

발간등록번호

11-1541000-001214-01

# 농업용 온수보일러 겸용 친환경 유기자재 탄화장치 및 기능성 농자재 개발

(Development of Functional Agri-Materials and  
Environment-friendly Organic Carbon Machinery  
Equiped with Hot Water Boiler)

(주)진성산업기계

농림수산식품부

# 제 출 문

농림수산식품부 장관 귀하

이 보고서를 “농업용 온수보일러 겸용 친환경 유기자재 탄화장치 및  
기능성 농자재 개발” 과제의 보고서로 제출합니다.

2011년 12월 19일

주관연구기관명 : (주)진성산업기계

주관연구책임자 : 박 규 식

세부연구책임자 : 박 규 식

연 구 원 : 남 상 현

위탁연구기관명 : 경북대학교 산학협력단

위탁연구책임자 : 이 상 한

연 구 원 : 손 형 우



# 요 약 문

## I. 제 목

농업용 온수보일러 겸용 친환경 유기자재 탄화장치 및 기능성 농자재 개발

## II. 연구개발의 목적 및 필요성

최근 몇 년간 지속된 국제원유가의 급등세에 따라 국내 전산업이 원자재가격, 물류비용 및 전반적인 경영비용의 상승으로 어려운 경영위기에 처한 상황이며, 특히 시설농업분야의 경영비 중 난방에 소요되는 비용이 크게 늘어나 국내 농산물의 경쟁력이 위기상황에 직면해 있다.

국제원유가가 140\$을 넘었다가 최근에도 계속 불안한 상황이고, 국내의 유류판매가격 및 면세유가격은 국제유가의 하락폭을 즉각적으로 반영하지는 못하므로 시설농업과 같이 에너지를 많이 사용하는 산업분야에서 특히 에너지 이용의 효율성을 높일 수 있는 기술개발의 필요성은 절실하게 요구되고 있다.

또한, 국내외를 막론하고 안전농산물에 대한 관심이 높아지고 있어서 친환경농산물 재배를 위한 농업기술과 유기농자재의 개발이 다양하게 이루어지고 있으며 관련시장이 확대되고 있다. 친환경농업은 최근 수십년간 다수확을 위하여 화학비료와 농약에 의존하는 영농방법을 유기농자재를 사용하여 무농약 무비료로 농산물을 재배하는 것이다.

화학비료와 농약의 사용으로 토양과 수질 뿐 만아니라 중금속 등이 인체를 2차 오염시키고 있어 다양한 유기농자재가 개발 보급되고 있으나, 수확량이 적고 생산비용이 많이 들기 때문에 친환경 유기농업은 쉽지 않은 것이 현실이다.

친환경 유기농업자재는 이용방법에 따라 많은 종류가 있으며, 공장에서 대량으로 제조하여 공급하는 것도 있고, 일반적으로 농가에서 자가제조하여 사용하는 경우가 적지 않다. 친환경 농자재인 목초액은 주로 참나무를 이용하여 숯을 제조하는 과정에서 발생하는 연기를 응축액 화시켜 만든 pH 3 전후의 강유기산액으로 침전, 숙성하여 농업용으로 사용한다. 농업용에 이용하는 분야는 토양개량제, 농약보조제, 병해충 회피제, 기능성무기비료, 영양제, 당도 및 저장성 향상제 등 다양하게 활용되고 있다.

현재 국내에도 농업용으로 이용되고 있는 목초액은 20ℓ에 5만원 정도의 고가로 유통되고 있으나, 제품마다 성분이 균일하지 않고 유해성분의 정제과정이 완전하지 않아 일부 농가에서는 피해를 보는 경우가 있어 구입사용을 기피하거나 일부 농가에서는 자가제조하여 사용하기도 한다. 다양하게 소개되고 있는 친환경농자재는 원재료의 구입이나 가공 등에 일손이 많이 가기 때문에 자가제조는 구입사용에 비해 비용이 더 많이 소요되는 것으로 평가되고 있으며, 구입 목초액의 경우 성분에 대한 신뢰도가 부족한 것이 현실이다.

목초액은 원재료로 참나무를 사용하는 것이 가장 유효한 성분이 많고 품질이 좋은 것으로 알려져 있으며, 참나무를 희박공기상태에서 대체로 48시간 정도 탄화하면서 발생하는 연기를 포집, 수십 m의 연통으로 액화하여 제조한다, 참나무와 같은 유기자재가 탄화하는 연소로에서는 대체로 750℃ 정도의 발열이 지속적으로 유지되고 있어 찜질방등에서 가온열량으로 활용한다. 이에 따라 최근 국내의 찜질방이나 참숯의 수요가 늘어나면서 국내 야산의 수십년된 참나무가 남벌되어 표고버섯을 재배할 수 있는 목재도 부족하여 중국에서 원목이 수입되고 있는 실정이다. 따라서 참나무 목초액은 원재료의 공급이 원만하지 않기 때문에 수요에 공급이 따라가지 못하고 그래서 조악한 제품이 유통되기도 한다. 일반적으로 참나무 목초액은 목재 100kg에 조목초액 10ℓ(kg)을 생산할 수 있고, 이 중에서 정제를 거치면 3ℓ(kg) 정도를 농업용으로 사용가능하다.

본 과제는 국내외 친환경농업 및 안전농산물의 수요확대에 부응하는 친환경기능성물질추출을 통한 기능성농자재의 개발을 목적으로 목초액 제조 원리를 응용하여, 원재료를 참나무 대신 농산부산물인 왕겨와 같은 유기자재를 사용하여 왕겨목초액을 생력적으로 대량생산하는 장치를 개발하고, 탄화 및 응축과정에서 발생하는 열량을 회수하여 온수를 생산하여 농가의 주택난방이나 시설의 난방용으로 활용하는 겸용장치를 개발하기 위하여 계획하였다.

또한, 본 과제의 탄화장치를 활용하여 특수기능성물질 획득이 가능한 자생식물, 허브, 해조류 등을 혼합한 재료로 탄화초액을 추출하는 기술을 개발하고, 왕겨목초액에 미생물을 첨가하여 기능성액비로 발효시키는 장치를 연계 개발하여 고기능의 친환경 농자재를 자가제조할 수 있는 장치 및 기술을 개발하는 것이 목적이다.

### III. 연구개발 내용 및 범위

- 왕겨를 원재료로 사용하는 농가용 소형 배취식 탄화장치 개발
- 왕겨를 원재료로 사용하는 농가용 중형 연속식 탄화기술 개발
- 유기자재 탄화기술 및 온수보일러 겸용화 기술 개발
- 유기자재 기능성물질추출 및 친환경 기능성액비 제조기술 개발
- 기능성물질획득이 가능한 왕겨, 허브 및 해조류 자재 탐색 및 추출기술개발
- 친환경 기능성 액비 제조기술 개발
  
- 유기자재 추출물질의 성분분석 및 효용성 검증
- 기능성물질의 채소(미나리)전이 흡수농도 분석

### IV. 연구개발결과

- 소형 배취식 탄화장치 개발
- 왕겨와 같은 유기자재의 탄화시 착화, 탄화, 연기의 응축특성을 파악하고 소형의 탄화장치를

개발하기 위하여 왕겨60ℓ 투입하여 15시간 탄화시켜 초액20ℓ를 생산할 수 있는 배취형 탄화장치를 개발하여 시작품을 제작하고 성능시험을 실시하였다.

- 중형 연속식 탄화기술 개발

왕겨의 탄화와 연기의 응축특성 자료를 기본으로하여 왕겨100ℓ를 투입하고 20시간 연속적으로 탄화하여 초액40ℓ를 생산하는 연속식 탄화장치를 개발하였으며, 연기의 효율적인 응축냉각을 위하여 2류체노즐을 사용한 무화방식 응축장치를 탄화장치와 일체형으로 개발하여 목표성능을 확인하였다.

- 온수보일러 겸용화 기술개발

희박공기상태에서 왕겨의 탄화는 지속적으로 이루어지고 표준석탄의 1/2에 가까운 발열량을 가진 탄화열을 회수하는 열교환기를 탄화로 내에 장치하여 탄화와 동시에 온수보일러의 기능을 겸용으로 갖도록 개발하여 왕겨를 하루에 한번 공급하는 것으로 하여 난방용으로 사용하는 것이 가능하게 하였다.

- 기능성물질추출기술개발

모든 자생식물, 약용식물, 해조류 등이 가지고 있는 고유한 성분을 변화나 손실없이 추출하는 기술을 개발하였으며, 대기압/저온에서 연속박막증발원리를 이용한 농축기술을 개발하여 추출과 농축이 같은 장치에서 이루어지도록 겸용화 개발제작하였다.

- 기능성물질 자재 탐색

작물재배에 이용할 수 있는 기능성 물질을 가진 식물자원을 확보하기 위하여 다양한 탐색을 통하여 왕겨, 자소, 로즈마리, 조릿대, 담태를 선정하여 기능성물질을 추출하여 성분을 분석하고 발효액비로의 가능성을 확인하였다.

- 기능성 액비 제조기술개발

개발한 대량생산의 탄화왕겨초액장치를 이용하여 초액을 생산 액비화하고 식물추출물 이용 기능성 액비로 발효하는 기술을 개발하였으며 자동형의 장치로 개발하였다.

- 추출물질의 성분분석

확보한 식물자원으로부터 Ca, Fe, Si, Zn, 항산화성분의 추출을 확인하였으며, 초액과의 발효를 통하여 액비화하고 그 성분을 분석하여 비료로서의 인가를 받을 수 있는 수준으로 개발하였다.

- 기능성물질의 전이 흡수농도 분석

개발한 특수성분 항산화활성도 높은 액비를 사용하여 미나리, 상추, 배추, 방울토마토 등의 작물에 대해 다양한 방법으로 재배시험하여 항산화활성도 향상을 확인하였다.

## V. 연구성과 및 성과활용 계획

- 제품화 공급

개발한 탄화왕겨초액제조장치는 소형 배취형과 중형 연속형으로, 연속형은 온수보일러 겸용형으로, 추출농축장치는 20ℓ형으로 제품화 완료하였고, 기능성 액비 2종은 비료생산허가시험을 통과하였다. 상기 기술은 기업화 및 기술이전을 준비하고 있다.

- 기술지도

현재 2개의 작목반에 기술지도 및 액비를 공급하고 있으며, 친환경농업 농가나 농업조직, 농업

기술센터를 통하여 개발 기술을 보급하고자 한다.

- 산업재산권, 논문

탄화왕겨초액장치에 대하여 특허출원 2건, 학회논문게재 1건, 논문준비 2건으로 논문발표와 특허확보로 기술을 보호하고 개량발전시키고자 한다.

- 홍보

2011년 대한민국발명특허대전에 출품하였으며, 이후 농업기자재 관련 전시회에 계속전시홍보할 생각이며, 방송, 전문일간지에 각 1건이 소개되었으며, 농어민신문사에서 취재 예정중이다.

## SUMMARY

As one of green technologies recycling agricultural by-product chaff occurring every year, this study conducted a research to produce carbonized chaff vinegar in great quantities and develop a technology manufacturing antioxidant functional liquid fertilizer by fermenting antioxidant substance that is extracted from plant resources using chaff vinegar. The summary of joint research conducted in cooperation with Professor Lee, Sang-han at the department of Food Science & Technology of Kyungpook National University with the support of the Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries is as follows.

- Development of small-sized batch type carbonization device

For understanding the condensation characteristics of ignition, carbonization and smoke of organic material like chaff and developing a small-sized carbonization device, this study manufactured a prototype by developing a batch type carbonization device capable of producing 20 ℓ vinegar by carbonizing 60 ℓ chaff for 15 hours and conducted a function test.

- Development of medium-sized continuous carbonization device

Base upon the data on the carbonization and smoke of chaff, this study developed a continuous carbonization device capable of producing 40 ℓ vinegar by continuously carbonizing 100 ℓ chaff for 20 hours and confirmed targeted function by developing an atomization type concentration device using two-fluid nozzle as all-in-one type with carbonization device for effective condensation & cooling.

- Development of hot-water boiler integration technology

By developing a device having function of both carbonization and hot-water boiler by installing a heat exchanger enabling continuous carbonization of chaff under rarefied air and retrieving carbonization heat having 1/2 of heating power comparing to the standard coal within the carbonization device, the device provides 99m<sup>2</sup> farming house with 4 family members with chaff once a day for heating.

- Development of functional substance extract technology

This study developed a technology extracting indigenous component contained in the all sorts of native plants, medicinal plants and seaweeds without alteration or loss and also developed a technology and manufactured a device to integrate both extract and concentration function in a single device by developing a concentration technology using 'continuous thin film evaporation principle' under air pressure/low temperature.

- Searching for functional substance material

For securing plant resources with functional substance to use it in cultivating crops, this study selected chaff, perilla frutescens leaf, rosemary, Sasa borealis, lotus through various searching and analyzed component by extracting functional substance and confirmed possibility of producing fermented liquid fertilizer.

- Development of functional liquid fertilizer manufacturing technology

This study developed a technology producing vinegar for liquid fertilizer using mass-produced carbonized chaff vinegar devices and fermenting them to the functional liquid fertilizer using plant extract and manufactured it as a form of automated device.

- Componential analysis on the extracted substance

This study confirmed extraction of Ca, Fe, Si, Zn and antioxidant component from obtained plant resources and transformed them into liquid fertilizer through fermentation of vinegar and improved it to a level to obtain a license as fertilizer through analysis on the component.

- Analysis on the spread & absorbent concentration of functional substance

Using liquid fertilizer with special component showing high antioxidant activity, this study confirmed improvement of antioxidant activity by conducting various cultivation experiments in respect of crops such as watercress, lettuce, cabbage and cherry tomato.

# CONTENTS

Chapter1	Outline of R&D Assignment	13
Paragraph1	Necessity of R&D	13
Paragraph2	Purpose of R&D	17
Paragraph3	Scope of R&D	18
Chapter2	Status of domestic & foreign technology development	24
Chapter3	Contents of implementation and result of R&D	28
Paragraph1	Development of organic substance carbonization technology	28
1.	Development of medium-sized batch type carbonization device using chaff as raw material for farm family	28
A.	Development of batch type chaff vinegar manufacturing carbonization device	28
B.	Development of spray type cooling condensation tank	32
2.	Development of medium-sized continuous carbonization technology using chaff as raw material for farm family	36
A.	Batch type chaff carbonization device	36
B.	Continuous chaff carbonization device	36
C.	All-in-one chaff carbonization device	38
D.	Circulating spray condensed cooling system	42
E.	Side condensation tank type chaff carbonization device	43
3.	Development of organic material carbonization & hot-water boiler integrated technology	46
Paragraph2	Development of functional substance liquid fertilizer manufacturing technology	49
1.	Development of organic material functional substance extract technology	49
A.	Double boiler type extract device	49
B.	Evaporative concentrator	51
C.	Extraction & concentration integrated device	53
2.	Searching functional substance obtainable herbs and seaweeds	56
3.	Development of eco-friendly functional liquid fertilizer manufacturing technology	61
Paragraph3	Componential analysis on the functional liquid fertilizer	65
1.	Componential analysis on the substance extracted from organic material and	

verification of usefulness .....	65
A. Analysis on the carbonized chaff vinegar .....	65
B. Analysis on the plant extracted liquid fertilizer .....	66
C. Analysis on the plant fermented liquid fertilizer .....	71
2. Analysis on the absorbent concentration of functional substance spreading to vegetable .....	77
A. Cultivation experiment .....	77
B. Result of componential analysis on the crops used in the experimental cultivation .....	80
3. Comparison of antioxidant activity of watercress, lettuce, tomato and summary of research result .....	95
Chapter4 Degree of attainment and contribution to relevant field .....	98
Chapter5 Outcome of R&D and plan for utilization of outcome .....	99
1. Plan for commercialization & industrialization(Technology implementation) .....	99
2. Plan to diffuse technology through education, instruction and promotion) .....	99
3. Plan to secure intellectual property right such as patent, cultivar and thesis .....	102
4. Plan for additional research & application to other research .....	110

# 목 차

제1장 연구개발과제의 개요 .....	13
제1절 연구개발의 필요성 .....	13
제2절 연구개발의 목표 .....	17
제3절 연구개발의 범위 .....	18
제2장 국내외 기술개발 현황 .....	24
제3장 연구개발수행 내용 및 결과 .....	28
제1절 유기질탄화기술 개발 .....	28
1. 왕겨를 원재료로 사용하는 농가용 중형 배취식 탄화장치 개발 .....	28
가. 배취식 왕겨초액 제조 탄화장치 개발 .....	28
나. 분무형 냉각응축조 개발 .....	32
2. 왕겨를 원재료로 사용하는 농가용 중형 연속식 탄화기술 개발 .....	36
가. 배취식 왕겨탄화장치 .....	36
나. 연속식 왕겨탄화장치 .....	36
다. 일체형 왕겨탄화장치 .....	38
라. 순환분무 응축냉각장치 .....	42
마. 측면응축조형 왕겨탄화장치 .....	43
3. 유기자재 탄화기술 및 온수보일러 겸용화 기술 개발 .....	46
제2절 기능성물질 액비제조기술 개발 .....	49
1. 유기자재 기능성물질추출 기술 개발 .....	49
가. 중탕식 추출장치 .....	49
나. 증발농축장치 .....	51
다. 추출농축겸용장치 .....	53
2. 기능성물질획득이 가능한 왕겨, 허브 및 해조류 자재 탐색 .....	56
3. 친환경 기능성 액비 제조기술 개발 .....	61
제3절 기능성 액비 성분 분석 .....	65
1. 유기자재 추출물질의 성분분석 및 효용성 검증 .....	65
가. 탄화왕겨초액의 분석 .....	65
나. 식물추출액비의 분석 .....	66
다. 식물발효액비의 분석 .....	71

2. 기능성물질의 채소전이 흡수농도 분석 .....	77
가. 재배시험 .....	77
나. 시험재배 작물의 성분분석 결과 .....	80
3. 미나리, 상추, 토마토의 항산화 활성 비교 및 연구결과 요약 .....	95
제4장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도 .....	98
제5장 연구개발 성과 및 성과활용 계획 .....	99
1. 실용화·산업화 계획(기술실시 등) .....	99
2. 교육·지도·홍보 등 기술확산 계획 등 .....	99
3. 특허, 품종, 논문 등 지식재산권 확보계획 등 .....	102
4. 추가연구, 타연구에 활용 계획 등	110

# 제 1 장 연구개발과제의 개요

## 제 1 절 연구개발의 필요성

최근 몇 년간 지속된 국제원유가의 급등세에 따라 국내 전산업이 원자재가격, 물류비용 및 전반적인 경영비용의 상승으로 어려운 경영위기에 처한 상황이며, 특히 시설농업분야의 경영비 중 난방에 소요되는 비용이 크게 늘어나 국내 농산물의 경쟁력이 위기상황에 직면해 있다.

국제원유가가 140\$을 넘었다가 최근에도 거의 100\$선에서 유지되는 경향을 보이고 있고, 국내의 유류판매가격 및 면세유가격은 국제유가의 하락폭을 즉각적으로 반영하지는 못하므로 시설농업과 같이 에너지를 많이 사용하는 산업분야에서 특히 에너지 이용의 효율성을 높일 수 있는 기술개발의 필요성은 절실하게 요구되고 있다. 특히 면세유는 매년 지원량이 감소하여 오고 있으며 한시적으로 지원한다는 것이 기본 방침이었으나 금년 말 미국과의 FTA 체결로 영구적으로 지원하고 지원량도 늘어난다는 방침인 것으로 알려져 그나마 다행으로 생각한다.

국제경기가 전반적으로 위축되어 있고 산유국인 중동에서의 정쟁이 불안정한 정세를 유지하고 있고 국제원유가가 지속적으로 100\$선을 유지할 것이 예측되고 있으며, 특별한 경우가 아니면 그 아래로 떨어질 것 같지 않으므로 국내에서도 에너지에 대한 다양한 연구와 준비가 진행되고 있다. 우리농업분야에서도 대체에너지에 대한 다양한 연구와 시도가 진행되고 있으며, 태양에너지, 지열, 풍력, 바이오 에너지에 대한 분야는 시제품의 시범 설치이용을 넘어 실용화로 접어든 기종이 다수 있는 것으로 나타나고 있다. 특히 에너지사용이 많고 생산액에 차지하는 에너지 비율이 30% 이상인 온실에서는 유류사용 설비류의 타 에너지로 전환이 이루어지고 있다.

온실용 온풍난방기의 경우 전기온풍기가 정부의 지원사업으로 채택되어 각 지자체별로 최대 80% 보조사업으로 진행되고 있다. 전기온풍기는 현재 국내의 수개의 생산업체에서 다양한 모델을 출시하여 공급하고 있으나, 열량이 부족하고 계약전력이 부족하여 증설비용이 부담스러운 등 문제점이 있어 온실난방을 해결할 수 있는 난방장치로는 실패한 경우이다.

농촌진흥청의 연구 개발로 시범적으로 설치운영되고 있는 지열히트펌프 설비는 초기 설비가 비싸 정부의 지원없이 농가 단독으로 설치운영은 불가능하여 80% 보조사업으로 진행하고 있다. 남부지역이나 제주지역에서 유류온풍기를 대체할 수 있는 수준까지 활용된 예가 있다.

유류온풍기를 대신할 수 있는 난방장치로는 석탄이나 연탄, 목재, 펠릿 등을 연료로 사용하는 고체온풍기가 몇가지 개발공급되고 있다. 고체연료 온풍기는 열량이나 설비의 개발 수준등은 유류온풍기에 비해 부족하지 않으나 연료의 확보나 난방기에의 공급, 연소 후 재의 처리 등에 노력이 필요하여 가격대비 유리한 면이 있으나 그 이용은 저조한 상황이다. 특히 산림청의 간벌목을 가공한 목재 펠릿을 이용한 펠릿보일러의 경우도 목재 펠릿의 생산공장이 많지않아 생산 수송에 많이 비용이 소요되고 아직 펠릿보일러의 이용이 보편화되지않아 소량구매확보가 여의치않고 현재 수준의 가격이 담보되지 않아 신뢰가 부족한 등의 단점이 한계이다.

몇가지 대체에너지를 사용하는 난방설비가 보급이용되었으나 경제성이나 실용성 대비 노력이나 효율면에서 유리한 부분이 많지 않기 때문에 대체적으로 시범사업에서 중단되는 경우가 대부분이다. 특히 온실과 같이 10a(300평)에 50,000kcal 이상의 열량을 필요로하는 시설에

서는 유류를 대체할 실용적인 에너지를 확보하지 못하고 있는 실정이다.

국내외를 막론하고 지구촌 전체에서 발생하는 기상이변으로 농산물의 생산 기반이 위협을 받고 있다. 국내에만 하더라도 홍수와 가뭄, 이상저온이나 고온, 태풍등으로 채소류 과일류 등이 수급불안정으로 가격폭등과 폭락의 악순환이 계속되고 있고 앞으로 이런 기상이변은 더욱 자주 발생할 것으로 예상되어 농산물의 안정적인 공급에 대한 관심과 정책이 다양하게 진행되고 있다. 이에 따라 채소류의 안정적인 공급을 위하여 온실의 확대발전 개념인 식물공장이 한국과 일본을 중심으로 최근 활발하게 연구 시설되고 있다. 외부 환경기상인자에 대비하여 안정적인 시설이 증가할수록 에너지의 사용량은 많아지고 강도도 강해 질 것으로 예상된다.

또한, 안전농산물에 대한 관심이 높아지고 있어서 친환경농산물 재배를 위한 농업기술과 유기농자재의 개발이 다양하게 이루어지고 있으며 관련시장이 확대되고 있다. 친환경농업은 최근 수십년간 다수확을 위하여 화학비료와 농약에 의존하는 영농방법을 유기농자재를 사용하여 무농약 무비료로 농산물을 재배하는 것이다.

화학비료와 농약의 사용으로 토양과 수질 뿐 만아니라 중금속 등이 인체를 2차 오염시키고 있어 다양한 유기농자재가 개발 보급되고 있으나, 수확량이 적고 생산비용이 많이 들기 때문에 친환경 유기농업은 쉽지 않은 것이 현실이다.

친환경 유기농업자재는 이용방법에 따라 많은 종류가 있으며, 공장에서 대량으로 제조하여 공급하는 것도 있고, 일반적으로 농가에서 자가제조하여 사용하는 경우가 적지 않다. 친환경 농자재인 목초액은 주로 참나무를 이용하여 숯을 제조하는 과정에서 발생하는 연기를 응축액 화시켜 만든 pH 3 전후의 강유기산액으로 침전, 숙성하여 농업용으로 사용한다. 농업용에 이용하는 분야는 토양개량제, 농약보조제, 병해충 회피제, 기능성무기비료, 영양제, 당도 및 저장성향상제 등 다양하게 활용되고 있다.

표 1 친환경자재 등록자재목록

토양개량·작물보호·영양제				
번호	품명	포장단위	소비자가격	비고
1	그린키토	500ml	8,000원	키토산 영양제
2	목초액	20ℓ	50,000원	기계식 참나무 목초액
3	미라클	10kg	20,000원	입상 토양개량 토양미생물제
4	바이오그로	1ℓ	10,000원	당도·비대 촉진제
5	바이오자임	500g	8,000원	가족사료 첨가용 미생물 효소제
6	보리돌뜸씨	750g	7,000원	맥반석 미생물 효소제
7	생력효소	500g	8,000원	혐기성 미생물 효소제
8	수퍼바이오	75g	7,000원	수정촉진 냉해예방 미생물 효소제
9	수퍼엔자임	500g	6,000원	호기성 미생물 효소제
10	아미고칼슘	250g	15,000원	아미노산첨가 칼슘제 25말
11	아미노닥터	250ml	10,000원	고농축 아미노산제
12	오뚜기 1,2호	500ml	12,000원	규산액비 40말
13	지선(구.모세군)	300ml	15,000원	뿌리활착촉진, 비료흡수증대 100~200평 관주
14	찌모겐	500g	8,000원	호기성 미생물 효소제
15	천보 2002	2kg	12,000원	C-P-K 제조 미생물제
16	파우워효소	50g	6,000원	균배양사료제조
17	폼포스트 티	500g	8,000원	혐기성 미생물 효소제
18	조은혈분	10kg 20kg	25,000원 45,000원	천연질소의 공급부족 해소 (농진청 유기농자재 목록공시 08-유기-3-034)
19	홍장균	10ℓ	25,000원	천연질소의 공급부족 해소

표 1과 같이 친환경농자재로 등록되어 농업용으로 이용되고 있는 목초액은 20ℓ에 5만원 정도의 고가로 유통되고 있으나, 제품마다 성분이 균일하지 않고 유해성분의 정제과정이 완전하지 않아 일부 농가에서는 피해를 보는 경우가 있어 구입사용을 기피하거나 일부 농가에서는 자가제조하여 사용하기도 한다. 다양하게 소개되고 있는 친환경농자재는 원재료의 구입이나 가공 등에 일손이 많이 가기 때문에 자가제조는 구입사용에 비해 비용이 더 많이 소요되는 것으로 평가되고 있으며, 구입 목초액의 경우 성분에 대한 신뢰도가 부족한 것이 현실이다.

목초액은 원재료로 참나무를 사용하는 것이 가장 유효한 성분이 많고 품질이 좋은 것으로 알려져 있으며, 참나무를 희박공기상태에서 대체로 48시간 정도 탄화하면서 발생하는 연기를 포집, 수십 m의 연통으로 액화하여 제조한다. 참나무와 같은 유기자재가 탄화하는 연소로에서는 대체로 750℃ 정도의 발열이 지속적으로 유지되고 있어 찜질방등에서 가온열량으로 활용한다. 이에 따라 최근 국내의 찜질방이나 참숯의 수요가 늘어나면서 국내 야산의 수십년된 참나무가 남벌되어 표고버섯을 재배할 수 있는 목재도 부족하여 중국에서 원목이 수입되고 있는 실정이다. 따라서 참나무 목초액은 원재료의 공급이 원만하지 않기 때문에 수요에 공급이 따라가지 못하고 그래서 조악한 제품이 유통되기도 한다. 일반적으로 참나무 목초액은 목재 100kg에 조목초액 10ℓ (kg)을 생산할 수 있고, 이 중에서 정제를 거치면 3ℓ (kg) 정도를 농업용으로 사용가능하다.

왕겨는 수도작인 벼의 부산물로 벼의 중량대비 20%를 차지하고 있고 매년 수백만톤이 생산된다. 우리나라는 전통적으로 왕겨나 벃짚을 중요한 퇴비의 유기질원으로 사용하여 왔으며, 최근 축산업의 증가로 축사의 깔개로 사용하는 양이 많아지고 있어서 RPC나 대형정미공장 등에서 가공업체들이 대량구매하여 사용하고 있다. 왕겨와 같이 대부분의 농산부산물인 유기질 자재는 희박공기상태에서 탄화시킬 경우 많은 연기가 생성되고 이 연기를 응축냉각시키면 강유기산인 초액이 만들어진다. 이런 유기질 자재는 목재를 사용한 초액에서 검출되는 타르나, 메칠알코올, 페놀과 같은 유해성분이 거의 함유되어 있지 않아 정제에 시간과 설비를 줄일 수 있다.

친환경농자재인 초액을 생산하기 위한 재료로서 농산부산물인 유기질 자재가 유용하며 본 연구에서는 왕겨를 그 원재료로 사용하고자 한다.

아래 그림은 농림수산식품부의 채소산업전망으로 국내의 채소류 장기전망이다. 그림에서와 같이 채소류는 기존의 쌈채소 위주에서 벗어나 탈계절화와 소포장, 품목다양화, 그리고 기능성으로 예상하였다. 최근에 와서 이런 전망은 그대로 현실화되고 있으며, 쌈채소에서 벗어나 셀러드, 비빔밥의 수요가 늘어나고 생즙이나 드레싱등 소비형태가 다양하다. 품목에서도 전통채소류에서 수입품종인 양채류나 새싹채소의 시장이 확대되고 있고, 건강채소등의 기능성채소에 대한 욕구가 강하고 핵가족에서 독신가정의 비율이 증대됨에 따라 소포장수요가 늘어나고 있다.

#### □21세기 유망채소 전망

- 탈 계절화 품목
- 다수확 보다 고품질
- 건강지향 채소의 선호로 기능성 채소
- 외식산업의 원료생산(양채류)
- 포장의 차별화(소포장, 지역특산 및 원산지 표기)

□ 21세기 채소의 소비패턴 전망

- 주년생산화와 다량생산 품목 가격하락
- 상품 크기의 소형화 추세
- 소비패턴의 서구화로 양채류 소비증가
- 고품질 소포장 거래 선호
- 소득증가로 고급채소 소비증가

□ 원예산업의 비중

- 농업총생산에서 원예의 비중 90년 27.5%에서 95년 38.8%로 증가
- 농업총생산에서 채소의 비중 90년 18.7%에서 95년 25.2%로 증가
- 21세기의 채소시장은 전체농업의 1/3까지 성장 전망 : 핵심산업, 성장산업으로 발전

□ 시설채소의 소비 전망

- 1인당 연간 채소소비량 (kg)  
'96년 150 kg → 2000년 170 kg
- 소비량 보합세 품목: 고추, 마늘, 배추, 무 등
- 소비량 증가 품목: 과채류, 양배추, 브로콜리, 양상추 등  
FASTFOOD의 채소재료

그림 1. 농림수산식품부 채소산업전망

이런 추세에 따라 생명자원에 대한 연구와 개발이 다양하게 진행되고 있다. 자생식물, 약용식물, 갈조류, 허브 등이 갖고 있는 고유한 성분을 추출 가공하여 식품이나 식자재의 생산, 농산물의 가공첨가물 등으로 활용하여 기능성화 개발이 활발하다. 본 연구에서는 왕겨의 탄화초액화 연구를 통하여 기능성물질을 제조하고 자생식물중에서 항산화기능성분을 갖는 식물자원을 획득하여 추출가공하여 액비화하는 장치를 개발하기 위하여 수행하였다. 또한 왕겨의 탄화장치 탄화시 발생하는 탄화열을 회수하여 온수보일러로 활용하는 겸용형의 설비로 개발하고자 한다.

## 제 2 절 연구개발의 목표

- 왕겨를 원재료로 사용하는 농가용 중형 배취식 탄화장치 개발  
간이형 유기질탄화장치로써 탄화로 용량 100 ℓ, 응축조 용량 40 ℓ, 탄화시간 15시간, 왕겨 및 왕겨재의 배출을 상부의 입구로 공급하고 배출하는 배취식으로 개발하고 성능시험
- 왕겨를 원재료로 사용하는 농가용 중형 연속식 탄화기술 개발  
연속식 유기질탄화장치로써 탄화로 용량 200 ℓ, 응축조 용량 60 ℓ, 탄화시간 20시간, 왕겨공급은 상부로 왕겨재의 배출을 하부배출구 배출하는 연속식으로 개발하고 성능시험
- 유기자재 탄화기술 및 온수보일러 겸용화 기술 개발  
유기질탄화장치의 탄화로 내벽에 워터재킷과 탄화로 중앙에 통수관을 연결 탄화열을 회수하는 열교환기를 설치하여 유기질탄화시 온수보일러 기능
- 유기자재 기능성물질추출 및 친환경 기능성액비 제조기술 개발  
유기질탄화장치에서 왕겨를 원재료로 사용하여 왕겨탄화초액을 제조하여 항산화활성도와 성분분석을 통하여 기능성액비로의 사용가능성 검정 및 실증시험
- 기능성물질획득이 가능한 왕겨, 허브 및 해조류 자재 탐색 및 추출기술개발  
로즈마리, 자소엽, 조릿대, 담태의 고유성분 조사 및 열수추출 및 박막농축장치 개발
- 친환경 기능성 액비 제조기술 개발  
로즈마리, 자소엽, 조릿대, 담태를 왕겨탄화초액에 발효숙성시켜 항산화액비로의 검정 및 실증시험
- 유기자재 추출물질의 성분분석 및 효용성 검증  
왕겨탄화초액 10대비료성분분석과 채소류 재배시험을 통한 액비로의 기능성 검정
- 기능성물질의 채소전이 흡수농도 분석  
왕겨탄화초액, 로즈마리, 자소엽, 조릿대, 담태의 발효숙성 액비의 성분분석과 채소류 재배 시험을 통한 액비로의 기능성 검정

### 제 3 절 연구개발의 범위

#### - 왕겨를 원재료로 사용하는 농가용 중형 배취식 탄화장치 개발

농가용 왕겨 및 유기자재 탄화장치의 용량을 난방이 필요한 시간대인 15시간 정도 연소가 진행되는 용량으로 설계하고, 탄화초액의 원재료인 왕겨와 탄화부산물인 재의 처리를 배취식으로 구성하여 기초적인 자료획득을 위하여 제작 시험한다. 탄화연기의 포집과 유도, 재와 이물질, 타르를 제거하기 위한 적당한 방안을 구성하여 다양하게 제작 시험하고, 연기의 응축 냉각 장치를 순환펌프에 의한 순환분무방식과 압축공기를 사용하는 2류체노즐을 이용하여 순환무화 방식으로 구성하여 제작한다.

#### - 왕겨를 원재료로 사용하는 농가용 중형 연속식 탄화기술 개발

탄화초액의 원재료인 왕겨는 왕겨 보관시설인 호퍼를 구성하여 대량을 준비하고 탄화의 진행에 따라 일정량이 공급되도록 연속식으로 구성하고, 왕겨의 탄화재는 타공판에서의 하향분리 배출과 연소로 외부로의 배출로 구분하여 연속식으로 구성한다. 탄화연기가 응축로로 유도될 때 왕겨재가 혼합되지 않게 필터링하고, 응축액화한 초액의 배출 시 재나 이물질의 제거가 완벽하도록 필터링 장치를 구비하고 제어반을 구성하여 운전노력의 최소화를 도모한다.

#### - 유기자재 탄화기술 및 온수보일러 겸용화 기술 개발

탄화장치의 탄화진행 중에 발생하는 열량을 효율적으로 회수하는 열교환기를 장치하여 기본적인 요소시험을 실시하여 설계자료로 하고, 농가용 왕겨탄화장치의 온수생산능력을 시험하여 온수탱크 등의 설계자료를 획득하며, 겸용화한 온수보일러 기능은 원격 제어, 안전장치를 구비하고 외부의 용도에 따라 호환성이 좋도록 구성한다.

#### - 유기자재 기능성물질추출 및 친환경 기능성액비 제조기술 개발

왕겨초액을 베이스로 하여 각종 추출물질의 혼합하여 기능성화 발효기술을 개발 분석하고, 작물의 종류, 작부시기에 필요한 다양한 기능성액비의 발효가공이 가능하도록 혼합, 교반, 폭기, 발효 기능이 있는 액비제조장치를 개발한다.

#### ○ 기능성물질획득이 가능한 왕겨, 허브 및 해조류 자재 탐색 및 추출기술개발

왕겨, 허브, 해조류 등 유기자재의 기능성물질추출기술을 개발하고 종류에 따라 구분하여 성분분석 시험하고, 왕겨, 허브, 해조류 등 유기자재로부터 추출한 초액의 기능성물질(폴리페놀류, 다당류 등 축중합체 중심), 유해성분 등의 성분을 통하여 친환경농자재로 이용가능성을 분석하고, 왕겨, 허브, 해조류 등 유기자재로부터 추출한 초액과 기능성화 물질로 구분하여 작물별, 작부시기별 이용방법과 농도 등을 시험 분석하고 in vitro에서 효능 검증을 수행한다.

#### ○ 유기자재 추출물질의 성분분석 및 효용성 검증

#### ○ 영양성분(탄수화물, 지방, 단백질, 무기염류, 회분) 비교분석

1) 유리당 분석 : 분말 시료 5g에 내부 표준 물질로서 sucrose (1mg/mL)를 함유하는 80% ethanol 100mL를 가하여 환류 냉각관을 부착한 다음 수욕 상에서 1시간 추출한 후 여과한다.

잔사는 동일한 방법으로 1회 더 추출 여과한 다음 250ml로 정용하며 이 추출여과액 25mL를 취하여 감압 농축한 다음 질소 기류하에서 완전히 건조한다.

여기에 무수 pyridine 1.28mL를 가하여 잔사를 녹인 다음 HMDS (Hexamethyldisilazane, Sigma Co., USA) 1.08 $\mu$ l, TFA(Trifluoroacetic acid, 99%, ACROS Co. USA) 120 $\mu$ l를 가한 후 40 $^{\circ}$ C에서 30분간 가온하여 TMS 유도체화 한 후 GLC 분석시료로 한다. 분석에는 FID(Flame Ionization Detector)가 장착된 GC-17A(Shimadzu Co., Japan)를 사용한다.

칼럼은 ZB-50 capillary column(30m $\times$ 0.25mm $\times$ 0.25 $\mu$ m, Phenomenex Co. USA)을 사용하고 오븐 온도는 120 $^{\circ}$ C에서 1분간 유지한 후 260 $^{\circ}$ C까지 10 $^{\circ}$ C/min 속도로 승온하여 15분간 유지한다. 주입구 및 검출기의 온도는 270 $^{\circ}$ C로 설정하며 운반기체는 질소가스를 사용하여 1.0mL/min 속도로 하고 분석한 당류의 표준물질은 fructose, galactose, glucose, sucrose 및 maltose로 하며, 당정량은 표준 당이 혼합된 표준용액을 분석하여 얻은 chromatogram과 시료용액을 GC로 분석하여 얻은 chromatogram의 면적을 비교하는 방법으로 계산한다.

2) 유리아미노산 함량 : 유리아미노산은 아미노산 자동분석기에 의하여 분석한다. 즉, 분석시료 0.3~0.5g을 reaction vial에 넣고 6N-HCl 5mL를 가한 다음 공기흡입기(Aspirator)를 이용하여 reaction vial 내부의 공기를 완전히 제거한다. 가열판(Heating block)에 reaction vial을 올리고 110 $^{\circ}$ C에서 24시간동안 분해시킨다. 분해가 끝나면 실온에서 30분간 냉각시킨 다음 농축기(Speed Vac. concentrator)를 이용하여 염산을 제거한 다음, 초순수 5mL를 첨가하여 다시 재용해시킨다. 농축기를 이용하여 재농축하여 잔류 염산을 완전히 제거한다. 잔여물에 완충액(Pharmacia Biotech Co, Na-form loading buffer) 5 mL를 가하여 용해한 다음 Millipore 0.45  $\mu$ m Syringe filters (Milford, USA)로 여과시켜서 아미노산 분석기 loading shell 당 40 $\mu$ l씩 injection 시킨 다음 아미노산 분석기(Pharmacia Biotech Co, Biochrom 20)를 이용하여 분석한다. 아미노산 정량은 당정량과 같은 방법으로 표준 아미노산이 혼합된 표준용액을 분석하여 얻은 chromatogram과 시료용액을 아미노산 분석기로 분석하여 얻은 chromatogram의 면적을 비교하는 방법으로 계산한다. 기타 조지방, 회분 무기질은 AOAC 방법에 준하여 실험을 한다.

