

발간 등록 번호

11-1543000-002602-01

**수경재배를 통해 생산된 고추냉이를 활용한 보존료 및 향미유 개발  
최종보고서**

---

2018. 12. 04.

주관연구기관 / (주)한주산업  
협동연구기관 / 경남과학기술대학교

**농림축산식품부  
농림식품기술기획평가원**

<제출문>

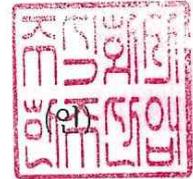
## 제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “수경재배를 통해 생산된 고추냉이를 활용한 보존료 및 향미유 개발”(개발기간 : 2016. 12. ~ 2018. 12.)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2018. 12. 04.

주관연구기관명 : 주식회사한주산업 (대표자) 이 영 성



협동연구기관명 : 경남과학기술대학교 (대표자) 이 상 원



주관연구책임자 : 우성민

협동연구책임자 : 신의철

국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의합니다.

## 보고서 요약서

과제고유번호	116161-02	해당단계 연구기간	2017.12.05.- 2018.12.04	단계구분	2/2
연구사업명	단위사업	농식품기술개발사업			
	사업명	농식품 창업·벤처지원 R&D 바우처 시범사업			
연구과제명	대과제명	(해당 없음)			
	세부과제명	수경재배를 통해 생산된 고추냉이를 활용한 보존료 및 향미유 개발			
연구책임자	우성민	해당단계 참여연구원 수	총: 13명 내부: 13명 외부: 0명	해당단계 연구개발비	정부:157,100천원 민간: 52,400천원 계:209,500천원
		총연구기간 참여연구원 수	총: 13명 내부: 13명 외부: 0명	총 연구개발비	정부:300,000천원 민간:100,100천원 계:400,100천원
연구기관명 및 소속부서명	(주)한주산업 기업부설연구소			참여기업명	
국제공동연구	상대국명:			상대국 연구기관명:	
위탁연구	연구기관명:			연구책임자:	

※ 국내외의 기술개발 현황은 연구개발계획서에 기재한 내용으로 같음

연구개발성과의 보안등급 및 사유	
----------------------	--



<요약문>

<p>연구의 목적 및 내용</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 환경제어형 시설에서 유용물질이 향상된 고추냉이의 대량생산 체계 확립 및 경제성 분석</li> <li>- 고추냉이의 경제성 있는 추출물 생산 기술 개발</li> <li>- 유용물질 극대화 방안 연구</li> <li>- AITC 함량이 향상된 고추냉이를 이용한 천연 보존료 개발</li> <li>- 기능성 및 관능적 특성이 향상된 고추냉이를 이용한 향미유 개발</li> </ul>
<p>연구개발성과</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 기내조직배양을 통한 고추냉이 종묘의 대량생산체계 확립</li> <li>- 환경제어형 시설에서 수경재배시 양액의 농도, 순환주기, 재배온도, 재식밀도, 광조건 등을 종합적으로 규명</li> <li>- 환경제어형 시설에서 고추냉이 재배시 노지재배 대비 월등한 생산량 확인</li> <li>- 환경조건 제어를 통한 고추냉이내 유용물질 (AITC) 함량 증가 및 생장에 미치는 영향 분석 (대조구대비 약 23% 유용물질 함량 증가를 확인)</li> <li>- 고추냉이 생산을 위한 환경제어형 시설에 관한 투입 비용 분석 및 생산물 단가 분석 완료</li> <li>- 유지류 2종 (튀김유 및 향미유) 및 가공식품 2종 (고추냉이 함유 두부, 고추냉이 함유 어묵)에 대한 시제품 제작 및 유통기한설정시험 완료</li> <li>- 고추냉이 추출물의 항균활성 비교</li> <li>- 4가지 식품군(두부, 소시지, 맛살, 어묵)에 도입하여 우수한 항균력 확인</li> <li>- 기존 상업적으로 이용되는 합성보존료와 비교 검토를 통해 일정시간까지는 합성 보존료와 유사한 효능을 확인</li> <li>- 고추냉이의 부위별 sinigrin과 AITC 함량을 확인하고, 추출방법에 따른 활성의 변화 탐색</li> <li>- 유통기한이 짧은 4가지 식품군(두부, 소시지, 맛살, 어묵)에 도입하여 가능성을 확인</li> <li>- 이중 고추냉이 보존료가 투입된 두부와 어묵을 시제품으로 제작하여 유통기한 설정시험 실시</li> <li>- 시험 결과 각 약 60%, 53% 의 유통기한 증가를 확인</li> <li>- 튀김유에 대한 1차 산화생성물을 측정하는 POV와 2차 산화생성물을 측정하는 p-AV, 그리고 TOTOX 값에서 기존의 대두유 보다는 산화안정성이 높음을 확인</li> <li>- 튀김유 및 향미유에 대하여 전자혀, 전자코 및 사람을 대상으로 하는 관능평가를 실시하여 최적의 투입비율 규명 완료</li> <li>- 관능평가 결과를 토대로 튀김유 및 향미유 개발 및 시제품 제작 완료</li> </ul>

<p>연구개발성과의 활용계획 (기대효과)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 농업생산을 위한 환경제어형 스마트팜 시설 확장에 응용 가능</li> <li>○ 생산된 고추냉이 가공원료는 다양한 식품소재로 활용 가능</li> <li>○ 시제품으로 제작된 두부 및 어묵 뿐 아니라 감자샐러드 (유통기한 20일) 등에 추가적으로 도입하여 제품 개발 예정</li> <li>○ 샐러드유로 개발된 향미유의 경우 샐러드유로서의 기능뿐 아니라 피자 핫소스를 대체하는 새로운 소스원으로 추가개발을 진행 중</li> <li>○ 개발 예정인 식품 원료 소재를 활용하여 향산화 기능이 강화된 초코렛 개발을 진행중이며 상품 출시시 지속적인 매출원이 될 것으로 기대</li> <li>○ 시제품 및 시재료는 협력 관계에 있는 식품회사에 우선공급 되었으며, 이를 통한 추가적인 제품화 모색 및 영업망 활용 예정</li> <li>○ 협력업체와 공동으로 시설투자 협의 진행 중</li> <li>○ 당사에서 추진 중인 환경제어형 시설에서 타사의 무순 등 새싹 채소 생산 가능성을 타진 중이며 연내 시범 생산 추진 진행 중으로 가공 원료 뿐 아니라 시설 이용의 다각화 추진</li> </ul>				
<p>국문핵심어 (5개 이내)</p>	<p>고추냉이</p>	<p>환경제어</p>	<p>보존료</p>	<p>향미유</p>	<p>수경재배</p>
<p>영문핵심어 (5개 이내)</p>	<p>Wasabia japonica</p>	<p>environmental control</p>	<p>natural preservative</p>	<p>flavored oil</p>	<p>hydroponic culture</p>

## < 목 차 >

1. 연구개발과제의 개요 .....	1
1-1. 연구개발 목적 .....	1
1-2. 연구개발의 필요성 .....	1
1-3. 연구개발의 중요성 .....	9
1-4. 연구개발 범위 .....	11
2. 연구수행 내용 및 결과 .....	15
2-1. 고추냉이 종묘의 대량생산체계 확립 분야 .....	15
2-2. 수경재배를 이용한 고추냉이 생산 분야 .....	26
2-3. 수경재배를 이용한 유용물질 극대화 방안 분야 .....	36
2-4. 경제성 분석 .....	42
2-5. 고추냉이의 부위별 일반성분, 특수 성분 및 향미성분 검토 .....	50
2-6. 고추냉이의 추출방법에 따른 특수 성분 및 향미성분 검토 .....	81
2-7. 고추냉이의 추출방법에 따른 항균력 검토 .....	89
2-8. 보존료가 투입된 두부 및 어묵의 시제작 및 유통기한설정시험 ..	103
2-9. 고추냉이가 첨가된 식용유지의 튀김공정에서의 특성 검토 .....	148
2-10. 고추냉이를 첨가한 향미유(샐러드유)의 관능적 특성 검토 .....	173
3. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도 .....	179
3-1. 목표 .....	179
3-2. 목표 달성여부 .....	179
4. 연구결과의 활용 계획 등 .....	180
붙임. 참고문헌 .....	181

# 1. 연구개발과제의 개요

## 1-1. 연구개발 목적

- 환경제어형 시설내에서 유용물질 향상된 고추냉이 대량생산 및 추출 체계 확립
- 고추냉이의 추출물을 이용한 천연보존료 및 향미유 개발

## 1-2. 연구개발의 필요성

○ 인류가 향신료를 사용한 역사는 원시수렵시대라고 일컬어지며, 수렵시대에는 고기의 부패로 인한 각종 악취를 없애거나 장기간 보존을 위해 향신료가 사용되었다는 기록이 전해지며, 현대에 이르러서는 다양한 식생활의 변화로 인해, 본 연구에서는 이러한 현대의 식생활에서 필요로 하는 천연 향신료 및 안정제를 개발하고 상품화에 도달함을 목표로 한다.

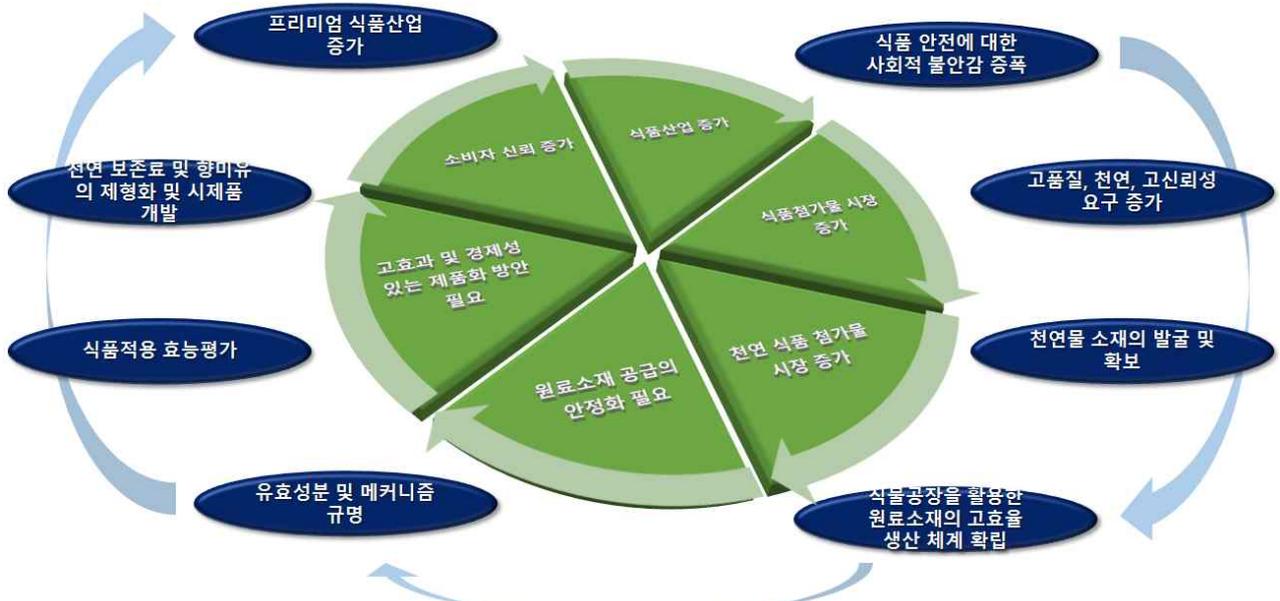


그림 1. 과제 개요도

○ 최근 식품산업의 발전과 더불어 식생활의 패턴이 변화하면서 각종 가공식품 및 인스턴트 식품의 섭취가 늘고 있으며, 다른 한편으로는 유기농 제품과 같은 프리미엄 식품산업의 시장이 확대되고 있는 추세이다.

○ 이에 각 식품제조업체는 다양한 식품의 제조방법에 따라 제품의 가치를 상승시키기 위하여 여러 가지 첨가제 사용량이 증가하고 있다.

○ 식품의 산패 및 부패는 온도, 빛, 산소, 수분, 금속 등의 물리화학적 요인 및 식품 자체의

효소 작용 등에 의해 일어나며, 이를 방지하기 위하여 건조, 염장, 당장 등의 방법이 이용되고 있으나 적용범위가 제한적이기 때문에 합성 보존료를 사용하여 저장성을 높이고 있다.

○ 특히 합성 식품 보존료는 미생물의 증식에 의해 일어날 수 있는 식품의 변질, 부패 및 이화학적 변화를 방지하기 위해 사용되는 식품산업의 필수 물질이지만, 과량 섭취시 인체에 유해할 수 있다.

○ 국내에서 이용되는 대표적인 합성 식품보존료는 소르빈산, 데히드로초산, 안식향산, 프로피온산 및 파라옥시향산부틸 등이며 제품의 식품의 종류에 따라 다양하게 이용된다.

○ 합성 식품 보존료는 이용의 간편성과 경제성 등에 입각하여 두루 사용되지만 최근 음료에 첨가된 안식향산나트륨이 비타민C와 반응하며 발암물질인 벤젠이 형성되는 사건이 발생하기도 하였고, 유아의 과잉행동장애를 유발시키거나 심화시킨다는 최근 연구결과 등이 발표되면서 2008년 미국 코카콜라사는 안식향산나트륨 저감 정책을 발표하기도 하였다.

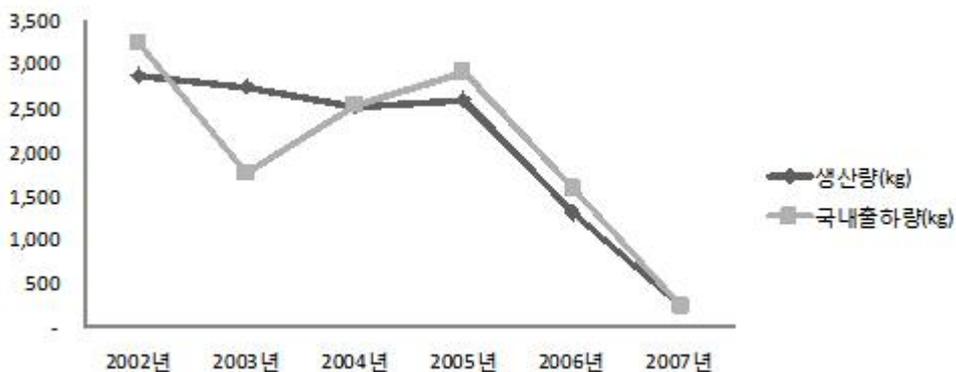


그림 2. 안식향산나트륨 국내 총생산량 추이 (식품의약안전처, 2009)

○ 상기와 같은 부작용 때문에 식품의약안전처는 개별 보존료에 대한 적정 허용량을 명시하고 있으나, 독성 및 안정성에서 완전히 자유롭지 못하며 이에 대한 소비자의 심리적 저항감은 매우 높은 편이다.

표 1. 보존료별 허용 기준치

(식품의약안전처, 2013)

종류	식품류 (예시)	허용기준치 (mg/kg)
데히드로초산류	마아가린류	500
소르빈산류	고추장	1,000
안식향산류	잼류	1,000
파라옥시안식향산류	소스류	200
프로피온산류	빵 또는 떡류	2,500

○ 최근 식품안전에 대한 소비자 관심 증가와 합성첨가물에 대한 부정적 인식의 확산으로 인해 고품질 천연 식품 안전 소재에 대한 니즈(needs)가 지속적으로 증가되고 있으며 천연 보존

료의 필요성 또한 증가하고 있다.

- 식품업계 또한 인공 합성보존료의 사용을 가능한 제한하려는 추세이고, 안전성이 확보된 천연 항균성 물질을 식품의 보존에 이용하고자 하는 연구가 활발히 이루어지고 있다.
- 특히 천연항산화제 및 천연항균물질 등의 개발 및 이용은 합성 보존료 사용의 부정적인 측면을 해소하고 소비자의 기피현상을 유발하지 않으면서 제품의 저장성과 안정성을 확보할 수 있는 좋은 대안이다.
- 현재 다양한 소재를 활용하여 천연 식품보존료의 개발이 확대되고 있으며, 이러한 천연 식품첨가물 중 고추냉이 (*Wasabia japonica*)는 기능성 및 활용성 면에서 매우 적합한 천연소재이다.
- Allyl isothiocyanate (AITC)는 고추냉이에 풍부하게 함유된 향미성분으로 식욕증진, 비타민 B<sub>1</sub> 합성 증강, 베타아밀라제 활성 촉진, 항산화 활성, 항균활성 등의 효과가 있는 유용물질이다.
- AITC의 전구물질인 glucosinolate는 식물체 내에서는 향과 맛이 없는 안정된 화합물 상태로 존재하지만 식물세포가 물리적인 힘에 의해 파괴되면 myrosinase 작용으로 AITC가 생성되며 강력한 항산화 및 항균, 항진균 작용을 하며, 항균스펙트럼이 넓은 특징을 가진다.
- 또한 산업적 이용을 위해서는 원료 소재인 고추냉이의 안정적인 공급이 무엇보다 중요한 선결과제이다.
- 고추냉이는 배추과 (Brassicaceae)에 속하는 숙근성 다년생 식물로 원산지는 일본이며, 산업 및 의학용 분야 등에 응용범위가 매우 커 시장수요가 높은 고부가가치 작물이다.
- 고추냉이에 대한 일반적인 이용은 초밥과 생선회로 국한되어 있으며, 이러한 고추냉이의 이용 목적은 생선의 비린내를 줄이며 자연에 가까운 생선의 맛과 향을 제공함이 목적이다.
- 소득 증대와 식생활 문화의 발달을 통해 고추냉이의 수요가 증가하면서 단순한 생선요리의 첨가로 쓰이는 용도에서 더욱 다양한 용도의 사용이 요구되며, 이러한 다양한 용도로의 사용은 고추냉이의 산업적 적용을 통해 이루어져야 할 필요가 있다.
- 현재 국내의 고추냉이의 재배수준은 재배면적도 부족하며, 생산량도 산업화를 위해서는 부족한 상황이다.

표 2. 고추냉이 생육환경

고도	경사도	적정 수온	생육 온도	적정 유속량	재배시 요구 차광율
200-800m	5-15도	12-15℃	8-18℃	18L/s/10a	봄, 가을 : 50% 여름 : 70-90% 겨울 : 0%

- 고추냉이는 일반 작물과는 달리 맑고 차가운 물이 흐르고 일조량이 적으며 서늘한 기온을 유지하는 경사도 5-15도 정도의 산간계곡 (해발 200-800m) 등에서 자라며 재배환경이 매우 까다로운 작물이다.
- 고추냉이의 생육 온도 범위는 8-18℃이며, 생육 적온은 12-15℃이고 25℃이상 올라가게 되

면 고온피해를 받으며 3-5℃에서는 생육이 지연되고 -3℃ 이하에서는 동해가 발생하는 특성이 있다.

○ 원산지인 일본에서도 비교적 겨울 기온이 온화한 나가노현, 시즈오카현 등에서 재배되고 있으나 최근 기상이변에 따른 고온현상, 연작피해, 바이러스 병 등으로 인하여 재배면적이 지속적으로 감소하고 있는 실정이다.

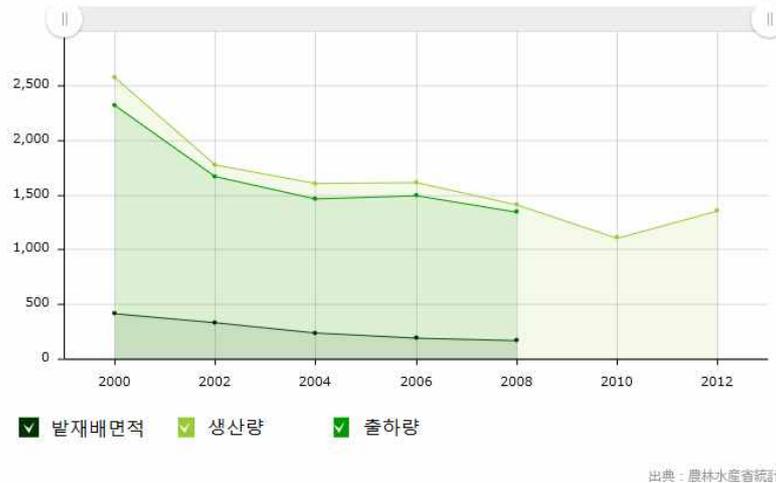


그림 3. 연도별 일본의 고추냉이 재배현황

○ 이러한 원인들로 인하여 원료소재인 고추냉이의 안정적인 생산을 위해서는 환경제어형 시설에서 연중 생산하는 시스템을 구축할 필요가 있다.

○ 환경제어형 시설은 식물체의 지상부와 지하부의 환경을 최적상태로 제어하여 식물을 생산량을 높일 수 있으며 현재 당사의 4단 재배 시설에서는 노지재배 (3.3kg/m<sup>2</sup>/년) 대비 약 7배 정도인 21kg/m<sup>2</sup>/년 의 생산이 가능하며 본 과제를 통해 1차적으로 30kg/m<sup>2</sup>/년 수준의 생산량을 목표로 연구를 진행하고 있다.

○ 또한 완전제어형 식물 생산 시스템내에서 배양액 조건, 광원 및 광량, 재식밀도 등의 환경변화를 통해 타겟으로하는 유용물질을 노지재배 대비 20-30% 향상시키기 위한 연구를 진행하고 있다 (노지재배시 AITC 함유 농도 : 0.8mg/g, FW).

○ 본 연구에서는 고추냉이의 이용을 일식요리에만 국한된 사용이 아닌 보존료 및 향미유의 적용을 통해 고추냉이의 산업화를 이끌어 냄을 목적으로 한다.

○ 또한 본 연구의 성공적인 진행을 통해 고추냉이의 재배능가에 소득을 증대시키며, 천연의 보존료를 이용한 2차 가공업에도 기여할 것으로 확신한다.

## 가. 국내 기술 수준 및 시장 현황

### <국내 기술 수준>

- 우리나라에서의 고추냉이의 재배면적과 생산량이 매우 부족하며, 재배에 관한 연구도 초보적 수준에 불과하다.
- 저온에서 재배가 이루어지는 식물이라 저온재배에 대한 기술적 어려움이 있으며, 실제 국내에서 고추냉이를 재배하는 농가의 수가 극히 제한적이다.
- 고추냉이의 사용 용도를 볼 때 전초는 봄에 김치를 담가먹고 땅속줄기는 신미료(辛味料)로 사용됨. 근경은 뿌리줄기의 잔뿌리를 떼버리고 말린 것으로 한방에서 루머티즘, 신경통 등의 국소에 바르며 생선중독, 국수중독의 치료효과로 이용되고 있다.
- 관련업계에 따르면 외식문화의 발달로 고추냉이 소비가 늘어나고 있으나 국내 생산은 일부에 그치고 있는데다 대부분 수입에 의존하고 있어 산업적 이용이 매우 어려운 실정이다.
- 현재 국내 고추냉이는 경북 김천과 전북진안, 무주 등에서 20여 농가가 생산과 함께 직접 가공공장을 설립, 판로확대에 나서고 있음.
- 진안의 경우 재배농가들이 고추냉이의 1차 가공공장을 준공하고 지난해부터 일본수출을 시작하는 등 판로확대에 주력하고 있으며, 4~5월에는 뿌리 3톤, 줄기 24톤을 수출해 총 6~7천만원의 소득을 올렸으며 10월에도 선적할 예정이며, 김천에서도 국내 소비자 입맛에 맞는 고추냉이 생산을 앞두고 있어 생산량도 늘어날 전망이다.

### <국내 연구 수준>

- 2013년에는 적색, 청색, 백색 및 원적색 LED 처리에 따른 고추냉이 생육반응에 대한 연구가 김혜란, 유영한에 의해 이루어졌다. 식물공장용 LED 챔버 시스템에서 광원에 따른 고추냉이 생육 반응을 모니터링한 결과 적색+청색 혼합광에서 생육반응이 가장 좋았고 엽면적과 잎진중량은 적색광에서, 비엽면적은 청색광에서 가장 높았다고 보고하였다.
- 1998년 장동석 등은 다시마, 미역 등 갈조류의 세포막을 구성하는 주 성분인 알긴산(alginic acid) 가수분해물을 이용한 어육연제품용 천연 식품보존료 개발에 대한 보고를 하였다. 알긴산 가수분해물은 nutrient broth에 0.1% 첨가로 어묵의 주요 부패균인 *Bacillus sp.*의 증식을 억제시킬 수 있다고 보고했으며, 가수분해물의 첨가량은 제품의 색상 변화 및 탄력 등을 고려하여 0.3% 이하 함량을 권장하였다. 가수분해물 0.3%를 첨가한 제품의 경우 30℃에서 저장시 대조군에 비하여 보존기간이 1일 연장되었고, 20℃ 저장에서는 2일, 15℃ 저장에서는 4일 가량 보존기간이 연장된다고 보고하였다.
- 2001년 공영준과 오덕환은 신갈나무 잎 에탄올 추출물을 이용하여 천연 식품보존료로서의 특성 및 가능성을 조사하였다. 신갈나무 잎 에탄올 추출물은 그람양성균에 대해서는 250ug/ml, 그람음성균에 대해서는 500ug/ml 농도에서 40시간 동안 식중독균의 증식을 억제하였다. 또한 추출물의 항균활성 물질은 pH와 열에 매우 안정하다고 보고하였다. 신갈나무 잎 에탄올 추출물과 합성보존료가 솔잎 음료, 당근주스 및 막걸리의 보존성에 미치는 영향을 비교한 결과 솔잎 음료 및 당근주스의 경우 0.1% 첨가시 합성보존료와 유사한 미생물 생육억제 효과를 나타내었고, 막걸리의 경우 추출물 0.5% 첨가시 합성보존료인 안식향산과 유사한 미생물 생육 억제효과를 보였다고 보고하였다.
- 2003년 경북대학교는 cyclodextrin (CD)의 inclusion complex 형성능을 이용하여 대표적

인 폴리페놀계 천연 항산화 물질인 quercetin 및 catechin을 안정화시키는 분자 캡슐화 기술을 연구하였다. Inclusion complex의 온도 및 pH에 대한 안정성을 검토한 결과 inclusion complex가 원래의 물질보다 높은 항산화능을 유지했으며 특히 catechin의 안전성이 크게 향상되었다. catechin-CD inclusion complex의 식품보존료로서의 적합성을 지방산인 linoleic acid를 시료로 검토하기 위하여 저장 중 과산화물가의 변화를 측정된 결과 포집된 catechin보다 높은 항산화능을 보였다. 이와 같은 항산화능 증가로 볼 때 quercetin/catechin-CD inclusion complex는 신선식품의 보존료로 효과적으로 활용될 수 있는 것으로 보고하였다.

- 2007년 고려대학교에서 고추냉이 (*Wasabia japonica*)와 다른 종인 서양고추냉이 부산물 (*Armoracia rusticana*)을 이용하여 고기능성 물질을 추출하고 이를 마이크로캡슐화하려는 연구를 진행하였다. 고추냉이로부터 isothiocyanate류 추출을 위한 최적의 조건을 확립하고 추출물의 항균활성을 평가하였으며 이러한 항균물질을 미세 캡슐 비드 통해 건강기능 식품으로 개발하고자 하였다. 하지만 allyl isothiocyanate를 생물 고분자로 코팅하여 캡슐화하는 기술은 상용화 되지는 못했으며 연구개발 당시 부산물로 이용된 고추냉이 잎과 엽병 또한 현재는 짬뽕소 및 절임류 등으로 이용이 활발하게 진행되고 있다.
- 2010년 덕성여대 연구팀은 조릿대의 에탄올 추출물 및 분획물을 이용하여 항균활성을 연구하였다. n-hexane, chloroform, ethyl acetate 등을 이용한 분획물의 항균력은 서로 다른 균주에 대하여 다른 양상을 보였으며 대부분 0.03-2.5mg/ml 로 최소저해농도가 관찰되었다. 특히 chloroform 분획물은 *B. cereus*와 *V. vulnificus*에 대하여 강한 항균력을 나타냈다. 5% 조릿대 추출물을 칼국수 반죽에 첨가하여 저장 실험한 결과 일반 호기성 세균 및 곰팡이의 증식을 억제하여 저장 기간을 늘릴수 있었고, 실험에 사용된 8종의 병원성 유해 균주에 대하여 항균력이 입증되어 천연 항균 식품보존료로서의 이용이 가능할 것으로 보고하였다.
- 고추냉이는 타 작물 분야와 달리 기초분야에 대한 관련 논문도 적고 특히 육종 분야에 대한 연구는 전무한 실정이며, 일반적인 재배 기술에 관한 연구 이외에 물질 추출이나 가공 관련하여 상업화 된 사례가 적은 산업적 특징을 가지고 있다.

#### <국내 시장 현황>

- 국내 식품산업 규모는 2005년 180.1조원에서 2012년 322.1조원 규모로 연평균 8.7%의 급격한 성장을 기록하고 있으며 2016년에는 450.1조원을 달성할 것으로 예측되고 있다 (통계청, 2016).
- 이중 식품첨가물 시장은 매출액 기준 2007년 7,016억원에서 2011년 1.3조원을 기록했고 이 기간 연평균 성장률은 16.8%에 달하며 이를 기준으로 2016년 시장 규모를 예측하면 약 2.8조원 규모로 예측된다 (식품의약안전처, 2011).
- 보존료 및 산화방지제 등 식품안전소재는 합성첨가물 시장과 천연첨가물 시장으로 나뉘어 있는데, 2010년 기준 합성첨가물 시장은 8,920억원, 천연첨가물 시장은 1,850억원 규모이며 각각 연평균 11.0%, 4.5% 성장률을 기록하고 있다.
- 하지만 2013년 식품첨가물 수입현황을 보면 7.5억 달러 규모로 전체 수입식품 중 약 9.6%를 차지하고 있으며 이는 국내 유통중인 첨가물 시장에서 48.6% 해당하고 수입의존도가 높은 편이다 (식품의약안전처, 2013).
- 특히 천연첨가물 분야는 해외의존도가 높으며 기후변화, 정세불안, 노동력 부족 등으로 인해 공급과 가격이 불안정하기 때문에 국내 식품 산업의 장기적인 발전을 위해 소재를 국

산화하고 안정적인 공급에 대한 연구가 시급한 실정이다.

- 국내 고추냉이 재배면적은 강원도 농업기술원과 전북 농업기술원의 자료를 종합해보면 약 34.7ha 정도로 추산되며 이중 5ha 정도만이 물재배이고 나머지는 밭재배가 이루어지고 있다. 이는 1996년 재배면적 2.8ha에 비하면 약 12.4배 증가한 수치이며, 국내 고추냉이 시장 요구의 시급성을 잘 보여주고 있다.

<국내 경쟁기관 현황>

- 천연보존료의 경우 (주)에스엔텍, 서도비엠아이, (주)엠에스씨 등에서 식물성유산균 발효액, 키토산, 복합허브추출물 등을 생산하고 있다.
- 합성보존료 및 식품첨가물 분야는 대규모 업체에서 주로 경쟁하는 반면, 천연보존료, 산화방지제 및 살균소독제 등은 대부분 소규모 업체들이 경쟁하고 있으며, 이들 원료들은 대부분 수입 의존적이기 때문에 연구 개발에 대한 지원이 필요하다.

표3. 국내 지식재산권 현황

출원기관	특허명	구분	출원(등록) 번호
강릉원주대학교 산학협력단	프로폴리스 추출물을 유효성분으로 함유하는 천연 식품보존료, 이의 제법 및 그 조성물	출원	1020150044193
(주)내츄럴스페이스	피톤치드가 함유된 천연 식품보존료 및 그 제조 방법	등록	1012857340000
(주)엠알이노베이션	오배자 추출물을 유효성분으로 하는 천연 식품 보존료 및 이의 제조방법과 그 조성물	출원	1020150076369
(주)다인소재	토복령 추출액을 함유하는 천연 보존료의 제조 방법	등록	1014762200000
동국대학교 산학협력단	감초 추출물, 목단피 추출물 및 황련 추출물을 유효성분으로 함유하는 천연 식품 보존료	등록	1011769440000

나. 국외 기술 수준 및 시장 현황

<해외 기술동향 및 수준>

○ 세계 고추냉이 소비시장은 일본이 최대 소비 국가이며 중국은 최대 생산 국가이며, 현재 한국, 일본, 중국, 대만, 호주, 미국, 브라질 등 14개 국가에서 재배되고 있다. 2009년 중국 사천성 인민정부 발표자료에 따르면 고추냉이는 세계시장에서 조미식품으로 가격이 매우 높고 시장요구가 큰 반면에 성장조건이 특수하여 상품성은 매우 희귀하여 매년 전세계 시장에서 약 3만톤 가량의 공급이 부족하다고 보고하였다. 또 보고서에서는 매년 9-20%의 속도로 고추냉이 관련 시장이 성장하고 있으며 고추냉이 근경 가격도 중국내에서 매년 평균 8% 이상 높아지고 있는 것으로 발표하였다.

○ 세계시장 발전에 기회를 잡기 위해 중국은 사천성 광원시에 향후 농업시장 뿐 아니라 바이오 산업 시장에 주요한 원료로 이용이 확대되고 있는 고추냉이 재배 및 산업 가공 단

지 조성 계획을 추진 중에 있다 (Guangyuan Economic and Information Technology Committee). 1단계 사업은 2015년부터 2017년까지 재배면적 67ha를 조성, 2단계 사업은 2018년부터 2020년까지 재배면적은 2,000ha로 확대하고 가공 생산업체를 통해 20억 위안 (한화 3,800억원)의 시장을 조성하며 마지막 3단계로 재배면적 약 6,670ha에 100억 위안 (한화 약 1.9조원) 규모의 신규 시장을 창출하겠다는 계획이다.

○ 고추냉이의 시장 확대와 반대로 생산 물량 감소로 인해 일본은 자구책으로 내국수요량과 세계시장의 증가물량을 맞추기 위하여 식물공장과 같은 인공재배시설에서 재배테스트를 진행하고 있다. 대표적인 사례로 가공와사비제품의 대기업인 金印은 식물공장내에 적합한 품종개발 및 채산성을 파악하여 5년 이내에 1000평방미터 규모의 공장을 건설할 계획이다. 사용원료 중 줄기부분에 대해서 약 50%를 조달할 수 있는 체계를 만들 계획이다. 또한 홋카이도 아바시리시에 있는 오호츠크공장의 부지에 약 66평방미터의 물고추냉이 전용공장을 건설하고 실험을 약 1년 동안 진행하여 실용화에 도달했다. 일본은 수요량에 근거한 시장규모로 추산해보면 근경 시장만 약 6-7,000억원 가량 형성되고 있는 것으로 보이며 특히 가공을 통한 파생상품 시장이 매우 큰 것으로 조사되었다.

○ 2001년 Smith 등은 월계수, 클로버, 계피 및 타임 식물에서 에센셜 오일을 추출하여 천연 식품보존료로서의 가능성을 연구하였다. 각각의 추출액은 0.1~1% 수준으로 저지방 또는 일반 소프트 치즈에 적용한 후 *Listeria monocytogenes* 와 *Salmonella enteritidis* 균에 대한 항균성을 조사하였다. 저지방 치즈 처리구는 4가지 오일 모두 1% 처리구에서 항균활성을 보였고, 일반 소프트 치즈의 경우 클로버 추출액만 효과가 나타났다고 보고하였다.

○ 미국 메인대학 (University of Maine) 연구팀은 크랜베리 농축물이 대장균 (*Escherichia coli* O157:H7)의 증식을 억제하여 천연 식품보존료로 사용될 수 있다는 가능성을 제시하였다. 특히 크랜베리 농축액을 간 소고기에 섞어 햄버거 패티로 만든 후 관능평가를 실시한 결과 외관이나 맛에 있어 2.5%와 5% 첨가구에 있어서는 대조구와 아무런 차이가 없고, 대장균 증식률 역시 각각 0.4log, 0.7log 감소한 것으로 평가하였다. 미국은 2008년 수백만 파운드의 간 소고기가 대장균 오염 문제로 수거된바 있어서 이러한 오염 분제를 예방하고 배제할 수 있는 효과적인 방안은 식품 산업계 및 소비자에게 매우 필수적인 사안이다. 현대 소비자들은 천연성, 안전성 및 복합적인 건강 유효성이 겸비된 제품들을 선호하는 경향이 있으며 크랜베리 농축물은 항산화성, 항돌연변이성 등 항균효과 이외에 여러 가지 생리활성 물질들이 함유되어 있다고 보고하였다.

#### <해외 시장 현황>

○ 세계 식품산업 중 가공식품의 시장규모는 2014년 2조 4천억달러를 기록하였으며 가공식품류에는 안전성 및 안정성 확보를 위해 식품첨가물이 필수적으로 사용되며 이에 식품 산업의 발달과 더불어 식품첨가물 시장 또한 지속적으로 성장하고 있다 (Global Food Additives Market, 2016).

○ 세계 식품첨가물 시장은 2014년 기준 379억 달러 수준이며 2015년부터 2020년까지 연평균 9.2% 속도로 성장할 것으로 예측되고, 2020년 기준 642억 달러까지 성장할 것으로 예상되고 있다 (Grand view research, 2015).

○ 이중 세계 식품보존료 시장은 2020년까지 29억 달러, 연평균 성장률은 3.5%를 기록할 것으로 예측되고 있다 (Global Food Additives Market, 2016).

○ 식품보존료 분야에서 북미 시장은 연평균 2.7% 수준으로 성장 중이며, 특히 아태지역의 경우 가공식품 시장의 성장이 급격히 증가하며 식품보존료 시장도 더불어 빠른 성장을 나타내고 있다.

<해외 경쟁기관 현황>

- Kalsec, Naturex 및 Danisco 등은 로즈마리추출물을 이용한 시장을 이끌고 있으며 Camlin Fine Chemical, Eastman Chemical Company 등은 합성산화방지제 시장의 선두기업이다.
- Zhejiang NHU Company LTD, Maoyuan Chemical Industries, Zhangjiajie, CSPC Weisheng Pharma (Shijiazhuang) Co., Ltd., Zhengzhou Tuoyang Industrial Co., Ltd. 및 중국기업과 같은 몇몇 아시아 기업들이 보존료시장을 차지하고 있다.

표4. 해외 지식재산권 현황

출원기관	특허명	구분	출원(등록) 번호	출원국
du Pont de Nemours nutrition	The constituent which contains the extract from bacteriocin and a mint family plant	등록	04791359	일본
Horizon Science Ltd.	Natural preservatives and antimicrobial agents	출원	20080800093	EU
Lanxess Co.	Food and beverage preservatives containing d-limonene	출원	20070783813	EU
The Trustees Of Columbia University	Broad spectrum natural preservative composition	출원	2014144891	미국
Siamak Tabibzadeh	A process of food preservation with hydrogen sulfide	출원	2013106277	미국

1-3 연구개발의 중요성

○ 확대 가능한 고추냉이 시장의 제한성

- 일본의 경우 고추냉이 초콜릿, 고추냉이 와인, 고추냉이 스낵, 고추냉이 김, 고추냉이 무, 고추냉이 어묵 등 고추냉이 재배를 통해 다양한 제품을 생산중이다.



그림4. 일본에서 시판중인 고추냉이 파생상품

- 국내의 경우 고추냉이에 대한 사용이 초밥이나 낱생선의 섭취 시 소스로 사용되는 용도에서 한계를 가지고 있다.
  - 정부차원에서 고추냉이를 이용한 다양한 지원 사업을 통해 농가소득 증대 및 가공 산업에 대한 지원을 통해 국내산 고추냉이에 대한 우수성을 알려야 할 것으로 판단된다.
- 고추냉이를 이용한 천연 식품보존료 개발
- 최근 식품안전에 대한 소비자 관심 증가와 합성첨가물에 대한 부정적 인식의 확산으로 인해 고품질 천연 식품 안전 소재에 대한 니즈가 지속적으로 증가되고 있으며 천연 보존료의 필요성 또한 증가하고 있다.
  - 식품산업계 또한 인공 합성보존료의 사용을 가능한 제한하려는 추세이고, 안전성이 확보된 천연 항균성 물질을 식품의 보존에 이용하고자 하는 시도는 전세계적인 패러다임으로 자리잡고 있다.
  - 천연 식품보존료는 자몽종자 추출물, 키토산, 녹차추출물, 프로폴리스 등이 있으나 대부분 외국에서 수입하고 있으며 국내산은 소재의 안정적인 공급 라인이 확보되어 있지 못해 산업화에 어려움이 있다.
- 산업화가 용이함
- 기존의 천연 식품보존료들은 대부분 향균 스펙트럼이 좁고, 합성보존료 대비 투입량이 많아 경제성이 떨어져 식품기업에서의 활용도가 극히 제한적이었다.
  - 고추냉이에 함유된 AITC는 항균력이 매우 강하고 향균 스펙트럼이 넓어 타제품에 비하여 산업화가 용이하고 강한 항균력 만큼 투입량을 줄일 수 있어 매우 경제성 있는 대안이 될 수 있다.
- 환경제어형 시설의 고부가가치화
- 최근 전세계적으로 식물공장과 같은 환경제어형 시설은 엽채류 등의 단순 저가 채소 생산에서 기능성 물질을 특화시킨 식물 재배로 트렌드가 옮겨가고 있고, 국내에서도 식물공장에서 LMO 식물을 이용한 동물백신 등의 개발 및 생산이 진행되고 있다.
  - 이러한 이유는 단순한 농작물 재배의 관점에서는 아직까지 노지에서 생산된 농산품과의 시장 경쟁이 어렵기 때문인데, 이러한 시도는 재배 식물의 가치를 높여 단위면적당 이익률을 높일 수 있는 대안이며 나아가 일본과 같이 환경제어형 시설의 산업화를 앞당길 수 있는 매우 중요한 시도로 판단된다.
  - 특히 최근 이상기후에 따른 농작물의 피해가 매년 증가하고 있으며 2010년 기준 이상기후에 따른 농작물 피해 면적은 38,763ha에 달하며 피해액, 복구지원액 및 대책비 등을 포함하면 매년 수조원의 비용이 발생하고 있어 이에 대한 사회적/경제적 대책으로 환경제어형 시설의 산업화는 매우 중요한 사안이다.

○ 환경제어형 시설내에서 산업적 이용을 위한 경제적인 고추냉이 생산체계 개발

- 고추냉이는 생육적온이 15℃ 내외로 매우 까다로운 재배 환경을 요구해 국내의 기후조건하에서는 노지재배가 매우 어렵다. 이를 반증하듯 국내의 고추냉이 재배면적은 약 34.7ha 로 추정되며 이는 타 작물에 비하여 재배면적이 매우 작은 수치이다. 고추냉이 최대 소비국인 일본의 재배 면적을 보면 2000년 이후 꾸준히 감소하고 있는데 이는 자연재해에 따른 재배적지의 감소, 농민의 고령화, 연작피해 및 지구 온난화 등이 주원인으로 파악되고 있다.
- 재배면적에 따른 국내 생산량은 근경의 경우 약 40-50톤/년, 잎 생산량의 경우 300-400톤/년으로 추산되며 단위면적당 생산량은 3.3kg/m<sup>2</sup>/년 정도인데, 이는 산업적 이용을 위해선 매우 부족한 물량이다.
- 환경제어형 시설은 식물체의 지상부와 지하부의 환경을 최적상태로 제어하여 식물을 생산량을 높일 수 있으며 현재 당사의 시설에서는 노지재배 대비 약 7배 정도인 21kg/m<sup>2</sup>/년 의 생산이 가능하며 본 과제를 통해 1차적으로 30kg/m<sup>2</sup>/년 수준의 생산량을 목표로 연구를 진행하고 있다.
- 또한 완전제어형 식물 생산 시스템내에서 배양액 조건, 광원 및 광량, 재식밀도 등의 환경변화를 통해 타겟으로하는 유용물질을 노지재배 대비 20-30% 향상시키기 위한 연구를 진행하고 있다 (노지재배시 AITC 함유 농도 : 0.8mg/g, FW).

1-4. 연구개발 범위

가. 1차년도



1) 대량생산을 위한 환경조건 규명 (배양액 조성, 재식밀도, 온도, 광조건)

- 대량생산에 적합한 적정 배양액 조성을 규명하고 단위면적당 생산량을 높일 수 있는 재식밀도

설정

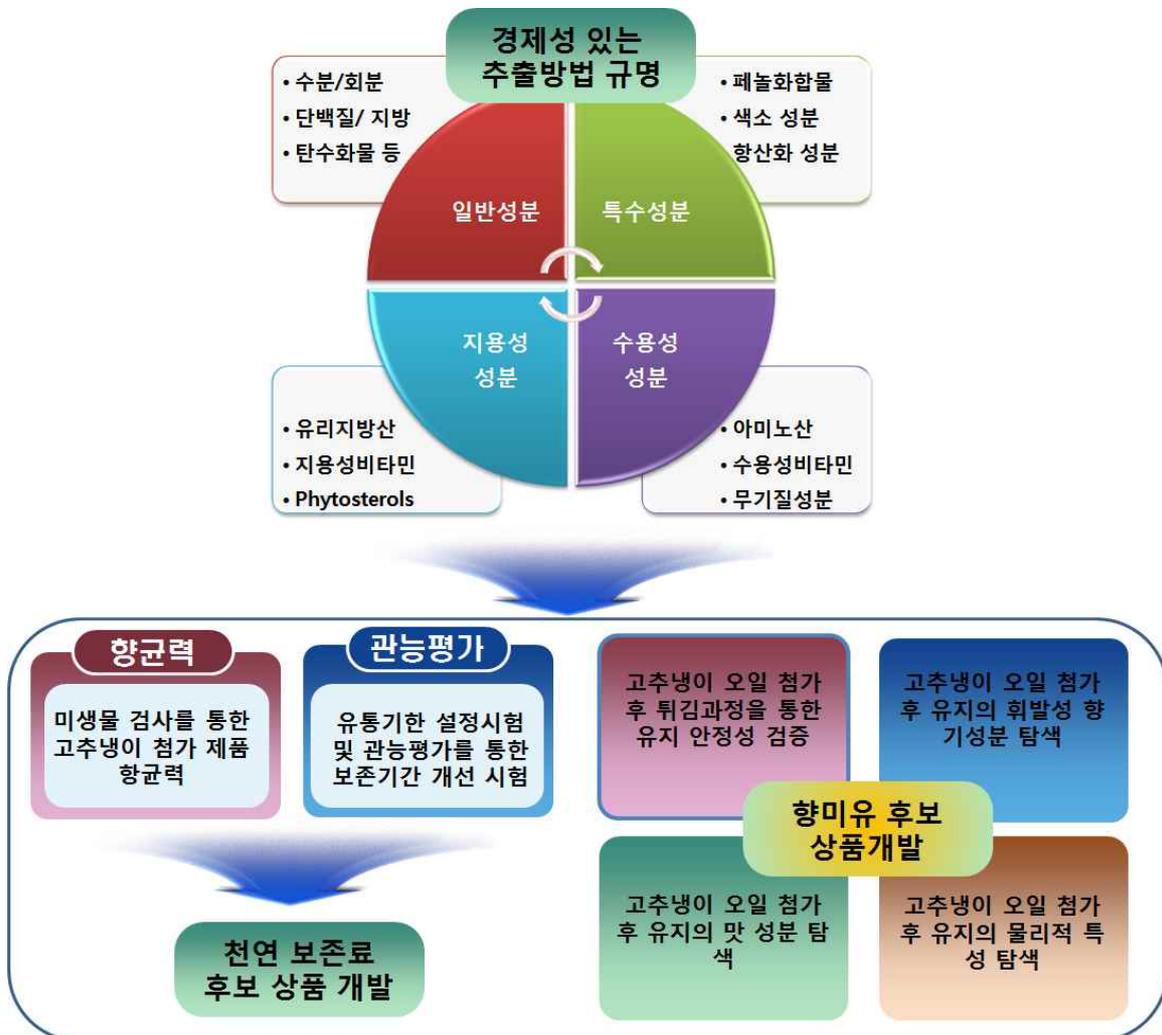
- 고추냉이는 온도에 매우 민감한 작물로 특히 근권부의 온도에 따라 성장량의 차이가 극명함에 따라 가장 경제성 있는 재배 온도 규명 (근권부의 온도는 양액으로 조정하고 지상부의 온도는 CFU로 제어하여 가장 경제성 있는 생육온도 규명)
- 인공광의 높이가 조절되는 요인실험용 베드에서 최적의 광조건 도출

2) 산업적 이용을 위한 최적의 재배기간 규명

- 고추냉이의 생육사이클을 조사하여 단위시간당 생산량을 규명하고 이를 바탕으로 가장 효율적인 재배기간을 도출

3) 재배환경 제어를 통한 식물체내 유용물질 극대화 방안 규명

- 식물체내 유용물질의 극대화 방안은 시간별 근권부 온도 변화를 통한 방안과 배양액 조성에 일부 변화를 주어 분석할 예정



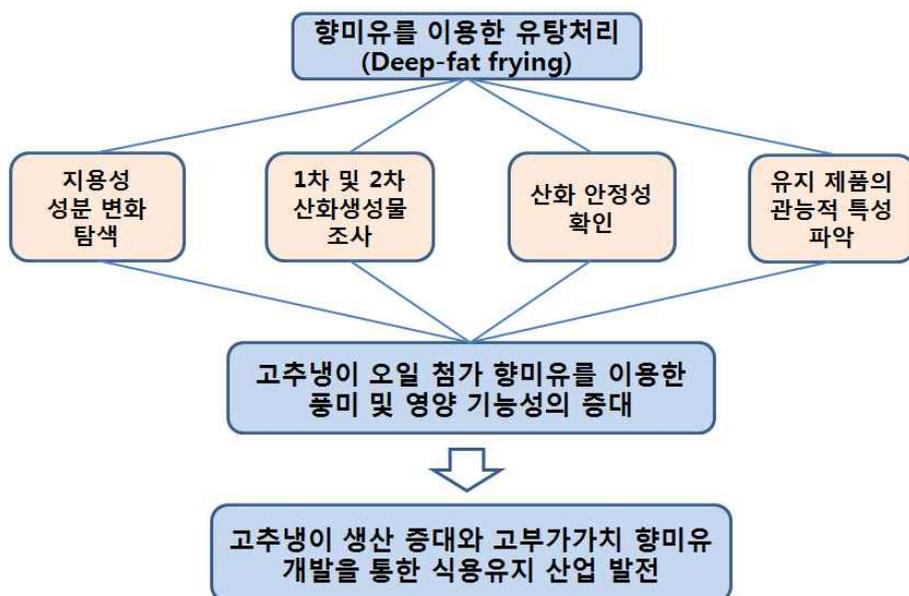
4) 천연 보존료로서의 고추냉이의 잠재력 검토

- 용매별로 추출한 고추냉이의 추출물을 이용한 보존료 실험을 통해 최적의 보존료 효능을 가지는 추출물을 탐색

- 5) 최적 조건에서 추출한 고추냉이 유래 보존료의 기존의 보존료와의 비교 연구
  - 용매별, 온도별로 최적조건에서 추출한 고추냉이 유래 보존료의 기존 합성 보존료와의 활성 비교
- 6) 고추냉이 유래 보존료의 적용 식품군 탐색
  - 보존료가 사용되는 다양한 식품에 고추냉이 유래 보존료의 적용을 통해 실제 식품 첨가물로서의 잠재력 검토
- 7) 고추냉이의 오일을 추출하여 기존의 식용유지에 첨가하여 향미유 개발을 위한 시도
  - 튀김유와 샐러드유에 고추냉이 오일을 적용하여 기존의 식용유지 보다 더욱 다양한 풍미와 품질을 개선하는 연구를 시도

나. 2차년도

- 1) 경제성 분석을 통한 고추냉이 생산조건 최적화
  - 재배 조건에 따른 최적 고추냉이 생산조건 확립 및 이에 대한 단가 분석
- 2) 고추냉이 추출물이 함유된 유지류 2종, 가공식품 2종 등 총 4종의 식품별 시제품 제작
  - 고추냉이 추출물은 항균성 뿐 아니라 항산화성도 높기 때문에 식품 내에 투입 시 제형 내의 성분들과 반응이 예상되기 때문에 이에 대한 특성을 분석하고 조사하여 제품 안정성을 높일 계획
  - 식품 제형의 특성에 따라 안정도가 매우 상이할 수 있으므로 다양한 식품군의 시험이 필요하며 이에 유지류 2종, 가공식품류 2종 등 총 4종의 식품별 시제품을 테스트 예정



- 3) 향미유의 지용성 성분 변화 탐색
  - 고추냉이 첨가 향미유의 물리적 화학적 변화 검토

- 4) 고추냉이 첨가 향미유의 유탕공정 중 발생 가능한 1,2차 산화생성물 탐색
  - 유탕공정에서 고추냉이 오일 무첨가 대조구와 향미유의 1,2차 산화생성물의 비교
  
- 5) 고추냉이 첨가 향미유의 산화안정성 탐색
  - 고추냉이 오일 무첨가 대조구와 향미유의 산화안정성 탐색
  - 각 시제품은 공인인증기관에 분석 의뢰를 통한 객관적인 지표 제시
  
- 6) 각 시제품에 대한 관능검사를 통한 향미 변화 검토
  - 향미유 사용에 따른 식품의 향미 변화를 전자센서(E-tongue)를 이용하여 품질 개선 효과 제시
  - 확립된 적용량에 대해서는 MTT 실험 (세포독성실험)을 통한 안정성 여부 제시

## 2. 연구수행 내용 및 결과

### 2-1. 고추냉이 종묘의 대량생산체계 확립 분야

#### 1) 식물생장조절제 조성에 따른 정단분열조직 배양을 통한 유식물체 유도

##### 가 재료 및 방법

고추냉이 '달마' 품종의 종자를 4°C에서 15일간 보관하여 휴면타파 시킨 후 연구에 사용하였다. 휴면타파된 종자는 70% EtOH에서 45초간 침지 소독한 후 2.5% sodium hypochlorite와 0.02% tween20이 포함된 용액에 25분간 소독 후 멸균된 증류수를 이용하여 5회 세척하였다. 멸균된 종자는 3% sucrose, pH 5.7, 0.4% agar 로 조정된 MS 배지에 치상하고, 5°C에서 7일간 보관 후 15°C에서 배양하였다.

소독과정을 거친 후 MS 배지에 치상된 고추냉이 종자는 배양 5-7일 후부터 발아하기 시작하였으며 최대 60일 후에도 발아되었다. 이는 기존의 연구결과와 같이 휴면타파기간이 16-90일 가량으로 불규칙한 것이 원인일 것으로 판단된다. 기내에서 발아된 고추냉이 종자는 약 30-60일간 동일한 배지에서 배양된 후 정단분열조직 배양에 이용하였다.

기내에서 발아시킨 고추냉이는 발아 후 분엽이 3매 출현했을 때 해부현미경하에서 분엽을 제거하고 엽원기가 1매 이상 포함된 shoot-tip을 절취하여 연구재료로 사용하였다. 적출된 shoot-tip은 짧은 시간안에도 건조 스트레스를 받을 수 있으므로 신초 유도 배지에 즉시 치상하였다.

신초를 유도하기 위한 배지는 MS기본 배지에 3% sucrose, pH 5.7, 0.4% agar로 조정된 배지를 이용했으며, BA (6-Benzyladenine)와 NAA (Naphthalenacetic acid)를 다양한 농도로 첨가하여 유식물체 분화 유도 연구를 진행하였다. 식물생장조절제의 경우 BA (0.5, 1, 2, 4mg/l) 및 NAA (0, 0.05, 0.1, 0.2mg/l)를 조합하여 시용하였고, BA는 단일 시용시험도 진행하였다.

치상한 재료는 배양온도 15±1°C, 80-100  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  의 광조건에서 일 16시간 광, 8시간 암조건 상태에서 배양되었다.

통계처리는 SPSS 21.0 version을 이용하였고, 일원배치 분산분석 및 사후검정에서 Duncan 분석을 실시하였다.

