리하였고 15~24°C에서는 그 비율이 상대적으로 높아 품위에 불리하였다. 하배축장/전장 비율은 재배온도 27, 30°C에서 상대적으로 높아 품위 향상에 유리하였고 15~24°C에서는 그 비율이 낮았으며, 근장/전장 비율은 대부분 재배온도에서 초기에 높았다가 후기로 갈수록 낮아지는 경향을 나타냈고 재배온도간 큰 차이는 없었다. 이상의 재배온도에 따른 동부나물 생산수율, 나물 재배 후 발아되지 않거나 발아력이 약한 종실의 비율, 비타민 C 함량, 나물의 전장, 상배축장/전장 비율, 하배축장/전장 비율 등의 특성을 종합하면 동부나물 생산에 적합한 재배온도는 27°C로 판단된다.

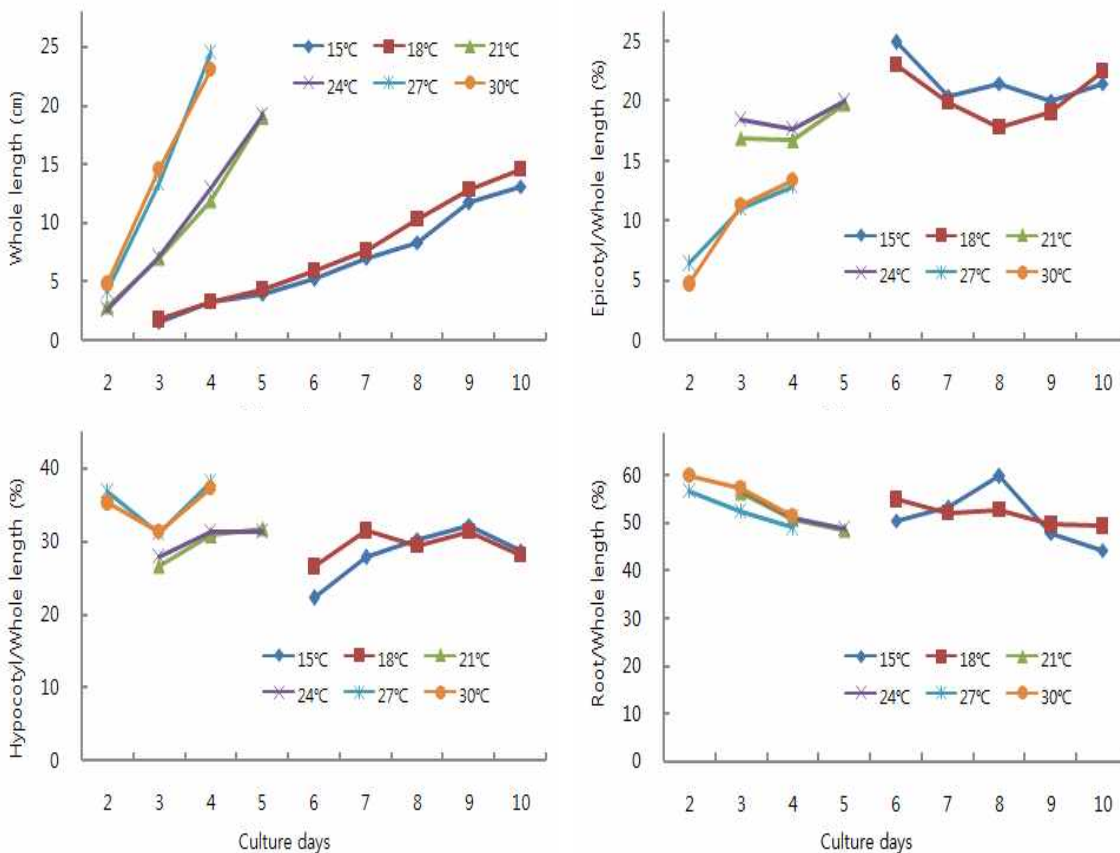


Fig. 1-9. Changes in whole length, epicotyl/whole length, hypocotyl/whole length, and root/whole length of cowpea sprouts according to the culture temperatures.

한편 동부나물에 재배에 적합한 온도로 판단된 27°C에서 재배기간에 따른 비타민 C 함량을 검토한 결과는 Fig. 1-10과 같이 재배기간이 길어질수록 증가하는 경향을 보였다.

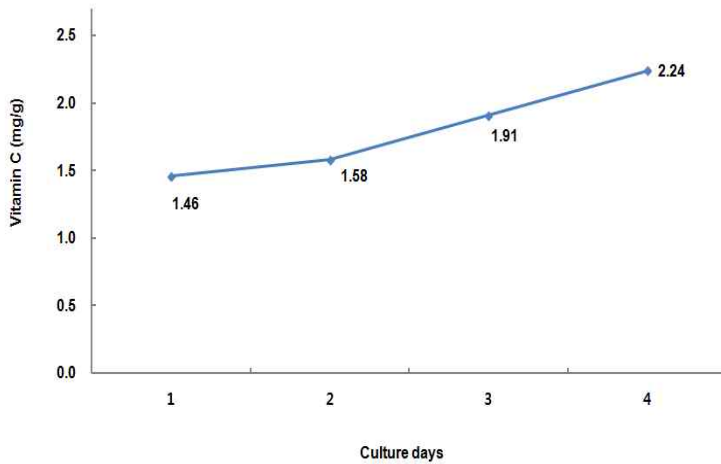


Fig. 1-10. Changes in vitamin C content of cowpea sprouts(freeze-dried power) according to the culture days, culture temperature 27°C.

재배온도에 따른 동부나물(생체) 부위별 Hunter's color values는 Table 1-12와 같이 큰 차이가 없었고, 뿌리의 경우 다른 부위에 비해 명도가 낮고 적색도가 높으며 황색도가 낮거나 비슷하게 나타나 뿌리의 색상을 개선하는 재배조건을 구명할 필요가 있다고 판단되었다. 재배온도와 무관하게 대체로 자엽은 상대적으로 높은 명도와 낮은 적색도, 상배축은 상대적으로 높은 황색도를 나타냈다. 반면에 재배온도에 따른 동부나물 동결건조 분말의 Hunter's color values는 Table 1-13과 같이 큰 차이가 없었다.

Table 1-12. Changes in Hunter's color values of cowpea sprouts(fresh) according to the culture temperatures.

Temperature (°C)	L (lightness)				a (redness)				b (yellowness)			
	Epicotyl	Cotyled on	Hypocotyl	Root	Epicotyl	Cotyled on	Hypocotyl	Root	Epicotyl	Cotyled on	Hypocotyl	Root
15	55	63	61	42	-2.0	-0.6	-3.2	3.9	41	32	21	17
18	57	61	64	42	-3.1	-0.5	-3.2	4.2	43	33	18	17
21	54	62	62	47	-8.1	-2.8	-3.3	3.8	43	31	15	18
24	52	58	61	44	-8.2	-2.1	-5.4	4.2	41	29	20	17
27	55	65	66	46	-5.3	-2.0	-3.4	3.6	43	32	13	17
30	59	66	65	50	-5.2	-1.4	-2.8	3.6	41	31	12	18

Table 1-13. Changes in Hunter's color values of cowpea sprouts(freeze-dried power) according to the culture temperatures.

Temperature (°C)	L (lightness)	a (redness)	b (yellowness)
15	85	-6.6	21
18	84	-2.2	22
21	84	-2.1	20
24	84	-2.6	21
27	84	-2.4	21
30	84	-2.1	21

재배온도에 따른 동부나물(동결건조)의 일반 및 무기성분을 분석한 결과는 Table 1-14와 같다. 조단백질, 칼슘 등 일반성분과 Fe, Zn 등 무기성분은 큰 차이가 없는 반면 조단백질, Zn 및 Fe 함량이 각각 38~40%, 51~55 mg/ℓ, 51~54 mg/ℓ 내외로 원료곡(서원동부)의 조단백질 28.7%, Zn 42.1 mg/ℓ, Fe 47.3 mg/ℓ 보다 많았다. 동부나물(동결건조)의 총아미노산 함량은 15℃에서 24℃까지는 재배온도가 높아질수록 증가하는 경향이었고 24℃에서 30℃까지는 반대 경향이었는데 특히 30℃에서 급격히 감소하였다(Table 1-15). 그리고 아미노산 종류별 함량 또한 총아미노산 함량 변화와 유사한 경향을 나타냈다.

Table 1-14. General and inorganic components content of cowpea sprouts(freeze-dried power) according to the culture temperatures.

Temperature (°C)	%						mg/ℓ													
	C-P	P	K	Ca	Mg	Na	Pb	Cd	B	Al	Ti	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	As	Mo	Hg
15	39.55	1.23	1.76	0.23	0.38	0.09	0.02	0.00	4.88	0.31	0.30	0.10	10.33	52.30	2.22	10.98	50.96	0.43	1.26	0.00
18	38.52	1.06	1.85	0.24	0.42	0.14	0.07	0.00	2.88	1.70	0.35	0.05	9.98	55.24	2.29	11.96	54.95	0.00	1.21	0.00
21	37.92	0.96	1.87	0.23	0.46	0.14	0.48	0.64	3.14	0.52	0.78	0.16	9.69	52.59	2.10	11.06	55.94	0.00	1.15	0.00
24	37.88	1.14	2.00	0.27	0.48	0.14	0.17	0.03	3.24	4.14	0.36	0.25	10.10	53.97	2.09	12.72	52.32	0.00	1.03	0.00
27	38.30	1.09	1.86	0.23	0.42	0.14	0.03	0.00	4.01	6.23	0.42	0.00	9.91	52.27	1.96	11.43	54.84	0.00	0.90	0.00
30	38.99	1.01	1.98	0.23	0.44	0.14	0.08	0.00	3.98	4.81	0.66	0.04	10.33	51.10	1.94	10.83	50.98	0.00	0.92	0.00
Raw seed	28.66	0.59	1.61	0.10	0.31	0.06	0.01	0.00	5.31	1.65	0.17	0.02	9.44	47.33	1.61	6.41	42.13	0.23	0.90	0.00

Table 1-15. Amino acid content of cowpea sprouts(freeze-dried power) according to the culture temperatures (mg%).

Temperature (°C)	Aspartic acid	Threonine	Serine	Glutamic acid	Proline	Glycine	Alanine	Valine	Methionine	Isoleucine	Leucine	Tyrosine	Phenylalanine	Histidine	Lysine	Ammonia	Arginine	Total
15	4,206	746	903	2,692	3,908	599	786	1,018	135	811	1,314	499	1,111	836	1,098	85	1,180	21,927
18	4,667	774	960	2,966	3,909	665	799	1,076	130	894	1,447	553	1,195	896	1,205	89	1,300	23,526
21	4,230	775	967	3,076	4,058	667	865	1,082	150	880	1,454	551	1,193	894	1,228	87	1,270	23,426
24	4,635	857	1,072	3,242	4,407	706	945	1,174	204	953	1,570	579	1,310	949	1,298	92	1,385	25,378
27	4,360	773	922	2,657	3,567	608	846	1,071	149	826	1,348	537	1,157	876	1,137	86	1,245	22,163
30	3,593	547	637	1,789	2,551	424	568	753	94	581	865	347	785	771	782	75	848	16,009
Raw seed	2,028	580	759	3,296	8,854	660	708	723	161	636	1,172	442	908	616	1,122	246	1,063	23,974

이상의 동부나물 재배온도 조건별 연구결과를 종합하면, 나물 생산수율이 높고 미발아 종자 비율이 낮고 재배기간이 짧고 외관품위가 우수할(상배축 비율이 낮고, 하배축 비율이 높음)뿐만 아니라 아미노산 함량도 크게 떨어지지 않은 27℃가 가장 좋은 것으로 판단된다.

다. 최적 광조건 구명

(1) 광질조건 구명

동부나물 재배기간에 광질별(백색광, 청색광, 황색광 및 적색광, 1일 12시간) 처리에 따른 나물 생산수율, 나물 재배 후 발아되지 않거나 발아력이 약한 종실의 비율 및 비타민 C를 검토한 결과는 Table 1-16과 같다. 생산수율은 무처리(암조건)에 비해 모든 광(백색광, 청색광, 황색

광 및 적색광) 처리에서 낮았고 특히 황색광에서 더욱 낮았다. 반면에 재배 후 발아되지 않거나 발아력이 약한 종실의 비율은 차이가 없어 광 처리에서도 재배기간을 약간 늘리면 생산수율에는 큰 문제가 없을 것으로 보아진다. 비타민 C 함량은 모든 광처리에서 무처리(암조건)에 비해 높았는데 특히 황색광과 녹색광에서 각각 2.89, 2.70 mg/g로 유의하게 높았다.

Table 1-16. Changes in yield, hard seed ratio and vitamin C content of cowpea sprouts according to the light qualities during culture.

Light quality	Sprout yield ratio ^z (%)				Non germination ratio (%)	Germinability weak ratio (%)	Vitamin C (mg/g DW)
	24 HC ^y	48 HC	72 HC	96 HC			
White(458nm)	253a ^x	360ab	482ab	621ab	1.9a	4.7a	2.46ab
Blue(460nm)	257a	366ab	493ab	626ab	0.4a	4.4a	2.70a
Yellow(560nm)	230a	329b	435b	575b	0.7a	3.5a	2.89a
Red(632nm)	228a	346ab	465ab	605ab	2.6a	2.8a	2.57ab
Dark	242a	391a	524a	707a	1.2a	3.5a	2.04c

^zFresh sprout weight/material seed weight×100, ^yCultivation hours.

^xMeans with same letter within a columns are not significantly different at $p < 0.05$ by LSD test.

광 처리에 따른 동부나물 전체 및 부위별 성장반응을 검토한 결과는 Fig. 1-11과 같다. 백색광, 청색광, 황색광 및 적색광 처리는 암 처리보다 전장이 짧고, 상배축장/전장 비율과 근장/전장 비율이 높고, 하배축장/전장 비율이 낮은 경향이였다. 즉 암처리에 비해 광(광질별 1일 12시간) 처리는 상대적으로 전장 대비 상배축과 뿌리 신장을 촉진한 것으로 보아지고, 광질별 차이는 좀 더 면밀한 검토가 필요한 것으로 보아진다.

동부나물 부위별 생체 Hunter's color values를 보면, 상배축은 암 처리에서 명도(lightness)와 적색도(redness), 백색광에서 황색도(yellowness)가 높았다. 자엽은 백색광에서 명도, 암 처리에서 적색도와 황색도가 높았다. 하배축은 백색광과 암 처리에서 명도, 암 처리에서 적색도, 4개의 광질에서 황색도가 높았다. 뿌리는 처리간 큰 차이가 없었다(Table 1-17). 반면에 나물 전체 동결건조분말의 Hunter's color values는 Table 1-18과 같이 처리간 큰 차이가 없었다. 광질에 따른 대부분의 일반성분과 무기성분 함량은 큰 차이가 없었으나 Fe는 적색광에서 많았다(Table 1-19). 동부나물(동결건조)의 총아미노산 함량은 Table 1-20과 같이 무처리(암조건)에 비해 백색광, 청색광 및 황색광에서는 높은 경향이였고 적색광에서는 낮은 경향이였으며 아미노산 종류별 함량 또한 총아미노산 함량 변화와 유사하였다. 이상의 동부나물 재배기간 광(백색광, 청색광, 황색광 및 적색광) 조건별 연구결과를 종합하면, 모든 광질 처리에서 무처리(암)에 비해 나물 생산수율이 낮으나 미발아 종자 비율이 비슷하여 재배기간을 늘리면 생산수율에는 큰 차이가 없을 것으로 판단된다. 그리고 모든 광질에서 상배축과 뿌리 신장을 상대적으로 촉진하는 반면 하배축 신장을 상대적으로 억제하는 경향이였다. 나물 생산 직후 생체는 백색광 처리에서 자엽과 하배축의 명도 및 하배축의 황색도가 증가하여 품위에 유하게 작용하였으나 기타 광질은 무처리(암)보다 낮거나 비슷하였다. 생산한 나물의 Fe는 적색광에서 많았고 총아미노산 함량은 무처리(암조건)에 비해 백색광, 청색광 및 황색광에서는 높은 경향이였다.

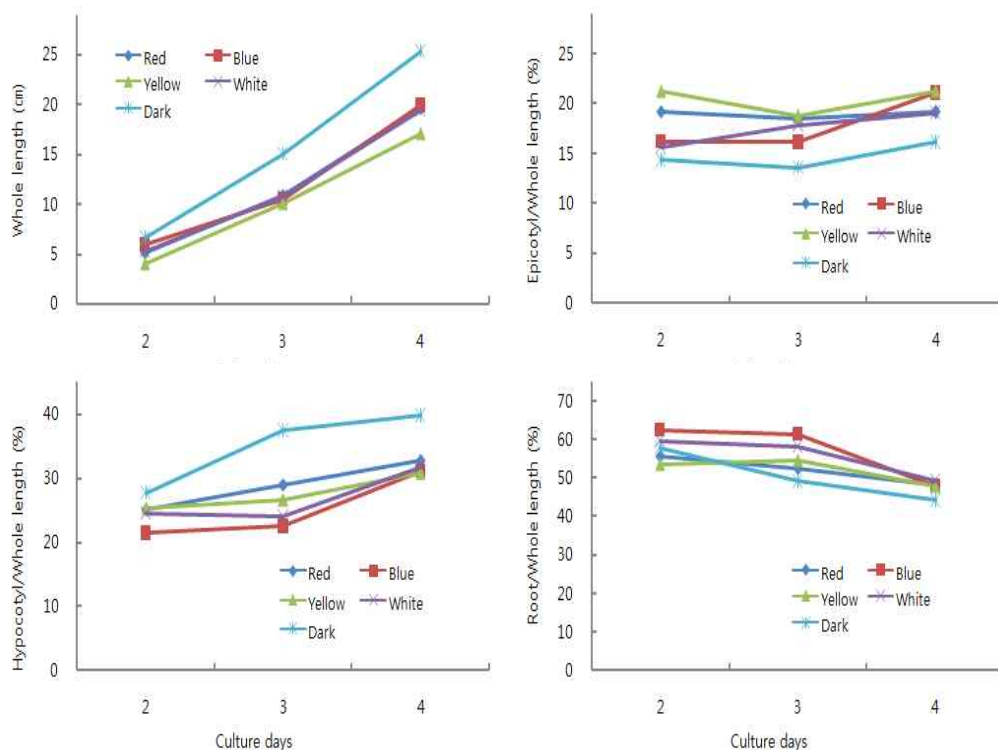


Fig. 1-11. Changes in whole length, epicotyl/whole length, hypocotyl/whole length, and root/whole length of cowpea sprouts according to the light qualities during culture.

Table 1-17. Hunter's color values of cowpea sprouts(fresh) according to the light qualities during culture.

Light quality	L (Lightness)				a (Redness)				b (Yellowness)			
	Epicotyl	Cotyledon	Hypocotyl	Root	Epicotyl	Cotyledon	Hypocotyl	Root	Epicotyl	Cotyledon	Hypocotyl	Root
White(458nm)	46	57	61	44	-12.7	-8.4	-8.2	2.1	36	29	19	14
Blue(460nm)	42	53	52	44	-13.1	-9.5	-9.8	2.6	26	24	20	16
Yellow(560nm)	41	49	51	42	-14.0	-9.2	-8.3	2.9	25	23	17	15
Red(632nm)	39	48	49	43	-13.6	-9.5	-9.3	1.8	27	23	18	13
Dark	59	48	60	45	-2.8	-4.4	-3.3	2.5	27	38	12	15

Table 1-18. Hunter's color values of cowpea sprouts(freeze-dried power) according to the light qualities during culture.

Light quality	L (lightness)	a (redness)	b (yellowness)
White(458nm)	80	-8.0	25
Blue(460nm)	79	-4.2	26
Yellow(560nm)	76	-4.8	28
Red(632nm)	79	-6.7	27
Dark	80	-7.7	24

Table 1-19. General and inorganic components content of cowpea sprouts(freeze-dried power) according to the light qualities during culture.

Light quality	%						mg/ℓ													
	C-P	P	K	Ca	Mg	Na	Pb	Cd	B	Al	Ti	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	As	Mo	Hg
White(458nm)	38.45	0.68	1.79	0.23	0.41	0.14	0.11	0.00	2.01	1.88	0.38	0.32	9.84	54.11	2.30	11.55	54.02	0.06	1.15	0.00
Blue(460nm)	38.38	0.73	1.79	0.22	0.41	0.14	0.15	0.00	2.55	5.91	0.30	0.04	9.65	51.97	2.13	10.81	51.20	0.15	1.19	0.00
Yellow(560nm)	39.26	0.89	1.90	0.22	0.40	0.13	0.17	0.01	3.07	3.05	1.29	0.00	9.86	58.20	2.43	10.51	52.34	0.20	1.23	0.00
Red(632nm)	38.35	0.74	1.91	0.28	0.44	0.14	0.15	0.00	3.64	4.19	0.38	0.15	10.49	70.70	2.51	10.26	54.08	0.16	1.49	0.00
Dark	36.12	0.64	1.58	0.28	0.39	0.13	0.21	0.00	4.16	1.55	0.27	0.52	12.07	52.84	1.24	13.14	50.82	0.00	0.64	0.00
Raw seed	28.66	0.59	1.61	0.10	0.31	0.06	0.01	0.00	5.31	1.65	0.17	0.02	9.44	47.33	1.61	6.41	42.13	0.23	0.90	0.00

Table 1-20. Amino acid content of cowpea sprouts(freeze-dried power) according to the light qualities during culture (mg%).

Light quality	Aspartic acid	Threonine	Serine	Glutamic acid	Proline	Glycine	Alanine	Valine	Methionine	Isoleucine	Leucine	Tyrosine	Phenylalanine	Histidine	Lysine	Ammonia	Arginine	Total
White(458nm)	4,262	753	910	2,819	3,193	638	858	1,026	135	807	1,337	514	1,115	914	1,133	88	1,108	21,610
Blue(460nm)	4,182	728	898	2,749	3,009	613	824	997	154	792	1,324	525	1,115	872	1,048	90	1,105	21,027
Yellow(560nm)	4,159	742	900	2,820	3,256	648	829	1,053	141	844	1,374	516	1,140	866	1,076	131	1,129	21,624
Red(632nm)	3,368	524	639	1,957	3,124	466	580	739	98	572	875	333	759	827	754	81	784	16,478
Dark	3,887	582	696	1,899	3,162	532	674	992	85	770	1,130	385	869	713	978	164	1,030	18,549
Raw seed	2,028	580	759	3,296	8,854	660	708	723	161	636	1,172	442	908	616	1,122	246	1,063	23,974

(2) 광질별 광량조건 구명

동부나물 재배기간에 광질별로 광량을 달리한 경우 나물 생산수율 변화는 백색광, 청색광 및 적색광의 시험처리 광량 범위에서는 광량별 차이가 없었으나 황색광 시험처리 범위에서는 광량이 낮을 경우 낮았다. 반면에 비타민 C 함량과 나물 재배 후 미발아 종자의 비율은 모든 처리에서 차이가 없었다(Table 1-21). 광질별 광량에 따른 동부나물의 성장반응은 Fig. 1-12와 같이 백색광, 청색광, 황색광 및 적색광 처리는 광량과 관계없이 암 처리보다 전장과 하배축장 및 근장이 짧고 상배축장은 차이가 없었다. 나물 부위별 생체 Hunter's color values는 Table 1-22와 같이 상배축은 암 처리에서 명도(lightness)와 적색도(redness)가 높았고 황색도는 처리간 큰 차이가 없었다. 이와 같은 결과는 전술한 광질별 처리에서는 백색광에서 황색도(yellowness)가 높았던 결과와는 다른 것으로 광량에 따른 차이일 것으로 보여지나 좀 더 면밀한 검토를 해야 할 것으로 판단된다. 자엽은 암 처리에서 황색도가 높았고 기타 Hunter's color values는 처리간 큰 차이가 없어 전술한 광질별 처리에서는 백색광에서 명도, 암 처리에서 적색도가 높다는 결과 다른 것은 광량 차이에 따른 것으로 판단된다. 반면에 나물 전체 동결건조분말의 색차는 광질별 광량에 따른 차이가 크지 않았다(Table 1-23). 광질별 광량에 따른 대부분의 일반성분과 무기성분 함량은 큰 차이가 없었으나 적색광에서는 광량이 많을수록 Fe

함량이 많았다(Table 1-24). 총아미노산 함량은 무처리(암조건)에 비해 백색광, 청색광 및 황색광에서는 높은 경향이었고 적색광에서는 낮은 경향이었고, 광질별 광량에 따른 총아미노산 함량은 백색광과 청색광은 광량이 많을 때 미미하게 높았고 황색광과 적색광은 반대의 결과를 나타냈다(Table 1-25).

Table 1-21. Changes in yield, hard seed ratio and vitamin C content of cowpea sprouts according to the light quantity on light qualities during culture.

Light quality	Light quantity (Lux)	Sprout yield ratio ^z (%)				Non germination ratio (%)	Germinability weak ratio (%)	Vitamin C (mg/g DW)
		24 HC ^y	48 HC	72 HC	96 HC			
White(458nm)	4,120	253a ^x	391a	539a	692a	0.18a	1.58a	2.50a
	2,190	250a	375a	506a	675a	0.30a	1.34a	2.52a
Blue(460nm)	83	250a	387a	542a	713a	0.18a	1.58a	2.43a
	42	272a	398a	572a	735a	0.74a	1.78a	2.44a
Yellow(560nm)	2,690	252a	399a	531a	735a	0.70a	1.75a	2.77a
	1,360	231a	350b	486b	638b	0.15a	1.19a	2.66a
Red(632nm)	850	229a	352a	474a	670a	0.00a	2.45a	2.40a
	427	241a	359a	487a	641a	0.30a	1.34a	2.75a
Dark(control)	-	260	422	611	861	0.88	1.05	2.04

^zFresh sprout weight/material seed weight×100, ^yCultivation hours.

^xMeans with same letter within a columns are not significantly different at $p < 0.05$ by LSD test.

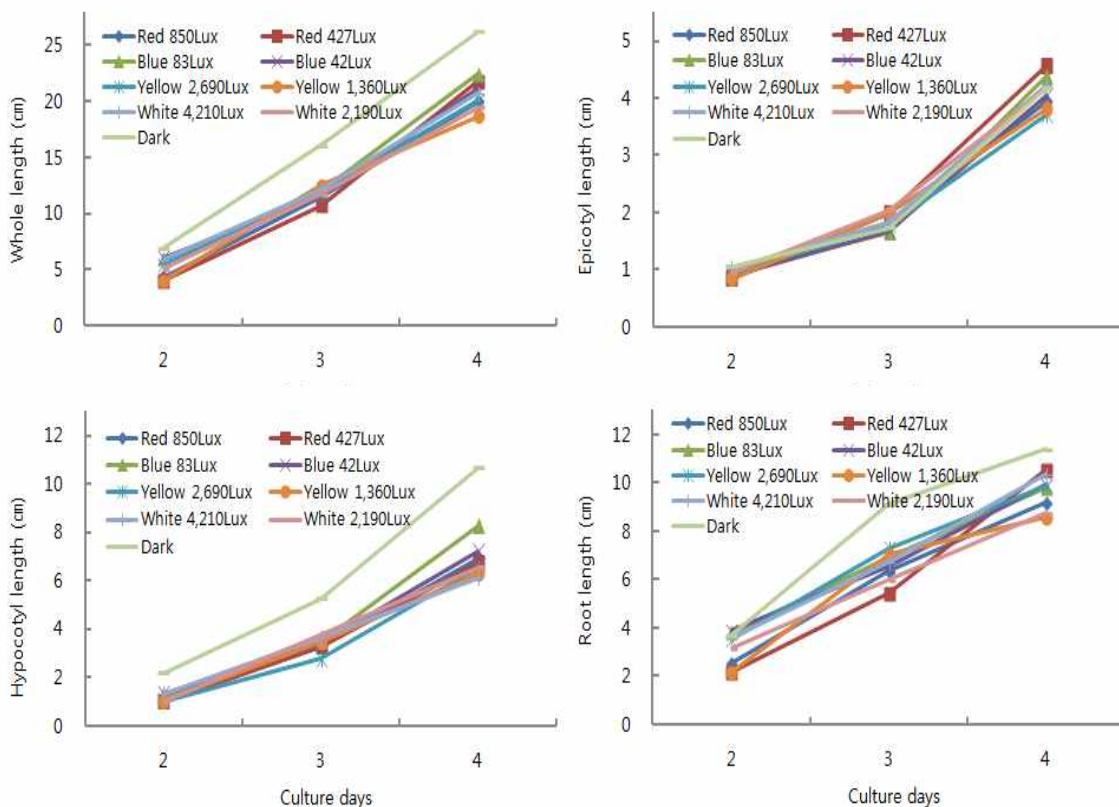


Fig. 1-12. Changes in whole, hypocotyl, epicotyl and root length of cowpea sprouts according to the light quantity on light qualities during culture.

Table 1-22. Changes in Hunter's color values of cowpea sprouts(fresh) according to the light amount on light qualities during culture.

Light quality	Light quantity (Lux)	L (Lightness)				a (Redness)				b (Yellowness)			
		Epicotyl	Cotyled on	Hypoco tyl	Root	Epicotyl	Cotyled on	Hypoco tyl	Root	Epicotyl	Cotyled on	Hypoco tyl	Root
White (458nm)	4,120	44	56	48	54	-14.2	-8.7	2.7	-13.0	30	25	17	26
	2,190	45	52	47	55	-14.5	-9.6	3.0	-11.8	29	24	16	23
Blue (460nm)	83	48	55	48	59	-13.6	-9.2	3.0	-10.1	29	25	16	22
	42	50	56	49	61	-13.6	-9.3	3.5	-9.1	34	26	16	21
Yellow (560nm)	2,690	39	51	50	39	-11.4	-10.0	-8.7	1.2	25	23	18	11
	1,360	45	58	47	58	-12.9	-7.8	3.0	-8.4	34	26	16	20
Red (632nm)	850	38	48	48	43	-13.7	-9.5	-8.7	2.2	28	23	18	14
	427	47	56	45	50	-13.4	-9.3	4.1	-10.6	29	24	18	22
Dark (control)	-	58	49	61	43	-3.1	-4.3	-3.1	2.9	28	35	13	15

Table 1-23. Changes in Hunter's color values of cowpea sprouts(freeze-dried power) according to the light quantity on light qualities during culture.

Light quality	Light quantity(Lux)	L (lightness)	a (redness)	b (yellowness)
White(458nm)	4,120	80	-7.5	25
	2,190	79	-6.5	25
Blue(460nm)	83	80	-6.6	24
	42	79	-7.0	25
Yellow(560nm)	2,690	78	-4.9	27
	1,360	80	-6.5	26
Red(632nm)	850	80	-5.9	24
	427	80	-6.3	26
Dark(control)	-	83	-2.2	20

Table 1-24. General and inorganic components content of cowpea sprouts(freeze-dried power) according to the light quantity on light qualities during culture.

Light quality	Light quantity (Lux)	%							mg/ℓ												
		C-P	P	K	Ca	Mg	Na	Pb	Cd	B	Al	Ti	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	As	Mo	Hg
White (458nm)	4,120	34.57	0.67	1.76	0.26	0.43	0.16	0.29	0.00	3.06	7.56	0.69	0.11	8.46	75.92	0.77	17.14	52.45	0.00	1.62	0.00
	2,190	34.78	0.93	1.75	0.25	0.42	0.10	0.17	0.00	2.17	0.00	0.46	0.02	8.47	56.88	0.73	11.35	44.76	0.04	1.24	0.00
Blue (460nm)	83	33.89	0.83	1.69	0.26	0.43	0.11	1.34	0.00	2.79	0.25	0.93	0.23	8.26	67.71	0.80	16.23	47.56	0.25	1.38	0.00
	42	34.43	0.88	1.91	0.29	0.45	0.12	0.16	0.00	2.52	0.39	0.23	0.08	8.41	56.89	0.70	11.59	45.18	0.00	1.30	0.00
Yellow (560nm)	2,690	34.20	0.95	1.74	0.25	0.42	0.12	0.23	0.00	2.82	6.83	0.34	0.02	8.22	57.62	0.67	10.51	43.46	0.09	1.27	0.00
	1,360	34.63	0.76	1.79	0.25	0.42	0.13	0.05	0.00	2.98	0.00	0.38	0.03	8.38	57.11	0.69	10.04	44.61	0.00	1.34	0.00
Red (632nm)	850	33.64	0.88	1.77	0.26	0.42	0.10	0.09	0.01	2.75	1.39	0.52	0.26	8.49	90.05	1.25	10.42	44.00	0.11	1.28	0.00
	427	34.73	0.86	1.88	0.27	0.45	0.11	0.14	0.00	3.19	1.10	0.28	0.03	8.80	62.38	1.47	10.97	46.24	0.00	1.39	0.00
Dark (Control)	-	33.06	0.68	2.07	0.31	0.50	0.13	0.13	0.00	4.05	6.79	1.75	0.29	8.63	52.28	0.85	11.89	51.04	0.32	1.58	0.00
Raw seed	-	25.18	0.58	1.36	0.16	0.30	0.05	0.00	0.00	5.32	2.26	0.24	0.12	7.69	48.62	0.54	5.57	40.25	0.00	1.11	0.00

Table 1-25. Amino acid content of cowpea sprouts(freeze-dried power) according to the light quantity on light qualities during culture(mg%).

Light quality	Light quantity (Lux)	Aspartic acid	Threonine	Serine	Glutamic acid	Proline	Glycine	Alanine	Valine	Methionine	Isoleucine	Leucine	Tyrosine	Phenylalanine	Histidine	Lysine	Ammonia	Arginine	Total
White (458nm)	4,120	3,916	699	806	2,432	4,154	575	775	971	121	768	1,215	465	1,003	990	1,040	77	985	20,991
	2,190	4,018	689	775	2,230	1,760	568	741	974	117	749	1,194	465	974	815	998	80	997	18,141
Blue (460nm)	83	4,055	690	785	2,263	3,828	554	768	970	120	758	1,181	459	992	833	990	81	950	20,277
	42	4,329	729	810	2,229	2,055	577	791	1,021	125	790	1,227	475	1,017	839	1,020	88	1,048	19,171
Yellow (560nm)	2,690	3,468	563	666	1,964	2,226	492	644	786	105	609	982	376	800	746	809	77	825	16,138
	1,360	3,656	588	694	2,047	2,013	523	642	810	99	632	1,003	396	844	815	857	77	888	16,584
Red (632nm)	850	3,139	522	626	1,940	2,867	464	568	728	96	569	896	342	742	748	780	99	786	15,912
	427	3,878	675	786	2,331	2,371	581	756	911	114	722	1,179	457	959	795	971	77	1,007	18,570
Dark (Control)	-	3,802	633	707	1,960	3,610	483	707	896	100	704	1,067	408	893	722	898	88	861	18,539
Raw seed	-	1,948	586	745	3,199	9,645	632	625	690	149	602	1,126	422	861	611	1,125	46	1,069	24,082

이상의 동부나물 재배기간 광질에 따른 광량조건별 연구결과를 종합하면, 황색광에서는 광량에 따라 나물 생산수율에 차이가 있는 반면 기타 광질은 광량에 따른 차이가 없었다. 대부분의 일반성분과 무기성분 함량은 큰 차이가 없었으나 적색광에서는 광량이 많을수록 Fe가 많았다. 총아미노산 함량은 백색광과 청색광은 광량이 많을 때 미미하게 높았다.

라. 기능성 동부나물 재배기술 개발

(1) 고품질 동부나물 생산에 적합한 유전자원 선발

동부나물 재배에 적합한 자원을 선발하기 위해 본 연구과제에서 확립된 표준재배(27°C/4일, 암조건) 조건에서 Seowon(서원동부), IT104373, IT145383, IT154149 등 12자원 및 품종을 검토하였다. 원료곡(시험자원)의 특성과 동부나물 생산수율, 발아하지 않거나 발아력이 약한 종실의 비율을 검토한 결과는 Table 1-26과 같다. 각 원료곡의 백립중은 9.81~20.53 g, 종피율은 9.4~22.9% 범위였다. 자원별 동부나물 생산수율은 IT154153이 647%, Seowon 615%, Tvu7426 608% 순으로 많았고 IT154149는 313%로 매우 낮아 시험자원간 변이가 크게 나타났다. 나물 재배 후 발아되지 않는 종실의 비율은 0~37.8%, 발아력이 약한 종실의 비율은 0.2~24.6%로 자원간 차이가 크게 나타났다. 나물 생산수율이 높은 IT154153의 특징은 백립중이 16.22 g로 상대적으로 입중이 무거운 반면 종피율이 9.4%로 매우 낮을 뿐만 아니라 발아되지 않은 종실이 없고 발아력이 약한 종실이 2.6%로 매우 낮았다. 그리고 생산수율이 높은 Seowon(서원동부)의 특징은 백립중이 12.58 g로 상대적으로 입중이 가벼운 편이고 종피율은 13.3%로 상대적으로 높은 편이었으나 발아되지 않은 종실이 없고 발아력이 약한 종실이 4.4%로 매우 낮았다. 또한 Tvu7426의 특징은 백립중이 9.81 g로 입중이 가장 가볍고 종피율이 13.0%로 약간 높았으나 발아되지 않은 종실과 발아력이 약한 종실이 각각 0.3, 0.2%로 매우 낮았다. 한편 나물 생산수율이 313%로 가장 낮은 IT154149는 백립중 14.05 g, 종피율 12.8%로 타 시험자원과 큰 차이가 없었으나 발아되지 않은 종실과 발아력이 약한 종실이 각각 37.8, 21.8%로 매우 높았기 때문이었다. 이상의 결과를 종합하면 동부나물 생산에 적합한 원료곡(자원)의 특징은 작고 종피가 얇

고 우수한 발아력으로 보아진다. 각 시험자원별 나물의 성장반응을 검토한 결과는 Table 1-27과 같다. Table 1-26에서 나물 생산수율이 높은 자원중에서 백립종이 16.22, 12.58 g인 IT154153, Sewon은 전장, 하배축장 등이 길었고 백립종이 9.81 g로 낮은 Tvu7426은 전장, 하배축장이 상대적으로 작은 편이었다. 각 시험자원별 성장반응은 자원의 고유특성과 밀접한 관계가 있을 것으로 보여지기 때문에 좀 더 면밀한 검토는 추후에 실시해야 할 것으로 보아진다.

Table 1-26. Changes in yield and hard seed ratio of cowpea sprouts according to the experiment resources.

Experiment resources	100-seed weight(g)	Percentage of seed coat(%)	Sprout yield ratio ^z (%)						Yield Index	Non germination ratio (%)	Germinability weak ratio (%)
			24 CH ^y	48 CH	72 CH	96 CH	96 CH	96 CH			
Seowon	12.58	13.3	226	337	478	615a ^x	100	0.0b	4.4c		
IT104373	13.03	22.9	222	290	407	529b	86	1.8b	2.1c		
IT145383	14.71	11.4	244	331	434	552b	90	0.1b	9.4b		
IT154149	14.05	12.8	179	215	260	313d	51	37.8a	21.8a		
IT145387	20.53	10.0	250	312	383	463c	75	1.0b	20.3a		
Jeonnam1	15.78	15.4	237	299	379	472c	77	0.0b	15.1a		
IT154153	16.22	9.4	267	364	502	647a	105	0.0b	2.6c		
Jeonnam2	17.22	14.0	234	282	351	435c	71	0.5b	18.3a		
IT145391	18.62	11.0	243	289	359	434c	71	0.4b	24.6a		
IT97K-1042-3	14.07	13.8	224	302	424	551b	90	1.7b	6.2bc		
Tvu7426	9.81	13.0	218	323	462	608a	99	0.3b	0.2c		
Tvu7778	12.56	12.2	215	316	444	597a	97	0.3b	0.4c		

^zFresh sprout weight/material seed weight×100, ^yCultivation hours.

^xMeans with same letter within a columns are not significantly different at $p < 0.05$ by LSD test.

Table 1-27. Changes in whole, hypocotyl and root length, Hypocotyl thickness of cowpea sprouts according to the experiment resources.

Experiment resources	Whole length (cm)			Hypocotyl length (cm)			Root length(cm)			Hypocotyl thickness(mm)	
	48 CH ^y	72 CH	96 CH	48 CH	72 CH	96 CH	48 CH	72 CH	96 CH	96 CH	96 CH
Seowon	5.0	10.4	17.1	1.04	3.03	7.33	2.70	6.40	8.54	2.92	
IT104373	4.2	9.6	14.4	0.87	2.67	5.46	2.28	5.74	7.96	2.68	
IT145383	4.7	9.3	15.7	1.04	3.12	6.11	2.43	5.02	8.37	2.89	
IT154149	4.2	8.0	12.2	0.92	1.82	3.48	1.89	5.02	7.52	3.07	
IT145387	4.8	9.3	14.1	1.04	2.26	4.03	2.27	4.09	5.96	3.14	
Jeonnam1	5.0	10.0	16.3	1.11	3.04	6.48	2.54	5.63	7.78	2.84	
IT154153	6.3	11.5	17.6	1.60	3.63	6.49	3.39	6.75	9.51	3.15	
Jeonnam2	4.3	9.5	15.8	1.10	2.98	6.08	1.74	5.63	5.91	2.73	
IT145391	4.2	8.4	14.5	1.05	2.42	5.19	1.86	4.63	8.04	2.68	
IT97K-1042-3	3.9	8.4	13.2	0.96	3.03	4.99	1.72	4.10	6.71	2.73	
Tvu7426	4.6	9.3	14.8	1.25	2.86	5.25	2.40	5.00	8.00	2.44	
Tvu7778	5.1	10.1	14.9	1.36	2.61	4.06	2.76	6.17	9.51	2.90	

^yCultivation hours.

자원별로 생산한 동부나물의 비타민 C 함량은 Table 1-28과 같이 IT154153, Tvu7426, Tvu7778 순으로 높았고, 나물 부위별 생체 Hunter's color values는 자원간 일부 차이가 있었으나 좀 더 자세한 검토가 필요할 것으로 판단된다.

Table 1-28. Changes in vitamin C content and Hunter's color values of cowpea sprouts(freeze-dried power) according to the experiment resources.

Experiment resources	Vitamin C (mg/g DW)	Cotyledon			Epicotyl			Hypocotyl			Root		
		L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*
Seowon	2.00	64.9	-0.8	41.7	60.5	-2.5	26.4	63.9	-1.1	11.5	46.0	2.7	14.0
IT104373	1.71	61.2	-3.0	44.0	64.2	0.0	23.4	63.0	-1.6	13.9	49.0	3.3	14.7
IT145383	1.87	60.2	-1.9	41.2	62.8	0.3	24.9	64.3	-1.6	12.1	47.6	3.9	15.3
IT154149	1.84	62.0	-0.8	40.0	64.8	0.7	24.3	61.2	-1.0	14.5	51.6	2.6	13.7
IT145387	1.60	64.2	-0.8	39.5	65.7	1.2	23.0	64.2	0.3	15.6	49.1	3.4	15.0
Jeonnam1	1.70	60.4	-2.5	44.5	67.2	0.5	24.8	62.6	-0.9	13.9	47.4	3.3	16.3
IT154153	2.27	58.6	-3.3	45.7	66.1	-0.3	29.5	62.3	-1.4	15.2	49.4	3.5	17.8
Jeonnam2	1.75	60.4	-1.6	46.1	65.7	0.3	25.3	62.5	-1.2	14.0	46.2	3.5	15.5
IT145391	1.72	61.0	-1.5	42.9	69.0	0.2	25.4	63.9	-1.5	15.0	46.7	3.8	14.8
IT97K-1042-3	1.96	55.8	-1.2	43.9	67.6	-1.3	24.4	63.1	-1.5	11.5	45.3	2.2	14.9
Tvu7426	2.14	56.0	-1.9	45.0	66.3	-1.4	29.2	61.7	-2.2	13.8	48.5	2.4	14.5
Tvu7778	2.01	56.9	-2.7	48.3	66.2	-2.6	36.5	62.4	-2.4	13.4	51.1	2.3	16.0

※ L* : lightness, a* : redness, b* : yellowness

Table 1-29. General and inorganic components content of cowpea sprouts(freeze-dried power) according to the experiment resources.

Division	Experiment resources	%						mg/kg											
		T-C	T-P	K	Ca	Mg	Na	Pb	Cd	B	Al	Ti	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	Mo
Sprout	Seowon	44.4	39.6	1.81	0.21	0.38	0.09	0.30	0.01	4.21	1.77	0.68	2.46	7.01	61.3	0.95	11.18	46.8	75.7
	IT104373	40.4	28.6	1.64	0.21	0.35	0.08	0.13	0.01	3.87	1.85	0.32	1.68	8.55	65.8	0.93	9.38	35.8	20.3
	IT145383	40.2	28.2	1.87	0.24	0.37	0.10	0.26	0.04	4.08	0.70	0.37	4.55	6.57	65.2	2.17	8.83	36.0	20.8
	IT154149	41.4	24.7	1.90	0.23	0.37	0.09	0.20	0.02	3.82	2.28	0.31	10.19	7.95	93.5	5.07	6.73	27.3	29.0
	IT145387	44.3	26.6	1.70	0.18	0.32	0.07	0.18	0.04	3.54	0.97	0.22	2.12	9.17	50.0	1.05	6.71	25.8	17.9
	Jeonnam1	43.8	28.3	1.34	0.18	0.28	0.05	0.11	0.00	3.03	0.00	0.32	1.85	10.73	57.8	1.03	6.75	26.0	18.0
	IT154153	44.3	35.6	1.25	0.19	0.28	0.07	0.52	0.03	1.90	0.00	0.43	2.74	4.51	62.9	1.79	9.52	31.7	29.2
	Jeonnam2	44.3	29.2	1.50	0.21	0.31	0.07	0.17	0.02	1.99	0.00	0.27	4.54	11.54	71.8	8.27	7.58	26.1	11.3
	IT145391	39.7	27.5	1.63	0.20	0.33	0.06	0.25	0.02	3.22	0.49	0.14	1.02	8.46	54.2	1.09	7.12	30.9	23.0
	IT97K-1042-3	39.7	32.8	1.51	0.21	0.25	0.09	0.17	0.02	2.27	0.00	0.26	0.42	9.62	51.1	0.86	7.65	32.9	31.8
	Tvu7426	39.6	32.9	1.85	0.22	0.43	0.09	0.24	0.02	2.74	0.00	0.10	0.51	8.51	65.9	0.24	8.09	37.6	88.0
	Tvu7778	40.0	30.8	1.56	0.19	0.33	0.07	0.23	0.04	4.23	0.00	0.20	2.58	8.57	66.9	1.67	9.60	31.4	81.3
평균	41.8	30.4	1.64	0.21	0.33	0.08	0.23	0.02	3.15	0.73	0.31	2.92	8.42	63.6	2.13	8.14	32.5	33.2	
Raw seed	Seowon	39.4	28.6	1.39	0.08	0.32	0.02	0.00	0.00	4.03	0.00	0.05	1.32	6.75	68.4	0.70	4.66	30.5	71.3
	IT104373	38.8	22.5	1.47	0.10	0.28	0.04	0.02	0.02	5.68	2.75	0.18	0.73	8.97	57.3	0.82	6.13	24.5	11.1
	IT145383	38.2	22.0	1.40	0.07	0.23	0.05	0.04	0.02	5.43	0.64	0.15	1.37	6.33	48.0	0.98	3.86	23.6	12.2
	IT154149	39.1	19.4	1.57	0.09	0.25	0.05	0.02	0.00	4.97	1.03	0.16	1.05	7.65	49.4	0.99	4.07	15.5	23.7
	IT145387	38.7	19.8	1.69	0.10	0.28	0.01	0.32	0.03	4.68	6.46	0.92	0.34	9.35	44.0	0.47	3.56	23.4	12.4
	Jeonnam1	37.6	19.8	1.46	0.09	0.28	0.01	0.05	0.01	3.55	7.77	0.59	0.70	10.88	54.0	0.79	3.12	20.0	12.2
	IT154153	39.0	25.0	1.51	0.12	0.29	0.01	0.08	0.01	2.53	6.45	0.76	0.28	6.04	51.7	0.64	4.03	24.8	8.7
	Jeonnam2	38.2	21.1	1.47	0.08	0.27	0.01	0.00	0.00	3.35	7.01	0.45	0.45	10.67	50.1	2.28	3.67	20.6	8.7
	IT145391	38.2	23.9	1.46	0.11	0.28	0.01	0.44	0.00	3.90	8.05	0.63	0.39	8.24	49.1	0.78	3.79	24.7	10.4
	IT97K-1042-3	39.3	27.5	1.37	0.10	0.28	0.01	0.25	0.03	4.04	7.44	0.71	1.24	10.39	54.8	1.09	4.07	23.9	25.6
	Tvu7426	39.3	27.1	1.46	0.09	0.33	0.01	0.08	0.00	5.28	5.08	0.23	1.32	9.49	51.2	0.57	3.24	27.0	63.9
	Tvu7778	39.1	25.7	1.60	0.09	0.34	0.01	0.13	0.07	5.77	1.02	0.04	1.60	9.15	46.0	1.28	4.51	24.6	64.6
평균	38.7	23.5	1.49	0.10	0.28	0.03	0.13	0.01	4.22	4.45	0.43	1.01	8.60	53.5	1.02	4.36	24.3	24.5	

각 시험자원의 원료곡(종실)과 나물의 일반 및 무기성분을 분석한 결과는 Table 1-29와 같다. 동부나물의 탄수화물, 단백질, 칼륨, 칼슘 등 일반성분의 함량은 원료곡보다 많았고, 무기성분 중에서 아연, 폴리브덴, 철 등의 함량은 동부나물에서 원료곡보다 많았으나 알루미늄, 붕소 등의 함량은 동부나물보다 원료곡에서 많은 특징을 나타냈다. 한편 동부나물의 아연, 폴리브덴, 망간 등의 함량은 대체로 원료곡의 그들 함량과 비례하는 경향을 나타내는 등 원료곡의 일반 및 무기성분의 함량에 따라 동부나물의 일반 및 무기성분 함량과도 일정한 상관관계가 있을 것으로 보여지나 현재까지의 결과로는 정확한 판단을 내리기는 곤란할 것으로 보아진다. 이상의 결과를 종합하면 동부나물 생산수율이 높고 배축장이 길어 품위가 우수한 자원은 IT154153, Seowon 및 Tvu7429 등이고 현재 국내에 유일하게 품종으로 등록된 Seowon(서원동부)을 활용하는 게 가장 좋을 것으로 판단된다.

(2) 게르마늄 함유 동부나물 재배기술 개발

게르마늄이 함유된 기능성 동부나물 재배기술을 개발하고자 전처리 방법으로 게르마늄 용액에 침종기간과 나물 재배용액의 게르마늄 농도에 따른 나물 생산수율, 성장반응, 게르마늄 함량 등을 검토하였다. 게르마늄 용액(1,000 ppm)에 원료곡 침종시간에 따른 동부나물의 생산수율, 게르마늄과 비타민 C 함량 변화를 검토한 결과는 Table 1-30과 같다. 나물 생산수율은 무처리에서 2시간 침종까지는 큰 차이가 없었으나 3, 4시간 침종에서는 낮은 경향을 나타냈다. 발아되지 않거나 발아력이 약한 종실의 비율은 처리간 약간 차이가 있으나 일정한 경향을 보이지 않았다. 침종시간에 따른 성장반응은 나물수율과 달리 큰 차이를 나타내지 않았다. 생산된 나물의 게르마늄 함량은 무처리 58 ppb, 2시간 침종 1,600 ppb, 4시간 침종 4,328 ppb로 침종시간이 길어질수록 유의하게 증가되는 경향을 보였다. 그러나 비타민 C 함량은 처리간 차이가 없었다. 기타 일반 및 무기성분 함량은 게르마늄 용액 제조용으로 사용된 제품에 함유된 성분이 존재하여 해석이 곤란하였다(Table 1-31). 재배수의 게르마늄 농도에 따른 동부나물 생산수율은 Table 1-32와 같이 0, 0.5, 1 ppm에서 각각 8.0, 8.0, 8.1배로 차이가 없이 높았으나 2 ppm 7.5배, 8 ppm 7.0배, 16 ppm 6.3배로 게르마늄 농도가 높아질수록 낮았다. 발아력이 약한 종실의 비율은 16 ppm에서 4.9%로 가장 높았고 기타 농도에서는 1% 내외로 차이가 없었다. 재배용수 게르마늄 농도에 따른 동부나물의 전장, 상배축장은 무처리에서 4 ppm까지는 차이가 없이 큰 편이었으나 8, 16 ppm에서는 작았다. 뿌리 길이는 무처리에서 1 ppm까지만 차이가 없이 큰 편이었으나 2 ppm 이상에서는 농도가 증가할수록 작아지는 경향이였다. 동부나물의 게르마늄 함량은 처리농도에 비례하여 증가하였으나 비타민 C 함량은 처리간 큰 차이가 없었다. 기타 일반 및 무기성분 함량은 침종시험과 같이 게르마늄 용액 제조용으로 사용된 제품에 함유된 성분이 존재하여 해석이 곤란하였다(Table 1-33).

이상의 결과를 종합하면 게르마늄 함유 동부나물 생산을 위해서는 재배용수에 게르마늄을 희석하여 나물을 재배하는 것보다 전처리로 게르마늄이 일정 수준 이상 함유된 용액에 침종하였다가 재배하는 것이 경제적인 게르마늄 함유 기능성 동부나물 생산방법이라고 판단되었고, 최적 침종방법은 1,000 ppm 게르마늄 용액에 2시간 동안 공기를 주입하면서 침종하는 것이 동부나물 생산수율에 부정적인 영향을 미치지 않으면서 일정 수준 이상의 게르마늄이 함유 동부나물 생산이 가능하다.

Table 1-30. Yield, hard seed ratio, growth characteristics, germanium and vitamin C content of cowpea sprouts according to the soaking period on germanium solution (1,000ppm).

Soaking period (hr)	Sprout yield ^z (times)	Non germination ratio (%)	Germinability weak ratio (%)	Growth characteristics				Germanium (ppb)	Vitamin C (mg/g FW)
				Whole length(cm)	Epicotyl length(cm)	Hypocotyl length(cm)	Root length(cm)		
0	6.8a ^x	0	4.5a	18.6a	2.2a	6.8a	9.6a	58f	2.21a
0.5	6.7a	0	1.0b	19.3a	2.2a	6.9a	10.2a	147e	2.23a
1	7.0a	0	1.5b	19.5a	2.3a	6.5a	10.7a	675d	2.30a
2	6.9a	0	3.5a	19.5a	2.5a	7.4a	9.6a	1,600c	2.25a
3	6.3b	0	1.3b	20.1a	2.5a	7.3a	10.3a	2,809b	2.10a
4	6.1b	0	0.5b	18.2a	2.2a	6.6a	9.4a	4,327a	2.16a
Raw seed	-	-	-	-	-	-	-	21	-

^zFresh sprout weight/material seed weight,

^xMeans with same letter within a columns are not significantly different at $p < 0.05$ by LSD test.

Table 1-31. General and inorganic components content of cowpea sprouts(freeze-dried power) according to the soaking period on germanium solution(1,000ppm).

Soaking period(hr)	%						mg/kg											
	T-C	T-P	K	Ca	Mg	Na	Pb	Cd	B	Al	Ti	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	Mo
0	39.0	32.5	2.01	0.22	0.45	0.12	0.93	-	2.48	-	0.08	0.94	9.41	62.4	1.22	12.8	43.5	51.0
0.5	39.0	32.7	1.72	0.21	0.42	0.12	0.63	-	1.80	-	0.12	0.58	8.86	59.8	1.04	11.3	39.5	39.5
1	38.7	32.2	1.41	0.17	0.34	0.10	0.36	0.04	1.22	-	0.18	0.72	11.92	60.0	0.93	11.4	39.0	43.1
2	39.2	32.7	1.78	0.22	0.40	0.12	0.50	0.01	2.28	-	0.34	1.13	16.98	57.2	1.16	11.4	38.9	50.1
3	39.2	32.3	1.90	0.23	0.44	0.14	0.44	0.01	1.74	-	0.10	0.70	25.45	53.8	0.95	11.2	44.5	50.0
4	39.2	31.7	1.31	0.18	0.30	0.08	0.24	-	0.91	-	0.04	0.53	11.18	56.5	0.54	11.1	37.0	41.5

Table 1-32. Yield, hard seed ratio, growth characteristics, germanium and vitamin C content of cowpea sprouts according to the germanium concentration in the cultivation solution.

Concentration(ppm)	Sprout yield ^z (times)	Non germination ratio (%)	Germinability weak ratio (%)	Growth characteristics				Germanium (ppb)	Vitamin C (mg/g FW)
				Whole length(cm)	Epicotyl length(cm)	Hypocotyl length(cm)	Root length(cm)		
0	8.0a ^x	0	1.3b	22.8a	2.6a	10.0a	10.2a	58g	2.39a
0.5	8.0a	0	1.4b	22.3a	2.2a	9.1a	11.0a	3,227f	3.93a
1	8.1a	0	0.6b	21.8a	2.4a	9.3a	10.1a	5,131e	3.63a
2	7.5b	0	1.8b	21.3a	2.4a	9.2a	9.7ab	6,770d	3.46a
4	7.4b	0	1.0b	20.6a	2.3a	9.9a	8.4b	10,318c	3.09a
8	7.0ac	0	1.1b	17.3b	2.2a	8.0b	7.1b	24,875b	3.03a
16	6.3c	0	4.9a	15.9c	2.0a	6.1c	7.8b	58,962a	2.91a
Raw seed	-	-	-	-	-	-	-	21	-

^zFresh sprout weight/material seed weight.

^xMeans with same letter within a columns are not significantly different at $p < 0.05$ by LSD test.

Table 1-33. General and inorganic components content of cowpea sprouts(freeze-dried power) according to the germanium concentration in the cultivation solution.

Concentration(ppm)	%						mg/kg											
	T-C	T-P	K	Ca	Mg	Na	Pb	Cd	B	Al	Ti	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	Mo
0	39.0	32.5	2.01	0.22	0.45	0.12	0.93	-	2.48	-	0.08	0.94	9.4	62.4	1.22	12.80	43.5	51.0
0.5	38.9	30.1	0.98	0.15	0.24	0.08	0.05	-	2.05	1.06	0.22	0.57	18.6	44.5	1.07	5.74	32.5	42.9
1	38.7	30.7	2.00	0.27	0.46	0.14	-	-	5.39	0.20	0.10	0.54	28.6	48.9	0.89	6.36	40.2	47.1
2	39.0	33.1	1.42	0.16	0.28	0.09	-	-	3.28	3.08	0.53	0.27	45.0	52.1	0.92	7.37	42.7	44.9
4	38.4	30.4	1.11	0.12	0.23	0.06	-	-	3.93	1.86	0.25	0.41	50.0	46.6	0.76	5.72	37.9	46.6
8	38.9	30.1	1.78	0.18	0.38	0.11	-	-	7.73	17.25	1.47	0.36	112.1	65.9	0.80	6.29	37.5	44.1
16	39.4	29.4	1.75	0.19	0.40	0.13	-	-	12.16	29.96	2.14	2.07	245.7	81.1	1.40	6.09	40.3	44.7

(3) 셀레늄 함유 동부나물 재배기술 개발

셀레늄이 함유된 기능성 동부나물 재배기술을 개발하고자 전처리 방법으로 셀레늄 용액에 침종기간과 나물 재배용액의 셀레늄 농도에 따른 나물 생산수율, 셀레늄 함량 등을 검토하였다. 셀레늄 용액(1,000 ppm)에 원료곡 침종시간에 따른 동부나물의 생산수율, 셀레늄과 비타민 C 함량 변화를 검토한 결과는 Table 1-33과 같다. 나물 생산수율은 무처리에서 2시간 침종까지는 큰 차이가 없었으나 3, 4시간 침종에서는 낮은 경향을 나타냈다. 발아력이 약한 종실의 비율은 4시간 침종 16.9%, 3시간 침종 5.8%로 높았으나 기타 무처리에서 2시간까지의 침종에서는 차이가 없이 비율이 매우 낮았다. 침종시간에 따른 전장과 뿌리 길이는 무처리에서 2시간까지 침종에서 차이가 없이 긴 편이었고 4, 8시간 침종에서는 작았으며 상배축장과 하배축장은 처리간 큰 차이가 없었다. 생산된 나물의 셀레늄 함량은 무침종을 포함한 모든 처리에서 5,500 ppb 내외로 처리간 차이가 없었다. 이와 같은 결과는 원료곡(서원동부)에 셀레늄이 4,426 ppb 가량 함유하고 있기 때문으로 보아 지나 전술한 게르마늄 용액 침종시간에 비례하여 나물의 게르마늄 함량이 증가하는 경향과는 상이한 것으로 보아 동부의 발아와 성장과정에서 셀레늄의 흡수 기작은 게르마늄의 기작과는 다를 것으로 추정된다. 기타 일반 및 무기성분 함량은 게르마늄 용액 제조용으로 사용된 제품에 함유된 성분이 존재하여 해석이 곤란하였다(Table 1-35). 재배수의 셀레늄 농도에 따른 동부나물 생산수율은 Table 1-36과 같이 0, 0.5, 1, 2, 4 ppm에서는 8.0~7.6배로 차이가 없이 높았으나 8 ppm 6.2배, 16 ppm 5.7배로 재배용수의 셀레늄 8 ppm 이상에서는 생산수율이 낮았다. 발아력이 약한 종실의 비율은 전술한 게르마늄 함유 재배용수 처리와 상이하게 셀레늄의 농도간 차이가 없었다. 재배용수 셀레늄 농도에 따른 동부나물의 전장과 상배축장은 무처리에서 4 ppm까지, 뿌리 길이는 무처리에서 2 ppm까지는 차이가 없이 큰 편이었으나 그 이상의 농도에서는 작았다. 동부나물의 셀레늄 함량은 무처리에서 8 ppm까지는 처리간 큰 차이가 없고 16 ppm에서는 8,329 ppb로 유의하게 많았으며 비타민 C 함량은 처리간 큰 차이가 없었다. 기타 일반 및 무기성분 함량은 침종시험과 같이 셀레늄 용액 제조용으로 사용된 제품에 함유된 성분이 존재하여 해석이 곤란하였다(Table 1-37).