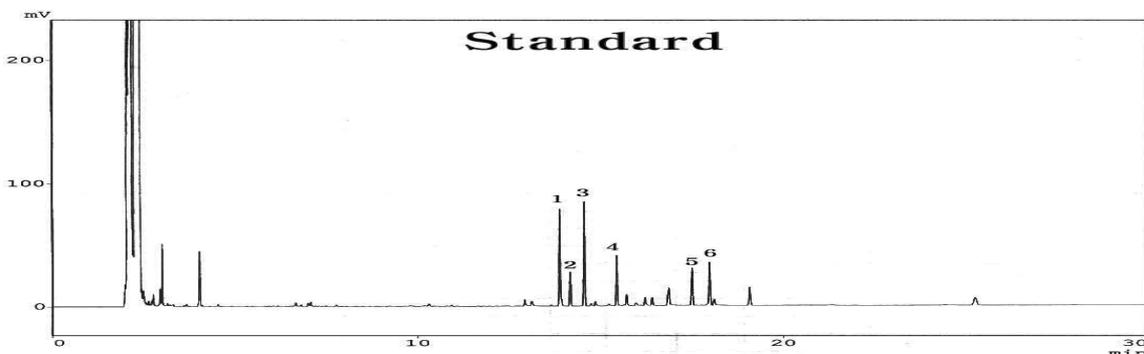


그림 2. 가시오갈피에서 phenol 성 화합물의 GC분석의 일례. 1, Vanillic acid; 2, Azelaic acid; 3, Protocatechuic acid; 4, Syringic acid; 5, Ferulic acid; 6, Caffeic acid

○ GC 또는 HPLC에 의한 기능성 물질(폴리페놀화합물)의 확인

유도체화된 시료를 ZB-5 capillary column(30m×0.25mm×0.25 $\mu$ m, Phenomenex, Co. USA)와 FID(Flame Ionization Detector)가 장착된 GC-17A(Shimadzu Co., Japan)로 분석한다. 분석조건은 초기온도 120℃에서 3 분간 유지시키고 260℃까지 분당 10℃씩 승온하여 260℃가 되면 13 분간 유지시킨다. Injector 온도는 230℃로 하고, Detector 온도는 검출기 온도는 260℃로 하여 분석하며, carrier gas는 N2 gas로 하여, flow는 1ml/min으로 split ratio 는 1:50으로 한다. 분리된 폴리페놀화합물은 페놀산 표준물질의 retention time과 비교하고, 각 폴리페놀화합물의 함량은 페놀산 표준물질의 peak Area로부터 표준곡선을 작성하여 구한다.

1) GC/MS 분석 : 위와 같이 유도체화된 시료를 DB-5MS column (0.25mm×30m)이 장착된 Shimadzu 社의 QP-1000A을 사용하여 GC/MS 분석한다. GC분석조건은 초기온도 120℃에서 3분간 유지시키고 260℃까지 분당 10℃씩 승온하여 260℃가 되면 13 분간 유지시킨다. MS는 70 eV에서 E.I. Mode로 분석한다. 성분의 동정은 표준품의 머무름 시간(retention time)과 질량스펙트럼을 대조하여 확인한다. 모든 실험은 control과 비교하면서 수행한다.

○ 기능성물질의 채소전이 흡수농도 분석

○ 항산화 물질의 비교분석

1) DPPH radical scavenging activity

항산화 활성 측정 시험은 기존에 알려져 있는 여러 가지 방법 중 대표적인 DPPH free radical scavenging assay로 수행한다.

0.2mM DPPH (1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl; Sigma Co.)를 methanol에 녹인 용액을 96 well plate에 190  $\mu$ l 분주 후 각각의 추출물을 10 $\mu$ l씩 3회 반복하여 분주하여 약 30분 정도 실온에서 방치 후 VICTOR 3 spectrophotometer (1420 Multiabel counter; PerkinElmer, Turku, Finland)를 이용하여 520 nm에서 측정하고 측정된 수치는 전자공여능을 % DPPH radical scavenging =  $1 - (\text{ABS}_{\text{sample}} / \text{ABS}_{\text{control}}) \times 100$ 으로 계산한다.

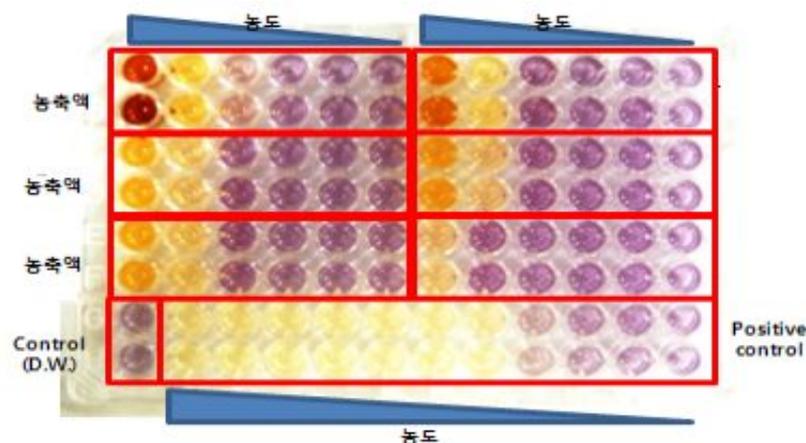


그림 3. DPPH assay의 일례

2) Ferric reducing antioxidant power (FRAP) assay

FRAP assay는 화합물의 환원력(ferric reducing ability)을 측정하는 것이다. 3.6의 낮은 pH에서 ferric tripyridyltriazine (Fe<sup>III</sup>-TPTZ) 복합체가 환원제 (antioxidant)에 의해서 파란색의 ferrous tripyridyltriazine (Fe<sup>II</sup>-TPTZ) 복합체로 될 때 흡광도를 측정하여 검색하고자 하는 화합물에 대한 환원력 (ferric reducing ability)을 보는 것이다. 실험을 위한 반응액으로는 acetate buffer (pH 3.6, 300mM) : 10mM의 TPTZ (2,4,6-tripyridyl-s-triazine) : 20mM의 FeCl<sub>3</sub>·6H<sub>2</sub>O를 10 : 1 : 1의 비율로 섞어 실험 직전에 만들어 사용을 한다. 반응액(190μL)과 추출물(10μL)을 혼합한 후 150초 간격으로 약 10분간 590nm에서 흡광도를 측정한다.

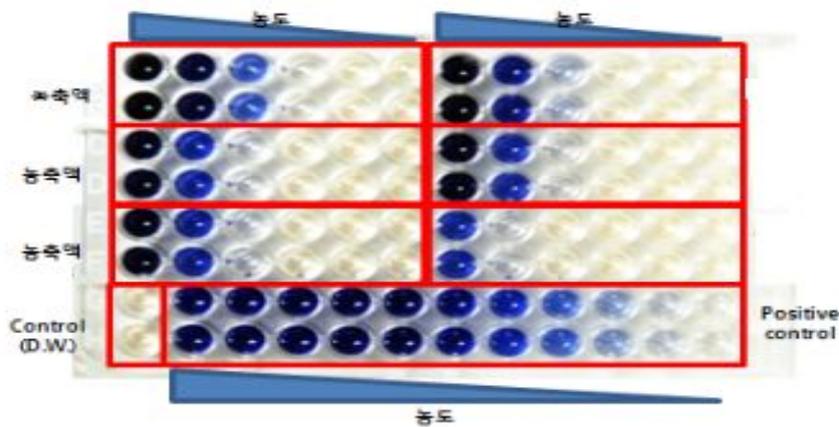


그림 4. FRAP assay의 일례

○ 면역활성 조절분자 타겟(histamine release, IgE 분비능, IL-4, 5, 13 및 Cox-2, iNOS)의 발현 검증

Allergen에 의한 T cell 및 mast cell에서의 histamine과 leukotriene의 분비가 면역질환의 발병기전 중 중요한 부분이라 보고되어져 있다. 그러나 최근의 연구 결과에서는 interleukin-4, 13의 분비로 인한 B cell이나 mast cell을 자극하고 이 자극이 eosinophil이나 IgE 매개외에 airway hyperresponsiveness (AHR)에 epithelial cell이나 smooth muscle cell의 IL-13과 같은 cytokine이 작용함으로써 allergy반응이 유도되는 것으로 판단된다 (Curr. Opin. Pulm. Med., 9, 21, 2003). 따라서 이들 cytokine의 발현 양상을 추적함으로써 control과 왕겨초액 기능성물질에 의한 새싹 채소에서의 전이능이나 흡수농도를 측정하고 allergy 유발에 어떤 영향을 미치는지의 검증한다. 또한 아래 그림처럼 PCR에 의한 cytokine 및 iNOS, Cox-2 등의 발현도 비교가 가능하다. 본 연구팀은 이미 국제적인 학술잡지에 이에 유사한 기전연구의 일부를 발표한 바 있다 (J. Exp. Biomed. Sci., 10, 325-332, 2004; Eur. J. Pharmacol., 42, 1-9, 2004; Biochem. Biophys. Res. Commun., 315, 93-99, 2004; Cancer Res., 63, 3430-3434, 2003; Biochem. Biophys. Res. Commun., 302, 539-544, 2003; Toxicol. Appl. Pharmacol., 181, 69-78, 2002; Int. Immunopharmacol., 1, 1969-1978, 2001).

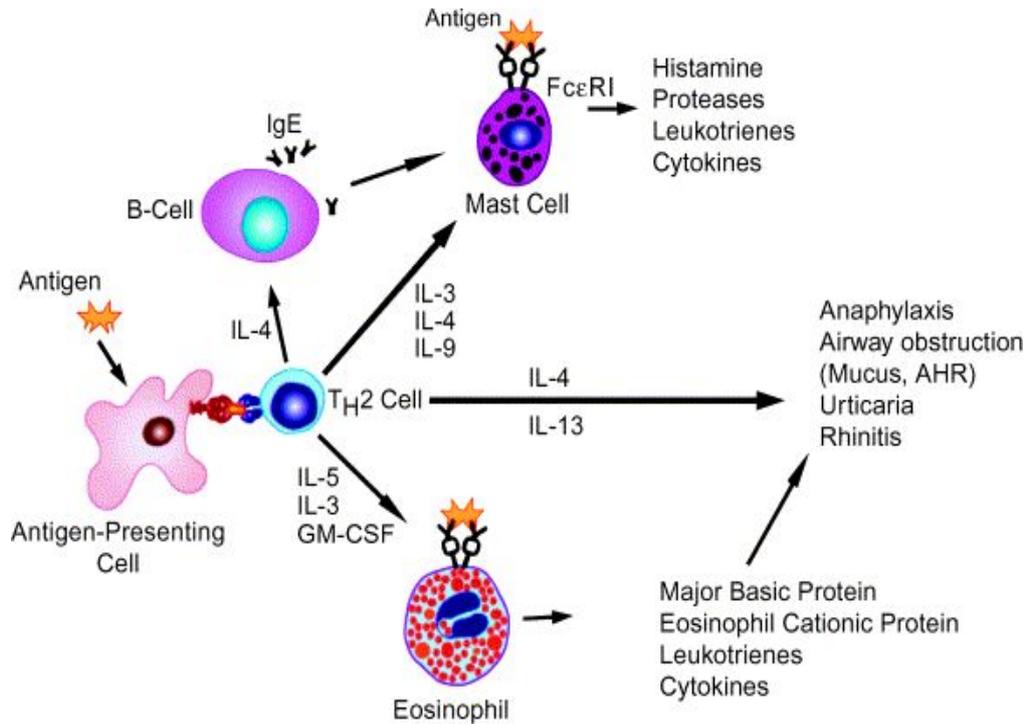


그림 5. Antigen presenting cell에서 유래된 T cell에 의한 면역불균형 경로 모식도

### 1) IL-4 측정

항체가 붙어있는 각 well (Mouse IL-4 Microplate 890408, R&D system, Mineapolis, MN, USA)에 coating buffer (Mouse IL-4 conjugate 892701) 50 $\mu$ l를 첨가하여 4 $^{\circ}$ C에서 24시간 방치 후, 각 well에 IL-4 standard와 시료 100 $\mu$ l를 각각 첨가하여 실온에 2시간 방치한 후, wash buffer (Wash Buffer Concentrate 895023) 200 $\mu$ l로 3회 세척한다. 이어서, 각 well에 항체로 Mouse IgG-HRP 50 $\mu$ l를 넣고 상온에서 2시간 방치 후, 제거하고 3회 세척한다. 각 well에 기질용액 (Assay diluent RD1-18) 50 $\mu$ l를 넣고 30분 방치 후, 반응정지액(Stop solution 895174) 50 $\mu$ l를 첨가하여 ELISA reader로 450nm에서 측정한다.

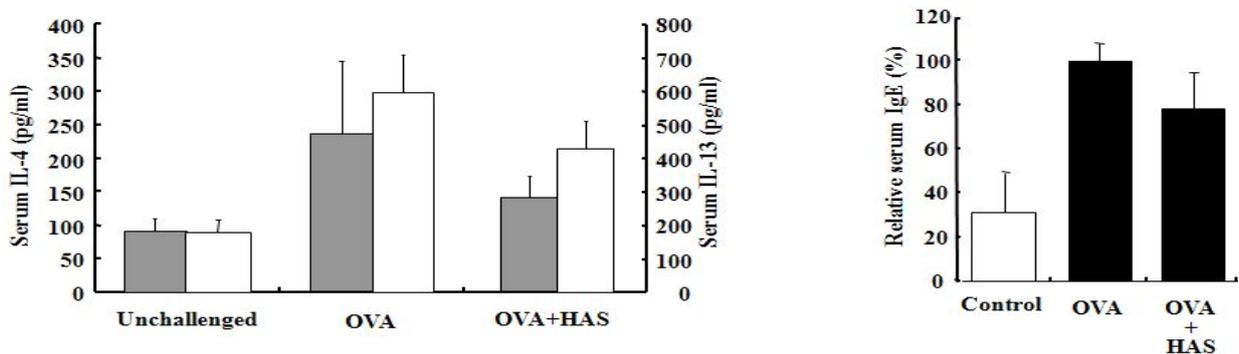


그림 6. IL-4, IL-13, IgE 발현능 조사에 의한 면역조절 활성 검증

### 2) Luciferase assay

각 세포는 96 well plate에 각 well 당 2 $\times$ 10<sup>3</sup> 으로 T-bet promoter가 삽입된 stable cell을 분주하고 무처리군, LPS처리군, 추출물에 LPS를 처리한 3가지 군으로 나누어 처리하여 준 뒤,

24시간 후에 plate의 media를 제거하고 PBS (phosphate buffer saline)로 3회 세척을 해준 후, lysis buffer를 각 well 일정량 분주 후 실온에서 30분 정도 방치 한 후에 luciferase-용 96 well 로 옮긴 후 luciferase solution을 동량으로 처리 한 후 ELISA reader (1420 Multilabel counter, PerkinElmer, Waltham, MA, USA)를 이용하여 흡광도를 측정한다.

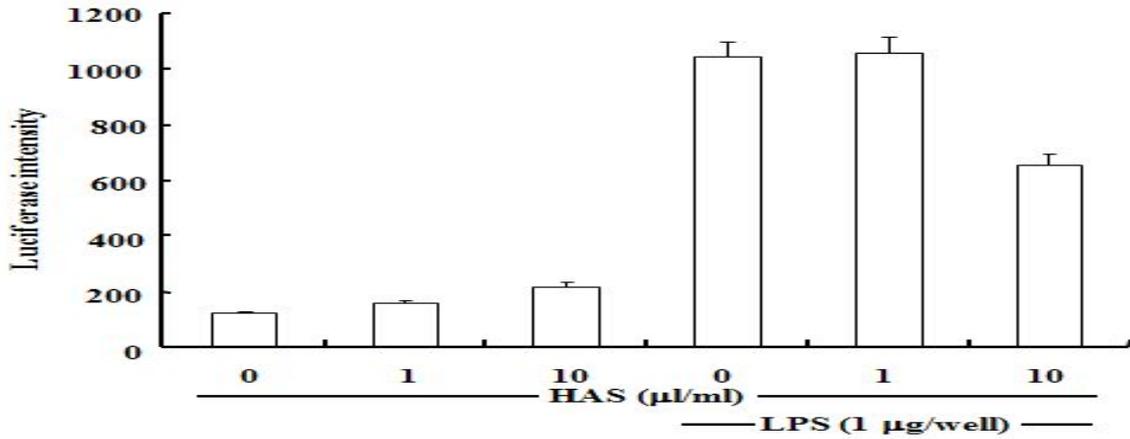


그림 7. T-bet promoter assay에 의한 면역조절 활성 검증

## 제 2 장 국내외 기술개발 현황

경북 왜관에 소재한 (주)대원지에스아이는 쌀가공관련 기자재를 생산하는 업체로써 왕겨를 이용하여 토양개량제 및 상토용으로 훈탄 및 훈탄제조기를 제조하여 판매하고 있다. 훈탄은 왕겨숯을 의미하는 것으로 오래전부터 농업용으로 이용되어오고 있는 농자재이다. 이 업체에서는 그림과 같은 플랜트형 설비로 훈탄을 제조하고 그 과정에서 발생하는 연기를 포집냉각응축시켜 왕겨초액을 만들고 화장품 제조에 응용하고 있다.



### CHAFF CARBONIZING SYSTEM

#### 왕겨탄화 시스템!

왕겨를 연소시켜 탄화왕겨 및 목초액 생산

대원 친환경사업부 바로가기

#### 주요특징

- RPC의 부산물 왕겨를 탄화하여 상품화함으로써 RPC 수익을 극대화 합니다.
- 자체열을 이용하여 운영경비를 최소화 합니다.
- 무연, 무취, 집진설비로 쾌적한 작업환경을 제공합니다.
- 무인자동생산시스템을 구현하였습니다.
- 운영비 및 유지보수 비용을 최소화 하였습니다.
- 워터치스크린을 적용하여 조작이 간편하고 점검이 쉽습니다.
- 온도센서를 장착하여 안전구조설비가 완벽합니다.
- 발생열을 이용하여 온수시스템 적용(발전시스템 개발중)하였습니다.
- 대용량 생산을 실현하였습니다.

#### 공정도



제품사양

제품명	크기(L×W×H, mm)	처리용량(kg/hr)	전원(KW)
DCH-400	14000×5200×5000	400	37

그림 8. 왕겨훈탄제조기

### 왕겨 보일러

**장점**

**1) 저렴한 연료비**  
연탄의 1/2 경유의 1/8 심야전기 1/3 수준의 저렴한 비용

**2) 취급의 간편성**  
왕겨 투입부터 재 처리까지 자동화 시스템으로  
방에서 컨트롤 SW 로 조작끝  
내부 온도를 감지하여 왕겨 공급 및 온수 난방 자동 조절

**3)내구성**  
내부는 고품질 특수합금과 스텐레스사용  
고열에 잘 견디도록 제작

- 사용연료 : 왕겨, 우드펠릿, 파쇄톱밥 등
- 설치장소 : 단독주택, 별장, 농가, 가든



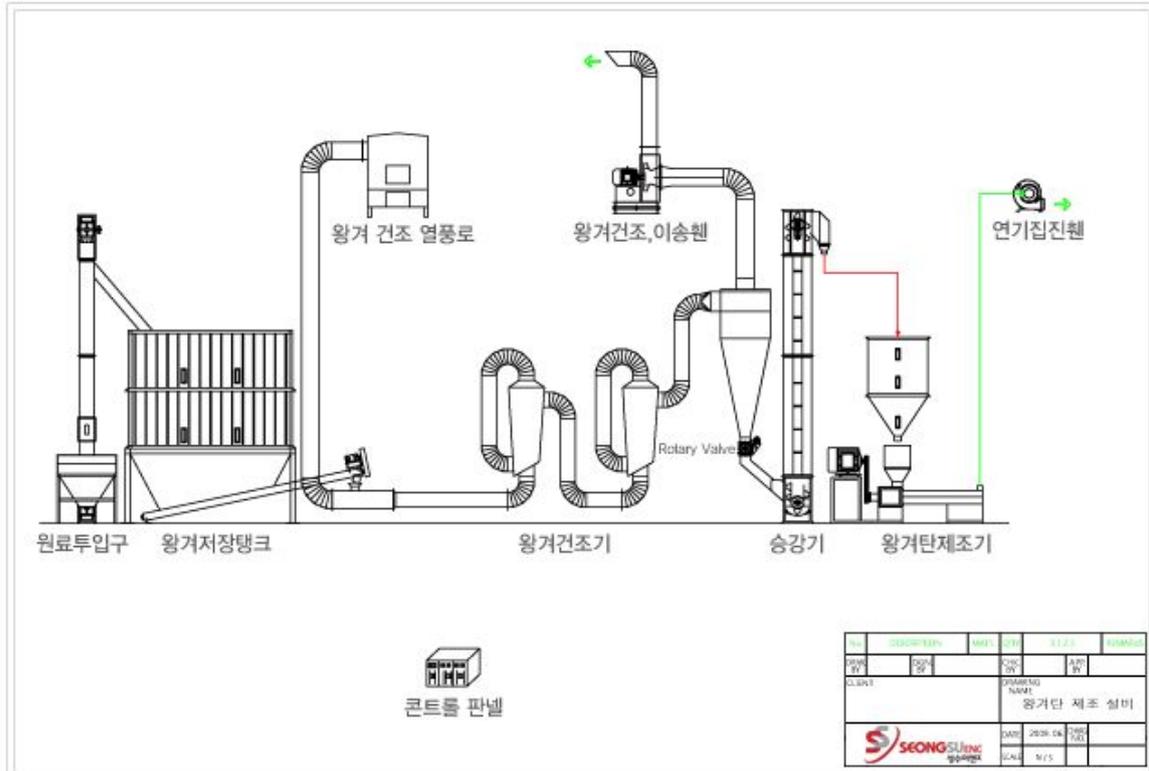
**원활한 왕겨 공급체계**

대형 미곡처리장(정미소)과 왕겨 공급을 체결하여 전국 어디서나 쉽게 구입 공급받을 수 있도록 공급체계를 구축하였음

사용면적	용량	외형규격	중량	전력
100㎡(30평)	10,000 kcal	800×800×1100	110kg	220v/300w
150㎡(45평)	30,000 kcal	1000×1000×1200	130kg	220v/400w



그림 9. 현대에너지개발 왕겨보일러



건조과정



왕겨건조열풍로



왕겨탄



제조과정

그림 10. 왕겨탄 제조장치

이상과 같이 국내에서는 왕겨를 축사의 깔개로 사용하는 이외의 용도는 훈탄과 보일러의 연료로 사용하는 것이다. 훈탄은 양액재배의 상토로 일부에서 사용하고 있으며, 간혹 산성화 된 토양의 토양개량제로 사용하기도 한다. 그러나 대부분은 축사의 깔개로 이용하고 퇴비화하는 것이 대부분이다.

국외의 경우 수도작을 재배하는 동남아 가운데에서 일본을 제외한 동남아시아에서는 별도의 용도가 알려져 있지 않으며, 일본의 경우 10여년전에 왕겨초액에 대한 언급이 있었으나 후계자없이 개발자가 사망한 것으로 조사되었다.

따라서 농가에서 직접 사용할 수 있는 수준의 왕겨초액 제조장치는 당사의 개발품이 처음으로 왕겨를 이용하여 대량으로 왕겨탄화초액을 생산하고 그 초액을 기능성 액비로 활용하는 기술을 개발하였으며, 탄화중에 발생하는 탄화열을 활용하여 온수보일러로 사용하는 성과를 얻었다. 이 왕겨초액은 다양한 기능성 액비의 제조기저로 활용될 수 있어 앞으로의 응용이 다양할 것으로 판단된다.

왕겨초액은 예로부터 지사제의 원료로 알려져 있다. 본 연구팀은 앞으로 왕겨초액의 응용연구로 다양한 액비개발을 계속함과 동시에 가축사료용 첨가제 개발, 피부트러블 완화용의 입욕제 등 다양한 시도를 계획하고 있다.

또한 본 연구에서 개발한 식물자원의 유효성분물질 추출농축장치는 2011대한민국발명특대전에서 전시하여 좋은 반응을 보였으며, 농산물 추출농축장치로 식품개발에 활용이 될 것으로 보이고, 개발한 기능성 액비는 확대되고 있는 식물공장, 도시농업 등의 기능성채소재배에 많이 이용될 것으로 기대된다.

## 제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

### 제1절 유기질탄화기술 개발

#### 1. 왕겨를 원재료로 사용하는 농가용 중형 배취식 탄화장치 개발

##### 가. 배취식 왕겨초액 제조 탄화장치 개발

왕겨를 희박공기상태에서 탄화시키면 훈탄과 연기가 발생하고 연기를 응축 냉각한 것이 탄화왕겨초액이다. 본 연구에서는 탄화왕겨초액을 제조하기 위한 탄화장치로 그림 11과 같은 탄화장치를 개발하였다. 그림의 좌측은 탄화장치로 왕겨의 투입과 재의 배출구, 공기의 조절장치, 착화를 위한 통기구와 선반 등의 공간이 중요한 구성요소이다. 우측은 탄화과정에서 발생한 연기를 포집 응축하는 냉각장치이다.

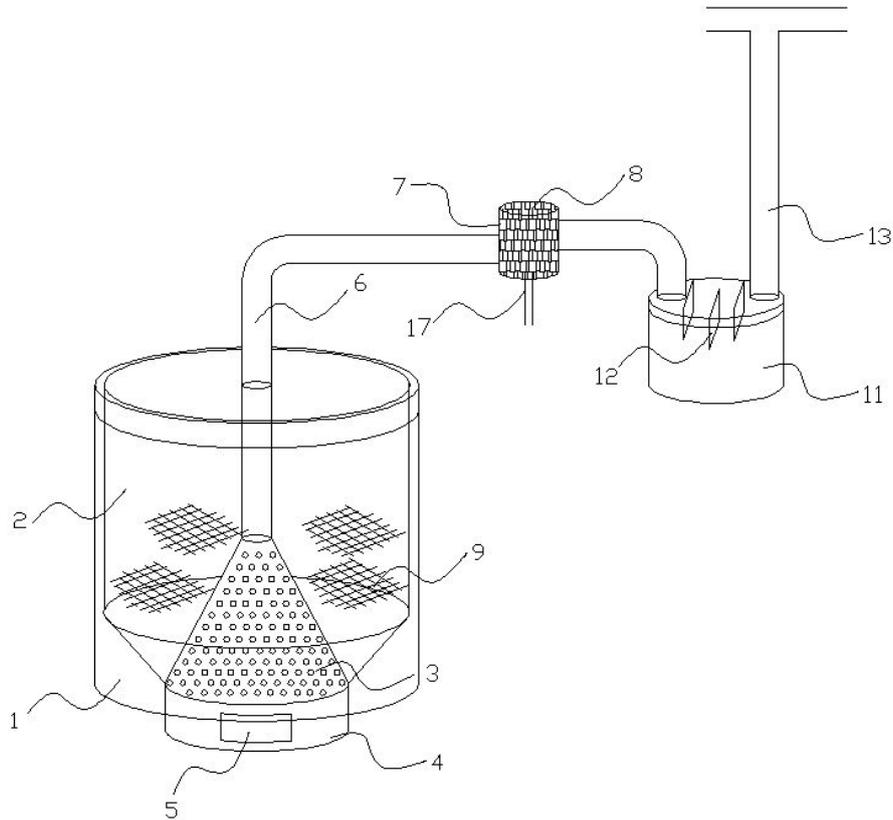


그림 11. 왕겨탄화장치 구성도

1 연소로 케이스, 2 연소로 내통, 3 타공망, 4 착화구,  
5 공기조절구, 8 이물질 제거장치, 11 냉각조, 12 연기유도판



그림 12 왕겨초액 제조장치

탄화왕겨초액 제조장치의 탄화로는 그림 12에서 보는 바와 같이 상부의 뚜껑을 통하여 왕겨를 투입하고 탄화 후 재를 배출하는 배취방식으로 기본적인 모델로 개발하였다. 탄화로의 1회 탄화용량은 80ℓ로 정상상태에서 15시간정도 탄화가 진행된다.



그림 13 연소로 외관

탄화로의 내부는 외부 케이스와 2중으로 제작하여 탄화 시 발생하는 열로 인한 작업자의 화상등의 안전에 대비하였다. 내부에는 중앙에 연기를 포집하는 연통을 배치하고 아래부분에는 타공망을 원추모양으로 제작하여 착화시 공간을 확보하였다.



그림 14 탄화로 내부

탄화로의 착화구는 연소로의 중앙 하단부에 장착되고 착화시에는 공기조절구를 개방하여 가스토탈램프나 신문지 등으로 착화하고 왕겨에 충분히 착화가 진행 된 후에 공기조절구를 닫아 공기가 차단된 상태, 즉 희박공기상태에서 탄화가 진행되도록 한다.



그림 15 연소로 착화구

왕겨는 착화시 약 10분의 시간이 필요하며 공기를 차단하여 약 15시간 정도 연속적으로 탄화가 진행된다. 그림 16의 좌측은 탄화 진행 10시간 후 연통주변에 훈탄이 생성되면서 탄화가 진행되는 광경이도, 우측은 탄화 종료 후 배출된 재의 모습이다.

왕겨 탄화장치의 결과물인 왕겨훈탄은 양액재배의 배지로 이용되고 있고, 재는 산성화된 토양의 중화제로 중요한 역할을 한다.



그림 16 탄화중 및 종료

탄화로에서 탄화가 진행되면서 발생한 연기는 연통을 통하여 재나 타르 등 이물질 제거장치를 통과하여 냉각조로 유도된다. 냉각조는 20ℓ 정도의 물을 채우고 연기가 유도관에 의하여 지그재그로 냉각수와 접촉하는 by-pass형으로 냉각응축되고 배출된다. 이런 과정을 거쳐 탄화왕겨초액이 생산된다.



그림 17 냉각조 연기유도판

표 2 배취식 탄화왕겨초액 생산 성적

항 목	왕겨	초액	재	탄화시간	비고
내 용	80 ℓ	20 ℓ	40 ℓ	15	목초액 검정기준

표 2는 배취식왕겨탄화장치로 생산한 탄화왕겨초액의 평균치이다. 일반적으로 왕겨를 소량 운반하는 기준인 마대포대를 기준으로 1회 탄화량으로 하였고, 왕겨의 건조상태, 손상상태에 따라 약간의 차이는 있으나 초액이 생산되는 탄화시간대는 평균적으로 15시간이 소요되었다. 초액 생산량은 목초액 기준인 pH 3.5, 비중 0.1, 타르 불검출 기준에 적합한 량으로 검정하였다.

시작품의 냉각응축조는 탄화연기가 5pass 형태로 냉각수표면만 접촉하고 통과하므로 응축율이 낮은 것으로 판단되었다. 따라서 탄화연기가 냉각수와 접촉하는 표면적이 증대시키는 연구가 필요하였다.

#### 나. 분무형 냉각응축조 개발

탄화왕겨초액의 제조과정에서는 연기가 냉각수와 접촉하는 표면적에 비례하여 초액의 생산량과 품질이 좌우되었다. 따라서 배취식 왕겨탄화장치에서 개발한 냉각조는 용량이 20 ℓ로 부족하고 냉각수의 표면과 접촉하면서 연기가 통과함으로 연기의 이용율이 낮은 것으로 판단되었다. 따라서 연기가 냉각수와 접촉하는 표면적을 확대시키기 위하여 응축냉각수를 미립자로 분무하는 냉각응축조를 개발하였다.

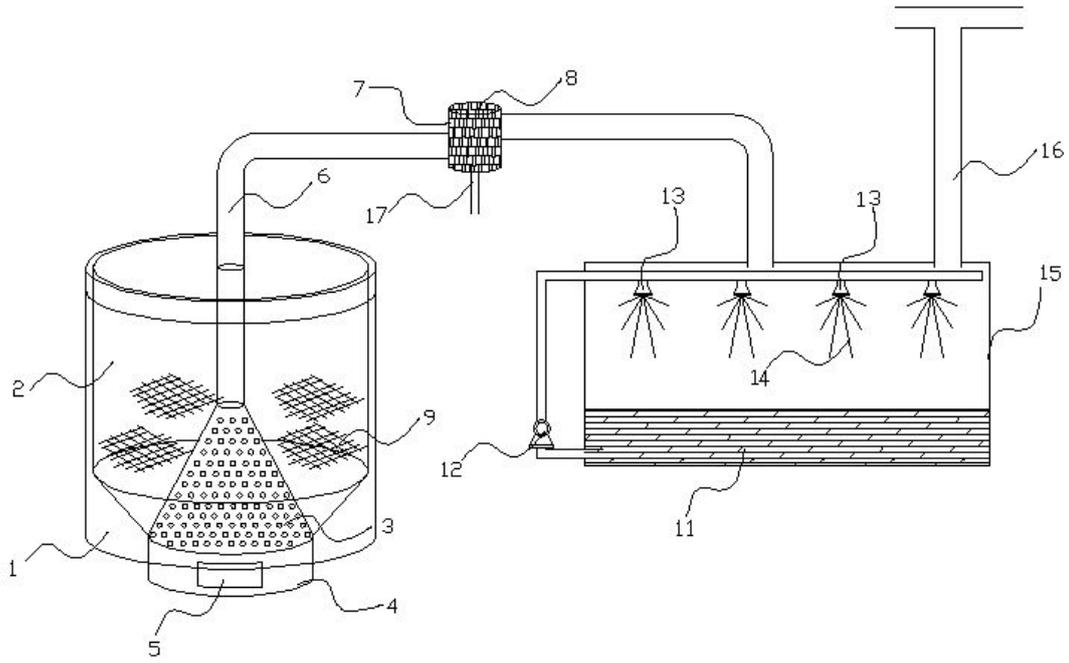


그림 18 순환분무식 냉각응축조

냉각응축조의 용량은 250 l로 하고 냉각수는 30 l까지 충전하여 분무되는 냉각수가 응축조에 안개와 같은 미립자로 충만한 상태에서 연기가 유도되어 연기에 함유되어 있는 무기성분이 유효하고 능률 좋게 냉각응축되도록 하였다.

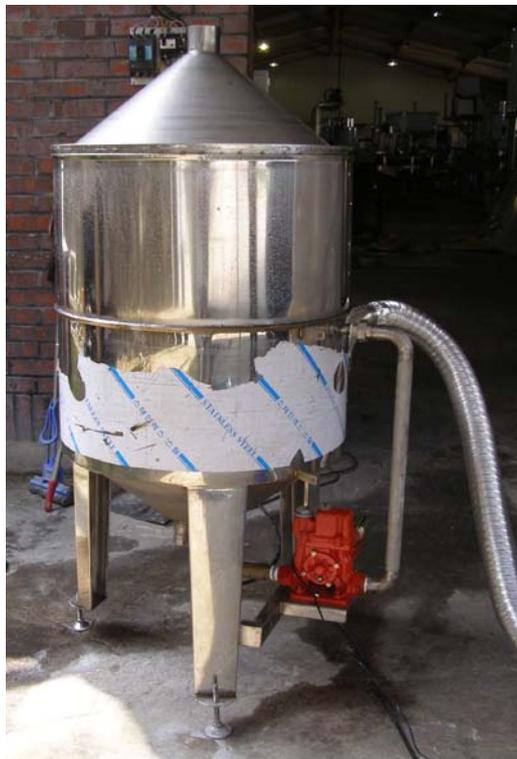


그림 8 분무형 냉각응축조

분무식 냉각응축조의 미립자 분무 방식은 자동펌프에 의한 냉각수 노즐분무 방식으로 개발하였다. 냉각응축조의 용량은 150 ℓ이며 저면에 냉각수를 20 ℓ 충전하고, 80 ℓ 왕겨를 탄화시킨 탄화연기가 냉각조의 중상단부로 유입되면 펌프를 작동하여 냉각수를 스프레이로 미립화 분무한다. 스프레이 미립자가 충전된 냉각조내에서 왕겨탄화연기가 혼합되면서 냉각응축되고 일부는 증발 배출된다. 이런 과정을 거쳐 탄화왕겨초액이 생산된다.



그림 19 노즐분무식 냉각응축조

표 3 배취식/분무응축 왕겨초액 생산 성적

항 목	왕겨	초액	재	탄화시간	비고
내 용	80 ℓ	30 ℓ	40 ℓ	15	목초액 검정기준

1차 시작품인 5-pass 형의 냉각응축조에 비해 냉각수를 미립화함으로서 표면적을 증대시킨 냉각응축조에서의 왕겨초액 생산량은 50% 대폭증가하였다. 미립화의 크기나 분무량의 조절 등과 같은 추가연구를 통하여 같은 량의 왕겨를 사용하면서도 초액생산량은 증가할 수 있을 것으로 사료되었다.

왕겨탄화장치와 분무방식의 냉각응축장치를 사용해서 생산된 왕겨초액은 그림 20과 같다. 그림의 좌측은 목초액 조초액이며 우측이 탄화왕겨초액 조초액이다. 그림에서와 같이 확연하게 구분이 될 정도로 탁한 것이 목초액이며, 이 탁한 성분이 타르이고 타르가 검출되면 농업용으로 사용할 수가 없다. 이것은 원 재료인 왕겨에 목재성분인 리그린의 함량이 적어서 타르가 발생하는 않는 것이다. 목초액의 검정 기준의 하나가 육안검사로 색깔은 담황색이며, 투명해야 하므로, 탄화왕겨초액 조초액은 목초액에 비해 우수한 것으로 판단된다.



그림 20 목초액과 왕겨초액의 조초액

목초액의 기본 검정 기준의 하나가 pH와 타르 함량을 들 수 있다. 아래 표는 일반 농가에서 구입할 수 있는 목초액, 죽초액과 본 연구에서 생산중인 탄화왕겨초액과의 성분분석결과이다. 표에서와 같이 pH 3.5 전후의 조건에서 타르가 검출되지 않는 상황에서 높은 EC값을 보이고 있다. 따라서 탄화왕겨초액은 목초액과 같이 조초액을 농업용으로 사용하기 위하여 3개월간 정치하거나 정제할 필요없이 바로 농업용으로 사용이 가능하다. 또한 원재료인 왕겨는 농가에서 별도로 구입비용이 소요되지 않으므로 재료의 구입과 설비비가 고가인 참나무를 사용하는 목초액과 비교하면 경제성이 월등하다고 할 수 있다.

표 4 목초액, 죽초액, 탄화왕겨초액의 조초액 성분

구 분	pH	EC (ds/m)
목초액 A	3.4	4.8
목초액 B	2.5	1.3
죽 초 액	3.8	4.8
왕겨초액	3.6	1.9

※목초액 A는 조초액

## 2. 왕겨를 원재료로 사용하는 농가용 중형 연속식 탄화기술 개발

### 가. 배취식 왕겨탄화장치

희박공기상태에서 왕겨가 탄화하는 과정과 응축메커니즘에 대한 공정 파악을 위하여 배취방식의 탄화장치를 제작하여 시험분석하였다. 배취식 탄화장치는 연기유도관을 제거하고 탄화로 두껍을 열고 왕겨를 충전하고 착화한 후 착화를 확인한 다음 연기유도관을 연결하여 연기가 응축조로 이송되도록 하였다. 탄화가 종료하면 반대의 순서로 연기유도관과 두껍을 제거하고 탄화로를 뒤집어 재를 비우는 방식으로 하였다.

그리고 탄화로의 용량은 기초시험을 위하여 탄화로 용량 80 l, 응축조 용량 20 l의 소형으로 제작하였으며, 왕겨의 착화와 통기구의 개방정도에 따른 탄화진행상황 파악을 위주로 시험을 진행하였다. 배취형인 1년차 왕겨탄화장치는 1회 왕겨를 80 l를 투입하여 탄화로 하단부의 착화구를 통해 착화하고, 이용 가능한 연기가 발생하는 15시간 정도 탄화가 진행되며 탄화가 종료되면 재를 배출한다.