표 5. MS 배지 조성 성분표

구분	mg/L	구분	mg/L
CaCl <sub>2</sub>	332.02	KI	0.83
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	170.00	MnSO <sub>4</sub> ·H <sub>2</sub> O	16.90
KNO <sub>3</sub>	1900.00	Na <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O	0.25
MgSO <sub>4</sub>	180.54	ZnSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	8.60
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	1650.00	Glycine	2.00
CoCl <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O	0.025	Myo-Inositol	100.00
CuSO <sub>4</sub> ·5H <sub>2</sub> O	0.025	Nicotinic acid	0.50
FeNaEDTA	36.70	Pyridoxine HCL	0.50
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	6.20	Thiamine HCL	0.10

나) 결과

엽원기를 1매 이상 부착한 고추냉이의 정단 분열조직을 MS배지에 BA (0.5, 1, 2, 4mg/l) 와 NAA (0, 0.05, 0.1, 0.2mg/l)를 혼용 및 단용 처리한 후 90일간 배양한 결과는 아래 표와 같다. 식물생장조절제 무처리구를 제외하고는 모든 처리구에서 배양 1-2주 후부터 미세한 캘러스가 관찰되었고 배양 3주 경부터 육안으로 쉽게 식별 가능한 수준으로 캘러스가 성장하였다. BA 단용처리구와 BA와 NAA를 혼용 처리한 처리구에서 캘러스 유도율의 차이는 크지 않았으나 신초 발생의 경우 2mg/l BA + 0.05mg/l NAA 처리구에서 76.7%의 가장 높은 신초유도율을 보였다. BA 단용 처리구에서는 배양 30일 경부터 일부 캘러스가 갈변하며 증식이 감소되는 등의 현상이 일어났고 NAA의 농도가 0.1mg/l 이상으로 높아질 경우 캘러스 유도율에는 변화가 없으나 신초 유도율은 감소하였다.

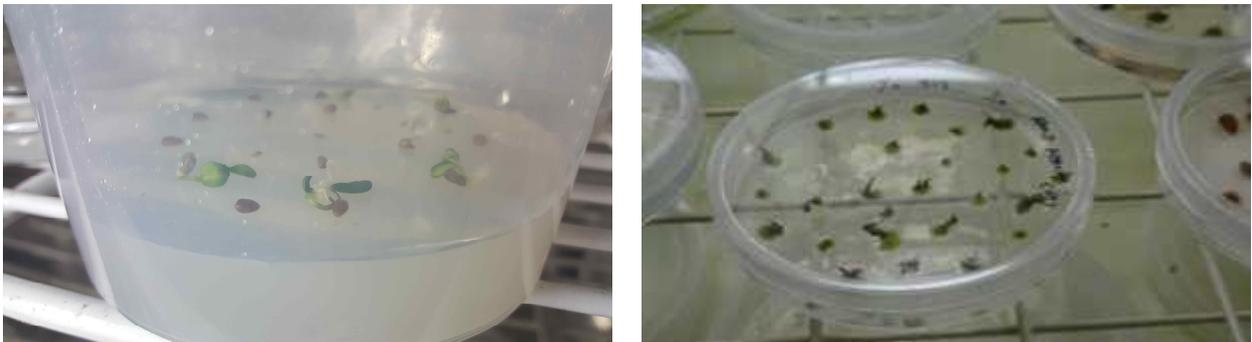


그림 5. 고추냉이 무균 종자 발아 (좌) 및 정단분열조직에서의 신초 유도 (우)

표 6. 식물 성장조절제 농도에 따른 정단분열조직 유래 유식물체 유도 비교

BA (mg/l)	NAA (mg/l)	캘러스 유도율 (%)	신초 유도율 (%)
0	0	0.0d	0.0fg
0.5	0	53.3c	40.0cd
	0.05	76.7ab	40.0cd
	0.1	70.0a-c	33.3de
	0.2	63.3bc	10.0fg
1	0	83.3ab	40.0cd
	0.05	83.3ab	56.7b
	0.1	76.7ab	43.3b-d
	0.2	73.3a-c	16.7f
2	0	83.3ab	56.7b
	0.05	86.7a	76.7a
	0.1	80.0ab	53.3bc
	0.2	76.7ab	20.0ef
4	0	76.7ab	16.7f
	0.05	83.3ab	13.3fg
	0.1	80.0ab	6.7fg
	0.2	70.0a-c	6.7fg

고추냉이의 정단분열조직을 다양한 cytokinin (BA, Kinetin, zeatin)과 1.0mg/l IAA를 혼용한 배지에서 약 83%의 신초 형성율과 약 88%의 multiple shoot 가 유도되었다는 연구결과도 있으나 (은종선 외, 1997) 당사의 예비실험에서는 IAA를 처리시 캘러스 유도율은 문제가 없으나 캘러스에서 신초보다 부정근이 먼저 발달하여 신초 발생을 억제시키는 결과를 보였다. 이는 실험된 고추냉이의 품종이 상이한 결과로 판단된다.

이외에도 Hisao (1988) 등은 shoot-tip에서 1-2 mg/l BA + 0.2 mg/l IAA 조합으로 배양 3개월 쯤 4-5 액아가 신장했다고 보고하는 등 식물체 특성에 따라 적절한 cytokinin과 auxin 계열의 식물 성장조절제 혼합이 정단분열조직 유래 유식물체 유도에 유리한 것으로 판단된다.

## 2) 재분화된 신초의 뿌리 분화 유도

### 가) 재료 및 방법

정단분열조직에서 유도된 신초들은 캘러스에서 유기된 특성상 뿌리의 분화가 불안정하여 완전한 식물체로 분화시키기 위해 뿌리 분화 유도배지로 옮겨주었다. 이를 위해 MS 기본배지에 IAA (0.5, 1, 2, 4mg/l) 와 IBA (0.01, 0.05, 0.1, 0.5mg/l)를 첨가하여 실험했으며 혼용 처리는 하지 않았다.

배양환경 및 통계처리는 앞선 연구와 동일한 조건하에 진행하였으며, 30일간 배양하며 신초의 길이, 뿌리길이, 본엽수, 생중량, 건중량 등을 조사하였다.

### 나) 결과

정단분열조직에서 유래된 신초들은 식물 성장조절제 무첨가 처리구에서 가장 낮은 부정근 형성율을 보였고 (23.3%) 0.01mg/l IAA 처리구에서 90.0%로 가장 높은 부정근 형성율이 관찰되었다.

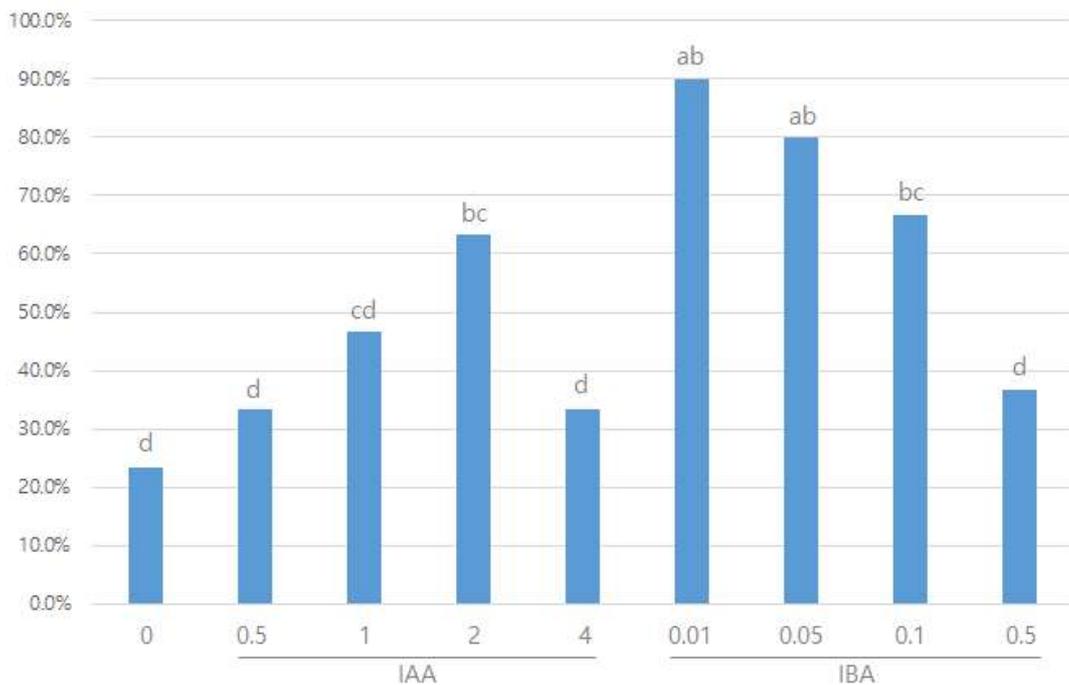


그림 6. 식물 성장조절제 농도에 따른 정단분열조직 유래 유식물체 뿌리 분화 유도 비교

1997년 은중선은 정단분열조직에서 유래된 신초들은 식물 성장조절제 무첨가 처리구에서 전혀 부정근이 형성되지 못했다고 보고하였고 2007년 박윤영 등은 성장조절물질 무첨가구에서 90.0%로 가장 발근율이 높았다고 상반되는 연구결과를 발표 하였는데, 이는 박윤영 등이 실험에 사용한 고추냉이는 '도근'이라는 품종으로 본 연구에 사용된 고추냉이 품종과 다르며 품종에 따라 부정근 형성에 필요한 옥신의 함량 등이 매우 상이할 수 있다는 결과를 보여준다.

### 3) 당농도에 따른 유식물체 성장 비교

#### 가) 재료 및 방법

기내배양체는 광합성을 통한 정상적인 에너지 생산에 제한을 받기 때문에 탄수화물 급원을 위하여 sucrose 등의 당성분을 배지내에 첨가해 준다. 대체적으로 일정수준까지는 당함량이 높아지면 식물체의 성장 반응이 높아지며 그 이상으로 높아질 경우 삼투압 등의 문제 등으로 인하여 급격히 왜소화 되는 경향이 있다. 이에 유식물체를 대량증식 하기 위한 기내배양을 진행함에 있어 적정 당 농도를 규명할 필요가 있다. 이를 위해 MS 기본배지에 sucrose를 이용했으며, 2-8% 수준까지 1% 씩 차이를 두어 배지를 조성하여 같은 잎수를 가진 약 2.5cm 초장의 기내배양체를 치상하였다.

배양환경 및 통계처리는 앞선 연구와 동일한 조건하에 진행하였으며, 30일간 배양하며 신초의 길이, 뿌리길이, 본엽수, 생중량, 건중량 등을 조사하였다.

#### 나) 결과

배지내 탄소원으로 첨가되는 sucrose의 농도에 따라 고추냉이 기내배양체의 성장에 미치는 결과를 알아본 결과 sucrose의 농도 5%까지 높아질수록 신초의 길이와 본엽수, 생중량 및 건중량 등이 증가하는 것을 확인하였다. 뿌리의 길이 역시 4% 처리구에서 가장 양호하였으며 6% 이상 처리구에서 급격히 감소하였다. 본엽수는 2-5% 처리구간 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았으나 4% 처리구에서 5.2개로 가장 높은 수를 기록하였다. 이는 실험에 이용된 기내배양체의 본엽이 2매 정도 나온 상태이기 때문에 30일간의 배양기간 중에는 큰 차이를 보이지 않은 것으로 판단된다.

종합적으로 판단했을 때 4% sucrose 의 처리가 가장 고추냉이 성장에 양호한 것으로 보이며 특히 생중량과 건중량을 보면 3% 처리구보다 통계적으로도 유의하게 높은 것을 확인할 수 있었다. 다만 6% 이상의 처리구에서는 고추냉이 생장이 전반적으로 크게 감소하였는데, 이는 고농도에서는 삼투압 등의 문제로 수분포텐셜에 문제가 생겨 생장이 저하되는 것으로 판단된다. 이러한 결과는 2007년 박윤영 등이 고추냉이 신초의 생육에 미치는 sucrose 농도에 대한 연구 결과에서도 sucrose 6% 처리구에서는 신초의 길이가 급격히 감소했다는 결과와 비슷하였다. 다만 박윤영의 실험에서는 sucrose 1, 3, 6% 세처리구만 비교하여 3%와 6% 처리구간의 사이의 제한점을 파악하기 어려웠고, 1-6% 사이의 본엽수 및 신초의 길이는 통계적으로 유의하지 않은 것으로 보고하였는데, 이는 배양기간이 2주로 비교적 짧아 개체간의 차이가 당사의 실험결과에 비하여 크지 않았던 것으로 판단된다.

표 7. 당농도에 따른 기내배양체 성장 비교

Sucrose (%)	신초의 길이 (cm)	뿌리의 길이 (cm)	본엽수 (ea)	생중량 (g)	건중량 (g)
2	3.9b	5.1ab	4.2a-d	2.84c	0.15c
3	4.2b	5.5ab	4.6a-c	3.04bc	0.22b
4	5.3a	5.8a	5.2a	3.72a	0.27a
5	4.9a	4.8bc	4.8ab	3.44ab	0.25ab
6	3.3c	4.2c	3.6cd	2.88c	0.22b
7	3.1cd	3.5d	3.8b-d	2.12d	0.16c
8	2.7d	3.4d	3.2d	1.76d	0.15c

#### 4) 배양방법에 따른 유식물체 증가율

##### 가) 재료 및 방법

일반적인 식물체는 조직배양시 대부분 고체배양을 이용하게 된다. 조직배양시 수경재배와 같이 액체배지에서 식물체의 생장은 가능하지만 대부분 유리화, 과수화 또는 켈러스화 등의 이유로 정상적으로 생육이 어려운 경우가 많다. 이에 배지를 젤 형태로 경화시키는 agar, phytoagar, gellan gum 및 gelrite 등을 이용하여 적정한 굳기고 경화시킨 후 유식물체를 고정하여 성장토록 한다. 일반적으로 agar의 종류는 배지의 특성에 영향을 미치지 않고 식물의 성장에도 큰 영향을 주지 않으나 agar의 농도는 식물체의 특성에 따라 유식물체의 성장에 큰 영향을 준다.

특히 고추냉이의 경우 액체배지에서 생장이 가능한 것으로 보고되고 있어 phyto-agar의 적정 배지 경화도인 0.4%를 기준으로 0.2%, 0% (액체배지) 세단계로 나누어 조직배양체의 배양 효율을 높일 수 있는지 연구하였다.

배양용기는  $\varnothing 9 \times 8$ cm 크기의 용기를 이용하였고, 배지두께 1cm (50ml) 고정하여 실험이 진행되었으며, 각각의 배양용기에는 3주씩 치상하여 배양되었다.

배양환경 및 통계처리는 앞선 연구와 동일한 조건하에 진행하였으며, 30일간 배양하며 신초의 길이, 뿌리길이, 본엽수, 생중량, 건중량 등을 조사하였다.

##### 나) 결과

배지내 phyto-agar 농도에 따른 기내배양체 성장을 관찰한 결과 신초의 길이는 phyto-agar를 첨가하지 않은 액체배양 상태일 때 가장 우수했으며 뿌리 길이의 경우 0%와 0.2% 간에는 통계적으로 유의하지 않았으나 0%와 0.4%를 비교시 액체배양 상태에서 생장이 더 양호하였다. 본엽 발생 수에서 0.2%와 0.4%에서는 각 5.4와 5.2로 비슷하게 관찰되었으나 액체배양 상태에

서는 6.4개로 본엽 발생에 있어서도 유리하게 관찰되었다. 액체배양 상태에서는 신초의 길이와 본엽수 증가에 따라 생중량 및 건중량에 있어서도 타 처리구에 비하여 통계적으로 유의하게 우수한 것으로 조사되었다.

배양 기간 중 액체 배양 상태 및 0.2% phyto-agar 처리구에서는 과수화 또는 유리화 현상은 관찰되지 않고 양호하게 성장하였다.

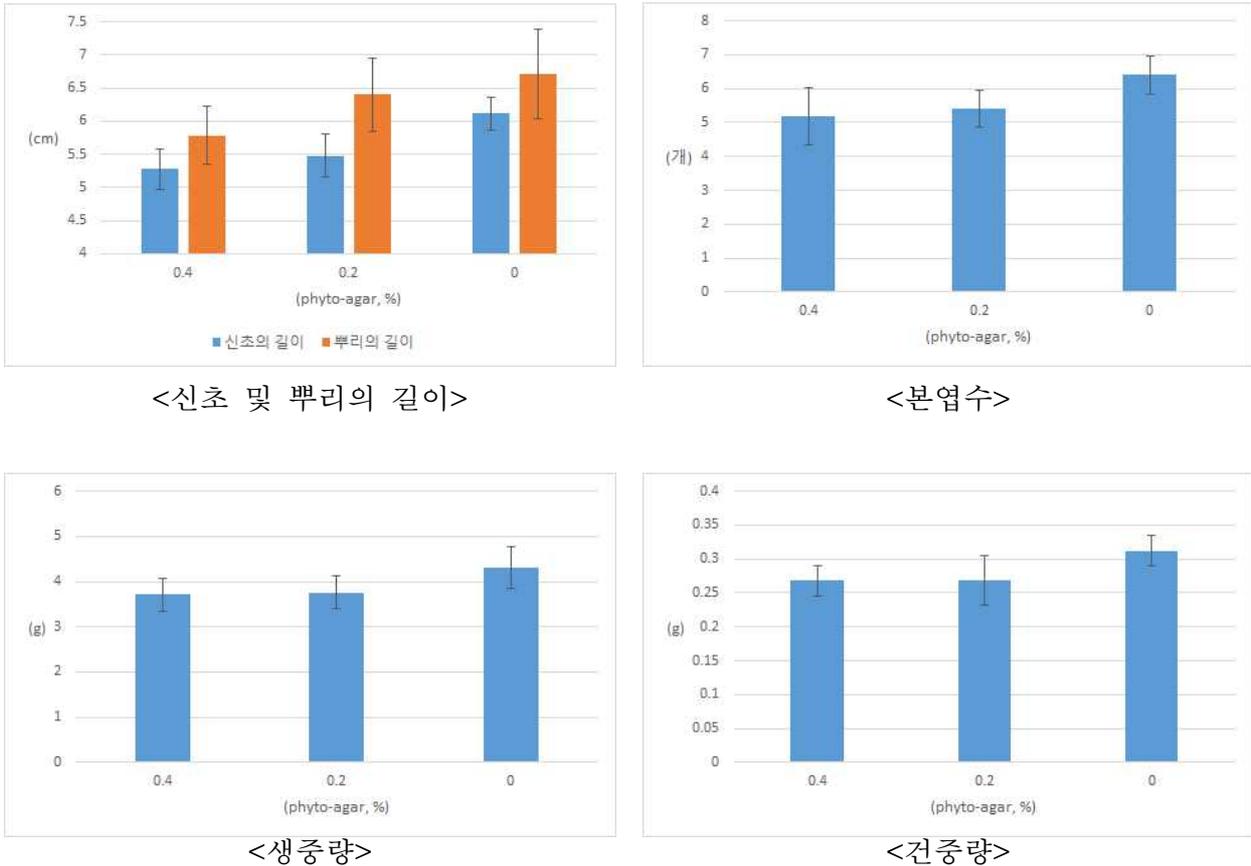


그림 7. 배양방법에 따른 유식물체 성장 비교

## 5) 배양온도에 따른 유식물체 증가율

### 가) 재료 및 방법

고추냉이의 적정 배양온도는 이미 많은 연구결과를 통해 12-15℃로 알려져있다. 하지만 환경제어형 시설에서 산업화를 위한 배양시 12-15℃의 온도는 경제성 부분에 있어서 전기세 등 고정비의 부담을 가중시킬 수 있고, 일부 식물의 경우 액체배양시 배양온도가 높아지면 조직 유리화에 영향을 미치는 것으로 보고되고 있어 고추냉이의 조직배양시 적정 배양온도 및 그에 따른 성장 양상을 조사할 필요가 있다. 이를 위해 같은 잎수를 가진 약 2.5cm 초장의 신초를 MS 기본배지에서 배양온도는 각 15, 17, 19, 21, 23±1℃, 광조건은 80-100  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  에서 1일 16시간 광, 8시간 암조건 상태로 30일간 배양하며 신초의 길이, 뿌리길이, 본엽수, 생중량, 건중량

을 조사하였다.

통계처리는 SPSS 21.0 version을 이용하였고, 일원배치 분산분석 및 사후검정에서 Duncan 분석을 실시하였다.

나) 결과

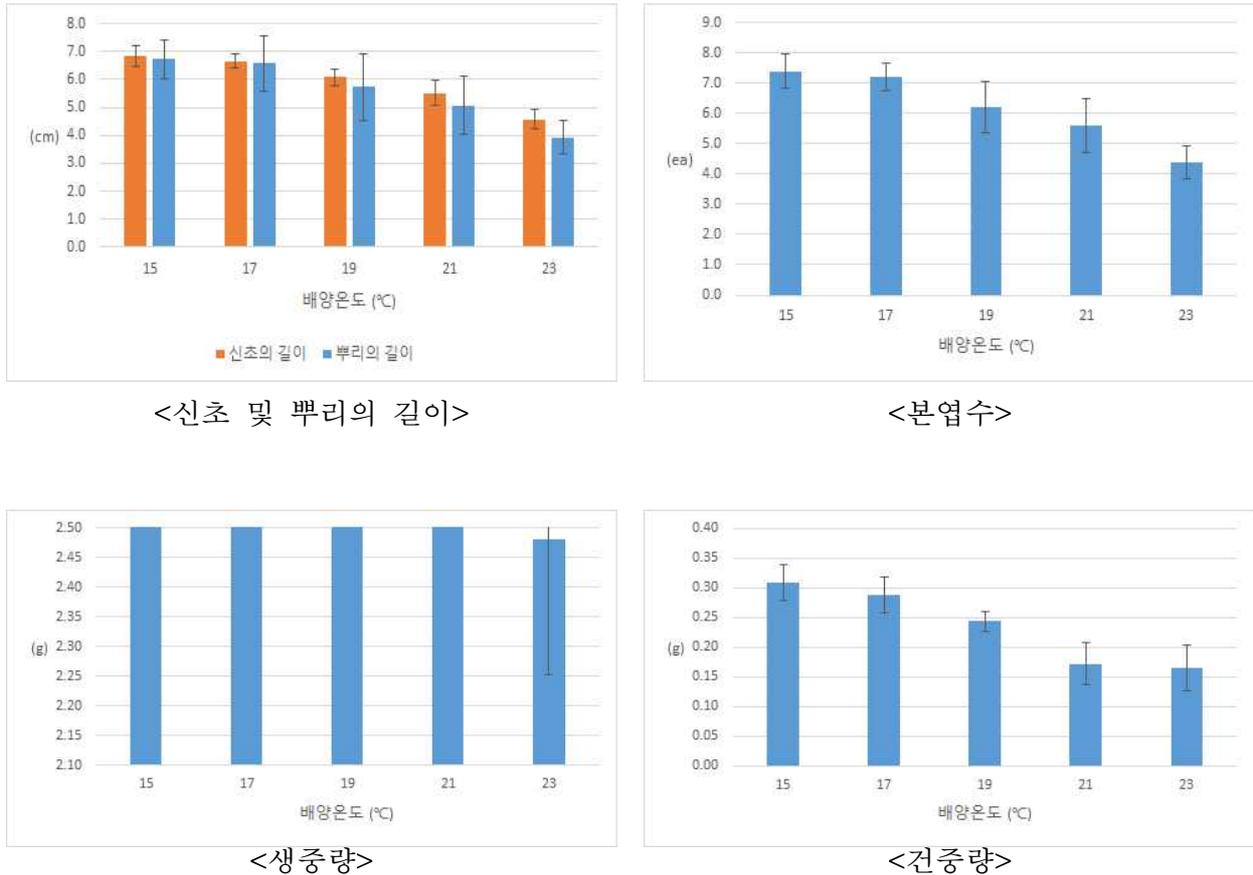


그림 8. 배양온도에 따른 유식물체 성장비교

다양한 배양온도에 따른 고추냉이 기내배양체 성장 비교 결과 배양 30일 후 평균적인 생장은 배양온도가 올라갈수록 감소하였다. 15°C 처리구에서는 신초의 길이는 6.1cm, 뿌리의 길이 6.7cm 본엽수 6.4개 및 생중량 2.16g 등으로 가장 양호한 생육상태를 보인 반면 23°C 처리구의 경우 신초의 길이는 3.9cm, 본엽수 4.6개 및 생중량 1.24g 으로 생장이 가장 저조하였다. 다만 17°C 처리구에서는 신초의 길이 6.0cm 뿌리의 길이 6.6cm, 본엽수 6.2개 및 생중량 2.04g 으로 수치는 15°C 처리구에 비하여 약간 낮았으나 통계적으로 유의하지 않아 배양시 17°C 의 온도가 가장 적당한 것으로 판단되었다.

고추냉이는 노지 재배시 25°C 이상에서는 생장이 멈춘다는 보고가 있으므로 타 식물체에 비하여 배양온도에 매우 민감하게 작용하는 것으로 사료된다.

6) 순화 방법에 따른 고추냉이 조직배양묘의 순화 조건 규명

가) 재료 및 방법

조직배양묘는 광합성 능력이 부족하기 때문에 별도의 탄소원을 배지내에 공급받아 성장하며 외부환경에서 이산화탄소를 이용하여 자가영양체계로 전환시 급격한 환경변화는 생리 장애를 일으킬 우려가 있다. 또한 배양환경 특성상 상대습도가 매우 높고 잎의 큐티클 층과 같은 형태학적 구조의 발달이 미숙하며 온습도에 매우 민감하고 광합성 및 기공의 기능이 떨어지기 때문에 별도의 순화과정을 거쳐 단계적으로 외부환경에 대한 적응력을 높여주어야 정식이 가능하다. 낮은 순화율은 생산비용의 상승에 직접적인 원인이 될 수 있으므로 적정 순화조건의 규명은 반드시 필요하다.

유형주 등 (2007)은 고추냉이 조직배양묘의 순화를 위한 적정 배지조건 규명을 위한 연구에서 coir와 펄라이트를 혼용시 순화율은 100%, 담액수경시 90%, 피트모스를 이용시 71% 라고 보고하였다. 순화된 묘를 환경제어형 시설에서 수경재배에 이용할 때 상토 등에 순화할 경우 정식시 뿌리에 붙은 상토를 제거할 필요가 있고 별도의 소독과정을 거쳐야 하며 이때 뿌리의 손상 등으로 인해 활착률이 낮아질 우려가 있다. 이에 기존 연구와 같이 인공토양 또는 담액수경 방식 등으로 순화하는 것이 바람직하다.

이에 기내에서 증식된 고추냉이 유묘를 시중에서 구입 가능한 원예용 상토, 펄라이트, 수경 방식으로 비교하여 순화조건을 규명하였다. 펄라이트 및 수경방식 시 Yamasaki 배양액 (N-P-K-Ca-Mg / 6-1.5-4-2-1 me/l)을 이용하였고, 수경 방식으로 순화시 식물체는 우레탄 스티로폼으로 고정하였으며 배양액은 고추냉이의 근경부위 보다 낮게 유지하도록 주의하였다.

표 8. 원예용 상토의 이화학적 특성

유기물 (%)	질소 (%)	유효 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/kg)	치환성-K (cmol/kg)
55.84	0.71	977.74	6.42
치환성-Ca (cmol/kg)	치환성-Mg (cmol/kg)	pH (1:5)	EC(1:5) (dS/m)
6.77	11.47	5.61	3.76
가비중 (g/cm <sup>3</sup> )	진비중 (g/cm <sup>3</sup> )	공극률 (%)	수분함량 (%)
0.15	0.71	78.87	60.18

각 순화를 위한 트레이는 랩 또는 을 이용하여 밀봉하여 습도를 유지시켰고, 약 7일 후부터 밀봉 상태를 느슨히 하며 상대습도를 낮추어지고, 순화 14일 후 랩을 완전히 제거하였다. 환경 조건은 배양온도 17±1°C, 80-100  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  의 광조건에서 1일 16시간 광, 8시간 암조건 상태였으며 순화 2주 후 순화율을 조사하였고, 순화 4주 후 생활착률, 신초의 길이, 분엽수 및 생중량 및 건중량을 조사하였다.

통계처리는 SPSS 21.0 version을 이용하였고, 일원배치 분산분석 및 사후검정에서 Duncan 분석을 실시하였다.

나) 결과

고추냉이 조직배양묘를 펠라이트, 수경방식 및 원예용 상토로 순화한 결과 2주 후 순화율은 펠라이트 94%, 수경방식 90%, 원예용 상토 90% 로 처리구간의 차이는 크지 않았다. 다만 순화 시작 후 4주가 경과한 시점에서 원예용 상토 처리구의 경우 순화율이 68%로 급감하였다. 2007년 유형주 등은 피트모스 등을 이용한 고추냉이 순화시 순화율이 71%로 낮았고, 타 처리구에 비하여 초장 및 엽면적도 감소한다고 보고하였는데, 원예용 상토의 경우 피트모스 등의 함량이 높은 관계로 고추냉이의 적정 환경조건보다 과습한 상태여서 순화율이 낮아지고 광합성을 등의 저하로 인하여 생육이 저하된 것으로 판단된다.



그림 9. 배지별 2주차 및 4주차 순화율 비교

원예용 상토에서 순화된 고추냉이 신초의 길이는 펠라이트 대비 74% 였으며 수경방식과 비교하여도 78% 수준이었다. 본엽수는 수경방식에서 6.6개 펠라이트 처리구에서 6.2개 및 원예용 상토 처리구에서 5.8개 였으나 통계적으로는 상호 처리구간 유의하지는 않았다. 하지만 건중량은 펠라이트 및 수경 방식의 순화방법에 비하여 원예용 상토 처리구에서는 통계적으로 유의하게 감소하였다.

표 9. 순화 4주 후 고추냉이 생장 비교

순화 방식	신초의 길이 (cm)	본엽수 (ea)	생중량 (g)	건중량 (g)
펠라이트	10.4a	6.2a	7.48a	0.66a
수경 방식	9.9a	6.6a	7.14ab	0.62a
원예용 상토	7.7b	5.8a	6.22b	0.48b

결과적으로 펠라이트와 수경방식으로 인한 순화 방법에 있어서는 통계적으로 유의하지 않고 순화된 묘는 NFT 방식으로 수경재배될 예정이므로 수경방식으로 순화하는 것이 바람직하다고 판단하였다.



그림 10. 수경방식으로 순화중인 고추냉이 (좌) 와 순화 묘 (우)

## 2-2. 수경재배를 이용한 고추냉이 생산 분야

### 1) 수경재배시 배지 종류에 따른 고추냉이 생장

#### 가) 재료 및 방법

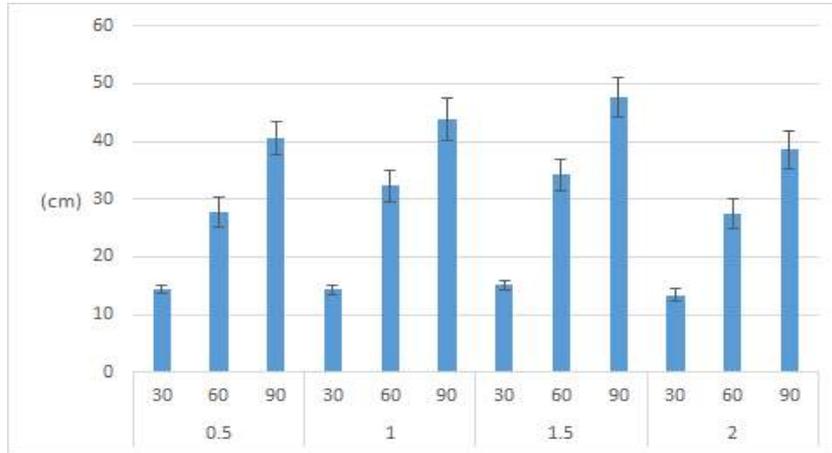
본 연구에서는 기내배양체를 순화시킨 고추냉이 유묘 (엽수 3-4장, 초장 10cm 내외)는 수경재배시 적정 배지 배양액 농도를 규명하기 위하여 Yamasaki 배양액을 0.5배액, 1배액, 1.5배액, 2배액을 pH 5.5-6.2 범위를 벗어나지 않도록 2일 간격으로 보정하며 환경제어형 수경재배 시설에서 재배하였다. 재배 방식은 NFT (nutrient film technique) 방식으로 양액을 순환하는 방식이며 베드로 양액을 급수시 약간의 낙차를 주어 용존산소를 최대한 확보하려고 노력하였다. 단위 베드의 크기는 0.8×2.6m (2.08m<sup>2</sup>) 이며 베드마다 200L 급배액 용기를 설치하고 80W 용량의 수중 펌프 (월로펌프, PH-080M)로 24시간 타이머를 이용하여 15분 급액/15분 중지 방식으로 순환 공급하였다.

재배환경은 배양온도 15±1℃, 80-100  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  의 광조건서 일 16시간 광, 8시간 암조건 상태이며, 재식밀도는 20cm\*20cm 간격이 되도록 구성하였고 재배 4주 후부터 초장, 생중량 및 건중량 등을 30일 간격 90일간 측정하며 생육조사를 실시하였다.

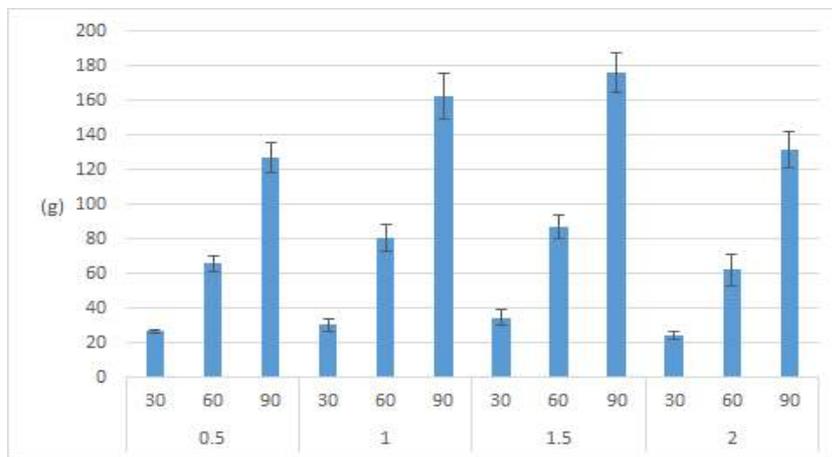
통계처리는 SPSS 21.0 version을 이용하였고, 일원배치 분산분석 및 사후검정에서 Duncan 분석을 실시하였다

#### 나) 결과

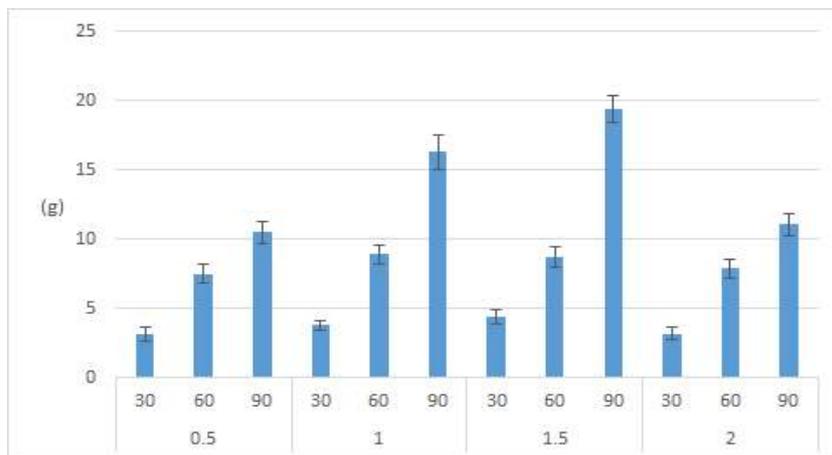
NFT 방식을 이용한 고추냉이 수경재배시 적정 배양액의 농도를 알아보기 위한 실험 결과 0.5배액에서 1.5배액까지 배양액의 농도가 높아질수록 고추냉이 생육도 전반적으로 향상되었다. 하지만 2배액 농도하에서 재배된 고추냉이는 생육이 급격히 저하되는 모습이 관찰되었다. 재배 30일 경에는 각 처리구간의 생장차이가 크지 않았으나 60일 경에는 신초의 길이 및 생중량이 1배액과 1.5배액 처리구에서 타 처리구에 비하여 우수한 것으로 조사되었다. 재배 90일 시점에서 조사시에도 이러한 경향이 비슷하게 나타났으나 특히 건중량의 경우 1.5배액 처리구에서 통계적으로 유의하게 타 처리구에 비하여 높게 나타났다.



<신초의 길이>



<생중량>



<건중량>

그림 11. 배양액 농도에 따른 생육일수 별 고추냉이 성장 비교 (30, 60 90일)

이는 최기영 등 (2011) 등이 배양액 EC 수준이  $3.0\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$  이상이 되면 생중량 등 생장이 감소하고 체내 비타민C, AITC 농도 등도 감소하고,  $2.0\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$  에서도 광합성량은  $1.0\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$  처리

구에 비하여 유의하게 감소했다고 보고한 결과와 비슷한 경향을 나타내었다.

## 2) 수경재배시 양액 순환 주기에 따른 고추냉이 생장

### 가) 재료 및 방법

수경재배는 양액의 급액 방법에 따라 박막수경, 담액수경, 배지경 등으로 다양하게 분류된다. 담액경은 타 급액 방식에 비해 다량의 배양액을 사용하므로 양액 온도 변화를 안정적으로 가져갈 수 있으나 용존산소량에 민감한 고추냉이는 이러한 방식으로 재배시 뿌리 생육이 저하되고 광합성 작용이 저하되어 생육이 지연된다.

용존산소에 민감하게 반응하는 고추냉이와 같은 식물은 적정 용존산소량이 9.5ppm 이상으로 보고되고 있어 (변학수 외, 2004) 담액경 또는 배지경 등에 비하여 NFT방식이나 분무수경이 적합한 것으로 알려져있다. 이러한 방식은 다른 수경재배 방식과 달리 양액이 자주 순환되기에 외부의 공기가 양액 속에 녹아 들어 용존산소를 높이기 용이하고 양액과 뿌리의 접촉 주기를 결정할 수 있는 장점이 있지만 너무 자주 순환시킬 경우 순환펌프의 구동에 수반되는 비용이 불필요하게 높아질 수 있으므로 적정하게 조절하는 것이 경제적이다. 이에 고추냉이의 안정적인 생산을 위해 NFT 방식으로 양액의 순환주기에 따른 생육상태를 조사하였다. 순환주기는 15분 급액/15분 중지, 15분 급액/45분 중지, 15분 급액/105분 중지, 15분 급액/345분 으로 15분 간격 24시간 타이머를 이용하여 순환펌프의 작동을 조절하였다.

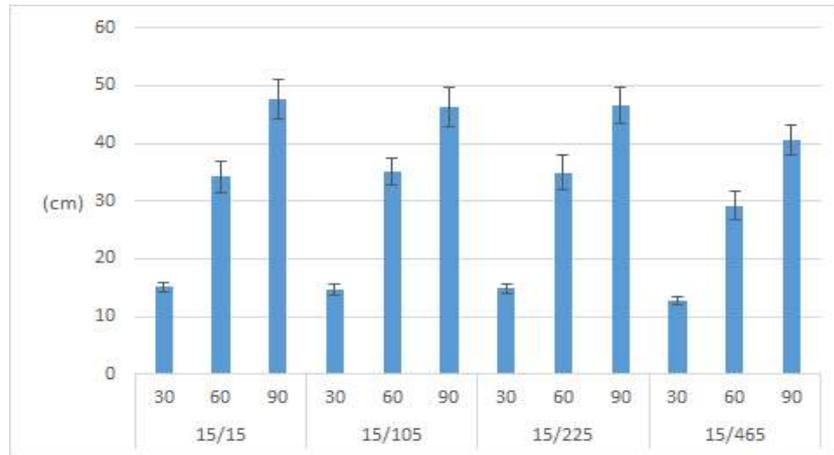
재배환경은 배양온도  $15\pm 1^{\circ}\text{C}$ ,  $80\text{-}100\text{ }\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 의 광조건서 일 16시간 광, 8시간 암조건 상태이며, 재식밀도는  $20\text{cm}\times 20\text{cm}$  간격이 되도록 구성하였고 재배 4주 후부터 초장, 생중량 및 건중량 등을 30일 간격 90일간 측정하며 생육조사를 실시하였다. 통계처리는 SPSS 21.0 version을 이용하였고, 일원배치 분산분석 및 사후검정에서 Duncan 분석을 실시하였다



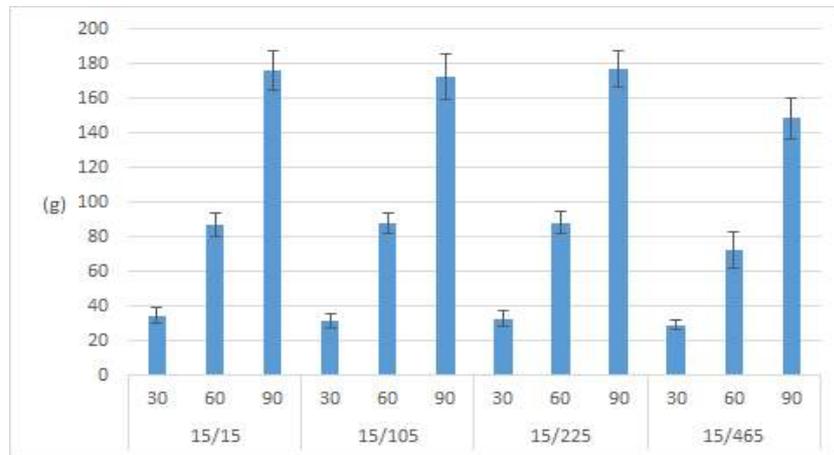
그림 12. 급액탱크 및 순환펌프 (좌)와 타이머 제어 (우)

### 나) 결과

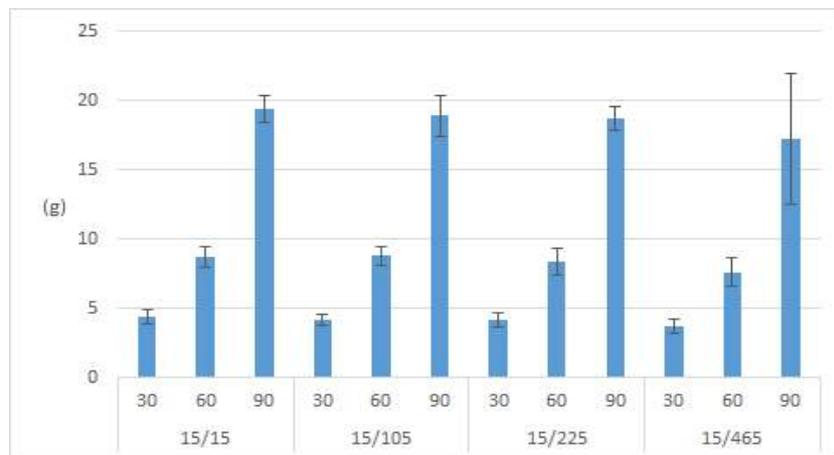
양액 순환 주기에 따른 고추냉이 생장을 90일간 비교한 결과 양액의 순환주기가 짧은 처리구의 생장이 신초의 길이, 생중량 및 건중량 모두 수치적으로는 가장 우수한 결과를 보였으며 통계적으로는 15분 급액/15분 중지 처리구부터 15분 급액/105분 중지 처리구까지 유의미한 차이를 보이지는 않았다.



<신초의 길이>



<생중량>



<건중량>

그림 13. 양액의 순환주기에 따른 고추냉이 성장 비교

15분 급액/345분 처리구에서 성장한 고추냉이는 타 처리구에 비해 생장이 급격히 감소하는 것

이 관찰되었다. 이는 NFT 특성상 양액의 높이가 3-4cm에 불과해 용존산소량이 감소하고 양액 순환 속도가 느려짐에 따라 양액의 온도가 조명 등의 복사열에 의해 높아져 생육에 부정적인 영향을 미친 것으로 판단된다.

2009년 서태철 등은 상추 재배시 10분 급액/10분 중지 처리구와 10분 급액/110분 중지 처리구에 비하여 10분 급액 1430분 중지 처리구의 식물 생육 상태가 급감하였는데, 이에 대한 원인을 정식 13일 후 용존산소 농도가 급격히 떨어지고 17일 이후에는 저산소 조건이 될 정도로 감소하며 뿌리 길이의 신장이 억제되며 생육이 저해되었고 2시간에 10분 정도의 양액순환 처리가 효율적이라고 보고하였다. 위의 내용은 양액의 높이가 10cm 정도의 담액수경 상태였으나 본 실험은 3-4cm 정도로 낮아 양액순환이 15분 급액/345분 인 처리구에서는 생육이 급격히 감소한 것으로 판단된다.

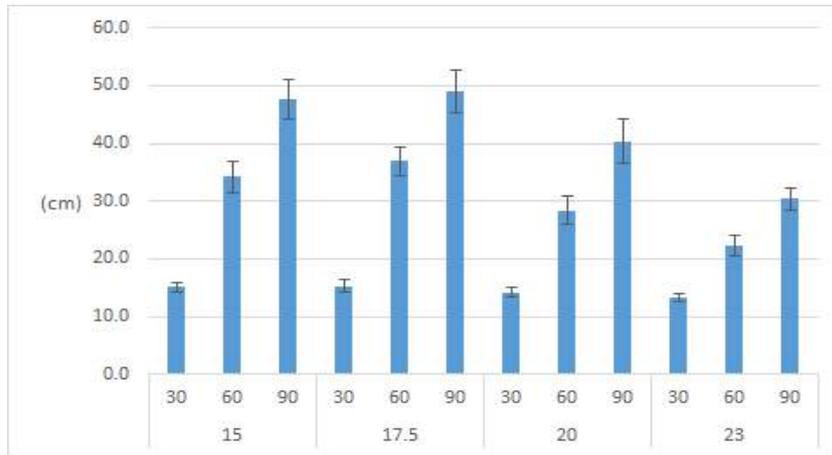
### 3) 수경재배시 배양온도에 따른 고추냉이 생장

#### 가) 재료 및 방법

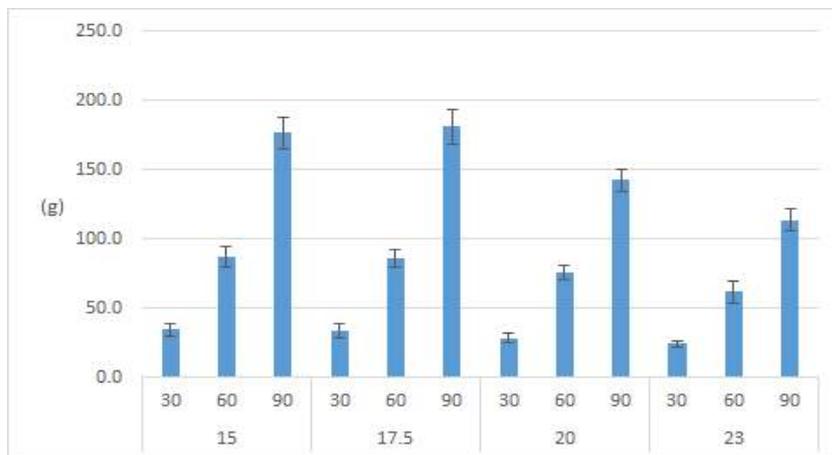
고추냉이 재배시 적정 생육온도는 12-15℃로 보고되고 있으나 환경제어형 시설에서 이러한 온도는 전기세 등의 고정비를 가중시키게 된다. 이에 고추냉이 생육에 최대한 영향을 주지 않는 적절한 재배 온도설정을 위해 재배실 및 배양액 온도는 15℃를 대조구로하여 17.5, 20, 23±1℃로 조절된 배양조건을 사용하여 적정 재배온도 검정에 이용하였다. 재배환경은 재식밀도가 20cm\*20cm 간격이 되도록 구성하였고 재배 4주 후부터 초장, 생중량 및 건중량 등을 30일 간격 90일간 측정하며 생육조사를 실시하였다. 통계처리는 SPSS 21.0 version을 이용하였고, 일원 배치 분산분석 및 사후검정에서 Duncan 분석을 실시하였다.

#### 나) 결과

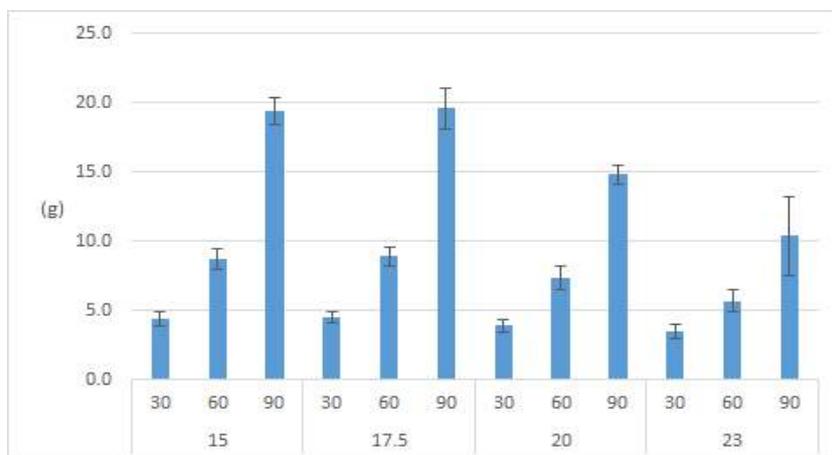
수경재배시 적정 재배온도 검정 결과 15℃ 처리구보다 17.5℃ 처리구에서 재배 90일 후 초장, 생중량 및 건중량에서 평균적으로 약간 높게 관찰되었으나 통계적으로 유의하지는 않았다. 하지만 20℃ 이상의 처리구에서는 생육이 급격히 감소하며 17.5℃ 처리구에 비하여 생장률이 약 79% 정도에 머물렀다. 고추냉이 생육 제한온도에 가까운 23℃ 처리구에서는 생육 90일 후에도 신초의 길이는 30cm 정도에 불과했으며 17.5℃ 처리구에 비하여 생중량은 62.7%, 건중량은 53.0%에 불과하였다. 고추냉이 조직배양체의 경우에도 17℃ 처리구에서의 생육 상태는 15℃ 처리구와 차이가 없었던 만큼 수경재배시에도 비슷한 경향을 나타낸 것으로 판단된다.



<신초의 길이>



<생중량>



<건중량>

그림 14. 배양온도에 따른 고추냉이 성장 비교

#### 4) 수경재배시 재식밀도에 따른 고추냉이 생장

##### 가) 재료 및 방법

재식밀도는 단기 및 중장기 식물 생산 시스템 구축에 매우 중요한 영향을 미치는 인자이다. 일반적으로 재식밀도가 높을수록 단위 식물 생육은 감소하는 경향을 보이거나 단위면적당 재식본수가 증가하기 때문에 적절한 밀식은 단위면적당 생산량을 오히려 증가시킬 수 있다 (변학수 외, 2004).

수경재배시 고추냉이의 재식밀도가 생육에 미치는 영향을 조사하고 궁극적으로 경제성 높은 생산을 위한 적정 재식밀도를 규명하고자 20\*20cm, 15\*15cm, 10\*10cm, 7\*7cm 의 간격으로 각 25주씩 식재 후 30일마다 90일간 생육상태를 비교하였다. 재배환경은 배양온도 17.5±1℃, 80-100  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  의 광조건서 일 16시간 광, 8시간 암조건 상태이며, 통계처리는 SPSS 21.0 version을 이용하였고, 일원배치 분산분석 및 사후검정에서 Duncan 분석을 실시하였다

##### 나) 결과

고추냉이 재식밀도가 생육에 미치는 영향을 알아보기 위하여 재식간격을 20×20cm, 15×15cm, 10×10cm, 7×7cm 네가지 처리구를 조성하여 시험한 결과 신초의 길이 등은 생육 초기 30일 경까지는 처리구간 차이를 보이지 않았다. 하지만 생육 60일 경에는 재식밀도가 높을수록 생육감소가 뚜렷하였고, 이러한 경향은 생육 90일차까지 그대로 이어졌다.

고추냉이의 품질을 위해서는 식재간격을 최소 15×15cm 이상 유지해야 할 것으로 보이거나 당사와 같이 보존제 및 향미유 등을 위한 가공용 고추냉이 생산시에는 고추냉이 전체에 대한 생중량 및 건중량이 더 중요한 요소를 차지하게 된다.

아래 표와 같이 각 재식밀도에 대한 단위면적당 식재 가능수와 생중량 및 건중량을 곱한 수치를 살펴보면 단위면적당 생산량은 10cm×10cm 처리구에서 가장 우수한 것을 볼 수 있다. 이는 2004년 변학수 등이 소식구 (30×25cm)와 밀식구 (30×15cm)에서 생육한 고추냉이를 비교한 결과 초장, 엽수 등 모든 요소에서 소식구의 생육이 우수했으나 단위면적당 생산량은 밀식구에서 높았다는 결과와 비슷한 경향을 보였다.

다만 이러한 차이는 생육 일수에 따라 달라질수도 있으리라 판단되며 90일보다 더 장기간 생육을 요할 경우에는 적정 재식밀도가 달라질 수 있을 것이다. 하지만 이럴 경우에도 개체간 생육 차이가 발생하기 때문에 오히려 90일까지는 10cm×10cm간격으로 식재 후 비슷한 개체들끼리 따로 모아 적정 재식간격으로 넓혀주는 것이 공간효율적인 면에서 더 합리적이라 판단된다.

표 10. 재식밀도에 따른 고추냉이 생육 비교

재식밀도 (cm)	생육기간 (일)	초장 (cm)	생중량 (g)	건중량 (g)	m <sup>2</sup> 당 식재 가능수	m <sup>2</sup> 당 생중량 (g)	m <sup>2</sup> 당 건중량 (g)
20×20	30	15.1	34.6	4.4	25	865.0	110.0
	60	34.2	87.1	8.7	25	2177.5	217.5
	90	47.7	176.4	19.4	25	4410.0	485.0
15×15	30	14.9	34.1	4.4	44	1500.4	193.6
	60	30.1	79.2	7.8	44	3484.8	343.2
	90	40.3	142.3	16.2	44	6261.2	712.8
10×10	30	14.3	33.1	4.2	100	3310.0	420.0
	60	23.4	62.2	5.9	100	6220.0	590.0
	90	30.1	94.3	10.1	100	9430.0	1010.0
7×7	30	14.6	26.4	2.7	204	5385.6	550.8
	60	19.7	36.4	3.3	204	7425.6	673.2
	90	26.4	48.2	4.8	204	9832.8	979.2

#### 5) 수경재배시 광량에 따른 고추냉이 생장

##### 가) 재료 및 방법

광량에 따른 고추냉이 생장에 대한 영향을 분석하기 위해 재배 선반 상단에는 29w LED 형광등 (필립스) 8개가 부착되어 있으며 조명은 전동으로 높이 조절이 가능하게 구성하여 광량을 조절하였다. 광량은  $100 \pm 5.7$ ,  $150 \pm 9.1$ ,  $200 \pm 9.4 \text{ } \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  의 3수준으로 처리하였으며 각각의 광량을 위해서는 조명과 식물 상단부의 높이가 각 50cm, 20cm, 10cm 하에서 가능하였다.

재배환경은 배양온도  $17.5 \pm 1 \text{ } ^\circ\text{C}$ , 재식밀도가 20cm\*20cm 간격이 되도록 구성하였고 재배 4주 후부터 초장, 생중량 및 건중량 등을 30일 간격 90일간 측정하며 생육조사를 실시하였다. 통계처리는 SPSS 21.0 version을 이용하였고, 일원배치 분산분석 및 사후검정에서 Duncan 분석을 실시하였다.

## 나) 결과

생육초기에는 광량에 의한 생육차이가 크지 않았으나 전반적으로 60일 이후에는  $100 \text{ umol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  처리구에 비하여  $150$ 과  $200 \text{ umol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  처리구의 생육이 높게 측정되었다. 생중량의 경우  $100$ 과  $150 \text{ umol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  처리구간 생육 60일 시점까지는 통계적으로 유의성을 보이지 않았으나 생육 90일차에는  $150 \text{ umol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  처리구의 생중량이 약 25% 더 커지며 통계적으로도 유의한 차이를 보여주었다. 다만  $150$ 과  $200 \text{ umol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  처리구를 비교해보면 초장, 생중량 및 건중량 모두  $200 \text{ umol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  처리구에서 높게 조사되었지만 통계적으로 유의하지는 않았다. 하지만  $100$ 에서  $200 \text{ umol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  처리구간 까지 일관되게 생육 수치가 향상된 점을 고려하면 그 이상의 광량에서 생육이 좋을 수도 있음을 시사한다고 판단했다.