이상의 결과를 종합하면 동부(원료곡)에 셀레늄이 4,426 ppb 함유되어 발아와 성장과정에 전이되어 동부나물에 5,500 ppb 이상 함유될 뿐만 아니라 전술한 바와 같이 셀레늄 용액에 침종하여 나물을 재배하거나 셀레늄이 함유된 재배용수를 이용하여 나물을 재배하였을 경우에도

동부나물 셀레늄 함량에 큰 영향을 미치지 못한 결과 등을 감안할 때 셀레늄 함유 기능성 동부나물 생산을 위해 별도의 처리는 할 필요가 없다고 판단되었다.

Table 1-34. Yield, hard seed ratio, growth characteristics, selenium and vitamin C content of cowpea sprouts according to the soaking period on selenium solution(1,000ppm).

Soaking period (hr)	Sprout yield ^z (times)	Non germination ratio (%)	Germinability weak ratio (%)	Growth characteristics				Selenium (ppb)	Vitamin C (mg/g FW)
				Whole length(cm)	Epicotyl length(cm)	Hypocotyl length(cm)	Root length(cm)		
0	6.6a ^x	0	1.8c	20.1a	2.5a	7.9a	9.7a	5,986a	2.21a
0.5	6.8a	0	0.3c	20.3a	2.6a	7.8a	9.9a	5,433a	2.24a
1	7.1a	0	1.0c	20.5a	2.9a	8.6a	11.0a	5,706a	2.24a
2	6.6a	0	0.0c	21.0a	2.7a	7.9a	10.4a	5,667a	2.21a
3	5.3b	0	5.8b	17.9b	2.6a	7.5a	7.8b	5,550a	2.22a
4	4.7b	0	16.9a	18.0b	2.7a	7.6a	7.7b	5,644a	2.26a
Raw seed	-	-	-	-	-	-	-	4,426	

^zFresh sprout weight/material seed weight.

^xMeans with same letter within a columns are not significantly different at $p < 0.05$ by LSD test.

Table 1-35. General and inorganic components content of cowpea sprouts(freeze-dried power) according to the soaking period on selenium solution(1,000ppm).

Soaking period(hr)	%						mg/kg											
	T-C	T-P	K	Ca	Mg	Na	Pb	Cd	B	Al	Ti	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	Mo
0	39.3	32.1	1.96	0.23	0.44	0.13	0.31	-	1.91	0.01	0.50	2.29	9.37	65.0	1.79	12.6	42.0	49.0
0.5	38.8	32.4	2.11	0.26	0.48	0.13	0.87	-	1.28	-	0.30	1.85	8.56	72.7	1.79	13.3	42.5	54.3
1	38.6	32.8	2.12	0.23	0.46	0.12	0.88	-	2.57	-	0.76	0.70	9.72	71.2	1.12	14.4	45.6	60.4
2	39.1	33.3	2.30	0.25	0.50	0.12	0.45	-	2.01	-	0.23	0.53	9.51	63.1	1.00	13.1	43.8	59.3
3	38.8	31.8	2.03	0.17	0.40	0.10	0.33	-	3.95	-	0.01	0.75	9.54	52.7	0.99	10.0	38.1	69.4
4	38.9	32.8	1.98	0.20	0.42	0.11	0.14	-	6.54	-	0.61	3.88	9.81	68.2	2.01	10.9	41.0	97.2

Table 1-36. Yield, hard seed ratio, growth characteristics, selenium and vitamin C content of cowpea sprouts according to the selenium concentration in the cultivation solution.

Concentration(ppm)	Sprout yield ^z (times)	Non germination ratio (%)	Germinability weak ratio (%)	Growth characteristics				Selenium (ppb)	Vitamin C (mg/g FW)
				Whole length(cm)	Epicotyl length(cm)	Hypocotyl length(cm)	Root length(cm)		
0	8.0a ^x	0	1.3a	22.8a	2.6a	10.0a	10.2a	5,986b	2.39a
0.5	8.0a	0	1.4a	22.3a	2.4a	9.8a	10.1a	6,187b	3.45a
1	7.9a	0	1.5a	22.9a	2.6a	10.2a	10.1a	5,560b	3.21a
2	7.7a	0	2.0a	21.7a	2.5a	9.8a	9.4a	5,512b	3.08a
4	7.6a	0	1.9a	19.7a	2.5a	9.2a	8.0b	6,777b	3.05a
8	6.2b	0	1.6a	12.2b	2.2b	6.5b	3.5c	6,665b	2.95a
16	5.7b	0	3.9a	11.5b	2.1b	6.6b	2.8c	8,329a	2.93a
Raw seed	-	-	-	-	-	-	-	4,426	

^zFresh sprout weight/material seed weight.

^xMeans with same letter within a columns are not significantly different at $p < 0.05$ by LSD test.

Table 1-37. General and inorganic components content of cowpea sprouts(freeze-dried power) according to the selenium concentration in the cultivation solution.

Concentration(ppm)	%						mg/kg											
	T-C	T-P	K	Ca	Mg	Na	Pb	Cd	B	Al	Ti	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	Mo
0	39.3	32.1	1.96	0.23	0.44	0.13	0.31	-	1.91	0.01	0.50	2.29	9.4	65.0	1.79	12.62	42.0	49.0
0.5	38.7	32.0	2.01	0.21	0.41	0.12	0.63	-	9.50	-	0.15	2.15	9.6	78.5	3.60	6.83	40.2	197.0
1	38.7	32.0	2.22	0.18	0.41	0.10	-	-	13.24	-	0.04	1.23	8.5	51.3	0.96	6.38	39.0	243.9
2	38.2	34.8	2.67	0.17	0.42	0.11	-	-	22.02	0.13	0.04	1.54	9.3	83.0	3.61	7.07	40.5	320.1
4	38.3	34.7	2.82	0.16	0.42	0.13	-	-	32.92	-	0.03	2.35	8.5	93.1	4.84	6.75	39.0	604.2
8	38.4	32.9	2.75	0.09	0.31	0.08	0.22	0.02	87.89	2.55	0.35	1.22	7.7	54.4	1.16	6.04	36.5	79.9
16	38.4	33.6	2.65	0.09	0.32	0.08	0.05	0.02	95.73	3.35	0.23	0.74	7.6	49.1	0.93	5.81	39.3	83.8

(4) 동부나물 칼슘 함량증진기술 개발

칼슘이 함유된 기능성 동부나물 재배기술을 개발하고자 전처리 방법으로 칼슘 용액에 침종 기간과 나물 재배용액의 칼슘 농도에 따른 나물 생산수율, 칼슘 함량 등을 검토하였다. 칼슘 용액(1,000 ppm)에 원료곡 침종시간에 따른 동부나물의 생산수율, 성장반응 등을 검토한 결과는 Table 1-38과 같다. 나물 생산수율은 무처리에서 2시간 침종까지는 큰 차이가 없었으나 3, 4 시간 침종에서는 낮은 경향을 나타냈다. 발아력이 약한 종실의 비율은 3, 4시간 침종에서 높았다. 침종시간에 따른 동부나물의 전장은 무처리에서 2시간 침종까지는 처리간 차이 없이 큰 편이었고 기타 침종시간에서는 낮은 경향이였다. 반면에 상배축장, 하배축장 및 뿌리 길이는 처리간 차이가 없거나 일정한 경향을 나타내지 않았다. 비타민 C 함량은 처리가 유의차가 없었다.

Table 1-38. Yield, hard seed ratio, growth characteristics, vitamin C content of cowpea sprouts according to the soaking period on calcium solution(1,000ppm).

Soaking period (hr)	Sprout yield ^z (times)	Non germination ratio (%)	Germinability weak ratio (%)	Growth characteristics				Vitamin C (mg/g FW)
				Whole length(cm)	Epicotyl length(cm)	Hypocotyl length(cm)	Root length(cm)	
0	6.9a ^x	0	1.1c	17.6b	2.3a	6.8a	8.5b	2.21a
0.5	6.8a	0	1.8c	19.1a	2.3a	7.3a	9.5a	2.53a
1	7.1a	0	0.5c	19.0a	2.3a	6.6a	10.1a	2.33a
2	6.8a	0	1.5c	19.1a	2.2a	6.4a	10.5a	2.28a
3	6.5ab	0	3.0b	19.0a	2.3a	6.8a	9.9a	2.27a
4	5.8b	0	5.5a	17.1b	2.1a	5.9a	9.1a	2.23a

^zFresh sprout weight/material seed weight

^xMeans with same letter within a columns are not significantly different at $p < 0.05$ by LSD test.

원료곡 침종시간에 따른 동부나물의 일반 및 무기성분 함량을 검토한 결과는 Table 1-39와 같다. 나물의 칼슘 함량은 원료곡의 침종시간이 증가할수록 미미하게 증가하였으나 유용한 수준이라고 볼 수 없었고, 붕소 함량은 원료곡 침종시간이 증가할수록 감소하였고 알루미늄 함량은 반대의 경향을 나타냈다. 재배수의 칼슘 농도에 따른 동부나물 생산수율은 Table 1-40과 같이

0, 25, 50, 100 ppm에서 각각 8.0, 8.3, 8.2, 8.3배로 차이가 없이 높았으나 200 ppm 6.6배, 400 ppm 5.9배로 칼슘 농도가 높아질수록 낮았다. 발아력이 약한 종실의 비율은 400 ppm에서 8.7%로 가장 높았고 기타 농도에서는 1% 내외로 차이가 없이 낮았다. 재배용수 칼슘 농도에 따른 동부나물의 전장, 상배축장 및 뿌리 길이는 무처리에서 100 ppm까지는 차이가 없이 큰 편이었으나 200, 400 ppm에서는 작았다. 동부나물의 칼슘 함량은 재배용수의 칼슘 농도에 비례하여 미미하게 증가하였으나 유용한 수준이라고 볼 수 없었고, 기타 일반 및 무기성분은 처리 간 차이가 없거나 일정한 경향을 나타내지 않았다(Table 1-41). 특히 전술한 원료곡 침종시간이 증가할수록 동부나물의 붕소 함량은 증가하고 알루미늄 함량은 감소한다는 결과와 달리 칼슘이 함유된 재배용수로 동부나물을 재배하였을 때에는 별다른 특징을 나타내지 않았다. 따라서 이와 같은 결과에 대한 해석은 좀 더 면밀한 검토가 필요한 것으로 보아진다.

이상의 결과를 종합하면 칼슘 함유 동부나물 생산을 목적으로 원료곡을 칼슘 용액에 일정 기간 침종하여 나물을 재배하는 방법이나 일정 수준의 칼슘이 함유된 재배용수로 나물을 재배하는 방법 모두 칼슘이 함유된 기능성 동부나물 생산기술로는 적합하지 않았다.

Table 1-39. General and inorganic components content of cowpea sprouts(freeze-dried power) according to the soaking period on calcium solution(1,000ppm).

Soaking period(hr)	%						mg/kg												
	T-C	T-P	K	Ca	Mg	Na	Pb	Cd	B	Al	Ti	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	Mo	
0	39.3	32.2	1.89	0.20	0.39	0.10	0.16	0.01	7.52	1.02	0.39	0.85	8.94	63.5	1.01	10.8	40.8	13.6	
0.5	39.3	32.3	1.63	0.19	0.36	0.09	0.41	0.03	4.90	1.64	0.31	1.26	8.38	69.9	1.21	11.8	41.2	13.5	
1	38.6	31.9	1.36	0.19	0.34	0.09	0.27	0.02	3.64	2.07	0.31	0.95	7.82	76.0	1.03	12.8	43.9	10.9	
2	38.8	31.8	1.49	0.22	0.43	0.11	0.29	0.03	3.95	2.24	0.37	0.49	8.13	67.5	0.87	12.4	43.0	12.3	
3	39.1	32.2	1.83	0.25	0.45	0.12	0.30	0.03	3.89	2.17	0.37	2.00	8.61	88.4	0.86	13.1	43.6	14.9	
4	38.8	31.4	1.81	0.25	0.44	0.10	0.44	0.01	2.40	2.09	0.39	2.91	8.43	77.2	1.71	12.4	42.8	14.3	

Table 1-40. Yield, hard seed ratio, growth characteristics, vitamin C content of cowpea sprouts according to the calcium concentration in the cultivation solution.

Concentration(ppm)	Sprout yield ^z (times)	Non germination ratio (%)	Germinability weak ratio (%)	Growth characteristics				Vitamin C (mg/g FW)
				Whole length(cm)	Epicotyl length(cm)	Hypocotyl length(cm)	Root length(cm)	
0	8.0a ^x	0	1.3b	22.8a	2.6b	10.0a	10.2a	2.39a
25	8.3a	0	0.6b	22.9a	3.8a	8.2b	10.9a	3.67a
50	8.2a	0	0.3b	25.2a	3.9a	7.8b	13.5a	2.84a
100	8.3a	0	0.9b	24.1a	3.5a	8.1b	12.5a	2.64a
200	6.6b	0	1.9b	17.7b	2.6b	6.5c	8.6b	2.53a
400	5.9b	0	8.7a	15.1b	2.5b	6.5c	6.1b	2.46a

^zFresh sprout weight/material seed weight.

^xMeans with same letter within a columns are not significantly different at $p < 0.05$ by LSD test.

Table 1-41. General and inorganic components content of cowpea sprouts(freeze-dried power) according to the calcium concentration in the cultivation solution.

Concentration(ppm)	%						mg/kg											
	T-C	T-P	K	Ca	Mg	Na	Pb	Cd	B	Al	Ti	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	Mo
0	39.3	33.5	1.86	0.23	0.42	0.06	0.05	0.01	3.58	1.31	0.53	3.17	9.7	50.0	1.12	6.59	42.0	14.5
25	39.3	32.7	1.75	0.32	0.43	0.07	0.22	0.02	5.49	2.67	0.35	3.78	8.2	63.7	2.17	6.50	47.4	13.2
50	38.9	32.5	1.77	0.33	0.45	0.07	0.09	-	5.79	1.68	0.35	2.20	8.2	59.4	1.60	5.86	40.6	13.2
100	38.9	32.5	1.91	0.41	0.49	0.07	0.01	0.02	4.17	5.08	0.45	2.54	8.3	52.8	0.83	5.88	39.5	13.2
200	39.3	31.6	1.64	0.41	0.38	0.08	0.08	0.05	4.03	4.14	0.19	2.10	7.3	53.4	1.58	6.10	36.7	12.2
400	39.0	29.6	1.80	0.55	0.42	0.09	0.09	0.05	3.78	1.88	0.21	3.78	7.3	59.5	2.16	6.12	36.7	12.0

(5) 동부나물 재배에 적합한 양액조건 구명

동부나물 재배용수로 지하수가 아닌 양액을 적용할 경우 최적의 양액조건을 구명하고자 연구를 수행한 결과는 Table 1-42와 같다. 대체로 양액 농도(EC)가 증가할수록 동부나물 생산수율이 증가하는 경향이었는데, 특히 0.9 dS/m 이상에서 유의하게 높았다. 동부나물의 전장, 상배축장 및 뿌리 길이는 양액 농도(EC) 1.2, 1.5 dS/m에서 유의하게 긴 경향인 반면 하배축장은 처리간 유의차가 없었다. 비타민 C 함량은 처리간 차이가 없었다. 일반 및 무기성분 함량은 Table 1-43과 같으나 양액 농도에 따라 재배용수에 함유된 함량이 다르기 때문에 정확한 해석은 곤란한 것으로 판단하였다. 이상의 결과를 종합하면 나물의 전장, 상배축장, 뿌리 길이가 상대적으로 길지 않으면서 생산수율이 높은 0.9 dS/m가 동부나물 생산에 가장 적합한 양액 농도(EC)로 판단된다.

Table 1-42. Yield, hard seed ratio, growth characteristics, vitamin C content of cowpea sprouts according to the hydroponic concentration in the cultivation solution.

Concentration(dS/m)	Sprout yield ^z (times)	Non germination ratio (%)	Germinability weak ratio (%)	Growth characteristics				Vitamin C (mg/g FW)
				Whole length(cm)	Epicotyl length(cm)	Hypocotyl length(cm)	Root length(cm)	
0	8.0b ^x	0	1.3a	22.8b	2.6b	10.0a	9.2b	2.39a
0.3	7.8b	0	2.6a	22.1b	2.6b	10.2a	9.3b	2.21a
0.6	8.2ab	0	1.5a	22.5b	2.8b	11.0a	8.7b	2.15a
0.9	8.9a	0	0.8a	21.2b	3.1a	10.4a	8.7b	2.35a
1.2	8.6a	0	1.3a	25.7a	3.2a	11.4a	11.1a	2.11a
1.5	8.5a	0	0.9a	24.4a	3.1a	10.5a	10.8a	2.16a

^zFresh sprout weight/material seed weight.

^xMeans with same letter within a columns are not significantly different at $p < 0.05$ by LSD test.

Table 1-43. General and inorganic components content of cowpea sprouts(freeze-dried power) according to the hydroponic concentration in the cultivation solution.

Concentration(dS/m)	%						mg/kg											
	T-C	T-P	K	Ca	Mg	Na	Pb	Cd	B	Al	Ti	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	Mo
0	39.0	32.4	1.78	0.23	0.40	0.09	0.42	0.02	5.54	3.43	0.51	2.76	8.9	50.5	3.09	7.11	42.6	12.9
0.3	38.8	31.7	1.97	0.23	0.42	0.09	0.14	0.01	3.81	1.89	1.45	0.69	8.8	48.8	1.06	6.76	40.9	13.0
0.6	38.9	32.3	1.86	0.21	0.39	0.06	0.16	0.01	4.80	2.25	0.35	1.02	9.1	52.8	1.11	6.89	39.4	13.2
0.9	38.0	32.4	2.44	0.31	0.44	0.07	0.08	0.04	4.97	2.57	0.44	3.97	9.6	62.6	3.96	6.19	37.7	14.9
1.2	37.4	32.2	2.72	0.28	0.42	0.07	0.06	0.03	4.07	1.52	0.23	2.11	10.5	52.5	2.87	6.13	35.9	14.2
1.5	43.1	34.8	2.84	0.28	0.40	0.06	0.00	0.01	5.30	1.28	0.20	3.39	10.5	58.2	1.61	.13	36.7	12.9

4. 결과요약 및 종합결론

가. 원료곡 처리조건에 따른 동부나물 생산량과 성장반응 구명

원료곡인 동부의 침종, 포화, 노화 조건이 동부나물 생산량과 성장반응에 미치는 영향을 검토한 결과, 흡수량은 침종 초기 2시간까지는 급속히 증가하다 이후에는 완만히 증가하였으나, 발아력과 나물 생산수율 및 잔뿌리 발생량은 침종기간(1~6시간)이 길어질수록 낮았다. 5일간 포화(수분 96±1%, 20℃)처리가 무처리나 1, 3일간 포화처리에 비해 발아력과 나물 생산수율 및 잔뿌리 발생량이 높았다. 고온 노화처리에 따른 발아력과 나물 생산수율은 무처리에 비해 낮았는데, 이상의 결과로 동부나물 재배를 위한 원료곡 전처리 방법은 5일간 포화(수분 96±1%, 20℃)처리하고 세척하여 재배하는 것이 좋은 것으로 판단된다.

나. 동부나물 재배 최적 온도 구명

재배온도에 따른 동부나물의 생산량과 품질에 미치는 영향을 검토하였다. 27℃와 30℃에서 동부나물 생산수율은 각각 657, 635%로 높았고, 재배기간은 96시간으로 짧았다. 반면에 21℃와 24℃에서 재배기간은 120시간, 15℃와 18℃에서 재배기간은 240시간 소요되었고, 이들 재배온도에서는 동부나물 생산수율도 낮았다. 경실비율은 30℃와 27℃에서 각각 4.7, 6.5%로 낮았고, 21℃, 24℃, 18℃ 및 15℃에서는 각각 14.4, 16.6, 25.2, 24.0%로 재배온도가 낮아질수록 높았다. 재배온도 27℃와 30℃에서는 동부나물의 전장이 길고, 상배축장/전장 비율이 낮고, 하배축장/전장 비율이 높아 품위가 우수하였다. 따라서 동부나물 재배 최적 온도는 생산수율이 높고, 경실 비율이 낮으며, 재배기간이 짧을 뿐만 아니라 품위가 우수한 27℃ 내·외로 판단된다.

다. 동부나물 재배 최적 광조건 구명

동부나물을 재배할 때 광질에 따른 생산수율과 품질 등에 미치는 영향을 검토하였다. 모든 광질처리가 무처리(암)에 비해 동부나물 생산수율이 낮으나, 경실 비율은 비슷하여 재배기간을 늘리면 생산수율은 비슷하였다. 모든 광질 처리가 무처리에 비해 상배축과 뿌리 성장을 상대적

으로 촉진하였다. 반면에 하배축 성장을 상대적으로 억제하는 경향이였다. 백색광(458nm) 처리가 자엽과 하배축의 명도 및 하배축의 황색도를 증가시켜 품위 향상에 좋았다. 동부나물의 Fe 함량은 적색광(632nm)에서 많았고, 총아미노산 함량은 백색광, 청색광(460nm) 및 황색광(560nm) 처리가 무처리(암조건)보다 많은 경향이였다.

동부나물을 재배할 때 광질별 광량에 따른 생산수율과 품질에 미치는 영향을 검토하였다. 동부나물 생산수율은 광량이 낮은 황색광 처리에서 떨어졌고, 기타 광질은 광량에 따른 차이가 없었다. 일반성분과 무기성분 함량은 처리간 큰 차이가 없으나, 적색광에서는 광량이 높을수록 Fe가 많았다. 총아미노산은 백색광과 청색광에서 광량이 높을 때 미미하게 많았다.

라. 기능성 동부나물 재배기술 개발

동부나물에 생산에 적합한 품종을 검토한 결과, 서원동부가 나물 수량이 많고 항산화활성이 우수하다. 게르마늄 함유 동부나물 재배기술을 검토한 결과, 게르마늄 용액(1,000ppm)에 2시간 침종(soaking)한 후 재배하면 나물 생산수율에는 차이가 없으면서 게르마늄 함량은 증가하였다. 또는 게르마늄 함량이 1ppm인 용액으로 재배하면 나물 생산수율에 차이가 없으면서 게르마늄 함량은 증가하였다. 반면에 셀레늄은 동부에 다량 함유되어 별도의 처리 없이도 셀레늄 함유 동부나물 생산이 가능하였다.

제2절. 동부 유전자원의 재배환경에 따른 기능성 변이 연구

1. 서언

두류에 대한 기능성과 이용성에 대한 국민적 관심이 증대되면서 두과작물 종자를 이용한 연구가 활발히 진행되고 있다. 두과류 종자는 단백질, 복합 탄수화물(식이섬유), 무기양분 및 비타민류가 풍부하여 매우 중요한 식품원이며 수많은 생리활성물질을 함유하고 있어 심장병, 당뇨병, 비만 위험성을 감소시키고 혈중 콜레스테롤을 낮추는 효과가 뚜렷한 것으로 알려져 있다 (Salunke *et al.*, 2005; Madhujith *et al.*, 2004). 또한 두과작물 종자를 이용한 가공식품들이 다양하게 개발되어 상용되고 있으며 그 중 일부는 발아시켜 새싹나물로 대용되어 시간과 장소에 제한 받지 않고 쉽게 재배할 수 있어 경제적으로 영양학적으로 우수한 식품으로 두각을 보이고 있다. 따라서 이렇게 종자로부터 싹을 틔워 나물로 만드는 단순하고 값싼 공정은 식품의 영양적 가치(Danisová *et al.*, 1994; Bau *et al.*, 1997; Abdullah and Baldwin, 1984)뿐만 아니라 건강 기능성(Bau *et al.*, 1997; Sowmya and Rajyalakshmi, 1999) 측면에서 식품의 품질을 증가시키는 것으로 알려져 있다. 그 중 두과류(대두, 녹두, 강낭콩, 편두), 화곡류(귀리, 밀, 보리, 아마), 알팔파와 무는 종자들로부터 이러한 새싹을 만들어 소비되고 있으며 특히, 콩나물과 숙주나물은 한국에서 대표적으로 이용되고 있는 단백질이 풍부한 두과나물로 가장 많이 소비되고 있다(Danisová *et al.*, 1994).

작물의 종자로부터 발아과정은 먼저 흡수(water uptake)가 되면서 종피가 부풀어 수분과 가스 투과가 용이해지며 종자 내의 효소들이 활성화되어 자엽에 있는 영양분들이 분해되고 생장점으로 이동하여 발아에 필요한 새로운 물질을 만드는 것을 말하며(Tao and Khan, 1976) 이 과정에서 종자와 다른 화학적인 조성은 물론 생리활성 차이를 유발할 것으로 예상된다. 또한 영양적인 저해인자가 감소하게 되는데 특히 대두 경우는 trypsin inhibitor의 활성을 저해하고 phytic acid를 감소시킬 무기질 이용성을 증가시킨다고 알려져 있다(Suaaex *et al.*, 1975; Kim *et al.*, 1984). 주로 분해적인 대사가 일어나며 대두를 발아시킨 콩나물 상태에서 비타민 B₁, B₂, C, carotene, retinol 함량과 조섬유 함량이 증가함을 보여 주었다(Von Hofsten, 1979; Chen *et al.*, 1975).

두과류 종자는 단백질, 복합 탄수화물(식이섬유), 무기양분 및 비타민류가 풍부하여 매우 중요한 식품원이며 수많은 생리활성물질을 함유하고 있어 심장병, 당뇨병, 비만 위험성을 감소시키고 혈중 콜레스테롤을 낮추는 효과가 뚜렷한 것으로 알려져 있다(Salunke *et al.*, 2005; Madhujith *et al.*, 2004). 두과작물 종자를 이용한 가공식품들은 다양하게 개발되어 상용되고 있으며 그 중 일부는 발아시켜 새싹나물로 대용되어 시간과 장소에 제한받지 않고 쉽게 재배할 수 있어 경제적으로 영양학적으로 우수한 식품으로 두각을 보이고 있다. 따라서 이렇게 종자로부터 싹을 틔워 나물로 만드는 단순하고 값싼 공정은 식품의 영양적 가치(Danisová *et al.*, 1994; Bau *et al.*, 1997; Abdullah and Baldwin, 1984)뿐만 아니라 건강 기능성(Bau *et al.*, 1997; Sowmya and Rajyalakshmi, 1999) 측면에서 식품의 품질을 증가시키는 것으로 알려져 있다. 그 중 두과류(대두, 녹두, 강낭콩, 편두), 화곡류(귀리, 밀, 보리 밀, 아마), 알팔파와 무는 종자들로부터 이러한 새싹을 만들어 소비되고 있으며 특히, 콩나물과 숙주나물은 한국에서 대표적으

로 이용되고 있는 단백질이 풍부한 두과작물로 가장 많이 소비되고 있다(Danisová *et al.*, 1994).

동부(*Vigna unguiculata* L. Walp)의 주성분은 당질이고 단백질 함량도 많은 편이며 비타민 B도 풍부하여 완숙한 종실은 혼반용 이외에 고물, 조미료의 원료, 죽, 커피 대용 원료 등으로 이용이 가능하고 녹협은 채소로도 이용되고 있다. 조(1990)는 동부종자에 단백질 23.9%, 탄수화물 55%, 지질 2%가 함유되어 있고, 100 g 당 칼슘 75 mg, 인 400 mg, 철 5.6 mg, 칼륨 1400 mg, 비타민 B₁0.5mg, 비타민 B₂0.1mg, 니코틴산 2.5 mg이 각각 함유되어 있다고 보고하였다. 또한 동부 종자는 단백질과 다양한 페놀 화합물, protocatechuic acid, *p*-hydroxybenzoic acid, caffeic acid, *p*-coumaric acid, ferulic acid, cinnamic acid를 함유하고 있으며(Cai *et al.*, 2003), 동부종자와 분리된 단백질은 plasma 총 콜레스테롤과 HDL 콜레스테롤 함량을 유의적으로 감소시켰다고 보고(Frota *et al.*, 2008)한 바 있다. 또한, Siddhuraju and Becker(2007)는 두 품종의 종자 추출물에서 항산화성과 자유라디칼 소거능을 다양한 방법으로 확인한 바 있고 Gutiérrez-Uribe *et al.*(2011)은 동부 전체 종자, 종피 및 자엽의 부위별 추출물로부터 총 페놀 함량과 MCF-7 암세포주에 대한 항암활성을 비교한 바 있고, Oh *et al.*(2003)은 콩나물의 사포닌 함량 분석 연구에서 콩나물로 발아하면서 조사포닌 함량이 증가하여 재배 5-6일째에 5.30-5.33mg/g으로 가장 높은 함량을 보였고 6일째 이후엔 감소하였음을 보고하였다. 하지만 대부분의 연구는 동부 종자 또는 새싹에 대한 성장 및 품질에 치중되어 왔기 때문에 발아 후 새싹에 이르기까지 발육 단계별 생리활성 변이 연구는 아직 미미한 실정에 있다.

항산화효소는 식물에 유해한 활성산소를 소거하는 작용이 있으며, 그 활성의 증가는 온도 변화나 영양소 부족, 수분 스트레스, 오존에의 노출 등과 같은 환경스트레스에 대한 식물의 내성을 증가시키는 것으로 알려져 있고, 식물종에 따라서도 그 정도가 다양한 것으로 보고되어 있다(Kang *et al.*, 1999; Chung *et al.*, 1999). 과산화적 스트레스에 대한 적응과정 중에는 유해한 활성산소를 소거하기 위해 ascorbate peroxidase(APX), guaiacol peroxidase(GPX) 및 catalase(CAT) 등의 항산화효소의 활성이 증가하는 것으로 알려져 있다(Blume and McClure, 1980; Nakano and Asada, 1981). 식물은 또한 활성 산소종에 대한 방어 기작으로 복합 항산화 시스템을 가지고 있는데, 특히 항산화효소의 발현은 중요한 역할을 한다(Davies, 1995). 항산화효소 중에서 superoxide dismutase(SOD)는 환원 산소종을 과산화수소와 산소를 전환시키는 반응을 촉매하는 효소로서 효소 분자에 들어있는 금속 조효소의 종류에 따라 Cu/Zn-SOD, Mn-SOD 및 Fe-SOD로 구분된다(Bowler *et al.*, 1992). SOD에 의해서 유기된 과산화수소는 peroxidase(POD)나 catalase(CAT)에 의해서 물 분자와 산소 분자로 분해됨으로써 과다한 활성 산소종에 의한 피해를 감소시키는 것으로 알려져 있다(Anderson *et al.*, 1995). 동부를 실내조건에서 콩나물과 같은 조건에서 재배되는 경우의 주요한 항산화효소 활성에 대한 연구는 전무하다고 볼 수 있다.

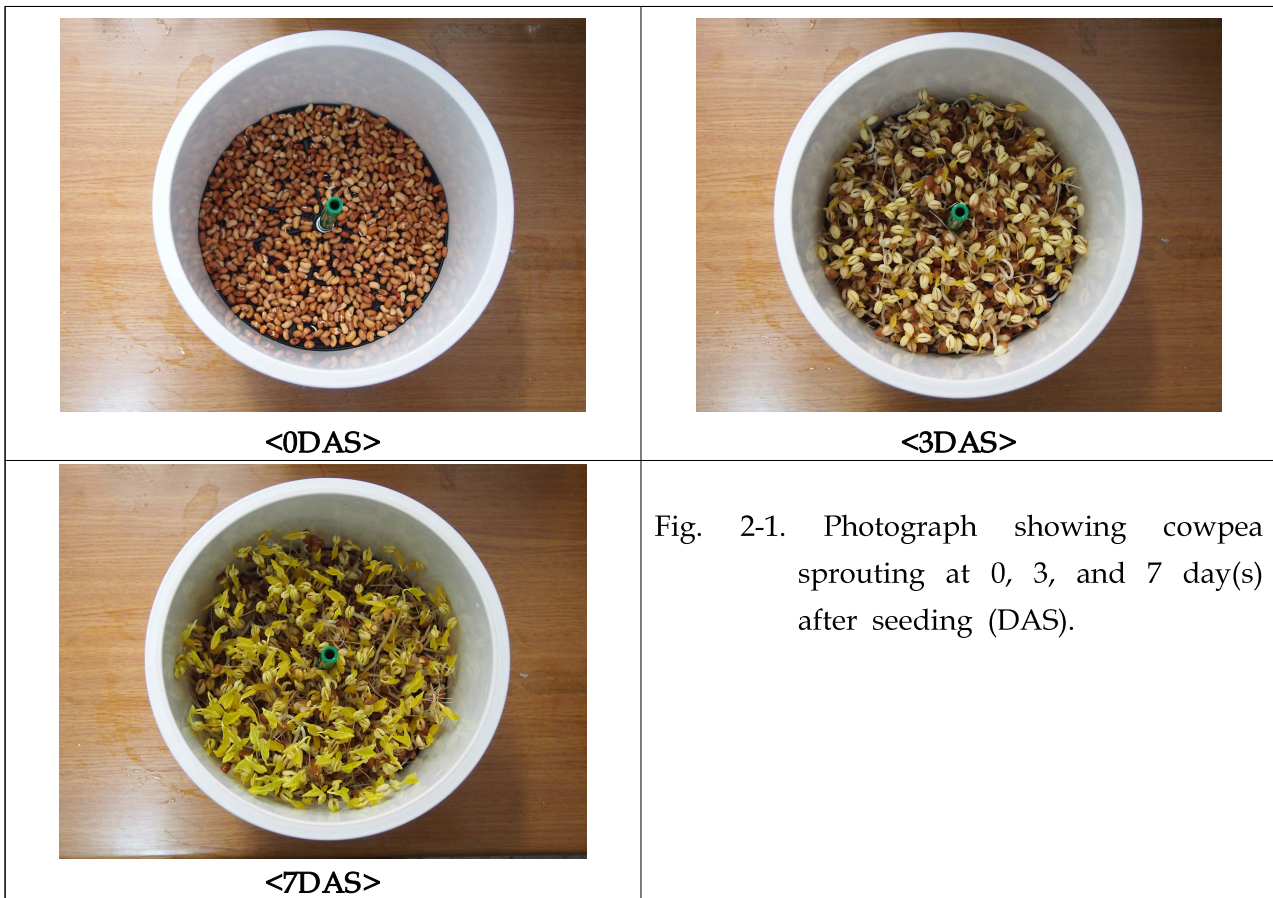
2. 재료 및 방법

가. 발아 과정 중 성분 및 생리활성 변이 연구

(1) 주요 두과작물의 발아기간 중 생육특성 연구

(가) 공시 두과작물의 발아특성

선별된 동부(cv. 서원) 종자 200 g을 3% NaClO 용액으로 소독한 후 증류수로 세척하였고 세척한 것을 $24 \pm 1^\circ\text{C}$ 암실에서 15시간 증류수에 침지시킨 후, 콩나물 재배기(Miracle sprouter TM, KSP-1000, Seoul, Korea)에 치상하고 하루 4회 15분씩 증류수를 살포하여 7일간 재배하였다. 재배용액은 증류수 2 L로 매일 교환하였다. 7일간 재배하는 동안 파종 후 1, 3, 5, 7일 지난 새싹을 무작위로 30개씩을 채취하여 각 부위별로 길이와 무게를 측정하였다. 채취된 샘플은 건 종자, 침종종자, 1일, 3일, 5일, 7일 새싹을 시료로 이용하여 성분 및 생리활성 연구에 이용하였다. 기존의 나물로 개발된 콩나물과 숙주나물과 비교하기 위하여 녹두(cv. 어울) 및 콩(cv. 풍산) 종자를 대조구로 사용하였다(Fig. 2-1).



(나) 발아일수 및 부위별 동부, 녹두, 콩의 신장과 생체중

선별된 동부(cv. 서원), 녹두(cv. 어울) 및 콩(cv. 풍산) 종자 200 g씩을 3% NaClO 용액으로 소독한 후 증류수로 세척하였고 세척한 것을 $24 \pm 1^\circ\text{C}$ 암실에서 15시간 증류수에 침지시킨 후, 콩나물 재배기(Miracle sprouterTM, KSP-1000, Seoul, Korea)에 치상하고 하루 4회 15분씩 증류수를 살포하여 7일간 재배하였다. 재배용액은 증류수 2 L로 매일 교환하였다. 각 작물별로 7일간 재배한 새싹을 무작위로 30개씩을 채취하여 각 부위별로 길이와 무게를 측정하였다.

(2) 주요 두과작물의 성분 및 생리활성 변이 연구

(가) 동부, 녹두, 콩의 총 페놀 및 총 플라보노이드 함량

① 총 페놀 함량

보관된 시료는 동결건조(-60°C)시킨 후 마쇄하여 1 mm 체에 통과시켰으며 사용 때까지 다시 냉동·보관하였다. 동결건조된 식물체 시료 200 g씩을 95% 메탄올 2 L에 25°C에서 24시간 동안 추출하여 여과한 후 그 추출액을 50°C에서 감압 농축하여 메탄올 추출물을 얻어 동결 건조하였다. 최종적으로 각 식물체의 메탄올 추출물로부터 얻어진 평균 회수율은 약 10% 정도였다 (Krygier 등, 1982).

총 페놀 화합물 함량은 Folin-Denis 방법(Singleton과 Rossi, 1965)에 따라 분석하였다. 각 추출물을 1 mg mL⁻¹ 농도로 조제한 후, 이 시료액 1 mL에 증류수 3 mL를 첨가하고, Folin & Ciocalteu's phenol reagent 1 mL를 첨가한 후 27°C Shaking bath에서 혼합하였다. 5분 후 NaCO₃ 포화용액 1 mL를 넣어 혼합하여 실온에서 1시간 방치한 후 640 nm에서 분광광도계 (UV-1650PC, SHIMADZU, Kyoto, Japan)로 흡광도를 측정하였다. 페놀 화합물 함량은 표준물질 chlorogenic acid의 농도를 이용하여 검량선을 작성한 후 정량하였다.

② 개별 페놀산 함량

처리별로 수확한 동부의 메탄올 추출물을 HPLC용 메탄올을 이용하여 1 mg mL⁻¹ 농도로 조제한 후 membrane filter(0.45 μm)로 여과한 후 그 여액을 HPLC(Waters 2695, USA)에 주입하여 분석하였고, 분석조건은 다음과 같다. 분리된 페놀산은 표준 페놀산들의 retention time과 비교하였으며, 3-hydroxycinnamic acid, caffeic acid, chlorogenic acid, ferulic acid, gallic acid, gentistic acid, salicylic acid, syringic acid, *o*-coumaric acid, 및 *p*-coumaric acid 10종의 개별 페놀산 함량은 표준 페놀산의 peak 면적으로부터 표준 곡선을 작성하였다(Banwart 등, 1985).

㉠ HPLC : Waters 2695

㉡ Detector : Waters 2996, 280nm

㉢ Column : SunFire C18 (4.6 ×150 mm)

㉣ Mobile Phase A : 98% water, 2% glacial acetic acid in 0.018 M ammonium acetate

㉤ Mobile Phase B : 70% solvent A and 30% organic solution

㉥ Organic solution : 82% methanol, 16% n-butanol, 2% glacial acetic acid in 0.018 M ammonium acetate

㉦ Flow rate : 1 mL/min

㉧ Linear gradient condition :

- 0.0 to 1.0min isocratic at 10% solvent B

- 1.0 to 71.0min linear gradient from 10% to 90% solvent B

- 71.0 to 81.0min linear gradient from 90% to 10% solvent B

③ 총 플라보노이드 함량

총 플라보노이드 함량은 동결건조된 각 시료 0.1 g에 Lister 등(1994) 변법에 따라 75% 메탄올을 가하여 실온에서 하룻밤 동안 추출한 다음 이 검액 1.0 mL를 시험관에 취하고 10 mL의 diethylene glycol을 가하여 잘 혼합하였다. 다시 여기에 1 N NaOH 0.1 mL를 잘 혼합시켜 37°C의 water bath에서 1시간 동안 반응시킨 후 420 nm에서 흡광도를 측정하였다. 공시험은 시료 용액 대신 50% 메탄올 용액을 동일하게 처리하였으며, 표준곡선은 naringin(Sigma Co., St. Louis, MO, USA)을 이용하여 표준 검량곡선을 작성하고 이로부터 총 플라보노이드 함량을 구하였다.

④ 개별 플라보노이드 함량

식물체에 함유하는 개별 플라보노이드류로서 naringin, quercetin dihydrate, rutin을 HPLC를 통해 측정하였다.

(나) 동부, 녹두, 콩의 항산화성

① 항산화성 : DPPH radical scavenging activity

HPLC에 의해 DPPH(1,1-diphenyl-2-picryl hydrazyl radical) scavenging activity 검정 방법(Blois, 1958)으로서 분석대상이 DPPH 용액의 흡광도(500 - 550 nm)와 같은 영역에 있을 경우 HPLC를 이용하여 정량적 분석조건이 가능하다. 900 uL DPPH 용액(100 uM)과 시료용액 100 uL을 혼합한 후 암조건에서 10분 동안 반응시킨다. 900 uL DPPH 용액(100 uM)과 시료 추출물을 용해한 용액(100 uL)을 혼합하여 상기방법으로 측정하여 시료가 첨가되지 않은 DPPH용액의 용출 peak의 면적으로 한다. Column: Shim pack(4.6 × 250 mm), mobile phase: MeOH-H₂O (70:30, v/v), wavelength: 517 nm, flow rate: 0.8 mL min⁻¹, attenuation: 32, injection volume: 20 uL의 HPLC 조건으로 실시하며 HPLC에 의한 DPPH radical-scavenging 활성은 다음과 같이 구할 수 있다. 또한 필요에 따라 활성이 50%일 때의 추출물의 농도를 IC₅₀ 값으로 나타냈다.

$$An = (A - A_0) / A_0 \times 100$$

An : DPPH radical-scavenging 활성 (%)

A : 시료가 첨가된 반응용액 중의 DPPH radical의 용출피크면적

A₀ : 시료가 첨가되지 않은 DPPH radical 용액의 용출피크면적

② 항산화성 : 아질산염 소거능

각 시료로부터 메탄올 추출물의 아질산염 소거작용의 측정은 1 mM NaNO₂ 20 μl에 시료의 추출액 40 μl와 0.1N HCl(pH 1.2) 또는 0.2 M citrate buffer(pH 4.2) 또는 0.2 M citrate

buffer(pH 6.0)을 140 μ l 사용하여 부피를 200 μ l로 맞추었다. 이 반응액을 37°C 항온수조에서 1시간 반응시킨 후 2% acetic acid 1,000 μ l, Griess 시약(30% acetic acid로 조제한 1% sulfanilic acid와 1% naphthylamine을 1:1 비율로 혼합한 것, 사용직전에 조제) 80 μ l를 가하여 잘 혼합시켜 빛을 차단한 상온에서 15분간 반응시킨 후 520 nm에서 흡광도를 측정하여 아래와 같이 아질산염 소거능을 구하였다(Gray와 Dugan, 1975).

$$N(\%) = 1 - (A - C) / B \times 100$$

N : Nitrite scavenging 활성(%)

A : 시료가 첨가된 반응용액 중의 1 mM NaNO₂의 용출 피크면적

B : 시료가 첨가되지 않은 1 mM NaNO₂의 용출 피크면적

C : 대조군의 용출 피크면적

(다) 동부, 녹두, 콩의 항산화효소 활성

주요한 항산화 효소로서 Ascorbate peroxidase(APX), Catalase(CAT), peroxidase(POX)와 Superoxide dismutase(SOD)의 효소활성을 측정하였다. 효소액 조제는 동결건조 시료 0.5 g에 2 mM EDTA, 1% PVP 40, 1 mM PMSF가 첨가된 100 mM potassium phosphate buffer(pH 7.5)에서 균질화하여 15,000 g로 20분간 원심분리한 다음 상층액을 항산화효소에 사용하였다. Ascorbate peroxidase(APX) 경우 extraction buffer에 위의 조성액 10 mM를 첨가하여 사용하였다. 단백질 정량은 BSA를 표준물질을 사용하여 Bradford(1976) 방법에 따라 측정하였다.

APX : Ascorbate peroxidase(APX) 활성은 Chen과 Asada(1989) 방법에 따라 ascorbate의 산화 정도를 290 nm에서 2분간의 흡광도 변화를 측정하였다. APX의 반응액은 0.5 mM ascorbate와 0.2 mM H₂O₂가 첨가된 100 mM potassium phosphate buffer(pH 7.5)로 하였다.

CAT : Catalase(CAT) 활성은 Mishra 등(1993)의 방법에 의해 측정하였으며, 반응액은 50 mM potassium phosphate buffer(pH 7.0)와 10 mM H₂O₂로 하였다. CAT 활성은 반응액에 추출액을 가한 다음 240 nm에 2분간의 흡광도 변화를 측정하였다.

POX : POX 활성은 Egley 등(1983)의 방법에 의해 측정하였으며 반응액은 최종농도가 40 mM K-PO₄ buffer(pH 6.9), 1.5 mM guaiacol, 6.5 mM H₂O₂가 되도록 만든다. POX 활성은 반응액에 sample을 혼합하여 spectrophotometer를 이용해서 470 nm에서 2분간 흡광도 변화를 측정하였다.

SOD : SOD 효소활성 검정은 분석용 Kit(Sigma사,19160)를 사용하여 측정하였다. 즉, SOD의 효소활성이 NBT(Nitroblue tetrazolium)의 환원을 저해하는 능력을 검정하는 photochemical NBT method를 사용하였다. 반응액은 50 mM carbonic buffer(pH 10.2), 0.1 mM EDTA, 0.1 mM Xanthine, 0.025 mM NBT로 하였으며, NBT 환원 저해율을 흡광도 450 nm에서 측정하였다. 각 시료에 대하여 3회 반복으로 하였으며, SOD 효소활성은 다음의 계산식에 의해 환산하였다.

$$\text{SOD활성(NBT환원 저해율, \%)} = \frac{[(A_{\text{blank1}} - A_{\text{blank3}}) - (A_{\text{sample}} - A_{\text{blank2}})]}{(A_{\text{blank1}} - A_{\text{blank3}})} \times 100$$

(3) 발아기간별 동부의 성분 및 생리활성 변이 연구

발아기간별 동부, 녹두, 콩의 총 페놀 함량, 총 플라보노이드 함량은 (2)-(가)-①항과 ③항, 항산화성은 (2)-(나)항, 항산화효소 활성은 (2)-(다)항과 동일한 조건과 방법으로 수행되었다.

나. 동부나물의 성분 및 생리활성 변이 연구

(1) 발아기간 동부의 부위별 성분 및 생리활성 변이 연구

부위별 동부의 총 페놀 함량, 총 플라보노이드 함량은 (2)-(가)-①항과 ③항, 항산화성은 (2)-(나)항, 항산화효소 활성은 (2)-(다)항과 동일한 조건과 방법으로 수행되었다.

(2) 동부나물의 성분 및 생리활성 변이 연구

(가) 발아일수별 동부의 무기물 함량

① 무기물

전질소는 풍건한 시료 5 g을 Kjeldahl flask에 취하고 황산염 혼합분말 5 g과 황산용액(Conc. H_2SO_4) 25 ml을 가한 다음 분해용 전기로에서 무색이 될 때까지 분해하여 Micro-Kjeldahl법으로 자동질소분석기(Gerhardt Autosampler Vapodest 50 carouse, Germany)를 이용하여 분석하였다.

유효인산(Av. P_2O_5)은 Lancast법으로 풍건한 시료 5 g에 침출액 20 ml을 넣고 10분간 진탕하여 시료 내 인산을 침출시킨 다음 No 2.여지로 여과하여 유도결합 플라즈마 분광광도계(Inductively couple plasma spectrometer(ICP), ICPE-9000, Simadzu, Japan)를 이용하여 분석하였다.

K, Ca, Mg는 풍건한 식물체 시료 5 g을 100 ml 삼각플라스크에 넣고 1 N- NH_4OAC 침출액 50 ml을 가하여 30분간 진탕(160 rpm/min)한 다음 No 2.여지로 여과하여 유도결합 플라즈마 분광광도계(ICPE-9000, Simadzu, Japan)를 이용하여 분석하였다(농업과학기술원, 2000).

(나) 동부나물의 숙취활성

① ADH(alcohol dehydrogenase) activity

㉠ 시약 및 기기

㉠ 시약

- Sodium phosphate, Dibasic, Anhydrous - $K_2HPO_4=174.2$, CAS 7758-11-4, SIGMA, USA
- Sodium phosphate, Monobasic, Dihydrate - $KH_2PO_4=136.09$, CAS 7778-77-0, SIGMA, USA
- Sodium pyrophosphate(=Sodium diphosphate decahydrate) - CAS No = 7722-88-5,

Sigma, USA

- β -nicotinamide adenine dinucleotide(NAD) - $C_{21}H_{27}N_7O_{14}P_2 = 663.43$, CAS No = 53-84-9, Sigma, USA
- Bovine serum albumin(BSA) - Lot No = K18701, Sigma, USA
- Alcohol dehydrogenase - CAS No = 9031-72-5, Sigma, USA
- 에탄올 - C_2H_5OH , FW = 46.07, Lot No = E1942JE5, DAEJUNG, KOR

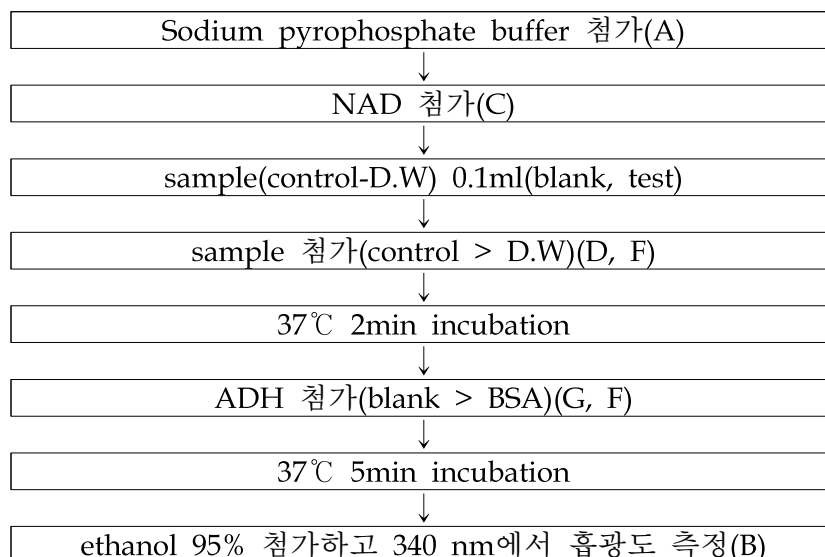
㉞ 기기

- 배양기 - Model No : US-8480SFN, Vision.scientific, KR

㉟ 실험방법

㉠ 시약제조

- Sodium pyrophosphate buffer(=Sodium Diphosphate Decahydrate) 50mM 제조
- pH 8.8 at 25°C 8%(v/v) phosphoric acid 맞춤
- β -nicotinamide adenine dinucleotide(NAD) 15 M 제조(in D.W)
- Sodium phosphate buffer pH 7.5 10mM 제조(in D.W)
10mM Monobasic = 1.3609g/L 10mM dibasic = 1.762g/L
위의 두 시료를 섞어 Sodium phosphate buffer 제조
- Bovine serum albumin(BSA) 0.1% pH7.5
0.1% = 1g/L 0.1g/100ml (sodium phosphate buffer로 희석)
- Alcohol dehydrogenase 2.25unit/mg 제조(in BSA)
451units/mg 약 450units로 보고 희석
> 450units= 1mg/1ml > 45units = 1mg/10ml > 1ml당 4.5units 함유
1:1로 한번 더 희석시 2.25units



㉞ 테스트 시료 배합

Reagents	Test	Blank	Control
A(buffer)	1.3(70ul)	1.3(70ul)	1.3(70ul)
B(ethanol)	0.1(20ul)	0.1(20ul)	0.1(20ul)
C(-NAD)	1.5(70ul)	1.5(70ul)	1.5(70ul)
D(sample)	0.1(20ul)	0.1(20ul)	-
F(Distilled water)	-	-	0.1(20ul)
G(ADH)	0.1(20ul)	-	0.1(20ul)
F(BSA)	-	0.1(20ul)	-

㉟ 계산

효소활성(unit/ml) = (A340 test - A340 blank) * 3.1 / 6.22*0.1

$$\text{계산방법 (\%)} = \frac{(\text{시료 } Test - \text{시료색 } blank) - (\text{시료 } blank - \text{시료색})}{Control - (\text{시료 } blank - \text{시료색})} \times 100$$

㊱ ALDH(aldehyde dehydrogenase) activity

㊲ 시약 및 기기

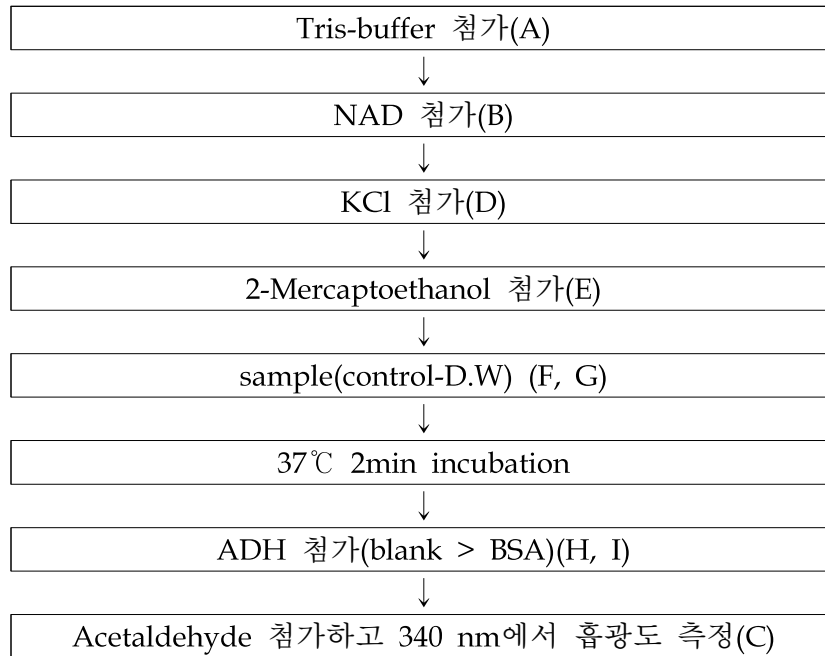
㊳ 시약

- Tris-buffer - $\text{NH}_2\text{C}(\text{CH}_2\text{OH})_3=121.14$, CAS NO :77-86-1, J.T. Baker, USA
- 2-Mercaptoethanol - $\text{HSCH}_2\text{CH}_2\text{OH}=78.14$, SAKURA PURE CHEMCALS, JAP
- Acetaldehyde - $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}=44.05$, No : 110078, Sigma, USA
- β -nicotinamide adenine dinucleotide(NAD) - $\text{C}_{21}\text{H}_{27}\text{N}_7\text{O}_{14}\text{P}_2 = 663.43$, CAS No = 53-84-9, Sigma, USA
- Bovine serum albumin(BSA) - Lot No = K18701, Sigma, USA
- Potassium chloride - KCl = 74.55, DAEJUNG, KOR
- Aldehyde dehydrogenase - CAS NO : A6388, Sigma, USA

㊴ 기기

- 배양기 - Model No : US-8480SFN, Vision.scientific, KR

㊵ 실험방법



㉠ 테스트 시료 배합

Reagents	Test	Blank	Control
A(buffer)	100	100	100
B(-NAD)	20	20	20
D(KCl)	20	20	20
C(Acetald)	10	10	10
E(2-ME)	10	10	10
F(sample)	20	20	-
G(D.W)	-	-	20
H(BSA)	-	20	-
I(ALDH)	20	-	20

㉡ 계산

$$\text{효소활성(unit/ml)} = (A_{340} \text{ test} - A_{340} \text{ blank}) * 3.1 / 6.22 * 0.1$$

$$\text{계산방법 (\%)} = \frac{(\text{시료 } Test - \text{시료색 } blank) - (\text{시료 } blank - \text{시료색})}{Control - (\text{시료 } blank - \text{시료색 } blank)} \times 100$$

(다) 동부나물의 항당뇨(a-glucosidase 저해활성) 활성

① 시약 및 기기

㉠ 시약

- α -glucosidase Type I from Bakers yeast(sigma; G5003; 100UN, 21units/mg, 4.89mg)
- 4-Nitrophenyl α -D-glucopyranoside (N1377; sigma)
- 양성대조군: Acarbose(sigma; A8980; 1g)
- Potassium phosphate (mono; P5379, di;P3786)
- Na_2CO_3 (497-19-8; DUKSAN)

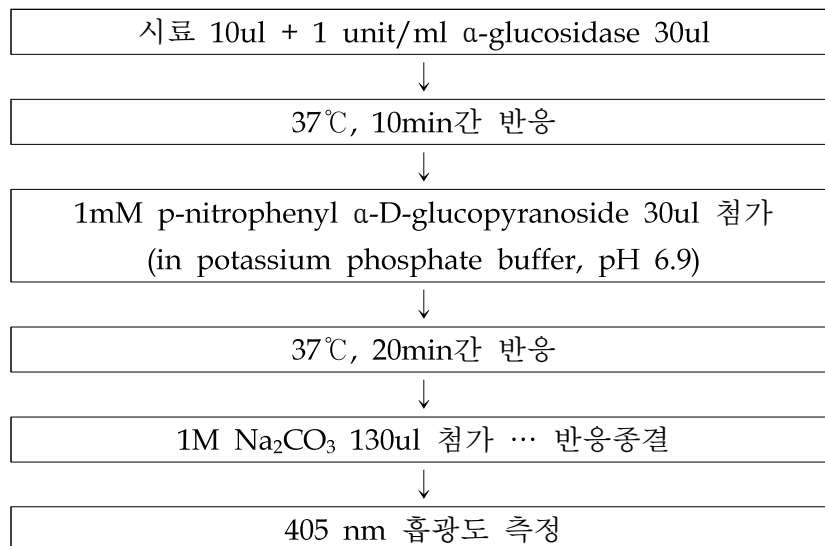
㉞ 기기

- Microplate reader (VERSAmax, Molecular Device, CA, USA)

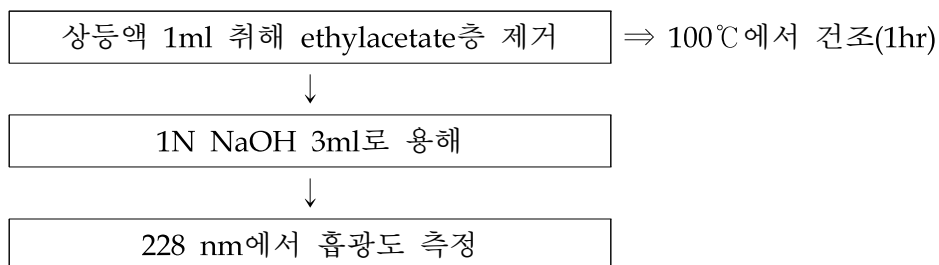
㉟ 실험방법

㉠ 시약제조

- 1 U/ml α -glucosidase:
- 1mM p-nitrophenyl α -D-glucopyranoside:
- 1M Na_2CO_3 :



㉡ 양성대조군: acarbose 1000ppm 사용



(3) LED 처리에 따른 동부의 성분 및 생리활성 변이 연구

(가) 차광별 광량조건 구명시험

광질에 따른 동부나물의 성분 및 생리활성 변이를 알아보려고 시험품종으로 Kim 등(1986)이 육성한 서원동부(13.15 g/100립)를 이용하였다. 동부나물 재배조건은 온도와 재배용수 조절이 가능하도록 제작된 나물재배기(항온기 상단에 재배용수의 온도와 공급시간 조절이 가능한 시스템 부착)를 이용하여 27 ± 0.5℃ 암조건에서 재배용수를 시간당 12회(각 1분)씩 공급하였다. 각 광질의 재배용기 부위별 광량은 아래와 같다.

