

땅콩나물의 고품질 생산체계 확립과 기능성 제품개발
**(Establishment of High-quality Production System
and Development of Functional
Products in Peanut Sprout)**

부산대학교

농림수산식품부

제 출 문

농림수산식품부 장관 귀하

이 보고서를 “땅콩나물의 고품질 생산 체계확립과 기능성 제품개발” 과제의 보고서로 제출합니다.

2012 년 4 월 9 일

주관연구기관명 : 부산대학교
주관연구책임자 : 강 점 순
세부연구책임자 : 강 점 순
연 구 원 : 손 병 구
연 구 원 : 허 유
연 구 원 : 김 소 희
연 구 원 : 최 진 은
연 구 원 : 박 은 지
협동연구기관명 : 경남대학교
협동연구책임자 : 황 용 일
연 구 원 : 박 해 룡
연 구 원 : 고 정 영
연 구 원 : 손 두 호
연 구 원 : 김 정 민
협동연구기관명 : 에스엔제이바이오(주)
협동연구책임자 : 박 경 욱
연 구 원 : 서 권 일
연 구 원 : 최 사 라

요 약 문

I. 제 목

땅콩나물의 고품질 생산 체계확립과 기능성 제품개발

II. 연구개발의 목적 및 필요성

미래사회는 의생명 등 첨단기술 분야의 경쟁력이 세계경제를 좌우할 것이며, 선진국들은 천연자원에서부터 신약개발 분야를 미래 성장동력 산업으로 선정하여 이를 집중 육성하고 있다. 우리나라에서도 성인병의 증가, 웰빙이라는 시대적 흐름을 타고 건강보조식품 산업이 높은 성장세를 유지하고 있다.

예로부터 우리 조상들은 비교적 손쉽게 재배할 수 있는 두채류인 콩나물과 숙주나물을 많이 식용하였으며, 두채류의 경우 가격 등락폭이 비교적 적고, 계절적인 공급의 제한을 받지 않기 때문에 현재까지 꾸준히 애용되고 있는 실정이다. 이러한 특성 때문에 두채류 나물의 내수시장은 연간 1조원의 시장 규모를 형성하고 있다.

땅콩(낙화생)은 풍부한 영양소와 비타민 등 유용한 무기물질을 다량 함유되어 있어, 우리 건강에 유익한 보양식물이며, 중국에서는 예로부터 장수과(長生果)라 하였다. 전 세계적으로 연간 땅콩 생산량은 약 3,600만톤이며, 종실취식, 기름, 버터, 과자원료 등으로 다양하게 이용되고 있다. 반면 땅콩은 연간 2억톤 생산되는 콩처럼 연중발아 통하여 신선채소로의 활용방법이 확립되지 않아 지속적인 수요창출을 기대하기는 어려운 실정에 있다.

땅콩은 한때 농가소득 작물로 각광 받았으나, 중국 등 외국의 저가 땅콩 수입으로 인해 국내 생산기반이 붕괴되어 연간 약 70,000여톤이 수입되고 있으며, 금액상으로 약 1,400억원 정도로 추정된다. 2003년 국내 땅콩생산량은 약 6,400톤이었으나, 2005년 이후에는 정부수매지원제도 중단으로 재배농가 급감하여 생산량을 통계화 할 수 없는 사양 품목으로 전락하였다.

DDA 협상, FTA 확대 등으로 농산물의 가격하락과 농가소득의 감소가 불가피할 전망이다. 이에 따라 작물재배도 과거의 생산성 증대 기술에서 탈피해 고부가가치, 신기능성 기술개발로 전환해야 될 필요성이 도래하였다. 국민 소득 수준의 향상과 더불어 건강에 대한 욕구가 상승하고 있으며, 기능성이 우수한 식품소재에 대한 관심도 높아지고 있다. 유럽 및 미국의 시장이 약품과 식품의 간격이 좁아짐으로서 다양한 종류의 건강기능식품이 개발되고 있으며, 기능성 식품소재를 주성분으로 하는 건강식품이 활성화될 것으로 예측된다.

레스베라트롤은 항암효과, 항산화작용, 수명연장, 항치매, 심장병 예방, 항바이러스, 신경보호 작용, 항염증작용, 다이어트 및 피부미백에도 효과가 있는 것으로 알려지면서 웰빙시대에 가장 필요한 성분으로 세계적으로 주목받고 있다. 땅콩은 유용한 영양성분의 보고이고, 특히 땅콩새싹에는 차세대 생명연장의 물질인 레스베라트롤 함유량이 가장 많다는 와인(적포도)보다 34배 이상 함유량이 많다고 보고되고 있다. 역사적으로 땅콩을 콩나물, 숙주나물처럼 새싹으로 생산하려는 시도는 중국, 인도, 일본 등에서 있어왔고, 국내에서도 이에 대한 연구는 태동기에 있다.

화학합성에 의한 식의약품 개발은 그 한계가 있으며, 고비용의 합성물질을 개발하고 난 후에도 그

물질의 부작용 등을 배제할 수 없다는 단점이 있다. 최근에는 이러한 문제점을 극복하기 위해 연구방법이 생약제제로부터 새로운 물질을 순수분리하여 기능성 식품 및 바이오 의약품을 개발하는 방향으로 선회하고 있다.

레스베라트롤은 포도, 땅콩, 작약, 오디 등 일부 식물에서만 발견되는 천연화학물질 중 폴리페놀계열에 속하는 물질이며, 땅콩새싹에 함유량이 가장 많다고 알려져 있다. 또한 레스베라트롤은 지금까지 발견된 천연 항산화 물질 중 약리작용이 가장 우수하다고 밝혀져 있고, 그 효과는 노화방지, 세포수명 연장, 항암, 항치매, 동맥경화 예방, 미백효과 등으로 요약될 수 있다(미 하버드대 싱클레어 교수).

식물에서 유래한 천연 레스베라트롤은 고가 상품(고순도 상품, 990,000원/g당)으로 거래되고 있고, 최근 레스베라트롤을 이용한 다이어트, 갱년기 여성 생리장애 치료 등의 건강보조식품은 미국, 일본 등에서 수요가 급증하고 있다.

땅콩은 종자상태($0.15\mu\text{g/g}$)보다는 새싹채소로 성장했을 때 레스베라트롤(Resveratrol)성분이 90배 이상($14.2\mu\text{g/g}$) 증가한다. 이는 레스베라트롤 함량이 가장 많다고 알려진 포도주(평균 $0.6\mu\text{g/g}$)보다 무려 23배~34배 이상 높은 함량이다. 선진외국에서는 천연 레스베라트롤 함량을 인위적으로 증가시키는 기술개발 분야에 집중적인 투자가 이루어지고 있다(연구 논문만 매년 1,000건 이상 발표).

땅콩나물은 콩나물에 비해 기능성 영양성분이 풍부하고, 수분함량이 높을 뿐만 아니라 식미가 우수하며, 식품소재로서의 이용범위가 넓은 장점을 지니고 있다. 땅콩나물은 100% 자연수에 의해 재배되기 때문에 청정채소이며, 현대 웰빙의 새로운 패러다임을 제시하고 있는 대표적인 농산물이다. 또한 일반 채소에 비해 2배 이상의 부가가치 실현이 가능(일반채소 10kg당 30,000원 수준)하며, 특히 가공식품, 기능성 식품, 의약품 원료 시장으로 확대시에는 고수익성이 보장되는 농산업이다.

최근 땅콩나물이 식품소재로 이용성이 증가하고 있고, 국제시장에서의 수요도 증가하고 있음에도 불구하고 땅콩나물의 생산방식은 효율적이지 못한 부분이 많았다. 땅콩나물 생산에 가장 큰 걸림돌은 부패와 세균형성인데, 특히 땅콩나물의 부패는 건전한 식물도 감염 시킬 수 있기 때문에 경제적인 손실이 뒤따른다. 땅콩나물의 세균형성은 생장억제, 영양성분의 감소, 섬유소의 증가, 식미감소, 세균제거를 위한 번거로움, 이용부위의 감소 등 많은 손실을 소비자가 감수해야 하고, 생산자는 상품성 하락으로 생산업체는 경영을 압박하는 요인으로 작용한다.

21세기 지식정보사회로 진전되면서 바이오산업에서도 지식과 기술에 높은 가치를 부여하고 있으며, 선진국의 기술보호주의는 더욱 심화되고 있다. 땅콩나물의 생산기술과 기능성 제품 개발의 핵심기술을 확보하기 위해서는 선진국으로부터 값비싼 대가를 지불하고 기술을 사들이거나 자국이 스스로 기술을 개발하는 수밖에 없는 현실이 도래하였다. 땅콩나물 생산의 핵심기술을 외국으로부터 기술도입하거나 선진국의 기술을 답습한 모방형 기술보다는 독자적 기술을 개발한다면 기술료에 대한 부담은 없을 것일 뿐만 아니라 자체적으로 개발된 기술들은 외국과의 경쟁에서도 핵심무기화 될 수 있을 것이다.

따라서 땅콩나물의 품질을 결정하는 부패와 세균형성 등은 억제할 수 있는 독자적 생산기술의 확립이 필요한 시점이다. 또한 땅콩나물이 수출전략상품으로 개발되기 위해서는 식물공장형 대량생산기술이 확립되어야 하며, 의약품, 건강보조식품 및 다양한 건강지향적 제품개발이 병행되어야 한다.

땅콩나물 산업은 생체로 직접 이용하는 1차 상품뿐만 아니라 기능성 물질을 이용하여 건강, 의약품,

기능성 식품을 개발한다면 땅콩나물의 신수요 창출도 가능하다. 이럴 때 땅콩나물 생산에 주력하는 1차 산업과 이를 기반으로 한 건강보조식품 개발의 2차산업이 융합됨으로써 기존 전통산업의 파괴 없이 고부가가치 창출이 가능하다.

따라서 본 연구는 국내외적 수집한 정보와 축적된 기술을 바탕으로 (1) 식물공장형 땅콩나물의 생산 체계 확립과 (2) 땅콩나물의 기능성 물질을 탐색하여 그 우수성을 검정한 후 (3) 고품질 땅콩나물 생산과 땅콩나물 원료로 기능성 제품을 산업화하는데 있다.

본 연구과제의 최종목표는 아래와 같이 압축될 수 있음

- 식물공장형 땅콩나물의 생산체계 확립
- 땅콩나물의 기능성 물질 동정 및 기능성 식품 개발
- 고품질 땅콩나물 생산과 땅콩나물 원료로 기능성 제품의 산업화
- 땅콩나물 산업을 한국농업 미래를 선도하는 농산업으로 도약할 수 있는 기반 구축

Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

세부과제 1: 고품질 땅콩나물 생산체계 확립

1. 땅콩나물 레스베라트롤(Resveratrol) 등 기능성 성분 최적 생산을 위한 생육단계 구명
 - 땅콩종자를 치상한 후 발아일수에 따른 시기별 레스베라트롤 함량을 측정
 - 생육일수에 따른 생육반응 검정 및 주요 영양성분 검정
2. 청정 땅콩나물 생산을 위한 무병화 종자처리기술 개발
 - 땅콩종자 내부에 감염된 부패균과 탄저병을 방제하기 위해 땅콩종자를 건열처리
 - 발아율과 유묘출현을 억제하지 않으면서 부패균 방제효과가 우수한 건열처리 온도 및 기간 설정
 - 무농약 청정재배 이미지를 제고
3. 땅콩나물 생산의 최적 광환경 조건 확립
 - 땅콩종자 병원균 방제와 유해균 살균을 위한 UV-B 광처리 및 처리시간 설정
 - LED-red 및 UV-B 광처리에 의한 땅콩나물의 생육반응과 기능성 함량 변화 추적
 - LED-red 및 UV-B 광처리 시간 설정
4. 땅콩나물 생산의 최적 온도조건 확립
 - 재배수온의 따른 부패율 및 생육반응 검정
 - 강건한 땅콩나물 생육에 적합 온도구명
 - 땅콩나물의 기능성 성분 증진에 적합한 온도구명
5. 땅콩나물 생산의 최적 습도조건 확립
 - 상대습도 함량에 따른 부패병 발병원인과 땅콩나물의 생육반응을 검정
 - 강건한 땅콩나물 생산과 생리활성물질 증진에 적합한 습도조건 구명
6. 땅콩나물 생산의 최적 관수조건 확립
 - 상면관수와 하면담수 관수의 효율성 검정
 - 관수횟수와 관수량 구명
7. 땅콩나물 생산의 최적 영양조건 설정
 - 땅콩나물의 생육을 촉진 가능한 영양조건 구명
 - MS midium, 원시표준양액 1/2, 1/3 공급하여 생육반응 검정
 - 땅콩환원수를 이용한 땅콩나물 재배조건 구명

8. 세균발생억제를 위한 생육환경 조건구명

- 세균발생을 최소화할 수 있는 생육온도 구명
- 호르몬 작용에 의한 세균발생 반응 검정

9. 기능성 땅콩나물 생산조건 구축

- 게르마늄, 셀레늄, 키토산, 황토지장수를 이용하여 기능성 땅콩나물 생산
- 기능성제제의 처리농도 및 처리횟수 설정
- 품질 및 생육반응 검정

10. 고품질 땅콩나물 생산의 재배 매뉴얼 작성

- 고품질 땅콩나물 생산을 위한 생산재배모형 작성
- 생육온도, 영양공급, 관수간격 등

11. 땅콩나물의 경제성 분석

- 땅콩종자 생산과 땅콩나물 생산했을 경우와 경제성 분석

세부과제 2: 땅콩나물 기능성 물질 동정 및 시제품 개발

1. 땅콩나물에 함유된 생리활성 성분의 탐색 및 정량화

- 항산화, 치매, 고혈압, 암 등에 대한 개선작용 물질의 검색; Bioassay
- in vivo, in vitro assay계 확립
- 표적세포를 이용한 활성측정계 확립

2. 생리활성물질의 기전규명 및 분리·정제 시스템 확립

- 표적물질의 용매 별 분리 효율 확보
- 표적물질의 정제계 확립 및 특성조사
- 세포생물학적 작용기전 규명

3. 대량정제계 확립 및 시제품 개발

- 활성성분의 분리를 위한 소재의 대량 처리 시스템 확보
- 활성성분의 대량정제 시스템 확보
- 활성성분을 이용한 proto type의 시제품 개발

세부과제 3: 땅콩나물의 대량생산 및 건강지향적 제품개발

1. 땅콩 원산지에 따른 유용 영양성분 분석

- 국산, 중국, 베트남 원산지에 따른 생육반응 검정

- 원산지별 유용 영양성분 비교
 - 원산지별 품질비교
 - 원산지별 생육적은 구명
2. 국산 땅콩을 이용한 땅콩나물 생산용 최적 품종선발
 - 국내 땅콩종자를 활용한 땅콩나물 생산용 최적품종 선발
 - 품종별 유용 영양성분 및 품질 비교
 3. 기능성 함유 땅콩나물 최적 추출조건 확립
 - 땅콩나물 생산조건별 추출조건 확립
 - 각 추출물의 기능성 검색
 - 최적 조건의 추출물 조제
 4. 땅콩나물 추출물의 기능성 규명
 - 항산화 활성
 - 암 성장 억제효과
 - 면역 활성
 5. 땅콩추출물을 활용한 기능성 두유 및 건강음료 개발
 - 대두 요구르트의 제조조건 확립
 - 대두 요구르트의 관능평가
 - 두유의 제조조건 확립
 - 두유의 관능평가
 - 음료의 제조조건 확립
 - 음료의 관능평가
 6. 땅콩추출물을 활용한 기능성 두유 및 건강음료 개발
 - 두유의 항산화능 확인
 - 음료의 저장기간 중 성분변화 측정
 - 음료의 항산화능 확인
 - 두유 및 음료 시제품 제작

IV. 연구개발결과

세부과제 1: 고품질 땅콩나물 생산체계 확립

본 연구는 농산물 중 가운데 대표적인 블루오션으로 분야로 취급되고 있는 땅콩나물의 대량생산 기술을 개발하기 위해 수행되었다.

1. 고품질의 땅콩나물 생산에 적용될 수 있는 땅콩의 발아적온은 27°C 였다. 땅콩나물(peanut sprouts) 전용 품종으로는 '조평'(Jopyeong)이 적합하였다. 땅콩나물용으로 이용하기에 적합한 생육단계는 8일이었으며, 이보다 생육이 진전되면 본엽이 전개되어 식미가 떨어지고, 상품성이 저하되었다.
2. 땅콩은 종자상태에서는 레스베라트롤을 함유하지 않았으나 땅콩나물로 성장한 재배 9일째에 레스베라트롤(Resveratrol)성분이 가장 많았다. 땅콩나물 부위별 레스베라트롤 함량은 뿌리에서 가장 많았고, 다음은 하배축 이었다. 반면 상배축(epicotyl)은 함량이 낮은 편이었으며, 자연에서는 극소량의 레스베라트롤을 함유하였다.
3. 땅콩종자에서 건열처리(dry heat treatment)는 땅콩의 부패발생율을 감소시켰다. 종자활력을 크게 저해하지 않으면서 처리효과를 높일 수 있는 최적 건열처리 조건은 52°C에서 10시간 처리였다.
4. 콩나물의 세균발생 억제 및 하배축 비대축진용으로 이용되는 인돌비(Indo-B)를 땅콩나물에서는 전반적인 생육이 억제되었다. 반면 지베렐린 처리는 하배축 신장생장을 촉진하였으나, 하배축의 비대, 뿌리신장 생장 및 세균발생에는 영향을 주지 못했다.
5. 땅콩나물 재배에 UV-B 처리는 땅콩의 부패율을 경감시켰으며, 그 효과는 12시간으로 처리 하였을 때 가장 우수하였다. 땅콩나물의 생육에 가장 효과적이었던 광질은 red + blue 광을 8:2로 혼합한 처리구 였다.
6. 고품질 땅콩나물 생산에 적용될 수 있는 최적 재배수온은 25°C 였다. 반면 35°C 이상의 고온과 15°C의 저온에서는 땅콩나물의 생육이 저하되었다.
7. 땅콩나물 재배상의 상대습도는 70% 조건에서 부패방생율이 낮았고 생육이 좋았다. 따라서 고품질 땅콩나물을 안정적으로 생산할 수 있는 상대습도는 70% 조건이었다.
8. 땅콩나물 재배에 적합한 관수방법은 두상관수(Overhead watering)였다. 두상관수는 고 하면관수(Bottom watering)보다 부패발생율은 적었고, 생육은 좋았다.
9. 땅콩나물 재배에서 고품질의 땅콩나물을 안정적으로 생산할 수 있는 최적 관수 간격은 2시간 간격으로 2분간 관수였고, 관수간격이 8시간으로 길어지면 전반적인 생육이 저하되었다.
10. 땅콩나물 재배에 영양물질인 Hponex가 MS medium 공급하여 생육을 비교한 결과 Hponex 250ppm에서 생육촉진 효과가 가장 좋았다.
11. 땅콩나물 재배에 세균 발생율을 억제시키는 참시루(Chamsiru)와 6BA를 처리하면 세균발생량(No. of lateral root)은 감소하였고, 하배축 신장은 억제되었으나 하배축의 직경은 증가하였다.
12. GA₃와 참시루(Chamsiru)를 혼용한 용액을 관수하면 땅콩나물의 전반적인 생육을 향상시킬 수 있었고, 적정 처리조건은 GA₃ 50mg/L + Chamsiru 8.40mg/L 혼용처리였다

13. 땅콩나물을 관수용액을 매일 교환한 처리가 교환하지 않은 처리에 비해 생육이 좋았고, 고품질의 땅콩나물 생산이 가능하였다.
14. 기능성 땅콩나물 생산을 위해 사용된 기능성 물질 가운데 황토수(Red clay water)에서 생장이 가장 좋았다. 셀레늄(Selenium) 처리는 무처리와 비슷한 생장을 보였고, 키토산(Chitosan) 처리는 무처리는 보다는 높았으나, 황토수 처리보다는 낮았다.
15. 고품질 땅콩나물은 생산을 위한 재배의 재배 매뉴얼은 다음과 같다. 종자를 27°C의 물에 2시간 침지한 다음, UV-B로 6시간 조사한(irradiation)후 상대습도 70%와 압조건의 27°C에서 7일간 재배이다. 이때 관수시간은 2시간마다 2분간 간격으로 실시하며, 관수 용액은 1일 간격으로 교환 해주어야 한다.

세부과제2: 땅콩나물 기능성 물질 동정 및 시제품 개발

1. 땅콩나물 유래 유용생리활성물질의 탐색 및 활성화에 대한 연구를 실시하여 뇌신경세포의 손상 억제와 보호효과(알츠하이머, 치매 등 퇴행성 신경질환에 대한 예방효과)가 뛰어난 물질을 분리하여 구조분석결과 8,13-Dihydroxy-9,11-octadecadienoic acid로 동정 되었다(특허출원).
2. 땅콩나물을 활용한 발효제품의 제조를 위하여 발효음료, 발효주, 유기식초제조 최적공정 조건을 확립하였다.
3. 신경보호기능을 지닌 땅콩나물유래 뇌신경보호물질, 8,13-Dihydroxy-9,11-octadecadienoic acid(주)바이오랜드와 퇴행성 뇌신경질환 예방물질로 개발하기위하여 본 연구종료 후 지속적으로 추후 산업적 활용을 위하여 연구를 추진하고 있다.

세부과제3: 땅콩나물의 대량생산 및 건강지향적 제품개발

본 연구에서는 땅콩나물을 기능성 식품 소재로 활용하기 위하여 땅콩나물의 생리기능성 및 땅콩나물 건조 분말을 첨가한 대두 요구르트 및 기능성 음료의 품질 특성에 관하여 연구하였다.

1. 원산지별 땅콩 종자의 발아율은 다른 원산지 땅콩 보다 경북산 땅콩의 발아율이 가장 높았다. Resveratrol 함량은 땅콩보다 땅콩나물이 높았으며, 특히, 경북산 땅콩나물에서 그 함량이 15.5 µg/g으로 가장 높았다. 한편 경북산 땅콩나물의 부위(잎, 뿌리 및 줄기)별 resveratrol 함량을 측정된 결과 잎에서 그 함량이 24.89 µg/g 으로 가장 높았고, 다음으로 뿌리에 12.66 µg/g 이 함유되어 있었으며, 줄기부분에는 resveratrol이 검출되지 않았다.
2. 경북 땅콩나물의 일반성분은 건물을 기준으로 수분함량은 6.69%, 조단백질 35.58%, 조지방 33.08%, 조회분 2.96% 및 탄수화물 21.69%를 함유하였다. 경북산 땅콩나물은 땅콩에 비하여 조단백질 함량은 증가하였으며, 조지방 함량은 감소하였다. 땅콩나물의 유리아미노산 함량은 땅콩에 비하여 높았으며, asparagine이 834.54 mg/100 g 으로 가장 많이 함유되어 있었다. 땅콩에서는 myristic acid 및 palmitic acid와 같은 포화지방산들이 주로 검출되었으며, 땅콩나물

에서는 oleic acid 및 linoleic acid와 같은 불포화지방산의 함량이 각각 31.19 및 39.24 g/100 g로 높게 나타났다.

3. 땅콩나물 추출물은 땅콩 추출물에 비하여 총 폴리페놀 함량이 높았으며, 특히 경북산 땅콩나물 추출물에서 20.4 mg/g으로 가장 높게 나타났다. 9일간 발아시킨 땅콩나물 추출물은 모두 땅콩 추출물에 비하여 그 활성이 높게 나타났으며, 특히 경북산 땅콩나물 추출물의 활성이 200 $\mu\text{L}/\text{mL}$ 농도에서 37.68%로 가장 높게 나타났다. 또한 환원력의 경우도 이와 유사한 경향이였다. 경북산 땅콩나물에서 잎, 줄기 및 뿌리의 부위별 추출물에 대한 수소공여능을 측정한 결과 잎 추출물의 활성이 가장 높았으며, 그 활성은 200 $\mu\text{L}/\text{mL}$ 농도에서 90%로 높게 나타났다. 또한 ABTS⁺ radical 및 β -carotene bleaching 활성 모두 줄기나 뿌리 추출물에서의 활성보다 잎 추출물에서 우수하였다. 경북산 땅콩 및 땅콩나물의 resveratrol 함량의 분석한 결과 땅콩나물에서의 그 함량이 15.05 $\mu\text{g}/\text{g}$ 로서 땅콩에서의 1.42 $\mu\text{g}/\text{g}$ 에 비하여 그 함량이 높게 나타났다.

4. 각 원산지별 땅콩 및 땅콩나물 추출물의 암세포 성장 억제효과를 조사하기 위하여 3종류의 암세포 즉 인체 유방암(MCF-7), 인체 대장암(HT-29) 및 인체 전립선암(RC-58T)세포에 이들 추출물을 첨가하고 24시간 후 암세포 성장 억제효과를 측정한 결과 충북, 전북, 중국 및 베트남의 땅콩 및 땅콩나물 추출물에서 암세포 성장 억제효과 나타나지 않았으며, 경북 땅콩나물 추출물만 HT-29 및 RC-58T 세포의 성장을 약 10-15% 정의 낮은 효과를 나타내었다. 또한, 땅콩나물의 주요 생리활성물질인 레스베라스테롤을 50, 100, 300 및 500 μM 농도로 첨가하여 24, 48 및 72시간 후에 암세포 성장 억제 효과를 측정한 결과 농도 및 시간 의존적으로 암세포 성장이 억제되었다. 한편, 쥐의 비장에서 분리한 세포에 경북, 충북, 전북 및 중국 땅콩 및 땅콩나물 추출물 원액을 10 배 희석한 농도로 첨가하고 48시간 배양한 후 비장세포의 증식 반응을 측정한 결과 충북, 전북 및 중국 땅콩 및 땅콩나물 추출물은 대조군에 비하여 유의적으로 비장세포의 증식을 유도하지 못하였으나, 경북 땅콩 및 땅콩나물은 비장세포의 증식을 유도하였다. 대식세포의 일산화질소 생성능 또한 비장세포 증식능의 결과와 유사하게 나타났다.

5. 땅콩나물 분말(0.5, 1.0, 2.0 및 3.0%)을 첨가한 대두 요구르트의 발효 중 pH 변화는 모든 시험군에서 저하되었으며, 땅콩나물 첨가량에 의존하여 감소하였다. 적정산도도 발효기간이 증가할수록 증가하여 pH 변화와 비슷한 양상을 나타내었다. 땅콩나물 대두 요구르트의 색도는 땅콩나물 첨가량이 증가할수록 명도는 감소하였으며, 황색도 및 적색도는 증가하는 경향을 나타내었다. 땅콩나물 대두 요구르트의 당도는 땅콩나물 첨가량에 의존하여 증가하였으며, 발효가 진행됨에 따라 감소하였다. 점도는 발효시간이 경과함에 따라 증가하는 경향을 보였으며, 땅콩나물 첨가 농도가 증가할수록 점도가 높아졌다. 땅콩나물 대두 요구르트의 유산균수는 대조구(대두 요구르트)에 비하여 땅콩나물 첨가 대두 요구르트에서 높게 측정되었다. 관능평가 결

과 질감에 대한 선호도를 제외하고 향미, 색, 맛 및 전반적인 기호도에서 0.5% 및 1.0% 땅콩나물 첨가군에서 좋은 선호도를 나타내었다. 땅콩나물 분말을 0, 0.5, 1.0, 2.0 및 3.0% 첨가한 땅콩나물 대두요구르트의 항산화력은 땅콩나물 첨가량 농도 의존적으로 항산화력이 유의적으로 증가하였다. 특히, DPPH radical 소거능은 땅콩나물 무첨가군은 20.6%인데 비하여 땅콩나물 요구르트는 23.2~38.5%까지 증가하였다.

6. 땅콩나물 추출물(1.0, 3.0 및 5.0%)을 첨가하여 제조한 두유의 추출물 농도에 따른 pH 변화는 추출물의 농도가 높아질수록 저하되었으며, 산도는 추출물의 농도가 높아질수록 약간 상승하는 것으로 나타났다. 땅콩나물 추출물이 첨가된 두유의 색도는 추출물 첨가량이 높아질수록 적색도와 황색도가 증가하는 경향을 나타내었다. 당도는 추출물에 의한 큰 변화를 나타내지 않았으며, 탁도는 5%에서 약간 증가한 것을 확인할 수 있었다. 땅콩나물 추출물 농도에 따른 두유의 기호도를 알아본 결과 1.0% 농도에서 향기, 맛, 색 및 전체적인 기호도면에서 약간 좋은 선호도를 보였다.
7. 2단계 속성 발효법을 이용하여 생산한 복분자, 블루베리 및 석류 발효원액에 땅콩나물 추출물(1.0, 3.0 및 5.0%)을 첨가하여 기능성 음료를 제조하였다. 추출물 농도에 따라 pH는 추출물의 농도가 높아짐에 따라 증가하는 것으로 나타났으며, 산도는 농도가 높아지면서 감소하는 것으로 확인되었다. 또한 색도는 추출물의 농도가 높아질수록 명도가 감소하고, 적색도와 황색도가 증가하는 경향을 나타내었다. 당도는 추출물의 농도에 큰 영향을 받지 않았으며 탁도는 추출물의 농도 증가에 의해 값이 상승하는 것을 확인하였다. 땅콩나물 추출물 농도에 따른 각 음료의 기호도를 알아본 결과 관능 평가의 모든 항목에서 땅콩나물 추출물이 1.0%, 복분자 식초 발효원액이 첨가된 음료의 기호도가 좋은 것으로 평가 되었다.
8. 선행 연구의 결과를 바탕으로 땅콩나물 추출물 1.0%를 첨가하여 제조한 두유의 기능성 확인을 위한 항산화 효능 및 저장기간 중 품질 특성 변화를 측정하였다. 땅콩나물 추출물의 첨가에 따라 수소공여능, 환원력 ABTS radical 소거능 및 β -carotene bleaching에서 나타난 항산화 값이 대조군(땅콩나물 무첨가)보다 상승한 것을 확인할 수 있었다. 저장기간 중 pH는 떨어지는 대조군과 달리 큰 변화를 나타내지 않았으며, 산도 역시 일정하게 유지되었다. 색도는 대조군과 첨가군 모두 저장기간에 크게 영향을 받지 않는 것으로 나타났다. 당도는 저장 기간이 지나도 일정한 값을 유지하였으며, 탁도는 저장 기간에 따라 약간 증가하였다. 저장 기간 중 일반 미생물과 대장균은 대조군에서는 7일 및 14일째부터 검출되었으나 추출물 첨가군에서는 거의 검출되지 않았다. 시제품 생산을 위한 기호도 증가를 위해 당(0, 5, 10 및 15 Brix^o)을 첨가하여 관능 평가를 실시하였다. 그 결과 평가의 모든 항목에서 10 Brix^o 농도의 당을 첨가한 두유의 기호도가 가장 좋은 것으로 평가되었다.

9. 선행 연구의 결과를 바탕으로 땅콩나물 추출물 1.0%를 첨가하여 제조한 복분자 발효원액 음료의 저장기간 중 품질 특성 변화 및 기능성 확인을 위한 항산화 효능을 측정하였다. 음료의 pH는 각 저장 온도(35, 45℃)에서 저장 기간이 지날수록 감소하였으며, 산도는 증가하는 것으로 나타났다. 색도의 변화를 측정한 결과 명도는 저장 기간 및 온도에 큰 영향을 받지 않았으나, 적색도와 황색도는 저장 기간이 지날수록 값이 증가하였으며 특히, 45℃에서 저장하였을 때 더 많이 증가하는 것을 확인 할 수 있었다. 당도는 저장 기간과 온도에 관계없이 값이 일정하게 나타났으며, 탁도는 저장 기간이 지날수록 45℃에서 값이 높게 측정되었다. 일반미생물과 대장균은 24일 동안 무첨가군과 첨가군 모두 검출되지 않았다. 수소공여능, 환원력 ABTS radical 소거능 및 β -carotene bleaching 값 측정을 통하여 항산화 효능을 측정한 결과 무첨가군보다 첨가군에서 항산화 값이 상승되는 것을 확인할 수 있었다.

V. 연구성과 및 성과활용 계획

세부과제 1: 고품질 땅콩나물 생산체계 확립

1. 땅콩나물 레스베라트롤 최적 생산을 위한 생육단계 구명

가. 연구성과

- 땅콩종자를 치상한 후 발아일수에 따른 시기별 레스베라트롤 함량을 분석하여 땅콩나물에서 최적의 레스베라트롤 생산할 수 있는 생육단계를 구명함

나. 성과활용

- 땅콩나물에서 레스베라트롤 이용한 가공식품, 건강식품, 의약품의 최적생산을 위한 지침서로 활용

2. 청정 땅콩나물 생산을 위한 무병화 종자처리기술 개발

가. 연구성과

- 땅콩종자에 부패균을 방제하기 위한 방법을 강구하고자 종자를 건열처리하여 발아율과 유묘출현을 억제하지 않으면서 부패균 방제효과가 우수한 종자 건열처리 온도 및 기간을 설정함

나. 성과활용

- 땅콩나물 생산에 문제점으로 지적되어 왔던 부패균의 방제효과가 우수한 종자 건열처리 온도 및 기간 구명하여 청정 땅콩나물 생산을 위한 무병화 종자처리 기술을 확보함
- 땅콩나물의 무농약 청정재배 이미지를 제고

3. 땅콩나물 생산의 최적 광환경 조건 확립

가. 연구성과

- 땅콩종자의 병원균 방제와 유해균 살균을 위한 UV-B 광처리 및 처리시간 설정
- 땅콩나물의 생육을 촉진할 수 있는 광질처리 모형을 구축

나. 성과활용

- 땅콩종자 병원균 방제와 유해균 살균을 위한 UV-B 광 처리조건을 확립하여 청정 땅콩재배의 가능성을 제시

4. 땅콩나물 생산의 최적 온도조건 확립

가. 연구성과

- 재배수온의 따른 부패율 및 생육반응 검정하여 강건한 땅콩나물 생육에 적합한 재배수온을 구명함

나. 성과활용

- 고품질 땅콩나물 생산의 최적 재배수온을 구명하여 대량생산의 기술적 터전을 제공

5. 땅콩나물 생산의 최적 습도조건 확립

가. 연구성과

- 땅콩나물의 생육이 우수하고, 기능성 물질함량 증진에 적합한 습도조건을 구명함
- 땅콩나물 재배상의 부패균 발생과 습도와의 관계 구명

나. 성과활용

- 땅콩나물 재배상의 문제점으로 지적된 부패율을 최소화 시킬 수 있는 상대습도를 구명하여 땅콩나물의 안전 생산의 단초를 제공함

6. 땅콩나물 생산의 최적 관수조건 확립

가. 연구성과

- 강건한 땅콩나물 생산과 생리활성물질 증진에 적합한 습도조건 구명함
- 상면관수와 하면담수 관수의 효율성 검증하여 저비용이고 고효율적인 상면관수 조건을 확립함

나. 성과활용

- 땅콩나물 재배의 저비용·고효율 관수조건을 확립하여 땅콩나물의 생산단가를 절감함으로써 생산업체의 이윤창출에 기여

7. 땅콩나물 생산의 최적 영양조건 설정

가. 연구성과

- 땅콩나물에서 생육을 촉진 시킬 수 있는 영양조건을 구명하여 계획생산 체계를 구축

나. 성과활용

- 땅콩나물의 생육을 촉진 할 수 있는 영양조건을 구명하여 신속하고 강건한 땅콩나물 생산을 땅콩생산에 제공

8. 세균발생억제를 위한 생육환경 조건구명

가. 연구성과

- 땅콩나물의 세균발생을 최소화할 수 있는 생육온도 구명하였고, 세균발생억제제 활용되고 있는 성장조절제의 처리조건을 구명함

나. 성과활용

- 땅콩나물에서 세균발생을 억제할 수 있는 생육환경 조건을 구명하여 상품화율을 향상시킬 수 있는 기술을 제공함
- 땅콩나물 생산업체에서 활용이 가능한 세균발생억제제의 처리방법을 제시함

9. 기능성 땅콩나물 생산조건 구축

가. 연구성과

- 게르마늄, 셀레늄, 키토산, 황토수를 이용하여 기능성 땅콩나물 생산 기술을 개발함

나. 성과활용

- 땅콩나물 생산업체에서 활용이 가능한 기능성 땅콩나물 재배를 위한 이론과 기술을 제공하여 재배활성화에 기여함

10. 고품질 땅콩나물 생산의 재배 매뉴얼 작성

가. 연구성과

- 고품질 땅콩나물 생산을 위한 생산재배 모형을 개발

- 농가 및 땅콩나물 업체보급형 매뉴얼 작성

나. 성과활용

- 땅콩나물 재배의 과학화에 기여
- 재배 매뉴얼 제공으로 농가 및 땅콩나물 생산업체의 생산효율 증대
- 고품질 땅콩나물 생산을 위한 재배모형을 땅콩나물 재배업체 제공하여 이윤창출에 기여

11. 땅콩나물의 경제성 분석

가. 연구성과

- 땅콩나물의 재배의 생산단가 산정 및 경제성 분석

나. 성과활용

- 땅콩나물의 생산단가 산정 및 경제성 분석하여 재배활성화 이론적 근거를 제공

세부과제 2: 땅콩나물 기능성 물질 동정 및 시제품 개발

- 신경보호기능을 지닌 땅콩나물유래 뇌신경보호물질, 8,13-Dihydroxy-9,11-octadecadienoic acid을 (주)바이오랜드와 퇴행성 뇌신경질환 예방물질로 개발하기 위하여 본 연구종료 후 지속적으로 추후 산업적 활용을 위하여 연구를 추진하고 있다.

세부과제3: 땅콩나물의 대량생산 및 건강지향적 제품개발

본 연구를 통해 고품질 땅콩나물 생산을 위한 국산 땅콩의 품종을 선별하고 그 기능성을 확인하였으며, 이를 활용하여 대두 요구르트 및 기능성 음료로 개발하였다. 더 나아가 개발한 요구르트와 음료의 품질 특성 변화와 기능성 및 저장성을 측정하여 땅콩나물의 고부가가치화와 특유의 비린 맛 때문에 제한된 형태로 가공되고 있는 땅콩나물을 다양한 형태의 기능성 가공식품 소재로 산업화하는데 기초자료를 확립하였다.

이를 근간으로 하여 땅콩나물을 소재로 하는 다양한 가공 식품 소재 개발과 국내 열악한 땅콩농가 보호뿐만 아니라 대규모의 고용창출로 한국선도 농산업으로 성장할 수 있는 기반을 구축하고자 한다.

SUMMARY

Subject 1. Establishment of Mass Production System for High-quality Peanut Sprouts.

The present study was conducted to develop mass production methods for peanut sprouts that is considered as a field of blue ocean among the agricultural products.

Germination temperature appropriate for production of high-quality peanut sprouts was 27°C. 'Jopyeong' was the best as a major cultivar for peanut sprouts production. peanut sprouts at the growth stage of 8th day, and older plants with advanced growth showed deteriorated merchantable and eating quality.

Resveratrol compound was not found in the seeds, but its highest amount was detected from 9-day old sprouts. Root tissues contained the highest amount of Resveratrol, followed by hypocotyl. Relatively low level of resveratrol was detected from epicotyl and the minimum amount was contained in cotyledons.

Dry heat treatment of peanut seeds reduced the incidence of the rot. The condition at 52°C for 10 h. was the most efficient for seed treatment without inhibiting seed viability significantly.

The general growth and lateral root development of peanut sprouts were suppressed by Indo-B which is used for inhibiting root formation and promoting hypocotyls. The treatment of gibberelins promoted hypocotyl elongation, but it did not influence on the growth of hypocotyls and root system.

UV-B treatment reduced the incidence of the rot, and its effect was highest at 12 h treatment. The best light quality for the growth of peanut sprouts was the combination of red and blue at 8:2 ratio.

The best water temperature applicable to high quality peanut sprout production was 25°C. The growth of peanut sprout was inhibited by the high temperatures above 35°C and low temperatures below 15°C.

The incidence of the rot was reduced under 70% relative humidity(RH). This level of RH was also appropriate for the growth and stable production of peanut sprouts.

The best irrigation method for peanut sprout production was overhead watering. Overhead watering resulted in better growth and lower rot incidence compared to bottom watering.

The best watering interval was 2 h, for 2 min per each watering for stable production of high-quality peanut sprouts. watering interval longer than 8 h tended to inhibit the growth in general.

In comparison of growth rate after treatment with Hponex and MS medium as nutrients, the highest effect on growth rate was shown at Hponex 250ppm.

The treatment of Chamsiru and 6BA inhibiting lateral root development reduced the number of lateral roots and suppressed hypocotyl elongation, but increased the diameter of hypocotyl.

Watering of GA₃ and Chamsiru mixture enhanced the growth in general, and the best treatment was GA₃ 50mg/L + Chamsiru 8.40mg/L.

The better growth and stable production of high-quality peanut sprout were possible when watering solution was replaced every day.

Among the compounds used for the production of functional peanut sprouts, red clay water showed the best growth. The treatment of Selenium showed the effect on the growth similar to non-treatment. The treatment of Chitosan resulted in higher growth rates than non-treatment but lower than red clay water.

The manual for the production of high-quality peanut sprouts is as following. Seeds are soaked for 2 h at 27°C, irradiated by UV-B for 6 h, and then cultivated for 7 days at 27°C and 70% RH under the darkness. During the cultivation, watering needs to be conducted every 2 h with 2 min interval and the watering solution has to be replaced every 24 h.

Subject 2. Screening of a Bioactive Compound and Practical Application from Peanut Sprout

The neuroprotective effect of extracts from various parts of peanut sprout against glutamate-induced neurotoxicity on N18-RE-105 cells was investigated. This study was performed to evaluate the neuroprotective activity from the extracts of whole (WME), head (HME), and stem (SME) of peanut sprout those were treated with methanol. The neuroprotective effect of these extracts was measured by MTT reduction assay, LDH release assay, phase-contrast microscopy and flow cytometric analysis on the N18-RE-105 cells. Among these extracts, HME that showed the higher neuroprotective effect than others was further fractionated with hexane, diethyl ether, ethyl acetate, and water layer according to degree of polarity. we established a screening system using N18-RE-105 cells to identify therapeutic agents that can protect cells from glutamate toxicity. During the course of our screening program, we recently isolated an active compound, 8,13-dihydroxy-9,11-octadecadienoic acid (PSE-1), from peanut sprouts, which prevents glutamate-induced cell death. The chemical structure of PSE-1 was identified using spectroscopic methods and by comparison with the value in the literature. The antioxidant and neuroprotective effects of PSE-1 were evaluated. The results of the assays demonstrate that PSE-1 has neuroprotective effects and that PSE-1 could be a new potential chemotherapeutic

agent against neuronal diseases. And, peanut sprout were used for alcoholic fermentation and vinegar preparation these imply possibility of commercial application.

Subject 3. Development of Mass Production Methods for Peanut Sprouts and Health Food Products

To evaluate peanut sprouts as functional food materials, we investigated its biological activities and the quality characteristics of soybean yoghurt and functional beverage used peanut sprouts powder and extracts.

1. Of all the samples tested, Gyeong-buk peanut had the highest germination rate. The resveratrol content was higher peanut sprouts in than in peanuts. The resveratrol content of Gyeong-buk peanut sprout (15.5 $\mu\text{g/g}$) was the highest among all tested samples. The resveratrol content of cotyledons Gyeong-buk peanut sprout of had the highest (24.89 $\mu\text{g/g}$), followed by the roots (12.66 $\mu\text{g/g}$), but resveratrol was not detected in the stems.

2. The contents of moisture, crude protein, crude fat, ash and carbohydrate in the proximate compositions of Gyeong-buk peanut sprout were 6.69%, 35.58%, 33.08%, 2.96% and 21.96% as dry bases, respectively. Compared to peanut, peanut sprout contained higher protein content, lower crude fat content, and little difference in mineral content. The amino acid content of peanut sprout (2551.8 mg/100g) was higher than that of peanut (87.89 mg/100g). Specifically, the asparagine content of peanut sprout (834.54 mg/100g) was the highest among all amino acids. Saturated fatty acids such as myristic acid and palmitic acid were detected in peanut, whereas the content of unsaturated fatty acids such as oleic acid (31.19 g/100g) and linoleic acid (39.24 g/100g) in peanut sprout were higher than those of the other fatty acids.

3. The polyphenol levels in the sprout extracts were higher than those of the peanut extracts. The phenolic content of the Gyeong-buk peanut sprout extract (20.4 mg/g) was the highest of the tested samples. After 9 days of germination the peanut sprout extracts had higher activities than those of the peanut extracts. In particular, the activity of Gyeong-buk peanut sprout extract was the highest (37.67% at a concentration of 200 $\mu\text{L/mL}$), and its reducing power demonstrated a similar trend. The DPPH radical scavenging activities were measured for methanol extracts of cotyledon, root and stem of Gyeong-buk peanut sprouts; the activity of cotyledon was the highest (90.96% at a concentration of 200 $\mu\text{L/mL}$). ABTS^+ radical scavenging and β -carotene

bleaching activities also were higher in the cotyledon extract than in those of the root or the stem. The resveratrol content was higher in the Gyeong-buk peanut sprout extract than in the Gyeong-buk peanut extract (15.05 $\mu\text{g/g}$ and 1.42 $\mu\text{g/g}$, respectively). These results suggest that peanut sprouts potentially could be used as a functional food material exhibiting antioxidant effects.

4. To evaluate peanut sprout extracts(peanuts are origin from Gyung-buk, Chung-buk, Jeon-buk, China) as a cancer preventive material, we investigated its anti-proliferative effects in various cell lines(MCF-7, HT-29, RC-58T/h/SA#4). Gyeong-buk peanut sprout extracts decrease the number of viable cancer cells, but the other extracts didn't showed anti-proliferative effect. Resveratrol significantly decrease the number of viable RC-58T/h/SA#4 cells in a dose- and time-dependent manner. On the other hand, only Gyung-buk peanut sprout extracts immune activities were detected by using mouse spleen cells and macrophage cell lines.

5. The quality characteristics were investigated with use of soybean yoghurt added with different content(0.5, 1.0, 2.0 and 3.0%) of peanut sprouts powder during fermentation. The pH was decreased in all the treatments, also titratable acidity was gradually increased during the fermentation. Hunter color values, lightness (L) of the yoghurt colors were decreased as the concentration of peanut sprout powder, whereas the yellowness (b) and redness (a) were increased. The sugar content of the yoghurt prepared with peanut sprout powder was increased before fermentation but they were decreased the content during fermentation. Viscosity of peanut sprout yoghurt was increased during fermentation. Lactic acid bacteria of the yoghurt was increased with the addition of peanut sprout powder and all samples had increasing levels of lactic bacteria over the ferment time. The sensory properties, such as flavor, color, taste and overall acceptability, of the yoghurt containing the 0.5, 1% peanut sprout powder were the highest among tested peanut sprout yoghurt. The peanut sprout yoghurt increased antioxidant activities in a dose-dependent manner.

6. The quality characteristics were investigated with use of soybean milk added with different content(1.0, 3.0 and 5.0%) of peanut sprouts extracts. The pH was decreased in all the treatments, also titratable acidity was gradually increased. Hunter color values, yellowness (b) and redness (a) of the soybean milk colors were increased as the concentration of peanut sprout extracts. The sugar content of the soybean milk prepared with peanut sprout extracts were not changed. The turbidity of the soybean milk prepared with peanut sprout extracts were increased at concentration of 5.0%. The sensory properties, such as flavor, color, taste and overall

acceptability, of the soybean milk containing the 1.0% peanut sprout extracts were the highest among tested peanut sprout soybean milk.

7. We produced vinegar beverage (blackberry, blueberry, pomegranate) added with different content (1.0, 3.0 and 5.0%) of peanut sprouts extracts and these were investigated its quality characteristics. The pH was increased in all the treatments as the extracts concentration increasing, also titratable acidity was gradually decreased. Hunter color values, lightness (L) of the beverage colors were decreased as the concentration of peanut sprout extracts, whereas yellowness (b) and redness (a) of the beverage colors were increased as the concentration of peanut sprout extracts. The sugar content of the soybean milk prepared with peanut sprout extracts were not changed. The turbidity of the soybean milk prepared with peanut sprout extracts were increased in the dose-dependent manner. The sensory properties, such as flavor, color, taste and overall acceptability, of the blackberry vinegar beverage containing the 1.0% peanut sprout extracts were the highest among tested peanut sprout vinegar beverages.

8. The quality characteristics and antioxidative activities were investigated with use of soybean milk added with 1.0% of peanut sprouts extracts. The peanut sprout soybean milk increased antioxidant activities (DPPH assay, reducing power, ABTS radical scavenging assay and β -carotene bleaching assay) in a dose-dependent manner. The pH and titratable acidity was not changed during the storage period. Hunter color values, lightness (L), yellowness (b) and redness (a) of the soybean milk colors were unvaried. The sugar content of the soybean milk prepared with peanut sprout extracts were not changed, but turbidity were increased time-dependent manner. General bacteria and E.coli of the soybean milk was increased without the addition of peanut sprout extract, but the soybean milk that including peanut sprout extract was not detected until 21 days. The sensory properties were evaluated use of soybean milk added 1.0% of peanut sprouts extracts and various sugar contents (0, 5, 10, 15 Brix°). The sensory properties, such as flavor, color, taste and overall acceptability, of the soybean milk containing the 1.0% peanut sprout extracts and 10 Brix° sugar contents were the highest among tested peanut sprout soybean milk.

9. The quality characteristics and antioxidative activities were investigated with use of blackberry vinegar beverage added with 1.0% of peanut sprouts extracts. The pH was decreased in time-dependent manner in different temperature (35, 45°C), also titratable acidity was gradually increased as the extracts concentration increasing. Hunter color values, yellowness (b) and redness (a) of the vinegar beverage colors were increased as the time-dependent manner, and

the values were highly showed at 45°C, especially. The sugar content of the vinegar beverage prepared with peanut sprout extracts were not changed. The turbidity of the vinegar beverage prepared with peanut sprout extracts were increased at 45°C, time-dependent manner. General bacteria and E.coli of the soybean milk was not detected in with and without the addition of peanut sprout extract until 24 days. The peanut sprout soybean milk increased antioxidant activities(DPPH assay, reducing power, ABTS radical scavenging assay and β -carotene bleaching assay) in a dose-dependent manner.

CONTENTS

Chapter 1. A summary of research project	26
Session 1. Objectives and necessity of research	26
Session 2. Scope of research	28
Chapter 2. Current status of technology in domestic and abroad	31
Chapter 3. Research in developmental research	35
Session 1. Theoretical and experimental approach	35
Session 2. Research contents	35
Session 3. Results in developmental Research	41
Subject 1: Establishment of high-quality peanut sprouts production system	41
1. Optimum growth stage for the production of resveratrol from peanut sprout	41
2. Seed treatment for the production of healthy and clean peanut sprout	56
3. Optimum light condition for the production of peanut sprouts	64
4. Optimum temperature for the production of peanut sprouts	68
5. Optimum relative humidity for the production of peanut sprouts	71
6. Optimum watering method for the production of peanut sprouts	74
7. Optimum nutrient condition for the production of peanut sprouts	78
8. Evaluation of artificially aged seeds for peanut sprout yields	81
9. Growth condition for the suppression of lateral root development	85
10. Conditions for producing functional peanut sprouts	100
11. Manual for the production of high-quality peanut sprouts	106
12. Examination of economic feasibility of peanut sprouts	107
Subject 2: Screening of a bioactive compound and practical application from peanut Sprout	112
1. Profiling of bioactive compound from peanut sprout and preparation of target cell line, toxicity check	112
2. Neuroprotective effect and cell biological mechanism of bioactive material from peanut sprout and preparation of fermented drinks	121
3. Purification of a neuroprotective substance and preparation of spirit, vinegar from peanut sprout	128

Subject 3: Development of mess production methods for peanut sprouts and health food products	157
1. Selection of optimum peanut species for production of peanut sprout	157
2. Analysis on useful nutrition components of peanut by geographical origins	159
3. Optimization of peanut sprout extraction	163
4. Functional investigation of peanut sprout extracts	164
5. Development of cultivation container for peanut sprouts mess production	176
6. Production methods for promoted germination and growth of peanut sprouts	179
7. Development of soybean milk and functional beverage with peanut sprout extracts	183
8. Light quality-based system for the production of clean peanut sprouts	193
9. Industrialization of soybean milk and functional beverage with peanut sprout extracts	199
Chapter 4. Achievement and contribution to related fields	238
Chapter 5. Application of developed technology	241
Chapter 6. Oversea science information obtained	246
Chapter 7. Literatures	247

목 차

제 1 장 연구개발과제의 개요	26
제 1 절 연구개발 목적과 필요성	26
제 2 절 연구개발의 내용 및 범위	28
제 2 장 국내·외 기술개발 현황	31
제 3 장 연구 개발수행 내용 및 결과	35
제 1 절 이론적 실험적 접근방법	35
제 2 절 연구개발 수행 내용	37
제 3 절 연구개발 결과	41
제1세부 : 고품질 땅콩나물 생산체계 확립	41
1. 땅콩나물 레스베라트롤 최적 생산을 위한 생육단계 구명	41
2. 청정 땅콩나물 생산을 위한 무병화 종자처리기술 개발	56
3. 땅콩나물 생산의 최적 광환경 조건확립	64
4. 땅콩나물 생산의 최적 온도조건 구명	68
5. 땅콩나물 생산의 최적 습도조건 구명	71
6. 땅콩나물 생산의 최적 관수조건 확립	74
7. 땅콩나물 생산의 최적 영양조건 설정	78
8. 인위 노화종자의 땅콩나물 생산능력 검정	81
9. 세균발생 억제를 위한 생육환경 조건 구명	85
10. 기능성 땅콩나물 생산조건 구명	100
11. 고품질 땅콩나물 생산의 재배 매뉴얼 개발	106
12. 땅콩나물의 경제성 검토	107
제2세부 : 땅콩나물 기능성 물질동정 및 시제품 개발	112
1. 땅콩나물의 기능성물질 현황과약 및 표적세포 cell line 구축 및 독성분석	112
2. 땅콩나물의 기능성물질, 신경세포 보호효과 검증과 세포생물학적 기전구명 및 발효음료 개발	121
3. 땅콩나물의 기능성물질, 신경세포 보호효과 활성물질의 분리, 정제계 확립 및 땅콩나물의 활성성분을 활용한 발효음료 개발	128

제3세부 : 땅콩나물 대량생산 및 건강지향적 제품개발	157
1. 국산 땅콩을 이용한 땅콩나물 생산용 최적 품종 선발	157
2. 땅콩 원산지(국가별)에 따른 유용영양성분 분석	159
3. 기능성 함유 땅콩나물 최적 추출 조건 확립	163
4. 땅콩나물 추출물의 기능성 규명	164
5. 땅콩나물 대량생산을 위한 적정 배양용기 개발	176
6. 발아 및 생육촉진을 위한 땅콩나물 생산기술 개발	179
7. 땅콩나물 추출물을 첨가한 두유 및 기능성 음료의 개발	183
8. 광질을 활용한 청정 땅콩나물 생산체계 구축	193
9. 땅콩나물 추출을 첨가한 두유 및 기능성 음료의 산업화	199
제 4 장 목표달성도 및 관련분야의 기여도	238
제 5 장 연구개발 결과의 활용 계획	241
제 1 절 실용화·산업화계획	241
제 2 절 교육·지도홍보 등 기술확산 계획	241
제 3 절 특허, 품종, 논문 등 지적재산권 확보계획	243
제 4 절 추가연구, 타연구에 활용 계획	244
제 5 절 연구기획사업	245
제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보	246
제 7 장 참고문헌	247

제1장 연구개발과제의 개요

제1절 연구개발 목적과 필요성

- 예로부터 우리 조상들은 비교적 손쉽게 재배할 수 있는 두채류인 콩나물과 숙주나물을 많이 식용하였으며, 두채류의 경우 가격 등락폭이 비교적 적고, 계절적인 공급의 제한을 받지 않기 때문에 현재까지 꾸준히 애용되고 있음. 이러한 특성 때문에 두채류 나물의 내수시장은 연간 1조원의 시장 규모를 형성하고 있음
- 땅콩(낙화생)은 풍부한 영양소와 비타민 등 유용한 무기물질을 다량 함유되어 있어, 우리 건강에 유익한 보양식물이며, 중국에서는 예로부터 장수과(長生果)라 함. 전 세계적으로 연간 땅콩 생산량은 약 3,600만톤이며, 종실취식, 기름, 버터, 과자원료 등으로 다양하게 이용되고 있음. 반면 땅콩은 연간 2억톤 생산되는 콩처럼 연중발아 통하여 신선채소로의 활용방법이 확립되지 않아 지속적인 수요창출을 기대하기는 어려운 실정임
- 땅콩은 한때 농가소득 작물로 각광 받았으나, 중국 등 외국의 저가 땅콩 수입으로 인해 국내 생산 기반이 붕괴됨
 - 연간 약 70,000여톤 수입 : 약 1,400억원
 - 국내 땅콩생산량 2003년 기준 약 6,400톤
 - 2005년 이후에는 정부수매지원제도 중단으로 재배농가 급감하여 생산량을 통계화 할 수 없는 사양 품목으로 전락
- 레스베라트롤은 포도, 땅콩, 작약, 오디 등 일부 식물에서만 발견되는 천연화학물질 중 폴리페놀 계열에 속하는 물질이며, 땅콩새싹에 함유량이 가장 많음
- 레스베라트롤은 지금까지 발견된 천연 항산화 물질 중 약리작용이 가장 우수하다고 알려져 있음
 - 노화방지, 세포수명 연장, 항암, 항치매, 동맥경화 예방, 미백효과(미 하버드대 싱클레어 교수)
- 식물유래 천연 레스베라트롤은 고가 상품(고순도 상품, 990,000원/g당)으로 거래되고 있고, 최근 레스베라트롤을 이용한 다이어트, 갱년기 여성 생리장애 치료 등의 건강보조식품이 미국, 일본 등에서 수요가 급증함
- 땅콩은 종자(0.15 μ g/g)보다는 새싹채소로 성장하게 되면 레스베라트롤(Resveratrol)성분이 90배 이상(14.2 μ g/g) 증가함. 이는 레스베라트롤 함량이 가장 많다고 알려진 포도주(평균 0.6 μ g/g)보다 무려 23배~34배 이상 높은 함량임
- 선진외국에서는 천연 레스베라트롤 함량을 인위적으로 증가시키는 기술개발 분야에 집중적인 투자가 이루어지고 있음(연구 논문만 매년 1,000건 이상 발표)
- 땅콩나물은 콩나물에 비해 기능성 영양성분이 풍부하고, 수분함량이 높을 뿐만 아니라 식미가 우수하며, 식품소재로서의 이용범위가 넓은 장점을 지니고 있음
- 땅콩나물은 바이오 분야의 블루오션 성장산업
 - 세계 인구 1인당 땅콩나물 2.5kg/연간 소비를 가정 할 때

- 땅콩 종자의 수요는 약 500만톤/연간 (약 5조원),
- 경작면적은 약 300만ha,
- 채소매출 규모는 약 1,500만톤(약 45조원)으로 추산
- 땅콩나물은 현대 웰빙의 새로운 패러다임을 제시하고 있는 대표적인 농산물
 - 땅콩나물 100% 자연수에 의해 재배되므로 청정채소
 - 일반채소에 비해 2배 이상의 부가가치 실현 가능(일반채소 10kg당 30,000원 수준)
 - 고부가 가공식품, 기능성 식품, 의약품 원료 시장으로 확대시 수익성 배가
- 땅콩나물을 식품소재로 이용하는 국제시장이 증가하고 있음에도 불구하고 땅콩나물의 생산방식은 효율적이지 못하고 해결해야 될 문제점이 산적해 있음
- 땅콩나물 재배에서 발생하는 문제점으로 부패와 세균형성으로 집약되고 있음. 땅콩나물의 부패는 부패하지 않고 남은 것들도 영향을 받아 저장성을 상실하기 때문에 경제적 손실이 막대함
- 땅콩나물의 세균형성은 생장억제, 영양성분의 감소, 섬유소의 증가, 식미감소, 세균제거를 위한 번거로움, 이용부위의 감소 등 많은 손실을 소비자가 감수해야 하고, 생산자는 상품성 하락으로 생산업체는 경영을 압박하는 요인으로 작용
- 이와 같이 땅콩나물의 품질을 결정하는 부패와 세균형성 등은 최적 생산모형 통해 대량재배 기술을 확립한다면 해결될 수 있을 것임
- 땅콩나물이 수출전략상품으로 개발되기 위해서는 식물공장형 대량생산기술이 확립되어야하며, 의약품, 건강보조식품 및 다양한 건강지향적 제품개발이 선행되어야 함
- 땅콩나물 산업은 생체로 직접 이용하는 1차 상품뿐만 아니라 기능성 물질을 이용하여 건강, 의약품, 기능성 식품을 개발한다면 땅콩나물의 신수요 창출도 가능함
- 따라서 본 연구는 국내외적 수집한 정보와 축적된 기술을 바탕으로 (1) 식물공장형 땅콩나물의 생산체계 확립과 (2) 땅콩나물의 기능성 물질을 탐색하여 그 우수성을 검정한 후 (3) 고품질 땅콩나물 생산과 땅콩나물 원료로 기능성 제품을 산업화하는데 있음
- 본 과제를 통해 고품질 땅콩나물의 생산체계를 확립하고, 땅콩나물의 기능성 물질을 이용하여 식품과 천연물신약 후보물질을 개발하고 이를 산업화한다면 국내 열악한 땅콩농가 보호뿐만 아니라 대규모의 고용창출로 한국선도 농산업으로 성장할 수 있는 기반을 구축하고자 함
- 본 연구과제의 최종목표는 아래와 같이 압축될 수 있음
 - 식물공장형 땅콩나물의 생산체계 확립
 - 땅콩나물의 기능성 물질 동정 및 기능성 식품 개발
 - 고품질 땅콩나물 생산과 땅콩나물 원료로 기능성 제품의 산업화
 - 땅콩나물 산업을 한국농업 미래를 선도하는 농산업으로 도약할 수 있는 기반 구축

제2절 연구개발 범위 및 내용

1. 세부1과제: 고품질 땅콩나물 생산체계 확립

연구개발의 범위	연구개발 내용
○ 땅콩나물 레스베라트롤 최적 생산을 위한 생육단계 구명	○ 땅콩종자를 치상한 후 발아일수에 따른 시기별 레스베라트롤 함량 측정
○ 청정 땅콩나물 생산을 위한 무병화 종자 처리기술 개발	○ 땅콩나물 생육일수 1, 2, 3, 4, 5, 6일 별 유용성분 및 생육반응 검정
○ 땅콩나물 생산의 최적 광환경 조건 확립	○ 땅콩종자에 감염균 방제하기 위한 건열처리 조건 구명
○ 땅콩나물 생산의 최적 온도조건 확립	○ 발아율과 유묘출현을 억제하지 않으면서 부패균 방제효과가 우수한 건열처리 온도 및 기간 설정
○ 땅콩나물 생산의 최적 습도조건 확립	○ 무농약 청정재배 이미지를 제고
○ 땅콩나물 생산의 최적 관수조건 확립	○ 땅콩종자 병원균 방제와 유해균 살균을 위한 UV-B 광처리 및 처리시간 설정
○ 땅콩나물 생산의 최적 영양조건 설정	○ UV-B 광처리에 의한 땅콩나물의 생육반응 검정
○ 세균발생억제를 위한 생육환경 조건구명	○ UV-B 광처리에 의한 기능성물질 함량조사
○ 기능성 땅콩나물 생산조건 구축	○ 광질처리 횟수 및 최적 처리 모형구축
○ 고품질 땅콩나물 생산의 재배 매뉴얼 작성	○ 재배수온의 다른 부패율 및 생육반응 검정
○ 땅콩나물의 경제성 분석	○ 재배수온 수준(15, 18, 23, 25, 28℃)에서 강건한 땅콩나물 생육에 적합 온도구명
	○ 땅콩나물의 기능성 성분 증진에 적합한 온도구명
	○ 땅콩나물 재배상의 부패균 발생과 습도와와의 관계 구명
	○ 상대습도(70%, 80%, 90%)에 따른 부패병 발병원인과 땅콩나물의 생육반응을 검정
	○ 강건한 땅콩나물 생산과 생리활성물질 증진에 적합한 습도조건 구명
	○ 저비용 고효율 관수조건 확립
	○ 상면관수와 하면담수 관수의 효율성 검정
	○ 관수횟수와 관수량 구명
	○ 경제성과 생육반응 검정
	○ 땅콩나물의 생육촉진 영양조건 구명
	○ MS midium, 원시표준양액 1/2, 1/3 공급하여 생육반응 검정
	○ 땅콩환원수를 이용한 땅콩나물 재배조건 구명
	○ 땅콩나물의 세균발생을 최소화할 수 있는 생육온도 구명
	○ 생육온도 3수준에서 검정
	○ 호르몬 연관성 구명
	- BA, GA, 무처리
	○ 게르마늄, 셀레늄, 키토산, 황토지장수를 이용하여 기능성 땅콩나물 생산
	○ 기능성제제의 처리농도 및 처리횟수 설정(처리농도 2 x 처리회수 2)
	○ 기능성 땅콩나물의 품질 및 생육반응 검정
	○ 고품질 땅콩나물 생산을 위한 생산재배모형 작성
	○ 생육온도, 영양공급, 관수간격 등을 표준화 및 과학화
	○ 농가 및 땅콩나물 업체보급형 매뉴얼 작성
	○ 생산단가 산정 및 경제성 분석

2. 세부2과제: 땅콩나물 기능성 물질 동정 및 시제품 개발

연구개발의 범위	연구개발 내용
<ul style="list-style-type: none"> ○ 땅콩나물의 기능성물질 현황파악 및 database화 ○ 표적세포 cell line 구축 및 독성분석 ○ 땅콩나물의 기능성물질, 신경세포 보호 효과 검증 ○ 세포생물학적 기전규명 ○ 활성물질의 분리, 정제계 확립 ○ 활성성분을 활용한 prototype의 기능성 음료 등 개발 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 땅콩나물의 부위별 및 용매별 추출물 확보 ○ 기능성물질, 항산화, 치매, 고혈압, 암 등에 대한 개선작용 물질의 profile 작성 ○ 표적세포의 독성분석 및 Bioassay 계 확립 ○ 기능성물질의 용매별 분리효율 확립 ○ 세포실험, glutamate 독성, H₂O₂ 독성, dopamine 독성을 이용한 보호효과 검증 ○ 신경세포의 RNA 분석(RT-PCR), 신경세포의 단백질분석(western blotting), Flow cytometry를 이용한 cell cycle 분석 ○ 활성물질의 화학적 특성 규명, 유기용매를 이용한 활성물질의 추출, open column 및 LC 를 이용한 활성물질의 분리, 정제 ○ UV, IR spectrum 분석과 HR-mass 및 NMR 분석을 이용한 구조예측 ○ 활성성분을 이용한 소재화 및 시제품화 - 건강지향성 및 기능성 음료 시제품 개발

3. 세부3과제: 땅콩나물의 대량생산 및 건강지향적 제품개발

연구개발의 범위	연구개발 내용
○ 땅콩 원산지에 따른 유용 영양성분 분석	○ 국산, 중국, 베트남 원산지에 따른 생육반응 검정 ○ 원산지별 유용 영양성분 비교 ○ 원산지별 품질비교 ○ 원산지별 생육적온 구명
○ 국산 땅콩을 이용한 땅콩나물 생산용 최적 품종선발	○ 국내 땅콩종자를 활용한 땅콩나물 생산용 최적품종 선발 ○ 품종별 유용 영양성분 및 품질 비교
○ 기능성 함유 땅콩나물 최적 추출조건 확립	○ 땅콩나물 생산조건별 추출조건 확립 ○ 각 추출물의 기능성 검색 ○ 최적 조건의 추출물 조제
○ 땅콩나물 추출물의 기능성 규명	○ 황산화 활성 ○ 암성장 억제효과 ○ 면역활성
○ 땅콩나물 대량생산을 위한 적정 배양용기 개발	○ 땅콩나물 전용 배양용기 개발 ○ 비육묘 트레이의 활용방안 검토 ○ 배양용기에 따른 땅콩나물 품질비교 ○ 배양용기에 따른 땅콩나물의 경제성 검토
○ 발아 및 생육촉진을 위한 생산기술 개발	○ 침중, 온탕처리, aeration 조건 설정 및 효과 구명 ○ 처리온도 및 처리기간 설정 ○ 발아 및 생육반응 검정
○ 땅콩추출물을 활용한 기능성 두유 및 건강 음료 개발	○ 두유의 제조조건 확립 ○ 두유의 관능평가 ○ 음료의 제조조건 확립 ○ 두유의 관능평가
○ 광질을 활용한 청정 땅콩나물 생산체계 구축	○ LED red, LED blue, UV-B 처리에 의한 생육반응 검정 ○ 광질처리 간격 및 시간설정 ○ 고품질 땅콩나물 생산비율 및 부패율 검정
○ 땅콩나물을 이용한 기능성 두유 및 건강음료 제품의 산업화	○ 최적조건으로 영양성분 분석 ○ 제품의 디자인 ○ 최종시제품 제조 ○ 기술이전 및 상품화 체계 구축

제2장 국내·외 기술개발 현황

1. 국내 제품생산 및 시장현황

- 땅콩은 한때 농가소득 작물로 각광 받았으나, 중국 등 외국의 저가 땅콩 수입으로 인해 국내 생산 기반 붕괴
 - 연간 약 70,000여톤 수입 : 약 1,400억원
 - 국내 땅콩생산량 2003년 기준 약 6,400톤
 - 2005년 이후에는 정부수매지원제도 중단으로 재배농가 급감하여 생산량을 통계화 할 수 없는 사양 품목으로 전락
- 땅콩나물은 바이오 분야의 블루오션 성장산업 3
 - 땅콩나물은 콩나물에 비해 기능성 영양성분이 풍부하고, 수분함량이 높을 뿐만 아니라 식미가 우수하며, 식품소재로서의 이용범위가 넓은 장점을 지니고 있음
 - 고부가 가공식품, 기능성 식품, 의약품 원료 시장으로 확대시 수익성 배가
- 땅콩나물은 일반 채소재배에 비해 2배 이상의 부가가치 실현 가능
 - 일반채소 10kg당 30,000원 수준
 - 땅콩나물에 함유하고 있는 천연 레스베라트롤은 외국에서는 고가상품(990,000원/g당)으로 거래되고 있음

(10kg당 매출규모)



땅콩나물의 부가가치(자료출처 : 장수채 홍보자료 수정)

- 두채류(콩나물과 숙주나물)의 내수시장 연간 1조원 정도로 추정
 - 2000년도 콩나물 생산량 50만톤, 생산규모 5,000억원: 자료 <http://www.kipo.go.kr/kpo/kor/index.jsp>
- 두채류의 시장규모 중 땅콩나물 점유율이 10%로 가정한다면 1,000억원대의 내수시장 형성
- 땅콩나물의 유용성분 및 기능성 홍보부족으로 안정적인 소비층 확보가 미흡

- 최근 TV 생로병사편에 방영되면서 소비촉진 추세
- 땅콩나물 산업은 신수요 창출이 용이
 - 생체로 직접 이용하는 1차 상품뿐만 아니라 건강, 의약품, 기능성 식품을 개발한다면 신수요 창출
- 땅콩나물 재배방법의 과학화, 표준화 미흡
 - 복합환경제어에 의한 고품질 땅콩나물 생산기술 개발이 절실
 - 콩나물에 준하는 재배방법으로 생산물의 품질 저하 초래
 - 식물공장형 대량번식이 가능한 땅콩나물 재배매뉴얼 제작이 급선무
- 국내 기능성식품시장 수요증가
 - 고령화에 따른 성인병의 증가, 웰빙 추구, 건강수명 연장에 대한 욕구 증대
 - 2004년 8월말 기준으로 국내 건강기능식품 시장규모 8,500억원이었으나, 2010년에는 20,000억원으로 시장규모가 확대될 전망
- 기능성 식품 요구도 맞춤형 기능성 식품 요구로 발전
 - 종래에는 양적 충족, 영양 충족에서 현재는 기능성 충족을 요구하고 있고 나아가 개인의 유전적 소인에 맞는 맞춤형 기능성 식품 요구로 발전
- 이와 동시에 기능성 소재 개발의 선두권 쟁취를 위한 경쟁은 심화
 - 생활습관성 질환예방 및 개선용 기능성 식품 개발은 잠재적 부가가치가 매우 높은 산업
- 따라서 땅콩나물을 소재로 혁신적인 원천기술 확보와 산업화 기술로 독자적인 건강기능식품 개발하면 국제 경쟁력 강화 및 수익 창출이 가능할 것임
- 세계건강식품 시장규모(단위: 억원)

구분	현재의 시장규모	예상시장규모
	2002년	2010년
세계시장규모	1,450,000	1,800,000
한국시장규모	8,500	20,000

자료출처: Nutrition Business Journal, 2003 Food Technology, USA (2003)
 ※ 산출근거: 국내(식품음료신문, 매년 15% 이상 성장률), 국외(Nutrition Business Journal, 매년 3~5% 성장률)

2. 국외 제품생산 및 시장 현황

- 땅콩나물 기능성 물질의 급원으로 소비촉진 기대
 - 레스베라트롤 다량함유 (포도종자의 36배 이상)
- 레스베라트롤은 식물계의 다이아몬드로 취급되면 기능성 효과로 수요 촉진 예측

땅콩나물의 '레스베라트롤' 함량

구분	함유량
새싹땅콩	110.36 $\mu\text{g/g}$
땅콩종자	0.018 ~ 1.25 $\mu\text{g/g}$
포도종자	3 $\mu\text{g/g}$

“포도종자의 36배 이상 함유”

- 세계 인구 1인당 땅콩나물 2.5kg/연간 소비를 가정 할 때
 - 땅콩 종자의 수요는 약 500만톤/연간 (약 5조원),
 - 경작면적은 약 300만ha,
 - 채소매출 규모는 약 1,500만톤(약 45조원)으로 추산
- 땅콩나물 원료의 고기능성으로 인한 기능성식품 의약품 개발 가능성 높음
 - 레스베라트롤, 올레인산, 레시틴, 아스파라긴산, 비타민 B1, B2, E 등
- 국제적 기능성 식품의 시장현황 및 규모
 - 소비자의 건강유지 및 개선, 질환 예방용 식품소재에 대한 기대 증가로 매년 10%이상 성장
 - 세계 기능성 식품시장은 1997년도 650억 달러 규모에서 2007년 이후 3,7771억 달러로 성장
 - 기능성식품 시장은 자동차 시장과 대등하게 성장할 것으로 예측(미국의 과학기술예측 조사보고서)
- 세계기능성 식품시장의 소비 규모를 세분화하면 미국 35%, 유럽 32%, 일본 18%, 아시아 6.9%, 한국 0.5%의 시장을 차지함(표 4).
- 미국, 유럽 및 일본 등에서는 기능성 식품소재 산업을 향후 발전 가능성이 매우 높은 분야로 보고 국가 연구개발 사업으로 집중투자하고 있음
- 따라서 땅콩나물을 원료로 이용하여 기능성 식품 및 건강지향적 제품을 개발한다면 세계시장을 선점할 수 있을 것임
- 세계 기능성 식품시장의 소비 규모

구분	미국	EU	일본	캐나다	한국	아시아	2007	계
매출액 [억달러]	708	647	364	60	10	139	3,771	2,023
%	35.0	32.0	18.0	3.0	0.5	6.9	4.6	100

출처 : Nutrition Business Journal, 2003 Food Technology, USA (2003)

○ 연도별 기능성식품 시장현황

년도	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2007
시장규모 (억불)	650	1,090	1,280	1,380	1,501	2,023	3,771

출처: Nutrition Business Journal, 2003 Food Technology, USA (2003)

3. 국내외 연구현황

연구수행 기관	연구개발의 내용	연구개발성과의 활용현황
부산대학교 장수채(주)	<ul style="list-style-type: none"> - 땅콩나물 재배법 확립 - 광질을 활용한 재배법 확립 - 기능성 땅콩나물 생산기술 	<ul style="list-style-type: none"> - 일본에서 기술도입(장수채) - 청정재배법 실현(부산대) - 기능성 땅콩나물 재배방법 특허출원중
경남대학교	<ul style="list-style-type: none"> - 땅콩나물에서 기능성 물질 분리동정 - 항치매 효과를 입증 	<ul style="list-style-type: none"> - 보습, 탄성효과, 주름예방, 자외선차단 및 미백효과가 뛰어난 피부미용 소재의 개발중이며, 특허출원 중
미국의 대학 및 연구소	<ul style="list-style-type: none"> - 식물체에서 레스베라트롤의 효과를 검정 - 항암기능(일리노이대학 연구팀) - 항산화 작용(미국 미주리대 마를건 내니 박사) - 동맥경화 및 노화방지기능 (Nature, 2003, 데이비드 싱클레어, 하버드대학) - 혈청 콜레스테롤 수치를 낮춰 심장병 윌하이오 주립대 연구소)을 예방 - 기억력 증진, 알콜대사작용과 항바이러스, 신경보호작용, 항염증, 항암, 치매예방 (윈트윈, 주키 알츠하이머 기억장애연구소) - 변비나 다이어트(웨스트팔 박사), 피부 미백 효과 	<ul style="list-style-type: none"> - 식품소재, 약품, 화장품 개발 기술에 응용계
에스엔제이바이오	<ul style="list-style-type: none"> - 땅콩나물 음료 및 두유 개발 	<ul style="list-style-type: none"> - 음료 및 두유를 시판계획

제3장 연구 개발수행 내용 및 결과

제1절 이론적 실험적 접근방법

현대인의 질병은 90% 이상이 물리적 환경 혹은 화학물질에 노출됨으로서 발생되며, 이러한 요인 중 40-60%는 식이와 관련됨. 삶의 질, 의료복지 향상 등 '웰빙' 붐이 조성됨에 따라 일상에서 섭취하는 식품 중에서 생리활성 물질을 이용하려는 연구가 활발하게 진행되고 있다. 세계 건강 기능성식품 시장은 97년 650 억불이었으나 2005 년도에는 시장규모가 10배 이상 증가함. 전세계적으로 기능성 식품 성장률은 7%이며, 미국, 유럽, 일본이 세계시장의 85% 정도를 장악하고 있는 실정이다.

땅콩나물은 일본, 중국 등 고급 음식점에서 널리 이용되고 있으며, 국내에서도 우수농산물에 대한 요구도가 증가함에 따라 내수시장 규모도 확대될 것으로 예상되고 있다. 땅콩나물은 여러 가지 기능성 물질과 약리효능이 풍부하여 현대 웰빙의 새로운 패러다임을 제시하고 있는 대표적인 농산물로 인식되고 있다. 또한 100% 자연수에 의해 재배되므로 청정채소 이미지 때문에 일반채소에 비해 2배 이상의 부가가치 실현 가능(일반채소 10kg당 30,000원 수준)이 높은 농산업 분야이기도 하다. 아울러 가공식품, 기능성 식품, 의약품 원료 시장으로 확대시에는 수익성 창출 효과가 클 것으로 기대된다.

이와 같이 땅콩나물의 내수시장 확대와 더불어 잠재력이 높은 해외시장을 개척하기 위해서는 고품질의 땅콩나물을 생산할 수 있는 재배기술과 생산업체에 경영을 압박하지 않는 생산기술이 확립되어야 한다. 또한 순수 국내기술에 의해 땅콩나물의 기능성 식품과 건강보조식품을 개발한다면 세계시장을 선점할 수 것이며, 농가 소득작물로 각광을 받을 수 있을 것이다.

따라서 본 연구는 땅콩나물의 대량생산체계를 확립하고, 땅콩나물의 기능성 물질을 탐색하여 그 우수성을 검증하며, 땅콩나물 원료로 기능성 제품을 산업화하는데 연구의 주안점을 두었다. 연구의 수월성을 확보하기 위해 주관 연구기관은 부산대학교, 협동과제는 경남대학교, 산업체는 에스엔제이바이오 과제를 수행토록 역할을 분담 하였다. 또한 땅콩나물 생산에 풍부한 전문지식과 현장 감각을 보유한 연구원을 초빙하여 생리활성성분을 동정한 후 이를 산업화시켜 수출지향적 농산업으로 정착될 수 있도록 연구결과를 도출하도록 하였다. 실험수행에 필요한 기자재는 사용에 차질이 없도록 유기적인 협조체계를 구축하였다. 또한 전문기술을 요하는 정도에 따라 연구원을 적절히 편성함으로써 효율적인 연구가 수행되도록 조정하였다.

또한 본 연구과제는 효율적인 연구결과 도출하기 위해 3개의 세부 및 협동과제를 편성하여 3년에 걸쳐 단계적으로 진행토록 계획되었다. 또한 순수 국내기술에 의해 개발된 땅콩나물의 건강보조식품이 세계시장을 선점할 수 있는 터전을 다지고, 미래지향적인 농산업으로 도약할 수 있도록 설계되었다.

세부과제 1: 고품질 땅콩나물 생산체계 확립

땅콩나물 생산 공장은 콩나물 생산 공장과 유사하여 고온, 다습한 암소에서 재배되는 경우가 대부분이므로 땅콩에서 유출되는 단백질과 과습으로 인해 유해 미생물에 감염되어 썩기 쉬운 환경조건을 초래 식물공장형 땅콩나물과 생산과 관련된 무병화 종자처리, 기능성 물질의 수율향상을 위한 최적 생육단계

구명, 생육최적화를 위한 광, 온도, 습도, 영양조건과 기능성 땅콩나물의 생산조건 확립하고자 연구내용을 설계 하였다. 이에 따라 일련의 실험을 수행하여 유용한 연구결과를 도출하였다.

세부과제 2: 땅콩나물 기능성 물질 동정 및 시제품 개발

땅콩나물에 함유된 생리활성 성분 탐색 및 정량화하여 이들 생리활성 물질의 항산화, 치매, 고혈압, 암 등의 효과를 검증하며, 기능성 제품을 개발하고 산업화 할 수 있도록 연구내용을 계획하였다. 이에 따라 땅콩나물에 함유된 미지의 기능성 물질에 대하여 동정하고 이를 활용하여 시제품을 개발하고자 하여 먼저, 기지의 기능성 물질(resveratrol, 폴리페놀의 일종으로 항암 및 강력한 항산화 작용을 하며 혈청 콜레스테롤 저하작용) 및 미지의 기능성물질(신경세포보호물질)(1,2,3,4)에 대하여 정확한 효능 검증하고자 하였다.

땅콩나물에 함유된 미지의 기능성 물질에 대하여 동정하고 이를 활용하여 시제품을 개발하고자 신경 보호 활성을 지닌 물질을 보다 구체적으로 보호효과에 대하여 세포생물학적 활성을 조사하였다. 나아가 분리·정제 시스템을 확보하여 물리·화학적 특성을 파악하였으며 구조(PSE-1)를 결정하였다. 한편, 발효음료 제조를 위하여 조건확립을 위한 실험을 수행하였다. 땅콩나물에 함유된 뇌신경보호 기능을 지닌 물질에 대하여 보다 구체적으로 효능을 검증하고 땅콩나물을 활용하여 발효시제품을 개발하고자 하였다. 이와 더불어 땅콩나물을 이용하여 발효제품의 제조 조건을 확립하였다.

세부과제 3: 땅콩나물의 대량생산 및 건강지향적 제품개발

땅콩나물의 품질을 저하시키는 부패의 주요 원인으로 상처, 수질, 생육온도 등으로 요약되며, 고품질과 땅콩나물을 대량생산하기 위한 배양용기 개발, 광질을 이용한 청정재배방법 확립, 땅콩나물의 부가가치를 상승시키기 위한 기능성 건강보조식품 및 제품을 개발하도록 연구 내용을 설계하였다. 이에 따라 고품질 땅콩나물 생산을 위한 국산 땅콩의 품종을 선별하고 그 기능성을 확인하였으며, 이를 활용하여 대두 요구르트 및 기능성 음료로 개발하였다. 더 나아가 개발한 요구르트와 음료의 품질 특성 변화와 기능성 및 저장성을 측정하여 땅콩나물의 고부가가치화와 특유의 비린 맛 때문에 제한된 형태로 가공되고 있는 땅콩나물을 다양한 형태의 기능성 가공식품 소재로 산업화하는데 기초자료를 확립하였다.

제2절 연구개발 수행내용

1. 세부과제 1: 고품질 땅콩나물 생산체계 확립

□ 목표

- FTA대비 국산 땅콩의 경쟁력, 안전성 및 부가가치 강화
- 땅콩나물의 안전성 확보, 소비자의 신뢰구축
- 고품질 땅콩나물 생산 체계확립으로 신수요 창출
- 땅콩나물의 레스베라트롤 등 기능성 물질 최적화를 위한 생육단계 구명
- 환경제어 재배시스템에 의한 고기능성 땅콩나물 안전생산
- 식물공장형 땅콩나물의 재배매뉴얼 작성으로 생산단가 절감
- 청정 땅콩나물 생산을 위한 무병화 종자처리기술 개발
- 땅콩나물의 경제성 분석

□ 내용

- 땅콩나물 레스베라트롤(Resveratrol) 등 기능성 성분 최적 생산을 위한 생육단계 구명
 - 땅콩종자를 치상한 후 발아일수에 따른 시기별 레스베라트롤 함량을 측정
 - 생육일수에 따른 생육반응 검정 및 주요 영양성분 검정
- 청정 땅콩나물 생산을 위한 무병화 종자처리기술 개발
 - 땅콩종자 내부에 감염된 부패균과 탄저병을 방제하기 위해 땅콩종자를 건열처리
 - 발아율과 유묘출현을 억제하지 않으면서 부패균 방제효과가 우수한 건열처리 온도 및 기간 설정
 - 무농약 청정재배 이미지를 제고
- 땅콩나물 생산의 최적 광환경 조건 확립
 - 땅콩종자 병원균 방제와 유해균 살균을 위한 UV-B 광처리 및 처리시간 설정
 - LED-red 및 UV-B 광처리에 의한 땅콩나물의 생육반응과 기능성 함량 변화 추적
 - LED-red 및 UV-B 광처리 시간 설정
- 땅콩나물 생산의 최적 온도조건 확립
 - 재배수온의 따른 부패율 및 생육반응 검정
 - 강건한 땅콩나물 생육에 적합 온도구명
 - 땅콩나물의 기능성 성분 증진에 적합한 온도구명
- 땅콩나물 생산의 최적 습도조건 확립
 - 땅콩나물 생산공장의 과습은 연약한 땅콩나물 생산과 부패균의 만연을 초래
 - 상대습도 함량에 따른 부패병 발병원인과 땅콩나물의 생육반응을 검정
 - 강건한 땅콩나물 생산과 생리활성물질 증진에 적합한 습도조건 구명
- 땅콩나물 생산의 최적 관수조건 확립

- 땅콩나물 품질에 관여하는 가장 요인은 재배환경이며, 그 다음은 관수와 관련됨
- 땅콩나물 재배에서 부족하거나 과도한 관수는 문제를 유발
- 관수부족 : 땅콩나물의 부패균의 번식을 촉진, 잔뿌리 발생이 심하고 색택이 불량하여 품질저하
- 과도한 관수 : 관수노동비용 상승, 지하수 동력비용 상승, 생산단가 상승 및 품질저하
- 상면관수와 하면담수 관수의 효율성 검토
- 관수횟수와 관수량 구명
- 땅콩나물 생산의 최적 영양조건 설정
 - 땅콩나물의 생육을 촉진 가능한 영양조건 구명
 - MS medium, 원시표준양액 1/2, 1/3 공급하여 생육반응 검토
 - 땅콩환원수를 이용한 땅콩나물 재배조건 구명
- 세균발생억제를 위한 생육환경 조건구명
 - 땅콩나물의 세균은 품질을 저하시키는 요인
 - 땅콩나물의 세균은 생육환경과 식물체내의 호르몬의 농도에 의해 달라짐
 - 세균발생을 최소화할 수 있는 생육온도 구명
 - 호르몬 작용에 의한 세균발생 반응 검토
- 기능성 땅콩나물 생산조건 구축
 - 게르마늄, 셀레늄, 키토산, 황토지장수를 이용하여 기능성 땅콩나물 생산
 - 기능성제제의 처리농도 및 처리횟수 설정
 - 품질 및 생육반응 검토
- 고품질 땅콩나물 생산의 재배 매뉴얼 작성
 - 고품질 땅콩나물 생산을 위한 생산재배모형 작성
 - 생육온도, 영양공급, 관수간격 등
- 땅콩나물의 경제성 분석
 - 땅콩종자 생산과 땅콩나물 생산했을 경우와 경제성 분석

2. 세부과제 2: 땅콩나물 기능성 물질 동정 및 시제품 개발

목표

- 땅콩나물의 기능성물질을 이용한 건강보조 식품개발 및 산업화로 농가소득 작물로 개발
- 땅콩나물의 기능성 물질을 건강 식품소재로 활용하여 고부가가치 창출
- 고령화사회 대비 국산농산물 활용 건강지향 소재의 발굴 및 산업소재화
- 땅콩나물의 생리활성 성분, 분지불포화지방산, resveratrol, 아미노산 등의 건강소재화

내용

- 땅콩나물에 함유된 생리활성 성분의 탐색 및 정량화

- 항산화, 치매, 고혈압, 암 등에 대한 개선작용 물질의 검색; Bioassay
- in vivo, in vitro assay계 확립
- 표적세포를 이용한 활성측정계 확립
- 생리활성물질의 기전규명 및 분리·정제 시스템 확립
 - 표적물질의 용매 별 분리 효율 확보
 - 표적물질의 정제계 확립 및 특성조사
 - 세포생물학적 작용기전 규명
- 대량정제계 확립 및 시제품 개발
 - 활성성분의 분리를 위한 소재의 대량 처리 시스템 확보
 - 활성성분의 대량정제 시스템 확보
 - 활성성분을 이용한 proto type의 시제품 개발

세부과제 3: 땅콩나물의 대량생산 및 건강지향적 제품개발

□ 목표

- 기능성 땅콩나물 생산으로 신수요 창출
- 열악한 국내 콩나물 업체의 한계성을 극복하여 땅콩나물 산업으로 전환유도
- 식물공장형 저비용 고효율 땅콩나물 생산 체계구축
- 땅콩나물의 현장애로 기술 해결 및 산업화 모형 구축
- 땅콩나물 산업을 한국농업 미래 선도 산업으로 육성
- 땅콩나물을 이용한 기능성 두유 및 건강음료 제품의 산업화

□ 내용

- 땅콩 원산지에 따른 유용 영양성분 분석
 - 국산, 중국, 베트남 원산지에 따른 생육반응 검정
 - 원산지별 유용 영양성분 및 품질 비교
 - 원산지별 생육적온 구명
 - 유용결과 도출을 통해 국산 땅콩의 우수성 확보
- 국산 땅콩을 이용한 땅콩나물 생산용 최적 품종선발
 - 국내 땅콩종자를 활용한 땅콩나물 생산용 최적품종 선발
 - 품종별 유용 영양성분 및 품질 비교
 - 고품질 국산 땅콩의 수급방안 모색
- 기능성 함유 땅콩나물 최적 추출조건 확립
 - 땅콩나물 생산 및 조건별 추출물 조제
 - 각 추출물의 기능성 검색
 - 최적 조건의 추출물 조제

- 땅콩나물 추출물의 기능성 규명
 - 황산화 활성
 - 암성장 억제효과
 - 면역활성
- 땅콩나물 대량생산을 위한 적정 배양용기 개발
 - 땅콩나물 전용 배양용기 개발
 - 비육묘 트레이의 활용방안 검토
 - 배양용기에 따른 땅콩나물의 품질 및 경제성 검토
- 발아 및 생육촉진을 위한 생산기술 개발
 - 침종, 온탕처리, aeration 조건 설정 및 효과 규명
 - 처리온도 및 처리기간 설정
 - 발아 및 생육반응 검토
- 땅콩추출물을 활용한 기능성 두유 및 건강음료 개발
 - 두유의 제조조건 확립, 두유의 관능평가
 - 음료의 제조조건 확립, 두유의 관능평가
- 광질을 활용한 청정 땅콩나물 생산체계 구축
 - LED red, LED blue, UV-B 처리에 의한 생육반응 검토
 - 광질처리 간격 및 시간설정
 - 고품질 땅콩나물 생산비율 및 부패율 검토
- 땅콩나물을 이용한 기능성 두유 및 건강음료 제품의 산업화
 - 최적조건으로 영양성분 분석
 - 제품의 디자인, 최종시제품 제조
 - 기술이전 및 상품화 체계 구축

제3절 연구개발 결과

제1 세부과제: 고품질 땅콩나물 생산체계 확립

1. 땅콩나물 레스베라트롤 최적 생산을 위한 생육단계 구명

가. 재료 및 방법

(1) 발아적온 검정

땅콩종자의 발아적온을 검정하기 위해 사용된 땅콩품종은 국내산 육성품종인 '조평', 베트남 땅콩 및 중국땅콩 종자였다. 발아 적정은 검정은 다점도 발아기를 이용하여 발아온도를 15°C~30°C의 범위에서 2°C씩 간격으로 발아력을 검정하였다. 발아실험은 petridish(9.0 x 5.0cm)에 흡습지(Whatman No. 2) 1장을 깔고 50립의 종자를 3반복으로 치상하였다. 발아율 조사는 종자를 치상한 후 7일까지 1일 간격으로 하였으며, 유근이 종피를 뚫고 1.0mm 이상 신장된 것을 발아한 것으로 하였다. 발아 속도를 나타내기 위한 최종발아율에 대한 50% 발아에 소요되는 일수(T_{50})는 아래 공식에 의해 산출하였다.

$$T_{50} = T_i + \frac{(N + 1) / 2 - N_i}{(N_j - N_i)} \times (T_j - T_i)$$

N: 발아조사 마감시간까지 발아된 종자수의 합계

N_i : N에 대한 50% 직전까지 발아된 종자수의 합계

N_j : N에 대한 50% 직후에 발아된 종자수의 합계

T_i : N_i 시점까지 소요된 발아기간

T_j : N_j 시점까지 소요된 발아기간

(2) 땅콩 품종별 발아특성 및 생육조사

땅콩나물에 적합 품종을 선별하기 위한 기초자료를 얻고자 국내 육성 품종인 '참평', '조평', '미광', '팔광', '풍산', '선안' 비롯한 중국 및 베트남 땅콩 종자의 형태적 특성 및 천립중을 조사하였고, 27°C에서 땅콩나물 전용 배양기에 치상하여 발아율과 T_{50} 을 조사하였다. 땅콩품종별 발아 후 땅콩나물로 전개되는 성장반응을 검정하고자 발아 후 3일부터 8일까지 1일 간격으로 시기별 하배축 길이 및 직경, 뿌리길이 및 세근발생수 및 상배축 길이를 조사하였다. 시료채취는 각 처리에서 10주의 땅콩나물을 3반복으로 채취하여 생육반응을 검정하였고, 이를 기초로 하여 땅콩나물 전용품종을 선별하는데 활용하였다.

땅콩종자의 종피가 발아에 미치는 영향을 조사하기 위해 사용된 품종은 '조평'이었고, 종피를 제거한 것과 제거하지 않은 처리간 발아성을 27°C에서 조사하였다.

(3) 수분흡수율 조사

발아기간 중 땅콩종자의 수분흡수율을 조사하고자 9cm petridish에 30립의 종자를 넣고 증류수를 각각 15ml씩 넣어 27°C의 압조건하의 배양기내에 두면서 측정하였다. 조사시간은 처리 후 8시간까지는 1시간 간격으로, 8시부터 12시간까지는 2시간 간격으로 그 후부터 144시간까지는 12시간 간격으로 조사하였다. 조사 방법은 국제종자검정규정(International Rules for seed testing)의 고온항온건조기법(130°C에서 1시간 건조 Anron, 1985)에 준하여 단위생체중으로 수분흡수율을 산출하였다(fresh weight basis).

(4) 레스베라트롤 검정

땅콩나물의 레스베라트롤 최적 생산을 위한 생육단계 구명하고, 아울러 땅콩나물 부위별 레스베라트롤 함량을 검정하기 위해 사용된 품종은 '조평'과 베트남 땅콩종자였다. 시기별 레스베라트롤 함량 조사를 위해 발아 후 생육 8일째까지 시기별로 땅콩나물을 채취하여 분석용 재료로 활용하였다. 또한 땅콩나물을 자엽, 하배축, 상배축 및 뿌리로 분리하여 부위에 따른 레스베라트롤 함량을 조사하고자 하였다. 레스베라트롤 분석방법은 25°C에서 80% 메탄올 수용액으로 초음파로 추출하여 HPLC 상에서 Agilent Eclipse 칼럼을 이용하여 분석하였다.

나. 결과 및 고찰

(1) 발아적온 검정

현대의 작물 생산체계에서는 발아력이 높은 종자가 요구되고 있다. 땅콩나물 생산용 종자도 다양한 발아조건에서도 높은 발아력을 유지하여야 한다.

Table 1.1은 다점도 발아기를 이용하여 발아온도를 15°C~30°C의 범위에서 국산땅콩인 '조평', 베트남 땅콩 및 중국땅콩 종자의 적정 발아온도를 구명하고자 하였다. 실험에 사용된 전 품종 모두 27°C에서 95% 이상의 높은 발아율을 보였고, 최종발아율에 대해 50% 발아에 소요되는 일수(T_{50})도 단축되어 신속하게 발아하였다. 따라서 땅콩종자의 최적 발아온도는 27°C였다. 27°C보다 높은 29°C~30°C의 발아온도에서는 발아속도는 빨랐으나, 발아율이 약간 감소되는 경향이였다.

