

최 종  
연구보고서

보안과제( ), 일반과제(○)

과제번호 307009-3

연 수확후 저장·가공기술 개발 및 기능성의 임상적 연구

(Extension Shelf Life and Development Processing Product  
of Lotus and Its Epidemiological Studies)

목포대학교

농 립 수 산 식 품 부

# 제 출 문

농림수산식품부 장관 귀하

본 보고서를 ‘연 수확후 저장·가공기술 개발 및 기능성의 임상적 연구’에 관한 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2010년 06월 일

주관연구기관명 : 목포대학교	세부연구기관명 : 목포대학교	협동연구기관명 : 전남대학교
주관연구책임자 : 박 용 서	세부연구책임자 : 김 동 옥	협동연구책임자 : 신 준 호
세부연구책임자 : 박 용 서	연 구 원 : 김 현 아	연 구 원 : 류 소 연
연 구 원 : 유 용 권	연 구 원 : 류 동 영	연 구 원 : 김 미 연
연 구 원 : 허 복 구	연 구 원 : 최 재 수	연 구 원 : 김 서 연
연 구 원 : 임 명 희	연 구 원 : 장 문 석	협동연구기관명 : 다연 (주)
연 구 원 : 이 미 경	연 구 원 : 남 다 은	협동연구책임자 : 김 성 두
연 구 원 : 신 봉 순	연 구 원 : 양 응 모	연 구 원 : 박 복 희
연 구 원 : 윤 회 현	연 구 원 : 김 은	연 구 원 : 전 은 례
연 구 원 : 박 삼 균	연 구 원 : 김 민 숙	연 구 원 : 조 희 숙
연 구 원 : 김 명 진	연 구 원 : 김 지 혜	연 구 원 : 이 상 호
연 구 원 : Korskak	연 구 원 : 김 화	연 구 원 : 고 응 상
Towantakanit	연 구 원 : 김 도 립	연 구 원 : 정 석 영
연 구 원 : 김 동 희	연 구 원 : 방 규 호	연 구 원 : 박 정 호
연 구 원 : 이 선 정		연 구 원 : 이 요 복
연 구 원 : 노 용 승		참 여 기 업 : 다연 (주)
연 구 원 : 김 보 라		참 여 기 업 : 일로농협
연 구 원 : 유 주 미		참 여 지 자 체 : 무 안 군
위탁연구기관명 : 강원대학교		
위탁연구책임자 : 이 귀 현		
연 구 원 : 강 화 석		
연 구 원 : 김 성 진		
연 구 원 : 김 상 규		
연 구 원 : 홍 선 일		
연 구 원 : 길 용 석		

# 요 약 문

## I. 제 목 : 연 수확후 저장·가공기술 개발 및 기능성의 임상적 연구

## II. 연구개발 목적 및 필요성

### (1) 필요성

- 연(*Nelumbo nucifera Gaertn*)은 못이나 늪에 생육하는 연과에 속하는 다년생 수생식물로, 년중 수확이 가능하며 잎, 꽃, 연근, 종실은 식용 및 약용과 함께 관상용으로 가치가 높음. 우리나라와 일본은 불교문화와 함께 고려시대 (710년경) 중국으로부터 전파된 것으로 추정하고 있으며, 5세기경 인도 불교탄생과 동시에 불교를 상징하는 꽃으로 지정되면서 절경내 연못에 심어졌고 불교문화와 함께 연의 재배가 동양권을 중심으로 확대 되었음
- 연은 한방에서 진정작용(스트레스, 우울증), 면역증진, 지혈작용(위궤양, 위염 완화)과 니코틴제거 효과가 높은 것으로 알려져 있고, 최근에는 항비만, 항 동맥경화, 항 아토피, 뇌기능 개선 등의 기능성 효과도 보고되고 있음
- 최근, 수입자유화와 함께 FTA 체결로 쌀 재배 농가의 소득이 감소하고 있는데, 연은 쌀 대체 작목으로 농림수산식품부에서 권장하고 있음. 하천, 늪이나 습지에 연을 식재함으로써 광합성을 통해 대기 중 이산화탄소 감소와 함께 수질정화 능력도 우수해 향후 저탄소 녹색 성장에도 크게 기여할 것으로 사료 됨
- 현재, 무안, 함평, 상주, 함양, 청양, 시흥, 강화 등 많은 지자체에서 연을 지역특화작목으로 육성 하고 있고, 이러한 산업화 노력은 앞으로 더 많은 지자체로 확대될 예정. 현재, 연 재배농가 소득은 2,000천원/10a로 쌀(716천원/10a)보다 3배 높은데, 앞으로 이러한 고소득을 유지하기 위해서는 수확, 저장, 가공기술 개발과 함께 기능성에 대한 체계적인 연구가 필요함

### (2) 목적

- 연 부위별 영양소, 주요성분, 생리활성도를 조사하고, 이들 생리활성 물질의 동물에서 뇌 기능개선, 항비만, 항 스트레스, 면역증진효과와 함께 이들 생리활성물질을 분리, 추출, 구조를 동정하고 활성이 높은 생리활성물질을 추출, 분리해서 기능성 소재식품을 개발하고,
- 성인과 비만자에서 정제 식이섬유 섭취에 따른 항비만 기능성 효과를 밝히며,
- 연에서 가공적성과 가공공정을 개발해서 김치류, 식품중간소재, 조미가공품, 식품, 음료를 개발, 상품화 하고,
- 연근 저장력 증진, 연근과 연잎 분말, 신선식품을 개발하고 연 생리, 생태와 함께 개화관여 요인과 개화생리를 밝히고,
- 30cm 이상 깊은 논에서 재배되는 연근 굴취를 위한 굴취기 개발을 통해,
- 연의 생산비절감과 부가가치증진을 통한 산업화 촉진과 함께 쌀 대체작물로서 발전가능성을 제시하고자 함

### Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

연구 내용	연구 범위
<p>〈제1세부과제〉 연 주요영양소, 생리활성, 기능성</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 연 주요 영양소 및 페놀화합물 탐색과 정량</li> <li>- 기능성 평가를 위한 실험동물 준비와 작제</li> <li>- <i>in vitro</i>, <i>in vivo</i>에서 항산화도, 항 비만, 항 스트레스, 뇌기능개선, 면역력증진 효과 구명</li> <li>- 생리활성 물질 분리, 정제, 구조 확인</li> <li>- 기능성소재식품 제형 제조 및 안정성 평가</li> </ul>
<p>〈제1협동과제〉 연 사람에서 항비만 효과</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 임상실험 대상자 규모와 대상자 선발 기준 개발</li> <li>- 비만지표 개발</li> <li>- 연 정제 섬유소의 안전성과 항 비만효과를 고려한 섭취 기준 개발</li> <li>- 사람에서 항비만 효능 구명</li> </ul>
<p>〈제2협동과제〉 연 가공품 개발 및 상품화</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 조미가공품, 중간소재식품, 식품 가공적성과 레시피 개발</li> <li>- 발효추출액, 연밥 제조공정과 생리활성</li> <li>- 가공품 저장, 유통 중 품질과 안전성 증진</li> <li>- 가공품 주요영양소와 품질 특성</li> <li>- 가공품 상품화 공정 확립</li> </ul>
<p>〈제2세부과제〉 연 저장, 건조, 신선식품, 개화기조절</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 연근 전처리, 저장시스템 구축을 통한 저장력 증진</li> <li>- 연잎과 연근 건조, 주요영양소, 기능성특성 및 이들 제품 개발</li> <li>- 연근 신선식품 개발 및 저장, 유통 중 품질유지 기술</li> <li>- 연잎과 연근에서 주요영양소와 생리활성 특성</li> <li>- 연 개화관여요인과 개화생리, 몇 가지 처리에 따른 개화 반응</li> </ul>
<p>〈위탁과제〉 연근 굴취기 개발</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 토질별 굴취 기능, 수확기 모형과 유체분사기 제작</li> <li>- 공압식, 수압식 연근굴취기 토양과쇄 성능 분석</li> <li>- 유압 이용한 공압식 연근굴취 탑재기 제작</li> <li>- 연근굴취기 개발 및 현장시연회</li> </ul>

#### IV. 연구개발결과

##### 〈제1세부과제〉 연 주요영양소, 생리활성물질 탐색 및 기능성

1. 백련의 생리활성 검정을 *in vitro*와 *in vivo* 수준에서 검토함과 동시에 유용 자원에 대한 생리활성 2차대사물의 분리 및 구조 동정에 있다. 백련부위별 기본 일반대사물의 분석에 있어 수분함량은 연근, 연자육, 연꽃에 있어 각각 4.22, 2.75, 7.62%였으며, 조 단백질함량은 연자육에서 가장 높았고, 탄수화물의 함량은 연근에서 다른 부위 보다 높게 함유되어 있었으나 지질함량은 상대적으로 낮았다. 미량원소 함량에 있어서 칼륨은 연근에, 철은 연꽃에 많이 함유되어 있었으며, 유리당의 경우는 앞에는 maltose, 뿌리에는 xylose, 종자에는 glucose 가 주요당으로 함유되어 있었다. 또한 총 식이섬유의 부위별 함량분석에서는 연근에 21.97%, 연잎에 54.9%, 종자에 27.76%, 연꽃 부위에 44.0%를 함유하고 있었다.
2. 당뇨병성 신증의 예방과 치료에 대한 연 부위별 효능 검정에 있어서는 연잎부위가 다른 부위보다 총 페놀함량 및 플라보노이드 함량이 높게 함유되어 있어 DPPH, TEAC, 활성산소에 대한 항산화 효력이 뛰어 났으며, rat의 lens에 있는 aldose reductase의 활성도 강하게 억제하여 당뇨병성신증의 합병증에 유용한 결과가 얻어졌다. 이어 순차적 용매에 의한 연잎의 분획물을 제조하여 활성 평가한 결과 EtOAc 분획 및 BuOH분획에서 항산화 효력이 강하게 나타났으며, 특히 EtOAc 분획물에서는 total reactive oxygen species, rat aldose reductase, advanced glycation endproducts(AGE)의 활성 억제를 나타내는 IC50값이 각각 9.4, 2.4, 28.2 mg/mL를 나타내 저농도에서 억제활성을 나타냈다. EtOAc 분획물을 HPLC를 이용한 분석에서 quercetin을 모핵으로 하는 배당체 성분이 주종을 이루며 quercetin 3-O-b-D-glucopyranoside (Qc-3-Glc)와 Qc 3-O-b-D-glucuronopyranoside (Qc-3-Gln) 주요 성분으로 많이 함유되어 있었으며, 3-O-b-D-galactopyranoside (Qc-3-Gal) 성분도 포함되어 있었다.
3. 구속스트레스에 의한 위궤양 및 면역 활성화에 대한 실험에서는 마우스를 1일 2시간 2주 동안 마우스 구속 strainer에 위치시켜 위장관의 염증 형성에 대한 조직학적 관찰 및 간 기능 평가 지표인 GPT, GOT 그리고 혈청의 Ig G의 수치를 평가한 결과, 연 부위별에 있어 연잎에서 가장 강한 효력이 나타났으며, 연잎 400 mg/day 투여에 의해 GOT, GPT의 수치가 대조군에 비해 유의하게 억제 되었으며, Ig G의 수치는 증가 경향을 나타냈고, 위장관의 조직학적 평가에서는 염증 발현이 관찰되지 않았다.
4. 연잎의 천연 식이섬유를 추출하여 과립을 제조 후, 유전적 leptin receptor 결핍 비만 마우스 인 db/db 마우스에 연잎 천연 식이섬유를 100, 400 mg/day 용량으로 8주간 투여한 실험에서 실험 7, 8주째 연잎 식이섬유 투여군에서 체중 및 식이효율을 억제하는 결과가 나타났으며, 혈당, glycosylated hemoglobin, 중성지방, 총 콜레스테롤 수치에 있어 유의한 억제효과가 인정되었으며, 특히 인슐린의 농도가 농도 의존적으로 증가하였다.
5. 치매 및 뇌기능개선 실험에 있어서 acetylcholinesterase (AChE), butyrylcholinesterase (BChE)의 신경전달물질 분해효소에 대한 연 부위별 효능을 검정한 결과 연자육에서 강한

효능을 나타냈다. 따라서 연자육에서 유기용매에 의한 순차분리법으로 성분 분리를 수행한 결과 flavonoid 13종과 alkaloid 3종 그리고 수종의 지방산류를 분리하여 구조 동정하였다. 그중 연자육의 n-BuOH 분획에서 연에서는 처음으로 nuciferoside (1-hydroxymethyl-2,6,6-trimethyl-1-cyclohexene-9-O-β-D-glucopyranosyl-(1→6)-β-D-glucopyranoside)를 분리하였다. 분리된 화합물을 이용하여 acetylcholinesterase (AChE), butyrylcholinesterase (BChE), and β-site amyloid precursor protein (APP) cleaving enzyme 1 (BACE1)를 수행한 결과 cycloartenol, *p*-hydroxybenzoic acid, vanilloloside, nuciferoside 성분이 AChE의 활성을 강하게 억제 하여 IC50값이 각각 11.89, 20.07, 4.55, 3.20 mM을 나타냈으며, 비경쟁적 활성을 보여 Ki값이 15.71, 25.44, 7.76, 5.66 mM을 나타냈다. BChE의 활성억제 정도에 있어서도 IC50 값은 13.93, 62.29, 205.78, 83.06 mM을 각각 나타내 강한 억제 활성이 인정되었다. 이러한 효소 활성계에서 결과와 결부하여 연자육을 이용한 scopoamine 유기 수동회피실험에 있어서도 연자육 처리군은 무처리군의 대조군 보다 latent time이 54% 이상 증가한 결과를 보였고, 더불어 뇌의 해마조직을 적출하여 AChE positive 조직염색에 의한 평가에 있어서 7.35% 억제 양상을 나타냈으며, CHAT positive 면역조직염색법에 의한 평가에서도 연자육 처리군이 대조군에 비해 14% 증가한 결과가 얻어져 치매 유발에 관련된 신경전달물질의 활성이 나타났다.

### 〈제1협동과제〉 임상실험 모델을 통한 연의 건강증진 효과 검증

1. 정상성인(40명, 여자 33명)과 과체중, 비만 성인(61명, 여자 20명)을 대상으로 연 정제 식이섬유 임상시험결과를 시행하였다. 정상성인 연구에서는 시험군에서 체지방률과 혈청지방이 감소하였고, 과체중과 비만성인 연구에서는 시험군에서 중성지방, 혈압, 공복 시 혈당이 감소하여 항비만 효과가 나타났다.
2. 비만성인연구에서는 기대와 달리 체지방량, 체지방률 등 다른 지표의 유의한 감소는 없었으며 비만 관련 호르몬의 변화는 크지 않았다. 1일 5그램 환 형태 불용성 식이섬유의 비중이 큰 연 정제 식이섬유를 과체중, 비만인 성인에게 단기간(12주)동안 투여한 경우 항비만 효과는 제한적인 것으로 요약할 수 있다. 연 정제 식이섬유의 산업화를 지원하고 활성화하려면 연의 식이섬유 구성, 식이섬유 분리방법에 따른 식이섬유 구성 변화 등의 추가적인 연구가 필요하다.

### 〈제2협동과제〉 연을 이용한 조리, 가공 기술 개발 및 상품화

1. 연잎 분말의 일반 성분에서 수분이 2.97%, 조지방이 0.93%, 조단백질이 22.83%, 조회분이 8.09%, 탄수화물이 65.18%로 나타났다. 연잎분말 첨가(1~3%) 연죽에서, 짙은맛과 고소한 맛은 연잎 첨가량이 증가할수록 높아졌는데, 짙은맛은 연잎 분말 3%에서, 고소한맛은 연잎 분말 2%에서 높은 값을 나타냈다. 죽에서 맛, 색상, 주요영양소 기준 연잎분말 2% 첨가시 우수하게 평가되었다. 일반 두부에서 수율은 198.18%, 연잎 분말을 0.1, 0.2, 0.3, 0.4,

0.5% 첨가시 수율은 각각  $199.67 \pm 23.70$ ,  $201.67 \pm 23.76$ ,  $198.33 \pm 22.28$ ,  $196.67 \pm 18.71$ ,  $196.33 \pm 18.34$ 로 처리간 유의차는 없었다. 경도, 씹힘성, 깨짐성, 색도, pH에서 0.2% 분말 첨가시 품질이 우수하게 평가되었다. 연잎 첨가(1~4%) 연근 만두피에서, 색은 연잎분말 첨가수준이 증가할수록 유의하게 증가하였고, 매끄러운 정도는 5% 첨가까지 감소하다가 1% 첨가의 경우 증가하였다. 향미는 연근 분말의 첨가 수준이 증가할수록 다소 증가하였고, 입안에서 단단한 정도도 증가하는 경향을 보였다. 맛과 주요특성을 종합해 볼 때, 분말 적정 첨가량은 3%였다. 연잎 국수에서 밀가루의 수분결합능력은 189.51%이고, 연잎 분말은 255.77%를 나타내어 연잎 분말의 수분결합능력이 밀가루보다 더 높았다. 전체적인 기호도는 연잎 분말 5% 첨가국수가 4.72점으로 가장 높았고, 연잎 분말 7% 첨가 국수가 4.58점을 나타냈으며, 연잎 분말 1% 첨가국수는 3.83점으로 대조군보다 더 낮았다.

2. 비트 추출물 함유 연근 피클에서, 추출물을 0%, 10, 20, 30 및 40% 첨가시 10%에서 외관과 함께 경도유지로 신선도가 높았다. 연근즙 함유 백김치에서, 관능평가, 신선도, 기호도의 모든 항목에서 전 발효기간에 걸쳐 좋은 점수를 받은 연근즙 6% 처리군이 가장 바람직한 것으로 나타났다. 고추장, 된장, 주박에서 연근 장아찌의 조직감, 염도, 외관은 다소 다른 경향을 나타냈고, 강황 5% 첨가 장아찌에서 맛과 조직감이 우수하였다.
3. 연잎 발효 추출액(연잎차 추출물 4L+ 생엽 20kg+ 백설탕 23kg, 상온에서 180일 숙성)에서, 맛은 유엽에 비해 성숙된 잎에서 좋았고, 숙성 용기에서 향아리는 유리병에 비해 우수하였다. 성숙된 잎을 냉동시켜 두었다가 숙성(발효)시켰을 경우 맛도 곧바로 수확한 잎과 차이를 나타내지 않았다. 연잎 발효 추출액 생리활성에서, 혈관 평활근세포의 증식 억제, 금속단백 분해효소 활성화(MMP-2) 억제, 상처 융합 증진에 효과적이었다. 아질산소거능, 항산화도 효과와 함께 지질과산화물 생성을 억제시켰다. 연잎 발효 추출액을 육류, 채소 샐러드 첨가시 맛이 좋아지면서 이취가 감소하였다. 발효추출액 11%에 연잎차 추출물 72.5%+ 생연근 주스 16.5%를 혼합한 주스는 맛과 영양소가 우수하게 평가되었다.
4. 냉동 연잎을 이용한 분말 제조에서, 기존 잎 제다 공정에 냉풍처리, 2차 유념과정을 추가시 맛과 영양소가 우수하였다. 냉동 연꽃에서도 중유, 재건조, 자동건조, 분쇄 공정을 추가시 분말 맛이 향상되는 경향을 보였다. 이들 분말은 식품 중간소재로서 이용성이 높다.
5. 연잎 추출물 혼용 연 식혜 레시피(연잎차, 엿기름, 설탕, 멥쌀, 자몽추출물), 제조공정, 주요 영양소조사를 통해 가공품을 상품화하였다. 기존 식혜에 비해 맛과 영양소 우수한 것으로 평가되었다. 미국 FDA 품질인증을 받았고, GS 리테일 등에서 유통되고 있다. 냉동연잎을 데친 다음, 연잎을 이용 연잎쌈밥 레시피, 유통중 품질변화, 주요영양소조사를 통해 가공품을 상품화 하였다. 연잎쌈밥의 냉동중 유통기간은 일반세균 기준 46일로 조사되었다.

### 〈제2세부과제〉 연 저장, 건조, 최소가공제품 및 개화기 조절기술 개발

1. 연근 저장 전 송풍 및 열처리는 저장중 중량과 경도 변화에 차이를 나타나지 않았다. 연근을 수확하여 온도에 따라 저장한 결과, 10℃와 15℃에서 저장한 연근은 0℃에 비해 저장기간이 경과함에 따라 경도와 중량이 크게 감소하였다. 0℃에서 저장시 경도와 중량의 변화가 가장 적은 경향을 보였으며, 미생물 발생에서도 가장 낮게 나타나 저장력이 현저히 증진되는 것으로 나타났다. 연근 저장시 포장필름에 따른 저장력을 조사한 결과, 0.1mm의 PE 필름으로 포장하여 저장시 경도와 중량 감소가 가장 적었으며, 전반적으로 저장 30일까지는

미생물이 발생하지 않아 가장 효과적이었다. 또, 세척하지 않은 것에 비해 세척한 연근에서 저장 중 세균 및 곰팡이 발생이 적게 나타났다. 연근을 PE필름에 진공처리해서 포장 할 경우, 세척 여부에 관계없이 저장 중 경도가 높게 유지되어 장기 저장에 효과적이었다. 10월부터 3월까지 한달 간격으로 연근을 수확하여 저장한 결과, 10월에 수확한 연근에서는 미생물 발생이 저장 70일후에 발생하였고, 11월~3월에 수확한 연근은 40~50일후에 미생물이 발생하였다. 자외선을 0분, 15분, 60분, 240분 조사하여 연근의 저장력을 조사한 결과, 저장 후 90일까지는 처리간 큰 차이가 없는 것으로 나타났다. 수확한 연근을 세척하여 주정용 알콜 0, 1, 2, 5, 10%의 용액으로 처리한 후 PE 필름에 넣어 진공상태로 1℃에 저장한 결과, 전반적으로 처리간 큰 차이는 없었다. 그러나, 알콜 2%와 5%로 처리시 저장 후 90일까지 중량 및 경도 감소가 적었다. 또한 키토산과 구연산 침지처리는 연근의 저장력에 별다른 효과가 없었다. 따라서 연근의 장기 저장을 위해서는 수확 후 세척하여 0.1mm 두께의 PE 필름으로 진공포장하여 0℃에서 저장하는 것이 가장 효과적이었다.

2. 연잎과 연근 분말제품을 개발할 목적으로, 서로 다른 시기별로 수확한 연잎(6, 7, 8, 9, 10월 15일)과 연근(11, 12, 1, 2월 15일)을 온도별(30, 40, 50, 60, 70℃)로 건조시 최적 수확시기와 건조온도는 연잎에서는 8월 15일과 50℃, 연근은 1월 15일과 50℃였다. 연잎과 연근 분말은 포장 용기보다 유통온도에 민감한 반응을 나타냈는데, 알루미늄호일용기에 넣어 저온 저장(0℃)할 경우, 유통 12개월 동안 품질 저하가 없었으나 상온(20℃)에서는 6개월부터 품질이 다소 저하되었으나, 두 조건에서 12개월 동안 유통하더라도 상품성이 유지되었다. 분말 주요성분을 분석한 다음, 제조공정을 확립해서 이들 분말을 200g용 PE 필름에 넣어 제품을 개발하였다.
3. 연근 절편을 이용한 최소가공제품(신선식품) 개발을 위해, 절편의 향 갈변제로는 1% ascorbic acid와 1% citric acid 혼합 용액이 가장 우수하였고, 온탕침지(50℃ 3분)는 이들 효과를 다소 증진시켰다. 향갈변제 침지처리는 갈변억제에 효과적이었으나 진공감압처리는 오히려 갈변율을 높였다. 절편 저장기간은 0, 5, 10, 20℃에서 각각 20, 18, 10, 6일이었다. 신선식품 제조용 적품종 선발을 위해 재배되고 있는 품종별(‘인취사’, ‘무안’, ‘가람’, ‘청양’) 절편 갈변정도는 차이가 없었다. 절편 유통중 세균수, 대장균, 살모넬라균은 0, 5℃에 비해 10와 20℃에서 크게 높았다. 절편 제조공정, 용기와 디자인을 개발한 다음 절편(1cm)과 통연근(10cm)을 PE 필름에 넣고 감압해서 제품을 개발하였다. 중국산과 품질비교에서, 주요 영양소는 비슷한 수준을 나타냈으나 외관과 신선도면에서 국내산이 우수한 것으로 평가되었다.
4. 백련 4품종 잎 추출물에서 페놀함량은 ‘초의백련’과 ‘백화건련’에서, 플라보노이드 함량은 ‘초의백련’에서 높았다. 항산화도는 ‘승달백련’, 아질산소거능은 ‘초의백련’에서 높았다. 항균활성은 균의 종류에 따른 차이는 있었지만 ‘가람백련’ 및 ‘초의백련’에서 다소 높게 나타났다. 꽃에서, 총 페놀함량은 ‘가람백련’과 ‘승달백련’에서 높았다. 플라보노이드 함량, 항산화도, 항균활성은 가람백련’에서 높았다. 백련품종별 잎과 꽃의 주요영양소와 이들 물질의 생리활성은 ‘초의백련’과 ‘가람백련’에서 높았다.
5. 백련 개화기조절에서, 첫 화경 출현은 평균기온, 일조시간과 정의 상관을 보였으나, 개화최성기는 평균기온, 일조시간, 강수량과 상관을 보이지 않았다. 품종별 개화기에서, 화퇴 출현후 18~20일에 개화하였고, ‘인취사’는 조생종, ‘무안 백련’은 만생종으로 나타났다. 회산 백련지 축제효과 제고를 위해서는 개화시기가 서로 다른 품종 혼식이 필요하다. 백련에서



화아는 엽병의 외측부위에서 분화되어 신장하였는데, 8번째~9번째 마디의 잎이 출현되면 화경이 신장되었다. 백련 화경 길이는 15.3cm, 폭 28.2cm, 생체중 292.g, 개화기간은 3.3 일이었다. 홍련에서 ABA와 ethephone 1,000ppm은 개화기를 3일 앞당겼다. 적엽량은 개화수를 감소시켰는데 적엽량이 많을수록 개화수는 크게 감소하였다. 용기 식재된 연에서 키토산 500ppm 처리는 개화기를 3일 앞당겼다. 향후, 연꽃 수요량이 많은 날 환경조절과 함께 몇 가지 처리는 연 개화기를 10일 정도 조절할 수 있을 것으로 사료된다.

### <위탁과제> 고압의 유체를 이용한 연근 굴취기 개발

1. 연근 굴취기 모형제작과 설계, 수압과 공기분사노즐 제작과 성능, 토양특성과 굴취성능을 수정 및 보완하여, 굴취기 시작품을 설계 및 제작하였다. 연근 굴취기는 바퀴가 있어 단단한 지면에서 이동이 용이 하였으나, 연근 식재 논(뽕 지대)에서는 바퀴를 탈착하여 미끄럼판으로 이동하였는데 한사람이 이동시키기에는 다소 저항이 큰 편이었다. 토양과쇄 공기분사장치는 상하조절을 위한 공압 실린더를 이용하여 노즐의 삽입이 용이하게 할 수 있었다. 고압의 공기를 토양 내에 분사하였을 때 반경 0.7 m 정도의 토양이 파쇄 되었고, 토양과쇄 후 수작업으로 연근수확을 위해 손이 연근이 위치한 지점까지 도달하는데 다소 용이한 것으로 나타났다.
2. 연근굴취기는 단단한 지면에서 이동이 편리하나 뽕 지대에서는 중량과 마찰저항이 다소 커 이동의 용이성이 다소 떨어지는 것으로 나타났다. 따라서 연근굴취기 본체와 미끄럼판을 더욱 가벼운 재료로 사용하고 마찰저항이 낮은 구조로 제작하면 뽕 지대에서의 이동성이 매우 용이할 것으로 판단된다. 또한 연근이 위치한 지점에서 토양 파쇄가 다소 덜 이루어진 것은 노즐의 분사 개구부가 원주방향에 위치해 있어 공압이 전 방향으로 가해지지 못했기 때문인 것으로 사료된다. 따라서 노즐을 좀 더 길게 제작하여 토양에 더 깊게 삽입하고, 노즐의 분사 개구부를 서로 다른 위치에 추가하여 공압을 더 높인다면 연근이 위치한 토양을 전 방향으로 파쇄 하여 연근수확 작업이 매우 용이할 것으로 판단된다.

## V. 연구성과 및 성과활용 계획

### 1. 연구 성과 활용 총괄표

기술이전	사업화	교육·지도	정책활용	타 연구활용	언론홍보
3 건 추진 중	4건	10건	1건	2건	12건
특 허	논문게재	학술대회 발표	산업체교육	전시회 참가	사업체확장
7건	21건	15건	5건	5건	3건
(국내 7건)	(국내 15건)	(국내 12건)	(국내 50명)	(국내 3건)	(국내 3건)
(국외 0건)	(국외 6건)	(국외 3건)	(국외 0건)	(국외 2건)	(국외 0건)

### 2. 성과 활용계획

#### (1) 주요영양소와 생리활성물질

- 연잎, 연근, 종자, 꽃의 주요영양소에 대한 정성, 정량분석을 통해 식품으로서 우수성을 과학적으로 밝혀 연 주요영양소 기준 설정에 활용
- 연에서 항비만, 항스트레스, 당뇨병성신증, 뇌기능개선, 면역력 증진에 관여하는 생리활성 물질 분획, 분리, 구조해석과 식이섬유 제형화 기술 개발로, 향후 기능성소재 및 기능성 식품 개발에 활용

(2) 연 동물과 사람에서 기능성 효과

- 실험실, 동물, 사람에서 기능성(항비만, 항스트레스, 당뇨병성신증, 뇌기능개선, 면역력) 효과를 밝혀 기능성이 우수한 가공품 개발과 부가가치 증진에 활용
- 연 식이섬유 정상인과 비만인에서 항비만 효과 구명으로 건강기능성 다이어트 식품 개발에 활용

(3) 가공품 개발 및 상품화

- 연 가공적성과 레시피 개발로 다양한 가공품(식품, 음료, 미백, 화장품) 상품화에 활용
- 간편성과 안전성이 증진된 최소가공제품 개발로 연근 소비량 증대와 부가가치 증진에 활용
- 조미가공품(김치, 간장, 장아찌), 다류(발효추출액, 음료, 식혜), 연식품(죽, 만두, 국수, 두부, 연쌈밥)개발로 연 가공품 산업화 촉진
- 연 가공적성과 가공레시피 활용으로 한식 개발에 적극 활용

(4) 저장, 건조, 개화기 조절분야

- 연근 선별, 세척, PE필름 진공포장, 저장조건 적용을 통해 농가와 선별장에서 장기저장에 활용
- 연근과 연잎 수확기, 건조, 분쇄, 제조공정 개발로 고품질 분말 생산에 활용
- 연근 갈변억제, 절편 제조공정, 포장, 중국산과 품질비교를 통해 맛과 안전성이 증진된 신선식품 개발에 활용
- 연근과 연꽃 개화 생리(환경요인, 품종, 개화특성, 영양생장과 생식생장관련성), 적엽과 단근, 생장조절제 처리에 따른 생장특성 연구로 연잎과 연근 생산량증대, 개화기 조절에 활용
- 연 개화기 예측과 조절로 지자체가 추진하고 있는 다양한 연꽃 축제 효과 제고에 활용
- 습지나 정원, 하천에 연을 식재함으로써 수질 정화와 함께 대기중 이산화탄소량 감량에 활용

(5) 연근 굴취기 개발

- 물이 없는 논(빨)에서, 깊이 30cm, 폭 10~15m 길이로 뺀어 있는 연근에 고압의 공기를 분사해서 반경 0.7m 둘레 흙을 파쇄할 수 있어 연근 굴취에 활용
- 물이 있는 논에서, 공기 분사 노즐을 이용 연근과 흙을 분리해서 연근을 굴취하는데 활용
- 연근 굴취기 작업 수월성 확보를 위해 모래 땅, 용기 재배, 바닥멀칭 재배 등 재배법 개선에 활용

## SUMMARY

(영문 요약문)

### 〈Sub- project 1〉 Nutrient components and their bio-activities in lotus organs and its epidemiological studies

1. In general and nutritional composition of different part of dried white lotus (*Nelumbo nucifera*), the water contents of dried powder of root, leaves, seeds and flowers were 1.76, 4.22, 2.75, and 7.62%, respectively. Crude protein content in the seeds was higher than those in different parts. Carbohydrate content in the root was higher than those in different parts, but the crude lipid content was comparatively lower. The potassium content of the minerals in the roots was much higher than those in other parts. Additionally, the iron content of flowers was much higher than those in different parts. The main sugar in the leaves was maltose, the main sugar in the roots was xylose and that in the seeds was glucose. Among organic acids, malic acid showed the highest level in the leaves, flowers and roots, while glutaric acid was the highest in the seeds. Total dietary fiber were 21.97% for roots, 54.90% for leaves, 27.76% for seeds and 44.0% for flowers.
2. The preventive and therapeutic potency against oxidative stress and diabetic complications of *N. nucifera* were evaluated via the 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH), Trolox equivalent antioxidant capacity (TEAC), and total reactive oxygen species (ROS) assays, as well as the rat lens aldose reductase (RLAR) and advanced glycation endproducts (AGE) assays. The leaf extract of *N. nucifera* exerted potent antioxidant effects as well as marked inhibitory effects for RLAR and AGE formation, corresponding to high values for total phenolic content (TPC) and total flavonoid content (TFC). Among several solvent fractions, the EtOAc and *n*-BuOH fractions, having prominent TPC and TFC values, showed significant antioxidant effects in the DPPH and TEAC assays. Moreover, the EtOAc fraction exhibited superior inhibitory effects in the total ROS, RLAR, and AGE assays, with IC<sub>50</sub> values of 9.4, 2.4, and 28.2 mg/mL, respectively. Also, the HPLC profiles of the active EtOAc fraction indicated that quercetin 3-O-β-D-glucopyranoside (Qc-3-Glc) and Qc 3-O-β-D-glucuronopyranoside (Qc-3-Gln) were two of its major components, as well as Qc 3-O-β-D-galactopyranoside (Qc-3-Gal) as a minor compound.
3. Also, we investigated the effect of *N. nucifera* parts on the gastric ulceration, Ig G and liver damaging factors of rats in immobilization stress. For the induction of stress, rats were stressed by immobilization for 2 hours in a day during 2 weeks, and administrated daily at a dose of 400 mg/kg extracts of lotus parts. In gastric ulceration using by tissue staining method was not changed in lotus treated groups compare with control group. As a results of measuring Ig G levels of serum, lotus

treated groups (leaf, root, stamen) were not shown significantly differences, but shown the increasing inclination. In special, liver damaging factors of GOT and GPT were decreased significantly in lotus treated group compare with control group.

4. To elucidate anti-hypodlycemic and obestic effects of fiber isolated from *N. nucifera*, db/db mice were allocated control group and *N. nucifera* fiber group. Mice were received daily oral injections of fiber at a dose of 100 or 400 mg/kg body weight for 8 weeks. Body weight and food efficacy show the decreasing pattern at the 7 and 8 weeks by feeding of *N. nucifera* fiber. Fiber treated groups significantly decreased blood glucose, glycosylated hemoglobin, triglyceride, and cholesterol levels in serum. Also, insulin level in serum significantly increased by the oral treatment of fiber in a dose dependent manner, but did not show a beneficial effect on the abodominal and subcutaneous fats in db/db mice.
5. A new b-cyclogeraniol diglycoside (5), along with four known components, cycloartenol (1), *p*-hydroxybenzoic acid (2), vanilloloside (3), and 5-*O*-methyladenosine (4), were first isolated from the *n*-BuOH fraction of *Nelumbo nucifera* stamens. The chemical structure of b-cyclogeraniol diglycoside was elucidated as 1-hydroxymethyl-2,6,6-trimethyl-1-cyclohexene-9-*O*-b -D-glucopyranosyl-(1 6)-b -D-glucopyranoside (nuciferoside) on the basis of chemical and spectroscopic evidence, including 1D, 2D NMR, and MS. The anti-Alzheimer effects of 1-5 were evaluated *via* the acetylcholinesterase (AChE), butyrylcholinesterase (BChE), and b -site amyloid precursor protein (APP) cleaving enzyme 1 (BACE1) inhibition assays. Compounds 1-3 and 5 showed good and noncompetitive inhibition against AChE with IC<sub>50</sub> values of 11.89, 20.07, 4.55, and 3.20mM and *K<sub>i</sub>* values of 15.71, 25.44, 7.76, and 5.76mM, respectively. Compounds 1, 2, 3 and 5 also possessed BChE inhibitory activities with IC<sub>50</sub> values of 13.93, 62.29, 205.78, and 83.06mM, respectively. The selectivity index (SI) values of 1, 2, 3, and 5, calculated from IC<sub>50</sub> values of BChE and AChE, were 1.2, 3.1, 45.7, and 26.0. However, all isolated compounds lacked BACE1 inhibition up to 100mM.
6. Alzheimer disease(AD) is a progressive neuro-degenerative disorder causing dementia. One of the most consistent neurotransmitter altercations found in brain of AD patient is a loss of cholinergic markers, cholineacetyltransferase(ChAT) and acetylcholinesterase(AChE).
7. We examined the antiamnestic effect of NNS in scopolamine-induced amnestic rats with using passive avoidance test, estimating AChE activity and ChAT immunochemistry. Latency time of passive avoidance test in NNS treated group have significantly increased as 54% than those of scopolamine treated group. Inhibition on AChE activity in NNS treated group have significantly increased 7.35% than those of control group. The number of CHAT-positive neurons in NNS group has increased as 14% than those of control group.

### **〈Collaborative- project 1〉 Effectiveness of anti-obesity in adult and obese adult eaten dietary lotus fiber**

1. In order to evaluate the anti-obesity effect of lotus dietary fibers (5 g/day, 12 weeks, pill-type), we implemented clinical trial on healthy adult (M: 40, F: 23, BMI <25) and obese adult (M: 41, F: 20, BMI >23.5). The clinical trial on healthy adult showed that body fat(%) and serum lipid profile level of lotus dietary fiber trial group were lower than comparison group.
2. The clinical trial on obese adult showed that TG, BP, FBS of lotus dietary fiber trial group were lower than comparison group, but others not. And changes of adipokines (leptin, resistin etc) were not significant. These results revealed that anti-obesity effect on obese adult of lotus dietary fibers (5 g/day, 12 weeks, pill-type) was evident in a few indices and supplementary studies were needed for development of lotus dietary fiber products: composition of lotus fibers, changes of fibers composition after fiber extraction procedures etc.

### **〈Collaborative- project 2〉 Development processing product of lotus and commercialization of these product**

1. To develop the efficiency of lotus, we developed jook, tofu, pickle, noodles, dumpling shell that contained lotus root and lotus leaf powder. The quality characteristics and sensory evaluation of these products were analyzed.

The physical and sensory properties of Jook that added with lotus leaf powder(LLP) were investigated. Since the level of lotus leaf powder(LLP) in the samples was increased, both L-values and a-values were also decreased, and only b-values were increased. In addition, the Jook had high viscosities and low spreadable values as the amount of LLP increased. Sensory characteristics, such as: color intensity, viscosity, astringency, and nutty taste increased significantly with the addition of LLP. And the results of the consumer acceptability test showed that the Jook containing 2% ~ 3% LLP had the highest score. To enhance the quality of Jook, a 2% addition of LLP would be the most beneficial. The quality of characteristics of tofu was investigated by preparing with different concentration of LLP. The yield rates of the tofu samples did not differ significantly according to the level of added LLP. However, there was a significantly decrease in the pH and a significantly increase in the acidity. The L- values and a-values of samples decreased as the amount of LLP in the formulation increased, whereas the b value increased. Furthermore, hardness significantly increased as the level of LLP increased. In terms of overall acceptability, the preferred tofu samples were the control and that containing 0.2% LLP. Quality characteristics of lotus root pickle added with beet extract were investigated. Lotus root slices were salted with NaCl, soaked into pickling solution, and then stored at 20°C. The pH of the experimental groups decreased slowly during the fermentation. In terms of color values, both L

and a values were decreased, but b values were increased, with increasing beet extract content. Overall, based on sensory evaluation, lotus root pickle added 30% beet extract was preference over the other samples. The quality characteristics of noodles was investigated with adding LLP. The gelatinization points of the composite LLP-wheat flours were increased and had viscosity at 95°C, after 15 minutes and maximum viscosity of those were decreased, as the LLP content was increased as measured by amylograph. As more LLP was added, both L and b value were decreased, a value was increased in color values and weight and volume of cooked noodle and turbidity of soup were increased. For the textural characteristics, the LLP additive increased hardness and decreased adhesiveness, cohesiveness and springiness. Overall, the noodles made with 5% LLP were preferred more than the other noodles as tested by sensory evaluation. Dumpling shell samples were prepared with wheat flour along with the addition of different amount of LLP, followed by functional measurements and sensory evaluation. The addition of LLP content increased hardness and decreased chewer in all samples. Overall, sensory evaluations proved that dumpling shell with 3% added LLP was preferred over the other samples.

2. We developed various kinds of processing product using lotus, such as extract leaf fermented, powder, juice, Sik-Hae(rice nectar), Ssam-Bap(boiled rice). The extract contained 0.1g ash, 53.46g carbohydrate, 13.14g crude protein, 0.01g crude fat, 2.58g NaCl, 0.002g saturated fat and 0.00g/100g cholesterol. Sensory quality in the extract of fermented lotus leaf is much better in maturation leaves than those of young and its tasty improved in clay bowl compared to glass bowl as fermentation tools. The extract inhibited the expression of MMP-2 in HASMC and improved the wound healing. Antioxidant activity increased with increasing the extract concentration, while NO activity decreased. The extract from fermented leaf has no fat, trans fat and cholesterol, so its extract treated to chicken, pork, beef, and vegetables as functional food source. Sensory quality in juice is much improved with added the extract of both lotus leaves tea and roots. Lotus juice developed with addition of extract leaf fermented to the extract of lotus leaves tea and root. Sensory quality was highest in mixture of 11.% fermented leaf extract to 72.5 leaf tea extract and 16.5% root juice among treatments. Sensory qualities of powder in both leaves and flower is much improved by developing proper processing procedure during making these teas. These powder is good source of vitamin and mineral as foods additive for health improvement. Sik-Hae product added extract of lotus leaves has good source of minerals, such as calcium, iron, sodium compared to rice nectar. Ssam-Bap product using lotus leaf has much bioactive compounds, such as vitamin A, beta-carotene, mineral compared to rice boiled. All these processing product will improved value added of lotus and it will make money for lotus farmer.

**<Sub- project 2> Extension shelf life, development powder and minimally processed product and flowering regulation in lotus**

1. The ventilation and heat treatment before storage is not effective on the weight loss and hardness during storage of *Nelumbo nucifera* rhizomes. The weight and hardness of *N. nucifera* rhizome stored at 10°C was greatly lowered compared to 15°C during storage period. But, in rhizomes stored at 0°C, the weight and hardness was highly maintained and occurrence rate of microorganism, as fungus and bacteria was lowered. Therefore, for storage quality improvement of *N. nucifera* rhizome, storage at 0°C was more effective than storage at 10°C or 15°C.

The storage quality by packing material in *N. nucifera* rhizomes was examined. In packed with PE film of 0.1mm thickness, the weight and hardness of rhizome were highly maintained, and occurrence rate of microorganism was lower at 30 days after storage than in the other thin PE films. Also, occurrence rate of fungus and bacteria was lowered in washed rhizomes than in non-washed rhizomes. The vacuum packed with PE film in rhizomes showed the highest hardness among treatments. When rhizome harvested between October and March was stored, microorganism in rhizome harvested on October occurred at 70 days after storage, and microorganism in rhizome harvested between November and March occurred at 40 or 50 days after storage.

Treatment of ultraviolet rays for 0, 15, 60, 240 minutes was not effective until 90 days after storage. Treatment of 0, 1, 2, 5, 10% alcohol solution was not effective in rhizome storage. But, when it was treated with 2% or 5% alcohol solution, changes in weight and hardness of rhizome were slightly influenced relatively. Also, soaking with chitosan solution and citric acid were not effective in rhizome storage.

Therefore, for long-term storage of *N. nucifera* rhizome, it was more effective to store at 0°C after vacuum packing with PE film of 0.1mm thickness following rhizome washing.

2. Lotus leaves were harvested on June 15, July 15, Aug. 15, Sep. 15, while roots were harvested on Nov. 15, Dec. 15, Jan. 15, Feb. 15 respectively. After harvesting, leaves and roots were dried at 50°C drying chamber. Contents of starch, ascorbic acid, total phenolics, amino acids and inorganic elements were influenced by harvest date in both lotus leaves and roots. The optimal date of harvest was Aug. 15 in leaves and Jan. 15 in roots. In order to know the best drying temperature, both leaves and roots of lotus were dried at 30, 40, 50, 60, 70°C, respectively. Marketability and quality of powder product in both leaves and roots was considerably changed by drying temperature. The optimal drying temperature was 50°C in leaves and roots, respectively. The powder product sealed with glass bowl, plastic bottle, polyethylene and aluminium foil bag were stored at 0 and 20°C for 12 months. Contents of chlorophyll, starch, fiber, ascorbic acid gradually

decreased with time and those content highest in aluminium foil bag among treatments in all temperature. Quality of powder product during storage maintained best when these powder were stored at 0°C with sealed either glass bowl or aluminium foil. After making processing procedure, we developed powder product value added, such as lotus leaves powder and its root powder.

3. To develop fresh-cut product using lotus roots, firstly we screened the antioxidant agent such as 1% citric acid, 1% ascorbic acid, 0.2% N-acetylcystein, 0.5mM hexylresorcinol, 0.1% Ca propionate. Ascorbic acid 1% combined with citric acid 1% has good property to prevent browning in lotus during storage. In treatment methods of anti-browning agent, flesh browning much decreased with ascorbic acid 1% plus citric acid 1%(CA) following hot water dip at 50°C for 3 min. Browning of fresh-cut roots significantly decreased with keeping solution of CA solution during storage. To determine the shelf life of fresh-cut roots, its roots were stored at 0, 5, 10, 20°C for 14 days, respectively. Shelf life of lotus roots extended with increasing fresh quality by decreasing PPO activity and ethylene production when roots were stored at 0.°C. To screen the optimal lotus cultivar for fresh-cut product development, we evaluated the quality in native cultivars of 'Inchisa', 'Muan', 'Garam', 'Chungyang'. There was no difference firmness, Hunter 'L' and amino acids among cultivars, but total phenolics and antioxidant activity slightly higher in 'Muan' than that other cultivar. In order to prevent microorganism infection, we treated electrolyzed oxidizing water, ozone water, sodium hypochloride for fresh-cut roots and then stored at 0°C for 9 days. we did not find any harmful microorganism in all tratments, but bacteria number lowest in sodium hypochloride among treatments. Changes in microorganism numbers in fresh-cut roots according to storage temperature, its number increased with rising storage temperature, especially at 2 0°C. There was no detect any chemical residues in fresh-cut roots. Finally, we establish the making procedure of fresh-cut product and then developed two kind of product, such as slice and peeled bulk roots. We compared the quality of fresh-cut lotus between Korea's and China's product. The quality of fresh-cut lotus product is much better in Korea's product than that China', while the marketing price is much cheaper in China's product compared to Korea's. If we develop the fresh-cut product produced in Korea, its will be well sale in market place because of high freshness and quality characteristics.
4. To gather the basic data on bioactive compounds and its bio activity of leaf extracts, the leaves of four species of white lotus including 'Garam', 'Choeue', 'Baekwageollyeon', and 'Seungdal' were harvested. Total phenol contents were highest in the extracts of heated-water from the white lotus 'Choeue' by 78.3µg/mL and in ethanol extracts from 'Baekwageollyeon' by 146.8µg/mL. DPPH radical scavenging activity was highest at extracts of the heated-water and ethanol extracts of white lotus 'Seungdal' by 83.9% and 94.0%, respectively. Total flavonoid



contents in the ethanol extracts of 'Seungdal'(63.6 $\mu$ g/mL) and 'Choeue'(92.2 $\mu$ g/mL) were higher than those in the heated-water extracts of 'Choeue' (28.8 $\mu$ g/mL). Nitrite scavenging activity of heated-water extracts of 'Choeue' extracted was 69.2%, and ethanol extracts of 'Baekwageollyeon' 80.7%. No significance in tyrosinase inhibition activity of the leaf extracts from four species of white lotus among those species and solvents were observed. Anti-microbial activity of the ethanol extracts was higher than that of the heated water, showing bigger inhibition diameter (8.3 to 11.2mm).

We also investigated the total phenol, antioxidant activity, flavonoid, nitrite scavenging, tyrosinase and antimicrobial activity in the extracts of white lotus flowers including 'Garam', 'Choeue', 'Baekwageollyeon', and 'Seungdal'. Total phenol and flavonoid contents were highest in the extracts of heated-water from the white lotus flower 'Garam' among cultivars. Nitrite scavenging and tyrosinase activities were much higher in 'Seungdal'and 'Choeue' than that 'Choeue' and'Baekwageollyeon' regardless of extract methods.

5. To know the mechanism and physiology of flowering in lotus grown lake located in Muan county, firstly we investigated the of flowering effect by cultivation environment. Between cultivation condition and flowering, flowering was influence by the temperature, rainfall and sunshine duration. It was shown that more analyses of the inner factors such as the age of lotus roots, and the management factors such as the management of water depth, the digging and planting times and fertilization were needed. To estimate of days to flowering by the kinds of the white lotus, the percent flowering and the yield of lotus leaves. Blooming period of the white lotus c.v. 'Garam', 'Chungyang', and 'Inchuisa' were June to early in July and mid-July. And that of c.v. 'Muan' and 'Baekhwageonryeon' were about the middle of July and late in August. From the emergence of flower bud to the flowering of the white lotus had taken 19-20 days. Flower stalk length of the white lotus were generally about 97-162cm. In mid-August, the number of the marketable lotus leaves per 3.3m<sup>2</sup> were about 25.0-35.8, and their fresh weight were about 1.57-3.26kg. It was consumed that the yield of lotus leaves should be considered in the selection of the kinds of the white lotus. To examine characteristics of rhizome growth and flowering of white lotus grown lake in Muan county. Time to flowering from the emergence of flower stalk on the above-ground parts were required 16 days. White flowers from the lotus were 15.3cm in height and 28.2cm in width, their longevity was 3.3 days and the averaged flower fresh weight was 29.2g. The results conclude that optimum number of nodes on the main rhizomes for blooming the white lotus flowers should be over 8 nodes before the rhizome enlargement. To gather the basic data on the effective seedling propagation, cultivation, early flowering of the white lotus grown lake in Muan county. The maximum leaf length and width were 18cm and 19cm. And the maximum leaf stalk length was 56cm.

Rhizome was mainly enlarged in the sub-apical regions of the main rhizome early in August. Number of the enlarged rhizomes per one seedling were 3.7, and their fresh weight was 78.8g. It was assumed that these above results will be helpful to the early flowering of the native white lotus seedlings in Muan county, the marsh landscape architecture, and the production of seed bulbs. To examine the characteristics of flowering and fruiting in lotus grown lake in Muan county. Lotus plants of 21.4% were not bloomed, resulting from the insufficient securing of internodes in the main rhizome and the blind. Lotus seeds,  $1.5\pm 0.2$ cm in length and  $1.4\pm 0.4$ cm in width, were ripened at about 30 days after flowering, and their fresh weight per seed was  $1.3\pm 0.6$ g. We, therefore, concluded that lotus 'Yellow Bud' as a ornamental plant should be grown up to 8 in the node number of main rhizome until mid-July. To examine into effect of plant growth regulator treatment on the lotus flowering, lotus leaves and root growth in lotus grown lake in Muan county. Lotus 'Yellow-bud' in control was flowered on Jul. 30, however, that treated ABA 1,000ppm and ethephon 1,000ppm on Jul. 27, which flowering was promoted about 3 days. Number of lotus leaves in control were 21, however, that treated ethephon 500ppm decreased by 16, and that treated GA 100ppm increased by 28. To examine the effect of the leaves harvesting amount on the number of flower flowered and the enlarged rhizome yield during the cultivation of the white lotus grown lake in Muan county. Enlarged rhizome yield per plant were that control (4,210g), 25% leaves harvesting treatment (3,162g), and 50% leaves harvesting treatment (2,588g). Number of enlarged rhizome per plant were that control (9), 25% leaves harvesting treatment (6), and 50% leaves harvesting treatment (5). Consequently, it should be considered that the lotus leaves harvesting have led to the decrease the number of plants flowered and the enlarged rhizome yield. We have planted the containers with the lotus, 'Yellow-bud' on Apr. 15, 2008, and have sprayed chitosan, salicylic acid and methyl jasmonate on the lotus leaves on Jul. 1, 7 and 14. We have also measured the flowering period, the number of lotus leaves and the yield of lotus root. Lotus in control flowered on Jul. 30, however, that treated chitosan 500ppm flowered on Jul. 27, which promoted the lotus blooming by 3 days. Overall number of lotus leaves were 21-22, except salicylic acid 3,000ppm by 14, methyl jasmonate 1,000ppm by 16 and methyl jasmonate 250ppm by 18. The yield of lotus root in control was 564g, however, that treated salicylic acid 3,000ppm and methyl jasmonate 1,000ppm decreased by 385g and 362g. respectively. And that treated chitosan 500ppm increased by 584g.

**〈Consignment- project 1〉 Development of the lotus root harvester using the fluids of high pressure**

1. Lotus roots are usually cultivated in the clay soil of paddy field in Korea. Cultivation area of lotus roots as an alternative of a rice plant has been increased greatly during several years due to the decrease of rice price. Lotus roots are grown horizontally in the depth of about 30 cm inside the clay soil. Consumption of lotus roots are increased as the health food. The harvesting of lotus roots requires the great labor and is usually doing by manual labor as digging with hoe.
2. The objective of this study was to develop the lotus root harvester with easy by soil breaking with the injection of high pressure fluid into the soil. The constructed lotus root harvester which uses high pressure air is composed of the main body including nozzle, high pressure container, handle, and lever and an air compressor. The degree of soil breaking by this harvester was analyzed with using three different nozzles. Also, the lotus root harvester which uses high pressure water was constructed.

# CONTENTS

## (영문 목차)

Chapter 1. Concept of research project	..... 21
1. Study objectives	..... 21
2. Research contents and scales	..... 24
Chapter 2. Current research status of lotus in domestic and foreign countries	..... 25
1. Domestic research status	..... 25
2. Foreign research status	..... 25
Chapter 3. Contents of the project and research results	..... 28
Sec. 1. Nutrient components and their bio-activities in different lotus organ and its epidemiological studies	..... 28
Sec. 2. Effectiveness of anti-obesity in adult and obese adult eaten dietary fiber extracted from lotus	..... 87
Sec. 3. Development processing product of lotus and commercialization of these product	..... 101
Sec. 4. Extension shelf life, development powder and minimally processed product and regulation flowering in lotus	..... 148
Sec. 5. Development harvest machine of lotus roots grown in clay soil	..... 232
Chapter 4. Achievement and contribution to related fields	..... 262
Chapter 5. Application plan of research results	..... 267
Chapter 6. Information obtained during implementation of project	..... 271
Chapter 7. Reference	..... 272

# 목 차

제 1 장 연구개발과제의 개요	21
제 2 장 국내외 기술개발 현황	25
제 3 장 연구개발 수행 내용 및 결과	28
제 1 절(제1세부과제) 연 주요영양소, 생리활성물질 탐색 및 기능성	28
제 2 절(제1협동과제) 임상실험모델을 통한 연의 건강증진 효과 검증	87
제 3 절(제2협동과제) 연을 이용한 조리, 가공 기술 개발 및 상품화	101
제 4 절(제2세부과제) 연 저장, 건조, 최소가공제품 및 개화기 조절기술 개발	148
제 5 절(위탁과제) 고압의 유체를 이용한 연근 굴취기 개발	232
제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도	262
제 5 장 연구개발 성과 및 성과활용 계획	267
제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술 정보	271
제 7 장 참고문헌	272

# 제 1 장 연구개발과제의 개요

## 1. 연구개발의 필요성

### 가. 연구개발 대상 기술의 경제적·산업적 중요성 및 연구개발의 필요성

#### (1) 경제적·산업적 필요성

- 연(*Nelumbo nucifera* Gaertn)은 연과에 속하는 다년생 줄기 채소로 못이나 늪에 생육하고 4계절 수확이 가능하며 연의 잎, 뿌리, 종자는 식용, 약용과 함께 관상적 가치가 높음. 우리나라와 일본은 불교문화와 함께 고려시대 (710년경) 중국으로부터 전파된 것으로 추정하고 있으며 5세기경 인도에서 불교탄생과 함께 연화로 지정되면서 사원내 연못에 심어졌고 불교문화와 함께 연 재배가 늘어났음. 수년전까지 연은 정원, 사원(절), 연못, 늪에 심어져 식용이라 보다는 주로 꽃을 관상하거나 조경용으로 식재되어 왔음
- 선진국인 일본은 기능성 식품을 21세기의 식품 산업계를 주도할 품목으로 예시하고 있으며, 미국도 새로운 산업으로 designer foods(생체 기능을 조절할 수 있는 식품)의 가능성을 인식하고 있음. 국내에서도 국민소득 증가로 건강에 대한 관심이 높아지면서 기능성 소재 식품과 함께 천연자원 탐색에 대한 연구가 활발히 추진되고 있음
- 식생활 서구화로부터 오는 비만은 당뇨병, 고혈압, 고지혈증, 심혈관 질환의 발생에 중요한 역할을 하는 질병으로서, WHO(세계보건기구) 보고에 따르면 현재 전 세계적으로 과체중 또는 비만에 해당되는 사람이 12억에 이르며, 미국의 경우 2000년 현재 성인 인구의 65%가 과체중에 해당됨. 미국의 경우 비만으로 인해 매년 약 1,170억 달러의 직·간접적인 비용이 지출되고 있으며, 우리나라의 경우에도 2010년 ‘국민건강, 영양조사’ 따르면 전체 인구의 30%가 비만인데, 비만으로 인한 사회, 경제적 비용이 1조 7억을 지출하고 있고(국민의료비의 약 5%), 2010년을 기준으로 전 세계적 비만치료제 시장은 약 20억 달러로 추정됨. 현재 미국 FDA(식품의약국)가 장기복용을 승인한 비만치료 약물은 norepinephrine의 재흡수 억제 작용을 가진 sibutramine과 췌장 및 소화기관에서 분비되는 lipase를 억제하는 orlistat가 있으나 혈압상승, 불면증, 구강건조, 어지러움, 설사, 지방변 등의 부작용이 발생하고 있어, 식물로부터 기능성소재 식품 개발이 시급한 실정임
- 연은 연잎, 연근, 연꽃, 종자 등 모든 부위가 식용으로 이용되고 있는데, 이들 식품을 섭취시 항당뇨, 항알레르기 효과가 동물과 일부 임상시험에서 밝혀지고 있음. 또, 연꽃은 관상가치가 높고 불교문화와 깊은 관련성이 있어 무안, 반월, 상주, 청양, 강화도지역을 비롯한 전국 10여 곳 지자체에서 축제가 열리고 있고, 이들 축제는 앞으로 더 늘어날 것으로 예상되고 있음. 연을 이용한 연근절임, 식품, 맥주와 다류 등 가공품도 개발되고 있어 연 용도 증가와 함께 소비량은 큰 폭으로 늘어날 전망
- 최근 쌀값 하락에 따른 대체작물로서 연에 대한 관심 증가와 함께 연 재배면적이 지속적으로 증가하고 있음. ‘07년도 연 재배면적은 721ha 규모이고, 농가소득은 260억 내외였으나, 오늘날 재배면적 1,000ha, 시장규모 1,000억으로 성장 하였고, 향후 수년내 쌀 대체작목으로서 재배면적이 3,000~5,000ha로 늘어날 것으로 추정 되고 있음

#### (2) 연구 개발의 필요성

- 연은 진정작용(스트레스, 우울증), 위궤양, 위염 완화와 니코틴제거 효과가 높은 기능성

식품으로 알려져 있고, 최근에는 항 동맥경화, 항 아토피 등의 기능성에 대한 연구도 수행되고 있음. 연을 이용한 고부가가치 제품을 개발하기 위해서는 신뢰성 있는 기능성 및 생리활성 물질 탐색이 필수적이나 이러한 연구는 초보적 수준으로, 연의 산업적 이용률을 높이기 위해서는 기능성에 관한 실험적, 임상적 연구가 절실히 요구되고 있음

- 연은 한방, 동의보감에서 각종 출혈성 질환, 빈혈, 소화기 계통의 질환에 매우 좋은 것으로 기록되어 있음. 따라서 연이 갖고 있는 약리작용과 생리활성을 최대한으로 활용하고, 전통식품에 접목함으로써 연을 이용한 김치류, 피클, 장아찌, 계장, 국수, 두부, 만두, 연 식품 (연잎쌈밥, 연죽 등)을 개발함으로써 연의 소비확대와 함께 부가가치 창출로 농가의 소득 증대에 기여할 수 있음
- 연근은 깊은 심토층에서 굴취함으로써 수확시 상처와 함께 높은 함수율은 저장중 신선도 감소와 함께 부패율을 증가시키고 있음. 상처큐어링, 세척, 소독, 전처리 시스템 구축과 함께 최적 MAP 저장조건 확립으로 유통기간을 늘리는 것이 시급함
- 연근은 세척, 박피, 절단된 신선식품으로 소비되고 있어 유통중 갈변억제와 신선도를 증대시키는 것이 시급함. 연근 갈변방지제로 이산화황 500ppm (0.914g potassium metabisulfite/L) 침지 처리가 효과적이나 고 농도인데다 잔류량이 많고 알레르기 유발 등으로 식약청에서 사용을 규제하고 있음 (식약청 금지약물). Citric acid 3%, ascorbic 2%, Citric acid 1%+ ascorbic 1% 침지처리나, 60℃ 온탕에서 1, 5분 열 충격은 PPO 합성 저해로 갈변 억제에 효과적인 사실이 밝혀지고 있어, 갈변방지 기술 개발과 함께 최근 수입량이 증가하고 있는 중국산과 품질비교도 필요한 실정임
- 연잎과 연근 수확기, 건조온도에 따른 주요 성분과 기능성조사, 유통기간에 따른 품질변화조사를 통해 고품질의 분말을 개발함으로써 식품 소재로서 활용도를 높이는 것이 시급함. 분말은 식품 소재와 함께 선식 식품(생식)으로서 활용도가 높음
- 연근은 깊은 뺨 속에 있어 굴취하는데 노동력이 많이 소요되고 힘든 작업으로 농가에서 포크라인을 이용 굴취한 다음 손으로 흙과 연근을 분리해서 용기에 담는데, 앞으로 고압의 공기를 땅속에 분사 해 연근을 흙과 분리한 다음 손으로 굴취 할 경우 노동력 절감에 크게 기여할 것으로 기대됨.

## 나. 연구개발대상 기술의 국내·외 현황

### (1) 세계적 수준

개념정립 단계	●	기업화 단계		기술 안정화 단계	
---------	---	--------	--	-----------	--

- 연은 중국종과 북미종이 재배되고 있으나 불교문화와 함께 발전한 결과, 주로 동양권인 중국, 인도, 일본, 한국에서 식용으로 재배되고 있음. 미국, 유럽에서 연은 정원, 공원, 연못에 식재해 관상용으로 대부분 이용되고 있으나, 식용으로는 거의 재배되지 않고 있는 실정임. 중국, 인도에서 연은 불교 사원과 정원에 식재해 관상용으로 널리 이용되고 있는 실정인데, 연근과 연근 분말이 식용으로 소비되고 있는데, 소비량은 그다지 많지 않는 실정임
- 식품에서 생리활성물질과 항비만, 항스트레스, 뇌기능개선, 면역력증진에 대한 연구는 과실류, 채소류, 와인을 중심으로 널리 연구되어 오고 있고 이러한 식품 섭취시 항산화, 지질대사개선, 콜레스테롤 감소, DNA 손상방지를 통해 성인병을 감소시킨다는 사실이 미국, 유럽

에서 널리 보고되고 있음. 그 결과, 토마토, 브로콜리, 녹차, 시금치, 블루베리 등을 세계 10대 건강 식품으로 지정하면서 이들 식품류 소비량이 크게 증가하고 있는 실정임. 반면, 연을 이용한 이러한 기능성 연구 사례는 없는 실정임

- 중국, 태국에서 연근은 세척해서 PE필름에 포장해서 신선식품으로 유통하고 있는 수준이고, 식품소재로서 분말, 연차가 유통되고 있는 수준으로 대부분 1차 가공품 수준에 머물러 있음. 연을 이용한 조미가공품, 추출음료, 연이 첨가된 식품 등 2차 가공품은 개발되고 있지 않는 실정임
- 국외에서 감자, 고구마, 양파, 무 등 발작물의 근채류 수확기는 어느 정도 개발이 완료되어 산업화 되고 있으니 연근 굴취기는 일본 화산회토에서 일부 적용되고 있는 수준이나, 그 이외 국가에서 이와 유사한 근채류 수확을 위한 굴취기 연구는 시도되고 있지 않는 실정임

(2)국내 수준

개념정립 단계		기업화 단계	<b>●</b>	기술 안정화 단계	
---------	--	--------	----------	-----------	--

- 연에서 항고지혈, 항당뇨, 항아토피에 대한 기능성 연구는 추진되었으나, 항비만, 진정작용(스트레스, 우울증), 뇌기능개선, 면역력증진에 대한 연구는 시도되지 않고 있음. 연을 이용 고부가가치 가공품을 개발하기 위해서는 이들 기능성 효과를 나타내는 생리활성물질에 대한 탐색, 분리, 구조동정, 대량생산기술은 본 연구팀에서 수행되었음
- 산업화에 따른 국민소득 증대로 건강에 대한 관심이 증가하고 있으며, 연근이 갖고 있는 약리작용과 생리활성을 최대한으로 활용하기 위해 다양한 가공품 개발이 시도되었음. 그 결과, 연근 분말, 연근졸임, 양파음료 등 일부 가공품은 개발되어 상품화 되었으나, 조미가공품, 전통 음료, 연 첨가 식품류는 본 연구팀에서 개발되어 상품화되었거나 조만간 상품화 될 전망.
- 생연근과 연근 절편은 저장, 유통중 부패와 갈변으로 손실률이 증가하고 있으나, 지금까지 흙이 묻은 연근을 신문지에 싸서 냉장저장하고 있는 수준이고, 연근절편은 이산화황 처리를 통한 갈변억제 기술이 개발되어 있는 수준임. 생연근 저장력 증진을 위해 수확과정에서 상처 큐어링, 소독, PE필름 진공 포장, 저장조건 확립을 통한 저장시스템 구축과, 연근절편에서 항갈변제 탐색, 절편 제조공정과 유통중 품질유지, 증가하는 중국산 연근과 품질과 안전성 평가에 대한 평가도 본 연구팀에서 수행하였음
- 연꽃을 이용한 산업축제는 관광객 유치로 지역경제 활성화에 크게 기여해 오고 있음. 축제 일에 연꽃이 만개되지 않아 관광객 수가 감소하는 사례가 발생하고 있어 연 생리, 생태, 환경조절을 통한 개화기 조절과 개화관여 요인 구명으로 개화기를 예측하는 기술도 본 연구팀에서 수행하였음
- 국내에서 생산비 절감을 위한 수확기는 벼, 보리, 밀 등 식량작물에는 널리 개발되어 산업화되고 있으나 과실류, 근채류 수확기는 일부 개발되었으나 산업화되지 못하고 있는 실정임. 굴취한 양파를 수거하는 기계가 개발되었으나 작업의 효율성이 낮아 산업화 되지 못하고 있는 실정이고, 연근 굴취기 개발은 시도된 적이 없음



## 2. 연구개발의 목표 및 내용

### 가. 연구개발의 최종목표 및 성격

#### (1) 연구개발의 최종목표

- 연 부위별 주요영양소 정량, 기능성 평가 (항비만, 항스트레스, 뇌기능개선, 면역증진), 기능성 소재 식품인 식이섬유 추출, 정제, 제형을 개발하고,
- 성인과 비만인에서 식이섬유의 항비만 임상효과를 구명하고
- 연 가공적성과 제조공정 확립으로 조미가공품, 식품, 다류, 음료를 개발해서 상품화하고,
- 생 연근 장기 MAP 저장법, 연잎과 연근 건조와 분말제조, 신선식품을 개발하며,
- 연근 생장과 개화관여 요인 연구로 개화기를 조절, 예측하며,
- 유체분사 장치 설계와 제작을 통해 연근 굴취기를 개발함으로써, 연 산업화를 위한 생산비 절감과 함께 부가가치 증진에 필요한 기술을 개발하는데 있다.

## 제 2장 국내·외 기술 개발 현황

### 1. 국내 연구 현황

- M-3 clone melanocyte 세포배양 실험계에서 연수추출물이 melanocyte의 세포 독성을 유발함과 동시에 melanin의 합성에 관련된 tyrosinase의 활성을 억제하여 미백효과에 유용함이 입증 됨 (2007년, 경희대)
- 연잎으로부터 norsesquiterpene type의 물질 5종과 triterpene 2종, flavonoid 4종, 말칼로이드 1종을 분리 동정하였으며, 5종의 norsesquiterpene은 연잎으로부터 처음 분리 됨을 보고 (2009, 성균관대)
- 알콜 (10ml/kg/day) 투여에 의한 간장해 실험계에서 연근 추출물을 200, 400 mg/kg/day 용량으로 투여한 결과, 간기능의 지표인 GOT, GPT, ALT 및 혈청 알콜 농도가 유의하게 억제 됨과 동시에 간내의 항산화 효소인 SOD, XOD, GSPase의 농도가 개선되었다. (2006, 조선대)
- DNCB 유도에 의한 아토피성 피부염 유발 NC/Nga mice 실험계에서 연 부위별 효과를 검토한 결과 연잎에서 아토피피부염의 개선 작용이 가장 뚜렷하게 나타났으며, 연잎의 농도별 (5, 25, 50 mg/kg/day) 실험계에서 연잎 투여군은 대조군에 비해 임상의 조직 심화도를 평가하는 skin severity에서 조직학적 개선작용을 나타냄과 동시에 가려움에 의한 긁음의 행동약리학적 평가에 있어서도 농도 의존적으로 가려움증을 개선하였다. 이와같은 결과는 조직학적 연구의 비만세포 탈과립을 억제한 결과와 경표피의 수분 상실량을 억제하여 피부의 보습효과 유지에 의한 지질대사 개선 작용에 의한 것으로 나타났다. (2007, 목포대)
- 신선식품 제조에서 강산성수와 랩 포장을 통한 신선도 유지(2006, 한식지), 연근 PPO 정제 특성 및 열충격을 통한 PPO 활성억제, PPO 활성 저해제 처리로 갈변방지(2003년, 목포대), 박피 연근 갈변방지(1997년, 전남대) 기술 등이 있다. 연 영양소는 연근식품 분석표 (2001년, 농촌진흥청), 가공품으로는 연근 정과, 연근 분말을 이용한 떡, 식빵, 음료, 식혜, 전통발효식품, 스낵, 탁주 등이 개발되었거나 개발되고 있다.

### 2. 국외 연구 현황

- 연의 뿌리마디(우절)는 중국에서 환자들의 당뇨병치료를 위해 널리 사용되고 있으며, 근래의 약리학적 연구와 화학적 연구의 결과를 바탕으로 이들 사용을 뒷받침하고 있다. 연근의 에탄올추출물의 경구투여는 당 공급과 streptozotocin이 유도된 고혈당성 랫드에서 정상군의 혈당수치와 견줄만하게 감소시켰다(Mukherjee et al., 1997). 활성-보조군의 분리는 우절로부터 트립토판을 얻었으며, 트립토판은 내복용 당뇨병 치료제인 tolbutamide와 함께 비교 시험한 결과, 양성 대조군보다 44% 이상 활성을 나타냈으며 당이 공급된 고혈당성 쥐에서 유의하게 혈당수치를 낮추는 약리학적 시험을 보여주었다( Lee et al., 2001). 당뇨병 색소 결핍증 랫드에서 연 종자로부터 분리된 천연단백질을 2주 동안 처리한 결과, 혈당 수치를 유의하게 감소시켰다(Ibrahim and El-Eraqy, 1996).
- 연잎(하엽)은 일본과 중국에서 민간의학에서 열증 증후 치료를 위해 사용되고 있으며, 최근 중국에서 비만 치료를 위하여 사용하고 있다. 이렇게 우리는 연잎 추출물의 항비만 효

과의 약리학적 기작을 조사하였다. 우리는 5 주 동안 연잎을 처리한 쥐에 고지방식을 유도한 비만동물을 사용하여 항비만 효과를 평가하였으며 소화 효소 활동, 지질 물질 대사 및 thermogenesis에 연잎의 효과를 시험하였다. 연잎은 알파-아밀라제와 리파제의 활성에서 농도별 억제능을 보였으며, C2C12 myotubes에 있는 UCP3 mRNA의 발현과 지질 대사산물을 상향 조절하였다. 연잎은 고지방 식이에 의해 유도된 비만을 가진 쥐에 있는 간 중성지방수치와 특징적인 지방조직무게 및 체중 증가를 예방하였다. 더욱 높아질 경향을 가진 골격 근육에 있는 UCP3 mRNA 발현에서 쥐는 연잎을 경구투여하였으며, 운동되었다. 그러므로, 연잎은 에너지 효율을 상향조절하며, 가속된 지질 대사산물과 지질과 탄수화물의 억제된 흡수작용 및 소화력을 약하게 하였다. 따라서, 연잎은 비만 억제를 위해 유리한 약이다 (Ono et al., 2006).

○ 연중자는 지혈, 조직염증, 설사의 치료에 사용되는 식용 또는 약용식물이다 (Mukherjee et al., 1997; Yu and Hu, 1997; Talukder and Nessa, 1998). 연의 에탄올 추출물은 T 림프구를 위한 특정한 유사분열 물질인 phytohemagglutinin에 의해 활성화된 1차 인간 주변혈액 단핵세포에 있는 세포 증식과 cytokines 생산을 억제시켰다 (Liu et al., 2004). 이는 연의 중요한 활성성분인 arnepavine이 IC<sub>50</sub>값이 11.9 mM로써 T 세포 증식의 감소를 나타내었다. 게다가, arnepavine에는 T 세포에 세포 독성을 가지고 있지 않았다 (Wang et al., 2004). T세포 면역반응은 전신홍반성낭창(SLE)의 병인에 중요한 역할을 한다. 전신홍반성낭창(SLE)는 림프선병증과 생명을 위협하는 사구체 신염을 포함하는 다중 기관 기능장애의 결과로써 부적당한 염증반응을 수반하는 자가면역질환이다. 연중자로부터 분리한 arnepavine (C<sub>19</sub>H<sub>23</sub>O<sub>3</sub>N; M.W. 313)는 T 세포 증식을 억제한다. 전신홍반성낭창에 잠재적인 이득을 연구하기 위하여 인간 전신홍반성낭창과 유사한 질병 특징을 가지고 있는 MRL/MpJ-lpr/lpr 쥐에 arnepavine의 효과를 실험하기 위해 MRL/MpJ-lpr/lpr 쥐는 6 주 동안 분리된 arnepavine을 경구투여하여 전신홍반성낭창 특성을 평가하였다. arnepavine이 MRL/MpJ-lpr/lpr 쥐의 수명연장과 림프선병증을 예방하는 결과를 나타내었다. 이것은 splenocytes 증식의 억제시키며, interleukin-2 (IL-2), interleukin-4, interleukin-10 및 인터페론- (IFN- $\gamma$ ) 등의 유전자 발현을 억제시키며, 신장 시구체의 hypercellularity와 면역복합침전물을 감소시키고, anti-double stranded DNA 자가항체생산과 소변 단백질을 감소시키는 결과에 의해 중재되는 것을 보였다. 게다가, 이 자료는 arnepavine이 인간주변혈액단핵세포에 있는 IL-2와 IFN- $\gamma$ 를 감소시키는 증거가 되었다. 우리는 arnepavine이 전신홍반성낭창 (SLE)과 같은 자가면역질환의 관리를 위한 면역중개자 일지도 모른다고 건의한다 (Liu et al., 2006).

○ Quercetin 3-O- $\beta$ -D-glucuronide (4)와 함께 (+)-1(R)-Coclaurine (1)과 (-)-1(S)-norcoclaurine (3)는 연잎(하엽)으로부터 분리되었으며, 항-HIV 성분으로 확인되었다. T세포주인 H9세포의 일부 분취액을 HIV-1으로 감염시키고, 다른 분취액은 mock로 감염된 것을 사용하여 IC<sub>50</sub> (Mock-감염된 세포의 50%에 유독했던 약물의 농도), EC<sub>50</sub> (50%에 의하여 HIV 복제를 억압할 수 있는 약물의 농도), 치료지수 TI (IC<sub>50</sub>/EC<sub>50</sub>의 비)를 평가한 결과, 화합물 1과 3는 강력한 항-HIV 활성이 있음을 증명하였다 (EC<sub>50</sub>은 각각 0.8과 <0.8 mg/mL이며, 치료 지수 (TI)는 각각 >125와 >25이다.). 화합물 4는 낮은 잠재능을 나타냈다 (EC<sub>50</sub>=2 mg/mL). 구조-활성 관계에서는, 연잎과 연자심(중자배아)으로부터 이전에 분리된 liensinine(14), neferine(15) 및 isoliensinine(16)를 포함하는 다른

benzylisoquinoline, aporphine 및 bisbenzylisoquinoline 알카로이드는 항-HIV 활성을 위해 평가한 결과, 화합물은 14~16은 EC50 값이 0.8 mg/ml이하를 지닌 잠재적 항-HIV 활성을 보여주었다 (TI값은 각각 >9.9, >8.6, >6.5). aporphine 알카로이드인 Nuciferine(12)는 EC50 값이 0.8 mg/ml이며, 36의 TI값을 나타냈다. 화합물 1, 3, 12, 및 14~16는 항-후천성면역결핍증 제제 개발을 위한 새로운 가능성을 지니고 있다 (Kashiwada et al., 2005).

### 3. 연구결과가 국내·외 기술개발현황에서 차지하는 위치

- 백련에서 항아토피, 항당뇨, 항고혈압에 대한 기능성 연구는 그동안 부분적으로 진행되어 왔으나, 본 연구를 통해 연의 생리활성물질 연구와 함께 실험실, 동물에서 항비만, 항스트레스, 뇌기능개선, 면역증진에 대한 체계적인 연구로 연의 기능성 증진에 크게 기여하였음
- 연에서 식이섬유 추출, 생산, 제형제조와 함께 사람과 동물에서 항비만 기능성 연구를 통해 기능성 소재식품을 개발함으로써, 향후 다이어트 등 기능성소재식품 상품화에 활용
- 연 부위별 주요영양소, 생리활성물질 추출, 분리, 구조확인으로 연의 영양학적 가치와 함께 기능성 소재식품 개발에 적용과 활용이 가능
- 연 가공품은 대부분 연근 졸임과 일부 연분말 식품이 개발되었으나, 본 연구를 통해 조미가공품, 식품, 음료, 다류의 가공적성과 제조공정 확립으로 다양한 가공품 사업화 가능
- 연근 생장과 개화생리 관련성 연구로 연근과 연잎 수확, 개화기 조절과 예측으로 연꽃 축제 효과 제고를 위한 개화기 조절에 활용이 가능
- 연근은 주로 흙이 묻은 상태로 신문지에 감싸 유통하였으나, 세척, 저장전처리, PE필름 포장, 저장조건 구명으로 연근 저장력 증진에 기여하였음
- 깊은 빨 속에 있는 연근에 고압의 공기를 분사해서 흙과 연근을 분리하는 굴취기를 개발함으로써 노동력 절감에 기여 하였음. 연근 굴취 수월성 확보를 위해 멀칭재배, 용기재배, 수경재배 등 재배기술 개발에 활용
- 학문의 불모지라 할 수 있는 연에서, 본 연구를 통해 국내외 학회지에 논문 21편을 게재하였고, 이중 6편은 해외(J. Food Medicine, SCI급) 학술지에 게재함으로써 학문적 발전에 기여하였음
- 연 가공품개발과 상품화에 대한 특허 7건을 출원함으로써, 가공품 상품화에 필요한 신기술 개발과 접목이 가능해 연 산업화 촉진에 기여하였음

# 제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

## 제1절 <제1세부과제>

### 연 주요영양소, 생리활성물질 탐색 및 기능성

#### 1. 재료 및 방법

##### 가. 연 부위별 일반성분 및 영양성분의 분리

본 연구에서는 흰 빛깔의 연꽃 백련(무안군 일로읍 의산리)을 부위별로 건조한 건조물(하늘 백련 제조)로 분석하였다.

연의 부위별 일반성분 분석은 AOAC법(2002)과 식품공전(2005)에 준하여 분석하였다. 즉, 수분 함량은 105℃에서 상압가열건조법으로, 조회분은 550℃ 전기회 화로에서 상법으로, 조지방은 Soxhlet추출법, 조단백질은 자동질소증류장치를 이용한 micro-kjeldahl법으로 각각 측정하였다.

무기성분 함량은 식품공전(2005)에 준하여 각각의 시료를 칭량하여 탄화시킨 후 550℃ 전기회 화로에서 회화시켰다. 이 회분을 6N HCl과 증류수로 녹여 건식분해법으로 시험용액을 조제하여 사용하였다. 이 회분을 6N HCl과 증류수로 녹여 건식분해법 로 시험용액을 조제하여 사용하였다. 분석은 AA(Atonic absorption spectrophotometer)방법으로 시험하였다. 시료의 유리당은 식품공전(2005)에 따라 HPLC를 사용하여 다음과 같이 측정 하였다. 즉, 시료 5g을 50ml 메스플라스크에 정밀히 달아 증류수 25ml를 가하여 녹인 후 Acetonitrile로 50ml까지 채운다. 이를 0.45 $\mu$ m의 membrane filter로 여과 한 후 HPLC로 분석하였다. 표준용액은 fructose, glucose, sucrose 표준품을 각각 100ml용 메스플라스크에 달아 증류수 50ml로 녹인후 Acetonitrile까지 100ml 채워서 사용하였다. 분석조건은 Table 1-1과 같으며, 당 표준액과 peak 면적을 비교하여 시료중의 당 함량을 계산 하였다.

Table 1-1. Operating condition for analysis of free sugar composition by HPLC.

Column	Superco LC-NH2, 4.6mm×25cm
Mobile phase	Acetonitrile:Water(75:25)
Detector	RI
Flow rate	1.0 $\mu$ l/min
Injection volumn	10 $\mu$ l

유기산 조성의 분석은 식품공전(2005)에 따라 행하여 졌고, 유기산을 분석하기 위한 분석조건은 Table 1-2와 같으며, 시료의 전처리는 다음과 같다. 일정량을 칭량해서 증류수 100ml를 가한 다음 항온수조에서 2시간 동안 방치 후 추출하여 원심분리 한 후 용량플라스크에 넣어 총량이 50ml가 되도록 증류수로 정용한다. 전처리 시료를 먼저 Sep-Pak/C<sub>18</sub> Cartridge를 이용 clean up하였다. SPE vacuum manifold system에 장착한 Sep-Pak/C<sub>18</sub> Cartridge에 메탄올 5mL와 증류수 10mL를 통과시켜 활성화 시켰다. 이 Cartridge에 전 처리된 시료 1mL를 주입 하고 증류수 1mL로 3회 통과시켜 여액이 4mL가 되도록 하였다. 처리액은 충분히 섞어서 0.45

$\mu\text{m}$  membrane filter로 여과하여 HPLC에  $20\mu\text{l}$ 씩 주입하였다. 표준품 malic acid, citric acid, oxalic acid 및 succinic acid는 각각 증류수에 녹여 1% 용액을 만들어 냉장고에 보관하였다가 사용하기 직전에 0.1g/100로 10배 희석하였다. Fumaric acid와 maleic acid는 1% 표준용액을 사용 직전에 0.001g/100mL로 희석하였다.

Table 1-2. Operating condition for analysis of organic acids composition by HPLC

Column	$\mu$ -Bondapak C18 3.9mm $\times$ 30cm
Mobile phase	3.6%KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> -H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> buffer(pH2.2)
Detector	214nm
Flow rate	1.0 $\mu\text{l}/\text{min}$
Injection volumn	10 $\mu\text{l}$

총 식이섬유소 정제는 식품공전(2005)에 따라 분석하였다. 미리 85% ethanol으로 세척한 고운분말의 시료를  $1.0\pm 0.005\text{g}$ 을 위하여 MES/TRIS용액 40ml씩을 가하여 마그네틱 교반으로 충분히 분산시켰다. 이에 내열성  $\alpha$ -amylase 50 $\mu\text{l}$ 를 가하고 서서히 저어 혼합하고, 100 $^{\circ}\text{C}$ 의 수욕조에서 15분간 계속 교반한 후, 계속해서 95 $^{\circ}\text{C}$ 에서 25분간 유지하였다. 반응이 끝난 후 protease 100 $\mu\text{l}$  가하고 60 $^{\circ}\text{C}$ 에서 계속 교반하면서 30분간 항온 시켰다. 0.561N HCl 염산용액 5ml를 가하고 흔들어 혼합하고 60 $^{\circ}\text{C}$ 에서 pH4.5로 조정하였다. 여기에 amyloglucosidase 300 $\mu\text{l}$ 를 넣고 흔들어 섞은 후 항온 시켜 시험용액으로 하였다. 시험용액에 60 $^{\circ}\text{C}$ 의 95% ethanol 225ml를 가한 후 실온에서 1시간 방치하여 침전시킨 후 미리 셀라이트를 항량시킨 유리여과기에 78% ethanol 15ml를 가하여 분산시킨 후 흡인 여과하여 셀라이트층이 고르게 형성되도록 하였다. 실험용액을 넣어 여과한 후, 잔사는 78% ethanol, 95% ethanol 그리고 아세톤의 순으로 각각 15ml씩 2회 씻었다. 그 후 105 $^{\circ}\text{C}$ 의 건조기에서 24시간 건조시키고 데시케이터에서 1시간 항량으로 한 후 무게를 달아 여과기와 셀라이트의 무게를 뺐다. 여과기 잔사에 대하여 질소량을 측정하고 여기에 6.25를 곱하여 단백질량으로 하였고, 또 다른 하나의 여과기 잔사를 525 $^{\circ}\text{C}$ 에서 5시간 회화시킨 후 회분량을 구하고 시료를 제외한 공시험을 하여 총 식이섬유의 함량을 계산 하였다.

#### 나. 연부위별 조추출물의 제조, 성분함량분석 및 성분 분리

본 실험에 사용한 연잎은 전남 무안에서 구입하여 사용하였다. 연잎은 동결건조 후 마쇄하여 얻은 분말 300 g을 에탄올 3 l를 넣고 70 $^{\circ}\text{C}$ 에서 일정시간 간격 (12h, 6h, 3h)으로 3회 반복하여 환류냉각추출한 후 여지 (와트만사, 미국)로 감압 여과한 다음, 여과 추출물은 진공회전농축기로 40 $^{\circ}\text{C}$ 에서 에탄올을 제거한 후 추출된 잔사로서 연잎 조추출물 53.7g을 수득하였으며, 이 중 2 g을 취하여 억제활성 검색을 위한 시료로 사용하였다.

조출물을 물 2 l에 녹여 얻어진 수가용성 층에 디클로로메탄 2 l를 가하여 혼합한 후 3~4차례 분획하여 수가용성 분획물 2 l 및 디클로로메탄 가용성 분획물 2 l를 얻은 후, 이 디클로로메탄 가용성 분획물을 건조하여 디클로로메탄 가용추출물 16.1 g을 수득하였으며, 이 중 2g을 취하여 억제활성 검색을 위한 시료로 사용하였다. 수가용성 분획물 2 l에 에틸아세테이트 2 l를

가하여 혼합한 후 3~4차례 분획하여 수가용성 분획물 2ℓ 및 에틸아세테이트 가용성 분획물 2ℓ를 얻은 후, 이 에틸아세테이트 분획물을 건조하여 에틸아세테이트 가용추출물 3.7 g을 수득하여 시료로 사용하였으며, 이중 2g을 취하여 억제활성 검색을 위한 시료로 사용하였다. 다시 수가용성 분획물 2ℓ에 부탄올 2ℓ를 가하여 혼합한 후 3~4차례 분획하여 수가용성 분획물 2ℓ 및 부탄올 가용성 분획물 2ℓ를 얻은 후, 수가용성 분획물 및 부탄올 가용성 분획물을 건조하여 수가용 추출물 및 부탄올 가용추출물 6.9g을 수득하여 시료로 사용하였으며, 이중 2g을 취하여 억제활성 검색을 위한 시료로 사용하였다.

연근 (*Nelumbo nucifera* Rhizomes)의 MeOH 추출 및 각 용매별 분획 과정은 Fig. 1-1에서 나타내었다. 건조한 연근 (5kg)를 분쇄하여 환류 냉각기를 부착한 집기병에 담은 후 10L의 MeOH을 넣은 후 수욕상에서 3시간 추출하였다. 그리고 추출액은 여과후 rotary vacuum evaporator를 사용하여 농축하였다. 위와 같은 방법으로 다시 2회 더 반복하여 총 569 g MeOH 추출액을 얻었다. 그 중 MeOH 추출 농축액 약 10 g을 활성 실험 및 동물실험을 위해 vial에 담아 desiccator에 보관하였다. 나머지 559.3 g은 H<sub>2</sub>O: MeOH (9/1, v/v)의 혼합용매로 녹인 다음 분획 깔대기에 부어 동량의 CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>를 넣어 가용부를 모아 무수망초 (sodium sulfate, anhydrous)로 처리한 다음 농축하였다. 이와 같은 방법으로 더 반복하여 CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> 분획 34.73 g을 얻었다. 동일한 방법으로 EtOAc를 H<sub>2</sub>O 분획층에 가하여 상층의 EtOAc 가용부를 모아 EtOAc 획분 4.99 g을 얻었다. 또한 *n*-BuOH에 대해서도 동일한 방법을 시행하여 상층의 *n*-BuOH 획분 20.58g 과 하층의 H<sub>2</sub>O 획분 489g을 얻었다. 모든 분획 약 0.5g은 활성 실험을 위해 vial에 담아 desiccator에 보관하였다.

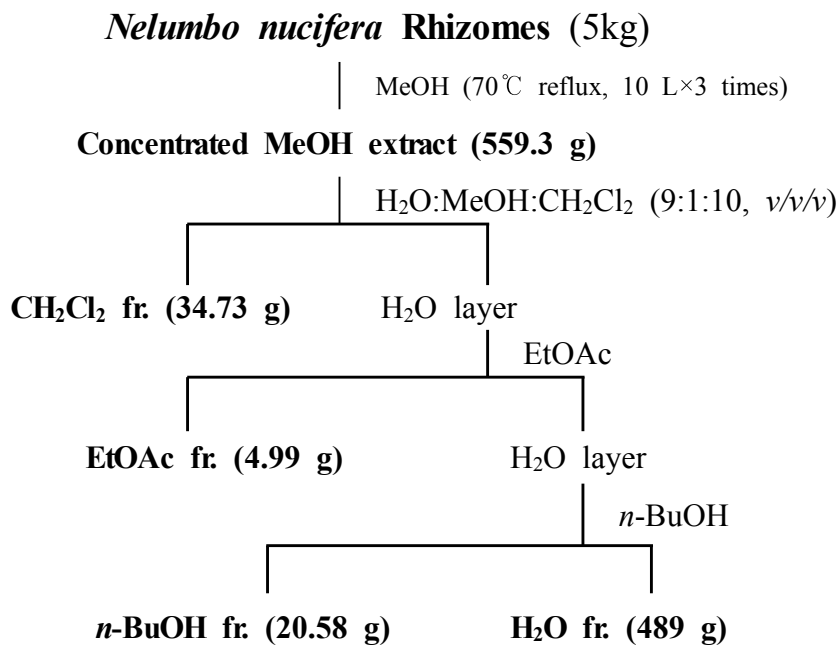


Fig. 1-1. 연근의 추출 및 분획

연심 2.0kg을 methanol (MeOH)으로 3회 3시간 가열 추출한 후 40°C에서 감압하고 농축한다 (MeOH extract, 543.5g). 이 추출물을 물에 현탁하고 methylene chloride (CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>), ethyl acetate (EtOAc), *n*-butanol (*n*BuOH)로 분획하여 CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> (13.8g), EtOAc (2.2g), *n*-BuOH (58.3 g), H<sub>2</sub>O (469.0 g) 분획물들을 얻었다. CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> 분획물 (13.8 g)을 Si gel column (120 mm i.d.)에서 benzene - EtOAc diethylamine (7 : 2 : 1, isocratic) 혼합용매로 크로마토그래피하여 neferine (920mg)을 얻었다. Neferine은 <sup>1</sup>H 과 <sup>13</sup>C NMR의 spectral data의 해석과, 그리고 문헌인용치 (Yang and Zhou 2004)와 비교하여 동정하였다.

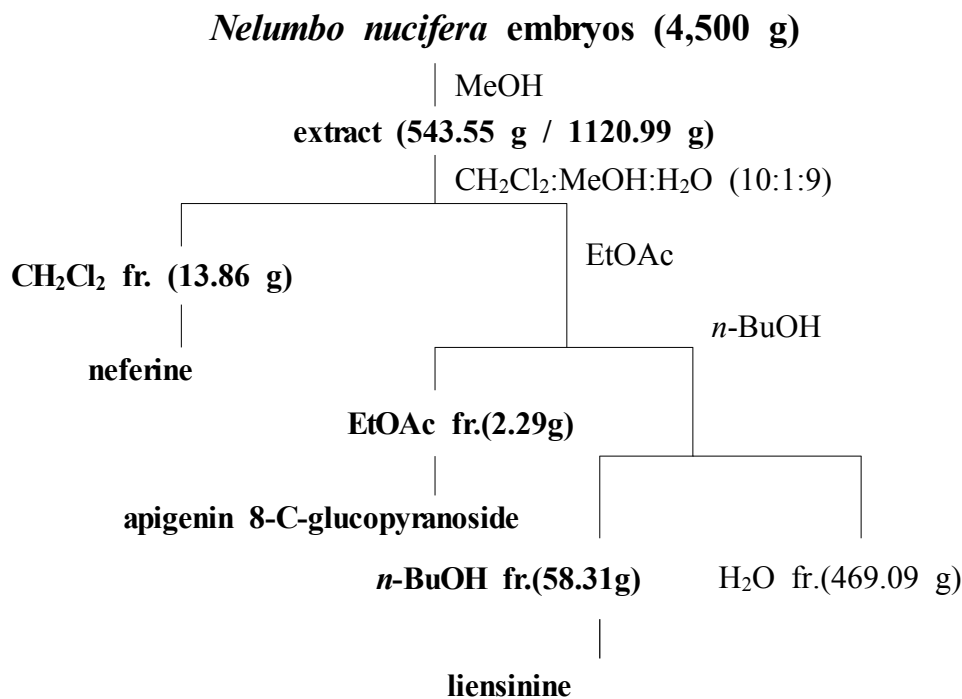


Fig. 1-2. 연자육의 추출 및 분획

연부위별 플라보노이드류 및 페놀성분의 함량 분석은 연잎 에틸아세테이트 추출물 3.7g을 전개용매로서 디클로로메탄 : 메탄올 6:1 → 1:1의 혼합용매를 사용하여 키에셀 겔 (Kiesel gel 60, 230-400 매쉬, Merck, Germany) 칼럼 크로마토그래피를 수행하여 6개의 하부 분획물 (EF01~EF06)로 나누었다. 하부 분획물 중 EF01 (1.14g)을 90% 메탄올로 RP-18gel (LiChroprep RP-18, 40-63µm, Merck, Darmstadt, Germany)로 medium pressure preparative liquid chromatography (MPLC, Yamazen Co., Osaka, Japan)를 수행하여 화합물 1 (25mg)을 분리하였다. EF03과 EF04를 혼합한 분획물 (2.78g)을 75% 메탄올로 RP-18 gel을 이용하여 medium pressure preparative liquid chromatography를 수행하여 화합물 2 (450mg)와 4 (66 mg)를 분리하였다. EF05 (0.89g)와 EF06 (0.86g)을 각각 50% 메탄올로 RP-18gel을 고정상으로 medium pressure preparative liquid chromatography를 수행하여 화합물 3 (320mg)과 5 (25mg)를 분리하였다. 각각의 화합물은 NMR을 측정하여 구조를 결정하였다. 연 부위 조추출물의 총 플라보노이드 성분의 정량은 Iqbal 등이 고안한 colorimetric 방법을 변형하여 측정하였다.



0.1에서 2mg/ml 농도의 시료 1ml를 탈이온수 4 ml로 희석하고, 5% NaNO<sub>2</sub> 0.3 ml를 넣고 5분간 실온에 방치하였다. 10% AlCl<sub>3</sub>을 0.3 ml 넣고 6분간 방치한 후, 1M NaOH 2ml을 첨가한다. 총 부피가 2.4ml이 되도록 탈이온수를 넣고 혼합한 후, UV/Visible spectrophotometer (Ultrospec 2100pro, Amersham Biosciences, USA)를 이용하여 510nm에서 흡광도를 측정하였다. 모든 실험은 (+)-catechin (Sigma, St. Louis, MO, USA)을 calibration standard로 사용하였으며, 각각의 결과는 건조 추출물 g당 (+)-catechin의 당량으로 표시하였다 [CE ((+)-catechin equivalent), mg/g of each extract or fraction].

Chromatography는 Dionex HPLC system (Dionex Co., Germering, Germany)으로 on-line vacuum degasser가 포함된 quaternary gradient pump (Model P680A), 자동 sample injector (Model ASI-100), 4-channel multi UV-Vis detector (Model 170U)를 사용하였다.

연잎 추출물과 분획물로부터 플라보노이드 성분의 분석은 guard column (2.0 × 40 mm, 3μm, Phenomenex, Torrance, CA, USA)과 C-18 column (2.0 × 150mm, 3μm, Phenomenex, Torrance, CA, USA)를 이용하여 정량분석을 수행하였다. HPLC에서 사용된 이동상에서 이동상 A는 0.1% formic acid가 함유된 탈이온수, 이동상 B는 0.1% formic acid가 함유된 아세토나이트릴 (acetonitrile)을 각각 사용하였다. 이동상의 gradient 조건은 0분에서 10분까지는 10% B, 10분에서 40분까지는 10→20% B, 40분에서 42분까지는 20% B, 42분에서 45분까지는 60% B, 45분에서 60분까지는 10% B를 사용하였고, 유속은 1분당 0.2 ml이며, injection volume은 1 ml의 메탄올에 시료 2mg을 녹인 용액을 5μl injection 하였다. UV 파장은 340nm에서 분석하였다. 다섯 개의 상대적인 양은 하기의 수학적 식 3으로 구하였다.

화합물의 상대적인 양 = (각 화합물의 peak 면적/각 식물에서의 모든 peak에 대한 총면적) × 100

연 부위 조추출물의 총 페놀성 성분의 정량은 Folin-Ciocalteu법을 이용하였으며, Iqbal 등이 고안한 방법을 변형하여 측정하였다 (Iqbal *et al.*, *J. Food Comp. Anal.*, 19, pp544-551, 2006). 0.4에서 2mg/ml 농도의 시료 250 μl와 Folin-Ciocalteu 반응시약 750μl를 첨가한 반응액을 실온에서 5분간 방치한 후, 7.5% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 2 ml을 첨가하였다. 그 후 탈이온수로 총 부피가 7 ml이 되도록 희석하였다. 반응액은 반응이 일어나도록 1시간 동안 암실에 방치한 후, UV/Visible spectrophotometer (Ultrospec 2100pro, Amersham Biosciences, USA)를 이용하여 765nm에서 흡광도를 측정하였다. 모든 실험은 gallic acid (Sigma, St. Louis, MO, USA)를 calibration standard로 사용하였으며, 각각의 결과는 건조 추출물 g당 gallic acid의 당량으로 표시하였다 [GAE (gallic acid equivalent), mg/g of each extract or fraction].

## 다. 연근의 항산화 활성 및 당뇨병성 신증 활성

### (1) 항산화 활성

DPPH radical 소거반응은 광범위하게 쓰이는 간단한 항산화 검색법으로 특히 phenol과 aromatic amine 화합물의 항산화 활성의 측정에 많이 사용되는 방법이다 (Blois, 1958). 일종의 염료인 diphenylpicrylhydrazine은 자신이 가지고 있는 흡수의 전자 때문에 520nm에서 강한 흡수 band를 보이는 특성을 가지고 있다. 그러나 phenol과 같이 수소나 전자를 제공해주는 전자공여체와 반응하게 되며 공여체로부터 전자나 hydrogen radical을 받아 phenoxy radical을 생성하게 된다. 이때 흡수 band도 사라지고 안정한 분자가 된다. 즉, 공여된 전자는 비가역적으

로 결합하여, 그 수에 비례하여 진보라색의 DPPH의 색은 점점 얼어지게 되고, 흡광도 감소하게 되므로 반응액의 색이 보라색에서 노란색으로 변하는 흡광도의 감소를 측정함으로써 radical 소거활성을 알 수 있다. 각 시료의 DPPH radical에 대한 소거활성 측정은 간단히 살펴보면, 각 농도별 시료 (1.25 ~ 120 $\mu$ g/mL)를 메탄올에 녹인 뒤 160  $\mu$ L씩 취하여  $1.5 \times 10^{-4}$ M 농도로 메탄올에 용해시킨 DPPH 용액 40 $\mu$ L와 잘 혼합하였다. 이 반응 혼합액을 실온에서 30분간 방치한 후, microplate reader spectrophotometer VERSA max로 520nm에서 흡광도를 측정하였다. 시료를 첨가하지 않은 대조군과 비교하여 free radical 소거활성을 백분율로 나타내고 50% 소거농도 (IC<sub>50</sub>는  $\mu$ g/mL 혹은  $\mu$ M로 표현)을 계산하였다. 측정치는 3회 반복 실험하여 얻은 결과를 평균한 값으로 나타내었다.

Total reactive oxygen species (ROS) 생성억제 활성은 분자내 산소와 같은 전자 수용체들이 이 유리기들과 즉각 반응하여 그 자신이 radical이 되는데 이들을 reactive oxygen species (ROS)라 한다. 생물학적 조직에서의 지방산화에 의한 손상 정도를 측정하기 위해, 세포배양에서 비형광 probe인 DCFH-DA를 이용하여 생물 세포의 활성산소종을 직접적으로 정량 측정할 수 있는 방법을 사용하고 있다. DCFH-DA는 안정한 비형광성 분자로 세포막에 쉽게 교차 결합하며 세포내 존재하는 esterase에 의해 deacetylation되어 비형광성 환원물질인 2',7'-dichlorodihydrofluorescein (DCFH)로 전환된다. DCFH는 세포내 활성 산소가 존재하면 급격히 산화되어 형광성 산화물질인 2', 7'-dichlorofluorescein (DCF)가 형성되므로, 이 형광의 변화를 측정함으로써 세포내 활성 산소종 특히,  $\cdot O_2^-$ 의 초기 생성량을 정량할 수 있게 된다 (LeBel and Bondy, 1990). 그러나 DCFH-DA는 수용성 활성산소종에 대해서는 특이성이 없기 때문에 그 사용에 다소 제한되는 문제가 있다. 실험방법을 간단히 설명면, LPS 처리한 수컷 Wistar rats (체중 150 ~ 200g) 의 신선한 kidney homogenate 상등액 190 $\mu$ L에 여러 농도의 extract나 compound를 10 $\mu$ L를 혼합하고, 12.5mM DCFH-DA를 50 mM phosphate buffer (pH 7.4)로 100배 희석한 것 50 $\mu$ L와 함께 5분간 shaking 한다. 생성된 reactive oxygen species (ROS)는 microplate fluorescence spectrophotometer (Bio-Tek Instruments Inc., Winooski, VT) 에서 excitation wavelength 485nm와 emission wavelength 530nm에서 3~5분 간격으로 30분간 측정하였다. 형광 강도가 증가하지 않은 것은 실험한 화합물이 활성 산소종을 소거하여, DCFH가 산화되지 않았으므로 항산화 물질임을 의미한다.

## (2) aldose reductase 활성

Aldose reductase 억제 효과를 측정하기 위한 효소원 조제는 Hayman and Kinoshita (1965)가 사용한 방법을 변형하여 수행하였다. 흰쥐의 안구에서 수정체를 적출하고, 그 습득량에 따라 일정량 즉, 수정체 1개당 sodium phosphate buffer (pH 6.2) 0.5 ml의 phosphate buffer를 가하여 homogenization하였다. 이를 4 $^{\circ}$ C에서 10,000 rpm으로 20분간 원심 분리후 그 상층액을 취하여 효소원으로 사용하였다.

1.5 ml 석영 큐벳에 potassium phosphate beffer (pH 7.0) 621  $\mu$ L와 효소 90  $\mu$ L, 조효소 NADPH (1.6mM) 90  $\mu$ L, DMSO에 녹인 측정시료 9  $\mu$ L와 마지막으로 기질인 DL-glyceraldehyde (0.05 M)을 90  $\mu$ L 각각 넣어 총반응액 900  $\mu$ L를 340 nm에서 4분간 U/V visible spectrophotometer로 측정하여 NADPH 흡광도 감소율을 측정하였다. Aldose reductase 억제활성 %는 다음의 방정식으로 구하였다.

$$\text{측정값} = \{(0\text{분 흡광도} - 4\text{분 흡광도}) / 4 (\text{측정시간})\} \times 10,000$$

$$\text{Inhibition (\%)} = \{1 - (A_{\text{cont}} - A_{\text{sam}}) / A_{\text{cont}}\} \times 100$$

$A_{\text{sam}}$ : 측정시료를 넣었을 때의 측정값

$A_{\text{cont}}$ : 측정시료를 넣지 않았을 때의 측정값

각각의 측정시료의 aldose reductase 억제활성을  $IC_{50}$  value로 나타내었다. 이는 조효소인 NADPH의 감소를 50% 억제하는 농도를  $\mu\text{g/ml}$  혹은  $\mu\text{M}$ 로 나타낸 값으로 log-dose 억제 curve로부터 계산하였다.

Human recombinant aldose reductase는 rat lens aldose reductase 억제 활성 실험법과 유사한 방법으로 효소제공자 (Wako Co., Japan)의 protocol에 의거하여 실험하였다. 100mM sodium phosphate buffer (pH 6.2) 790  $\mu\text{L}$ , 시료 5 $\mu\text{L}$ , 효소 5 $\mu\text{L}$ , 조효소 NADPH (0.15mM) 100 $\mu\text{L}$ , 마지막으로 기질인 DL-glyceraldehyde (0.1M)을 100 $\mu\text{L}$  각각 넣어 총반응액 900  $\mu\text{L}$ 를 340 nm에서 1분간 U/V visible spectrophotometer로 측정하여 NADPH 흡광도 감소율을 측정하였다. Aldose reductase 억제활성 %는 rat lens aldose reductase의 방정식과 동일하게 하여 산출하였다.

#### 라. 연의 알츠하이머 성 치매 질환의 활성 검정

##### (1) Cholinesterase, BACE1 억제활성 실험

Cholinesterase 억제활성은 Ellman *et al.* (1961)의 방법을 변형하여 측정하였다. Acetylthiocholine과 butyrylthiocholine을 기질로 이용하는 acetylcholinesterase와 butyrylcholinesterase의 억제활성을 측정하였다. 100 mM sodium phosphate buffer (pH 8.0) 140  $\mu\text{L}$ , 시료 20 $\mu\text{L}$ 와 acetylcholinesterase (0.36U) 혹은 butyrylcholinesterase (0.36U) 20  $\mu\text{L}$ 를 각각 96 well microplate에 넣고 실온에서 15분간 배양한 후에 10 $\mu\text{L}$ 의 DTNB [5,5'-dithiobis-(2-nitrobenzoic acid)]와 기질인 acetylthiocholine 혹은 butyrylthiochoine 10 $\mu\text{L}$ 를 넣어 최종적으로 반응액이 200 $\mu\text{L}$ 이 되도록 96 well plate에 넣는다. 이때, DTNB와 기질인 acetylthiocholine 혹은 butyrylthiocholine을 넣어야 효소반응이 시작되고, acetylthiocholine 혹은 butyrylthiocholine이 효소적 가수분해에 의해 생성되는 thiocholine과 DTNB가 반응하여 생성되는 노란색의 5-thio-2-nitrobenzoate anion을 microplate reader VERSA max (Molecular Devices, CA, USA)로 412 nm에서 15분간 측정하였다. Cholinesterase 억제 %는다음의 방정식으로 구하였다.

$$\text{Inhibition (\%)} = \{1 - (A_{\text{Sam}} - A_{\text{Cont}}) / A_{\text{Std}}\} \times 100$$

$A_{\text{Sam}}$ : 측정시료를 넣었을 때의 흡광도

$A_{\text{Cont}}$ : 측정시료를 넣고 효소를 넣지 않았을 때의 흡광도

$A_{\text{Std}}$ : 측정시료를 넣지 않았을 때의 흡광도

각각의 측정시료의 cholinesterase 억제활성을  $IC_{50}$  value로 나타내었다. 이는 기질인

acetylthiocholine과 butyrylthiocholine의 가수분해를 50% 억제하는 농도를  $\mu\text{g/ml}$ 로 나타낸 값으로 log-dose 억제 curve로부터 계산하였다.

BACE1 억제활성은 제조사 (PanVera Co., USA)의 방법에 따라 측정하였다. 제공된 assay buffer (10 $\mu\text{l}$ , 50mM sodium acetate, pH 4.5), BACE1 (10  $\mu\text{l}$ , 1.0 U/ml), 기질 (10  $\mu\text{l}$ , 750nM Rh-EVNLDAEFK-Quencher in 50 mM, ammonium bicarbonate), 그리고 10% DMSO에 녹인 추출물 및 분획물 (10 $\mu\text{l}$ , f.c. 0.0025 ~ 250  $\mu\text{g/ml}$ )의 혼합 반응용액을 60분간 25°C에서 반응시킨다. 발생된 형광물질은 microplate spectrofluorometer (Gemini EM, Molecular devices, CA, USA.)에서 excitation wavelength 545 nm 그리고 emission wavelength 585 nm에서 측정하였다. 억제율은 아래의 방정식으로 산출하였고 각각의 측정시료의 BACE1 억제활성을 IC<sub>50</sub> value로 나타내었다.

$$\text{Inhibition (\%)} = [1 - \{S_{60} - S_0\} / (C_{60} - C_0)] \times 100$$

C<sub>60</sub> : 측정시료를 넣지 않고 60분 incubation시켰을 때의 형광강도

C<sub>0</sub> : 측정시료를 넣지 않았을 때의 형광강도

S<sub>60</sub> : 측정시료를 넣고 60분 incubation시켰을 때의 형광강도

S<sub>0</sub> : 측정시료를 넣었을 때의 형광강도

#### 마. 연의 항비만 활성

연잎 물 추출물을 증류수에 녹인 후 분획여두에 넣고 극성의 차이를 이용하여 순차적으로 hexane(hexane), 에틸아세테이트(EtOAc) 및 부탄올(butanol) 용매로 분획하였다. 최종 남은 잔류물을 물(H<sub>2</sub>O) 분획층이라 칭하였다. 그러나 hexane층의 양이 너무 적어서 EtOAc층과 함께 EtOAc층이라 칭하였다. 이들 각각의 분획층을 감압농축 후 동결 건조하여 본 실험에 사용하였다.

3T3-L1 지방전구세포는 American Type Culture Collection(ATCC; USA)으로부터 분양을 받았다. 3T3-L1 지방전구세포는 100 Units/ml penicillin, 100 $\mu\text{g/ml}$  streptomycin, 10% FCS가 함유된 DMEM 배지의 조건에서 37°C, 95% 산소와 5% CO<sub>2</sub>를 공급하는 배양기에서 배양하였다. 이러한 3T3-L1 지방전구세포는 2일마다 신선한 배지로 보충하면서 계대 배양하여 실험에 사용하였다. 3T3-L1 지방전구세포를 지방세포로 분화시키기 위하여 6-well plate에 5 $\times 10^4$  cells/well의 농도로 분주하고 완전한 confluent 상태까지 배양하였다. 4일 후, 분화유도 물질인 5 $\mu\text{g/ml}$  insulin, 1  $\mu\text{M}$  dexamethasone, 0.5mM isobutylmethyl xanthine과 10% FBS가 함유된 DMEM 배지로 교환하면서 시료를 첨가하였다. 2일 후에 5  $\mu\text{g/ml}$  insulin과 10% FBS가 함유된 DMEM 배지로 다시 교환하고 이로부터 2일에 한번씩 10% FBS가 함유된 신선한 DMEM 배지로 보충하면서 4일 후 실험에 이용하였다. 분화유도조건은 예비 실험결과, 3T3-L1 지방전구세포가 완전한 지방세포로 전환하는데 걸리는 시간이 최소한 8일 정도가 필요하였다. 3T3-L1 지방전구세포의 증식능 또는 세포사멸을 측정하기 위하여 96-well plate에 세포를 4 $\times 10^3$  cells/well의 농도로 분주한 다음에 3T3-L1 지방전구세포는 24시간 그리고 지방세포는 8일간 분화유도 하는 동안에 시료를 첨가한 배지로 배양하였다. 실험이 종료되면 1mg/ml MTT 용액을 4시간 동안 처리한 다음에 배지를 완전히 제거한 후, 각 well에 150 $\mu\text{l}$ 의 DMSO를 첨가

하고 30분후에 ELISA reader(Immuno Mini NJ-2300)를 사용하여 540 nm에서 흡광도를 측정하였다. 지방세포의 지방 축적정도는 Oil Red O 염색법으로 실시하였다. 우선 6-well plate에 분주된 3T3-L1 지방전구세포는 시료와 함께 8일간 분화유도를 끝낸 후 PBS로 세척하였다. 10% formalin 용액으로 실온에서 30분간 고정시킨 후에 증류수로 1회 세척하였다. 4% Oil Red O 용액으로 1시간 처리한 다음에 60% isopropanol로 1회 세척 후 현미경으로 지방세포를 관찰하여 지방생성 정도를 평가하였다.

지방세포로의 분화과정에 중요한 역할을 하는 PPAR- $\alpha$ 와 UCP-2의 발현 억제 양상은 세포를 PBS 용액으로 1회 세척한 후 lysis buffer(20mM Tris, pH 7.0, 5mM EDTA, 1mM EGTA, 1% Triton X-100, 0.2mM PMSF, 1  $\mu$ g/ $\mu$ l aprotinin, 20 $\mu$ g/ $\mu$ l leupeptin, 1mM Na<sub>3</sub>VO<sub>4</sub>, 10mM NaF, 1mM pyrophosphate, 1 mM  $\beta$ -glycerophosphate)를 넣고 얼음 위에서 10분간 용해시킨다. 세포를 수거하여 13,000 rpm, 4°C에서 15분간 원심 분리하여 상층액만 취하여 단백질을 정량하였다. Lysate는 loading buffer(1M Tris, 50% glycerol, 10% SDS, 2-mercaptoethanol, 1% bromophenol blue)와 혼합하여 95°C에서 10분간 가열시킨 후, 10% SDS polyacrylamide gel에서 전기영동 한 후 nitrocellulose membrane에 전이시켰다. 그 후 membrane은 5% 무지분유가 첨가된 TTBS(1M Tris, 5M NaCl, tween 20) 용액에 넣고 상온에서 1시간 동안 blocking 시킨다. TTBS 용액으로 3회(각각 10분씩) 세척한 후 일차항체로 2시간 동안 반응시킨 다음에 다시 TTBS 용액으로 3회(각각 10분씩) 세척한다. 그 다음에 peroxidase가 포함된 이차항체로 1시간 동안 반응시켰고 항체의 검출은 enhanced chemiluminescence 시약을 이용하여 가시화하였고 densitometer로 정량하였다.

## 바. 연자육의 뇌기능 개선 작용

### (1) 실험동물의 검역 투여

7일간 실험실 환경에 적응시킨 실험동물을 정상군, scopolamine처리군, 연자육 투여후 scopolamine을 처리한 군, 연근 투여후 scopolamine을 처리한군, 양성대조약물 (aricept) 투여후 scopolamine을 처리한군으로 각각 5그룹으로 나누었으며, 각군은 12마리로 하였다. 실험당시 동물의 체중은 270~300g이었다.

물과 사료를 충분히 공급하면서 대조군은 1차 증류수를, 실험군은 준비한 시료를 1g/10ml의 농도로 1차증류수에 녹여서 14일간 1일 1회씩 14회 연속투여(1.0g/kg/day, p.o.)하였다. scopolamine은 행동실험 2일차 실험(acquisition trial)개시 30분전에 1mg/ml의 농도로 정상군을 제외한 모든 그룹에 투여되었다(1.0mg/kg, s.c)

### (2) 수동회피 실험(Passive avoidance test)

본 실험에서는 shuttle box를 이용한 passive avoidance test를 시행하였다. 매 실험시작 1시간 전에 실험동물을 행동실험실로 옮기고 안정화시켰으며, 행동실험실의 조명이 꺼진 어두운 상태에서 실험이 진행되었다.

#### (가) Day 1st(training trial)

passive avoidance box의 좌측 방의 불을 켜고 좌, 우측 방사이의 문을 닫은 채 실험동물을 좌측 방에 놓고 10초간 탐색하게 하였다. 좌, 우측 방사이의 문을 열면 실험동물은 방을 탐색하다가 본능적으로 어두운 우측 방으로 이동하는데 이때 좌, 우측 방사이의 문을 닫고 1분간 우측방을 충분히 탐색하게 한 후 실험 동물을 꺼내어 cage로 옮겼다. 위의 방법을 반복하여 좌

측 방에서 우측 방으로 들어가는 시간이 20초 이하가 되게 하였다.

(나) Day 2nd(acquisition trial)

passive avoidance box의 좌측 방의 불을 켜고 좌, 우측 방사이의 문을 닫은 채 실험 동물을 좌측 방에 놓고 10초간 탐색하게 하였다. 좌, 우측 방사이의 문을 열면 실험동물은 어두운 우측 방으로 이동하는데 이때 좌, 우측 방사이의 문을 닫고 실험동물의 발바닥에 2.0mA의 전기자극을 3초간 가하였다. 전기자극 후에 좌, 우측 방사이의 문을 열면 실험동물은 바로 좌측 방으로 피하는데 이곳에서 10초간 머무르게 한 후 cage로 옮겨 주었다.

(다) Day 3rd(retention test)

전기자극 24시간 후에 passive avoidance box의 좌측 방의 불을 켜고 좌, 우측 방사이의 문을 닫은 채 실험동물을 좌측 방에 놓고 10초간 머무르게 하였다. 좌, 우측 방사이의 문을 열고 실험동물이 우측 방으로 들어가는 시간을 측정하였다. 실험동물의 네발 모두가 우측 방으로 들어가는 시간을 측정하였고 300초를 경과하여도 들어가지 않으면 300초로 Latency time을 기록하였다.

(3) 해마에서 ACHE효소의 활성억제측정법

(Inhibition of acetylcholinesterase (ACHE) activity in hippocampus)

passive avoidance test이후에 hippocampus를 전체 뇌로부터 떼어내어 얼린 뒤 2ml의 차가운 PBS(0.1M, pH 7.4)에 넣고 녹인후, 4°C에서 3000rpm으로 15분간 원심분리 시킨다. 그 후 상층액에 0.1mM ethopropazine 10μl를 넣고 5분간 incubation시킨다. 상층액 중의 1μl를 취해 Bradford's method로 단백질을 정량한다. 각각의 단백질 함량을 맞춘 sample 100μl에 0.1 ml acetylcholine iodide (12mM)와 1.8 ml sodium phosphate buffer (0.1M, pH 7.4)를 넣고 37°C에서 8분간 incubation시킨다. 여기에 1ml of 3% (w/v) sodium lauryl sulphate (SDS)와 1ml of 0.2% (w/v) 5,5-dithiobis(2-nitrobenzoic) acid (DTNB)를 넣으면 반응이 종료되면서 노란색을 결정이 생기게 되는데 이 결정을 Spectrophotometer를 이용하여 412nm에서 흡광도를 측정한다.

$$\text{AChE inhibition} = - \left( 1 - \frac{\text{OD}_{(\text{test})}}{\text{OD}_{(\text{control})}} \right) \times 100\%$$

Ache의 억제 정도는 다음 공식을 이용하여 구한다.