Light quality		Light quantity(Lux)		Treatment method
Color	Wavelength(nm)	Top of container	Bottom of container	
White	458	9,150	6,020	12hr lighting/12hr dark
Blue	460	187	126	"
Yellow	560	5,560	3,760	"
Red	632	1,820	1,270	"
Dark(control)	-	-	-	24hr dark

발아환경별 동부의 총 페놀 함량, 총 플라보노이드 함량은 가-(2)-(가)-①항과 ③항, 항산화성은 가-(2)-(나)항과 동일한 조건과 방법으로 수행되었다.

(나) 광량(차광)별 광량조건 구명시험

광질별 광량에 따른 동부나물의 성분 및 생리활성 변이를 알아보려고 시험품종으로 Kim 등(1986)이 육성한 서원동부(11.35 g/100립)를 이용하였다. 나물 재배조건은 온도와 재배용수 조절이 가능하도록 제작된 나물재배기(항온기 상단에 재배용수의 온도와 공급시간 조절이 가능한 시스템 부착)를 이용하여 27 ± 0.5℃ 암조건에서 4일간 재배용수를 시간당 12회(각 1분)씩 공급하였다. 각 광질별 차광 정도에 따른 재배용기 부위별 광량은 아래와 같다.

Light quality	Light quantity at non-shaded(Lux)		Light quantity at 50% shading (Lux)		Light quantity at 70% shading(Lux)		Treatment method
	Top of container	Bottom of container	Top of container	Bottom of container	Top of container	Bottom of container	
White(458nm)	9,150	6,020	4,210	2,830	2,190	1,540	12hr lighting/12hr dark
Blue(460nm)	187	126	83	55	42	30	"
Yellow(560nm)	5,560	3,760	2,690	1,830	1,360	950	"
Red(632nm)	1,820	1,270	850	578	427	297	"
Dark(control)	-	-	-	-	-	-	24hr dark

광량별 동부의 총 페놀 함량, 총 플라보노이드 함량은 가-(2)-(가)-①항과 ③항, 항산화성은 가-(2)-(나)항과 동일한 조건과 방법으로 수행되었다.

다. 재배수 조건에 따른 동부의 성분 및 생리활성 차이

(1) 침종시간에 따른 처리별 기능성 성분 및 생리활성 차이

(가) 시료 처리

게르마늄이 함유된 동부나물 생산기술을 개발하고자 서원동부(12.58 g/100립)를 이용하였다. 원료곡(서원동부)을 이용하여 침종방법을 구명하고자 1,000 ppm 게르마늄((주)캐러스 Ge⁺ Mineral) 용액을 공기를 계속 주입하고 1시간 간격으로 용액을 교환하면서 0, 2, 4시간 침종하고 재배하였다. 셀레늄과 칼슘은 (주)대유 DaeyuSelenium 제품으로 사용하였고, 처리방법은 게르마늄과 같은 방법으로 수행하였다.

(나) 기능성 성분 및 생리활성

침종시간에 따른 처리별 동부의 총 페놀 함량, 총 플라보노이드 함량은 가-(2)-(가)-①항과 ③항, 항산화성은 가-(2)-(나)항과 동일한 조건과 방법으로 수행되었다.

(2) 재배수 농도에 따른 처리별 기능성 성분 및 생리활성 차이

(가) 시료 처리

게르마늄이 함유된 동부나물 생산기술을 개발하고자 서원동부(12.58 g/100립)를 이용하였다. 재배용수 조건을 구명하고자 게르마늄과 셀레늄은 0, 0.5, 4, 16 ppm인 용액을, 칼슘 0, 100, 400 ppm인 용액을 각각 재배수로 이용하였다.

(나) 기능성 성분 및 생리활성

재배수 농도에 따른 처리별 동부의 총 페놀 함량, 총 플라보노이드 함량은 가-(2)-(가)-①항과 ③항, 항산화성은 가-(2)-(나)항과 동일한 조건과 방법으로 수행되었다.

(3) 양액처리 동부의 농도에 따른 기능성 성분 및 생리활성 차이

(가) 시료 처리

동부나물 재배에 적합한 재배수의 양액조건을 구명하고자 서원동부(12.58 g/100립)를 이용하였다. Table 2-1의 양액 조성을 이용하여 동부나물 재배수의 농도(EC)를 0, 0.6, 1.5 dS/m로 하였다.

Table 2-1. The composition of the nutrient solution used un the experiment(mg/ ℓ).

Ca	NO ₃	NH ₄	K	H ₂ PO ₄	SO ₄	Mg	Fe	Cu	B	Mn	Zn	Mo	Cl
161.2	211.4	17.5	314.0	42.1	64.8	53.5	3.04	0.02	0.50	0.51	0.05	0.01	-

(나) 기능성 성분 및 생리활성

양액처리 동부의 농도에 따른 총 페놀 함량, 총 플라보노이드 함량은 가-(2)-(가)-①항과 ③항, 항산화성은 가-(2)-(나)항과 동일한 조건과 방법으로 수행되었다.

라. 동부의 생육기에 따른 식물체 부위별 성분 및 생리활성 차이

(1) 영양생장기 동부 부위별 기능성 성분 및 생리활성 차이

(가) 시료 처리

- ① 생육시기별 : 초생기, 3엽기, 5엽기, 7엽기
- ② 부위별 : 잎, 가지, 뿌리

(나) 기능성 성분 및 생리활성

영양생장기의 동부 부위별 총 페놀 함량, 총 플라보노이드 함량은 가-(2)-(가)-①항과 ③항, 항산화성은 가-(2)-(나)항과 동일한 조건과 방법으로 수행되었다.

(2) 생식생장기 동부 부위별 기능성 성분 및 생리활성 차이

(가) 시료 처리

- ① 생육시기별 : 개화기, 수확기(성숙기)
- ② 부위별 : 잎, 가지, 뿌리, 꽃(종실)

(나) 기능성 성분 및 생리활성

생식생장기의 동부 부위별 총 페놀 함량, 총 플라보노이드 함량은 가-(2)-(가)-①항과 ③항, 항산화성은 가-(2)-(나)항과 동일한 조건과 방법으로 수행되었다.

마. 주요 동부 계통별 종실 및 나물의 성분 및 생리활성 차이

(1) 동부 12 계통의 종실 및 나물의 성분 및 생리활성 차이

나물 생산에 적합한 자원을 선발하고자 서원동부, IT104373, IT145383, IT154149, IT145387, IT145373, IT154153, IT145384, IT145391, Tvu1042-3, Tvu7426, Tvu7778 등 12자원을 이용하였다. 나물 재배조건은 온도와 재배용수 조절이 가능하도록 제작된 나물재배기(항온기 상단에 재배용수의 온도와 공급시간 조절이 가능한 시스템 부착)를 이용하여 $27 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 압조건에서 4일간 재배용수를 시간당 12회(각 1분)씩 공급하였다.

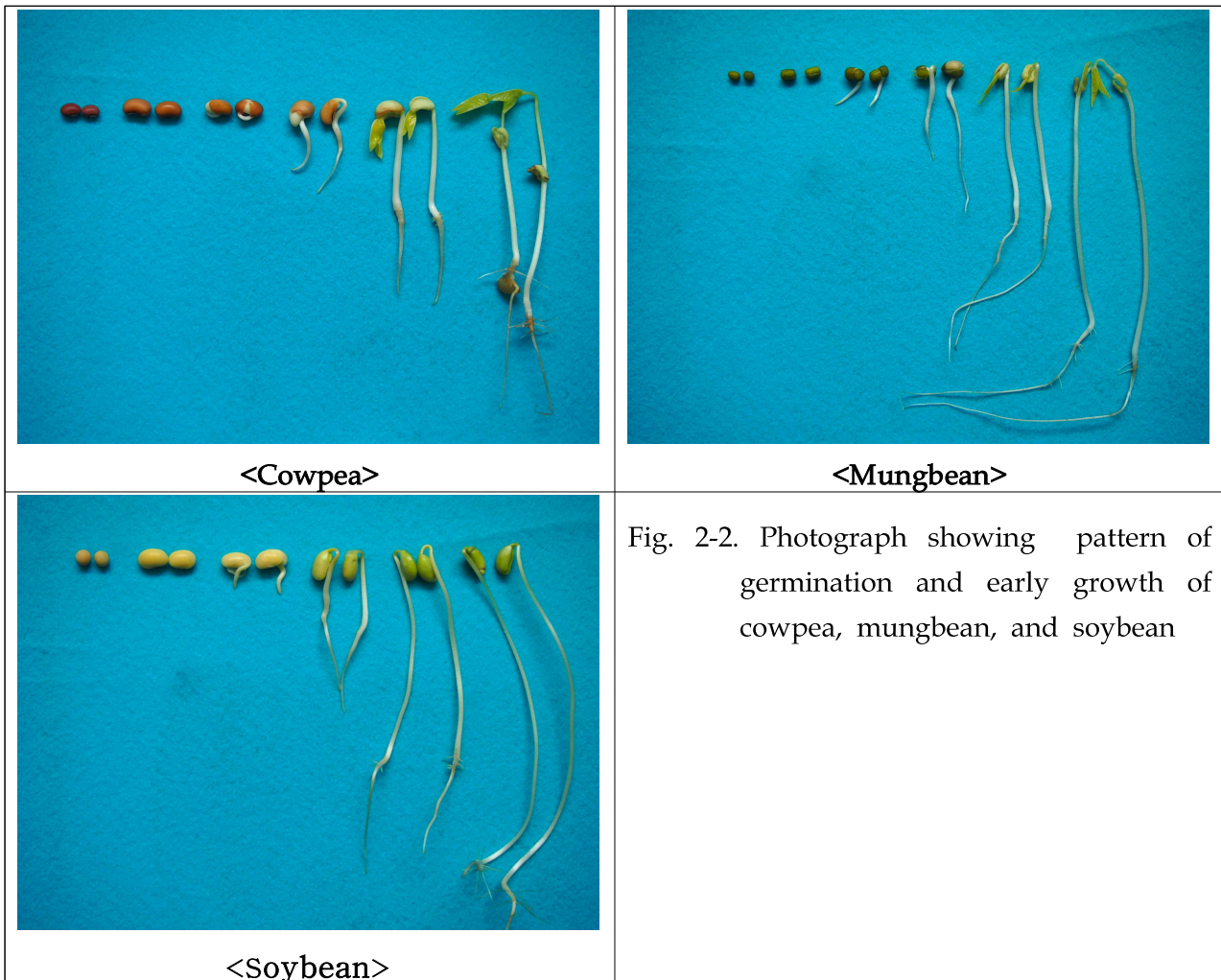
주요 동부 계통별 종실 및 나물의 총 페놀 함량, 총 플라보노이드 함량은 가-(2)-(가)-①항과 ③항, 항산화성은 가-(2)-(나)항과 동일한 조건과 방법으로 수행되었다.

3. 결과 및 고찰

가. 동부 발아 과정 중 성분 및 생리활성 변이 연구

(1) 주요 두과작물의 발아기간 중 생육특성 연구

(가) 공시 두과작물의 발아특성



(나) 발아일수 및 부위별 동부, 녹두, 콩의 신장

① 발아일수별 동부, 녹두, 콩의 신장

발아기간별 동부, 녹두, 콩 종자의 생육량을 알아보기 위하여 건조자(DS), 침종종자(IS), 발아 후 1, 3, 5, 7일 된 동부, 녹두, 콩의 신장을 측정하였다. 그 결과 발아 후 7일까지 동부, 녹두, 콩의 신장은 유의적으로 증가하는 것으로 나타났다(Table 2-2).

Table 2-2. Plant length of cowpea, mungbean and soybean sprouts at different sprout ages. Means with the same letter within a row are not significantly different ($p < 0.05$).

Plant	DS	IS	1DOS	3DOS	5DOS	7DOS
Cowpea	7.8 ± 0.2 e	11.4 ± 0.2 e	25.8 ± 0.3 d	60.3 ± 1.2 c	112.5 ± 1.4 b	169.7 ± 2.0 a
Mungbean	3.8 ± 0.0 e	5.9 ± 0.1 de	21.8 ± 0.2 d	83.7 ± 0.3 c	178.8 ± 0.8 b	244.0 ± 5.4 a
Soybean	5.2 ± 0.2 e	10.6 ± 0.1 d	26.4 ± 0.1 d	85.3 ± 0.6 c	146.0 ± 2.9 b	236.9 ± 4.4 a

* DS: dry seeds, IS: imbibed seeds, DOS: day(s)-old-sprout

② 부위별 동부, 녹두, 콩의 신장

재배 후 7일 된 동부, 녹두 및 콩 유묘를 부위별로 생육량을 측정한 결과 작물마다 다른 특성을 보였다. 외부형태적으로 동부는 자엽, 하배축과 뿌리의 신장이 균등된 데 비해 콩과 녹두는 하배축과 뿌리 중심으로 신장하는 경향이 뚜렷하였다. 작물별 새싹의 총 신장은 녹두와 콩이 동부보다 유의적으로 컸다. 한편 식물체 부위별 크기는 자엽은 동부가, 하배축은 콩이, 뿌리는 녹두가 각각 가장 길게 나타났다(Table 2-3).

Table 2-3. Comparison in plant length of 7 day-old sprouts of cowpea, mungbean, and soybean. Means with the same letter are not significantly different ($p < 0.05$).

Plant	Cotyledon	Hypocotyl	Root	Total
Cowpea	50.2 a	61.0 c	58.4 b	169.7 b
Mungbean	41.8 b	102.0 b	100.2 a	244.0 a
Soybean	13.2 c	151.9 a	71.8 b	236.9 a

(다) 발아일수 및 부위별 동부, 녹두, 콩의 생체중

① 발아일수별 동부, 녹두, 콩의 생체중

발아기간별 동부, 녹두, 콩 종자의 생육량을 알아보기 위하여 건종자, 침종종자, 발아 후 1, 3, 5, 7일 된 동부, 녹두, 콩의 생체중을 측정하였다. 그 결과 발아 후 7일까지 동부, 녹두, 콩의 생체중은 유의적으로 증가하는 것으로 나타났다(Table 2-4).

Table 2-4. Plant fresh weight of 7 day-old sprouts of cowpea, mungbean and soybean. Means with the same letter within a row are not significantly different ($p < 0.05$).

Plant	DS	IS	1DOS	3DOS	5DOS	7DOS
Cowpea	127.9± 7.2 e	272.1±14.0 d	273.8± 4.1 d	461.6±15.4 c	582.2±10.7 b	690.2±23.7 a
Mungbean	47.8± 2.6 e	97.0± 9.8 e	131.3± 3.4 d	211.5±13.7 c	341.7±26.7 b	424.5±35.6 a
Soybean	112.1±10.1 e	264.1±27.7 e	286.3±31.9 d	420.2±51.6 c	550.5±27.3 b	749.1±39.3 a

* DS: dry seeds, IS: imbibed seeds, DOS: day(s)-old-sprout

② 부위별 동부, 녹두, 콩의 생체중

재배 후 7일 된 동부, 녹두 및 콩나물의 부위별 생육량을 알아보기 위하여 재배 후 7일째 동부, 녹두 및 콩나물의 자엽, 하배축, 뿌리 무게를 각각 측정하였다. 식물체 부위별 무게의 경우 자엽 생체중은 동부와 콩이 각각 272.4와 270.2 mg로 높게 나타났고, 콩이 89.5 mg로 낮게 나타났다. 하배축 생체중은 콩, 동부, 녹두가 398.7, 298.7, 268.6 mg 순으로 나타났으나 작물간 유의적인 차이는 없었다. 뿌리 또한 작물간에 유의적인 차이를 보이지 않았다(Table 2-5).

Table 2-5. Comparison in plant weight of 7 day-old sprouts of cowpea, mungbean and soybean. Means with the same letter are not significantly different ($p < 0.05$).

Plant	Cotyledon	Hypocotyl	Root	Total
Cowpea	272.4 a	298.7 a	119.1 a	690.2 a
Mungbean	89.5 b	268.6 a	66.4 a	424.5 b
Soybean	270.2 a	398.7 a	80.2 a	749.1 a

(2) 주요 두과작물의 성분 및 생리활성 변이 연구

(가) 동부, 녹두, 콩의 총 페놀 및 총 플라보노이드 함량

Folin-Denis방법에 따라 표준물질 chlorogenic acid를 근거로 분석된 각 작물 새싹 부위별 추출물 농도 1,000 mg kg⁻¹에 대한 총 페놀 함량을 정량하였다. 그 결과 콩나물 추출물이 82.2 mg kg⁻¹으로 가장 높게 나타났으며, 그 다음이 동부나물 추출물로 32.2 mg kg⁻¹이었고 녹두 추출물은 각각 24.5 mg kg⁻¹으로 가장 낮은 함량을 보였다(Fig. 2-3). 이는 Kim *et al.*(2006)의 콩나물 총 페놀 함량의 범위인 9.88 ~ 47.71mg kg⁻¹보다는 높은 함량을 보인 것으로 나타났다. 한편, naringin을 표준물질로 분석한 총 플라보노이드 함량은 총 페놀 함량보다는 낮은 함량을 보였으나 각 작물별 함량 차이 같은 경향을 보였다. 콩나물 추출물이 12.3 mg kg⁻¹으로 가장 높았고, 동부와 녹두나물 순으로 각각 7.3과 6.9 mg kg⁻¹으로 나타났다(Fig. 2-3).

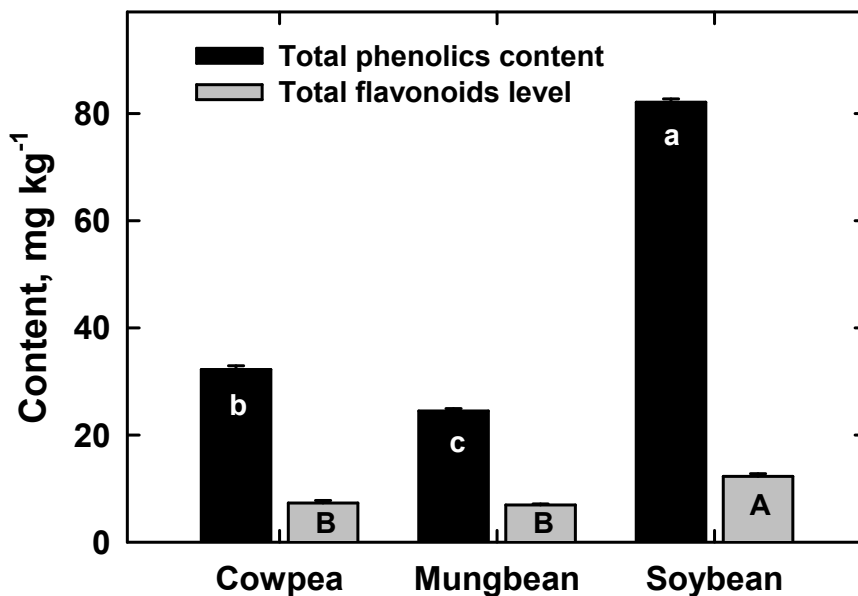


Fig. 2-3. Total phenolics content and total flavonoids level of methanol extracts from whole parts of cowpea, mungbean and soybean sprouts 7 days after seeding. Means with the same letter (capital or small letter) are not significantly different ($p < 0.05$).

개별 페놀산 함량은 총량으로 콩나물, 녹두나물, 동부나물 순으로 높게 나타나 각각 67.6, 13.1, 10.6 mg kg⁻¹을 보였고 페놀산 중 salicylic acid 함량이 콩나물과 동부나물에서 36.8과 4.4 mg kg⁻¹으로 가장 높았고 녹두나물은 ferulic acid가 3.0 mg kg⁻¹으로 가장 높았고 gallic acid와 gentistic acid는 공시작물 모두에서 검출되지 않았다(Table 2-6).

Table 2-6. Content of phenolic acids in methanol extracts from three legumes.

Plant	Phenolic acids (mg kg ⁻¹)										Total
	3HC	CAF	CHL	FER	GAL	GEN	SAL	SYR	OCO	PCO	
Cowpea	0.073	2.555	2.467	0.339	ND	ND	4.416	0.065	0.480	0.192	10.587
Mungbean	0.309	2.471	2.193	3.021	ND	ND	2.800	0.294	0.472	1.498	13.058
Soybean	10.008	2.414	1.291	15.431	ND	ND	36.805	0.068	1.080	0.544	67.641

* 3HC: 3-hydroxycinnamic acid, CAF: caffeic acid, CHL: chlorogenic acid, FER: ferulic acid, GAL: gallic acid, GEN: gentistic acid, SAL: salicylic acid, SYR: syringic acid, OCO: *o*-coumaric acid, PCO: *p*-coumaric acid.

한편, 개별 플라보노이드 함량은 역시 녹두나물에서 11.5 mg kg⁻¹으로 가장 높았고 동부와 콩나물은 7.3과 6.8 mg kg⁻¹이었고, 주로 quercetin dihydrate와 rutin이 함유되어 있었고 naringin은 세 작물 모두에서 검출되지 않았다(표 Table 2-7).

Table 2-7. Content of individual flavonoid in methanol extracts from three legumes.

Plant	Flavonoid, mg kg ⁻¹			Total
	Naringin	Quercetin dihydrate	Rutin	
Cowpea	ND	5.308	1.939	7.247
Mungbean	ND	5.252	6.208	11.460
Soybean	ND	5.530	1.245	6.775

(나) 동부, 녹두, 콩의 항산화성(DPPH, NSA)

각 작물별 메탄올 추출물에 대한 DPPH 라디칼 소거능을 HPLC로 분석한 결과, 2,000 mg kg⁻¹농도에서 동부와 녹두나물 추출물이 각각 44와 42% 정도의 활성을 보였고 이는 콩나물 추출물 25%보다 높은 활성을 보였다(Fig. 2-4-A). 한편, 각 작물별 메탄올 추출물 농도 1,000 mg kg⁻¹에서 아질산염 소거능은 DPPH 라디칼 소거능과 유사한 결과를 보여 동부와 녹두나물 추출물이 각각 81.4와 77.5%로 가장 높았고 콩나물 추출물이 61.9%로 나타났다(Fig. 2-4-B). 이런 결과는 앞의 총 페놀 함량 및 총 플라보노이드 함량의 결과와 상반된 결과를 보여주었다. Kim *et al.*(2012)은 숙주나물의 추출물은 녹두 종자 추출물에 비해 총 페놀 함량, 총 플라보노이드 함량 및 DPPH 라디칼 소거능이 유의적으로 더 높게 나타났음을 보고한 바 있다. Siddhuraju와 Becker(2007)는 여러 가지 방법으로 가공된 2종류의 동부종자의 70% 아세톤 추출물로 총 페놀 함량과 항산화성을 비교한 결과 암갈색 종자가 연갈색 종자보다 높은 함량과 활성을 나타냈음을 보고하였다.

(다) 동부, 녹두, 콩의 항산화효소 활성

콩나물재배기의 미시환경에 따른 각 작물의 주요한 항산화 효소의 활성 변이를 구명하고자 ascorbate peroxidase(APX), catalase(CAT), peroxidase(POX)와 superoxide dismutase(SOD)의 효소활성을 측정하였다.

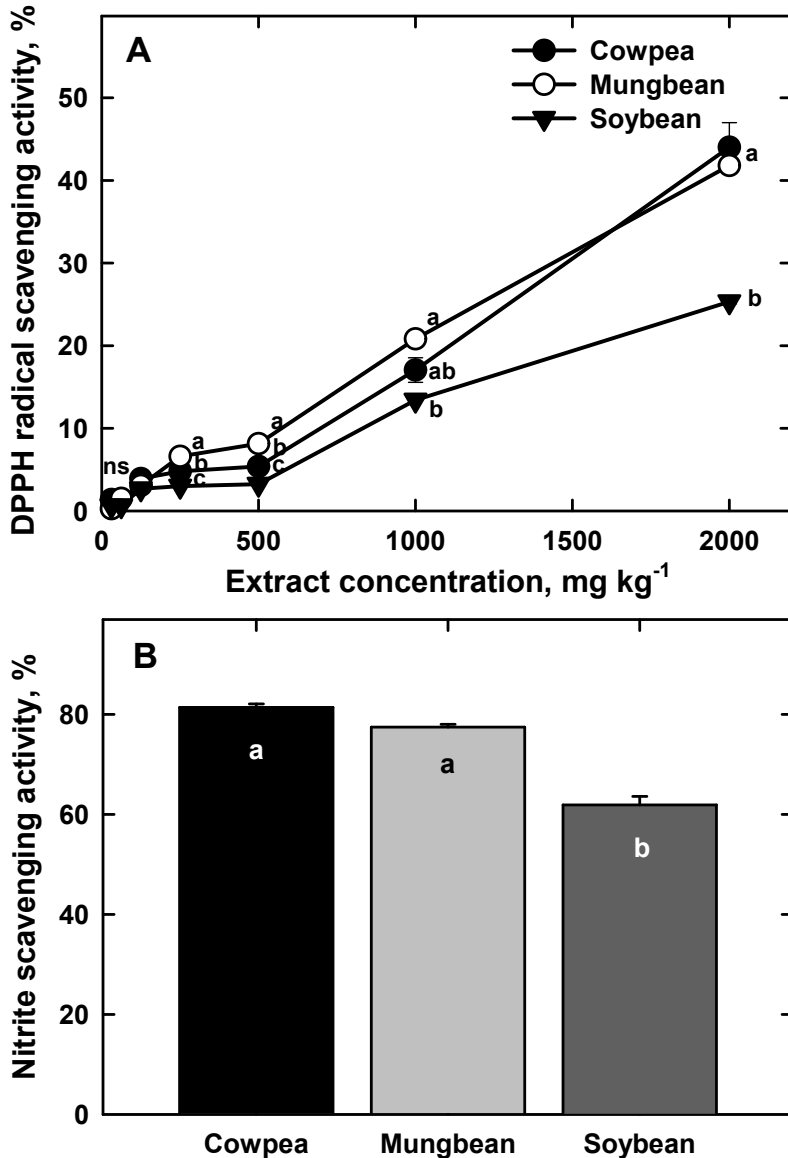


Fig. 2-4. DPPH radical scavenging activity (A) and nitrite scavenging activity (B) of methanol extracts from whole parts of cowpea, mungbean and soybean sprouts. Means with the same letter are not significantly different ($p < 0.05$).

APX 활성은 동부나물, 녹두나물 및 콩나물 순으로 활성이 유의적으로 높아 각각 8,076, 5,563, 2,562 unit으로 나타났고(Fig. 2-5-A) CAT 활성은 동부나물과 콩나물이 각각 1,105와 1,025 unit으로 녹두나물 661 unit보다 유의적으로 높은 활성을 보였다(Fig. 2-5-B). POX 활성은 APX 활성과 같은 경향으로 동부나물, 녹두나물 및 콩나물 순으로 활성이 높아 각각 6,496, 5,522, 3,342 unit으로 나타났다(Fig. 2-5-C). 한편, SOD 활성은 콩나물이 92.1 unit으로 가장 높은 활성을 보였고 녹두나물과 동부나물은 그 보다 낮은 활성으로 각각 69.7과 63.9 unit으로 나타났다(Fig. 2-5-D). 결과적으로, APX와 POX 활성은 동부나물이 가장 높았고, CAT와 SOD 활성은 콩나물이 높은 활성을 보였다. 따라서 암조건에서 7일간 재배되는 두과작물간의 항산화효소 활성 정도는 여러 효소에서 다른 것으로 나타났다(Kang *et al.*, 1999; Chung *et al.*, 1999).

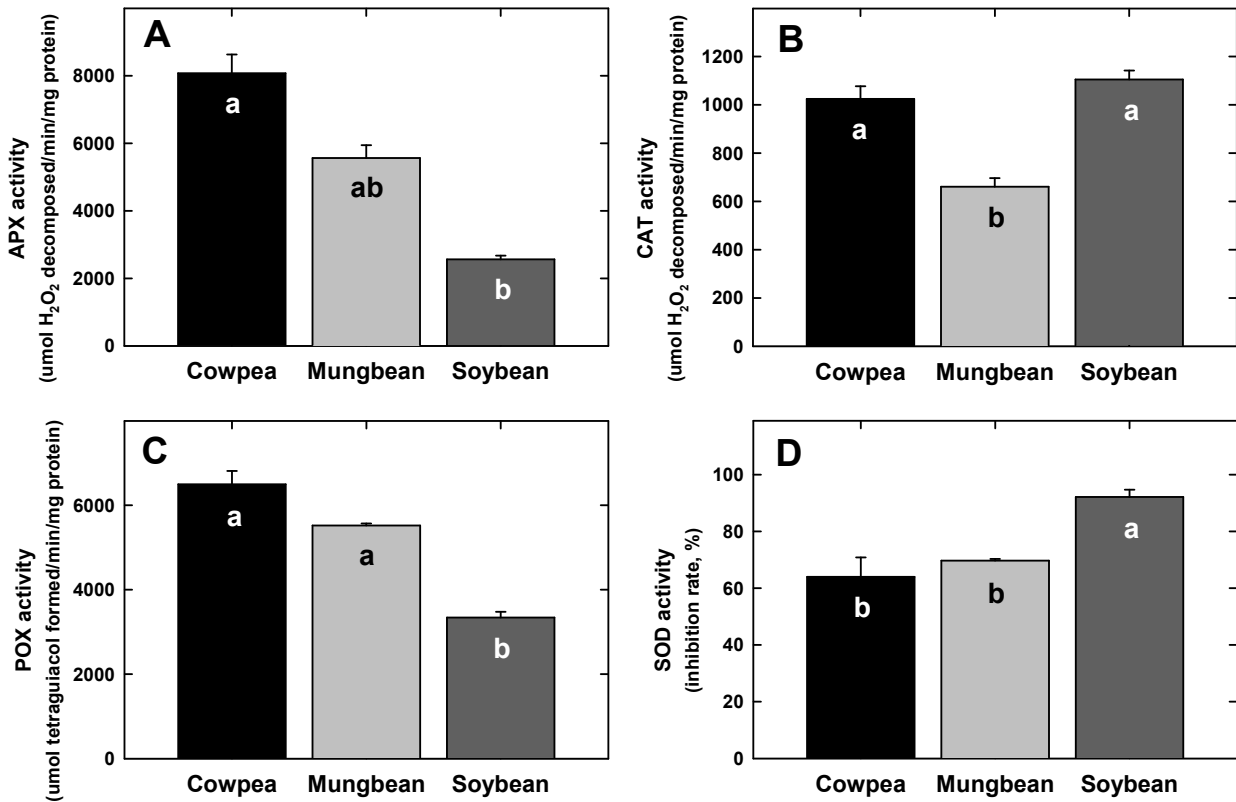


Fig. 2-5. APX (A), CAT (B), POX (C) and SOD (D) activities of cowpea, mungbean and soybean sprouts. Means with the same letter are not significantly different ($p < 0.05$).

(2) 발아기간별 동부의 성분 및 생리활성 변이 연구

(가) 동부, 녹두, 콩의 총 페놀 및 총 플라보노이드 함량

Folin-Denis방법에 따라 catechin을 표준물질로 하여 분석한 발아일수별 동부, 녹두, 콩의 메탄올 추출물 농도 1,000 mg kg⁻¹에 대한 총 페놀 함량을 정량한 결과, 건종자(DS), 침종종자(IS)에서 녹두가 53.7, 43.2 mg kg⁻¹으로 가장 높게 나타났고, 다음이 동부, 콩 순이었다. 한편, 발아 후 1일묘(1DOS), 3일묘(3DOS), 5일묘(5DOS), 7일묘(7DOS)에서는 콩이 각각 59.8, 60.3, 51.5, 50.7 mg kg⁻¹로 가장 높게 나타났으며, 동부와 녹두는 유의적인 차이가 없이 낮게 나타났다 (Fig. 2-6).

Folin-Denis방법에 따라 chlorogenic acid를 표준물질로 하여 분석한 발아일수별 동부, 녹두, 콩의 메탄올 추출물 농도 1,000 mg kg⁻¹에 대한 총 페놀 함량을 정량한 결과, 콩이 건종자(DS), 침종종자(IS), 발아 후 1일묘(1DOS), 3일묘(3DOS), 5일묘(5DOS), 7일묘(7DOS)에서 각각 93.6, 94.0, 79.4, 78.1, 83.2, 82.1 mg kg⁻¹로 가장 높게 나타났으며, 동부와 녹두는 유의적인 차이가 없이 낮게 나타났다(Fig. 2-7).

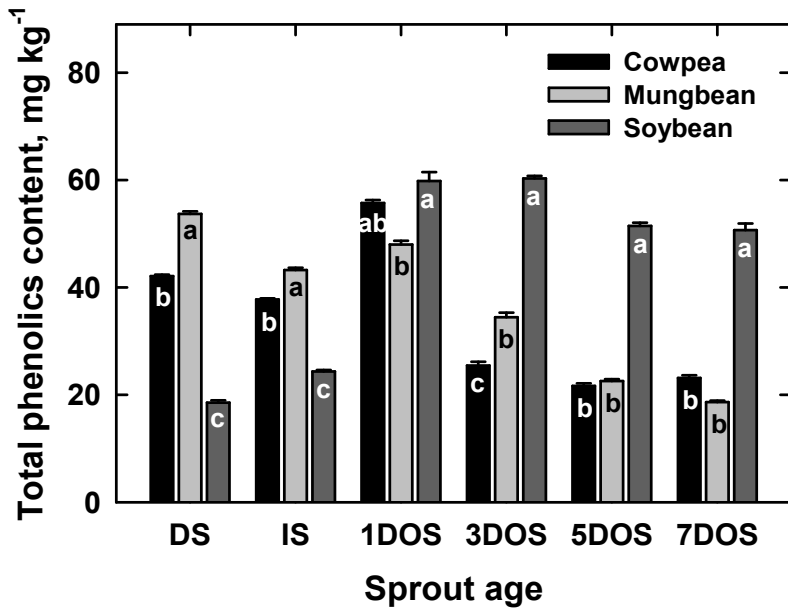


Fig. 2-6. Total phenolics contents (catechin) of cowpea, mungbean and soybean sprouts at different sprout ages. Means with the same letter within a row are not significantly different ($p < 0.05$).

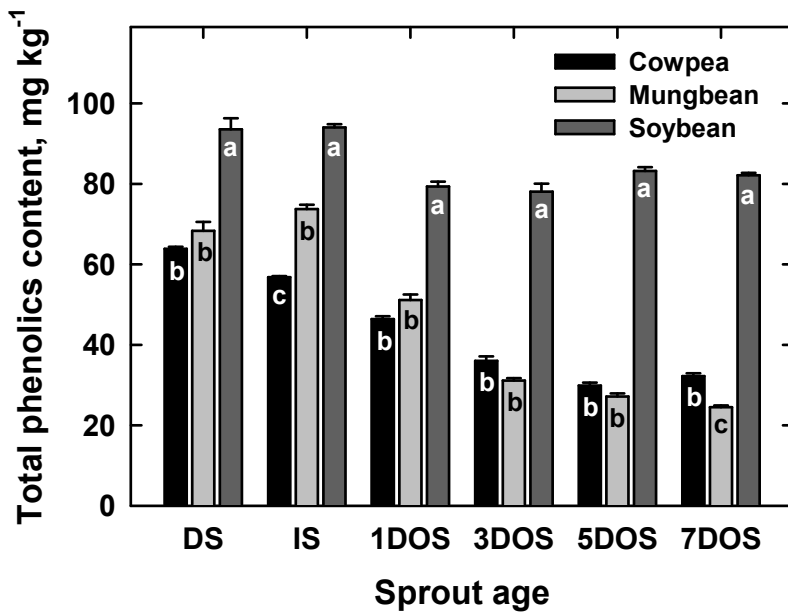


Fig. 2-7. Total phenolics contents (chlorogenic acid) of cowpea, mungbean and soybean sprouts at different sprout ages. Means with the same letter within a row are not significantly different ($p < 0.05$).

Folin-Denis방법에 따라 tannic acid를 표준물질로 하여 분석한 발아일수별 동부, 녹두, 콩의 메탄올 추출물 농도 1,000 mg kg⁻¹에 대한 총 페놀 함량을 정량한 결과, 콩이 건종자(DS), 침종종자(IS), 발아 후 3일묘(3DOS), 5일묘(5DOS), 7일묘(7DOS)에서 각각 58.6, 59.0, 50.5, 49.8, 52.6 mg kg⁻¹로 가장 높게 나타났으며, 동부와 녹두는 유의적인 차이가 없이 낮게 나타났다. 한편, 발아 후 1일묘(1DOS)에서는 동부와 콩이 54.7과 59.0 mg kg⁻¹로, 녹두에 비해 높게 나타났다(Fig. 2-8).

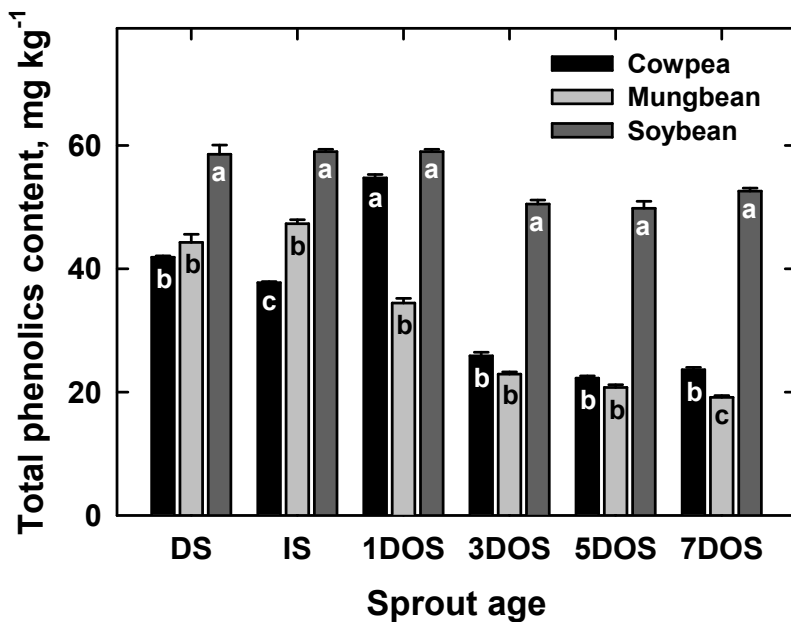


Fig. 2-8. Total phenolics contents (tannic acid) of cowpea, mungbean and soybean sprouts at different sprout ages. Means with the same letter within a row are not significantly different ($p < 0.05$).

1,000 mg kg⁻¹ 농도의 메탄올 추출물로 측정된 발아일수별 총 플라보노이드 함량은 건종자 (DS), 침종종자(IS), 발아 후 1일묘(1DOS)에서 녹두가 17.1, 20.2, 16.2 mg kg⁻¹로 가장 높게 나타났으며, 동부와 콩은 유의적인 차이가 없이 낮게 나타났다(Fig. 2-9).

한편, 발아 후 3일묘(3DOS), 5일묘(5DOS), 7일묘(7DOS)에서는 콩이 각각 11.1, 12.3, 12.3 mg kg⁻¹로 가장 높게 나타났으며, 동부와 녹두는 유의적인 차이가 없이 낮게 나타났다(Fig. 2-9).

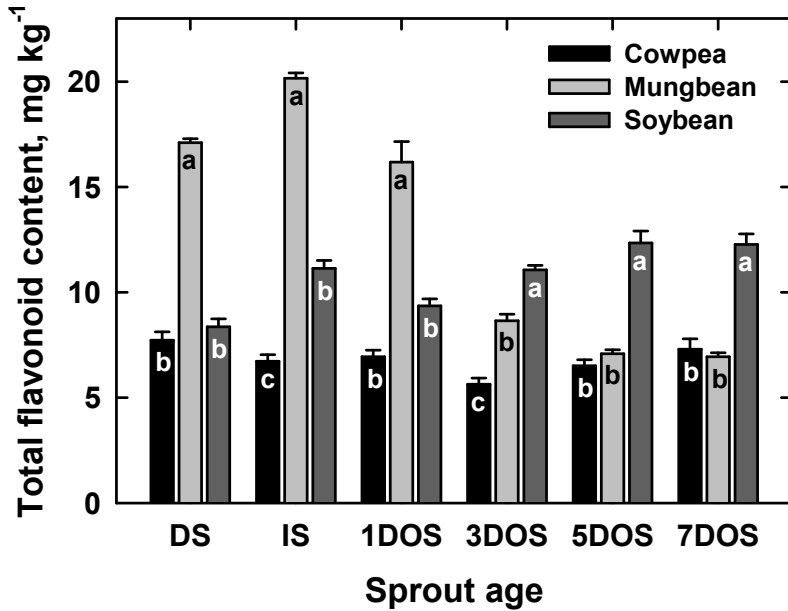


Fig. 2-9. Total flavonoid level of cowpea, mungbean and soybean sprouts at different sprout ages. Means with the same letter within a row are not significantly different ($p < 0.05$).

(나) 동부, 녹두, 콩의 항산화성(DPPH, NSA)

동부, 녹두, 콩의 발아일수별 메탄올 추출물 2,000 mg kg⁻¹ 농도에서 DPPH 라디칼 소거능을 HPLC로 분석한 결과는 다음과 같다.

먼저 동부의 경우, 건종자(DS)와 침종종자(IS)가 84.9와 87.4%로 높게 나타났으며, 발아 후 1일묘(1DOS), 5일묘(5DOS), 3일묘(3DOS), 7일묘(7DOS) 순으로 각각 80.7, 60.9, 56.1, 44.0%를 나타냈다(Fig. 2-10).

녹두의 경우에는 발아 후 3일묘(3DOS)가 51.4%로 가장 높게 나타났으며, 발아 후 5일묘(5DOS), 1일묘(1DOS), 7일묘(7DOS), 침종종자(IS), 건종자(DS) 순으로 각각 46.8, 44.3, 41.8, 31.7, 30.7%를 나타냈다(Fig. 2-10).

콩의 경우에는 침종종자와 발아 후 3일묘(3DOS)가 37.1과 34.7%로 높게 나타났으며, 발아 후 5일묘(5DOS), 7일묘(7DOS), 건종자(DS), 발아 후 1일묘(1DOS) 순으로 각각 27.8, 25.3, 23.8, 13.3%를 나타냈다(Fig. 2-10).

한편, 메탄올 추출물 1,000 mg kg⁻¹ 농도에서 아질산염 소거능은 건종자(DS), 침종종자(IS), 발아 후 3일묘(3DOS), 5일묘(5DOS), 7일묘(7DOS)에서 동부(72.4, 74.8, 78.0, 80.6, 81.4%)와 녹두(68.1, 72.6, 78.2, 79.2, 77.5%)가 높게 나타났고, 콩(54.1, 59.6, 64.8, 62.4, 61.9%)은 낮게 나타났다. 한편, 발아 후 1일묘(1DOS)에서는 동부, 녹두 그리고 콩이 유의적인 차이가 없는 것으로 나타났다(Fig. 2-11).

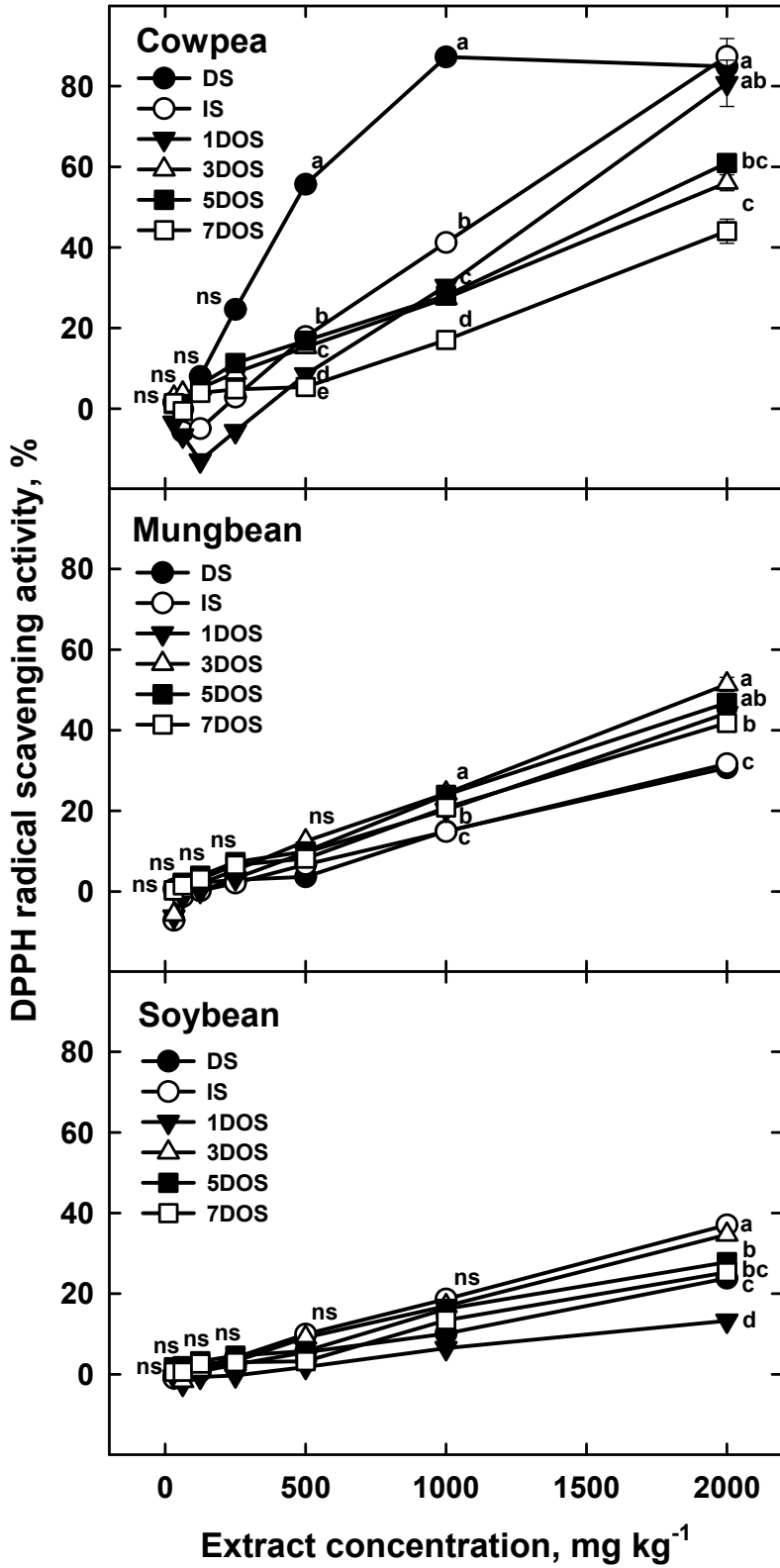


Fig. 2-10. DPPH radical scavenging activity of cowpea, mungbean and soybean sprouts at different sprout ages. Means with the same letter within a row are not significantly different ($p < 0.05$).

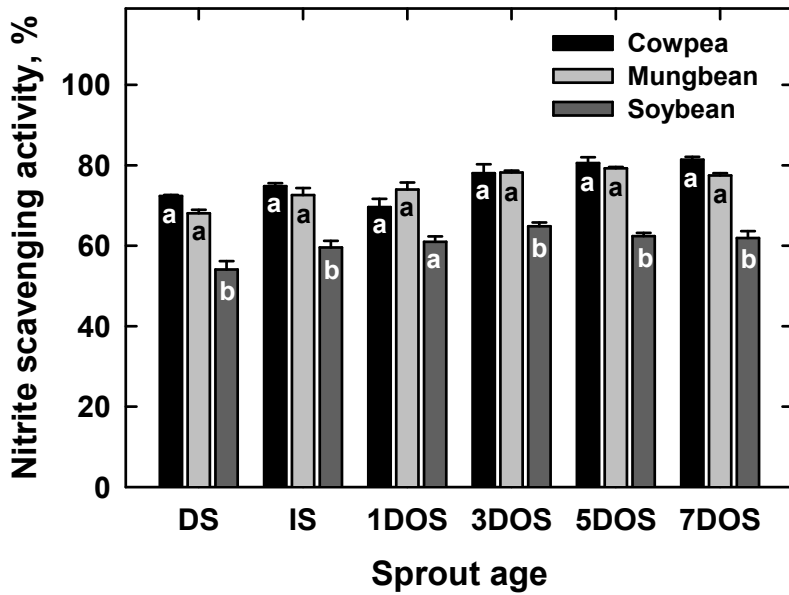


Fig. 2-11. Nitrite scavenging activity of cowpea, mungbean and soybean sprouts at different sprout ages. Means with the same letter within a row are not significantly different ($p < 0.05$).

(다) 동부, 녹두, 콩의 항산화효소 활성

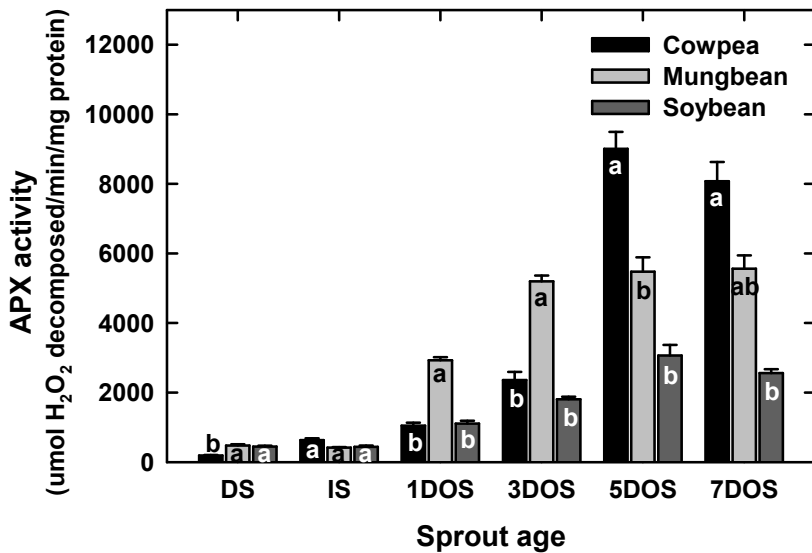


Fig. 2-12. APX activities of cowpea, mungbean and soybean sprouts at different sprout ages. Means with the same letter are not significantly different ($p < 0.05$).

두과작물 7일 새싹묘의 APX 활성은 3일째까지 녹두가 가장 높았으나 5일 이후부터는 동부, 녹두 및 콩 순으로 높게 나타났다(Fig. 2-12). CAT활성도 마찬가지로 3일째까지 녹두가 가장 높았으나 5일 이후부터는 콩, 동부 및 녹두 순으로 높게 나타났다(Fig. 2-13).

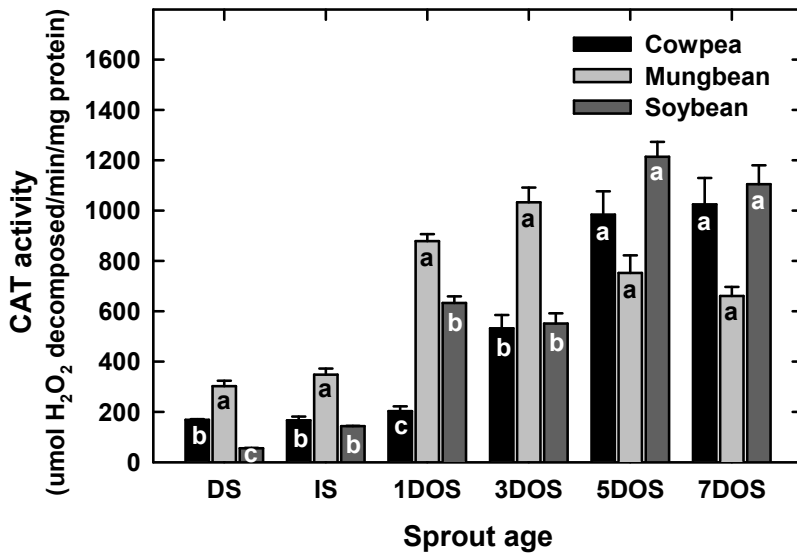


Fig. 2-13. CAT activities of cowpea, mungbean and soybean sprouts at different sprout ages. Means with the same letter are not significantly different ($p < 0.05$).

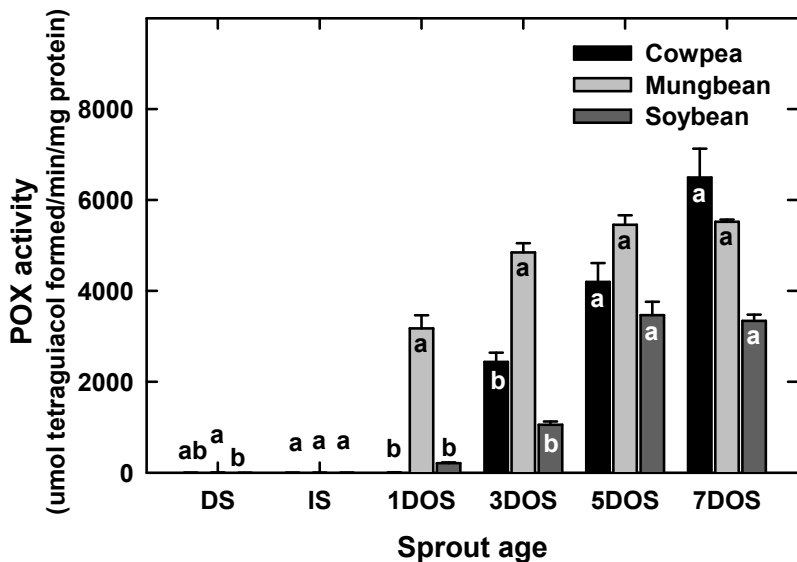


Fig. 2-14. POX activities of cowpea, mungbean and soybean sprouts at different sprout ages. Means with the same letter are not significantly different ($p < 0.05$).

POX활성은 5일째까지 녹두가 가장 높았으나 7일 이후부터는 동부, 녹두, 콩 순으로 높게 나타났다(Fig. 2-14). 한편, SOD활성은 콩, 녹두, 동부 순으로 높은 활성을 보였다(Fig. 2-15).

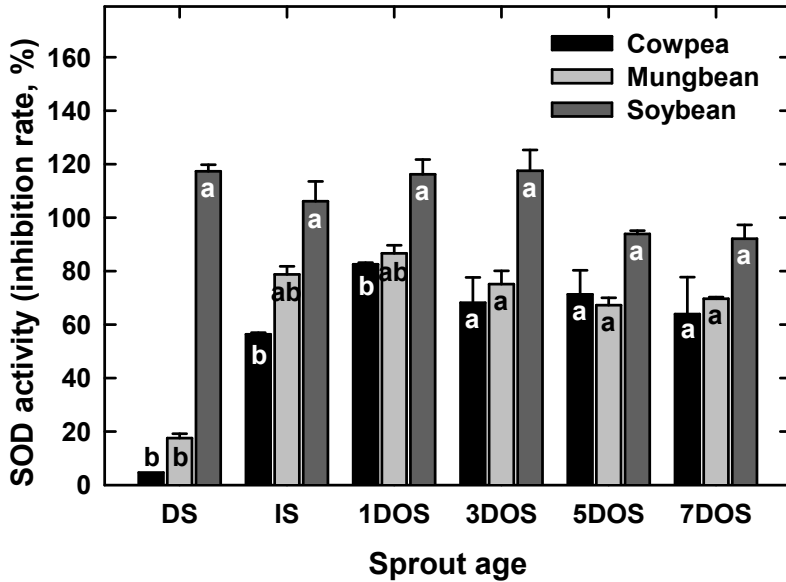


Fig. 2-15. SOD activities of cowpea, mungbean and soybean sprouts at different sprout ages. Means with the same letter are not significantly different ($p < 0.05$).

발아일수별 동부의 APX 활성은 건종자(DS), 침종종자(IS), 발아 후 1일묘(1DOS), 3일묘(3DOS), 5일묘(5DOS), 7일묘(7DOS)에서 각각 191.6, 632.2, 1050.3, 2360.1, 9007.7, 8076.4 unit으로 5일묘와 7일묘에서 가장 높게 나타났고, 건종자에서 가장 낮게 나타났다. CAT 활성은 APX와 유사한 경향을 보여 건종자(DS), 침종종자(IS), 발아 후 1일묘(1DOS), 3일묘(3DOS), 5일묘(5DOS), 7일묘(7DOS) 순으로 각각 169.1, 166.9, 203.2, 532.4, 983.9, 1024.7 unit이었고 5일묘와 7일묘에서 가장 높게 나타났고, 건종자에서 가장 낮게 나타났다. 한편, POX 활성은 건종자(DS), 침종종자(IS), 발아 후 1일묘(1DOS), 3일묘(3DOS), 5일묘(5DOS), 7일묘(7DOS)에서 각각 4.8, 3.5, 8.9, 2438.6, 4197.7, 6495.6unit이었고 발아 후 1일까지는 매우 낮게 나타났고 발아 후 3일묘부터 급격히 증가하다가 7일묘에서 가장 높은 활성을 보였다. SOD 활성은 건종자(DS), 침종종자(IS), 발아 후 1일묘(1DOS), 3일묘(3DOS), 5일묘(5DOS), 7일묘(7DOS)에서 각각 4.7, 56.4, 82.6, 68.2, 71.3, 64.0 unit으로 건종자에서 가장 낮게 나타났고, 발아 후 1일묘에서 가장 높았으나 발아일수별 유의적인 차이는 없는 것으로 나타났다(Fig. 2-16).

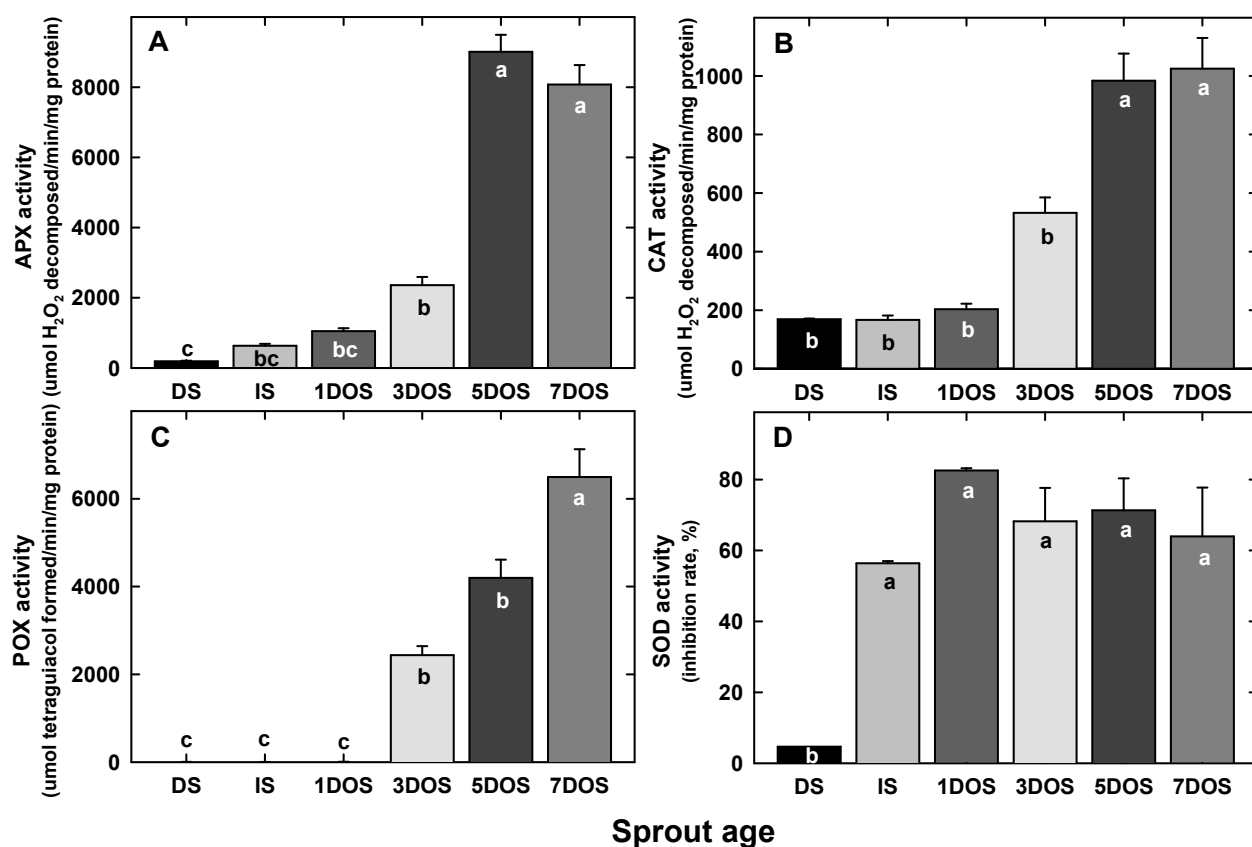


Fig. 2-16. APX (A), CAT (B), POX (C) and SOD (D) activities of cowpea sprouts at different sprout ages. Means with the same letter are not significantly different ($p < 0.05$).