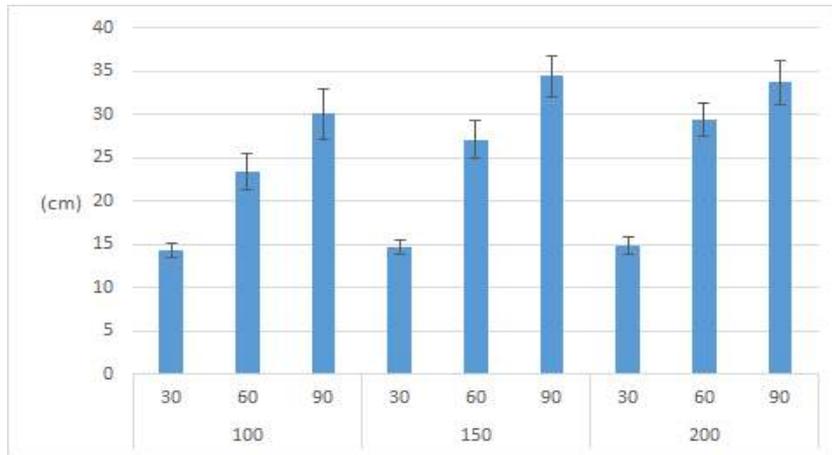
본 연구시설의 조명하에서 최대광량은 약  $280 \text{ umol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  처리가 가능하긴 하지만 그럴 경우 식물 상단과 조명과의 높이가 약 3cm 정도에 불과하여 조명 온도에 의한 미세환경 변화로 잎 끝이 타는 등의 부작용을 우려하여  $200 \text{ umol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  이상의 연구는 진행하지 않았다. 따라서 현재와 같은 재배시설하에서 90일간 배양시에는  $150 \text{ umol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  처리가 가장 바람직하다고 보여진다.



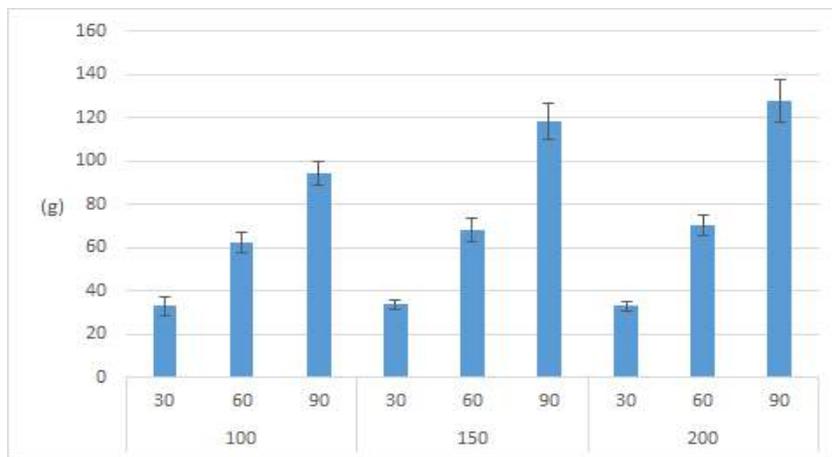
그림 15. 높이 조절이 가능한 요인실험용 조명장치



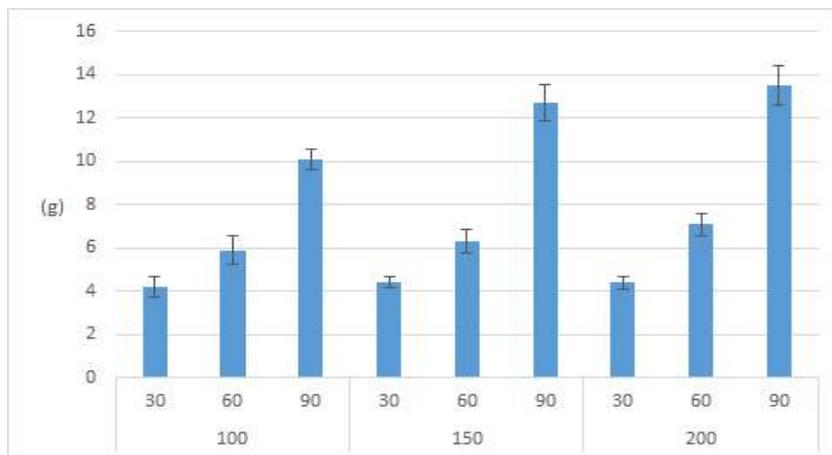
그림 16. 수경재배 중인 고추냉이



<신초의 길이>



<생중량>



<건중량>

그림 17. 광량에 따른 고추냉이 성장 비교

### 2-3. 수경재배를 이용한 유용물질 극대화 방안 분야

#### 1) 수경재배시 EC 수준이 AITC 함량에 미치는 영향

##### 가) 재료 및 방법

앞선 연구를 통해 수경재배를 통한 고추냉이 재배시 적정 양액의 농도는 Yamasaki 1.5배액으로 규명되었으나 EC 수준이 AITC 등의 함유량을 높일 수 있기에 순화된 수경재배된 고추냉이를 배양액 농도는 1.5배액 하에서 30일간 재배 후 EC 농도를 1.5, 2, 3 dS·m<sup>-1</sup>의 3수준으로 조성하여 30일간 더 재배하였다. EC 수준은 1N NaCl을 이용하여 각 수준별로 조절하였고 각 부위별 초장, 생중량, 건중량 및 AITC 함량을 측정하였다.

AITC 함량을 확인하기 위해 Tsao 등의 방법(Tsao et. al., 2002)을 변형하여 사용하였다. 동결 건조된 고추냉이 1g을 100 mL의 50% acetonitrile과 혼합하여, 100 °C에서 1시간 환류냉각을 통한 가열을 통해 추출액을 획득하여, 이를 HPLC를 이용하여 분석하였다. 연구에 사용된 HPLC는 Agilent 1100 series를 이용하였고, sinigrin의 경우 UV 검출기 228 nm에서 확인하였고, AITC는 242 nm에서 확인하였다. 컬럼은 C18 Discovery (25 cm × 4.6 mm, 5 μm, Supelco Co., Bellefonte, PA, USA)을 사용하였다. 이동상은 0.025 M NH<sub>4</sub>OAc (pH6.75) (A)와 acetonitrile (B)를 사용하여 유속 1 mL/min의 속도로 12분간 흘려주었다. 이동상 시스템은 99% A / 1% B를 2분간 흘려주었고, 50% A / 50% B의 비율로 0.5분간 상승시킨 후, 7.5분간 유지하였다. 다시 99% A / 1% B를 12분까지 유지하였다. 20μL를 주입하여 3반복을 통해 결과를 확인하였다.

통계처리는 SPSS 21.0 version을 이용하였고, 일원배치 분산분석 및 사후검정에서 Duncan 분석을 실시하였다.

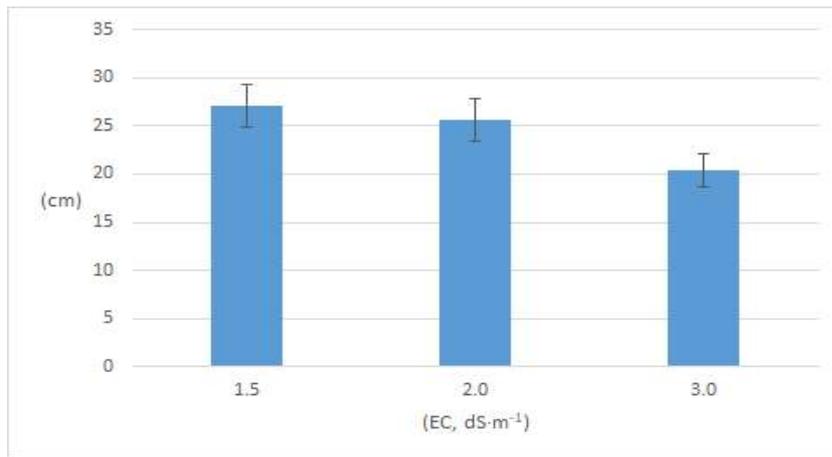
##### 나) 결과

표 11. EC 수준에 따른 고추냉이 부위별 AITC 함량

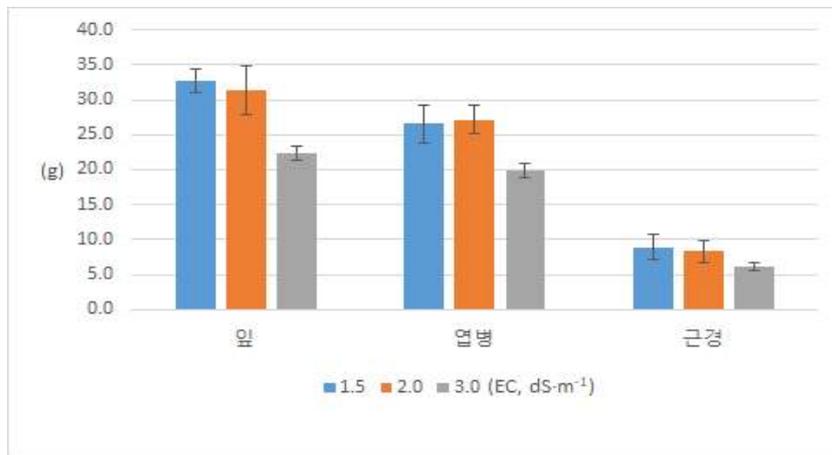
EC (dS·m <sup>-1</sup> )	AITC (mg/g)			AITC함량 * 건중량			
	잎	엽병	근경	잎	엽병	근경	소계
1.5	0.41±0.03a	0.07±0.01a	4.02±0.46a	1.35	0.18	3.22	4.75
2.0	0.47±0.04a	0.09±0.01a	3.76±0.29a	1.60	0.23	3.01	4.83
3.0	0.29±0.02b	0.05±0.01b	2.73±0.31b	0.67	0.10	1.37	2.13

수경재배시 EC 수준이 고추냉이의 생장 및 AITC 함량에 미치는 영향을 조사한 결과 EC 1.5와 2 dS·m<sup>-1</sup> 처리구간에는 고추냉이 생장에 있어서 유의한 변화를 보이지 않았다. 하지만 EC 3 dS·m<sup>-1</sup> 처리구에서는 신초의 길이는 물론 생중량 등 모든 생장 지표가 유의적으로 감소하였다. 또한 AITC 함량에 있어서도 EC 1.5와 2dS·m<sup>-1</sup> 처리구간에는 유의적인 변화를 보이지 않았으나 3dS·m<sup>-1</sup> 처리구에서는 AITC 함량이 크게 감소하였다.

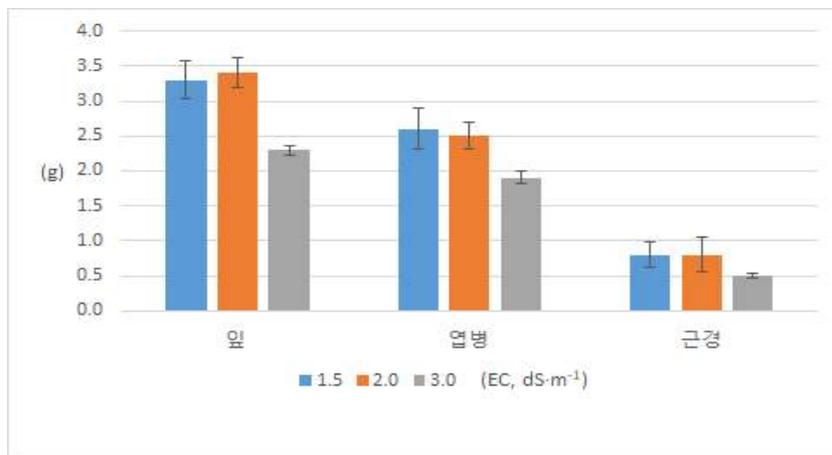
이는 최기영 등 (2011) 등이 배양액 EC 수준이  $3.0\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$  이상이 되면 생중량 등 생장이 감소하고 체내 비타민C, AITC 농도 등도 감소한다는 결과와 비슷한 경향을 보여주었다.



<신초의 길이>



<생중량>



<건중량>

그림18. EC 수준에 따른 고추냉이 성장 비교

2) 수경재배시 배양액온도와 배양실 온도차에 의한 AITC 함량 변화

가) 재료 및 방법

고추냉이는 지하부 온도에 매우 민감한 작물이며 근권부 온도는 뿌리의 발달뿐 아니라 지상부의 생육에도 직간접적인 영향을 미치기 때문에 고추냉이 생장 및 유용물질 함량의 증대를 위해서는 적절한 근권부 온도 관리가 필요하다. 1995년 김형무 등은 고추냉이 재배시 근권부의 온도가 23℃ 이상일 경우 묵입병 발병율은 73.3%, 연부병 발병률은 86.7% 달한다고 보고하였으며 이는 10℃ 처리구에 비하여 각 1.47배, 1.61배 높은 수치이다. 이렇듯 고추냉이의 근권부 온도 관리는 고추냉이 생장 전반에 있어 가장 중요한 요소로 작용한다.

고추냉이 생육 및 AITC 함량이 지하부의 온도와 지상부의 온도차이가 미치는 영향을 알아보기 위하여 비교실험을 실시하였다. 정식 후 30일간 재배된 고추냉이를 이용하여 지하부의 온도는 배양액 온도로 조정하였고, 지상부의 온도는 배양실의 온도로 조정하였다. 배양액과 배양실의 온도를 17℃로 조정된 것을 대조구로하여 배양액 온도를 12℃로 낮춘 후 배양실 온도를 17, 20, 23℃ 조정된 것을 처리구로 조성하였다. 각 처리구는 30일간 배양 후 각 부위별 초장, 생중량, 건중량 및 AITC 함량을 측정하였다.

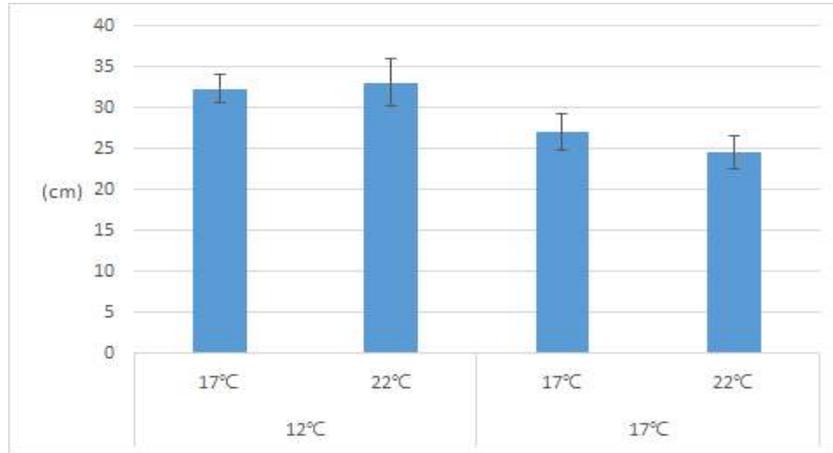
통계처리는 SPSS 21.0 version을 이용하였고, 일원배치 분산분석 및 사후검정에서 Duncan 분석을 실시하였다.

나) 결과

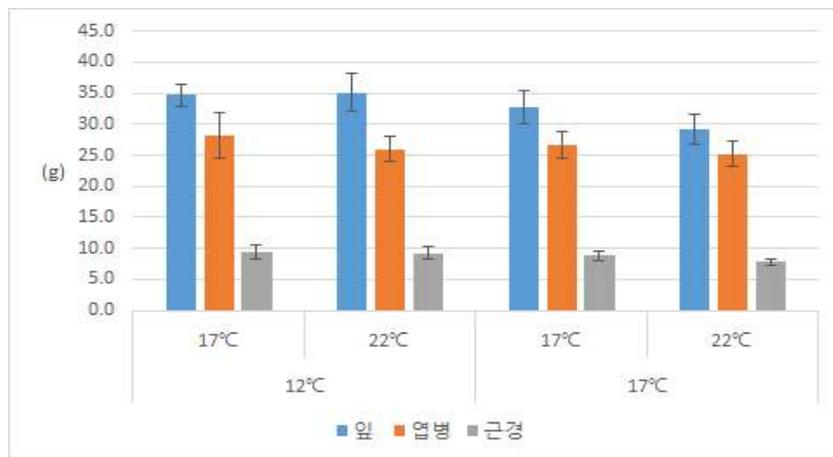
수경재배시 배양액온도와 배양실 온도차에 의한 고추냉이 생장 및 AITC 함량 변화를 조사한 결과 배양액 12℃ 처리구의 경우 배양실 온도와 관계없이 신초의 길이가 17℃ 처리구에 비하여 우수하였다. 고추냉이 생중량의 경우 17℃/22℃를 제외하고는 처리구간에 유의한 차이는 없었으며 건중량도 비슷한 경향을 보였다.

표 12. 배양액 온도 및 배양실 온도 변화에 따른 AITC 함량 변화

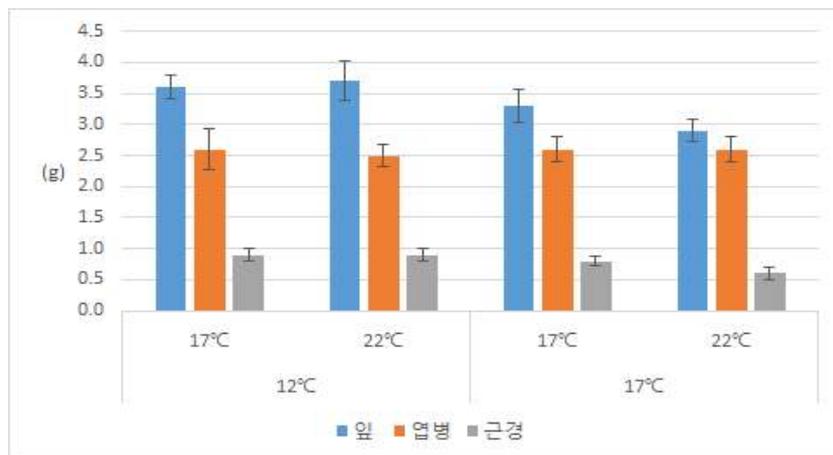
배양액 온도 (°C)	배양실 온도 (°C)	AITC (mg/g)			AITC함량 * 건중량			
		잎	엽병	근경	잎	엽병	근경	소계
12	17	0.44±0.02b	0.09±0.01a	4.44±0.18a	1.58	0.23	3.99	5.81
	22	0.51±0.04a	0.09±0.01a	4.71±0.32a	1.89	0.23	3.70	5.81
17	17	0.41±0.03b	0.07±0.01a	4.13±0.46a	1.35	0.18	3.22	4.75
	22	0.23±0.01c	0.05±0.01b	2.61±0.29b	0.67	0.13	1.73	2.53



<신초의 길이>



<생중량>



<건중량>

그림 19. 배양액 온도 및 배양실 온도 변화에 따른 고추냉이 성장 비교

AITC 함량의 경우 잎에서는 12°C/22°C 처리구에서 가장 높은 함량을 나타냈으며 AITC 함량이 가장 높은 근경 부위에서는 17°C/22°C를 제외하고 처리구간에 유의한 차이는 나타나지 않았다. 이러한 결과에 비추어 고추냉이의 성장 및 AITC의 함량은 배양실 온도보다는 배양액 온

도에 크게 좌우되며 배양액의 온도가 12℃ 일 경우 배양실의 온도는 최대 22℃까지 높여도 재배 및 AITC 함량에 큰 영향을 미치지 않았다. 스트레스로 인한 유용물질의 증가는 대부분 식물 생장의 저하를 동반하게 되지만 고추냉이의 경우 배양액의 온도가 생장에 가장 큰 영향을 미치다보니 12℃/22℃ 처리구에서의 성장저하는 거의 나타나지 않았으며, 유용물질의 함량과 각 처리구의 건중량을 곱한 수치에서도 대조구 대비 약 22.5% 증가한 결과를 얻었다.

### 3) 수경재배시 환경조건에 의한 유용물질 함량 변화

고추냉이내 유용물질의 함량이 환경조건에 의해 조절될 수 있음은 위 결과를 통해 나타났고 대조구 (17℃/17℃)와 처리구 (12℃/22℃)에서 성장한 고추냉이를 잎, 엽병 및 근경으로 분리하여 시니그린 함량 및 AITC 함량에 대한 시험성적을 의뢰하였다. 결과 대조구 대비 근경의 경우 AITC 함량이 약 71% 증가했으며 잎과 엽병에서는 소폭 감소된 결과를 얻었다. 다만 시니그린의 함량이 대조구에서 모두 불검출된 것으로 보아 대부분의 시니그린은 AITC로 전환되었음을 알 수 있으며 대조구 대비 다소 낮게 측정된 처리구의 잎과 엽병의 경우 시니그린이 각 2,071.80mg/kg, 593.82mg/kg으로 남아 있어 전처리 등에 있어서 시니그린이 AITC로 전환되지 못하고 일부 남아 있어 AITC 함량이 다소 낮은 것으로 추정된다. 또한 AITC의 함량이 협동연구기관인 경남과학기술대학교의 분석결과와 다소 큰 차이를 보이고 증가된 수치를 나타내고 있는 반면 (잎은 약 10배, 근경의 경우 약 1.5-2.5배), 시니그린의 함량은 불검출될 정도로 낮게 측정된 것을 보면 전처리시 시니그린이 AITC로의 전환율이 AITC 분석에 매우 큰 영향을 주는 것으로 판단된다. 결과적으로 처리구에서 성장한 고추냉이의 전체 AITC 함량은 대조구 대비 약 22.9% 증가한 것으로 나타나 분석에 따른 차이는 있지만 경향은 매우 유사한 것으로 보인다.



## 검 사 성 적 서

발 급 번 호	1901144	접 수 번 호	1901144~149
시 료 명	고추냉이(대조구 잎) 외 5점		
의뢰인	업체명	㈜한주산업	
	소재지	경기도 용인시 기흥구 흥덕1로 13, 14층 영덕동, 흥덕아이티밸리 타워동 에이1401호)	
접수년월일	2019. 01. 11	검 사 목 적	참고용

### 검사항목 및 결과

시 료 명	검 사 결 과(mg/kg)		비 고
	시니그린	AITC	
고추냉이(대조구 잎)	불검출	4271.27	
고추냉이(대조구 엽병)	불검출	2796.71	
고추냉이(대조구 근경)	불검출	6633.29	
고추냉이(처리구 잎)	2072.80	3121.18	
고추냉이(처리구 엽병)	593.82	1630.09	
고추냉이(처리구 근경)	불검출	11356.85	

위의 내용은 의뢰자가 제공한 시료에 대한 시험 결과이며, 이 시험 성적서는 용도 이외의 선전, 소송, 기타 법적요건으로 사용할 수 없습니다.

2019년 01월 23일

충남대학교 농업과학연구소



그림 20. 대조구와 처리구에 따른 시니그린 및 AITC 함량 분석 결과

## 2-4. 경제성 분석

### 1) 산업적 이용을 위한 최적 재배기간 규명

#### 가) 재료 및 방법

고추냉이의 경우 생산 목적에 따라 재배 방법이 약간씩 다르다. 근경을 목적으로 하는 경우 재배기간이 최소 18개월 이상이기 때문에 재식밀도는 50\*50cm 정도로 배치하며 잎 생산을 목적으로 하는 경우 30\*25cm 또는 30\*15cm 정도로 재식밀도를 정하여 재배한다. 당사와 같이 식품소재와 같은 산업적 목적을 위한 재배시에는 고추냉이 전체에 대한 생중량 및 건중량이 중요한 요소를 차지하며 이에 밀식하여 재배하는 것이 유리 할 수 있다.

앞선 연구 결과에 따른 환경제어형 시설에서 최적화된 재배 조건을 설정하여 배양액은 Yamasaki 1.5배액, 배양액 온도 12℃, 배양실 온도는 22℃, 광량은 150  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  및 재식밀도는 10\*10cm로 하여 180일간 장기재배하며 최적 재배기간을 규명하고자 하였다. 재배되는 모든 개체는 기내에서 발아된 고추냉이를 계대배양한 후 NFT 방식으로 순화하여 이용하였으며 16시간 광조건, 8시간 암조건 상태를 유지하였다. 통계처리는 SPSS 21.0 version을 이용하였고, 일원배치 분산분석 및 사후검정에서 Duncan 분석을 실시하였다.

#### 나) 결과

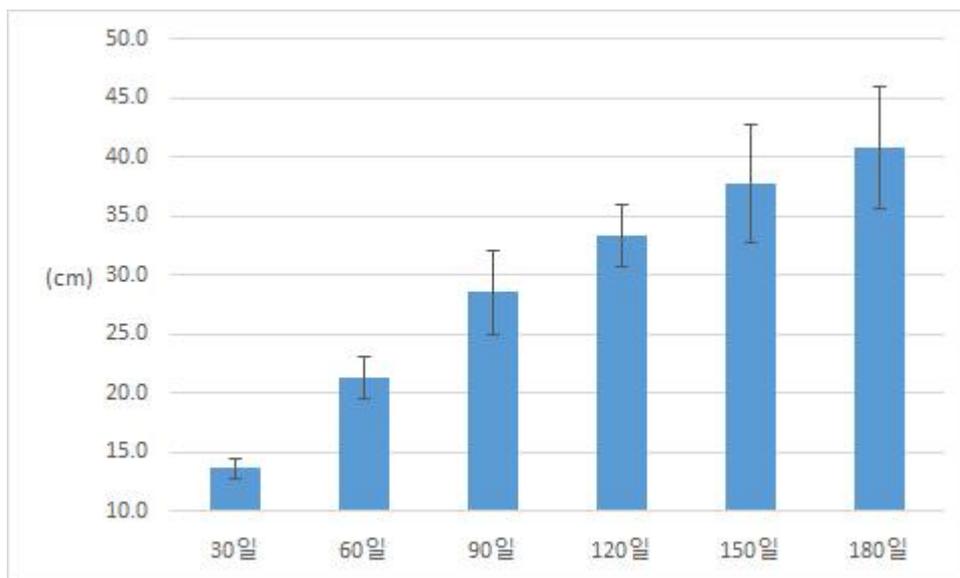


그림 21. 생육일별 고추냉이 초장 비교

고추냉이의 산업적 이용을 위한 최적 재배기간 설정을 위하여 환경제어형 시설에서 수경재배를 실시한 결과 생육 30일 경 초장의 길이는 평균  $13.7\pm 0.8\text{cm}$ 에서 180일에는  $40.8\pm 5.1\text{cm}$  까지 성장하였다. 적정 재식밀도보다 밀식된 환경에서 자람에 따라 초장의 길이는 생육 기간이 길어질수록 느리게 성장하였으며 특히 재배시작 90일 이후 경부터는 눈에 띄게 생육이 감소되었다.

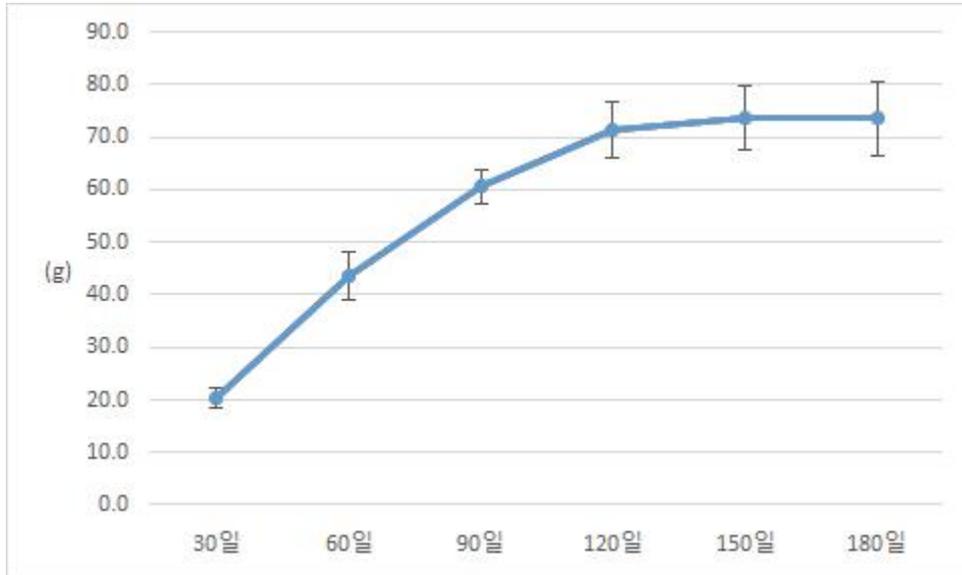


그림 22. 생육일별 고추냉이 생중량 비교

생육일별 고추냉이의 생중량 결과를 보면 재배 후 90일경까지는 생중량이  $20.4 \pm 1.9\text{g}$ 에서  $43.5 \pm 4.6\text{g}$  으로 상승하였으나 150일 경까지 생육이 매우 완만하게 증가하였고, 이후 180일째까지 생중량의 거의 증가되지 못하고 150일경과 비슷한  $73.5 \pm 7.1\text{g}$  으로 관찰되었다.. 재배기간이 길어질수록 캐노피 및 옆쪽 증가에 따른 광량감소 등으로 인해 재배 효율이 지속적으로 감소된 것으로 판단된다.

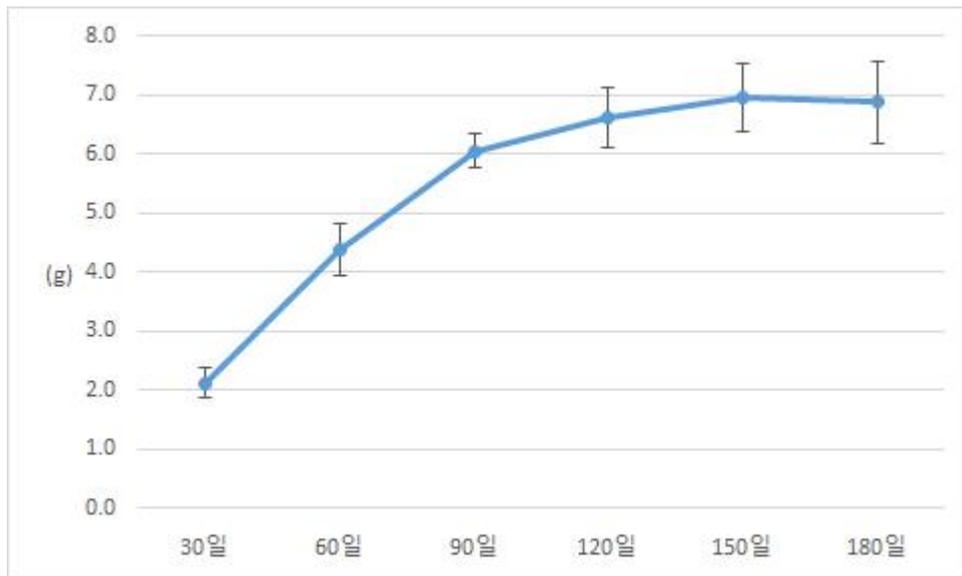


그림 23. 생육일별 고추냉이 건중량 비교

생육일에 따른 건중량 역시 생중량 결과와 비슷한 양상이며 재배 후 90일 이후에는 상승 곡선이 이전에 비하여 완만해져 생육 효율이 낮아지는 것으로 나타났다.

표 13. 고추냉이 수경재배시 연간 예상 수확량

재배일	주당 생중량 (g)	재배주수 (주/m <sup>2</sup> )	연평균 재배 가능 반복 수 (회)	연간 예상 수확량 (g/m <sup>2</sup> )	4단 재배시 수확량 (g/m <sup>2</sup> )
30일	20.4	100.0	12.0	24,440.4	97,761.6
60일	43.5	100.0	6.0	26,122.2	104,488.8
90일	60.7	100.0	4.0	24,276.0	97,104.0
120일	71.4	100.0	3.0	21,405.9	85,623.5
150일	73.8	100.0	2.4	17,718.0	70,872.0
180일	73.5	100.0	2.0	14,701.1	58,804.3

노지재배와 달리 환경제어형 시설을 이용한 수경재배는 외부 환경의 영향을 거의 받지 않기 때문에 연간 반복적인 재배가 가능하다. 상추와 같은 작물도 식물공장과 같은 환경제어형 시설에서 연평균 12-15회 재배되며 수경인삼은 연 3회 재배되는 것으로 알려져 있다. 고추냉이도 재배일 수에 따라 연간 반복 횟수가 결정되며 이에 따른 연간 수확량을 예상해보면 위 표와 같다. 결과를 보면 60일 재배를 기준으로 연 6회 재배 사이클을 순환시키는 것이 가장 높은 수확량을 얻을 수 있을 것으로 보이며 30일 재배 기준 연 12회 반복 또는 90일 재배를 기준으로 연 4회 재배하는 것은 비슷한 효율을 보이는 것으로 나타났다.

재배 기간에 따라 작물 초장의 길이가 달라지며 초장의 길이가 길수록 다단 재배시 한단의 높이를 높게 구성해야해서 작물의 재배효율이 떨어질 수 있는데, 60일 재배 기준으로 보면 평균 초장의 길이가 21.4±1.8cm 정도여서 한단의 높이를 30cm 정도로 구성하는 것이 가능해 작물재배 효율도 좋을 것으로 기대된다.



그림 24. 다단 시설에서 재배 중인 고추냉이

## 2) 생산시설 구축 및 운용 비용 산출

환경제어형 시설은 자연광 또는 인공광의 활용과 온도, 양분, 수분 등을 작물에 적합하게 최적화하여 정밀재배 할 수 있으며 노지재배에 비하여 생산성이 높은 장점을 지닌다. 또한 외부 환경과 관계없이 연중 안정적으로 생산이 가능하며 수경재배 등을 도입하면 무농약 안전 농산물의 생산이 가능하고, 협소한 면적에서 다량 재배가 가능해 농업의 생산 위치를 도시로 옮겨 유통비용을 줄일 수 있다는 매우 큰 이점이 있다. 하지만 실내에서 재배되는 만큼 에너지 투입 비용이 높고, 노지재배 대신 초기 투자금액이 매우 커 아직까지 국내에선 상업화에 성공한 사례는 극히 드물지만 최근 중소기업 뿐 아니라 대기업에서도 연구가 활발하게 진행되고 있으며, 생산물에 대한 부가가치를 높이기 위해 식품소재, 의약품 소재, 향장 소재 등의 원재료로 이용하기 위한 연구들이 지속되고 있다.

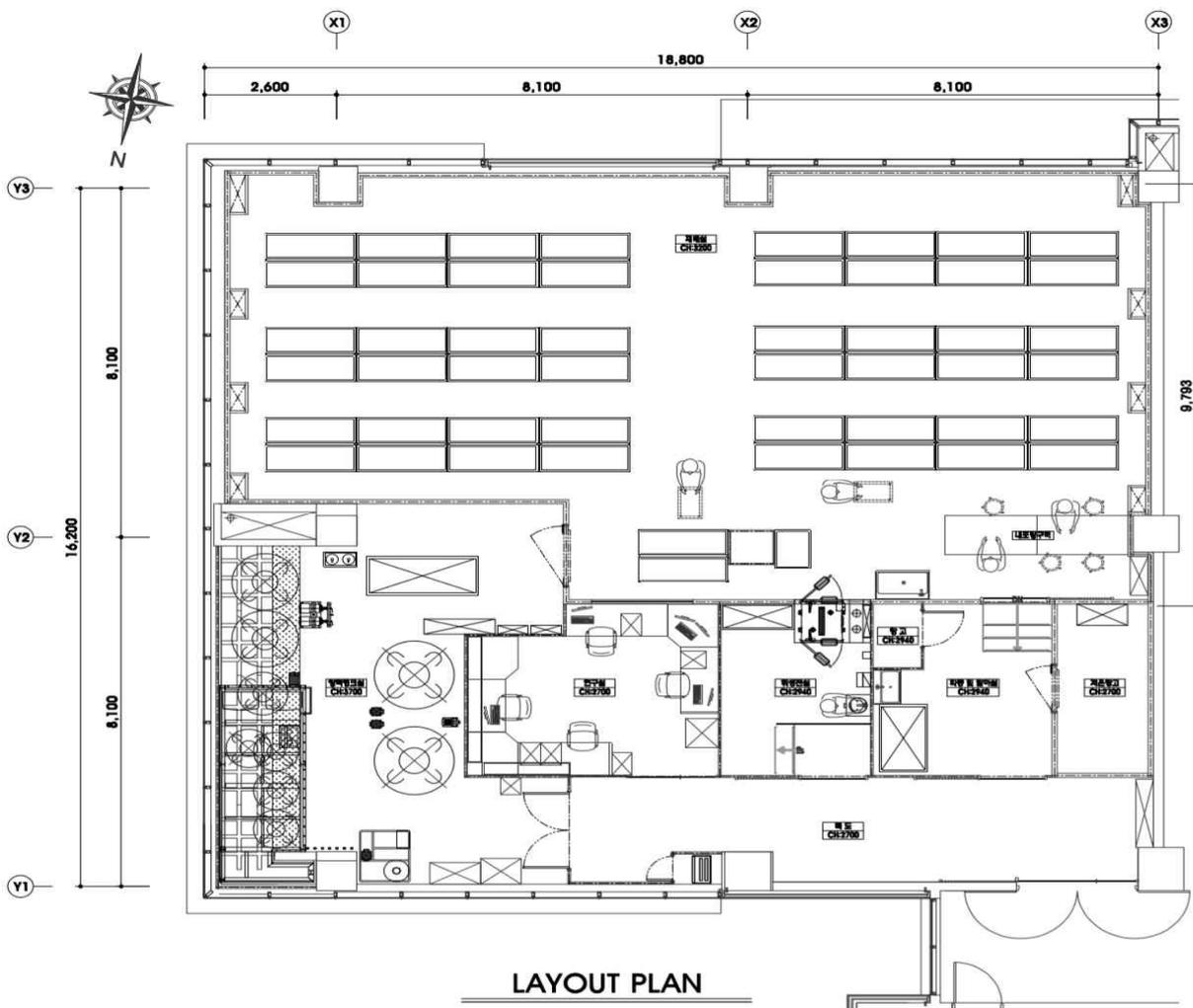


그림 25. 환경제어형 시설 컨셉 평면도

당사에서 추진 중인 고추냉이 수경재배를 위한 환경제어형 시설의 구축비용을 산출하였다. 총 시설 면적은 300m<sup>2</sup>이며 그 중 재배실 면적은 167.06m<sup>2</sup> 으로 구성되었다. 재배실에는 0.8\*2m 크기의 10단 재배배드가 50세트로 구성되며 각 배드는 자동이송시스템을 통해 작업자에게 이송되도록 설계하였다. 재배면적은 총 800m<sup>2</sup>이며 시설에 대한 도면은 아래 그림과 같고 각 구

역에 대한 실별 개요표는 표로 나타내었다. 각 공종별 공사 가격은 실제 시공 업체에서 견적을 의뢰받아 진행했으며 세부 견적내용은 기업 보안 등의 이슈가 있으므로 공종별 총액으로만 기재하였다.

표 14. 환경제어형 시설 실별개요표

실명	면적(m <sup>2</sup> )	개요	주요장치
재배실	167.06	작물재배	10 단 재배선반 50 SET, 에어컨(4마력-8대), 팬(8대), 급배수배관, CO <sub>2</sub> 공급장치
내포장구역	9.28	1주씩 비닐포장(뿌리포함)	작업대 2SET, 동결건조기 1대
기내배양실	4.12	유묘 관리	배양 선반
기계실	8.33	실외기 및 개수대 설치	멀티실외기 설치
양액탱크실	19.17	양액배합 및 급배수배관	양액자동제어 시스템 1 SET (순환시 온도 12±1°C)
위생전실	9.20	재배실 출입 전 개인위생	에어샤워(1인용), 손소독기, 손건조기, 위생용품함, 크린패드, 신발소독조
저온보관전실	3.31	저온보관창고 버퍼룸	방열도어 2
출입전실	9.14	출입구	물류 및 작업자 버퍼구역
내포장재보관실	3.58	내포장실로 들어가기 전 대기구역	슛터1대
외포장재보관실	2.97	외포장재 보관창고	임시보관창고
외포장실	4.93	박스포장	물량주문시 저온보관창고에서 반출 직후 박스포장
비료보관실	1.37	양액제조 비료 보관	양액탱크 소모분량 이외의 분량 임시보관 장소
저온보관창고	7.31	내포장완료된 제품의 임시보관	유닛쿨러 1마력
연구실	9.50	재배연구	PH, EC측정기, 광량측정기, 재배실 환경 모니터링 시스템
탈의실	4.17	개인위생을 위한 환복	신발장, 옷장
로비	36.56	사무업무, 회의 및 관람구역	강화유리도어(양문개폐 1개소)

표 15. 공종별 환경제어형 시설 구축비용 (2018년 기준 예가)

공종	단가 (원)
1. 장비설치공사	103,535,720
2. 판넬설치	52,660,455
3. 기구설치	49,665,000
4. 바닥공사	18,150,000
5. 양액 및 CO <sub>2</sub> 시스템	88,625,536
6. 자동이송시스템	115,920,500
7. 환경제어시스템	18,874,464
8. 공조설비공사	60,956,220
9. 전기공사	53,385,896
10. 가습공사	4,540,000
11. 배관공사	6,993,586
12. 인테리어	6,500,000
소계	579,807,377

시설비용은 약 5.8억원 가량 소요되며, 시설 구축시 자동이송시스템 구축에 가장 많은 비용이 투입되고 (약 20.0%), 선반 및 조명 등과 같은 장비설치 및 양액시스템이 총 시설구축비용의 각 17.9%, 15.3% 정도 비중을 차지하였다. 자동이송시스템은 환경제어형 시설의 다단계배가 용이하게 해주며, 다단의 높이를 높일 수 있고 작업자의 동선을 최소화하며, 작업효율을 개선해주는 장점이 있어 최근 도입 추세가 늘고 있다.

표 16. 환경제어형 시설 연간 운용비용 산출

구 분	내 역	금 액 (원)	산출근거
시설비	시설비	28,990,369	20년 감가상각 기준
운용비	인건비 (관리자)	37,800,000	관리자 1인 - 2017년 중소기업 평균 연봉 적용
	인건비 (작업자)	64,800,000	3인*21,600,000원
	경 비	5,760,000	식대 등 (4명*1일*6,000원)
	전기비	18,000,000	연 평균 전기비
	통신비	540,000	인터넷 등
	수도광열비	2,400,000	연평균 수도광열비
	관리비	9,600,000	연평균 관리비
	가공비	7,200,000	건조 등
	포장비	2,400,000	내포장 등 (자동포장기 이용)
	소모품비	7,200,000	재배용품 및 양액원료 등
합계		184,690,369	연 평균 운용비용

운영비용을 산출한 결과 인건비 비중이 전체 연 평균 운영비용의 55.5%를 차지하고 있어 가장 큰 고정비로 나타났다. 환경제어형 작물재배 시설이 대중화됨에 따라 시설구축비용, 설계비용, 선반 및 조명 등의 비용은 지속적으로 단가가 안정되고 있으나 인건비는 매년 오르는 추세이기 때문에 베드 자동이송장치, 자동 파종기 등을 적극 도입하여 운영 효율을 올려야 환경제어형 시설의 경제성도 향상될 것으로 판단된다.

### 3) 고추냉이 연간 생산량 및 단가 분석

국내에서 노지재배시 잎 생산용 고추냉이는 1.2kg/m<sup>2</sup>/년, 근경재배시 0.13~0.34kg/m<sup>2</sup>/년으로 조사되었으며 고추냉이 원물전체는 약 3.3kg/m<sup>2</sup>/년으로 파악되고 있다 (최기영, 2007). 세계적으로 가장 재배 입지가 좋고, 생산량이 높은 일본의 시즈오카현 고추냉이 생산현황을 보면 약 0.74kg/m<sup>2</sup>/년 (근경기준)으로 조사되었다.

앞선 연구결과를 토대로 60일 재배 기준 평방미터 당 연평균 26.1kg 의 고추냉이 생산이 가능하며 재배면적이 800m<sup>2</sup> 이므로 약 20,897.6kg의 고추냉이 원물 생산이 가능하다. 물론 이는 잎이나 근경 만을 목적으로 재배되는 것이 아니라 가공하여 식품소재로 활용될 예정이라 노지재

배와 생산량을 단순비교하는 것은 큰 의미가 없을 수 있으나, 인삼 재배용 환경제어형 시설과 같이 한단의 높이를 높여 고추냉이를 재배하면 잎 생산은 가능할 것으로 보이며 2009년 서울 시립대학교에서 연구된 수경재배를 이용한 고추냉이 잎 생산 현황을 보면 2kg/m<sup>2</sup>/년 (1단재배 기준) 수확이 가능한 것으로 보고되어 노지재배 대비 약 67% 효율이 증가되었고, 다단재배 시 효율은 비약적으로 향상될 것으로 판단된다.

생산된 고추냉이 원물은 열풍 또는 동결 건조 등의 방법으로 분말화하면 연평균 약 2,925.6kg의 식품소재용 고추냉이 분말을 생산할 수 있으며 연평균 운용비용에 대입하여 산출하면 생산 단가는 63.1원/g 으로 조사되었다.

## 2-5. 고추냉이의 부위별 일반성분, 특수 성분 및 향미성분 검토

### 1) 부위별 일반성분

#### 가) 재료 및 방법

##### ○ 실험재료

본 연구에서 사용된 고추냉이는 한주산업에서 수경재배된 것을 제공받았으며, 본 연구에 사용된 고추냉이 표본(specimen voucher number: GFW-001)은 본 연구기관 표본실에 보관하였다. 실험에 사용된 고추냉이 샘플은 잎(leaf), 엽(petiole), 그리고 근경(rhizome)으로 분리하여 실험을 진행하였고, -40℃에서 동결 후 동결건조를 통해 수분을 제거한 후 고형분을 50 mesh 입도로 파쇄하여 연구에 사용하였다.

##### ○ 시약

본 연구에서 사용된 모든 시약과 표준품은 Sigma-Aldrich Company(St. Louis, MO, USA)에서 구입하였다. Hexane, methanol(CH<sub>3</sub>OH), ethanol chloroform(CHCl<sub>3</sub>)은 HPLC-grade를 사용하였고, anhydrous sodium sulfate(Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), diethylether, phosphoric acid, hydrchloric acid, Folin-ciocalteu 그리고 sodium chloride(NaCl)는 ACS-grade를 이용하였다. 지방산 조성을 확인하기 위해 Supelco-37 fatty acid methyl ester(FAME) 표준품 및 heptadecanoic acid(C17:0)가 사용되었다.

##### ○ 일반성분

고추냉이의 일반성분을 탐색하기 위해, 수분, 단백질, 지질, 그리고 회분함량을 조사하였다. 수분은 동결건조 과정에서 확인된 수율을 통해 확인되었고, 조단백질, 조지방, 조회분은 각각 micro-Kjeldahl법, Soxhlet 추출법, 550℃ 직접회화법으로 AOAC 표준법에 따라 분석하였다(AOAC. 1995).

○ 구성아미노산 및 유리아미노산 조성

단백질을 구성하는 구성아미노산의 함량을 조사하기 위해 HCl을 이용한 산분해법을 이용하였다(Lim 등 2015). 동결 건조된 고추냉이 샘플 0.1 g을 취하여 3 mL의 6 N HCl과 함께 20 mL 크기의 test tube에 넣고, 10분간 교반을 실시하였다. 교반 후 감압 밀봉한 후 110°C로 예열된 heating block(Thermo Fisher Scientific Co., Rockford, IL, USA)에 24시간 이상 가열하여 아미노산으로의 가수분해를 유도하였다. 50°C 온도에서 rotary evaporator (R-III, BÜCHI, Postfach, Swizerland)를 이용하여 HCl을 제거한 후 sodium dilution buffer로 50 mL 정용한 다음, 1 mL을 취하여 0.2 µm membrane filter로 여과시켜 아미노산 자동분석기(L-8900, Hitachi High Tech, Tokyo, Japan)를 이용하여 정량 분석하였다. 단백질을 구성하지 않는 유리아미노산을 정량하기 위해 고추냉이 샘플 1 g에 ethanol 20 mL과 함께 10분간 교반 후 3,000 rpm에서 20분간 원심분리를 실시하였다. 상층액을 감압농축한 후 25 mL sample dilution buffer로 용해시키고, sulfosalicylic acid 20ml 을 첨가하여, 4°C에서 1시간 동안 방치한 후 다시 3,000 rpm에서 20분간 원심분리한 후, 0.2 µm membrane filter로 여과시켜 구성아미노산 분석을 위해 사용했던 아미노산 자동분석기(L-8900)를 이용하여 유리 아미노산을 정량 분석하였다. 아미노산 분석 조건은 표9에 나타내었다.

표 17. Condition of amino acid analyzer for structure and free amino acids in *Wasabia japonica*

	Structure amino acid	Free amino acid
Column	Ion exchange column 4.6 mm × 60 mm	Ion exchange column 4.6 mm × 60 mm
Column temp.	57°C	30°C~70°C
Flow rate	Buffer: 0.4 mL/min Ninhydrin: 0.35 mL/min	Buffer: 0.35 mL/min Ninhydrin: 0.3 mL/min
Buffer pH range	3.2~4.9	2.8~4.1
Wavelength	570 nm & 440 nm	570 nm & 440 nm

○ 지방산조성

본 연구는 추출된 산림유지의 지방산 조성을 알아보기 위해 Boron trifluoride(BF<sub>3</sub>)-methanol을 이용하여 methyl ester로 유도체화시킨 후 실험을 진행하였다(Kim 등 2017). 고추냉이 유지 약 0.1 g을 무게를 측정 후 test tube에 옮긴 다음 내부표준 물질로 0.5 mL의 heptadecanoic acid(C17:0)(1 mg/mL hexane)를 함께 첨가하였다. Test tube에 0.5 N NaOHmethanol 2 mL를 첨가하여 Reacti-Therm III Heating/Stirring Module(Thermo Fisher Scientific Co., Rockford, IL, USA)을 이용하여 110°C의 온도에서 10분간 가열하였다. 이후 실온에서 충분히 방랭시킨 후 BF<sub>3</sub>-methanol 4 mL 를 첨가하여 110°C의 온도에서 1시간 재가열시켰다. 이후 방랭시킨 샘플 혼합액에 2 mL의 hexane을 첨가하여 1분간 vortex 시킨 다음 hexane층을 수집하였다.

지방산 분석을 위해서 사용된 gas chromatography는 Agilent Technologies 6890N 장치가 사용되었다. 분석 컬럼은 SP-2560 capillary column(100 m × 0.25 mm i.d., 0.25- $\mu$ m film thickness; Agilent Technologies, Santa Clara, CA, USA)이 사용되었고, carrier gas로 helium(2.7 mL/min)이 이용되었다. 주입구 및 검출기 온도는 모두 250°C였으며, split ratio는 50:1이며, 불꽃이온을 위한 수소와 air는 검출기에서 분당 40 mL 과 450 mL이 각각 사용되었다. Oven 온도는 초기 130°C에서 5분간 머문 후 분당 4°C 증가시켜 240°C까지 상승시켜 15분간 유지시켰다. 모든 분석은 3회 반복하여 실시하였다. 분석된 결과는 지방산 표준품을 이용하여 각각의 머무름 시간을 이용하여 동정하였다(Lim 등 2015).

#### ○ 무기질 조성

고추냉이에 존재하는 무기질 함량은 식품공전(KFDA 2008)에 제시된 microwave acid digestion(Titan MPS, Perkin Elmer Co., Waltham, MA, USA)을 이용하여 전처리 후 분석을 시행하였다. 건조된 고추냉이 시료 0.5 g을 정확히 칭량하여 전처리 용기에 넣고, 10 mL의 질산을 가한 후 15분 간 180°C에서 가열하고, 600 W 에너지를 가하여 시료를 분해하였다. 전처리가 완료된 시료의 용기를 100 mL 메스플라스크를 이용하여 정용한 후, 0.2  $\mu$ m 필터를 사용하여 시료를 필터링 한 후 분석용 시료로 사용하였다. 분해된 샘플의 무기질 분석은 유도결합 플라즈마 분광광도계/ICP-OES(Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometer, 5300DV, Perkin Elmer Co., Waltham, MA, USA)를 이용하여 실험을 진행하였다.

#### ○ 통계처리

고추냉이의 영양 및 기능성 성분에 대한 결과는 3반복을 통해 평균값과 평균편차를 통해서 비교하였고, 평균값 간의 유의성은 SAS version 9.2 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) package를 이용하여, Tukey's multiple range test를 통해서 유의성을 확인하였다( $P < 0.05$ ).

#### 나) 결과

고추냉이의 부위별 일반성분은 아래 표에 나타내었다. 전체적으로 높은 수분함량을 가지고 있으며, 조단백질과 조지방의 경우 leaf에서 유의적으로 높은 함량( $P < 0.05$ )을 보였고, 조회분의 경우 petiole에서 가장 유의적으로 높은 함량( $P < 0.05$ )을 나타내었다. 탄수화물의 경우 직접적인 측정이 불가하여 가감법으로 적용한 결과 rhizome에서 가장 높은 결과를 나타내었지만, 이러한 결과는 실제적인 측정법으로 진행된 결과가 아닌 부분이라 신뢰성을 가지기에는 어려움이 있다고 판단되었다. 부위별 다양한 일반성분을 통해서 사용의 용도를 확립하는데, 기초자료가 될 것으로 판단된다.

표 18. Proximates in *Wasabia japonica*

	Proximates (g/100 g of wet basis)		
	Leaf	Petiole	Rhizome
Moisture	92.50±0.24b2)	94.37±0.5a	81.35±0.23c
Crude protein	3.21±0.36a	2.45±0.14b	2.33±0.35b
Crude lipid	0.32±0.01a	0.13±0.01b	0.10±0.01c
Crude ash	1.72±0.01b	2.07±0.35a	0.98±0.36c
Carbohydrate1)	2.26±0.58b	0.98±0.36b	15.48±0.28a

Data represents the mean±SD in triplicate.

1)Total carbohydrate content of foods has been calculated by difference. The other constituents in the sample (moisture, ash, protein, and lipid) are summed and subtracted from the total weight of the sample.

2)Means with different letters within the same row are significantly different by Tukey's multiple range test (P<0.05).

○ 구성아미노산 및 유리아미노산 조성\

표 19. Structural amino acid composition in *Wasabia japonica*

Amino acids	Composition(%)		
	Leaf	Petiole	Rhizome
<i>Essential amino acid</i>			
Lysine	7.17±1.24 <sup>a1)</sup>	8.51±1.07 <sup>a</sup>	6.15±1.36 <sup>b</sup>
Methionine	1.50±0.12 <sup>a</sup>	0.17±0.05 <sup>b</sup>	1.61±0.09 <sup>a</sup>
Leucine	7.79±1.47 <sup>a</sup>	6.60±1.26 <sup>a</sup>	4.56±0.95 <sup>b</sup>
Phenylalanine	7.27±0.87 <sup>a</sup>	6.80±1.05 <sup>a</sup>	5.03±0.74 <sup>a</sup>
Valine	4.06±0.58 <sup>a</sup>	4.56±0.69 <sup>a</sup>	5.04±0.77 <sup>a</sup>
Histidine	3.73±0.64 <sup>a</sup>	4.05±0.45 <sup>a</sup>	3.05±0.38 <sup>a</sup>
Threonine	4.96±0.48 <sup>a</sup>	5.19±0.57 <sup>a</sup>	5.57±0.74 <sup>a</sup>
Isoleucine	2.02±0.09 <sup>ab</sup>	2.39±0.13 <sup>a</sup>	1.79±0.14 <sup>b</sup>
<i>Non-essential amino acid</i>			
Arginine	7.16±1.05 <sup>b</sup>	4.84±0.69 <sup>c</sup>	10.24±1.36 <sup>a</sup>
Glutamic acid	18.61±2.35 <sup>b</sup>	23.27±2.98 <sup>a</sup>	20.47±3.05 <sup>ab</sup>
Aspartic acid	12.97±3.24 <sup>b</sup>	12.95±3.14 <sup>b</sup>	17.72±2.99 <sup>a</sup>
Alanine	7.33±1.21 <sup>ab</sup>	7.95±1.36 <sup>a</sup>	6.71±1.45 <sup>b</sup>
Glycine	6.53±2.05 <sup>a</sup>	6.13±1.22 <sup>a</sup>	4.90±1.07 <sup>b</sup>
Serine	5.96±0.94 <sup>a</sup>	6.58±0.87 <sup>a</sup>	5.87±1.08 <sup>a</sup>
Tyrosine	2.93±0.15 <sup>a</sup>	0.00±0.00	1.29±0.08 <sup>b</sup>
%Essential amino acid	38.51±4.17 <sup>a</sup>	38.27±5.02 <sup>a</sup>	38.27±5.02 <sup>a</sup>
%Non-essential amino acid	61.49±6.62 <sup>a</sup>	61.73±8.54 <sup>a</sup>	67.20±7.13 <sup>a</sup>
%Total amino acid	100.00	100.00	100.00

Data represents the mean±SD in triplicate. 1)Means with different letters within the same row are significantly different by Tukey's multiple range test (P<0.05).