국산 땅콩인 '조평'의 경우 20°C 이하의 발아온도에서는 최적발아 온도인 27°C에 비해 발아율이 감소되었고, T_{50} 은 1일~3일 정도 지연되었다. 특히 저온인 15°C에서는 발아율이 78%에 불과하였고, T_{50} 은 4.19일로 27°C에 비해 3일이 지연되었다.

베트남 땅콩종자도 저온인 15°C와 17°C에서는 발아율이 72%와 70%에 불과하였고, T_{50} 은 5.3일과 4.9일이 소요되었다. 이는 최적 발아온도인 27°C에 비해 T_{50} 이 4일 정도 지연되는 결과였다. 특히 베트남 땅콩은 원산지가 열대성으로 고온에서는 발아율이 원활했으나 저온 발아조건에서 저온 스트레스에 의해 발아율이 낮았던 원인으로 해석된다.

베트남 땅콩은 국산종인 '조평'과 중국산 땅콩에 비해 소립종으로 발아에 이은 땅콩나물로 성장하는 과정 중 부패율이 낮은 장점이 있었다. 뿐만 아니라 고온인 30°C에서도 90% 이상의 높은 발아율을 유지하였다.

Table 1.1. Effect of germination temperature on percent germination and number of days to 50% of the final percentage (T₅₀) of different cultivars peanut seeds.

Temperature (°C)	Jopyeong		Vietnam		China	
	Germination (%)	T ₅₀ (days)	Germination (%)	T ₅₀ (days)	Germination (%)	T ₅₀ (days)
15	78.3	4.19	72.3	5.26	75.3	4.74
17	84.2	3.29	70.8	4.87	77.8	4.36
18	92.6	2.87	92.4	3.83	90.3	3.91
20	92.2	2.43	94.2	3.02	92.2	3.23
22	95.8	1.84	91.3	2.31	93.3	2.69
24	96.0	1.67	94.0	1.84	90.0	2.65
26	96.3	1.28	95.3	1.70	93.3	2.64
27	96.8	1.13	96.2	1.23	95.2	2.18
29	94.7	1.24	94.7	1.42	90.7	2.45
30	93.0	1.20	94.0	1.22	87.0	2.22
LSD.05	2.8	0.20	2.4	0.18	2.7	0.21

Seeds were dark-germinated at various with germination temperature for up to 8 days
Means in columns were separated by LSD at P= 0.05.

중국 땅콩종자의 발아성을 검정한 결과 전반적인 발아경향은 국산종인 '조평'과 베트남 땅콩종자와 유사하였다. 저온인 15°C와 17°C에서는 발아율이 낮았으나, 18°C 이상의 발아온도에서는 90% 전후의 발아율을 보였다. 최적의 발아온도는 95%의 발아율과 2.18일의 T₅₀을 보인 27°C 였다. 반면 중국 땅콩은 베트남 땅콩에 비해 대립종으로 30°C에서 발아시키면 발아 및 땅콩나물로 성장하는 과정중 2차 감염으로 부패율이 높아지는 단점이 있었다.

품종에 관계없이 땅콩종자의 발아적온은 27°C 전후로 판명되었고, 30°C 까지 발아온도가 높아지면 발아율이 약간 감소되었으나, 발아속도는 오히려 빨라지는 경향이였다. 반면 20°C 이하의 온도에서는 발아율이 감소하였고, 발아속도도 지연되었다. 안정적으로 고품질의 땅콩나물 생산에 적용될 수 있는 발아적온은 27°C 였다.

(2) 땅콩 품종별 발아특성

(가) 땅콩 품종별 종자특성

역사적으로 땅콩을 콩나물, 숙주나물처럼 새싹으로 생산하려는 시도는 중국, 인도 등 많은 나라에서 시도되어 왔으나 그 재배 방법이 난해하여 성공하지 못하다가 2003년 일본에서 재배기술이 개발되어 국제 특허 출원하게 되었으나, 국내 순수기술에 의한 땅콩나물 재배법 확립이 절실하게 요구되고 있다. Table 1.2는 땅콩나물에 적합 품종을 선별하기 위한 기초자료를 얻고자 국내 육성 품종인 '참평', '조평', '미광', '팔광', '풍산', '선안' 비롯한 중국 및 베트남 땅콩 종자의 형태적 특성 및 천립중을 조사한 결과이다.

Table 1.2. Morphological characteristics of different cultivars peanut seeds.

Cultivars	Seed size (mm)		1,000 seeds weight(g)	Seed type	Seed coat color
	Length	Diameter			
Charmpyeong	18,28±1.4	9.68±0.3	965.3	Ellipse	Brown
Jopyeong	19,28±1.6	9.86±0.5	954.9	Ellipse	Brown
Mikwang	19,07±1.2	8.65±0.4	742.9	Ellipse	Brown
Palkwang	19,11±1.3	9.93±0.2	872.7	Ellipse	Brown
Pungsan	19,75±1.3	10.01±0.2	977.3	Ellipse	Brown
Seonan	18,20±0.9	9.10±0.3	895.3	Ellipse	Brown
China	18,78±1.1	9.35±0.2	709.1	Ellipse	Brown
Vietnam	12,45±1.2	6.93±0.2	389.3	Ellipse	Brown

국내 육성 품종들은 종자의 종단길이가 18.2mm~19.8mm 범위에 있었고, 횡단직경은 8.65mm~10.0mm 까지 분포하였다. 국내 육성 품종 가운데 ‘풍산’ 종자가 종단길이(19.75mm)와 횡단직경(10.0mm) 등 종자 크기가 가장 큰 품종이었다. 반면 베트남 땅콩종자는 종단길이가 12.5mm, 횡단직경이 6.9mm로 공시품종 중 가장 소립종자였다.

천립중은 ‘풍산’이 977g으로 가장 무거웠으며, ‘참평’과 ‘조평’도 965g과 954g의 천립중을 보여 비교적 대립종으로 분류되었다. 중국 땅콩 종자는 709g의 천립중을 보여 국내 육성 품종보다 천립중이 낮았고, 베트남 땅콩의 경우 천립중이 389g으로 공시품종 중 가장 소립종이었다. 종자형태는 품종에 관계없이 모두 타원형이었고, 종피 색깔 또한 갈색으로 품종에 의한 차이를 발견할 수 없었다.

(나) 품종별 발아특성

우량종자란 다수성, 내병성 및 유전적 순도가 높으면서 발아율과 발아세가 왕성한 종자를 의미한다. 종자의 발아력은 품종의 유전적 특성, 종자 등숙기의 환경요인에 의해 달라질 수 있다. 또한 채종 후 정선과 종자처리를 통해 발아력이 높은 종자를 확보할 수 있지만 유전적으로 우량종자를 사용하면 고품질의 땅콩나물 생산이 가능하다.

이러한 목적으로 Fig. 1.1은 땅콩나물의 적정 발아온도로 구명된 27°C에서 국내 육성 땅콩 4품종과 중국, 베트남 땅콩종자의 발아성을 조사하여 땅콩나물 전용 품종을 선발하고자 하였다.

27°C에서 배양된 땅콩종자의 발아율은 품종에 따라 약간의 차이는 있으나, ‘선안’ 품종을 제외한 모든 품종에서 90% 이상의 높은 발아율을 보였다. 발아율이 가장 높은 품종은 99% 발아한 ‘미광’ 이었고, 다음은 베트남 땅콩(96.8%), ‘조평’(95.6%), ‘팔광’(96.8%), 중국땅콩(95.2%) 및 ‘참평’(92.2%) 순이었다. 반면 ‘선안’ 품종은 88.4% 발아하여 다른 공시품종보다 발아율이 낮았다.

계획적으로 땅콩나물을 생산 할 때 저활력 종자를 사용하면 경제적인 손실을 초래한다. 또한 저활력 종자는 생체막의 기능 상실로 저장양분이 유출되어 유해 미생물의 침입에 의해 부패율이 높아지는 원인이 된다.

발아속도 개념인 T_{50} 은 품종에 따라 차이가 있었으며, 신속한 발아를 보인 품종은 '미광'(0.54일)이었고, 다음은 '선안'(0.61일), '참평'(0.63일), '팔광'(0.67일), '풍산'(0.71일) 순이었다. 반면 T_{50} 이 1일 이상 소요되는 품종은 '조평'(1.02일), 베트남 땅콩(1.24일) 이었고, 중국 땅콩은 T_{50} 이 2.18일로 발아가 가장 늦었다. 그러나 발아 후 하배축과 상배축이 신장하여 땅콩나물로 성장하는 과정중 부패할 수 있고, 품종에 따라 유묘의 생육반응에도 차이가 있으므로 발아율도 높고, 유묘생육도 왕성한 품종이 땅콩나물용으로 적합할 것으로 판단되었다.

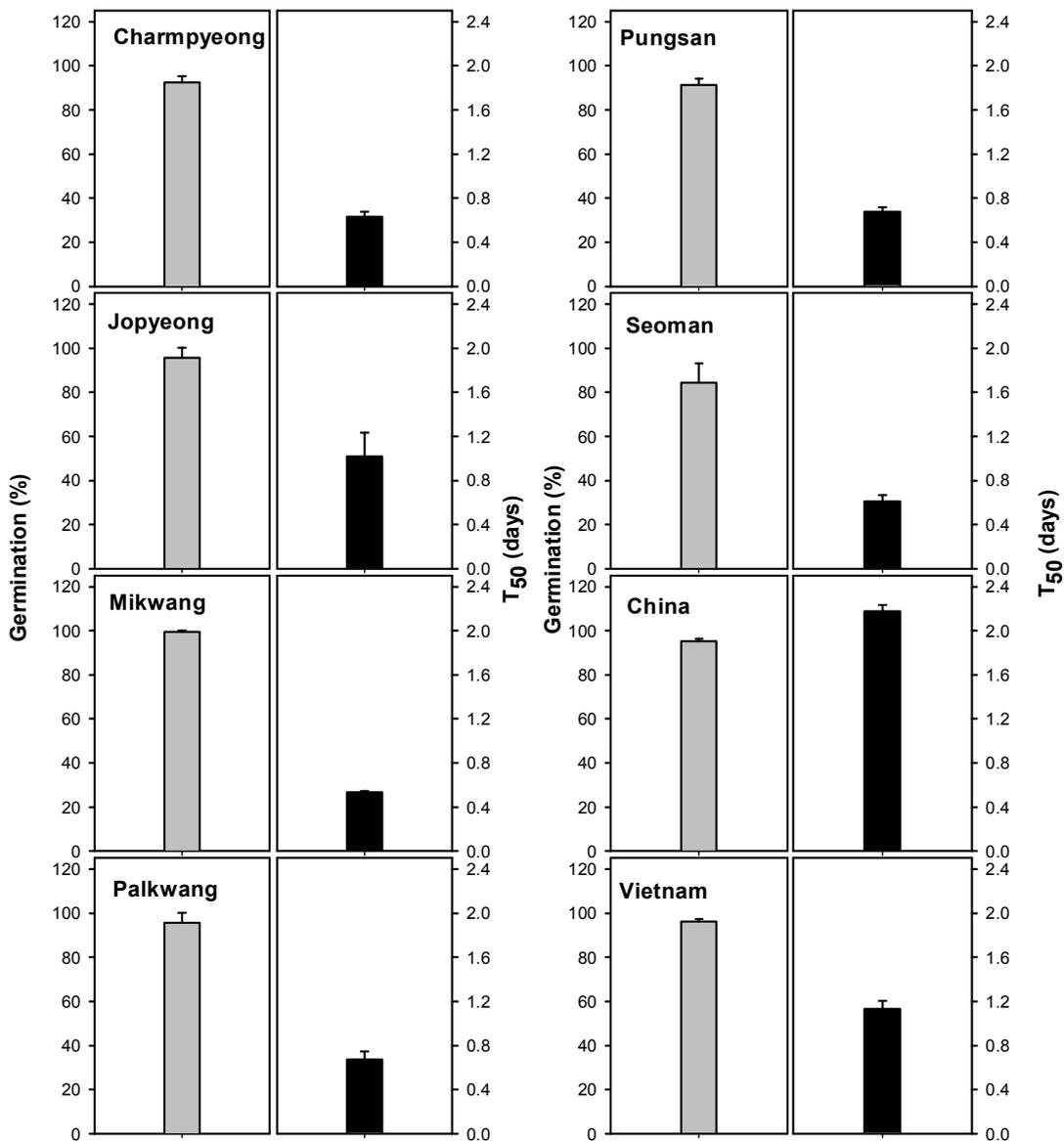


Fig. 1.1 Effect of different cultivars on percent germination and days to 50% of the final germination percentage(T_{50}) of peanut seeds. Seeds were dark germinated at 27 °C for up to 14 days



Photo. 1.1. The growth of peanut sprout 'Jopyeong' in growth incubator.

(다) 품종별 생육반응

땅콩나물 생산용으로 적합한 품종은 발아 후 단시일내에 땅콩나물로 성장하는 능력과 아울러 부패율이 낮은 품종이 요구된다. 우리나라도 땅콩나물의 내수시장이 점차 확대되는 추세에 있고, 이에 따라 소비자의 요구에 부응하기 위해서는 땅콩나물 전용 품종 선발이 중요한 과제이다.

품종별 발아실험에서 '선안'을 제외한 품종들이 90% 이상의 높은 발아율을 보였다. 그러나 땅콩나물 생산은 발아 후에 직면하게 되는 2차 감염균에 의해 부패율 증가가 시급히 해결해야 할 현상으로 사항으로 지적되고 있다. 따라서 땅콩품종별 발아 후 땅콩나물로 전개되는 성장반응을 검정하고자 하여 땅콩전용 품종을 선발하는데 기초자료로 활용하고자 하였다(Table 1.3, 1.4 및 1.50).

품종에 따라 차이는 있으나 생육 8일째를 기준하였을 때 국내육성 품종으로 '조평'이 하배축이 가장 길었으며, 그 외 하배축이 긴 품종으로는 베트남, 중국 땅콩이 하배축 길이가 7.0cm 였다. 하배축 직경은 '조평'이 5.92mm로 직경이 가장 굵었다. 생육 8일째 기준하였을 때 뿌리길이는 베트남 땅콩이 14.3cm로 가장 길었고, 세균 발생량은 중국 및 베트남 종자에서 27.2개와 21.2개의 세균발생량을 보였다.

Table 1.3. Effect of different peanut cultivars sprout on hypocotyl length and diameter as influenced by growth periods. Seeds were dark cultured at 27 °C for up to 8 days.

Cultivars	Hypocotyl length(cm)						Hypocotyl diameter(mm)					
	Days after seeding						Days after seeding					
	3	4	5	6	7	8	3	4	5	6	7	8
Charmpyeong	0.7	1.2	1.4	1.7	2.0	2.5	3.92	4.16	4.28	4.58	4.82	4.84
Jopyeong	1.2	2.2	2.8	3.3	3.5	4.2	4.96	5.38	5.58	5.83	5.85	5.92
Mikwang	0.9	1.3	1.9	2.5	2.7	3.1	3.54	3.67	3.76	4.07	4.08	4.10
Pungsan	0.5	0.8	0.9	1.0	1.3	1.7	3.80	3.89	4.05	4.47	4.61	4.99
Seonan	0.9	1.1	1.3	1.7	2.6	2.8	3.73	3.92	4.49	4.49	4.73	4.79
China	3.1	4.2	4.6	6.1	6.6	7.0	4.73	5.14	5.27	5.40	5.60	5.70
Vietnam	1.1	2.8	4.7	5.2	6.7	6.9	3.74	4.37	4.46	4.60	4.62	4.68
LSD.05	0.2	0.3	0.6	0.7	1.2	1.4	0.21	0.32	0.43	0.46	0.36	0.31

Table 1.4. Effect of different peanut cultivars sprout on root length and number of lateral root as influenced by growth periods. Seeds were dark cultured at 27 °C for up to 8 days.

Cultivars	Root length(cm)						No. lateral root					
	Days after seeding						Days after seeding					
	3	4	5	6	7	8	3	4	5	6	7	8
Charmpyeong	1.0	2.2	3.1	3.8	4.7	5.3	0	0	5.0	6.5	8.3	9.3
Jopyeong	2.3	4.5	5.1	6.0	6.2	7.2	0	8	9.2	10.4	12.1	14.2
Mikwang	2.2	3.7	4.9	5.0	5.6	5.7	0	4	9.2	9.2	12.0	15.0
Pungsan	0.7	1.2	1.5	2.0	2.2	2.9	0	0	4.1	4.1	7.2	8.2
Seonan	1.2	2.2	2.3	3.5	4.4	5.8	0	0	4.1	6.5	7.1	9.6
China	1.8	3.1	4.2	6.1	6.6	7.0	0	0	6.2	15.4	15.4	21.2
Vietnam	3.1	7.4	10.2	12.4	13.1	14.3	0	0	11.0	16.2	25.2	27.2
LSD.05	0.3	0.4	0.7	1.2	1.1	1.5	0	0.3	2.1	2.4	2.2	2.5

Table 1.5. Effect of peanut cultivars sprout on epicotyl as influenced by growth periods. Seeds were dark cultured at 27°C for up to 8 days.

Cultivars	Epicotyl(cm)						
	Days after seeding						
	3	4	5	6	7	8	
Charmpyeong	0	0	0.4	1.2	1.3	2.0	
Jopyeong	0	0.9	1.1	1.8	2.4	4.6	
Mikwang	0	0.5	0.7	1.1	1.5	2.8	
Pungsan	0	0	0	0.4	0.8	1.0	
Seonan	0	0	0.8	0.8	1.4	1.8	
China	0	0	0.8	1.4	3.1	3.3	
Vietnam	0	0.7	1.3	2.3	3.6	6.9	
LSD.05	NS	NS	0.4	0.4	0.3	0.5	

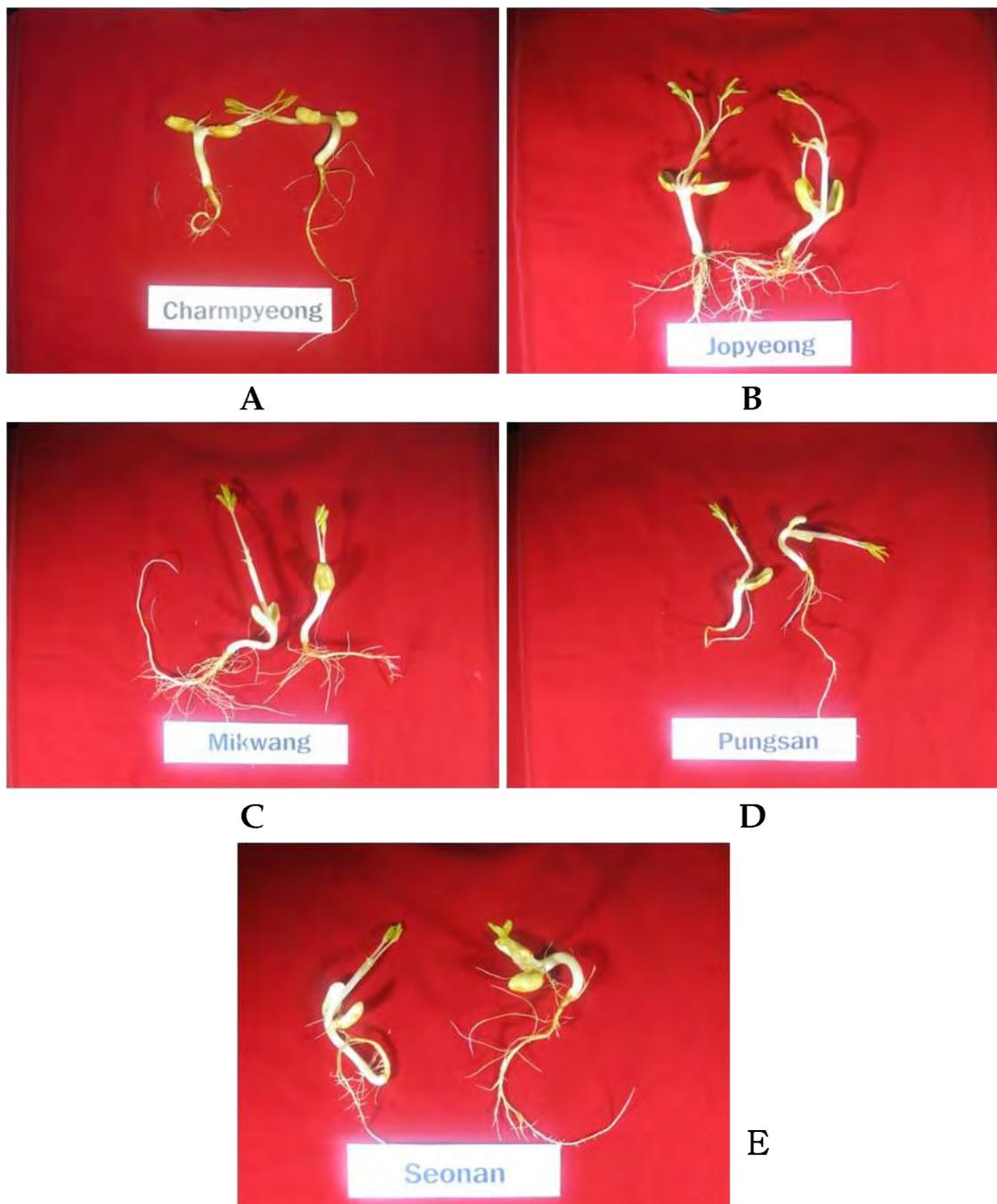


Photo. 1.2. Effect of different kind of peanut sprout cultivars on seedling growth fort 7 days after sowing at 27°C.

땅콩나물에서 세근 발생은 자연적인 현상이나 소비자 입장에서는 세근을 다듬어야 하므로 세근이 없고, 하배축이 비대된 땅콩나물을 선호하고 있다. 따라서 소비자가 선호하는 고품질의 콩나물을 생산하기 위해서는 세근이 없고, 하배축이 비대된 땅콩나물을 생산하여야 한다.

땅콩품종에 따라 세근발생량에 차이를 보였고, 중국과, 베트남 땅콩에서는 세근 발생량이 많은 것이 문제점으로 지적되었다. 품종에 관계없이 상배축 생장은 발아 후 5일 경과하면서 시작되었고, 상배축

생장이 왕성한 국내육종 품종으로는 '조평' 이었고, 베트남 땅콩도 상배축의 생장이 빠른 편이었다.

중국땅콩은 전반적으로 생육이 양호한 편이었으나, 부패율이 높았고, 국내 품종 중에는 '풍산' 및 '선안'도 발아 이후 땅콩나물로 성장하는 과정중 부패율이 높은 품종으로 분류되었다.

따라서 부패율과 생육정도 등을 감안한다면 국내육성 품종 중에는 '조평', 외국산으로 소립종에 속하는 베트남 땅콩이 땅콩나물 생산용으로 적합할 것으로 판단되었다.

(라) 종피가 제거가 발아 및 유묘생장에 미치는 영향

땅콩은 종피가 연약하여 유통 과정중 종피가 제거된 경우가 많다. 따라서 이러한 종피 제거가 발아와 발아 후 유묘생장에 미치는 영향을 조사한 결과는 Table 1.5와 같다.

발아온도에 관계없이 종피가 제거된 종자는 발아율에는 큰 차이가 없으나 발아속도인 T₅₀이 0.3일 정도 단축되어 신속하게 발아하였다. 배 신장을 억제하는 물리적 저항요인은 종피와 배유로 대별될 수 있다. 배유나 자엽의 유연화는 배에서 생성되는 지베렐린에 의해서 인데, 고온 및 산소공급은 지베렐린 생성을 촉진하여 배유의 유연화를 촉진시키지만, ABA, 삼투스트레스 및 저온은 배유나 자엽의 유연화를 지연시켜 발아를 억제시킨다.

Table 1.5. Effect of removal seed coat on percent germination, T₅₀ and earth growth of 'Jopyeong' peanut seeds.

Seed treatment	Germination (%)	T ₅₀ (days)	Growth ^z				
			Hypocotyl length (cm)	Root length (cm)	Epicotyl length (cm)	Fresh weight(g)	Dry weight (mg)
<i>Incubation at 20 °C</i>							
De-coated	97.8 a ^y	0.57 b	3.65 b	4.40 b	2.77 a	2.42 a	416 a
Intact	100.0 a	0.78 a	3.89 a	6.63 a	3.24 a	2.47 a	422 a
<i>Incubation at 27 °C</i>							
De-coated	99.2 a	0.45 b	3.72 a	5.20 b	3.12 a	2.49 a	423 a
Intact	100.0 a	0.67 a	3.93 a	6.78 a	3.55 a	2.53 a	434 a

^z Determinated 7 days after seeding

^y Means in columns with each germination temperature were separated by DMRT at P = 0.05

종자의 외곽조직인 종피는 내주피, 외주피, 종피 등 3층으로 구성되어 있다. 이러한 종자의 외곽조직이 발달하며, 저장성과 종자의 휴면성이 길어지며, 배 신장을 억제하는 기계적 장벽으로 작용하여 발아가 억제된다. 이에 비해 땅콩종자는 종피가 단층으로 구성되어 있어 다른 종자에 비해 종피의 기계적 장벽이 약하여 종피가 제거되더라도 발아촉진 효과가 낮았다.

종피가 제거된 종자는 발아 후 땅콩나물로 성장하는 속도도 종피를 제거하지 않은 종자에 비해 하배축, 뿌리, 상배축 생장이 낮은 경향이나 그 차이는 미약하였다. 20°C와 27°C의 배양온도에서 땅콩종자를 치상한 후 7일간 생육시킨 유묘의 생체중 및 건물중은 종피 제거가 종피를 제거하지 않은 처리

구에 낮았으나, 통계적인 유의성은 인정되지 않았다.

종피제거 종자는 대조구보다 신속하게 발아하였으나, 발아에 이은 유효생장은 대조구보다 약간 지연되었다. 이와 같은 결과는 유통과정 중 종피가 제거된 종자라 할지라도 땅콩나물 생산용으로 사용하더라도 품질에는 큰 문제가 없다는 것을 시사하고 있다.

(3) 땅콩나물의 생육반응

(가) 땅콩종자의 발아과정중 수분흡수율

고품질의 땅콩나물을 안정적으로 생산하기 위해서는 발아와 밀접한 관련이 있는 수분흡수율의 이해가 선행되어야 한다. 종자의 수분흡수는 발아과정 중 가장 중요한 단계로서 수분을 흡수한 종자는 종피가 팽창하고 수분 및 가스의 투과가 용이해짐에 따라 종자내 효소들이 활성화되고 자엽이나 배유에 있는 저장양분들이 분해되어 성장점으로 이동함으로써 배 생장에 필요한 새로운 물질을 합성한다.

땅콩종자의 수분흡수율 Fig. 1.2에서 보는 바와 같으며, 발아전 종자의 초기 흡수율은 7.7% 였다. 이들 종자에 수분을 공급하면 12시간 이내에 46.5%의 수분이 종자내로 급격하게 유입되었으며(수분흡수 1단계), 12시간부터 24시간까지는 약간 둔화되는 수분흡수의 유도기를 보였다(수분흡수 2단계). 24시간 후부터는 유근이 돌출되면서 종자내로 다시 한번의 급격한 수분흡수율(수분흡수 3단계) 보였고, 72시간부터는 56% 수분흡수율을 보여 144시간 까지 유지되었다.

땅콩종자의 유근돌출에는 49%의 높은 수분을 요구되었다. 이는 리이크 46%, 양파 54%, 당근 52%의 수분이 흡수되면 유근이 돌출된다고 하여 본 연구결과와 유사하였다(Gray, 1989 등). 또한 종자의 구성성분이 단백질, 탄수화물, 지방종자에 따라 수분흡수율에 차이가 있으며, 대체적으로 단백질 종자들이 발아하는데 수분요구도가 높다.

특히, 단백질은 종자인 땅콩의 경우 저온에서 급속하게 수분이 종자로 유입되면 생체막이 파괴되어 발아력이 감소되는 원인으로 작용한다. 따라서 안정적으로 땅콩나물 생산을 위해서는 수분흡수의 지연시킬 수 있는 종자 priming 처리된 종자를 이용한다면 여러 가지 이점이 있을 것으로 예측된다. 또한 priming 처리된 땅콩종자는 급속한 수분유입으로 파생되는 세포막의 파열과 저장양분의 유출을 억제할 수 있고, 발아율 향상도 가능하여 땅콩나물의 대량생산용으로 활용이 가능할 것이다.

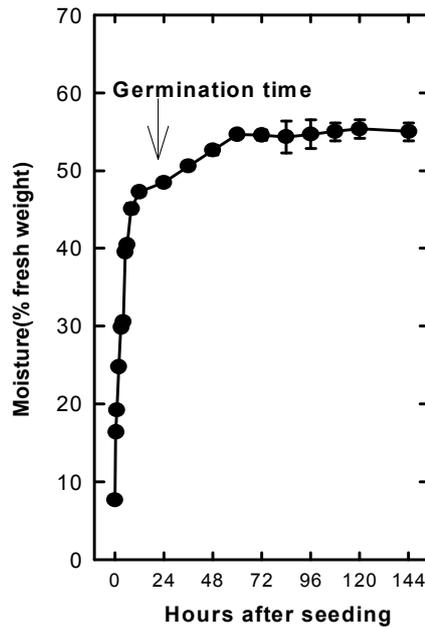


Fig. 1.2. Changes in percent moisture content of peanut seeds during the germination in the dark at 27 °C. Thirty seeds were placed in a 9 cm petridish with 15ml distilled water. Moisture content was measured every hour for the first 12 hours, and then 12 hours thereafter for 144 hours. The initial moisture was 7.7% on a fresh weight basis. Arrows mark the time when the first seed germinated. Each point is the mean of three applications.

(나) 시기별 생육반응 검정

땅콩은 유지원료 작물로서 뿐만 아니라 단백질 식품원으로서도 이용이 많아 전 세계적으로 널리 재배되고 있는 작물이다. 또한 영양가가 풍부하고 용도도 다양하여 식품용이나 간식용 뿐만 아니라 가공을 하여 식물성 기름으로 이용하거나 땅콩버터 등 여러 가지 가공제품 원료로 이용된다. 우리나라에서는 주로 간식용 볶음땅콩, 삶은 풋땅콩용으로 소비가 늘고 있다. 그러나 우리나라가 WTO 체제로 진입됨에 국내산 땅콩 자급율은 계속 하락하고, 외국산 견과류의 수입증대로 생산량이 계속 감소되고 있는 추세이다.

레스베라트롤(*trans*-3,5,4-trihydroxystilben, C₁₄H₁₂O₃)은 스티벤 계열의 물질로서 포도 등 식품의 여러 부위에 존재하며, 지방 과산화 억제 및 프리 라디칼 소거 기능과 같은 항산화 작용, cyclooxygenase 저해 등의 항염증 작용, 암세포 성장 억제 및 암 예방 효능 등 다양한 생리 활성을 지니고 있다고 알려져 있다. 최근에는 땅콩에서 *trans*-resveratrol의 추출과 분석에 대한 연구가 이루어지고 있다.

땅콩나물은 일본, 중국 등 고급 음식점에서 널리 이용되고 있으며, 국내에서도 우수농산물에 대한 요구도가 증가함에 따라 내수시장 규모도 확대될 것으로 예상된다. 아울러 땅콩나물은 여러 가지 기능성 물질과 약리효능이 풍부하여 현대 웰빙의 새로운 패러다임을 제시하고 있는 대표적인 농산물이다.

또한 땅콩나물은 100% 자연수에 의해 재배되므로 청정채소 이미지 때문에 일반채소에 비해 2배 이상

의 부가가치 실현 가능(일반채소 10kg당 30,000원 수준). 아울러 고부가 가공식품, 기능성 식품, 의약품 원료 시장으로 확대시에 수익성을 배가시킬 수 있는 대표적인 농산업으로 자리매김 되는 분야이다.

그러나 우리나라에서는 아직까지 땅콩나물의 생리생태에 관한 연구는 전무하였고, 대량생산의 근간인 식물의 발아생리에 연구도 없었다.

따라서 본 연구는 땅콩나물의 발아생리를 이해하고 대량생산의 재배화의 기틀을 다지는데 기초자료를 얻고자 하였다. 이를 위해 땅콩종자를 27°C의 배양기에서 치상한 후 4일, 8일, 11일, 14일 시기별 자엽 무게, 하배축 길이 및 직경, 근장 및 근중, 상배축 길이 및 무게를 조사하였다(Fig. 1.3).

땅콩종자를 치상하기 전의 자엽의 종단길이는 1.68cm 였고, 횡단직경은 0.63cm 였다. 자엽의 종단길이는 발아 후 8일째까지 생육이 진전될수록 자엽의 종단길이는 약간 증가하는 경향을 보였고, 그 후인 생육 11일부터 14일까지 큰 변화가 없었다. 자엽의 횡단직경도 발아직전 0.63cm 였으나, 생육 14일 후에도 0.6cm 조사되어 생육이 진전되더라도 횡단직경에는 큰 변화가 없었다.

무처리 종자의 자엽은 생체중이 0.68g 이었으나, 발아 후 4일째에서는 생체중이 1.3g 이었고, 생육 8일째는 1.52g으로 증가하였다가 그 후로는 완만하게 저하되어 생육 14일째에는 1.25g의 생체중을 보였다. 자엽의 건물중도 이와 유사한 경향을 보였다. 발아전 종자 자엽의 건물중은 283mg 였으나, 발아 4일째에는 건물중이 490mg으로 급격하게 상승되었다가 이후 완만하게 저하되었다. 이러한 원인은 생육이 진전될수록 자엽이 축적된 저장양분이 분해되어 배축 생장의 에너지원으로 이용됨으로서 건물중이 저하된 것으로 풀이된다.



Photo. 1.3. Change in growth of peanut sprout at 27°C as affected by growth periods. Peanut sprout were investigated for up to 7 days.

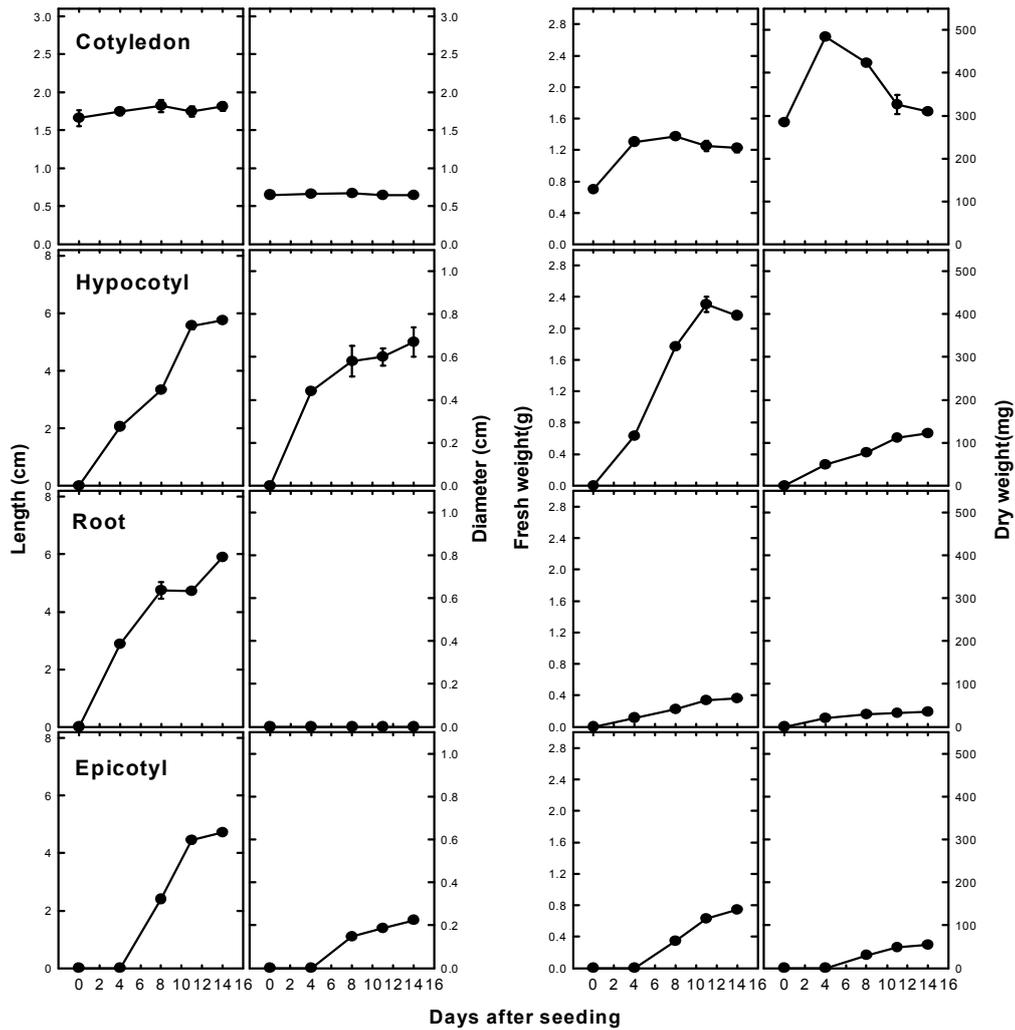


Fig. 1.3. Changes in cotyledon, hypocotyl, root and epicotyl on the growth of peanut sprout for different growth stage days after seeding of peanut seeds. Seeds were dark germinated at 27°C for up to 14 days.

종자는 발아한 후 유묘생장 단계를 거치게 된다. 고품질의 땅콩나물이란 하배축의 생장이 양호하고 약간의 상배축이 존재할 때 상품가치가 높다. 땅콩을 배양기에 치상한 후 시기별 하배축의 생장을 조사한 결과 치상 4일부터 하배축이 2.3cm 신장하였고, 하배축 직경은 0.43cm 였다. 하배축은 생육일수가 진전될수록 뚜렷한 성장을 보였고, 생육 11일째에는 하배축 길이는 5.9cm, 직경은 0.6cm 였다. 또한 생체중과 건물중 모두 생육이 14일로 진전될수록 증가하였다. 이는 자엽의 저장양분이 생장중인 하배축으로 이동되어 왕성한 성장을 유도함으로써 생체중과 건물중이 증가된 것으로 해석된다.

뿌리 성장도 발아에 이은 유묘생장 단계를 거치면서 증가하였고, 생육 4일째에는 뿌리신장이 3.4cm 였으나 그 후 지속적으로 증가하여 생육 14일째에는 6cm의 뿌리길이를 보였다. 부리의 생체중 및 건물중 또한 생육이 진전될수록 증가하는 경향이였다.

상배측은 생육 6일째부터 생장이 개시되었고, 생육 8일째에는 길이 2.7cm, 직경 0.17cm 보였다. 그 후 11일과 14일에는 4.3cm 및 4.6cm의 길이생장을 보였고, 직경 또한 0.19cm와 0.21cm로 증가하였다. 생체중과 건물중 또한 생육이 진전될수록 증가하였다. 이상의 결과로 볼 때 땅콩나물로 적합한 생육 단계는 8일 전후였으며, 이보다 생육이 진전되면 본엽이 전개되어 식미가 떨어지고, 상품성이 저하될 것으로 판단된다.

(4) 레스베라트롤 최적 생산을 위한 생육시기 구명

땅콩나물은 콩나물에 비해 기능성 영양성분이 풍부하고, 수분함량이 높을 뿐만 아니라 식미가 우수하며, 식품소재로서의 이용범위가 넓은 장점을 지니고 있다. 화학합성에 의한 식의약품 개발은 그 한계가 있으며, 고비용의 합성물질을 개발하고 난 후에도 그 물질의 부작용 등을 배제할 수 없다는 단점이 있다. 최근에는 생약제재로부터 새로운 물질을 순수 분리하여 기능성 식품 및 바이오 의약품을 개발하는 방향으로 선회하고 있다.

레스베라트롤은 지금까지 발견된 천연 항산화 물질 중 약리작용이 가장 우수하다고 알려져 있고, 그 효과는 노화방지, 세포수명 연장, 항암, 항치매, 동맥경화 예방, 미백에 탁월한 효능이 있는 것으로 보고되고 있다. 레스베라트롤은 일부 식물에서만 발견되는 천연화학물질 중 폴리페놀계열에 속하는 물질이며, 땅콩나물에서 함유량이 가장 많음이 보고되었다.

Table 1.6과 1.7은 땅콩나물의 레스베라트롤 최적 생산을 위한 생육단계 구명하고, 아울러 땅콩나물 부위별 레스베라트롤 함량을 검정하고자 하였다.

땅콩은 종자 상태에서는 레스베라트롤이 검출되지 않았으나, 종자가 발아한 후 새싹땅콩으로 생육이 진전될수록 레스베라트롤 함량이 증가하였다. '조평' 품종의 경우도 종자상태와 발아 1일째에는 레스베라트롤이 검정되지 않았으나, 발아와 더불어 유근이 발생하는 2일째부터 레스베라트롤 함량이 증가하기 시작하였고, 그 후 생육일수가 진전될수록 레스베라트롤 함량이 증가하여 생육 9일째에는 17.1 µg/g 함유량을 보였다. 이는 레스베라트롤 함량이 가장 많다고 알려진 포도주(평균 0.6µg/g)보다 무려 28.5배 이상 높은 함량이었다. 베트남 땅콩 또한 종자상태에서는 레스베라트롤이 검출되지 않았으나, 새싹땅콩으로 생육이 진전됨과 동반해서 레스베라트롤 함량이 증가하였다. 특히 생육 5일째에는 15.3µg/g 레스베라트롤 함량이 최대치인 보였다가 그 이후에는 서서히 감소하여 생육 9일째에는 12.3µg/g 함유량을 보였다.

고품질로 평가되는 땅콩나물은 하배측 길이가 5cm 전후이며, 27°C의 배양온도 7일간 생육시키며 하배측이 5cm 정도 성장하게 된다. 따라서 7일간 생육시킨 '조평'과 베트남 땅콩나물의 레스베라트롤 함량을 비교하면 베트남 땅콩나물에서 함유량이 높았다.

땅콩나물 부위별 레스베라트롤 함량을 측정한 결과 두 품종 모두 뿌리에서 함유량이 가장 높았고, 다음은 하배측 이었다. 상배측은 함량이 낮은 편이었으며, 자엽에서는 극소량의 레스베라트롤을 함유하였다.

'조평' 품종에서는 뿌리에서 레스베라트롤 함량이 187.9µg/g 전체 땅콩나물에서 함유되어 있는 레스베라트롤 전체함량의 55.8%를 점유하였고, 하배측은 117.6µg/g로 전체 레스베라트롤 함유량의 34.7%

을 차지하였다. 반면 상배축은 27.5 μ g/g, 자엽은 상대적으로 함유량이 낮은 5.7 μ g/g의 나타났다.

이상의 결과에서 땅콩은 종자상태에서는 레스베라트롤을 함유하지 않았으나 땅콩나물로 성장하면서 레스베라트롤(Resveratrol)성분이 17.2 μ g/g 증가하였다.

Table 1.6. Comparison of resveratrol content in 'Jopyeong' peanut sprout as affected by different growth stages.

Growth stage (days)	Resveratrol ^z (μ g/g)	
	'Jopyeong'	Vietnam
0	tr	tr
1	tr	tr
2	1.3	2.0
3	2.3	6.5
4	5.6	8.0
5	5.9	15.3
6	5.8	14.7
7	7.0	10.8
8	7.8	11.2
9	17.1	12.3

Sample: 1.0g

Extraction solvent: 80% methanol (20mL)

Extraction method: Sonication for 2hr.

Filtration: 0.45m membrane

HPLC analytical conditions

Instrument: Dionex HPLC Ultimate 3000

Column: Eclipse XDB-C18, 4.6*150mm, 5m, Agilent

Detector: Photodiode Array Detector (UV/vis 308 nm)

Solvent A: Water (0.1% TFA)

Solvent B: Acetonitrile (0.1% TFA)

Gradient conditions

0min, 10%B; 2min, 10%B; 5min, 20%B; 15min, 40%B; 20min, 40%B; 25min, 100%B

Post run time: 10min

Injection volumn: 20L

Flow rate: 1.0mL/min

Table 1.7. Comparison of resveratrol content in 'Jopyeong' and Vietnam peanut sprout as affected by different plant organs. Peanut sprout were determinated at 7 days after sowing.

Plant organs	Resveratrol (μ g/g)	
	'Jopyeong'	Vietnam
Cotyledon	5.7(1.6%)	2.6(1.7%)
Hypocotyl	117.6(34.7%)	45.3(30.4%)
Epicotyl	27.5(8.1%)	10.3(6.9%)
Root	187.9(55.8%)	90.9(61.1%)

레스베라트롤은 항암효과, 항산화작용, 수명연장, 항치매, 심장병 예방, 항바이러스, 신경보호 작용,

항염증작용, 다이어트 및 피부미백에도 효과가 있는 것으로 알려지면서 웰빙시대에 가장 필요한 성분으로 세계적으로 주목받고 있다.

2. 청정 땅콩나물 생산을 위한 무병화 종자처리기술 개발

가. 재료 및 방법

(1) 무병화를 위한 건열처리

종자의 건열처리는 다양한 병균의 불활성화에 가장 효과적이고 안정적으로 이용되는 종자처리 기술이며, 특히 땅콩나물 생산용으로 이용되는 종자는 인체에 위해한 농약처리가 불가능함으로 친환경적으로 병원균을 불활성화 시킬 수 있는 건열처리가 대안으로 제시될 수 있다. 이를 위해 땅콩종자에 적합한 건열처리 온도 및 기간을 구명하고, 무병건전 종자를 확보할 수 있는 방법을 모색하고자 하였다. 건열처리 방법은 함수율이 7.6%인 땅콩종자를 30℃에서 7시간 처리한 후, 45℃에서 15시간 처리하고, 이어서 52℃에서 10시간 처리한 종자를 72℃에서 72시간 처리하였다. 이와 같이 건열처리된 종자를 27℃에서 7일 생육시킨 후 발아율, T₅₀, 부패율, 하배축 길이, 뿌리길이, 상배축 길이 및 생체중 등에 미치는 영향을 조사하였다.

(2) 세균발생 억제를 위한 처리 기술

땅콩나물 생산에 신속하고 균일한 발아와 세균발생 억제는 고품질 상품생산과 직결된다. 콩나물 재배에서는 세균발생을 억제하기 위해 성장조절제인 benzyladenopurine(BAP) 또는 BA가 포함된 인돌비 처리 등이 이용되고 있다. 본 실험은 땅콩나물의 발아와 유묘생장반응에 식물성장조절제의 처리효과를 보고자 gibberellic acid(GA₃) 및 Indole B를 사용하였다. Gibberellic acid(GA₃)의 처리농도는 10, 25, 50mg/L 였고, Indole B는 0.41, 0.83, 1.66% 였다. 각각의 농도로 조성된 이들 용액을 27℃에서 재배하면서 주기적으로 관수하여 생육 3일, 5일, 7일 및 9일째의 발아율, 세균발생 억제 및 하배축 비대축진 등 생육반응을 검정하였다. 이러한 결과를 근거로 안전 성장조절제 땅콩나물 재배법을 확립하는 기초자료 활용하고자 하였다.

땅콩나물 생산에 효율적인 성장조절제 공급방법을 구명하고자 50mg/L의 gibberellic acid(GA₃)를 조성하여 이들 용액에 땅콩종자를 2시간 침지한 다음, 그 후부터 증류수를 공급한 처리와 성장조절제를 첨가된 용액을 지속적으로 공급한 처리간 발아율과 생육에 미치는 효과를 조사하였다. 실험은 27℃의 땅콩전용배양기에서 암조건으로 수행되었다.

나. 결과 및 고찰

(1) 무병화 종자처리기술 개발

땅콩나물은 현대 웰빙의 새로운 패러다임을 제시하고 있는 대표적인 농산물로 각광받고 있다. 또한 땅콩나물 100% 자연수에 의해 재배되므로 청정채소로 분류되고 있다. 땅콩나물을 식품소재로 이

용하는 국제시장이 증가하고 있음에도 불구하고 땅콩나물의 생산방식은 효율적이지 못하고 해결해야 될 문제점이 산적해 있다. 그 중 가장 큰 문제점으로 지적되고 있는 부분이 부패와 세균형성으로 집약되고 있다. 부패된 땅콩나물은 부패하지 않고 건전한 새싹에도 영향을 주기 때문에 경제적 손실이 막대해 진다.

종자 무병화를 위한 화학적인 종자처리는 주로 유기살균제를 이용하여 처지처리, 도말처리, 분의법, 급속습적법을 사용하였다. 그러나 건열처리는 다른 화학적, 물리적 종자처리에 비해 고가인 채소종자에 많이 이용된 이유는 종피에 있는 병원균뿐만 아니라 종자내부에 있는 병원균까지 완전하게 제거가 가능하고 종자를 침지할 필요가 없으며, 처리 후에도 일정기간 동안 저장이 용이하다는 이점이 있다.

종자의 건열처리는 다양한 병원균의 불활성화에 가장 효과적이고 안정적으로 이용되는 종자처리 기술이다. 특히 땅콩나물 생산용으로 이용되는 종자는 인체에 유해한 농약처리가 불가능함으로 친환경적으로 병원균을 불활성화시킬 수 있는 건열처리가 대안으로 제시될 수 있다.

Table 1.8. Methods of dry heat seed treatment in peanut seeds.

Temperature (°C)	Duration (hr)
30	7
45	15
52	10
72	72

이러한 목적으로 Table 1.8 및 1.9는 땅콩종자에 건열처리하여 종자활력 저하를 최소화할 수 있는 건열처리 온도 및 기간을 구명하고 무병건전 종자를 확보할 수 있는 방법을 모색하고자 하였다.

땅콩종자는 건열처리하여 종자의 발아성을 검정한 결과 72°C에서 72시간 건열처리 하면 종자활력이 퇴화되었다. 건열처리전 무처리 종자의 발아율은 94.6%였고, 일련의 과정을 거쳐 72°C에서 72시간 건열처리된 종자도 68.6% 발아하여 과다한 건열처리는 종자활력을 저하시켰다. 또한 건열처리된 종자를 27°C에서 7일간 생육시킨 땅콩나물의 생육에도 차이가 있었는데, 건열처리 일수가 경과할수록 하배축 길이, 뿌리길이, 상배축 길이 및 생체중이 저하되는 경향이였다. 건열처리를 하지 않은 무처리 땅콩종자는 발아 및 유효로 성장하는 과정중 부패발생율이 11% 였다. 그러나 52°C에서 10시간 건열처리하면 부패발생율이 현저하게 감소하였다.

종자의 건열처리는 75°C 전후의 온도에 종자를 노출시켜 건조한 상태로 처리하는 기술로서 건열처리기간 동안 초장의 초기수분함량을 4% 이하로 낮추고 온도를 서서히 올려주어야만 건열처리 피해를 최소화 할 수 있다. 반면 건열처리 온도를 75°C 이상 상승시키면 종자에 부착되어 있는 여러 종류의 병원균이나 바이러스를 죽이는 과정에서 종자 자체에도 스트레스 작용하여 종자발아와 발아 후 유효생육에는 큰 영향을 줄 수 있다고 알려져 있다.

Table 1.9. Effect of dry heat treatment temperature and duration on percent germination, T_{50} , percent decay and early growth of peanut sprout to 7 days after sowing at 27°C.

Dry heat treatment		Germ. (%)	T_{50} (days)	Decay (%)	Growth			
Temp. (°C)	Duration (hr)				Hypocotyl length (cm)	Root length (cm)	Epicotyl length (cm)	Fresh weight (g)
30	0	94.6	0.78	11.1	4.12	5.73	3.34	2.56
	4	100.0	0.82	9.6	4.23	6.21	3.12	2.47
	7	98.1	0.84	10.4	4.34	5.65	3.66	2.62
45	2	100.0	0.68	7.6	3.96	5.45	3.23	2.47
	7	96.8	0.82	6.2	4.32	5.93	3.88	2.67
	15	99.1	0.88	2.2	4.16	5.32	3.65	2.55
52	2	98.2	0.90	1.4	4.01	5.78	3.45	2.43
	5	100.0	0.88	0.4	4.43	5.61	3.56	2.47
	10	100.0	0.91	0	4.24	5.23	3.32	2.54
72	12	89.2	1.21	0	3.86	5.12	2.22	2.41
	36	88.8	1.31	0	3.78	5.44	2.88	2.38
	72	68.6	1.14	0	3.88	5.19	2.67	2.30
LSD.05		NS	0.18	0.6	0.21	0.47	0.14	0.16

Means in columns with each dry heat temperature were separated by LSD at $P = 0.05$

그러나 본 연구에서는 건열처리 온도를 52시간을 낮추고, 온도를 30°C에서 45°C, 52°C로 점진적으로 높임으로써 급격한 종자활력 상실문제를 극복할 수 있다. 열처리는 특히, 박과작물과 배추과 작물에서 종자전염병 병균을 불활성화 할 목적으로 사용되었으나 땅콩종자에서도 적용한 결과 부패발생율을 현저하게 저하시킬 수 있다. 또한 부패발생율을 줄이고 종자활력을 유지함과 동시에 땅콩나물의 생육은 크게 저해하지 않은 건열처리 조건은 52°C에서 10시간 처리가 좋았다.



Health sprout

Contamination sprout

Photo. 1.4. Health peanut sprout and contamination peanut sprout at 27°C.

(2) 세근발생 억제를 위한 처리 기술

땅콩나물 재배에 있어서 신속하고 균일한 발아는 땅콩나물의 생산성 및 품질 향상 측면에 많은 이점이 있다. 또한 신속하게 발아하여 새싹 땅콩으로 생육전개는 품질 규격화 향상과 생산단가 절감에도 유용하다.

땅콩나물의 세근형성은 생장억제, 영양성분의 감소, 섬유소의 증가, 식미감소, 세근제거를 위한 번거로움, 이용부위의 감소 등 많은 손실을 소비자가 감수해야 하고, 생산자는 상품성 하락으로 생산업체는 경영을 압박하는 요인으로 작용한다.

식물생장조절제 처리는 콩나물의 세근발생으로 인하여 야기되는 문제점을 극복하기 위한 방법으로 재배중에 benzyladenopurine(BAP) 또는 BA가 포함된 인돌비 처리 등이 이용되고 있다.

본 연구는 안전 성장조절제 땅콩나물 재배법을 모색하기 위한 기초연구로써 식물생장조절제 처리에 의한 발아율, 세근발생 억제 및 하배축 비대 촉진 등 생육반응을 검정하고자 하였다.

27°C에서 배양된 땅콩 종자는 발아율이 무처리 종자와 지베렐린 처리종자 관계없이 100% 발아하여 지베렐린은 땅콩종자에서 발아율을 향상시키는 효과는 없었다. 반면 발아속도 개념은 T_{50} 이 지베렐린 처리에 의해 단축되어 신속한 발아에 유효하였다. 세근발생 억제와 하배축 신장을 촉진한다고 알려져 있는 인돌비 처리는 발아율을 저하시켰다. 무처리 종자의 발아율이 100% 였고, 인돌비의 처리농도가 높아질수록 발아율이 감소하였고, 1.66% 처리구에서는 발아율이 78.4%에 불과하였다. 또한 인돌비는 처리에 발아속도를 지연시켰으며, 무처리보다 발아속도인 T_{50} 이 0.4~1.0일 지연되었다 (Fig 1.4 및 1.5).

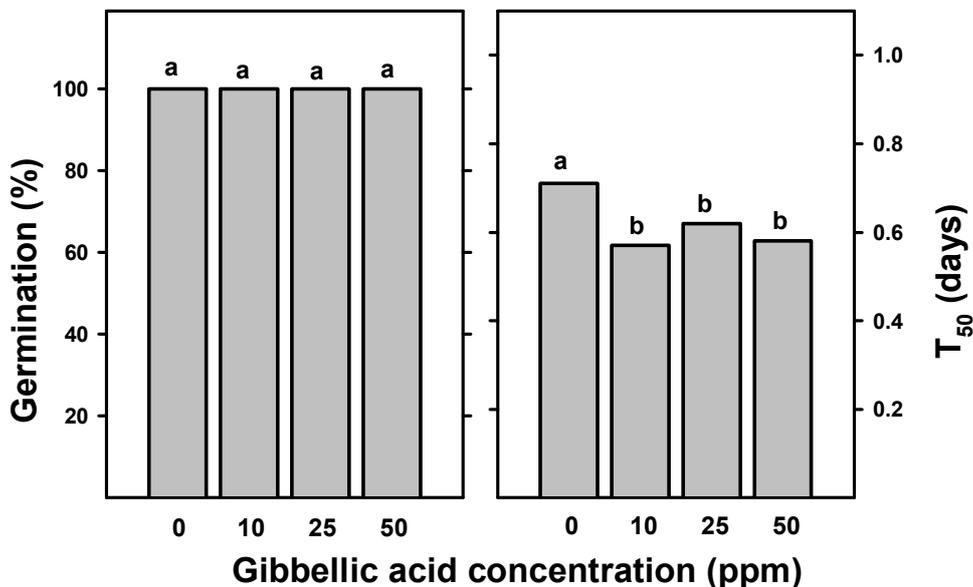


Fig. 1.4. Effect of gibberellic acid treatment on percent germination and T_{50} of peanut sprout. Seeds were dark cultured at 27 °C for up to 9 days. Means in columns are separated by DMRT at $P = 0.05$

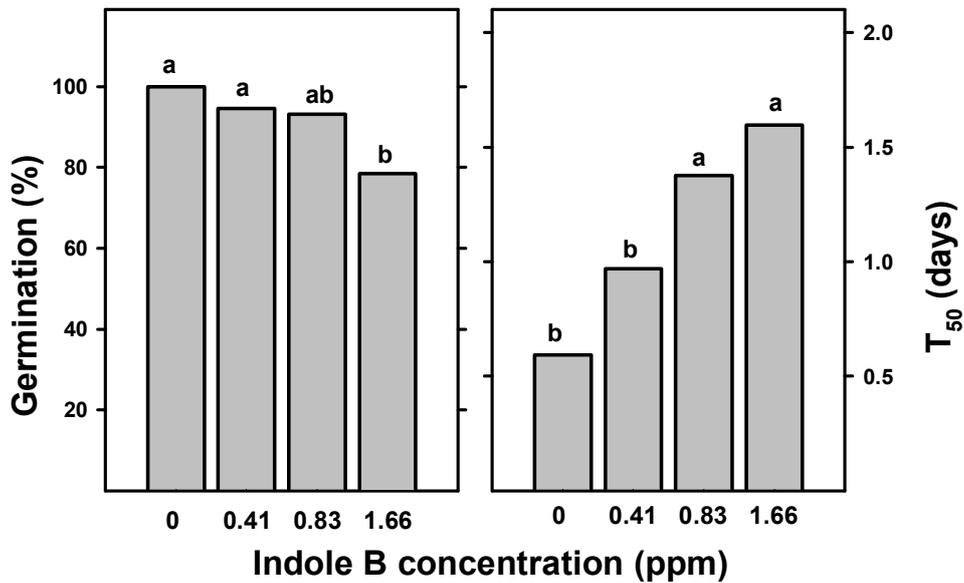


Fig. 1.5. Effect of Indole B treatment on percent germination and T₅₀ of peanut sprout. Seeds were dark cultured at 27°C for up to 9 days. Means in columns are separated by DMRT at $P = 0.05$

땅콩나물의 생육에 미치는 지베렐린의 처리효과는 Table 1.10에서 나타내었다. 땅콩나물의 상품성은 세근발생수가 적으면서 하배축 길이는 7cm 정도, 하배축은 비대가 높은 것이어야 한다. 지베렐린 처리는 생육 전기간에 걸쳐 하배축의 신장을 촉진하였고, 생육 9일째에는 무처리보다 하배축이 1.2cm 이상 높았다.

지베렐린 처리에 의한 하배축 신장 촉진 효과는 농도가 높을수록 현저하였다. 그러나 지베렐린 처리는 하배축의 비대촉진에 크게 관여하지 못하였으며, 전반적으로 지베렐린 처리농도가 높을수록 하배축의 비대생장이 낮았다.

또한 지베렐린 처리에 의한 뿌리신장 성장 및 세근발생에도 큰 차이를 없었다. 상배축 성장에도 지베렐린 처리에 의해 큰 차이가 있었으나 50ppm 처리구에서 상배축 생장이 다른 처리에 비해 높았다. 따라서 땅콩나물 지베렐린 처리는 하배축의 신장을 촉진에는 효과적 이었지만 세근발생 억제에는 크게 관여하지 못했다.

고등식물의 성장발육에 식물호르몬의 역할은 대단히 중요하며, 지베렐린은 식물의 신장생장을 촉진하며, 사이토키아닌류들은 지상부의 발육을 촉진하나 지하부의 발육을 억제되는 것으로 알려져 있다. 반면 옥신류(IAA, NAA, 2,4-D)들은 세포분열 촉진과 아울러 지하부의 발육을 촉진시키지만 지상부의 생육은 억제된다. 이에 따라 지베렐린 처리에서는 세근 발생을 크게 억제시키지 못한 궁극적인 원인으로 해석된다.

Table 1.10. Effect of gibberellic acid concentration on hypocotyl length, hypocotyl length diameter, root length, number of lateral root and epicotyl of peanut sprout. Seeds were dark cultured at 27°C for up to 9 days.

GA ₃ (mg/l)	Days after seeding			
	3	5	7	9
<i>Hypocotyl length(cm)</i>				
10	1.64	3.74	4.48	4.94
25	1.46	3.71	3.96	4.93
50	1.58	3.59	4.58	5.12
Untreatment	1.04	2.97	3.28	3.41
LSD(0.05)	0.21	0.22	0.26	0.24
<i>Hypocotyl diameter(mm)</i>				
10	3.76	4.38	4.55	4.72
25	3.93	4.26	4.42	4.53
50	3.92	3.98	4.24	4.39
Untreatment	4.13	4.34	4.76	4.80
LSD(0.05)	0.13	0.15	0.13	0.22
<i>Root length(cm)</i>				
10	1.77	2.14	2.24	2.39
25	1.56	2.09	2.09	2.41
50	1.63	1.99	2.01	2.28
Untreatment	1.65	2.10	2.43	2.66
LSD(0.05)	NS	NS	NS	0.20
<i>No. of lateral root</i>				
10	-	0.67	1.50	7.42
25	-	0.67	1.00	7.36
50	-	0.86	2.92	7.89
Untreatment	-	1.53	2.19	7.44
LSD(0.05)	NS	NS	0.52	NS
<i>Epicotyl length(cm)</i>				
10	-	0.42	0.73	0.74
25	-	0.12	0.49	0.53
50	-	0.32	0.82	1.30
Untreatment	-	0.10	0.24	0.54
LSD(0.05)	NS	0.12	0.18	0.21

Means in columns were separated by LSD at $P = 0.05$

땅콩나물 생산에 효율적인 생장조절제 공급방법을 구명하고자 gibberellic acid(GA₃)의 처리농도를 50mg/L를 조성한 후 2시간 땅콩종자를 침지한 다음 증류수를 공급한 처리와 생장조절제를 첨가된 용액을 지속적으로 공급한 처리간 발아율과 발아속도 및 생육반응을 조사하였다(Table 1.11~1.13).

발아율과 발아속도는 gibberellic acid(GA₃) 공급방법에 따른 차이는 없었으나, 8일간 생육시킨 땅콩종자의 생체중에는 차이가 있었는데, GA₃ 용액에 2시간 침지처리가 지속적으로 GA₃를 공급한 처리가 2시간 침지처리 후 증류수를 공급한 처리에 비해 생체중이 증가되었다.

Table 1.11. Effect of gibbellic acid with irrigation methods on percent germination, T_{50} , fresh and dry weight of peanut sprout. Seeds were dark cultured at 27 °C for up to 8 days.

GA ₃ treatment	Irrigation method	Germ. (%)	T ₅₀ (days)	Growth	
				Fresh weight(g)	Dry weight(g)
50mg/L	GA ₃ solution spray after 2 hour soaking	98.2	0.57	51.0	7.12
50mg/L	Water spray after 2 hour soaking	98.6	0.60	42.5	7.42
Untreatment	Only water spray	98.4	0.84	40.0	7.72
LSD(0.05)		NS	NS	3.5	NS

Means in column was separated by LSD at $P = 0.05$

Table 1.12. Effect of gibbellic acid with irrigation methods on hypocotyl length, hypocotyl length diameter, root length, number of lateral root and epicotyl of peanut sprout. Seeds were dark cultured at 27°C for up to 9 days.

GA ₃ treatment	Irrigation method	Days after seeding			
		2	4	6	8
<i>Hypocotyl length(cm)</i>					
50mg/L	GA ₃ solution spray after 2 hour soaking	3.3	4.2	6.1	6.6
50mg/L	Water spray after 2 hour soaking	1.2	1.9	2.7	3.3
Untreatment	Only water spray	0.7	2.0	3.2	3.5
LSD(0.05)		0.3	1.1	1.2	1.3
<i>Hypocotyl diameter(mm)</i>					
50mg/L	GA ₃ solution spray after 2 hour soaking	5.69	5.42	5.55	5.85
50mg/L	Water spray after 2 hour soaking	5.70	6.30	6.51	6.47
Untreatment	Only water spray	3.76	5.73	6.62	6.73
LSD(0.05)		1.10	0.21	0.41	0.32
<i>Root length(cm)</i>					
50mg/L	GA ₃ solution spray after 2 hour soaking	4.5	5.9	6.9	8.4
50mg/L	Water spray after 2 hour soaking	3.3	5.7	6.1	8.5
Untreatment	Only water spray	0.8	3.8	6.5	7.6
LSD(0.05)		0.4	1.2	NS	NS
<i>No. of lateral root</i>					
50mg/L	GA ₃ solution spray after 2 hour soaking	10.7	20.8	44.6	60.1
50mg/L	Water spray after 2 hour soaking		12.9	34.7	43.0
Untreatment	Only water spray		14.5	34.4	48.3
LSD(0.05)		NS	3.6	NS	11.2
<i>Epicotyl length(cm)</i>					
50mg/L	GA ₃ solution spray after 2 hour soaking	1.4	2.2	5.4	11.7
50mg/L	Water spray after 2 hour soaking		1.2	2.1	5.8
Untreatment	Only water spray		1.0	1.7	4.0
LSD(0.05)		NS	NS	1.2	2.1

Means in columns were separated by LSD at $P = 0.05$

Table 1.13. Effect of indole B concentration on hypocotyl length, hypocotyl length diameter, root length, number of lateral root and epicotyl of peanut sprout. Seeds were dark cultured at 27°C for up to 9 days.

Indole B (%)	Days after seeding			
	3	5	7	9
<i>Hypocotyl length(cm)</i>				
0.41	-	-	-	-
0.83	-	-	-	-
1.66	-	-	-	-
Untreatment	1.61	2.88	4.21	4.38
<i>Hypocotyl diameter(mm)</i>				
0.41	-	-	-	-
0.83	-	-	-	-
1.66	-	-	-	-
Untreatment	4.56	5.09	5.24	5.44
<i>Root length(cm)</i>				
0.41	0.64	0.59	0.82	0.90
0.83	0.46	0.58	0.59	0.65
1.66	0.30	0.38	0.42	0.44
Untreatment	4.06	4.14	4.28	5.48
<i>No. of lateral root</i>				
0.41	-	-	-	-
0.83	-	-	-	-
1.66	-	-	-	-
Untreatment	4.11	19.28	19.89	21.42
<i>Epicotyl length(cm)</i>				
0.41	-	-	-	-
0.83	-	-	-	-
1.66	-	-	-	-
Untreatment	-	0.52	1.19	1.72

또한 하배축 길이와 상배축 생장은 GA₃ 용액에 2시간 침지처리가 지속적으로 GA₃를 공급한 처리에서 높았다. 반면 하배축 직경은 GA₃ 용액에 2시간 침지처리 후 증류수 공급처리가 높았다. 땅콩나물 생산에 적용될 수 있는 성장조절제 공급형태는 2시간 침지처리 한 후 성장조절제를 공급하는 것이 좋은 것으로 나타났다.

인돌비는 IAA 25ppm + BA 16 ppm 함유되어 있는 콩나물 전용 성장조절제로 콩나물 생산업체에서 사용하는 적량은 4.2% 용액이며, 그 효과는 세근발생 억제와 하배축의 비대축진 등으로 알려져 있다. 콩나물 생산용으로 이용되는 인돌비를 땅콩나물 생산에 활용 가능성을 타진하고자 0.41%, 0.83% 및 1.66% 용액을 처리하여 생육반응을 검정한 결과는 Table 1.11에서 보는 바와 같다.

인돌비 처리는 전반적으로 땅콩나물의 생육을 억제하였다. 인돌비가 처리된 땅콩나물은 처리농도에 관계없이 생육 9일이 경과하더라도 하배축 길이생장을 억제하여 전반적인 생육이 불량하였다.

또한 인돌비 처리에 의해 상배축 생장이 억제되었다. 뿌리 신장 및 세근발생 또한 인돌비 처리에 의해 억제되었으며, 그 효과는 처리농도가 높을수록 뚜렷하였다.

콩나물의 세근발생 억제 및 하배축 비대축진용으로 이용되는 인돌비는 땅콩나물에서는 생장억제용으로 작용하였다. 이러한 결과는 콩나물에 비해 땅콩나물은 인돌비의 민감하게 반응한 것에 기인한 것으로 예측되며, 인돌비 처리에 의한 고품질의 땅콩나물을 생산하기 위해서는 처리농도를 낮추는 방안을 강구하는 등, 이에 대한 세밀한 실험이 진행되어야 할 것으로 판단된다.

3. 땅콩나물 생산의 최적 광환경 조건확립

가. 재료 및 방법

(1) 땅콩나물 생산의 최적 광환경 조건확립

땅콩나물 생산에 부패를 막는 화학제들은 환경오염과 인체의 유해성의 이유로 법으로 사용을 금하고 있어 친환경 방법으로 부패율을 감소시킬 수 있는 재배법 개발이 필요하다. 본 실험에서는 광질을 이용하여 땅콩나물과 부패율과 생육반응에 미치는 영향을 조사하였다. 실험에 사용된 자외선은 280nm 파장대를 지닌 UV-B를 6시간과 12시간 처리하였고, 또한 고품질의 땅콩나물을 생산하기 위해 광원의 파장이 각기 다른 red(660nm), blue(450nm), red + blue(8:2) LED 등을 처리하여 27℃에서 생육 7일째의 부패율과 생육반응을 조사하였다. 생육반응 검정은 뿌리수, 뿌리길이, 하배축 비대 축진 등을 조사하였는데 각각의 처리 당 10주의 땅콩나물을 3반복으로 채취하여 분석용 시료로 활용하였다.

나. 결과 및 고찰

(1) 땅콩나물 생산의 최적 광환경 조건확립

땅콩나물 생산공장은 고온, 다습한 압조건에서 재배되는 경우가 대부분이므로 땅콩에서 유출되는 단백질과 과습으로 인해 유해 미생물에 감염되어 썩기 쉬운 환경조건을 초래한다. 땅콩나물은 청정 이미지가 부각되어 최근 소비가 확대되고 있으나 재배상에 부패율이 문제가 되고 있다. 부패를 억제하는 화학제들은 환경오염과 인체의 유해성의 이유로 사용이 법으로 규제되어 친환경 방법으로 부패율을 감소시킬 수 있는 방법이 강구되어야 한다.

자외선은 식물의 생장감소를 유도하는 것으로 알려져 있으며 그 중 280nm 파장대를 지닌 UV-B 처리는 병원균의 살균과 식물체의 스트레스 방어기작에 관여 한다고 알려져 있다. 따라서 땅콩나물의 부패율을 경감시키기 위해 UV-B 처리하여 생육반응에 미치는 영향을 조사하였다(Fig. 1.14).

Table 1.14. Effect of UV-B spectra and irradiation timing on growth characteristic in peanut sprout to 7 days after sowing at 27°C.

Treatment		Decay (%)	Hypocotyl		Root length (cm)	No. of lateral root	Epicotyl length (cm)	Fresh weight (g)
Lamp	Time (hour)		Length (cm)	Diameter (mm)				
UV-B	0	12.1 a	4.38 a	4.76 a	3.37 a	4.42 a	0.74 a	2.61 a
	6	4.1 b	3.22 b	4.55 b	3.22 a	4.22 a	0.34 b	2.45 ab
	12	2.2 b	3.10 b	4.58 b	3.36 a	4.10 a	0.21 b	2.37 b

Means in column was separated by DMRT at $P = 0.05$.

Table 1.15. Effect of red, blue, red and blue mixed LED irradiation timing on growth characteristic in peanut sprout to 7 days after sowing at 27°C.

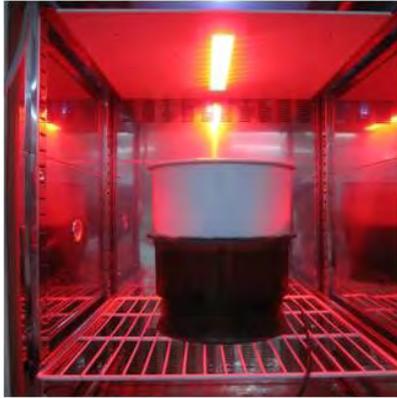
Treatment		Hypocotyl		Root length (cm)	No. of lateral root	Epicotyl length (cm)	Fresh weight (g)
Lamp	Time (hour)	Length (cm)	Diameter (mm)				
Red	6	4.59	4.81	3.55	4.61	1.22	2.76
	12	4.65	4.86	3.47	4.49	1.17	2.80
Blue	6	4.43	4.56	3.37	4.32	1.10	2.68
	12	4.47	4.52	3.29	4.76	1.21	2.62
Red + Blue	6	4.66	4.90	3.62	4.61	1.23	2.81
	12	4.78	4.87	3.58	4.21	1.32	2.86
Control		4.33	4.63	3.41	4.54	1.14	2.72
Significant Lamp (A)		**	**	*	*	*	*
Time (B)		NS	NS	NS	NS	NS	NS
A x B		NS	NS	NS	NS	NS	NS

NS, *, **, *** Nonsignificant at $P = 0.05, 0.01, \text{ and } 0.001$, respectively.

UV-B 처리는 땅콩의 부패율을 경감시켰으며, 그 효과는 12시간으로 처리 하였을 때 가장 우수하였다. 대조구의 부패 발생율이 12%인 점을 감안한다면 UV-B 처리에 의해 부패율을 2%까지 경감시킬 수 있다. 반면 UV-B 처리는 전반적인 땅콩나물의 생육을 억제하였고, 무처리에 비해 하배축 길이, 직경 및 상배축 생장을 억제하였을 뿐 아니라 생체중도 감소하였다(Fig. 1.15).

작물의 생육은 광원의 파장에 따라 생육반응이 달라지는데 지금까지 알려진 적색광의 광수용체인 파이토크롬과 청색광과 자외선의 광수용체인 크립토크롬이 있으며, 크립토크롬은 식물의 줄기신장을 억제하고 여러 가지 식물생리활성 물질의 반응을 유도하는 것으로 알려져 있다.

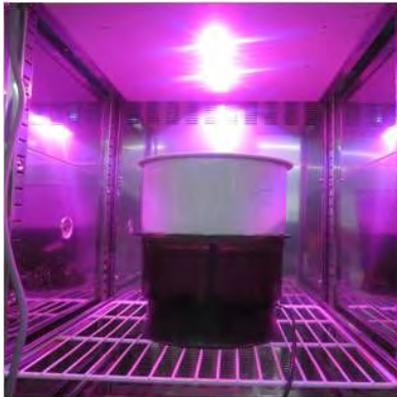
고품질의 땅콩나물을 생산을 위해 광원의 파장이 각기 다른 red, blue, red + blue(8:2) LED 등을 이용하여 땅콩나물의 생육을 검정한 실험은 Table 1.15과 같다. 땅콩나물의 생육의 광질에 따라 생육반응이 달랐으며, 전반적으로 광질 처리는 땅콩나물의 생육을 향상시켰다. 그중 가장 효과적이었던 광질은 red + blue 광을 8:2로 혼합한 처리구 였고, 무처리보다 생육이 좋았다. 따라서 red + blue 광을 8:2로 혼합한 광원을 사용한다면 고품질의 땅콩나물 생산에 유용하게 적용할 수 있을 것으로 판단되었다.



A



B



C



D



E



F

Photo. 1.5. Effect of different kind of light quality on growth characteristics in peanut sprout at 27 °C (Red: A,B, Red + Blue(8:2): C,D, Blue: E,F.

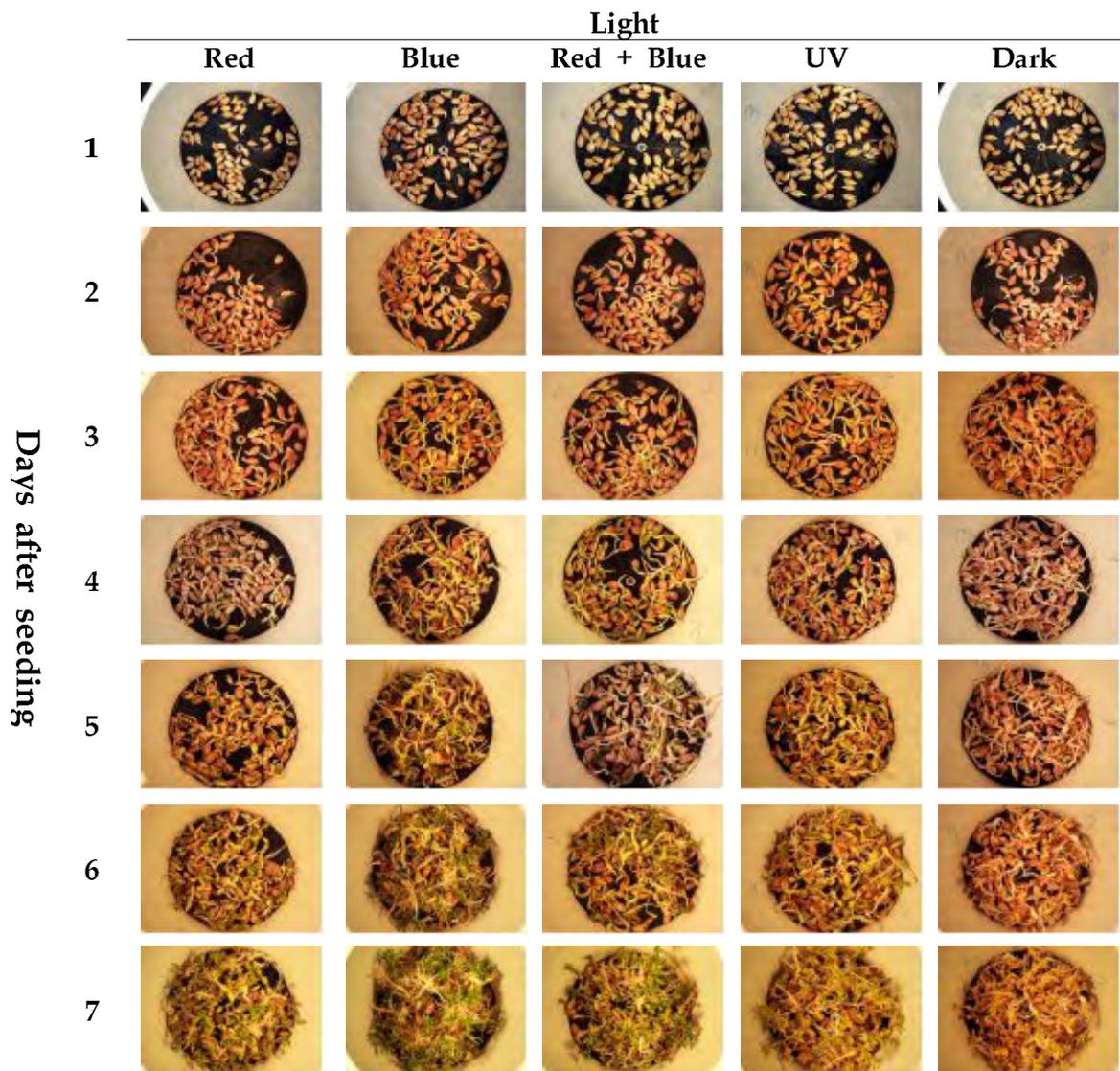


Photo.1.6. Effect of various light quality irradiation treatment on growth of peanut sprouts in the nursery for 7 days after sowing at 27°C

4. 땅콩나물 생산의 최적 온도조건 구명

가. 재료 및 방법

(1) 재배수온에 따른 생육반응 및 부패율

땅콩나물 생산의 재배수온에 따른 발아성과 부패율 및 생육반응 검정하기 위해 재배수온을 15℃부터 35℃까지 5℃ 간격으로 달리한 땅콩전용배양기(암상태)에서 재배하였다. 실험에 사용된 품종은 국내산 육성종인 '조평'이었다. 시험구 배치는 50립의 종자를 완전임의배치 3반복으로 치상하여 실험을 수행하였다.

(2) 땅콩나물의 기능성 성분증진을 적합한 온도 구명

실험에 사용된 땅콩은 '조평'이었고, 땅콩나물의 레스베라트롤 최적 생산을 위한 생육온도 조건을 구명하고자 15℃부터 35℃까지 5℃ 간격으로 생육온도를 달리하여 7일간 생육시킨 땅콩나물을 사용하였다. 레스베라트롤 분석방법은 25℃에서 80% 메탄올 수용액으로 초음파로 추출하여 HPLC 상에서 Agilent Eclipse 칼럼을 이용하여 분석하였다.

나. 결과 및 고찰

(1) 재배수온에 따른 생육반응 및 부패율

땅콩나물이 콩나물과 같이 국민들의 식생활에 활용되기 위해서는 대량생산의 근간이 되는 최적 재배 온도조건이 구명되어야 한다. 선행연구에서 땅콩나물의 재배적온은 27℃로 구명되었다. 그러나 땅콩나물은 재배적온과 재배수온은 차이가 있을 것이므로 땅콩나물 전용재배기의 재배수온을 15℃부터 35℃까지 5℃ 간격으로 달리하여 발아반응과 부패율(Table 1.16) 및 생육반응을 검정한 결과는 Table 1.17과 같다.

Table 1.16. Effect of irrigation water temperature on percent germination and number of days to 50% of the final percentage (T₅₀) of peanut seeds.

Irrigation water temperature(℃)	Germination (%)	T ₅₀ (days)	Decay (%)
15	98.0	1.80	0
20	96.6	1.81	0
25	97.3	1.54	0.2
30	98.6	1.76	2.5
35	98.0	1.74	5.4
LSD.05	NS	0.82	0.8

Seeds were dark-germinated at various with irrigation water temperature for up to 7 days.

Means in column was separated by LSD at P= 0.05.

Table 1.17. Effect of irrigation water temperature on hypocotyl length, hypocotyl diameter, root length, root formation and epicotyl length as influenced by growth periods of peanut sprout.

Irrigation water temperature (°C)	Days after seeding					
	2	3	4	5	6	7
<i>Hypocotyl length(cm)</i>						
15	0.4	1.0	1.3	1.7	1.7	1.9
20	0.4	0.7	0.9	1.3	2.3	3.2
25	0.6	0.9	1.4	2.9	3.2	3.9
30	0.5	0.6	1.0	1.5	2.1	2.5
35	0.4	0.7	0.9	1.2	1.9	2.2
LSD.05	0.1	0.2	1.2	1.2	1.1	0.9
<i>Hypocotyl diameter(mm)</i>						
15	3.3	4.5	5.6	5.6	5.7	5.8
20	3.7	4.7	5.5	6.5	6.5	6.7
25	4.2	6.1	6.6	7.1	7.1	7.1
30	3.9	5.0	5.4	6.4	6.8	6.0
35	3.9	4.1	5.5	5.9	5.8	6.3
LSD.05	NS	1.1	0.9	1.2	1.2	1.1
<i>Root length(cm)</i>						
15	0.3	1.5	2.0	3.5	4.5	5.0
20	0.6	1.6	3.0	4.5	5.1	6.5
25	1.1	2.6	4.0	5.5	6.8	7.9
30	0.6	1.4	2.5	3.3	4.2	5.3
35	0.6	1.5	2.3	3.1	4.1	4.6
LSD.05	0.3	0.4	0.2	0.5	0.5	0.5
<i>No. of lateral root</i>						
15	-	-	-	15.8	23.7	25.8
20	-	-	10.6	17.2	25.8	27.3
25	-	-	15.7	18.0	32.2	41.5
30	-	-	13.3	6.5	17.2	27.3
35	-	-	-	6.4	15.4	19.2
LSD.05	-	-	3.0	2.3	3.2	6.5
<i>Epicotyl length (cm)</i>						
15	-	-	-	0.7	1.3	1.7
20	-	-	-	0.8	1.3	2.5
25	-	-	0.7	1.5	1.9	2.9
30	-	-	-	1.2	1.5	1.7
35	-	-	-	0.6	1.2	1.5
LSD.05	-	-	-	0.2	0.3	0.3

Seeds were dark-cultured at various with irrigation water temperature for up to 7 days.

Means in columns were separated by LSD at P= 0.05.

땅콩나물의 수량과 고품질에 관련된 요인 중 가장 큰 영향을 미치는 것으로는 재배수온이며, 재배수온에 따라 땅콩나물의 생육과 부패율에도 밀접한 관련성이 있었다. 일반적으로 재배수온이 낮으면 땅콩나물의 생육이 지연되고 높으면 부패율이 증가한다. 따라서 땅콩나물 재배에 적합한 재배수온 구명은 고품질 땅콩나물 생산의 선결요건이다.

재배수온에 관계없이 땅콩종자는 97% 이상의 높은 발아율을 보여 재배수온이 발아율에는 영향을

미치지 못했다. 반면 발아소요일수 개념인 T_{50} 은 25℃의 재배수온에서 1.54일 소요되었다. 이는 15℃의 1.80일에 비해 신속한 발아속도를 보였다. 반면 부패율은 15℃와 20℃에서는 부패가 전혀 일어나지 않았으나, 30℃와 35℃의 고온에서는 부패율이 각각 2.5%와 5.4%로 증가하였다. 따라서 30℃ 이상의 재배수온은 땅콩종자의 부패율을 증가시켰고, 25℃에서는 부패율이 크게 문제되지 않았다 (Table 1.16).

하배축 길이와 하배축 직경도 재배수온에 따라 차이가 있었으며, 재배수온이 15℃의 저온과 30℃ 이상의 고온에서는 하배축의 길이생장이 낮았다. 반면 25℃ 재배수온은 다른 재배수온에 비해 하배축의 길이가 3.9cm로 신장생장이 가장 좋았고, 하배축 직경 또한 7.1mm 가장 높았다.

소비자들이 선호하는 땅콩나물은 하배축이 길고, 직경 또한 굵은 것을 선호하는데, 25℃의 재배수온에서 생산된 땅콩나물은 하배축의 길이와 직경생장이 다른 처리에 비해 전생육기에 걸쳐 높았다 (Table 1.17).

재배수온은 뿌리신장과 뿌리 발생에도 영향을 주었다. 생육 7일째 땅콩나물의 뿌리신장을 조사한 결과 25℃의 재배수온에서 7.9cm 가장 높았고, 다음이 20℃ 였다. 반면 고온인 35℃와 저온인 15℃의 재배수온에서는 뿌리생장이 각각 4.6cm와 5.0cm로 낮았다. 땅콩나물에서 뿌리발생은 치상 후 4일부터 개시되었으며, 7일간 생육시킨 땅콩나물의 뿌리수는 25℃가 41.4개로 가장 높았고, 가장 낮은 재배수온은 35℃ 였다.

땅콩나물의 생장은 하배축이 신장이 이루어지고, 이어서 본엽이 전개된 후 상배축 생장이 시작되는 일련의 과정을 거치게 된다. 재배수온에 관계없이 땅콩나물의 상배축 생육은 치상 후 4일째와 5일째부터 전개되었으며, 7일째의 상배축 생장은 25℃의 재배수온에서 2.9cm로 가장 높았다.

따라서 고품질 땅콩나물 생산에 적용될 수 있는 최적 재배수온은 25℃ 였다. 반면 35℃ 이상의 고온과 15℃의 저온에서는 땅콩나물의 생육이 저하되었다 (Table 1.17).

(2) 땅콩나물의 기능성 성분증진을 적합한 온도 구명

천연 항산화물질인 레스베라트롤은 지금까지 발견된 천연 항산화 물질 중 약리작용이 가장 우수하다고 알려져 있다. 레스베라트롤은 일부 식물에서만 발견되는 천연화학물질 중 폴리페놀계열에 속하는 물질이며, 땅콩나물에서 함유량이 가장 많음이 보고되었다.

Table 1.18은 땅콩나물의 레스베라트롤 최적생산을 위한 생육온도 조건을 구명하고자 15℃부터 35℃까지 5℃ 간격으로 생육온도를 달리하여 7일간 생육시킨 땅콩나물을 이용하여 레스베라트롤 함량을 조사하였다.

재배온도에 따라 땅콩나물의 레스베라트롤 함량에는 큰 차이가 없었다. 생육온도에 관계없이 땅콩나물의 레스베라트롤 함량은 9~10µg/g 였다. 그러나 온도별 생육반응 검토에서 확인된 바와 같이 25℃에서 땅콩나물의 생육속도가 가장 좋았고, 고품질의 땅콩나물 생산이 가능하였다. 따라서 생육온도별 레스베라트롤 함량이 차이가 없었지만 수량과 품질을 감안한다면 재배온도는 25℃가 적당한 것으로 판단된다.

Table 1.18. Effect of resveratrol content of 'Jopyeong' peanut sprout as affected by different growth temperature.

Growth temperature (°C)	Resveratrol ^z (µg/g)
15	10.2
20	9.7
25	10.4
30	9.6
35	9.8
LSD0.05	NS

Sample: 1.0g

Extraction solvent: 80% methanol (20mL)

Extraction method: Sonication for 2hr.

Filtration: 0.45m membrane

HPLC analytical conditions

Instrument: Dionex HPLC Ultimate 3000

Column: Eclipse XDB-C18, 4.6*150mm, 5m, Agilent

Detector: Photodiode Array Detector (UV/vis 308 nm)

Solvent A: Water (0.1% TFA)

Solvent B: Acetonitrile (0.1% TFA)

Gradient conditions

0min, 10%B; 2min, 10%B; 5min, 20%B; 15min, 40%B; 20min, 40%B; 25min, 100%B

Post run time: 10min

Injection volume: 20L

Flow rate: 1.0mL/min

5. 땅콩나물 생산의 최적 습도조건 구명

가. 재료 및 방법

(1) 재배상의 상대습도에 따른 생육반응 및 부패율

실험에 사용된 땅콩은 '조평'이었다. 땅콩나물의 생산효율 극대화시키고, 부패율을 최소화 할 수 있는 습도조건을 구명하고자 땅콩나물 재배상의 상대습도를 70%, 80% 및 90%로 조절하여 습도조건에 따른 발아성과 부패율 및 생육반응을 조사하였다. 생육조사는 27°C에서 암조건으로 7일간 생육시킨 땅콩나물의 하배축 길이, 하배축 직경, 뿌리길이, 뿌리수, 상배축, 생체중 및 건물중을 조사하였다.

(2) 재배상의 상대습도에 따른 레스베라트롤 함량 변화

실험에 사용된 땅콩은 '조평'이었다. 땅콩나물 재배상의 상대습도가 레스베라트롤 함량에 미치는 영향을 조사하기 위해 상대습도를 70%, 80% 및 90%로 조절된 배양기(27°C, 암조건)에서 7일간 생육시킨 땅콩나물을 이용하였다. 레스베라트롤 함량의 분석방법은 위의 방법에 준하였다.

나. 결과 및 고찰

(1) 재배상의 상대습도에 따른 생육반응 및 부패율

콩나물과 재배형태가 유사한 땅콩나물은 비교적 고온, 다습한 압조건에서 재배되고 있으므로 부패 미생물이 번성하게 되고 이는 곧, 부패율이 증가하는 원인이 된다. 이병된 땅콩종자 사용과 종자의 상처, 수질, 주변의 온도 등이 땅콩종자의 부패에 작용하는 요인으로 알려져 있다.

Table 1.19는 땅콩나물 재배상의 상대습도를 70%, 80% 및 90%로 조절하여 습도조건에 따른 발아율과 발아속도 및 부패율을 조사한 결과이다. 발아율은 재배상의 상대습도에 따라 큰 차이가 없었으나, T₅₀은 과습인 90%의 상대습도에서 2.18일이 소요되어 70% 상대습도인 1.72일에 비해 발아속도가 0.46일 지연되었다. 부패율 또한 과습할수록 부패율이 증가하였고, 70%의 상대습도에서는 부패율이 나타나지 않았으나, 90% 상대습도에서는 부패율이 4.8%로 높아졌다.

Table 1.19. Effect of relative humidity on percent germination, number of days to 50% of the final percentage (T₅₀) and percent decay of peanut seeds.

Relative humidity (%)	Germination (%)	T ₅₀ (days)	Decay (%)
70	98.2	1.72	0
80	98.4	1.84	1.2
90	97.6	2.18	4.8
LSD0.05	NS	0.18	0.9

Seeds were dark-cultured at 27°C for up to 7 days.
Means in columns was separated by LSD at P= 0.05.

Table 1.20. Effect of relative humidity on hypocotyl length, hypocotyl diameter, root length, number of lateral root, epicotyl, fresh and dry weight of peanut sprout measured 7 days after seeding at 27°C.

Relative humidity (%)	Hypocotyl length (cm)	Hypocotyl diameter (mm)	Root length (cm)	No. of lateral root	Epicotyl (cm)	Weight	
						Fresh (g)	Dry (mg)
70	4.32	7.23	7.84	32.1	3.2	2.57	432
80	3.98	7.31	7.46	30.5	2.9	2.40	414
90	3.86	6.56	6.83	29.1	2.5	2.38	398
LSD0.05	0.32	0.28	0.21	NS	0.2	0.12	18

Means in columns was separated by LSD at P= 0.05.

땅콩나물 재배상의 상대습도에 따라 생육반응에 달랐는데, 하배축 생장은 상대습도 70% 조건이 가장 좋았다. 반면 과습조건인 90% 상대습도에서 땅콩나물 재배하면 70% 상대습도에 비해 하배축 길이가 짧았으며, 하배축 직경도 낮았다. 뿌리길어도 상대습도에 따라 차이가 있었으며, 70% 상대습도에서 뿌리의 길이 생장이 가장 좋았으나, 90%의 상대습도에서 재배된 땅콩나물은 뿌리생장이 낮았다. 반면 뿌리수 발생은 상대습도에 따른 차이는 없었다. 상배축의 생장도 70% 상대습도에서 재배된 땅콩나물이 가장 길었으며, 생체중과 건물중도 70% 상대습도 조건으로 재배된 땅콩나물에서 높았다(Table 1.20). 따라서 고품질의 땅콩나물을 안정적으로 생산할 수 있는 상대습도는 70% 조건이었다.

나. 재배상의 상대습도에 따른 레스베라트롤 함량 변화

재배상의 상대습도가 땅콩나물의 레스베라트롤 함량에 미치는 영향을 조사한 결과는 Table 1.21에 서와 같다. 재배상의 상대습도에 관계없이 레스베라트롤은 9.4~10.6 $\mu\text{g/g}$ 함유량을 보였다. 따라서 재배상의 상대습도는 레스베라트롤 함량에는 크게 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.

서구화된 식사습관 및 과도한 스트레스, 불규칙한 생활, 환경오염 등으로 인해 현대인들은 암과 심장병, 당뇨병, 고혈압 등 생활습관병에 시달리고 있다. 이에 따라 탄수화물, 단백질, 지방질, 비타민, 무기질 등 5대 영양소의 고른 섭취 외에 파이토케미칼(Phytochemical)의 보완이 요구되는 상황에 직면해 있다. 파이토케미칼이란 식물이 외부의 자외선이나 해충의 독, 바이러스 등으로부터 자신을 보호하기 위해 체내에 축적하는 방어물질의 총칭으로 대개 항산화 기능을 갖고 있다.

Table 1.21. Effect of relative humidity on resveratrol content of peanut sprout measured 7 days after seeding at 27°C.

Relative humidity (%)	Resveratrol ^z ($\mu\text{g/g}$)
70	10.2
80	10.6
90	9.4
LSD0.05	NS

Means in columns was separated by LSD at P= 0.05.

세포의 산화는 노화나 질병을 초래하기 때문에 항산화기능은 매우 중요하다. 대표적인 항산화물질로는 토마토나 딸기의 빨간색(라이코펜), 당근과 오렌지의 황색(베타카로틴), 브로콜리의 녹색(셀프라판), 포도의 적자색(레스베라트롤), 시금치의 검푸른색(루테인), 마늘의 흰색(알리신) 등을 나타내는 색소물질 등이 대표적이다. 이 밖에 고추의 매운 맛을 내는 캡사이신, 나무딸기류(베리)와 붉은 고구마의 안토시아닌, 양파의 퀘르세틴, 녹차의 카테킨 등이 있다.

이들 가운데 레스베라트롤(Resveratrol)은 비타민 C보다 20~30배 강력한 항산화력을 보유해 주목 받고 있다. 땅콩나물에는 항산화물질인 레스베라트롤을 포도보다 30배 이상 함유하고 있으며, 숙취 해소에 좋은 아스파라긴산 또한 100g당 718mg 함유돼 아스파라거스(360mg)의 2배, 항산화 비타민 E도 땅콩새싹은 4.2mg으로 아스파라거스(1.5mg)의 3배 이상 함유한다고 알려져 있다.

땅콩나물 재배상의 상대습도를 달리하여 레스베라트롤 함량을 조사한 결과 상대습도에 따라 레스베라트롤 함량에는 큰 차이는 없었다. 그러나 상품화율과 수량성을 감안한다면 70%의 상대습도 조건이 좋을 것으로 해석된다.