Table 2-8. Correlation coefficients among physiologically-active components and their activities of cowpea sprouts.

	TP	TF	DPPH	NSA	APX	CAT	POX	SOD
TP	1.0000	0.2588	<u>0.6958</u>	<u>0.5761</u>	<u>0.7103</u>	<u>0.7807</u>	<u>0.6967</u>	<u>0.5090</u>
TF		1.0000	0.0324	0.0956	0.0071	0.0278	0.0087	0.3540
DPPH			1.0000	<u>0.5904</u>	<u>0.6055</u>	<u>0.7154</u>	<u>0.8509</u>	0.2979
NSA				1.0000	<u>0.7239</u>	<u>0.8232</u>	<u>0.8143</u>	0.0560
APX					1.0000	<u>0.9574</u>	<u>0.8471</u>	0.1507
CAT						1.0000	<u>0.9427</u>	0.1407
POX							1.0000	0.1061
SOD								1.0000

* Total phenolics content (TP), total flavonoids level (TF), DPPH radical scavenging activity (DPPH), nitrite scavenging activity (NSA), ascorbate peroxidase activity (APX), catalase activity (CAT), peroxidase activity (POD), and superoxide dismutase (SOD) activity. P -values of <0.05 were considered significant.

각 관련 성분과 생물활성 항목간의 상관관계를 알아본 결과 APX와 CAT 활성간이 $r^2=0.9574$ 로 가장 높았고, 그 다음이 CAT와 POX 활성간, POX와 DPPH 활성간, APX와 POX 활성간 순으로 상관계수(r^2)가 각각 0.9427, 0.8509, 0.8471로 높게 나타났다(표 3-7). 또한, 생리활성물질 총 페놀 함량($r^2 = 0.5090 \sim 0.7807$)은 총 플라보노이드 함량($r^2 = 0.0071 \sim 0.3540$)보다 항산화성과 항산화효소 활성화에 더 높은 관련성이 있는 것으로 나타났다(Table 2-8).

나. 동부나물의 성분 및 생리활성 변이 연구

(1) 식물체 부위별 동부의 성분 및 생리활성 변이 연구

(가) 식물체 부위별 동부의 총 페놀 및 총 플라보노이드 함량

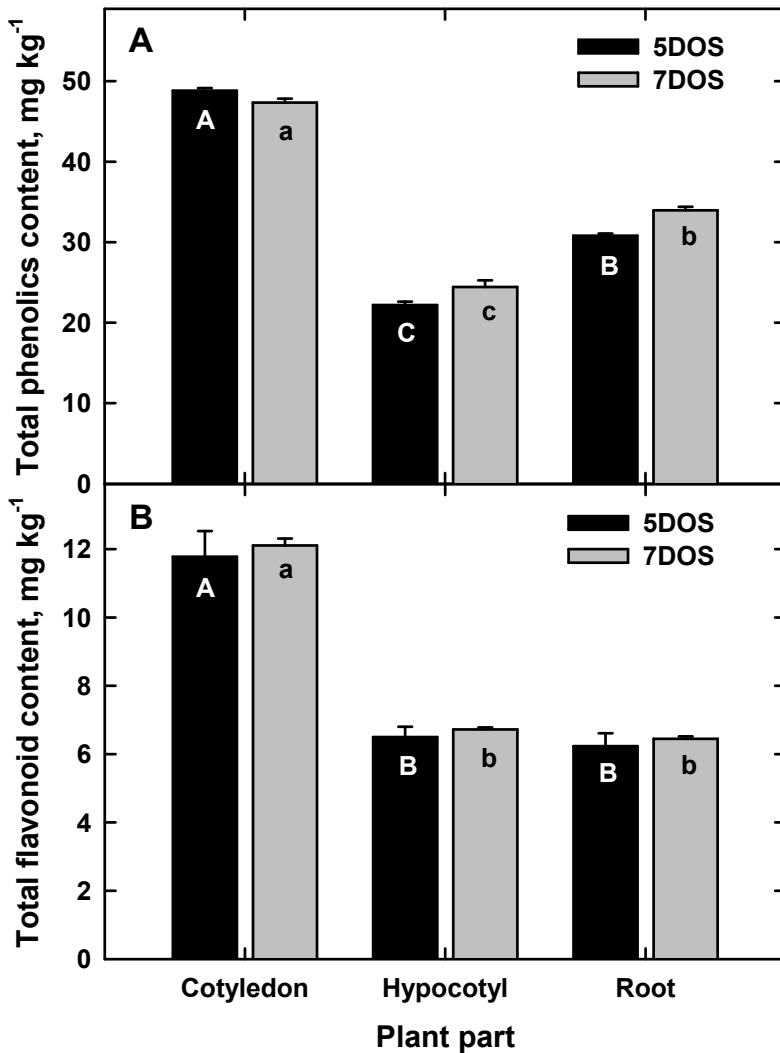


Fig. 2-17. Total phenolics content (A) and total flavonoids level (B) of 5 DOS and 7 DOS of cowpea sprouts at different plant parts. Means with the same letter (capital or small letter) are not significantly different ($p < 0.05$).

Folin-Denis방법에 따라 부위별 총 페놀 함량을 chlorogenic acid를 표준물질로 하여 1,000 mg kg⁻¹ 농도의 메탄올 추출물로 측정된 결과, 발아 후 5일이 지난 동부의 자엽, 하배축, 뿌리 추출물은 각각 48.8, 22.2, 30.8 mg kg⁻¹으로 자엽이 가장 높게 나타났고, 다음이 뿌리, 하배축 순이었다(Fig. 2-17-A).

한편, 부위별 총 플라보노이드 함량은, 발아 후 5일째 동부나물의 자엽, 하배축, 뿌리 추출물은 각각 11.8, 6.5, 6.2 mg kg⁻¹으로 자엽이 가장 높게 나타났으나 총 페놀 함량에 비해 현저히 낮은 함량을 보였다(Fig. 2-17-B).

(나) 식물체 부위별 동부의 항산화성(DPPH, NSA)

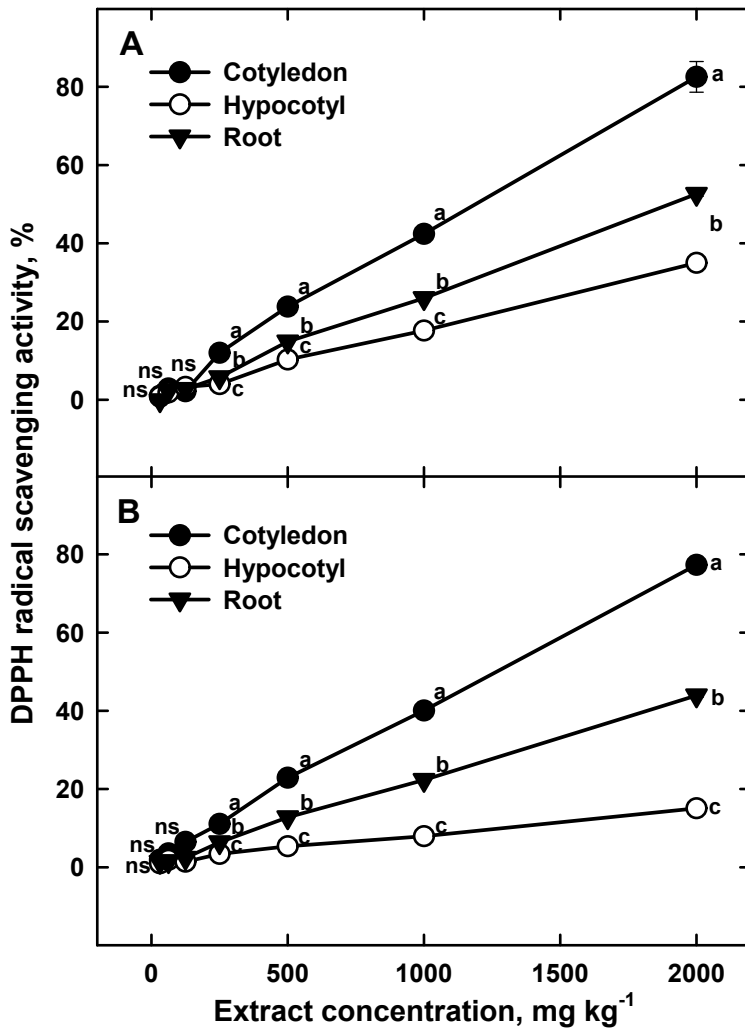


Fig. 2-18. DPPH radical scavenging activity of 5- (A) and 7-day old (B) cowpea sprouts at different plant parts. Means with the same letter are not significantly different ($p < 0.05$).

각 부위별 메탄올 추출물에 대한 DPPH 라디칼 소거능을 HPLC로 분석한 결과, 메탄올 추출물 2,000 mg kg⁻¹ 농도에서 DPPH 라디칼 소거능은 발아 후 5일째 동부나물의 자엽, 하배축, 뿌리 추출물에서 각각 82.5, 35.0, 52.6%로 역시 자엽이 가장 높은 활성을 보였다. 또한, 발아 후 7일째 동부나물의 자엽, 하배축, 뿌리 추출물은 각각 77.3, 15.1, 43.9%로 자엽이 가장 높게 나타났다(Fig. 2-18).

한편, 메탄올 추출물 1,000 mg kg⁻¹ 농도에서 아질산염 소거능은 발아 후 5일이 지난 동부나물의 자엽, 하배축, 뿌리 추출물에서 각각 78.2, 79.7, 79.1%로 부위별 유의적인 차이가 없었다. 발아 후 7일째도 마찬가지로 동부나물의 자엽, 하배축, 뿌리 추출물에서 각각 75.7, 79.7, 76.0%로 나타나 부위별 유의적인 차이가 없는 것으로 나타났다(Fig. 2-19).

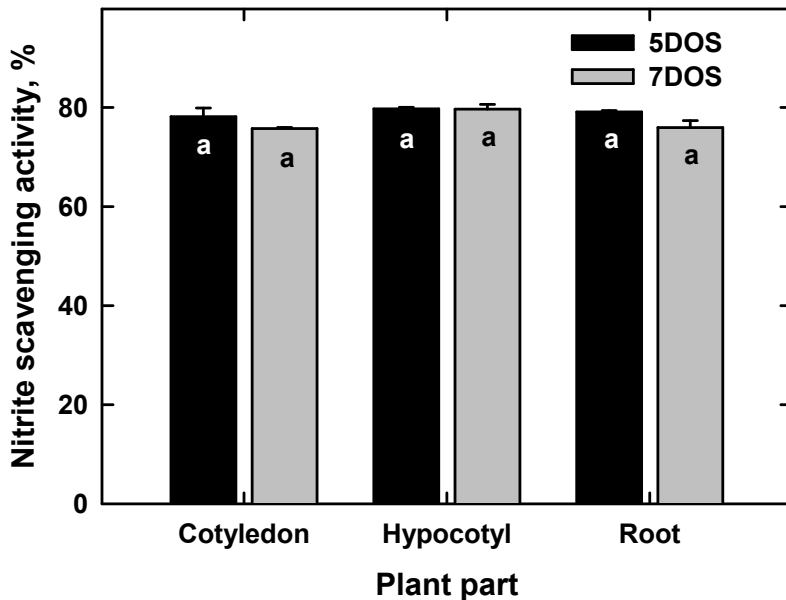


Fig. 2-19. Nitrite scavenging activity of 5- (5DOS) and 7-day old (7DOS) cowpea sprouts at different plant parts. Means with the same letter are not significantly different ($p < 0.05$).

(다) 식물체 부위별 동부의 항산화효소 활성

부위별 동부의 APX 활성은 발아 후 5일째 동부나물의 자엽, 하배축, 뿌리가 각각 6497.6, 14743.8, 7061.6 unit으로 하배축이 가장 높게 나타났다. 또한, 발아 후 7일째 동부나물의 자엽, 하배축, 뿌리도 각각 6968.8, 12507.3, 5751.6 unit으로 하배축이 가장 높게 나타났다. CAT 활성은 발아 후 5일째 동부나물의 자엽, 하배축, 뿌리가 각각 993.7, 1438.8, 732.5 unit으로 하배축이 가장 높게 나타났다. 발아 후 7일째 동부나물의 자엽, 하배축, 뿌리는 각각 1224.1, 1176.6, 494.5 unit으로 자엽과 하배축이 높게 나타났다. POX 활성은 발아 후 5일째 동부나물의 자엽,

하배축, 뿌리가 각각 3764.0, 6518.3, 16993.1 unit으로 뿌리가 가장 높게 나타났다. 또한, 발아 후 7일째 동부나물의 자엽, 하배축, 뿌리도 각각 3824.0, 7526.9, 17222.1 unit으로 뿌리가 가장 높게 나타났다. SOD 활성은 발아 후 5일째 동부나물의 자엽, 하배축, 뿌리가 각각 66.7, 81.6, 87.5 unit으로 부위별 유의적인 차이가 없었다. 또한, 발아 후 7일째 동부나물의 자엽, 하배축, 뿌리도 각각 69.6, 77.0, 87.1 unit으로 부위별 유의적인 차이가 없었다(Fig. 2-20).

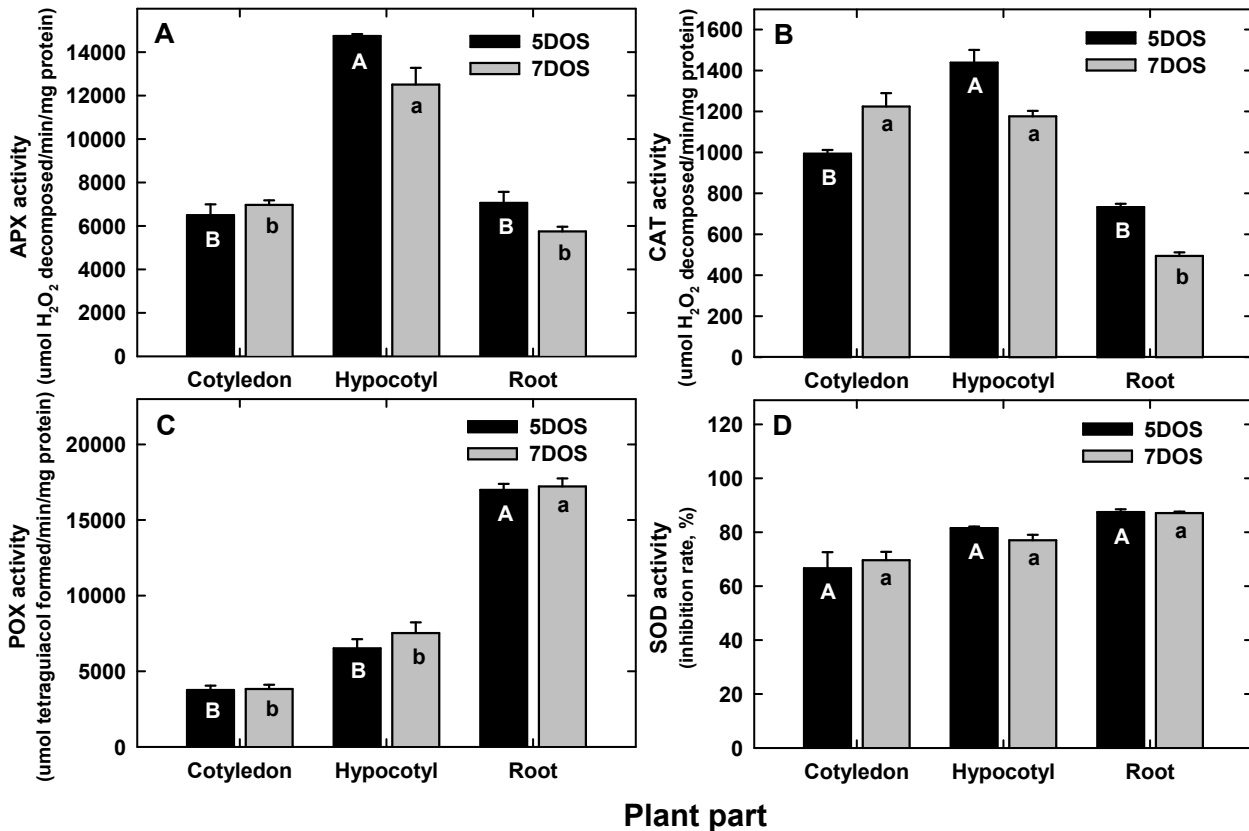


Fig. 2-20. APX (A), CAT (B), POX (C) and SOD (D) activities of 5- (5DOS) and 7-day old (7DOS) cowpea sprouts at different plant parts. Means with the same letter are not significantly different ($p < 0.05$).

발아 후 5일째 동부나물의 부위별 각 관련 성분과 생리활성 항목간의 상관관계를 알아본 결과, 총 페놀 함량과 아질산염 소거능간이 $r^2 = 0.9911$ 로 가장 높았고, 그 다음이 DPPH 라디칼 소거능과 아질산염 소거능 간, 총 플라보노이드 함량과 SOD활성 간, 총 페놀 함량과 DPPH 라디칼 소거능 간 순으로 상관계수(r^2)가 각각 0.9620, 0.9442, 0.9178로 높게 나타났다(표 2-9). 또한 생리활성물질 총 페놀 함량($r^2 = 0.1516 \sim 0.9911$)은 총 플라보노이드 함량($r^2 = 0.0113 \sim 0.9442$)보다 항산화성에 높게 관련이 있음을 보여 주었다(Table 2-9).

Table 2-9. Correlation coefficients among physiologically-active components and their activities of 5-day old cowpea sprouts at different plant parts.

	TP	TF	DPPH	NSA	APX	CAT	POX	SOD
TP	1.0000	<u>0.8727</u>	<u>0.9178</u>	<u>0.9911</u>	0.6205	0.2063	0.1516	0.6781
TF		1.0000	0.6284	<u>0.8035</u>	0.2664	0.0113	0.4793	<u>0.9442</u>
DPPH			1.0000	<u>0.9620</u>	<u>0.8672</u>	0.4768	0.0119	<u>0.3922</u>
NSA				1.0000	0.7096	0.2875	0.0904	0.5871
APX					1.0000	<u>0.8219</u>	0.0680	0.0895
CAT						1.0000	0.4145	0.0173
POX							1.0000	<u>0.7110</u>
SOD								1.0000

* Total phenolics content (TP), total flavonoids level (TF), DPPH radical scavenging activity (DPPH), nitrite scavenging activity (NSA), ascorbate peroxidase activity (APX), catalase activity (CAT), peroxidase activity (POD), and superoxide dismutase (SOD) activity. *P*-values of <0.05 were considered significant.

(2) 동부나물의 성분 및 생리활성 변이 연구

(가) 발아일수별 동부의 무기물 함량

동부의 발아일수별 총 질소, 인산, 칼륨, 칼슘, 마그네슘 함량은 건중자(DS)가 가장 높았고, 발아일수가 길수록 낮게 나타났다(Table 2-10).

Table 2-10. Change in mineral content of cowpea at different sprouting stage.

Sprouting stage	T-N (g/100g)	P ₂ O ₅ (mg/100g)	K ₂ O (mg/kg)	CaO (mg/kg)	MgO (mg/kg)
DS	0.7883	678.2	10,869.4	643.2	1,900.7
IS	0.4604	173.1	4,887.9	281.2	818.4
1DOS	0.3109	97.2	3,789.2	291.6	868.7
3DOS	0.1678	52.4	1,812.1	99.0	274.0
5DOS	0.0796	31.4	1,351.6	91.0	196.5

두과작물의 종류별 총질소, 인산, 칼륨, 칼슘, 마그네슘 함량은 콩이 가장 높게 나타났다. 한편, 인산과 마그네슘 함량은 동부가 가장 낮게 나타났으며, 총 질소, 칼륨 그리고 칼슘 함량은 녹두가 가장 낮게 나타났다(Table 2-11).

Table 2-11. Change in mineral content of 7 days old sprouts from cowpea, mungbean and soybean.

Plant	T-N (g/100g)	P ₂ O ₅ (mg/100g)	K ₂ O (mg/kg)	CaO (mg/kg)	MgO (mg/kg)
Cowpea	0.0980	5.7	1,228.8	88.4	115.8
Mungbean	0.0554	843.5	895.9	82.6	138.7
Soybean	0.1808	1,069.9	1,977.9	1,589.6	247.1

(나) 동부나물의 숙취활성

ADH 활성은 추출물 농도에 비례하여 유의적인 차이를 보였고, 특히 동부의 ADH 활성은 나물 추출물보다는 종자에서 높게 나타났으나 대조구인 콩나물과 지구자 추출물에 비해 매우 낮은 활성을 보였다(Table 2-12).

Table 2-12. Alcohol dehydrogenase activity (ADH) of methanol extracts from seeds and sprouts of cowpea.

Plant part	Extract concentration, ppm			LSD _{0.05}
	250	500	1000	
Cowpea seeds	15.16 ± 1.72 Cb	27.93 ± 0.65 Bc	38.02 ± 0.66 Ac	5.49
Cowpea sprouts	3.97 ± 0.06 Cc	7.88 ± 0.80 Bd	13.70 ± 0.52 Ad	2.69
Soybean sprouts	101.71 ± 2.74 Ca	130.44 ± 7.07 Ba	166.23 ± 3.24 Aa	23.16
<i>Hovenia dulcis</i>	105.30 ± 1.19 Aa	110.11 ± 6.30 Ab	117.26 ± 6.67 Ab	25.99
LSD _{0.05}	7.10	19.60	15.36	

* Means with the same letter within a column (small) or row (capital) are not significantly different ($p < 0.05$).

한편, ALDH 활성 역시 추출물 농도에 비례하여 유의적인 차이를 보였고, 특히 동부의 ALDH 활성은 반대로 종자 추출물보다는 나물에서 높게 나타났으나 대조구인 콩나물과 지구자 추출물에 비해 매우 낮은 활성을 보였다(Table 2-13).

Table 2-13. Aldehyde dehydrogenase activity (ALDH) of methanol extracts from seeds and sprouts of cowpea.

Plant part	Extract concentration, ppm			LSD _{0.05}
	250	500	1000	
Cowpea seeds	1.77±0.13 Cd	4.85±0.13 Bd	7.21±0.40 Ac	1.23
Cowpea sprouts	17.68±1.26 Cc	48.45±1.27 Bc	72.14±4.01 Ab	12.3
Soybean sprouts	92.64±0.60 Ab	102.38±2.24 Ab	118.78±9.86 Aa	39.48
<i>Hovenia dulcis</i>	101.67±1.39 Ba	108.76±1.66 Ba	133.65±2.05 Aa	8.36
LSD _{0.05}	4.06	6.31	30.01	

* Means with the same letter within a column (small) or row (capital) are not significantly different ($p < 0.05$).

(다) 동부나물의 항당뇨성

동부나물의 항당뇨 활성은 종자 및 나물 추출물에서 대조구 acrobiose에 비해 매우 낮은 활성을 보였다(Table 2-14).

Table 2-14. Antidiabetic activity of methanol extracts from seeds and sprouts of cowpea.

Plant part	Extract concentration, ppm			LSD _{0.05}
	250	500	1000	
Cowpea seeds	3.76 ± 0.02 Bb	5.17 ± 0.14 Ab	5.39 ± 0.13 Ab	0.53
Cowpea sprouts	3.29 ± 0.19 Bb	5.39 ± 0.18 Ab	5.76 ± 0.58 Ab	1.79
Soybean sprouts	4.86 ± 0.17 Ab	5.25 ± 0.92 Ab	6.60 ± 0.48 Ab	2.96
Acarbose	39.49 ± 2.22 Ca	52.77 ± 2.10 Ba	70.58 ± 1.00 Aa	9.02
LSD _{0.05}	4.59	4.74	2.59	

* Means with the same letter within a column are not significantly different ($p < 0.05$).

(3) 발아환경별 동부의 성분 및 생리활성 변이 연구

(가) LED처리에 따른 동부의 총 페놀 및 총 플라보노이드 함량

Folin-Denis방법에 따라 catechin을 표준물질로 하여 분석한 LED 처리에 따른 동부의 메탄올 추출물 농도 1,000 mg kg⁻¹에 대한 총 페놀 함량을 정량한 결과, 전체적으로 무차광이 차광에 비해 높은 총 페놀 함량을 보였고 LED 중에서도 청색, 적색, 황색, 백색 순으로 유의적인 높은 함량을 보였다. 특히, 청색 LED를 무차광 상태로 처리했을 때 25.4 mg kg⁻¹로 가장 높게 나타났고, 적색 LED를 50% 차광 상태로 처리했을 때 20.4 mg kg⁻¹로 가장 낮게 나타났다(Table 2-15). 이러한 경향은 chlorogenic acid와 tannic acid에서도 동일하게 나타났다.

Table 2-15. Total phenolics content of methanol extracts from cowpea under different LED lights and shading conditions.

Color/Shading degree	Total phenolics content, mg kg ⁻¹		
	Catechin	Chlorogenic acid	Tannic acid
Yellow/No shade	22.8 ± 0.1 cd	31.4 ± 0.3 cd	23.1 ± 0.1 c
Yellow/50% shade	24.0 ± 0.1 abcd	33.5 ± 0.2 abc	24.3 ± 0.1 abc
Yellow/70% shade	23.5 ± 0.2 bcd	32.6 ± 0.3 bcd	23.9 ± 0.2 bc
Red/No shade	24.2 ± 0.4 abc	34.0 ± 0.6 ab	24.6 ± 0.4 abc
Red/50% shade	20.4 ± 0.1 e	27.3 ± 0.3 e	20.9 ± 0.1 d
Red/70% shade	24.7 ± 0.3 ab	34.7 ± 0.3 ab	25.1 ± 0.2 ab
Blue/No shade	25.4 ± 0.4 a	35.6 ± 0.6 a	25.7 ± 0.4 a
White/No shade	22.4 ± 0.5 d	30.7 ± 0.7 d	23.0 ± 0.5 c
LSD _{0.05}	1.73	2.45	1.68

* Means with the same letter within a column are not significantly different ($p < 0.05$).

1,000 mg kg⁻¹ 농도의 메탄올 추출물로 측정된 LED 처리에 따른 동부의 총 플라보노이드 함량은 LED 색과 차광정도별 유의적인 차이를 보이지 않았다(Table 2-16).

Table 2-16. Total flavonoid level of methanol extracts from cowpea under different LED lights and shading conditions.

Color/Shading degree	Total flavonoid level, mg kg ⁻¹
Yellow/No shade	7.9 ± 0.3 a
Yellow/50% shade	7.7 ± 0.2 a
Yellow/70% shade	9.2 ± 1.2 a
Red/No shade	7.5 ± 0.1 a
Red/50% shade	7.7 ± 0.5 a
Red/70% shade	7.8 ± 0.1 a
Blue/No shade	7.3 ± 0.2 a
White/No shade	7.3 ± 0.1 a
LSD _{0.05}	2.74

* Means with the same letter within a column are not significantly different ($p < 0.05$).

Folin-Denis방법에 따라 catechin을 표준물질로 하여 분석한 무차광에서의 LED 색상에 따른 동부의 메탄올 추출물 농도 1,000 mg kg⁻¹에 대한 총 페놀 함량을 정량한 결과, 청색, 적색, 황색, 백색 LED에서 각각 25.4, 24.2, 22.8, 22.4 mg kg⁻¹ 순으로 높게 나타났다(Table 2-17). 이러한 경향은 chlorogenic acid와 tannic acid에서도 동일하게 나타났다.

Table 2-17. Total phenolics content of methanol extracts from cowpea under different LED lights.

Light color	Total phenolics content, mg kg ⁻¹		
	Catechin	Chlorogenic acid	Tannic acid
Yellow	22.8 ± 0.1 ab	31.4 ± 0.3 b	23.1 ± 0.1 a
Red	24.2 ± 0.4 ab	34.0 ± 0.6 ab	24.6 ± 0.4 a
Blue	25.4 ± 0.4 a	35.6 ± 0.6 a	25.7 ± 0.4 a
White	22.4 ± 0.5 b	30.7 ± 0.7 b	23.0 ± 0.5 a
LSD _{0.05}	2.75	3.84	2.72

* Means with the same letter within a column are not significantly different ($p < 0.05$).

Table 2-18. Total flavonoids level of methanol extracts from cowpea under different LED lights.

Color	Total flavonoid level, mg kg ⁻¹
Yellow	7.9 ± 0.3 a
Red	7.5 ± 0.1 a
Blue	7.3 ± 0.2 a
White	7.3 ± 0.1 a
LSD _{0.05}	1.41

* Means with the same letter within a column are not significantly different ($p < 0.05$).

1,000 mg kg⁻¹ 농도의 메탄올 추출물로 측정된 무차광에서의 LED 색상에 따른 동부의 총 플라보노이드 함량은 황색, 적색, 청색, 백색 LED에서 7.9, 7.5, 7.3, 7.3 mg kg⁻¹ 순으로 나타났으나 LED 색상별로 유의적인 차이를 보이지 않았다(Table 2-18).

(나) LED 처리에 따른 동부의 항산화성

LED 처리에 따른 DPPH 라디칼 소거능을 HPLC로 분석한 결과, 메탄올 추출물 2,000 mg kg⁻¹ 농도에서 무차광 상태의 황색, 적색, 백색, 청색 LED가 각각 60.8, 57.0, 53.2, 50.2% 순으로 높게 나타났으나, LED 색상별 유의적인 차이는 없었고, 차광 정도별로도 유의적인 차이를 보이지 않았다(Table 2-19).

Table 2-19. DPPH radical scavenging activity of methanol extracts from cowpea under different LED lights and shading conditions.

Color /Shading degree	DPPH radical scavenging activity, %							
	31.25	62.5	125	250	500	1000	2000	IC ₅₀
Yellow /No shade	0.1±0.0 b	1.1±0.0 c	5.0±0.2 a	8.3±0.3 a	19.2±1.5 a	31.2±0.9 a	60.8±3.1 a	1628.5
Yellow /50% shade	0.5±0.0 b	1.9±0.0 bc	4.6±0.0 a	5.3±0.0 b	12.3±0.0 cd	22.7±0.2 de	51.4±5.5 a	2001.9
Yellow /70% shade	-8.5±0.4 d	-9.8±0.7 e	-11.7±0.8 d	-9.5±0.6 d	-3.1±0.2 e	7.2±0.3 f	48.7±4.3 a	2110.0
Red /No shade	2.9±0.1 a	2.8±0.0 ab	4.2±0.0 ab	7.9±0.1 a	14.8±0.2 bc	25.5±0.4 c	57.0±1.3 a	1819.6
Red /50% shade	0.6±0.0 b	2.1±0.0 bc	2.9±0.0 b	6.1±0.0 b	11.7±0.1 d	20.6±0.1 e	52.3±3.7 a	2005.5
Red /70% shade	0.9±0.0 b	3.1±0.0 ab	4.2±0.0 ab	8.4±0.0 a	15.5±0.1 b	28.4±0.5 b	62.2±2.1 a	1658.1
Blue /No shade	-1.3±0.0 c	-1.0±0.0 d	-0.2±0.0 c	3.6±0.0 c	10.5±0.0 d	25.2±0.1 cd	50.2±3.7 a	2000.0
White /No shade	2.4±0.0 a	3.9±0.0 a	4.0±0.0 ab	9.1±0.0 a	15.1±0.1 bc	29.3±0.5 ab	53.2±2.3 a	1874.0
LSD _{0.05}	0.79	1.45	1.62	1.41	3.00	2.52	19.89	

* Means with the same letter within a column are not significantly different ($p < 0.05$).

한편, 메탄올 추출물 1,000 mg kg⁻¹ 농도에서 아질산염 소거능은 적색 LED 처리에서 다른 색상의 LED 처리에서 보다 비교적 높게 나타났으나, 유의적인 차이는 없었다(Table 2-20).

Table 2-20. Nitrite scavenging activity of methanol extracts from cowpea under different LED lights and shading conditions.

Color/Shading degree	Nitrite scavenging activity, %
Yellow/No shade	78.4 ± 1.9 a
Yellow/50% shade	79.0 ± 0.6 a
Yellow/70% shade	74.6 ± 3.1 a
Red/No shade	79.1 ± 0.1 a
Red/50% shade	79.4 ± 0.1 a
Red/70% shade	79.4 ± 0.5 a
Blue/No shade	77.6 ± 0.4 a
White/No shade	76.7 ± 1.3 a
LSD _{0.05}	7.97

* Means with the same letter within a column are not significantly different ($p < 0.05$).

무차광에서의 LED 색상에 따른 DPPH 라디칼 소거능을 HPLC로 분석한 결과, 메탄올 추출물 2,000 mg kg⁻¹ 농도에서 무차광 상태의 황색, 적색, 백색, 청색 LED가 각각 60.8, 57.0, 53.2, 50.2% 순으로 높게 나타났으나 LED 색상별 유의적인 차이를 보이지 않았다(Table 2-21).

Table 2-21. DPPH radical scavenging activity of methanol extracts from cowpea under different LED lights.

Color	DPPH radical scavenging activity, %							
	31.25	62.5	125	250	500	1000	2000	IC ₅₀
Yellow	0.1±0.0 c	1.1±0.0 c	5.0±0.2 a	8.3±0.3 a	19.2±1.5 a	31.2±0.9 a	60.8±3.1 a	1628.5
Red	2.9±0.1 a	2.8±0.0 b	4.2±0.0 b	7.9±0.1 a	14.8±0.2 ab	25.5±0.4 bc	57.0±1.3 a	1819.6
Blue	-1.3±0.0 d	-1.0±0.0 d	-0.2±0.0 c	3.6±0.0 b	10.5±0.0 b	25.2±0.1 c	50.2±3.7 a	2000.0
White	2.4±0.0 b	3.9±0.0 a	4.0±0.0 b	9.1±0.0 a	15.1±0.1 ab	29.3±0.5 ab	53.2±2.3 a	1874.0
LSD _{0.05}	0.36	0.15	0.74	1.30	5.27	3.86	19.87	

* Means with the same letter within a column are not significantly different ($p < 0.05$).

한편, 무차광에서의 LED 색상에 따른 메탄올 추출물 1,000 mg kg⁻¹ 농도에서 아질산염 소거능은 적색, 황색, 청색, 백색 LED가 79.1, 78.4, 77.6, 76.7% 순으로 높게 나타났으나, LED 색상별 유의적인 차이는 없었다(Table 2-22).

Table 2-22. Nitrite scavenging activity of methanol extracts from cowpea under different LED lights.

Color	Nitrite scavenging activity, %
Yellow	78.4 ± 1.9 a
Red	79.1 ± 0.1 a
Blue	77.6 ± 0.4 a
White	76.7 ± 1.3 a
LSD _{0.05}	8.31

* Means with the same letter within a column are not significantly different ($p < 0.05$).

동부의 LED처리별 각 관련 성분과 생리활성 항목간의 상관관계를 알아본 결과, 총 플라보노이드 함량과 DPPH 라디컬 소거능 간에 $r^2 = 0.8636$ 으로 가장 높았고, 그 다음이 DPPH 라디컬 소거능과 아질산염 소거능 간, 총 플라보노이드 함량과 아질산염 소거능 간, 총 페놀 함량과 DPPH 라디컬 소거능 간, 총 페놀 함량과 아질산염 소거능 간 순으로 상관계수(r^2)가 각각 0.3977, 0.3420, 0.2565, 0.0975로 높게 나타났다(표 2-23). 또한 생리활성물질 총 플라보노이드 함량($r^2 = 0.3420 \sim 0.8636$)은 총 페놀 함량($r^2 = 0.0975 \sim 0.2565$)보다 항산화성에 높게 관련이 있음을 보여 주었다(Table 2-23).

Table 2-23. Correlation coefficients among physiologically-active components and their activities of cowpea sprouts grown at different LED lights.

	TP	TF	DPPH	NSA
TP	1.0000	0.1345	0.2565	0.0975
TF		1.0000	<u>0.8636</u>	0.3420
DPPH			1.0000	0.3977
NSA				1.0000

* Total phenolics content (TP), total flavonoids level (TF), DPPH radical scavenging activity (DPPH), and nitrite scavenging activity (NSA). P -values of <0.05 were considered significant.

다. 재배수 조건별 동부의 성분 함량 및 생리활성 차이

(1) 침종시간에 따른 처리별 기능성 성분 및 생리활성 차이

(가) 기능성 성분

① 총 페놀 함량

침종시간에 따른 처리별 동부의 총 페놀 함량을 catechin, chlorogenic acid, tannic acid를 표준물질로 분석한 결과, Ge처리가 Ca 또는 Se 처리보다 비교적 높은 함량을 보였으나, 각 처리의 재배수 농도간 함량에 있어서 유의성을 보이지 않은 경향이였다. Ge 처리의 경우 0시간 침

중은 26.6 ~ 37.8 mg kg⁻¹ 범위였고, 2시간 침종은 30.2 ~ 44.2 mg kg⁻¹ 범위, 4시간 침종은 27.2 ~ 38.7 mg kg⁻¹ 범위로 2시간 침종했을 때 약간 높았으나 침종시간별 유의성은 보이지 않았다. Se 처리의 경우 0시간 침종은 22.1 ~ 31.5 mg kg⁻¹ 범위였고, 2시간 침종은 29.0 ~ 43.1 mg kg⁻¹ 범위, 4시간 침종은 26.2 ~ 40.9 mg kg⁻¹ 범위로 2시간 침종했을 때 약간 높았으나 침종시간별 유의성은 보이지 않았다. Ca 처리의 경우 0시간 침종은 22.0 ~ 31.7 mg kg⁻¹ 범위였고, 2시간 침종은 22.0 ~ 30.1 mg kg⁻¹ 범위, 4시간 침종은 19.3 ~ 25.7 mg kg⁻¹ 범위로 0시간 침종했을 때 약간 높았으나 침종시간별 유의성은 보이지 않았다(Table 2-24).

Table 2-24. Effects of different mineral treatments on total phenolics content of methanol extracts from cowpea at different imbibition durations.

Trt.	Imbibition duration (hr)	Total phenolics content, mg/kg		
		Catechin	Chlorogenic acid	Tannic acid
Ge	0	26.7 ± 0.6 a	37.8 ± 1.0 a	26.6 ± 0.7 a
	2	30.6 ± 0.5 a	44.2 ± 0.7 a	30.2 ± 0.4 a
	4	27.2 ± 0.2 a	38.7 ± 0.6 a	27.2 ± 0.6 a
LSD _{0.05}		4.0	6.9	4.6
Se	0	22.1 ± 0.5 a	31.5 ± 0.3 a	22.3 ± 1.2 a
	2	29.1 ± 1.8 a	43.1 ± 2.5 a	29.0 ± 2.5 a
	4	26.5 ± 1.2 a	40.9 ± 3.4 a	26.2 ± 1.7 a
LSD _{0.05}		10.8	2 0.8	15.5
Ca	0	22.6 ± 0.6 a	31.7 ± 1.4 a	22.0 ± 0.7 a
	2	22.0 ± 0.8 a	30.1 ± 1.6 a	22.1 ± 1.0 a
	4	19.3 ± 0.9 a	25.7 ± 1.9 a	19.7 ± 1.2 a
LSD _{0.05}		6.5	13.6	8.4

② 총 플라보노이드 함량

Table 2-25. Effects of different mineral treatments on total flavonoids level of methanol extracts from cowpea at different imbibition durations.

Mineral	Imbibition duration, hr	Total flavonoids level, mg/kg
Ge	0	6.9 ± 0.2 a
	2	6.9 ± 0.1 a
	4	6.3 ± 0.1 a
LSD _{0.05}		1.0
Se	0	6.4 ± 0.0 c
	2	6.8 ± 0.0 a
	4	6.6 ± 0.0 b
LSD _{0.05}		0.0
Ca	0	6.1 ± 0.2 a
	2	5.9 ± 0.1 a
	4	6.0 ± 0.2 a
LSD _{0.05}		1.3

침종시간에 따른 처리별 동부의 총 플라보노이드 함량(표준물질: naringin)을 분석한 결과, Ge, Se, Ca 처리 간에 그리고 각 처리의 재배수 농도간 함량에 있어서 유의성을 보이지 않은 경향이였다. Ge 처리의 경우 0시간과 2시간 침종은 6.9 mg kg^{-1} 로 4시간 침종의 6.3 mg kg^{-1} 보다 높게 나타났으나 침종시간별 유의성은 보이지 않았다. Ca 처리 역시 0, 2, 4시간 침종이 각각 $6.4, 6.8, 6.8 \text{ mg kg}^{-1}$ 로 나타나 침종시간별 유의성은 보이지 않았다. 한편 Se 처리의 경우 2시간 침종이 6.8 mg kg^{-1} 로 가장 높게 나타났고, 그 다음으로 4시간 침종이 6.6 mg kg^{-1} 였으며 0시간 침종이 6.4 mg kg^{-1} 로 가장 낮게 나타났다(Table 2-25).

(나) 생리활성

① 항산화성 : DPPH radical scavenging activity

침종시간에 따른 처리별 동부의 DPPH 라디칼 소거능을 분석한 결과, Ge처리가 Ca 또는 Se 처리보다 비교적 높은 활성을 보였으나, Ca 또는 Se 처리는 침종시간이 길수록 높은 활성을 보였다. 추출물 농도 $2,000 \text{ mg kg}^{-1}$ 을 기준으로 Ge 처리의 경우 0, 2, 4시간 침종이 각각 62.8, 69.9, 58.5%로 나타나 침종시간별 유의성은 보이지 않았다. Se 처리의 경우 4시간 침종이 53.6%로 가장 높게 나타났고, 그 다음으로 2시간 침종이 51.7%였으며 0시간 침종이 48.8%로 가장 낮게 나타났다. Ca 처리의 경우 0시간 침종이 40.0%로 가장 높게 나타났고, 2시간과 4시간 침종이 각각 33.3과 31.8%로 가장 낮게 나타났다(Table 2-26).

Table 2-26. Effects of different mineral treatments on DPPH radical scavenging activity of methanol extracts from cowpea at different imbibition durations.

Trt.	Imbibition duration (hr)	DPPH radical scavenging activity, %							
		31.25	62.5	125	250	500	1000	2000	IC ₅₀
Ge	0	-2.6±0.0 c	-1.4±0.0 b	1.0±0.0 b	6.2±0.0 a	14.4±0.0 a	27.4±0.1b	62.8±2.6a	1,646
	2	-1.5±0.0 b	-2.9±0.0 c	0.1±0.0 c	5.8±0.0 b	15.1±0.0 a	29.5±0.0a	69.9±1.2a	1,470
	4	2.7±0.1 a	0.7±0.0 a	2.7±0.0 a	4.4±0.1 c	11.1±0.2b	20.9±0.2c	58.5±1.8a	1,842
LSD _{0.05}		0.3	0.1	0.2	0.3	0.9	1.1	16.3	
Se	0	-0.1±0.0 c	0.7±0.0 c	2.9±0.0 c	6.9±0.0 b	13.9±0.0 c	22.8±0.1b	48.8±0.5b	2,078
	2	0.3±0.0 b	1.3±0.0 b	3.6±0.0 b	7.5±0.0 a	14.4±0.0b	22.9±0.1b	51.7±0.4ab	1,972
	4	0.8±0.0 a	2.3±0.0 a	4.2±0.0 a	7.4±0.1 a	16.4±0.1a	24.3±0.2a	53.6±0.4a	1,894
LSD _{0.05}		0.0	0.1	0.1	0.3	0.4	1.1	3.9	
Ca	0	-0.1±0.0 a	-0.1±0.0 a	1.5±0.0 a	4.2±0.0 a	9.3±0.1 a	17.4±0.2a	40.0±0.8a	2,569
	2	-0.2±0.0 a	-1.0±0.0 b	0.2±0.0 b	2.9±0.0 b	7.6±0.0 b	13.9±0.1b	33.3±0.6b	3,042
	4	-1.3±0.0 b	-1.6±0.0 c	-0.3±0.0 c	1.5±0.0 c	5.7±0.0 c	12.0±0.0c	31.8±0.2b	2,864
LSD _{0.05}		0.1	0.0	0.0	0.1	0.3	1.0	4.9	

② 항산화성 : 아질산염 소거능

침종시간에 따른 처리별 동부의 아질산염 소거능을 분석한 결과, Ge처리가 Ca 또는 Se 처리보다 비교적 높은 활성을 보였으나, 각 처리의 재배수 농도간 활성에 있어서 유의성을 보이지 않은 경향이였다. Ge 처리의 경우 0, 2, 4시간 침종이 각각 79.3, 82.4, 78.1%로 나타나 침종시간별 유의성은 보이지 않았다. Se와 Ca 역시 침종시간별 유의성을 보이지 않았으며, 그 값은 Se 처리의 경우 0, 2, 4시간이 각각 77.5, 76.9, 76.8%였고, Ca 처리의 경우 0, 2, 4시간이 각각 75.6, 77.0, 75.7%로 나타났다(Table 2-27).

Table 2-27. Effects of different mineral treatments on nitrite scavenging activity of methanol extracts from cowpea at different imbibition durations

Trt.	Imbibition duration, hr	Nitrite scavenging activity, %
Ge	0	79.3 ± 2.4 a
	2	82.4 ± 3.7 a
	4	78.1 ± 1.1 a
LSD _{0.05}		22.0
Se	0	77.5 ± 0.1 a
	2	76.9 ± 3.1 a
	4	76.8 ± 1.7 a
LSD _{0.05}		17.1
Ca	0	75.6 ± 0.7 a
	2	77.0 ± 2.0 a
	4	75.7 ± 3.0 a
LSD _{0.05}		18.1

(2) 재배수 무기양분 농도에 따른 처리별 기능성 성분 및 생리활성 차이

(가) 기능성 성분

① 총 페놀 함량

재배수 농도에 따른 처리별 동부의 총 페놀 함량을 catechin, chlorogenic acid, tannic acid를 표준물질로 분석한 결과, Ge, Se, Ca 처리간, 재배수 농도간 함량에 있어서 유의적인 차이를 보이지 않은 경향이였다. Ge 처리의 경우 0.5 ppm은 26.6 ~ 37.9 mg kg⁻¹ 범위였고, 4 ppm은 25.3 ~ 35.7 mg kg⁻¹ 범위, 16 ppm은 27.3 ~ 39.2 mg kg⁻¹ 범위로 16 ppm이 약간 높았으나 재배수 농도별 유의성은 보이지 않았다(Table 2-28).

Se 처리의 경우 0.5 ppm은 20.0 ~ 28.0 mg kg⁻¹ 범위였고, 4 ppm은 24.1 ~ 34.8 mg kg⁻¹ 범위, 16 ppm은 19.7 ~ 27.3 mg kg⁻¹ 범위로 4 ppm이 약간 높았으나 재배수 농도별 유의성은 보이지 않았다(Table 2-28).

Ca 처리의 경우 0 ppm은 25.2 ~ 35.5 mg kg⁻¹ 범위였고, 100 ppm은 23.1 ~ 34.8 mg kg⁻¹ 범위, 400 ppm은 27.6 ~ 40.1 mg kg⁻¹ 범위로 400 ppm이 약간 높았으나 재배수 농도별 유의성은 보이지 않았다(Table 2-28).

Table 2-28. Effects of different mineral treatments on total phenolics content of methanol extracts from cowpea at different solution concentrations.

Trt.	Solution concentration (ppm)	Total phenolics content, mg/kg		
		Catechin	Chlorogenic acid	Tannic acid
Ge	0.5	26.6 ± 0.6 a	37.9 ± 1.2 a	26.7 ± 0.7 a
	4	25.3 ± 0.3 a	35.7 ± 0.7 a	25.5 ± 0.6 a
	16	27.3 ± 0.6 a	39.2 ± 1.1 a	27.4 ± 0.7 a
LSD _{0.05}		4.6	8.4	5.7
Se	0.5	20.4 ± 1.4 a	28.0 ± 2.1 a	20.0 ± 1.8 a
	4	24.5 ± 1.1 a	34.8 ± 1.0 a	24.1 ± 1.3 a
	16	20.0 ± 0.9 a	27.3 ± 0.9 a	19.7 ± 1.3 a
LSD _{0.05}		9.8	12.2	12.4
Ca	0	25.2 ± 0.7 a	35.5 ± 1.4 a	25.2 ± 1.0 a
	100	23.1 ± 1.6 a	34.8 ± 1.9 a	27.2 ± 2.3 a
	400	27.6 ± 1.4 a	40.1 ± 2.1 a	28.3 ± 1.0 a
LSD _{0.05}		10.8	15.5	13.3

② 총 플라보노이드 함량

Table 2-29. Effects of different mineral treatments on total flavonoids level of methanol extracts from cowpea at different solution concentrations.

Trt.	Solution concentration, ppm	Total flavonoids level, mg/kg
Ge	0.5	6.7 ± 0.2 a
	4	7.4 ± 0.2 a
	16	6.1 ± 0.3 a
LSD _{0.05}		1.9
Se	0.5	7.2 ± 0.2 a
	4	6.8 ± 0.3 a
	16	6.3 ± 0.2 a
LSD _{0.05}		2.1
Ca	0	8.3 ± 0.1 a
	100	8.2 ± 0.3 a
	400	7.7 ± 0.1 a
LSD _{0.05}		1.6

재배수 농도에 따른 처리별 동부의 총 플라보노이드 함량(표준물질: naringin)을 분석한 결과, Ca처리가 Ge 또는 Se 처리보다 높은 함량을 보였으나, 재배수 농도간 함량에 있어서 유의

성을 보이지 않은 경향이였다. Ge 처리의 경우 0.5, 4, 16 ppm이 각각 6.7, 7.4, 6.1 mg kg⁻¹로 나타나 재배수 농도별 유의성은 보이지 않았다. Se와 Ca 역시 재배수 농도별 유의성을 보이지 않았으며, 그 값은 Se 처리의 경우 0.5, 4, 16 ppm이 각각 7.2, 6.8, 6.3 mg kg⁻¹였고, Ca 처리의 경우 0, 100, 400 ppm이 각각 8.3, 8.2, 7.7 mg kg⁻¹로 나타났다(Table 2-29).

(나) 생리활성

① 항산화성 : DPPH radical scavenging activity

재배수 농도에 따른 처리별 동부의 DPPH 라디칼 소거능을 분석한 결과, Ca처리가 Ge과 Se 처리보다 높은 활성을 보였으나, 재배수 농도간 유의성은 보이지 않았다. 추출물 농도 2,000 mg kg⁻¹을 기준으로 Ge 처리의 경우 0.5, 4, 16 ppm이 각각 50.0, 47.9, 43.85%로 나타나 재배수 농도별 유의성은 보이지 않았다. Se와 Ca 역시 재배수 농도별 유의성을 보이지 않았으며, 그 값은 Se 처리의 경우 0.5, 4, 16 ppm이 각각 46.6, 45.1, 48.5%였고, Ca 처리의 경우 0, 100, 400 ppm이 각각 59.9, 71.9, 67.5%로 나타났다(Table 2-30).

Table 2-30. Effects of different mineral treatments on DPPH radical scavenging activity of methanol extracts from cowpea at different solution concentrations.

Trt.	Concentration (ppm)	DPPH radical scavenging activity, %							
		31.25	62.5	125	250	500	1000	2000	IC ₅₀
Ge	0.5	-4.4±0.0 c	-1.3±0.0 b	0.7±0.0 b	5.3±0.1 b	13.7±0.2 a	27.2±0.3 a	50.0±1.8 a	1,979
	4	-2.1±0.0 b	-3.3±0.1 c	-2.6±0.1 c	2.9±0.0 c	8.1±0.0 c	24.0±0.1 b	47.9±1.3 a	2,070
	16	0.1±0.0 a	1.4±0.0 a	3.2±0.0 a	6.6±0.0 a	12.5±0.1 b	20.6±0.2 c	43.8±0.4 a	2,327
LSD _{0.05}		0.2	0.3	0.3	0.3	1.2	1.7	11.0	
Se	0.5	1.2±0.0 a	-5.3±0.0 b	1.4±0.0 c	5.0±0.0 b	9.8±0.0 b	19.3±0.0 b	46.6±0.4 a	2,186
	4	0.0±0.0 c	-6.6±0.1 c	1.6±0.0 b	4.8±0.0 b	9.9±0.1 b	19.4±0.1 b	45.1±0.6 a	2,245
	16	1.1±0.0 b	-4.7±0.0 a	2.9±0.0 a	5.9±0.0 a	12.2±0.0 a	21.0±0.1 a	48.5±0.2 a	2,098
LSD _{0.05}		0.0	0.3	0.0	0.2	0.4	0.5	3.5	
Ca	0	2.2±0.0 b	-3.2±0.0 c	5.0±0.0 c	8.8±0.0 a	16.6±0.1 c	26.5±0.1 c	59.9±1.9 a	1,702
	100	3.0±0.0 a	4.9±0.0 a	7.5±0.0 a	7.8±0.0 b	22.2±0.0 a	36.7±0.2 a	71.9±0.5 a	1,371
	400	3.0±0.0 a	3.9±0.0 b	6.5±0.0 b	5.9±0.0 c	20.2±0.0 b	33.8±0.2 b	67.5±1.9 a	1,473
LSD _{0.05}		0.1	0.1	0.2	0.2	0.4	1.4	13.3	

② 항산화성 : 아질산염 소거능

재배수 농도에 따른 처리별 동부의 아질산염 소거능을 분석한 결과, Ge, Se, Ca 처리간, 재

배수 농도간 활성화에 있어서 유의성을 보이지 않은 경향이였다. Ge 처리의 경우 0.5, 4, 16 ppm 이 각각 76.6, 76.0, 73.7%로 나타나 재배수 농도별 유의성은 보이지 않았다. Se와 Ca 역시 재배수 농도별 유의성을 보이지 않았으며, 그 값은 Se 처리의 경우 0.5, 4, 16 ppm이 각각 78.5, 76.2, 74.6%였고, Ca 처리의 경우 0, 100, 400 ppm이 각각 76.3, 75.0, 76.6%로 나타났다(Table 2-31).

Table 2-31. Effects of different mineral treatments on nitrite scavenging activity of methanol extracts from cowpea at different solution concentrations.

Mineral	Solutuion concentration, ppm	Nitrite scavenging activity (%)
Ge	0.5	76.6 ± 2.2 a
	4	76.0 ± 0.9 a
	16	73.7 ± 1.2 a
LSD _{0.05}		13.1
Se	0.5	78.5 ± 0.4 a
	4	76.2 ± 0.5 a
	16	74.6 ± 3.7 a
LSD _{0.05}		18.2
Ca	0	76.3 ± 2.5 a
	100	75.0 ± 1.9 a
	400	76.6 ± 0.5 a
LSD _{0.05}		15.5

(3) 양액처리 농도에 따른 동부의 기능성 성분 및 생리활성 차이

(가) 기능성 성분

① 총 페놀 함량

양액 처리 동부의 농도에 따른 총 페놀 함량을 catechin, chlorogenic acid, tannic acid를 표준물질로 분석한 결과, 0 dS/m(무처리)은 28.7 ~ 42.0 mg kg⁻¹ 범위였고, 0.6 dS/m은 27.4 ~ 39.8 mg kg⁻¹ 범위, 1.5 dS/m은 25.9 ~ 37.2 mg kg⁻¹ 범위로 0 dS/m(무처리)가 약간 높았으나 양액 농도별 유의성은 보이지 않았다(Table 2-32).

Table 2-32. Total phenolics content of methanol extracts from cowpea at different nutrition concentrations.

Nutrition concentrations (dS/m)	Total phenolics content, mg/kg		
	catechin	chlorogenic acid	tannic acid
0	28.7 ± 2.4 a	42.0 ± 3.8 a	29.3 ± 2.1 a
0.6	27.4 ± 1.2 a	39.8 ± 1.8 a	28.1 ± 0.9 a
1.5	25.9 ± 1.7 a	37.2 ± 2.3 a	26.5 ± 1.1 a
LSD _{0.05}	15.4	23.4	12.2

② 총 플라보노이드 함량

양액 처리 동부의 농도에 따른 총 플라보노이드 함량(표준물질: naringin)을 분석한 결과, 0, 0.6, 1.5 dS/m이 각각 7.7, 7.2, 6.8 mg kg⁻¹로 나타나 양액 농도별 유의성은 보이지 않았다 (Table 2-33).

Table 2-33. Total flavonoids level of methanol extracts from cowpea at different nutrition concentrations.

Nutrition concentrations, dS/m	Total flavonoids level, mg/kg
0	7.7 ± 0.2 a
0.6	7.2 ± 0.3 a
1.5	6.8 ± 0.3 a
LSD _{0.05}	2.4

(나) 생리활성

① 항산화성 : DPPH radical scavenging activity

양액 처리 동부의 농도에 따른 DPPH 라디칼 소거능을 분석한 결과, 무처리가 양액처리보다 높은 활성을 보였다. 추출물 농도 2,000 mg kg⁻¹을 기준으로 0 dS/m이 63.9%로 가장 높게 나타났고, 그 다음으로 0.6 dS/m이 58.3%였으며 1.5 dS/m이 54.6%로 가장 낮게 나타났다(Table 2-34).

Table 2-34. DPPH radical scavenging activity of methanol extracts from cowpea at different nutrition concentrations.

Nutrition concentrations (dS/m)	DPPH radical scavenging activity, %							
	31.25	62.5	125	250	500	1000	2000	IC ₅₀
0	3.2±0.0 a	4.3±0.0 a	7.0±0.0 a	5.5±0.0 b	18.5±0.0 a	32.1±0.2 a	63.9±0.7 a	1,556
0.6	2.0±0.0 c	3.2±0.0 b	6.1±0.0 b	3.6±0.0 c	16.1±0.0 b	27.2±0.2 b	58.3±1.7ab	1,726
1.5	2.5±0.0 b	2.8±0.0 c	6.1±0.0 b	10.0±0.0 a	11.8±0.1 c	26.6±0.1 b	54.6±0.1b	1,853
LSD _{0.05}	0.1	0.1	0.2	0.2	0.5	1.2	9.0	

② 항산화성 : 아질산염 소거능

양액 처리 동부의 농도에 따른 아질산염 소거능을 분석한 결과, 0, 0.6, 1.5 dS/m이 각각 79.5, 76.4, 75.9%로 나타나 양액농도별 활성에 있어서 유의성은 보이지 않았다(Table 2-35).

Table 2-35. Nitrite scavenging activity of methanol extracts from cowpea at different nutrition concentrations.

Nutrition concentrations, dS/m	Nitrite scavenging activity, %
0	79.5 ± 0.2 a
0.6	76.4 ± 2.8 a
1.5	75.9 ± 3.3 a
LSD _{0.05}	20.9

라. 동부 생육기에 따른 식물체 부위별 성분 및 생리활성 차이

(1) 영양생장기의 동부 부위별 기능성 성분 및 생리활성 차이

(가) 기능성 성분

① 총 페놀 함량

영양생장기의 동부 부위별 총 페놀 함량을 catechin, chlorogenic acid, tannic acid를 표준물질로 분석한 결과, "전남" 품종보다는 "서원" 품종이 더 높은 함량을 보였으나 전남은 엽수가 증가함에 따라 감소한 반면 "서원"은 엽수가 증가함에 따라 증가하는 경향이 뚜렷하였다. 부위별로는 모든 생육기 모두에서 잎, 뿌리, 가지 순으로 높게 나타났다(Table 2-36).

"전남"동부의 경우 초생기는 잎(29.4 ~ 42.5 mg kg⁻¹ 범위)이 가지(13.5 ~ 15.9 mg kg⁻¹ 범위)보다 높게 나타났다. 3엽기는 잎(29.0 ~ 41.8 mg kg⁻¹ 범위)이 가장 높았고, 그 다음으로 뿌리가 24.8 ~ 34.7 mg kg⁻¹ 범위였으며, 가지가 11.7 ~ 13.0 mg kg⁻¹ 범위로 가장 낮게 나타났다. 5엽기는 잎(27.9 ~ 40.0 mg kg⁻¹ 범위)과 뿌리(23.7 ~ 33.0 mg kg⁻¹ 범위)가 높았고, 가지가 12.0 ~ 13.7 mg kg⁻¹ 범위로 가장 낮게 나타났다. 7엽기는 잎(26.3 ~ 37.4 mg kg⁻¹ 범위)이 가장 높았고, 그 다음으로 뿌리가 17.1 ~ 22.1 mg kg⁻¹ 범위였으며, 가지가 9.7 ~ 10.6 mg kg⁻¹ 범위로 가장 낮게 나타났다(Table 2-36).

"서원" 동부의 경우 초생기는 잎(36.6 ~ 54.8 mg kg⁻¹ 범위)이 가지(13.0 ~ 15.3 mg kg⁻¹ 범위)보다 높게 나타났다. 3엽기는 잎(38.4 ~ 58.1 mg kg⁻¹ 범위)이 가장 높았고, 그 다음으로 뿌리가 13.3 ~ 15.8 mg kg⁻¹ 범위였으며, 가지가 11.0 ~ 11.9 mg kg⁻¹ 범위로 가장 낮게 나타났다. 5엽기는 잎(39.1 ~ 59.4 mg kg⁻¹ 범위)이 가장 높았고, 뿌리(14.5 ~ 17.6 mg kg⁻¹ 범위)와 가지(11.5 ~ 12.7 mg kg⁻¹ 범위)가 낮게 나타났다. 7엽기는 잎(46.6 ~ 71.9 mg kg⁻¹ 범위)과 뿌리(46.7 ~ 72.5 mg kg⁻¹ 범위)가 높았고, 가지가 11.8 ~ 13.0 mg kg⁻¹ 범위로 가장 낮게 나타났다(Table 2-36).