고추냉이의 부위별 구성아미노산 성분은 표 19에 나타내었다. 전체적으로 구성아미노산의 조성에서 특이한 차이를 확인하기는 어려웠으며, 모든 부위에서 glutamic acid와 aspartic acid의 함량이 가장 높게 확인되었다. 필수아미노산의 경우 leaf, petiole, rhizome에서 각각 38.51±4.17%, 38.27±5.02%, 38.27±5.02%로서 거의 비슷한 수준으로 나타났으며, 이들 값에서의 유의적 차이 (P>0.05)는 확인되지 않았다. 필수아미노산에서는 leaf, petiole, rhizome에서 lysine, leucine, phenylalanine이 주요한 아미노산으로 확인되었다.

표 20. Free amino acid compositions in *Wasabia japonica*

Amino acids	Composition(%)		
	Leaf	Petiole	Rhizome
Aspartic acid	1.27±0.05 <sup>a1)</sup>	0.76±0.08 <sup>b</sup>	0.74±0.09 <sup>b</sup>
<i>p</i> -Serine	0.00±0.00	0.33±0.05	0.00±0.00
Threonine	6.37±0.14 <sup>c</sup>	7.38±0.21 <sup>b</sup>	11.02±0.32 <sup>a</sup>
Serine	4.20±0.11 <sup>b</sup>	4.77±0.13 <sup>a</sup>	3.18±0.14 <sup>c</sup>
Glutamic acid	6.90±0.14 <sup>b</sup>	7.64±0.24 <sup>a</sup>	3.58±0.18 <sup>c</sup>
Glycine	0.38±0.07 <sup>b</sup>	0.41±0.09 <sup>b</sup>	1.70±0.08 <sup>a</sup>
Alanine	12.49±0.43 <sup>b</sup>	19.55±0.61 <sup>a</sup>	8.75±0.25 <sup>c</sup>
Valine	8.81±0.17 <sup>b</sup>	9.25±0.31 <sup>b</sup>	10.08±0.33 <sup>a</sup>
Cysteine	0.00±0.00	0.47±0.08 <sup>b</sup>	0.68±0.09 <sup>a</sup>
Methionine	0.11±0.02 <sup>b</sup>	0.24±0.03 <sup>a</sup>	0.26±0.04 <sup>a</sup>
Isoleucine	3.67±0.25 <sup>b</sup>	3.41±0.12 <sup>b</sup>	3.95±0.15 <sup>a</sup>
Leucine	3.73±0.19 <sup>a</sup>	2.28±0.09 <sup>b</sup>	3.75±0.18 <sup>a</sup>
Tyrosine	2.64±0.15 <sup>a</sup>	1.03±0.05 <sup>b</sup>	2.71±0.10 <sup>a</sup>
Phenylalanine	5.64±0.24 <sup>a</sup>	2.65±0.07 <sup>b</sup>	2.14±0.06 <sup>b</sup>
<i>β</i> -alanine	2.08±0.11 <sup>a</sup>	1.16±0.08 <sup>b</sup>	1.00±0.07 <sup>b</sup>
<i>γ</i> -Aminobutylic acid	33.29±0.97 <sup>a</sup>	33.37±1.06 <sup>a</sup>	26.82±1.15 <sup>b</sup>
Lysine	1.30±0.07 <sup>a</sup>	0.55±0.10 <sup>b</sup>	0.76±0.06 <sup>b</sup>
Histidine	1.15±0.04 <sup>c</sup>	3.85±0.11 <sup>b</sup>	5.77±0.15 <sup>a</sup>
Arginine	5.97±0.22 <sup>b</sup>	0.90±0.07 <sup>c</sup>	13.12±0.47 <sup>a</sup>
Total	100.00	100.00	100.00

Data represents the mean±SD in triplicate. 1)Means with different letters within the same row are significantly different by Tukey's multiple range test (P<0.05).

단백질을 구성하지 않는 유리아미노산의 경우 표 20에 나타내었다. 유리아미노산에서는 leaf, petiole, rhizome에서 모두 *γ*-Aminobutylic acid가 가장 높은 비율을 확인할 수 있었으며, 각각 33.29±0.97%, 33.37±1.06%, 26.82±1.15% 으로 나타났으며, GABA라고 불리우는 *γ*-Aminobutylic acid는 포유류의 중추신경계에 작용하는 억제 신경전달물질이다. GABA는 신경계에서 신경흥분을 조정하는 역할을 맡고 있으며, 인간의 경우 GABA는 근육의 상태를 직접적으로 조절하

며, 아미노산의 일종이지만, 알과 아미노산이 아니기 때문에 GABA는 단백질 조성에 관여하지 않는다. GABA는 초창기 포유류의 두뇌의 해마와 피질에 주요한 자극을 주기 때문에, 글루탐산 시냅스가 성장할 때까지 두뇌의 많은 부위의 주요 자극물질의 역할을 한다. 성장단계에서 시냅스간 연결구조에 앞서 GABA가 신경에서 합성되어 각각의 동일한 세포와 가까운 세포간 신호조정자 역할을 하며, 신경조세포의 확산, 이동, 분화, 신경돌기의 연장, 시냅스 형성에 기여하며, 배아줄기세포와 신경줄기세포의 성장을 조절하며, 뇌신경자극 유도인자를 거쳐 신경조세포의 성장에 영향을 미친다고 알려져 있다. 그 외 상대적으로 높은 비율을 가진 아미노산은 alanine과 valine이 확인되었다.

#### ○ 지방산조성

고추냉이의 부위별 지방산 조성은 표 21과 chromatogram은 그림 26에 나타내었다. 고추냉이의 부위별 지방의 경우 leaf, petiole, rhizome의 부위에서 각각  $0.32 \pm 0.01\%$ ,  $0.32 \pm 0.01\%$ ,  $0.32 \pm 0.01\%$ 로 매우 낮은 비율로 존재하였다. 주요한 지방산의 경우 linolenic acid( $\omega$ -3), oleic acid( $\omega$ -9), palmitic acid로 확인되었는데, 특히 linolenic acid( $\omega$ -3)의 경우 leaf, petiole, rhizome의 부위에서 각각  $59.57 \pm 0.12\%$ ,  $52.87 \pm 0.14\%$ ,  $44.25 \pm 0.23\%$ 로 매우 높은 비율로 존재하였다. 특히 leaf에서 유의적( $P < 0.05$ )으로 가장 높은 비율을 보였다. Linolenic acid( $\omega$ -3)의 경우 인체에서 합성되지 않고 식품에서 섭취해야하는 필수지방산의 한 종류로 알려져 있으며, 지질을 구성하며, 체내에서 세포막의 인지질 구성성분으로 역할을 하고 있다. 특히 탄소 2개가 결합하는 elongation 반응과 이중결합이 발생하는 desaturation 반응을 통해서 EPA나 DHA로 전환되는 지방산으로 알려져 있다. Oleic acid의 경우 leaf, petiole, rhizome의 부위에서 각각  $16.33 \pm 0.09\%$ ,  $14.39 \pm 0.04\%$ ,  $14.22 \pm 0.13\%$ 로 leaf에서 유의적( $P < 0.05$ )으로 높은 비율을 나타내었다. 단일 불포화지방산의 주요한 성분인 oleic acid는 필수지방산으로, 동맥경화를 유발하는 LDL-cholesterol의 수치를 낮추고, 간을 보호하는 HDL-cholesterol의 수치를 높인다. 또한 심혈관 계통 질환과 노화방지에 효과적이며, 항산화 기능으로 함암효과가 뛰어난 것으로 알려져 있다. Leaf, petiole, rhizome의 모든 부위에서 60%이상의 불포화지방산의 비율이 확인되었다.

21. Fatty acid profile in *Wasabia japonica*

Fatty acid	Composition (%weight)		
	Leaf	Petiole	Rhizome
Palmitic acid	11.68±0.01 <sup>c1)</sup>	17.56±0.02 <sup>b</sup>	19.37±0.05 <sup>a</sup>
Stearic acid	3.68±0.01 <sup>a</sup>	2.25±0.03 <sup>c</sup>	3.04±0.09 <sup>b</sup>
Oleic acid(ω-9)	16.33±0.09 <sup>a</sup>	14.39±0.04 <sup>b</sup>	14.22±0.13 <sup>b</sup>
Linoleic acid(ω-6)	8.12±0.07 <sup>c</sup>	12.19±0.10 <sup>b</sup>	18.19±0.12 <sup>a</sup>
Linolenic acid(ω-3)	59.57±0.12 <sup>a</sup>	52.87±0.14 <sup>b</sup>	44.25±0.23 <sup>a</sup>
Arachidic acid	0.26±0.01 <sup>b</sup>	0.27±0.01 <sup>b</sup>	0.49±0.04 <sup>a</sup>
Gondoic acid(ω-9)	0.20±0.02 <sup>b</sup>	0.27±0.03 <sup>a</sup>	0.26±0.02 <sup>a</sup>
Behenic acid	0.15±0.02 <sup>b</sup>	0.21±0.02 <sup>a</sup>	0.19±0.09 <sup>a</sup>
%Saturated fatty acid	15.78±0.21 <sup>c</sup>	20.29±0.14 <sup>b</sup>	23.09±0.16 <sup>a</sup>
%Monounsaturated fatty acid	16.53±0.15 <sup>a</sup>	14.66±0.09 <sup>b</sup>	14.48±0.13 <sup>b</sup>
%Polyunsaturated fatty acid	67.99±0.25 <sup>a</sup>	65.06±0.31 <sup>b</sup>	62.44±0.24 <sup>c</sup>

Data represents the mean±SD in triplicate. Data represents the mean±SD in triplicate. 1)Means with different letters within the same row are significantly different by Tukey's multiple range test (P<0.05).

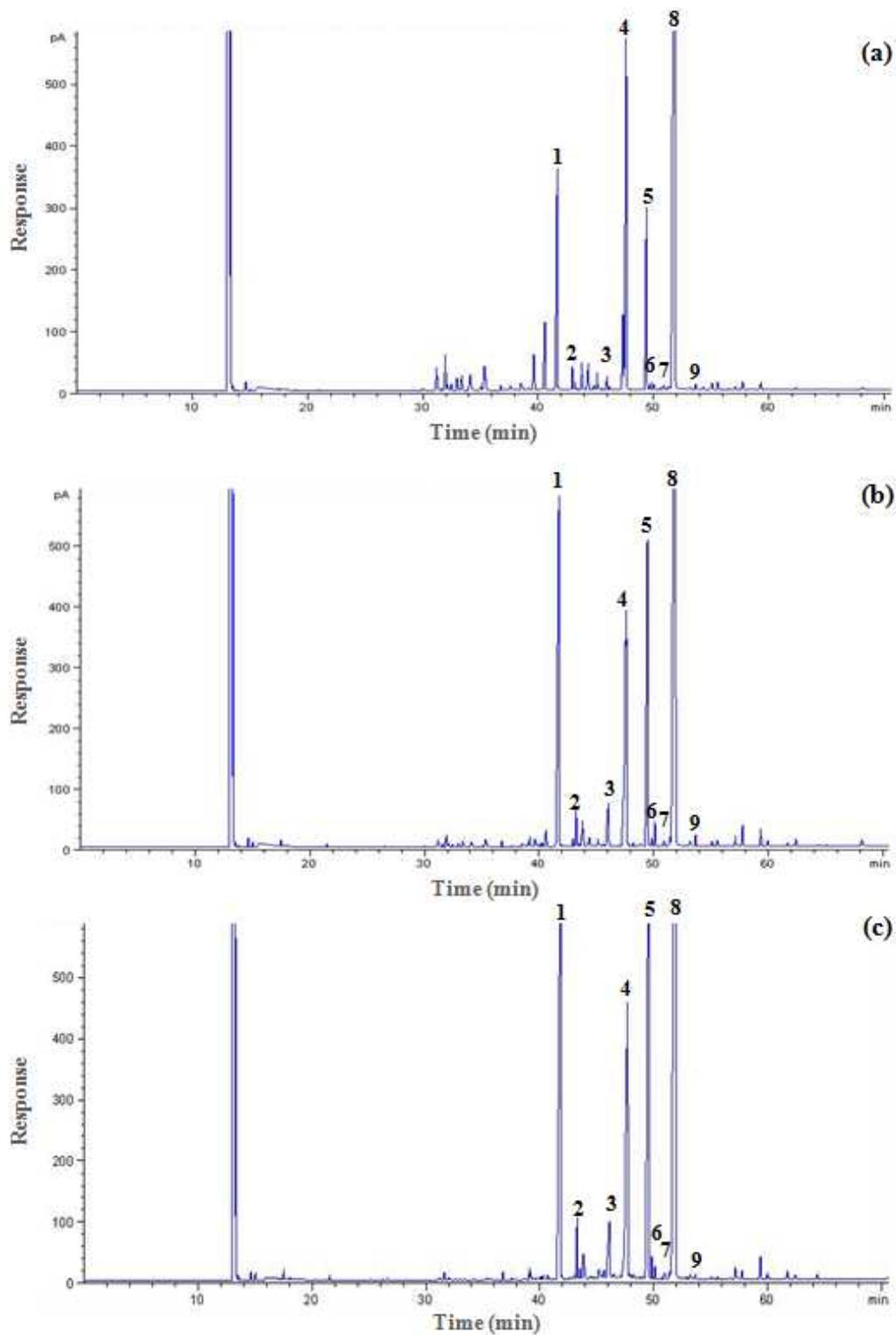


그림 26. Fatty acid profiles of *Wasabia japonica* (a) leaf, (b) petiole, and (c) rhizome. Peak 1, palimic acid; 2, heptadecanoic acid(1S); 3, stearic acid; 4, oleic acid; 5, linoleic acid; 6, arachidic acid; 7, gondoic acid; 8 linolenic acid; 9, behenic acid, respectively.

○ 무기질 조성

고추냉이의 leaf, petiole, rhizome의 부위에서 확인된 mineral 성분을 표 22에 나타내었다. 총 10종의 무기질을 확인하였고, leaf, petiole, rhizome의 부위에서 가장 높은 비율을 가지는 무기질은 K(potassium)이었으며, 43.75±4.35%, 65.02±4.21%, 그리고 57.93±3.23%를 확인하였다. 칼륨의 경우 나트륨(Na)과 같이 체액의 주요 전해질이며, 나트륨과 함께 작용하여 체내의 수분 양과 산·알칼리 균형을 조절한다. 나트륨은 세포 밖에 주로 분포되어 있으나 칼륨의 95%는 세포 안에 존재한다. 칼륨과 나트륨의 균형은 정상 혈압의 유지, 근육의 수축과 이완 등에 영향을 미치며, 세포내외의 전위(electric potential)에 영향을 미치는 것과 세포 내 이온 강도를 조절하는 역할을 한다. 또한 칼륨은 에너지 대사, 세포막의 운반 작용, 세포막 내외의 전압차 유지, 나트륨과 상호 작용을 통한 신경계의 자극 전도, 골격근의 수축과 이완, 혈압의 유지, 산·염기의 평형 유지 등의 생리적 기능을 담당한다. 칼륨은 뇌에 산소를 보내는 역할을 하여 뇌의 기능을 좋게 해준다. 몸속 노폐물의 처리를 돕고, 혈압을 떨어뜨리게 한다.

표 22. Mineral compositions in Wasabia japonica

Minerals	Composition(%)		
	Leaf	Petiole	Rhizome
P(phosphorus)	9.11±0.87 <sup>a1)</sup>	5.34±0.56 <sup>b</sup>	6.75±0.69 <sup>b</sup>
S(Sulfur)	20.44±1.97 <sup>a</sup>	6.89±0.74 <sup>c</sup>	14.92±1.22 <sup>b</sup>
K(potassium)	43.75±4.35 <sup>c</sup>	65.02±4.21 <sup>a</sup>	57.93±3.23 <sup>b</sup>
Ca(calcium)	19.66±1.21 <sup>a</sup>	18.99±2.09 <sup>a</sup>	16.15±1.43 <sup>b</sup>
Mg(magnesium)	6.61±0.43 <sup>a</sup>	3.24±0.33 <sup>b</sup>	4.02±0.29 <sup>b</sup>
Fe(iron)	0.15±0.04 <sup>a</sup>	0.08±0.02 <sup>b</sup>	0.06±0.02 <sup>b</sup>
As(arsenic)	0.05±0.03 <sup>a</sup>	0.06±0.03 <sup>a</sup>	0.04±0.03 <sup>a</sup>
Zn(zinc)	0.08±0.02 <sup>a</sup>	0.04±0.01 <sup>b</sup>	0.08±0.03 <sup>a</sup>
Mn(manganese)	0.15±0.02 <sup>a</sup>	0.14±0.03 <sup>a</sup>	0.04±0.02 <sup>b</sup>
Al(aluminum)	0.01±0.00 <sup>b</sup>	0.19±0.03 <sup>a</sup>	0.01±0.00 <sup>b</sup>
Total	100.00	100.00	100.00

Data represents the mean±SD in triplicate. 1)Means with different letters within the same row are significantly different by Tukey's multiple range test (P<0.05).

2) 부위별 특수 성분

가) 재료 및 방법

○ 총페놀 함량

추출방법에 따라 분류된 부위별 고추냉이 획분에 함유된 총페놀 함량은 Folin-Ciocalteu's의 방

법(Folin Denis, 1912)에 따라 측정하였다. 동결건조 시료를 1 mg/mL로 증류수로 희석시킨 후 그 중 40  $\mu$ L에 증류수 200  $\mu$ L를 첨가하여 여기에 2N Folin-Ciocalteu's reagent(Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA) 200  $\mu$ L를 넣은 후 30초간 혼합하였다. 이 용액에 30% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>(Sigma-Aldrich Co.) 600  $\mu$ L와 증류수 160  $\mu$ L를 가하고 혼합하여 25°C에서 2시간 동안 정치 반응한 후 750 nm에서 흡광도를 측정하였다. 총페놀함량을 정량하기 위해 사용된 표준물질로는 gallic acid를 사용하여 0-500  $\mu$ g/mL 농도로 하여 샘플과 동일한 방법으로 분석하여 얻은 검량선으로부터 총 폴리페놀 함량을 산출하였다.

#### ○ 항산화력

부위별 고추냉이의 항산화력은 DPPH(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl)를 이용하여 radical scavenging activity를 이용하여 측정하였다(Blois 1958). 건조된 고추냉이를 추출방법에 따라 분류된 획분을 농도별(200, 400, 600, 800  $\mu$ g/mL)로 희석한 후 시료용액 80  $\mu$ L에 0.2 mM의 DPPH 용액(dissolved in 99% ethanol, Sigma-Aldrich Company) 320  $\mu$ L를 넣고 교반한 후 37°C에서 30분간 방치한 다음 517 nm에서 흡광도를 측정하였으며, 다음의 식에 대입하여 항산화력을 측정하였다.

Radical scavenging activity(%) = (1 - 시료 첨가구의 흡광도/시료 무첨가구의 흡광도) × 100

또한 Radical scavenging activity를 토대로 IC<sub>50</sub> (소거능의 50%에 해당하는 샘플의 함량)을 계산하였다.

#### ○ Sinigrin과 AITC 함량 분석

부위별 sinigrin과 AITC 함량을 확인하기 위해 Tsao등의 방법(Tsao et. al., 2002)을 변형하여 사용하였다. 동결 건조된 고추냉이 1g을 100 mL의 50% acetonitrile과 혼합하여, 100 °C에서 1시간 환류냉각을 통한 가열을 통해 추출액을 획득하여, 이를 HPLC를 이용하여 분석하였다. 연구에 사용된 HPLC는 Agilent 1100 series를 이용하였고, sinigrin의 경우 UV 검출기 228 nm에서 확인하였고, AITC는 242 nm에서 확인하였다. 컬럼은 C18 Discovery (25 cm × 4.6 mm, 5  $\mu$ m, Supelco Co., Bellefonte, PA, USA)를 사용하였다. 이동상은 0.025 M NH<sub>4</sub>OAc (pH6.75) (A)와 acetonitrile (B)를 사용하여 유속 1 mL/min의 속도로 12분간 흘려주었다. 이동상 시스템은 99% A / 1% B를 2분간 흘려주었고, 50% A / 50% B의 비율로 0.5분간 상승시킨 후, 7.5분간 유지하였다. 다시 99% A / 1% B를 12분까지 유지하였다. 20 $\mu$ L를 주입하여 3반복을 통해 결과를 확인하였다.

## 나) 결과

### ○ 총페놀 함량과 항산화력

고추냉이의 leaf, petiole, rhizome의 부위에서 확인된 특수 성분 중 총페놀 함량 및 항산화활성 (IC50)을 아래 표에 나타내었다. 총페놀 함량은 leaf, petiole, rhizome의 부위에서 각각 1,275.00±170.81 mg/100 g, 420.01±81.70 mg/100 g, 그리고 382.22±60.60 mg/100 g으로써 leaf에서 가장 높은 함량을 확인하였다. 총페놀의 함량의 경우 항산화 활성과 밀접한 영향을 가지며, phytochemicals을 다량 포함하는 특수성분으로 알려져 있다. 고추냉이의 leaf, petiole, rhizome의 부위에서 확인된 IC50을 볼 때 7.64±0.54 mg, 17.24±1.17 mg, 16.95±0.61 mg으로 확인된 바와 같이 낮은 함량이 우수한 항산화 활성을 가지는 것으로 leaf에서 가장 낮은 함량으로 가장 높은 항산화 활성을 가진다고 설명할 수 있으며, 이러한 부분은 총페놀함량이 leaf에서 가장 높은 함량을 보이는 결과와 일치하는 것이다. 고추냉이의 leaf은 상대적으로 우수한 항산화활성을 가지는 부위로 판단된다.

표 23. Total phenolic content and antioxidant capacity in Wasabia japonica

	Wasabia japonica		
	Leaf	Petiole	Rhizome
Total phenolic content (mg/100 g)	1,275.00±170.81a <sup>1)</sup>	420.01±81.70b	382.22±60.60b
IC50 (mg)	7.64±0.54b	17.24±1.17a	16.95±0.61a

Data represents the mean±SD in triplicate. 1)Means with different letters within the same row are significantly different by Tukey's multiple range test (P<0.05).

### 3) Sinigrin과 AITC 함량 분석

고추냉이의 leaf, petiole, rhizome의 부위에서 확인된 특수 성분 중 sinigrin과 AITC의 함량을 표 16과 chromatogram은 그림 27에 나타내었다. 그림 17에서 sinigrin의 경우 retention이 3.9 min 근처에서 확인되었고, AITC의 경우는 11.60 min 부근에서 확인되었다. Sinigrin과 AITC의 확인을 위해 200~400 mn의 파장의 패턴을 확인한 후 고추냉이의 부위별 sinigrin과 AITC를 확인하였다. Sinigrin의 경우 leaf, petiole, rhizome의 부위에서 11.95±0.91 mg/g, 10.42±0.23 mg/g, 그리고 38.36±2.43 mg/g을 확인하였고, rhizome에서 유의적(P<0.05)으로 높은 함량이 나타났다. AITC 역시 고추냉이의 부위에서 rhizome에서 가장 높은 함량을 확인하였고, 이러한 결과는 문헌에서 제시하는 결과가 일치하는 결과이다. Sinigrin은 성분이 산소와 티오글루코시다아제 효소를 만나 화학반응을 하면 이소티오시안산 알릴(Allyl isothiocyanate, AITC) 성분의 증기가 나온다. 고추냉이의 매운맛과 향의 주성분인 AITC는 향균·살균의 효과가 있어 대장균, 살모넬라균, O-157균, 비브리오균, 포도상구균 등의 식중독 원인균의 증식을 억제한다고 알려

져 있다.

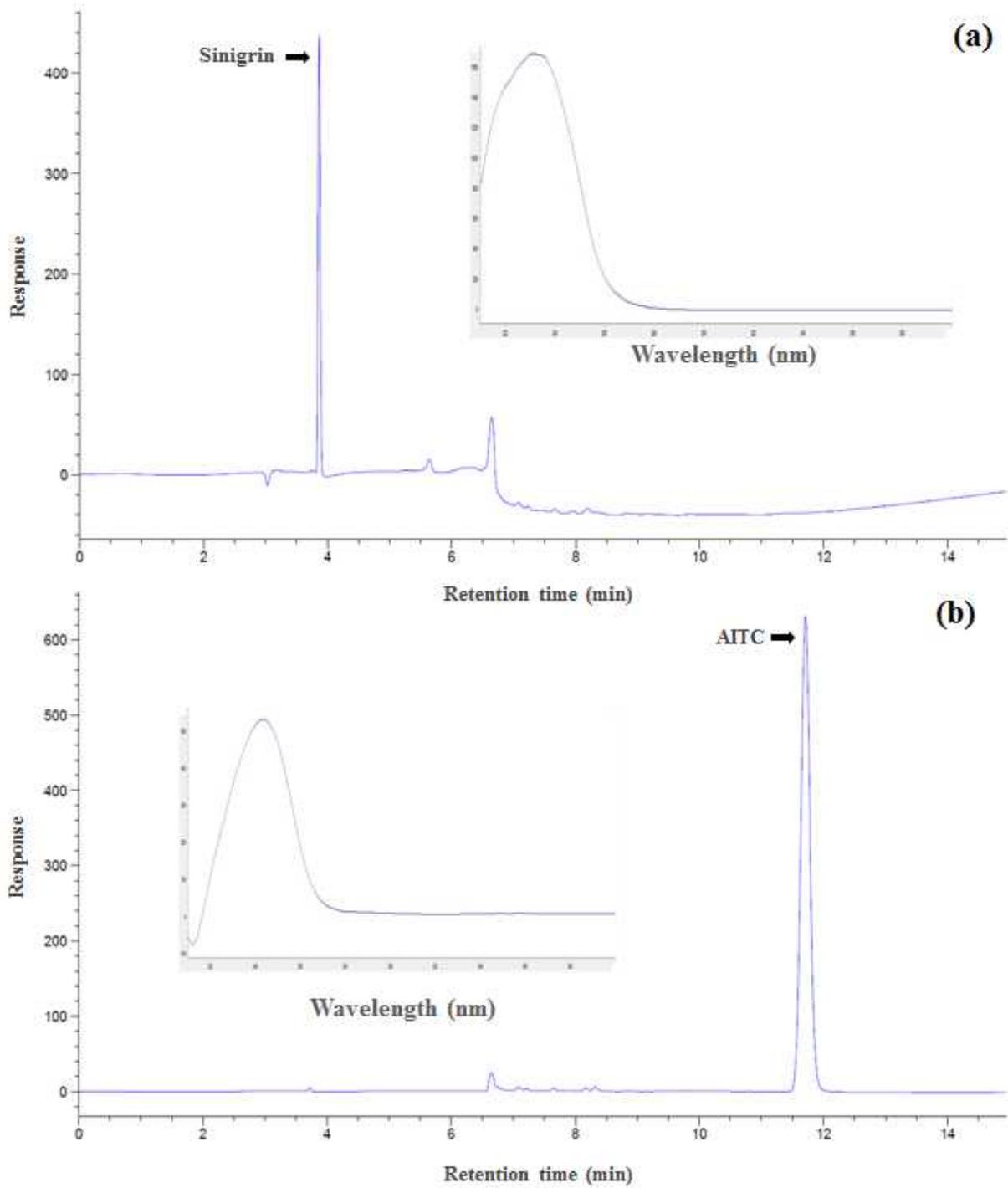


그림 27. HPLC chromatograms and UV spectra of a standard of sinigrin and ( $t_R=3.90$  min,  $\lambda_{max} = 228$  nm) and AITC ( $t_R=11.60$  min,  $\lambda_{max} = 242$  nm): (a) recorded at 228 nm; (b)

recorded at 242 nm.

표 24. Sinigrin and AITC contents in *Wasabia japonica*

	<i>Wasabia japonica</i>		
	Leaf	Petiole	Rhizome
Sinigrin(mg/g)	11.95±0.91b <sup>1)</sup>	10.42±0.23c	38.36±2.43a
AITC(mg/g)	0.44±0.02b	0.15±0.03c	4.09±0.06a

Data represents the mean±SD in triplicate. 1)Means with different letters within the same row are significantly different by Tukey's multiple range test (P<0.05).

○ Vitamin C 함량 분석

고추냉이의 leaf, petiole, rhizome의 부위에서 확인된 특수 성분 중 vitamin C 함량을 표 25와 chromatogram은 그림 28에 나타내었다. Leaf, petiole, rhizome의 부위에서 각각 108.09±7.43 mg/g, 64.72±4.21mg/g, 그리고 94.17±6.97 mg/g을 확인하였다. 총페놀의 함량과 항산화의 활성이 높은 부위였던 leaf에서 유의적(P<0.050)으로 가장 높은 함량을 확인하였다.

표 25. Vitamin C contents in *Wasabia japonica*

	<i>Wasabia japonica</i>		
	Leaf	Petiole	Rhizome
Vitamin C (mg/g)	108.09±7.43a	64.72±4.21c	94.17±6.97b

Data represents the mean±SD in triplicate. 1)Means with different letters within the same row are significantly different by Tukey's multiple range test (P<0.05).

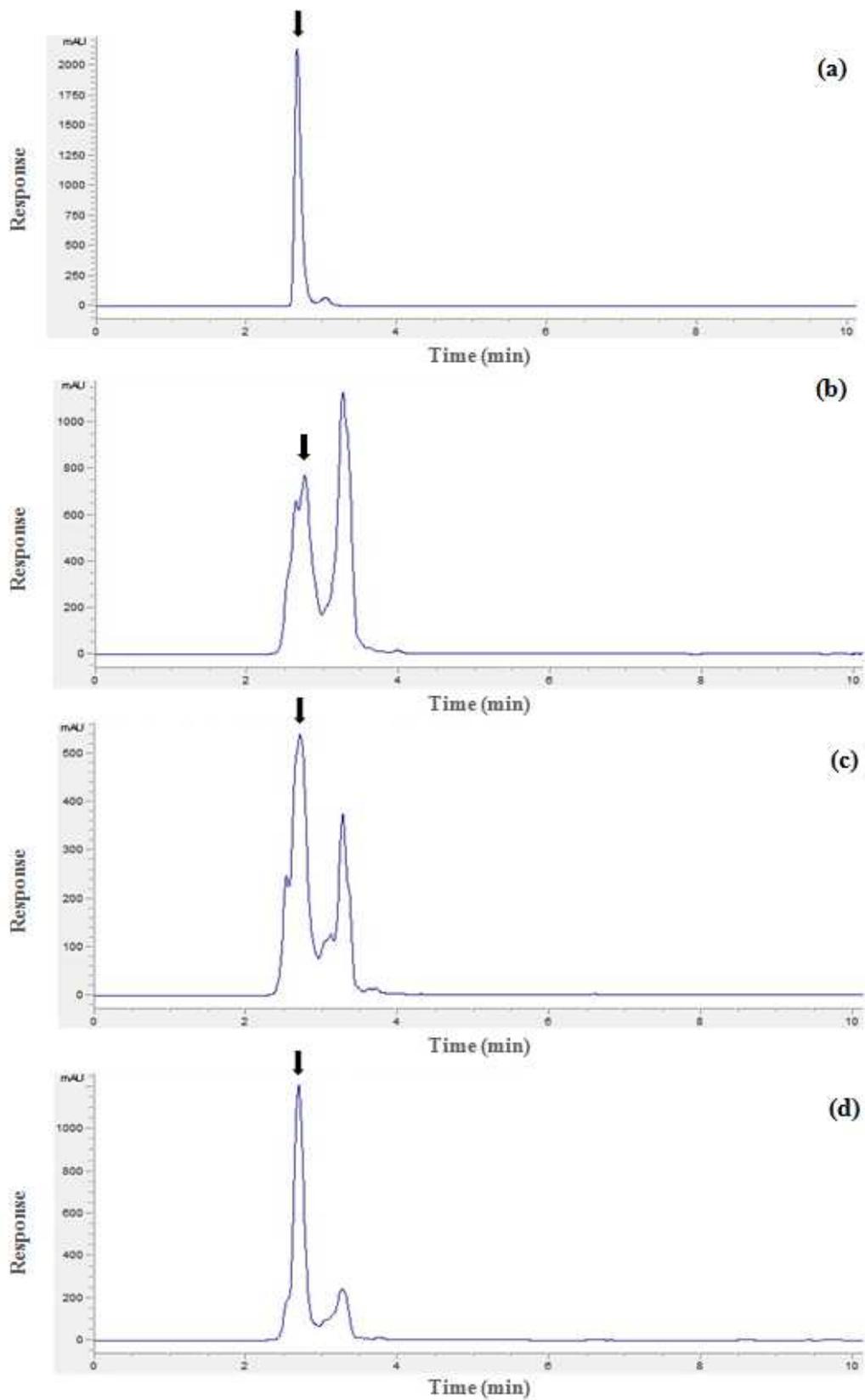


그림 28. Total ion chromatograms of vitamin C in wasabi. (a) standard; (b) leaf; (c) petiole; (d) rhizome

#### 4) 부위별 향미 성분

##### 가) 재료 및 방법

###### ○ 휘발성 향기성분

고추냉이의 휘발성 휘발성분 포집을 위해 100  $\mu\text{m}$  polydimethylsiloxane (PDMS)으로 코팅된 SPME fiber (Supelco, Bellefonte, PA, USA)를 사용하였다. 시료 3 g을 headspace vial (22.5  $\times$  75 mm, PTFE/silicon septum, aluminum cap, GERSTEL, Muelheim, Germany)에 넣고 5분간 예열 처리된 SPME fiber를 주입하였다. 시료는 60 $^{\circ}\text{C}$  heating block에서 20분간 예열되었고, 휘발성분은 SPME fiber를 통해 30분 동안 포집되었으며, 포집된 휘발성 성분은 gas chromatography - mass spectrometry(GC/MSD; Agilent 7890A & 5975C, Santa Clara, CA, USA)로 10분간 탈착 후 분석하였다. 향기 성분의 분석은 HP-5MS 칼럼(30 m  $\times$  0.25 mm i.d.  $\times$  0.25  $\mu\text{m}$  film thickness)을 사용하였다. 이때 분석조건으로 오븐 온도는 40 $^{\circ}\text{C}$ 에서 5분 머무른 후 200 $^{\circ}\text{C}$ 까지 분당 5 $^{\circ}\text{C}$ 의 속도로 승온 시켰으며, injector 온도는 220 $^{\circ}\text{C}$ 로 하였으며, carrier gas 인 helium의 유속은 1.0 mL/min, 그리고 split ratio는 1:10이었다. Total ionization chromatogram(TIC)에서 분리된 각 성분은 mass spectrum library(NIST 12)와 참고문헌을 이용하여 동정하였으며, 각 시료의 향기 성분은 피크 면적과 이를 기준으로 하여 전체 피크면적을 100%로 환산하여 각 성분들이 가지는 피크면적을 상대적인 비율(%)로 나타내었다.

###### ○ 후각검사

GC/MS를 통해 분리된 각각의 휘발성 향기성분은 GC/MSD에 장착된 Olfactory detection port with heated mixing chamber(ODP 3, Gerstel, Linthicum, MD, USA)를 이용하여, 휘발성 물질에 대한 실험자의 후각을 통한 sniffing test를 실시하였다. 개인이 느끼는 후각의 정도 차이와 시간이 경과함에 따른 후각의 민감성이 감소되는 점을 고려하여, 3명의 숙련된 실험자가 동일 실험을 참여하여 각각의 휘발성분들에 대한 강도를 검사하였다.

###### ○ 전자코(Electronic nose) 분석

휘발성분 분석을 위해 시료 1 mL를 headspace vial (22.5 $\times$ 75 mm, PTFE/silicon septum, aluminum cap)에 넣고 40 $^{\circ}\text{C}$ 에서 500 rpm으로 5분간 교반하면서 headspace를 포집하였다. 자동시료채취기를 사용하여 1,000  $\mu\text{L}$ 의 휘발성분을 취한 후 전자코(HERACLES, Alpha MOS, Toulouse, France)로 주입하였고, 두 개의 column (2 m $\times$ 0.18 mm DB5/DB1701) 및 두 개의 flame ionization detectors (FID)로 분석하였다. Oven 온도는 40 $^{\circ}\text{C}$ 에서 5초간 유지되었고 270 $^{\circ}\text{C}$ 까지 초 당 4 $^{\circ}\text{C}$ 로 상승시켜 30초간 유지되었으며, 수소 가스의 flow rate는 1 mL/min였다. Kovats index library 기반의 AroChembase (Alpha MOS)를 이용하여 분리된 피크의 성분을 추정하였고, 3회 반복 결과를 주성분분석에 사용하였다.

###### ○ 전자혀(Electronic tongue)를 이용한 맛 성분 탐색

부위별 고추냉이 추출물의 식음료소재로의 활용 잠재력을 탐구하기 위해 각 고추냉이 추출물을 전자혀 센서 장비(ASTREE electronic tongue II, Alpha MOS, Toulouse, France)를 이용하였다. 전자혀 분석 장치는 7가지 sensor를 가진 module(Sensor array #5, Alpha MOS, Toulouse, France)을 사용하였으며 7가지 sensor 중 SPS와 GPS sensor는 standard로서 성분 분석보다는 보정용으로 사용하였으며, SRS(신맛), STS (짠맛), UMS (감칠맛), SWS (단맛), BRS (쓴맛)을 대표하는 5가지 sensor를 사용하였다. 2개의 보정용 센서와 5가지 맛성분에 기인하는 sensor는 각각의 sensor response의 정도에 따라 0-12의 범위를 갖는 맛 스코어로 변환하여, 종합적 맛 성분 분포를 확인하였다. 시료는 1%의 농도로 초순수 증류수에 희석한 후 여과지(Whatman No. 1, Whatman, Kent, UK)를 이용하여 sensor와의 반응을 방해하는 불용성의 particle을 제거한 순수 시료 100 mL을 분석용 유리용기에 담아 맛 성분 측정기에 놓았다. 모든 시료는 7회 반복하여 실시하였으며 단일 샘플의 분석 후 sensor는 rinsing 과정을 통해 이전 샘플에 대한 잔여 맛성분을 완전히 제거한 후 실험을 진행하였다. 성분에 대한 통계 처리에는 radar plot을 통해 개별 맛 성분간의 비교를 제시하였다.

## 나) 결과

### ○ 휘발성 향기성분

고추냉이의 leaf, petiole, rhizome의 부위에서 확인된 특수 성분 중 향기성분의 함량을 표 26과 chromatogram은 그림 19에 나타내었다. 고추냉이의 leaf, petiole, rhizome의 부위에서 가장 높은 향기성분을 확인해 보면, AITC의 함량이 가장 높은 것으로 확인하였다. AITC의 경우 retention time의 경우 약 11.50 min에서 확인하였고, reten index의 경우 914로 확인하였다. 고추냉이의 leaf, petiole, rhizome의 부위의 AITC의 함량은 각각  $71.51 \pm 8.14$  ug/g,  $8.99 \pm 12.71$  ug/g,  $117.80 \pm 166.60$  ug/g 이었다. HPLC의 분석을 통해서 확인된 AITC 함량과도 동일한 결과를 확인하였다. Aroma-gram을 통해 고추냉이의 향기성분을 sniffing test에서 retention time이 약 20 min에서 확인하였다. GC/MS의 library를 통해 확인한 결과 azulene이라는 화합물을 확인하였다. 하지만 고추냉이의 leaf, petiole, rhizome의 부위에서는 petiole의 부위에서만 확인할 수 있었다.

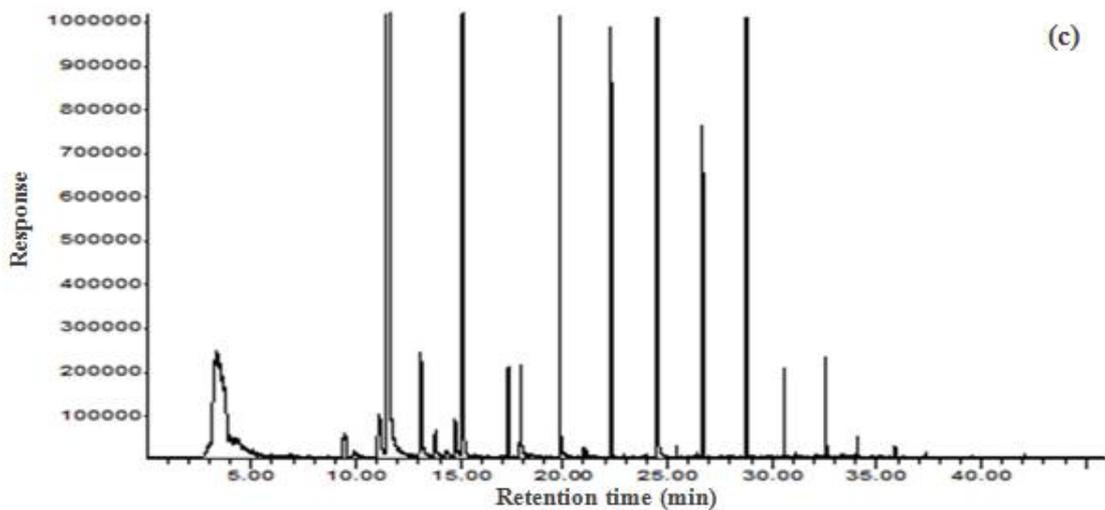
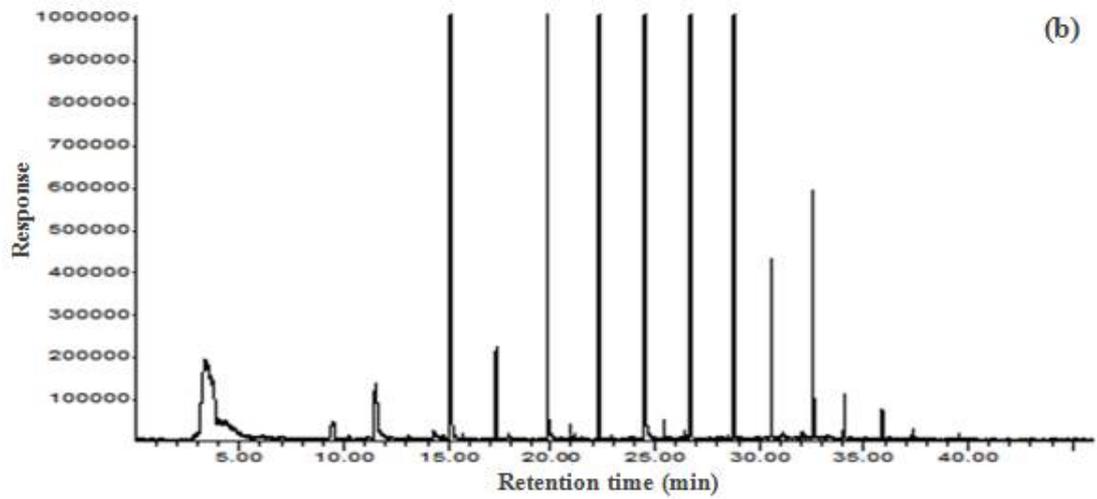
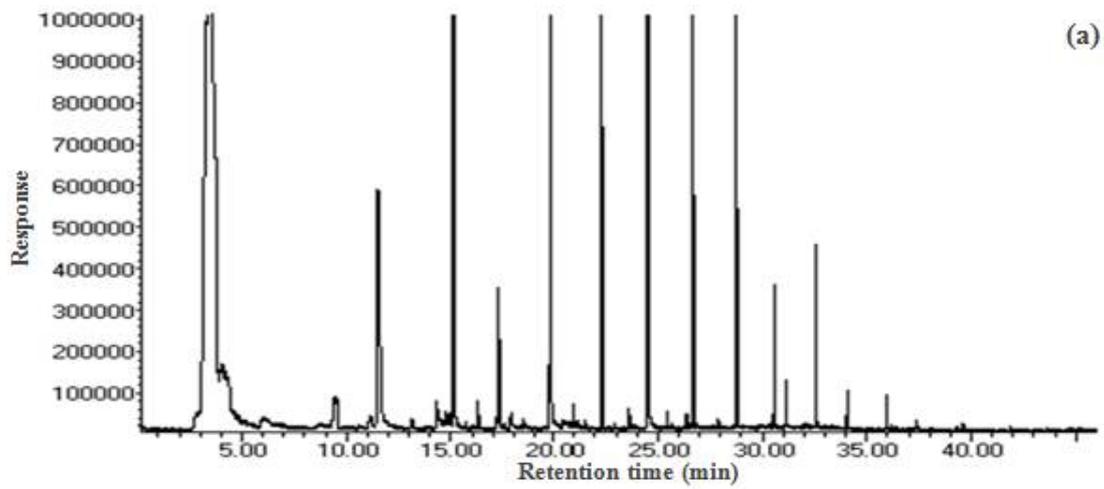


그림 29. Total ion chromatograms of *Wasabia japonica* (a) leaf, (b) petiole, and (c) rhizome, respectively.

㉟ 26. Volatile compounds in *Wasabia japonica*

Compounds	RT (min) <sup>1)</sup>	RI <sup>2)</sup>	Content(ug/1 g)			Odor intensity	Odor description
			Leaf	Petiole	Rhizome		
<i>Acids</i>							
2-Hydroxy benzene methanol	5.43	<800	0.34±0.49	nd	nd		
Dimethyl silanediol	5.81	<800	nd	7.71±10.90	nd		
Trifluorolactic acid	18.81	1144	nd	0.08±0.11	nd		
3-2-Methyl phenyl pentanoic acid	27.26	1452	0.10±0.14	nd	nd		
2-Tridecyl ester methoxy acetic acid	27.90	1481	0.69±0.98	nd	nd		
<i>Alcohols</i>							
1,8-Cineole	16.29	1061	1.81±2.55	nd	nd		
2,5-Dimethyl-2,5-Hexanediol	16.42	1065	nd	2.02±2.86	nd		
<i>Aldehydes</i>							
2-1-Phenanthryl benzaldehyde	14.58	1005	0.27±0.39	nd	nd		
2-Hexenal	19.26	1159	nd	0.08±0.11	nd		
3-Hexene-1,6-dialdehyde	24.82	1361	1.17±1.65	9.42±13.32	nd		
<i>Hydrocarbons</i>							
Ethyl-1,3-dithio isoindoline	8.51	827	5.71±8.08	0.64±0.90	nd		
2-Methyl-5-dibenzazepine	9.52	858	0.64±0.91	nd	4.47±6.32		
1-Heptadecene	19.10	1154	0.05±0.07	nd	nd		
Azulene	20.13	1187	nd	1.22±1.73	nd	1	Wasabi
Nonadecane	25.74	1396	nd	1.08±1.52	nd		
Tridecane	26.39	1411	0.86±1.22	nd	nd		
<i>Heterocyclic</i>							
2-4'-Nitro-2'-thienyl pyrimidine	8.65	832	nd	1.73±2.45	nd		
Isopropyl isothiocyanate	9.91	869	nd	nd	1.37±1.93		
3-Methyl isothiazole	11.11	901	4.93±1.32	2.84±4.01	8.67±12.26		
Allyl isothiocyanate	11.50	914	71.51±8.14	8.99±12.71	117.80±166.60		
Diethyl-1-propanamine	12.25	938	0.99±1.39	nd	nd		

4-Isothiocyano-1-butene	13.94	987	3.01±1.74	nd	3.59±5.08
Dihydro-5,5-dimethyl-2-furanone	14.12	991	nd	2.51±3.55	nd
2-Ethyl-3-methyl-4-phenyl-6-chloroquinoline	15.36	1032	0.32±0.45	nd	nd
6'-Formyl-6-trimethyl silyl ethynyl-2,2'-bipyridine	15.66	1041	nd	0.12±0.17	nd
Paromomycin	18.84	1145	nd	nd	0.36±0.52
2-Chloro-3,4-diphenyl benzofuro pyridine	20.26	1192	nd	0.09±0.13	nd
3',4',5,5',7-Pentamethoxy flavone	21.19	1226	nd	0.39±0.55	nd
Tetramethyl pyrazine	22.50	1273	0.09±0.13	nd	nd
<i>Ketone</i>					
1,7,7-Trimethyl bicyclo-2.2.1-heptan-2-one	19.75	1175	46.63±65.95	nd	nd

---

Data represents the mean±SD in triplicate.

<sup>1)</sup> RT: retention time

<sup>2)</sup> RI: retention index

<sup>3)</sup> nd: not detected

## ○ 전자코(Electronic nose) 분석

고추냉이의 leaf, petiole, rhizome의 부위에서 확인된 향기성분의 함량을 전자코 분석을 통해서 확인된 결과를 표 27와 chromatogram은 그림 30에 나타내었다. 고추냉이의 leaf, petiole, rhizome의 부위에서 가장 높은 향기성분을 확인해 보면, AITC의 함량이 가장 높은 것으로 확인하였다. 총 10개의 주요 peak를 확인하였고, 주요한 peak는 5번째 peak로 검출된 AITC의 함량을 확인하였다. AITC는 주로 garlic, pungent, sulfurous의 odor description으로 알려져 있으며, 두 가지 컬럼의 경우 동일한 패턴의 결과를 확인하였고, MXT-5에서 leaf, petiole, rhizome의 부위에서  $345.78 \pm 48.90$ ,  $1,309.28 \pm 160.62$ ,  $13,426.24 \pm 653.00$ 의 peak area를 확인하였고, MXT-1701 컬럼에서 확인된 AITC의 함량에서  $894.58 \pm 33.15$ ,  $1,683.31 \pm 204.42$ ,  $4,785.69 \pm 211.61$ 의 peak area를 확인하였다. 이러한 결과는 SPME 흡착과 GC/MS 분석을 통해 얻어진 결과와 비슷한 패턴을 확인하였다. 그림 30에서 AITC의 경우 retention time의 경우 80~90 min에서 검출이 이루어 졌다. 두 가지의 휘발성 성분에 대한 결과에서 고추냉이의 leaf, petiole, rhizome의 부위에서 rhizome에서 가장 높은 함량의 AITC를 확인하였고, 앞서 표 16에서 언급된 sinigrin의 경우는 휘발성 성분이 아닌 성분이라 GC/MS와 전자코에서는 확인된 성분이 아니었다.

본 연구에 사용된 Heracles II 전자코는 초고속가스크로마토그래피기술을 기반으로 한다. 극성이 다른 (비극성의 MXT-5 / 약한극성의 MXT-1701) 두 개의 컬럼이 병렬로 장착되어 한번의 시료주입으로 동시에 두 개의 FID를 통해 두 개의 raw data인 크로마토그램을 얻을 수 있다. 내부에 trap이 장착되어 있어 효율적인 농축을 통해 좋은 감도를 보여준다. Kovats index법을 이용하여 크로마토그램의 peak의 retention time을 보정한 RI(Retention index)로 약 88,000 여개의 화합물의 정보(화학식, 이름, 분자량, RI, CAS번호, description 등)이 구축되어 있다.

㉟ 27. Volatile compounds in *Wasabia japonica* using electronic nose

(peak area x 10<sup>3</sup>)

No	Compounds	Sensory descriptors	RT <sup>1)</sup> (min)		MXT-5			MXT-1701		
			MXT-5 (RI) <sup>2)</sup>	MXT-1701 (RI)	Leaf	Petiole	Rhizome	Leaf	Petiole	Rhizome
1	Hexadecafluoro heptane	-	10.63 (363)	9.45 (388)	2.33±0.16	3.05±0.12	104.96±13.9	3.02±0.43	3.87±0.12	111.83±14.05
2	Ethanol	alcoholic, pungent, sweet	13.18 (427)	14.71 (545)	2.15±0.29	1.65±0.08	479.39±34.03	nd	nd	1,40.23±112.84
3	2-Propanol	alcoholic, ethereal	15.85 (492)	16.93 (604)	10.25±7.8	11.15±0.85	231.70±11.30	6.03±2.01	10.47±1.21	178.33±40.38
4	Ethyl 2-methylbutyrate	apple, green, sweet	68.89 (839)	79.46 (921)	7.02±1.12	22.69±0.81	428.39±58.59	6.81±0.84	24.79±0.87	466.56±68.43
5	Allyl isothiocynate	garlic, pungent, sulfurous	85.90 (876)	99.08 (980)	345.78±48.90	1,309.28±160. 62	13,426.24±653.00	894.58±33.15	1,683.31±204.4 2	4,785.69±211.6 1
6	Dimethyl trisulfide	alliaceous, cauliflower, onion, rotten food	100.21 (955)	105.75 (1,031)	nd <sup>3)</sup>	nd	950.91±99.54	0.06±0.01	0.25±0.17	871.83±60.04
7	Amyl propanoate	apricot, friuty, very sweet	103.04 (971)	109.75 (1,054)	2.14±0.25	1.6±0.34	235.05±24.21	nd	nd	241.11±25.90
8	1-Octen-3-ol	carrot, garlic, herbaceous, spicy	108.39 (994)	114.31 (1,091)	44.00±6.20	105.01±19.11	262.59±32.82	6.65±3.33	1.82±0.25	277.21±44.86
9	Linalool	green, muscat, parsley	120.29 (1,096)	124.36 (1,196)	5.59±2.11	1.5±0.13	597.26±64.23	5.84±2.71	1.34±0.05	647.26±73.67
10	Decanal	green, herbaceous, orange, peel	131.60 (1,206)	134.85 (1,315)	0.53±0.21	0.42±0.03	74.82±9.47	0.65±0.39	0.83±0.14	78.62±9.91

Data represents the mean±SD in triplicate.

<sup>1)</sup> RT: retention time

<sup>2)</sup> RI: retention index, <sup>3)</sup> nd: not detected

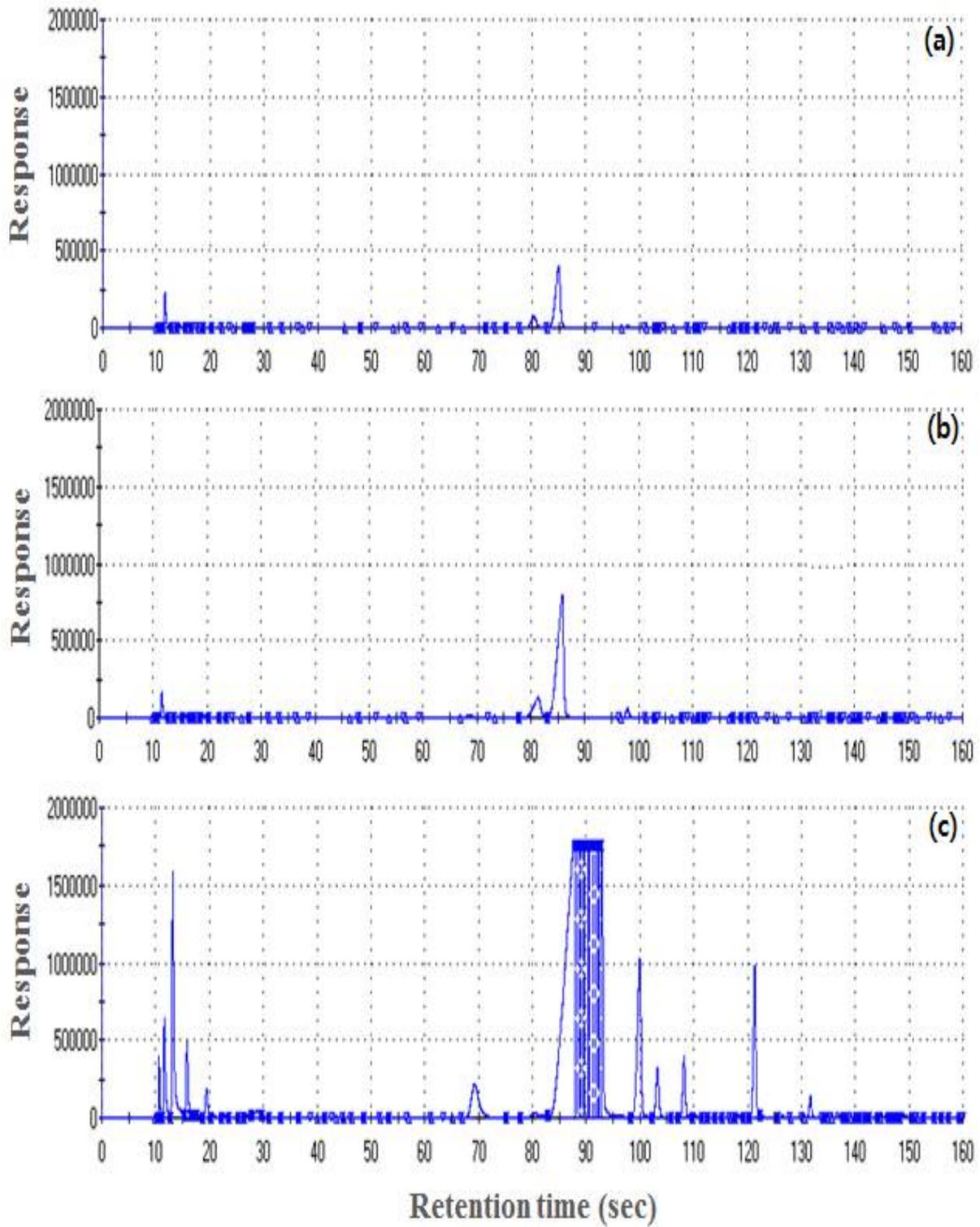


그림 30. Chromatograms of *Wasabia japonica* parts by electronic nose. (a) leaf, (b) petiole, and (c) rhizome, respectively.