6. 땅콩나물 생산의 최적 관수조건 확립

가. 재료 및 방법

(1) 관수방법에 따른 발아율과 생육반응

땅콩나물 생산에 적합한 관수방법을 확립하고자 땅콩을 치상하여 위로부터 수분을 공급하는 두상관수와 아래로부터 물을 공급하는 하면담수 방식에 따른 발아율과 발아속도 및 부패율을 조사하였다. 실험에 사용된 땅콩품종은 '조평'이었고, 생육반응 검정은 27°C의 배양기에서 암조건으로 7일간 생육한 땅콩나물을 대상으로 뿌리수, 뿌리길이, 하배축의 비대 촉진 및 생체중 및 건물중을 조사하였다.

(2) 관수간격에 따른 발아율과 생육반응

관수방법 설정실험에서 땅콩나물 생산에 두상관수 방법이 하면담수 방법보다 유용하였다. 이를 근거하여 두상관수시의 적정 관수간격을 설정하고자 2, 4, 6, 8시간으로 관수간격을 달리하여 발아율과 발아속도(T_{50}) 및 부패율에 미치는 영향을 조사하였다. 또한 관수간격이 땅콩나물의 생육에 미치는 효과를 조사하고자 27°C에서 암조건으로 7일간 생육한 땅콩나물의 뿌리수, 뿌리길이, 하배축의 비대 촉진 및 생체중을 조사하였다.

나. 재료 및 방법

(1) 관수방법에 따른 발아율과 생육반응

땅콩나물의 재배환경 가운데 관수는 고품질 땅콩나물 생산과 연관된다. 땅콩나물 재배에 관수가 부족하면 품온이 상승하여 부패균이 번식되기 쉽고, 잔뿌리가 발생이 많을 뿐만 아니라 선택이 불량하여 품질이 저하된다. 또한 땅콩나물의 품질 경쟁력은 생산단가에 의해 결정되므로 과도한 관수량은 생산단가를 상승시키는 요인이 된다. 또한 관수방법에 따라 땅콩나물의 생육이 다른 것이므로 적정 관수방법을 확립하는 것도 중요하다.

이러한 관점에서 땅콩을 치상하여 위로부터 수분을 공급하는 두상관수와 아래로부터 물을 공급하는 하면담수 방식에 따른 발아율과 발아속도 및 부패율을 조사한 결과는 Table 1.22와 같다.

땅콩나물 재배에 적합한 관수방법은 두상관수 였다. 하면관수는 발아율이 64%에 불과하였으나, 두상관수는 98% 발아하였고, 발아속도 개념인 T_{50} 도 하면관수에 비해 1.8일 단축되어 신속한 발아를 보였다. 또한 하면관수에서는 부패율이 22.4% 발생하여 고품질의 땅콩나물 생산에 적합한 관수방법이라고는 볼 수 없었다.

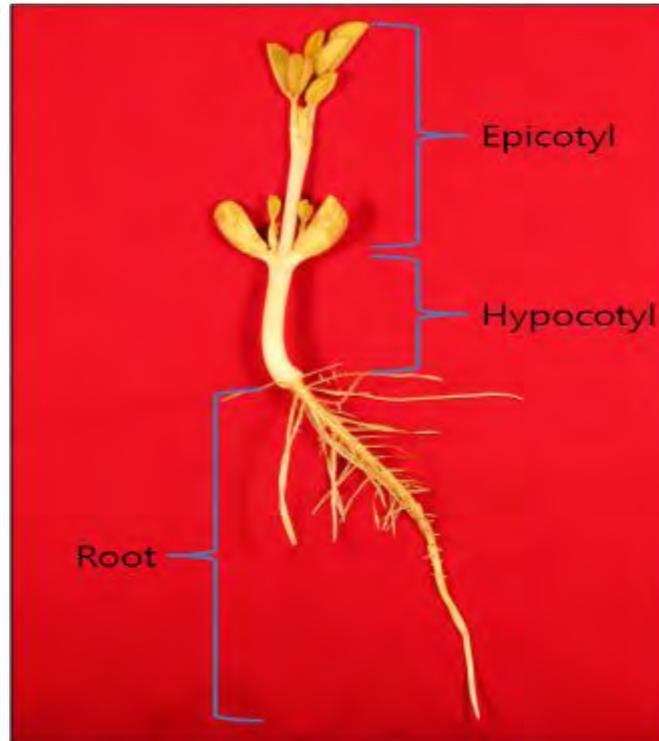


Photo. 1.7. The organ of peanut sprout seedlings.

Table 1.22. Effect of irrigation method on percent germination, T₅₀ and percent decay of peanut sprouts.

Irrigation method	Germination ^z	T ₅₀	Decay
	(%)	(days)	(%)
Overhead watering	98.8	1.05	1.6
Bottom watering	64.4	2.85	22.4
LSD0.05	5.3	0.32	1.1

Seeds were dark-cultured at 27°C for up to 7 days.
Means in columns was separated by LSD at P= 0.05.

Table 1.23. Effect of irrigation method on hypocotyl length, hypocotyl diameter, root length, number of lateral root, epicotyl, fresh and dry weight of peanut sprout measured 7 days after seeding at 27°C.

Irrigation method	Hypocotyl length (cm)	Hypocotyl diameter (mm)	Root length (cm)	No. of lateral root	Epicotyl length (cm)	Weight	
						Fresh (g)	Dry (mg)
Overhead watering	4.22	6.88	6.12	33.1	2.7	2.43	412
Bottom watering	2.47	5.62	5.54	31.5	1.7	2.21	397
LSD0.05	0.29	0.32	0.26	NS	0.2	0.10	11

Means in columns was separated by LSD at P= 0.05.

땅콩나물 재배에 관수방법을 달리하여 7일간 생육시킨 땅콩나물의 생육을 조사한 결과는 Table 1.23에 나타내었다. 하배축 길이, 하배축 직경 및 뿌리길이 등 전반적인 생육은 두상관수가 하면관수보다 현저하게 좋았다. 뿐만 아니라 상배축의 성장과 생체중 및 건물중도 두상관수가 좋았다. 이와

같이 하면관수에서 발아율과 생장이 저하되고, 부패율이 증가된 원인은 하면관수에 의해 치상된 땅콩종자가 물속에 잠기게 되어 산소부족에 의한 것으로 해석된다. 땅콩나물의 대량생산 체계에서 활용될 수 있는 관수방법은 두상관수였다. 두상관수는 하면관수에 비해 땅콩나물의 생산수율도 향상될 뿐만 아니라 고품질의 땅콩나물 생산도 가능하였다.

(2) 관수간격에 따른 발아율과 생육반응

관수방법과 더불어 관수간격은 고품질 땅콩나물 생산에도 밀접한 관련성을 가지고 있다. 일반적으로 관수간격이 관수량보다 하배축의 생장에 더 큰 영향을 주는 것으로 알려져 있다. 콩나물에서는 관수 횟수가 많을수록 하배축 비율이 감소하고, 관수간격이 짧을수록 뿌리의 신장이 증대된다고 보고되고 있다.

Table 1.24는 땅콩나물 생산에 적합한 관수간격으로 설정하고자 두상관수 간격을 2, 4, 6, 8시간으로 달리하여 발아율과 발아속도(T_{50}) 및 부패율을 조사하였다. 땅콩나물 재배에서 관수 간격에 따라 발아율과 발아속도에는 큰 차이가 없었으나, 부패율은 관수간격이 길어질수록 증가하는 경향이였다.

하배축 길이 및 하배축 직경은 관수간격에 따라 차이가 있었으며, 전반적으로 2시간 간격으로 2분간 2분간 관수하면 다른 처리간격에 비해 하배축의 신장생장이 높았으며, 하배축의 직경도 증가하였다. 반면 관수간격이 8시간으로 길어질수록 하배축의 신장생장과 직경생장이 낮았다(Table 1.10)

Table 1.24. Effect of irrigation interval on percent germination, T_{50} and percent decay of peanut sprouts.

Water supplying interval (hr)	Germination (%)	T_{50} (days)	Decay (%)
2	100.0	1.07	1.4
4	98.9	1.12	1.8
6	98.9	0.94	3.4
8	100.0	1.00	3.5
LSD.0.05	NS	NS	1.1

Seeds were dark-cultured at 27°C for up to 7 days.
Means in columns was separated by LSD at P= 0.05.

뿌리생장 또한 생육이 진전될수록 관수간격에 따라 차이가 있었으며, 전반적으로 2시간 간격으로 관수가 뿌리 생장이 좋았고, 뿌리 발생수는 관수간격이 8시간으로 길어질수록 증가하였다.

관수간격이 상배축 성장에는 크게 영향을 미치지 않았으나, 7일간 생육시킨 땅콩나물의 생체중은 관수간격에 따른 차이가 인정되었으며, 2시간 관수간격이 생체중이 가장 높았다. 이상의 결과에서 땅콩나물 재배에서 적용될 수 있는 적정 관수간격은 2시간 간격으로 2분간 관수였다(Table 1.25).

Table 1.25. Effect of irrigation interval on hypocotyl length and diameter as influenced by growth periods of peanut sprout.

Water supplying interval (hr)	Days after seeding					
	2	3	4	5	6	7
<i>Hypocotyl length(cm)</i>						
2	0.4	0.7	0.8	1.2	1.7	2.8
4	0.4	0.5	0.9	1.1	1.6	2.4
6	0.4	0.5	0.8	1.2	1.5	2.0
8	0.4	0.6	0.7	1.1	1.2	1.3
LSD.0.05	NS	NS	NS	NS	0.2	0.2
<i>Hypocotyl diameter(mm)</i>						
2	3.68	4.87	5.89	6.74	6.82	7.12
4	3.65	4.88	5.91	6.61	6.79	6.96
6	3.46	4.66	5.58	5.62	6.58	6.93
8	3.50	4.41	5.53	5.83	6.18	6.43
LSD.0.05	NS	NS	0.21	0.22	0.32	0.24
<i>Root length(cm)</i>						
2	0.5	1.5	2.3	3.0	4.0	4.9
4	0.6	1.5	2.4	3.2	4.1	5.0
6	0.6	1.7	2.5	3.5	4.4	4.8
8	0.6	1.6	2.4	3.4	3.9	4.3
LSD.0.05	NS	NS	NS	NS	0.2	0.2
<i>No. lateral root</i>						
2	-	-	-	-	10.5	14.5
4	-	-	-	-	6.1	18.9
6	-	-	-	-	9.7	26.6
8	-	-	-	-	5.6	27.9
LSD.0.05	-	-	-	-	1.3	3.2

Seeds were dark-cultured at 27°C for up to 7 days.
Means in columns was separated by LSD at P= 0.05.

Table 1.26. Effect of irrigation interval on epicotyl and Fresh weight as influenced by growth period at 27°C.

Water supplying interval (hr)	Epicotyl length(cm)				Fresh weight ^y (g/plant)
	4 ^z	5	6	7	
2	-	0.8	1.3	2.2	3.19
4	0.8	1.1	1.5	2.0	2.98
6	0.7	1.0	1.4	2.2	2.86
8	-	1.1	1.3	1.8	2.75
LSD.0.05	-	NS	NS	NS	0.12

^z Days after seeding.

^y Determined 7 days after sowing.



Photo. 1.8. Change in growth of peanut sprout at 27 °C as affected by growth periods.

7. 땅콩나물 생산의 최적 영양조건 설정

가. 재료 및 방법

(1) 땅콩나물의 생육촉진 영양조건 구명

강건하고 고품질의 땅콩나물을 생산하기 위해 무기영양원인 MS medium과 Hyponex를 농도별로 처리한 용액을 2시간 간격으로 공급하여 땅콩의 발아성과 생육에 미치는 영향을 조사하였다. 실험에 사용된 품종은 '조풍' 종자였다. 영양물질인 MS medium의 처리농도는 1/2, 1/3 및 1/4 용액이었고, Hyponex는 $50\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 및 $100\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 및 $250\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 였다. 땅콩나물의 재배조건은 27°C의 배양기에서 암조건으로 재배하였다. 생육조사는 종자를 치상한 후 2일째부터 7일까지 1일 간격으로 하배축 길이, 하배축 직경, 뿌리길이, 뿌리수, 상배축을 조사하였다.

나. 결과 및 고찰

가. 땅콩나물의 생육촉진 영양조건 구명

발아시 영양물질 첨가는 종자의 영양물질 흡수를 증대시켜 발아를 촉진하여 고품질의 땅콩나물을 생산할 수 있는 장점이 있다. 그러나 고농도의 영양물질 첨가는 수분 스트레스로 작용하여 발아를 지연시킬 수 있다.

Table 1.27. Effect of nutrient supplying on percent germination, T₅₀ and percent decay of peanut sprouts.

Nutrient	Concentration	Germination (%)	T ₅₀ (days)	Decay (%)
MS medium	1/2	90.0	1.00	1.6
	1/3	94.4	0.99	1.1
	1/4	88.9	1.68	2.1
Hyponex	50ppm	96.7	0.97	1.7
	100ppm	95.6	0.98	0.0
	250ppm	92.2	0.92	1.1
Untreated		96.7	0.85	0.0
LSD.0.05		1.4	0.18	NS

Seeds were dark-cultured at 27°C for up to 7 days.
Means in columns was separated by LSD at P= 0.05.

Table 1.27은 강건한 땅콩나물을 재배하기 위해 무기영양원인 MS medium과 Hyponex를 농도별로 처리한 용액을 2시간 간격으로 공급하여 땅콩종자의 발아율과 발아속도 및 부패율을 검정한 결과이다. 영양물질을 공급하여 땅콩나물을 재배하면 무처리에 비해 발아율이 약간 감소되었다. 그리고 그 효과는 미약하지만 발아속도도 지연되는 경향이였다.

공급되는 영양물질의 급원에 따라서도 땅콩종자의 발아성에도 차이가 있었는데, 대체적으로 Hponex가 MS medium 보다 발아억제 현상이 낮았다. 영양물질을 공급하지 않은 무처리 종자의 발아율은 96.7였고, 발아속도(T₅₀)는 0.85일 였으나, MS medium 1/2 및 1/4 첨가된 코팅종자는 발아율이 2~6% 저하되었으며, 발아속도는 0.2~0.7일 지연되었다. MS medium 처리는 Hyponex 보다 발아억제 현상이 더욱 심하였다. 특히 MS medium 1/4 공급에서는 무처리보다 발아율이 6% 저하되었고, 발아속도는 0.7일 지연되는 것으로 나타났다. 반면 영양물질 공급에 의한 땅콩나물의 부패율에는 유의적인 차이는 인정되지 않았다(Table 1.27).

고농도 영양물질 첨가에 의한 발아장해 현상은 선행 연구자들에 의해 보고된 바 있으며, 특히 농축된 가용성 비료염을 코팅 물질에 첨가하면 발아가 지연된다(Scott, 1975b). Rader(1943)등은 Sodium nitrate (Salt index 100)를 기준으로 여러 가지 화학비료가 장해를 유발할 수 있는 정도를 평가하여 안전 비료를 분류하였다. 본 연구에서 영양물질 공급에 의한 땅콩종자의 발아가 지연되는 원인은 영양물질이 (1) 수분포텐셜을 낮춤으로써 역삼투 작용에 의해 발아에 필수조건인 종자의 수분흡수를 억제하고 (2) 고농도의 영양물질이 발아에 유해하게 작용한 것으로 추측된다.

땅콩나물 재배에 무기영양원인 MS medium과 Hyponex를 농도별로 공급하여 하배축 길이와 직경을 조사한 결과는 Table 1.28에 나타내었다. 영양물질 공급에 의한 하배축 생장은 치상 후 2일과 3일째에는 뚜렷한 효과가 없었으나 생육후기인 7일째에는 영양물질을 공급한 처리들은 하배축의 신장이 높았고, 하배축 직경도 증가하였다.

Table 1.28. Effect of nutrient supplying on hypocotyl length and diameter as influenced by growth periods of peanut sprout.

Nutrient	Concentration	Days after seeding					
		2	3	4	5	6	7
<i>Hypocotyl length(cm)</i>							
MS medium	1/2	0.60	0.85	1.17	1.82	2.18	3.00
	1/3	0.59	0.85	1.38	2.08	2.81	3.13
	1/4	0.53	0.73	1.00	1.60	2.24	2.97
Hyponex	50ppm	0.67	0.90	1.39	1.83	2.35	2.84
	100ppm	0.60	0.97	1.38	2.41	2.70	3.59
	250ppm	0.70	1.20	1.36	2.22	2.83	3.62
Untreated		0.66	0.93	1.38	1.87	2.48	3.07
LSD.0.05		NS	0.21	0.20	0.22	0.24	0.25
<i>Hypocotyl diameter(mm)</i>							
MS medium	1/2	3.82	7.26	7.26	8.09	8.39	9.28
	1/3	4.05	6.44	7.74	7.96	8.61	8.63
	1/4	3.34	5.09	7.35	7.92	8.29	8.48
Hyponex	50ppm	3.85	6.20	7.12	7.85	8.57	8.67
	100ppm	4.23	6.54	7.83	8.18	8.47	8.79
	250ppm	4.23	6.59	7.93	8.18	8.63	8.72
Untreated		4.02	6.49	7.08	8.15	8.18	8.38
LSD.0.05		NS	NS	0.41	NS	0.21	0.22
<i>Root length(cm)</i>							
MS medium	1/2	0.99	1.83	3.02	4.13	5.30	6.05
	1/3	0.96	2.40	3.69	4.84	5.29	6.11
	1/4	0.44	1.54	2.78	4.28	5.48	6.13
Hyponex	50ppm	0.94	2.37	3.71	4.24	5.18	6.29
	100ppm	1.07	2.65	3.57	4.59	5.40	6.09
	250ppm	1.06	2.61	3.72	4.97	5.48	6.39
Untreated		1.07	2.44	3.39	4.46	5.39	6.06
LSD.0.05		0.32	0.33	0.23	NS	NS	NS
<i>No. lateral root</i>							
MS medium	1/2	-	-	-	13.50	39.83	53.55
	1/3	-	-	3.38	21.10	38.28	51.55
	1/4	-	-	-	13.76	38.89	45.00
Hyponex	50ppm	-	-	2.75	14.80	32.83	51.50
	100ppm	-	-	3.88	24.27	41.57	56.20
	250ppm	-	-	3.18	23.13	38.93	54.23
Untreated		-	-	5.00	22.24	38.00	64.83
LSD.0.05		-	-	1.21	8.23	NS	10.21
<i>Epicotyl length (cm)</i>							
MS medium	1/2	-	-	1.10	1.41	2.50	4.65
	1/3	-	-	1.32	1.62	2.63	4.51
	1/4	-	-	0.50	1.30	2.53	4.49
Hyponex	50ppm	-	-	0.71	1.40	2.35	4.42
	100ppm	-	-	0.95	1.67	2.42	4.37
	250ppm	-	-	0.91	1.59	2.58	4.42
Untreated		-	-	0.96	1.43	2.40	4.27
LSD.0.05		-	-	0.21	NS	NS	NS

Seeds were dark-cultured at 27°C for up to 7 days.
Means in columns was separated by LSD at P= 0.05.

영양물질의 급원에 따라 하배축의 생장에 차이가 있었는데, 대체적으로 Hponex가 MS medium 보다 하배축 성장촉진 효과가 우수하였다. 따라서 땅콩나물 생산에 적용될 수 있는 영양물질은 Hponex였고, 처리농도는 250ppm이 좋았다. 이러한 결과는 영양물질 공급으로 생육을 향상될 수 있어 유용할 것으로 판단되었다.

또한 뿌리길이와 뿌리수는 영양물질을 공급하지 않고 증류수로 생육시킨 땅콩나물은 생육 7일째의 뿌리 길이가 6.06cm 였고, 무기영양을 공급한 땅콩나물은 뿌리신장이 촉진되는 경향이었으나 통계적인 차이는 없었다. 전반적으로 영양물질 중 Hyponex가 MS medium보다 뿌리신장의 촉진에 더 좋았다.

7일간 생육시킨 무처리 땅콩나물의 뿌리 발생수는 64.8개 였으나, 무기영양 물질을 공급하여 생육시킨 땅콩나물은 뿌리수가 무처리보다 발생량이 적었다. 땅콩나물에서 세균 발생량이 적다는 것은 식미부분의 증가를 뜻하며, 이는 곧 상품성 향상을 의미한다. 따라서 땅콩재배에 Hyponex를 주기적으로 공급하면 세균발생량을 줄일 수 있을 것으로 판단된다.

땅콩나물의 상배축은 생육 4일부터 전개되었다. 생육 7일째의 무처리된 땅콩나물의 상배축 길이는 4.27cm 였으며, Hponex나 MS medium을 공급하더라도 상배축의 성장을 촉진하지는 못했다. 이상의 결과에서 땅콩나물의 생육을 촉진시킬 수 있는 영양물질은 Hponex 였고, 처리농도는 250ppm이 좋았다.

8. 인위 노화종자의 땅콩나물 생산능력 검정

가. 재료 및 방법

땅콩종자를 인위적으로 노화처리하여 종자활력과 생육반응을 검정하여 고품질 땅콩나물 생산에 활용할 수 기초자료를 확보하기 위해 수행되었다. 실험에 사용된 품종은 '조풍' 이었고, 종자의 퇴화처리는 9 cm petridish에 흡습지 1매를 깔 후, 종자 100립씩 넣고, 멸균증류수 3 ml을 주입한 후 2시간 동안 20℃ 암상태의 항온기내에 두었다. 그 후 petridish에서 종자를 꺼집어 내어 종자표면의 수분을 흡습지로 제거하고 완전히 밀봉하여 50℃ 암상태의 항온기내에 1일, 3일, 5일, 7일, 9일간 둔 후 꺼집어 내어 실온에 2일간 방치한 뒤 실험재료로 사용하였다.

땅콩나물의 재배조건은 27℃의 배양기에서 암조건으로 재배하였다. 생육조사는 종자를 치상한 후 2일째부터 7일까지 1일 간격으로 하배축 길이, 하배축 직경, 뿌리길이, 뿌리수, 상배축을 조사하였다.

나. 결과 및 고찰

땅콩나물을 계획적으로 연중생산하기 위해서는 고품질 우량종자의 사용이 필수적이다. 우량종자란 다수성, 내병성 및 유전적 순도가 높으면서 발아율과 발아세가 왕성한 종자를 의미한다. 이러한 우량종자를 선별하기 위해서는 중량 및 체적에 의한 방법, 비중에 의한 방법이 사용된다. 종자활력이

저하되면 발아율이 감소될 뿐만 아니라 땅콩나물로 전개하는 시간이 길어지고, 상품성 떨어지는 요인이 된다. 또한 땅콩나물 생산에 당년생 종자뿐만 목은 종자를 사용해야 하는 경우가 발생한다. 따라서 땅콩종자는 수확 후 저장조건에 따라 종자활력이 감소하게 되는데, 종자활력이 땅콩나물 생산과의 상호 연관성을 구명하기 위해 땅콩종자를 인위노화 처리하여 그 효과를 조사하였다.

종자의 인위퇴화처리 방법으로는 Accelerated aging(Delouche와 Baskin, 1973)과 Controlled deterioration(Powell과 Matthews, 1981)으로 구별할 수 있는데, 채소작물에서는 30~45℃의 온도조건과 75~100%의 상대습도조건에서 종자를 퇴화시키는 Accelerated aging보다는 종자의 수분함량을 20~30%로 조절한 후 45~48℃의 온도조건에서 퇴화시키는 Controlled deterioration이 좋다고 한다. 이러한 인위적 퇴화처리는 종자세 측정을 위한 수단으로 많이 이용되고 있다.

Table 1.29. Effect of artificial aging seed treatment on percent germination, T₅₀ and percent decay of peanut sprouts.

Aging seed treatment (days)	Germination (%)	T ₅₀ (days)	Decay (%)
0	85.5	0.72	12.2
1	76.7	1.37	13.3
3	56.6	1.85	43.4
5	50.0	3.45	41.1
7	35.6	2.77	52.2
9	51.1	2.09	45.5
LSD 0.05	4.5	0.23	4.3

Seeds were dark-cultured at 27℃ for up to 7 days.
Means in columns was separated by LSD at P= 0.05.

노화처리 기간이 길어질수록 발아율 감소 및 T₅₀은 크게 지연되었다. 노화처리를 하지 않은 무처리 종자의 발아율은 85.5% 였으나, 처리일수가 길어질수록 발아율은 급속하게 감소하였고, 9일간 처리된 종자는 51%의 발아율을 보였다. 발아소요일수도 노화처리에 의해 크게 지연되었으며 무처리 종자의 T₅₀은 0.72일 였으나, 9일간 노화처리된 종자는 2.1일의 T₅₀이 소요되었다. 부패율도 노화처리 일수가 길어질수록 발아율 후 유묘로 전개되는 과정중 부패율이 증가하였으며, 9일간 노화처리된 땅콩종자는 부패율이 45% 수준으로 높아졌다(Table 1.29).

세포막은 세포내외의 물질이동 조절에 중요한 역할을 하며, 종자활력이 감소되면 세포막이 변성되어 저장양분의 누출량이 증가하여 발아력이 상실된다. 건조종자가 물에 침지되면 100 MPa의 압력으로 수분을 흡수하는데, 이때 종자는 세포막이 부분적으로 손상되어 가용성 물질이 용출되어 나온다. 종자에서 누출되는 가용성 물질은 세포막의 손상정도에 따라 다르며, 일반적으로 죽은 종자나 저활력 종자에서 누출량이 증가하게 된다. 이상의 선행연구의 결과로 땅콩종자가 퇴화되면 발아력이 낮아지고, 발아속도가 지연되는 원인은 종자의 세포막 기능성 상실에 의한 것으로 해석된다.

Woodstock와 Tao(1981)는 인위 퇴화처리된 종자가 침지될 때 배가 장애를 받아 종자의 활력을

옳고 성장속도가 늦어져 발아율이 떨어진다고 하였으며, Tiden과 West(1985)는 퇴화처리된 종자의 침지시 수분흡수 속도를 조절함으로써 빠른 수분흡수로 의한 장애로 발아율이 감소되는 것을 최대한 막을 수 있다고 하였다.

땅콩종자를 인위적으로 노화처리하여 유묘활력을 검정한 결과 노화처리일수가 길어질수록 하배축 길와 직경, 뿌리길이 및 뿌리발육이 등이 저하되었다. 노화처리된 종자는 전생육시기에 걸쳐 건진종자에 비해 유묘활력이 저하되었다. 특히, 땅콩나물의 품질평가에서 중요한 기준이 되는 하배축 신장율이 노화처리 종자에서 낮았다. 또한 하배축이 없거나, 심하게 위축되면서 자엽이 갈변되는 비정상묘 발생량이 증가하였다.

따라서 땅콩나물용 땅콩종자는 우량종자의 사용이 전제되어야 하며, 퇴화가 일부 진행된 종자는 친환경 종자처리에 의해 종자활력을 증강시킨 후 사용이 좋을 것으로 판단된다(Table 1.30).



Normal sprout



Abnormal sprout

Photo. 1.9. Appearance of normal and abnormal seedling of peanut sprout by growth for up to 7 days after sowing at 27°C.

Table 1.30. Effect of artificial aging seed treatment on hypocotyl length, hypocotyl diameter, root length, root formation and epicotyl length as influenced by growth periods of peanut sprout.

Aging seed treatment (days)	Days after seeding					
	2	3	4	5	6	7
<i>Hypocotyl length(cm)</i>						
0	0.8	1.2	1.7	2.4	3.2	3.5
1	0.5	0.6	0.8	1.3	2.0	2.6
3	0.3	0.4	0.4	0.6	1.1	1.5
5	0.0	0.3	0.4	0.5	0.9	1.4
7	0.0	0.3	0.3	0.3	0.5	0.6
9	0.0	0.3	0.4	0.4	0.4	0.5
LSD0.05	NS	0.1	0.2	0.2	0.3	0.3
<i>Hypocotyl diameter(mm)</i>						
0	4.5	6.0	6.5	6.7	7.4	7.4
1	3.4	4.1	5.0	5.4	6.1	6.4
3	3.3	3.8	4.4	5.2	5.5	6.5
5	0.0	3.8	4.2	4.1	4.0	4.5
7	0.0	3.3	3.8	3.9	4.0	4.1
9	0.0	3.8	4.0	4.1	4.2	4.2
LSD0.05	1.1	0.2	0.2	0.4	0.3	0.3
<i>Root length(cm)</i>						
0	1.3	2.7	3.9	5.0	6.3	6.9
1	0.5	0.9	1.6	2.5	3.8	5.4
3	0.3	0.4	0.5	0.6	1.1	1.7
5	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.5
7	0.2	0.3	0.3	0.3	0.4	0.5
9	0.3	0.3	0.4	0.5	0.8	1.1
LSD0.05	NS	0.2	0.4	0.4	0.8	0.9
<i>No. lateral root</i>						
0	0.0	4.3	16.4	26.0	33.2	46.6
1	0.0	0.0	10.0	12.9	23.5	30.7
3	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	6.9
5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.8
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.4
LSD0.05	NS	1.8	2.3	3.4	3.5	2.6
<i>Epicotyl length (cm)</i>						
0	0.0	0.0	0.0	1.8	3.3	5.5
1	0.0	0.0	0.0	0.9	2.0	3.7
3	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	1.8
5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	1.2
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8
LSD0.05	NS	NS	NS	0.4	0.8	0.7

Seeds were dark-cultured at 27°C for up to 7 days.
Means in columns was separated by LSD at P= 0.05.

9. 세균발생 억제를 위한 생육환경 조건 구명

가. 재료 및 방법

(1) 세균발생억제를 위한 참시루, 6BA의 처리 효과

땅콩나물의 세균형성을 억제하기 위해 콩나물에서 세균형성 억제제로 사용되고 있는 참시루와 6BA를 농도별로 처리하여 그 효과를 검토하고자 하였다. 실험에 사용된 품종은 국내육성 품종인 '조풍'과 베트남 땅콩을 이용하였다. 참시루의 처리농도는 콩나물에서 표준농도라고 알려져 있는 8.40mg/L을 근거하여 4.20mg/L, 8.40mg/L 및 14.80mg/L을 조성하였다. 또한 6BA는 콩나물 생산에 표준농도인 12.5mg/L을 근거하여 6.25mg/L, 12.5mg/L 및 25.0mg/L을 조성하였다. 이와 같이 각각 조성된 세균발생억제제를 땅콩종자에 처리하여 발아와 유효생장에 미치는 효과를 조사하였다. 세균발생억제제 처리는 증류수에 2시간 침지한 종자를 땅콩나물 배양기에 치상하고, 그 이후부터 세균발생억제제가 첨가된 용액을 매 4시간 마다 2분씩 주기적으로 공급하였다. 실험은 암조건의 27°C의 땅콩나물 배양기에서 수행되었다. 생육조사는 종자를 치상한 후 2일, 4일, 6일, 8일째 뿌리형성을 및 하배축의 비대 촉진, 상배축 성장 등을 조사하였다.

(2) 참시루, 6BA의 용액 교환에 따른 처리 효과

땅콩나물 재배에 세균 발생을 억제시키는 참시루와 6BA 처리시 용액을 1일간 간격으로 교환한 처리와 교환하지 않고 지속적으로 공급한 처리간 발아성과 땅콩나물 생육에 미치는 효과를 조사하였다. 실험에 사용된 품종은 국내육성 품종인 '조풍'과 베트남 땅콩을 이용하였다. 참시루의 처리농도는 콩나물에서 표준농도라고 알려져 있는 8.40mg/L 였고, 6BA는 12.5mg/L 였다.

참시루와 6BA 처리는 종자를 치상한 후 타이머에 의해 두상관수 시스템으로 4시간 간격으로 2분간 공급하였다. 처리제의 용액 교환은 1일 간격으로 하였으며, 반면 무교환 용액은 종자를 치상한 후 공급한 용액을 생육 8일째 까지 교환하지 않은 처리였다. 실험은 암조건의 27°C의 땅콩나물 배양기에서 수행되었고, 생육조사는 종자를 치상한 후 2일, 4일, 6일, 8일째 뿌리형성을 및 하배축 비대 촉진, 상배축의 성장 및 생체중과 건물중 등을 조사하였다.

(3) 생장조절제 혼용처리 효과

실험에 사용된 공시 품종은 '베트남' 땅콩이었으며, 식물생장조절제의 혼용처리가 발아와 유효생장에 미치는 영향을 조사하였다. 이를 위해 종자발아와 하배축의 신장을 촉진시키는 지베렐린 [(gibberellic acid (GA_3))] 과 하배축의 비대와 세균형성을 억제하는 참시루를 혼용하였다. 혼합조성은 GA_3 25mg/L + 참시루 4.20mg/L, GA_3 50mg/L + 참시루 8.40mg/L 혼용 처리였다. 실험은 암조건의 27°C의 땅콩나물 배양기에서 수행되었고, 생육조사는 발아율과 T_{50} 및 종자를 치상한 후 2일, 4일, 6일, 8일째의 시기별 하배축 비대, 뿌리수, 상배축의 성장 및 생체중과 건물중 등을 조사하였다.

(4) 품종별 6BA 처리효과

6BA의 하배축 비대촉진과 세근발생억제의 품종별 효과를 검증하고자 ‘백안’, ‘창원’, ‘참평’(1010년 수확, 2011년), ‘다누리’, ‘일평’(2010년, 2011년 수확), ‘조광’, ‘조평’, ‘미광’, ‘백안’, ‘풍안’, ‘풍산’ 등 11개 품종을 공시하였다. 6BA 처리농도는 12.5mg/L 였고, 무처리는 증류수를 공급한 처리였다. 6BA 처리는 땅콩종자를 2시간 동안 증류수에 침지한 후 27°C의 암조건의 배양기에 치상하여 생육 8일째까지 4시간 간격으로 2분간씩 처리액을 공급하였다. 생육조사는 발아율과 T₅₀ 및 종자를 치상한 후 2일, 4일, 6일, 8일째 뿌리수 및 하배축 비대, 상배축의 생장 및 생체중과 건물중 등을 조사하였다.

나. 결과 및 고찰

땅콩나물의 세근형성은 상품성을 저하시키는 요인이 된다. 세근 발생이 잘 되지 않으면서 고품질의 땅콩나물을 생산하기 위한 방안을 모색하고자 콩나물에 세근억제제로 활용되고 있는 참시루와 처리하여 발아와 생육에 미치는 영향을 조사하였다(Table 1.31~1.33). ‘조평’과 ‘베트남’ 땅콩 참시루와 6BA를 처리 하더라도 발아율에는 큰 영향을 주지 않았고, T₅₀에도 큰 차이가 없었다. 또한 참시루와 6BA 모두 처리농도에 따른 발아율과 발아속도에 뚜렷한 차이는 없었다. 따라서 참시루와 6BA는 세근발생억제를 위해 처리농도가 증가하더라도 발아율을 크게 억제하지 않는 것으로 판단되었다(Table 1.31).

Table 1.31. Effects of Chamsiru or 6BA treatment on percent germination and T₅₀ ‘Jopyeong’ and ‘Vietnam’ peanut sprouts.

Chemicals treatment	‘Jopyeong’		‘Vietnam’	
	Germination (%)	T ₅₀ (days)	Germination (%)	T ₅₀ (days)
Chamsiru 4.20mg/L	93.3	0.87	96.7	0.55
Chamsiru 8.40mg/L	90.0	0.86	96.7	0.55
Chamsiru 16.80mg/L	93.3	0.86	95.0	0.58
6BA 6.25 mg/L	93.3	0.81	98.3	0.57
6BA 12.5 mg/L	93.3	0.88	95.0	0.57
6BA 25.0 mg/L	90.0	0.81	96.7	0.59
Untreatment	91.1	0.94	96.7	0.54
LSD(0.05)	NS	NS	NS	NS

Seeds were dark-cultured at 27 °C for up to 7 days. Various chemicals solutions were spray after 2 hours water soaking at 27°C.

Means in columns was separated by LSD at P= 0.05.

땅콩나물에 참시루와 6BA를 주기적으로 처리하면 하배축 신장은 약간 억제되었으며, 이러한 경향은 생육 8일째에 현저하였다. ‘조평’과 ‘베트남’ 땅콩 모두 하배축 직경은 참시루와 6BA의 처리에 의해 하배축이 비대하였으며, 그 효과는 처리농도가 높을수록 뚜렷하였다. 뿌리생장은 참시루 8.40mg/L 처리에서 가장 길었으며, 전반적으로 참시루가 6BA보다 뿌리신장이 촉진되었다.

Table 1.32. Effects of Chamsiru and 6BA treatment on hypocotyl length, hypocotyl diameter, root length, number of lateral root and epicotyl length in 'Jopyeong' and 'Vietnam' peanut sprouts.

Chemicals treatment ^z	'Jopyeong'				'Vietnam'			
	Days after seeding				Days after seeding			
	2	4	6	8	2	4	6	8
<i>Hypocotyl length(cm)</i>								
Chamsiru 4.20mg/L	0.6	1.5	2.9	3.6	0.8	2.1	3.1	4.4
Chamsiru 8.40mg/L	0.6	1.5	2.9	3.7	0.8	1.6	2.4	4.1
Chamsiru 16.80mg/L	0.6	1.8	2.8	3.7	0.7	1.3	2.4	3.9
6BA 6.25 mg/L	0.7	2.0	2.5	3.5	0.8	2.0	3.4	4.3
6BA 12.5 mg/L	0.6	1.3	2.2	3.4	0.8	2.2	3.3	4.0
6BA 25.0 mg/L	0.6	1.6	2.4	4.0	0.7	1.6	2.9	3.8
Untreatment	0.5	0.8	1.3	3.9	0.8	2.1	3.7	5.2
Significance	**y	**	***	*	NS	***	***	***
<i>Hypocotyl diameter(mm)</i>								
Chamsiru 4.20mg/L	3.82	6.71	7.64	7.72	3.79	5.64	5.88	6.00
Chamsiru 8.40mg/L	3.84	6.91	6.84	8.06	3.72	5.72	5.74	6.20
Chamsiru 16.80mg/L	3.93	6.68	7.19	7.80	3.60	5.79	5.91	6.07
6BA 6.25 mg/L	4.05	6.64	7.24	7.64	3.89	6.03	6.09	6.18
6BA 12.5 mg/L	3.95	6.41	7.77	7.16	3.90	5.71	5.74	5.94
6BA 25.0 mg/L	3.74	6.62	7.64	8.04	3.76	5.53	5.84	5.97
Untreatment	3.80	5.03	6.70	7.47	3.72	5.23	5.29	5.33
Significance	NS	***	***	***	*	NS	NS	***
<i>Root length(cm)</i>								
Chamsiru 4.20mg/L	1.0	4.2	6.0	7.1	1.2	3.8	5.5	6.1
Chamsiru 8.40mg/L	0.7	4.1	6.4	5.9	0.9	2.9	4.0	6.0
Chamsiru 16.80mg/L	0.9	4.1	5.8	6.6	0.6	3.2	4.4	5.8
6BA 6.25 mg/L	0.8	3.0	4.5	6.1	1.3	3.7	5.0	5.7
6BA 12.5 mg/L	0.5	3.3	4.2	5.6	1.0	4.7	6.3	6.1
6BA 25.0 mg/L	0.5	3.0	3.6	4.2	0.9	3.3	5.0	4.6
Untreatment	0.3	2.2	3.2	4.7	1.4	4.6	6.7	4.7
Significance	***	***	***	***	***	***	***	NS
<i>No. of lateral root</i>								
Chamsiru 4.20mg/L		6.7	34.5	45.1		3.7	32.4	41.3
Chamsiru 8.40mg/L		0.0	35.4	48.2		0.0	25.3	38.9
Chamsiru 16.80mg/L		7.8	27.6	40.9		0.0	23.3	32.3
6BA 6.25 mg/L		6.4	22.8	41.4		0.0	31.2	40.8
6BA 12.5 mg/L		6.8	20.4	32.1		0.0	30.5	36.8
6BA 25.0 mg/L		0.0	9.7	17.4		0.0	17.4	29.0
Untreatment		0.0	32.4	47.5		8.9	38.6	46.3
Significance	-	***	***	***	-	***	***	***
<i>Epicotyl length(cm)</i>								
Chamsiru 4.20mg/L		1.0	2.0	2.5		0.4	1.8	4.0
Chamsiru 8.40mg/L		0.9	1.9	2.6		0.0	1.6	4.4
Chamsiru 16.80mg/L		0.9	1.4	2.5		0.6	1.5	3.0
6BA 6.25 mg/L		0.8	1.5	2.9		0.6	2.1	4.8
6BA 12.5 mg/L		0.5	1.5	2.7		0.7	2.4	4.2
6BA 25.0 mg/L		0.8	1.1	2.2		0.6	1.6	3.9
Untreatment		0.4	1.0	2.5		0.6	2.0	5.9
Significance	-	***y	**	**	-	**	***	***

^zPeanut sprout were dark-cultured at 27 °C for up to 8 days. Various chemicals solutions were spray after 2 hours water soaking at 27°C.

^y NS, *, **, *** Nonsignificant or significant at $P = 0.05, 0.01, \text{ and } 0.001$, respectively.

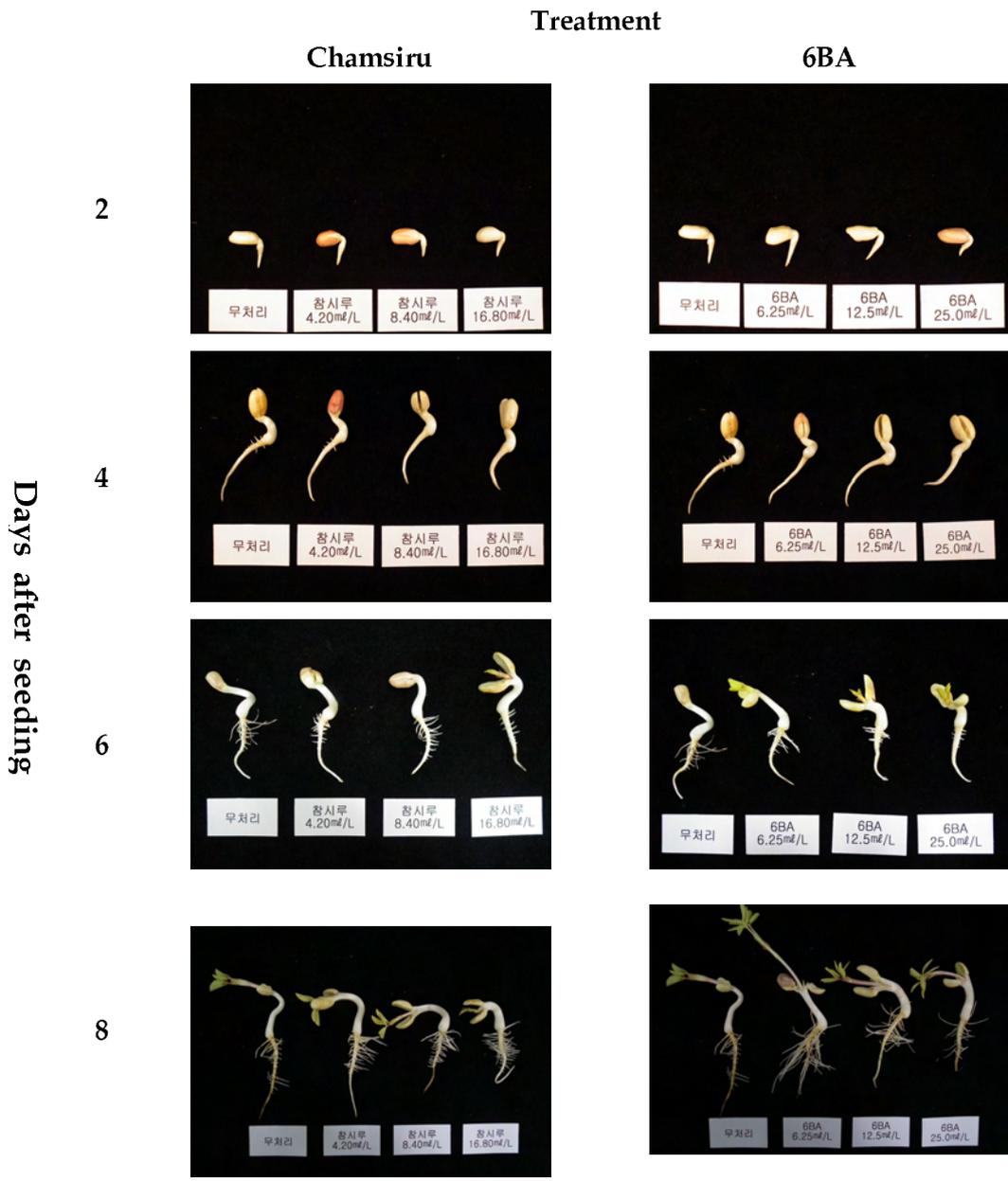


Photo. 1.10. Change in seedling growth with PGR treatment of vietnam peanut sprouts for 8 days after sowing at 27°C.

Table 1.33. Effects of Chamsiru and 6BA treatment on fresh weight and dry weight of 'Jopyeong' and 'Vietnam' peanut sprouts.

Chemicals treatment ^z	'Jopyeong'		'Vietnam'	
	Fresh weight(g)	Dry weight(g)	Fresh weight(g)	Dry weight(g)
Chamsiru 4.20mg/L	36.0	0.87	27.1	3.87
Chamsiru 8.40mg/L	36.4	0.86	26.7	3.92
Chamsiru 16.80mg/L	34.4	0.86	26.7	3.89
6BA 6.25 mg/L	36.4	0.81	26.2	3.85
6BA 12.5 mg/L	36.8	0.88	32.1	4.07
6BA 25.0 mg/L	37.7	0.81	24.4	3.95
Untreatment	31.8	0.80	26.2	3.39
Significance	*y	*	*	*

^z Peanut sprout were dark-cultured at 27 °C for up to 8 days. Various chemicals solutions were spray after 2 hours water soaking at 27°C.

^y NS, *, **, *** Nonsignificant or significant at $P = 0.05, 0.01, \text{ and } 0.001$, respectively.

세균 발생율은 참시루와 6BA를 처리에 의해 감소하였고, 그 효과는 6BA가 참시루보다 우수한 것으로 해석된다. 또한 세균발생억제제의 종류에 관계없이 처리농도가 높을수록 세균 발생수는 감소하였다. 세균발생억제제 처리는 베트남 땅콩보다는 '조평'에서 세균발생억제 효과가 명확하였다.

상배축 생장 또한 세균발생억제제의 종류 및 농도에 따라 차이가 있었으며, 세균발생억제제 처리에 의해 상배축의 생장이 약간 둔화되는 경향이였다. 또한 참시루와 6BA 처리한 후 생육 8일째에 조사한 생체중과 건물중은 품종에 따라 차이는 있으나, 참시루와 6BA 처리하면 약간 증가하는 경향이였다. 두 품종 모두 전반적으로 6BA 처리가 참시루보다 생체중과 건물중이 높은 경향을 보였다(Table 1.33).

(2) 참시루, 6BA의 용액 교환에 따른 처리 효과

땅콩나물에 참시루와 6BA를 처리할 때 매일 용액을 교환한 것과 교환하지 않은 처리간 발아율과 최종발아율에 대해 50% 발아하는데 소요되는 일수를 조사하였다(Table 1.34).

Table 1.34. Effect of changes irrigation solution of Chamsiru and 6BA treatment on percent germination and T_{50} of 'Jopyeong' peanut sprouts.

Chemicals treatment ^z	Changes solution	Germination (%)	T_{50} (days)
Chamsiru 8.40mg/L	Yes ^y	86.7	0.80
Chamsiru 8.40mg/L	No	85.6	1.03
6BA 12.5 mg/L	Yes	87.8	0.79
6BA 12.5 mg/L	No	85.6	0.76
Untreatment	Yes	95.6	0.69
Untreatment	No	90.0	0.76
Significance		NS ^x	*

^z Sededs were dark-cultured at 27°C for up to 7 days.

^y Yes; changes in solutions 1 time at 1 day, No; No changes.

^x Means in columns was separated by LSD at $P = 0.05$.

Table 1.35. Effect of changes in irrigation solution of Chamsiru and 6BA treatment on growth in peanut sprouts.

Chemicals treatment ^z	Changes solution	Days after seeding			
		2	4	6	8
<i>Hypocotyl length(cm)</i>					
Chamsiru 8.40mg/L	Yes	0.7	1.1	2.3	2.9
Chamsiru 8.40mg/L	No	0.3	0.4	0.5	0.6
6BA 12.5 mg/L	Yes	0.6	1.4	2.7	3.1
6BA 12.5 mg/L	No	0.3	0.5	0.9	2.6
Untreatment	Yes	0.6	1.3	2.5	3.2
Untreatment	No	0.7	1.5	2.4	2.9
Significance		***	***	***	***
<i>Hypocotyl diameter(mm)</i>					
Chamsiru 8.40mg/L	Yes	3.72	6.30	6.23	6.53
Chamsiru 8.40mg/L	No	2.87	3.84	3.90	4.12
6BA 12.5 mg/L	Yes	3.94	6.12	6.60	7.30
6BA 12.5 mg/L	No	2.87	4.66	5.62	5.80
Untreatment	Yes	4.20	6.11	6.28	6.52
Untreatment	No	4.41	5.27	6.09	6.34
Significance		***	***	***	***
<i>Root length(cm)</i>					
Chamsiru 8.40mg/L	Yes	0.8	4.4	6.7	8.8
Chamsiru 8.40mg/L	No	0.3	0.4	0.6	1.2
6BA 12.5 mg/L	Yes	0.8	4.0	5.6	5.8
6BA 12.5 mg/L	No	0.3	0.6	1.1	2.0
Untreatment	Yes	1.4	5.1	7.7	8.1
Untreatment	No	1.7	2.4	3.6	4.9
Significance		***	***	***	***
<i>No. of lateral root</i>					
Chamsiru 8.40mg/L	Yes			32.6	34.4
Chamsiru 8.40mg/L	No			-	-
6BA 12.5 mg/L	Yes			-	20.2
6BA 12.5 mg/L	No			11.2	-
Untreatment	Yes		16.4	53.8	56.1
Untreatment	No		12.4	40.0	46.7
Significance		-	***	***	***
<i>Epicotyl length(cm)</i>					
Chamsiru	Yes		1.3	3.2	6.7
Chamsiru	NO		-	-	-
6BA	Yes		1.3	3.2	7.5
6BA	No			1.7	3.2
Untreatment	Yes		1.4	4.0	7.7
Untreatment	NO		1.4	3.1	6.8
Significance		-	*** ^y	***	***

^zPeanut sprout were dark-cultured at 27 °C for up to 8 days. Various chemicals solutions were spray after 2 hours water soaking at 27°C.

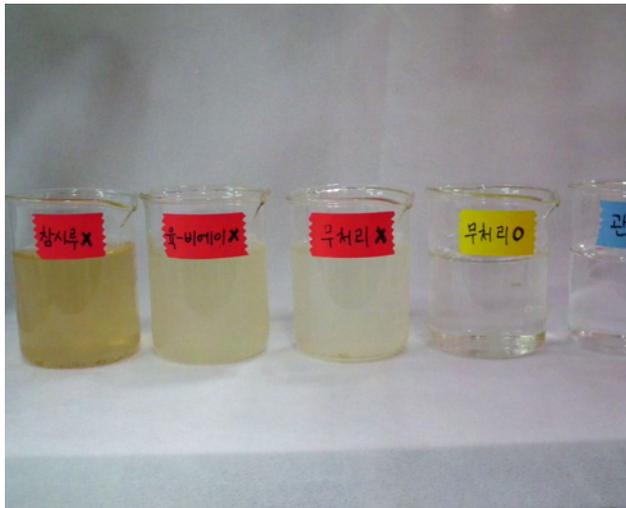
^y NS, *, **, *** Nonsignificant or significant at $P = 0.05, 0.01, \text{ and } 0.001$, respectively.

Table 1.36. Effect of changes in irrigation solution of Chamsiru and 6BA treatment on fresh weight and dry weight of 'Jopyeong' peanut sprouts.

Chemicals treatment ^z	Changes solution	Fresh weight(g)	Dry weight(g)
Chamsiru 8.40mg/L	Yes	37.43	7.84
Chamsiru 8.40mg/L	No	18.70	4.01
6BA 12.5 mg/L	Yes	42.17	8.35
6BA 12.5 mg/L	No	31.21	6.88
Untreatment	Yes	39.40	7.90
Untreatment	No	36.61	6.88
Significance		* ^y	*

^zPeanut sprout were dark-cultured at 27 °C for up to 8 days. Various chemicals solutions were spray after 2 hours water soaking at 27°C.

^y NS, *, **, *** Nonsignificant or significant at $P = 0.05, 0.01, \text{ and } 0.001$, respectively.



Chamsiru and 6BA solution



Changes solution



No changes solution

Photo.1.11. Changes in irrigation solution of Chamsiru and 6BA treatment on seedling growth of 'Jopyeong' peanut sprouts.

발아율에는 용액을 교환한 것과 교환하지 않은 처리간 통계적인 유의성은 인정되지 않았지만 용액을 교환하면 발아율이 향상되는 경향을 보였다. 종자를 침지하게 되면 급속하게 수분이 종자내로 유입되면서 세포벽이 파괴하게 되고 종자내의 저장양분의 유출이 일어나게 된다. 이러한 저장양분의 유출은 유해 미생물의 영양공급원이 되어 유해 미생물의 밀도도 높고, 또한 종자내의 배출된 유독성 물질이 함유되어 있으므로 이를 지속적으로 관주하게 되면 강건한 땅콩나물 생산을 어렵게 될 수 있다.

따라서 참시루와 6BA 용액을 교환하지 않고 지속적으로 공급한 처리에서 발아율이 약간 감소하

는 것은 이러한 원인에 의한 것으로 풀이된다. T₅₀도 용액을 교환하지 않으면 교환한 처리에 비해 발아가 약간 지연되는 것으로 나타났다. 하배축 신장은 참시루와 6BA 처리에 의해 억제되었으며, 용액을 교환하지 않으면 억제정도가 심하였다. 하배축 직경은 참시루와 6BA 용액을 매일 교환해 주면 하배축의 비대를 촉진하였으나, 교환하지 않으면 그 효과가 반감되어 오히려 비대생장을 억제하였다. 뿌리길어도 참시루와 6BA를 교환하면 뿌리생장이 좋았으나 용액을 교환하지 않으면 뿌리 신장이 불량하였다. 세균 발생량도 용액교환 여부에 따라 차이를 보였으며, 전반적으로 용액을 교환하지 않고 지속적으로 공급하면 용액내의 부패균의 활동에 의해 뿌리 생장이 크게 억제되는 것으로 나타났다.

상배축 성장 또는 용액교환 여부에 따라 차이를 보였고, 용액을 교환하지 않으면 상배축 생장이 억제되었다. 또한 생육 8일째의 생체중과 건물중에는 용액교환 여부에 따라 차이를 보였으며, 전반적으로 용액을 교환하지 않으면 생체중과 건물중이 낮았다. 따라서 고품질의 땅콩나물을 생산하기 위해서는 용액을 교환하는 것이 필요하였다(Table 1.36).

(3) 성장조절제 혼용처리 효과

종자 발아성에 호르몬은 중요한 역할을 하며, gibberellin이 1차적으로 발아촉진에 관여하고, cytokinin은 2차적 관여한다고 알려져 있다. 이와 같이 종자 발아성은 발아 촉진물질과 억제물질의 균형에 의해 결정된다. 채종된 종자들은 저장 과정을 거치면서 활력이 저하하게 된다.



GA₃ 25mg/L

Untreated

Photo.1.12. Influence of GA₃ treatment on seedling growth of 'Jopyeong' peanut sprouts.

Table 1.37. Effect of GA₃ and Chamsiru mixed on percent germination and T₅₀ of 'Vietnam' peanut sprouts.

Chemicals treatment ^z	Germination (%)	T ₅₀ (days)
GA ₃ 25mg/L + Chamsiru 4.20mg/L	95.0	0.56
GA ₃ 50mg/L + Chamsiru 8.40mg/L	94.4	0.68
Untreatment	93.3	0.84
LSD(0.05)	NS	0.20

^z Seeds were dark-cultured at 27°C for up to 7 days.
Means in columns was separated by LSD at P= 0.05.

Table 1.38. Effects of GA₃ and Chamsiru mixed solution on growth characteristic in 'Vietnam' peanut sprouts.

Chemical treatment ^z	Days after seeding			
	2	4	6	8
	<i>Hypocotyl length(cm)</i>			
GA ₃ 25mg/L + Chamsiru 4.20mg/L	0.7	1.6	2.8	3.7
GA ₃ 50mg/L + Chamsiru 8.40mg/L	0.9	1.9	3.0	3.9
Untreatment	0.7	1.8	2.7	3.5
Significance	NS	NS	NS	*
	<i>Hypocotyl diameter(mm)</i>			
GA ₃ 25mg/L + Chamsiru 4.20mg/L	2.92	4.15	6.67	6.87
GA ₃ 50mg/L + Chamsiru 8.40mg/L	3.91	4.09	6.52	6.86
Untreatment	3.76	3.38	5.78	6.42
Significance	***	***	*	***
	<i>Root length(cm)</i>			
GA ₃ 25mg/L + Chamsiru 4.20mg/L	0.8	4.0	5.1	7.2
GA ₃ 50mg/L + Chamsiru 8.40mg/L	1.2	3.9	5.4	7.4
Untreatment	0.8	3.8	5.7	7.6
Significance	***	NS	NS	NS
	<i>No. of lateral root</i>			
GA ₃ 25mg/L + Chamsiru 4.20mg/L	0.0	3.8	22.1	40.3
GA ₃ 50mg/L + Chamsiru 8.40mg/L	0.0	0.0	20.4	38.3
Untreatment	0.0	4.5	34.4	48.3
Significance	NS	**	*	***
	<i>Epicotyl length(cm)</i>			
GA ₃ 25mg/L + Chamsiru 4.20mg/L	0.0	0.0	1.4	3.4
GA ₃ 50mg/L + Chamsiru 8.40mg/L	0.0	0.0	1.7	3.6
Untreatment	0.0	1.0	1.7	2.0
Significance	NS ^y	***	NS	*

^z Peanut sprout were dark-cultured at 27 °C for up to 8 days. Various chemicals solutions were spray after 2 hours water soaking at 27°C.

^y NS, *, **, *** Nonsignificant or significant at P = 0.05, 0.01, and 0.001, respectively.

Table 1.39. Effects of GA₃ and Chamsiru mixed solution on growth characteristic on fresh weight and dry weight of 'Vietnam' peanut sprouts.

Chemicals treatment ^z	Fresh weight(g)	Dry weight(g)
GA ₃ 25mg/L + Chamsiru 4.20mg/L	55.60	12.93
GA ₃ 50mg/L + Chamsiru 8.40mg/L	59.45	12.70
Untreatment	40.00	7.72
Significance	*y	*

^zPeanut sprout were dark-cultured at 27 °C for up to 8 days. Various chemicals solutions were spray after 2 hours water soaking at 27°C.

^y NS, *, **, *** Nonsignificant or significant at *P* = 0.05, 0.01, and 0.001, respectively.

종자의 활력 상실은 불가피한 생리현상이지만 활력이 저하된 종자를 식물생장조절제(Kang 등, 1997; Karssen, 1995; Persson, 1993)처리에 의해 부분적인 활력 회복이 가능하다.

생장조절제 처리는 많은 작물에서 휴면타파, 불량조건에서 발아증진 및 유묘생장 촉진에 유용하다 (Karssen, 1995; Persson, 1993). Table 1.37은 '베트남' 땅콩종자를 치상하여 식물의 신장생장을 촉진하는 GA₃와 세균발생억제 및 하배축의 비대를 촉진하는 참시루(주성분 BAP)를 농도별로 혼용하여 27°C의 땅콩배양기에 치상하여 발아율과 발아속도를 검정한 결과이다.

두 물질을 혼용처리 하더라도 발아율에는 큰 차이가 없었고, 또한 두 물질의 혼용처리 농도간에도 차이가 없었다. 발아속도는 두 물질을 혼용하면 무처리에 비해 발아속도가 빨랐고, 그 효과는 GA₃ 50mg/L + Chamsiru 8.40mg/L 혼용처리에서 현저하였다.

하배축 신장은 GA₃와 참시루를 혼용하면 생육 6일째까지는 통계적인 유의성은 인정되지 않았으나 약간 향상되었으나, 생육 8일째에는 무처리보다는 하배축 신장이 높았다. 하배축 직경도 GA₃와 참시루를 혼용하면 비대가 촉진되었고, 두 물질의 처리농도간 차이는 크지 않았다. 뿌리길이는 두 물질의 혼용 및 처리농도에 관계없이 처리간 큰 차이는 없었다. 세균 발생량은 GA₃와 참시루를 혼용하면 낮아졌고 그 효과는 처리농도가 비교적 높은 GA₃ 50mg/L + Chamsiru 8.40mg/L에서 현저하였다. 또한 GA₃와 참시루를 혼용 처리는 상배축 성장을 촉진하였다(Table 1.38).

생육 8일째 조사한 생체중과 건물중도 GA₃와 참시루를 혼용하면 무처리에 비해 높았다. 이상의 결과에서 생장조절제 혼용처리에 의해 땅콩나물의 전반적인 생육을 향상시킬 수 있었고, 적정 처리 조건은 GA₃ 50mg/L + Chamsiru 8.40mg/L 혼용처리였다(Table 1.39).

(4) 품종별 6BA 처리효과

땅콩은 품종에 따라 생육반응이 다를 수 있다. 이에 따라 하배축 비대촉진과 세근발생억제에 효과적이었던 6BA를 품종별 처리하여 발아율과 생장에 미치는 효과를 검증하고자 하였다. 발아율은 품종에 따라 차이가 있었고, 6BA 처리에 의해서도 차이가 있었다. 실험에 사용된 땅콩들은 대부분이 발아력이 높았으나, 그중 '창원'과 '참평'(2011년 수확), '일평'(2011년 수확), '풍안' 등은 100% 발아하여 발아력이 우수한 품종이었다.

Table 1.40. Effects of 6BA treatment on percent germination, T₅₀, fresh weight and dry weight of various cultivars peanut sprouts.

Cultivar	Treatment ^z	Germination (%)	T ₅₀ (days)	Fresh weight(g)	Dry weight(g)
Baeckan	6BA 12.5 mg/L	98.9	0.80	46.35	11.84
	Untreated	92.3	0.98	40.40	10.89
Changwon	6BA 12.5 mg/L	100.0	0.63	42.60	7.64
	Untreated	100.0	0.64	40.67	7.55
Charmpyeong (2010)	6BA 12.5 mg/L	97.8	0.64	47.34	9.12
	Untreated	93.3	0.87	41.77	8.59
Charmpyeong (2011)	6BA 12.5 mg/L	100.0	0.55	46.82	8.82
	Untreated	100.0	0.67	50.25	9.12
Danuri	6BA 12.5 mg/L	96.7	0.73	43.26	9.11
	Untreated	100.0	0.89	40.39	8.96
Ilpyeong	6BA 12.5 mg/L	92.2	0.63	44.68	9.83
	Untreated	97.8	0.70	37.81	8.23
Ilpyeong(2011)	6BA 12.5 mg/L	100.0	0.51	44.38	8.84
	Untreated	100.0	0.56	45.39	8.99
Jakwang	6BA 12.5 mg/L	93.3	0.57	42.55	10.81
	Untreated	92.2	0.54	39.24	10.14
Jeokwang	6BA 12.5 mg/L	95.6	1.39	31.84	5.51
	Untreated	95.6	1.45	28.60	5.07
Jopyeong	6BA 12.5 mg/L	92.2	0.57	46.44	10.54
	Untreated	100.0	0.54	43.50	10.15
Mikwang	6BA 12.5 mg/L	92.2	1.32	26.10	6.57
	Untreated	96.7	1.30	28.47	6.62
Pungan	6BA 12.5 mg/L	100.0	0.58	49.28	9.01
	Untreated	98.9	0.52	46.71	8.54
Pungsan	6BA 12.5 mg/L	100.0	0.51	49.37	9.37
	Untreated	100.0	0.54	45.95	9.35
Sangpyeong	6BA 12.5 mg/L	96.7	0.56	46.62	9.97
	Untreated	98.9	0.54	45.26	9.93
Significance					
Cultivar(A)		** y	***	**	*
Treatment (B)		*	*	*	*
A X B		NS	*	NS	NS

^zPeanut sprout were dark-cultured at 27°C for up to 8 days. 6BA treatment were spray after 2 hours water soaking at 27°C.

^y NS, *, **, *** Nonsignificant or significant at P = 0.05, 0.01, and 0.001, respectively.

Table 1.41 Effects of 6BA treatment on hypocotyl length and hypocotyl diameter of various cultivars peanut sprouts.

Cultivar	Treatment	Hypocotyl length (cm)				Hypocotyl diameter (mm)			
		2 ^z	4	6	8	2	4	6	8
Baeckan	6BA 12.5 mg/L	0.38	1.38	2.83	4.75	3.39	6.49	6.74	7.33
	Untreated	0.32	0.97	2.84	4.84	2.72	5.76	6.28	6.56
Changwon	6BA 12.5 mg/L	0.48	3.27	3.49	4.68	3.84	6.27	6.53	6.63
	Untreated	0.52	2.44	3.51	4.86	3.27	5.99	6.02	6.33
Charmpyeong (2010)	6BA 12.5 mg/L	0.45	2.36	2.64	4.01	3.74	6.20	6.78	7.84
	Untreated	0.37	2.67	2.38	3.99	3.75	6.40	6.97	6.71
Charmpyeong (2011)	6BA 12.5 mg/L	0.42	3.43	3.76	3.84	4.18	6.67	6.99	8.20
	Untreated	0.38	3.05	3.88	3.89	3.91	6.84	6.95	8.22
Danuri	6BA 12.5 mg/L	0.64	1.46	2.76	3.57	3.75	6.28	7.45	7.71
	Untreated	0.56	1.31	2.32	3.29	3.70	6.36	7.36	7.60
Ilpyeong	6BA 12.5 mg/L	0.38	1.38	2.70	3.62	3.65	6.19	6.82	7.60
	Untreated	0.40	0.97	2.82	3.74	3.36	5.87	5.96	6.54
Ilpyeong(2011)	6BA 12.5 mg/L	0.76	1.42	2.46	3.33	4.07	6.69	7.93	8.18
	Untreated	0.73	1.29	2.23	3.43	3.61	6.45	7.52	7.84
Jakwang	6BA 12.5 mg/L	0.27	1.45	2.54	3.54	2.00	5.95	6.22	7.95
	Untreated	0.27	1.09	2.29	3.76	2.41	6.02	7.29	7.45
Jeokwang	6BA 12.5 mg/L	0.65	1.11	2.46	3.29	3.47	6.24	6.60	8.06
	Untreated	0.37	0.99	2.43	3.48	2.90	5.79	6.64	7.62
Jopyeong	6BA 12.5 mg/L	0.61	1.21	2.84	3.45	3.10	5.56	6.19	7.68
	Untreated	0.65	1.37	3.02	3.97	3.18	5.24	6.03	7.75
Mikwang	6BA 12.5 mg/L	0.66	1.59	2.24	3.24	2.92	5.11	5.21	6.21
	Untreated	0.47	1.65	2.78	3.20	3.18	4.95	5.03	5.90
Pungan	6BA 12.5 mg/L	0.85	1.82	3.20	3.99	3.92	5.84	6.52	8.11
	Untreated	0.76	1.76	3.33	3.97	3.24	5.97	6.22	7.95
Pungsan	6BA 12.5 mg/L	0.64	1.70	2.80	3.61	3.52	6.77	7.38	8.82
	Untreated	0.63	1.59	2.98	3.84	3.54	6.82	6.94	8.38
Sangpyeong	6BA 12.5 mg/L	0.72	1.20	2.67	3.84	3.68	5.63	6.35	7.88
	Untreated	0.76	1.24	2.55	3.73	3.73	6.18	6.69	7.52
Significance									
Cultivar(A)		*** ^y	***	***	***	***	***	***	***
Treatment(B)		***	***	**	***	***	***	***	***
A X B		***	***	***	***	***	***	***	***

^zPeanut sprout were dark-cultured at 27°C for up to 8 days. 6BA treatment were spray after 2 hours water soaking at 27°C.

^y NS, *, **, *** Nonsignificant or significant at $P = 0.05, 0.01, \text{ and } 0.001$, respectively.

Table 1.42. Effects of 6BA treatment on root length and number of lateral root of various cultivars peanut sprouts.

Cultivar	Treatment	Root length (cm)				No. of lateral roots (cm)			
		2 ^z	4	6	8	2 ^z	4	6	8
Baeckan	6BA 12.5 mg/L	0.59	2.98	3.78	4.15	-	0.9	1.9	20.2
	Untreated	0.55	4.30	5.11	6.12	-	15.3	33.7	51.7
Changwon	6BA 12.5 mg/L	1.30	4.56	5.67	5.78	-	8.5	20.2	34.0
	Untreated	0.83	6.14	6.26	7.32	-	31.2	40.9	62.0
Charmpyeong (2010)	6BA 12.5 mg/L	0.45	4.26	4.79	6.16	-	10.5	11.7	42.5
	Untreated	0.59	4.86	5.12	7.51	-	19.1	20.2	59.3
Charmpyeong (2011)	6BA 12.5 mg/L	0.87	4.87	5.11	5.18	-	12.5	16.3	17.7
	Untreated	0.82	6.37	6.88	7.68	-	40.8	51.2	68.8
Danuri	6BA 12.5 mg/L	0.99	3.27	3.69	4.44	-	0.0	2.9	15.3
	Untreated	1.08	3.90	5.37	6.55	-	1.5	32.7	40.2
Ilpyeong	6BA 12.5 mg/L	0.55	3.24	5.25	6.32	-	0.0	7.4	19.0
	Untreated	0.41	3.92	6.63	9.17	-	0.0	34.4	66.4
Ilpyeong(2011)	6BA 12.5 mg/L	1.57	4.39	6.46	6.71	-	0.0	38.4	54.6
	Untreated	1.26	4.26	6.70	8.55	-	1.8	36.5	58.9
Jakwang	6BA 12.5 mg/L	0.55	3.52	4.89	6.09	-	0.0	14.4	48.4
	Untreated	0.44	3.36	5.67	5.80	-	0.0	25.7	46.6
Jeokwang	6BA 12.5 mg/L	0.48	4.00	4.67	5.27	-	0.0	3.2	12.4
	Untreated	0.44	3.67	5.51	6.10	-	0.0	24.3	24.4
Jopyeong	6BA 12.5 mg/L	0.51	2.55	5.55	5.92	-	0.0	29.4	49.2
	Untreated	0.71	3.37	5.64	6.00	-	0.3	36.0	51.1
Mikwang	6BA 12.5 mg/L	0.54	2.98	3.97	4.44	-	0.0	3.8	19.4
	Untreated	0.72	4.24	5.35	7.31	-	1.9	24.4	57.9
Pungan	6BA 12.5 mg/L	1.44	4.49	6.86	8.60	-	0.5	45.6	80.2
	Untreated	1.41	4.11	7.94	8.01	-	4.6	66.1	62.1
Pungsan	6BA 12.5 mg/L	0.85	3.90	5.58	7.18	-	1.4	39.5	60.7
	Untreated	1.31	4.28	6.95	8.47	-	6.1	51.9	73.9
Sangpyeong	6BA 12.5 mg/L	0.52	3.46	6.03	7.56	-	0.3	40.3	66.7
	Untreated	0.46	3.43	6.41	8.33	-	0.0	41.5	65.3
Significance									
Cultivar(A)		***y	***	***	***	NS	***	***	***
Treatment(B)		NS	***	**	***	NS	***	**	***
A X B		***	***	***	***	NS	***	***	***

^zPeanut sprout were dark-cultured at 27°C for up to 8 days. 6BA treatment were spray after 2 hours water soaking at 27°C.

^y NS, *, **, *** Nonsignificant or significant at $P = 0.05, 0.01, \text{ and } 0.001$, respectively.

Table 1.43 Effects of 6BA treatment on epicootyl length of various peanut sprouts.

Cultivar	Treatment	Epicootyl length (cm)			
		2 ^z	4	6	8
Ilpyeong	6BA 12.5 mg/L	-	0.18	0.69	3.68
	Untreated	-	0.01	0.52	3.74
Mikwang	6BA 12.5 mg/L	-	0.21	0.34	1.59
	Untreated	-	0.93	1.26	4.11
Danuri	6BA 12.5 mg/L	-	0.25	0.68	1.65
	Untreated	-	0.11	0.89	1.85
Jeokwang	6BA 12.5 mg/L	-	0.16	0.40	1.14
	Untreated	-	0.00	0.21	0.72
Ilpyeong(2011)	6BA 12.5 mg/L	-	0.00	0.96	3.56
	Untreated	-	0.18	0.80	3.36
Pungsan	6BA 12.5 mg/L	-	0.00	0.70	3.07
	Untreated	-	0.10	0.77	4.35
Jopyeong	6BA 12.5 mg/L	-	0.14	0.74	2.70
	Untreated	-	0.16	0.85	3.25
Sangpyeong	6BA 12.5 mg/L	-	0.08	0.49	2.88
	Untreated	-	0.04	0.50	3.58
Pungan	6BA 12.5 mg/L	-	0.40	0.95	3.83
	Untreated	-	0.38	1.10	5.35
Jakwang	6BA 12.5 mg/L	-	0.00	0.15	0.51
	Untreated	-	0.00	0.22	0.93
Baeckan	6BA 12.5 mg/L	-	0.39	0.66	1.35
	Untreated	-	0.24	0.46	1.77
Changwon	6BA 12.5 mg/L	-	0.53	0.63	1.84
	Untreated	-	0.00	0.53	2.30
Charmpyeong (2010)	6BA 12.5 mg/L	-	0.53	0.67	2.41
	Untreated	-	0.00	0.79	4.69
Charmpyeong (2011)	6BA 12.5 mg/L	-	0.80	0.74	2.91
	Untreated	-	0.94	0.83	3.78
Significance					
Cultivar(A)		NS ^y	***	***	***
Treatment(B)		NS	***	**	***
A X B		NS	***	***	***

^zPeanut sprout were dark-cultured at 27°C for up to 8 days. 6BA treatment were spray after 2 hours water soaking at 27°C.

^y NS, *, **, *** Nonsignificant or significant at $P = 0.05, 0.01, \text{ and } 0.001$, respectively.

땅콩의 수확년도에 따라서도 발아율에 차이가 있었으며, 당년에 수확한 종자는 발아력이 높았으나 (참평, 일평 2011년 수확), 1년 이상 경과한 종자는 발아율이 약간 감소되는 경향을 보였다.

땅콩종자에 6BA 처리는 무처리에 비해 발아율이 약간 감소하는 경향이였다. 땅콩종자는 품종에 따

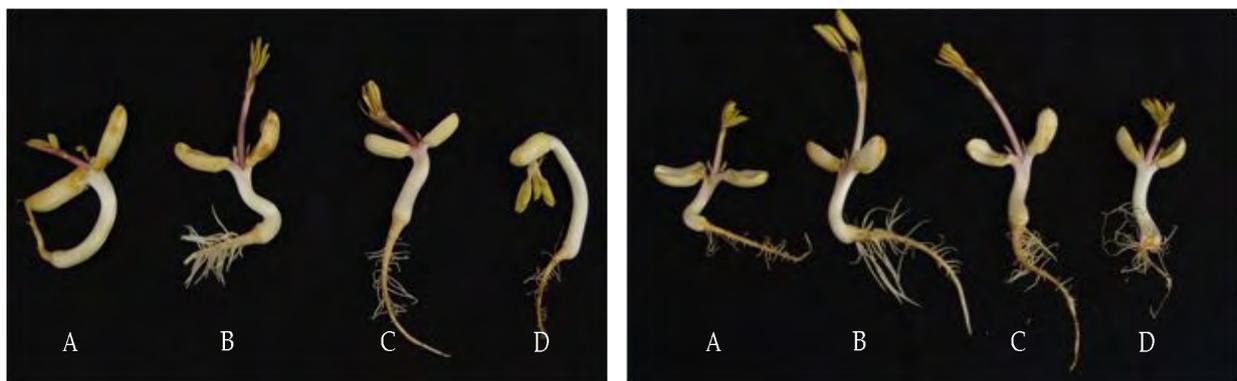
라 차이는 있으나, 최종발아율에 대해 50% 발아하는데 소요되는 일수는 0.5일~1.5일 정도였다. 발아속도가 빠른 품종은 '일평'(2011년 수확), '풍산', '풍안', '참평' 등이었고, 발아속도가 1.0일 이상 소요되어 발아가 늦은 품종은 '조광'과 '미광'이었다. 땅콩종자에 6BA 처리는 발아속도가 약간 지연되는 경향을 보였다.

6BA를 처리한 후 8일간 생육시킨 땅콩나물의 생체중과 건물중은 품종에 따라 큰 차이가 있었다. 또한 6BA 처리에 의해서도 차이가 있었다. 품종에 관계없이 6BA 처리는 전반적으로 생체중과 건물중이 무처리에 비해 약간 향상되는 경향이였다. 땅콩나물의 1주당 건물중이 10g 이상인 유효생장이 비교적 우수한 품종은 '백안', '조광', '조평' 등 이였다.

하배축 신장은 땅콩의 품종 및 6BA 처리의 단독요인, 그리고 품종과 6BA 처리의 상호간의 유의성이 인정되었다. 생육 8일째에 하배축이 4cm 이상 신장한 품종은 '백안'과 '창원'이었고, 그 외의 품종은 하배축 길이는 3.4~3.9cm에 분포하였다. 품종에 관계없이 6BA 처리는 하배축의 신장생장이 낮았다. 반면 하배축의 직경은 품종에 따라 차이가 있으나, 대체적으로 6BA 처리에 의해 비대가 촉진되었다. 따라서 6BA 처리는 하배축 신장보다는 비대를 촉진하였다.

땅콩종자를 품종별로 치상하여 27°C에서 8일간 생육시킨 땅콩나물 가운데, 뿌리가 7cm 이상 신장한 품종은 '풍안', '풍산' 및 '상평'이었고, 그 외 품종은 뿌리신장이 4.1~6.7cm 정도였다. 품종에 관계없이 6BA 처리하면 뿌리신장이 낮아졌다.

땅콩나물의 세근 발생은 품종에 관계없이 생육 4일째 부터 전개되기 시작하였다. 8일간 생육시킨 땅콩나물에서 세근발생량이 60개 이상인 품종은 '평안', '풍산' 및 '참평'이었다. 반면 '조광'은 12.4~24.4개로 세근발생량이 낮은 품종이었다. 품종에 관계없이 6BA 처리는 땅콩나물에서 세근발생을 현저하게 감소시켰다. 실험에 사용된 땅콩나물 가운데 생육 8일째의 상배축이 3.5cm 이상 성장하여 생장이 빠른 품종은 '일평'과 '평안'이었다. 반면 2.0cm 미만의 상배축 생장이 둔한 품종은 '두누리', '조광', '자광' 및 '백안' 품종이었다. 품종에 관계없이 6BA 처리에 의해 상배축 생장이 약간 둔화되는 경향이였다. 따라서 6BA의 처리의 품종별 효과를 검정한 결과 6BA는 하배축의 비대를 촉진하였다. 또한 세근발생 억제 및 하배축 및 상배축 신장생육은 약간 억제되는 경향이였다.



6BA(12.5mg/L)

Untreated

Photo.1.13 Influence of GA₃ treatment on seedling growth of four cultivar peanut sprouts for up to 8 days after sowing at 27°C(A: Baeckan, B: Champyeong, C: Danuri, D: Changwon)

10. 기능성 땅콩나물 생산조건 구명

가. 재료 및 방법

(1) 셀레늄, 키토산, 황토수 처리가 땅콩나물 생육에 미치는 영향

실험에 사용된 공시 품종은 '조평' 땅콩이었으며, 기능성 땅콩나물 생산하기 위해 셀레늄(셀레마니아, K&C 바이오), 키토산(대유키토산, (주)대유), 황토수를 사용하였다. 셀레늄과 키토산의 처리농도는 50mg/L 및 100mg/L 였고, 황토수는 25mg/L, 50mg/L 및 100mg/L을 조성하였다. 각각의 조성된 용액은 27℃의 배양기에 종자를 치상한 후 생육 8일째까지 4시간 간격으로 2분간 관수하였다. 생육조사는 발아율과 T₅₀ 및 종자 치상 후 2일, 4일, 6일, 8일의 시기별 뿌리수, 하배축의 비대, 상배축의 성장 및 생체중과 건물중 등을 조사하였다.

나. 결과 및 고찰

기능성 식품이란 기능성 성분을 활용하여 생체에 대해 기대되는 효과를 충분히 발현할 수 있도록 설계된 일상적으로 섭취하는 식품으로, 특히 신장병, 심장병, 고지혈증, 당뇨병 등의 성인병과 노인병의 질환에 대응하는 기능을 가지는 식품으로 정하고 있다. 이러한 목적으로 기능성 물질인 셀레늄, 키토산 및 황토수를 활용하여 기능성 땅콩나물을 생산하기 위한 기초자료를 얻고자 수행되었다.

27℃에 치상된 땅콩종자의 발아율은 기능성 물질의 종류 및 농도에 따라 유의적인 차이는 없었다. 무처리 종자의 발아율이 96.7%였고, 기능성 물질이 처리된 종자들도 95.3% 이상의 높은 발아율을 보였다. 발아속도(T₅₀)는 기능성 물질, 처리농도에 따라 차이가 있었으나, 전반적으로 T₅₀ 소요일수가 0.54~0.61일 분포하여 그 효과는 미약하였다. 따라서 기능성 땅콩나물 생산을 위해 사용되는 기능성 물질들이 발아율을 크게 감소시키지 않았다.

기능성 물질을 처리하여 재배한 생육 8일째 땅콩나물의 생체중과 건물중은 기능성 물질의 종류와 처리농도에 따라 차이가 있었으며, 전반적으로 황토수 50mg/L 처리에서 생육이 가장 좋은 것으로 판단되었다. 이와 같이 기능성 땅콩나물 생산을 위해 셀레늄, 키토산, 황토수를 처리한 결과 발아와 이은 8일간 생육시킨 땅콩나물의 생체중 및 건물생산을 억제하지 않음이 확인되었다.

생육 8일째의 하배축 신장은 기능성 물질의 종류에 따른 차이는 없었으며, 처리농도에 따라 유의성이 인정되었다. 하배축 신장이 가장 좋았던 처리구는 황토수 50mg/L 였다. 반면 셀레늄 50mg/L 처리구는 하배축 신장이 무처리보다 낮았다. 기능성 물질 처리에 관계없이 하배축 길이는 3.3~3.9cm에 분포하였다. 생육 8일째의 하배축의 직경은 기능성 물질의 종류, 처리농도 및 이들 상호요인간에도 유의성이 인정되었다. 전반적으로 하배축 직경은 5.9~6.8cm에 분포하였고, 하배축의 비대생장이 가장 좋았던 처리구는 황토수 25mg/L 였다.

시기별 생육조사에서 뿌리신장은 황토수 처리에서 가장 높았다. 8일째 생육된 무처리 땅콩나물의 뿌리길이는 7.82cm 였으나, 황토수로 재배된 땅콩나물은 처리농도에 관계없이 9.0cm 이상의 뿌리신장을 보였다.

땅콩나물의 세균 발생량은 기능성 물질 처리에 관계없이 생육 6일째 부터 개시되기 시작하였다.

8일간 생육시킨 무처리구의 땅콩나물은 세균발생량이 46개 였고, 50개 이상의 세균발생량을 보인 처리구는 황토수 50mg/L와 100mg/L 였다. 생육 8일째 세균발생량은 기능성 물질의 종류 및 처리 농도에 영향을 받았고, 이들 상호요인간에도 유의성이 인정되었다. 대체적으로 황토수 처리에서 세균발생량이 많았고, 셀레늄 처리에서는 낮았다. 또한 처리농도가 높아지면 세균발생량은 많아지는 경향이였다.

기능성 땅콩나물 생산을 위해 사용된 기능성 물질 가운데 황토수에서 생육 8일째의 상배축 생장이 가장 좋았다. 셀레늄 처리는 무처리와 비슷한 상배축 생장을 보였고, 키토산 처리는 무처리는 보다는 높았으나, 황토수 처리보다는 낮았다.

항산화 작용이란 인체 내에서 노화를 촉진하는 활성산소를 제거해주는 기능을 말하며, 셀레늄의 항산화 작용은 또 다른 항산화제로 알려진 천연비타민 E 보다는 1,970배, 합성비타민 E 보다는 2,940배 정도 강력한 효과를 낸다고 알려져 있다. 셀레늄은 생체 필수 미량원소로서 다양한 생명체에 널리 존재하고 있다. 셀레늄에 대한 연구는 동물과 인간의 질병을 막을 수 있다는 사실이 알려지면서 1950년대 이후 활발하게 진행돼왔다. 특히 1996년 래리 클라크 박사가 셀레늄 투여가 암 발생률을 현저히 낮춘다는 사실을 밝혀진 이후 활발한 연구가 진행되고 있다.

Table 1.44. Effects of selenium, chitosan and red clay water treatment on percent germination, T₅₀, fresh weight and dry weight of 'Jopyeong' peanut sprouts.

Treatment ^z	Concen. (mg/L)	Germination (%)	T ₅₀ (days)	Fresh weight(g)	Dry weight(g)
Selenium	50	95.3 a	0.54 c	36.62 ab	7.90 ab
	100	98.9 a	0.59 ab	36.83 ab	8.48 a
Chitosan	50	98.9 a	0.58 ab	38.86 ab	8.02 ab
	100	98.9 a	0.61 a	34.13 b	8.08 ab
Red clay water	25	97.8 a	0.54 c	38.23 ab	7.12 abc
	50	100.0 a	0.58 ab	42.07 a	7.81 ab
	100	97.8 a	0.60 ab	34.27 b	6.06 c
Untreated		96.7 a	0.56 bc	33.10 b	6.99 bc
Significance					
Treatment(A)		NS ^y	*	*	*
Concentration(B)		NS	**	*	*
A X B		NS	NS	NS	NS

^z Peanut sprout were dark-cultured at 27°C for up to 8 days. Treatment were spray after 2 hours water soaking at 27°C.

^y NS, *, **, *** Nonsignificant or significant at P = 0.05, 0.01, and 0.001, respectively.

키토산은 게나 새우등의 갑각류의 표피에 존재하는 키틴에서 초산분자를 제거하여 가수분해에 의해서 얻은 고분자 다당류이다. 키토산의 효능은 면역력증강, 항균작용, 혈중콜레스테롤 감소 등의 효과가 있는 곳으로 나타났을 뿐만 아니라 혈액의 농도와 산도를 조절하는 기능을 지니고 있다는 것이 밝혀졌다. 또한 황토의 가장 근본적인 효능은 황토에서 파장되는 원적외선이다.

Table 1.45. Effects of selenium, chitosan and red clay water treatment on hypocotyl length and hypocotyl diameter of 'Jopyeong' peanut sprouts.

Treatment ^z	Conc. (mg/L)	Hypocotyl length (cm)				Hypocotyl diameter (mm)			
		2 ^z	4	6	8	2	4	6	8
Selenium	50	0.40 d	0.88 c	2.44 c	3.36 c	2.60 c	5.36 de	6.56 a	6.77 a
	100	0.42 d	0.89 c	2.36 c	3.83 b	2.90 bc	5.59 cd	6.45 a	6.31 b
Chitosan	50	0.45 cd	1.05 b	2.92 b	3.78 b	3.48 a	6.35 a	6.46 a	5.97 bc
	100	0.46 cd	1.06 b	2.39 c	3.80 b	3.42 a	6.12 ab	5.70 c	6.28 b
Red clay water	25	0.53 bc	1.14 b	3.27 a	3.80 b	3.50 a	5.80 bc	6.24 ab	6.83 a
	50	0.72 a	1.13 b	2.96 b	4.64 a	3.59 a	5.34 de	6.32 ab	6.12 b
	100	0.43 cd	1.31 a	2.78 b	3.90 b	3.25 ab	5.39 de	6.79 c	5.66 c
Untreated		0.58 b	1.06 b	2.80 b	3.87 b	3.48 a	4.98 e	5.96 bc	6.26 b
Significance									
Treatment(A)		NS ^y	***	**	NS	***	***	**	**
Concen.		***	**	***	***	NS	NS	**	***
A X B		NS	NS	**	NS	NS	NS	**	**

^z Peanut sprout were dark-cultured at 27°C for up to 8 days. Treatment were spray after 2 hours water soaking at 27°C.

^y NS, *, **, *** Nonsignificant or significant at $P = 0.05, 0.01, \text{ and } 0.001$, respectively.

Table 1.46. Effects of selenium, chitosan and red clay water treatment on root length and number of lateral root of 'Jopyeong' peanut sprouts.

Treatment ^z	Conc. (mg/L)	Root length (cm)				No. of lateral roots			
		2	4	6	8	2	4	6	8
Selenium	50	0.63 bc	2.28 c	5.78 de	7.91 b	-	0.0 a	22.7 cd	39.0 d
	100	0.50 de	2.21 c	4.94 f	6.47 c	-	0.0 a	19.5 d	49.3 c
Chitosan	50	0.60 bcd	2.70 b	6.27 cd	8.25 b	-	0.0 a	25.6 bc	61.5 ab
	100	0.47 e	2.23 c	5.15 ef	6.42 c	-	0.0 a	13.4 e	49.6 c
Red clay water	25	0.69 ab	3.24 a	7.97 a	9.25 a	-	0.0 a	37.0 a	46.8 c
	50	0.79 a	3.17 a	7.54 ab	9.54 a	-	0.0 a	30.4 b	58.6 b
	100	0.52 cde	3.16 a	7.28 ab	9.72 a	-	0.0 a	24.0 cd	67.1 a
Untreated		0.53 cde	2.10 c	6.90 bc	7.82 b	-	0.0 a	24.5 cd	46.3 c
Significance									
Treatment(A)		NS ^y	*	NS	NS	NS	NS	NS	***
Concentration(B)		***	NS	***	***	NS	NS	***	***
A X B		NS	NS	NS	NS	NS	NS	**	***

^z Peanut sprout were dark-cultured at 27°C for up to 8 days. Treatment were spray after 2 hours water soaking at 27°C.

^y NS, *, **, *** Nonsignificant or significant at $P = 0.05, 0.01, \text{ and } 0.001$, respectively.

Table 1.47. Effects of selenium, chitosan and red clay water treatment on Epicotyl length of 'Jopyeong' peanut sprouts.

Treatment ^z	Concentration (%)	Epicotyl length (cm)			
		2	4	6	8
Selenium	50	-	0.18 d	1.02 c	3.96 cd
	100	-	0.28 cd	0.93 c	3.74 d
Chitosan	50	-	0.40 bc	1.69 ab	4.43 bc
	100	-	0.51 ab	0.95 c	3.11 e
Red clay water	25	-	0.42 abc	1.85 a	4.98 ab
	50	-	0.54 ab	1.57 ab	5.26 a
	100	-	0.56 a	1.41 b	4.52 bc
Untreated		-	0.26 cd	1.50 b	3.97 cd
Significance					
Treatment(A)		NS ^y	***	***	NS
Concentration(B)		NS	NS	***	***
A X B		NS	NS	**	**

^z Peanut sprout were dark-cultured at 27°C for up to 8 days. Treatment were spray after 2 hours water soaking at 27°C.

^y NS, *, **, *** Nonsignificant or significant at $P = 0.05, 0.01, \text{ and } 0.001$, respectively.

원적외선은 세포의 생리작용을 활발히 하고, 열에너지를 발생시켜 유해 물질을 방출하는 광전 효과가 있다. 또한 황토에서 유익한 원적외선이 복사되어 인체에 흡수됨으로써 신진대사가 원활히 이루어짐으로 노화방지, 신진대사 촉진, 만성피로 방지, 각종 성인병 예방, 화상에 효과는 물론 적조 현상을 막는 효과도 있다.

본 연구에서 기능성 물질들이 땅콩의 발아와 유묘생장을 크게 억제하지 않는 것으로 나타났다. 따라서 이러한 결과들은 이러한 기능성 물질을 활용한 기능성 땅콩나물을 대량생산 할 수 있는 중요한 실용적 정보를 제공하였다.

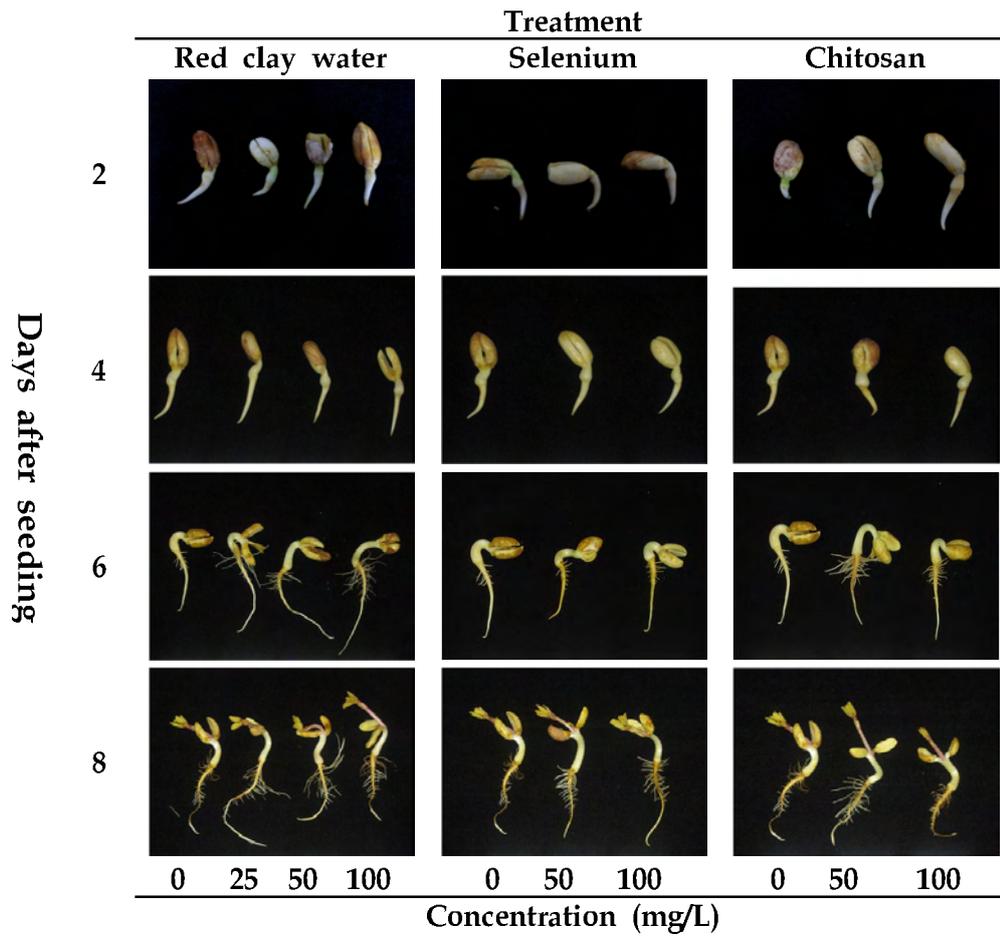


Photo. 1.14. Change in seedling growth with various nutrient irrigation treatment of peanut sprouts for 7 days after sowing at 27°C.



Photo. 1.15. Appearance of difference concentration of red clay solution.

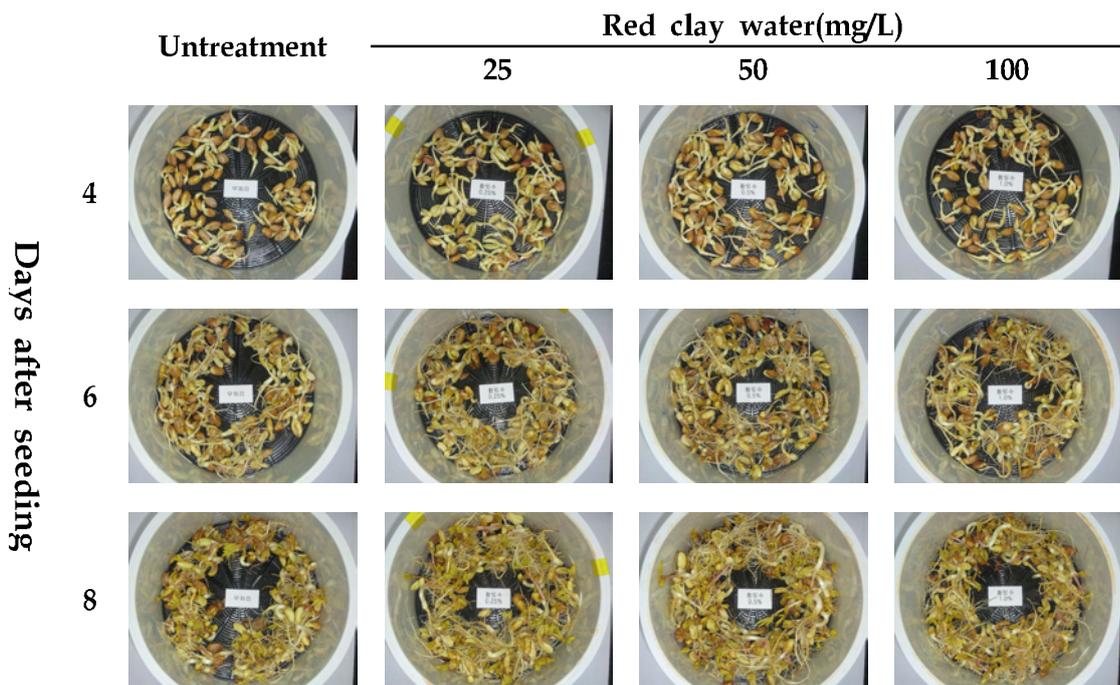


Photo. 1.16. Change in seedling growth with red clay water irrigation treatment of peanut sprouts in the nursery for 7 days after sowing at 27°C.