Table 2-36. Total phenolics content of methanol extracts from plant parts of two cowpea cultivars, "Jeonnam" and "Seowon" at different vegetative growth stages.

Growth stage	Plant part	Total phenolics content, mg/kg					
		Catechin		Chlorogenic acid		Tannic acid	
		Jeonnam	Seowon	Jeonnam	Seowon	Jeonnam	Seowon
1st leaf	Leaf	29.4±0.5 a	36.9±0.3 a	42.5±0.9 a	54.8±0.4 a	29.4±0.5 a	36.6±0.3 a
	Branch	13.5±0.6 b	13.0±0.1 b	15.9±1.0 b	15.3±0.3 b	14.2±0.6 b	13.8±0.2 b
	LSD _{0.05}	7.07	3.29	11.44	4.35	6.98	3.23
3rd leaf	Leaf	29.0±0.2 a	38.7±0.1 a	41.8±0.4 a	58.1±0.1 a	29.1±0.2 a	38.4±0.1 a
	Branch	11.7±0.1 c	11.0±0.1 c	13.0±0.1 c	11.9±0.1 c	12.5±0.0 c	11.9±0.0 c
	Root	24.8±0.3 b	13.3±0.0 b	34.7±0.4 b	15.8±0.2 b	25.0±0.2 b	14.1±0.1 b
	LSD _{0.05}	1.65	0.74	2.83	1.21	1.46	0.71
5th leaf	Leaf	27.9±1.1 a	39.4±0.4 a	40.0±1.8 a	59.4±0.7 a	28.0±1.0 a	39.1±0.4 a
	Branch	12.0±0.0 b	11.5±1.1 b	13.7±0.1 b	12.7±1.8 b	13.0±0.0 b	12.3±1.0 b
	Root	23.7±0.2 a	14.5±0.1 b	33.0±0.3 a	17.6±0.2 b	24.0±0.2 a	15.1±0.1 b
	LSD _{0.05}	5.25	5.55	8.76	9.29	5.03	5.26
7th leaf	Leaf	26.3±0.2 a	47.1±0.6 a	37.4±0.4 a	71.9±1.0 a	26.5±0.2 a	46.6±0.5 a
	Branch	9.7±0.1 c	11.8±0.1 b	9.8±0.1 c	13.0±0.1 b	10.6±0.1 c	12.6±0.0 b
	Root	17.1±0.3 b	47.5±0.5 a	22.1±0.6 b	72.5±0.7 a	17.8±0.3 b	46.7±0.5 a
	LSD _{0.05}	1.92	3.83	3.62	5.73	1.68	3.47

② 총 플라보노이드 함량

영양생장기의 동부 부위별 총 플라보노이드 함량(표준물질: naringin)을 분석한 결과, "전남" 품종보다는 "서원" 품종이 더 높은 함량을 보였으나 전남은 엽수가 증가함에 따라 감소한 반면 "서원"은 엽수가 증가함에 따라 증가하는 경향이 뚜렷하였다. 부위별로는 모든 생육기 모두에 서 잎, 뿌리, 가지 순으로 높게 나타났다. "전남"동부의 경우 초생기는 잎이 22.5 mg kg⁻¹로 가지(7.1 mg kg⁻¹)보다 높게 나타났다. 3엽기, 5엽기, 7엽기의 경우, 잎이 각각 21.7, 27.3, 24.9 mg kg⁻¹로 가장 높게 나타났고, 가지(6.4, 6.7, 5.7 mg kg⁻¹)와 뿌리(10.1, 11.8, 6.91 mg kg⁻¹)가 낮게 나타났다(Table 2-37).

"서원" 동부의 경우 초생기는 잎이 31.6 mg kg⁻¹로 가지(6.4 mg kg⁻¹)보다 높게 나타났다. 3엽기, 5엽기의 경우, 잎이 각각 33.9, 37.5 mg kg⁻¹로 가장 높게 나타났고, 가지(5.6, 5.7 mg kg⁻¹)와 뿌리(6.2, 6.8 mg kg⁻¹)가 낮게 나타났다. 7엽기는 잎이 43.8 mg kg⁻¹로 가장 높았고, 그 다음으로 뿌리가 15.0 mg kg⁻¹이었으며, 가지가 6.2 mg kg⁻¹로 가장 낮게 나타났다(Table 2-37).

Table 2-37. Total flavonoids level of methanol extracts from plant parts of two cowpea cultivars, "Jeonnam" and "Seowon" at different vegetative growth stages.

Growth stage	Plant part	Total flavonoids level, mg/kg	
		Jeonnam	Seowon
1st leaf	Leaf	22.5 ± 1.0 a	31.6 ± 1.2 a
	Branch	7.1 ± 0.8 b	6.4 ± 0.3 b
	LSD _{0.05}	11.60	10.90
3rd leaf	Leaf	21.7 ± 0.7 a	33.9 ± 1.3 a
	Branch	6.4 ± 0.1 b	5.6 ± 0.3 b
	Root	10.1 ± 0.3 b	6.2 ± 0.2 b
	LSD _{0.05}	3.97	6.64
5th leaf	Leaf	27.3 ± 1.1 a	37.5 ± 3.3 a
	Branch	6.7 ± 0.3 b	5.7 ± 0.1 b
	Root	11.8 ± 0.3 b	6.8 ± 0.3 b
	LSD _{0.05}	5.76	16.39
7th leaf	Leaf	24.9 ± 1.3 a	43.8 ± 0.8 a
	Branch	5.7 ± 0.1 b	6.2 ± 0.3 c
	Root	6.9 ± 0.1 b	15.0 ± 0.2 b
	LSD _{0.05}	6.36	4.39

(나) 생리활성

① 항산화성 : DPPH radical scavenging activity

영양생장기의 동부 부위별 DPPH 라디칼 소거능을 분석한 결과, 잎에서만 "전남"품종보다는 "서원" 품종이 더 높은 활성을 보였으나 나머지 부위는 전남이 더 높았고 전남과 "서원" 모두 엽수가 증가함에 따라 감소하는 경향이 뚜렷하였다. 부위별로는 모든 생육단계에서 잎, 뿌리, 가지 순으로 높은 활성을 보였다. "전남"동부 추출물 농도 2,000 mg kg⁻¹을 기준으로 초생기는 잎이 87.2%로 가지(24.2%)보다 높게 나타났다. 3엽기는 잎이 86.5%로 가장 높았고, 그 다음으로 뿌리가 50.3%였으며, 가지가 28.0%로 가장 낮게 나타났다. 5엽기는 뿌리가 57.2%로 가장 높았고, 그 다음으로 잎이 32.5%였으며, 가지가 21.0%로 가장 낮게 나타났다. 7엽기는 잎이 74.3%로 가장 높았고, 그 다음으로 뿌리가 47.1%였으며, 가지가 27.4%로 가장 낮게 나타났다 (Table 2-38).

"서원" 동부 추출물 농도 2,000 mg kg⁻¹을 기준으로 초생기는 잎이 86.4%로 가지(31.3%)보다 높게 나타났다. 3엽기는 잎이 83.8%로 가장 높았고, 가지와 뿌리가 각각 14.3, 29.2%로 낮게 나타났다. 5엽기는 잎이 83.3%로 가장 높았고, 그 다음으로 뿌리가 38.4%였으며, 가지가 12.4%로 가장 낮게 나타났다. 7엽기는 잎과 뿌리가 각각 84.3과 89.3%로 가장 높았고, 가지가 18.1%로 가장 낮게 나타났다 (Table 2-38).

Table 2-38. DPPH radical scavenging activity of methanol extracts from plant parts of two cowpea cultivars, "Jeonnam" and "Seowon" at different vegetative growth stages.

Growth stage	Plant part	Cultivar	DPPH radical scavenging activity, %							
			15.125	31.25	125	250	500	1000	2000	
1st leaf	Leaf	Jeonnam	1.3±0.0 A	2.0±0.0 A	6.7±0.0 A	13.6±0.1 A	29.6±0.1 A	58.8±0.2 A	87.2±0.5 A	
		Seowon	3.5±0.0 a	5.4±0.0 a	11.5±0.1 a	22.9±0.1 a	45.6±0.2 a	82.4±1.1 a	86.4±0.8 a	
	Branch	Jeonnam	0.1±0.0 B	-0.1±0.0 B	1.2±0.0 B	2.4±0.0 B	5.9±0.0 B	12.3±0.0 B	24.2±0.0 B	
		Seowon	1.4±0.0 b	4.2±0.1 b	3.3±0.0 b	5.6±0.0 b	10.1±0.0 b	18.0±0.1 b	31.3±0.4 b	
	LSD _{0.05}	Jeonnam	0.01	0.02	0.13	0.44	0.99	1.58	4.29	
		Seowon	0.12	0.74	0.55	0.87	1.43	9.10	7.64	
3rd leaf	Leaf	Jeonnam	1.2±0.0 A	2.9±0.0 A	6.6±0.0 A	12.7±0.0 A	26.5±0.3 A	52.0±1.3 A	86.5±0.5 A	
		Seowon	-1.3±0.0 a	-1.5±0.0 a	1.7±0.0 a	12.0±0.1 a	35.3±0.2 a	70.0±1.6 a	83.8±3.2 a	
	Branch	Jeonnam	-0.3±0.0 C	0.0±0.0 C	0.2±0.0 C	1.4±0.0 C	5.7±0.0 C	10.9±0.0 C	28.0±0.4 C	
		Seowon	-6.1±0.0 c	-5.8±0.0 c	-6.2±0.0 c	-4.7±0.0 c	-1.8±0.0 c	2.9±0.0 b	14.3±0.1 b	
	Root	Jeonnam	0.6±0.0 B	1.3±0.0 B	3.6±0.0 B	8.0±0.0 B	16.8±0.0 B	31.2±0.1 B	50.3±0.8 B	
		Seowon	-1.6±0.0 b	-3.3±0.0 b	-3.3±0.0 b	-1.7±0.0 b	2.6±0.0 b	7.8±0.0 b	29.2±0.7 b	
	LSD _{0.05}	Jeonnam	0.01	0.05	0.08	0.21	1.57	6.34	4.71	
		Seowon	0.23	0.27	0.28	0.28	0.95	7.84	15.92	
	5th leaf	Leaf	Jeonnam	-0.1±0.0 B	0.5±0.0 C	1.6±0.0 B	3.2±0.0 B	9.0±0.0 B	15.5±0.1 B	32.5±0.2 B
			Seowon	1.1±0.0 a	3.4±0.0 a	7.5±0.0 a	14.0±0.1 a	28.5±0.3 a	53.7±0.3 a	83.3±1.3 a
Branch		Jeonnam	-0.3±0.0 C	0.7±0.0 B	0.5±0.0 C	1.4±0.0 C	4.8±0.0 C	9.2±0.1 C	21.0±0.1 C	
		Seowon	0.1±0.0 b	-0.6±0.0 c	-0.5±0.0 c	-0.3±0.0 c	1.4±0.0 c	5.0±0.0 c	12.4±0.1 c	
Root		Jeonnam	1.3±0.0 A	1.5±0.0 A	5.4±0.0 A	9.8±0.1 A	18.4±0.0 A	31.6±0.1 A	57.2±0.4 A	
		Seowon	-0.9±0.0 c	-0.3±0.0 b	1.5±0.0 b	3.3±0.0 b	9.5±0.0 b	20.0±0.0 b	38.4±0.5 b	
LSD _{0.05}		Jeonnam	0.03	0.02	0.12	0.27	0.31	0.51	2.07	
		Seowon	0.02	0.24	0.24	0.31	1.69	1.57	6.83	
7th leaf		Leaf	Jeonnam	2.3±0.0 A	3.4±0.0 A	4.4±0.0 A	10.5±0.0 A	21.4±0.1 A	38.4±0.2 A	74.3±1.3 A
			Seowon	1.1±0.0 b	3.5±0.0 b	7.0±0.0 b	15.5±0.1 b	30.8±0.1 b	57.9±0.5 b	84.3±1.5 a
	Branch	Jeonnam	0.5±0.0 C	2.1±0.0 B	2.8±0.0 C	4.8±0.0 C	8.9±0.0 C	15.4±0.0 C	27.4±0.0 C	
		Seowon	-0.4±0.0 c	-0.9±0.0 c	-2.4±0.0 c	-0.3±0.0 c	2.8±0.0 c	8.0±0.1 c	18.1±0.1 b	
	Root	Jeonnam	0.9±0.0 B	1.0±0.0 C	3.8±0.0 B	8.1±0.0 B	15.8±0.1 B	29.5±0.2 B	47.1±0.6 B	
		Seowon	1.2±0.0 a	3.9±0.0 a	10.2±0.0 a	21.9±0.0 a	40.7±0.1 a	67.9±0.3 a	89.3±1.2 a	
	LSD _{0.05}	Jeonnam	0.01	0.06	0.08	0.15	0.61	1.17	6.79	
		Seowon	0.03	0.14	0.33	0.56	0.78	3.08	9.39	

② 항산화성 : 아질산염 소거능

영양생장기의 동부 부위별 아질산염 소거능을 분석한 결과, 품종간, 생육단계(엽령)별, 부위별 유의적인 활성 차이는 없는 것으로 나타났다. "전남"동부의 경우 초생기, 3엽기, 7엽기는 부위별 유의적인 차이가 없었다. 한편 5엽기의 경우 가지와 뿌리가 80.6과 80.1%로 높았고, 잎이 72.1%로 가장 낮게 나타났다(Table 2-39).

"서원" 동부의 경우 초생기, 3엽기는 부위별 유의적인 차이가 없었다. 한편 5엽기와 7엽기는 가지와 뿌리가 81.2와 80.0%, 80.5와 80.0%로 높았고, 잎이 각각 74.3과 73.3%로 가장 낮게 나타났다(Table 2-39).

Table 2-39. Nitrite scavenging activity of methanol extracts from plant parts of two cowpea cultivars, "Jeonnam" and "Seowon" at different vegetative growth stages.

Growth stage	Plant part	Nitrite scavenging activity, %	
		Jeonnam	Seowon
1st leaf	Leaf	79.4 ± 0.9 a	76.7 ± 0.7 a
	Branch	80.4 ± 0.1 a	78.7 ± 0.6 a
	LSD _{0.05}	8.14	8.03
3rd leaf	Leaf	79.4 ± 0.4 a	77.8 ± 0.7 a
	Branch	81.7 ± 0.7 a	80.4 ± 0.2 a
	Root	82.0 ± 0.6 a	79.8 ± 0.9 a
	LSD _{0.05}	4.99	5.59
5th leaf	Leaf	72.1 ± 0.8 b	74.3 ± 0.3 b
	Branch	80.6 ± 0.1 a	81.2 ± 0.4 a
	Root	80.1 ± 0.6 a	80.0 ± 0.4 a
	LSD _{0.05}	5.00	3.32
7th leaf	Leaf	78.1 ± 0.5 a	73.3 ± 0.4 b
	Branch	80.5 ± 1.1 a	80.5 ± 0.8 a
	Root	80.4 ± 0.3 a	80.0 ± 0.4 a
	LSD _{0.05}	6.06	4.94

(2) 생식생장기의 동부 부위별 기능성 성분 및 생리활성 차이

(가) 기능성 성분

① 총 페놀 함량

생식생장기의 동부 부위별 총 페놀 함량을 catechin, chlorogenic acid, tannic acid를 표준물질로 분석한 결과, "전남"품종보다는 "서원" 품종이 더 높은 함량을 보였고, 부위별로는 개화기와 성숙기 모두 잎이 가장 높았고, 가지가 가장 낮은 함량을 보였다. "전남"동부의 개화기는 잎이 33.2 ~ 49.1 mg kg⁻¹ 범위로 가장 높았고, 그 다음으로 뿌리(20.7 ~ 28.0 mg kg⁻¹ 범위), 꽃(16.1 ~ 20.4 mg kg⁻¹ 범위)이었고, 가지가 10.6 ~ 11.4 mg kg⁻¹ 범위로 가장 낮게 나타났다. "전남"동부의 수확기는 잎이 45.8 ~ 70.9 mg kg⁻¹ 범위로 가장 높았고, 그 다음으로 종실(34.8 ~ 51.8 mg kg⁻¹ 범위), 뿌리(26.2 ~ 37.1 mg kg⁻¹ 범위)였고, 가지가 12.7 ~ 14.6 mg kg⁻¹ 범위로 가장 낮게 나타났다(Table 2-40).

"서원" 동부의 개화기는 잎이 47.4 ~ 74.0 mg kg⁻¹ 범위로 가장 높았고, 그 다음으로 꽃(22.4 ~ 30.8 mg kg⁻¹ 범위)과 뿌리(19.4 ~ 25.7 mg kg⁻¹ 범위)였고, 가지가 11.0 ~ 11.8 mg kg⁻¹ 범위로 가장 낮게 나타났다. "서원" 동부의 성숙기는 잎이 47.5 ~ 74.2 mg kg⁻¹ 범위로 가장 높았고, 그 다음으로 뿌리(24.8 ~ 34.9 mg kg⁻¹ 범위)였고, 가지가 12.6 ~ 14.6 mg kg⁻¹ 범위로 가장 낮게 나타났다(Table 2-40).

Table 2-40. Total phenolics content of methanol extracts from plant parts of two cowpea cultivars, "Jeonnam" and "Seowon" at different reproductive growth stages.

Growth stage	Plant part	Total phenolics content, mg/kg					
		Catechin		Chlorogenic acid		Tannic acid	
		Jeonnam	Seowon	Jeonnam	Seowon	Jeonnam	Seowon
Flowering	Leaf	33.4±0.2 a	48.4±1.0 a	49.1±0.4 a	74.0±1.7 a	33.2±0.3 a	47.4±0.9 a
	Branch	10.6±0.0 d	11.0±0.3 c	10.9±0.1 d	11.8±0.3 c	11.4±0.1 d	11.8±0.3 c
	Root	20.7±0.2 b	19.4±0.7 b	28.0±0.4 b	25.7±1.1 b	21.1±0.1 b	19.8±0.6 b
	Flower	16.1±0.1 c	22.4±0.6 b	20.4±0.4 c	30.8±1.0 b	16.7±0.1 c	22.8±0.5 b
	LSD _{0.05}	1.25	4.72	2.43	8.04	1.24	4.50
Ripening	Leaf	46.5±0.2 a	48.4±0.7 a	70.9±0.5 a	74.2±1.1 a	45.8±0.2 a	47.5±0.7 a
	Branch	12.7±0.1 d	12.6±0.0 c	14.6±0.2 d	14.6±0.1 c	13.5±0.1 d	13.4±0.0 c
	Root	26.2±0.2 c	24.8±0.0 b	37.1±0.3 c	34.9±0.1 b	26.3±0.2 c	25.2±0.0 b
	Seeds	34.9±0.2 b	-	51.8±0.4 b	-	34.8±0.3 b	-
	LSD _{0.05}	1.38	3.26	2.78	5.52	1.44	3.14

② 총 플라보노이드 함량

Table 2-41. Total flavonoids level of methanol extracts from plant parts of two cowpea cultivars, "Jeonnam" and "Seowon" at different reproductive growth stages.

Growth stage	Plant part	Total flavonoids level, mg/kg	
		Jeonnam	Seowon
Flowering	Leaf	24.1 ± 0.8 a	36.6 ± 1.0 a
	Branch	6.0 ± 0.2 b	6.2 ± 0.2 c
	Root	9.5 ± 0.4 b	9.0 ± 0.7 c
	Flower	19.2 ± 1.7 a	25.2 ± 1.0 b
	LSD _{0.05}	7.04	5.61
Ripening	Leaf	23.4 ± 0.8 a	27.5 ± 1.1 a
	Branch	6.9 ± 0.1 c	6.6 ± 0.1 b
	Root	14.3 ± 0.5 b	11.2 ± 0.5 b
	Seeds	16.0 ± 1.6 b	-
	LSD _{0.05}	6.60	5.88

생식생장기의 동부 부위별 총 플라보노이드 함량(표준물질: naringin)을 분석한 결과, "전남" 품종보다는 "서원" 품종이 더 높은 함량을 보였고, 부위별로는 개화기와 성숙기 모두 잎이 가장 높았고, 가지가 가장 낮은 함량을 보였다. "전남"동부의 개화기는 잎과 꽃이 24.1과 19.2 mg kg⁻¹로 가장 높았고, 가지와 뿌리가 6.0과 9.5 mg kg⁻¹로 낮게 나타났다. "전남"동부의 수확기는 잎이 23.4 mg kg⁻¹로 가장 높았고, 그 다음으로 종실과 뿌리가 각각 16.0과 14.3 mg kg⁻¹이었고, 가지가 6.9 mg kg⁻¹로 가장 낮게 나타났다(Table 2-41).

"서원" 동부의 개화기는 잎이 36.6 mg kg⁻¹로 가장 높았고, 그 다음으로 꽃이 25.5 mg kg⁻¹이었고, 가지와 뿌리가 6.2와 9.0 mg kg⁻¹로 가장 낮게 나타났다. "서원" 동부의 성숙기는 잎이 27.5 mg kg⁻¹로 가장 높았고, 가지와 뿌리가 각각 6.6과 11.2 mg kg⁻¹로 낮게 나타났다(Table 2-41).

(나) 생리활성

① 항산화성 : DPPH radical scavenging activity

Table 2-42. DPPH radical scavenging activity of methanol extracts from plant parts of two cowpea cultivars, "Jeonnam" and "Seowon" at different reproductive growth stages.

Growth stage	Plant part	Cultivar	DPPH radical scavenging activity, %						
			15.125	31.25	125	250	500	1000	2000
Flowering	Leaf	Jeonnam	2.5±0.0 A	4.5±0.0 A	8.9±0.0 A	17.8±0.0 A	35.7±0.3 A	68.7±1.3 A	88.1±0.4 A
		Seowon	3.2±0.0 a	4.4±0.0 a	11.9±0.0 a	24.6±0.2 a	48.3±0.5 a	85.7±0.6 a	88.2±1.1 a
	Branch	Jeonnam	0.5±0.0 C	1.2±0.0 C	1.4±0.0 D	3.0±0.0 D	6.1±0.0 D	11.7±0.0 D	21.1±0.1 C
		Seowon	0.6±0.0 c	0.7±0.0 d	0.7±0.0 d	2.1±0.0 d	5.6±0.1 d	11.2±0.0 d	21.2±0.3 c
	Root	Jeonnam	1.5±0.0 B	2.0±0.0 B	4.5±0.0 B	9.2±0.0 B	20.4±0.0 B	35.6±0.0 B	60.0±0.8 B
		Seowon	0.5±0.0 c	2.2±0.0 b	4.8±0.0 c	9.7±0.1 c	19.1±0.1 c	35.4±0.2 c	60.3±1.8 b
	Flower	Jeonnam	0.3±0.0 D	1.2±0.0 C	3.0±0.0 C	6.8±0.0 C	14.3±0.1 C	29.0±0.3 C	56.6±2.4 B
		Seowon	1.4±0.0 b	1.7±0.0 c	6.2±0.0 b	11.0±0.0 b	21.0±0.0 b	38.7±0.3 b	63.3±2.2 b
	LSD _{0.05}	Jeonnam	0.03	0.07	0.05	0.12	1.09	4.78	9.09
		Seowon	0.09	0.09	0.13	0.77	1.96	2.69	10.97
Ripening	Leaf	Jeonnam	3.6±0.0 A	7.0±0.0 A	15.5±0.0 A	29.4±0.1 A	54.5±0.3 A	84.7±0.5 A	87.8±0.3 A
		Seowon	2.1±0.0 a	5.2±0.0 b	11.3±0.1 a	24.1±0.2 a	47.2±0.1 a	84.7±1.0 a	90.2±1.5 a
	Branch	Jeonnam	0.3±0.0 D	0.6±0.0 D	1.4±0.0 D	4.7±0.0 D	11.3±0.0 D	21.7±0.2 D	35.7±0.2 D
		Seowon	-0.1±0.0 b	0.4±0.0 c	2.1±0.0 b	4.5±0.0 c	10.6±0.1 c	19.0±0.0 c	34.0±0.5 b
	Root	Jeonnam	1.6±0.0 B	3.2±0.0 C	8.5±0.0 B	17.1±0.0 B	33.2±0.0 B	55.8±0.4 B	77.7±0.6 B
		Seowon	2.2±0.0 a	5.5±0.0 a	10.9±0.0 a	22.4±0.1 b	41.7±0.2 b	70.7±0.9 b	88.6±0.4 a
	Seeds	Jeonnam	1.3±0.0 C	3.6±0.1 B	6.6±0.0 C	12.9±0.0 C	24.6±0.1 C	44.1±0.0 C	66.8±1.2 C
		Seowon	-	-	-	-	-	-	-
	LSD _{0.05}	Jeonnam	0.03	0.25	0.20	0.44	1.10	2.48	4.84
		Seowon	0.10	0.22	0.62	0.95	1.06	6.82	8.14

생식생장기의 동부 부위별 DPPH 라디칼 소거능을 분석한 결과, "전남"동부 추출물 농도 2,000 mg kg⁻¹을 기준으로 개화기는 잎이 88.1%로 가장 높았고, 그 다음으로 뿌리와 꽃이 60.0과 56.6%이었고, 가지가 21.1%로 가장 낮게 나타났다. "전남"동부의 수확기는 잎이 87.8%로 가

장 높았고, 그 다음으로 뿌리(77.7%), 종실(66.8%) 순이었고, 가지가 35.7%로 가장 낮게 나타났다(Table 2-42).

"서원" 동부 추출물 농도 2,000 mg kg⁻¹을 기준으로 개화기는 잎이 88.2%로 가장 높았고, 그 다음으로 뿌리와 꽃이 60.3과 63.3%이었고, 가지가 21.2%로 가장 낮게 나타났다. "서원" 동부의 성숙기는 잎과 뿌리가 각각 90.2와 88.6%로 가장 높았고, 가지가 34.0%로 가장 낮게 나타났다(Table 2-42).

② 항산화성 : 아질산염 소거능

생식생장기의 동부 부위별 아질산염 소거능을 분석한 결과, "전남" 동부의 경우 개화기 및 수확기는 80% 정도의 활성을 보였으며 부위별 유의적인 차이가 없었다. "서원" 동부의 경우 개화기는 부위별 유의적인 차이가 없었고, 성숙기는 가지와 뿌리가 잎보다 약간 높은 활성을 보였다(Table 2-43).

Table 2-43. Nitrite scavenging activity of methanol extracts from plant parts of two cowpea cultivars, "Jeonnam" and "Seowon" at different reproductive growth stages.

Growth stage	Plant part	Nitrite scavenging activity, %	
		Jeonnam	Seowon
Flowering	Leaf	78.7 ± 0.2 a	76.4 ± 1.6 a
	Branch	81.1 ± 0.3 a	78.6 ± 1.1 a
	Root	79.6 ± 2.2 a	80.0 ± 1.0 a
	Flower	81.2 ± 0.4 a	75.2 ± 0.9 a
	LSD _{0.05}	8.15	8.36
Ripening	Leaf	76.6 ± 1.7 a	73.1 ± 0.8 b
	Branch	80.5 ± 0.6 a	79.6 ± 0.6 a
	Root	80.4 ± 0.7 a	79.5 ± 0.3 a
	Seeds	79.4 ± 0.4 a	-
	LSD _{0.05}	7.21	5.25

마. 주요 동부 계통별 종실 및 나물의 성분 및 생리활성 차이

(1) 주요 동부 계통 12종의 기능성 성분

(가) 총 페놀 함량

계통별 동부의 총 페놀 함량을 catechin, chlorogenic acid, tannic acid를 표준물질로 분석한 결과, 종실의 경우 catechin과 tannic acid 함량은 IT154153이 각각 54.4와 53.2 mg kg⁻¹로 가장 높게 나타났고, "서원"이 각각 26.9와 27.2 mg kg⁻¹로 가장 낮게 나타났고, Chlorogenic acid 함량은 IT154153이 84.0 mg kg⁻¹로 가장 높게 나타났고, "서원"과 IT154149가 각각 38.3과 38.9 mg kg⁻¹로 가장 낮게 나타났고(Table 2-44).

나물의 경우 catechin 함량은 IT154153이 30.4 mg kg⁻¹로 가장 높게 나타났고, IT145387과 IT145384가 각각 21.5와 22.3 mg kg⁻¹로 가장 낮게 나타났다. Chlorogenic acid 함량은 IT154153과 Tvu1042-3이 각각 43.9와 43.4 mg kg⁻¹로 가장 높게 나타났고, IT145387이 21.5 mg kg⁻¹로 가장 낮게 나타났다. Tannic acid 함량은 IT154153과 Tvu1042-3이 30.2 mg kg⁻¹로 가장 높게 나타났고, IT145387과 IT145384가 각각 21.5와 22.5 mg kg⁻¹로 가장 낮게 나타났다(Table 2-44).

Table 2-44. Differential total phenolics content of methanol extracts from seeds and sprouts of 12 different cowpea lines.

Line	Total phenolic content, mg/kg					
	Catechin		Chlorogenic acid		Tannic acid	
	Seed	Sprout	Seed	Sprout	Seed	Sprout
"Seowon"	26.9±0.8 f	22.7±2.0 bc	38.3±1.3 f	31.9±2.7 bc	27.2±0.9f	23.5±1.4 ab
IT104373	43.3±0.4 bc	27.9±2.2 abc	66.1±0.4 bc	40.3±3.3 ab	43.1±0.2bc	28.4±1.8 ab
IT145383	31.1±2.0 def	25.9±1.4 abc	45.7±3.4 def	36.6±2.6 abc	31.5±1.8def	26.0±1.5 ab
IT154149	27.3±1.6 f	28.2±0.4 abc	38.9±2.7 f	40.4±0.9 ab	27.7±1.8ef	28.1±0.6 ab
IT145387	27.7±1.3 ef	21.5±0.6 c	39.7±2.2 ef	29.0±0.7 c	27.6±1.4ef	21.5±0.3 b
IT145373	37.2±1.8 cd	25.4±2.1 abc	52.8±3.6 cde	40.4±2.1 ab	37.0±1.8cd	26.8±1.0 ab
IT154153	54.4±2.2 a	30.4±0.5 a	84.0±3.8 a	43.9±1.0 a	53.2±2.2a	30.2±0.6 a
IT145384	52.2±2.4 ab	22.3±0.4 c	76.8±1.9 ab	30.5±0.6 bc	51.0±2.5ab	22.5±0.5 b
IT145391	31.1±0.7 def	26.1±0.8 abc	45.0±1.4 def	36.8±1.5 abc	30.8±0.9def	26.1±1.0 ab
Tvu1042-3	34.9±1.3 cdef	29.9±2.4 ab	49.3±1.5 def	43.4±3.7 a	34.7±1.2cdef	30.2±2.0 a
Tvu7426	30.6±1.5 def	24.5±0.7 abc	44.4±2.6 def	34.5±1.3 abc	30.4±1.6def	24.9±0.8 ab
Tvu7778	36.5±2.4 cde	28.2±1.0 abc	53.3±3.3 cd	38.0±1.9 abc	36.2±2.2cde	24.8±2.4 ab
LSD _{0.05}	8.8	7.5	13.5	11.1	8.8	7.1

(나) 총 플라보노이드 함량

Table 2-45. Total flavonoids level of methanol extracts from seeds and sprouts of 12 different cowpea lines.

Line	Total flavonoids level, mg/kg	
	Seed	Sprout
"Seowon"	7.2 ± 0.2 a	7.1 ± 0.6 a
IT104373	8.8 ± 1.0 a	6.9 ± 0.3 a
IT145383	8.0 ± 0.8 a	6.6 ± 0.2 a
IT154149	7.4 ± 0.1 a	6.3 ± 0.2 a
IT145387	6.7 ± 0.1 a	6.2 ± 0.2 a
IT145373	6.0 ± 0.3 a	6.3 ± 0.1 a
IT154153	6.0 ± 0.4 a	6.4 ± 0.1 a
IT145384	6.0 ± 0.3 a	6.3 ± 0.3 a
IT145391	6.5 ± 0.2 a	7.0 ± 0.2 a
Tvu1042-3	6.4 ± 0.3 a	6.4 ± 0.3 a
Tvu7426	5.2 ± 2.6 a	7.1 ± 0.1 a
Tvu7778	4.8 ± 2.6 a	7.3 ± 1.1 a
LSD _{0.05}	6.0	2.2

계통별 동부의 총 플라보노이드 함량(표준물질: naringin)을 분석한 결과, 종실은 IT104373(8.8 mg kg⁻¹)이 가장 높았고, Tvu7778(4.8 mg kg⁻¹)이 가장 낮게 나타났지만 계통별 유의적인 차이는 없었다. 나물 역시 Tvu7778(7.3 mg kg⁻¹)이 가장 높았고, IT145387(6.2 mg kg⁻¹)이 가장 낮게 나타났지만 계통별 유의적인 차이는 없었다(Table 2-45).

(2) 주요 동부 계통 12종의 생리활성

(가) DPPH radical scavenging activity

Table 2-46. DPPH radical scavenging activity of methanol extracts from seeds and sprouts of 12 different cowpea lines.

Line	Plant part	DPPH radical scavenging activity, %							
		31.25	62.5	125	250	500	1000	2000	IC ₅₀
"Seowon"	Seed	3.3±0.0 B	7.1±0.0 B	14.9±0.1 B	29.2±0.2 B	51.5±1.1 B	83.1±4.0 A	82.7±0.6 A	476
	Sprout	-1.3±0.0 i	1.2±0.0 g	-4.5±0.0 h	-3.9±0.0 h	2.9±0.0 g	19.2±0.2 f	36.8±1.2 f	2,100
IT104373	Seed	8.8±0.0 A	18.1±0.1 A	34.0±0.1 A	63.3±3.3 A	87.4±0.4 A	86.1±0.4 A	83.1±1.0 A	194
	Sprout	-2.9±0.0 k	-3.6±0.0 i	-5.2±0.0 i	-3.3±0.0 g	6.8±0.0 f	24.3±0.1 c	46.2±1.3 cd	2,166
IT145383	Seed	1.2±0.0 E	4.9±0.0 E	8.8±0.1 E	20.5±0.3 C	40.2±0.5 C	71.7±4.1 B	79.6±0.5 AB	676
	Sprout	-2.4±0.1 j	-5.6±0.2 j	-6.6±0.1 j	-6.3±0.1 i	2.8±0.1 g	16.6±0.1 g	36.2±0.7 f	2,595
IT154149	Seed	0.2±0.0 J	1.7±0.0 J	2.3±0.0 J	6.0±0.0 F	11.7±0.0 I	20.9±0.1 F	46.5±1.4 D	2,180
	Sprout	1.3±0.0 f	2.2±0.0 e	4.1±0.0 f	6.7±0.0 e	9.8±0.0 d	24.5±0.2 c	48.2±0.6 bc	2,073
IT145387	Seed	2.9±0.0 C	6.8±0.0 C	13.1±0.0 C	26.5±0.2 B	50.2±0.6 B	82.2±2.0 A	80.2±1.0 AB	492
	Sprout	2.8±0.0 c	3.5±0.0 c	5.2±0.0 d	7.7±0.0 c	8.3±0.1 e	23.5±0.1 d	46.1±0.3 cd	2,176
IT145373	Seed	1.1±0.0 F	2.6±0.0 G	5.7±0.0 G	12.6±0.0 DE	24.3±0.1 E	41.6±0.3 D	78.4±0.7 AB	1,227
	Sprout	2.2±0.0 d	3.6±0.0 c	5.4±0.0 cd	7.2±0.0 d	6.5±0.0 f	24.5±0.0 c	49.7±0.8 bc	2,020
IT154153	Seed	2.3±0.0 D	3.6±0.0 F	5.7±0.0 G	9.5±0.0 EF	18.6±0.1 G	31.4±0.2 DE	71.9±4.3 B	1,423
	Sprout	2.0±0.0 e	1.9±0.0 f	4.0±0.0 f	6.7±0.0 e	8.8±0.2 e	22.2±0.2 e	39.6±0.1 ef	2,510
IT145384	Seed	1.0±0.0 G	2.0±0.0 I	3.7±0.0 I	7.6±0.0 EF	14.7±0.1 H	27.0±0.5 EF	60.9±1.8 C	1,672
	Sprout	2.9±0.0 c	3.9±0.0 b	5.7±0.0 c	8.0±0.0 b	12.1±0.3 b	24.4±0.1 c	41.7±0.4 e	2,396
IT145391	Seed	2.8±0.0 C	5.8±0.0 D	11.5±0.1 D	20.9±0.2 C	42.1±0.6 C	70.9±1.1 B	78.6±0.6 AB	670
	Sprout	3.4±0.0 b	3.9±0.0 b	6.2±0.0 b	8.2±0.0 b	11.3±0.2 c	25.6±0.1 b	43.0±0.1 de	2,310
Tvu1042-3	Seed	0.8±0.0 H	2.7±0.0 G	5.3±0.0 H	10.9±0.0 EF	21.6±0.0 F	36.4±0.2 DE	78.9±0.9 AB	1,362
	Sprout	3.5±0.0 a	5.3±0.0 a	7.9±0.0 a	11.4±0.1 a	13.9±0.1 a	33.0±0.2 a	55.4±0.1 a	1,760
Tvu7426	Seed	0.7±0.0 I	2.4±0.0 H	8.2±0.0 F	16.1±0.0 CD	29.4±0.8 D	57.2±2.7 C	79.6±0.8 AB	869
	Sprout	-0.7±0.0 h	0.5±0.0 h	2.6±0.0 g	5.6±0.0 f	13.9±0.0 a	22.0±0.1 e	51.1±1.1 b	1,989
Tvu7778	Seed	0.1±0.0 K	1.5±0.0 K	3.7±0.0 I	7.8±0.0 EF	14.7±0.1 H	26.4±0.2 EF	63.1±2.1 C	1,631
	Sprout	0.8±0.0 g	2.5±0.0 d	4.6±0.0 e	7.3±0.0 d	13.4±0.1 a	23.1±0.2 d	48.7±1.2 bc	2,083
LSD _{0.05}		0.1	0.2	0.3	5.1	2.7	10.4	8.8	
		0.1	0.2	0.3	0.2	0.7	0.8	4.2	

"서원" 품종과 관련된 계통별 동부의 DPPH 라디칼 소거능을 분석한 결과, 종실이 나물보다 높은 활성을 보였다. 추출물 농도 2,000 mg kg⁻¹을 기준으로 종실은 IT104373(83.1%)과 "서원"(82.7%)이 가장 높았고, 나물은 Tvu1042-3 계통이 55.4%로 가장 높게 나타났다. 한편, 종실은 IT154149가 46.5%로 가장 낮게 나타났다. 나물은 "서원"(36.8%)과 IT145383(36.2%)이 가장 낮게 나타났다(Table 2-46).

(나) 항산화성 : 아질산염 소거능

"서원" 품종과 관련된 계통별 동부의 아질산염 소거능을 분석한 결과, 종실과 나물 모두에서 계통간의 활성 차이는 유의적으로 없는 것으로 나타났다. 종실은 "서원"(76.8%)이 가장 높았고, Tvu7778(71.9%)이 가장 낮게 나타났지만 계통별 유의적인 차이는 없었다. 나물 역시 IT154153(78.5%)이 가장 높았고, IT145384(75.9%)가 가장 낮게 나타났지만 계통별 유의적인 차이는 없었다(Table 2-47).

Table 2-47. Nitrite scavenging activity of methanol extracts from seeds and sprouts of 12 different cowpea lines.

Lines	Nitrite scavenging activity, %	
	Seed	Sprout
"Seowon"	76.8 ± 1.1 a	77.4 ± 0.8 a
IT104373	76.1 ± 0.4 a	76.7 ± 1.8 a
IT145383	75.1 ± 0.4 a	77.9 ± 1.0 a
IT154149	76.2 ± 1.8 a	77.1 ± 0.8 a
IT145387	74.7 ± 1.0 a	76.9 ± 2.4 a
IT145373	73.0 ± 1.7 a	77.1 ± 1.6 a
IT154153	72.8 ± 2.0 a	78.5 ± 1.2 a
IT145384	73.7 ± 1.7 a	75.9 ± 0.7 a
IT145391	72.4 ± 1.2 a	76.6 ± 0.4 a
Tvu1042-3	75.6 ± 1.0 a	76.2 ± 0.2 a
Tvu7426	74.7 ± 1.4 a	77.4 ± 0.3 a
Tvu7778	71.9 ± 2.0 a	77.8 ± 1.0 a
LSD _{0.05}	7.5	6.4

4. 결과요약 및 종합결론

가. 동부의 발아 과정 중 성분 및 생리활성 변이 연구

(1) 주요 두과작물의 발아기간 중 생육특성, 성분 및 생리활성 변이 연구

- 대두, 녹두, 및 동부 종자로 7일간 재배된 새싹나물의 생육, 폴리페놀 함량, 플라보노이드 함량, 항산화성 및 항산화효소 활성 차이를 검토한 결과, 작물별 새싹나물의 총 신장은 녹두와 콩이 동부보다 유의적으로 컸으며 생체중은 오히려 콩과 동부가 녹두보다 유의적으로 높게 나타났다.

- Folin-Denis방법에 따른 총 페놀 함량은 콩나물의 메탄올 추출물(82.2 mg kg⁻¹)이 가장 높았으며, 그 다음이 동부나물(32.2 mg kg⁻¹), 녹두나물(24.5 mg kg⁻¹) 순으로 나타났다 ($p < 0.05$). 한편, 총 플라보노이드 함량은 총 페놀 함량과 같은 경향을 보였으나 더 낮은 함량이 검출되었다.
- DPPH 라디칼 소거능은 추출물 농도가 증가할수록 높은 활성을 보였으며 특히 동부와 녹두추출물(44와 42%)이 콩나물(25%)보다 비교적 높은 활성을 보였다.
- 항산화효소 활성은 APX와 POX활성은 동부가 가장 높았고 그 다음이 녹두, 콩 순으로 나타났고, CAT와 SOD 활성은 콩나물이 동부와 녹두나물보다 높게 나타났다.
- 총 페놀 함량($r^2=0.53\sim0.90$)과 총 플라보노이드 함량($r^2=0.47\sim0.94$)은 항산화성과 항산화효소 활성에 높은 연관성이 있으며, 그 함량과 활성은 작물별로 다르게 나타남을 확인하였다.

(2) 발아기간별 동부의 성분 및 생리활성 변이 연구

- 동부 종자를 7일 동안 재배하여 각 발아일수별 새싹나물의 생육, 폴리페놀 함량, 플라보노이드 함량, 항산화성 및 항산화효소 활성 차이를 검토한 결과, 발아일수별 동부의 신장과 생체중은 유의적으로 증가하는 것으로 나타났다.
- Folin-Denis방법에 따른 총 페놀 함량은 건종자(DS), 침종종자(IS), 발아 후 1일묘(1DOS), 3일묘(3DOS), 5일묘(5DOS), 7일묘(7DOS)에서 각각 63.9, 56.8, 46.4, 36.0, 29.9, 32.2 mg kg⁻¹로 나타나 건종자에서 가장 높았고, 발아일수가 길수록 낮아지는 경향이 뚜렷하였다 ($p < 0.05$).
- DPPH 라디칼 소거능은 추출물 농도가 증가할수록 높은 활성을 보였으며 건종자, 침종종자, 발아 후 1일묘, 3일묘, 5일묘, 7일묘 순으로 각각 87.3, 41.2, 30.4, 27.4, 28.1, 17.1%로 건종자에서 가장 높게 나타났고, 발아일수가 길수록 낮아지는 경향이 뚜렷하였으며 발아 후 7일묘에서 가장 낮은 활성을 보였다.
- 항산화효소 활성은 APX와 CAT 활성은 건종자, 침종종자, 발아 후 1일묘, 3일묘, 5일묘, 7일묘 순으로 유의적으로 높게 나타났고 POX 활성은 발아 후 3일묘부터 급격히 증가하다 7일묘에서 가장 높은 활성을 보였다. SOD 활성은 건종자에서 가장 낮게 나타났고, 발아 후 1일묘에서 가장 높았으나 유의적인 차이는 없는 것으로 나타났다.
- 생리활성물질과 그 활성간의 상관관계는 APX와 CAT 활성($r^2=0.9574$)간 가장 높게 나타났고, 그 다음이 CAT와 POX 활성간, POX와 DPPH 활성간, APX와 POX 활성간 순으로 각각 0.9427, 0.8509, 0.8471로 높게 나타났다. 또한, 생리활성물질 중 총 페놀은 총 플라보노이드에 비해 높은 함량을 보였고 이는 항산화성과 항산화효소 활성에 더 높은 관련성이 있는 것으로 나타났다. 따라서 동부의 생리활성물질 함량과 그 활성은 발아된 새싹보다는 종자에서 더 높은 것으로 나타났다.

나. 동부나물의 성분 및 생리활성 변이 연구

(1) 발아기간 동부의 부위별 성분 및 생리활성 변이 연구

- 콩나물재배기에서 5일간 재배된 동부 새싹나물의 부위별 폴리페놀 함량, 플라보노이드 함

량, 항산화성 및 항산화효소 활성 차이를 검토한 결과, Folin-Denis방법에 따른 총 페놀 함량은 재배 후 5일째 동부나물 자엽의 메탄올 추출물(48.8 mg kg⁻¹)이 가장 높았으며, 그 다음이 뿌리(30.8 mg kg⁻¹), 하배축(22.2 mg kg⁻¹) 순으로 나타났다($p < 0.05$). 한편, 총 플라보노이드 함량은 총 페놀 함량과 같은 경향을 보였으나 더 낮은 함량이 검출되었다.

- DPPH 라디칼 소거능은 추출물 농도가 증가할수록 높은 활성을 보였으며 재배 후 5일째 동부나물 자엽의 추출물(82.5%)에서 가장 높았으며, 그 다음이 뿌리(52.6%), 하배축(35.0%) 순으로 나타났다($p < 0.05$).
- 항산화효소 활성은 APX와 CAT 활성은 하배축에서 가장 높았고 POX와 SOD 활성은 뿌리가 가장 높은 활성을 보였다. 이런 경향은 재배 후 5일과 7일째 동부나물에서 같게 나타났다.
- 따라서 상관분석에 따르면 총 페놀 함량이 총 플라보노이드 함량 보다 항산화성과 항산화효소 활성에 더 높은 관련성이 있는 것으로 나타났고 그 생리활성물질 함량과 그 활성 정도는 부위별로 다르게 나타났다.

(2) 동부나물의 성분 및 생리활성 변이 연구

- 두과작물의 종류별 총질소, 인산, 칼륨, 칼슘, 마그네슘 함량은 콩이 가장 높게 나타났다. 한편, 인산과 마그네슘 함량은 동부가 가장 낮게 나타났으며, 총 질소, 칼륨 그리고 칼슘 함량은 녹두가 가장 낮게 나타났다. 동부의 발아일수별 총 질소, 인산, 칼륨, 칼슘, 마그네슘 함량은 건종자(DS)가 가장 높았고, 발아일수가 길수록 낮게 나타났다.
- ADH 활성은 추출물 농도에 비례하여 유의적인 차이를 보였고, 특히 동부의 ADH 활성은 나물 추출물보다는 종자에서 높게 나타났으나 대조구인 콩나물과 지구자 추출물에 비해 매우 낮은 활성을 보였다. ALDH 활성 역시 추출물 농도에 비례하여 유의적인 차이를 보였고, 특히 동부의 ALDH 활성은 반대로 종자 추출물보다는 나물에서 높게 나타났으나 대조구인 콩나물과 지구자 추출물에 비해 매우 낮은 활성을 보였다. 동부나물의 항당뇨 활성은 종자 및 나물 추출물에서 대조구 acrobiose에 비해 매우 낮은 활성을 보였다

(3) LED 처리에 따른 동부의 성분 및 생리활성 변이 연구

- Folin-Denis방법에 따라 catechin을 표준물질로 하여 분석한 LED 처리에 따른 동부의 총 페놀 함량을 정량한 결과, 전체적으로 무차광이 차광에 비해 높은 총 페놀 함량을 보였고 LED 중에서도 청색, 적색, 황색, 백색 순으로 유의적인 높은 함량을 보였다. 하지만 LED 처리에 따른 동부의 총 플라보노이드 함량은 LED 색과 차광정도별 유의적인 차이를 보이지 않았다.
- LED 처리에 따른 DPPH 라디칼 소거능을 HPLC로 분석한 결과, 메탄올 추출물 2,000 mg kg⁻¹ 농도에서 무차광 상태의 황색, 적색, 백색, 청색 LED가 각각 60.8, 57.0, 53.2, 50.2% 순으로 높게 나타났으나, LED 색상별 유의적인 차이는 없었고, 차광 정도별로도 유의적인 차이를 보이지 않았다. 아질산염 소거능은 적색, 황색, 청색, 백색 순으로 높게 나타났으나, LED 색상별 유의적인 차이는 없었다.
- 동부의 LED처리별 각 관련 성분과 생리활성 항목간의 상관관계를 알아본 결과, 총 플라

보노이드 함량과 DPPH 라디칼 소거능 간에 $r^2 = 0.8636$ 으로 가장 높았고, 그 다음이 DPPH 라디칼 소거능과 아질산염 소거능 간, 총 플라보노이드 함량과 아질산염 소거능 간, 총 페놀 함량과 DPPH 라디칼 소거능 간, 총 페놀 함량과 아질산염 소거능 간 순으로 상관계수(r^2)가 각각 0.3977, 0.3420, 0.2565, 0.0975로 높게 나타났다.

다. 재배수 조건에 따른 동부의 성분 및 생리활성 차이

(1) 침종시간에 따른 처리별 기능성 성분 및 생리활성 차이

- 침종시간에 따른 처리별 동부의 총 페놀 함량을 catechin, chlorogenic acid, tannic acid를 표준물질로 분석한 결과, Ge처리가 Ca 또는 Se 처리보다 비교적 높은 함량을 보였으나, 각 처리의 재배수 농도간 함량에 있어서 유의성을 보이지 않은 경향이였다. 총 플라보노이드 함량(표준물질: naringin) 또한 Ge, Se, Ca 처리 간에 그리고 각 처리의 재배수 농도간 함량에 있어서 유의성을 보이지 않은 경향이였다.
- 침종시간에 따른 처리별 동부의 DPPH 라디칼 소거능을 분석한 결과, Ge처리가 Ca 또는 Se 처리보다 비교적 높은 활성을 보였으나, Ca 또는 Se 처리는 침종시간이 길수록 높은 활성을 보였다. 아질산염 소거능을 분석한 결과, Ge처리가 Ca 또는 Se 처리보다 비교적 높은 활성을 보였으나, 각 처리의 재배수 농도간 활성에 있어서 유의성을 보이지 않은 경향이였다.

(2) 재배수 농도에 따른 처리별 기능성 성분 및 생리활성 차이

- 재배수 농도에 따른 처리별 동부의 총 페놀 함량을 catechin, chlorogenic acid, tannic acid를 표준물질로 분석한 결과, Ge, Se, Ca 처리간, 재배수 농도간 함량에 있어서 유의적인 차이를 보이지 않은 경향이였다. 한편, 총 플라보노이드 함량(표준물질: naringin)을 분석한 결과, Ca처리가 Ge 또는 Se 처리보다 높은 함량을 보였으나, 재배수 농도간 함량에 있어서 유의성을 보이지 않은 경향이였다.
- 재배수 농도에 따른 처리별 동부의 DPPH 라디칼 소거능을 분석한 결과, Ca처리가 Ge과 Se 처리보다 높은 활성을 보였으나, 재배수 농도간 유의성은 보이지 않았다. 아질산염 소거능은 Ge, Se, Ca 처리간, 재배수 농도간 활성에 있어서 유의성을 보이지 않은 경향이였다.

(3) 양액처리 농도에 따른 동부의 기능성 성분 및 생리활성 차이

- 양액 처리농도에 따른 동부의 총 페놀 함량과 총 플라보노이드 함량은 무처리가 오히려 약간 높았으나 양액 농도별 유의성은 보이지 않았다.
- 양액 처리 동부의 농도에 따른 DPPH 라디칼 소거능과 아질산염 소거능 모두 무처리가 양액처리보다 높은 활성을 보였으나 양액 농도별 유의성은 보이지 않았다.

라. 동부 생육기에 따른 식물체 부위별 성분 및 생리활성 차이

(1) 영양생장기 동부 부위별 기능성 성분 및 생리활성 차이

- 영양생장기의 동부 부위별 총 페놀 함량과 총 플라보노이드 함량은 "전남" 품종보다는 "서원" 품종이 더 높은 함량을 보였으나 "전남"은 엽수가 증가함에 따라 감소한 반면 "서원"은 엽수가 증가함에 따라 증가하는 경향이 뚜렷하였다. 부위별로는 모든 생육기 모두에서 잎, 뿌리, 가지 순으로 높게 나타났다.
- 영양생장기의 동부 부위별 DPPH 라디칼 소거능은 잎에서만 "전남" 품종보다는 "서원" 품종이 더 높은 활성을 보였으나 나머지 부위는 "전남"이 더 높았고 "전남"과 "서원" 모두 엽수가 증가함에 따라 감소하는 경향이 뚜렷하였다. 부위별로는 모든 생육단계에서 잎, 뿌리, 가지 순으로 높은 활성을 보였다. 아질산염 소거능은 품종간, 생육단계(엽령)별, 부위별 유의적인 활성 차이는 없는 것으로 나타났다.

(2) 생식생장기 동부 부위별 기능성 성분 및 생리활성 차이

- 생식생장기의 동부 부위별 총 페놀 함량(표준물질: catechin, chlorogenic acid, tannic acid)과 총 플라보노이드 함량(표준물질: naringin)을 분석한 결과, "전남" 품종보다는 "서원" 품종이 더 높은 함량을 보였고, 부위별로는 개화기와 성숙기 모두 잎이 가장 높았고, 가지가 가장 낮은 함량을 보였다.
- 생식생장기의 동부 부위별 DPPH 라디칼 소거능을 분석한 결과, "전남"과 "서원" 동부 모두 개화기는 잎이 가장 높았고, 그 다음으로 뿌리와 꽃이었고, 가지가 가장 낮은 활성을 보였고. 수확기 역시 "전남"과 "서원" 동부 모두 잎, 뿌리, 종실, 가지 순으로 높게 나타났다. 아질산염 소거능은 "전남"과 "서원" 동부의 개화기 및 수확기 모두에서 80% 정도의 활성을 보였으나 부위별 유의적인 차이가 없었다.

마. 주요 동부 계통별 종실 및 나물의 성분 및 생리활성 차이

(1) 동부 12 계통의 종실 및 나물의 성분 차이

- 계통별 동부의 총 페놀 함량을 catechin, chlorogenic acid, tannic acid를 표준물질로 분석한 결과 종실은 IT154153이 84.0 mg kg⁻¹로 가장 높게 나타났고, "서원"과 IT154149가 각각 38.3과 38.9 mg kg⁻¹로 가장 낮게 나타났으며 나물의 경우 IT154153과 Tvu1042-3이 각각 43.9와 43.4 mg kg⁻¹로 가장 높게 나타났다. 한편, 총 플라보노이드 함량(표준물질: naringin)은 종실의 경우 IT104373(8.8 mg kg⁻¹)이 가장 높았고, Tvu7778(4.8 mg kg⁻¹)이 가장 낮게 나타났지만 계통별 유의적인 차이는 없었다. 나물은 역시 Tvu7778(7.3 mg kg⁻¹)이 가장 높았고, IT145387(6.2 mg kg⁻¹)이 가장 낮게 나타났으나 계통별 유의적인 차이는 없었다.

(2) 동부 12 계통의 종실 및 나물의 생리활성

- "서원" 품종과 관련된 계통별 동부의 DPPH 라디칼 소거능을 분석한 결과, 종실이 나물보

다 높은 활성을 보였다. 종실은 IT104373(83.1%)과 품종 "서원"(82.7%)이 가장 높았고, 나물은 Tvu1042-3 계통이 55.4%로 가장 높게 나타났다. 아질산염 소거능은 종실과 나물 모두에서 계통간의 활성 차이는 유의적으로 없는 것으로 나타났다.

바. 종합 결론

- 대두, 녹두, 및 동부 종자로 7일간 재배된 새싹나물의 생육, 폴리페놀 함량, 플라보노이드 함량, 항산화성 및 항산화효소 활성 차이를 검토한 결과, 작물별 새싹나물의 총 신장은 녹두와 콩이 동부보다 유의적으로 컸으며 생체중은 오히려 콩과 동부가 녹두보다 유의적으로 높게 나타났다. Folin-Denis방법에 따른 총 페놀 함량은 콩나물의 메탄올 추출물(82.2 mg kg⁻¹)이 가장 높았으며, 그 다음이 동부나물(32.2 mg kg⁻¹), 녹두나물(24.5 mg kg⁻¹) 순으로 나타났다($p < 0.05$). 한편, 총 플라보노이드 함량은 총 페놀 함량과 같은 경향을 보였으나 더 낮은 함량이 검출되었다. DPPH 라디칼 소거능은 추출물 농도가 증가할수록 높은 활성을 보였으며 특히 동부와 녹두추출물(44와 42%)이 콩나물(25%)보다 비교적 높은 활성을 보였다.
- Folin-Denis방법에 따른 총 페놀 함량은 건종자(DS), 침종종자(IS), 발아 후 1일묘(1DOS), 3일묘(3DOS), 5일묘(5DOS), 7일묘(7DOS)에서 각각 63.9, 56.8, 46.4, 36.0, 29.9, 32.2 mg kg⁻¹로 나타나 건종자에서 가장 높았고, 발아일수가 길수록 낮아지는 경향이 뚜렷하였다($p < 0.05$). DPPH 라디칼 소거능은 추출물 농도가 증가할수록 높은 활성을 보였으며 건종자, 침종종자, 발아 후 1일묘, 3일묘, 5일묘, 7일묘 순으로 각각 87.3, 41.2, 30.4, 27.4, 28.1, 17.1%로 건종자에서 가장 높게 나타났고, 발아일수가 길수록 낮아지는 경향이 뚜렷하였으며 발아 후 7일묘에서 가장 낮은 활성을 보였다.
- 콩나물재배기에서 5일간 재배된 동부 새싹나물의 부위별 폴리페놀 함량, 플라보노이드 함량, 항산화성 및 항산화효소 활성 차이를 검토한 결과, Folin-Denis방법에 따른 총 페놀 함량은 재배 후 5일째 동부나물 자엽의 메탄올 추출물(48.8 mg kg⁻¹)이 가장 높았으며, 그 다음이 뿌리(30.8 mg kg⁻¹), 하배축(22.2 mg kg⁻¹) 순으로 나타났다($p < 0.05$). 한편, 총 플라보노이드 함량은 총 페놀 함량과 같은 경향을 보였으나 더 낮은 함량이 검출되었다. DPPH 라디칼 소거능은 추출물 농도가 증가할수록 높은 활성을 보였으며 재배 후 5일째 동부나물 자엽의 추출물(82.5%)에서 가장 높았으며, 그 다음이 뿌리(52.6%), 하배축(35.0%) 순으로 나타났다($p < 0.05$).
- ADH 활성은 추출물 농도에 비례하여 유의적인 차이를 보였고, 특히 동부의 ADH 활성은 나물 추출물보다는 종자에서 높게 나타났으나 대조구인 콩나물과 지구자 추출물에 비해 매우 낮은 활성을 보였다. ALDH 활성 역시 추출물 농도에 비례하여 유의적인 차이를 보였고, 특히 동부의 ALDH 활성은 반대로 종자 추출물보다는 나물에서 높게 나타났으나 대조구인 콩나물과 지구자 추출물에 비해 매우 낮은 활성을 보였다. 동부나물의 항당뇨 활성은 종자 및 나물 추출물에서 대조구 acrobiose에 비해 매우 낮은 활성을 보였다.
- LED 처리에 따른 동부의 총 페놀 함량을 정량한 결과, 전체적으로 무차광이 차광에 비해 높은 총 페놀 함량을 보였고 LED 중에서도 청색, 적색, 황색, 백색 순으로 유의적인 높은 함량을 보였다. DPPH 라디칼 소거능은 무차광 상태의 황색, 적색, 백색, 청색 LED 순으로 높게 나타났다.