상부의 연기유도관을 통과한 연기는 응축조에서 미리 충전한 20 l의 물에 의하여 응축냉각되어 초액으로 만들어진다. 응축냉각조는 연기가 유입되면 5-pass 형의 유도관에 의하여 냉각수 표면을 거쳐 응축되고 나머지는 외부로 배출된다.

배취식 왕겨탄화장치의 시작품에 대한 결과를 요약하면, 일일 탄화 진행시간은 15시간이상이면 충분하고, 필요에 따라 연속 진행이 가능하도록 왕겨의 연속투입과 재의 배출, 초액의 배출과 응축조의 청소 등에 대한 검토와 설계가 필요할 것으로 판단되었다. 또한 정상적인 탄화의 진행을 위하여 통기구는 가능하면 밀폐할 수 있는 메커니즘으로 하고, 그러나 통기구는 제작공정이나 밀폐를 위하여 착화구와 겸용으로하는 것이 유리할 것으로 판단되었다. 응축냉각은 연기가 냉각수의 표면을 스치고 지나가므로 접촉하는 표면적을 확대시킬 필요가 있어서 목표한 대로 순환노즐분무나 2류체노즐방식을 적용하는 것이 적당할 것으로 판단되었다. 배취식 왕겨탄화장치의 시제품으로 생산한 왕겨초액은 기존의 목초액과 비교하여 불 때 농업용으로 사용하는 데 오히려 타르성분이 적어 정치하는 시간을 절약할 수 있는 장점이 있었다.

### 나. 연속식 왕겨탄화장치

연속식 왕겨탄화장치는 왕겨의 투입과 왕겨재의 배출을 분리하여 작업이 편리하게 하고 연속적으로 탄화를 진행시키기 위하여 구성하였다. 왕겨의 공급은 상부의 두껍으로 하고 탄화가 진행되어 하부로 가라앉은 왕겨재를 배출하는 방식이다. 탄화된 왕겨재는 가루상태이기 때문에 배취식으로 작업하기에 어려운 부분이 많고 탄화로를 뒤집어야하는 번거로움이 있었다. 왕겨재의 배출은 스크류 오거를 사용하여 전동화하였으며, 전원을 사용하지 않을 경우 수동으로 배출하도록 구성하는 것이 가능하다.

제작한 연속식 왕겨탄화장치는 용량을 300 l 급의 대형으로 하였으며, 연속탄화에서 생산할 수 있는 탄화왕겨초액의 생산성을 확인해보고자 하였다. 그림 21은 구성도이며, 그림 22에는 연속식탄화로와 응축조의 결합상황을 나타낸다.

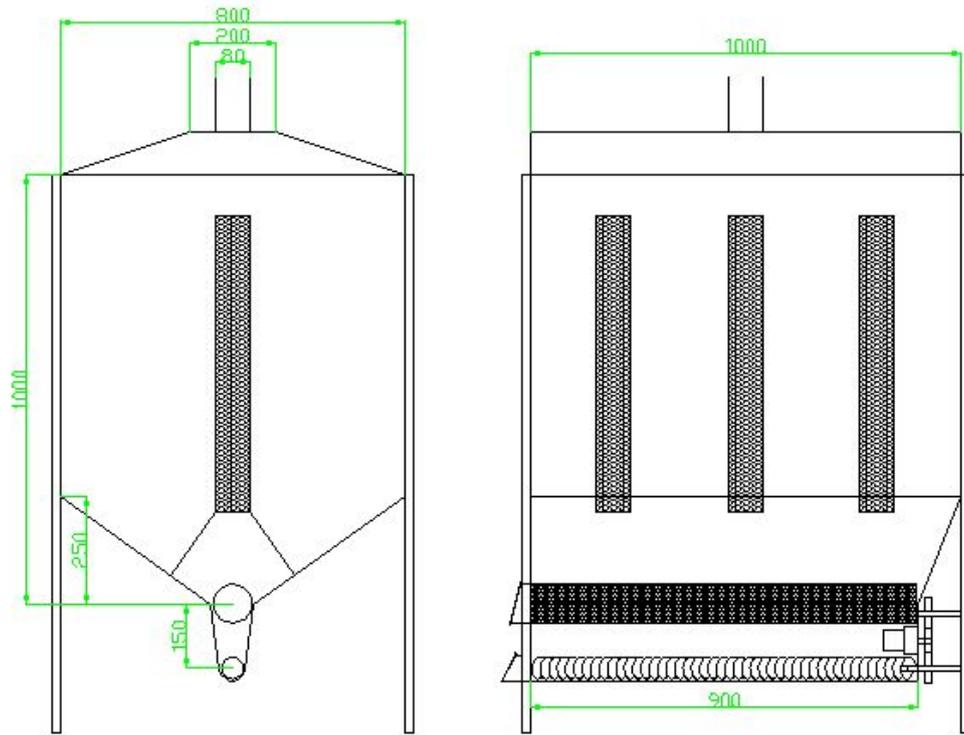


그림 21 연속식 탄화로 구성도



그림 22 연속식 탄화장치와 응축조

표 4 연속식/분무응축 왕겨초액 생산 성적

항 목	왕겨	초액	재	탄화시간	비고
내 용	300 ℓ	80 ℓ	120 ℓ	50	목초액 검정기준

연속식 왕겨탄화장치의 탄화시험에서 표 4와 같이 투입한 왕겨량에 비례하여 탄화초액이 생산됨을 확인할 수 있었으며, 왕겨 100 ℓ에 대해 30 ℓ의 초액을 생산하는 것을 결과로 얻을 수 있었다.

다. 일체형 왕겨탄화장치

왕겨의 공급과 왕겨재의 배출을 배취식과 연속식으로 구성하여 왕겨의 탄화특성을 구명하기 위하여 기초시험을 수행하였다. 실용화 모델은 기본적으로 탄화로 상부에 응축조를 설치하여 외부로 연기유도관을 연결하지 않도록 하는 일체형으로 구상하였다. 연기유도관을 통과하는 탄화연기는 온도가 보통 70℃ 정도되므로 외부로 길게 배관될 경우 외부공기로 인해 연기유도관 내에서 응축될 가능성도 있고, 작업자의 화상 등 안전에도 문제가 있었다. 탄화로의 용량은 150 ℓ, 응축조의 용량은 80 ℓ, 탄화 시간은 20시간을 목표로 하였다.

그림 23은 착화구와 재배출구를 분리한 모델로서 착화구는 장치의 정면하단부에서 별도의 착화구와 착화망을 통하여 착화하고, 재배출은 장치의 양측면하단부로 전동모터를 장치하여 스크류오거 방식으로 배출하도록 하였다.

그림 24는 착화구와 재배출구를 겸용으로하는 모델이다. 그림에서와 같이 장치하단부 양측단에 착화구 두경을 설치하고 착화망을 삽탈할 수 있도록 하였다. 최초 착화시에는 두경을 열고 착화망을 삽입한 다음 그 위에 왕겨를 충전하고, 착화망 아래 공간으로 토치나 가스버너로 착화한다. 탄화가 종료되면 두경을 열고 착화망을 제거한 다음 밀대 등을 사용하여 재를 양측단으로 밀고당기면서 배출하도록 한다.

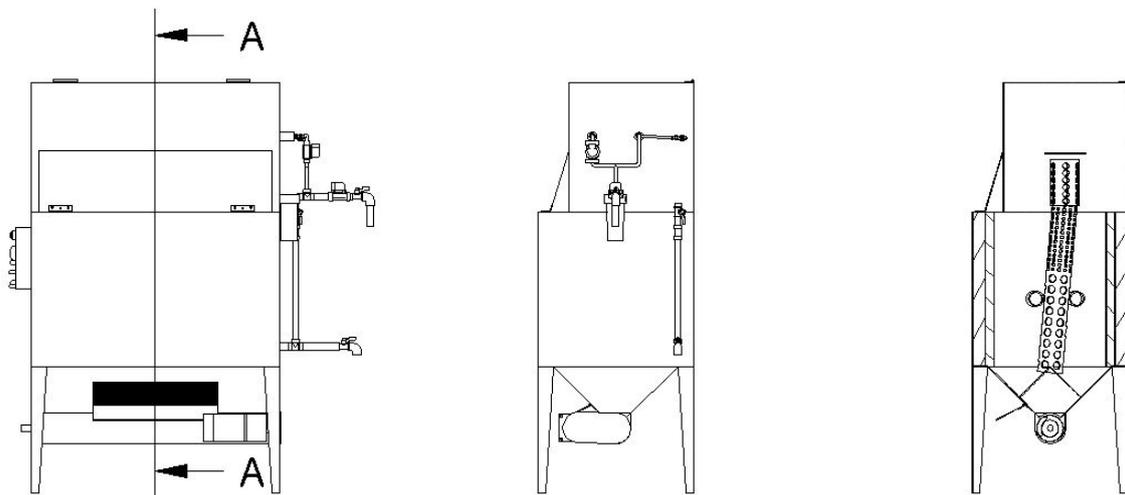


그림 23 일체형 왕겨초액제조장치(착화/재배출 별도)

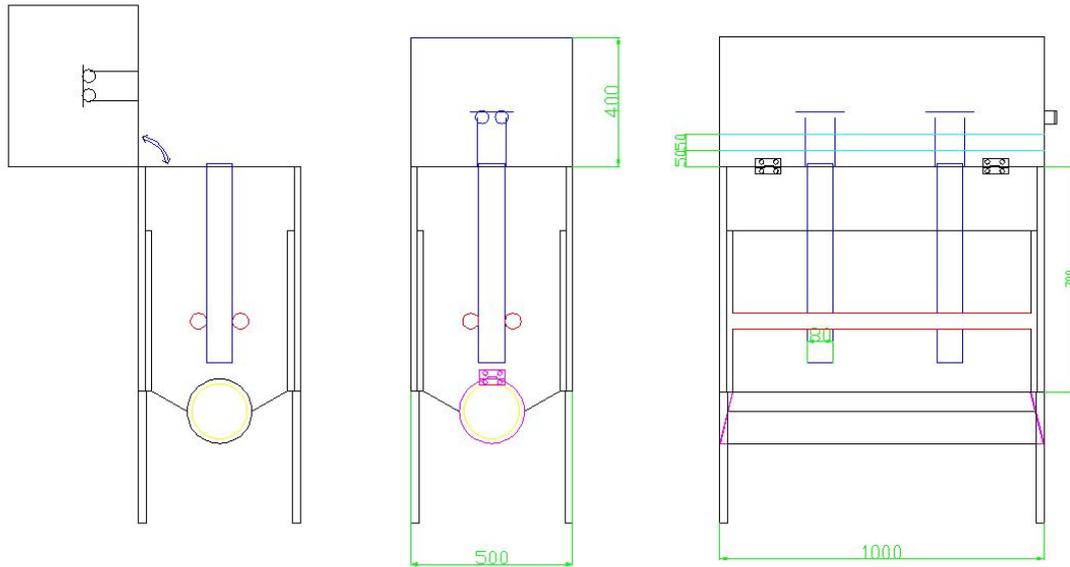


그림 24 일체형 왕겨초액제조장치(착화/재배출 겸용)

왕겨탄화장치에서 가장 번거로운 작업은 원재료인 왕겨의 투입과 재의 배출이다. 실용화 모델에서는 왕겨의 투입은 상부로 하고, 재는 하부로하여 연속탄화가 가능하게 하고 작업이 편리하도록 하였다.

그림 25, 26과 같이 탄화로와 응축조 일체형모델로 상부에 응축조를 고정하고 중상단부에 왕겨 투입을 위한 투입창을 설치하였다. 투입창의 두경을 앞으로 열면 90° 각도로 열리면서 수평을 유지하게 된다. 이 수평상태의 두경상부에 왕겨마대를 올려놓고 탄화로 내부로 왕겨를 투입하도록 하였다. 그러나 본 모델은 제작공정이 복잡해지고 초액의 배출 및 응축조의 청소시간이 소요되는 되는 등 결점이 있어 그림 26과 같이 모델을 설계하였다. 그림에서와 같이 상부의 응축조를 90° 각도로 회전되도록 하여, 그 때 발생하는 공간으로 왕겨를 투입하도록 하고, 역시 90° 기울어져 바닥이 직각인 응축조 내부 청소가 용이하도록 하였다. 왕겨의 탄화 연기에는 재의 일부도 있거니와 응축냉각시에 발생하는 타르가 빵덩어리처럼 엉켜지기 때문에 매번 청소하는 것이 좋다.

재처리장치는 장치의 하단부에서 구성되며, 착화구와 재 배출부를 겸용으로하고 재의 처리는 그림 25와 같이 전동으로 스크류오거를 이용하여 배출하거나 그림 26과 같이 사각형의 판을 밀대로 밀고당기는 수동으로 배출하도록 하였다. 이것은 연속탄화를 위한 시도로 일정시간 탄화가 진행되어 재가 하단부로 쌓이게 되면 탄화진행중에도 일정시간 간격으로 재를 배출하는 것이 가능하도록 하였다. 이 경우 최초 착화시 착화를 위한 공간 확보를 위하여 타공망이나 그물망을 사용할 필요가 없다. 그러나 별도로 부착된 착화구에서의 틈새가 탄화시 유입되는 공기량 조절에 어려움이 있었다.



스크류오거방식 재처리장치

그림 25 왕겨상부투입 하부재배출

그림 26은 이런 결점을 해소하기 위하여 착화구와 재 배출구를 별도로 구비하였다. 장치의 중앙하단부 양측면으로 재배출구를 설치하여 밀대로 재를 배출하고 장치의 하단부 중앙정면에 타공망을 부착하고 외부에 미단이 식의 착화구를 구비하였다. 탄화가 진행되면서 재는 아래로 쌓이게 되면 배출구를 통하여 사각형의 밀대를 밀고당기면서 양측면으로 재를 배출한다.



밀대식 재배출구

그림 26 재배출구와 착화구의 분리

착화구는 장치의 뒷면 중앙하단부에 100\*400의 크기로 외벽을 개방하고 내부에 6mm 메쉬

철망을 설치하여 왕겨가 외부로 새어나오지 않게 하였다. 바깥쪽으로는 좌우로 미닫이 형태의 두껍을 설치하여 착화구의 개방이나 착화 후 공기공급량을 조절하는 통기구로 작용하도록 하였다.

이 장치에서는 착화구와 재배출구가 별도로 설치되어 있어 착화구 두껍으로부터 틈새가 발생되어 탄화장치로 유입되는 공기를 완벽하게 차단할 수 없고, 그림 27과 같이 착화구의 크기를 전체 탄화로 길이만큼 길게 하는 것이 불리하므로 탄화로 내로 유입되는 공기량을 조절하는 것이 어려워 탄화시간이 짧아지는 문제점이 있었다. 또한 제작공정상으로 보면 자재나 판금 용접 등 제작비가 상승한다.



그림 27 착화구

따라서 실용화 장치의 시작품으로 그림 28과 같이 착화구와 재처리구를 겸용으로 제작하고 최초 착화시에 재처리구 두껍을 개방하여 타공망(와이어 메쉬철망)을 삽입하여 착화하고 탄화가 진행되어 재가 발생하면 타공망을 제거하고 재를 처리하도록 하고자 한다. 이렇게하면 탄화를 연속적으로 하여 재를 처리하는 것도 가능하고, 간헐적으로 탄화를 할 수도 있을 것으로 판단되었다.

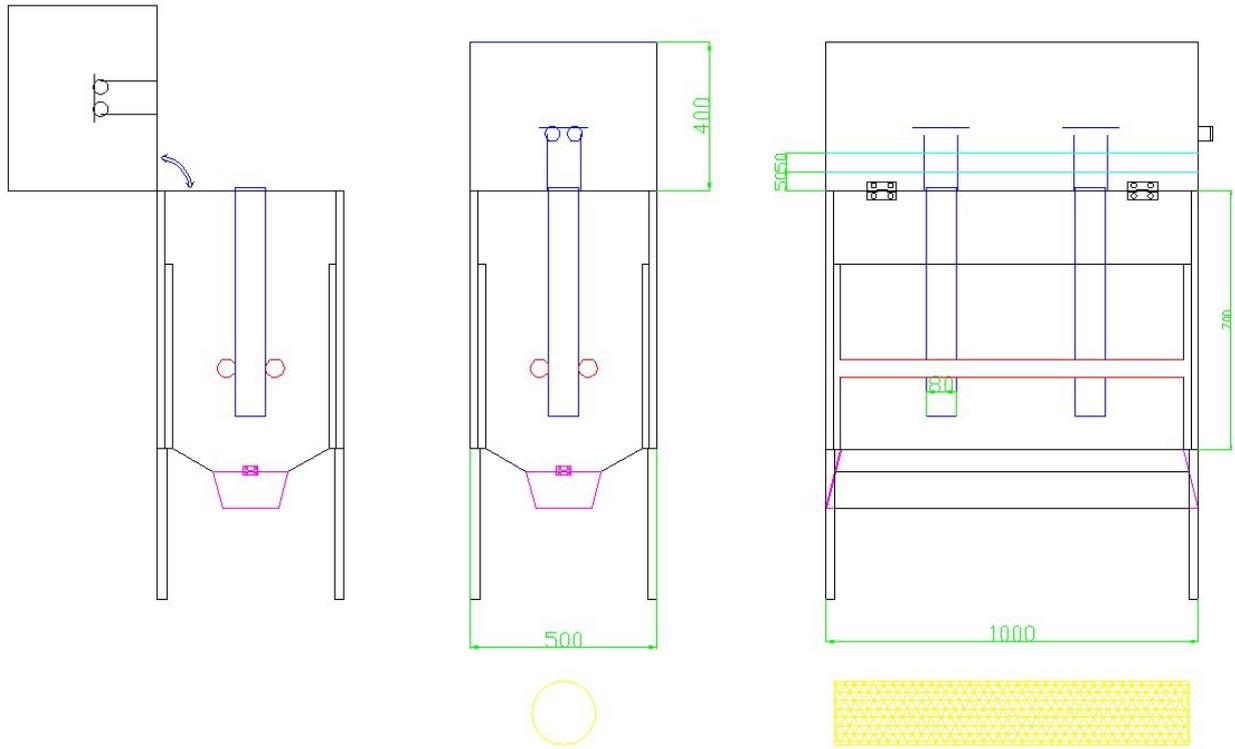


그림 28 착화구/재배출구 겸용형 모델

라. 순환분무 응축냉각장치

탄화에 의하여 발생한 연기는 응축조에서 냉각수와 접촉하여 응축냉각된다. 따라서 연기가 냉각수와 접촉하는 면적을 크게 하는 것이 연기속에 포함되어있는 무기물이 능률적으로 냉각수로 액화되어 왕겨초액이 만들어진다. 배취식의 시작품에서는 연기가 냉각수의 표면을 스쳐지나가는 방법으로 응축되어 초액의 생산량이 20ℓ 생산하는 데 그쳤다.

따라서 연속식 장치에서는 연기와 냉각수와의 접촉면적을 크게하기 위하여 연구목표대로 펌프에 의한 분무순환방식과 압축공기를 사용하는 2류체 노즐을 사용하는 무화응축방식으로 장치를 제작하였다.



그림 29 분무노즐순환방식 응축



그림 30. 2류체노즐무화순환 응축

그림 29는 수증펌프를 사용하여 분무하고 분사노즐을 사용하여 스프레이 수준의 입자를 분무하여 응축조내의 연기와 냉각수가 혼합되게 하여 응축하는 기술이고, 그림 30은 호스를 통해 외부에서 공급된 압축공기를 사용하는 2류체노즐을 사용하여 포그 수준의 입자로 응축조내에서 응축수를 무화순환하는 기술이다.

분무노즐방식은 수증펌프나 타르필터를 사용할 경우 순환펌프 정도면 가능하고, 2류체노즐의 경우 역시 타르필터와 압축공기의 유분과 수분을 제거하는 필터를 사용해야하고, 비용의 면에서는 압축공기를 공급을 위한 2류체방식이 고가이나 초액 생산능률이 높다. 따라서 같은 량의 왕겨에서 많은 초액을 생산하기 위해서는 2류체노즐무화 방식이 유리할 것으로 판단된다. 그러나 기존의 2류체노즐은 무화입자가 본 장치와 적합하지 않아 별도로 개발할 필요가 있었다.

표 5. 일체형왕겨초액장치의 왕겨초액제조 능력

항 목	왕겨	초액	재	탄화시간	비고
내 용	100 l	30 l	40 l	20	목초액 검정기준

표 5는 일체형왕겨탄화장치로 생산한 왕겨초액의 평균치이다. 150 l 탄화로 내에 100 l의 왕겨를 채우고 각각의 방법으로 착화한 후 왕겨의 건조상태, 손상상태에 따라 약간의 차이는 있으나 초액이 생산되는 탄화시간대는 평균적으로 20시간이 소요되었다. 초액 생산량은 목초액 기준인 pH 3.5. 비중 0.1, 타르 불검출 기준에 적합한 량으로 검정하였다.

#### 마. 측면응축조형 왕겨탄화장치

일체형의 왕겨탄화장치에서는 150 l의 탄화로, 80 l의 응축조를 기본적으로 유지하면서 제작한 시작품은 높이가 1900mm에 달한다. 이 경우 상부에 있는 응축조의 두께를 열고 탄화초

액의 제조과정을 확인하거나 청소등을 하는 데 사다리나 받침대를 이용해야 하는 불편함이 있었다. 응축조는 왕겨재, 타르 등이 응고하여 벽면이나 바닥에 고착되는 등의 현상이 발생하므로 매 작업마다 청소를 해야한다. 또한 분무 노즐부분도 청소를 해야 막히지 않는다.

따라서 기체 높이를 낮추는 방법으로 응축조를 탄화로의 측면에 장착하는 방식으로 구상하여 제작하였다. 그림 31, 32은 응축조를 측면에 설치하고 내부로 연기유도관을 배치한 구성도이다.

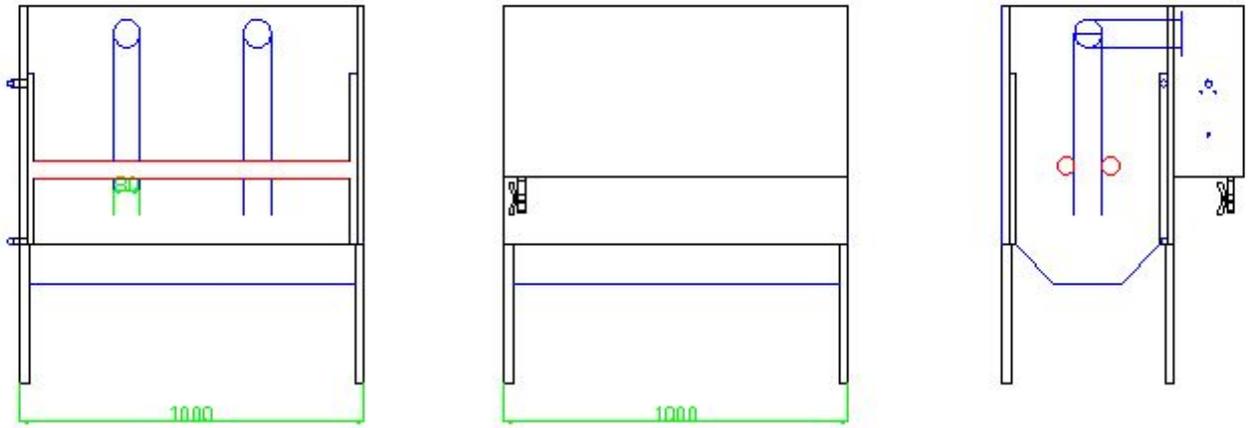


그림 31 측면응축조형(내부연돌식) 왕겨탄화장치 구성도



그림 32 측면응축조형(내부연돌식) 왕겨탄화장치

그림에서와 같이 측면형 왕겨탄화장치는 장치의 상단의 높이를 같도록 응축조를 탄화로의 측면에 장착하였다. 내부의 연돌은 탄화로 상단에서 직각으로 구부러져 응축조로 연결된다. 이렇게 구성하면 탄화장치의 전체 높이는 1500mm로 지상에서 탄화로나 응축조의 두경을 열고 수시로 탄화나 응축 공정을 확인하는 것이 가능하고, 탄화로에 왕겨를 공급하거나 응축조의 청소등 작업시 사다리나 받침대를 사용하지 않아도 된다.

내부연돌식 왕겨탄화장치는 탄화로 내에서 연기유도관이 직접 연결되기 때문에 탄화시 발생하는 왕겨재 등의 이물질이 연기에 혼입되어 응축조로 들어가게 되어 탄화초액이 완성되면 별도의 여과등의 공정이 필요하게 된다. 그래서 연기유도관 중간에 이물질을 제거하는 장치를 할 필요가 있었다. 그림 33, 34는 이러한 공정을 달성하기 위하여 연기유도관을 외부로 돌출시키고 여기에 사이클론을 설치하여 이물질을 제거하도록 하였다.

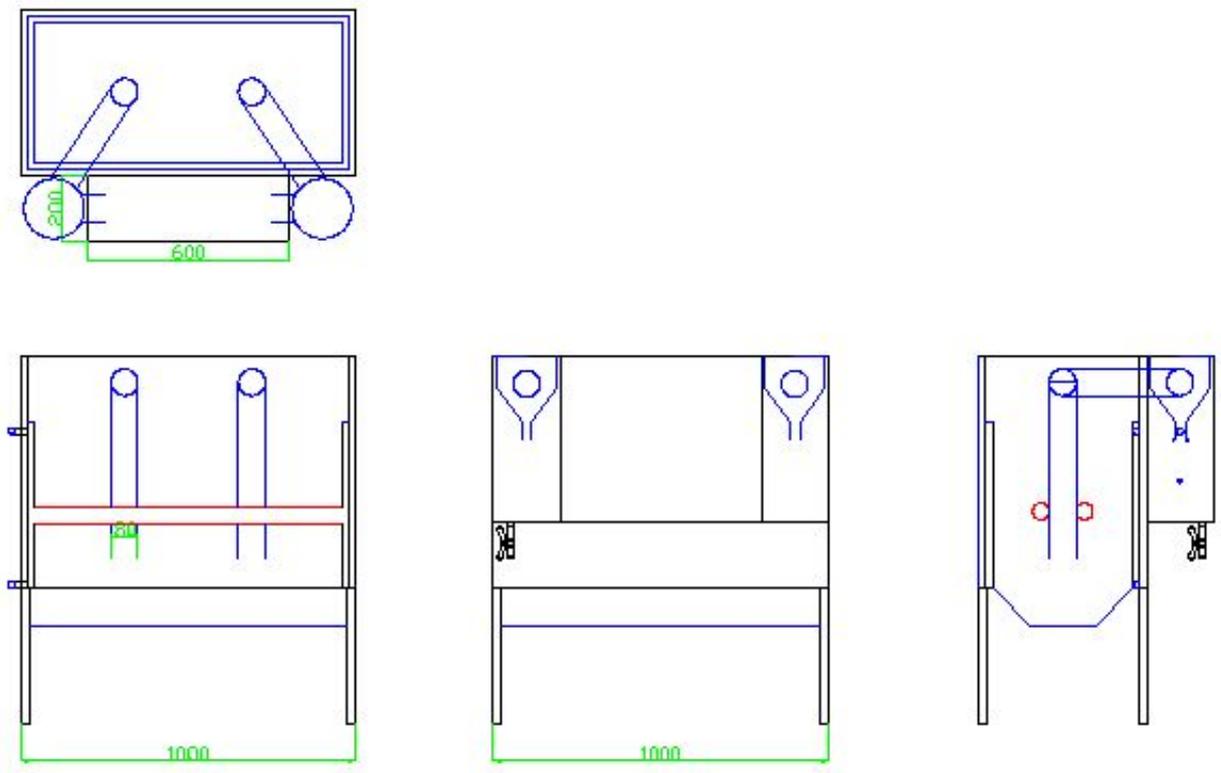


그림 33 측면응축조형(외부연돌식) 왕겨탄화장치 구성도



그림 34 측면응축조형(외부연돌식) 왕겨탄화장치

측면형 왕겨탄화장치의 탄화초액 생산은 기본적으로 일체형과 같은 량 및 탄화로를 적용하

였기 때문에 초액의 제조 성능은 표 6과 같이 일체형의 성능과 동일하게 나타났으며, 사이클론을 사용한 장치에서 초액은 이물질이 없어서 육안판정에서도 확연하게 깨끗함을 확인할 수 있었다.

표 6. 측면형왕겨초액장치의 왕겨초액제조 능력

항 목	왕겨	초액	재	탄화시간	비고
내 용	100 ℓ	30 ℓ	40 ℓ	20	목초액 검정기준

### 3. 유기자재 탄화기술 및 온수보일러 겸용화 기술 개발

왕겨는 일반적으로 표준 석탄의 1/2에 해당하는 발열량을 가지고 있다. 현재 개발하고 있는 왕겨탄화장치는 탄화로의 용량을 150 ℓ, 1회 처리 왕겨는 100 ℓ를 사용하고 있으며, 탄화시간은 20시간을 유지하는 것으로 확인되었다. 따라서 연속적으로 희박공기상태에서 탄화가 진행된다면 온도는 700℃를 유지한다. 왕겨탄화장치는 탄화시 발생하는 연기를 이용함으로 일정한 속도로 탄화가 진행되기 때문에 온도 또한 일정하게 유지된다.

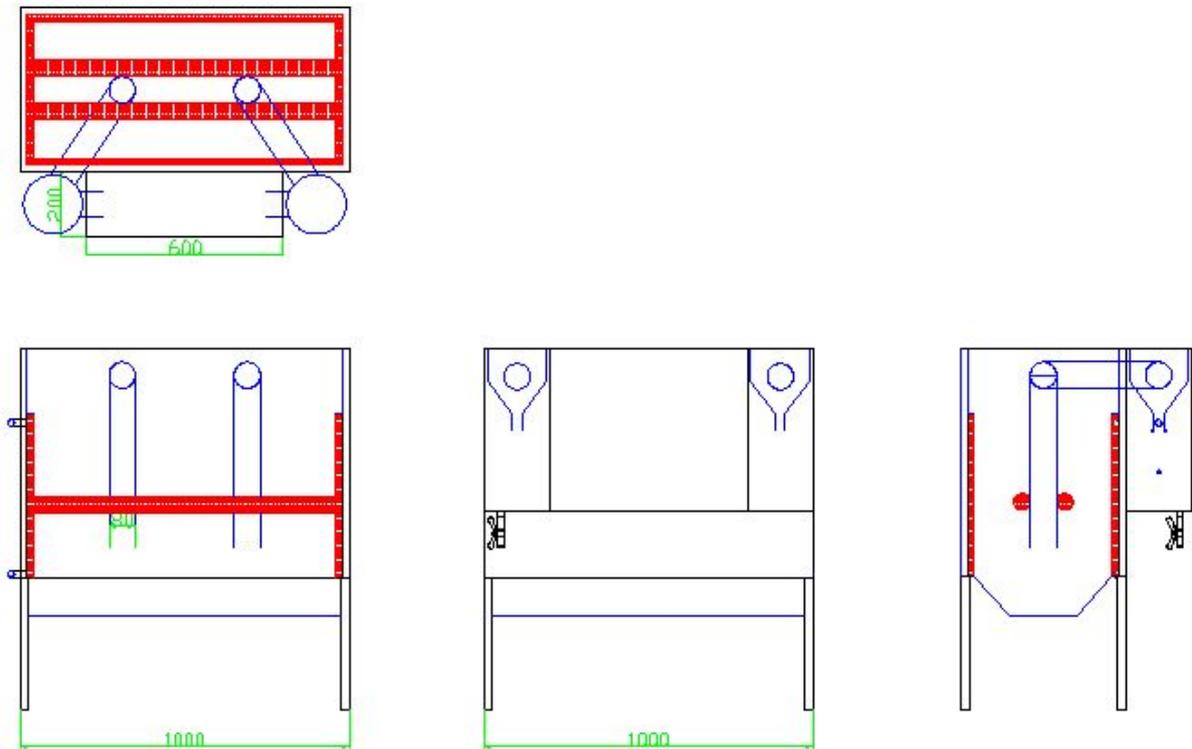


그림 35 왕겨탄화로의 열교환기

왕겨탄화장치의 탄화로 내에 워터 재킷을 그림 35와 같이 설치하여 열교환기로 활용한다. 워터 재킷은 탄화로의 내면과 길이방향의 면을 관통연결하는 파이프를 설치하여 연통을 지지하도록 구성한다. 연통의 외부에 배관을 설치하여 온수조와 연결배관한다.



그림 36 워터 재킷 열교환기



그림 37 온수순환펌프

외부온수조는 용량 400 l 의 용량으로 그림 38과 같이 제작 배관한다.

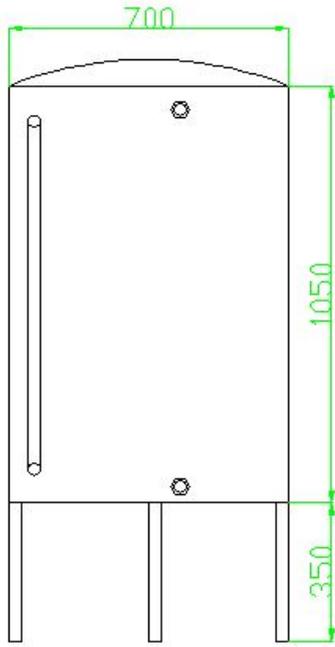


그림 38 외부 온수조

## 제2절 기능성물질 액비제조기술 개발

### 1. 유기자재 기능성물질추출 기술 개발

#### 가. 중탕식 추출장치

각종 야생식물이나 약용식물은 각자 고유한 성분의 물질을 갖고 있다. 이런 유효한 기능성 물질을 추출 이용하는 데는 다양한 방법이 있을 수 있으며, 일반적으로 한약과 같은 열수 추출 방식을 택하고 있다. 열수 추출은 일반적으로 청수에 재료를 넣고 장시간 우려내는 방식으로 추출을 하고 있으며, 재료에 따라 가열온도나 시간이 차이가 날 수 있다.

열수추출은 일반적으로 85℃를 기준으로 추출하고 그 이상의 온도에서는 탄화가 발생하기 때문에 피하는 게 좋다. 또한 추출조에 직접 열기가 가해 질 경우 일부에서 고온으로 인한 화근내 등이 발생하므로 중탕방식을 이용한다. 그림 39는 추출 예비시험으로 중탕방식의 추출조를 제작하여 열수 추출에 따른 추출효과를 파악하였다.

그림과 같이 내용량 60 l의 추출조를 3중의 스텐레스 스틸로 제작하고 중탕으로 열수 추출이 가능하게 하였다. 바깥은 보온벽으로 작업자의 화상과 같은 안전을 도모하고 단열효과를 위하여 단열재를 30mm 시공하는 단열층으로 하고 그 내부에 온수를 열매체로하는 온수층을 설치한다. 온수조의 아래측 하단에 면상히터를 부착하여 가열수단으로 하고 온수조의 일정 수위 조절이 가능한 설비를 한다.

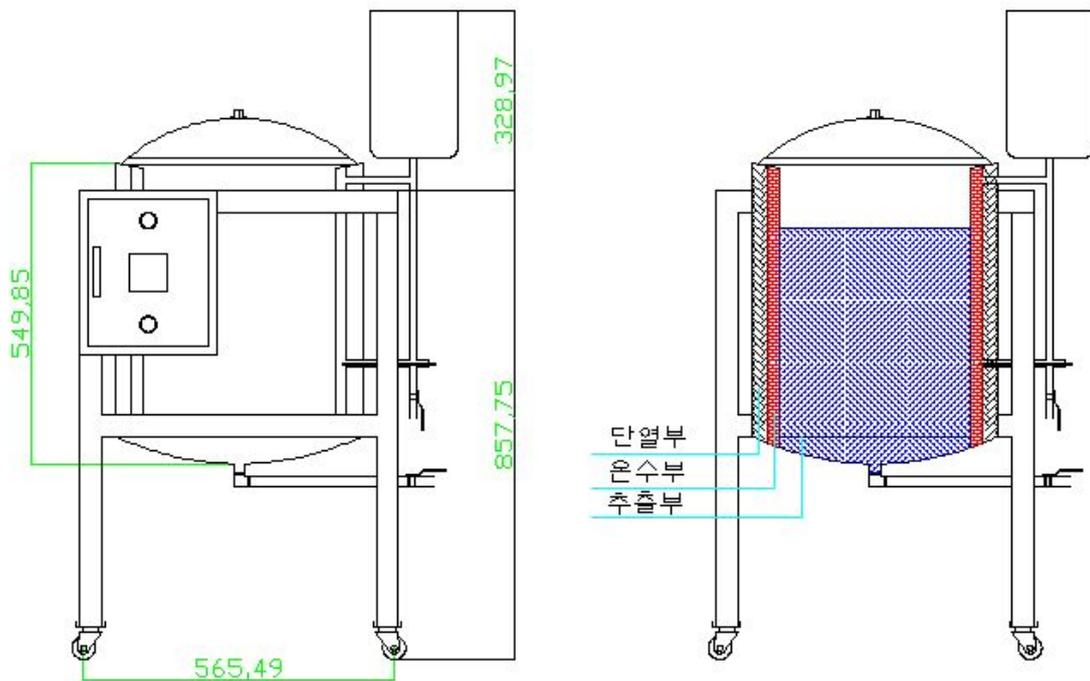


그림 39 중탕식 추출기

추출장치는 히터와 시간을 조절입력하는 컨트롤러를 설치하여 자유자재로 제어가 가능하게 하였다.

일반적으로 홍삼이나 한약재의 경우 법랑이나 자기, 유리용기를 사용하는 것이 가장 좋다고 하기 때문에 추출을 위한 기초실험으로서 10mm 두께의 유리로 만든 달임기를 제작하여 추출 기초시험을 수행하였다. 그림 40은 60 l 용량의 중탕식 추출기와 5 l 용량의 유리추출기의 사진이다.



그림 40 추출장치

유효성분의 효율적인 추출장치 및 추출기술 개발을 위하여 수행한 기초시험은 추출재료의 전처리가 추출시간의 단축에 어떤 차이를 보이는가 보기 위하여 그림 41과 같이 홍삼을 원형 홍삼과 절개, 절편, 분말로 가공전처리하여 같은 온도에서 추출하는 시험을 수행하였다. 홍삼은 경도가 있기 때문에 최초 추출에 들어가기 전에는 이런 가공이 불가능하여 같은 조건에서 24시간 달인 후 그림과 같이 가공하였다.



그림 41 홍삼의 전처리 가공

표 7 홍삼의 추출속도

구 분	기본 달임	2.0%Brix 도달시간
원형	24hr	48hr
절개	24hr	40hr
절편	24hr	20hr
분말	24hr	2hr

표에서와 같이 기본적으로 홍삼을 24시간 달인 후에 절개는 홍삼을 절반으로 중심을 절개하여 계속 추출하고, 절편은 두께 5mm를 기준으로 길이방향 직각으로 절단하여 추출하였다. 분말은 홍삼분말기에서 완전히 200MESH 정도 분쇄하는 것이 아니고 걸름망을 제거하고 분쇄

하여 일부는 과립의 형태로 존재하도록 분쇄하여 추출하였다. 추출시간은 매시간 농도를 당도계로 측정하여 추출액의 농도가 2.0% Brix에 도달하는 시간으로 하였다. 약간의 차이는 있겠지만 절개 전처리에서는 전체 추출시간을 72시간으로 보면 10% 정도의 단축효과가 있고, 절편에서는 25~30% 단축이 가능하며, 분말에서는 60% 이상의 시간 단축이 가능하였다. 그러나 작물의 뿌리인 홍삼은 특히 전분의 추출이 많아 농축이나 다른 추출액과의 혼합, 발효에서는 전분을 제거하는 공정이 필요할 것으로 판단되었다.

홍삼을 이용한 추출 기초시험에서 유추한 결과로는 식물체의 고유성분을 추출하기 위한 추출장치를 위한 전처리는 대체로 관리하기에 편리한 길이 5~10cm 정도의 길이로 절단 가공하는 것이 가장 무난할 것으로 판단하였다. 이것은 이보다 더 짧게 세단할 경우 혼합같은 경우 유리하지만 망을 통과하거나 배관을 막히게 할 수 있고, 가벼울 경우 위로 뜨게되는 등 문제가 있을 것 같고, 길이가 15cm 이상으로 길게 되면 혼합이나 작은 용기에 수납이 여의치 않으며 투입이나 배출시 주의 요하게 될 것으로 판단되었다.