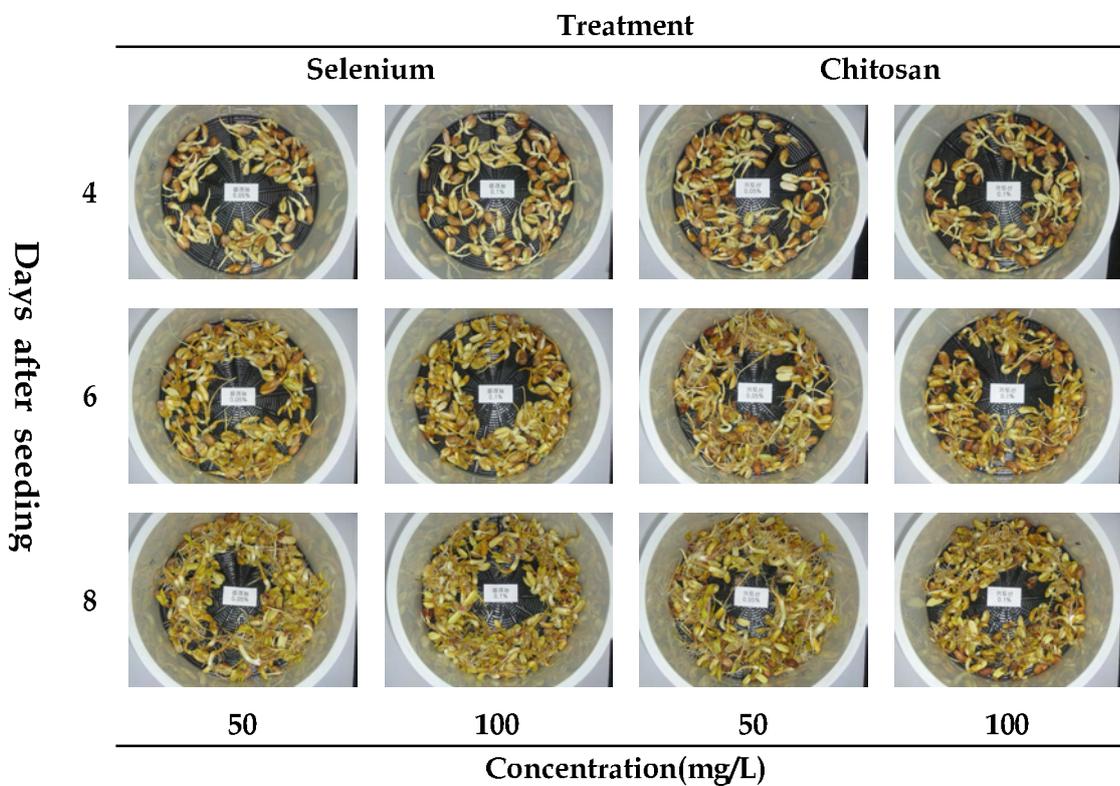


Photo. 1.17. Change in seedling growth with selenium or chitosan irrigation treatment of peanut sprouts in the nursery for 7 days after sowing at 27°C.

11. 고품질 땅콩나물 생산의 재배 매뉴얼 개발

가. 재료 및 방법

(1) 대량생산을 위한 재배매뉴얼 개발

지금까지 진행된 재배환경 요인 실험에서 확립된 기술들을 근거하여 각각의 생산단계를 유기적으로 조합하여 전체 생산과정을 최적화하고자 하였다. 또한 공장형 대량생산 시스템에 요구되는 노동력 절감, 작업공정의 최적화 및 생산단가를 최소화할 수 있는 땅콩나물 생산모형을 개발하고자 하였다.

나. 결과 및 고찰

(1) 대량생산을 위한 재배매뉴얼 개발

지금까지 일련의 실험을 통하여 확립된 유용결과를 토대로 땅콩나물의 대량생산 체계에서 적용시킬 수 있는 생산모형을 도식화 한 것은 Fig. 1.6에서 보는 바와 같다. 웰빙분 조성으로 땅콩나물의 소비가 증가할 것이며, 이러한 수요를 충족시키기 위해 식물공장형으로 대량생산이 필요하다. 그러나 국내의 땅콩나물 생산업체들은 규모가 영세하고, 재배의 과학화, 표준화되지 않아 생산물의 품질이 저하되는 요인이 되어 왔다. 따라서 땅콩나물 생산현장에서 문제점으로 지적되고 있는 노동력 절감, 작업공정의 최적화 및 생산단가 절감할 수 있는 재배 매뉴얼 개발이 필요하다.

건전한 땅콩종자를 치상하기전 27℃의 물에 2시간 침지하고, 이어서 유해 미생물의 번식을 억제하기 위해 UV-B로 6시간 조사하여 살균한다. UV-B로 살균된 땅콩종자를 27℃에서 7일간 재배하면 상품성이 우수한 땅콩나물 생산이 가능하다.

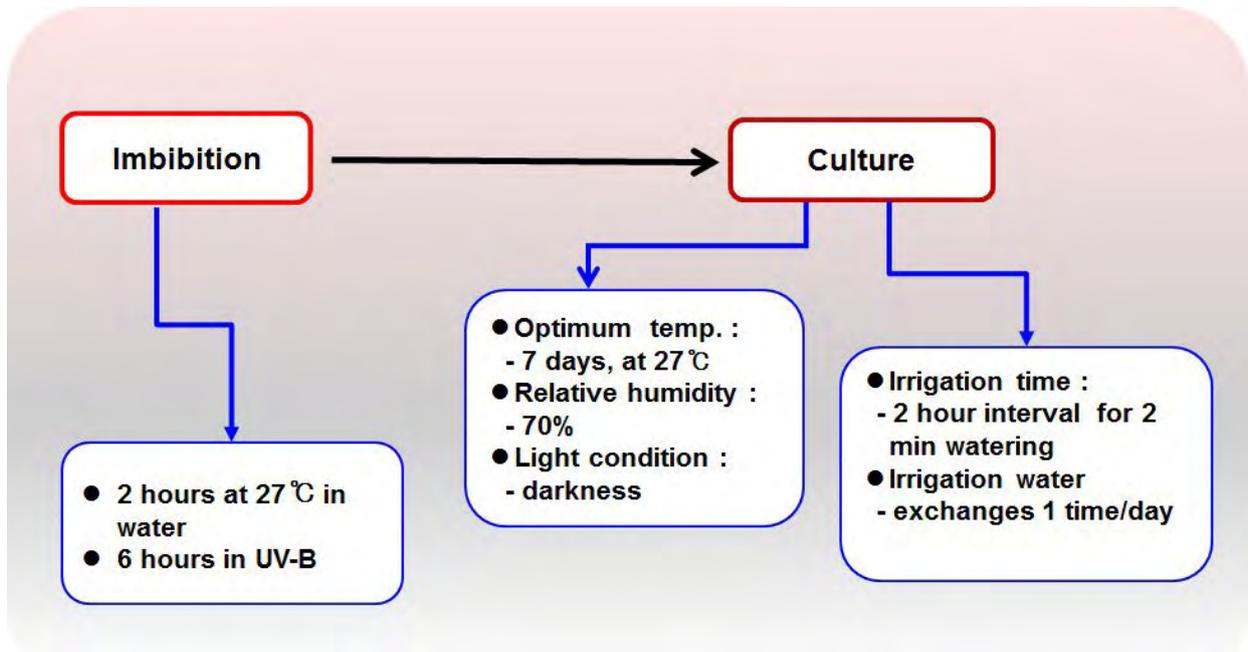


Fig. 1.6. Culture procedure of peanut sprouts in mass production system established by the present results

이때 적정 상대습도는 70% 유지하며, 압조건으로 재배할 때 고품질 땅콩나물 생산이 가능하다. 또한 적정 관수시간은 매 2시간마다 2분간 관수하여야 하며, 땅콩나물의 관수 용액은 미생물의 번식을 방지하기 위해 매일 교환해주어야 한다.

이상과 같이 땅콩나물의 대량생산 시스템에 요구되는 노동력 절감, 작업공정의 최적화 및 생산단가를 절감 할 수 있는 땅콩나물의 생산 매뉴얼 개발하였고, 이러한 재배 매뉴얼이 땅콩생산 현장에서 점진적으로 활용할 수 있을 것으로 예측된다.

12. 땅콩나물의 경제성 검토

가. 재료 및 방법

최근 땅콩나물이 식품소재로서의 이용성이 증가하고 있고, 국제시장에서의 수요도 증가하고 있는 땅콩나물의 경제성을 분석하여 경영을 합리화 할 수 있는 방안을 강구할 필요가 있다.

땅콩나물의 경제성 분석은 생산비의 계산을 통하여 생산비 절감방법을 모색할 수 있고, 생산량 및 판매량, 재료 소비량(비료, 사료, 농약, 제재료), 노동시간 등의 물적·기술적인 계수인 생산성을 파악하여 수익성의 근거를 마련해야 하고자 하였다. 이를 위해 땅콩나물의 생산비를 산정한 후 수익성을 분석하였다. 아울러 땅콩나물을 신선채소와 가공식품, 기능성 식품 및 더 나아가 의약품 원료로 개발되었을 때 예상매출을 분석하였다.

나. 결과 및 고찰

(1) 땅콩나물의 경제성 분석

우리나라에서는 두채류인 콩나물과 숙주나물을 많이 식용하고 있으며, 두채류의 경우 가격 등락폭이 비교적 적고, 계절적인 공급의 제한을 받지 않기 때문에 현재까지 꾸준히 애용되고 있다. 이러한 특성 때문에 두채류의 내수시장은 연간 1조원의 시장 규모를 형성하고 있다. 전 세계적으로 연간 땅콩 생산량은 약 3,600만톤이며, 종실취식, 기름, 버터, 과자원료 등으로 다양하게 이용되고 있다. 이에 반해 땅콩을 콩처럼 연중받아 통하여 신선채소로 생산된다면 고소득을 창출할 수 있을 것이다.

표 1.48. 땅콩나물의 생산단가

구분	종자구입비 (원/kg)	생산비 (원/kg)	계 (원/kg)
땅콩종자	8,000	0	8,000
땅콩나물	8,000	1,300	9,300

땅콩은 종자 1kg 당 가격은 8,000원 수준이며, 땅콩종자를 7일간 재배하여 땅콩나물을 생산하는데 소요되는 생산비(노동비와 원재료소비량)는 1,300원이 될 것으로 예상되었다(표 1.48). 땅콩나물을 생산하기 위해 1kg의 종자를 파종하면 신선 땅콩나물 7kg 생산이 가능하다. 신선 땅콩나물 1kg당 판매금액이

7,000원임을 감안한다면 종자 1kg를 이용하여 땅콩나물을 생산하면 49,000원 수익성 보장이 예측된다.

표 1.49. 땅콩나물의 수익성

구분	금액 (원/kg)	생산량 (kg/1kg과종)	수익성 (원/kg)	비교 (원/kg)
땅콩종자	8,000	-	8,000	
땅콩나물	7,000	7kg	49,000	△41,000

표 1.50. 땅콩나물의 매출예상 규모

구분	일반채소 (10kg)	땅콩나물(10kg)			
		신선채소	가공식품	기능성식품	의약품원료
금액(원)	30,000	70,000	350,000	700,000	9,900,000

땅콩나물은 식미가 우수하며, 식품소재로서의 이용범위가 넓은 장점을 지니고 있다. 또한 일반채소에 비해 2배 이상의 부가가치 실현이 가능하다. 땅콩나물 산업은 생체로 직접 이용하는 1차 상품뿐만 아니라 기능성 물질을 이용하여 건강, 의약품, 기능성 식품을 개발한다면 고수익성이 보장되는 농산업이다.

레스베라트롤은 포도, 땅콩, 작약, 오디 등 일부 식물에서만 발견되는 천연화학물질 중 폴리페놀계열에 속하는 물질이다. 지금까지 레스베라트롤 함량이 가장 많다고 알려진 포도주(평균 0.6 μ g/g)보다 땅콩나물에서 23배~34배 이상 레스베라트롤 함량이 높음이 확인되었다. 식물유래 천연 레스베라트롤은 990,000원/g 당으로 고가에 거래되고 있는 기능성 물질이다.

최근 레스베라트롤을 이용한 다이어트, 갱년기 여성 생리장애 치료 등의 건강보조식품이 미국, 일본 등에서 수요가 급증하고 있는 현실을 감안한다면 땅콩나물은 바이오 분야의 블루오션으로 성장 가능한 농산업 분야이다.

국내 두채류의 시장규모 중 땅콩나물 점유율이 10%로 가정한다면 1,000억원대의 내수시장을 형성할 것으로 보이며, 고령화에 따른 성인병의 증가, 웰빙 추구, 건강수명 연장에 대한 욕구가 증대되면서 땅콩나물에 대한 건강기능식품의 시장규모도 확대될 전망이다.

따라서 땅콩나물을 소재로 혁신적인 원천기술 확보와 산업화 기술로 독자적인 건강기능식품 개발하면 국제 경쟁력 강화 및 고수익 창출이 가능할 것으로 예측된다.

13. 참고문헌

1. Brane, A. L. 1975. Toxicology and biochemistry of butylated hydroxyanisole and butylated hydroxytoluene, J. Am. Oil Chem. Soc. 52, 59-63.
2. Caragy, A. B. 1922. Cancer-preventive foods and ingredients, Food Technology 46, 65-68.
3. Cho, J. Y., J. H. Moon, K. Y. Seong, and K. H. Park. 1998. Antimicrobial activity of 4-hydroxybenzoic acid and trans 4-hydroxycinnamic acid isolate and identified from rice hull, Biosci. Biotechnol. Biochem. 62, 2273-2276.
4. Chung, S. H., H. B. Hwang, S. B. Lee, D. W. Choi, and K. H. Kang. 1985. Effect of planting time on flowering and kernel development in the southern region of Korea. 1985. Res. Rept. RDA(Crops) 27(1) : 199-206.
5. Davidson, P. M., and M. E. Parish. 1989. Methods for testing the efficacy of food antimicrobials, J. Food Technology 43, 148-155.
6. Ensminger, A. H., M. E. Ensminger, J. E. Konlande, and J. R. K. Robson. 1983. Foods and nutrition encyclopedia vol. 2, 1st ed., p1727, Pegus press, California.
7. Friedman, M. 1997. Chemistry, biochemistry, and dietary role of potato polyphenols, J. Agric. Sci. Food, 45, 1523-1540.
8. Jitoe, A., T. Masuda, I. G. P. Tengah, D. N. Suprpta, I. W. Gara, and N. Nakaatani. 1992. Antioxidant activity of tropical ginger extracts and analysis of the contained curcuminoids, J. Agric. Food Chem. 40, 1337-1341.
9. Ko, J. C., Y. S. Oh, Y. K. Cheong, M. S. Park, and S. Y. Cho. 1999. Panting date control of eatable fresh peanut for the development of arable land utilization. KJCS 44(S. 1) : 106-109.
10. Kuk, J. H., S. J. Ma, and K. H. Park. 1997. Isolation of characterization of benzoic acid with antimicrobial activity from needle of *Pinusdensiflora*, Kor. J. FoodSci. Technol. 29, 204-210.
11. Lee, S. W., C. H. Park, C. W. Kang, and S. D. Kim. 1999. Changes in oil, tannin, total sugar contents and yield after flowering in peanut. KJCS 44(2) : 159-162.
12. Maillard, N. M., and C. Berset. 1995. Evolution of antioxidant activity during kilning: Role of insoluble bound phenolic acids of barley and malt, J. Agric. Food Chem. 43, 1789-1793.
13. Middleton, E. 1996. Biological properties of plant flavonoids : An overview, Int. J. Pharmacognosy 34, 344-348.
14. Moon J. H., S. J. Ma, H. H. Lee, N. Watanabe, A. Yagi, K. Sakata, and K. H. Park. 2000. Isolation and structural determination of a novel antimicrobial compound from the root of *Pulsatillakoreana*, NaturalProductLetters14, 311-317.

15. Moon, J. S., K. T. Kim, H. J. Oh, C. S. Kang, S. K. Jin, and C. H. Song. 1989. Double cropping peanut cultivation in Cheju region. I. Weather characteristics of Cheju region and selection of high yielding variety for double. Res. Rept. RDA(U & I) 31(3) : 34-40.
16. 이정일, 박희운, 박용환, 한의동, 함영수, 강광희. 1983. 땅콩직립 고함유 다수성 신품종 “신품땅콩”. 농시보고(작물) 25: 190~194.
17. 이정일, 박희운, 한의동, 박내경. 1989. 땅콩의 연구 성과와 금후 전략. 유료작물생산과 그 이용. 심포지움 8 : 73~90.
18. 이정일, 한의동, 박희운, 박용환, 박내경. 1986. 땅콩 조숙 직립 대립 다수성 신품종 “대광땅콩”, 농시논문집(작물) 28(2) : 197~202.
19. 이정일, 한의동, 박희운, 박용환, 박내경. 1987. 땅콩 가공용 소립 다수성 신품종 “진품땅콩”. 농시논문집(작물) 29(1) : 265~269.
20. 이정일, 허한순, 이승택, 정동희, 채영암, 강광희. 1994. 개방화에 대응한 특용작물의 품질 고급화 전략. 한국육종학회지 26(별책2호) : 49~82.
21. 농촌진흥청. 2004. 땅콩우량계통 지역적응시험. 신품종 개발 공동연구보고서: 556~576.
22. 농촌진흥청. 2005. 땅콩우량계통 지역적응시험. 신품종 개발 공동연구보고서: 553~566.
23. 농촌진흥청. 2006. 2006 하계작물 신품종 개발 공동 연구 사업 과제 수행계획서. 196~204.
24. 농촌진흥청. 2006. 2006 농작물 직무육성 신품종선정위원회결과. 415~426.
25. 농촌진흥청. 2007. 2007 하계작물 신품종 개발 공동 연구 사업 과제 수행계획서. 196~204.
26. 농촌진흥청. 2007. 2007농작물 직무육성 신품종선정위원회결과.
27. 박장환, 박희운, 김석동, 안병옥, 허한순, 이정일, 김윤선. 1995. 땅콩 대립 다수성 간식용 신 품종 “대풍땅콩”. 농업논문집 37(1): 156-160.
28. Pae S.B., C.S. Jung, K.W Oh, J.C. Ko, J.T. Kim, C.B. Park. 2002. The changes of growth habits and pod setting for fresh peanut by seeding dates in southern part of Korea. KJCS 47(5) : 374-378
29. Pae S.B., J.T. Kim, K.B.Shim, C.D. Hwang, C.S. Chung, M.H. Lee, and K.Y. Park. 2007. Effects of plant types and cultivars on pod yield in late seeing peanut. KJCS 52(1) : 55-59
30. Pae S.B., Y.K. Cheong, J.T. Kim, K.H. Park, and D.Y. Suh. 2004. A new early maturing, leaf spot resistant and high quality peanut cultiva, "Jakwang". Korean J. Breed. 36(5) : 375-376
31. Pae, S. B. and J. J. Kim. 1997. Inflorescence habits of different plant types in peanut. KJCS 42(6) : 841-848.
32. Park, K. H., J. D. Park, K. H. Hyun, M. Nakakyama, and T. Yokota. 1994. Brassinosteroids and monoglycerides with brassinosteroid-like activity in immature seeds of *Oryzasativa* and *Perillafrutescena* and in cultured cells of *Nicotianatabacum*. Biosci. Biotechnol.

Biochem. 58, 2241-2243.

33. Sábshéz-Moreno, C., J. A. Larrauri, and F. Saua-calixto. 1998. A procedure to measure the antiradical efficiency of polyphenols, *J. Sci. Food Agric.* 76, 270-276.
34. Schmid, M, K. 1992. Medical foods, *Food Technology* 46, 87-96.
35. Takao, T., F. Kitatani, N. Watanabe, A. Yagi, and K. Sakata. 1994. A simple screening method for antioxidants and isolation of several antioxidants produced by marine bacteria from fish and shellfish, *Biosci. Iotechnol. Biochem.* 58, 1780-1783.
36. Tsuda, T., T. Osawa, T. Nakayama, S. Kawakishi, and K. Ohshina. 1993. Antioxidant activity of pea bean (*PhaseolusvulgarisL.*)extract. *J. Am. OilChem. Soc.* 70, 9-12.
37. Wee, J. J. 1988. Isolation and identification of constituents from antioxidant and hematopoietic fractions of *Panaxginseng* C.A. meyer, Ph. D. Dissertation, Seoul National University, Seoul.
38. Xing, Y. M., and P. J. White. 1997. Identification and function of antioxidants from oat groats and hulls, *J. Am. Oil Chem. Soc.* 74, 303-307
39. Yen, G. C., and P. D. Duh. 1996. Antimutagenic effect of methanolic extracts from peanut hulls, *Biosci. Biotechnol. Biochem.* 60, 1698-1700.
40. Yim, C. K., J. H. Moon, and K. H. Park. 1999. Isolation of 3,4-dihydroxybenzoic acid, which exhibits antimicrobial activity from fruits of *Gardeniajasminoides*, *Kor. J. Food Sci. Technol.* 31, 1386-1392.
41. Zaika, L. L. 1988. Their antimicrobial activity and its determination, *J. Food Safety* 9, 97-118.

제2 세부과제: 땅콩나물 기능성 물질동정 및 시제품 개발

1. 땅콩나물의 기능성물질 현황파악 및 표적세포 cell line 구축 및 독성분석

가. 서설(요약)

땅콩나물에 함유된 미지의 기능성 물질에 대하여 동정하고 이를 활용하여 시제품을 개발하고자 하여 먼저, 기지의 기능성 물질(resveratrol, 폴리페놀의 일종으로 항암 및 강력한 항산화 작용을 하며 혈청 콜레스테롤 저하작용) 및 미지의 기능성물질(신경세포보호물질)(1,2,3,4)에 대하여 정확한 효능과 이를 활용한 최종연도에서 시제품의 제작을 위하여 1차년도에서 다음과 같이 실험을 진행하였다.

(1) Resveratrol의 정량법 확립 및 안정성 시험

(가) HPLC에 의한 정량법 확립

- 실험조건

20% ACN (0.1% TFA) 용매

UV : 308nm

Flow rate : 1ml/min

resveratrol 농도; 1 mg/ml, 500 µg/ml, 250 µg/ml, 100 µg/ml, 50 µg/ml, 25 µg/ml, 10 µg/ml

→ 10µl injection

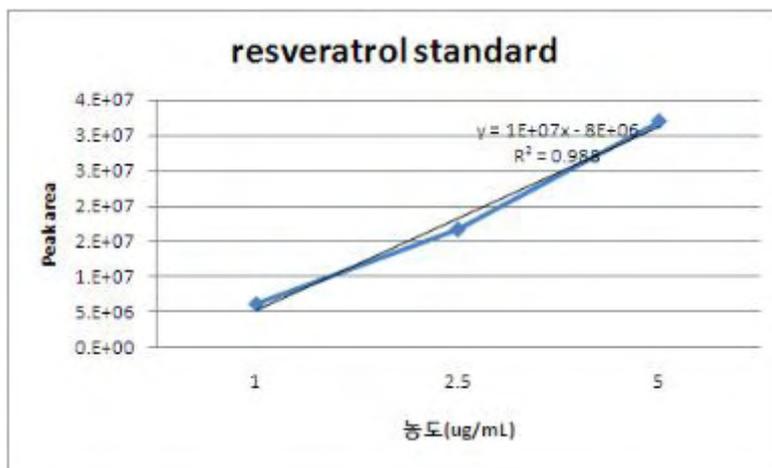
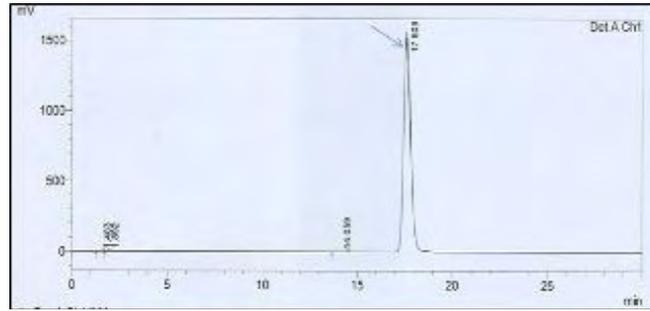


Fig. 2.1. Standard curve of resveratrol

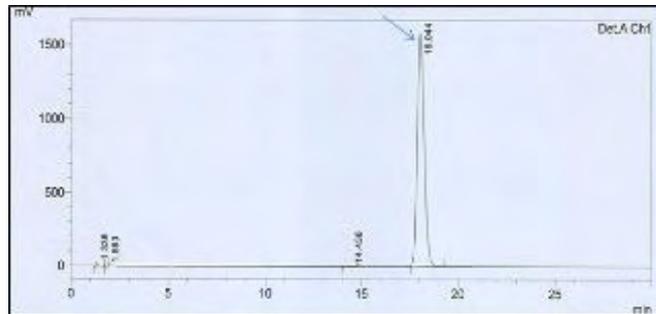
(나) Resveratrol의 산, 염기 대한 안정성

- Resveratrol 500 µg/ml를 각각 3차증류수(중성), 1N HCl(산성), 1N NaOH(알카리성)하에서 처리하여 HPLC로 변화를 측정하였다.

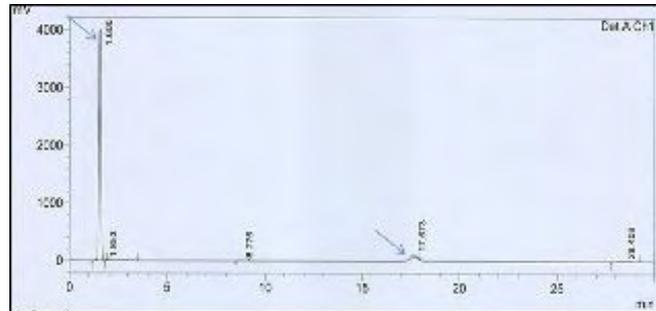
(1) 물



(2) 1N HCl



(3) 1N NaOH

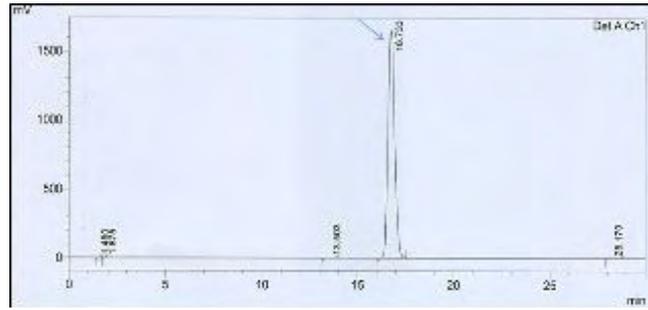


- 중성과 산성에서의 경우 정상적으로 17min~18min 사이에 peak를 확인 할 수 있었으나 알카리하에서 처리한 경우 1 min 경과하여 peak를 확인할 수 있었다. 또한 17min 경우 후 작은 peak를 확인되었다. 이러한 결과로부터 산성에서는 그다지 변화가 없으나 염기성하에서는 resveratrol이 파괴되는 것을 알 수 있다. 이는 향후 땅콩추출물을 이용한 염기성 제품의 제조에는 적절하지 못함을 시사하고 있다.

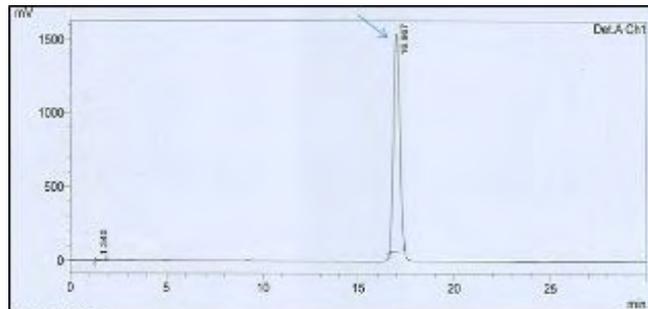
(다) 열처리에 대한 안정성

Resveratrol 500 μ g/ml를 각각 3차증류수(중성), 1N HCl(산성), 1N NaOH(알카리성) 처리 한 것을 80 $^{\circ}$ C 30 min 처리 후 2시간 실온 방치하여 HPLC 실시하였다.

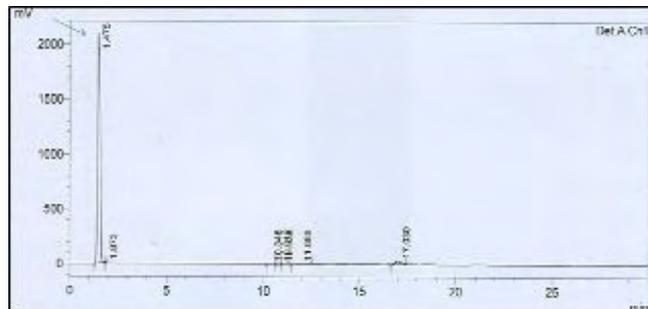
(1) 물



(2) 1N HCl



(3) 1N NaOH



(4) 열처리 후 사진



- 열처리 후 중성과 산성에서는 큰 변화가 없는 것으로 나타났다. 이는 resveratrol의 산과 열에 대해서는 안정한 것으로 확인된다. 물론 알카리 하에서는 불안정한 것으로 나타났다.

중성, 산성, 염기성 반응 처리 후 염기성은 약간의 황색 빛이 돌았다. 이 3가지 시료를 80℃ 30min 간 열처리하였다. 그 결과 알카리 하에서 resveratrol의 색이 진한 황색을 띠는 것을 확인 할 수 있었다.

(2) 땅콩나물 추출물로부터 신경세포보호효과(치매, 뇌졸중, 알쯔하이머 등) 성분의 검색 및 효능 확인

(가) 땅콩나물로부터 시료의 추출 및 분획물의 제조

시료의 부위별 추출물을 조제하기 위하여 땅콩나물을 전체(whole), 머리(head) 및 줄기(stem)부분으로 나누어 실험에 사용하였다. 불순물 제거를 위하여 증류수로 세정 후에 부위별로 분리하여 준비된 시료 5 g에 methanol 100 ml을 가하여 상온에서 3일 동안 정치시켜 추출을 실시하였다. 충분히 추출단계를 거친 후에 여과지 (Advantee, Tokyo, Japan)로 여과를 실시하였다. 여과된 추출액은 회전감압농축기(EYELA N-1000, Tokyo, Japan)를 이용하여 40℃에서 감압 농축하여 추출물을 얻었다. 땅콩나물 전체 추출물을 WME, 머리부분 추출물을 HME, 줄기부분 추출물을 SME라고 명명하였다.

머리부분 추출물인 HME에서 보다 세분화된 분획을 위하여 단계별 분획물을 얻기 위하여 용매의 극성을 달리하여 순차적으로 용매분획을 얻었다. 먼저, hexane과 물을 동량의 비율로 분획 추출하여 hexane 층을 분리하였고, 동일한 방법으로 diethyl ether, ethyl acetate 및 water 층으로 분획하여 얻어진 각각의 용매 분획물을 감압 농축시켜 분획물을 얻었다(Fig. 2.2). 각 추출물 및 분획물은 10 mg/ml로 DMSO (dimethyl sulfoxide)에 녹여 적당한 농도로 희석하였고, 1% DMSO가 되도록 처리하였다.



Fig. 2.2. Fractionation procedure of HME. The extracts were fractionated in sequence with hexane, diethyl ether, and ethyl acetate according to degree of polarity.

(나) 땅콩나물 부위별 추출물의 신경세포 보호 효과

땅콩나물 성분 중에서 glutamate로 유도된 세포독성으로부터의 신경세포 보호 효과를 확인하기 위하여 methanol을 이용하여 땅콩나물 전체(WME), 머리(HME), 줄기부분(SME) 추출물을 조제하고 이를 각각 10, 50, 100 mg/ml의 농도로 뇌신경계 세포주 hybridoma N18-RE-105에 처리하고 MTT (3-[4,5-dimethylthiazol-2-yl]-2,5-diphenyl tetrazolium bromide) reduction assay 방법을 통하여 미처리 정상군과 glutamate를 처리한 대조군을 비교하였다.

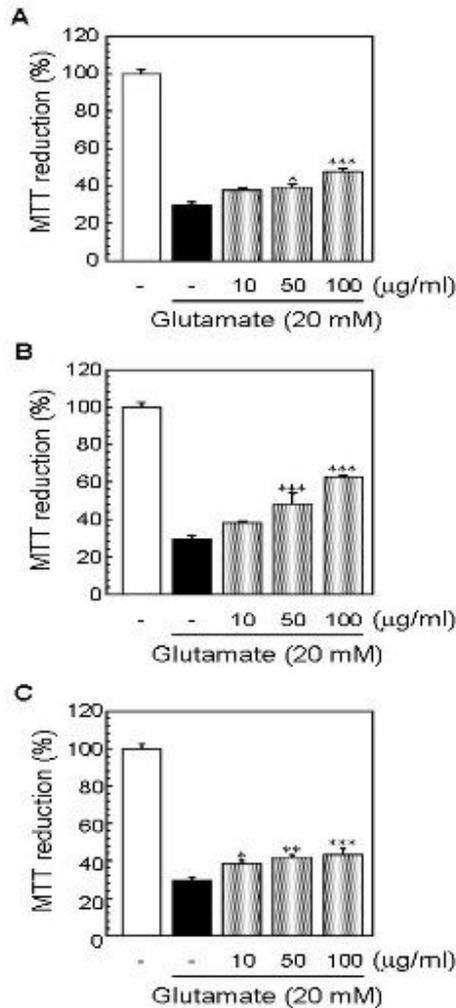


Fig. 2.3. Methanolic extracts of whole (WME), head (HME), stem (SME) from peanut sprout protected N18-RE-105 cells against glutamate-induced cytotoxicity (A; WME, B; HME, C; SME). The cells pretreated for 6 hr with various concentrations (10, 50, 100 mg/ml) of WME, HME, and SME, respectively. The cells were then treated with 20 mM of glutamate for 24 hr. After MTT assay, the MTT reduction rate (mean \pm SD of triplicate determination) were calculated by each setting of control survival rate. Significant vs. glutamate-treated control group (*: $p < 0.05$; **: $p < 0.01$; ***: $p < 0.001$).

Fig. 2.3에서의 결과로부터, glutamate 대조군의 세포 생존율은 29.8%로 나타났으나, 이 때 땅콩나물 부위별 추출물을 10, 50, 100 mg/ml의 농도로 각 세포주에 처리했을 때 N18-RE-105 세포주의 생존율은 WME에서 37.2, 39.3, 47.7%였고, HME에서 38.3, 48.1, 62.9%였으며, SME에서 38.9, 42.2, 43.2%이었으며 HME에서 가장 높은 신경세포 보호 효과를 확인할 수 있었다 (Fig. 2.3).

다음으로 신경세포 보호 효과가 가장 높은 HME 활성 기전 연구를 위하여 LDH (lactate dehydrogenase) release assay를 통하여 세포막 손상 정도에 따른 배양액 속의 LDH의 방출 양을 측정한 결과는 Fig. 2.4A와 같다. 정상군에 비해 20 mM glutamate를 처리한 N18-RE-105 세포주는 69.1% 정도의 LDH 방출을 확인 할 수 있는데 반해 20 mM glutamate와 HME 10, 50, 100 mg/ml를 처리한 결과 첨가량에 따라 순차적으로 51.0, 48.1, 47.3%로 세포사가 감소함을 보였다. 따라서 glutamate의 독성에 의한 세포막 손상으로 방출되는 LDH 양을 측정한 결과 농도 의존적으로 방출되는 LDH양이 감소하고 있음을 확인함을 통해 땅콩나물 head 추출물이 신경세포 손상을 강력하게 억제하여 방출되는 LDH 양을 효율적으로 감소시킴을 확인할 수 있었다. 다음으로 HME가 신경세포의 형태학적 변화에 미치는 영향을 광학현미경을 이용하여 관찰하였다(Fig. 2.4B). 세포주의 정상군에서는 건강하게 뻗은 신경돌기의 모습을 관찰할 수 있었지만 glutamate가 처리된 대조군은 산화적 스트레스로 인하여 신경돌기가 거의 소멸된 양상을 보임으로써 신경세포가 형태학적으로 큰 변화가 유도된 것을 확인할 수 있었다. 그렇지만 HME를 각각 50, 100 mg/ml를 처리했을 때 농도 의존적으로 신경세포 손상정도가 회복되어 있음을 확인 할 수 있었으며 이러한 결과로부터 땅콩나물의 HME에는 glutamate에 의한 신경세포 손상을 억제하거나 혹은 신경세포를 보호하는 효과가 있다는 것을 알 수 있었다.

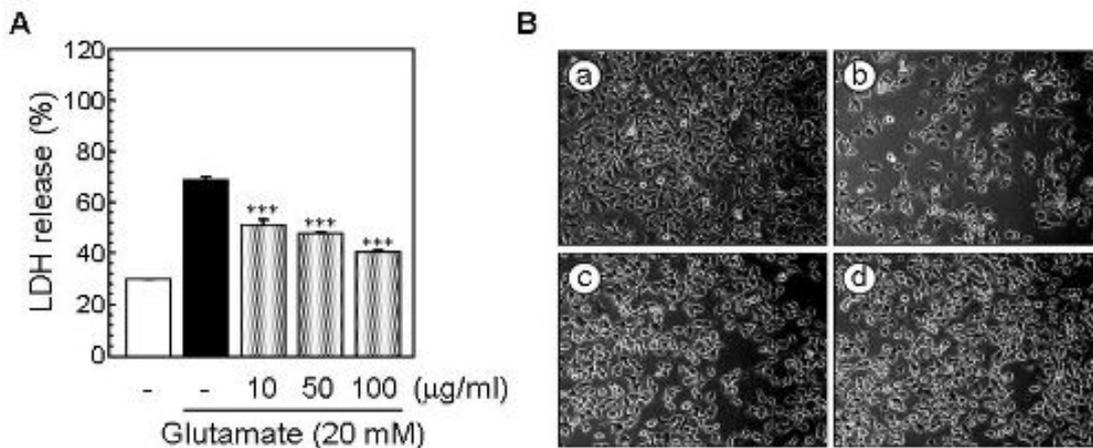


Fig. 2.4. Protective effect of HME on glutamate-stressed N18-RE-105 cells. (A) Cell viability was measured using LDH release assay in cells those were exposed to HME under glutamate-stressed conditions. After pretreating of N18-RE-105 cells for 30 min with various concentrations of HME, the cells were then treated with 20 mM of glutamate for 24 hr. Data were normalized to the activity of LDH release from vehicle-treated cell (100%). (B) Morphological changes in glutamate-stressed N18-RE-105 cells. The cells were exposed to 50 and 100 mg/ml of HME and then morphological changes were monitored for 24 hr (a: control, b: 20 mM glutamate, c: 20 mM glutamate/50 mg/ml HME, d: 20 mM glutamate/100 mg/ml HME). Photographs were taken with a phase-contrast microscope at 100 × magnification. ***significant vs. glutamate-treated control group ($p < 0.001$).

(다) 땅콩나물 머리부분 추출물(HME)로부터 얻어진 분획물의 신경세포 보호 효과

HME의 신경세포 보호 효과를 나타내는 물질의 극성도에 따라 Fig. 2.2와 같이 hexane, diethyl ether, ethyl acetate 및 water 순으로 얻어진 분획물로 다음의 실험을 실시하였다. 이에 따른 각 분획물의 신경세포 보호 효과에 대한 결과는 Fig. 2.5와 같다. N18-RE-105 세포주에 각 분획물을 각각 10, 50, 100 mg/ml을 처리하였을 때, 여러 용매 분획물 중에서 diethyl ether 분획물(Fig. 2.5B)에서 가장 높은 활성이 보였다. 즉, diethyl ether 분획물 10, 50, 100 mg/ml을 처리하였을 때 40.6, 46.5, 52.5%로 높은 활성을 나타냈으며, hexane, ethyl acetate, water 층에서도 활성을 보이긴 했으나 diethyl ether 분획물과 비교하였을 때 활성이 약한 것을 확인할 수 있었다. 이 결과를 바탕으로 극성도가 높은 ethyl acetate, water 층보다 비극성도가 높은 diethyl ether에서 활성이 확인됨에 따라 땅콩나물에 함유되어 있는 신경세포를 보호하는 물질의 특성은 대체로 비극성의 성질을 가지는 것을 확인할 수 있었다.

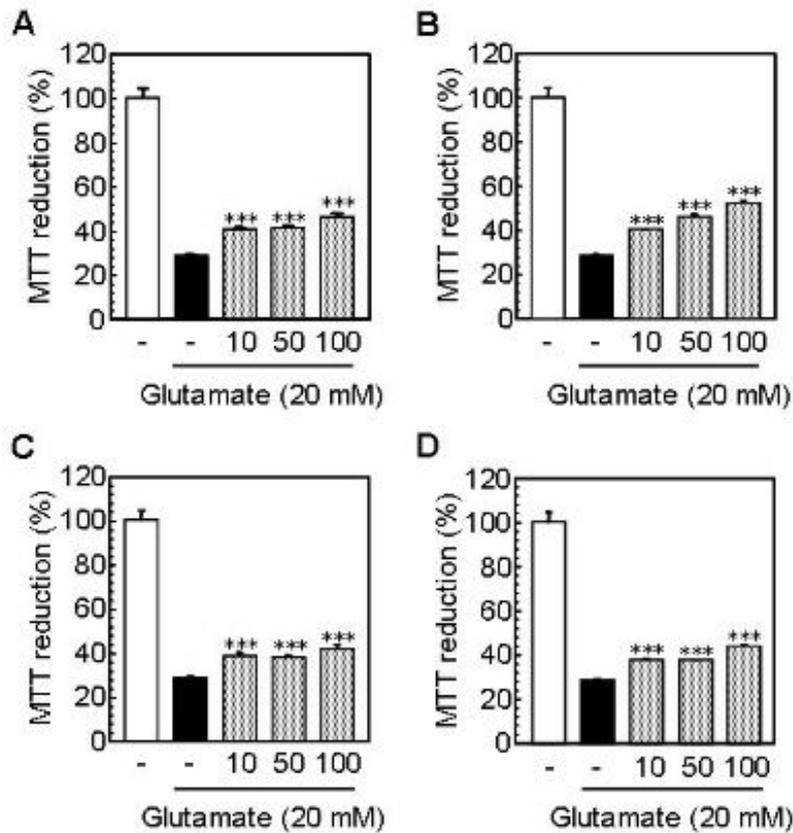


Fig. 2.5. Protective effect of each fraction on glutamate-stressed N18-RE-105 cells (A; hexane, B; diethyl ether, C; ethyl acetate, D; water). After pretreating of N18-RE-105 cells for 30 min with 10, 50, and 100 mg/ml of fractions from HME, the cells were then treated with 20 mM of glutamate for 24 hr. From the results of MTT assay, the MTT reduction rate (means \pm SD of triplicate determination) were calculated by each setting of control survival rate. ***significant vs. glutamate-treated control group ($p < 0.001$).

(라) 땅콩나물 머리부분 추출물(HME)의 glutamat 독성에 의한 세포사(apoptosis) 억제 효과

Apoptosis는 다세포생물에서의 programmed cell death를 일컫는 용어로 세포사와 관련되어 능동적으로 일어나는 세포의 사멸 과정 중 하나이다(5,6,7). Apoptotic cell을 나타내는 sub-G1기의 세포수를 측정하기 위하여 flow cytometric 분석을 실시하였다. 여러 추출물 중에서 가장 높은 신경세포 보호 효과를 나타내는 HME를 N18-RE-105 세포주에 처리하여 glutamate가 유도하는 세포독성으로부터 apoptosis 억제 효과를 확인하였다. Fig. 2.6의 결과로부터 glutamate 단독 처리 시 58.5%의 sub-G1기 세포가 확인된 반면에 glutamate와 HME 50, 100 mg/ml에서의 sub-G1 세포는 각각 23.1, 9.1%로 감소하였다.

HME 처리에 의해 apoptosis의 중요한 특징 중의 하나인 sub-G1기 세포수가 감소했다는 것은

glutamate에 의한 산화적 스트레스로부터 유도되는 N18-RE-105 세포주의 apoptosis를 HME가 억제 했다는 것을 의미한다.

땅콩나물의 유효성분 중의 하나인 레스베라트롤(8)이 세포 내 amyloid- β 펩티드의 분해를 촉진시켜 알츠하이머병을 억제(9)시키는 것으로 보고되어 있으나 HME의 diethyl ether 분획물에서 레스베라 트롤의 활성이 검출되지 않았으며(결과 미제시), 본 연구의 glutamate에 의한 apoptosis 유도기작과 는 직접적으로 연관이 없는 것으로 사료된다. 한편, glutamate의 처리는 신경세포 내 Ca^{2+} 농도를 증 가시켜 이는 세포의 생존을 감소와 손상을 증가시키는 것으로 보고(10)하고 있으며 땅콩나물 추출 물이 세포내의 Ca^{2+} 농도와 직접적인 상관관계를 규명하기위해서 현재 HME추출물의 고도정제 및 분리를 진행하고 있으며 분자단계에서의 작용을 명확히 하고자 하고 있다.

이상의 결과로부터 glutamate의 처리는 N18-RE-105 세포주에 세포독성과 apoptosis를 유도하고 있으며, 땅콩나물의 head 추출물은 glutamate의 산화적 스트레스를 감소시켜 신경세포를 보호하고 있는 것으로 생각된다.

이러한 결과는 땅콩나물에서의 생리적으로 우수한 기능성물질의 발견과 이의 의료산업에의 응용 을 통하여 기존 농산물의 고부가가치화와 국민건강에 이바지할 수 있는 녹색산업의 가능성을 시사 한다.

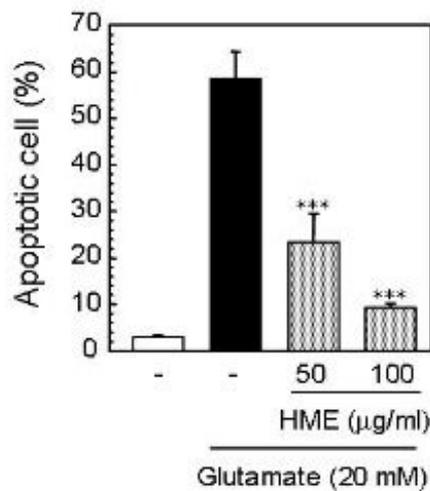


Fig. 2.6. Affect of HME for apoptotic repression on glutamate-treated N18-RE-105 cells. Flow cytometric analysis of glutamate-induced apoptotic N18-RE-105s at the indicated concentration (50 and 100 mg/ml) of HME, and the cells were incubated for 24 hr. These data (menas \pm SD of triplicate determinations) are representative of at least three independent experiments. ***significant vs. glutamate-treated control group ($p < 0.001$).

2. 땅콩나물의 기능성물질, 신경세포 보호효과 검증과 세포생물학적 기전규명 및 발효음료 개발

가. 서설(요약)

땅콩나물에 함유된 미지의 기능성 물질에 대하여 동정하고 이를 활용하여 시제품을 개발하고자 하여 먼저, 전년도 연구로부터 신경보호 활성을 지닌 물질을 보다 구체적으로 보호효과에 대하여 세포생물학적 활성을 조사하였다. 나아가 분리·정제 시스템을 확보하여 물리·화학적 특성을 파악하였으며 구조(PSE-1)를 결정하였다. 한편, 발효음료 제조를 위하여 조건확립을 위한 실험을 진행하였으며 이를 활용한 최종연도에서 시제품의 제작을 위하여 2차년도에서 다음과 같이 실험을 진행하였다.

(1) 땅콩나물의 기능성물질, 신경세포 보호효과 검증과 세포생물학적 기전규명

(가) 땅콩나물 추출물의 신경세포 보호 효과

뇌신경계 세포주 hybridoma N18-RE-105 세포주에 대한 땅콩나물 추출물의 신경세포 보호 효과를 확인하기 위해 땅콩나물을 전체(whole)와 머리(head) 및 줄기(stem) 부분으로 나누어 추출한 후, 감압 농축하여 추출물을 얻었다. 땅콩나물 전체 추출물을 WME, 머리 추출물을 HME, 줄기 추출물을 SME라고 명명한 후, 여러 가지 생물학적 assay를 통해 그 활성을 측정하였다. 그 결과, HME가 glutamate의 산화적 스트레스로부터 유도되는 세포독성과 apoptosis를 강력하게 억제하여 N18-RE-105 세포주를 보호하고 있다는 것을 확인할 수 있었으며, 인구 고령화와 더불어 증가하고 있는 퇴행성 신경질환을 치료하거나 예방할 수 있는 치료제로써의 가능성을 제시하였다.

(나) 땅콩나물 추출물로부터 신경세포 보호 물질의 분리 및 정제

땅콩나물 추출물의 강력한 신경세포 보호 효과를 확인함에 따라 땅콩나물 머리 추출물(HME)을 이루고 있는 여러 성분 중 활성을 나타내는 물질을 분리하기 위해 활성물질의 정제를 실시하였다. 땅콩나물 메탄올 추출물을 실험에 사용하였으며, 극성과 비극성 용매 조건에 따른 용매로 분획하여 얻어진 분획물의 활성을 확인하였다. 가장 높은 활성을 나타내는 diethyl ether 층을 CHCl₃:MeOH (100:1 ~ 1:1) 전개용매를 이용하여 silica gel column을 실시하고 각 분획물을 silica gel TLC를 수행하여 monitoring 하였으며, bioassay를 통해 신경세포 보호 효과를 확인하였다. 이 결과를 바탕으로 강력한 활성을 나타낸 CHCl₃:MeOH : 100:1의 용매조건으로 silica gel column linear gradient와 preparative TLC를 실시하고 활성부분을 HPLC 단계를 거쳐 최종 활성물질을 분리하였다(그림 2.7). 분리한 물질이 단일 물질인지 확인하기 위해서 HPLC로 확인해 본 결과 210 nm에서 70%의 메탄올로 이동상을 흘렸을 때 약 5분경에 활성물질의 peak을 확인할 수 있었고 분리된 물질이 단일 물질임을 알 수 있었으며, 이 물질을 PSE-1이라고 명명하였다(그림 2.8).

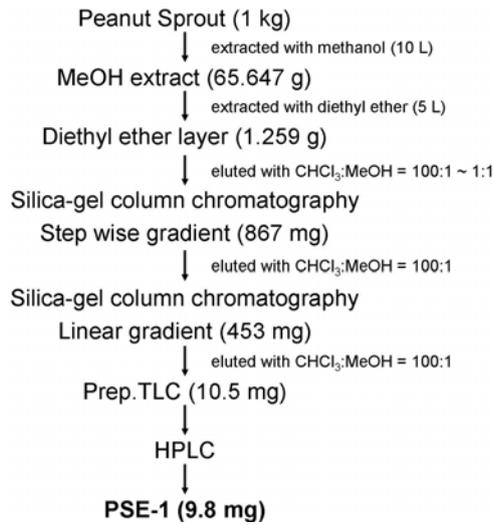


그림 2.7. 신경세포 보호 물질의 분리 및 정제 단계

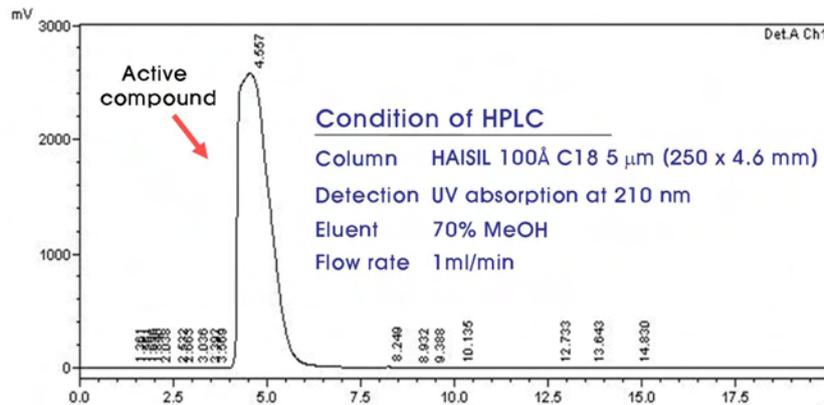


그림 2.8. 활성물질의 HPLC spectrum

(다) PSE-1의 물리·화학적 특성

PSE-1의 분자량과 분자식을 알아보기 위해 HR-ESI-Mass spectrum 분석을 실시한 결과, 그림에서 보는 것과 같이 PSE-1은 positive mode $[M+Na]^+$ 에서 335의 분자이온의 peak가 나타났으며, negative mode $[M-H]^-$ 에서 311의 분자이온 peak가 검출되었다(그림 2.9). 이상의 Mass spectrum 결과로부터 PSE-1의 분자량은 312.23이고, 분자식은 $C_{18}H_{32}O_4$ 로 결정되었다. 그리고 UV spectrum 분석 결과, PSE-1은 230 nm (aqueous acetonitrile)에서 최대 흡수파장을 보이는 것을 확인할 수 있었다(그림 2.10).

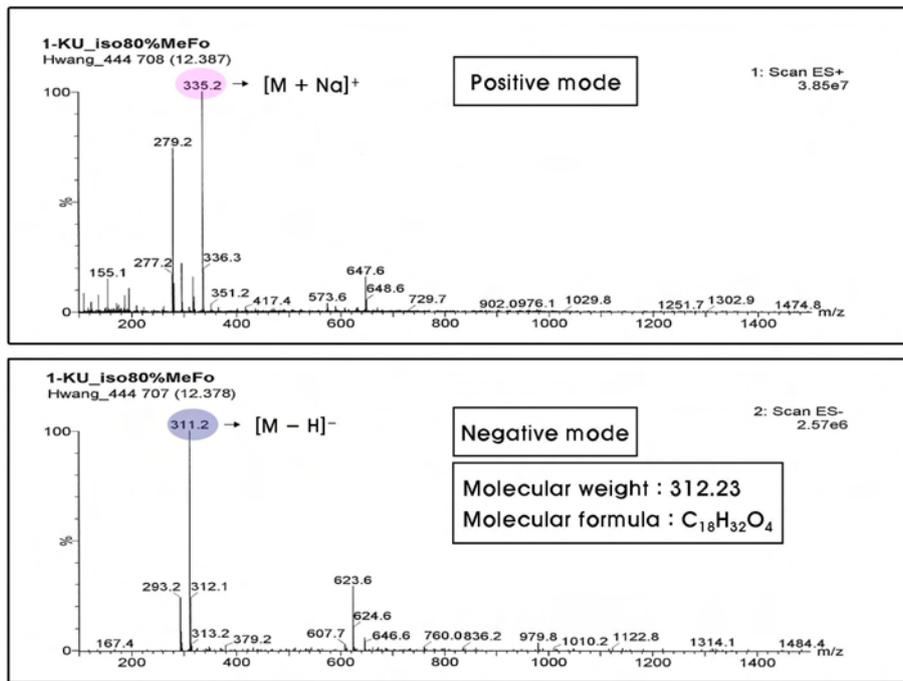


그림 2.9. PSE-1의 HR-ESI-Mass spectrum.

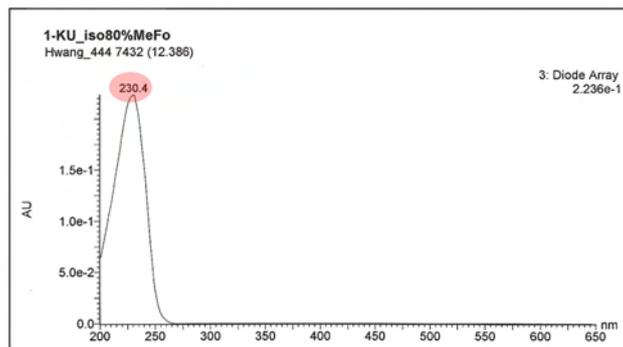


그림 2.10. PSE-1의 UV spectrum.

(라) PSE-1의 화학구조 결정

PSE-1의 화학 구조를 결정하기 위해 ¹H-NMR로 구조를 분석해 본 결과, 0.5 ppm~1 ppm에서 methyl proton이 1.2 ppm~2.5 ppm에서 다수의 methylene proton이 관찰됨에 따라 aliphatic moiety를 확인할 수 있었다 (그림 2.11). 또한 5~6 ppm에서 olefinic methin proton을 확인할 수 있었다. 그리고 ¹³C-NMR을 분석해 본 결과도 ¹H-NMR의 결과와 마찬가지로 olefin과 methylene carbon, methyl carbon, ester가 assign 되었으며, 60 ppm부근에서 oxygenated carbon과 160 ppm 부근에서 ester를 확인할 수 있었다(그림 2.12). PSE-1의 ¹H-NMR과 ¹³C-NMR의 chemical shift는 표 1에 정리하였다.

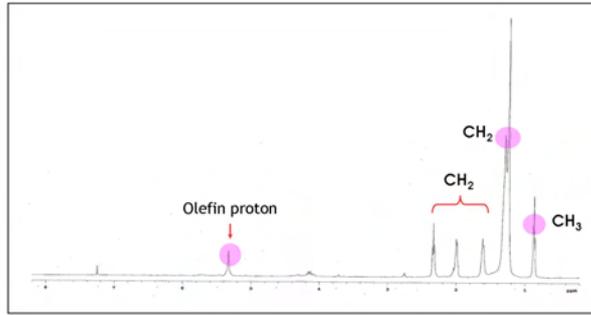


그림 2.11. PSE-1의 ^1H -NMR spectrum.

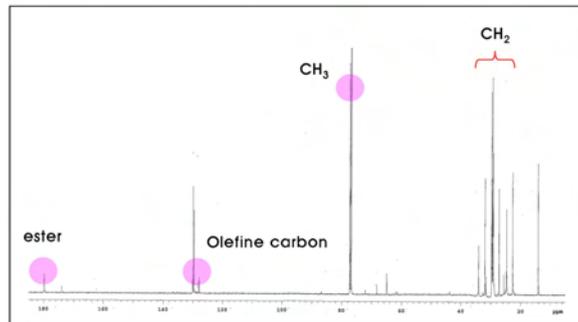


그림 2.12. PSE-1의 ^{13}C -NMR spectrum.

표 1. PSE-1의 ^1H and ^{13}C -NMR chemical shift

	Chemical shift	Fuctional group
^1H -NMR	0.85 ppm	methyl proton
	2-3 ppm	methylene proton
	5.3 ppm	olefinic methin proton
^{13}C -NMR	14 ppm	methly carbon
	20-40 ppm	methylene carbon
	78 ppm	oxygenated carbon
	130, 128 ppm	olefine carbon
	180 ppm	ester

PSE-1의 ^1H -NMR과 ^{13}C -NMR의 결과와 HMBC와 HMQC spectrum 분석을 통해 화학구조를 assign해 본 결과, 땅콩나물 추출물로부터 분리된 신경세포 보호 물질 PSE-1은

8,13-Dihydroxy-9,11-octadecadienoic acid로 동정 되었다(그림 2.13).

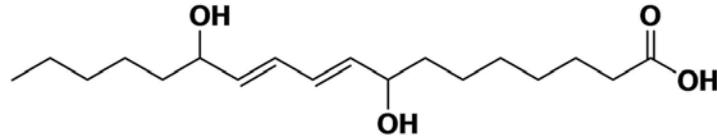


그림 2.13. 8,13-Dihydroxy-9,11-octadecadienoic acid의 구조

(2) 땅콩나물의 기능성물질을 함유한 발효음료 개발

땅콩나물에 함유된 기능성 물질을 활용하여 시제품을 개발하고자 먼저, 양조발효를 위하여 조건확립을 위한 실험을 진행하였다. 원료미를 각 500 g 세척하고 3시간 침지한 후 1시간 물빼기를 하여 121℃에서 19분간 증자하고 실온에서 방냉하였다. 유리병에 증자미와 물 1,000 ml와 곡자량을 50 g, 100 g, 150 g, 200 g으로 혼합하였다. 사용하는 효모는 발효력이 뛰어나고 일본주조공업협회에서 선별된 효모(*Saccharomyces cerevisiae* ATCC 26422)를 전배양하여 총량의 0.1%를 혼합하여 28℃ 항온실에서 발효하였다.

(가) 곡자량에 따른 환원당의 변화

곰팡이가 전분을 분해하여 환원당을 생성, 또한 효모에 의해 환원당을 소비하여 ethanol을 생산할 것이라는 예측으로, 양조발효에 곡자량의 최적조건을 확립하기 위해 먼저 곡자량을 50g단위로 달리 하여 제조하였으며, 환원당 측정을 위해 Dinitrosalicylic acid method법에 따라 550 nm에서 흡광도를 측정하여 검량선을 작성하여 환원당을 정량하였다.

그림 2.14에서 첨가되는 곡자의 양에 따라 생성되는 환원당의 양을 측정한 결과로부터 미묘한 곡자첨가량과 생성되는 환원당은 비례하였으며 미묘한 차이는 있으나 환원당의 최고 생산량은 곡자 200g이나, 곡자 150g을 첨가한 경우에서 큰 차이를 보이지 못하였다. 이에 곡자 150g을 첨가하는 것을 최적조건으로 잡았다. 또한 환원당의 생산량이 증가하다 약 40시간 후부터는 환원당이 감소하는 경향으로, 곡자내부의 곰팡이와 효모의 비에서 효모가 증가함에 따라 환원당을 소비하여 ethanol을 생산하는 것으로 사료되며 이로부터 ethanol의 생산시기를 예측할 수 있었다.

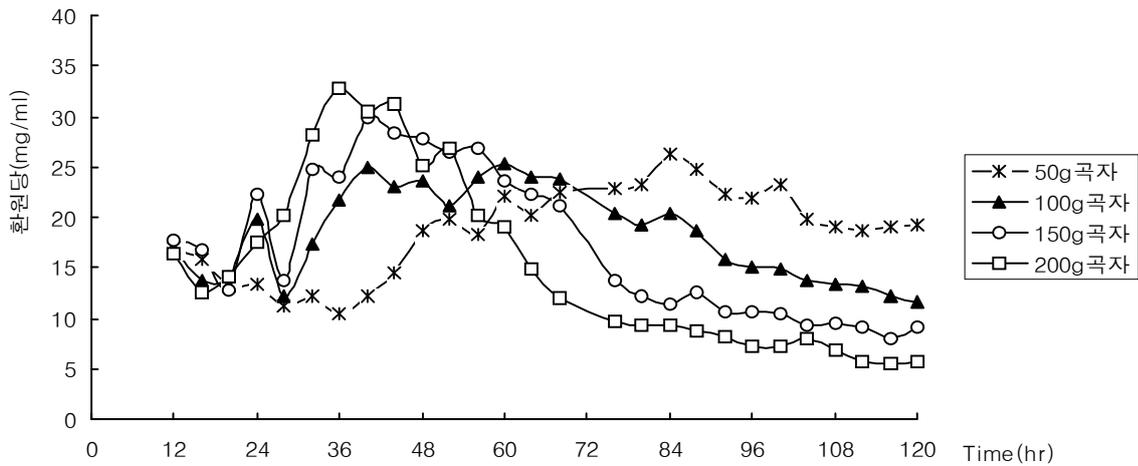


그림 2.14. 곡자량 첨가에 따른 환원당 생산의 경시적 변화

한편, 효모의 직접적인 접종에 따른 환원당의 생성과 발효개시 시점에 대한 변화를 알아보기 위해, 효모(*Saccharomyces cerevisiae* ATCC 26422)를 총량의 0.1% 접종하여 발효를 진행하였으며 곡자량은 상기의 실험에서와 같이 동일하게 첨가하였다. 그림 2.15에서 보는 것과 같이 상대적으로 생성된 환원당이 효모의 첨가에 의하여 미첨가 시보다 앞당겨지는 것으로 나타났다. 이는 곡자내의 곰팡이(전분분해효소)가 생산한 환원당을 우선적으로 혼합한 효모(*Saccharomyces cerevisiae* ATCC 26422)에 의해 환원당이 ethanol로 전환되었을 것으로 사료된다. 여기에서 초기에 효모를 혼합하지 않고 곡자내부에 곰팡이에 의해 생산된 환원당 최고 생산시기에 효모(*Saccharomyces cerevisiae* ATCC 26422)를 접종하면 ethanol의 생산시기를 단축할 수 있을 것이라 예상하였으며 효모의 접종이 필요하다는 것을 알 수 있었으며 최적 접종량이 필요하다고 판단된다.

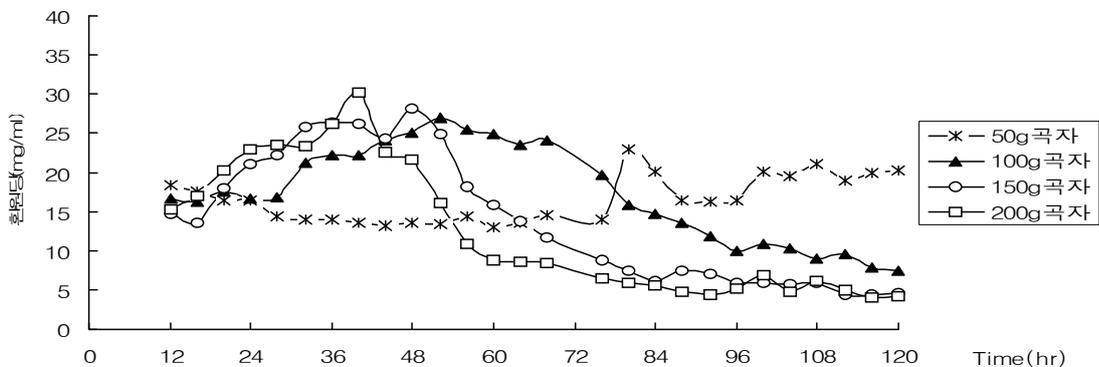


그림 2.15. 효모, *Saccharomyces cerevisiae* ATCC 26422의 첨가가 환원당 생성량에 미치는 경시적인 변화

(나) 효모의 첨가가 ethanol생산에 미치는 영향

위의 실험에서 곡자량의 최적조건을 확립하였으며, 이에 150g의 곡자첨가에 따른 ethanol의 생산량을 파악하기 위해서 HPLC (High Performance Liquid Chromatography)를 수행하였다. ethanol 분석조건은 190 nm, 용매를 물과 Acetonitrile을 98:2로, 유속을 1.0 ml/min으로 흘려보냈다. 이에 ethanol은 약 2.5분대에서 peak를 확인하였으며 그림 2.16에서 보는 것과 같이 40시간부터 환원당이 감소하고 곡자내부의 야생효모에 의해 ethanol이 서서히 생산되는 경향을 보였다. 발효개시 후 56시간째에 약 3.1%의 ethanol이 생성되었으며 그리고 68시간부터는 환원당의 감소에 따라 ethanol의 함량도 감소하였는데 이는 환원당의 부족으로 야생효모가 ethanol도 동시에 소비하였을 것이라 예상하였다.

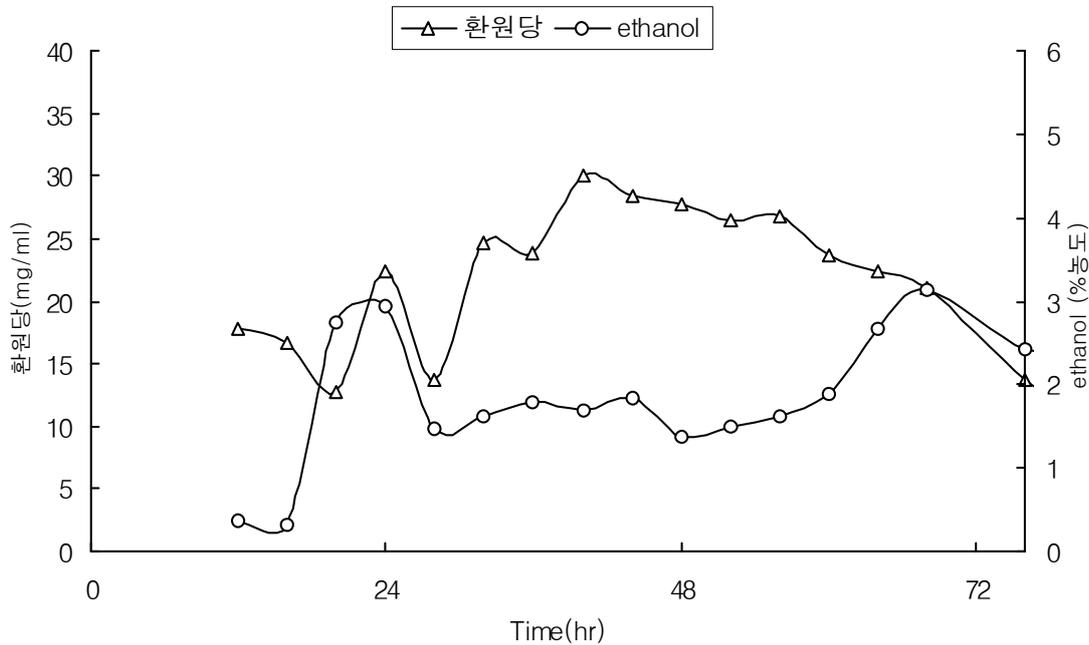


그림 2.16. 150 g 곡자량의 첨가 하에서의 ethanol 생산량 변화

또한, *Saccharomyces cerevisiae* ATCC 26422를 접종하였을 시 ethanol의 생산량의 변화를 알아보기 위해 그림 2.17과 같이 발효를 수행하였다. 생산된 ethanol의 측정은 HPLC (High Performance Liquid Chromatography)를 수행하였으며, 그림 11과 같이 ethanol의 생산량을 확인할 수 있었다. 그림에서 보는 바와 같이, *Saccharomyces cerevisiae* ATCC 26422를 우선적으로 접종 하였을 경우 ethanol의 생산량은 접종하지 않은 탁주보다 ethanol이 더 많이 생산(3.1%에서 3.5%)되었으며 ethanol의 생산시기도 최고값이 68시간에서 48시간으로 단축되는 경향을 볼 수 있었다. 이 결과를 통해서 ethanol의 생산을 증가시키기 위해서 환원당이 추가적으로 요구되므로 전분공급을 위해, 추가적인 담금공정이 필요될 것으로 예상된다.

이후에 땅콩나물을 기능성 물질의 주재료로 하는 발효공정의 최적화 및 발효음료의 제조를 위한

연구는 지속적으로 진행될 것이다.

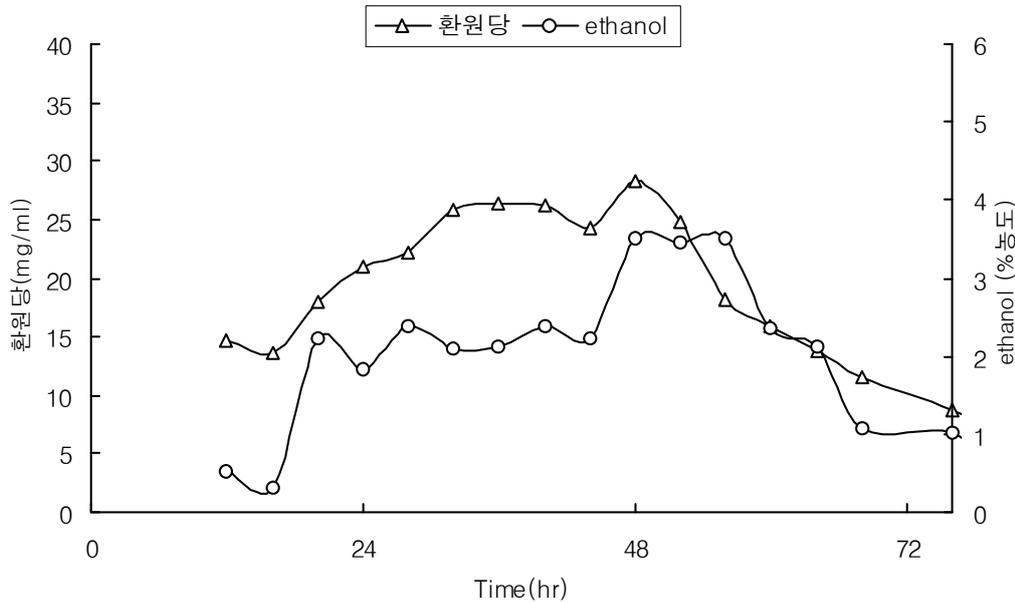


그림 2.17. 효모, *Saccharomyces cerevisiae* ATCC 26422의 접종에 의한 ethanol 생산량변화

땅콩나물에 함유된 미지의 기능성 물질에 대하여 동정하고 이를 활용하여 시제품을 개발하고자 하여 먼저, 기지의 기능성 물질(resveratrol, 폴리페놀의 일종으로 항암 및 강력한 항산화 작용을 하며 혈청 콜레스테롤 저하작용) 및 미지의 기능성물질(신경세포보호물질)에 대하여 정확한 효능과 이를 활용한 최종연도에서 시제품의 제작을 위하여 1차연도에서 다음과 같이 실험을 진행하였다.

3. 땅콩나물의 기능성물질, 신경세포 보호효과 활성물질의 분리, 정제계 확립 및 땅콩나물의 활성성분을 활용한 발효음료 개발

가. 서설(요약)

땅콩나물에 함유된 뇌신경보호 기능을 지닌 물질에 대하여 보다 구체적으로 효능을 검증하고 땅콩나물을 활용하여 발효시제품을 개발하고자 하였다. 전년도 연구로부터 신경보호 활성을 지닌 물질을 보다 구체적으로 세포생물학적 활성을 조사하였다. 나아가 대량 분리·정제 시스템 확보를 위하여 정제조건을 검토하였다. 이와 더불어 땅콩나물을 이용하여 발효제품의 제조 조건을 2차년도와 계속하여 실시하여 3차년도에서 다음과 같이 실험을 진행하였다.

(1) 땅콩나물의 기능성물질, 신경세포 보호효과 활성물질의 분리, 정제계 확립

(가) 땅콩나물 분획물 제조

Prototype 제품 개발을 위한 땅콩나물 분획물 제조를 위하여 땅콩나물 머리 부분을 추출하여 실

험에 사용하였다. 먼저 땅콩나물의 머리 부분을 분리 및 동결하여 동결건조기(FD5512, (주) 일신랩, 한국)에 넣고 건조 후 가루로 분쇄하였다. 시료 300 g에 methanol 용매를 5 L를 가하여 상온에서 3 일 동안 정치시켜 충분히 추출 단계를 거친 후 여과지(Advantec, Tokyo, Japan)로 여과하였다. 여과된 추출액은 회전감압농축기(EYELA N-1000, Tokyo, Japan)를 이용하여 40°C에서 감압 농축하여 추출물을 얻었다. 다음으로 이 추출물에 water 1 L를 가한 후 hexane으로 분배 추출하여 hexane층과 water층으로 나누고, water층은 다시 동일한 방법으로 diethyl ether와 ethyl acetate를 가하여 diethyl ether, ethyl acetate 및 water층으로 분획하여 각각의 용매 분획물을 감압 농축시켜 분획물을 얻었다(11). 각 분획물은 10 mg/ml로 DMSO에 녹여 적당한 농도로 희석하여 사용하였다.

(나) PSE-1이 ORAC (Oxygen radical absorbance capacity) 활성에 미치는 영향

ORAC assay system(12,13)을 이용하여 peroxy radical에 대한 PSE-1의 제거활성을 측정하였다. 그결과 AAPH를 peroxy radical generator로 사용하였을 때 저농도인 0.1, 0.25 mM에서는 활성이 나타나지 않았으며 0.5, 1, 2.5 mM 농도에서는 1.04, 1.06 and 1.05 mM Trolox equivalents의 활성을 보였다(그림 2.18).

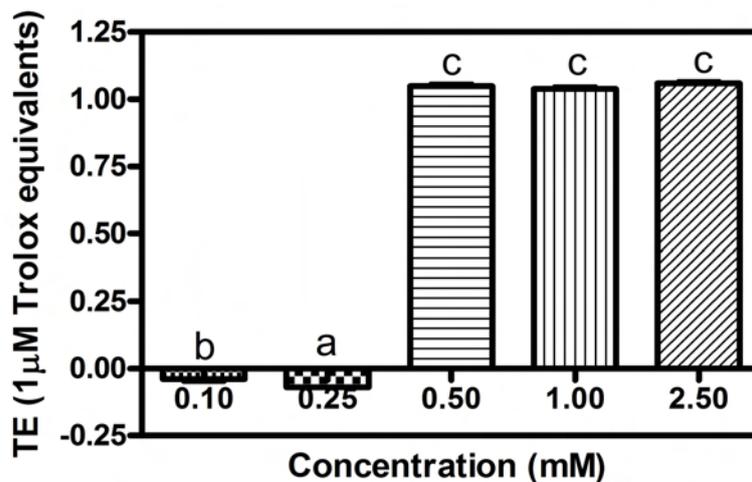


그림 2.18. PSE-1의 peroxy radical 제거활성

(다) PSE-1이 H₂O₂로 유도된 DNA 손상에 미치는 영향

Comet assay를 이용(14)하여 PSE-1에 의한 H₂O₂로 유발된 DNA 손상 억제 효과를 측정(15)하기 위해 PSE-1을 1, 5, 10, 50 μM의 농도로 leukocytes에 처리한 후 200 μM H₂O₂로 DNA 손상 유도 후 DNA tail 부분의 DNA 함량을 측정하였다. 그 결과, 200 μM H₂O₂만을 처리 양성대조군에 비해 분획물의 각 농도별 DNA 손상이 27.9, 26.5, 20.3, 18.8%로 농도 의존적인 감소 경향을 보였으며, 최고농도인 50 μM 농도에서 DNA 손상이 양성 대조군에 비해 유의적으로 감소하는 것을 확인하였다. 이는 양성 대조군에 비해 37.4%의 DNA 손상 억제력(16)에 해당하는 수치인 것으로 나타났다(그림 2.19).

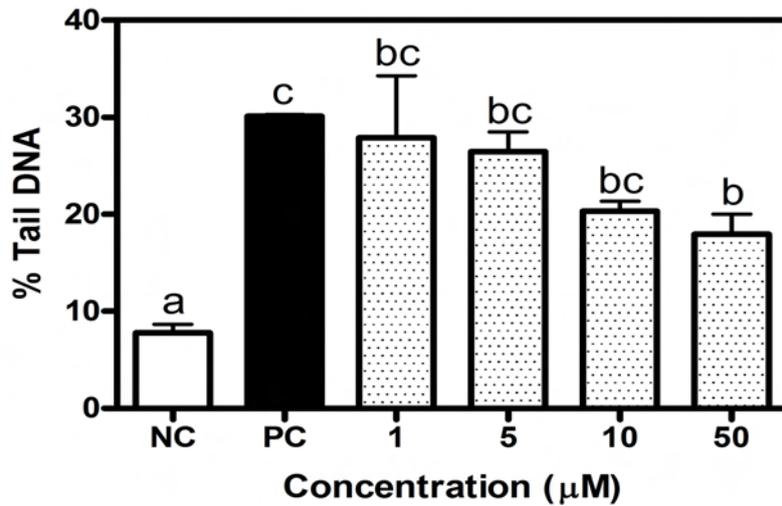


그림 2.19. H₂O₂로 유도된 DNA 손상에 미치는 PSE-1의 영향

(라) PSE-1의 신경세포 보호효과

Glutamate stress로 유도되는 N18-RE-105 세포주의 형태학적 변화에 대한 PSE-1의 영향을 알아보기 위해 광학현미경 하에서 형태학적 변화를 관찰하였다. 정상군에 비해 glutamate 처리군은 세포 독성으로 인하여 전체적인 세포의 수가 적을 뿐만 아니라 신경돌기가 거의 소멸된 양상을 보여 신경세포가 형태학적으로 큰 변화가 유도된 것을 확인할 수 있었다. 반면에 PSE-1을 다양한 농도(100 μM, 250 μM)로 처리한 실험군에서는 농도 의존적으로 신경세포의 생존을 확인할 수 있었다(그림 2.20).

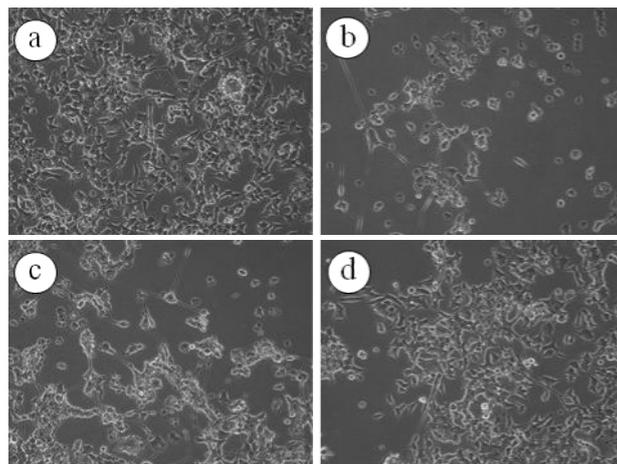


그림 2.20. PSE-1의 형태적 변화 측정

a: 대조구, b: 20 mM glutamate 처리구, c: 20 mM glutamate + PSE-1 100 μM 처리구,
d: 20 mM glutamate + PSE-1 250 μM 처리구

N18-RE-105 세포주에서 PSE-1의 glutamate로 유도된 세포독성으로부터의 신경세포 보호효과를 확인하기 위해 MTT reduction assay와 LDH release assay을 실시하였다. MTT reduction assay 결과 glutamate (20 mM) 단독 처리군은 control과 비교하여 55.1%의 세포 생존율을 나타냈으나, 반면 PSE-1 (50, 100, 250 μ M)을 처리하였을 때 세포 생존율은 57.9, 63.6, 72.6%로 농도 의존적으로 세포 생존율이 회복되는 것을 확인 할 수 있었다(그림 2.21A). LDH release assay를 실시한 결과 glutamate (20 mM) 단독 처리군은 64.9%의 LDH를 방출하는 것을 확인할 수 있는데 반해 PSE-1 처리군에서는 51.5, 51.3, 47.6% 로 glutamate가 유도하는 산화적 스트레스로 인한 세포손상으로부터 세포주를 보호함에 따라 LDH 방출량을 감소시키는 것을 확인할 수 있었다(그림 2.22B).

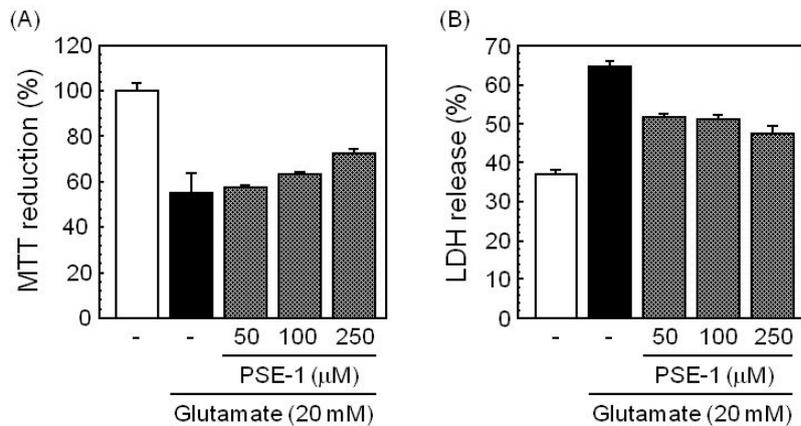


그림 2.21. 신경 세포주인 N18-RE-105에 대한 PSE-1의 신경세포 보호효과
(A) MTT reduction assay, (B) LDH release assay

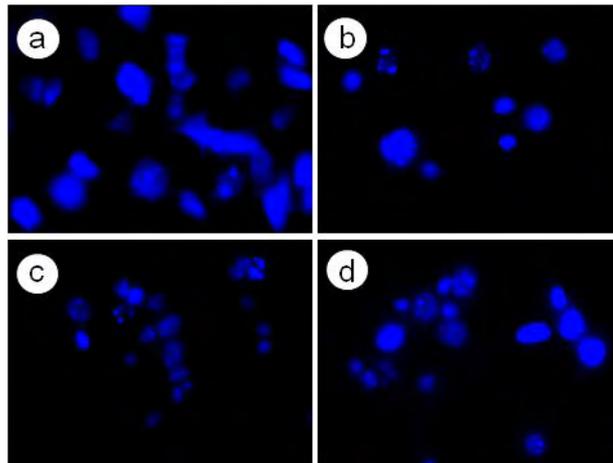


그림 2.22. Glutamate에 의해 유도된 apoptosis에 대한 PSE-1의 억제효과
a: 대조구, b: 20 mM glutamate 처리구, c: 20 mM glutamate + PSE-1 100 μ M 처리구,
d: 20 mM glutamate + PSE-1 250 μ M 처리구

Glutamate로부터의 PSE-1의 apoptosis 억제효과를 측정하기 위하여 핵내 DNA에 특이적으로 결합하는 형광 염색체인 Hoechst 33342를 사용하여 핵을 염색하고 형광 현미경으로 관찰하였다. 그 결과 glutamate 처리군의 세포핵은 condensation과 fragmentation으로 인한 apoptotic body가 핵 주변에 나타나는 전형적인 apoptosis 특징을 보이는 반면에 100, 250 mM 농도의 PSE-1를 처리했을 때 정상군과 유사하게 타원형의 온전한 핵 모양을 나타내는 것을 확인할 수 있었다(그림 2.22).

(마) Prototype 제품 개발을 위한 땅콩나물 분획물의 신경세포 보호 효과 및 대량정제

땅콩나물 분획물의 신경세포 보호 효과를 확인하기 위해서 극성도에 따라 hexane, diethyl ether, ethyl acetate 및 water층 순으로 용매 분획하여 그 분획물을 얻었다. H₂O₂에 의해 유도되는 PC12 세포주의 산화적 스트레스에 대한 신경세포 보호효과를 확인하기 위해 MTT reduction 방법을 이용하였다. 아무것도 처리하지 않은 정상군과 H₂O₂를 처리한 대조군 그리고 hexane, diethyl ether, ethyl acetate 그리고 water 분획물을 농도별(10, 50, 100 mg/ml)로 처리한 실험군을 비교하였다. 그림 2.23의 결과와 같이 H₂O₂를 단독처리 하였을 때 PC12 세포주 생존율은 52.1%로 떨어졌다. 그리고 각각의 용매 분획물을 10, 50, 100 mg/ml로 세포주에 처리하였을 때 생존율은 hexane에서 58.5, 62.0, 65.9%, diethyl ether에서 59.8, 71.6, 69.5%, ethyl acetate에서 61.9, 60.5, 58.0%, water에서 48.5, 58.1, 56.3%로 여러 용매 분획물 중에서 diethyl ether 분획물에서 가장 높은 활성이 보였다.

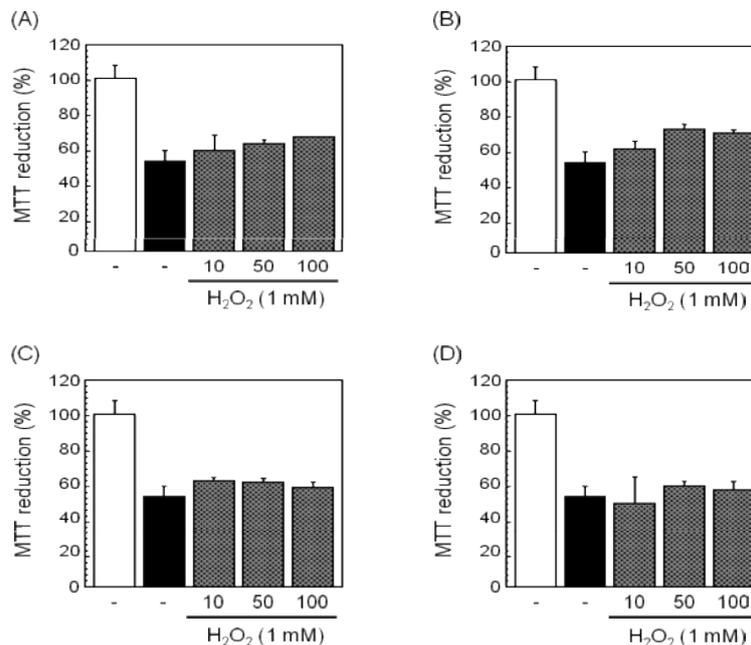


그림 2.23. 땅콩나물 분획물의 신경세포 보호 효과

(A) hexane, (B) diethyl ether, (C) ethyl acetate, (D) water

위의 결과를 바탕으로 활성을 가지는 diethyl ether층은 감압 농축하여 column의 직경 크기(1.5, 3.5, 5 cm)를 다르게 하여 silica gel column chromatography를 이용하여 step-wise gradient를 수행

하였다.

먼저 직경 1.5 cm 크기의 column을 이용하여 땅콩나물 diethyl ether층을 step-wise gradient 로 분리한 분획물을 MTT reduction assay를 통해 PC12 세포주에서 H₂O₂로 유도된 산화적 스트레스로부터의 신경세포 보호효과를 확인하였다. 그림 2.24의 결과와 같이 H₂O₂를 단독 처리 하였을 때 PC12 세포주 생존율은 39.9%로 떨어졌다. 그리고 각각의 분획물을 100 mg/ml로 세포주에 처리하였을 때 생존율은 CHCl₃:MeOH 용매계로 100:1에서 61.5%, 50:1에서 57.4%, 20:1에서 60.6%, 10:1에서 57.3%, 5:1에서 61.5%, 1:1에서 58.8%로 100:1 분획물에서 높은 활성을 보였다.

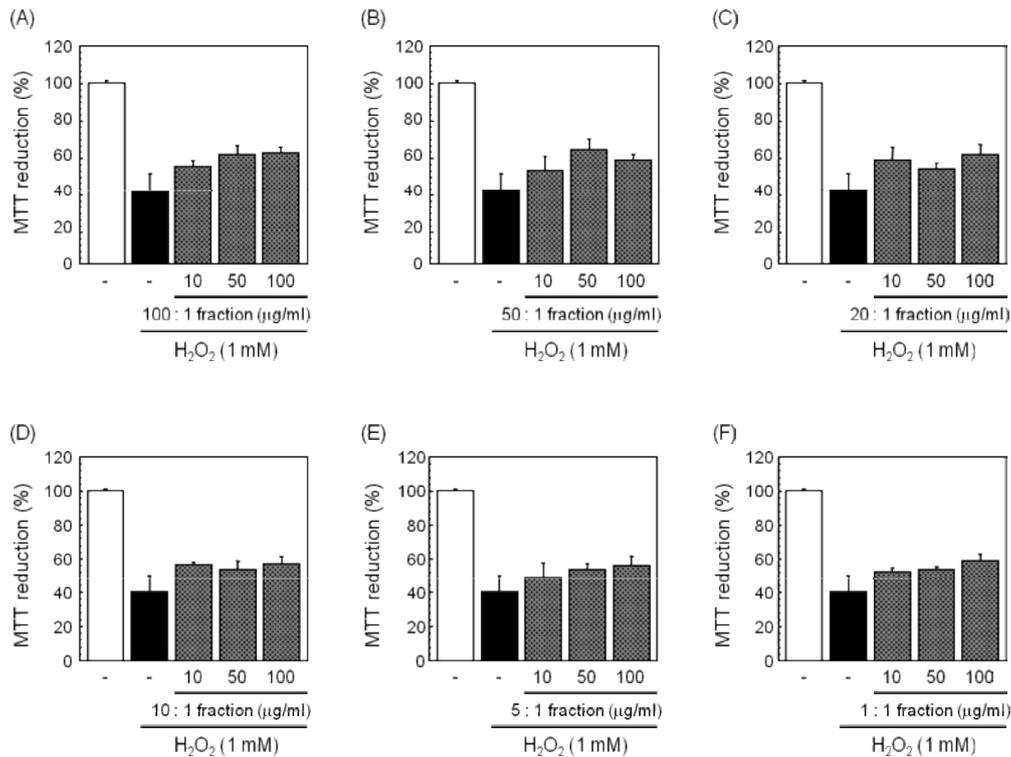


그림 2.24. 직경 1.5 cm의 column을 이용한 땅콩나물 분획물의 활성 확인

(A) 100:1, (B) 50:1, (C) 20:1, (D) 10:1, (E) 5:1, (F) 1:1

다음으로 직경 3.5 cm 크기의 column을 이용하여 땅콩나물 diethyl ether층을 step-wise gradient 로 분리한 분획물을 MTT reduction assay를 통해 PC12 세포주에서 H₂O₂로 유도된 산화적 스트레스로부터의 신경세포 보호효과를 확인하였다. 그림 2.25의 결과와 같이 H₂O₂를 단독처리하였을 때 PC12 세포주의 생존율은 39.9%로 떨어졌다. 그리고 각각의 분획물을 100 mg/ml로 세포주에 처리하였을 때 생존율은 CHCl₃:MeOH 용매계로 100:1에서 59.1%, 50:1에서 57.3%, 20:1에서 60.4%, 10:1에서 53.7%, 5:1에서 54.8%, 1:1에서 49.8%로 100:1 과 20:1 분획물에서 높은 활성을 보였다.

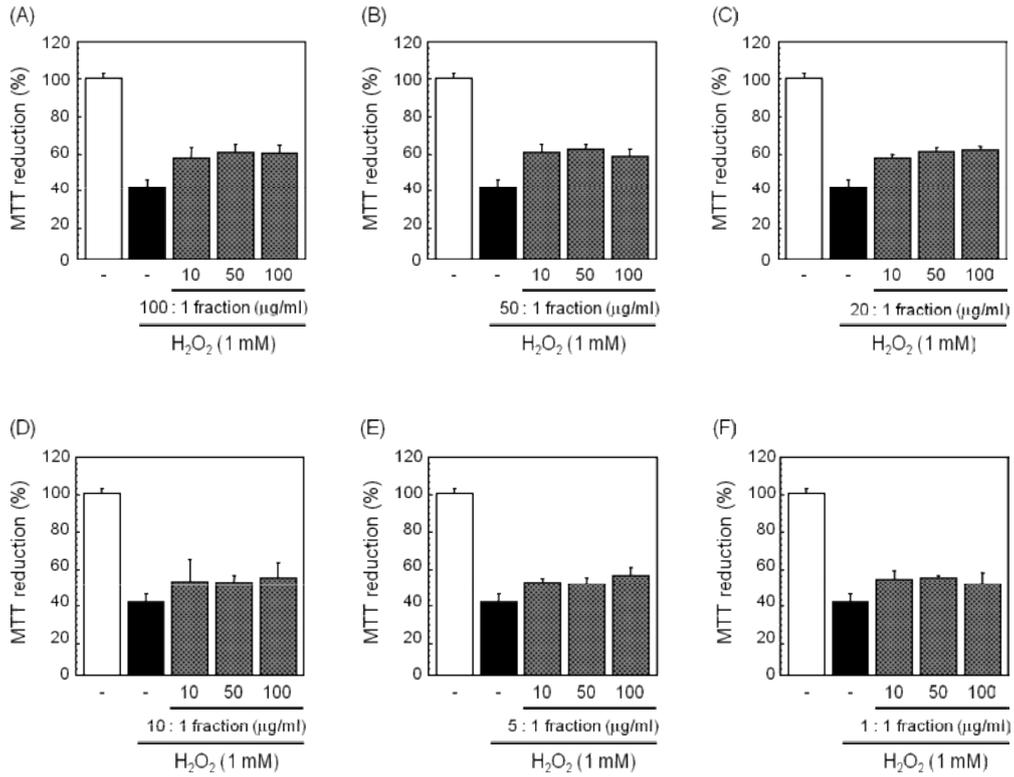


그림 2.25. 직경 3.5 cm의 column을 이용한 땅콩나물 분획물의 활성 확인
(A) 100:1, (B) 50:1, (C) 2 :1, (D) 10:1, (E) 5:1, (F) 1:1

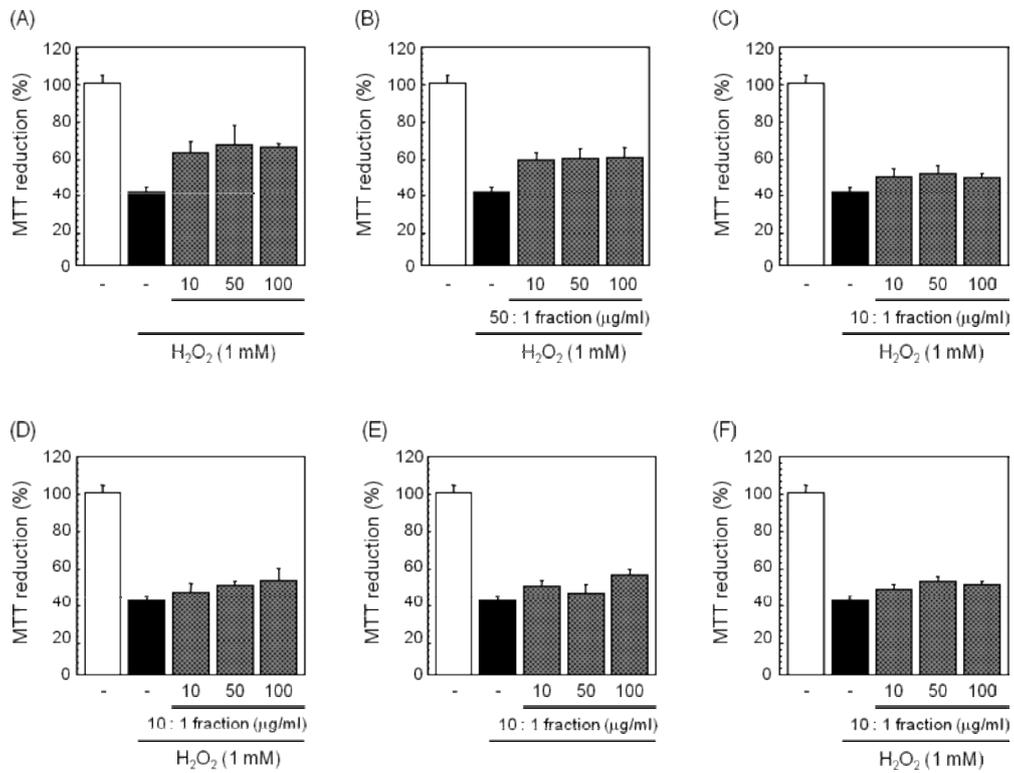


그림 2.26 직경 5 cm의 column을 이용한 땅콩나물 분획물의 활성 확인
(A) 100:1, (B) 50:1, (C) 20:1, (D) 10:1, (E) 5:1, (F) 1:1,

마지막으로 직경 5 cm 크기의 column을 이용하여 땅콩나물 diethyl ether층을 step-wise gradient 로 분리한 분획물을 MTT reduction assay를 통해 PC12 세포주에서 H₂O₂로 유도된 산화적 스트레스부터의 신경세포 보호효과를 확인하였다.