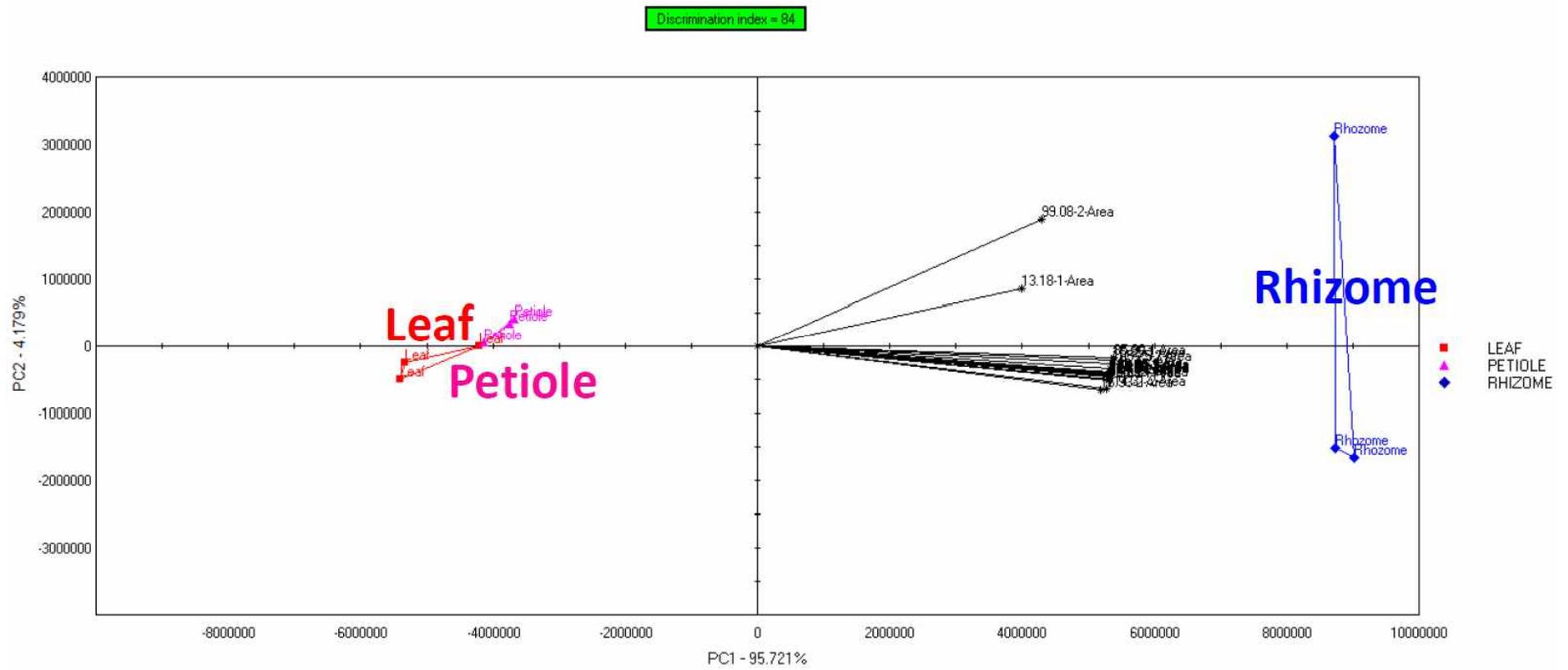


그림 31. PCA plot of *Wasabia japonica* parts by electronic nose. (a) leaf, (b) petiole, and (c) rhizome, respectively.

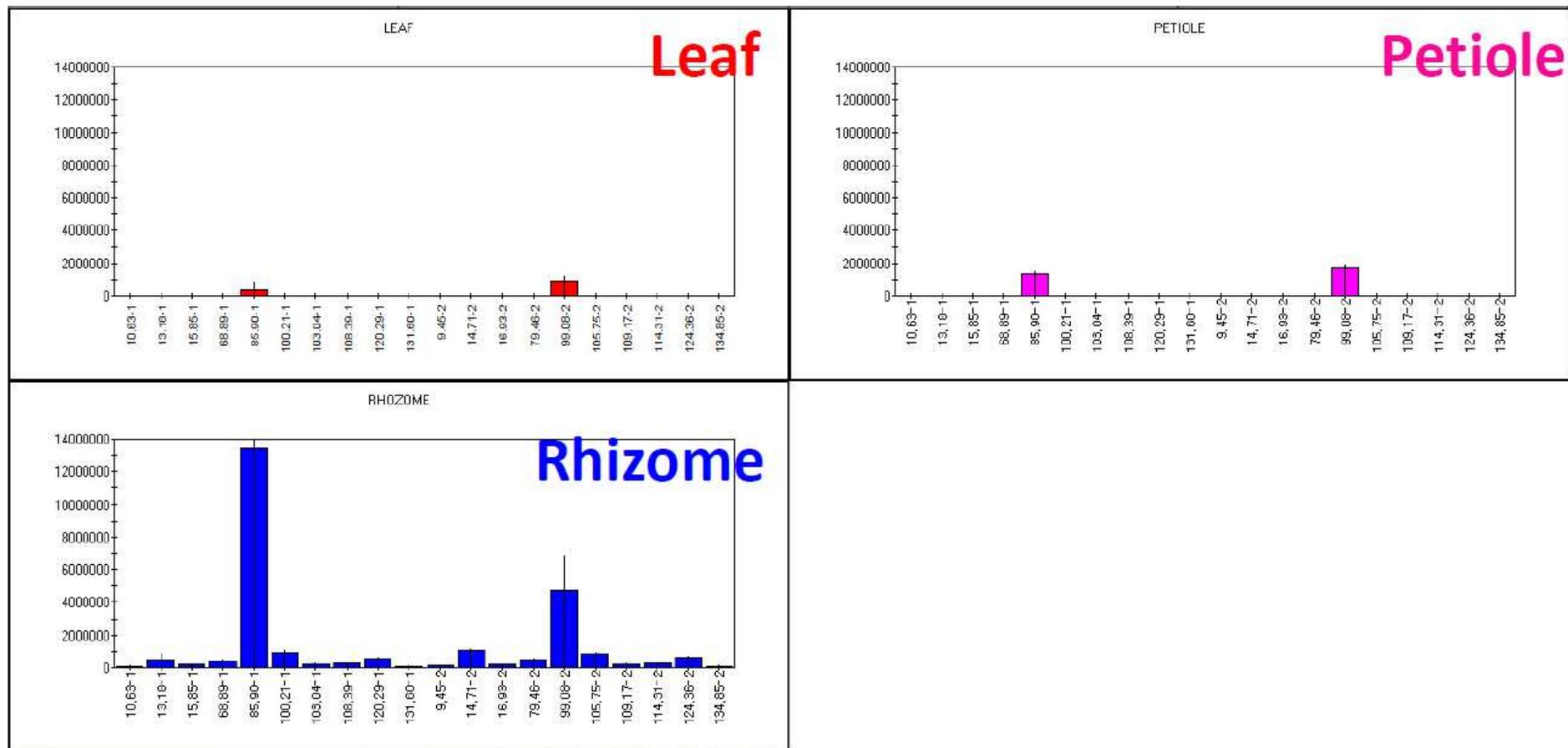


그림 32. Peak patterns of *Wasabia japonica* parts by electronic nose. (a) leaf, (b) petiole, and (c) rhizome, respectively.

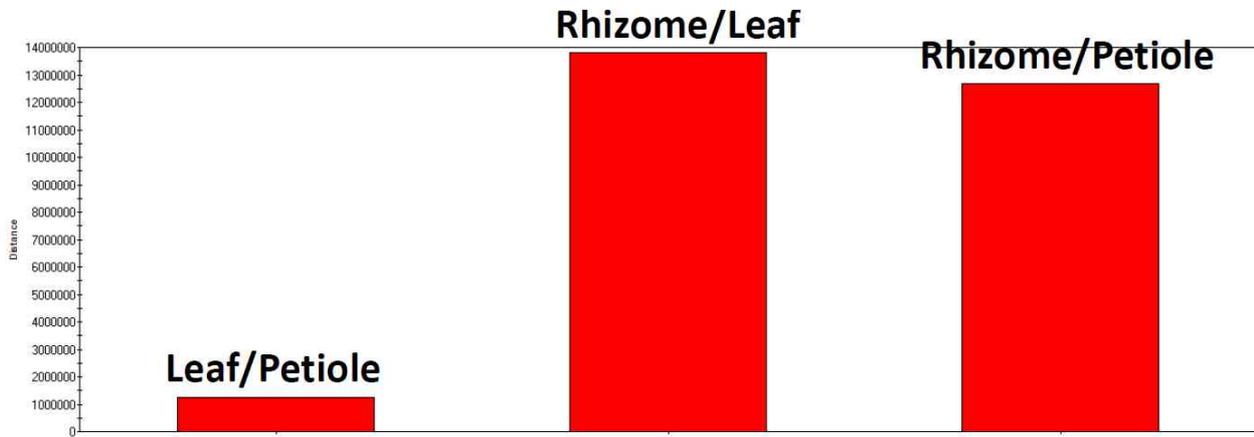


그림 33. Peak distance of *Wasabia japonica* parts by electronic nose. (a) leaf, (b) petiole, and (c) rhizome, respectively.

일반적인 PCA Odor Map을 그림 31에서 나타내었다. HERACLES II 전자코 크로마토그램에서 가장 중요한 화학물질의 선택에 따라 구축된다. 주성분분석(PCA)를 기반으로 한 Odor Map은, 자신의 휘발성 화합물의 조성 (총 20개의 peak)에 따라, 3가지 시료인 leaf, petiole, rhizome의 상대적인 향기차이를 보여주었다. 그림 32에서 leaf, petiole, rhizome의 상대적인 냄새의 패턴 차이가 확연히 확인하였다. Rhizome 부분이 가장 다른 향기 패턴을 보이며, 상대적으로 leaf과 petiole 부분은 유사한 패턴양상을 보인다. 그림 33에서 제시한 distance bar graph는 PCA map상에서 각 그룹간의 거리를 말한다. 이 distance값이 크면 두그룹이 상대적으로 냄새 차이가 많이 난다는 것을 의미하며, 값이 작으면 두 그룹이 상대적으로 냄새의 차이가 적다는 것을 의미한다. 즉 rhizome은 leaf, petiole과 향기적으로 큰차이를 보이며, 상대적으로 잎과 줄기는 비슷한 향기를 보인다고 추측할 수 있다. 일반적으로 휘발성 향기성분으로 기인되는 냄새성분은 단일성분(하나의 peak)만으로 발현되지 않는다, 따라서 여러 가지성분의 조합으로 어떠한 냄새가 구성된다고 할 수 있다. 따라서 본 실험에서도 2가지의 컬럼을 통해 다수의 peak(20개)를 선별하여, 3가지 시료인 leaf, petiole, rhizome의 상대적인 향기차이를 분별하였다.

○ 전자혀(Electronic tongue)를 이용한 맛 성분 탐색

전자혀 분석을 통해서 고추냉이의 leaf, petiole, rhizome의 부위에서 확인된 맛 성분의 상대적 인 함량을 그림 24에 나타내었다. 5가지 맛 성분을 보면 신맛, 짠맛, 감칠맛, 단맛, 그리고 쓴맛을 확인하였고, 신맛의 경우는 leaf에서 가장 높은 함량을 보였고, 짠맛 역시 leaf에서 가장 강하게 확인되었다. 감칠맛의 경우는 큰 차이를 보이지는 않았지만 petiole에서 가장 높았으며, petiole의 경우는 단맛과 쓴맛에서도 가장 큰 값을 나타내었다. 각 부위에서 나타내는 맛 성분을 이용하여, 각 부위에 대한 식품소재로서의 이용에서 기초결과로 활용이 가능하다고 판단된다.

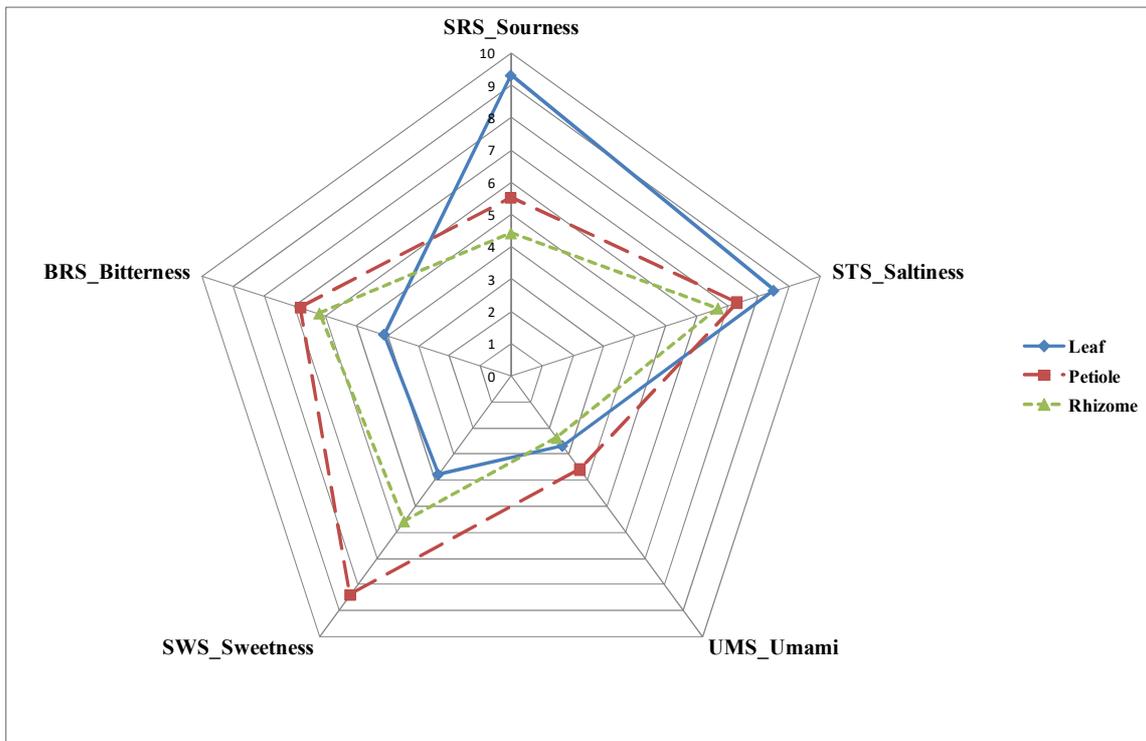


그림 34. Sensory plot of *Wasabia japonica* parts by electronic tongue. (a) leaf, (b) petiole, and (c) rhizome, respectively.

5) 다변량분석을 이용한 고추냉이의 부위별 맛 성분 비교

고추냉이(Wasabi)는 원산지가 일본으로 알려진 *Wasabia japonica* Matsum과 한국이 원산지인 *Wasabia koreana* Nakai로 분류되는 십자화과에 속하는 속근성 반음지 식물로써 우리 식생활 문화에서 향신료로 주로 인식되는 식재료이다(Shin 2015). 신선 어류 등에서 풍미를 살리는 고급 향신료로 이용되고 있는 고추냉이는 전체 부위 중에서 뿌리로 알려진 근경(rhizome)의 이용이 대부분이며, 근경 이외에 잎과 엽병에서도 독특한 매운 성분이 알려져 있으나 상대적으로 근경보다 낮은 함량을 가지고 있어 이용률이 매우 낮은 상황이다. 고추냉이는 항균력이 가장 대표적인 기능성으로 알려져 있으며, 부가적으로 비타민 C의 산화 억제작용, 탄수화물 분해효소의 활성 촉진, 그리고 티아민의 활성 증가에도 역할을 하고 있다는 보고가 있다(2). 항균력과

함께 고추냉이의 매운맛을 결정하는 화합물은 glucosinolate 화합물의 일종인 sinigrin으로 알려져 있으며, sinigrin 자체는 매운맛을 가지지 않으나 myrosinase에 의해 가수분해 과정을 거친 후 allylisoithiocyanate(AITC)가 생성되면서 강력한 향과 매운맛이 생성된다(Chin & Lindsay 1993.). 식물체에 존재하는 glucosinolate 화합물은 세포 내에서 액포와 유사한 소기관에 격리되어 존재하며, 세포가 파괴될 때 세포막에 결합하여 존재하는 효소에 의해 가수분해 되어 다양한 화합물을 생성한다(Hara et al. 2001.). 이러한 myrosinase-glucosinolate system으로 고추냉이를 포함한 십자화과 식물들의 다양한 기능성에 대해서 보고가 이루어지고 있는데, 식욕, 소화 촉진작용 및 *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Aspergillus oryzae*에 대한 항균작용 및 많은 병원성 세균에 대한 항균 효과가 있음이 보고되었으며, 최근 연구에서는 wasabi의 AITC 성분이 혈액응고 억제, 천식해소, 충치예방, 항암 및 항산화 효과가 우수하다고 보고되었다(Dorsch et al. 1984.; Bennet & Wallgrove 1994.; Morimitsu et al. 2000.). 고추냉이를 식품의 소재로써 이용한 연구를 보면 김치발효, vinegar 및 소시지에 적용한 사례가 있으며, 고추냉이 성분이 이러한 발효나 숙성에 영향을 미친다고 보고하였다(Shin 2015; Rha et al. 2004). 따라서 본 연구는 고추냉이의 근경, 엽병, 그리고 잎의 관능적 성분을 탐구하고, 고추냉이의 부위를 이용한 고부가가치 제품 개발을 위한 기초자료로 활용하고자 한다.

#### 가) 실험 방법

전자혀를 이용한 맛 성분 분석 부위 및 추출방법에 따른 고추냉이 샘플이 가지는 맛 성분의 패턴은 5가지 맛 성분(SRS, STS, UMS, SWS, BRS)과 2개의 reference에 관여하는 센서(GPS, SPS)와 1개의 reference electrode(Ag/AgCl)가 부착된 전자혀(ASTREE II, Alpha MOS, Toulouse, France)를 이용하여 분석하였다. 이중 SRS는 신맛, STS는 짠맛, UMS는 감칠맛, SWS는 단맛, BRS는 쓴맛을 감지하고, GPS와 SPS는 센서값을 보정하는 표준센서로 사용되었다. 부위별 각 시료는 1 g의 개별 샘플을 100 mL의 정제수에서 60° C에서 150 rpm으로 60 분간 교반하면서 맛 성분을 추출하였고, 여과를 통해서 고형분과 분석에 영향을 미치는 미세한 particle을 제거하였다. 100 mL의 시료액은 전자혀 장비의 sampler에 장착한 후 센서를 120초 동안 접촉해 맛 성분을 분석하였고, 분석과정에서 샘플 간 오염방지를 위해 센서를 샘플 분석 과정에서 정제수를 이용하여 세척을 진행하였다. 통계분석 부위 및 추출방법에 따른 고추냉이 샘플에 대한 모든 실험 값은 3 반복을 통해 평균값과 표준편차를 통해서 비교하였고, 각 실험값의 샘플 간의 유의적 차이는 Tukey's multiple test( $P < 0.05$ )를 이용하였으며, SAS 프로그램(Statistical Analysis System, Version 9.0, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)을 통해 나타내었다. 전자혀 분석에서 진행되는 다변량 분석은 판별함수분석(Discriminant function analysis, DFA)과 주성분 분석(principal component analysis, PCA)을 통해서 샘플과 개별 맛 성분 간의 패턴을 확인하였다(Kim et al. 2018).



그림 35. 전자혀 모식도

#### 나) 결과

고추냉이의 부위별 추출용매에 따른 맛 성분의 차이를 전자혀를 통해 확인하였고, 그림. 에 나타내었다. 앞에서 sourness의 경우 물 추출의 경우가 50% ACN 경우보다 다소 높았으며, saltiness의 경우 역시 비슷한 경향을 나타내었다. 하지만 umami, sweetness, 그리고 bitterness에서는 오히려 물 추출보다 50% ACN의 경우가 더 강하게 나타났다. 엽병의 경우 다른 부위인 잎과 근경보다 saltiness와 umami가 강하게 나타났으며, 추출용매나 추출온도에 의한 차이는 발견되지 않았다. AITC는 휘발성이 매우 강해 고추, 마늘과는 달리 매운 느낌이 입안에 오래 남지 않고 바로 사라지는 특징이 있으며, 처음에는 단맛을, 다음은 강한 매운맛을 마지막으로 약간의 쓴맛을 남기게 되는 이유가 고추냉이의 pungent principle이 생성되는 과정에 의한 것으로 이러한 맛의 생성에 대한 메커니즘은 sigrinine이 myrosinase에 의하여 가수분해되면서 단맛을 내는 glucose와 쓴맛을 내는 황화수소 칼륨 및 매운맛을 내는 AITC가 생성하는 것으로 알려져 있다.

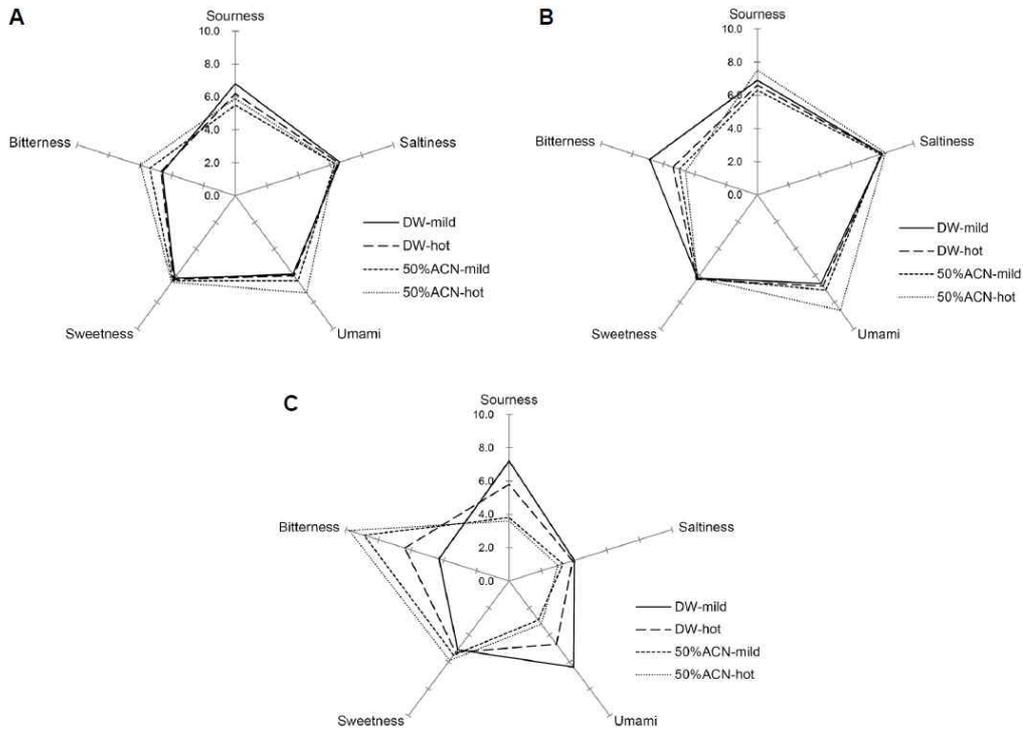


그림 36. 전자혀를 이용한 고추냉이 부위별 추출조건에 따른 맛 성분 (A)잎, (B)엽병, (C)근경

개별 맛 성분이 나타내는 정보를 이용하여 principal component analysis (PCA)를 통한 loading plot을 생성하였고 그림 37.에 나타내었다. Loading plot의 결과 PC1(49.02%)에 positive correspondence한 맛 성분은 sweetness가 가장 크고 그 다음으로 saltiness와 sourness가 확인되었으며, negative correspondence한 성분은 umami와 bitterness가 확인되었다. PC2(37.45%)에서는 saltiness를 제외한 umami, sourness, bitterness, 그리고 sweetness가 positive correspond한 것으로 나타났다.

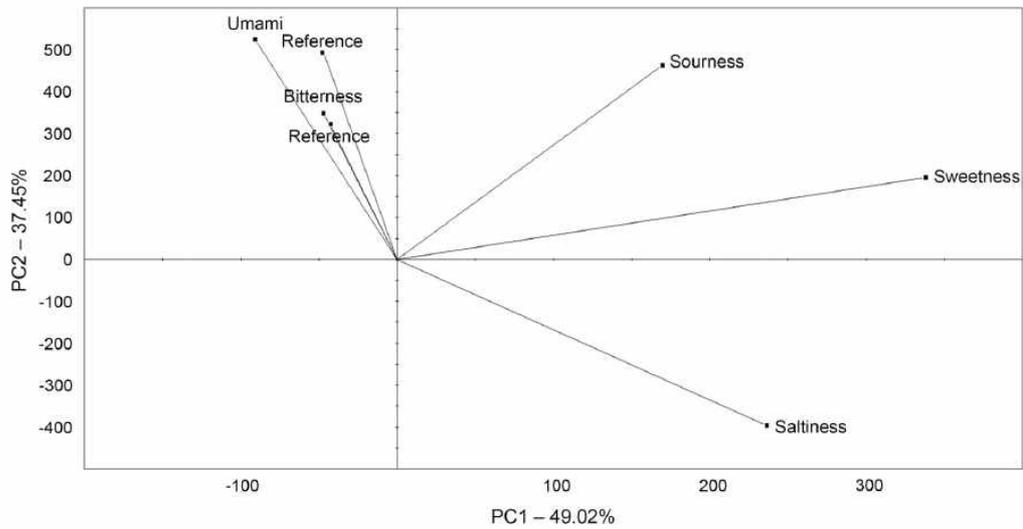


그림 37. Loading plot으로 분석한 전자혀를 통한 맛성분 분석

Loading plot에서 나타난 개별 맛 성분의 pattern을 이용하여 고추냉이 추출물 각각의 분포 특성을 나타내기 위해 discriminant function analysis plot 으로 나타내어 그림. 에 제시하였다. DF1(83.26%)에 positive correspondence한 근경과 negative correspondence한 엽병의 명확한 cluster가 확인되었으며, 근경과 엽병의 중간지점에서 잎의 cluster가 분포하였다. 하지만 DF2 (14.05%)에 의한 분포에서는 잎에서 물 추출(code A와 B) 과 50% ACN 추출(code C와 D)에 의한 구분이 확인되었다. 또한 엽병에서도 물 추출(code E와 F)과 50% ACN 추출(code G와 H)에 의한 구분도 확인되었다. 근경을 제외한 잎과 엽병에서 개별 맛 성분을 통해 부위별 clustering이 가능한 결과를 보여주었다. 전자혀 분석에 의한 맛 성분의 결과는 고추냉이의 부위별 다양한 성분들의 복합적인 맛 성분의 표현에 의한 것으로 판단되며, 이러한 복합적인 맛 성분을 개별의 sensor가 표현한 것으로 해석된다.

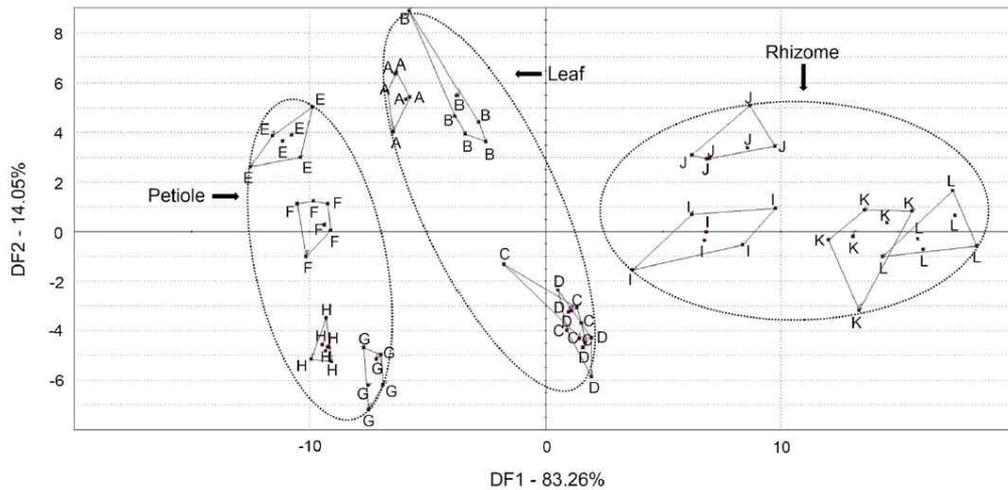


그림 38. Discriminant function analysis를 이용한 각 부위별 추출조건에 따른 맛 성분 패턴의 분석 A: leaf-DW-mild, B: leaf-DWhot, C: leaf-50% ACN-mild, D: leaf-50% ACN-hot, E: petiole-DW-mild, F: petiole-DW-hot, G: petiole-50% ACN-mild, H: petiole-50% ACN-hot, I: rhizome-DW-mild, J: rhizome-DW-hot, K: rhizome-50% ACN-mild, and L: rhizome-50% ACN-hot

Jeon 등(2017)의 연구에 의하면 식품의 맛을 평가할 때는 주로 관능검사를 이용하는데, 특히 식품의 특성을 분석하고자 인간의 감각기관을 이용하며 훈련된 패널을 통한 묘사분석을 주로 이용한다. 최근 들어 전자혀 시스템을 관능평가의 또 다른 수단으로 이용하게 되는데, 이러한 연구는 패널을 통한 연구에 어려움이 있을 경우 화학센서를 이용한 센서 반응값을 통하여 인간이 느끼는 기본적인 맛 성분(단맛, 쓴맛, 짠맛, 감칠맛, 신맛)에 대한 객관적이고 빠른 시간 내에 결과를 얻기 위해 많은 연구자가 이용하는 수단이라고 밝히고 있다. 따라서 전자혀를 통한 각 부위에서 나타내는 맛 성분을 이용하여 각 부위에 대한 식품소재로서의 이용에서 기초결과로 활용 할 수 있다고 판단된다.

## 2-6. 고추냉이의 추출방법에 따른 특수 성분 및 향미성분 검토

### 1) Sinigrin과 AITC 함량 분석

#### 가) 재료 및 방법

부위별 sinigrin과 AITC 함량을 확인하기 위해 Tsao등의 방법(2002)을 변형하여 사용하였다. 동결 건조된 고추냉이 1g을 100 mL의 50% acetonitrile과 혼합하여, 100 °C에서 1시간 환류냉각을 통한 가열을 통해 추출액을 획득하여, 이를 HPLC를 이용하여 분석하였다. 연구에 사용된 HPLC는 Agilent 1100 series를 이용하였고, sinigrin의 경우 UV 검출기 228 nm에서 확인하였고, AITC는 242 nm에서 확인하였다. 컬럼은 C18 Discovery (25 cm × 4.6 mm, 5 μm, Supelco Co., Bellefonte, PA, USA))을 사용하였다. 이동상은 0.025 M NH<sub>4</sub>OAc (pH6.75) (A)와 acetonitrile (B)를 사용하여 유속 1 mL/min의 속도로 12분간 흘려주었다. 이동상 시스템은 99% A / 1% B를 2분간 흘려주었고, 50% A / 50% B의 비율로 0.5분간 상승시킨 후, 7.5분간 유지하였다. 다시 99% A / 1% B를 12분까지 유지하였다. 20μL를 주입하여 3반복을 통해 결과를 확인하였다.

#### 나) 결과

고추냉이의 부위에서 가장 높은 sinigrin의 함량을 보이는 rhizome에서 여러 가지 추출방법에 따른 sinigrin의 함량을 표 20에서 나타내었고, 각각의 chromatogram은 그림 25-27에 나타내었다. 추출방식은 실온수 추출(DW cool), 열수 추출(DW hot), 50% acetonitrile의 실온 추출(50% ACN cool), 그리고 50% acetonitrile의 열수 추출(50% ACN hot)을 이용하였다. 4가지 추출에서 leaf의 경우 실온수 추출(DW cool)과 열수 추출(DW hot)에서는 sinigrin이 나타나지 않았으며, 50% acetonitrile의 실온 추출 (50% ACN cool)과 50% acetonitrile의 열수 추출(50% ACN hot)에서 12.14±0.11 mg/g과 11.76±0.13 mg/g을 확인하였다. Petiole의 경우에서도 실온수 추출(DW cool)과 열수 추출(DW hot)에서는 sinigrin이 나타나지 않았으며, 50% acetonitrile의 실온 추출 (50% ACN cool)과 50% acetonitrile의 열수 추출(50% ACN hot)에서 10.48±0.01 mg/g과 10.36±0.10 mg/g을 확인하였다. Rhizome의 경우에서도 실온수 추출(DW cool)과 열수 추출(DW hot)에서는 sinigrin이 나타나지 않았으며, 50% acetonitrile의 실온 추출 (50% ACN cool)과 50% acetonitrile의 열수 추출(50% ACN hot)에서 25.10±0.43 mg/g과 51.62±0.35 mg/g을 확인하였고, 동일한 추출방식일 때 50% acetonitrile의 실온 추출 (50% ACN cool)과 50% acetonitrile의 열수 추출(50% ACN hot)에서 모두 leaf와 petiole에서 얻어진 값보다 유의적으로 높은 함량을 확인하였다(P<0.05).

고추냉이의 부위에서 가장 높은 AITC의 함량을 보이는 rhizome에서 여러 가지 추출방법에 따른 AITC의 함량을 표 21에서 나타내었고, 각각의 chromatogram은 그림 25-27에 나타내었다. 추출방식은 실온수 추출(DW cool), 열수 추출(DW hot), 50% acetonitrile의 실온 추출 (50% ACN cool), 그리고 50% acetonitrile의 열수 추출(50% ACN hot)을 이용하였다.

표 28. Sinigrin contents in *Wasabia japonica* (mg/g).

	<i>Wasabia japonica</i>		
	Leaf	Petiole	Rhizome
DW cool	ND	ND	ND
DW hot	ND	ND	ND
50% ACN cool	12.14±0.11bA	10.48±0.01cA	25.10±0.43aB
50% ACN hot	11.76±0.13bB	10.36±0.10cA	51.62±0.35aA

Data represents the mean±SD in triplicate. <sup>1)</sup>Means with different small letters(a, b, and c) within the same row (different parts with same method) and means with different capital letters(A, and B) within the same column (different methods within each part) are significantly different by Tukey's multiple range test ( $P<0.05$ ).

4가지 추출에서 leaf의 경우 실온수 추출(DW cool)과 열수 추출(DW hot)에서  $0.59\pm 0.02$  mg/g과  $0.15\pm 0.01$  mg/g을 확인하였고, 50% acetonitrile의 실온 추출 (50% ACN cool)과 50% acetonitrile의 열수 추출(50% ACN hot)에서  $0.28\pm 0.01$  mg/g과  $0.23\pm 0.01$  mg/g을 확인하였다. 앞서 sinigrin의 결과와 같이 증류수 추출보다 50% acetonitrile 용액의 추출에서 높은 AITC의 함량을 확인하였다. Petiole의 경우 실온수 추출(DW cool)과 열수 추출(DW hot)에서  $0.09\pm 0.01$  mg/g과  $0.07\pm 0.01$  mg/g을 확인하였고, 50% acetonitrile의 실온 추출 (50% ACN cool)과 50% acetonitrile의 열수 추출(50% ACN hot)에서  $0.00$  mg/g과  $0.28\pm 0.01$  mg/g을 확인하였다. Petiole의 경우는 50% acetonitrile의 실온 추출 (50% ACN cool)에서는 확인되지 않았다. Rhizome의 경우 실온수 추출(DW cool)과 열수 추출(DW hot)에서  $6.98\pm 0.06$  mg/g과  $0.00$  mg/g을 확인하였고, 50% acetonitrile의 실온 추출 (50% ACN cool)과 50% acetonitrile의 열수 추출(50% ACN hot)에서  $1.19\pm 0.04$  mg/g과  $0.22\pm 0.01$  mg/g을 확인하였다. 동일한 증류수와 50% acetonitrile 용액에서 추출조건이 열처리를 하지 않았을 때 상대적으로 높은 함량을 확인하였다. 이러한 결과는 열처리 과정에서 AITC의 상당부분이 소실되었을 가능성을 제기할 수 있다. 환류 냉각장치를 사용해서 진행하지만, 상당부분이 소실될 가능성이 있을 것으로 판단된다.

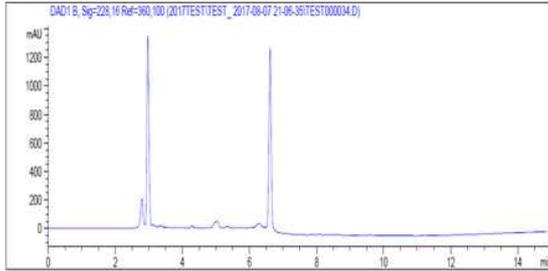
표 29. AITC contents in *Wasabia japonica* (mg/g)

	<i>Wasabia japonica</i>		
	Leaf	Petiole	Rhizome
DW cool	$0.59\pm 0.02$ bA	$0.09\pm 0.02$ cB	$6.98\pm 0.06$ aA
DW hot	$0.15\pm 0.01$ aD	$0.07\pm 0.01$ bB	ND
50% ACN cool	$0.28\pm 0.01$ bB	ND	$1.19\pm 0.04$ aB
50% ACN hot	$0.23\pm 0.01$ bC	$0.28\pm 0.01$ aA	$0.22\pm 0.01$ bC

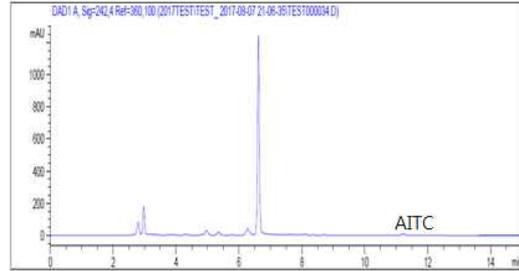
Data represents the mean±SD in triplicate. <sup>1)</sup>Means with different small letters(a, b, and c) within the same row (different parts using same extraction method) and means with different capital letters(A, B, C, and D) within the same column (different extraction methods within each part) are significantly different by Tukey's multiple range test ( $P<0.05$ ).

DW 상온

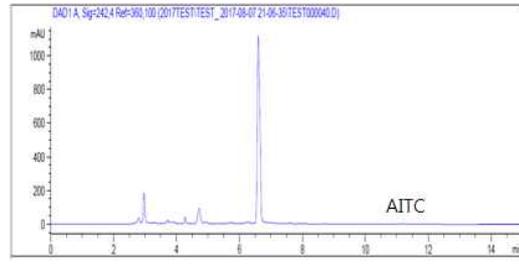
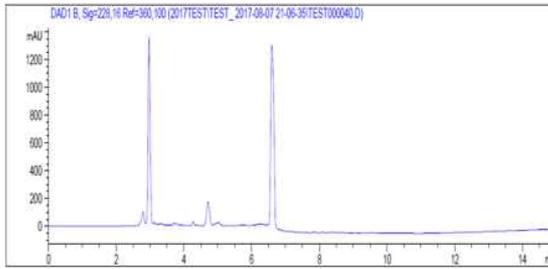
Sinigrin : 3.8min



AITC : 11.7min

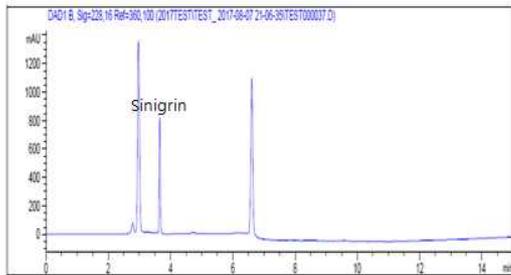


DW 열

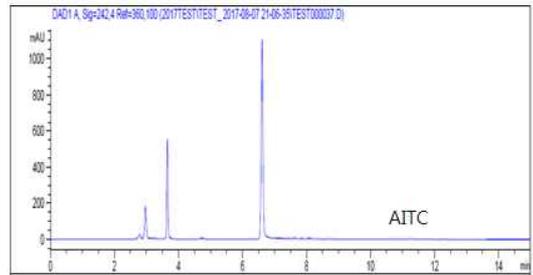


50% ACN 상온

Sinigrin : 3.8min



AITC : 11.7min



50% ACN 열

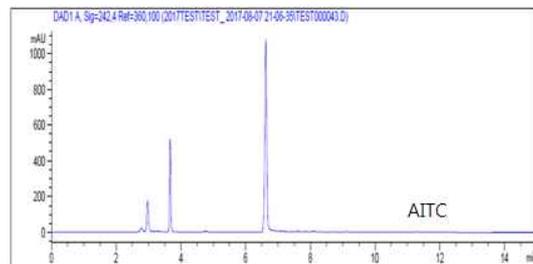
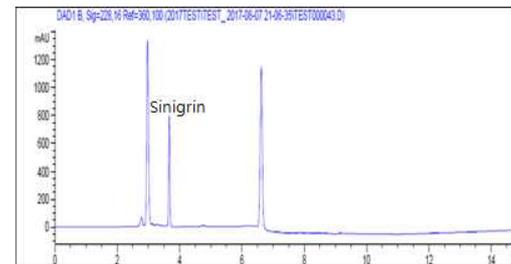
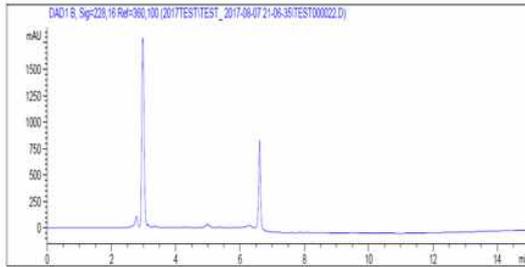


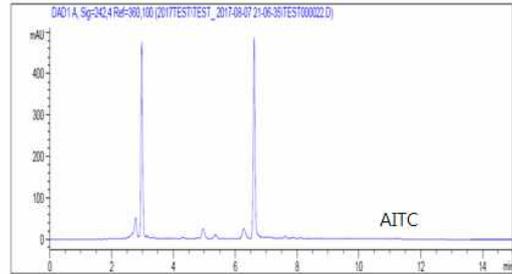
그림 39. Chromatograms of leaf by various extraction methods

DW 상온

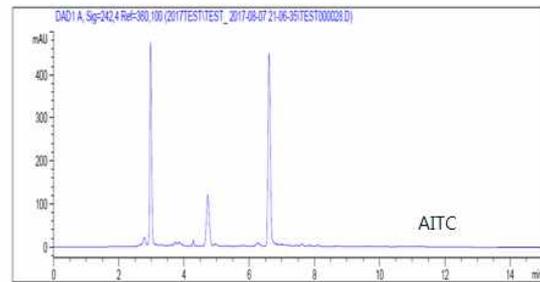
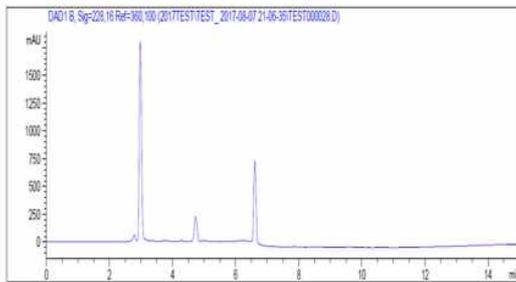
Sinigrin : 3.8min



AITC : 11.7min

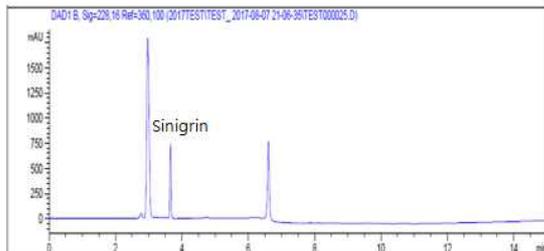


DW 열

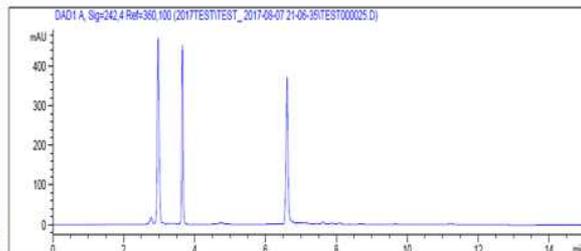


50%ACN 상온

Sinigrin : 3.8min



AITC : 11.7min



50% ACN 열

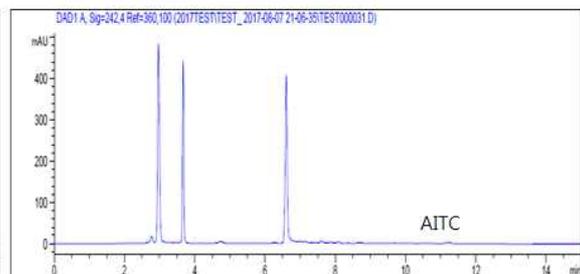
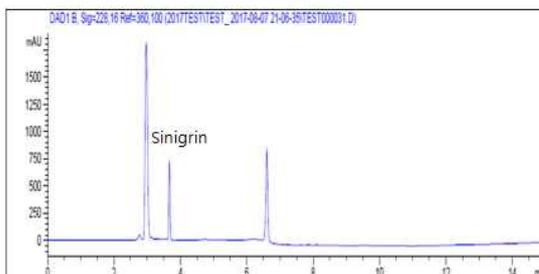
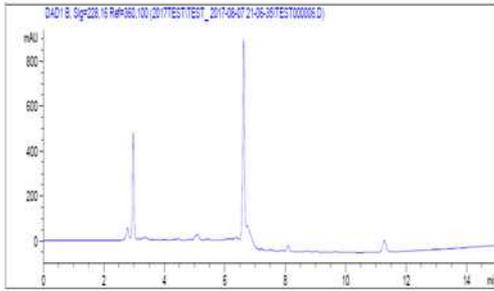


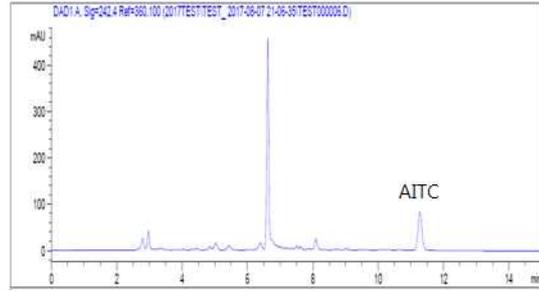
그림 40. Chromatograms of petiole by various extraction methods

DW 상온

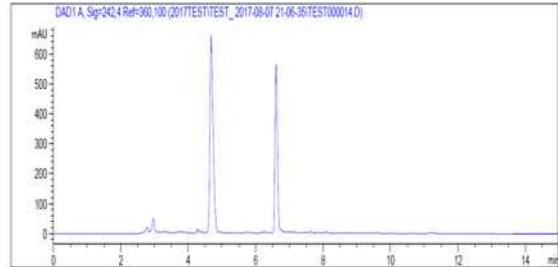
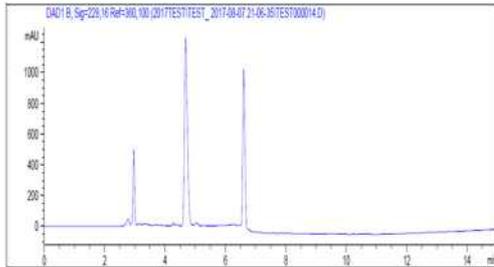
Sinigrin : 3.8min



AITC : 11.7min

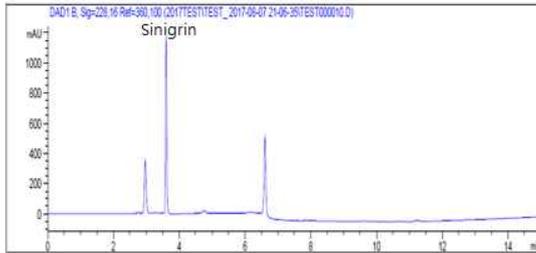


DW 열

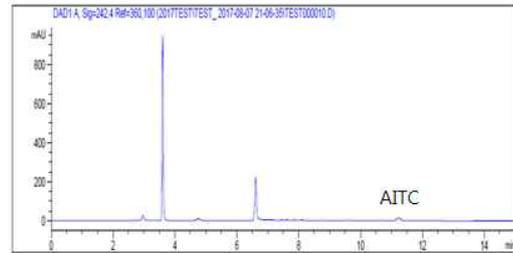


50% ACN 상온

Sinigrin : 3.8min



AITC : 11.7min



50% ACN 열

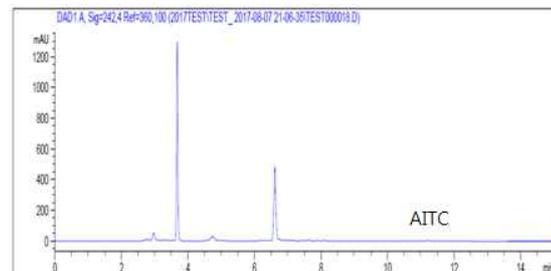
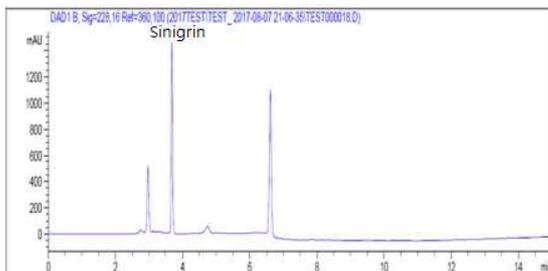


그림 41. Chromatograms of rhizome by various extraction methods

## 2) 총페놀 함량 및 항산화력

### 가) 재료 및 방법

추출방법에 따라 분류된 부위별 고추냉이 획분에 함유된 총페놀 함량은 Folin-Ciocalteu's의 방법(15)에 따라 측정하였다. 동결건조 시료를 1 mg/mL로 증류수로 희석시킨 후 그 중 40 µL에 증류수 200 µL를 첨가하여 여기에 2N Folin-Ciocalteu's reagent(Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA) 200 µL를 넣은 후 30초간 혼합하였다. 이 용액에 30% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>(Sigma-Aldrich Co.) 600 µL와 증류수 160 µL를 가하고 혼합하여 25°C에서 2시간 동안 정치 반응한 후 750 nm에서 흡광도를 측정하였다. 총페놀함량을 정량하기 위해 사용된 표준물질로는 gallic acid를 사용하여 0-500 µg/mL 농도로 하여 샘플과 동일한 방법으로 분석하여 얻은 검량선으로 부터 총 폴리페놀 함량을 산출하였다.

부위별 고추냉이의 항산화력은 DPPH(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl)를 이용하여 radical scavenging activity를 이용하여 측정하였다(16). 건조된 고추냉이를 추출방법에 따라 분류된 획분을 농도별(200, 400, 600, 800 µg/mL)로 희석한 후 시료용액 80 µL에 0.2 mM의 DPPH 용액(dissolved in 99% ethanol, Sigma-Aldrich Company) 320 µL를 넣고 교반한 후 37°C에서 30분간 방치한 다음 517 nm에서 흡광도를 측정하였으며, 다음의 식에 대입하여 항산화력을 측정하였다.

$$\text{Radical scavenging activity(\%)} = (1 - \text{시료 첨가구의 흡광도} / \text{시료 무첨가구의 흡광도}) \times 100$$

또한 Radical scavenging activity를 토대로 IC<sub>50</sub> (소거능의 50%에 해당하는 샘플의 함량)을 계산하였다.

### 나) 결과

고추냉이의 부위에서 여러 가지 추출방법에 따른 총페놀의 함량을 표 30에서 나타내었다. 네가지 추출에서 leaf의 경우 실온수 추출(DW cool)과 열수 추출(DW hot)에서 0.11±0.01 mg/g과 0.12±0.03 mg/g을 확인하였고, 50% acetonitrile의 실온 추출 (50% ACN cool)과 50% acetonitrile의 열수 추출(50% ACN hot)에서 0.15±0.02 mg/g과 0.13±0.02 mg/g을 확인하였다. 앞서 sinigrin의 결과와 같이 증류수 추출보다 50% acetonitrile 용액의 추출에서 높은 총페놀의 함량을 확인하였다. Petiole의 경우 실온수 추출(DW cool)과 열수 추출(DW hot)에서 0.05±0.01 mg/g과 0.04±0.02 mg/g을 확인하였고, 50% acetonitrile의 실온 추출 (50% ACN cool)과 50% acetonitrile의 열수 추출(50% ACN hot)에서 0.04±0.01 mg/g과 0.04±0.01 mg/g을 확인하였다. Petiole의 경우는 50% acetonitrile의 실온 추출 (50% ACN cool)에서는 유의적인 차이는 확인되지 않았다(P>0.05). Rhizome의 경우 실온수 추출(DW cool)과 열수 추출(DW hot)에서 0.05±0.01 mg/g과 0.03±0.02 mg/g을 확인하였고, 50% acetonitrile의 실온 추출 (50% ACN cool)과 50% acetonitrile의 열수 추출(50% ACN hot)에서 0.04±0.01 mg/g과 0.04±0.02 mg/g을 확인하였다. 전체적으로 4가지 추출방식에 대한 부위별 비교에서도 앞서 언급한 바와 같이 leaf에서 가장 높은 총페놀 함량을 확인하였다.

표 30. Total phenol contents in *Wasabia japonica*.

	<i>Wasabia japonica</i>		
	Leaf	Petiole	Rhizome
DW cool	0.11±0.01 <sup>a</sup>	0.05±0.01 <sup>b</sup>	0.05±0.01 <sup>b</sup>
DW hot	0.12±0.03 <sup>a</sup>	0.04±0.02 <sup>b</sup>	0.03±0.02 <sup>b</sup>
50% ACN cool	0.15±0.02 <sup>a</sup>	0.04±0.01 <sup>b</sup>	0.04±0.01 <sup>b</sup>
50% ACN hot	0.13±0.02 <sup>a</sup>	0.04±0.01 <sup>b</sup>	0.04±0.02 <sup>b</sup>

Data represents the mean±SD in triplicate. <sup>1)</sup>Means with different letters within the same row are significantly different by Tukey' s multiple range test ( $P<0.05$ ).

고추냉이의 부위에서 여러 가지 추출방법에 따른 항산화능의 정도를 표 31에서 나타내었다. 4 가지 추출에서 leaf의 경우 실온수 추출(DW cool)과 열수 추출(DW hot)에서 6.72±0.77 %와 8.82±0.62%를 확인하였고, 50% acetonitrile의 실온 추출 (50% ACN cool)과 50% acetonitrile의 열수 추출(50% ACN hot)에서 7.47±0.12%와 3.14±1.83%를 확인하였다. 앞서 sinigrin의 결과와는 달리 증류수 추출보다 50% acetonitrile 용액의 추출에서 낮은 항산화능을 확인하였다. 하지만 유의적인 차이( $P>0.05$ )는 발견되지 않았다. Petiole의 경우 실온수 추출(DW cool)과 열수 추출(DW hot)에서 2.05±0.26%와 3.17±1.61%를 확인하였고, 50% acetonitrile의 실온 추출 (50% ACN cool)과 50% acetonitrile의 열수 추출(50% ACN hot)에서 3.43±0.54%와 3.13±0.68%를 확인하였다. Petiole의 경우는 모든 추출조건에서 leaf에서 보다도 유의적인 차이로 낮게 확인되었다 ( $P<0.05$ ). Rhizome의 경우 실온수 추출(DW cool)과 열수 추출(DW hot)에서 2.62±1.49%와 1.60±0.62%를 확인하였고, 50% acetonitrile의 실온 추출 (50% ACN cool)과 50% acetonitrile의 열수 추출(50% ACN hot)에서 2.96±0.80%와 4.43±0.48%를 확인하였다. 전체적으로 4가지 추출방식에 대한 부위별 비교에서도 앞서 언급한 바와 같이 leaf에서 가장 높은 항산화능을 확인하였고, 총페놀 함량의 결과와 동일한 패턴을 보이는 것으로 미루어 볼 때 총페놀 함량이 항산화능과 positive한 correlation이 있을 것으로 판단된다.