#### 나. 증발농축장치

열수추출법으로 식물체의 고유 성분을 추출하게 되고 발효 숙성하게 되면 기능성 액비 등으로 활용이 가능하다. 대체로 이럴 경우 시용농도는 500~1500배액으로 사용하게 되고 1ha(3000평)의 경우 1000ml 용량 20개 정도를 사용하게 된다. 따라서 기능성 성분의 수송, 보관, 관리를 위해서는 일정 농도로 농축하여 체적을 감소시켜 둘 필요가 있다.

농축액을 제조하는 방법은 크게 2가지 기술적인 방법이 있다. 하나는 감압증발과 또 하나는 박막증발이다. 감압증발은 1/2기압 정도 감압하여 증발온도가 70℃이하로 되도록 하는 기술로 증발하는 데 소요되는 에너지를 절감할 수 있다. 그러나 고압압력용기를 사용해야 하기 때문에 설비비가 비싸지게되고 감압으로 인한 유효성분의 파괴나 손실을 막을 수가 없다.

또 하나의 방법인 박막증발은 추출액을 박막을 형성할 수 있는 형상의 기구를 형성하고 가열하여 증발하므로 고온이고 대형의 설비를 수반하여 설비비가 고가로 된다. 특히 에너지소비가 많은 것이 단점으로 대형 설비를 해야 능률이 높다.

따라서 본 연구에서는 이 두 기술의 단점을 극복할 수 있는 장치, 즉 저온의 대기압에서 증발이 가능한 장치를 구상하였으며 연속박막증발장치로 제작하여 시험하였다. 개발한 장치는 그림 42, 43과 같이 발열체를 회전시키고 발열체의 벽면에 연속적으로 박막을 형성하여 증발이 것으로 대형의 설비가 아닌 회전에 의한 연속적인 박막의 형성을 진행되도록 하였다. 그림에서와 같이 농축조 아래에 물 또는 열매체를 이용하여 고온을 유지하는 온수조를 만들고 배관을 통하여 드럼 형의 발열체에 온수를 연속공급하고 발열체를 회전시킨다. 발열체는 원통형의 드럼형으로 제작하고 발열드럼은 온수조의 상부에 농축할 추출액이 담겨지는 공간에 설치하게 된다. 발열체 드럼은 1/2 이하 수준에서 항상 추출액에 담겨져 있는 상태로 회전하게 되면 드럼에 표면에 추출액이 박막의 상태로 대기상태로 노출되면서 증발되고 추출액은 농축된다. 본 연속박막증발농축장치는 대기의 상대습도에 따라 증발농축효율이 약간의 차이가 발생하기는 하나 45℃ 이상에서 육안으로 증발의 확인이 가능하며, 일상적으로 농축의 고온한계인 65℃이하에서 농축을 수행하고자 설계하였다. 시작품의 설계사양은 온수용량 20 l 농축조 용량 60 l 최초 추출액 용량 40 l 로 설계하였고, 전열히터의 용량은 2.5kw이다.

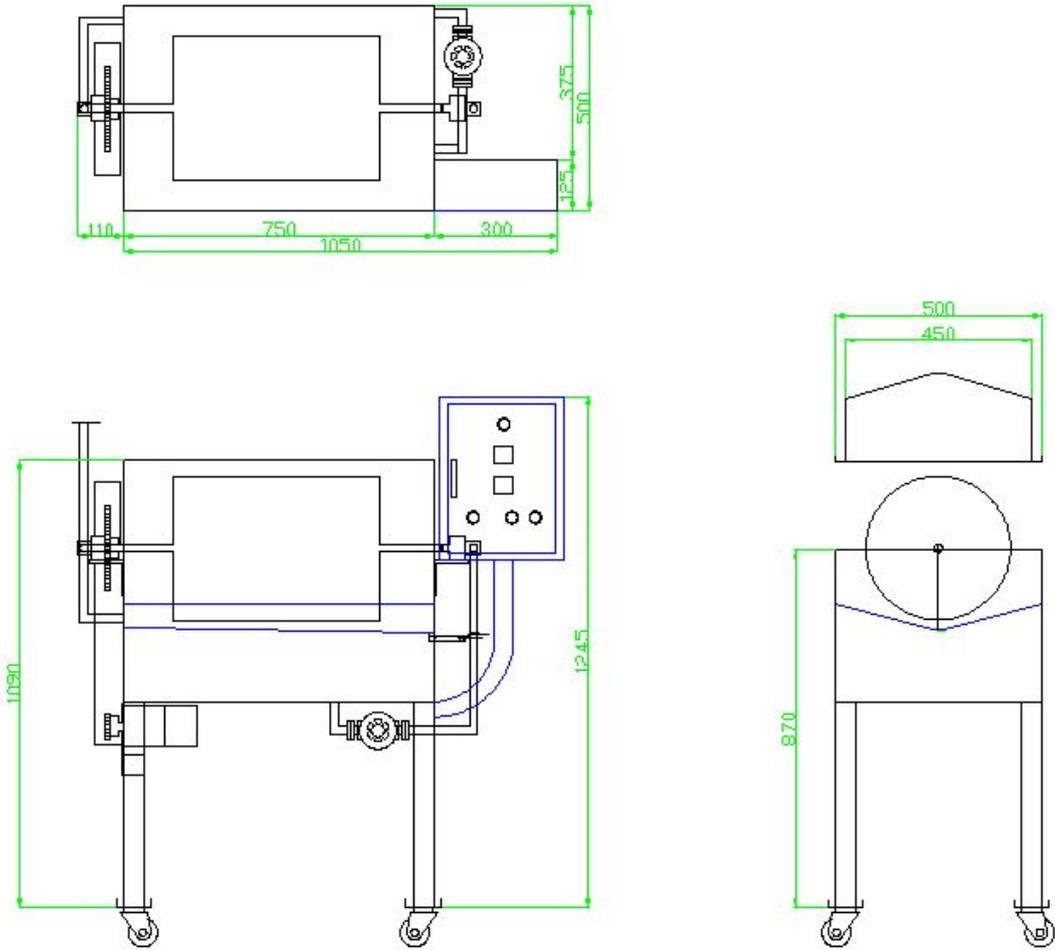


그림 42 대기압 연속박막증발장치 구성도



그림 43 대기압 연속박막증발장치

표 8, 9는 연속박막증발장치의 증발성능이다. 표에서와 같이 63℃에서 최초 20 l의 추출액

을 1 ℓ로 농축하는 데 500분의 시간이 소요되었다. 이것은 100 ℓ 용량의 감압증발기 2 ℓ/hr 보다 높은 증발량을 나타내는 것으로 확인되었다.

표 9는 온도대별 농축 비교시험의 결과를 나타낸다. 이것은 2 ℓ 용량의 소형 박막증발장치의 성능으로서 50℃에 비해 각 5℃의 증가에 따라 177%, 244%의 증발량을 나타냈다. 따라서 유효성분의 손실이나 파괴 염려가 없는 대기압에서 65℃이하 저온에서 감압증발기 보다 2배 정도의 증발 성능을 나타냄으로서 식물추출물의 농축장치에 적합할 것으로 판단되었다.

표 8. 연속박막증발장치 증발성능

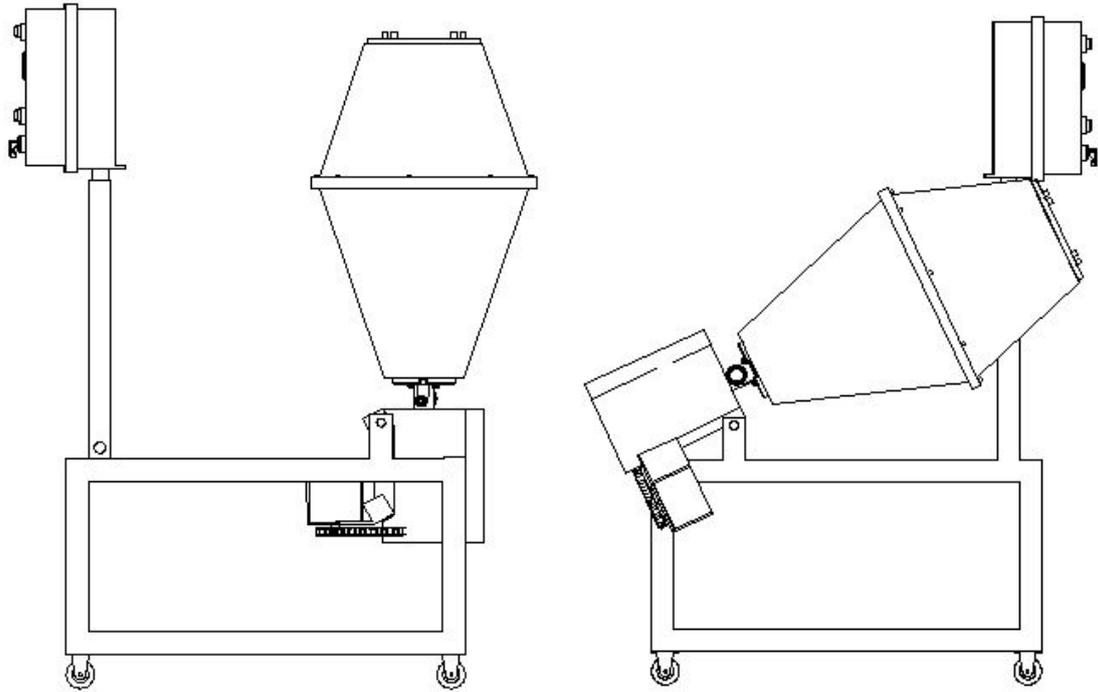
시간(min)	용량	Brix(%)
00	20,000ml	1.0
120	13,000ml	1.9
240	7,625ml	2.8
360	2,200ml	8.6
500	1,000ml	12.7
63℃		

표 9. 온도대별 증발농축성능

온도(℃)	증발량(ml)/hr	비 고
50	900	-
55	1,560	173%
60	2,200	244%

#### 다. 추출농축겸용장치

식물고유성분의 추출장치는 중탕식의 열수추출방식, 농축은 연속박막증발방식으로 개발하여 그 성능을 시험하였으며, 훌륭한 결과를 확인하였다. 추출농축겸용장치는 이 두장치의 원리를 합쳐서 겸용으로 사용하도록 구성한 것이다. 농축장치에서의 온수조와 추출장치의 중탕은 같은 원리이므로 중탕식의 온수장치를 구상하고, 추출 및 농축조를 직립과 경사지게 회전하는 것이 가능하게 구상하여 중탕의 온수조 내부에서 세워서 추출하고, 농축조를 눕혀서 회전시킴으로서 연속적으로 박막이 형성되게하여 농축하는 것이다.



세워서 추출

눅혀서 농축

그림 44. 추출농축 겸용장치 작업도

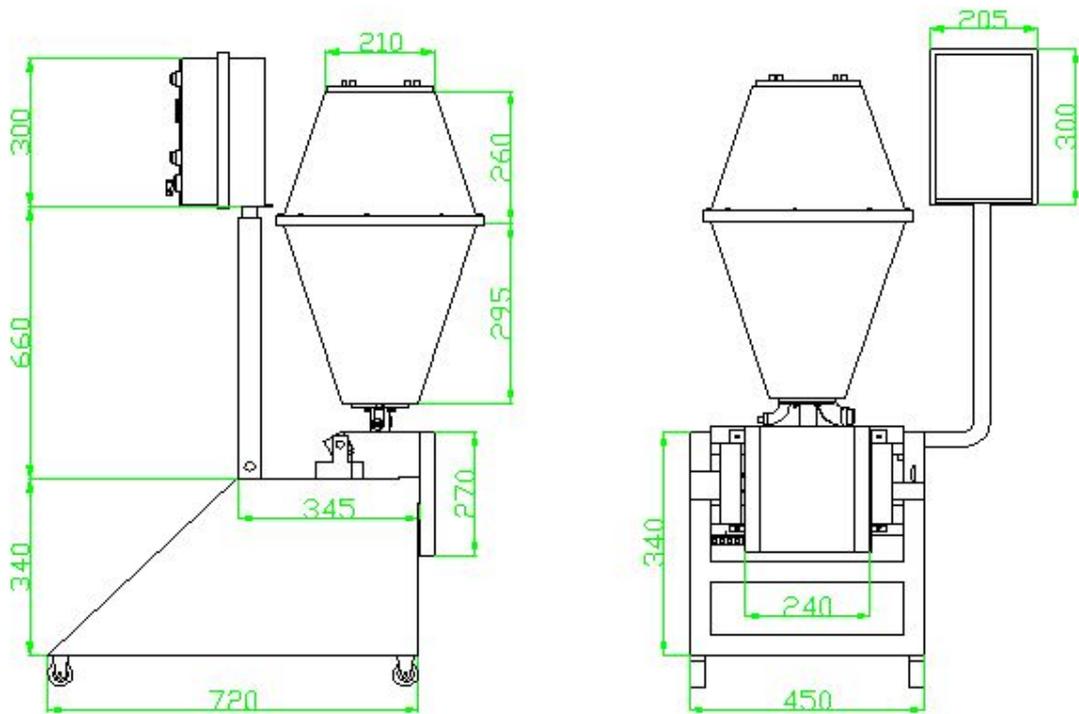


그림 45 추출농축겸용장치 구성도



그림 46 추출농축겸용장치

그림과 같이 추출농축겸용장치는 용량 20ℓ 히터 용량 2.5kw로 가정용에서는 사용하기에 부적당하며 소형공장이나 업소형에 적당한 규격으로 제작하였다. 추출시에는 세워서 온도나 시간을 입력하여 추출이 가능하고, 농축할 때는 그림의 왼쪽과 같이 눕혀서 회전시키면 연속적으로 박막이 형성되면서 증발 농축이 가능하다.

추출농축겸용장치는 2011. 12. 1 ~ 4일 서울 코엑스에서 개최된 대한민국특허발명대전에 탄화왕겨초액제조장치와 출품하여 관람객으로부터 좋은 반응을 받은 적이 있다.



그림 47 2011 대한민국발명특허대전

## 2. 기능성물질획득이 가능한 왕겨, 허브 및 해조류 자재 탐색

모든 식물에는 각자 고유한 성분의 물질을 갖고 있다. 이러한 물질은 약리적 역할이나 건강 생리적인 기능을 수행할 수 있다. 또한 친환경적인 작물의 재배에 농약이나 비료 대신으로 그 기능을 발휘할 수 있다. 본 연구에서는 주변에서 확보가 용이하고 가공이나 공정을 통하여 이용이 가능한 기능성 물질을 획득하기 위하여 수행하였다.

탄화왕겨초액은 친환경 농자재로 등록된 목초액과 가장 유사한 성분을 가진 것으로 참나무를 원재료로 사용하는 목초액에 비하여 왕겨를 원재료로 사용한다. 목초액은 참나무를 희박 공기상태에서 탄화시키고 그 때 발생하는 연기가 수십m의 연통을 통과하면서 냉각응축되어 생성한 액을 모은 것으로 강산유기산이다. 일반적으로 목초액은 참나무 100kg을 탄화시키면 5~6kg의 조목초액을 생산할 수 있고, 타르나 페놀 등 유해성분 제거를 위하여 6개월 정도 정치하면 상단부분 1/3은 경질유로 알코올에 가까운 성분이 되고, 아래층 1/3은 타르나 비중이 무거운 탁한 유해성분으로 분리된다. 이 중 중간층 1/3 정도를 취하면 농업용으로 사용가능한 목초액이 된다. 최근 이런 목초액은 찹질방이나 참나무숯공장에서 대량으로 제조되고 있어서 수십년된 참나무가 남획되고 있어 지역에서 참나무 남벌을 막는 자경단을 운영하는 실정이다. 참나무는 표고버섯을 재배하는 원목으로 많은 량이 필요하나 이것마저 중국에서 수입되고 있는 실정이다.

목초액에 가까운 초액으로 죽초액이 있다. 죽초액은 대나무를 원재료로 대나무를 탄화시킬 때 발생하는 연기를 응축냉각시켜 제조한다. 죽초액은 경남이나 전라도 대나무가 많은 지역에서 일부 제조되어 이용되고 있다.

이에 본 연구에서는 목초액과 가장 유사하면서 매년 발생하는 농산부산물인 왕겨를 원재료로 탄화초액을 제조하고 그 이용방법을 확대하고자 왕겨탄화초액장치를 개발하였다. 목초액의 제조에서는 탄화시 잘생하는 연기가 수십m의 연통에서 공기에 의해 냉각응축되므로 연기의 이용보다는 낭비되는 것이 거의 대부분이다. 본 연구에서 개발한 탄화초액장치는 목초액의 제조가 공랭식이라면 수냉방식의 기계식 탄화초액장치를 개발하였다. 탄화과정에서 발생한 연기를 별도의 응축조로 유도하여 응축조에 충전된 물을 미립자로 분무하여 연기를 응축냉각시킨다. 이렇게하면 거의 대부분의 연기가 응축냉각되어 수분화되면서 연기에 포함되어 있던 200여가지의 미네랄이 회수되어 초액으로 만들어진다. 이렇게 하면 원재료 100ℓ로 초액 30ℓ 생산이 가능하고 왕겨재는 약 30ℓ 정도 남게 된다.

표 10은 기존의 목초액과 죽초액 그리고 본 연구에서 개발한 탄화왕겨초액을 비교분석한 결과이다. 본 분석은 경상북도 농업기술원에서 의뢰하여 수행하였으며, 목초액의 친환경농자재 등록을 위한 분석항목으로 하였다. 표에서 목초액 A는 조초액 상태의 목초액으로 농업용으로 사용할 수 없는 목초액이며, 6개월 정치를 거쳐 유해성분을 제거한 것이 목초액 B이다.

표 10. 왕겨초액의 성분분석

구 분	pH	EC (ds/m)	Total S (%)	수용성 무기성분 (mg/L)				
				P	K	Ca	Mg	Si
목초액 A	3.4	4.8	0.04	불검출	9.3	41.4	1.5	1.2
목초액 B	2.5	1.3	0.02	불검출	불검출	0.3	불검출	불검출
죽 초 액	3.8	4.8	0.01	1.0	7.8	17.8	2.3	2.3
왕겨초액	3.6	1.9	0.01	불검출	불검출	21.3	3.5	6.0

구 분	pH	EC (ds/m)	수용성 무기성분 (mg/L)				
			B	Fe	Mn	Cu	Zn
목초액 A	3.4	4.8	2.3	798.6	2.6	불검출	26.7
목초액 B	2.5	1.3	불검출	0.2	불검출	불검출	불검출
죽 초 액	3.8	4.8	불검출	1.3	0.6	불검출	10.2
왕겨초액	3.6	1.9	불검출	75.2	불검출	3.1	425.6

※Cd, Pb, Hg는 불검출임.

※불검출은 검출한계 이하임

표에서와 같이 특이한 것이 Ca, Si, Fe, Zn의 함량이 월등히 높게 나오고 있다. 이 4가지 성분은 기능성 식자재로서 유용한 이용이 기대되는 성분이다.

또한 물분자인 클러스터가 일반 물분자 20℃에서 145Hz인데 비해 탄화초액은 54hz이기 때문에 식물의 관주용이나 엽면시비용으로 사용할 경우 상기와 같은 기능성 성분의 흡수전이 효율을 높일 수 있다.

농산부산물인 왕겨에서 유용한 성분을 포함한 초액을 제조하였으며, 작물재배에 이용가능한 유효성분을 가진 식물자원을 조사하여 다음과 같은 자원을 획득하는 데 성공하였다. 본 연구에서 조사한 항산화능을 가진 식물자원으로 주변에서 확보하거나 재배하는 것이 용이한 것으로 하였다.

그림 48~51은 항산화물질을 함유하고 있는 것으로 알려진 자소엽(일명 차조기, 약들깨)이다. 자소엽은 오래전부터 음식의 부패방지, 저장기간향상, 발효음식의 기능향상을 위하여 민간에서 이용되어 오고 있는 들깨의 한 종류이다. 특히 잎의 색깔이 자주색이고 향이 진하여 전이나 부친개의 고명으로 이용되기도 하였다. 자소는 집주변이나 밭언저리에 주로 자생하여 왔으나 최근 제초제의 사용으로 자생은 거의 사라졌으며, 최근 한약재나 제약회사의 계약재배로 대량재배하는 일부를 제외하면 구경하기 힘든 식물이다. 본 연구팀에서는 전국에서 2종류의 종자를 확보하여 재배하면서 자원을 확보하였고 탄화왕겨초액과 발효하여 항산화액비로 시험하였다.



그림 48 자소의 재배와 가공



그림 49 자소 경엽과 종자



그림 50 자소경엽의 건조



그림 51 자소의 발효와 숙성

그림 52는 허브의 한 품종으로 블루베리보다 5배의 항산화능을 갖고 있다는 로즈마리이다. 그림과 같이 로즈마리는 남부지방에서는 야외에서도 생육이 가능한 허브이며 하우스에서 겨울에도 성장한다. 로즈마리의 경엽을 절단가공하여 탄화왕겨초액으로 발효 숙성하여 항산화 액비로

시험하였다.



그림 52 허브(로즈마리)

그림 53은 혈압, 당뇨, 항암, 항균 작용에 골고루 작용하는 것으로 알려진 조릿대이다. 조릿대는 우리나라 전국에 걸쳐 골고루 자생하는 식물로써 사시사철 푸른잎을 채취할 수 있다. 본 연구에서는 그림과 같이 경엽을 10cm 정도로 절단처리하여 왕겨초액과 함께 발효숙성하여 사용하도록 하였다.



그림 53 조릿대 절단가공

그림 54는 담태로 미역과 비슷한 해양 갈조류로 항산화성분이 강한 것으로 알려져 있는 자원이다. 제주도와 남해지역에 자생하는 담태를 사진과 같이 10cm 정도로 절단하여 왕겨초액과 발효숙성시켰다.



그림 54 담태

### 3. 친환경 기능성 액비 제조기술 개발

토양재배의 한계와 외국의 재배기술의 도입에 따라 양액재배가 확대되고, 토경재배에서도 액비의 관비 재배가 도입되고, 엽면시비 등의 필요성과 효과가 입증되면서 다양한 기능성 액비의 공급이 이루어지고 있다. 최근 친환경농업의 확대에 따라 농약과 비료를 대신하는 기능성 액비는 종류가 점점 증가하고 있다. 이에 따라 가격도 1000ml에 수천원에서 만원이 훌쩍 넘는 것도 있다. 그리고 이런 액비들은 대체로 500~1500배액으로 사용되고 있어 액비를 고정적으로 이용하는 농가의 경우 그 비용이 부담스러운 상황이다.

이에 따라 일부 농가에서는 자가발효액비를 이용하는 농가가 점점 늘어나고 있다. 아직까지 국내에 자동화된 액비제조기가 2모델밖에 없고 이 또한 농가에서 구입하는 데도 부담이지만 사용하는 것도 불편하고 미생물이나 배합발효기술의 보급이 충분하지 않아 제대로 된 발효액비를 이용하지 못하고 있다. 그림 55는 현재 국내에 공급되고 있는 2개 모델의 액비제조기이다. 그림의 왼쪽은 횡형으로 재료의 투입이나 확인 등의 작업은 유리하지만 발효의 균일성에 문제가 있어 공급이 많지 않은 모델이고, 오른쪽은 입형으로 폭기나 교반등의 장치를 설비하고 있어 발효에는 유리하나 농산부산물 등 재료의 투입과 배출이 불편하여 이용이 부족한 형편이다. 또한 구입가격도 대당 1,000만원을 넘어가기 때문에 쉽게 구입하는 것이 부담이어서 일부 농가에서는 용기에 적당히 재료를 혼합하여 발효된 것으로 사용하고 있다. 이 때문에 피해를 입는 농가가 발생하는 등 문제점이 있다.



횡형(Horizontal)



입형(Vertical)

그림 55 시판중인 액비 제조기

발효액비는 필요하는 성분예 따라 재료의 사용과 미생물 등의 배합 조절이 중요하고 온도와 시간의 조절과 적절한 시간에 폭기나 교반 등의 기술이 필요하다. 따라서 본 연구팀에서는 국내에 보급되고 있는 횡형(horizontal)식과 입형(vertical)방식의 액비제조기의 장단점을 분석하여 새로운 액비제조기를 개발제작하였다. 그림 56은 개발한 액비제조기로서 시판공급되고 있는 횡형과 입형의 기능이 그대로 가능하도록 발효조를 90° 회전이 가능하게 구성하였다. 발효조의 중앙아래부위에 힌지점을 형성하고 수동 원치로 발효조를 회전시킨다. 발효조의 청소 소독, 원재료의 투입등 일반적인 작업준비 및 관리시에는 높혀서 횡형과 같이 사용하고 재료의 투입이 종료되면 세워서 물을 채우고 미생물, 부재료 등을 투입하여 입형과 같이 사용하도록 제작하였다. 기존 모델에서는 사다리를 사용하거나 별도의 받침대를 제작하는 것이 필요하고 투입구가 상부에 있기 때문에 작업이 불편하여 사용을 꺼려하는 원인이 되었다.

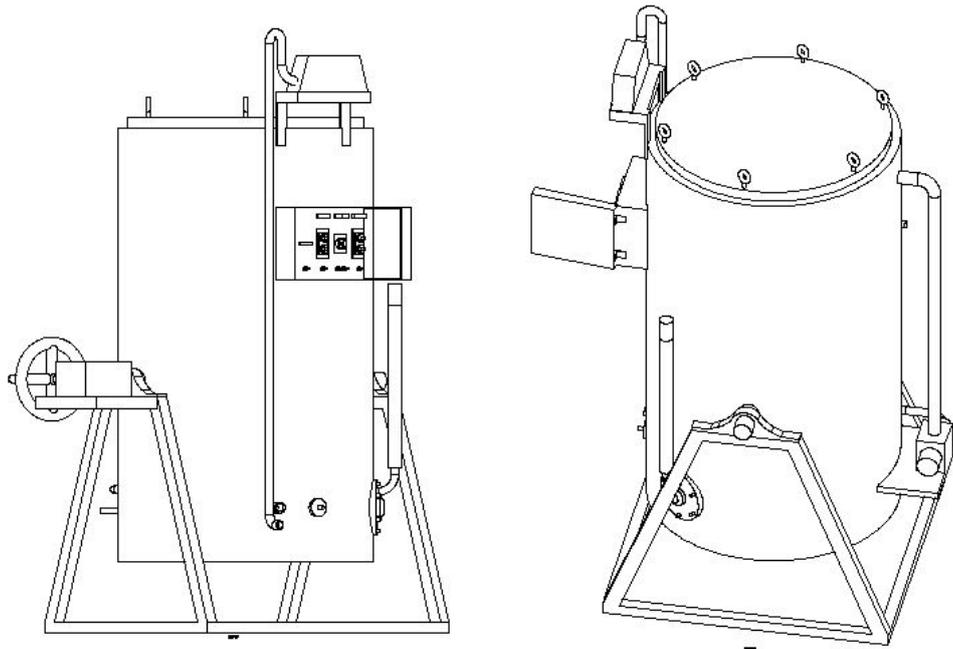


그림 56 발효조 회전형 액비제조기의 구상도



그림 57 회전식 액비발효기

회전식 액비발효기에는 그림 58과 같이 기본적으로 원부재료가 바닥으로부터 일정공간에 유격시키기 위하여 채반을 설치한다. 채반아래에는 발효조내의 온도를 일정온도로 가온 유지하기 위한 전기히터가 장착되고, 발효액의 교반, 호기발효를 위하여 외부공기를 소독하여 흡입하는 폭기장치, 발효액의 순환 등의 기능이 포함되어 있으며, 타이머에 의하여 자동으로 발효 및 숙성이 진행되며, 발효조의 재질을 스텐레스스틸 제품이다.



그림 58 액비발효기의 내부장치

그림 59는 스테인레스 스틸의 발효조에서의 단열보온 문제점을 극복하기 위하여 발효조를 FRP로 제작한 제품이다. 발효액은 종류에 따라 단기간에 숙성이 되는 경우도 있지만 한달 정도의 숙성을 요하는 경우도 있다. 따라서 장기간 발효숙성이 진행될 경우 발효조 내 일정온도의 유지는 중요한 인자가 되므로 보온을 위하여 발효조의 재질을 스테인레스 스틸과 FRP로 구성하여 이용하였다.



그림 59 FRP 액비발효기

### 제3절 기능성 액비 성분 분석

#### 1. 유기자재 추출물질의 성분분석 및 효용성 검증

##### 가. 탄화왕겨초액의 분석

기능성 액비의 제조공정 및 분석 및 시험은 위탁연구에서 실시하고 있으며, 시험은 제조한 탄화왕겨초액을 중심으로 기존의 목초액과 죽초액을 대비구로 하여 목초액 기본인가항목을 검정하였다. 표에서와 같이 목초액 A는 조초액으로 타르성분이 많아 농업용으로 사용하는 것이 불가능하고, 3개월의 정치를 거쳐 숙성정제하여 농업용으로 사용하는 것이 목초액 B이다. 죽초액도 타르를 제거해야 농업용으로 사용하는 것이 가능하다. 그림 60은 시판하고 있는 목초액과 본 연구에서 생산한 탄화왕겨초액의 실물 사진이다. 육안으로 보아도 왼쪽의 목초액은 흑갈색으로 타르와 페놀 등 유해성분이 많이 포함된 것을 알 수 있다. 타르 등 유해성분은 작물의 잎의 기공을 막히게하거나 조직을 고사시키는 성분으로 농업용으로 사용하기 위해 제거해야한다. 타르의 제거는 생산한 조초액을 6개월정도 정치하여 상부의 경질부와 하부에 가라앉은 타르부를 제거하고 중간 부위 1/3정도가 농업용으로 이용 가능하다.

이에 비해 오른쪽의 탄화왕겨초액은 사진에서와 같이 타르성분이 검출되지 않기 때문에 담황색으로 맑고 연통에서의 필터처리를 하지 않은 경우 왕겨재등의 이물질이 혼입될 수 있고, 이런 이물질은 일주일정도 지나면 사진과 같은 초액을 얻을 수 있다.



그림 60 목초액과 왕겨초액의 조초액

표 11은 경상북도 농업기술원에 의뢰한 분석결과로서 pH와 EC치를 농업용으로 유효한 범위에 두고 분석한 결과 탄화왕겨초액은 목초액과, 죽초액에 비해 Ca, Mg, Si, Cu, Zn 등에서 차이를 나타내고 있다. 특히 예상했던 Si는 죽초액에 비해 3배 정도, 목초액에서는 검출되지 않는다. Fe, Zn성분은 목초액과 죽초액에 비해 월등히 높게 검출되고 있어 기능성성분으로서의 활용성에 대해 더 깊은 연구가 필요할 것으로 판단되었다.

전체적으로 볼 때 유효성분의 면에서 탄화왕겨초액이 목초액이나 죽초액에 비해 유효성분의 검출이 증명이 되었고, 매년 발생하는 원재료인 왕겨는 환경을 파괴하지않는 친환경적이며, 본 연구에서 개발한 탄화장치는 목초액의 생산비율로 비하면 10배의 대량 생산이 가능한 점이 장점이다.

또한 중금속 성분인 Cd, Pb, Hg는 검출한계 이하로 검출되지 않음을 확인할 수 있었다.

표 11. 탄왕겨초액의 성분분석

구 분	pH	EC (ds/m)	Total S (%)	수용성 무기성분 (mg/L)				
				P	K	Ca	Mg	Si
목초액 A	3.4	4.8	0.04	불검출	9.3	41.4	1.5	1.2
목초액 B	2.5	1.3	0.02	불검출	불검출	0.3	불검출	불검출
죽 초 액	3.8	4.8	0.01	1.0	7.8	17.8	2.3	2.3
왕겨초액	3.6	1.9	0.01	불검출	불검출	21.3	3.5	6.0

구 분	pH	EC (ds/m)	수용성 무기성분 (mg/L)				
			B	Fe	Mn	Cu	Zn
목초액 A	3.4	4.8	2.3	798.6	2.6	불검출	26.7
목초액 B	2.5	1.3	불검출	0.2	불검출	불검출	불검출
죽 초 액	3.8	4.8	불검출	1.3	0.6	불검출	10.2
왕겨초액	3.6	1.9	불검출	75.2	불검출	3.1	425.6

\*Cd, Pb, Hg는 불검출임.

\*불검출은 검출한계 이하임

## 나. 식물추출액비의 분석

제조한 왕겨초액과 왕겨초액을 기저로 한 식물추출물액비의 항산화활성 검정을 위하여 4종류의 초액 및 액비를 시험제조하여 시험분석했다. 시료는 A ; 목초액, B ; 왕겨초액, C ; 왕겨초액 + 홍삼, D ; 왕겨초액 + 허브이다.

### 1) 실험 방법

#### 가) DPPH (1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl) assay

DPPH(1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl) assay는 radical 소거활성능 측정방법으로 매우 간단하면서도 강력한 측정 방법으로 많이 이용되어 진다. 각 추출물의 시료에 0.2 mM DPPH (1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl)를 목초액 추출물 4종과 DPPH solution을 1/20의 비율로 해서 실온서 10분간 incubation한 후 517nm(Victor3, PerkinElmer)에서 흡광도를 측정하였다. DPPH radical 소거활성 비율(% inhibition)은 아래와 같이 계산하였다.

$$Inhibition(\%) = [A_{control} - \frac{A_{sample}}{A_{control}}] \times 100 \quad (A : \text{Absorbance O.D. } 517 \text{ nm})$$

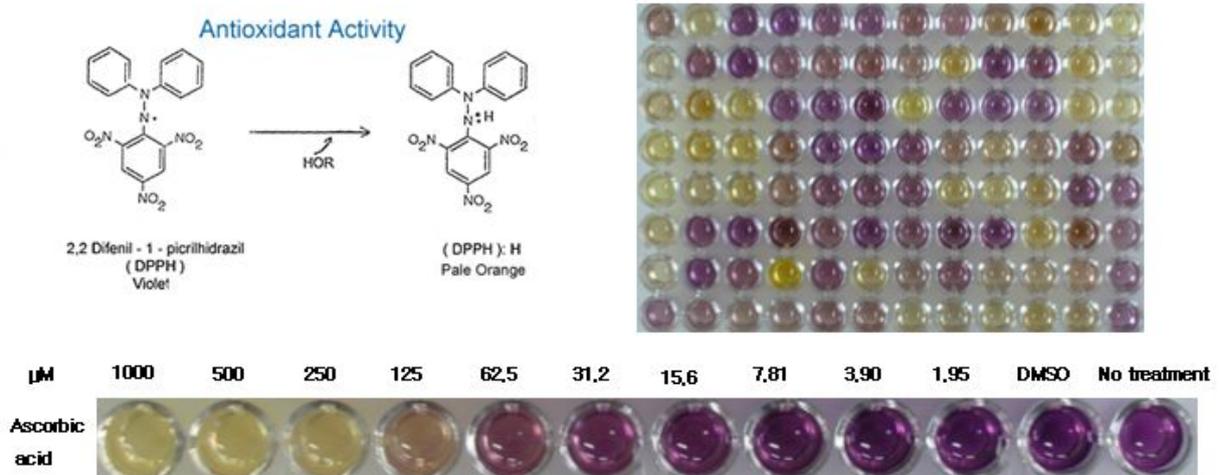


그림 61. DPPH 항산화 활성 실험 원리 및 ascorbic acid를 이용한 항산화 실험.

#### 나) FRAP (Ferric ion reducing antioxidant power) assay

Ferric ion reducing antioxidant power(FRAP) assay를 이용하여 radical을 어느 정도 환원시킬 수 있는지의 능력을 알아보았다. 실험을 위한 반응액으로는 acetate buffer(pH 3.6, 300 mM) : 10 mM의 TPTZ(2,4,6-tripyridyl-s-triazine) : 20 mM의 FeCl<sub>3</sub>·6H<sub>2</sub>O를 10 : 1 : 1의 비율로 섞어 실험직전에 만들어 사용을 하였다. 반응액과 목초액 추출물 4종을 각각의 비율로 혼합한 후 10분간 상온에서 보관 후 590 nm에서 흡광도를 측정하였다.

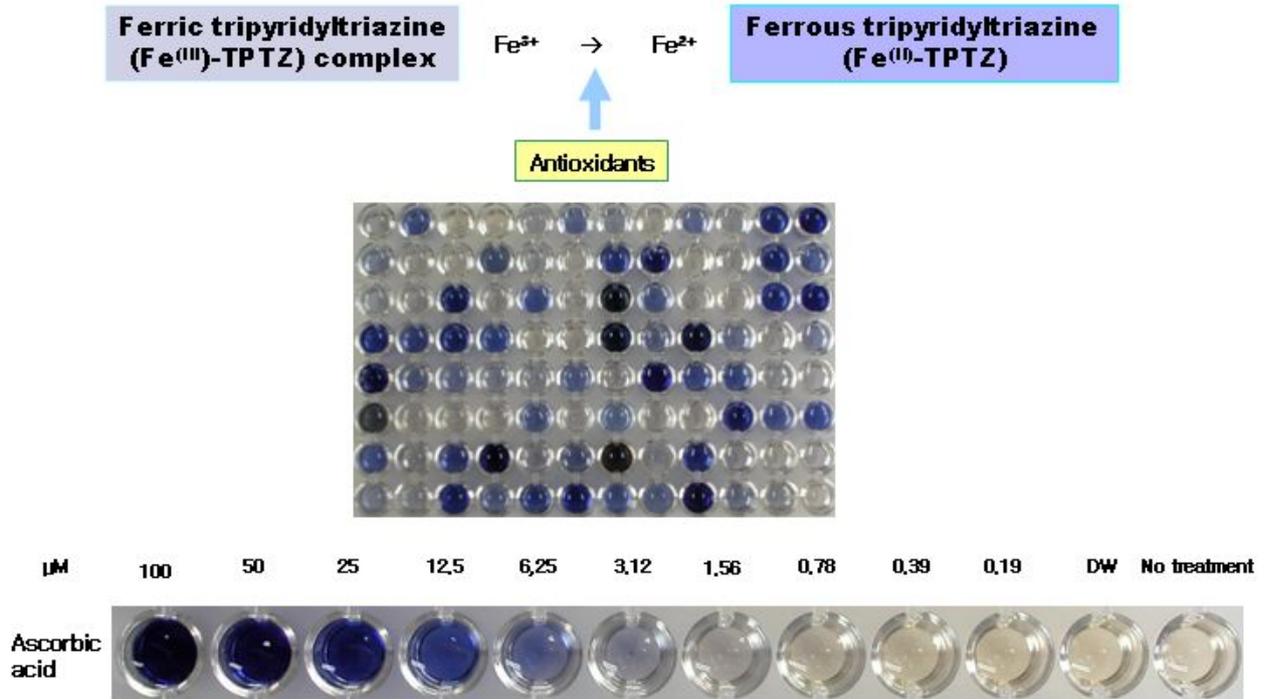


그림 62. FRAP 항산화 활성 실험 원리 및 ascorbic acid를 이용한 항산화 실험.

## 2) 실험 결과

### 가) DPPH (1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl) assay

목초액 추출물을 이용하여 DPPH 항산화 활성능을 알아본 결과는 다음과 같다. 목초액 A, B, D 3종 모두에서 농도에 따른 활성의 증가를 확인 할 수 있었다. 목초액 C의 경우 고농도로 올라갈 경우 활성이 정체되는 현상을 나타내었다.

시료별 활성의 정도는 목초액 B가 가장 높은 활성을 나타내었으며, A와 D가 비슷한 활성 정도를 보였다. 목초액 C 고농도에서 활성이 감소하는 것으로 나타나는데, 이는 아마도 목초액 색깔에 의한 것으로 판단된다. 이는 뒷부분의 FRAP 활성의 경우 농도에 따라 증가하는 패턴을 보이는 것을 볼 때 아마도 시료의 색깔이 실험데이터에 영향을 준 것으로 판단된다.