그림 2.26의 결과와 같이 H₂O₂를 단독처리하였을 때 PC12 세포주의 생존율은 40.3%로 떨어졌다. 그리고 각각의 분획물을 100 mg/ml로 세포주에 처리 하였을 때 생존율은 CHCl₃:MeOH 용매계로 100:1에서 65.3%, 50:1에서 59.5%, 20:1에서 48.3%, 10:1에서 52.3%, 5:1에서 55.2%, 1:1에서 49.7%로 100:1 분획물에서 높은 활성을 보였다.

위의 결과를 바탕으로 땅콩나물 분획물은 H₂O₂로부터 유도되는 산화적 스트레스 상태에서 PC12 세포를 보호하고 있는 것을 확인할 수 있었으며 column의 직경 크기 별로 활성의 차이가 없다는 것을 확인할 수 있었다.

(2) 땅콩나물의 활성성분을 활용한 발효음료 개발

(가) 발효음료 제조를 위한 조건

땅콩나물에 함유된 기능성 물질을 활용하여 시제품을 개발하고자 하여 먼저, 발효주제조를 위하여 조건 확립을 위한 실험을 진행하였다. 발효주의 원료미를 각 500 g을 세척하고 3시간 침지한 후 1 시간 물빼기를 하여 121°C에서 19분간 증자하고 실온에서 방냉하였다. 유리병에 증자미와 물 1000 ml와 곡자량을 50 g, 100 g, 150 g, 200 g으로 혼합하고 효모(*Saccharomyces cerevisiae* ATCC26422)는 총량의 0.1%를 혼합하여 28°C 항온실에서 발효하였다

(나) 곡자량에 따른 발효주제조 조건 확립

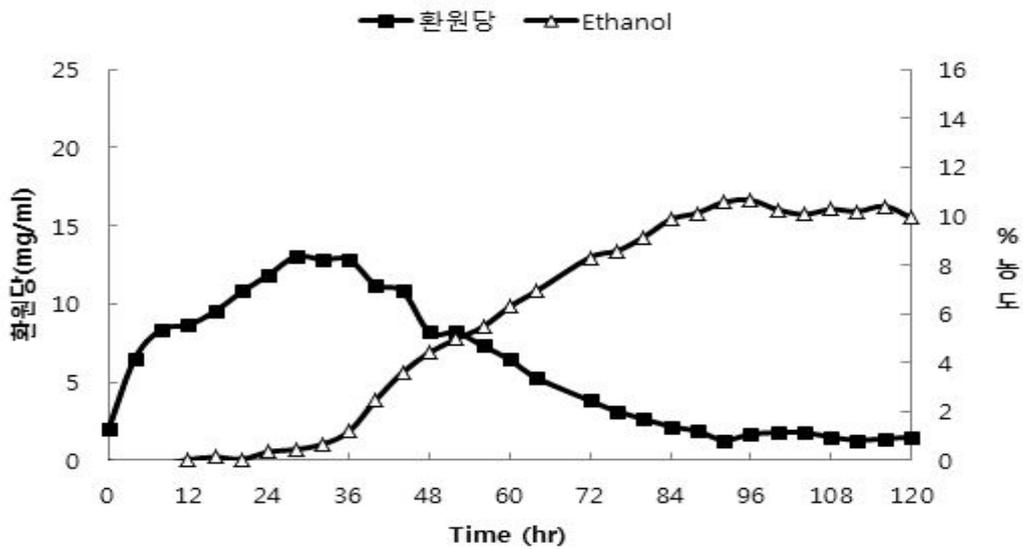
곰팡이가 전분을 분해하여 환원당을 생성, 또한 효모에 의해 환원당을 소비하여 ethanol을 생산할 것이라는 예측으로, 발효주제조에 곡자량의 최적조건을 확립하기 위해 먼저 곡자량을 50 g단위로 달리하여 발효주를 제조하였으며, 환원당 측정을 위해 Dinitrosalicylic acid method법에 따라 550 nm에서 흡광도를 측정하여 검량선을 작성하여 환원당을 정량하였다. 또한, ethanol의 생산량의 변화를 알아보기 위해, Ethanol kit (Roche, R-BIOPHARM Cat. NO. 10 176 290 035)를 이용하여 340 nm에서 흡광도를 측정하여 검량선을 작성한 후, ethanol을 정량하였다.

그림 2.27과 같이, 생산된 환원당을 보면, 곡자를 첨가할수록 환원당의 함량은 증가하며, 이후 생산된 환원당을 곡자내 야생효모에 의해서 환원당이 소모됨으로써, ethanol을 생산하였다. 또한 환원당의 생산량이 증가하다 약 24시간 후부터는 환원당이 감소하는 경향으로, 곡자내부의 곰팡이와 효모의 비에서 효모가 증가함에 따라 환원당을 소비하여 24시간 이후로 ethanol을 생성되는 시기를 예측할 수 있었다.

50 g, 100 g의 곡자를 첨가한 발효주의 ethanol 생산량 변화를 보면, 초기의 환원당이 많이 생산

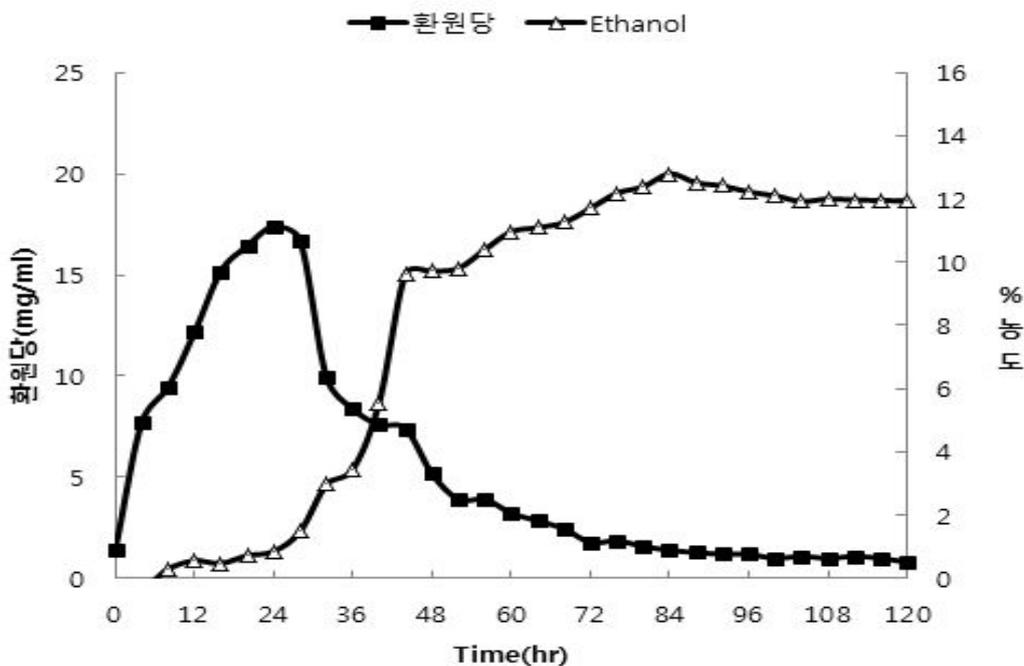
된 100 g의 곡자를 첨가한 발효주의 경우, ethanol 생산량이 최종적으로 약 12%에 도달하였으나, 초기의 환원당이 낮은 50 g의 곡자를 첨가한 발효주의 경우, 최종 약 10%의 ethanol을 생산하였다. 또한, 150 g의 곡자를 첨가한 발효주의 경우, 100g의 곡자를 첨가한 발효주보다 초기의 환원당이 더 높았으며, 최종적으로 약 13%의 ethanol을 생산하였다. 그러나 200 g의 곡자를 첨가한 발효주의 경우, 150 g의 곡자를 첨가한 발효주와 비교하였을 시, 큰 차이를 나타내지 못하였으므로, 곡자첨가량을 100 g부터 150 g 사이에 있을 것이라는 예측을 하였다.

(A)

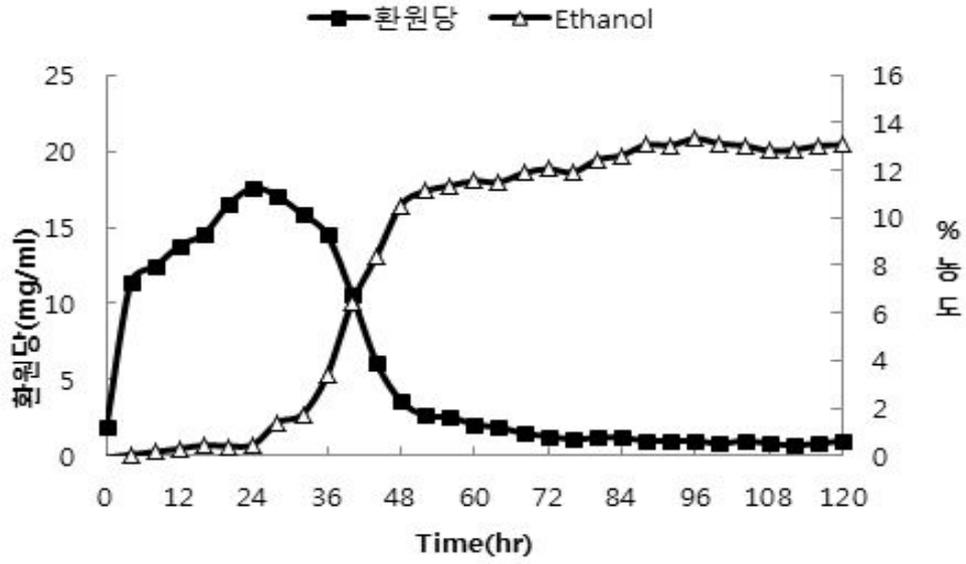


(A)

(B)



(C)



(D)

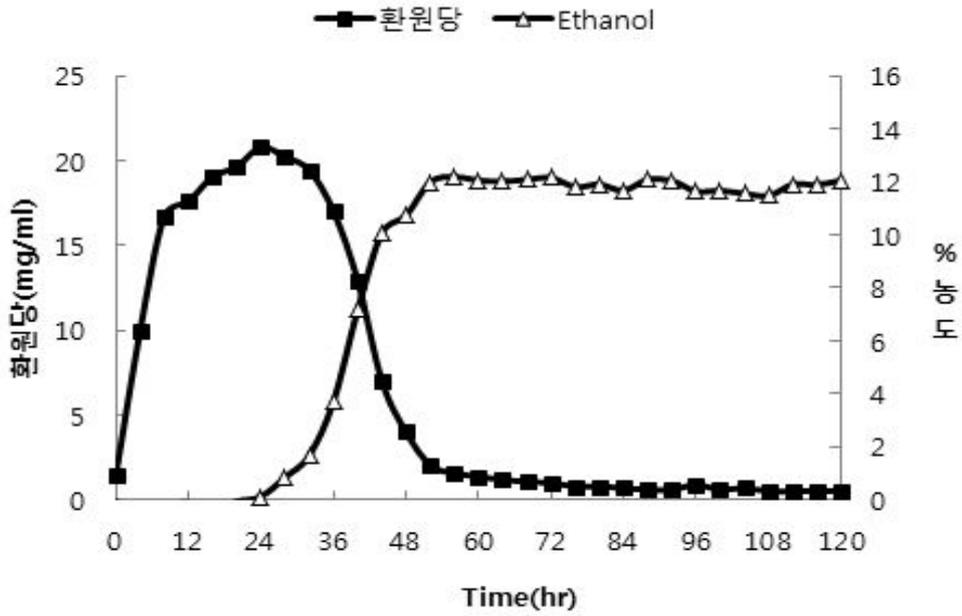
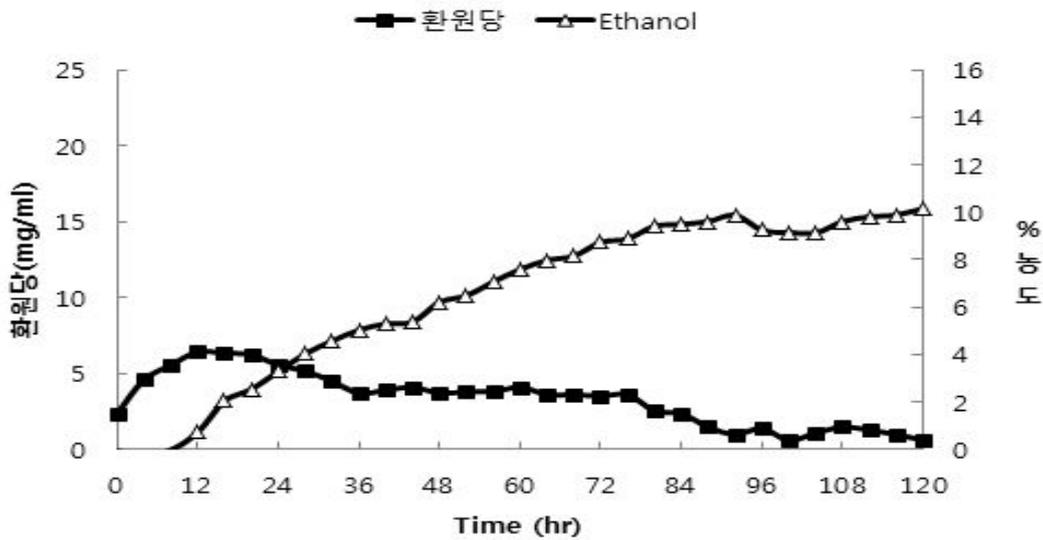


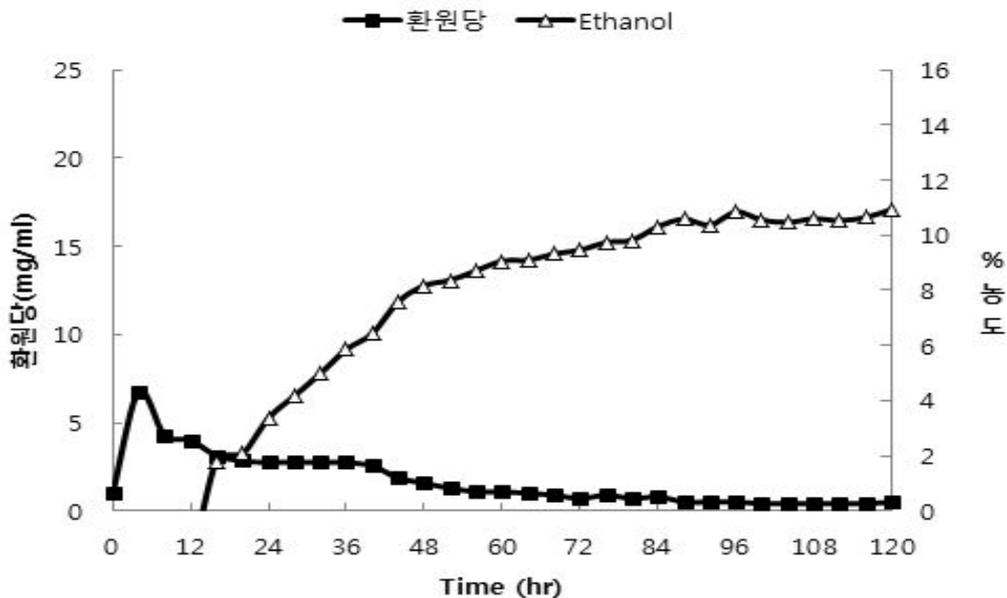
그림 2.27. 곡자량의 첨가에 따른 야생효모의 환원당과 ethanol 생산량 변화
(A) : 50 g (B) : 100 g (C) : 150 g (D) : 200 g

이 후, 효모의 접종에 따른 환원당의 변화를 알아보기 위해, 효모(*Saccharomyces cerevisiae* ATCC 26422)를 총량의 0.1% 접종하여 발효주를 제조하며 곡자량도 위의 실험과 동일하게 첨가하였다. 그림 2.28에서 보는 것과 같이 상대적으로 환원당의 최고 생산량은 효모를 혼합하지 않은 발효주보다 떨어지는 경향을 보였다. 이는 곡자내의 곰팡이가 생산한 환원당을 우선적으로 혼합한 효모(*Saccharomyces cerevisiae* ATCC 26422)에 의해 환원당이 소모되었음을 알았다. 또한, ethanol의 생산량은 접종하지 않은 발효주보다 ethanol의 생산시기도 비교적 빨라지는 경향을 볼 수 있었다. 이 결과를 통해서 ethanol의 생산을 증가시키기 위해서 환원당이 추가적으로 요구되므로 전분공급을 위해, 추가적인 담금 공정이 필요 할 것으로 예상된다.

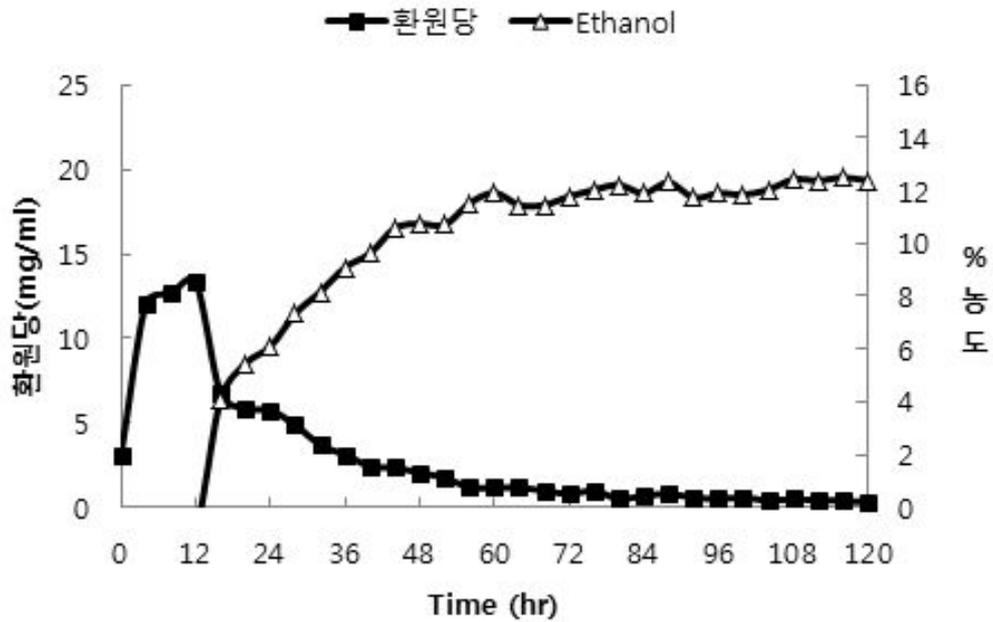
(A)



(B)



(C)



(D)

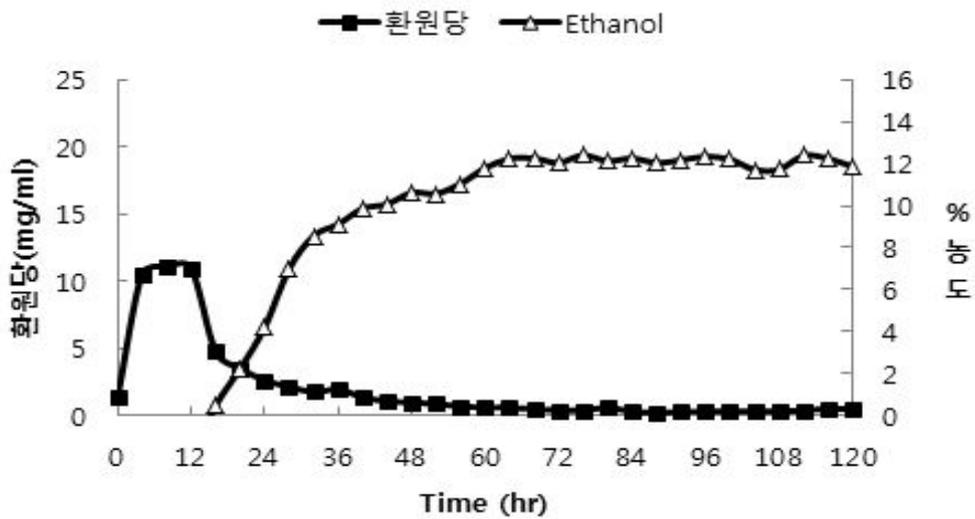


그림 2.28. 곡자량의 첨가에 따른 *Saccharomyces cerevisiae* ATCC 26422의 환원당과 ethanol 생산량변화

(A) : 50 g (B) : 100 g (C) : 150 g (D) : 200 g

곡자량의 최적조건을 찾기 위해, 110 g, 120 g, 130 g, 140 g으로 곡자량을 달리하여 발효주를 제조하였다. 그림 2.29에서 보는 바와 같이, 24시간부터 ethanol을 생산하기 시작하면서, 최종 약 11%의 ethanol을 생산하였다. 120 g의 곡자를 첨가한 발효주를 보면, 24시간째에, ethanol생산이 다른 발효주보다 적으나, 48시간 후부터 130 g 이상의 곡자를 첨가한 발효주와 비교하여 보면, 다른 발효주와 비슷하게 ethanol을 생산하였다. 이를 통하여, 땅콩나물을 첨가한 발효주제조에 있어서 1단 담금시곡자의 첨가량을 120 g으로 확립하였다.

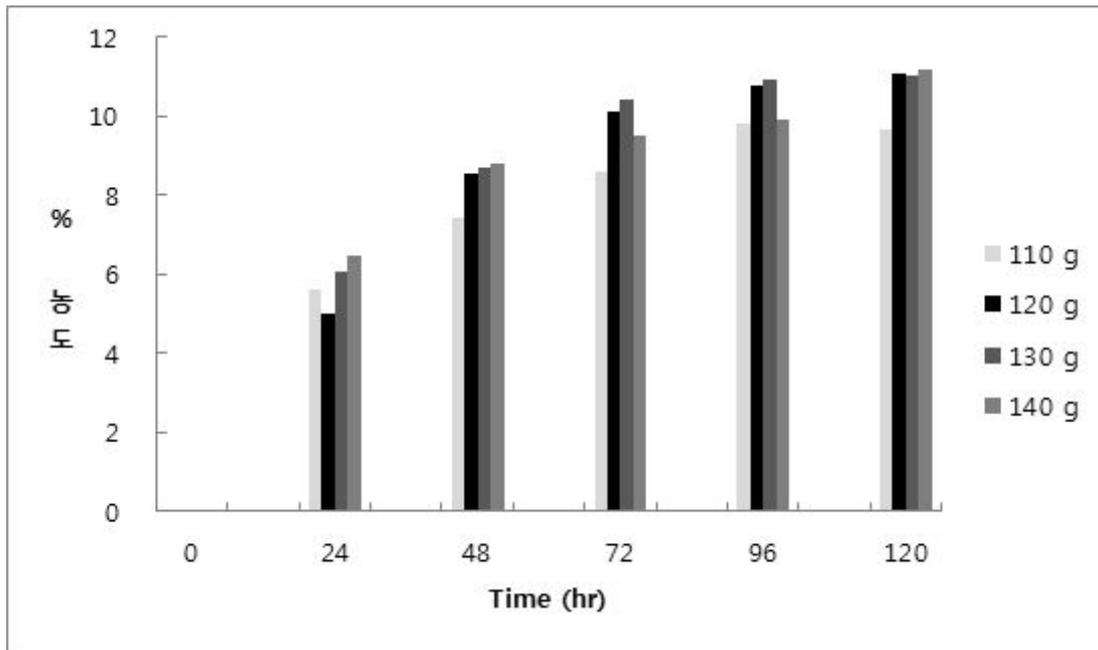


그림 2.29. 곡자량의 첨가에 따른 *Saccharomyces cerevisiae* ATCC 26422의 환원당과 ethanol 생산량변화

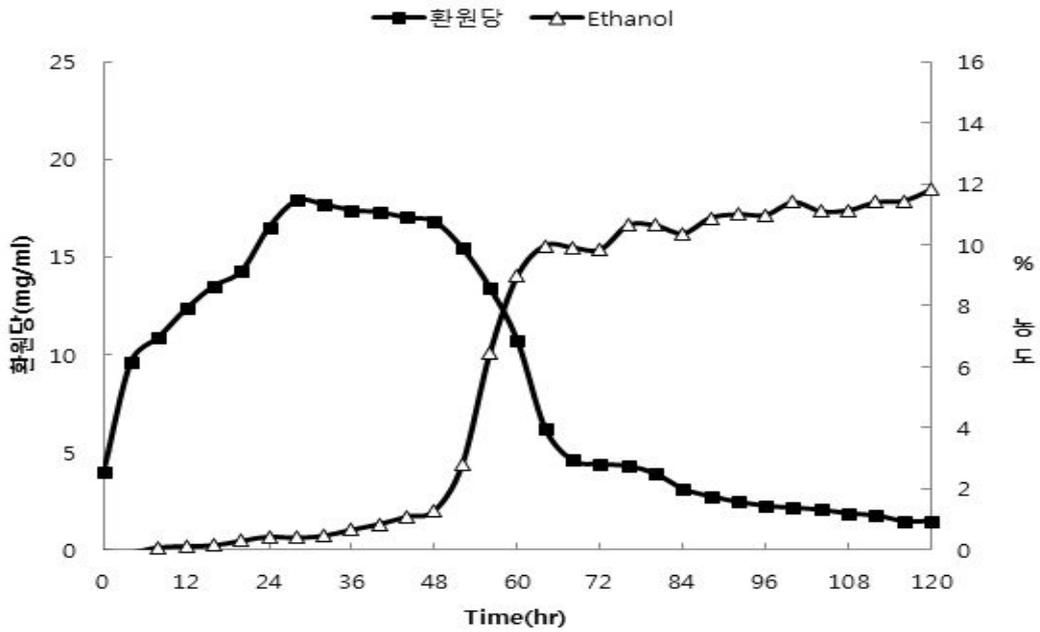
(A) : 110 g, (B) : 120 g, (C) : 130 g, (D) : 140 g

(다) 효모 접종량에 따른 발효주제조 조건확립

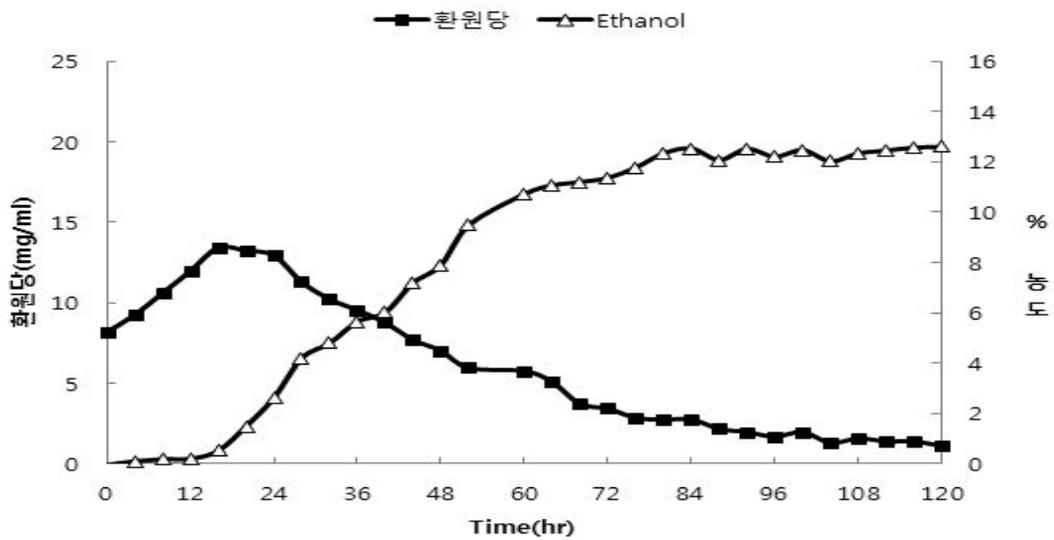
땅콩나물을 첨가한 발효주를 제조하기 위한 본 배양에서의 초기 효모균(*Saccharomyces cerevisiae* ATCC 26422)의 접종량이 ethanol발효에 미치는 영향을 조사하기 위하여 YPD배지에서 18시간 후 본 배양에 접종될 전 배양액의 첨가량에 따른 환원당과 ethanol생성함량을 비교하였다(그림 2.30). 접종량은 0%, 0.1%, 0.05%, 0.1%, 0.15%, 0.2%로 하였으며 28°C incubator에서 배양하였다. 0%와 0.05%의 전 배양을 접종한 발효주의 ethanol 생성함량을 비교하여보면, ethanol생성시기가 임의로 효모균을 접종하지 않은 발효주는 48시간 후부터 물질 생산기가 본격적으로 시작되었으나, 0.05%를 접종한 발효주에서는 12시간부터 물질 생산기가 시작되었다. 그리고 0.05%와 0.1% 접종한 발효주를 비교함으로써, 0.1%접종한 발효주가 ethanol을 더 많이 생성한다는 것을 알 수 있었다. 그러나 0.15%이상 전 배양을 접종한 발효주의 경우, 0.1%전배양을 접종한 발효주와 비슷한 ethanol 생산추

이를 보였다. 이는 배양조건에서 동일한 증자미를 첨가하였으며, 120 g의 곡자를 첨가하였기 때문에, 곡자내의 곰팡이가 생성하는 환원당이 한정되어 있으므로, 효모균을 많이 접종하였을 지라도 비슷한 ethanol함량을 생성한 것이라는 결과를 얻었다. 이로 인하여, 땅콩나물을 첨가한 발효주를 제조하기 위해, 앞으로 전 배양액을 0.1%로 접종하는 조건을 확립하였다.

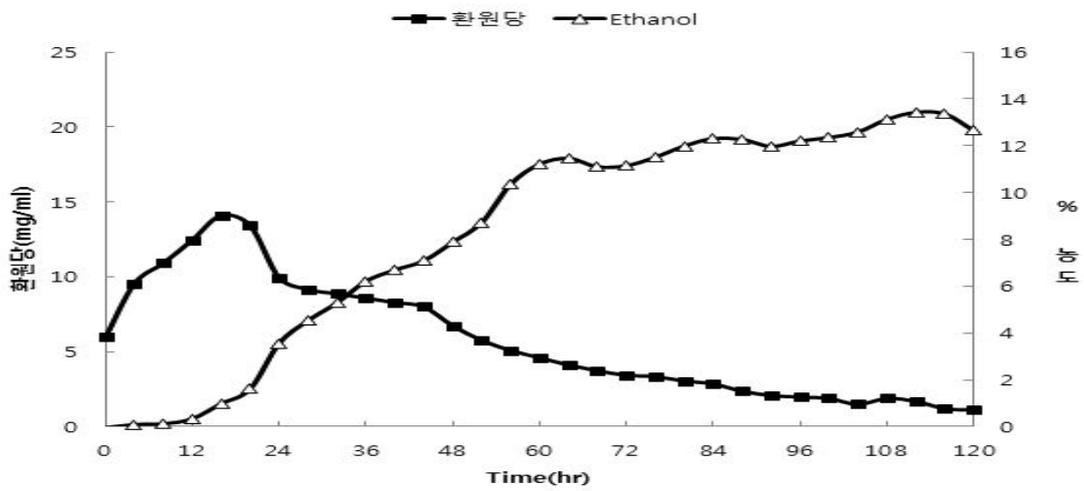
(A)



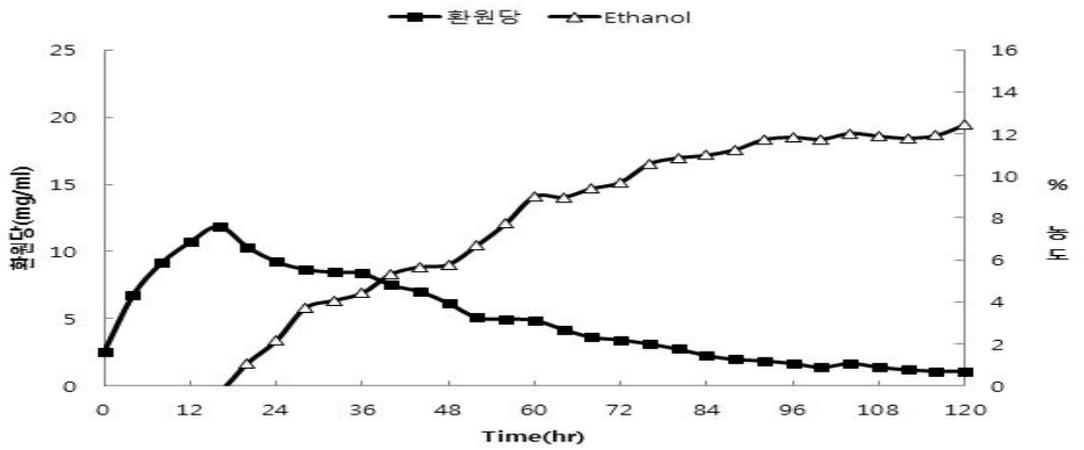
(B)



(C)



D



(D)

(E)

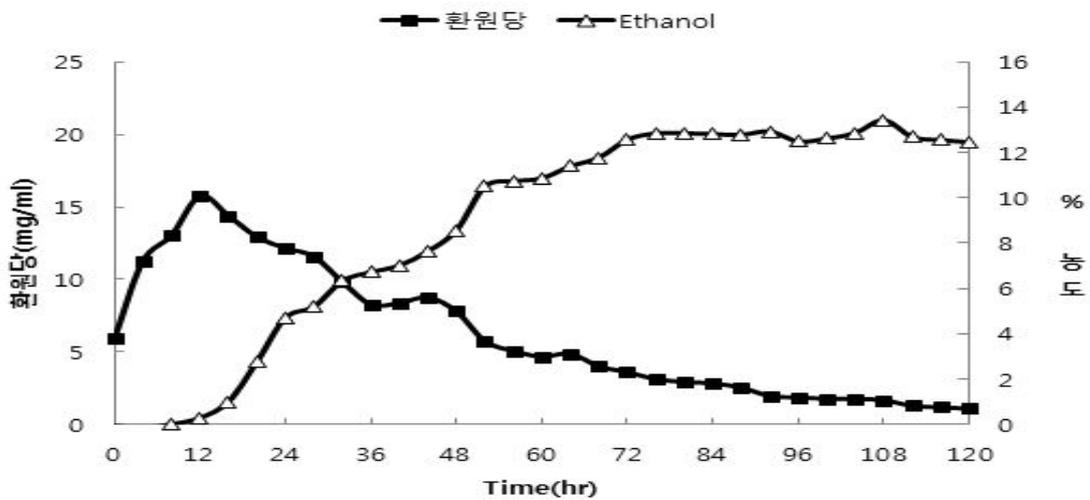
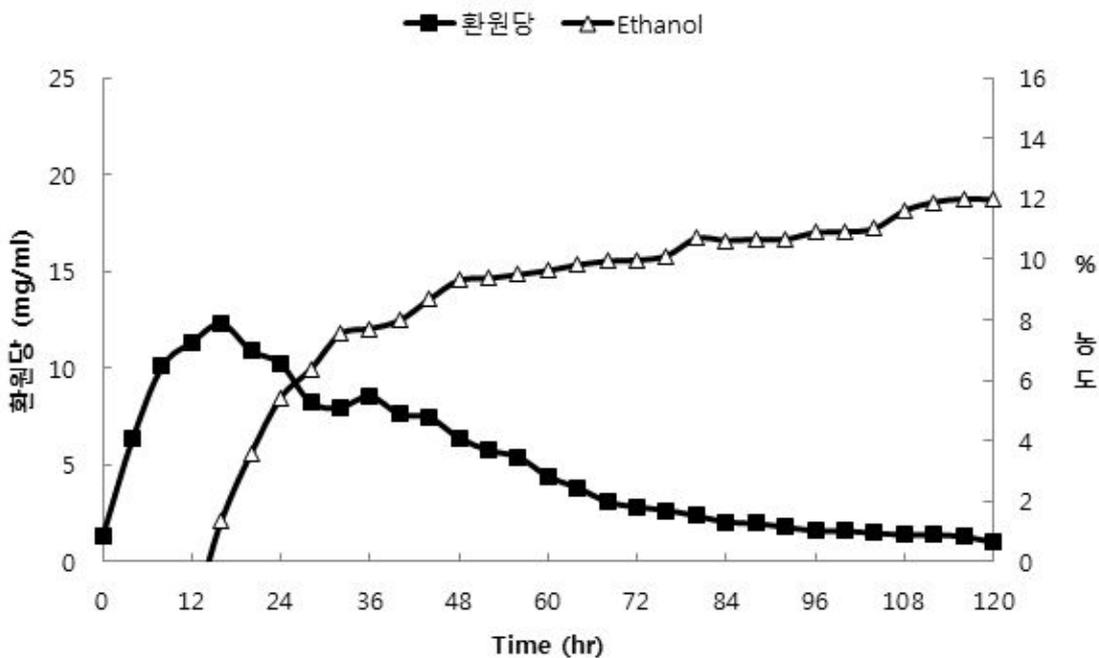


그림 2.30. *Saccharomyces cerevisiae* ATCC 26422의 접종량에 따른 환원당과 ethanol 생산량변화 (A) 0% (B) : 0.05% (C) : 0.1% (D) : 0.15% (E) : 0.2%

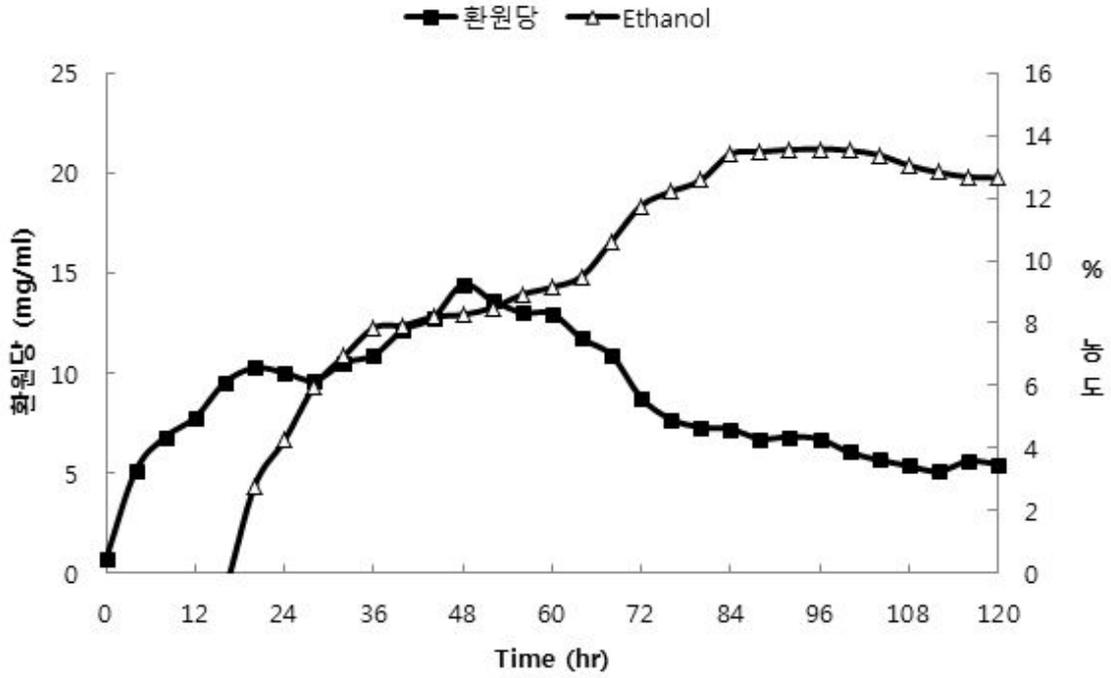
(라) 발효주제조를 위한 2단 담금시기 확립

땅콩나물을 첨가한 발효주를 제조하기 위해서, 초기에 공급해주는 원료미로는 ethanol을 12%이상 생성할 수 없다는 한계점에 부딪혔다. 이로 인해, 2단담금으로 1단담금의 원료미 첨가량의 60%를 2 단담금에서 추가적으로 공급 하였으며, 그 공급방법은 1단담금과 동일한 조건으로, 원료미를 세척하 고 3시간 침지한 후 1시간 물빼기를 하여 121℃에서 19분간 증자한 후, 실온에서 방냉하였다. 그 후, 2단담금시기를 결정하기 위해, 1일차, 2일차, 3일차, 4일차 증자미를 공급하여 120시간 배양함으 로써 환원당과 ethanol생성함량을 측정하였다. 1단담금만 실시한 발효주의 경우 12시간 이후부터 ethanol을 생성하기 시작하였으며, 최종 약 12%의 ethanol을 생성하였다. 그리고 각각의 시기는 다 르나 2단담금시기로부터 24시간후 소비되는 환원당에서 다시 환원당이 증가하는 추이를 관찰할 수 있었다. 이로 인해 추가적으로 공급되는 환원당으로 효모균이 ethanol을 생성하였으며, 1일차에 2단 담금을 실시하였을 경우, 84시간후는 약13%의 ethanol을 생성하였으나, 96시간 후, ethanol이 감소 하는 추이가 관찰되었다. 이는 4일차에 배양부터는 ethanol을 소모하여 미생물이 생육을 한 것이라 예상하였다. 2일차에 2단담금을 하였을 경우, 72시간 이후부터 12% 이상 ethanol을 생성하였으며, 최종 약 14%의 ethanol을 생성하였다. 3일차에 2단담금을 하였을 경우, 96시간 이부부터 약 12% 이 상 ethanol을 생성하였고, 4일차에 2단담금을 한경우 5일 이후부터 최종 14%의 ethanol을 생성하였 다. 이 결과를 통해, 땅콩나물을 첨가한 발효주를 제조하기 위해서 2단담금시기를 2일차에 실시하는 것을 확립하였다(그림 2.31).

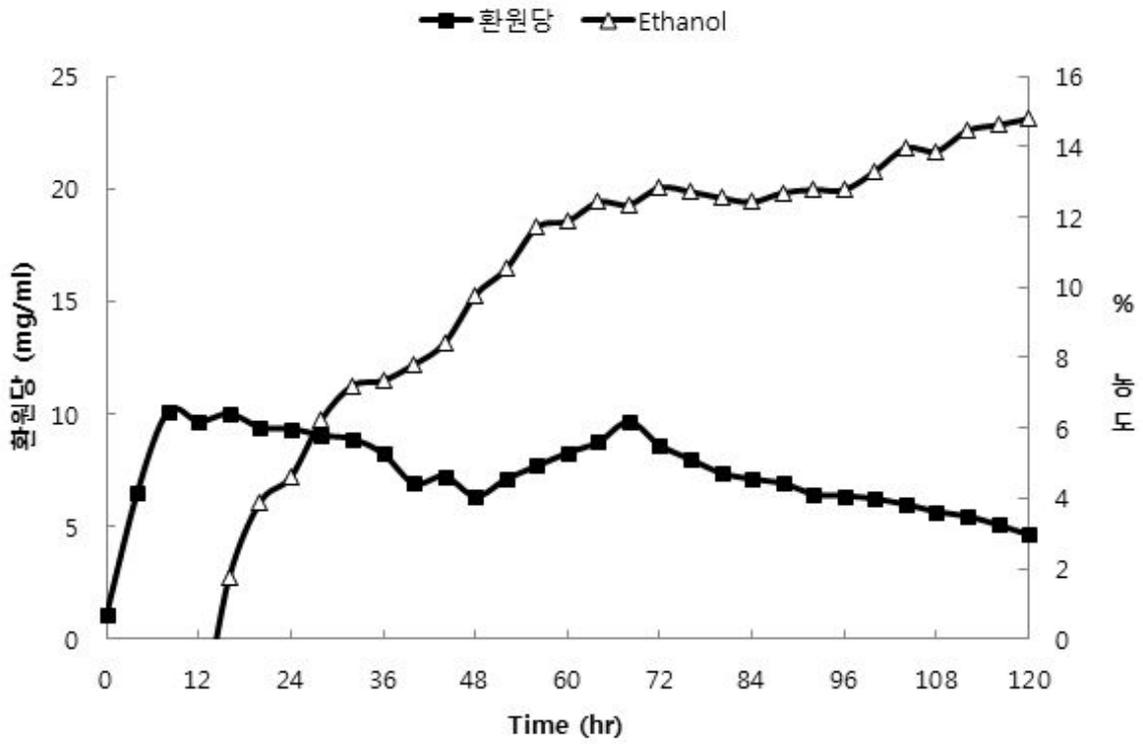
(A)



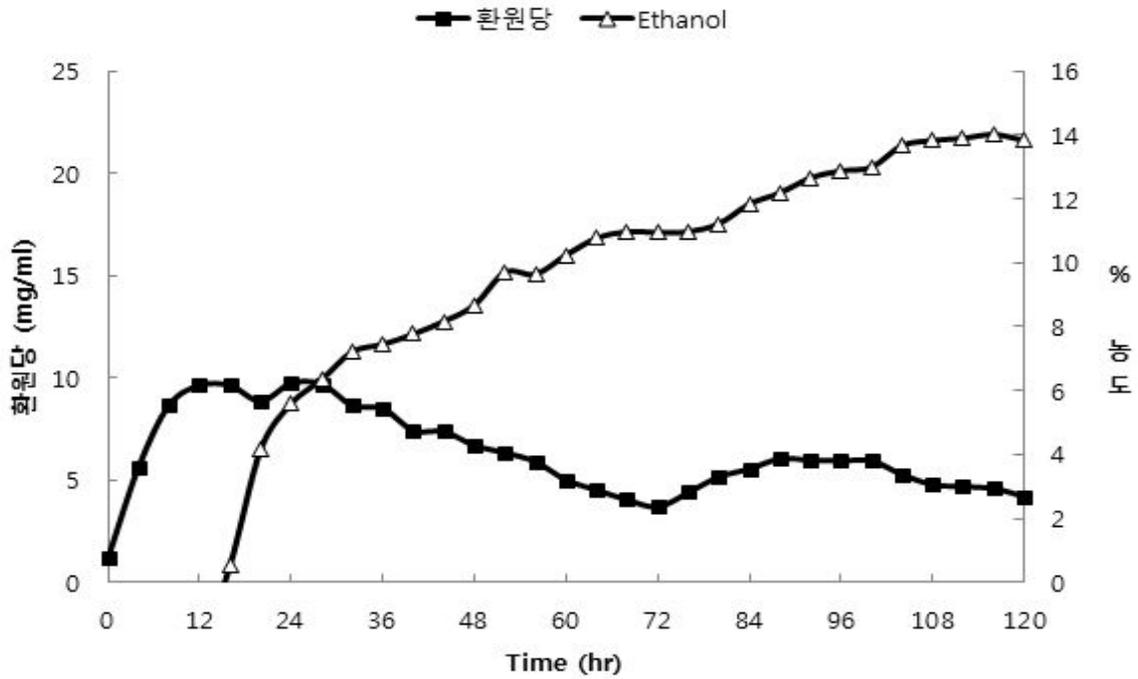
(B)



(C)



(D)



(E)

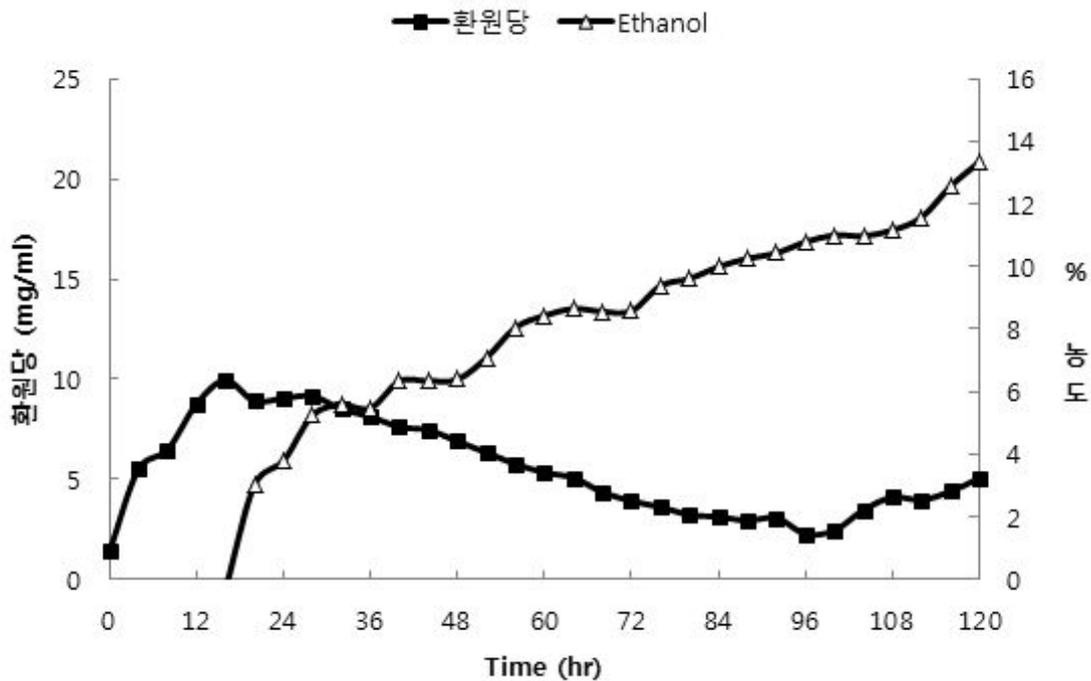


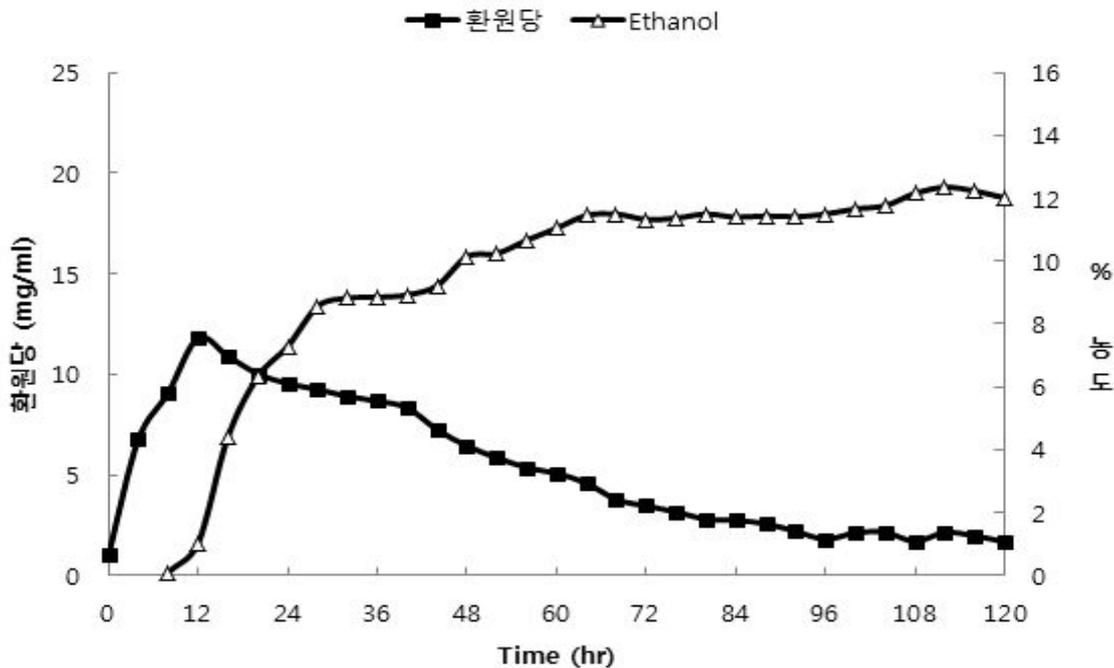
그림 2.31. 2단담금시기에 따른 환원당과 ethanol 생산량변화

(A) 1단담금 (B) : 1일차 2단담금 (C) : 2일차 2단담금 (D) : 3일차 2단담금 (E) : 4일차 2단담금

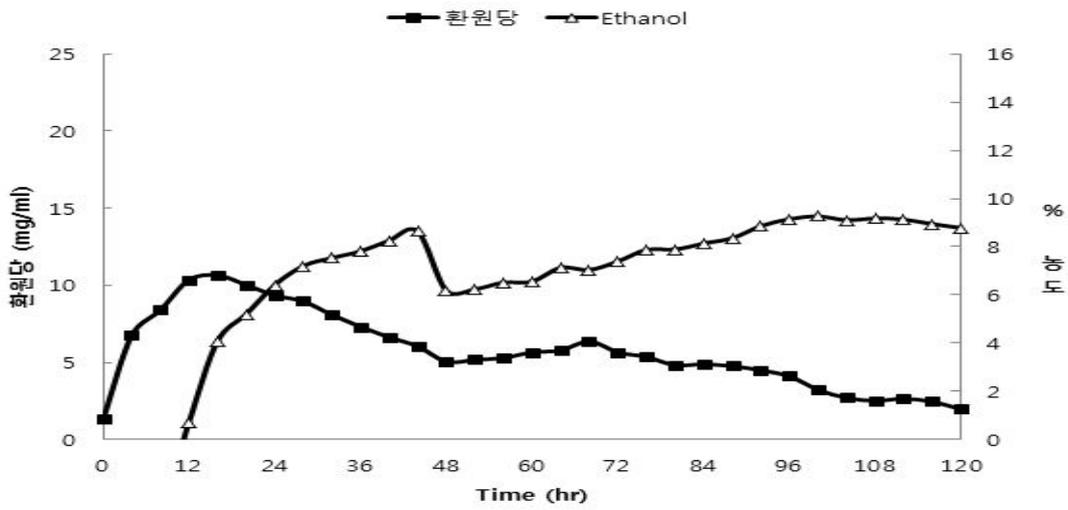
(마) 2단담금시 곡자량에 따른 발효주제조 조건 확립

2단담금시 증자미와 곡자를 함께 첨가한 다면 환원당의 생성이 증가됨으로써, ethanol의 함량도 증가될 것이라는 가정하에, 곡자량을 10 g, 20 g, 30 g, 40 g, 50 g 으로 달리하여 2단담금을 하였고, 용수로서 1단담금시 공급한 양의 60%를 2단담금에 추가적으로 공급하였다. 그 후, 28℃ incubator에서 120시간 배양하였다. 앞에서의 실험과 동일하게 control로서 1단담금만 행하였을 시 ethanol을 최종 약 12%생성하였으나, 2단담금을 시행한 발효주의 환원당과 ethanol의 생성된 함량은 달랐다. 10 g의 곡자를 첨가 하였을 시, 2단담금시기에는 추가적으로 공급된 용수로 인하여 48시간에 ethanol이 희석된 결과를 보였으나, 실제적으로 생성된 ethanol의 함량은 최종부피비로 계산하였을 시, 1단담금보다 더 높은 ethanol을 생성한 결과를 얻을 수 있다. 곡자의 첨가량을 늘릴수록 최종 ethanol의 함량이 증가되었다. 그러나 40 g과 50 g의 곡자를 첨가하여 2단담금을 한 발효주의 경우, 최종 생성된 ethanol의 경우, 약 12%이상의 ethanol을 생성함으로써 비슷한 추이를 보였다. 이로 인하여, 땅콩나물을 첨가하여 발효주를 제조하기위해, 2단담금시 곡자를 40 g첨가하는 것으로 최종적으로 확립하였다.

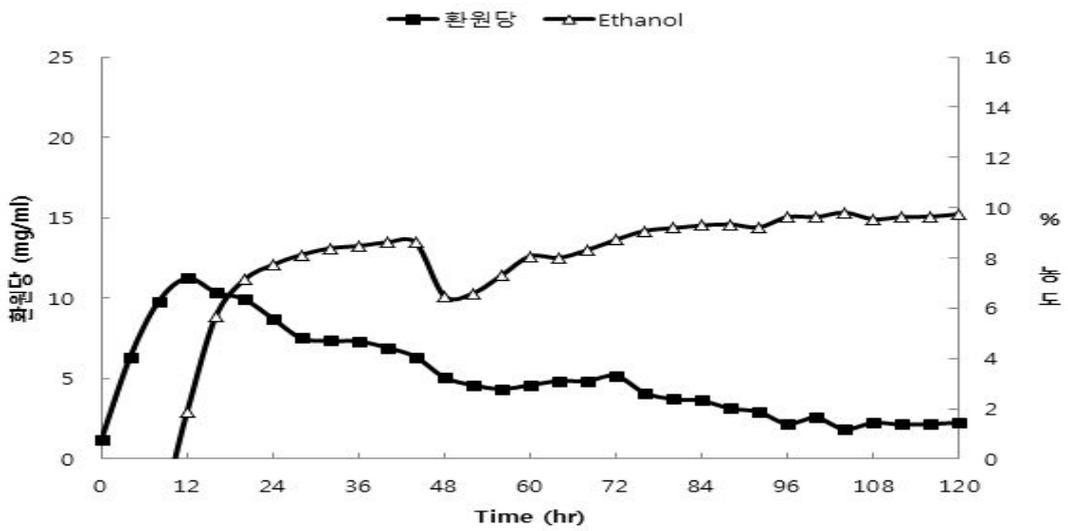
(A)



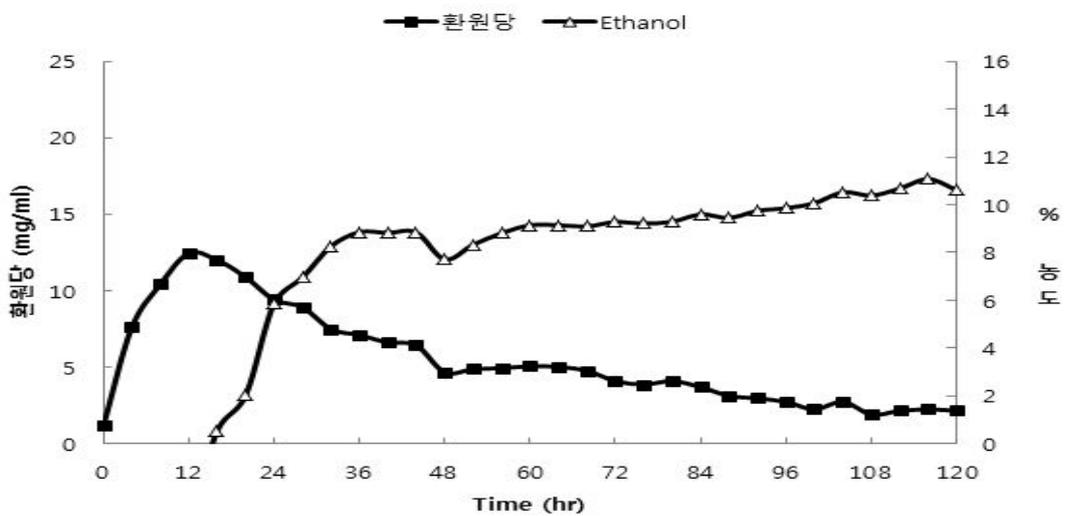
(B)



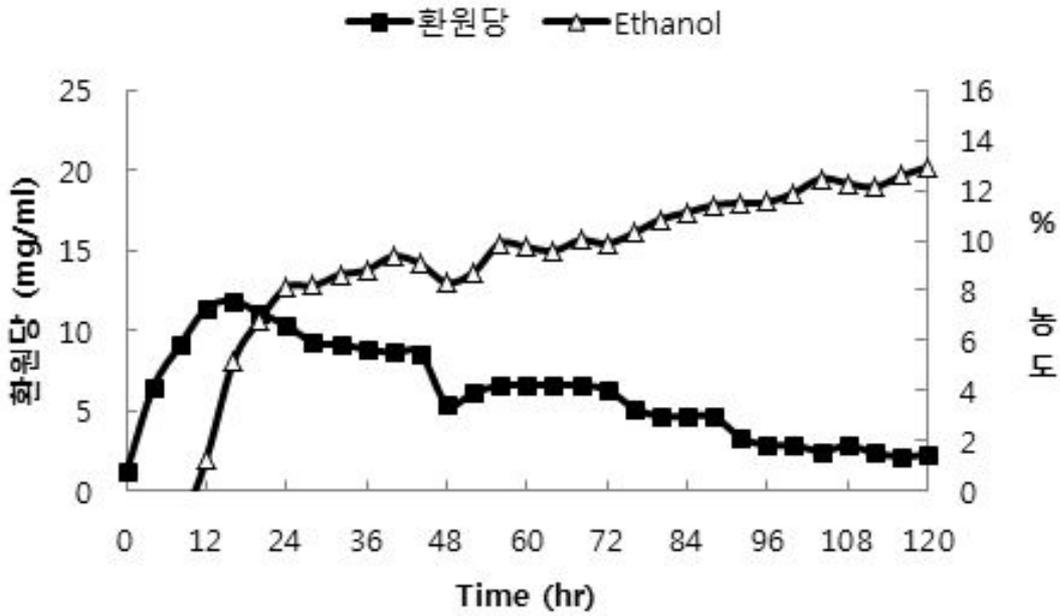
(C)



(D)



(E)



(F)

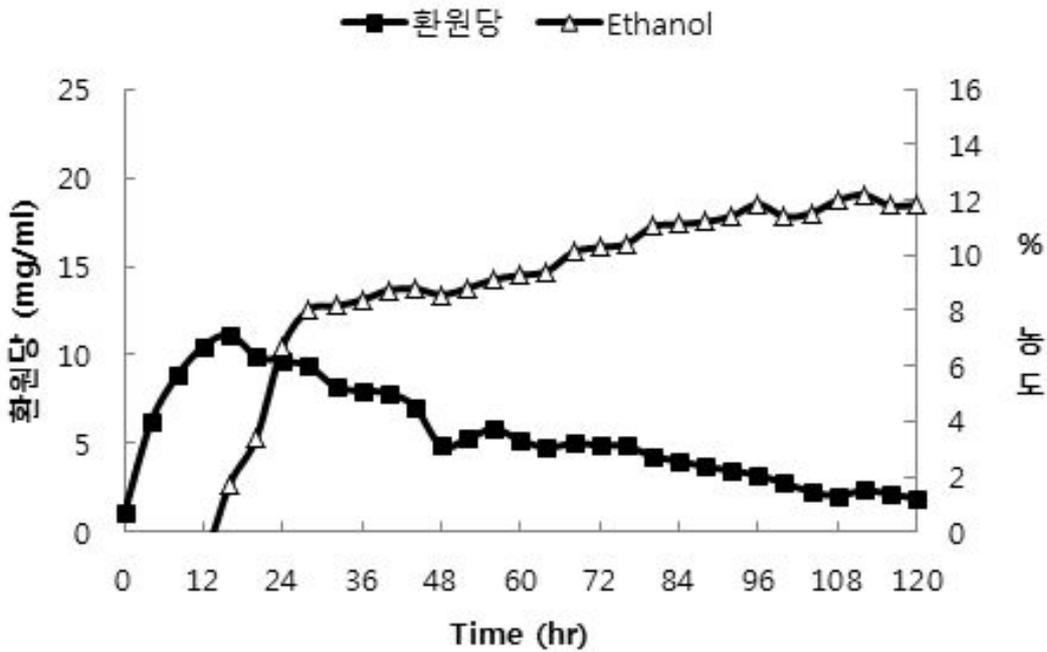


그림 2.32. 2단담금시기에 따른 환원당과 ethanol 생산량변화

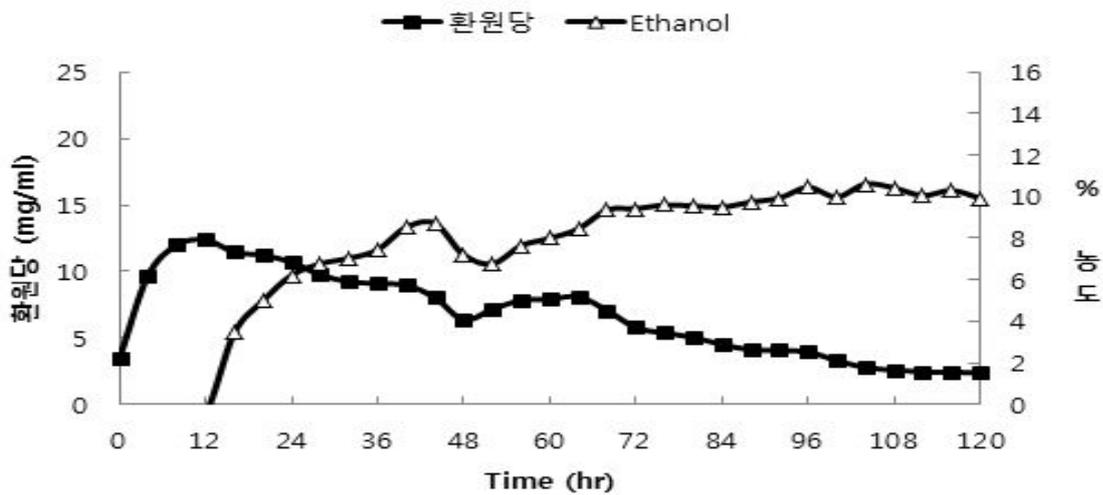
(A) 1단담금 (B) : 2단담금시 곡자 10 g 첨가 (C) : 2단담금시 곡자 20 g 첨가 (D) : 2단담금시 곡자 30 g 첨가, (E) : 2단담금시 곡자 40 g 첨가 (F) : 2단담금시 곡자 50 g 첨가

(바) 땅콩나물 첨가에 따른 발효주의 성분변화

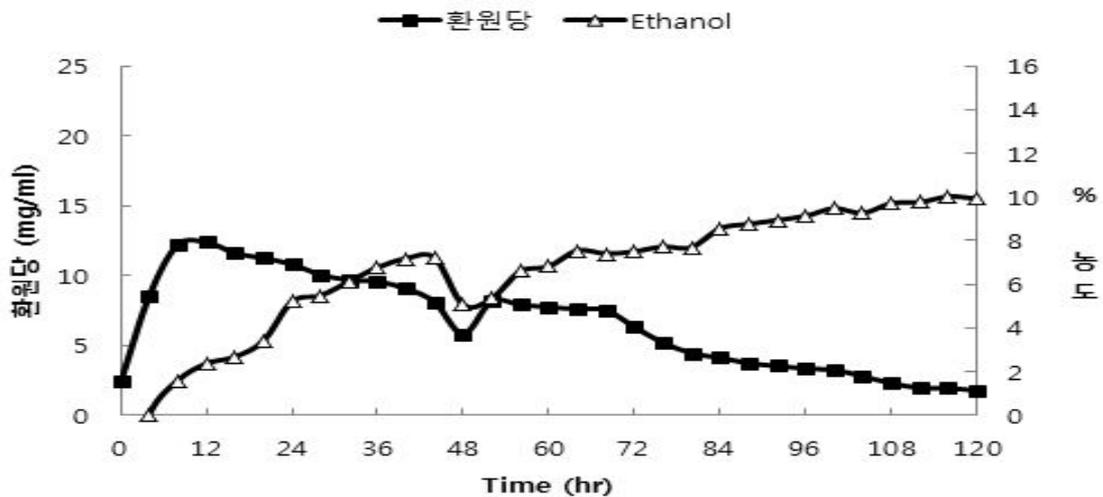
상기 실험의 결과에서 얻어진 1단담금시의 곡자첨가량, 효모접종량, 2단 담금시기, 2단담금시의 곡자첨가량으로 최적의 발효주제조를 위한 발효조건을 확립하였다. 그 후 땅콩나물을 첨가한 후, 환원당과 ethanol의 함량의 변화를 알아보기 위해, 땅콩나물의 양을 달리하여 발효주를 제조해 보았다. 땅콩나물시료는 0.1% 식염수에 3시간 침지후, 흐르는 물에 3번 세척한 뒤, 동결건조로써 건조시켰다. 그 다음, 배양초기에 원료미의 1%, 2%, 3%, 4%, 5%첨가 하여 땅콩나물을 첨가한 발효주를 28℃ incubator에서 배양하였다.

땅콩나물의 첨가로 인하여 환원당과 ethanol의 함량에 영향이 있을 것이라 사료되었으나, 땅콩나물을 %별로 증가함에도 불구하고 최종 약 10%의 ethanol을 생성하였다. 이로써 땅콩나물의 첨가가 ethanol의 생성에 영향을 끼치지 않는다는 것을 확인하였다(그림 2.33).

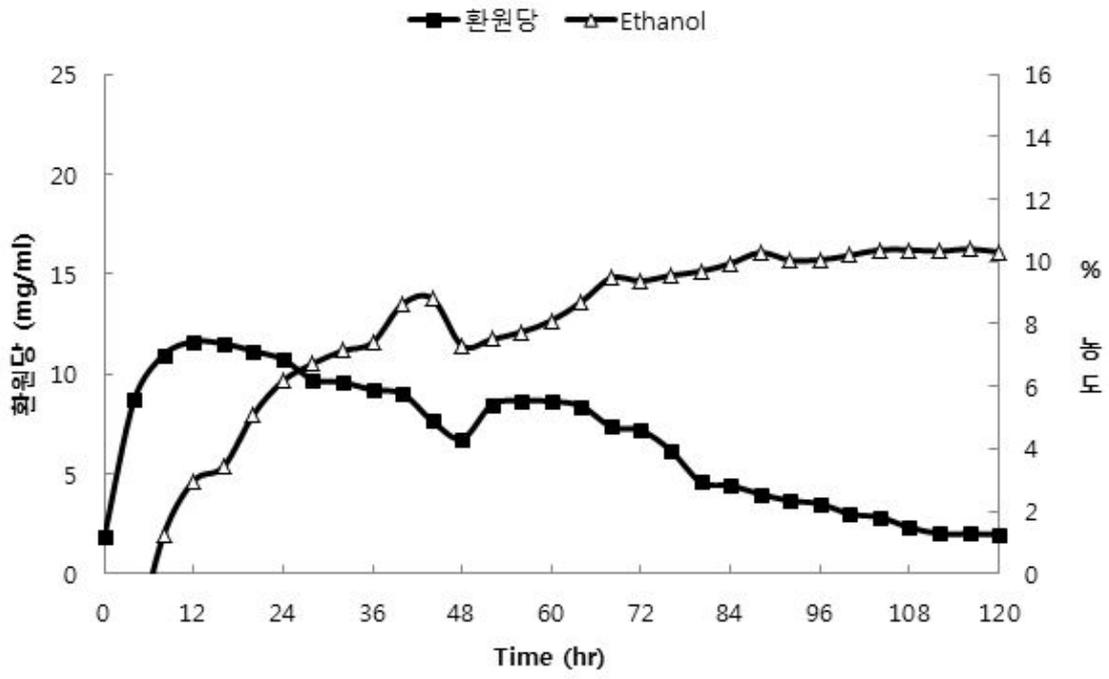
(A)



(B)

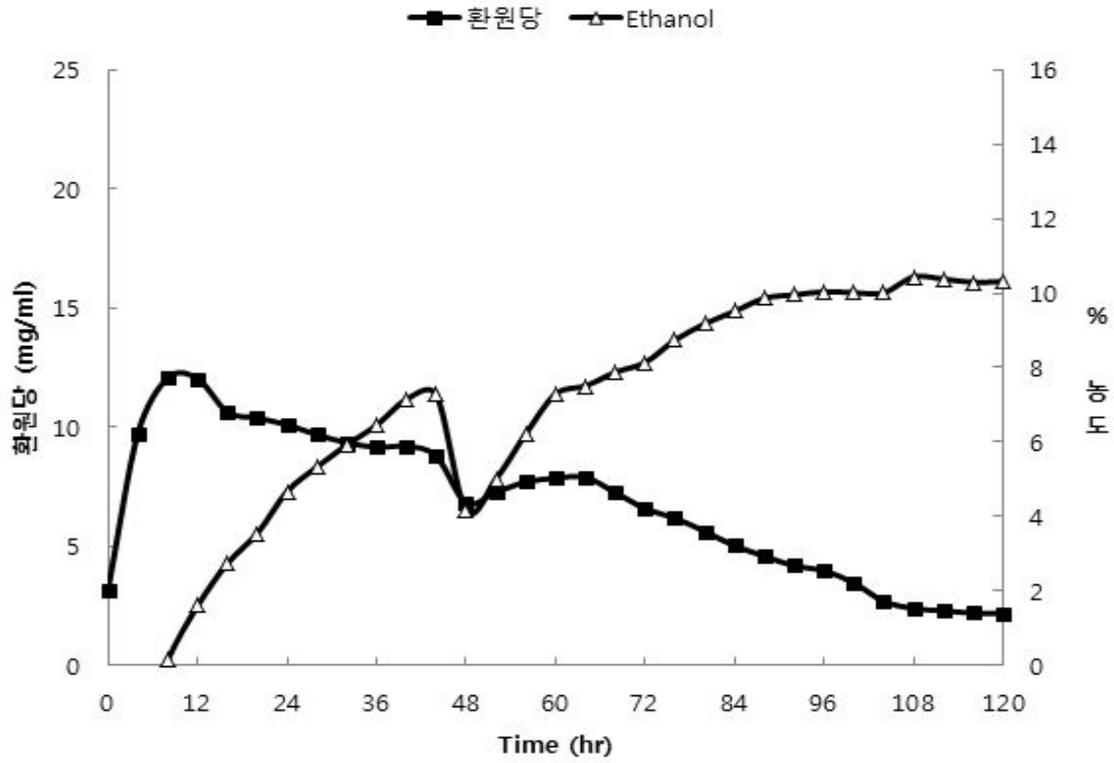


(C)

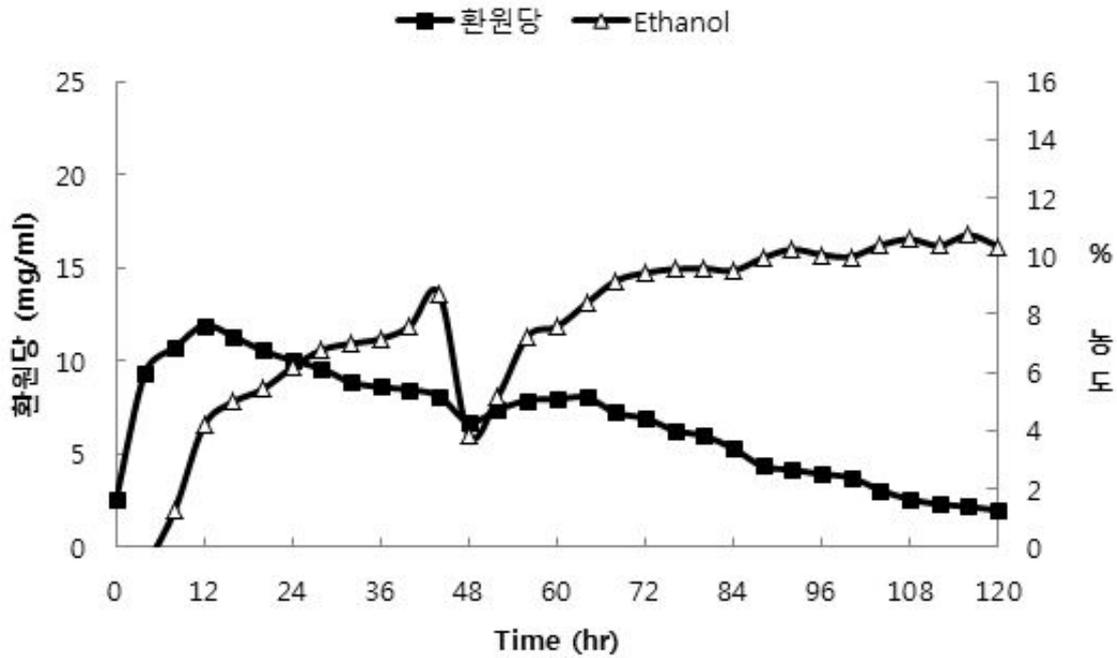


(C)

(D)



(E)



(F)

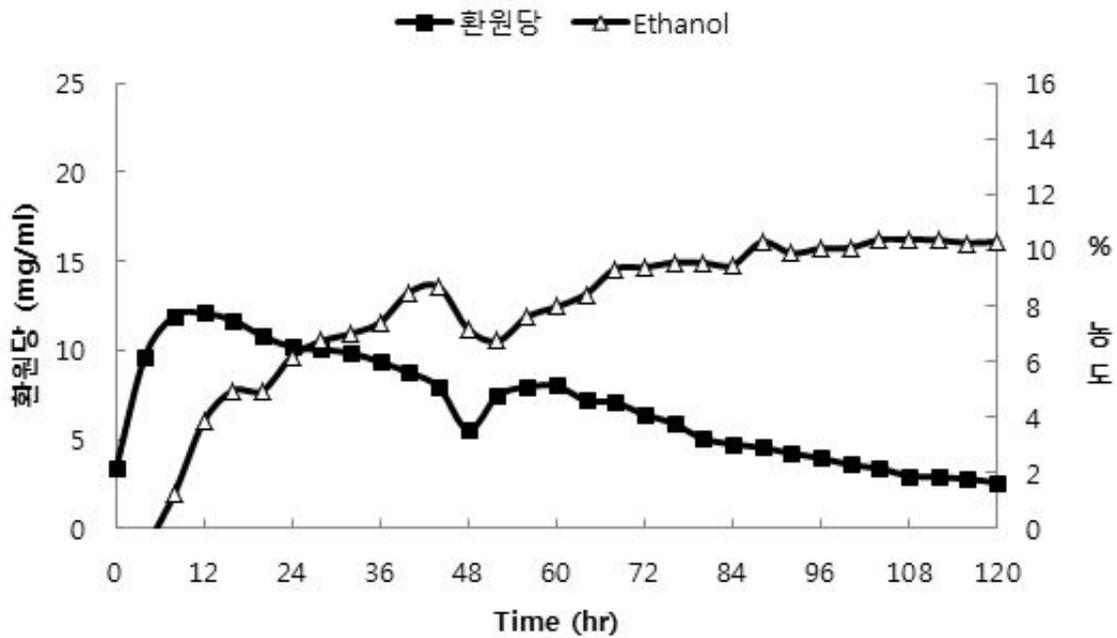
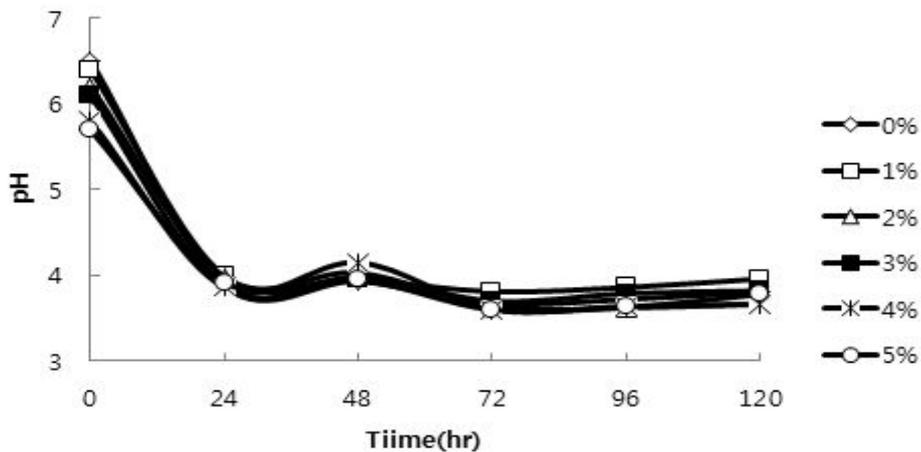


그림 2.33. 땅콩나물첨가에 따른 환원당과 ethanol 생산량변화
(A) 0% (B) : 1% (C) : 2% (D) :3%, (E) : 4% (F) : 5%

또한 pH와 총산을 측정하기 위해, pH는 pH meter (CG842, Schott Glas Mainz, Germany)를 사용하여 측정하였으며, 총산도는 시료 10 ml를 취해 페놀프탈레인 지시약 2~3방울 가해 0.1N NaOH용액으로 중화 적정하여 젖산함량(%)으로 환산하였다.

발효 기간동안 땅콩나물을 첨가한 발효주의 pH는 그림 2.34와 같다. 배양 1일째에 pH가 현저하게 낮아지는 경향을 보였으며, 최종 pH는 3.6-3.81로 땅콩나물을 첨가하지 않은 발효주와 비교하였을 때, 현저한 차이를 나타내지 않았다. 총산도의 경우의 경우도 시간이 경과함에 따라 증가 하였으나, 각각의 성분별의 큰차이는 보이지 않았으며, 최종 총산도는 0.8~0.9%이었다. 총산은 주로 누룩이나 원료에서 유래되며 발효가 진행되면서 효모, 젖산균 등의 미생물의 작용으로 생성된 각종 유기산들이 총산의 함량을 증가한 것으로 판단되며, 총산 함량이 증가하나 pH가 후기엔 더 이상 낮아지지 않는 이유로는 단백질 분해로 아미노산이 증가하여 완충능력을 높여주었기 때문이라고 보고되어 있으며, 본 실험 결과와 일치하는 경향을 나타내었다.

(A)



(B)

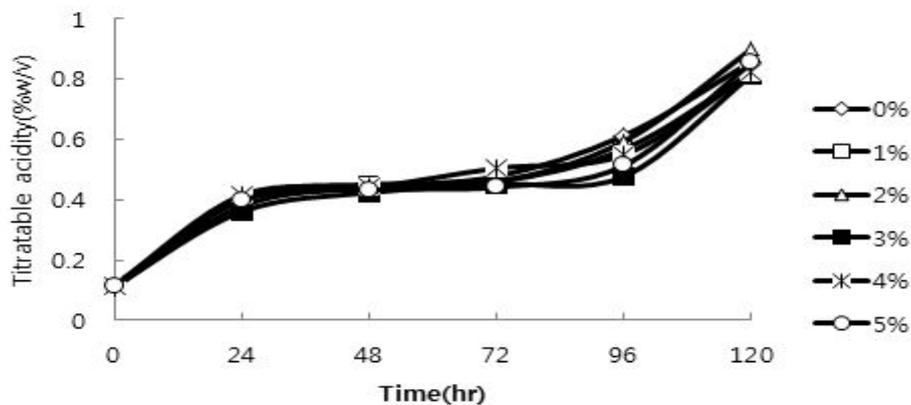


그림 2.34. 땅콩나물첨가에 따른 땅콩나물첨가 발효주의 pH와 총산도의 변화

(A) pH (B) : 총산도

당도는 당도계(GMK-703F)로 측정하였다. 발효 기간에 따른 당도 변화는 그림 2.35와 같다. Brix 당도는 담금 직후 1.8~2.2 Brix이었으며, 발효 1일 후 각 땅콩나물의 %별 당도는 10.0~10.7 Brix로 최대값을 나타냈고, 발효 2일째 에는 용수가 첨가됨으로써, 당도가 감소된 경향을 보였으며, 발효최종 당도는 8.8~9.9 brix이었으며, 땅콩나물을 첨가한다고 해서 당도가 상승하지는 못하였다. 각 농도별 땅콩나물 첨가 발효주들을 최종 ethanol농도를 6%로 맞추어 향과 맛을 보았는데 3%의 땅콩나물까지는 발효주와 땅콩나물의 향과 맛이 어울렸으나, 4%이상이 될시 땅콩나물 특유의 냄새가 강해지며 맛도한 쓴맛이 더 강하였다. 이로 인해 3%의 땅콩나물을 첨가하는 것을 최적조건으로 확립하였다.

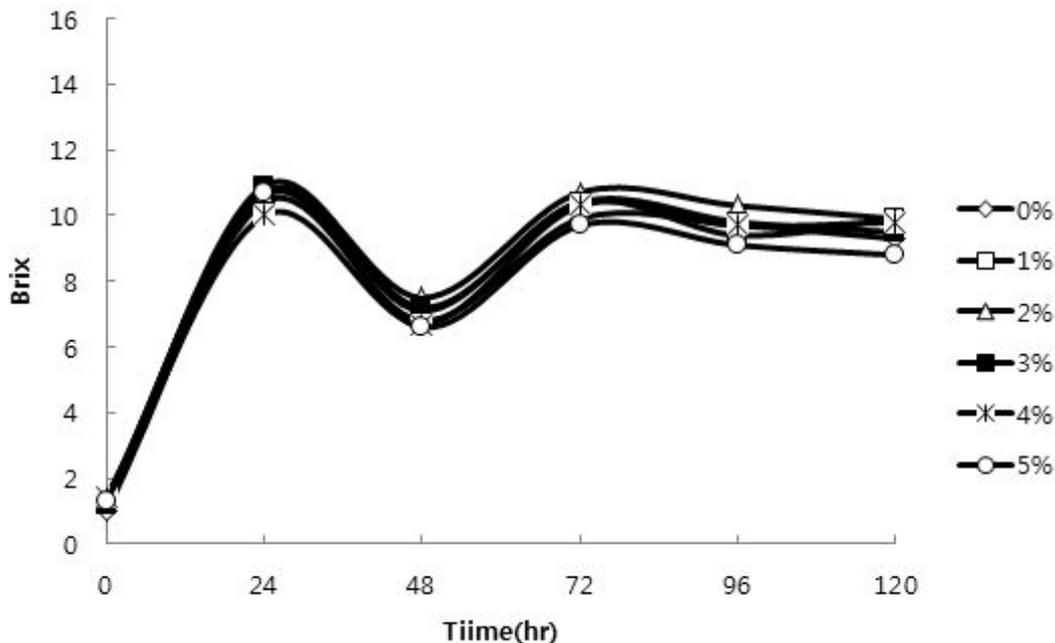


그림 2.35. 땅콩나물첨가에 따른 당도의 변화

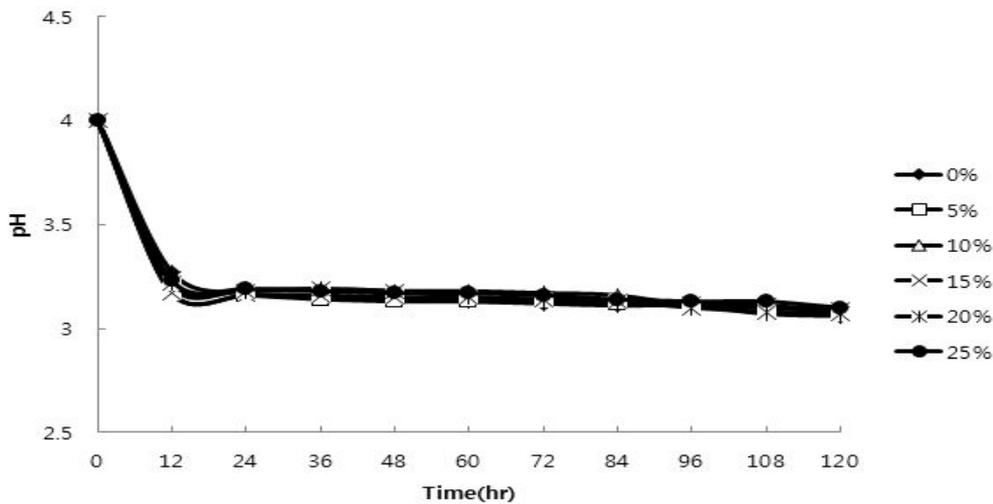
(3) 땅콩나물의 활성성분을 활용한 발효초 개발

식물성 재료를 이용한 발효식초의 제조는 알코올발효 후 초산발효법과 알코올추출 후 초산발효법이 있으나 전자의 경우 복발효법에 의하여 각종 이취의 생성과 경제적 이유로 추출 후 발효법을 하는 것이 관례로 알려져 있다. 따라서 본 연구에서는 알코올 추출 후 초산발효법을 이용하기로 하였다. 종균 *Acetobacter aceti* KCCM12654를 계대배양하여 총 초산 생성능이 높고 우수한 생육을 보이는 변이주(Mut-1)를 이용하여 땅콩나물의 농도를 달리한 땅콩나물첨가 발효초를 제조하였다. Mut-1 균주 분리용 배지에서 균주 배양 후 전배양 M2배지에 pH4의 조건에서 48시간 배양하였다. 본배양은 최적발효조건에서 초기산도만 pH4로 조절하여 배양을 하였다. 땅콩나물 에탄올추출법은 실온 처리로 하여 주정 50%에 각 양과(% , w/v)의 농도에 따른 초산생성함량을 알아보았다.

땅콩나물의 농도 0, 5, 10, 15, 20, 25% (w/v) 각각 첨가하여, pH와 초산생성함량 변화를 그림 9에 나타내었다. pH는 pH meter (CG842, Schott Glas Mainz Germany)를 사용 측정하였으며, 총 산도는 시료 10 ml를 취해 페놀프탈레인 지시약 2~3 방울 가해 0.1N NaOH 용액으로 중화 적정하여 초산함량(%)으로 환산하였다

pH는 땅콩나물첨가 농도에 따라 특이적인 차이는 없었으며, 12시간 까지, 급격하게 감소하는 경향을 보였으며 .12시간 이후부터는 완만한 감소를 보였으며, 5일째에,pH는 3.07~3.09 이었다. pH와 반비례관계인 초산생성함량은 0%에서 12시간부터 증가하여 5일째 최고치 5.01%, 5%는 5일째 5.13%,10%는 5일째 4.75%, 15%는 5일째4.77%, 20%는 5일째 5.23%, 25%는 5일째 5.01%를 생성하였다. 20%의 경우, 2일째까지는 다른 농도와 비슷한 초산생성경향을 보이며, 2일째 후, 다른 농도보다 초산을 더 많이 생성한 결과를 나타내었으며, 이러한 결과로 인해, 땅콩나물을 첨가한 발효초의 땅콩나물첨가량은 20% (w/v)로 확립하였다.

(A)



(B)

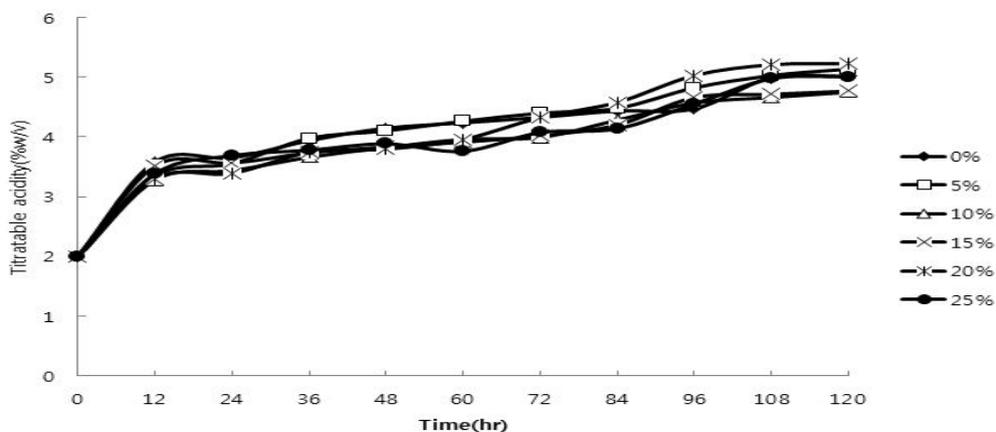


그림 9. 땅콩나물첨가에 따른 땅콩나물 발효초의 pH와 총산도의 변화

(A) pH (B) : 총산도

4. 참고문헌(Reference)

1. Penugonda, S., S. Mare, P. Lutz, W. A. Banks and N. Ercal. 2006. Potentiation of lead-induced cell death in PC12 cells by glutamate: Protection by N-acetylcysteine
2. Federico, H., M. Vanesa, G. S. Guillermo, R. B. Jezabel, A. Isaac and R. Carmen. 2007. Melatonin prevents glutamate-induced oxytosis in the HT22 mouse hippocampal cell line through an antioxidant effect specifically targeting mitochondria. *J. Neurochem.* **100**, 736-746.
3. Choi, B. H., E. M. Hur, J. H. Lee, D. J. Jun and K. T. Kim. 2005. Protein kinase Cd-mediated proteasomal degradation of MAP kinase phosphatase-1 contributes to glutamate-induced neuronal cell death. *J. Cell. Sci.* **119**, 1329-1340.
4. Lim, C. S., D. Q. Jin, J. Y. Sung, J. H. Lee, H. G. Choi, I. Ha and J. S. Han. 2006. Antioxidant and anti-inflammatory activities of the methanolic extract of *Neorhodomela aculeate* in hippocampal and microglial cells. *Biol. Pharm. Bull.* **29**, 1212-1216.
5. Kim, B. M., Y. J. Choi, Y. Han, Y. S. Yun and S. H. Hong. 2009. N,N-dimethyl phytosphingosine induced caspase-8-dependent cytochrome c release and apoptosis through ROS generation in human leukemia cells. *Toxicol. Appl. Pharm.* **239**, 87-97.
6. Kim, M. H., S. Uehara, A. Muroyama, B. Hille, Y. Moriyama and D. S. Koh. 2008. Glutamate transporter-mediated glutamate secretion in the mammalian pineal gland. *J. Neurosci.* **28**, 10852-10863.
7. Wang, F., F. Gao, M. Lan, H. Yuan, Y. Huang and J. Liu. 2009. Oxidative stress contributes to silica nanoparticle-induced cytotoxicity in human embryonic kidney cells. *Toxicol. In Vitro.* **22**, 808-815.
8. Cho, C. H., S. K. Kim, G. Yoo, M. H. Son, K. Park, B. L. Lim, D. C. Kim and H. J. Chae. 2008. Resveratrol extraction from grape fruit stem and its antioxidant activity. *J. Korean Soc. Appl. Bil. Chem.* **51**, 11-16.
9. Marambaud, P., H. Zhao and P. Davies. 2005. Resveratrol promotes clearance of Alzheimer's disease amyloid- β peptides. *J. Biol. Chem.* **280**, 37377-37382.
10. Kim, W. J., J. Y. Park, Y. K. Park, H. S. Chung, K. C. Lee and H. K. Lee. 1997. Effects of calcium, Mugesium, and calcium chelating agent on recovery from hypoxia in hippocampal tissue slices. *J. Korean Neurosurg. Soc.* **26**, 491-498.
11. Hamberg M (1983). A novel transformation of 13-LS-hydroperoxy-9,11-oxtadecadienoic acid. *Biochim. Biophys. Acta.*, 752:191-197.
12. Kurihara H, Fukami H, Asami S, Toyoda Y, Nakai M, Shibata H, Yao XS (2004). Effects of oolong tea on plasma antioxidative capacity in mice loaded with restraint

- stress assessed using the oxygen radical absorbance capacity (ORAC) assay. *Biol. Pharm. Bull.*, 27(7):1093-1098.
13. Cao G, Sofic E, Prior RL (1997). Antioxidant and prooxidant behavior of flavonoids: structure-activity relationships. *Free Radical Biol. Med.*, 22(5):749-760.
 14. Collins AR, Dusinská M, Gedik CM, Stetina R (1996). Oxidative damage to DNA: Do we have a reliable biomarker? *Environ Health Perspectives.*, 104: 465 - 469.
 15. Deutsch JC (1998). Ascorbic acid oxidation by hydrogen peroxide. *Anal Biochem.*, 255:1-7.
 16. Hirayama O, Nakamura K, Hamada S, Kobayasi Y (1994). Singlet oxygen quenching ability of naturally occurring carotenoids. *Lipids.*, 29(2):149-150.

제3 세부과제 : 땅콩나물 대량생산 및 건강지향적 제품개발

1. 국산 땅콩을 이용한 땅콩나물 생산용 최적 품종 선발

가. 재료 및 방법

(1) 재료

국내 땅콩 종자는 농림부에 발표한 국내 주요도별 땅콩 생산량 통계자료(Table 3.1)를 토대로 2009년도에 수확된 충북, 경북, 전북 땅콩을 구입하여 사용하였다. 국외 땅콩 종자는 국내에서 가장 많이 수입되는 2009년 중국 땅콩종자를 구입하였으며, 베트남 땅콩은 베트남 땅콩 종자를 국내에서 2년 동안 재배한 땅콩을 구입하여 본 연구에 사용하였다.

(2) 땅콩 발아

충북, 경북 및 전북 땅콩종자를 발아시키기 위하여 종피가 파괴된 종자 및 이물질 등을 제거하고 외관상 형태가 좋은 땅콩을 200 개를 선별하여 수돗물에 하루 동안 침지 시킨 후 자동재배기를 이용하여 주수는 3시간 간격으로 온도(20, 25 및 30℃) 및 날짜별(3일, 6일 및 9일) 로 재배하여 동결 건조기를 수분을 제거 시킨 후 -20 ℃ 냉동고에 보관하면서 본 실험에 사용하였다.