표 31. Radical scavenging activity in *Wasabia japonica* (%)

	<i>Wasabia japonica</i>		
	Leaf	Petiole	Rhizome
DW cool	6.72±0.77 <sup>a</sup>	2.05±0.26 <sup>b</sup>	2.62±1.49 <sup>b</sup>
DW hot	8.82±0.62 <sup>a</sup>	3.17±1.61 <sup>b</sup>	1.60±0.62 <sup>c</sup>
50% ACN cool	7.47±0.12 <sup>a</sup>	3.43±0.54 <sup>b</sup>	2.96±0.80 <sup>b</sup>
50% ACN hot	3.14±1.83 <sup>b</sup>	3.13±0.68 <sup>b</sup>	4.43±0.48 <sup>a</sup>

Data represents the mean±SD in triplicate. <sup>1)</sup>Means with different letters within the same row are significantly different by Tukey' s multiple range test ( $P<0.05$ ).

#### 4) 전자혀(Electronic tongue)를 이용한 맛 성분 탐색

##### 가) 재료 및 방법

부위별 고추냉이 추출물의 식음료소재로의 활용 잠재력을 탐구하기 위해 각 고추냉이 추출물을 전자혀 센서 장비(ASTREE electronic tongue II, Alpha MOS, Toulouse, France)를 이용하였다. 전자혀 분석 장치는 7가지 sensor를 가진 module(Sensor array # 5, Alpha MOS, Toulouse, France)을 사용하였으며 7가지 sensor 중 SPS와 GPS sensor는 standard로서 성분 분석보다는 보정용으로 사용하였으며, SRS(신맛), STS (짠맛), UMS (감칠맛), SWS (단맛), BRS (쓴맛)을 대표하는 5가지 sensor를 사용하였다. 2개의 보정용 센서와 5가지 맛성분에 기인하는 sensor는 각각의 sensor response의 정도에 따라 0-12의 범위를 갖는 맛 스코어로 변환하여, 종합적 맛 성분 분포를 확인하였다. 시료는 1%의 농도로 초순수 증류수에 희석한 후 여과지(Whatman No. 1, Whatman, Kent, UK)를 이용하여 sensor와의 반응을 방해하는 불용성의 particle를 제거한 순수 시료 100 mL을 분석용 유리용기에 담아 맛 성분 측정기에 놓았다. 모든 시료는 7회 반복하여 실시하였으며 단일 샘플의 분석 후 sensor는 rinsing 과정을 통해 이전 샘플에 대한 잔여 맛성분을 완전히 제거한 후 실험을 진행하였다. 성분에 대한 통계 처리에는 radar plot을 통해 개별 맛 성분간의 비교를 제시하였다.

##### 나) 결과

고추냉이의 부위에서 여러 가지 추출방법에 따른 맛 성분의 변화를 표 32에 나타내었다. 4가지 추출에서 leaf의 경우 실온수 추출(DW cool)에서 가장 높은 신맛을 확인하였고, 짠맛은 추출방법에 따른 차이를 거의 나타내지 않았고, Umami의 경우 50% acetonitrile의 실온 추출 (50% ACN cool)과 50% acetonitrile의 열수 추출(50% ACN hot)에서 우수한 값 7.9 및 7.4를 나타내었다. 또한 50% acetonitrile의 실온 추출 (50% ACN cool)과 50% acetonitrile의 열수 추출(50% ACN hot)에서 상대적으로 높은 단맛과 쓴맛을 확인하였다. Petiole의 경우 50% acetonitrile의 열수 추출(50% ACN hot)에서 상대적으로 높은 신맛을 확인하였고, 짠맛의 경우는 추출방법과는 연관이 높지 않았다. 하지만 3가지 부위에서는 가장 높은 짠맛의 정도를 나타내었다. Umami의 경우 50% acetonitrile의 실온 추출 (50% ACN cool)과 50% acetonitrile의 열수 추출 (50% ACN hot)에서 우수한 값 8.2 및 9.8을 나타내었다. 단맛의 경우는 증류수 추출이 50% acetonitrile 용액 추출보다는 다소 높았고, 쓴맛을 일정한 패턴을 나타내지 않았다. Rhizome의 경우 증류수 추출이 50% acetonitrile 용액 추출보다는 높은 신맛을 나타내었고, 짠맛의 경우는 앞의 두 부위와 같은 결과로 추출방법과는 차이를 보이지 않았다. Umami와 단맛의 경우 추출 방법과는 연관이 낮았으며, 쓴맛의 경우는 증류수 추출보다는 50% acetonitrile 용액 추출에서 강하게 확인되었다. 본 연구는 맛 성분에 따른 다양한 추출방법과 고추냉이의 부위를 확인하여, 필요성에 맞는 부위나 추출법을 이용하는데 기초 데이터로 제공될 것으로 판단된다.

표 32. Sensory data of Wasabia japonica parts by electronic tongue.

		Sourness	Saltiness	Umami	Sweetness	Bitterness
Leaf	DW cool	7.6	6.6	5.2	5.9	4.9
	DW hot	6.5	6.6	5.6	5.9	5.1
	50%ACN cool	6.0	6.3	7.9	6.2	6.2
	50%ACN hot	6.9	6.5	7.4	6.3	6.3
Petiole	DW cool	6.5	7.2	6.1	6.2	5.0
	DW hot	6.3	7.4	6.1	6.1	4.6
	50%ACN cool	6.4	7.4	8.2	5.6	6.2
	50%ACN hot	8.1	7.5	9.8	5.9	5.4
Rhizome	DW cool	6.8	4.4	5.0	6.4	5.5
	DW hot	5.3	4.2	3.1	8.6	5.8
	50%ACN cool	2.9	4.0	3.6	8.9	8.3
	50%ACN hot	2.7	4.0	4.0	5.9	8.2

## 2-7. 고추냉이의 추출방법에 따른 항균력 검토

### 1) 항균력 실험

#### 가) 재료 및 방법

고추냉이의 추출방법에 따른 항균력을 확인하기 위해 배지를 통한 세균수를 확인하였다. 다양한 식품의 적용을 위해 4가지 식품군(두부, 소시지, 어묵, 맛살)을 선정하였다. 실험 전 실험에 이용되는 피펫팁, Test tube (증류수 9 mL), Sample 병 (증류수 90 mL), 등 필요한 기구는 Auto clave에 121°C 15 분간 멸균하였으며, 고추냉이 획분별로 추출액을 sample 에 1% 상당 넣고 균질화 시켰다. 균질화된 sample 10 g을 sample 병에 넣고 교반한다. 10배 희석된 용액을 test tube 에 1 mL 넣고 희석하고, 100배 희석을 위해 용액을 test tube 에 1 mL 넣고 희석한다. 반복적인 희석을 통해 1,000배 희석된 용액을 실험에 사용하였고, 실험 진행에 따라 필요하다 판단될 시 추가 희석을 통해 균수를 확인하였다. 사용된 Petri film에 추출물 1 mL을 접종 후 누름판으로 충분히 눌러서 분산시키고 incubator에 35±1°C 배양하였다 (48시간). Sample을 35±1°C 에서 2~3시간 배양 후 순차적으로 측정하여 추출방법에 따른 항균력을 확인하였다.

#### 나) 결과

고추냉이의 rhizome을 이용한 추출조건에 따른 항균력 효능에 대해서 시중에 시판되는 식품을 선별하여 항균력을 확인하였다(표 25-28, 그림 28-31). 어묵을 이용한 일반세균수를 확인한 결과 2회 측정시까지는 세균이 검출되지 않았고, 3번째 측정시 부터 세균이 확인되었는데, 50%

acetonitrile의 열수 추출(50% ACN hot)에서 가장 우수한 항균력을 확인하였고, 실온수 추출(DW cool)과 열수 추출(DW hot)에서는 낮은 항균력을 확인하였다. 6번째 측정에서 실온수 추출(DW cool)과 열수 추출(DW hot)에서는 측정 불가능한 세균수가 확인되었다. 오히려 대조군보다 높은 세균수를 확인하였다 (표 33, 그림 42).

표 33. General bacteria in fish cake by rhizome extracted with various methods

Fish cake	Control	DW/Cool	DW/Hot	50%ACN/Cool	50%ACN/Hot
1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0
3	$4.6 \times 10^3$	$4.2 \times 10^3$	$9.5 \times 10^3$	$2.5 \times 10^3$	$6.0 \times 10^2$
4	$8.1 \times 10^3$	$6.2 \times 10^3$	$1.48 \times 10^4$	$5.3 \times 10^3$	$3.9 \times 10^3$
5	$2.8 \times 10^4$	$5.1 \times 10^4$	$6.5 \times 10^4$	$1.5 \times 10^4$	$5.0 \times 10^3$
6	$2.25 \times 10^6$	TNTC <sup>1</sup>	TNTC	$9.9 \times 10^5$	$2.4 \times 10^5$

<sup>1</sup> TNTC : Too Numerous To Count

두부를 이용한 세균수 측정에서 실온수 추출(DW cool), 열수 추출(DW hot), 50% acetonitrile의 실온 추출 (50% ACN cool), 그리고 50% acetonitrile의 열수 추출(50% ACN hot)을 비교해 볼 때 50% acetonitrile의 열수 추출(50% ACN hot)이 가장 우수한 항균력을 확인하였다(표 34, 그림 43).

표 34. General bacteria in bean curd by rhizome extracted with various methods

Bean curd	Control	DW/Cool	DW/Hot	50%ACN/Cool	50%ACN/Hot
1	$9.0 \times 10^2$	$4.0 \times 10^2$	$1.0 \times 10^3$	$6.0 \times 10^2$	$1.0 \times 10^3$
2	$4.7 \times 10^3$	$3.2 \times 10^3$	$6.5 \times 10^3$	$2.1 \times 10^3$	$1.9 \times 10^3$
3	$8.6 \times 10^4$	$8.1 \times 10^4$	$1.01 \times 10^5$	$5.1 \times 10^4$	$3.2 \times 10^4$

소시지를 이용한 세균수 측정에서 실온수 추출(DW cool), 열수 추출(DW hot), 50% acetonitrile의 실온 추출 (50% ACN cool), 그리고 50% acetonitrile의 열수 추출(50% ACN hot)을 비교해 볼 때 50% acetonitrile의 실온 추출 (50% ACN cool)과 50% acetonitrile의 열수 추출(50% ACN hot)이 우수한 항균력을 확인하였다. 하지만 앞서 언급한 두부나 어묵에 비해서 각 추출조건에 따른 항균력의 차이가 크지는 않았음을 확인할 수 있었다. 이러한 부분은 다른 식품에 비해서 지방의 함량이나 단백질 함량이 높아서 방부효과의 차이가 생기는 부분이라 판단된다. 또한 4번째 측정에서는 모든 그룹에서 측정이 불가할 정도의 많은 세균이 증식하였다. 고추냉이 추출물이 소시지의 항균력에 효능이 있는 것은 확인되나 타 식품에 비해서는 효능이 크지는 않은 것으로 판단된다(표 27, 그림 44).

표 35. General bacteria in sausage by rhizome extracted with various methods

Sausage	Control	DW/Cool	DW/Hot	50%ACN/Cool	50%ACN/Hot
1	$7.3 \times 10^3$	$4.1 \times 10^3$	$3.0 \times 10^3$	$3.0 \times 10^3$	$3.7 \times 10^3$
2	$5.8 \times 10^4$	$4.0 \times 10^4$	$3.7 \times 10^4$	$3.5 \times 10^4$	$3.1 \times 10^4$
3	$8.9 \times 10^4$	$5.4 \times 10^4$	$5.9 \times 10^4$	$4.6 \times 10^4$	$4.8 \times 10^4$
4	TNTC <sup>1</sup>	TNTC	TNTC	TNTC	TNTC

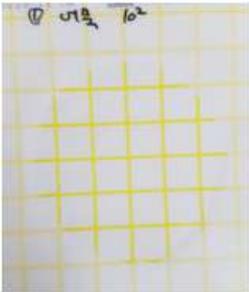
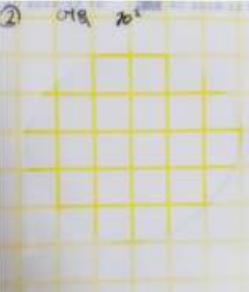
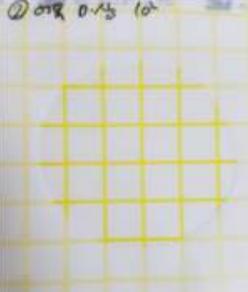
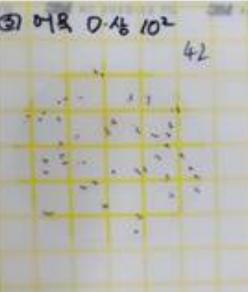
<sup>1</sup> TNTC : Too Numerous To Count

맛살을 이용한 세균수 측정에서 실온수 추출(DW cool), 열수 추출(DW hot), 50% acetonitrile의 실온 추출 (50% ACN cool), 그리고 50% acetonitrile의 열수 추출(50% ACN hot)을 비교해 볼 때 50% acetonitrile의 열수 추출(50% ACN hot)이 가장 우수한 항균력을 확인하였다. 실온수 추출(DW cool)과 열수 추출(DW hot)의 경우 대조군과의 비교에서 항균력의 효능이 매우 낮은 것을 확인하였다(표 28, 그림 45).

표 36. General bacteria in Razor-clam meat by rhizome extracted with various methods

Razor-clam meat	Control	DW/Cool	DW/Hot	50%ACN/Cool	50%ACN/Hot
1	$2.0 \times 10^3$	$1.4 \times 10^3$	$3.1 \times 10^3$	$1.8 \times 10^3$	$1.5 \times 10^3$
2	$2.8 \times 10^4$	$2.1 \times 10^4$	$3.8 \times 10^4$	$2.7 \times 10^4$	$1.9 \times 10^4$
3	$1.45 \times 10^5$	$1.57 \times 10^5$	$1.96 \times 10^5$	$1.21 \times 10^5$	$1.14 \times 10^5$

4가지 식품에 따른 항균력을 확인해 볼 때 sinigrin과 AITC의 함량이 높은 50% acetonitrile의 실온 추출 (50% ACN cool)과 50% acetonitrile의 열수 추출(50% ACN hot)에서 우수한 항균력 효능을 확인하였다. 증류수를 이용한 실온수 추출(DW cool)과 가열을 이용한 열수 추출(DW hot)에서는 효능이 미비하거나 오히려 대조군보다 더 높은 세균수가 검출된 것으로 확인된 결과 항균력을 이용한 고추냉이의 이용을 위해서는 sinigrin과 AITC의 함량이 높은 50% acetonitrile의 실온 추출 (50% ACN cool)과 50% acetonitrile의 열수 추출(50% ACN hot)을 통한 연구가 진행되어야 할 것으로 판단된다.

Fish cake	Control	DW/Cool	DW/Hot	50%ACN/Cool	50%ACN/Hot
1st					
2nd					
3rd					

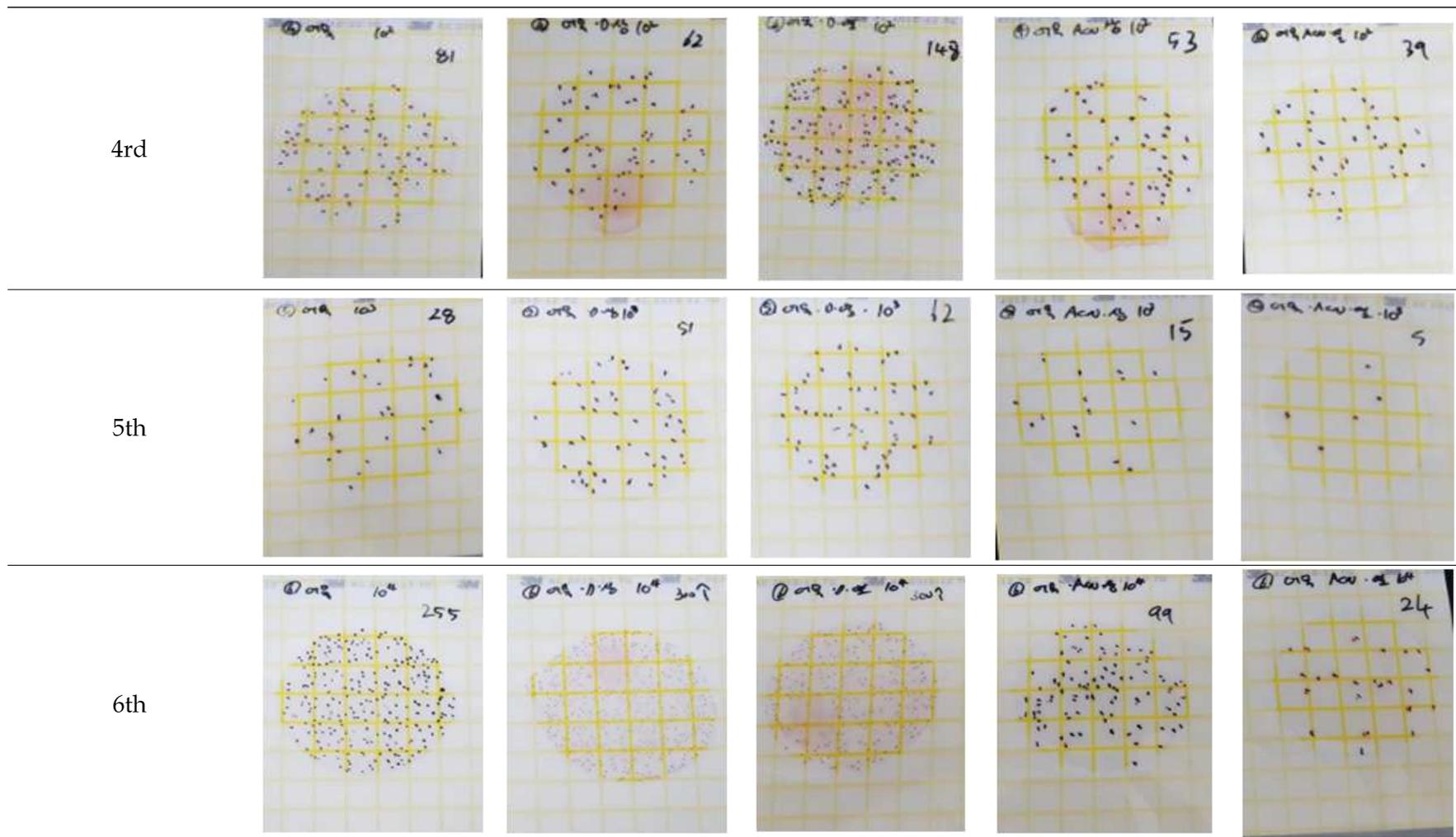


그림 42. Colony counting of general bacteria in fish-cake by rhizome extracted with various methods

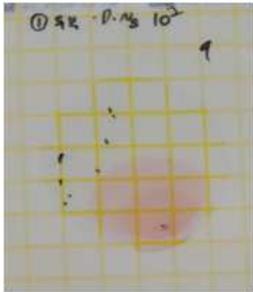
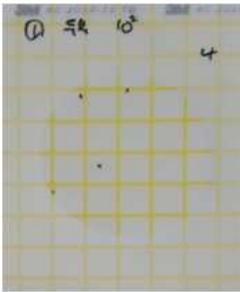
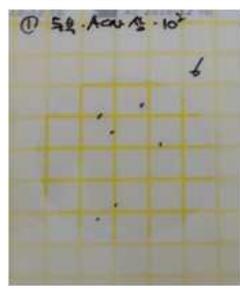
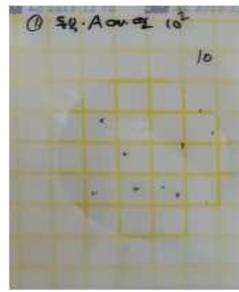
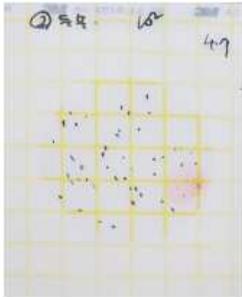
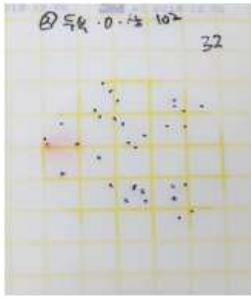
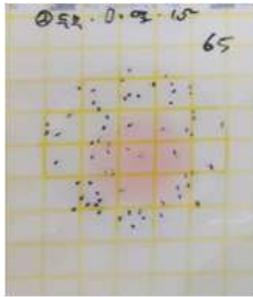
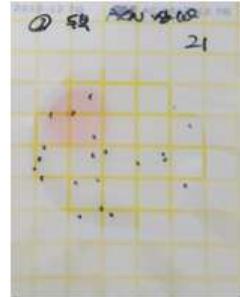
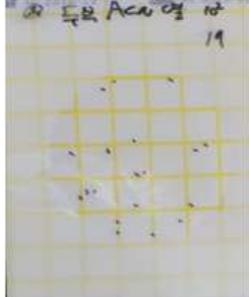
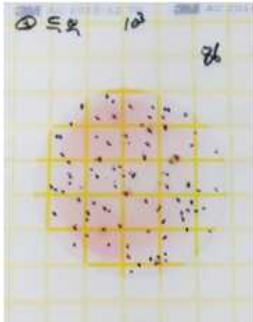
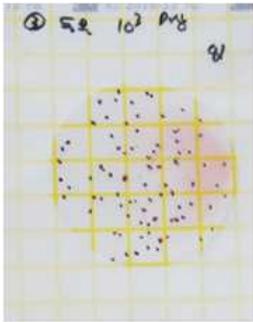
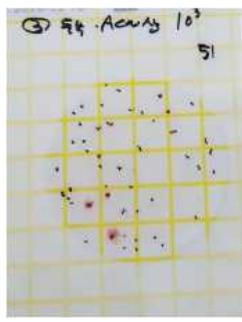
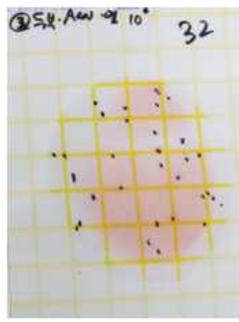
Bean curd	Control	DW/Cool	DW/Hot	50%ACN/Cool	50%ACN/Hot
1st					
2nd					
3rd					

그림 43. Colony counting of general bacteria in bean-curd by rhizome extracted with various methods

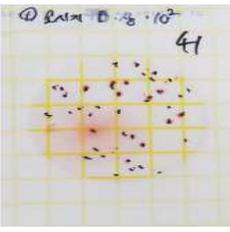
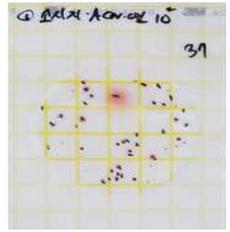
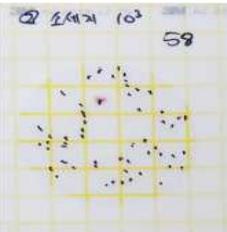
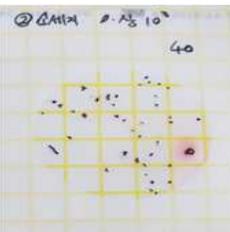
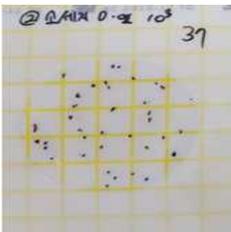
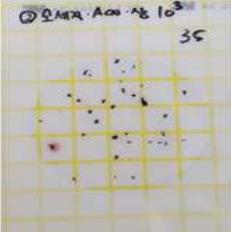
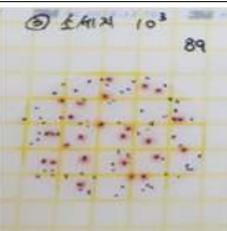
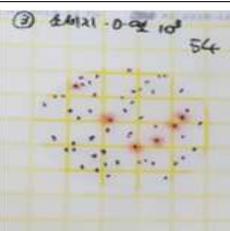
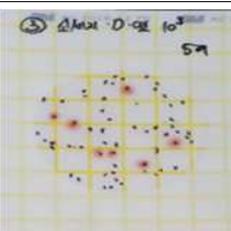
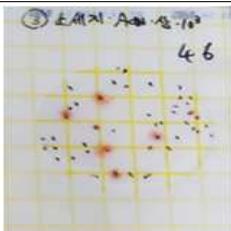
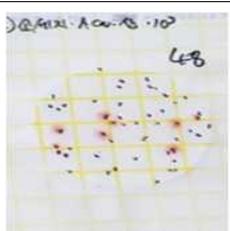
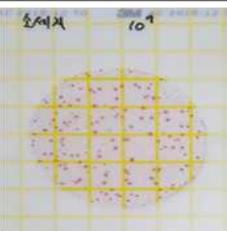
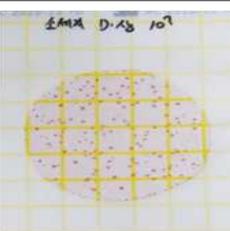
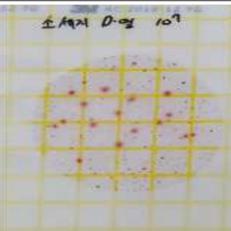
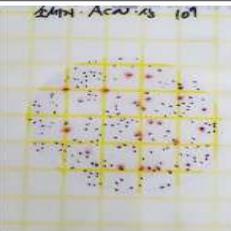
Sausage	Control	DW/Cool	DW/Hot	50%ACN/Cool	50%ACN/Hot
1st					
2nd					
3rd					
4rd					

그림 44. Colony counting of general bacteria in sausage by rhizome extracted with various methods

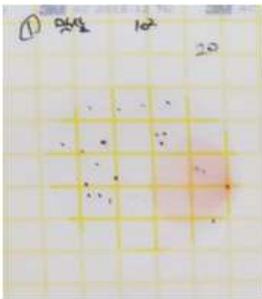
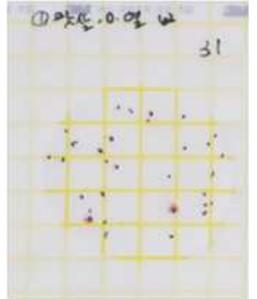
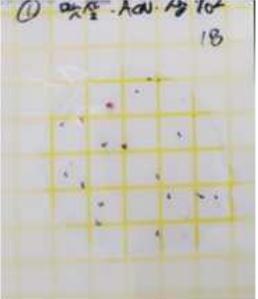
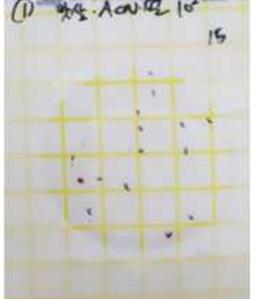
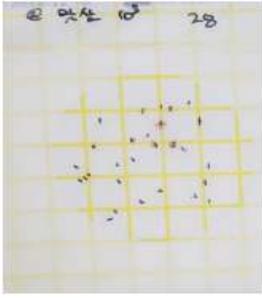
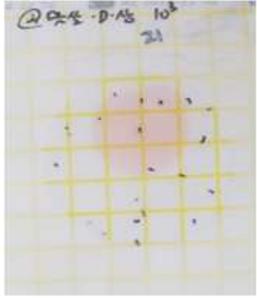
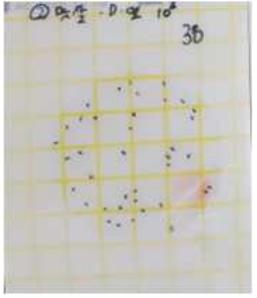
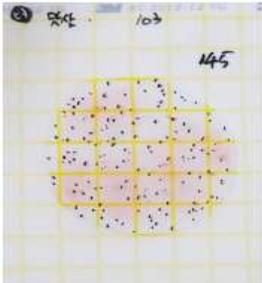
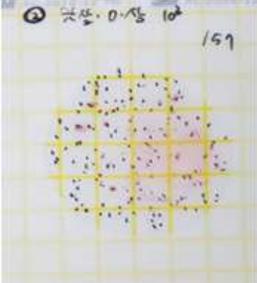
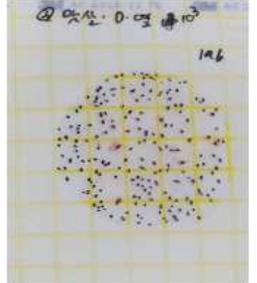
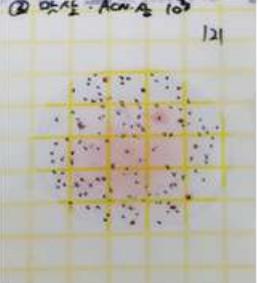
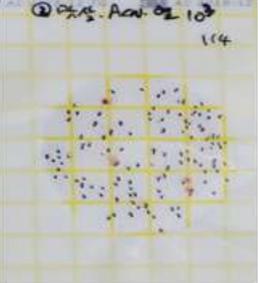
Razor-clam meat)	Control	DW/Cool	DW/Hot	50%ACN/Cool	50%ACN/Hot
1st					
2nd					
3rd					

그림 45. Colony counting of general bacteria in razor-clam meat by rhizome extracted with various methods

## 2) 고추냉이의 일반 보존제와의 상대적인 보존력 검토

오랜 역사를 거슬러 볼 때 인류는 식물소재를 통해 수천 년간 기능적 소재로 사용하였고 그 중 허브라고 불리는 향신료의 가치를 높게 평가하였다. 허브는 인간에게 유용하게 사용할 수 있는 식물의 총칭으로 사용되고 있다(Lee & Lee 1998.). 예로부터 허브는 서양요리에서 맛과 향을 증가시키고 불쾌한 냄새를 없애기 위한 향신료로 사용되었다(Cho 1998). 국내에서도 파, 마늘, 고추 등이 천연향신료로 사용되거나 쑥, 익모초, 결명자 그리고 창포 등이 민간요법으로 이용되었다. 일반적으로 식품첨가물로 사용하는 향신료는 식품의 기호성을 높이는 역할 이외에도 산화적 품질저하와 미생물에 의한 변패를 억제하는데 효과가 있는 것으로 알려지고 있다(Amr 1995). 또한 향신료에 속하는 많은 허브류 식물들이 다양한 향미를 가지고 있어 식품의 기호성을 증진시키는 작용이 경험적으로 인정되면서 건강식품으로서 많은 관심을 받고 있다(Cho 1998). 식품의 부패와 변질의 원인은 주로 미생물의 작용에 의해 일어나는 경우가 많은데, 이를 방지하기 위해 식품 보존료가 사용되어져 왔다(Jung 2001). 일반적으로 가열처리나 냉장 및 냉동 방법은 부패를 예방하는 효과가 있으나 식품의 품질 저하나 저장비용의 증가를 가져올 수 있으며, 합성 보존료의 경우는 그 안전성에 대한 우려나 부작용들이 계속적으로 알려져 있어 최근에는 건강에 대한 요구가 증가함에 따라 점차 사용량을 제한하려는 추세이다. 천연의 항균성 소재를 이용하여 식품에 첨가하여 보존료로 사용함으로써 저장성과 안전성을 동시에 만족시키고자 하는 연구들이 많이 진행되고 있다(McSwane et al. 2000). 따라서, 본 연구에서는 식품보존료의 효과를 알아보기 위하여 고추냉이의 항균활성을 기존의 보존료와 비교하여 그 활성을 조사하였다.

### 가) 재료 및 방법

고추냉이 첨가에 따른 식품 소재의 보존력을 확인하기 위해 식품은 두부를 선정하였다. 균수를 측정하여 고추냉이 무첨가군인 control과 3가지 보존료(소브산칼륨, 프로피온산나트륨, 안식향산나트륨), 그리고 한주산업에서 생산된 고추냉이 보존료 첨가군(근경 부위 및 혼합)으로 나누어 실험을 진행하였다. 실험에 사용된 보존료는 0.01%를 적용하였다.

Test tube에 9 mL (12개)과 실험 bottle에 90 mL (6개)를 만들어 고압멸균기로 멸균수를 제조하였다. 한천배지(Nutrient broth 4g, Agar 7.5g, D.W 500ml) 1 L만들고 고압멸균기에 120°C 설정하여 멸균하고 항온수조에 60°C로 맞춰놓고 굳지 않게 방치하였다. 90 mL 멸균수에서 5mL를 먼저 취한다. (보존료 2mg/mL를 넣기 위함이다.)고추냉이의 보존료로의 역할을 위해서 4가지 샘플군인 고추냉이 근경 부위를 이용한 보존료, 고추냉이 보존료 (고추냉이 전체 사용), 안식향산나트륨, 프로피온산나트륨, 그리고 소브산칼륨을 각각 1 mL씩 넣는다.

식품소재인 두부를 물기 제거한 후 고르게 잘 섞은 뒤 10 g씩 90 mL 병에 첨가하고 흔들어 섞는다. 희석한 시료를 1 mL 뽑아 9 mL 멸균수에 넣는다.(희석배수 $10^2$ )

펄트리접시에 희석배수  $10^1$ 과  $10^2$ 를 각각 2개 씩 1mL씩 넣고 항온수조에 있는 한천배지를 붓고 10 분간 굳힌다. 90 mL 병과 한천배지 (수분이 빠져 나가지 않게 뒤집어 넣는다.)를 인큐베이터에 넣고 2시간 뒤 꺼낸다. 두 시간 기다리는 동안 멸균수 9 mL (18개)와 한천배지 1 L를 만들어 멸균시켜 놓고 한천배지는 항온수조에 보관한다. 희석배수  $10^2, 10^3, 10^4$ 을 한천배지에 만

든다. 반복해서 2시간 뒤에 실험반복(2시간,4시간,6시간,8시간)을 진행하고 48시간 후 배지의 균수를 측정한다.

나) 결과

두부를 통한 고추냉이의 보존력을 확인한 결과를 표 37.에 나타내었다. Control을 기준으로 보았을 때 소브산칼륨은 균수가 높게 나왔다가 급격하게 높아지지 않아 시간이 지남에 따라 control보다 낮은 균수가 측정되었고 프로피온산나트륨은 서서히 높아지는 균수의 모습을 보였지만 control보다 낮게 나타났으며, 안식향산나트륨은 모든 시간대에서 control보다 낮은 균수를 보였으며 마지막 측정시간대에 가장 낮은 균수를 보인 것으로 보아 보존료로서의 역할이 가장 우수한 것으로 보여진다. 초기부터 6시간까지 고추냉이는 일반 보존료와 비슷한 효과를 나타내었다. 8시간이 지난 상황에서는 고추냉이 근경 부위를 이용한 보존료에서는 우수한 효능을 나타내었고, 혼합물에서는 그보다 낮은 보존력을 나타내었다. 단기 항균실험결과 고추냉이 보존료가 일정 시간까지는 합성 보존료와 유사한 효능을 확인할 수 있었음을 확인하였다.

표 37. 고추냉이를 첨가한 보존력 검토

일반 세균수	Control	Rhizome	Mixer	안식향산 나트륨	프로피온산 나트륨	소브산 칼륨
1(2h)	0	$5.0 \times 10$	$1.0 \times 10^2$	$2.0 \times 10^2$	$2.5 \times 10^2$	$5.0 \times 10$
2(4h)	$1.0 \times 10^3$	$6.0 \times 10^2$	$4.0 \times 10^2$	$5.0 \times 10^2$	$3.0 \times 10^2$	$6.5 \times 10^3$
3(6h)	$3.0 \times 10^3$	$1.65 \times 10^3$	$1.6 \times 10^3$	$1.8 \times 10^3$	$3.5 \times 10^3$	$5.3 \times 10^3$
4(8h)	$1.4 \times 10^4$	$5.5 \times 10^3$	$1.5 \times 10^4$	$3.6 \times 10^3$	$8.5 \times 10^3$	$8.5 \times 10^3$

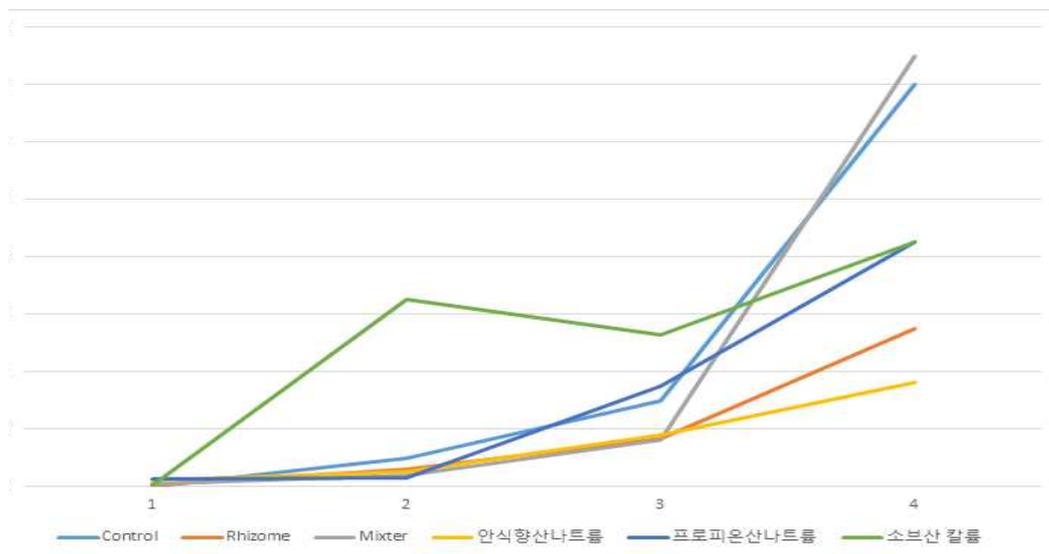
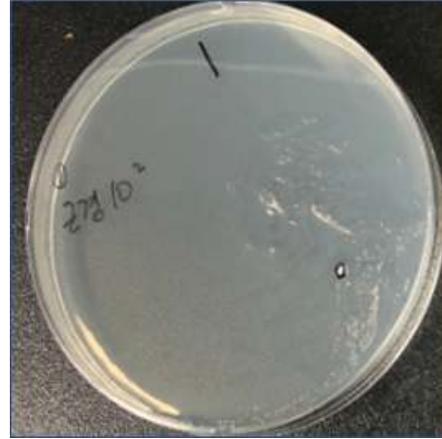


그림 46. 고추냉이를 첨가한 보존력 검토

Control  $10^2$



근경  $10^2$



혼합  $10^2$



안식향산나트륨  $10^2$



프로피온산 나트륨  $10^2$



소르빈산 나트륨  $10^2$



그림 47. 고추냉이 및 보존료 사용에 따른 세균수 (2 hr) 농도의 확인

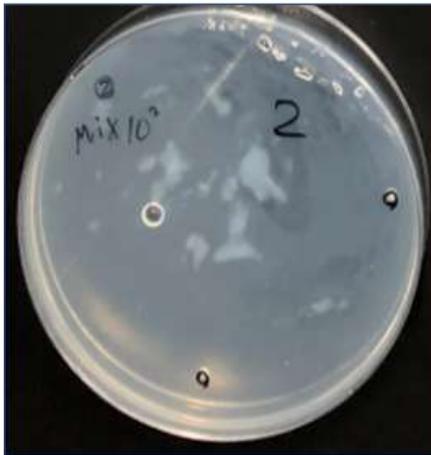
Control  $10^3$



근경  $10^3$



혼합  $10^3$



안식향산 나트륨  $10^2$



프로피온산 나트륨  $10^2$



소르빈산 나트륨  $10^3$



그림 48. 고추냉이 및 보존료 사용에 따른 세균수 (4 hr)농도의 확인

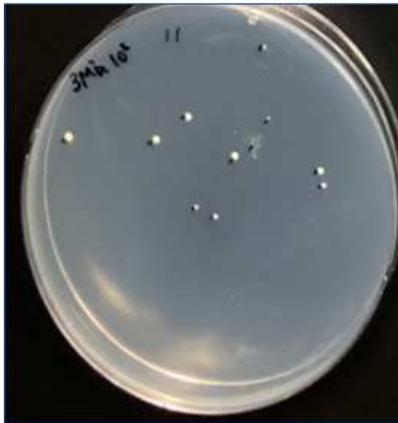
Control  $10^2$



근경  $10^3$



혼합  $10^2$



안식향산나트륨  $10^2$



프로피온산 나트륨  $10^2$



소르빈산나트륨  $10^2$

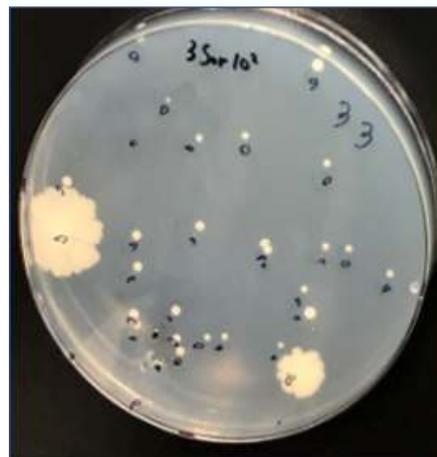


그림 49. 고추냉이 및 보존료 사용에 따른 세균수 (6 hr)농도의 확인

Control 10<sup>3</sup>



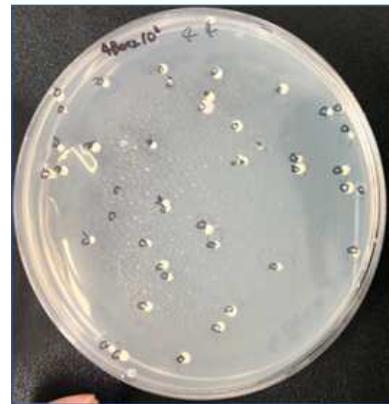
근경 10<sup>3</sup>



혼합 10<sup>3</sup>



안식향산나트륨 10<sup>2</sup>



프로피온산나트륨 10<sup>3</sup>



소르빈산나트륨 10<sup>3</sup>



그림 50. 고추냉이 및 보존료 사용에 따른 세균수 (8 hr)농도의 확인

## 2-8. 보존료가 투입된 두부 및 어묵의 시제작 및 유통기한설정시험

### 1) 보존료 시제작

일반적으로 보존료를 보존적 성분을 위한 주성분과 글리세린과 같은 증량 및 안정제로 구성된다. 보존적 성분을 위한 주 성분의 경우 에틸알코올 등으로 추출하는 것이 일반적인 공정이지만, 고추냉이의 경우 식품공전상 AITC를 따로 추출하여 식품 원료로 사용하는 것은 안전상 금지되어 있어 고추냉이 원물을 분말화한 후 증량제와 일정비율로 혼합하여 제조하였다. 따라서 타 보존제와 달리 수용성이 약하기 때문에 범용적으로 이용되기는 어렵지만, 목표로 하는 두부, 어묵 및 향후 샐러드류 등에는 충분히 혼합이 가능한 것으로 나타났다. 이에 두부 및 어묵 등에 보존료를 혼입시켜 시제품을 제작하고 제작된 시제품은 유통기한 설정시험을 공인기관에 위탁하여 연구를 진행했다. 보존료 또한 외부기관 (한국화학연구원)에 세포독성 분석 (MTT assay) 을 자문 의뢰하여 식품안전성을 객관적으로 조사하였다.



그림 51. 고추냉이 보존료

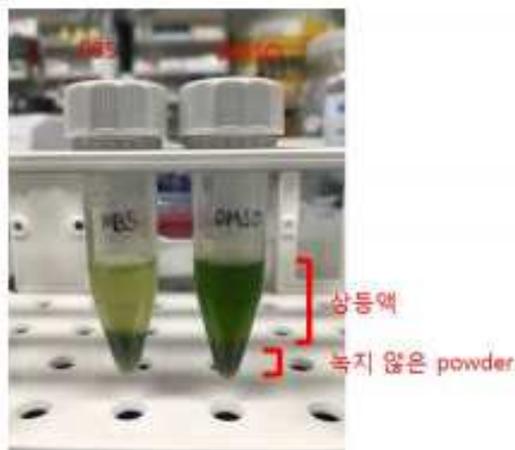
## 2) MTT assay 자문 결과

### □ 자문 개요

- 고추냉이 용액의 세포독성에 대한 분석

### □ 실험방법

- 실험재료
  - 세포주 : MCF-7 cells (인간유방암세포주)
  - 추가 세포주 : **Detroit 573 cell**  
(인간 피부세포, fibroblast, normal)
  - 고추냉이 분말, DMSO

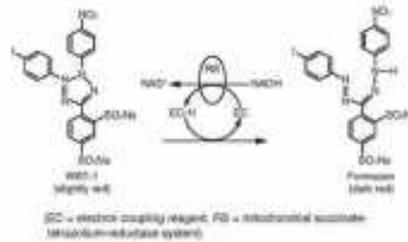


#### 【고추냉이 분말 용해】

세포 고추냉이 건조 분말은 PBS 버퍼에 녹지 않아 DMSO에 넣어 원심분리 후 상등액을 세포에 처리함

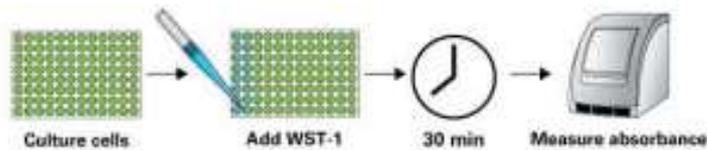
#### ○ 독성측정 방법

- Cell seeding :  $1.5 \times 10^4$  cell/each well of 96-well plate
- 분말을 DMSO에 녹여 원심분리(1000 rpm, 5분)하고 상등액 세포 처리에 사용
- Cell seeding 24시간 후 상기 상등액(이하 '고추냉이 용액' ) 10mg/ml을 1/2 씩 serial dilution 처리
- 24시간 이후 WST-1 assay로 세포독성 확인



**【검출원리】**

세포 내 mitochondrial dehydrogenase에 의한 tetrazolium salt (WST-1)에서 formazan이라는 발색물질이 생성되며, 이를 측정하여 세포증식이나 독성 등을 분석

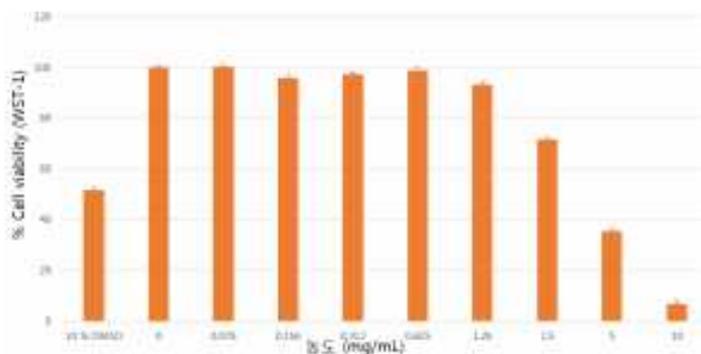


**【실험과정 요약】**

□ **결과 및 논의**

○ 세포독성 1 (MCF-7 cells)

- 10mg/ml의 고추냉이 용액은 10% DMSO가 처리된 세포보다 높은 세포 독성을 나타냄
- 0.625mg/ml 이하의 고추냉이 용액의 경우 세포 독성이 확인되지 않음

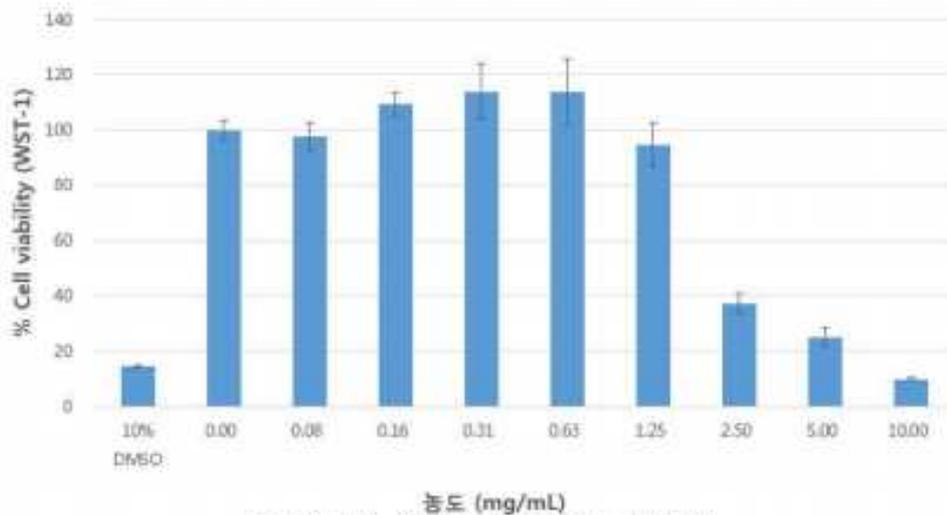


**【고추냉이 용액의 세포독성 분석 1】**

- 위 실험결과에서 확인 했듯이 고추냉이 용액 625  $\mu$ g/ml 이하의 농도로 세포주에 처리한 결과 세포독성이 나타나지 않음

○ 세포독성 2(Detroit 573 cell )

- 10mg/ml의 고추냉이 용액은 10% DMSO가 처리된 세포보다 높은 세포 독성을 나타냄
- 0.63mg/ml 이하의 고추냉이 용액의 경우 세포 독성이 확인 되지 않음



【고추냉이 용액의 세포독성 분석 2】

- 위 실험결과에서 확인 했듯이 고추냉이 용액 630  $\mu$ g/ml 이하의 농도로 세포주에 처리한 결과 세포독성이 나타나지 않음
- 보다 정확한 세포독성의 측정을 위해서 다양한 세포주에서 독성을 확인하는 것이 추가적으로 필요하며, 나아가 동물모델에서 단회독성 등의 추가 연구가 필요할 것으로 사료됨

MCF-7 세포독성 시험 결과 625ug/mg 이하의 농도에서는 세포독성이 관찰되지 않았으며, Detroit 573 (정상세포)을 이용한 세포독성 시험 결과에서는 630ug/mg 이하의 농도에서 세포독성이 관찰되지 않았다. 차후 동물모델에서의 단회독성 등의 연구를 진행하여 식품 첨가물로서 안정성을 추가적으로 확보할 예정이다.

### 3) 보존료가 투입된 두부 및 어묵의 시제작

식품의 유통기한은 제품의 제조일로부터 소비자에게 판매가 가능한 최대기간으로 정의된다 (Yang et al. 2013). 이는 식음료뿐만 아니라, 의약품, 화학제품 그리고 부패 가능한 다양한 제품에 적용 된다. 유통기한 설정은 신제품 개발, 기존 제품의 배합 비율 또는 가공공정 변경, 제품의 포장재질 및 포장방법의 변경과 소매포장을 변경할 경우 필요하며 과학적인 실험을 통하여 설정되어야 한다. 관능 특성의 품질한계점(cut-off point; COP) 기반 설정법은 식품의 관능적 유통기한(Sensory shelf life; SSL)을 설정하기 위하여 가장 널리 사용되는 방법으로는 문헌이나 자체적으로 설정한 COP를 기준으로 SSL을 결정하는 방법이다(Yang et al. 2013). 이 방법을 최초로 적용한 연구자는 Gacula(1975)로서 저장기간에 따른 제품의 이취 발생 여부를 훈련된 패널(7점 척도 1점-none, 7점-very strong)에 의해 자체적으로 설정한 임의적 COP 2.5점을 기준으로 제품의 SSL을 설정한 것이다. 이는 훈련된 패널을 이용해야 하고 임의적 COP를 문헌에서 발췌하거나, 연구자가 결정해야만 하는 특징이 있다. 방식이 쉽고 합리적인 비용으로 수행이 가능하지만 임의적인 기준에 의해 설정된 COP에 의해 결정된 유통기한에 대한 확실한 검증이 필요하다. 이에 본 연구에서는 유통기한이 매우 짧은 두부 와 어묵을 선정하여 보존료를 투입한 식품회사의 협조로 시제품을 만들고 이를 외부 공인인증기관으로 보내어 유통기한 설정시험을 진행하였다. 각 두부와 어묵은 시판중인 제품으로 유통기한은 각 10일과 21일로 설정되어 있다.

#### 가)두부

두부의 유통기한은 제조방법 등에 따라 2일~14일 정도로 다양하며 일반적으로 10일 전후의 유통기한을 가진다. 유통기한 초과로 인해 폐기되는 식품은 2014년 기준 한해에 1조원 가량 되며 그중 상당부분이 두부, 계란, 어묵 등과 같은 식품들이다. 당사와 협력관계에 있는 S 식품회사도 유통기한 10일인 두부를 납품받고 있으며 이로인해 유통 중 판매되지 못하고 폐기되는 물량이 약 2-5% 정도를 차지하고 있다.

합성보존료를 사용하면 큰 단가 변화없이 유통기한을 2배이상 증가시킬 수 있으나 소비자 저항이 심하여 두부에 고추냉이 보존료를 적용하여 고추냉이 첨가 두부로 제조하였다. 고추냉이 보존료는 두부제조과정 중 간수를 넣고 틀에 넣기 전 마지막 혼합공정에서 투입했으며 수분등을 고려하여 0.05% 투입하여 제조하였다. 제조된 시제품은 (주)한국첨단시험연구원으로 보내져 유통기한 설정시험을 진행하였다.



그림 52. 시제품 생산된 두부

실험결과 보존료가 투입된 제품은 품질지표 중 일반세균수의 품질규격과 0차 반응식의 일간변화속도 상수를 활용하여 한계일이 설정되었고, 안전계수 0.7을 적용하여 최종 품질한계일은 16일로 산출되었다. 이는 기존대비 약 60% 유통기한이 약 60% 증가된 것이다. 다만 대조구로 기존 제품의 유통기한 설정시험도 같이 진행하였는데, 대조구의 품질한계일은 기존 10일에서 13일로 약간 증가한 것으로 나타났다. 이는 일반적으로 제조 후 설정시험 장소까지 배송 등의 이유로 1-2일이 소요되는 경우가 많은데, 시제품은 당일 제조한 것을 바로 설정시험에 의뢰하여 좀 더 향상된 결과를 얻은 것으로 판단된다.

## 실험 결과보고서

제목	두부(대조군)의 유통기한 설정실험				
실험 구분	자체실험( )		의뢰실험( √ )		
실험 기간	2018년 12월 06일 ~ 2018년 12월 24일				
신청인	업체명	㈜한주산업	대표자	이영성	
	주소	경기도 용인시 기흥구 흥덕1로 13, 흥덕 IT밸리 타워동 A-1401	연락처	031-660-7140	
실험 수행 기관	기관명	(주)한국첨단시험연구원	대표자	안장혁	
	주소	경기도 성남시 중원구 둔촌대로 388 크란스테크노 701호	연락처	031-734-7155	
실험 참여자	책임자	안 장 혁			
	연구원	민소라, 김정혜, 이해원, 이도연			
실 험 결 과	요 약				
	◆ 유통기한 실험결과				
	두부(대조군)	품질지표	최소함량 -품질규격	일간변화속도 상수(K)	품질한계일
	규격	일반세균수	5.0	0.2598	13
		대장균군	-	-	-
		관능	4.0	0.0140	200
	품질한계일(안전계수 0.7 적용) 산출결과				13일
	<p>품질지표별 품질규격 &amp; 일간변화속도상수(K)에 의한 품질한계일(sample): 13일</p> <p>위 내용은 시험의뢰인에 의해 제공된 시료에 대한 시험결과이며, 본 실험에서 사용된 제공 시료의 초기품질과 동일한 생산제품에 대하여 적용이 가능하므로 유통기한에 대한 더욱 객관적이고, 과학적인 설정을 위해서는 본 생산 제품으로 정확한 재 확인 실험을 하도록 권고합니다.</p>				
<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <span style="font-size: 2em; font-weight: bold;">(주)한국첨단시험연구원</span>  </div>					

## 제 1장 제품의 특성

구분	제 품
제품 유형	두부류
성상	두부
사용원료	-
제조·가공공정	-
포장재질	의뢰자 제공 포장재
포장방법	-
포장단위	-
보존 및 유통온도	냉장
유당·유처리	-
살균 또는 멸균방법	-
제품 사진	<p style="text-align: center;">내용물</p>  <p>The image shows three petri dishes arranged horizontally, each containing several pieces of yellowish, rectangular tofu cubes. The dishes are labeled with handwritten text: '2024.01.16', '2024.01.17', and '2024.01.18' from left to right. Above the dishes, the word '내용물' (Content) is printed in the center.</p>

## 제 2장 실험방법

### 가. 검체의 채취 및 취급방법

본 실험에 사용된 제품은 ' ㈜한주산업'에서 제공한 '두부(대조군)' 제품으로 각각 10°C, 15°C 에서 14일 간 저장시키면서 2일 간격으로 총 8회 실험을 수행하였다.