(4) CHAT 면역염색법

(Cholineacetyl transferase(CHAT) Immunohistochemistry)

(가) Tissue preparation

실험동물을 ethyl ether로 마취시키고 4%의 paraformaldehyde(PFA) in 0.1M phosphate buffer로 심장관류 시켰다. 뇌를 적출하여 4% PFA에 담가 하룻밤 postfixation 시켰다. 30% sucrose in 0.05M phosphate buffered saline(PBS) 으로 5일간 transfer시켰다. 뇌조직을 40μm 두께로 coronal section 하고 30% ethylene glycol, 30% glycerin, 0.05M phosphate buffer로 된 보존액에 보관시켰다.

(나) Immunocytochemical detection

보존중인 조직 절편 중 각 동물 당 medial septum에 해당하는 부위의 조직절편을 4개씩 골

라 immunocytochemical detection을 하였다. 0.1M phosphate buffered saline으로 5분씩 3회 세척한 다음 3% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>를 가한 뒤 30분간 배양시켰다. 세척한 후 0.4% triton X-100 in 0.1M phosphate buffered saline으로 30분간 처리한 뒤 세척하였다. 10% BSA로 1시간 배양한 후 primary antibody(anti-Chat; AB143, Chemicon)로 4°C에서 하룻밤동안 배양시켰다. 다음날 90분간 biotinylated된 anti-rabbit secondary antibody와 배양시킨 후 1시간동안 avidin-biotin-peroxidase complex와 배양시켰다. 조직을 0.02% 3,3'-diaminobenzidine tetrahydrochloride, 0.01% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, 0.04% NiCl<sub>2</sub>와 3분간 반응시켰다. 매 배양시 0.1M phosphate buffered saline으로 세척하였고, avidin-biotin-peroxidase 처리 이후에는 0.05M TB로 세척하였다. 조직을 gelatin coated slide에 mount하여 충분히 말리고 광학현미경으로 medial septum의 위치를 찾은 후 염색된 Cell을 count하였다. 이 때 염색과정에서 손상된 조직절편은 배제시킨 후 cell을 count하였다.

#### (5) cDNA microarray

##### (가) Total RNA isolation

Total RNA는 Trizol (Invitrogen U.S.A.)을 사용하여 추출하였다. 적량의 Trizol을 가하여 액체질소를 이용 분쇄한 후 실온에 5분간 방치한 후 1/5 분량의 chloroform을 넣고 섞은 후 소형 원심분리기 (Eppendorf, U.S.A.)를 이용하여 4°C, 12,000×g에서 15분간 원심분리 하여 상층액을 수거하고 동량의 isopropanol을 가하여 RNA를 침전시켰다. 얻어진 RNA 침전물을 DEPC (diethyl pyrocarbonate)가 처리된 멸균수에 녹였다.

##### (나) cDNA 합성과 Hybridization

추출한 total RNA를 template로 하여 oligo-dT<sub>24</sub>/T7 primer와 SuperScript II RT

(Invitrogen USA)를 이용하여 42°C에서 1시간 동안 반응시켜 cDNA를 합성하였다. 합성된 cDNA에 dNTP mix와 DNA ligase, DNA polymerase I, RNaseH 2U를 가하고 16°C에서 2시간 동안 반응시켰다. 이후 T4 DNA polymerase를 가하고 16°C에서 5분간 반응시킨 후 double stranded cDNA 추출하여 T7 MEGAscript kit (Ambion, USA)을 사용하여 double stranded cDNA로부터 mRNA를 전사시켰다. 증폭된 mRNA는 Cyanine 3-dUTP (NEN Co., Boston, MA, USA) 혹은 Cyanine 5-dUTP (NEN)로 표지 후 cDNA chip에 hybridization 시켰다. Hybridization이 끝난 후 2X SSC와 0.1% SDS, 1X SSC와 0.1% SDS, 0.2X SSC 및 0.05X SSC로 순서대로 세척하였다.

#### (6) RT-PCR

##### (가) Total RNA isolation

Total RNA는 Trizol (Invitrogen U.S.A.)을 사용하여 추출하였다. 적량의 Trizol을 가하여 액체질소를 이용 분쇄한 후 실온에 5분간 방치한 후 1/5 분량의 chloroform을 넣고 섞은 후 소형 원심분리기 (Eppendorf, U.S.A.)를 이용하여 4°C, 12,000×g에서 15분간 원심분리 하여 상층액을 수거하고 동량의 isopropanol을 가하여 RNA를 침전시켰다. 얻어진 RNA 침전물을 DEPC (diethyl pyrocarbonate)가 처리된 멸균수에 녹였다.

##### (나) cDNA synthesis

cDNA는 95°C에서 denatured된 total RNA 5 ug, oligo (dT) primer, MMLV reverse transcriptase을 사용하여 42°C에서 1시간 반응시켜 합성하였다.

##### (다) PCR-amplification

위의 과정에서 생성된 단일가닥의 cDNA 5 µl를 주형으로 하여 10×PCR-buffer 2.5 µl, 25

mM MgCl<sub>2</sub> 1 µl, dNTPs 1 µl, Taq DNA polymerase (2.5U) 0.5µl, 유전자의 고유한 primer 사용하여 PCR을 수행하였다. PCR 수행조건은 95°C에서 5분 반응시킨 후 95°C에서 30 초, 56°C에서 1분, 72°C에서 1 분을 30cycle 실시하고 마지막에 72°C에서 10분간 반응시켰다. PCR 산물은 1.5% agarose gel에 전기영동 하여 확인하였다.

### 사. 연의 항스트레스 활성

#### (1) 백련 부위별 추출물 조제

백련 잎(백련잎, 1 kg) · 뿌리(백련근, 1 kg) · 열매(연자육, 800 g)는 무안군에 소재한 다연(주)으로부터 구입하여 물(잎과 열매)과 70% 에탄올 용매(뿌리)를 추출용기에 넣고 추출하여 여과한 후, 45°C 이하의 수욕상에서 감압 농축하여 다시 동결건조기(freeze dryer system)를 이용하여 건조한 다음에 분말의 시료를 얻어 실험에 이용하였다.



Fig. 1-3. 백련 부위별 시료 제조과정

#### (2) 구속스트레스 유발 동물모델

7주령(220-250 g) 수컷의 Sprague-Dawley(SD)계 흰쥐는 중앙실험동물로부터 공급받아 1주간의 검역을 거친 뒤 건강하다고 판정된 동물을 선발하여 목포대학교 청정 동물실험실에서 온도, 상대습도, 조명 시간 등을 일정하게 유지하면서 사육하였다. 실험그룹은 정상군(normal)과 스트레스 유발 대조군(control) 및 스트레스 유발 백련잎(NL) · 백련근(NR) · 연자육(NS) 투여군의 총 5그룹(n=6)으로 나누었다(Table 1-3). 백련 부위 추출물의 투여는 스트레스 유발 30분전에 체중 1 kg당 400mg(400 mg/kg 체중) 투여량을 매일 경구투여 했으며 식이와 물은 매일 신선한 것으로 공급하였다. 스트레스 유발은 SD 흰쥐가 270 g 되었을 시기에 restrainer 장치(아크릴 원통형 구속장치, 20 cm length × 7cm diameter)에 흰쥐를 넣고 1일 2시간씩(오전 10~12시) 2주간 구속시키는 구속스트레스(immobilization stress) 동물모델을 실험에 이용하였다(Fig. 1-4). 실험기간이 종료되면, 실험전 24시간 동안 절식시켜 ethyl ether로 마취 시킨 후 복부를 절개하여 복부 대정맥에서 혈액을 채취하여 혈청(serum)을 분리하여 실험에 이용하였다. 간과 비장 조직은 적출하여 무게를 잰 뒤 -70°C deep freezer에 보관하였다.



Table 1-3. 실험그룹

그룹명	그룹내용
정상군(normal)	정상쥐
대조군(control)	스트레스 유발쥐
백련잎 투여군(NL)	스트레스에 백련잎 추출물 400 mg/kg BW 투여한 쥐
백련근 투여군(NR)	스트레스에 백련근 추출물 400 mg/kg BW 투여한 쥐
연자육 투여군(NS)	스트레스에 연자육 추출물 400 mg/kg BW 투여한 쥐

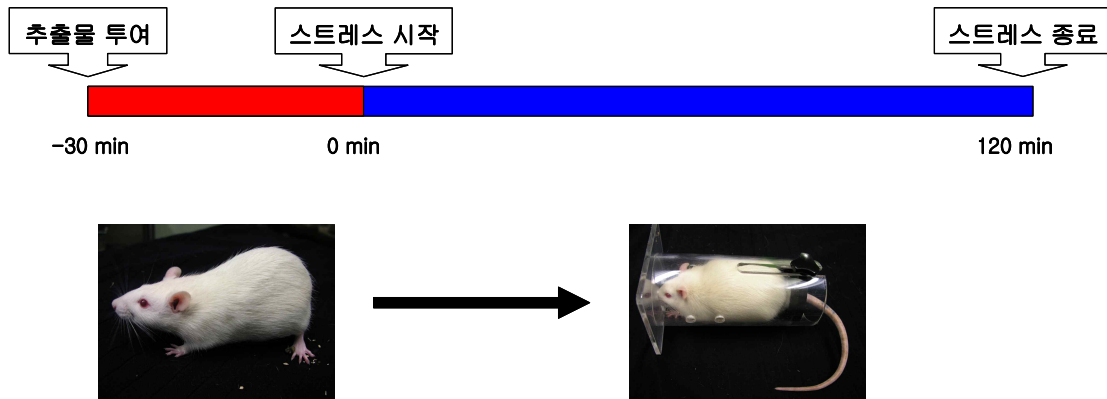


Fig. 1-4. 구속스트레스 유발 동물모델

(3) 비장과 간조직의 무게 측정

구속스트레스 유발 동물실험이 끝난 흰쥐의 복부를 절개하여 비장을 적출하여 장기 주위를 둘러싸고 있는 지방조직을 제거한 후 비장과 간장 조직의 무게를 측정하였다.

(4) Corticosterone 함량 측정

혈중 스트레스 호르몬인 corticosterone의 함량은 상용화된 Kit(Assay designs, Inc. U.S.A)를 이용하여 정량하였다.

(5) 혈액분석

구속스트레스 유발 동물실험이 끝난 흰쥐의 복부 대동맥으로부터 채취한 혈액은 3000 rpm 에서 15분간 원심분리 후 혈청을 분리한 다음 혈액생화학 분석기를 이용하여 total cholesterol, triglyceride, GOT, GPT, glucose 함량을 분석하거나 ELISA kit로 IgG 함량을 측정하였다.

(6) 식도와 위장조직의 염증 정도 관찰

구속스트레스로 인한 위장의 염증 정도를 관찰하기 위하여 식도와 위점막(gastric mucosal) 조직을 채취하여 공기중에 건조시킨 후 조직 표본을 슬라이드에 부착시켜 차가운 100% acetone으로 30분간 고정시키고 실온에서 methanol/3% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>로 고정시킨 후 hematoxylin과 eosin으로 염색하여 현미경으로 관찰하였다.

### 아. 연의 식이섬유 분리 및 제제화

#### (1) 연잎으로부터 섬유소의 분리

연잎 건조 잎차 2008년산을 구입(1kg, (주)다연, 전남 무안)하여 두꺼운 잎줄기를 선별 제거하고 재료로 사용하였다. 섬유소의 제조는 손 등의 방법과 AOAC 방법을 변형하여 사용하였다. 선별된 연잎 400g을 95℃ 2% HCl 20L 스테인레스 통에 넣고 95℃에서 4시간 산분해 하였다. 산분해 후 여과와 세척을 반복하여 중성이 되도록 한 다음에 200mesh 체에서 압착 탈수하여 수분을 제거하였다. 다음은 산분해물을 95℃ 2% NaOH 20L 스테인레스 통에 넣고 95℃에서 4시간 알칼리분해 하였다. 알칼리 분해 후 여과와 세척을 반복하여 중성이 되도록 한 다음에 20L 증류수에 침지하여 하룻밤 방치하여 세척하고 200mesh 체에서 압착탈수하여 수분을 제거하였다. 이것을 스테인레스 망에 얇게 펼쳐 건조가 용이하게 한 다음에 65℃ 열풍건조기에서 12시간 건조하여 연잎 섬유소 약 90g을 제조하였다.

#### (2) 분리한 섬유소의 분석

분리 한 섬유소 분말의 일반성분 및 중금속 납 함량을 분석한 결과 식이섬유소가 94.7% 였으며 임상 실험의 적합성을 위해 중금속량을 분석한 결과 기준인 4mg/kg 이하로 적합한 것으로 판정되었다 (Table 1-4).

Table 1-4. 분리한 섬유소의 정량

검사항목	결과	비고
수분(%)	0.8	
회분(%)	1.5	
조지방(%)	2.0	
조단백(%)	1.7	
식이섬유(%)	94.7	
납(mg/kg)	0.7	
중금속	적합	기준 : 4(mg/kg)이하

#### (3) 천연연잎 식이섬유의 과립제 제조 및 안정성 평가

고형제제의 개발은 시제품으로 과립제(granules)를 제조하였다. 과립제의 시제품 개발에 첨가되는 부형제, 향제, 감미제 및 활택제는 대한약전 규격집에 인정된 시약들을 사용하였으며, 안정성 평가법 또한 약전 규격에 의거 실시하였다.

고형제제(과립제)의 제조공정은 Fig. 1-5에 따라 실시하였으며, 과립제의 구성 조성물은 표2-5와 같다. 과립제의 전체 공정은 우선 1 mm 체로 원료를 여과하고 주성분인 연잎의 천연 식이섬유에 연근 분말, 부형제인 옥수수전분과 유당, 붕해제로서 전분글리코산나트륨과 크로스포비돈 및 감미제 아스파탐 순서로 혼합기에 투입하여 1차 혼합을 실시한다. 별도의 용기에 에탄올과 정제수를 넣고 가열 (50℃)·교반하면서 결합제인 히드록시프로필셀룰로오스와 PEG4000 및 색소(암갈색 및 갈색 과립제 : 적색산화철, 황색산화철, 흑색산화철)를 가하여 완전 용해시킨다. 육안으로 결합제와 색소의 용해가 완전히 이루어진 것을 확인한 다음 이들을 혼합기에 붓고 2차 혼합을 실시한다. 10분간 혼합 후 바스켓 과립기 (Model : KAR-130, 일본)에 넣고 과립을 만든다. 과립물은 전기건조기 (50℃)에 고르게 퍼서 용매를 날려 보냈다. 건조

감량이 5%이하가 될 때까지 건조하고 건조가 끝난 과립은 1 mm체를 사용하여 정립 후 혼합기에 넣었다. 마지막 단계에서 착향제인 오렌지코튼을 넣고 최종 혼합 후 과립제를 만들었다.

Table 1-5. 연잎 천연 식이섬유 과립제의 조성물

(4,000mg/과립중)

구 분	원 료 명	갈색 과립
주성분	연 식이섬유	2,500mg
주성분	연근 분말	500mg
감미제	베타텍스	30mg
	아스파탐	68mg
붕해제	크로스포비돈	356mg
결합제	히드록시프로필셀룰로오스	280mg
색 소	적색산화철	1.9mg
	흑색산화철	4.1mg
향	딸기향 코튼	160mg
	천연및 인조오렌지향	100mg
용 매	에탄올	적 량
	정제수	적 량
합 계		4,000mg

주1. 연 식이섬유 : 수용성 및 불용성 복합 식이섬유

주2. 감미제 및 향 : 연 고유의 맛과 향을 차폐하여야만 복용이 용이함

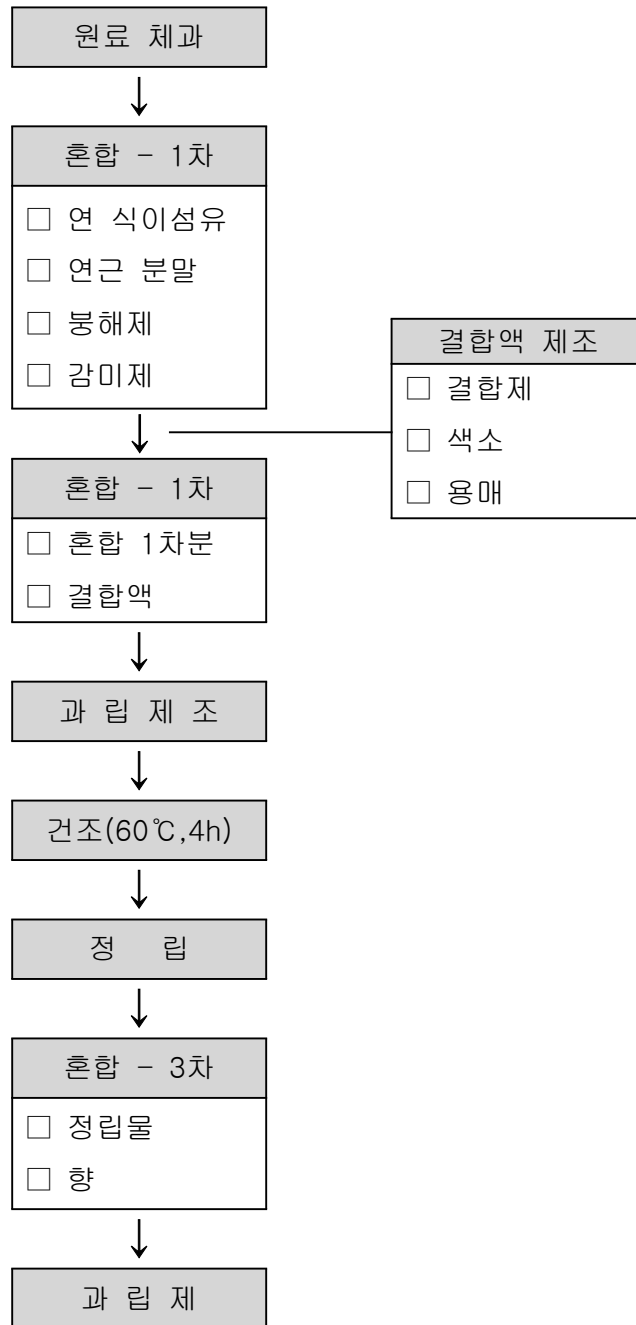


Fig. 1-5. 과립제의 제조공정

## 자. 백련의 면역증강작용

### (1) 마우스 비장세포부터 림프구의 분리

5주령의 BALB/c 마우스를 구입하여 1주일간 순화시키 후, spleen cell로부터 lymphocyte 분리 실험은 BALB /c 마우스의 비장을 적출후 RPMI 1640배지에서 조직을 파쇄하여 세포를 분리한다. 비장중의 적혈구는 0.83% NH<sub>4</sub>Cl용액으로 처리하여 용혈시킨 후 2-3회의 원심분리로 제거 시켰다. 1마리의 마우스에서 비장의 lymphocyte는 8x10<sup>7</sup>개 전후로 분리되었으며, T cell의 비율은 약 27%로 나타났다.

분리된 비장세포의 생존률 측정은 백련의 면역조절제로서의 기능을 검토하고자 면역억제 활성을 측정하여 적정 세포독성의 농도를 판단하기 위하여 MTT법으로 생존률을 검토하였다.

연의 부위별로 연근(*N. nucifera* root: NR), 연꽃(*N. nucifera* leaf: NL), 연종피(*N. nucifera* seed coat: NSC), 연자육(*N. nucifera* seed media: NSM), 연꽃(*N. nucifera* flower: NF)을 10, 100, 500, 1000µg/ml의 농도리 처리하여 IC<sub>50</sub>을 산출하였다.

### (2) RAW 264.7세포에 있어 대식세포 증식을

대식세포주 RAW264.7세포를 한국세포주은행으로부터 분양을 받아 실험에 사용하였다. 세포 1x 10<sup>5</sup> cell을 24 well plate에 seeding 후 4시간 배양하여 세포를 부착시킨 후, PBS(-)로 washing 후 LPS(lipopolysaccharide)를 처리하여 대식세포의 항원으로 작용케 하여 세포독성을 유발시켰다. 또한 연자심으로부터 분리한 알탈로이드 2종과 플라보노이드 1종에 대한 세포독성도 검토하였다.

### (3) A431, MDA-MB-231 암세포에 대한 백련의 효과

항암의 면역치료를 알아보기 위하여 암세포주 자체에 대한 백련의 효과를 검토하고 면역독성에 영역에 대해 검토하기 위하여 인체 유표피암 세포와 유방암세포주에 대해 세포독성을 검토하였다. 항암의 면역치료를 알아보기 위하여 암세포주 자체에 대한 neferine의 면역독성에 대해 검토하기 위하여 인체 B형 간염세포 유래 간암세포주에 대한 세포독성을 검토하였다. 본 실험에 사용된 암세포주인 Hep 3B는 한국세포주 은행으로부터 공급받아 실험에 사용하였다. 세포주 hemacytometer에서 세포수를 계측하여 5x10<sup>5</sup> cells/ml를 되게 희석한 후, 6 well plate에 seeding 하고 12시간 10% FBS 함유 DMEM배지에서 배양한다. 배양 후 PBS로 부유세포를 제거한 후 starvation condition (free FBS-DMEM)에서 세포의 증식을 G<sub>0</sub> stage로 4시간 배양한 다음 각각의 검정 약물을 농도별 (0, 1, 5, 10, 25µg/ml)로 처리하여 24시간 배양하였다.

## 2. 실험결과 및 고찰

### 가. 일반성분분석 및 식이섬유의 정제

백련의 부위별 건조물의 분석 결과는 Table 1-6과 같으며 양등의 연구에서 분석한 무안 백련 생체의 부위별 분석결과와 함께 제시하였다. 연근 건조분말의 경우 조단백질 > 조회분 > 조지방순으로 많은 함량을 보유하고 생체 함량도 본 실험결과와 유사하다. 연잎에서도 연근과 같은 결과를 보였다. 연실의 경우 수분 함량이 가장 적은 부위로 생체에 비해 약 4%정도 수분 함량이 낮았으며 탄수화물, 조단백질, 조회분, 조지방 함량이 양등이 보고한 생체와 유사한 결과가 나왔다. 식품공전법에 의해 총 식이섬유소의 양을 정량한 결과 뿌리는 잎>꽃>씨>뿌리의 순이었다.

총 식이섬유소 정제는 식품공전(Korea Food and Drug Administration, Food Standards Codex Korean Foods Industry Association, Seoul, Korea, 2005)에 따라 분석하였다. 미리

85% ethanol으로 세척한 고운분말의 시료를  $1.0 \pm 0.005g$ 을 위하여 MES/TRIS용액 40ml씩을 가하여 마그네틱 교반으로 충분히 분산시켰다. 이에 내열성  $\alpha$ -amylase  $50\mu l$ 를 가하고 서서히 저어 혼합하고,  $100^\circ C$ 의 수욕조에서 15분간 계속 교반한 후, 계속해서  $95^\circ C$ 에서 25분간 유지하였다. 반응이 끝난 후 protease  $100\mu l$  가하고  $60^\circ C$ 에서 계속 교반하면서 30분간 항온 시켰다.  $0.561N$  HCl 염산용액 5ml를 가하고 흔들여 혼합하고  $60^\circ C$ 에서 pH4.5로 조정하였다. 여기에 amyloglucosidase  $300\mu l$ 를 넣고 흔들여 섞은 후 항온 시켜 시험용액으로 하였다. 시험용액에  $60^\circ C$ 의 95% ethanol 225ml를 가한 후 실온에서 1시간 방치하여 침전시킨 후 미리 셀라이트를 항량시킨 유리여과기에 78% ethanol 15ml를 가하여 분산시킨 후 흡인 여과하여 셀라이트층이 고르게 형성되도록 하였다. 실험용액을 넣어 여과한 후, 잔사는 78% ethanol, 95% ethanol 그리고 아세톤의 순으로 각각 15ml씩 2회 씻었다. 그 후  $105^\circ C$ 의 건조기에서 24시간 건조시키고 데시케이터에서 1시간 항량으로 한 후 무게를 달아 여과기와 셀라이트의 무게를 뺐다. 여과기 잔사에 대하여 질소량을 측정하고 여기에 6.25를 곱하여 단백질량으로 하였고, 또 다른 하나의 여과기 잔사를  $525^\circ C$ 에서 5시간 회화시킨 후 회분량을 구하고 시료를 제외한 공시험을 하여 총 식이섬유의 함량을 계산 하였다.

Table 1-6. 백련부위별 건중당 일반성분의 조성

Ingredients (%)	Roots		Leaves		Seeds		Flowers
	Dried	Raw <sup>1)</sup>	Dried	Raw <sup>1)</sup>	Dried	Raw <sup>1)</sup>	Dried
Moisture	1.76±0.21	78.82±0.35	4.22±0.56	77.25±0.25	2.75±0.08	6.85±0.05	7.62±0.07
Carbohydrate	79.50±0.16	19.53±0.16	68.56±0.69	16.01±0.13	66.94±0.09	68.29±0.25	62.41±0.19
Crude Protein	12.02±0.01	2.19±0.01	20.26±0.43	4.88±0.02	23.59±0.01	19.53±0.11	19.47±0.01
Crude Lipid	0.40±0.02	0.12±0.01	0.83±0.06	0.21±0.01	1.88±0.01	0.57±0.02	3.88±0.12
Crude ash	6.32±0.08	1.34±0.02	6.13±0.12	1.68±0.02	4.48±0.01	4.68±0.04	6.62±0.17
Total dietary fiber	21.97		54.90		27.76		44.0

1) 출처 : 양등의 연구

백련의 부위별 건조물의 무기질 분석 결과는 Table 1-7과 같다. 뿌리와 연실의 무기영양성분 중 K가 월등이 높은 함량을 보였다. 그 다음으로 Ca, Na, Mg이 주요 무기 영양성분으로 나타났다. 그러나 잎의 건조물의 경우 Ca가 함량이 월등이 높았다. 건조물의 무기질 함량을 양등(5)의 생물 내 무기질 함량과 비교하면 뿌리의 K은 건조물 2292.48 mg% 생체 329.89mg%로 건조에 의해 6배 정도 증가하는 것으로 나타났으며 Ca은 건조물 1121.05mg% 생체 14.73 mg%로 10배 이상 증가 하였다.

Table 1-7. 백련의 부위별 건물중당 무기영양성분의 조성 (m g %)

Minerals	Roots		Leaves		Seeds		Flowers
	Dried	Raw <sup>1)</sup>	Dried	Raw <sup>1)</sup>	Dried	Raw <sup>1)</sup>	Dried
Zn	2.07±0.02	0.13±0.05	1.816±0.03	1.25±0.13	5.11±0.08	5.05±0.23	12.6±0.29
Cu	0.65±0.01	0.07±0.03	0.60±0.01	0.45±0.04	2.43±0.15	1.65±0.05	1.96±0.06
Fe	27.75±0.31	14.70±0.12	25.49±0.32	1.07±0.08	6.70±0.13	3.42±0.07	34.1±0.52
Mn	13.19±0.32	1.40±0.09	120.2±0.58	6.56±0.13	14.92±0.11	14.37±0.22	51.8±0.06
Mg	116.8±2.85	21.57±0.29	279.2±3.38	34.64±0.33	233.4±1.4	96.58±0.97	385.9±2.39
Ca	1121±3.18	14.73±0.23	3412±3.93	36.78±0.36	892.±15.76	55.07±0.56	3167±4.93
Na	283.06±0.29	74.02±0.73	158.4±1.50	41.76±0.43	212.8±5.41	75.09±0.83	410.5±3.12
K	2292±48	329.9±0.42	32.66±0.26	301.7±5.72	1033.±24.4	760.3±9.56	1067±6.36

1) 출처 : 양등의 연구

백련의 부위별 건조물의 유리당 함량 분석 결과는 Table 1-8과 같다.

Table 1-8. 백련의 부위별 유리당의 조성 (%)

Sugar	Roots		Leaves		Seeds		Flowers
	Dried	Raw <sup>1)</sup>	Dried	Raw <sup>1)</sup>	Dried	Raw <sup>1)</sup>	Dried
Sucrose	0.66±0.25	6.65±0.43	0.25±0.01	0.03±0.01	ND	19.26±0.03	ND
Maltose	ND	ND	2.55±0.11	ND	ND	ND	ND
Glucose	ND	0.85±0.05	ND	1.24±0.11	0.87±0.11	0.08±0.13	3.52±0.15
Xylose	0.97±0.09	ND	ND	ND	0.19±0.05	ND	ND
Arabinose	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Fructose	ND	0.89±0.05	0.54±0.07	1.48±0.11	0.43±0.05	0.16±0.03	2.42±0.13

1) 출처 : 양등의 연구

양등의 연구에 따르면 총 유리당의 함량이 백련 생체에서는 연실>뿌리>잎 순으로 나타났으나 본 연구의 건조물에서는 잎>뿌리>연실 순이었다. 건조물의 부위별로 검출된 유리당의 함량 및 종류는 연근에서는 xylose>sucrose의 순으로 연잎에서는 maltose>fructose>sucrose의 순으로 검출되었으며 연실에서는 glucose>fructose>xylose순으로 연꽃에서는 glucose>fructose 순으로 각각 검출되었다(Table 1-8).

유기산 조성의 분석은 식품공전에 따라 행하였고, 백련 건조물의 부위별 유기산 함량 분석 결과는 Table 1-9와 같다. 유기산 총량에 있어서 건조물은 뿌리 1290mg%, 잎 3170mg%, 연실 3190.8mg%로 양등의 연구에서 보고된 백련 부위별 생체의 유기산 함량(5)과 상당한 차이가

있는데 잎의 경우 10배 이상 차이가 있었다. 부위에 상관없이 Malic acid가 가장 많이 검출 되었으며, Acetic acid는 연실 및 연꽃 건조물에서만 검출 되지 않았고 Glutaric acid는 연실에서만 검출 되었다. Oxalic acid는 생체에서는 검출되지 않았지만 건조물에서는 검출 되었다. 연근의 경우 생체는 citric acid(132.2mg%)의 함량이 가장 높았으나 건조물은 Malic acid(580.8mg%)가 가장 많이 함유되어 있었다. 또한 생체에서 나타난 succinic acid가 건조물에서 나타나지 않았지만, Oxalic acid는 검출 되었다. 연잎의 경우도 건조물에 Malic acid가 가장 많이 함유되어 있고, 생체에서 검출되지 않은 Oxalic acid, citric acid, Formic acid가 다소 많이 함유되어 있었다. 연실의 경우는 다른 건조물 부위와 다르게 Glutaric acid가 1994.8mg%로 가장 많은 유기산이었고 생체에서 높은 함량을 보인 Malic acid는 2배 이상 낮게 나타났다.

Table 1-9. 백련 부위별 유기산 조성 함량 (mg%)

Organic acid	Roots		Leaves		Seeds		Flowers
	Dried	Raw <sup>1)</sup>	Dried	Raw <sup>1)</sup>	Dried	Raw <sup>1)</sup>	Dried
Oxalic acid	108.0±1.20	ND	720.9±2.00	ND	249.2±1.74	ND	331.3±1.67
Citric acid	202.5±1.92	132.2±6.1	374.7±2.98	ND	297.6±3.24	87.1±3.9	117.2±2.68
Tartaric acid	ND	ND	ND	ND	ND	22.5±1.2	ND
Malic acid	580.8±4.75	71.5±3.8	1626.0±5.53	52.4±2.7	480.0±8.83	1,085.1±9.8	822.5±3.62
Succinic acid	ND	50.5±3.0	ND	77.6±3.6	ND	57.7±2.8	ND
Formic acid	ND	ND	486.1±3.4	ND	169.2±2.15	ND	ND
Acetic acid	399.6±5.04	19.7±1.0	333.9±2.85	46.7±2.1	ND	68.9±3.2	ND
Glutaric acid	ND	ND	ND	ND	1994.8±5.37	ND	305.9±3.97
Total	1291±12.9	273.9±7.01	3170±16.7	76.7±6.3	3190±21.3	1,321±8.3	1,576±11.9

1) 출처 : 양동의 연구

## 나. 연부위별 성분 함량 및 성분 분리, 구조해석

### (1) 플라보노이드류 화합물의 분리 및 부위별 플라보노이드의 함량

연잎 에틸아세테이트 추출물 3.7 g을 전개용매로서 디클로로메탄 : 메탄올 6:1 → 1:1의 혼합용매를 사용하여 키에셀 겔 (Kiesel gel 60, 230-400 매쉬, Merck, Germany) 칼럼 크로마토그래피를 수행하여 6개의 하부 분획물 (EF01~EF06)로 나누었다. 하부 분획물 중 EF01 (1.14g)을 90% 메탄올로 RP-18 gel (LiChroprep RP-18, 40-63µm, Merck, Darmstadt, Germany)로 medium pressure preparative liquid chromatography (MPLC, Yamazen Co., Osaka, Japan)를 수행하여 화합물 1 (25mg)을 분리하였다. EF03과 EF04를 혼합한 분획물 (2.78g)을 75% 메탄올로 RP-18 gel을 이용하여 medium pressure preparative liquid chromatography를 수행하여 화합물 2 (450mg)와 4 (66mg)를 분리하였다. EF05 (0.89g)와 EF06 (0.86g)을 각각 50% 메탄



올로 RP-18 gel을 고정상으로 medium pressure preparative liquid chromatography를 수행하여 화합물 3 (320 mg)과 5 (25 mg)를 분리하였다. 각각의 화합물은 NMR을 측정하여 구조를 결정하였다.

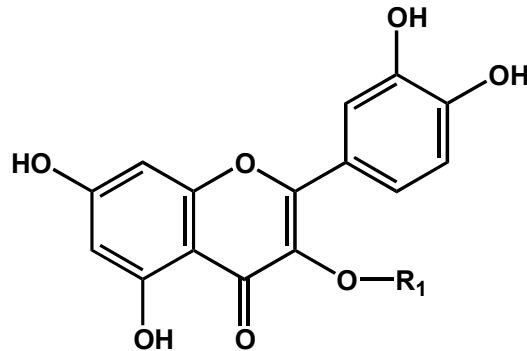


Fig. 1-6. 연잎으로부터 분리된 플라보노이드 성분 구조

1. Quercetin
2. Quercetin 3-*O*-β-D-glucopyranoside : R<sub>1</sub>=Glc
3. Quercetin 3-*O*-β-D-glucuronopyranoside : R<sub>1</sub>=Gln
4. Quercetin 3-*O*-β-D-galactopyranoside : R<sub>1</sub>=Gal
5. Quercetin 3-*O*-α-L-rhamnopyranosyl-(1→6)-β-D-glucopyranoside : R<sub>1</sub>=Rha-(1→6)-Glc

연부위별 플라보노이드 함량은 Table 1-10에서 나타난 바와 같이 연잎 조추출물에서 총 플라보노이드 성분함량이 125.61 ± 1.14mg/g extract로 연 부위 중 연잎에서 플라보노이드 성분의 함량이 가장 높은 것으로 나타났다.

Table 1-10. 연부위별 총플라보노이드성분 함량

연 부위	수율 (%)	총 플라보노이드 성분함량 (mg/g extract)
연잎	15.5	125.61 ± 1.14
연수	12.4	50.29 ± 0.78
연자육	12.0	82.93 ± 0.34
연심	35.3	18.91 ± 0.56
연근	17.3	8.45 ± 0.09

수율: 각각의 생시료 300 g에서 에탄올 추출물의 퍼센트.

연잎의 분획별 플라보노이드 함량은 Table 1-11에서 나타난 바와 같이 연잎 에틸아세테이트 가용성 분획물의 총 플라보노이드 성분함량이 342.66 ± 2.05mg/g fraction로 연잎 분획물들 중에서 연잎 에틸아세테이트 가용성 분획물이 총 플라보노이드 성분의 함량이 가장 높은 것으로 나타났다.

Table 1-11. 연잎의 분획별 총플라보노이드성분 함량

분획물	수율 (%)	총 플라보노이드 성분함량 (mg/g fraction)
연잎 디클로로메탄 가용성 분획물	29.9	55.80 ± 0.66
연잎 에틸아세테이트 가용성 분획물	6.8	342.66 ± 2.05
연잎 부탄올 가용성 분획물	12.9	231.35 ± 2.12
연잎 수가용성 분획물	50.3	52.15 ± 0.40

수율: 연잎 추출물에서 각각의 용매 분획물의 퍼센트

따라서 연잎의 분획별 플라보노이드의 quercetin 유사물 5종을 HPLC에 의해 분석한 결과, Fig. 1-7, Fig. 1-8 그리고 Table 1-12에 나타낸 바와 같이 연잎 에틸아세테이트 가용성 분획물에서 퀘르세틴 3-글루코사이드가 32.1%, 퀘르세틴 3-글루크로나이드 30.4%로 이들 화합물이 주성분임을 확인하였고, 퀘르세틴 3-갈락토사이드는 4.3%, 퀘르세틴은 2.3%, 퀘르세틴 3-루티노사이드가 0.3%로 미량이 존재함을 확인하였다. 그리고 연잎 부탄올 가용성 분획물에서는 퀘르세틴 3-글루크로나이드가 38.8%를 차지하여 주성분임을 확인할 수 있었다.

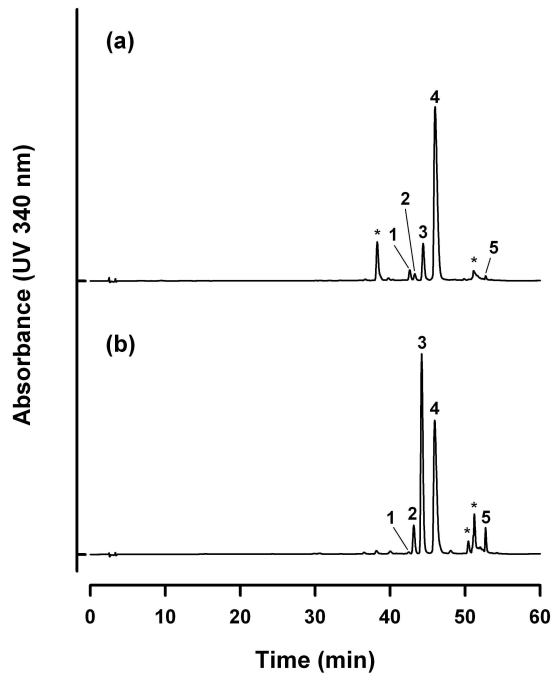


Fig. 1-7. 연잎의 플라보이드 성분의 HPLC 양식

(a) 연잎 부탄올 가용성 분획물 (b) 연잎 에틸아세테이트 가용성 분획물

- 1: 퀘르세틴 3-루티노사이드, 2: 퀘르세틴 3-갈락토사이드,  
 3: 퀘르세틴3-글루코사이드,  
 4: 퀘르세틴 3-글루크로나이드, 5: 퀘르세틴, \*: unknown peak

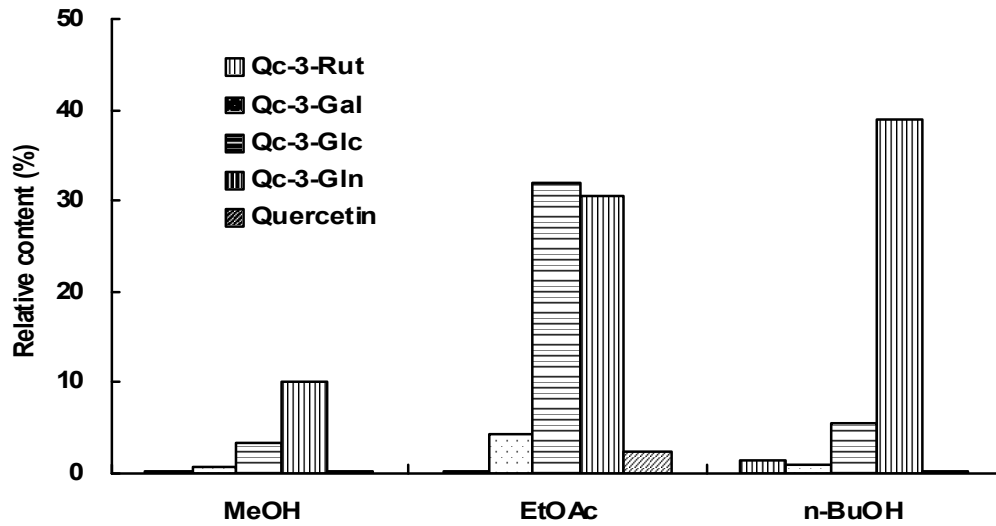


Fig. 1-8. 연잎의 분획별 주요 플라보노이드 성분의 함량

Table 1-12. 연잎 분획의 플라보노이드 함량 비교

	퀘르세틴 3-루티노사이드	퀘르세틴 3-갈락토사이드	퀘르세틴 3-글루코사이드	퀘르세틴 3-글루크로나이드	퀘르세틴
메탄올추출물	0.40 %	0.66 %	3.50 %	10.13 %	0.36 %
에틸아세테이트 분획물	0.32 %	4.25 %	32.08 %	30.40 %	2.26 %
부탄올 분획물	1.42 %	1.00 %	5.54 %	38.83 %	0.44 %

## 2) 연 부위 조추출물의 총 페놀성 성분의 정량

Table 1-13에서 나타낸 바와 같이 연 부위 조추출물 중에서 총 페놀성 성분함량이  $177.71 \pm 1.23\text{mg/g extract}$ 로 연잎 조추출물에서 페놀성 성분의 함량이 가장 높은 것으로 나타났다.

Table 1-13. 연부위별 페놀성분의 함량

연 부위	수율 (%)	총 페놀성 성분 함량 (mg/g extract)
연잎	15.5	$177.71 \pm 1.23$
연수	12.4	$83.39 \pm 0.52$
연자육	12.0	$92.65 \pm 0.72$
연심	35.3	$41.00 \pm 0.20$
연근	17.3	$21.61 \pm 0.35$

수율: 각각의 생시료 300g에서 에탄올 추출물의 퍼센트.

연잎에 있어 총페놀성분의 함량은 Table 1-14에서 나타낸 바와 같이 연잎 에틸아세테이트 가용성 분획물이 총 페놀성 성분함량이  $418.19 \pm 2.35\text{mg/g fraction}$ 로 연잎 분획물들 중에서 총 페놀성 성분의 함량이 가장 높은 것으로 나타났다.

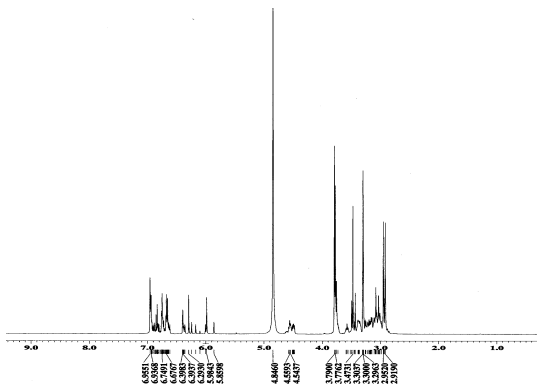
Table 1-14. 연잎 분획별 총페놀성분의 함량

분획물	수율 (%)	총 페놀성 성분함량 (mg/g fraction)
연잎 디클로로메탄 가용성 분획물	29.9	$59.87 \pm 0.78$
연잎 에틸아세테이트 가용성 분획물	6.8	$418.19 \pm 2.35$
연잎 부탄올 가용성 분획물	12.9	$250.61 \pm 1.98$
연잎 수가용성 분획물	50.3	$74.19 \pm 0.46$

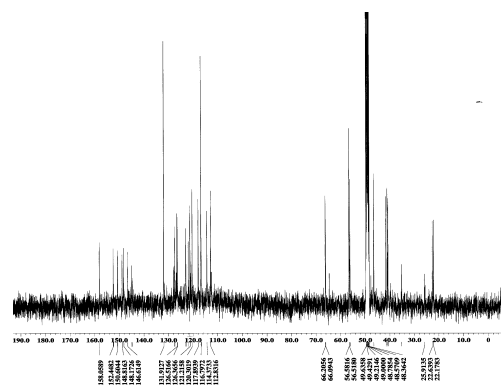
수율: 연잎 추출물에서 각각의 용매 분획물의 퍼센트.

### (3) 연자심으로부터 성분분리

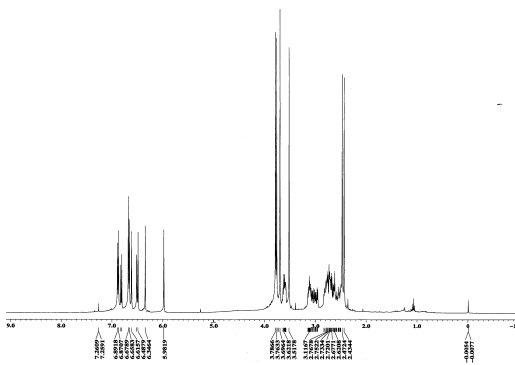
분리한 neferine, liensinine, apigenin 8-C-glucoopyranose의 구조는 분광학적 분석방법을 실행하여 문헌치와 비교하여 확인하였다 (Fig. 1-9와 Fig. 1-10).



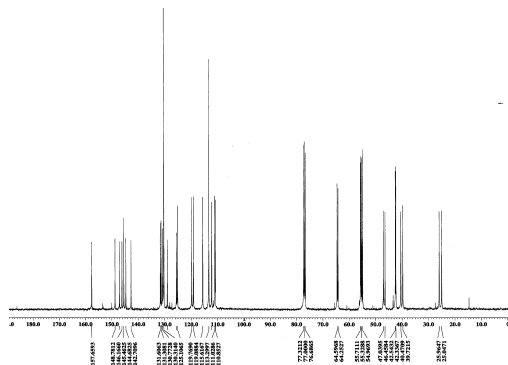
<sup>1</sup>H-NMR of liensinine



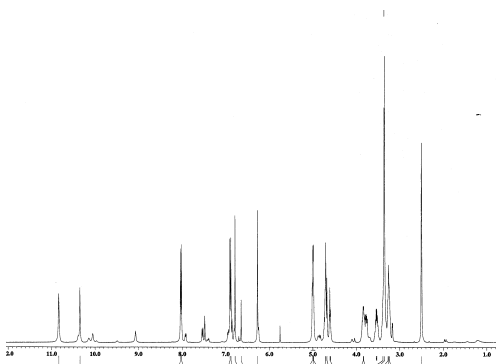
<sup>13</sup>C-NMR of liensinine



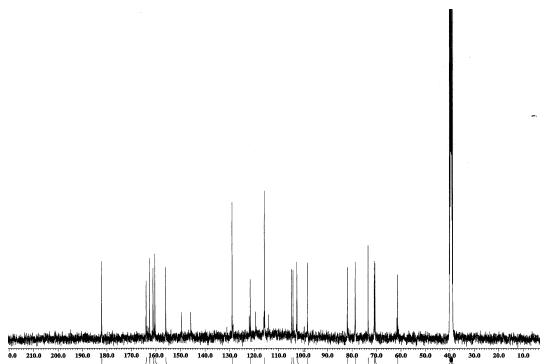
<sup>1</sup>H-NMR of neferine



<sup>13</sup>C-NMR of neferine



<sup>1</sup>H-NMR of apigenin 8-C-glucopyranose



<sup>13</sup>C-NMR of apigenin 8-C-glucopyranose

Fig. 1-9. 연심 유래 화합물의 NMR data

neferine의 NMR data는 <sup>1</sup>H NMR (400 MHz, CDCl<sub>3</sub>): δ 6.88 (2H, d, J = 8.4 Hz, H 11/H 15), 6.81 (1H, d, J = 8.1 Hz, H 14'), 6.66 (3H, d, J = 8.2 Hz, H 15'/H 12'/H 14), 6.62 (1H, s, H 5), 6.51 (1H, m, H 11'), 6.49 (1H, s, H 5'), 6.35 (1H, s, H 8), 5.98 (1H, s, H 8'), 3.79 (3H, s, 6 OCH<sub>3</sub>), 3.76 (3H, s, 7' OCH<sub>3</sub>), 3.70 (3H, s, 13 OCH<sub>3</sub>), 3.60 (2H, m, H 1'/H 1'), 3.52 (3H, s, 6' OCH<sub>3</sub>), 3.15~2.95 (4H, m, H 3'/H 3'/H 9'/H 9'), 3.04 (1H, dd, J = 12.0, 5.0 Hz, H 9), 2.98 (1H, dd, J = 12.0, 5.3 Hz, H 9'), 2.83~2.53 (8H, m, H 3'/H 3'/H 4'/H 4'/H 9'/H 9'), 2.47 (3H, H 2), 2.43 (3H, s, H 2'); <sup>13</sup>C NMR (100 MHz, CDCl<sub>3</sub>): δ 157.7 (C 13), 148.8 (C 6), 147.1 (C 7'), 146.2 (C 6'), 145.5 (C 13'), 144.7 (C 12'), 142.7 (C 7), 131.6 (C 10'), 131.3 (C 10), 130.8 (C 8a), 130.3 (C 4a), 130.3 (C 11), 130.3 (C 15), 129.0 (C 4a'), 125.5 (C 8a'), 125.1 (C 11'), 119.8 (C 8), 119.1 (C 15'), 115.6 (C 14'), 113.3 (C 12), 113.3 (C 14), 112.2 (C 5), 111.0 (C 5'), 110.9 (C 8'), 64.6 (C 1'), 64.3 (C 1), 55.7 (7' OCH<sub>3</sub>), 55.6 (6' OCH<sub>3</sub>), 55.3 (6 OCH<sub>3</sub>), 55.0 (13 OCH<sub>3</sub>), 47.0 (C 3), 46.5 (C 3'), 42.5 (C 2), 42.3 (C 2'), 40.5 (C 9), 39.7 (C 9'), 26.0 (C 4), 25.0 (C 4').

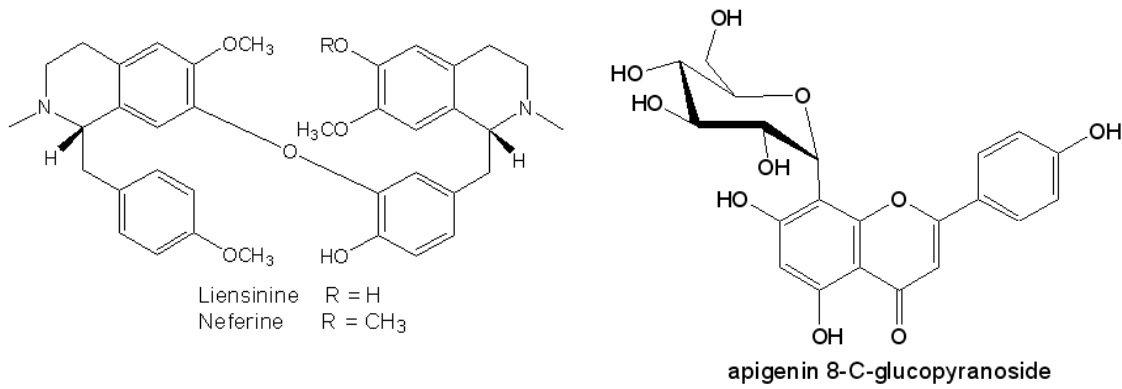


Fig. 1-10. 연심유래 화합물의 구조

(4) 연자육으로부터 성분 분리 및 구조 동정

Fig. 1-11과 같이 백련의 연자육으로부터 순차적 성분 분리 과정을 통해 플라보노이드 및 알칼로이드 성분을 분리하고 구조 해석을 수행하였다.

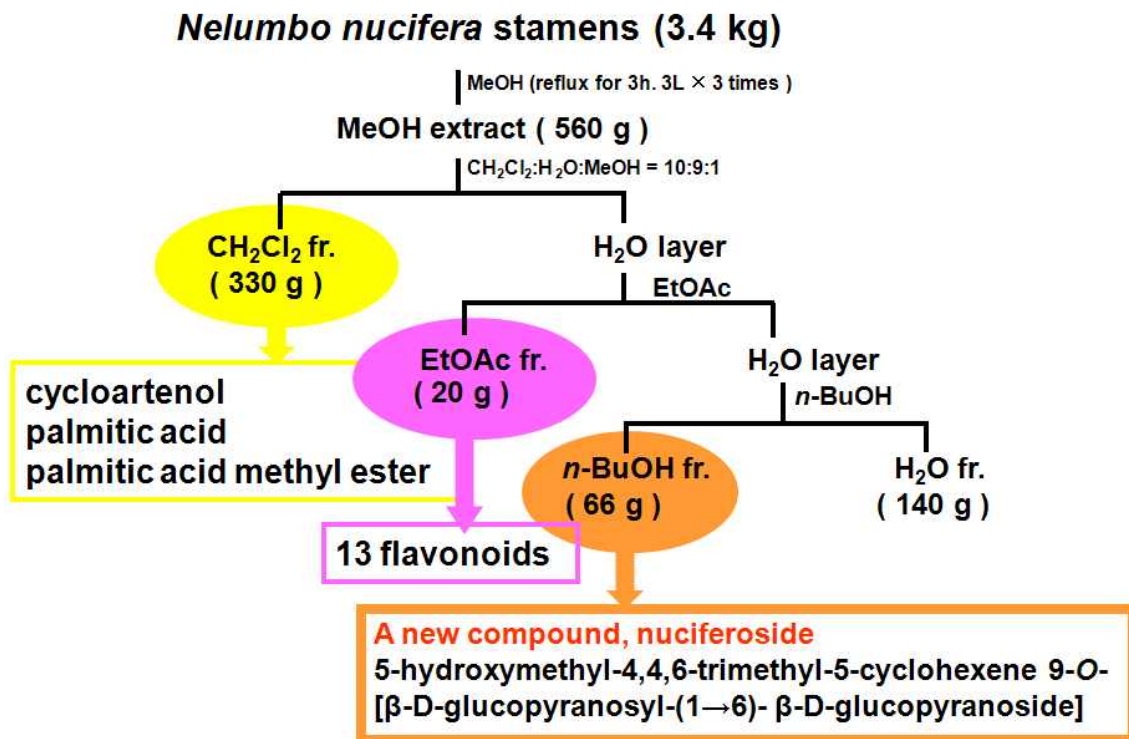
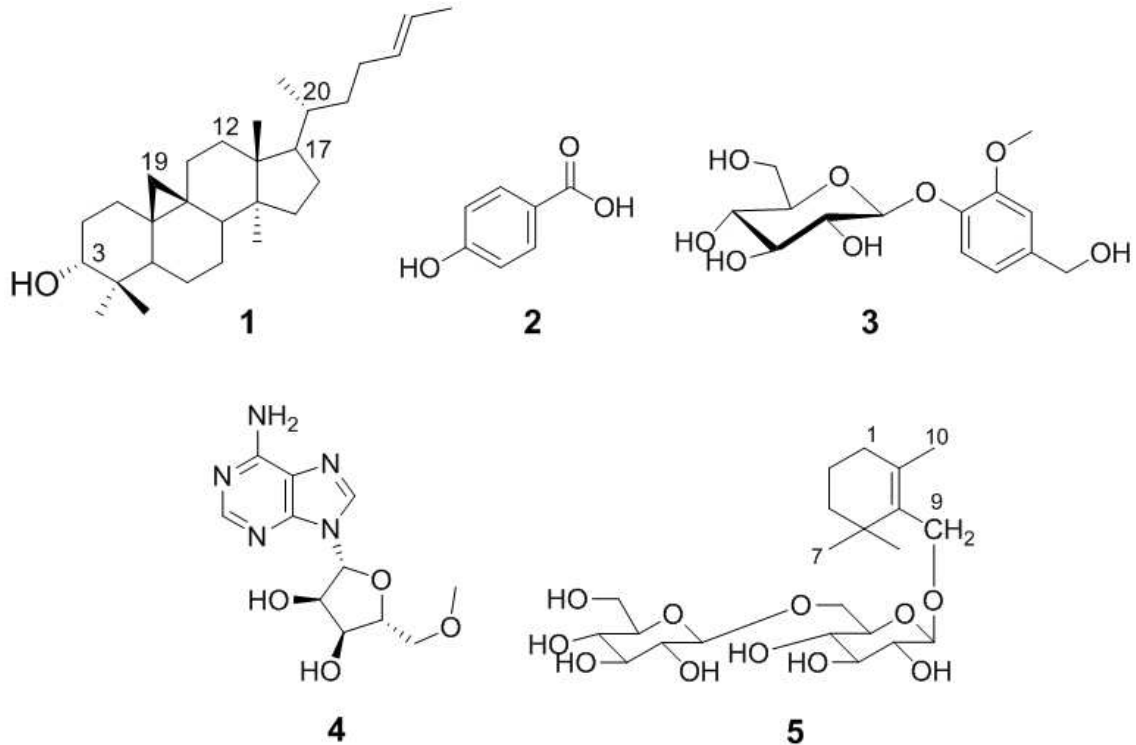


Fig. 1-11. 연자육으로부터 순차적 성분분리

단일물질로 분리한 성분은 13종의 flavonoid 물질로 일반적으로 quercetin을 모핵으로 하는 배당체성분이었으며, 5-hydroxymethyl-4,4,6-trimethylcyclohexane 9-o-[ $\beta$ -D-glucopyranosyl-(1-6)- $\beta$ -D-glucopyranoside]인 nuciferoside는 신규 화합물로 동정이 되었다. 그 외 지방산류도 분리되었으며 NMR, UV, IR등의 분석 데이터를 기초로하여 성분 구조를 동정하였다.



cycloartenol (1), *p*-hydroxybenzoic acid (2), vanilloloside (3), and 5'-*O*-methyladenosine (4), nuciferoside (5)

Fig. 1-12. 연자육으로 분리된 flavonoid 이외의 성분구조

#### 다. 연근의 항산화활성 및 당뇨병성 신증

연근의 추출물 및 분획물의 항산화활성을 DPPH와 total ROS 생성 억제활성법을 이용하여 평가하였다. 비록 추출물에서는 큰 활성을 나타내지 않았지만 EtOAc 분획물의 라디칼 소거활성은 대조 항산화제인 L-ascorbic acid보다 높게 나타났다. 또한 total ROS 생성 억제활성 역시 EtOAc 분획물에서 높게 나타났다. 이들 항산화활성 실험계 결과는 EtOAc 분획물에서 강력한 항산화활성이 나타났다.

Table 1-15. 연근의 DPPH 라디칼 소거활성

	IC <sub>50</sub> (ug/ml)		
	Mean	±	SEM
MeOH	162.42	±	3.67
CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	113.28	±	0.91
EtOAc	3.21	±	0.00
BuOH	10.88	±	0.14
H <sub>2</sub> O	154.30	±	1.07
L-Ascorbic acid	5.16	±	0.03

Table 1-16. 연근의 total ROS 생성 억제 활성

	µg/mL	Inhibition(%)		IC <sub>50</sub> (µg/ml)		
		average	± SE	average	± SE	SE
MeOH	40	44.67	± 1.64	44.15	± 1.34	
	8	13.80	± 2.47			
	1.6	-0.27	± 2.53			
CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	40	61.77	± 1.42	28.65	± 1.04	
	8	33.32	± 1.72			
	1.6	13.90	± 1.28			
EtOAc	40	80.97	± 0.53	11.06	± 1.66	
	8	59.40	± 2.71			
	1.6	27.62	± 2.40			
BuOH	40	64.73	± 0.85	24.64	± 1.25	
	8	36.90	± 1.95			
	1.6	23.30	± 2.09			
H <sub>2</sub> O	40	24.61	± 1.93	105.25	± 10.31	
	8	13.70	± 1.31			
	1.6	7.98	± 1.17			
Trolox	40	70.65	± 0.44	5.33	± 0.19	
	8	57.84	± 0.88			
	1.6	45.98	± 0.69			
	0.32	25.26	± 1.06			

연근의 당뇨병증 억제 효능을 평가하기 위하여 질병 유발에 있어서 중요한 효소인 aldose reductase를 이용하였다. rat lens와 human recombinant aldose reductase를 사용하였으며 이들 효소의 억제활성을 실험함으로서 당뇨병증 억제활성률을 산출하였다. Table 1-6과 Table 1-7에서 EtOAc 분획물과 BuOH 분획물에서 높은 rat lens aldose reductase 활성을 나타내었으며 양성 대조군인 quercetin 보다 각각 20배, 5배 높은 활성을 나타내었다. 이러한 결과는



human recombinant aldose reductase 결과와도 비슷하게 나타났다. 이들 결과로 미루어 EtOAc 분획물과 BuOH 분획물에서 당뇨합병증 억제제의 개발 가능성이 있는 다양한 화합물들이 있음을 추정할 수 있었다.

Table 1-17. 연근의 rat lens aldose reductase 억제 활성

sample	ug/ml	%inhibition	IC <sub>50</sub> (ug/ml)	
			average	± SEM
Quercetin	5	66.84 ± 2.63	3.28 ± 0.02	
	1	47.86 ± 0.72		
MeOH fr.	100	82.61 ± 1.09	7.70 ± 0.17	
	10	66.41 ± 2.33		
	5	40.00 ± 2.86		
CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub> fr.	100	80.98 ± 0.55	7.32 ± 0.12	
	10	70.31 ± 0		
	5	45.72 ± 1.43		
EtOAc fr.	100	79.89 ± 1.63	0.15 ± 0.01	
	10	87.50 ± 1.56		
	5	79.29 ± 2.15		
	1	74.58 ± 0.00		
	0.2	64.21 ± 2.88		
	0.04	18.35 ± 4.43		
BuOH fr.	100	66.00 ± 6.0.	0.68 ± 0.05	
	10	82.19 ± 0.00		
	5	73.12 ± 0.02		
	1	62.38 ± 1.62		
	0.2	31.22 ± 2.11		
H <sub>2</sub> O fr.	100	61.34 ± 1.34	77.30 ± 2.77	
	10	15.07 ± 9.59		

Table 1-18. 연근의 human recombinant aldose reductase 억제 활성

	conc (ug/ml)	inhibition %		IC <sub>50</sub> (ug/ml)	
		Mean ±	SEM	Mean ±	SEM
MeOH	50	18.57 ±	0.18	> 50	
CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	50	-6.32 ±	0.08	> 50	
EtOAc	50	87.42 ±	0.08	10.76 ±	0.18
	10	75.60 ±	0.60		
	2	18.65 ±	0.11		
BuOH	50	62.80 ±	0.30	33.95 ±	0.05
	10	30.90 ±	0.36		
H <sub>2</sub> O	50	-30.96 ±	0.29	> 50	
quercetin	2.5	69.44 ±	2.78	1.43 ±	0.07
	0.5	33.33 ±	0.00		
epalrestat	0.05	69.44 ±	2.78	0.038 ±	0.001
	0.005	-2.78 ±	2.78		

**라. 백련의 알츠하이머성 치매 질환**

(1) 연 부위별 및 연심 분획물의 알츠하이머 질환 예방 및 억제활성 평가

알츠하이머 질환예방 활성평가에서 최근 많이 이용되는 BACE1 실험에서 연심과 연근의 활성이 가장 높게 나타났다 (Table 1-19). 연의 다양한 부위 중에서 연심에 대한 지속적인 식물화학적 연구의 일환으로 분획을 시행하였으며, 각 분획물에 관한 BACE1 및 AChE, BChE의 억제 효과를 (Table 1-20)에 나타내었다. 특히 CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> 분획물은 BACE1과 BChE에 대하여 가장 높은 억제활성을 나타내었고 EtOAc와 BuOH 분획물도 좋은 억제활성을 나타내었다.

(2) 연심 유래 화합물의 알츠하이머 질환 예방 및 억제활성 평가

각각의 CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>, EtOAc와 BuOH 분획물들로부터 neferine, liensinine, apigenin 8-C-glucopyranose를 분리하였다. 이들 분리 화합물 중 bisbenzylisoquinoline계 알칼로이드 화합물인 neferine, liensinine은 BACE1 및 AChE, BChE의 억제 효과가 뛰어났다 (Table 1-21, Fig. 1-13, 1-14, 1-15). 연심 분획물 및 연심유래 화합물의 높은 BACE1 및 AChE, BChE 억제효과로 미루어 연심이 알츠하이머 질환 예방제 및 치료제 개발에 가능성 있는 천연물 및 천연화합물임을 알 수 있었다.

Table 1-19. 연 부위별 BACE1 및 AChE, BChE의 억제 효과

	IC <sub>50</sub> (µg/ml)		
	BACE	BChE	AChE
	mean ± SEM	mean ± SEM	mean ± SEM
leaves	2.35 ± 0.38	229.31 ± 40.29	127.08 ± 11.58
de-embryo seeds	51.23 ± 3.19	116.31 ± 27.72	152.01 ± 18.55
embryos	7.47 ± 1.23	35.74 ± 1.85	> 300
rhizomes	5.83 ± 0.37	> 300	> 300
stamens	131.05 ± 9.08	96.43 ± 9.58	> 300
sophoraflavanone G	1.00 ± 0.35		
eserine		0.02 ± 0.0004	0.0004 ± 0.0001

Table 1-20. 연심 분획물의 BACE1 및 AChE, BChE의 억제 효과

	IC <sub>50</sub> (µg/ml)		
	BACE	BChE	AChE
	mean ± SEM	mean ± SEM	mean ± SEM
MeOH	10.71 ± 0.68	9.89 ± 0.72	184.51 ± 6.09
CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	0.02 ± 0.00	3.03 ± 1.02	67.30 ± 1.72
EtOAc	0.07 ± 0.01	29.96 ± 4.77	61.15 ± 3.95
BuOH	68.76 ± 4.76	4.42 ± 1.71	33.25 ± 2.85
H <sub>2</sub> O	47.17 ± 2.45	11.45 ± 0.48	119.65 ± 4.36
sophoraflavanone G	2.50 ± 0.01		
eserine		0.0146 ± 0.0008	0.0004 ± 0.00001

Table 1-21. 연심 유래 화합물들의 BACE1 및 AChE, BChE의 억제 효과

	IC <sub>50</sub> (µM)		
	BACE	BChE	AChE
	mean ± SEM	mean ± SEM	mean ± SEM
liensinine	6.37 ± 0.13	0.34 ± 0.02	9.96 ± 0.47
neferine	28.51 ± 4.04	14.19 ± 1.46	37.18 ± 0.59
	6.67 ± 0.08		
vitexin	109.94 ± 3.03	> 100	138.45 ± 2.21
sophoraflavanone G	2.50 ± 0.01		
galantamine		3.26 ± 0.07	0.0280 ± 0.0015

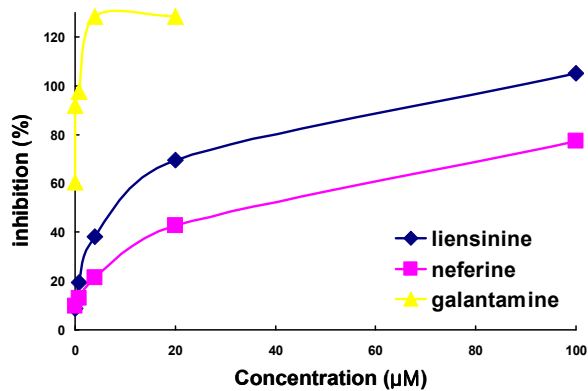


Fig. 1-13. 연심 유래 화합물들의 AChE의 억제 효과

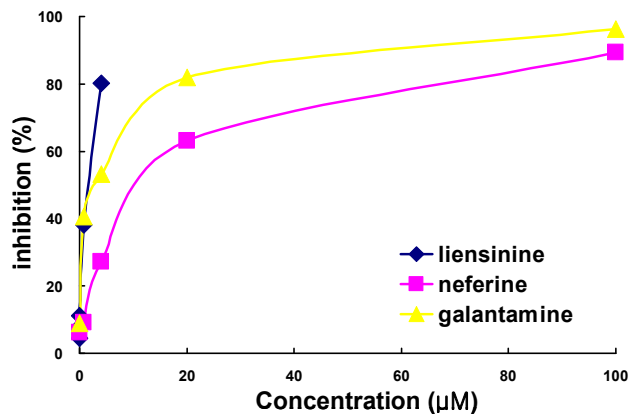


Fig. 1-14. 연심 유래 화합물들의 BChE의 억제 효과

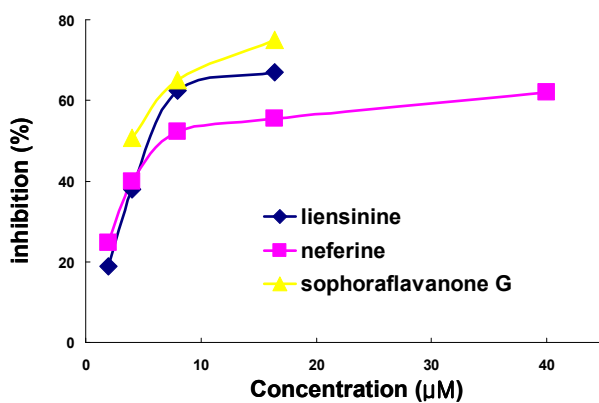


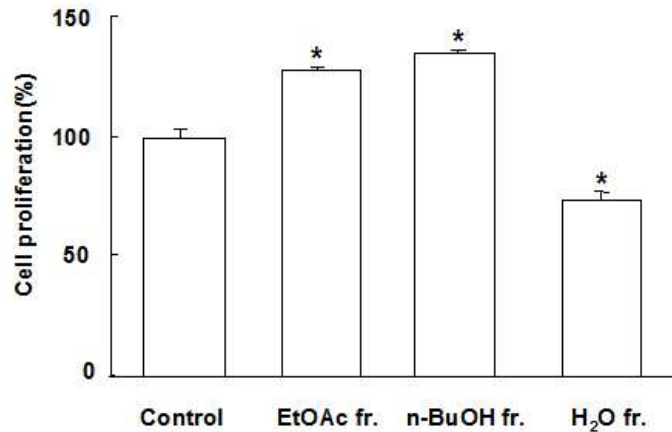
Fig. 1-15. 연심 유래 화합물들의 BACE1의 억제 효과

### 마.백련의 항비만활성

#### (1) 연잎 분획층의 지방전구세포와 지방세포 증식 억제효과

지방전구세포의 세포증식 억제효과에서는 대조군에 비하여 연잎 H<sub>2</sub>O 분획층이 28% 정도 세포생존율을 유의하게 감소시켰으나, EtOAc와 BuOH 분획층은 오히려 유의적인 증가를 나타냈다(Fig. 1-16A). 지방세포의 세포증식 억제효과에서는 EtOAc, BuOH, H<sub>2</sub>O 층에서 모두 36, 40, 25%로 대조군에 비하여 세포생존율이 통계학적으로 유의하게 감소되었다(Fig. 1-16B).

#### A) 지방전구세포의 세포증식 억제효과



#### B) 지방세포의 세포증식 억제효과

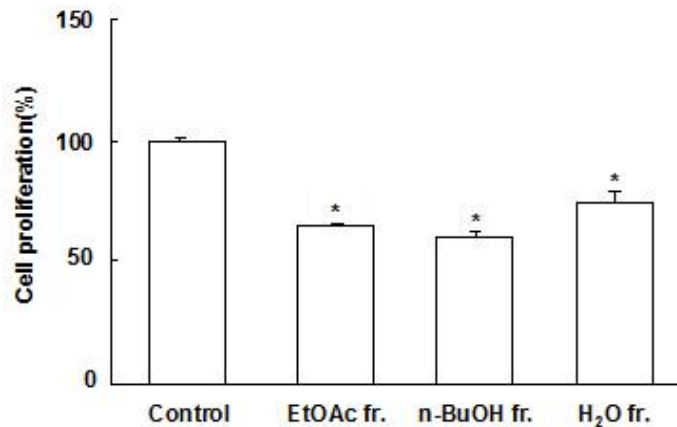


Fig. 1-16. Effect of *Nelumbo nucifera* leaf extract fractions on inhibition of cell population in 3T3-L1 preadipocytes and adipocytes. Control(non-treated); EtOAc fr. 250 µg/ml; n-BuOH fr. 250 µg/ml; H<sub>2</sub>O fr. 250 µg/ml. \*p < 0.05 vs control.

#### (2) 연잎 분획층의 지방생성 억제효과

지방세포의 지방 방울들(fat droplet)을 Oil Red O로 염색한 결과, EtOAc, BuOH, H<sub>2</sub>O층 모두에서 시료를 처리하지 않은 대조군에 비교하여 지방생성을 뚜렷하게 억제시켰다. 이중에서도 H<sub>2</sub>O층이 다른 층에 비해 지방생성 억제효과가 가장 좋게 나타났다(Fig. 1-17).

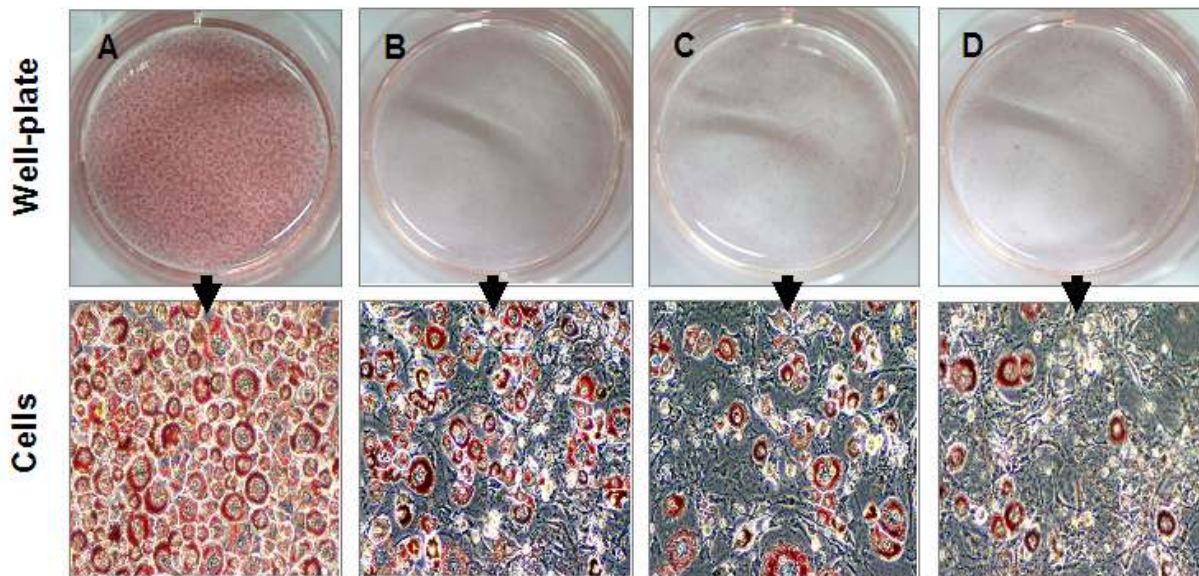


Fig. 1-17. Effect of *Nelumbo nucifera* leaf extract fractions on lipid accumulation in 3T3-L1 adipocytes. A, control(non-treated); B, EtOAc fr. 250 µg/ml; C, n-BuOH fr. 250 µg/ml; D, H<sub>2</sub>O fr. 250 µg/ml.

(3) 연잎 분획층의 지방생성 관련 전사인자 발현 억제효과

지방세포에서 지방생성과 관련된 중요한 전사인자(transcription factors)인 peroxisome proliferator-activated receptor-γ(PPARγ) 발현 정도를 측정한 결과, BuOH과 H<sub>2</sub>O층에서 시료를 첨가하지 않은 대조군에 비해 2.7과 5배 정도 발현량이 유의적으로 감소되는 것을 관찰할 수 있었으며, EtOAc층에서도 유의적인 감소효과를 나타냈다(Fig. 1-18).

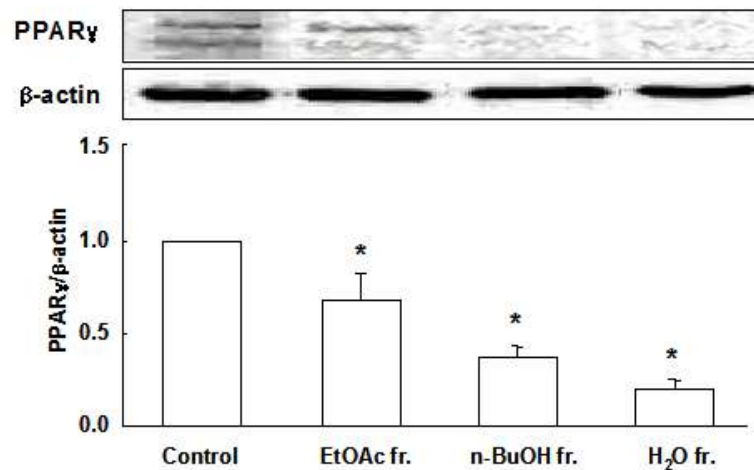


Fig. 1-18. Effect of *Nelumbo nucifera* leaf extract fractions on expression of PPAR $\gamma$  in 3T3-L1 adipocytes. Control(non-treated); EtOAc fr. 250 µg/ml; n-BuOH fr. 250 µg/ml; H<sub>2</sub>O fr. 250 µg/ml. \*p < 0.05 vs control.

(4) 연잎 분획층의 에너지소비 조절 단백질의 활성 증강효과

생체의 에너지 소비를 조절하는 단백질인 UCP(uncoupling protein)는 지방세포의 분해와 관련된 중요한 체중조절 관련인자이다. UCP-2 단백질의 활성을 측정한 결과에 따르면

EtOAc, BuOH, H<sub>2</sub>O층 모두에서 대조군에 비해 발현량이 증가되었으며 EtOAc층에서는 유의적인 활성 증강효과를 나타냈다(Fig. 1-19).

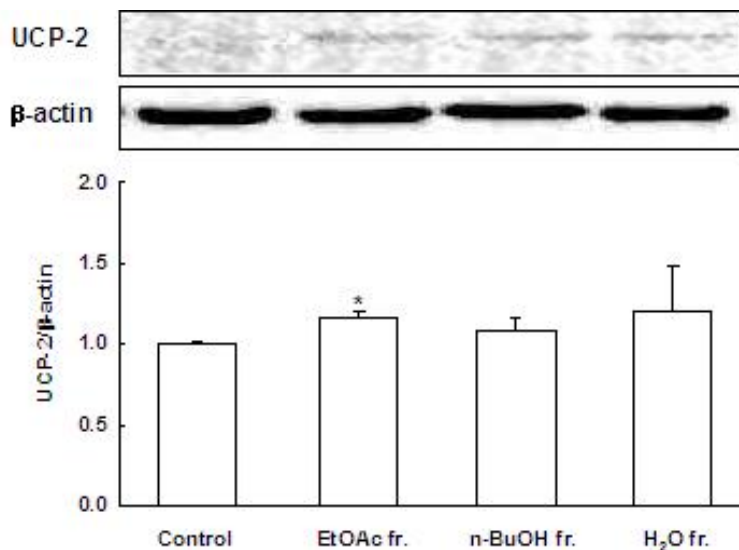


Fig. 1-19. Effect of *Nelumbo nucifera* leaf extract fractions on expression of UCP-2 in 3T3-L1 adipocytes. Control(non-treated); EtOAc fr. 250 µg/ml; n-BuOH fr. 250 µg/ml; H<sub>2</sub>O fr. 250 µg/ml. \*p < 0.05 vs control.

(5) 연잎 추출물로부터 분리된 성분의 지방생성 억제효과

연잎 추출물로부터 분리된 luteolin, *p*-hydroxybenzoic acid, uracil, isoquercetin, adenine 성분의 구조식은 Fig. 1-20과 같다. 연잎 추출물로 분리된 성분들의 지방생성 억제효과를 측정한 결과, 시료를 처리하지 않는 대조군에 비하여 luteolin>adenine, uracil>isoquercetin>*p*-hydroxybenzoic acid 성분의 순으로 지방생성 억제효과가 뛰어난 것으로 관찰되었다(Fig. 1-21).

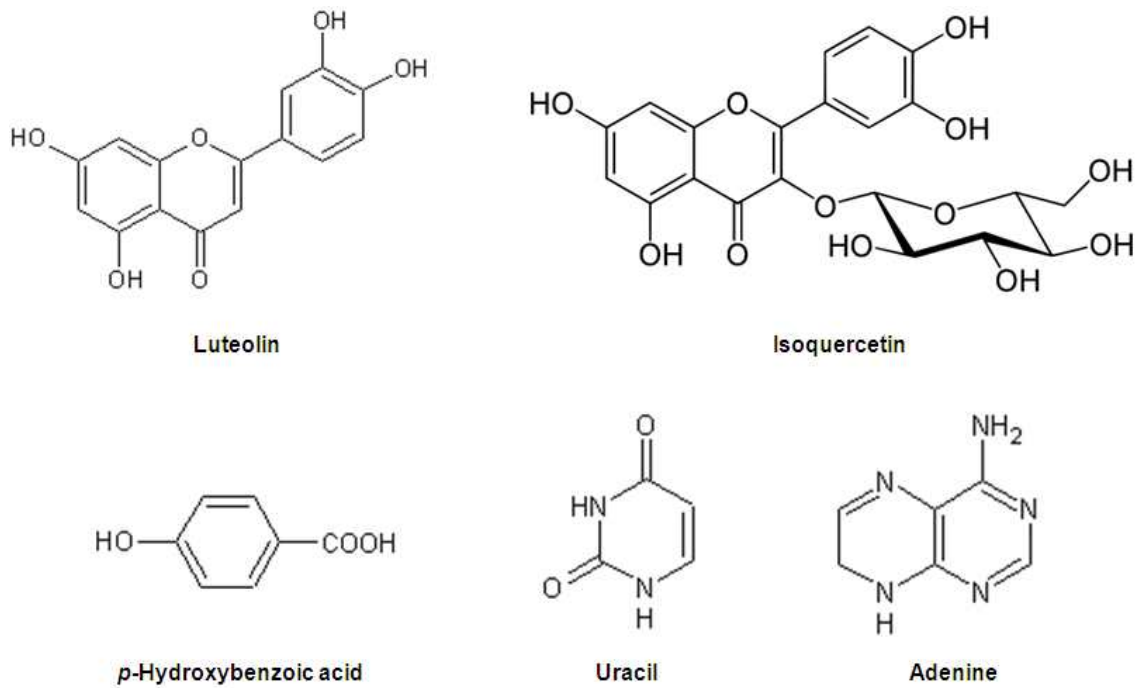


Fig. 1-20. Structure of compounds isolated from *Nelumbo nucifera* leaf extract

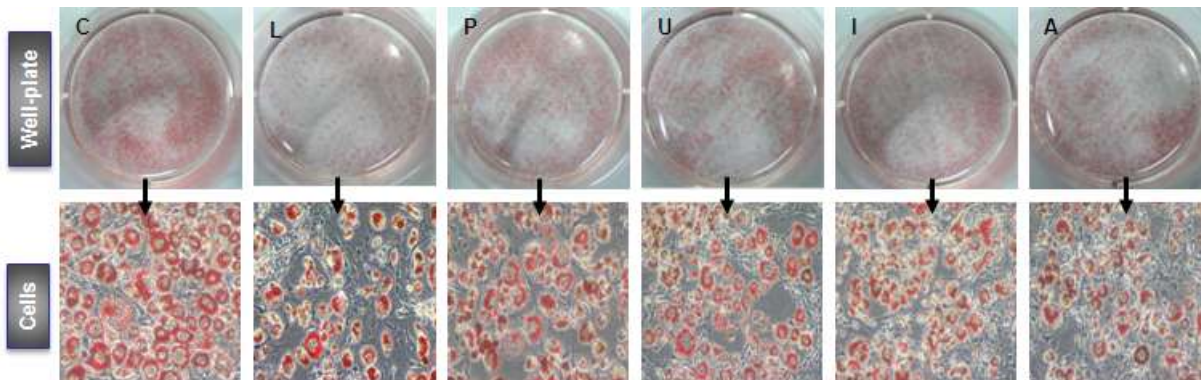


Fig. 1-21. Effect of compounds isolated from *Nelumbo nucifera* leaf extract on lipid accumulation in 3T3-L1 adipocytes. C, control (non-treated); L, luteolin 20 mM; P, *p*-hydroxybenzoic acid 20 mM; U, uracil 20 mM; I, isoquercetin 20 mM; A, adenine 20 mM.

따라서, 지방생성 및 전사인자 활성 억제효과는 H<sub>2</sub>O과 BuOH층에서 유의적인 억제효과를 나타냈으며, 생체내 에너지 소비 조절효과를 갖는 UCP-2 단백질의 활성은 EtOAc, BuOH, H<sub>2</sub>O층 모두에서 대조군에 비해 발현량이 증가하였으나, EtOAc층에서 유의적인 UCP-2 발현 효과를 나타냈다. 또한 연잎으로부터 분리된 성분들의 지방생성 억제효과는 luteolin>adenine, uracil>isoquercetin>*p*-hydroxylbenzoic acid 성분의 순으로 나타났다.



(6) db/db 비만 마우스 동물모델에서 연잎의 효과

식이섭유의 체중, 먹이 섭취량, 혈당, 총콜레스테롤, 중성지방, 총지방량의 생성억제 효과 및 지방조직의 형태학적 변화를 측정하여 연잎 식이섭유의 체중조절효과를 db/db 비만 마우스 모델에서 검토하였다.

db/db 비만 마우스의 연잎 식이섭유 100 mg/kg BW/d 투여군의 체중은 대조군에 비해 4주부터 오히려 증가하였으나 8주에는 대조군의 46.2g와 유사한 체중인 46.6g를 나타냈다. 연잎 식이섭유 400mg/kg BW/d 투여군에서는 대조군에 비교하여 6주부터 감소하는 경향을 보였으며, 8주에는 1.8g 정도 감소하는 경향만을 나타냈다. 총 지방조직의 함량은 체중의 결과처럼 대조군(1.92±0.08)에 비해 100mg/kg BW/d 투여군에서 2.03±0.1로 증가하였으나 400mg/kg BW/d 투여군에서는 감소하는 경향을 나타냈다(Fig. 1-22).

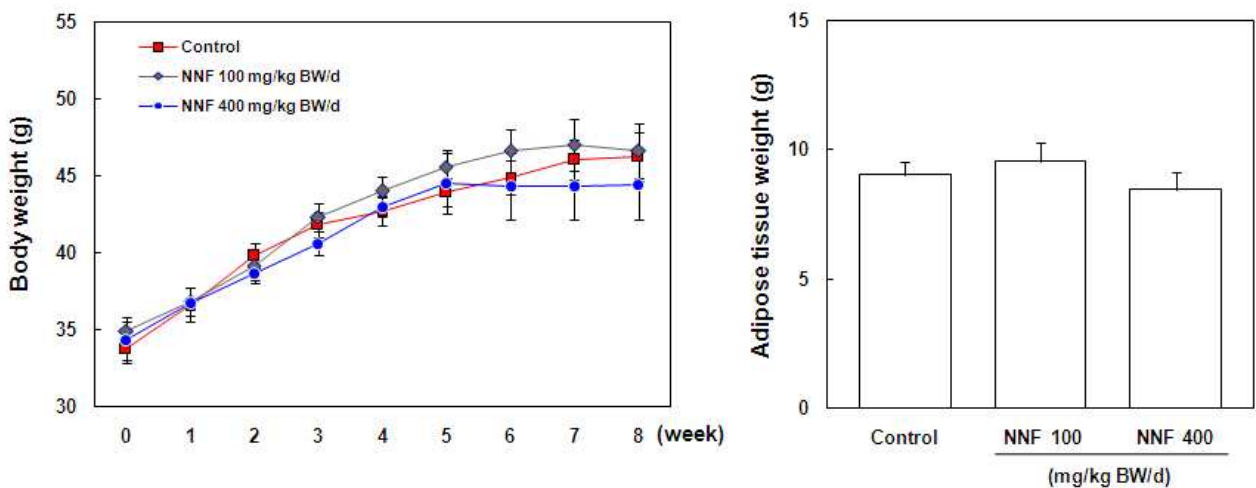


Fig. 1-22. Effect of *Nelumbo nucifera* fiber (NNF) on body and adipose tissue weight in db/db mice.

연잎 식이섭유 투여시 식이 섭취량은 24일째까지는 대조군에 비하여 감소하였으나 그 이후부터는 대조군에 비해 감소 또는 증강하는 패턴이 반복되다가 56일째(8주)에는 대조군에 비해 뚜렷하게 감소하였다. 물 섭취량은 3주까지는 대조군에 비해 증가하다가 그 이후부터는 감소 증강하는 패턴이 반복하는 등 일정한 경향을 보이지 않았다(Fig. 1-23).

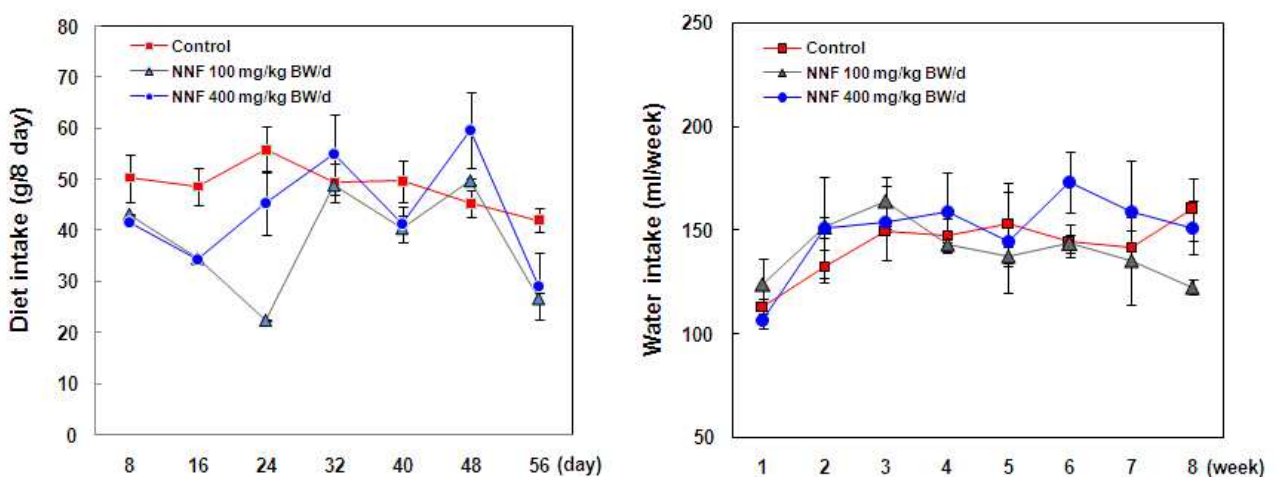


Fig. 1-23. Effect of *Nelumbo nucifera* fiber (NNF) on diet and water intake in db/db mice.

실험기간 동안의 식이효율은 연잎 식이섬유 100mg/kg BW/d 투여군은 대조군 0.037에 비해 증가하여 0.048을 나타냈으나 연잎 식이섬유 400mg/kg BW/d 투여군에서는 0.033으로 감소하였다(Fig. 1-24).

	Control	NNF 100 mg/kg BW/d	NNF 400 mg/kg BW/d
<b>Food efficiency ratio (weight gain/total food Intake)</b>	0.037	0.048	0.033
<b>Food Intake (g/mouse/week)</b>	42.68g	33.25g	38.25g
<b>Total(kcal/mouse/ week)</b>	171.79	133.99	154.15

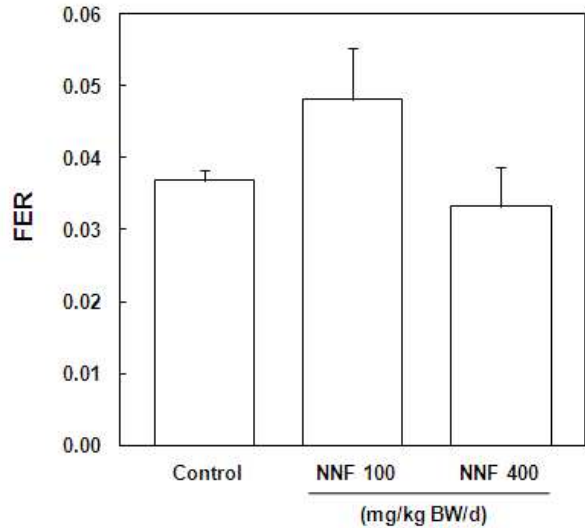


Fig. 1-24. Effect of *Nelumbo nucifera* fiber (NNF) on food efficiency ratio (FER) in db/db mice.

공복시 혈당은 연잎 식이섬유 100 또는 400mg/kg BW/d 투여 2주(223과 224mg/dl)부터 6주(389와 384mg/dl)까지는 대조군 333과 458mg/dl에 비해 유의적으로 감소하였다. 그러나 8주에는 대조군 482mg/dl 비해 연잎 식이섬유 100 또는 400mg/kg BW/d 투여시 434와 442 mg/dl로 감소하는 경향만을 나타냈다(Fig. 1-25). 당화헤모글로빈의 함량은 연잎 식이섬유 100 또는 400mg/kg BW/d 투여시 대조군에 비해 감소하는 경향만을 나타냈다(Fig. 1-24). 혈청 인슐린의 농도는 대조군에 비해 연잎 식이섬유 100 또는 400mg/kg BW/d 투여시 유의적으로 높게 나타냈다(Fig. 1-24). 따라서 연잎 식이섬유가 db/db 비만 마우스에서 혈청 인슐린 농도를 높여 혈당과 당화헤모글로빈의 수치를 낮추며, 이는 연잎 식이섬유가 인슐린 저항성을 보상하기 위한 인슐린 분비 증가에 기인하는 것으로 사료된다.

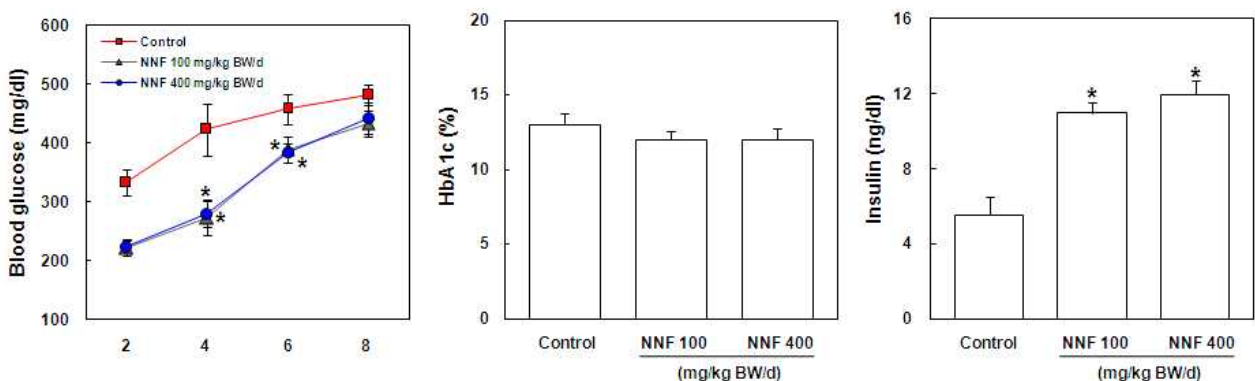


Fig. 1-25. Effect of *Nelumbo nucifera* fiber (NNF) on blood or serum glucose, HbA1c and insulin levels in db/db mice. \*P < 0.05 versus control.

연잎 식이섬유 100 또는 400mg/kg BW/d 투여군은 혈청 콜레스테롤과 중성지방의 수치를 대조군에 비교하여 감소시키는 경향만을 나타냈다(Fig. 1-26). 일반적으로 당뇨병 모델에서 혈당 조절은 혈청 지질의 함량을 저하시키는 것으로 보고되어 있으므로 연잎 식이섬유도 혈당 저하로 인해 혈청 지질이 감소되는 것으로 사료된다.

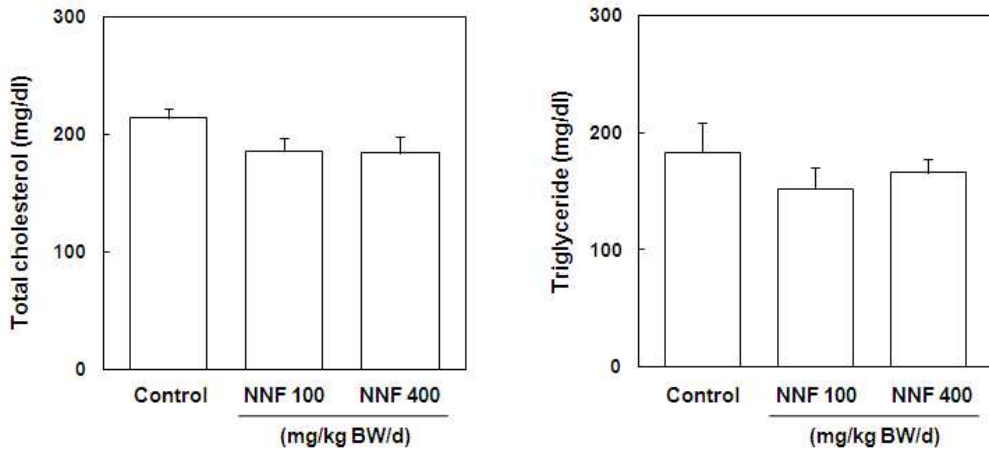


Fig. 1-26. Effect of *Nelumbo nucifera* fiber (NNF) on serum total cholesterol and triglyceride levels in db/db mice.

지방조직을 염색한 결과에 따르면 지방세포의 크기가 대조군에 비해 연잎 식이섬유 100 또는 400 mg/kg BW/d 투여에 의해 농도 의존적으로 유의하게 감소하였다(Fig. 1-27). 이는 지방세포 크기가 증가하는 것은 체중증가 때문이며 세포의 크기가 커지면서 인슐린 저항성이 나타나게 된다. 그러나 인슐린은 대조군에 비해 증가하였으나 지방세포 크기는 줄어들어 지방세포의 크기 증가에 의한 인슐린 저항성이 대조군에 비해 적을 것이므로 증가한 인슐린이 혈당을 낮추는데 기여하는 것으로 사료된다.

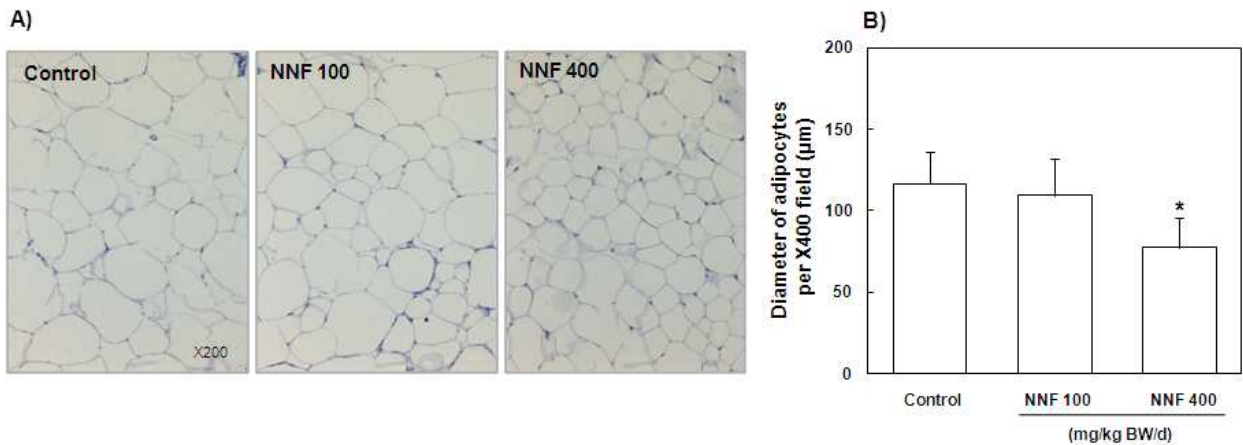


Fig. 1-27. Effect of *Nelumbo nucifera* fiber (NNF) on the size of adipose tissue in db/db mice. \*P < 0.05 versus control.

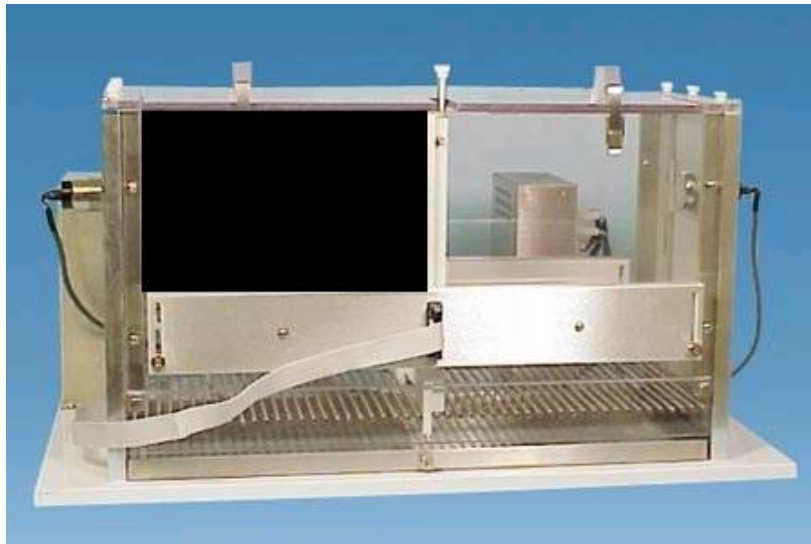
이상의 db/db 비만 동물 마우스에서의 연잎의 효과를 요약하면, 체중과 총 지방함량, 혈청 중성지방과 콜레스테롤 함량, 혈청 당화헤모글로빈은 연잎 식이섬유 투여에 의해 감소하는 경향만을 나타냈으며, 연잎 식이섬유는 인슐린 분비 증가로 인해 혈당을 조절에 관여하였을 가능

성이 높으며, 지방조직은 연잎 식이섬유 투여에 의해 농도 의존적으로 감소하였다.

### 바. 연자육의 뇌기능 개선 효과

#### (1) 수동회피실험(Passive avoidance test)

연자육과 연근이 치매에 미치는 영향을 비교하기 위해, scopolamine을 투여하여 흰쥐의 치매를 유도한 후 기억능력을 측정하였다. 전기 자극을 기억하는 시간(Latency time)은 정상군의 213초보다 scopolamine으로 치매를 유도한 군이 56초로 73% 감소하였다. 연자육 투여군의 경우 124초로 scopolamine투여군에 비해 54% 회복하였다. 연근 투여군의 경우 33초로 감소하여 회복이 이루어지지 않은 것을 확인 할 수 있다. 또한 양성대조군인 Aricept투여군의 경우 135초로 scopolamine투여군에 비해 58%상승하여 본 실험의 적절하게 수행되었음을 평가할 수 있었다(Fig. 1-28).



수동회피 실험장치(Shuttle box)

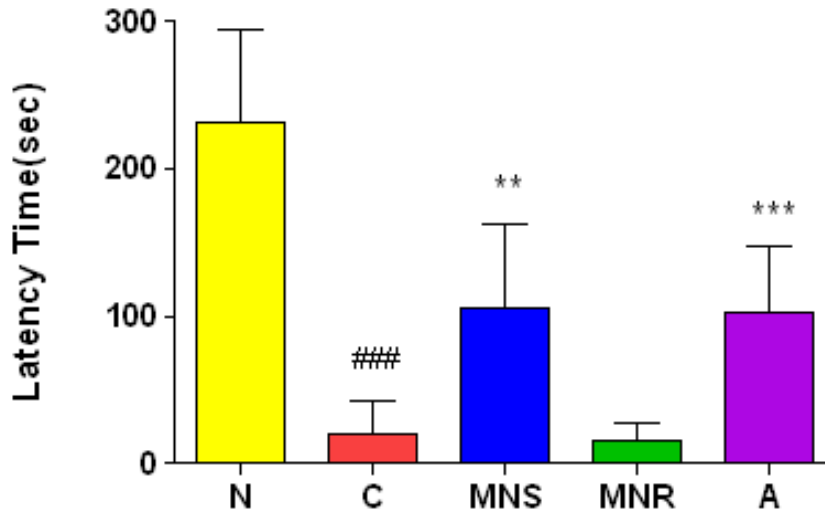


Fig. 1-28. Effects of Nelumbinis Rhizoma and N. Semen on the response latency of wistar rats in the passive avoidance test. Data represent the mean±S.D. \*\*p<0.01 compared to D.W(Mann-Whitney U-test).

Control : Group of rats treated orally with D.W(1.0g/kg/day, n=12)

MNR : Group treated orally with 70% methanol extracts of Nelumbinis Rhizoma(1.0g/kg/day, n=12)

MNS : Group treated orally with 70% methanol extracts of Nelumbinis Semen(1.0g/kg/day, n=12)

A : Group treated orally with Aricept(2mg/kg/day, n=12)

(2) 해마에서 ACHE효소의 활성억제측정법

(Inhibition of Acetylcholinesterase (ACHE) activity in hippocampus)

연자육과 연근이 치매에 미치는 영향을 비교하기 위해, scopolamine을 투여하여 흰쥐의 치매를 유도한 후 해마에서 ACHE효소의 활성억제정도를 측정하였다.

ACHE효소의 억제정도는 정상군의 100%보다 scopolamine으로 치매를 유도한 군이 90.3%로 9.7%감소하였다. 연자육 투여군의 경우 97.65%로 scopolamine투여군에 비해 7.35% 회복하였다. 연근 투여군의 경우 96.95%로 scopolamine투여군에 비해 6.65% 회복하였다. 또한 양성대조군인 aricept투여군의 경우 97.76%로 scopolamine투여군에 비해 7.46%회복하여 본 실험이 적절하게 수행되었음을 평가할 수 있었다(Fig. 1-29).

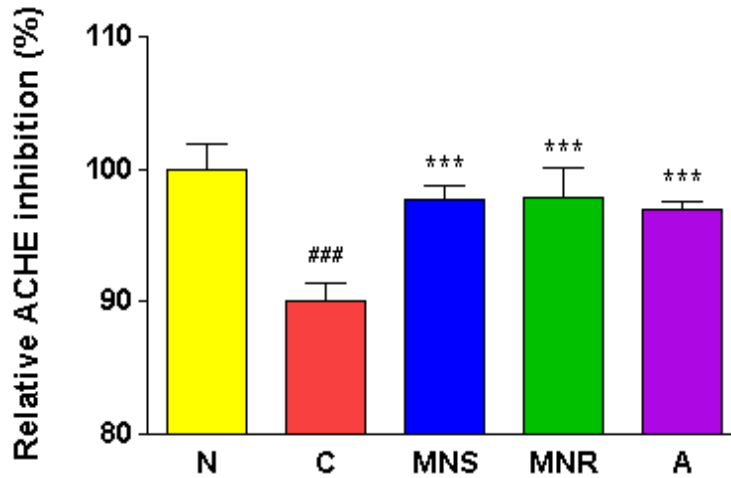


Fig. 1-29. Effects of Nelumbinis Rhizoma and N. Semen on Inhibition of acetylcholinesterase (ACHE) activity in hippocampus. Data represent the mean±S.D. \*\*p<0.01 compared to D.W (Mann-Whitney U-test).

Control : Group of rats treated orally with D.W (1.0g/kg/day, n=12)

MNR : Group treated orally with 70% methanol extracts of Nelumbinis Rhizoma (1.0g/kg/day, n=12)

MNS : Group treated orally with 70% methanol extracts of Nelumbinis Semen (1.0g/kg/day, n=12)

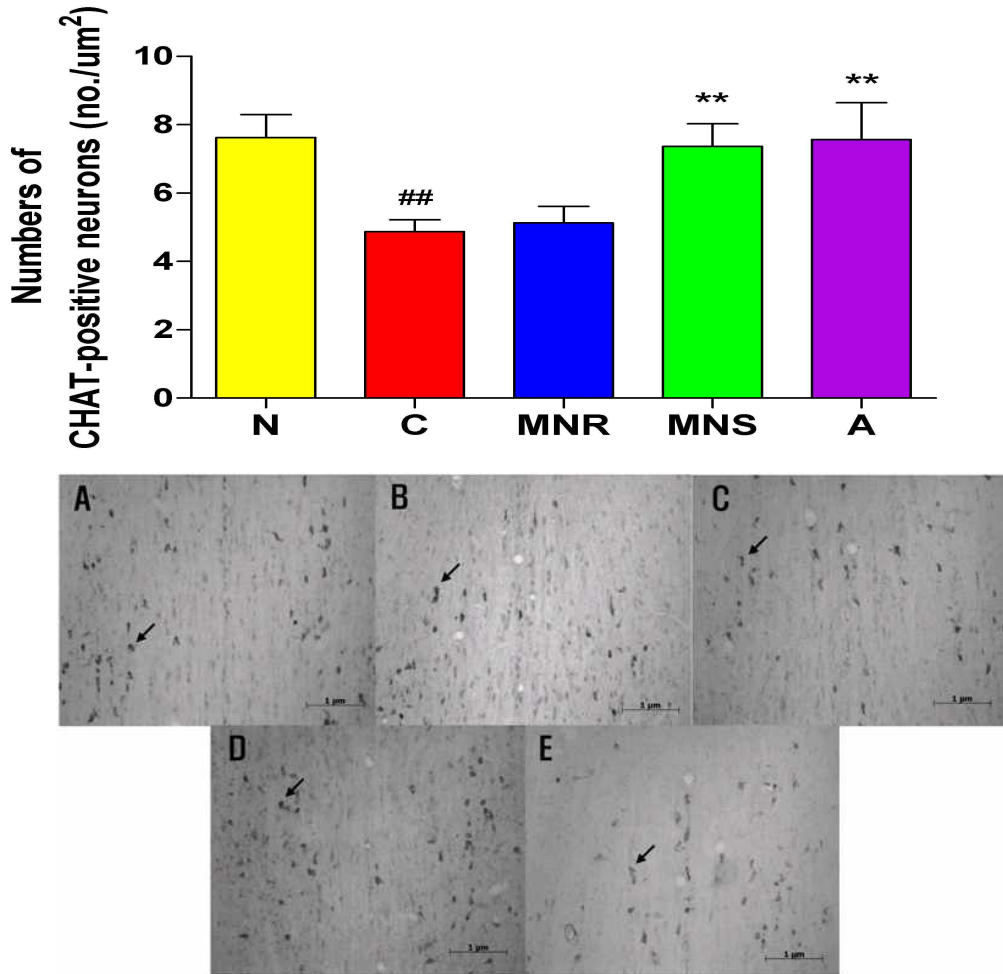
A : Group treated orally with Aricept (2mg/kg/day, n=12)

### (3) CHAT 면역염색법

(Cholineacetyl transferase(CHAT) Immunohistochemistry)

대뇌의 medial septum 부위의 cholineacetyl transferase에 미치는 영향을 알아보기 위해 CHAT를 이용한 면역 염색법을 시행한 후 medial septum부위에서 CHAT positive한 뇌세포의 수를 측정하였다.

CHAT를 이용한 면역 염색법에 의한 측정결과 CHAT positive한 뇌세포의 수는 정상군의  $7.6 \pm 0.6$ 개 (Mean±S.D., n=3)에 비해 대조군이 scopolamine 투여군이  $4.8 \pm 0.4$  (Mean±S.D., n=3)로 37% 감소하였다. 연자육 투여군은 대조군에 비해  $7.4 \pm 0.7$ 개(Mean±S.D., n=3)로 유의성 (P<0.01) 있게 54% 증가하였고, 연근투여군은  $5.1 \pm 0.5$ 개(Mean±S.D., n=3)로 6%증가하였다(Fig. 1-28). 또한 양성대조군인 aricept투여군의 경우  $7.6 \pm 1.0$ (Mean±S.D., n=3)로 scopolamine투여군에 비해 58%회복하여 본 실험이 적절하게 수행되었음을 평가할 수 있었다(Fig. 1-30).



(A)정상군, (B)대조군, (C)연근투여군, (D)연자육투여군, (E)양성대조약물 Aricept투여군 (X100배)

Fig. 1-30. Effects of Nelumbinis Rhizoma and N. Semen on Numbers of CHAT-positive neurons in medial septum. Data represent the mean±S.D. \*\*p<0.01 compared to D.W(Mann-Whitney U-test).

Control : Group of rats treated orally with D.W(1.0g/kg/day, n=3)

MNR : Group treated orally with 70% methanol extracts of Nelumbinis Rhizoma(1.0g/kg/day, n=3)

MNS : Group treated orally with 70% methanol extracts of Nelumbinis Semen(1.0g/kg/day, n=3)

A : Group treated orally with Aricept(2mg/kg/day, n=3)

#### (4) 연자총명탕의 뇌기능개선 작용

총명탕과 연자총명탕이 치매에 미치는 영향을 비교하기 위해, scopolamine을 투여하여 흰쥐의 치매를 유도한 후 기억능력을 측정하였다. 전기 자극을 기억하는 시간(Latency time)은 정상군의 242초보다 scopolamine으로 치매를 유도한 군이 42초로 83%감소하였다. 총명탕 투여군의 경우 136초로 scopolamine투여군에 비해 70% 회복하였다. 총명탕 가 연자육 투여군의 경우 154초로 scopolamine투여군에 비해 73% 회복하였다. 또한 양성대조군인 Aricept투여군의 경우 184초로 scopolamine투여군에 비해 78% 상승하여 본 실험의 적절하게 수행되었음을 평가할 수 있었다. 또한 연자육의 경우 132초로 scopolamine투여군에 비해 69% 상승하여 1차년도 실험과 유사한 결과를 나타내었다(Fig. 1-30).

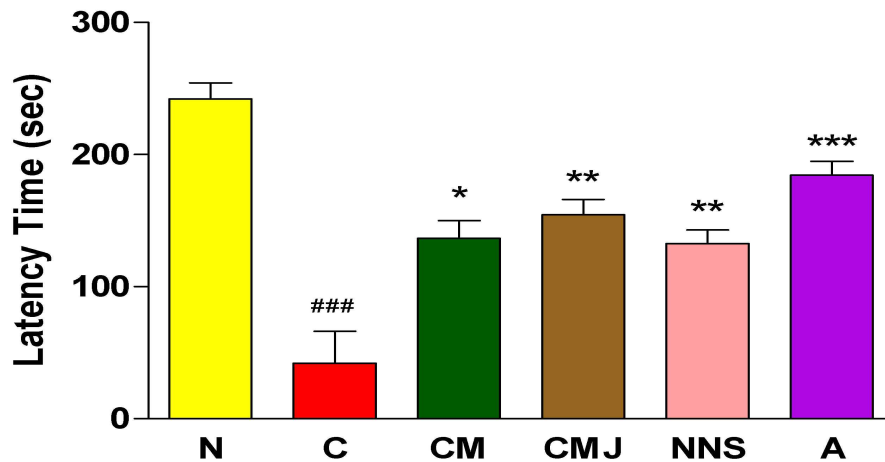


Fig. 1-31. Effects of chongmyungtang, yeunjachongmyungtang on the response latency of wistar rats in the passive avoidance test. Data represent the mean±S.D. \*\*p<0.01 compared to D.W(Mann-Whitney U-test).

Control : Group of rats treated orally with D.W(1.0g/kg/day, n=12)

CM : Group treated orally with 70% methanol extracts of chongmyungtang(1.0g/kg/day, n=12)

CMJ : Group treated orally with 70% methanol extracts of yeunjachongmyungtang(1.0g/kg/day, n=12)

NNS : Group treated orally with 70% methanol extracts of nelumbinis Semen(1.0g/kg/day, n=12)

A : Group treated orally with Aricept(2mg/kg/day, n=12)

ACHE효소의 억제정도는 정상군의 100%보다 scopolamine으로 치매를 유도한 군이 77.9%로 22.1%감소하였다. 총명탕 투여군의 경우 81.1%로 scopolamine 투여군에 비해 3.2% 회복하였다. 총명탕과 연자육 투여군의 경우 85.4%로 scopolamine 투여군에 비해 7.6% 회복하였다. 연자육 투여군의 경우 105.2%로 scopolamine 투여군에 비해 27.3% 회복하였다 또한 양성대조군인 aricept투여군의 경우 107.2%로 scopolamine 투여군에 비해 29.3%회복하여 본 실험이 적절하게 수행되었음을 평가할 수 있었다 (Fig. 1-32).



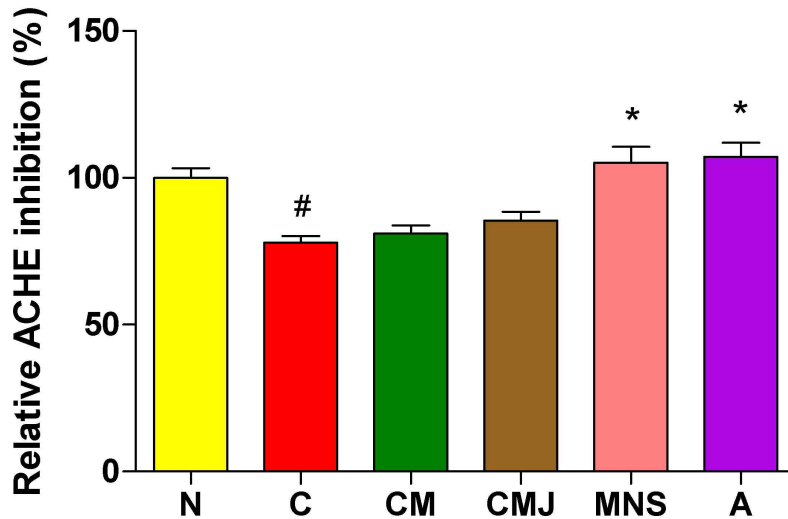


Fig. 1-32. Effects of chongmyungtang, yeunjachongmyungtang on Inhibition of acetylcholinesterase (ACHE) activity in hippocampus. Data represent the mean±S.D. \*\*p<0.01 compared to D.W(Mann-Whitney U-test).

Control : Group of rats treated orally with D.W(1.0g/kg/day, n=12)

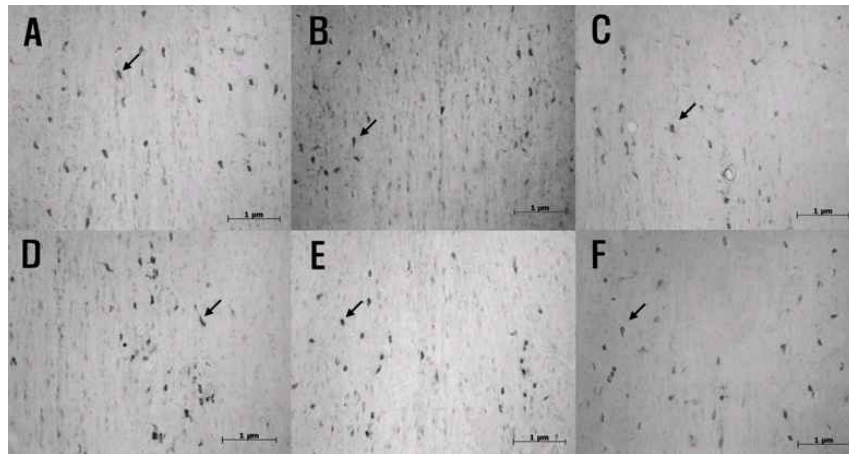
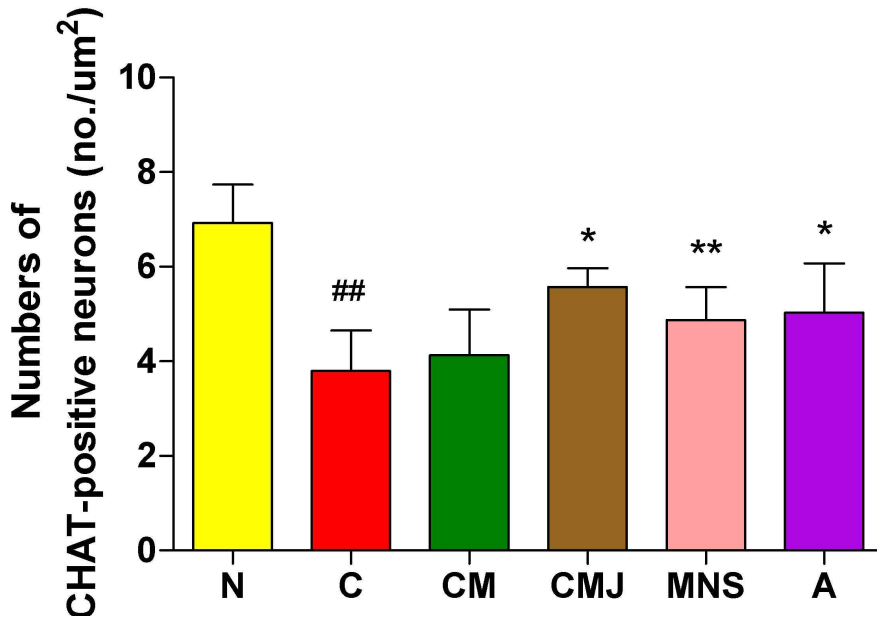
CM : Group treated orally with 70% methanol extracts of chongmyungtang(1.0g/kg/day, n=12)

CMJ : Group treated orally with 70% methanol extracts of yeunjachongmyungtang(1.0g/kg/day, n=12)

MNS : Group treated orally with 70% methanol extracts of nelumbinis Semen(1.0g/kg/day, n=12)

A : Group treated orally with Aricept(2mg/kg/day, n=12)

CHAT를 이용한 면역 염색법에 의한 측정결과 CHAT positive한 뇌세포의 수는 정상군의 6.9±0.8개 (Mean±S.D., n=3)에 비해 대조군이 scopolamine 투여군이 3.8±0.8 (Mean±S.D., n=3)로 45% 감소하였다. 총명탕투여군은 대조군에 비해 4.1±0.9개(Mean±S.D., n=3)로 7% 증가하였고, 총명탕 가 연자육 투여군은 5.5±0.4개(Mean±S.D., n=3)로 44% 증가하였다. 연자육 투여군은 4.9±0.7개 (Mean±S.D., n=3)로 29% 증가하였다. 또한 양성대조군인 aricept투여군의 경우 5.0±1.0(Mean±S.D., n=3)로 scopolamine 투여군에 비해 32% 회복하여 본 실험이 적절하게 수행되었음을 평가할 수 있었다(Fig. 1-33).