Table 3.1. 국내 주요도별 땅콩 생산량

구분	국내 주요 생산지(천M/T)				
	경기	충남	전북	경북	충북
'1992	6.3	2.7	2.7	2.6	2.5
'1995	3.7	2.7	3.3	2.8	2.5
'1999	1.6	1.7	3.5	2.4	1.2
'2002	0.8	3.0	2.5	2.1	0.9
'2004	0.5	1.0	1.4	3.4	0.5
'2006	0.7	0.8	1.4	1.9	0.5

자료 출처: 작물통계 각 연도(농림부), '99-2006

나. 결과

국내산 3개 품종을 25℃온도에서 땅콩의 재배 일수에 따른 발아율을 측정된 결과는 Fig. 3.1 과 Table 3.2와 같다. 국내산 품종 중 경북 땅콩종자는 발아 2일부터 양쪽으로 발아되기 시작하였으며, 3일째 발아율이 79.8%로 다른 품종보다 발아율이 현저히 높았다. 또한 6일부터 뿌리 부분 및 줄기 부분이 확연히 눈으로 확인 되었으며, 쌍떡잎 부분 및 잔뿌리 부분이 생성되었으며, 9일째는 모든 부위가 완전하게 생성되었다. 한편 충북 및 전북 땅콩 종자는 3일째부터 발아율이 각각 39, 38.5%로

경북 땅콩 종자보다 발아율이 떨어졌으며, 재배 일수가 증가되어도 그 발아율이 높게 나타나지 않았다. 따라서 국내산 땅콩의 최적 품종은 경북 땅콩이었으며, 온도 25℃에서 9일 동안 재배 하였을 때 발아율이 가장 높았다.

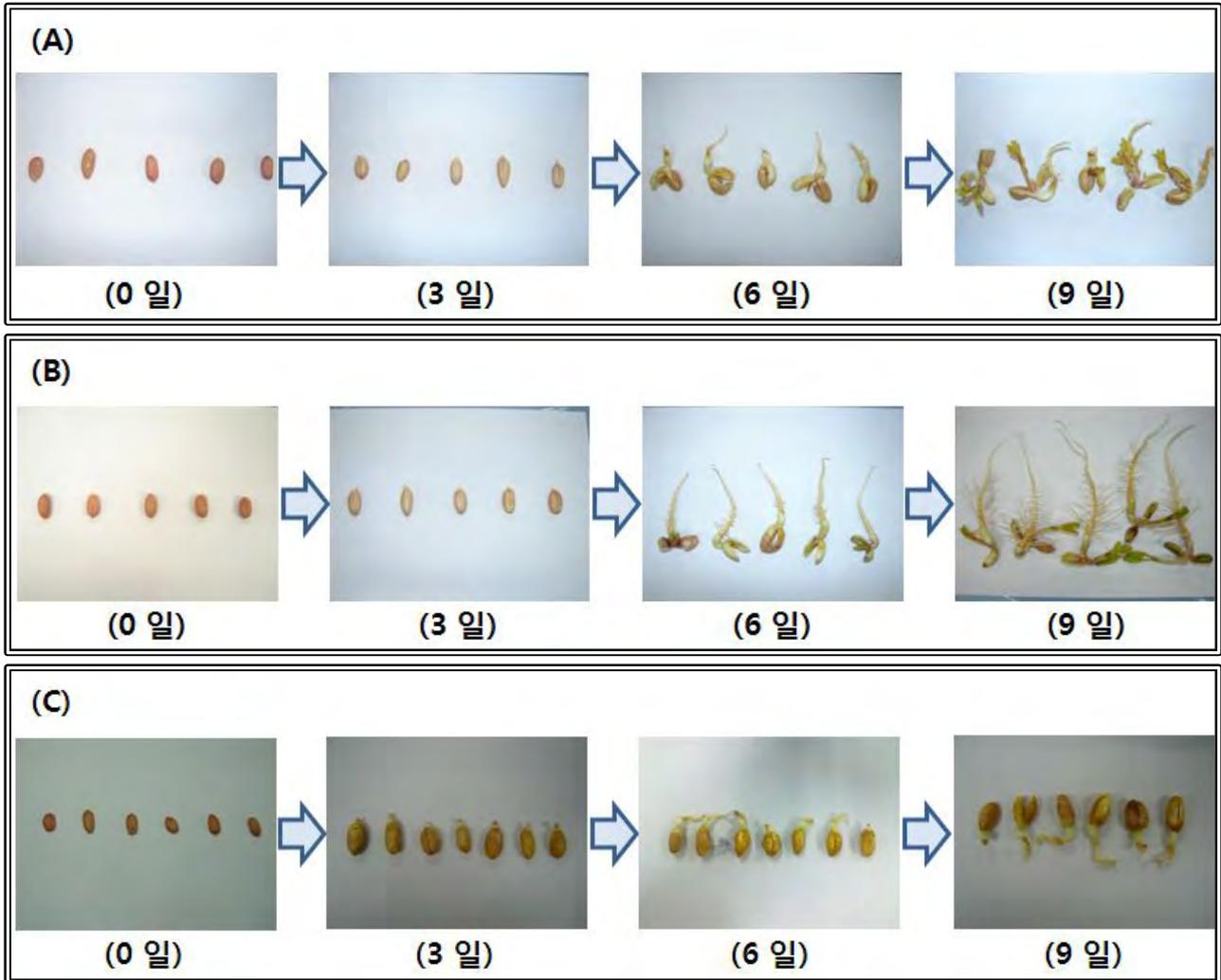


Fig. 3.1. 국내산 땅콩의 날짜(3, 6, 9일)에 따른 발아율 (A) 충북, (B) 경북, (C) 전북

Table 3.2. 재배일수(1, 3, 6, 9일)에 따른 국내산 땅콩의 발아율

(발아온도, 25℃)

품종	발아율 (%)			
	1 일	3 일	6 일	9 일
충북 (수집종)	0	39.4±0.2	40.8±0.1	50.1±0.2
경북 (수집종)	0	79.8±0.3	94.5±0.2	98.9±0.2
전북 (수집종)	0	38.5±0.1	41.2±0.3	45.5±0.2

2. 땅콩 원산지(국가별)에 따른 유용영양성분 분석

가. 경북, 중국 및 베트남 땅콩 종자 발아 조건 검색

국내산 땅콩 중 최적 품종으로 선별된 경북 땅콩과 중국 및 베트남 땅콩 종자의 발아조건을 확인할 결과는 Fig. 3.2 와 같다. 중국 땅콩종자는 3일째 발아율이 38.5% 이었으나 재배일수(6, 9일)가 증가되어도 발아율이 거의 증가하지 못하였다. 반면, 베트남 땅콩은 경북 땅콩종자 발아율과 거의 비슷하게 나타났다. Fig. 3.2에서 보는 바와 같이 경북 땅콩과 발아 모습이 조금 다른 것을 확인하였다.

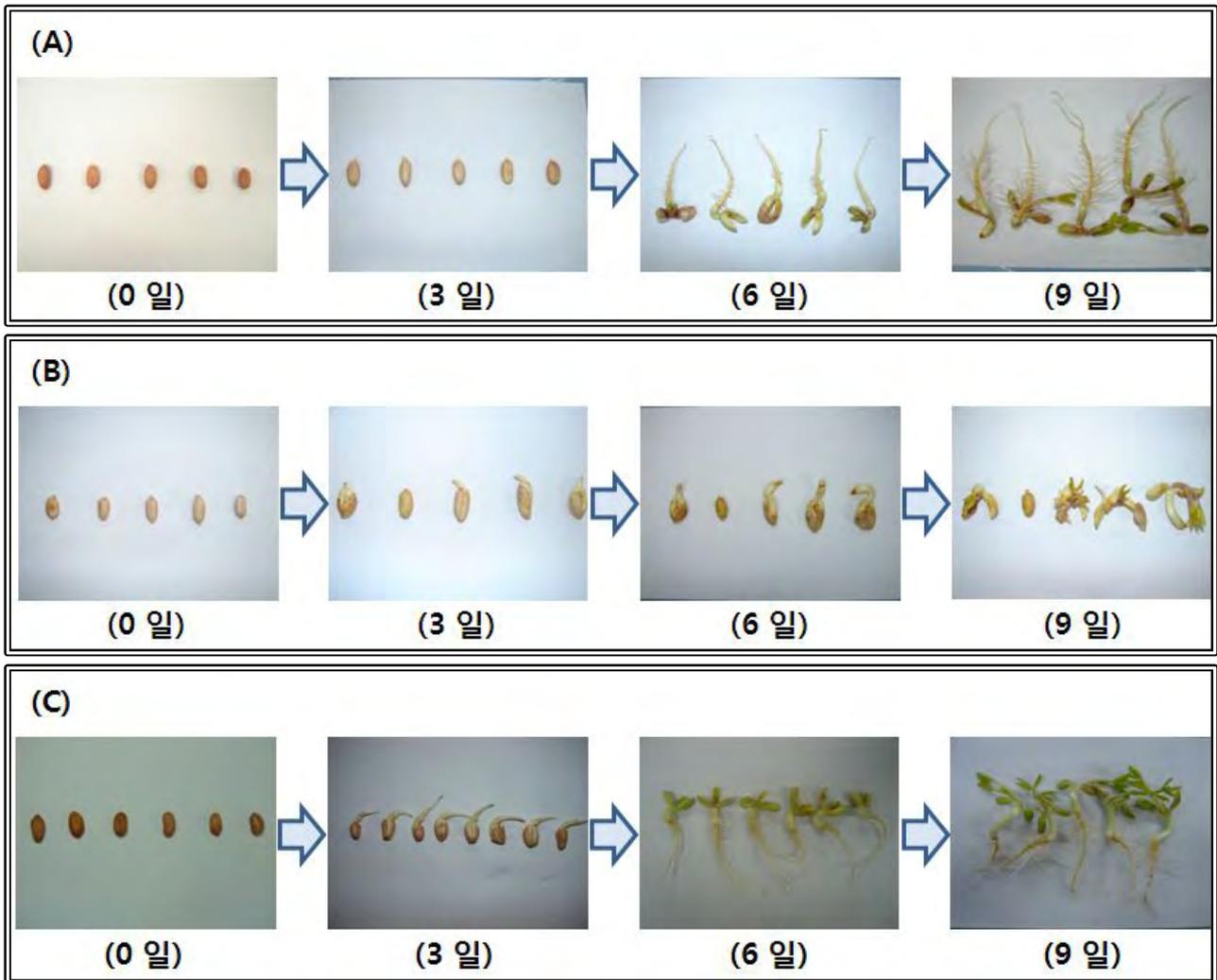


Fig. 3.2. 경북, 중국 및 베트남 땅콩 발아율 (A) 경북, (B) 중국, (C) 베트남

Table 3.3. 재배일수에 따른 경북, 중국 및 베트남 땅콩 발아율

(온도, 25°C)

품종	발아율 (%)			
	1 일	3 일	6 일	9 일
경북 (수집종)	0	79.8	94.5	98.9
중국 (수집종)	0	38.5	41.0	46.9
베트남 (수집종)	0	80.8	93.4	95.6

(1) 재료 및 방법

① 일반성분 분석

일반성분은 AOAC법에 준하여 행하였다. 즉 수분은 상압가열건조법, 조단백은 micro-Kjeldahl법, 조지방은 Soxhlet법, 회분은 회화법, 총탄수화물은 차감법(glucide by differ-ence)에 준하였다.

② 무기질 분석

무기질의 분석은 AOAC법을 참고로 하여 행하였다. 즉 시료 5 g을 취하여 500°C 회화로에서 2시간 회화시켜 냉각한 후 HPLC용 증류수 0.5 mL와 질산용액(HNO₃ : H₂O = 1:1) 3 mL를 가하고 100°C의 열판에서 과량의 질산을 제거한 후 이를 다시 500°C 회화로에서 1시간 동안 회화시킨 다음 염산용액(HCl : H₂O = 1:1)으로 50 mL가 되게 정용하여 무기질 분석 시료로 사용하였다. 분석조건은 다음과 같다.

Lamp Item	Minerals <Instrument AA-6501GS(SHIMADZU)>							
	Ca	Fe	K	Mg	Mn	Cu	Na	Zn
Wave length(nm)	422.7	248.3	766.5	285.2	279.5	324.8	330.2	213.9
Current(mA)	10	12	10	8	10	6	10	8
Slit Width(nm)	0.5	0.2	0.5	0.5	0.2	0.5	0.2	0.5
Lighting Mode	BGC-D ₂	BGC-D ₂	Non-BG C	BGC-D ₂	BGC-D ₂	BGC-D ₂	Non-BG C	BGC-D ₂
Burner Height(mm)	7	7	7	7	7	7	7	7
Fuel Gas Flow(/min)	2.0	2.0	2.0	1.8	2.0	1.8	1.8	2.0

③ 유리아미노산 분석

유리아미노산은 시료 15 mL에 증류수 100mL를 가하여 혼합한 후 20% trichloroacetic acid(TCA) 15mL를 가하여 침전된 단백질을 원심 분리하였다. 상층액을 40 mL의 diethyleter를 가하여 TCA와

지용성 물질을 제거한 후 수층을 40℃에서 감압, 농축하였다. 농축액에서 0.2 M sodium citrate buffer(pH 2.2)용액으로 25 mL되게 정용한 후 0.22 µm membrane filter를 사용하여 여과, 아미노산 자동분석기로 분석하였다.

분석조건은 Ultrapac 11 cation exchange resin 250, buffer solution: pH 2.80, pH 3.00, pH 3.15, pH 3.50, pH 3.55, lithium citrate buffer, buffer flow rate: 20 mL/hr, ninhydrin flow rate: 20 mL/hr, column temperature: 35~85℃, chart speed: 2 nm/min, injection volume: 20µL이었다.

(2) 결과

① 일반성분 분석

국내 땅콩 중 발아율이 가장 좋은 경북 땅콩을 9일 동안 발아시킨 땅콩나물의 일반성분을 분석한 결과 Table 3.4 와 같다. 즉 땅콩은 일반성분 중 지방 및 탄수화물 함량이 높았으며, 9일 동안 발아시킨 땅콩 나물은 지방 및 탄수화물 함량이 감소하며, 단백질 함량이 증가하는 것을 알 수 있었다.

Table 3.4. 경북 땅콩 및 땅콩나물(9일 발아)의 일반성분

Variety		Proximate composition				
		Moisture	Protein	lipid	Ash	Carbohydrate
경북	땅콩	3.38	2.82	48.26	27.51	27.90
(수집중)	땅콩나물	6.69	2.96	33.08	29.37	18.03

(dry base(%))

② 무기질 분석

국내 땅콩 중 발아율이 가장 좋은 경북 땅콩 및 을 9일 동안 발아시킨 땅콩나물의 무기질 성분을 분석한 결과 Table 3.5와 같다. 즉 땅콩 및 땅콩나물의 Ca 외 7종 무기질 함량이 거의 비슷한 경향을 나타내었다.

Table 3.5. 경북 땅콩 및 땅콩나물(9일 발아)의 무기질 함량

Variety		Mineral element							
		Ca	Fe	K	Mg	Mn	Cu	Na	Zn
경북	땅콩	55.0	1.97	764.0	224.0	1.84	1.39	26.3	4.46
(수집중)	땅콩나물	60.2	1.99	754.1	230.3	1.77	0.62	24.9	3.89

③ 유리아미노산 분석

경북 땅콩과 땅콩나물(9일 발아)의 아미노산 함량을 분석한 결과는 Table 3.6과 같다. 총 아미노산 함량은 땅콩과 땅콩나물에서 각각 87.9 mg/100g 와 2551.8 mg/100g 으로 땅콩나물이 높았고, 필수 아미노산 함량도 각각 7.32 mg/100g 와 575.0 mg/100g 으로 땅콩나물에서 높게 나타났다. 또한 땅콩에는 14 종의 아미노산이 함유되어 있었으나, 땅콩나물에는 17 종의 아미노산들이 검출 되었다, 땅콩나물에서 가장 많이 함유되어 있는 아미노산으로는 asparagine (834.54 mg/100g)로 나타났으며, 다음으로 proline(333.31 mg/100g), serine(216.34 mg/100g), alanine (213.89 mg/100g) 및 arginine (186.76 mg/100g) 순으로 함유되어 있었다.

Table 3.6. 경북 땅콩 및 땅콩나물(9일 발아)의 유리아미노산 함량 비교

(mg/100g)

	땅콩	땅콩나물
Aspartic acid	5.52±1.2	42.5±2.3
Threonine*	0.60±0.4	58.55±3.4
Serine	1.06±1.4	216.34±1.5
Glutamic acid	37.80±0.5	135.99±0.9
Proline	-	333.31±0.4
Glycine	1.74±0.8	19.59±0.3
Alanine	6.75±1.2	213.89±4.5
Valine*	9.84±1.1	143.15±2.3
Methionine*	-	7.04±1.1
Isoleucine*	1.61±1.2	65.49±0.5
Leucine*	0.86±0.1	50.68±1.5
Tyrosine	0.90±0.4	44.19±0.5
Phenylalanine*	5.86±0.4	164.48±0.9
Histidine*	1.14±0.1	70.80±1.1
Lysine*	-	14.80±1.2
Asparagine	11.78±0.2	834.54±4.3
Arginine	2.41±0.3	186.76±2.4
Total essential amino acid	7.32±2.1	575.0±10.9
Total amino acid	87.87±8.9	2551.8±23.75

3. 기능성 함유 땅콩나물 최적 추출 조건 확립

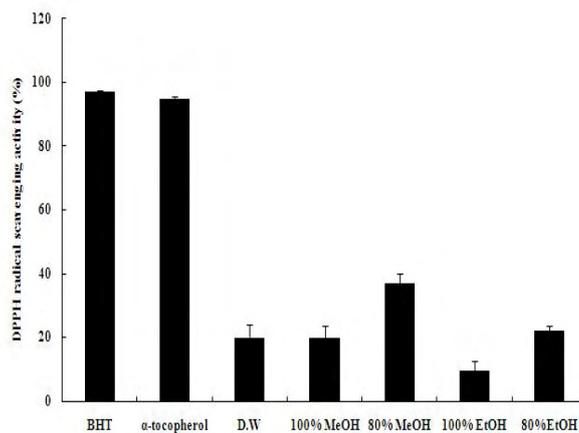
가. 기능성 함유물질 추출

동결 건조된 땅콩 및 땅콩나물 0.1 g에 용매별(물, 80%에탄올, 100%에탄올, 80% 메탄올 및 100% 메탄올)로 5 mL을 가하여 Polytron 균질기로 1분간 균질화한 후 70°C 온도에서 30분간 반응하였다. 원심분리기(1,900×g, 20°C, 15분)를 이용하여 상등액을 취한 후 여과하여 실험에 사용하였다.

나. 각 추출물의 수소공여능

땅콩 및 땅콩나물 레스베라스테롤 함유 최적 추출조건을 확립하기 위하여 물, 80% 에탄올, 100% 에탄올, 80% 메탄올 및 100% 메탄올 5가지 용매조건으로 추출하여 수소공여능을 측정한 결과는 Fig. 3.3과 같다. 땅콩 및 땅콩나물 추출물 중에서 80% 메탄올 추출물에서 항산화 효과가 가장 높게 나타났다. 따라서 80% 메탄올 추출물에 레스베라스테롤 함량이 가장 많이 함유되어 있을 것으로 생각된다.

(A)



(B)

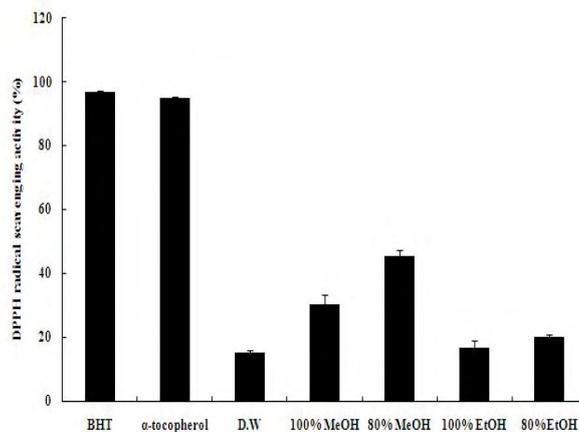


Fig. 3.3. 경북 땅콩 및 땅콩나물(9일 발아)의 각 추출물의 수소공여능

4. 땅콩나물 추출물의 기능성 규명

가. 항산화 활성 측정

(1) 재료 및 방법

① 폴리페놀 함량 측정

총 페놀화합물 분석은 추출물 0.1 mL에 증류수 3 mL, 0.016 M 포타슘 페리시아나이드 ($K_3Fe(CN)_6$) 1 mL를 넣고 혼합한 후 15분간 방치하고, 안정제(H_2O : 1% gum arabic:85% phosphoric acid = 3:1:1, v/v/v) 5 mL 첨가한 후 700 nm에서 흡광도를 측정하였으며, gallic acid 으로 작성한 검량곡선으로 함량을 환산하였다.

② 수소공여능

각 시료의 농도별에 대한 수소공여능 Blois 방법에 대한 α, α' -diphenyl- β -picrylhydrazine (DPPH)의 환원성을 이용하여 517 nm에 UV/Vis-spectrophotometer로 측정하였다. 즉 시료의 각 농도별 및 대조군으로 사용한 dibutylated hydroxytoluene (BHT) 1 mL 와 4×10^{-4} M DPPH 용액 3 mL를 5초 동안 vortex mixer로 혼합하여 첨가한 후 이를 30분간 암소에서 반응시킨 후 흡광도를 측정하고, control은 시료대신 에탄올 1 mL을 첨가하여 control에 대한 흡광도의 감소비율로 나타내었다.

③ 환원력

각 시료들의 환원력은 Yildirim 등의 방법의 방법을 약간 변형하여 측정하였다. 즉 시료의 각 농도별로 1 mL에 2.5 mL의 인산완충용액(0.2 M, pH 6.6)와 2.5 mL의 potassium ferricyanide (1%, w/v)을 첨가하여 섞은 후, 50°C로 유지하면서 30분간 반응시켰다. 반응액에 2.5 mL의 trichloroacetic acid (10%, w/v)을 첨가한 후 3000 rpm으로 10분간 원심 분리하였다. 상층액의 1 mL을 취해 시험관에 담고 1 mL의 증류수와 0.2 mL의 $FeCl_3$ (0.1%, w/v)을 첨가하여 흡광도 700 nm에서 환원력을 측정하였다.

④ ABTS 측정

땅콩 및 땅콩나물 추출물에 대한 ABTS radical 소거활성은 Van den Berg 등의 방법을 변형하여 측정하였다. 7 mM의 2,2'-azobis(2-aminopropane) dihydrochloride (AAPH)는 2.45 mM의 ABTS와 혼합한 후 23°C의 암소에서 16시간 동안 반응시켰다. ABTS 용액의 농도는 734 nm에서 흡광도가 0.700 ± 0.005 정도가 되도록 조정하였다. 농도별로 희석한 시료 0.1 mL와 3.9 mL ABTS 용액을 혼합한 후 23°C에서 6분간 반응시키면서 734 nm에서 흡광도를 측정하였다. 양성 대조군은 0.1% BHT 와 1 mg/mL α -Tocopherol을 사용하였다. ABTS radical 소거능은 다음의 식에 따라 계산하였다.

$$\text{Scavenging activity (\%)} = \frac{(\text{Control O.D.} - \text{Sample O.D.})}{\text{Control O.D.}} \times 100$$

⑤ **β-carotene bleaching assay**

β-carotene linoleate system을 이용한 항산화 효과의 측정은 Elzaawely 등의 방법을 변형하여 측정하였다. 클로로포름 50 mL에 β-carotene 50 mg을 용해하여 β-carotene 용액을 만든 후 β-carotene 용액 10 mL를 100 mL 등근 플라스크에 취하고, linoleic acid 40 mg 및 tween 40 400 mg을 첨가하여 40°C 진공회전농축기에서 진공상태로 클로로포름을 제거한 후 증류수 100 mL를 첨가한 다음 격렬히 진탕하여 emulsion 용액을 제조하였다. 이 emulsion 용액 4 mL에 추출물(시료첨가구), 에탄올(대조구) 및 positive control인 α-tocopherol과 BHA 용액 0.2 mL를 첨가하여 50°C 배양기에서 저장하였다. 저장기간 중 0분에서 120분 동안 15분 간격으로 470 nm에서 흡광도를 측정하였다.

(2) **결과**

① **폴리페놀 함량 분석**

㉑ **원산지별 땅콩나물 추출물의 폴리페놀 함량 분석**

국내산 땅콩(충북, 경북 및 전북) 3종과 중국 및 베트남 땅콩의 발아하기 전과 후의 폴리페놀 함량의 변화를 측정한 결과 5개 품종의 땅콩 종자 보다는 9일 동안 발아시킨 땅콩나물의 폴리페놀 함량이 2배 이상 증가 하는 것을 알 수 있었으며(Table 3.7), 땅콩나물 중 경북 땅콩나물의 폴리페놀 함량이 가장 많이 함유되어 있었으며, 베트남 땅콩도 경북 땅콩나물과 거의 비슷 함량을 나타내었다.

Table 3.7. 원산지별 땅콩 및 땅콩나물(발아 9일)의 총페놀 함량

	(mg/g)				
	충북	경북	전북	중국	베트남 ¹⁾
땅콩	6.2±1.2	6.3±0.2	5.6±3.1	5.5±0.9	5.6±1.2
땅콩나물(9일)	13.6±1.7	20.4±0.1	12.7±0.5	11.4±0.4	19.3±0.2

¹⁾베트남 땅콩 종자는 국내에서 2년간 재배하여 수확한 종자를 발아 시킨 것임

㉒ **경북 땅콩 나물 부위별 폴리페놀 함량 측정**

땅콩 종자 중 폴리페놀 함량이 가장 높은 경북 땅콩 나물의 부위별(쌍떡잎, 뿌리, 줄기) 폴리페놀 함량을 측정한 결과는 Table 3.8과 같다. 즉 땅콩나물 부위 중 쌍떡잎(cotyledon), 뿌리(root), 줄기(steam) 순으로 그 함량이 각각 31.0, 19.0, 12.6 mg/g 함유되어 있었다.

Table 3.8. 경북 땅콩 및 땅콩나물(9일 발아)의 각 부위별 총 페놀 함량

(mg/g)

Sample	Cotyledon	Root	Stems	Whole sprout
경북 땅콩나물	31.0±0.1	19.0±0.3	12.6±0.4	18.4±0.1

② 수소공여능

각 원산지별 땅콩 종자 및 9일 동안 발아시킨 땅콩나물 추출물에 대한 수소 공여능을 측정한 결과는 Table 3.9와 같다. 즉, 이들 추출물을 200 µl/ml 농도로 첨가하여 항산화 효과를 측정한 결과 대조구로 사용된 BHT, α-tocopherol 보다는 효과가 없었으나, 각 원산지별 땅콩 종자는 약 10~11% 정도의 항산화 효과를 나타내었으나 9일 동안 발아시킨 땅콩나물들의 수소 공여능 효과가 증가 하는 것을 확인 할 수 있었다. 특히 땅콩나물 중 경북 땅콩나물의 항산화 효과가 가장 높은 것을 알 수 있었다.

Table 3.9. 원산지별 땅콩 및 땅콩나물의 수소공여능

Sample	Concentration (200 µL/mL)	
	땅콩	땅콩나물
BHT	88.82±0.09	88.82±0.09
α-tocopherol	86.92±0.48	86.92±0.48
충북	10.89±0.90	20.89±1.90
경북	13.69±1.80	37.67±0.47
전북	10.11±0.87	19.89±1.23
중국	10.23±0.99	17.87±1.24
베트남	11.45±0.23	35.34±1.25

Table 3.10. 경북 땅콩 및 땅콩나물의 부위별 수소공여능

Sample	Concentration (µL/mL)			
	50	100	150	200
BHT (1mg/mL)	-	-	-	91.45±0.36
α-tocopherol(1 mg/mL)	-	-	-	94.98±0.29
Peanut	10.43±1.24	17.04±0.21	19.21±4.78	24.12±6.13
Cotyledon	32.95±5.77	58.78±0.21	90.08±0.51	90.96±0.29
Root	8.98±4.74	17.71±3.5	22.83±5.91	31.61±4.89
Stems	7.69±3.36	9.81±5.91	11.46±4.45	17.4±5.25
Whole sprout	9.14±4.82	9.76±4.23	19.52±1.82	31.14±1.46

한편 경북 땅콩나물의 싹떡잎, 줄기 및 뿌리 부위별 추출물의 50, 100, 150 및 200 µL/mL 농도로 첨가한 결과 땅콩나물 줄기 부분에서 항산화 효과가 유의적으로 나타나지 않았으며, 뿌리 부분은

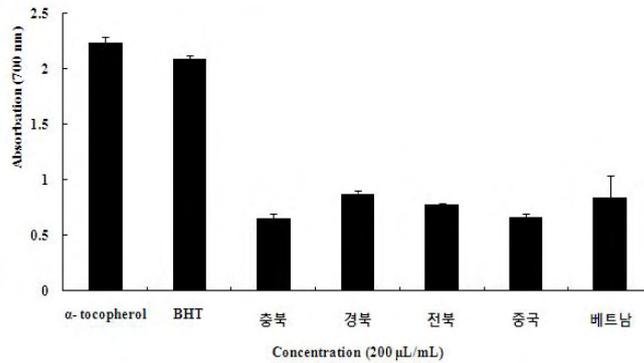
농도 200 $\mu\text{L}/\text{mL}$ 에서 땅콩나물 추출물보다 그 효과가 높게 나타났다. 특히 Table 8에서 폴리페놀 함량이 가장 높았던 쌍떡잎 추출물은 대조구로 사용된 BHT, α -tocopherol 과 거의 비슷한 효과를 나타내었으며, 150 $\mu\text{L}/\text{m}$ 농도 이상에서 항산화 효과가 약 90% 의 효과를 나타내었다(Table 3.10).

따라서 땅콩을 발아 시 레스베라스테롤 함량이 증가하는 것을 알 수 있었으며, 특히 땅콩나물 부위 중 쌍떡잎 부분에 그 함량이 높을 것으로 생각된다.

③ 환원력

각 원산지별 땅콩 종자 및 9일 동안 발아시킨 땅콩나물 추출물의 항산화 효과를 측정하기 위해 농도 200 $\mu\text{L}/\text{mL}$ 처리하여 환원력을 측정한 결과는 Fig. 3.4와 같다. 즉 땅콩 종자 추출물은 항산화 효과가 높게 나타나지 않으나, 땅콩나물 추출물은 환원력이 증가되는 것을 확인하였으며, 그 중 경북 및 베트남 땅콩 나물 추출물에서 항산화 효과가 가장 높은 것을 알 수 있었다. 땅콩나물 추출물 중 가장 환원력 높은 경북 땅콩 나물의 부위별 추출물의 환원력을 측정한 결과 수소 공여능과 마찬가지로 쌍떡잎(cotyledon) 추출물에 그 효과가 현저히 높게 나타났으며, 대조군인 BHT 및 α -tocopherol과 비슷한 효과를 나타내었다 (Fig. 3.5).

(A)



(B)

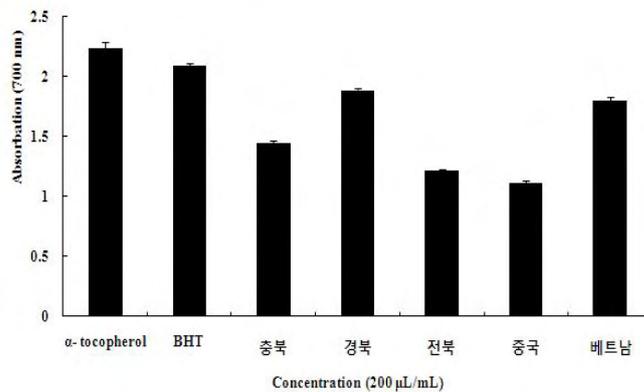


Fig. 3.4. 원산지별 땅콩 및 땅콩나물 추출물의 환원력

(A) 땅콩 추출물, (B) 땅콩나물 추출물

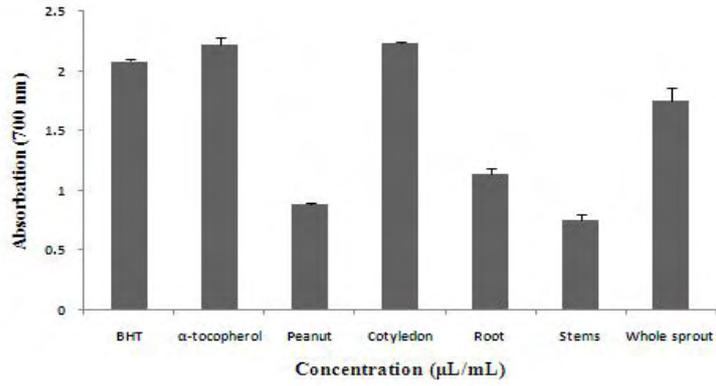
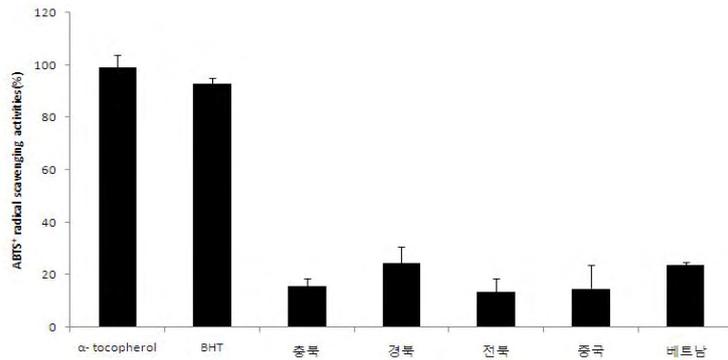


Fig. 3.5. 경북 땅콩나물 부위별 추출물의 환원력

④ ABTS radical 소거능 효과

각 원산지별 땅콩 종자 및 9일 동안 발아시킨 땅콩나물 추출물의 항산화 효과를 측정하기 위해 농도 200 μl/ml 처리하여 ABTS radical 소거능 효과를 측정한 결과는 Fig. 3-6과 같다.

(A)



(B)

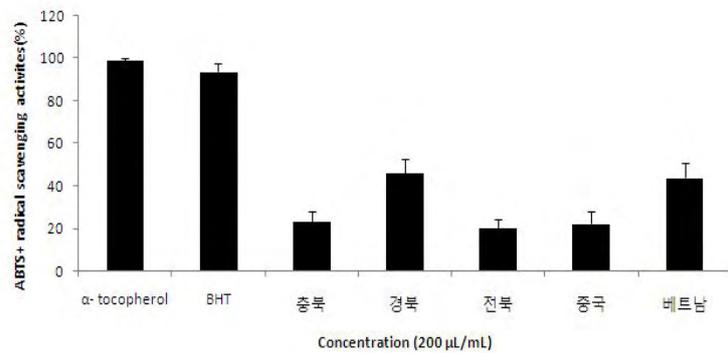


Fig. 3.6. 원산지별 땅콩 및 땅콩나물 추출물의 ABTS radical 소거능 효과

(A) 땅콩 추출물, (B) 땅콩나물 추출물

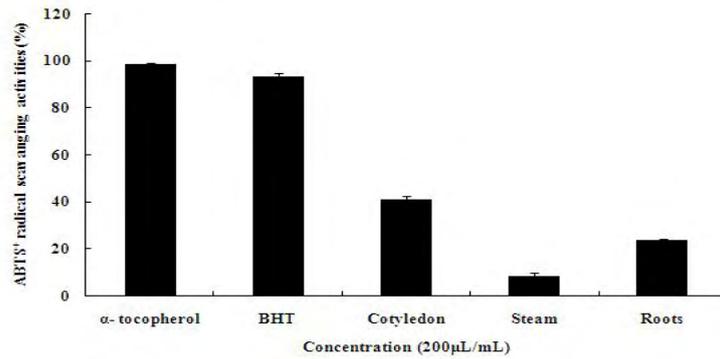


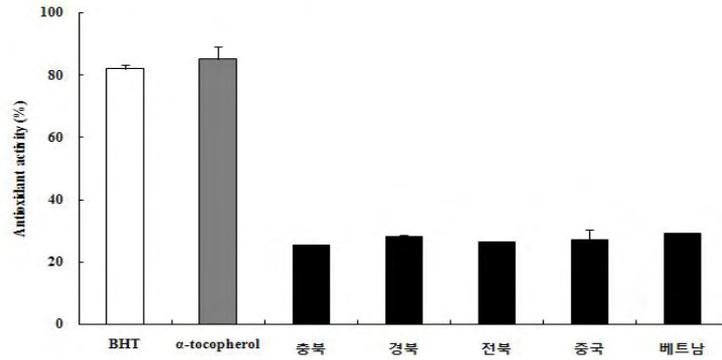
Fig. 3.7. 경북 땅콩나물 부위별 ABTS radical 소거능 효과

즉 원산지별 땅콩 종자 추출물의 항산화 효과는 약 20% 이하의 낮은 효과를 나타내었으며, 그 중 경북 땅콩 추출물에서 그 효과가 가장 높았다. 또한 충북, 전북 및 중국 땅콩 나물은 그 효과가 땅콩과 거의 비슷하였다, 그러나 경북 및 베트남 땅콩나물 추출물은 항산화 효과 땅콩 보다 약 2배 정도 높았으며, 경북 땅콩 나물 추출물에서 항산화 효과가 가장 높게 나타났다. 9일 동안 발아시킨 땅콩나물 추출물 중 가장 환원력 높은 경북 땅콩 나물의 부위별 추출물의 ABTS radical 소거능 효과를 측정한 결과 다른 항산화 실험과 동일하게 쌍떡잎(cotyledon) 추출물에 그 효과가 현저히 높게 나타났다 (Fig. 3.7).

⑤ β-carotene bleaching 활성

각 원산지별의 땅콩 및 땅콩나물 추출물의 β-carotene-linoleate system을 이용하여 이들 추출물의 항산화 효과를 측정한 결과는 Fig. 3.8과 같다. 즉 각각의 땅콩 추출물의 항산화 효과는 거의 비슷하게 약 20% 이상의 효과를 나타내었으며, 충북, 전북 및 중국 땅콩나물 추출물은 땅콩 추출물 보다 약간 높게 나타났으나, 경북 및 베트남 땅콩나물 추출물은 땅콩 추출물 보다 약 2배 정도 더 높은 항산화 효과를 나타내었다. 따라서 각 원산지별 땅콩나물 중 국내 경북 땅콩나물 추출물이 항산화 효과가 가장 높게 나타남을 재차 확인 할 수 있었다. 경북 땅콩나물의 각 부위별(쌍떡잎, 줄기, 뿌리)의 β-carotene bleaching 활성을 측정한 결과는 Fig. 3.9와 같다. 땅콩나물 부위 중 쌍떡잎 추출물이 76%의 변색 방지효과를 보여 다른 부위 보다 더 높은 효과를 나타내었다.

(A)



(B)

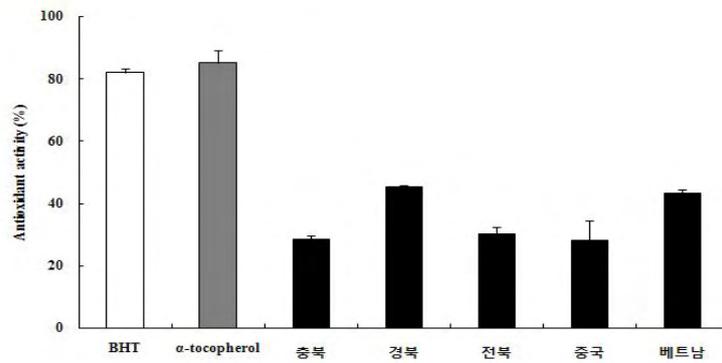


Fig. 3.8. 원산지별 땅콩 및 땅콩나물 추출물의 β -carotene bleaching 효과
(A) 땅콩 추출물, (B) 땅콩나물 추출물

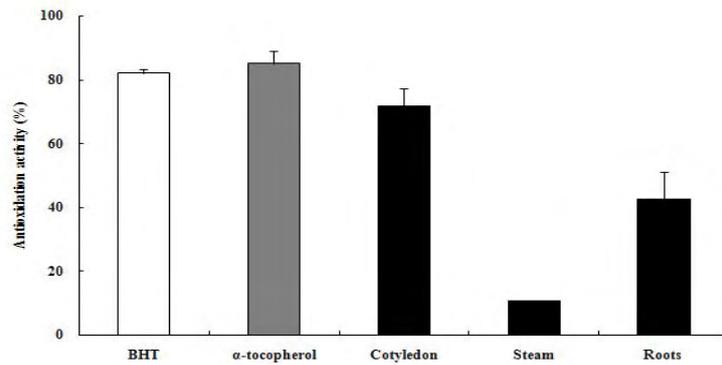


Fig. 3.9. 경북 땅콩나물 부위별 추출물의 β -carotene bleaching 효과

나. 항암 활성

(1) 재료 및 방법

① 암세포 증식억제 효과

본 실험에 사용한 인체 유방암 세포주인 MCF-7(breast carcinoma), 인체 대장암 세포주인 HT-29

(colon carcinoma cells)를 한국세포주은행(KCLB)에서 분양받아 10% FBS(fetal bovine serum)를 첨가한 RPMI1640 배지를 첨가하여 37°C, 5% CO₂ incubator에서 계대배양하면서 실험에 사용하였다. Monolayer로 자란 유방암세포를 0.25% trypsin-EDTA를 처리하여 single 세포로 만든 후 최종 세포 농도가 1×10⁵ cells/mL로 되도록 희석하여 24 well plate에 각 well 당 분주한 다음 37°C, 5% CO₂ incubator에서 24시간 동안 배양 한 후, 산수유 에탄올추출물을 농도별로 첨가하여 24, 48 및 72시간 동안 배양한 후 세포 증식을 SRB(sulforhodamine) 방법 및 세포를 single로 만들어 혈구 계산판을 이용하여 세포를 counting 하였다.

(2) 결과

① 원산지별 땅콩 및 땅콩나물 추출물의 암세포성장 억제효과

각 원산지별 땅콩 및 땅콩나물 추출물의 암세포 성장 억제효과를 조사하기 위하여 3종류의 암세포 즉 인체 유방암(MCF-7), 인체 대장암(HT-29) 및 인체 전립선암(RC-58T)세포에 이들 추출물을 첨가하고 24시간 후 암세포 성장 억제효과를 측정한 결과는 Table 3.11과 같다. 즉 충북, 전북, 중국 및 베트남의 땅콩 및 땅콩나물 추출물에서 암세포 성장 억제효과 나타나지 않았으며, 경북 땅콩나물 추출물만 HT-29 및 RC-58T 세포의 성장을 약 10-15% 정도의 낮은 효과를 나타내었다. 또한 경북 땅콩나물 부위별 추출물의 암세포 성장 억제효과를 측정한 결과도 항산화 효과가 우수한 쌍떡잎 추출물에서도 암세포 성장 억제효과가 낮게 나타났다(Table 3.12).

Table 3.11. 원산지별 땅콩 및 땅콩나물 추출물의 암세포 성장 억제 효과

Sample	Survival rate(%)		
	MCF-7	HT-29	RC-58T
Control	100	100	100
충북 (수집종) 땅콩	100±0.82	100±0.42	100±0.22
땅콩나물	100±0.32	99.5±0.34	100±0.26
경북 (수집종) 땅콩	100±2.37	96.68±3.12	100±0.07
땅콩나물	99.2±2.37	88.38±0.75	85.63±0.22
전북 (수집종) 땅콩	100±0.98	100±0.78	100±0.67
땅콩나물	100±0.42	99.6±0.7	99.78±0.34
중국 (수집종) 땅콩	100±0.62	100±0.91	100±0.11
땅콩나물	100±0.56	100±0.93	100±0.2
베트남 (수집종) 땅콩	100±0.56	100±0.78	100±0.23
땅콩나물	100±0.12	96.34±0.56	95.34±0.11

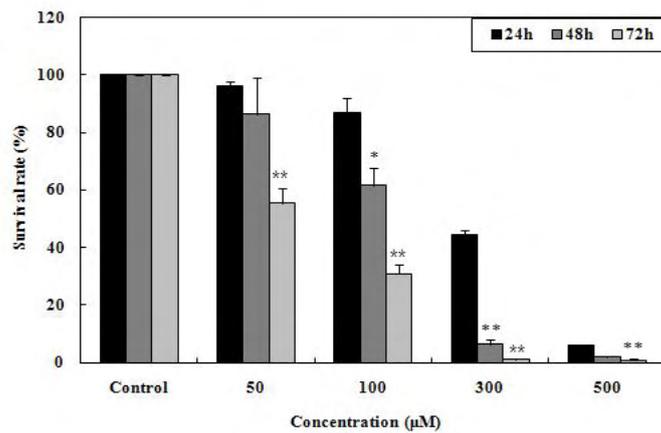
Table 3.12. 경북땅콩나물 부위별 추출물의 암세포 성장 억제효과

Sample	Survival rate(%)		
	MCF-7	HT-29	RC-58T
Control	100	100	100
잎	95.63±5.94	94.44±2.89	88.47±5.45
줄기	100±3.55	98.4±0.17	96.7±5.23
뿌리	96.80±8.39	95.25±0.86	93.47±4.70

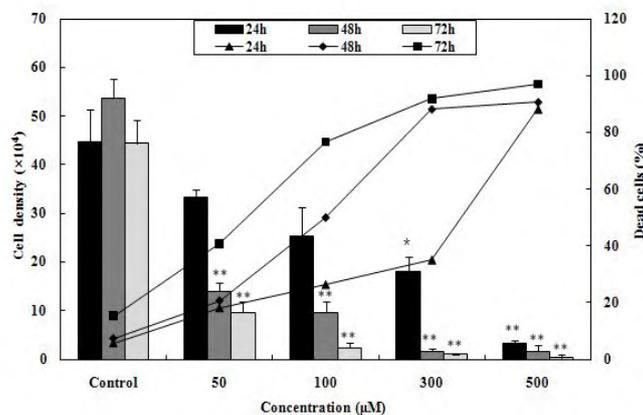
② Rasveratrol의 암세포성장 억제효과

땅콩나물의 주요 생리활성 물질로 알려진 레스베라스테롤을 50, 100, 300 및 500 μM 농도로 첨가하여 24, 48 및 72시간 후에 여러 가지 방법으로 암세포 성장 억제 효과를 측정한 결과 농도 및 시간 의존적으로 암세포 성장이 억제되었다 (Fig. 3.10).

(A)



(B)



(C)

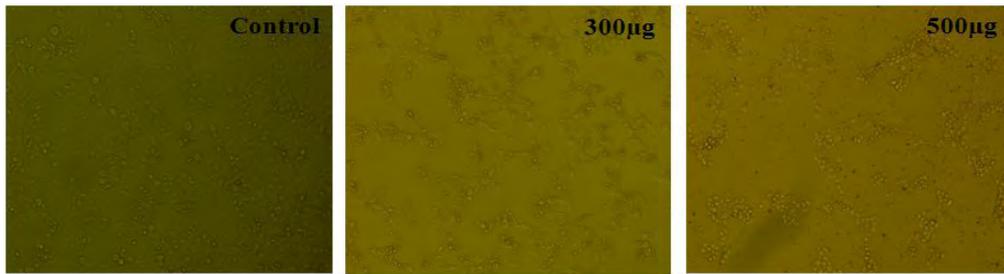


Fig. 3.10. 레스베라스테롤의 전립선암세포(RC-58T)성장 억제효과

(A) SRB assay, (B) Cell counting assay, (C) 형태학적 관찰

다. 면역활성

(1) 재료 및 방법

① 비장세포 증식

생후 8주된 생쥐(BALB/c) 암컷에서 분리한 비장세포에서 spleenocyte를 분리하여 비장세포를 96 well plate에 넣고 여기에 땅콩나물 추출물을 농도별로 첨가하여 배양한 다음 비장세포 증식 정도를 측정하였다. 비장세포 증식측정은 배양 48시간 후, Cell titer 96[®] solution을 첨가하여 37°C, 5 % CO₂ incubator에서 4~8시간동안 배양한 다음 Microplate reader(Titer-tek Multiscan Plus, Finland)를 사용하여 490 nm에서 O.D.값을 측정하였다.

② 대식세포주(RAW264.7)의 NO 생성능

RAW264.7세포를 96well culture plate에 1×10^5 cells/well로 분주하였다. 세포를 안정화시킨 후 땅콩나물 추출물을 농도별로 처리하여 48시간 더 배양하고 각 조건에 따른 NO생성 정도를 측정하였다. 반응 종료 후 NO₂⁻(nitrite)의 생성량을 Griess 반응을 이용하여 측정하였다. 세포 배양액과 Griess reagent를 동량으로 혼합하여 10분간 반응시킨 후 540 nm에서 microplate- ELISA reader(Titertek Multiscan Plus, Finland)로 흡광도를 측정하여 NaNO₂ 를 32 µM까지 2배씩 희석하여 얻은 표준곡선과 비교하여 NO 생성량을 계산하였다.

(2) 결과

① 원산지별 땅콩 및 땅콩나물 추출물의 비장세포 증식 효과

위의 비장에서 분리한 세포에 각 원산지별 땅콩 및 땅콩나물 추출물 원액을 10 배 희석한 농도로 첨가하고 48시간 배양한 후 비장세포의 증식 반응을 측정하였다.

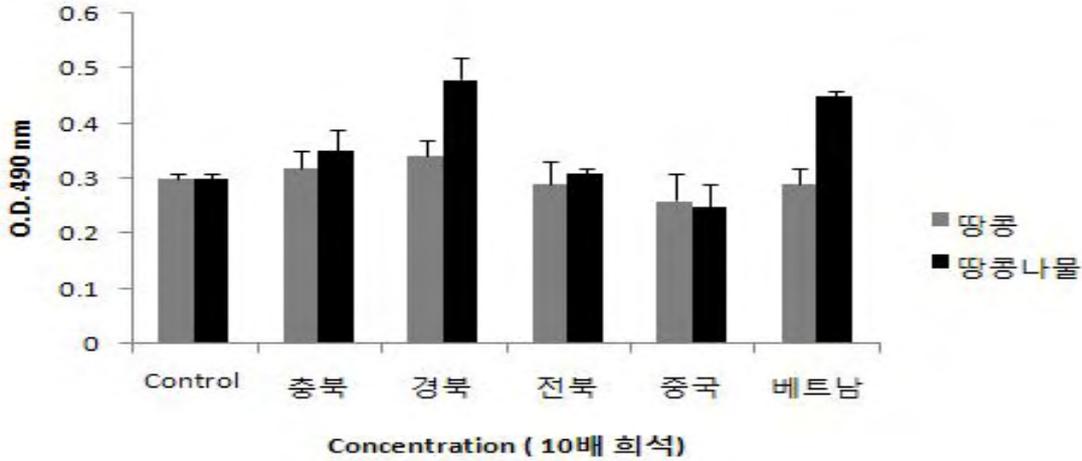


Fig. 3.11. 원산지별 땅콩 및 땅콩나물 추출물의 비장세포 증식효과

즉 각 원산지별의 땅콩 추출물은 대조군에 비하여 유의적으로 비장세포의 증식을 유도하지 못하였다. 한편 충청, 전북 및 중국 땅콩나물 추출물은 땅콩에 비하여 비장세포 증식을 유도하지 못하였으나, 충청 및 베트남 땅콩나물 추출물은 그 증식을 땅콩 추출물 보다 더 높게 유도하였다. 경북땅콩나물 추출물이 가장 높게 유도하였다(Fig. 3.11).

② 경북 땅콩나물 부위별 비장세포 증식 효과

위의 비장에서 분리한 세포에 경북 땅콩나물 쌍떡잎, 줄기 및 뿌리 부분 추출물을 각 원산지별 땅콩 및 땅콩나물 추출물 원액을 10배 희석한 농도로 첨가하고 48시간 배양한 후 비장세포의 증식 반응을 측정하였다. 즉 각 부위별 추출물은 대조군에 비하여 비장세포의 증식을 유도하였으며, 특히 쌍떡잎 추출물에서 그 증식을 높게 유도 하였다(Fig. 3.12).

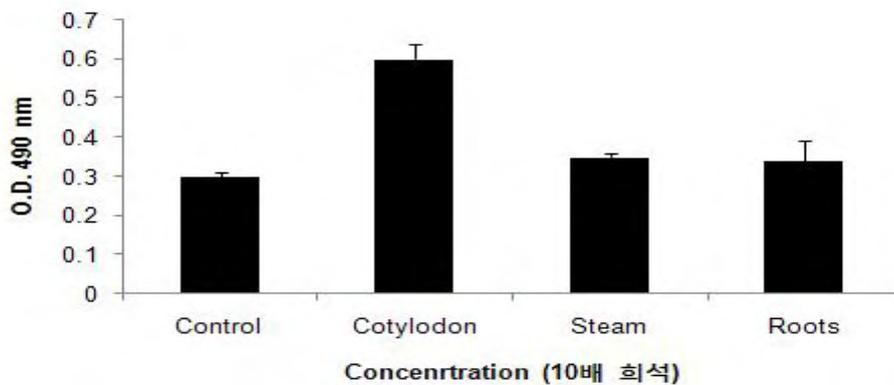


Fig. 3.12. 경북 땅콩나물 부위 추출물의 비장세포 증식효과

③ 경북 땅콩나물 부위별 대식세포 NO 생성 유도 효과

각 원산지별 땅콩 및 땅콩나물 추출물 원액을 10 배 희석한 농도로 첨가하고 48시간 배양한 후 대식세포의 일산화질소 생성능을 측정하였다. 즉 각 원산지별의 땅콩 추출물은 대조군에 비하여 유의적으로 일산화질소 생성을 유도하지 못하였으나, 경북 땅콩나물 추출물에서 대식세포의 NO 생성을 유도하였다 (Fig. 3.13).

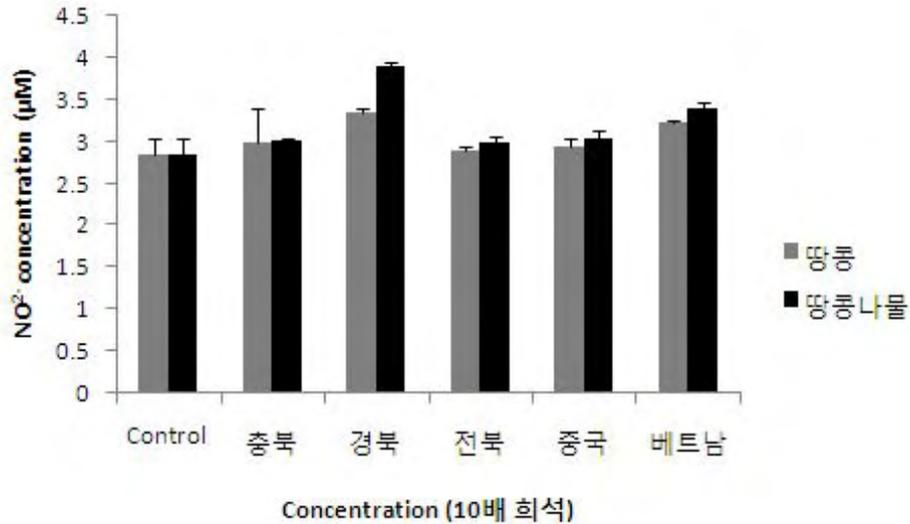


Fig. 3.13. 원산지별 땅콩 및 땅콩나물 추출물의 일산화질소 생성 유도 효과

④ 경북 땅콩나물 부위별 대식세포 NO 생성 유도 효과

경북 땅콩나물 부위 부분, 즉 쌍떡잎, 줄기 및 뿌리 부분 추출물 원액을 10배 희석한 농도로 첨가하고 48시간 배양한 후 대식세포의 일산화질소 생성능을 측정하였다.

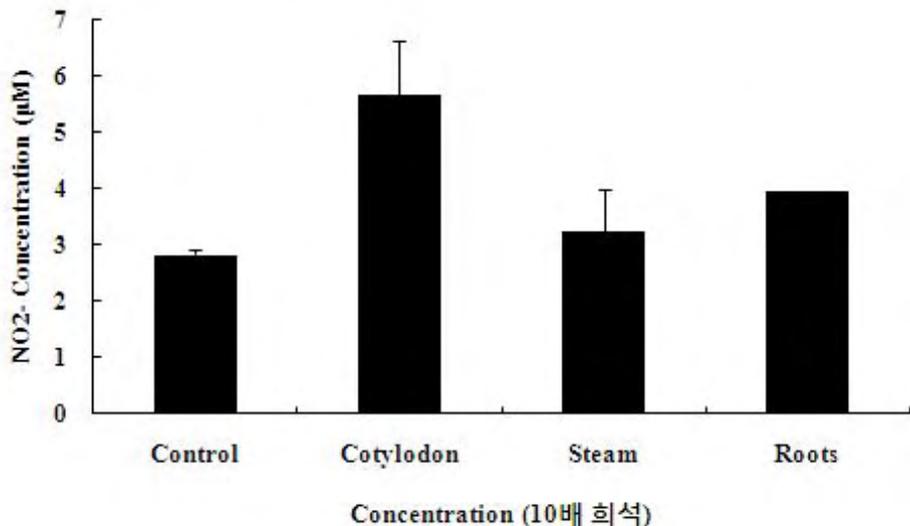


Fig. 3.14. 경북 땅콩나물 부위 추출물의 일산화질소 생성 유도 효과

즉 각 부위별 추출물은 대조군에 비하여 일산화질소 생성을 유도하였으며, 특히 쌍떡잎 추출물에서 그 효과가 가장 높음을 확인하였다(Fig. 3.14).

5. 땅콩나물 대량생산을 위한 적정 배양용기 개발

가. 재료 및 방법

(1) 땅콩배양용 용기선발

고품질의 땅콩나물을 대량생산체계를 확립하기 위해서는 땅콩나물 전용재배 용기 개발이 선결요건이다. 이와 같은 목적으로 땅콩나물 전용재배 용기를 개발하기 위해 기존 벼육묘 상자와 벼육묘 상자를 천공하여 개조한 용기, 그리고 플라스틱 용기(50 x 25 x 30cm)를 사용하여 발아율과 생육에 미치는 영향을 조사하였다. 실험에 사용된 종자는 '조평'이었고, 관수는 두상관수 방법으로 2시간 마다 2분간 관수하였다. 생육조사는 발아율과 T₅₀ 및 생육시기별 시기별 하배축 비대, 뿌리수, 상배축의 성장 및 생체중과 건물중 등을 조사하였다. 생육실험은 압조건의 27°C의 땅콩나물 배양기에서 수행되었다.

나. 결과 및 고찰

생육이 균일한 땅콩나물 생산은 품질 향상 측면에 많은 이점이 있다. 땅콩나물 전용재배 용기가 실용화되기 위해서는 발아와 생육에 악영향을 주지 않아야 하며, 가격 또한 저렴하고 간편해야 한다. 이와 같은 목적으로 땅콩나물 전용재배 용기를 개발하기 위해 기존 벼육묘 상자와 벼육묘 상자를 천공하여 개조한 용기, 그리고 플라스틱 용기(50 x 25 x 30cm)를 사용하여 땅콩종자의 발아율과 발아속도 및 생육반응을 검정하였다(Table 3.13 및 Table 3.14).

땅콩나물 재배용기에 따라 발아율에는 큰 차이가 없었고, 발아속도는 약간의 차이가 있었는데, 플라스틱 용기가 가장 신속하게 발아하였고, 다음이 벼육묘 상자, 벼육묘 개조용기 순이었다(Table 3.13).

또한 시기별 하배축 길이와 직경도 땅콩나물 재배용기에 따라 차이가 있었으며, 생육 7일째 비교에서 플라스틱 용기에서 재배된 땅콩나물의 하배축 길이는 3.3cm 였으며, 벼육묘 상자는 3.0cm, 개조한 벼육묘상자는 1.8cm 였다. 하배축 직경 또한 이와 유사한 반응을 보여 개조한 벼육묘상장에서 생육시킨 땅콩나물의 하배축 직경이 5.5mm인데 반해 플라스틱 용기에서 재배한 땅콩나물의 하배축은 6.6mm 생육이 가장 좋았다(Table 3.14). 상배축 생육도 이와 유사한 생육반응 보였으며, 플라스틱 용기에서 재배된 땅콩나물에서 상배축 생장이 가장 좋았다(Table 3.15).

뿌리생육에도 땅콩나물 재배용기에 따라 차이가 있었으며, 상품화가 가능한 생육 7일째 플라스틱 용기에서 재배된 땅콩나물에서 뿌리신장이 가장 높았으며, 벼육묘 상자 뿌리생육이 좋았다. 반면 개조한 벼육묘상장에서는 뿌리생육이 다른 용기에 비해 저하되었다. 반면 뿌리발생에는 땅콩나물 재배용기에 따른 차이가 없었다(Table 3.14). 따라서 땅콩나물 재배에 적합한 재배용기는 플라스틱 용기가 좋았다.

Table 3.13. Effect of difference nursery tray on percent germination and T₅₀ of peanut sprouts.

Tray	Germination (%)	T ₅₀ (days)
Rice seedling tray	95.6	1.19
Modified rice seedling tray	95.3	1.39
Plastic tray	96.7	0.82
LSD.0.05	NS	0.12

Seeds were dark-cultured at 27°C for up to 7 days.
Means in columns was separated by LSD at P= 0.05.

Table 3.14. Effect of difference nursery on hypocotyl length and diameter as influenced by growth periods of peanut sprout.

Tray	Days after seeding					
	2	3	4	5	6	7
	<i>Hypocotyl length(cm)</i>					
Rice seedling tray	0.5	0.8	1.2	1.7	2.4	3.0
Modified rice seedling tray	0.4	0.5	0.7	1.3	1.5	1.8
Plastic tray	0.6	0.8	1.2	2.1	2.7	3.2
LSD.0.05	NS	0.1	0.2	0.2	0.4	0.3
	<i>Hypocotyl diameter(mm)</i>					
Rice seedling tray	3.6	4.4	5.1	5.7	5.7	5.7
Modified rice seedling tray	4.1	4.2	5.0	5.4	5.7	5.7
Plastic tray	4.3	5.2	5.8	6.0	6.1	6.4
LSD.0.05	0.2	0.2	0.3	0.3	NS	0.3
	<i>Root length(cm)</i>					
Rice seedling tray	0.6	1.3	2.3	3.2	3.9	4.6
Modified rice seedling tray	0.5	0.7	1.3	1.8	2.2	2.9
Plastic tray	0.6	1.5	2.4	3.5	4.2	4.8
LSD.0.05	NS	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
	<i>No. of lateral root</i>					
Rice seedling tray	-	-	14.0	16.8	25.1	23.9
Modified rice seedling tray	-	-	-	6.3	17.7	23.6
Plastic tray	-	-	10.6	16.5	23.7	26.7
LSD.0.05			NS	6.7	NS	NS
	<i>Epicotyl length (cm)</i>					
Rice seedling tray	-	-	0.6	1.1	1.3	2.5
Modified rice seedling tray	-	-	-	0.9	0.9	1.7
Plastic tray	-	-	0.8	1.0	1.8	2.4
LSD.0.05			NS	NS	NS	0.3

Seeds were dark-cultured at 27°C for up to 7 days.
Means in columns was separated by LSD at P= 0.05.



Rice seedling tray



Modified rice seedling tray



Plastic tray

Photo. 3.1. Appearance of difference nursery tray of peanut sprout cultivation at 27°C

6. 발아 및 생육촉진을 위한 땅콩나물 생산기술 개발

가. 재료 및 방법

식물공장형 땅콩나물의 생산기술을 확립하고 위한 전제조건인 발아촉진 종자처리 기술과 관수방법을 구명하고자 하였다. 실험에 사용된 종자는 ‘조평’이었고, 침지처리는 증류수에 240분, 360분, 720분 침지하였고, 온탕처리는 50℃의 온수에 5분, 30분 60분 처리하였다. 각각의 조건으로 처리된 종자를 배양기에 치상한 후 관수방법을 두상관수 또는 저면관수로 달리하였다. 이때 관수간격은 2시간 마다 2분간 관수하였다. 생육조사는 부패율, 발아율과 T₅₀ 및 생육시기별 시기별 하배축 비대, 뿌리수, 상배축의 생장 및 생체중과 건물중 등을 조사하였다. 생육실험은 암조건의 27℃의 땅콩나물 배양기에서 수행되었다.

나. 결과 및 고찰

종자처리는 발아를 억제시키는 요인들을 제거 또는 타파시켜 발아와 발아균일도를 향상시키기 위해 여러 가지 물질을 처리하는 것을 말한다.

Table 3.15. Effect of irrigation method on percent germination, T₅₀ and percent decay of peanut sprouts.

Seed treatment		Germination ^z	T ₅₀	Decay	
Presoaking type	Duration (min)	Irrigation method (%)	(days)	(%)	
Presoaking	240	Overhead watering	100.0	0.67	2.0
		Bottom watering	61.7	2.95	21.7
	360	Overhead watering	100.0	0.66	3.5
		Bottom watering	48.3	3.83	30.0
	720	Overhead watering	100.0	0.78	6.7
		Bottom watering	61.7	3.69	18.3
Hot water presoaking(50℃)	5	Overhead watering	100.0	0.82	0.7
		Bottom watering	58.3	4.80	18.3
	30	Overhead watering	98.3	0.67	2.7
		Bottom watering	35.0	4.86	23.3
	60	Overhead watering	95.0	1.06	2.2
		Bottom watering	36.7	2.67	22.0
	Untreated	Overhead watering	100.0	0.70	5.2
		Bottom watering	61.7	3.20	25.0
Significance					
Presoaking type (A)		*** y	**	NS	
Duration (B)		NS	NS	NS	
Irrigation method(C)		***	***	***	
A × B		**	*	NS	
A × C		***	***	*	
B × C		**	*	**	
A × B × C		*	*	NS	

^z Seeds were dark-cultured at 27℃ for up to 7 days.

^y NS, **, *** Nonsignificant or significant at $P \leq 0.01$ or 0.001, respectively.

Table 3.16. Effect of seed treatment on hypocotyl length and hypocotyl diameter of peanut sprouts.

Seed treatment			Days after seeding					
Presoaking type	Duration (min)	Irrigation method	2	3	4	5	6	7
<i>Hypocotyl length(cm)</i>								
Presoaking	240	Overhead watering	0.47	0.74	1.53	2.29	2.88	3.14
		Bottom watering	-	-	-	-	-	-
	360	Overhead watering	0.71	0.78	1.48	2.15	2.78	3.01
		Bottom watering	-	-	-	-	-	-
	720	Overhead watering	0.46	0.73	1.01	1.38	1.66	1.68
		Bottom watering	-	-	0.20	0.20	0.30	0.33
Hot water presoaking(50°C)	5	Overhead watering	0.63	0.97	1.48	2.25	2.53	2.94
		Bottom watering	-	-	-	-	-	-
	30	Overhead watering	0.53	0.79	1.47	1.79	2.46	2.50
		Bottom watering	0.60	0.60	0.70	0.70	0.70	0.70
	60	Overhead watering	0.41	0.83	1.09	1.60	2.00	2.20
		Bottom watering	-	-	-	-	-	-
Untreated		Overhead watering	0.64	0.94	1.35	1.78	2.13	2.56
		Bottom watering	-	-	-	-	-	-
LSD0.05			0.21	0.18	0.21	0.22	0.23	0.20
<i>Hypocotyl diameter(mm)</i>								
Presoaking	240	Overhead watering	3.57	4.87	5.05	5.15	5.18	6.12
		Bottom watering	-	-	-	-	-	-
	360	Overhead watering	3.98	4.94	4.96	5.11	5.61	6.11
		Bottom watering	-	-	-	-	-	-
	720	Overhead watering	3.93	4.63	4.82	5.43	5.73	6.15
		Bottom watering	-	-	3.36	3.50	3.56	3.75
Hot water presoaking(50°C)	5	Overhead watering	4.38	4.54	5.04	5.94	6.02	6.19
		Bottom watering	-	-	-	-	-	-
	30	Overhead watering	4.03	5.42	5.64	5.66	5.94	6.08
		Bottom watering	3.96	3.75	3.97	4.12	4.17	4.29
	60	Overhead watering	3.61	4.49	5.37	5.66	6.06	6.54
		Bottom watering	-	-	-	-	-	-
Untreated		Overhead watering	3.79	5.45	5.75	6.34	5.62	6.27
		Bottom watering	-	-	-	-	-	-
LSD0.05			0.21	0.21	0.21	0.3	0.27	0.25

Seeds were dark-cultured at 27°C for up to 7 days.

Means in columns was separated by LSD at P= 0.05.

Table 3.17. Effect of seed treatment on root length and number of lateral root of peanut sprouts.

Seed treatment			Days after seeding					
Presoaking type	Duration (min)	Irrigation method	2	3	4	5	6	7
			<i>Root length(cm)</i>					
Presoaking	240	Overhead watering	0.58	1.24	1.85	2.95	3.31	3.51
		Bottom watering	0.30	0.18	0.22	0.23	0.24	0.26
	360	Overhead watering	0.73	1.60	2.90	3.42	4.08	5.61
		Bottom watering	-	0.14	0.20	0.23	0.24	0.25
	720	Overhead watering	0.51	1.09	1.80	2.73	2.61	2.70
		Bottom watering	0.17	0.17	0.23	0.25	0.26	0.28
Hot water presoaking(50°C)	5	Overhead watering	0.93	2.04	3.34	4.62	4.83	5.10
		Bottom watering	0.19	0.23	0.24	0.24	0.24	0.28
	30	Overhead watering	0.91	1.84	3.09	4.25	4.95	5.21
		Bottom watering	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24
	60	Overhead watering	0.53	1.18	1.99	3.04	3.52	3.68
		Bottom watering	0.15	0.17	0.23	0.25	0.25	0.30
Untreated		Overhead watering	0.84	2.15	3.29	3.95	4.61	5.34
		Bottom watering	0.21	0.21	0.23	0.23	0.23	0.25
LSD0.05			NS	0.18	0.23	0.19	0.24	0.19
			<i>No. of lateral root</i>					
Presoaking	240	Overhead watering	-	-	-	14.6	19.7	26.7
		Bottom watering	-	-	-	-	-	-
	360	Overhead watering	-	-	4.80	16.6	31.3	29.8
		Bottom watering	-	-	-	-	-	-
	720	Overhead watering	-	-	-	17.7	24.4	25.7
		Bottom watering	-	-	-	-	-	-
Hot water presoaking(50°C)	5	Overhead watering	-	-	15.0	23.5	34.8	43.1
		Bottom watering	-	-	-	-	-	-
	30	Overhead watering	-	-	10.0	18.4	28.9	30.9
		Bottom watering	-	-	-	-	-	-
	60	Overhead watering	-	-	12.0	19.0	29.5	32.7
		Bottom watering	-	-	-	-	-	-
Untreated		Overhead watering	-	-	-	13.0	22.6	29.6
		Bottom watering	-	-	-	-	-	-
LSD0.05			-	-	3.9	4.2	4.2	3.7

Seeds were dark-cultured at 27°C for up to 7 days.

Means in columns was separated by LSD at P= 0.05.

Table 3.18. Effect of seed treatment on epicotyl length root of peanut sprouts.

Seed treatment			Days after seeding					
Presoaking type	Duration (min)	Irrigation method	2	3	4	5	6	7
			<i>Epicotyl length(cm)</i>					
Presoaking	240	Overhead watering	-	-	1.00	1.02	1.60	2.41
		Bottom watering	-	-	-	-	-	-
	360	Overhead watering	-	-	0.89	1.11	1.82	2.17
		Bottom watering	-	-	-	-	-	-
	720	Overhead watering	-	-	0.80	1.26	1.64	1.89
		Bottom watering	-	-	-	-	-	-
Hot water presoaking(50°C)	5	Overhead watering	-	-	0.92	1.42	2.23	3.70
		Bottom watering	-	-	-	-	-	-
	30	Overhead watering	-	-	1.19	1.37	2.53	3.88
		Bottom watering	-	-	-	-	-	-
	60	Overhead watering	-	-	-	-	-	-
		Bottom watering	-	-	-	-	-	-
Untreated		Overhead watering	-	-	0.80	1.15	1.75	2.62
		Bottom watering	-	-	-	-	-	-
LSD0.05			-	-	0.12	0.11	0.23	0.23

Seeds were dark-cultured at 27°C for up to 7 days.
Means in columns was separated by LSD at P= 0.05.

그리고 종자처리는 포장조건에 비해 목적하는 부위에 소량의 물질 처리가 가능하여 보다 경제적 이고 비교적 오염되지 않은 유묘를 얻을 수 있는 이유로 종자처리에 관한 연구가 이루어지고 있다.

식물공장형 땅콩나물 생산에 이용되는 땅콩종자는 필수적으로 발아균일도, 발아기간 단축 및 높은 발아율을 가진 고품질의 종자가 요구되고 있다. 땅콩나물의 재배환경 가운데 관수는 고품질 땅콩나물 생산과 연관되며, 과도한 관수량은 생산단가를 상승시키는 요인이 된다.

땅콩나물 재배에서 가장 문제점으로 지적되고 것이 부패인데, 땅콩나물에서 부패를 경감시키는 방법 중에서 호마이를 비롯한 살균제 종자처리가 가장 근원적인 방법이지만 이러한 방법들은 농약의 원료가 땅콩나물에 잔류하여 인체에 유해하다는 단점이 있다. 따라서 땅콩나물 재배상의 부패문제를 있는 친환경 방법인 재배전에 종자정선 및 종자처리를 통하여 미발아 종자를 분류해 내는 기술 개발이 선결요인이다.

이러한 목적으로 땅콩종자를 치상하기 전에 침지 또는 50°C에서 온탕처리하여 관수방법에 따른 발아율과 발아속도 및 부패율을 조사한 결과는 Table 3.15와 같다.

땅콩종자를 파종하기전 침지처리와 온탕처리간 발아율에는 처리가 있었고, 전반적으로 침지처리가 발아율 향상과 신속한 발아에 좋았다. 온탕처리의 경우 처리시간이 60분간으로 길어질수록 발아율이 약간 낮아지는 경향을 보였다. 땅콩나물 재배에서 종자를 파종한 후 관수방법에 따라 발아율과 현저한 차이가 있었고, 땅콩을 치상하여 위로부터 수분을 공급하는 두상관수는 종자처리에 관계없이 발

아울이 95% 이상 이었다. 그러나 아래로부터 물을 공급하는 하면담수는 발아율이 36~61%에 불과하여 관수방식이 땅콩종자의 발아율과 밀접한 관련이 있음을 구명하였다. 또한 발아속도도 하면담수 처리된 땅콩은 두상관수에 비해 2~3.2일 정도 지연되었다. 부패율 또는 관수방식에 따라 차이가 있었으며, 두상관수는 종자처리에 관계없이 하면담수에 비해 부패율이 낮았다. 따라서 땅콩나물에서 종자활력을 증진시킬 수 있는 종자처리는 360분 침지처리였다.

파종전 종자처리와 종자파종 후 관수조건이 땅콩나물의 생육시기별 하배축 생장에 미치는 영향을 조사한 결과는 Table 3.15에 나타내었다.

시기별 침지처리와 온탕처리간 하배축 생장에는 큰 차이가 없었으나 파종 후 주어지는 관수방식에 따라 하배축 길이생장과 직경생장에 큰 차이를 보였다. 하면담수 처리된 땅콩나물은 발아에 이은 유묘로 전개되는 과정이 불량하여 상품성 있는 땅콩나물 생산이 어려웠다. 반면 두상관수로 재배된 땅콩나물은 종자처리에 관계없이 정상적인 하배축 생장을 보였다(Table 3.16).

파종전 종자처리와 종자파종 후 관수조건이 땅콩나물의 생육시기별 뿌리 생장에 미치는 영향을 조사한 결과는 Table 3.17에, 상배축 생장은 Table 3.18에 나타내었다. 전반적인 양상은 하배축 생장과 유사하였고 파종전에 주어지는 종자처리보다는 파종 후 가해주는 관수방식에 의해 상배축 생장에 큰 차이가 있었다. 하면담수는 발아지연을 유발하여 상배축 생장이 불량하였다. 지상부와 지하부의 전반적인 생육을 촉진할 수 있는 종자처리는 240시간 침지 처리가 좋았고, 관수방식은 두상관수가 좋았다.

땅콩나물 재배에 적용될 수 있는 종자처리 기술들은 그 효과가 생육초기 까지 연장되어야 하고, 종자처리에 사용되는 물질이 환경에 대한 적응성과 저렴한 가격으로 이용될 수 있는 경제성이 있어야 한다. 따라서 본 연구에서는 화학약제가 아닌 단지 물에 종자를 일정기간 담그는 침지처리가 땅콩나물의 성장촉진에 유효하였다.

7. 땅콩나물 추출물을 이용한 기능성 두유 및 기능성 음료의 개발

가. 재료 및 방법

(1) 사용 균주 및 배지

실험에 사용한 균주는 *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus bulgaricus*로 한국생명공학연구원 생물자원센터(Daejeon, Korea)로부터 분양 받아 MRS broth(Difco, USA)에 접종하고 2회 계대 배양하였다.

(2) 땅콩나물 대두 요구르트의 제조

땅콩나물 건조분말 첨가 요구르트의 제조는 두유 및 우유에 예비실험결과 기호도를 만족시킬 수 있는 범위로 설정된 0, 0.5, 1.0, 2.0 및 3.0% 농도의 땅콩나물을 첨가하여 균질화 하고 멸균한 후 starter로 *Str. thermophilus*와 *Lac. bulgaricus*를 동등한 비율로 혼합하여 2%(v/v) 접종한 후 37°C 항온기에서 12시간 동안 발효시켰다.

(3) pH 및 총산 정량

시료 5 g에 증류수 45 mL을 가한 후 균질화 한 다음 10 mL을 취하여 실험에 사용하였다. 요구르트의 pH는 pH meter(720 p, Istek, Korea)를 사용하여 측정하였고 요구르트의 총산의 함량은 Vanderzant와 Splittsoesser (1992)의 방법에 따라 요구르트를 1 mL에 증류수 10 mL를 가하여 혼합한 다음 여기에 0.1 N NaOH로 적정하였다. 이때 0.1 N NaOH의 소요량에 대하여 lactic acid(%) 양으로 환산하였다.

(4) 색도 측정

요구르트의 색도 측정은 시료 10 g을 투명한 petri dish에 담아 색차계(CR-300, Minolta, Japan)를 사용하여 Hunter L(lightness), a(redness), 및 b(yellowness) 값을 각각 3회 반복 측정하여 그 평균값으로 나타내었다. 이때 사용한 표준 배판(standard plate)은 L값은 97.10 a값이 0.13, b값이 1.88 이었다.

(5) 당도 측정

요구르트 시료 1 mL을 취하여 당도계(PAL-3, Atago, Japan)를 이용하여 °Brix로 3회 반복 측정 후 평균값으로 나타내었다.

(6) 점도 측정

요구르트의 점도 측정은 시료 50 g을 취하여 점도계(Brookfield DV-II+ Viscometer, Brookfield Engineering Laboratories, Inc., USA)의 4번 spindle을 사용하여 60 rpm에서 1분 간격으로 점도를 측정하여 평균값으로 나타내었다.

(7) 유산균수 측정

유산균수의 생균수는 균주 접종 후 4시간 간격으로 배양용액 1 mL 취하여 멸균 식염수로 희석한 후 MRS broth 한천배지에 도말하고 $37 \pm 1^\circ\text{C}$ 에서 2일간 배양하여 나타난 colony수를 조사하여 colony forming unit(CFU/mL)로 표시하였다.

(8) 관능검사

관능검사 패널은 순천대학교 식품영양학과 대학생 20명을 대상으로 발효가 완료된 요구르트를 4°C 에서 24시간 보관한 후 흰색 컵에 취하여 관능 평가를 실시하였다. 요구르트의 색깔(color), 이취(odor), 맛(taste), 질감(texture), 전반적인 기호도(overall palatability)에 대하여 최저 1점, 최고 5점의 5점 척도법으로 평가하였다.

(9) 땅콩나물 대두 요구르트의 항산화 측정

시료 1 g에 메탄올을 9 mL을 첨가하여 실온에서 2시간 동안 추출한 후 3,000 rpm에서 20분간 원

심분리 하여 얻은 상등액을 시료용액으로 사용하였다. 땅콩나물 요구르트 항산화 활성은 땅콩나물 추출물과 동일한 방법으로 측정하였다.

나. 결과 및 고찰

(1) 요구르트 제조 조건 확립

동결 건조된 땅콩나물을 0.5%, 1.0%, 2.0%, 3.0% 첨가하여 4, 8, 12 및 16시간을 발효하여 그 형상을 측정한 결과는 Fig. 3.15와 같다. 즉 땅콩나물 건조분말을 첨가하지 않은 대두 요구르트는 전형적인 요구르트 crude의 형상을 보여주었지만 땅콩나물 건조분말을 첨가한 군에 비하여 crude 형상이 약하였다. 또한 4시간부터 응고가 시작되어서 12시간째 완전히 응고되며 신맛이 생성되어 요구르트로서의 형상이 가장 적합하였다. 그러나 발효시간이 16시간째는 산이 너무 많이 생성이 되어 요구르트로서 사용이 부적합하였다.

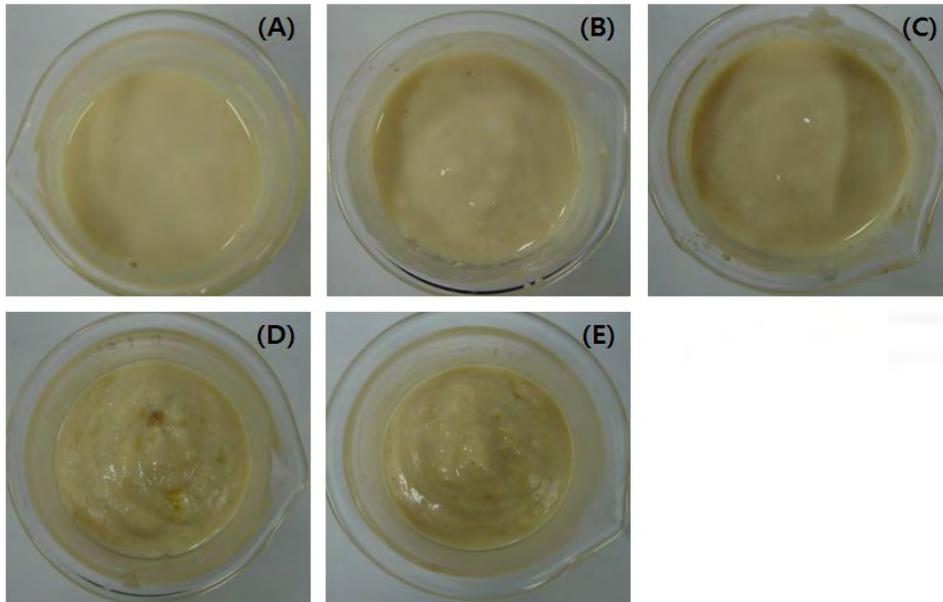


Fig. 3.15. Photograph of peanut sprout soybean yoghurt.

(A) : SY¹⁾, (B) : SY+0.5% PS²⁾, (C) : SY+1.0% PS, (D) : SY+2.0% PS, (E) : SY+3.0% PS

¹⁾SY: soybean yoghurt. ²⁾PS: peanut sprouts.

(2) 요구르트의 pH 및 총산 변화

동결 건조된 땅콩나물의 농도별(0.5%, 1%, 2%, 3%) 첨가에 따른 대두 요구르트 발효 중의 pH 및 산도의 변화를 측정한 결과는 Table 3.19 및 3.20과 같다.

대조군 요구르트(우유) 및 대두 요구르트의 pH 및 산도를 측정한 결과 대두 요구르트는 우유 요구르트보다 초기 pH 및 산도는 약간 낮았으며, 발효 시간이 진행됨에 따라 pH 및 산도가 요구르트(우유)와 거의 비슷 결과를 나타내었다. 한편 땅콩나물 건조분말 첨가에 따른 대두 요구르트의 pH는 발효초기 대조구의 6.37에 비하여 땅콩나물 건조분말 첨가에 따라 낮아졌으며(pH 6.34-6.09), 발효가 진행되면서 pH가 유의적으로 감소하여 발효 12시간 후 pH는 3.68-3.80을 나타내었다(Table 1). 또한 총산 변화도 pH 변화와 비슷한 경향을 나타내었는데 발효초기 대조구의 0.41에 비하여 땅콩나물 첨가군은 0.44-0.52 범위를 나타내어 땅콩나물 첨가에 의하여 산도가 증가하였으며, 대조구 및 땅콩나물 첨가군 모두 발효가 진행됨에 따라 산도가 증가하였다(Table 3.20).

Table 3.19. Change in pH of peanut sprout yoghurt during fermentation period at 37°C

Mixing ratio	Fermentation time (hr)			
	0	4	8	12
MY ¹⁾	6.13 ± 0.05 ^{aC}	4.21 ± 0.01 ^B	3.97 ± 0.00 ^A	3.58 ± 0.00 ^A
SY ²⁾	6.37 ± 0.01 ^{bD}	4.52 ± 0.03 ^C	4.10 ± 0.03 ^B	3.84 ± 0.03 ^A
SY+PS ³⁾ 0.5%	6.34 ± 0.02 ^{bD}	4.59 ± 0.04 ^C	4.06 ± 0.02 ^B	3.68 ± 0.05 ^A
SY+PS 1%	6.30 ± 0.04 ^{aD}	4.59 ± 0.01 ^C	4.06 ± 0.02 ^B	3.68 ± 0.04 ^A
SY+PS 2%	6.19 ± 0.05 ^{aD}	4.56 ± 0.02 ^C	4.03 ± 0.05 ^B	3.77 ± 0.05 ^A
SY+PS 3%	6.09 ± 0.02 ^{aD}	4.48 ± 0.01 ^C	4.03 ± 0.01 ^B	3.80 ± 0.06 ^A

¹⁾MY: milk yoghurt, ²⁾SY: soybean yoghurt, ³⁾PS: peanut sprout.

Data values are expressed as mean ± SD (n=3).

Means in the same row (A-D) and the same column (a-b) not sharing a common letter are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test.

Table 3.20. Change in titratable acidity of peanut sprout yoghurt during fermentation period at 37°C

Mixing ratio	Fermentation time (hr)			
	0	4	8	12
MY ¹⁾	0.16 ± 0.03 ^D	0.38 ± 0.03 ^{bC}	0.66 ± 0.00 ^{cbB}	0.84 ± 0.06 ^{bA}
SY ²⁾	0.12 ± 0.01 ^D	0.40 ± 0.02 ^{bC}	0.50 ± 0.02 ^{cb}	0.74 ± 0.02 ^{cA}
SY+PS ²⁾ 0.5%	0.12 ± 0.06 ^D	0.47 ± 0.03 ^{aC}	0.72 ± 0.04 ^{bB}	0.76 ± 0.03 ^{cA}
SY+PS 1%	0.14 ± 0.02 ^D	0.47 ± 0.03 ^{aC}	0.72 ± 0.05 ^{bB}	0.82 ± 0.02 ^{bA}
SY+PS 2%	0.16 ± 0.03 ^D	0.47 ± 0.01 ^{aC}	0.74 ± 0.01 ^{bB}	0.90 ± 0.01 ^{aA}
SY+PS 3%	0.20 ± 0.01 ^D	0.56 ± 0.02 ^{ab}	0.84 ± 0.02 ^{aA}	0.94 ± 0.02 ^{aA}

¹⁾MY: milk yoghurt, ²⁾SY: soybean yoghurt, ³⁾PS: peanut sprouts.

Data values are expressed as mean ± SD (n=3).

Means in the same row (A-D) and the same column (a-c) not sharing a common letter are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test.

(3) 요구르트의 색도 변화

땅콩나물 건조분말 첨가 대두 요구르트의 발효기간에 따른 색도 변화를 살펴보기 위하여 색도 L, a, b값을 측정된 결과는 Table 3.21과 같다. 요구르트 색의 밝기를 나타내는 명도 L값은 발효하기 전 요구르트(우유)와 대두 요구르트는 각각 무첨가군은 47.86, 46.28 이었으며, 0.5, 1.0, 2.0 및 3.0% 땅콩나물 요구르트는 각각 46.46, 44.83, 43.80 및 43.05에서 발효 12시간에는 각각 43.03, 42.92, 42.17, 42.09 으로 측정되어 발효기간에 따라 약간 감소하였다(Table 3.22). 적색도를 나타내는 a 값은 발효하기 전 요구르트(우유)와 대두 요구르트, 0.5, 1.0, 2.0 및 3.0% 땅콩나물 요구르트는 각각 -1.10, -0.85, -0.84, -0.73, -0.72, -0.68로 측정되었으며, 발효가 진행됨에 따라 요구르트(우유)를 제외한 모든 군에서 a값이 약간 증가하였다(Table 3-16). 황색도를 나타내는 b 값은 발효하기 전 요구르트(우유), 대두요구르트, 0.5, 1.0, 2.0 및 3.0% 땅콩나물 요구르트는 각각 0.53, 5.94, 5.80, 6.09, 6.12, 6.55로 땅콩나물 첨가량에 따라 황색도가 증가하였으며, 발효가 진행됨에 따라 황색도 증가하였다 (Table 3.23).

Table 3.21. Change in Hunter's L color value of peanut sprout yoghurt during fermentation period at 37°C

Sample	Fermentation (hr)			
	0	4	8	12
MY ¹⁾	47.86 ± 0.07 ^a	48.64 ± 0.18 ^a	47.41 ± 0.12 ^a	48.26 ± 0.03 ^a
SY ²⁾	46.28 ± 0.08 ^{bB}	45.06 ± 0.22 ^{bB}	44.67 ± 0.18 ^{bA}	43.67 ± 0.11 ^{bA}
SY+PS ³⁾ 0.5%	46.46 ± 0.08 ^{bB}	45.73 ± 0.05 ^{bB}	44.90 ± 0.05 ^{bA}	43.03 ± 0.05 ^{bA}
SY+PS 1.0%	44.83 ± 0.18 ^{bB}	44.39 ± 0.14 ^{cB}	43.75 ± 0.26 ^{bA}	42.92 ± 0.03 ^{bA}
SY+PS 2.0%	43.80 ± 0.12 ^c	43.15 ± 0.03 ^c	42.44 ± 0.13 ^c	42.17 ± 0.20 ^b
SY+PS 3.0%	43.05 ± 0.61 ^c	43.56 ± 0.19 ^c	42.33 ± 0.33 ^c	42.09 ± 0.25 ^b

Table 3.22. Change in Hunter's a color value of peanut sprout yoghurt during fermentation period at 37°C

Sample	Fermentation (hr)			
	0	4	8	12
MY ¹⁾	-1.10 ± 0.05 ^d	-1.04 ± 0.01 ^c	-1.27 ± 0.03 ^d	-1.10 ± 0.04 ^c
SY ²⁾	-0.85 ± 0.01 ^{cB}	-0.86 ± 0.08 ^{bB}	-0.05 ± 0.01 ^{aA}	-0.08 ± 0.01 ^{aA}
SY+PS ³⁾ 0.5%	-0.84 ± 0.02 ^{cB}	-0.82 ± 0.01 ^{bB}	-0.13 ± 0.01 ^{bA}	-0.10 ± 0.02 ^{aA}
SY+PS 1.0%	-0.73 ± 0.03 ^{bC}	-0.55 ± 0.04 ^{aB}	-0.52 ± 0.02 ^{cB}	-0.22 ± 0.02 ^{bA}
SY+PS 2.0%	-0.72 ± 0.05 ^{bC}	-0.56 ± 0.02 ^{aB}	-0.48 ± 0.02 ^{cB}	-0.34 ± 0.02 ^{bA}
SY+PS 3.0%	-0.68 ± 0.08 ^{aC}	-0.50 ± 0.07 ^{aB}	-0.36 ± 0.01 ^{cA}	-0.33 ± 0.04 ^{bA}

Table 3.23. Change in Hunter's b color value of peanut sprout yoghurt during fermentation period at 37°C

Sample	Fermentation (hr)			
	0	4	8	12
MY ¹⁾	0.53 ± 0.01 ^{cC}	0.72 ± 0.02 ^{bB}	2.10 ± 0.04 ^{cA}	2.01 ± 0.07 ^{cA}
SY ²⁾	5.94 ± 0.01 ^{bC}	6.68 ± 0.02 ^{bB}	6.25 ± 0.04 ^{bB}	7.08 ± 0.07 ^{bA}
SY+PS ³⁾ 0.5%	5.80 ± 0.05 ^{bC}	6.69 ± 0.21 ^{bB}	6.31 ± 0.03 ^{bB}	7.19 ± 0.04 ^{bA}
SY+PS 1.0%	6.12 ± 0.03 ^{aB}	6.90 ± 0.09 ^{bB}	7.55 ± 0.06 ^{bA}	7.77 ± 0.03 ^{bA}
SY+PS 2.0%	6.08 ± 0.07 ^{aB}	8.17 ± 0.06 ^{aA}	8.24 ± 0.05 ^{aA}	8.47 ± 0.04 ^{aA}
SY+PS 3.0%	6.55 ± 0.12 ^{aB}	8.39 ± 0.56 ^{aA}	8.45 ± 0.11 ^{aA}	8.92 ± 0.07 ^{aA}

¹⁾MY: Milk yoghurt, ²⁾SY: Soybean yoghurt, ³⁾PS: peanut sprouts.

Data values are expressed as mean ± SD (n=3).

Means in the same row (A-D) and the same column (a-d) not sharing a common letter are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test.

(4) 요구르트의 당도 변화

땅콩나물 건조분말 첨가 대두 요구르트의 당도 측정 결과는 Table 3.24와 같다. 저장 0일째 땅콩나물 건조분말을 첨가하지 않은 대두 요구르트는 14.5°Brix, 0.5, 1.0, 2.0 및 3.0% 땅콩나물 요구르트는 14.6, 14.8, 15.2 및 15.7°Brix로 나타났다.

Table 3.24. Change in sugar content of peanut sprout yoghurt during fermentation period at 37°C

Mixing ratio	Fermentation time (hr)			
	0	4	8	12
MY ¹⁾	13.7 ± 0.00 ^{cA}	9.1 ± 0.02 ^{bB}	7.7 ± 0.01 ^{cC}	7.1 ± 0.02 ^{cC}
SY ²⁾	14.7 ± 0.01 ^{bA}	10.2 ± 0.01 ^{bB}	9.3 ± 0.04 ^{bB}	8.6 ± 0.04 ^{bC}
SY+PS ³⁾ 0.5%	14.6 ± 0.01 ^{bA}	10.0 ± 0.02 ^{bB}	9.4 ± 0.03 ^{bB}	8.6 ± 0.05 ^{bC}
SY+PS 1%	14.8 ± 0.02 ^{bA}	10.1 ± 0.02 ^{bB}	9.5 ± 0.10 ^{bB}	8.6 ± 0.05 ^{bC}
SY+PS 2%	15.2 ± 0.01 ^{aA}	11.5 ± 0.01 ^{bB}	9.9 ± 0.02 ^{bB}	10.2 ± 0.02 ^{aC}
SY+PS 3%	15.7 ± 0.03 ^{aA}	13.4 ± 0.05 ^{aB}	11.6 ± 0.03 ^{aC}	10.5 ± 0.02 ^{aC}

¹⁾MY: milk yoghurt, ²⁾SY: soybean yoghurt, ³⁾PS: peanut sprouts.

Data values are expressed as mean ± SD (n=3).

Means in the same row (A-C) and the same column (a-c) not sharing a common letter are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test.

요구르트의 당도가 땅콩나물 첨가량에 의존하여 증가하는 것은 이는 실험에 사용된 땅콩나물의 당의 함유량 때문인 것으로 생각된다. 한편 발효기간이 경과함에 따라 땅콩나물 요구르트의 당도는 감소하였으며 이는 발효기간 동안 유산균에 의해 요구르트 내의 당이 분해 감소되고 유산 및 초산 등이 생성되어지기 때문이다.

(5) 요구르트의 점도 변화

땅콩나물 건조분말 첨가 대두 요구르트 발효기간에 따른 점도 변화를 측정된 결과는 Table 3.25 와 같다. 발효 기간 중 점도의 변화는 제조 직후 요구르트(우유), 대두 요구르트 경우 321, 298 cP 이었으며, 땅콩나물 0.5, 1.0, 2.0 및 3.0% 첨가 대두 요구르트는 각각 289, 297, 321 및 330 cP이었다. 모든 군에서 발효시간이 경과함에 따라 증가하는 경향을 보였으며, 대두 요구르트는 요구르트 (우유) 보다 점도가 낮았으며, 땅콩나물 첨가 농도가 증가 할수록 점도가 높아졌다.

Table 3.25. Change in viscosity of peanut sprout yoghurt during fermentation period at 37°C

Mixing ratio	Fermentation time (hr)			
	0	4	8	12
MY ¹⁾	0.0 ± 0.0 ^D	321 ± 1.3 ^{aC}	612 ± 3.4 ^{aB}	876 ± 3.4 ^{aA}
SY ²⁾	0.0 ± 0.0 ^D	298 ± 3.2 ^{bC}	545 ± 2.3 ^{bB}	645 ± 2.4 ^{bA}
SY+PS ³⁾ 0.5%	0.0 ± 0.0 ^D	289 ± 2.1 ^{bC}	532 ± 1.1 ^{bB}	654 ± 1.8 ^{bA}
SY+PS 1%	0.0 ± 0.0 ^D	297 ± 5.4 ^{bC}	612 ± 1.9 ^{aB}	812 ± 1.3 ^{aA}
SY+PS 2%	0.0 ± 0.0 ^D	321 ± 1.3 ^{aC}	632 ± 2.3 ^{aB}	886 ± 1.2 ^{aA}
SY+PS 3%	0.0 ± 0.0 ^D	333 ± 1.2 ^{aC}	659 ± 2.2 ^{aB}	912 ± 3.5 ^{aA}

¹⁾MY: milk yoghurt, ²⁾SY: soybean yoghurt, ³⁾PS: peanut sprouts.

Data values are expressed as mean ± SD (n=3).

Means in the same row (A-D) and the same column (a-c) not sharing a common letter are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test.