### 나. 품질지표 및 실험방법

품질지표		실험방법
미생물	일반세균수	「식품공전」 제7. 일반시험법 4. 미생물시험법 4.5. 세균수 4.5.1 일반세균수
	대장균군	「식품공전」 제7. 일반시험법 4. 미생물시험법 4.7. 대장균군
관능	기호도 척도법	「식품공전」 제7. 일반시험법 1. 식품일반시험법 1.1 정상(관능시험)

### 다. 실험조건

구분	실험조건	구분	실험조건
저장온도	10°C, 15°C	저장기간	14일
대조구	-	실험횟수	8회
유통온도	10°C	실험반복수	3회

### 라. 품질한계

품질지표	품질한계	근거
일반세균수	10 <sup>5</sup> (Log)	「식품공전」 제7. 일반시험법 4. 미생물시험법 4.5. 세균수 4.5.1 일반세균수
대장균군	불검출	「식품공전」 제7. 일반시험법 4. 미생물시험법 4.7. 대장균군
기호도 척도법	5점	식품공전 정상(관능시험) 9점 척도 5점 이상을 적합인 것으로 설정

## 제 3장 실험결과

### 1.1 품질지표별 실험결과

표1. 두부(대조군)의 10°C 저장 결과

저장 기간(일)	미생물학적		관능
	일반세균수 ( $\log_{10}$ )	대장균군	성상 (9점 척도)
0	0.00±0.00	불검출	9.00±0.00
1	0.00±0.00	불검출	9.00±0.00
4	0.00±0.00	불검출	9.00±0.00
6	2.26±2.05	불검출	9.00±0.00
8	1.16±2.00	불검출	9.00±0.00
11	2.04±3.54	불검출	9.00±0.00
13	2.02±3.49	불검출	9.00±0.00
14	4.78±1.67	불검출	8.60±0.51

표2. 두부(대조군)의 15°C 저장 결과

저장 기간(일)	미생물학적		관능
	유산균수 ( $\log_{10}$ )	대장균군	성상 (9점 척도)
0	0.00±0.00	불검출	9.00±0.00
1	0.23±0.40	불검출	9.00±0.00
4	1.82±1.06	불검출	9.00±0.00
6	3.16±2.25	불검출	9.00±0.00
8	6.49±0.19	불검출	8.53±0.74
11	4.43±3.85	불검출	7.73±0.96
13	5.68±0.32	불검출	7.20±0.41
14	7.05±0.14	불검출	5.40±0.51

# 유통기한 설정 실험결과보고서

## 1. 예측 제품

예측 제품명	두부(대조군)	식품유형	두부류
프로젝트 분류	(주)한주산업 두부 유통기한 산출 시험		
품질지표	일반세균		

## 2. 품질지표별 품질변화

### 2.1 품질지표 일반세균 품질변화 ( $\log_{10}$ )

저장기간(일)	10℃	15℃
0	0.00	0.00
1	0.00	0.23
4	0.00	1.82
6	2.23	3.16
8	1.16	6.49
11	2.04	4.43
13	2.02	5.88
14	4.78	7.05

## 3. 품질지표별 반응속도 상수

### 3.1 품질지표 일반세균 반응속도 상수

#### 1) 반응차수 0차 결과

온도(℃)	Slope(K)	Intercept(A0)	R <sup>2</sup>
10	0.2598	-0.3221	0.7099
15	0.4776	0.2044	0.8482

#### 2) 반응차수 1차 결과

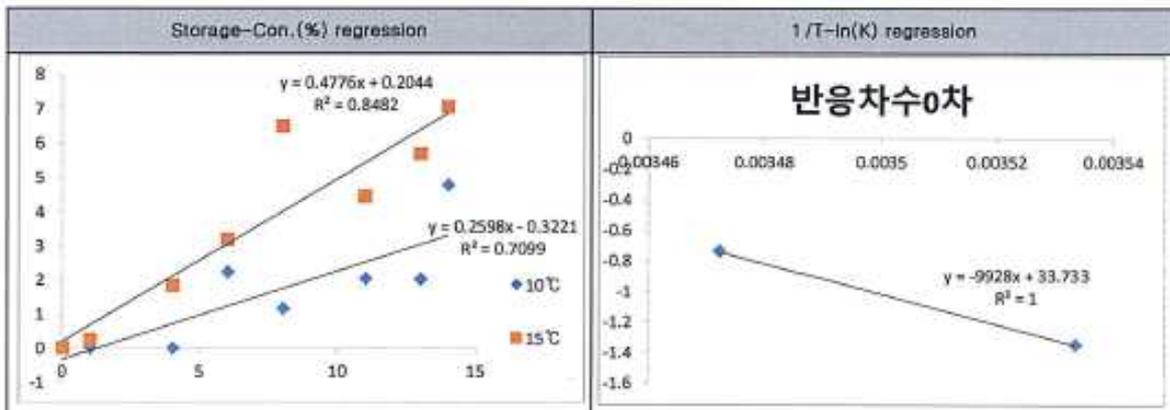
온도(℃)	Slope(K)	Intercept(A0)	R <sup>2</sup>
10	0.0857	-0.1194	0.6625
15	0.1873	-0.4184	0.7138

## 4. 품질지표별 활성화에너지와 반응식 차트

### 4.1 품질지표 일반세균 활성화에너지와 반응식 차트

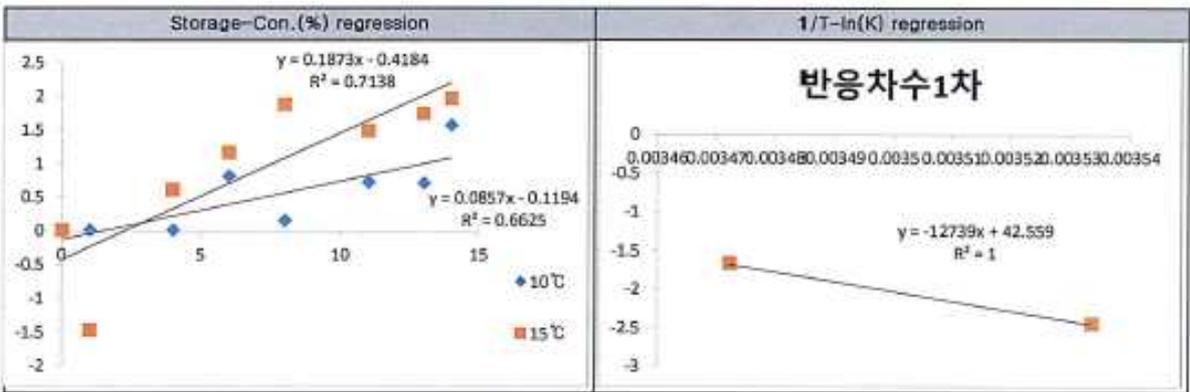
#### 1) 반응차수 0차 결과

Slope(S)	Intercept(A0)	R <sup>2</sup>	Ea
-9928.0	33.7332	1.0000	19,727



2) 반응차수 1차 결과

Slope(S)	Intercept(A0)	R <sup>2</sup>	Ea
-12739.41017	42.5589	1.0000	25,313



5. 품질지표별 유통기한 산출

5.1 품질지표 일반세균 유통기한 산출

차수	최초함량-품질규격	일간변화속도상수	유통기한(일)
0	5.0	0.2598	19
1	5.0	0.0857	58

5.2 안전계수 0.7 적용 일반세균 유통기한 산출 결과

차수	유통기한(일)
0	13

1. 예측 제품

예측 제품명	두부(대조군)	식품유형	두부류
프로젝트 분류	㈜한주산업 두부 유통기한 산출 시험		
품질지표	관능		

2. 품질지표별 품질변화

2.1 품질지표 관능 품질변화

저장기간(일)	10°C	15°C
0	9.00	9.00
1	9.00	9.00
4	9.00	9.00
6	9.00	9.00
8	9.00	8.53
11	9.00	7.73
13	9.00	7.20
14	8.60	5.40

3. 품질지표별 반응속도 상수

3.1 품질지표 관능 반응속도 상수

1) 반응차수 0차 결과

온도(°C)	Slope(K)	Intercept(A0)	R <sup>2</sup>
10	-0.0140	9.0495	0.2744
15	-0.2065	9.5789	0.7200

2) 반응차수 1차 결과

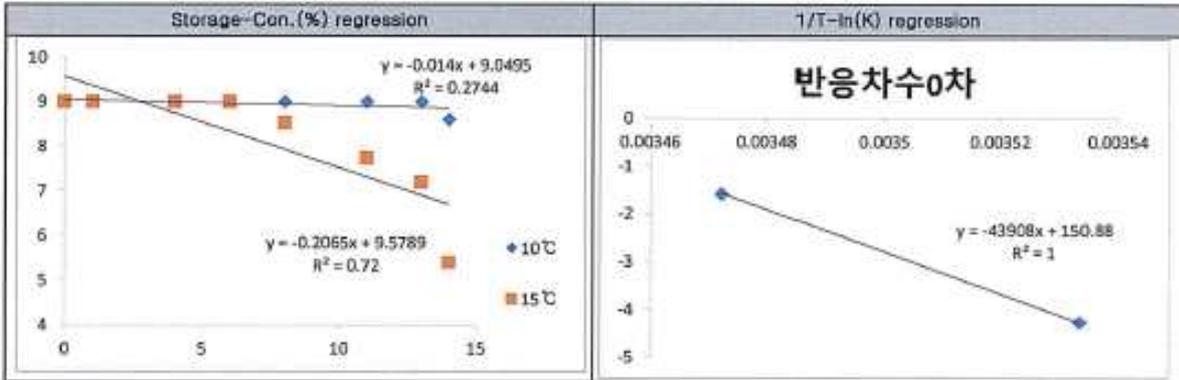
온도(°C)	Slope(K)	Intercept(A0)	R <sup>2</sup>
10	-0.0016	2.2029	0.2744
15	-0.0277	2.2773	0.6688

4. 품질지표별 활성화에너지와 반응식 차트

4.1 품질지표 관능 활성화에너지와 반응식 차트

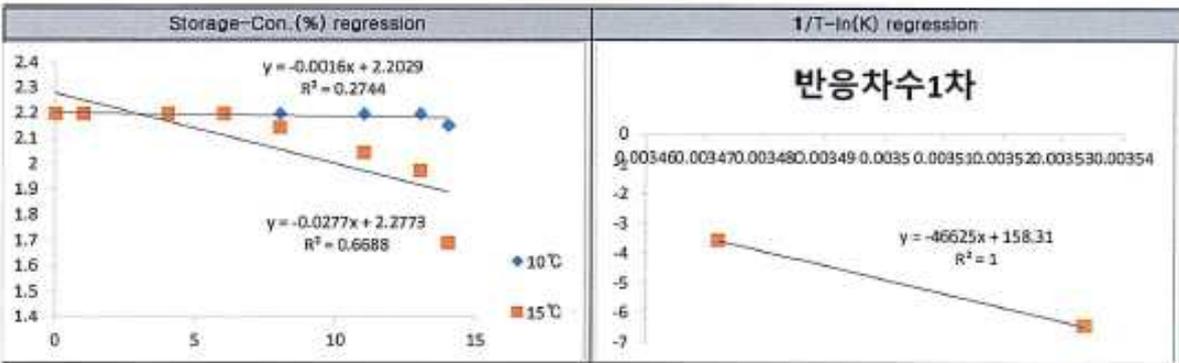
1) 반응차수 0차 결과

Slope(S)	Intercept(A0)	R <sup>2</sup>	Ea
-43907.5	150.8794	1.0000	87,244



2) 반응차수 1차 결과

Slope(S)	Intercept(A0)	R <sup>2</sup>	Ea
-46625.08631	158.3074	1.0000	92,644



5. 품질지표별 유통기한 산출

5.1 품질지표 관능 유통기한 산출

차수	최소합량-품질규격	일간변화속도상수	유통기한(일)
0	4.0	0.0140	286
1	4.0	0.0016	2,520

5.2 안전계수 0.7 적용 관능 유통기한 산출 결과

차수	유통기한(일)
0	200

## 제 4장 결론

### 1. 품질지표별 유통기한 산출

품질지표별 규격값과 일간변화속도상수(K)를 활용하여 각 지표의 품질한계일을 산출하였다.

표 1. 두부(대조군)의 품질지표별 규격에 따른 품질한계일 설정

	품질지표	품질규격	차수	최초함량-품질규격	일간변화속도상수	한계일	안전계수 적용 품질한계일
비법적 규격	일반세균수	10 <sup>5</sup> (Log)	0	5.0	0.2598	19	13
	대장균군	불검출	-	-	-	-	-
	관능	9점 척도법으로 5점	0	4.0	0.0140	286	200
품질한계일(안전계수 0.7 적용) 산출결과							13일

품질지표별 규격값과 반응속도상수(K)를 활용하여 시간변화에 따른 품질지표의 변화를 0차 반응식으로 나타내어 가장 먼저 한계일에 도달한 품질지표의 한계일을 본 제품의 품질한계일로 산출하였다.

본 제품의 경우, 품질지표 중 일반세균수의 품질규격과 0차 반응식의 일간변화속도상수를 활용하여 한계일을 설정하였고, 안전계수 0.7을 적용한 최종 품질한계일은 13일로 산출되었다.

## 실험 결과보고서

제목	두부(실험군)의 유통기한 설정실험				
실험 구분	자체실험( )		의뢰실험( √ )		
실험 기간	2018년 12월 06일 ~ 2018년 12월 28일				
신청인	업체명	㈜한주산업	대표자	이영성	
	주소	경기도 용인시 기흥구 흥덕1로 13, 흥덕 IT밸리 타워동 A-1401	연락처	031-660-7140	
실험 수행 기관	기관명	(주)한국첨단시험연구원	대표자	안장혁	
	주소	경기도 성남시 중원구 둔촌대로 388 크란츠테크노 701호	연락처	031-734-7155	
실험 참여자	책임자	안 장 혁			
	연구원	민소라, 김정혜, 이해원, 이도연			
실 험 결 과	요 약				
	◆ 유통기한 실험결과				
	두부(실험군)	품질지표	최초함량 -품질규격	일간변화속도 상수(K)	품질한계일
	규격	일반세균수	5.0	0.2225	16
		대장균군	-	-	-
		관능	4.0	0.0035	808
	품질한계일(안전계수 0.7 적용) 산출결과				16일
<p>품질지표별 품질규격 &amp; 일간변화속도상수(K)에 의한 품질한계일(sample): 16일</p> <p>위 내용은 시험의뢰인에 의해 제공된 시료에 대한 시험결과이며, 본 실험에서 사용된 제공 시료의 초기품질과 동일한 생산제품에 대하여 적용이 가능하므로 유통기한에 대한 더욱 객관적이고, 과학적인 설정을 위해서는 본 생산 제품으로 정확한 재 확인 실험을 하도록 권고합니다.</p>					
<p>(주)한국첨단시험연구원</p> 					

## 제 3장 실험결과

### 1.1 품질지표별 실험결과

표1. 두부(실험군)의 10°C 저장 결과

저장 기간(일)	미생물학적		관능
	일반세균수 ( $\log_{10}$ )	대장균군	성상 (9점 척도)
0	0.00±0.00	불검출	9.00±0.00
1	0.00±0.00	불검출	9.00±0.00
5	0.00±0.00	불검출	9.00±0.00
7	3.41±1.43	불검출	9.00±0.00
11	2.63±3.16	불검출	9.00±0.00
14	2.67±1.10	불검출	9.00±0.00
18	4.14±2.31	불검출	9.00±0.00
20	4.29±0.05	불검출	8.87±0.35

표2. 두부(실험군)의 15°C 저장 결과

저장 기간(일)	미생물학적		관능
	일반세균수 ( $\log_{10}$ )	대장균군	성상 (9점 척도)
0	0.00±0.00	불검출	9.00±0.00
1	0.00±0.00	불검출	9.00±0.00
5	1.12±0.49	불검출	9.00±0.00
7	4.23±1.19	불검출	9.00±0.00
11	5.45±1.10	불검출	9.00±0.00
14	6.66±0.24	불검출	8.80±0.41
18	6.48±0.28	불검출	8.33±0.98
20	6.16±0.31	불검출	7.60±0.51

# 유통기한 설정 실험결과보고서

## 1. 예측 제품

예측 제품명	두부(실험군)	식품유형	두부류
프로젝트 분류	㈜한주산업 두부 유통기한 산출 시험		
품질지표	일반세균		

## 2. 품질지표별 품질변화

### 2.1 품질지표 일반세균 품질변화 ( $\log_{10}$ )

저장기간(일)	10℃	15℃
0	0.00	0.00
1	0.00	0.00
5	0.00	1.12
7	3.41	4.23
11	2.63	5.45
14	2.67	6.66
18	4.14	6.48
20	4.29	6.16

## 3. 품질지표별 반응속도 상수

### 3.1 품질지표 일반세균 반응속도 상수

#### 1) 반응차수 0차 결과

온도(℃)	Slope(K)	Intercept(A0)	R <sup>2</sup>
10	0.2225	0.0286	0.7964
15	0.3611	0.3316	0.8580

#### 2) 반응차수 1차 결과

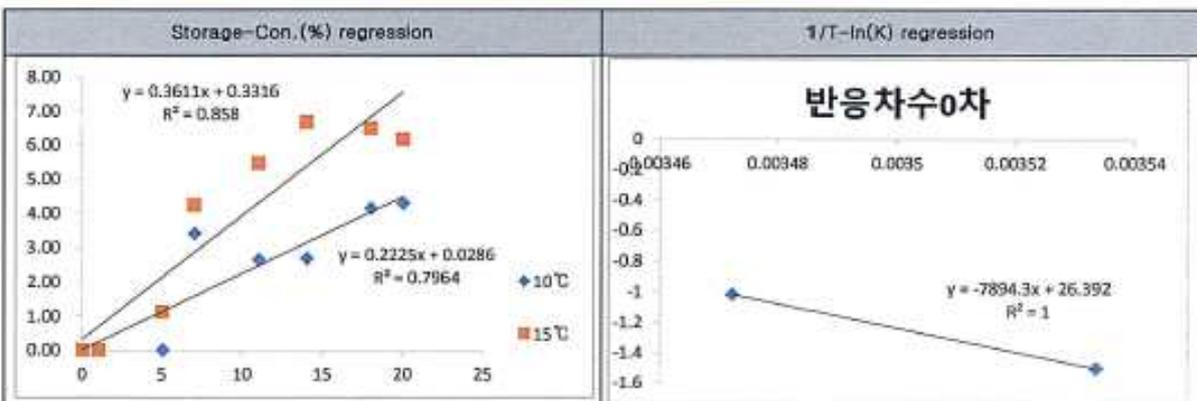
온도(℃)	Slope(K)	Intercept(A0)	R <sup>2</sup>
10	0.0766	0.0291	0.7794
15	0.1064	0.0931	0.7962

## 4. 품질지표별 활성화에너지와 반응식 차트

### 4.1 품질지표 일반세균 활성화에너지와 반응식 차트

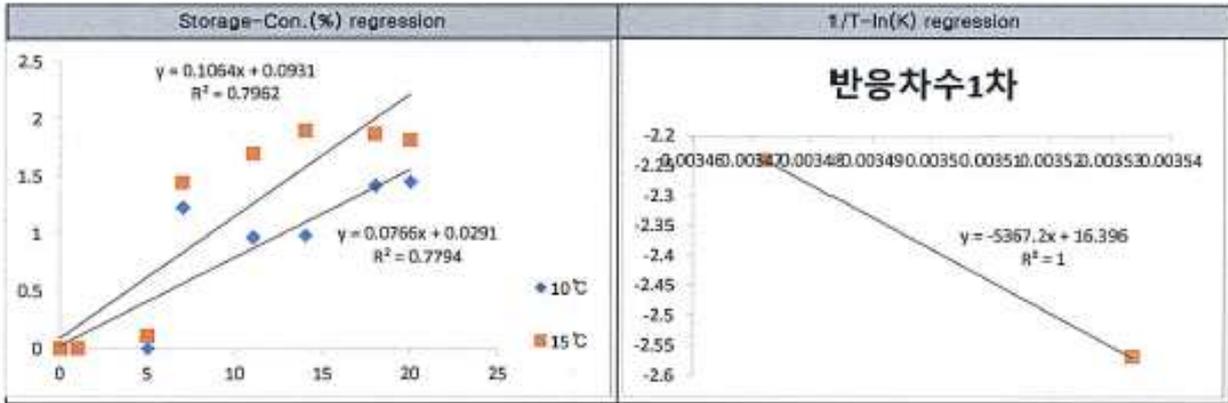
#### 1) 반응차수 0차 결과

Slope(S)	Intercept(A0)	R <sup>2</sup>	Ea
-7894.3	26.3922	1.0000	15,686



#### 2) 반응차수 1차 결과

Slope(S)	Intercept(A0)	R <sup>2</sup>	Ea
-5367.19345	16.3958	1.0000	10,665



## 5. 품질지표별 유통기한 산출

### 5.1 품질지표 일반세균 유통기한 산출

차수	최초합량-품질규격	일간변화속도상수	유통기한(일)
0	5.0	0.2225	22
1	5.0	0.0766	65

### 5.2 안전계수 0.7 적용 일반세균 유통기한 산출 결과

차수	유통기한(일)
0	16

## 1. 예측 제품

예측 제품명	두부(일반균)	식품유형	두부류
프로젝트 분류	위험추산업 두부 유통기한 산출 시험		
품질지표	관능		

## 2. 품질지표별 품질변화

### 2.1 품질지표 관능 품질변화

저장기간(일)	10℃	15℃
0	9.00	9.00
1	9.00	9.00
5	9.00	9.00
7	9.00	9.00
11	9.00	9.00
14	9.00	8.80
18	9.00	8.33
20	8.67	7.60

## 3. 품질지표별 반응속도 상수

### 3.1 품질지표 관능 반응속도 상수

#### 1) 반응차수 0차 결과

온도(℃)	Slope(K)	Intercept(A0)	R²
10	-0.0035	9.0167	0.3198
15	-0.0540	9.2297	0.6377

2) 반응차수 1차 결과

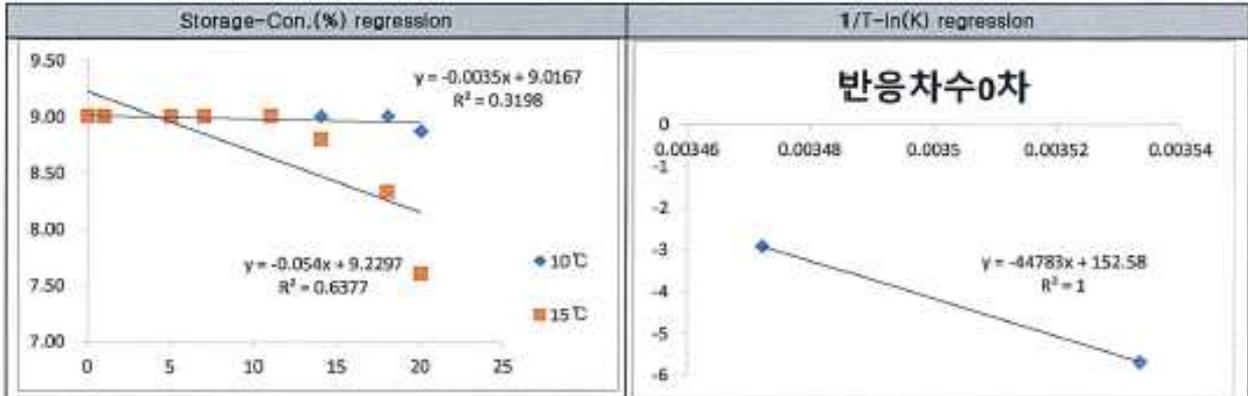
온도(℃)	Slope(K)	Intercept(A0)	R <sup>2</sup>
10	-0.0004	2.1991	0.3198
15	-0.0064	2.2247	0.6259

4. 품질지표별 활성화에너지와 반응식 차트

4.1 품질지표 관능 활성화에너지와 반응식 차트

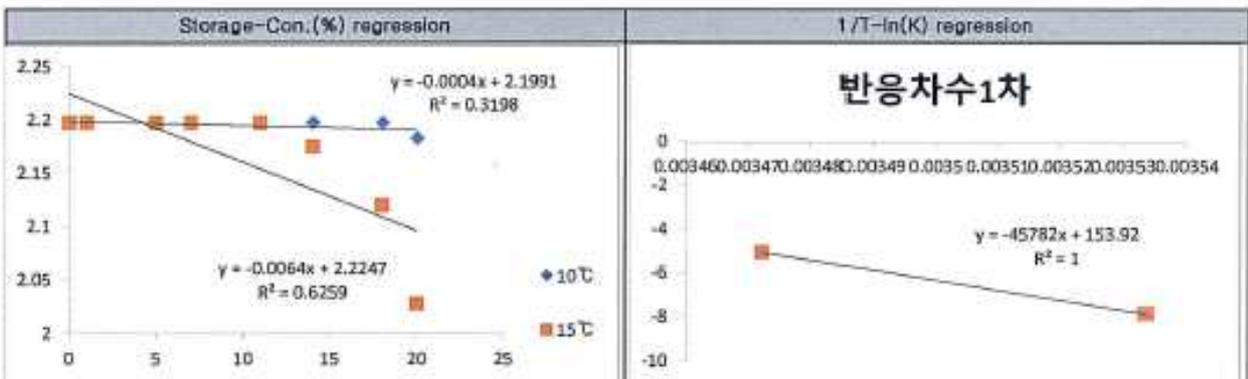
1) 반응차수 0차 결과

Slope(S)	Intercept(A0)	R <sup>2</sup>	Ea
-44783.5	152.5803	1.0000	88,985



2) 반응차수 1차 결과

Slope(S)	Intercept(A0)	R <sup>2</sup>	Ea
-45782.47098	153.9204	1.0000	90,970



5. 품질지표별 유통기한 산출

5.1 품질지표 관능 유통기한 산출

차수	최초함량-품질규격	일간변화속도상수	유통기한(일)
0	4.0	0.0035	1,155
1	4.0	0.0004	10,316

5.2 안전계수 0.7 적용 관능 유통기한 산출 결과

차수	유통기한(일)
0	808

## 제 4장 결론

### 1. 품질지표별 유통기한 산출

품질지표별 규격값과 일간변화속도상수(K)를 활용하여 각 지표의 품질한계일을 산출하였다.

표 1. 두부(실험군)의 품질지표별 규격에 따른 품질한계일 설정

	품질지표	품질규격	차수	최초함량-품질규격	일간변화속도상수	한계일	안전계수 적용 품질한계일
비법적 규격	일반세균수	10 <sup>5</sup> (Log)	0	5.0	0.2225	22	16
	대장균군	불검출	-	-	-	-	-
	관능	9점 척도법으로 5점	0	4.0	0.0035	1155	808
품질한계일(안전계수 0.7 적용) 산출결과							16일

품질지표별 규격값과 반응속도상수(K)를 활용하여 시간변화에 따른 품질지표의 변화를 0차 반응식으로 나타내어 가장 먼저 한계일에 도달한 품질지표의 한계일을 본 제품의 품질한계일로 산출하였다.

본 제품의 경우, 품질지표 중 일반세균수의 품질규격과 0차 반응식의 일간변화속도상수를 활용하여 한계일을 설정하였고, 안전계수 0.7을 적용한 최종 품질한계일은 16일로 산출되었다.

## 나) 어묵

어묵의 경우 냉동 어묵을 제외하고는 유통기한이 8~24일 정도이며 당사와 협력관계에 있는 S 식품회사에 납품되는 어묵은 21일의 유통기한을 지닌다. 어묵은 튀김공정 직전 혼합공정 중 고추냉이 보존료를 투입했으며 투입량은 0.05%로 설정하였다.



그림 53. 시제품 생산된 어묵

유통기한 설정시험 결과 보존료가 투입된 어묵의 최대 한계일은 46일이었으며 안전계수를 적용한 품질한계일은 32일로 나타났다. 이는 기존 대비 약 52.3% 증가된 것으로 나타나 보존료의 성능이 입증되었다. 어묵 역시 두부 실험군과 마찬가지로 대조구의 품질한계일도 증가했는데, 기존 21일에서 25일로 증가했으며 두부와 마찬가지로 제조 후 유통기한 설정시험 실시일과의 차이로 인한 결과라 판단된다.

## 실험 결과보고서

제목	어묵(대조군)의 유통기한 설정실험				
실험 구분	자체실험( )		의뢰실험( √ )		
실험 기간	2018년 12월 06일 ~ 2018년 12월 24일				
신청인	업체명	㈜한주산업	대표자	이영성	
	주소	경기도 용인시 기흥구 흥덕1로 13, 흥덕 IT밸리 타워동 A-1401	연락처	031-660-7140	
실험 수행 기관	기관명	(주)한국첨단시험연구원	대표자	안장혁	
	주소	경기도 성남시 중원구 둔촌대로 388 크린츠테크노 701호	연락처	031-734-7155	
실험 참여자	책임자	안 장 혁			
	연구원	서은미, 민소라, 김정혜, 이해원, 이도연			
실  험  결  과	요 약				
	◆ 유통기한 실험결과				
	어묵(대조군)	품질지표	최초함량 -품질규격	일간변화속도 상수(K)	품질한계일
	규격	일반세균수	5.0	0.0151	232
		대장균군	-	-	-
		pH	2.0	0.0106	132
		산가	1.0	0.0239	29
		VBN	20.0	0.5590	25
		관능	4.0	0.0070	401
	품질한계일(안전계수 0.7 적용) 산출결과				25일
<p>품질지표별 품질규격 &amp; 일간변화속도상수(K)에 의한 품질한계일(sample): 25일</p> <p>위 내용은 시험의뢰인에 의해 제공된 시료에 대한 시험결과이며, 본 실험에서 사용된 제공 시료의 초기품질과 동일한 생산제품에 대하여 적용이 가능하므로 유통기한에 대한 더욱 객관적이고, 과학적인 설정을 위해서는 본 생산 제품으로 정확한 재 확인 실험을 하도록 권고합니다.</p>					
(주)한국첨단시험연구원 					

## 제 1장 제품의 특성

구분	제 품
제품 유형	수산가공식품류
성상	어육가공품류
사용원료	-
제조·가공공정	-
포장재질	의뢰자 제공 포장재
포장방법	-
포장단위	-
보존 및 유통온도	냉장
유탕·유처리	-
살균 또는 멸균방법	-
제품 사진	<p style="text-align: center;">내용물</p> 

## 제 2장 실험방법

### 가. 검체의 채취 및 취급방법

본 실험에 사용된 제품은 '연한주산업'에서 제공한 '어묵(대조군)' 제품으로 각각 10°C, 15°C 에서 14일 간 저장시키면서 2일 간격으로 총 8회 실험을 수행하였다.

### 나. 품질지표 및 실험방법

품질지표		실험방법
미생물	일반세균수	「식품공전」 제7. 일반시험법 4. 미생물시험법 4.5. 세균수 4.5.1 일반세균수
	대장균군	「식품공전」 제7. 일반시험법 4. 미생물시험법 4.7. 대장균군
이화학	pH	검체 1g을 정확히 취하여 50 mL 코니컬 튜브에 취한 후, 물 49 mL를 가하여 흔들어 섞은 후 pH 측정기로 측정한다.
	산가	「식품공전」 제7. 일반시험법 2. 식품성분시험법 2.1 일반성분시험법 2.1.5 지질 2.1.5.3 화학적 시험 2.1.5.3.1 산가
	VBN	「식품공전」 제7. 일반시험법 6. 식품별 규격 확인 시험법 6.9 식육 및 알가공품 6.9.4 식육 또는 알함유가공품 6.9.4.1 휘발성 염기질소
관능	기호도 척도법	「식품공전」 제7. 일반시험법 1. 식품일반시험법 1.1 성상(관능시험)

### 다. 실험조건

구분	실험조건	구분	실험조건
저장온도	10°C, 15°C	저장기간	14일
대조구	-	실험횟수	8회
유통온도	10°C	실험반복수	3회

### 라. 품질한계

품질지표	품질한계	근거
일반세균수	10 <sup>5</sup> (Log)	「식품공전」 제7. 일반시험법 4. 미생물시험법 4.5. 세균수 4.5.1 일반세균수
대장균군	불검출	「식품공전」 제7. 일반시험법 4. 미생물시험법 4.7. 대장균군
pH		하단참조 <sup>*)</sup>
산가	2.5	「식품공전」 제7. 일반시험법 2. 식품성분시험법 2.1 일반성분시험법 2.1.5 지질 2.1.5.3 화학적 시험 2.1.5.3.1 산가
VBN	20 (mg/%)	「식품공전」 제7. 일반시험법 6. 식품별 규격 확인 시험법 6.9 식육 및 알가공품 6.9.4 식육 또는 알함유가공품 6.9.4.1 휘발성 염기질소
기호도 척도법	5점	식품공전 성상(관능시험) 9점 척도 5점 이상을 적합한 것으로 설정

\* <sup>1)</sup>: 품질한계 규격이 정해지지 않은 경우, 관능과의 상관계수에 따라 품질한계 산출

## 제 3장 실험결과

### 1.1 품질지표별 실험결과

표1. 어묵(대조군)의 10°C 저장 결과

저장 기간(일)	미생물학적		이화학			관능
	일반세균수 ( $\log_{10}$ )	대장균군	pH	산가	VBN	성상 (9점 척도)
0	0.57±0.51	불검출	6.77±0.08	1.63±0.01	1.87±0.81	9.00±0.00
1	0.23±0.40	불검출	6.81±0.04	1.68±0.04	3.27±0.81	9.00±0.00
4	0.00±0.00	불검출	7.09±0.01	1.73±0.04	3.74±1.46	9.00±0.00
6	0.23±0.40	불검출	6.77±0.05	1.79±0.04	5.61±1.21	9.00±0.00
8	0.33±0.58	불검출	6.90±0.06	1.81±0.01	6.07±0.81	9.00±0.00
11	0.23±0.40	불검출	6.83±0.03	1.86±0.01	8.65±1.07	9.00±0.00
13	0.00±0.00	불검출	6.65±0.06	1.92±0.01	9.36±0.41	9.00±0.00
14	0.23±0.40	불검출	6.70±0.08	2.03±0.04	9.83±1.86	8.80±0.41

표2. 어묵(대조군)의 15°C 저장 결과

저장 기간(일)	미생물학적		이화학			관능
	일반세균수 ( $\log_{10}$ )	대장균군	pH	산가	VBN	성상 (9점 척도)
0	0.57±0.51	불검출	6.77±0.08	1.63±0.01	1.87±0.81	9.00±0.00
1	0.00±0.00	불검출	6.85±0.06	1.66±0.04	4.44±1.07	9.00±0.00
4	0.23±0.40	불검출	7.04±0.10	1.75±0.02	4.68±1.07	9.00±0.00
6	1.29±1.66	불검출	6.78±0.11	1.80±0.03	6.77±0.40	9.00±0.00
8	0.33±0.58	불검출	6.97±0.03	1.81±0.01	7.02±0.70	8.67±0.49
11	0.39±0.68	불검출	6.83±0.03	1.85±0.02	9.81±0.70	8.53±0.74
13	0.00±0.00	불검출	6.72±0.03	1.91±0.01	10.51±1.40	8.60±0.74
14	0.67±0.65	불검출	6.85±0.04	2.02±0.02	11.23±0.70	7.87±0.35

# 유통기한 설정 실험결과보고서

## 1. 예측 제품

예측 제품명	어묵(대조군)	식품유형	어묵가공식품
프로젝트 분류	비한주산업 어묵 유통기한 산출 시험		
품질지표	일반세균		

## 2. 품질지표별 품질변화

### 2.1 품질지표 일반세균 품질변화 ( $\log_{10}$ )

저장기간(일)	10℃	15℃
0	0.57	0.57
1	0.23	0.00
4	0.00	0.23
6	0.23	1.29
8	0.33	0.33
11	0.23	0.39
13	0.00	0.00
14	0.23	0.67

## 3. 품질지표별 반응속도 상수

### 3.1 품질지표 일반세균 반응속도 상수

#### 1) 반응차수 0차 결과

온도(℃)	Slope(K)	Intercept(A0)	R <sup>2</sup>
10	-0.0151	0.3349	0.1933
15	0.0009	0.4287	0.0001

#### 2) 반응차수 1차 결과

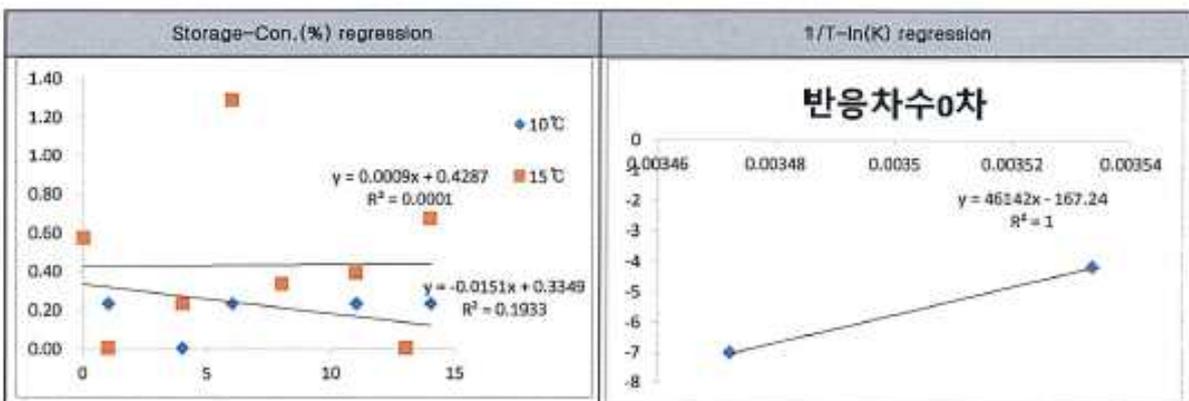
온도(℃)	Slope(K)	Intercept(A0)	R <sup>2</sup>
10	-0.0107	-0.8674	0.0074
15	0.0048	-0.5625	0.0017

## 4. 품질지표별 활성화에너지와 반응식 차트

### 4.1 품질지표 일반세균 활성화에너지와 반응식 차트

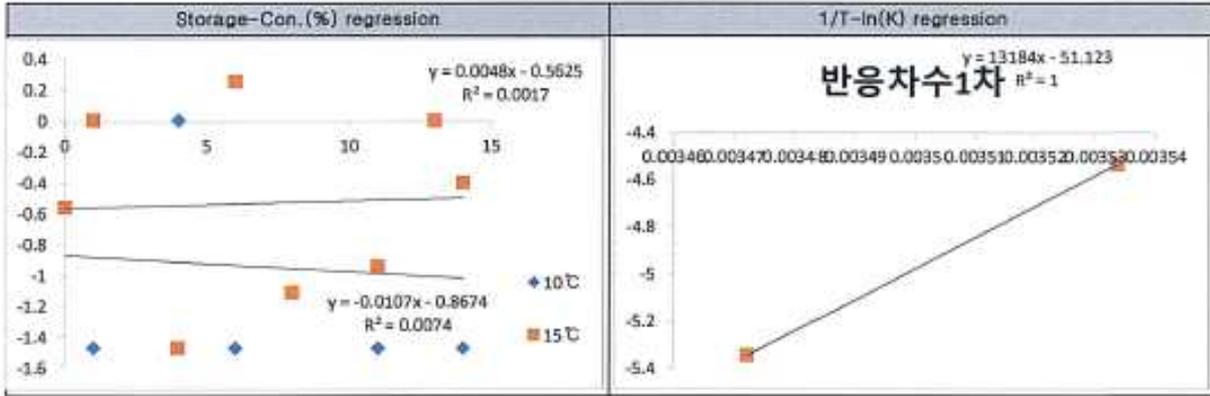
#### 1) 반응차수 0차 결과

Slope(S)	Intercept(A0)	R <sup>2</sup>	Ea
46142.5	-167.2425	1.0000	91,885



#### 2) 반응차수 1차 결과

Slope(S)	Intercept(A0)	R <sup>2</sup>	Ea
13184.06307	-51.1232	1.0000	26,197



### 5. 품질지표별 유통기한 산출

#### 5.1 품질지표 일반세균 유통기한 산출

차수	최초함량-품질규격	일감변화속도상수	유통기한(일)
0	5.0	0.0151	332
1	5.0	0.0107	467

#### 5.2 안전계수 0.7 적용 일반세균 유통기한 산출 결과

차수	유통기한(일)
0	232

### 1. 예측 제품

예측 제품명	어묵(대조군)	식품유형	어묵가공품류
프로젝트 분류	㈜한우산업 어묵 유통기한 산출 시험		
품질지표	pH		

### 2. 품질지표별 품질변화

#### 2.1 품질지표 pH 품질변화

저장기간(일)	10℃	15℃
0	6.77	6.77
1	6.81	6.85
4	7.09	7.04
6	6.77	6.78
8	6.90	6.97
11	6.83	6.83
13	6.65	6.72
14	6.70	6.85

### 3. 품질지표별 반응속도 상수

#### 3.1 품질지표 pH 반응속도 상수

##### 1) 반응차수 0차 결과

온도(℃)	Slope(K)	Intercept(A0)	R²
10	-0.0106	6.8905	0.1730
15	-0.0035	6.8759	0.0298

2) 반응차수 1차 결과

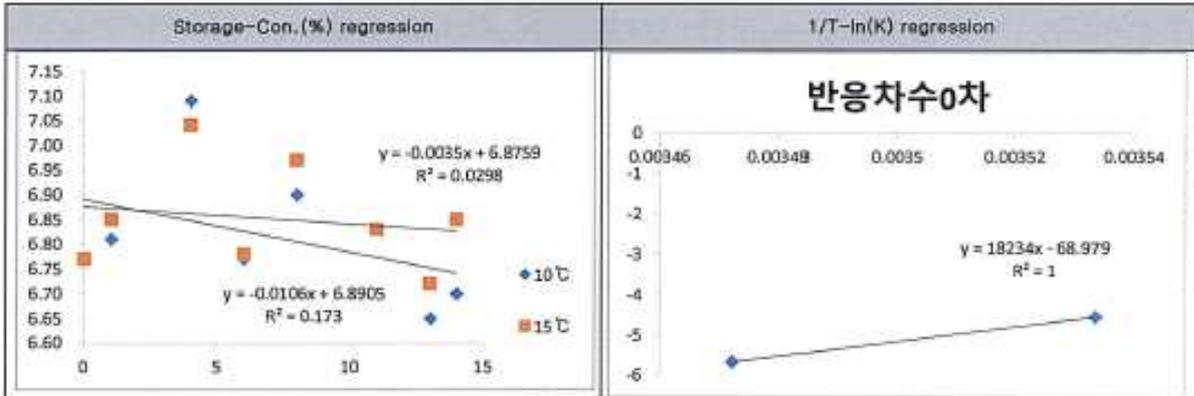
온도(℃)	Slope(K)	Intercept(A0)	R <sup>2</sup>
10	-0.0016	1.9300	0.1761
15	-0.0005	1.9279	0.0298

4. 품질지표별 활성화에너지와 반응식 차트

4.1 품질지표 pH 활성화에너지와 반응식 차트

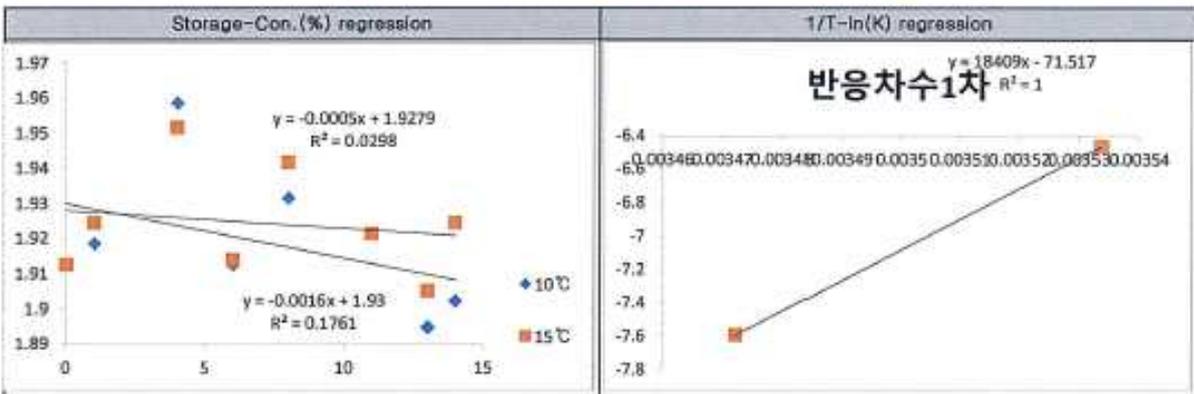
1) 반응차수 0차 결과

Slope(S)	Intercept(A0)	R <sup>2</sup>	Ea
18234.0	-68.9789	1.0000	-



2) 반응차수 1차 결과

Slope(S)	Intercept(A0)	R <sup>2</sup>	Ea
18409.39342	-71.5173	1.0000	-



5. 품질지표별 유통기한 산출

5.1 품질지표 pH 유통기한 산출

차수	최초함량-품질규격	일간변화속도상수	유통기한(일)
0	2.0	0.0108	189
1	2.0	0.0016	1,286

5.2 안전계수 0.7 적용 pH 유통기한 산출 결과

차수	유통기한(일)
0	132

### 1. 예측 제품

예측 제품명	어묵(대포군)	식품유형	어육가공품류
프로젝트 분류	㈜한우산업 어묵 유통기한 산출 시험		
품질지표	산가		

### 2. 품질지표별 품질변화

#### 2.1 품질지표 산가 품질변화

저장기간(일)	10℃	15℃
0	1.63	1.63
1	1.68	1.66
4	1.73	1.75
6	1.79	1.80
8	1.81	1.81
11	1.86	1.85
13	1.92	1.91
14	2.03	2.02

### 3. 품질지표별 반응속도 상수

#### 3.1 품질지표 산가 반응속도 상수

##### 1) 반응차수 0차 결과

온도(℃)	Slope(K)	Intercept(A0)	R <sup>2</sup>
10	0.0239	1.6360	0.9445
15	0.0233	1.6378	0.9373

##### 2) 반응차수 1차 결과

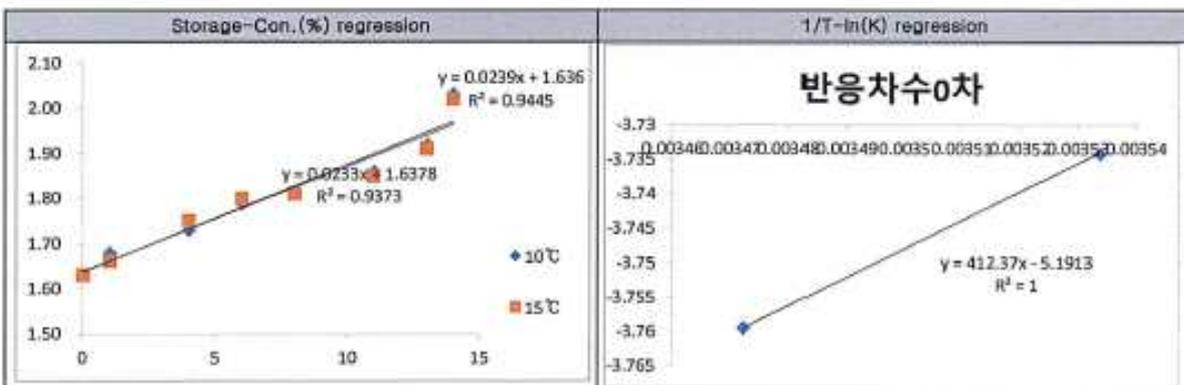
온도(℃)	Slope(K)	Intercept(A0)	R <sup>2</sup>
10	0.0132	0.4950	0.9509
15	0.0129	0.4957	0.9443

### 4. 품질지표별 활성화에너지와 반응식 차트

#### 4.1 품질지표 산가 활성화에너지와 반응식 차트

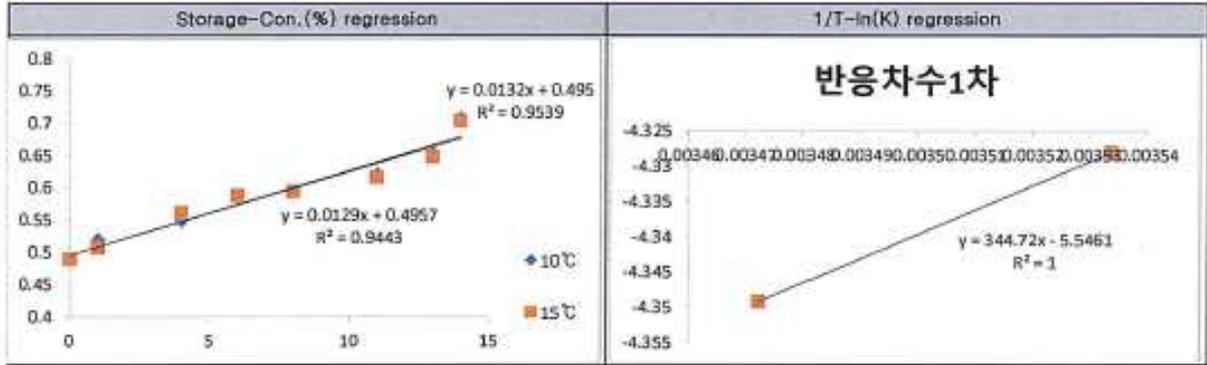
##### 1) 반응차수 0차 결과

Slope(S)	Intercept(A0)	R <sup>2</sup>	Ea
412.4	-5.1913	1.0000	-



##### 2) 반응차수 1차 결과

Slope(S)	Intercept(A0)	R <sup>2</sup>	Ea
344.7200057	-5.5467	1.0000	-



## 5. 품질지표별 유통기한 산출

### 5.1 품질지표 산가 유통기한 산출

차수	최초합량-품질규격	일간변화속도상수	유통기한(일)
0	1.0	0.0239	42
1	1.0	0.0132	76

### 5.2 안전계수 0.7 적용 산가 유통기한 산출 결과

차수	유통기한(일)
0	29

## 1. 예측 제품

예측 제품명	어묵(대조군)	식품유형	어묵가공품류
프로젝트 분류	㈜한주산업 어묵 유통기한 산출 시험		
품질지표	VBN(취발성염기질소)		

## 2. 품질지표별 품질변화

### 2.1 품질지표 VBN 품질변화

저장기간(일)	10℃	15℃
0	1.87	1.87
1	3.27	4.44
4	3.74	4.88
6	5.61	6.77
8	6.07	7.02
11	8.65	9.81
13	9.36	10.51
14	9.83	11.23

## 3. 품질지표별 반응속도 상수

### 3.1 품질지표 VBN 반응속도 상수

#### 1) 반응차수 0차 결과

온도(℃)	Slope(K)	Intercept(A0)	R²
10	0.5590	2.0672	0.9806
15	0.6113	2.6858	0.9629

#### 2) 반응차수 1차 결과

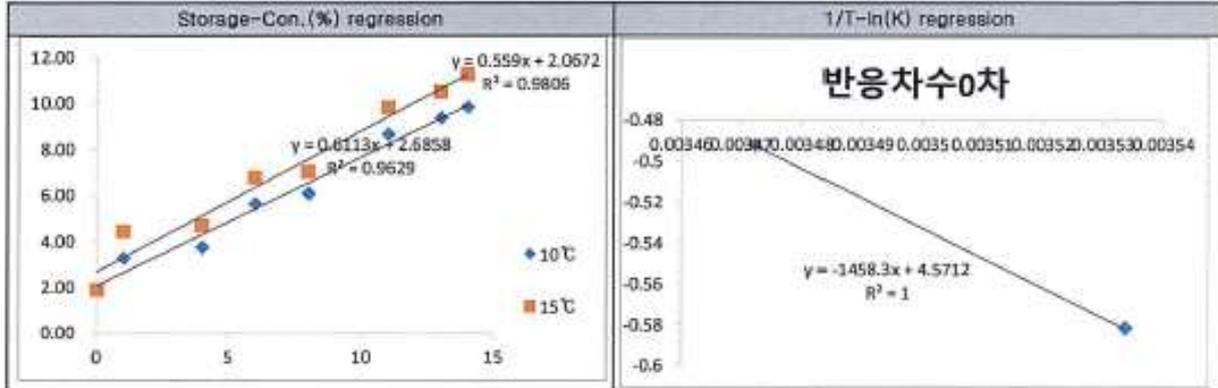
온도(℃)	Slope(K)	Intercept(A0)	R²
10	0.1067	0.9067	0.9317
15	0.1038	1.0823	0.8512

#### 4. 품질지표별 활성화에너지와 반응식 차트

##### 4.1 품질지표 VBN 활성화에너지와 반응식 차트

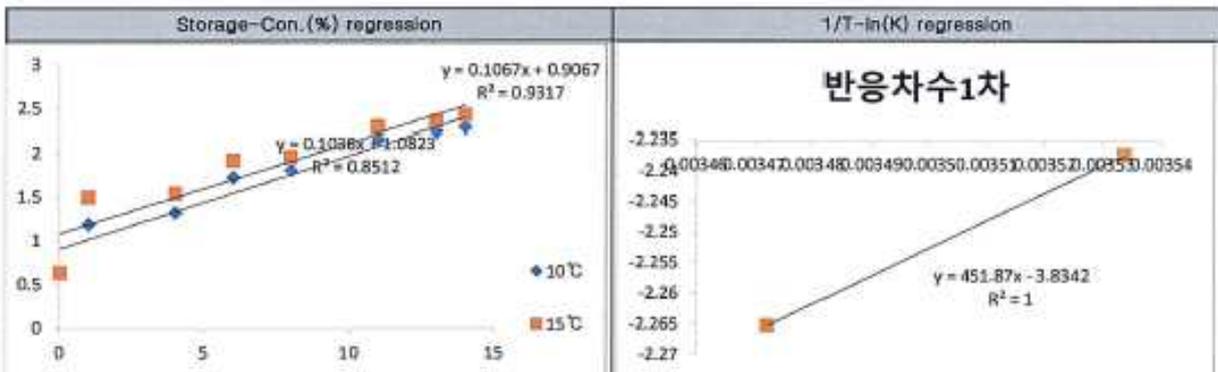
###### 1) 반응차수 0차 결과

Slope(S)	Intercept(A0)	R <sup>2</sup>	Ea
-1458.3	4.5712	1.0000	2,898



###### 2) 반응차수 1차 결과

Slope(S)	Intercept(A0)	R <sup>2</sup>	Ea
451.8718837	-3.8342	1.0000	-



#### 5. 품질지표별 유통기한 산출

##### 5.1 품질지표 VBN 유통기한 산출

차수	최초합량-품질규격	일간변화속도상수	유통기한(일)
0	20.0	0.5590	36
1	20.0	0.1067	187

##### 5.2 안전계수 0.7 적용 VBN 유통기한 산출 결과

차수	유통기한(일)
0	25

#### 1. 예측 제품

예측 제품명	어육(대조군)	식품유형	어육가공품류
프로젝트 분류	㈜한주산업 어육 유통기한 산출 시험		
품질지표	관상		

## 2. 품질지표별 품질변화

### 2.1 품질지표 관능 품질변화

저장기간(일)	10℃	15℃
0	9.00	9.00
1	9.00	9.00
4	9.00	9.00
6	9.00	9.00
8	9.00	8.67
11	9.00	8.53
13	9.00	8.60
14	8.80	7.87

## 3. 품질지표별 반응속도 상수

### 3.1 품질지표 관능 반응속도 상수

#### 1) 반응차수 0차 결과

온도(℃)	Slope(K)	Intercept(A0)	R <sup>2</sup>
10	-0.0070	9.0248	0.2744
15	-0.0621	9.1513	0.6981

#### 2) 반응차수 1차 결과

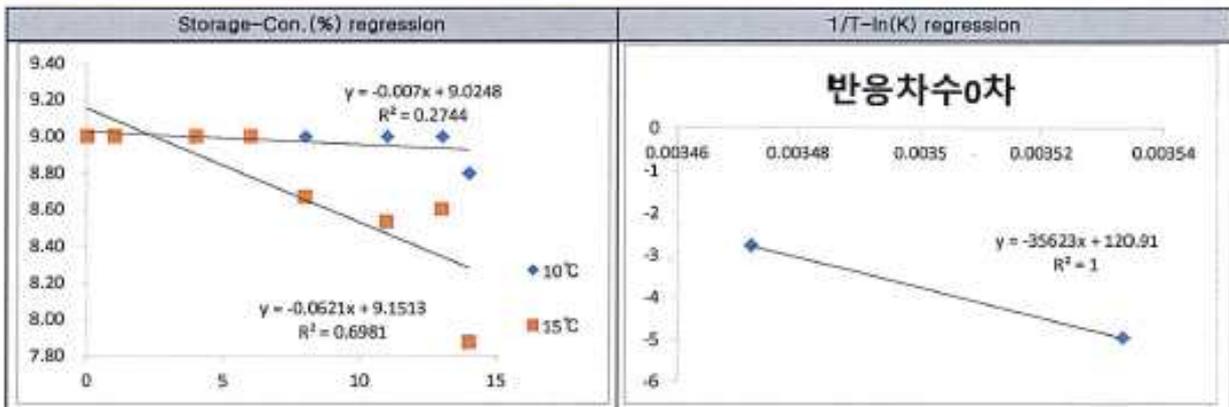
온도(℃)	Slope(K)	Intercept(A0)	R <sup>2</sup>
10	-0.0008	2.2000	0.2744
15	-0.0073	2.2151	0.6840

## 4. 품질지표별 활성화에너지와 반응식 차트

### 4.1 품질지표 관능 활성화에너지와 반응식 차트

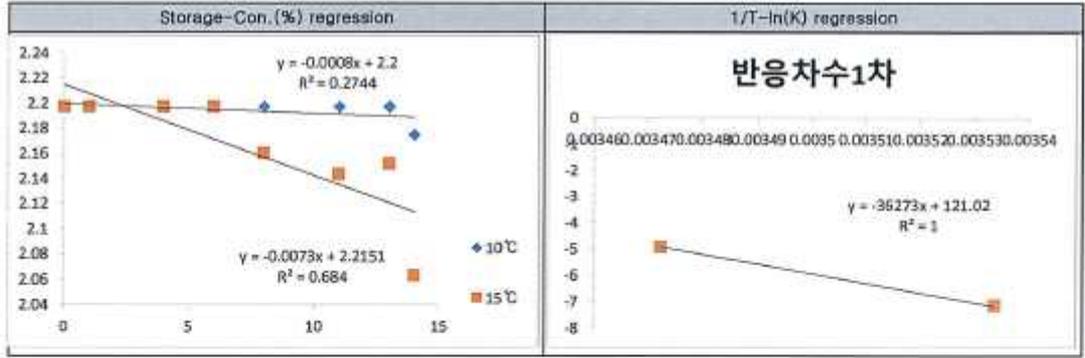
#### 1) 반응차수 0차 결과

Slope(S)	Intercept(A0)	R <sup>2</sup>	Ea
-35622.7	120.9112	1.0000	70,782



#### 2) 반응차수 1차 결과

Slope(S)	Intercept(A0)	R <sup>2</sup>	Ea
-36273.13037	121.0235	1.0000	72,075



5. 품질지표별 유통기한 산출

5.1 품질지표 관능 유통기한 산출

차수	최초함량-품질규격	일간변화속도상수	유통기한(일)
0	4.0	0.0070	573
1	4.0	0.0008	5,097

5.2 안전계수 0.7 적용 관능 유통기한 산출 결과

차수	유통기한(일)
0	401

제 4장 결론

1. 품질지표별 유통기한 산출

품질지표별 규격값과 일간변화속도상수(K)를 활용하여 각 지표의 품질한계일을 산출하였다.