(A)정상군, (B)대조군, (C)총명탕투여군, (D)총명탕가연자육투여군, (E)연자육투여군, (F) Aricept투여군 (X100배)

Fig. 1-33. Effects of chongmyungtang, yeunjachongmyungtang on Numbers of CHAT-positive neurons in medial septum. Data represent the mean±S.D. \*\*p<0.01 compared to D.W (Mann-Whitney U-test).

Control : Group of rats treated orally with D.W (1.0g/kg/day, n=3)

CM : Group treated orally with 70% methanol extracts of chongmyungtang (1.0g/kg/day, n=3)

CMJ : Group treated orally with 70% methanol extracts of yeunjachongmyungtang(1.0g/kg/day, n=3)

MNS : Group treated orally with 70% methanol extracts of nelumbinis Semen (1.0g/kg/day, n=3)

A : Group treated orally with Aricept (2mg/kg/day, n=3)

#### (5) Microarray 및 RT-PCR 결과

SCD3, SOCS1, DIXDC1, Nmnat1 gene의 발현이 normal에 비해 control에서 발현이 낮았으며 연자육 투여군에서 다시 증가함이 나타났다. SCD3(syndecan-3)은 기억과 관련하여 hippocampus에서 신경가소성 (synaptic plasticity)을 조절하는 유전자이며 SOCS1 (suppressor of cytokine signaling 1)은 STAT 1,3 pathway의 조절을 받으며 과발현시 anti-apoptic effect를 나타낸다고 알려져 있다. 또한 DIXDC1 (DIX domain containing 1)은 Wnt signaling

pathway의 positive한 regulator로 cell의 proliferation에 영향을 미친다. 신경퇴행성 질환에서 신경세포의 상실과 함께 axon의 퇴화도 일어나는데 Nmnat 1(nicotinamide nucleotide adenylyltransferase 1)은 axon 퇴화의 주요 인자이며 active axom을 보호하는 역할을 한다. 연자육을 투여한 군에서는 주로 신경가소성이나 neurogenesis의 관련 gene 발현을 확인할 수 있었다(Table 1-22, 1-23)

Table 1-22. List of genes showing differential expression levels between in the control group compared in the normal group

GeneSymbol	Normalized	Pathways	Genbank
Pla2g5	15.480104	KEGG pathway: Arachidonic acid metabolism 00590	NM_017174
Adipoq	13.675378	KEGG pathway: Adipocytokine signaling pathway 04920	NM_144744
Cdk6	13.502856	KEGG pathway: Cell cycle 04110	XM_342638
Amotl1_predicted	12.812497	KEGG pathway: Tight junction 04530	XM_235827
Prlr	10.701559	KEGG pathway: Cytokine-cytokine receptor interaction 04060;	NM_012630
Sult1c1	10.260934	KEGG pathway: Cysteine metabolism 00272	NM_031732
Tfrc	9.555048	KEGG pathway: Hematopoietic cell lineage 04640	XM_340999
Cox8h	9.26224	KEGG pathway: Oxidative phosphorylation 00190	NM_012786
Pla2g5	8.678342	KEGG pathway: Arachidonic acid metabolism 00590	NM_017174
Pdcd1lg2_predicted	7.67557	KEGG pathway: Cell adhesion molecules (CAMs) 04514	XM_219777
Ccl28	7.585557	KEGG pathway: Cytokine-cytokine receptor interaction 04060	NM_053700
Map3k4_predicted	6.8911295	KEGG pathway: GnRH signaling pathway 04912	XM_217804
Gcg	6.1491075	KEGG pathway: Neuroactive ligand-receptor interaction 04080	NM_012707
MGC93997	0.49941275	KEGG pathway: Purine metabolism 00230	NM_001007697
Isgf3g	0.4985598	KEGG pathway: Jak-STAT signaling pathway 04630	NM_001012041
Thpo	0.49846575	KEGG pathway: Hematopoietic cell lineage 04640	NM_031133
Fgfr1	0.49470288	KEGG pathway: Adherens junction 04520	U95164
Eif2ak4_predicted	0.49366084		XM_230462
<b>Dixdc1</b>	0.49323493		XM_343390
Gad1	0.4927432	KEGG pathway: Alanine and aspartate metabolism 00252;	NM_017007
Commd5	0.49259678		NM_139108
Dguok_predicted	0.49232513	KEGG pathway: Purine metabolism 00230	XM_216194
Ninj2	0.4910014		NM_021595
<b>Nmnat1</b>	0.4879884		XM_216590
<b>Socs1</b>	0.4755989	KEGG pathway: Jak-STAT signaling pathway 04630;	NM_145879
Npff	0.42304507	KEGG pathway: Neuroactive ligand-receptor interaction 04080	NM_022586
Pfkfb3	0.4143755	KEGG pathway: Fructose and mannose metabolism 00051	NM_057135
<b>Sdc3</b>	0.21576326	KEGG pathway: Cell adhesion molecules (CAMs) 04514	NM_053893

Table 1-23. List of genes showing differential expression levels between in the NNS group compared in the control group

GeneSymbol	Normalized	Pathways	Genbank
Pdzd7_predicted	13.46827		XM_219940
<b>Sdc3</b>	6.798845	KEGG pathway: Cell adhesion molecules (CAMs) 04514; KEGG pathway	NM_053893
Birc4	5.928275	KEGG pathway: Apoptosis 04210	NM_022231
Prrr	4.796453	KEGG pathway: Cytokine-cytokine receptor interaction 04060	NM_012630
<b>Socs1</b>	4.163107	Jak-STAT signaling pathway 04630	NM_145879
Sema3f_predicted	3.808087	KEGG pathway: Axon guidance 04360	XM_236623
Gjb1	3.640335	KEGG pathway: Cell Communication 01430	NM_017251
RGD1560062_predicted	3.535236	KEGG pathway: Cell Communication 01430	XM_228209
Caacng5	3.412711	KEGG pathway: MAPK signaling pathway 04010	NM_080693
LOC292209	3.404848		XM_239589
<b>Dixdc1</b>	3.282126		XM_343390
Asah1	3.212576	KEGG pathway: Sphingolipid metabolism 00600	AF214647
Cd48	3.188565	KEGG pathway: Natural killer cell mediated cytotoxicity 04650	NM_139103
Fgf3	3.017304	KEGG pathway: MAPK signaling pathway 04010	NM_130817
LOC246266	2.933142	KEGG pathway: Alanine and aspartate metabolism 00252	NM_144750
Pde6h	2.911918	KEGG pathway: Purine metabolism 00230	NM_053688
Pla2g5	2.904492	KEGG pathway: Arachidonic acid metabolism 00590	NM_017174
Glb1_mapped	2.837232	KEGG pathway: Galactose metabolism 00052	XM_236675
Vil2	2.682435	KEGG pathway: Leukocyte transendothelial migration 04670	NM_019357
RGD1565416_predicted	2.621201	KEGG pathway: Focal adhesion 04510	XM_236367
<b>Nmnat1</b>	2.568885		XM_216590
Phyh2	2.563659		NM_053493
Mccc1	2.563147	KEGG pathway: Valine, leucine and isoleucine degradation 00280	NM_001009653
Wnt2	2.531166	KEGG pathway: Basal cell carcinoma 05217	XM_575397
Col3a1	0.499183	KEGG pathway: Cell Communication 01430	NM_032085
Ppie	0.49912		XM_216524
Ddit4	0.498216	KEGG pathway: mTOR signaling pathway 04150	NM_080906
Olr837	0.497418		NM_001000897
Hrhl	0.496536	KEGG pathway: Calcium signaling pathway 04020	NM_017018

Microarray의 결과를 확인하기 위해 RT-PCR을 시행하였다. 실험결과 DIDCX1의 경우 normal군에 비해 control 처리군에서 77% 정도의 발현이 감소하였고, NNS 처리군에서는 119%로 증가함을 나타내었다. 또한 SOCS1의 경우 normal군에 비해 control 처리군에서 89% 정도의 발현이 감소하였고, NNS 처리군에서는 102%로 normal과 비슷한 발현을 나타내었다. Nmnat1은 normal군에 비해 control 처리군에서 95%정도의 발현이 감소하였고, NNS 처리군에서 104%로 유의성이 없었다. SDC3의 경우도 normal군에 비해 control 처리군에서 90% 정도의 감소를 나타내었고 NNS 처리군은 94%의 약간의 발현 감소를 나타내었다.(Fig. 1-34)

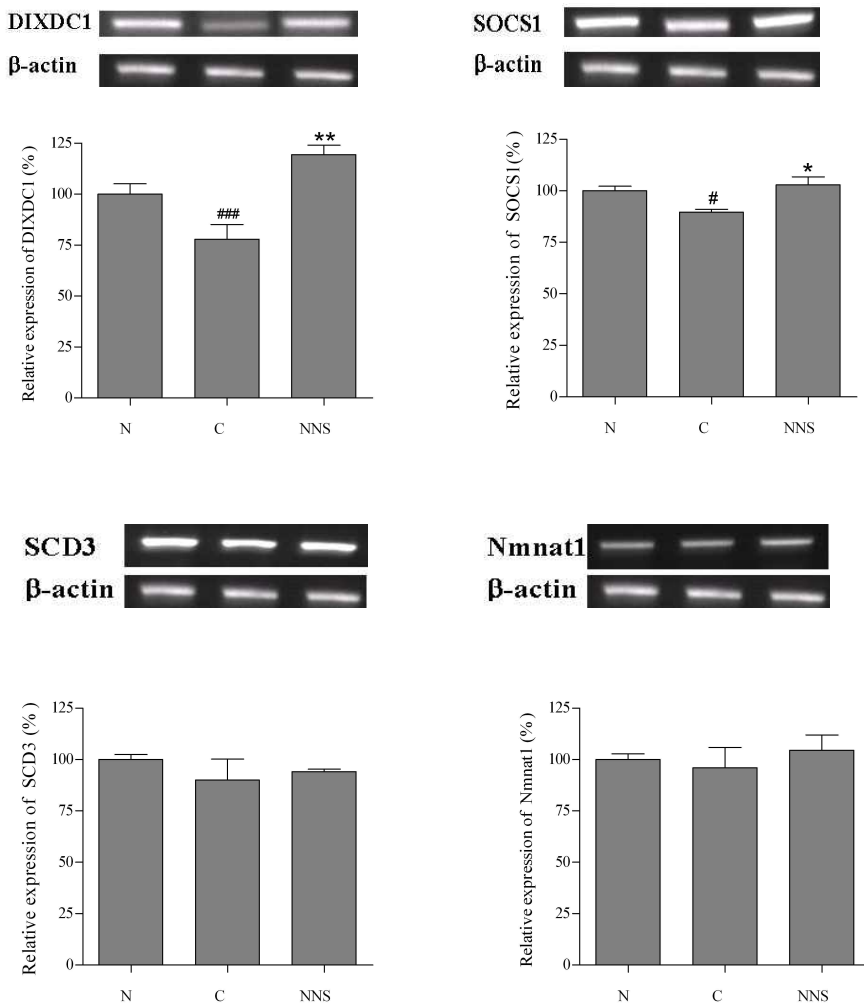


Fig. 1-34. Effect of Nelumbinis Semen (NNS) on RT-PCR analysis of gene expression in rat hippocampus. The level of gene expression was normalized according to the  $\beta$ -actin signal. Normal is vehicle treated group. Each column represents the mean  $\pm$  S.D. ( $n = 3$ ). # indicates the mean is significantly different from the normal value (#:  $p < 0.05$ , ###:  $p < 0.001$ ). \* indicates the mean is significantly different from the control value (\*:  $p < 0.05$ , \*\*\*:  $p < 0.001$ ).

이상의 뇌기능개선 실험결과를 요약하면, 연자육이 치매증상 개선 기능성 소재로 적합할 것으로 생각이 된다.

행동실험의 결과 치매로 인한 기억력 저하를 개선시키는데 연자육이 효과가 나타나 ACHE 효소 활성억제 측정법의 결과 연자육과 연근 모두 효소활성을 회복시키는 것으로 측정되었다. 또한 CHAT 면역염색 결과 연자육이 CHAT positive한 뇌세포의 수를 증가시키는 것으로 관찰되어 치매증상 개선 기능성 소재를 탐색하기 위하여 연자육과 연근을 비교한바 행동실험 결과와 ACHE 효소활성 회복 및 뇌의 medial septum 부위에서 뇌세포수를 증가시키는 효과가 나타났다. 분자생물학적 기법을 이용한 뇌기능 평가에 있어, 연자육 투여군에서 SCD3, SOCS1, DIXDC1, Nmnat1, 의 gene이 normal 및 control군에 비해 높은 발현을 나타냈고, RT-PCR을 통해 microarray 확인 결과 SOCS1, DIXDC1의 발현이 normal 및 control군에 비해 발현이 증가하였다. 이러한 유전자는 STAT 1,3, Wnt pathway에 의해 조절되어지는 유전자로

neurogenesis와 관련이 있을 것으로 예상되므로 치매개선 효과와 관련 연자육은 hippocampus의 neurogenesis를 증가 시킬 것으로 본다.

### 사. 백련의 항스트레스 효과

#### (1) 백련 부위별 시료량

백련부위(시료명)	시료량(g)
잎(백련잎, NL)	209.65
뿌리(백련근, NR)	183.03
열매(연자육, NS)	78.22

백련 시료를 조제후 무게를 측정한 결과, 백련 부위별 추출물의 수율은 백련잎이 21.0%, 백련 18.3%, 연자육이 7.8%를 나타냈다.

#### (2) 체중, 비장과 간장 조직의 무게

Table 1-24는 비장과 간장 조직의 무게 및 체중 변화에 관한 결과이다. 체중은 스트레스 유발 대조군(69.2 g)이 정상군(87.5 g)보다 무려 18.3 g이 감소되었으나 백련잎과 연자육 추출물 투여에 의해 체중이 80.7과 77.0으로 증가하였으며, 백련잎 추출물 투여군은 스트레스 유발 대조군에 비하여 통계학적으로 유의하게 체중이 증가하였다. 스트레스 유발 대조군의 비장 무게는 정상군 0.19 g에 비하여 스트레스 유발 대조군에서 0.17g으로 감소하는 경향을 보였으나 백련잎은 0.19 g, 백련근은 0.18 g, 연자육은 0.20 g로 증가하는 경향을 나타냈다. 간장 조직의 무게는 스트레스 유발로 인하여 간장조직의 무게가 정상군에 비해 0.2g 감소하였으나 백련잎 추출물 투여에 의해 정상군과 동일한 간장조직의 무게를 나타냈으며 백련근과 연자육 추출물은 증가하는 경향만을 나타냈다(Table 1-24)

Table 1-24. 체중, 비장과 간장 조직의 무게

Group	Body weight			Spleen weight (g/100g BW)	Liver weight (g/100g BW)
	Initial (g)	Final (g)	Gain (g)		
Normal	269.5±1.8	357.0±1.6	87.5±2.6	0.19±0.01	2.89±0.05
Control	269.0±2.5	338.2±3.7	69.2±2.5*	0.17±0.01	2.69±0.06*
백련잎(NL) 400mg/kg BW	267.8±4.5	348.5±5.9	80.7±4.7 <sup>†</sup>	0.19±0.01	2.89±0.05 <sup>†</sup>
백련근(NR) 400mg/kg BW	267.8±1.9	339.6±3.2	71.8±3.1*	0.18±0.01	2.78±0.03
연자육(NS) 400mg/kg BW	270.0±0.8	346.5±3.4	77.0±3.5*	0.20±0.01 <sup>†</sup>	2.80±0.07

\*p<0.05 vs. normal rats, <sup>†</sup> p<0.05 vs. control rats.

### (3) 혈당 및 혈청 총콜레스테롤과 중성지방의 함량

정상군에 비하여 구속스트레스에 의해 증가된 혈당은 백련잎과 연자육 추출물 투여군에서 미비하게 감소하는 경향만을 나타냈으나 백련근 추출물에서는 스트레스 유발 대조군에 비해 증가되는 경향을 보였다(Fig. 1-35). 혈청 중성지방의 함량은 스트레스 유발 대조군( $118.3 \pm 6.1$ )이 정상군( $65.8 \pm 6.3$ )에 비해 1.8배 증가하였으나 백련잎( $84.3 \pm 14.9$ )과 백련근( $81.3 \pm 4.7$ ) 추출물 투여에 의해 유의하게 감소되었다(Fig. 1-36). 그러나 총콜레스테롤 함량은 모든 그룹간의 차이를 나타내지 않았다(Fig. 1-37).

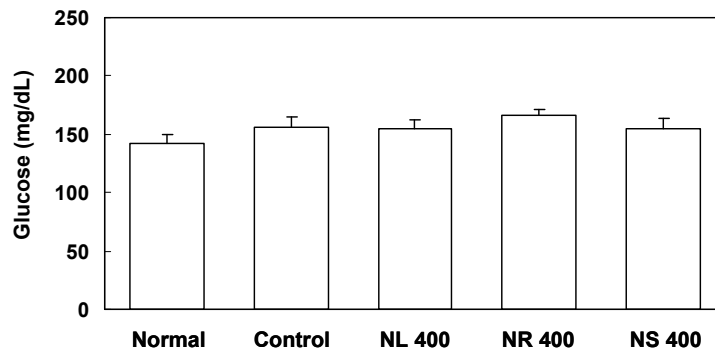


Fig. 1-35. 혈당

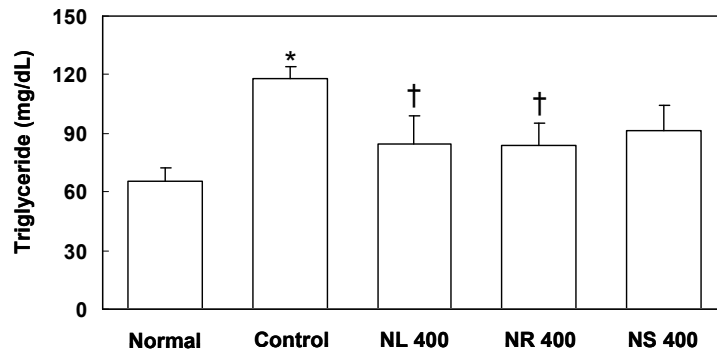


Fig. 1-36. 중성지방 함량

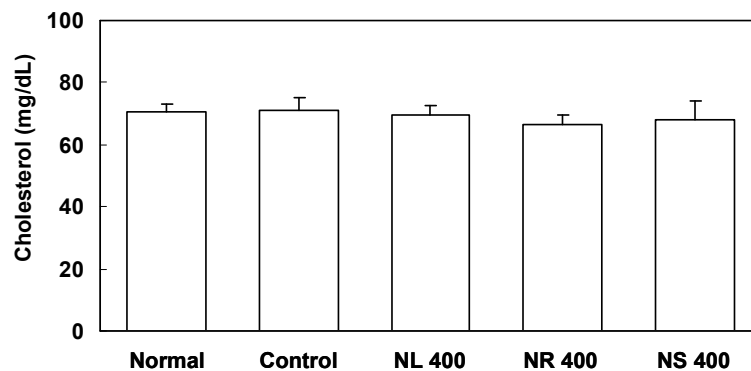


Fig. 1-37. 총콜레스테롤 함량

(4) 혈중 IgG 함량

혈중 IgG 함량은 정상군( $55.0 \pm 1.7$ )에 비교하여 스트레스 유발 대조군에서  $44.0 \pm 2.4$ 로 감소되었으므로 생체내 면역능이 20% 정도 떨어졌으나 백련잎( $56.0 \pm 8.64$ ), 백련근( $54.5 \pm 6.7$ ), 연자육( $56.0 \pm 1.5$ ) 추출물 투여에 의해 면역능이 증가하여 정상군과 유사한 IgG 함량을 나타냈다(Fig. 1-38). 그러나 통계학적으로 유의성은 보이지 않았다.

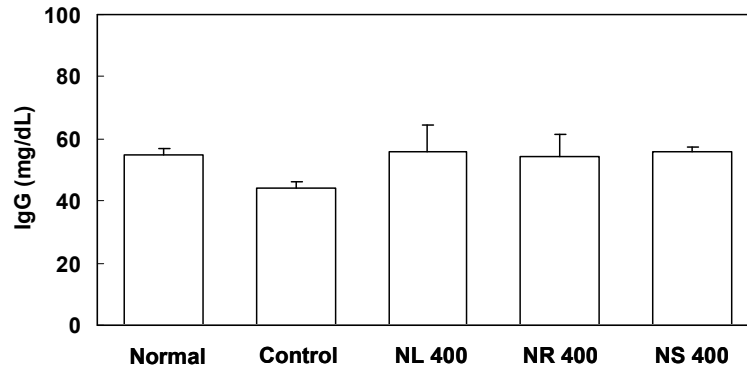


Fig. 1-38. IgG 함량

(5) GOT와 GPT 함량

간기능 장애와 관련된 GOT 수치는 스트레스 유발 대조군이  $178.0 \pm 15.4$ 로 정상군  $132.5 \pm 3.8$ 에 비하여 통계학적으로 유의하게 증가하였으나 백련잎( $133.0 \pm 8.1$ ), 백련근( $132.3 \pm 16.2$ ), 연자육( $133.0 \pm 5.5$ ) 추출물 경구투여로 인하여 정상군과 동일한 수치로 유의하게 감소되었다(Fig. 1-39). GPT 수치도 스트레스로 인하여  $72.4 \pm 10.2$ 로 증가하였으나 백련잎( $49.8 \pm 6.1$ ), 백련근( $48.5 \pm 3.4$ ), 연자육( $47.8 \pm 1.5$ ) 추출물 투여군에서 유의성 있게 감소되었다(Fig. 1-40).

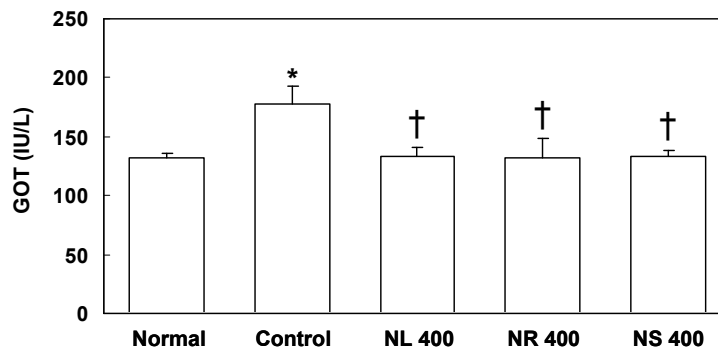


Fig. 1-39. GOT 함량



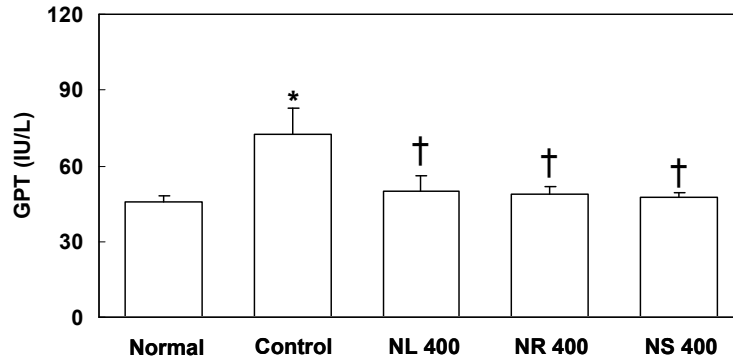


Fig. 1-40. GPT 함량

(6) 식도와 위장조직의 염증 관찰

스트레스 유발로 인한 식도와 위장 조직의 염증 정도를 관찰하기 위해 조직을 염색하였으나 모든 그룹간의 특이한 차이점은 관찰되지 않았다(Fig. 1-41, 1-42)

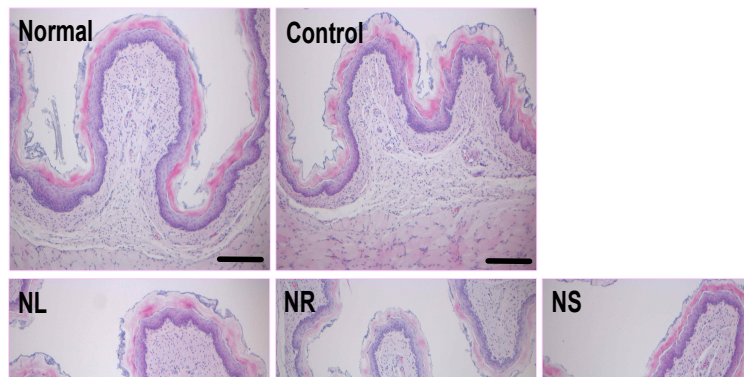


Fig. 1-41. 식도 조직의 형태학적 변화

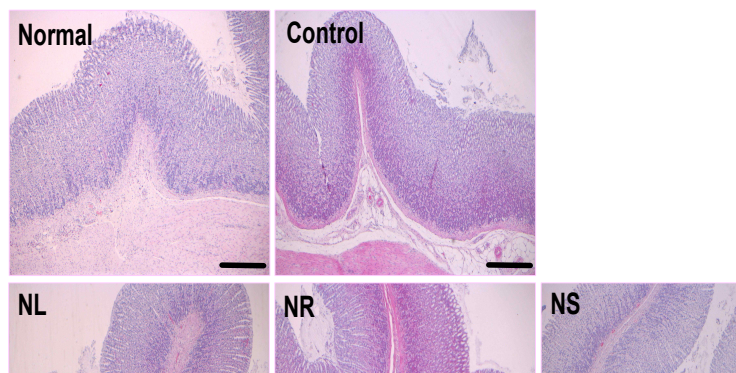


Fig. 1-42. 위점막 조직의 형태학적 변화

이상의 구속스트레스 동물모델에 있어 백련의 효과는 체중과 간장 조직의 무게는 대조군에 비해 백련잎 추출물 투여군에서 유의성 있게 증가하였으며, 혈중 중성지방의 함량은 대조군에 비교하여 백련잎과 백련근 추출물 투여군에서 유의성 있게 감소되었다.

면역능과 관련된 혈중 IgG 함량은 모든 투여군에서 정상군과 비슷한 수치를 나타냈으나, 간 기능과 관련된 GOT·GPT수치는 백련 부위 추출물 모두에서 유의성 있게 감소하였다.

따라서, 백련 부위별 추출물들 중에서 백련잎과 연자육 추출물이 스트레스로 인한 생체내 이상반응을 호전시키는 것으로 생각이 되며, 특히 백련잎 추출물이 스트레스로 인한 생체내의 면역학적 기능과 간기능 장애를 호전시켜 스트레스를 억제시키는데 도움이 될 수 있는 기능성 소재라고 사료된다.

#### 아. 백련 연잎천연식이섬유의 제제화 및 안정성

##### (1) 성상

제조된 연잎천연식이섬유의 성상과 포장상은 Fig. 1-43과 같다. 1포용량 4.0g에 1일 2회 권장량을 목표로 제1협동에 임상시험 재료로 공급하였다. 1회복용량 4.0g은 연잎으로부터 정제한 복합식이섬유 2.5g에 연근분말 0.5g을 주성분으로 제조하였다.



Fig. 1-43. 연잎 천연 식이섬유의 제조된 성상 및 포장상

(2) 연잎 천연식이섬유의 안정성 평가

우선 제품을 만드는데 사용되는 주원료의 품질과 주원료 자체의 안정성을 검토하기 위해 식이섬유 분말의 실온 2개월간의 안정성시험을 실시하였다. 연잎식이섬유의 성상은 암갈색 분말로서 강한 특이취가 있었으며 이는 실온 2개월 동안 계속 유지되었다. 강열잔분시험을 실시한 결과 불순물인 무기물의 양이 약 6.5%로 나타났다. 건조감량은 개시 시 약 2%대에서 실온 2개월간의 보관시험에서 8%대로 상승하였다. 이는, 외기의 차단이 미흡한 비닐포장상태에서 수분 흡습이 빠르게 진행되어 발생된 결과로서 매우 흡습성이 강한 특성이 있어 보관상 수분을 차단하여 보관하는 유의가 필요하다는 것을 보여주었다. 식이섬유의 안정성 평가 결과는 Table 1-25와 같다.

과립제의 성상 변화는 발생되지 않고 개시 때의 성상과 향을 유지하였다. 봉해는 1분 이내로 실온 1개월과 가속 1개월 제품 모두에서 유지되었으며, 입자도 0.85 $\mu$ m 이상의 입도 그대로 유지되었다. 가속 1개월 시험 결과, 과립제에서 건조감량이 개시 때보다 약 2% 상승하여 수분이 그만큼 과립제에 침투했음을 보여주었다. 과립제의 안정성시험 결과 수분 차단 용기 등으로 포장만 한다면 실온 6개월까지의 과립제 경시변화는 없을 것으로 예상되었다 (Table 1-26).

Table 1-25. 연잎 천연식이섬유의 안정성 평가 (온도)

구 분	개 시 (2008. 6. 14)	실온 1개월 (2008. 7. 14)	실온 2개월 (2008. 8. 14)	비 고
성 상 <sup>주1)</sup>	강한 특이취의 갈색 분말	좌 동	좌 동	비닐포장
건조감량 (120℃, 3분)	2.32%	4.72%	8.03%	
강열잔분 (500℃, 3시간)	6.47%(≒6.5)	6.45%(≒6.5)	6.48%(≒6.5%)	

주1. ○ 50℃, 6시간 건조 후 성상 관찰 시 변화 없음  
 - 과립제 제조시의 건조온도 설정 목적으로 실시  
 ○ 분말의 강한 특이취 - 비린 향과 고소한 향

Table 1-26. 연잎 천연식이섬유의 가속시험 (40℃, 상대습도 75%)

구 분		실 온		가 속	
		개시 (2008.6.14)	1개월 (2008.7.14)	개시 (2008.6.14)	1개월 (2008.7.14)
갈 색 과 립	성 상	약한 딸기향 과립	좌 동	약한 딸기향 과립	좌 동
	봉 해	1분이내	1분이내	1분이내	1분이내
	건조감량	4.1%	4.44%	4.1%	6.12%
	입 도	0.85 $\mu$ m이상	좌 동	0.85 $\mu$ m이상	좌 동

자. 백련의 면역증강 효과

(1) 마우스 비장세포부터 림프구의 분리 및 백련의 효과

연의 부위별로 연근(*N. nucifera* root: NR), 연꽃(*N. nucifera* leaf: NL), 연종피(*N. nucifera* seed coat: NSC), 연자육(*N. nucifera* seed media: NSM), 연꽃(*N. nucifera* flower: NF)을 10,

100, 500, 1000 $\mu$ g/ml의 농도별로 시행한 결과, 농도 의존적으로 비장 림프구의 증식을 억제시켰다. 이러한 효과는 연잎과 연종피에서 뚜렷하게 나타났다(Fig. 1-44). 또한 농도별 처리에서 IC50을 산출한 결과는 Table 1-27에 나타냈다.

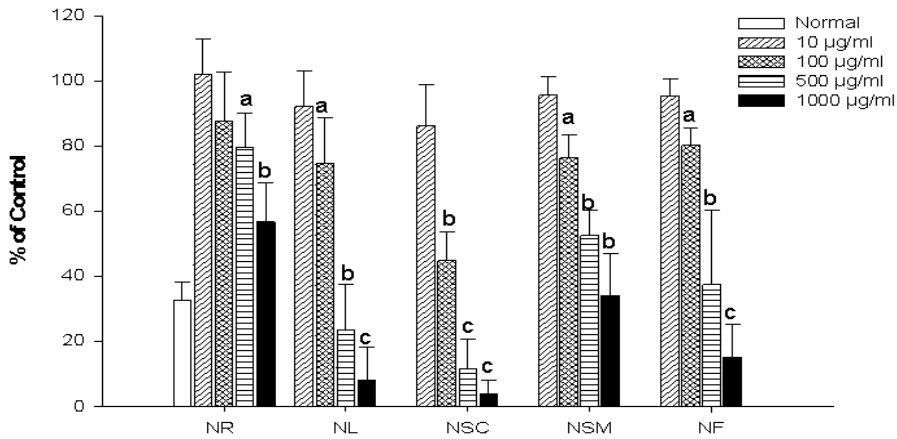


Fig. 1-44. 비장세포로 분리한 림프구에 있어 백련의 부위별 효과

Table 1-27. 백련부위별 면역억제 IC50값

Sample	IC <sub>50</sub> ( $\mu$ g/ml)	Correlation coefficient
NR	>1000	0.94
NL	393	0.89
NSC	207	0.74
NSM	643	0.92
NF	488	0.94

(2) RAW 264.7세포에 있어 대식세포 증식률

대식세포주 RAW264.7세포를 한국세포주은행으로부터 분양을 받아 실험에 사용하였다. 세포 1x 10<sup>5</sup> cell을 24 well plate에 seeding 후 4시간 배양하여 세포를 부착시킨 후, PBS(-)로 washing 후 LPS(lipopolysaccharide)를 처리하여 대식세포의 항원으로 작용케 하여 세포독성을 유발시켰다.

Fig. 1-45와 Table 1-28에서와 같이 연종피의 처리 농도가 상승함에 따라 세포증식률은 농도 의존적으로 감소되어 세포독성을 억제하여 IC50값이 131 $\mu$ g/ml을 나타냈다.

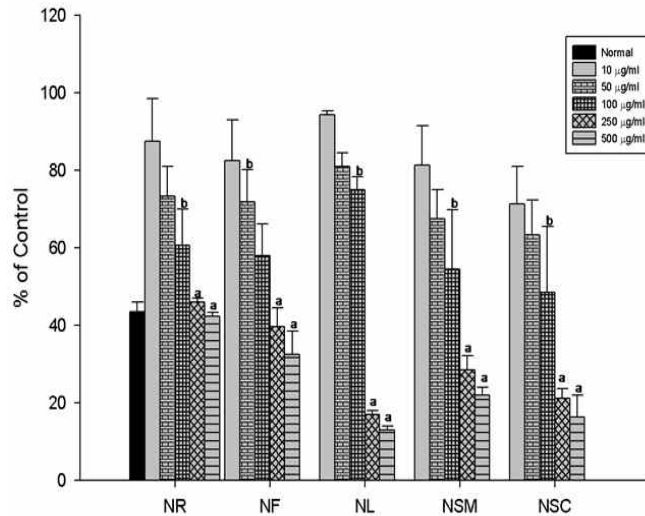


Fig. 1-45. LPS유도 RAW264.7 cell에 있어 백련의 세포독성 억제 효과

Table 1-28. LPS 유도 세포독성에 있어 백련의 IC 50값

LOTUS PARTS	r <sup>2</sup>	EQUATION	IC <sub>50</sub> (µg/ml)
Root (NR)	0.75	y= 0.08x + 23.04	337
Flower (NF)	0.84	y= 0.09x + 25.44	272.6
Leaf (NL)	0.84	y= 0.177 + 10.04	223
Seed Media (NSM)	0.83	y= 0.115x + 28.22	189.39
Seed Coat (NSC)	0.83	y= 0.112x + 35.3	131.25

연자심으로부터 분리된 bisbenzylalkaloid인 linensine과 neferine의 성분은 저농도에서 림프구의 증식을 억제 하였다. 또한 flavonoid의 apigenin 8-C-glucopyranose는 alkaloid보다는 고농도에서 억제작용이 나타났다 (Table 1-29,30).

Table 1-29. 연자심으로부터 분리된 alkaloid성분의 LPS 유도 세포증식 억제율

농도(mg/ml)	linensine	neferine
0	0	0
0.5	22.4±2.1	18.2±1.2
1.0	34.3±4.1	31.1±4.1
5.0	66.3±5.2	45.4±2.8
10	89.1±2.9	79.0±2.9
25	95.7±3.8	88.9±2.1

Table 1-30. 연자심으로부터 분리된 apigenin-8-C-glucoopyranose의 LPS 유도 세포증식억제를

농도 (μg/ml)	apigenin-8-C-glucoopyranose
0	0
1	5.1 ± 1.1
10	11.1 ± 1.3
25	30.3 ± 2.2
100	54.1 ± 2.1
250	66.7 ± 2.8

(3) A431, MDA-MB-231, Hep3B 암세포에 대한 백련의 효과

항암의 면역치료를 알아보기 위하여 암세포주 자체에 대한 백련의 효과를 검증하고 면역독성에 영역에 대해 검토하기 위하여 인체 유표피암 세포와 유방암세포주에 대해 세포독성을 검토하였다. 인체 유표피암세포 (A431)의 증식에 따른 연근시료의 증식억제 결과는 그림 20 A에 나타났다. 연근시료들은 저농도에서 유의한 세포증식을 억제하지 못하였으나 열수추출물에서는 농도의존적 억제양상을 보여 500 μg/ml 처리에서  $p < 0.05$  수준으로 1000 μg/ml 처리에서  $p < 0.001$  수준으로 유의한 억제 효과를 보여 억제율이 12%, 26%를 나타냈다.

인체 유방암 세포인 MDA-MB-231 세포주에서도 공시한 연근시료 모두에서 뚜렷한 억제 효과는 나타나지 않았으나 열수추출물 1000 μg/ml 처리에서 약 17%의 세포독성을 나타냈다 (그림 2-46).

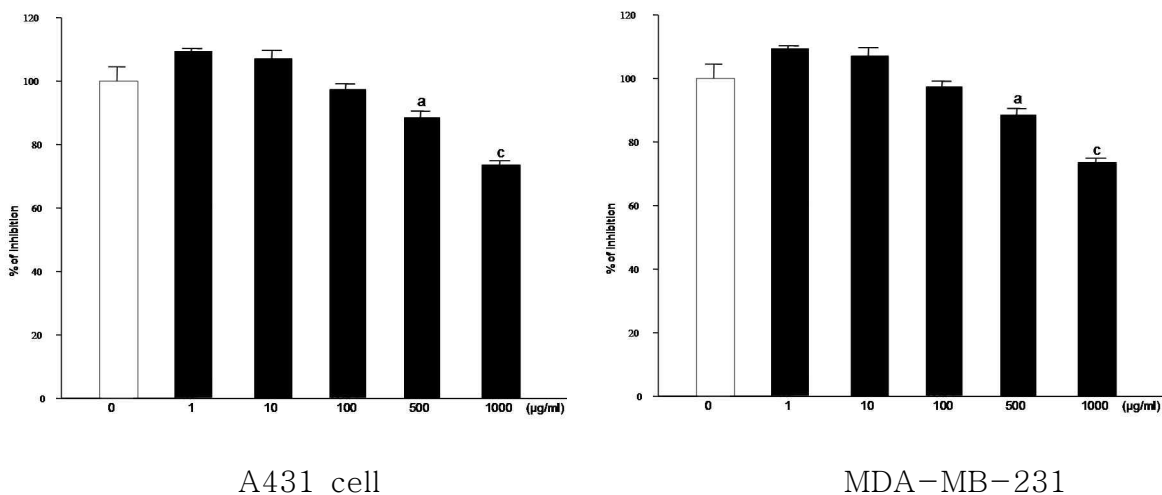


Fig. 1-46. 백련근 추출물의 항암세포 세포독성

MDA-MB-231, A431 cells were seeded at a concentration of  $5 \times 10^5$  cells/well in 100 μl of DMEM containing 0.1% of FBS in 96 well plates. After 5 hours incubation at 37°C and 5% CO<sub>2</sub>, the complete media was replaced with DMEM containing 10% FBS and treated with hot water extract of NNR (HWE) at concentrations of 0, 1, 10, 100, 500 and 1000 μg/ml for 24 hours. The formazan crystals thus formed were solubilised in DMSO and viability of the cells was determined using a colorimetric assay at 540 nm. Statistical significances: <sup>a</sup> $p < 0.05$ , <sup>b</sup> $p < 0.01$  and <sup>c</sup> $p < 0.001$

Hep 3B의 증식에 따른 시료의 증식억제 결과는 Fig. 1-44에 나타났다. 연자심으로부터 분리한 neferine은 저농도에서 유의한 세포증식을 억제하였으며 농도의존적 억제양상을 보여 25  $\mu$ g/ml 처리에서 암세포주를 거의 사멸시키는 결과가 얻어졌다.

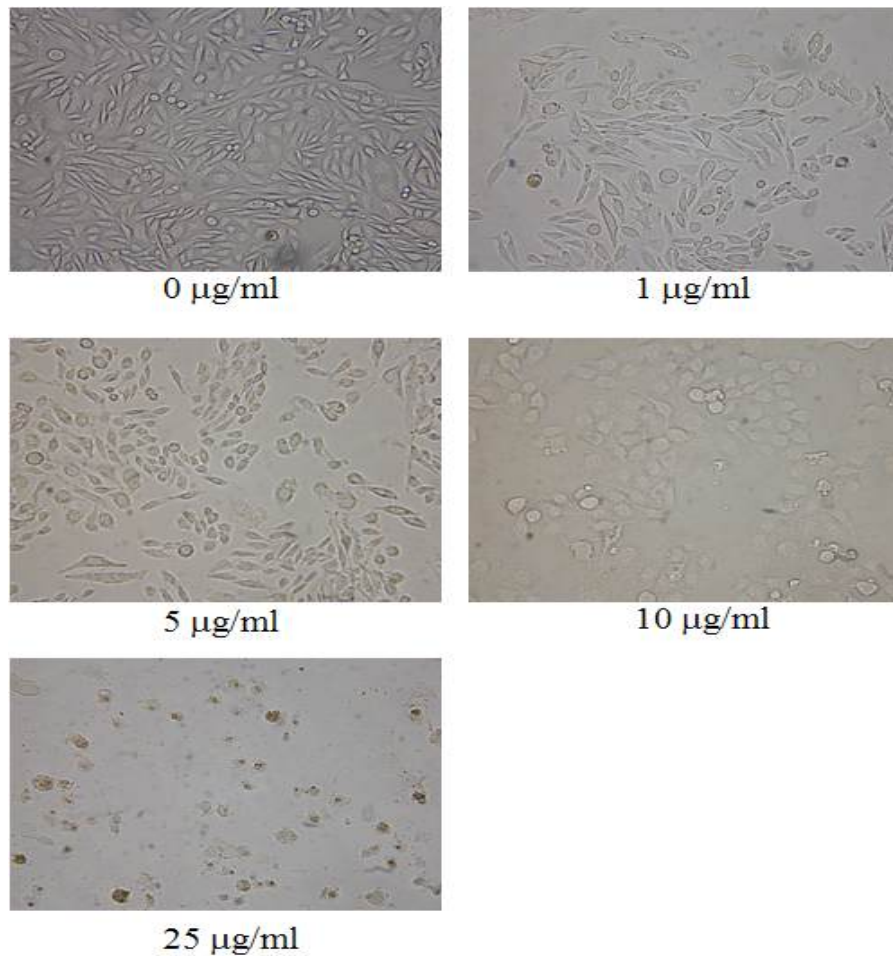


Fig. 1-47. Hep 3B 세포증식에 대한 neferine의 세포독성

Hep 3B cells were seeded at a concentration of  $5 \times 10^5$  cells/well in 100  $\mu$ l of DMEM containing 0.1% of FBS in 6 well plates. After 5 hours incubation at 37°C and 5% CO<sub>2</sub>, the complete media was replaced with DMEM containing 10% FBS and treated with neferine at concentrations of 0, 1, 5, 10 and 25  $\mu$ g/ml for 24 hours.

## 제2절 <제1협동과제>

### 임상실험모델을 통한 연의 건강증진 효과 검증

#### 1. 재료 및 방법

본 연구는 연 정제 섬유소를 이용하여 연 식이섬유의 항비만 효과를 확인하고 안전한 섭취 방법을 개발하고자 건강한 성인에서부터 과다체중, 비만자로 대상을 확대하였다.

2차년 정상성인 대상의 연구에 이은 3차년 과다체중, 비만자 대상 연구의 내용은 다음과 같다.

- 임상시험 대상자 규모와 대상자 선발 기준 개발
- 비만지표개발
- 연 정제 섬유소의 안전과 항비만 효과를 고려한 섭취 기준 개발
- 항비만 효과 연구

연구 영역별 구체적인 연구 내용은 다음과 같다.

- 임상시험 대상자 규모
  - 기존 섬유제제의 항비만 효과의 크기에 기초 연정제섬유의 효과를 추정
  - 검정력 등의 요소를 고려한 표본크기 계산
- 대상자 선발 기준 개발
  - 포함기준, 제외기준 개발
  - 연구에 포함될 정상성인의 범위 정립 (신체계측과 질환력에 기초)
- 비만지표개발
  - BMI 등 Ideal body weight 관련지표의 비교 검토
- 연정제 섬유소의 섭취 기준 개발
  - 연정제섬유를 통한 섭취량 범위 개발
  - 일일 섬유소 섭취 상한과 평균 섭취량을 고려 정제섬유를 통한 섭취량 기준 개발
- 연정제 섬유소의 항비만 효과 기준 개발
  - 항비만 효과와 관련한 신체계측, 생물학적 지표의 조사
  - 연정제섬유의 특성을 고려한 지표의 선정
- 연 정제 섬유소의 안전과 항비만효과를 고려한 섭취 기준 개발
  - 임상시험참여자의 신체계측 및 혈액학적 지표 분석
  - 객관적 지표와 함께 주관적 지표를 고려 섭취 범위를 개발
- 항비만 효과 연구
  - 건강성인(2차년)과 과체중, 비만(2차년)
  - 식이섬유 투여시간에 따른 시간효과를 고려한 시험군과 대조군 비교를 통한 비만지표 분석 및 비교

본 연구에 참여하는 연구대상자는 모집의 편의를 위하여 식품영양학과와 예방의학과 연계하여 전남대학교 홈페이지를 이용하여 연구에 대해 알리고 모집, 등록하였다. 등록된 대상자에게 일차적으로 간단한 기초정보(신장, 체중, 질환력 등)를 수집하고 대상이 되는 경우 사전조사에 참여하여 최종 참여 여부를 결정하였다.

연 식이섬유를 투여하는 개입, 임상시험기간 동안 모니터링하고 지속적으로 참여하도록 독려



하기 위하여 다음과 같이 구체적인 관리기준을 적용하여 수행하였다.

○ 사전조사 및 교육

- 연구참여에 따른 주의사항, 중간점검 일정, 모니터링에 대한 안내

○ 중간 단계의 모니터링

- 대상자의 휴대전화를 통한 recall/remind 실시
- 연구원의 전화통화 실시, SMS 서비스 활용
  - ; 전화로 불편사항을 확인(<부록 4. 경과 기록지> 자료 미제시)
  - ; SMS를 이용 중간관리를 위한 방문일자를 확인, 섬유소 복용을 독려

○ 대상자 통제와 중도 탈락 방지 위한 대책

- 대상자 모집 당시에 연구의 목적, 취지 등에 대한 충분한 설명
- 중간 과정에서 발생할 수 있는 여러 가지의 이상반응 등과 이에 대한 대처방법 설명
  - : 초기에 나타날 수 있는 신체 반응의 범위, 이상 반응 추정 시 대처 요령 및 연락처를 교육
- 연구 참여에 대한 보상 실시

임상시험은 6주 동안 시행하였다. 시행 전에 기초조사를 시행하고 기초조사의 결과(BMI와 체지방률)에 따라 층화하여 시험군과 비교군에 무작위 할당하였다. 임상시험이 끝나는 시점에 결과조사를 수행하였고 대상자의 관리와 모니터링을 위해 위의 관리기준을 적용하여 관리하고 지속적으로 참여하도록 하였다.

<1. 임상시험을 위한 준비>에서 도출된 임상시험의 방법을 건강한 과체중 및 비만 성인에 적용하면서 현실적인 여건에 따라 수정, 보완하여 실천 가능한 구체적인 방안을 찾으려 하였으며 원칙에서 벗어나지 않는 범위 내에서 수행하였다(현실을 고려하여 구체화된 수행 기준).

본 연구는 이용한 연 정제 섬유소를 다른 연구팀에 의뢰하여 분리되었으며 다음의 절차에 따라 제작되었다.

○ 섬유소 정제 과정 (연잎으로부터 섬유소의 분리 및 정제)

① 연잎으로부터 섬유소의 분리

- ; 연잎 건조 잎 2009, 2010년산(각각 당해연도)을 구입(1kg, (주)다연, 전남 무안)하여 두꺼운 잎줄기를 선별 제거하고 재료로 사용
- ; 섬유소의 제조는 손 등의 방법과 AOAC 방법을 변형하여 사용
- ; 선별된 연잎 400g을 95℃ 2% HCl 20L 스테인레스 통에 넣고 95℃에서 4시간 산분해하였음
- ; 산분해 후 여과와 세척을 반복하여 중성이 되도록 한 다음에 200mesh 체에서 압착 탈수하여 수분을 제거하였음
- ; 산분해물을 95℃ 2% NaOH 20L 스테인레스 통에 넣고 95℃에서 4시간 알칼리분해하였음
- ; 알칼리 분해 후 여과와 세척을 반복하여 중성이 되도록 한 다음에 20L 증류수에 침지하여 하룻밤 방치하여 세척하고 200mesh 체에서 압착, 탈수하여 수분을 제거하였음
- ; 이것을 스테인레스 망에 얇게 펼쳐 건조가 용이하게 한 다음에 65℃ 열풍건조기에서 12시간 건조하여 연잎 섬유소 약 90g을 제조하였음

② 분리한 섬유소의 영양소 분석

- ; 분리 한 섬유소 분말의 일반성분 및 중금속 납 함량을 분석한 결과 식이섬유소가

94.7%이었으며 임상 실험의 적합성을 위해 중금속량을 분석한 결과 기준인 4 mg/kg 이하로 적합한 것으로 판정되었음 (Table 2-1)

Table 2-1. 분리한 섬유소의 정량.

검사항목	결과	비고
수분(%)	0.8	
회분(%)	1.5	
조지방(%)	2.0	
조단백(%)	1.7	
식이섬유(%)	94.7	
납(mg/kg)	0.7	
중금속	적합	기준 : 4(mg/kg)이하

연 정제 섬유소 추출은 다른 연구팀에, 섬유소 제형 제작은 외부 전문업체에 의뢰하여 제작하였다 (2차년 과립형, 3차년 환형, Fig. 2-1, 2-2).



Fig. 2-1. 과립형(좌) 및 환형 연 정제 섬유소.

○ 플라시보 제작

- 환 기준량
  - ; 환 40알(3.925g)
  - ; 환 기준량은 여러 크기의 환제를 이용하여 실제 섭취하였을 때 가장 편한 크기로 정함
- 환 기준량(40알, 3.925g)에 포함된 재료 및 양
  - ; 유당 1.52 그램
  - ; 옥수수전분 1.48그램
  - ; 연근분말 0.05 그램
  - ; 결합제 0.23 그램
  - ; 크로스포비돈 0.356 그램
  - ; 베타덱스 0.03 그램
  - ; 아스파탐 0.068 그램
  - ; 색소 0.0312 그램
  - ; 딸기 향코튼 0.16 그램



Fig. 2-2. 위약 과립형 식이섬유(좌) 및 환형 식이섬유(우).

## 2. 실험 결과

### 가. 연 기능 효과 검증을 위한 단계별 임상시험 방법론 정립

임상시험은 특정 질병에 걸릴 위험이 큰 인구집단을 해당 질병으로부터 보호하고, 특정 질병에 걸릴 환자를 조기에 발견하여 적절히 치료할 수 있는, 가장 적절한 진단, 치료 및 예방법을 찾고자 수행하는 사전에 잘 계획된 실험적 연구이다. 임상시험은 예방 효과 판정 및 치료효과 판정 임상시험으로 분류할 수 있다. 예방효과 판정 임상시험은 특정 처치법이 대상 질병의 발생을 예방하거나 발생 위험도를 의미 있게 낮추는지 평가하기 위한 임상시험을 의미한다. 치료효과 판정 임상시험은 특정 치료법에 의한 질병의 임상적 증상, 증세의 완화 여부나 생존기간의 증진 여부 등을 평가하기 위한 임상시험을 의미한다.

연 생리적 효과를 검증하려면 연을 복용 또는 섭취하는 사람들의 실태와 그 작용 등에 대해 살펴보아야 한다. 사람을 대상으로 타 세부과제에서 개발된 연 제품의 효과를 확인하려면 적절한 대상자를 선정하여, 이들로 하여금 정해진 계획 내에서 섭취하도록 하여 연으로 말미암은 작용과 효과를 평가할 수 있도록 하는 것이 필요하다. 이러한 목적을 달성할 수 있는 적절한 연구방법론의 선택이 필요하며, 다양한 연구 방법론 중에서 사람을 직접 대상으로 하고, 연구의 목적이 효과적인 질병예방법과 진단법 및 치료법을 개발하기 위하여 수행되는 연구는 실험역학 연구방법이다. 잘 계획되고 수행된 실험역학 연구는 시험관 연구나 동물실험연구보다 훨씬 영향력이 크고 고급스러운 연구이다. 이는 실험실적 연구 결과가 직접 사람에게 적용하기 어려운 경우가 많지만, 사람을 대상으로 한 연구는 그 결과를 직접 사람에게 적용하여 질병의 예방과 진단 및 치료에 활용할 수 있기 때문이다.

본 연구의 목적을 달성하기 위해 실험적 연구방법론을 이용하고, 실험연구의 설계는 초기 단계의 임상 시험과 제품의 효과를 판정하기 위한 목표를 달성하기 위한 방향으로 구성되도록 하였다 (Fig. 2-3). 본 연구는 임상시험의 단계 중 가능한 제1상 임상시험과 제2상 임상시험의 방법론을 활용하였다. 인체에 대한 안정성과 효능을 파악하고, 제품의 효과를 판단하려는 방법으로 구성하였다.

### 나. 임상시험을 위한 준비

실제 임상시험 대상자 선정을 위해 3 영역(윤리적 고려사항, 연구대상자 선정 기준 및 배제 기준, 임상시험 실행을 위한 조건을 만족하는 표본 수)으로 나누어 준비하였다.

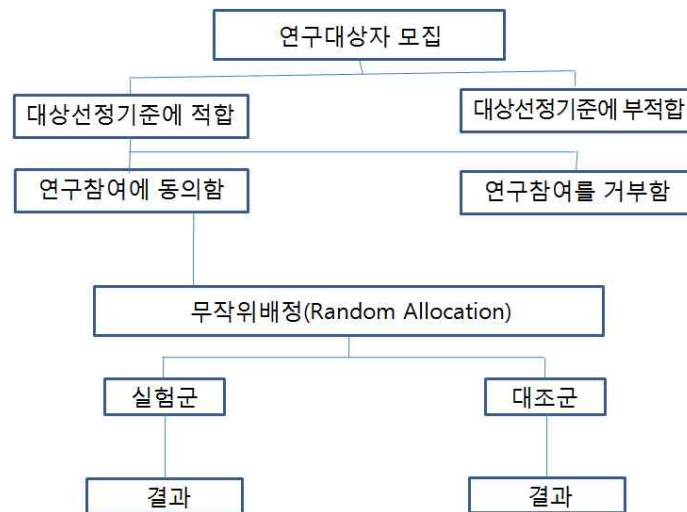


Fig. 2-3. 무작위배정 실험연구의 연구 설계

연구 대상자 선정 시 고려사항으로 임신 및 수유 여성 등은 제외하도록 하였고, 연구취지에 대해 충분히 설명을 듣고 동의한 사람만 자발적 동의서(Informed consent) 양식에 의해 자신의 참여의사를 밝히고 참여하도록 하였다(<부록 1. 참가신청서>, <부록 2. 참가동의서> 자료 미제시).

자발적 동의서에는 다음의 내용이 포함되었다.

- 1) 연구개요 및 목적
- 2) 섬유소 투여 과정, 위험 및 부작용
- 3) 자발적 참여 및 비밀 보장

연구대상자의 선정을 위해 <선정 기준 및 배제 기준>은 정상인을 대상으로 연구추출 제품을 섭취하였을 때의 인체에 대한 안정성에 기초하여 정하였다. 사전 조사에서 인체의 생리적 및 생화학적인 기능 변화를 측정하여 간기능, 신장기능 검사의 이상이 없는 사람으로 하였다. 연구대상자의 포함범위는 건강한 성인 남, 여로서 기준 체질량지수를 만족하는 사람으로 하였다. 최종 연구대상 선정 기준은 구체적인 체질량지수, 자발적 참여의사, 연락가능성을 포함하여 다음과 같이 정하였다.

- 1) 18세 이상 60세 미만의 정상성인(2차년, 체질량지수 25 미만), 과체중 또는 비만(3차년, 체질량지수 23.5 이상)인 남, 여
- 2) 연구의 취지에 대한 설명을 들은 후 자발적으로 연구에 참여하기로 동의한 자
- 3) 모니터링을 위한 의사소통과 연락체계가 갖추어진 자

연구대상자 배제 기준은 예측할 수 있는 부작용 및 합병증에 이환될 가능성이 큰 고위험자를 제외하도록 마련되었다. 연식이섬유의 경우 오랫동안 식용으로 이용되었고 알려진 독성이 거의 없어서 부작용이나 합병증보다는 연구결과에 영향을 줄 수 있는 일반적인 신체조건을 배제하도록 다음과 같이 배제조건을 정하였다.

- 1) 심혈관계 질환(심근경색, 뇌졸중, 협심증, 심부전)의 과거력
- 2) 당뇨병과 치료받지 않은 갑상선 질환 등 대상이상 질환자
- 3) 기능부조 : 신장, 간 기능 이상

4) 이상에 제시된 질병이나 기타의 질병 치료의 목적으로 약물을 투여받고 있는 자 연구에 필요한 대상자 수는 연 정제 섬유 복용에 따른 체중변화를 가정하여 효과의 크기, 오류와 통계적 검정력을 기초로 다음과 같이 산출하였다. 최종적으로 집단별로 20명 정도 필요하였다.

- ① 귀무가설과 대립가설을 정의하고 단측가설 혹은 양측가설을 정한다.
  - 귀무가설 : 연추출제품의 복용은 체중감량과 관련이 없다.
  - 대립가설 : 연추출제품의 복용은 체중감량과 관련이 있다.
  - > 양측가설로 검정
- ② 가설상의 독립변수와 종속변수의 척도를 기초로 하여 적절한 통계학적 검정법을 선택한다.
  - 종속변수 : 체중감량 - kg로 측정된 연속변수(비척도)
  - 독립변수 ; 연추출제품의 복용 유무 (명목척도)
  - 가능한 통계적 검정방법 : t-검정
- ③ 예상되는 차이의 크기를 정한다.
  - 감량된 체중의 크기 : 2kg/3wks
  - 표준편차 : 2.3kg
- ④  $\alpha$ 와  $\beta$  - 오류 혹은 통계적 검정력을 결정한다.
  - $\alpha$ -오류 : 0.05  $\rightarrow Z_{\alpha} = 1.96$
  - $\beta$ -오류 : 0.2  $\rightarrow Z_{\beta} = 0.84$
- ⑤ 주어진 공식을 이용하여 필요한 표본수를 산출

$$N = \frac{(Z_{\alpha} + Z_{\beta})^2 \times S^2 \times (q_1^{-1} + q_2^{-1})}{d^2}$$

$$= \frac{(1.96 + 0.84)^2 \times 2.3^2 \times 2}{2^2} = 20.7 \cong 21$$

→ 각 그룹별 약 21명 정도 필요

임상시험의 대상자 선정 및 연 정제 섬유 효과 평가를 위한 비만 지표는 주관적인 영역과 객관적으로 판정할 수 있는 영역으로 다음과 같이 분류하여 개발하였다.

주관적 평가는 전문가와 대상자가 정제섬유에 대해 평가하는 것으로 섭취에 따른 변화를 참여자가 보고하고 전문가가 이를 평가하여 연 정제 섬유관련성을 검토하도록 하였다. 주관적 평가에는 1) 섭취 용이성, 복용 시 불편감 등 섭취와 관련된 대상자의 주관적 느낌, 2) 배변습관의 변화 등 섬유소 공급에 따른 위장장관 증상의 변화, 3) 연 정제 섬유에 대한 인체의 기타 반응(예, 피부 발적 등 신체 이상반응의 유형, 반영의 강도), 4) 장기복용과 관련된 문제가 포함되었다. 주관적 평가 대상 항목은 연 정제 섬유에 대한 관능성 및 관련 부작용에 대한 모니터링에도 이용되어 1) 섬유소 공급에 따른 배변습관의 변화와 관련된 항목, 2) 기타 복용 시의 불편감 및 이상반응을 모니터링 하도록 하였다.

객관적 평가는 항비만 효과에 대한 측정 가능한 지표를 3가지 영역으로 나누어 선정하였다. 체중감량효과 판정을 위한 항목으로 체중, 체질량지수, 허리둘레, 체지방량 등을 포함하였다. 보조적 효과 판정 위한 지표로 혈압, 혈청 지질, 생화학적 검사 결과 등을 포함하였다(<부록 3. 이화학적 검사 기록지>를 참조). 신체계측 및 혈액분석을 통해 산출 가능한 비만지표는 다음과 같다.

- 1) 신체계측: 신장, 체중, 허리둘레, 엉덩이 둘레, 체질량지수, 허리둘레-엉덩이 둘레의 비), 혈압(수축기, 이완기 혈압), 체지방 측정(Inbody 이용) 등
- 2) 혈액학적 검사: 혈당(glucose), 간 기능검사(LFT), 신장 기능검사(RFT), 지질검사(lipid profile) 등

또한 체중감량 효과 판정을 위하여 통제하여야 할 특성으로 식이행태(식이섭취빈도 또는 하루 섭취 칼로리량)와 건강특성(체중조절 노력, 질환 과거력, 배변습관, 음주, 스트레스, 신체활동 등)를 포함하였다(<부록 3. 기초조사 설문지>, <부록 4. 결과조사 설문지> 자료 미제시).

#### 다. 연 정제섬유소 제형 및 섭취 기준 개발

##### (1) 연 정제 섬유 제형별 관능검사

연 정제 섬유의 제형별 관능검사는 Table 2-2, Table 2-3과 같은 항목으로 수행하였다. 이들 항목은 섬유소 섭취 편의성에 많은 영향을 주는 항목으로 대상자의 의견에 따라 제형을 결정할 필요가 있다. 본 연구는 섭취 편의성에 영향을 주는 제품의 물리적 성상을 알아보고자 하여 단순한 외관뿐 아니라 제품의 맛, 삼키거나 씹을 때의 불편을 같이 검토하였다. 관능검사는 참여자를 대상으로 각각의 항목에 대해 그룹 인터뷰 방식으로 묻고 의견을 정리하였다. 2차년은 과립형 섬유에 대해, 3차년은 과립형과 환형을 비교하여 실시하였다.

과립형에 대한 의견은 섬유소 제공시기별로 서로 다르게 나타났다. 대체로 색, 크기, 굳기 등의 변화에 대해 이야기를 하였고 아울러 삼키는데 불편하다는 보고가 주를 이루었다. 또한 연 정제 섬유에 대한 의견은 관련전문가와 참가자 간 다소 의견이 달랐다.

Table 2-2. 과립형 연정제 섬유에 대한 관능평가

항목	전문가	대상자
색	정제 과정에 따라 색이 달라짐	매번 색이 달라짐
냄새	레몬 냄새로 무난	-
크기	크기가 달라짐	커서 삼키는데 어려움
감촉, 경도	처음엔 무른 편이나 쉬 딱딱해짐	딱딱해서 불편
맛	무난하나 비릿한 경우가 있음	흰 섬유의 경우 맛이 씹
저작성	잘 씹히지 않음	-
1회 분량 크기	약간 많으나 큰 문제가 아님	한번에 먹기에 많음

비교 관능평가 결과는 Table 2-3과 같으며 제형별 섭취 편의성이 아주 크게 차이가 나는 것으로 응답하였다. 환이 과립에 비해 크기는 다소 크지만 삼키는데 편하고 삼키는 시간이 짧아서 타액에 녹아 혀에 붙거나 물을 흡수하여 커지는 현상을 피할 수 있어 선호하였다. 단, 여러 크기 중 3 mm가 가장 섭취에 편하였고 개수가 다소 늘더라도 1회 분량을 삼키는데 문제가 없는 것으로 보고하였다. 색과 냄새는 제작과정과 관련이 있으며 환의 경우 환을 만드는 과정에서 다소 탈색되거나 냄새가 약해지는 것이 문제로 지적되었다. 반면, 과립은 타액에 녹아 혀에 붙거나 물을 흡수하여 커지기 때문에 섭취가 어려워지는 것을 가장 큰 불편으로 이야기하였다.

Table 2-3. 연 정제 성유에 대한 제형별 비교 관능평가

항목	환	과립
색	분리과정, 제작 과정에 따라 달라짐	분리과정, 제작 과정에 따라 달라짐
냄새	레몬 냄새로 무난, 환으로 바꾸는 과정에서 냄새가 약해짐	레몬 냄새로 무난
크기	크기에 따라 다름, 3 mm 크기가 삼키기 가장 무난	크기는 무난
감촉, 경도	처음엔 무른 편이나 쉬 딱딱해짐	딱딱해서 불편
맛	무난하나 비릿한 경우가 있음	무난하나 비릿한 경우가 있음
저작성, 삼키는 데 편리성	씹는데 문제는 없으나 씹는 것보다 삼키는 것이 편함	혀가 붙어서 불편
1회 분량 크기 기타	약간 많으나 큰 문제는 아님	분량이 많지 않으나 불기 때문에 붙어서 먹는데 불편 초래

(2) 연 정제 성유 섭취 기준 개발

식이 성유 1일 섭취량의 상한 25-30 그램이며 식이성유섭취량 조사에 따르면 우리나라의 경우 15 그램 정도로 나머지를 식이성유로 섭취한다면 1일 10 그램을 식이 성유소를 섭취가능하다. 식이성유소로 판매되는 제품의 최소용량은 5그램이다.

연잎을 이용하여 성유소를 정제하는 경우 중간에 전혀 지체가 없이 진행된다는 전제아래 처리과정이 약 50시간 소요이다. 연 잎에서 성유를 뽑아낼 때 수율이 약 22.5%이다. 또한 1회 처리가능한 연 잎의 양이 1킬로그램이다. 연 정제 성유 분리를 위한 1개의 실험세트를 운영하면서 필요최소량인 12킬로(1일 5그램, 12주를 섭취한다고 가정)를 만들 때 연 잎은 53킬로그램이 필요하고, 휴식이 없이 처리가 이어질 때 약 21일이 성유소 분리에만 소요된다. 성유소의 용량이나 섭취기간을 조정하면서 가능한 일정을 산출면 1일 5그램이 최대한 수준이다.

연구결과에 의하면 식이성유는 식 전에 물과 같이 섭취할 때 가장 효과를 극대화할 수 있다. 또한 우리나라 성인들의 식이 섭취 조사나 참여자 대상의 예비조사에서 아침식사를 거르는 경우가 많아서 1일 섭취 횟수는 2회가 대부분이 참여 가능한 횟수로 대답하였다.

위의 조사내용을 토대로 연 식이성유 투여 방법은 기존 연구와 조사 결과, 현실적인 여러 여건(연성유 분리 소요시간, 복용을 위한 식이성유 제작시간 등)을 고려하여 다음과 같이 정하였다.

(가) 연 정제 성유소의 투여량 및 횟수

- 1일 5 그램
- 1일 2회 투여 (1회 1포 투여)
- 1일 2회 기준으로 1포당 2.5 그램

(나) 성유소 투여는 식사 직전을 원칙으로 하며 식간에도 복용가능

(다) 성유소 투여시 주의: 성유소 투여 후 1-2 컵 물을 음용하도록 지도

## 라. 건강한 정상 성인을 대상으로 한 연 정제 섬유소의 항비만 효과

### (1) 임상시험 참가자의 특성

참여자 총 40명으로 시험군에 29명 비교군에 11명이었으며 대조군은 남자의 비중, 신장, 체중, 허리둘레, 엉덩이둘레, 혈압, 체중, BMI가 더 높았으나 체지방률은 대조군이 더 높았다 (Table 2-4).

Table 2-4. 참가자의 일반적 특성 및 신체 측정 (2차년)

항목	시험군 (n=29)	대조군 (n=11)
여자(명)	27	1
연령(만, 세)	22.0	21.5
신장(cm)	162.5	164.5
체중(kg)	54.4	59.4
허리둘레(cm)	75.0	79.6
엉덩이둘레(cm)	93.6	97.4
수축기(mmHg)	112.6	131.5
이완기(mmHg)	68.1	78.5
체중(kg)	54.5	59.3
BMI(kg/M <sup>2</sup> )	20.6	21.8
체지방률(%)	28.6	24.8

참가자의 생활행태의 현황은 Table 2-5와 같으며, 시험군에서 질환진단력이 있는 사람, 운동 1주 1일 미만인 사람이 많았고 대조군에서 1일 3회 이상 식사한 경우, 현재 음주 및 흡연을 하고 있는 사람이 더 많았다(Table 2-5).

Table 2-5. 참가자의 건강수준 및 건강행태

항목	시험군 (n=29)	대조군 (n=11)
만성질환으로 진단받음(명)	9	2
1일 3회이상 식사	13	9
격렬한 운동 또는 중등도 운동 시행일이 1일 미만	20	3
현 음주	20	9
현 흡연	0	2

### (2) 연 정제 섬유소의 항 비만 효과 판정

체중, 체조성 변화는 양 군에서 모두에서 나타났으며, 항비만 효과와 밀접한 관련이 있는 체지방률은 시험군에서 감소하였다(Table 2-6).



Table 2-6. 참가자의 신체 계측 및 이화학적 검사 변화

	시험군		비교군	
	사전	사후	사전	사후
체중(kg)	54.4	53.6	59.3	56.2
허리둘레(cm)	75.0	73.3	79.6	74.0
엉덩이둘레(cm)	93.6	91.8	97.4	95.3
수축기(mmHg)	112.6	108.6	131.5	113.8
이완기(mmHg)	68.1	64.0	78.5	67.0
BMI	20.6	21.6	21.8	20.7
체지방률(%)	28.6	27.5	24.8	28.2

혈액검사는 시험군에서 HDL 콜레스테롤을 제외한 남은 항목은 모두 감소하였고 대조군은 TG를 제외한 항목이 감소하였다(표 2-7).

Table 2-7. 참가자의 혈청지질 등 생화학적 변화

	시험군			대조군		
	사전	사후	차이	사전	사후	차이
FBS	86.0	85.8	-0.3	92.2	90.8	-1.4
T.Chol	168.1	167.8	-0.3	174.4	169.6	-4.8
TG	66.3	57.0	-9.3	79.7	97.8	18.1
HDL-Chol	59.8	61.9	2.0	60.6	58.4	-2.2
LDL-Chol	93.4	89.1	-4.3	99.7	91.4	-8.3

#### 마. 과체중 및 비만 성인을 대상으로 한 연 정제 섭취의 항비만 효과

##### (1) 임상시험 참가자의 특성

참여자는 총 61명으로 시험군에 32명 대조군에 29명이었으며 대조군의 연령, 신장, 시험군의 허리둘레, 혈압, 체지방률이 다소 높았으나 근소한 차이였고, BMI는 같고 체지방률은 비교군이 더 높았다(Table 2-9).

Table 2-8. 참가자의 일반적 특성 및 신체 계측 (3차년)

항목	시험군 (n=32)	대조군 (n=29)
여자(명)	10	10
연령(만, 세)	24.4	24.9
신장(cm)	169.6	171.8
체중(kg)	82.5	76.3
허리둘레(cm)	84.9	82.4
엉덩이둘레(cm)	104.6	102.9
수축기(mmHg)	128.2	128.1
이완기(mmHg)	77.7	76.7
체질량지수(BMI)(kg/M <sup>2</sup> )	27.1	27.1
체지방률(%)	32.3	31.7

건강 및 비만과 밀접한 생활행태의 현황은 Table 2-9와 같다. 1일 3회 이상 식사하는 사람이 각각 13명, 12명으로 비슷하며 나머지 중등도 이상 운동을 하는 사람의 수, 현 음주자나 흡연자 또한 약간의 차이는 있으나 시험군과 대조군 간의 거의 차이가 없었다(Table 2-9).

Table 2-9. 참가자의 건강수준 및 건강행태

항목	시험군 (n=32)	대조군 (n=29)
1일 3회이상 식사 (/주)	13	12
중등도 이상 운동 시행일이 1일 미만 (1주)	8	6
현 음주	22	24
현 흡연	11	10

(2) 연 정제 섬유소의 항비만 효과 판정

임상시험 참가자의 신체계측검사 결과는 Table 2-10과 같다. 시험기간 중에 체중, 허리둘레, 엉덩이둘레가 증가하였고 혈압은 감소하였다. 체중, 허리둘레 등 비만지표의 변화는 양 군 간 이 차이가 없었고 혈압은 수축기, 이완기 모두 시험군에서 이완기보다 많이 감소하였다(Table 2-10).

Table 2-10. 대상자의 신체계측검사의 전후 비교

항목	구분	사전 (A)	사후 (B)	차이 (B-A)
체중(kg)	시험군	80.5	81.2	0.7
	대조군	76.3	77.3	1.0
	전체	78.5	79.4	0.8
허리둘레(cm)	시험군	84.9	86.5	1.6
	대조군	82.4	83.7	1.3
	전체	83.7	85.2	1.5
엉덩이둘레(cm)	시험군	104.6	104.6	0.0
	대조군	102.9	103.2	0.2
	전체	103.8	103.9	0.1
수축기(mmHg)	시험군	128.2	124.5	-3.8
	대조군	128.1	129.0	0.9
	전체	128.2	126.6	-1.6
이완기(mmHg)	시험군	77.7	72.7	-5.0
	대조군	76.7	74.6	-2.0
	전체	77.2	73.6	-3.6

임상시험 참가자의 혈액검사 결과는 Table 2-11와 같다. 시험기간 중에 총콜레스테롤, LDL Cholesterol, TG는 증가하였고 FBS는 감소하였다. 대조군의 변화를 보정하면 TG와 FBS가 감소하고 나머지는 거의 차이가 없었다(Table 2-11).

표 2-11. 대상자의 혈액검사의 전후 비교

항목	구분	사전(A)	사후(B)	차이(B-A)
T.Chol	시험군	184.0	186.3	2.3
	대조군	182.6	187.0	4.4
	전체	183.3	186.6	3.3
HDL-Chol	시험군	52.6	52.0	-0.6
	대조군	53.2	53.7	0.4
	전체	52.9	52.8	-0.1
LDL-Chol	시험군	112.8	116.4	3.6
	대조군	112.7	115.0	2.2
	전체	112.8	115.7	3.0
TG	시험군	104.2	110.2	6.0
	대조군	91.8	117.2	25.4
	전체	98.3	113.5	15.2
FBS	시험군	91.5	88.3	-3.3
	대조군	90.8	90.8	0.0
	전체	91.2	89.5	-1.7

임상시험 참가자의 체조성검사 결과는 Table 2-12와 같다. 시험기간 중에 근육격량, 체지방량, 체질량지수, 체지방률이 시험군, 대조군 모두 감소하였다. 대조군의 변화를 보정하여도 이런 추세는 같았다(Table 2-12).

Table 2-12. 대상자의 체조성검사의 전후 비교

항목	구분	사전 (A)	사후(B)	차이(B-A)
골격근량(kg)	시험군	29.4	29.9	0.4
	대조군	32.4	32.6	0.2
	전체	30.9	31.2	0.3
체지방량(kg)	시험군	24.6	25.5	0.9
	대조군	26.9	27.4	0.5
	전체	25.7	26.4	0.7
BMI (Kg/M <sup>2</sup> )	시험군	27.1	27.7	0.7
	대조군	27.1	27.5	0.3
	전체	27.1	27.6	0.5
체지방률(%)	시험군	32.3	32.7	0.4
	대조군	31.7	32.0	0.4
	전체	32.0	32.4	0.4

임상시험 참가자의 비만관련 호르몬검사 결과는 Table 2-13과 같다. 레지스틴, 그렐린, 렙틴은 시험기간동안 증가하고 아디포넥틴은 감소하였으나 시험군과 대조군 간의 차이가 크지 않았다(Table 2-13).

Table 2-13. 대상자의 비만관련 호르몬검사의 전후 비교

항목	구분	사전 (A)	사후 (B)	차이 (B-A)
Resistin	시험군	8.6	10.5	2.0
	대조군	9.9	12.6	2.7
	전체	9.2	11.6	2.3
Ghrelin	시험군	631.8	664.3	32.5
	대조군	611.9	635.9	24.0
	전체	621.7	649.9	28.2
Leptin	시험군	7.2	7.4	0.2
	대조군	6.3	6.9	0.6
	전체	6.8	7.2	0.4
Adiponectin	시험군	5,747.1	5,639.9	-107.2
	대조군	5,802.6	5,515.3	-287.3
	전체	5,775.3	5,576.6	-198.7

### 3. 결과 요약 및 고찰

정상성인 대상의 연식이섬유소 임상시험결과, 체지방률과 혈청지질이 감소하였다. 시험군에서 감소 수준은 크지 않은 반면 일관된 변화 양상을 보인 반면 대조군은 TG가 오히려 증가하는 등 일관되지 않은 결과를 보였다. 이런 결과는 여자가 비교적 많은 시험군에서 변화는 크지 않지만 일관된 결과를 보이는 것으로 반증할 수 있다.

과체중, 비만 성인 대상의 식이섬유 임상시험결과는 혈압, TG와 FBS가 시험군에서 더 많이 감소하였다. 그러나 다른 체지방과 관련한 다른 검사수치는 시험군과 대조군 간의 차이가 없었다. 체지방량, 체지방률은 다소 시험기간 중에 증가하였으나 두 군 간의 차이는 없었다 (3차년도). 비만호르몬 중 비만과 비례하는 leptin과 resistin 농도가 시험기간 중에 다소 증가하였고 비만과 반비례하는 adiponectin 농도는 다소 감소하였다.

이와 같은 결과는 정상성인에서는 항비만 효과를 어느 정도 보였던 단기간동안(12주) 최소한의 식이섬유(1일 5그램) 섭취가 과체중 또는 비만한 성인에서는 체지방량의 유의한 변화를 이끌어 내지 못한 것으로 정리할 수 있을 것이다. 이와 관련하여 설명 가능한 이유로는 1) 식이섬유 절대량 부족, 2) 식이섬유의 구성(수용성/불용성), 3) 과립형태 식이섬유의 특성을 들 수 있다. 2차년도에 비만이 아닌 정상성인을 대상으로 동일용량의 과립형태 연식이섬유를 먹고 TG 등 비만관련지표가 대조군에 비해 많이 변화가 있었던 결과를 볼 때, 체지방량이 많은 과체중, 비만자에게 동일량의 식이섬유가 상대적으로 작은 양이라는 것이다.

또 가능한 이유로 식이섬유의 구성을 고려할 필요가 있다. 수용성 식이섬유는 장관 내에서 물에 용해되어 증점, 겔화되어 음식물의 위장 내의 체류시간을 길게 하고 장관 내 내용물 확산

을 억제하여 소화효소 작용이나 영양분의 체내 흡수를 저지하여 항비만효과를 나타내고, 불용성 식이섬유는 물을 흡수하여 팽창하여 위장에서의 포만감과 장관의 연동축진을 통해 항비만효과를 나타내며 항비만효과는 수용성식이섬유에서 더 큰 것으로 알려져 있다. 본 연구에서 사용한 연도 다른 섬유성 식품과 같이 두 가지 식이섬유를 모두 가지고 있으나 식이섬유를 분리하는 과정 중 세척단계에서 수용성식이섬유가 상당부분 손실되어 불용성식이섬유가 많은 것으로 추정할 수 있다. 현재 본 연구에서의 제조공정에 의한 섬유소 분리방법에 의한 추출한 식이섬유를 대상으로 두 가지 섬유구성비를 연구한 결과가 없어 정확하게 이를 추정할 수는 없어 이에 대한 추가 연구가 필요할 것이다.

식이섬유의 형태가 미치는 영향에 대해서도 검토가 필요할 것이다. 식이섬유는 형태에 관계 없이 장관 내로 이동한 후 물을 흡수하여 팽창하고 장관의 운동, 소화효소 등의 작용으로 음식물, 장관의 표면과 접촉면이 커질 것으로 추정되나 과립이 환에 비해 상대적으로 빠르게 접촉면이 확대될 것으로 볼 수 있다. 식이섬유의 제형이 식이섬유의 효과에 미치는 영향에 대해 추가 연구가 필요할 것으로 사료된다.

이 연구를 통해 1일 5그램 환 형태 불용성 식이섬유의 비중이 큰 연 정제 식이섬유를 과체중, 비만인 성인에게 단기간(12주)동안 투여한 경우 항비만 효과는 제한적으로 나타나는 것을 확인했다. 본 연구를 통해 연 정제 식이섬유의 항비만 효과의 확인과 산업화를 위해 추가적인 몇 가지 연구가 필요한 것으로 나타났다. 연의 식이섬유 구성, 식이섬유 분리방법에 따른 식이섬유 구성 변화, 식이섬유 제형에 따른 항비만 효과에 대한 추가적인 연구가 연 정제 식이섬유의 제품화와 산업화를 위한 이론적 근거의 기틀이 될 것이다.

### 제3절 <제2협동과제>

#### 연을 이용한 조리, 가공 기술 개발 및 상품화

##### 1. 재료 및 방법

###### 가. 연 분말을 이용한 식품 개발

###### (1) 연잎 분말을 첨가한 죽의 품질 특성

본 실험에 사용된 연잎 분말은 다연(주)에서 구입하여 사용하였다. 찹쌀과 현미는 전남 나주시에서 수확된 것을 사용하였고, 소금은 99% 정제소금(주식회사 한주, 안동)을 사용하였으며, 설탕(주, CJ) 및 대용분유(프리마, 동서식품)를 사용해서 죽을 제조하였다(Table 3-1).

Table 3-1. Formulation for Yunnipjook added lotus leaf powder(Unit: g).

Ingredients	Treatments <sup>z</sup>			
	LLP 0%	LLP 1%	LLP 2%	LLP 3%
Substitution powdered milk	100	99	98	97
Lotus leaf powder	0	1	2	3
Waxy rice flour	25	25	25	25
Brown rice flour	15	15	15	15
Sugar	10	10	10	10
Salt	1	1	1	1
Water <sup>y</sup> (mL)	768.2	785.0	863.5	994.3

<sup>z</sup>Treatments are 0-LL, 1-LL, 2LL and 3LL : Yunnipjook were prepared with the addition of 0% to 3% Lotus leaf of substitution powdered milk.

<sup>y</sup>Water added in gruel preparation to have 92.0% moisture.

###### (2) 연잎 분말을 첨가한 두부 특성

사용된 대두는 전남 무안군 청계면 농협 하나로 마트(나주에서 재배된 2007년 국내산 백태), 연잎 분말은 전남 무안군 (주)다연에서 각각 구입하였고, 응고제로  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 는 Sigma에서 구입하여 사용하였다. 두부는 Fig. 3-1의 제조공정을 이용해서 제조 하였다. 두부에서 연잎 첨가함량은 0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4%였다.

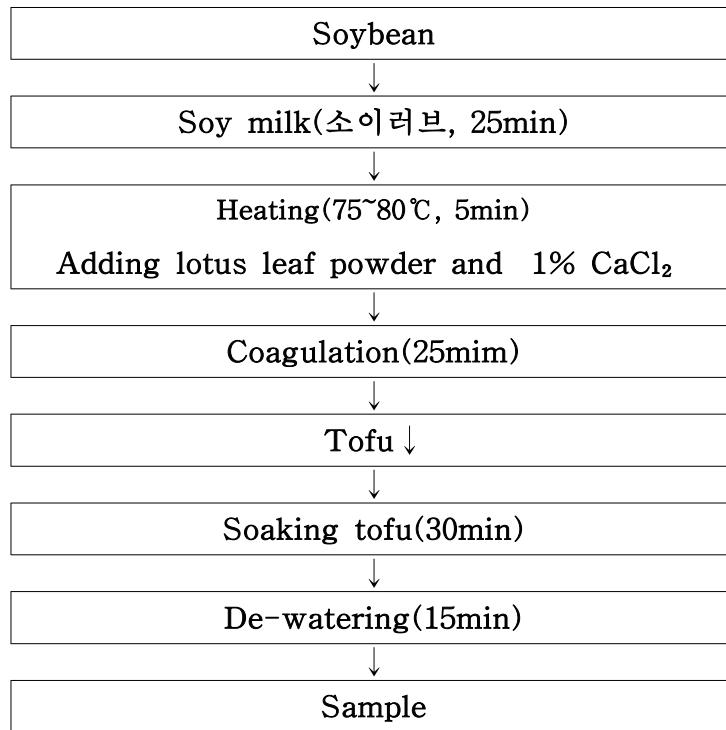


Fig. 3-1. Procedures of preparation for tofu added lotus leaf powder.

### (3) 연잎 분말을 첨가한 만두피 특성

만두피에 첨가한 연잎분말은 (주) 다연에서 구입하여 사용하였고, 밀가루는 제면용(중력분, (주)대한제분), 소금(해표꽃소금, NaCl 88%이상)과 설탕(삼양사)을 사용하였다. 밀가루에 연잎 분말(0%, 1%, 2%, 3%, 4%)을 첨가 수준별로 혼합한 100g의 가루에 1.5% 소금물 45mL를 가하여 손으로 5~6회 반죽한 후 Roller (Atlas 150 & Pastabike, Marcato S.P.A., Italy)를 사용하여 단계별 7회 압착하여 두께 0.1cm, 직경 8cm 원형 만두피를 제조하였다.

### (4) 연잎 분말을 첨가한 국수 개발

연잎 분말은 2007년 2월 전남 무안군에서 수확한 것으로 동결 건조시킨 후 분말화한 것을 (주)다연에서 구입하였고, 밀가루는 시판 1등급 중력분(제일제당 찰밀가루)를 구입하여 100mesh 체를 통과시켜 실험재료로 사용하였으며, 소금은 순도 99% 이상의 정제염(한주소금)을 사용하였다.

국수제조에 사용한 재료와 배합비는 밀가루 사용량의 0%, 1%, 3%, 5% 및 7%를 각 연잎 분말로 대체하여 복합분을 제조하였으며, 전체 복합분 중량의 2%에 해당하는 소금을 물에 첨가하여 국수를 제조하였다. 가공품에 대해서는 주요 성분과 특성, 수분함량, 수율, 관능평가, 색도, 회분, 조단백질 등을 가공품 특성에 맞게 조사, 분석하였다. 반면, 국수에서 수분결합능력, 용해도, 팽윤력, 아밀로그래프에 의한 점도, 조직감, 관능평가를 수행하였다.

## 나. 연 조미가공품 개발

### (1) 비트 첨가 연근 피클 개발

사용된 연근은 2007년 겨울에 수확된 신선한 연근을 다연(주)에서, 비트(진도산)는 E마트에서 구입하여 사용하였고, 소금은 정제염(염도 99%이상, 한주소금)을, 설탕은 정백당(원당 100%, 제일제당)을, 식초는 2배 양조식초((주) 대상)을 사용하였다. 기타 시약은 GR급을 사용하였다.

피클제조를 위해 흙이 묻은 생연근을 깨끗이 씻은 후 껍질을 벗겨 1cm 두께로 자른 다음, 15% 소금물에 2시간 동안 실온에서 절인 후 20분간 물기를 제거하였다. 조미액은 설탕, 물, 식초를 동일한 양 넣고 끓는점까지 가열한 다음 70℃로 식혔다. 비트는 채소로 무의 일종이면서 모양은 팽이와 유사하고 껍질의 색은 적자색 또는 녹색을 띄며, 무보다 순한 맛을 지니나 무와는 다른 독특한 맛을 나타낸다. 비트 무게의 2배의 물을 넣고 가열한 후 채에 받쳐서 식힌 비트 추출물 0% ~ 40%를 조미액에 넣었다. 조미액에 연근을 침지시켜 연근 피클을 제조하여 4℃와 20℃에서 저장하였다.

(2) 연근을 첨가한 백김치 개발

사용된 연근은 전남 무안군 일로농협에서 구입하여 사용하였다. 또한 김치 제조에 사용한 배추, 마늘, 생강, 배, 파는 전남 목포시 중앙시장에서 구입하여 사용하였다. 소금은 순도 80% 이상인 천일염(해표)을 사용하였다.

배추는 겉잎을 3-4번째까지 떼어 내고 이등분하여 1,000g씩 무게를 맞추어 준비하였다. 연근은 껍질을 벗긴 후 깨끗이 씻어 믹서기(Ronic original 3000, France)로 즙을 내어 준비하였다.

준비한 배추는 배추 무게와 1:2로 3%(w/v) 소금물에 담갔다 바로 건져낸 후 배추무게의 7%의 소금을 배추 뿌리와 줄기부위에 골고루 뿌리고 약 8시간 정도 절였다. 침지하는 동안 상층부와 하층부의 염분 침투가 골고루 이루어지도록 1시간 간격으로 뒤집어 주었다. 흐르는 물에 2회, 증류수에 1회 헹구고 약 30분 자연 탈수시켰으며 최종 염 농도는 1.0%가 되도록 맞추었다. 예비실험을 통하여 표준 배합비를 선정한 다음, 표준 배합비에 일정 비율의 연근즙을 첨가하여 제조하였으며, 배합비는 Table 3-2와 같다.

배추무게에 대한 연근즙 첨가량은 3, 6, 9, 12%로 하였으며, 연근즙 첨가량 만큼 물의 양을 줄이고 그 대신 연근즙을 첨가하였다. 부재료로 사용된 마늘, 생강, 파는 채썰어 버무려 놓았고, 버무려 놓은 속재료를 배추 사이사이에 넣어서 겉잎으로 전체를 싸서 김치를 만든 즉시 각각 폴리에틸렌 필름으로 밀봉한 후 20℃에서 24시간 발효하였다가 5℃의 냉장고에 저장하여 4주간 발효시키면서 시료로 사용하였다.

Table 3-2. Recipe for *Baik-Kimchi* prepared with different levels of *Lotus* root juice.

Ingredients	Treatments <sup>z</sup>				
	Control	L-3%	L-6%	L-9%	L-12%
Raw Chinese cabbage (g)	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000
Pear (g)	212	212	212	212	212
Green onion (g)	132	132	132	132	132
Garlic (g)	32	32	32	32	32
Ginger (g)	16	16	16	16	16
Salt (g)	108	108	108	108	108
Sugar (g)	132	132	132	132	132
Water (g)	4,800	4,680	4,560	4,440	4,320
<i>Lotus</i> root juice (g)	0	120	240	360	480

<sup>z</sup>Control : no *Lotus* root juice  
 L- 3% : 3% *Lotus* root juice added.  
 L- 6% : 6% *Lotus* root juice added.  
 L- 9% : 9% *Lotus* root juice added.  
 L-12% : 12% *Lotus* root juice added.



(3) 고추장, 된장, 주박을 이용한 연근 장아찌의 제조

연근은 2008년 겨울에 수확된 신선한 연근을 다연(주)에서 구입, 고추장, 된장은 E마트에서 구입하여 사용하였고, 소금은 천일염을 사용하였다. 기타 시약은 GR급을 사용하였다.

고추장, 된장, 주박을 이용한 연근 장아찌의 제조는 먼저 연근을 깨끗이 씻어 20% 소금물(천일염)에 20시간동안 절이면서 중간 중간 뒤적여 주었다. 자체에서 나온 물로 헹구어 바구니에서 20시간동안 물기를 뺀 후 통연근 500g에 각각 고추장, 된장, 주박을 1,500g씩 썰어서 넣어 비닐에 포장한 후 25℃에서 저장하면서 저장 0일, 10일, 20일, 30일에 꺼내어 증류수로 깨끗이 씻어 물기를 제거하고 시료로 사용하였다. 본 실험에서 제조한 장아찌는 Fig. 3-2와 같다.

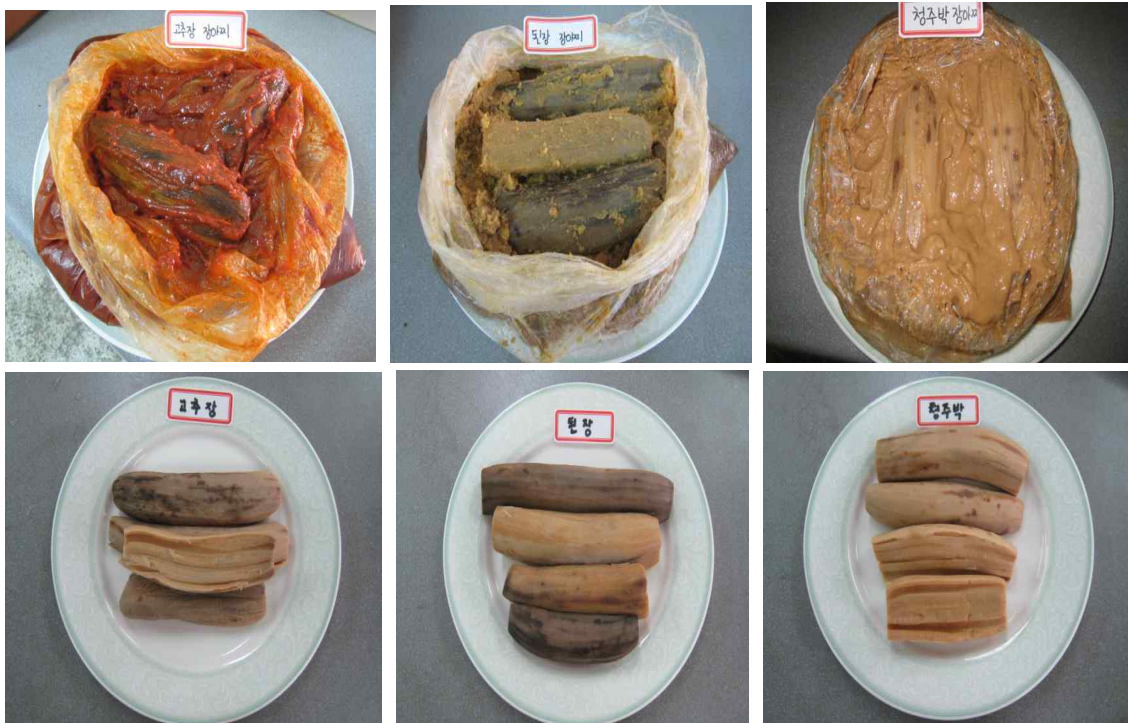


Fig. 3-2. Figure of Lotus root pickles prepared with Kochujang, Doenjang and Jubak.

(4) 강황 첨가 연근 청주박 장아찌의 개발

사용된 연근은 2008년 겨울에 수확된 신선한 연근을 다연(주)에서 구입하였으며, 청주박(대원전통식품) 및 강황(지리산 한약나라)을 구입하여 사용하였고, 소금은 천일염을 사용하였다. 기타 시약은 GR급을 사용하였다.

강황, 청주박을 이용한 연근 장아찌의 제조는 먼저 연근을 깨끗이 씻어 20% 소금물(천일염)에 20시간동안 절이면서 중간 중간 뒤적여 준 다음 자체에서 나온 물로 헹구어 바구니에서 20시간동안 물기를 뺀 후 통연근 5Kg에 청주박(황설탕 첨가)5kg씩 썰어서 넣은 후 강황 분말의 첨가 비율만을 달리하여 배합하였다. 강황 분말은 시료(절인 연근)무게에 대해 0, 1, 3, 5, 7%로 배합하였다. 상온에서 3개월간 저장하면서 시료로 사용하였다.

(5) 연근을 이용한 연근 간장게장

조림간장의 배합비율을 최적화 시키기 위해 자료조사를 통해 Fig 3-3과 같이 진간장 3.6L와 조림간장 3.6L을 섞고 무 3kg을 크게 통썰기하여 넣었다. 양파 1,500g은 위에 열십자 모양

의 칼집만 넣어 통째로 넣고, 풋고추 1kg, 생강 1kg, 홍고추 1kg, 디포리 1kg, 마늘 1kg을 통째로 넣어 강한 불에서 가열하였다. 한 번 끓어오른 후 약한 불에서 2시간동안 졸여 뜨거울 때 물엿 3.6kg을 넣어 다시 한번 끓여주었다.



Fig. 3-3. Procedure of crabs's hard-boiled soy source prepared with *Lotus root*.

연근 간장게장을 제조하기 위해 살아있는 꽃게를 급냉 후 녹을 때까지 찬물에 담궜다가 씻은 후 굵은 소금을 뿌려두었다가 1~2시간 정도 완전히 물기를 제거한 후 조림간장을 부었다. 제조된 연근 간장게장을 25℃에 저장하여 시료로 사용하였다.

제조후 관능평가, pH, 총산, 염도, 색도, 환원당, 비타민 C 등을 조사, 분석하였다.

**다. 연잎 발효(숙성) 추출액 및 이를 이용한 주스 제조**

**(1) 연잎 발효 추출액 제조**

사용된 연잎은 2008년 8월 10일 전남 무안군 일로읍 소재 무안백련 작목반에서 채엽 하였다. 채엽시 잎은 성숙단계를 성숙잎(발아 후 45일 이상 경과한 것)과 유엽 (발아 35~40일정도 경과한 것)으로 구분하였다. 냉동 성숙잎은 2kg 단위로 PE필름에 담아 -25℃ 냉동고에서 30일 저장해 두었다가 사용하였다.

생엽과 함께 냉동 연잎은 해동시킨 후 두께 8mm~10mm가 되도록 길이 방향으로 2회 절단 하며, 조유, 유념, 증유, 건조단계를 거쳐 차(건조 잎)을 제조하였다(Fig. 3-4).

연잎추출액을 제조하기 위해 상기 건조과정을 거친 연잎 110g을 정수된 물 25L와 함께 액상 추출기에 넣고 30분간 가열하여 추출액 4.5L를 채취하였다.

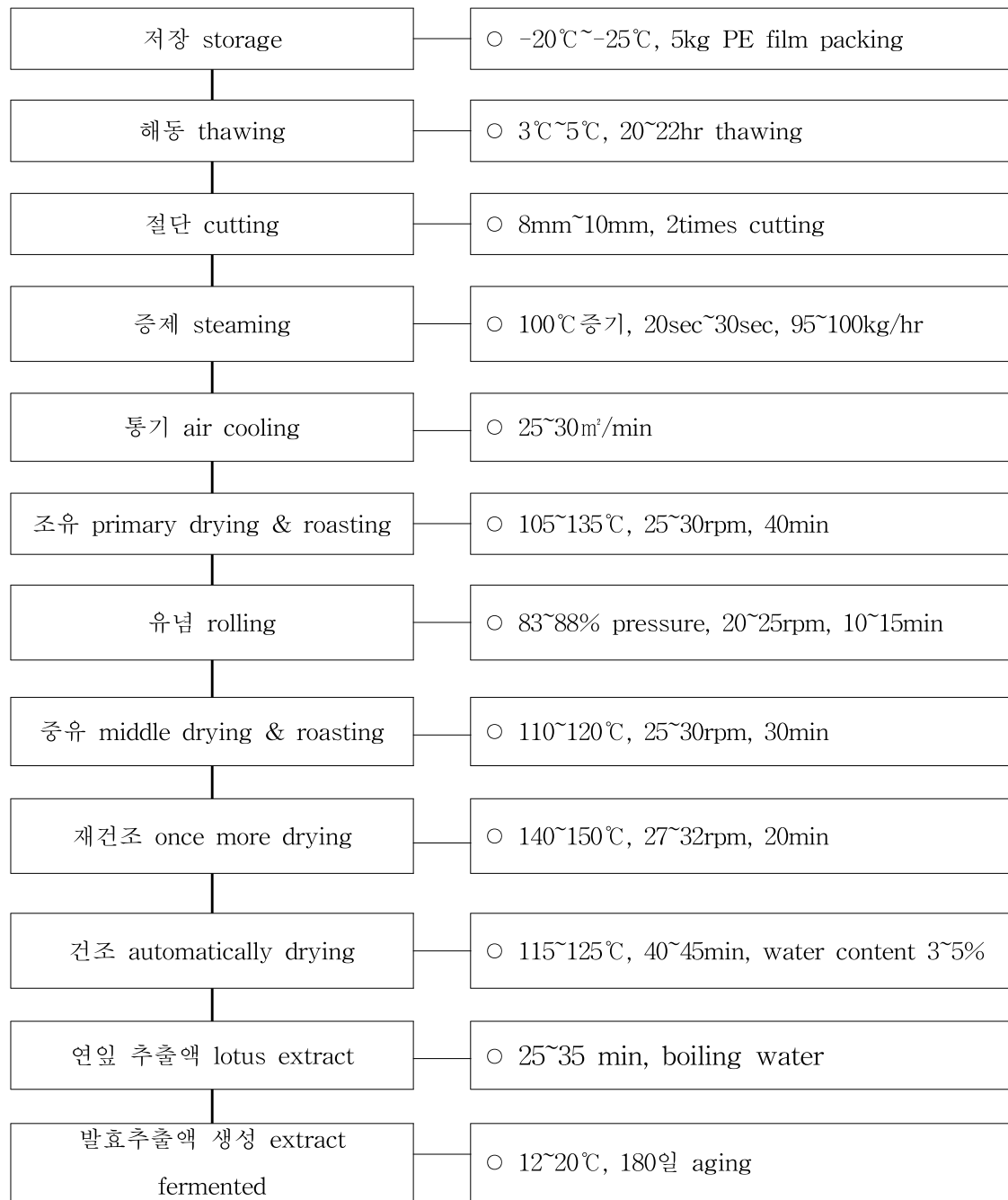


Fig. 3-4. Drying procedure of lotus leaves tea in white lotus.

연잎 추출액 제조와 숙성은 항아리(점토질을 사용하여 전통적인 방법으로 굽고 만든 용기)와 유리병(시중에서 일반적으로 판매하는 유리제품)을 사용하였다. 항아리에 채엽한 생엽 20kg을 가로 15mm, 세로 70mm 규격으로 절단하여 용기에 넣고, 백설탕 23kg, 상기 연잎추출물 4L(연잎 차 110g/30L)를 사용하여 생엽을 포개면서 설탕을 뿌리는 방식으로 혼합하여 외기온도 12~20℃ 상태로 180일 이상 숙성시켰다(Fig. 3-5).



After 30 days

After 90 days

After 180 days

Fig. 3-5. Representation of fermentation process in bowl of white lotus leaves.

발효 추출액에서 관능평가(색도, 향, 맛, 희석상태), 주요영양소와 함께 생리활성효과도 조사하였다.

## (2) 연잎 발효 추출물을 이용한 주스 개발

주스에 사용한 연잎발효 추출액은 성숙잎을 이용 상기 제조공정(다-1)으로 제조하였다. 생엽은 백련 잎으로 발아한지 45일 이상된 성숙잎이었다. 연근은 2009년 1월 10일 무안회산 백련지에서 수확한 백련이었다. 연근은 잔뿌리를 잘라내고 흙과 같은 이물질을 제거 한 다음, 두께 1.5cm 두께로 잘라 믹서기에 넣어 분쇄하였다. 주스는 연잎발효액(6.5~16.5%), 연잎차 추출액(67.0~78.0%), 생연근 주스(16.5%)를 농도별로 혼합한 다음, 교반기를 이용 교반해서 2.0리터 패트 병에 냉장 저장하였다. 발효추출액 주스에서 관능평가와 함께 주요영양소를 조사하고 분석하였다.

## 라. 냉동 연을 이용한 분말 및 연잎 차 개발

### (1) 연잎을 이용한 차(분말) 개발

연잎은 전남 무안군 일로읍 소재 백련작목반에서, 2008년 8월 10일 채취, 선별하여 2kg 단위로 PE필름에 넣어 -25℃ 냉동고에서 90일간 저장해서 사용하였다.

연잎은 저온저장고(4℃~5℃)에서 해동 한 다음, 절단, 증열, 조유, 유념, 건조, 선별과정을 거쳐 연잎 차를 제조하였다(Fig. 3-6).

차잎 20kg를 분말기에 넣고 지름 25mm 세라믹방식으로 10시간 분쇄하여 분말크기가 약 60mesh의 중간소재용 연잎분말을 제조하였다.

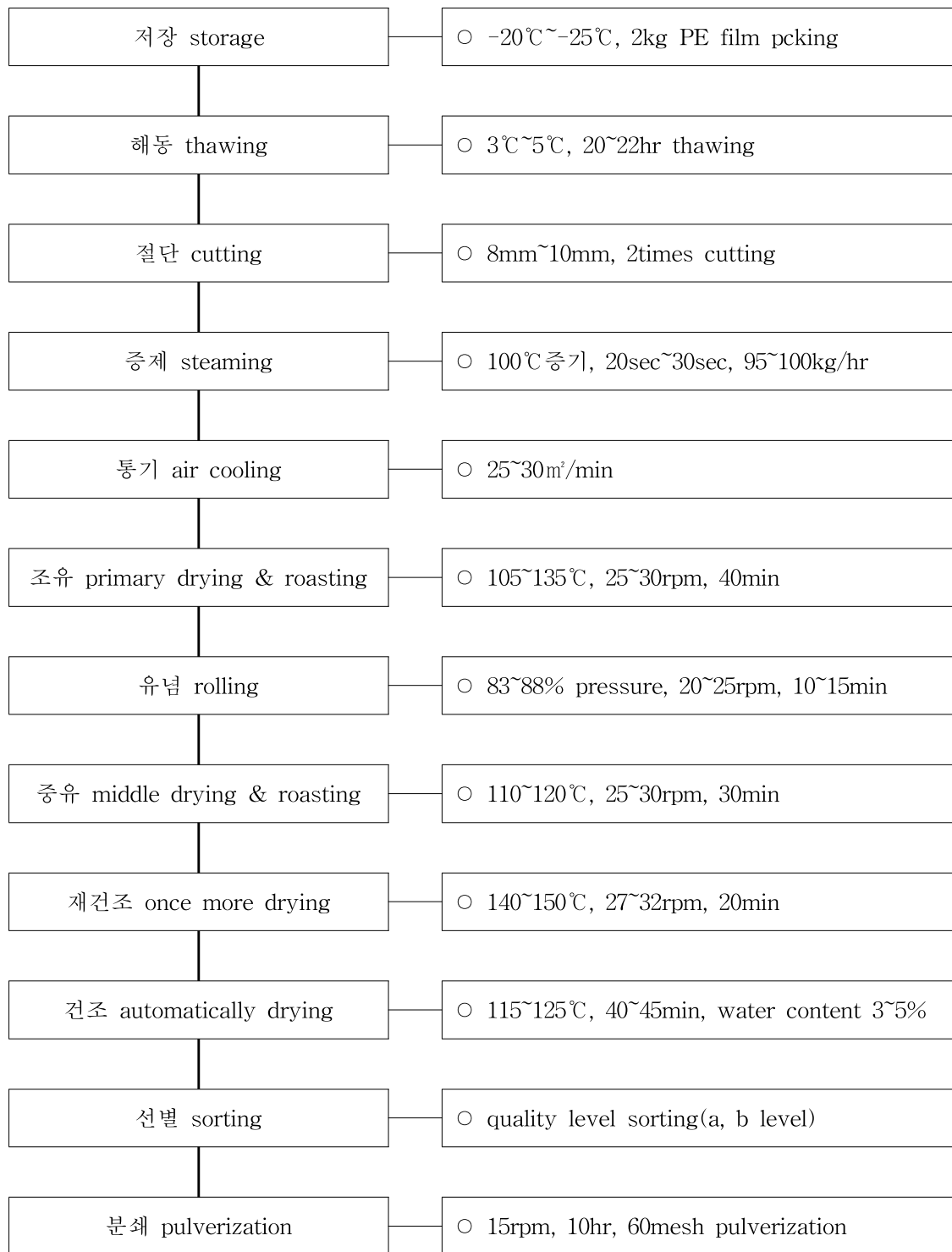


Fig. 3-6. Making procedure of lotus leaves tea in white lotus.

(2) 연꽃을 이용한 분말 제조

연꽃은 전남 무안군 일로읍 소재 백련작목반 소재 논에서 2008년 8월 25, 개화 당일에 채취하였다. 크기와 색상이 균일한 것을 선별하여 10송이 단위로 PE 필름에 밀봉하여 -25℃ 냉동고에 저장하였다. 저장 3일, 30일, 60일, 90일 후 꺼내 분말을 제조하였다. 연꽃은 저온 저장고(3℃~5℃)에서 20시간 해동시킨 다음, 길이방향으로 15mm 크기로 절단하였다. 연꽃은 숙성, 선별, 절단, 증유, 건조과정을 거쳐 분말을 제조하였다(Fig. 3-7). 제조한 연잎과 연꽃 분말은 관능평가와 함께 주요영양소를 조사하였다.

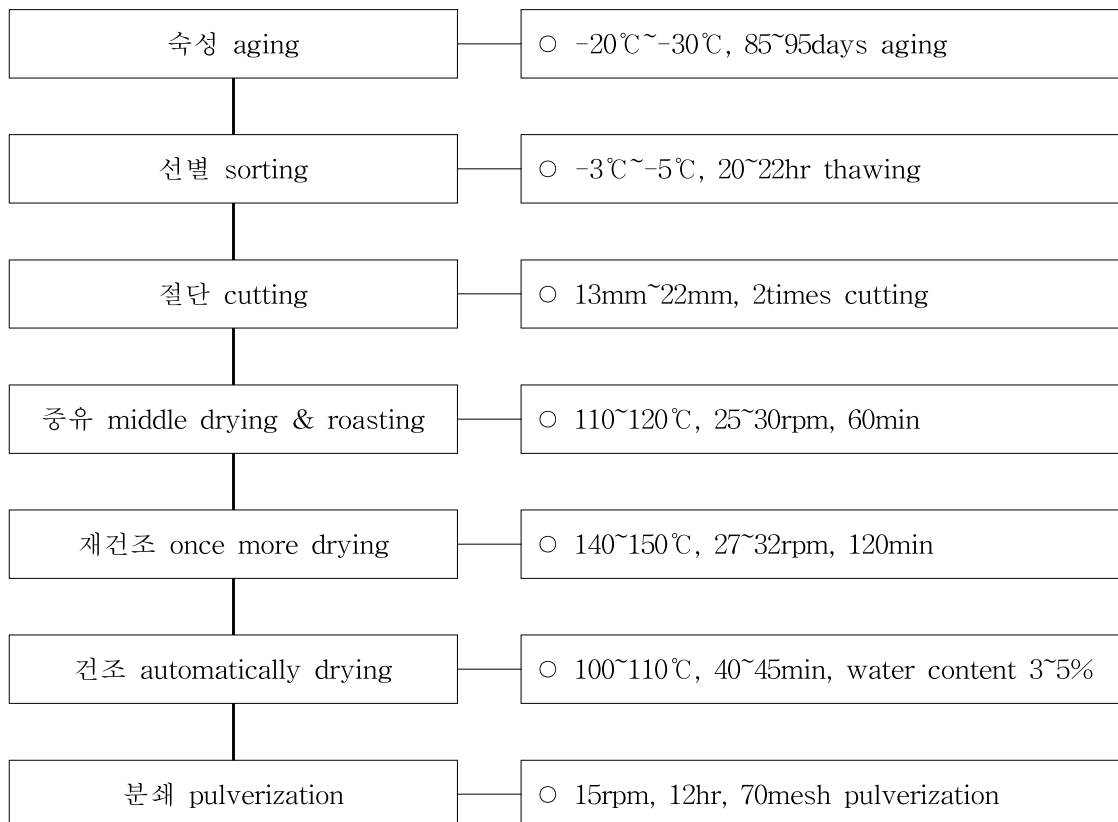


Fig. 3-7. Drying procedure of lotus flowers tea in white lotus.

마. 연잎을 이용한 가공품 개발

(1) 연 식혜 개발

식혜제조에 사용된 연잎은 전남 무안군 일로읍 소재 백련작목반 소재 논에서 2009년 8월 15일 채엽하였다. 연잎은 선별 → 절단 → 증열 → 통기 → 조유 → 유념 → 증유 → 2차 유념 → 재건 → 자동건조과정 → 최종선별 과정으로 연잎차를 제다하였다. 옛기름은 국내산(전북 김제), 첨가제는 당도조절을 위해 백설탕(제일제당), 멥쌀(전남 무안산, 일로농협) 자몽추출 식품첨가제(미국산, 에프에이뱅크)를 사용하였다.

옛기름 추출(침지) 시간의 기준설정을 위해, 먼저 옛기름에 중량비 기준으로 10배의 물을 가하여 20℃에서 0~5시간까지 1시간별로 추출된 옛기름 추출액의 당도를 측정 한 결과(Fig. 3-8), 최적조건은 20℃에서 4시간 침출하는 것으로 나타났다.(Fig. 3-8).

옛기름 추출액 첨가량의 기준설정을 위해, 상온에서 재료를 깨끗이 씻은 후 20분간 전기발솥(발솥전용, 국내산)에서 제조한 고두밥에 각각 옛기름을 0.5, 1, 2, 4, 6, 8, 10%(중량 비) 첨가

하여 15℃에서 75℃까지 순차적으로 온도를 상승시켜 12시간 효소발효과정을 거친 후 각 엿기름의 첨가량별로 당도를 측정하고 그 결과를 (Fig. 3-9)에 나타내었다.

맛과 당을 기준으로 배합조건을 종합적으로 검토한 결과 고두밥을 당화시키는데 필요한 최소의 엿기름 함량은 10%가 바람직하다는 결과를 도출하였다.

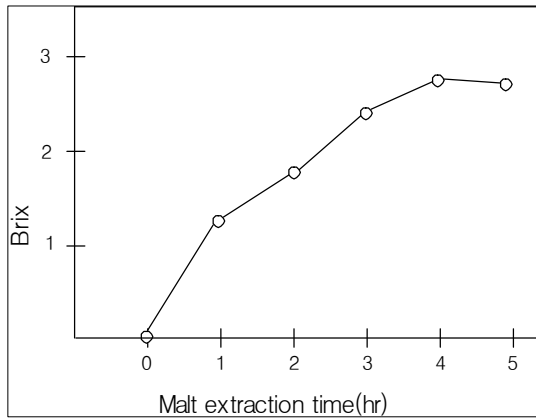


Fig. 3-8. Changes in SSC content in malt solution according to extraction time.

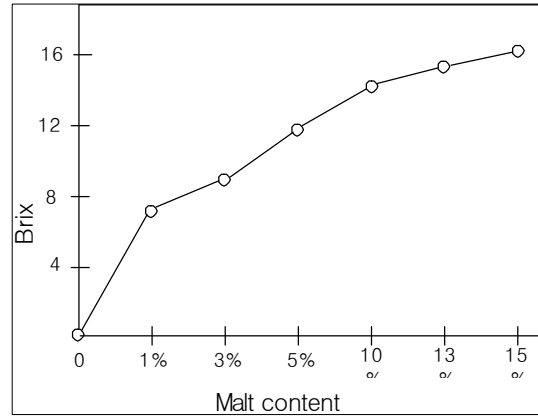


Fig. 3-9. Changes in SSC content in malt solution according to malt concentration.

상기 추출시간 및 엿기름 첨가량의 최적조건 등의 결과 값을 기준으로 엿기름 추출액 2.9%, 고두밥 2.2%의 조건에 연잎차를 1.0%, 2.0%, 3.0%, 4.0%를 각각 침출하여 60℃, 70℃, 80℃, 90℃, 100℃ 조건에서 각각 1분, 3분, 5분, 9분 동안 침출시키면서 연잎차가 함유된 식혜의 맛, 색도, 향취, 뒷맛 등의 유의적 변화 등을 종합적으로 비교한 결과 연잎차 2.0%를 90℃에서 5분 동안 침출하였을때 가장 좋은 값을 얻었다.

식혜 제조과정(Fig. 3-10)에서, 1차적으로 효소 발효된 식혜액을 밥알과 분리시킨 후 1차 당화과정에서 식혜액의 3배정도 정수된 물, 밥알 2.2%, 연잎차 2.0%, 설탕 3.2%, 자몽추출액 0.02% 등을 교반하면서 온도를 가열하여 당화조의 온도가 100℃에 도달하여 5분이 경과하면 당화조의 커버를 열어 5 분동안 대기시키고 이들 부유물의 제거와 양질의 연식혜를 생산하기 위하여 원심분리방식의 여과공정을 거치면 최종적으로 전통적인 식혜에 연잎의 영양성분이 포함된 연잎차 식혜가 제조된다.

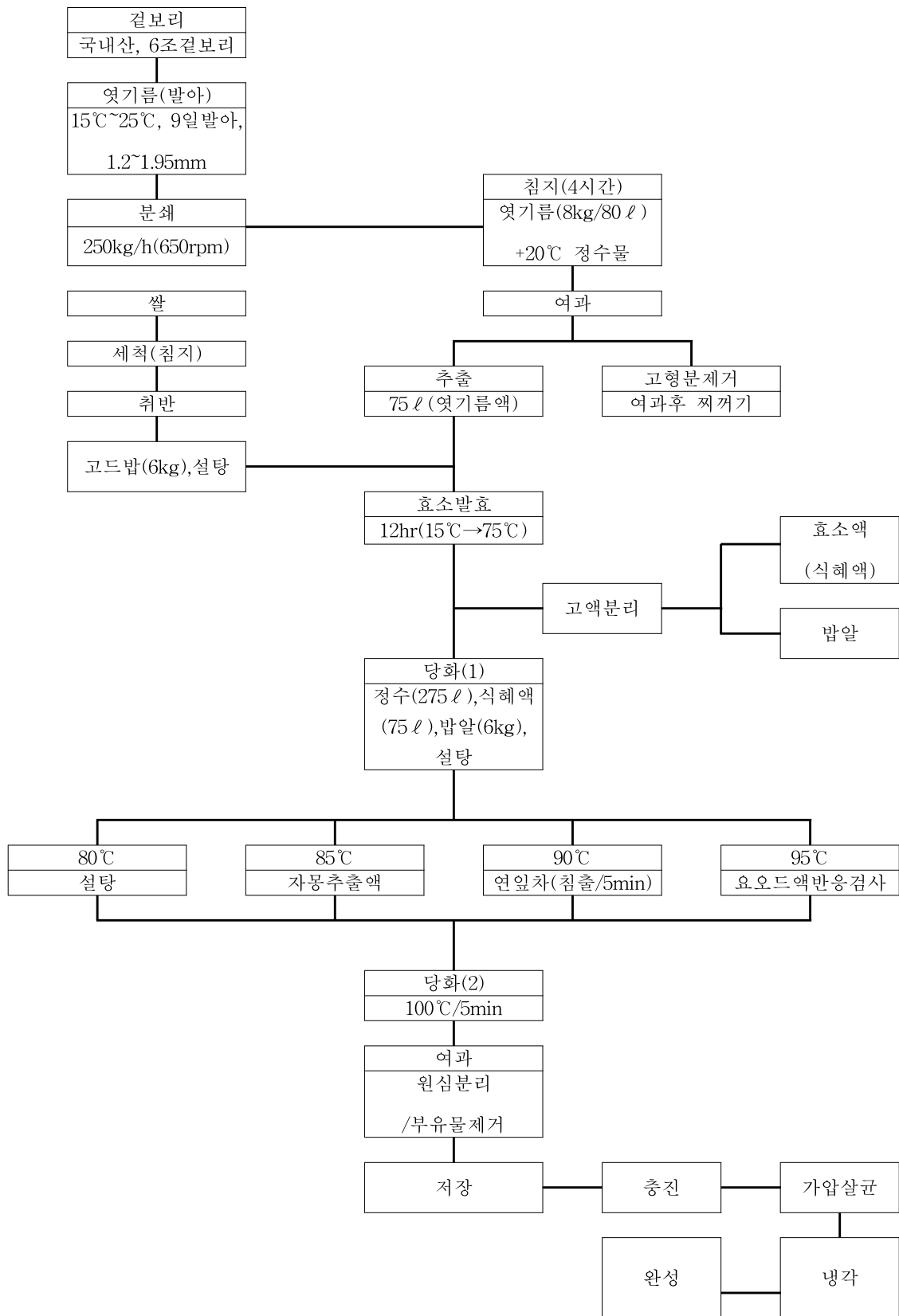


Fig. 3-10. Making procedure of Sikhae(rice nectar) using leaf extract in white lotus.