- 침종시간에 따른 처리별 동부의 총 페놀 함량을 catechin, chlorogenic acid, tannic acid를 표준물질로 분석한 결과, Ge처리가 Ca 또는 Se 처리보다 비교적 높은 함량을 보였고, DPPH 라디칼 소거능은, Ge처리가 Ca 또는 Se 처리보다 비교적 높은 활성을 보였으나, Ca 또는 Se 처리에서 침종시간이 길수록 높은 활성을 보였다.
- 무기양분 침종시간에 따른 처리별 동부의 DPPH 라디칼 소거능을 분석한 결과, Ge처리가 Ca 또는 Se 처리보다 비교적 높은 활성을 보였으나, Ca 또는 Se 처리는 침종시간이 길수록 높은 활성을 보였다
- 영양생장기와 생식생장기 모두에서 동부 부위별 총 페놀과 총 플라보노이드 함량은 "전남" 품종보다는 "서원" 품종이 더 높은 함량을 보였고 부위별로는 영양생장기 에서 잎, 뿌리, 가지 순으로, 생식생장기에서 잎, 뿌리, 꽃, 가지 순으로 높게 나타났다.
- 주요 동부 계통별 종실 및 나물의 성분 및 생리활성 차이 연구에서 계통별 동부의 총 페놀 함량을 분석한 결과 종실의 경우는 계통 IT154153이, 나물의 경우 계통IT154153과 Tvu1042-3이 가장 높은 함량을 보여 우수한 계통으로 선발되었다.

제3절. 동부나물의 제품화 기술개발

1. 서언

동부의 주요성분은 단백질 23.9%, 탄수화물 55%, 지질 2%이며, 100g 속에는 칼슘 75mg, 인 400mg, 철 5.6mg, 칼륨 1400mg, 비타민 B1 0.5mg, 비타민 B2 0.1mg, 니코틴산 2.5mg이 함유되어 있다. 이와 같이 단백질 함량도 많은 편이며 비타민 B도 풍부하여 완숙한 종실은 혼반용 이외에 고물, 조미료의 원료, 죽, 커피대용 원료 등으로 이용이 가능하고 녹협은 채소로도 이용되고 있다.

《본초강목》에서는 “동부는 채소가 되기도 하고 열매를 먹을 수도 있어서 곡물로서의 장점을 두루 갖추고 있다.”고 하였다. 이와 같이 동부의 어린 꼬투리는 채소로 쓰이며, 열매는 팔의 대용으로 곡물에 섞어서 밥을 짓거나, 떡고물·과자의 원료로 쓰인다. 이 밖에 《본초강목》에서는 “신장을 보호하고 위장을 튼튼히 하며 오장을 고르게 하고 혈액순환을 촉진한다. 당뇨병과 토역(吐逆: 구역질)·설사·요실금증(尿失禁症: 무의식적으로 오줌이 나오는 상태) 등도 다스린다. 귀에게 물렸을 때 삶아서 마시면 독이 풀린다.”고 하는 등 전통적으로 약재로도 사용되어 건강 증진용 식품으로의 개발 가능성이 높다.

또한 최근 웰빙식품에 대한 소비자의 관심 증가로 새싹채소, 나물채소 등에 대한 관심이 고조되어 있다. 특히 미국·유럽·호주에서는 채소매장에서 많은 부분을 차지하고 있으나, 일본은 식문화가 우리나라와 달라 야채시장에서 큰 부분을 차지하고 있지는 않지만 점점 증가하고 있는 추세로 국내 뿐 만 아니라 세계적으로도 큰 관심을 받고 있다. 따라서 본 연구에서는 동부나물과 종실을 이용한 음료와 웰빙 죽 등의 제품 개발을 통해 동부의 대중화를 위한 연구를 수행하였다.

2. 재료 및 방법

가. 재배조건별 품질 및 성분변화

(1) 재료

시장에서 종류별로 구입한 동부와 나물콩(2010년산)을 incubator에서 조건별로 재배하여 시료로 사용하였다. 물성 및 Vitamin c 함량은 생체시료를 사용하였고 기타 유효성분 및 기능성 분석은 동결건조하여 분말화 한 것을 시료로 이용하였다.

(2) 재배조건

각 동부 종자와 나물콩 종자를 침종 후 양질의 종자만을 선별하여 22℃ incubator에서 1일, 3일, 5일, 7일간 재배하였다.

나. 동부나물의 규격화 기술개발

1) 재료

시장에서 종류별로 구입한 동부와 나물콩(2010년산)을 incubator에서 조건별로 재배하여 시료로 사용하였다. 물성 및 Vitamin c 함량은 생체시료를 사용하였고 기타 유효성분 및 기능성 분석은 동결건조하여 분말화 한 것을 시료로 이용하였다.

(2) 재배조건

각 동부 종자와 나물콩 종자를 침종 후 양질의 종자만을 선별하여 22℃ incubator에서 4일간 재배하였다.

(3) 저장 조건

각각의 재배된 동부와 콩나물을 밀봉, 진공, 통기상태로 포장하여 4℃ 냉장조건과 20℃ incubator에서 0일, 3일, 6일, 9일, 12일간 보관하면서 외형적인 변화 및 유효성분과 기능성의 변화를 평가하였다.

다. 동부 종실을 이용한 제품 개발

(1) 동부 종실 가공



Fig. 3-1. 실험에 사용한 동부

시장에서 종류별로 구입한 동부 종실을(2012년산)을 커피 roaster(Genesis, CBR-101, Korea)를 이용하여 0분, 5분, 10분, 15분, 20분, 25분, 30분간 roasting하였고, 동일 종실을 5분, 10분, 15분, 20분 삶은 후 50℃ dry oven에서 건조하였고, 동부 종실을 30℃에서 24시간 발아시킨 후 5분, 10분, 15분, 20분, 25분 동안 삶은 후 건조한 것을 시료로 사용하였다.

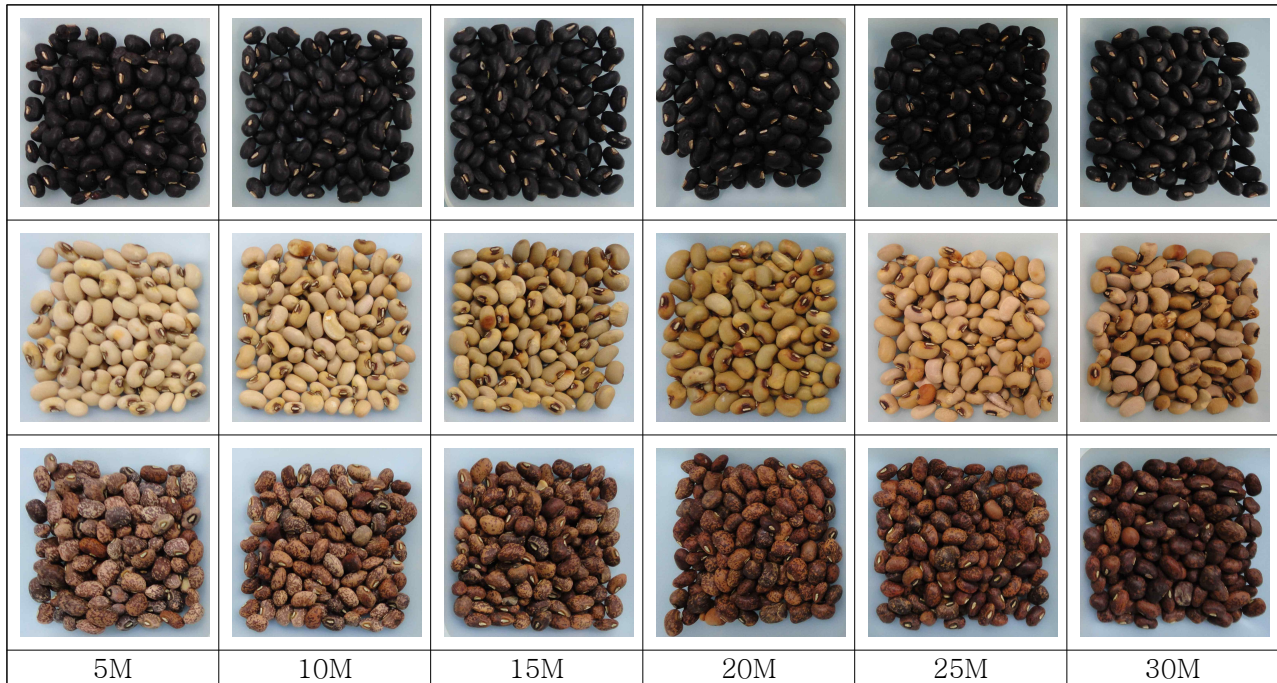


Fig. 3-2. Roasting 정도에 따른 동부 종실의 외형 변화

Table 3-1. Cowpea weight of different roasting condition.

Roasting time (minute)	weight, g/100seed		
	검은동부	흰동부	얼룩동부
0	16.96	18.17	14.80
5	16.90	16.15	14.11
10	16.40	15.35	13.95
15	15.37	15.37	13.50
20	14.68	15.66	13.25
25	14.28	15.40	13.24
30	14.11	14.87	13.02

(2) 동부 음료 시제품 개발

동부 소프트 음료는 상기 roasting 가공한 동부 종실을 2~5g을 150~200배 비율의 끓는물에

서 1분간 추출하여 제조하였고 두유는 100g의 가공 동부 종실을 물 1ℓ 정도의 비율로 혼합한 것을 두유제조기(e-영양왕, DJ13K-D08D, China)를 이용하여 약 25분간 제조하였다.

라. 주요 성분 분석 및 생리활성 검정

(1) 총 페놀 화합물 함량

총 페놀 화합물 함량은 Folin-Denis 방법에 따라 분석하였다. 각 시료 추출물을 1mg/ml 농도로 조제한 후, 이 시료액 1ml에 증류수 3ml를 첨가하고, Folin & Ciocalteu's phenol reagent 1ml를 첨가한 후 27℃ Shaking bath에서 혼합하였다. 5분 후 NaCO₃ 포화용액 1ml를 넣어 혼합하여 실온에서 1시간 방치한 후 640nm에서 분광광도계(UV-1650PC, SHIMADZU)로 흡광도를 측정하였다. 페놀화합물 함량은 표준물질 catechin, tannic acid, chlorogenic acid의 농도를 이용하여 검량선을 작성한 다음 정량하였다.

(2) 플라보노이드 함량

플라보노이드 함량은 각 시료 0.1g에 Davis 변법에 따라 75% methanol을 가하여 실온에서 하룻밤 동안 추출한 다음 이 검액 1.0mL를 시험관에 취하고 10mL의 diethylen glycol을 가하여 잘 혼합하였다. 다시 여기에 1N NaOH 0.1mL를 잘 혼합시켜 37℃의 water bath에서 1시간 동안 반응시킨 후 420nm에서 흡광도를 측정하였다. 공시험은 시료 용액 대신 50% methanol 용액을 동일하게 처리하였으며, 표준곡선은 Naringin(Sigma co., USA)을 이용하여 작성하고 이로부터 총 플라보노이드 함량을 구하였다.

(3) 일반성분 분석

제조한 동부 두유와 콩으로 제조한 두유의 일반성분 분석 중 **수분함량**은 105℃ 상압가열건조법으로 분석하였다. 즉 칭량 용기를 미리 120℃에서 1시간 건조하여 desiccator 내에서 20분간 방냉한 후 칭량하여 항량을 구하였다. 그리고 칭량 용기에 시료를 5g 정확하게 분취하고 105℃에서 2시간 건조한다. 건조한 시료를 desiccator 내에서 같은 방법으로 방냉하여 측정하였다. 그 후에는 1시간씩 가열건조, 방냉, 측정을 항량에 도달할 때까지 반복하였다.

회분 함량은 550℃ 직접 회화법으로 측정하였다. 정확하게 칭량한 회화 용기를 회화로 속에서 550℃에서 수 시간 태운 다음 desiccator에서 방냉한 후 실온에 달해 즉시 측정하였다.

조지방 함량은 Soxhlet 추출법으로 측정하였다. 시료 10g을 평취하여 원통여지에 넣어 미리 95℃에서 30분간 예비건조하고 상부에 소량의 탈지면으로 가볍게 막은 다음 추출관에 넣었다. 지방수기에 연결된 추출관으로 ether가 siphon을 통하여 잘 흘러들어갈 때까지 가하고 냉각관을 연결하여 가열기에서 냉각관에 물을 통하게 하면서 가온하면서 추출한다. 추출이 완료되면 ether를 제거하고 수기를 95~100℃의 전기정온건조기에 넣어 약 1시간 건조시켜 desiccator에서 30분간 방냉하여 상온이 되면 측정한다. 지질량은 아래와 같이 계산하였다.

$$\text{지질}(\%) = W_1 - W_0 / S \times 100$$

W_0 : 수기의 중량(g)

W_1 : 지질 추출후의 수기의 중량(g)

S : 시료 채취량(g)

조단백질은 Kjeldahl법으로 측정하였다. 단백질 시료에 진한 황산을 가하여 가열하면 유기물은 분해와 동시에 산화환원이 일어나며, 단백질 중의 질소는 정량적으로 암모니아로 변화하여 황산암모늄의 형태로 분해액 중에 포집된다. 이것을 희석하여 과잉의 진한 수산화나트륨을 가하여 가열하면 분해액 중의 황산암모늄에 의하여 암모니아가 증류하게 된다. 이 암모니아를 일정량의 규정 산용액 중에 흡수시킨 다음, 남아있는 산의 양을 규정 알칼리용액으로 적정하여 질소량을 산출한다. 시료 5g을 정확하게 칭량하여 200ml용의 Kjeldahl flask에 주의하여 넣는다. 그리고 분해촉진제 1g과 진한 황산 20ml를 가하여 분해대에서 서서히 가열하면서 분해하였다. 분해된 액을 증류수로 희석하여 이 액을 Kjeldahl 증류장치를 이용하여 증류하였고 NaOH를 적정하여 함량을 구하였다. 조단백질 함량은 아래와 같이 계산하였다.

$$\text{조단백질}(\%) = (ba) \times F \times 0.0014 \times V \times 6.25 / S \times 100$$

a : 본 실험의 적정치, b : blank test의 적정치(ml)

S : 시료의 채취량(g), F : N/10 NaOH용액의 역가

V :희석배수

0.0014:N/10 NaOH 용액 1ml에 상당하는 질소량(g)

6.25 : 질소계수

조섬유소는 FiberCap 시스템을 이용한 시료의 조섬유 정량법 (H_2SO_4 -NaOH법) (AOAC)을 이용하였다. 시료의 조섬유소 함량은 전용 FiberCap system(Fibertec system 2022 Hot plate, Foss Tecator AB, Sweden)을 이용하여 H_2SO_4 -NaOH 분해법에 준하여 분석하였다. 미리 항량을 구한 Fiber capsule(W_1)에 시료 1g(W_2)을 담아 놓는다. 열 추출 I 단계는 추출용기에 1.25% H_2SO_4 350mL을 붓고 열을 가한 후 fiber capsule을 넣고 30min동안 추출한 다음 H_2SO_4 용액을 제거키 위하여 끓인 물로 세척과정을 3회 반복한다. 열 추출 II 단계는 추출용기에 1.25% NaOH 350mL을 붓고 열을 가한 후 fiber capsule을 넣고 30min동안 추출한 다음, NaOH 용액을 제거키 위하여 끓인 물로 세척과정을 2회, 1% HCl 1회, 다시 끓인 물로 1회 반복한다. Fiber capsule의 탈지과정은 비이커에 120ml의 acetone을 넣고 1회 세척과정을 거친다. 위의 열 추출 I, II 단계를 마친 Fiber capsule은 130°C 건조기에서 2시간 건조 후 항량을 구한 다음(W_3), 예비 건조된 회화용 비이커(W_4)에 넣고 600°C에서 4시간 동안 회화시킨 후 무게를 잰다(W_5). 조섬유소 함량의 계산은 아래 계산식에 의거 산출하였다.

$$\text{조섬유소}(\%) = \frac{(W_3 - W_1) - (W_5 - W_4)}{W_2} \times 100$$

(4) 유리아미노산(Free amino acid) 조성분석

두유의 아미노산 함량은 원심분리한 두유를 1/10로 희석한 후 0.2 μ m membrane filter로 여과한 후 LC-MS/MS를 이용하여 아래와 같은 조건에서 분석하였다.

- 분석장비 : Agilent 6410 MS (+ LC 1200)
- Column : YMC-Pack Pro C8 (150 \times 4.6mm, 3 μ m)
- 이동상 A : 5mM ammonium acetate + 0.1% formic acid (in DW)
- 이동상 B : 5mM ammonium acetate + 0.1% formic acid (in methanol)

Table 3-2. LC-MS/MS analysis conditions for identification of volatile components.

○ Gradient table		
time (min)	이동상 B (%)	flow (mL/min)
0.0	0	0.3
8.0	0	0.3
10.0	100	0.3
16.0	100	0.3
17.0	0	0.3
25.0	0	0.3

○ SIM table		
Mode	amino acids	target ion
MS2 SIM positive ESI	Glycine	76
	Alanine	90
	Serine	106
	Proline	116
	Valine	118
	Threonine	120
	Leucine	132
	Isoleucine	132
	Aspartic acid	134
	Lysine	147
	Glutamic acid	148
	Methionine	150
	Histidine	156
	Phenylalanine	166
	Arginine	175
Tyrosine	182	
Cystine	241	

○ 기타 설정			
Gas temperature	320 $^{\circ}$ C	Gas flow	10 L/min
Nebulizer	20 psi	Capillary voltage	4 kV

(5) GC/MS를 이용한 향기성분 분석

향기성분 측정은 GC/MS 분석기(17A/QP5050, Shimadzu, Tokyo, Japan)를 이용해 분석하였고 분석조건은 표 6과 같다. 기기 분석에 의하여 분리된 각 peak 성분의 동정은 머무름 시간 및 GC-MS에 의한 mass spectrum을 토대로 컴퓨터에 수록된 NIST library로 검색한 자료와 비교하여 분석하였다.

Table 3-3. GC/MS analysis conditions for identification of volatile components.

GC/MS	GC/MS QP5050/GC17A, Shimadzu
Column	VB-1 (ValcoBond, 60 m* 0.25 mm ID, 0.25 μ m film thickness)
Carrier gas	Helium (1.0 mL/min)
Temp. Program	60 °C (5 min) → 2°C/min → 220 °C
Injector	230 °C, split ratio 30:1
Temperature	Interface and Ion source 250 °C
Ionization	Electron impact ionization (EI)
Ionization voltage	70 eV
Mass range (m/z)	30 ~ 400
Injection volume	0.5 μ l

(6) Vitamin C 함량 측정

생체시료 일정량을 취하여 5% metaphosphoric acid를 가하고 저온에서 신속히 추출한 후 원심분리기를 이용하여 20,000rpm에서 10분 동안 원심분리하여 생등액을 취한 후 0.45 μ m membrane filter로 여과한 다음 시험액으로 사용하였다.

분석 컬럼은 STerra™ RP18 (4.6cm×250mm 5 μ m, Waters)를, 검출기는 UV detector(SPD-10Avp, SHIMADZU)를 장착한 HPLC를 이용하여 265nm에서 분석하였다. 시료 주입량은 20 μ L, 이동상은 100% MeOH: 0.1M KH₂PO₄를 1:9로 혼합하여 사용하였고 유속은 1.0mL/min으로 하였다.

(7) 유리산소 소거능(전자공여능)

각 추출물을 Choi 등의 방법에 의한 수소전자공여능에 의해 항산화 활성을 측정하였다. 여러 농도의 시료를 메탄올(or DMSO) 용매로 용해하여, 900 μ L의 DPPH 용액(100 μ M)과 각 시료 100 μ L를 혼합하여 교반한다. 이 혼합 시료를 암소에서 30분간 반응시킨 후 517nm에서 흡광도를 측정하였다. 수소전자공여능은 각 실험을 3회 반복하여 평균을 낸 다음 대조구에 대한 흡광도의 감소정도를 다음식에 의하여 계산하였다.

$$A_n = (A_0 - A) / A_0 * 100$$

A_n : DPPH radical 소거능에 대한 항산화 활성(%)

A₀ : 시료가 첨가되지 않은 DPPH 용액의 흡광도

A : 반응용액중의 DPPH와 시료의 반응한 흡광도

(8) 아질산염소거능

시료 추출물의 아질산염 소거작용의 측정은 1mM NaNO₂ 20 μ l에 시료의 추출액 40 μ l와 0.1N HCl(pH 1.2) 또는 0.2M citrate buffer (pH 4.2) 또는 0.2M citrate buffer (pH 6.0)을 140 μ l 사용하여 부피를 200 μ l로 맞추었다. 이 반응액을 37 $^{\circ}$ C 항온수조에서 1시간 반응시킨 후 2% acetic acid 1000 μ l, Griess 시약 (30% acetic acid로 조제한 1% sulfanilic acid와 1% naphthylamine을 1:1 비율로 혼합한 것, 사용직전에 조제) 80 μ l를 가하여 잘 혼합시켜 빛을 차단한 상온에서 15분간 반응시킨 후 520nm에서 흡광도를 측정하여 아래와 같이 아질산염 소거능을 구하였다.

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

N : nitrite scavenging ability

A : absorbance of 1mM NaNO₂ added sample after standing for 1hour

B : absorbance of 1NaNO₂

C : absorbance of control

(9) 물성 측정

동부나물의 물성 측정은 생육 및 저장조건에 따른 나물의 물리적인 강도를 측정하였다. 측정은 나물의 몸체를 1.0mm 절단하는데 필요한 강도를 기계적으로(SUN RHEO METER CR-500DX, SUN SCIENTIFIC CO., LTD.) 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 재배조건별 품질 및 성분 변화

(1) 총페놀화합물 함량

식물에 널리 존재하는 폴리페놀물질들은 식물체 및 인체의 항산화 효과 및 방어기작 등의 중요한 역할을 하는 것으로 알려져 있다. 일반적으로 페놀화합물은 한 개 또는 두 개 이상의 수산기(hydroxyl group)로 치환된 방향족 환 (aromatic ring)을 가지고 있는 물질로서, phenolic acid, coumarin류, flavonoid류 그리고 탄닌류로 나누며, 그 구조에 따라 이하학적 성질 및 생리적 기능이 달리 나타난다. 이러한 페놀물질들은 식물체에 특수한 색깔을 부여하고 산화-환원 반응시 기질로 작용하며 미생물의 공격을 막아 식물자체를 보호하는 기능을 한다.

동부의 종실에서 발아하여 나물의 생육 기간에 따른 총페놀화합물의 함량 변화를 평가하였다. 동부나물의 총페놀화합물 함량은 시중에서 이용되는 대표적인 나물자원인 콩나물에 비해 절반 이하의 낮은 함량을 보였다. 생육 기간의 변화에 따른 함량변화는 대체로 생육초기의 함량이 높았으나 어금니는 오히려 생육기간이 증가함에 따라 총페놀화합물의 함량도 증가하는 등 동부의 종류에 따라 다소 차이를 보였다.

Tannic acid와 catechin에서도 유사한 경향을 보였다.

Table. 3-4. Total phenolics content of cowpea and soybean sprouts at different sprout ages.

품종(계통)	Total phenolics content, $\mu\text{g}/\text{ml}$			
	Sprout age, day			
	1DAY	3DAY	5DAY	7DAY
어금니	15.9±0.5	20.0±0.5	22.4±0.6	26.2±0.7
검정	24.9±0.9	23.6±0.3	23.0±0.6	22.1±0.9
빨강	26.3±0.5	17.8±0.5	17.4±0.4	24.5±0.7
얼룩	25.5±0.6	18.5±0.9	25.9±1.2	19.4±1.2
나물콩	42.7±0.7	46.2±0.6	41.9±0.6	40.3±0.5

* Standard chemical is Chlorogenic acid.

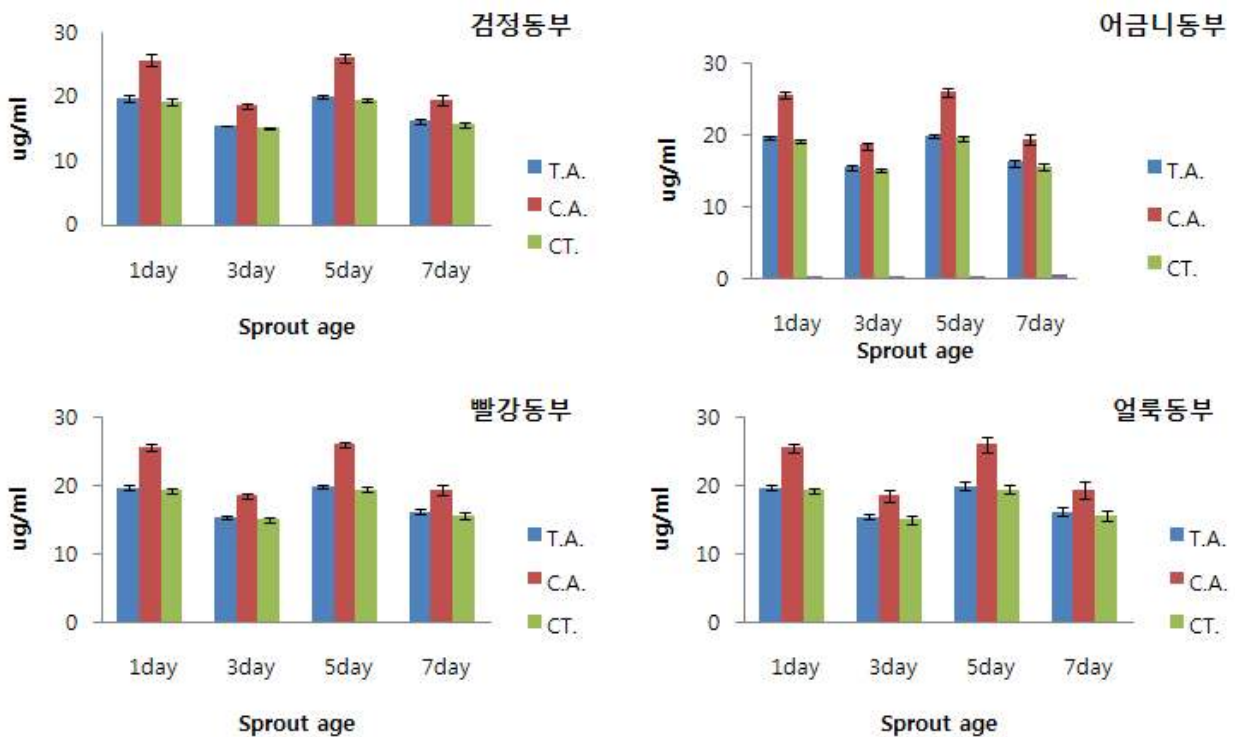


Fig. 3-3. Total phenolics content of cowpea and soybean sprouts at different sprout ages.

* TA: Tannic acid, C.A: Chlorogenic acid, CT: Catechin

(2) 플라보노이드 함량

동부나물의 생육기간에 따른 플라보노이드 함량은 일반적으로 생육기간이 증가함에 따라 함량이 다소 증가하였다. 반면 콩나물의 경우는 반대로 생육기간이 증가함에 따라 함량이 감소하는 것으로 나타났다.

Table. 3-5. Flavonoids content of cowpea and soybean sprouts at different sprout ages.

품종(계통)	Flavonoid content, $\mu\text{g}/\text{ml}$			
	Sprout age, day			
	1DAY	3DAY	5DAY	7DAY
어금니	6.4±0.8	5.9±0.1	7.4±2.0	7.5±1.2
검정	6.4±0.6	6.0±0.6	7.1±1.9	6.7±0.2
빨강	5.6±0.2	6.5±1.0	6.5±1.2	8.2±2.6
얼룩	6.3±0.9	6.9±1.2	6.9±0.4	7.8±2.2
나물콩	12.5±0.2	12.6±0.6	8.9±0.2	8.4±0.1

* Standard chemical is naringin.

(3) DPPH radical 소거능

전자공여능 측정은 지질과산화 연쇄반응에 관여하는 산화성 free radical에 전자를 공여함으로써 free radical의 생성 억제 정도를 간접적으로 측정할 수 있다.

DPPH는 짙은 자색을 띠는 비교적 안정한 free radical로서 cystein, glutathione과 같은 함유황아미노산과 ascorbic acid, BHA등에 의해 환원되어 탈색되므로 다양한 천연소재로부터 항산화물질을 검색하는데 많이 이용되고 있다. 자유 라디칼은 인체 내에서 지질 또는 단백질 등과 결합하여 노화를 일으키기 쉬운데 페놀성 화합물의 경우 자유라디칼을 환원시키거나 상쇄시키는 능력이 강해 인체 내에서 자유 라디칼에 의한 노화를 억제하는 척도로 이용할 수 있다.

동부나물의 생육기간에 따른 DPPH radical 소거능을 평가하였다. 동부나물의 생육기간에 따른 소거능은 동부의 종류에 따라 다소 차이를 보였으나 1일차의 활성이 가장 높았고 생육기간이 증가함에 따라 활성도 감소하였다가 7일 차에 다시 증가하는 경향을 보여 생육기간의 변화에 따른 일정한 경향을 보이지 않았다.

Table. 3-6. DPPH radical scavenging activity of cowpea and soybean sprouts at different sprout ages.

품종(계통)	DPPH radical scavenging activity, RC_{50} , $\mu\text{g}/\text{ml}$			
	Sprout age, day			
	1DAY	3DAY	5DAY	7DAY
어금니	1885.9	2282.7	2354.0	2025.9
검 정	1313.1	2540.9	2778.2	2507.6
빨 강	2291.7	4326.9	3130.6	2278.3
얼 룩	2168.0	2886.1	2395.2	2634.2
나물콩	3516.3	3246.7	4954.7	3531.6

(4) 아질산염소거능

질산염은 식물체내, 소화기관 및 식물의 저장과정에서 질산환원효소, 환원세균 등의 작용에 의해 아질산염으로 환원된다. 질산염이 많이 함유된 식품을 다량 섭취하게 되면 아질산염은 단백질 식품이나 의약품 및 잔류농약등에 존재하는 2급 및 3급 amine과 nitroso화 반응, 위장내의 낮은 산성조건에서 쉽게 일어나며 발암물질인 nitrosamine을 생성하여 체내에서 diazotalkane($\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{N}_2$)으로 변화, 핵산이나 단백질 또는 세포내의 성분을 alkyl화함으로써 암을 유발하고, 아질산염 자신이 독성을 갖고 있기 때문에 일정한 농도이상 계속 섭취시 혈액중의 헤모글로빈을 산화시켜 메트헤모글로빈증(methemoglobinemia)을 유발한다.

동부나물의 아질산염소거능은 1일된 나물에 비해 3일, 5일, 7일 성장한 나물에서 다소 높게 나타났으나 큰 차이는 없었다. 그리고 동부나물의 아질산염소거능이 콩나물에 비해 전반적으로 약 20% 정도 높게 나타났다.

Table. 3-7. Nitrite scavenging activity of cowpea and soybean sprouts at different sprout ages.

품종(계통)	Nitrite radical scavenging activity, % of control			
	Sprout age, day			
	1DAY	3DAY	5DAY	7DAY
어금니	76.1±1.0	78.5±0.9	78.7±0.9	78.1±1.1
검 정	71.9±2.0	76.2±1.3	78.1±1.2	78.4±0.7
빨 강	77.3±2.8	81.8±3.4	81.2±2.4	80.2±2.2
얼 룩	75.0±4.8	79.3±1.5	80.4±1.4	81.5±2.0
나물콩	59.8±2.8	59.2±3.2	60.2±2.6	56.1±2.8

(5) Vitamin C 함량

동부나물의 성장 중 Vitamic C 함량을 HPLC로 분석하였다. 발아후 1일차의 Vitamic C 함량이 134.82ppm으로 가장 높게 나타났고 3일된 나물은 98.32ppm, 5일은 89.61, 7일은 82.75ppm의 생육기간이 길수록 함량이 감소하는 것으로 나타났다. 콩나물의 경우도 1일된 나물이 80.45ppm, 3일이 61.42, 5일이 49.08, 7일이 44.81ppm으로 동부나물과 같은 경향을 보였다.

Table 3-8. Vitamin C content of cowpea and soybean sprouts at different sprout ages.

Sprout age	Vitamin C content, ppm	
	Cowpea	Soybean
1 DAY	134.82	80.45
3 DAY	98.32	61.42
5 DAY	89.61	49.08
7 DAY	82.75	44.81

(6) 물리적인 특성

동부나물과 콩나물의 성장 중 생육기간에 따른 나물의 물리적인 강도를 나물의 몸체를 1mm 절단해 들어가는 강도를 측정하였다. 동부나물의 경우는 표 3-9에서 보는 바와 같이 3일과 5일의 강도가 가장 높았고 반면 콩나물의 경우는 1일 재배한 것의 강도가 높게 나타났다.

Table 3-9. Physical property (solidity) of cowpea and soybean sprouts at different sprout ages.

Sprout age	Physical property (Solidity), N/gf	
1 DAY	1.29 ± 0.45	2.24 ± 0.60
3 DAY	1.64 ± 0.52	1.13 ± 0.24
5 DAY	1.65 ± 0.39	1.17 ± 0.27
7 DAY	1.18 ± 0.56	1.09 ± 0.25

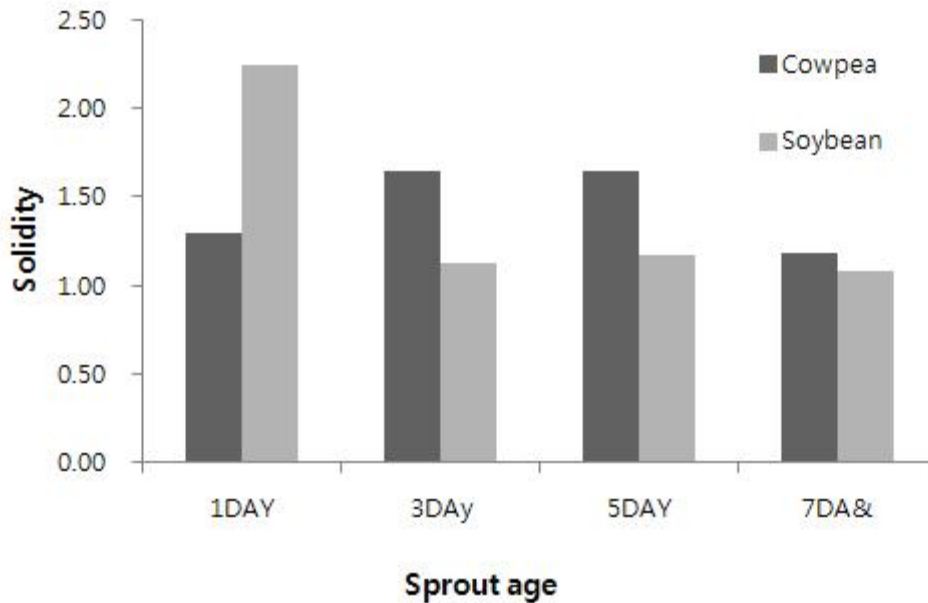


Fig. 3-4. Physical property (solidity) of cowpea and soybean sprouts at different sprout ages.

나. 동부나물의 규격화 기술개발

(1) 저장조건에 따른 유효성분 및 생리활성 변화

(가) 총페놀화합물 함량 변화

22℃에서 4일간 재배한 동부나물과 콩나물의 저장성을 확인하기 위해 동량의 나물을 밀봉포장, 통기포장, 그리고 진공포장하여 각각을 3일, 6일, 9일, 12일간 저온조건(4℃)와 실온조건(22℃)에서 보관하면서 외형적인 변화와 유효성분의 변화를 평가하였다.

저온조건에서 밀봉 보관한 나물의 총페놀화합물 함량은 동부의 경우 무처리(0일차)에 비해 총페놀화합물 함량이 감소한 것으로 나타났으나 저장기간에 따른 유의적인 차이는 없었다. 그러나 콩나물의 경우는 무처리(0일차) 함량이 113.8ug에 비해 저장기간이 증가함에 따라 6일과 9일에는 모두 137.3ug으로 높게 나타났다. 그러나 저장기간의 증가에 따른 변화는 조사 시점에 따라 일정한 경향을 보이지 않았다.

통기상태로 저온에서 보관한 나물의 경우는 동부와 콩나물 모두에서 0일차에 비해 저장한 나물의 총페놀화합물 함량이 낮게 나타났다.

실온에서 밀봉보관한 나물의 총페놀화합물 함량 변화는 표에서 보는 바와 같이 0일차에 비해 저장 기간이 증가함에 따라 총페놀화합물의 함량도 유의적으로 증가하는 것으로 나타났다. 그러나 실온에서 보관할 경우 나물이 쉽게 물러져 상품으로서의 가치를 떨어뜨린다. 또한 통기 보관 할 경우 표에서 보는 바와 같이 6일 이후는 나물로서의 가치가 전혀 없이 건조되었다.

Table 3-10. Total phenolics content of cowpea and soybean sprouts at different storage day and methods. (in row temperature, 4°C).

Storage day	Total Phenol compound, $\mu\text{g}/\text{ml}$			
	Sealing		Aeration	
	Cowpea	Soybean	Cowpea	Soybean
0 DAY	133.7±3.4	113.8±1.7	133.7±3.4	113.8±1.7
3 DAY	128.2±4.4	113.5±3.6	125.9±4.6	105.3±3.4
6 DAY	122.7±2.6	137.3±3.6	117.1±3.9	104.5±1.2
9 DAY	115.3±2.8	125.9±2.9	122.3±4.3	108.2±2.6
12 DAY	125.2±2.6	137.3±2.9	125.2±1.3	-

* Standard chemical is chlorogenic acid

Table 3-11. Total phenolics content of cowpea and soybean sprouts at different storage day and methods. (in row temperature, 4°C).

Storage day	Total Phenol compound, $\mu\text{g}/\text{ml}$			
	Sealing		Aeration	
	Cowpea	Soybean	Cowpea	Soybean
0 DAY	84.1±2.0	72.1±1.1	84.1±2.0	72.1±1.1
3 DAY	80.8±2.6	71.5±3.1	79.5±2.7	67.1±2.0
6 DAY	77.5±1.6	83.9±3.6	76.1±1.5	67.3±0.5
9 DAY	70.4±3.0	79.4±1.7	86.1±2.4	70.6±2.7
12 DAY	77.9±2.7	84.2±2.7	79.0±0.7	-

* Standard chemical is catechin

Table 3-12. Total phenolics content of cowpea and soybean sprouts at different storage day and methods. (in row temperature, 4°C).

Storage day	Total Phenol compound, $\mu\text{g}/\text{ml}$			
	Sealing		Aeration	
	Cowpea	Soybean	Cowpea	Soybean
control	82.0±1.9	70.5±1.0	82.0±1.9	70.5±1.0
3DAY	78.8±2.5	69.5±3.0	77.2±2.7	65.5±1.9
6DAY	75.5±1.4	84.4±3.5	74.2±1.3	64.3±1.9
9DAY	71.2±1.7	77.1±1.6	83.7±2.3	68.8±2.5
12DAY	75.6±2.6	83.7±1.6	77.1±0.9	-

* Standard chemical is tannic acid.

Table 3-13. Total phenolics content of cowpea and soybean sprouts at different storage day and methods (in room temperature, 22°C)

Storage day	Total Phenol compound, $\mu\text{g}/\text{ml}$			
	Sealing		Aeration	
	Cowpea	Soybean	Cowpea	Soybean
0 DAY	133.7±3.4	113.8±1.7	133.7±3.4	113.8±1.7
3 DAY	145.8±0.7	118.7±2.4	83.1±4.7	91.9±3.0
6 DAY	145.9±3.5	136.3±4.6	-	-
9 DAY	159.9±3.3	149.7±1.8	-	-
12 DAY	164.2±0.5	160.1±3.9	-	-

* Standard chemical is chlorogenic acid.

Table 3-14. Total phenolics content of cowpea and soybean sprouts at different storage day and methods (in room temperature, 22°C)

Storage day	Total Phenol compound, $\mu\text{g}/\text{ml}$			
	Sealing		Aeration	
	Cowpea	Soybean	Cowpea	Soybean
0 DAY	84.1±2.0	72.1±1.1	84.1±2.0	72.1±1.1
3 DAY	91.4±0.3	75.4±1.5	53.7±2.8	58.9±1.7
6 DAY	94.9±2.0	85.8±2.9	-	-
9 DAY	100.1±2.3	93.9±1.2	-	-
12 DAY	102.5±0.1	100.1±2.3	-	-

* Standard chemical is catechin

Table 3-15. Total phenolics content of cowpea and soybean sprouts at different storage day and methods (in room temperature, 22°C)

Storage day	Total Phenol compound, $\mu\text{g}/\text{ml}$			
	Sealing		Aeration	
	Cowpea	Soybean	Cowpea	Soybean
control	82.0±1.9	70.5±1.0	82.0±1.9	70.5±1.0
3DAY	88.9±0.4	73.0±1.4	52.9±2.7	57.9±1.7
6DAY	90.2±3.5	83.1±2.7	-	-
9DAY	96.7±1.9	90.8±1.1	-	-
12DAY	99.2±0.2	96.8±2.2	-	-

* Standard chemical is tannic acid.

(나) 플라보노이드 함량

저온조건에서 밀봉 보관한 나물의 플라보노이드 함량은 동부의 경우 무처리(0일차)에 비해 저장기간이 증가할수록 유의적으로 감소하였다. 그러나 콩나물의 경우는 무처리(0일차)와 차이가 없었다.

통기상태로 저온에서 보관한 나물의 경우는 동부나물은 무처리에 비해 유의적으로 감소하였고 콩나물은 0일차에 비해 소량 증가한 것으로 나타났다.

Table 3-16. Flavonoids content of cowpea and soybean sprouts at different storage day and methods (in row temperature, 4°C).

Storage day	Flavonoid content, $\mu\text{g}/\text{ml}$			
	Sealing		Aeration	
	Cowpea	Soybean	Cowpea	Soybean
0 DAY	32.0±0.9	20.4±0.7	32.0±0.9	20.4±0.7
3 DAY	25.4±1.5	18.9±0.9	20.3±1.0	22.5±0.3
6 DAY	24.9±0.7	20.2±0.6	17.7±2.3	23.9±0.9
9 DAY	20.2±1.2	20.9±0.9	20.3±0.4	23.8±1.3
12 DAY	21.7±0.6	21.9±0.4	17.0±0.2	-

Table 3-17. Flavonoids content of cowpea and soybean sprouts at different storage day and methods (in room temperature, 22°C)

Storage day	Flavonoid content, $\mu\text{g}/\text{ml}$			
	Sealing		Aeration	
	Cowpea	Soybean	Cowpea	Soybean
0 DAY	32.0±0.9	20.4±0.7	32.0±0.9	20.4±0.7
3 DAY	29.3±0.2	20.1±1.2	15.6±0.5	19.7±0.3
6 DAY	31.0±1.2	23.4±0.5	-	-
9 DAY	30.5±0.6	27.8±1.0	-	-
12 DAY	31.1±0.6	31.2±1.5	-	-

(다) DPPH radical 소거능

저온조건에서 밀봉 보관한 나물의 DPPH radical 소거능은 동부의 경우 무처리(0일차)에 비해 저장기간이 증가할수록 유의적으로 활성이 감소하였다. 그러나 콩나물의 경우는 동부와는 반대로 저장기간이 증가할수록 활성도 증가하였다.

통기상태로 저온에서 보관한 나물의 경우도 동부나물은 무처리에 비해 유의적으로 활성이 감소하였고 콩나물은 0일차에 비해 3일, 6일, 9일 모두 활성이 증가한 것으로 나타났다.

Table 3-18. DPPH radical scavenging activity of cowpea and soybean sprouts at different storage day and methods (in row temperature, 4°C).

Storage day	DPPH radical scavenging activity, RC_{50} , $\mu\text{g}/\text{ml}$			
	Sealing		Aeration	
	Cowpea	Soybean	Cowpea	Soybean
0 DAY	11766.7	26105.3	11766.7	26105.3
3 DAY	13274.2	19108.7	21026.3	17019.2
6 DAY	13550.0	17426.8	27882.3	17211.5
9 DAY	17613.6	15586.2	19739.1	15148.1
12 DAY	17326.9	14980.8	20886.4	-

Table 3-19. DPPH radical scavenging activity of cowpea and soybean sprouts at different storage day and methods (in room temperature, 22°C)

Storage day	DPPH radical scavenging activity, RC_{50} , $\mu\text{g}/\text{ml}$			
	Sealing		Aeration	
	Cowpea	Soybean	Cowpea	Soybean
0 DAY	11766.7	26105.3	11766.7	26105.3
3 DAY	20023.8	19043.5	25009.4	18714.3
6 DAY	24787.4	15795.5	-	-
9 DAY	20437.5	11565.2	-	-
12 DAY	21113.6	11354.2	-	-

(라) 아질산염 소거능

저온조건에서 밀봉 보관한 나물의 아질산염 소거능은 동부의 경우 무처리(0일차)에 비해 저장기간이 증가할수록 활성이 다소 증가하였다. 콩나물의 경우는 저장 3일과 6일까지는 무처리와 비슷하였으나 9일과 10일은 소량 감소하였다.

통기상태로 저온에서 보관한 나물의 경우는 동부나물은 무처리에 비해 유의적인 차이가 없었고 콩나물은 0일에 비해 9일 활성이 다소 감소된 것으로 나타났다.

Table 3-20. Nitrite scavenging activity of cowpea and soybean sprouts at different storage day and methods (in row temperature, 4°C).

Storage day	Nitrite radical scavenging activity, % of control			
	Sealing		Aeration	
	Cowpea	Soybean	Cowpea	Soybean
0 DAY	76.3±1.0	79.1±2.9	76.3±1.0	79.1±2.9
3 DAY	80.2±2.0	79.6±1.1	77.0±2.8	77.5±0.3
6 DAY	79.5±1.7	78.6±2.2	79.5±3.0	77.9±0.9
9 DAY	80.2±2.3	75.4±1.0	77.9±1.1	74.8±1.3
12 DAY	80.0±1.2	75.7±1.4	78.5±0.7	-

Table 3-21. Nitrite scavenging activity of cowpea and soybean sprouts at different storage day and methods (in room temperature, 22°C).

Storage day	Nitrite radical scavenging activity, % of control			
	Sealing		Aeration	
	Cowpea	Soybean	Cowpea	Soybean
0 DAY	76.3 ± 1.0	79.1 ± 2.9	76.3 ± 1.0	79.1 ± 2.9
3 DAY	79.7 ± 0.4	78.7 ± 0.2	78.5 ± 0.9	76.1 ± 1.0
6 DAY	79.8 ± 0.7	78.3 ± 1.2	-	-
9 DAY	79.9 ± 1.0	78.2 ± 0.4	-	-
12 DAY	76.3 ± 0.5	76.1 ± 1.2	-	-

(마) Vitamin C 함량

저온조건에서 밀봉 보관한 나물의 vitamin C 함량은 동부의 경우 무처리(0일차) 163.33ppm에 비해 3일은 125.09ppm, 6일은 116.62ppm 9일은 103.76ppm 그리고 12일은 112.99ppm으로 저장기간이 증가할수록 함량이 감소하는 것으로 나타났다. 콩나물의 경우는 저장기간에 따라 일정한 경향이 없었다.

통기상태로 저온에서 보관한 나물의 경우도 동부나물은 무처리에 비해 함량이 크게 감소하였고 콩나물은 일정한 경향이 없었다.

Table 3-22. Vitamin C content of cowpea and soybean sprouts at different storage day and methods (in row temperature, 4°C).

Storage day	Vitamin C content, ppm			
	Sealing		Aeration	
	Cowpea	Soybean	Cowpea	Soybean
0 DAY	163.37	45.33	163.37	45.33
3 DAY	125.09	40.03	87.49	49.22
6 DAY	116.62	39.77	93.50	47.78
9 DAY	103.76	44.55	99.60	52.65
12 DAY	112.99	45.91	82.13	-

Table 3-23. Vitamin C content of cowpea and soybean sprouts at different storage day and methods (in room temperature, 22°C).

Storage day	Vitamin C content, ppm			
	Sealing		Aeration	
	Cowpea	Soybean	Cowpea	Soybean
0 DAY	163.37	45.33	163.37	45.33
3 DAY	92.71	56.11	116.52	105.79
6 DAY	80.19	54.99	-	-
9 DAY	71.66	43.04	-	-
12 DAY	66.97	49.20	-	-

(바) 물리적 특성

4일 재배한 동부나물과 콩나물을 밀봉, 통기, 진공 등 포장 방법을 달리하여 저온(4℃)와 실온(22℃)에 보관하며 물리적인 강도의 변화를 측정하였다. 저온 조건에서 보관한 동부나물과 콩나물은 밀봉포장에서 3일 보관까지는 비슷한 강도를 보였고 통기포장과 진공포장에서는 보관 일수가 증가할 수록 강도가 급격하게 약해지는 것으로 나타났다.

실온에서 보관한 경우는 냉장보관 보다 밀봉포장에서도 급격히 물러지는 것으로 조사되었다. 통기포장은 실온에서 보관시 쉽게 건조되고 진공포장은 실온에서 쉽게 물러져 나물로서 가치가 없어지는 것으로 나타났다.

Table 3-24. Physical property (solidity) of cowpea and soybean sprouts at different storage day and methods (in row temperature, 4℃).

Storage day	Physical property (solidity), N/gf					
	Sealing		Aeration		Vacuum packing	
	Cowpea	Soybean	Cowpea	Soybean	Cowpea	Soybean
0 DAY	2.12 ± 0.53	1.44 ± 0.32	2.12 ± 0.53	1.44 ± 0.32	2.12 ± 0.53	1.44 ± 0.32
3 DAY	1.93 ± 0.35	1.53 ± 0.43	1.63 ± 0.16	1.08 ± 0.25	1.73 ± 0.27	1.06 ± 0.15
6 DAY	1.69 ± 0.33	1.05 ± 0.29	1.52 ± 0.22	1.16 ± 0.23	1.08 ± 0.28	0.88 ± 0.26
9 DAY	1.70 ± 0.33	1.08 ± 0.34	1.41 ± 0.26	1.04 ± 0.31	0.92 ± 0.23	0.83 ± 0.28
12 DAY	1.51 ± 0.26	1.04 ± 0.34	1.18 ± 0.35	-	0.74 ± 0.29	0.60 ± 0.47

Table 3-25. Physical property (solidity) of cowpea and soybean sprouts at different storage day and methods (in room temperature, 22℃).

Storage day	Physical property (solidity), N/gf			
	Sealing		Aeration	
	Cowpea	Soybean	Cowpea	Soybean
0 DAY	2.12 ± 0.53	1.44 ± 0.32	2.12 ± 0.53	1.44 ± 0.32
3 DAY	1.27 ± 0.47	1.09 ± 0.18	-	-
6 DAY	1.10 ± 0.36	1.18 ± 0.37	-	-
9 DAY	1.01 ± 0.44	1.08 ± 0.32	-	-
12 DAY	0.77 ± 0.21	1.12 ± 0.31	-	-



Fig. 3-5. Photo of cowpea and soybean sprouts at different storage day and methods (in row temperature, 4°C).

* 3DS : 3일 Sealing packing, 3DA : 3일 Aeration packing, 3DV : 3일 vacuum packing.

다. 동부 종실을 이용한 제품 개발

(1) 동부 종류별 roasting 가공 공정에 따른 유효성분 및 기능성 평가

(가) 총페놀화합물 함량

동부 종실의 가공 조건 규명을 위해 동부 종자의 종류별로 다양한 조건으로 가공하여 유효 성분 및 기능성의 변화를 평가하였다. 동부 종자를 5분 간격으로 roasting한 후 총페놀화합물 함량을 분석한 결과는 표 3-26과 같았다. Roasting 처리한 검은 동부에서 roasting 시간이 증가함에 따라 총페놀화합물의 함량도 증가하는 경향을 보였다. 검정동부의 경우 처리하지 않은 동부의 함량이 37.6ug에 비해 15분 roasting한 것은 40.0ug, 20분 roasting한 것은 60.6ug, 25분 roasting한 것은 31.7ug으로 15분 이상 roasting한 동부의 함량이 크게 증가되었다. 그러나 얼룩동부와 흰동부의 경우는 roasting 정도에 따라 함량이 다소 증가하였으나 그 차이는 크지 않았다.

Table 3-26. Total phenolics content of cowpea seeds at different roasting condition.

Var.	Standard chemicals	Total phenol compound content, $\mu\text{g}/\text{ml}$						
		Roasting Time, min						
		0	5	10	15	20	25	30
검정 동부	Catechin	26.5±0.7	25.4±0.5	22.9±1.3	27.9±0.6	40.3±0.9	59.2±2.7	62.7±1.7
	Chlorogenic acid	37.6±1.2	35.8±1.0	31.9±2.1	40.0±0.9	60.6±1.6	91.7±4.8	97.9±2.9
	Tannic acid	26.6±0.7	25.6±0.6	23.2±1.1	28.1±0.7	39.8±0.9	57.9±2.8	61.2±1.7
얼룩 동부	Catechin	21.8±0.8	13.7±0.5	27.6±1.1	22.7±0.7	24.1±1.2	25.4±0.6	24.2±1.2
	Chlorogenic acid	29.9±1.5	16.3±0.8	39.6±1.9	31.6±0.9	33.7±1.8	35.9±1.0	33.7±1.8
	Tannic acid	22.2±0.7	14.4±0.4	27.7±1.0	23.1±0.5	24.4±0.9	25.7±0.6	24.4±1.0
흰 동부	Catechin	15.6±0.4	13.3±0.5	12.2±0.3	14.1±0.3	17.2±0.3	17.1±0.2	16.3±0.1
	Chlorogenic acid	19.5±0.7	15.5±0.9	13.8±.5	17.0±0.5	22.4±0.4	22.1±0.4	20.7±0.2
	Tannic acid	16.3±0.4	14.0±0.5	13.0±0.2	14.9±0.3	17.9±0.2	17.7±0.2	16.9±.2

동부 종자를 5분 간격으로 boiling한 후 총페놀화합물 함량을 분석한 결과는 표 3-27과 같았다. Boiling 처리한 동부에서 5분간 boiling한 시료에서 무처리 59.9ug에 비해 85.8ug으로 크게 증가하였으나 10분이상 boiling한 경우에는 오히려 함량이 감소되는 경향을 보였다. 동부 종실을 먼저 발효 처리한 후 boiling한 경우에는 시간의 증가에 따라 일정한 경향을 보이지는 않았으나 25분간 boiling한 시료에서 가장 높은 함량을 보였다.

Table 3-27. Total phenolics content of cowpea seeds at boiling treatment condition.

Boiling time (minute)	Total phenol compound content, $\mu\text{g}/\text{ml}$		
	Catechin	Chlorogenic acid	Tannic acid
0	43.6 ± 1.5	59.9 ± 2.1	44.2 ± 1.4
5	55.2 ± 0.6	85.8 ± 1.0	54.4 ± 0.6
10	39.4 ± 0.5	59.2 ± 0.9	39.1 ± 0.6
15	37.1 ± 0.5	55.6 ± 0.8	37.0 ± 0.5
20	35.9 ± 0.9	53.4 ± 1.6	35.8 ± 1.0
Roasted seed	49.7 ± 0.8	76.0 ± 1.2	48.6 ± 0.6

Table 3-28. Total phenolics content of cowpea seeds at boiling condition after germination.

Boiling time (minute)	Total phenol compound content, $\mu\text{g}/\text{ml}$		
	Catechin	Chlorogenic acid	Tannic acid
0	43.6 \pm 1.5	59.9 \pm 2.1	44.2 \pm 1.4
5	28.8 \pm 0.8	41.9 \pm 1.2	29.2 \pm 0.7
10	35.4 \pm 0.4	52.6 \pm 0.6	35.0 \pm 0.4
15	35.2 \pm 0.7	52.2 \pm 1.1	34.9 \pm 0.7
20	30.0 \pm 0.8	43.4 \pm 1.4	29.9 \pm 0.8
25	40.2 \pm 0.4	60.3 \pm 0.4	39.6 \pm 0.3
Roasted seed	49.7 \pm 0.8	76.0 \pm 1.2	48.6 \pm 0.6

(나) 플라보노이드 함량

동부 종자를 5분 간격으로 roasting한 후 총플라보노이드 함량을 분석한 결과, roasting 처리한 검은 동부에서 20분 이상 roasting 한 시료에서 플라보노이드 함량이 증가하는 것으로 나타났다. 검정동부의 경우 처리하지 않은 동부의 함량이 9.8 μg 에 비해 20분 roasting한 것은 12.3 μg , 25분 roasting 한 것은 17.5 μg , 30분 roasting 한 것은 17.9 μg 으로 20분 이상 roasting한 동부의 함량이 증가되었다. 그러나 얼룩동부와 흰동부의 경우는 roasting 정도에 따라 함량이 비슷하거나 오히려 감소하는 경향을 보였다.

Table 3-29. Total flavonoid content of cowpea seeds at different roasting condition.

Variety	Flavonoid content, $\mu\text{g}/\text{ml}$						
	Roasting Time, min						
	0	5	10	15	20	25	30
검정동부	9.8 \pm 0.4	9.1 \pm 0.4	7.7 \pm 0.2	8.3 \pm 0.4	12.3 \pm 0.6	17.5 \pm 0.5	17.9 \pm 0.9
얼룩동부	7.6 \pm 0.1	6.0 \pm 0.8	8.9 \pm 0.9	7.4 \pm 0.1	7.9 \pm 0.9	7.7 \pm 0.6	8.4 \pm 0.9
흰동부	8.7 \pm 0.4	7.7 \pm 0.2	5.5 \pm 0.1	5.4 \pm 0.1	6.4 \pm 1.1	6.6 \pm 0.4	7.6 \pm 0.7

Table 3-30. Total flavonoid content of cowpea seeds at boiling condition.

Boiling time (minute)	Flavonoid content, $\mu\text{g}/\text{ml}$	
	Boiling	Boiling after germination
0	10.6 \pm 0.8	10.6 \pm 0.8
5	11.3 \pm 0.2	9.7 \pm 1.1
10	10.7 \pm 0.4	10.2 \pm 0.4
15	10.5 \pm 0.8	10.9 \pm 0.3
20	10.2 \pm 0.1	9.6 \pm 1.2
25	-	11.7 \pm 0.5
Roasted	11.5 \pm 0.6	-

(다) DPPH radical 소거 활성

동부 종자를 5분 간격으로 roasting한 후 dpph radical에 대한 소거활성을 평가하였다. Roasting 처리한 검은 동부에서 5분, 10분 그리고 15분 roasting 시료에서는 오히려 무처리에 비해 활성이 감소되었고 20분이상 roasting 한 시료에서 활성이 증가되는 것으로 나타났다. Roasting하지 않은 시료에서 무처리 대비 50%의 유리산소를 소거하는 농도가 202.8ug인 것에 비해 20분 roasting한 시료는 199.1ug, 25분 roasting한 시료는 188.1ug, 그리고 30분 roasting한 시료는 175.1ug으로 활성이 증가되는 것으로 나타났다. 얼룩동부와 흰동부는 25분 이상 roasting한 것에서만 무처리에 비해 활성이 높게 나타났다.

동부종자를 boiling 처리한 경우 유리산소 소거 활성은 오래 삶을수록 활성이 감소하는 것으로 나타났고 발아처리후 삶아준 시료에서는 무처리 보다 전반적으로 낮았으나 5분의 짧은 시간 boiling한 것보다는 시간이 증가할수록 높아져 25분 삶아준 시료에서 활성이 가장 높게 나타났다.

Table 3-31. DPPH radical scavenging activity of cowpea seeds at different roasting condition.

Variety	DPPH radical scavenging activity, RC_{50} , $\mu\text{g}/\text{ml}$						
	Roasting Time, min						
	0	5	10	15	20	25	30
검정동부	202.8	283.7	340.7	339.6	199.1	188.1	175.1
얼룩동부	356.2	851.7	326.0	387.2	330.0	352.4	373.0
흰동부	1787.0	2,688.9	3,306.7	2,168.2	2,893.8	1279.3	1371.0

Table 3-32. DPPH radical scavenging activity of cowpea seeds at boiling treatment condition.

Boiling time (minute)	DPPH radical scavenging activity, % of control	
	Boiling	Boiling after germination
0	71.0 ± 0.1	71.0 ± 0.1
5	54.6 ± 0.4	26.6 ± 1.6
10	47.8 ± 0.7	40.0 ± 1.1
15	46.5 ± 1.1	43.9 ± 0.5
20	49.4 ± 0.7	40.1 ± 1.3
25	-	54.4 ± 1.2
Roasted	77.7 ± 2.3	77.7 ± 2.3

(2) 동부 추출 가공 조건에 따른 유효성분 및 기능성 평가

(가) 총페놀화합물 함량

동부 종실을 이용한 음료 제조시 추출 조건을 확인하기 위해 추출 온도와 시간 조건에 따라 추출하여 총페놀화합물 함량을 확인하였다. 각 추출 온도에서 추출시간을 다르게 하여 추출한 결과 시간 조건에 따른 유의적인 차이는 없었다. 반면 각 추출 시간별로 온도 조건을 다르게 하여 추출한 결과는 35℃에서 1시간 동안 추출한 시료의 함량이 137.6 μg 인데 비해 75 μg 와 95 μg 에서는 각각 185.8 μg 과 221.3 μg 으로 추출 온도가 높을수록 페놀화합물 함량도 높아지는 경향을 보였다. 3시간, 6시간, 그리고 9시간 추출한 시료에서 비슷한 경향을 보였다. 이와 같이 추출조건에 따른 총페놀화합물 함량은 추출시간보다는 추출 온도에 의해 영향을 받는 것으로 확인되었다.