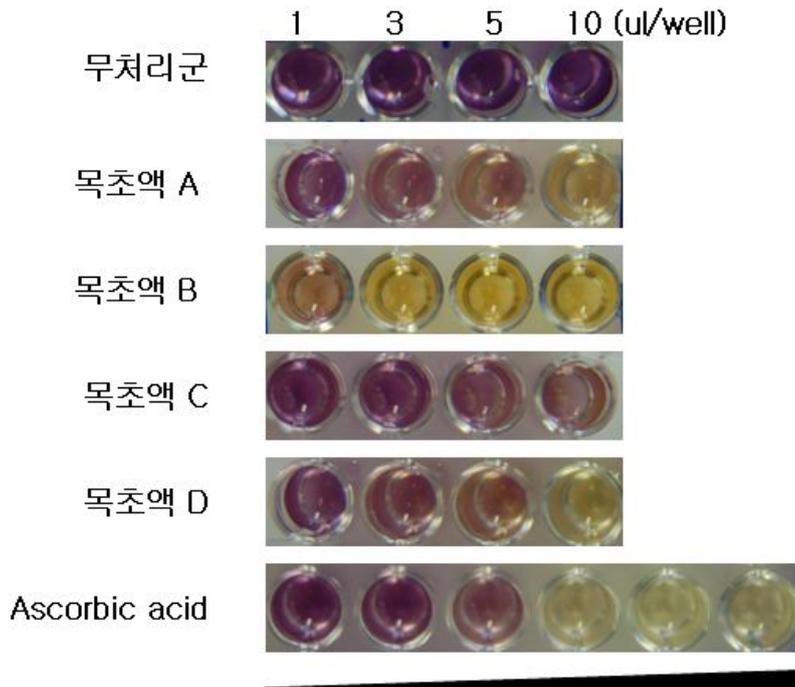


그림 63 DPPH를 이용한 목초액의 항산화 활성 측정.

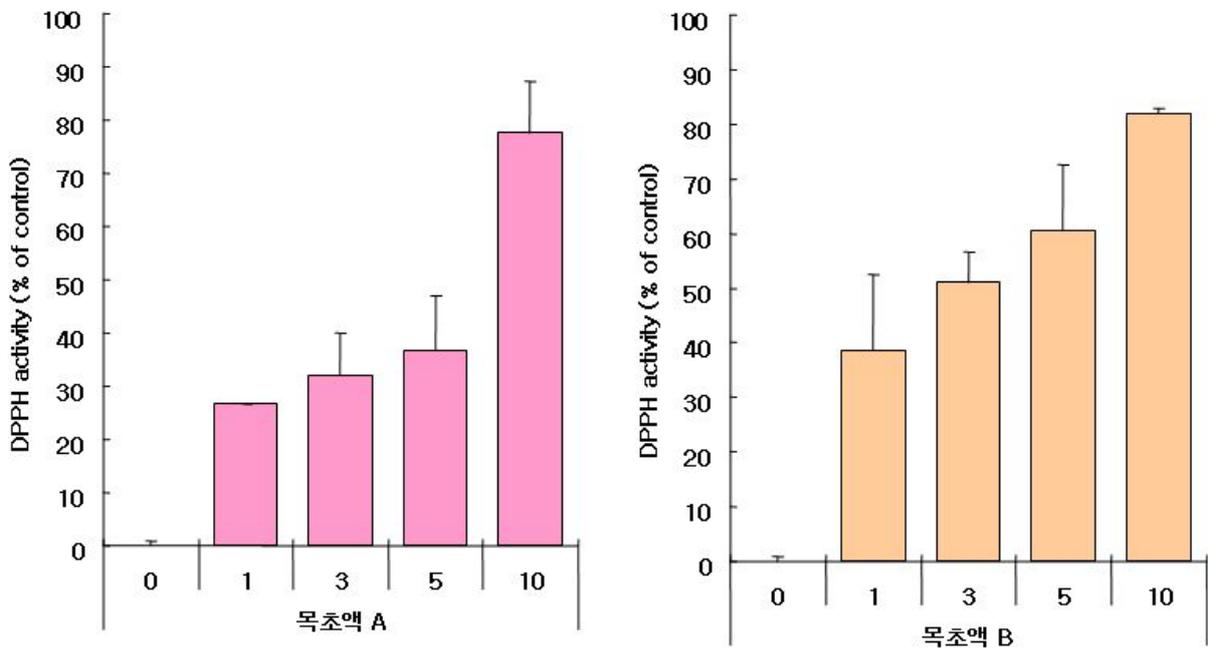


그림 64. DPPH를 이용한 목초액 A와 B의 항산화 활성 측정 (Error bar, Standard deviation).

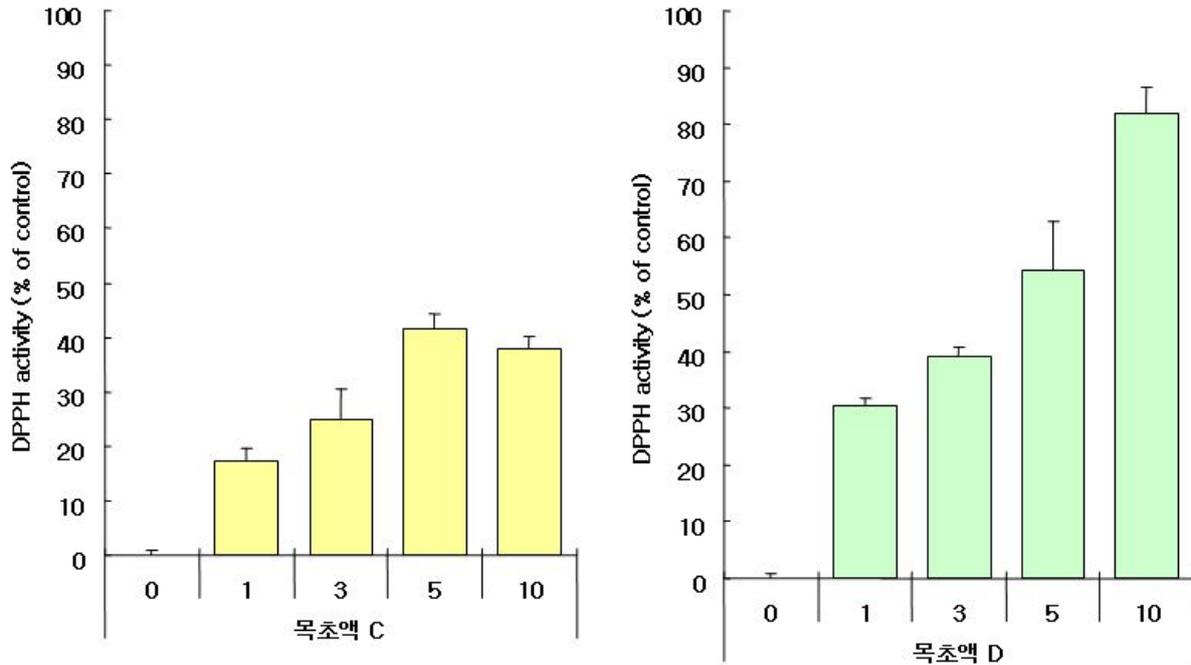


그림 64. DPPH를 이용한 목초액 C와 D의 항산화 활성 측정 (Error bar, Standard deviation).

#### 나) FRAP (Ferric ion reducing antioxidant power) assay

목초액 추출물을 이용하여 FRAP 항산화 활성을 알아본 결과는 다음과 같다. 목초액 A, B, C, D 모두에서 시료의 농도에 따른 항산화 활성이 증가되는 양상을 나타내는 것을 알 수 있었다. 시료별 항산화 활성은 목초액 B에서 가장 높은 활성을 나타내었으며, 목초액 A, C, D는 큰 차이를 보이지 않았다.

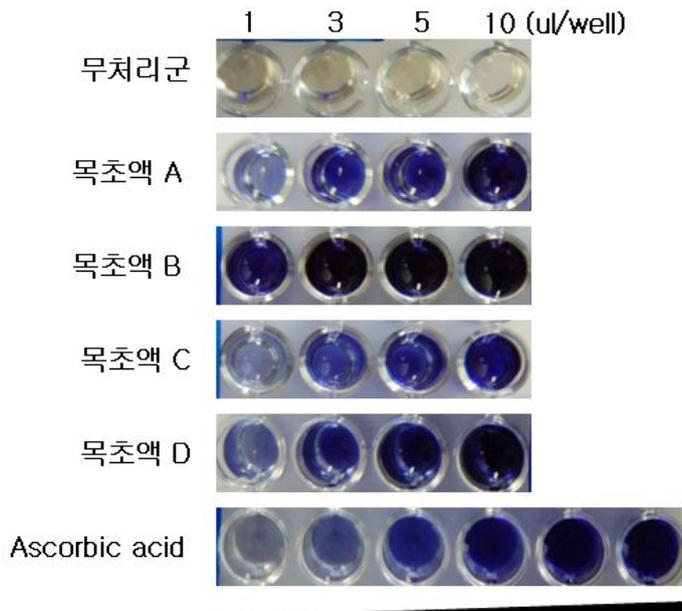


그림 65 FRAP을 이용한 목초액의 항산화 활성 측정.

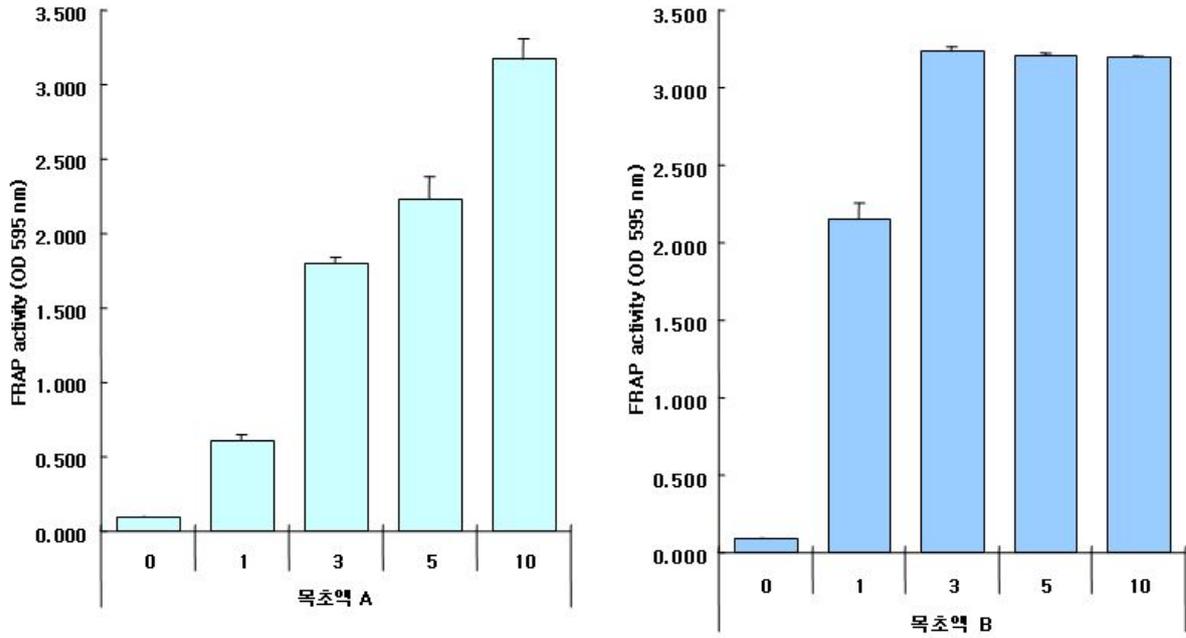


그림 66 FRAP을 이용한 목초액 A와 B의 항산화 활성 측정 (Error bar, Standard deviation).

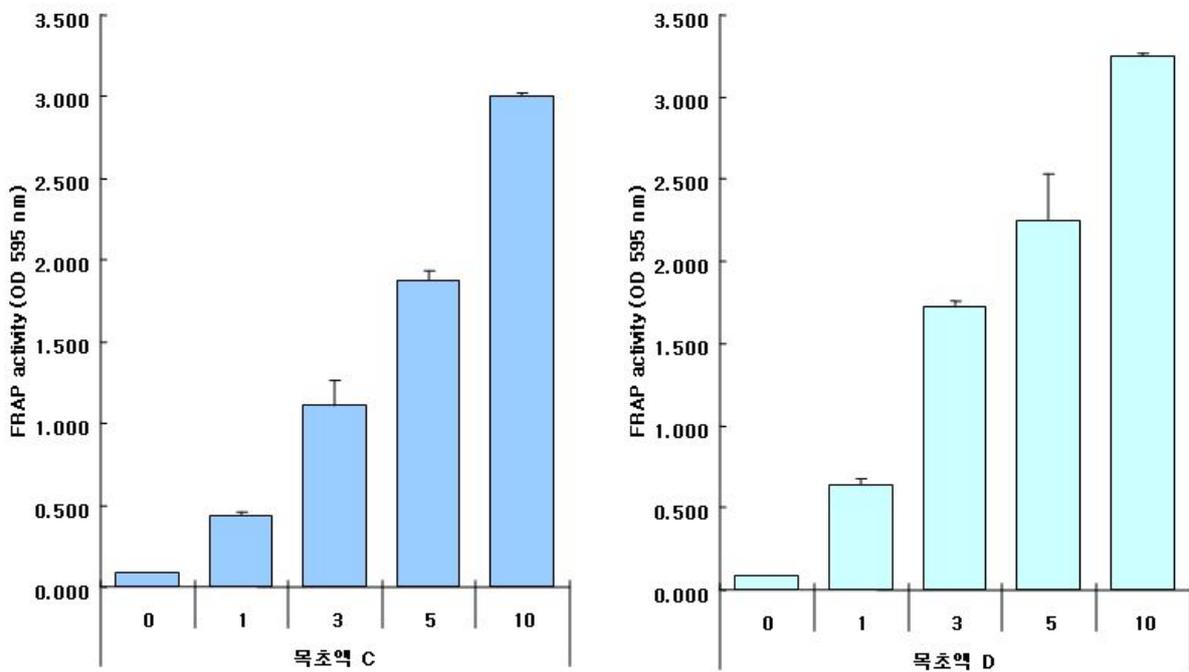


그림 67. FRAP을 이용한 목초액 C와 D의 항산화 활성 측정 (Error bar, Standard deviation).

#### 다. 식물발효액비의 분석

왕겨초액과 왕겨초액을 기본으로하여 기능성자재를 이용한 발효액비의 성분 분석 및 효용성

분석에는 아래의 세가지 방법을 활용하였다. 발효에 이용한 기능성자재는 왕겨초액 20,000ml 자에 대해 자소(차조기)경엽 200g, 로즈마리 400g, 조릿대 200g, 로즈마리 200g, 차조기 종자 200g, 담태 200g로 1개월간 발효숙성하였으며, 성분분석은 DPPH, FRAP,  $\text{Cu}^{2+}$ 에 의한 항산화활성도 측정법을 활용하였으며 결과는 같다.

## 1) DPPH 방법을 통한 항산화 활성 측정 방법

### 가) 재료 및 방법

DPPH (1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl) assay는 radical 소거활성능 측정방법으로 매우 간단하면서도 강력한 측정 방법으로 많이 이용되어 진다. 각 추출물의 시료에 0.2 mM DPPH (1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl)를 시료 추출물과 DPPH solution을 1/20의 비율로 해서 실온서 10분간 incubation한 후 517 nm (Victor3, PerkinElmer)에서 흡광도를 측정하였다. DPPH radical 소거활성 비율 (% inhibition)은 아래와 같이 계산하였다.

$$\text{Inhibition}(\%) = \left[ A_{\text{control}} - \frac{A_{\text{sample}}}{A_{\text{control}}} \right] \times 100 \quad (\text{A : Absorbance O. D 517 nm})$$

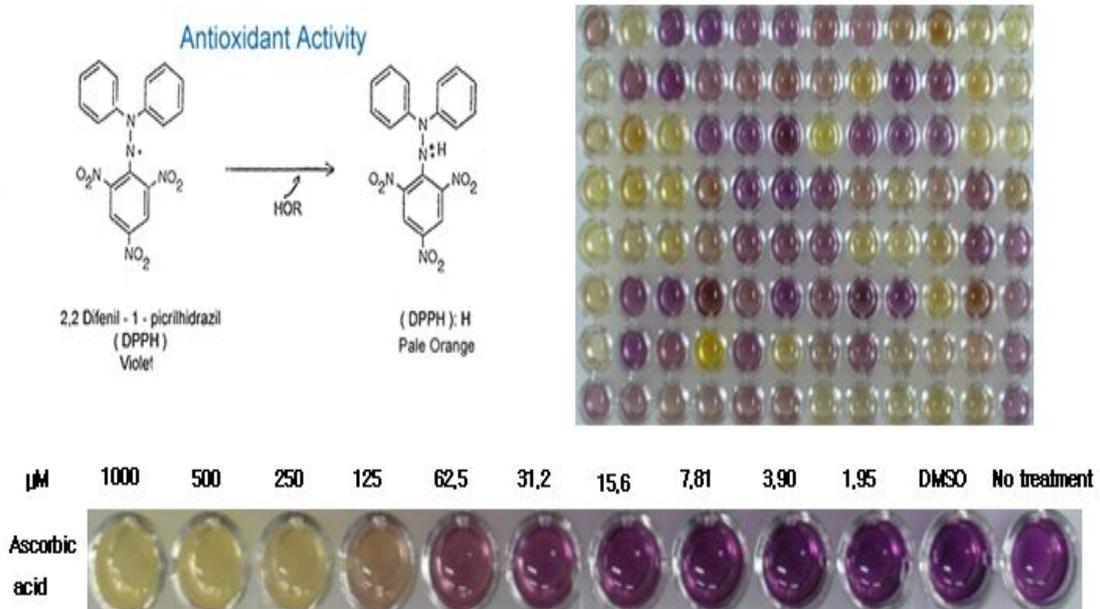


그림 68 DPPH 항산화 활성 실험 원리 및 ascorbic acid를 이용한 예제.

나) 실험결과

왕겨초액과 왕겨초액을 이용한 기능성엑비를 이용하여 DPPH 항산화 활성을 확인한 결과 각 실험군별 항산화 활성은 차조기잎 > 로즈마리 400 > 조릿대 > 로즈마리 200 > 차조기 종자 > 담태 > 초액의 순으로 나온 것을 알 수 있었다. 로즈마리 200과 로즈마리 400의 비교 결과 로즈마리 400의 활성이 높게 나타남을 알 수 있었다.

발효액비의 종류에 상관없이 농도별 항산화 활성이 증가함을 알 수 있었다.

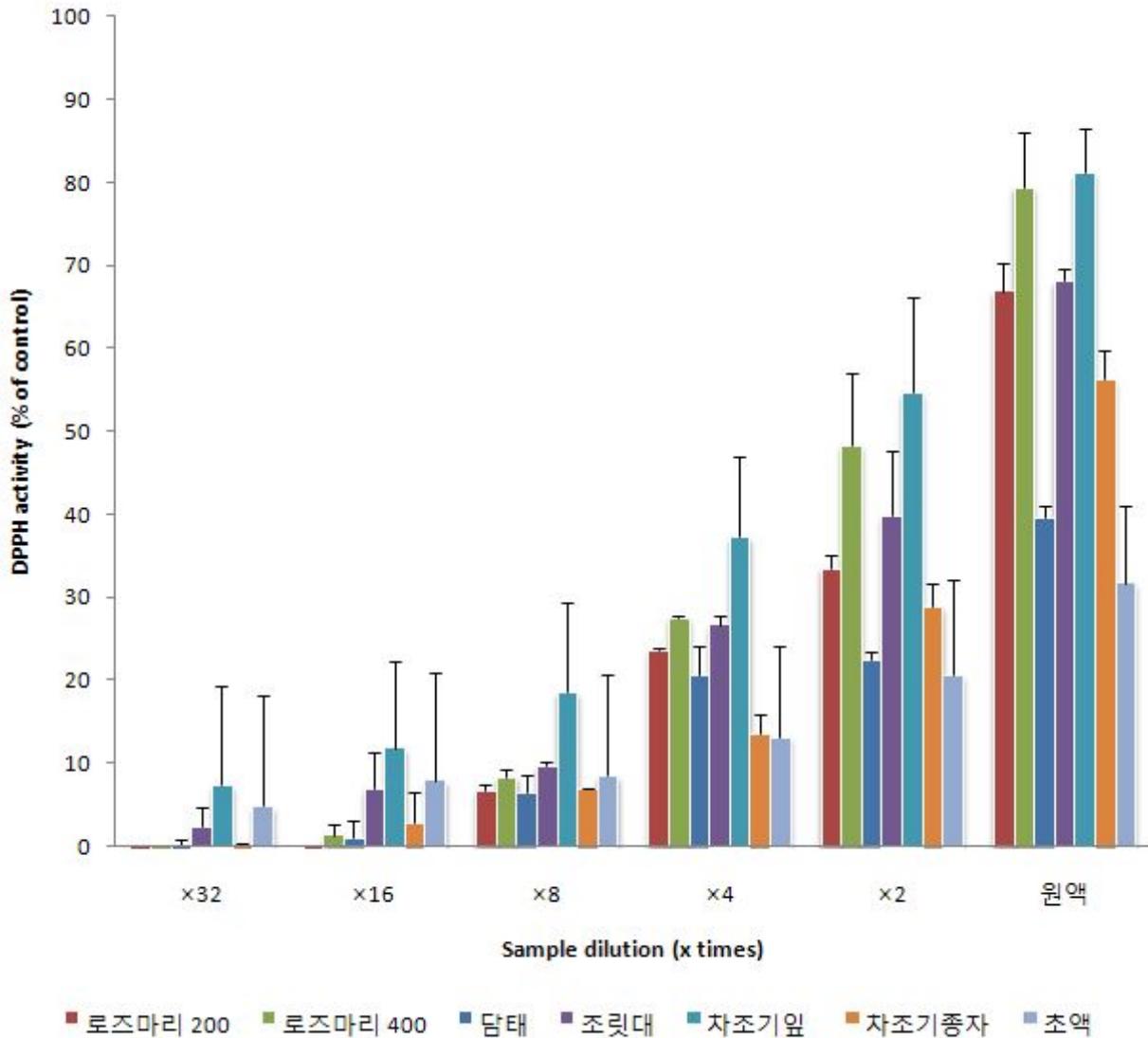


그림 69 DPPH 항산화 활성 결과

2) FRAP 방법을 통한 항산화 활성 측정 방법

가) 재료 및 방법

Ferric ion reducing antioxidant power (FRAP) assay를 이용하여 radical을 어느 정도 환원시킬 수 있는지의 능력을 알아보았다. 실험을 위한 반응액으로는 acetate buffer (pH 3.6, 300 mM) : 10 mM의 TPTZ (2,4,6-tripyridyl-s-triazine) : 20 mM의  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 를 10 : 1 : 1의 비율로 섞어 실험직전에 만들어 사용을 하였다. 반응액과 시료 추출물을 각각의 비율로 혼합 한 후 10분간 상온에서 보관 후 590 nm에서 흡광도를 측정하였다.

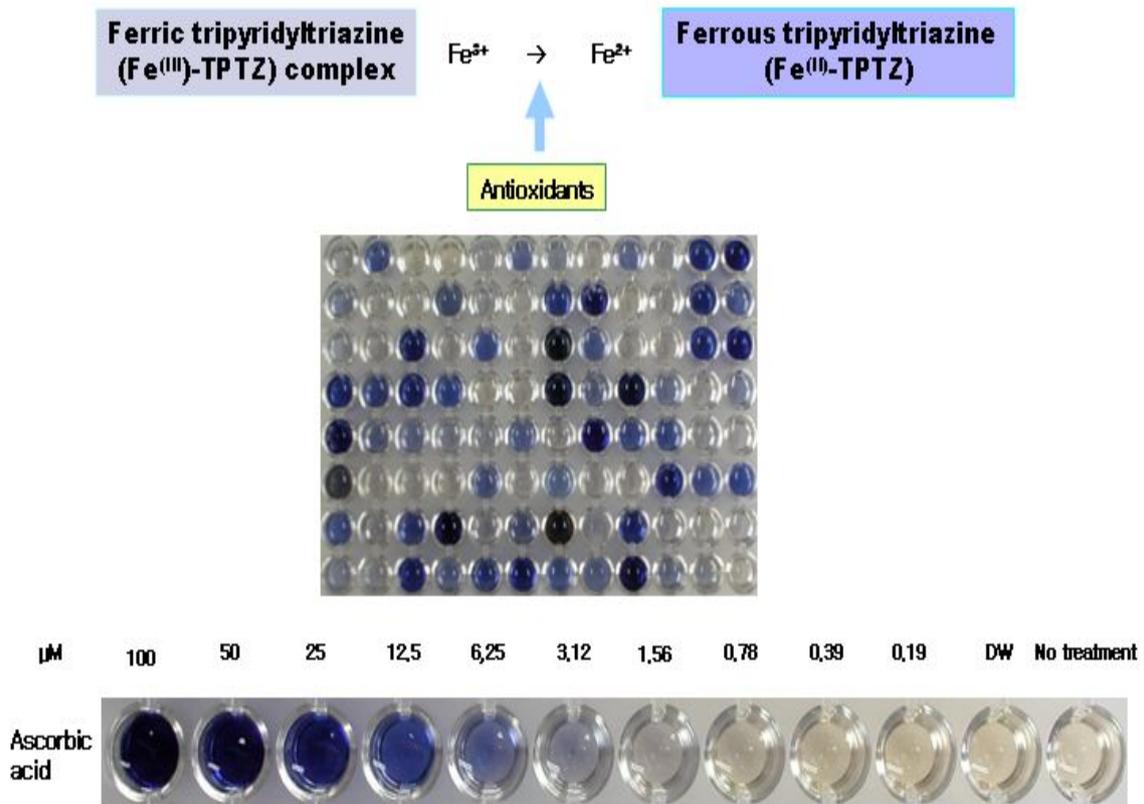


그림 70 FRAP 항산화 활성 실험 원리 및 ascorbic acid를 이용한 예제.

#### 나) 실험결과

왕겨초액 및 발효액비를 이용한 항산화 활성 결과 시료의 농도별 항산화 활성을 확인할 수 있었다. 발효액비의 FRAP 항산화 활성은 차조기 잎이 가장 높은 것으로 나타났으며, 담태와 왕겨초액은 상대적으로 낮은 항산화 활성을 나타내었다. 초액의 항산화 활성은 차조기 잎 > 로즈마리 400 > 로즈마리 200 = 조릿대 > 차조기 종자 > 왕겨초액 > 담태의 순으로 나타났다.

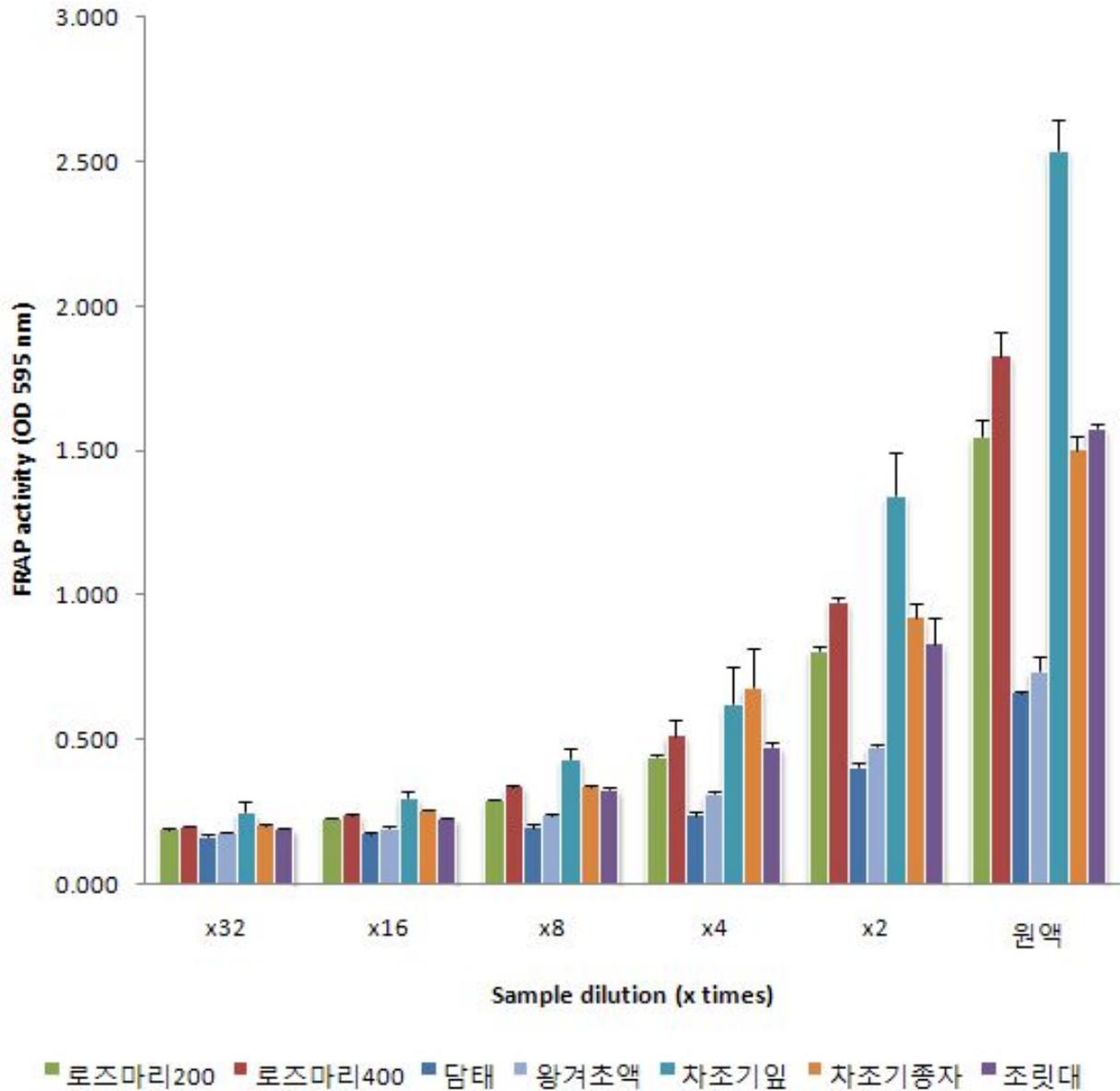


그림 71 초액을 이용한 FRAP 항산화 활성 실험

### 3) Cu<sup>2+</sup>를 이용한 항산화 실험

#### 가) 재료 및 방법

Cu<sup>2+</sup>이온이 Cu<sup>+</sup>로 환원되면 Neocuproine과 만나면서 노란색을 띠게 되는데 이를 이용하여 빠르게 항산화능을 알아볼 수 있는 실험이다. D.W. 194ul와 10 mM CuCl<sub>2</sub> 2ul와 75 mM Neocuproine 2ul를 섞은 뒤 2ul의 Sample이 들어있는 96 well plate에 Reaction mixture 198ul를 넣어준 뒤 37°C Dry oven에서 약 20분간 반응한 뒤 450nm에서 흡광도를 측정하였다. 대조군으로는 Ascorbic acid를 사용하였다.

#### 나) 실험결과

초액을 이용하여 copper를 이용한 항산화 활성을 측정한 결과 전체적으로 시료의 농도에 따른 활성 증가를 알 수 있었다. 증가 패턴의 정도는 로즈마리200, 로즈마리 400, 조릿대, 차조기 잎, 차조기 종자가 높은 활성을 나타내었으며, 차조기 잎과 초액은 완만한 활성을 나타내었다.

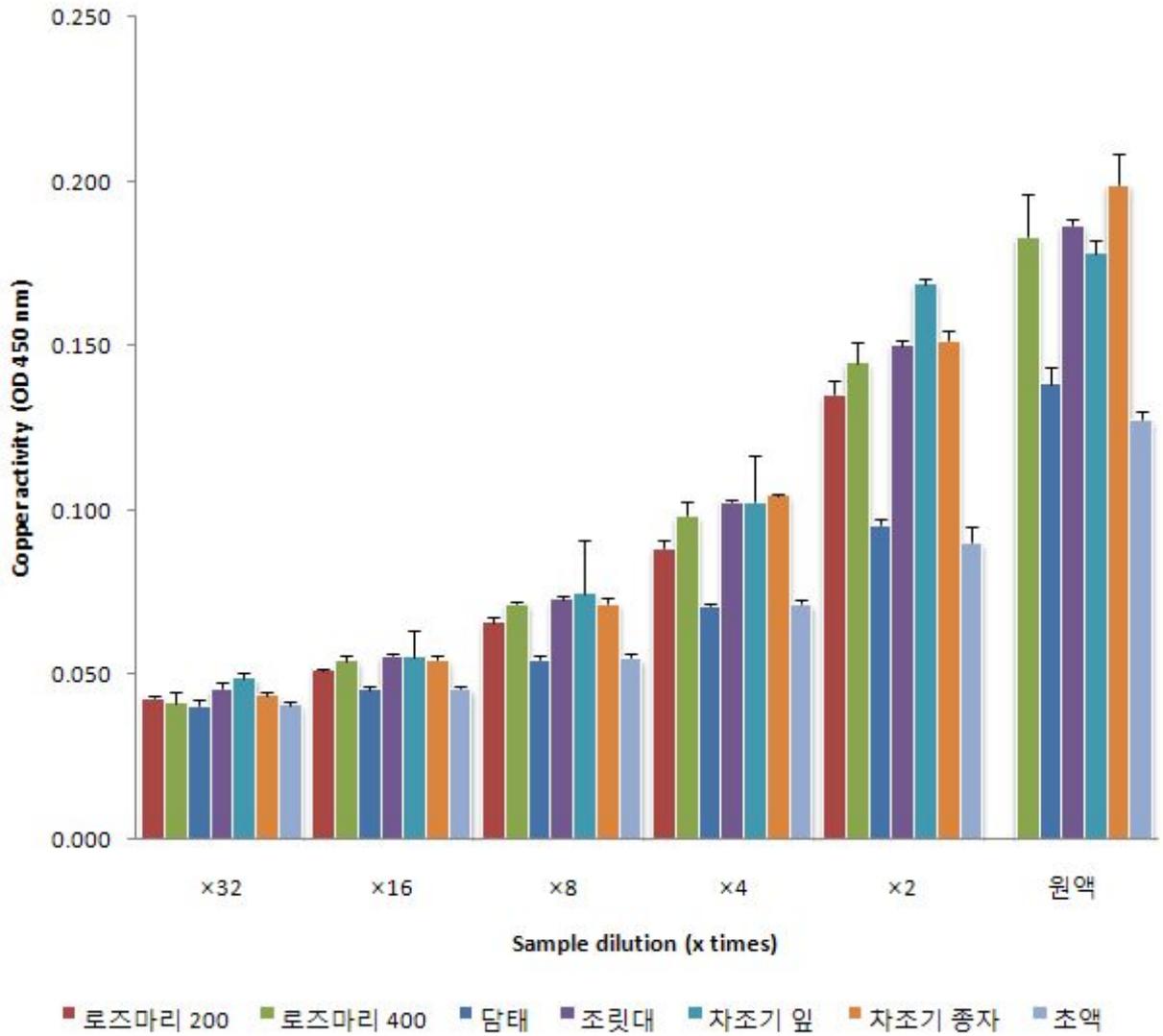


그림 72 초액의 copper 항산화 활성.

## 2. 기능성물질의 채소전이 흡수농도 분석

### 가. 재배시험

채소재배를 기능성물질의 흡수전이 시험을 위하여 제조한 발효액비는 탄화왕겨초액 20리터에 대하여 자소(차조기)경엽, 자소종자, 로즈마리, 조릿대, 담태의 자재를 생체 또는 건조한 상태에서 길이를 10cm 정도 절단가공하여 1개월간 발효숙성하여 제조한 액비를 사용하였다.

시험재배한 대상작물은 본 연구에서 가장 중요하게 생각한 작물로 미나리이다. 미나리는 밭미나리형태로 재배하였으며, 경북 영덕군 창수면 인천리 700 소재 1ha(3,000평)의 온실가운데 3동에서 시험재배하였으며, 재배와 동시에 10일간격으로 초액을 엽면시비하여 분석하였다.



그림 73 밭미나리 온실재배

상추의 수경재배와 상토재배와 겸하여 사내에서 재배시험하였다. 수경재배는 그림 74~75와 같이 계단식 4단의 수경재배장치로 양액조성에 초액을 농도별로 첨가하여 재배하였다.

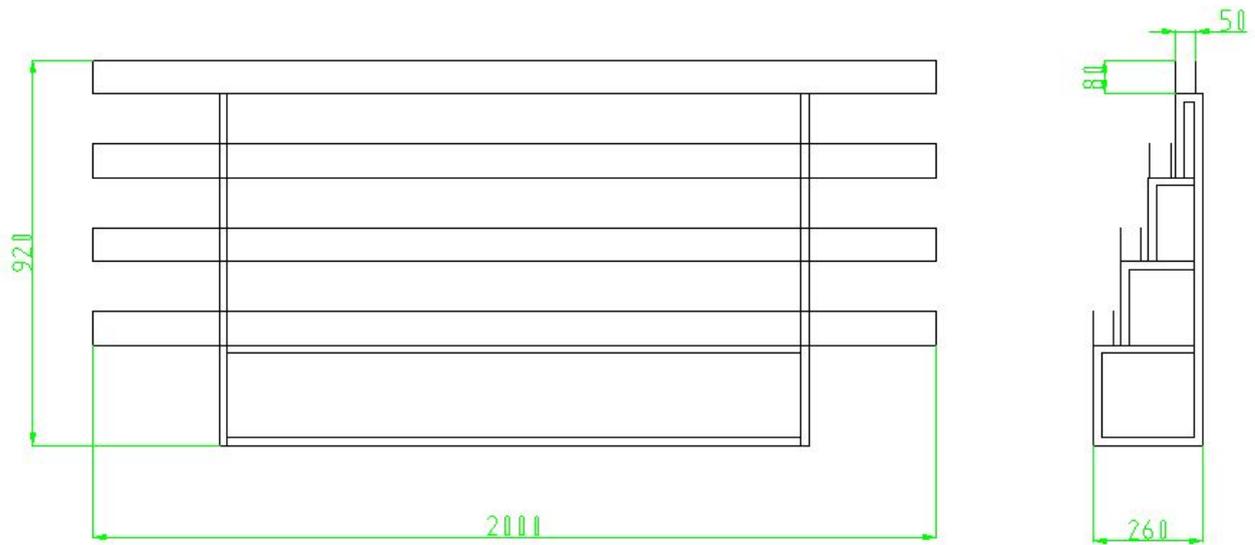


그림 74 상추수경재배장치 구성도



그림 75 상추 수경재배

상토재배는 그림 76~77과 같이 양액재배용 베드에 육묘상토를 이용하여 상추와 겨자채를 사내에서 시험재배하였고 1주일에 2회 관주와 엽면시비를 하였고, 초액, 액비, 복합비료를 비교구로 재배하였다.

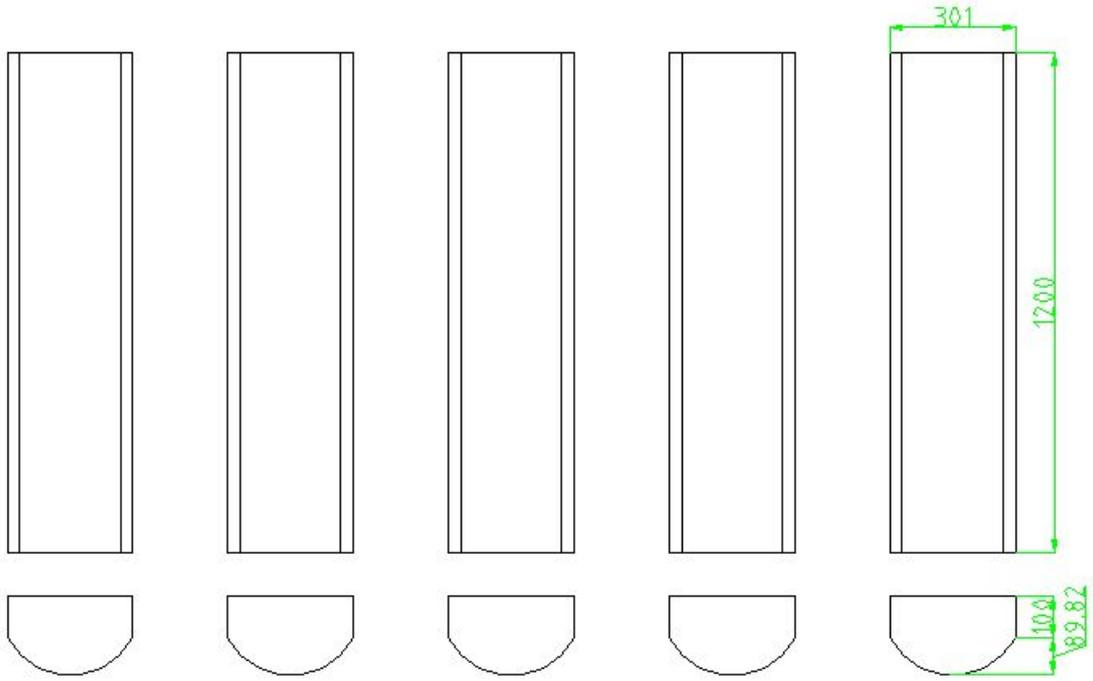


그림 76 상추의 상토재배 구상도



그림 77 상추 상토 재배

일반 토경재배에서의 성분변화를 파악하기 위하여 배추와 열무, 방울토마토를 시험하였다. 배추와 열무는 경북 영덕군 창수면 인천리 700번지 소재 재배포에서 각 기능성자재별로 관주와 엽면시비로 재배하고 성분분석하였다.