## (2) 연잎 찜밥 제조

연잎은 전남 무안군 일로읍 소재 백련작목반에서 구매된 일반적인 연잎으로 2009년 8월 10일에 채취하였다. 연잎은 선별하여 2kg 단위로 PE필름에 포장하여 컨테이너 박스에 6kg 단위로 적재하여 -25℃ 냉동고에서 저장하면서 사용하였다. 찰쌀, 멥쌀, 검정쌀 이상 주영농산(국내산)에서 구입하여 사용하였으며, 검정콩(농협유통, 국내산), 연근(일로농협, 국내산)도 구입해서 사용하였다.

배합조건을 산출하기 위하여 밥짓기를 통한 비교평가 시식회를 통하여 찰쌀 (65%), 멥쌀 (30%), 검정쌀 (2%), 검정콩 (1.5%), 연근(1.5%)의 배합조건의 기준을 설정하였으며, 비교 대상군의 연령, 식습관, 기호도에 따라 다양한 배합조건이 있을 수 있으나, 연잎찜밥의 고유특성을 고려하여 배합조건을 설정하였다.

연잎찜밥 품질은 생연잎과, 데친 연잎을 사용하여 비교하는 방법으로 진행하였다. 연잎을 사용하여 밥짓기에서 만든 밥에 연잎분말 (0.5%)을 뿌리면서 연잎찜밥을 만들고 이를 다시 스팀솥으로 5~6분정도 가열하여 연잎이 고유한 향이 스며들도록 하였다. 냉동저장에서 연잎찜밥 유통기한 설정을 위해 SGS testing Korea(에스지에스터스팅코리아, 안양 소재)에 용역을 의뢰하였다.

식혜와 찜밥 제조후 관능평가, 주요영양소, 유해미생물 변화를 조사하였다.

## 2. 실험결과

### 가. 연분말을 이용한 식품 제조

#### (1) 연잎 분말을 첨가한 죽 개발

연잎 분말의 일반 성분에서 수분이 2.97%, 조지방이 0.93%, 조단백질이 22.83%, 조회분이 8.09%, 탄수화물이 65.18%로 나타났다(자료 미제시). 연잎 죽의 색상은 연잎 분말 첨가량이 증가할수록 L(명도)값과 a(적색도)값은 감소하는 경향이었고, b(황색도)값은 증가하는 경향을 보였다.

연잎 분말을 첨가한 연잎 죽의 pH를 살펴보면, 연잎 분말 첨가량이 증가함에 따라 pH가 감소하는 경향을 나타내었다(자료 미제시). 연잎 죽의 퍼짐성을 측정한 결과, 연잎 분말 첨가수준이 높아질수록 퍼짐성은 유의적으로 감소하여 점도 증가에 따른 퍼짐성의 감소를 나타내었다(자료 미제시). 연잎 죽의 관능적 특성 평가 결과 모든 특성에서 처리간 유의적 차이를 보였다(Table 3-3).

Table 3-3. Sensory characteristics of Yunnipjook.

Treatments <sup>z</sup>	IC <sup>y</sup>	VI	TT	NT
LLP 0%	3.10 <sup>cx</sup>	3.12 <sup>b</sup>	3.12 <sup>b</sup>	3.14 <sup>b</sup>
LLP 1%	3.90 <sup>b</sup>	4.22 <sup>ab</sup>	3.22 <sup>b</sup>	4.03 <sup>ab</sup>
LLP 2%	4.11 <sup>b</sup>	5.55 <sup>a</sup>	3.55 <sup>ab</sup>	5.56 <sup>a</sup>
LLP 3%	5.15 <sup>a</sup>	5.81 <sup>a</sup>	4.13 <sup>a</sup>	5.40 <sup>a</sup>

<sup>z</sup>Treatment are same as in Table 3-1.

<sup>y</sup>IC: intensity of color, VI: viscosity, TT: tannic acid taste, NT: nutty taste.

<sup>x</sup>Mean of five replicates. Means within a column not sharing a superscript letter are significantly different (p<0.05, Duncan's multiples range test).

연잎 죽의 외관 특성을 살펴보면 연근 분말 첨가량이 증가할수록 색의 강도는 진하게 나타나 색도계에서 측정된 L값의 감소와 같은 경향을 보였다. 점도의 경우 연잎 분말 첨가량이 증가될수록 높아지는 것으로 나타나 역시 물리적 특성에서와 같은 경향을 보였다. 짙은 맛과 고소한 맛은 연잎 분말 첨가량이 증가될수록 높아졌는데, 짙은맛은 연잎 분말 3% 배합 비율의 경우에 가장 높았고, 고소한 맛은 연잎 분말 2% 배합 비율이 가장 높은 값을 나타냈다.

### (2) 연잎 분말을 첨가한 두부 개발

연잎 분말을 첨가하지 않은 두부의 수율은 198.18%이었으며, 연잎분말을 첨가한 두부의 수율은 0.1, 0.2, 0.3%첨가 두부의 경우 각각 199.67±23.70, 201.67±23.76, 198.33±22.28로 점점 증가하였고 0.4%와 0.5% 첨가두부의 196.67±18.71와 196.33±18.34로 점점 감소하였으나 유의적인 차이는 없었다(자료 미제시). 연잎분말 첨가 수준이 증가할수록 두부의 pH는 유의하게 감소하였다(자료 미제시). pH가 낮은 식품이 높은 식품에 비해 방부 효과가 높으므로 두부에 연잎을 첨가하여 두부의 저장성 향상에 도움을 줄 수 있을 거라고 사료 된다. 산도는 무 첨가 두부의 경우 2.63±0.06보다 연잎분말 0.5% 첨가 두부의 경우 3.37±0.06으로 pH와 역으로 나타났으며 처리간 유의적인 차이를 보였다. 명도(L value)는 무 첨가 두부가 71.24±0.65, 연잎가루 첨가량이0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5%의 경우 각각 64.06±0.24, 59.65±0.19, 57.12±0.51, 52.60±0.31, 49.37±0.38로 유의적으로 낮아지는 경향을 보였는데(자료 미제시), 이는 연잎이 가지고 있는 녹색 때문인 것으로 생각된다. 녹색을 띄고 있는 연잎 분말을 첨가했을 때 두부의 적색도 (a value)는 무 첨가 두부가 연잎분말 첨가 두부보다 점점 유의하게 감소하였다. 황색도 (b value) 값에 있어서는 0.1%와 0.2%의 연잎분말 첨가 두부가 무 첨가군보다 낮게 나타났으나 연잎 첨가 수준이 증가할수록 두부의 b값은 점점 증가하는 경향을 보였다.

경도와 씹힘성, 깨짐성은 연잎분말을 첨가한 두부에서 유의하게 증가하는 경향을 보였다(자료 미제시). 경도가 가장 낮은 0.2% 두부의 수율은 201로 가장 크다는 것은 두부 내에 수분의 함량이 많은 것으로 생각된다. 두부의 응고과정 에서 대두 단백질의 -SH group간의 결합이 두부의 조직형성에 중요한 역할을 하며 -SH group이 산화되면 gel 형성이 약해지는 것으로 알려져 있으므로 마늘을 첨가한 경우 마늘의 항산화 활성에 의하여 단백질 -SH group의 산화가 억제되어 경도가 향상되었다. 경도의 증가에 따른 씹힘성의 동일한 결과는 단단한 정도가 클수록 씹는 힘이 커지기 때문이라고 사료된다. 연잎분말의 첨가 비율이 증가할수록 탄력성은 감소하였으나 유의적인 차이는 없었으며, 응집성은 무 첨가 두부의 경우보다 유의하게 감소하는 경향을 보였다. 부착성은 무 첨가 두부보다 감소하였으나 일정한 경향은 보이지 않았다. 탄력성과 응집성, 부착성이 감소하는 경향을 보였는데 탄력성과 응집성의 감소 경향은 천연물 첨가 두부에서 무 첨가 두부에 비해 감소했다는 결과와 같은 경향이였다.

### (3) 연잎 분말을 첨가한 만두피 개발

연잎분말의 첨가량에 따른 아밀로그래프의 측정치는 호화개시온도는 연잎 분말 첨가 수준에 따른 차이가 거의 없었다(자료 미제시). 95℃에서 점도와 95℃에서 15분 후 점도는 0%의 경우가 249, 221 B.U로 가장 높았으며, 1, 2, 3, 4% 첨가의 경우 각각 240, 214, 206, 208 B.U.와 218, 188, 194, 181 B.U.로 감소하는 경향을 보였다. 최고점도도 0%의 경우 249 B.U.로 가장 높게 나타났으며, 1, 2, 3, 4% 첨가의 경우 각각 242, 215, 209, 208 B.U.로 연잎 분말의 첨가수준이 증가할수록 감소하는 경향을 보였다. 이러한 결과는 호화개시온도와는 달리 연근 분말 첨

가의 경우와 같은 경향이였다.

연잎 만두피의 조리 후의 중량은 연잎분말의 첨가수준이 증가할수록 조리 후 만두피의 중량이 유의하게 증가하였다(자료 미제시). 조리 후의 중량과 부피는 연잎분말을 4% 첨가한 경우 가장 높게 나타났는데, 3% 첨가의 경우보다 큰 폭으로 증가한 것으로 보아 4% 첨가까지는 바람직하지 않는 것으로 사료된다. 탁도는 0%가  $0.02\pm 0.002\text{nm}$ 로 가장 낮았고, 1, 2, 3, 4% 첨가의 경우 각각  $0.37\pm 0.044$ ,  $0.03\pm 0.008$ ,  $0.21\pm 0.025$ ,  $0.12\pm 0.006\text{nm}$ 로 증가하는 경향을 보였다.

연잎 만두피의 명도(L)는 연잎 분말의 첨가량이 증가할수록 감소하는 경향을 보였다(자료 미제시). 0, 1, 2, 3, 4% 첨가의 경우 적색도(a)는 각각  $-2.47\pm 0.16$ ,  $-5.60\pm 0.30$ ,  $-7.05\pm 0.21$ ,  $-7.13\pm 0.21$ ,  $-7.07\pm 0.20$ 로 2% 첨가까지는 유의적으로 감소하였으나, 2, 3, 4% 첨가 연잎 만두피의 경우 유의적인 차이가 없었다. 황색도(b) 연잎 분말 2% 첨가까지는 유의적으로 증가하였으나, 3, 4%의 첨가 연잎 만두피의 경우 유의적인 차이가 없었다.

연잎 만두피의 경도, 응집성, 씹힘성, 깨짐성은 연잎 분말 첨가 수준이 증가할수록 감소하는 경향을 보였다. 탄력성과 부착성은 각각 0%의 경우  $89.74\pm 13.60\%$ ,  $-4.50\pm 1.29\text{g}$ 에서 각각 15% 첨가의 경우  $115.88\pm 12.70\%$ ,  $-15.50\pm 2.52\text{g}$ 으로 증가하는 경향을 보였다(자료 미제시).

연잎 만두피의 외관 특성 중 색은 첨가수준이 증가할수록 유의하게 증가하였고, 매끄러운 정도는 2% 첨가 이후로는 유의하게 감소하였다. 촉촉한 정도는 3% 첨가까지는 유의한 차이가 없었으나 4%첨가의 경우 유의하게 증가함을 볼 수 있었다. 향미 특성 중 이취는 1%첨가의 경우 유의한 차이가 없었으나 2, 3, 4% 첨가의 경우 유의하게 증가하였다. 향미 특성 중 밀가루 냄새가 연잎 분말을 첨가한 경우 첨가하지 않은 0%보다 유의하게 감소했는데, 이것은 연잎 분말의 자체 향이 강해 밀가루 특유의 냄새를 감소시킨 것으로 사료된다. 입안에서의 특성 중 단단한 정도는 2, 3, 4% 첨가의 경우 유의하게 증가하는 경향을 보였다. 연잎 분말 첨가량에 따른 전체적인 관능평가 값은 유의한 차이를 보이지 않았다(Table 3-4).

Table 3-4. Sensory properties of *Mandupi* added Lotus leaf powder.

Sensory properties	Treatments <sup>z</sup>					
	LLP 0%	LLP 1%	LLP 2%	LLP 3%	LLP 4%	
Appearance	Color	$2.20\pm 1.00^{\text{avyx}}$	$5.48\pm 1.42^{\text{b}}$	$6.20\pm 0.96^{\text{c}}$	$6.68\pm 0.56^{\text{cd}}$	$6.84\pm 0.47^{\text{d}}$
	Smoothness	$4.28\pm 1.51^{\text{ab}}$	$5.00\pm 1.29^{\text{bc}}$	$4.16\pm 1.60^{\text{a}}$	$5.24\pm 1.45^{\text{c}}$	$5.16\pm 1.75^{\text{bc}}$
	Moistness	$4.04\pm 1.27^{\text{a}}$	$4.08\pm 1.38^{\text{a}}$	$4.20\pm 1.35^{\text{a}}$	$4.60\pm 1.41^{\text{ab}}$	$5.24\pm 1.51^{\text{b}}$
Flavor	Off-Flavor	$2.48\pm 1.33^{\text{a}}$	$3.36\pm 1.75^{\text{a}}$	$5.00\pm 1.61^{\text{b}}$	$5.08\pm 1.89^{\text{b}}$	$5.48\pm 1.83^{\text{b}}$
	Wheat odor	$3.72\pm 1.97^{\text{b}}$	$2.40\pm 1.50^{\text{a}}$	$2.40\pm 1.63^{\text{a}}$	$2.48\pm 1.78^{\text{a}}$	$2.24\pm 1.79^{\text{a}}$
Texture	Hardness	$3.24\pm 1.62^{\text{a}}$	$3.44\pm 1.00^{\text{ab}}$	$4.36\pm 1.22^{\text{c}}$	$4.04\pm 1.21^{\text{bc}}$	$4.16\pm 1.28^{\text{bc}}$
	Chewiness	$4.20\pm 1.50^{\text{a}}$	$4.52\pm 1.48^{\text{a}}$	$4.56\pm 1.19^{\text{a}}$	$4.64\pm 1.63^{\text{a}}$	$4.56\pm 1.76^{\text{a}}$
	Moistness	$3.80\pm 1.29^{\text{a}}$	$4.00\pm 1.41^{\text{a}}$	$4.04\pm 1.57^{\text{a}}$	$4.60\pm 1.29^{\text{a}}$	$4.08\pm 1.50^{\text{a}}$
	Adhesiveness	$3.52\pm 1.30^{\text{a}}$	$3.68\pm 1.28^{\text{a}}$	$3.84\pm 1.25^{\text{a}}$	$3.76\pm 1.69^{\text{a}}$	$4.28\pm 1.51^{\text{a}}$
Overall preference	$3.36\pm 1.04^{\text{a}}$	$4.04\pm 1.06^{\text{a}}$	$3.68\pm 1.55^{\text{a}}$	$3.76\pm 1.33^{\text{a}}$	$4.04\pm 1.46^{\text{a}}$	

<sup>z</sup>LLP 0% : Added 0% Lotus leaf powder  
<sup>z</sup>LLP 1% : Added 1% Lotus leaf powder  
<sup>z</sup>LLP 2% : Added 2% Lotus leaf powder  
<sup>z</sup>LLP 3% : Added 3% Lotus leaf powder  
<sup>z</sup>LLP 4% : Added 4% Lotus leaf powder

<sup>y</sup>Mean±standard deviation.

<sup>x</sup>Values with different superscripts within rows are significantly by Duncan's multiple range test at  $p<0.05$ .

(4) 연잎 분말을 첨가한 국수 개발

밀가루의 수분결합능력은 189.51%이고, 연잎 분말은 255.77%를 나타내어 연잎 분말의 수분결합능력이 밀가루보다 더 높았다(자료 미제시). 수분결합능력은 시료와 수분과의 친화성을 나타내 주는 것으로 이 때 결합된 물은 시료입자에 의하여 흡수되거나 시료 입자의 표면에 흡착되는 것으로 보고되었다. 밀가루와 연잎 분말의 용해도와 팽윤력은 Table 3-5에 나타난 바와 같이 50~80℃ 사이에서 10℃ 간격으로 측정하였는데, 밀가루와 연잎 분말은 온도가 높을수록 팽윤력은 증가하였으며, 연잎 분말이 밀가루보다 온도에 의한 팽윤력의 변화가 더 큰 것으로 나타났다. 밀가루와 연잎 분말의 용해도를 살펴보면, 밀가루의 경우 70℃에서, 그리고 연잎 분말은 80℃에서 가장 높았다.

Table 3-5. Solubility and swelling power of *lotus* leaf powder and wheat flour.

Temperature (℃)	Solubility (%)		Swelling power(%)	
	<i>Lotus</i> leaf powder	Wheat flour	<i>Lotus</i> leaf powder	Wheat flour
50	12.35±0.12 <sup>dz</sup>	8.82±0.11 <sup>d</sup>	4.67±0.13 <sup>d</sup>	3.88±0.12 <sup>d</sup>
60	17.66±0.21 <sup>c</sup>	14.32±0.22 <sup>a</sup>	7.95±0.21 <sup>c</sup>	5.96±0.15 <sup>c</sup>
70	25.54±1.13 <sup>b</sup>	16.25±0.15 <sup>b</sup>	11.75±1.11 <sup>b</sup>	7.18±1.11 <sup>b</sup>
80	34.16±1.22 <sup>a</sup>	13.53±0.15 <sup>c</sup>	19.53±1.14 <sup>a</sup>	9.43±1.23 <sup>a</sup>

<sup>z</sup>Values with different superscripts were significantly different by Duncan's multiple range test(p<0.05)

아밀로그래프에 의한 점도 측정 결과는 Table 3-6에 나타난 바와 같다. 호화개시온도는 대조군의 경우 64.4℃를 나타냈으나, 연잎 분말 첨가량이 증가될수록 65.0℃, 65.8℃, 66.5℃, 67.7℃로 대조군보다 높은 온도에서 호화가 진행됨을 알 수 있었다. 이러한 결과는 대체분을 증가시키면 단백질, 지방 등의 성분이 전분입자를 둘러싸기 때문에 전분의 팽윤이 늦어진다는 연구와 관련성이 있는 것으로 생각된다.

최고점도는 대조군의 경우 271 B.U.로 나타났으며, 연잎 분말이 많이 첨가될수록 265, 256, 248 및 245 B.U.로 감소하는 경향을 보였다. 최고점도와 95℃에서 15분후 점도와의 차이의 경우 대조군은 71 B.U.로 나타났으나, 연잎 분말을 첨가할수록 73, 78, 83 및 84 B.U.로 연잎 분말 1% 첨가군에서 가장 낮았으며, 연잎 분말 7% 첨가군에서 가장 높게 나타났다. 밀가루의 점도에 영향을 미치는 인자로는 단백질함량, 입도분포 등이 알려져 있으며, 본 연구에서 연잎 분말 첨가로 밀가루 글루텐 함량이 감소하고, 전분양이 작아지고 입도가 커진 것 등이 점도특성에 영향을 미친 것으로 사료된다.

Table 3-6. Characteristic value of compose flours by amylograph.

Treatments <sup>z</sup>	Gelatinization point (°C)	Viscosity at 95°C (B.U.)	Viscosity at 95°C after 15min (B.U.)	Maximum viscosity (B.U.)
Control	64.4±1.13 <sup>cy</sup>	248±2.20 <sup>a</sup>	200±0.32 <sup>a</sup>	271±1.02 <sup>a</sup>
LLP-1%	65.0±1.15 <sup>b</sup>	235±2.21 <sup>b</sup>	192±0.22 <sup>b</sup>	265±1.02 <sup>b</sup>
LLP-3%	65.8±1.21 <sup>b</sup>	215±2.11 <sup>c</sup>	178±0.21 <sup>c</sup>	256±1.20 <sup>c</sup>
LLP-5%	67.5±1.22 <sup>a</sup>	210±2.05 <sup>cd</sup>	165±0.12 <sup>cd</sup>	248±1.01 <sup>cd</sup>
LLP-7%	68.7±1.25 <sup>a</sup>	205±2.01 <sup>d</sup>	161±0.11 <sup>d</sup>	245±1.22 <sup>d</sup>

<sup>z</sup>LLP 0% : Added 0% Lotus leaf powder  
 LLP 1% : Added 1% Lotus leaf powder  
 LLP 3% : Added 3% Lotus leaf powder  
 LLP 5% : Added 5% Lotus leaf powder  
 LLP 7% : Added 7% Lotus leaf powder

<sup>y</sup>Values with different superscripts were significantly different by Duncan's multiple range test(p<0.05)

밀가루에 연잎 분말 첨가량을 달리하여 제조한 건면의 색도를 측정된 결과(자료 미제시), 대조군의 경우에는 L, a 및 b값이 각각 71.81, -1.876 및 8.48로 나타났다. 색의 밝은 정도를 나타내는 L값은 연잎 분말 첨가량이 많아질수록 61.52, 51.61, 45.15 및 40.65로 크게 떨어졌다. a값(적색도)은 연잎 분말 첨가량이 증가할수록 낮아졌고, b값(황색도)은 연잎 분말의 첨가량이 증가할수록 높아졌다.

연잎 분말의 첨가량을 달리하여 제조한 국수의 조직감 측정치들은 Table 3-7에 나타내었다. 경도는 대조군에서 627.15g/cm<sup>2</sup> 으로 나타났으며, 연잎 분말 첨가량이 증가함에 따라 점차 증가하여 7% 첨가시에 765.12g/cm<sup>2</sup>을 보였다.

한편, 응집성, 씹힘성 및 파쇄성은 대조군에서 가장 낮았고, 연잎 분말 첨가량이 증가할수록 점차 증가하는 경향을 나타냈다.

연잎 분말의 첨가량이 증가할수록 조리면의 무게가 증가했으며, 이에 따라 부피도 증가하는 것으로 나타났다. 이것은 조리한 국수의 무게증가는 부피증가와 정의 상관관계를 보였기 때문이다.

Table 3-7. Textural properties of cooked noodle with different *lotus* leaf powder contents.

Treatments <sup>z</sup>	Hardness (g/cm <sup>2</sup> )	Adhesiveness (g)	Cohesiveness (%)	Springiness (%)	Chewiness (g)	Brittleness (g)
Control	627.15±1.12 <sup>d2)</sup>	10.55±0.05 <sup>a</sup>	84.88±1.01 <sup>c</sup>	99.65±1.04 <sup>a</sup>	91.32±1.02 <sup>d</sup>	834.12±1.10 <sup>d</sup>
LLP-1%	721.25±1.31 <sup>c</sup>	9.55±0.03 <sup>b</sup>	85.52±1.10 <sup>b</sup>	96.35±1.05 <sup>b</sup>	93.58±1.03 <sup>c</sup>	848.31±1.03 <sup>c</sup>
LLP-3%	735.23±1.02 <sup>b</sup>	8.55±0.04 <sup>c</sup>	86.12±1.21 <sup>ab</sup>	95.12±1.03 <sup>b</sup>	95.23±1.11 <sup>b</sup>	851.91±1.05 <sup>bc</sup>
LLP-5%	745.58±1.12 <sup>a</sup>	8.42±0.03 <sup>c</sup>	87.28±1.22 <sup>a</sup>	93.77±1.01 <sup>c</sup>	99.75±1.12 <sup>ab</sup>	898.48±1.13 <sup>b</sup>
LLP-7%	765.12±1.23 <sup>a</sup>	7.92±0.02 <sup>d</sup>	89.62±1.12 <sup>a</sup>	92.58±1.01 <sup>d</sup>	112.61±1.21 <sup>a</sup>	952.67±1.23 <sup>a</sup>
F-value	82.12 <sup>***</sup>	162.21 <sup>***</sup>	113.23 <sup>***</sup>	112.42 <sup>***</sup>	56.32 <sup>***</sup>	65.23 <sup>***</sup>

<sup>z</sup>LLP 0% : Added 0% Lotus leaf powder  
 LLP 1% : Added 1% Lotus leaf powder  
 LLP 3% : Added 3% Lotus leaf powder  
 LLP 5% : Added 5% Lotus leaf powder  
 LLP 7% : Added 7% Lotus leaf powder

<sup>y</sup>Values with different superscripts were significantly different by Duncan's multiple range test (p<0.05) \*\*\* p<0.001).

연잎 분말 첨가량을 달리하여 제조한 국수의 관능검사(자료 미제시), 국수의 외관, 색, 맛, 조직감 및 전체적인 기호도는 처리간 유의적인 차이를 나타내었다( $p < 0.05$ ). 외관은 연잎 분말 5% 첨가국수가 5.49점으로 가장 높았고, 그 다음으로 연잎 분말 7% 첨가국수가 5.05점을 나타냈으며, 색은 연잎 분말 5% 첨가국수가 5.33점, 연잎 분말 7% 첨가국수가 4.65점으로 높았으며, 대조군은 가장 낮은 값을 보였다. 맛의 경우 연잎 분말 5% 첨가국수가 4.42점으로 가장 높았는데, 조리특성에서 나타난 바와 같이 연잎 분말 첨가량이 증가할수록 수분흡수율은 증가하여 대조군에 비해 높은 수분흡수율을 나타낸 것과 관계가 있는 것으로 사료된다. 조직감은 연잎 분말 5% 첨가국수가 4.93점으로 가장 높게 나타났다. 전체적인 기호도는 연잎 분말 5% 첨가국수가 4.72점으로 가장 높았고, 연잎 분말 7% 첨가국수가 4.58점을 나타냈으며, 연잎 분말 1% 첨가국수는 3.83점으로 대조군보다 더 낮았다. 본 연구에서 관능검사 결과로 볼 때 연잎 분말을 첨가하여 국수를 제조할 경우 5% 정도의 연잎 분말을 첨가하는 것이 외관, 색, 맛, 조직감, 전체적인 기호도 등의 모든 관능적인 조건을 가장 잘 만족시키는 것으로 사료된다.

## 나. 연 조미가공품 개발

### (1) 비트 첨가 연근 피클 개발

비트추출물을 혼합한 다음 연근 피클을 제조해서 4°C에서 pH 변화를 살펴보면, 제조 직후의 pH는 3.45 ~ 3.57였는데, 저장 35일에는 3.43~ 3.60로 감소되었으며, 시료간에는 큰 차이가 없었다(자료 미제시). 일반적으로 채소 발효 식품의 저장 중 연부현상은 pH 4.3 이상에서 나타나며 pH 4.10에서는 미생물에 의한 부패현상이 없었다고 한 것과 비교해보면 4°C에서는 장기간 저장이 가능할 것으로 보인다. 총산도는 저장 15일까지는 감소되었다가 20일 이후 숙성정도가 증가하면서 약간씩 증가하는 경향을 보였다.

20°C에서 저장한 연근 피클의 pH 변화(자료 미제시)에서, 제조직후의 pH는 3.45 ~ 3.57였는데, 저장 35일에는 3.25 3.41로 크게 감소되었다. 대조군보다 비트 추출물 첨가량이 많아질수록 pH가 증가하였다. 일반적으로 채소 발효 식품의 저장 중 연부현상은 pH 4.3 이상에서 나타나며 pH 4.10에서는 미생물에 의한 부패현상이 없었다고 한 것과 비교해보면 20°C에서도 장기간 저장이 가능할 것으로 사료된다. 총산도의 변화는 저장기간이 경과함에 따라 숙성정도가 증가하면서 점차 증가하는 경향을 보였다.

4°C에서 저장한 연근 피클의 경도의 변화는 Fig. 3-11에서 보는 바와 같이 대체적으로 저장 초기에 연근 피클 0%, 10, 20, 30 및 40%가 각각 3.68 kg/cm, 3.45kg/cm, 3.46kg/cm, 3.52kg/cm, 3.68kg/cm에서 저장기간이 경과함에 따라 조금씩 증가하여 저장말기에는 연근 피클 0%, 10, 20, 30 및 40%가 각각 4.07 kg/cm, 6.07kg/cm, 7.61kg/cm, 4.21kg/cm, 6.09kg/cm으로 증가하였다.

20°C에서, 저장초기에 연근 피클 0%, 10, 20, 30 및 40%가 각각 3.68 kg/cm, 3.45kg/cm, 3.46kg/cm, 3.52kg/cm, 3.68kg/cm에서 저장기간이 경과함에 따라 조금씩 증가하여 저장말기에는 연근 피클 0%, 10, 20, 30 및 40%가 각각 5.10 kg/cm, 6.98kg/cm, 6.58kg/cm, 6.85kg/cm, 6.32kg/cm으로 증가하였다. 또한 연근 피클 10% 시료가 경도가 가장 높았다(Fig. 3-11).

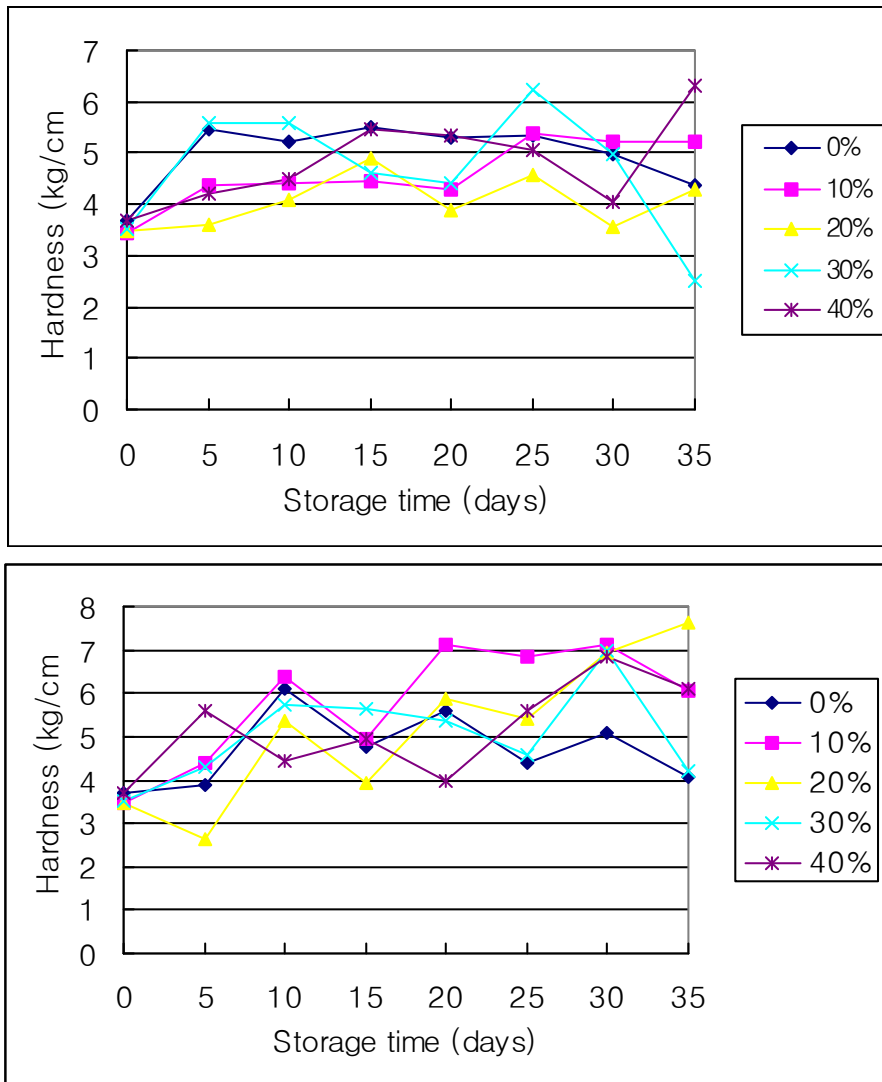


Fig. 3-11. Changes in hardness of lotus root pickles during storage at both 4°C(above) and 20°C.

(2) 연근을 첨가한 백김치 개발

연근즙을 첨가한 백김치의 숙성 중 pH 변화(Fig. 3-12)에서, 모든 처리군은 발효 3일째에 pH가 급격하게 감소하였고 그 이후 비교적 완만해졌다. 처리군별로 보면 발효 3일째에는 연근즙 6% 처리군이 4.23으로 가장 높았으며 모든 처리군의 pH가 발효 6일째까지 감소하다가 발효 9일째에는 대조군과 연근즙 3%, 6% 처리군에서 pH가 높아졌다. 발효 12일 부터는 모든 처리군이 비슷한 수치를 보였으며, 큰 변화는 보이지 않았다. 발효 25일 이후로는 계속적으로 연근즙 3% 처리군에서 가장 높은 수치를 보였고, 연근즙 12% 처리군에서 가장 낮은 수치를 보였다. 발효 전 기간에 걸쳐 살펴보면 연근즙 3%, 6% 처리군에서 pH가 비교적 높게 나타났다.

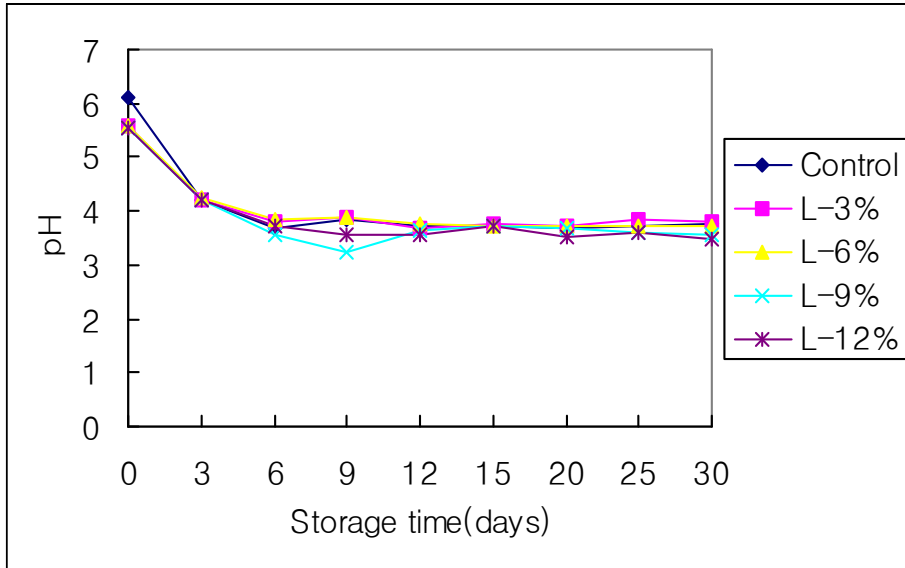


Fig. 3-12. pH of *Baik-Kimchi* prepared with different levels of *Lotus root* juice during fermentation at 5°C for 30 days.

연근즙 백김치의 발효 중 산도의 변화는 Fig. 3-13와 같다. pH의 변화와는 반대로 발효 속성이 길어질수록 산도가 모든 처리군에서 서서히 높아지는 경향을 보였다. 담금 직후에 대조군과 연근즙 3% 처리군에서 가장 높게 나타나며, 다음으로 6%, 9%, 12%순으로 나타났다. 숙성 초기에 연근즙 첨가량이 증가할수록 낮은 산도를 보였으며 발효 15일까지는 동일한 경향을 보이다가 15일 이후에는 연근즙 첨가량이 증가할수록 산도가 급격히 증가하여 높은 산도를 나타내었다. 그러므로 연근즙 첨가가 초기와 중기 발효를 억제시켜 주지만 말기로 가면 발효를 약간 더 촉진하는 것을 알 수 있었다.

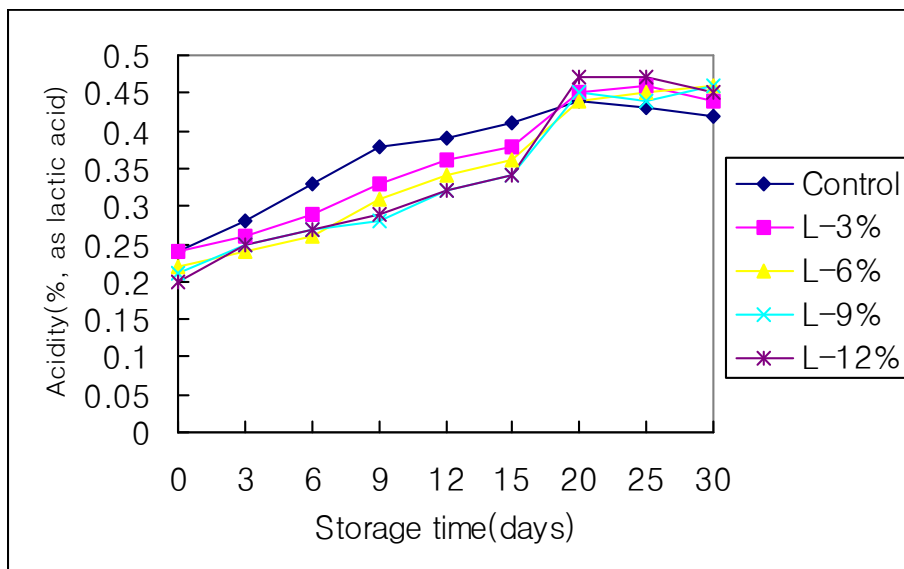


Fig. 3-13. Acidity of *Baik-Kimchi* prepared with different levels of *Lotus root* juice during fermentation at 5°C for 30 days.



김치에 있어서 pH와 총산도는 김치의 주요 품질지표로서 발효과정 중 연근이나 배추에 함유된 각종 효소들과 미생물의 변식으로 인하여 주요 성분이 분해되고, 또한 재합성이 이루어져 각종 유기산들이 만들어지고, 김치 특유의 신선한 맛을 주게 되는데 이러한 유기산의 생성이 발효 중에 김치의 pH를 낮추고, 총산도를 증가시키는 원인이 된다.

백김치의 발효 중 탁도의 변화는 Fig. 3-14과 같다. 탁도는 발효기간 중 대조군은 큰 변화없이 대체로 일정하였으며 연근즙 처리군간에 비슷한 경향을 보이며 변화하였다. 담금 직후부터 발효 3일째 까지는 모든 처리군의 탁도가 약간증가하는 경향을 보였고 발효 6일째에는 연근즙 12% 처리군에서 큰 폭으로 탁도가 증가하였으며 이후에는 큰 변화없이 계속 동일한 경향을 보였다. 발효 25일째에는 대조군에 비해 연근즙을 첨가한 모든 처리군에서 탁도가 감소하였으며 이후 다시 서서히 증가하였다. 발효가 진행됨에 따라 초기에 탁도가 높아지다가 낮아지고 중기에 다시 높아지면서 일정한 수준을 유지하다 후기에는 다시 낮아지다 높아지는 경향을 나타냈다.

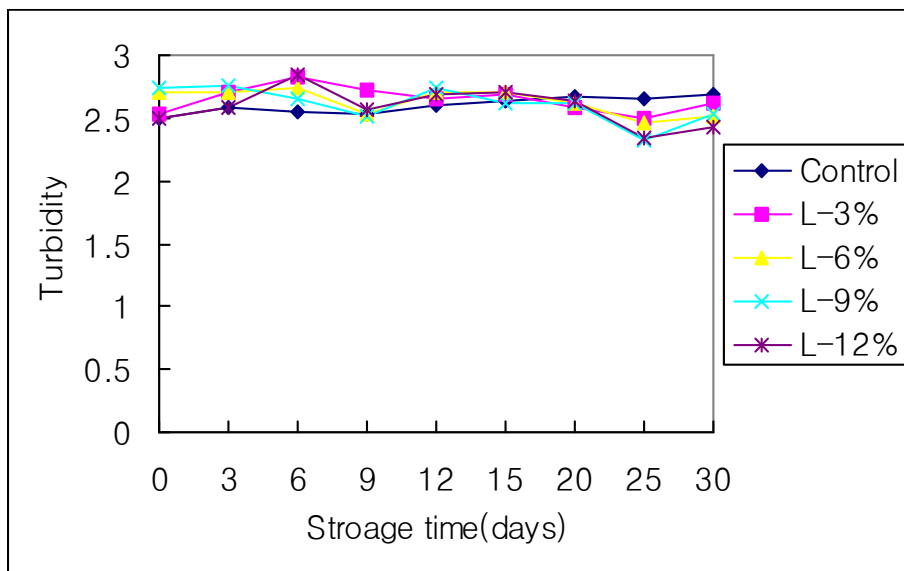


Fig. 3-14. Turbidity of *Baik-Kimchi* prepared with different levels of *Lotus root* juice during fermentation at 5°C for 30 days.

백김치의 발효 중 색도 변화는 Fig 3-15과 같다. 명도(L-lightness)는 대조군보다 연근즙 첨가한 처리군에서 낮은 값을 보였다. 전반적으로 발효기간 중 대조군과 연근즙 3% 처리군의 명도값은 대체로 일정하였지만 연근즙 9%, 12% 처리군은 발효 9일째에 급격히 감소하다 12일 이후 다시 증가함을 보였다. 적색도(a-redness)는 발효 초기에 대조군에서 감소하는 경향을 보였고 모든 연근즙 처리군에서는 증가하는 경향을 보였다. 발효 6일째를 기점으로 해서 모든 처리군의 적색도가 급격히 감소하였고 발효 12일째 이후부터 모든 처리군에서 급격히 증가함을 나타내었다. 황색도(b-yellowness)는 적색도와 비슷한 경향으로 발효가 진행됨에 따라 발효 6일째까지 모든 처리군이 비슷한 수치를 보이며 서서히 증가하다가 이후 감소하였고, 발효 9일째에는 대조군의 감소폭이 컸으며 발효기간 중 대체로 대조군 보다 연근즙 처리군에서 높은 값을 보였다.

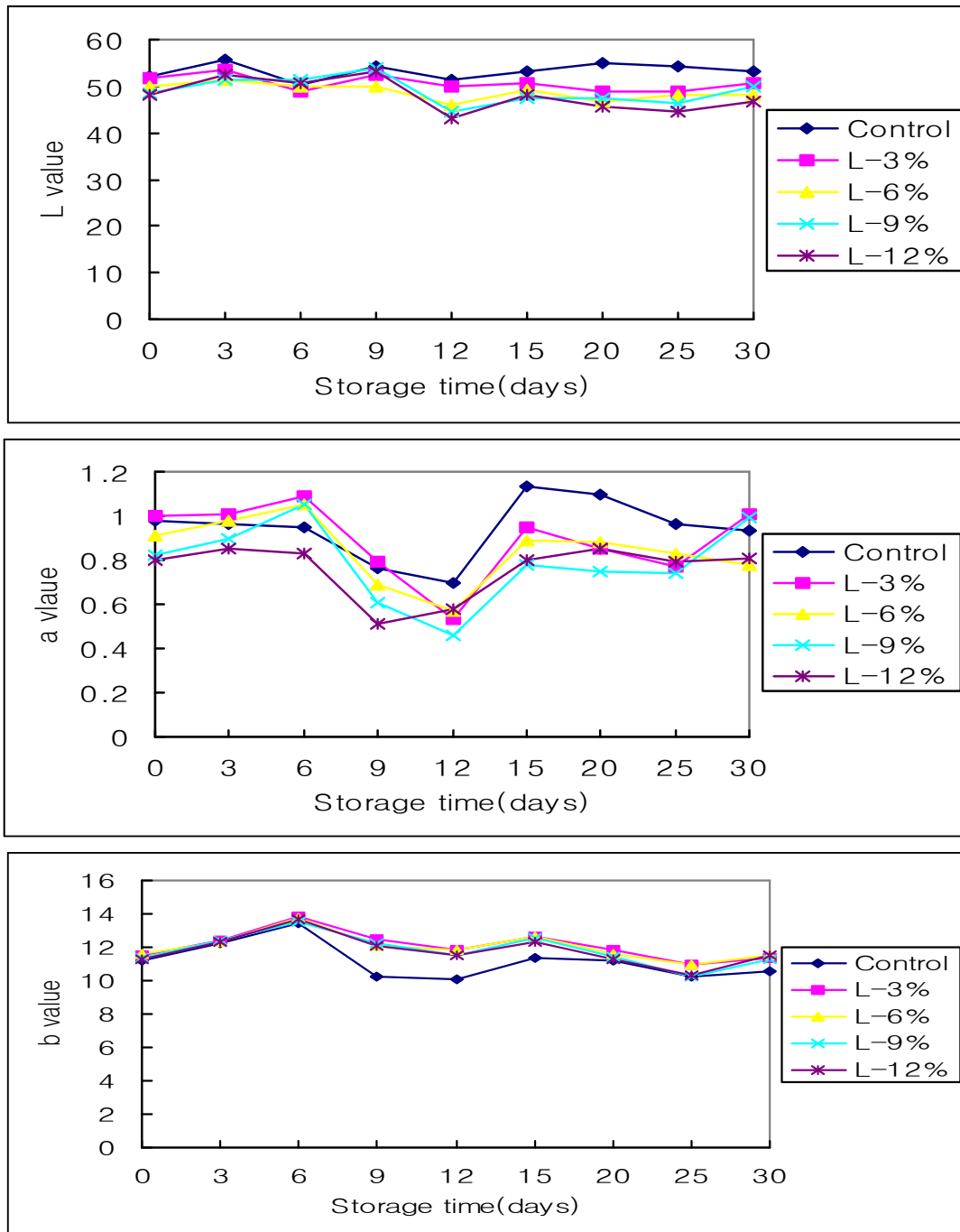


Fig. 3-15. Chromaticity of *Baik-Kimchi* prepared with different levels of *Lotus root* juice during fermentation at 5°C for 30 days.

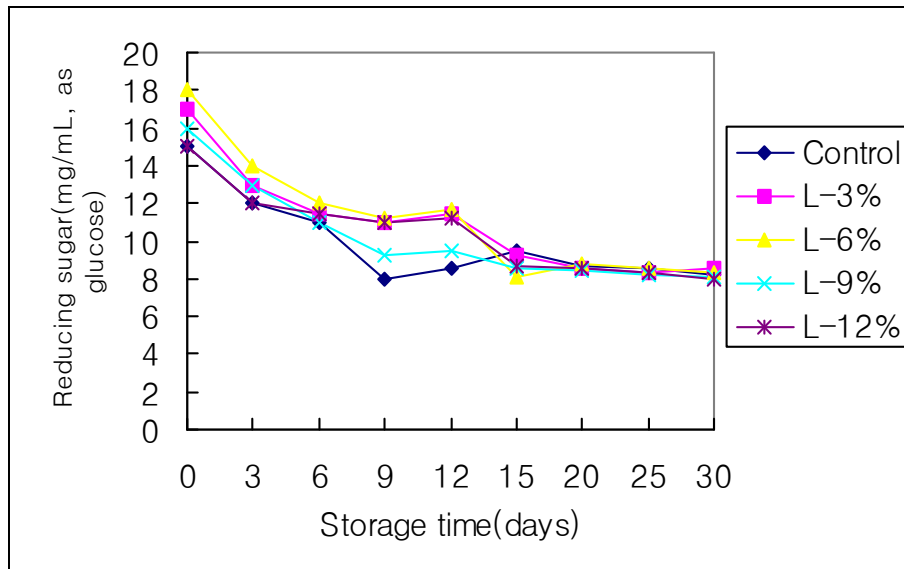


Fig. 3-16. Reducing sugar content of *Baik-Kimchi* prepared with different levels of *Lotus root* juice during fermentation at 5°C for 30 days.

연근즙 첨가량을 달리하여 담근 백김치의 환원당 함량 변화는 Fig. 3-16와 같다. 발효가 진행됨에 따라 모든 처리군에서 환원당이 감소하는 경향을 보였다. 모든 처리군은 발효 9일까지 환원당 함량이 급격히 감소하였으나, 발효 9일 이후 발효 말까지 완만하게 감소하였다.

연근즙 백김치의 총비타민 C 함량 변화는 Fig. 3-17과 같다. 모든 처리군에서 발효 6일까지 함량이 급격하게 증가하였으며 발효 12일 이후부터 감소하는 경향을 보였다. 발효 기간중 비타민 C의 함량은 연근즙 3%, 6% 처리군에서 높은 수치를 보였다.

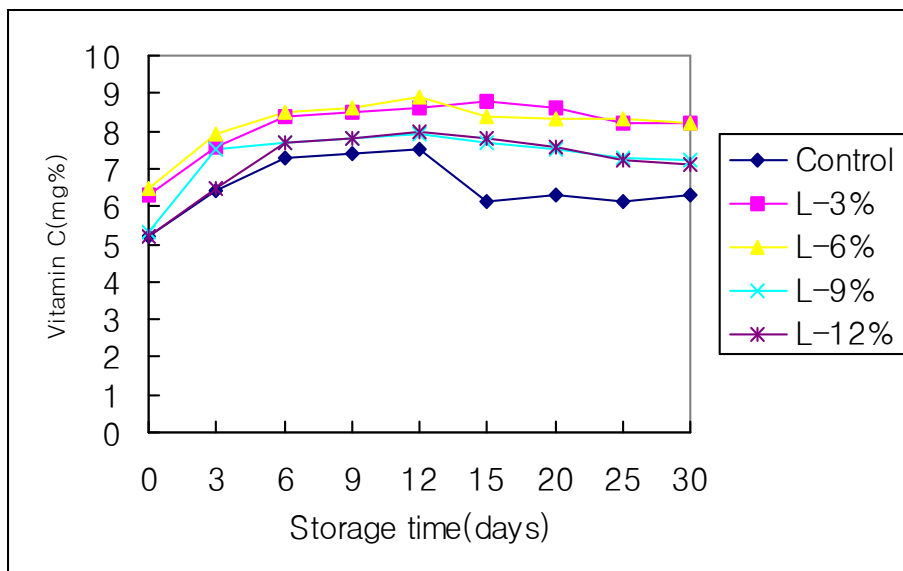


Fig. 3-17. Vitamin C content of *Baik-Kimchi* prepared with different levels of *Lotus root* juice during fermentation at 5°C for 30 days

백김치의 발효중 경도의 변화는 Fig. 3-18과 같다. 배추 잎의 조직감은 배추의 품종, 잎의 부위, 재배시기 등에 따라 크게 달라지므로 일정한 배추의 중간 잎의 줄기부분을 시료로 사용하였다. 김치는 발효숙성이 경과함에 따라 조직이 연화되어 경도가 점차 감소하는데 이러한 연화 현상은 protopectinase, polygalacturonase, pectin methyl esterase 등의 효소의 작용에 의해 펙틴질의 정상변화가 주 요인으로 알려져 있다. 백김치 조직의 경도는 전 발효숙성기간 동안 감소하는 경향이었으며, 대조군과 연근즙 첨가한 김치를 비교했을 때 대조군의 조직이 더 물러지는 것으로 나타났다. 이는 연근즙 첨가가 김치조직의 연화를 어느 정도 지연시키는 것으로 생각된다. 발효 전체기간 동안 모든 처리군 중 대체로 경도 수치가 높은 처리군은 연근즙 6% 처리군인 것으로 나타났다.

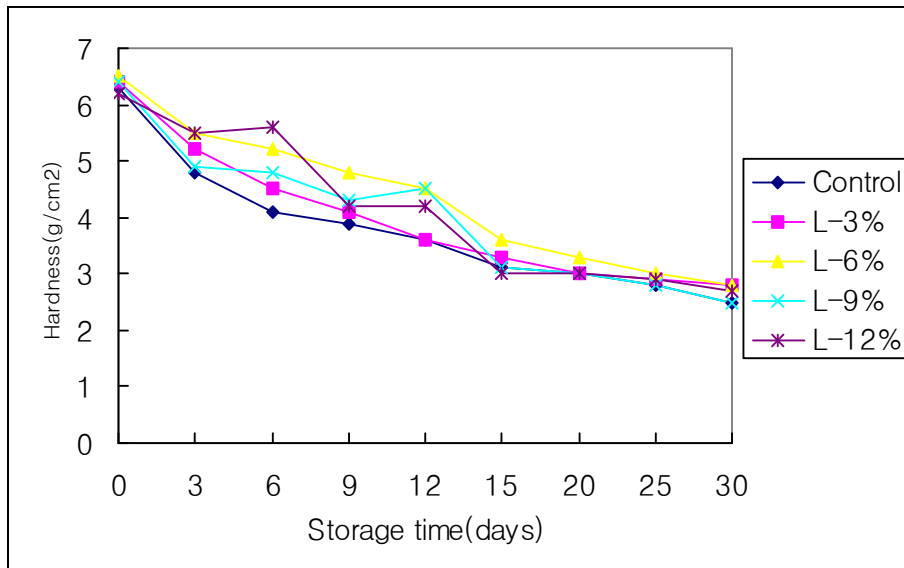


Fig. 3-18. Hardness of Baik-Kimchi prepared with different levels of Lotusroot juice during fermentation at 5°C for 30 days.

연근즙 첨가량을 3, 6, 9, 12%로 각각 달리하여 담근 백김치를 20°C에서 24시간 발효 후 5°C에서 4주간 저장하면서 관능적 특성을 검사하였다. 백김치의 발효 중 관능검사를 실시한 결과는 Table 3-8과 같다. 색상은 담근 즉시에는 연근즙 3%와 6% 처리군의 점수가 높았으며, 대조군의 점수가 가장 낮았다. 발효 2주까지는 대조군, 연근즙 3%, 6% 처리군은 유의적으로 높은 점수를 받았고, 연근즙 9%, 12% 처리군은 대체적으로 모든 발효기간 동안 낮은 점수를 받았다. 냄새는 발효가 진행되면서 모든 처리군에서 점수가 낮아지는 경향을 보였다. 담근 즉시에는 연근즙 6%의 처리군이 가장 높은 점수를 받았고, 발효 1주에서 2주까지는 3% 처리군, 발효 3주에서 4주까지는 6%의 처리군 순으로 높은 점수를 받았다. 맑은 정도는 연근즙 함량이 증가할수록 낮은 점수를 보였다. 아삭아삭한 정도는 발효가 진행되면서 모든 처리군에서 점수가 낮아지는 경향을 보였고 발효기간 중 연근즙 6% 처리군의 점수가 가장 높아 선호하는 것으로 나타났다. 전반적인 기호도는 발효가 진행되면서 모든 처리군에서 점수가 낮아지는 경향을 보였다. 관능검사를 종합해 보면 색, 냄새, 맑은정도, 아삭아삭한 정도 및 전반적인 기호도의 모든 항목에서 전 발효기간에 걸쳐 좋은 점수를 받은 연근즙 6% 처리군이 가장 바람직한 것으로 나타났다.

Table 3-8. Sensory evaluation of Baik-Kimchi prepared with different levels of Lotus root juice during fermentation at 5°C for 30 days.

Sensory characteristics	Week	Treatments <sup>z</sup>				
		Control	L-3%	L-6%	L-9%	L-12%
Color	0	4.0±0.3 <sup>cyx</sup>	4.5±0.4 <sup>a</sup>	4.5±0.4 <sup>a</sup>	4.3±0.8 <sup>b</sup>	4.2±0.7 <sup>b</sup>
	1	4.3±0.2 <sup>a</sup>	4.1±0.3 <sup>b</sup>	4.2±0.5 <sup>a</sup>	3.9±0.5 <sup>c</sup>	3.8±0.4 <sup>c</sup>
	2	4.2±0.5 <sup>a</sup>	4.0±0.2 <sup>b</sup>	3.9±0.6 <sup>bc</sup>	3.2±0.4 <sup>cd</sup>	2.5±0.6 <sup>d</sup>
	3	3.7±0.6 <sup>a</sup>	3.4±0.5 <sup>b</sup>	3.7±0.4 <sup>a</sup>	2.9±0.3 <sup>c</sup>	2.6±0.5 <sup>cd</sup>
	4	3.6±0.1 <sup>b</sup>	3.4±0.2 <sup>c</sup>	3.9±0.5 <sup>a</sup>	3.6±0.7 <sup>b</sup>	3.4±0.5 <sup>c</sup>
Smell	0	3.8±0.3 <sup>bc</sup>	4.0±0.4 <sup>a</sup>	4.1±0.3 <sup>a</sup>	3.9±0.5 <sup>b</sup>	3.8±0.1 <sup>bc</sup>
	1	3.5±0.2 <sup>c</sup>	3.9±0.3 <sup>a</sup>	3.8±0.5 <sup>b</sup>	3.7±0.5 <sup>bc</sup>	3.5±0.4 <sup>c</sup>
	2	3.2±0.5 <sup>d</sup>	3.8±0.2 <sup>a</sup>	3.7±0.6 <sup>b</sup>	3.6±0.4 <sup>c</sup>	3.5±0.6 <sup>cd</sup>
	3	3.5±0.6 <sup>c</sup>	3.4±0.5 <sup>c</sup>	3.8±0.4 <sup>a</sup>	3.7±0.3 <sup>ab</sup>	2.8±0.5 <sup>d</sup>
	4	3.1±0.1 <sup>c</sup>	3.4±0.2 <sup>b</sup>	3.6±0.5 <sup>a</sup>	3.1±0.7 <sup>c</sup>	2.7±0.5 <sup>d</sup>
Clarity	0	4.7±0.1 <sup>a</sup>	4.5±0.5 <sup>ab</sup>	4.5±0.4 <sup>ab</sup>	3.9±0.1 <sup>b</sup>	3.8±0.6 <sup>bc</sup>
	1	4.3±0.5 <sup>a</sup>	4.2±0.3 <sup>a</sup>	4.1±0.5 <sup>b</sup>	3.7±0.5 <sup>c</sup>	3.6±0.4 <sup>d</sup>
	2	4.2±0.5 <sup>a</sup>	3.9±0.2 <sup>b</sup>	3.8±0.6 <sup>b</sup>	3.6±0.4 <sup>c</sup>	3.5±0.6 <sup>d</sup>
	3	3.6±0.6 <sup>b</sup>	3.4±0.5 <sup>c</sup>	3.7±0.4 <sup>a</sup>	3.5±0.3 <sup>c</sup>	2.8±0.5 <sup>d</sup>
	4	3.0±0.1 <sup>a</sup>	3.0±0.2 <sup>a</sup>	2.9±0.5 <sup>b</sup>	2.7±0.7 <sup>c</sup>	2.5±0.5 <sup>d</sup>
Crispness	0	3.8±0.5 <sup>bc</sup>	3.9±0.4 <sup>b</sup>	4.2±0.3 <sup>a</sup>	4.0±0.2 <sup>ab</sup>	3.8±0.6 <sup>bc</sup>
	1	3.5±0.1 <sup>a</sup>	3.5±0.6 <sup>b</sup>	3.7±0.7 <sup>a</sup>	3.3±0.3 <sup>c</sup>	3.2±0.4 <sup>d</sup>
	2	3.3±0.7 <sup>c</sup>	3.4±0.4 <sup>b</sup>	3.8±0.1 <sup>a</sup>	3.1±0.2 <sup>d</sup>	3.1±0.3 <sup>d</sup>
	3	3.3±0.6 <sup>c</sup>	3.4±0.5 <sup>b</sup>	3.6±0.4 <sup>a</sup>	3.3±0.3 <sup>c</sup>	2.9±0.5 <sup>d</sup>
	4	3.1±0.5 <sup>c</sup>	3.2±0.4 <sup>b</sup>	3.4±0.7 <sup>a</sup>	3.2±0.5 <sup>b</sup>	2.8±0.2 <sup>d</sup>
Overall acceptability	0	3.9±0.8 <sup>c</sup>	4.0±0.7 <sup>b</sup>	4.2±0.2 <sup>a</sup>	4.0±0.3 <sup>b</sup>	3.8±0.1 <sup>cd</sup>
	1	3.6±0.2 <sup>c</sup>	3.8±0.5 <sup>b</sup>	4.0±0.6 <sup>a</sup>	3.7±0.7 <sup>bc</sup>	3.4±0.5 <sup>d</sup>
	2	3.1±0.3 <sup>c</sup>	3.6±0.4 <sup>b</sup>	3.8±0.7 <sup>a</sup>	3.6±0.5 <sup>b</sup>	2.8±0.1 <sup>d</sup>
	3	3.5±0.7 <sup>b</sup>	3.4±0.6 <sup>c</sup>	3.7±0.2 <sup>a</sup>	3.4±0.5 <sup>c</sup>	3.0±0.4 <sup>cd</sup>
	4	3.2±0.8 <sup>c</sup>	3.3±0.7 <sup>b</sup>	3.5±0.5 <sup>a</sup>	3.1±0.4 <sup>c</sup>	2.9±0.3 <sup>d</sup>

<sup>z</sup>Treatments are same as in Table 3-2.

<sup>y</sup>Mean±standard deviation

<sup>x</sup>Values with different superscripts within columns are significantly by Duncan's multiple range test at  $p < 0.05$ .

### (3) 고추장, 된장, 주박을 이용한 연근 장아찌의 제조

고추장, 된장, 주박을 이용한 연근 장아찌를 25°C에서 30일 동안 저장하는 동안 pH는 Fig 3-19와 같다. 고추장 장아찌의 경우 저장 0일째 6.18±0.10에서 저장 30일째 5.22±0.03으로 저장 기간이 증가할수록 감소하였다. 된장 장아찌의 경우 저장 0일째 6.18±0.10에서 저장 30일째 5.53±0.08, 주박 장아찌의 경우 저장 0일째 6.18±0.10에서 저장 30일째 4.23±0.04로 저장기간이 증가할수록 고추장 장아찌의 경우와 같이 저장기간이 증가할수록 감소함을 알 수 있었다. pH 감소 정도는 저장 10일째에 가장 두드러졌으며, 고추장 장아찌와 된장 장아찌보다 주박 장아찌의 경우 큰 폭으로 감소함을 볼 수 있었다.

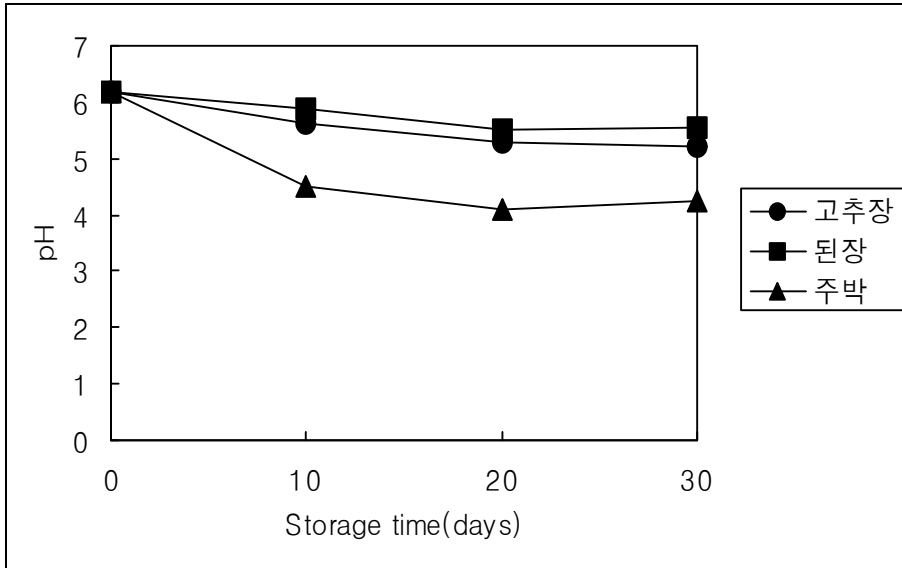


Fig. 3-19. pH of *Lotus root pickles* prepared with *Kochujang*, *Doenjang* and *Jubak* during fermentation at 25°C for 30 days.

고추장, 된장, 주박을 이용한 연근 장아찌를 25°C에서 30일동안 저장하는 기간의 총산도는 Fig 3-20과 같다. 고추장 장아찌의 경우 저장 0일째  $3.74 \pm 0.36$ 에서 저장 30일째  $4.32 \pm 0.39$ 로 저장기간이 증가할수록 증가하였다. 된장 장아찌의 경우 저장 0일째  $3.74 \pm 0.36$ 에서 저장 30일째  $7.74 \pm 0.32$ , 주박 장아찌의 경우 저장 0일째  $3.74 \pm 0.36$ 에서 저장 30일째  $5.22 \pm 0.05$ 로 저장기간이 증가할수록 고추장 장아찌의 경우와 같이 저장기간이 증가할수록 증가함을 알 수 있었다. 된장 장아찌의 총산도가 가장 높은 값을 보였으며, 고추장 장아찌의 경우 가장 낮은 값을 보였다. 이는 미생물의 증식에 의한 산 생성 및 연근 중의 성분이 산으로 일부 전환되었기 때문으로 사료된다.

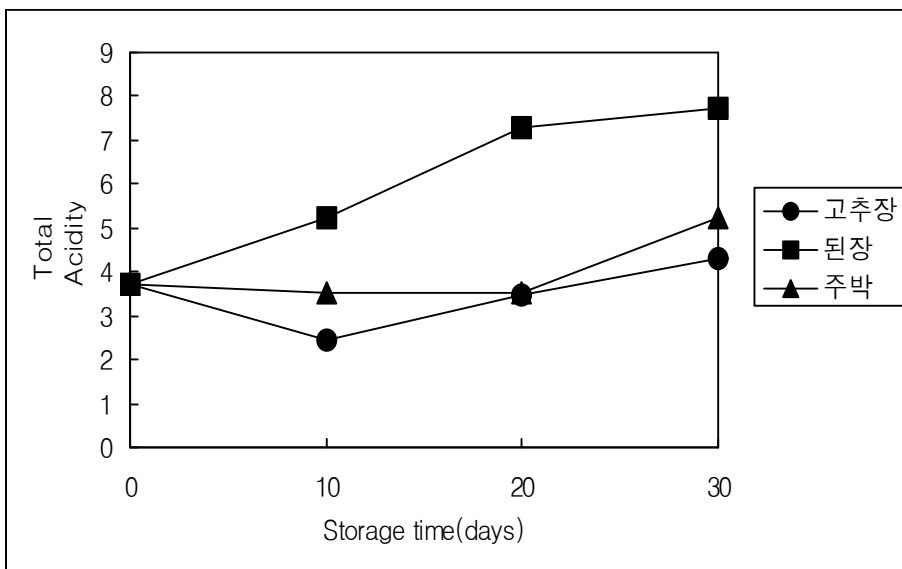


Fig. 3-20. Total acidity of *Lotus root pickles* prepared with *Kochujang*, *Doenjang* and *Jubak* during fermentation at 25°C for 30 days.

고추장, 된장, 주박을 이용한 연근 장아찌를 25℃에서 30일동안 저장하는 기간의 염도는 Fig 3-21와 같다. 고추장 장아찌의 경우 저장 0일째 1.82±0.12에서 저장 30일째 7.53±0.03으로 저장기간이 증가할수록 증가하였다. 된장 장아찌의 경우 저장 30일째 12.77±0.03, 주박 장아찌의 경우 저장 30일째 6.65±0.00으로 저장기간이 증가할수록 증가하여 고추장 장아찌와 같은 경향을 보였다. 된장 장아찌의 염도가 가장 높아졌고, 고추장 장아찌, 주박 장아찌 순이었다. 이는 자체 염도 차이 때문으로 사료된다.

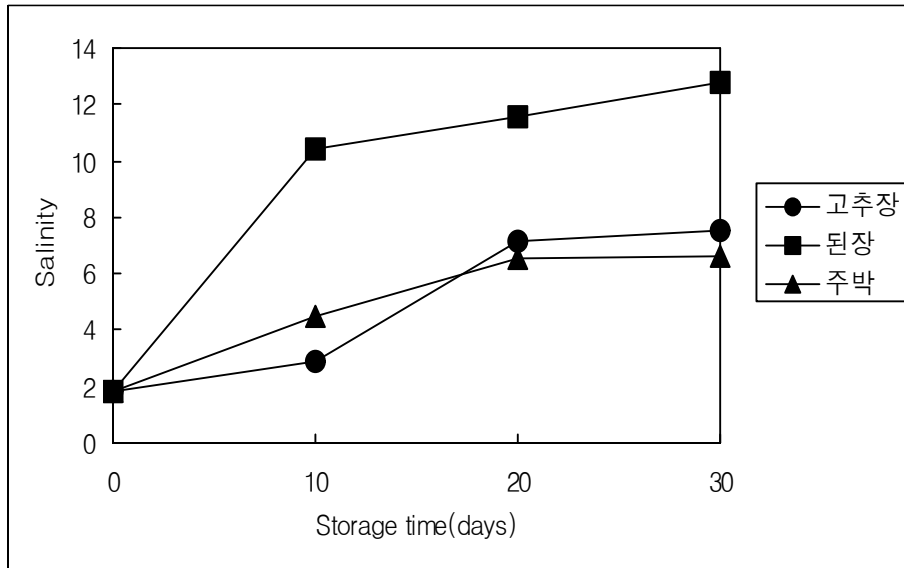


Fig. 3-21. Salinity of *Lotus root pickles* prepared with *Kochujang*, *Doenjang* and *Jubak* during fermentation at 25℃ for 30 days.

고추장, 된장, 주박을 이용한 연근 장아찌를 25℃에서 30일동안 저장하는 기간의 경도는 Fig 3-22와 같다. 고추장 장아찌의 경우 저장 0일째 5.86±0.43에서 저장 30일째 6.56±0.64로 저장기간이 증가할수록 증가하였다. 된장 장아찌의 경우 저장 30일째 5.84±0.22, 주박 장아찌의 경우 저장 30일째 5.41±0.12로 저장기간이 증가할수록 감소하여 고추장 장아찌와 다른 경향을 보였다. 상기 실험 결과에서, 고추장 장아찌와 된장 장아찌의 경우 염도가 주박 장아찌보다 높은 것으로 보아 많이 절여져 수분이 빠져 나가고 이로 인해 연근의 섬유질 때문에 경도가 높게 나타났고, 주박 장아찌의 경우 이들보다 덜 절여져 경도가 가장 낮은 것으로 보여진다. 이는 아삭거리는 식감으로도 확인할 수 있었다.

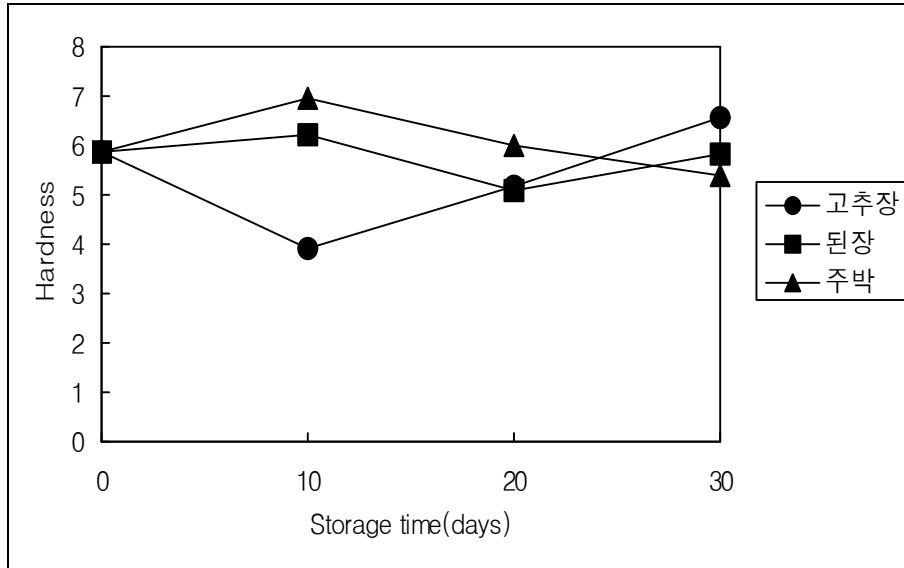


Fig. 3-22. Hardness of *Lotus root pickles* prepared with *Kochujang*, *Doenjang* and *Jubak* during fermentation at 25°C for 30 days.

고추장, 된장, 주박을 이용한 연근 장아찌를 25°C에서 30일 동안 저장하는 기간의 색도는 Table 3-9와 같다.

Table 3-9. Hunter's color values of *Lotus root pickles* prepared with *Kochujang*, *Doenjang* and *Jubak* during fermentation at 25°C for 30 days.

Samples <sup>z</sup>	Storage time(days)				
	0	10	20	30	
L value	KL	60.19±4.07 <sup>y</sup>	54.01±0.50	40.33±2.83 <sup>ax</sup>	45.84±3.32 <sup>a</sup>
	DL	60.19±4.07	43.59±1.04 <sup>a</sup>	47.99±2.69 <sup>b</sup>	50.61±0.32 <sup>a</sup>
	JL	60.19±4.07	57.32±2.10 <sup>c</sup>	50.05±1.60 <sup>b</sup>	58.05±3.93 <sup>b</sup>
a value	KL	0.01±0.06	2.50±0.04 <sup>a</sup>	2.46±0.14 <sup>b</sup>	4.57±0.69 <sup>a</sup>
	DL	0.01±0.06	2.94±0.05 <sup>b</sup>	1.99±0.24 <sup>a</sup>	4.70±0.07 <sup>a</sup>
	JL	0.01±0.06	2.47±0.06 <sup>a</sup>	2.45±0.04 <sup>b</sup>	3.86±0.17 <sup>a</sup>
b value	KL	10.86±0.92	18.77±0.02 <sup>b</sup>	40.33±0.47 <sup>c</sup>	17.13±1.17 <sup>a</sup>
	DL	10.86±0.92	11.14±0.53 <sup>a</sup>	9.71±1.51 <sup>a</sup>	26.26±0.23 <sup>b</sup>
	JL	10.86±0.92	21.32±0.80 <sup>c</sup>	11.72±0.68 <sup>b</sup>	26.29±0.18 <sup>b</sup>

<sup>z</sup>KL : *Lotus root pickles* prepared with *Kochujang*

DL : *Lotus root pickles* prepared with *Doenjang*,

JL : *Lotus root pickles* prepared with *Jubak*

<sup>y</sup>Mean±standard deviation

<sup>x</sup>Values with different superscripts within columns are significantly by Duncan's multiple range test at p<0.05.

명도(L value)는 저장 10일째에 고추장 장아찌, 된장 장아찌 및 주박 장아찌가 서로 유의한 차이를 보였고, 30일째에 각각 45.84±3.32, 50.61±0.32 및 58.05±3.93으로 감소하여 더 어두워졌음을 알 수 있었다. 이는 연근 자체색보다 각각의 고추장, 된장 및 주박의 색이 더 진하기 때문인 것으로 사료된다. 연근 장아찌의 적색도(a value)는 모든 장아찌에서 30일째에 각각



4.57±0.69, 4.70±0.07 및 3.86±0.17로 저장기간이 증가할수록 증가함을 볼 수 있었고, 황색도 (b value)도 모든 장아찌에서 30일째에 각각 17.13±1.7, 26.26±0.23 및 26.29±0.18로 저장기간이 증가할수록 증가하여 같은 경향을 나타냄을 볼 수 있었다.

(4) 강황 첨가 연근 청주박 장아찌의 개발

강황 첨가 연근 청주박 장아찌의 저장기간별 pH 변화를 Table 3-10에 나타내었다. 모든 시료에서 저장 1개월까지 증가하다가 2개월째에 감소한 후 다시 증가하는 경향을 보였다. 대조군의 경우 저장 0일째 6.01±0.06에서 저장 3개월째 4.51±0.01로 감소하였다. 강황을 첨가한 장아찌에서는 대체로 완만하게 감소하다 증가하였는데, 특히 강황 3% 첨가군에서 저장 3개월째 4.73±0.02로 감소폭이 감소하여 완만하였다.

Table 3-10. Changes in pH of *Lotus* root pickles prepared with *Jubak* and the *Curcuma longa* L. powder during storage at 25°C for 3 months.

Treatments <sup>z</sup>	pH			
	0 day	1month	2 months	3 months
Control	6.10±0.06 <sup>ay</sup>	4.68±0.02 <sup>b</sup>	4.45±0.03 <sup>b</sup>	4.51±0.01 <sup>b</sup>
CLP-1%	5.59±0.04 <sup>b</sup>	4.81±0.04 <sup>a</sup>	4.47±0.04 <sup>a</sup>	4.62±0.03 <sup>a</sup>
CLP-3%	5.57±0.03 <sup>b</sup>	4.83±0.04 <sup>a</sup>	4.53±0.04 <sup>b</sup>	4.73±0.02 <sup>a</sup>
CLP-5%	5.53±0.01 <sup>c</sup>	4.72±0.01 <sup>c</sup>	4.45±0.02 <sup>b</sup>	4.52±0.01 <sup>b</sup>
CLP-7%	5.55±0.05 <sup>b</sup>	4.71±0.03 <sup>b</sup>	4.50±0.01 <sup>b</sup>	4.54±0.02 <sup>c</sup>

<sup>z</sup> Control : no *Curcuma longa* L. powder

CLP-1% : 1% *Curcuma longa* L. powder

CLP-3% : 3% *Curcuma longa* L. powder

CLP-5% : 5% *Curcuma longa* L. powder

CLP-7% : 7% *Curcuma longa* L. powder

<sup>y</sup> Means with the same letter in raw are not significantly different by duncan's range test(p<0.05)

강황 첨가 연근 청주박 장아찌의 저장기간별 총산의 변화는 Table 3-11에 나타난 바와 같이, 저장 당일 0.54~0.58%였는데, 저장 3개월까지 급격히 증가하는 경향을 보였다. 대조군의 경우 0.58±0.03~1.66±0.03%로 증가한 반면, 강황을 첨가하는 장아찌에서는 저장 3개월째에 1.59~1.65까지 증가되었지만, 강황 3% 첨가군이 가장 완만한 증가폭을 보였다.

Table 3-11. Changes in acidity of *Lotus* root pickles prepared with *Jubak* and the *Curcuma longa* L. powder during storage at 25°C for 3 months.

Treatments <sup>z</sup>	Acidity(%)			
	0 day	1 months	2 months	3 months
Control	0.58±0.03 <sup>bcyx</sup>	1.56±0.002 <sup>c</sup>	1.63±0.01 <sup>bc</sup>	1.66±0.01 <sup>a</sup>
CLP-1%	0.56±0.05 <sup>b</sup>	1.51±0.04 <sup>a</sup>	1.60±0.02 <sup>b</sup>	1.62±0.02 <sup>ab</sup>
CLP-3%	0.62±0.03 <sup>b</sup>	1.42±0.03 <sup>b</sup>	1.54±0.02 <sup>b</sup>	1.59±0.01 <sup>a</sup>
CLP-5%	0.54±0.01 <sup>c</sup>	1.53±0.02 <sup>bc</sup>	1.63±0.05 <sup>a</sup>	1.64±0.001 <sup>a</sup>
CLP-7%	0.57±0.03 <sup>bc</sup>	1.52±0.05 <sup>a</sup>	1.65±0.04 <sup>a</sup>	1.65±0.01 <sup>a</sup>

<sup>z</sup>Control : no *Curcuma longa* L. powder

CLP-1% : 1% *Curcuma longa* L. powder

CLP-3% : 3% *Curcuma longa* L. powder

CLP-5% : 5% *Curcuma longa* L. powder

CLP-7% : 7% *Curcuma longa* L. powder

<sup>y</sup>Means with the same letter in raw are not significantly different by duncan's range test(p<0.05).

<sup>x</sup>Mean±standard deviation

저장기간에 따른 강황 첨가 연근 청주박 장아찌의 경도 변화는 Table 3-12와 같다. 대조군, 강황 1% 첨가군, 강황 3% 첨가군, 강황 5% 첨가군, 강황 7% 첨가군이 각각 저장 당일 6.31, 6.41, 6.51, 6.41, 6.41 g/cm<sup>2</sup>에서 저장 1개월까지 증가하다가 저장 2개월 쯤에는 급격히 감소하여 다소 불규칙적으로 증가하거나 감소하여 저장 3개월 쯤에는 3.85, 4.55, 4.72, 4.68, 4.41 g/cm<sup>2</sup>으로 경도의 변화를 나타내었다. 또한 강황 3% 첨가군의 경도가 가장 높았고, 그 다음은 강황 5% 첨가군으로 나타났다.

Table 3-12. Changes in hardness of *Lotus* root pickles prepared with *Jubak* and the *Curcuma longa* L. powder during storage at 25°C for 3 months.

Treatments <sup>z</sup>	Hardness(g/cm <sup>2</sup> )			
	0 day	1 months	2 months	3 months
Control	6.31±0.06 <sup>by</sup>	6.35±0.01 <sup>c</sup>	4.10±0.001 <sup>c</sup>	3.85±0.001 <sup>b</sup>
CLP-1%	6.41±0.05 <sup>a</sup>	6.49±0.02 <sup>b</sup>	4.31±0.004 <sup>b</sup>	4.55±0.002 <sup>b</sup>
CLP-3%	6.51±0.04 <sup>a</sup>	6.78±0.01 <sup>a</sup>	4.62±0.005 <sup>a</sup>	4.72±0.003 <sup>a</sup>
CLP-5%	6.41±0.04 <sup>a</sup>	6.58±0.03 <sup>b</sup>	4.35±0.001 <sup>c</sup>	4.68±0.001 <sup>b</sup>
CLP-7%	6.41±0.01 <sup>a</sup>	6.55±0.03 <sup>a</sup>	4.30±0.001 <sup>c</sup>	4.41±0.001 <sup>b</sup>

<sup>z</sup>Control : no *Curcuma longa* L. powder

CLP-1% : 1% *Curcuma longa* L. powder

CLP-3% : 3% *Curcuma longa* L. powder

LLP-5% : 5% *Curcuma longa* L. powder

LLP-7% : 7% *Curcuma longa* L. powder

<sup>y</sup>Means with the same letter in raw are not significantly different by duncan's range test(p<0.05).

Mean±standard deviation

강황 첨가 연근 청주박 장아찌의 저장기간에 따른 색도의 변화를 측정한 결과는 Table 3-13과 같다.

명도, 적색도 및 황색도 모두에서 저장 초기부터 저장기간이 증가함에 따라 점차적으로 감소하다가 저장 2개월째에 다시 증가한 후 감소하는 경향을 보였다. 즉, 명도를 나타내는 L값의 경우 대조군은 28.2에서 21.1로 감소하였으며, 강황 1% 첨가군은 35.6에서 32.7로, 강황 3% 첨가군은 37.4에서 25.8로 감소하였다. 또한 강황 5% 첨가군은 37.6에서 24.3으로 감소하였다. 한편, 강황 7% 첨가군은 37.8에서 19.63으로 감소폭이 컸다. 적색도와 황색도는 명도와 대체적으로 비슷한 경향으로 저장 당일에서 저장 2개월까지 증가하다가 저장 3개월째에는 급격하게 감소하는 경향을 보였다.

Table 3-13. Changes in color values of *Lotus* root pickles prepared with *Jubak* and the *Curcuma longa* L. powder during storage at 25°C for 3 months.

Treatmen ts <sup>z</sup>	Color value	Storage period(months)			
		0	1	2	3
Control	L	28.2±0.01 <sup>ayx</sup>	27.2±0.02 <sup>b</sup>	28.3±0.12 <sup>a</sup>	21.1±0.14 <sup>c</sup>
	a	7.81±0.03 <sup>a</sup>	7.75±0.03 <sup>c</sup>	8.13±0.12 <sup>a</sup>	4.10±0.11 <sup>d</sup>
	b	24.22±0.03 <sup>c</sup>	32.45±0.02 <sup>b</sup>	34.36±0.02 <sup>a</sup>	17.20±0.03 <sup>d</sup>
CLP-1%	L	35.6±0.02 <sup>a</sup>	34.9±0.20 <sup>b</sup>	35.5±0.23 <sup>a</sup>	32.7±0.22 <sup>c</sup>
	a	8.01±0.01 <sup>c</sup>	9.21±0.02 <sup>b</sup>	10.95±0.01 <sup>a</sup>	1.85±0.02 <sup>d</sup>
	b	29.52±0.02 <sup>a</sup>	33.82±0.22 <sup>a</sup>	36.66±0.22 <sup>a</sup>	22.88±0.23 <sup>a</sup>
CLP-3%	L	37.4±0.14 <sup>a</sup>	36.8±0.23 <sup>a</sup>	37.4±0.11 <sup>a</sup>	25.8±0.12 <sup>b</sup>
	a	8.91±0.20 <sup>b</sup>	11.05±0.10 <sup>a</sup>	12.89±0.11 <sup>a</sup>	3.88±0.13 <sup>c</sup>
	b	32.58±0.12 <sup>a</sup>	45.78±0.12 <sup>a</sup>	47.68±0.12 <sup>a</sup>	25.58±0.13 <sup>b</sup>
CLP-5%	L	37.6±0.11 <sup>a</sup>	35.5±0.13 <sup>a</sup>	36.5±0.22 <sup>a</sup>	24.3±0.10 <sup>b</sup>
	a	9.82±0.11 <sup>b</sup>	11.05±0.13 <sup>a</sup>	12.78±0.21 <sup>a</sup>	3.75±0.21 <sup>c</sup>
	b	33.13±0.21 <sup>b</sup>	43.55±0.31 <sup>b</sup>	46.56±0.20 <sup>ab</sup>	25.42±0.11 <sup>bc</sup>
CLP-7%	L	37.8±0.10 <sup>a</sup>	27.8±0.21 <sup>b</sup>	29.2±0.11 <sup>b</sup>	19.6±0.12 <sup>c</sup>
	a	11.74±0.10 <sup>b</sup>	12.83±0.23 <sup>a</sup>	14.80±0.13 <sup>a</sup>	3.85±0.21 <sup>c</sup>
	b	33.25±0.11 <sup>c</sup>	40.67±0.10 <sup>b</sup>	42.35±0.12 <sup>a</sup>	24.25±0.21 <sup>d</sup>

<sup>z</sup>Control : no *Curcuma longa* L. powder

CLP-1% : 1% *Curcuma longa* L. powder

CLP-3% : 3% *Curcuma longa* L. powder

CLP-5% : 5% *Curcuma longa* L. powder

CLP-7% : 7% *Curcuma longa* L. powder

<sup>y</sup>Values are mean±S.D.(n=3)

<sup>x</sup>Means in a column followed by different superscripts are significantly at the with (p<0.05 level)

상온에서 3개월간 저장한 강황 첨가 연근 청주박 장아찌 5가지 종류의 관능검사는 Table 3-14에서 보는 바와 같은 결과를 나타내었다. 색의 경우 대조군은 2.65, 강황 1%~ 강황 7% 첨가군은 3.59~6.51로 나타나 강황 첨가량이 많을수록 높은 점수를 받았다. 냄새에 있어서는 강황 5% 첨가군이 가장 높았고, 맛과 조직감에서는 강황 5%와 7% 첨가군이 가장 높은 값을 나타냈다. 전체적인 기호도는 대조군이 4.51이었고 강황 분말 5% 첨가군이 6.11로 가장 높게 나타났다(p<0.05).

Table 3-14. Sensory characteristics of *Lotus* root pickles prepared with *Jubak* and the *Curcuma longa* L. powder during storage at 25°C for 3 months.

Sensory properties	Treatments <sup>z</sup>				
	Control	CLP-1%	CLP-3%	CLP-5%	CLP-7%
Color	2.65 <sup>dy</sup>	3.59 <sup>c</sup>	4.27 <sup>b</sup>	5.63 <sup>a</sup>	6.51 <sup>a</sup>
Flavor	2.75 <sup>d</sup>	3.58 <sup>c</sup>	4.25 <sup>b</sup>	6.12 <sup>a</sup>	5.21 <sup>ab</sup>
Taste	3.41 <sup>c</sup>	4.35 <sup>b</sup>	4.89 <sup>b</sup>	5.76 <sup>a</sup>	5.42 <sup>a</sup>
Texture	3.51 <sup>c</sup>	3.85 <sup>bc</sup>	5.25 <sup>b</sup>	5.68 <sup>a</sup>	5.28 <sup>ab</sup>
Overall acceptability	4.51 <sup>c</sup>	4.88 <sup>c</sup>	5.20 <sup>b</sup>	6.11 <sup>a</sup>	5.52 <sup>b</sup>

<sup>z</sup>Control : no *Curcuma longa* L. powder

CLP-1% : 1% *Curcuma longa* L. powder

CLP-3% : 3% *Curcuma longa* L. powder

CLP-5% : 5% *Curcuma longa* L. powder

CLP-7% : 7% *Curcuma longa* L. powder

<sup>y</sup>Means in a column followed by different superscripts are significantly at the with (p<0.05 level)

#### (5) 연근을 이용한 연근 간장게장

게장을 25°C에서 2주동안 저장한 후 pH를 측정된 결과는 연근 첨가 간장게장은 pH 7.34, 무첨가 간장게장은 pH 7.84로 나타났다. 게장을 25°C에서 2주동안 저장한 후 염도를 측정된 결과는 연근 첨가 간장게장은 1.45%, 무첨가 간장게장은 1.65%로 나타났다.

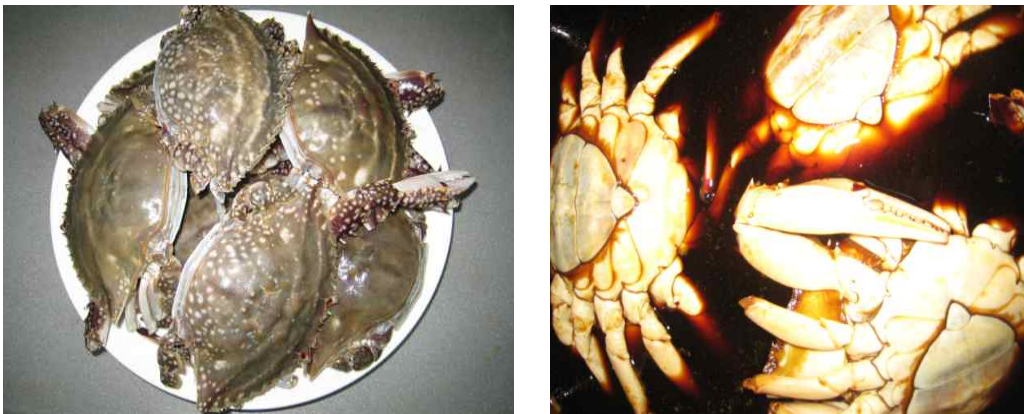


Figure 3-23. Crabs's soy souce prepared with *Lotus* root powder.

#### 다. 연잎 발효 추출액 및 이를 이용한 주스 제조

##### (1) 발효 추출액 제조

연잎을 채엽한 다음 제조한 차 추출물과 설탕을 생엽과 함께 항아리에 넣어 180일간 발효시킨 다음 관능평가를 실시하였다(Table 3-15). 본 실험에서 맛은 성숙된 잎이나 성숙된 잎을 냉동시켜 두었다가 숙성시켰을 경우 비슷한 경향을 얻을 수 있었다. 반면, 어린상태의 연잎을 사용하여 숙성하는 경우에는 풀냄새가 나고 초산발효상태의 신맛이 높아 맛이 떨어지는 경향을

나타냈다. 연잎 발효에서 곧바로 채엽한 연잎보다 냉동 보관하였다가 발효시킬 경우 맛에 별다른 차이점이 없어 냉동잎을 이용하는 것이 산업화면에서 바람직 한 것으로 생각된다.

Table 3-15. Sensory evaluation of fermented leaves extract in white lotus.

Leaf type <sup>y</sup>	Sensory evaluation <sup>z</sup>				Mean
	Color	Flavor	Tasty	Dilution status	
Maturation leaf	9.4	9.0	8.8	8.8	9.0 a <sup>x</sup>
Frozen maturation leaf	9.0	9.0	8.8	8.8	8.9 a
Young leaf	9.2	6.8	6.8	6.4	7.3 b

<sup>z</sup>1= severely bad, 5= moderate, 10=excellent.

<sup>y</sup>Maturation leaf= over 45 days after bud opening, young leaf= 30~45 days after bud opening.

<sup>x</sup>Means in a column followed by different superscripts are significantly at the with ( $p<0.05$  level).

연잎 추출액을 항아리와 유리병에 넣고 180일 숙성시킨 다음 맛을 평가하였다(Table 3-16). 연잎추출액을 항아리에 넣어 숙성시킬 경우 색도, 향, 맛, 희석상태는 유리병에 비해 현저히 높았다. 발효시 시중에 널리 유통되는 유리병은 높은 온도와 함께 대기중의 산소와 결합해서 산패되는 것으로 판단되었다. 유리병에서 추출초기에는 색이 맑고 투명하였으나 발효 중기이후부터 갈변과 함께 산패되는 것으로 나타났다(Fig. 3-24)

Table 3-13. Sensory evaluation of fermented leaves extract in white lotus by different fermentation bowl.

Treatment	Sensory evaluation <sup>z</sup>				Mean
	Color	Flavor	Tasty	Dilution status	
Clay bowl	9.4	9.0	8.8	8.8	9.0 a <sup>y</sup>
Glass bowl	2.5	1.0	1.0	1.2	1.4 b

<sup>z</sup>1= Severely bad, 5= moderate, 10=excellent.

<sup>y</sup>Means in a column followed by different superscripts are significantly at the with ( $p<0.05$  level).



After 30 days



After 90 days



After 180 days

Fig. 3-24. Changes of visual color in fermented leaves extract during fermentation duration in white lotus.

연잎 발효 추출액 생리활성 변화에서, 혈관 평활근세포의 증식 억제 효과(Fig. 3-25)는, 희석 농도가 감소할수록 증가하였는데, 250배 농도부터 유의하게 증가하는 경향을 나타냈다. 혈관평활근세포의 금속단백분해효소 활성(MMP-2) 억제도 감소시켰는데 10배 이하부터 크게 감소시켰다(Fig. 3-26). 세포 이동성과 상처 융합 조사(Fig. 3-27)에서, 처리시간에 관계없이 희석농도가 감소할수록 세포 이동성과 상처 융합속도를 증진시켰다. 아질산소거능과 항산화도는 발효 추출액 함량 증가와 함께 증가하는 경향을 나타냈으나, 지질과산화물 생성은 억제시켰다(Fig. 3-28, 29, 30). 혈관 내피세포의 자극에 의한 MMP 발현도 추출액 농도가 증가할수록 발현이 증진되었다(Fig. 3-31).

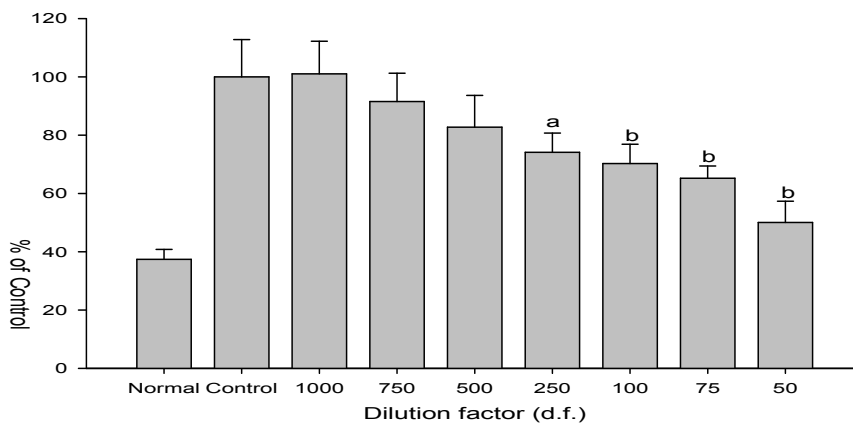


Fig. 3-25. Effect of fermented Lotus leaves on proliferation of HASMC.

Different concentration of fermented lotus leaves were prepared by diluting it indistilled water. HASMC was treated with different concentration of fermented lotus leaves for 24 hours. Effect of them on proliferation of HASMC was done by MTT assay. Fermented lotus leaves dose dependently inhibited the proliferation of HASMC. <sup>a</sup> $p < 0.05$  and <sup>b</sup> $p < 0.01$  Vs Control.

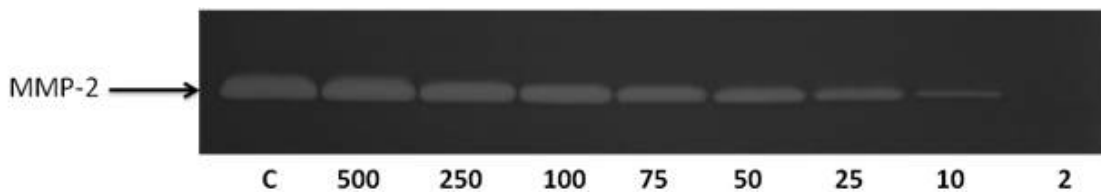


Fig. 3-26. Effect of fermented Lotus leaves on expression of MMP-2 in HASMC.

Different concentration of fermented lotus leaves were prepared by diluting it indistilled water. HASMC was treated with different concentration of fermented lotus leaves for 24 hours. Then, the condition media was subjected to SDS-PAGE complexed with gelatin. Gelatinolytic activity of MMP-2 was visualized as a white band over the blue background. Fermented lotus leaves dose dependently inhibited the enzymatic action of MMP-2 in HASMC.

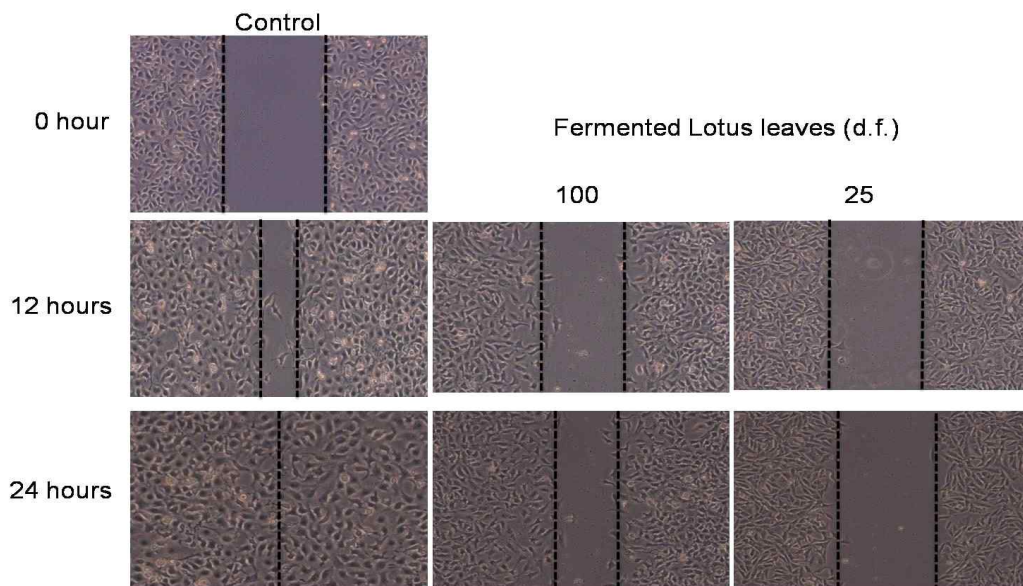
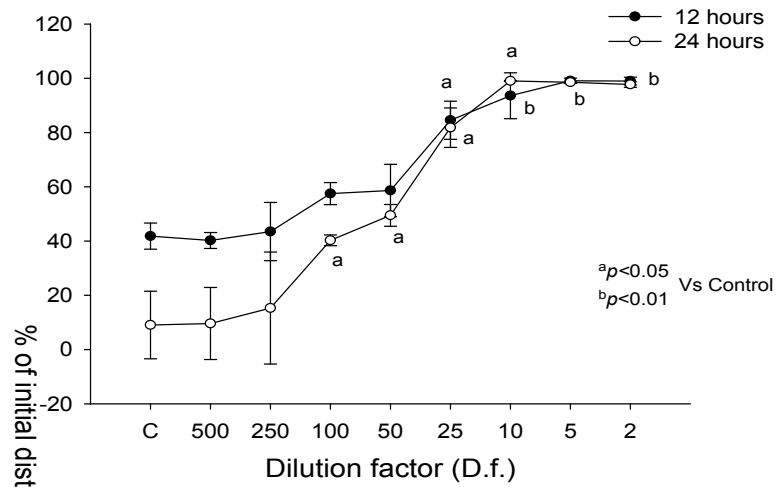


Fig. 3-27. Effect of fermented lotus leaves on wound healing assay. Monolayer of HASMC was scratched with yellow tip then fermented lotus leaves were treated. The distance of two edges of monolayer was measured in 12 and 24 hours. Fermented lotus leaves dose dependently inhibited migration of HASMC in the scratched surface.

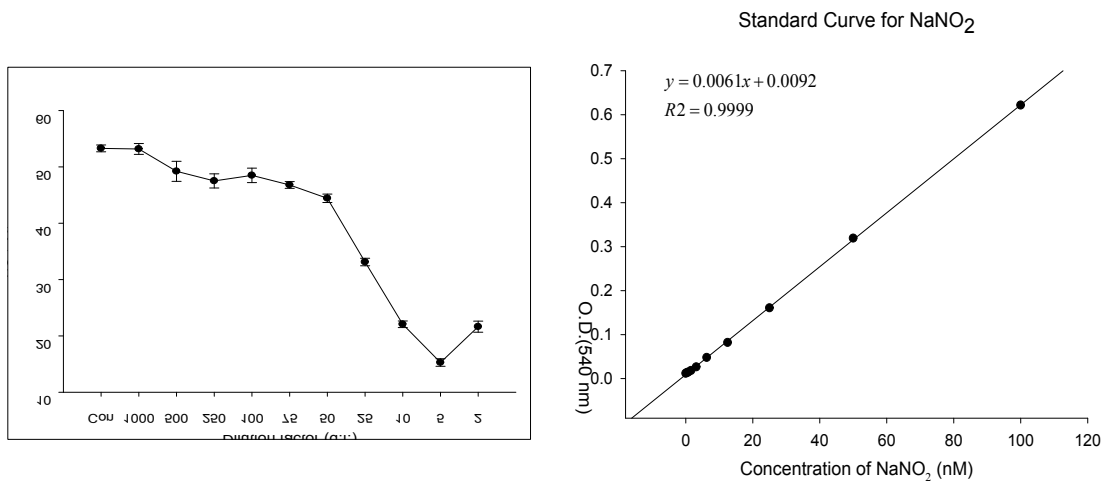


Fig. 3-28. Effect of fermented lotus leaves on NO scavenging activity.

Different concentration of fermented lotus leaves were prepared by diluting it indistilled water. NO scavenging activity of fermented lotus leaves was carried out using griess reagent. Effect on NO production was calculated by comparing with the standard curve obtained by serial dilution of NaNO<sub>2</sub>. <sup>a</sup> $p < 0.05$  and <sup>b</sup> $p < 0.01$  Vs Control

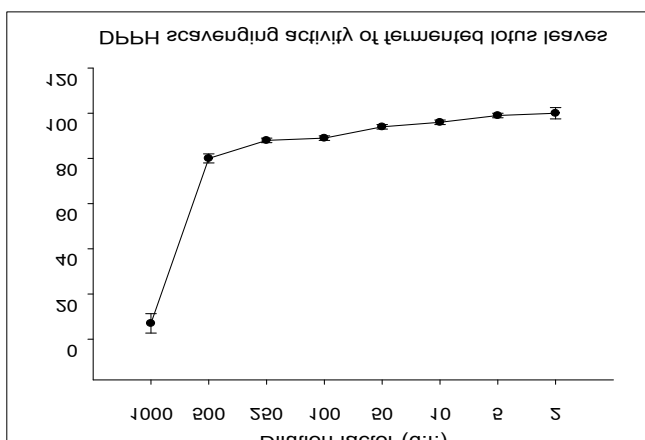


Fig. 3-29. Effect of fermented lotus leaves on DPPH scavenging activity

Different concentration of fermented lotus leaves were prepared by diluting it indistilled water. DPPH scavenging activity was calculated by incubating different concentration of fermented lotus leaves with DPPH for 30 minutes in dark.



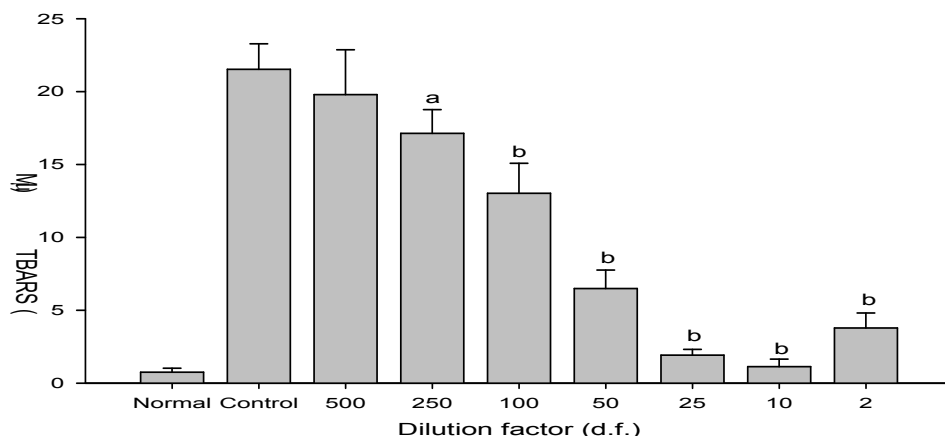


Fig. 3-30. Effect of fermented lotus leaves on serum oxidation

Different concentration of fermented lotus leaves were prepared by diluting it in distilled water. Effect on TBARS formation was determined by using  $\text{CuSO}_4$  as oxidizing agent for serum. <sup>a</sup> $p < 0.05$  and <sup>b</sup> $p < 0.01$  Vs Control

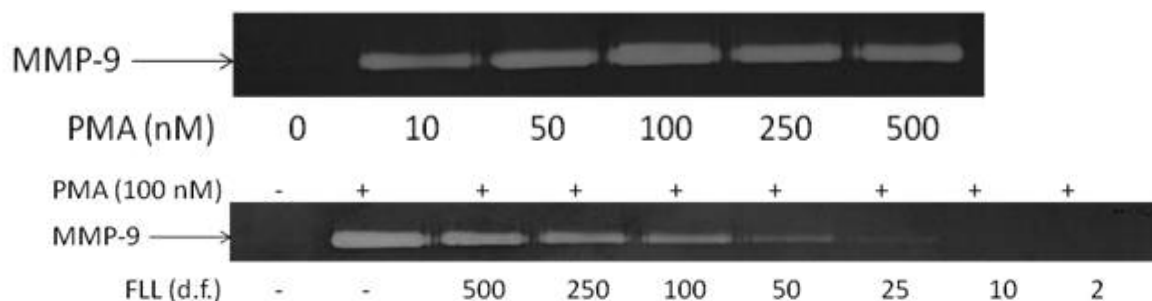


Fig. 3-31. Effect of fermented Lotus leaves on expression of MMP-9 in PMA stimulated ECV304 cells

Different concentration of fermented lotus leaves were prepared by diluting it in distilled water. ECV304 cells were pre-treated with different concentration of fermented lotus leaves for 1 hour followed by stimulation with 100 nM of PMA for 24 hours. Then, the condition media was subjected to SDS-PAGE co-polymerized with gelatin. Gelatinolytic activity of MMP-9 was visualized as white band over the blue background. Fermented lotus leaves dose dependently inhibited the enzymatic action of MMP-9 in PMA stimulated ECV304 cells.

연잎 발효추출액에 함유된 주요영양소(Table 3-17)에서, 1일 성인 영양소 기준치에서 탄수화물은 16%, 단백질은 22% 수준으로 다이어트를 위한 기능성 식품소재로서의 가능성을 보여주고 있다.

Table 3-17. Nutrient values in fermented leaves extract in white lotus.

Items	Energy (kcal)	Water (g)	Ash (g)	Carbohydrate (g)	Crude protein (g)	Crude fat (g)	Na (g)	Trans fat (g)	Sugar (g)	Sat-fat ty acid (g)	Cholesterol (mg)
100g	266	33.29	0.10	53.46	13.14	0.01	2.587	0.000	39.1	0.002	<sup>z</sup>

<sup>z</sup>Not detected.

이러한 영양성분을 기준으로 일상생활에서 접하는 식품과의 영양소 비교(Table 3-18)에서, 연잎발효 추출액의 열량은 265kcal로 돼지갈비구이(225kcal), 닭도리탕(250kcal), 제육볶음(225kcal)과 비교할 수 있을 만큼 높았고, 탄수화물은 53g으로 군감자(50g), 더덕구이(50g), 돼지갈비(50g), 불고기(50g)와 비슷한 수준이며, 단백질이 13g으로 콩나물무침(25g), 부추나물(25g), 냉이나물(25g), 깻잎나물(25g)보다는 낮지만, 숙주, 도라지, 미나리, 시금치나물 등의 단백질이 0g과 비교해 볼때 연잎발효추출액의 단백질 함량도 높다고 할 수 있다. 아울러 연잎발효추출액은 지방(0g), 포화지방(0g), 트랜스지방(0g), 콜레스테롤(0mg)로 배추김치, 열무김치, 나박김치, 깻두기, 동치미 등과 같은 저지방 0g인 발효식품의 특징을 보여주고 있다.

Table 3-18. Comparison of calory, carbohydrate, protein and fat in different meal and vegetables.

Fermented leaves extract	Meal and vegetables			
Calories(265kcal)	Braised chicken 닭도리탕 (250kcal)	Grilled spareribs 돼지갈비구이 (225kcal)	Pork roasted 제육볶음 (225kcal)	Pork cutlet 돈가스냉동 (225kcal)
Carbohydrate(53g)	Bake potato 군감자 (50g)	Grilled Deodeok 더덕구이 (50g)	Pork ribs 돼지갈비 (50g)	Bulgogi 불고기 (50g)
Protein(13g)	Bean sprouts 콩나물무침 (25g)	Chives vegetable 부추나물 (25g)	Shepherd's purse 냉이나물 (25g)	Sesame leaf 깻잎나물 (25g)
fat(0g)	Kimch 배추김치 (0g)	Radish kimch 열무김치 (0g)	Radish diced 깻두기 (0g)	Dongchimi 동치미 (0g)

따라서, 연잎 발효 추출물은 1일 영양소 기준치에 비해 열량은 높되 탄수화물과 단백질 함량이 낮아 건강음료나 다이어트 식품에 응용이 가능할 뿐만 아니라 지방분해를 촉진시키는 특성과 연계한 기능성 음료(농축엑기스, 즙)와, 육류 양념 소재로 활용범위가 기대된다.

## (2) 연 발효 추출물을 이용한 주스 개발

연 추출물 구성 비율별로 음료를 조성한 다음, 시료를 교반하여 2리터 패트 용기에 주입하여 3℃ 냉장 상태에서 7일이 경과한 후 관능평가 하였다. 맛은 음료 조성분에 따라 차이를 나타냈는데 연잎 발효 추출액 비율이 높거나 낮아도 감소하는 경향을 나타냈다. 발효 추출액을 11% 혼합시 색상, 향, 맛, 음용후 느낌면에서 가장 우수하게 평가되었다(Table 3-19).

Table 3-19. Recipe of Juice with the fermented leaves extract of white lotus.

Juice recipe (fermented leaves extract:leaves tea extract+root juice)	Sensory evaluation <sup>z</sup>				Mean
	Color	Flavor	Tasty	Throat feeling	
6.5%+78%+16.5%	9.4	8.4	8.8	8.0	8.6 ab <sup>y</sup>
11%+72.5%+16.5%)	9.4	9.0	9.2	8.8	9.1 a
16.5%+67%+16.5%	9.2	8.0	8.0	8.0	8.3 b
11%+72.5%(water)+16.5%	9.2	7.5	7.0	5.0	7.2 bc

<sup>z</sup>1= severely bad, 5= moderate, 10=excellent.

<sup>y</sup>Means in a column followed by different superscripts are significantly at the with (p<0.05 level).

맛에서 가장 우수하게 평가된 연근 주스(연잎 발효액 11%)에 대한 주요영양소 성분분석에서 (Table 3-20), 열량과 탄수화물, 수분함량이 높고 트랜스지방, 포화지방산, 콜레스테롤이 검출되지 않아 향후 대중적인 음료로써 개발 가능성을 높여주고 있다. 이러한 영양성분을 중심으로 일상생활에서 쉽게 접할 수 있는 연근 주스의 대량생산 시스템 구축을 통하여 시장성, 기능성이 강화된 음료 상품화가 기대 기대된다.

Table 3-20. Nutrient values of juice added fermented leaf extract in white lotus.

Items	Calories (kcal)	Water (g)	Ash (g)	Carbohydrate (g)	Crude protein (g)	Crude fat (g)	Na (g)	Trans fat (g)	Sugars (g)	Saturated fat (g)	Cholesterol (mg)
100g	55	86.06	0.20	13.27	0.47	0.01	9.197	- <sup>z</sup>	9.039	0.005	-

<sup>z</sup>Not detected.

#### 라. 냉동 연잎을 이용한 중간 소재 분말 및 연잎 차 개발

##### (1) 냉동 연잎을 이용한 차(분말) 개발

연잎 차 제조공정에서 기존제조공정(공정 C)에 비해 냉풍과 2차 유념(공정 A), 자연통기와 열풍건조(공정 C)를 처리 해서 연잎 차를 제조한 다음 추출해서 관능평가 하였다.

냉동 연잎에 통기과정, 2회의 유념과정, 증유과정, 재건과정, 자동건조과정을 거친 경우(공정 A), 공정 B, C에 비해 연잎차는 색, 향, 맛, 우린상태에서 맛이 월등히 좋게 나타났다(Table 3-21).

Table 3-21. Evaluation of sensory taste in lotus leaves tea by different processing methods.

Processing type <sup>y</sup>	Sensory evaluation <sup>z</sup>				Mean
	Color	Flavour	Tasty	Leaf shape	
Processing A	8.5	8.3	8.4	8.7	8.5 a <sup>x</sup>
Processing B	8.0	7.9	7.8	7.8	7.9 b
Processing C	7.6	7.4	7.5	7.2	7.4 b

<sup>z</sup>1=severly bad, 5= moderate, 10=excellent

<sup>y</sup>A: Leaf thawing → cutting → steaming → cold ventilation → primary drying and roasting → rolling → middle drying and roasting → 2 nd rolling → 2nd drying → automatic drying → sorting

B: Leaf thawing → cutting → steaming → natural ventilation → primary drying and roasting → rolling → middle drying and roasting → steam drying

C: Leaf thawing→ cutting → roasting → natural ventilation → rolling → roasting → rolling → roasting (traditional method)

<sup>x</sup>Means in a column followed by different superscripts are significantly at the with ( $p < 0.05$  level).

냉동 연잎과 당해 연도 채엽후 제조한 차에서, 색, 향, 맛, 분말형상(Table 3-22)에서, 두 처리간 맛에 별다른 차이를 나타내지 않았다. 따라서, 연잎이 대량생산되는 8월에 채엽하였다가 냉동해서 가공한 연잎차의 색과 향, 맛, 분말정도에서 큰 차이가 없었다. 냉동 연잎을 이용한 연잎차(분말) 제조는 향후 양질의 연잎을 냉동 저장함으로써 생산량 조절에 크게 기여할 것으로 사료된다.

개발한 연잎차(분말)은 식품공정에서 제시하는 자가 품질검사 기준에 의거하여 적합판정을 받았으며, 형상은 고유의 색택과 향미를 가지고 이취가 없으며, 타르 및 색소는 검출되지 않았고, 납(mg/kg) 50.이하 조건을 만족하는 적합판정을 받았다.

본 실험으로 개발한 연잎차(white lotus leaf tea, sample 500g)는 미국 FDA 품질인증 (FDA#2030513, 7/9/2007) 기관(Microbac Laboratories, Inc)의 분석결과를 기준으로 인증을 취득하였으며, 분석결과는 다음과 같다(Table 3-23).

Table 3-22. Evaluation of sensory taste in lotus leaves tea by different leaves conditions.

Type	Sensory evaluation <sup>z</sup>				Mean
	Color	Flavor	Tasty	Powder shape	
Frozen leaf	8.5	8.3	8.4	8.7	8.5
Fresh leaf	8.6	8.3	8.4	8.8	8.5

<sup>z</sup>1=severly bad, 5= moderate, 10=excellent.

Table 3-23. Analysis of nutrient values in white lotus powder.

Analysis items	Results	Units	Methods
Calories	4	cal/100g	Calculation
Calories from fat	0	cal/100g	Calculation
Fat	<0.1	g/100g	AOAC17
Saturated Fatty Acid	<0.1	g/100g of fat	AOAC996.06 MOD
Cholesterol	<0.1	mg/100g	AOAC976.26
Carbohydrates	0.92	g/100g	Calculation
Total dietary fiber	<0.10	g/100g	AOAC991.43
Total sugars	<0.20	g/100g	AOAC982.14 MOD
Moisture	98.7	g/100g	AOAC17
Ash, total	0.42	g/100g	AOAC17
Protein	<0.5	g/100g	AOAC17
Vitamin A	<20	IU/100g	JAOAC67:1
Vitamin C	<0.25	mg/100g	AOAC967.22
Sodium	9.5	mg/100g	AOAC9990.08C
Calcium	1370	mg/100g	AOAC9990.08C
Iron	3.4	mg/100g	AOAC9990.08C

※ Microbac Laboratories, Inc. FDA #2030513, 7/9/2007

본 실험에서 확립된 냉동 연잎을 이용한 연잎차의 제조방법은 냉동 저장된 연잎을 가공함으로써 연중 연잎차의 생산이 가능하며, 증제 후 연잎을 절단하지 않아 연잎이 함유하고 있는 비타민 C 및 아미노산 성분이 파괴되는 것을 방지할 수 있으며, 2차에 걸친 유념단계를 통해 연잎 표피의 유막을 제거함으로써 품질이 우수한 연잎차와 가루분말을 연중 생산할 수 있으며, 연잎 가루분말은 제과, 제방, 식품의 원료로 공급이 가능하여 대량소비가 가능하다.

(2) 냉동 연꽃을 이용한 분말 제조

연꽃을 채취한 다음 분말 제조시 제조공정을 다소 달리해서 분말을 제조하였다.

제조공정 A와 제조공정 B에서 제조한 연꽃분말은 색도, 향, 맛, 분말형상에서 중유과정, 재건조 과정, 자동 건조과정을 거친 공정 A에서 월등하게 좋은 결과를 나타냈다(Table 3-24).

Table 3-24. Evaluation of sensory taste in lotus flower powder by different leaves conditions.

Processing type <sup>y</sup>	Sensory evaluation <sup>z</sup>				Mean
	Color	Flavor	Tasty	Powder shape	
Processing A	8.8	8.8	8.8	8.7	8.8 a <sup>x</sup>
Processing B	7.6	7.4	7.2	7.0	7.3 b

<sup>z</sup>1=severly bad, 5= moderate, 10=excellent.

<sup>y</sup>A: flower sorting → thawing → cutting → roasting → drying → automatic drying → milling

B: flower sorting → thawing → cutting → natural wind drying → milling

<sup>x</sup>Means in a column followed by different superscripts are significantly at the with(p<0.05 level).

또, 연꽃을 냉동고에 저장하면서 꺼내 분말을 제조한 다음 관능평가를 실시하였다(Table 3-25). 냉동기간이 길어질수록 색, 향, 맛, 분말형상이 좋아지는 경향을 나타냈다. 따라서, 연꽃의 분말제조를 위해서는 개화 당일 채취한 연꽃을 -25℃ 상태에서 90일 이상 냉동하였다가 분말 제조시 품질이 우수하다는 결론을 얻었다.