Table 3-33. Total phenolics content of cowpea seed at different extraction time and temperature.

Temp (°C)	Total phenol compound content, $\mu\text{g}/\text{ml}$			
	Extraction Time, hour			
	1H	3H	6H	9H
35	137.6 \pm 8.8	126.2 \pm 3.6	124.4 \pm 6.6	136.4 \pm 4.6
50	128.7 \pm 14.6	140.1 \pm 4.4	134.1 \pm 9.3	131.4 \pm 7.9
75	185.8 \pm 6.3	193.9 \pm 3.3	192.9 \pm 3.3	184.6 \pm 6.1
95	221.3 \pm 10.3	252.9 \pm 8.2	250.5 \pm 1.7	253.0 \pm 2.1

(나) 플라보노이드 함량

추출 조건에 따른 플라보노이드 함량은 추출시간을 다르게 하여 추출한 결과 시간 조건에 따른 유의적인 차이는 없었고 추출 온도가 높을수록 플라보노이드 함량도 높아지는 경향을 보였다. 3시간, 6시간, 그리고 9시간 추출한 시료에서 비슷한 경향을 보였다. 이와 같이 추출조건에 따른 플라보노이드 함량도 총페놀화합물 함량과 같이 추출시간보다는 추출 온도에 의해 영향을 받는 것으로 확인되었다.

Table 3-34. Flavonoids content of cowpea seed at different extraction time and temperature.

Temperature (°C)	Flavonoid content, $\mu\text{g}/\text{ml}$			
	Extraction Time, hour			
	1H	3H	6H	9H
35	47.9 \pm 2.4	48.5 \pm 2.7	47.5 \pm 3.1	47.5 \pm 1.0
50	47.2 \pm 2.6	47.5 \pm 2.2	46.3 \pm 3.1	47.5 \pm 2.4
75	58.1 \pm 1.4	59.0 \pm 2.4	60.2 \pm 2.2	59.0 \pm 1.4
95	58.2 \pm 3.0	59.6 \pm 3.7	68.8 \pm 2.4	70.2 \pm 2.8

(다) DPPH radical 소거 활성

추출 온도와 시간 조건에 따른 유리산소 소거 활성은 35°C에서 추출 시간이 1시간일 경우 무처리 대비 56.9%인데 비해 3시간에서는 49.9%, 6시간 추출한 것은 41.6%, 9시간 추출한 것은 53.8%로 추출 시간에 따른 일정한 경향은 보이지 않았다. 추출 온도의 변화에서는 35°C에서 56.9%인데 비해 50°C에서는 52.7%, 75°C에서 추출한 시료에서는 68.4%, 95°C에서 추출한 시료에서는 70.9%으로 활성이 증가하였다. DPPH radical 소거활성도 추출 시간보다는 추출 온도에 의해 영향을 받고 낮은 온도보다는 75°C 이상의 높은 온도에서 추출하는 것이 활성이 높게 나타났다.

Table 3-35. DPPH radical scavenging activity of cowpea seed at different extraction time and temperature.

Temperature (°C)	DPPH radical scavenging activity, % of control			
	Extraction Time, hour			
	1H	3H	6H	9H
35	56.9 ± 7.5	49.9 ± 5.5	41.6 ± 6.2	53.8 ± 2.5
50	52.7 ± 4.5	53.5 ± 4.7	48.2 ± 4.8	61.5 ± 3.2
75	68.4 ± 4.3	69.9 ± 3.7	55.3 ± 3.2	75.5 ± 5.1
95	70.9 ± 3.5	74.6 ± 2.5	72.7 ± 4.3	81.9 ± 4.5

(라) Nitrite 소거 활성

추출 온도와 시간 조건에 따른 아질산염 소거활성은 35°C와 50°C의 비교적 낮은 온도에서 추출한 시료는 활성이 비교적 낮았고 추출시간의 변화에 따라 일정한 경향을 보이지 않았다. 그러나 75°C와 95°C의 높은 온도에서 추출한 시료의 활성은 낮은 온도에서 추출한 시료의 활성보다 추출시간에 관계없이 상대적으로 높은 활성을 보였다.

Table 3-36. Nitrite scavenging activity of cowpea seed at different extraction time and temperature.

Temperature (°C)	Nitrite scavenging activity, % of control			
	Extraction Time, hour			
	1H	3H	6H	9H
35	42.5 ± 5.8	47.7 ± 2.9	48.6 ± 4.5	46.7 ± 3.8
50	46.2 ± 1.9	51.5 ± 3.3	57.0 ± 2.4	52.7 ± 4.8
75	57.5 ± 2.7	68.2 ± 6.7	62.6 ± 4.7	67.8 ± 3.1
95	70.9 ± 2.5	71.4 ± 3.2	68.7 ± 5.1	80.8 ± 4.6

(3) 동부 이용 소프트 음료의 유효성분 및 기능성 평가

(가) 총페놀화합물 함량

동부 종실을 이용한 음료 제조를 위해 동부 종자를 5분, 10분, 15분, 20분, 25분, 30분 간격으로 roasting한 후 총페놀화합물 함량을 분석하였다. Roasting 처리한 동부에서 roasting 시간이 증가함에 따라 총페놀화합물의 함량도 증가하는 경향을 보였다. Roasting 처리하지 않은 동부의 총페놀 함량이 45.7ug에 비해 5분간 roasting한 것은 93.3ug, 10분간 roasting한 것은 288.8ug, 15분 roasting한 것은 396.6ug으로 roasting에 의해 함량이 15분 정도까지 크게 증가되었고 15분 이상 roasting한 것에서는 비슷한 경향을 보였다.

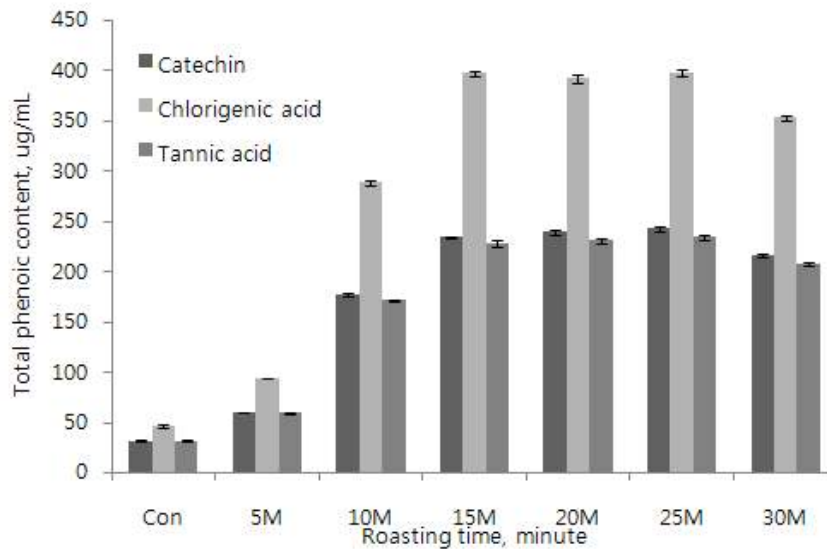


Fig. 3-6. Total phenolics content of cowpea soft drink at different roasting condition.

Table. 3-37. Total phenolics content of cowpea soft drink at different roasting condition.

	Total phenolic acid content, $\mu\text{g}/\text{ml}$						
	Roasting time, minute						
	0	5	10	15	20	25	30
Catechin	31.2 ± 0.9	59.8 ± 0.1	177.0 ± 1.6	233.8 ± 0.8	238.8 ± 2.3	242.3 ± 2.3	215.3 ± 1.8
Chlorogenic acid	45.7 ± 1.4	93.3 ± 0.2	288.8 ± 2.6	396.6 ± 2.7	391.9 ± 3.8	397.3 ± 3.7	352.6 ± 3.0
Tannic acid	31.3 ± 0.8	58.6 ± 0.2	170.9 ± 1.3	227.6 ± 2.9	230.5 ± 2.1	233.5 ± 1.8	207.8 ± 1.7

(나) 플라보노이드 함량

Roasting 처리한 동부의 roasting 시간 증가함에 따른 플라보노이드함량도 크게 증가하는 경향을 보였다. Roasting 처리하지 않은 동부의 플라보노이드함량이 12.2ug에 비해 5분간 roasting한 것은 17.2ug으로 약간 증가하였고, 10분간 roasting한 것은 39.9ug, 15분 roasting한 것은 54.0ug, 20분 roasting 것은 57.0ug, 25분 roasting 한 것은 62.6ug으로 roasting 시간의 증가에 따라 비례적으로 증가하는 경향을 보였다.

Table. 3-38. Total flavonoid content of cowpea soft drink at different roasting condition.

Flavonoid content, $\mu\text{g}/\text{ml}$						
Roasting time, minute						
0	5	10	15	20	25	30
12.2 \pm 0.3	17.1 \pm 0.5	39.9 \pm 0.9	54.0 \pm 0.5	57.0 \pm 1.0	62.6 \pm 1.3	59.7 \pm 0.6

(다) DPPH radical 소거 활성

Roasting 처리한 동부의 dpph radical 소거활성은 roasting 하지 않은 동부가 10%의 활성을 보이는데 비해 5분 roasting 한 시료가 33.5%, 10분 roasting 한 시료가 77.0% 로 활성이 크게 증가하였고, 15분 roasting 시료가 80.4%로 가장 높은 활성을 보였다. 20분 이상 roasting한 시료에서는 다시 다소 낮아지는 경향을 보였다.

Table. 3-39. DPPH radical scavenging activity of cowpea soft drink at different roasting condition.

DPPH radical scavenging activity, % of control						
Roasting time, minute						
0	5	10	15	20	25	30
10.0 \pm 4.3	33.5 \pm 7.5	77.0 \pm 4.9	80.4 \pm 5.1	76.6 \pm 6.1	73.9 \pm 7.4	75.8 \pm 6.6

(라) Nitrite 소거 활성

Roasting 처리한 동부의 아질산염 소거활성은 roasting 하지 않은 동부가 1%의 활성을 보이지 않는데 비해 5분 roasting 한 시료가 15.7%, 10분 roasting 한 시료가 49.4% 로 활성이 크게

증가하였고, 15분 roasting 시료가 83.3%로 가장 높은 활성을 보였다.

Table. 3-40. Nitrite scavenging activity of cowpea soft drink at different roasting condition.

Nitrite scavenging activity, % of control						
Roasting time, minute						
0	5	10	15	20	25	30
1.6 ± 0.7	15.7 ± 2.3	49.4 ± 5.9	83.3 ± 5.5	72.2 ± 6.8	70.2 ± 6.1	85.3 ± 5.6

(마) 향기성분 분석

동부 종실을 이용한 음료 제조시 향미에 가장 영향을 미치는 향기성분을 5분, 10분, 15분, 20분, 25분, 30분 간격으로 roasting한 후 GC-MS/MS를 이용하여 분석하였다. 동부 종실과 roasting 처리한 동부 종실에서는 약 25종의 향기성분이 검출되었다. 검출된 성분 중에서는 1-Dodecanol과 Propanoic acid가 가장 많았고 9,12-Octadecadienoic acid, Benzene 등은 소량 함유되어 있는 것으로 확인되었다. 1-Dodecanol과 Propanoic acid은 roasting 하지 않은 종실에서는 많은 양이 검출되었으나 roasting 후 함량이 크게 감소되는 것으로 나타났다. 반면 Dodecyl acrylate와 9,12,15-Octadecatrienoic acid는 roasting 하지 않은 종실에서는 검출되지 않았으나 roasting 한 후의 종실에서는 많은 양이 검출되었다. 9-Octadecenamide와 4-(3,4-Dimethoxy -benzylidene)-1-(4-nitrophenyl)-3-phenyl-2-pyrazolin-5-one와 같은 성분은 roasting 하지 않은 종실에서 검출되었으나 roasting 한 종실에서는 검출되지 않아 열에 쉽게 소실되는 것으로 나타났다. γ -Tocopherol, γ -Sitosterol, 그리고 Propanoic acid, 3,3'-thiobis- 등은 roasting 하지 않은 종실보다 roasting 한 종실에서 양이 증가한 것으로 나타났다.

동부 종실의 커피 대용 가능성을 확인하기 위해 기존 커피와 비교하여 향기성분을 분석한 결과(table 3-38) 동부 종실에서는 약 25종이 커피에서는 약 33종의 성분이 확인되었다. Benzene, Benzaldehyde, Dodecyl acrylate, Cyclododecyne, 2,2-dimethylcholest-4-en-3-one, γ -Sitosterol, Propanoic acid, 3,3'-thiobis 등은 동부와 커피 모두에 함유되어 있는 것으로 조사되었고, Cycloheptasiloxane, Propanoic acid(3-mercapto-), γ -Tocopherol, Stigmasta-5,24(28)-dien-3-ol 등은 동부에만 함유되어 있는 것으로 확인되었다. 그러나 커피에 다량 함유되어 있는 caffeine, n-Hexadecanoic acid, 1,5-dimethoxy-9,10-dioxo-9,10-dihydroanthracene-2-carbaldehyde, 2-(3,4-dimethylphenyl)-3,3-(2,2'-biphenyldiyl)-2-propene, α -hydroxy-3-methoxyestra-1,3,5(10),9(11)-tetraen-17-one, 등은 동부에 함유되어 있지 않았다. 분석된 향기성분의 양을 피크 면적으로 비교하면 동부는 커피의 약 1/10의 양을 보여 커피 특유의 향미에 이르지 못하는 것으로 나타났다.

Table 3-41. Aroma constituent of cowpea seed at different roasting condition.

Ret. Time	Mw	Name	Aroma constituent, peak area						
			Roasting time, minute						
			0	5	10	15	20	25	30
5.882	106.08	Benzene	30,300	30,503	33,697	28,081	34,019	34,360	29,548
9.174	106.04	Benzaldehyde	36,009	72,571	72,143	102,252	142,856	108,431	121,766
41.174	186.20	1-Dodecanol	21,602	-	-	-	-	-	-
42.991	518.13	Cycloheptasiloxane	128,249	94,227	79,231	83,448	83,755	75,654	87,047
48.775	186.20	1-Dodecanol	2,537,818	-	34,599	36,689	35,208	34,761	34,597
49.204	240.21	Dodecyl acrylate	-	1,529,717	1,086,857	888,543	787,761	901,725	989,985
54.679	270.26	Hexadecanoic acid	22,985	-	-	-	-	-	-
56.428	274.2	Propanoic acid, 3-mercapto-	1,050,644	483,896	322,276	242,289	204,415	260,836	302,424
58.011	294.26	9,12-Octadecadienoic acid	26,919	-	-	-	-	-	-
58.131	296.27	Methyl-dihydro malvalate	45,570	-	-	-	-	-	-
59.532	255.26	Hexadecanamide	74,742	-	-	-	-	-	-
61.503	429.13	4-(3,4-Dimethoxybenzylidene)- ¹	457,093	-	-	-	-	-	-
62.595	281.27	9-Octadecenamide	734,463	53,356	-	-	-	-	-
63.961	164.16	Cyclododecyne	252,301	84,875	93,078	78,031	79,102	103,299	116,528
64.052	292.24	9,12,15-Octadecatrienoic acid	-	-	85,243	74,152	74,568	90,750	95,606
64.270	294.26	9,12-Octadecadienoic acid	57,195	22,686	-	-	20,382	27,912	-
64.801	390.28	1,2-Benzenedicarboxylic acid	72,927	56,250	52,582	53,825	51,501	53,325	57,465
68.247	402.28	(2'R)-17-propanoyloxy-1	59,874	200,248	169,054	172,543	173,183	170,661	171,159
69.145	416.37	γ-Tocopherol	143,454	236,105	232,787	240,501	220,074	255,731	253,181
69.579	255.26	Hexadecanamide	153,909	27,729	-	-	-	-	-
70.905	429.13	4-(3,4-Dimethoxybenzylidene)- ¹¹	123,632	56,513	-	-	-	-	-
71.442	412.37	2,2-dimethylcholesterol-4-en-3-one	367,030	879,746	840,902	845,536	807,174	853,764	852,845
72.174	414.39	γ-Sitosterol	194,465	505,322	513,395	497,583	461,370	460,742	511,490
72.391	412.37	Stigmasta-5,24(28)-dien-3-ol	80,565	217,198	186,153	161,554	161,586	193,874	198,353
76.660	514.41	Propanoic acid, 3,3'-thiobis-	614,625	1,257,727	1,491,422	1,395,290	1,400,995	1,932,900	2,289,506

Table 3-42. Aroma constituent of cowpea seed at different cowpea variety.

Ret. Time	Mw	Name	Aroma constituent, peak area				
			Cowpea				
			Black	White	얼룩동부	어금니동부	Coffee
4.682	207.02	N-ethyl-1,3-dithi o-isoindoline	-	-	-	-	23,989
5.379	98.04	2-Furanmethanol	-	-	-	-	64,881
5.882	106.08	Benzene	34,019	36,683	32,239	34,327	31,120
9.174	106.04	Benzaldehyde	142,856	106,430	95,059	124,497	281,296
21.405	150.07	Benzoic acid	-	-	-	-	39,055
30.623	150.07	2-Methoxy-4- vinylphenol	-	-	-	-	106,109
41.174	186.20	1-Dodecanol	-	-	-	-	-
42.940	220.18	Phenol	-	-	-	-	197,624
42.991	518.13	Cycloheptasiloxa ne	83,755	82,572	78,648	83,064	-
46.872	202.17	1,4-Methanobenz o-cyclodecene	-	-	-	-	134,143
48.775	186.20	1-Dodecanol	35,208	35,359	32,696	31,840	-
49.204	240.21	Dodecyl acrylate	787,761	681,569	875,617	775,961	189,227
52.827	194.08	Caffeine	-	-	-	-	3,767,481
54.679	270.26	Hexadecanoic acid	-	-	-	-	90,056
55.542	256.24	n-Hexadecanoic acid	-	-	-	-	1,974,573
56.079	284.27	Hexadecanoic acid, ethyl ester	-	-	-	-	62,772
56.428	274.2	Propanoic acid, 3-mercapto-	204,415	176,367	258,925	219,148	-
58.011	294.26	9,12-Octadecadie noic acid	-	-	-	-	96,453
58.131	296.27	Methyl-dihydro malvalate	-	-	-	-	275,873
59.257	308.27	Linoleic acid ethyl ester	-	-	-	-	147,713
59.532	255.26	Hexadecanamid e	-	-	-	-	-
61.503	429.13	4-(3,4-Dimethox ybenzylidene)- ¹	-	-	-	-	-
62.595	281.27	9-Octadecenami de	-	-	-	-	-

Table 3-42. Aroma constituent of cowpea milk at different cowpea variety. (continued)

Ret. Time	Mw	Name	Aroma constituent, peak area				
			Cowpea				
			Black	White	얼룩동부	어금니동부	Coffee
62.852	224.14	Furfuryloctanoate	-	-	-	-	43,979
63.698	296.11	beta-3-Methoxy-6-oxaestra- ²	-	-	-	-	467,500
63.961	164.16	Cyclododecyne	79,102	92,986	86,734	106,751	483,075
64.052	292.24	9,12,15-Octadecatrienoic acid	74,568	78,042	78,399	79,308	-
64.121	296.07	1,5-dimethoxy-9,10-dioxo-9,10- ³	-	-	-	-	5,160,430
64.270	294.26	9,12-Octadecadienoic acid	20,382	24,316	-	-	-
64.344	296.16	2-(3,4-dimethylphenyl)- ⁴	-	-	-	-	8,002,486
64.447	296.11	14.beta.-3-Methoxy- ⁵	-	-	-	-	1,111,983
64.635	298.16	α-hydroxy-3-methoxyestra- ⁶	-	-	-	-	4,652,282
64.795	298.16	7,9-Dimethoxy-8-isopropyl- ⁷	-	-	-	-	7,553,990
64.801	390.28	1,2-Benzenedicarboxylic acid	51,501	55,112	61,753	59,665	-
64.927	298.23	(20R)-18,20-Epoxy- ⁸	-	-	-	-	1,109,069
65.092	296.18	9-Dehydro-1-methyl- ⁹	-	-	-	-	215,217
66.281	372.16	Methyl(E)-4,5-dimethoxy- ¹⁰	-	-	-	-	225,612
68.247	402.28	(2'R)-17-propano- ¹¹	173,183	182,175	207,387	259,531	-
69.019	416.37	β-Tocopherol	-	-	-	-	675,753
69.145	416.37	γ-Tocopherol	220,074	251,649	289,250	448,294	-
69.579	255.26	Hexadecanamide	-	-	-	-	-
69.910	430.38	α-Tocopherol	-	-	-	-	241,463
70.905	429.13	4-(3,4-Dimethoxybenzylidene)- ¹¹	-	-	-	-	-
71.071	400.37	Campesterol	-	-	-	-	347,225
71.442	412.37	2,2-dimethylcholesterol-4-en-3-one	807,174	682,226	747,707	974,505	789,147
72.174	414.39	γ-Sitosterol	461,370	257,832	462,351	434,343	881,936
72.391	412.37	Stigmasta-5,24(28)-dien-3-ol	161,586	196,778	145,061	216,703	-
76.660	514.41	Propanoic acid, 3,3'-thiobis-	1,400,995	1,770,808	1,805,213	1,948,778	1,992,470

1. 4-(3,4-Dimethoxybenzylidene)-1-(4-nitrophenyl)-3-phenyl-2-pyrazolin-5-one
2. 14.beta.-3-Methoxy-6-oxaestra-1,3,5(10),8,15-pentaen-7,17-dione
3. 1,5-dimethoxy-9,10-dioxo-9,10-dihydroanthracene-2-carbaldehyde
4. 2-(3,4-dimethylphenyl)-3,3-(2,2'-biphenyldiyl)-2-propene
5. 14.beta.-3-Methoxy-6-oxaestra-1,3,5(10),8,15-pentaen-7,17-dione
6. α-hydroxy-3-methoxyestra-1,3,5(10),9(11)-tetraen-17-one
7. 7,9-Dimethoxy-8-isopropyl-4-methyl-1H-phenalen-1-one
8. (20R)-18,20-Epoxy-5-en-3.β-yl Acetate
9. 9-Dehydro-1-methyl estrone methyl ether
10. Methyl(E)-4,5-dimethoxy-2-(3',4'-dimethoxystyryl)phenylacetate
11. 4-(3,4-Dimethoxybenzylidene)-1-(4-nitrophenyl)-3-phenyl-2-pyrazolin-5-one

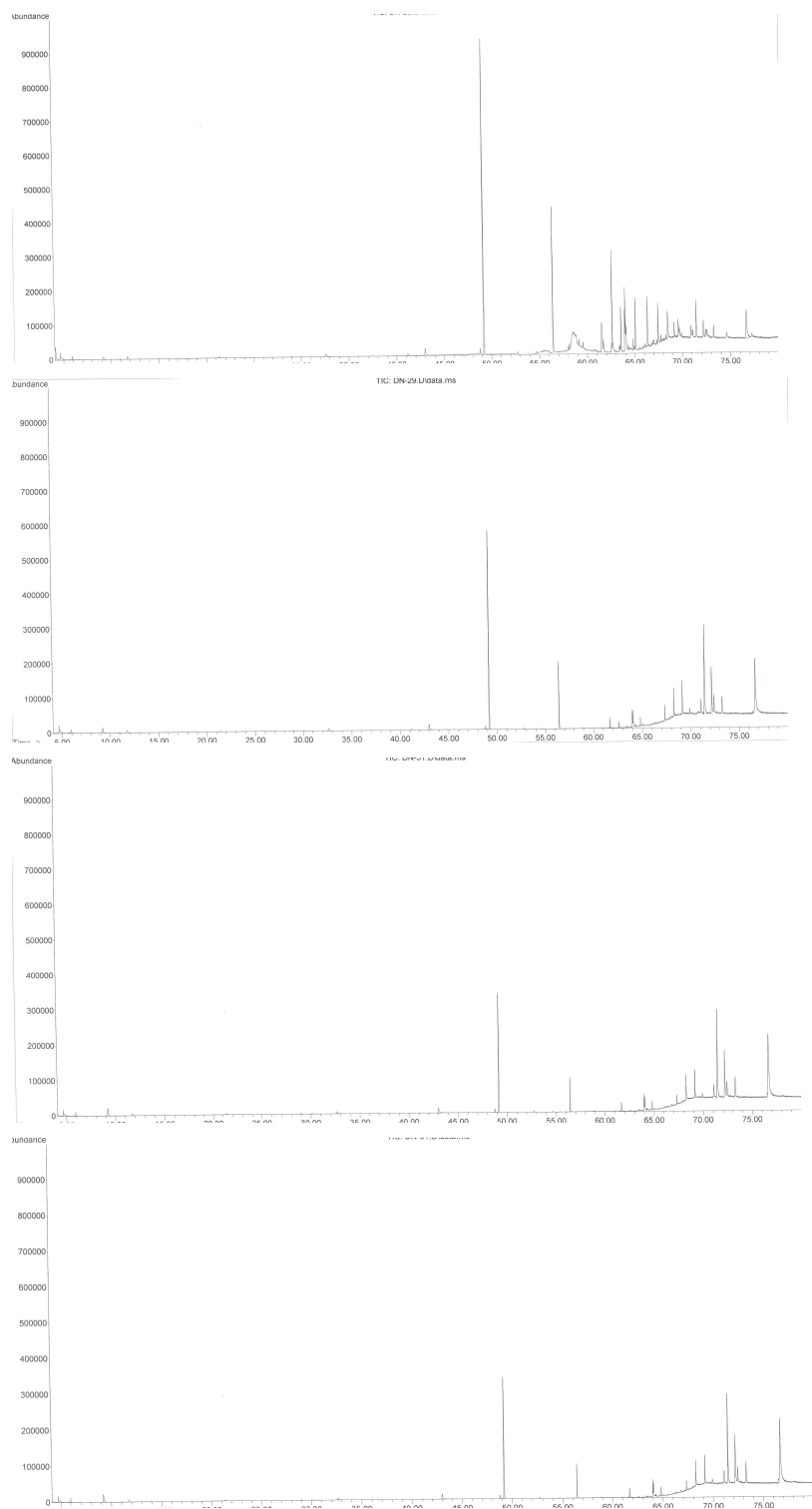


Fig 3-7. Chromatogram of cowpea seed at different roasting condition by GC/MS analysis.

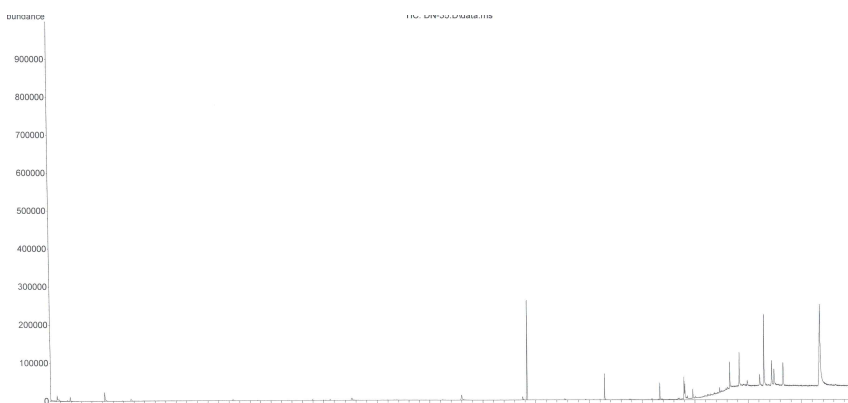
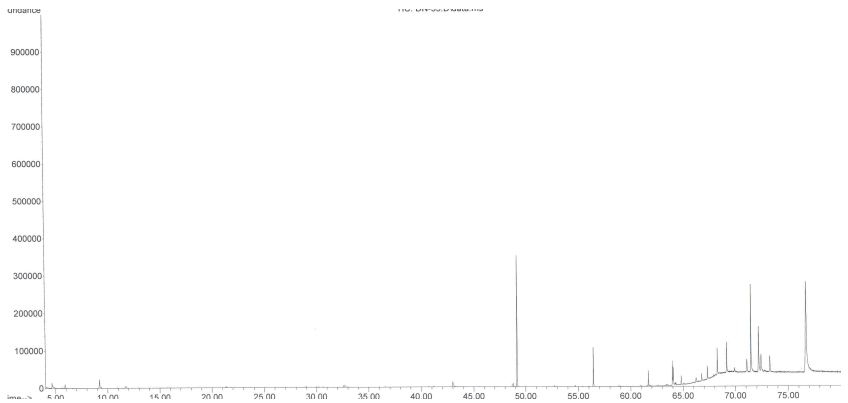


Fig. 3-7. Chromatogram of cowpea seed at different roasting condition by GC/MS analysis.(continued)

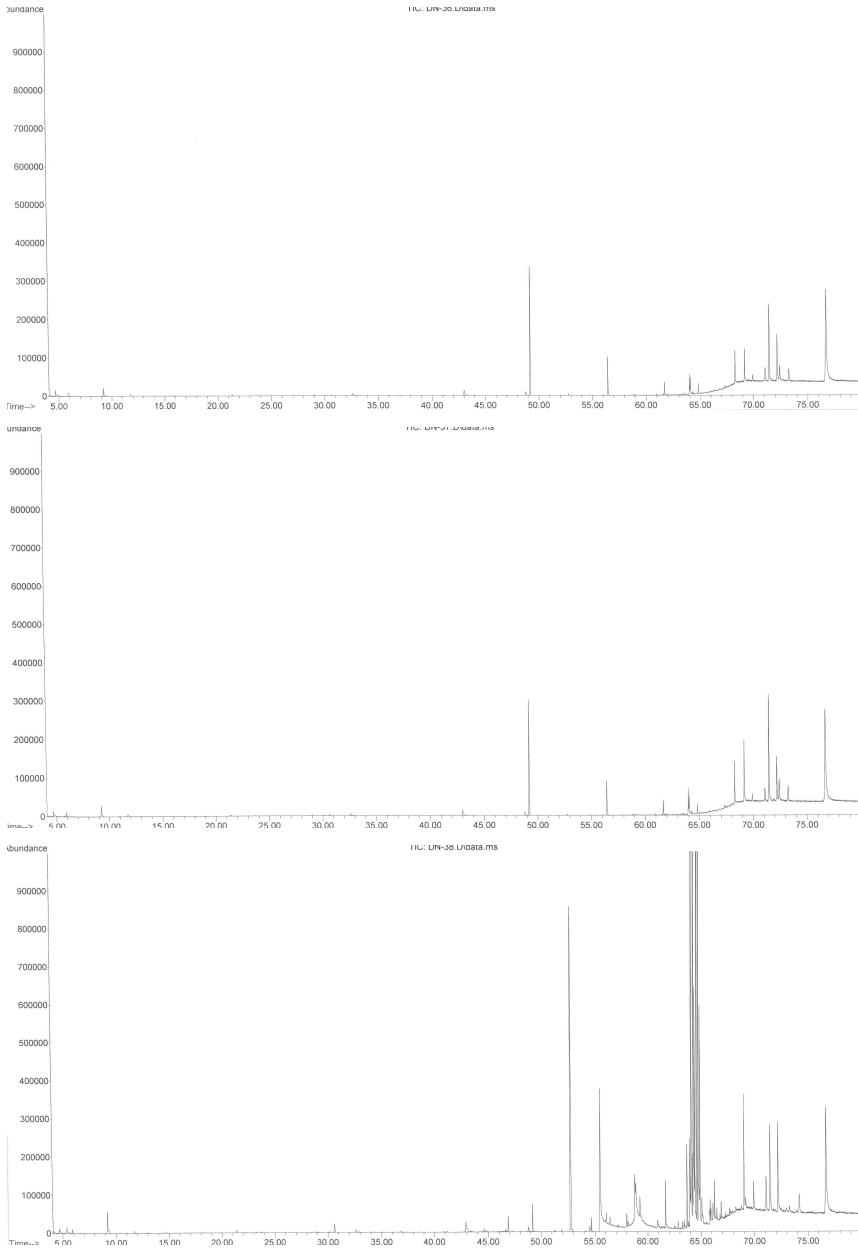


Fig. 3-7. Chromatogram of cowpea seed at different roasting condition by GC/MS analysis.(continued)

(마) 관능평가

동부 종실을 5분, 10분, 15분, 20분, 25분, 30분 간격으로 roasting한 분말화한 시료 1g을 90~100℃의 물 100ml를 넣고 30초~1분간 우려내 여과한 후 기호도를 평가하였다. 제조한 차의 내외질에 대한 관능평가는 20명의 평가원을 대상으로 하였으며 9점 척도법에 의해 관능평가를 실시하였다.

Roasting 가공에 따른 동부 차의 관능평가 결과 향은 오래 roasting할수록 기호도가 높아지는 경향이 있었고 맛과 차색에 대한 기호도는 15분 ~20분 정도에서 비교적 높은 기호도를 보였다. Roasting 하지 않은 경우나 5분간 roasting 한 경우는 두과 작물 특유의 맛과 향 때문에 평가원에 따라 낮은 기호도를 보였고, 25분 이상 비교적 긴 시간동안 roasting 한 경우는 쓴맛이 나타나 기호도를 저하시켰다.

전체적으로 15분에서 20분 정도로 roasting한 동부로 제조한 차에 대한 기호도가 높게 나타났다.

Table 3-43. A sensory test of cowpea seed by different roasting treatment.

Roasting Time (분)	Sensory test			
	Scent	Color	Taste	Total acceptability
Control	5.7 ± 0.7	5.0 ± 1.0	4.4 ± 0.9	5.0 ± 1.0
5	5.8 ± 1.0	5.2 ± 1.2	5.2 ± 1.4	5.5 ± 0.7
10	6.8 ± 0.8	5.5 ± 0.9	6.3 ± 1.0	6.1 ± 0.8
15	7.1 ± 1.1	5.6 ± 0.8	7.1 ± 0.9	6.8 ± 0.7
20	6.9 ± 1.3	5.8 ± 0.5	6.5 ± 1.4	6.5 ± 0.7
25	6.9 ± 0.8	4.7 ± 0.9	6.5 ± 1.0	6.1 ± 0.8
30	7.2 ± 0.5	4.5 ± 1.1	4.9 ± 1.5	5.1 ± 0.5

(사) 차음료 시제품의 제작

앞의 연구를 통해 선정된 동부(검은동부) 종실을 roasting 가공 후 적정 크기로 분쇄한 분말을 이용하여 동부 음료를 제조하였다. 제조 공정은 확보한 원료를 선별 및 세척과정을 통해 정선한 후 roasting 가공을 통해 유효성분의 추출량 증가와 향미를 향상시키고 원료를 적정 크기로 분쇄한 후 적정 추출 조건에서 추출하여 시제품을 제조하였다.

원료로 사용한 동부는 15분 roasting 가공한 검은 동부를 사용하였고 가공 동부 종실 분말 대비 100~150배 비율의 80~90℃의 뜨거운 물에 추출하였다. 추출시간은 음료의 탁도를 향상시키기 위해 30초에서 1분 정도의 짧은 시간 동안 추출하였다. 대량생산 공정은 Fig. 3-8과 같다.

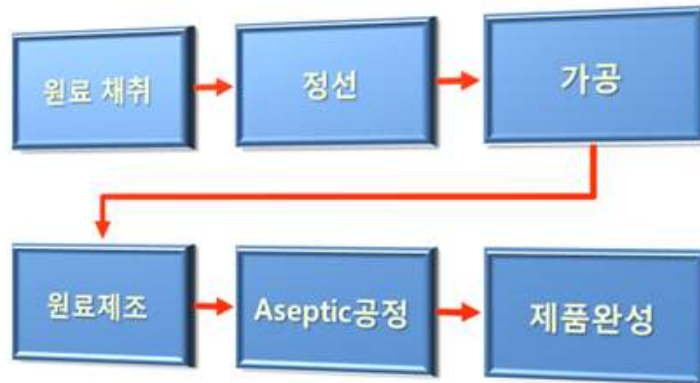


Fig. 3-8. 동부 소프트음료 제조 공정



Fig.3-9. Cowpea soft drink

(4) 동부 두유의 유효성분 및 기능성 평가

(가) 총페놀화합물 함량

동부 종자를 5분, 10분, 15분, 20분, 25분, 30분 간격으로 roasting한 후 동부 두유를 제조하여 제조된 동부두유의 총페놀화합물 함량을 분석하였다. 동부 두유에서 5분 roasting한 동부로 제조한 두유의 총페놀화합물 함량이 가장 높게 나타났다. 5분 roasting 한 동부로 제조한 두유(364.4ug)는 roasting 하지 않은 동부로 제조한 두유(105.2ug)에 비해 3배 이상의 높은 페놀화합물 함량을 보였고 이는 콩으로 제조한 두유(353.0ug) 보다도 약간 높은 것으로 나타났다.

Table. 3-44. Total phenolic content of cowpea milk at different roasting condition.

Roasting time (minute)	Total phenolic acid content, $\mu\text{g}/\text{ml}$		
	Catechin	Chlorogenic acid	Tannic acid
Control	67.5 \pm 2.1	105.2 \pm 3.5	65.9 \pm 2.3
5	222.1 \pm 2.1	364.4 \pm 3.3	214.1 \pm 2.1
10	117.1 \pm 1.9	188.1 \pm 2.0	113.4 \pm 1.7
15	114.6 \pm 1.6	184.4 \pm 2.4	111.0 \pm 1.5
20	153.5 \pm 2.1	248.4 \pm 2.7	148.1 \pm 1.9
25	187.1 \pm 1.7	305.4 \pm 2.7	179.9 \pm 1.3
30	191.2 \pm 1.6	313.5 \pm 3.4	184.5 \pm 1.6
Soybean	197.9 \pm 2.2	353.0 \pm 5.0	201.2 \pm 4.9

(나) 총 플라보노이드 함량

동부 종자를 5분, 10분, 15분, 20분, 25분, 30분 간격으로 roasting한 후 동부 두유를 제조하여 제조된 동부두유의 플라보노이드 함량을 분석하였다. 플라보노이드 함량은 총페놀화합물 함량과 같이 5분 roasting한 동부로 제조한 두유의 플라보노이드 함량이 80.4ug으로 가장 높게 나타났다. 콩으로 제조한 두유는 17.5ug으로 동부 두유보다 낮은 함량을 보였다.

Table. 3-45. Total flavonoid content of cowpea milk at different roasting condition.

Roasting time (minute)	Flavonoid content, $\mu\text{g}/\text{ml}$
Control	89.8 \pm 5.2
5	80.4 \pm 1.1
10	45.0 \pm 1.5
15	31.1 \pm 0.6
20	46.8 \pm 1.1
25	55.1 \pm 2.4
30	66.6 \pm 1.5
Soybean	17.5 \pm 0.4

(다) DPPH radical scavenging activity

동부 종자를 5분, 10분, 15분, 20분, 25분, 30분 간격으로 roasting한 후 동부 두유를 제조하여 제조된 동부두유의 유리산소 소거 활성은 roasting 하지 않은 동부로 제조한 두유는 17.2%의 활성을 보인데 비해 5분 roasting 한 동부로 제조한 두유는 38.8%의 활성을 보여 제조한 두유 중 가장 높은 활성을 보였고 10분 이상 roasting 한 동부로 제조한 두유는 21%~ 25% 범위에서 활성을 보여 5분 roasting 한 동부 두유보다 낮았다. 콩으로 제조한 두유는 동일 농도에서 9.6%의 낮은 활성을 보였다.

(라) Nitrite scavenging activity

동부 종자를 5분, 10분, 15분, 20분, 25분, 30분 간격으로 roasting한 후 동부 두유를 제조하여 제조된 동부두유의 아질산염 소거 활성은 roasting 하지 않은 동부로 제조한 두유는 27.2%의 활성을 보인데 비해 5분 roasting 한 동부로 제조한 두유는 33.3%, 10분 roasting 한 동부 두유는 40.7%, 15분 roasting 한 동부 두유는 53.4%로 roasting을 많이 한 동부로 제조한 두유 일수록 아질산염소거활성이 높게 나타났다. 콩으로 제조한 두유는 동일 농도에서 11.5%의 낮은 활성을 보였다.

Table. 3-46. DPPH radical and nitrite scavenging activity of cowpea milk at different roasting condition.

Roasting time (minute)	DPPH radical scavenging activity, % of control	Nitrite scavenging activity, % of control
Control	17.2 ± 3.1	27.2 ± 1.2
5	38.8 ± 2.4	33.3 ± 1.6
10	24.2 ± 1.1	40.7 ± 2.1
15	23.8 ± 1.7	53.4 ± 1.5
20	21.2 ± 1.5	62.3 ± 1.4
25	23.7 ± 2.2	65.8 ± 1.4
30	31.8 ± 1.2	64.8 ± 1.1
Soybean	9.6 ± 3.3	11.5 ± 0.4

(마) Roasting 정도에 따른 동부 두유의 일반성분 변화

동부 종자를 5분, 10분, 15분, 20분, 25분, 30분 간격으로 roasting한 후 제조한 동부 두유의 일반성분 함량 변화는 Table 3-42와 같았다. 다음과 같았다. 조섬유소 함량은 roasting하지 않은 동부로 제조한 두유가 2.81%였고 5분 roasting한 동부는 2.58%, 10분 roasting한 동부는 2.81%, 15분은 2.98%, 20분은 3.15%, 25분은 3.46%, 그리고 30분은 3.81%의 결과를 보였다. 조단백질 함량은 roasting 하지 않은 동부로 제조한 두유가 6.74%였고 roasting 한 동부로 만든 두유는 6.19%에서 6.97% 범위로 roasting 한 정도와 일정한 관계는 없었다.

동부의 종류와 콩으로 만든 두유의 일반성분 함량은 다소 차이를 보였는데 동부 두유는 조지방함량이 0.01%에서 0.07%의 함량을 보인 반면 콩으로 만든 두유는 0.56%로 높은 지방함량을 보였다. 섬유소함량은 어금니 동부가 3.18%로 가장 높은 함량을 보였고 흰동부가 1.46%로 가장 낮은 함량을 보였으며 콩으로 만든 두유는 0.18%로 낮은 탄수화물 함량을 보였다. 조단백질 함량은 동부 두유가 흰동부 5.63%, 검은동부 6.74%의 정도의 함량을 보인데 비해 콩으로 만든 두유는 7.66%로 콩 두유가 동부 두유에 비해 비교적 높은 단백질 함량을 보였다.

Table 3-47. General ingredient content of cowpea milk at different roasting condition.

Roasting time (minute)	General ingredient, %				
	Crude fat	Crude fiber	Ash	Moisture	Crude protein
Control	0.04	2.81	0.25	93.39	6.74
5	0.01	2.58	0.23	92.96	6.97
10	0.01	2.81	0.22	92.88	6.74
15	0.06	2.98	0.31	92.76	6.72
20	0.06	3.15	0.33	92.46	6.64
25	0.07	3.46	0.30	93.90	6.19
30	0.10	3.81	0.29	92.75	6.46

Table 3-48. General ingredient content of cowpea milk at different variety.

Variety	General ingredient, %				
	Crude fat	Crude fiber	Ash	Moisture	Crude protein
검은동부	0.01	2.81	0.22	92.88	6.74
흰동부	0.07	1.46	0.27	92.65	5.63
얼룩동부	0.01	2.55	0.28	92.91	6.49
어금니동부	0.07	3.18	0.29	92.51	6.80
콩 두유	0.56	0.18	0.26	95.48	7.66

(바) 아미노산 함량

동부 종자를 5분, 10분, 15분, 20분, 25분, 30분 간격으로 roasting한 후 제조한 동부 두유의 아미노산 함량 변화는 Table 3-44와 같았다. 총아미노산 함량은 roasting하지 않은 동부로 제조한 두유가 827.35 mg/kg인데 비해 5분 roasting한 동부는 1242.34mg/kg, 10분 roasting한 동부는 1273.90mg/kg, 15분은 1033.34mg/kg, 그리고 20분은 1131.80mg/kg으로 무처리에 비해 크게 증가하는 것으로 나타났다. 그러나 25분은 roasting 한 동부로 제조한 두유는 707.54mg/kg, 그리고 30분 roasting 한 동부로 만든 두유는 861.13mg/kg으로 오래 roasting 동부에서는 오히려 함량이 감소하는 경향을 보였다. 아미노산의 종류에 따라 roasting 정도에 따른 함량 변화가 다르게 나타났는데 특히 glutamic acid 등의 아미노산은 20분 이상 roasting 한 동부 두유에서 함량이 크게 감소하는 것으로 나타났다.

Table 3-49. Free amino acid content of cowpea milk at different roasting condition.

Amino acid	Amino acid contents, mg/kg						
	Roasting time, min						
	0	5	10	15	20	25	30
Glycine	0.00	13.30	18.06	21.65	21.77	15.02	19.50
Alanine	3.81	23.05	34.88	40.18	49.68	37.87	52.66
Serine	6.00	4.13	3.17	5.55	0.00	3.90	4.27
Proline	29.32	59.02	43.62	47.38	51.12	19.80	32.09
Valine	114.82	213.72	239.72	18.24	281.40	313.78	278.55
Threonine	14.96	19.09	18.79	15.24	13.77	0.84	8.83
Leucine	5.15	9.40	10.52	10.56	7.47	2.36	4.50
Isoleucine	0.21	5.06	6.62	10.42	8.05	1.05	5.39
Aspartic acid	119.18	165.93	172.66	179.50	162.41	55.59	54.25
Lysine	3.79	19.88	9.08	14.03	8.82	7.34	8.11
Glutamic acid	118.69	131.77	124.67	105.72	67.13	0.00	33.10
Methionine	0.10	0.18	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00
Histidine	30.75	44.03	40.98	31.84	17.56	28.19	22.26
Phenylalanine	6.01	12.86	10.88	10.85	9.01	4.30	8.79
Arginine	293.50	413.92	428.28	393.68	320.42	90.21	203.06
Tyrosine	15.01	14.49	22.64	35.05	19.42	42.78	34.92
Cystine	66.05	92.49	89.22	93.46	93.77	84.52	90.84
Total	827.35	1242.34	1273.90	1033.34	1131.80	707.54	861.13

Table 3-50. Free amino acid content of cowpea milk at different roasting condition.

Amino acid	Amino acid contents, mg/L			
	Roasting time, min			
	0	5	10	soybean
Glycine	0.00	13.30	18.06	2.87
Alanine	3.81	23.05	34.88	41.01
Serine	6.00	4.13	3.17	3.04
Proline	29.32	59.02	43.62	11.34
Valine	114.82	213.72	239.72	12.83
Threonine	14.96	19.09	18.79	6.11
Leucine	5.15	9.40	10.52	16.82
Isoleucine	0.21	5.06	6.62	17.48
Aspartic acid	119.18	165.93	172.66	9.51
Lysine	3.79	19.88	9.08	4.99
Glutamic acid	118.69	131.77	124.67	37.69
Methionine	0.10	0.18	0.09	0.19
Histidine	30.75	44.03	40.98	4.14
Phenylalanine	6.01	12.86	10.88	13.49
Arginine	293.50	413.92	428.28	122.44
Tyrosine	15.01	14.49	22.64	1.01
Cystine	66.05	92.49	89.22	6.81
Total	827.35	1242.34	1273.90	311.78

동부의 종류와 콩으로 만든 두유의 아미노산함량(Table 3-46)은 동부의 종류에 따라 다르게 나타났는데 얼룩동부로 만든 두유가 928.7mg/kg으로 가장 함량이 높았고, 검은동부와 흰동부로 만든 두유는 827.35mg/kg과 821.12mg/kg으로 비슷한 함량을 보였으나 roasting 한 검은 동부로 만든 두유는 1242.34mg/kg으로 roasting에 의해 아미노산 함량이 크게 증가되는 것으로 나타났다. 콩으로 만든 두유는 311.78mg/kg으로 동부로 만든 두유에 비해 함량이 상대적으로 낮은 것으로 나타났는데 glutamic acid 함량은 roasting 검은 동부로 만든 두유가 124.67mg/kg인데 비해 콩으로 만든 두유는 37.69mg/kg으로 낮은 함량을 보였다.

Table 3-51. Free amino acid content of cowpea milk at different cowpea variety.

Amino acid	Amino acid contents, mg/L					
	검은동부	Roasted 검은동부	흰동부	얼룩동부	어금니동부	콩두유
Glycine	0.00	18.06	38.41	16.68	17.15	2.87
Alanine	3.81	34.88	59.92	21.27	36.93	41.01
Serine	6.00	3.17	4.41	3.28	1.19	3.04
Proline	29.32	43.62	7.78	21.65	10.82	11.34
Valine	114.82	239.72	144.08	173.99	186.05	12.83
Threonine	14.96	18.79	12.78	13.07	17.82	6.11
Leucine	5.15	10.52	12.46	8.56	15.14	16.82
Isoleucine	0.21	6.62	8.66	6.40	9.43	17.48
Aspartic acid	119.18	172.66	122.46	154.27	40.87	9.51
Lysine	3.79	9.08	9.06	13.86	1.17	4.99
Glutamic acid	118.69	124.67	113.45	112.54	153.79	37.69
Methionine	0.10	0.09	0.13	0.00	0.00	0.19
Histidine	30.75	40.98	24.86	28.58	23.88	4.14
Phenylalanine	6.01	10.88	25.60	13.82	28.83	13.49
Arginine	293.50	428.28	161.45	250.52	245.71	122.44
Tyrosine	15.01	22.64	11.29	15.70	33.15	1.01
Cystine	66.05	89.22	64.30	74.51	82.60	6.81
Total	827.35	1273.90	821.12	928.70	904.53	311.78

(사) 관능평가

동부 종실을 5분, 10분, 15분, 20분, 25분, 30분 간격으로 roasting한 동부 종실 100g을 물 1000ml를 넣고 약 30분간 두유를 제조하여 여과한 후 기호도를 평가하였다. 제조한 동부 두유의 내외질에 대한 관능평가는 20명의 평가원을 대상으로 하였으며 5점 척도법에 의해 관능평가를 실시하였다.

Roasting 가공에 따른 동부 차의 관능평가 결과 오래 roasting할수록 기호도가 낮아지는 경향이 있었고 특히 맛에 대한 기호도는 15분 이상 roasting 한 경우는 쓴맛을 강하게 느껴 기호도가 크게 낮아지는 경향이였다. 이는 두유는 비교적 고농도로 추출하기 때문에 roasting이 강하게 될 경우 쓴맛이 강하게 나타나기 때문으로 보이며 전체적으로 5분에서 10분 정도로 roasting한 동부로 제조한 두유가 고소한 맛을 향상시켜 기호도가 높게 나타났다.

Table 3-52. A sensory test of cowpea seed by different roasting treatment.

Roasting Time (분)	Sensory test			
	Scent	Color	Taste	Total acceptability
Control	4.3 ± 0.5	4.0 ± 0.3	4.3 ± 0.2	4.2 ± 0.2
5	4.1 ± 0.3	4.4 ± 0.5	4.3 ± 0.4	4.3 ± 0.4
10	3.8 ± 0.4	4.3 ± 0.4	3.5 ± 0.3	4.1 ± 0.4
15	3.1 ± 0.5	3.8 ± 0.3	3.2 ± 0.5	3.5 ± 0.4
20	3.1 ± 0.6	3.8 ± 0.6	2.5 ± 0.4	3.2 ± 0.6
25	2.9 ± 0.3	3.5 ± 0.3	2.5 ± 0.5	3.1 ± 0.4
30	3.2 ± 0.5	3.5 ± 0.4	1.9 ± 0.5	2.5 ± 0.3

(아) 동부 두유 시제품의 제작

앞의 연구를 통해 선정된 동부(검은동부) 종실을 roasting 가공 후 가공된 종실을 불려 조직을 연화시키고 삶은 과정과 여과 과정을 통해 동부 두유를 제조하였다. 제조 공정은 확보한 원료를 선별 및 세척과정을 통해 정선한 후 roasting 가공을 통해 유효성분의 추출량 증가와 향미를 향상시키고 적정 추출 조건에서 추출하여 시제품을 제조하였다.

원료로 사용한 동부는 본 연구를 통해 확인된 유효성분 및 기능성 평가 결과와 맛에 대한 평가 결과를 고려하여 5분간 roasting 가공한 검은 동부를 사용하였고 가공 동부 종실양 대비 약 10배 비율의 물을 혼합하여 제조 공정에 따라 두유를 제조하였다. 시제품 두유 제조 시간은 약 25분에서 30분 소요되었으며 제조 공정은 Fig.3-10과 같다.

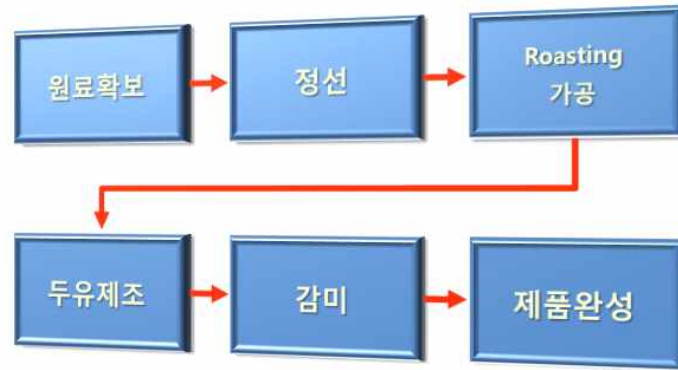


Fig. 3-10. 두유 제조 공정



Fig. 3-11. Cowpea milk

4. 결과요약 및 종합결론

가. 동부 나물 재배조건별 품질 및 성분 변화

동부의 종실에서 발아하여 나물의 생육 기간에 따른 총페놀화합물의 함량 변화를 평가하였다. 동부나물의 총페놀화합물 함량은 시중에서 이용되는 대표적인 나물자원인 콩나물에 비해 절반 이하의 낮은 함량을 보였다. 생육 기간의 변화에 따른 함량변화는 대체로 생육초기의 함량이 높았으나 동부의 종류에 따라 차이를 보였다. 플라보노이드 함량은 일반적으로 생육기간이 증가함에 따라 함량이 다소 증가하였다. 반면 콩나물의 경우는 반대로 생육기간이 증가함에 따라 함량이 감소하는 것으로 나타났다.

동부나물의 생육기간에 따른 DPPH radical 소거 활성은 동부의 종류에 따라 다소 차이를 보였으나 1일차의 활성이 가장 높았고 생육기간이 증가함에 따라 활성이 감소되었다. 아질산염 소거능은 동부나물이 콩나물에 비해 약 20% 정도 높게 나타났다.

동부나물의 성장 중 vitamin C 함량은 발아후 1일차가 가장 높게 나타났고 생육기간이 길수록 함량이 감소하는 것으로 나타났다.

동부나물과 콩나물의 성장 중 생육기간에 따른 나물의 절단 강도는 동부나물은 3일과 5일의 강도가 가장 높았고 콩나물은 1일 재배한 것의 강도가 높게 나타났다.

나. 동부나물의 규격화 기술개발

저장 조건에 따른 동부나물의 총페놀화합물 함량은 저온조건에서 저장한 동부는 저장 기간이 증가할수록 총페놀화합물 함량이 감소한 것으로 나타났으나 차이는 크지 않았다. 기간에 따른 유의적인 차이는 없었다. 통기상태로 저온에서 보관한 나물의 경우는 동부와 콩나물 모두에서 0일차에 비해 저장한 나물의 총페놀화합물 함량이 낮게 나타났다. 실온에서 밀봉보관한 나물의 총페놀화합물 함량 변화는 0일차에 비해 저장 기간이 증가함에 따라 총페놀화합물의 함량도 유의적으로 증가하는 것으로 나타났다.

플라보노이드 함량은 저온에서 보관할 경우 동부의 경우 저장기간이 증가할수록 유의적으로 감소하였다. 그러나 콩나물은 무처리(0일차)와 차이가 없었다.

DPPH radical 소거능은 저온에서 밀봉 보관한 동부나물은 무처리(0일차)에 비해 저장기간이 증가할수록 유의적으로 활성이 감소하였다. 그러나 콩나물의 경우는 저장기간이 증가할수록 활성도 증가하였다.

통기상태로 저온에서 보관한 나물의 경우도 동부나물은 무처리에 비해 유의적으로 활성이 감소하였고 콩나물은 활성이 증가하였다.

Vitamin C 함량은 저온조건에서 밀봉 보관한 동부나물은 저장기간이 증가할수록 함량이 감소하는 것으로 나타났다. 통기상태로 저온에서 보관한 경우도 무처리에 비해 함량이 크게 감소하였다.

저온 조건에서 보관한 동부나물과 콩나물은 밀봉포장에서 3일 보관까지는 비슷한 강도를 보였고 이후 일수가 증가할수록 강도가 급격하게 약해지는 것으로 나타났다.

다. 동부 종실을 이용한 제품 개발

(1) 가공 공정에 따른 유효성분 및 기능성 평가

동부 종실의 가공 조건 규명을 위해 동부 종자의 종류별로 다양한 조건으로 가공하여 유효 성분 및 기능성의 변화를 평가하였다. Roasting 처리한 동부에서 roasting 시간이 증가함에 따라 총페놀화합물의 함량도 증가하는 경향을 보였다. Boiling 처리한 동부에서 5분간 boiling한 시료에서 무처리에 비해 크게 증가하였으나 10분이상 boiling한 경우에는 오히려 함량이 감소되는 경향을 보였다. 동부 종실을 먼저 발효 처리한 후 boiling한 경우에는 시간의 증가에 따라 일정한 경향을 보이지는 않았으나 25분간 boiling한 시료에서 가장 높은 함량을 보였다. 플라보노이드 함량도 roasting 시간에 비례적으로 증가하는 경향을 보였다.

Roasting 처리한 동부의 dpph radical 소거활성은 roasting 하지 않은 동부에 비해 roasting 한 동부의 활성이 높았고 15분 동안 roasting한 경우가 가장 높은 활성을 보였다. 아질산염 소거활성은 roasting 하지 않은 동부가 거의 활성을 보이지 않은데 비해 15분간 roasting 경우는 동일 농도에서 83.3%로 높은 활성을 보였다.

가공한 동부종실의 추출 온도와 시간 조건에 따른 유효성분 및 항산화활성은 추출 시간보다는 추출온도에 의해 영향을 받았고 추출 온도가 높아질수록 총페놀화합물 함량과 유리산소소거능이 높아지는 것으로 확인되었다.

동부 종실의 커피 대용 가능성을 확인하기 위해 기존 커피와 비교하여 향기성분을 분석한 결과(table 3-38) 동부 종실에서는 약 25종이 커피에서는 약 33종의 성분이 확인되었다.

검출된 성분 중에서는 1-Dodecanol과 Propanoic acid가 가장 많았고 9,12-Octadecadienoic acid, Benzene 등은 소량 함유되어 있는 것으로 확인되었다. 1-Dodecanol과 Propanoic acid은 roasting 하지 않은 종실에서는 많은 양이 검출되었으나 roasting 후 함량이 크게 감소되는 것으로 나타났다. 반면 Dodecyl acrylate와 9,12,15-Octadecatrienoic acid는 roasting 하지 않은 종실에서는 검출되지 않았으나 roasting 한 후의 종실에서는 많은 양이 검출되었다.

Benzene, Benzaldehyde, Dodecyl acrylate, Cyclododecyne, 2,2-dimethylcholest-4-en-3-one, γ -Sitosterol, Propanoic acid, 3,3'-thiobis 등은 동부와 커피 모두에 함유되어 있는 것으로 조사되었고, Cycloheptasiloxane, Propanoic acid(3-mercapto-), γ -Tocopherol, Stigmasta-5,24(28)-dien-3-ol 등은 동부에만 함유되어 있는 것으로 확인되었다. 그러나 커피에 다량 함유되어 있는 caffeine, n-Hexadecanoic acid 등은 동부에 함유되어 있지 않았다. 분석된 향기성분의 양을 피크 면적으로 비교하면 동부는 커피의 약 1/10의 양을 보였다.

(2) 동부 두유의 유효성분 및 기능성 평가

가공 처리한 동부로 제조한 두유의 총페놀화합물 함량은 5분 roasting 한 동부로 제조한 두유가 roasting 하지 않은 동부로 제조한 두유에 비해 3배 이상의 높은 페놀화합물 함량을 보였고 콩으로 제조한 두유보다도 약간 높은 것으로 나타났다. 플라보노이드 함량도 5분 roasting한 동부로 제조한 두유가 가장 높게 나타났다.

유리산소 소거 활성은 5분 roasting 한 동부로 제조한 두유가 가장 높은 활성을 보였고 10분 이상 roasting 한 동부로 제조한 두유에서는 다소 낮아지는 것으로 나타났다. 콩으로 제조한 두유는 동일 농도에서 동부 두유에 비해 1/4 정도의 낮은 활성을 보였다. 아질산염 소거 활성

은 roasting 하지 않은 동부로 제조한 두유에 비해 roasting 시간이 길수록 활성이 높게 나타났다.

동부의 종류와 콩으로 만든 두유의 일반성분 함량은 다소 차이를 보였는데 동부 두유는 조섬유소 함량이 높았고 콩으로 만든 두유는 조지방함량과 조단백질 함량이 높았다.