그림 73 배추와 열무 시험재배

방울토마토는 경북 구미시 해평면 김의재 씨 온실에서 의뢰 시험하였다. 수확 중기의 토경 방울토마토 재배 중에 1주일 간격으로 3회 관주시비 후 수확분석하였다.



그림 74 토경관주 재배한 방울 토마토

#### 나. 시험재배 작물의 성분분석 결과

##### 1). 시료의 전처리

항산화 실험에 이용된 시료는 미나리, 상추, 방울토마토를 녹즙기를 이용하여 원액의 즙을 원심분리 및 여과를 통하여 고형물을 제거한 것을 이용하였으며 농도별로 원액 및 D.W.를 이용하여 2~16배 희석한 것을 이용하였다(각각 희석배수에 따라 원액, x2, x4, x8, x16으로

표기하였다). 모든 시료는 재배과정에 있어서 이용된 액비의 종류에 따라 분류하였다. 각각의 액비는 미나리의 경우 한재, 대조구, 시험구, 감태, 액비, 자소, 조릿대, 초액을 이용하였으며, 상추는 무처리, 왕산, 복산, 왕초, 복초를 이용하였고, 방울토마토는 무처리, 로즈마리 500, 로즈마리 1000을 이용하였다.

## 2) DPPH 방법을 통한 항산화 활성 측정 방법

### 가) 재료 및 방법

DPPH (1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl) assay는 radical 소거활성능 측정방법으로 매우 간단하면서도 강력한 측정 방법으로 많이 이용되어 진다. 각 추출물의 시료에 0.2 mM DPPH (1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl)를 시료 추출물과 DPPH solution을 1/20의 비율로 해서 실온서 10분간 incubation한 후 517 nm (Victor3, PerkinElmer)에서 흡광도를 측정하였다. DPPH radical 소거활성 비율 (% inhibition)은 아래와 같이 계산 하였다.

$$Inhibition(\%) = \left[ A_{control} - \frac{A_{sample}}{A_{control}} \right] \times 100 \quad (A : \text{Absorbance O. D } 517 \text{ nm})$$

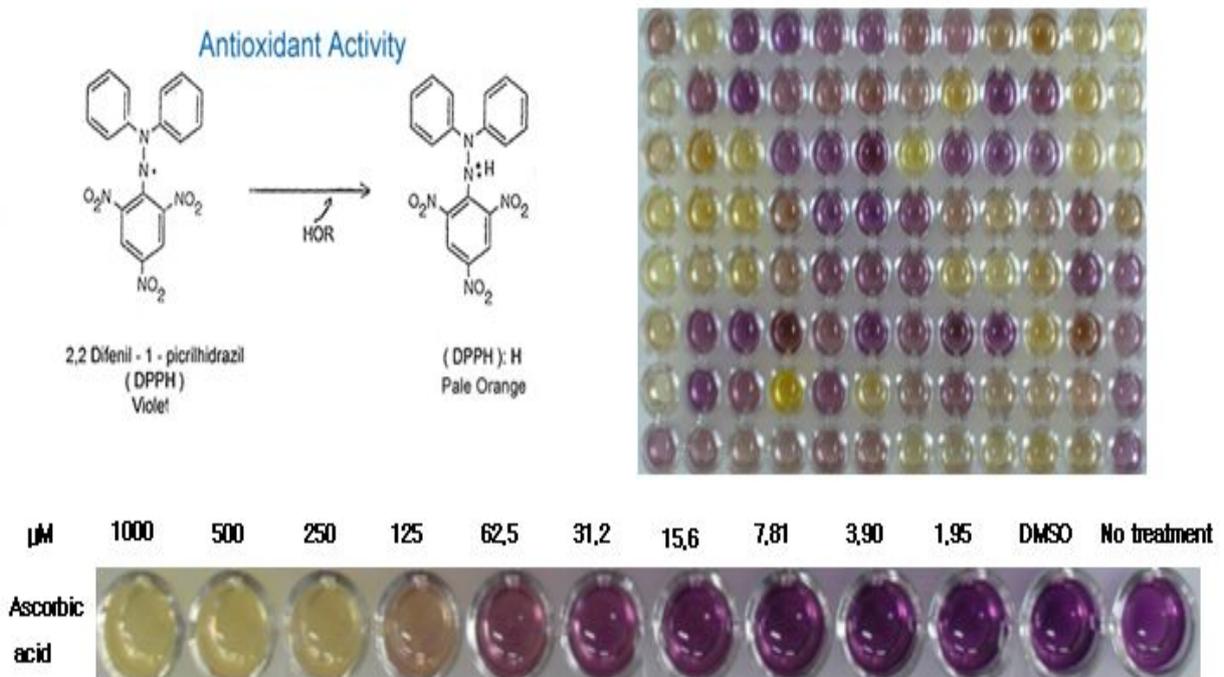


그림 75. DPPH 항산화 활성 실험 원리 및 ascorbic acid를 이용한 예제.

### 나) 실험결과

미나리 시료의 DPPH 결과를 확인한 결과 모든 시료에서 희석 배수별로 유의성있게 항산화 활성이 증가하는 것을 확인하였다. 항산화 활성은 대조구, 조릿대 > 액비 > 초액의 순으로 높은 활성을 보였으며 한재, 시험구, 감태, 자소에서는 비교적 낮은 항산화 활성을 보였다.

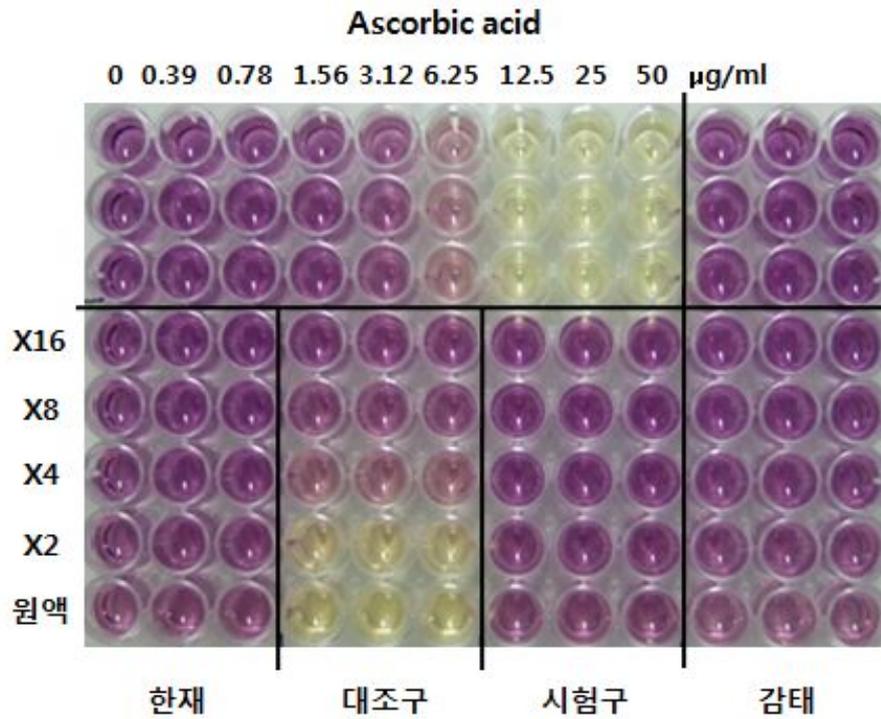


그림 76. 미나리의 DPPH 항산화 결과 사진 1

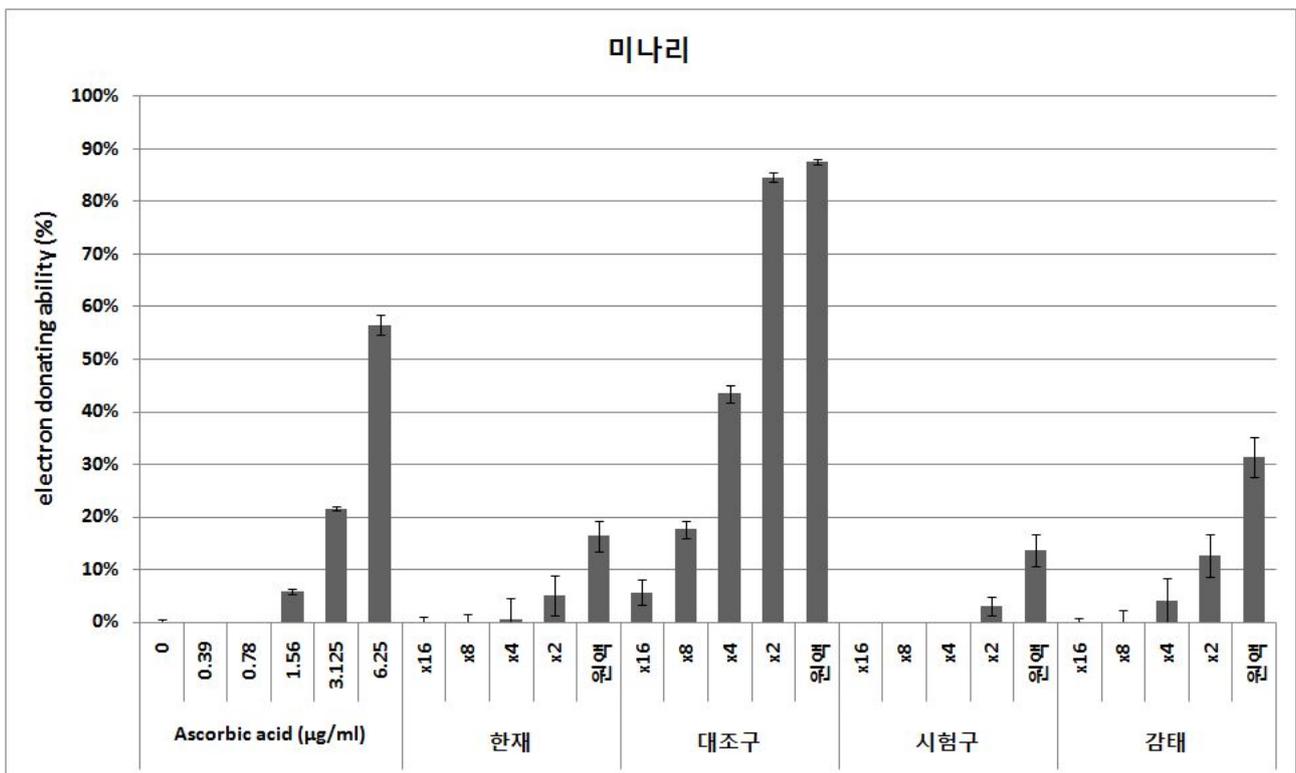


그림 77. 미나리의 DPPH 항산화 활성 1

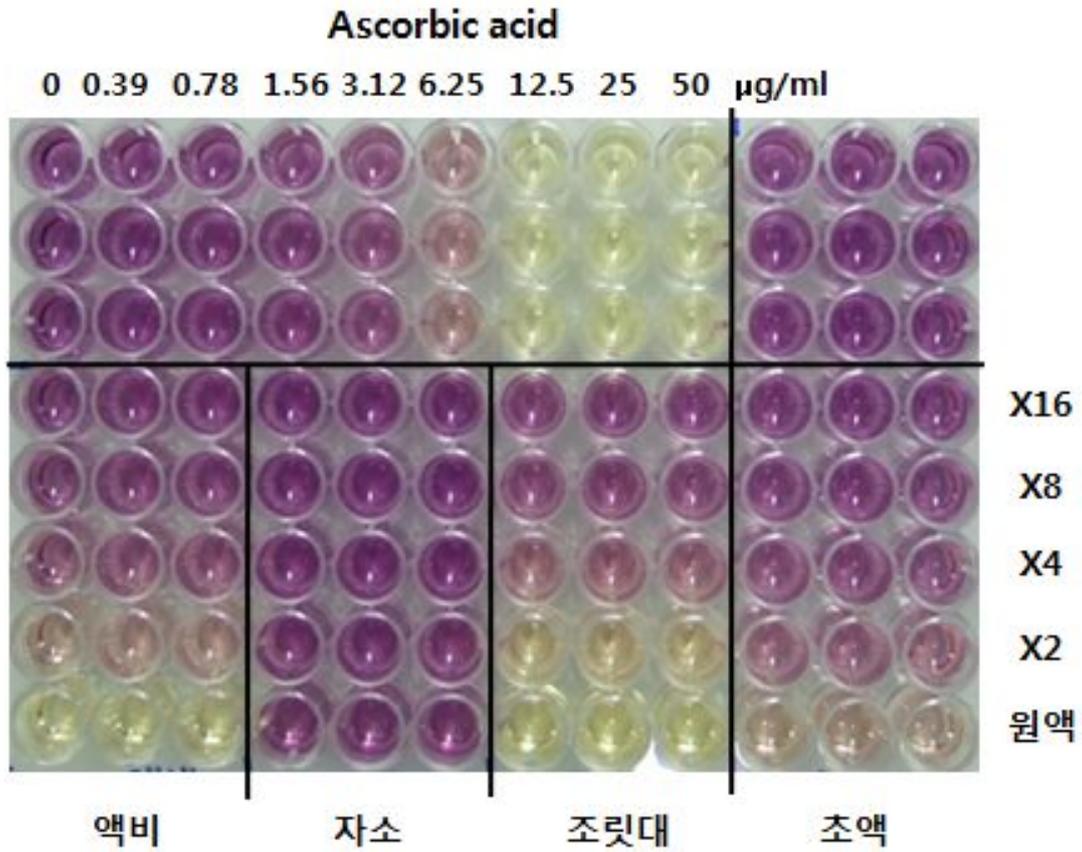


그림 78. 미나리의 DPPH 항산화 결과 사진 2

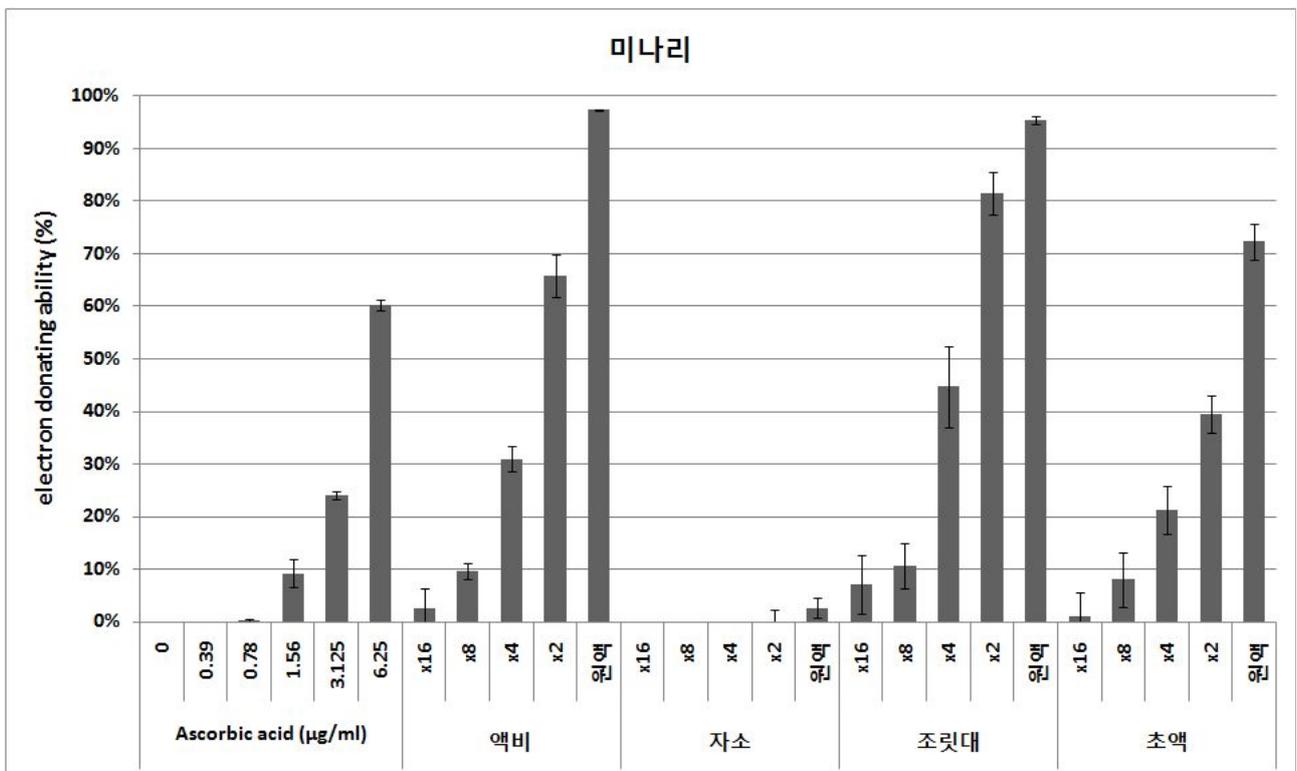


그림 79. 미나리의 DPPH 항산화 활성 2

상추의 DPPH에 따른 항산화 활성을 확인한 결과 희석배수별 유의적인 항산화 활성을 확인하였으며 왕산, 왕초 시료에서 비교적 높은 항산화 활성을 확인하였다.

### 상추 DPPH assay

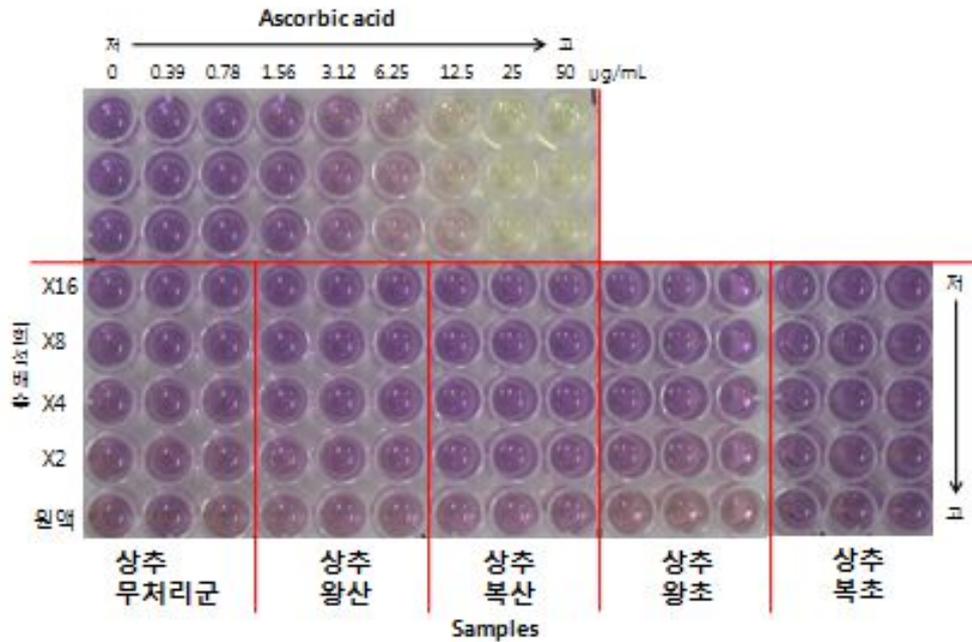


그림 80. 상추의 DPPH 항산화 결과 사진

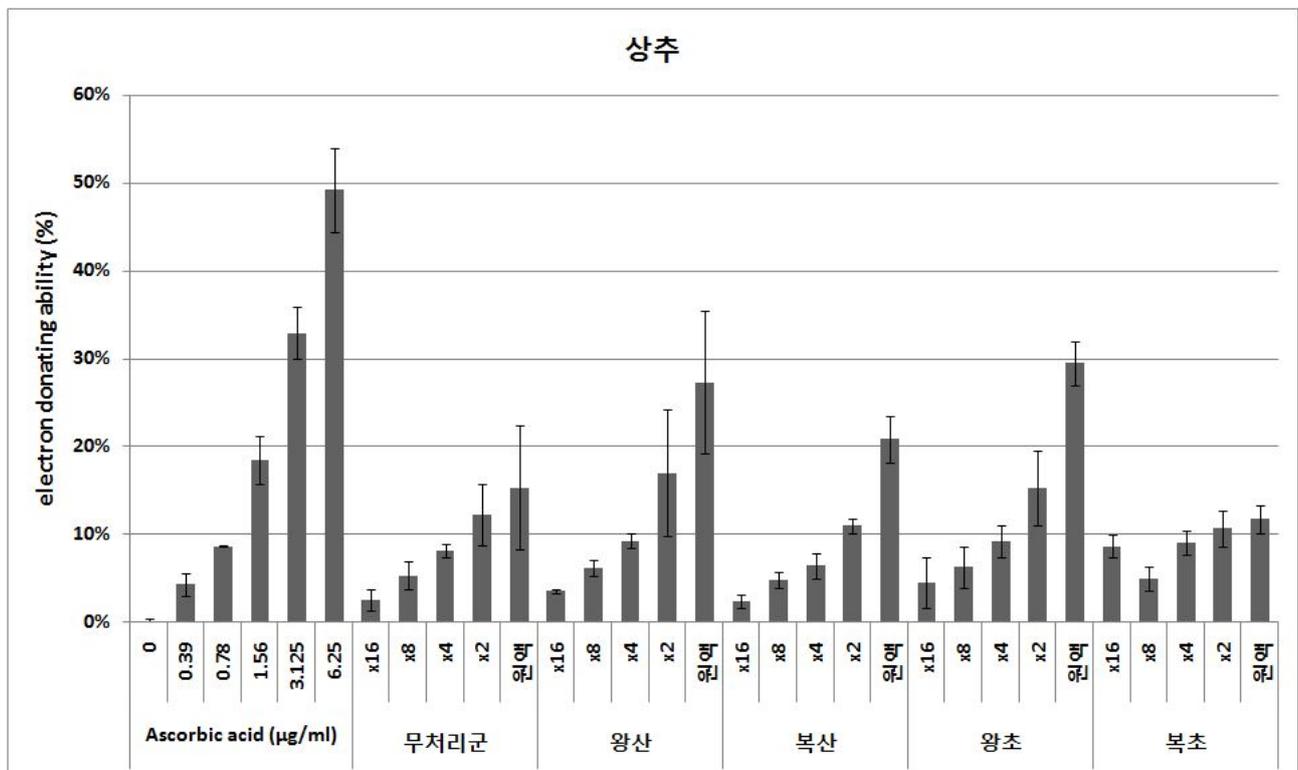


그림 81. 상추의 DPPH 항산화 활성

방울토마토의 DPPH에 따른 항산화 활성은 모든 시료에서 희석배수별로 유의적이고, 높은 항산화 활성을 나타내었으나 시료에 따른 차이는 크게 보이지 않았다.

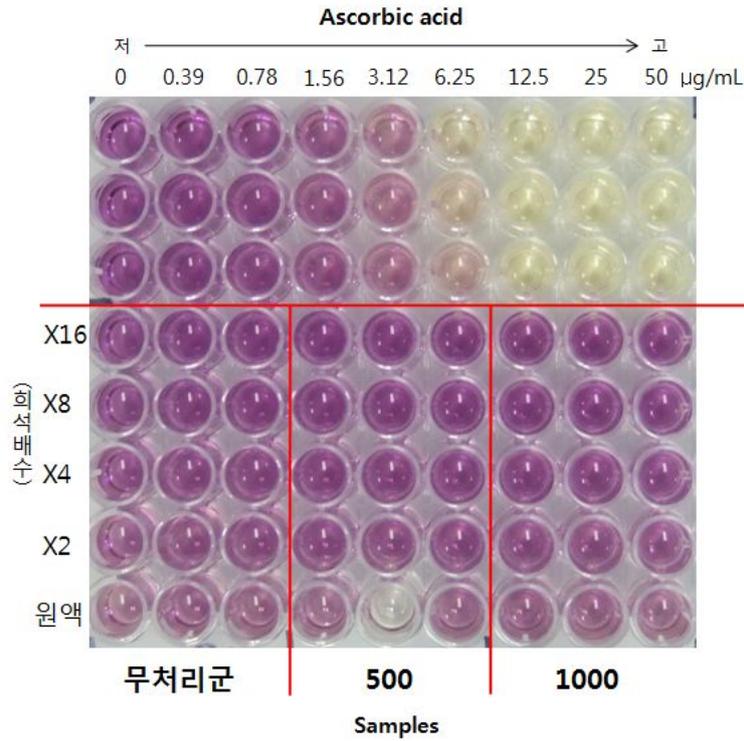


그림 82. 방울토마토의 DPPH 항산화 결과 사진

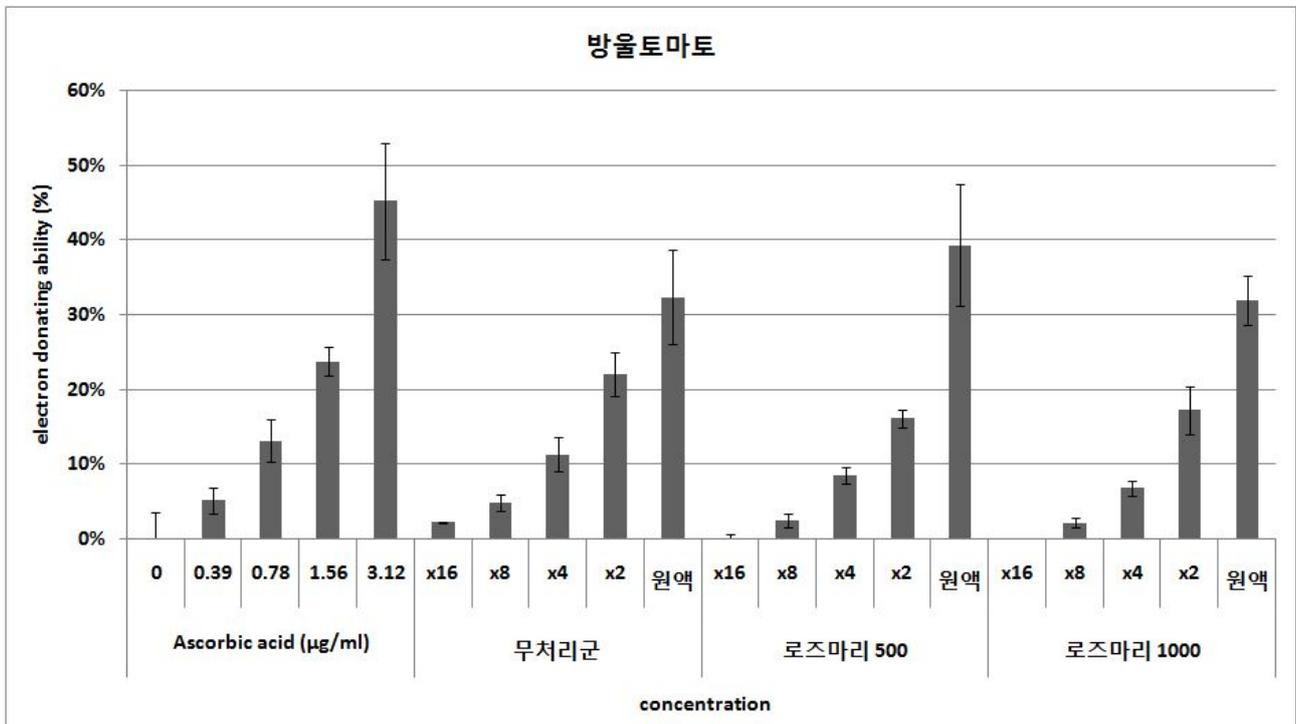


그림 83. 방울토마토의 DPPH 항산화 활성

### 3) FRAP 방법을 통한 항산화 활성 측정

#### 가) 재료 및 방법

Ferric ion reducing antioxidant power (FRAP) assay를 이용하여 radical을 어느 정도 환원시킬 수 있는지의 능력을 알아보았다. 실험을 위한 반응액으로는 acetate buffer (pH 3.6, 300 mM) : 10 mM의 TPTZ (2,4,6-tripyridyl-s-triazine) : 20 mM의  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 를 10 : 1 : 1의 비율로 섞어 실험직전에 만들어 사용을 하였다. 반응액과 시료 추출물을 각각의 비율로 혼합 한 후 10분간 상온에서 보관 후 590 nm에서 흡광도를 측정하였다.

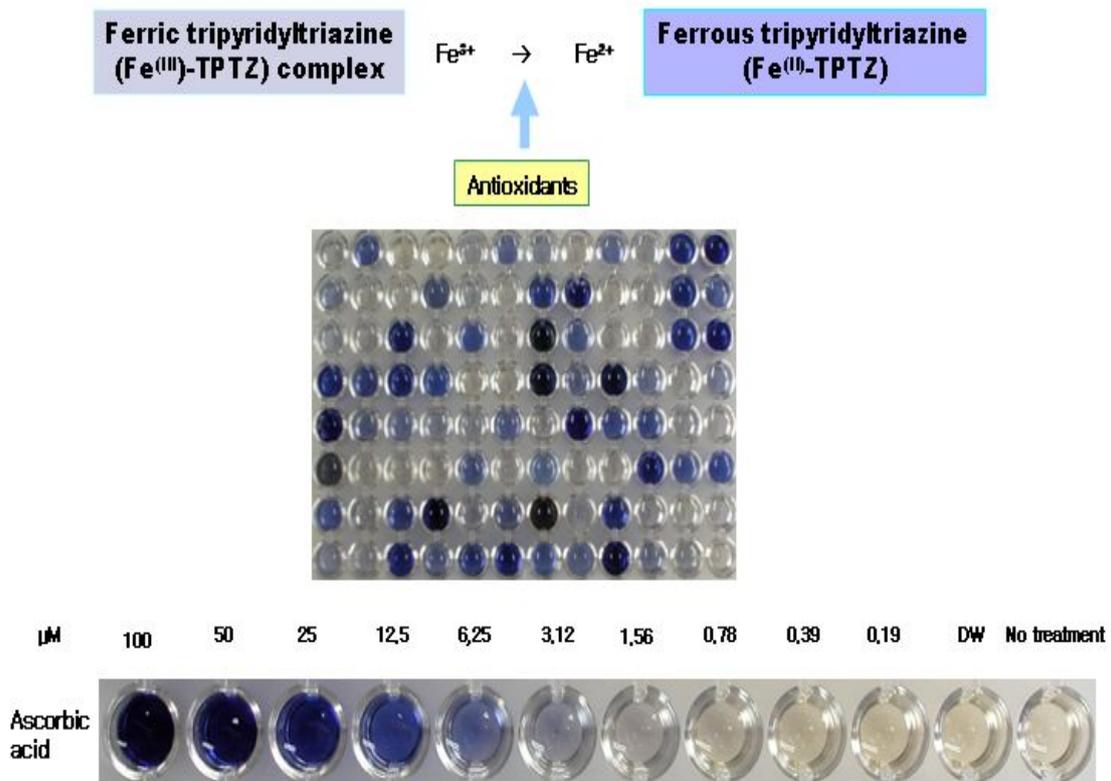


그림 84. FRAP 항산화 활성 실험 원리 및 ascorbic acid를 이용한 예제.

#### 나) 실험결과

미나리의 FRAP을 이용한 항산화 활성을 측정한 결과 희석배수별로 유의성 있게 결과가 나타났다. 항산화 활성은 대조구, 조릿대 > 액비, 초액의 순으로 DPPH의 결과와 유사하게 나타났다으며, 한재, 시험구, 감태, 자소에서 항산화 활성이 확인되었으나 비교적 낮게 나타났다.

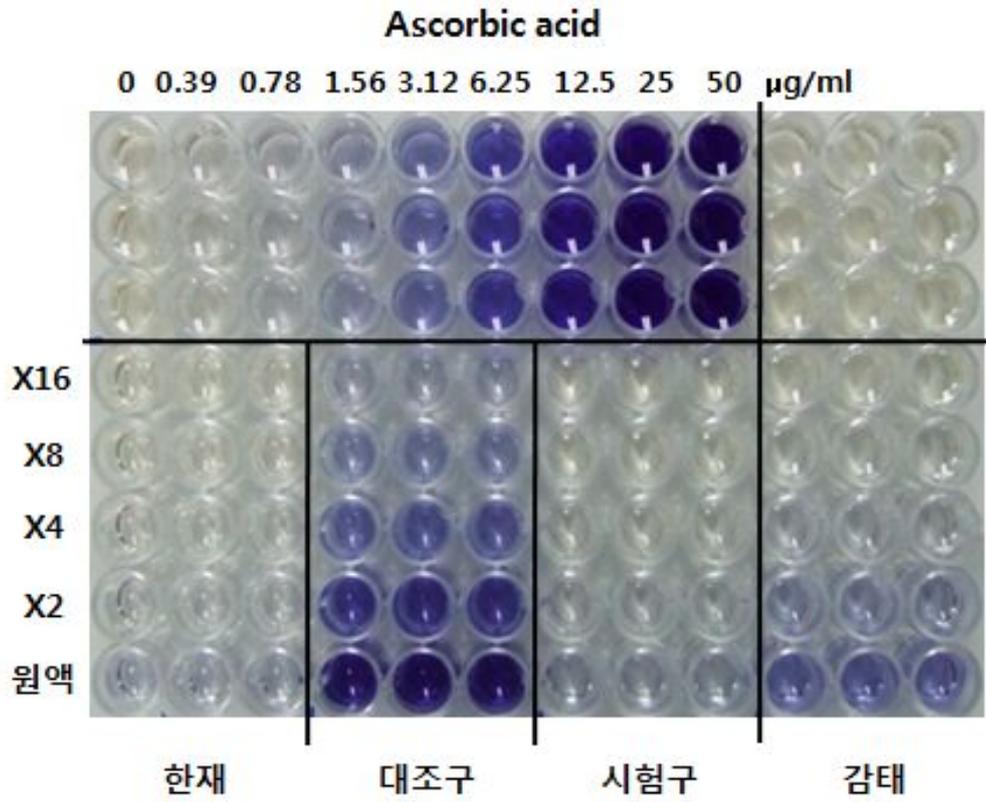


그림 85. 미나리의 FRAP 항산화 결과 사진 1

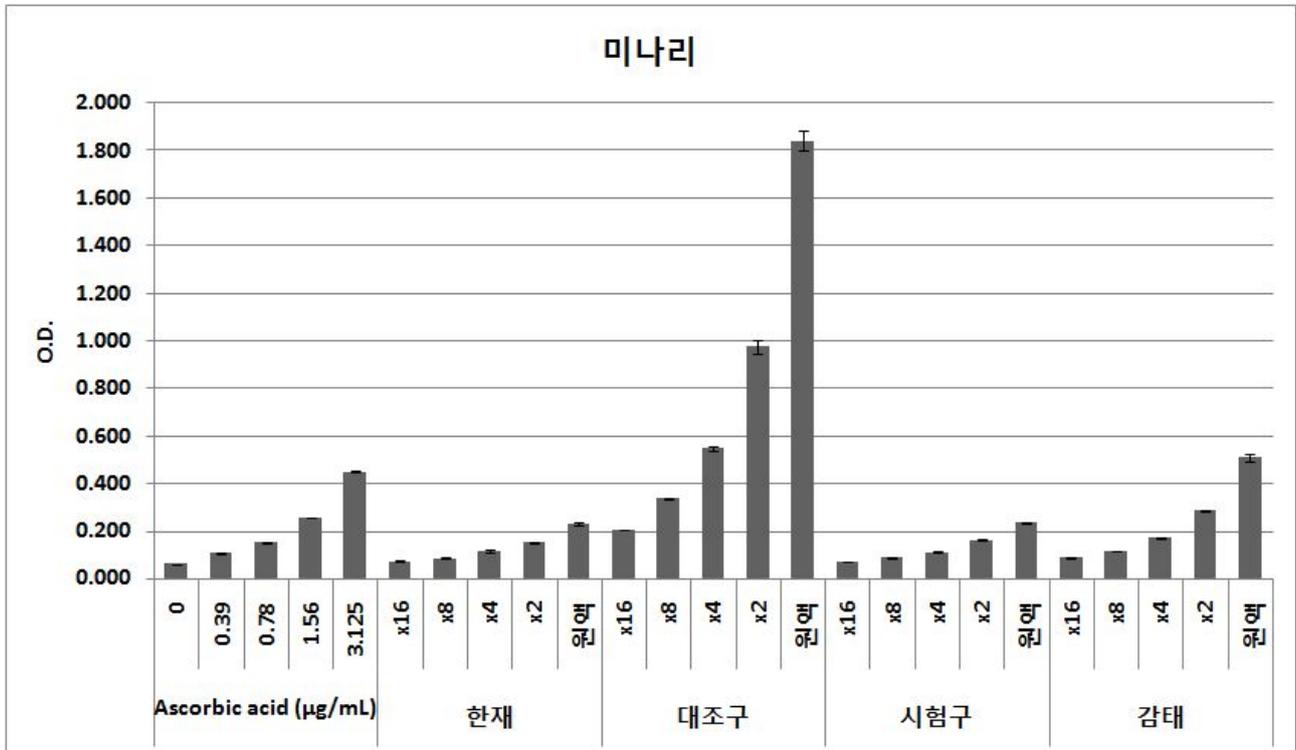


그림 86. 미나리의 FRAP 항산화 활성 1

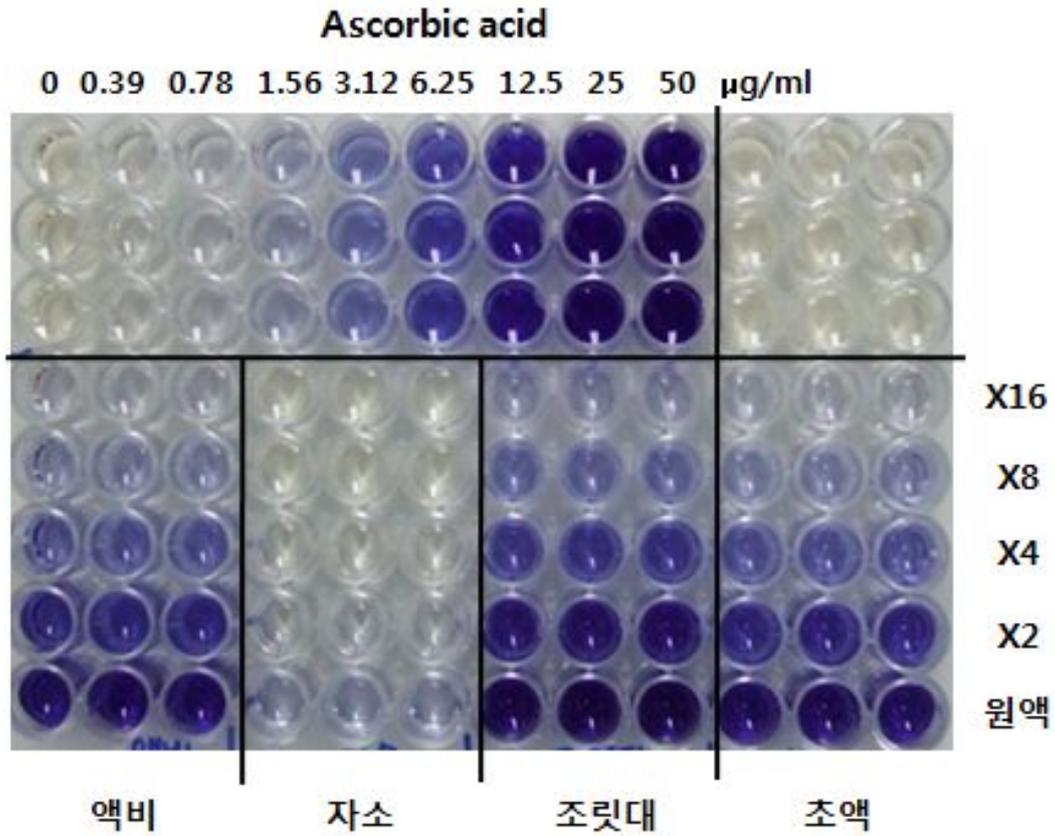


그림 87. 미나리의 FRAP 항산화 결과 사진 2

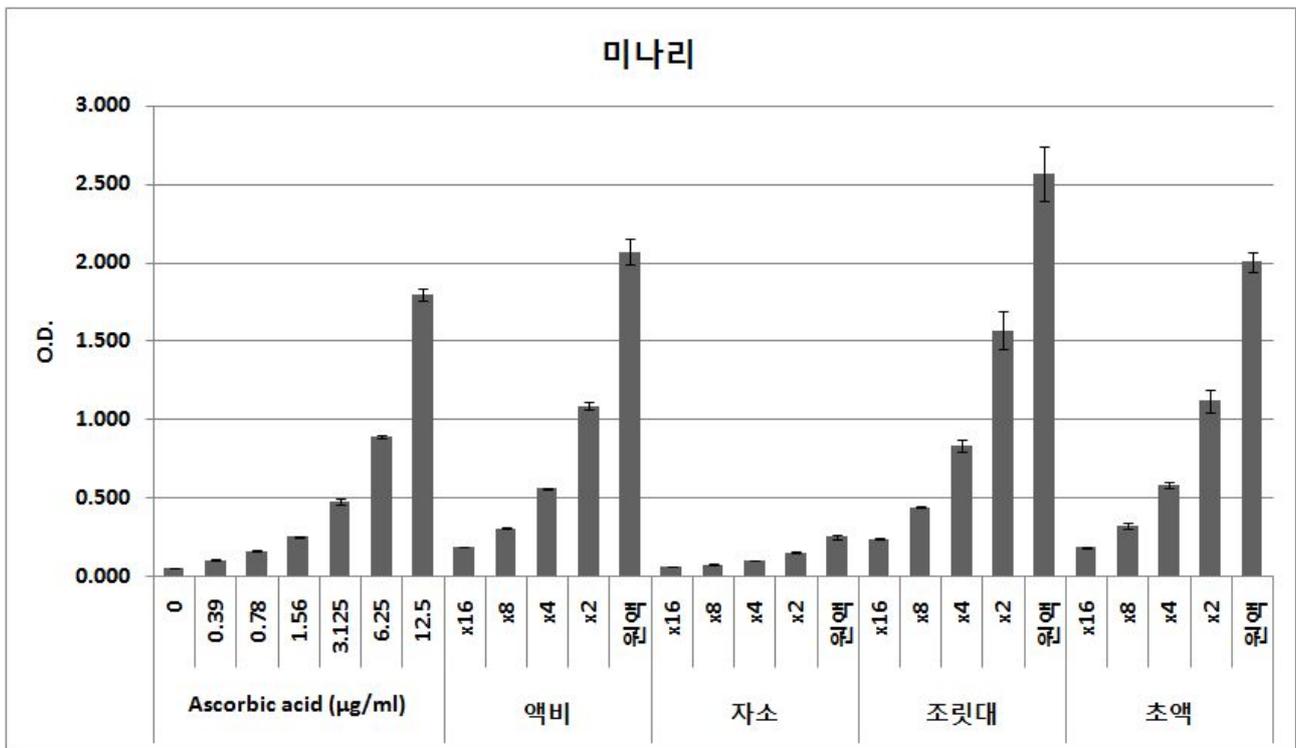


그림 88. 미나리의 FRAP 항산화 활성 2

상추의 FRAP을 이용한 항산화 활성을 확인한 결과 모든 시료에서 희석배수별 유의적인 항산화 활성을 확인할 수 있었다. 왕초 시료의 경우가 가장 높은 항산화 활성을 나타내었다.