이러한 과정을 거쳐 제조한 연꽃 분말 제조가 가능함에 따라 방향성이 강한 화장품조성물, 중간소재, 꽃분말차 등으로 활용이 가능해 산업화 범위가 넓다고 할 수 있다.

Table 3-25. Evaluation of sensory taste in lotus flower powder by different storage duration.

Storage duration(days)	Sensory evaluation <sup>z</sup>				Mean
	Color	Flavor	Tasty	Powder shape	
3	7.5	7.1	7.2	7.4	7.3 b <sup>y</sup>
30	8.0	8.1	8.2	8.1	8.1 ab
60	8.4	8.4	8.2	8.6	8.4 a
90	8.8	8.8	8.8	8.7	8.8 a

<sup>z</sup>1=severly bad, 5= moderate, 10=excellent.

<sup>y</sup>Means in a column followed by different superscripts are significantly at the with (p<0.05 level).

#### 마. 연잎을 이용한 가공품 개발

##### (1) 연 식혜 개발

연 식혜 제조공정을 개발한 다음 음료를 개발해서 관능평가를 실시하였다(Table 3-26). 시중에서 널리 유통되고 있는 제품과 맛 비교에서, 개발한 식혜는 기존의 식혜보다 색, 향, 맛, 뒷맛에서 다소 우수한 결과를 보였다. 전통음료에서 발효특성을 살린 연잎차 식혜의 상품화 및 대량생산이 가능하다는 것을 보여주었다.

Table 3-26. Evaluation of sensory taste in lotus Sik-Hae.

Product type	Sensory evaluation <sup>z</sup>				Mean
	Color	Flavor	Tasty	Mild	
General Sik-Hae (H company)	8.4	8.0	8.4	8.0	8.2
Lotus Sik-Hae	8.7	8.8	8.8	8.9	8.8

<sup>z</sup>1=severly bad, 5= moderate, 10=excellent.

개발한 연식혜는 식품공전에서 제시하는 기준에 의거 주요 영양성분을 분석하였으며, 그 결과를 토대로 식품품목신고를 관할행정기관으로부터 받았다(Table 3-27).

Table 3-27. Analysis nutrients values in lotus Sik-Hae.

Analysis items	Units	Reference (%, daily nutrient value)
Crude protein(g)	0	0%
Crude fat	0.6g	1.2%
Carbohydrate	9.0g	3.0%
Sugar	5.5g/100g	- <sup>z</sup>
Na	20mg/100g	1.0%
Calories	40 Kcal	-
Trans fat	0	-
Saturated fat	0	0%
Cholesterol	0	0%

<sup>z</sup>Not calculated.

개발한 연식혜(rice nectar (Sik-Hae) of lotus)는 미국 FDA 품질인증(FDA#2023045, 3/9/2009)을 기관(Michelson Laboratories, Inc)의 분석결과를 기준으로 인증을 취득하였으며, 분석결과는 다음과 같다.

Table 3-28. Analysis of nutrients value in lotus Sik-Hae.

Analysis items	Results	Units	Methods
Calories	39	100g	Calculation
Calories from fat	1	100g	Calculation
Fat	0.09	%	AOAC976.26
Saturated Fat	0.00	% of fat	AOAC41.1.28A
Cholesterol	0.00	mg/100g	AOAC976.26GC
Carbohydrates, total	9.13	%	Calculation
Total dietary fiber	0.00	%	AACC 32 07
Total sugars	9.86	%	Calculation
Moisture	90.3	%	AOAC950.46,92
Ash	0.00	%	AOAC923.03
Protein(% nitrogen×6.25)	0.46	%	AOAC992.15
Vitamin A, total	0.00	IU/100g	AOAC974.29
Vitamin C	0.00	mg/100g	AOAC967.21
Calcium	3.53	mg/100g	AOAC984.27 MOD
Iron	0.29	mg/100g	AOAC984.27 MOD
Sodium	5.93	mg/100g	AOAC984.27 MOD

※ Michelson Laboratories, Inc. FDA #2023045, 3/6/2009

연잎차 추출물을 첨가한 연식혜의 제조방법은 한국 고유의 음료인 식혜의 제조시 비타민, 식이섬유 및 아미노산이 포함되는 연잎차를 첨가함으로써, 식혜고유의 맛을 내면서 연잎차의 은은하고 부드러운 맛과 색이 살아있는 특징을 갖고 있다. 대량생산이 가능한 제조방법을 확립하여 시중에서 널리 유통되고 있고, 금후 해외 수출을 추진 할 계획이다(Fig. 3-32).



Fig. 3-32. Representation of commercial product of lotus Sik-Hae.

(2) 연잎 찜밥 제조

생 연잎과 데친 연잎을 사용하여 제조한 연 찜밥을 색, 향, 맛, 느낌 등을 비교하여 평가하는 방법으로 관능평가를 수행하였다. 본 실험에서 맛은 데친 연잎이 생연잎을 사용하여 제조한 연 찜밥보다 색, 향, 맛, 씹힘정도에서 월등한 결과를 보여주고 있어 연잎찜밥을 이용한 한식의 표준식단으로 활용이 가능하다는 것을 보여주고 있다.

Table 3-29. Sensory evaluation of lotus leaf Ssam-Bap.

Leaf type	Sensory evaluation <sup>z</sup>				Mean <sup>y</sup>
	Color	Flavor	Tasty	Chew	
Raw leaf	8.7	7.0	6.4	6.0	7.0 b
Blanching leaf	8.7	8.8	9.0	9.2	8.9 a

<sup>z</sup>1=severly bad, 5= moderate, 10=excellent.

<sup>y</sup>Means in a column followed by different superscripts are significantly at the with (p<0.05 level).

데친 연잎을 이용 제조한 연잎찜밥은 즉석조리식품(냉동전 가열:가열후 섭취 냉동식품)으로 세균을 조사하였다. 연잎찜방은 세균수도 낮았고, 유해세균으로 알려진 황색포도상구균, 살모넬라, 장염비브리오균, 대장균은 음성을 나타내는 사실로 봐, 항균작용도 우수한 것으로 나타났다 (Table 3-30).

Table 3-30. Analysis of harmful microorganism in lotus leaf Ssam-Bap.

Analysis items	Results	Reference
Total fungi	230	100,000/g below
Staphylococcus aureus	Negative	1g/100 below
Salmonella	Negative	negative
Vibrio Parahaemolyticus	Negative	negative
Colon bacillus	Negative	1g/10 below



Table 3-31. Analysis of mineral and vitamin in lotus leaf Saam-Bap.

Analysis items	Results	Units	Methods
Vitamin A	395	IU/100g	AOAC974.29
Vitamin A, As beta carotene	390	IU/100g	AOAC974.29
Vitamin C	0.05	mg/100g	AOAC967.21
Calcium	19.5	mg/100g	AOAC984.27 MOD
Iron	33.3	mg/100g	AOAC984.27 MOD
Sodium	136.40	mg/100g	AOAC984.27 MOD

연썸밥 비타민과 무기물함량(Table 3-31)조사에서, 비타민 A와 베타카로틴은 각각 395, 390IU/100g으로 높은 반면, 비타민 C는 0.05mg으로 상대적 낮은 수준을 나타냈다. 무기물인 Ca, Fe, K는 각각 19.5, 33.3, 136.4mg/100g으로 매우 높은 수준을 보였다. 따라서, 개발한 연썸밥은 비타민 A와 무기물이 풍부하게 함유되어 있었다.

개발한 연썸밥(LOTUS LEAF SSAMBAP)는 미국 FDA 품질인증(FDA#2023045, 7/20/2009)을 기관(Michelson Laboratories, Inc)의 분석결과를 기준으로 인증을 취득하였으며, 분석결과는 Table 3-32와 같다.

Table 3-32. Analysis of nutrient values in lotus leaf Ssam-Bap.

Analysis items	Results	Units	Methods
Calories	171	/100g	Calculation
Calories from fat	0	/100g	Calculation
Fat	0.00	%	AOAC976.26
Saturated Fat	0.00	% of fat	AOAC41.1.28A
Cholesterol	0.00	mg/100g	AOAC976.26GC
Carbohydrates, total	38.9	%	Calculation
Total dietary fiber	3.01	%	AACC 32 07
Total sugars	0.00	%	Calculation
Moisture	56.6	%	AOAC950.46,92
Ash	0.63	%	AOAC923.03
Protein(% nitrogen×6.25)	3.90	%	AOAC992.15
Vitamin A, total	395	IU/100g	AOAC974.29
Vitamin C	0.00	mg/100g	AOAC967.21
Calcium	19.5	mg/100g	AOAC984.27 MOD
Iron	33.3	mg/100g	AOAC984.27 MOD
Sodium	136	mg/100g	AOAC984.27 MOD

※ Michelson Laboratories, Inc. FDA #2023045, 20/7/2009

미생물에 의한 평가로서의 식중독균은 전 시험기간 종료 시 까지도 전혀 증식하지 않았다. 따라서 유통기한에 영향을 미치지 않는다고 판단된다. 그러나 일반세균의 경우 초기부터 저장기간 및 온도에 따라 상당한 변화가 있었고 미생물은 증식 자체가 지수적 증가인 점을 감안하여 1차반응속도로 계산하였다(Table 3-33~38).

Table 3-33. TPC test report for shelf-life of first order reaction.

Duration(days)	TPC score at each storage temp (°C)		
	-18	-10	5
0	1.6767	1.8346	1.1071
5	1.9616	2.0924	2.2477
7	2.0756	2.1956	3.7039
12	2.3605	2.4534	3.8445
17	2.6454	2.7112	4.9851
21	2.8733	2.9175	5.8975
Slope (K)	0.0570	0.0516	0.2281
Intercept (A0)	1.6767	1.8346	1.1071
Correction	1.0000	1.0000	1.0000
Shelf life	41	42	13

\*TPC Shelf Life index :  $1.0 \times 10^4$  CFU/g. (As donors request).

Table 3-34. Arrhenius equation for shelf-life of first order reaction.

Temp('K)	1/T	K	Ink
255	0.003922	0.056981	-2.865036
263	0.003802	0.051569	-2.964833
278	0.003597	0.228114	-1.477908

Table 3-35. Arrhenius equation for shelf-life of first order reaction.

Slope	-4599.43
Intercept	14.92
Correction	-0.91
Ea	-9134.48

Table 3-36. Arrhenius equation at each temp. of first order reaction.

Temp('K)	1/T	ImK	K
283	0.003533569	-1.282421207	0.277364929
288	0.003472222	-0.955957672	0.384443797
293	0.003412969	-0.629494136	0.532861288
298	0.003355705	-0.303030601	0.738576495
303	0.00330033	0.023432935	1.023709643
308	0.003246753	0.34989647	1.418920641

Table 3-37. Assumption shelf-life at different storage temperature.

Temp	Storage Period	K	K at whole Period
-18	2	0.029950803	0.059901605
-15	7	0.038822582	0.271758077
-13	8	0.045999929	0.367999432
-11	4	0.054363214	0.217452858
-9	3	0.064084630	0.192253890
-7	2	0.075357801	0.150715603
-5	1	0.088399985	0.088399985
Sum	27		1.348481451

Table 3-38. Final shelf-life calculation of first order reaction.

Slope	1.348481451
Intercept (A0)	1.6767
TPC Threshold (Ae)	4
A0-Ae	-2.323267929
Shelf-life	46.51768404

일반세균의 경우 최종유통기한이 약 46일로 계산 되었다.

식품의약품 안전청 고시 제2007-66 ‘식품의 유통기한 설정기준’ 에서 식품유형인 연잎짬밥에 서 미생물학적 요소로서 일반세균, 대장균, 대장균군, 황색포도상구균, 살모넬라, 장염비브리오, 바실러스세레우스를 관능적인 요소로서 정상, 물성, 균열을 실험하였고, 전시료는 약 25일간의 가속 실험을 수행하여 아래와 같은 예상 유통기한이 나타났다(Table 3-39).

Table 3-39. Shelf life of lotus leaf Ssam-Bap under frozen market.

Analysis items	Allowed number	Shelf life(days)	Expectation shelf life(days)
Appearance	- <sup>2</sup>	30	-
General fungi	1.0×10 <sup>4</sup>	30	46
Coliform group	Negative	30	-
Colon bacillus	Negative	30	-
Staphylococcus aureus	Negative	30	-
Salmonella	Negative	30	-
Vibrio Parahaemolyticus	Negative	30	-
Bacillus cereus	Negative	30	-

<sup>2</sup>Not detected.

따라서 제품의 안전한 유통을 위한 유통기한은 상기 산정 결과중 일반세균을 기준으로 냉동 46일이 적정 유통기간으로 판단되었다.

백련을 이용한 대중적 소비가 가능한 연잎쌈밥(Fig. 3-33)은, 2010년 F1 경기대회의 지역특화 자원을 이용한 간편식으로 제공이 가능할 뿐만 아니라 외식업체의 주 메뉴로 산업적 응용이 가능하고 편의점에서의 간편식(도시락, 자체상품 등)으로 개발이 가능하며, 특히 지속적인 연구 개발을 통하여 GS 25, 제너시스 BBQ, 후레쉬서브 등의 전문업체와 제휴를 통한 한식의 세계화를 위한 Take-out 대표상품으로 개발이 가능하다고 할 수 있다.



Fig. 3-33. Representation of commercial lotus leaf Ssam-Bap.

## 제4절 <제2세부과제>

### 연 저장, 건조, 최소가공제품 및 개화기 조절기술 개발

#### 1. 재료 및 방법

##### 가. 연근 저장력 증진

본 실험은 '07년 12월 무안군 일로읍 백련 재배농가에서 수확한 연근을 실험재료로 이용하였다. 수확한 연근을 실험실로 운송하여 수확시 절단된 것과 손상된 것을 제거하였고, 양쪽 마디 부분이 손상되지 않은 것을 사용하였다. 세척한 여부와 송풍 큐어링이 저장에 미치는 영향을 알아보려고 하였는데, 세척 처리는 수도물을 이용하여 연근 표면에 묻어있는 흙을 제거하였다. 송풍은 0℃에서 풍속 0.5m/s로 1, 2, 3일간 처리하였다. 열처리는 저장 전 25℃에서 12시간 또는 24시간, 50℃에서 1시간, 2시간, 3시간 처리 하였다. 포장재 처리는 0.02, 0.05, 0.1mm 두께의 PE 필름과 0.05mm 두께의 방담 필름이었다. 연근은 0.1mm 두께의 PE 필름에 넣어 감액 밀봉하였다. 자외선 처리는 40W의 자외선등을 연근에서 30cm의 높이에 설치하여 0분, 15분, 60분, 240분 처리하였다. 세척한 연근을 주정용 알콜을 이용하여 0, 1, 2, 5, 10%의 용액으로 희석한 후 3초간 침지처리 하였다. 이들 처리를 단독 또는 조합처리한 후 0℃에 저장하면서 경도, 무게, 색도(L'값), 미생물 발생을 등을 조사하였다.

##### 나. 연잎과 연근 분말 제품 개발

본 실험에 사용된 연은 무안군 일로면 소재 독농가 연 방죽에서 수확한 '무안 재래종' 백련이었다. 수확시기는 연잎이 '07년 6, 7, 8, 9, 10월 15일 이었고 연근은 '07년 11, 12, '08년 1, 2월 15일 이었다. 수확한 연근과 연잎은 선별한 다음 균일한 것을 각각 50℃에서 건조하였다. 건조 온도에 따른 품질변화를 조사하기 위해, 연잎과 연근은 각각 30, 40, 50, 60, 70 ℃의 건조기에서 건조 하였다. 건조 중 중량감소율, Hunter 값, 클로로필함량, 비타민 C, 전폐놀, 무기물, 유리아미노산을 분석하였다.

분말 유통중 품질 조사에 사용한 공시시료는 '무안 재래종' 백련이었다. 수확시기는 연잎이 '08년 8월 15일 이었고 연근은 '08년 1월 15일이였다. 연잎과 연근 건조 온도는 각각 50℃였다. 분말 100g을 용기(유리병, 플라스틱 병, PE 필름, 알루미늄 필름 백)에 넣어 0와 20℃에 각각 저장하면서, 클로로필, 비타민 C, 전분, 환원당, 섬유소, 전폐놀, 유리아미노산, 무기물을 분석하였다.

##### 다. 연근 최소가공제품 개발

본 실험에 사용된 연근은 전남 무안군 일로면 소재 독농가 연 방죽에서 '08년 1월과 2월에 수확한 '무안 재래종' 백련이었다. 연근은 peeler를 이용 박피한 다음 1cm 크기로 절단해서 사용하였다. 갈변제 처리에 따른 연근 갈변 억제 효과를 구명하기 위해, 1cm 연근 절편을 항 갈변제 (1% citric acid, 1% ascorbic acid, 0.2% N-acetylcystein, 0.5mM hexylresorcinol, 0.1% Ca propionate)에 각각 3분간 침지 처리한 다음 물기를 제거해서 1.8L 유리병에 넣고 랩으로 두껍을 덮어 0℃에 저장하였다. 진공 감압처리에 따른 갈변 억제 효과를 보기 위해, 절편을 CA(1% citric acid + 1% ascorbic acid) 용액에 넣고, vacuum 펌프를 이용 1기압으로 감압해서 3, 5, 7분간 처리하였다. 온수전처리에서 갈변 억제 효과를 보기 위해, 50℃ 온수에 0.5, 1.5, 3.0분간

처리한 다음 CA 용액에서 3분간 침지 처리 하였다. CA 용액의 온수 침지 효과를 알아보기 위해, CA 용액을 수조에 넣고 50℃에 도달되었을 때 3분간 침지 처리하였다. 또, 플라스틱 용기에 절편과 함께 CA 용액을 함께 넣어 저장중 갈변 억제 효과를 조사하였다. 또, 최적 절편 두께를 알아 보기위해 절편 두께 (0.5, 1.0, 1.5, 2.0cm)별 갈변 효과도 조사하였다.

연근 절편 저장온도별 저장력을 밝히기 위해 실험에 사용된 재료는 전남 무안군 일로면 소재 독농가 연 방죽에서 '08년 1월 15에 수확한 '무안 재래종' 백련이었다. 수확한 연근은 곧바로 실험실로 가져와 peeler를 이용 박피한 다음 1cm 크기 절편과 10cm 크기 벌크(조각)로 절단하였다. 연근 절편을 항 갈변제 (1% citric acid+1% ascorbic acid, CA)에 3분간 침지한 다음 0.08mm PE 필름에 감압 밀봉하였다. 절편은 0, 5, 10, 20℃에 14일간 저장하였다. 저장중 외관, Hunter 값(Minolta, 일본), 비타민 C, 전페놀, 항산화도, 호흡량, 에틸렌을 분석하였다.

연근 절편 제조용 적품종 선발과 함께 품종별 절편 특성을 구명하기 위해 무안지방에서 재배 중인 '인취사', '무안', '가람', '청양' 재래품종을 '08년 1월 10일 수확하였다. 백련 주요특성인 경도, Hunter값, 비타민 C, 전페놀, PPO활성, 무기물 등을 분석하였다.

중국산과 태국산 연근은 백련으로 각각 '09년 1월 중순 중국 상해시와 태국 방콕시 소재 대형 유통매장에서 구입하였다. 구입한 연근은 신선상태로 실험실로 운반해서 시료로 사용하였다. 국내산은 '무안 재래종'으로 '09년 1월 10일 무안군 청계면 소재 포장에서 수확하였다.

연근은 박피, 절단, 전처리, 감압밀봉 등 최소가공제품 제조 공정으로 제조하였다. 경도, 색도, 외관, 비타민, 전페놀, 유리페놀 함량과 소비자기호도를 조사하였다.

#### 라. 연잎과 꽃에서 생리활성물질 함량과 생리활성도

본 연구에 사용한 연잎은 2007년 8월 중순경에 전남 무안군 청계면 월선리 백련 시험포장에서 재배 중인 '가람백련', '초의백련', '백화건련', '승달백련'의 잎을 채취한 것이었다.

시료의 추출은 백련 잎을 채취한 후 2시간 이내에 실시하였는데, 열수 추출은 증류수 3L에 잘게 조제한 연잎 500g을 넣은 다음 100℃에서 30분간 추출하였다. 에탄올 추출은 잘게 조제한 시료 500g에 95% 에탄올을 3L를 첨가하여 상온에서 24시간 동안 추출하였다. 추출물은 60℃에서 3시간 동안 환류냉각 추출을 3회 반복하여 냉각한 다음 매회 여과한 여액을 혼합하고 회전진공농축기로 농축하여 시료로 사용하였다.

백련 꽃에서 생리활성물질 함량은, 2007년경에 전북 가람 부근과 무안 초의사 부근에 자생하는 백련을 채취하여 전남 무안군 청계면 월선리 백련 시험포장에서 재배 중인 것, 무안회산 방죽 자생백련과 초의사 부근에서 채취한 것의 교배종 및 백화건련의 꽃이었다.

시료로 사용한 백련은 전남 무안군 청계면 월선리 백련 시험포장에서 3년 이상 재배 중인 것이었으며, 채취는 2007년 8월 14일 아침에 만개 직전의 꽃을 대상으로 실시하여 시료로 사용하였다.

추출물에서 총 페놀 함량, 총플라보노이드, 전자공여능, 아질산소거능, Tyrosinase의 활성, 그람양성세균인 *Bacillus subtilis*(KCTC 1022), *Bacillus cereus*(KCTC 1012), *Listeria monocytogenes*(KCTC 3569) *Streptococcus mutans*(KCTC 5125) 4종과 그람음성세균인 *Pseudomonas aeruginosa*(KCTC 1636), *Escherichia coli*(KCTC 2441), *Salmonella enteritidis*(KCTC 1240) 3종을 사용하였으며, 균의 배양은 공시균주의 활성화를 위하여 nutrient broth(NB)에 1 백금이 씩 접종한 후 35℃에서 24시간 배양하였다.

#### 마. 연 개화 생리 및 개화 관여 요인

무안 회산 백련지에서 백련 개화실태 조사는 2000년 1월부터 2006년 12월까지 전남 무안군 일로읍 복용리 회산방죽 자생백련의 개화 실태 및 개화에 미치는 기상요인 분석을 위해 실시하였다.

무안 백련 재배지의 온도환경 및 시기별 꽃과 잎의 수량은 2007년과 2008년 6월부터 9월까지 2회에 걸쳐 전남 무안군 일로읍 복용리 회산방죽 자생백련지와 전남 무안군 청계면 월선리 백련 실험포장에서 실시하였다. 공시 품종은 ‘가람’, ‘무안’, ‘백화건련’, ‘인취사’ 및 ‘청양’ 백련으로 전남 무안군 연 실험포장에서 식재 후 3년째 재배중인 것이었다.

무안 회산지 백련꽃의 근경생장과 개화특성은 2008년에 전남 무안군 회산지 백련을 이용하여 수행되었다. 종자번식은 2007년에 채종한 종자 중 충실한 것을 선별하여 정단부를 2mm 정도 절단한 후 이용하였다. 근경은 2007년에 정식한 백련 종근(비대 근경)을 2008년 4월 20일에 굴취하여 마디가 짧고 충실한 것을 골라 정단부 포함하여 3마디를 종근으로 하였으며, 무게는 500~700g 인 것을 사용하였다.

무안 자생백련 싹묘의 근경생장과 출엽 특성은 2007년 10월에 전남 무안 회산지에 식재되어 있는 백련에서 채취한 종자를 이용하여 전남 무안군 청계면에서 수행하였다. 종자는 충실한 것을 선별한 후 2008년 5월 4일에 개갑을 한 후 양파망에 넣은 후 수중에서 싹을 틔였으며, 싹이 튼 것은 5월 14일에 배양토를 넣은 용기에 식재하였다.

연 ‘엘로우버드’의 개화와 결실 특성은 2008년 4월부터 9월 중순까지 전남 무안군 청계면의 비가림 시설 연재배 포장에서 수행하였다. 종구는 2007년에 재배한 ‘엘로우버드’의 연근을 2008년 4월 18에 굴취하여 마디가 짧고 충실한 것을 선별한 다음 정단부로부터 3마디인 것을 굴취당일에 식재하였다.

생장조절제 처리가 연의 개화, 연잎 및 연근생장에 미치는 영향은 2008년 4월부터 9월 중순까지 전남 무안군 청계면의 비가림 시설 연재배 포장에서 수행하였다. 종구는 2007년에 재배한 ‘엘로우버드’의 연근을 2008년 4월 18에 굴취하여 마디가 짧고 충실한 것을 선별한 다음 정단부로부터 3마디인 것을 이용하였다.

생장조절제 처리는 GA, ABA, Ethephon, Daminozide를 이용하였다. 생장조절제의 처리 농도는 GA, ABA 및 Ethephon은 각각 500 및 1,000ppm 농도로, Daminozide는 300 및 1,000ppm의 농도로 증류수에 희석하여 처리하였다. 생장조절제의 처리시기는 7월 1일, 7일 및 14일로 3회에 걸쳐 엽면 살포하였다.

적엽과 단근처리가 백련의 개화와 연근 수확량에 미치는 영향은 무안 회산지 자생 백련을 이용하여 전남 무안군 청계면에서 수행되었다. 종근은 2007년에 재배한 회산지 자생백련 연근을 2008년 4월 20일에 굴취하여 마디가 짧고 충실한 것을 선별한 다음 정단부를 포함하여 3마디로 하였으며, 무게는 500-700g 인 것을 사용하였다.

채엽은 2008년 8월 2일에 0%, 25% 및 50% 수확량 처리구로 구분하여 실시하였으며, 채엽 방법은 잎을 전체적으로 고르게 슈아내듯이 선별하여 잎자루의 중간 부위를 낮으로 잘랐다. 단근처리는 2008년 7월 15일 경에 주 근경의 3-4마디 부근을 절단하였다.

신호전달물질 처리가 연의 개화, 연잎 및 연근에 미치는 영향은 2008년 4월부터 9월 중순까지 전남 무안군 청계면의 비가림 시설 연재배 포장에서 수행하였다. 종구는 2007년에 재배한 ‘엘로우버드’의 연근을 2008년 4월 18에 굴취하여 마디가 짧고 충실한 것을 선별한 다음 정단부로부터 3마디인 것을 이용하였다.

신호전달물질 처리는 Chitosan, Salicylic acid 및 Methyl jasmonate를 이용하였다. 신호전달물질의 처리 농도는 Chitosan의 경우 50, 500ppm, Salicylic acid는 1,000, 3,000ppm 농도로, Methyl jasmonate는 250 및 1,000ppm의 농도로 처리하였다. 신호전달물질의 처리시기는 7월 1일, 7일 및 14일로 3회에 걸쳐 엽면 살포하였다. 신호전달물질의 엽면살포는 잎의 앞면에도 살포를 하였지만 대부분 물방울이 되어 흘러 내려버린 관계로 잎 하나하나를 손으로 경사지게 잡은 다음 잎 뒷면이 흠뻑 젖도록 엽면 살포하였다.

조사는 개화 일, 잎의 수 및 연근의 수확량으로 구분하여 실시하였는데, 개화 수는 꽃망울이 완전히 개화된 날을 기준으로 하였다. 잎의 수는 2008년 8월 15일에 조사하였는데, 물이 뜬 것은 뜬잎으로, 물위에서 직립되어 자란 잎은 선잎으로 구분하여 개수를 조사하였다. 연근의 수확량은 2009년 3월 7일에 굴취하여 연근의 마디수와 연근의 생체중을 조사하였는데, 연근의 생체중은 수확 후 식용가능 부위의 연근만을 골라 흠을 씻어낸 후 곧바로 측정하였다. 처리후 조사는 재배지의 환경, 백련의 개화와 출엽 특성, 근경생장, 주요영양소를 조사, 분석하였다.

## 2. 실험 결과

### 가. 연근 저장력 증진

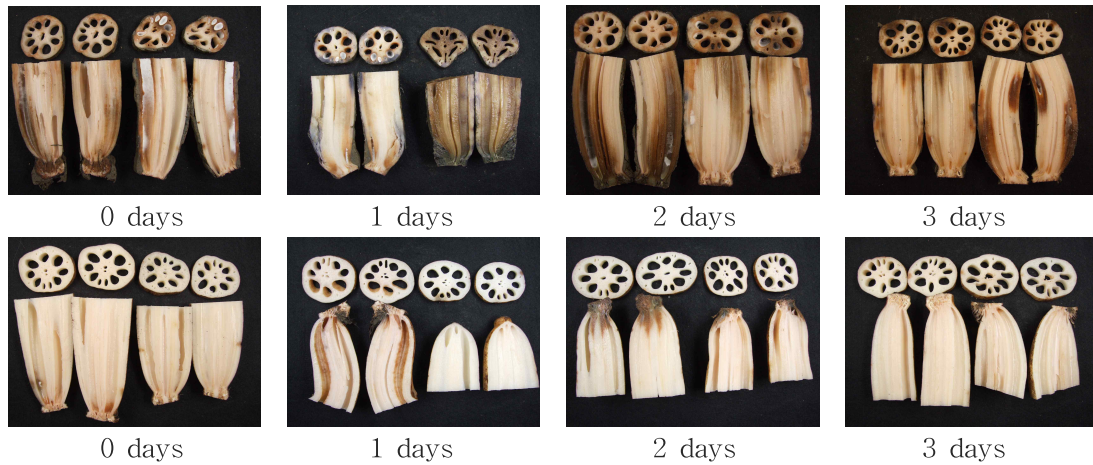
#### (1) 송풍 큐어링에 따른 저장력

연근의 세척 여부와 0℃에서의 송풍 처리에 따른 저장 중 경도의 변화에서, 세척한 것과 세척하지 않은 것의 경도는 차이가 없는 것으로 조사되었다(자료 미제시). 또한 송풍 처리 일수에 따른 연근의 경도 차이도 거의 없었다.

연근의 세척 여부와 0℃에서의 송풍 처리에 따른 저장 중 연근 중량 변화에서, 세척여부와 송풍 처리에 관계없이 저장 50일 후에도 저장 전의 96.2-99.7%의 수준으로 높게 유지되고 있었다(자료 미제시). 연근의 세척 여부와 0℃에서의 송풍 처리에 따른 저장 중 연근의 색도 증명도를 나타내는 'L' 값을 조사하였다. 송풍처리는 'L' 값에 큰 영향을 미치지 않았다. 그러나 세척 여부에 따라서 연근의 색도에 차이를 보였는데, 저장 50일 후에 세척하지 않은 것은 'L' 값의 32.8-51.0에서 낮게 나타난 반면, 세척한 것은 63.6-65.5로 높게 나타났다. 따라서 세척한 연근이 저장 후에도 색의 변화가 적게 나타남을 알 수 있었다(Fig. 4-1).

연근의 세척 여부와 0℃에서의 송풍 처리에 따른 저장 중 연근 표면에 발생하는 미생물의 발생육을 조사한 결과, 세척한 것보다 세척하지 않은 것에서 미생물 발생율이 높았는데, 저장 50일 후 전 처리에서 100%의 미생물 발생을 보였다. 세척한 연근에서는 미세척에 비해 미생물 발생율이 저장 50일 후에 50.0-83.3%로 낮았다., 그러나 송풍처리의 경우 무처리에서 저장 50일 후 50.0%로 가장 낮게 나타나 송풍 처리의 효과가 없는 것으로 판단되었다.





Period of wind velocity at 0.5m/s

Fig. 4-1. Changes in rhizome color by rhizome washing and wind treatment in rhizome storage of *Nelumbo nucifera*. No washing rhizome(upper) and washing rhizome(lower).

(2) 열처리(큐어링)에 따른 저장력

백련 연근을 세척과 절단된 것에 따라 저장 전 열처리를 한 후 저장하면서 10일 간격으로 경도의 변화를 조사한 결과는 Table 4-1에 나타나 있다. 전반적으로 세척하지 않은 것보다 세척한 연근에서 경도가 조금 높게 유지되고 있었는데, 세척하지 않은 연근은 저장 40일 후 경도가 65.8-86.0을 나타낸 반면, 세척한 연근에서는 79.2-91.7을 보여 주었다. 절단된 연근과 절단되지 않은 것의 경도는 별다른 차이가 없었다. 세척하지 않고 절단되지 않은 연근은 50℃에서 1시간 열처리 후 저장 한 것이 저장 40일 후 경도가 86.0을 나타내 가장 높았다. 세척하지 않고 절단된 연근의 경우에도 50℃에서 1시간 열처리 후 저장 한 것이 저장 40일 후 경도가 84.3을 나타내 다른 처리보다 높게 나타났다. 세척하고 절단되지 않은 연근은 25℃에서 24시간, 50℃에서 1시간 또는 2시간 열처리 후 저장한 것이 경도 변화가 적었으며, 저장 40일 후에 89.2-91.7로 높게 나타났다. 세척하고 절단된 연근은 25℃에서 12시간, 50℃에서 1시간 열처리 후 저장한 것에서 저장 후 경도 변화가 적었으며, 40일 후에도 경도가 각각 88.3과 89.3을 보여 주어 다른 처리보다 높게 나타났다.

백련 연근을 세척과 절단된 것에 따라 저장 전 열처리를 한 후 저장하면서 10일 간격으로 연근의 중량 변화를 조사한 결과, 세척과 절단 여부 및 열처리에 따라 큰 차이는 없는 것으로 조사되었다(자료 미제시).

백련 연근을 세척과 절단된 것에 따라 저장 전 열처리를 한 후 저장하면서 10일 간격으로 연근의 색도 중 명도를 나타내는 'L' 값을 조사한 결과, 절단된 것보다는 절단되지 않은 연근이 저장 중 'L' 값이 높게 유지되고 있었고, 세척 여부에 따른 차이는 처리 간에 차이를 나타내 일관성있는 경향을 보여주지 않았다. 세척하지 않고, 절단되지 않은 연근은 25℃에서 24시간, 50℃에서 1시간, 2시간, 3시간 처리에서 저장 40일 후에 'L' 값이 62.0-66.0으로 높게 나타났다. 세척하지 않고, 절단된 연근은 50℃에서 1시간 열처리 후 저장한 것에서 저장 40일 후 68.5를 보여주어 다른 처리에 비해 높게 유지되었다. 반면에 대조구에서는 저장 40일 후에 40.7로 나타나 가장 'L' 값이 낮았는데, 이는 연근이 갈변되고 있음을 보여주는 것이다. 세척하고

절단되지 않은 연근은 전반적으로 처리 간에 큰 차이는 없었으나, 25℃에서 1시간 또는 50℃에서 2-3시간 열처리 한 것이 'L' 값이 약간 더 높았다. 세척하고 절단된 연근의 경우에는 저장 40일 후에 25℃에서 1시간 열처리한 것에서 65.5로 가장 높은 값을 나타냈다.

Table 4-1. Changes in hardness by rhizome condition and heating treatment according to days after storage in rhizome storage of *Nelumbo nucifera*.

Rhizome condition		Heating treatment		Days after storage				
Washing	Cut	Temp.	Time	0 day	10 days	20 days	30 days	40 days
No washing	No cutted	Control		100.0 <sup>z</sup>	93.33	80.83	80.00	79.17
		25℃	12 hr	100.0	82.50	80.83	80.00	67.50
		25℃	24 hr	100.0	86.67	84.17	75.00	78.33
		50℃	1 hr	100.0	83.33	80.83	80.00	86.00
		50℃	2 hr	100.0	83.33	79.17	74.17	72.50
		50℃	3 hr	100.0	85.00	75.83	71.67	66.67
No washing	Cutted	Control		100.0	90.83	84.17	67.50	65.83
		25℃	12 hr	100.0	85.83	77.50	76.67	77.50
		25℃	24 hr	100.0	85.00	81.67	80.00	77.50
		50℃	1 hr	100.0	87.50	80.83	77.50	84.33
		50℃	2 hr	100.0	84.17	80.00	77.50	74.17
		50℃	3 hr	100.0	84.17	80.83	83.33	82.50
Washing	No cutted	Control		100.0	94.17	86.67	83.33	82.50
		25℃	12 hr	100.0	87.50	85.00	84.17	85.00
		25℃	24 hr	100.0	94.17	90.83	90.00	89.17
		50℃	1 hr	100.0	85.83	85.00	83.33	89.33
		50℃	2 hr	100.0	90.83	89.17	90.83	91.67
		50℃	3 hr	100.0	84.17	81.67	79.17	80.83
Washing	Cutted	Control		100.0	94.17	80.83	83.33	81.67
		25℃	12 hr	100.0	95.83	88.33	87.50	88.33
		25℃	24 hr	100.0	87.50	85.83	82.50	79.17
		50℃	1 hr	100.0	90.00	87.50	89.17	89.33
		50℃	2 hr	100.0	86.67	84.17	79.17	79.17
		50℃	3 hr	100.0	90.00	82.50	69.17	81.67

<sup>z</sup>rhizome hardness after storage/rhizome hardness before storage × 100.

백련 연근을 세척과 절단된 것에 따라 저장 전에 열처리를 한 후 저장하면서 10일 간격으로 연근에 미생물의 발생율을 조사한 결과는 Tabel 4-2에 나타나 있다. 미생물들은 저장 30일 후부터 발생하였으며, 세척한 것보다 세척하지 않은 것에서 발생율이 높았다. 그러나 저장 40일 후에는 세척 여부에 관계없이 82.4% 이상의 높은 발생율을 나타냈다. 전체적으로 절단되지 않은 연근을 세척한 상태에서 25℃에서 12시간 또는 24시간 처리시 미생물의 발생율이 저장 30일 후에 각각 17.7%와 11.8%로 낮았으며, 저장 40일 후에도 각각 82.4%와 82.4%를 나타내 가장 발생율이 낮았다.

Table 4-2. Changes in occurrence rate of microorganism by rhizome condition and heating treatment according to days after storage in rhizome storage of *Nelumbo nucifera*.

Rhizome condition		Heating treatment		Days after storage			
Washing	Cut	Temp.	Time	10 days	20 days	30 days	40 days
No washing	No cutted	Control		0.00	0.00	44.44	100.00
		25℃	12 hr	0.00	0.00	83.33	100.00
		25℃	24 hr	0.00	0.00	11.11	94.44
		50℃	1 hr	0.00	0.00	22.22	88.89
		50℃	2 hr	0.00	0.00	27.78	83.33
		50℃	3 hr	0.00	0.00	50.00	88.89
No washing	Cutted	Control		0.00	0.00	55.56	94.44
		25℃	12 hr	0.00	0.00	83.33	100.00
		25℃	24 hr	0.00	0.00	55.56	100.00
		50℃	1 hr	0.00	0.00	44.44	88.89
		50℃	2 hr	0.00	0.00	11.11	100.00
		50℃	3 hr	0.00	0.00	44.44	100.00
Washing	No cutted	Control		0.00	0.00	29.41	100.00
		25℃	12 hr	0.00	0.00	17.65	82.35
		25℃	24 hr	0.00	0.00	11.76	82.35
		50℃	1 hr	0.00	0.00	11.76	94.12
		50℃	2 hr	0.00	0.00	29.41	100.00
		50℃	3 hr	0.00	0.00	52.94	100.00
Washing	Cutted	Control		0.00	0.00	47.06	88.24
		25℃	12 hr	0.00	0.00	58.82	100.00
		25℃	24 hr	0.00	0.00	23.53	94.12
		50℃	1 hr	0.00	0.00	11.76	100.00
		50℃	2 hr	0.00	0.00	35.29	94.12
		50℃	3 hr	0.00	0.00	58.82	88.24

백련의 연근을 세척과 절단된 것에 따라 온도별로 저장한 후 경도의 변화를 조사하였다. 0.02mm PE필름으로 포장한 것은 전반적으로 저장 기간이 경과할수록 경도가 낮아졌으나, 0℃에서 저장했을 때 경도의 변화가 크지 않았다. 저장온도가 높아질수록 저장 20일 이후부터 경도가 크게 감소하였고, 특히 15℃에서 저장했을 때 경도가 가장 감소하였다. 세척한 것과 세척하지 않은 연근에서 세척한 것이 경도가 상대적으로 높게 유지되었다. 절단된 것과 절단되지 않은 것과의 차이는 거의 없는 것으로 나타났다. 백련의 연근을 세척과 절단된 것에 따라 온도별로 저장한 후 질량의 변화를 조사하였다. 처리에 따른 질량 변화는 저장 전에 비해 저장 후 30일째에 98.1~99.8%로 크지는 않았다. 그러나 세척하지 않은 연근을 10℃와 15℃에서 저장했을 때, 다른 처리에 비해 저장 30일 후에 98.1~98.5%로 낮게 나타났다. 절단된 것과 절단되지 않은 것은 큰 차이가 없었다(자료 미제시).

연근을 세척과 미세척 및 절단과 미절단된 것으로 구분하여 0.1mm 두께의 PE 필름에 넣어 진공상태에서 0, 5, 10, 15℃에 저장고에 저장하였다. 저장 후 10일 간격으로 연근의 무게를 조사한 결과는 Fig. 4-2에 나타나 있다. 저장 후 90일까지의 질량의 변화는 0, 5℃에서는 질량의 변화는 통계적으로 나타나지 않은 것으로 확인되었으며, 10, 15℃에서는 질량이 조금씩 감소한 것으로 나타났다. 그리고, 세척과 미세척간의 차이는 통계적으로 차이는 없는 것으로 확인되었다.

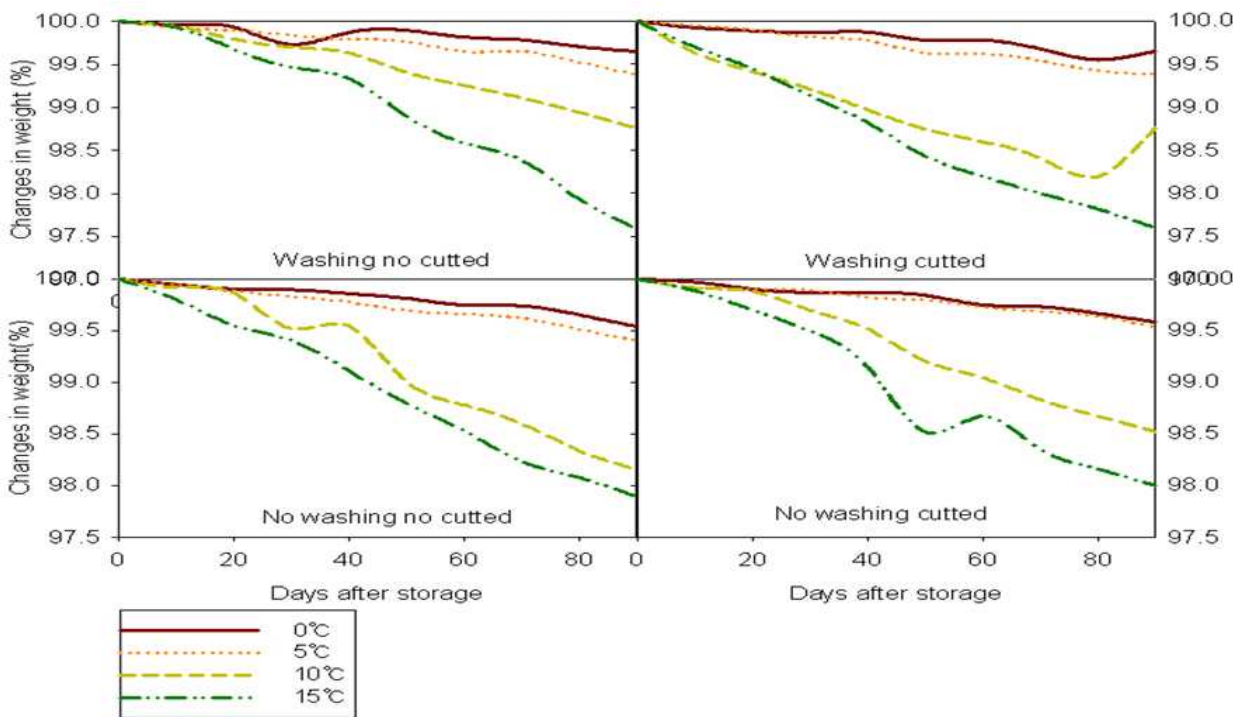


Fig. 4-2. Changes in rhizome weight by rhizome condition and storage temperature according to days after storage in rhizome storage of *Nelumbo nucifera*.

연근을 0.1mm PE 필름으로 저장 후 10일 간격으로 연근의 경도를 조사한 결과는 Fig. 4-3에 나타나 있다. 전반적으로 0℃에서 저장하였을 때 경도의 변화가 가장 적었으면, 저장 온도가 높아질수록 경도는 변화는 감소하는 것으로 나타났다. 그리고 세척과 미세척에서는 차이는 보이지 않았으면, 절단과 미절단된 것에서도 통계적으로는 차이가 없는 것으로 확인되었다. 연근에 저장에 적당한 온도는 0℃로 판단된다.

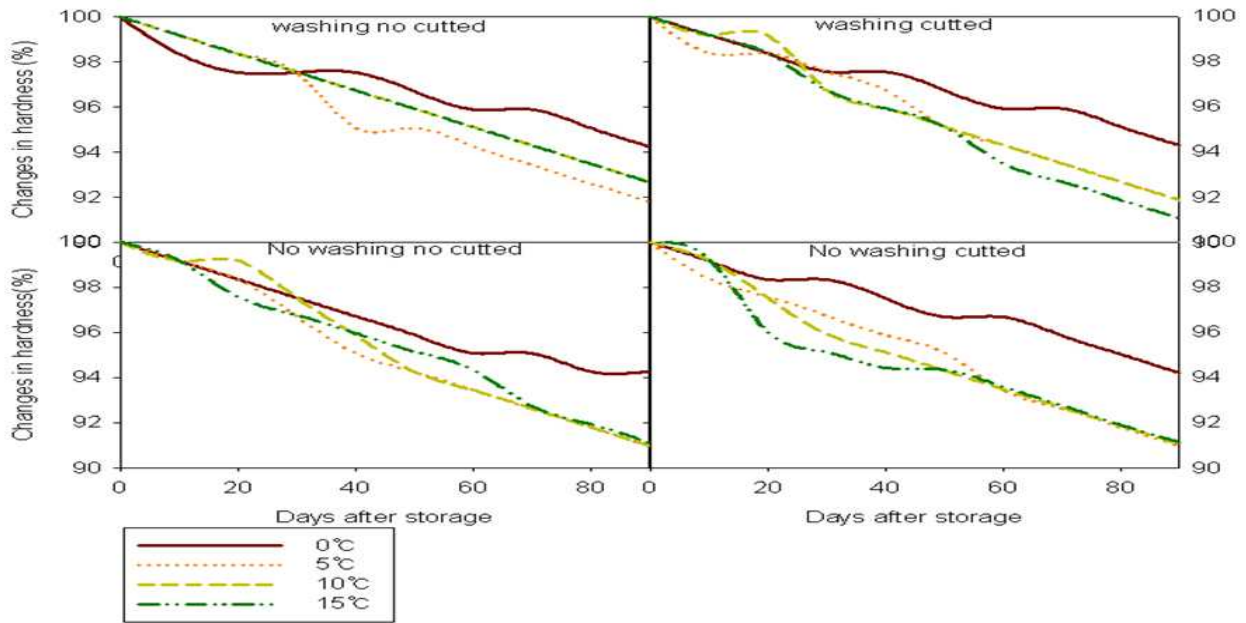


Fig. 4-3. Changes in hardness by rhizome condition and storage temperature according to days after storage in rhizome storage of *Nelumbo nucifera*.

백련 연근을 0.02mm PE 필름으로 포장 후 저장에 있어서 세척과 절단 및 저장온도에 따른 색차 변화 중 명도를 나타내는 'L' 값을 측정하여 얻은 결과 전반적으로 저장온도가 높아질수록 저장 일수가 증가함에 따라 'L' 값이 감소하여 명도가 낮아짐을 알 수 있었다. 이러한 결과는 저장온도가 높고 저장기간이 길어질수록 연근이 갈변현상이 심해진다는 것을 의미하는 것이다. 특히 15°C에서 저장할 경우 저장 10일 후에는 'L' 값이 56.1-65.0 정도였으나, 저장 30일 후에는 57.2-34.5로 크게 낮아졌다. 10°C에서 저장한 경우에도 저장 10일 후에 63.5-57.8이었던 'L' 값이 저장 30일 후에는 55.9-49.7로 낮아졌다. 반면에 0°C에서 저장한 것은 저장 10일 후에 'L' 값이 65.1-69.8로 다른 처리에 비해 가장 높게 나타났고, 저장 30일 후에도 59.9-69.1로 저장 10일 후의 수치와 큰 차이를 나타내지 않았다. 세척의 여부에 따른 'L' 값의 차이는 크지는 않았으나 전반적으로 미세척에 비해 세척한 연근에서 'L' 값이 높게 나타났다. 또한 절단된 연근 보다는 절단되지 않은 연근에서 'L' 값이 높게 유지되었다(자료 미제시).

또한, 연근을 0.1mm PE 필름으로 포장 후 저장시에는 세척과 절단 및 저장온도에 따른 색차 변화 중 명도를 나타내는 'L' 값을 측정하여 얻은 결과 전반적으로 저장온도가 높아질수록 저장 일수가 증가함에 따라 'L' 값이 감소하여 명도가 낮아짐을 알 수 있었다(Table 4-3).

Table 4-3. Changes in 'L' value by rhizome condition and storage temperature according to days after storage in rhizome storage of *Nelumbo nucifera*.

Storage temperature	Rhizome condition		Days after storage								
			10 days	20 days	30 days	40 days	50 days	60 days	70 days	80 days	90 days
0°C	W <sup>2</sup>	NC	62.48	60.67	61.04	59.50	62.02	69.60	67.71	66.59	64.12
	W	C	62.93	58.22	59.64	66.63	43.32	64.65	70.24	60.76	62.63
	NW	NC	64.71	65.76	65.76	68.08	61.05	66.54	68.11	57.02	57.19
	NW	C	62.74	59.20	57.07	61.88	55.97	66.72	65.12	66.46	65.20
5°C	W	NC	64.11	64.76	65.22	67.71	68.04	69.08	64.04	61.15	62.11
	W	C	61.76	62.55	58.8	66.49	67.20	64.38	62.03	55.23	57.37
	NW	NC	69.03	64.46	61.76	65.97	66.65	69.23	66.72	60.34	60.54
	NW	C	59.10	57.38	60.05	66.18	49.16	61.34	59.73	57.32	54.13
10°C	W	NC	66.45	65.4	66.87	66.02	62.78	69.05	66.52	65.92	66.64
	W	C	56.05	66.61	68.23	54.39	58.14	68.74	64.52	57.35	57.56
	NW	NC	63.59	68.12	65.21	64.01	60.54	64.64	61.57	61.96	65.92
	NW	C	59.68	56.13	63.17	53.75	55.98	58.07	63.54	43.66	43.29
15°C	W	NC	62.38	64.15	65.92	63.80	66.14	69.66	66.67	55.82	55.01
	W	C	64.29	49.17	64.41	55.78	58.90	61.92	56.79	60.32	62.70
	NW	NC	62.27	63.95	62.32	61.42	63.45	67.25	52.17	43.14	43.81
	NW	C	58.52	55.43	44.66	58.30	57.91	63.61	51.44	55.17	48.08

<sup>2</sup>NW; no washing, C; cutted, W; washing, NC; no cutted.

백련 연근 저장에 있어서 0.02mm PE 필름으로 포장시 세척과 절단 및 저장온도에 따라 저장일수별로 육안으로 미생물의 발생을 관찰하였다. 저장온도가 높을수록 미생물 발생율이 현저하게 높았으며, 전반적으로 0°C를 제외한 처리에서는 저장 30일 후에는 100%의 미생물 발생율을 나타냈다. 세척한 것은 세척하지 않은 것에 비해 미생물이 조기에 발생하였는데, 이는 물로 세척함에 따라 연근 내부로 침투한 물에 의해 세균이 발생하여 나타나는 현상으로 판단된다. 절단된 것과 절단되지 않은 것과는 미생물 발생의 차이는 없었다(자료 미제시).

0.1mm PE 필름으로 포장하여 저장온도에 따른 미생물 발생은 전반적으로 0°C에서 50일 후부터 미생물이 발견이 되었고, 저장 90일 후 세척하여 절단 되지 않은 것에서 미생물 발견 정도가 적었고, 전반적으로 0.02mm PE 필름으로 포장한 것과 동일하게 저장온도가 높을수록 미생물 발생율이 높아지는 것을 알 수 있었다(Table 4-4, Fig 4-4). 또한 0.1mm PE 필름으로 포장하였을 때 미생물 발생량은 0.02mm PE 필름으로 포장한 것보다 발생량이 적었고, 발생시기 또한 10~20일 정도 늦게 발생하였다. 15°C에서 발생한 미생물을 균(ITS-5.8S rDNA sequencing)과 세균(16S rDNA partial sequencing)을 분석하여 동정하였을 때 연근 표면에 있는 푸른곰팡이는 *Penicillium polonicum*으로 동정되었고, 연근의 내부에서 발견된 흰색곰팡이는 *Pythium spinosum*으로 동정 되었다(Fig 4-5). 그리고 연근의 내부에서 발견된 세균성 물질을 동정한 결과 *Erwinia persicinus*, *Pseudomonas veronii*인 것으로 동정되었다(Fig 4-6).

Table 4-4. Changes in occurrence rate of microorganism by rhizome condition and storage temperature according to days after storage in *Nelumbo nucifera* rhizome.

Storage temperature	Rhizome condition		Days after storage						
			30 days	40 days	50 days	60 days	70 days	80 days	90 days
0°C	W <sup>z</sup>	NC	0.00±0.00	0.00±0.00	0.78±2.47	0.78±2.47	0.78±2.47	0.78±2.47	0.78±2.47
	W	C	0.00±0.00	0.00±0.00	2.02±6.40	5.39±17.05	10.00±31.62	10.00±31.62	10.00±31.62
	NW	NC	0.00±0.00	0.00±0.00	1.91±4.55	1.91±4.55	1.91±4.55	1.91±4.55	1.91±4.55
	NW	C	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.60±1.89	2.06±4.79	2.06±4.79
5°C	W	NC	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	4.32±8.50	5.21±8.97	5.81±9.75
	W	C	0.00±0.00	0.00±0.00	2.00±6.32	5.74±14.40	7.52±14.71	8.56±14.49	8.56±14.49
	NW	NC	0.00±0.00	0.00±0.00	2.65±5.66	3.62±8.24	4.64±11.24	5.67±14.35	6.33±16.38
	NW	C	0.00±0.00	0.00±0.00	2.02±4.55	2.74±4.76	3.78±5.20	3.78±5.20	3.78±5.20
10°C	W	NC	0.00±0.00	4.84±15.30	17.45±20.73	20.02±26.07	21.27±29.71	21.27±29.71	21.27±29.71
	W	C	0.00±0.00	24.72±27.50	38.76±32.59	46.19±38.74	49.21±38.75	49.21±38.75	49.21±38.75
	NW	NC	0.00±0.00	0.00±0.00	3.02±4.21	3.02±4.21	3.02±4.21	3.02±4.21	3.02±4.21
	NW	C	0.00±0.00	3.26±10.32	6.34±16.65	11.79±22.40	20.27±23.63	21.30±25.69	24.24±32.70
15°C	W	NC	0.00±0.00	7.16±15.15	14.54±28.69	19.30±36.19	24.34±40.23	24.34±40.23	24.34±40.23
	W	C	2.99±9.44	6.60±20.86	11.94±31.23	15.73±30.71	27.81±27.11	28.40±26.88	29.28±26.79
	NW	NC	0.00±0.00	6.76±15.11	11.60±22.43	19.00±28.99	25.65±36.16	28.23±37.62	29.19±37.59
	NW	C	0.00±0.00	0.00±0.00	2.07±4.38	6.79±10.33	14.05±15.73	16.49±22.02	18.16±26.78

<sup>z</sup>NW; no washing, C; cutted, W; washing, NC; no cutted.

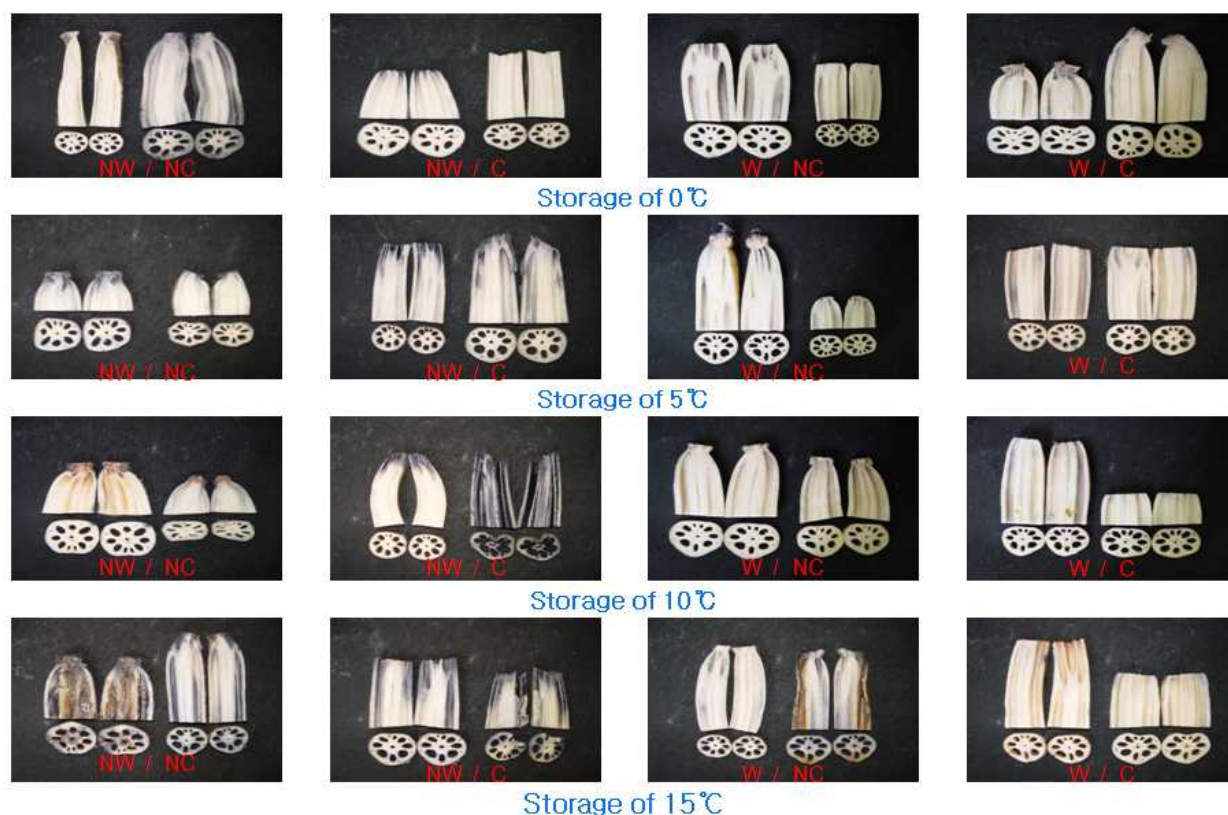
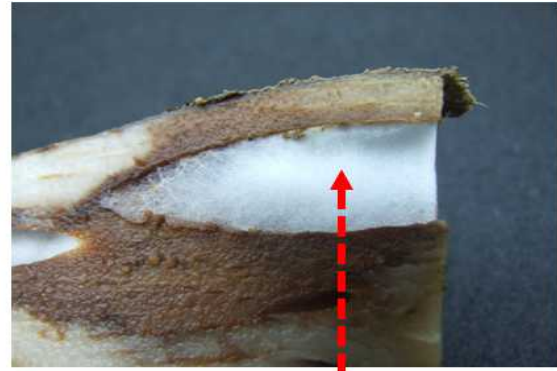


Fig. 4-4. Changes in rhizome color by storage temperature treatment at 90 days after storage in rhizome storage of *Nelumbo nucifera*. NW; no washing, C; cutted, W; washing, NC; no cutted.

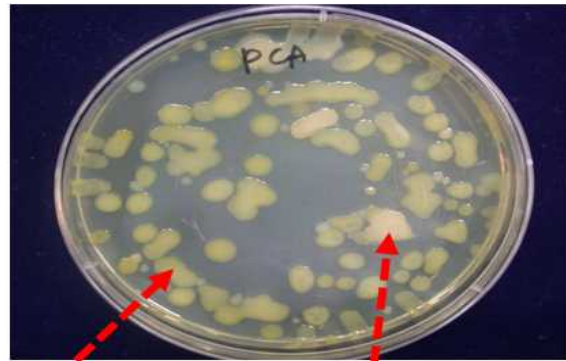


**Green fungi : *Penicillium polonicum***



**White fungi : *Pythium spinosum***

Fig. 4-5. Fungi occurred during rhizome storage of *Nelumbo nucifera*.



***Erwinia persicinus***

***Pseudomonas veronii***

Fig. 4-6. Bacteria occurred during rhizome storage of *Nelumbo nucifera*.

### (3) 연근 포장방법에 따른 저장력

연근을 세척과 미세척, 절단과 미절단으로 구분하여 포장재 종류별로 포장한 후 저장하여 10일 간격으로 중량의 변화를 조사한 결과는 Table 4-5에 나타나 있다. 전반적으로 미세척에 비해 세척한 연근에서 저장기간이 경과함에 따라 중량이 높게 유지되고 있었으며, 절단된 연근보다 미절단 연근이 저장 90일 후에도 질량이 높았다. 포장재는 두께가 얇은 0.02mm 필름에서 저장기간이 경과함에 따라 질량이 감소가 많았으며, 0.1mm 두께의 필름이 가장 질량이 높게 유지되고 있었다. 방담필름의 경우에는 일반 PE 필름보다 효과적이지 못했다.

연근을 세척과 미세척, 절단과 미절단으로 구분하여 포장재 종류별로 포장한 후 저장하여 10일 간격으로 경도의 변화를 조사하였다. 전반적으로 미세척에 비해 세척한 연근에서 저장기간이 경과함에 따라 경도가 높게 유지되었으나 통계적 차이는 없었다(자료 미제시). 또한 절단과 미절단 연근에서도 경도의 차이는 나타나지 않았다. 포장재 종류는 방담필름이 일반 PE 필름에 비해 저장기간이 경과하더라도 경도가 상대적으로 높게 유지하고 있었다. PE 필름 두께에 따른 경도차이는 나타나지 않았다.

연근을 세척과 미세척, 절단과 미절단으로 구분하여 포장재 종류별로 포장한 후 저장하여 10일 간격으로 연근 내부 육질의 명도('L'값) 변화를 조사하였다. 전반적으로 미세척에 비해 세척한 연근에서 저장기간이 경과함에 따라 명도가 높게 유지되고 있었으나, 큰 차이는 없었으며, 절단과 미절단 연근에서는 차이가 나타나지 않았다. 또한 포장재에 따른 명도 차이도 없는



것으로 나타났다(자료 미제시).

Table 4-5. Changes in rhizome weight by PE film and rhizome condition according to days after storage in *Nelumbo nucifera* rhizome.

PE Film thickness	Rhizome condition <sup>z</sup>	Days after storage									
		0 day	10 days	20 days	30 days	40 days	50 days	60 days	70 days	80 days	90 days
0.02 mm	NW C	100.0	99.85±0.01 <sup>y</sup>	99.81±0.01	99.71±0.04	99.60±0.07	99.50±0.06	99.23±0.07	99.09±0.09	98.94±0.12	98.83±0.15
	NW NC	100.0	99.96±0.04	99.96±3.94	99.68±0.11	99.59±0.11	99.55±0.20	99.21±0.22	99.07±0.26	98.97±0.29	98.88±0.30
	W C	100.0	99.87±0.03	99.84±0.03	99.78±0.04	99.73±0.07	99.79±0.07	99.54±0.09	99.43±0.11	99.32±0.14	99.19±0.18
	W NC	100.0	99.98±0.06	99.82±0.02	99.76±0.03	99.74±0.03	99.74±0.06	99.51±0.15	99.40±0.18	99.30±0.21	99.21±0.22
0.05 mm	NW C	100.0	99.91±0.03	99.87±0.02	99.82±0.04	99.76±0.07	99.70±0.21	99.41±0.21	99.33±0.15	99.04±0.19	98.97±0.23
	NW NC	100.0	99.94±0.04	99.85±0.06	99.81±0.07	99.77±0.07	99.61±0.71	99.35±0.33	99.47±0.07	99.41±0.07	99.35±0.08
	W C	100.0	99.93±0.02	99.87±0.03	99.82±0.04	99.72±0.21	99.83±0.08	99.48±0.32	99.43±0.40	99.48±0.13	99.41±0.14
	W NC	100.0	99.85±0.03	99.85±0.02	99.82±0.02	98.81±0.03	99.78±0.18	99.27±0.92	99.62±0.05	99.55±0.06	99.49±0.06
0.1 mm	NW C	100.0	99.93±0.07	99.91±0.09	99.88±0.09	99.86±0.10	99.93±0.12	99.78±0.15	99.75±0.25	99.71±0.27	99.66±0.28
	NW NC	100.0	99.91±0.06	99.88±0.09	99.87±0.08	99.86±0.10	99.89±0.10	98.90±0.14	99.41±1.08	99.36±1.07	99.29±1.08
	W C	100.0	99.95±0.07	99.93±0.04	99.88±0.10	99.87±0.10	99.95±0.10	99.80±0.13	99.80±0.14	99.74±0.14	99.65±0.16
	W NC	100.0	99.94±0.04	99.93±0.03	99.92±0.04	99.91±0.05	99.93±0.06	99.85±0.06	99.86±0.06	99.77±0.11	99.65±0.14
0.05 mm (Anti-fog film)	NW C	100.0	99.89±0.04	99.87±0.03	99.82±0.04	99.73±0.19	99.77±0.07	99.26±0.75	99.41±0.21	99.33±0.21	99.22±0.20
	NW NC	100.0	99.86±0.02	99.83±0.03	99.79±0.04	99.73±0.06	99.35±0.62	98.50±1.00	98.86±0.85	98.82±0.84	98.74±0.85
	W C	100.0	99.91±0.03	99.89±0.01	99.86±0.02	99.81±0.12	99.93±0.09	99.55±0.53	99.72±0.13	99.68±0.12	99.58±0.13
	W NC	100.0	99.91±0.03	99.88±0.02	99.87±0.02	99.86±0.02	99.20±2.36	99.58±0.31	99.69±0.08	99.62±0.08	99.52±0.09

<sup>z</sup>NW; no washing, C; cutted, W; washing, NC; no cutted

<sup>y</sup>rhizome weight after storage/rhizome weight before storage × 100

연근을 세척과 미세척, 절단과 미절단으로 구분하여 포장재 종류별로 포장한 후 저장하여 10 일 간격으로 세균과 곰팡이 발생정도를 조사한 결과는 Table 4-6에 나타나 있다. 전반적으로 저장 30일까지는 미생물이 발생하지 않았고, 40일 이후부터 발생하는 것으로 관찰되었다. 절단과 미절단 연근 간에는 미생물 발생정도에 차이가 없었으나, 미세척에 비해 세척한 연근에서 저장 후 40일에 미생물 발생이 적었다. 또한 PE 필름 0.1mm 두께의 포장재를 사용한 처리에서 가장 미생물 발생이 적은 것으로 나타났다.

Table 4-6. Changes in occurrence rate of microorganism by PE film and rhizome condition according to days after storage in *Nelumbo necifera* rhizome.

PE Film thickness	Rhizome condition <sup>z</sup>		Days after storage						
			30 days	40 days	50 days	60 days	70 days	80 days	90 days
0.02 mm	NW	C	0.0	10.34±6.84	23.62±18.30	36.76±31.74	50.23±46.23	51.66±46.87	53.98±48.79
	NW	NC	0.0	10.41±4.45	16.16±11.46	20.87±21.21	24.22±28.79	25.36±29.74	26.50±31.08
	W	C	0.0	13.83±10.01	16.23±10.37	19.83±11.15	24.19±17.13	25.91±20.20	29.27±28.35
	W	NC	0.0	5.61±6.11	9.25±12.56	13.71±18.55	18.67±26.13	21.54±31.63	23.49±33.00
0.05 mm	NW	C	0.0	5.62±6.02	5.62±6.02	5.62±6.02	5.62±6.02	5.62±6.02	5.62±6.02
	NW	NC	0.0	9.58±6.02	12.45±6.38	13.45±7.12	14.24±8.09	14.97±9.18	15.94±10.81
	W	C	0.0	5.43±5.19	14.01±14.24	24.07±26.78	34.77±10.05	37.55±41.43	40.22±43.16
	W	NC	0.0	6.26±4.26	6.39±4.23	6.57±4.26	6.75±4.36	7.08±4.73	7.47±5.39
0.1 mm	NW	C	0.0	4.62±6.54	4.62±6.54	4.62±6.54	4.62±6.54	4.62±6.54	4.62±6.54
	NW	NC	0.0	1.33±2.94	1.33±2.94	1.33±2.94	3.04±4.22	3.04±4.22	3.04±4.22
	W	C	0.0	1.44±3.14	1.60±3.40	1.83±3.87	2.19±4.70	2.19±4.70	2.19±4.70
	W	NC	0.0	1.62±5.12	1.62±5.12	1.62±5.12	2.64±5.75	2.64±5.75	2.64±5.75
0.05 mm (Anti-fog film)	NW	C	0.0	11.14±5.44	13.81±9.94	17.69±19.28	21.32±28.85	21.88±29.12	22.43±29.49
	NW	NC	0.0	11.08±7.95	14.73±13.7	18.43±21.86	21.90±30.60	22.66±31.42	23.30±32.24
	W	C	0.0	4.99±8.14	7.73±15.23	10.40±23.19	18.15±31.81	18.15±31.81	18.15±31.81
	W	NC	0.0	2.97±3.23	5.44±6.54	7.75±10.56	12.74±13.36	14.44±14.44	16.09±19.82

<sup>z</sup>NW; no washing, C; cutted, W; washing, NC; no cutted.

(5) 연근 진공포장에 따른 저장력

크기가 큰 연근 중에서 절단되지 않은 것을 세척하지 않고 진공으로 저장했을 경우에는 미진공시에 비해 저장 일수가 경과함에 따라 경도가 높게 유지되고 있었다(Table 4-7). 또한 절단된 것을 세척하지 않고 진공으로 포장하여 저장했을 경우에도 저장 70일 후에 87.5로 미진공의 84.9보다 경도가 높았다. 절단되지 않은 것을 세척하여 진공으로 포장한 후 저장했을 때에도 저장 일수가 경과함에 따라서 경도가 미진공에 비해 높게 유지되었고, 저장 70일 후에도 88.9로 높았다. 그러나 절단된 것을 세척하여 저장한 처리는 진공에 관계없이 경도에 차이가 없는 것으로 나타났다.

크기가 중간 정도의 연근에 있어서도 유사한 결과를 보여 주었는데, 세척 여부에 관계없이 절단되지 않은 연근을 진공으로 포장하여 저장할 경우에는 미진공에 비해 저장 일수가 경과함에 따라 경도가 높게 유지되었고, 저장 70일 후에도 91.8과 93.5로 높게 나타났다(Table 4-8).

크기가 작은 연근에 있어서 절단되지 않고 세척하지 않은 것을 저장시 진공으로 포장하는 것이 미진공에 비해 경도가 높게 유지되었다. 절단된 연근을 세척하여 저장시에도 미진공에 비해 진공할 경우 경도가 저장하면서 약간 높게 유지되었고, 저장 70일 후에도 90.9로 미진공 87.7에 비해 높게 나타났다(Table 4-9).

Table 4-7. Changes in hardness by rhizome and vacuum condition according to days after storage in rhizome of large size in *Nelumbo necifera*.

Rhizome condition		Vacuum condition	Days after storage							
Washing	Cut		0 days	10 days	20 days	30 days	40 days	50 days	60 days	70 days
No washing	No cutted	No vacuum	100.0 <sup>z</sup>	99.3	98.1	96.1	97.0	92.4	88.9	84.9
		Vacuum	100.0	99.6	97.0	94.4	93.5	92.6	92.4	92.6
No washing	Cutted	No vacuum	100.0	97.7	93.5	93.0	92.6	90.1	86.6	84.9
		Vacuum	100.0	98.7	98.1	97.7	97.0	93.1	90.5	87.5
Washing	No cutted	No vacuum	100.0	98.7	99.3	91.8	85.7	85.7	85.4	84.9
		Vacuum	100.0	97.0	99.6	99.6	91.8	90.9	90.0	88.9
Washing	Cutted	No vacuum	100.0	98.7	97.8	97.0	96.1	95.3	94.4	93.5
		Vacuum	100.0	98.1	97.8	95.5	94.5	94.4	93.6	93.1

<sup>z</sup>hardness after storage / hardness before storage × 100.

Table 4-8. Changes in hardness by rhizome and vacuum condition according to days after storage in rhizome of middle size in *Nelumbo necifera*.

Rhizome condition		Vacuum condition	Days after storage							
Washing	Cut		0 days	10 days	20 days	30 days	40 days	50 days	60 days	70 days
No washing	No cutted	No vacuum	100.0 <sup>z</sup>	98.7	97.8	97.0	95.2	92.4	90.9	84.0
		Vacuum	100.0	99.3	98.7	96.1	94.4	92.6	92.6	91.8
No washing	Cutted	No vacuum	100.0	99.6	99.3	98.1	97.8	95.8	87.5	85.7
		Vacuum	100.0	99.6	98.5	97.5	95.8	94.3	88.8	85.8
Washing	No cutted	No vacuum	100.0	97.0	97.8	96.1	87.5	86.6	84.9	83.1
		Vacuum	100.0	97.0	95.2	97.0	93.5	94.7	94.4	93.5
Washing	Cutted	No vacuum	100.0	97.8	97.0	96.1	96.1	95.2	94.4	93.5
		Vacuum	100.0	98.7	98.70	96.1	97.0	95.2	93.5	92.6

<sup>z</sup>hardness after storage/hardness before storage × 100.

연근 저장시 진공 포장의 효과를 알아보기 위하여 절단된 것 안된 것, 세척한 것과 하지 않은 것으로 구분하여 저장일수별로 무게를 조사하였다. 연근의 크기, 세척과 절단 여부, 진공에 관계 없이 무게는 거의 비슷하게 유지되고 있었다(자료 미제시).

Table 4-9. Changes in hardness by rhizome and vacuum condition according to days after storage in rhizome of small size in *Nelumbo necifera*.

Rhizome condition		Vacuum condition	Days after storage							
Washing	Cut		0 days	10 days	20 days	30 days	40 days	50 days	60 days	70 days
No washing	No cutted	No vacuum	100.0 <sup>z</sup>	99.6	99.3	98.7	97.8	95.8	87.7	81.4
		Vacuum	100.0	97.8	97.8	97.0	96.1	95.2	94.4	93.5
No washing	Cutted	No vacuum	100.0	99.3	98.7	97.8	95.1	93.1	89.2	85.4
		Vacuum	100.0	83.1	99.6	96.6	94.9	93.1	87.0	84.3
Washing	No cutted	No vacuum	100.0	97.0	94.4	92.6	91.8	90.9	87.5	86.6
		Vacuum	100.0	99.6	93.5	93.5	91.8	93.5	90.0	87.5
Washing	Cutted	No vacuum	100.0	99.6	99.6	98.7	97.8	95.8	90.0	87.7
		Vacuum	100.0	98.7	97.8	97.0	96.5	95.5	92.6	90.9

<sup>z</sup>hardness after storage / hardness before storage × 100

진공 포장에 따른 연근의 색깔의 변화를 관찰하고자 명도를 나타내는 Hunter 'L' 값의 수치를 조사하였다(자료 미제시). 연근의 크기가 큰 것들에 있어서 절단 여부에 관계없이 미세척한 것에서 진공으로 포장한 경우 미진공에 비해 저장일수가 경과함에 따라 'L' 값이 높게 유지되고 있었고, 70일 후에 진공에서 경도가 54.6-56.6로 미진공 48.0-51.7에 비해 높게 나타났다. 연근의 크기가 중간 것과 작은 것들에 있어서는 진공에 따른 'L' 값의 차이는 나타나지 않았다(자료미제시).

크기가 큰 연근을 진공으로 포장한 후 저장하여 미생물 발생율을 조사한 결과는 Table 4-10에 나타나 있다. 전반적으로 연근의 상태에 관계없이 미진공에 비해 진공한 처리에서 저장 50일 후까지 일수가 경과함에 따라 미생물 발생율이 현저하게 낮게 나타났다(Fig. 4-7). 그러나 60일 이후에는 연근 상태와 진공 상태에 관계없이 거의 모든 연근에서 미생물들이 발생하는 것을 관찰할 수 있었다. 그리고 세척하지 않은 것이 세척한 것에 비해 미생물 발생율이 높았으며, 절단된 것들이 절단되지 않은 것에 비해 또한 미생물 발생율이 높았다.

연근의 크기가 중간 정도인 것에서도 유사한 경향을 나타냈는데, 전반적으로 저장 50일까지는 미진공에 비해 진공으로 포장한 것이 미생물이 발생이 적었으며, 세척한 처리가 또한 미생물 발생율이 낮게 나타났다(Table 4-11). 저장 60일 이후에는 연근 상태와 진공 상태에 관계없이 거의 모든 연근에서 미생물들이 발생하는 것을 관찰할 수 있었다.

연근의 크기가 작은 것에서도 진공으로 포장한 경우 미생물 발생이 적었으며, 또한 세척한 연근이 미생물 발생율이 약간 낮았다(자료 미제시).

Table 4-10. Changes in occurrence rate of microorganism by rhizome and vacuum condition according to days after storage in rhizome of large size in *Nelumbo necifera*.

Rhizome condition		Vacuum condition	Days after storage						
Washing	Cut		10 days	20 days	30 days	40 days	50 days	60 days	70 days
No washing	No cutted	No vacuum	0.0	0.0	0.0	33.3	66.7	100.0	100.0
		Vacuum	0.0	0.0	0.0	5.6	11.1	100.0	100.0
No washing	Cutted	No vacuum	0.0	0.0	0.0	72.2	100.0	100.0	100.0
		Vacuum	0.0	0.0	0.0	5.6	94.4	100.0	100.0
Washing	No cutted	No vacuum	0.0	0.0	0.0	5.6	22.2	88.9	100.0
		Vacuum	0.0	0.0	0.0	0.0	11.1	94.4	100.0
Washing	Cutted	No vacuum	0.0	0.0	0.0	5.6	33.3	100.0	100.0
		Vacuum	0.0	0.0	0.0	5.6	11.1	100.0	100.0

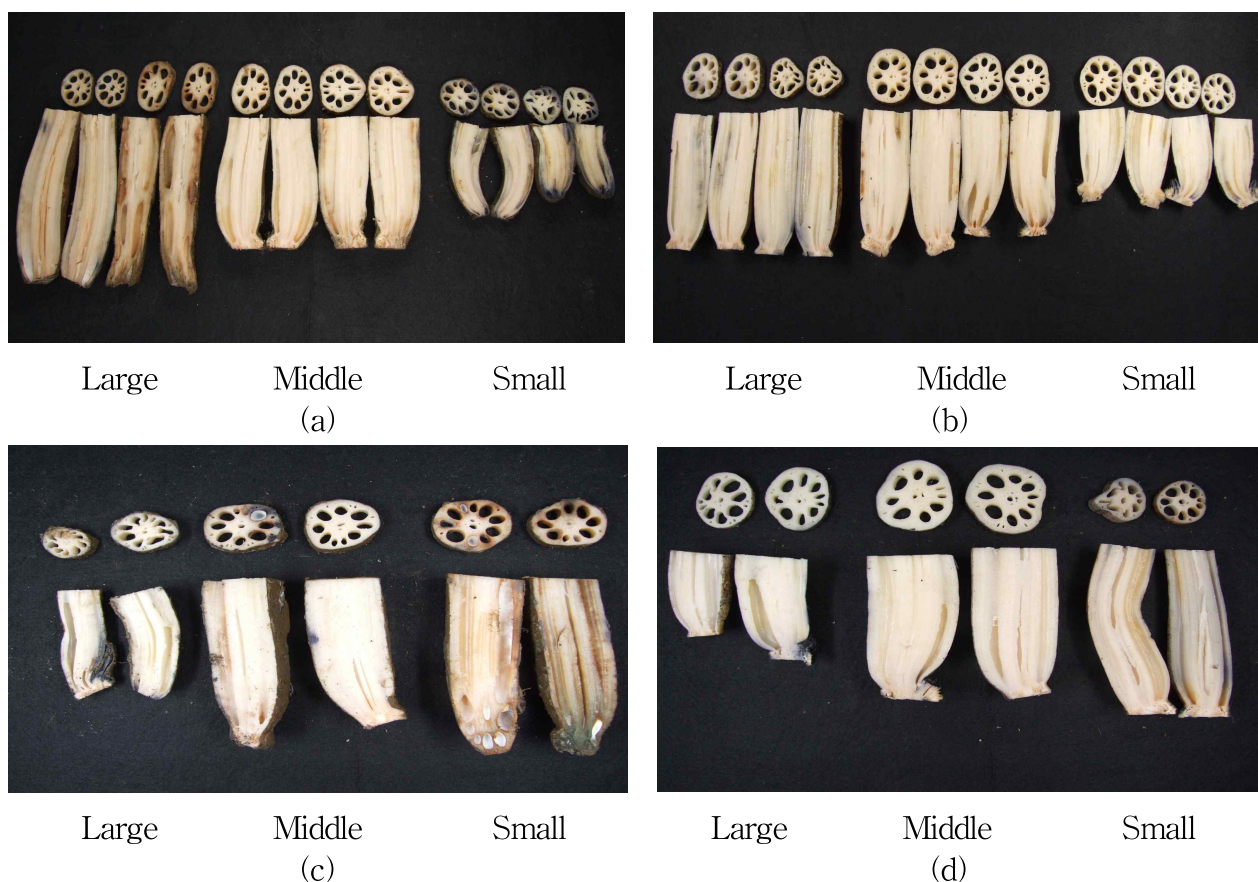


Fig. 4-7. Changes in appearance by rhizome size, rhizome condition and vacuum condition during storage in *Nelumbo necifera*. (a) no vacuum treatment in no washing and cutted rhizome at 50 days after storage. (b) vacuum treatment in washing and no cutted rhizome at 50 days after storage. (c) no vacuum treatment in no washing and cutted rhizome at 70 days after storage. (d) vacuum treatment in washing and no cutted rhizome at 70 days after storage.

(5) 연근 수확시기에 따른 저장력

10월 28일부터 한달 간격으로 연근을 수확하여 세척과 미세척 및 절단과 미절단된 것으로 구분한 후 PE 필름에서 진공상태로 1℃ 저장고에 저장하였고, 10일 간격으로 중량 변화를 조사하였다. 저장기간이 경과함에 따라 질량 변화는 큰 차이가 나타나지 않았고, 또한 수확시기에 따른 차이도 크지 않는 것으로 나타났다(자료 미제시).

수확시기별 저장기간의 경과에 따른 연근의 경도 변화를 조사하였는데(Table 4-11), 10월에 수확한 것은 저장 후 40~50일 후 경도가 저장 전보다 91.1~86.1%로 나타나 감소하였고, 미세척에서 미절단 연근이 경도가 높게 유지되었다. 11월에 수확한 연근의 경우에도 미세척, 미절단 처리에서 저장 후 90일째에 타처리에 비해 경도가 높게 유지되고 있었다. 12월부터 3월까지 수확한 연근은 세척과 절단 조건에 따른 저장기간에 따른 경도 변화는 크게 나타나지 않았다. 전반적으로 수확시기에 따른 경도 차이는 차이가 나타나지 않았으며, 미세척에 미절단 연근에서 경도의 감소가 가장 적은 것으로 나타났다. 이러한 결과는 미세척의 연근은 표면에 흙이 제거되지 않은 상태이므로 연근 내부의 수분 감소를 적게하여 경도가 높게 유지되는 것으로 판단된다. 또한 절단된 연근은 내부와 외부와의 공기 유통이 원활하게 이루어지므로 수분의 감소가 많을 것으로 생각되며, 따라서 미절단 연근의 경도가 높게 유지되는 결과를 보이는 것으로 판단된다.

Table 4-11. Changes in rhizome hardness by harvesting time and condition of rhizome according to days after storage in *Nelumbo nucifera* rhizome.

Harvesting Time	Rhizome condition	Days after storage									
		0 day	10 days	20 days	30 days	40 days	50 days	60 days	70 days	80 days	90 days
28 Oct.	NW <sup>z</sup> C	100.0	92.40± 4.01 <sup>y</sup>	92.00± 6.09	89.60± 5.27	88.80± 1.77	89.60± 7.07	92.80± 3.85	94.40± 1.59	92.00± 1.78	89.60± 3.78
	NW NC	100.0	93.09± 8.33	96.75± 2.55	95.93± 5.92	97.56± 4.10	91.06± 1.87	91.87± 5.85	97.56± 8.87	96.75± 5.78	91.87± 2.96
	W C	100.0	94.31± 6.45	94.31± 6.44	94.31± 5.29	88.62± 3.76	91.87± 1.50	94.31± 3.97	89.43± 2.66	92.68± 3.80	90.24± 2.30
	W NC	100.0	97.13± 3.81	90.57± 4.45	87.70± 4.46	86.07± 7.20	95.08± 5.50	93.44± 5.72	90.98± 6.68	88.52± 5.93	88.52± 6.36
28 Nov.	NW C	100.0	91.74± 6.53	89.26± 1.78	94.21± 3.13	88.51± 3.46	91.74± 5.26	90.08± 0.40	91.74± 6.53	91.74± 5.24	90.08± 4.17
	NW NC	100.0	95.08± 4.07	93.44± 6.72	93.44± 2.47	96.72± 4.42	96.72± 2.55	95.90± 1.46	95.08± 5.37	95.90± 3.09	95.08± 5.37
	W C	100.0	97.39± 4.39	99.13± 6.02	97.39± 7.70	89.57± 9.76	94.78± 3.42	92.17± 4.04	91.30± 4.10	89.57± 4.55	88.70± 4.66
	W NC	100.0	93.39± 5.77	95.04± 4.07	95.04± 7.95	99.17± 6.68	96.69± 2.56	93.39± 3.64	92.56± 5.42	91.74± 3.19	89.26± 2.89
28 Dec.	NW C	100.0	96.93± 8.38	91.98± 5.87	88.54± 9.74	95.18± 4.02	93.57± 4.29	92.60± 1.75	90.26± 3.42	92.16± 4.00	91.33± 1.62
	NW NC	100.0	99.27± 3.16	92.16± 7.42	92.08± 5.87	94.51± 5.32	94.54± 6.14	93.73± 7.90	92.19± 8.04	91.30± 4.57	90.52± 5.59
	W C	100.0	98.55± 6.32	96.29± 9.47	95.45± 9.28	92.03± 3.02	91.33± 5.93	90.49± 5.55	88.88± 6.41	91.83± 3.23	90.99± 1.57
	W NC	100.0	98.44± 1.80	92.24± 9.81	86.62± 5.90	90.57± 3.55	93.70± 2.55	92.92± 2.98	91.36± 4.65	92.01± 3.97	91.18± 2.86
28 Jan.	NW C	100.0	99.17± 1.46	97.47± 3.20	96.61± 2.72	95.75± 3.24	94.43± 3.96	91.96± 1.72	90.32± 0.26	91.30± 4.57	90.52± 5.59
	NW NC	100.0	99.16± 3.16	98.41± 6.81	99.19± 3.16	98.36± 1.89	94.48± 2.94	92.06± 1.84	90.47± 0.17	91.83± 3.23	90.99± 1.57
	W C	100.0	99.17± 1.67	98.33± 4.30	98.53± 4.19	96.69± 2.72	94.40± 2.93	92.76± 5.43	91.15± 2.95	92.01± 3.97	91.18± 2.86
	W NC	100.0	99.19± 1.61	98.44± 3.13	98.41± 1.83	98.46± 4.13	95.29± 4.02	93.72± 7.67	93.67± 3.52	92.21± 1.67	91.48± 3.76
28 Feb.	NW C	100.0	99.19± 1.61	98.41± 1.83	96.02± 3.04	95.24± 4.05	93.62± 4.49	91.98± 3.12	90.34± 2.55	89.54± 1.37	89.56± 2.89
	NW NC	100.0	99.19± 1.61	98.41± 1.83	95.99± 3.03	95.18± 3.04	94.35± 2.95	92.74± 2.95	91.93± 4.06	89.69± 1.47	89.67± 1.72
	W C	100.0	99.17± 3.12	99.36± 1.82	96.02± 3.91	95.18± 3.04	94.38± 3.98	92.76± 3.82	91.15± 4.65	90.34± 2.48	89.56± 3.81
	W NC	100.0	99.22± 1.56	97.61± 1.60	96.15± 5.48	95.37± 6.12	94.51± 4.67	93.64± 3.49	92.06± 3.88	91.98± 1.95	90.39± 0.30
28 Mar.	NW C	100.0	98.44± 4.19	96.80± 2.63	96.02± 3.04	95.24± 4.05	93.62± 4.49	91.98± 3.12	90.34± 2.55	90.34± 2.55	89.56± 2.89
	NW NC	100.0	98.46± 4.13	96.82± 3.67	95.99± 3.03	95.18± 3.04	94.35± 2.95	92.74± 2.95	91.93± 4.06	91.15± 4.65	90.37± 5.63
	W C	100.0	98.49± 6.22	96.82± 3.67	96.02± 3.91	95.18± 3.04	94.38± 3.98	92.76± 3.82	91.15± 4.65	90.32± 3.49	89.53± 4.52
	W NC	100.0	98.57± 5.73	97.01± 7.05	96.15± 5.48	95.37± 6.12	94.51± 4.67	93.64± 3.49	92.06± 3.88	91.28± 4.53	90.41± 3.37

<sup>z</sup>NW; no washing, C; cutted, W; washing, NC; no cutted.

<sup>y</sup>rhizome hardness after storage/rhizome hardness before storage × 100.

수확시기별 저장중 10월에 수확한 연근은 저장 후 90일까지 'L' 값에 큰 차이는 없었다(자료 미제시). 그러나 절단된 연근에 비해 미절단 연근의 경우 'L' 값이 높게 유지되는 것으로 나타났다. 11월에 수확한 연근은 10월에 수확한 것에 비해 저장 기간이 경과함에 따라 'L' 값이 낮게 나타나 명도가 낮아졌고, 세척과 미절단 연근에서는 미세척과 절단된 연근에 비해 'L' 값이 상대적으로 높게 유지되고 있었다(자료 미제시). 12월 이후에 수확한 연근들은 전반적으로 10월과 11월에 비해 저장기간이 경과함에 따라 'L' 값이 낮은 것으로 나타났다. 따라서 수확시기가 늦어질수록 저장된 연근들은 육질의 명도가 낮아짐을 알 수 있었다(자료 미제시).

시기별 오염발생정도는 10월의 경우 70일후, 오염이 발생하여 가장 미생물 발생정도가 적었으며, 특히 미절단 연근에서 발생정도가 가장 적은 것으로 나타났다. 11월~3월은 모두 40~50일후, 미생물이 발생하였고, 11월~2월에서 미생물 발생정도는 처리간 큰 차이는 없었으나, 비교적 미절단의 연근에서 미생물 발생정도가 적었다. 3월의 경우는 다른 시기에 비해 발생정도가 가장 많았으며, 세척 미절단의 처리에서 미생물 발생정도가 비교적 적게 발생하는 것으로 나타났다(Table 4-12).

Table 4-12. Changes in occurrence rate of microorganism by rhizome according to days after storage in *Nelumbo nucifera* rhizome.

Harvesting Time	Rhizome condition		Days after storage					
			40 days	50 days	60 days	70 days	80 days	90 days
28 Oct.	NW <sup>z</sup>	C	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.84±1.83	1.44±3.12	1.94±4.14
	NW	NC	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.38±0.83	0.38±0.83	0.38±0.83
	W	C	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.29±0.91	0.59±1.27	0.89±1.87
	W	NC	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.27±0.84	0.96±2.07
28 Nov.	NW	C	2.49±4.63	4.03±5.48	4.32±5.68	4.32±5.68	4.32±5.68	4.32±5.68
	NW	NC	2.42±5.13	3.17±6.69	3.45±7.29	5.08±9.95	6.86±13.26	7.24±13.47
	W	C	0.00±0.00	0.00±0.00	0.54±1.72	0.81±2.57	1.68±3.58	1.68±3.58
	W	NC	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.91±1.91	0.91±1.91	0.91±1.91
28 Dec.	NW	C	0.00±0.00	0.34±1.07	1.36±2.87	2.24±4.74	3.26±6.96	3.89±8.29
	NW	NC	0.00±0.00	0.54±1.70	0.75±2.38	0.97±3.06	2.06±4.78	2.80±6.24
	W	C	0.00±0.00	0.00±0.00	0.53±1.67	2.29±4.96	3.58±7.77	3.82±8.15
	W	NC	0.00±0.00	0.74±2.33	1.50±4.75	2.87±7.76	4.08±9.66	4.83±10.75
28 Jan.	NW	C	0.00±0.00	1.15±1.63	2.30±3.26	4.86±1.60	5.55±2.58	7.39±5.19
	NW	NC	0.00±0.00	0.00±0.00	1.30±1.84	3.66±0.33	3.66±0.33	3.66±0.33
	W	C	0.00±0.00	0.00±0.00	5.09±0.02	9.52±1.91	14.09±2.61	17.95±2.29
	W	NC	0.00±0.00	0.00±0.00	1.32±1.87	4.19±1.55	5.87±1.42	8.57±2.10
28 Feb.	NW	C	0.00±0.00	0.00±0.00	0.78±2.46	1.32±4.17	2.04±6.44	2.75±8.71
	NW	NC	0.70±2.20	4.15±5.57	4.54±5.88	4.54±5.88	5.06±6.63	5.32±7.13
	W	C	0.00±0.00	0.75±2.37	0.88±2.80	1.97±4.40	1.97±4.40	1.97±4.40
	W	NC	0.54±1.71	0.79±2.49	0.79±2.49	1.73±3.94	1.97±4.65	2.22±5.38
28 Mar.	NW	C	5.59±13.7	13.38±20.67	16.35±25.52	30.40±34.24	33.70±33.70	36.97±34.18
	NW	NC	13.30±22.79	41.55±44.88	50.17±47.98	66.82±43.10	69.97±40.41	72.15±38.93
	W	C	15.71±17.75	38.77±36.83	59.02±37.77	78.60±31.65	84.15±27.30	90.20±22.20
	W	NC	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	21.23±15.71	28.52±20.92	34.98±36.96



(6) 연근 저장전처리에 따른 저장력

연근을 수확한 후 세척과 미세척으로 구분하여 자외선을 0분, 15분, 60분, 240분 조사하여 중량의 변화를 조사한 결과, 저장 후 90일까지는 처리간에 큰 차이는 없는 것으로 나타났다(자료 미제시).

연근을 수확한 후 세척과 미세척으로 구분하여 자외선을 0분, 15분, 60분, 240분 조사하여 경도의 변화를 조사하였다. 전반적으로 60분 자외선을 조사한 처리에서 경도가 높게 유지되었으나, 처리간 통계적으로 차이는 없는 것으로 나타났다(Table 4-13). 또한 세척과 미세척간에도 통계적으로 차이가 없는 것으로 나타났다.

Table 4-13. Changes in rhizome hardness by time of ultraviolet rays treatment and rhizome condition according to days after storage in *Nelumbo nucifera* rhizome.

Time of ultraviolet rays treatment	Rhizome condition	Days after storage									
		0 day	10 days	20 days	30 days	40 days	50 days	60 days	70 days	80 days	90 days
Control	Washing	100.0	99.17 ±1.61 <sup>z</sup>	98.35 ±3.23	97.52 ±3.10	95.87 ±4.05	95.04 ±4.18	95.00 ±1.92	94.17 ±3.19	94.17 ±1.67	93.33 ±2.72
	No washing	100.0	99.19 ±5.54	98.37 ±1.83	97.56 ±3.00	97.56 ±4.83	95.93 ±6.61	95.08 ±3.26	94.26 ±3.03	93.44 ±2.59	93.44 ±0.12
15 Min	Washing	100.0	99.17 ±3.22	98.36 ±1.86	98.36 ±4.21	97.54 ±3.10	96.72 ±2.63	96.67 ±7.04	95.83 ±3.14	95.00 ±1.83	94.17 ±1.68
	No washing	100.0	99.19 ±3.14	98.37 ±1.86	97.56 ±1.63	96.75 ±2.63	95.93 ±1.60	95.90 ±7.19	95.08 ±4.15	95.08 ±4.32	94.26 ±3.08
60 Min	Washing	100.0	99.19 ±1.56	98.37 ±4.13	97.56 ±3.00	97.56 ±1.62	96.75 ±4.42	96.72 ±2.63	96.72 ±4.66	95.90 ±4.84	95.08 ±1.90
	No washing	100.0	99.18 ±3.79	99.18 ±1.61	98.36 ±1.89	99.54 ±1.65	96.72 ±2.63	96.69 ±3.79	96.69 ±3.85	95.87 ±3.20	95.04 ±3.35
240 Min	Washing	100.0	99.19 ±3.11	98.37 ±4.13	97.56 ±5.41	96.75 ±4.42	95.93 ±3.03	96.67 ±6.01	95.83 ±1.54	95.00 ±3.15	94.17 ±3.02
	No washing	100.0	98.41 ±1.83	97.63 ±3.00	96.82 ±3.67	95.99 ±3.03	95.24 ±5.88	95.80 ±4.19	95.78 ±3.25	94.97 ±4.29	94.91 ±4.32

<sup>z</sup>rhizome hardness after storage / rhizome hardness before storage × 100.

수확한 연근을 세척과 미세척으로 구분하여 자외선을 0분, 15분, 60분, 240분 조사한 후 저장기간별로 연근의 명도('L' 값)의 변화를 조사하였다(자료 미제시). 전반적으로 미세척에 비해 세척한 연근에서 'L'값이 높게 유지되었고, 세척한 연근을 60분 자외선을 조사한 처리에서 경도가 가장 높게 유지되었다(Fig. 4-8).

연근을 수확한 후 세척과 미세척으로 구분하여 자외선을 0분, 15분, 60분, 240분 조사 후 저장하여 미생물 발생율을 조사한 결과는 Table 4-14에 나타나 있다. 전반적으로 세척하지 않은 것 보다 세척한 것에서 미생물 발생이 적었으며, 세척 후 자외선 240분 조사한 처리에서는 80일 후까지 일수가 경과함에 따라 미생물 발생율이 현저하게 낮게 나타났다. 그러나 세척과 미세척간의 통계적 차이는 없는 것으로 확인되었다. 또한 연근에 내부의 발생한 미생물 발생도 차이가 없었다(Fig 4-9).

Table 4-14. Changes in occurrence rate of microorganism by time of ultraviolet rays treatment and rhizome condition according to days after storage in *Nelumbo nucifera* rhizome.

Time of ultraviolet rays treatment	Rhizome condition	Days after storage			
		60 days	70 days	80 days	90 days
Control	Washing	12.55±6.41	18.44±1.91	22.18±7.20	30.20±18.55
	No washing	9.10±5.30	9.65±5.46	11.15±3.94	13.23±6.75
15 Min	Washing	4.21±5.95	4.21±5.95	8.43±0.03	8.43±0.03
	No washing	10.18±1.11	12.40±4.19	14.56±8.97	16.50±13.31
60 Min	Washing	6.98±1.50	10.47±3.44	12.89±6.86	20.42±17.50
	No washing	7.66±2.08	10.62±4.29	13.54±6.61	16.14±8.50
240 Min	Washing	0.00±0.00	0.00±0.00	2.90±1.13	3.52±0.26
	No washing	20.32±15.60	23.06±20.98	27.22±29.24	28.14±31.06

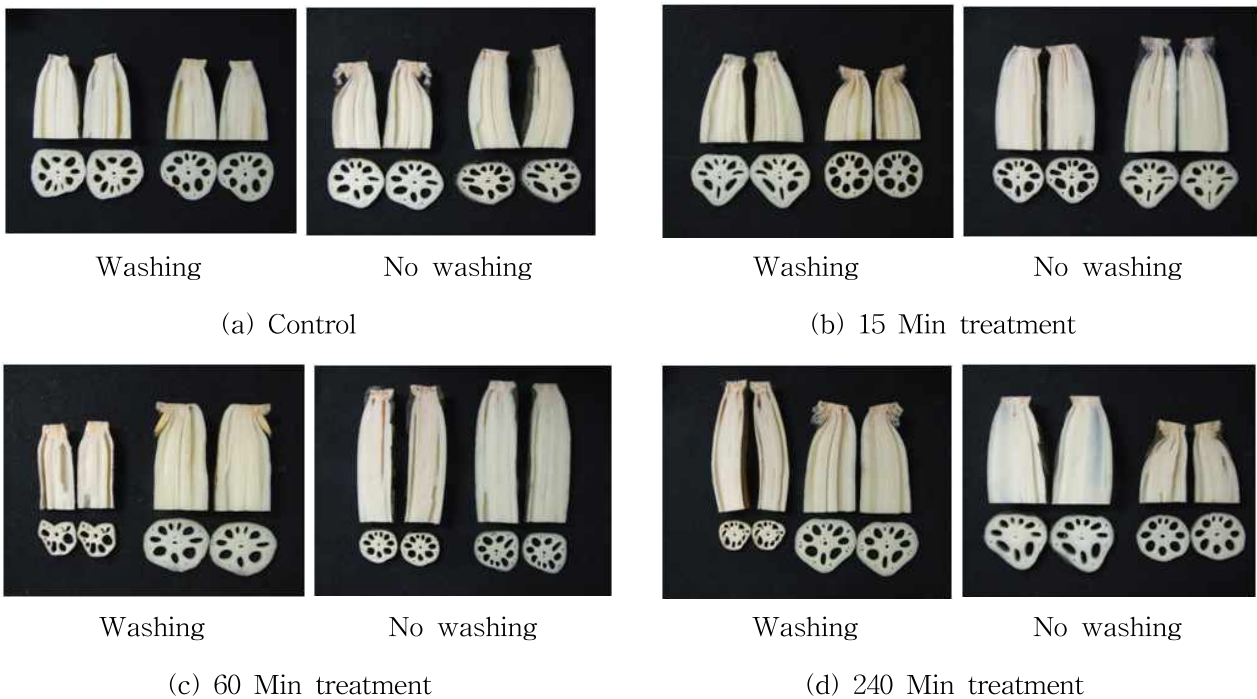


Fig. 4-8. Changes in rhizome color by ultraviolet rays treatment and rhizome condition at 30 days after storage in *Nelumbo nucifera* rhizome.

수확한 연근을 세척하여 주정용 알콜 0, 1, 2, 5, 10%의 용액으로 처리한 후 PE 필름에 넣어 진공상태로 1℃에 저장고에 저장하였다. 저장 후 10일 간격으로 연근의 무게를 조사한 결과는 Table 4-15에 나타나 있다. 전반적으로 처리간 큰 차이는 없었으나, 알콜 2%와 5%로 처리시 저장 후 90일까지 중량 감소가 적었다. 또한 절단된 것에 비해 미절단 연근이 질량의 감소가 적은 것으로 나타났다.

Table 4-15. Changes in rhizome weight by alcohol treatment and rhizome condition according to days after storage in *Nelumbo nucifera* rhizome.

Alcohol concentration	Rhizome condition	Days after storage									
		0day	10 days	20 days	30 days	40 days	50 days	60 days	70 days	80 days	90 days
0 %	No cutted	100.0	99.96 ±0.10 <sup>z</sup>	99.96 ±0.16	99.86 ±0.15	99.87 ±0.15	99.85 ±0.15	99.83 ±0.15	99.83 ±0.15	99.89 ±0.06	99.87 ±0.06
	Cutted	100.0	99.98 ±0.07	99.96 ±0.06	99.95 ±0.06	99.96 ±0.06	99.94 ±0.06	99.76 ±0.49	99.72 ±0.55	99.81 ±0.15	99.79 ±0.15
1 %	No cutted	100.0	99.98 ±0.02	99.98 ±0.13	99.94 ±0.11	99.94 ±0.11	99.92 ±0.11	99.88 ±0.12	99.86 ±0.15	99.75 ±0.09	99.84 ±0.10
	Cutted	100.0	99.96 ±0.07	99.98 ±0.11	99.97 ±0.04	99.88 ±0.58	99.95 ±0.05	99.83 ±0.35	99.92 ±0.05	99.89 ±0.05	99.80 ±0.26
2 %	No cutted	100.0	99.99 ±0.17	99.98 ±0.14	99.99 ±0.03	99.99 ±0.03	99.97 ±0.02	99.95 ±0.03	99.94 ±0.02	99.92 ±0.02	99.89 ±0.03
	Cutted	100.0	100.00 ±0.05	99.99 ±0.22	99.98 ±0.02	99.98 ±0.03	99.97 ±0.03	99.95 ±0.02	99.95 ±0.03	99.93 ±0.03	99.77 ±0.43
5 %	No cutted	100.0	100.00 ±0.04	99.98 ±0.04	99.99 ±0.05	99.99 ±0.04	99.97 ±0.04	99.95 ±0.04	99.95 ±0.04	99.92 ±0.04	99.87 ±0.12
	Cutted	100.0	100.00 ±0.02	99.99 ±0.07	99.99 ±0.07	99.97 ±0.50	99.97 ±0.12	99.93 ±0.21	99.93 ±0.14	99.95 ±0.05	99.92 ±0.05
10 %	No cutted	100.0	100.00 ±0.04	99.91 ±0.13	99.92 ±0.13	99.93 ±0.13	99.91 ±0.13	99.86 ±0.23	99.84 ±0.14	99.85 ±0.14	99.81 ±0.16
	Cutted	100.0	99.94 ±0.09	99.83 ±0.13	99.84 ±0.14	99.86 ±0.14	99.84 ±0.14	99.82 ±0.14	99.82 ±0.14	99.79 ±0.14	97.20 ±8.08

<sup>z</sup>rhizome weight after storage/rhizome weight before storage × 100

수확한 연근을 세척하여 주정용 알콜 0, 1, 2, 5, 10%의 용액으로 처리한 후 PE 필름에 넣어 진공상태로 1℃에 저장고에 저장하였다. 저장 후 10일 간격으로 연근의 경도를 조사하였다. 대조구에 비해 알콜 1, 2, 5% 처리시 경도가 저장 후 90일까지 높게 유지되었고, 절단과 미절단 연근에 있어서는 저장기간 경과에 따른 차이는 나타나지 않았다(Table 4-16).

Table 4-16. Changes in rhizome hardness by alcohol treatment and rhizome condition according to days after storage in *Nelumbo nucifera* rhizome.

Alcohol concentration	Rhizome condition	Days after storage									
		0day	10 days	20 days	30 days	40 days	50 days	60 days	70 days	80 days	90 days
0 %	No cutted	100.0	98.36 ±3.18 <sup>z</sup>	99.24 ±3.04	98.41 ±1.83	97.63 ±1.58	96.82 ±3.67	92.92 ±9.98	91.33 ±2.36	91.30 ±4.57	89.69 ±4.52
	Cutted	100.0	98.41 ±1.83	96.04 ±3.05	96.85 ±2.55	94.40 ±1.59	92.81 ±1.47	92.03 ±1.63	91.23 ±3.49	90.47 ±4.42	89.59 ±3.14
1 %	No cutted	100.0	98.37 ±1.89	96.75 ±2.55	97.56 ±4.83	96.75 ±4.42	97.56 ±5.41	96.75 ±4.42	95.12 ±4.08	95.12 ±4.13	94.31 ±3.27
	Cutted	100.0	98.41 ±1.78	96.03 ±1.53	95.24 ±3.91	96.83 ±3.55	97.62 ±7.01	95.24 ±3.13	93.65 ±2.35	93.65 ±2.35	92.86 ±4.56
2 %	No cutted	100.0	98.40 ±1.81	97.60 ±2.92	96.00 ±1.40	96.00 ±2.99	96.80 ±4.47	95.20 ±3.94	94.40 ±3.87	93.60 ±4.43	93.60 ±4.43
	Cutted	100.0	99.19 ±1.52	97.58 ±2.91	96.77 ±5.72	97.58 ±7.10	95.16 ±6.47	94.35 ±4.58	95.16 ±7.38	94.35 ±2.73	93.55 ±2.31
5 %	No cutted	100.0	99.24 ±2.92	96.21 ±3.69	94.70 ±2.76	93.94 ±4.22	94.70 ±4.47	93.94 ±2.44	93.18 ±4.38	92.42 ±2.82	91.67 ±1.38
	Cutted	100.0	98.46 ±1.56	96.15 ±1.59	96.92 ±4.99	95.38 ±1.69	93.85 ±0.11	94.62 ±2.89	93.85 ±2.44	93.08 ±2.84	92.31 ±5.20
10 %	No cutted	100.0	98.47 ±3.99	93.13 ±1.49	91.60 ±1.42	92.37 ±1.84	92.37 ±1.70	91.60 ±1.57	90.84 ±0.14	88.55 ±2.83	87.79 ±4.22
	Cutted	100.0	98.34 ±4.09	96.92 ±2.48	96.11 ±1.45	95.36 ±1.64	96.16 ±3.80	95.41 ±5.38	94.60 ±2.80	93.79 ±2.40	93.08 ±5.16

<sup>z</sup>rhizome hardness after storage/rhizome hardness before storage × 100

수확한 연근을 세척하여 주정용 알콜 0, 1, 2, 5, 10%의 용액으로 처리한 후 저장하였고, 저장 후 10일 간격으로 연근 내부 육질의 명도('L'값)를 조사하였다. 전반적으로 저장기간이 경과함에 따라 명도는 다소 낮아졌다. 특히 절단된 연근에 알콜을 침지처리한 것에서 명도가 저장기간이 경과함에 따라 크게 감소하여 육질의 색이 어두워지는 것으로 나타났다(자료 미제시). 이러한 현상은 알콜성분이 연근의 통도조직을 통하여 내부로 침투하여 색에 변화를 유도한 것으로 판단된다. 미절단 연근의 경우에는 저장기간이 경과함에 따라 대조구에 비해 명도가 높게 유지되어 신선도를 유지하고 있음을 알 수 있었다.

수확한 연근은 세척하여 절단과 미절단 연근으로 구분하고, 키토산 0.01, 0.1, 1%와 구연산 1, 2% 조합처리한 용액에 침지처리한 후 저장하였다. 저장기간이 경과함에 따라 키토산과 구연산 처리에 따른 질량 변화는 크지 않았으며, 통계적으로도 처리간 차이는 인정되지 않았다(자료 미제시). 그러나 전반적으로 미절단 연근을 0.1% 키토산과 2% 구연산 혼합처리 및 1% 키토산과 2% 구연산 혼합처리에서 질량의 감소가 적은 것으로 나타났다. 또한 절단된 연근에서는 0.01% 키토산과 1% 구연산 혼합처리 및 1% 키토산과 2% 구연산 혼합처리에서 저장기간이 경과하더라도 중량의 감소가 상대적으로 적었다.

수확한 연근은 세척하여 절단과 미절단 연근으로 구분하고, 키토산 0.01, 0.1, 1%와 구연산 1, 2% 조합처리한 용액에 침지처리한 후 저장하여 10일 간격으로 연근의 경도를 조사한 결과는 Table 4-17에 나타나 있다. 저장기간이 경과함에 따라 키토산과 구연산 처리에 따른 경도 변화는 통계적으로 차이가 나타나지는 않았다. 그러나 절단된 연근에 비해 미절단 연근에서 경도가 높게 유지되었고, 미절단 연근을 0.1% 키토산과 1% 구연산 혼합처리, 0.01% 키토산과 2% 구연산 혼합처리 및 1% 키토산과 1% 구연산 혼합처리에서 타 처리에 비해 경도가 높았다.

수확한 연근은 세척하여 절단과 미절단 연근으로 구분하고, 키토산 0.01, 0.1, 1%와 구연산 1, 2% 조합처리한 용액에 침지처리한 후 저장하여 10일 간격으로 연근 내부 육질의 명도('L'값)를 조사한 결과 통계적으로 차이가 없었다. 또한 절단된 연근에 비해 미절단 연근에서 경도가 약간 높게 유지되는 경향을 보여 주었다(Fig. 4-9).

미생물 발생율은 저장 80일 이후부터 외관상으로 0.76~3.68%정도의 발견이 되었지만 처리간의 통계적인 차이는 보이지 않았으면(자료미제시), 연근의 내부에서는 미생물 발생이 확인되지 않았으며, 연근의 조직이 보라색으로 변하는 현상이 조금씩 나타났다.

Table 4-17. Changes in rhizome hardness by chitosan and citric acid treatment and rhizome condition according to days after storage in *Nelumbo nucifera* rhizome.

Treatment(%)		Rhizome condition	Days after storage									
CH	CA		0 day	10 days	20 days	30 days	40 days	50 days	60 days	70 days	80 days	90 days
Control		No cutted	100.0	98.36 ±3.18 <sup>z</sup>	99.24 ±3.04	98.41 ±1.83	97.63 ±1.58	96.82 ±3.67	92.92 ±9.98	91.33 ±6.36	91.30 ±4.57	89.69 ±4.52
		Cutted	100.0	98.41 ±1.83	96.04 ±3.05	96.85 ±2.55	94.40 ±1.59	92.81 ±1.47	92.03 ±1.63	91.23 ±5.49	90.47 ±4.42	89.59 ±3.14
0.01%	1%	No cutted	100.0	99.24 ±4.55	96.95 ±6.65	96.18 ±5.17	95.13 ±5.06	93.08 ±4.94	92.31 ±7.18	92.31 ±5.03	89.31 ±6.02	88.55 ±5.97
		Cutted	100.0	97.60 ±4.10	97.60 ±4.55	97.60 ±6.77	96.20 ±3.94	94.40 ±4.43	92.80 ±1.29	92.00 ±3.84	92.00 ±7.58	91.20 ±6.55
0.01%	2%	No cutted	100.0	99.27 ±4.67	99.47 ±7.58	97.88 ±6.97	97.09 ±7.14	96.36 ±8.59	93.89 ±5.50	93.13 ±6.21	92.33 ±5.77	91.57 ±6.68
		Cutted	100.0	99.27 ±4.00	97.60 ±3.01	95.94 ±1.46	94.32 ±2.92	91.88 ±2.92	91.04 ±2.84	90.26 ±5.03	89.43 ±3.72	88.65 ±5.17
0.1%	1%	No cutted	100.0	98.41 ±1.83	97.58 ±1.62	97.66 ±4.69	96.80 ±2.55	96.02 ±3.91	95.96 ±1.48	93.54 ±2.47	92.76 ±3.82	91.93 ±2.95
		Cutted	100.0	98.46 ±1.78	95.38 ±3.93	93.84 ±4.95	93.82 ±4.22	91.50 ±5.10	90.72 ±9.94	89.89 ±2.81	89.11 ±2.97	89.11 ±2.97
0.1%	2%	No cutted	100.0	97.62 ±5.41	97.62 ±2.99	96.03 ±2.99	93.65 ±4.42	92.06 ±3.02	91.68 ±2.81	91.89 ±3.88	88.10 ±3.74	88.10 ±3.74
		Cutted	100.0	99.19 ±3.16	99.19 ±1.67	97.56 ±1.62	95.12 ±4.04	93.50 ±4.32	91.87 ±5.90	90.24 ±6.82	90.24 ±2.39	89.43 ±1.31
1%	1%	No cutted	100.0	99.17 ±1.67	98.35 ±4.22	97.52 ±4.92	96.69 ±5.29	95.04 ±6.69	93.39 ±4.50	92.56 ±7.26	91.74 ±5.51	90.91 ±3.79
		Cutted	100.0	97.62 ±4.80	99.21 ±1.61	98.41 ±3.13	96.03 ±1.53	93.65 ±0.12	92.86 ±1.50	89.68 ±1.47	89.68 ±3.02	88.89 ±1.84
1%	2%	No cutted	100.0	97.73 ±2.91	95.45 ±3.88	95.45 ±5.17	93.18 ±4.38	90.91 ±2.34	90.91 ±6.30	90.64 ±1.55	87.88 ±0.30	87.12 ±1.24
		Cutted	100.0	99.22 ±4.66	98.45 ±3.11	96.90 ±2.55	94.57 ±2.87	95.35 ±3.09	93.02 ±1.42	90.70 ±4.33	89.92 ±2.90	89.15 ±1.70

<sup>z</sup>rhizome hardness after storage/rhizome hardness before storage × 100

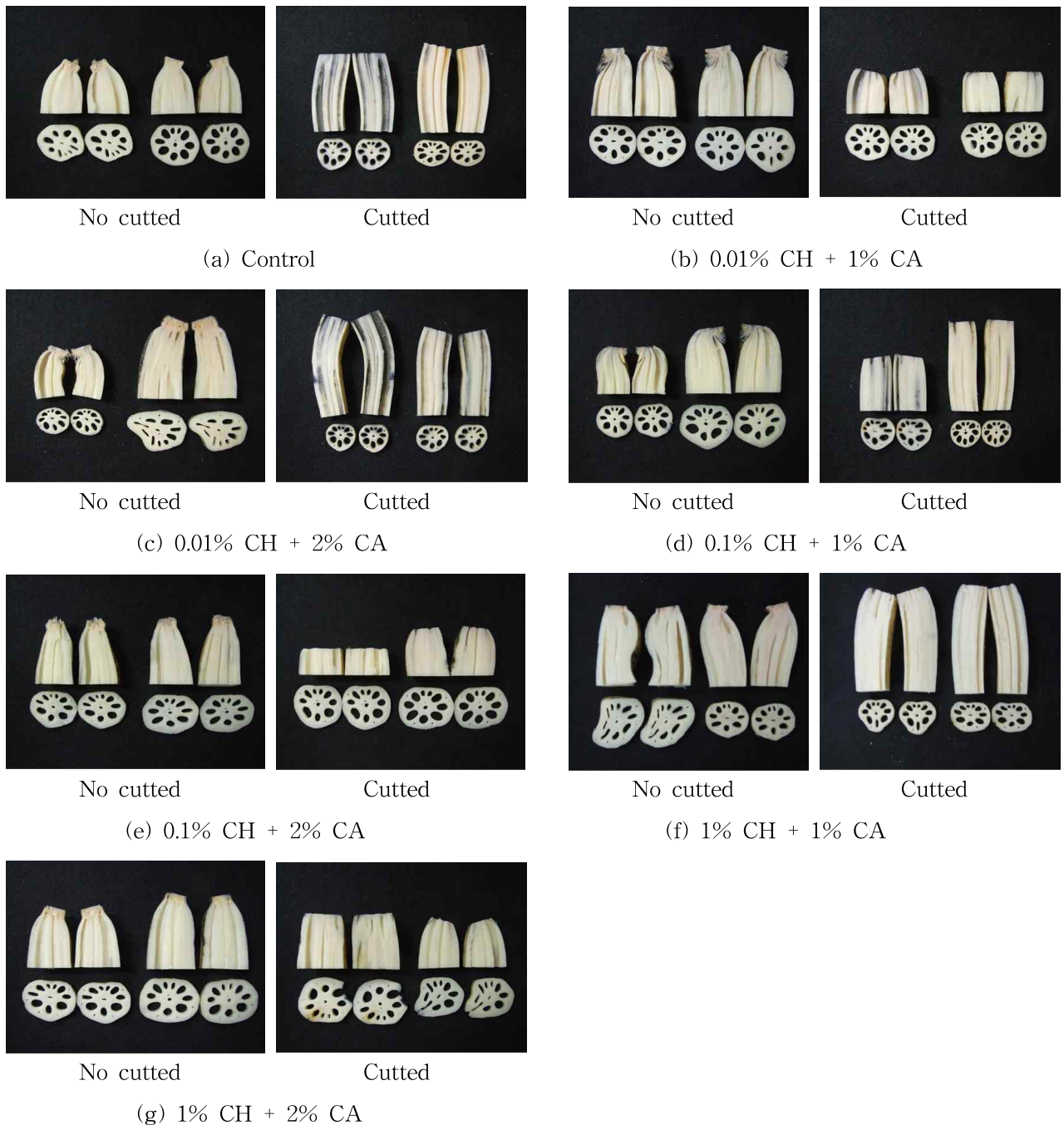


Fig. 4-9. Changes in rhizome color by chitosan, citric acid and rhizome condition at 30 days after storage in *Nelumbo nucifera* rhizome.