(6) 요구르트의 유산균수 변화

땅콩나물 건조분말 첨가에 따른 발효 중 유산균수 변화는 Table 3.26과 같다. 즉 스타터 접종 후 12시간 배양하면서 4시간 간격으로 유산균수를 측정된 결과 발효하기 전 우유 요구르트, 대두 요구르트는 각각 2.8×10^6 , 2.6×10^6 CFU/mL 이었으며, 0.5, 1.0, 2.0 및 3.0% 땅콩나물 요구르트는 각각 2.7×10^6 , 2.8×10^6 , 2.8×10^6 , 2.8×10^6 CFU/mL로 측정되었다. 모든 군에서 시간이 경과함에 따라 유산균수가 유의적으로 증가하여 발효 12시간 쯤 우유 요구르트, 대두 요구르트, 0.5%, 1.0%, 2.0% 및 3.0% 땅콩나물을 첨가한 대두 요구르트는 각각 3.4×10^8 , 2.8×10^8 , 2.7×10^8 , 3.5×10^8 , 3.7×10^8 CFU/mL 으로 유산균수가 증가하였다. 대두 요구르트의 유산균수는 우유요구르트 유산균수 보다 적었지만, 땅콩나물을 1.0% 이상 첨가 시 유산균수가 증가하는 것을 확인하였다.

Table 3.26. Changes in lactic acid (CFU/mL) of peanut sprout yoghurt during fermentation period at 37°C

Mixing ratio	Fermentation time (hr)			
	0	4	8	12
MY ¹⁾	2.8×10 ^{6D}	1.7×10 ^{7aC}	5.8×10 ^{7aB}	3.4×10 ^{8aA}
SY ²⁾	2.6×10 ^{6D}	1.5×10 ^{7bC}	5.4×10 ^{7bB}	2.8×10 ^{8bA}
SY+PS ³⁾ 0.5%	2.7×10 ^{6D}	1.4×10 ^{7bC}	5.6×10 ^{7bB}	2.9×10 ^{8bA}
SY+PS 1%	2.8×10 ^{6D}	1.5×10 ^{7bC}	5.8×10 ^{7aB}	3.5×10 ^{8aA}
SY+PS 2%	2.8×10 ^{6D}	1.8×10 ^{7aC}	5.9×10 ^{7aB}	3.5×10 ^{8aA}
SY+PS 3%	2.8×10 ^{4D}	1.9×10 ^{7aC}	6.0×10 ^{7aB}	3.7×10 ^{8aA}

¹⁾MY: milk yoghurt, ²⁾SY: soybean yoghurt, ³⁾PS: peanut sprouts.

Data values are expressed as mean ± SD (n=3).

Means in the same row (A-D) and the same column (a-b) not sharing a common letter are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test.

(7) 요구르트의 관능적 특성

땅콩나물 건조분말을 0.5%, 1%, 2% 및 3% 씩 각각 첨가하여 제조한 땅콩나물 요구르트의 기호도를 알아보기 위하여 향(Flavor), 맛(Taste), 질감(Texture), 색(Color), 전체적인 기호도(Overall palatability)에 대하여 5점 척도법으로 관능검사를 실시한 결과는 Table 3.27과 같다.

땅콩나물 0.5%, 1%, 2% 및 3%로 달리 첨가한 대두 요구르트의 관능검사에서 0.5에서 1% 땅콩나물 분말 첨가 대두 요구르트에서 향기, 맛, 색 및 전체적인 기호도면에서 약간 좋은 선호도를 보였으나, 질감면(Texture)에서 땅콩나물을 첨가하지 않은 대두 요구르트 보다 기호도가 감소하였다.

한편 땅콩나물 2%, 3% 첨가한 대두 요구르트는 모든 항목에서 대조군 보다 낮은 선호도를 보였다. 그 이유는 땅콩나물 자체의 비린내 및 풀냄새 등의 맛이 강하게 감지되었기 때문에 것으로 사료된다.

요구르트의 품질을 결정하는 중요한 요소로는 일반적으로 외관, 향미, 맛, 조직감을 들 수 있으며 본 실험에서 나타난 바와 같이 관능 평가의 모든 항목에서 0.5%, 1% 땅콩나물 대두 요구르트에서 기호도가 좋은 것으로 평가 되었다.

Table 3.27. Change in sensory evaluation scores of peanut sprout yoghurt during fermentation period at 37°C

Attributes		Time (hr)			
		0	4	8	12
Flavor	SY ¹⁾	3.5 ± 1.0 ^{aA}	3.6 ± 0.5 ^{aA}	3.6 ± 0.5 ^{aA}	3.7 ± 0.5 ^{aA}
	SY+PS ²⁾ 0.5%	3.7 ± 0.0 ^{aA}	3.7 ± 1.1 ^{aA}	3.8 ± 1.1 ^{aA}	3.9 ± 0.5 ^{aA}
	SY+PS 1%	3.2 ± 0.0 ^{aB}	3.8 ± 1.1 ^{aA}	3.8 ± 1.0 ^{aA}	4.0 ± 0.5 ^{aA}
	SY+PS 2%	2.6 ± 0.5 ^{bC}	2.5 ± 0.5 ^{bC}	2.6 ± 1.0 ^{bC}	2.6 ± 0.1 ^{bC}
	SY+PS 3%	2.0 ± 0.5 ^{cD}	2.0 ± 0.5 ^{cD}	1.9 ± 1.0 ^{cD}	1.9 ± 0.5 ^{cD}
Taste	SY	3.8 ± 1.5 ^{aA}	3.6 ± 0.5 ^{aA}	3.7 ± 1.0 ^{aA}	3.6 ± 0.5 ^{aA}
	SY+PS 0.5%	3.5 ± 0.5 ^{aA}	3.6 ± 1.1 ^{aA}	3.6 ± 1.0 ^{aA}	3.8 ± 0.5 ^{aA}
	SY+PS 1%	3.4 ± 1.0 ^{aA}	3.5 ± 0.5 ^{aA}	3.7 ± 1.0 ^{aA}	3.8 ± 0.5 ^{aA}
	SY+PS 2%	2.5 ± 0.0 ^{bB}	2.6 ± 0.5 ^{bB}	3.3 ± 0.5 ^{bA}	2.3 ± 1.5 ^{bB}
	SY+PS 3%	2.3 ± 0.5 ^{bA}	2.2 ± 1.0 ^{bA}	2.2 ± 1.5 ^{cA}	2.0 ± 0.0 ^{bA}
Texture	SY	3.6 ± 1.1 ^{aA}	3.7 ± 0.5 ^{aA}	3.7 ± 0.5 ^{aA}	3.7 ± 0.5 ^{aA}
	SY+PS 0.5%	3.4 ± 0.0 ^{aA}	3.4 ± 1.0 ^{aA}	3.3 ± 1.0 ^{aA}	3.2 ± 0.5 ^{bA}
	SY+PS 1%	3.2 ± 0.0 ^{aA}	3.0 ± 1.0 ^{bA}	3.0 ± 0.5 ^{bA}	2.8 ± 0.5 ^{cB}
	SY+PS 2%	2.5 ± 0.0 ^{bA}	2.5 ± 1.0 ^{cA}	2.6 ± 0.5 ^{cA}	2.3 ± 1.1 ^{cB}
	SY+PS 3%	2.2 ± 0.5 ^{cA}	2.1 ± 1.0 ^{dA}	2.1 ± 2.0 ^{dA}	2.0 ± 0.5 ^{dA}
Color	SY	3.6 ± 0.5 ^{aA}	3.5 ± 0.0 ^{aA}	3.4 ± 1.1 ^{aA}	3.4 ± 0.0 ^{aA}
	SY+PS 0.5%	3.5 ± 1.1 ^{aA}	3.3 ± 1.1 ^{aA}	3.4 ± 0.5 ^{aA}	3.4 ± 0.0 ^{aA}
	SY+PS 1%	3.5 ± 1.0 ^{aA}	3.3 ± 1.0 ^{aA}	3.2 ± 1.1 ^{aB}	3.0 ± 0.5 ^{bB}
	SY+PS 2%	2.3 ± 1.1 ^{bA}	2.2 ± 0.5 ^{bA}	2.0 ± 1.0 ^{bA}	2.0 ± 1.1 ^{cA}
	SY+PS 3%	2.2 ± 1.5 ^{bA}	2.3 ± 0.5 ^{bA}	1.9 ± 1.0 ^{bB}	1.8 ± 0.5 ^{cB}
Overall acceptability	SY	3.5 ± 1.0 ^{aA}	3.5 ± 0.5 ^{aA}	3.6 ± 1.0 ^{aA}	3.6 ± 0.0 ^{aA}
	SY+PS 0.5%	3.5 ± 0.5 ^{aA}	3.4 ± 1.1 ^{aA}	3.5 ± 1.0 ^{aA}	3.5 ± 0.5 ^{aA}
	SY+PS 1%	3.6 ± 0.5 ^{aA}	3.6 ± 1.1 ^{aA}	3.8 ± 1.0 ^{aA}	3.8 ± 0.6 ^{aA}
	SY+PS 2%	2.6 ± 0.5 ^{bA}	2.6 ± 0.5 ^{bA}	2.4 ± 0.5 ^{bA}	2.4 ± 1.1 ^{bA}
	SY+PS 3%	1.6 ± 0.5 ^{cA}	1.6 ± 0.5 ^{cA}	1.3 ± 1.5 ^{cB}	1.0 ± 0.0 ^{cB}

¹⁾SY: Soybean yoghurt, ²⁾PS: peanut sprouts.

Data values are expressed as mean ± SD (n=20).

Means in the same row (A-D) and the same column (a-c) not sharing a common letter are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test.

(8) 요구르트의 항산화 효과

땅콩나물 건조분말 첨가 대두 요구르트의 항산화 효과를 측정한 결과는 Table 3.28과 같다. 즉 DPPH radical 소거능은 땅콩나물의 첨가량에 의존하여 증가하였다. 땅콩나물 무첨가 요구르트(우유) 및 대두 요구르트의 수소공여능은 각각 18.4, 20.6%인데 비해 0.5% 땅콩나물 요구르트는 23.2%, 1% 땅콩나물 요구르트는 32.4%, 2% 땅콩나물 요구르트는 36.4% 그리고 3% 땅콩나물 요구르트는 DPPH radical을 42.1% 소거하였다. 환원력과 ABTS⁺ radical 소거능 또한 땅콩나물의 첨가량이 증가할수록 유의적으로 증가하였다.

따라서 땅콩나물 분말 1% 이상 첨가하여 대두 요구르트를 제조할 때 대두 요구르트의 산 생성 및 유산균의 생육을 촉진 등과 같은 품질 특성 및 항산화 효과의 기능성이 증가하였다. 그러나 기호적인 면에서는 좋은 효과를 나타내지 못하였기 때문에 추후 다른 식품 첨가물 등을 이용하여 기호성을 증가시키면 땅콩나물을 새로운 기능성 요구르트 개발에 있어서 좋은 소재로 활용 할 수 있을 것으로 생각된다.

Table 3.28. Antioxidant activity of peanut sprout yoghurt

Antioxidant activity	Peanut sprout yoghurt					
	MY	SY	0.5%	1.0%	2.0%	3.0%
DPPH radical scavenging activity(%)	18.4 ± 0.1 ^d	20.6 ± 0.1 ^c	23.2 ± 0.2 ^c	32.4 ± 0.2 ^b	36.4 ± 0.3 ^a	38.5 ± 0.2 ^a
Reducing power(O.D.)	0.72 ± 0.01 ^d	0.81 ± 0.01 ^c	0.84 ± 0.02 ^c	0.92 ± 0.01 ^b	1.02 ± 0.01 ^a	1.13 ± 0.02 ^a
ABTS ⁺ scavenging activity(%)	15.6 ± 0.1 ^d	17.4 ± 0.3 ^d	20.5 ± 0.4 ^c	29.5 ± 0.5 ^b	32.7 ± 0.1 ^a	34.2 ± 0.0 ^a

Data values were expressed as mean ± SD (n=3).

Means in the same row (a-d) not sharing a common letter are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test.

8. 광질을 활용한 청정 땅콩나물 생산체계 구축

가. 재료 및 방법

(1) 광질에 따른 땅콩나물의 생육반응 검정

땅콩나물 생산에 부패를 막는 화학제들은 대신하고 친환경적으로 땅콩나물을 생산할 수 있는 방법을 강구하고자 하였다. 실험에 사용된 광질은 파장대가 각기 다른 LED등을 이용하였다. 자외선은 280nm 파장대를 지닌 UV-B를 사용하였고(파루소), 가시광선은 red(660nm), blue(450nm), red + blue(8:2) LED(파루소) 등을 12시간 및 24시간 처리하여 27℃에서 8일간 재배하면서 부패율과 생육반응을 조사하였다. 생육반응 검정은 뿌리수, 뿌리길이, 하배축 비대, 생체중과 건물중을 조사하였는데 각각의 처리 당 10주의 땅콩나물을 3반복으로 채취하여 분석용 시료로 활용하였다.

나. 결과 및 고찰

(1) 광질에 따른 땅콩나물의 생육반응 검정

땅콩나물 재배에서 가장 큰 문제점은 고온다습한 재배환경에 의한 부패이다. 땅콩나물 재배에서 부패는 저활력의 종자를 사용했을 경우와 많은 양의 종자를 배양기내에 치상하게 되면 제한된 공간 내에서 막대한 양의 호흡열이 발생하게 되고, 종자내에서 유출되는 단백질 등에 의해 부패균의 활동이 왕성해지면서 부패균이 증가하게 된다. 부패종자는 건전한 종자에도 영향을 미치게 됨으로 친환경적인 방제기술의 개발이 요구된다.

Table 3.29. Effects of various light quality and treatment time on percent germination, T₅₀, fresh weight and dry weight of 'Jopyeong' peanut sprouts.

Light quality	Treatment time ^Z (hr)	Decay (%)	Germination (%)	T ₅₀ (days)	Fresh ^y weight(g)	Dry weight(g)
Red	12	2.3	95.6	0.58	33.68	7.53
	24	3.2	96.7	0.56	32.45	7.42
Blue	12	2.4	93.3	0.56	31.66	7.38
	24	2.7	94.4	0.54	34.65	7.40
Red + Blue	12	2.7	95.6	0.58	34.39	7.62
	24	3.4	96.7	0.58	33.78	7.65
UV-B	12	0.2	94.4	0.76	25.54	5.47
	24	0.3	92.2	0.66	27.24	5.74
Dark	24	5.3	94.4	0.68	30.33	7.27
Significance						
Light(A)		*** ^x	*	**	***	***
Light time(B)		NS	NS	NS	NS	NS
A X B		NS	NS	NS	NS	NS

^Z Peanut sprout were dark-cultured at 27℃ for up to 8 days. Treatment were spray after 2 hours water soaking at 27℃.

^y Determined 7 days after sowing.

^x NS, *, **, *** Nonsignificant or significant at $P = 0.05, 0.01, \text{ and } 0.001$, respectively.

Table 3.30. Effects of various light quality and treatment time on hypocotyl length and diameter of 'Jopyeong' peanut sprouts.

Light quality	Treatment time ^z (hr)	Days after seeding			
		2	4	6	8
<i>Hypocotyl length (cm)</i>					
Red	12	0.45	1.31	2.41	2.72
	24	0.49	1.27	2.43	2.62
Blue	12	0.65	1.29	2.23	2.54
	24	0.48	1.07	2.32	2.45
Red + Blue	12	0.45	1.21	2.39	2.75
	24	0.46	1.32	2.53	2.68
UV-B	12	0.43	1.13	2.17	2.46
	24	0.36	0.96	1.63	2.36
Dark	24	0.56	1.20	2.26	2.58
Significance					
Light(A)		* y	**	**	*
Light time(B)		NS	NS	NS	NS
A X B		*	*	NS	*
<i>Hypocotyl diameter (mm)</i>					
Red	12	3.42	5.34	6.43	6.51
	24	3.53	5.64	6.52	6.75
Blue	12	3.70	5.37	6.36	6.45
	24	3.64	5.44	6.45	6.53
Red + Blue	12	3.58	5.48	6.32	6.72
	24	3.46	5.33	6.10	6.52
UV	12	3.33	5.35	6.47	6.56
	24	3.28	5.45	6.49	6.69
Dark	24	3.35	5.27	6.22	6.47
Significance					
Light(A)		*	**	*	**
Light time(B)		NS	NS	NS	NS
A X B		NS	***	NS	NS

^z Peanut sprout were treated different light quality each other at 27°C for up to 8 days.

^y NS, *, **, *** Nonsignificant or significant at $P = 0.05, 0.01, \text{ and } 0.001$, respectively.

특히 자외선의 경우 식물의 성장감소를 유도하며, 그 중 280nm 파장대를 지닌 UV-B 처리는 병원균의 살균과 식물체의 스트레스 방어기작에 관여 한다고 알려져 있다. 이러한 목적으로 UV-B 및 다양한 파장대의 광질을 처리하여 땅콩나물의 부패율 경감과 생육반응에 미치는 영향을 조사하였다 (Table 3.30). 땅콩나물 재배에 광질을 달리하여 부패율을 조사한 결과 암조건에서는 발아 및 땅콩나물로 생장이 전개되는 과정중 부패율이 5.3% 발생하였다. 그러나 UV-B로 처리하면 부패율을 1.0% 미만으로 낮출 수 있었다. 그 외에 red, blue 및 red + blue(8:2) 혼합광에서는 부패율이 2.3~3.4%

정도였고, 이들 광질처리에서는 뚜렷한 부패율 경감효과가 없었다.

Table 3.31. Effects of various light quality and treatment time on root length, number of lateral roots and epicotyl length of 'Jopyeong' peanut sprouts.

Light quality	Treatment ^z time (hr)	Days after seeding			
		2	4	6	8
<i>Root length (cm)</i>					
Red	12	0.43	2.71	5.34	5.43
	24	0.61	3.20	5.52	5.88
Blue	12	1.07	3.49	5.44	6.37
	24	1.12	3.54	5.31	5.81
Red + Blue	12	0.56	3.23	5.64	6.19
	24	0.50	3.58	5.80	6.36
UV-B	12	0.66	3.40	4.54	5.20
	24	0.52	2.59	4.38	5.63
Dark	24	0.47	2.93	5.20	6.06
Significance					
Light(A)		***y	**	**	**
Light time(B)		NS	NS	NS	NS
A X B		**	**	*	*
<i>No. of lateral roots</i>					
Red	12	-	0.0	32.1	45.6
	24	-	0.4	39.7	59.4
Blue	12	-	2.0	42.5	63.6
	24	-	0.4	30.3	49.7
Red + Blue	12	-	0.0	33.9	49.3
	24	-	0.7	27.4	41.6
UV-B	12	-	0.2	25.3	38.7
	24	-	0.0	22.6	40.4
Dark	24	-	0.1	31.6	58.1
Significance					
Light(A)		NS	NS	*	*
Light time(B)		NS	NS	NS	NS
A X B		NS	NS	*	*
<i>Epicotyl length (cm)</i>					
Red	12	-	0.40	2.14	3.57
	24	-	0.74	2.08	3.65
Blue	12	-	0.57	2.40	3.58
	24	-	0.47	2.42	3.42
Red + Blue	12	-	0.34	2.58	3.43
	24	-	0.45	1.88	3.21
UV-B	12	-	0.26	0.97	2.28
	24	-	0.20	0.69	1.80
Dark	24	-	0.34	0.70	2.90
Significance					
Light(A)		NS	*	**	**
Light time(B)		NS	*	*	*
A X B		NS	NS	NS	NS

^z Peanut sprout were treated different light quality each other at 27°C for up to 8 days.

^y NS, *, **, *** Nonsignificant or significant at $P = 0.05, 0.01, \text{ and } 0.001$, respectively.

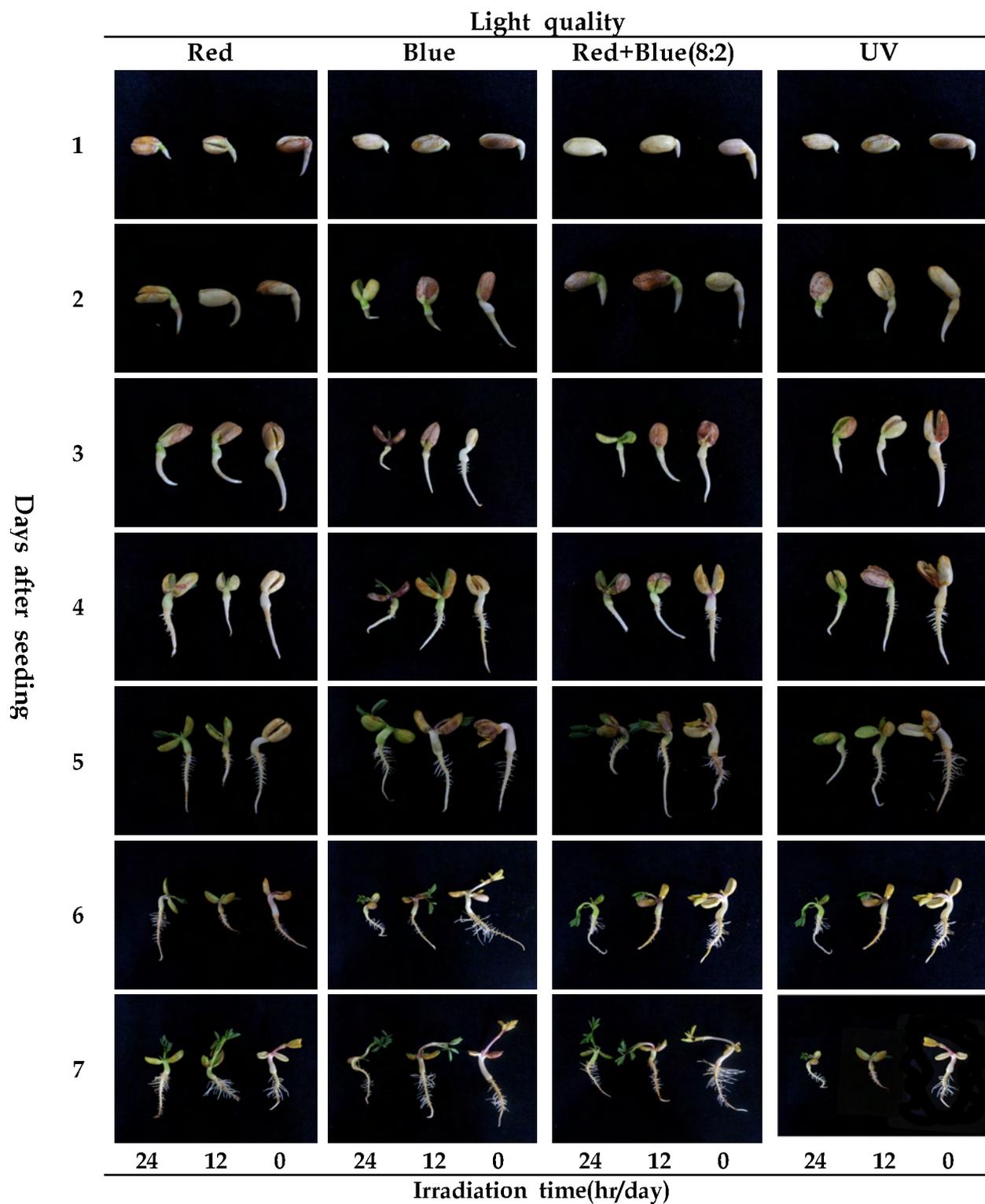


Photo.3.2. Change in seedling growth with various light quality irradiation treatment of peanut sprouts. Seeds were growth with various light quality for 7 days after sowing at 27°C.

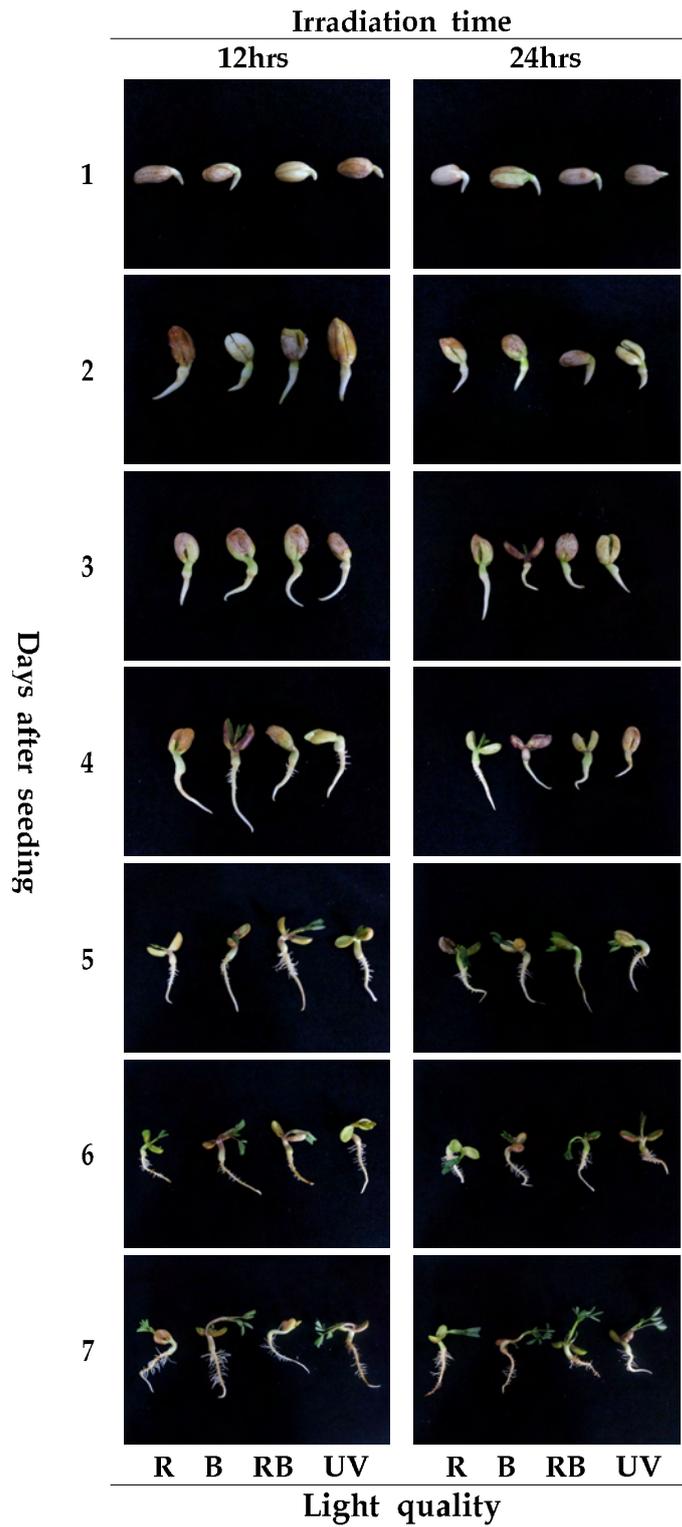


Photo.3.3. Change in seedling growth with various light quality irradiation treatment of peanut sprouts. Seeds were growth with various light quality for 7 days after sowing at 27°C.

또한 광질처리 시간은 부패율에 미치는 영향은 크지 않았다. UV-B 처리에서는 처리시간에 관계 없이 발아율이 약간 감소하였으며, 발아속도(T_{50})도 약간 늦어졌다.

과장대가 다른 광을 처리하여 8일간 재배한 땅콩나물의 생체중과 건물중은 생육과정중 주어지는 광질에 의해 차이가 있었으며, 12시간의 red + blue의 혼합광 처리에서 생체중과 건물중이 각각 34.4g과 7.62g로 가장 높았다. 반면 UV-B 처리에서는 생체중과 건물중이 가장 낮았다.

8일간 재배한 하배축 신장은 광질에 의해 차이가 있었으며, 암조건에서 재배한 땅콩나물의 하배축 길이는 2.58cm 였으나, UV-B를 제외한 광질처리들은 암조건보다 하배축 신장생장이 높았다. 또한 생육 8일째의 하배축 직경은 모든 광질처리들이 암조건보다 높았으며, 특히 UV-B 처리는 하배축의 신장생장은 낮았으나 비대생장은 높았다. 전반적으로 하배축의 비대생장이 가장 좋았던 처리는 red + blue의 혼합광 12시간 처리였다. 다음이 red 광, blue광 순이었다.

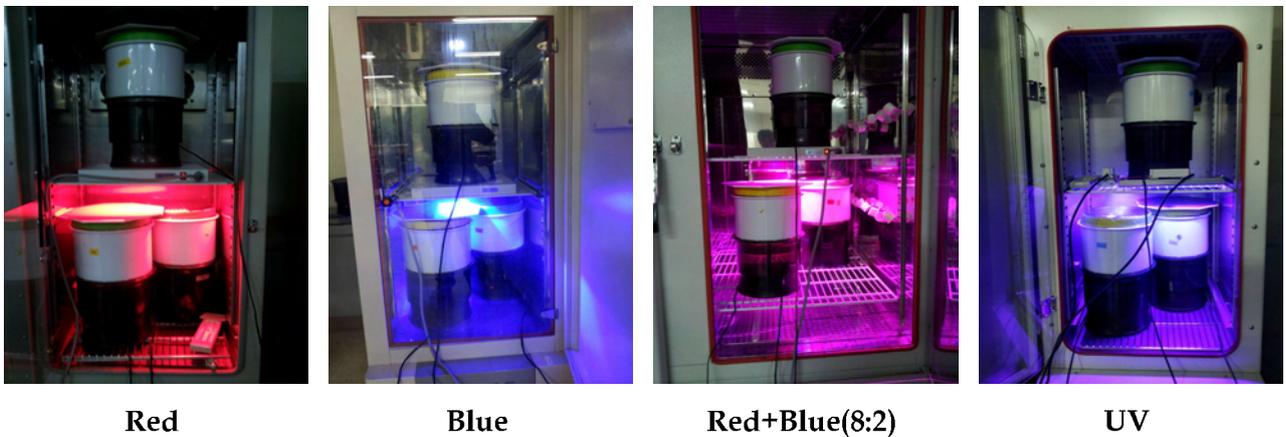


사진 3.4. 광질을 이용한 땅콩나물 재배모습

8일간 재배된 땅콩나물의 뿌리신장은 광질의 종류에 의해 유의성이 인정되었다. 암조건에서 재배한 땅콩나물의 뿌리신장은 6.06cm 였으나, UV-B로 처리에서는 처리시간에 관계없이 뿌리신장이 5.6cm로 가장 낮았다. 반면 그 외의 광질 처리간 차이는 인정되지 않았다. 또한 생육 8일째 땅콩나물의 세균 발생량은 광질의 종류에는 차이가 있었으나, 처리시간에 따른 차이는 없었다.

암조건에서 생육된 땅콩나물은 세균발생수가 58.1개 였으나, UV-B로 처리된 땅콩나물은 세균 발생수는 40개 이하로 적었다. 상배축 생장 또한 주어지는 광질에 영향을 받았으며, UV-B로 처리된 땅콩나물은 상배축 생장이 낮았다. 반면 red 광 및 blue광 그리고 red + blue 혼합광 등 광질처리 간에는 뚜렷한 차이는 없었다. 전반적으로 땅콩나물의 생육에는 12시간의 red + blue 혼합광 처리에서 생육이 좋았으나, 소비자들은 자엽이 녹색인 땅콩나물을 선호하기보다는 콩나물과 같이 자엽이 노란 땅콩나물을 선호하므로 기호도와 경제성을 고려할 때 암조건에서 생육시킨 땅콩나물이 좋을 것으로 판단된다.

9. 땅콩나물 추출물을 첨가한 দু유 및 기능성 음료의 산업화

가. 땅콩나물 추출물을 첨가한 দু유의 개발 및 품질 특성

가) 재료 및 방법

(1) 땅콩나물 추출물을 첨가한 দু유의 제조

실험에 사용된 দু유는 Fig. 3.16과 같은 방법으로 제조한 후 땅콩나물 추출물을 1.0, 3.0 및 5.0% 첨가 하여 실험에 사용하였다.

(2) 땅콩나물 추출물의 제조

땅콩나물 추출물은 동결 건조시켜 파쇄한 땅콩나물에 80% 주정으로 80℃에서 3시간동안 환류추출을 3회 반복하여 얻은 추출물을 회전식 감압 농축기(EYELA, Rikakikai, Co., Japan)를 이용하여 농축한 다음 동결건조 시켜 얻은 추출물을 사용하였다.

(3) দু유의 품질 특성 측정

① pH 및 총산 정량

두유의 pH는 pH meter(720p, Istek, Korea)를 사용하여 측정하였고 두유의 총산의 함량은 시료 1 mL에 증류수 10 mL을 가하여 혼합한 다음 여기에 0.1 N-NaOH로 적정하고 0.1 N-NaOH의 소요량에 대하여 lactic acid(%) 양으로 환산 하였다.

② 색도 측정

색도 측정은 시료 10 g을 투명한 petri dish에 담아 색차계(CR-300, Minolta, Japan)를 사용하여 Hunter L(lightness), a(redness), 및 b(yellowness) 값을 각각 3회 반복 측정하여 그 평균값으로 나타내었다.

③ 당도 측정

두유 1 mL을 취하여 당도계(PAL-3, Atago, Japan)를 이용하여 BRIX로 3회 반복 측정 후 평균값으로 나타내었다.

④ 탁도 측정

음료의 탁도는 650nm에서 흡광도계(U-1800, Hitachi, Japan)를 사용하여 3회 반복 측정 후 평균값으로 나타내었다.

⑤ 관능 검사

색깔(Color), 침전물(Deposit), 향(Flavor), 맛(Taste), 전반적인 기호도(Overall palatability)에 대하여 최저 1점, 최고 5점의 5점 척도법으로 평가하였다.

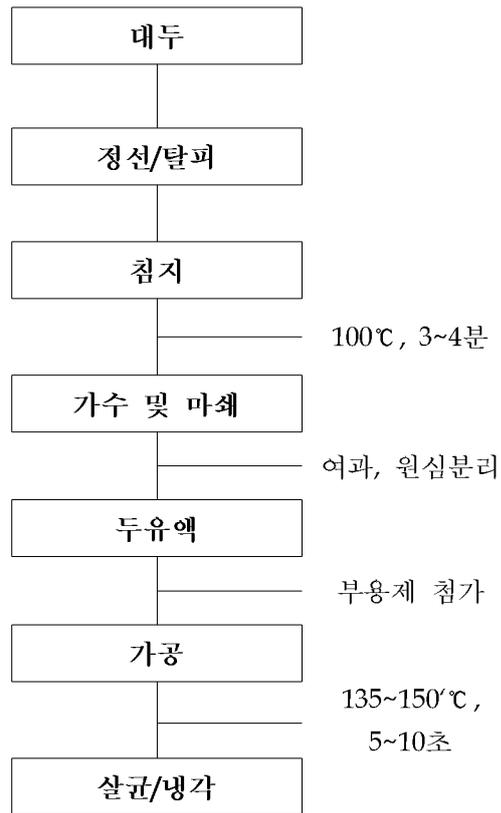


Fig. 3.16. Production of soybean milk.

나) 결과 및 고찰

(1) 두유의 pH와 산도 측정

땅콩나물 추출물의 농도에 따른 두유의 pH와 총산의 측정 결과는 Fig. 3-17 과 Fig. 3-18 와 같다. 두유의 pH는 땅콩나물 추출물의 농도가 높아질수록 약간 낮아지는 경향을 나타냈으나, 큰 차이가 없음을 확인하였다. 한편 산도는 땅콩나물 추출물의 농도가 높아질수록 약간 증가하는 경향을 나타냈으나 pH 결과와 마찬가지로 거의 차이가 없음을 확인하였다.

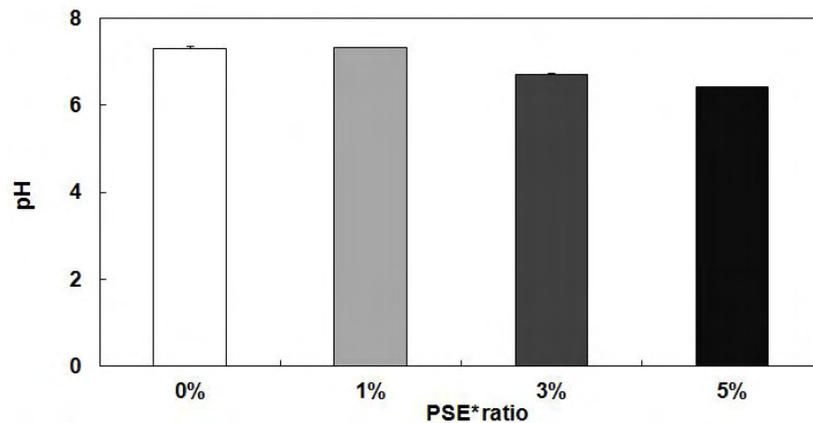


Fig. 3.17. Change in pH of soybean milk added to peanut sprout extract.

*PSE: peanut sprout extract. Data values are expressed as mean \pm SD (n=3).

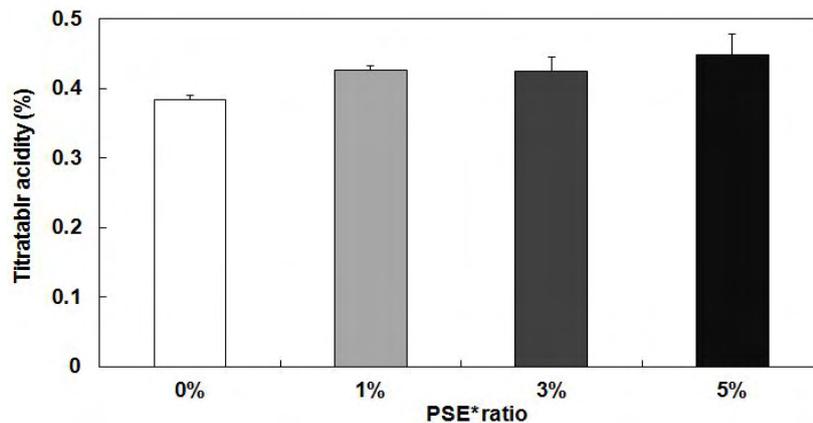


Fig. 3.18. Change in titratable acidity of soybean milk added to peanut sprout extract.

*PSE: peanut sprout extract. Data values are expressed as mean \pm SD (n=3).

(2) 두유의 색도 측정

땅콩나물 추출물의 농도에 따른 두유의 색도 변화를 측정된 결과는 Table 3.32와 같다. 명도를 나타내는 L값은 각 농도군간의 차이는 크게 나타나지 않았다. 적색도를 나타내는 a값에서 땅콩나물 추출물의 농도가 높아질수록 적색도가 증가하는 경향을 보였다. 황색도를 나타내는 b값은 추출물을

첨가하지 않은 군과 비교하였을 때 첨가한 군에서 증가하는 것을 확인할 수 있었다. 이는 땅콩나물 추출물(갈색)의 색에 영향을 받은 것으로 사료된다.

Table 3.32. Change in Hunter's color value(L, a, b) of soybean milk added to peanut sprout extract

PSE* ratio	Hunter's color value		
	L	a	b
0%	46.25 ± 0.02 ^b	-0.94 ± 0.02 ^a	6.39 ± 0.03 ^a
1%	43.35 ± 0.04 ^d	-0.82 ± 0.03 ^a	8.56 ± 0.02 ^b
3%	43.83 ± 0.72 ^a	-0.40 ± 0.30 ^b	8.29 ± 0.03 ^c
5%	46.93 ± 0.17 ^c	2.40 ± 0.00 ^c	8.72 ± 0.09 ^d

*PSE: peanut sprout extract, Data values are expressed as mean ± SD (n=3).

^{abc}The means not sharing a common letter are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test.

(3) 두유의 당도 측정

저장기간에 따른 음료의 당도 측정 결과는 Fig. 3.19와 같다. 두유의 당도는 땅콩나물 추출물을 첨가하지 않은 군과 비교하였을 때 땅콩나물 추출물을 첨가한 군과 측정값의 차이가 나지 않았다.

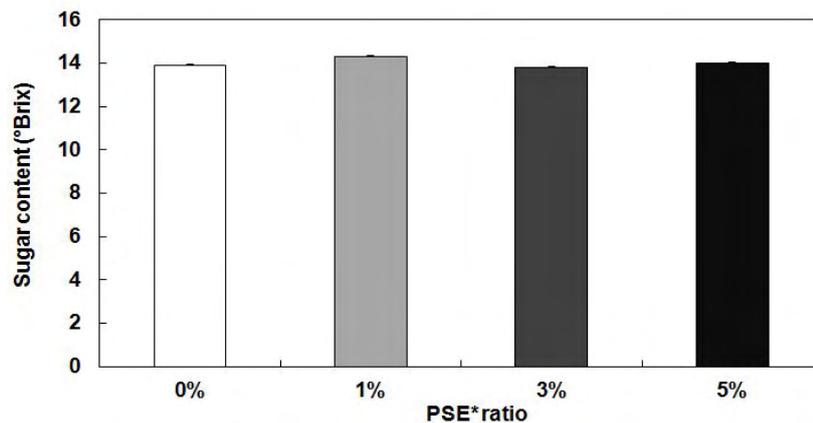


Fig. 3.19. Change in °Brix of soybean milk added to peanut sprout ethanol extract.

*PSE: peanut sprout ethanol extract. Data values are expressed as mean ± SD (n=3).

(4) 두유의 탁도 측정

땅콩나물 추출물의 농도에 따른 두유의 탁도를 측정한 결과는 Fig. 3.20과 같다. 전체적으로 땅콩나물 추출물의 농도가 높아질수록 탁도는 증가하는 경향을 보였다. 그러나 두유의 경우 자체의 탁도가 높게 나타났으며, 이는 땅콩나물 추출물이 두유의 품질에 영향을 크게 주지 않는 것을 나타낸

다.

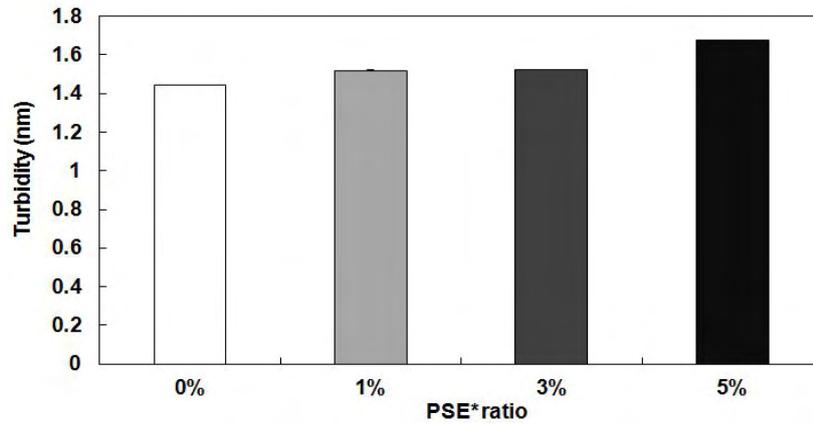
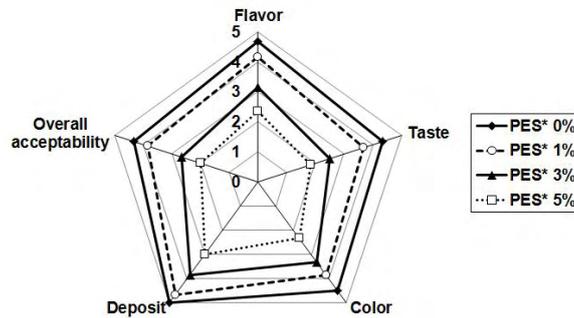


Fig. 3.20. Change in turbidity of soybean milk added to peanut sprout extract.

*PSE: peanut sprout extract. Data values are expressed as mean \pm SD (n=3).

(5) 두유의 관능 검사



Sample	PES* ratio	Attributes				
		Flavor	Deposit	Color	Taste	Overall palatability
Soybean milk	0%	4.6 \pm 0.5 ^c	4.3 \pm 0.5 ^b	4.5 \pm 0.5 ^c	5.0 \pm 0.0 ^b	4.3 \pm 0.5 ^b
	1%	4.1 \pm 0.7 ^{bc}	3.6 \pm 0.5 ^b	3.8 \pm 0.4 ^{ab}	4.6 \pm 0.5 ^b	3.8 \pm 0.4 ^b
	3%	3.1 \pm 1.3 ^{ab}	2.5 \pm 0.8 ^a	3.3 \pm 0.8 ^b	3.8 \pm 1.3 ^{ab}	2.6 \pm 1.0 ^a
	5%	2.3 \pm 1.0 ^a	1.8 \pm 0.9 ^a	2.3 \pm 1.0 ^a	3.0 \pm 1.2 ^a	2.0 \pm 0.8 ^a

*PSE: peanut sprout extract.

Sensory score: 5(very good), 4(good), 3(fair), 2(poor), 1(very poor)

^{abc}The means not sharing a common letter are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test.

Fig. 3.21. Change in sensory evaluation scores of soybean milk added to peanut sprout extract.

땅콩나물 추출물을 1, 3 및 5% 씩 각각 첨가하여 제조한 두유의 기호도를 알아보기 위하여 색깔 (Color), 침전물(Deposit), 향(Flavor), 맛(Taste), 전반적인 기호도(Overall palatability)에 대하여 5점 척도법으로 관능검사를 실시한 결과는 Fig. 3.21 과 같다. 땅콩나물 추출물을 1%, 3% 및 5%로 달리 첨가한 대두 요구르트의 관능검사에서 1% 땅콩나물 추출물 첨가 두유에서 향기, 맛, 색 및 전체적인 기호도면에서 약간 좋은 선호도를 보였다.

한편 땅콩나물 3%, 5% 첨가한 두유는 모든 항목에서 대조군 보다 낮은 선호도를 보였다. 그 이유는 땅콩나물 자체의 비린내 및 풀냄새 등의 맛이 강하게 감지되었으며, 침전물의 양이 많고 침전물 자체 색의 영향 때문에 것으로 사료된다.

나. 땅콩나물 추출물을 첨가한 기능성 음료의 개발 및 품질 특성

가) 재료 및 방법

(1) 땅콩나물을 첨가한 기능성 음료의 제조

본 연구진에서 2단계 숙성 발효법을 이용하여 생산한 복분자, 블루베리 및 석류식초 발효원액에 땅콩나물 추출물을 1.0, 3.0 및 5.0% 첨가하여 Fig. 3.22와 같은 방법으로 음료를 제조하였다.

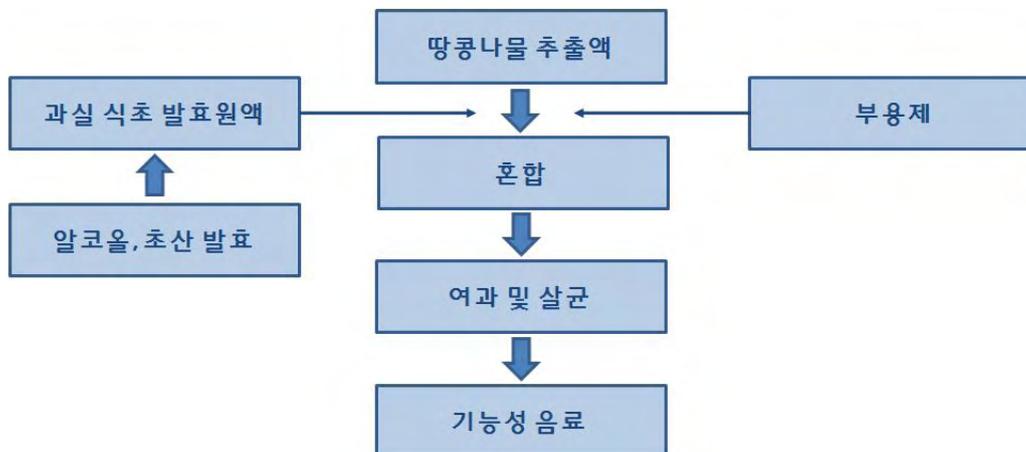


Fig. 3.22. Production of functional drink containing peanut sprout extract and vinegar.

(2) 음료 저장 기간 중 품질 특성 변화 측정

① pH 및 총산 정량

음료의 pH는 pH meter(720p, Istek, Korea)를 사용하여 측정하였고 음료의 총산의 함량은 시료 1 mL에 증류수 10 mL을 가하여 혼합한 다음 여기에 0.1 N-NaOH로 적정하고 0.1 N-NaOH의 소요량에 대하여 citric acid(%) 양으로 환산 하였다.

② 색도 측정

색도 측정은 시료 10 g을 투명한 petri dish에 담아 색차계(CR-300, Minolta, Japan)를 사용하여 Hunter L(lightness), a(redness), 및 b(yellowness) 값을 각각 3회 반복 측정하여 그 평균값으로 나타내었다.

③ 탁도 측정

음료의 탁도는 650nm에서 흡광도계(U-1800, Hitachi, Japan)를 사용하여 3회 반복 측정 후 평균값으로 나타내었다.

④ 당도 측정

음료 1 mL을 취하여 당도계(PAL-3, Atago, Japan)를 이용하여 °BRIX로 3회 반복 측정 후 평균값으로 나타내었다.

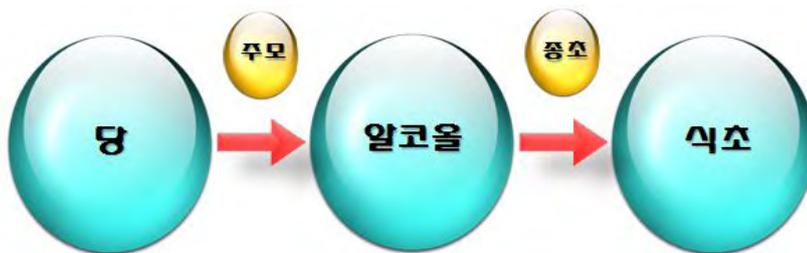
⑤ 관능 검사

색깔(Color), 침전물(Deposit), 향(Flavor), 맛(Taste), 전반적인 기호도(Overall palatability)에 대하여 최저 1점, 최고 5점의 5점 척도법으로 평가하였다.

나) 결과 및 고찰

(1) 식초 발효원액의 제조

발효원액은 알코올 발효와 초산 발효로 나누어 발효시키는 2단계 발효를 사용하였다. 알코올 발효는 과실을 파쇄하여 사과 농축액으로 당도를 15°brix로 조절한 후 알코올 균주인 *Saccharomyces cerevisiae*를 사용하여 28°C에서 발효를 하였다. 초산 발효는 과일 알코올 발효액을 여과 후, 그 여액을 초산균주인 *Acetobacter sp.* PA97을 알코올 발효 종료액에 초기산도 1%로 조절한 후 30°C에서 200 rpm으로 발효조에서 발효시켰다.



<식초 발효원액의 제조>

(2) 기능성 음료의 제조

땅콩나물 추출물을 농도별로 첨가한 식초 발효원액에 부용제를 배합하여 제조하였다.



<땅콩나물 추출액과 발효원액을 함유한 기능성 음료>

(2) 음료의 pH와 산도 변화 측정

각 발효원액별 땅콩나물 추출물 농도에 따른 음료의 pH와 총산의 측정 결과는 Table 3.33 및 Table 3.34와 같다. 각각의 음료는 땅콩나물 추출물의 농도가 높아질수록 pH가 증가하는 것을 확인할 수 있었다. 산도의 경우 pH 결과와는 반대로 농도가 높아지면 약간 감소하는 것을 확인할 수 있었다.

Table 3.33. Change in pH of drinks added to peanut sprout extract

Samples	PSE* ratio			
	0%	1%	3%	5%
Raspberry drink	2.43 ± 0.01	2.45 ± 0.01	2.50 ± 0.01	2.57 ± 0.01
Pomegranate drink	2.43 ± 0.01	2.44 ± 0.01	2.50 ± 0.01	2.57 ± 0.01
Blueberry drink	2.43 ± 0.04	2.42 ± 0.01	2.49 ± 0.01	2.54 ± 0.01

*PSE: peanut sprout extract. Data values are expressed as mean ± SD (n=3).

Table 3.34. Change in titratable acidity of drinks added to peanut sprout extract

Samples	PSE* ratio			
	0%	1%	3%	5%
Raspberry drink	10.40 ± 0.00	10.43 ± 0.05	10.40 ± 0.00	10.30 ± 0.00
Pomegranate drink	10.36 ± 0.05	10.33 ± 0.05	10.33 ± 0.05	10.30 ± 0.00
Blueberry drink	10.76 ± 0.05	10.66 ± 0.05	10.66 ± 0.05	10.56 ± 0.05

*PSE: peanut sprout extract. Data values are expressed as mean ± SD (n=3).

(3) 음료의 색도 측정

각 발효원액별 땅콩나물 추출물 농도에 따른 음료의 색도 변화를 측정된 결과는 Table 3-26, Table 3.35 및 Table 3.36과 같다. 명도를 나타내는 L값은 복분자, 블루베리 및 석류 식초군에 땅콩나물 추출물을 첨가하였을 때 농도가 높아질수록 L값이 감소하는 것을 확인할 수 있었다. 또한 적색도를 나타내는 a값은 땅콩나물 추출액 농도가 높아질수록 증가하는 것으로 나타났으며, 황색도를 나타내는 b값의 경우 추출액의 농도가 높아질수록 값이 증가하는 경향을 나타내었다. 본 결과는 땅콩나물 추출물(갈색)의 영향을 받아 명도가 감소하고 적색도가 증가하며 황색도가 높아지는 것으로 생각된다.

Table 3.35. Change in Hunter's L color value of drinks added to peanut sprout extract

Samples	PSE* ratio			
	0%	1%	3%	5%
Raspberry drink	22.55 ± 0.51 ^b	21.92 ± 0.02 ^{ab}	21.44 ± 0.63 ^{ab}	21.97 ± 0.07 ^{ab}
Pomegranate drink	23.99 ± 1.77 ^a	21.73 ± 0.11 ^a	21.90 ± 1.27 ^a	21.73 ± 0.65 ^a
Blueberry drink	26.41 ± 0.60 ^c	24.00 ± 0.82 ^b	24.80 ± 0.22 ^b	22.92 ± 0.07 ^a

Table 3.36. Change in Hunter's a color value of drinks added to peanut sprout extract

Samples	PSE* ratio			
	0%	1%	3%	5%
Raspberry drink	2.57 ± 0.06 ^b	2.56 ± 0.03 ^a	2.56 ± 0.01 ^a	2.68 ± 0.01 ^b
Pomegranate drink	2.33 ± 0.39 ^a	2.27 ± 0.04 ^a	2.59 ± 0.25 ^a	2.76 ± 0.17 ^a
Blueberry drink	1.85 ± 0.16 ^a	2.14 ± 0.01 ^b	2.21 ± 0.10 ^b	2.60 ± 0.04 ^c

Table 3.37. Change in Hunter's b color value of drinks added to peanut sprout extract

Samples	PSE* ratio			
	0%	1%	3%	5%
Raspberry drink	2.25 ± 0.11 ^d	-0.46 ± 0.01 ^a	-0.29 ± 0.06 ^b	1.01 ± 0.03 ^c
Pomegranate drink	-0.73 ± 0.21 ^a	-0.61 ± 0.05 ^a	-0.23 ± 0.12 ^b	0.05 ± 0.04 ^c
Blueberry drink	-1.35 ± 0.18 ^a	-0.28 ± 0.16 ^b	-0.17 ± 0.04 ^b	0.19 ± 0.02 ^c

*PSE: peanut sprout extract. Data values are expressed as mean ± SD (n=3).

^{abc}The means not sharing a common letter are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test.

(4) 음료의 당도 측정

각 발효원액별 땅콩나물 추출물 농도에 따른 음료의 당도 변화는 Table 3.38와 같다. 각각의 음료는 땅콩나물 추출물을 첨가하지 않은 군과 비교하여 추출물의 농도가 높아질수록 당도가 약간 감소하는 것을 확인할 수 있었으나 수치상으로 거의 영향을 주지 않는 것으로 확인되었다.

Table 3.38. Change in °brix of drinks added to peanut sprout ethanol extract

Samples	PSE* ratio			
	0%	1%	3%	5%
Raspberry drink	10.40 ± 0.00	10.43 ± 0.05	10.40 ± 0.00	10.30 ± 0.00
Pomegranate drink	10.36 ± 0.05	10.33 ± 0.05	10.33 ± 0.05	10.30 ± 0.00
Blueberry drink	10.76 ± 0.05	10.66 ± 0.05	10.66 ± 0.05	10.56 ± 0.05

*PSE: peanut sprout ethanol extract. Data values are expressed as mean ± SD (n=3).

(5) 음료의 탁도 측정

각 발효원액별 땅콩나물 추출물 농도에 따른 음료의 탁도를 측정한 결과는 Table 3.39와 같다. 전체적으로 땅콩나물 추출물의 농도가 높아질수록 탁도값이 높아지는 것을 확인할 수 있었다. 모든 군에서 추출물의 농도가 3.0% 이상일 때 값이 급격히 높아지는 것을 확인할 수 있었다. 이는 3.0% 이상의 땅콩나물 추출물을 음료에 첨가하였을 때, 탁도의 증가로 인해 음료 품질에 영향을 미칠 수 있음을 나타낸다.

Table 3.39. Change in turbidity of drinks added to peanut sprout extract

Samples	PSE* ratio			
	0%	1%	3%	5%
Raspberry drink	0.094 ± 0.004	0.256 ± 0.003	0.588 ± 0.002	0.851 ± 0.002
Pomegranate drink	0.033 ± 0.001	0.217 ± 0.001	0.645 ± 0.002	0.736 ± 0.003
Blueberry drink	0.069 ± 0.001	0.238 ± 0.000	0.590 ± 0.004	0.895 ± 0.003

*PSE: peanut sprout extract. Data values are expressed as mean ± SD (n=3).

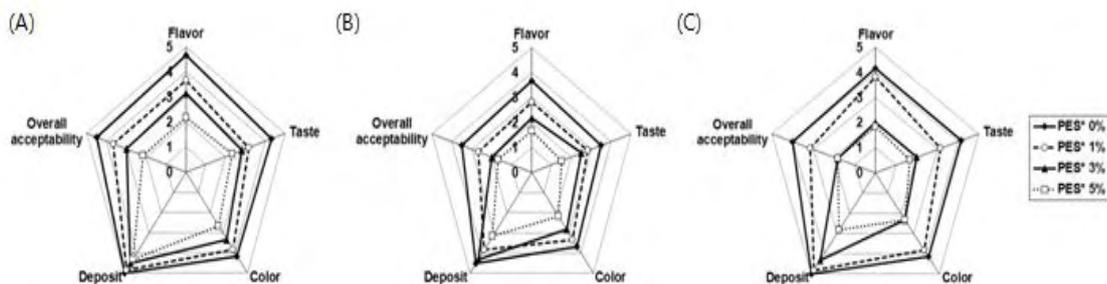
(6) 음료의 관능검사

최적의 음료 제조 조건을 확립하기 위해 땅콩나물 추출물을 1.0, 3.0 및 5.0% 씩 각각 첨가하여 제조한 땅콩나물 음료의 기호도를 알아보기 위하여 색깔(Color), 침전물(Deposit), 맛(Taste), 향(Flavor), 전반적인 기호도(Overall palatability)에 대하여 5점 척도법으로 관능검사를 실시한 결과는 Fig. 3.23과 같다.

복분자, 블루베리, 석류 식초 발효원액에 땅콩나물 추출물을 1.0, 3.0 및 5.0%로 달리 첨가한 음료의 관능검사에서 복분자 발효원액에 1.0% 땅콩나물 추출물을 첨가한 군에서 향기, 맛, 색, 침전물 및 전체적인 기호도면에서 블루베리나 석류 식초 발효원액을 첨가한 군에 비하여 좋은 선호도를 보였다.

한편 복분자를 비롯한 과실 발효원액에 땅콩나물 3.0%, 5.0% 첨가한 군에서는 모든 항목에서 대조군 보다 낮은 선호도를 보였다. 그 이유는 땅콩나물 자체의 비린내 및 풀냄새 등의 맛이 추출물을 첨가하지 않은 군과 1% 첨가군보다 강하게 감지되고 농도가 높아질수록 발생하는 침전물 때문인 것으로 사료된다.

음료의 품질을 결정하는 중요한 요소로는 일반적으로 외관, 향미, 맛을 들 수 있으며 본 실험에서 나타난 바와 같이 관능 평가의 모든 항목에서 땅콩나물 추출물이 1.0%, 복분자 식초 발효원액이 함유된 음료의 기호도가 좋은 것으로 평가 되었다.



*(A): Raspberry drink, (B): Pomegranate drink, (C): Blueberry drink

Samples	PES* ratio	Attributes				
		Flavor	Taste	Color	Deposit	Overall palatability
Raspberry drink	0%	4.6 ± 0.5 ^c	4.3 ± 0.5 ^b	4.1 ± 0.7 ^b	5.0 ± 0.0 ^b	4.5 ± 0.5 ^c
	1%	3.6 ± 0.8 ^b	3.1 ± 1.1 ^{ab}	3.8 ± 0.7 ^b	4.8 ± 0.4 ^{ab}	3.6 ± 0.8 ^{bc}
	3%	3.1 ± 0.7 ^b	2.8 ± 1.1 ^a	3.3 ± 0.5 ^{ab}	4.5 ± 0.5 ^{ab}	3.0 ± 0.8 ^{ab}
	5%	2.1 ± 0.4 ^a	2.3 ± 1.0 ^a	2.6 ± 0.8 ^a	4.3 ± 0.5 ^a	2.1 ± 0.7 ^a
Pomegranate drink	0%	3.6 ± 0.8 ^c	3.5 ± 0.8 ^b	3.6 ± 0.8 ^b	4.5 ± 0.8 ^a	3.5 ± 0.8 ^c
	1%	2.8 ± 0.4 ^b	2.8 ± 0.7 ^b	3.3 ± 1.0 ^{ab}	3.8 ± 0.7 ^{ab}	2.6 ± 0.5 ^b
	3%	2.1 ± 0.7 ^{ab}	2.5 ± 1.0 ^b	2.8 ± 0.7 ^{ab}	4.3 ± 0.8 ^{ab}	2.0 ± 0.6 ^{ab}
	5%	1.6 ± 0.5 ^a	1.5 ± 0.5 ^a	2.1 ± 1.1 ^a	2.1 ± 1.3 ^b	1.6 ± 0.5 ^a
Blueberry drink	0%	4.1 ± 0.7 ^b	4.1 ± 0.7 ^c	4.1 ± 0.7 ^b	5.0 ± 0.0 ^b	4.0 ± 0.6 ^a
	1%	2.9 ± 0.7 ^b	3.1 ± 0.7 ^b	3.2 ± 0.9 ^b	4.1 ± 0.4 ^b	3.2 ± 0.4 ^a
	3%	2.0 ± 0.6 ^a	2.0 ± 0.6 ^a	2.3 ± 0.5 ^a	4.3 ± 0.8 ^b	2.3 ± 0.8 ^b
	5%	1.8 ± 0.4 ^a	1.6 ± 0.5 ^a	2.3 ± 0.5 ^a	2.8 ± 1.1 ^a	2.0 ± 1.1 ^c

*PSE: peanut sprout extract. Sensory score: 5(very good), 4(good), 3(fair), 2(poor), 1(very poor)

Data values are expressed as mean ± SD (n=3).

^{abc}The means not sharing a common letter are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test.

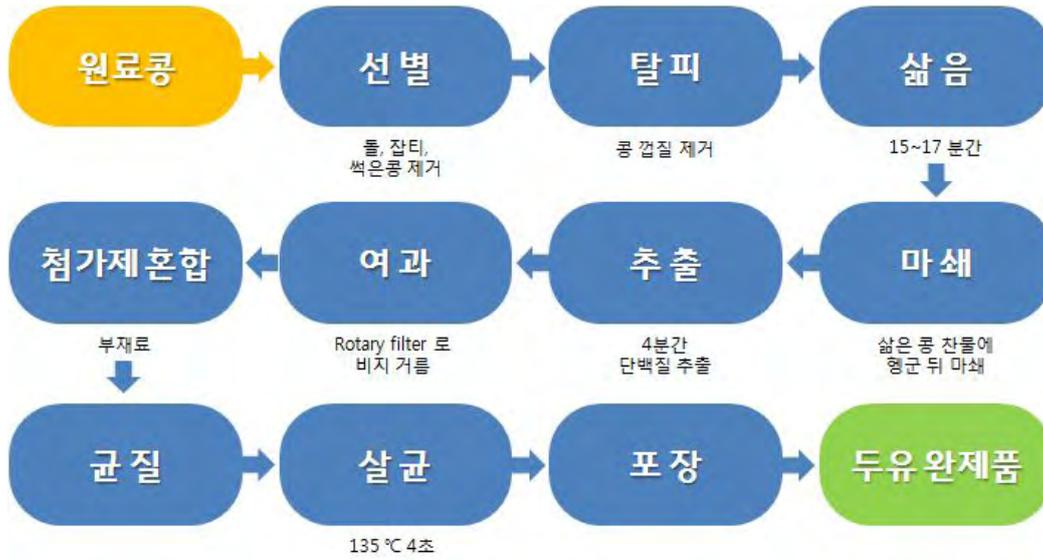
Fig. 3.23. Change in sensory evaluation scores of drinks added to peanut sprout extract.

다. 땅콩나물 추출물을 첨가한 우유의 저장 중 품질 특성 및 항산화 활성

가) 재료 및 방법

(1) 땅콩나물 추출물을 첨가한 우유의 제조

2차 년도에 실시한 실험 결과 최적 기호도를 나타낸 농도인 땅콩나물 추출물 1.0%를 첨가하여 제조한 후 실험에 사용하였다.



<땅콩나물이 첨가된 우유의 제조 공정>

(2) 땅콩나물 추출물의 제조

땅콩나물 추출물은 동결 건조시켜 파쇄한 땅콩나물에 80% 주정으로 80℃에서 3시간동안 환류추출을 3회 반복하여 얻은 추출물을 회전식 감압 농축기(EYELA, Rikakikai, Co., Japan)를 이용하여 농축한 다음 실험에 사용하였다.



<제조된 땅콩나물 추출물 함유 우유>

(3) 두유의 품질 특성 및 항산화 효능 측정

① pH 및 총산 정량

두유의 pH는 pH meter(720p, Istek, Korea)를 사용하여 측정하였고 두유의 총산의 함량은 0.1 N-NaOH로 적정하고 NaOH의 소요량을 lactic acid(%) 양으로 환산 하였다.

② 색도 측정

두유의 색도 측정은 색차계(CR-300, Minolta, Japan)를 사용하여 Hunter L(lightness), a(redness), 및 b(yellowness) 값을 각각 3회 반복 측정하여 그 평균값으로 나타내었다.

③ 탁도 측정

두유의 탁도는 650nm에서 흡광도계(U-1800, Hitachi, Japan)를 사용하여 3회 반복 측정 후 평균값으로 나타내었다.

④ 당도 측정

두유 1 mL을 취하여 당도계(PAL-3, Atago, Japan)를 이용하여 °BRIX로 3회 반복 측정 후 평균값으로 나타내었다.

⑤ 망콩나물 두유의 항산화 측정

두유의 항산화 활성은 DPPH assay, 환원력 측정, ABTS radical 소거능, β -carotene bleaching assay과 같은 방법으로 확인하였다.

(4) 두유의 저장 중 품질 특성 변화 측정

망콩나물 추출물 첨가 여부에 따른 두유의 저장성을 확인하기 위해 아래와 같은 실험방법들을 이용하여 상온(25°C)에서 저장성을 측정하였다.

① pH 및 총산 정량

두유의 pH는 pH meter(720p, Istek, Korea)를 사용하여 측정하였고 두유의 총산의 함량은 0.1 N-NaOH로 적정하고 NaOH의 소요량을 lactic acid(%) 양으로 환산 하였다.

② 색도 측정

두유의 색도 측정은 색차계(CR-300, Minolta, Japan)를 사용하여 Hunter L(lightness), a(redness), 및 b(yellowness) 값을 각각 3회 반복 측정하여 그 평균값으로 나타내었다.

③ 당도 측정

두유 1 mL을 취하여 당도계(PAL-3, Atago, Japan)를 이용하여 °BRIX로 3회 반복 측정 후 평균값으로 나타내었다.

④ 탁도 측정

두유의 탁도는 650nm에서 흡광도계(U-1800, Hitachi, Japan)를 사용하여 3회 반복 측정 후 평균값으로 나타내었다.

⑤ 미생물 검사

두유를 무균적으로 채취한 후 페트리 필름(Petrifilm, 3M Co., Minneapolis, USA)을 이용하여 일

반 세균수 및 대장균 수를 확인하기 위하여, 25±2℃에서 24시간 배양한 후 두유에 대한 미생물학적 오염여부를 확인하였다.

(5) 두유 시제품의 관능평가

색깔(Color), 향(Flavor), 맛(Taste), 전반적인 기호도(Overall palatability)에 대하여 최저 1점, 최고 5점의 5점 척도법으로 평가하였다.

나) 결과 및 고찰

(1) 두유의 품질 특성

① 두유의 pH와 산도 측정

땅콩나물 추출물 첨가에 따른 두유의 pH와 총산의 측정 결과는 Fig. 3.24 과 Fig. 3.25와 같다. 두유의 pH는 땅콩나물 추출물 첨가 시 약간 낮아지는 것으로 나타났다. 한편 산도는 땅콩나물 추출물을 첨가하였을 때 증가하는 것을 확인하였다. 이를 통하여 두유에 땅콩나물 추출물을 첨가하였을 때 pH와 산도의 변화를 확인할 수 있었으며, 땅콩나물 추출물의 영향은 받지만 크게 변화를 나타내지 않는 것을 확인할 수 있었다.

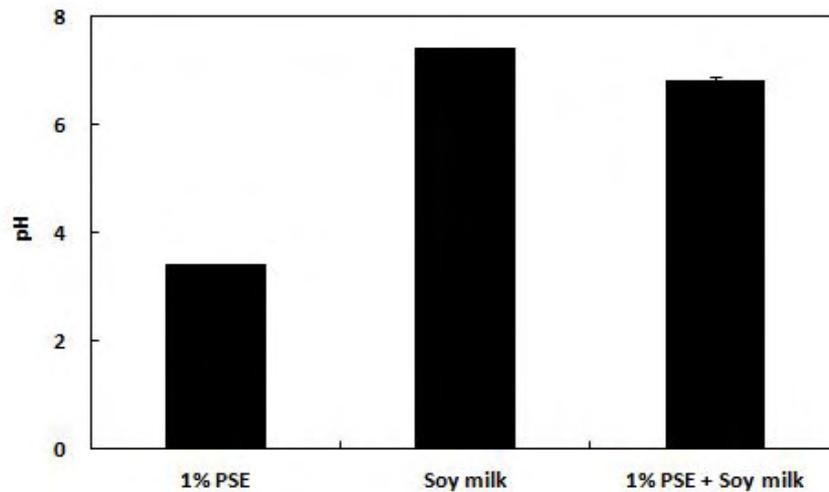


Fig. 3.24. Change in pH of soy milk added to 1% peanut sprout extract.

*PSE: peanut sprout extract. Data values are expressed as mean ± SD (n=3).

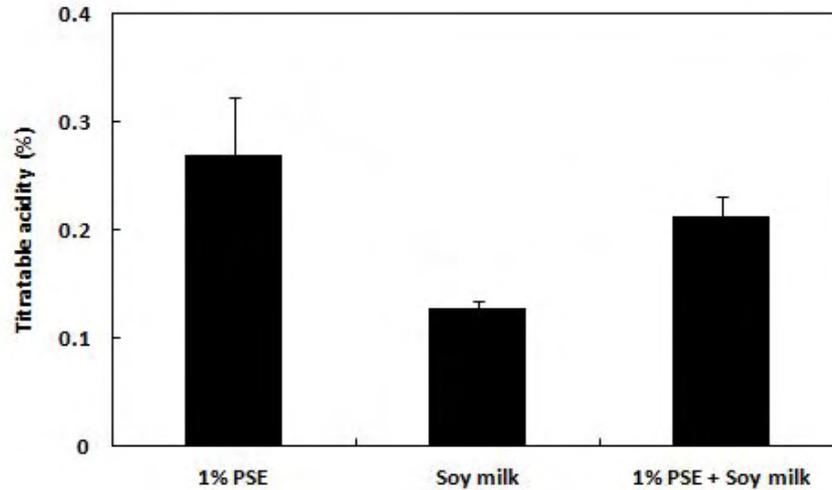


Fig. 3.25. Change in titratable acidity of soy milk added to 1% peanut sprout extract.

*PSE: peanut sprout extract. Data values are expressed as mean ± SD (n=3).

② 두유의 색도 측정

땅콩나물 추출물 첨가에 따른 두유의 색도 변화를 측정된 결과는 Table 3.40과 같다. 명도를 나타내는 L값은 두유에 땅콩나물 추출물을 첨가하여도 크게 변화를 나타내지 않았다. 적색도를 나타내는 a값에서 땅콩나물 추출물을 첨가하였을 때 적색도가 약간 증가하는 것을 확인하였다. 황색도를 나타내는 b값은 추출물을 첨가하지 않은 군과 비교하였을 때 첨가한 군에서 증가하는 것을 확인할 수 있었다. 이는 땅콩나물 추출물(갈색)의 색에 영향을 받은 것으로 생각된다.

Table 3.40. Change in Hunter's color value of soy milk added to 1% peanut sprout extract

Samples	Hunter's color value		
	L	a	b
1% PSE*	21.95 ± 0.11 ^c	2.31 ± 0.08 ^a	3.24 ± 0.03 ^b
Soy milk	43.79 ± 0.20 ^c	-1.23 ± 0.01 ^a	5.72 ± 0.02 ^b
1% PSE* + Soy milk	43.81 ± 0.14 ^c	-1.04 ± 0.03 ^a	8.24 ± 0.02 ^b

*PSE: peanut sprout extract, Data values are expressed as mean ± SD (n=3).

^{abc}The means not sharing a common letter are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test.

③ 두유의 당도 측정

땅콩나물 추출물의 첨가에 따른 당도 측정 결과는 Fig. 3.26과 같다. 두유의 당도는 땅콩나물 추출물을 첨가하지 않은 군과 비교하였을 때 땅콩나물 추출물을 첨가한 군에서 약간 증가한 것을 확인할 수 있었다.

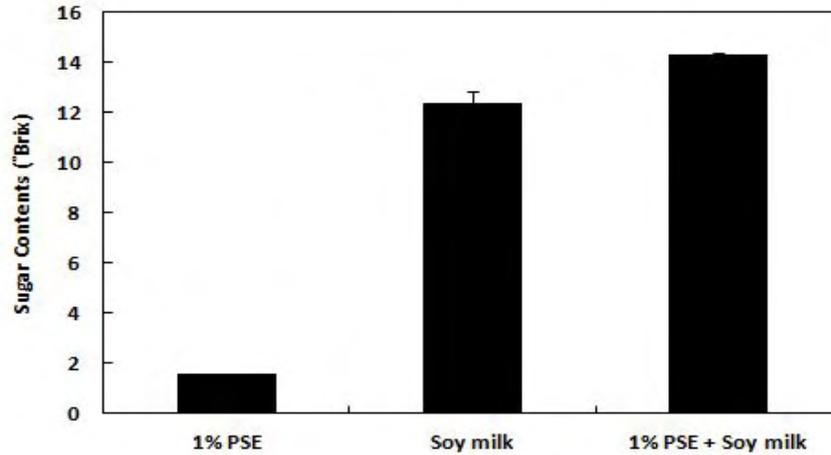


Fig. 3.26. Change in °Brix of soy milk added to 1% peanut sprout extract.

*PSE: peanut sprout ethanol extract. Data values are expressed as mean \pm SD (n=3).

④ 두유의 탁도 측정

땅콩나물 추출물의 첨가에 따른 두유의 탁도를 측정한 결과는 Fig. 3.27과 같다. 땅콩나물 추출물을 첨가하였을 때 탁도가 증가하는 것을 확인할 수 있었다. 음료의 경우 첨가물에 의한 탁도의 증가는 품질의 손상과도 연관이 된다. 그러나 두유의 경우 자체의 탁도가 높게 나타났으며 땅콩나물 추출물은 두유의 품질에 영향을 크게 주지 않을 것으로 생각된다.

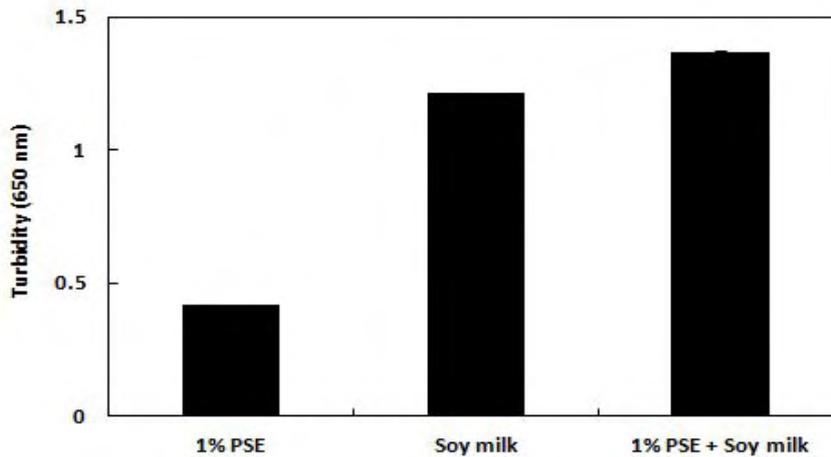


Fig. 3.27. Change in turbidity of soy milk added to 1% peanut sprout extract.

*PSE: peanut sprout extract. Data values are expressed as mean \pm SD (n=3).

(2) 두유의 항산화 효능 측정

① 수소 공여능 효과

땅콩나물 추출물의 첨가에 따른 두유의 수소 공여능을 측정한 결과, 땅콩나물 추출물을 처리 하지 않은 군과 비교하여 수소 공여능이 높아진 것을 확인할 수 있었다(Fig. 3.28). 이는 자체적으로 높은 항산화 활성을 가진 땅콩나물 추출물이 두유의 수소 공여능 효과 증가에 영향을 미친 것으로 생각된다.

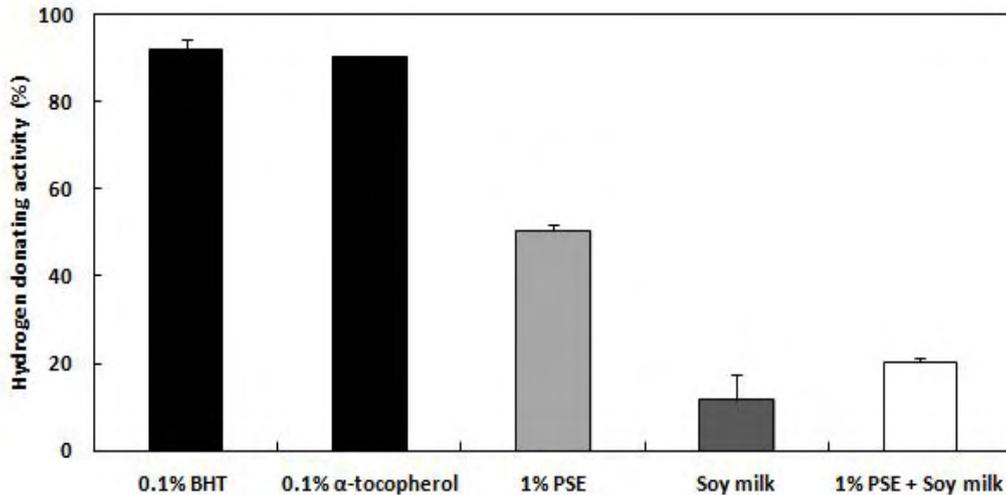


Fig. 3.28. Hydrogen donating activity of soy milk added to 1% peanut sprout extract.

*PSE: peanut sprout extract. Data values are expressed as mean \pm SD (n=3).

② 환원력 측정

땅콩나물 추출물 첨가에 따른 두유의 환원력을 측정한 결과는 Fig. 3.29와 같다. 땅콩나물 추출물은 두유의 환원력 향상에 크게 영향을 미치지 못한 것으로 나타났다.

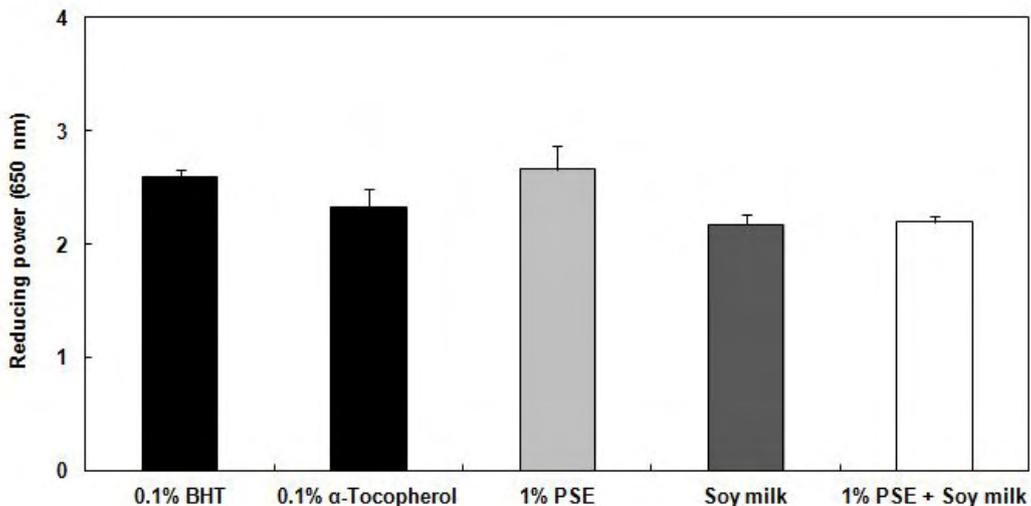


Fig. 3.29. Reducing power of soy milk added to 1% peanut sprout extract.

*PSE: peanut sprout extract. Data values are expressed as mean \pm SD (n=3).

③ ABTS^{•+} radical 소거능 측정

땅콩나물 추출물 첨가에 따른 두유의 ABTS radical 소거능을 측정한 결과는 Fig. 3.30과 같다. 수 소공여능 결과와 유사하게 땅콩나물 추출물이 첨가된 두유군에서 첨가하지 않은 두유보다 ABTS radical 소거능이 좀 더 높게 나타난 것을 확인할 수 있었다.

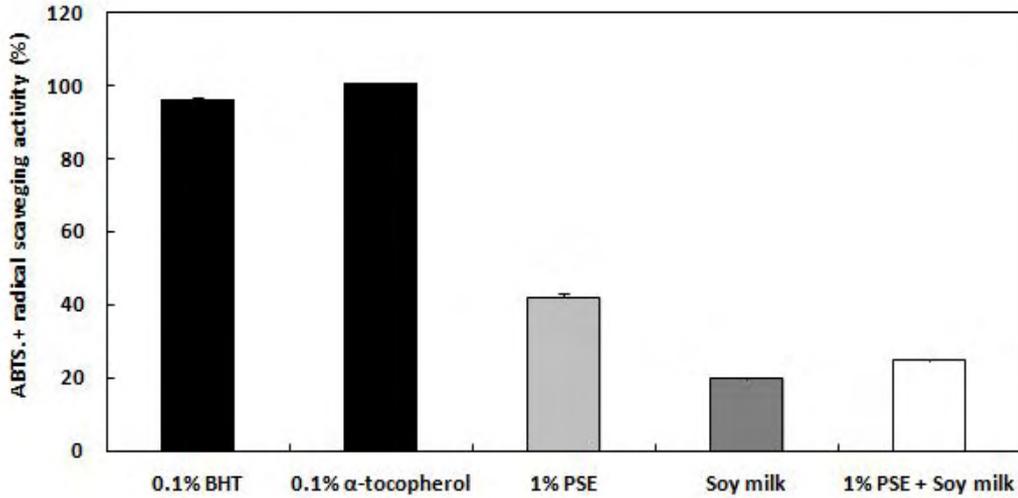


Fig. 3.30. ABTS^{•+} radical scavenging activity of soy milk added to 1% peanut sprout extract.

*PSE: peanut sprout extract. Data values are expressed as mean ± SD (n=3).

④ β-carotene bleaching 활성 측정

땅콩나물 추출물 첨가에 따른 두유의 β-carotene bleaching 활성을 측정한 결과는 Fig. 3.31과 같다. 땅콩나물 추출물을 첨가한 두유는 추출물을 첨가하지 않은 두유보다 항산화 활성이 더 높은 것으로 확인되었다. 이를 통하여 땅콩나물 추출물이 두유의 항산화능을 높여주는 기능적인 역할을 할 수 있음을 확인하였다.

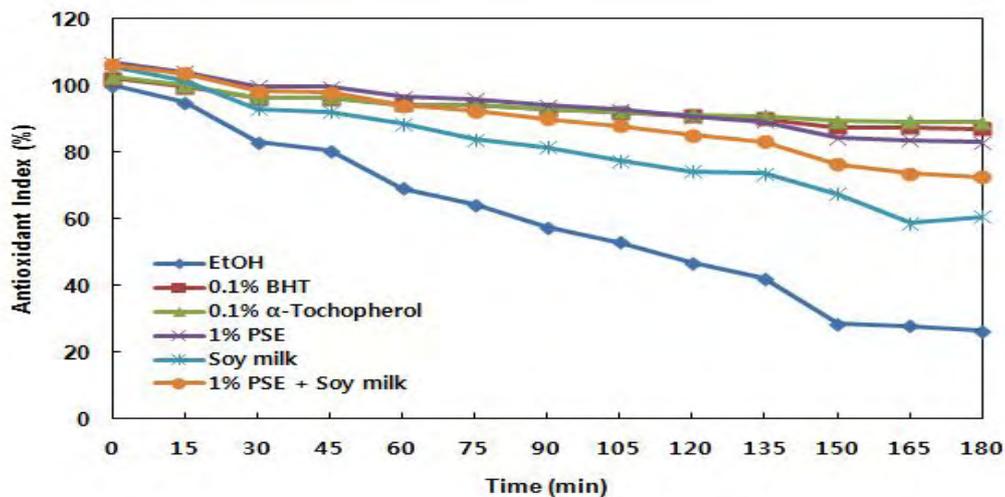


Fig. 3.31. β-carotene bleaching activity of soy milk added to 1% peanut sprout extract.

*PSE: peanut sprout extract. Data values are expressed as mean ± SD (n=3).

(3) 두유의 저장 중 품질 특성 변화 측정

① 두유의 pH와 산도 변화 측정

1% 땅콩나물 추출물을 첨가한 두유와 첨가하지 않은 두유의 저장 시 변화하는 pH와 총산의 측정 결과는 Fig. 3-32 및 Fig. 3-33 과 같다. 땅콩나물 추출물을 첨가하지 않은 군의 pH는 시간이 지날수록 감소하는 경향을 보였으며 이와 반비례하여 산도가 증가하는 것을 확인할 수 있었다. 한편 땅콩나물 추출물을 처리한 군의 pH와 산도는 시간이 지나도 일정하게 유지되는 것을 확인할 수 있었다.

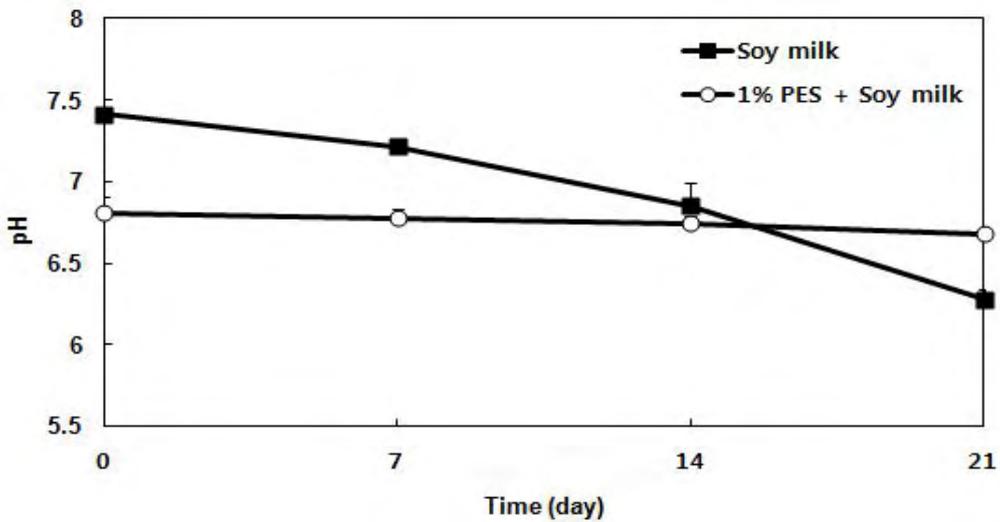


Fig. 3.32. Change in pH of soy milk added to 1% peanut sprout extract.

*PSE: peanut sprout extract. Data values are expressed as mean \pm SD (n=3).

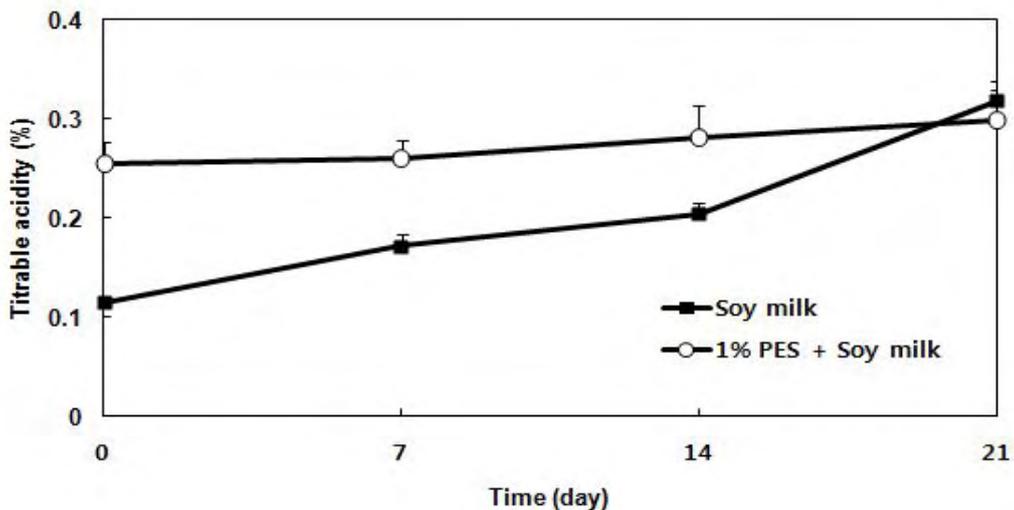


Fig. 3.33. Change in titratable acidity of soy milk added to 1% peanut sprout extract.

*PSE: peanut sprout extract. Data values are expressed as mean \pm SD (n=3).

② 두유의 색도 측정

땅콩나물 추출물 첨가 여부에 따른 두유의 색도 변화를 측정한 결과는 Table 3.41과 같다. 땅콩나물을 첨가하지 않은 군은 저장 시 명도를 나타내는 L값이 저장기간이 지날수록 약간 감소하는 경향을 확인할 수 있었다. 적색도를 나타내는 a값과, 황색도를 나타내는 b값은 저장기간에 큰 영향을 받지 않는 것으로 확인되었다. 땅콩나물 추출물을 첨가한 군에서 L값은 무 첨가 군과 유사하게 시간이 경과될수록 약간 감소하는 경향을 나타냈으며, a 와 b 값의 경우에도 무 첨가군과 유사한 경향을 나타내었다. 본 결과로 미루어 볼 때, 두유의 색도는 저장기간의 경과에도 큰 영향을 받지 않는 것으로 사료된다.

Table 3.41. Change in Hunter's color value of raspberry vinegar drinks added to 1% peanut sprout extract

	Soy milk (day)				1% PES* + Soy milk (day)			
	0	7	14	21	0	7	14	21
L	43.79 ± 0.20 ^c	43.85 ± 0.10 ^c	43.24 ± 0.10 ^b	42.95 ± 0.06 ^a	43.81 ± 0.14 ^a	43.83 ± 0.15 ^a	43.74 ± 0.08 ^a	43.74 ± 0.07 ^a
a	-1.23 ± 0.01 ^b	-1.21 ± 0.01 ^a	-1.24 ± 0.01 ^b	-1.23 ± 0.01 ^b	-1.04 ± 0.03 ^a	-1.05 ± 0.04 ^a	-1.08 ± 0.02 ^a	-1.09 ± 0.01 ^a
b	5.72 ± 0.02 ^a	5.74 ± 0.03 ^a	5.75 ± 0.02 ^a	5.76 ± 0.03 ^a	8.24 ± 0.02 ^a	8.24 ± 0.02 ^a	8.28 ± 0.03 ^a	8.28 ± 0.04 ^a

*PSE: peanut sprout extract. Data values are expressed as mean ± SD (n=3).

^{abc}The means not sharing a common letter are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test.

③ 두유의 당도 측정

땅콩나물 추출물을 첨가한 두유의 첨가 여부에 따라 변화하는 당도 측정 결과는 Fig. 3.34과 같다. 각각의 군에서 음료의 당도는 시간이 경과해도 거의 변화하지 않는 것을 확인할 수 있었다.

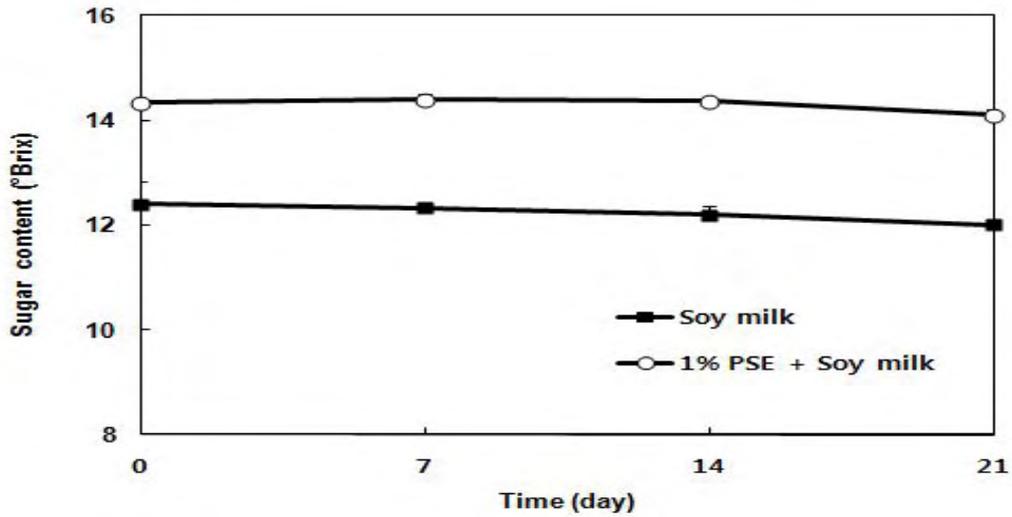


Fig. 3.34. Change in sugar contents of soy milk added to 1% peanut sprout extract.

*PSE: peanut sprout extract. Data values are expressed as mean \pm SD (n=3).

④ 두유의 탁도 측정

땅콩나물 추출물 첨가 여부에 따른 두유의 탁도를 측정한 결과는 Fig. 3.35와 같다. 그 결과 저장 기간이 길어질수록 모든 군에서 탁도값이 약간 증가하는 것을 확인할 수 있었다. 무 첨가군의 값보다 첨가군의 값의 증가폭이 더 낮은 것을 확인할 수 있었으나, 수치상으로는 그 값이 매우 적고 두유 자체의 탁도가 높아 육안으로는 탁도의 증가 판별이 어려웠다. 따라서 저장기간에 따른 탁도의 변화값은 두유의 품질특성에는 크게 영향을 미치지 않을 것으로 생각된다.

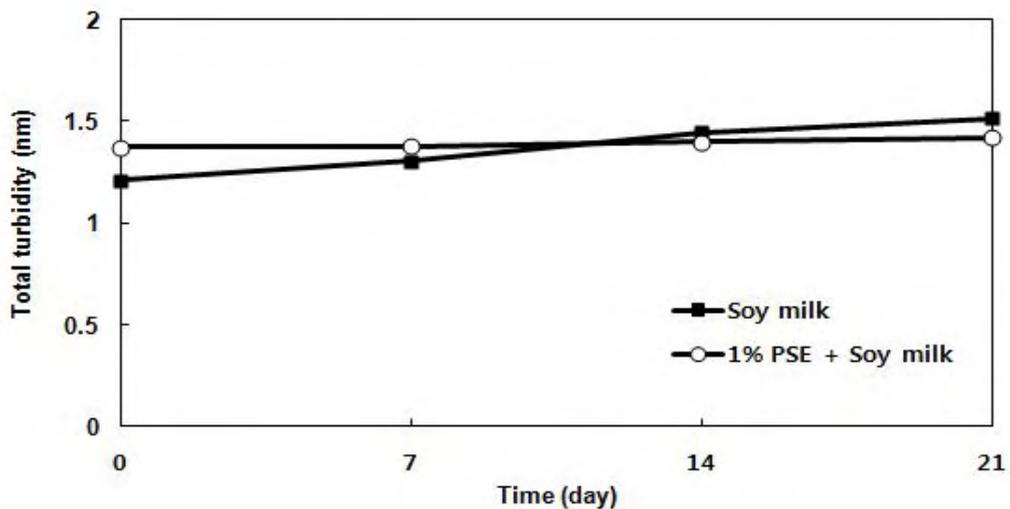


Fig. 3.35. Change in total turbidity of soy milk added to 1% peanut sprout extract.

*PSE: peanut sprout extract. Data values are expressed as mean \pm SD (n=3).

⑤ 두유의 미생물수 측정

땅콩나물 추출물 첨가 여부에 따른 두유에 생존하는 일반 미생물과 대장균의 변화는 Table 3.42 와 같다. 땅콩나물 추출물 무 첨가군의 일반 미생물은 7 일째부터 검출되기 시작하여 21일째까지 그 수가 계속 증가하였으며, 대장균은 14 일째부터 검출되었다. 반면에 땅콩나물 추출물 첨가군에서 는 일반 미생물과 대장균이 거의 검출되지 않은 것을 확인할 수 있었다. 이는 땅콩나물 추출물이 항균작용을 가지고 있는 것으로 추측되어지며, 이를 통하여 두유의 저장성 증진에 도움을 주는 것으로 생각되어진다.