아미노산 함량은 roasting 하지 않은 동부로 제조한 두유에 비해 5분에서 20분까지 크게 증가하는 것으로 나타났고 25분 이상 roasting 한 경우 오히려 함량이 감소하였다.

동부의 종류에 따른 아미노산함량은 얼룩동부로 만든 두유가 가장 함량이 높았고, 검은동부와 흰동부로 만든 두유는 비슷한 함량을 보였으나 roasting 한 검은 동부로 만든 두유는 크게 증가되는 것으로 나타났다. 콩으로 만든 두유는 동부로 만든 두유에 비해 아미노산 함량이 상대적으로 낮은 것으로 나타났는데 glutamic acid 함량은 roasting 검은 동부로 만든 두유가 124.67mg/kg인데 비해 콩으로 만든 두유는 37.69mg/kg으로 낮은 함량을 보였다.

제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

제1절 연차별 연구개발 목표의 달성도

1. 1차년도(2011.12. ~2012. 12)

구분 (연도)	연구개발의 목표	달성도 (%)	연구개발의 내용
1차년도 (2011-2012)	■ 고품질 동부나물 생산을 위한 재배조건 규명 ○ 종자 전처리 기술개발 ○ 온도 및 관수 조건 규명 ○ 광조건 확립	100 100 100	- 침지방법 : 수중 및 습실 침지 - 온도조건 구명 : 15~35℃ 범위 - 관수조건 구명 : 관수횟수, 재배수 온도 - 차광조건 : 차광 0 - 70% 처리 - 광질조건 : 청, 백, 황, 적색 LED
	■ 동부나물(새싹채소)의 생리 활성 시험 ○ 발아과정의 성분 및 생리활성 변이 연구 ○ 동부나물의 성분 및 생리활성 변이 연구	100 100	- 발아환경별 : 온도(20, 25, 30℃) 및 광도(차광 0%, 차광 50%, 및 차광 70%) - 발아기간별 : 발아 후 0, 1, 3, 5, 7일 - 식물체 부위별 : 침중 및 발아된 종자 및 종피 - 나물제품 : 동부나물, 콩나물(대조 1) 및 녹두나물(대조 2) - 성분분석 항목 : 일반성분, 무기물, 총 페놀 및 총 플라보노이드 함량 - 기능성 분석 항목 : 항산화효소 활성, 항산화성
	■ 새싹채소의 제품화 기술개발 ○ 입지별 품질 및 성분 변화 ○ 새싹채소 규격화 기술개발	100 100	- 공장형 생산을 위한 입지 조건 규명 - 재배 온도와 광조건에 따른 품질 및 성분 조사 - 기능성 강화 재배법 적용 가능성 모색 - 광(LED)질의 변화에 따른 품질 및 성분 조사 - 저장 기간에 따른 품질 및 성분변화 조사 - 저장온도에 따른 품질 및 성분변화 조사 - 포장 방법 개발 : 적정 포장 단위 및 포장 방법 개발

2. 2차년도(2012. 12. ~2013. 12)

구분	연구개발의 목표	달성도 (%)	연구개발의 내용
2차년도 (2012-2013)	<p>■ 기능성 강화 동부나물 재배 기술 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 재배수의 최적 영양조건 구명 ○ 기능성 강화기술 개발 ○ 나물 고품질 유전자원 선발 ○ 재배기술 표준 매뉴얼 제작 	<p>100</p> <p>100</p> <p>100</p> <p>100</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 처리양액 및 농도 선정 - 최적 재배기간 선정 - Se 및 Ge 살포 후 흡수량 측정 - Se 및 Ge 처리 동부나물 성분분석 - 동부 자원의 일시수확 가능성, 수량성, 나물생산수율등 검토 - 선발 유전자원의 동부나물 품질 분석 - 친환경 동부나물 재배매뉴얼 작성
	<p>■ 식물체 부위별 생리활성 시험</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 식물체 부위별 성분 및 생리활성 ○ 재배시기별 성분 및 생리활성 ○ 주요 동부종자 품종별 성분 및 생리활성 	<p>100</p> <p>100</p> <p>100</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 식물체 : 영양생장기 (잎, 줄기) 및 생식생장기(꽃, 꼬투리, 종자)의 성분 및 생리활성 분석 - 종자 : 주요 동부종자 품종별 성분 및 생리활성 - 채취장소 : 실내(온실) 및 노지 재배지 - 성분분석 항목 : 일반성분, 무기물, 총 페놀 및 총 플라보노이드 함량 - 기능성 분석 항목 : 항산화효소 활성, 항산화성, 항숙취 및 항당뇨
	<p>■ 부위별 채소화 제품 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 부위별 가공기술 개발 ○ 샐러드 및 가공제품 개발 ○ 전분이용 기능성 죽 개발 ○ 동부 건강음료 제품 개발 ○ 가공식품 관능 및 기호 조사 	<p>100</p> <p>100</p> <p>100</p> <p>100</p> <p>100</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 데침처리, 증열처리 조건에 따른 유효성분 및 기능성 변화 조사 - 건조(자연건조, 동결건조, 열풍건조) 방법에 따른 유효성분 및 기능성 변화 조사 - 녹협과 어린 순을 이용한 샐러드 제품 개발 - 죽제품 개발을 위한 종실과 영양부위의 첨가량 변화에 따른 기호도 평가 - 이용의 편리성을 강화하기 위한 단일죽석죽 형태의 포장 방법 개발 - 기능성 음료 제품 개발을 위한 동부종실 가공 조건 규명과 첨가량 결정 - 가공 조건에 따른 유효성분 및 향기성분 분석 - 추출온도 및 시간에 따른 품질 및 성분 조사 - 관능 및 기호도 조사

제2절 연구결과의 관련분야에의 기여도

1. 재배기술 분야

- 동부나물을 시설 재배할 경우 표준 재배 생산을 위한 매뉴얼 제공
- 기능성 강화 동부나물 재배 기술 개발로 고소득 대체 작물로 개발 가능성 제시
- 타 나물 및 새싹 재배 시 재배기술의 표준 매뉴얼 제공
- 시설 재배 시 수량 지표 제시 및 예측 산정 가능

2. 기능성 연구 분야

- 동부나물의 발아과정의 성분 및 생리활성 변이 분석
- 동부나물의 생육시기별 성분 및 생리활성 변이 분석
- 동부의 식물체 부위별 성분 및 생리활성 변이 분석
- 고품질 동부나물 생산을 위한 기초 자료 제공
- 동부 종실의 기능성 및 유효성분 평가 자료 제시로 사업화를 위한 근거 자료 제공
- 재배 환경에 따른 생리활성물질 함량 및 기능성 변이 산정 기준 제시

3. 제품화 연구 분야

- 친환경적 동부나물 재배방법 제시
- 동부나물 또는 새싹채소 이용 방법 제시
- 친환경적 재배생산으로 생산성, 안전성, 기능성 및 상품성 확보
- 동부 가공법 및 가공 과정에서 성분 함량 및 기능성 변이 추적
- 동부의 대중화를 위해 부재료가 아닌 주 소재로의 가공 방법 제시로 대량 소모 가능
- 다양한 활용법 개발로 소득작물화 가능

4. 기후변화

가. 작물생산

- 기후변화에 대한 동부의 영향평가 가능
- 온도와 광 변이에 따른 생산성 제고
- 기후 변화 대응 생물 계절 변화 예측

나. 작부체계

- 기후변화 대응 적정 재배기술 발굴에 기여
- 아열대 작물 도입에 따른 재배법 연구에 기여
- 기타 두과작물의 소득 작물화를 위한 재배와 작부체계에 적용

다. 농업시스템

- 기후변화 대응 재해 유형에 따른 대처 기술
- 원예시설의 제작에 필요한 정보 제공
- 토양, 작물, 시설과 연관된 재배 시스템 개발

제 5 장 연구개발 성과 및 성과활용 계획

제 1 절 실용화·산업화 계획(기술실시 등)

1. 동부의 친환경적 고소득 재배기술 및 시설재배기술을 개발로 농가 및 업체에 활용
2. 기후변화 대응 작물의 기능성 변이탐색으로 미래 농식품자원의 변이성 연구에 기초자료 제공
3. 전통적으로 농가에서 부작물로 소량 재배하던 작물을 시설재배지로 전환함으로써 자원식품의 대량화와 식물공장화로 새로운 농가소득 모델을 구축에 활용
4. 단순한 식품이 아니라 과학적으로 그 효능을 확인하여 건강 지향적, 친환경적인 웰빙 식품의 개발에 활용
5. 기능성 소재의 탐색 및 유효성·위해성 평가기술, 기능성 물질의 소재화 기술, 기능성 제품화 기술을 확보하여 향후 식품뿐만 아니라 화장품 등의 기능성 제품 생산에 활용

제 2 절 교육·지도·홍보 등 기술 확산 실적 및 계획

1. 교육실적

- 가. 동부나물 재배기술. 고흥군친환경농업대학. 2012.4.25.
- 나. 동부나물 재배기술. 무안군농업인대학. 2012.5.9.
- 다. 동부나물 재배기술. 무안군새해농업인실용교육(여성농업인). 2013.2.15
- 라. 동부나물 재배기술. 무안군농업인대학(귀농인). 2013.8.1.
- 마. 동부나물 재배기술. 고흥군귀농·귀촌상설교육반. 2013.10.2

2. 교육·지도·홍보 등 기술 확산 계획

가. 재배기술 연구분야

- 동부의 신 소득작물 가능성 및 재배법에 대한 교육 자료로 활용
- 동부 나물 시설재배시 적절한 배지, 양분 및 재배기술에 관련된 현장교육
- 유사 작물의 재배시 고품질화 및 기능성 강화 기술 적용을 위한 교육자료로 활용

나. 기능성 연구 분야

- 기후변화 대응책으로써 기후변화에 따른 작물의 품질 및 기능성 변화에 대한 현장 적용 지도에 활용

다. 제품화 연구분야

- 동부를 종실 뿐만 아니라 나물 및 새싹 채소의 원료로 활용가능성 제시를 통한 다양한 활용 가능성을 제공하여 다양한 제품 생산을 통한 경쟁력 제고 효과
- 가공 공정 적용으로 유사 제품의 가공에 활용함으로써 제품 생산의 비용 및 시간 단축 효과

제 3 절 특허, 품종 및 논문 발표 계획

1. 특허

- 가. (농)동의나라주식회사, 김영민, 천상욱, 김동관, 신해룡. <동부나물 재배방법> 출원번호 제 10-2012-0127353 (출원완료)
- 나. (농)동의나라주식회사, 김영민, 천상욱, 김동관, 최미승, 이지은. <동부를 이용한 두유음료 제조방법> 출원번호 제 10-2013-0159925호 (출원 완료)

2. 논문

- 가. 원료곡 처리조건에 따른 동부나물 생산량과 생장반응. 한국자원식물학회지 26(5):636-644.
- 나. 재배온도와 광 조건에 따른 동부나물 생산량 및 품질변이(2014)
- 다. 게르마늄, 셀레늄 처리에 따른 동부나물 생장 및 Ge, Se 함량 변화(2014)
- 라. 천상욱. 2013. 동부 발아기간 중 폴리페놀 함량, 항산화성 및 항산화효소 활성 변이. 한국 자원식물학회지 26(1):60-67.
- 마. 천상욱, 김동관, 김영민. 2013. 두과작물 새싹의 폴리페놀 함량 및 항산화성 비교 연구. 한국자원식물학회지 26(2):159-168.
- 바. 천상욱. 2013. 동부나물의 부위별 생육, 폴리페놀 및 항산화성 차이. 한국작물학회지 58(3):232-238.
- 사. Chon, S. U. 2013. Total polyphenols and bioactivity of seeds and sprouts in several legumes. Current Pharmaceutical Design. 19(42):6112-6124.

3. 학술발표

- 가. The Effects of Pre-Treatment, Cultivation Temperature, and Light Quality on the Yield and Quality of Cowpea Sprouts. 한국작물학회지 제57권 별책 2호(2012):171

제 4 절 추가연구, 타연구에 활용 계획

1. 추가연구

- 가. 본 연구에서는 배지조성, 차광정도 및 온도변화에 따른 작물의 생육과 생리활성 연구를 향한 측면인 20~30℃ 정도의 범위에서만 영향을 다루는 연구가 진행되었으나 기후 변화 대응 연구로서 항온적인 것 보다는 급격한 이상 저온 또는 고온에 이르렀을 때 생육 및 생리활성의 변화를 추가로 연구하는 것이 필요하다고 생각됨
- 나. 본 연구에서 배지조성, 차광정도 및 온도변이에 따른 작물의 생리학적 접근 연구로서 생

태학적 측면인 환경변이에 따른 자원식물의 형태적 기능적 변이 등을 다루는 것과 재배적인 측면에서는 실제적인 재배자 입장에서 기후 변화 대응 재배관리 요점을 제시하는 연구가 필요함.

다. 본 연구에서는 동부 종실을 이용한 제품화를 위해 종자 자체의 가공 공정을 통한 제품화 연구를 수행하였으나 동부 원료를 이용한 제품의 다양성 및 활용 가능성 향상을 위해 발아 및 발효 조건 규명과 그에 따른 유효성분과 생리활성 변이에 대한 추적 연구가 필요함.

2. 타연구에 활용 계획

가. 본 연구 결과를 바탕으로 유사 타작물, 뿐만 아니라 나물이나 새싹 채소로 활용할 수 있는 여러 가지 원예작물을 시설 재배하는 경우 배지조성, 차광정도 및 온도변이에 따른 대처 방안이 될 수 있는 자료로서 활용 가능

나. 본 연구를 통해 개발된 가공 공정을 다른 곡류 등에 적용하여 제품화에 기여할 수 있음.

다. 기후변화 영향 평가에 부적합한 광과 온도에 의한 수량 및 생산성 저하에 관한 연구에서 그 피해 정도를 산정할 수 있는 자료로서 활용 가능

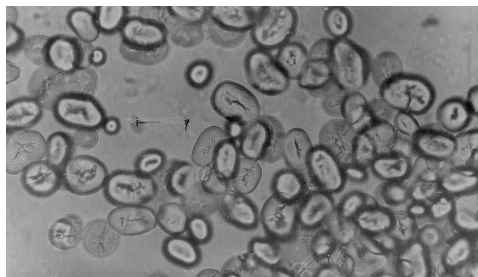
제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

■ 동부의 현미경적 전분 구조

Table. Some physical/functional properties of three legume starches.

Parameter	Yambean starch	Cowpea starch	Pigeon pea starch
Ionic characters	Non-ionic	Non-ionic	Non-ionic
Bulk density (g/ml)	1.07 ± 0.02	1.08 ± 0.02	1.01 ± 0.02
Water activity (aw)	0.62 ± 0.01	0.63 ± 0.01	0.65 ± 0.01
Water absorption capacity (% dwb)	91.17 ± 2.3	94.40 ± 2.5	103.79 ± 4.4
Oil absorption capacity (% dwb)	60.58 ± 4.0	63.88 ± 3.2	79.93 ± 5.4
Water-oil absorption index	1.51	1.48	1.30

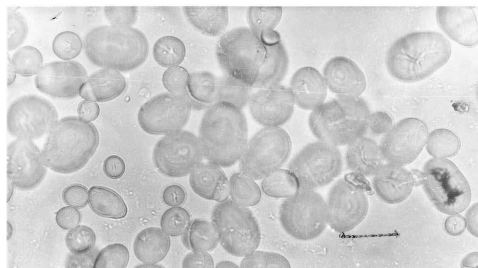
Mean values □ standard error of four determinations.



(a)



(b)



(c)

Fig. Photomicrographa of di□erent starch granules. (a) Cowpea; (b) Pigeon pea; (c) Yambean.

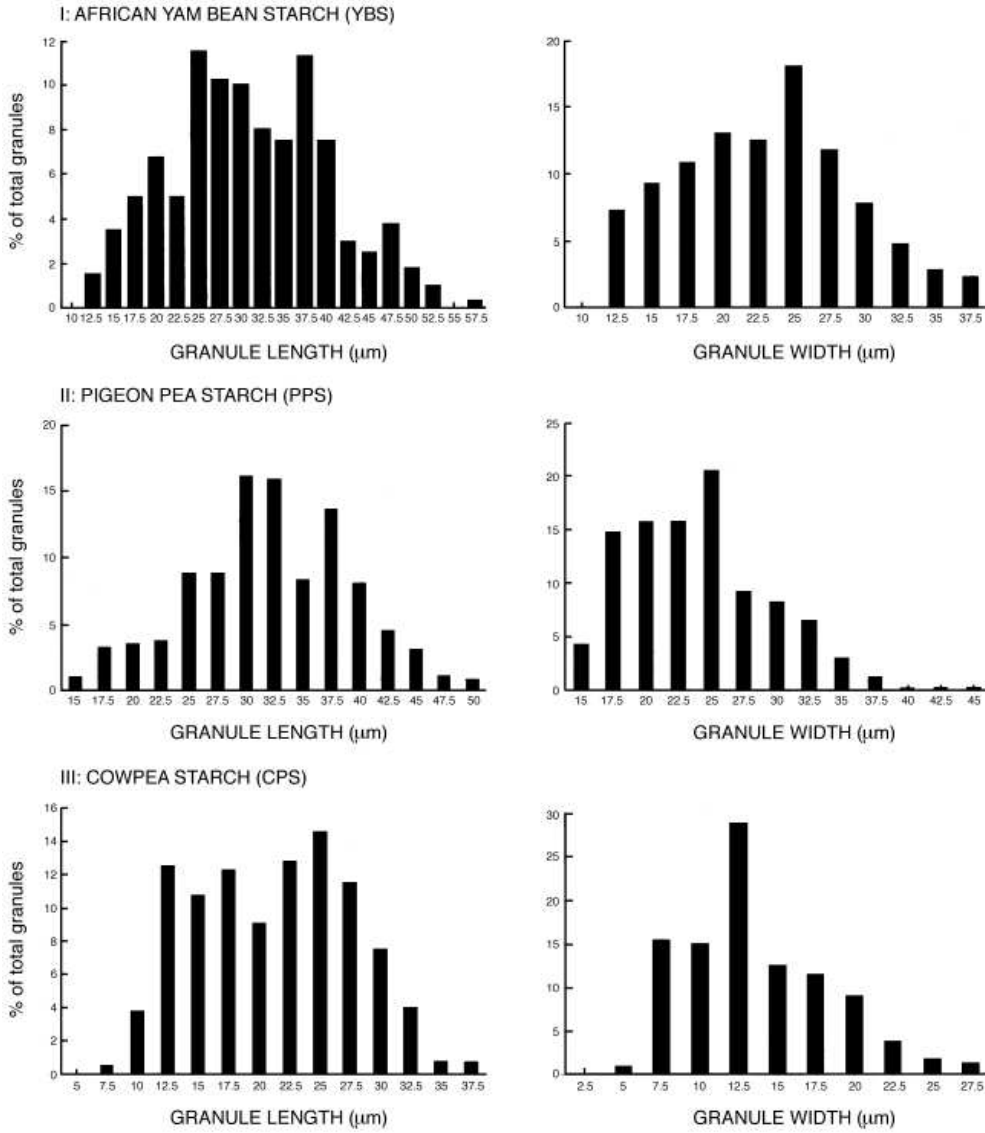


Fig. Granule size distribution of unmodified starches.

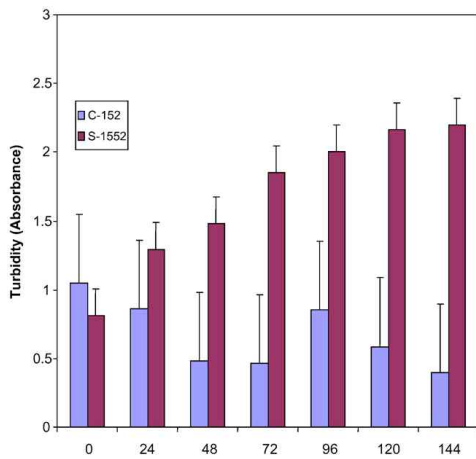


Fig. Turbidity of cowpea starch over a period of 144 h.

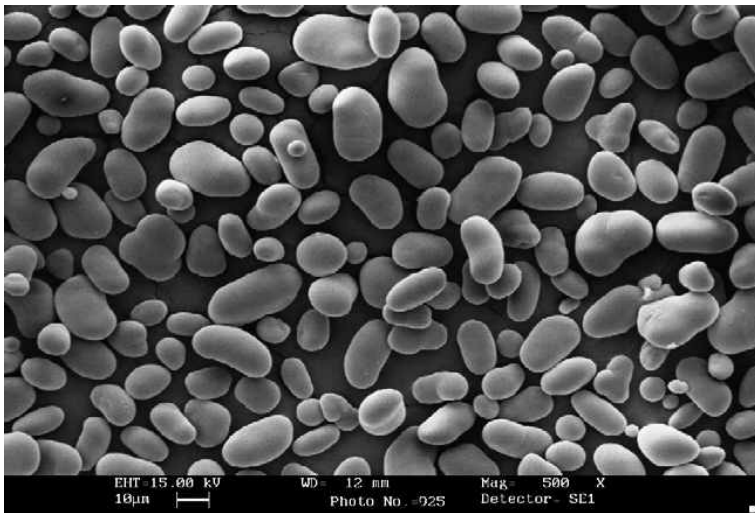


Fig. Scanning electron micrograph of C-152 starch.

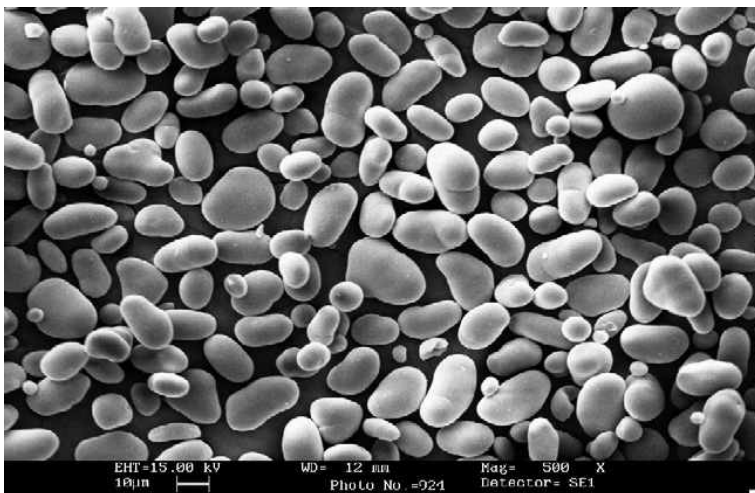


Fig. Scanning electron micrograph of S-1552 starch.

■ 동부의 지방산, 당 및 올리고당 함량

Table. Pasting profile of the starch and flour of two cowpea varieties.

Cowpea variety		GT	PV	HPV	CPV	BD	SB	BD _r	SB _t
		°C Brabender Unit (BU)							
C-152	Flour	77a	900c	520c	100d	380a	100b	480b	0.79a
	Starch	78a	1380b	1280b	3000b	100c	1620a	1720a	0.06b
S-1552	Flour	77a	660d	400d	610c	260b	-50c	210c	1.24a
	Starch	78a	1570a	1450a	3250a	120c	1680a	1800a	0.07b

Means in the same column followed by different alphabets are significantly different at 5% level of probability by Duncan's Multiple Range Test. GT = gelatinization temperature; BD = break down; PV = peak viscosity; SB_t = total set back; HPV = hard paste viscosity; BDr = relative breakdown; CPV = cold paste viscosity; SB = set back.

Table. Changes in individual, saturated, and unsaturated fatty acid content (mg per 100 g) in cowpea flour as a result of soaking, boiling, and fungal fermentation^a.

Fatty acid	Treatment							
	Control	Soaking	Soaking/boiling	Fermentation time (h)				
				0	15	18	21	24
Lauric (C _{12:0})	74.6a (0.1)	21.9b (6.0)	6.5c (0.2)	7.1c (2.1)	4.3c (0.8)	8.0c (0.5)	5.5c (0.4)	7.0c (1.3)
Myristic (C _{14:0})	2.9c (0.3)	2.8c (0.2)	3.5c (0.1)	3.5c (0.1)	6.2bc (0.9)	6.4bc (0.6)	11.3a (2.2)	9.9ab (2.3)
Palmitic (C _{16:0})	596.0b (36.8)	567.5b (27.4)	697.7a (1.9)	694.0a (10.1)	738.3a (5.9)	740.2a (21.6)	759.7a (20.8)	754.5a (5.1)
Stearic (C _{18:0})	130.2d (7.4)	131.3d (7.6)	157.5c (0.3)	164.0bc (3.6)	173.6abc (0.8)	172.1abc (3.3)	175.5ab (1.0)	182.7a (3.1)
Oleic (C _{18:1})	160.4c (11.5)	158.0c (9.6)	196.3b (1.5)	218.9ab (6.2)	229.0a (0.7)	226.0a (1.6)	229.7a (2.2)	232.5a (5.7)
Linoleic (C _{18:2})	765.0b (50.6)	746.0b (40.3)	939.8a (0.3)	1005.1a (29.5)	1033.7a (11.6)	1014.0a (27.9)	1017.2a (30.9)	1010.7a (3.8)
Linolenic (C _{18:3})	370.3b (27.8)	353.7b (19.1)	450.7a (4.9)	436.4a (10.3)	452.3a (3.1)	450.5a (22.1)	457.3a (19.8)	439.7a (6.8)
Arachidic (C _{20:0})	29.0b (1.4)	29.3b (1.7)	34.2a (0.2)	34.5a (0.1)	36.0a (0.2)	35.4a (0.5)	36.3a (0.2)	36.4a (0.3)
Eicosenoic (C _{20:1})	6.3cd (0.5)	6.0d (0.1)	7.5bc (0.3)	8.0ab (0.3)	8.6ab (0.3)	8.3ab (0.1)	8.1ab (0.4)	8.9a (0.2)
Behenic (C _{22:0})	64.8c (1.9)	65.1bc (4.0)	72.4ab (1.6)	73.2a (0.1)	75.7a (0.5)	74.9a (1.5)	77.2a (1.9)	76.9a (0.7)
Lignoceric (C _{24:0})	38.2b (0.8)	44.1ab (4.2)	42.5ab (3.5)	42.0ab (3.1)	46.3ab (4.0)	47.8ab (0.8)	46.3ab (1.9)	50.7a (1.7)
Saturated ^b [%]	935.7b [41.8]	862.0b [40.5]	1014.3a [38.9]	1018.3a [37.9]	1080.4a [38.5]	1084.8a [39.0]	1111.8a [39.4]	1118.1c [39.8]
Unsaturated ^c [%]	1302.0b [58.2]	1263.7b [59.5]	1594.3a [61.1]	1668.4a [62.1]	1723.6a [61.5]	1698.8a [61.0]	1712.3a [60.6]	1691.8a [60.2]
Total fatty acid	2237.7b (137.5)	2125.7b (120.3)	2608.6a (11.2)	2686.7a (61.1)	2804.0a (26.6)	2783.6a (77.9)	2824.1a (77.8)	2809.9 (14.7)

^aDry weight basis. Numbers in parentheses refer to standard deviations of two replications (duplicate extractions of each replication and seven injections of each extraction). Mean values in a row not followed by the same letter are significantly different ($P = 0.05$).

^bIncludes C_{12:0}, C_{14:0}, C_{16:0}, C_{18:0}, C_{20:0}, C_{22:0}, and C_{24:0}.

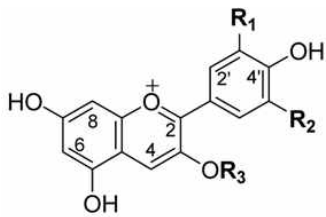
^cIncludes C_{18:1}, C_{18:2}, C_{18:3}, C_{20:1}.

Table. Changes in simple sugar and oligosaccharide content (g per 100 g) in cowpea flour as a result of soaking, boiling, and fungal fermentation^a.

Sugars/oligo-saccharides	Treatment							
	Control	Soaking	Soaking/boiling	Fermentation time (h)				
				0	15	18	21	24
Xylose	0.21 (0.03)	0.17 (0.03)	0.15 (0.02)	0.08 (0.00)	0.08 (0.01)	0.04 (0.02)	0.15 (0.01)	0.68 (0.03)
Fructose	0.44 (0.09)	0.13 (0.03)	0.35 (0.10)	0.35 (0.08)	0.58 (0.12)	0.46 (0.12)	ND	0.08 (0.01)
Glucose/galactose	0.03 (0.02)	0.10 (0.01)	0.02 (0.01)	0.04 (0.01)	ND	ND	ND	0.13 (0.04)
Sucrose	2.97 (0.68)	1.81 (0.26)	1.24 (0.09)	1.26 (0.13)	ND	ND	ND	0.26 (0.11)
Maltose	ND	0.51 (0.12)	ND	ND	ND	ND	ND	0.33 (0.05)
Raffinose (A)	1.24 (0.40)	1.74 (0.38)	1.42 (0.40)	1.40 (0.41)	ND	ND	ND	ND
Stachyose (B)	3.43 (0.29)	2.80 (0.33)	1.74 (0.21)	1.52 (0.09)	ND	ND	ND	ND
A&B	4.67	4.54	3.16	2.92	ND	ND	ND	ND
[% reduction]	[0.0]	[2.8]	[32.3]	[37.5]	[100]	[100]	[100]	[100]

^aDry weight basis. Numbers in parentheses refer to standard deviations of two replications (duplicate extraction of each replication and three injections of each extraction). ND, not detectable.

■ 동부의 색소, 안토시아닌 구조



- 1: R₁ = OH, R₂ = OH, R₃ = galactose
- 2: R₁ = OH, R₂ = OH, R₃ = glucose
- 3: R₁ = OH, R₂ = H, R₃ = galactose
- 4: R₁ = OH, R₂ = H, R₃ = glucose
- 5: R₁ = OMe, R₂ = OH, R₃ = glucose
- 6: R₁ = H, R₂ = H, R₃ = glucose
- 7: R₁ = OMe, R₂ = H, R₃ = glucose
- 8: R₁ = OMe, R₂ = OMe, R₃ = glucose

Fig. Chemical structures of the anthocyanins characterized in the seed coat of black cowpea.

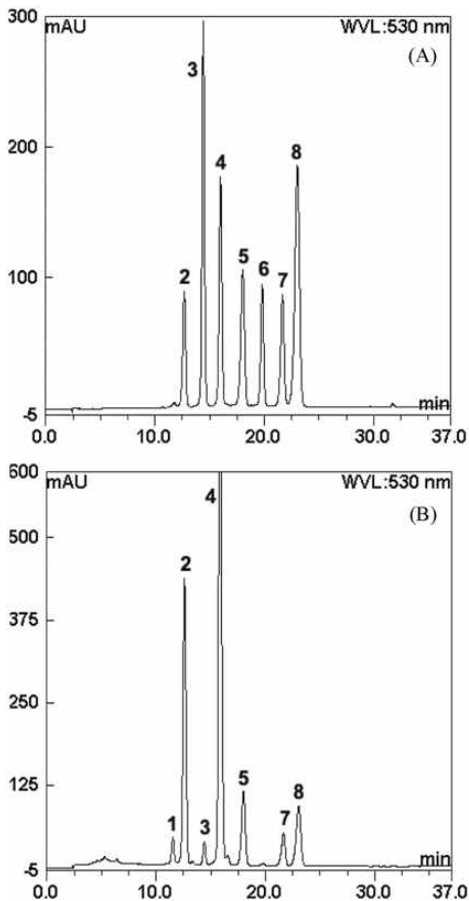


Fig. HPLC chromatograms of anthocyanin standards mixture (A) and methanolic crude extract of black cowpea (B) at 530 nm. Peak 1, delphinidin-3-O-galactoside; Peak 2, delphinidin-3-O-glucoside; Peak 3, cyanidin-3-O-galactoside; Peak 4, cyanidin-3-O-glucoside; Peak 5, petunidin-3-O-glucoside; Peak 6, pelargonidin-3-O-glucoside; Peak 7, peonidin-3-O-glucoside; Peak 8, malvidin-3-O-glucoside.

■ 동부의 부위별 기능성

Table. Free and bound phenolics and flavonoids and antioxidant capacity of whole cowpeas, seed coats and cotyledons.

	Whole seed	Seed coats	Cotyledons
<i>Total phenolics (mg gallic acid equiv./100 g)^a</i>			
Free	75.57 ± 2.59	368.05 ± 11.21	42.31 ± 2.87
Bound	31.74 ± 2.21	369.69 ± 17.41	1.44 ± 0.15
<i>Flavonoids (mg quercetin equiv./100 g)^a</i>			
Free	97.50 ± 2.00	983.83 ± 40.59	0.09 ± 0.04
Bound	75.67 ± 6.89	747.10 ± 9.60	Traces
<i>Antioxidant capacity measured by ORAC (μmol Trolox equiv./g)</i>			
Free	12.96 ± 0.55	14.91 ± 0.40	13.35 ± 0.73
Bound	0.53 ± 0.05	0.56 ± 0.04	0.59 ± 0.15
<i>Antioxidant capacity measured by ABTS (μmol Trolox equiv./g)</i>			
Free	4.00 ± 0.57	28.06 ± 0.27	11.24 ± 0.78
Bound	0.04 ± 0.00	0.04 ± 0.00	0.03 ± 0.00

^a All values are expressed on dry weight basis. Values are means of three observations.

Table. Free and bound phenolic acids and flavonols content in whole cowpeas, seed coats and cotyledons.

	Whole seed	Seed coats	Cotyledons
<i>Free phenolic acids (μg/g)^a</i>			
Gallic acid	ND	27.09 ± 4.10	ND
Protocatechuic acid	ND	18.97 ± 0.45	ND
p-Hydroxybenzoic acid	0.95 ± 0.01	5.81 ± 0.97	5.15 ± 0.50
Coumaric acid	1.25 ± 0.52	0.62 ± 0.88	ND
Ferulic acid	26.25 ± 3.47	ND	ND
<i>Bound phenolic acids (μg/g)^a</i>			
Gallic acid	ND	5.48 ± 2.42	ND
Protocatechuic acid	ND	ND	ND
p-Hydroxybenzoic acid	ND	ND	ND
Coumaric acid	ND	ND	ND
Ferulic acid	ND	ND	ND
<i>Free flavonols (μg/g)^a</i>			
Myricetin	ND	2.307 ± 0.79	ND
Quercetin	1.361 ± 0.36	4.029 ± 0.05	ND
Kaempferol	ND	6.096 ± 0.81	ND
<i>Bound flavonols (μg/g)^a</i>			
Myricetin	ND	ND	ND
Quercetin	ND	ND	ND
Kaempferol	ND	ND	ND

^aAll values are expressed on dry weight basis. Values are means of three observations. ND = not detected.

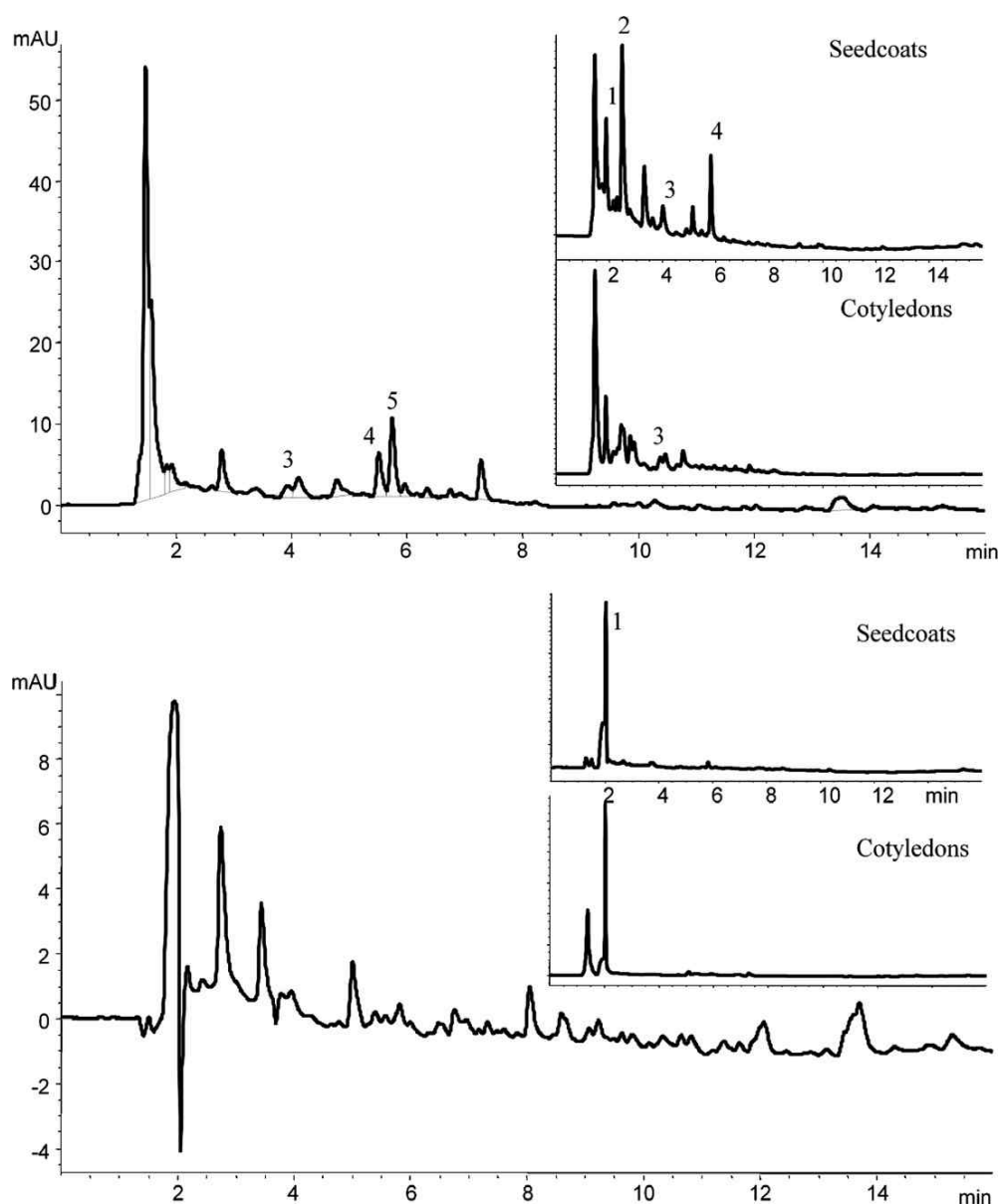


Fig. Phenolics profiles of cowpea extracts determined with HPLC - PDA at 280 nm. The upper chromatogram was obtained from free phenolics extracted from whole cowpeas, seed coats and cotyledons and bottom shows the corresponding to bound phenolics. Gallic acid (1), protocatechuic acid (2), p-hydroxybenzoic acid (3), coumaric acid (4), and ferulic acid (5).

■ 동부의 종피 색깔별 플라보노이드 및 안토시아닌 함량

Table. Concentration of flavonoids and anthocyanins released by seed extracts from different cowpea genotypes in aqueous methanol (10 g seed in 50mL of acidified MeOH) during 2005.

Accession no.	Cowpea genotypes	Seed coat color	Flavonoids (Abs g DM ⁻¹)	Anthocyanins
1	IT95K-1093-5	Light brown/brown	2.80hi	0.12stuv
2	IT95K-238-3	Cream	1.29zd	0.05wxyz
3	IT95K-1453-47	Cream	2.07u	0.42f
4	IT97K-497-2	Cream	2.34qr	0.04xyz
5	IT97K-1068-7	Brown	2.58m	0.31hijk
6	IT97K-499-38	Cream	2.30rs	0.41fg
7	IT97K-499-39	Cream	2.36q	0.33hij
8	IT97K-499-39	Light brown/brown	2.52n	0.15qrst
9	IT95K-1090-12	Light yellow	2.76ij	0.16qrs
10	IT95K-1156-3	Light red	1.42zb	0.30ijkl
11	IT93K-686-2	Light yellow	2.71k	0.16qrs
12	IT90K-284-2	Cream	2.93g	0.04xyz
13	IT94K-2023-3	Cream	2.07u	0.10tuvvw
14	IT95K-286-4	Cream	1.77y	0.08uvwx
15	IT93K-2045-29	Cream	2.75jk	0.42f
16	IT96D-651	Cream	1.95w	0.25lmno
17	Kisangata	Cream	2.66l	1.32a
18	IT96D-618	Cream	2.19t	0.00z
19	IT94D-437-1	Cream	1.79xy	0.00z
20	IT95K-627-34	Cream	1.83x	0.01z
21	IT93K-452-1	Cream	4.26e	0.60d
22	IT94K440-3	Cream	2.09u	0.26klmn
23	IT94K410-1	Cream	1.65z	0.46ef
24	Vuli-1	Dark red/purple	2.24s	0.81b
25	Line 2020	Brown	2.65l	0.13rstu
26	Kaputura	Brown	2.26rs	0.17pqrs
27	Chora	Brown	2.15t	0.13rstu
28	Ngonji	Brown	2.30rs	0.15qrst
29	Mamlaka	Brown	2.25s	0.22nop
30	Tumaini	Brown	2.27rs	0.18pqr
31	Fahari	Mixture	1.39zbc	0.02yz
32	Mchanganyiko-1	Mixture	1.47za	0.49ef
33	Mchanganyiko-2	Mixture	1.36zc	0.15qrst
34	Mchanganyiko-3	Mixture	2.43p	0.28jklm
35	Mchanganyiko-4	Mixture	2.01v	0.32hij
36	Ex-Chamwino	Mixture	2.41p	0.14rst
37	Ex-Zepisa	Mixture	1.07zg	0.45ef
38	Za-Kutambaa	Mixture	1.17zf	0.74c
39	Hombolo Makulu	Mixture	2.84hi	0.20opq
40	Mchanganyiko	Mixture	2.24s	0.36gh
41	Bensogla	Mixture	5.49c	0.24mno
42	ITH98-46	Mixture	4.93d	0.07vwxy
43	Sanzie	Mixture	7.45a	0.34hi
44	TVu 1509	Mixture	3.85f	0.04xyz
45	Omondaw	Cream	6.91b	0.14rst
One-way ANOVA (F-statistic)				
Reps			6328.8**	143.5**
CV (%)			1.1	13.7

Table. Insect pest infestation and effect of spraying with minimum insecticide application on grain yield of 25 cowpea genotypes grown at Manga, Ghana, in 2003. Grain yield values represent harvests from 3 inner rows of 3 plots per trial. PSB = pod-sucking bugs.

Genotype	Pest infestation		Grain yield		Yield increase from spraying %
	No. of thrips per 5 flowers	No. of PSB per row	kg ha ⁻¹		
			Protected	Unprotected	
Bensogla	15.0mn	2.0e	444.4ijkl	240.7c	84.6mn
ITH98-46	24.7hi	6.3ab	370.3klmn	222.2c	66.7n
Sanzie	27.3efg	5.7abc	937.0ab	351.8a	166.3kl
TVu 1509	19.7jk	5.0cde	555.5fgh	85.2lmn	552.0c
Omondaw	17.3klm	3.0cde	592.5efg	311.1b	90.5mn
ITH98-20	18.7jk	3.3cde	388.8jklmn	181.3de	114.5lmn
ITH98-24	12.7no	4.7cde	518.5ghi	166.6def	211.2jk
ITH98-45	16.0lm	3.7cde	555.7fgh	148.1fgh	275.2ghi
ITH98-48	33.7cd	2.3de	851.8bc	185.2d	359.9ef
ITH98-49	33.0d	8.7a	814.8c	177.7de	360.0ef
TVX 3236	26.0fgh	4.0cde	907.4bc	118.5ijk	666.0b
Vita 7	35.7bc	2.3de	629.6def	74.0mn	750.0a
Bengpla	18.7jk	3.3cde	592.5efg	129.6ghij	357.2ef
Vallenga	39.34a	6.3ab	841.8bc	166.6def	405.3de
Brown eye	22.7i	2.0e	1037.0a	185.1d	460.2d
Tilli local	19.3jk	4.3cde	666.6de	133.3ghi	400.0de
IT86D-1951	13.0no	2.3de	481.4hij	111.1ijkl	333.3fg
IT90K-277-2	28.7e	3.3cde	462.9hijk	118.5ijk	290.6gh
IT87D-1951	17.7jkl	2.0e	351.8lmn	100.0klm	251.8hij
Adom	37.3ab	3.0cde	703.7d	155.5efg	352.5ef
Soronko	25.7gh	5.0cde	833.3c	122.2hijk	581.9c
IT86D-566-6	28.3ef	4.7cde	333.3mno	62.9n	429.9d
Ayiyi	20.0j	6.3ab	425.9ijklm	129.6ghij	228.6ij
IT86D-1010	19.7jk	2.7de	240.7o	103.7jkl	132.1lm
IT86D-2075	12.3p	2.0e	307.4no	137.0ghi	124.4lmn
One-way ANOVA (F-Statistic)					
Rep	87.3**	2.0*	36.9**	48.1**	75.0**
CV (%)	6.3	54.6	10.6	10.9	11.5

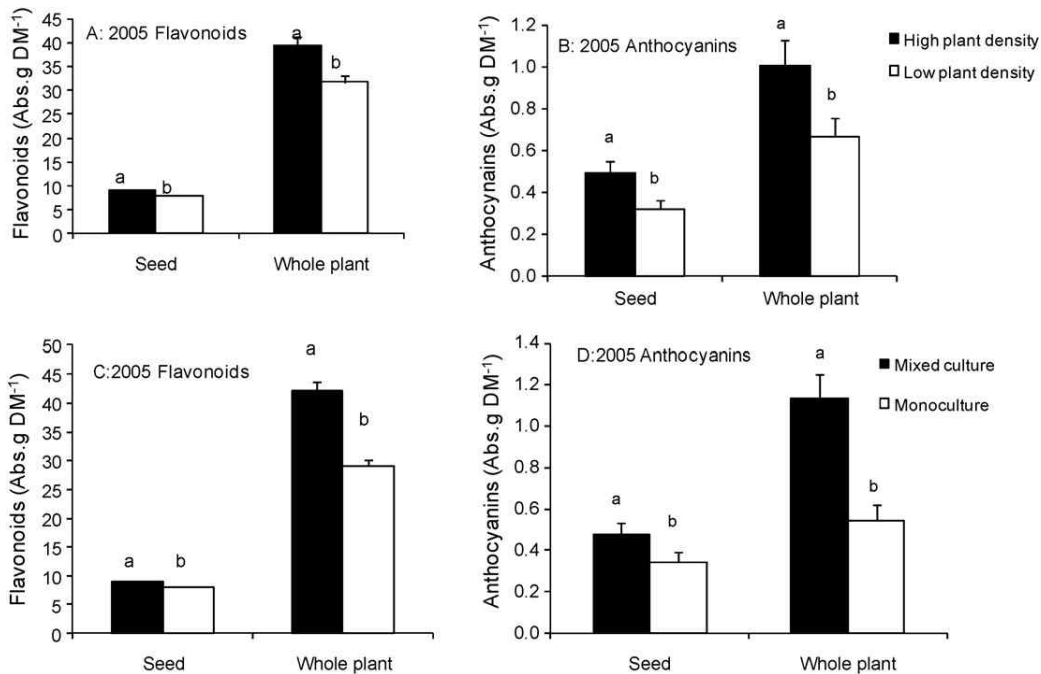


Fig. Effect of plant density on the concentration of (A) flavonoids, (B) Anthocyanins and cropping systems on (C) Flavonoids, (D) Anthocyanins in seed and whole plant.

Table. Level of insect pest infestation among 33 cowpea genotypes grown in the field in Tanzania in 2003.

Variety	% of plants infested by	
	Aphids	Alcidodes
IT95K-1095-5	61.0c	19.0de
IT95K-238-3	18.0j	13.0f
IT95K-1453-47	6.0r	18.0de
IT97K-497-2	21.0c	7.0hij
IT97K-1068-7	17.0k	17.0e
IT97K-499-38	2.0u	7.0hij
IT97K-499-39	6.0r	2.0l
IT97K-499-39	49.0d	20.0cd
IT95K-1090-12	12.0n	6.0ij
IT95K-1156-3	3.0t	5.0jk
IT93K-686-2	15.0l	13.0f
IT90K-284-2	0.0w	3.0kl
IT94K-2023-3	13.0m	23.0b
IT95K-286-4	10.0o	13.0f
IT93K-2045-29	29.0f	19.0de
IT96D-651	2.0u	13.0f
Kisangata	17.0k	12.0f
IT96D-618	27.0g	13.0f
IT94D-437-1	3.0t	3.0kl
IT95K-627-34	23.0h	12.0f
IT93K-452-1	49.0d	11.0fg
IT94K440-3	23.0h	9.0gh
IT94K410-1	9.0p	11.0fg
Vuli-1	8.0q	8.0hi
Line 2020	2.0u	6.0ij
Kaputura	6.0r	6.0ij
Chora	5.0s	13.0f
Ngonji	1.0v	24.0b
Mamlaka	6.0r	17.0e
Tumaini	8.0q	9.0gh
Fahari	33.0e	33.0a
Mchanganyiko	67.0b	22.0bc
Za-Kutambaa	84.0a	24.0b
One-way ANOVA (<i>F</i> -Statistic)		
Rep	4123.8**	70.8**
CV (%)	2.9	11.4

제 7 장 참고문헌

- Abdullah, A. and R. E. Baldwin. 1984. Mineral and vitamin contents of seeds and sprouts of newly available small-seeded soybeans and market samples of mungbeans. *J. Food Sci.* 49: 656-657.
- Anderson, M. D., T. K. Prasad and C. R. Stewart. 1995. Changes in isozyme profiles of catalase, peroxidase, and glutathione reductase during acclimation to chilling in mesocotyls of maize seedlings. *Plant Physiol.* 109: 1247-1257.
- Bae, K. G., S. W. Nam, K. N. Kim and Y. H. Hwang. 2002a. Effect of microbe control and water temperature on early growth and yield of soybean sprouts. *Korean J. Crop Sci.* 47(6):453-458 (in Korean).
- Bae, K. G., S. W. Nam, K. N. Kim, S. J. Shin and Y. H. Hwang. 2002b. Water uptake and germination of soybean seed as affected by soaking condition. *Korean J. Crop Sci.* 47(3):244-249 (in Korean).
- Banwart, W. L., P. M. Porter, T. C. Granato and J. J. Hassett. 1985. HPLC separation and wavelength area ratios of more than 50 phenolic acids and flavonoids. *J. Chem. Ecol.* 11: 383-395.
- Bau, H. M., C. Villaume, J. P. Nicolas and L. Mejean. 1997. Effect of germination on chemical composition, biochemical constituents and antinutritional factors of soya bean (*Glycine max*) seeds. *J. Sci Food Agric.* 73(1): 1-9.
- Blois, M. S. 1958. Antioxidant determinations by use of a stable free radical. *Nature* 26: 1199-1200.
- Blume, E. and J. W. McClure. 1980. Developmental effects of Sandoz 6706 on activities of enzymes of phenolic and general metabolism in barley shoots grown in the dark or under low or high intensity light. *Plant Physiol.* 65: 238-244.
- Bowler, C., M. Van Montagu and D. Inze. 1992. Superoxide dismutases and stress tolerance. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 43: 83-116.
- Bradford, M. M. 1976. "Rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding", *Anal. Biochem.* 72: 248-254.
- Cai, R., N. S. Hettiarachchy and M. Jalaluddin. 2003. High-performance liquid chromatography determination of phenolic constituents in 17 varieties of cowpeas. *J. Agr. Food Chem.* 51: 1623-1627.
- Chen, G. X. and K. Asada. 1989. Ascorbate peroxidase in tea leaves: occurrence of two isozymes and the differences in their enzymatic and molecular properties. *Plant and Cell Physiology* 30: 987-998.
- Chen, L. H., C. E. Well and J. R. Fordham. 1975. *Carbohydrate analysis : A practical approach.* IRL press Ltd., Oxford pp. 23.
- Choi, H. D., S. S. Kim, K. T. Kim, J. Y. Lee and W. M. Park. 2000. Effect of presoaking

- treatments on growth and rot of soybean sprouts. *Korean J. Food Sci. Technol.* 32(3):584-589 (in Korean).
- Chon, S. U. 2013. Change in polyphenol content, antioxidant activity, and antioxidant enzyme status of cowpea during germination. *Korean J. Plant Res.* 26(1):60-67 (in Korean).
- Chung, I. M., K. H. Kim, D. K. Song and B. H. Kang. 1999. Physiological responses of rice (*Oryza sativa* L.) varieties to ozone. *Kor. J. Environ. Agr.* 18: 11-17.
- Danisová, C., E. Holotnáková, B. Hozová and V. Buchtová. 1994. Effect of germination on a range of nutrients of selected grain and legumes. *Acta Alimentaria* 23: 287-298.
- Davies, K. J. A. 1995. Oxidative stress: The paradox of aerobic life. In Rice-Evans C., B. Halliwell and G.G. Lunt (eds.), *Free Radicals and Oxidative Stress: Environment, drugs, and food additives*. *Biochem. Soc. Symp.* 61, Portlant Press, London, UK. pp. 1-32.
- Doo, H. S., W. J. Baek and J. H. Ryu. 2001. Effects of scarification and soaking treatment on germination of sword bean seed. *Korean J. Crop Sci.* 46(3):165-169 (in Korean).
- Egley, G. H., R. N. Paul, K. C. Vaughn and S. O. Duke. 1983. Role of peroxidase in the development of water-impermeable seed coats in *Sida spinosa* L. *Plant* 157: 224-232.
- Frota, K. M. G., S. Mendonca, P. H. N. Saldiva, R. J. Cruz and J. A. D. Ageas. 2008. Cholesterol-lowering properties of whole cowpea seed and protein isolate in hamsters. *J. Food Sci.* 73: 235-240.
- Gray, J. I. and L. R. Jr. Dugan. 1975. Inhibition of N-nitrosamine formation in model food systems. *J. Food Sci.* 40: 981-984.
- Gutiérrez-Urbe, J. A., I. Romo-Lopez and S. O. Serna-Saldívar. 2011. Phenolic composition and mammary cancer cell inhibition of extracts of whole cowpeas (*Vigna unguiculata*) and its anatomical parts. *Journal of Functional Foods* 3: 290-297.
- Hua-bin, L. and C. Feng. 2001. Simultaneous determination of nine water-soluble vitamins in pharmaceutical preparations by high-performance liquid chromatography with diode array detection. *J. Sep. Sci.* 24: 271-274.
- Hwang, B.H., J.H. Cho, S.S. Ham and H.Y. Kang. 2000. Chemical analysis of Pinus leaves. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 29: 6-9(in Korean)
- Kang, J. H., B. S. Jeon, S. W. Lee, Z. R. Choe and S. I. Shim. 2003. Enhancement of seed germination by aging, cold-stratification, and light quality during desiccation in burcucumber (*Sicyos angulatus* L.). *Korean J. Crop Sci.* 48(1): 13-16.
- Kang, J. H., Y. S. Ryu, S. Y. Yoon, S. H. Jeon and H. K. Kim. 2004a. Effect of benzyladenopurine soaking period on growth of mungbean sprouts. *Korean J. Crop Sci.* 49(6): 477-481 (in Korean).
- Kang, J. H., Y. S. Ryu, S. Y. Yoon, S. H. Jeon and S. H. Cho. 2004b. Effects of aeration period and temperature after imbibition on growth of mungbean sprouts. *Koera J. Crop Sci.* 49(6): 472-476 (in Korean).
- Kang, J. H., Y. S. Ryu, S. Y. Yoon, S. H. Jeon and S. R. Kim. 2004c. Effect of benzyladenopurine concentration in soaking solution on growth of mungbean sprouts.

- Korean J. Crop Sci. 49(6): 482-486 (in Korean).
- Kang, S. J., J. Y. Oh and J. D. Jung. 1999. Changes of antioxidant enzyme activities in leaves of lettuce exposed to ozone. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 40: 541-544.
- Kim, D. K., S. C. Jeong, S. Gorinstein and S. U. Chon. 2012. Total polyphenols, antioxidant and antiproliferative activities of different extracts in mungbean seeds and sprouts. Plant Foods Hum. Nutr. 67: 71 - 75.
- Kim, E. H., S. H. Kim, J. I. Chung, H. Y. Chi, J. A. Kim and I. M. Chung. 2006. Analysis of phenolic compounds and isoflavones in soybean seeds (*Glycine max* (L.) Merrill) and sprouts grown under different conditions. Eur. Food Res. Technol. 222: 201 - 208.
- Kim, S. D., C. W. No, Y. H. Cha, J. T. Cho, K. C. Kwun and S. G. Som. 1986. A new high yielding, sun-elect and disease resistant cowpea variety "Seoweondongbu". Res. Rept. RDA(Crops) 28(1):168-170 (in Korean).
- Kim, S. H., M. H. Chang, J. I. Chung and S. I. Shim. 2009. Effects of scarification and water soaking treatment on germination of hard-seeded legumes. Korean J. Crop Sci. 54(3):320-326 (in Korean).
- Kim, W. J., N. M. Kim and H. S. Sung. 1984. Effect of germination on phytic acid and soluble minerals in soymilk. Korean J. Food Sci. Technol. 16(3): 358-362.
- Lee, Y.H., C.O. Rhee and S.J. Joe. 1986. Temperature dependence of leaching rate of soluble solids during soaking of soybeans. Korean J. Food Sci. Technol. 18(6):497-502 (in Korean).
- Lister, C. E., J. E. Lancaster, K. H. Sutton and J. R. L. Walker. 1994. Developmental changes in the concentration and composition of flavonoids in skin of a red and a green apple cultivar. J. Science Food and Agric. 64: 155-161.
- Madhujith, T., M. Naczka and F. Shahidi. 2004. Antioxidant activity of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.). J. Food Lipids 11: 220-233.
- Mishra, N. P., R. K. Mishra and G. S. Singhal. 1993. Changes in the activities of anti-oxidant enzymes during exposure of intact what leaves to strong visible light at different temperatures in the presence of protein synthesis inhibitors. Plant Physiol. 102: 903-910.
- Nakano, Y. and K. Asada. 1981. Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate specific peroxidase in spinach chloroplast. Plant Cell Physiol. 22: 867-880.
- Oh, B. Y., B. H. Park and K. S. Ham. 2003. Changes of saponin during cultivation of soybean sprout. Korean J. Food Sci. Technol. 35(6): 1039-1044.
- Oh, M. K., S. H. Rhee and H. S. Cheigh. 1992. Changes of lipid composition of korean black soybean before and after soaking. Korean J. Food Sci. Technol. 21(1):29-35 (in Korean).
- Rural Development Administration. 2011. Food composition table(8th Revision). pp. 90-179 (in Korean).
- Salunke, B. K., H. M. Kotkar, P. S. Mendki, S. M. Upasani and V. L. Maheshwari. 2005. Efficacy of flavonoids in controlling *Callosobruchus chinensis* (L.) (Coleoptera: Bruchidae), a post-harvest pest of grain legumes. Crop Prot. 24: 888-893.

- SAS (Statistical Analysis Systems) Institute. 2000. SAS/STAT user's guide. Version 7. Electronic Version. Cary, NC, USA.
- Siddhuraju, P. and K. Becker. 2007. The antioxidant and free radical scavenging activities of processed cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) seed extracts. *Food Chemistry* 101: 10-19.
- Singleton, V. L. and J. A. Rossi. 1965. A colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American J. Enol. Viticult.* 16: 144-158.
- Sinhg, S. B., H. H. Hadley and F. I. Collins. 1968. Distribution of fatty acids in germination soybean seed. *Crop Sci.* 8:171.
- Sowmya, P. and P. Rajyalakshmi. 1999. Hypocholesterolemic effect of germinated fenugreek seeds in human subjects. *Plant Foods Hum. Nutr.* 53: 359-365.
- Suaaex, I., M. Clutter and V. Walbot. 1975. Benzyladenine reversal of ascorbic acid inhibition of growth and RNA synthesis in the germination bean axis. *Plant Physiol.* 56: 575-578.
- Tao, K. L. and A. A. Khan. 1976. Changes in isoperoxidases during cold treatment of dormant pear embryo. *Plant Physiol.* 57: 1-4.
- Von Hofsten, B. 1979. Legume sprout as a source of protein and other nutrients. *J. Am. Oil Chemists' Soc.* 56: 382-392.
- Yoshiga, H. and G. Kajimoto. 1978. Fatty acid distribution in glycolipids and phospholipid in cotyledons of germinating soybeans. *Agro. Biol. Chem.* 42:1323.
- Youn, J. E., H. S. Kim, K. A. Lee, and Y. H. Kim. 2011. Contents of minerals and vitamins in soybean sprouts. *Korean J. Crop Sci.* 56(3):226-232.
- 농업과학기술원. 2000. 토양 및 식물체 분석법. pp. 104-107.
- 농촌진흥청. 2000. 토양 및 식물체 분석법. 농업과학기술원, 농촌진흥청. pp. 202.
- 조재영. 1990. (사정) 전작. 향문사, 서울, 한국. pp. 535.

주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 고부가가치식품기술개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 농림축산식품부에서 시행한 고부가가치식품기술개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니 됩니다.