세척한 연근을 절단과 미절단된 것으로 구분하여 알콜 1, 5%, 키토산 0.1, 0.5%, 구연산 0.5%로 조합처리한 용액에 침지처리 후 진공상태에서 1℃에 저장고에 저장하였다. 저장 후 10 일 간격으로 연근의 무게를 조사하였다. 저장기간이 경과함에 따라 알콜, 키토산, 구연산 혼합 처리간과 절단과 미절단 처리간에 통계적인 차이는 나타나지 않았다(자료 미제시). 그러나 전반적으로 미절단 연근이 질량 감소가 적었으며, 알콜 1%, 키토산 0.1%, 구연산 0.5% 처리시

질량이 높게 유지되었다.

세척한 연근을 절단과 미절단된 것으로 구분하여 알콜 1, 5%, 키토산 0.1, 0.5%, 구연산 0.5%로 조합처리한 용액에 침지처리 후 진공상태에서 1°C에 저장고에 저장하였다. 저장 후 10 일 간격으로 연근의 경도를 조사하였다. 저장기간이 경과함에 따라 알콜, 키토산, 구연산 혼합 처리간과 절단과 미절단 처리간에 통계적인 차이는 나타나지 않았다(자료 미제시). 그러나 전반적으로 미절단 연근에서 경도의 변화가 적었으며, 미절단 연근에서 알콜 1%, 키토산 0.1%, 구연산 0.5% 처리와 알콜 5%, 키토산 0.1%, 구연산 0.5% 처리시 타처리에 비해 경도가 높게 유지되었다.

세척한 연근을 절단과 미절단된 것으로 구분하여 알콜 1, 5%, 키토산 0.1, 0.5%, 구연산 0.5%로 조합처리한 용액에 침지처리 후 진공상태에서 1°C에 저장고에 저장하였다. 저장 후 10 일 간격으로 연근내부 육질의 명도('L' 값)를 조사하였다. 저장기간이 경과함에 따라 알콜, 키토산, 구연산 혼합 처리시 절단에 비해 미절단 연근이 명도가 높게 나타나 육질의 색이 변화가 적었는데, 이러한 결과는 알콜 성분이 절단된 연근의 육질 내부로 침투하여 색의 변화를 발생 시킨 것으로 판단된다. 전반적으로 미절단 연근에서 알콜 1%, 키토산 0.5%, 구연산 0.5% 처리와 알콜 5%, 키토산 0.1%, 구연산 0.5% 처리시 타처리에 비해 명도가 높게 유지되었다(Fig. 4-10).

또한 연근의 외관에서 미생물 발견은 알콜 1%, 키토산 0.5%, 구연산 0.5%처리에서는 저장 80 일후에 절단되지 않은 것에서 1.29% 미생물이 발견이 되었었으며, 다른 처리에서는 90일 후부터 미생물이 1.69~9.92% 정도 발견되기 시작하였으나, 처리간의 통계적인 차이는 없었다. 또한 알콜 1%, 키토산 0.5%, 구연산 0.5%처리에서 절단되지 않은 처리에서는 90일 이후에서도 미생물이 발견되지 않았다(자료 미제시). 연근에 내부에서 미생물의 발견이 되지 않았으며, 연근에 조직의 일부가 보라색으로 변하는 현상이 발견되었다.

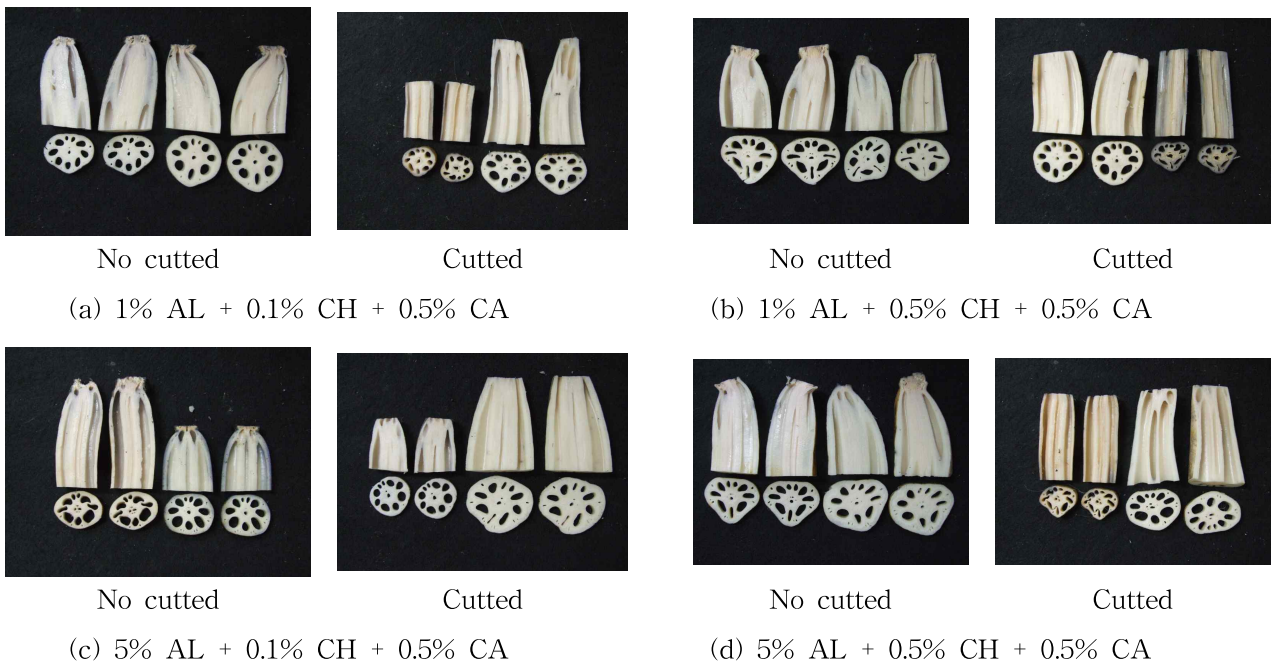


Fig. 4-10. Changes in rhizome color by alcohol, chitosan, citric acid, and rhizome condition at 90 days after storage in *Nelumbo nucifera* rhizome.

## 나. 연잎과 연근 분말 제품 개발

### (1) 연잎 채취시기와 건조온도 구명

백련 잎 채엽시기와 건조온도를 밝힐 목적으로 채엽기에 따른 주요 특성 변화 (Fig. 4-11)에서, 50℃ 건조기에서 건조시 1~2일에 건조되는 경향을 보였는데, 중량 감소율은 채엽기에 따라 73.23~83.56%로 채엽기가 늦을수록 다소 낮아 10월 15일에는 73.22%로 가장 낮았다. Hunter 'L'값은 채엽기가 늦거나 빨라도 다소 감소하는 경향을 나타냈는데, 8월 15일 채엽한 잎에서 높은 값을 나타내 잎이 밝아지는 경향을 나타냈다(자료 미제시). 클로로필함량은 30.51~33.12mg·g<sup>-1</sup>F wt로 8월 15일 채엽한 잎에서 33.12mg으로 높았고, 비타민 C 함량은 채엽 초기 다소 낮아졌다가 채엽중기에 다소 높은 경향을 나타냈다(자료 미제시). 전폐놀함량은 25.18~29.17mg·g<sup>-1</sup>D wt 수준을 나타냈는데 채엽기에 따라 별다른 차이가 없었다(자료 미제시). 무기물함량에서 K는 채엽기가 늦을수록 다소 감소하는 경향을 나타냈으나, Ca, P와 Mg은 다소 증가하는 경향을 나타냈다(Table 4-18). 잎에서 22종의 아미노산함량이 검출되었는데, 주요 아미노산은 serine, arginine, aspartic acid, glutamic acid였고, 이들 함량은 156.13~191.19mg·g<sup>-1</sup>D wt로 채엽기가 늦어짐에 따라 다소 증가하는 경향을 나타냈다(자료 미제시). 연잎 채엽시기에 따른 주요특성과 영양소를 종합해서 판단한 결과 최적 채엽기는 8월 15일로 나타났다.

8월 15일 채엽한 잎을 건조기에 넣고 건조온도별 중량감소율(Fig. 4-12)에서, 건조되는 온도에 따라 78.87~90.59%로 온도가 높을수록 중량감소율은 높았다. 건조 기간은 온도가 높을수록 짧았는데, 20℃와 30℃에서 건조에 소요되는 기간이 길면서 중량감소율이 낮았다. Hunter 'L'값은 건조온도가 높을수록 낮은 경향을 보였는데, 40℃와 50℃에서 높아 잎 색이 밝아지는 경향을 나타냈다(자료 미제시). 클로로필함량은 25.5~34.10mg·g<sup>-1</sup>F wt로 온도에 따라 심한 차이를 나타냈는데, 특히 70℃에서 낮았다(Fig 4-13). 비타민 C는 19.17~14.35mg·g<sup>-1</sup>D wt로 건조온도가 높을수록 감소하였는데, 특히 60℃와 70℃에서 현저히 감소하였고, 전폐놀함량은 27.18~30.77mg·g<sup>-1</sup>D wt로 온도 증가와 함께 다소 증가하는 경향을 보였다(자료 미제시). 무기물함량은 온도에 따라 별다른 차이가 없었으나(Table 4-19), 아미노산함량은 156.32~186.27mg·g<sup>-1</sup>D wt로 온도가 높을수록 높았는데, 특히 60℃와 70℃에서 높은 경향을 나타냈다(자료 미제시). 건조온도별 연잎 외관과 주요영양소를 기준으로 최적건조 온도는 50℃로 사료된다.

연잎 건조전 살청(열탕) 처리 효과를 보기위해 100℃에서 3분간 열탕처리한 다음 건조해서 색도, 색소와 무기물함량을 조사하였다. 색도, 클로로필, 무기물함량은 차이를 나타내지 않으면서 잎이 질겨지는 경향을 나타냈다. 따라서, 녹차나 시금치에서처럼 살청이나 열탕처리 효과는 기대하기 어려운 것으로 판단되었다.



Table 4-18. Changes in inorganic contents of white lotus leaves according to plucking date.

Plucking date	Inorganic content( $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}\text{D wt}$ )				
	K	Ca	P	Na	Mg
June 15	313.10±15.65	33.19±1.66	5.14±0.26	35.17±1.76	33.77±1.69
July 15	291.40±14.57	35.40±1.77	4.19±0.21	37.87±1.89	31.33±1.57
Aug. 15	307.18±15.35	34.17±1.71	4.77±0.24	39.07±1.95	30.91±1.55
Sep. 15	300.77±15.03	36.70±1.84	5.13±0.26	38.17±1.91	32.19±1.61
Oct. 15	297.18±14.86	35.91±1.88	3.34±0.17	35.11±1.76	30.56±1.53

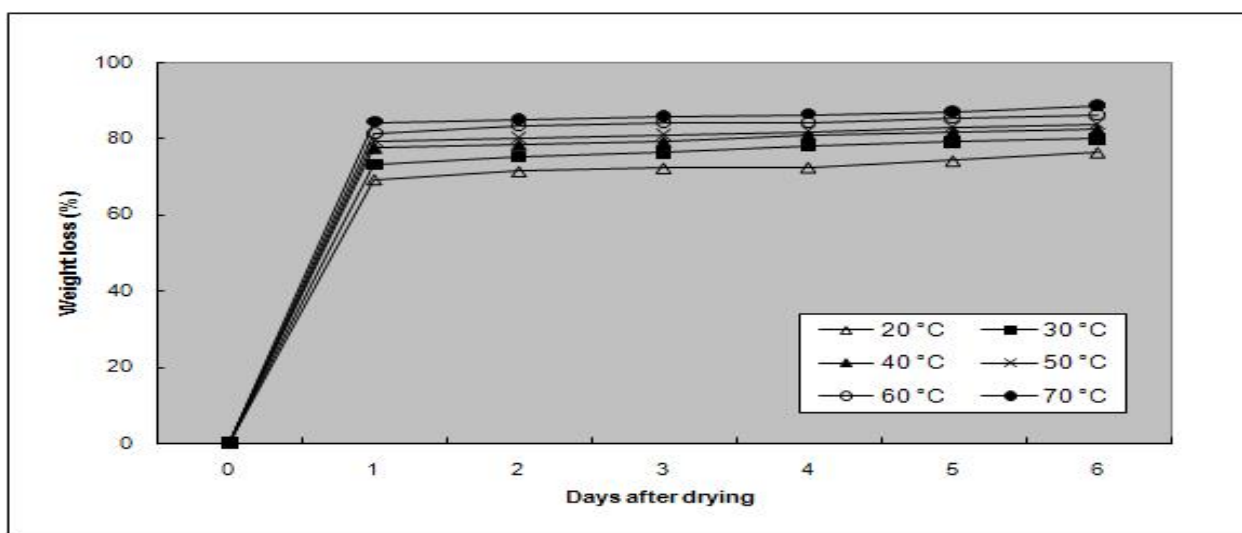


Fig. 4-11. Changes in weight loss in white lotus leaves according to drying temperature.

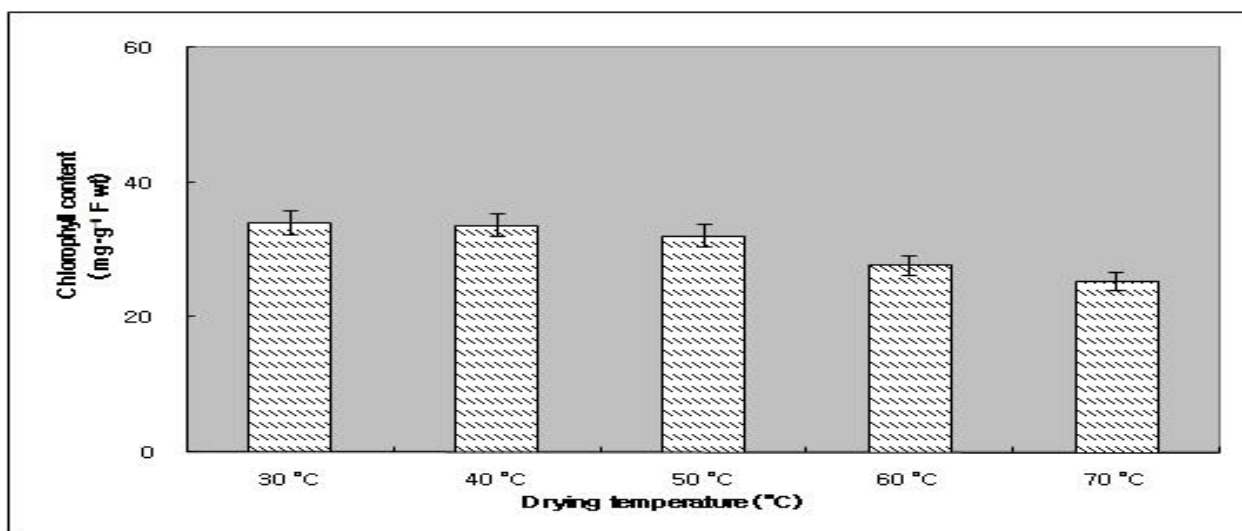


Fig. 4-12. Changes in chlorophyll contents of white lotus leaves according to drying temperature.

Table 4-19. Changes in organic content of white lotus leaves as influenced by drying temperature.

Drying temp. (°C)	Inorganic content(mg·g <sup>-1</sup> Dwt)				
	K	Ca	P	Na	Mg
30 °C	307.71	37.01	4.31	34.11	30.67
40 °C	311.16	36.22	4.07	35.19	32.19
50 °C	299.19	36.61	3.79	36.72	31.21
60 °C	301.41	34.23	4.02	37.31	30.65
70 °C	300.99	34.15	3.67	35.17	31.33

(2) 연근 굴취시기와 건조 온도

연근을 수확시기별로 수확한 다음 50°C에서 건조시 중량감소율(Fig. 4-13)에서, 11월 15, 12월 15, 1월 15, 2월 15일 수확시 중량 감소율은 73.58~80.71% 수준을 나타냈는데, 11월과 12월 15일 수확에서 76.48~73.58로 다소 낮았다. 당함량은 수확기에 따라 4.92~5.04, 전분은 178.14~182.17, 비타민 C 함량은 16.21~20.12mg·g<sup>-1</sup>D wt, 전폐놀함량은 25.18~25.17mg·g<sup>-1</sup>D wt로 수확기별 차이가 없었다(자료 미제시). 무기물함량(Table 4-20)에서, K함량이 가장 높았고 Ca은 32.46~36.47mg·g<sup>-1</sup>D wt 수준을 나타냈는데, 수확기에 따른 차이는 없었다. 아미노산(Table 4-21)은 24종이 검출되었는데 이들 중 글루타믹산이 가장 많았다. 수확기별 아미노산함량은 151.51~186.69mg·g<sup>-1</sup>D wt로 수확시기가 늦을수록 다소 증가하는 경향을 나타냈다. 연근 건조에서, 비타민, 당, 아미노산 등 영양소를 기준으로 수확시기는 1월 15일이 가장 바람직한 것으로 판단된다.

연근 건조온도별 중량감소율(Fig. 4-13)에서, 건조온도에 따른 중량 감소율은 76.22~88.59%로 온도가 높을수록 높은 경향을 나타냈는데 30, 40°C 보다는 50, 60, 70°C에서 높았다. 당함량은 4.21~5.06, 전분함량은 167.13~172.58, 전폐놀함량은 1.63~1.95, 섬유소함량은 4.21~5.06mg·g<sup>-1</sup>D wt로 건조온도 증가와 함께 다소 증가하는 경향을 나타냈다(자료 미제시). 무기물 함량은 건조온도에 차이를 나타내지 않았으나(Table 4-22), 주요 아미노산은 glutamic acid, leucine, argine, valine이었고, 이들 함량은 158.04~197.67mg·g<sup>-1</sup>D wt로 건조온도가 높아짐에 따라 다소 높아지는 경향을 나타냈다(자료미제시). 연근 건물중, 비타민, 아미노산 등 영양소를 기준으로 건조 온도는 50°C로 사료된다.

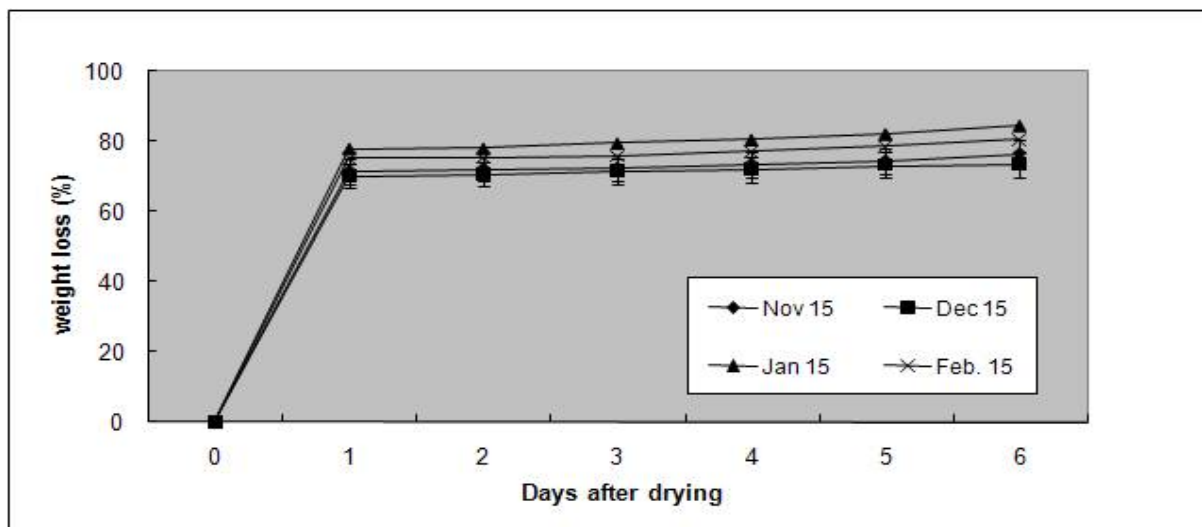


Fig. 4-13. Changes in weight loss of white lotus roots according to harvest date.

Table. 4-20. Changes in inorganic contents of white lotus roots according to harvest date.

Harvest date	Inorganic content( $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1} \text{D wt}$ )				
	K	Ca	P	Na	Mg
Nov 15	302.13±15.10	32.46±1.50	5.34±0.27	33.46±1.67	30.24±1.51
Dec 15	287.41±14.37	36.47±1.82	4.67±0.23	36.48±1.82	32.16±1.61
Jan 15	301.13±15.06	34.67±1.73	5.03±0.25	37.67±1.88	33.41±1.67
Feb. 15	299.74±14.99	35.79±1.79	4.67±0.23	36.51±1.83	32.16±1.61

Table. 4-21. Changes in amino acids content in white lotus roots according to harvest date.

Harvest date	amino acid <sup>z</sup> content(mg•g <sup>-1</sup> Dwt)											
	Phoss	Aspt	Hyd	Thr	Ser	Aspg	a-Aadi	Pro	Gly	Cit	a-Abut	Val
Nov 15	7.89	7.77	1.65	10.23	21.12	13.46	1.13	5.11	2.01	4.13	1.97	10.14
Dec 15	8.45	9.92	2.33	9.10	20.13	11.49	1.47	5.23	6.11	4.77	0.74	12.13
Jan 15	8.13	6.49	3.01	9.74	20.16	13.41	3.44	8.33	5.41	4.64	3.46	10.11
Feb. 15	8.47	8.47	3.70	8.46	22.46	16.51	3.79	8.16	6.03	4.47	5.44	13.16

Harvest date	aminoacid content(mg•g <sup>-1</sup> Dwt)											
	Cys	Met	lie	Leu	Tyr	Phe	Gaba	His	3-Met	Glu	Ala	Arg
Nov 15	0.57	0.37	0.88	5.16	6.31	5.14	8.79	2.16	2.14	23.46	15.47	2.34
Dec 15	0.42	3.51	0.74	6.74	6.49	6.09	8.67	1.34	1.25	22.17	14.67	2.67
Jan 15	5.22	3.87	0.66	6.85	9.22	6.47	8.97	1.57	3.46	20.58	13.46	3.09
Feb. 15	5.34	4.23	0.31	7.23	7.89	6.77	9.32	2.41	2.17	22.43	14.33	2.61

<sup>z</sup>Phoss : Phosohoserine      Aspt : Asparatic acid      Hyd : Hydroxyproline      Thr : Threonine      Ser : Serine  
Aspg : Asparagine      a-Aadi : a-Amino adipic acid      Pro : Proline      Gly : Glycine      Cit : Citrulline      a-Abut : a-Aminobutiric acid  
Val : Valine      Cys : Cystine      Met : Methionine      lie : Isoleucine      Leu : Leucine      Tyr : Tyrosine      Phe : Phenylalanine  
Gaba : r-Aminobutiric acid      His:Histidine      3-Met : 3-Methylhistidine      Glu : Glutamine acid      Ala : Alanine      Arg : Argine

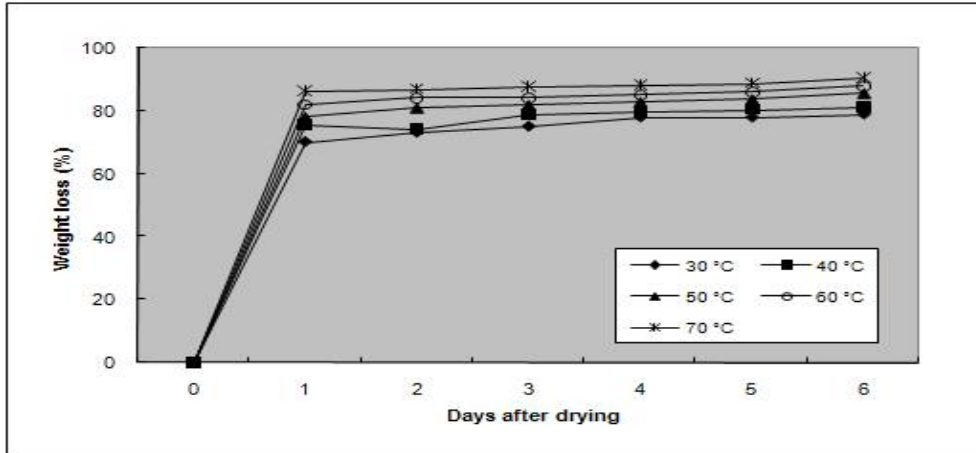


Fig. 4-14. Changes in weight loss in white lotus root as influenced by drying temperature.

Table. 4-22. Changes in inorganic content of white lotus root as influenced by drying temperature.

Drying temp. (°C)	Inorganic content(mg·g <sup>-1</sup> D wt)				
	K	Ca	P	Na	Mg
20 °C	313.17±15.60	33.29±1.66	3.97±0.20	39.41±1.97	30.12±1.51
30 °C	302.01±15.10	34.15±1.71	4.02±0.20	35.15±1.76	30.67±1.53
40 °C	299.18±14.96	33.23±1.66	4.22±0.21	36.17±1.81	32.19±1.56
50 °C	300.19±15.01	35.07±1.75	4.06±.20	35.33±1.77	31.21±1.50
60 °C	311.65±15.58	32.45±1.62	3.89±.19	37.28±1.86	30.65±1.53
70 °C	289.2±14.46	31.22±1.56	4.17±.21	36.14±1.81	31.33±1.57

### (3) 연잎과 연근 분말 저장과 유통중 품질 변화

연잎 분말을 유리병, 플라스틱병, PE 필름, 알루미늄호일용기에 넣어 상온과 저온저장 중 클로로필함량(Fig. 4-15)에서, 클로로필은 저장전 83.0mg·g<sup>-1</sup>D wt였으나 저장 12개월에서, 저온과 상온은 각각 70.55~576.35, 54.76~69.36mg으로, 감소 정도는 저온보다 상온에서 심한 경향을 나타냈다. 용기별로는 알루미늄호일용기에서 높은 반면, PE필름에서 낮았다. 전분, 유리당, 섬유함량(Fig. 4-16)에서, 전분함량은 저장전 64.40mg·g<sup>-1</sup>D wt이었으나, 저온과 상온저장 12개월에 각각 56.20~62.08, 50.25~54.33mg으로 온도와 함께 저장용기에 따라 차이를 나타냈다. 유리당과 섬유량은 다소 감소하는 경향을 나타냈다. 섬유함량은 저장전 23.70mg·g<sup>-1</sup>D wt이었으나 저온 및 상온저장에서 각각 18.18~20.14, 16.27~17.57mg으로, 용기별로는 알루미늄호일에서 높은 경향을 나타냈다. 비타민 C함량 변화(Fig. 4-17)에서, 비타민은 저장전 26.39mg·g<sup>-1</sup>D wt이었으나, 저온 및 상온에서 각각 23.14~28.25, 18.25~23.12mg으로 저온에서는 별다른 감소가 없었으나 상온에는 저장후기 감소하였는데, PE필름용기에서 심하게 감소되

었다. 전페놀함량 변화(Fig. 4-18)에서, 저온에서 변화가 없었으나 상온에서 저장후기 감소하였는데, 용기별로는 알루미늄호일에서 높은 반면, PE필름에서 낮았다. PPO 활성은 저장중 다소 증가하는 경향을 나타냈는데, 저장용기별로는 PE필름에서 높은 경향을 나타냈다(자료 미제시). 무기물함량은 저장온도나 포장용기에 별다른 영향을 받지 않았다(자료 미제시). 연잎 분말을 저온과 상온조건에서 12개월 저장시 포장 용기 재질에 관계없이 상품성이 높게 유지되는 경향을 나타냈다. 저장시 상온보다는 저온에서, PE필름보다는 투명하지 않은 알루미늄호일 용기에서 색소, 전분, 비타민, 페놀함량이 높게 유지되었다.

연근 분말을 유리병, 플라스틱병, PE 필름용기에 넣어 상온과 저온저장중 전분, 유리당, 섬유 함량(Fig. 4-19)에서, 이들 함량은 저장기간이 경과하면서 감소하였는데 감소정도는 저온보다는 상온에서 심하게 감소하였다. 용기별로 이들 함량은 저온과 상온 공히 유리병에서 높은 경향을 나타냈다. 비타민 C함량 변화(Fig. 4-20)에서, 저온과 상온에서 저장후기 심하게 감소하였는데, 용기별로는 PE필름에서 낮았다. 전페놀함량 변화에서, 저온에서 변화가 없었으나 상온에서 저장후기 감소하였는데, 용기별로는 유리병에서 다소 높은 반면, PE필름에서 다소 낮았다(자료 미제시). PPO 활성은 저장 후기 크게 증가하는 경향을 나타냈는데, 저장용기별로는 PE 필름에서 높은 경향을 나타냈다(자료 미제시). 반면, 무기물함량은 저장온도나 포장용기에 별다른 영향을 받지 않았다(자료 미제시).

연잎과 연근 분말은 저온과 상온조건에서 12개월 저장시 포장용기에 관계없이 상품성이 유지되는 경향을 나타냈다. 저장시 상온보다는 저온에서, PE필름보다는 유리병(연근), 알루미늄호일(잎)에서 전분, 섬유, 비타민, 페놀함량이 높게 유지되었다.

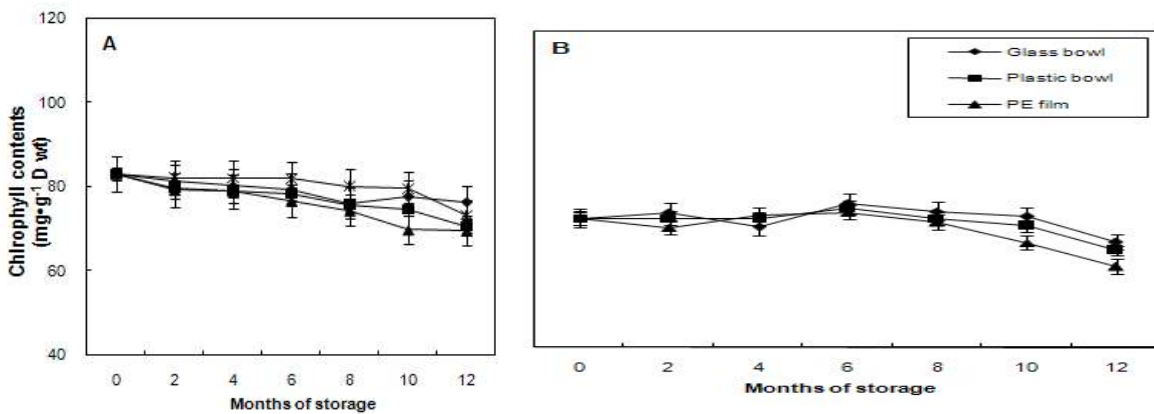


Fig. 4-15. Changes in chlorophyll contents in white lotus leaves powder

as influenced by packing materials during cold (A) and ambient temperature storage (B).

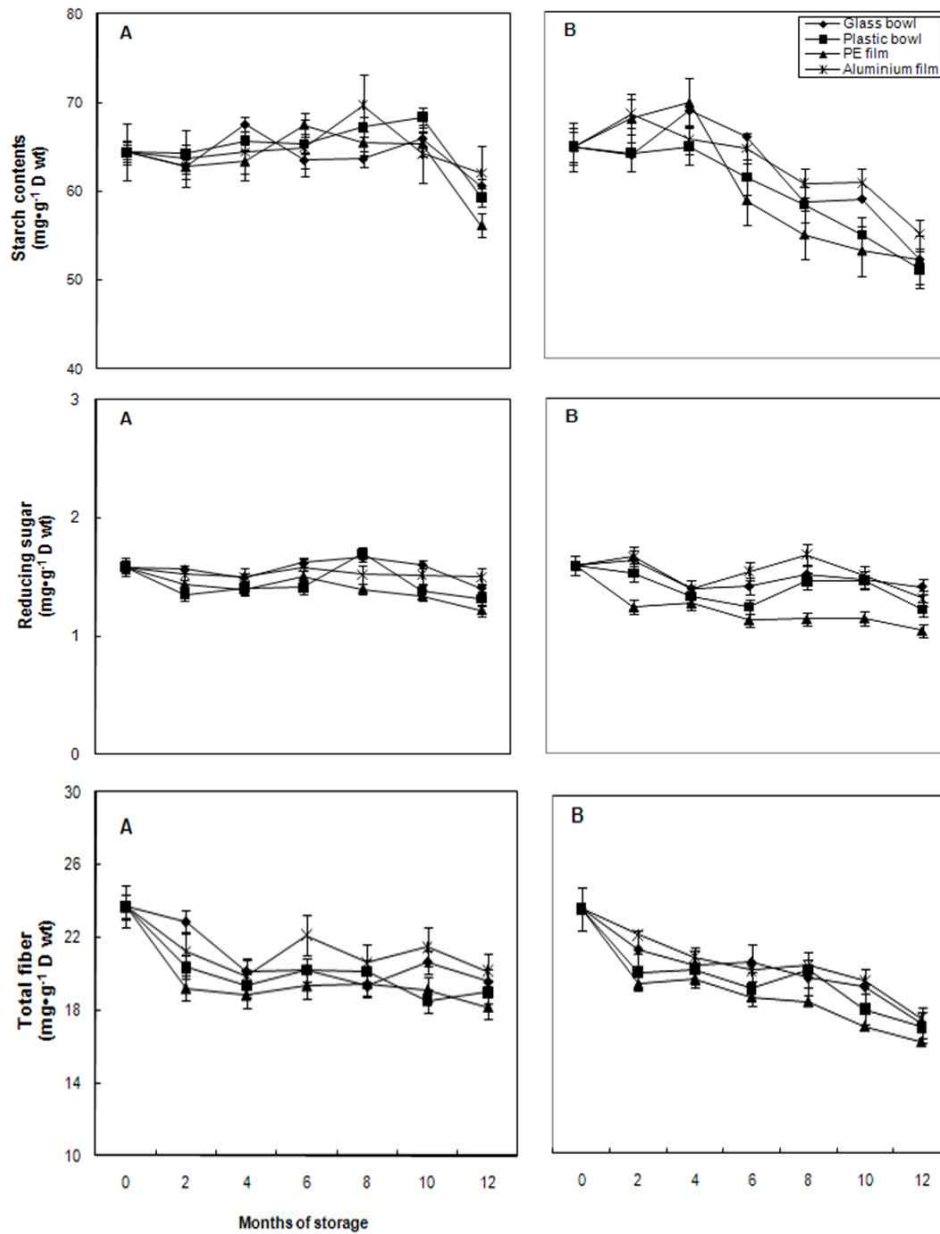


Fig. 4-16. Changes in starch, reducing sugar, and total fiber in white lotus leaves powder as influenced by packing materials during cold (A) and ambient temperature storage (B).

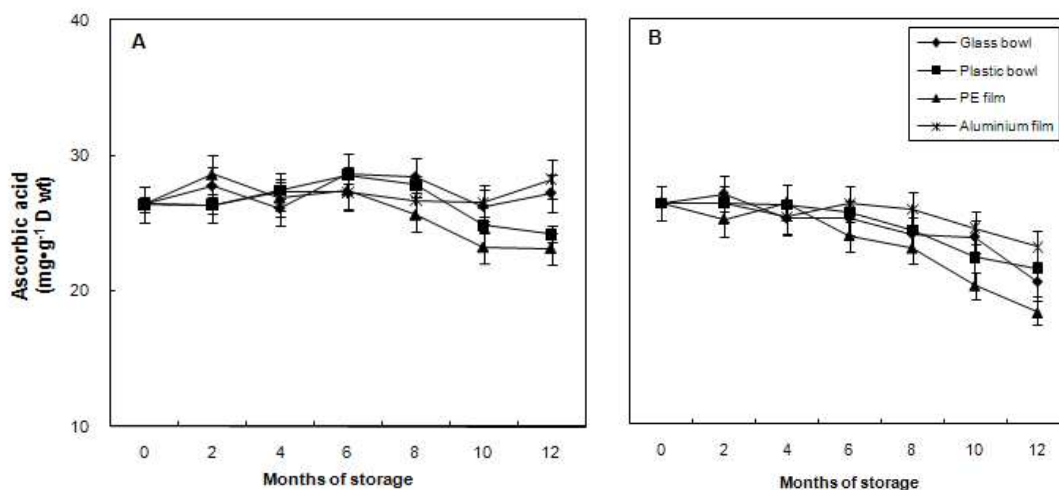


Fig. 4-17. Changes in ascorbic acid in white lotus leaves powder as influenced by packing materials during cold (A) and ambient temperature storage (B).

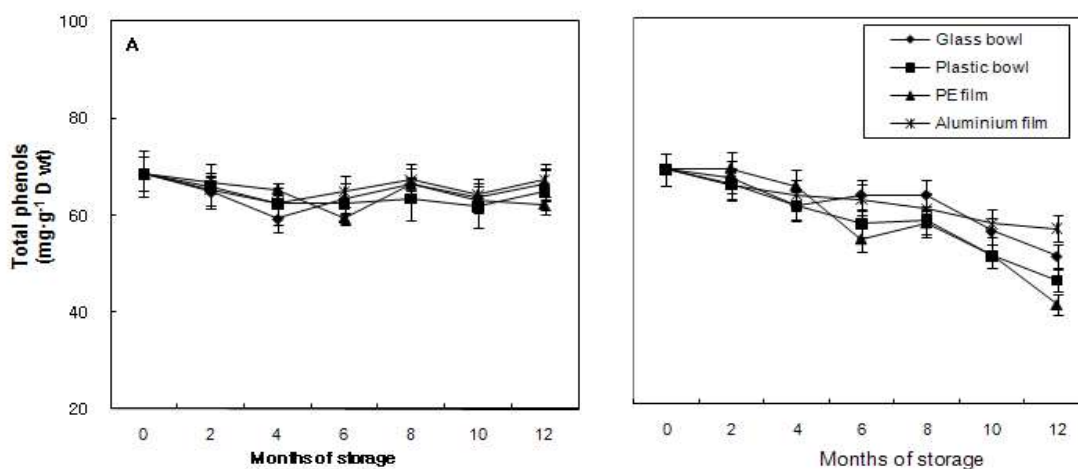


Fig. 4-18. Changes in total phenols in white lotus leaves powder as influenced by packing materials during cold (A) and ambient temperature storage (B).



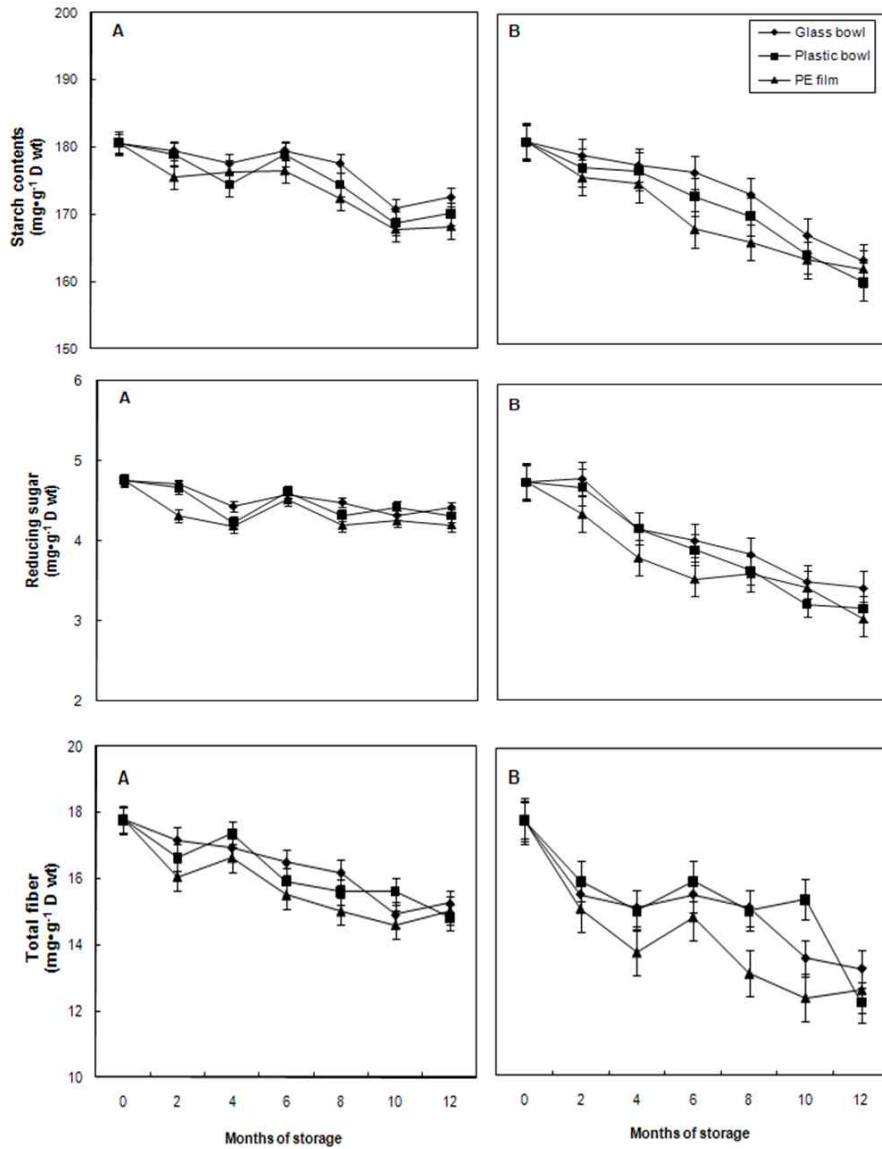


Fig. 4-19. Changes in starch, reducing sugar, and total fiber contents in white lotus root powder as influenced by packing materials during cold (A) and ambient temperature storage (B).

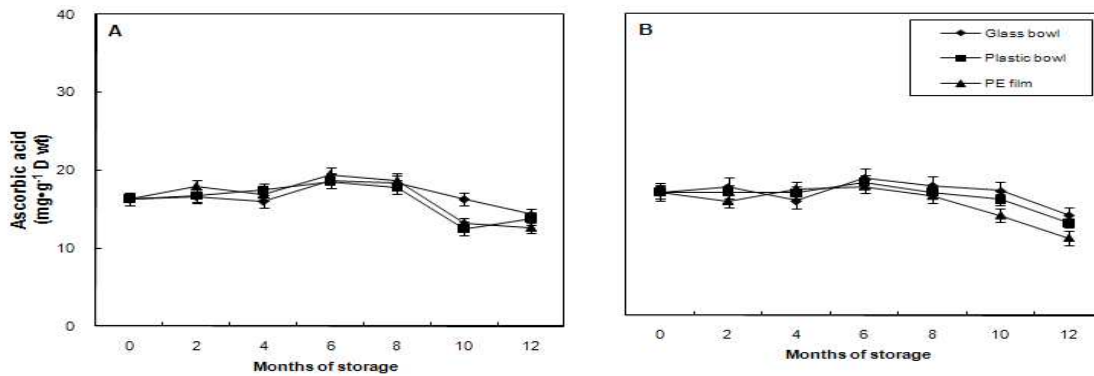


Fig. 4-20. Changes in ascorbic acid in white lotus root powder as influenced by packing materials during cold (A) and ambient temperature storage (B).

(4) 연 분말 제조공정과 제품 개발

연근과 연잎 채엽시기, 건조와 저장조건을 확립해서 분말제품을 개발하였다. 제품 개발 공정을 요약하면 다음과 같다 (Fig. 4-21, -22).

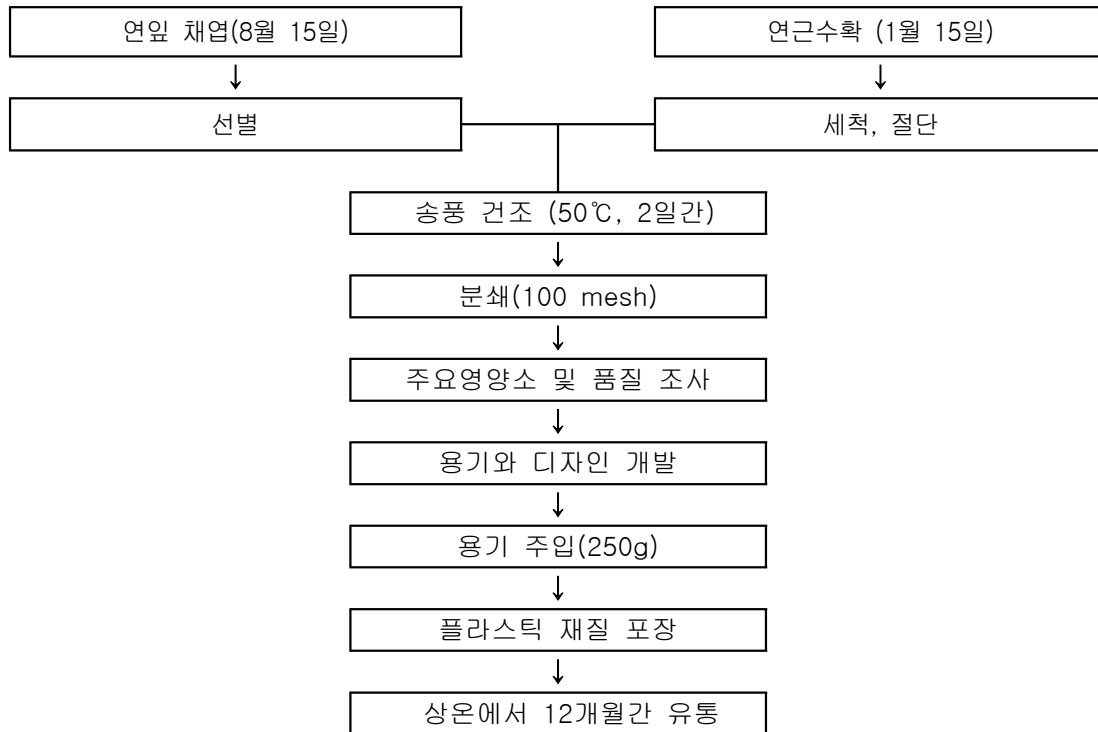


Fig. 4-21. Making procedure of roots and leaves powder in white lotus.



Fig. 4-22. Representation of two kinds powder product using both leaves and roots powder in white lotus.

다. 연근 최소가공제품 개발

(1) 항갈변제 탐색과 처리방법

연근 절편에서 항 갈변제를 선별 할 목적으로 항갈변제 처리후 저온저장 16일에 절편 특성, 외관, Hunter 값을 조사(Table 4-23)하였는데, 경도는 항 갈변제 처리에 영향을 받지 않았으나 외관은 1% ascorbic acid와 1% citric acid에서 각각 4.0, 3.9로 대조구의 2.2에 비해 현저히 높

아 향 갈변에 아주 효과적이었다. 반면, N-acetylcestein과 hexylresorcinol은 향갈변 효과를 나타내지 않았고 Ca propionate는 중간 정도 향 갈변 효과를 나타냈다. Hunter 'L'값도 외관 증가와 함께 높아지는 경향을 나타냈다. 절편을 향 갈변 효과가 우수한 1% ascorbic acid+ 1% citric acid(CA) 용액에 넣고 1기압으로 3, 5, 7분간 감압 처리한 다음 저온저장시, 외관은, 2.4, 2.8, 3.0으로 대조구의 2.1에 비해서는 다소 높았으나 별다른 향 갈변 효과를 나타내지 않았다. 이는 감압처리 중 조직내 세포벽 파손이나 상처로 인해 갈변이 증가하는 것으로 사료된다. 온탕침지 한 다음 CA 용액에 0.5, 1.5, 3.0분 처리에서, 외관은 3.3, 4.0, 4.2로 처리시간에 따라 다소 다른 경향을 나타냈으나 3.0분 처리에서 우수한 향 갈변 결과를 나타냈다. 절편을 접시에 넣고 CA 용액을 절편 높이의 1/3 가량 넣어 저장시, 외관은 4.8로 50°C CA 용액 처리의 4.6, CA 용액 처리의 4.4에 비해 현저히 우수한 향 갈변 효과를 나타냈다. 따라서, 연 절편 갈변을 억제하기 위해서는 50°C CA 용액에 3분간 침지 하던가, 절편과 함께 CA 용액을 넣어 주는 것이 효과적인 것으로 나타났다.

절편 두께가 0.5, 1.0, 1.5, 2.0cm인 경우 외관은 3.6, 3.4, 3.2, 2.8로 절편 두께가 얇을수록 갈변 억제에 효과적이는데 이는 두께가 얇을수록 연근 조직내 향 갈변제 침투가 용이하기 때문으로 사료된다. 절편이 0.5cm로 얇으면 절편이 뒤틀리거나 변형되는 문제가 있어 바람직한 절편 두께는 1cm인 것으로 판단되었다.

Table 4-23. Changes in visual score in white lotus roots by various antibrowning treatments.

Treatments	Visual score <sup>Z</sup>
Control	2.2±0.20
Citric acid 1%	3.9±0.15
Ascorbic acid 1%	4.0±0.14
N-acetylcystein 0.2%	2.9±0.12
Hexylresorcinol 0.5mM	2.5±0.15
Ca propionate 0.1%	3.6±0.20
Control	2.1±0.2
CA <sup>y</sup> vacuum infiltration for 3 min	2.4±0.24
CA vacuum infiltration for 5 min	2.8±0.16
CA vacuum infiltration for 7 min	3.0±0.22
Control	2.2±0.22
CA treatment following 50°C water for 0.5min	3.3±0.30
CA treatment following 50°C water for 1.5min	4.0±0.32
CA treatment following 50°C water for 3.0min	4.2±0.40

<sup>Z</sup> 1= severely bad, 2=bad, 3=moderate, 4=good, 5=excellent.

<sup>y</sup>1% ascorbic acid plus 1% citric acid

항갈변제 처리방법별 외관(Fig. 4-23)에서, 저온저장 16일 외관은 대조구 보다는 항갈변제 처리에서 현저히 증진되었고, 항갈변제 처리중에서는 CA용액 침지에서 가장 좋은 경향을 나타냈다. Hunter 'L'값은 저장기간이 경과함에 따라 감소한 반면, 'b'값은 다소 증가하였다(자료 미제시). Hunter 'L'값은 CA 용액 침지에서 현저히 높았다. 비타민 C 함량은 처리간 별다른 차이를 나타내지 않았다(자료 미제시).

전페놀함량은 처리간 차이를 나타내지 않았으나, PPO활성은 대조구 보다는 처리구에서 낮았고, 처리구에서는 CA침지, 온탕침지, 용액침지 순으로 낮았다(Fig. 4-24). 본 실험에서 Hunter 'L' 값은 CA 용액 침지처리에서 가장 낮았는데 이는 PPO 활성 저하와 관련이 있는 것으로 사료된다. 유리페놀산 변화(Fig. 4-25)에서, 처리간 이들 함량 차이는 없었고, 주요 페놀산은 epicatechin으로 나타났다. 절편 갈변시 PPO 기질물질이 페놀산인데, 본 실험 결과 특정 페놀산함량에 변화가 없는 것으로 보, PPO와 기질특이성은 낮은 것으로 판단된다. 무기물 함량도 처리간 차이가 없었고, 주요 무기물은 K로 나타났다(Table 4-24).

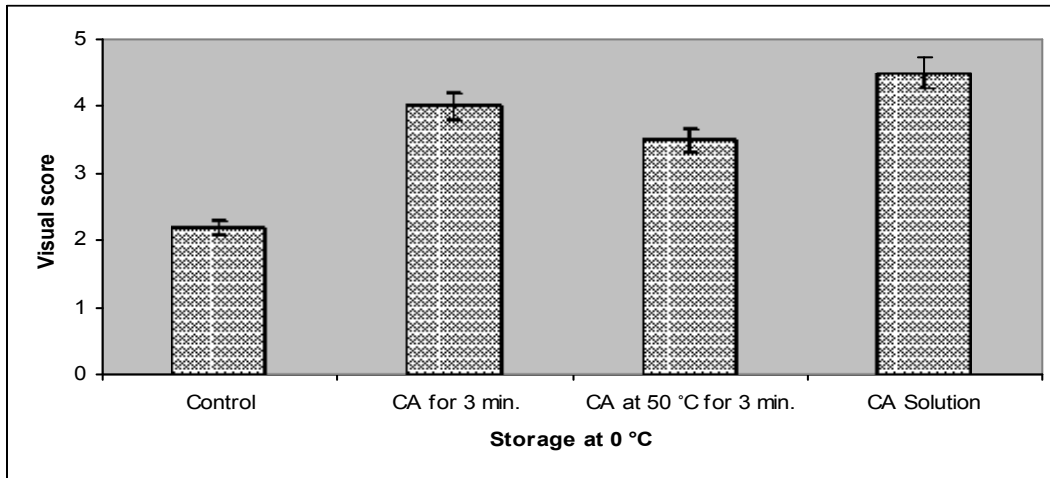


Fig. 4-23. Changes in visual score in white lotus slices as influenced by CA treatment methods. Samples were collected 14 days after storage. CA= 1% ascorbic acid plus 1% citric acid.

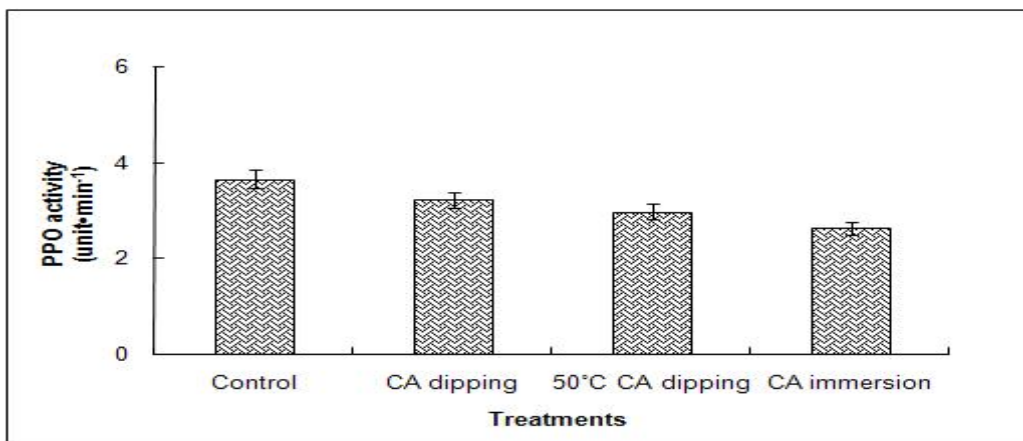


Fig. 4-24. Changes in total phenolics and PPO activity in white lotus slices as influenced by CA treatment methods. Samples were collected 14 days after storage. CA= 1% ascorbic acid plus 1% citric acid.

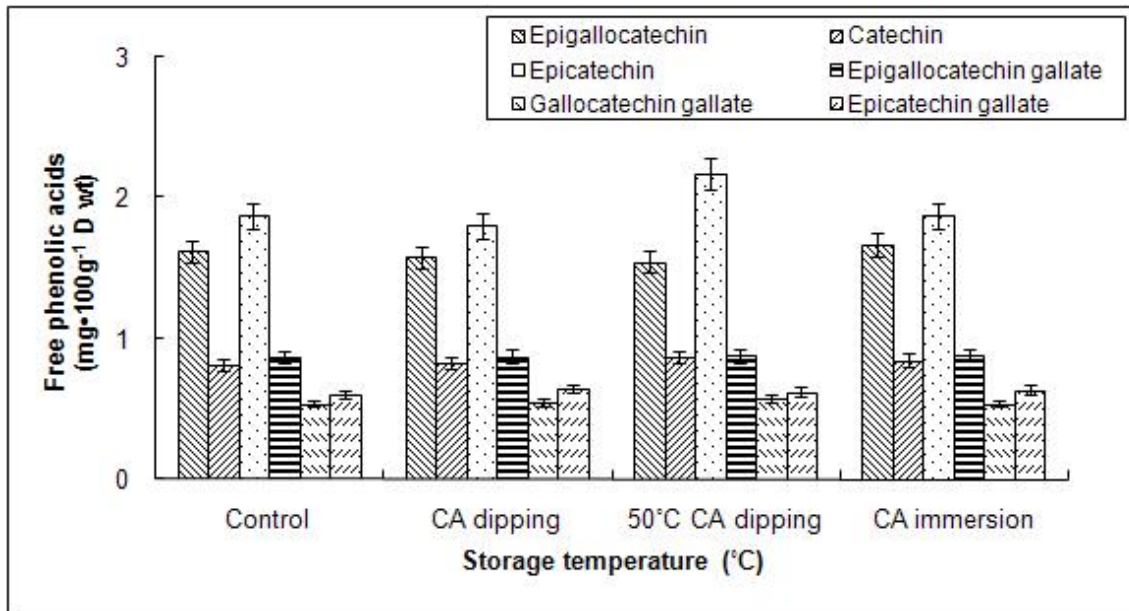


Fig. 4-25. Changes in free phenolic acids in white lotus slices as influenced by CA treatment methods. Samples were collected 14 days after storage. CA= 1% ascorbic acid plus 1% citric acid.

Table. 4-24. Changes in inorganic contents in white lotus slices as influenced by CA treatment methods. Samples were collected 14 days after storage. CA= 1% ascorbic acid plus 1% citric acid.

Treatments	Inorganic content (mg • g <sup>-1</sup> Dwt)				
	K	Ca	P	Na	Mg
Control	291.44±14.57	35.40±1.77	4.19±0.21	37.87±1.89	31.33±1.57
CA dipping	307.18±15.36	34.17±1.71	4.77±0.24	39.07±1.95	30.91±1.55
50°C CA dipping	300.77±15.04	36.70±1.84	5.13±0.26	38.17±1.91	32.19±1.61
CA immersion	297.18±14.86	35.91±1.80	3.34±0.17	35.11±1.76	30.56±1.53

(2) 온도에 따른 절편 저장력

연근 저장력을 밝히기 위해 저장온도 (0, 5, 10, 20°C)별 절편과 통 연근 외관과 식미변화(Fig. 4-26)에서, 외관과 식미는 저장기간이 경과함에 따라 심하게 감소하였는데, 감소정도는 0, 5°C 보다는 10, 20°C에서 심한 경향을 나타냈다. 절편 저장기간도 온도에 따라 심한 차이를 나타냈는데 0°C와 5°C에서는 각각 20일과 18일, 10, 20°C에서는 각각 10, 6일로 현저히 짧아지는 경향을 나타냈다. 통 연근으로 가공한 연근에서 품질은 절편과 차이를 나타내지 않았다.

Hunter 'L'값도 0, 5°C 보다는 10, 20°C에서 현저하게 감소하는 경향을 나타냈으나 'b'값은 다소 감소하는 경향을 나타냈다(Fig. 4-27). 본 실험에서 외관(Fig. 4-26)은 온도 증가와 함께 감소하였는데 이것은 Hunter 'L'값 저하와 밀접한 관련이 있었다.

연근 절편에서 PPO와 BP활성과 전페놀함량 변화(Fig. 4-28)에서, PPO활성은 저장기간이 경

과함에 따라 증가하였는데, 증가정도는 0, 5°C 보다는 10, 20°C에서 현저히 높았다. BP 활성화도 저장후기에 크게 증가하였는데, 증가정도는 저장온도가 높을수록 높았다. 전폐놀함량은 저장기간이 경과함에 따라 감소하는 경향을 보였고, 감소정도는 온도나 가공방법에 영향을 받지 않았다. 본 실험에서, 연근 절편 저장중 외관이 나빠지는 것은 PPO 활성화 증가와 밀접한 관련성이 있는 것으로 나타나 앞으로 이 효소의 활성을 억제하는 연구가 필요하다.

호흡량과 에틸렌 함량(Fig. 4-29)에서, 호흡량은 저장기간이 경과함에 따라 지속적으로 증가하였는데, 증가정도는 온도가 높을수록, 절편 보다는 통 연근에서 현저히 높았다. 에틸렌 발생량은 저장 중기 최대치를 나타냈다가 저장기간 경과와 함께 감소하는 경향을 나타냈다. 과채류 저장중 호흡량은 대부분 저장 중기에 증가하다가 저장 후기에 감소하는 경향을 나타내는데, 연근은 저장후기에도 많은 호흡량이 발생하는 것으로 봐 최소가공제품 상품화시 가스 발생량 증가로 포장지가 팽창하는 것에 유의해야 할 것으로 사료된다.

연근은 클라이매트릭 현상을 나타내는 습성을 나타냈고 호흡량과 함께 에틸렌 발생량이 증가하면서 갈변도 심한 증상을 나타냈다. 따라서 연근을 장기 저장하기 위해서는 0°C가 가장 이상적이라 사료된다.

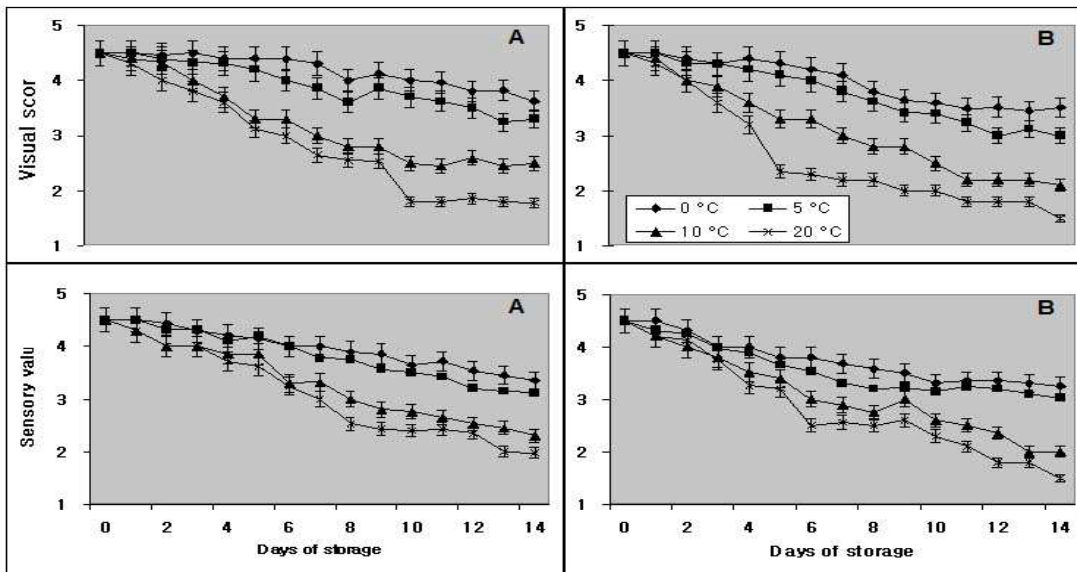


Fig. 4-26. Changes of visual score and sensory quality in cuts(bulk)

(A) and slices (B) of minimally processed lotus roots by storage temperatures.

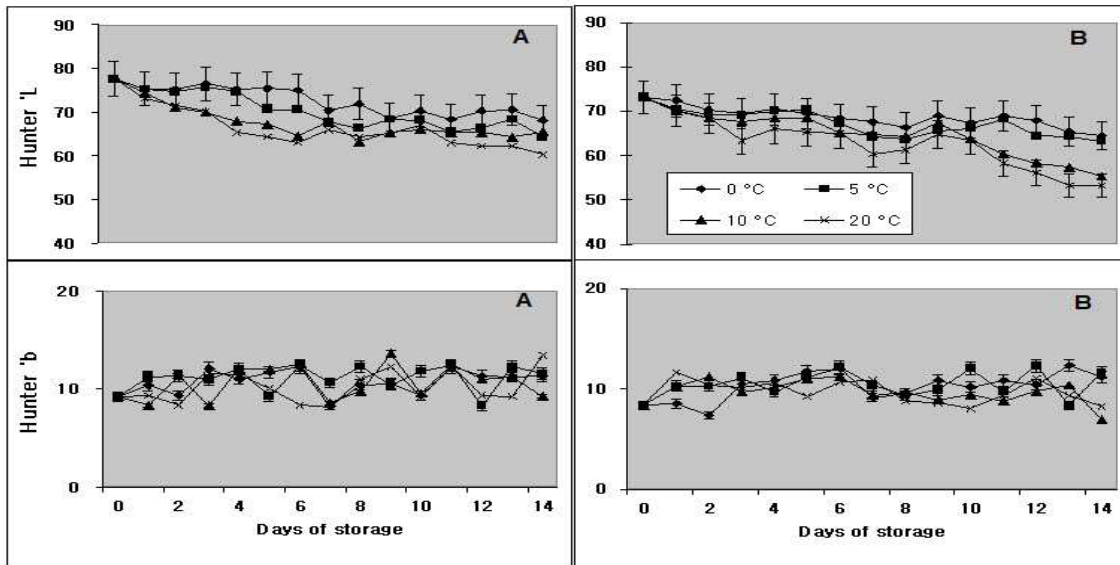


Fig. 4-27. Changes of Hunter 'L' and 'b' values in cuts (A) and slices (B) of minimally processed lotus roots by storage temperatures.

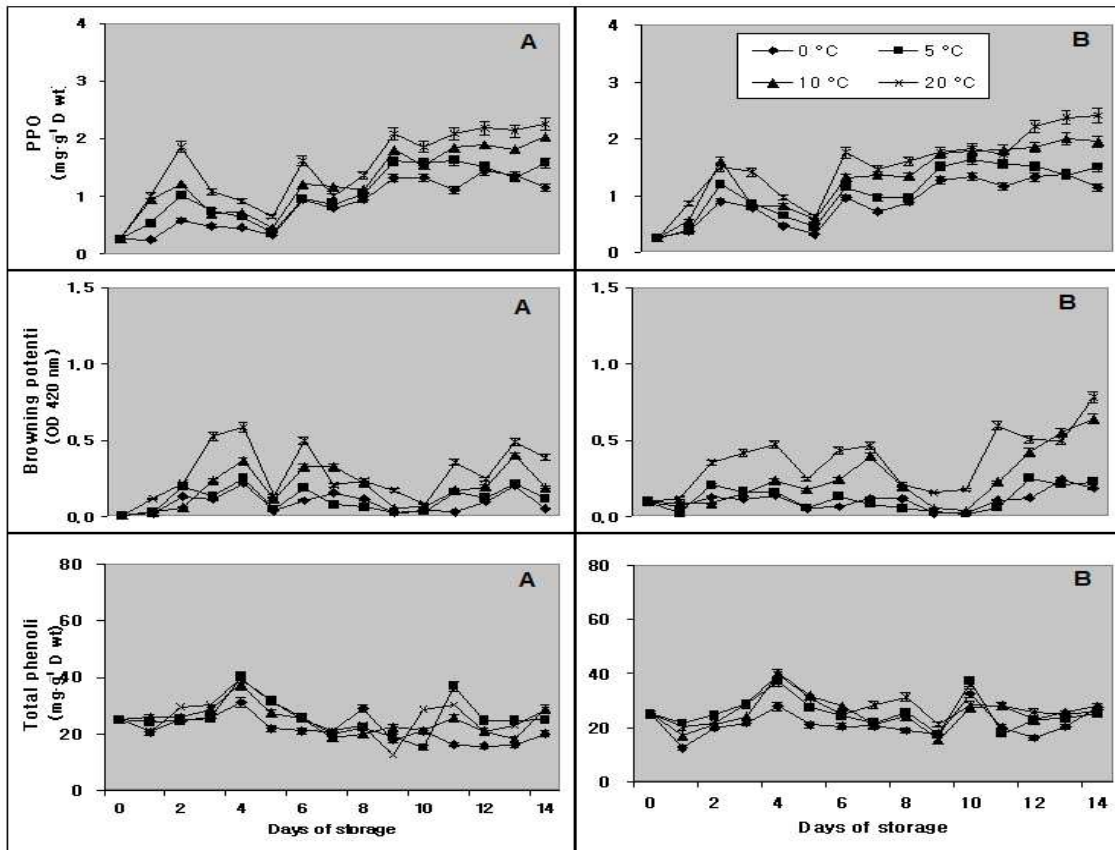


Fig. 4-28. Changes of PPO activity, browning potential and total phenolic in cuts (A) and slices (B) of minimally processed lotus roots by storage temperatures.

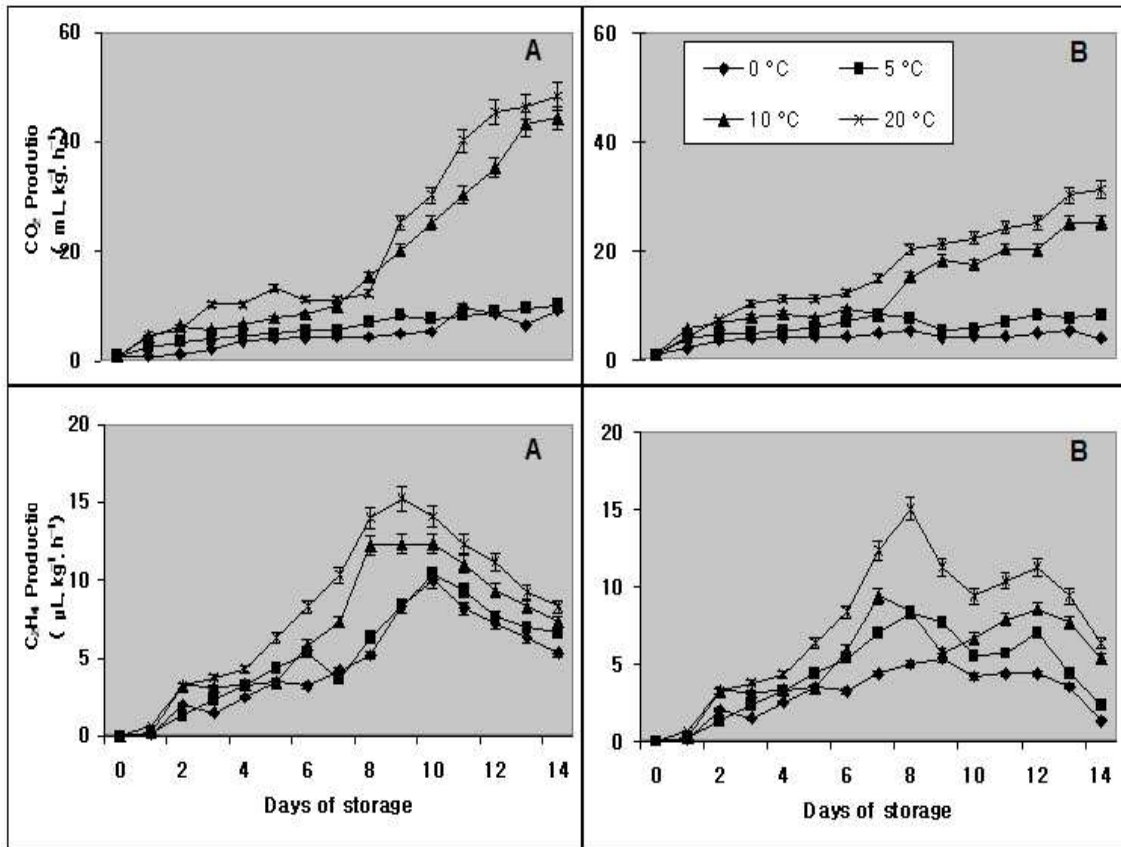


Fig. 4-29. Changes of respiration and ethylene contents in cuts (A) and slices (B) of minimally processed lotus roots by storage temperatures.

### (3) 백련 품종별 절편 특성

재배중인 주요 백련 품종인 '인취사', '무안', '가람', '청양' 품종의 경도와 Hunter 값 변화(Fig. 4-30)에서, 경도는 40.67-41.84N으로 품종간 비슷한 수준을 나타냈다. Hunter 'L'값은 65.46-72.48로 '인취사'에서 다소 높은 반면 '청양'에서 다소 낮았다. 비타민 C함량은 16.25-22.32mg · g<sup>-1</sup> 건물중으로 '가람'에서 다소 높은 경향을 나타냈다(Fig. 4-31). 전폐놀함량은 23.31-28.71mg · g<sup>-1</sup> 건물중으로 '무안'에서 다소 높았고, 항산화도도 6.86-21.84mM TE · g<sup>-1</sup> 건물중으로 '무안'에서 높았다(Fig. 4-32). PPO활성은 3.38-3.71, 갈변능력은 0.72-1.64로 '가람' 품종에서 다소 높았다(Fig. 4-33). 무기물함량(Table 4-25)에서, K는 297.44-301.142mg · g<sup>-1</sup> 생체중으로 품종간 매우 유사한 경향을 보였고, Ca은 21.20-30.60mg으로 '가람'에서 다소 높았다. P는 3.45-5.14mg으로 '인취사'에서 다소 높았고, Na은 34.08-38.63mg, Mg은 24.92-30.45mg으로 품종간 차이가 없었다. 아미노산은 21종이 함유되어 있었고, 주요 아미노산은 글루타믹산이었다. 품종별로는 '가람'과 '청양' 품종에서 다소 높았다(자료 미제시).

품종별로는 '가람'과 '청양' 품종에서 다소 높았다. 품종별 경도와 외관은 품종간 비슷한 수준을 나타냈으나, 전폐놀과 항산화도는 '무안' 품종에서 다소 높았다.



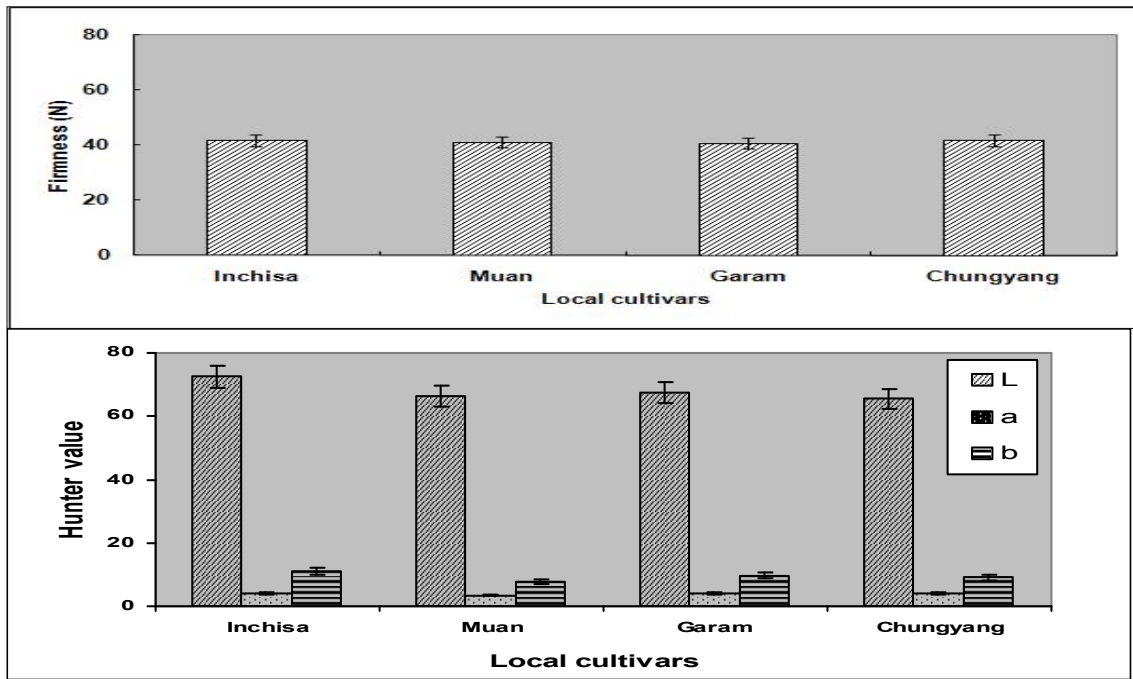


Fig. 4-30. Changes in firmness and Hunter value in different white lotus local cultivar.

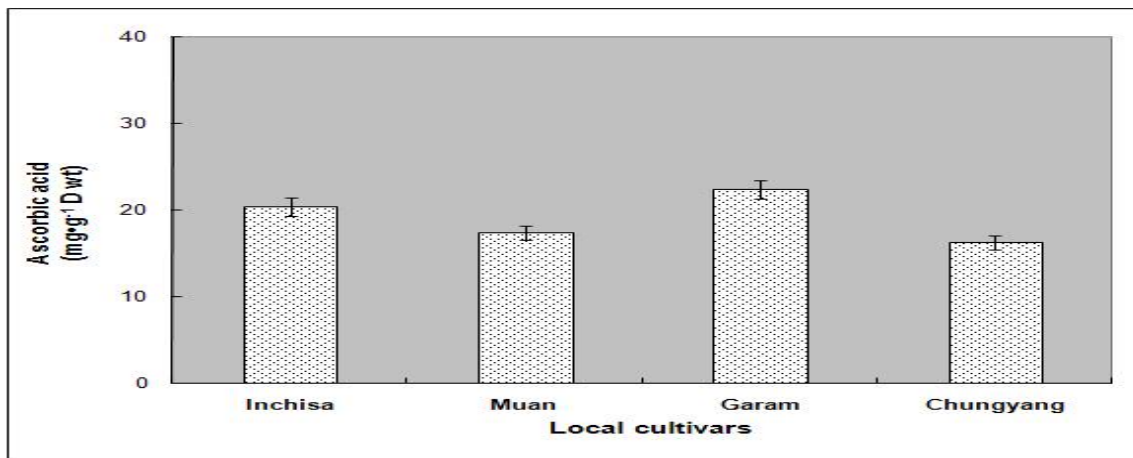


Fig. 4-31. Changes in ascorbic acid content in different white lotus local cultivar.

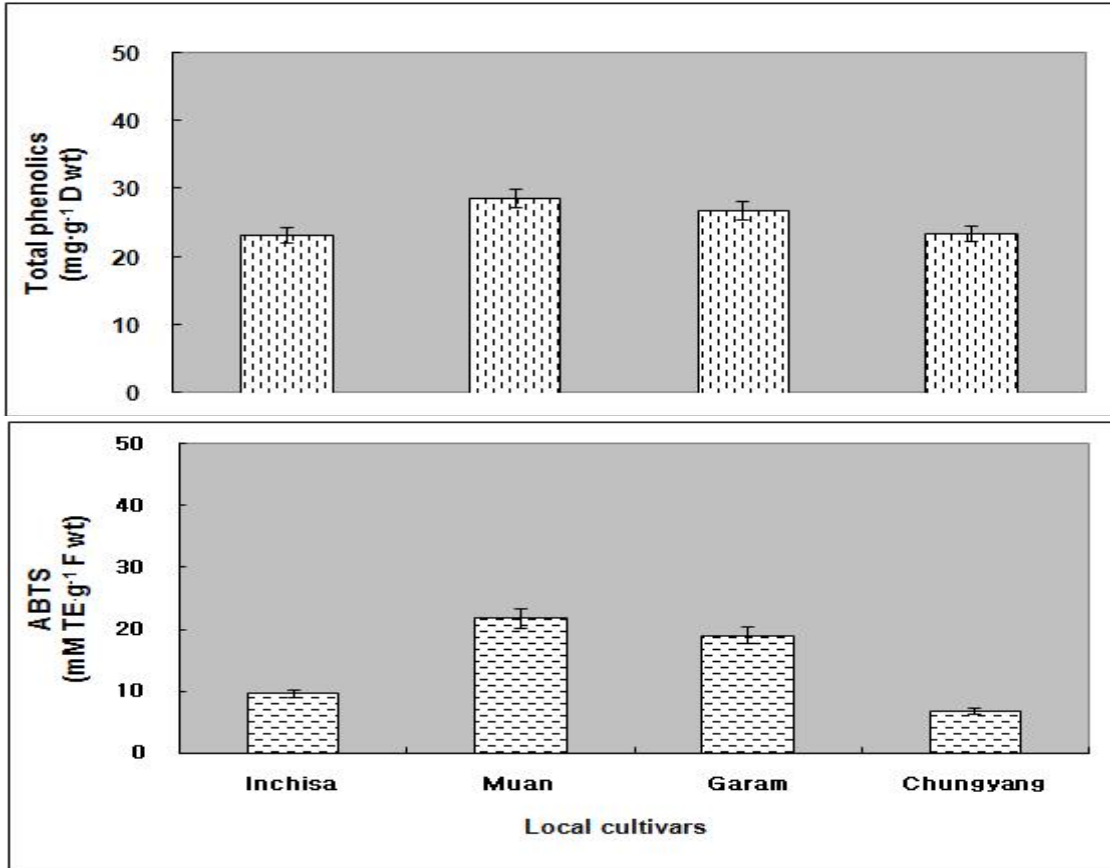


Fig. 4-32. Changes in total phenolics and antioxidant activity in different white lotus local cultivar.

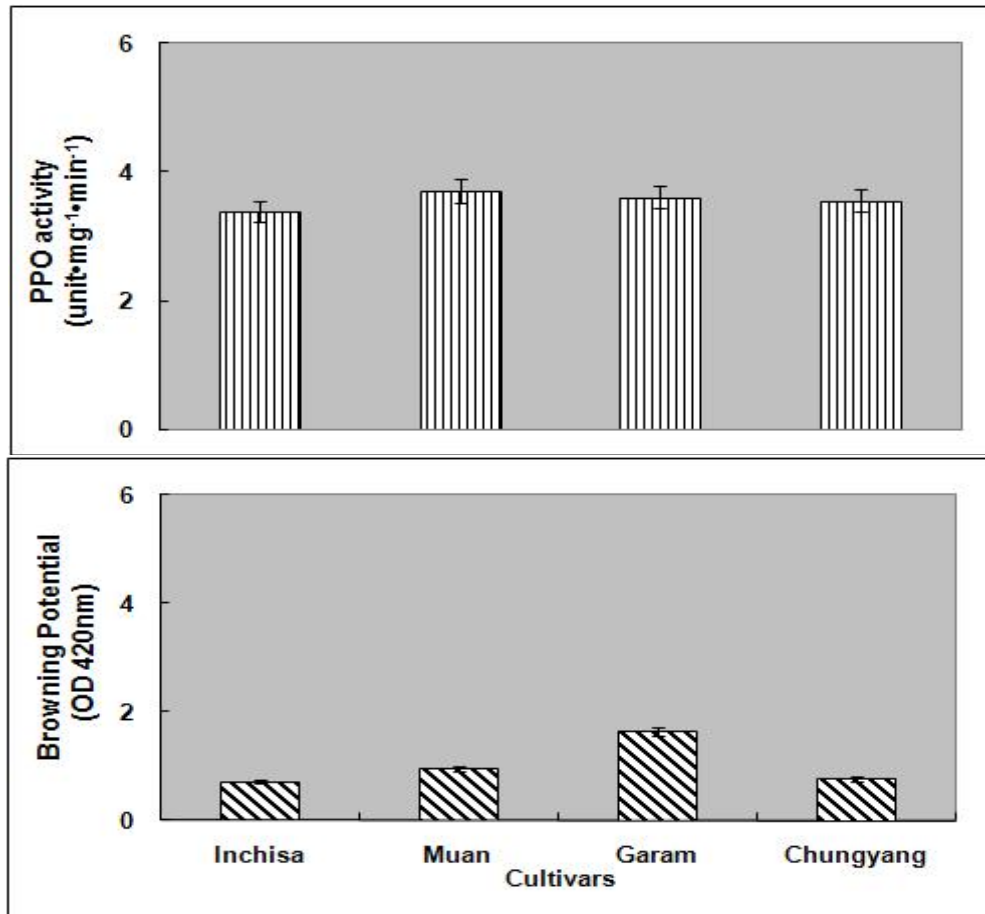


Fig. 4-33. Changes in PPO activity and BP in different white lotus local cultivar.

Table 4-25. Changes in inorganic content in different white lotus local cultivar.

Cultivars	Inorganic content(mg·g <sup>-1</sup> Dwt)				
	K	Ca	P	Na	Mg
Inchisa	297.44±14.87	28.53±1.43	5.14±0.26	34.79±1.74	29.33±1.47
Muan	301.14±15.06	27.69±1.38	4.19±0.21	37.26±1.86	30.16±1.51
Garam	299.71±14.99	30.60±1.53	4.77±0.24	38.63±1.93	24.92±1.25
Chungyang	300.51±15.03	21.20±1.06	3.34±0.17	34.08±1.70	30.45±1.52

#### (4) 절편 미생물 및 잔류농약 조사

연근 절편 소독제에 따른 미생물 수 변화(Table 4-26)에서, 절편과 통 연근에서 소독제 처리는 대조구에 비해 세균수를 현저하게 감소시켰다. 소독제중에서는 오존수, 전해산화수, 소듐하이포클라이드 순으로 낮았다. 유해 미생물인 대장균은 검출되지 않았고, 황색포도상구균, 살모넬라, 장염비브리오의 음성을 나타내 세척수와 작업환경만 안전하면 안정성은 우수한 것으로 나타났다.

연근 절편에서 일반적으로 사용되고 있는 소듐하이포클라이드에 소독한 다음 유통온도에 따

큰 미생물 수 변화 (Table 4-27)에서, 세균수는 온도가 높을수록 증가하였는데, 특히 10℃ 이상에서 현저히 증가하는 경향을 나타냈다. 유해세균인 황색포도상구균, 살모넬라, 장염비브리오는 저온에서와 같이 음성을 나타냈다.

연근 최소가공제품 절편과 조각 잔류농약조사에서, 연이 늙이나 논에서 재배되고 있었으나 잔류농약 성분은 검출되지 않았다(자료 미제시).

Table 4-26. Changes in microorganisms in both slices and cuts of white lotus roots by various sterilizer treatments. Samples were collected 9 days after storage at 0℃.

Slice type	Treatment	Microorganism number (no)				
		Bacteria	Escherichia coli	Staphylococcal	Salmonella enteritidis	Bibreo
Slice	Control	1,550	Not detected	Negative	Negative	Negative
	Electrolyzed oxidizing water	480	Not detected	Negative	Negative	Negative
	Ozone water	800	Not detected	Negative	Negative	Negative
	Sodium hypochlorite	400	Not detected	Negative	Negative	Negative
Cut	Control	1,380	Not detected	Negative	Negative	Negative
	Electrolyzed oxidizing water	620	Not detected	Negative	Negative	Negative
	Ozone water	480	Not detected	Negative	Negative	Negative
	Sodium hypochlorite	320	Not detected	Negative	Negative	Negative

Table 4-27. Changes in microorganism in white lotus slices by storage temperature. Slices and cuts of lotus were stored at 0℃ for 9 days following sodium hypochlorite (200ppm) treatment.

Slice type	Storage temp(℃)	Microorganism number (no)				
		Bacteria	Escherichia coli	Staphylococcal	Salmonella	Bibreo
Slice	0	550	Not detected	Negative	Negative	Negative
	5	20,300	Not detected	Negative	Negative	Negative
	10	100,000	Not detected	Negative	Negative	Negative
	20	520,000	Not detected	Negative	Negative	Negative
Cut	0	90	Not detected	Negative	Negative	Negative
	5	27,200	Not detected	Negative	Negative	Negative
	10	88,500	Not detected	Negative	Negative	Negative
	20	670,000	Not detected	Negative	Negative	Negative

(5) 절편 제조공정 개발 및 제품 생산

연근 절편을 이용한 최소가공제품 개발을 위한 제조시스템을 확립하였다(Fig. 4-34).

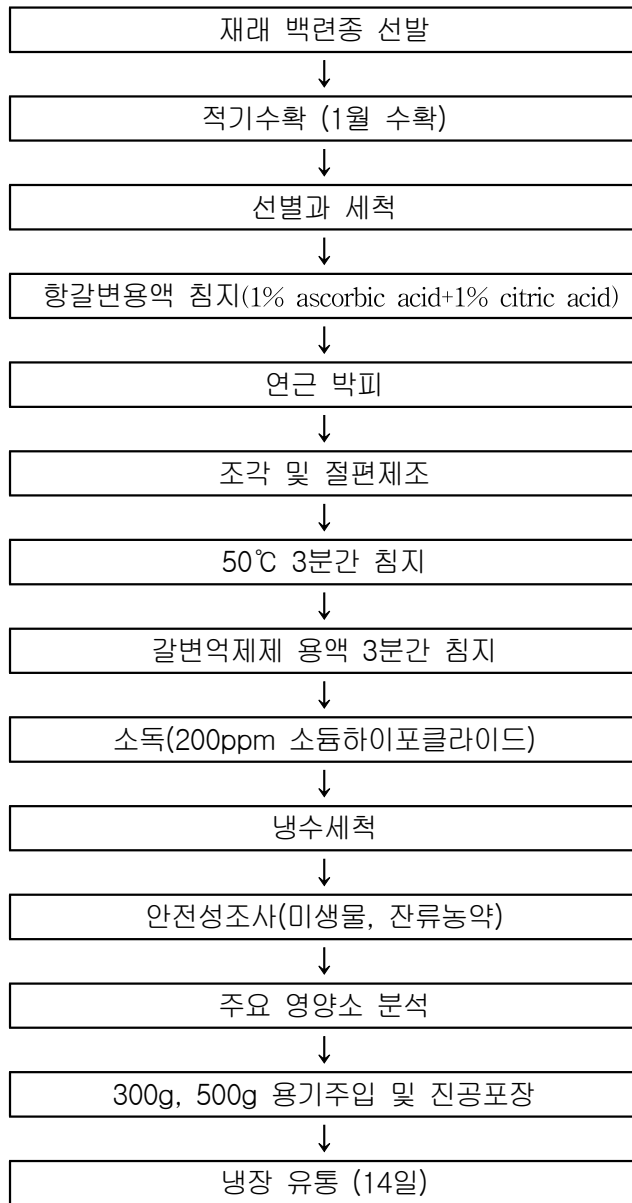


Fig. 4-34. Making procedure of minimally processed product of white lotus roots.

Fig. 4-34의 제조공정으로 연근 절편을 제조한 다음 포장용기에 300g, 500g을 각각 주입후 감압한 다음 포장하였다(Fig. 4-35). 연근에서 주요영양소는 전분 2.8g, 섬유소 2.6g, 비타민 C 100mg, K 290mg, 전폐놀  $200\text{mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$  생체중 이었다.



Fig. 4-35. Representation of minimally processed product of white lotus roots.

연근 최소가공제품 경제성 분석을 위한 농가소득 비교(Table 4-28)에서, 전남, 경북 및 경남에서 연근 생산량은 각각 1,600, 1,788, 1,698kg/10a로 경북지역에서 높았으나, 소득은 각각 2,000, 1,731, 1,162천원/10a 으로 오히려 무안지역에서 높았다. 이는 무안지역이 저장, 가공, 유통망이 잘 갖춰져 판매가격이 타 지역보다 높기 때문으로 나타났다. 쌀 소득(716천원/10a)과 비교하면 연 소득은 지역에 따라 1.6-2.9배 높게 나타나, 쌀 대체 작목으로서 재배 가능성이 높은 작목으로 판단된다.

Table 4-28. Comparison of farm income in white lotus among growing regions in Korea.

Growing province	yield (kg/10a)	Total income (1,000 won/10a)	Input expense (1,000won/10a)	Income (1,000won/10a)	Index (%)
Jellanamdo	1,600	3,600	1,600	2,000	289
Gyeongsangbukdo	1,788	2,779	1,048	1,731	240
Gyeongsangnamdo	1,698	2,647	1,485	1,162	160
Rice	-	-	-	716	100

생연근과 최소가공제품 소득비교(Table 4-29),에서 전남 무안지역에서 생근으로 판매시 가격은 수확기에 따라 3,000-7,000원/kg으로 차이가 있으나, 10a당 조수입은 3,500천원이었다. 반면, 수확, 세척, 절단, 소득, 포장 과정을 거친 최소가공제품으로 판매시 조수입은 5,200천원으로 높아진다.

반면, 최소가공 제품 가공에 소요되는 생산비는 생연근 1,600천원에 비해 2,780천원으로 높다 (Table 4-30). 농가 소득에서 생산비를 제외한 실제소득은 2,420천원으로 생연근 1,600천원에 비해 60% 높은 820천원/10a 소득 증대 효과가 있는 것으로 나타났다.

Table 4-29. Comparison of farm income between raw and minimally processed product in Muan county, Korea.

Item	Raw roots	Minimally processed product
Total income (1,000won/10a)	3,500	5,200
Index	100	169

Table 4-30. Comparison of input expense between raw roots and minimally processed product.

Item	Input item	Product type	
		Bulk product	Minimally processed product
Input expense (1,000won/10a)	Labor cost	480	1,400
	Material cost	220	560
	Instrument	500	820
	Total	1,600	2,780
Index		100	160

(6) 중국산 연근 제품과 품질 비교

국내산, 중국산과 태국산 연근에서 경도는 42.0, 36.2, 34.0N으로, 외국산에 비해 국내산에서 유의하게 높은 경향을 나타냈으나, 색도, 외관은 차이가 없었다(Table 4-31). 국내에서 연근은 최소가공 제품으로 유통되고 있으나, 중국과 태국에서는 흠이 묻은 상태로 PE 필름 랩에 감싸 유통하고 있었다.

비타민 C 함량은 16.3-17.6mg/ 건물중 g, 전페놀함량은 42.4-52.6mg/ 건물중 g, 항산화도는 26.2-30.4를 나타내, 전페놀함량과 항산화도는 국내산과 중국산에 비해 태국산에서 다소 높았다(Table 4-32).

유리페놀산 함량에서 주요 페놀산은 epigallocatechin, epicatechin이었고, 전체 함량은 국내산 6.12, 중국산과 태국산 각각 6.03, 6.39mg/ 건물중 100g 으로 차이가 없었다(Table 4-33).

유리아미노산 함량은 Glu, Ala, Val, Ser순으로 높았고, 전체 함량은 국내산에서 172.13mg으로 중국산과 비슷한 수준을 나타냈으나 태국산에 비해서는 높았다(Table 4-34).

유해세균 조사에서, 박테리아수는 국내산 480개로 중국산과 태국산 620개, 820개에 비해 낮았으나, 유해세균으로 알려진 대장균, 살모넬라균, 비부리균은 음성 반응을 나타냈다(Table 4-35). 외국산에서 박테리아 군수가 높은 것은 국내로 운송하는 동안 상온에 보관되었기 때문으로 추정되는데 식용시 안전성에는 문제가 되지 않는 것으로 판단되었다.

절편을 이용 최소가공제품을 제조한 다음 시장성 비교(Table 4-36)에서, 상온 유통시, 유통기간은 국내산이 12일로 중국산과 태국산의 10에 비해 다소 길었는데 외국산을 국내로 운송해 온 점을 감안하면 유통기간은 비슷할 것으로 추정된다. 국내산은 1,500원에 유통되고 있었는데, 중국산과 태국산은 이들 국가에서 각각 600원과 500원/200g 수준으로 국내 가격의 1/3 수준이

었다. 소비자 선호도에서 국내산은 신선도 증대로 외국산에 비해 다소 높게 평가되었다.

국내산과 외국산 연근 최소가공제품에서, 국내산은 신선도 증대로 외관이 다소 우수하게 나타났으나, 주요영양소, 생리활성도, 안전성에서는 유사한 경향을 나타냈다. 반면, 중국과 태국에서 연근 최소가공품의 판매 가격은 국내산의 1/3 수준이다. 연근은 생식 보다는 반찬이나 부식재료로 활용되는 점을 감안하고, CIF(운송료, 보험료) 가격을 포함시키더라도 이들 외국산 연근이 국내에 유통된다면 큰 위협이 될 것으로 판단된다. 향후, FTA 체결로 관세가 철폐되면 더 큰 위협이 될 수 있다.

Table 4-31. Comparison of firmness and visual score between domestic lotus minimally processed product and China's product.

Production country	Firmness (N)	Hunter L value	Visual score <sup>Z</sup>
Domestic	42.0 a	7.8 a	+++++
China	36.2 b	7.2 a	+++++
Thai	34.0 b	7.0 a	+++++

<sup>Z</sup>+ severely bad, ++ bad, +++ normal, ++++ good, +++++ very good

Table 4-32. Comparison of quality characteristics between domestic lotus minimally processed product and China's product.

Production country	Ascorbic acid (mg.g <sup>-1</sup> D wt)	Total phenolics (mg.g <sup>-1</sup> D wt)	ABTS (mM TE.g <sup>-1</sup> F wt)
Domestic	17.1 a	42.4 b	26.2 b
China	17.6 a	46.8 b	27.8 b
Thai	16.3 a	52.6 a	30.4 a

Table 4-33. Comparison of free phenolic acids content between domestic lotus minimally processed product and China's product.

Content (mg.100g <sup>-1</sup> D wt)	Production country		
	Domestic	China	Thai
Epigallocatechin	1.74	1.80	1.84
Catechin	0.74	0.65	0.72
Epicatechin	1.80	1.82	1.90
Epigallocatechin gallate	0.82	0.75	0.84
Gallocatechin gallate	0.45	0.57	0.62
Epicatechin gallate	0.57	0.44	0.47
Total	6.12 a	6.03 a	6.39 a



Table 4-34. Comparison of amino acids content between domestic lotus minimally processed product and China's product.

Content (mg.100g <sup>-1</sup> D wt)	Production country		
	Domestic	China	Thai
Phoss	8.10	7.20	6.75
Asp	6.42	3.15	2.81
Hyd	3.10	4.21	3.80
Thr	10.20	3.62	2.68
Ser	20.10	10.58	9.53
Asn	13.40	0.64	0.55
Pro	8.31	8.15	8.22
Gly	5.40	6.96	7.10
Cit	4.61	1.70	1.52
a-Abut	3.40	11.00	12.60
Val	12.20	23.17	19.75
Cys	5.20	14.13	11.47
Met	3.80	0.60	0.72
Ile	0.60	0.90	1.04
Leu	6.70	8.65	7.33
Tyr	9.10	7.25	7.10
Phe	6.41	1.89	1.73
Gaba	8.70	7.30	6.95
His	1.50	0.67	0.72
Glu	20.50	20.77	21.00
Ala	13.40	20.77	21.00
Arg	3.10	2.80	2.43
Total	172.13 a	160.44 ab	150.02 b

<sup>2</sup>Phoss : Phosphoserine Asp : Aspartic acid Hyd : Hydroxyproline Thr : Threonine  
 Ser : Serine Aspg : Asparagine a-Aadi : a-Amino adipic acid Pro : Proline Gly : Glycine  
 Cit : Citrulline a-Abut : a-Aminobutyric acid Val : Valine Cys : Cystine Met : Methionine  
 Ile : Isoleucine Leu : Leucine Tyr : Tyrosine Phe : Phenylalanine Gaba : γ-Aminobutyric acid  
 His : Histidine 3-Met : 3-Methylhistidine Glu : Glutamine acid Ala : Alanine Arg : Arginine

Table 4-35. Comparison of microorganism between domestic lotus product and China's product.

Production country	Microorganism number (no)				
	Bacteria	Escherichia coli	Staphylococcal	Salmonella enteritidis	Bibreo
Domestic	480	Not detected	Negative	Negative	Negative
China	620	Not detected	Negative	Negative	Negative
Thai	820	Not detected	Not detected	Negative	Negative

Table 4-36. Comparison of price and consumer acceptance between domestic lotus product and China's product.

Production country	Marketing duration( day)	Price (Won/200g)	Consumer favorite <sup>Z</sup>
Domestic	12	1,500	+++++
China	10	600	++++
Thai	10	500	++++

<sup>Z</sup>+ very bad, ++ bad, +++ normal, ++++ good, +++++ very good

#### 라. 연잎과 연꽃에서 생리활성물질 함량과 생리활성도

##### (1) 연잎에서 생리활성물질 함량

백련 4종류 잎의 총 페놀함량을 조사한 결과 열수 추출물은 ‘초의백련’에서 78.3 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 로, 에탄올 추출물은 ‘백화건련’에서 146.8 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 로 가장 많이 나타나 백련의 종류나 용매에 따른 차이를 보였다(Table 4-37). 페놀성 물질은 다양한 구조와 분자량을 가지며, 이것들의 phenolic hydroxyl이 단백질처럼 거대분자와 결합을 하여 항산화, 항균, 항암 등의 생리기능을 가지는 것으로 알려진 만큼 함량이 많을수록 기능성물질로 유용하게 활용할 수가 있다. 그러므로 총 페놀함량의 수율측면에서는 에탄올을 용매로 하여 ‘백화건련’이나 ‘가람백련’을 대상으로 추출하는 것이 바람직할 것으로 생각되지만, 백련 잎을 차로 이용할 때는 물이 용매로 사용되므로 ‘초의백련’을 이용하는 것이 좋을 것으로 판단된다.

Table 4-37. Total phenol contents of leaf extracts from four white lotus cultivars.

Extraction solvent	Total phenol compound contents ( $\mu\text{g}/\text{mL}$ )			
	Garam	Choeue	Baekwageollyeon	Seungdal
Heated water	44.9 b <sup>z</sup>	78.3 a	32.2 c	48.9 b
Ethanol	133.9 b	97.9 d	146.8 a	106.7 c

<sup>z</sup> Mean separation within rows by Duncan's multiple range test at 5% level.

백련 4종류의 잎 추출물에 대하여 DPPH 라디칼 소거활성을 측정한 결과 ‘승달백련’의 열수 추출물과 ‘백화건련’의 에탄올 추출물에서 높은 전자공여능을 보였다(Table 4-38). 용매에 따른 DPPH 라디칼 소거활성은 에탄올 추출물에서 확연하게 높게 나타나 500ppm 이상의 농도에서는 연의 종류에 관계없이 83.5% 이상을 나타냈다. 반면에 열수 추출물은 ‘승달백련’ 추출물 2000ppm에서만 83.3% 이상을 나타냈으며, 그 외는 57.4% 미만을 나타내었다. 따라서 이용시는 에탄올 추출물의 경우 DPPH 라디칼 소거활성이 높게 나타난 ‘백화건련’이 좋지만 열수를 이용하는 차의 경우는 열수추출물에서 DPPH 라디칼 소거활성이 높게 나타난 ‘승달백련’이 좋을 것으로 생각된다.

한편, 최근 산화적 스트레스에 의해 기인한 많은 종류의 질병이 발생되고 있으며, 이와 관련

하여 우수한 항산화 활성을 갖는 물질에 대한 탐색연구가 활발히 진행되고 있다. 현재 널리 사용되고 있는 항산화제는 BHA(butylated hydroxy hydroxy anisole)와 TBHQ(2-tert-butyl hydroquinone) 같은 합성품인데, 이들을 50mg/kg/day 이상의 고용량으로 장기간 복용시 지질 대사의 불균형과 암을 유발시킬 수 있기 때문에 이들의 사용을 제한하고 있는 실정이다. 그러므로 이러한 합성 산화제를 대체시킬 수가 있는 우수한 천연항산화제의 개발이 시급하게 요구되고 있다는 점에서 열수 추출시 다른 종류에 비해 상대적으로 DPPH 라디칼 소거능이 높게 나타난 ‘승달백련’ 잎 추출물을 차로 음용하면 항산화효과를 기대할 수 있을 것으로 생각되며, 에탄올 추출물은 천연항산화제로서 자원 가치가 있을 것으로 생각된다.

Table 4-38. DPPH radical scavenging activity in the leaf extracts from four white lotus cultivars.

Solvent	Concentration (ppm)	DPPH radical scavenging activity, % of control			
		Garam	Choeue	'Baekwgeollyeon	Seungdal
Heated water	31.25	5.3 c <sup>z</sup>	18.9 b	2.8 c	39.0 a
	62.5	8.6 c	27.3 b	5.6 c	45.6 a
	125	12.3 c	34.8 b	7.1 c	49.4 a
	250	15.0 c	42.9 b	9.5 d	66.6 a
	500	14.9 c	43.1 b	9.9 d	68.6 a
	1,000	20.7 c	45.7 b	19.3 c	70.2 a
	2,000	27.9 cd	57.4 b	19.8 d	83.3 a
	RC <sub>50</sub> <sup>y</sup>	<b>4,553.0a</b>	<b>1,383.0 c</b>	<b>2,632.0 b</b>	<b>129.3 d</b>
Ethanol	31.25	33.0 b	18.0 d	42.2 a	28.7 c
	62.5	51.2 ab	30.3 c	66.4 a	46.2 b
	125	64.9 bc	51.4 c	88.2 a	70.7 b
	250	82.2 b	72.5 c	90.1 a	88.1 a
	500	84.6 b	83.5 b	90.3 a	90.0 a
	1,000	85.5 b	87.5 ab	90.6 a	92.0 a
	2,000	86.4 b	88.4 ab	90.8 a	94.0 a
	RC <sub>50</sub> <sup>y</sup>	<b>60.4 b</b>	<b>120.0 a</b>	<b>41.32 c</b>	<b>76.2 b</b>

<sup>z</sup> Mean separation within rows by Duncan's multiple range test at 5% level.

<sup>y</sup> sample amounts( $\mu\text{g}/\text{mL}$ ) which those DPPH concentration reduce to half.

백련의 종류 잎 추출물의 총 플라보노이드 함량을 분석한 결과 ‘초의백련’에서 가장 많이 나타나 열수 추출물에서는 28.8 $\mu\text{g}/\text{mL}$ , 에탄올 추출물에서는 92.2 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 를 나타냈다(Table 4-39). 플라보노이드류는 담황색 또는 노란색을 띠는 색소화합물로서 식물 중에는 대부분 당과 결합된 배당체형태로 존재하며, 하루 한 사람 섭취량이 23-1,000mg 정도이고 특이한 부작용이 없는 것으로 알려져 있다. 현재까지 플라보노이드는 약 4,000종 이상이 알려져 있는데, 항산화 작용, 순환기계 질환의 예방, 항염증, 항알레르기, 항균, 항바이러스, 지질저하 작용, 면역증강 작용, 모세혈관 강화작용 등에 효과가 있는 것으로 알려져 있다. 그러므로 플라보노이드의 함량 측면에서는 열수 추출물이나 에탄올 추출물에서 함량이 높게 나타난 ‘초의백련’의 이용성이 좋은 것으로 나타났다.

Table 4-39. Total flavonoid contents in the leaf extracts from four white lotus cultivars.

Solvent	Total flavonoid contents ( $\mu\text{g/mL}$ )			
	Garam	Choeue	Baekwageollyeon	Seungdal
Heated water	0.4 b <sup>z</sup>	28.8 a	0.6 b	0.9 b
Ethanol	90.3 a	92.2 a	83.5 b	63.7 c

<sup>z</sup> Mean separation within rows by Duncan's multiple range test at 5% level.

백련 4종류 잎 추출물의 아질산염소거 효과를 분석한 결과 200ppm일 때 열수로 추출한 것은 '초의백련' 69.2%를 제외하고는 36.7% 이하였으나 에탄올로 추출한 것은 모두 67.8% 이상을 나타냈으며, 특히 '백화건련'은 80.7%를 나타내었다(Table 4-40). 비과 추출물의 용매별 아질산염 소거를 조사한 결과 핵산, 클로로포름 및 물 추출물에 비해 메탄올 추출물에서 효과가 높게 나타났다는 Bae 등(2002)의 연구결과를 감안할 때 본 연구결과에서 에탄올 추출물에서 아질산염효과가 높게 나타난 것은 용매에 따른 차이인 것으로 판단되었다.

한편, 식품의 가공 및 저장 중에 널리 이용되고 있는 아질산염이 단백질 식품, 의약품 및 잔류농약 등에 함유되어 2급 및 3급 아민과 반응하여 생성된 nitrosamine이 독성물질로서 일정농도 이상 섭취하게 되면 혈액 중의 헤모글로빈이 산화되어 메트헤모글로빈을 형성하여 각종 질병을 일으키는 것으로 알려지면서 이에 대한 생성억제 방법이 모색되고 있다. 그러므로 본 연구결과 잎의 열수 추출물 2,000ppm에서 69.2%의 아질산염 소거 효과가 높게 나타난 '초의백련' 등을 차로 가공하여 음용하면 아질산염 소거 효과에 도움이 될 것으로 생각된다.

Table 4-40. Nitrite scavenging activity in the leaf extracts from four white lotus cultivars.

Solvent	Concentration (ppm)	Nitrite-scavenging effect (%)			
		Garam	Choeue	Baekwageollyeon	Seungdal
Heated water	500	12.0 b <sup>z</sup>	29.7 a	9.5 b	1.4 c
	1,000	22.4 b	42.4 a	13.6 c	3.5 d
	2,000	36.7 b	69.2 a	24.4 c	13.5 d
Ethanol	500	48.4 c	55.6 bc	75.3 a	65.7 b
	1,000	67.5 b	70.0 b	76.8 a	66.2 b
	2,000	74.7 b	74.4 b	80.7 a	67.8 c

<sup>z</sup> Mean separation within rows by Duncan's multiple range test at 5% level.

멜라닌 색소의 주된 생성과정의 생합성 경로는 tyrosine을 출발물질로 하여 tyrosinase의 효소작용에 의해서 생성되는 dopaquinone 등의 유도체를 경유하여 아미노산 및 단백질과의 중합반응으로 생성된다. 그러므로 멜라닌 생성의 효소인 tyrosinase 효소 자체를 억제하면 미백효과를 기대할 수 있다. 그런 점에서 백련 4종류 추출물이 멜라닌 색소의 중요한 단계를 촉매하는 효소인 tyrosinase 활성의 저해효과를 조사한 결과 백련 종류나 추출용매 및 농도에 관계없이 2%미만을 나타냈다(Table 4-41). 따라서 백련 4종류 잎 추출물에서 tyrosinase 활성의 저해효과를 기대하기는 어려울 것으로 생각된다.

Table 4-41. Tyrosinase inhibition activity in the leaf extracts from four white lotus cultivars.

Solvent	Concentration (ppm)	Mushroom tyrosinase inhibition activity (% of control)			
		Garam	Choeue	Baekwageollyeon	Seungdal
Heated water	1,000	1.14 a <sup>z</sup>	1.17 a	1.02 a	1.10 a
	2,000	1.24 a	1.20 a	1.04 a	1.09 a
Ethanol	1,000	1.21 a	1.26 a	1.14 a	1.11 a
	2,000	1.31 a	1.39 a	1.21 a	1.33 a

<sup>z</sup> Mean separation within rows by Duncan's multiple range test at 5% level.

백련 4종류 잎 추출물의 항균활성은 균의 종류에 따른 차이는 있었지만 전반적으로 에탄올 추출물과 ‘가람백련’ 및 ‘초의백련’에서 다소 높게 나타났다(Table 4-42). 추출물의 용매별 항균 활성 반응은 그람양성균과 음성균 모두 열수추출물에서는 저해환의 직경이 9.7mm 이하를 나타낸 반면에 에탄올 추출물에서는 10.0mm 이상을 나타낸 것도 9개나 있었다. 백련의 종류별 항균활성 반응은 그람양성균의 경우 ‘백화건련’과 ‘승달백련’은 균의 종류에 관계없이 저해환의 직경이 모두 9.8mm이하를 나타내었으나 ‘가람백련’은 에탄올 추출물 처리구의 *Listeria monocytogenes*, *Streptococcus mutans*, *Bacillus cereus*, *Salmonella enteritidis*, *Escherichia coli* 균에서 10.0-10.4mm의 저해환을 나타내었다. ‘초의백련’의 에탄올 추출물에서도 *Bacillus subtilis*, *Streptococcus mutans*, *Salmonella enteritidis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli* 균에서 10.1-11.2mm의 저해환 직경을 나타내었다.

이와 같이 ‘가람백련’과 ‘초의백련’의 에탄올 추출물에서 항균효과가 다소 높게 나타난 것은 플라보노이드 함량이 높을수록 항균 효과가 높다는 Kawaguchi 등(1997)의 보고를 감안해 볼 때 Table 4-39에서와 같이 ‘가람백련’과 ‘초의백련’의 에탄올 추출물에서 플라보노이드 함량이 높게 나타난 데서 기인된 것으로 해석된다.

Table 4-42. Anti-microbial activity against the gram positive and negative bacteria in 1,000ppm leaf extracts from four white lotus cultivars.

Bacterial	Solvent	Bacteria	Inhibition diameter(mm)			
			Garam	Choeue	Baekwageollyeon	Seungdal
Gram positive bacterial	Heated water	<i>Bacillus subtilis</i>	9.5 a <sup>z</sup>	8.6 b	8.8 b	8.6 b
		<i>Bacillus cereus</i>	9.6 a	8.7 b	8.5 b	8.7 b
		<i>Streptococcus mutans</i>	9.5 a	9.6 a	8.5 b	9.3 a
		<i>Listeria monocytogenes</i>	9.8 a	8.4 b	8.3 b	8.7 b
	Ethanol	<i>Bacillus subtilis</i>	9.2 ab	10.0 a	9.2 ab	8.6 b
		<i>Bacillus cereus</i>	10.6 a	9.8 a	8.7 b	8.4 b
		<i>Streptococcus mutans</i>	10.4 a	10.4 a	8.8 b	9.7 ab
		<i>Listeria monocytogenes</i>	10.3 a	9.3 ab	8.8 b	9.2 ab
Gram negative bacteria	Heated water	<i>Salmonella enteritidis</i>	9.3 a	9.5 a	8.7 b	8.6 b
		<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	9.0 a	8.8 b	8.5 b	9.1 a
		<i>Escherichia coli</i>	9.9 a	9.1 ab	8.5 b	9.7 a
	Ethanol	<i>Salmonella enteritidis</i>	10.1 a	10.2 a	8.7 b	8.6 b
		<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	9.9 b	11.2 a	8.8 b	9.3 b
		<i>Escherichia coli</i>	10.1 a	10.1 a	9.0 b	9.8 a

<sup>z</sup> Mean separation within rows by Duncan's multiple range test at 5% level.

(2) 연꽃에서 생리활성물질 함량

백련 4종류 꽃의 총 페놀함량을 조사한 결과 열수 추출물은 ‘가람백련’에서  $144.2\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 로, 에탄올 추출물은 ‘승달백련’에서  $63.4\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 로 가장 많이 나타나 백련의 종류나 용매에 따른 차이를 보였다(Table 4-43). 이제 까지 여러 연구에서 페놀성 물질은 항암, 혈압강화작용, 피임작용, 간 보호작용, 진경작용, 항산화작용 등 여러 작용이 있는 것으로 알려져 있다. 그러므로 페놀성 물질의 함량이 많을수록 기능성물질로 유용하게 활용할 수가 있다. 그러므로 총 페놀함량의 수율측면에서 백련 꽃을 차로 이용할 때는 물이 용매로 사용되고, 본 실험결과에서도 열수 추출물의 ‘가람백련’과 ‘초의백련’에서 함량이 각각 144.2와  $90.6\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 로 높게 나타난 만큼 이들 꽃을 이용하는 것이 좋을 것으로 판단된다.

Table 4-43. Total phenol contents of flower extracts from four white lotus cultivars.

Extraction solvent	Total phenol compound contents ( $\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ )			
	Garam	Choeue	Baekwageollyeon	Seungdal
Heated water	144.2a <sup>z</sup>	90.6b	56.4c	39.8d
Ethanol	62.7a	50.6c	54.6c	63.4b

<sup>z</sup>Mean separation within rows by Duncan's multiple range test at 5% level.

백련 4종류의 꽃 추출물에 대하여 DPPH 라디칼 소거활성을 측정한 결과 ‘가람백련’의 열수 및 에탄올 추출물에서 높은 전자공여능을 보였다(Table 4-44). 용매에 따른 DPPH 라디칼 소거활성은 에탄올 추출물에서 확연하게 높게 나타나 1,000ppm 이상의 농도에서는 연꽃의 종류에 관계없이 67.8% 이상을 나타냈다. 반면에 열수 추출물은 ‘가람백련’ 추출물 1,000ppm에서만 90.9% 이상을 나타냈으며, 그 외는 40.6% 미만을 나타내었다.

따라서 열수 추출시 다른 종류에 비해 상대적으로 DPPH 라디칼 소거능이 높게 나타난 ‘가람백련’ 꽃 추출물을 차로 음용하면 항산화효과를 기대할 수 있을 것으로 생각된다.

Table 4-44. DPPH radical scavenging activity in the flower extracts from four white lotus cultivars.

Solvent	Concentration (ppm)	DPPH radical scavenging activity, % of control			
		Garam	Choeue	Baekwageollyeon	Seungdal
Heated water	31.25	40.6	13.8a <sup>z</sup>	4.2b	4.2b
	62.5	44.5	17.2a	6.8b	6.8b
	125	66.6	22.2a	10.1b	11.0b
	250	71.1	28.3a	13.1b	15.3b
	500	89.4	30.9a	16.2b	19.4b
	1,000	90.9a	40.6b	20.7c	22.8c
	2,000	92.1a	48.3b	25.5c	33.2c
	RC <sub>50</sub> <sup>y</sup>	78.0	3466.0	4255.0	3808.5
Ethanol	31.25	11.7b	9.7c	12.6b	18.4a
	62.5	26.5a	15.7c	20.3b	29.8a
	125	45.8a	31.3b	35.4b	50.7a
	250	63.6a	50.7b	54.3b	72.9a
	500	78.2a	59.0b	73.8a	81.8a
	1,000	83.0a	67.8b	84.0a	90.8a
	2,000	92.7a	89.6a	93.6a	93.6a
	RC <sub>50</sub> <sup>y</sup>	134.7	241.4	219.7	122.5

<sup>z</sup>Mean separation within rows by Duncan's multiple range test at 5% level.

<sup>y</sup>Extract concentrations ( $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ ), which show 50% activity of DPPH radical scavenging, were determined by interpolation.

백련 4종류 꽃 추출물의 총 플라보노이드 함량을 분석한 결과 ‘가람백련’에서 가장 많이 나타나 열수 추출물에서는  $34.1\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ , 에탄올 추출물에서는  $33.9\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 를 나타냈다(Table 4-45). 플라보노이드류는 항산화 작용, 순환기계 질환의 예방, 항염증, 항알레르기, 항균, 항바이러스, 지질저하 작용, 면역증강 작용, 모세혈관 강화작용 등에 효과가 있는 것으로 알려져 있다. 그러므로 플라보노이드의 함량 측면에서는 열수 추출물이나 에탄올 추출물에서 함량이 높게 나타난 ‘가람백련’의 이용성이 다른 백련 꽃에 비해 상대적으로 좋을 것으로 생각된다.

Table 4-45. Total flavonoid contents in the flower extracts from four white lotus cultivars.

Solvent	Total flavonoid contents ( $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ )			
	Garam	Choeue	Baekwageollyeon	Seungdal
Heated water	34.1a <sup>z</sup>	21.2b	23.0b	9.0c
Ethanol	33.9a	18.1c	0.7d	27.8b

<sup>z</sup>Mean separation within rows by Duncan's multiple range test at 5% level.

백련 4종류 꽃 추출물의 아질산염소거 효과를 분석한 결과 1,000ppm일 때 열수로 추출한 것은 ‘승달백련’은 7.3%에 불과했으나 나머지 3종류는 70.7% 이상을 나타냈으며, 에탄올로 추출한 것은 모두 67.1% 이상을 나타냈다(Table 4-46). 연꽃의 종류별로는 ‘가람백련’ 꽃 추출물의 아질산염 소거 효과가 높아 2,000ppm일 때 열수 추출물은 95.8%, 에탄올 추출물은 82.7%를 나타냈다. 용매별로는 ‘승달백련’을 제외한 3종류 모두 2,000ppm의 농도에서는 열수 추출물에서 아질산염 소거효과가 높았는데, 연꽃은 열수에 우려서 마신다는 점을 감안할 때 매우 의미 있는 결과를 보였다.

본 연구결과 꽃의 열수 추출물 2,000ppm에서 95.8%의 아질산염 소거 작용을 나타낸 ‘가람백련’이나 93.0%를 나타낸 ‘백화건련’ 등을 차로 가공하여 음용하면 아질산염 소거 효과에 도움이 될 것으로 생각된다.

Table 4-46. Nitrite scavenging activity in the flower extracts from four white lotus cultivars.

Solvent	Concentration (ppm)	Nitrite-scavenging effect (%)			
		Garam	Choeue	Baekwageollyeon	Seungdal
Heated water	500	72.9a <sup>z</sup>	42.7b	72.7a	2.6c
	1,000	91.3a	70.7b	82.1a	7.3c
	2,000	95.8a	88.1a	93.0a	34.5b
Ethanol	500	74.8a	61.8b	58.3c	58.9c
	1,000	80.4a	70.9b	67.1b	68.8b
	2,000	84.8a	75.7b	69.9b	70.6b

<sup>z</sup>Mean separation within rows by Duncan’s multiple range test at 5% level.