Table 3.42. Changes of colony of soy milk added to 1% peanut sprout extract

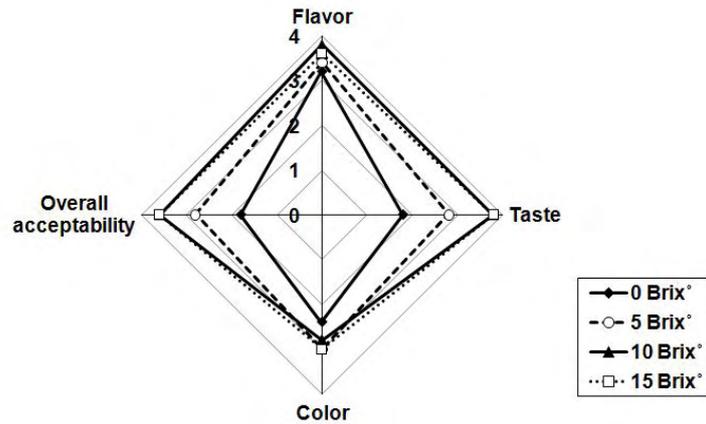
Preservation condition		General Bactria	<i>E.coli</i>
Sample	Time (Days)	(Log cfu/g)	(Log cfu/g)
Soy milk	0	-	-
	7	1	-
	14	4	1
	21	11	2
1% PSE + Soy milk	0	-	-
	7	-	-
	14	-	-
	21	2	-

(4) 두유 시제품의 관능평가

최종 두유 시제품의 생산을 위하여 최적 기호도를 설정하고자 1.0% 땅콩 추출물이 첨가된 두유의 당도를 5, 10, 15 Brix° 로 조절하여 색깔(Color), 맛(Taste), 향(Flavor), 전반적인 기호도(Overall palatability)에 대하여 5점 척도법으로 관능검사를 실시하였다(Fig. 3.36).

당도를 달리 첨가한 음료의 관능검사에서 10, 15 Brix° 의 당을 첨가한 군에서 맛과 전체적인 기호도면에서 0, 5 Brix° 에 비하여 좋은 선호도를 보였다. 특히 당을 첨가 하지 않은 0, 5 Brix° 에서 는 기존 시중에 판매되는 두유의 맛과는 다른 이질적인 맛이 느껴진다는 의견이 대부분이었으나 10 Brix° 에서는 시판되는 두유와 유사한 맛이 나며 특유의 비린내가 적게 난다는 의견이 있었다. 그러나 15 Brix° 에서는 조금 단맛이 강하다는 의견이 대부분 이었다.

음료의 품질을 결정하는 중요한 요소로는 일반적으로 외관, 향미, 맛을 들 수 있으며 본 실험에서 나타난 바와 같이 기호적인 측면에서 땅콩나물 추출물이 1.0%가 첨가된 10 Brix° 당도의 두유의 기호도가 가장 좋은 것으로 평가 되었다.



Samples	Sugar contents (Brix°)	Attributes			
		Flavor	Taste	Color	Overall palatability
1% PSE* + Soy milk	0	3.2 ± 0.8 ^a	1.8 ± 0.8 ^a	2.4 ± 0.5 ^a	1.8 ± 0.4 ^a
	5	3.4 ± 0.8 ^a	2.8 ± 0.8 ^{ab}	3.0 ± 1.0 ^a	2.8 ± 0.8 ^b
	10	3.8 ± 0.4 ^a	3.8 ± 0.4 ^b	2.8 ± 0.4 ^a	3.6 ± 0.5 ^b
	15	3.6 ± 0.5 ^a	3.8 ± 0.8 ^b	3.0 ± 0.7 ^a	3.6 ± 0.5 ^b

*PSE: peanut sprout extract. Sensory score: 5(very good), 4(good), 3(fair), 2(poor), 1(very poor)

Data values are expressed as mean ± SD (n=3).

^{ab}The means not sharing a common letter are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test.

Fig. 3.36. Change in sensory evaluation scores of soy milk added to peanut sprout extract.

라. 땅콩나물 추출물을 첨가한 기능성 음료의 저장성 및 항산화 활성

가). 재료 및 방법

(1) 땅콩나물을 첨가한 기능성 음료의 제조

2차 년도에 실시한 실험 결과 최적 기호도를 나타낸 복분자 발효원액에 땅콩나물 추출물을 1.0% 첨가한 음료를 제조하여 실험에 사용하였다.



<제조된 땅콩나물 추출물 함유 복분자 식초 음료>

(2) 음료 저장 기간 중 품질 특성 변화 및 항산화 효과 측정

제조된 음료를 35℃와 45℃에서 90% 이상의 습도를 유지하여 incubator에 저장하였다. 3일 간격으로 24일간 시료를 취하여 이화학적 특성을 저장기간에 따라 발생하는 변화를 측정하였다.

① pH 및 총산 정량

음료의 pH는 pH meter(720p, Istek, Korea)를 사용하여 측정하였고 음료의 총산의 함량은 시료 1 mL에 증류수 10 mL을 가하여 혼합한 다음 여기에 0.1 N-NaOH로 적정하고 0.1 N-NaOH의 소요량에 대하여 citric acid(%) 양으로 환산 하였다.

② 색도 측정

음료의 색도 측정은 색차계(CR-300, Minolta, Japan)를 사용하여 Hunter L(lightness), a(redness), 및 b(yellowness) 값을 각각 3회 반복 측정하여 그 평균값으로 나타내었다.

③ 탁도 측정

음료의 탁도는 650nm에서 흡광도계(U-1800, Hitachi, Japan)를 사용하여 3회 반복 측정 후 평균값으로 나타내었다.

④ 당도 측정

음료 1 mL을 취하여 당도계(PAL-3, Atago, Japan)를 이용하여 °BRIX로 3회 반복 측정 후 평균값으로 나타내었다.

⑤ 땅콩나물 음료의 항산화 측정

음료의 항산화 활성은 DPPH assay, 환원력 측정, ABTS radical 소거능, β-carotene bleaching assay, 총 페놀함량 측정과 같은 방법으로 확인하였다.

나) 결과 및 고찰

(1) 음료의 저장 중 품질 특성 변화 측정

① 음료의 pH와 산도 변화 측정

1% 땅콩나물 추출물을 첨가한 음료의 온도별 저장 시 변화하는 pH와 총산의 측정 결과는 Fig. 3.37 및 Fig. 3.38 와 같다. 각각의 온도에서 음료는 시간이 지날수록 pH가 약간 감소하는 것을 확인할 수 있었다. 산도의 경우 pH 결과와는 반대로 시간이 지날수록 약간 증가하는 것을 확인할 수 있었다.

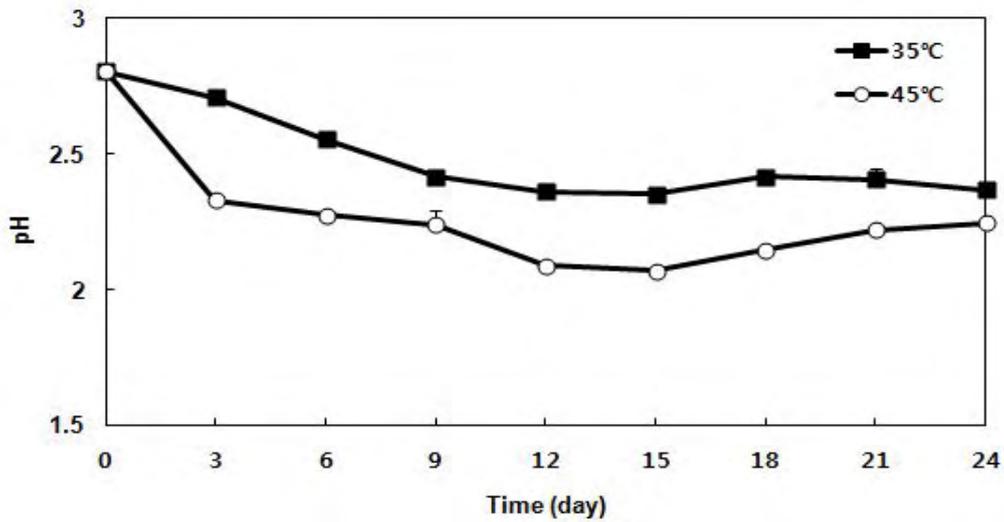


Fig. 3.37. Change in pH of raspberry vinegar drink added to 1% peanut sprout extract. Data values are expressed as mean \pm SD (n=3).

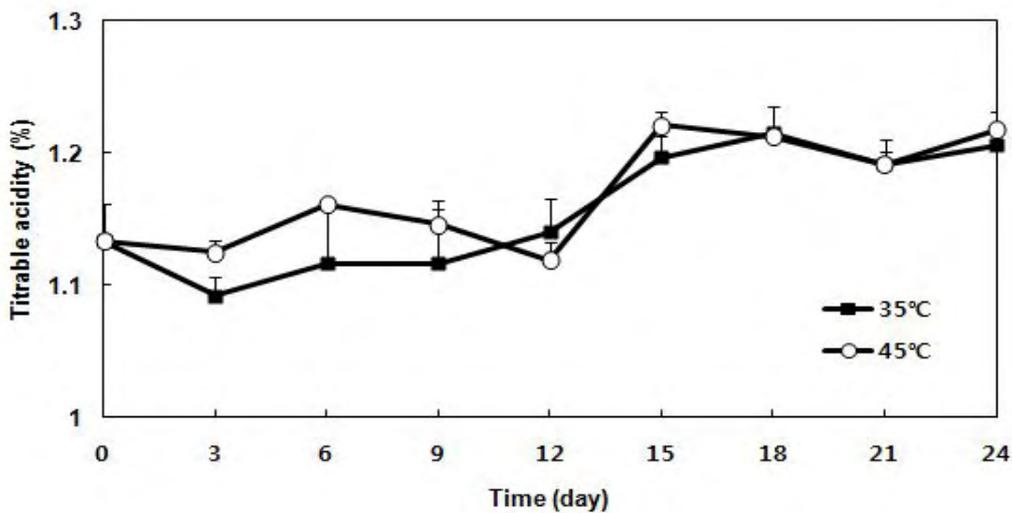


Fig. 3.38. Change in titratable acidity of raspberry vinegar drink added to 1% peanut sprout extract.

Data values are expressed as mean \pm SD (n=3).

② 음료의 색도 측정

각 저장 온도에 따른 음료의 색도 변화를 측정한 결과는 Table 3.43과 같다. 35°C에서 저장 시 명도를 나타내는 L값은 저장기간이 지나도 거의 변화가 없는 것을 확인할 수 있었다. 또한 적색도를 나타내는 a값은 저장기간이 지날수록 약간 증가하는 것으로 나타났으며, 황색도를 나타내는 b값 또한 저장기간이 지날수록 값이 증가하는 경향을 나타내었다. 45°C에서 저장 시에는 L값은 35°C 저장 시와 큰 차이가 없었으나 a 와 b 값의 경우에는 수치가 높아진 것을 확인할 수 있었다. 본 결과로 미루어 볼 때, 음료의 색도는 땅콩나물 추출물(갈색)의 영향을 받아 온도에 의해 적색도와 황색도가 높아지는 것으로 생각된다.

Table 3.43. Change in Hunter's color value of raspberry vinegar drinks added to 1% peanut sprout extract

35°C	Time (days)								
	0	3	6	9	12	15	18	21	24
L	23.28 ± 0.10 ^{abc}	22.95 ± 1.23 ^{ab}	24.10 ± 0.36 ^{cd}	22.99 ± 0.03 ^{ab}	23.13 ± 0.70 ^{abc}	24.91 ± 0.67 ^d	22.21 ± 0.11 ^a	23.85 ± 0.39 ^{bc}	24.74 ± 0.52 ^d
a	2.16 ± 0.07 ^a	2.40 ± 0.36 ^{ab}	2.42 ± 0.08 ^{ab}	2.59 ± 0.03 ^b	2.52 ± 0.08 ^b	2.40 ± 0.13 ^{ab}	2.46 ± 0.15 ^b	2.53 ± 0.01 ^b	2.85 ± 0.03 ^c
b	1.27 ± 0.01 ^a	1.43 ± 0.24 ^{ab}	1.32 ± 0.16 ^a	1.38 ± 0.09 ^{ab}	1.44 ± 0.20 ^{ab}	1.62 ± 0.02 ^{bc}	1.77 ± 0.09 ^c	1.73 ± 0.01 ^c	1.85 ± 0.19 ^c
45°C	Time (days)								
	0	3	6	9	12	15	18	21	24
L	23.28 ± 0.10 ^{abc}	22.94 ± 0.51 ^{ab}	22.54 ± 0.11 ^a	22.89 ± 0.66 ^{ab}	23.86 ± 0.46 ^{cd}	24.47 ± 0.48 ^{de}	24.90 ± 0.09 ^e	23.52 ± 0.20 ^{bc}	24.48 ± 0.49 ^{de}
a	2.16 ± 0.07 ^a	3.11 ± 0.11 ^{bc}	3.35 ± 0.50 ^c	3.10 ± 0.15 ^{bc}	3.01 ± 0.13 ^{bc}	2.96 ± 0.05 ^{bc}	3.34 ± 0.05 ^c	3.02 ± 0.34 ^{bc}	2.85 ± 0.09 ^b
b	1.27 ± 0.01 ^a	1.38 ± 0.03 ^{ab}	1.60 ± 0.04 ^{bcd}	1.48 ± 0.06 ^{abc}	1.84 ± 0.13 ^{def}	1.93 ± 0.21 ^{ef}	1.70 ± 0.22 ^{cde}	1.91 ± 0.35 ^{ef}	2.09 ± 0.02 ^f

Data values are expressed as mean ± SD (n=3).

^{abcdef}The means not sharing a common letter are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test.

③ 음료의 당도 측정

1% 땅콩나물 추출물을 첨가한 음료의 온도별 저장 시 변화하는 당도 측정 결과는 Fig. 3-39와 같다. 각각의 온도에서 음료의 당도는 시간이 지나면서 약간 증가하는 하였으나 최종적으로 거의 변화하지 않는 것을 확인할 수 있었다.

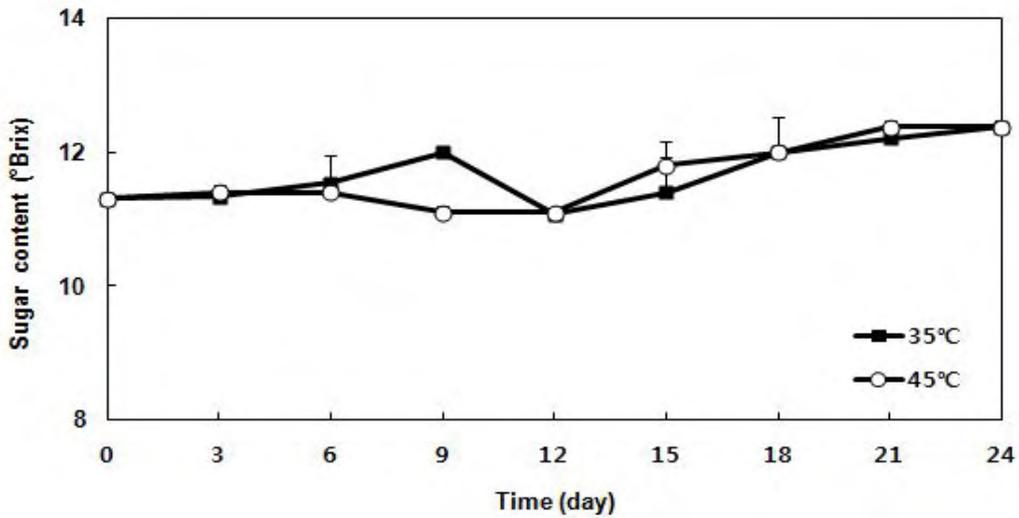


Fig. 3.39. Change in °Brix of raspberry vinegar drink added to 1% peanut sprout extract. Data values are expressed as mean \pm SD (n=3).

④ 음료의 탁도 측정

각 저장 온도에 따른 음료의 탁도를 측정한 결과는 Fig. 3-40과 같다. 그 결과 저장 기간이 길어질수록 모든 군에서 탁도값이 증가하는 것을 확인할 수 있었다.

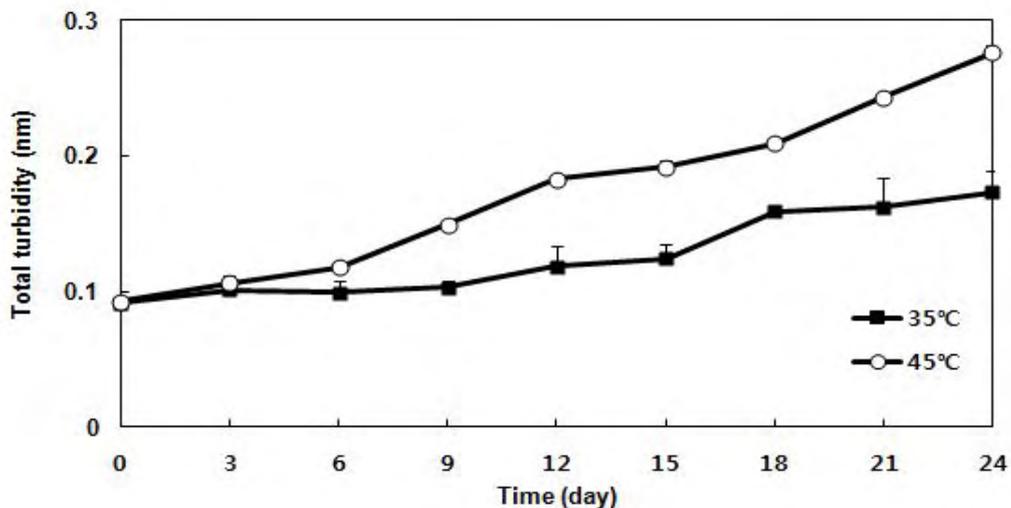


Fig. 3.40. Change in turbidity of raspberry vinegar drink added to 1% peanut sprout extract. Data values are expressed as mean \pm SD (n=3).

특히 45℃ 저장 시 35℃에서 저장할 때 보다 값이 더 높아지는 것을 확인할 수 있었다. 이는 실온 이상의 온도에서 땅콩 추출물을 음료를 장기간 저장하면 탁도값이 증가할 수는 있지만 이 수치가 음료의 품질에는 크게 영향을 미치지 않을 것으로 생각된다.

⑤ 음료의 미생물수 측정

저장온도에 따른 음료에 생존하는 일반 미생물과 대장균의 변화는 Table. 3.44와 같다. 일반 미생물과 대장균은 35℃ 및 45℃ 저장 시 24일째까지 모두 검출되지 않았다. 미생물들이 생육하기 쉬운 온도임에도 불구하고 일반미생물과 대장균 모두 검출되지 않은 것을 미루어 볼 때, 살균력이 강하다고 알려진 식초에 땅콩 추출물이 더해져 음료의 저장성 및 품질 향상에 도움을 준 것이라고 생각된다.

Table. 3.44. Changes of colony of raspberry vinegar drink added to 1% peanut sprout extract

Preservation condition		General Bactria	<i>E.coli</i>
Sample	Time (Days)	(Log cfu/g)	(Log cfu/g)
35℃	0	-	-
	3	-	-
	6	-	-
	9	-	-
	12	-	-
	15	-	-
	18	-	-
	21	-	-
	24	-	-
45℃	0	-	-
	3	-	-
	6	-	-
	9	-	-
	12	-	-
	15	-	-
	18	-	-
	21	-	-
	24	-	-

(2) 땅콩나물 음료의 항산화 효능 측정

① 수소 공여능 효과

땅콩나물 추출물의 첨가에 따른 음료의 수소 공여능을 측정한 결과는 Fig. 3.41과 같다. 땅콩나물 추출물을 처리 하지 않은 군과 비교하여 수소 공여능이 조금 높아진 것을 확인할 수 있었다.

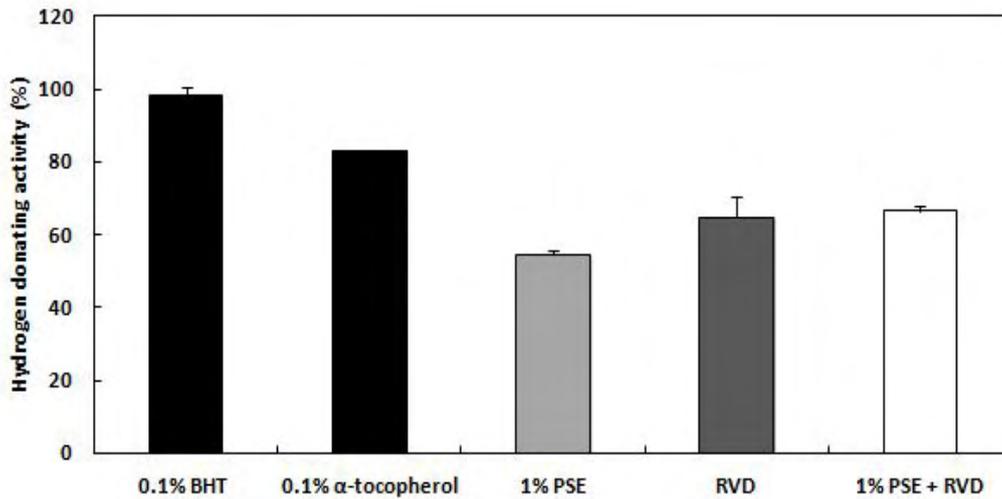


Fig. 3.41. Hydrogen donating activity of raspberry vinegar drink added to 1% peanut sprout extract.

*PSE: peanut sprout extract. *RVD: Raspberry vinegar drink. Data values are expressed as mean \pm SD (n=3).

② 환원력 측정

땅콩나물 추출물 첨가에 따른 음료의 환원력을 측정한 결과는 Fig. 3.42와 같다.

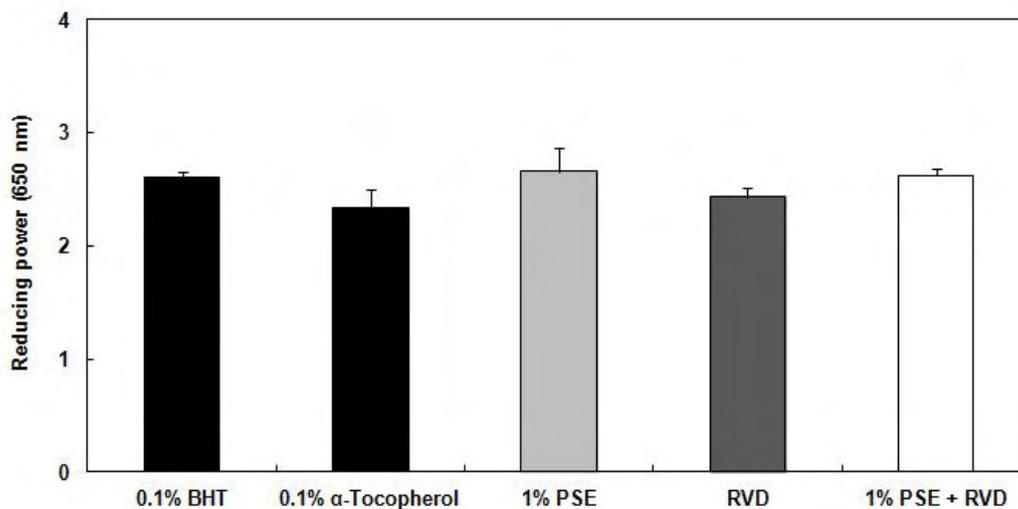


Fig. 3.42. Reducing power of raspberry vinegar drink added to 1% peanut sprout extract.

*PSE: peanut sprout extract. *RVD: Raspberry vinegar drink. Data values are expressed as mean \pm SD (n=3).

땅콩나물 추출물은 음료의 환원력은 자체만을 처리하였을 때 보다 땅콩나물 추출물을 첨가하였을 때 조금 상승하는 것을 확인할 수 있었으며 이는 두유에서의 결과와 유사하게 나타났다.

③ ABTS^{•+} radical 소거능 측정

땅콩나물 추출물 첨가에 따른 음료의 ABTS radical 소거능을 측정한 결과는 Fig. 3.43과 같다. 수소공여능 결과와 유사하게 땅콩나물 추출물이 첨가된 음료군에서 복분자 식초 음료보다 ABTS radical 소거능이 약간 높아지는 것을 확인할 수 있었다.

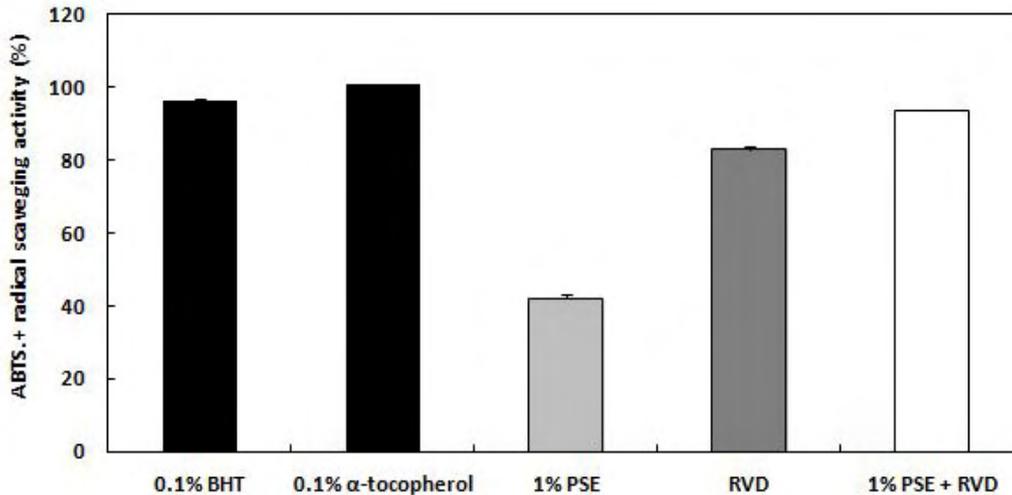


Fig. 3.43. ABTS^{•+} radical scavenging activity of raspberry vinegar drink added to 1% peanut sprout extract.

*PSE: peanut sprout extract. *RVD: Raspberry vinegar drink. Data values are expressed as mean ± SD (n=3).

④ β-carotene bleaching 활성 측정

땅콩나물 추출물 첨가에 따른 음료의 β-carotene bleaching 활성을 측정한 결과는 Fig. 3.44와 같다. 땅콩나물 추출물을 첨가한 음료는 추출물을 첨가하지 않은 음료보다 항산화 활성이 더 높은 것으로 확인되었다. 위의 결과를 종합하여 볼 때, 땅콩나물 추출물은 복분자 식초 음료의 항산화 효능 향상에 영향을 주는 것으로 생각되어진다.

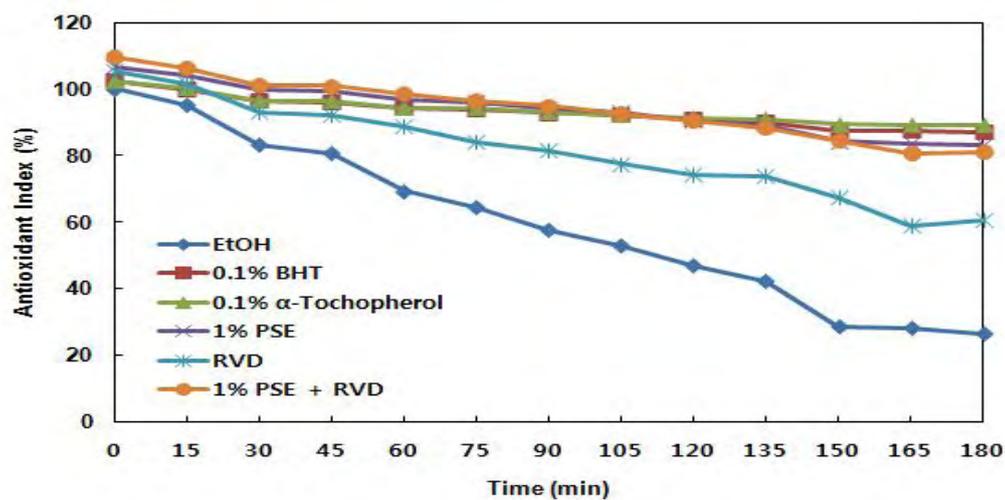


Fig. 3.44. β -carotene bleaching activity of raspberry vinegar drink added to 1% peanut sprout extract.

*PSE: peanut sprout extract. *RVD: Raspberry vinegar drink. Data values are expressed as mean \pm SD (n=3).

10. 참고문헌

1. 경상남도 농업기술원 생산 유통정보. 2006. Avabile inline: <http://www.knrda.gr.kr>
2. 농촌진흥청 국립식량과학원. 2009. Avabile inline: <http://www.nics.go.kr>
3. 한국식품공업협회. 2002. 식품공전. pp. 215.
4. AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. 15th ed., Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C.
5. Azuma, K., Nakayama, M., Koshica, M., Lppoushi, K., Yamaguchi, Y., Kohata, K., Yamaguchi, Y., Ito, H., Higashio, H. 1999. Phenolic antioxidants from the leaves of *Corchorus olitorius* L. J. Agric. Food Chem. 47: 3963-3966.
6. Bae, H.C., Cho, I.S., Nam, M.S. 2005. Effects of the biological function of yogurt added with *Lycium chinence* Miller Extract. J. Anim. Sci. Technol. 47: 1051-1058.
7. Biglari, F., AIKarkhi, A.M.F., Easa, A.M. 2008. Antioxidant activity and phenolic content of various date palm (*Phoenix dactylifera*) fruits from Iran. Food Chem. 107:1636-1641.
8. Blois, M.S. 1958. Antioxidant activity determination by the use of a stable free radical. Nature. 181: 1199-1200.
9. Chanvitayapongs, S., Draczynska-Lusiak, B., Sun, A.Y. 1997. Amelioration of oxidative stress by antioxidants and resveratrol in PC12 cells. Neuroreport. 14: 1499-1502.
10. Chen, R.S., Wu, P.L., Chiou, Y.Y. 2002. Peanut roots as a source of resveratrol. J. Agric. Food Chem. 50: 1665-1667.
11. Cho, B.M., Yoon, S.K., Kim, W.J. 1985. Changes in amino acid and fatty acids composition during germination of rapeseed. J. Korean Food Sci. Technol. 17: 371-376.
12. Cho, G.S. 1993. Chemical compositions in the various plant types of peanut (*Arachis hypogaea* L.). J. Korean Soc. Food Nutr. 22: 576-580.
13. Choi, B.H., Hong, B.H., Kang, K.H., Kim, J.K., Kim, S.H. 1996. New seed learning. Hyangmunsa, Seoul, Korea.
14. Choi, J.H., Kim, H.I., Lee, I.S. 2009. Effect of *Rosmarinus officinalis* L. on growth inhibition and apoptosis induction in cancer cells. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 38: 1008-1015.
15. Choi, J.I., Kim, Y.J., Kim, J.H., Song, B.S., Yoon, Y., Byun, M.W., Kwon, J.H., Chun, S.S., Lee, J.W. 2009. Antioxidant activities of the extract fractions from *Suaeda japonica*. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 38: 131-135.
16. Choi, K.S. and Kim, Z.U. 1985. Changes in lipid components during germination of mungbean. Korean J. Food Sci. Technol. 17: 271-275.
17. Chu, Y.H. and Kung, Y.L. 1998. A study on vegetable oil blends. Food Chem. 62:

- 191-195.
18. Chun, S.H., Lee, S.U., Lee, S.U., Shin, Y.S., Lee, K.S., Ru, I.H. 2000. Preparation of yogurt from milk added with purple sweet potato. *J. Korean Soc. Food Nutr.* 13: 71-77.
 19. Chung, I.K., Kim, H.S., Kang, K.T., Choi, J.D., Heu, M.S., Kim, J.S. 2006. Preparation and characterization of enzymatic Oyster Hydrolysates-added yogurt. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 35: 926-934.
 20. Chung, I.M., Park, M.R., Chun, J.C., Yun, S.J. 2003. Resveratrol accumulation and resveratrol synthase gene expression in response to abiotic stress and hormones in peanut plants. *Plant Sci.* 164: 103-109.
 21. Folch, J.M., Lee, S.M., Stranley, G.H.S. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissue. *J. Biol. Chem.* 226: 497-509.
 22. Gao, X., Bjork, L., Trajkovski, V., Uggla, M. 2000. Evaluation of antioxidant activities of rosehip ethanol extracts in different test system. *J. Sci. Food Agric.* 80: 2021-2027.
 23. Gill, C., Walsh, S.E., Morrissey, C., Fitzpatrick, J.M., Watson W.G. 2007. Resveratrol sensitizes androgen independent prostate cancer cells to death-receptor mediated apoptosis through multiple mechanism. *Prostate.* 67: 1641-1653.
 24. Gordon, M.F. 1990. The mechanism of antioxidant action in vitro. In *Food antioxidants*. Hudson B.J.F, ed. Elsevier Applied Science, London. pp 1-18.
 25. Ha, J.O., Ha, T.M., Lee, J.J., Kim, A.R., Lee, M.Y. 2009. Chemical components and physiological functionalities of *Brassica campestris* ssp *rapa* sprouts. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 38: 1302-1309.
 26. Han, S.M. 2001. Studies on the functional components and cooking aptitude for medicinal tea of *Chrysanthemum in-dicum* L. Master thesis, Sejong University.
 27. Hong, H.K., Nam, E.S., Park, S.I. 2003. Effect of Omija(*Schizandra chinensis*) extract on the growth inhibition of food borne pathogens in yoghurt. *Korean J. Food Sci. Ani. Resour.* 23: 342-349.
 28. Hwang, E.S. and Bowen, P.S. 2004. Effects of tomatoes and lycopene on prostate cancer prevention and treatment. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 33: 455-462.
 29. Ikeda, K., Arioka, K., Fuji, S., Kusano, T., Oku, M. 1984. Effects on buck wheat protein quality of seed germination and changes in trypsin inhibitor content. *Cereal Chem.* 61: 236-240.
 30. Jang, M., Cai, L., Udeani, G.O., Sloing, K.V., Thomas, C.F., Beecher, C.W., Fong H.H., Farnsworth, N.R., Kinghorn, A.D., Mehta, R.G et. al., 1997. Cancer chemopreventive activity of resveratrol, a natural product derived from grapes.

- Science. 10: 218-220.
31. Jung, G.T. and Ju, I.O. 1997. Studies on the preparation of yogurt from milk added purple sweet potato powder. Korean J. Food Nutr. 10: 458-461.
 32. Kang, H.N. 2008. Preparation of yogurt with addition of buckwheat sprout and its fermentation characteristics. Master Thesis, Sookmyung women's University.
 33. Kang, S.R., Shin, M.O., Kim, S.G., Lee, S.H., Kim, M. 2009. Antioxidative activity of pine(*Pinus densiflora*) needle extracts in rats fed high-cholesterol diet. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 38: 423-429.
 34. Kim, E.J., Lee, J.J., Shin, H.K., Yoon, J.H. 2006. A study on the mechanisms by which the aqueous extract of *Inonotus obliquus* induces apoptosis and inhibits proliferation in HT-29 human colon cancer cells. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 35: 516-523.
 35. Kim, E.J., Park, H., Shin, M., Shin, H.K., Yoon, J.H. 2009. Induction of apoptosis in HT-29 human colon cancer cells by the pepper component piperine. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 38: 442-450.
 36. Kim, H.J. and Ko, J.E. 1990. Study on preparation of yogurt milk and soy protein. Korean J. Food Cis. Technol. 22: 700-706.
 37. Kim, H.K., Bae, H.C., Nam, M.S. 2003. Fermentation properties of mulberry yogurt. J. Agri. Sci. 30: 66-75.
 38. Kim, H.K. and Chung, D.S. 1998. Changes of major components during germination of sesame seeds. Korean J. Life Sci. 8: 137-144.
 39. Kim, J.E., Joo, S.I., Seo, J.H., Lee, S.P. 2009. Antioxidant and α -glucosidase inhibitory effect of tartary buckwheat extract obtained by the treatment of different solvents and enzymes. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 38: 989-995.
 40. Kim, I.S, Han, S.H, Han, K.W. 1997. Study on the chemical change of amino acid and vitamin of rapeseed during germination. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 26: 1058-1062.
 31. Kim, K.H., Hwang, H.R., Jo, J.E., Lee, S.Y., Kim, N.Y., Yook, H.S. 2009. Quality characteristics of yogurt prepared with flowering cherry (*Prunus serrulata* L. var. *spontanea* Max. wils.) fruit powder during storage. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 38: 1229-1236.
 32. Kim, N.Y. and Han, M.J. 2005. Development of ginseng yogurt fermented by bifidobacterium spp. Korean J. Food Cookery Sci. 21: 575-584.
 33. Kim, S.I., Ko, S.H., Lee, Y.J., Choi, H.Y., Han, Y.S. 2008. Antioxidant activity of yogurt supplemented with red ginseng extract. Korean J. Food Cookery Sci.

24:358-366.

34. Kim, W.J., Kim, N.M., Sung, H.S. 1984. Effects of germination phytic acid and soluble minerals in soymilk. Korean J. Food Sci. Technol. 16: 358-362.
35. Kim, Y.A., Lim, S.Y., Lee, S.H., Park, K.Y., Lee, W.H., Choi, Y.H. 2004. Induction of Cdk inhibitor p21 and inhibition of cyclooxygenase-2 by resveratrol in human lung carcinoma A549 cells. J. Life Sci. 14: 800-808.
36. Kim, Y.S., Kim, J.G., Kang, I.J., Lee, Y.S. 2005. Comparison of the chemical components of buckwheat seed and sprout. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 34: 206-211.
37. Kuo, P.L., Hsu, Y.L., Chang, C.H., Lin, C.C. 2005. The mechanism of ellipticine-induced apoptosis and cell cycle arrest in human breast MCF-7 cancer cells. Cancer Lett. 223: 293-301.
38. Kwon, T.B. 1994. Change in rutin and fatty acids of buckwheat during germination. Korean J. Food Nutr. 7: 124-127.
39. Lee, B.W. 2003. Comparison of physicochemical properties of peanuts and changes during storages. Master Thesis, Yonsei University.
40. Lee, E.H., Nam, E.S., Park, S.I. 2002. Characteristics of curd yogurt from milk added with Maesil(*Prunus mume*). Korean J. Food Sci. Technol. 34: 419-424.
41. Lee, I.S., Lee, S.O., Kim, H.S. 2002. Preparation and quality characteristics of yogurt added with *Saururus chinensis*(Lour)bail. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 31: 411-416.
42. Lee, J.H. and Hwang H.J. 2006. Quality characteristics of *Rubus coreanum* Miquel juice. Korea J. Culinary Res. 12:1 95-205.
43. Lee, J.J., Lee, Y.M., Shin, H.D., Jeong, Y.S., Lee, M.Y. 2007. Effect of vegetable sprout power mixture on lipid metabolism in rats fed high fat diet. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 36: 965-974.
44. Lee, J.I., Park, H.W., Kang, K.H., Kim, K.J. 1990. Varietal difference of protein content and amino acid composition in peanuts. Korean J. Crop. Sci. 35: 424-439.
45. Lee, M.H., Son, H.S., Choi, O.K., Oh, S.K., Kwon, T.B. 1994. Changes in physicochemical properties and mineral contents during buck whet germination. Korean J. Food Nutr. 7: 267-273.
46. Lee, M.J., Cheong, Y.K., Kim, H.S., Park, K.H., Doo, H.S., Suh, D.Y. 2003. trans-Resveratrol content of varieties and growth period in peanut. Korean J. Crop. Sci. 48: 429-433.
47. Lee, M.Y., Shin, S.L., Park, S.H., Kim, N.R., Chang, Y.D., Lee, C.H. 2009. Development of optimal cultivation conditions and analysis of antioxidant activities of

- Arctium lappa sprout vegetables. Korean J. Plant Res. 22: 304-311.
48. Lee, N.R. and Choi, S.J. 2009. Contents of resveratrol in different parts of various grape cultivars. Korean J. Food Preserv. 16: 959-964.
 49. Lee, S.E., Park, C.H., Bang, J.K., Seong, N.S., Chung, T.Y. 2004. Comparison on antioxidant potential of several peanut varieties. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 33 : 941-945.
 50. Lee, Y.S., Ahn, D.S., Joo, E.Y, Kim, N.W. 2009. Antioxidation activities of *Syneilesis palmata* extracts. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 38 :1471-1477.
 51. Lee, Y.Z. 2008. Antioxidant activity in Yuza and quality characteristics of Yuza yogurt. MS Thesis. Sookmyung Women's University.
 53. Mattaus, B. 2002. Antioxidant activity of extracts obtained from residues of different oilseeds. J. Agric. Food Chem. 50 :3444-3452.
 54. Moammir, H., Minakshi, N., Vivian, X.F., David, F.J., Nihal. A. 2006. Resveratrol-caused apoptosis of human prostate carcinoma LNCaP cells is mediated via modulation of phosphatidylinositol 3'-kinase/Akt pathway and Bcl-2 family proteins. Mol. Cancer Ther. 5 :1335-1341.
 55. Moon, S.J. 1996. Korean disease pattern and nutrition. Korean J. Nutr. 29 :381-383.
 56. Oyinlola, A., Oja, A., Adekoya, L.O. 2004. Development of a laboratory model screw press for peanut oil expression. J. Food Engineering. 64 :221-227.
 57. Pace-Asciak, C.R., Hahn, S., Diamandis, E.P., Soleas, G., Goldberg, D.M. 1995. The red wine phenolics trans-resveratrol and quercetin block human platelet aggregation and eicosanoid synthesis: implications for protection against coronary heart disease. Clinica. Chimica. Acta. 235 :207-219.
 58. Park, S.Y., Cho, S.J., Kwon, H.C., Lee, K.R., Rhee, D.K., Pyo, S. 2005. Caspase-independent cell death by allicin in human epithelial carcinoma cells: involvement of PKA. Cancer Lett. 224 :123-132.
 59. Park, S.Y., Kim, E.J, Lim, D.Y., Kim, J.S., Lim, S.S., Shin, H.K., Park, J.H. 2008. Inhibitory effect of the hexane extract of *Saussurea lappa* on the growth of LNCaP human prostate cancer cells. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 37 :8-15.
 60. Paul, S., Rimando, A.M., Lee, H.J., Ji, Y., Reddy, B.S., Suh, N. 2009. Anti-inflammatory action of pterostilbene is mediated through the p38 mitogen-activated protein kinase pathway in colon cancer cells. Cancer Prev. Res. 2 :650-659.
 61. Pulmmer, E.R. 2006. Inhibition of poly(ADP-ribose) polymerase in cancer. Curr. Opin. Pharmacol. 6 :364-368.
 62. Rasic, J. and Kurmann, J.A. 1978. Yogurt. Technical Diary Publishing House

- Copenhagen Denmark. pp. 369-380.
63. Ricote, M., García-Tuñón I., Fraile, B., Fernández, C., Aller, P., Paniagua¹, R., Royuela, M. 2006. P38 MAPK protects against TNF- α provoked apoptosis in LNCaP prostatic cancer cells. *Apoptosis*. 11 :1969-1975.
 64. Romero-perez, AI., Lamuela-Raventos, R.M., Andres-Lacueva, C., Cristina, A.L., de la Tóree-Brornat, M.C. 2001. Method of the quantitative extraction of resveratrol and piceid isomers in grape berry skin, effect of powdery mildew on the stilbene content. *J. Agric. Food Chem.* 49 :210-215.
 65. Ryu, K.Y., Shim, S.L., Kim, W., Jung, M.S., Hwang, I.M., Kim, J.H., Hong, C.H., Jung, C.H., Kim, K.S. 2009. Analysis of the seasonal change of the proximate composition and taste components in the Conger Eels(Conger myriaster). *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 38 :1069-1075.
 66. Shin, E.H. 2009. Component analysis and antioxidant activity of pueraria flos. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 38 :1139-1144.
 67. Son, C.W., Shin, Y.M., Shim, H.J., Kim, M.H., Kim, M.Y., Lee, K.J., Kim, M.R. 2008. Changes in the quality characteristics and antioxidant activities of yoghurts containing spirulina during storage. *J. East Asian Soc. Dietary Life.* 18 :95-103.
 68. Song, M.R. 2001. Volatile flavor components of cultivated radish (*Raphanus sativus* L.) sprout. *Korean J. Food Nutr.* 14 :20-27.
 69. Vanderzant and Splittsoesser. 1992. Compendium for the microbiological examination of foods. American Public Health Association, Washington. D.C.
 70. Vermeulen, K., Van Bockstaele, D.R., Berneman, Z.N. 2005. Apoptosis: mechanisms and relevance in cancer. *Ann. Hematol.* 84 :627-639.
 71. Wan, C.K., Wang, C., Cheung, H.Y., Yang, M.S., Fong, W.F. 2005 Triptolide induces Bcl-2 cleavage and mitochondria dependent apoptosis in p53-dependent HL-60 cells. *Cancer Lett.* 241 :1-11.
 72. Wang, K.H., Lai, Y.H., Chang, J.C., Ko, T.F., Shyu, S.L., Chiou, R.Y. 2005. Germination of peanut kernels to enhance resveratrol biosynthesis and prepare sprouts as a functional vegetable. *J. Agric. Food Chem.* 53 :242-246.
 73. Wang, T.T., Schoene, N.W., Kim, Y.S., Mizuno, C.S., Rimando, A.M. 2010. Differential effects of resveratrol and its naturally occurring methylether analogs on cell cycle and apoptosis in human androgen-responsive LNCaP cancer cells. *Mol. Nutr. Food Res.* 54 : 335-344.
 74. Woo, N., Song, E.S., Kim, H.J., Seo, M.S., Kim, A.J. 2007. The comparison of antioxidative activities of sprouts extract. *J. Korean Food Nutr.* 20 :356-362.

75. Wylie, A.H., Kerr, J.F., Currie, A.R. 1980. Cell death: the significance of apoptosis. *Int. Rev. Cytol.* 68 :251-306.
76. Yasunaga, Y., Nakamura, K., Ko, D., Srivastava, S., Moul, J.W., Sesterhenn, I.A., McLeod, D.G., Rhim, J.S. 2001. A novel human cancer culture model for the study of prostate cancer. *Oncogene.* 20 :8036-8041.
77. Yildirim, A., Mavi, A., Kara, A.A. 2001. Determination of antioxidant and anti microbial activities of Rumex of aerobic life. *Biochem. Symp.* 61 :1-34.
78. Yim, J.E., Choue, R.W., Kim, Y.S. 1998. Effect of dietary counseling and HMG CoA reductase inhibitor treatment on serum lipid levels in hyperlipidemic patients. *Korean J. Lipidology.* 8 :61-76.
79. Yoon, H.K. 2007. A study on the characteristics as functional food materials and its physiological properties of the natural medical herb. PhD Dissertation, Kosin University.
80. Yoon, J.A., Hahm, S.W., Park, J., Son, Y.S. 2009. Total polyphenol and flavonoid of fruit extract of *Opuntia humifusa* and its inhibitory effect on the growth of MCF-7 human breast cancer cells. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 38 :1679-1684.
90. Yoon, J.H. 2006. Effects of *Curcuma longa* L. on some kinds of cancer cells. PhD Dissertation, Kyung-Hee University.
91. Yu, M.H. 2003. Antitumor and antioxidant effect of *Prunus salicina* Lindl. cv. Soldam. MS Thesis. Keimyung University.

제4장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

연구목표	연구개발목표의 달성도	관련분야의 기술발전예의 기여도
○ 땅콩나물 레스베라트롤 최적 생산을 위한 생육단계 구명	○ 땅콩종자를 치상한 후 발아일수에 따른 시기별 레스베라트롤 함량 측정 ○ 땅콩나물 생육일수 1, 2, 3, 4, 5, 6일별 유용성분 및 생육반응 검정	○ 땅콩나물에서 최적의 레스베라트롤을 생산할 수 있는 생육단계를 구명함
○ 청정 땅콩나물 생산을 위한 무병화 종자처리기술 개발	○ 땅콩종자에 감염균 방제하기 위한 건열처리 조건 구명 ○ 발아율과 유묘출현을 억제하지 않으면서 부패균 방제효과가 우수한 건열처리 온도 및 기간 설정 ○ 무농약 청정재배 이미지를 제고	○ 부패균 방제효과가 우수한 종자 건열처리 온도 및 기간 구명하여 청정 땅콩나물 생산을 위한 무병화 종자처리기술을 확보
○ 땅콩나물 생산의 최적 광환경 조건 확립 ○ 땅콩나물 생산의 최적 온도조건 확립	○ 땅콩종자 병원균 방제와 유해균 살균을 위한 UV-B 광처리 및 처리시간 설정 ○ UV-B 광처리에 의한 땅콩나물의 생육반응 검정 ○ UV-B 광처리에 의한 기능성물질 함량조사 ○ 광질처리 횟수 및 최적 처리 모형구축 ○ 재배수온의 따른 부패율 및 생육반응 검정 ○ 재배수온 수준(15, 18, 23, 25, 28 ℃)에서 강건한 땅콩나물 생육에 적합한 온도구명	○ 땅콩종자 병원균 방제와 유해균 살균을 위한 UV-B 광 처리조건을 확립 ○ 고품질 땅콩나물 생산의 최적 재배수온을 구명하여 대량생산의 기술적 터전을 제공
○ 땅콩나물 생산의 최적 습도조건 확립	○ 땅콩나물의 기능성 성분 증진에 적합한 습도 조건을 구명 ○ 땅콩나물 재배상의 부패균 발생과 습도와의 관계 구명 ○ 상대습도(70%, 80%, 90%)에 따른 부패병 발병원인과 땅콩나물의 생육반응을 검정	○ 땅콩나물 재배상의 문제점으로 지적된 부패율 최소화 시킬 수 있는 상대습도를 구명하여 청정 땅콩나물 생산의 단초를 제공함
○ 땅콩나물 생산의 최적 관수조건 확립	○ 강건한 땅콩나물 생산과 생리활성물질 증진에 적합한 습도조건 구명 ○ 저비용 고효율 관수조건 확립 ○ 상면관수와 하면담수 관수의 효율성 검정 ○ 관수횟수와 관수량 구명 ○ 경제성과 생육반응 검정	○ 땅콩나물 재배의 저비용 고효율 관수조건 확립하여 땅콩나물의 생산단가를 절감함으로써 생산업체의 이윤창출에 기여
○ 땅콩나물 생산의 최적 영양조건 설정	○ 땅콩나물의 생육촉진 영양조건 구명 ○ MS midium, 원시표준양액 1/2, 1/3 공급하여 생육반응 검정 ○ 땅콩환원수를 이용한 땅콩나물 재배조건 구명	○ 땅콩나물의 생육을 촉진할 수 있는 영양조건을 구명하여 신속하고 강건한 땅콩나물을 생산기술 개발함

연구목표	연구개발목표의 달성도	관련분야의 기술발전예의 기여도
○ 세균발생억제를 위한 생육환경 조건구명	○ 땅콩나물의 세균발생을 최소화할 수 있는 생육온도 구명 ○ 호르몬 연관성 구명	○ 땅콩나물에서 세균발생을 억제할 수 있는 생육환경 조건을 구명하여 상품화율을 향상시킬 수 있는 기술을 제공함
○ 기능성 땅콩나물 생산조건 구축	○ 게르마늄, 셀레늄, 키토산, 황토지장수를 이용하여 기능성 땅콩나물 생산 ○ 기능성 땅콩나물의 품질 및 생육반응 검정	○ 기능성 땅콩나물 재배를 위한 재배이론과 기술을 제공함
○ 고품질 땅콩나물 생산의 재배 매뉴얼 작성	○ 고품질 땅콩나물 생산을 위한 생산재배모형 작성 ○ 생육온도, 영양공급, 관수간격 등을 표준화 및 과학화 ○ 농가 및 땅콩나물 업체보급형 매뉴얼 작성	○ 고품질 땅콩나물 생산을 위한 생산재배 모형을 땅콩나물 재배업체 제공하여 재배활성화에 기여
○ 땅콩나물의 경제성 분석	○ 생산단가 산정 및 경제성 분석	○ 땅콩나물의 생산단가 산정 및 경제성 분석하여 재배활성화 이론적 근거를 제공
○ 땅콩나물의 기능성물질 현황과약 및 database 화	○ 땅콩나물의 부위별 및 용매별 추출물 확보	○ 땅콩나물의 부위별 및 용매별 추출정보를 확보하여 기능성분 분석의 지표로 활용
○ 표적세포 cell line 구축 및 독성분석	○ 기능성물질, 항산화, 치매, 고혈압, 암 등에 대한 개선작용 물질의 profile 작성 ○ 표적세포의 독성분석 및 Bioassay 계 확립	○ 땅콩나물의 기능성분의 기능과 독성분석의 정보를 제공
○ 땅콩나물의 기능성물질, 신경세포 보호효과 검증	○ 기능성물질의 용매별 분리효율 확립 ○ 세포실험, glutamate 독성, H ₂ O ₂ 독성, dopamine 독성을 이용한 보호효과 검증	○ 땅콩나물의 기능성물질, 신경세포 보호효과 검증하여 신약개발의 단초를 제공
○ 세포생물학적 기전구명	○ 신경세포의 RNA 분석(RT-PCR), 신경세포의 단백질분석(western blotting), Flow cytometry를 이용한 cell cycle 분석	○ 세포생물학적 기전을 규명함
○ 활성물질의 분리, 정제계 확립	○ 활성물질의 화학적 특성 규명, 유기용매를 이용한 활성물질의 추출, open column 및 LC 를 이용한 활성물질의 분리, 정제	○ 땅콩나물에서 활성물질의 분리, 정제계 확립함
○ 활성성분을 활용한 prototype 의 기능성 음료 개발	○ UV, IR spectrum 분석과 HR-mass 및 NMR 분석을 이용한 구조예측 ○ 활성성분을 이용한 소재화 및 시제품화 - 건강지향성 및 기능성 음료 시제품 개발	○ 땅콩나물 활성성분을 활용한 prototype의 기능성 음료 개발을 위한 기술적 정보를 제공

연구목표	연구개발목표의 달성도	관련분야의 기술발전에의 기여도
<ul style="list-style-type: none"> ○ 땅콩 원산지에 따른 유용 영양성분 분석 ○ 국산 땅콩을 이용한 땅콩나물 생산용 최적 품종선발 ○ 기능성 함유 땅콩나물 최적 추출조건 확립 ○ 땅콩나물 추출물의 기능성 규명 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 땅콩을 원산지별로 분류하여 유용 영양성분을 분석하여 확인하였으며 땅콩나물 생산을 위한 최적 품종을 선별함. 그리고 땅콩나물에서 최적 기능성 성분 추출 조건을 확립하고 그 기능성을 규명함 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 국외로부터 수입되어 온 땅콩나물 배양기술을 국내 땅콩 품종을 이용하여 독자적인 기술로 개발하고, 그 기능성을 규명하여 땅콩나물 배양 및 기술개발의 기초자료를 확립하였음
<ul style="list-style-type: none"> ○ 땅콩나물 추출물을 활용한 대두 요구르트, 기능성 두유 및 건강음료 개발 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 땅콩나물 추출물을 활용하여 대두 요구르트, 대두 두유 및 복분자 발효원액 음료를 개발하고 그 기능성을 확인함 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 땅콩나물의 제한적인 가공형태 개선에 도움을 주었음
<ul style="list-style-type: none"> ○ 땅콩나물을 이용한 기능성 두유 및 건강음료 제품의 산업화 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 땅콩나물 추출물을 활용하여 제조한 두유와 음료의 저장성을 확인하고 시제품으로 생산함 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 땅콩나물을 이용한 제품의 안정성을 규명하고 산업화시키는데 기초자료를 확립하였다.

제5장 연구개발 성과 및 성과활용 계획

제1절 실용화·산업화계획

가. 계획중인 과제

- 땅콩나물 생산에 문제점으로 지적되어 왔던 부패균의 방제효과가 우수한 종자 건열처리 온도 및 기간 구명하여 청정 땅콩나물 생산을 위한 무병화 종자처리 기술을 확보함
- 땅콩종자에 부패균을 방제하고 청정 땅콩나물 생산을 위한 종자건열 처리 등 무병화 종자처리 기술 개발하여 다선채 농원(콩나물 전문생산업체)에 기술이전
- 땅콩종자를 파종전에 UV-B를 처리하여 부패균을 방제하는 기술을 산업체에 기술전수하여 땅콩나물의 청정 이미지를 제고시킴
- 땅콩나물 생산에 Red + Blue 광(8:2)을 처리 모형을 개발하여 산업체에 기술이전
- 땅콩나물 생산의 최적 재배온도 습도, 재배수온을 확립하였고, 이를 땅콩나물 생산업체에 이술이전을 협의할 계획
- 땅콩나물 재배의 매뉴얼 개발로 땅콩나물 생산의 표준화, 과학화를 실현할 수 있는 기회를 농가 및 산업체에 제공
- 고품질 땅콩나물의 재배기술을 농가 및 산업체에 전수하여 일반채소에 비해 2배 이상의 부가가치 실현이 가능하고, 현대 웰빙시대에 적합한 대표적인 농산물으로 자리매김 할 수 있도록 고급 정보와 기술을 제공할 예정
- 핵심기술인 땅콩나물로부터 뇌신경보호물질 분리·정제 및 구조를 분석하였고, 그 물질인 8,13- Dihydroxy-9,11-octadecadienoic acid의 뇌신경손상 보호기능 확립을 세계 최초로 밝힘. 이를 산업체와 실용화 연구를 추진중임
- 땅콩나물의 기능성분을 활용한 기능성 건강 음료인 대두 및 요쿠르트 제조기술을 산업체로 기술이전함

제2절 교육·지도홍보 등 기술확산 계획

가. 부산대학교 최고농업경영자과정

- 주관 : 부산대학교 최고농업경영자과정 친환경 채소반 특강
- 일시 : 2010년 9월 27일: 19:00 ~20:00
- 제목: 고효율 땅콩나물 재배 기술
- 장소: 부산대학교 생자대 3451 강의실
- 참석대상 : 친환경채소반 수강생 28명

나. 부산대학교 김해미래농업대학

- 주관 : 부산대학교 김해미래농업대학 특강
- 일시 : 2010년 10월 21일: 20:00 ~21:00
- 제목: 땅콩나물 재배의 기술과 소득전략
- 장소: 부산대학교 생자대 3451 강의실
- 참석대상 : 김해미래농업대학 과정생 32명

다. 부산대학교 시설원에 CEO과정

- 주관 : 부산대학교 시설원에 CEO과정 특강
- 일시 : 2010년 11월 8일: 19:00 ~20:00
- 제목: 농가소득 향상을 위한 땅콩나물 재배기술
- 장소: 부산대학교 생자대 3454 강의실
- 참석대상 : 부산대학교시설원에 CEO과정 과정생 32명

다. 기장군민대학

- 주관 : 부산시 기장군민대학 특강
- 일시 : 2011년 6월 10일: 19:00 ~20:00
- 제목: 땅콩나물 및 새싹채소의 미래전망
- 장소: 기장군청 8층 강의실
- 참석대상 : 기장군민대학 수강생 30명

바. 2012 녹색기술포럼

- 주관 : 한국연구재단
- 일시 : 2012년 4월 3일~4월 5일
- 제목: 땅콩나물의 고품질 생산 체계확립과 기능성 제품개발
- 장소: 서울교육문화 회관
- 참석대상 : 전국 산업체연구원, 대학, 연구소, 연구기관 1,000명

바. 밀양시 농림기술센터 농민기술교육

- 주관 : 밀양시 농림기술센터 재배기술 세미나
- 일시 : 2011년 10월 27일: 13:00 ~14:00

- 제목: 농업 틈새시장 공략과 땅콩나물 재배기술
- 장소: 밀양시 농림기술센터 강의실
- 참석대상 : 밀양시농업경영인 50명

사. 2011년 한국원예학회 영남지부 추계 정기총회 및 학술발표 대회

- 일시 : 2011년 9월 30일 11:30
- 장소 : 부산대학교 밀양캠퍼스 창의관 3B16
- 주최 : 한국원예학회 영남지부
- 주관 : 부산대학교 원예생명과학과
- 후원 : 기능성식품Bio 신소재개발 사업단, 농우바이오(주)
- 포스터 발표
 - (1) 땅콩나물의 생산을 위한 발아 및 품종별 생육특성 검토,
 - (2) 종자처리 및 광질처리가 땅콩나물의 발아 및 생육에 미치는 영향
 - (3) 재배수온, 관수방법 및 무기영양 공급이 땅콩나물의 발아 및 생육에 미치는 영향

제3절 특허, 품종, 논문 등 지적재산권 확보계획 등

가. 특허출원

(1) 출원중인 항목

번호	발명의 명칭	출원번호	출원일자	발명자
1	퇴행성 신경질환의 치료 및 예방에 효과를 갖는 땅콩나물 추출물 조성물	10-2011-009075 2	2010.12.7	황용일, 박해룡, 김현정

(2) 특허출원 계획중인 항목

번호	발명의 명칭	출원번호	발명자
1	광질(Red + Blue)을 활용한 땅콩나물 재배기술		강점순 외 3인
2	황토수를 활용한 땅콩나물 재배기술		강점순 외 3인
3	땅콩나물의 부패균 방제를 위한 종자건열 처리기술		강점순 외 3인

나. 논문

(1) SCI 게재논문

- Hyun-Jung Kim, Eun-Ah Lee, Bo-Young Seo, Ae-Ran Choi, Seong-Hee Moon, Eunju Park, Hae-Ryong Park and Yong-Il Hwang. Antioxidant and neuroprotective effect of PSE-1 against oxidative stress-induced cytotoxicity in N18-RE-105 cells. Journal of Medical Plant Research(submitted).

(2) 국내논문

- 강혜인, 김재용, 권순재, 박경욱, 강점순, 서권일. 2010. 땅콩나물 추출물의 항산화 효과. 한국식품영양과학회지. 39(7):941-946.
- 강혜인, 김재용, 박경욱, 강점순, 최명락, 문광덕, 서권일. 2010. 땅콩나물 레스베라트롤 함량 및 영양분석. 한국식품저장유통학회지. 17(3):384-390
- 강혜인, 김재용, 조현동, 박경욱, 강점순, 서권일. 2010. Primary 인체 전립선 암세포에서 Resveratrol의 Apoptosis 유도 효과. 한국식품영양과학회지. 39(8):1119~1125.
- 김현정, 강점순, 박해룡, 황용일. 2010. 땅콩나물 추출물의 신경세포 보호 효과. 한국생명과학회지. 20(2):

(3) SCI 투고예정중인 논문

- 땅콩나물의 생산을 위한 발아 및 품종별 생육특성
- 종자처리 및 광질처리가 땅콩나물의 발아 및 생육에 미치는 영향
- 재배수온, 관수방법 및 무기영양 공급이 땅콩나물의 발아 및 생육에 미치는 영향
- 땅콩나물의 세균발생억제를 위한 성장조절제의 처리효과

제4절 추가연구, 타연구에 활용 계획

가. 추가연구

- 땅콩나물로부터 순수분리한 물질인 8,13-Dihydroxy-9,11-octadecadienoic acid을 천연물 신약으로 개발하기 위해서는 인증된 기관에서 동물시험이 필요
- 신경보호기능을 지닌 땅콩나물유래 뇌신경보호물질, 8,13-Dihydroxy-9,11-octadecadienoic acid을 (주)바이오랜드와 퇴행성 뇌신경질환 예방물질로 개발하기 위하여 본 연구종료 후 지속적으로 추후 산업적 활용을 위하여 연구를 추진중

나. 타연구에 활용 계획

- 땅콩나물에서 개발된 재비기술과 기능성 땅콩나물 생산을 기술을 콩나물과 숙주나물 생산에 활용할 예정

- 또한 광질을 활용한 땅콩나물 생산기술을 새싹채소에 접목하여 식물공장형 대량생산에 활용할 예정

제5절 연구기획사업

가. 땅콩나물 산업화 기술

- 국내 땅콩재배 농가 보호 및 저가의 중국 땅콩에 대한 경쟁력 확보를 위한 땅콩나물 산업화 연구
- 땅콩나물의 기능성분은 치료보조제, 항암제 및 기능성 식품 신소재, 건강보조식품 및 신약개발 기술

제6장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술 정보

1. 본 연구과제와 관련된 해외의 특허

- 가. 땅콩나물 생산 기술 (특허명 : PEANUT SPROUT AND ITS PRODUCTION) : 광물질이 포함된 수용액을 이용하여 영양성분이 풍부한 땅콩나물을 연중 수시로 생산해 낼 수 있는 재배 기술 개발
- 나. 땅콩나물 생산 기술 (특허명 : PEANUT SPROUT PRODUCTION AND DEVICE THEREFOR) : 암생육조건하에 그물망, calcium hypochlorite 분사처리를 통한 재배기술 개발
- 다. 화장품 소재생산 기술 (특허명 : SKIN CARE PREPARATION) : 땅콩나물의 추출물을 이용하여 멜라닌색소 침적, 등 미백효과가 뛰어난 피부미용재의 개발을 위한 특허

2. 본 연구과제와 관련된 해외의 논문

- 가. 땅콩나물 생산 기술 (논문명 : Toxicological and nutraceutical assessments of peanut sprouts as daily supplements to feed Sprague-Dawley rats for 18 weeks, 저널명 : Journal of the science of food and agriculture) : 땅콩나물을 기능성 채소로 산업화하기 위한 기초단계로 이의 독성성분 분석 및 건강 기능성에 대해 쥐를 통해 연구하였음
- 나. 땅콩나물 생산 기술 (논문명 : Study on the Correlation between Vigor of Peanut Seed and Physiological and Biochemical-characters, 저널명 : Journal of Henan Agricultural University) : 땅콩나물 종자활력과 생리적/생화학적 특성(발아율, 조직의 강도 POD, CAT)과의 상관성을 연구하였음
- 다. 땅콩나물 생산 기술 (논문명 : Germination of Peanut Kernels to Enhance Resveratrol Biosynthesis and Prepare Sprouts as a Functional Vegetable, 저널명 : Journal of agricultural and food chemistry) : Resveratrol 생합성 향상을 위한 종자 발아조건 연구와 기능성 채소로서 땅콩나물 생산

제7장 참고문헌

세부과제 1: 고품질 땅콩나물 생산체계 확립

1. Brane, A. L. 1975. Toxicology and biochemistry of butylated hydroxyanisole and butylated hydroxytoluene, J. Am. Oil Chem. Soc. 52, 59-63.
2. Caragy, A. B. 1922. Cancer-preventive foods and ingredients, Food Technology 46, 65-68.
3. Cho, J. Y., J. H. Moon, K. Y. Seong, and K. H. Park. 1998. Antimicrobial activity of 4-hydroxybenzoic acid and trans 4-hydroxycinnamic acid isolate and identified from rice hull, Biosci. Biotechnol. Biochem. 62, 2273-2276.
4. Chung, S. H., H. B. Hwang, S. B. Lee, D. W. Choi, and K. H. Kang. 1985. Effect of planting time on flowering and kernel development in the southern region of Korea. 1985. Res. Rept. RDA(Crops) 27(1) : 199-206.
5. Davidson, P. M., and M. E. Parish. 1989. Methods for testing the efficacy of food antimicrobials, J. Food Technology 43, 148-155.
6. Ensminger, A. H., M. E. Ensminger, J. E. Konlande, and J. R. K. Robson. 1983. Foods and nutrition encyclopedia vol. 2, 1st ed., p1727, Pegus press, California.
7. Friedman, M. 1997. Chemistry, biochemistry, and dietary role of potato polyphenols, J. Agric. Sci. Food, 45, 1523-1540.
8. Jitoe, A., T. Masuda, I. G. P. Tengah, D. N. Suprpta, I. W. Gara, and N. Nakaatani. 1992. Antioxidant activity of tropical ginger extracts and analysis of the contained curcuminoids, J. Agric. Food Chem. 40, 1337-1341.
9. Ko, J. C., Y. S. Oh, Y. K. Cheong, M. S. Park, and S. Y. Cho. 1999. Panting date control of eatable fresh peanut for the development of arable land utilization. KJCS 44(S. 1) : 106-109.
10. Kuk, J. H., S. J. Ma, and K. H. Park. 1997. Isolation of characterization of benzoic acid with antimicrobial activity from needle of *Pinusdensiflora*, Kor. J. FoodSci. Technol. 29, 204-210.
11. Lee, S. W., C. H. Park, C. W. Kang, and S. D. Kim. 1999. Changes in oil, tannin, total sugar contents and yield after flowering in peanut. KJCS 44(2) : 159-162.
12. Maillard, N. M., and C. Berset. 1995. Evolution of antioxidant activity during kilning: Role of insoluble bound phenolic acids of barley and malt, J. Agric. Food Chem. 43, 1789-1793.
13. Middleton, E. 1996. Biological properties of plant flavonoids : An overview, Int. J. Pharmacognosy 34, 344-348.
14. Moon J. H., S. J. Ma, H. H. Lee, N. Watanabe, A. Yagi, K. Sakata, and K. H. Park. 2000. Isolation and structural determination of a novel antimicrobial compound from the

root of *Pulsatillakoreana*, NaturalProductLetters14, 311-317.

15. Moon, J. S., K. T. Kim, H. J. Oh, C. S. Kang, S. K. Jin, and C. H. Song. 1989. Double cropping peanut cultivation in Cheju region. I. Weather characteristics of Cheju region and selection of high yielding variety for double. Res. Rept. RDA(U & I) 31(3) : 34-40.
16. 이정일, 박희운, 박용환, 한의동, 함영수, 강광희. 1983. 땅콩직립 고함유 다수성 신품종 “신 품땅콩”. 농시보고(작물) 25: 190~194.
17. 이정일, 박희운, 한의동, 박내경. 1989. 땅콩의 연구 성과와 금후 전약. 유료작물생산과 그 이용. 심포지움 8 : 73~90.
18. 이정일, 한의동, 박희운, 박용환, 박내경. 1986. 땅콩 조숙 직립 대립 다수성 신품종 “대광땅 콩”, 농시논문집(작물) 28(2) : 197~202.
19. 이정일, 한의동, 박희운, 박용환, 박내경. 1987. 땅콩 가공용 소립 다수성 신품종 “진품땅 콩”. 농시논문집(작물) 29(1) : 265~269.
20. 이정일, 허한순, 이승택, 정동희, 채영암, 강광희. 1994. 개방화에 대응한 특용작물의 품질 고급화 전략. 한국육종학회지 26(별책2호) : 49~82.
21. 농촌진흥청. 2004. 땅콩우량계통 지역적응시험. 신품종 개발 공동연구보고서: 556~576.
22. 농촌진흥청. 2005. 땅콩우량계통 지역적응시험. 신품종 개발 공동연구보고서: 553~566.
23. 농촌진흥청. 2006. 2006 하계작물 신품종 개발 공동 연구 사업 과제 수행계획서. 196~204.
24. 농촌진흥청. 2006. 2006 농작물 직무육성 신품종선정위원회결과. 415~426.
25. 농촌진흥청. 2007. 2007 하계작물 신품종 개발 공동 연구 사업 과제 수행계획서. 196~204.
26. 농촌진흥청. 2007. 2007농작물 직무육성 신품종선정위원회결과.
27. 박장환, 박희운, 김석동, 안병옥, 허한순, 이정일, 김윤선. 1995. 땅콩 대립 다수성 간식용 신 품종 “대풍땅콩”. 농업논문집 37(1): 156-160.
28. Pae S.B., C.S. Jung, K.W Oh, J.C. Ko, J.T. Kim, C.B. Park. 2002. The changes of growth habits and pod setting for fresh peanut by seeding dates in southern part of Korea. KJCS 47(5) : 374-378
29. Pae S.B., J.T. Kim, K.B.Shim, C.D. Hwang, C.S. Chung, M.H. Lee, and K.Y. Park. 2007. Effects of plant types and cultivars on pod yield in late seeing peanut. KJCS 52(1) : 55-59
30. Pae S.B., Y.K. Cheong, J.T. Kim, K.H. Park, and D.Y. Suh. 2004. A new early maturing, leaf spot resistant and high quality peanut cultiva, "Jakwang". Korean J. Breed. 36(5) : 375-376
31. Pae, S. B. and J. J. Kim. 1997. Inflorescence habits of different plant types in peanut. KJCS 42(6) : 841-848.
32. Park, K. H., J. D. Park, K. H. Hyun, M. Nakakyama, and T. Yokota. 1994. Brassinosteroids and monoglycerides with brassinosteroid-like activity in immature seeds

- of *Oryzasativa* and *Perillafrutescena* and in cultured cells of *Nicotianatabacum*. Biosci. Biotechnol. Biochem. 58, 2241-2243.
33. Sábshéz-Moreno, C., J. A. Larrauri, and F. Saua-calixto. 1998. A procedure to measure the antiradical efficiency of polyphenols, J. Sci. Food Agric. 76, 270-276.
 34. Schmid, M, K. 1992. Medical foods, Food Technology 46, 87-96.
 35. Takao, T., F. Kitatani, N. Watanabe, A. Yagi, and K. Sakata. 1994. A simple screening method for antioxidants and isolation of several antioxidants produced by marine bacteria from fish and shellfish, Biosci. Iotechnol. Biochem. 58, 1780-1783.
 36. Tsuda, T., T. Osawa, T. Nakayama, S. Kawakishi, and K. Ohshina. 1993. Antioxidant activity of pea bean (*Phaseolusvulgaris*L.)extract. J. Am. OilChem. Soc. 70, 9-12.
 37. Wee, J. J. 1988. Isolation and identification of constituents from antioxidant and hematopoietic fractions of *Panaxginseng* C.A. meyer, Ph. D. Dissertation, Seoul National University, Seoul.
 38. Xing, Y. M., and P. J. White. 1997. Identification and function of antioxidants from oat groats and hulls, J. Am. Oil Chem. Soc. 74, 303-307
 39. Yen, G. C., and P. D. Duh. 1996. Antimutagenic effect of methanolic extracts from peanut hulls, Biosci. Biotechnol. Biochem. 60, 1698-1700.
 40. Yim, C. K., J. H. Moon, and K. H. Park. 1999. Isolation of 3,4-dihydroxybenzoic acid, which exhibits antimicrobial activity from fruits of *Gardeniajasminoides*, Kor. J. Food Sci. Technol. 31, 1386-1392.
 41. Zaika, L. L. 1988. Their antimicrobial activity and its determination, J. Food Safety 9, 97-118.

세부과제 2: 땅콩나물 기능성 물질 동정 및 시제품 개발

1. Penugonda, S., S. Mare, P. Lutz, W. A. Banks and N. Ercal. 2006. Potentiation of lead-induced cell death in PC12 cells by glutamate: Protection by N-acetylcysteine
2. Federico, H., M. Vanesa, G. S. Guillermo, R. B. Jezabel, A. Isaac and R. Carmen. 2007. Melatonin prevents glutamate-induced oxytosis in the HT22 mouse hippocampal cell line through an antioxidant effect specifically targeting mitochondria. *J. Neurochem.* **100**, 736-746.
3. Choi, B. H., E. M. Hur, J. H. Lee, D. J. Jun and K. T. Kim. 2005. Protein kinase Cd-mediated proteasomal degradation of MAP kinase phosphatase-1 contributes to glutamate-induced neuronal cell death. *J. Cell. Sci.* **119**, 1329-1340.
4. Lim, C. S., D. Q. Jin, J. Y. Sung, J. H. Lee, H. G. Choi, I. Ha and J. S. Han. 2006.

- Antioxidant and anti-inflammatory activities of the methanolic extract of *Neorhodomela aculeate* in hippocampal and microglial cells. *Biol. Pharm. Bull.* **29**, 1212-1216.
5. Kim, B. M., Y. J. Choi, Y. Han, Y. S. Yun and S. H. Hong. 2009. N,N-dimethyl phytosphingosine induced caspase-8-dependent cytochrome c release and apoptosis through ROS generation in human leukemia cells. *Toxicol. Appl. Pharm.* **239**, 87-97.
 6. Kim, M. H., S. Uehara, A. Muroyama, B. Hille, Y. Moriyama and D. S. Koh. 2008. Glutamate transporter-mediated glutamate secretion in the mammalian pineal gland. *J. Neurosci.* **28**, 10852-10863.
 7. Wang, F., F. Gao, M. Lan, H. Yuan, Y. Huang and J. Liu. 2009. Oxidative stress contributes to silica nanoparticle-induced cytotoxicity in human embryonic kidney cells. *Toxicol. In Vitro.* **22**, 808-815.
 8. Cho, C. H., S. K. Kim, G. Yoo, M. H. Son, K. Park, B. L. Lim, D. C. Kim and H. J. Chae. 2008. Resveratrol extraction from grape fruit stem and its antioxidant activity. *J. Korean Soc. Appl. Bil. Chem.* **51**, 11-16.
 9. Marambaud, P., H. Zhao and P. Davies. 2005. Resveratrol promotes clearance of Alzheimer's disease amyloid- β peptides. *J. Biol. Chem.* **280**, 37377-37382.
 10. Kim, W. J., J. Y. Park, Y. K. Park, H. S. Chung, K. C. Lee and H. K. Lee. 1997. Effects of calcium, Mugesium, and calcium chelating agent on recovery from hypoxia in hippocampal tissue slices. *J. Korean Neurosurg. Soc.* **26**, 491-498.
 11. Hamberg M (1983). A novel transformation of 13-LS-hydroperoxy-9,11-oxtadecadienoic acid. *Biochim. Biophys. Acta.*, 752:191-197.
 12. Kurihara H, Fukami H, Asami S, Toyoda Y, Nakai M, Shibata H, Yao XS (2004). Effects of oolong tea on plasma antioxidative capacity in mice loaded with restraint stress assessed using the oxygen radical absorbance capacity (ORAC) assay. *Biol. Pharm. Bull.*, 27(7):1093-1098.
 13. Cao G, Sofic E, Prior RL (1997). Antioxidant and prooxidant behavior of flavonoids: structure-activity relationships. *Free Radical Biol. Med.*, 22(5):749-760.
 14. Collins AR, Dusinská M, Gedik CM, Stetina R (1996). Oxidative damage to DNA: Do we have a reliable biomarker? *Environ Health Perspectives.*, 104: 465 - 469.
 15. Deutsch JC (1998). Ascorbic acid oxidation by hydrogen peroxide. *Anal Biochem.*, 255:1-7.
 16. Hirayama O, Nakamura K, Hamada S, Kobayasi Y (1994). Singlet oxygen quenching ability of naturally occurring carotenoids. *Lipids.*, 29(2):149-150.

세부과제 3: 땅콩나물의 대량생산 및 건강지향적 제품개발

1. 경상남도 농업기술원 생산 유통정보. 2006. Avabile inline: <http://www.knrda.gr.kr>
2. 농촌진흥청 국립식량과학원. 2009. Avabile inline: <http://www.nics.go.kr>
3. 한국식품공업협회. 2002. 식품공전. pp. 215.
4. AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. 15th ed., Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C.
5. Azuma, K., Nakayama, M., Koshica, M., Lppoushi, K., Yamaguchi, Y., Kohata, K., Yamaguchi, Y., Ito, H., Higashio, H. 1999. Phenolic antioxidants from the leaves of *Corchorus olitorius* L. J. Agric. Food Chem. 47: 3963-3966.
6. Bae, H.C., Cho, I.S., Nam, M.S. 2005. Effects of the biological function of yogurt added with *Lycium chinence* Miller Extract. J. Anim. Sci. Technol. 47: 1051-1058.
7. Biglari, F., Aikarkhi, A.M.F., Easa, A.M. 2008. Antioxidant activity and phenolic content of various date palm (*Phoenix dactylifera*) fruits from Iran. Food Chem. 107:1636-1641.
8. Blois, M.S. 1958. Antioxidant activity determination by the use of a stable free radical. Nature. 181: 1199-1200.
9. Chanvitayapongs, S., Draczynska-Lusiak, B., Sun, A.Y. 1997. Amelioration of oxidative stress by antioxidants and resveratrol in PC12 cells. Neuroreport. 14: 1499-1502.
10. Chen, R.S., Wu, P.L., Chiou, Y.Y. 2002. Peanut roots as a source of resveratrol. J. Agric. Food Chem. 50: 1665-1667.
11. Cho, B.M., Yoon, S.K., Kim, W.J. 1985. Changes in amino acid and fatty acids composition during germination of rapeseed. J. Korean Food Sci. Technol. 17: 371-376.
12. Cho, G.S. 1993. Chemical compositions in the various plant types of peanut (*Arachis hypogaea* L.). J. Korean Soc. Food Nutr. 22: 576-580.
13. Choi, B.H., Hong, B.H., Kang, K.H., Kim, J.K., Kim, S.H. 1996. New seed learning. Hyangmunsa, Seoul, Korea.
14. Choi, J.H., Kim, H.I., Lee, I.S. 2009. Effect of *Rosmarinus officinalis* L. on growth inhibition and apoptosis induction in cancer cells. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 38: 1008-1015.
15. Choi, J.I., Kim, Y.J., Kim, J.H., Song, B.S., Yoon, Y., Byun, M.W., Kwon, J.H., Chun, S.S., Lee, J.W. 2009. Antioxidant activities of the extract fractions from *Suaeda japonica*. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 38: 131-135.
16. Choi, K.S. and Kim, Z.U. 1985. Changes in lipid components during germination of mungbean. Korean J. Food Sci. Technol. 17: 271-275.
17. Chu, Y.H. and Kung, Y.L. 1998. A study on vegetable oil blends. Food Chem. 62:

- 191-195.
18. Chun, S.H., Lee, S.U., Lee, S.U., Shin, Y.S., Lee, K.S., Ru, I.H. 2000. Preparation of yogurt from milk added with purple sweet potato. *J. Korean Soc. Food Nutr.* 13: 71-77.
 19. Chung, I.K., Kim, H.S., Kang, K.T., Choi, J.D., Heu, M.S., Kim, J.S. 2006. Preparation and characterization of enzymatic Oyster Hydrolysates-added yogurt. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 35: 926-934.
 20. Chung, I.M., Park, M.R., Chun, J.C., Yun, S.J. 2003. Resveratrol accumulation and resveratrol synthase gene expression in response to abiotic stress and hormones in peanut plants. *Plant Sci.* 164: 103-109.
 21. Folch, J.M., Lee, S.M., Stranley, G.H.S. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissue. *J. Biol. Chem.* 226: 497-509.
 22. Gao, X., Bjork, L., Trajkovski, V., Uggla, M. 2000. Evaluation of antioxidant activities of rosehip ethanol extracts in different test system. *J. Sci. Food Agric.* 80: 2021-2027.
 23. Gill, C., Walsh, S.E., Morrissey, C., Fitzpatrick, J.M., Watson W.G. 2007. Resveratrol sensitizes androgen independent prostate cancer cells to death-receptor mediated apoptosis through multiple mechanism. *Prostate.* 67: 1641-1653.
 24. Gordon, M.F. 1990. The mechanism of antioxidant action in vitro. In *Food antioxidants*. Hudson B.J.F, ed. Elsevier Applied Science, London. pp 1-18.
 25. Ha, J.O., Ha, T.M., Lee, J.J., Kim, A.R., Lee, M.Y. 2009. Chemical components and physiological functionalities of *Brassica campestris* ssp *rapa* sprouts. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 38: 1302-1309.
 26. Han, S.M. 2001. Studies on the functional components and cooking aptitude for medicinal tea of *Chrysanthemum in-dicum* L. Master thesis, Sejong University.
 27. Hong, H.K., Nam, E.S., Park, S.I. 2003. Effect of Omija(*Schizandra chinensis*) extract on the growth inhibition of food borne pathogens in yoghurt. *Korean J. Food Sci. Ani. Resour.* 23: 342-349.
 28. Hwang, E.S. and Bowen, P.S. 2004. Effects of tomatoes and lycopene on prostate cancer prevention and treatment. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 33: 455-462.
 29. Ikeda, K., Arioka, K., Fuji, S., Kusano, T., Oku, M. 1984. Effects on buck wheat protein quality of seed germination and changes in trypsin inhibitor content. *Cereal Chem.* 61: 236-240.
 30. Jang, M., Cai, L., Udeani, G.O., Sloing, K.V., Thomas, C.F., Beecher, C.W., Fong H.H., Farnsworth, N.R., Kinghorn, A.D., Mehta, R.G et. al., 1997. Cancer chemopreventive activity of resveratrol, a natural product derived from grapes.

- Science. 10: 218-220.
31. Jung, G.T. and Ju, I.O. 1997. Studies on the preparation of yogurt from milk added purple sweet potato powder. Korean J. Food Nutr. 10: 458-461.
 32. Kang, H.N. 2008. Preparation of yogurt with addition of buckwheat sprout and its fermentation characteristics. Master Thesis, Sookmyung women's University.
 33. Kang, S.R., Shin, M.O., Kim, S.G., Lee, S.H., Kim, M. 2009. Antioxidative activity of pine(*Pinus densiflora*) needle extracts in rats fed high-cholesterol diet. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 38: 423-429.
 34. Kim, E.J., Lee, J.J., Shin, H.K., Yoon, J.H. 2006. A study on the mechanisms by which the aqueous extract of *Inonotus obliquus* induces apoptosis and inhibits proliferation in HT-29 human colon cancer cells. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 35: 516-523.
 35. Kim, E.J., Park, H., Shin, M., Shin, H.K., Yoon, J.H. 2009. Induction of apoptosis in HT-29 human colon cancer cells by the pepper component piperine. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 38: 442-450.
 36. Kim, H.J. and Ko, J.E. 1990. Study on preparation of yogurt milk and soy protein. Korean J. Food Cis. Technol. 22: 700-706.
 37. Kim, H.K., Bae, H.C., Nam, M.S. 2003. Fermentation properties of mulberry yogurt. J. Agri. Sci. 30: 66-75.
 38. Kim, H.K. and Chung, D.S. 1998. Changes of major components during germination of sesame seeds. Korean J. Life Sci. 8: 137-144.
 39. Kim, J.E., Joo, S.I., Seo, J.H., Lee, S.P. 2009. Antioxidant and α -glucosidase inhibitory effect of tartary buckwheat extract obtained by the treatment of different solvents and enzymes. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 38: 989-995.
 40. Kim, I.S, Han, S.H, Han, K.W. 1997. Study on the chemical change of amino acid and vitamin of rapeseed during germination. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 26: 1058-1062.
 31. Kim, K.H., Hwang, H.R., Jo, J.E., Lee, S.Y., Kim, N.Y., Yook, H.S. 2009. Quality characteristics of yogurt prepared with flowering cherry (*Prunus serrulata* L. var. *spontanea* Max. wils.) fruit powder during storage. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 38: 1229-1236.
 32. Kim, N.Y. and Han, M.J. 2005. Development of ginseng yogurt fermented by bifidobacterium spp. Korean J. Food Cookery Sci. 21: 575-584.
 33. Kim, S.I., Ko, S.H., Lee, Y.J., Choi, H.Y., Han, Y.S. 2008. Antioxidant activity of yogurt supplemented with red ginseng extract. Korean J. Food Cookery Sci.

24:358-366.

34. Kim, W.J., Kim, N.M., Sung, H.S. 1984. Effects of germination phytic acid and soluble minerals in soymilk. Korean J. Food Sci. Technol. 16: 358-362.
35. Kim, Y.A., Lim, S.Y., Lee, S.H., Park, K.Y., Lee, W.H., Choi, Y.H. 2004. Induction of Cdk inhibitor p21 and inhibition of cyclooxygenase-2 by resveratrol in human lung carcinoma A549 cells. J. Life Sci. 14: 800-808.
36. Kim, Y.S., Kim, J.G., Kang, I.J., Lee, Y.S. 2005. Comparison of the chemical components of buckwheat seed and sprout. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 34: 206-211.
37. Kuo, P.L., Hsu, Y.L., Chang, C.H., Lin, C.C. 2005. The mechanism of ellipticine-induced apoptosis and cell cycle arrest in human breast MCF-7 cancer cells. Cancer Lett. 223: 293-301.
38. Kwon, T.B. 1994. Change in rutin and fatty acids of buckwheat during germination. Korean J. Food Nutr. 7: 124-127.
39. Lee, B.W. 2003. Comparison of physicochemical properties of peanuts and changes during storages. Master Thesis, Yonsei University.
40. Lee, E.H., Nam, E.S., Park, S.I. 2002. Characteristics of curd yogurt from milk added with Maesil(*Prunus mume*). Korean J. Food Sci. Technol. 34: 419-424.
41. Lee, I.S., Lee, S.O., Kim, H.S. 2002. Preparation and quality characteristics of yogurt added with *Saururus chinensis*(Lour)bail. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 31: 411-416.
42. Lee, J.H. and Hwang H.J. 2006. Quality characteristics of *Rubus coreanum* Miquel juice. Korea J. Culinary Res. 12:1 95-205.
43. Lee, J.J., Lee, Y.M., Shin, H.D., Jeong, Y.S., Lee, M.Y. 2007. Effect of vegetable sprout power mixture on lipid metabolism in rats fed high fat diet. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 36: 965-974.
44. Lee, J.I., Park, H.W., Kang, K.H., Kim, K.J. 1990. Varietal difference of protein content and amino acid composition in peanuts. Korean J. Crop. Sci. 35: 424-439.
45. Lee, M.H., Son, H.S., Choi, O.K., Oh, S.K., Kwon, T.B. 1994. Changes in physicochemical properties and mineral contents during buck whet germination. Korean J. Food Nutr. 7: 267-273.
46. Lee, M.J., Cheong, Y.K., Kim, H.S., Park, K.H., Doo, H.S., Suh, D.Y. 2003. trans-Resveratrol content of varieties and growth period in peanut. Korean J. Crop. Sci. 48: 429-433.
47. Lee, M.Y., Shin, S.L., Park, S.H., Kim, N.R., Chang, Y.D., Lee, C.H. 2009. Development of optimal cultivation conditions and analysis of antioxidant activities of

- Arctium lappa sprout vegetables. Korean J. Plant Res. 22: 304-311.
48. Lee, N.R. and Choi, S.J. 2009. Contents of resveratrol in different parts of various grape cultivars. Korean J. Food Preserv. 16: 959-964.
49. Lee, S.E., Park, C.H., Bang, J.K., Seong, N.S., Chung, T.Y. 2004. Comparison on antioxidant potential of several peanut varieties. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 33 : 941-945.
50. Lee, Y.S., Ahn, D.S., Joo, E.Y, Kim, N.W. 2009. Antioxidation activities of *Syneilesis palmata* extracts. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 38 :1471-1477.
51. Lee, Y.Z. 2008. Antioxidant activity in Yuza and quality characteristics of Yuza yogurt. MS Thesis. Sookmyung Women's University.
53. Mattaus, B. 2002. Antioxidant activity of extracts obtained from residues of different oilseeds. J. Agric. Food Chem. 50 :3444-3452.
54. Moammir, H., Minakshi, N., Vivian, X.F., David, F.J., Nihal. A. 2006. Resveratrol-caused apoptosis of human prostate carcinoma LNCaP cells is mediated via modulation of phosphatidylinositol 3'-kinase/Akt pathway and Bcl-2 family proteins. Mol. Cancer Ther. 5 :1335-1341.
55. Moon, S.J. 1996. Korean disease pattern and nutrition. Korean J. Nutr. 29 :381-383.
56. Oyinlola, A., Oja, A., Adekoya, L.O. 2004. Development of a laboratory model screw press for peanut oil expression. J. Food Engineering. 64 :221-227.
57. Pace-Asciak, C.R., Hahn, S., Diamandis, E.P., Soleas, G., Goldberg, D.M. 1995. The red wine phenolics trans-resveratrol and quercetin block human platelet aggregation and eicosanoid synthesis: implications for protection against coronary heart disease. Clinica. Chimica. Acta. 235 :207-219.
58. Park, S.Y., Cho, S.J., Kwon, H.C., Lee, K.R., Rhee, D.K., Pyo, S. 2005. Caspase-independent cell death by allicin in human epithelial carcinoma cells: involvement of PKA. Cancer Lett. 224 :123-132.
59. Park, S.Y., Kim, E.J, Lim, D.Y., Kim, J.S., Lim, S.S., Shin, H.K., Park, J.H. 2008. Inhibitory effect of the hexane extract of *Saussurea lappa* on the growth of LNCaP human prostate cancer cells. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 37 :8-15.
60. Paul, S., Rimando, A.M., Lee, H.J., Ji, Y., Reddy, B.S., Suh, N. 2009. Anti-inflammatory action of pterostilbene is mediated through the p38 mitogen-activated protein kinase pathway in colon cancer cells. Cancer Prev. Res. 2 :650-659.
61. Pulmmer, E.R. 2006. Inhibition of poly(ADP-ribose) polymerase in cancer. Curr. Opin. Pharmacol. 6 :364-368.
62. Rasic, J. and Kurmann, J.A. 1978. Yogurt. Technical Diary Publishing House

- Copenhagen Denmark. pp. 369-380.
63. Ricote, M., García-Tuñón I., Fraile, B., Fernández, C., Aller, P., Paniagua¹, R., Royuela, M. 2006. P38 MAPK protects against TNF- α provoked apoptosis in LNCaP prostatic cancer cells. *Apoptosis*. 11 :1969-1975.
 64. Romero-perez, AI., Lamuela-Raventos, R.M., Andres-Lacueva, C., Cristina, A.L., de la Tóree-Brornat, M.C. 2001. Method of the quantitative extraction of resveratrol and piceid isomers in grape berry skin, effect of powdery mildew on the stilbene content. *J. Agric. Food Chem.* 49 :210-215.
 65. Ryu, K.Y., Shim, S.L., Kim, W., Jung, M.S., Hwang, I.M., Kim, J.H., Hong, C.H., Jung, C.H., Kim, K.S. 2009. Analysis of the seasonal change of the proximate composition and taste components in the Conger Eels(Conger myriaster). *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 38 :1069-1075.
 66. Shin, E.H. 2009. Component analysis and antioxidant activity of pueraria flos. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 38 :1139-1144.
 67. Son, C.W., Shin, Y.M., Shim, H.J., Kim, M.H., Kim, M.Y., Lee, K.J., Kim, M.R. 2008. Changes in the quality characteristics and antioxidant activities of yoghurts containing spirulina during storage. *J. East Asian Soc. Dietary Life.* 18 :95-103.
 68. Song, M.R. 2001. Volatile flavor components of cultivated radish (*Raphanus sativus* L.) sprout. *Korean J. Food Nutr.* 14 :20-27.
 69. Vanderzant and Splittsoesser. 1992. Compendium for the microbiological examination of foods. American Public Health Association, Washington. D.C.
 70. Vermeulen, K., Van Bockstaele, D.R., Berneman, Z.N. 2005. Apoptosis: mechanisms and relevance in cancer. *Ann. Hematol.* 84 :627-639.
 71. Wan, C.K., Wang, C., Cheung, H.Y., Yang, M.S., Fong, W.F. 2005 Triptolide induces Bcl-2 cleavage and mitochondria dependent apoptosis in p53-dependent HL-60 cells. *Cancer Lett.* 241 :1-11.
 72. Wang, K.H., Lai, Y.H., Chang, J.C., Ko, T.F., Shyu, S.L., Chiou, R.Y. 2005. Germination of peanut kernels to enhance resveratrol biosynthesis and prepare sprouts as a functional vegetable. *J. Agric. Food Chem.* 53 :242-246.
 73. Wang, T.T., Schoene, N.W., Kim, Y.S., Mizuno, C.S., Rimando, A.M. 2010. Differential effects of resveratrol and its naturally occurring methylether analogs on cell cycle and apoptosis in human androgen-responsive LNCaP cancer cells. *Mol. Nutr. Food Res.* 54 : 335-344.
 74. Woo, N., Song, E.S., Kim, H.J., Seo, M.S., Kim, A.J. 2007. The comparison of antioxidative activities of sprouts extract. *J. Korean Food Nutr.* 20 :356-362.

75. Wylie, A.H., Kerr, J.F., Currie, A.R. 1980. Cell death: the significance of apoptosis. *Int. Rev. Cytol.* 68 :251-306.
76. Yasunaga, Y., Nakamura, K., Ko, D., Srivastava, S., Moul, J.W., Sesterhenn, I.A., McLeod, D.G., Rhim, J.S. 2001. A novel human cancer culture model for the study of prostate cancer. *Oncogene.* 20 :8036-8041.
77. Yildirim, A., Mavi, A., Kara, A.A. 2001. Determination of antioxidant and anti microbial activities of Rumex of aerobic life. *Biochem. Symp.* 61 :1-34.
78. Yim, J.E., Choue, R.W., Kim, Y.S. 1998. Effect of dietary counseling and HMG CoA reductase inhibitor treatment on serum lipid levels in hyperlipidemic patients. *Korean J. Lipidology.* 8 :61-76.
79. Yoon, H.K. 2007. A study on the characteristics as functional food materials and its physiological properties of the natural medical herb. PhD Dissertation, Kosin University.
80. Yoon, J.A., Hahm, S.W., Park, J., Son, Y.S. 2009. Total polyphenol and flavonoid of fruit extract of *Opuntia humifusa* and its inhibitory effect on the growth of MCF-7 human breast cancer cells. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 38 :1679-1684.
90. Yoon, J.H. 2006. Effects of *Curcuma longa* L. on some kinds of cancer cells. PhD Dissertation, Kyung-Hee University.
91. Yu, M.H. 2003. Antitumor and antioxidant effect of *Prunus salicina* Lindl. cv. Soldam. MS Thesis. Keimyung University.

주 의

1. 이 보고서는 농림수산식품부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 농림수산식품부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니 됩니다.