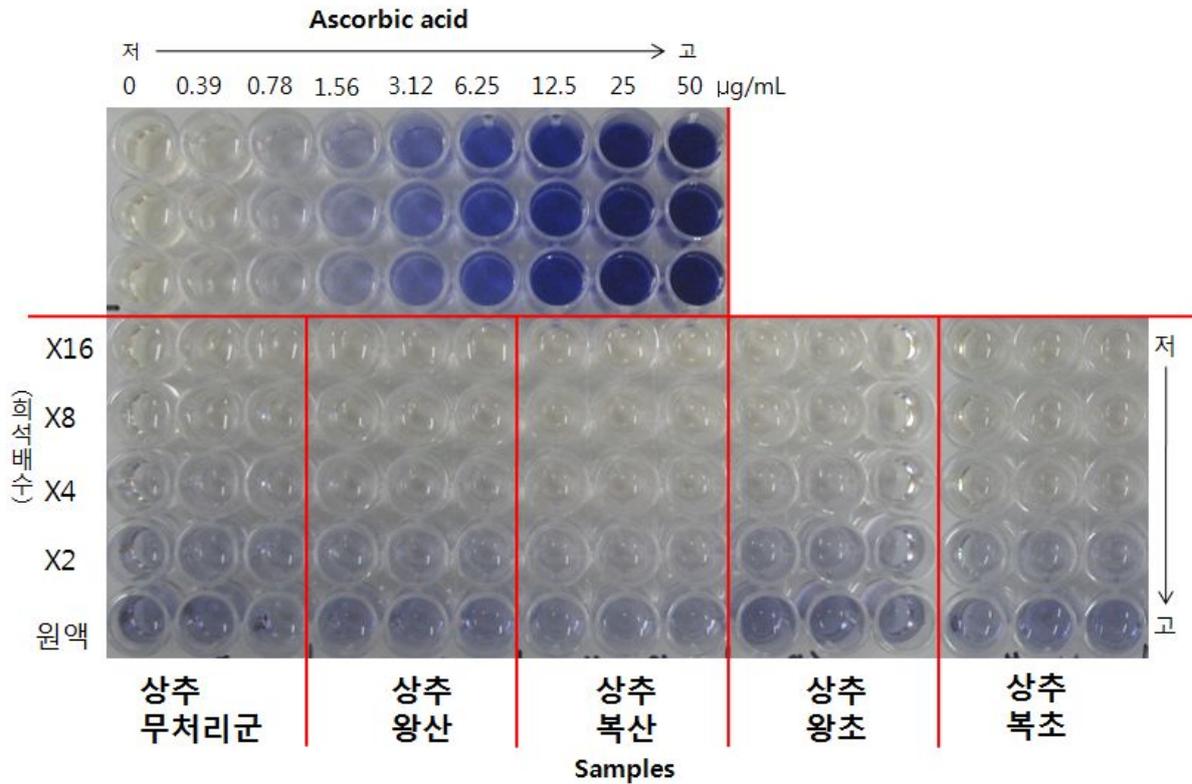


그림 89. 상추의 FRAP 항산화 결과 사진

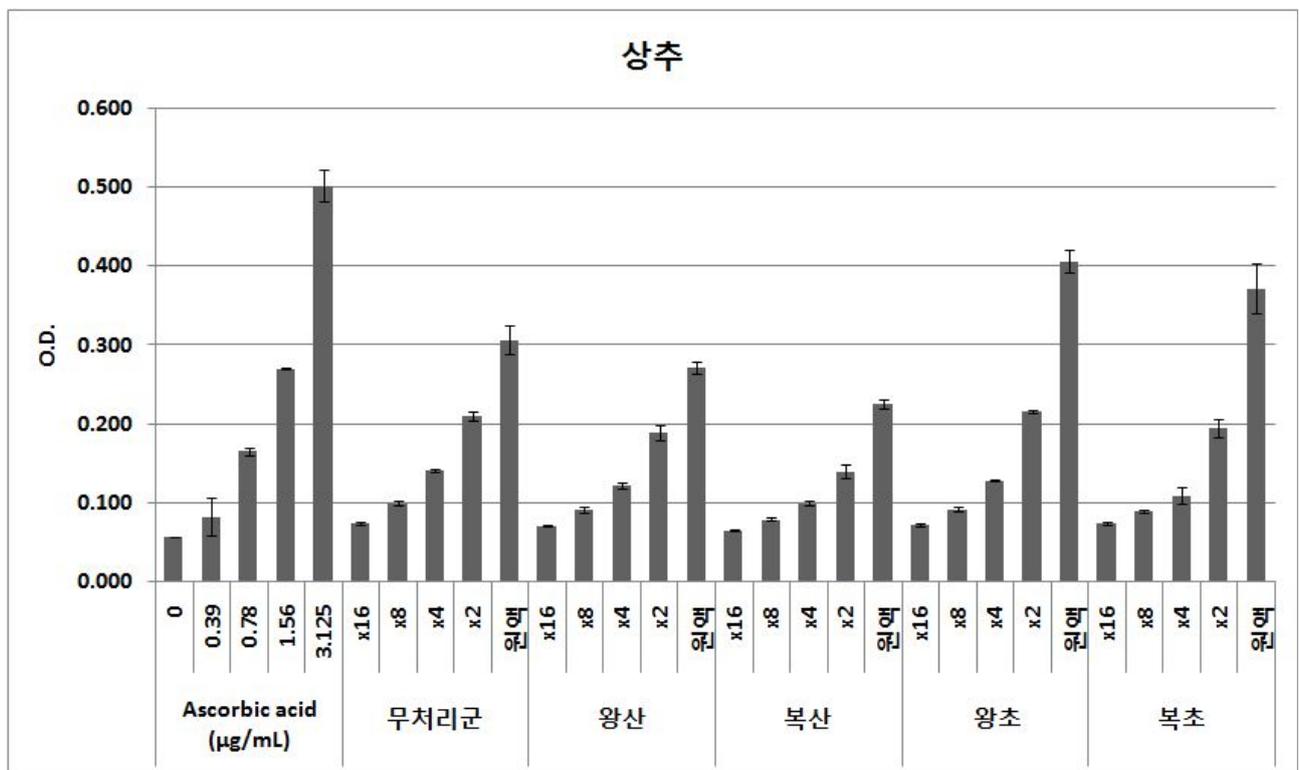


그림 90. 상추의 FRAP 항산화 활성

방울토마토에서 FRAP을 이용한 항산화 활성을 확인한 결과 DPPH에서의 결과와 비슷하게 전반적으로 높은 항산화 활성을 확인하였다. 시료별로 큰 차이는 보이지 않았으나, 로즈마리 시료의 경우 미비하게 상대적으로 낮은 활성을 보였다.

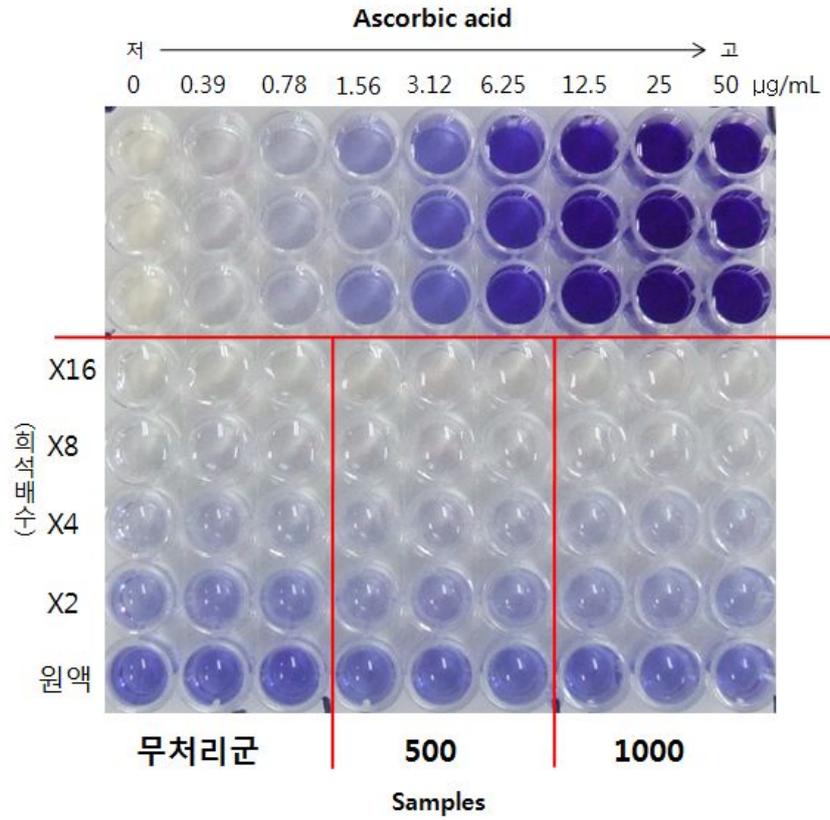


그림 91. 방울토마토의 FRAP 항산화 결과 사진

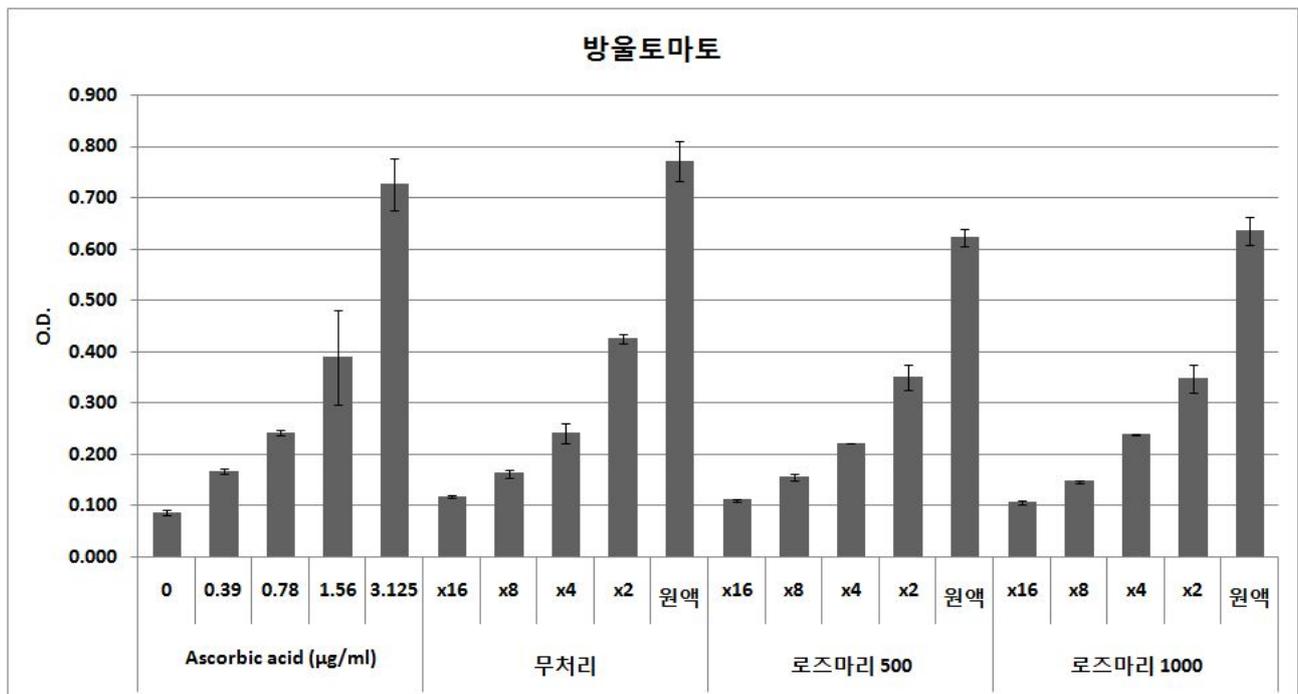


그림 92. 방울토마토의 FRAP 항산화 활성

3) Cu<sup>2+</sup>를 이용한 항산화 실험

가) 재료 및 방법

Cu<sup>2+</sup>이온이 Cu<sup>+</sup>로 환원되면 Neocuproine과 만나면서 노란색을 띠게 되는데 이를 이용하여 빠르게 항산화능을 알아볼 수 있는 실험이다. D.W. 194  $\mu$ l와 10 mM CuCl<sub>2</sub> 2  $\mu$ l와 75 mM Neocuproine 2  $\mu$ l를 섞은 뒤 2  $\mu$ l의 Sample이 들어있는 96 well plate에 Reaction mixture 198  $\mu$ l를 넣고 37°C Dry oven에서 약 20분간 반응한 뒤 450nm에서 흡광도를 측정하였다. 대조군으로는 Ascorbic acid를 사용하였다.

나) 실험결과

미나리의 copper assay를 이용한 항산화 활성을 확인한 결과 희석배수별로 유의성있게 항산화 활성이 증가하는 것을 확인하였다. 대조구, 조릿대 > 액비, 초액의 순으로 항산화 활성을 나타내었으며, 이는 DPPH, FRAP의 실험결과와 유사하다.

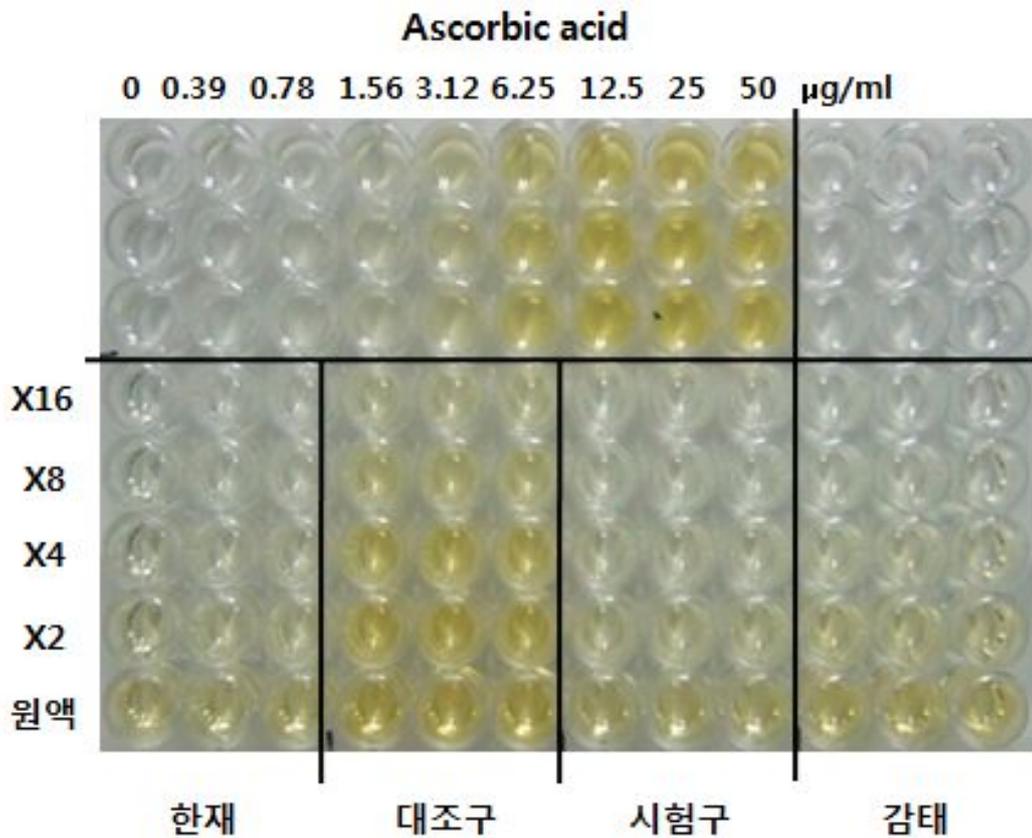


그림 93. 미나리의 copper 항산화 결과 사진 1

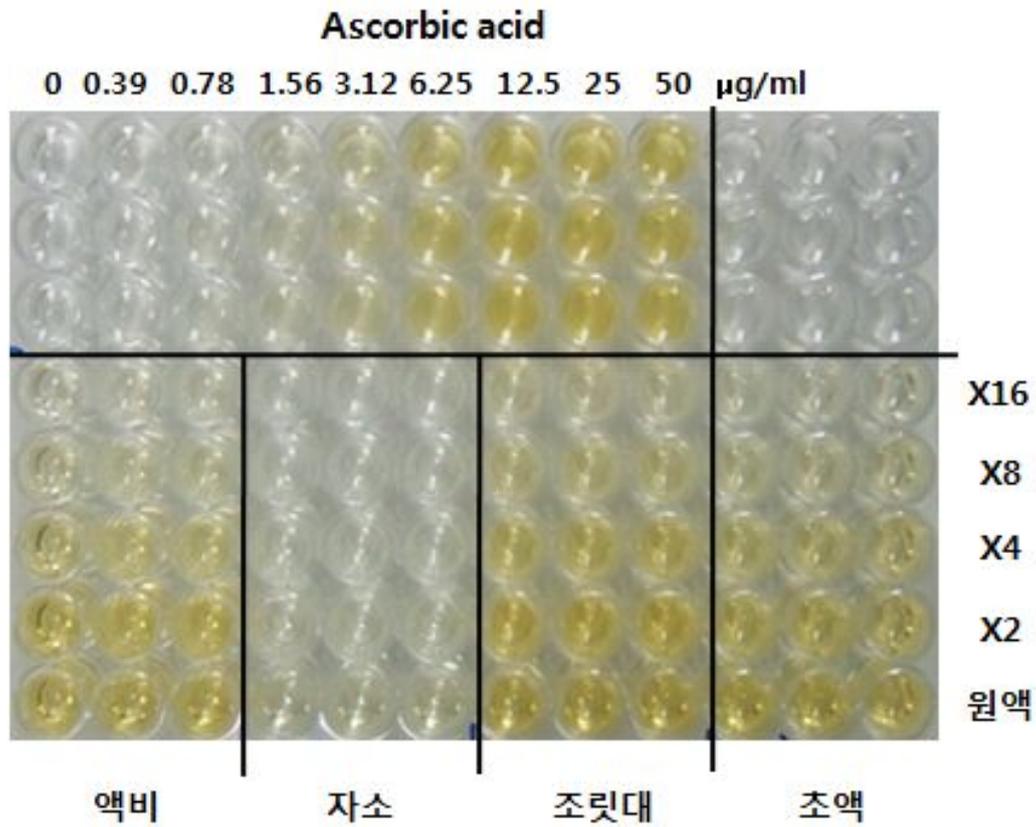


그림 94. 미나리의 copper 향산화 결과 사진 2

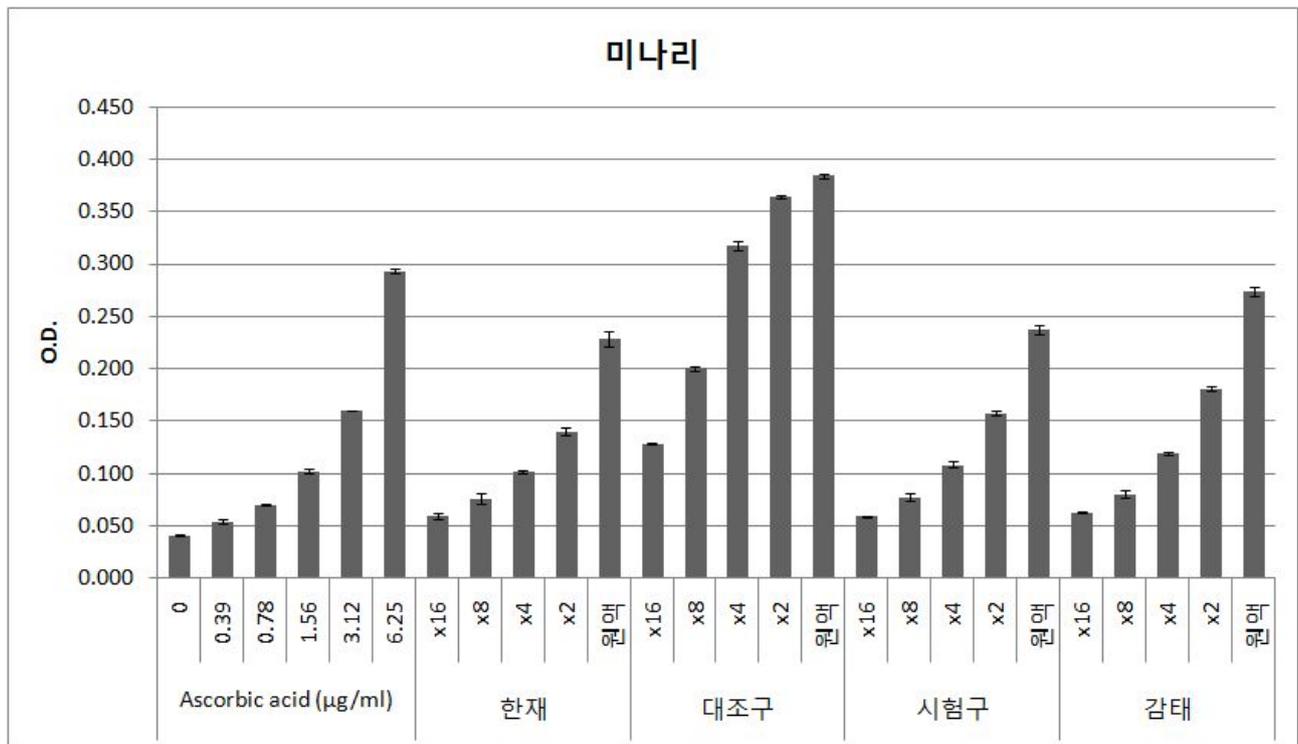


그림 95. 미나리의 copper 향산화 활성 1

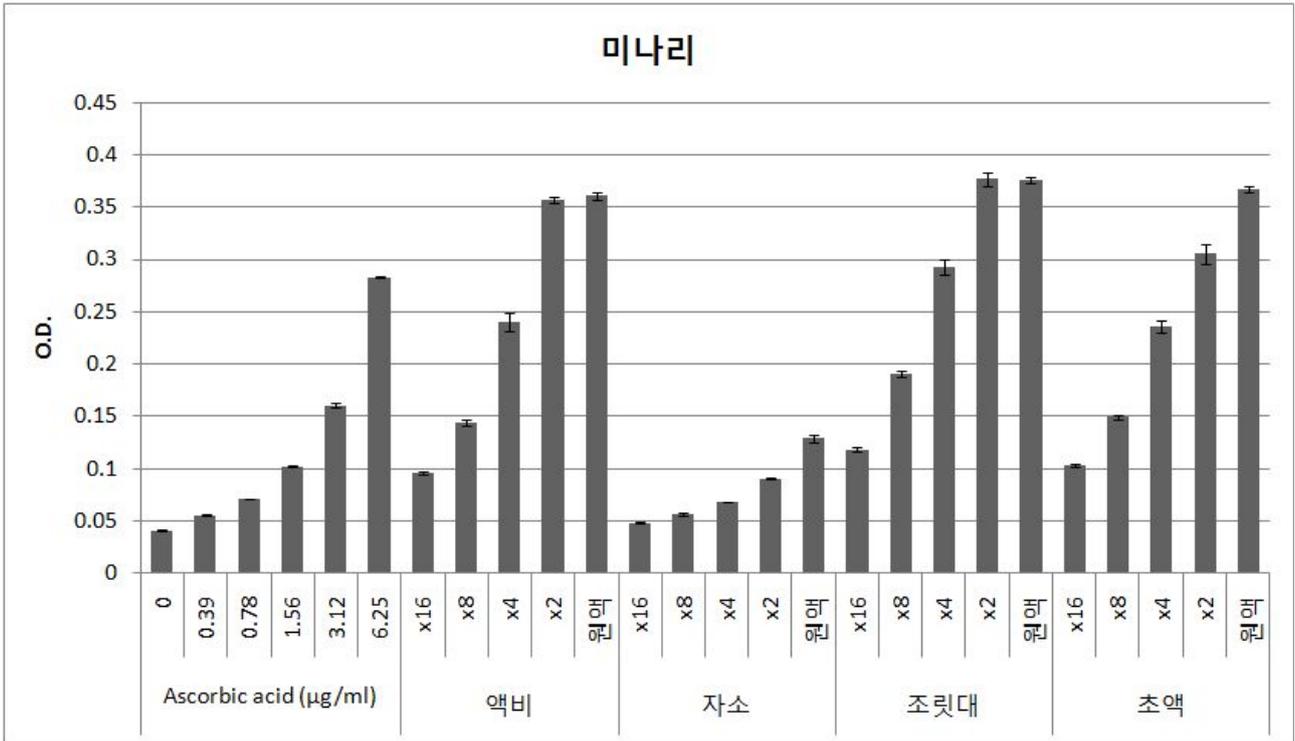


그림 96. 미나리의 copper 항산화 활성 2

상추의 copper assay를 이용한 항산화 활성을 비교해본 결과 전반적으로 높은 항산화능을 확인하였으며 시료에 따른 차이는 크게 보이지 않았으나 무처리군, 왕초, 복초에서 비교적 높은 항산화능을 확인하였다.

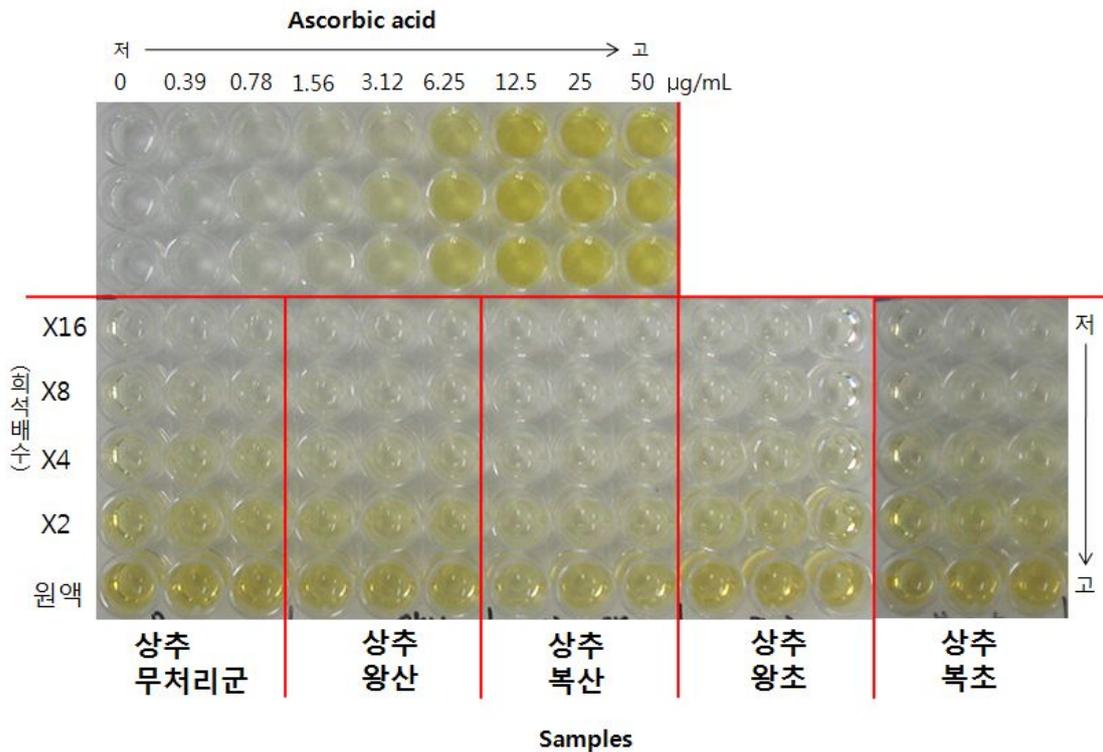


그림 97. 상추의 copper 항산화 결과 사진

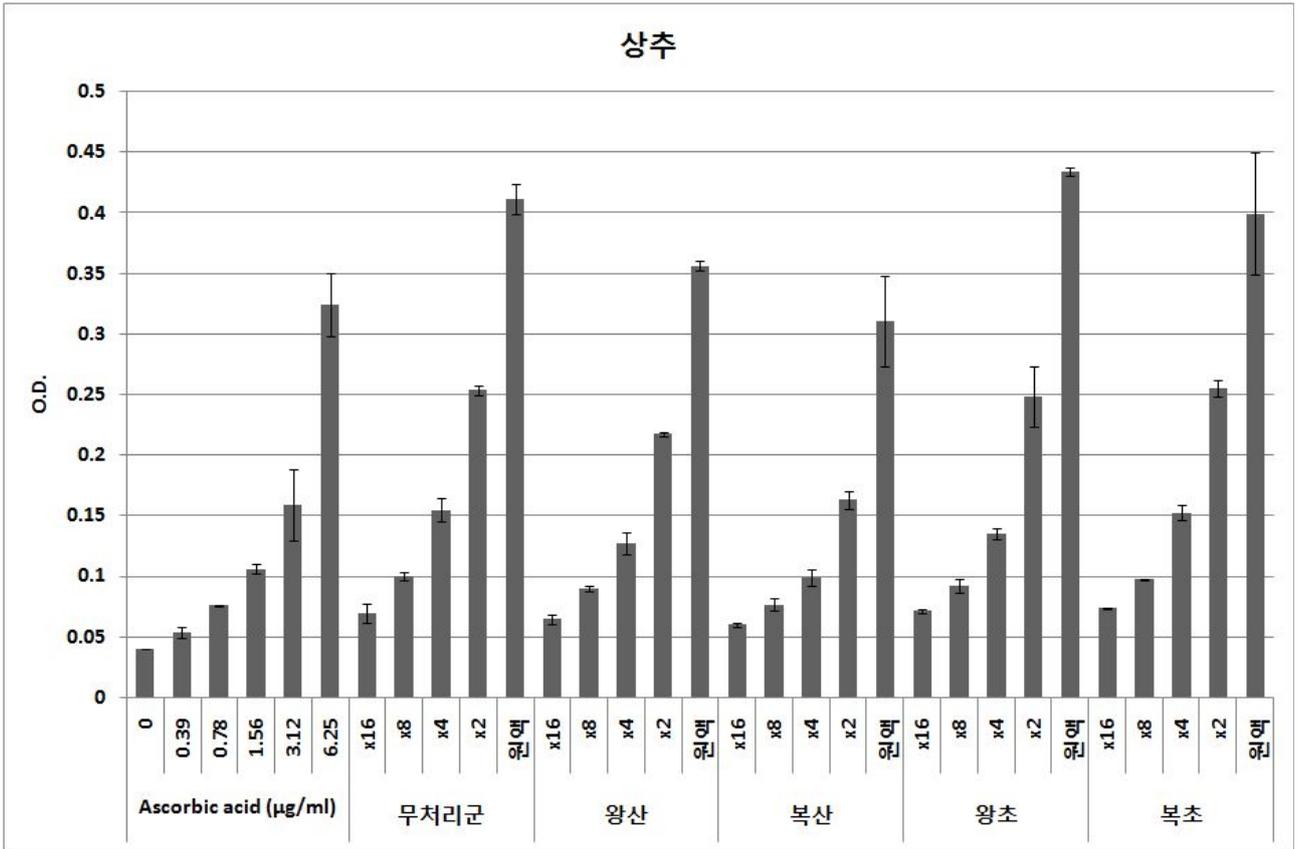


그림 98. 상추의 copper 항산화 활성

방울토마토의 copper assay를 이용한 항산화 시험 결과 희석배수별로 유의성 있는 활성을 확인하였다. DPPH, FRAP의 결과와 유사한 활성을 보였으며, 로즈마리 시료에서 미비하게 낮은 활성을 확인하였다.

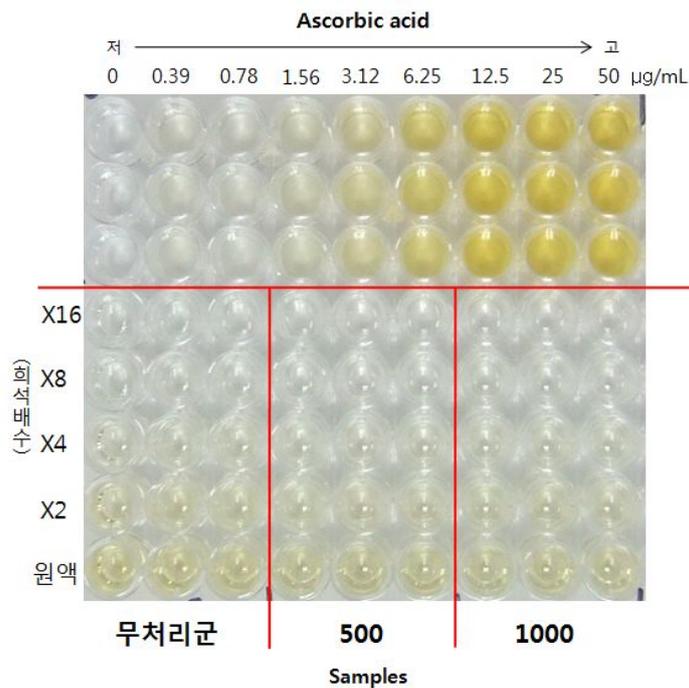


그림 99. 방울토마토의 copper 항산화 결과 사진

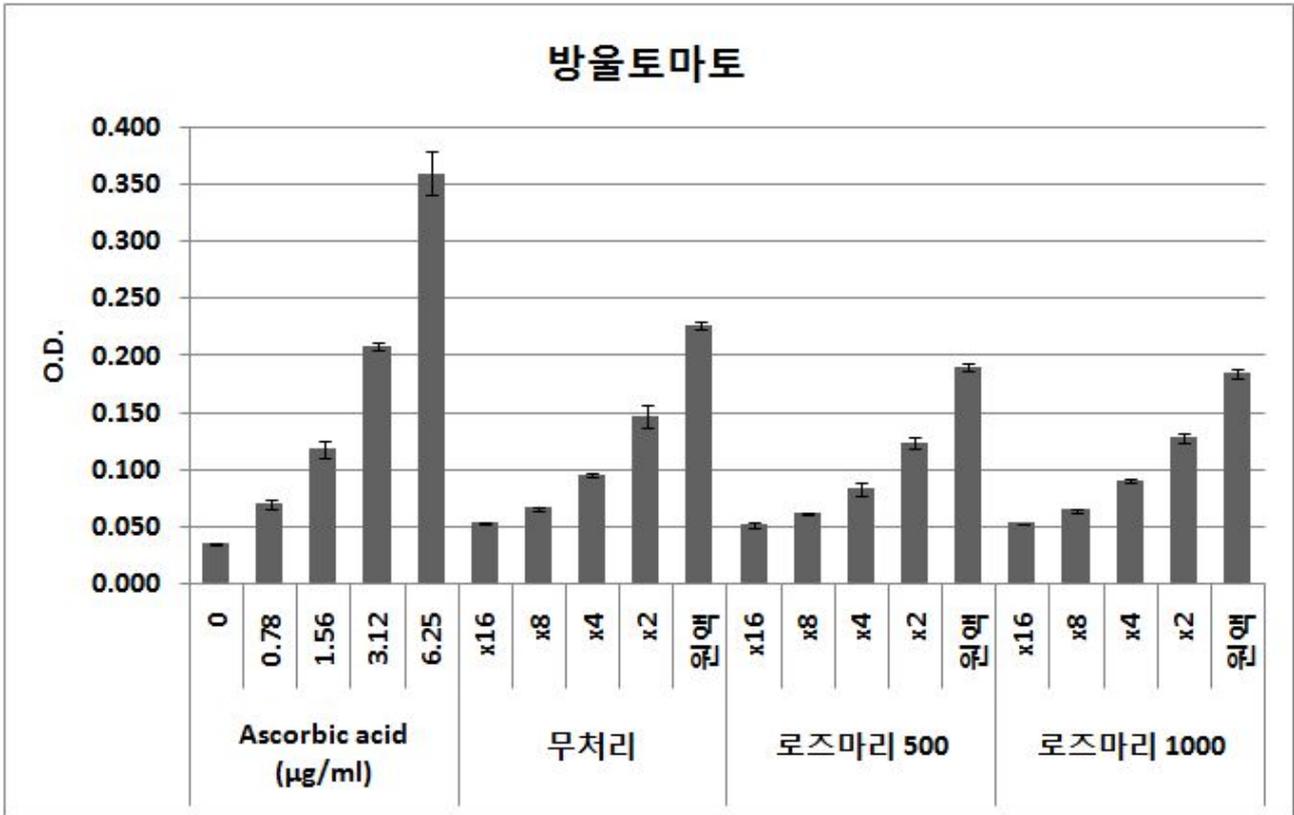


그림 100. 방울토마토의 copper 향산화 활성

### 3. 미나리, 상추, 토마토의 향산화 활성 비교 및 연구결과 요약

DPPH, FRAP, copper assay 의 실험 결과들을 ascorbic acid를 기준으로 향산화 활성을 비교하였다. 각 향산화 실험에서의 ascorbic acid를 농도별로 흡광도를 측정한 결과로 표준곡선을 구하고 그림 101에서와 같이 그래프에 나타난 추세선 수식을 구하였다. 각 시료별 얻어진 흡광도 값을 수식에 대입하여 ascorbic acid의 농도와 비교하여 분석하였다. 그림 21은 미나리 FRAP 실험에 이용된 ascorbic acid의 표준곡선으로 미나리-감태 원액의 경우 0.509의 흡광도 값을 가지는데 이것은  $0.509 = 0.123x + 0.064$ 의 수식의 계산에서 ascorbic acid 3.615 µg/mL 정도의 활성으로 분석된다. 각 실험별로 방법의 차이가 있으며 다른 변수들이 존재하기 때문에 시료의 향산화능이 ascorbic acid 특정농도와 완전히 같다고 할 수는 없지만 시료별 향산화능 비교분석은 용이하다.