백련 4종류 꽃 추출물이 멜라닌 색소의 중요한 단계를 촉매하는 효소인 tyrosinase 활성의 저해효과를 조사한 결과 백련 종류나 추출용매 및 농도에 관계없이 1.20%미만을 나타냈다 (Table 4-47). 멜라닌 색소의 주된 생성과정의 생합성 경로는 tyrosine을 출발물질로 하여 tyrosinase의 효소작용에 의해서 생성되는 dopaquinone 등의 유도체를 경유하여 아미노산 및 단백질과의 중합반응으로 생성된다. 그러므로 멜라닌 생성의 효소인 tyrosinase 효소 자체를 억제하면 미백효과를 기대할 수 있는데, 본 연구결과는 Table 4-47 에서와 같이 tyrosinase 활성의 저해율이 1.20% 미만을 나타내어 백련 4종류 꽃 추출물에서 tyrosinase 활성의 저해효과를 기대하기는 어려울 것으로 생각된다.

Table 4-47. Tyrosinase inhibition activity in the flower extracts from four white lotus cultivars.

Solvent	Concentration (ppm)	Mushroom tyrosinase inhibition activity (% of control)			
		Garam	Choeue	Baekwageollyeon	Seungdal
Heated water	1,000	1.07 a <sup>z</sup>	1.17 a	1.02 a	1.09 a
	2,000	1.19 a	1.20 a	1.05 a	1.11 a
Ethanol	1,000	1.16 a	1.15 a	1.03 a	1.10 a
	2,000	1.13 a	1.16 a	1.04 a	1.19 a

<sup>z</sup>Mean separation within rows by Duncan’s multiple range test at 5% level.



백련 4종류 꽃 추출물의 항균활성을 조사한 결과 백련의 종류별로는 ‘가람백련’에서 상대적으로 높아 균에 대한 저해환 직경이 8.9~11.5mm를 나타냈으며, ‘초의백련’은 열수 추출물의 그람 양성균에 대한 항균 활성 등 일부 균에 대해 항균활성을 나타내지 않았다(Table 4-48). 용매별 항균활성 반응은 전반적으로 에탄올 추출물에서 높은 경향을 나타냈지만 *Bacillus subtilis*에 대한 ‘가람백련’ 추출물, *Pseudomonas aeruginosa*에 대한 ‘초의백련’의 추출물, *Escherichia coli*에 대한 ‘승달백련’ 추출물의 항균활성에서는 열수추출물에서 높게 나타났다.

이상의 결과를 종합하면 기능성을 목적으로 백련 꽃을 차로 이용할 때는 총 페놀함량과 플라보노이드 함량이 많고, 전자공여능과 아질산염 제거효과 및 항균활성이 상대적으로 높게 나타난 ‘가람백련’ 꽃이 좋을 것으로 생각된다.

Table 4-48. Anti-microbial activity against the gram positive and negative bacteria in 1,000ppm flower extracts from four white lotus cultivars.

Bacterial	Solvent	Bacteria	Inhibition diameter(mm)			
			Garam	Choeue	Baekwageoll yeon'	Seungdal
Gram positive bacterial	Heated water	<i>Bacillus subtilis</i>	11.5 a <sup>z</sup>	- <sup>y</sup>	8.6b	8.6b
		<i>Bacillus cereus</i>	10.1a	-	8.5b	8.5b
		<i>Streptococcus mutans</i>	9.5a	-	8.8ab	8.4b
		<i>Listeria monocytogenes</i>	9.2a	-	8.3a	9.0a
		<i>Staphylococcus aureus</i>	9.6a	-	8.7a	8.9a
	Ethanol	<i>Bacillus subtilis</i>	9.7b	8.6c	12.4a	9.0bc
		<i>Bacillus cereus</i>	10.8a	9.1b	9.1b	8.9b
		<i>Streptococcus mutans</i>	9.2b	9.5b	13.3a	8.7b
		<i>Listeria monocytogenes</i>	9.6a	-	-	9.1a
		<i>Staphylococcus aureus</i>	9.8a	9.4ab	8.9b	8.4b
Gram negative bacteria	Heated water	<i>Salmonella enteritidis</i>	9.0a	-	9.0a	9.1a
		<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	10.3a	9.6ab	8.9b	8.8b
		<i>Escherichia coli</i>	8.9a	1.0b	8.8a	10.2a
	Ethanol	<i>Salmonella enteritidis</i>	10.0a	9.1ab	8.4b	9.2ab
		<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	9.9a	-	10.1a	8.7뫼
		<i>Escherichia coli</i>	10.1a	9.6ab	8.8b	9.2ab

<sup>z</sup>Mean separation within rows by Duncan's multiple range test at 5% level.

<sup>y</sup>Not detected.

#### 마. 백련 개화생리 및 개화 관여요인

##### (1) 무안 회산백련지에서 백련 개화 특성

전남 무안군에서 2000년에서 2006년까지 주관한 무안백련축제 기간을 조사한 결과 모두 8월 중하순 경에 이루어졌다(Table 4-49). 무안백련축제가 주로 8월경에 이루어지고 있는 것은 백련의 개화시기와 밀접한 관련성이 있는 것으로 해석된다. 즉, 1997년도부터 매년 실시하고 있는 백련축제는 전남 무안군 일로읍 복용리 회산방죽에 자생적으로 자란 백련을 축제의 자원으로 활용하고 있는 만큼 상징성이 큰 백련의 개화시기에 맞추기 위한 노력의 결과인 것으로 생각된다. 그런데, 연도에 따라 축제일에 차이가 있어 2000년 9월 2일부터 9월 5일까지와, 2001년 8월 25일부터 8월 28일까지의 축제기간을 제외하고는 모두 8월 중순경에 집중되어 있었다.

이와 같이 해에 따라 개최 일에 차이가 있는 것은 백련의 개화 수, 개화량의 최대기 등 백련의 개화 상태와 직장인들의 휴가기간, 학생들의 방학기간 등 관광객들의 특성 및 장마, 태풍 등 기상요인을 고려한 결과인 것으로 생각된다.

Table 4-49. The periods of Muan White Lotus Festival supervised by Muan County, Jeonnam.

Year	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Period (month, day)	9.2-9.5	8.25-8.28	8.15-8.18	8.14-8.17	8.14-8.22	8.12-8.18	8.11-8.15

무안백련축제 자원으로 활용되는 회산방죽 자생백련의 화경이 처음 수면위로 출현한 날, 첫 꽃이 개화한 날 및 개화량의 최대기는 Table 4-50와 같았다. 화경이 수중 위로 처음 출현한 날은 6월 10일 전후였는데, 화경출현이 가장 빠른 해는 2002년으로 6월 8일이었으며, 가장 늦은 해는 2006년으로 6월 16일로 2002년에 비해 8일이나 늦어졌다. 이 시기의 화경 길이는 화경이 물위로 출현하는 6월경에 백련지의 수심은 50-70cm로 관리하였다는 백련지의 일지를 감안할 때 50cm 이상 자란 것으로 추정되었다.

첫 꽃의 개화기는 화경출현이 빨랐던 2002년에 6월 18일로 가장 빨랐으며, 화경출현이 늦었던 2006년과 2000년에는 6월 27일로 늦은 것으로 나타나 이 자료만 놓고 보면 화경출현 시기에 비례해서 첫 꽃이 출현하는 것을 의미하지만 해에 따라서는 다소간에 차이가 있었다. 결국 축제의 대부분은 개화량이 많지 않은 시기에 이루어졌고, 그로 인해 백련축제는 연꽃보다는 연잎축제라는 말이 나올 수 있는 상황이었다.

Table 4-50. The flower-stalk emergence date, the first flowering date, the maximum flowering date of the native white lotus grown in Hoesan bank, Muan, Jeonnam.

Flowering characteristics	Year						
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
The flower-stalk emergence date (month, day)	6.15	6.11	6.8	6.12	6.14	6.10	6.16
The first flowering date (month, day)	6.27	6.22	6.18	6.23	6.24	6.20	6.27
The maximum flowering date (month, day)	8.24	8.23	8.21	8.25	8.24	8.18	8.27

무안 회산방죽 백련지에 식재된 자생백련의 시기별 화경의 출현 수, 개화 수 등을 조사한 일지를 분석한 결과 2001년의 경우 개화수량은 8월 23일에 최대기를 나타내었다(자료 미제시). 2001년의 경우 축제 기간을 8월 25일부터 8월 28일까지 하였으므로 개화량의 최대기가 축제기간 보다 빨랐으며, 축제 기간에는 개화량이 감소하는 시기였다. 개화최성기를 기준으로 하여 개화수가 1,000개 이상된 시기는 8월 11일부터 8월 29일까지로 18일 정도 되었다. 이러한 결과는 Table 4-50에서 해에 따른 개화량의 최대기 차이가 9일 정도로 나타난 점을 감안할 때 8월

20일 정도를 기준으로 하여 축제를 개최할 경우 개화 수량 측면에서는 일정한 양을 확보할 수 있을 것으로 나타났다.

무안 회산방죽 백련지 근처인 목포시의 월평균 기온을 조사한 결과 백련의 출엽이 이루어지지 않은 4월까지의 13.6°C 이하를 나타내었으며, 출엽이 이루어지는 5월은 16.8°C 이상을 나타내었다(자료 미제시). 월별 평균온도를 조사한 결과 2000년에는 16.8°C, 2002년에는 16.9°C로 낮은 반면 2003년에는 18.3°C로 다소 높게 나타났지만 2000년 및 2002년 5월과의 월평균 온도차는 1.4 및 1.5°C에 불과하였다. 6월의 평균온도는 21.2-22.9°C를 나타냈는데, 2001년에 가장 낮았고, 2005년에 가장 높았는데 그 차이는 1.7°C에 불과하였다. 7월의 평균온도는 23.1-25.8°C를 나타냈는데, 2003에 가장 낮았고, 2007년에 가장 높았으며, 온도 차이는 2.7°C로 다소 크게 나타났다. 개화가 본격적으로 이루어지고, 개화량의 최대기가 있는 8월의 평균온도는 24.8-28°C로 해에 따른 차이가 3.2°C로 다소 컸는데, 2002년에 최저를, 2006년에 최고 온도를 나타내었다. 결과적으로 출엽이 이루어지고 첫 화경이 출현되는 7월 이전에는 해에 따른 온도차이가 그다지 크지 않아 화경 출현에 미치는 영향도 적을 것으로 추정되었다.

무안 회산방죽 백련지 근처인 목포시의 월별 일조시간을 분석한 결과 백련의 출엽이 이루어지는 5월에는 149.1시간(2006년)에서 254.6시간(2005년)까지 다양했다(자료 미제시). 6월의 일조시간은 2002년에는 239.6시간, 2005년에는 188.1시간, 2006년에는 178.1시간 순으로 길었으며, 2001년에는 124.1시간으로 가장 짧았다. 7월의 일조시간은 2001년(204.2시간), 2000년(197.3시간), 2004년(182.2시간), 2005년(143.6시간)순이었으며, 2003년에는 74.7시간으로 가장 짧았다. 8월의 일조시간도 해에 따른 차이가 커서 2006년에는 231.8시간으로 가장 길었으며, 2002년에는 115.2시간으로 가장 짧았다.

무안 회산방죽 백련지 근처인 목포시의 월별 강수량을 분석한 결과 출엽이 이루어지는 5월의 경우 2006년에는 247.3mm로 가장 많았으며, 2001년에는 28.5mm로 가장 적었다(자료 미제시). 6월에는 5월에 강수량이 가장 적었던 2001년에 270.3mm로 가장 많았으며, 이어서 2000년에 22.4mm를 나타냈지만 2002년에는 97.0, 2003년에는 135.7mm를 나타내었다. 통상 장마기가 많은 7월은 2003년의 경우 402.4mm로 많은 양을 나타냈으며, 2004년에는 375.4mm, 2006년에는 333.3mm로 다소 많은 양을 나타내는데 비해 2001년에는 171.5mm만을 나타내었다. 8월에는 2002년의 경우 384.6mm로 가장 많은 양을 나타내는데 비해 2001년에는 102.8mm만을 나타내어 큰 차이를 보였다.

무안 회산방죽 백련지 자생백련의 개화기와 백련지 근처인 목포시의 월별 기후의 상관을 분석한 결과 첫 화경 출현은 1월의 평균기온 및 6월의 일조시간과 정의 상관을 나타냈으며, 첫꽃의 개화는 개화량의 최대기, 8월의 평균기온 및 8월의 일조시간과 5% 수준에서 유의한 정의 상관을 나타내었으며, 4월의 평균기온과는 5%수준에서 부의 상관을 나타내었다(자료 미제시).

일조시간과 개화특성과의 상관은 6월의 일조시간과 화경 출현일과의 상관을 보였는데, 이는 백련의 재배경험상 화경출현이 출엽과 관련이 있다는 점에서 일조시간을 증가시키면 화경출현을 촉진시킬 수 있을 것으로 생각된다. 또 8월의 일조시간이 첫 꽃의 개화와 상관을 나타냈는데, 8월은 첫 꽃이 핀 이후라는 점에서 다음 해의 첫 꽃과 상관이 있다는 것을 의미하므로 개화기나 개화기 이후의 일조시간이 이력으로 작용해 다음해의 첫꽃 개화를 촉진시키는지에 대한 구체적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

## (2) 무안 백련 재배지의 온도환경 및 시기별 꽃과 잎의 수량

무안군 청계면 월선리 백련 실험 포장과 무안군 일로읍 복용리 회산방죽 자생백련지의 온도환경을 기온, 수온, 지온으로 구분하여 조사한 결과 최고 기온은 27-38℃ 까지 온도 변화가 컸으며 최저기온은 18-25℃까지였다(자료 미제시). 이러한 결과는 2006년 무안군의 인근 지역인 목포지역에서 측정된 월평균 기온을 조사한 결과 6월에는 21.9, 7월에는 25.0, 8월에는 28.0였다(Im 등, 2007)는 보고와 비교할 때 상대적으로 높게 나타났는데, 이는 온도계가 햇볕에 노출된 데 의한 것으로 판단된다.

수온은 기온에 따른 변화가 있었지만 전반적으로 기온에 비해 변화가 적고 낮게 나타났으며, 지온은 22-25℃로 변화가 적었다. 본 연구는 연구가 늦게 시작되어 화아분화 등 개화특성을 구체적으로 조사하지는 못하였지만 개화기 전의 수온과 지온에 대한 조사는 보다 진전된 연구를 위한 좋은 자료가 될 것으로 생각된다.

백련의 종류별 개화시기와 양을 조사한 결과 가람 무안 자생백련은 7월 19일에 꽃망울 출현이 관찰되었다(자료 미제시). 무안자생 백련의 개화량의 최성기는 8월 17일로 3.3m<sup>2</sup>당 19개를 나타냈는데, 이는 2001년의 경우 8월 23일에 최성기를 나타냈다는 보고와 다소 차이를 나타냈다.

가람백련은 6월 15일에 꽃망울이 관찰된 8월 19일까지 오랜 기간 동안 꾸준히 개화한 것으로 나타났다. 반면에 청양백련과 인취사 백련은 6월 중순경에 꽃이 관찰되어 무안자생백련 보다 개화시기가 빨랐으나 7월 말 이후에는 관찰되지 않았다. 백화건련은 가람백련, 청양백련, 인취사 백련에 비해 개화시기가 늦어 7월 초순경에 꽃망울이 관찰되었지만 8월 하순까지도 다소 많은 꽃들이 꾸준히 피었다. 연꽃의 경우 조생종은 6월 상순에서 7월 하순까지, 만생종은 8월 상순에서 10월 상순까지 개화하며, 이 전 기간을 통해 개화하는 품종은 없다고 하였다. 그린 측면에서 청양 백련과 인취사 백련은 조생종이라 할 수 있었으며, 무안 백련은 만생종이라 할 수 있었다.

결론적으로 본 조사 결과 백련의 종류에 따라 개화시기나 양에 다소 차이가 있음을 확인하였는데, 무안 백련지의 무안 백련의 경우 Table 4-48에 나타난 것과 같이 8월 중하순 이후에 개화가 되고, 개화량도 많지 않기 때문에 무안백련 축제시 꽃의 양이 문제시되고 있다.

백련의 종류별 화뢰의 출현 후 개화까지의 화경장 신장반응을 조사한 결과 18-20일이 소요되었다(자료 미제시). 무안 자생백련의 경우 만개시까지 18일이 소요되었는데, 실제적으로는 담수로 인해 꽃망울을 찾기가 힘들어 35cm자란 상태에서 조사를 하였으므로 19-20일경이 소요되었을 것으로 추정된다. 가람백련과 청양백련도 무안 자생백련과 유사한 경향을 나타냈으며, 백화건련은 하루 정도 더 소요가 되는 것으로 나타났다. 화경장의 신장은 6일에서 10일 사이에 급격하게 자라는 것으로 나타났다. 개화시의 화경장은 백련의 종류에 따라 다소 차이를 나타냈는데, 전체적으로 97-162cm를 나타냈다.

백련 재배지에서 8월 중에 상품성이 있는 잎의 개수를 조사한 결과 전체적으로 3.3m<sup>2</sup> 당 25.0-35.8개였다(자료 미제시). 연의 종류에 따른 잎의 수는 좋은 잎의 경우 무안 백련에서 가장 많아 8월 1일에는 29.2개였는데, 점차 증가하여 8월 25일에는 35.8개였다. 상품성 있는 잎수가 가장 적은 것은 청양 백련으로 8월 1일에는 25.8개였으며, 8월 9일 이후에는 25.0개였다. 청양 백련 다음으로 상품성 있는 잎 수가 적은 것은 인취사 백련이었는데, 청양 백련과 인취사 백련은 Table 4-50에서와 같이 개화가 6-7월에 집중된 반면에 무안 백련은 개화가 8월 중에 집중되었다. 이러한 결과로 부터 청양 백련과 인취사 백련에서 상품성 있는 잎의 수가 무안 백

련에 비해 상대적으로 적은 것은 조생종이기 때문인 것으로 판단되므로 잎을 수확시는 개화 및 연근의 비대와 함께 이를 고려해야 할 것으로 생각된다. 실제로 상품성이 떨어진 잎 수는 청양 백련의 경우 28.3-30.0개 이며, 인취사 백련도 25.0-26.7개로 무안 백련의 15.0-16.7개에 비해 많이 나타났는데, 이는 청양 백련과 인취사 백련의 잎은 출엽된지 오래된 것이 많은데서 기인된 것으로 판단되었다.

백련 재배지에서 3.3m<sup>2</sup> 당 수확이 가능한 잎의 생체 중을 조사한 결과 무안 백련은 2.66-3.26kg으로 가장 많은 양을 수확할 수 있는 것으로 나타났다(자료 미제시). 반면에 인취사 백련은 1.57kg 정도 수확이 가능한 것으로 나타나 큰 차이를 보였다. 백련 재배지에서 3.3m<sup>2</sup> 당 수확이 가능한 잎의 생체중이 무안 백련과 인취사 백련 간에 이처럼 큰 차이가 난 것은 잎의 수 측면에서 무안 백련의 경우 잎이 많기 때문이었으며, 크기 측면에서도 무안 백련 잎은 크고 무거운 반면에 인취사 백련은 상대적으로 작고 가벼웠기 때문이었다. 따라서 단위면적당 잎의 수확량을 많이 생산하기 위해서는 무안 백련을 재배하는 것이 좋을 것으로 생각된다.

### (3) 무안 회산지 백련꽃의 근경생장과 개화특성

2007년 가을에 무안 회산지에서 자라는 백련으로부터 채종한 씨앗을 2008년 5월 4일에 파종하여 2008년 9월 4일 경에 굴취 조사한 결과 개화된 것은 관찰되지 않았으며, 주 근경이 분지되지 않은 것과 분지된 것으로 구분하였다(Table 4-51). 주 근경이 분지되지 않은 것은 90%를 차지하였으며, 7.8마디가 발생되었고, 각 마디에는 1개의 잎과 1~3마디의 측근경이 출현되어 자랐다. 실생번식한 것 중 주근경이 분지된 것은 모두 2개의 근경으로 분지되었는데, 주 근경의 각 마디에서는 1~3마디의 측 근경이 출현되어 자랐다.

비대한 근경을 식재한 백련은 주근경이 분지되지 않고 개화가 된 것, 주근경이 분지되지 않고 개화 되지 않는 것, 주 근경이 분지되고 개화가 이루어지는 것, 주 근경이 분지된 것으로 개화가 되지 않은 것의 4가지로 구분되었다. 주근경이 분지되지 않고 자라며 개화가 된 유형은 75%로 가장 많았는데, 9월 4일 굴취시 근경길이가 647cm였으며, 마디 수는 15마디였다. 주근경이 분지되고 개화가 이루어지는 유형은 5%에 불과했으나 근경은 604cm, 마디 수는 14마디였다. 반면에 개화가 되지 않은 유형은 주 근경의 분지 유무에 관계없이 근경 길이는 435cm 미만이었으며, 마디수도 11마디 이하였다.

Table 4-51. Rhizome growth of the white lotus from Muan Hoesan-lake. Rhizomes were dug out on September 4, 2008.

Propagation method	Rhizome growth	Number of nodes on the rhizomes			Rhizome length (cm)			Percentage (%)
		Main rhizome	Branched rhizomes	Lateral rhizome	Main rhizome	Branched rhizomes	Lateral rhizome	
Seedling	Non-branch and non-flower	9.0 bc <sup>z</sup>	0.0 b	1.6 b	97.5 c	0 d	15.0 d	90 a
	Branch rhizome and non-flower	7.8 c	5.9 a	1.2 c	76.2 d	59 c	12.3 e	10 c
Enlarged rhizome	Non-branch and flower	15.0 a	0.0 b	2.6 a	647.0 a	0 d	55.1 a	80 b
	Non-branch and non-flower	11.0 b	0.0 b	1.7 b	435.0 b	0 d	38.5 b	10 c
	Branch and flower	14.0 a	6.0 a	1.6 b	604.0 a	134 a	26.7 c	5 d
	Branch and non-flower	10.8 b	5.8 a	1.5 b	412.0 b	98 b	24.2 c	10 c

<sup>z</sup>Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

비대 된 근경의 근경 성장 유형에 따른 개화시기를 조사한 결과 주 근경이 분지되지 않고 자라며 개화 된 유형의 첫 번째 꽃은 7월 23일에, 마지막 5번째 꽃은 9월 1일에 개화되었다 (Table 4-52). 본 연구의 경우 비가림 비닐하우스 시설 내에서 백련을 재배하였음에도 불구하고 '가람' 백련의 경우 6월 말경부터 개화가 되어 7월 중·하순경에 개화 최성기를 나타냈다는 보고와 비교해 볼 때 무안 회산지 백련의 개화기는 1개월 이상 늦었다. 이는 무안 회산지 백련이 만생종이기 때문인 것으로 판단되었다. 꽃 간의 개화기 차이는 첫 번째 꽃과 두 번째 꽃의 경우 12일이었으며, 2번째 꽃과 세 번째 꽃은 11일, 세 번째 꽃과 네 번째 꽃은 9일로 점점 짧아졌는데, 이는 화아분화에서 개화까지의 기간을 고려 해 볼 때 7월 중순에서 8월 초순까지 근경생장과 화아분화가 활발하게 이루어진 결과에 의한 것으로 판단되었다.

Table 4-52. Flowering date for the white lotus grown at Muan Hoesan-lake of Jeonnam province. Enlarged rhizomes were planted on April 20, 2008.

Rhizome pattern	growth	Rhizome	Day to flower <sup>y</sup> (Date)				
			1st flowers	2nd flowers	3rd flowers	4th flowers	5th flowers
Flower branch	without	Main rhizome	23 ((July 23) a <sup>z</sup>	36 (Aug. 5) a	47 (Aug. 16) a	56 (Aug. 25) a	62 (Sep. 1) a
Flower rhizome	with branch	Main rhizome	32 (Aug. 1) b	41 (Aug. 10) b	0 b	61 (Aug. 30) b	0 b
		Branched rhizome	0 c	0 c	45 (Aug. 14) a	0 c	0 b

<sup>z</sup>Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

<sup>y</sup>Counted from July. 1 base.

무안 회산지 백련의 근경 성장 유형에 따른 개화 수를 조사한 결과 비대근경을 식재한 것 중 주 근경이 분지되지 않고 자라는 유형은 4.2개, 주 근경이 분지된 것으로 개화된 유형은 4.0 개였다(Table 4-59). 백련 1주당 꽃수는 4.0~4.2개로써 연꽃은 1주당 3~4개가 핀다는 보고와 다소 유사한 결과를 보였다. 그러나 본 실험의 경우 비대근경을 고무 통이라는 한정된 공간에 식재해서 재배했다는 점, 그리고 식용연의 근경은 16.9m까지 자란다는 점을 감안할 때 포장에 식재한 뒤 비배관리를 잘해 근경을 충분히 성장시킬 경우 무안 회산지 백련은 5개 이상의 개화 수를 확보할 수 있을 것으로 판단되었다.

실생번식 한 것은 모두 개화되지 않았는데, 그 원인은 Table 4-51에서와 9월 4일 수확시에 근경이 9마디 이하였고, Table 4-53에서와 같이 화경이 출현된 부위는 근경의 8마디부터라는 점에서 8월 10일 이전에 개화에 최소한으로 필요한 8마디를 확보하지 못했기 때문인 것으로 생각되었다. 그러므로 종자 파종 당년에 개화시키기 위해서는 파종시기를 앞당기고, 보온이나 가온시설에서 재배관리 등을 하여 주 근경이 8월 10일 이전에 8마디 이상 자라도록 해야 할 것으로 생각되었다

Table 4-53. Node sites of the native white lotus emerging the flower stalk. Enlarged rhizomes were planted at Muan Hoesan-lake on 2008.

Rhizome growth pattern	Rhizome	Number of flowers	Node sites on the main rhizome emerged the flower stalk				
			1st flowers	2nd flowers	3rd flowers	4th flowers	5th flowers
Flowering without branching	M a i n rhizome	4.4 a <sup>z</sup>	8.8 a	11.6 a	12.8 a	13.4 a	14.2 a
	M a i n rhizome	2.8 b	8.0 ab	10.0 ab	0 c	12.0 ab	0 b
Flowering with branching	Branched rhizome	1.2 c	0 c	0 c	4.0 <sup>y</sup> b	0 c	0 b

<sup>z</sup>Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

<sup>y</sup>Number of upper nodes which were branched.

화아는 출엽이 이루어진 엽병의 외측 부위에서 분화 및 형성되었으며, 엽병의 신장과 함께 화경 신장이 이루어 졌는데, 엽병이 먼저 자란 다음 화경이 신장했다(Fig. 4-36). 엽병 신장과 화경 신장의 시차는 백련의 8번째 또는 9번째 마디의 잎이 출엽되면 곧바로 화경 신장을 예측하는데 이용할 수 있을 것으로 생각된다. 분화된 화아는 대부분 엽병의 신장과 더불어 생장을 하였지만 Fig. 4-37와 같이 화아가 퇴화된 것도 관찰되었다. 그 원인은 체·내외의 환경조건에 의해 발생된 것으로 추정되며, 이에 대한 자세한 연구는 백련에서 흔히 발생하는 불개화 원인 규명이나 개화조절을 하는데 크게 도움이 될 것으로 생각된다.



Fig. 4-36. Flower stalk emerging from the rhizome of white lotus grown at Muan Hoesan-lake.



Fig. 4-37. The emerged and the decayed flower bud from the white lotus grown at Muan Hoesan-lake.

무안 회산지 자생백련의 개화 예측을 위해서는 화경이 지상부에 출현된 뒤 개화까지의 소요 일수와 더불어 화경장 길이별 개화 소요일을 파악하는 것도 의미가 있다. 그런 배경에서 화경이 지상부에 출현된 날부터 개화일까지 화경장의 신장 정도를 조사한 결과 개화는 화경이 지표면에 출현한 뒤 16일째에 이루어졌으며, 개화시 화경장은 지표면으로부터 159cm까지 자랐고, 1일 평균 9.9cm가 자란 것으로 나타났다(Table 4-54). 화경의 신장 정도는 화경이 지상부에 출현된 날로부터 4일째부터 8일째까지, 그리고 12일에서 14일째에 급격한 신장율을 보인 반면에 지상부에 출현한 2일째는 10cm, 4일째는 21cm로 1일 평균 5.3cm 신장에 불과했다. 그러므로 화아가 출현된 후 개화까지 소요되는 일수는 근경이 지하 15~20cm 깊이에서 성장하고, 화경이 신장 초기에는 5.3cm 정도가 자란 점을 감안할 때 “화경이 지표면까지 출현되는데 소요되는 3~4일+화경이 지표면에 출현된 날로부터 개화까지 소요되는 15일”이 되므로 18~19일 정도 소요되는 것으로 추정되었다. 이러한 결과는 백련의 개화는 화경이 지표면에서 출현한 뒤 19~20일 사이에 개화되었다(Park 등, 2008b)는 보고와 다소 차이가 있었는데, 이는 본 연구의 경우 비가림 시설 내에서 용기에 재배하였기 때문인 것으로 판단되었다.



Table 4-54. Changes in the sizes of flower stalk and flower bud for the native white lotus grown at Muan Hoesan-lake.

Characters	Size	Days after flower stalk emergence							
		2	4	6	8	10	12	14	16
Flower stalk	Length (cm)	10.0 f <sup>z</sup>	23.0 e	51.0 d	80.0 c	101.0 bc	120.0 b	155.0 a	159.0 a
	Dia. (cm)	0.8 c	0.9 c	1.2 b	1.3 ab	1.4 a	1.5 a	1.5 a	1.5 a
Flower bud	Length (cm)	1.3 f	3.0 e	4.1 d	5.8 cd	7.5 c	9.0 b	11.7 a	Full bloom
	Dia. (cm)	0.7 d	1.2 cd	2.0 c	2.5 c	3.1 bc	4.0 b	6.5 a	Full bloom

<sup>z</sup>Mean separation within rows by Duncan's multiple range test at 5% level.

무안 회산지 백련의 꽃이 개화되기 2일 전의 꽃잎 색도는 a\*값의 경우 색좌표상에서 -9.2로 적색방향에 위치해 있었다(자료 미제시). 만개된 꽃 외측 꽃잎의 a\*값은 -5.6을 나타내었으나 중간 부위 및 내측 꽃은 백색을 나타냈다(자료 미제시). 수술은 Hunter b\*값이 61.0을 나타낼 정도로 황색정도가 강했으며, 연밥은 연한 녹색과 황색이 혼재되어 있었다.

만개된 꽃의 크기는 높이 15.3cm, 폭 28.2cm 였으며, 꽃잎은 22.5개, 수술은 268.9개였다(자료 미제시). 꽃의 수명은 3.1일이었는데, 식용연의 개화는 하루 중에 오전 6:00~7:00시에 꽃잎이 최대로 열리고 오전 12:00시 경에 닫히며, 이것이 4일정도 지속된다는 보고에 비해 다소 짧은 경향을 나타내었다. 꽃의 1개당 무게는 신선한 꽃잎만을 측정 한 결과 28.2g이었으며, 건조된 꽃잎의 무게는 9.9g이었는데, 이는 꽃의 이용측면에서 관상기간이나 필요량을 산출하는데 도움이 될 것으로 생각되었다.

라. 무안 자생백련 실생묘의 근경생장과 출엽 특성

무안 자생백련 종자를 2008년 5월에 파종 하여 주근경의 성장정도를 조사한 결과 8월 4일에는 89cm, 9월 1일에는 100cm, 10월 10일에는 133cm가 자란 것으로 나타났다(자료 미제시). 근경의 마디 수는 8월 4일까지는 8마디가 정도 자랐으며, 9월 1일에는 11마디 그리고 10월 10일에는 13마디였다. 마디 위치별 길이는 종자에서 싹이 나와 3번째 마디까지는 11cm 이하를 나타냈으나 5-6번째 마디는 12-16cm를 나타내었으며, 8월 4일과 9월 1일에 굴취 한 것은 8번째 마디 이후부터 10cm 이하를 나타내었다. 주 근경의 마디 길이가 이처럼 위치에 따라 다른 것은 온도와 일장에 의한 영향인 것으로 추정되었다. 즉, 1번째 마디에서 5번째 마디까지는 마디 길이가 점점 길어지는 경향을 나타냈는데, 이는 종자에서 싹이 튼 후 온도가 높아지고 일장이 길어졌기 때문이며, 8번째 마디부터는 마디사이가 짧아지는 경향을 나타냈는데, 이 시기는 일장이 짧아지는 시기에 해당되는 시기이므로, 단일에 의해 휴면이 유도되면서 근경의 비대가 시작되는 특성 때문인 것으로 해석되었다.

측 근경은 주 근경의 각 마디에서 1-3마디씩 자랐는데 조사 시기에 따라 차이가 있어 8월 4일에는 주 근경의 5번째와 6번째 마디에서는 2개의 마디가 나왔고, 나머지 마디에서는 1마디를 가진 측근경이 나왔다(Table 4-55). 9월 1일에 굴취 한 것도 측근경은 1-2마디만 자랐으나 10월 10일에 굴취 한 것은 9, 10 및 11번째 마디에서 3-4마디까지 자라서 근경의 정단부가 비대 되는 시기에 측근경의 분지도 많이 이루어지는 것으로 나타났다.

Table 4-55. Internode length and diameter of the white lotus seedlings' lateral rhizomes which were sown on May, 2008, and grown in Muan, Jeonnam districts.

Node of main rhizome	Position of lateral rhizome on the node	Length (cm)			Diameter (cm)		
		Aug. 4	Sep. 1	Oct. 10	Aug. 4	Sep. 1	Oct. 10
3	1	6 c <sup>z</sup>	7 b	8 b	0.2	0.2 e	0.2 e
4	1	6 c	7 b	6 c	0.2	0.2 e	0.2 e
5	1	11 a	11 a	12 a	0.3	0.3 de	0.4 de
	2	7 bc	9 ab	8 b	0.2	0.3 de	0.3 e
6	1	10 a	10 a	12 a	0.3	0.3 de	0.3 e
	2	8 b	9 ab	10 ab	0.2	0.3 de	0.5 d
7	1	5 d	11 a	11 a	0.3	0.4 d	0.5 d
	-	- <sup>y</sup>	10 a	10 ab	-	0.6 bc	0.6 d
8	1	4 d	8 b	9 b	0.2	0.8 b	0.6 d
	2	-	6 bc	10 ab	-	1.0 ab	0.6 d
9	1	-	6 bc	10 ab	-	1.2 a	0.8 cd
	2	-	4 d	5 c	-	1.0 ab	0.6 d
	3	-	-	3 d	-	-	1.0 c
	4	-	-	3 d	-	-	1.0 c
10	1	-	4 d	12 a	-	1.0 ab	0.8 cd
	2	-	-	6 c	-	-	2.0 a
	3	-	-	4 d	-	-	1.5 b
11	1	-	-	6 c	-	-	0.8 cd
	2	-	-	3 d	-	-	0.6 d
	3	-	-	-	-	-	-
Total	34	57	102	148	1.9	7.6	13.3

<sup>z</sup>Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

<sup>y</sup>Not observed.

무안 자생백련 종자를 2008년 5월에 파종하여 재배한 후 출엽 된 잎의 최대 길이와 폭을 조사한 결과 각각 18cm와 19cm였다(자료 미제시). 잎은 말린 상태로 출엽되었으며, 출엽 과정에서는 세로 길이가 길었으나 완전히 펼쳐진 잎은 폭의 길이가 넓었고, 측 근경에서 출엽 된 것들은 대부분 주 근경에서 출엽 된 잎들에 비해 작은 크기였다. 마디별로는 1번째와 2번째 마디에서 출현된 잎들은 재배과정 중에 부패되었으며, 4번째 마디 이후의 주 근경에서 출엽 된 것들은 서리가 내릴 때까지 관상이 가능하였는데, 세로길이와 폭 모두 12cm 이상으로 큰 경향을 나타냈다. 10월 10일 굴취시 잎은 측 근경에서 출현된 것 까지 포함해 총 12매였는데, 이는 종구심어 재배한 식용연의 잎 수는 29매였다는 보고와 비교할 때 1/2수준 미만으로 작았지만 실생묘를 이용한 수변 공간 조성시 실생묘 1주당 조경면적 등을 계산하는데 중요한 자료가 될 것으로 생각된다.

무안 자생 백련 실생묘의 잎자루 최대 길이는 8월 4일에는 42cm이었으며, 9월 1일과 10월 10일 조사시는 각각 55cm 및 56cm이었다(Table 4-56). 잎자루의 길이는 일장, 수심, 토양의 비옥도 등 여러 요인에 의해 차이가 있을 수 있으나 본 연구에서와 같이 최대 56cm로 나타난 결과는 실생묘를 이용한 번식 및 조경시에 조성공간, 수위 조절 등에 중요한 자료로 활용될 수 있을 것으로 생각된다.

한편, 연 잎은 선 잎(upright leaf)과 뜬 잎(floating)으로 구별되는데 잎자루 길이에서 토층과

수위를 빼게 되면 25cm 정도의 길이까지는 뜯 잎이라 할 때 일부 측 근경에서 자란 잎자루와 9월 1일에 수확한 연의 9번째 마디에서 자란 것 그리고 10월 10일에 굴취 한 것의 10번째 마디에서 자란 것은 뜯 잎이라 할 수 있다. 그런데, 연의 수확시에는 보통 1, 2마디에서 출엽 된 뜯 잎은 부패되어 없어진 상태이고, 비대근경이 있는 주근경의 정단부에서 자란 뜯 잎은 그 형태가 남아 있다는 점에서 10월 10일에 굴취했을 때 10번째 마디에서 조사된 뜯 잎은 비대근경이 묻혀 있는 위치를 아는 표식으로 활용할 수 있을 것으로 생각된다.

Table 4-56. Leaf stalk length and width of the white lotus seedlings which were sown on May, 2008, and grown in Muan, Jeonnam districts.

Position of the rhizome on the node	Position of lateral rhizome on the node	Leaf stalk length (cm)			Leaf stalk diameter (cm)		
		Aug. 4	Sep. 1	Oct. 10	Aug. 4	Sep. 1	Oct. 10
1	0	- <sup>y</sup>	-	-	-	-	-
2	0	-	-	-	-	-	-
3	0	22 cd <sup>z</sup>	22 d	31 cd	0.3 ab	0.3 ab	0.3 b
	1	18 d	20 d	19 e	0.2 b	0.2 b	0.2 c
4	0	28 c	39 bc	45 b	0.3 ab	0.3 ab	0.3 b
	1	-	26 d	25 d	-	0.2 b	0.2 c
5	0	43 a	43 b	53 a	0.4 a	0.4 a	0.4 ab
	1	24 cd	25 d	27 d	0.2 b	0.3 ab	0.2 c
6	0	42 a	55 a	55 a	0.4 a	0.5 a	0.5 a
	1	21 d	24 d	25 d	0.3 ab	0.3 ab	0.3 b
7	0	36 b	53 a	56 a	0.4 a	0.5 a	0.5 a
8	0	22 cd	53 a	54 a	0.2 b	0.5 a	0.5 a
9	0	-	24 d	44 b	-	0.3 ab	0.4 ab
10	0	-	-	24 d	-	-	0.3 b
11	0	-	-	-	-	-	-
12	0	-	-	-	-	-	-
13	0	-	-	-	-	-	-
Total							

<sup>z</sup>Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

<sup>y</sup>Not observed.

무안 자생백련 종자를 2008년 5월에 파종하여 재배한 후 시기별로 비대근경을 조사한 결과 8월 4일에는 비대근경이 형성되지 않았으며, 9월 4일 굴취시에는 비대근경이 관찰되었다(자료 미제시). 비대근경의 수와 무게는 9월 4일 굴취시는 1.3개의 비대근경이 형성되어 10.3g을 나타냈으며, 10월 10일에는 3.7개의 비대근경이 형성되어 78.8g을 나타내었다(자료 미제시). 이들 비대근경은 작고 생산성이 낮기 때문에 식용측면에서는 큰 의미가 없었다. 다만, 번식측면에서 의미가 있었는데, 종구용 비대근경은 정단부에 생장점이 있으며, 2마디 이상이 사용된다는 측면에서 무안 자생 백련 실생묘 1주당 3.7개 정도의 종구를 수확할 수 있는 것으로 나타났다.

#### (4) 연 '엘로우버드'의 개화와 결실 특성

연 '엘로우버드'를 4월 15일에 용기에 식재하여 비가림 재배한 것의 첫 번째 꽃은 7월 19-25일 사이에 채식 개체의 77.3%인 17 개체에서 개화하였으며, 두 번째 꽃은 8월 1-7일 사이에 채식개체의 80.0%인 16개체에서 개화가 이루어졌다(Table 4-57). 첫 번째 꽃과 두 번째 꽃의

개화 시차는 첫 번째 꽃과 두 번째 꽃이 집중적으로 핀 7월 19-25일과 8월 1-7일은 12-19일의 일차가 생기므로 15일 전후가 되는 것으로 추정되었다. 또 연꽃은 오전 6:00-7:00 사이에 꽃잎이 최대로 열리고, 오전 12시경에 닫히며, 4일정도 지속된다는 점을 감안할 때 ‘엘로우버드’ 1주 만을 식재시는 첫 번째 꽃을 감상하고 나서 두 번째 꽃을 감상하기까지 10일 정도는 꽃망울이 있는 상태가 지속됨을 알 수 있었다.

개화율은 식재한 28개중 22개의 개체에서 개화를 하여 78.6%의 개화율을 보였다(Table 4-58). 개화가 된 것 22개체 중 20개(90.9%)는 2개의 꽃대가 추대되었으며, 2개(9.1%)는 1개의 화경만 출현하여 꽃이 피었다. 이러한 결과로 보아 ‘엘로우버드’를 화훼용으로 용기에 식재하여 관행에 준하여 재배할 경우 식재한 것의 90% 정도는 개체 당 2개의 꽃을 감상할 수 있을 것으로 생각된다.

Table 4-57. Number of flowering plants in first and second flowers bloomed during flowering period in *Nelumbo nucifera* ‘Yellow Bud’ planted April 18, 2008.

Flower	Number of flowering plants (%)				Total
	19-25, July	26-31, July	1-7, August	8-14, August	
1st	17(77.3) a <sup>z</sup>	4(18.2) b	1(4.5) c	0(0.0) d	22(100)
2nd	0(0.0) d	1(5.0) c	16(80.0) a	3(15.0) b	20(100)

<sup>z</sup>Mean separation within a row by Duncan’s multiple range test at 5% level.

Table 4-58. Number of plants bloomed from *Nelumbo nucifera* ‘Yellow Bud’ planted April 18, 2008.

Characters	No. of flowers / plant			Total
	0	1	2	
No. of plant	6(21.4) b <sup>z</sup>	2(7.1) c	20(71.5) a	28(100)

<sup>z</sup>Mean separation within a row by Duncan’s multiple range test at 5% level.

‘엘로우버드’의 첫 번째 꽃이 피고 난 직후에 근경을 굴취하여 추대가 된 마디를 조사한 결과 첫 번째 꽃이 핀 것은 주근경의 8번째 마디에서 추대된 것이었으며, 2번째 개화 예정인 꽃망울은 10번째 마디에서 출현되었다(Fig. 4-38). 연꽃은 7-10마디에서 2-3송이가 피는 것으로 알려져 있는데, 본 연구 결과에서도 ‘엘로우버드’는 8번째 마디와 10번째 마디에서 개화되었다.

근경의 각 마디에서는 잎과 1-3마디를 가진 분지경이 출현되었으며, 화경이 출현한 8번째와 10번째 마디에서는 잎이 출현된 후 잎자루 외 기부 쪽에서 화아가 출현되었다. 추대는 조사한 개체에서 공통적으로 8번째 마디와 10번째 마디에서 이루어졌는데, 이는 첫 번째 추대를 위해서는 8마디 이상을 확보해야 하고, 2번째 개화를 위해서는 10마디 이상을 확보해야 함을 의미한다고 할 수 있다. 그런데 연은 단일 조건에서 휴면을 하는 특성을 갖고 있다는 점을 감안할 때 추대를 위한 마디 확보 시기는 첫 번째 개화가 7월 19-25일에, 두 번째 개화는 8월 1-7일에 집중된 점(Table 4-57)를 고려할 때 이로부터 화아가 출현된 날짜를 역산한 시기임을 알 수 있었다.

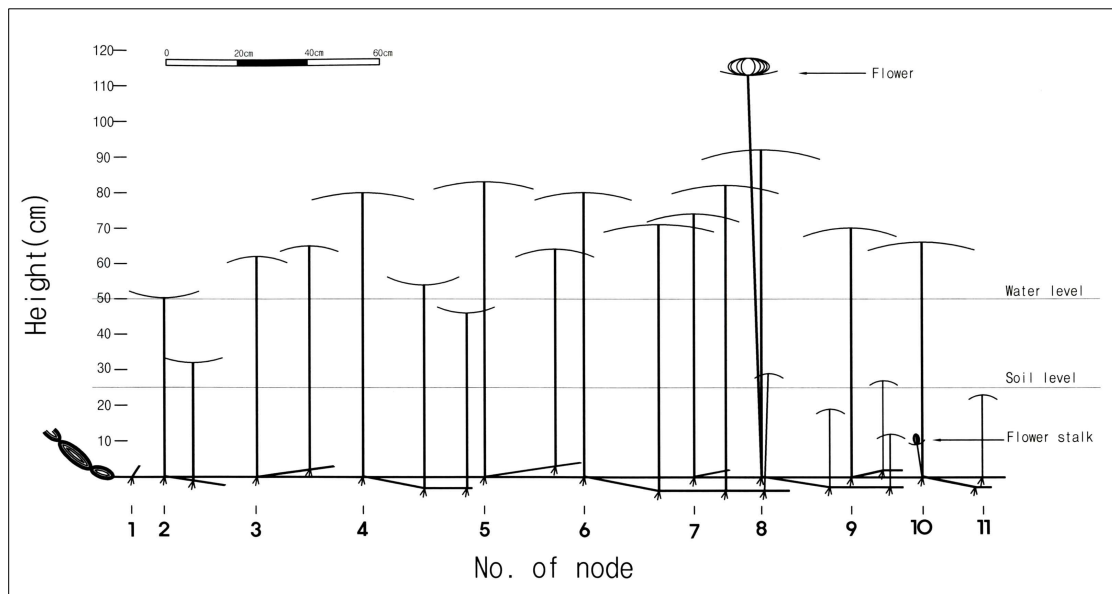


Fig. 4-38. The elongation of rhizome and the position of flower stalk formation for the *Nelumbo nucifera* 'Yellow Bud', which were dug out on August 1, 2008.

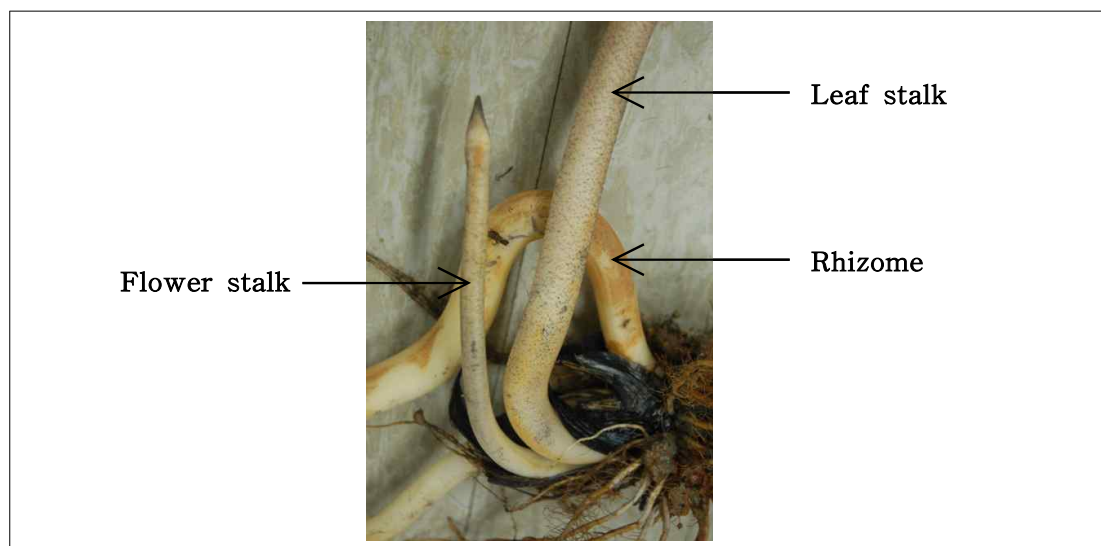


Fig. 4-39. The positions of leaves and flower stalk formation in the internode of rhizome for the *Nelumbo nucifera* 'Yellow Bud'.

화경은 직경이 1.0cm 정도였고, 길이는 지표면으로부터 112cm 정도까지 자랐으며, 개화는 화경이 지표면에 출현한 뒤 15일경에 이루어졌다(Table 4-59). 화경의 신장은 화경이 지표면에 출현된 날로부터 7일째까지는 하루에 8-10cm 정도 자랐으며, 8일째부터 11일째까지는 신장속도가 다소 둔화되어 5-6cm 정도로 자라다가 개화 2-3일경에는 급속하게 신장하여 하루에 9-20cm까지 자라는 것으로 나타났다. 화회는 화경이 지상부로 출현된 후 서서히 자라다가 개화 4일전부터는 길이와 직경 모두 급격한 신장을 나타낸 후 황색 꽃을 피웠다(Fig. 4-38). 화아가 출현된 후 개화까지 소요되는 일수는 근경이 지하 15-20cm 깊이에서 성장하고, 화경신장

이 Table 4-59에서와 같이 하루에 9-10cm 정도 자란 점을 감안할 때 “화경이 지표면까지 출현되는데 소요되는 2일+화경이 지표면에 출현된 날로부터 개화까지 소요되는 15일”이므로 17일 정도 소요되는 것으로 추정되었다. 이러한 결과는 화경이 지표면에서 출현한 뒤 19-20일 사이에 개화하는 자생 백련 4종류의 특성과 비교해 볼 때 4-5일 정도 짧았다.

화경의 출현은 Fig. 4-39에서와 같이 근경의 8번째와 10번째 마디에서 잎이 먼저 출현된 후 잎자루 외기부 쪽에서 화아가 형성되어 추대되는 것으로 나타났는데, 이는 근경의 8번째 및 10번째 마디에서 나온 잎을 통해 개화시기와 화경출현을 예측할 수 있다는 점에서 중요한 의미를 지닌다고 할 수 있다. 그래서 화경신장과 잎자루 및 잎의 신장 정도를 조사한 결과 엽병은 화경이 지상부에 출현시 58cm 였으며, 9일째부터는 92cm로 자란 다음 개화 및 결실기까지 큰 변화가 없었다. 잎은 화뢰가 지상부에 출현시 장경 27cm, 횡경 22.2cm로 장경이 길었으나 8일이 지나면서부터는 장경 30cm, 횡경 32cm로 횡경이 길었으며, 이 크기는 개화하여 결실이 될 때까지 큰 변화가 없었다.

Table 4-59. Change in morphological characteristics of *Nelumbo nucifera* ‘Yellow Bud’.

Characters	Days after flower stalk emergence (days)								
	1	3	5	7	9	11	13	15	
Flower stalk	Length (cm)	2.0 g <sup>z</sup>	21.0 f	42.0 e	58.0 d	69.0 cd	79.0 c	108.0 ab	112.0 a
	Dia. (cm)	0.4 d	0.6 c	0.7 bc	0.8 b	1.0 a	1.0 a	1.0 a	1.0 a
Flower bud	Length (cm)	1.4 d	1.7 cd	2.1 c	2.5 c	3.2 bc	4.8 b	7.0 a	Flowering
	Dia. (cm)	0.5 d	0.7 d	1.2 c	1.4 c	2.0 b	2.6 b	4.1 a	Flowering
Leaf stalk	Length (cm)	58.0 d	68.0 cd	74.0 c	83.0 b	92.0 a	92.0 a	92.0 a	92.0 a
	Dia. (cm)	0.6 c	0.7 bc	0.8 b	0.9 ab	1.0 a	1.0 a	1.0 a	1.0 a
Leaf	Length (cm)	27.0 b	29.0 ab	29.0 ab	29.0 ab	30.0 a	30.0 a	30.0 a	30.0 a
	Width (cm)	22.0 c	26.0 b	30.0 ab	31.0 ab	32.0 a	32.0 a	32.0 a	32.0 a

<sup>z</sup>Mean separation within a row by Duncan’s multiple range test at 5% level.

‘옐로우버드’의 꽃이 만개 되었을 때 크기는 높이 12±0.5cm, 폭 13±0.8cm였으며, 색좌표에서 청색과 황색정도를 나타내는 b값은 23.5±3.7을 나타내었다(Table 4-79). 꽃잎 수는 19±1.8로 꽃간에 1.8개의 편차가 있었다. 꽃의 관상 가능일은 3.5±0.5일 이었는데, 식용 연의 개화기간은 4일정도 지속된다는 보고와 유사한 경향을 나타내었다. 꽃의 건조중은 꽃잎만을 따서 수분함량이 4% 이하가 되도록 건조한 결과 2.9g 이었는데, 이는 꽃의 이용측면에서 필요량을 산출하는데 도움이 될 것으로 생각된다.

Table 4-60. Characteristics of flower of the *Nelumbo nucifera* ‘Yellow Bud’.

Flower size (cm)		Flower color (Hunter value)			No. of petals	Longevity of flowers (days)	Petal dry weight (g/ea)
Height	Width	L*	a*	b*			
12±0.5	13±0.8	81.3±5.6	2.7±1.2	23.5±3.7	19±1.8	3.5±0.5	2.9±0.6

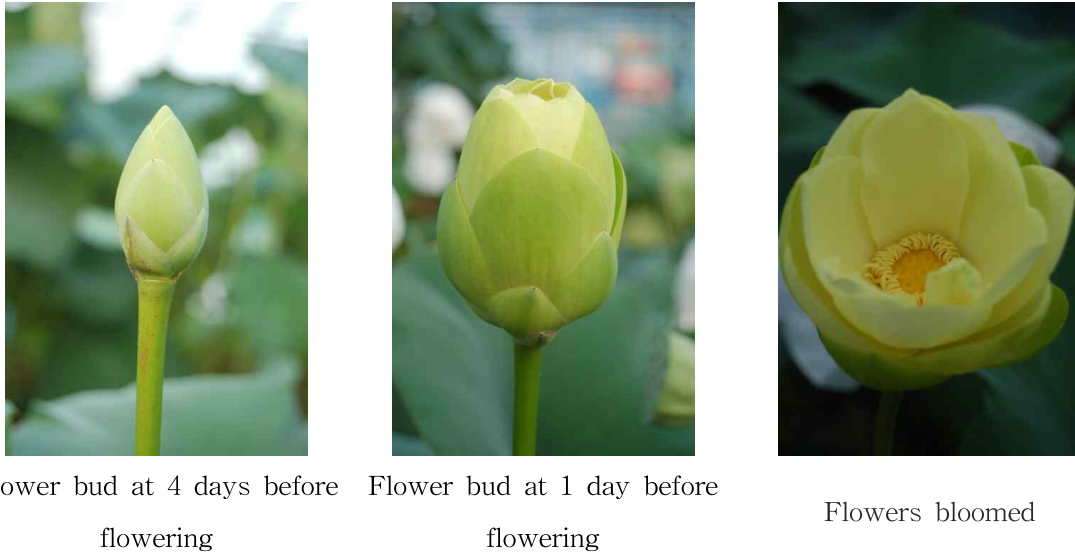


Fig. 4-40. Flower buds of *Nelumbo nucifera* 'Yellow Bud' and their shapes (flower height and width were  $12\pm 0.5\text{cm}$  and  $13\pm 0.8\text{cm}$ , respectively).

연을 화훼로 이용시 문제가 되는 것 중의 하나는 개화시기가 해에 따라 좌우되는 것과 함께 불개화 개체가 발생하는 것인데, 현재 이 부분에 대해서는 연구가 거의 이루어지지 않은 실정이다. 이러한 배경에서 불개화 원인을 규명하고자 개화가 되지 않은 6개의 개체를 골취하여 정상적인 개화가 이루어진 연(Fig. 4-40)과 비교한 결과 성장 둔화에 의해 추대에 필요한 근경 마디 수의 미확보로 추정되는 것 3개, 블라인드로 된 것이 1개, 다분지에 의해 추대에 필요한 주근경 마디 수의 미확보로 추정되는 것이 2개였다(자료미제시). 추대에 필요한 근경 마디 수의 미확보로 추정되는 것 3개는 골취시 주 근경이 모두 11마디 미만인데 비해 개화가 된 것들은 14-16마디 정도로 자랐다. 이것은 추대가 이루어진 8번째 마디를 기준으로 할 때는 6-8마디, 10번째 마디를 기준으로 할 때는 4-6마디가 더 많았는데, 이들 마디 수가 개화 이후에 자란 것으로 추정해 볼 때 개화가 되지 않은 개체들은 추대시기에 추대를 위한 마디 수를 확보하지 못했고, 그것이 원인으로 되어 개화가 되지 않은 것으로 추정해 볼 수 있었다.

꽃망울이 블라인드화 된 것은 근경 마디 수의 경우 개화가 된 '엘로우버드' 처럼 자랐으나 8번째와 10번째 주 근경 마디에서 출현된 엽병 외기부에서 퇴화된 것과 고사된 꽃망울이 관찰되었다(Fig. 4-41). 다분지에 의해 추대에 필요한 주 근경 마디 수의 미확보로 추정되는 것 2개 중 하나는 주 근경이 3번째 마디에서 2개로 갈라져 성장해 한 쪽은 9마디가 자랐으며, 다른 쪽은 8마디가 자라 전체적으로는 17마디였으나 개화가 된 연꽃이 추대가 되던 시기의 근경 마디 수는 2개로 갈라진 분지경 모두 8마디 이하였다(Fig. 4-42). 다른 하나는 주 근경이 3개로 갈라진 상태에서 성장상태가 좋았으나 8마디 이상을 확보한 주근경이 없었다.

이와 같이 개화가 이루어지지 않은 '엘로우버드' 연의 지하부 상태를 관찰한 결과 추대를 위한 마디 수의 미확보와 더불어 블라인드 된 것이 나타났다. 따라서 마디 수와 블라인드는 불개화와 연관이 있을 것으로 생각되며, 앞으로 이 부분에 대한 상세한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

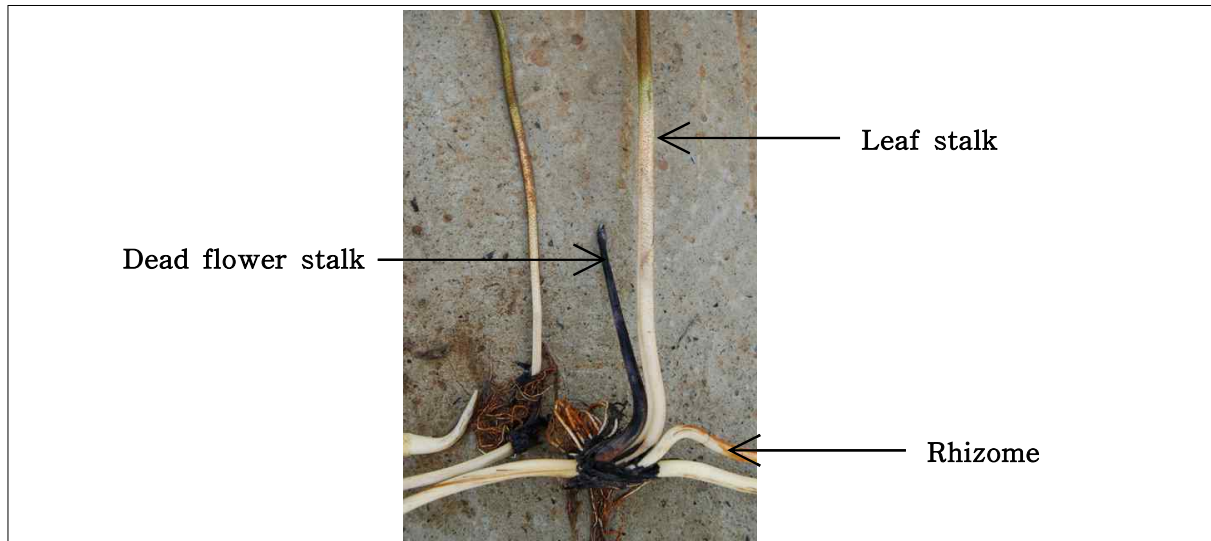


Fig. 4-41. Dead flower stalk of *Nelumbo nucifera* 'Yellow Bud' in the underground parts.

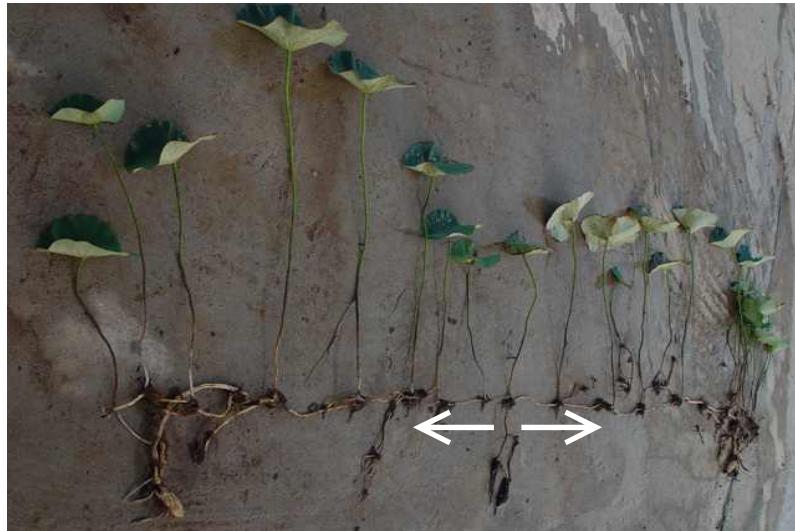


Fig. 4-42. The rhizome of *Nelumbo nucifera* 'Yellow Bud' that those main rhizome was branched into two rhizomes and didn't come into bloom. Lotus plants were harvested on Aug. 20, 2008.

개화 직후의 연밥의 높이는 종자 수에 따른 차이가 없었으나 직경은 종자수가 1-5개일 때는 2.7cm, 11-20개일 때는 2.9cm를 나타내었다(자료 미제시). 연밥은 개화 후 25일째까지 생장을 하여 높이는 종자수가 10개 미만일 때는 4.4cm, 16-20개 일 때는 4.2cm로 종자수가 많을수록 작은 경향을 나타내었으나 직경은 종자수가 1-5개인 것은 3.5cm인데 비해 16-20개인 것은 9.1cm로 종자수가 많을수록 큰 경향을 나타내었다.

종자의 성숙은 연밥의 크기 변화가 없는 폐화 후 25일 후인 30일 전후에 이루어졌으며, 연밥 당 종자 수는 10개 이하인 것이 10개, 16-20개인 것이 7개였으며, 11-15개인 것이 17개로 가장 많았다(자료 미제시). 결실율은 76-100%인 것이 52.9%로 가장 많아 대체적으로 결실율이 좋았으나 25% 이하인 것도 14.7%였다.



종자수와 결실을 관계는 연밥당 종자가 15개 이하일 때는 50.0% 이상이 76-100%의 결실율을 나타내었으나 종자가 16개 이상일 때는 85.7%가 75% 이하의 결실율을 나타내어 연밥당 종자수가 적을 때가 상대적으로 결실율이 높게 나타났다.

종자의 크기는 성숙 종자의 경우 가로  $1.4 \pm 0.4\text{cm}$ , 세로  $1.5 \pm 0.2\text{cm}$  크기에  $1.3 \pm 0.6\text{g}$ 으로 Fig. 4-43과 같이 원형에 가까운 타원형이었으나 미숙종자는 세로의 경우 건전한 종자와 큰 차이가 없었으나 가로는 0.9cm 미만에 무게도 0.5g 이하를 나타냈다.



Fig. 4-43. Six poor seeds (the left of half line) and six full ripened seeds (the right of half line) of *Nelumbo nucifera* 'Yellow Bud'.

(5) 생장조절제 처리가 연의 개화, 연잎 및 연근에 미치는 영향

연 '옐로우버드'를 4월 15일에 용기에 식재하여 GA, ABA 및 Ethephon은 각각 500 및 1,000ppm를, Daminozide는 300 및 1,000ppm를 7월 1일, 7일 및 14일로 3회에 걸쳐 엽면 살포한 결과 첫 번째 꽃은 7.27일에서 7월 31일 사이에 개화되었다(Table 4-61). 생장조절제 무처리구는 7월 30일에 개화한데 비해 ABA 및 Ethephon 1,000ppm 처리구는 각각 7월 27일에 개화가 이루어져 3일정도 개화가 촉진되는 경향을 나타내었다. 두 번째 꽃은 8월 11일에서 8월 16일 사이에 개화되었는데, 무처리구가 8월 14일에 개화된데 비해, Ethephon 1,000ppm 처리구는 8월 11일에 개화되어 3일정도 개화 촉진 효과가 있었다. 이와 같이 ABA 및 Ethephon 1,000ppm 처리구에서는 개화가 3일 정도 촉진되었지만 연꽃 축제의 경우 1주일 이상이 지속되고, 생장조절제 처리 비용과 그에 따른 환경오염 등을 감안할 때 3일정도의 개화촉진 효과는 큰 의미가 없는 것으로 판단되었다. 이 부분에 대해서는 실용측면뿐만 아니라 학술적인 측면에서도 보다 깊이 있는 연구가 필요하겠지만 본 연구결과를 축제와 관련된 개화촉진 측면과 결부시켜 볼 때 생장조절제의 이용은 바람직하지 않은 것으로 판단되었다.

첫 번째 꽃과 두 번째 피기까지의 일차는 15일 전후가 되는 것으로 나타났는데, 연꽃은 오전 6:00-7:00 사이에 꽃잎이 최대로 열리고, 오전 12시경에 닫히며, 4일정도 지속된다는 점을 감안할 때 '옐로우버드' 1주 만을 식재시는 첫 번째 꽃을 감상하고 나서 두 번째 꽃을 감상하기까지 10일 정도는 꽃망울이 있는 상태가 지속됨을 알 수 있었다.

Table 4-61. Flowering of *Nelumbo nucifera* 'Yellow Bud' planted on April 18, 2008.

Plant growth regulator treatment	Concentration(ppm)	Flowering date(month, day)	
		First flower	Second flower
Control	0	7.30	8.14
GA	500	7.31	8.14
	1,000	7.30	8.16
ABA	500	7.31	8.15
	1,000	7.27	8.12
Ethephon	500	7.28	8.12
	1,000	7.27	8.11
Daminozide	300	7.30	8.14
	1,000	7.31	8.13

연 '옐로우버드'를 4월 15일에 용기에 식재하여 GA, ABA 및 Ethephon은 각각 500 및 1,000ppm를, Daminozide는 300 및 1,000ppm를 7월 1일, 7일 및 14일의 3회에 걸쳐 엽면 살포한 후 8월 15일에 잎의 수를 조사한 결과 뜬잎은 4-8개, 선잎은 12-18개였다(Table 4-62). 연잎은 주근경과 측 근경의 각 마디에서 1개의 잎이 나와서 자라며, 물에 뜨는 뜬잎(浮葉)과 물위로 자라는 선잎(立葉)으로 구분되는데, 뜬잎의 경우 무처리구는 8개인데 비해 Ethephon 500ppm 처리구에서 4개, GA 500ppm 및 Ethephon 1,000ppm 처리구는 각각 5개로 무처리구에 비해 3-4개 정도가 적었다. 선잎은 13-20개였는데, 무처리구와 GA 500ppm 처리구는 13개인데 비해 GA 1,000ppm 처리구는 20개, Daminozide 300ppm 처리구는 18개로 대조구에 비해 5-8개 정도 많았다. 이와 같이 성장조절에 처리에 따른 잎 수의 증가는 연의 경우 연근과 잎 등 모든 부위를 가공용으로 이용하기 때문에 수확량 측면에서 의의가 있을 수 있으나 친환경적인 생산이라는 측면에서는 큰 의미가 없는 것으로 생각되었다. 다만 화훼용으로 이용할 경우에는 광합성 등의 작용을 하면서 개화, 결실, C/N율, 영양기관 비대 등은 물론 관상성에 영향을 미칠 수 있을 것으로 판단되었다.

Table 4-62. Effect of plant growth regulator treatment on the leaf emergence of lotus, 'Yellow bud'.

Plant growth regulator treatment	Concentration (ppm)	Number leaves		Total
		Leaves floating on the water(%)	Standing leaves(%)	
Control	0	8 (100) a <sup>z</sup>	13 (100) e	21 (100) e
GA	500	5 (62.5) cd	13 (100) e	18 (85.7) f
	1,000	8 (100) a	20 (153.8) a	28 (133.3) a
ABA	500	8 (100) a	16 (123.1) c	24 (114.3) bc
	1,000	8 (100) a	15 (115.4) cd	23 (109.5) cd
Ethephon	500	4 (50.0) d	12 (92.3) ef	16 (76.2) g
	1,000	5 (62.5) cd	13 (100) e	18 (85.7) f
Daminozide	300	7 (87.5) b	18 (138.5) b	25 (119.0) b
	1,000	7 (87.5) b	15 (115.4) cd	22 (104.8) de

<sup>z</sup>We have planted the containers with the white lotus on Apr. 20, 2008, and have also measured the number of lotus leaves on Aug. 15, 2008.

<sup>y</sup>Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

<sup>x</sup>% compared with the control.

연 ‘옐로우버드’를 2008년 4월 15일에 용기에 식재하여 GA, ABA 및 Ethephon은 각각 500 및 1,000ppm를, Daminozide는 300 및 1,000ppm를 7월 1일, 7일 및 14일의 3회에 걸쳐 엽면 살포한 후 2009년 3월 7일에 굴취하여 1주당 연근 수확량에 미치는 영향을 조사한 결과 연근 수는 7-17개, 수확량은 278-634g을 나타내었다(Table 4-63). 연근의 수는 무 처리구의 경우 15개인데 비해 ABA 및 Ethephon 1,000ppm 처리구는 각각 7개와 8개로 적었으며, GA 1,000ppm 처리구는 17개로 많았다.

연근의 수확량은 무 처리구의 경우 564g인데 비해 연근수가 적었던 ABA 및 Ethephon 1,000ppm 처리구는 각각 278 및 364g로 적었으며, 연근수가 17개로 많았던 GA 1,000ppm 처리구도 328g으로 적었다. 이러한 결과는 자료상에는 자세히 나타내지 않았지만 ABA 및 Ethephon 1,000ppm 처리구는 잎의 황화 등 잎이 조기에 노화가 된 것이 관찰된 것과, GA 1,000ppm 처리구는 잎이 무성한 것과 관련이 있었던 것으로 판단되었다.

Table 4-63. Effect of plant growth regulator treatment on the number of internodes and yield of lotus, ‘Yellow bud’.

Plant growth regulator treatment	Concentration (ppm)	Number of lotus root	Yield(g/plant)
Control	0	15 (100) ab <sup>z</sup>	564 (100) c
GA	500	13 (86.7) c	612 (108.5) ab
	1,000	17 (113.3) a	328 (58.2) f
ABA	500	14 (93.3) c	564 (100) c
	1,000	7 (46.7) d	278 (49.3) g
Ethephon	500	13 (86.7) c	420 (74.5) d
	1,000	8 (53.3) d	364 (64.5) e
Daminozide	300	16 (106.7) a	634 (112.4) a
	1,000	15 (100) ab	622 (110.3) a

<sup>z</sup>We have planted the containers with the white lotus on Apr. 20, 2008, and also harvested the lotus rhizomes on Mar. 7, 2009.

<sup>y</sup>Mean separation within columns by Duncan’s multiple range test at 5% level.

<sup>x</sup>% compared with the control.

#### (6) 적엽과 단근처리가 백련의 개화와 연근 수확량에 미치는 영향

잎의 채엽 정도가 무안 회산지 자생백련의 개화 수에 미치는 영향을 조사하고자 8월 2일에 채엽을 각각 0, 25 및 50%씩 채엽을 한 후 재배한 결과 0% 처리구에서는 4.4개, 25% 처리구에서는 3.7개, 50% 처리구에서는 3.0개만이 개화를 하였다(Table 4-64). 채엽을 하지 않은 처리구에 비해 25% 채엽처리구는 추대가 되었으나 꽃이 피지 않은 것이 0.7개, 50% 채엽처리구에서는 추대 후 꽃을 피우지 못한 것이 1.0개여서 채엽에 비례해서 개화수가 적어졌다. 단근 처리구는 꽃이 1.3개만이 개회되었고, 1개는 블라인드가 되었다.

이와 같이 채엽량이 많을수록 그리고 단근 처리구에서 개화수가 적은 것은 생장과정 중에 잎을 수확함으로써 잎에서 만들어진 탄수화물과 뿌리에서 흡수된 질소 성분 비율의 불균형에 의해 꽃망울이 정상적인 발육과 개화를 하지 못하는데 원인이 있는 것으로 추정되었다. 즉, 본 실험은 단근처리는 7월 15일에, 채엽은 대부분의 꽃눈이 형성된 시기인 8월 2일에 채엽을 했으므로 꽃망울이 정상적으로 성장하고 개화를 하는데 필요한 잎 수가 부족했기 때문인 것으로 사료된다. 그러므로 개화수 확보 측면에서는 잎을 수확하지 않는 것이 좋을 것으로 생각되나 본

실험은 용기에 식재하여 이루어진 것이기 때문에 논에서 재배할 경우 본 실험결과와는 다소 다른 결과도 나타날 수 있을 것으로 생각되었다.

Table 4-64. Number of white lotus flowered which were planted the containers with the white lotus on Apr. 20, 2008, and harvested the lotus leaves on Aug. 2, 2008.

Characters	The percentage of leaves harvested			Root pruning treatment
	0%	25%	50%	
Number of flowers	4.3 a <sup>z</sup>	3.7 ab	3.0 b	1.3 c
Number of blind plants	0.0 c	0.7 ab	1.0 a	1.0 a
Total	4.4 a	4.4 a	4.0 b	2.7 c

<sup>z</sup>Mean separation within rows by Duncan's multiple range test at 5% level.

잎의 채엽 정도가 무안 회산지 자생백련 1주당 연근 수확량에 미치는 영향을 조사한 결과 잎을 수확하지 않고 재배한 것은 1그루당 4,210g이 수확된데 비해 잎을 25% 수확한 것은 3,162g, 잎을 50% 수확한 것은 2,588g이 수확되어 잎의 수확량이 많을수록 연근의 수확량은 감소되었다(Table 4-65). 잎의 수확에 따른 연근 생산량의 저하 정도는 잎을 수확하지 않은 백련의 연근 수확량에 비해 잎을 25% 수확한 것은 24.91%, 잎을 50% 수확한 것은 38.5%였다. 그러므로 연잎을 수확하는 연근 생산량 저하를 감수하고라도 연잎을 수확하는 것이 효율적인지 연근만을 수확하는 것이 효율적인지를 충분히 검토 한 다음 실시하는 것이 좋을 것으로 생각된다.

단근 처리한 것의 연근 수확량은 1,584g로 잎을 무처리구의 연근에 비해 1/2.7 수준이었으며, 잎을 50% 정도 제거한 처리구의 2,588g과 비교할 때도 1,000g 정도 적게 수확되었다.

Table 4-65. The lotus enlarged rhizome yield of the native white lotus per one plant which were grown in the Muan, Jeonnam districts.

Characters	The percentage of leaves harvested <sup>z</sup>			Root pruning treatment
	0%	25%	50%	
Total yield (g/plant)	4,210 (100) a <sup>v</sup>	3,162 (75.1 <sup>x</sup> ) b	2,588 (61.5) c	1,584 (37.6) d
Number of the enlarged rhizomes	9.0 (100) a	6.0 (66.7) bc	5.0 (55.6) c	3.3 (44.4) d
Total number of the internodes for the enlarged rhizomes	22 (100) a	18 (81.8) ab	14 (63.6) b	13 (59.0) b

<sup>z</sup>We have planted the containers with the white lotus on Apr. 20, 2008, harvested the lotus leaves on Aug. 2, 2008, and also harvested the lotus rhizomes on Dec. 20, 2008.

<sup>v</sup>Mean separation within rows by Duncan's multiple range test at 5% level.

<sup>x</sup>% compared with the control.

잎의 채엽 정도를 달리하여 재배한 후 수확한 연근의 길이별 분포를 조사한 결과 연근 마디가 20cm 이하인 것이 0% 채엽 처리구는 58.5%, 25% 채엽 처리구는 86.7%, 50% 채엽 처리구

는 90.8%였다(Table 4-66). 0% 채엽 처리구는 Table 4-65에서와 같이 연근의 수와 마디수가 많았는데, 마디 길이 분포에서도 이처럼 20cm 이하인 것의 비율이 낮은 반면에 24.1%인 것의 분포 비율이 가장 높게 나타난 결과는 채엽 정도가 연근의 수와 마디뿐만 아니라 마디의 길이에도 영향을 미친다는 것을 시사하였다.

단근 처리에 따른 연근의 길이는 10cm 이하인 것이 51.5%를 차지했으며, 11-15cm인 것이 23.1%를 차지해 15cm 이하인 것이 74.6%를 차지하였다.

Table 4-66. Number of the enlarged rhizomes classified by the internode length of the native white lotus rhizome per one plant which were grown in the Muan, Jeonnam districts.

Internode length (cm)	The percentage of leaves harvested <sup>z</sup>			Root pruning treatment
	0%	25%	50%	
< 11	5.7 (25.9) ab <sup>y</sup>	5.3 (29.4) b	4.0 (28.6) b	6.7 (51.5) a
11-15	6.3 (28.6) a	7.3 (40.6) a	6.0 (42.9) a	3.0 (23.1) b
16-20	4.7 (21.4) b	3.0 (16.7) c	2.7 (19.3) c	2.3 (17.7) bc
21-25	3.0 (13.6) c	0.7 ( 3.9) e	0.3 ( 2.1) de	0.0 ( 0.0) d
26-30	1.3 ( 5.9) d	0.7 ( 3.9) e	1.0 ( 7.1) d	1.0 ( 7.7) c
30 <	1.0 ( 4.6) d	1.0 ( 5.5) de	0.0 ( 0.0) f	0.0 ( 0.0) d
Total	22.0 (100)	18.0 (100)	14.0 (100)	13.0 (100)

<sup>z</sup>We have planted the containers with the white lotus on Apr. 20, 2008, harvested the lotus leaves on Aug. 2, 2008, and also harvested the lotus rhizomes on Dec. 20, 2008.

<sup>y</sup>Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

잎의 채엽 정도를 달리하여 재배한 후 수확한 연근의 직경별 분포를 조사한 결과 연근 직경이 5.0cm 이하인 것이 0% 채엽 처리구는 66.8%, 25% 채엽 처리구는 70.5%, 50% 채엽 처리구는 61.5%였다(Table 4-67). 연근의 직경이 5.1cm 이상인 것의 비율이 높은 것은 50% 채엽 처리구, 0% 채엽 처리구, 25% 채엽 처리구 순으로 많아 일정한 경향을 나타내지 않아 채엽 비율이 연근 직경의 크기별 분포에는 그다지 영향을 미치지 않는 것으로 생각된다.

단근 처리구는 연근의 직경이 5.0cm 이하인 것이 92.3%를 차지해 5.1cm 이상인 것이 33.2%인 무처리구와는 큰 차이를 나타내었다.

Table 4-67. Number of the enlarged rhizomes classified by the native white lotus rhizome diameter per one plant which were grown in the Muan, Jeonnam districts.

Node diameter (cm)	The percentage of leaves harvested <sup>z</sup>			Root pruning treatment
	0%	25%	50%	
< 2.1	2.0 ( 9.1) c <sup>y</sup>	1.0 ( 5.5) d	1.3 ( 9.3) b	3.3 (25.4) a
2.1-3.0	2.7 (12.2) bc	2.0 (11.1) c	1.3 ( 9.3) b	2.4 (18.5) b
3.1-4.0	5.3 (24.1) a	4.0 (22.2) ab	2.7 (19.3) ab	3.6 (27.7) a
4.1-5.0	4.7 (21.4) ab	5.7 (31.7) a	3.3 (23.6) a	2.7 (20.7) b
5.1-6.0	5.3 (24.1) a	3.3 (18.4) b	3.7 (26.4) a	1.0 ( 7.7) c
6.0 <	2.0 ( 9.1) c	2.0 (11.1) c	1.7 (12.1) b	0.0 ( 0.0) d
Total	22.0 (100)	18.0 (100)	14.0 (100)	13.0 (100)

<sup>z</sup>We have planted the containers with the white lotus on Apr. 20, 2008, harvested the lotus leaves on Aug. 2, 2008, and also harvested the lotus rhizomes on Dec. 2, 2008.

<sup>y</sup>Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

잎의 채엽 정도를 달리하여 재배한 후 수확한 연근의 생체중별 분포를 조사한 결과 연근 마디가 201g 이상인 것이 0% 채엽 처리구는 28.7%, 25% 채엽처리구는 23.8%, 50% 채엽처리구는 23.5%였다(Table 4-68). 연근 마디의 생체중 분포는 이와 같이 채엽 비율에 따른 경향이 일정하지 않았다. 단근 처리한 것은 200g 이하인 것이 82.3%를 차지한 반면에 무처리구는 71.3%로 단근처리구는 무거운 것의 비율이 적은 것으로 나타났다..

이상의 결과를 종합하면 무안 회산지 자생백련의 재배 중 8월 2일에 잎을 수확했을 때 채엽 비율이 높을수록 연근의 총 무게가 저하되는 것으로 나타났으며, 연근의 길이가 20cm 인 것의 비율이 높았다. 그러나 연근 마디의 직경과 생체중의 분포비율은 채엽 비율과 일정한 경향을 나타내지 않았다. 따라서 백련의 생육도중 연잎을 수확하는 것은 연근의 수량에 큰 영향을 미치는 것으로 나타난 만큼 연잎을 채엽할 때는 연근의 생산량을 고려해야 할 것으로 생각된다.

한편, 본 실험결과는 연근을 용기에 식재하여 재배하면서 이루어진 실험의 결과로 눈에 직접 식재하여 재배한 것과는 다소 차이가 있을 것으로 생각된다. 즉 논에서 식재하여 재배할 경우 밀도가 높을 경우 적정 채엽은 오히려 광조사와 통풍을 좋게 하여 광합성 작용을 촉진시킬 수 있고, C/N율을 개선하여 개화 및 연근의 비대에도 영향을 미칠 수 있기 때문이다. 따라서 현장에서 적용시는 식재 밀도 및 식재지의 환경에 따른 예비 실험이 필요할 것으로 생각된다.

Table 4-68. Number of the enlarged rhizomes classified by the fresh weight of the native white lotus rhizome per one plant which were grown in the Muan, Jeonnam districts.

Fresh weight (g)	The percentage of leaves harvested <sup>z</sup>			Root pruning treatment
	0%	25%	50%	
< 50	6.0 (27.3) a <sup>y</sup>	4.0 (22.2) b	1.3 ( 9.3) cd	3.7 (28.5) b
51-100	5.7 (25.9) a	3.0 (16.7) bc	3.7 (26.4) b	2.3 (17.7) c
101-200	4.0 (18.1) b	6.7 (37.3) a	5.7 (40.8) a	4.7 (36.1) a
201-300	2.3 (10.5) c	2.0 (11.1) c	1.3 ( 9.3) cd	1.3 (10.0) d
301-400	2.3 (10.5) c	1.0 ( 5.5) d	0.3 ( 2.1) e	1.0 ( 7.7) d
401 <	1.7 ( 7.7) d	1.3 ( 7.2) d	1.7 (12.1) c	0.0 ( 0.0) e
Total	22.0 (100)	18.0 (100)	14.0 (100)	13.0 (100)

<sup>z</sup>We have planted the containers with the white lotus on Apr. 20, 2008, harvested the lotus leaves on Aug. 2, 2008, and also harvested the lotus rhizomes on Dec. 2, 2008.

<sup>y</sup>Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

(7) 신호전달물질 처리가 연의 개화, 연잎 및 연근에 미치는 영향

연 '옐로우버드'를 2008년 4월 15일에 용기에 식재하여 Chitosan, Salicylic acid 및 Methyl jasmonate를 7월 1일, 7일 및 14일에 각각 엽면 살포한 후 개화시기를 조사한 결과 첫 번째 꽃은 7.27일에서 7월 31일 사이에 개화되었다(Table 4-69). 신호전달물질 무처리구는 7월 30일에 개화한데 비해 Chitosan 500ppm 처리구는 7월 27일에 개화가 이루어져 3일정도 개화가 촉진되는 경향을 나타내었다. 두 번째 꽃은 8월 12일에서 8월 14일 사이에 개화되었는데, 무처리구가 8월 14일에 개화된데 비해, Chitosan 500ppm 처리구는 8월 12일에 개화되어 2일 정도 개화 촉진 효과가 있었다.

첫 번째 꽃과 두 번째 피기까지의 일차는 15일 전후가 되는 것으로 나타났는데. 연꽃은 오전 6:00-7:00 사이에 꽃잎이 최대로 열리고, 오전 12시경에 닫히며, 4일정도 지속된다.

이와 같이 대부분의 신호전달물질은 개화시기에 큰 영향을 미치지 못했으며, Chitosan

500ppm 처리구의 경우 개화가 3일 정도 촉진되었지만 연꽃 축제의 경우 1주일 이상이 지속되고, 신호전달물질의 처리 비용을 고려할 때 3일 정도의 개화촉진 효과는 큰 의미가 없는 것으로 판단되었다. 따라서 연의 개화조절을 위한 신호전달물질의 엽면 살포 효과는 크지 않은 것으로 결론 지을 수 있었다.

Table 4-69. Flowering date of *Nelumbo nucifera* 'Yellow Bud' planted April 18, 2008.

Signal	delivery	Concentration	Flowering date(month, day)	
			First flower	Second flower
substance treatment		(ppm)		
Control		0	7.30 a <sup>z</sup>	8.14 b
Chitosan		50	7.29 a	8.14 b
		500	7.27 a	8.12 b
Salcylic acid		1,000	7.28 a	8.13 b
		3,000	7.30 a	8.13 b
Methyl jasmonate		250	7.31 a	8.14 b
		1,000	7.29 a	8.13 b

<sup>z</sup>Mean separation within a row by Duncan's multiple range test at 5% level.

연 '옐로우버드'를 2008년 4월 15일에 용기에 식재하여 Chitosan, Salcylic acid 및 Methyl jasmonate를 7월 1일, 7일 및 14일에 각각 엽면 살포한 후 2008년 8월 15일에 잎의 수를 조사한 결과 뜬잎은 4-8개, 선잎은 9-14개를 나타내었다(Table 4-70). 뜬잎은 무처리구, Chitosan 50ppm 처리구, Salcylic acid 1,000ppm 처리구에서는 8개인데 비해 Methyl jasmonate 250ppm 처리구는 4개, Salcylic acid 3,000ppm 처리구는 5개로 적었다. 선잎은 Salcylic acid 3,000ppm 처리구의 9개, Methyl jasmonate 1,000ppm 처리구의 10개를 제외하고는 모두 13-14개를 나타내었다. 잎의 전체적인 수는 Salcylic acid 3,000ppm 처리구의 14개, Methyl jasmonate 1,000ppm 처리구의 16개, Methyl jasmonate 250ppm 처리구의 18개를 제외하고는 모두 21-22개였다.

Table 4-70. Effect of the signal delivery substance treatment on the leaf emergence of lotus, 'Yellow-bud'.

Signal	delivery	Concentration	Number of leaves		
			Leaves floating on the water	Standing leaves	Total
substance treatment		(ppm)			
Control		0	8(100) a <sup>z</sup>	13(100) ab	21(100) ab
Chitosan		50	8(100) a	14(107.7) a	22(104.8) a
		500	7(87.5) b	14(107.7) a	21(100) ab
Salcylic acid		1,000	8(100) a	14(107.7) a	22(104.8) a
		3,000	5(62.5) d	9(69.2) d	14(66.7) e
Methyl jasmonate		250	4(50.0) e	13(100) ab	18(85.7) c
		1,000	6(75.0) c	10(76.9) c	16(76.2) d

<sup>z</sup>We have planted the containers with the white lotus on Apr. 20, 2008, and have also measured the number of leaves on Aug. 15, 2008.

<sup>y</sup>Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

<sup>x</sup>% compared with the control.

연 ‘옐로우버드’를 2008년 4월 15일에 용기에 식재하여 Chitosan, Salcylic acid 및 Methyl jasmonate를 7월 1일, 7일 및 14일에 각각 엽면 살포한 후 2009년 3월 7일에 굴취하여 1주당 연근 수확량을 조사한 결과 연근 수는 11-15개, 수확량은 362-584g을 나타내었다(Table 4-71). 연근의 수는 무처리구의 경우 15개인데 비해 Salcylic acid 3,000ppm 및 Methyl jasmonate 1,000ppm 처리구는 각각 11개 적었으며, Chitosan 500ppm 처리구는 15개로 많았다.

연근의 수확량은 무처리구의 경우 564g인데 비해 Salcylic acid 3,000ppm 및 Methyl jasmonate 1,000ppm 처리구는 각각 385 및 362g으로 적었으며, Chitosan 500ppm 처리구는 584g으로 다소 증가된 경향을 나타내었다.

Table 4-71. Effect of the signal delivery substance treatment on the number of internodes and the yield of lotus root for the lotus, ‘Yellow-bud’.

Signal delivery substance treatment	Concentration (ppm)	Number of lotus root internodes	Yield(g/plant)
Control	0	15 (100) a <sup>z</sup>	564 (100) ab
Chitosan	50	14 (93.3) ab	526 (93.3) c
	500	15 (100) a	584 (103.5) a
Salcylic acid	1,000	12 (80.0) c	489 (86.7) d
	3,000	11 (73.3) d	385 (68.3) ef
Methyl jasmonate	250	12 (80.0) c	480 (85.1) d
	1,000	11 (73.3) d	362 (64.2) f

<sup>z</sup>We have planted the containers with the white lotus on Apr. 20, 2008, and also harvested the lotus rhizomes on Mar. 7, 2009.

<sup>y</sup>Mean separation within columns by Duncan’s multiple range test at 5% level.

<sup>x</sup>% compared with the control.



## 제5절 <위탁과제>

### 고압의 유체를 이용한 연근 굴취기 개발

#### 1. 서론

##### 가. 연구의 필요성

지난 10여 년간 대부분의 농산물이 개방되었고, 쌀도 관세화 유예조치가 끝나는 2010년 이후에는 개방이 불가피한 것으로 전망된다. 따라서 벼 대체작목으로 주목받고 있는 작물 중에 하나가 연이다. 연근은 전국 각지에서 조금씩 재배가 되지만 주로 대구의 동구 및 달성, 전남 보성 및 무안, 경남 함안 및 밀양, 경북 고령 및 상주, 경기 시흥 및 양평 등에서 재배가 많이 이루어지고 있다. 연재배면적은 400~500ha로 2001년도에 감소하다가 2003년부터 다시 증가되어 2007년도에는 생산량이 2000년도보다 약 2배가 늘었으며, 매년 연 재배면적이 증가하고 있다. 연근을 목적으로 하는 재배는 표토가 깊고 유기질이 많은 양토나 점질양토가 적합하며, 유기질 비료를 주로 사용한다.

연은 수련과에 속하는 수생의 여러해살이 초본식물로 땅속 줄기선단에 근경 즉, 연근을 형성한다. 연근은 끝눈, 곁눈, 잎눈을 함께 가지고 있으며, 심은 후 끝눈이 신장하여 차례로 마디를 증가시킨다. 각 마디는 뿌리내림과 동시에 잎을 발생시켜 잎은 뜰잎과 선잎으로 나눈다.

연근의 성분으로는 탄수화물이며 식물성섬유가 풍부하게 들어있어 영양학적으로 우수한 식품일 뿐만 아니라 연근의 식물성 섬유는 장벽을 적당히 자극하여 장내의 활동을 활발히 해주며 체내의 콜레스테롤 수치를 떨어뜨리는 작용을 한다(농촌진흥청, 2007). 연근은 요리에도 쓰이고 생식도 가능하며, 전분과 녹말제조에도 쓰인다. 꽃은 관상용이며 간혹 식용으로 쓰이기도 한다. 연근의 요리방법은 다양해서 김밥, 볶음밥 등에 넣거나 반찬으로 이용하기도 하며 결핵, 심장병, 고혈압, 설사, 감기, 강장, 숙취 등에 약효가 있는 것으로 알려져 있다.

연 재배 논은 담수하지 않고 저습 상태로 유지되면 이른 봄까지 포장에 들 수 있기 때문에 시장시세나 노력 관계를 보아서 9월부터 다음해 4월까지 수시로 수확한다. 연근은 빨속 깊이 사방으로 뻗어 있어 수확을 위한 기계화가 곤란하며, 수확하는데 노동력이 많이 소요되고 힘든 작업이다. 현재 연 수확은 대부분 수작업으로 이루어지고 있으며, 전용괘기로 표면 흙을 걷어내고 연근이 보이면 상처가 나지 않도록 손으로 뽑아 올린다. 따라서 연 수확 시 노동력 절감을 위한 수확기 개발이 가장 큰 과제라 할 수 있다(이 등, 2008). 연 재배는 대부분 식질 토양에서 재배되어 기계화의 도입이 어려워 식재 및 수확 시 노동력이 과다 소요(생산비 60%차지)되며, 종자 연근 구입가격(4,000~5,000원/kg)이 많이 소요되는 문제점이 있다. 또한 백련 재배 기술에 대한 연구가 미흡하여 식재 방법 별(식재 시기, 식재 간격) 관리요령, 재배지의 토질, 수심에 따른 재배 방법 별 재배기술 등이 정립되어 있지 않다(농촌진흥청, 2004). 따라서 연근을 효율적으로 재배하기 위해서는 토양을 적절히 파쇄하여 연근을 보다 쉽게 수확할 수 있는 필요성이 대두되고 있다.

농업용 땅속작물수확기 관련 국내 출원을 살펴보면, 1990년 이후 166건이 출원되었고, 이 중 개인출원(76%)이 대다수를 차지하고 있다. 특히, 2000년 이후 출원건수가 그 이전보다 늘어 연

평균 13건 이상씩 출원되고 있어서, 2000년 이후 땅속작물수확기에 관한 관심이 늘어난 것을 알 수 있다(특허청정보도, 2008). 지금까지 개발된 국내의 연 수확기계는 소형 포크레인에 쇠갈퀴를 부착하여 땅을 일구어 연이 들어나면 인력으로 연을 캐내는 방식이다. 그러나 앞으로는 더욱 편리하고 능률적인 연 수확 작업기의 개발이 필요한 실정이다. 따라서 본 연구의 목적은 노동력 절감과 보다 수월한 연근 수확을 위한 연근 수확기를 개발하는데 있다.

### 나. 국내의 연근수확 현황

국내의 연근수확은 연 재배 논의 저습 상태로 유지되면 이른 봄까지 포장에 둘 수 있기 때문에 시장의 상황이나 노력 관계를 보아서 9월부터 다음해 4월까지 수시로 수확한다. 연 수확은 대부분 외국인 근로자들에 의해 수작업으로 이루어지고 있으며, 전용괭이로 표면 흙을 걷어내고 연근이 보이면 상처가 나지 않도록 손으로 뽑아 올린다(Fig. 5-1). 지금까지 개발된 수확기계는 소형 포크레인에 쇠갈퀴를 부착하여 땅을 일구어 연근이 들어나면 인력으로 연을 캐내는 방식이다. 수확된 연근은 플라스틱 상자에 담겨 선별 및 포장 작업장으로 운반된다.



Fig. 5-1. The tools and scene for harvesting lotus roots in Korea.

일본의 연 수확 방법은 국내와 매우 유사하며, 연근 수확에 사용되는 주요 농기 구인 괭이는 국내에서 사용하는 농기구와 매우 유사하다(Fig. 5-2). 농기구인 괭이는 연근 발의

표면 흙을 제거하는데 쓰이고, 수확된 연근은 끝이 날카로운 호미 모양의 농기구에 의해 조심스럽게 흙이 제거된다.



Fig. 5-2. The tools for harvesting lotus roots in Japan.

일본에서 사용하는 수확기계 역시 국내와 매우 유사하며, 굴삭기에 포크모양의 농기구를 부착하여 연근 밭 표면 흙을 제거한 후 인력으로 수확한다(Fig. 5-3). 수확된 연근은 플라스틱 상자에 담겨 연근 밭 내의 궤도형 운반기계에 실려 선별 및 포장을 위한 작업장으로 운반된 후 품질과 크기별로 선별하여 박스에 담는다(Fig. 5-4). 박스에 담겨진 연근은 포장상자의 규격에 맞게 2, 3, 5, 10 kg으로 계량되어 포장된다(Fig. 5-5).



Fig. 5-3. Crane for harvesting of lotus roots and transporting car



Fig. 5-4. Transportation of lotus roots and preparation for packaging.



Fig. 5-5. Box packaging and measuring of lotus roots.

## 2. 재료 및 방법

### 가. 연근 재배 논토양의 물리적 특성분석

논토양의 물리적 특성으로 깊이에 따른 경도 변화, 용적밀도 및 함수율을 측정·분석하였다. 토양의 물리적 특성 분석은 강원대학교 농장의 벼 재배 논토양 3필지, 경기도 시흥시 연재배지 논토양 10필지 및 전남 무안군의 연 재배지 논토양 8필지에 대해 수행되었다. 토양경도는 토양경도계(STS-100KG-C2, Eijkelkamp Co., Netherlands)를 이용하여 논에서 0 ~ 80 cm까지의 토양경도를 임의의 지점에서 10번 측정 후 깊이에 따른 평균경도 값으로 나타내었다(Fig. 5-6). 토양 용적밀도는 Fig. 5-7과 같이 100 mL의 core를 이용하여 0 ~ 10 cm, 10 ~ 20 cm, 20 ~ 40 cm 깊이에서 깊이별 3개의 토양샘플을 채취한 후 건조기로 105℃의 온도에서 24시간 건조하여 건조 전후의 무게 및 부피를 측정하여 용적밀도와 습량기준 함수율을 계산하였다.



Fig. 5-6. Hardness measurement of soil for rice paddy field with soil hardness tester.



Fig. 5-7. Collection of soil sample depending on depth.

## 나. 공압식 연근 수확기 1차 시작품 설계 및 제작

### (1) 고압의 공기분사장치

본 연구에서 설계 및 제작된 공압식 연근수확기의 공기분사장치 설계도와 시작품을 Fig. 5-8 및 Fig. 5-9에 나타내었다. 여기서 공기분사장치는 고압의 공기를 노즐을 통해 40 ~ 50 cm 깊이의 연근 재배토양 내에 분사하여 흙을 파쇄 함으로서 연근 수확을 용이하게 하기 위한 것이다. 본 연구에서 설계 및 제작한 고압의 공기분사장치는 크게 2 부분으로 구성되어 있으며, 고압의 공기를 저장하는 압력실과 고압의 공기를 분사시키는 노즐(파쇄부)로 구분된다. 스테인리스 관으로 제작된 압력실에는 콘 밸브가 설치되어 있으며, 콘 밸브는 스프링에 의해 지지되고 고압의 공기가 압력실에 주입되면 압력에 의해 스프링이 압축되어 콘 밸브에 의해 압력실의 유체통로가 밀폐된다. 연근 수확기의 압력실에 설치된 압력계의 압력이 적정상태를 나타내면 손잡이에 장착되어 있는 레버를 누름과 동시에 고압의 유체(공기)는 노즐을 통해 순간적으로 토양 내에 분사된다.

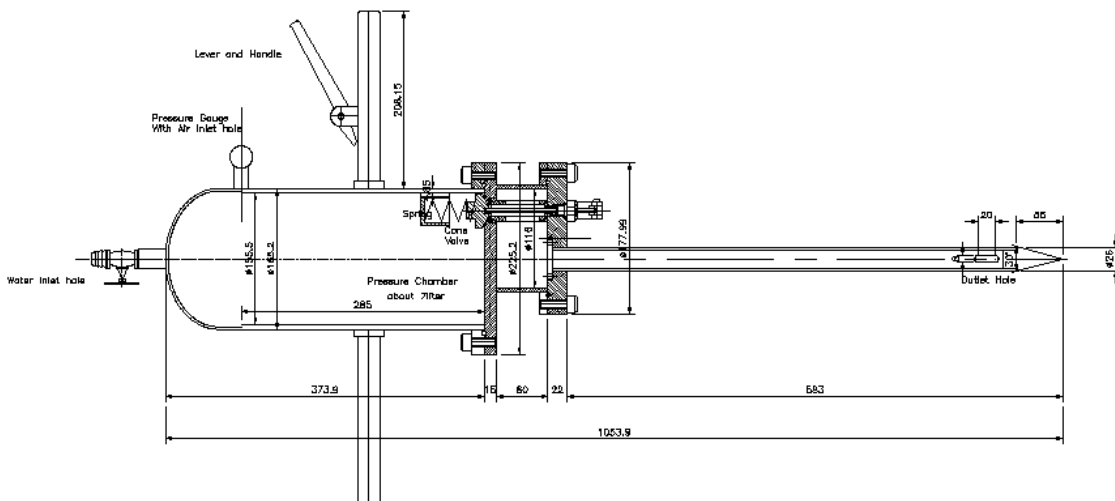


Fig. 5-8. Design for an ejection apparatus of high pressure air.



Fig. 5-9. An ejection apparatus of high pressure air.

(2) 공압식 연근 수확기의 부품도

(가) 압력실

압력실(12.8 L)은 높이 300 mm, 내경 및 외경이 각각 210.3 mm, 216.3 mm인 스테인리스 파이프 상부에 Cap을 용접하여 제작하였다(Fig. 5-10). 압력실 Cap의 중심 상부에 물을 주입할 수 있는 관 및 밸브를 설치하였고, 압력실 측면에는 압축공기 주입구와 밸브 및 압력계를 설치하였으며, 또한 양 손잡이 및 압력해제 레버를 설치하였다. 압력실의 하부는 파쇄 고정부와 결합되어 있으며, 분해 조립이 가능하도록 볼트로 고정하였다.

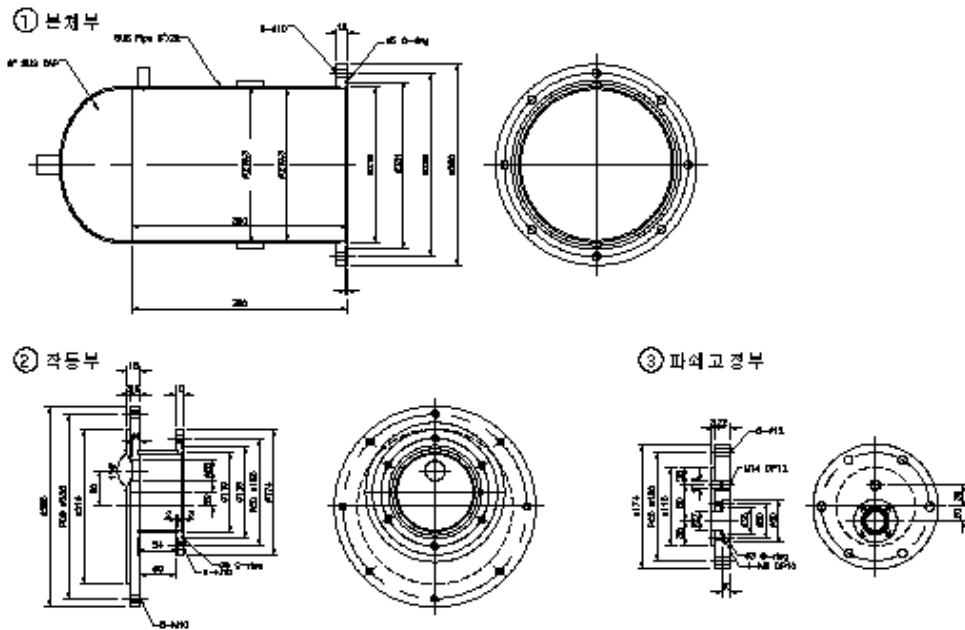


Fig. 5-10. Detail design of main body (pressure chamber) for an ejection apparatus of high pressure air.

(나) 파쇄부

압력실 하부에는 콘 밸브가 설치되어 있으며, 콘 밸브는 스프링에 의해 지지되고 압력실에 고압의 유체가 공급되면 압력에 의해 스프링이 압축되어 콘 밸브에 의해 파쇄관으로 연결되는 압력실의 유체통로가 밀폐된다. Fig. 5-11과 같이 파쇄관은 길이 610 mm, 내경과 외경이 각각

23 mm와 27 mm인 스테인리스 관으로 제작되었다. 파쇄관 끝 부분은 토양 침투가 용이하도록 30°의 각도를 갖는 콘 형태를 갖도록 제작하였다. 여기서 파쇄관 및 파쇄침을 포함하는 파쇄부(노즐)의 길이는 680 mm가 되도록 제작하였다. 파쇄관 하단부에는 원주방향으로 고압의 유체 분사가 가능하도록 4개의 개구부를 4 방향으로 뚫어 놓았다. Fig. 5-12 및 Fig. 5-13과 같이 유체의 분사압력 정도를 달리하여 토양파쇄의 효과를 검증하기 위해 파쇄부 하단 개구부의 크기를 3종류(3.70, 2.42, 1.22 cm<sup>2</sup>)로 달리하여 3종류의 노즐(파쇄관 및 파쇄침)을 제작하였다.

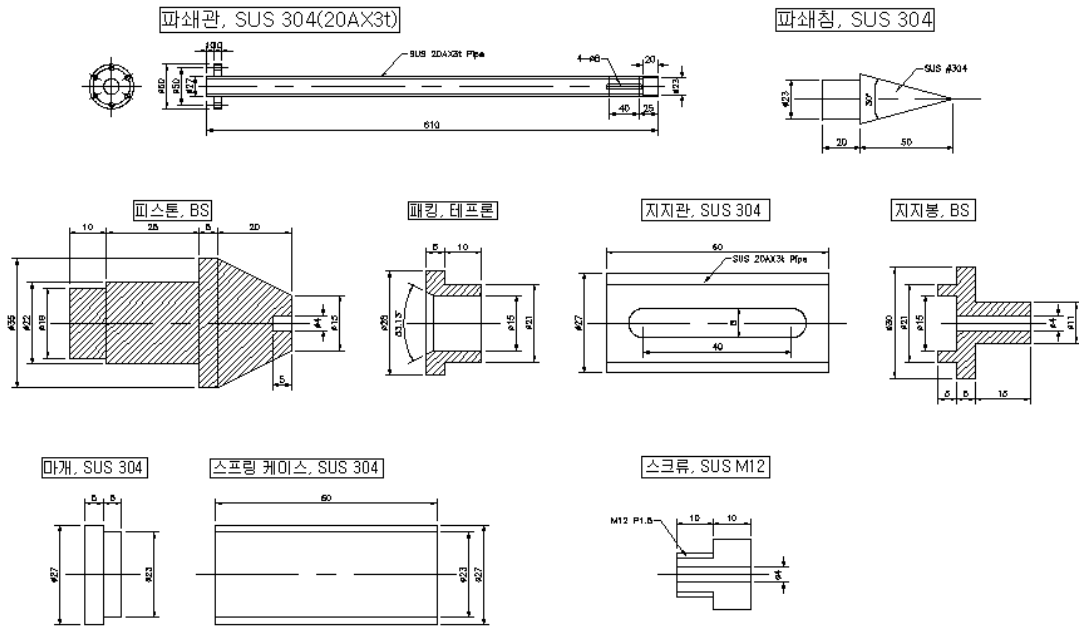


Fig. 5-11. Detail design for soil breaking part and corn valve for an ejection apparatus of high pressure air.

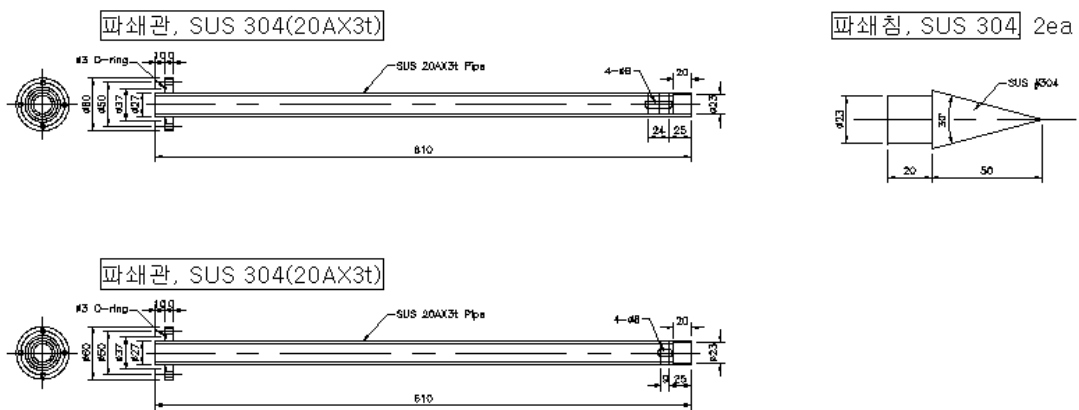


Fig. 5-12. Detail design of soil breaking nozzle.



Fig. 5-13. Soil breaking nozzle.

(다) 탐재기

Fig. 5-14 및 Fig. 5-15와 같이 연근채배 논에서 공압식 연근수확기의 이동성을 용이하게 하기 위해 공기분사장치 탐재를 위한 지지대를 Al Profile를 이용하여 제작하였다. 외측 지지대는 토양이 무른 뺨에서 이동이 가능하도록 두개의 눈썰매 보드 위에 고정시켰다. 공기분사장치는 안쪽 지지대에 고정되고 내측 지지대 양 측면에는 공압실린더 2개를 설치하여 공압에 의해 내측 지지대와 함께 공기분사장치가 수직으로 왕복이동 되도록 제작하였다. 공압식 연근수확기의 작동은 공기압축기에 의해 공기압이 공압실린더에 가해지고, 공압실린더 작동레버를 작동하여 공기분사장치를 수직 하강시켜 공기분사 노즐을 토양내로 삽입하게 된다. 토양 내에 공기노즐을 삽입시킨 후 공기분사장치의 작동레버를 작동하여 노즐을 통해 고압의 공기를 토양 내에 분사시켜 토양을 파쇄다. 토양 파쇄 후 공압실린더 작동레버를 다시 작동시켜 내측 지지대와 함께 공기분사장치를 수직 상승시킴으로 공기노즐을 토양 내에서 지상으로 이동시킨 후 연근수확기 탐재기를 전방 또는 후방으로 밀어 이동시키면서 토양파쇄 작업을 진행한다.

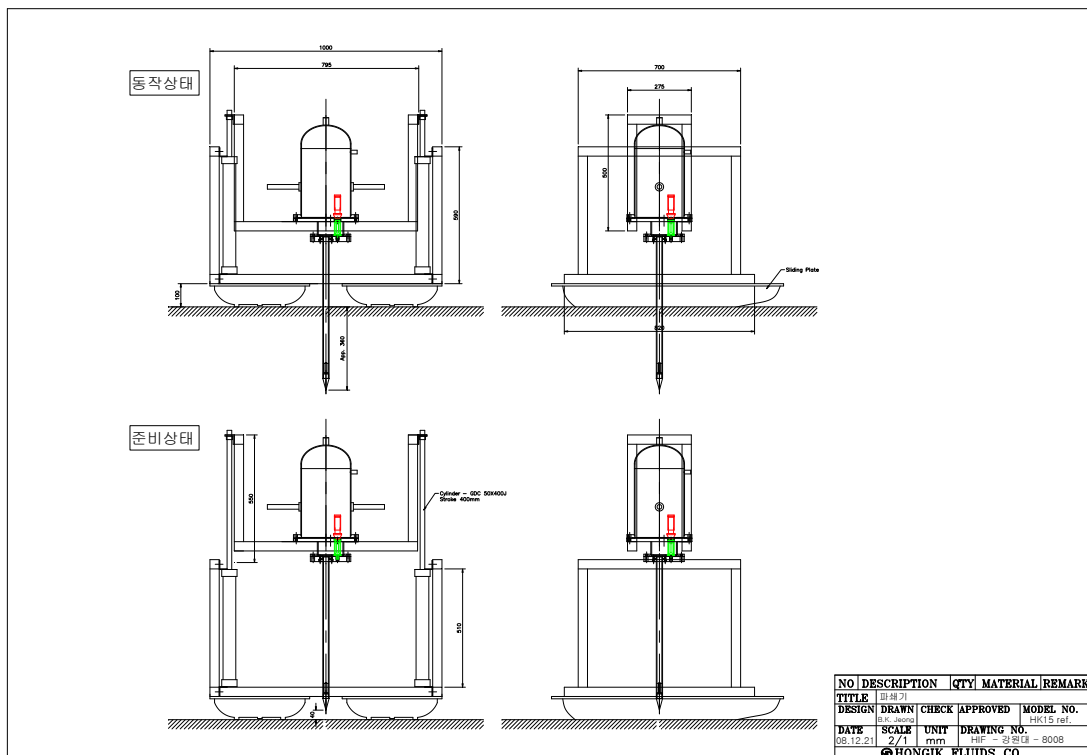


Fig. 5-14. Lotus root harvester with an ejection apparatus of high pressure air and snow board.



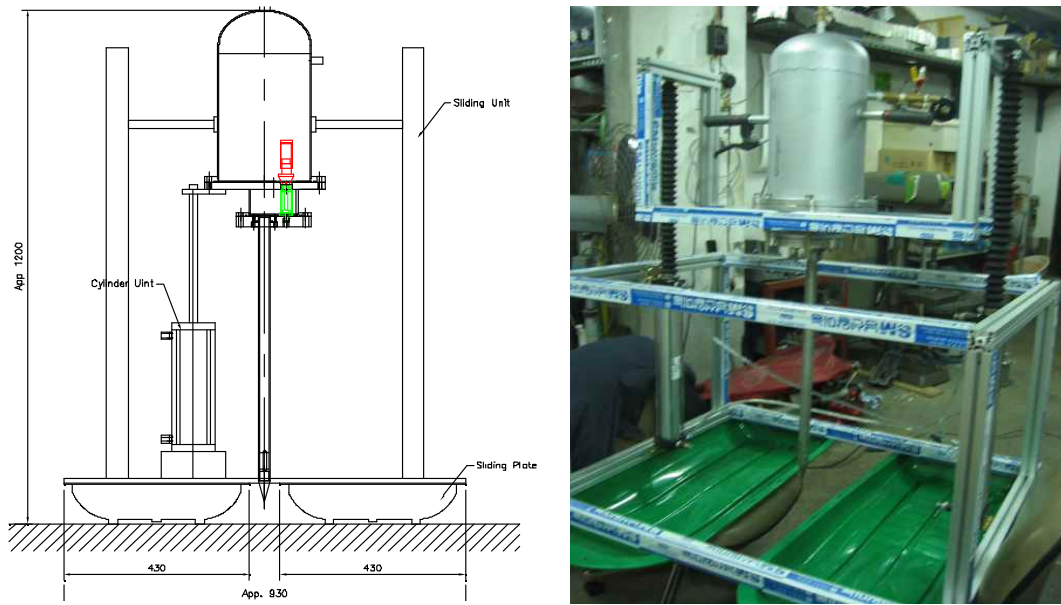


Fig. 5-15. Lotus root harvester with an ejection apparatus of high pressure air.

#### 다. 공압식 연근 수확기 2차 시작품 설계 및 제작

1차로 제작된 연근수확기 시작품은 바퀴가 없어 이동이 불편할 뿐만 아니라 프레임이 조향을 하기에는 좌우가 넓고 손잡이가 없었으며, 플라스틱 눈썰매로 밑판이 구성되어 있어 내구성이 떨어지는 단점이 있어 이를 보완하여 수정 및 제작하였다.

1차 연근 수확기를 수정 및 보완하여 제작한 2차 연근 수확기 시작품은 Fig. 5-16과 같으며 설계 도면은 Fig. 5-17과 같다. 탑재기의 수정 및 보완 목적은 보다 이동이 편리하고 다루는데 용이하며, 내구성을 강화시키기 위한 것이었다. 2차 연근수확기는 토양파쇄를 위한 공기분사장치, 공압실린더를 부착한 프레임 본체, 밑판으로 구성되며 1차 제작된 시작품에 비해 크기를 다소 축소시켜 다루기 용이하게 하였다. 프레임 본체는 사각파이프를 사용하여 육면체의 일체형 프레임으로 구성하여 내구성을 높였다. 프레임 양 측면에는 상하조절 공압실린더를 부착하여 노즐을 장착한 토양파쇄 공기분사장치가 상하로 이동이 용이하게 하였다. 여기서 본체 프레임의 중간에는 상하로 이동이 용이하게 토양파쇄 공기분사장치를 고정시킬 수 있는 지지대(Al Profile 1차 제작)를 부착하였다. 밑판은 금속재료로 미끄럼판을 만들어 내구성을 높였으며, 무른 토양위로 잘 미끄러지면서 작업할 수 있도록 하였다. 또한 1차 시작품 제작시 부착되지 않았던 고무바퀴를 부착하여 연근 수확기의 운반시 이동이 편리하도록 제작하였다. 고무바퀴는 연근 수확작업시 탈착할 수 있도록 조립식으로 구성하였다.

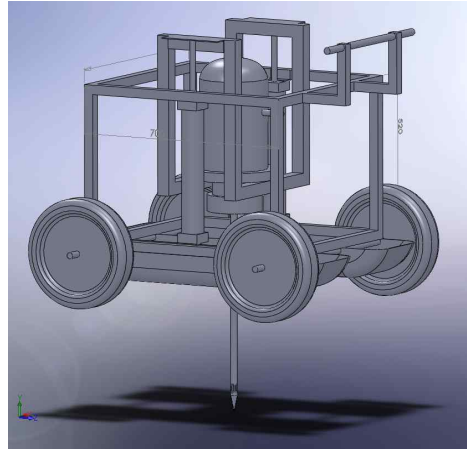
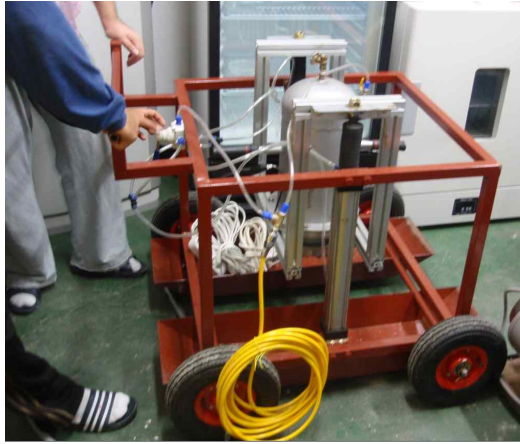


Fig. 5-16. Modified lotus root harvester.

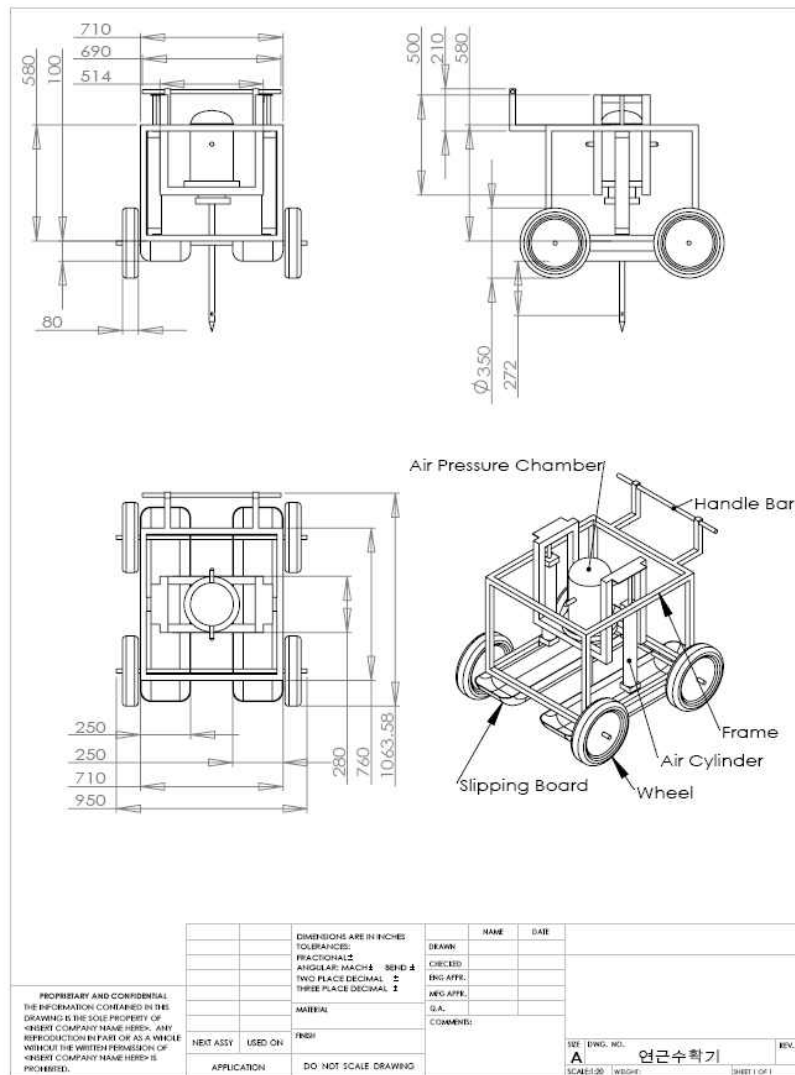


Fig. 5-17. Design of modified lotus root harvester.

프레임 본체는 Fig. 5-18과 같이 육면체의 사각프레임(30×30mm)과 프레임 측면에 각 1개씩의 공압실린더를 부착하여 프레임 중간에 부착될 토양파쇄 공기분사장치가 상하로 이동이 용이하게 하였으며, 연근 수확작업시 밀면서 작업할 수 있도록 작업기 손잡이를 부착하였다.

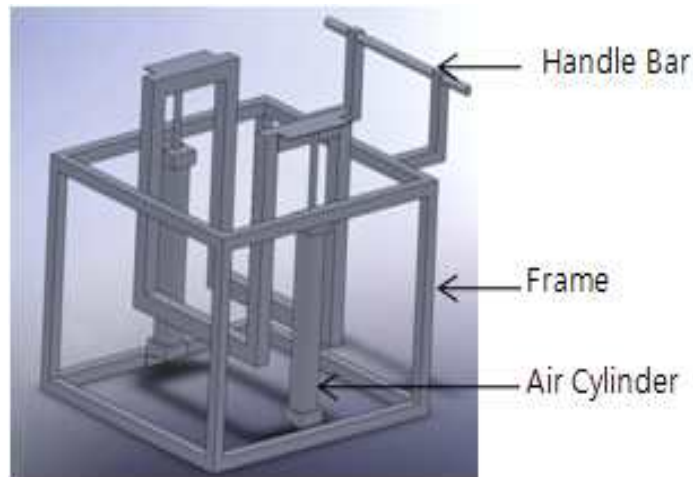


Fig. 5-18. Main body of frame.

밀판은 Fig. 15-9와 같이 두 개의 금속미끄럼판(250×970×100mm)과 네 개의 탈부착 가능한 고무바퀴(직경: 350mm)로 구성하였다. 고무바퀴는 부착은 연근수확기의 이동수단뿐만 아니라 경도가 큰 토양에서 작업시 이동이 용이하도록 하기 위한 것이다. 두 개의 미끄럼판은 고무바퀴를 탈착하고 무른 토양에서 빠지지 않고 토양에서 잘 미끄러지면서 수월하게 연근수확작업을 할 수 있도록 하기 위해 부착 되었다.

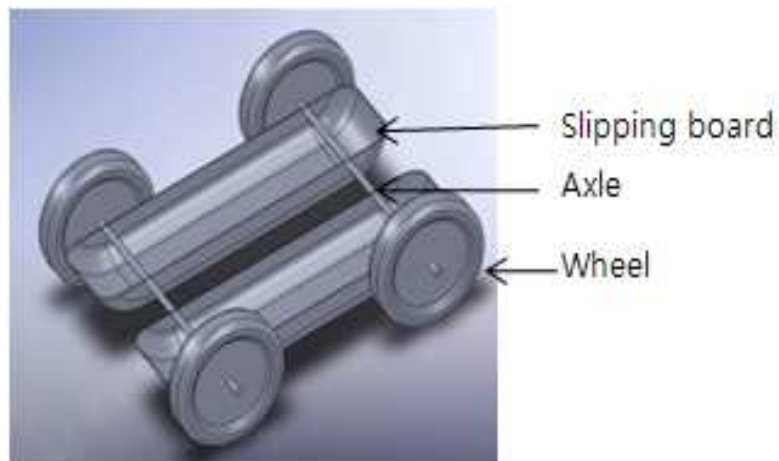


Fig. 5-19. Slipping board with wheels.

공압식 연근수확기 수정보완에는 1차 시작품제작시 제작된 토양파쇄 공기분사장치를 Fig. 5-20과 같이 사용하여 연근 수확을 위해 토양 속에 약 30~40 cm 깊이로 노즐을 삽입하고 압축된 고압의 공기를 순간적으로 분사하여 토양을 파쇄하고 연근수확을 용이하게 하기 위한 것이다.

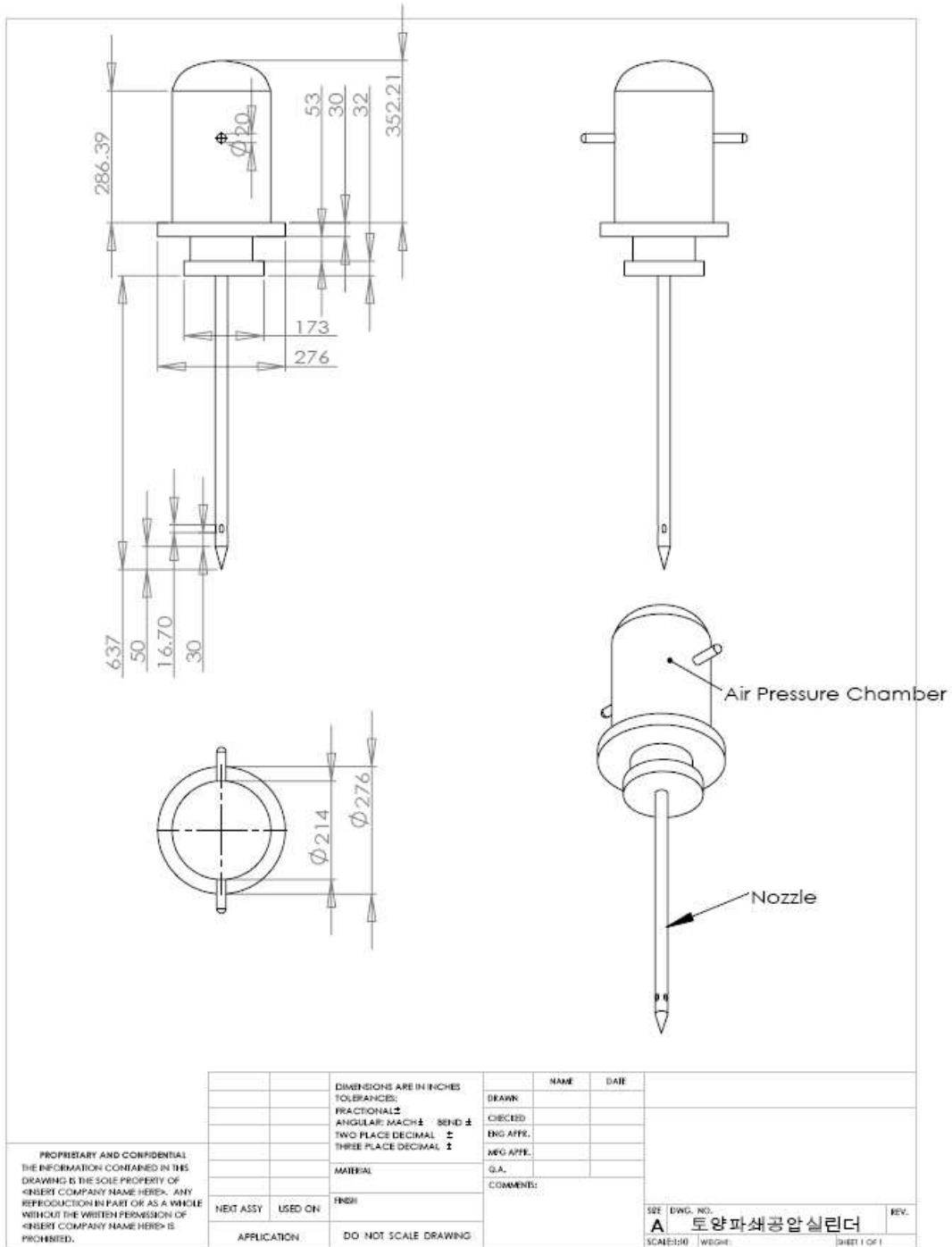


Fig. 5-20. Design of an ejection apparatus of high pressure air.

#### 라. 수압식 연근수확기 제작

수압식 연근수확기는 Fig. 5-21과 같이 고압세척기(Extra3200M, Komet, Italy)를 이용하였으며, 작동스위치가 있는 손잡이 부분에 노즐을 가공하여 장착시켰다. Fig. 5-22와 같이 고압세척기에 장착된 노즐의 길이는 645 mm 내경은 21.7 mm로 제작 되었다. 노즐은 물이 분사되는 개구부를 원주방향으로 수자를 달리하여 3개를 제작하였으며, 한 개의 개구부 크기는 직경 1.2

mm로 제작되었다. 노즐은 각 개구부가 2개인 소 노즐, 3개인 중 노즐 및 4개인 대 노즐 3개로 구분하여 제작하였으며, 고압세척기의 작동레버를 포함하는 손잡이 끝 부분에 부착시켰다. 또한 고압세척기에 물을 공급하기 위해 수중펌프(PD-G050MA, WILO, Korea)를 이용하였다. 수압식 연근수확기는 연근 수확을 위해 토양 속에 약 30~40 cm 깊이로 노즐을 삽입하고 압축된 고압의 물을 순간적으로 토양 내에 분사하여 토양을 파쇄하고 연근수확을 용이하게 하기 위한 것이다.

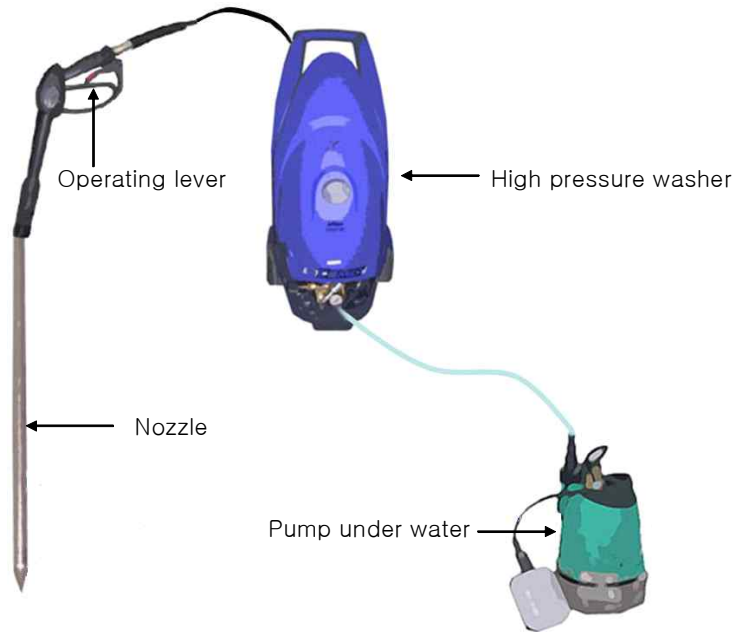


Fig. 5-21. Harvester for lotus roots using an ejection of high pressure water.

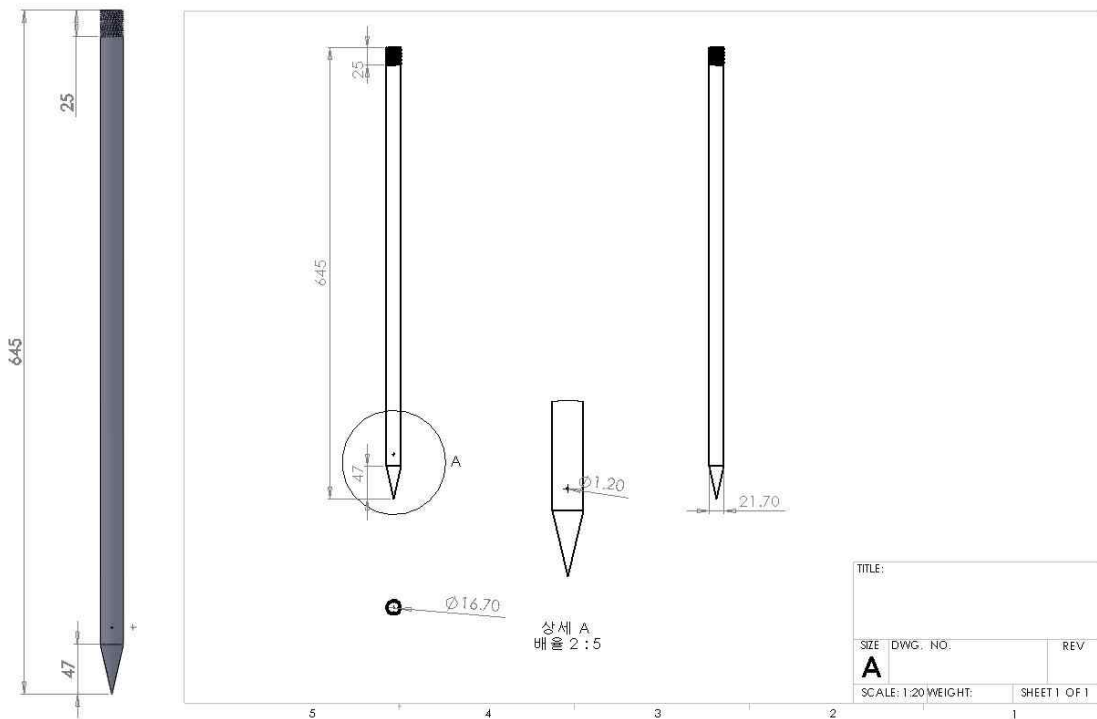


Fig. 5-22. Design of nozzle for an ejection of high pressure water.

#### 마. 공압식 연근수확기의 토양 파쇄성능 분석

공압식 연근수확기의 노즐별 토양파쇄 성능실험은 2008년 9월 26일 연이 재배 되고 있는 강원도 화천군 하남면 서오지리의 다소 건조된 논에서 수행되었다. 토양파쇄 실험을 위해 실험에 적합한 연 재배 논의 일부를 가로 1m, 세로 1m의 크기로 끈을 이용하여 정사각형 Plot 3곳을 표시하였다. 본 연구에서는 공압식 연근수확기 노즐의 개구부 크기가 토양파쇄에 미치는 정도를 분석하기 위한 것으로 각 노즐은 각 Plot의 토양에 50 cm 깊이로 삽입하여, 공기분사 실험을 수행하였다.

각 공기분사에 사용되는 압력은 연근수확기 압력실에 설치되어 있는 압력계를 사용하여 확인하였으며, 대체적으로 0.633MPa을 나타내었다. 본 연구에서 공압식 연근수확기의 각 노즐별 토양파쇄 정도는 경도계(STS-100KG-C2, Eijkelkamp, Netherlands)를 사용하여 토양경도를 측정하였으며, 경도계는 원추지수(최대압력)를 8MPa까지 측정할 수 있고 토양깊이 80 cm까지 측정이 가능하여 논토양 경반의 경도특성을 측정하기에 적합한 것으로 판단된다.

토양의 파쇄전과 파쇄후의 토양경도를 비교하기 위하여 파쇄 전 연재배 논토양 한곳을 선정하여 주위를 10번 반복 측정한 토양경도의 평균값과 3개의 노즐을 이용하여 plot별로 토양을 5번 파쇄한 후 토양을 각각 10번씩 경도를 측정한 후의 경도 평균값을 비교하였다. 공압식 연근수확기의 공기분사는 압축기(Kw-40-3, 경원, 한국)를 공압 호수를 사용하여 공기분사장치에 연결 한 후 각 노즐별로 각 Plot에 노즐을 삽입한 후 공기를 분사하였다. 노즐의 공기분사는 각 Plot의 4모서리와 중심을 포함하여 총 5회 공기를 분사한 후 경도계를 사용하여 토양경도를 측정하였다(Fig. 5-23). 토양경도는 Fig. 5-24와 같이 5번의 공기가 분사된 주변의 2곳씩 총 10곳의 경도를 측정한 후 평균값을 내었다.

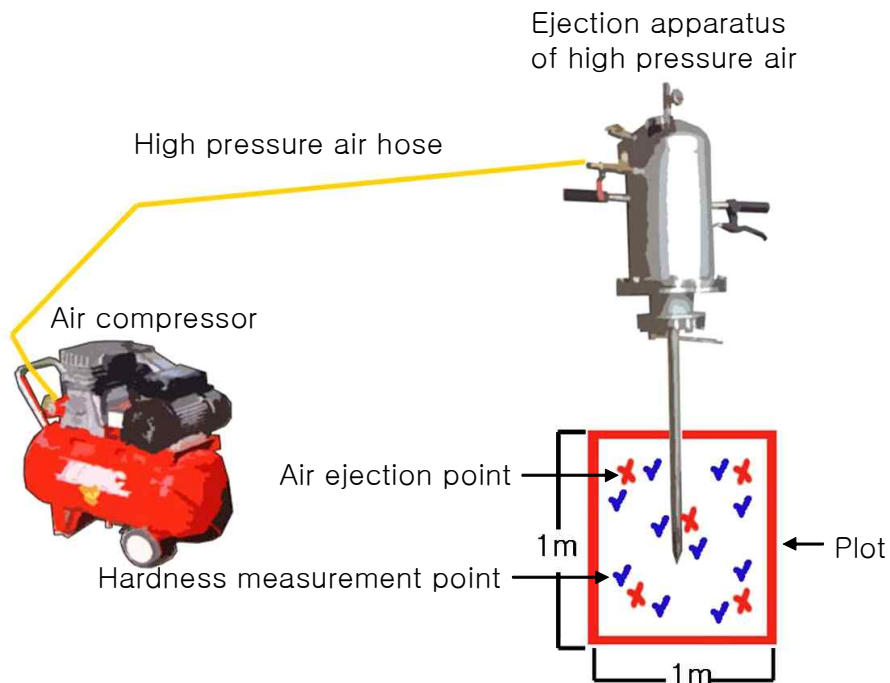


Fig. 5-23. Field experiment of lotus root harvester with an ejection apparatus of high pressure air.

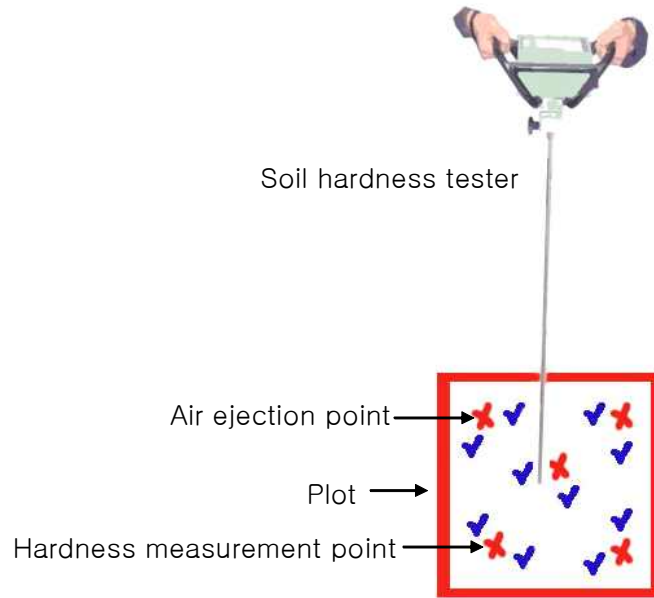


Fig. 5-24. Points for soil hardness measurement and air ejection.

#### 바. 수압식 연근수확기의 토양 파쇄성능 분석

수압식 연근수확기를 이용한 노즐별 토양파쇄 성능실험은 2008년 10월 26일 연이 재배 되고 있는 강원도 화천군 하남면 서오지리의 다소 건조된 논에서 수행되었다. 토양파쇄 실험을 위해 실험에 적합한 연 재배 논의 일부를 가로 1m, 세로 1m의 크기로 끈을 이용하여 정사각형 Plot 3곳을 표시하였다. 개구부의 크기에 따른 3개의 노즐에 따라 동일한 압력과 동일한 시간(10초) 동안 물을 토양 속에 분사했을 때 각각의 토양파쇄 정도를 분석하여 각 노즐의 토양파쇄 성능을 시험하였다.

토양 파쇄전과 파쇄후의 토양경도는 공압식 연근수확기의 토양 분쇄성능 실험에 사용되었던 같은 경도계(STS-100KG-C2, Eijkelkamp, Netherlands)를 이용하여 측정 및 분석하였다. 본 연구에서는 토양 내에 노즐 삽입이 20 cm까지 정도만 가능하며, 토양분쇄를 위한 노즐별 토양 삽입 깊이를 20cm로 균일하게 하여 토양파쇄 성능실험을 수행하였다. 파쇄전의 토양을 한 곳 선정하여 주위를 10번 반복 경도를 측정하고 평균하여 얻어진 경도 값과 각 3개의 노즐을 이용하여 토양을 파쇄한 후 각각 10번씩 측정하여 평균한 토양경도 값을 비교하였다.

수압식 연근수확기의 작동은 펌프(PD-G050MA, WILO, Korea)를 통해 이동된 저수지의 물이 고압세척기로 유입되고, 여기서 고압으로 압축된 물은 손잡이의 레버를 작동시켜 고압세척기에 부착된 노즐을 통해 토양에 분사 된다(Fig. 5-25). Fig. 5-25에 표시된 Plot의 4 모서리와 중심을 포함 총 5회 고압의 물을 분사한 후 5번의 수압이 균일하게 분사된 주변의 2곳씩 총 10회의 경도를 경도계를 이용하여 토양경도를 측정하고 평균값을 얻어 토양의 파쇄정도를 분석하였다.

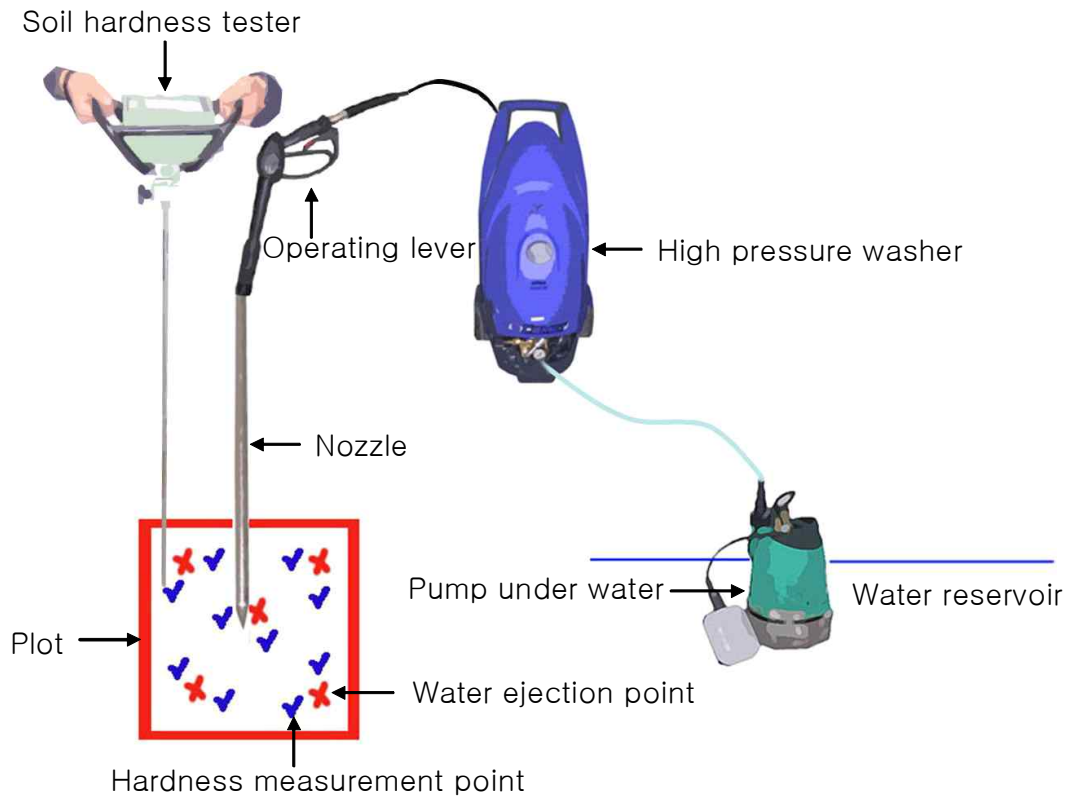


Fig. 25. Field experiment with lotus root harvester with an ejection apparatus of high pressure water.

#### 사. 공압식 연근수확기 시작품 성능평가

Fig. 5-26 및 Fig. 5-27과 같이 전라도 무안의 연 재배지에서 연근 수확을 위한 실험수행을 하였다(2009. 10. 23.). 연근수확기의 바퀴를 탈착하고 연근수확기를 이동하여 공기압축기를 연결하고, 토양파쇄 노즐을 삽입하여(깊이 270mm) 압력이 0.6Mpa 이상이 되면 작동레버를 당겨 고압의 공기를 분사하여 토양을 파쇄하고 연근수확의 용이성을 고찰하였다.

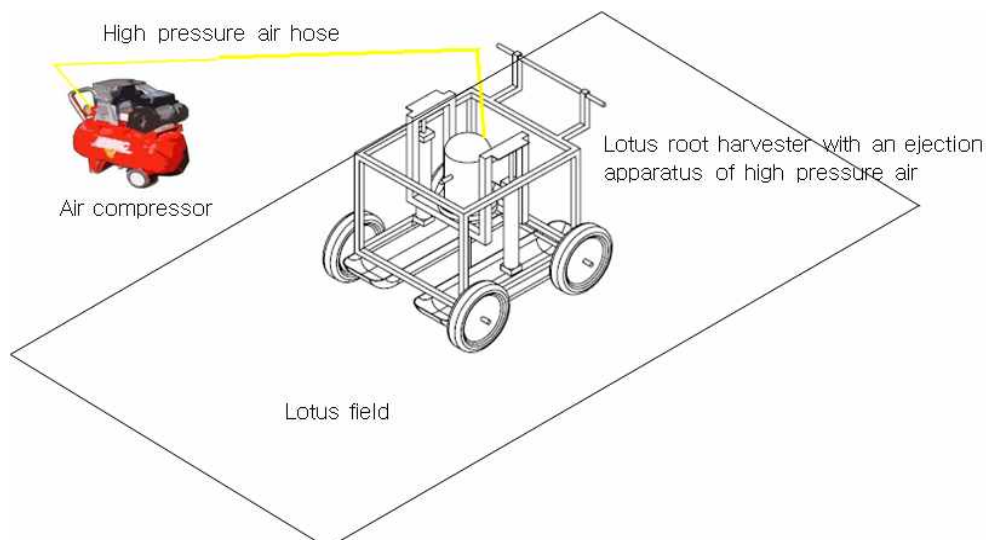


Fig. 5-26. Diagram for the lotus field experiment of lotus root harvester with an ejection apparatus of high pressure air.





Fig. 5-27. Picture for the lotus field experiment of lotus root harvester with an ejection apparatus of high pressure air.

### 3. 실험결과 및 고찰

#### 가. 논토양의 물리적 특성 분석결과

##### (1) 일반 논토양의 물리적 특성

2007년 11월 12일 춘천시 강원대학교 농장 벼 재배 논의 서로 다른 3필지(Plot 1 - Plot 3)에서 채취한 논토양에 대한 용적밀도 및 함수율 분석 결과를 Table 5-1 및 Fig. 5-28에 나타내었다. 벼 재배 논토양의 깊이별 용적밀도는 깊이가 깊을수록 큰 것으로 나타났으며, 대체로 0 ~ 10 cm까지는  $1.56 \text{ g/cm}^3$ , 10 ~ 20 cm에서는  $1.71 \text{ g/cm}^3$ , 20 ~ 40 cm에서는  $1.92 \text{ g/cm}^3$ 의 용적밀도를 나타내었다. 또한 토양함수율은 용적밀도와 반대로 깊이가 깊을수록 작은 값을 나타내었으며, 토양깊이 0 ~ 10 cm, 10 ~ 20 cm, 20 ~ 40 cm 각각에 대해 22.17%, 17.13%, 11.97%를 나타내었다. 여기서 토양실험을 위한 벼 재배 논토양은 벼 수확이 끝난 후 한달 정도 지난 상태여서 토양수분함량이 대체로 낮게 나타난 것으로 사료된다. 강원대학교 농장 벼 재배 논토양의 깊이에 따른 경도를 그림 9에 나타내었다. 벼의 뿌리가 토양경도에 의해 영양을 받아 생육에 지장을 받기 시작하는 경도는 1 MPa인 것으로 보고된바 있다(조인상 등, 1985). 또한 경반의 시작점은 토양경도 1 MPa이상이며, 경도가 지속적으로 증가하는 지점으로 정의하고, 경반의 끝점은 토양경도가 정점에 이른 뒤 지속적으로 감소하여 하나의 봉우리를 완성하고 기울기가 증가하거나 또는 기울기가 더 이상 증가하지 않는 지점으로 정의하기도 한다(이규승 등, 2007). 강원대학교 농장 벼 재배 논토양의 Plot 1 및 Plot 2의 경우 경반층의 깊이가 20 cm 이상이고, 경반층의 두께가 60 cm 이상으로 생각되며 경반층의 형태가 확실하지 않았으나, Plot 3의 경우는 경반층의 두께가 40 cm이상으로 최대경도가 4 MPa 이상으로 나타났다. 대체적으로 경도분포 곡선에 의하면 유체분사장치에 의해 30 ~ 60 cm의 일반 벼 재배 논토양을 파쇄하기 위해서는 유체 분사압력이 약 1 ~ 4 MPa이 필요한 것으로 사료된다.

Table. 5-1 Bulk density and moisture content of soil for rice paddy field according to soil depth

Plot	Soil depth (cm)	Bulk density (g/cm <sup>3</sup> )	moisture content of soil (%)
Plot 1	0 - 10	1.38	23.6
	10 - 20	1.62	17.9
	20 - 40	1.98	11.0
Plot 2	0 - 10	1.56	21.7
	10 - 20	1.86	13.9
	20 - 40	1.97	10.7
Plot 3	0 - 10	1.56	21.2
	10 - 20	1.65	19.6
	20 - 40	1.80	14.2

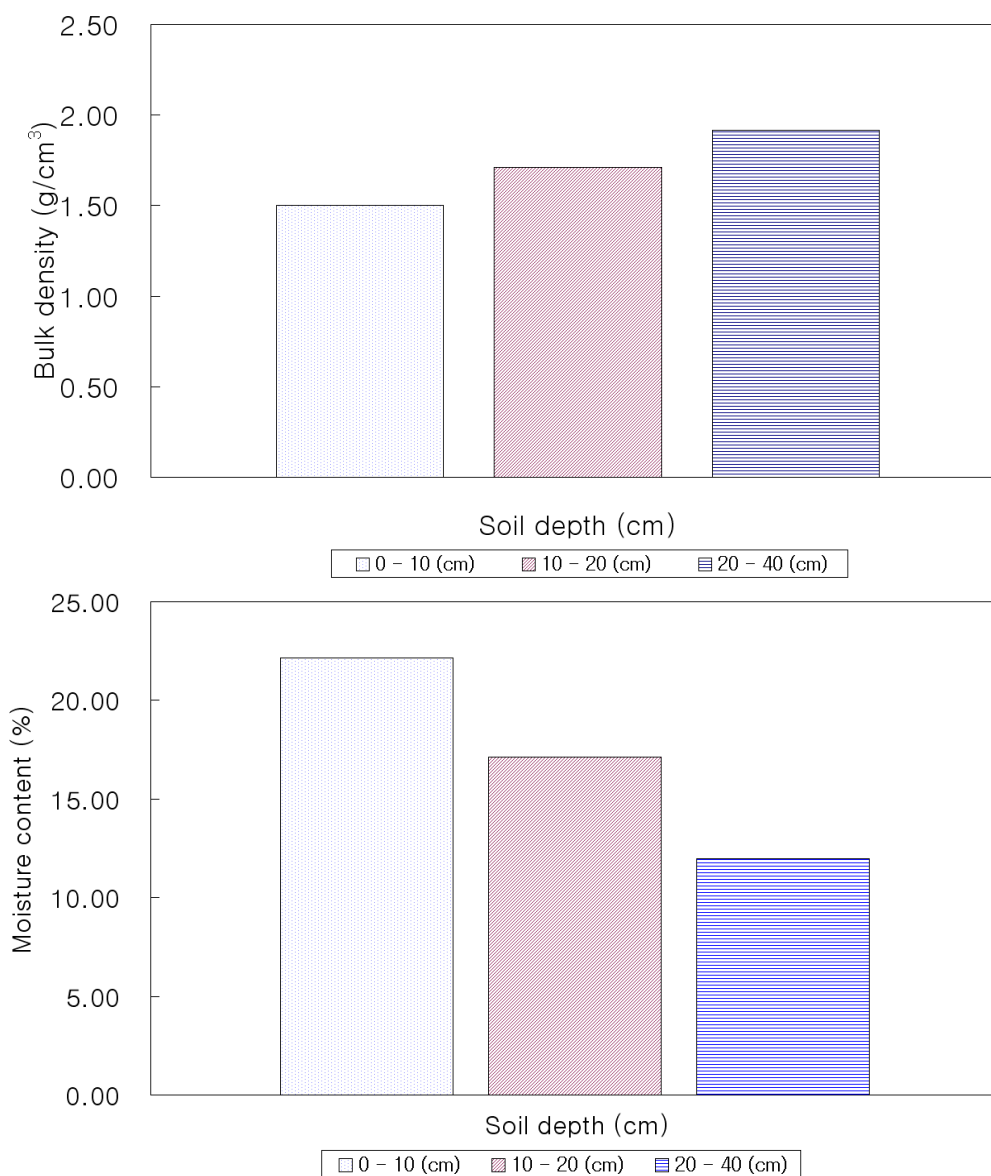


Fig. 5-28. Bulk density and moisture content according to soil depth of rice paddy field.

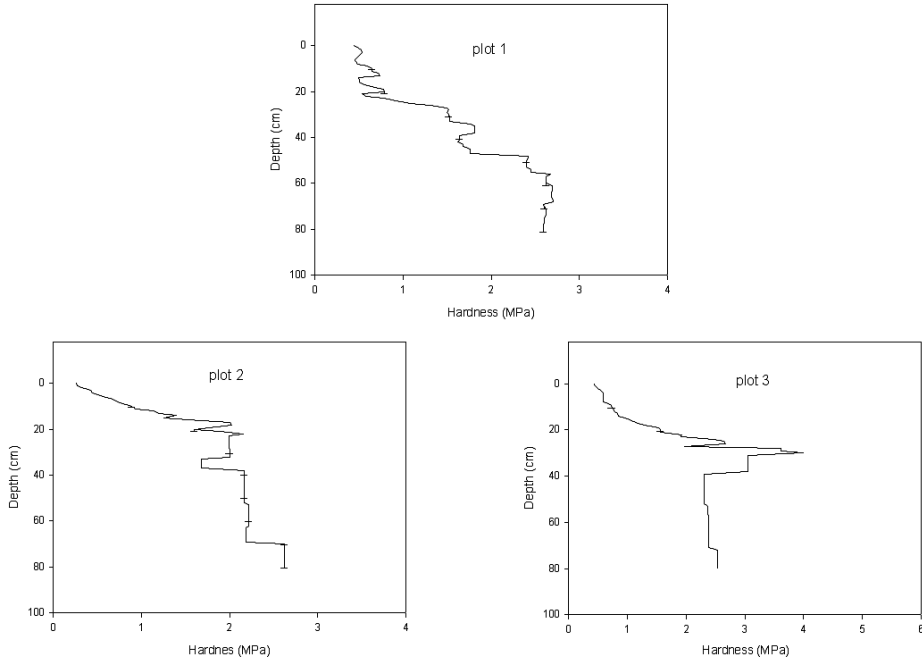


Fig. 5-29. Hardness profile according to soil depth of rice paddy field.

(2) 경기도 시흥시 연 재배 논토양의 물리적 특성

경기도 시흥시 연 재배 논토양의 물리적 특성분석은 2007년 11월 19일에 연 재배지역의 인근 9필지(Plot 1 - Pot 8)에서 수행되었다. Table 5-2 및 Fig. 5-30과 같이 일반 벼 재배 논토양과 유사하게 시흥시의 연 재배 논토양의 깊이별 용적밀도도 깊이가 깊을수록 커지며, 대체로 깊이에 따라 1.34 ~ 1.77 g/cm<sup>3</sup> 범위에 있었으나, 전체적으로 일반 논토양에 비해 낮은 용적밀도를 나타내었다. 시흥시의 연 재배지역 논토양 함수율 역시 벼 재배 논토양과 마찬가지로 깊이가 낮을수록 작은 값을 나타내었으며, 11.1 ~ 31.2%의 범위로 일반 벼 재배 논토양에 비해 다소 높은 함수율을 나타내었다.

Fig. 5-31과 같이 토양 깊이에 따른 토양의 경도는 대체로 두 가지 형태로 나타나고 있다. 즉, 토양의 경반층이 20 cm 이상으로서, 심층부의 경도가 지속적으로 커지는 형태(Plot 1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10)로 최대경도가 1.5 MPa 이상인 경우와 1.5 MPa 이하인 경우가 있다. 또한 경반층이 하나의 피크형태를 하고 최대경도가 2MPa 이하인 형태(Plot 3)로 구분된다.

대체로 토양의 경도는 깊이가 증가함에 따라 증가하는 경향을 나타내었으며, 연약 토양의 경우 20 ~ 40 cm 깊이에서 파쇄 가능한 유체 압력은 약 0.5 ~ 1 MPa 내외로 나타났고, 다소 단단한 토양의 경우는 약 1.5 MPa 내외로 나타났다(Fig. 5-31). 깊이 40 ~ 80 cm의 토양을 파쇄하기 위해서는 연약 토양의 경우 약 1.5 MPa 내외의 압력이 필요하며, 단단한 토양의 경우는 2 MPa 내외의 압력이 필요한 것으로 나타났다.

따라서 유체분사 굴취장치 설계 시 연약토양 기준으로 20 ~ 40 cm 깊이의 토양 파쇄를 위한 유체분사 압력을 0.5 ~ 1 MPa로 설정하는 것이 바람직한 것으로 생각된다.

Table. 5-2 Bulk density and moisture content of soil for lotus field according to soil depth (Siheung)

Plot	Soil depth (cm)	Bulk density (g/cm <sup>3</sup> )	Moisture content of soil (%)
Plot 1	0 - 10	1.35	19.7
	10 - 20	1.42	19.2
	20 - 40	1.58	18.7
Plot 2	0 - 10	1.40	20.9
	10 - 20	1.56	18.8
	20 - 40	1.69	16.1
Plot 3	0 - 10	1.38	24.3
	10 - 20	1.60	22.9
	20 - 40	1.77	15.6
Plot 4	0 - 10	1.38	22.8
	10 - 20	1.42	22.3
	20 - 40	1.56	18.9
Plot 5	0 - 10	1.34	28.9
	10 - 20	1.43	20.6
	20 - 40	1.67	16.4
Plot 6	0 - 10	1.42	30.1
	10 - 20	1.53	19.2
	20 - 40	1.67	15.6
Plot 7	0 - 10	1.34	31.2
	10 - 20	1.41	27.3
	20 - 40	1.50	21.2
Plot 8	0 - 10	1.38	25.9
	10 - 20	1.46	23.4
	20 - 40	1.62	19.1

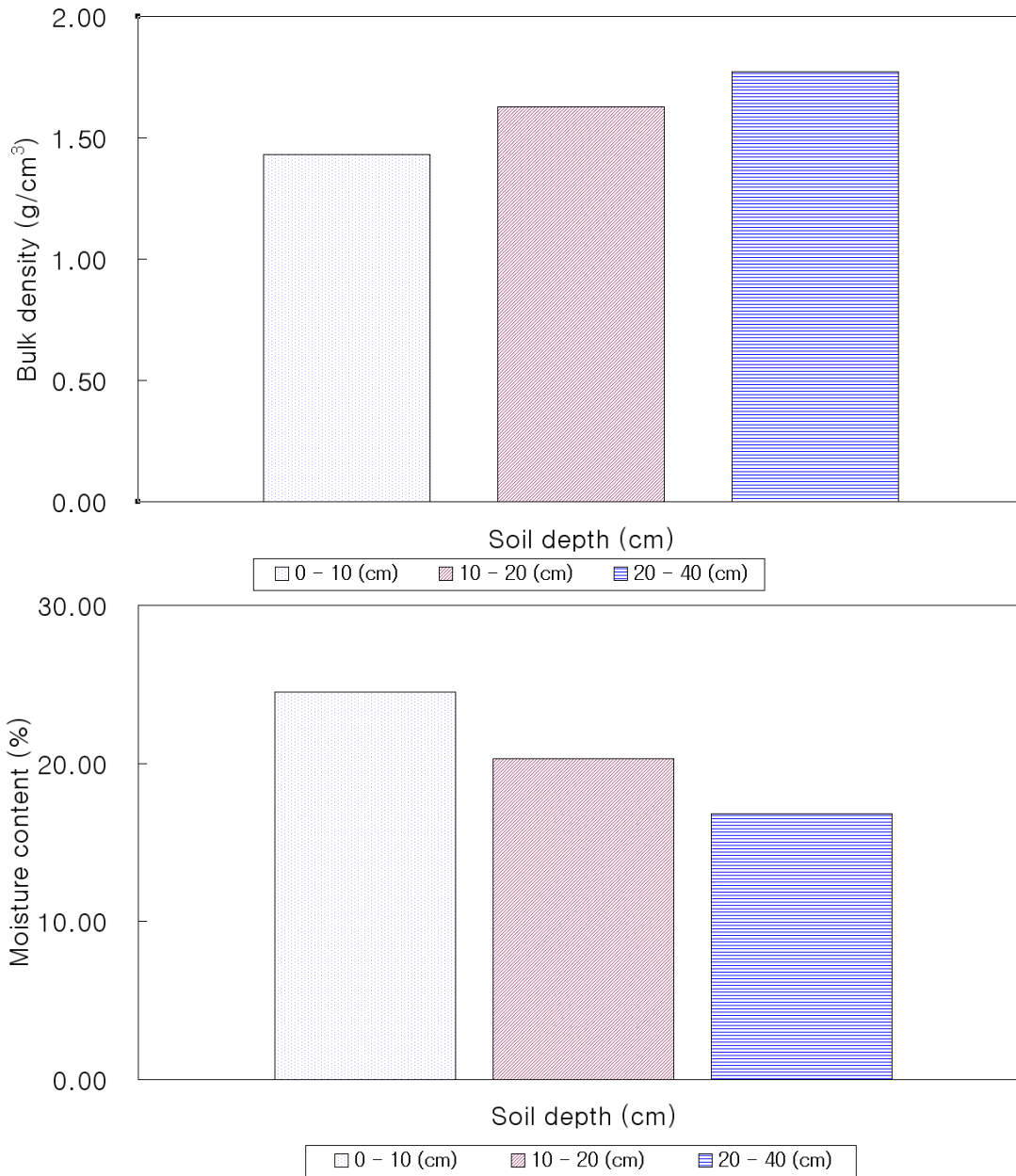


Fig. 5-30. Bulk density and moisture content according to soil depth of lotus field (Siheung).

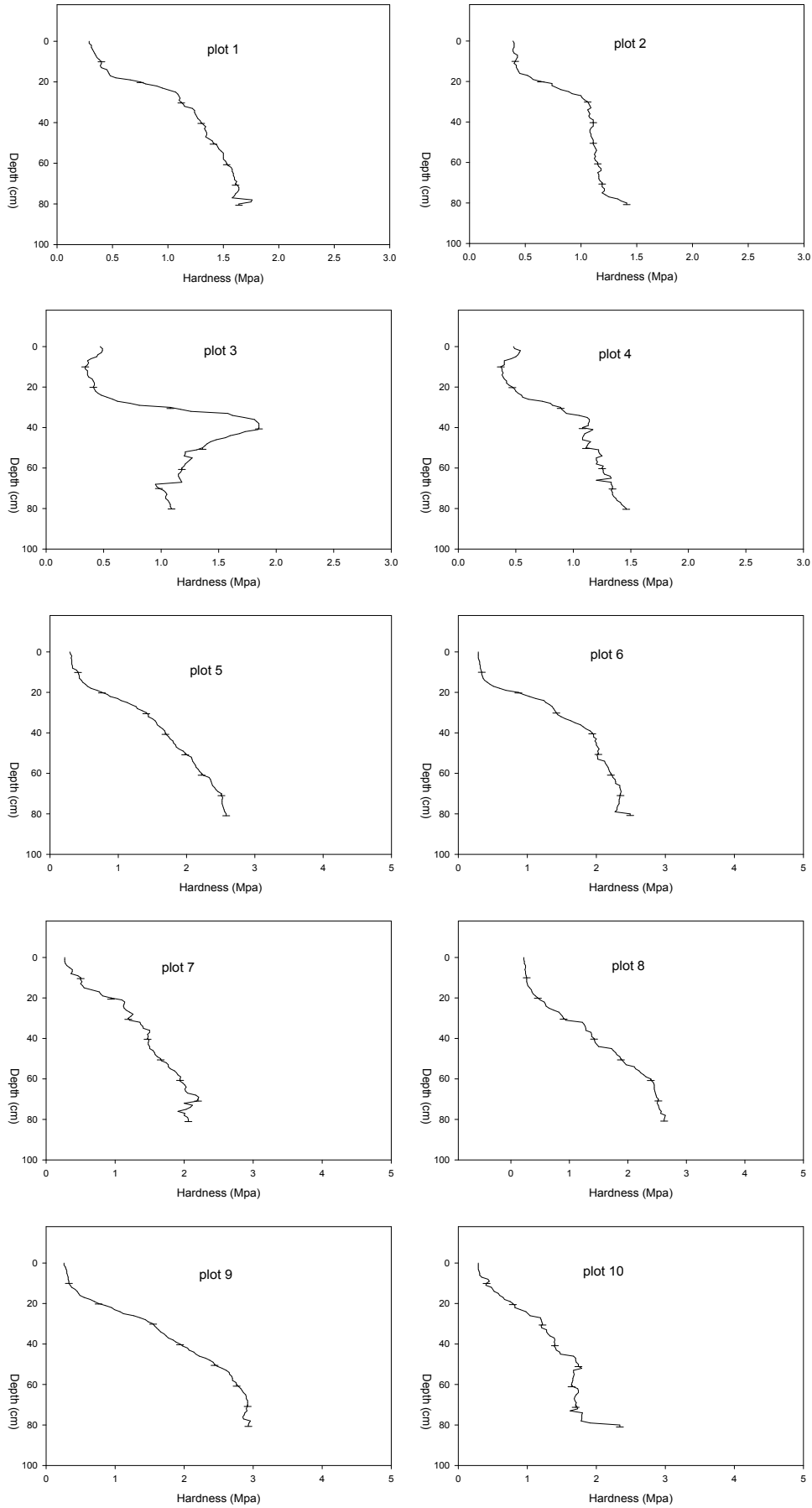


Fig. 5-31. Hardness profile according to soil depth of lotus field (Siheung).

### (3) 전라남도 무안군 연 재배 논토양의 물리적 특성

전남 무안군 연 재배지 논토양의 물리적 특성분석은 2007년 12월 21일에 연 수확을 위해 물이 제거된 논 8필지에서 수행되었다. Table 5-3 및 Fig. 5-32와 같이 일반 벼 재배 논토양과 유사하게 연 재배 논토양의 깊이별 용적밀도도 깊이가 깊을수록 커지는 경향을 나타내었다. 용적밀도는 대체로 깊이에 따라 0 ~ 10 cm에서 1.37 g/cm<sup>3</sup>, 10 ~ 20 cm에서 1.49 g/cm<sup>3</sup>, 20 ~ 40 cm에서 1.60 g/cm<sup>3</sup>을 나타내었으며, 전체적으로 일반 논토양에 비해 낮은 용적밀도를 나타내었다. 무안군 연 재배지역의 논토양 함수율 역시 벼 재배 논토양과 마찬가지로 깊이가 낮을수록 작은 값을 나타내었으며, 깊이에 따라 0 ~ 10 cm에서 38.67%, 10 ~ 20 cm에서 29.10%, 20 ~ 40 cm에서 25.63%의 수분함량을 나타내었다(Fig. 5-32). 따라서 일반 벼 재배 논토양에 비해 깊이별로 다소 높은 함수율을 나타내었다. 무안군 연 재배지 논토양의 깊이별 경도분석 결과(Fig. 5-33)와 같이 3가지 형태로 나타났다. 즉 Plot 1, Plot 2 및 Plot 3는 경반층의 경도가 깊이에 따라 아주 천천히 증가하나 경도가 크지 않으며, 경반의 형태가 뚜렷하지 않은 형태를 보이고 있다(이규승, 2007). 또한 Plot 4, Plot 5, Plot 6의 경우 경반층의 두께가 20 cm 이상으로 심층부의 경도가 지속적으로 커지며 경반층이 확실하지 않은 형태다. 최대 경도는 Plot 1의 경우 80 cm 깊이에서 1.7 MPa, Plot 2의 경우 65 cm에서 1.2 MPa, Plot 3의 경우 70 cm에서 1.2 MPa, Plot 4의 경우 60 cm에서 2.2 MPa, Plot 5의 경우 60 cm에서 1.3 MPa, Plot 6의 경우 50 cm에서 1.7 MPa를 나타내었다. 또한 Plot 7 및 Plot 8은 경반층이 피크형태를 하고 있으며 최대경도가 각각 2 MPa 및 3 MPa 이상인 것으로 나타났다. 따라서 연 재배 논토양은 일반 벼 재배 논토양에 비해 깊이별로 대체로 낮은 경도를 나타내었다. 연 재배 논토양의 깊이별 경도분포에 의하면 유체분사장치에 의해 20 ~ 40 cm의 토양을 파쇄하기 위해 필요한 유체분사 압력은 단단한 토양의 경우 0.7 ~ 1.5 MPa 내외가 필요하며, 연약토양인 경우는 약 0.5 ~ 1 MPa인 것으로 사료된다. 따라서 유체분사 연근 수확장치의 설계 시 연약토양 기준으로 20 ~ 40 cm 깊이의 토양 파쇄를 위한 유체분사 압력을 0.5~ 1 MPa로 설정하는 것이 바람직한 것으로 생각된다.

Table. 5-3 Bulk density and moisture content of soil for lotus field according to soil depth (Muann)

Plot	Soil depth (cm)	Bulk density (g/cm <sup>3</sup> )	Moisture content of soil (%)
Plot 1	0 - 10	1.32	43.0
	10 - 20	1.40	32.7
	20 - 40	1.57	27.7
Plot 2	0 - 10	1.37	35.6
	10 - 20	1.48	31.0
	20 - 40	1.58	27.3
Plot 3	0 - 10	1.41	37.4
	10 - 20	1.58	23.6
	20 - 40	1.65	21.9
Plot 4	0 - 10	1.36	38.1
	10 - 20	1.40	39.7
	20 - 40	1.57	34.3
Plot 5	0 - 10	1.35	53.1
	10 - 20	1.41	38.6
	20 - 40	1.52	34.8
Plot 6	0 - 10	1.38	44.4
	10 - 20	1.43	41.6
	20 - 40	1.54	32.2
Plot 7	0 - 10	1.40	23.8
	10 - 20	1.52	23.0
	20 - 40	1.54	21.9
Plot 8	0 - 10	1.49	22.9
	10 - 20	1.50	22.0
	20 - 40	1.56	21.7



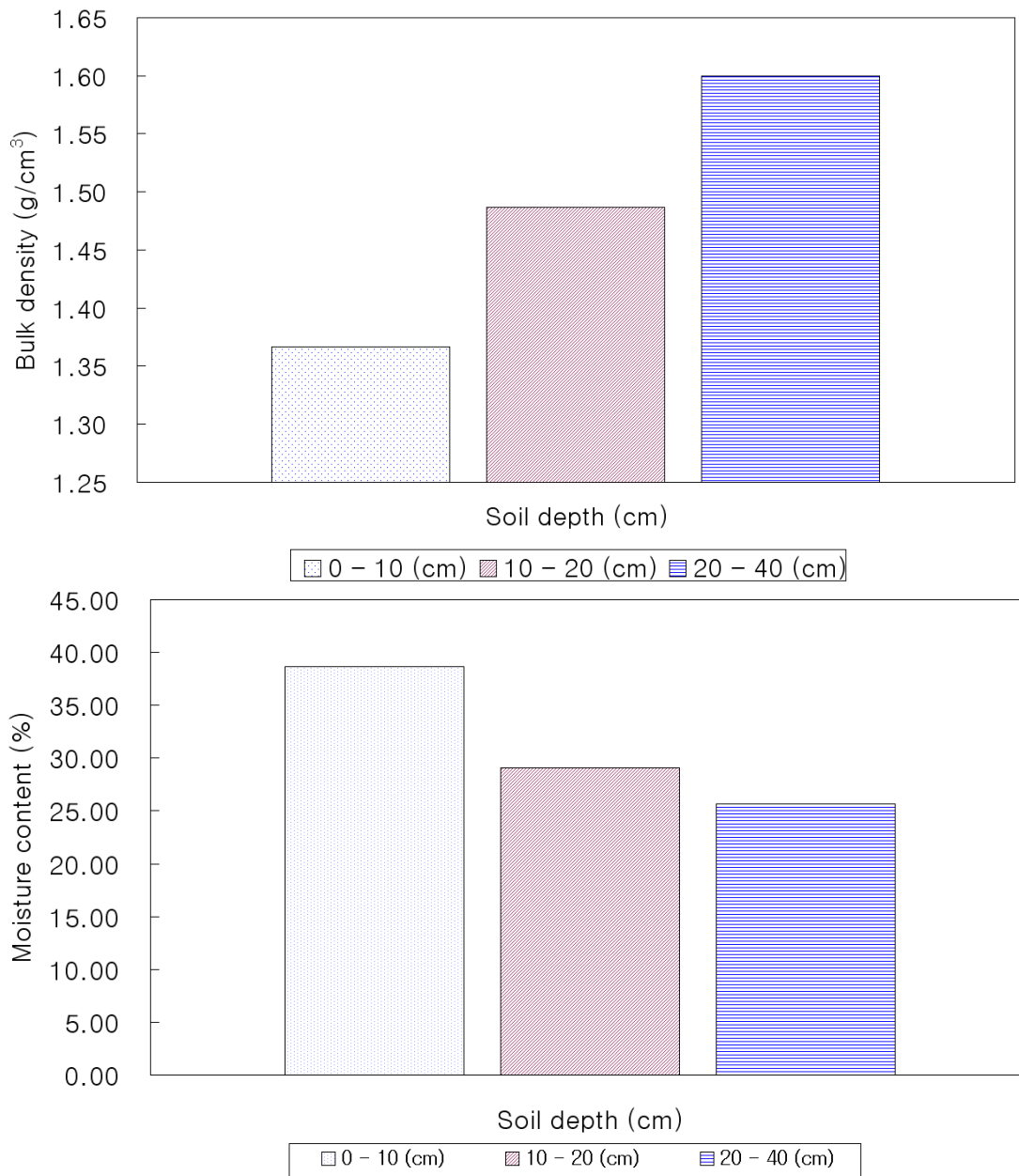


Fig. 5-32. Bulk density and moisture content according to soil depth of lotus field (Muan).

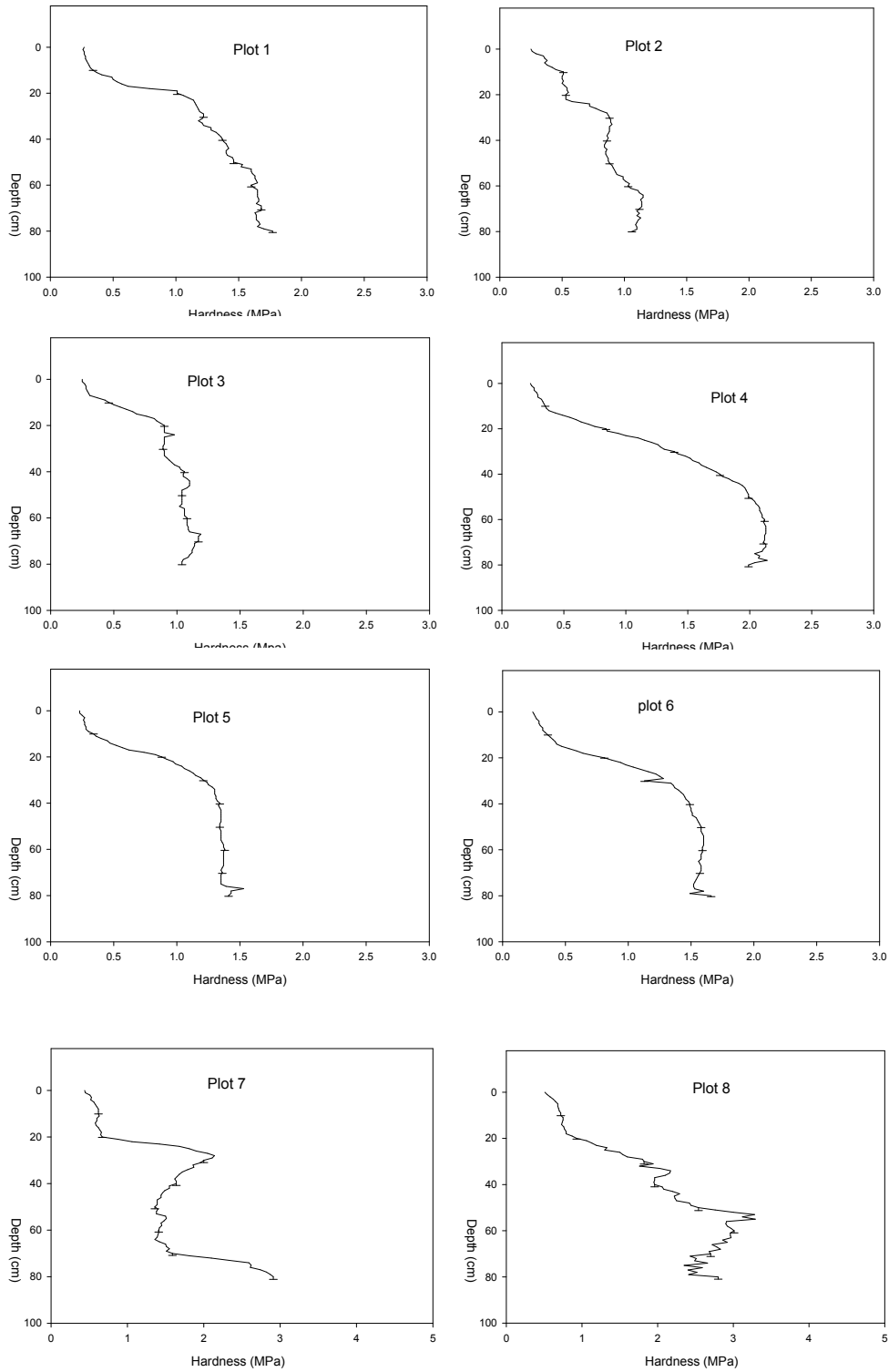


Fig. 5-33. Hardness profile according to soil depth of lotus field (Muan).

## 나. 연근수확기의 토양 파쇄성능 분석결과

### (1) 공압식 연근수확기의 토양 파쇄성능 분석

본 연구에서는 공압식 연근수확기의 노즐 개구부의 크기가 토양 파쇄에 미치는 성능을 분석하기 위한 것으로 각 노즐은 동일한 공기압력 조건하에 토양 내에 동일하게 50 cm까지 삽입하여 고압의 공기를 분사하였다.

Fig. 5-34는 연근재배 논토양의 파쇄 전 깊이로 따른 토양경도 값(Plot 1-1) 및 소(Plot 1-2), 중(Plot 1-3), 대(Plot 1-4) 노즐을 이용하여 토양을 파쇄한 후의 깊이로 따른 토양경도 값의 변화를 나타내었다. Table 4는 공압식 연근수확기의 주요 토양파쇄 구역과 소, 중, 대 노즐의 토양파쇄 정도를 경도 값 수치로 나타내었다.

개구부의 중심위치가 소, 중, 대 노즐은 노즐 끝으로부터 각 75 mm, 82.5 mm, 90.3 mm에 위치해 있으며, 노즐의 개구부 범위는 노즐 끝으로부터 66 mm에서 114.6 mm가 되고, 각 노즐의 토양파쇄 정도는 개구부의 위치를 기준으로 시험 Plot 토양 내에 삽입되는 노즐 개구부의 위아래 토양에 대한 토양경도를 분석하여 각 노즐의 토양파쇄 성능을 조사하였다.

Fig. 5-34의 Plot 1-1에 나타낸 것과 같이 파쇄 전에는 토양깊이 10 cm에서 20 cm까지는 약 0.2MPa에서 1MPa로 급격한 토양경도의 증가를 보였다. 그러나 20~30 cm까지는 0.4~0.66MPa의 압력 감소를 보이다, 다시 토양깊이 30~40 cm부근에서 큰 토양경도의 증가를 나타내었다. Table 5-4에 나타낸 것과 같이 토양에 삽입된 각 노즐의 개구부가 위치한 토양깊이 약 40 cm를 기준으로 토양경도를 분석하여 보면 노즐의 종류 및 토양깊이에 따라 다소 토양경도의 차이가 나타나는 것을 알 수 있다. 토양에 삽입되는 노즐 개구부로부터 약 10 cm 위 부분인 토양깊이 30 cm에서는 파쇄 전 토양경도가 0.66MPa이었고, 파쇄 후 대, 중, 소 노즐 각각 0.47, 0.49, 0.44MPa로 파쇄노즐에 따른 토양경도의 차이는 크지 않은 것으로 나타났다. 그러나 대체로 노즐의 개구부가 위치하는 토양깊이 40 cm에서는 파쇄 전에서 토양경도가 0.96MPa로 나타났으며, 대, 중, 소 노즐 순으로 토양경도가 0.33, 0.27, 0.7MPa로 측정되었다. 노즐 개구부 약 10 cm 밑 부분인 토양깊이 50 cm에서는 파쇄 전에는 0.74MPa로 나타났고, 대, 중, 소 노즐 각각 0.63, 0.64, 0.47MPa로 측정되었다. 따라서 토양깊이 40 cm에서는 개구부의 크기에 따른 공압 노즐의 파쇄효과는 중 노즐(Plot 1-3), 대 노즐(Plot 1-4)이 효과가 큰 것으로 나타났고, 토양깊이 50 cm에서는 소 노즐(Plot 1-2)이 토양파쇄 효과가 큰 것으로 나타났다.

이러한 결과는 개구부가 작은 소 노즐(Plot 1-2)은 개구부의 아래 방향 10 cm를 중심으로 토양파쇄가 잘 일어났고, 중 노즐(Plot 1-3) 및 대 노즐(Plot 1-4)은 개구부 주위에서 토양파쇄가 잘 이루어진 것으로 나타났다. 따라서 대체로 연근이 위치해있는 30 cm 깊이에서의 수확 시 40 cm 깊이로 중 노즐 및 대 노즐을 삽입하여 사용하고, 소 노즐은 30 cm 깊이로 삽입하여 토양을 파쇄 한다면 연근이 위치한 30 cm 구역에서 연근 수확이 효과적일 것으로 사료된다.

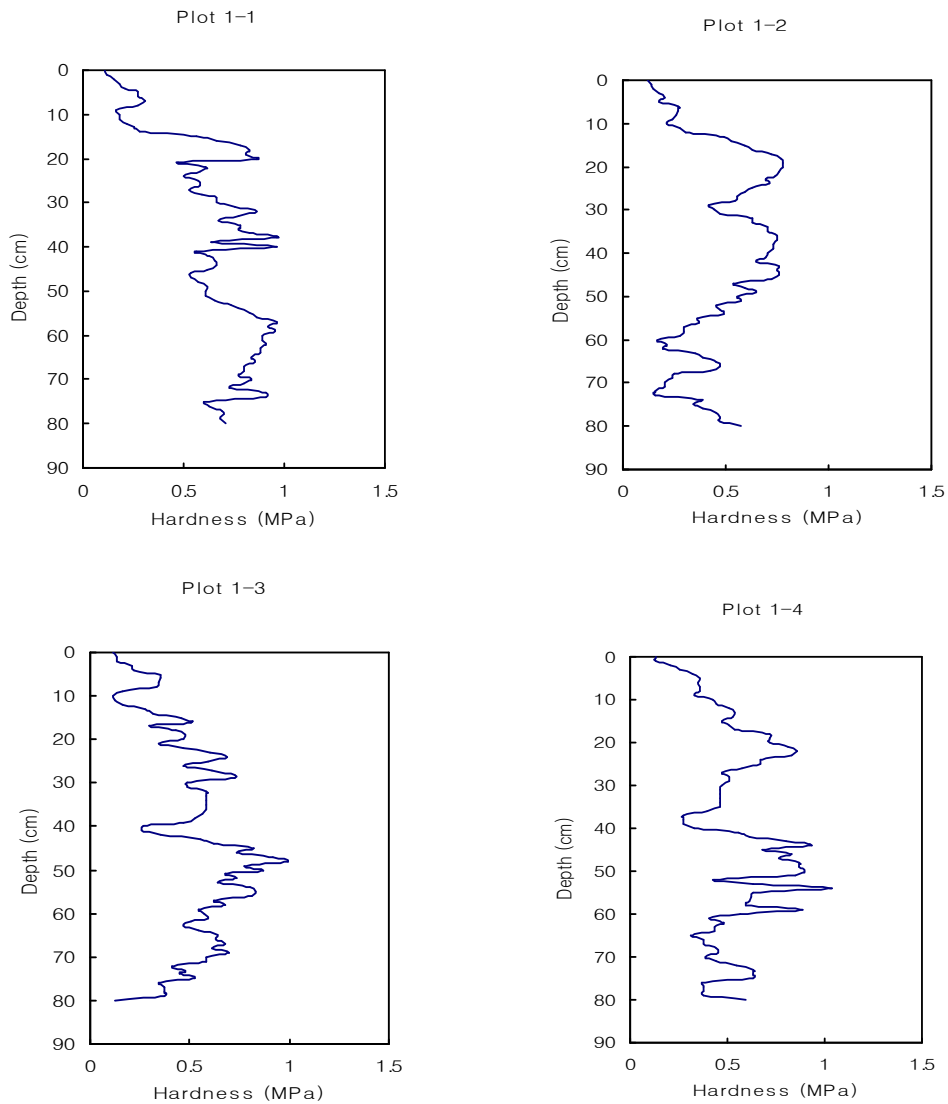


Fig. 5-34. Hardness profile according to soil depth after soil breaking by lotus root harvester using high pressure air.

Table 5-4 Hardness according to soil depth before and after soil breaking by lotus root harvester using high pressure air

Soil depth (cm)	Before soil breaking, Plot 1-1 (MPa)	Small nozzle, Plot 1-2 (MPa)	Middle nozzle, Plot 1-3 (MPa)	Large nozzle, Plot 1-4 (MPa)
30	0.66	0.44	0.49	0.47
40	0.96	0.7	0.27	0.33
50	0.74	0.47	0.64	0.63

(2) 수압식 연근수확기의 토양 파쇄 성능분석

Fig. 5-35는 수압식 연근수확기를 이용한 파쇄 전 토양의 깊이별 경도를 측정된 결과(Plot 2-1) 및 소 노즐 (Plot 2-2), 중 노즐 (Plot 2-3), 대 노즐(Plot 2-4)을 이용하여 토양을 파쇄한 후 깊이별로 측정된 토양경도 값을 그림으로 나타내었다. Table 5-5는 주요 파쇄구역인 10 cm에서 18 cm까지 파쇄전과 파쇄후의 깊이별 토양경도 값을 나타내었다.

수압식 연근수확기를 이용한 토양 파쇄 정도는 토양깊이 약 10 cm 구역에서 3개 노즐 모두 파쇄 전 토양보다 약 40% 정도 토양경도를 감소시킨 것으로 나타났다. 대체로 토양깊이 14 cm까지는 소 노즐이 토양분쇄 효과가 큰 것으로 나타났고, 14~18 cm까지는 중 노즐이 토양 파쇄에 가장 효과적인 것으로 나타났다. 또한 토양경도가 가장 큰 토양깊이 17 cm 구역에서는 3개의 구멍이 가공된 중 노즐이 가장 우수한 토양 파쇄 효과를 보이는 것으로 나타났다. 그러나 연근 수확을 위한 수압식 연근수확기의 토양파쇄 효과를 조사하기 위해서는 토양깊이 약 50 cm 까지 노즐별 토양파쇄 효과에 대한 비교분석이 필요할 것이다.

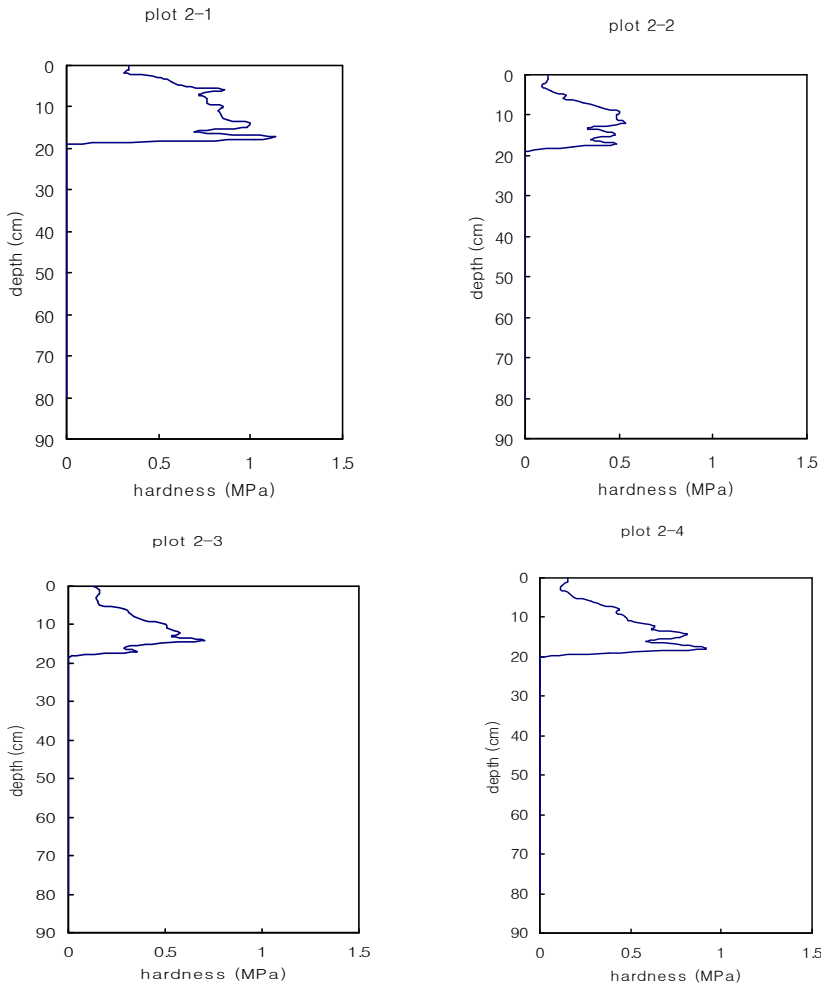


Fig. 5-35. Hardness profile according to soil depth after soil breaking by lotus root harvester using high pressure water.

Table 5-5 Hardness according to soil depth before and after soil breaking by lotus root harvester using high pressure water

Soil depth (cm)	Before soil breaking, Plot 2-1 (MPa)	Small nozzle, Plot 2-2 (MPa)	Middle nozzle, Plot 2-3 (MPa)	Large nozzle, Plot 2-4 (MPa)
10	0.85	0.49	0.5	0.47
11	0.82	0.49	0.51	0.49
12	0.84	0.53	0.58	0.63
13	0.88	0.33	0.53	0.62
14	1	0.41	0.7	0.81
15	0.98	0.48	0.4	0.77
16	0.69	0.35	0.29	0.58
17	1.14	0.49	0.35	0.81
18	1.02	0.25	0.02	0.91

#### 다. 공압식 연근수확기 시작품 성능평가 결과

1차 연근 수확기를 수정 및 보완하여, 이동성을 높이고 내구성을 강화 시키기 위해 2차 연근 수확기 시작품을 설계 및 제작하였다. 연근 수확기는 바퀴가 있어 단단한 지면에서 이동이 용이 하였으나, 연근 논(뺨 지대)에서는 바퀴를 탈착하여 미끄럼판으로 이동하였는데 한사람이 이동시키기에는 다소 저항이 큰 편이었다. 토양파쇄 공기분사장치는 상하조절을 위한 공압실린더를 이용하여 노즐의 삽입이 용이하게 할 수 있었다. 고압의 공기를 토양 내에 분사하였을 때 반경 0.7 m 정도의 토양이 파쇄 되었고, 토양파쇄 후 수작업으로 연근수확을 위해 손이 연근이 위치한 지점까지 도달하는데 다소 용이한 것으로 나타났다(Fig. 5-36).

본 연근 수확실험에서 연근수확기는 단단한 지면에서 이동이 편리하나 뺨 지대에서는 중량과 마찰저항이 다소 커 이동의 용이성이 다소 떨어지는 것으로 나타났다. 따라서 연근수확기 본체와 미끄럼판을 더욱 가벼운 재료로 사용하고 마찰저항이 낮은 구조로 제작하면 뺨 지대에서의 이동성이 매우 용이할 것으로 판단된다. 또한 연근이 위치한 지점에서 토양 파쇄가 다소 덜 이루어진 것은 노즐의 분사 개구부가 원주방향에 위치해 있어 공압이 전 방향으로 가해지지 못했기 때문인 것으로 사료된다. 따라서 노즐을 좀 더 길게 제작하여 토양에 더 깊게 삽입하고, 노즐의 분사 개구부를 서로 다른 위치에 추가하여 공압을 더욱 높인다면 연근이 위치한 토양을 전 방향으로 파쇄 하여 연근수확 작업이 매우 용이할 것으로 판단된다.



Fig. 5-36. Harvest of lotus roots using harvester in soil, Muan county.

## 제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

### <제1세부과제> 연 주요영양소, 생리활성물질 탐색 및 기능성

구분	연도	연구개발 목표	평가의 착안점 및 기준	달성도 및 관련분야 기여도(%)
1차년도	2007	연 부위별 영양소분석, 생리활성물질 분획, 선도물질 탐색, 실험실에서 면역세포 생리활성조사, 뇌기능개선, 항비만 실험을 위한 동물작제	연, 근, 꽃, 종자에서 영양성분, 면역세포 생리활성 조사, 항비만 scopolamine 유도 실험동물의 작제, 연, 연수, 연자육, 연화로부터 생리활성분획의 도출 및 선도물질의 탐색	100
2차년도	2008	연의 생리활성 성분분리, 구조해석과 생리활성 구조상관 연구, 작제된 실험동물 모델에서 기능성 효과 구명, 생리활성 임상평가를 위한 제형 개발	생리활성 유효 분획의 subfraction 분리, 성분의 구조 해석, 항알츠하이머 및 뇌기능 개선 구명, 실험동물에서 연의 항비만 효능 검증, 실험동물에서 혈액의 T, B 세포분리 및 면역글로블린 측정, 식이섭유 과립제조	100
3차년도	2009	항알츠하이머 생리활성물질 분리, 정제, 구조확인, 항스트레스 효과, 식이섭유 주요영양소 구명	동물에서 항스트레스, 당뇨병성신증억제, 생리활성물질 구조확인, 연 세포독성, 식이섭유 개발	100
최종평가		연잎, 연자육, 연근, 연심에서 주요영양소와 생리활성물질 추출, 분리, 정제, in vitro, in vivo에서 기능성 효과 구명, 생리활성 물질 제형제조와 주요특성 구명	연 부위별 주요영양소와 생리활성물질(Target) 분리, 구조 확인, 실험실과 동물에서 생리활성물질과 항스트레스, 뇌기능개선, 항비만, 당뇨병성신증억제, 면역력증진 관련성 구명, 기능성소재식품(식이섭유) 개발	100

〈제1협동과제〉 임상실험 모델을 통한 연의 건강증진 효과 검증

구분	연도	연구개발 목표	평가의 착안점 및 기준	달성도 및 관련분야 기여도(%)
2차 년도	2008	임상시험 준비, 정상성인 선발과 식이섭유 섭취, 비만지표도출과 비 만 효과 구명	임상시험 대상자 수와 대상자 선발, 정상성인을 대상으로 연 정제 섭취의 안전한 섭취량 기준 개발, 정상성인에서 체형, 혈청성분 조사를 통한 항비만 효 과 구명	100
3차 년도	2009	비만인 선발, 정제섭유 섭취, 항비 만 효과 지표와 판별기준 개발	비만자 대상 식이섭유 섭취, 정제섭유 주요영양소, 처형, 화학적성분 조사를 통 한 항비만 효과 구명	100
최종 평가		정상성인과 비만자에서 식이섭유 항비만 효과	사람에서 식이섭유 섭취시 체형, 체중 혈중 콜레스트롤, 호르몬, 지질대사 개선 연구로 항비만 효과 구명	100



〈제2협동과제〉 연을 이용한 조리, 가공 기술 개발 및 상품화

구분	연도	연구개발 목표	평가의 착안점 및 기준	달성도 및 관련분야 기여도(%)
1차 년도	2007	연 가공품 제조와 레시피, 주요 영양소, 관능평가와 주요특성 구명	백김치, 연근 피클, 장아치, 만두, 두 부, 죽, 국수 레시피와 맛, 품질관련성	100
2차 년도	2008	연식품, 발효추출액과 분말류 제 조, 주요영양소와 생리활성 효과 구명	발효추출액, 주스, 연잎과 연꽃분말, 식혜와 연밥제조, 평활근세포 증식과 항 산화도 등	100
3차 년도	2009	연 가공품 대량생산공정 개발, 용기와 디자인개발, 주요영양소와 안전성조사, 제품 상품화	가공품 최적제조공정, 칼로리, 비타민, 무기물, 유해미생물함량, 음료, 식혜, 연 밥, 다류 상품화와 홍보	100
최종 평가		가공품 가공적성과 제조공정, 맛, 영양소, 생리활성, 가공품 상품화	가공품 제조공정 확립, 주요영양소, 생 리활성, 안전성증진으로 맛과 품질이 우 수한 가공품 개발(4종 상품화) 및 매출 확보	100

〈제2세부과제〉 연 저장, 건조, 최소가공제품 및 개화기 조절기술 개발

구분	연도	연구개발 목표	평가의 착안점 및 기준	달성도 및 관련분야 기여도(%)
1차 년도	2007	연근 저장전처리, 연잎과 연근 분말특성, 신선식품에서 항갈변, 연 개화관련 요인 조사	연근 세척, 절단, 큐어링과 저장력, 연잎과 연근 채취시기와 건조온도별 품질, 항갈변제 탐색과 처리기술, 절편제조와 저장, 재배지 환경요인과 개화실태	100
2차 년도	2008	연근 저장전처리, 포장과 저장력, 연잎과 연근 유통중 품질변화, 신선식품 제조공정확립, 연근생장과 개화관련성 구명	연근 알콜전처리, 진공포장, 포장재별 저장력, 분말 포장재와 저장온도별 저장력, 가공품 제조공정, 연근생장일수와 화아분화 및 화아 신장	100
3차 년도	2009	연근저장시스템 구축, 연잎, 연근 분말개발, 신선식품 중국산과 경쟁력비교	연근 수확시기와 저장력, 저장시스템 확립, 분말제조공정과 제품 개발, 신선식품 중국산 품질과 경제성비교, 단근, 생장조절제, 적엽에 따른 개화 반응	100
최종 평가		연근저장시스템 구축, 연잎과 연근 분말, 신선식품개발, 주요영양소, 안전성, 외국산과 경제성 비교	저장기간 연장, 우수한 품질의 연잎과 연근분말, 신선식품 개발, 개화기 예측을 통해 연 부가가치 증진	100

〈위탁과제〉 고압의 유체를 이용한 연근 굴취기 개발

구분	연도	연구개발 목표	평가의 착안점 및 기준	달성도 및 관련분야 기여도(%)
1차 년도	2007	연근굴취기 모형 제작, 유체분사 장치 설계와 제작, 토양별 굴취특 성	국내외 수확장비 실태 조사, 토질별 굴취 기능부여, 유체분사기능 조합	100
2차 년도	2008	공압식, 수압식 굴취 노즐 개발 과 굴취기 성능평가	공압식, 수압식 연근굴취기 토양파쇄 성능분석, 유압능을 이용한 공압식 연근 굴취 탑재기 제작	100
3차 년도	2009	연근굴취기 개발, 굴취용 탑재기 제작, 현장시연회 개최	연근굴취기와 탑재기, 콤팩레사 부착 을 통한 제품 개발, 연근 굴취 성능 현장평가	100
최종 평가		연근 굴취기 개발과 굴취능력	연근 굴취기를 이용한 토양 파쇄, 토 양과 연근 분리를 통해 기계 수확 가능 성 여부	100

## 제 5 장 연구개발 성과 및 성과 활용계획

### 제1절 실용화, 산업화 계획

연구기간 중 개발한 기술을 참여기업에 지도하고 현장적용해서 상품화한 상품 목록은 아래와 같다. 연잎분말 외 3종을 상품화 해서 GS 리테일, 한국인삼공사, 전문매장에서 유통을 통해 540백만원 매출을 확보하고 있다. 향후, 기능성소재 식품인 식이섬유도 상품화를 추진하면서, 한식 개발과 함께 상품화 한 연 식혜의 대미 수출도 적극 추진할 계획이다. 향스트레스, 뇌기능개선, 면역력증진에 효과를 나타낸 생리활성물질은 시장성과 경제성을 고려해서 상품화 할 계획이다. 참여기업인 일로농협도 연 분말, 연쌈밥과 함께 신선식품을 상품화 하였거나 상품화 중에 있다. 또, 현장시연회에서 나타난 연근 굴취기 미비점을 보완해서 생산자단체에 적용할 계획이다. 연근저장, 조미가공품, 연식품, 식품소재 제조기술과 공정도 연 산업체를 비롯한 식품업체에 기술이전 해 상품화 할 계획이다.

사업화명	사업화내용	사업화 업체 개요				기매출액	당해연도 매출액	매출액 합계
		업체명	대표자	종업원수	사업화형태			
연잎분말	식품분말	(주)다연	김성두	6명	원료제조	33백만	142백만	175백만
원료개발	추출음료	(주)다연	김성두	6명	대기업제휴	42백만	155백만	197백만
연식혜	추출음료	(주)다연	김성두	6명	자체브랜드	2백만	22백만	22백만
연잎쌈밥	즉석식품	(주)다연	김성두	6명	대기업제휴	8백만	540백만	548백만

### 제2절 교육, 지도, 홍보 등 기술 확산 계획

연구기간 중 기술지도 산업체는 (주) 범우 등 5개 업체로, 주요 기술 지도 내용으로는 ① (주) 범우 : 연잎분말을 이용한 라면류 생산에 필요한 원료특성, 가공적성 등 ② 삼학식품 : 연잎 농축액을 이용한 백련고추장 숙성방법 및 가공적성 등 ③ 하늘백련브로이 : 연근조림 상용화를 위한 가공, 저장, 유통조건 등 ④ 일로농협: 연분말, 연쌈밥, 신선식품 제조공정과 유통기간 연장 기술 ⑤ (주) 다연: 연식혜, 연이랑 음료에서 레시피제조와 안전성 확보 등이다.

현재 추진 중인 기술이전 내용은 4건으로 ① (주) 다연: 백련 향비만, 향치매 기능성 효과와 식이섬유 제조 공정 ② (주) 다연: 백련 식혜와 추출물 제조공정과 제조기술 ③ 일로농협: 연근 절편을 이용한 신선식품 개발 ④ 무안두부: 연잎분말 함유 두부 제조 등이다. 향후, 생리활성물질을 이용한 기능성 소재 식품 개발, 연잎과 연근 분말을 이용한 연밥, 비빔밥, 볶음밥 등 한식과 식품소재를 이용한 연식품, 연 추출물을 이용한 가공품 상품화를 위해 관련산업체에 기술이전과 기술지도를 매년 2~3건 추진 할 계획이다.

연 소비량 증진과 부가가치 향상을 위해서는 지속적인 홍보가 필요하다. 연구기간 중 홍보는 14건으로 목록을 요약하면 다음과 같다. 홍보물 중 MBC 다큐멘터리 연은 3회에 걸쳐 전국에 방영됨으로써 연 기능성 효과를 홍보하는데 큰 기여를 하였다. 향후, 신제품 출시와 상품화, 워크숍과 세미나 행사를 통해 매년 2~3건 연을 홍보할 계획이다.

- '07. 6. 5. 무안신문. 연 기획과제 내용과 성과
- '07. 6. 22. 무안신문. 연 기획과제 성공을 위한 대토론회
- '08. 5. 11: 무안신문. 연 재배작목반과 가공품 개발 협의회 개최
- '08. 7. 26. 연합뉴스. 연 산업축제
- '08. 7. 28. 문화일보. 연 산업축제는 진화 중
- '08. 8. 4. 아시아투데이. 연 클러스터를 통한 농가소득 증대
- '08. 10.11. 무안신문. 연 산업 활성화 방안 협의회
- '08. 10. 16. 연합뉴스. 무안 연 산업축제 활성화
- '09 3. 4. 무안신문. 대한민국 연(蓮)산업 최고를 향한 '무한도전'
- '09. 2. 14. 무안신문. '연(蓮)의 대중화를 위한 포럼'
- '09. 5. 27. 무안신문. 목포대지역특화센터와 농촌진흥청 MOU 체결
- '09. 10. 16. 목포 MBC. 연 수확기 현장 시연회
- '09. 10. 22. 목포 MBC. 백련 상품화로 농업기술 대상 수상
- '09. 12. 20. MBC. 다큐멘터리 '연' 제작과 전국 방영 3회

### 제3절 특허, 논문 등 지적재산권 확보 계획

연구기간 중 출원한 특허는 7건 이었다. 향후, 연근 저장, 개화기 조절, 생리활성물질 분리와 정제분야에서 특허를 2~3건 출원할 계획이다. 또한, 출원한 특허가 등록될 수 있도록 최대한 노력할 것이다.

출원된 특허의 경우				
출원연도	특허명	출원인	출원국	출원번호
2008	연잎 추출물 당노예방 및 치료 효능을 갖는 약학조성분 제조	목포대 산학협력단	대한민국	10-2008-0019675
2009	연근절편을 이용한 최소가공 제품 개발	목포대 산학협력단	대한민국	10-2209-0031524
2009	연 식혜의 제조 방법	(주)다연	대한민국	10-2009-0021520
2009	연잎 발효추출물의 제조방법	(주)다연	대한민국	10-2008-0015996
2009	연근 주스 제조방법	(주)다연	대한민국	10-2009-0021518
2010	연 분말 장기 유통기술	목포대 산학협력단	대한민국	출원 중
2010	분사 노즐을 이용한 연근 굴취기	강원대 산학협력단	대한민국	출원 중

연구기간 중 게재한 논문은 전체 21건 이었는데, 이 중 국외 논문인 SCI는 6건이었다. 앞으로 연 개화기 조절, 연 주요 영양소와 생리활성, 저장, 가공품 개발분야에서 4~5편의 논문을 추가적으로 게재할 계획이다.

계재 연도	논문명	저자			학술지명	Vol. (No.)	국내 외 구분	SCI 구분
		주저자	교신 저자	공동 저자				
2008	전남 무안 회산지 자생백련의 잎과 연근 생산력	임명희	허복구	박용서	한국지역 사회지	19:611- 617	국내	비SCI
2008	홍련 꽃과 잎 추출물 기내 생리활성	허복구	임명희	박용서	원과지	26:331- 337	국내	SCIE
2008	백련 4종 꽃과 잎 추출물의 항균 활성	박윤집	허복구	박용서	생명자원 과학연구	30:25-3 4	국내	비SCI
2008	Inhibitory effects of lotus leaves on rat lens aldose reductase, advanced glycation endproducts formation	정안현	최재수	김동욱	Food Chem. Toxicol.	46:3818 -3826	국외	SCI
2008	Formulation and sensory evaluation of granule and tablet from lotus rhizome	라젠드라	김동욱	방규호	Kor. Plant Resear.	21:103- 109	국내	비SCI
2008	Effect of lotus on proliferation, migration and expression of MMP-2 and MDA-MB	라젠드라	김동욱	류동영	Kor. Plant Resear.	21:96-1 02	국내	비SCI
2009	무안 백련 재배지의 온도환경 및 시기별 꽃과 잎의 수량	임명희	허복구	박용서	생명자원 과학연구	31: 1-10	국내	비SCI
2009	연잎분말을 첨가한 죽의 품질특성	박복희	박복희	김성두	한국식품조 리과학회지	25: 11-13	국내	비SCI
2009	연 교배조합이 종자형성에 미치는 영향	박삼균	허복구	박용서	생명자원 과학연구	31: 31-39	국내	비SCI
2009	무안 자생백련 실생묘의 근경생장과 출엽특성	임명희	허복구	박용서	생명자원 과학연구	31: 11-21	국내	비SCI
2009	자생백련의 연잎 수확량이 개화와 연근 수확에 미치는 영향	허복구	허복구	박용서	화훼연구	31: 22-30	국내	비SCI
2009	백련 종류에 따른 연근 크기와 수확량 차이	임명희	허복구	박용서	한국자원 식물학회지	22(1): 42-48	국내	비SCI
2009	Shelf life in lotus slices by storage temperature	코삭토	박용서	-	Hort. Environ.	50(2): 62-65	국내	비SCI
2009	'Partial characterization of three Korean white lotus cultivars'.	박용서	박용서	강성국	J. Agr.Food Chemistry	in press	국외	SCI
2009	연잎 분말을 첨가한 두부의 품질 특성	박복희	조희숙	김성두 전은례 고경미	한국식생활 문화학회지	24(3)	국내	SCI
2009	비트 추출물 첨가 연근 피클의 저장 중 품질 특성 변화	박복희	조희숙	김성두 전은례	한국식품영 양과학회지	38(8)	국내	SCI

계재 연도	논문명	저자			학술지명	Vol. (No.)	국내 외 구분	SCI 구분
		주저자	교신 저자	공동저 자				
2010	연잎 분말 첨가가 국수의 품질특성에 미치는 영향	박복희	조희숙	김성두 전은례	한국식생활 문화학회지	25(2)	국내	비SCI
2010	Selectively cholinesterase inhibitory activity of new monoterpene diglycoside from lotus	정현아	최재수	김동욱	Biol. Pharm. Bull	33:267 -272	국외	SCI
2010	'Bioactive compound and antioxidant and antiproliferative activities of 4 Korean white lotus cultivar'(SCI)	박용서	박용서	코삭토	J. Med. Food	12: 1057-1 064	국외	SCI
2010	Effects of cooking on the bioactivity of lotus roots and white onionsI	임명희	박용서	허복구	Inter. J. Food Propertity	in press	국외	SCI
2010	The thermostability, bioactive compounds and antioxidant of some vegetable subjected to different duration of boiling	임명희	Shela	박용서	LWT	in press	국외	SCI

#### 제 4 절 향후 타 연구 과제 활용 내용

본 연구를 통해 연 산업화와 함께 학문의 불모지대라 할수 있는 연에서 어느 정도 학문적 성과를 얻었다고 볼 수 있다. 기존의 연구를 직, 간접적으로 적용해서 향후, 활용 가능한 분야를 도출하면 다음과 같다. ① 연근 굴취 용이를 위한 재배 방법 개선(수경재배, 용기재배, 바닥 멀칭) ②연잎 생리활성 물질을 이용한 기능성 소재 식품 개발(항비만, 항 당뇨, 항 알츠하이머 등) ③연 분식을 위한 개화기 조절(4월 8일 기준 개화 기술 개발) ④ 연 식재를 통한 수질정화를 위한 축산농가와 순환농법 개발 ⑤ 연 찜밥의 상품화를 통한 Take-out 상품 개발 ⑥ 연을 이용한 기능성 발효사료 대량 생산 기술 개발 ⑦ 4대강 상류 연 식재를 통한 수질 정화와 경관 조성 ⑧ 정원, 공원, 습지에 연 식재를 통한 이산화탄소 저감 등에 활용이 가능하다.

## 제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

연을 식용으로 하는 국가는 우리나라를 포함한 동양권으로 알려져 있음. 연 생리활성과 기능성 효과, 가공품 제조공정과 제품 개발, 신선식품에서 항갈변제 탐색, 연근 굴취기 개발에 대한 기술은 문헌조사와 리뷰, 학술대회 참가와 현장 견학, 해외 전시회를 통해 확보한 정보들은 이미 연구결과에 반영하였음



## 제 7 장 참고문헌

- Amanatidou, A., R.A. Slump, L.G.M. Gorris, E.J. Smid. 2000. High oxygen and high carbon dioxide modified atmospheres for shelf-life extension of minimally processed carrots. *Journal of Food Science* 65(1): 61 - 66.
- Anderson J.W. 1995. Dietary fiber, complex carbohydrate, and coronary artery disease. *Can J Cardiol*, 11(suppl):55 - 62.
- Andrea, J.S. and D.P. Cain.. 2004. Combined b-Adrenergic and Cholinergic Antagonism Produces Behavioral and Cognitive Impairments in the Water Maize: Implications for Alzheimer Disease and Pharmacotherapy with b-Adrenergic Antagonists. *Neuropsychopharmacology* 28:1247-1256.
- AOAC. 2000. Official Methods of Analysis of AOAC. Int. 17th ed. Association of Official Analytical Communities, Gaithersberg, MD, USA.
- Bae, M.J., S.J. Kim, E.J. Ye, H.S. Nam, E.M. Park. 2008. Study on the chemical composition of *Lotus root* and functional evaluation of fermented *Lotus root* drink. *Korean J. Food Culture*. 23: 222-227.
- Bejar C., R.H. Wang, M. Weinstock. 1999. Effect of rivastigmine on scopolamine induced memory impairment in rats. *European Journal of Pharmacology* 383(3):231-240.
- Blois, M.S. 1958. Antioxidant determination by the use of a stable free radical. *Nature* 26:1199-1200.
- Brane, A.L. 1975. Toxicology and biochemistry of butylated hydroxy anisole and butylated hydroxy toluene. *J. Amer. Oil. Chem. Soc.* 52:59-63.
- Brown, L., B. Rosner, W.W. Willett, F.M. Sacks. 1999. Cholesterol-lowering effects of dietary fiber: a meta-analysis. *Am J Clin Nutr.* 69:30-42.
- Butterfield, D.A., J. Drake, C. Pocernich, A. Castegna. 2001. Evidence of oxidative damage in Alzheimer's disease brain: central role for amyloid  $\beta$  peptide. *Trends in Molecular Medicine* 7(12): 548-554.
- Cao, J.G., X.Q. Tang, S.H. Shi. 2004. Multidrug resistance reversal in human gastric carcinoma cells by neferine. *World Journal of Gastroenterology* 10(20):3062 - 3064.

- Chang, K.M. and M.S. Lee. 1999. A study on mineral contents of the underground vegetables harvested in different times. *Korean J. Soc. Food Sci.* 15: 545-550.
- Chang, K.M. and M.S. Lee. 2000. Mineral contents of the underground vegetables produced in different regions of Korea. *Korea J. Soc. Food Sci.* 16:425-430.
- Chen, J., J.H Liu, T. Wang, H.J. Xiao, C.P. Yin, J. Yang. 2008. Effects of plant extract neferine on cyclic adenosine monophosphate and cyclic guanosine monophosphate levels in rabbit corpus cavernosum in vitro. *Asian Journal of Andrology* 10(2):307 - 3128.
- Chen, J., J. Qi, F. Chen, J.H. Liu, T. Wang, J. Yang, C.P. Yin. 2007. Relaxation mechanisms of neferine on the rabbit corpus cavernosum tissue in vitro. *Asian Journal of Andrology* 9(6):795 - 800.
- Cheng, G.W. and C.H. Crisosto. 1995. Browning potential, phenolic composition, and polyphenol oxidase activity of buffer extracts of peach and nectarine skin tissue. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 120: 835-838.
- Cho, H.S. and K.H Kim. 2009. Assessment of quality characteristics of dried shrimp noodles for elderly foodservice operations. *Korean J Food Cookery Sci.* 25: 267-27.
- Choi, H.S., J.G. Kim and W.J. Kim. 1989. Effect of heat treatment on some qualities of Korean pickled cucumbers during fermentation. *Korean J Food Sci.* 21:845-849.
- Chung, B.S. and M.K. Shin. 1990. Illustration great encyclopedia of herb medicine. Younglism book centre, Seoul, Korea. pp. 208, 514, 1010.
- Dong, C.K., W.K. Dong, and M.J. In. 2006. Preparation of lotus leaves tea and its quality characteristics. *J. Korean Soc. Appl. Biol. Chem.* 49:163-164.
- Dural, B. and K. Shetty. 2001. The stimulation of phenolics and antioxidant activity in pea elicited by genetically transformed anise root extract. *J. Food Biochem.* 25:361-377.
- Ellman, G.L., K.D. Courtney, V jr. Andres, R.M. Featherstone. 1961. A new and rapid colorimetric determination of acetylcholinesterase activity. *Biochemical Pharmacology* 7:88-95.
- Fennell, C. W., M.E. Light, S.G. Sparg, G.I. Stafford, and J. van. Staden. 2004. Assessing African medicinal plants for efficacy and safety: Agricultural and storage practices. *J. Ethnopharmacology.* 95:113 - 121.

- Fuchigami, M. and K. Okamoto. 1984. Fractionation of pectic substance in several vegetables by successive extraction with dilute hydrochloric acid and acetate buffer solutions. *J. Jpn. Soc. Nutr. Food Sci.* 37:57-64.
- Fukuda, M. 1988. Effect of wounding on hydroxyproline content and its distribution in cell wall of some vegetables. *J. Food. Sci. Technol.* 35:83-89.
- Glore, S.R., D. Van Treeck, A.W. Knehans, M. Guild. 1994. Soluble fiber and serum lipids: a literature review. *J Am Diet Assoc.* 94:425 - 436.
- Gray, J. and J.L.R. Dugan. 1975. Inhibition of N-Nitrosamin formation in model food system. *J. Food Sci.* 40:981-985.
- Gu, D.F., X.L. Li, Z.P. Qi, S.S. Shi, M.Q. Hu, D.M. Liu, C.B. She, Y.J. Lv, B.X. Li, B.F. Yang. 2009. Blockade of HERG K<sup>+</sup> channel by isoquinoline alkaloid neferine in the stable transfected HEK293 cells. *Naunyn Schmiedeberg's Archives of Pharmacology* 380(2):143 - 151.
- Han, L.K., T. Takaku, J. Li, Y. Kimura, H. Okuda. 1999. Anti-obesity action of oolong tea. *Int. J. Obesity* 23: 98 - 105.
- Han, S.J. and S.J. Koo. 1993. Study on the chemical composition in bamboo shoot, lotus root and burdock. *Kor. J. Soc. Food Sci.* 9:82-87.
- Heo, B.G., Y.S. Park, W.N. Hou, M.H. Im, Y.J. Park, H.J. Kim, J.S. Sin, and J.Y. Cho. 2008. *In vitro* assay on physiological activities of flower and leaf extracts of red lotus. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 26:331-337.
- Huang, A.S. and J.H. Elbe. 1987. Effect of pH on the degradation and regeneration of betanine. *J Food Sci.* 52:1689-1693.
- Hiscox, J.D. and G.F. Israelstam. 1979. A method for extraction of chlorophyll from leaf tissue without maceration. *Can. J. Botany.* 57:1332-1334.
- Ikegami, S., F. Tsuchihashi, and B.S. Moon. 1988. Determination of total dietary fiber in foods and food products by the enzymatic-fractiometric method. *J. Jpn. Soc. Nutr. Food Sci.* 41: 239-246.
- Jenkins, D.J., C.W. Kendall, M. Axelsen, L.S. Augustin and L.S. Vuksan. 2000. Viscous and nonviscous fibers, nonabsorbable and low glycaemic index carbohydrates, blood lipids and coronary heart disease. *Curr. Opin. Lipidol.* 11:49-56.

- Jung, H.A., J.E. Kim, H.Y. Chung, J.S. Choi. 2003. Antioxidant principles of *Nelumbo nucifera* stamens. Archives of Pharmacal Research 26:279 - 285.
- Kader, A.A. 1986. Biochemical and physiological basis for effects of controlled and modified atmospheres on fruit and vegetables. Food Technol. 40: 99-100 and 102-104.
- Kim D.H., T.M. Hung, K.H. Bae, J.W. Jung, S. Lee, B.H. Yoon, J.H. Cheong, K.H. Ko, J.H. Ryu. 2006. Gomisin A improves scopolamine induced memory impairment in mice. European Journal of Pharmacology 542(1-3):129-135.
- Kim, H.R., J.H. Lee, Y.S. Kim, K.M. Kim. 2007. Physical and sensory characteristics of wet noodles prepared by adding ge-geol radish powder. Korean J Food Sci Technol. 39: 283-288.
- Kim, H.S., K.Y. Lee, S.K. Kim, S.R. Lee. 1973. Development of composite flours and their products utilizing domestic raw materials physical and chemical properties and nutritional test of composite flour materials. Korean J Food Sci Technol. 5: 6-15.
- Kim, K.H and H.S. Cho. 2008. The physicochemical and sensory characteristics of *Jook* containing different levels of Skate(*Raja kenoei*) flour. J East Asian Soc Dietary Life 18: 207-213.
- Kim, J.Y., H.S. Park, N.Y. Park, S.H. Lee, G.S. Park. 2008. Quality characteristics of tofu stake with turmeric(*Curcuma longa* L.). J East Asian Dietary Life 18: 345-352.
- Kim, J.Y., H.W. Shin, I.K. Jeong, S.W. Cho, S.J. Min, S.J. Lee, C.Y. Park, K.W. Oh, E.G. Hong, H.K. Kim, D.M. Kim, J.M. Yu, S.H. Ihm, M.G. Choi, H.J. Yoo and S.W. Park. 2005. The relationship of adiponectin, leptin and ghrelin to insulin resistance and cardiovascular risk factors in human obesity. Korean J of Medicine 69(6):631-640.
- Kim, M.Y and H.G. No. 2002. Effect of chitosan on shelf-life and quality of wet noodle. J Chitin Chitosan 7: 14-20.
- Kimura, M. and Y. Itokawa. 1990 . Cooking losses of minerals in foods and its nutritional significance. J. Nutr. Sci. Vitaminol. 36:25 - 33.
- Ko, B.S., D.W. Jun, J.S. Jang, J.H. Kim, S.M. Park. 2006. Effect of Sasa Borealis and white lotus roots and leaves on insulin action and secretion in vitro. J Food Sci Technol. 38: 114-120.

- Lee, G.C., J.E. Kim, S.J. Kim. 2004. Quality characteristics of Tarakjuk (milk-rice porridge) with different roasting conditions during refrigerated storage. *Korean J Food Cookery Sci.* 20: 342-351.
- Lee, G.C., S.J. Kim, B.K. Koh. 2003. Effect of roasting condition on the physicochemical properties of rice flour and the quality characteristics of Tarakjuk. *Korean J Food Sci Technol.* 35: 905-913.
- Lee, K.S., C.S. Oh, and K.Y. Lee. 2006a. Antimicrobial effect of the fractions extracted from a lotus (*Nelumbo nucifera*) leaf. *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.* 35:219-223.
- Lee, K.S., M.G. Kim, and K.Y. Lee. 2006. Antioxidative activity of ethanol extract from lotus (*Nelumbo nucifera*) leaf. *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.* 35:182-186.
- Lee, S.J., D.W. Park, H.G. Jang, C.Y. Kim, Y.S. Park, T.C. Kim, and B.G. Heo. 2006. Total phenol electron donating ability, and tyrosinase inhibition activity of pear cut branch extract. *Kor. J. Hort. Sci. Techno.* 24:338-342.
- Lee, S.J., E.S. Chung, G.S. Park 2006. Quality characteristics of tofu coagulated by apricot juice. *J Korean Food Cookery Sci.* 22: 825-831.
- Lee, Y.T. 2007. Quality characteristics and antioxidative activity of soybean curd containing small black soybean. *Korean Soybean Digest* 24: 14-22.
- Liu, S., B. Wang, X.Z. Li, L.F. Qi, Y.Z. Liang. 2009. Preparative separation and purification of liensinine, soliensinine and neferine from seed embryo of *Nelumbo nucifera* GAERTN using high speed counter current chromatography. *Journal of Separation Science* 32(14):2476-2481.
- Im, J.G., I.K. Park, S.D. Kim. 2004. Quality characteristics of tofu added with Basil water extracts. *Korean J Soc Food Cookery Sci.* 20: 26-32.
- Im, M.H., Y.S. Park, M.K. Lee, J.Y. Cho, and B.G. Heo. 2008. Productivity of native white lotus leaves and root grown in Hoesan, Muan of Jeonnam districts. *Kor. J. Community Living Sci.* 19:611-617.
- Im, M.H., Y.S. Park, Y.K. Yoo, Y.J. Park, H.J. Kim, B.G. Heo. 2007. Analysis of meteorological element affecting the actual conditions of flowering and blooming period of the native white lotus grown in Hoesan bank, the main stage of Muan white lotus festival. *J. Kor. Soc. Plants, People & Environ.* 10(3):34-42.

- Jay, M. and D.O. Ellis. 2005. Cholinesterase Inhibitors in the Treatment of Dementia. *JAOA*. 105:145–158.
- Katori, M., K. Watanabe, K. Nomura, and K. Yoneda. 2002. Cultivar differences in anthocyanin and carotenoid pigments in the petals of the flowering lotus (*Nelumbo* spp.). *J Japan. Soc. Hort. Sci.* 71:812–817.
- Kim, J.G., H.S. Choi, S.S. Kim, W.J. Kim. 1989. Changes in physicochemical and sensory qualities of Korean pickled cucumbers during fermentation. *Korean J Food Sci Technol.* 21: 838–844.
- Min, Y.H., J.Y. Kim, L.Y. Park, S.H. Lee, G.S. Park. 2007. Physicochemical quality characteristics of tofu prepared with turmeric(*Curcuma aromatica* Salab.). *Korean J Food Cookery Sci.* 23: 502–510.
- Moon, S. M., H.J. Kim, K.S. Han. 2003. Purification and characterization of polyphenol oxidase from lotus root. *Korean J Food Sci Technol.* 35: 791–796.
- Muetzel, S. and K. Becker. 2006. Extract-ability and biological activity of tannins from various tree leaves determined by chemical and biological assays as affected by drying procedure. *Animal Feed Science and Technology* 125 :139 - 149.
- Mukherjee, P.K., K. Saha, B.P. Saha. 1997. Effect of *Nelumbo nucifera* rhizome extract on blood sugar level in rats. *J Ethnopharmacol.* 58, 207 - 213.
- Mukherjee, P.K., M. Pal, K. Saha, B.P. Saha, and J. Das. 1996. Diuretic activity of extract of the rhizomes of *Nelumbo nucifera Gaertn.* *Phytotherapy Res.* 10:424 - 425.
- Oh, J.H., B.J. Choi, M.S. Chang, S.K. Park. 2009. *Nelumbo nucifera* semen extract improves memory in rats with scopolamine induced amnesia through the induction of choline acetyltransferase expression. *Neuroscience Letters* 461(1):41–44.
- Ono Y., E. Hattori, Y. Fukaya, S. Imai, Y. Ohizumi. 2006. Anti-obesity effect of *Nelumbo nucifera* leaves extract in mice and rats. *J. Ethnopharmacol.* 106(2):238–244.
- Pan, Y., B. Cai, K. Wang, S. Wang, S. Zhou, X. Yu, B. Xu. 2009. Chen L. Neferine enhances insulin sensitivity in insulin resistant rats. *Journal of Ethnopharmacology* 124(1):98 - 102.
- Park, B.H. and H.S. Cho. 2006a. Quality characteristics of dried noole made with dioscorea japonica flour. *Korean J. Food Cookery Sci.* 22(2) : 173–180.

- Park, B.H. and H.S. Cho. 2006b. Physicochemical Characteristics of Cabbage *Kimchi* during Fermentation. *Korean J Soc Food Cookery Sci.* 22: 600–608.
- Park, B.H., H.S. Cho, K.Y. Bae. 2008. Quality characteristics of dried noodles made with *Lotus* Root Powder. *Korean J Food Cookery Sci.* 24: 593–600.
- Park, B.H., H.S. Cho, E.R. Jeon, S.D. Kim. 2009. Quality characteristics of *Jook* prepared with lotus leaf powder. *Korean J Food Cookery* 25: 55–61.
- Park, B.H., H.S. Cho, E.R. Jeon, S.D. Kim, K.M. Koh. 2009. Quality characteristics of soybean curd prepared with lotus leaf powder. *Korean J Food Culture.* 24: 315–230.
- Park, M.W., Y.K. Park, M.S. Jang. 1994. Changes of physicochemical and sensory characteristics of Korean pickled cucumber with different preparation methods. *J Korean Sco Food Nutr.* 23: 634–640.
- Park, S.H., T.S. Ham, and J.H. Han. 2005. Nutritional contents of beverage from lotus root and evaluation of its physiological function in aorta relation. *Kor. J. Oriental Physiology & Pathology* 19:490–494.
- Park, Y.S. 1999. Carbon dioxide-induced flesh browning development as related to phenolic metabolism in 'Nitaka' pear during storage. *J. Kor. Soc. Hor. Sci.* 40: 567–570.
- Park, Y.S. 2002. Storability of fresh-cut kiwifruit slices influenced by storage temperature. *J. Kor. Soc. Hor. Sci.* 43: 728–732.
- Park, Y.S. 2008. Extension shelf life and development processing products value added in white lotus. *Annual Rep. ARPC.* pp. 68–67.
- Park, Y.S., S.T. Jung, S.G. Kang, E. Delgado-Licon, A.L.M. Ayala, M.S. Tapia, O. Martin-Belloso, S. Trakhtenberg, S. Gorinstein. 2007. Drying of persimmon and following changes in the studied bioactive compounds and the total radical scavenging activities. *LWT.* 39:748–755.
- Pyun, J. W., H.W. Nam, I.A. Woo. 2001. A study on the characteristics of Mandupi differing in roasted soy flour content. *Korean J Food & Nutr.* 14 : 287–292.
- Qian, J.Q. 2002. Cardiovascular pharmacological effects of bisbenzylisoquinoline alkaloid derivatives. *Acta Pharmacologica Sinica* 23(12):1086 - 1092.

- Rao, A.A., G.R. Sridhar, U.N. Das. 2007. Elevated butyrylcholinesterase and acetylcholinesterase may predict the development of type 2 diabetes mellitus and Alzheimer's disease. *Medical Hypotheses* 69(6):1272-1276.
- Schwartz, S.J. and T.V. Lorenzo. 1991. Chlorophyll stability during continuous aseptic processing and storage. *J. Food Science* 56:1059-1062.
- Sohn, D.H., Y.C. Kim, S.H. Oh, E.J. Park, X. Li, B.H. Lee. 2003. Hepatoprotective and free radical scavenging effects of *Nelumbo nucifera*. *Phytomedicine* 10:165-169.
- Sugimoto, Y., S. Furutani, A. Itoh, T. Tanahashi, H. Nakajima, H. Oshiro, S. Sun, J. Yamada. 2008. Effects of extracts and neferine from the embryo of *Nelumbo nucifera* seeds on the central nervous system. *Phytomedicine* 15(12):1117 - 1124.
- Terrill, T.H., W.R. Windham, J.J. Evans, and C.S. Hoveland. 1994. Effect of drying method and condensed tannin on detergent fiber analysis of *Sericealespedeza*. *J. Sci. Food Agric.* 66:337 - 343.
- Truswell, A.S. 1995. Dietary fibre and plasma lipids. *Eur J Clin Nutr* 49(suppl):105 - 109.
- Van Buren, J.P. 1979. The chemistry of texture in fruits and vegetables. *J Texture Studies* 10: 1-23.
- Waldemar, G., B. Dubois, M. Emre, J. Georges, I. G. McKeith, M. Rossor, P. Scheltens, P. Tariska and B. Winblad. 2007. Recommendations for the diagnosis and management of Alzheimer's disease and other disorders associated with dementia: EFNS guideline. *European Journal of Neurology* 14: 1 - 26.
- Watling, J.R., S.A. Robinson, R.S. Seymour. 2006. Contribution of the alternative pathway to respiration during thermogenesis in flowers of the sacred lotus. *Plant Physiol.* 140(4):1367-1373.
- Wang, L., J.H. Yen, H.L. Liang, and M.J. Wu. 2003. Antioxidant effect of methanol extracts from lotus plumule and blossom (*Nelumbo nucifera* Gertn). *J. Food and Drug Analysis* 11:60 - 66.
- Wright, K.P. and A.A. Kader. 1997. Effect of slicing and controlled atmosphere storage on the ascorbate content and quality of strawberries and persimmons. *Postharvest Biol. Technol.* 10: 39-45.



- Wu, M.J., Wang, C.Y. Weng, and J.H., Yen. 2003. Antioxidant activity of methanol extract of the lotus leaf (*Nelumbo nucifera* Gertn). *Am J. China Med.* 31: 687-698.
- Yang, H. C., T.H. Kim, T.K. Lee, Y.S. Cha. 1985. Physicochemical properties of lotus root. *J. Korean Agricultural Chemical Society* 28: 239-244.
- Yang, J. and K. Zhou, 2004. NMR spectroscopic analysis of neferine and isoliensinine. *Magnetic Resonance in Chemistry* 42(11):994-997.
- Yoon, S.J. and B.S. Choi. 2008. Quality Characteristics of Sulgitteok Added with Lotus Root Powder. *Korean J. Soc. Food Cookery Sci.* 24: 431-438.
- Yu J, Hu WS. 1997. Effects of neferine on platelet aggregation in rabbits. *Yao Xue Xue Bao* 32(1), 1-4.
- Zanoelo, E. F., L. Cardozo-Filho, and E.L. Cardozo-Junior. 2006. Superheated steam-drying of mate leaves and effect of drying conditions on the phenol content. *J. Food Process Engineering.* 29: 253 - 268.
- 강인식. 1994. 지구온난화와 동반된 한반도 기온 변화의 시나리오 연구. *한국기상학회지* 30: 247-260.
- 국내외 천연물의약품 연구개발 동향. 2006. 한국보건산업진흥원. pp.1-20.
- 농촌진흥청. 2004. 발농사기계. pp. 50~53, 124.
- 농촌진흥청. 2007. 새기술실증시험연구 활동결과. pp. 47~482.
- 도세록. 2009. 노인의 의료이용 현황과 정책과제. *복지포럼.* pp. 66-79.
- 서유진. 2005. 치매 치료제 특허동향. *한국보건산업진흥원.* p.55-64.
- 오영희. 2009. 노인 치매의 실태와 조사. *한국보건사회 연구원.* pp. 1-8.
- 이귀현, 강화석, 정영상. 2008. 연근수확을 위한 논토양의 물리적 특성. *동계학술 발표논문집* 13(1): 182-185.
- 이규승, 박준걸, 조성찬, 노광모, 장영창. 2007. 논토양 경반의 물리적 특성. *바이오시스템공학* 32(4):207-214.
- 조인상, 민경범, 김이열, 임정남, 엄기태. 1985. 경운방법의 차이가 토양의 물리성과 수답 생육에 미치는 영향. *한국토양비료학지* 18(2):189-193.

## 부 록

### 농림수산물연구개발사업 ‘백련 기능성 및 가공품 연구 성과물’ 전시 및 발표회

일시: 2010년 4월 30일 (금) 09:30-16:00

장소: 목포대학교 플라자 60 1층 강당(A 11)

주최: 농림수산물부, 농림수산물기술기획평가원

주관: 목포대학교 산학협력단 지역특화작목산업화센터

후원: 무안군청, 일로농협, 농업회사법인(주) 다연

모시는 글

여러분 안녕하십니까?

목포대학교 지역특화작목산업화센터는 지난 3년간 농림수산물기술기획평가원 기획과제 ‘연 수확후 저장·가공기술 개발 및 기능성의 임상적 연구’를 수행하였습니다. 연은 5천년전부터 우리나라, 중국, 일본 등 불교국가를 중심으로 식용, 약용, 관상용으로 재배되고 있습니다. 최근, 쌀 대체작목으로 부가가치가 높은 특화작목으로 평가받고 있습니다.

연 소비량과 부가가치 증진을 목적으로, 우리 몸에 좋은 생리활성물질 분리, 동정, 동물과 사람에서 기능성 연구를 수행하였습니다. 또, 조미가공품, 음료, 신선식품, 기능성소재 식품을 개발, 상품화 하였습니다. 연 저장력 증진, 개화기 조절, 연근 굴취기 개발에 대한 연구도 수행하였습니다.

이러한 연구 성과가 현장에 활용되어 향후, 연 생산비 절감과 함께 부가가치 증진에 기여할 것으로 확신합니다. 바쁘시더라도 본 행사에 참석해 주실 것을 간곡히 당부 드립니다.

감사 합니다.

2010년 4월

목포대학교 지역특화작목산업화센터장 박 용서  
목포대학교 총장 고석규

## 행사 일정

09:30-10:00 · 등록

10:00-10:20 · 사회

· 개회사

· 축사

· 축사

이석인 교수/ 목포대학교

박용서 교수/ 목포대학교

고석규 총장/ 목포대학교

정 승 원장/ 농림수산식품기술기획평가원

10:20-11:00 특별 강연

· 농림수산식품분야 연구 개발 방향(정승 원장/농림수산식품기술기획평가원)

○ 제1부: 연 생리활성물질 동정, 동물과 사람에서 기능성. 좌장 김인철교수/목포대학교)

11:00-12:30

· 연 가공품 연구 개발 내용과 성과(박용서 교수/목포대학교)

· 연 생리활성물질 분리와 동정(최재수 부경대 교수)

· 연 동물에서 기능성 및 기능성소재 식품 개발(김동욱 교수/목포대학교)

· 연 추출물 향치매 효과(장문석 경희대 교수)

· 연 성인과 비만자에서 항비만 효과(신준호 교수/전남대학교 의대)

12:30-13:30 · 중식 및 성과물 전시

○ 제2부: 연 가공품 및 상품화 기술 개발. 좌장 박근형 교수/전남대학교)

13:30-15:00

· 기능성을 강화한 연 가공품 개발 및 상품화(박복희 교수/ 목포대학교)

· 연잎 차를 이용한 연식혜 제조 및 상품화(김성두 대표/ (주) 다연)

· 연 분말 가공품 개발 및 상품화(조희숙 연구교수/ 목포대학교)

· 연 식품소재(분말) 개발(임명희 연구교수/목포대학교)

· 연 신선식품(절편) 개발(김명진 상무/일로농협)

· 연 저장력 증진기술 개발(유용권 교수/목포대학교)

· 연 개화기 조절 기술 개발(허복구 박사/나주천연염색문화재단)

· 연근 굴취기 개발(이귀현 교수/강원대학교)

○ 제3부 연 산업화 및 향후 연구 개발 방향 토론. 사회자 이종화 교수/목포대학교)

15:00-16:00

· 이귀현 교수/강원대학교

· 김병운 교수/목포대학교

· 오종현 소장/무안군 농업기술센터

· 조창완 박사/전남발전연구원 책임연구원

· 김순규 프로듀서/목포 MBC

· 김성두 사장/다연(주)

## 주 의

1. 이 보고서는 농림수산식품부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 농림수산식품부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.