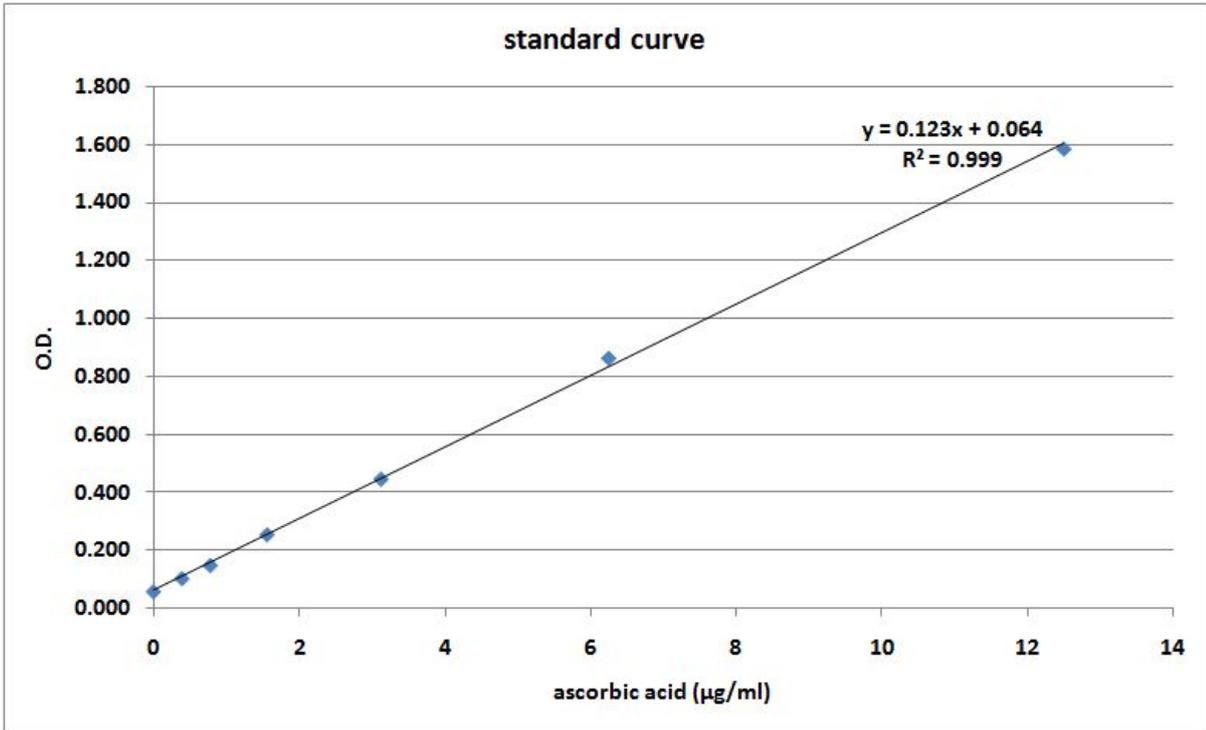


그림 101. FRAP 실험에서 ascorbic acid를 이용한 표준곡선 예제.

표 12. ascorbic acid( $\mu\text{g/mL}$ ) 활성과 비교한 시료별, 실험별 항산화능

시료		DPPH	FRAP	Copper
미 나 리	한재	2.44	1.35	4.76
	대조구	9.37	14.46	8.66
	시험구	2.17	1.38	4.98
	감태	3.91	3.62	5.89
	액비	9.79	14.65	8.41
	자소	1.03	1.49	2.32
	조릿대	9.62	18.24	8.82
	초액	7.48	14.17	8.59
상 추	무처리군	1.41	1.89	9.73
	왕산	2.55	1.61	8.27
	복산	1.94	1.26	7.06
	왕초	2.76	2.67	10.32
	복초	1.07	2.40	9.41
방울 토마토	무처리군	2.21	3.23	3.68
	로즈마리 500	2.69	2.55	2.99
	로즈마리 1000	2.18	2.61	2.88

표 1에서는 위의 실험결과들 중에서 희석된 시료들을 제외한 원액 시료만을 표준곡선을 이용

하여 ascorbic acid의 활성과 비교하였다. 표에서 나타나는 항산화능의 정도가 실험별로 일부 차이를 보이거나 실험방법에 따른 변수로 판단된다. 미나리에서 가장 높은 항산화능은 실험방법 별로 액비, 조릿대, 대조구로 나타났으며, 상추에서는 왕초가 세가지 실험에서 모두 가장 높게 나타났고, 방울토마토에서는 로즈마리 500이 가장 높게 나타났다.

## 제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

연구목표	달성내용	달성도(%)	비고
소형 배취식 탄화장치 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 왕겨60ℓ/초액20ℓ/15hr 배취형 탄화장치제작</li> <li>- 왕겨탄화 기초시험 수행</li> <li>- 착화, 탄화, 응축특성분석</li> </ul>	100	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 산업화</li> <li>- 기술지도</li> <li>- 정책지도</li> <li>- 친환경기술</li> </ul>
중형 연속식 탄화기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 왕겨100ℓ/초액40ℓ/20hr 연속식 탄화장치제작</li> <li>- 2류체노즐무화방식 응축장치 개발</li> <li>- 일체형 응축조상부/측면형 모델 개발</li> </ul>	100	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 산업화</li> <li>- 기술지도</li> <li>- 정책지도</li> <li>- 친환경기술</li> </ul>
온수보일러 겸용화 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 왕겨탄화장치의 온수보일러 겸용화 장치 개발</li> <li>- 왕겨1회공급 탄화시간 20시간 유지</li> </ul>	100	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 산업화</li> <li>- 기술지도</li> <li>- 정책지도</li> <li>- 친환경기술</li> </ul>
기능성물질추출기술개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 식물유래 기능성물질 열수추출기술개발</li> <li>- 대기압/저온 농축기술 추출겸용화 개발</li> </ul>	100이상	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 산업화</li> <li>- 기술지도</li> <li>- 정책지도</li> <li>- 친환경기술</li> </ul>
기능성물질 자재 탐색	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 고유기능성분보유 식물자원 왕겨, 자소, 로즈마리, 조릿대, 담태 탐색 확보</li> </ul>	100이상	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 기술지도</li> <li>- 친환경기술</li> </ul>
기능성 액비 제조기술개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 탄화왕겨초액의 기능성 액비화 기술개발</li> <li>- 초액과 식물추출물 이용 기능성 액비기술 개발</li> </ul>	100	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 산업화</li> <li>- 기술지도</li> <li>- 정책지도</li> <li>- 친환경기술</li> </ul>
추출물질의 성분분석	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 식물자원으로부터 Ca, Fe, Si, Zn, 향산화성분 추출확인</li> </ul>	100이상	
기능성물질의 전이 흡수 농도 분석	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 미나리, 상추, 배추, 방울토마토 향산화활성도 향상 확인</li> </ul>	100이상	

## 제 5 장 연구개발 성과 및 성과활용 계획

### 1. 실용화·산업화 계획(기술실시 등)

제품화 단계에 접근한 기술은 1. 왕겨60ℓ/초액20ℓ 생산능력의 배취식 왕겨탄화장치, 2. 왕겨100ℓ/초액40ℓ 생산능력의 연속식 왕겨탄화장치 겸용 온수보일러, 3. 추출농축겸용장치 20ℓ, 4. 왕겨초액액비(비료생산허가검사완료), 5. 향산화액비(비료생산허가검사완료)로 요약할 수 있다.

현재 연구를 수행한 회사에서는 회의적인 반응으로 산업화의 결정을 내리지 못하고 있으며, 회사에서 기술실시를 희망하지 않을 경우 희망하는 산업체를 찾아서 기술이전을 할 예정이다.

제품화에 접근한 기술의 희망 소비자 가격은 1. 배취식탄화장치 150만원, 2. 온수보일러겸용 연속식탄화장치 500만원, 3. 추출농축겸용장치 300만원, 4. 왕겨초액액비 1000ml당 1만원, 향산화 기능성 액비 1000ml당 1만원으로 예상하고 있고 탄화장치의 경우 경쟁제품이 없으며 농가단위 또는 작목반단위에서 구입 사용이 가능하기 때문에 직접 구매하여 초액을 생산하여 사용하고 온수보일러를 활용할 경우 친환경농업을 추구하는 농가에서는 많은 이득이 예상된다.

2011. 12. 1~4 서울 코엑스에서 대한민국발명특허전시회에서 2가지 기술에 대한 유익한 상담을 진행하였으며 계속 진행되고 있다.

### 2. 교육·지도·홍보 등 기술확산 계획 등

왕겨초액 및 향산화액비에 관한 기술은 본 연구 시작과 함께 현장시험과 평가 그리고 개발에 참여한 2개 작목반이 있으며, 경북 영덕군 창수면 창수산미나리작목반(회장 남홍모), 경북 구미시 해평면 해평방울토마토작목반(회장 김의제)에서는 본 기술에 대한 기술이전을 강력하게 희망하고 있다. 또한 왕겨초액과 향산화액비를 사용하고 있다.

본 기술의 홍보는 전국방송 뉴스1건, 신문보도 1건, 전시회참여 1건이 있다. 방송뉴스는 2010. 5. 7. 19:30 KBS뉴스네트워크, 2010. 5. 8. 07:30 KBS뉴스광장으로 KBS 포항방송국에서 취재하여 방송되었다.



입력시간 2010.05.07 (19:31) 강전일

포항, 향산화 미나리 재배 성공

포항, 향산화 미나리 재배 성공



신문보도는 한국농어민신문 사에서 2010년 8월 26일자로 기획취재로 보도한 바 있다.

# 왕겨초액 대량생산기술 개발

박규식 경북대 외래교수, 타르성분 적고 강산성으로 살충효과 좋아

쌀 부산물인 왕겨를 이용한 초액을 대량으로 생산할 수 있는 생산 기술이 개발돼 친환경 농산물 재배농가에 상당한 도움을 줄 것으로 기대된다.

최근 박규식 경북대 외래교수는 왕겨초액 생산 가능한 장치를 개발해 본격적인 가동에 들어갔다. 왕겨초액은 왕겨 연소과정에서 발생하는 연기를 물과 결합시켜 응축하는 과정을 거쳐 생산된다. 연통 사이에 물을 공급해 수냉식으로 초액을 생산하는 시스템을 적용해 기존 공랭식에서 만들어지는 목초액 시스템보다 생산량이 월등하다. 현재 특허 등록까지 마쳤다.

왕겨초액은 목초액보다 타르 성분이 현저하게 적다. 목초액 주 원료인 목재 주성분인 리그닌은 탄화하면서 타르 성분이 생긴다. 반면 왕겨는 목질성분이 적어 타르 성분이 미미한 것이다. 타르는 끈끈한 성질 때문에 타르성분을 완전히 제거하지 않고 작목에 살포할 경우 수분 조절 기능을 하는 기공 막이 피해를 입게 된다. 박 교수는 "목초액은 타르 성분을 제거하기 위해 3개월 동안 침전시켜 목초액 성분만 사용해야 한다"며 "이러한 과정을 제대로 거치지 않은 목초액을 사용하면 오히려 작물 생장에 장애를 일으킬 수 있어 주의해야 한다"고 밝혔다.

또한 왕겨초액을 분석한 결과 100g당 아연 425.6mg, 철 75.2mg, 칼



박규식 경북대 외래교수가 왕겨초액을 만드는 원리와 우수성에 대해 설명하고 있다.

슌 21.3mg, 규소 6mg, 구리 3.1mg 등 31가지 미네랄 성분이 검출됐다. 현재 친환경 재배농가에서 왕겨초액을 병해충 방제 및 비료 보조제로 사용하고 있다. 이런 왕겨초액 성분 중 규소는 식물체 조직을 단단하게 하는데 해충이 섭취를 기피하도록 작용한다. 여기에 초액 분자구조가 물 분자보다 작아 식물이 잘 흡수함으로써 성장촉진에 도움을 준다. 농업용 초액은 정제해 음료로도 판매하고 있는데 왕겨초액에 아연 성분이 다량 함유돼 있어 건강보조식품으로 개발도 가능할 것으로 기대된다.

박 교수는 "왕겨초액은 PH 3.6의 강산성이어서 살충효과도 있고 분

자구조가 작아 농약에 섞어 사용하면 효율성을 높일 수 있다"며 "엽면 시비용 보조제로 사용 효과가 뛰어난 왕겨초액을 저렴하게 공급하고 있다"고 밝혔다.

앞으로 박 교수는 농가에서 난방을 하며 왕겨초액을 생산할 수 있는 난방기를 농가에 보급할 계획이다. 박 교수는 "왕겨초액 생산이 어렵지 않은 관계로 보온겸용 왕겨초액 난방기 개발에 열중하고 있다"며 "친환경 농가들이 왕겨초액을 직접 생산하고 난방까지 활용하면 생산비 절감에 도움이 될 것"이라고 밝혔다. 문의(054734-0620)

이동광 기자 leedk@agrinet.co.kr

3. 특허, 품종, 논문 등 지식재산권 확보계획 등

본 기술과 관련한 특허는 등록 3건, 출원 3건으로 모두 6건이다. 이 중 왕겨초액과 관련한 특허는 5건이며, 추출농축장치는 1건이다.

구분	발명의 명칭	출원번호	출원일	등록번호	등록일
특허등록	왕겨초액 제조장치	10-2002-0054369	02.09.05	503033	05.07.14
특허등록	왕겨초액 제조장치	10-2005-0073557	05.08.09	0627966	06.10.20
특허등록	텀블러형추출농축기	10-2007-0021387	07.03.05	0843030	08.06.25
특허출원	온수보일러 겸용 왕겨초액제조장치	10-2009-0082939	09.09.03		
특허출원	일체형왕겨초액제조장치	10-2010-0099732	10.10.14		
특허출원	탄화왕겨초액제조장치	10-2011-0122264	11.11.22		

논문은 게재된 것은 현재 1건이며 작성중인 것이 2건이다.

왕겨초액의 산화억제 활성 비교

남동윤<sup>1</sup>, 이시림<sup>1</sup>, 박철홍<sup>1,2</sup>, 박규식<sup>1,2</sup>, 남상현<sup>1</sup>, 허진철<sup>3</sup>, 이상한<sup>3,†</sup>  
 경북대학교 식품공학과, <sup>1</sup>경북대학교 생물산업기계공학과  
<sup>2</sup>(주)진성산업기계, <sup>3</sup>경북대학교 식품생물산업연구소

**Comparison of Anti-Oxidant Activities of Chaff Vinegar Liquor**

Dong-Yoon Nam, Si-Rim Lee, Chul-Hong Park, Kyu-Sik Park<sup>1,2</sup>, Sang-Heon Nam<sup>1</sup>,  
 Jin-Chul Heo<sup>3</sup>, and Sang-Han Lee<sup>3,†</sup>

Departments of Food Science & Biotechnology, and <sup>1</sup>Bio-Industrial Machinery Engineering,  
 Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea

<sup>2</sup>Jin Sung Industry Machine Co., Ltd, Daegu 704-801, Korea

<sup>3</sup>Food & Bio-Industry Research Institute, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea

**Abstract**

# 왕겨초액의 산화 억제활성 비교

남동윤, 이시림, 박규식<sup>1,2</sup>, 남상현<sup>1</sup>, 허진철<sup>3</sup>, 이상한<sup>3,\*</sup>

경북대학교 식품공학과, 경북대학교 생물산업기계공학과<sup>1</sup>, (주)진성산업기계<sup>2</sup>, 경북대학교  
식품생물산업연구소<sup>3</sup>

## Comparison of Anti-Oxidant Activities of Chaff Vinegar Liquor

Dong-Yun Nam, Si-Lim Lee, Kyu-Sik Park<sup>1,2</sup>, Sang-Heon Nam<sup>1</sup>, Jin-Chul Heo<sup>3</sup>, and  
Sang-Han Lee<sup>3,\*</sup>

Departments of Food Science & Biotechnology, and <sup>1</sup>Bio-Industrial Machinery Engineering,  
Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea

JinSung Industrial Machinery Co., Ltd, Daegu, Korea

<sup>2</sup>Food & Bio-Industry Research Institute, Kyungpook National University, Daegu 702-701,  
Korea

### Abstract

This study was carried out to compare anti-oxidant activities of chaff vinegar liquors. We examined the effects of several kinds of chaff vinegar liquor (CA; CA1, chaff vinegar liquor; CA2, wood vinegar liquor; CA3, chaff vinegar liquor with red ginseng; and CA4, chaff vinegar liquor with rosemary) by 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH), ferric reducing activity of plasma (FRAP) assay, and Cu<sup>2+</sup> reduction. The results showed that CA have potential in reducing DPPH, FRAP and Cu<sup>2+</sup> activity. CA was increased its anti-oxidant activity by the fermentation of rosemary extract. The present results suggest that the chaff vinegar liquor could be used for anti-oxidant agents and/or be developed for anti-oxidative potentiation of prototypes.

Key word: chaff vinegar, DPPH, FRAP, anti-oxidant

### 서론

산화물(oxidant)은 NOx와 SOx 계열의 화합물을 지칭하는 것으로, 이는 산업화와 더불어 그 발생량이 급격히 증가하고 있다. 이는 인간에 있어서 각종 질병을 유발하는 원인이 되는데, 가장 대표적인 질환으로 자가면역질환(auto-immune disease)인 천식(asthma), 아토피(atopy), 비염(rhinitis) 등이 있다(1, 2). 이들 산화물이 신체 내에서 면역계통(immune system)에 과도한 이상반응을 유발시키는 것으로 알려져 있다. 반면, 이에 대응하는 생체항상성(homeostasis) 물질로 체내 SOD (superoxide dismutase)는 체내에서 생성되는 산화물을 감소시키는 역할을 하고 있다(3, 4). 산화물의 형성과 이의 상쇄(scavenging)가 균형을 이루지 못하고 산화물이 증가하게 되면, 여러 질환에 노출되게 되는데 이를 보완하는 개념으로 항산화제의 섭취

가 권장되기도 하는데, 가장 널리 이용되고 있는 항산화제가 비타민C나 E를 열거할 수 있으며, 최근에는 건강보조식품으로 만든 여러 가지 제품들이 시판되고 있는 실정이다.

왕겨(chaff)는 쌀의 추수 후에 나오는 부산물로서, 쌀의 도정 과정에서 발생한다. 예전에는 왕겨를 주로 퇴비와 난방용으로 사용하였지만, 최근에는 이를 이용한 활용의 범위가 확대되고 있다(5, 6). 왕겨초액(chaff vinegar liquor)은 목초액(wood vinegar liquor)에 기초하여 만드는 것으로, 나무를 숯으로 만들 때 발생하는 연기가 외부 공기와 접촉하면서 액화되어 응축되는 것을 채취한 것을 목초액이라 하는데, 여기에 사용되는 재료로서 왕겨를 이용하여 얻으면 이를 왕겨초액이라고 한다. 목초액은 오래 전부터 항균, 살균(sterilization), 보존성 향상(storage improvement) 등에 주로 활용이 되어 왔으며, 이에 대한 과학적 검증작업 또한 활발히 진행이 되고 있다(7-9). 왕겨초액 또한 항균, 항산화 활성 등이 최근에 알려지고 있는데, 왕겨의 성분으로는 전체 중량의 70% 이상이 불용성 식이섬유(Insoluble dietary fiber)이므로 불용성 식이섬유의 좋은 공급원이 될 수 있을 뿐만 아니라, 왕겨의 isovitexin이 강력한 항산화 능력을 보이고, 또한 왕겨의 anisole, vanillin, syringaldehyde 등의 다양한 항산화 물질이 존재한다고 보고되어 있다(10, 11). 반면, 왕겨를 이용해서 얻은 왕겨초액의 생리활성적인 측면이나 영양학적 측면의 가치는 자세히 연구된 바가 없기에, 본 연구에서의 먼저 왕겨초액을 이용한 항산화 활성을 비교하여 보았다.

## 재료 및 방법

### 왕겨초액 제조

왕겨초액(chaff vinegar liquor)은 수도작 부산물인 왕겨를 김천RPC로부터 구입하여 원료로 사용하였고 약 500도에서 1-2시간 탄화처리시키면서 배출 처리과정 중 연기를 포집, 수냉 분무 방식으로 냉각 응축하여 조왕겨초액을 제조하였다(5). 제조된 조왕겨초액은 여러 종류의 정제과정과 숙성과정을 거쳤는데 왕겨초액(CV1), 목초액(CV2), 홍삼 농축액+왕겨초액(CV3) 숙성액, 로즈마리 농축액+왕겨초액(CV4) 숙성액으로 구분하여 실험에 사용하였다.

### DPPH (1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl) assay

DPPH (1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl) assay는 radical 소거활성능 측정방법으로 매우 간단하면서도 강력한 측정 방법으로 많이 이용되어 진다. 4종의 왕겨초액 및 숙성액 시료에 0.2 mM DPPH (1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl)를 왕겨초액 추출물 4종과 DPPH solution을 1/20의 비율로 해서 실온서 10분간 incubation한 후 517 nm (Victor3, PerkinElmer)에서 흡광도를 측정하였다. DPPH radical 소거활성 비율(% inhibition)은 아래와 같이 계산하였다(12).

$$Inhibition(\%) = \left[ A_{control} - \frac{A_{sample}}{A_{control}} \right] \times 100$$

(A : Absorbance O.D. 517 nm)

### FRAP (Ferric ion reducing antioxidant power) assay

FRAP (Ferric ion reducing antioxidant power) assay를 이용하여 radical을 어느 정도 환원시킬 수 있는지의 능력을 알아보았다. 실험을 위한 반응액으로는 acetate buffer (pH 3.6, 300 mM) : 10 mM의 TPTZ (2,4,6-tripyridyl-s-triazine) : 20 mM의 FeCl<sub>3</sub>·6H<sub>2</sub>O를 10 : 1 : 1의 비율로 섞어 실험직전에 만들어 사용하였다. 반응액과 왕겨초액 및 숙성액을 각각의 비율로 혼합 한 후 10분간 상온에서 보관 후 590 nm에서 흡광도를 측정하였다(13).

### Cu<sup>2+</sup>를 이용한 항산화 assay

Cu<sup>+</sup>는 neocuproine과 복합체를 이루는데 이를 흡광도 450 nm에서 측정을 할 수 있다. 본 실험은 Cu<sup>2+</sup>이 온이 시료에 의해서 Cu<sup>+</sup>으로 변환되는 성질을 이용한 항산화 활성이다. 실험 방법은 96 well plate에 CuCl<sub>2</sub> 10 mM 2  $\mu$ l, neocuproine 75 mM 2  $\mu$ l, DW 194  $\mu$ l를 넣은 후 시료를 2  $\mu$ l를 넣어 37°C에서 30분 간 반응시킨 후 흡광도를 450 nm에서 측정하였다(14).

## 결과 및 고찰

현재 국내에서 이용이 되고 있는 목초액의 경우, 성분에 대한 신뢰도가 부족한 것이 현실인데, 이는 가장 고품질의 참나무 목초액이 사용량에 비해 수급이 원만하지 못하기 때문으로 추정된다. 이에 반해 왕겨는 퇴비 및 발효제로 사용되는 등, 활용 범위가 넓지는 않다. 본 연구는 목초액의 제조과정과 유사하게 얻어진 왕겨초액을 이용하여 이의 기능성 여부를 확인하기 위하여 DPPH와 FRAP를 이용한 항산화 활성 실험을 실시하였다. 항산화 활성은 목초액에서 또한 많은 연구가 되어 왔으며, 그 효능이 입증(15, 16)되어 있지만, 왕겨초액은 최근 이용 빈도가 목초액 만큼 증가하고 있으나, 이에 대한 체계적인 연구가 충분하지 않으므로 이에 대한 충분한 연구가 필요한 시점이다.

Park 등(5)이 개발한 왕겨초액 제조 장치를 사용하여 왕겨초액을 제조하였으며 이를 이용하여 DPPH 항산화 활성을 알아본 결과, CV1, 2, 4의 3종에서 농도에 따른 활성의 증가를 확인할 수 있었다. CV3의 경우 고농도로 올라갈 경우, 활성이 정체되는 현상을 나타내었다. 시료별 활성의 정도는 CA2가 가장 좋은 활성을 나타내었으며, CA1과 CA4가 비슷한 활성을 보였다. CA3은 고농도에서 활성이 감소하는 것으로 나타나는데, 이는 아마도 시료 자체가 보유한 색깔로 인한 것으로 판단되어진다. FRAP 활성의 경우, 농도에 따라 활성이 증가하는 패턴을 보이는 것을 볼 때, 아마도 시료 특유의 색깔이 실험 데이터에 영향을 준 것으로 판단된다(Fig. 1).

목초액의 경우 DPPH 활성에서 원액을 20  $\mu$ l/mL에서 약 95%의 항산화 활성을 가지는데(16), 왕겨초액의 경우 50  $\mu$ l/mL에서 약 80%의 활성을 나타내는 것을 확인할 수 있었다. 본 실험에서 또한 목초액과 왕겨초액의 DPPH 활성을 비교해 본 결과, 목초액에서 다소 우수한 항산화 활성을 가지는 것을 알 수 있었다. 왕겨초액과 홍삼 농축액 및 로즈마리 농축액의 숙성액의 경우 홍삼 농축액을 첨가한 결과는 반대로 나타났는데, 홍삼농축액은 기존의 왕겨초액 보다 활성이 감소하는 것을 알 수 있었으며, 로즈마리와 숙성한 왕겨초액은 활성이 증가하는 것을 알 수 있었다. 이는 숙성기간 중 홍삼과 로즈마리의 성분에 따른 것으로 보이는데 이는 첨가 후에 동시발효 또는 혼입에 의한 물질의 결합 또는 축중합이 항산화 활성에 영향을 줄 수 있음을 나타낸 것으로 효능 증가연구에 도움을 주리라 판단된다. FRAP 항산화 활성을 알아본 결과, CV1, 2, 3, 4 모두에서 시료의 농도에 따른 항산화 활성이 증가되는 양상을 나타내는 것을 알 수 있었다. 시료별 항산화 활성은 CV2에서 가장 높은 활성을 나타내었으며, CV1, 3, 4는 큰 차이를 보이지 않았다(Fig. 2). FRAP 활성 또한 왕겨초액에 비해 목초액의 항산화 활성이 우수한 것으로 나타났다. 반면 홍삼과 로즈마리를 첨가해 발효한 샘플은 왕겨초액 만을 사용한 시료에 비해 감소하거나 비슷한 활성을 나타내는 것을 알 수 있었다. Cu<sup>2+</sup>의 억제활성은 DPPH, FRAP 활성 결과와 마찬가지로 농도에 따른 항산화 활성을 확인할 수 있었으며, 다만 로즈마리를 첨가해 발효한 시료(CV4)에서의 항산화 활성이 첨가하지 않은 군(CV1)에 비해 크게 증가하는 양상은 나타내지 않았다(Fig. 3).

목초액은 예로부터 향균, 살균, 보존성 향상 및 가공식품의 향취 개선에 사용되어져 왔다(15, 16). 이와 함께 왕겨초액 또한 목초액 보다는 다소 항산화 활성이 떨어지지만 우수한 항산화 활성을 확인할 수 있었다. 또한 여러 추출물과의 혼합발효를 통해 활성의 증가를 확인할 수 있었다. 이에 본 연구는 왕겨초액의 항산화 활성을 확인하였으며, 이의 활성증가를 위한 왕겨초액의 다양한 발효방법으로 인하여 본래 목초액이나 왕겨초액의 결점인 이취의 제거 가능성을 홍삼이나 로즈마리 첨가로 인하여 억제 또는 저감할 수 있다면 이는 상당한 장점으로 부각되리라 판단된다. 또한 목초액에 비하여 생산단가가 저렴

하다는 장점이 있으며 이의 부산물 자원이 매우 풍부하다. 왕겨초액은 이러한 점에서는 향후 식품용 기능성 소재, 향장소재, 의약부외품의 소재로서 가능성이 풍부하다고 판단된다.

## 요약

왕겨초액은 최근 목초액을 대신할 수 있는 소재로 많은 연구가 이루어지고 있다. 본 연구는 왕겨초액과 목초액의 항산화 활성을 비교하고, 왕겨초액과 홍삼 및 로즈마리 농축액과의 발효를 통한 시료의 항산화 활성을 비교하여 보았다. DPPH와 FRAP 활성 실험을 통해 항산화 활성을 알아본 결과, 왕겨초액의 항산화 활성은 목초액 보다는 다소 미흡하나, 로즈마리와의 동시 발효를 통해 왕겨초액의 항산화 활성을 높일 수 있으므로, 이취 제거로 인한 기능성 소재로서의 가능성을 확인하였다.

## 사사

본 연구결과는 농림수산물식품부 농림기술개발사업의 연구비 지원(친환경 기능성 물질의 성분 및 효용성 분석; 108118-03-1-WT011)에 의하여 수행되었으며 이에 감사드립니다.

## 참고문헌

1. Heo, J.C., Woo, S.U., Kweon, M.A., Park, J.Y., Lee, H.K., Son, M., Rho, J.R., Lee, S.H. (2008) Aqueous extract of the *Helianthus annuus* seed alleviates asthmatic symptoms in vivo. *Int. J. Mol. Med.*, 21, 57-61
2. Frischer, T., Studnicka, M., Halmerbauer, G., Horak, F. Jr, Gartner, C., Tauber, E., Koller, D.Y. (2001) Ambient ozone exposure is associated with eosinophil activation in healthy children. *Clin. Exp. Allergy*, 31, 1213-1219
3. Favier, A. (2006) Oxidative stress in human diseases. *Ann. Pharm. Fr.*, 64, 390-396
4. Srinivasan, V. (2002) Melatonin oxidative stress and neurodegenerative diseases. *Indian J. Exp. Biol.*, 40, 668-679
5. Park, K.S., Lee, K.M., Myung, b.S., Choi, J.S., Kim, T.U. (2003) Development of chaff-vinegar distiller. *J. Korean Soc. Agric. Machinery*, 28, 389-394
6. Lim, H.K., Kim, Y.H., Cho, K.Y., Yu, J.H. (2004) Effect of oxidizing agents on the burning characteristics of smoke rod of pesticides using rice chaff as a combustible carrier. *J. Korean Soc. Appl. Biol. Chem.*, 47, 332-338
7. Kim, S.K., Kim, K.S., Lee, Y.H., Kim, Y.H. (2001) Composition of constituents of commercial wood vinegar liquor in Korea. *J. Korean Soc. Agric. Chem. Biotechnol.*, 44, 262-268
8. Kim, J.S., Park, S.W., Ham, Y.S., Jung, S.K., Lee, S.H., Chung, S.K. (2005) Antimicrobial activities and phenolic compounds of pyrolytic liquor. *Korean J. Food Preserv.*, 12, 470-475

9. Cho, W.K., Choi, J.H. (2007) Effect of pyroligneous liquor on lipid metabolism in serum of CD rats. *Korean J. Nutr.*, 40, 24-30
10. Park, S.J., Kim, M.H., Shin, H.M. (2005) Chemical compositions and thermal characteristics of rice husk and rice husk ash in Korea. *J. Biosystems Eng.*, 30, 235-241
11. Chung, Y.M., Lee, J.C., Kim, K.S., Eun, J.B. (1998) Chemical compositions in rice hulls of 26 varieties. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 27, 376-380
12. Ryu, H.Y., Heo, J.C., Hwang, J.S., Kang, S.W., Yun, C.Y., Lee, S.H., Sohn, H.Y. (2008) Screening of thrombin inhibitor and its DPPH radical scavenging activity from wild insects. *J. Life Sci.*, 18, 363-368
13. Heo, J.C., Nam, S.H., Kang, S.W., Hong, I.P., Lee, K.K., Park, J.Y., Kim, K.T., Han, S.Y., Lee, S.H. (2007) Comparison of antioxidant, anticancer and immunomodulating activities of extracts from DongChongXiaCao. *Korean J. Food Preserv.*, 14, 681-687
14. Schnitzer, E., Pinchuk, I., Bor, A., Fainaru, M., Lichtenberg, D. (1997) The effect of albumin on copper-induced LDL oxidation. *Biochim. Biophys. Acta.* 1344, 300-311
15. Jeong, C.H., Shim, K.H. (2002) Nitrite-scavenging and antioxidant activities of wood vinegar. *Korean J. Food Preserv.*, 9, 351-355
16. Jung, I.S., Kim, Y.J., Gal, S.W., Choi, Y.J. (2007) Antimicrobial and antioxidant activities and inhibition of nitric oxide synthesis of oak wood vinegar. *J. Life Sci.*, 17, 105-109

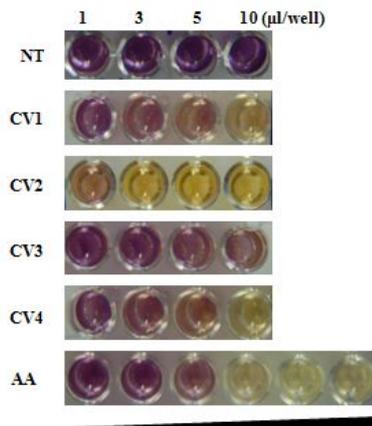
Fig. 1. The free radical scavenging activity of chaff vinegar (CA; CA1, chaff vinegar; CA2, wood vinegar; CA3, red ginseng + chaff vinegar; CA4, rosemary + chaff vinegar) against DPPH radical. CA with a DPPH solution (A) and measurement of DPPH activity (B). Error bars represent standard deviation (n=3).

Fig. 2. Antioxidant activities of chaff vinegar (CA; CA1, chaff vinegar; CA2, wood vinegar; CA3, red ginseng + chaff vinegar; CA4, rosemary + chaff vinegar) by FRAP assay. CA with a FRAP solution (A) and measurement of FRAP activity (B). Error bars represent standard deviation (n=3).

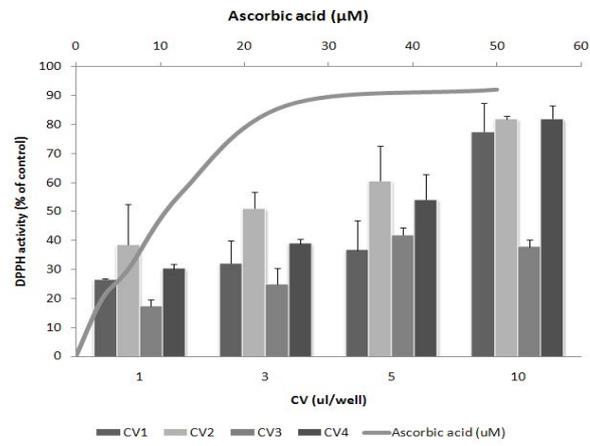
Fig. 3. Reduction of  $\text{Cu}^{2+}$  by chaff vinegar (CA; CA1, chaff vinegar; CA2, wood vinegar; CA3, red ginseng + chaff vinegar; CA4, rosemary + chaff vinegar).

**Fig. 1.**

**A**

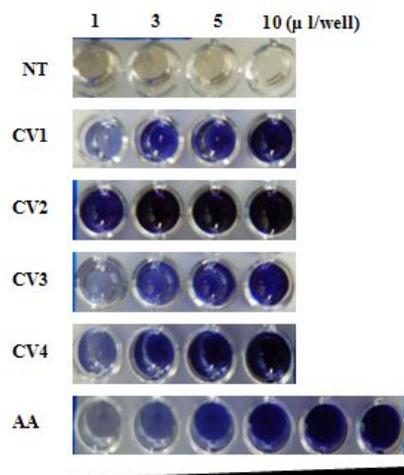


**B**



**Fig. 2.**

**A**



**B**

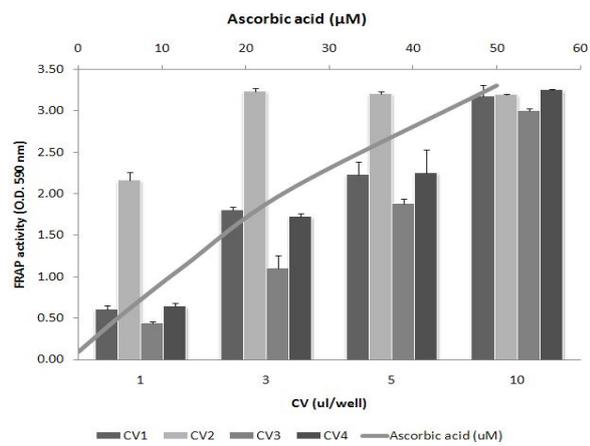
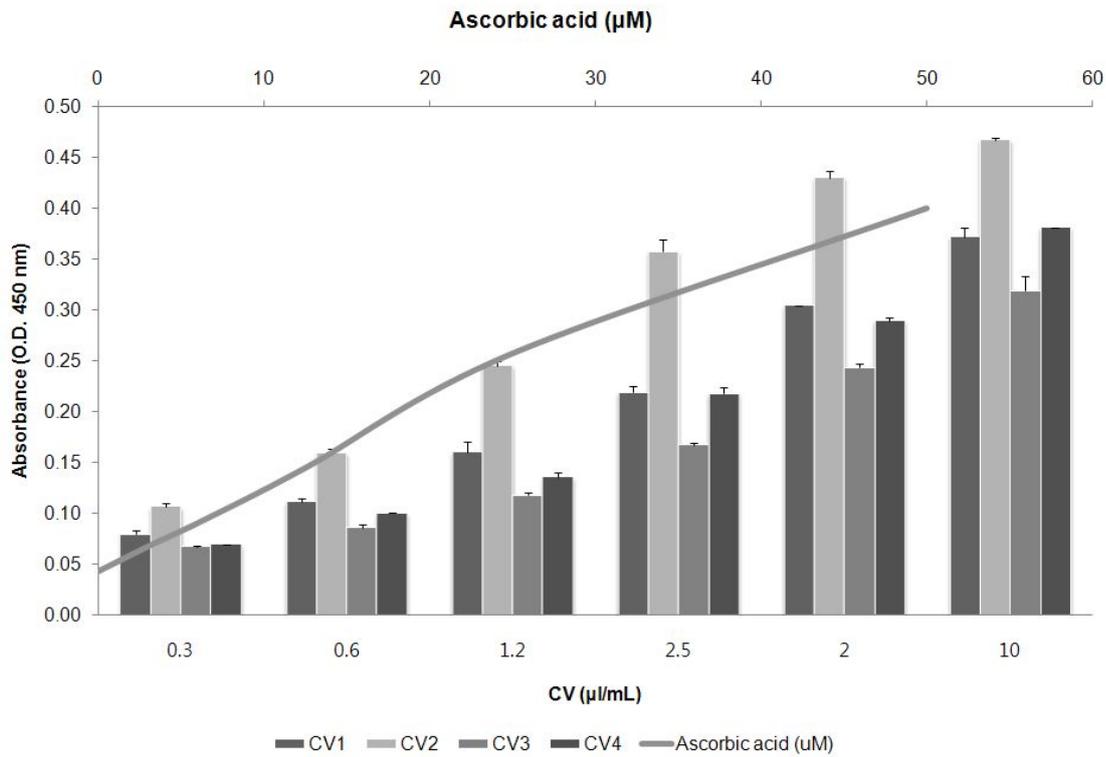


Fig. 3.



#### 4. 추가연구, 타연구에 활용 계획 등

본 연구는 크게 왕겨탄화를 기계장치와 식물의 유효성분의 추출발효액비 기술과 친환경 액비제조기술로 대별할 수 있다. 친환경 액비를 만들기 위한 기술과 기계장치의 개발은 거의 완성되었다고 해도 무방하며 기능성액비로의 연구개발은 추가로 이루어져야 한다.

최근 국민들의 채소류 소비성향은 다품목, 소량, 기능성을 요구한다. 따라서 다양한 기능성성분의 자재를 획득할 수 있는 자원을 계속하여 발굴하고 추축과 액비발효기술을 접목해야 한다. 또한 같은 작물에서도 다양한 재배기술을 개발하여 소비자의 욕구에 대응하거나 기능성을 추구해 줄 필요가 있다.