표 1. 어묵(대조군)의 품질지표별 규격에 따른 품질한계일 설정

	품질지표	품질규격	차수	최초함량-품질규격	일간변화속도상수	한계일	안전계수 적용 품질한계일
비법적 규격	일반세균수	10 <sup>5</sup> (Log)	0	5.0	0.0151	332	232
	대장균군	불검출	-	-	-	-	-
	pH	-	0	2.0	0.0106	189	132
	산가	2.5	0	1.0	0.0239	42	29
	VBN	20 (mg/%)	0	20.0	0.5590	36	25
	관능	9점 척도법으로 5점	0	4.0	0.0070	573	401
품질한계일(안전계수 0.7 적용) 산출결과							25일

품질지표별 규격값과 반응속도상수(K)를 활용하여 시간변화에 따른 품질지표의 변화를 0차 반응식으로 나타내어 가장 먼저 한계일에 도달한 품질지표의 한계일을 본 제품의 품질한계일로 산출하였다.

본 제품의 경우, 품질지표 중 VBN(휘발성염기질소)의 품질규격과 0차 반응식의 일간변화속도상수를 활용하여 한계일을 설정하였고, 안전계수 0.7을 적용한 최종 품질한계일은 25일로 산출되었다.

## 실험 결과보고서

제목	어묵(실험군)의 유통기한 설정실험				
실험 구분	자체실험( )		의뢰실험( √ )		
실험 기간	2018년 12월 06일 ~ 2018년 12월 28일				
신청인	업체명	㈜한주산업	대표자	이영성	
	주소	경기도 용인시 기흥구 흥덕1로 13, 흥덕 IT밸리 타워동 A-1401	연락처	031-660-7140	
실험 수행 기관	기관명	(주)한국첨단시험연구원	대표자	안장혁	
	주소	경기도 성남시 중원구 둔촌대로 388 크란츠테크노 701호	연락처	031-734-7155	
실험 참여자	책임자	안 장 혁			
	연구원	서은미, 민소라, 김정혜, 이해원, 이도연			
실 험 결 과	요 약				
	◆ 유통기한 실험결과				
	어묵(실험군)	품질지표	최초함량-품질규격	일간변화속도상수(K)	품질한계일
	규격	일반세균수	5.0	0.0028	1237
		대장균군	-	-	-
		pH	2.0	0.0014	968
		산가	1.0	0.0172	41
		VBN	20.0	0.4377	32
		관능	4.0	0.0019	1501
	품질한계일(안전계수 0.7 적용) 산출결과				32일
<p><u>품질지표별 품질규격 &amp; 일간변화속도상수(K)에 의한 품질한계일(sample): 32일</u></p> <p>위 내용은 시험의뢰인에 의해 제공된 시료에 대한 시험결과이며, 본 실험에서 사용된 제공 시료의 초기품질과 동일한 생산제품에 대하여 적용이 가능하므로 유통기한에 대한 더욱 객관적이고, 과학적인 설정을 위해서는 본 생산 제품으로 정확한 재 확인 실험을 하도록 권고합니다.</p>					
(주)한국첨단시험연구원					

## 제 1장 제품의 특성

구분	제 품
제품 유형	수산가공식품류
성상	어육가공품류
사용원료	-
제조·가공과정	-
포장재질	의뢰자 제공 포장재
포장방법	-
포장단위	-
보존 및 유통온도	냉장
유당·유처리	-
살균 또는 멸균방법	-
제품 사진	<p style="text-align: center;">내용물</p> 

## 제 2장 실험방법

### 가. 검체의 채취 및 취급방법

본 실험에 사용된 제품은 '대한주산업'에서 제공한 '어묵(실험군)' 제품으로 각각 10°C, 15°C 에서 20일 간 저장시키면서 3일 간격으로 총 8회 실험을 수행하였다.

### 나. 품질지표 및 실험방법

품질지표		실험방법
미생물	일반세균수	「식품공전」 제7. 일반시험법 4. 미생물시험법 4.5. 세균수 4.5.1 일반세균수
	대장균군	「식품공전」 제7. 일반시험법 4. 미생물시험법 4.7. 대장균군
이화학	pH	검체 1 g을 정확히 취하여 50 mL 코니컬 튜브에 취한 후, 물 49 mL를 가하여 흔들어 섞은 후 pH 측정기로 측정한다.
	산가	「식품공전」 제7. 일반시험법 2. 식품성분시험법 2.1 일반성분시험법 2.1.5 지질 2.1.5.3 화학적 시험 2.1.5.3.1 산가
	VBN	「식품공전」 제7. 일반시험법 6. 식품별 규격 확인 시험법 6.9 식육 및 알가공품 6.9.4 식육 또는 알함유가공품 6.9.4.1 휘발성 염기질소
관능	기호도 척도법	「식품공전」 제7. 일반시험법 1. 식품일반시험법 1.1 성상(관능시험)

### 다. 실험조건

구분	실험조건	구분	실험조건
저장온도	10°C, 15°C	저장기간	20일
대조구	-	실험횟수	8회
유통온도	10°C	실험반복수	3회

### 라. 품질한계

품질지표	품질한계	근거
일반세균수	10 <sup>5</sup> (Log)	「식품공전」 제7. 일반시험법 4. 미생물시험법 4.5. 세균수 4.5.1 일반세균수
대장균군	불검출	「식품공전」 제7. 일반시험법 4. 미생물시험법 4.7. 대장균군
pH		하단참조 <sup>*)</sup>
산가	2.5	「식품공전」 제7. 일반시험법 2. 식품성분시험법 2.1 일반성분시험법 2.1.5 지질 2.1.5.3 화학적 시험 2.1.5.3.1 산가
VBN	20 (mg/%)	「식품공전」 제7. 일반시험법 6. 식품별 규격 확인 시험법 6.9 식육 및 알가공품 6.9.4 식육 또는 알함유가공품 6.9.4.1 휘발성 염기질소
기호도 척도법	5점	식품공전 성상(관능시험) 9점 척도 5점 이상을 적합한 것으로 설정

\* <sup>1)</sup>: 품질한계 규격이 정해지지 않은 경우, 관능과의 상관관계수에 따라 품질한계 산출

## 제 3장 실험결과

### 1.1 품질지표별 실험결과

표1. 어묵(실험군)의 10°C 저장 결과

저장 기간(일)	미생물학적		이화학			관능
	일반세균수 ( $\log_{10}$ )	대장균군	pH	산가	VBN	성상 (9점 척도)
0	0.00±0.00	불검출	6.71±0.08	1.66±0.02	1.64±0.40	9.00±0.00
1	0.57±0.51	불검출	6.85±0.02	1.67±0.05	3.04±0.81	9.00±0.00
5	0.33±0.58	불검출	6.70±0.05	1.75±0.02	3.75±1.07	9.00±0.00
7	0.00±0.00	불검출	6.77±0.06	1.79±0.02	5.39±1.07	9.00±0.00
11	0.00±0.00	불검출	6.75±0.13	1.84±0.03	7.94±0.81	9.00±0.00
14	0.23±0.40	불검출	6.88±0.04	1.87±0.03	9.59±0.41	9.00±0.00
18	0.47±0.40	불검출	6.82±0.11	1.93±0.02	9.85±2.54	9.00±0.00
20	0.23±0.40	불검출	6.72±0.01	2.05±0.03	10.04±1.46	8.93±0.26

표2. 어묵(실험군)의 15°C 저장 결과

저장 기간(일)	미생물학적		이화학			관능
	일반세균수 ( $\log_{10}$ )	대장균군	pH	산가	VBN	성상 (9점 척도)
0	0.00±0.00	불검출	6.71±0.08	1.66±0.02	1.64±0.40	9.00±0.00
1	0.47±0.40	불검출	6.86±0.03	1.67±0.03	4.19±1.40	9.00±0.00
5	0.00±0.00	불검출	6.63±0.04	1.76±0.03	4.68±0.40	9.00±0.00
7	0.47±0.40	불검출	6.88±0.03	1.83±0.01	6.56±0.41	9.00±0.00
11	0.23±0.40	불검출	6.75±0.05	1.85±0.04	9.35±1.46	9.00±0.00
14	0.00±0.00	불검출	6.76±0.01	1.87±0.01	10.76±1.77	9.00±0.00
18	1.23±1.56	불검출	6.76±0.03	1.91±0.03	11.02±1.07	9.00±0.00
20	0.87±0.96	불검출	6.75±0.01	2.02±0.03	11.21±1.40	8.40±0.51

# 유통기한 설정 실험결과보고서

## 1. 예측 제품

예측 제품명	어묵(실험군)	식품유형	어묵가공품류
프로젝트 분류	위판주산업 어묵 유통기한 산출 시험		
품질지표	일반세균		

## 2. 품질지표별 품질변화

### 2.1 품질지표 일반세균 품질변화 (log<sub>10</sub>)

저장기간(일)	10℃	15℃
0	0.00	0.00
1	0.57	0.47
5	0.33	0.00
7	0.00	0.47
11	0.00	0.23
14	0.23	0.00
18	0.47	1.23
20	0.23	0.87

## 3. 품질지표별 반응속도 상수

### 3.1 품질지표 일반세균 반응속도 상수

#### 1) 반응차수 0차 결과

온도(℃)	Slope(K)	Intercept(A0)	R <sup>2</sup>
10	0.0028	0.2019	0.0092
15	0.0375	0.0527	0.3875

#### 2) 반응차수 1차 결과

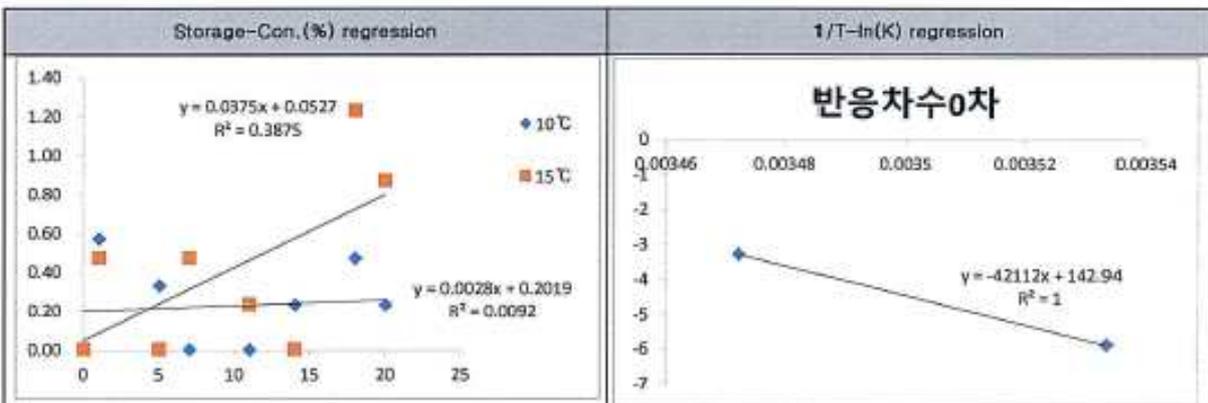
온도(℃)	Slope(K)	Intercept(A0)	R <sup>2</sup>
10	-0.0475	-0.2199	0.3127
15	0.0162	-0.5183	0.0451

## 4. 품질지표별 활성화에너지와 반응식 차트

### 4.1 품질지표 일반세균 활성화에너지와 반응식 차트

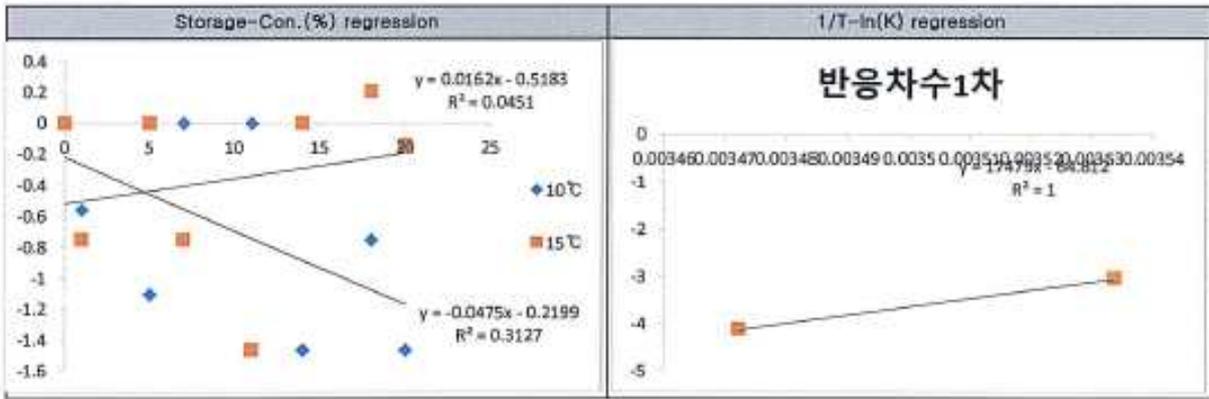
#### 1) 반응차수 0차 결과

Slope(S)	Intercept(A0)	R <sup>2</sup>	Ea
-42111.6	142.9366	1.0000	83,676



#### 2) 반응차수 1차 결과

Slope(S)	Intercept(A0)	R <sup>2</sup>	Ea
17479.3382	-64.8125	1.0000	34,731



## 5. 품질지표별 유통기한 산출

### 5.1 품질지표 일반세균 유통기한 산출

차수	최초합량-품질규격	일간변화속도상수	유통기한(일)
0	5.0	0.0028	1,767
1	5.0	0.0475	105

### 5.2 안전계수 0.7 적용 일반세균 유통기한 산출 결과

차수	유통기한(일)
0	1,237

## 1. 예측 제품

예측 제품명	어묵(실험군)	사품유형	어묵가공품류
프로젝트 분류	㈜한주산업 어묵 유통기한 산출 시험		
품질지표	pH		

## 2. 품질지표별 품질변화

### 2.1 품질지표 pH 품질변화

저장기간(일)	10℃	15℃
0	6.71	6.71
1	6.85	6.86
5	6.70	6.63
7	6.77	6.88
11	6.75	6.75
14	6.88	6.76
18	6.82	6.76
20	6.72	6.75

## 3. 품질지표별 반응속도 상수

### 3.1 품질지표 pH 반응속도 상수

#### 1) 반응차수 0차 결과

온도(℃)	Slope(K)	Intercept(A0)	R²
10	0.0014	6.7613	0.0258
15	-0.0005	6.7676	0.0025

2) 반응차수 1차 결과

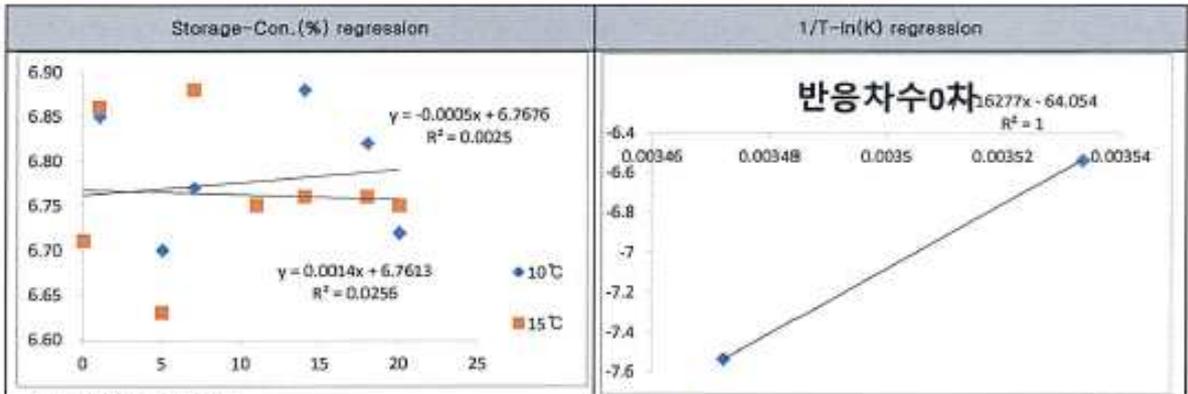
온도(℃)	Slope(K)	Intercept(A0)	R <sup>2</sup>
10	0.0002	1.9112	0.0258
15	-0.0001	1.9120	0.0022

4. 품질지표별 활성화에너지와 반응식 차트

4.1 품질지표 pH 활성화에너지와 반응식 차트

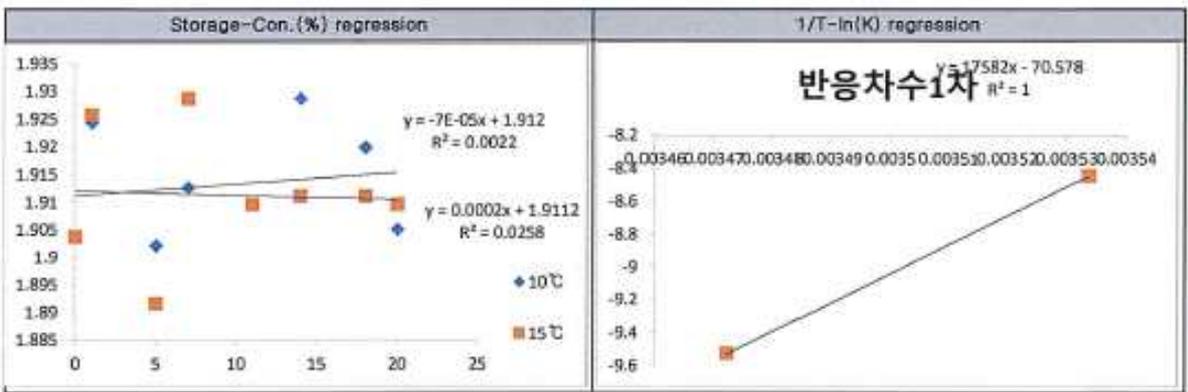
1) 반응차수 0차 결과

Slope(S)	Intercept(A0)	R <sup>2</sup>	Ea
16276.8	-64.0537	1.0000	-



2) 반응차수 1차 결과

Slope(S)	Intercept(A0)	R <sup>2</sup>	Ea
17582.18215	-70.5777	1.0000	-



5. 품질지표별 유통기한 산출

5.1 품질지표 pH 유통기한 산출

차수	최초함량-품질규격	일간변화속도상수	유통기한(일)
0	2.0	0.0014	1,382
1	2.0	0.0002	9,349

5.2 안전계수 0.7 적용 pH 유통기한 산출 결과

차수	유통기한(일)
0	968

### 1. 예측 제품

예측 제품명	어묵(실업군)	식품유형	어묵가공품류
프로젝트 분류	(위한주산업 어묵 유통기한 신출 시험		
품질지표	산가		

### 2. 품질지표별 품질변화

#### 2.1 품질지표 산가 품질변화

저장기간(일)	10℃	15℃
0	1.66	1.66
1	1.67	1.67
5	1.75	1.76
7	1.79	1.83
11	1.84	1.85
14	1.87	1.87
18	1.93	1.91
20	2.05	2.02

### 3. 품질지표별 반응속도 상수

#### 3.1 품질지표 산가 반응속도 상수

##### 1) 반응차수 0차 결과

온도(℃)	Slope(K)	Intercept(A0)	R <sup>2</sup>
10	0.0172	1.6563	0.9607
15	0.0157	1.6724	0.9370

##### 2) 반응차수 1차 결과

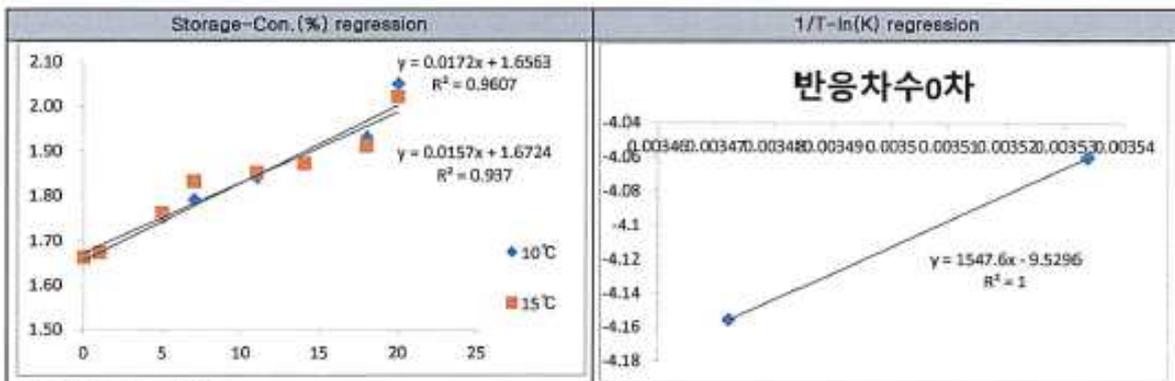
온도(℃)	Slope(K)	Intercept(A0)	R <sup>2</sup>
10	0.0094	0.5071	0.9678
15	0.0086	0.5157	0.9368

### 4. 품질지표별 활성화에너지와 반응식 차트

#### 4.1 품질지표 산가 활성화에너지와 반응식 차트

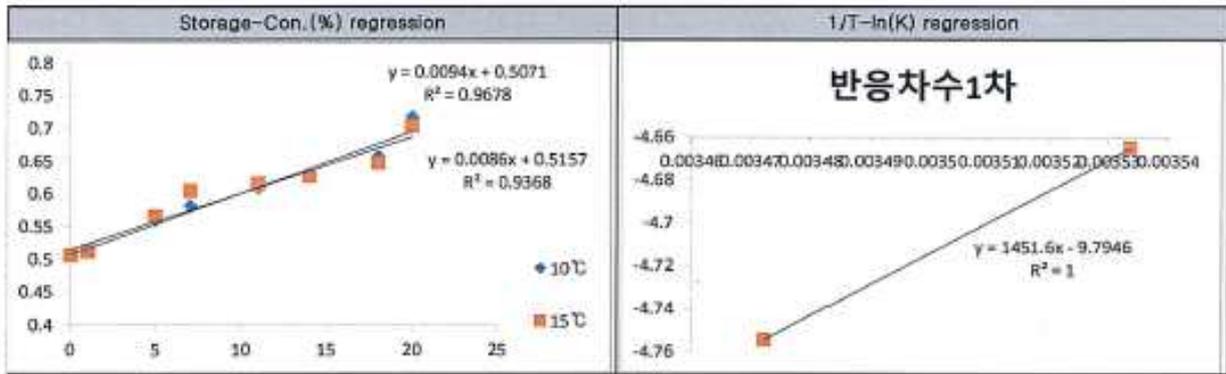
##### 1) 반응차수 0차 결과

Slope(S)	Intercept(A0)	R <sup>2</sup>	Ea
1547.6	-9.5296	1.0000	3,075



##### 2) 반응차수 1차 결과

Slope(S)	Intercept(A0)	R <sup>2</sup>	Ea
1451.600761	-9.7946	1.0000	2,884



## 5. 품질지표별 유통기한 산출

### 5.1 품질지표 산가 유통기한 산출

차수	최초함양-품질규격	일간변화속도상수	유통기한(일)
0	1.0	0.0172	58
1	1.0	0.0094	106

### 5.2 안전계수 0.7 적용 산가 유통기한 산출 결과

차수	유통기한(일)
0	41

## 1. 예측 제품

예측 제품명	어육(실험군)	식품유형	어육가공품류
프로젝트 분류	㈜한주산업 어육 유통기한 산출 시험		
품질지표	VBN(휘발성염기질소)		

## 2. 품질지표별 품질변화

### 2.1 품질지표 VBN 품질변화

저장기간(일)	10°C	15°C
0	1.64	1.64
1	3.04	4.19
5	3.75	4.68
7	5.39	6.56
11	7.94	9.35
14	9.59	10.76
18	9.85	11.02
20	10.04	11.21

## 3. 품질지표별 반응속도 상수

### 3.1 품질지표 VBN 반응속도 상수

#### 1) 반응차수 0차 결과

온도(°C)	Slope(K)	Intercept(A0)	R <sup>2</sup>
10	0.4377	2.2472	0.9471
15	0.4700	2.9616	0.9229

#### 2) 반응차수 1차 결과

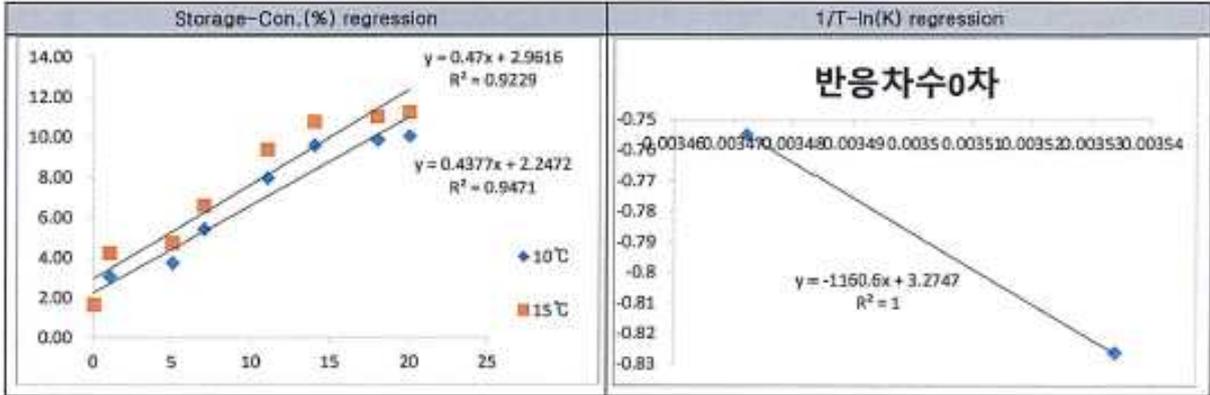
온도(°C)	Slope(K)	Intercept(A0)	R <sup>2</sup>
10	0.0828	0.9056	0.8699
15	0.0794	1.0929	0.7879

#### 4. 품질지표별 활성화에너지와 반응식 차트

##### 4.1 품질지표 VBN 활성화에너지와 반응식 차트

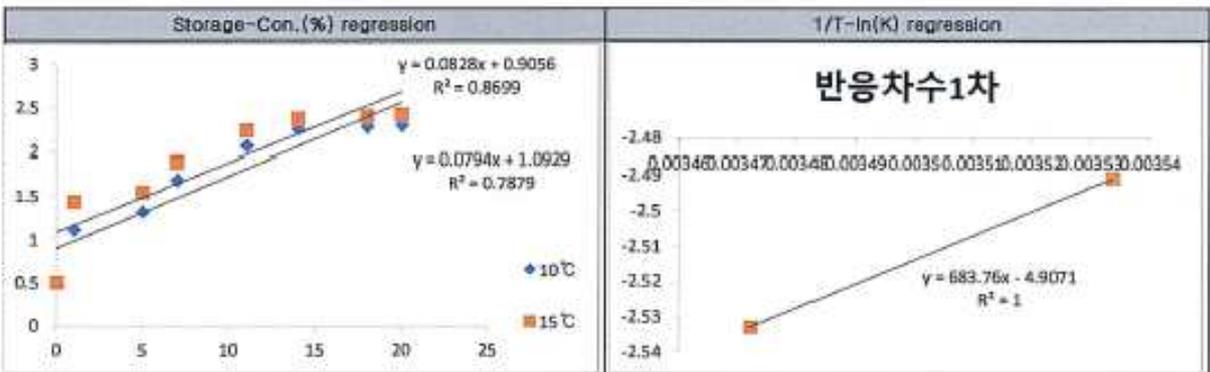
###### 1) 반응차수 0차 결과

Slope(S)	Intercept(A0)	R <sup>2</sup>	Ea
-1160.6	3,2747	1.0000	2,306



###### 2) 반응차수 1차 결과

Slope(S)	Intercept(A0)	R <sup>2</sup>	Ea
683.756877	-4.9071	1.0000	1,359



#### 5. 품질지표별 유통기한 산출

##### 5.1 품질지표 VBN 유통기한 산출

차수	최초함량-품질규격	일간변화속도상수	유통기한(일)
0	20.0	0.4377	46
1	20.0	0.0828	241

##### 5.2 안전계수 0.7 적용 VBN 유통기한 산출 결과

차수	유통기한(일)
0	32

### 1. 예측 제품

예측 제품명	어묵(실협군)	식품유형	어묵가공제품
프로젝트 분류	(주)한주산업 어묵 유통기한 산출 시험		
품질지표	관능		

### 2. 품질지표별 품질변화

#### 2.1 품질지표 관능 품질변화

저장기간(일)	10℃	15℃
0	9.00	9.00
1	9.00	9.00
5	9.00	9.00
7	9.00	9.00
11	9.00	9.00
14	9.00	9.00
18	9.00	9.00
20	8.93	8.40

### 3. 품질지표별 반응속도 상수

#### 3.1 품질지표 관능 반응속도 상수

##### 1) 반응차수 0차 결과

온도(℃)	Slope(K)	Intercept(A0)	R <sup>2</sup>
10	-0.0019	9.0090	0.3198
15	-0.0160	9.0769	0.3198

##### 2) 반응차수 1차 결과

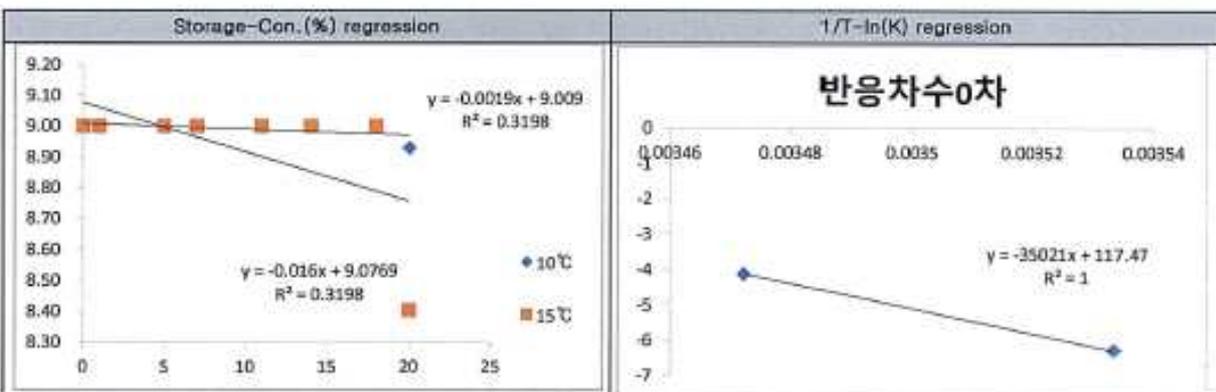
온도(℃)	Slope(K)	Intercept(A0)	R <sup>2</sup>
10	-0.0002	2.1982	0.3198
15	-0.0018	2.2061	0.3198

### 4. 품질지표별 활성화에너지와 반응식 차트

#### 4.1 품질지표 관능 활성화에너지와 반응식 차트

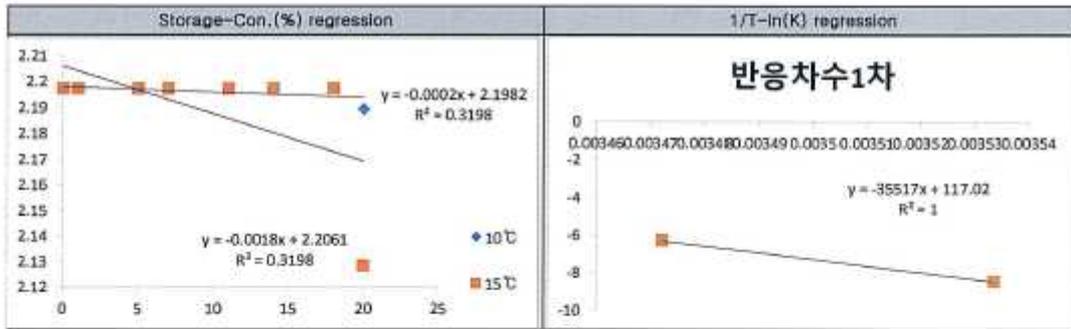
##### 1) 반응차수 0차 결과

Slope(S)	Intercept(A0)	R <sup>2</sup>	Ea
-35021.2	117.4658	1.0000	69,587



##### 2) 반응차수 1차 결과

Slope(S)	Intercept(A0)	R <sup>2</sup>	Es
-35516.68791	117.0231	1.0000	70,572



## 5. 품질지표별 유통기한 산출

### 5.1 품질지표 관능 유통기한 산출

차수	최소함량-품질규격	일간변화속도상수	유통기한(일)
0	4.0	0.0019	2,144
1	4.0	0.0002	19,223

### 5.2 안전계수 0.7 적용 관능 유통기한 산출 결과

차수	유통기한(일)
0	1,501

## 제 4장 결론

### 1. 품질지표별 유통기한 산출

품질지표별 규격값과 일간변화속도상수(K)를 활용하여 각 지표의 품질한계일을 산출하였다.

표 1. 어묵(실험군)의 품질지표별 규격에 따른 품질한계일 설정

	품질지표	품질규격	차수	최소함량-품질규격	일간변화속도상수	한계일	안전계수 적용 품질한계일
비법적 규격	일반세균수	$10^5$ (Log)	0	5.0	0.0028	1767	1237
	대장균군	불검출	-	-	-	-	-
	pH	-	0	2.0	0.0014	1382	968
	산가	2.5	0	1.0	0.0172	58	41
	VBN	20 (mg/%)	0	20.0	0.4377	46	32
	관능	9점 척도범으로 5점	0	4.0	0.0019	2144	1501
품질한계일(안전계수 0.7 적용) 산출결과							32일

품질지표별 규격값과 반응속도상수(K)를 활용하여 시간변화에 따른 품질지표의 변화를 0차 반응식으로 나타내어 가장 먼저 한계일에 도달한 품질지표의 한계일을 본 제품의 품질한계일로 산출하였다.

본 제품의 경우, 품질지표 중 VBN(휘발성염기질소)의 품질규격과 0차 반응식의 일간변화속도상수를 활용하여 한계일을 설정하였고, 안전계수 0.7을 적용한 최종 품질한계일은 32일로 산출되었다.

## 2-9. 고추냉이가 첨가된 식용유지의 튀김공정에서의 특성 검토

고추냉이는 십자화과에 다년성 속근성 식물로 한랭하고 서늘한 기후에서 주로 재배되어 오는 식물이다. 학명으로 알려진 *Wasabia japonica* Matsum은 일본의 원산지인 고추냉이를 지칭하며, 한국에서 자생하는 품종의 경우 *Wasabia koreana* Nakai로 분류되어 이용되고 있다(Park et al. 2006). 고추냉이는 특유의 강한 향기와 맛 성분으로 인해 향신료로서의 이용이 보편적이며, 이러한 맛과 향은 allyl isothiocyanate(AITC)에 의한 것으로 AITC는 고추냉이에 존재하는 배당체인 sinigrin이라는 glucosinolate 계열의 화합물이 myrosinase에 의해 가수분해되어 생성된다. 일반적으로 알려진 glucosinolate는 세포내에서 존재하는데, 외부 자극에 의한 세포가 파괴가 되면, 세포막에 존재하는 myrosinase와의 가수분해 반응을 일으키게 된다(Dai et al. 2014). Sinigrin은 특유의 매운 맛과 향기로 항균성을 가지고 있다고 보고되고 있으며, 고추냉이는 부위별로 잎, 엽병, 그리고 근경으로 분류하고 있는데, 이 중 뿌리 부분에 해당하는 근경에서 가장 많은 함량의 sinigrin이 함유되어 있다고 보고되고 있다(Sung et al. 2017). Sinigrin의 활성화로 인해 고추냉이의 활용은 거의 생선회나 초밥의 섭취 시 활용되는 향신료 정도로 사용이 제한적이었다(Kim et al., 2007). 고추냉이의 경우 재배지역이 한정되어 있으며, 식품산업에 이용되는 부분은 근경에 불과한 상황이며, 근경의 경우 재배를 위해 훼손이 생기면 더 이상의 추가적인 재배에 어려움이 발생하여, 고가의 부위로 알려져 있으며, 이에 따라 고추냉이는 그 영양적 가치에 비해서 식품소재로의 이용에 제한적인 상황이다(Park et al. 2006). 하지만 잎이나 엽병에 대한 병행 사용은 오히려 고추냉이의 식품 및 식품소재로의 이용률을 증가시킬 수 있을 것으로 판단된다. 문헌연구를 보면 Sung 등 (2017)의 연구에서도 그러한 부위별 이용을 통해 고추냉이의 식품소재로의 영양적 및 기능적 우수성을 보고한 바 있다(Sung et al. 2017).

최근의 식생활의 변화는 서구식의 지방 함량이 높은 식품에 대한 선호도가 증가하면서, 식용유지의 건강 기능성에 대한 관심이 높아지고 있으며, 이에 대한 식용유지의 연구 역시 증가하고 있다. 식용유지는 높은 열에 의해 식품의 풍미를 개선시키는 조리법이 주로 사용되기 때문에 열에 의한 산화안정성이 매우 중요한 요소이다. 튀김 공정은 탈수에 의한 조직의 텍스처 변화, 흡수된 유지에 의한 부드러운 맛과 향을 제공하는 반면에 반복적인 열처리에 따른 유지의 색 변화, 과산화물의 증가, 점도 증가, 그리고 건강에 유해한 물질의 생성을 초래하기도 한다(Lee et al. 2017). 또한 식품을 튀김할 경우 튀김제품의 품질저하를 방지하기 위한 식용유지에 대한 연구가 진행되어 왔으며, 튀김 공정에 대한 연구 역시 계속적으로 진행되어 왔다(Lee & Park 2010; Song & Jang 2002; Yun et al. 2000). 또한 식물소재의 적용을 통한 튀김유의 안정성에 대한 연구도 시도된 바가 있는데, 음나무(Lim et al. 2012)나 수삼(Lee et al. 2013)의 첨가를 통한 튀김유의 영양성분 변화 및 안정성에 대한 연구가 진행되었다. 또한 식물소재의 유지의 튀김유로서의 적용가능성에 대한 연구도 진행되었다(Kim et al. 1996).

이에 본 연구에서는 튀김유에 고추냉이를 첨가하여 반복 튀김공정을 진행하여 튀김유의 영양성분 변화, 이화학적 특성 및 전자코와 전자혀를 이용하여 향미에 영향을 미치는 센서값 변화 패턴에 대한 연구를 진행하여 제한적인 사용에 불과하던 고추냉이의 튀김유에서의 잠재력을 검토하였다.

## 가) 재료 및 방법

### 실험재료

고추냉이 튀김유에 사용된 고추냉이는 한주산업(Yongin, Gyeonggi, Republic of Korea)에서 2017년도에 수경재배를 통해 생산된 샘플을 사용하였으며 제공받았으며, 본 연구에 사용된 고추냉이 표본(specimen voucher number: GFW-005)은 본 연구기관의 냉동 표본실에 보관하였다. 실험에 사용된 고추냉이 샘플은 잎(leaf), 엽병(petiole), 그리고 근경(rhizome)을 모두 포함하여 동일한 비율로 실험을 진행하였고,  $-40^{\circ}\text{C}$ 에서 동결 후 동결건조 (PVTFD10R, Ilshin Lab., Suwon, Korea)를 통해 수분을 제거한 후 고품분을 20 mesh 입도로 파쇄하여 연구에 사용하였다.

### 시약

본 연구에서 사용된 모든 시약과 표준품은 Sigma-Aldrich Co.(St. Louis, MO, USA)에서 구입하였다. Hexane, methanol( $\text{CH}_3\text{OH}$ ), ethanol은 HPLC-grade를 사용하였고, anhydrous sodium sulfate( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ), isooctane, diethyl ether와 같은 시약은 ACS-grade를 이용하였다.

### 고추냉이 첨가유의 제조

동결 건조된 고추냉이를 첨가한 식용 유지를 제조하기 위해 예비실험을 통하여 최적 첨가비율을 결정하였으며, 10 g의 고추냉이를 1 L의 대두유에 첨가하고  $100^{\circ}\text{C}$ 에서 1시간 동안 교반을 통해 고추냉이의 지용성 성분을 용출시켰으며, 여과를 통해 고품분을 제거하여 실험에 사용하였다.

### 튀김공정

고추냉이가 첨가된 식용유지의 유탕처리 공정을 위해 식용유의 선택은 대두유를 사용하였다. 각 1 L의 유지를 가정용 유탕기(KFR1201, Kaiser Co., Seoul, Korea)에 넣고 시중에서 구입 가능한 French-fry 용도의 감자를 이용하여 반복 유탕처리를 진행하였다. 유탕처리가 완료되면 유지 100 mL를 꺼내고, 남은 유지에는 신선한 유지를 100 mL를 보충하여 전체 부피를 1 L로 유지하면서 10회 반복한 후 단계적으로 얻은 유지를 이용하여 실험을 진행하였다.



그림 54. 고추냉이를 첨가한 대두유의 튀김 공정

### 지방산 조성

본 연구에서 얻은 튀김유의 지방산 조성을 알아보기 위해 boron trifluoride(BF<sub>3</sub>)-methanol을 이용한 유도체화를 실시하였다. 사용된 내부표준물질은 heptadecanoic acid(C17:0)이며, 0.5 N NaOH-methanol을 이용하여 100°C의 온도에서 가열 후 실온에 냉각시킨 혼합액에 2 mL의 hexane을 첨가하여 1분간 vortex 시킨 다음 hexane 층을 수집하였다. 수집된 hexane 층은 질소가스를 이용하여 hexane을 제거한 다음 샘플을 다시 1 mL의 hexane에 녹여 실험에 사용하였다. 지방산 분석을 위한 gas chromatography는 Agilent Technologies 6890N 장치(Santa Clara, CA, USA)가 사용되었다. SP-2560 컬럼(100 m × 0.25 mm i.d., 0.25-μm film thickness)에 주입구와 검출기 온도는 모두 250°C 였으며, 오븐 초기 온도는 130° C 에서 5분간 머문 후 분당 4° C 증가시켜 240° C까지 상승시킨 다음 15분간 유지하였다. 개별 지방산의 동정은 Supelco 37 FAME 표준품(Sigma-Aldrich Co.)을 이용하여 각각의 머무름 시간을 이용하여 확인하였다 (Prato & Biandolino 2012).

### 산가(AV) 측정

유지의 산가는 AOCS법(AOCS 1990)을 이용하여 유지를 1 g을 취한 후 ethanol : ether을 1:1(v/v) 혼합한 용액 30 mL를 넣어 유지를 용해시킨 후 여기에 1% 페놀프탈레인 (phenolphthalein)용액 100 μL을 가하여 잘 섞은 뒤 옅은 홍색이 될 때까지 0.1N potassium hydroxide(KOH) in ethanol 용액으로 적정하였다. 시료가 없는 공시험을 진행하였고, 다음 식에 대입하여 산가를 계산하였다.

$$\text{산가(mg KOH/g oil)} = [5.611 \times (a-b) \times f] / S$$

a : 본시험의 0.1N KOH-ethanol 표준용액의 소비량(mL)

b : 공시험의 0.1N KOH-ethanol 표준용액의 소비량(mL)

f : 0.1N KOH-ethanol 표준용액의 역가(factor)

S : 시료 무게(g)

### 과산화물가(POV) 측정

AOCS법(AOCS 1990)을 이용하여 과산화물가의 함량을 측정하기 위해 플라스크에 유지 1 g을 취한 후 acetic acid : chloroform 3:2(v/v)로 혼합한 용액 25 mL을 넣어 유지를 용해시켰다. 포화요오드화 칼륨(potassium iodide, KI)용액 1 mL을 넣고 1분간 흔들어준 후 암소에 10분간 보관 후 증류수 75 mL를 가하여 잘 섞은 다음, 1% 전분(soluble starch) 용액 1 mL 가한 뒤 0.01 N sodium thiosulfate(Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 용액으로 무색이 될 때까지 적정하였다. 공시험을 진행한 후, 다음 식에 대입하여 과산화물가를 계산하였다.

$$\text{과산화물가(meq/kg oil)} = [(a-b) \times 0.01 \times f \times 1000] / S$$

a : 본시험의 0.01 N sodium thiosulfate 표준 용액의 소비량(mL)

b : 공시험의 0.01 N Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 표준 용액의 소비량(mL)

f : 0.01 N Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 표준 용액의 역가(factor)

S : 시료 무게(g)

### *p*-Anisidine value (*p*-AV) 탐색

유지에 존재하는 aldehydes와 ketones의 함량을 확인하기 위해 AOCS법(AOCS 1990)을 이용하여 *p*-AV값을 이용하였다. 유지 100 mg을 취한 후 isooctane 25 mL을 가하여 지질을 용해하고, 350 nm에서 흡광도를 측정한다. 이 용액 2.5 mL에 0.25%(w/v) *para*-anisidine/acetic acid 용액 0.5 mL을 넣고 15분간 반응시킨 후, 동일한 파장에서 흡광도를 측정하여, 아래의 식에 대입하여 *p*-AV 계산하였다.

$$p\text{-Anisidine value} = [25 \times (1.2a-b)] / S$$

a : Anisidine 용액과 반응한 후의 시료 용액의 흡광도

b : Anisidine 용액과 반응하기 전의 시료 용액의 흡광도

S : 시료 무게(g)

### 산소유도기간 측정

튀김유의 산화 안정성을 확인하기 위하여 산소유도기간을 측정하여 고추냉이 첨가 튀김유의 산화안정성을 확인해 보았다. 산소유도기간을 측정하기 위하여 rancimat 장비(Metrohm CH series 892, Metrohm AG, Herisau, Switzerland)를 이용하였다(Kim et al. 2017). 약 3 g의 튀김유 지를 rancimat용 tube에 20 L/h의 조건으로 공기를 주입하여 120° C의 온도에서 실험을 진행하였다(Kim et al. 2017).

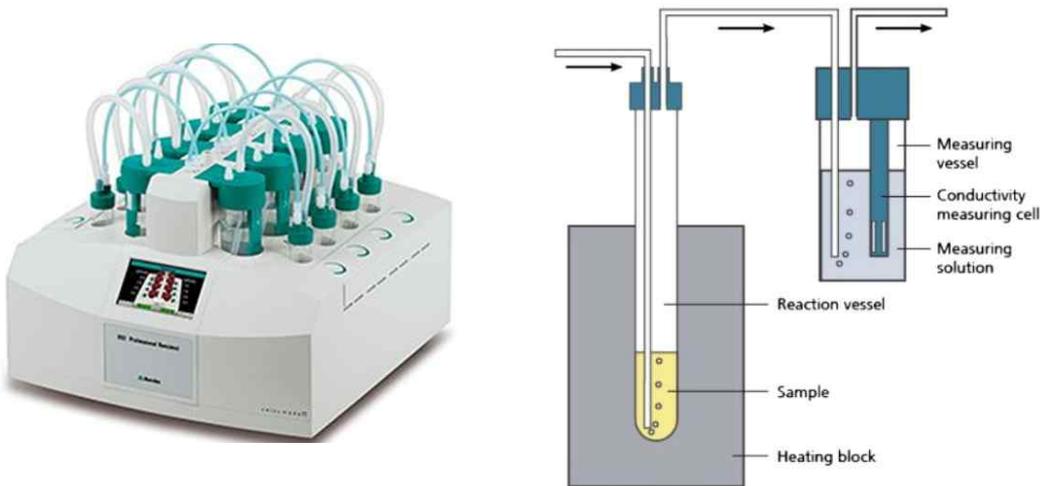


그림 55. Rancimat 분석

### 색도, 갈색도 및 탁도 측정

색도는 색차계(CR-400, Konica Minolta Inc., Tokyo, Japan)를 이용하여 튀김유지의 튀김 공정 중 변화하는 색도를 측정하였다. 사용되는 색도 수치는 명도(lightness,  $L^*$ -value), 적색도(redness,  $a^*$ -value) 및 황색도(yellowness,  $b^*$ -value)를 이용하였다. 그리고 튀김유의 화학적 변화에 따른 갈색도를 측정하기 위해서 spectrophotometer(Multiskan Go, Thermo-Fisher Scientific Co., Vantaa, Finland)를 이용하여 420 nm에서 흡광도를 통해 갈색도를 확인하였고, 높은 흡광도 값은 유지의 높은 갈색도를 반영하는 것으로 간주하였다. 또한 탁도를 측정하기

위해 식용유지 200  $\mu$ L를 96-well plate에 옮긴 후 420 nm에서 흡광도를 측정하여 탁도를 확인하였다(Kim et al. 2017).



그림 56. 색차계 분석

#### 전자코 분석

튀김유지의 튀김공정으로 발생하는 휘발성 성분 분석을 위해 전자코시스템(HERACLES II, Alpha MOS, Toulouse, France)을 이용하였다. 튀김유지 3 g을 50° C에서 500 rpm으로 20분간 교반하면서 headspace를 포집하여, 두 개의 column(MXT-5/MXT-1701)을 병렬로 장착된 시스템에서 flame ionization detectors(FID)로 분석하였다. 포집시간은 130초였으며, trap의 흡착온도와 탈착온도는 각각 25° C와 240° C에서 분석을 진행하였다. 휘발성 물질 동정은 Kovat 's index library 기반의 AroChemBase(Alpha MOS)를 이용하였다(Jo et al. 2016).



그림 57. 전자코 분석

#### 전자혀 분석

튀김유지의 튀김공정으로 발생하는 기본 맛 성분 분석을 위해 전자혀 (ASTREE, Alpha MOS) 시스템을 이용하여 분석하였다. 샘플의 맛 성분의 패턴은 2개의 reference 센서와 개별 맛 성분을 검출하는 센서(SRS, STS, UMS, SWS, BRS)를 이용하였다. 이중 SRS는 신맛, STS는 짠맛, UMS는 감칠맛, SWS는 단맛, BRS는 쓴맛을 감지하고, GPS와 SPS는 센서값을 보정하는 표준센

서로 사용되었다. 각 시료는 정제수를 이용하여 0.1 g/mL 농도로 희석한 후 60분간 교반하면서 맛 성분을 추출하였고, 여과를 통해서 고형분 제거하였다. 시료액을 전자혀 장비의 sampler에 장착한 후 센서를 2분간 접촉시켜 개별 맛 성분을 분석하였고, 샘플 당 7회 분석 결과를 이용하여 기본 맛 성분에 기여하는 전자센서의 값을 확인하였다(Jo et al. 2016).

#### 통계처리

모든 실험값은 평균값과 표준편차로 제시하였고, 튀김유의 평균값 간의 유의성은 SAS 9.2(Statistical Analysis System, Version 9.2, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)를 이용하였으며, Tukey's multiple range test에 의하여 유의성을 확인하였다( $P < 0.05$ ).

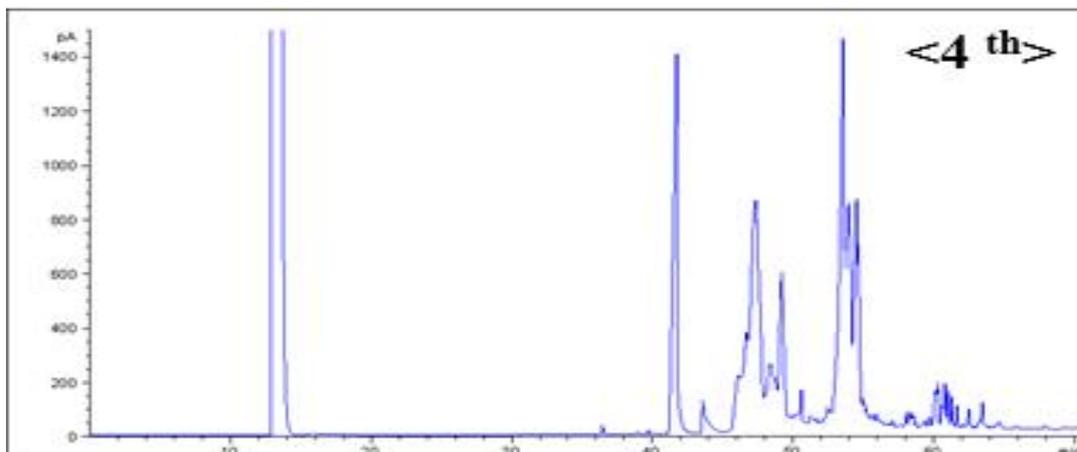
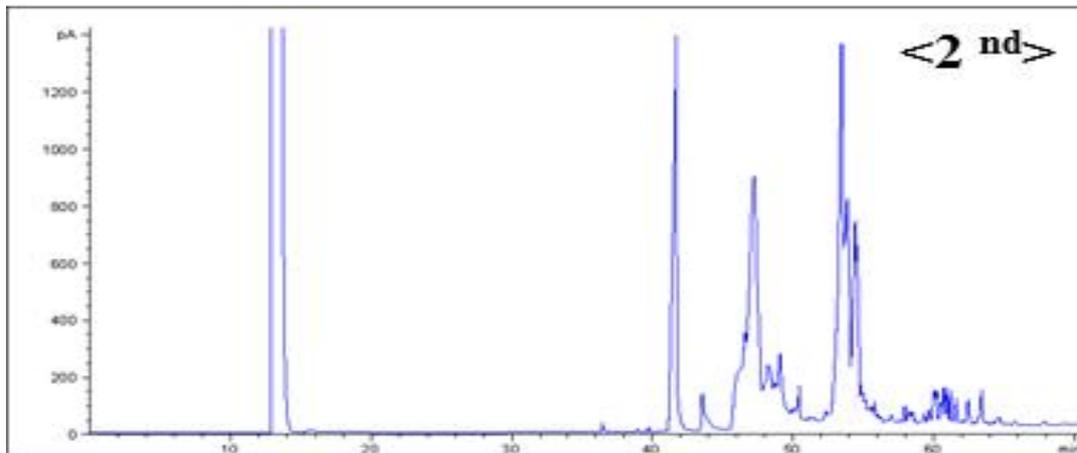
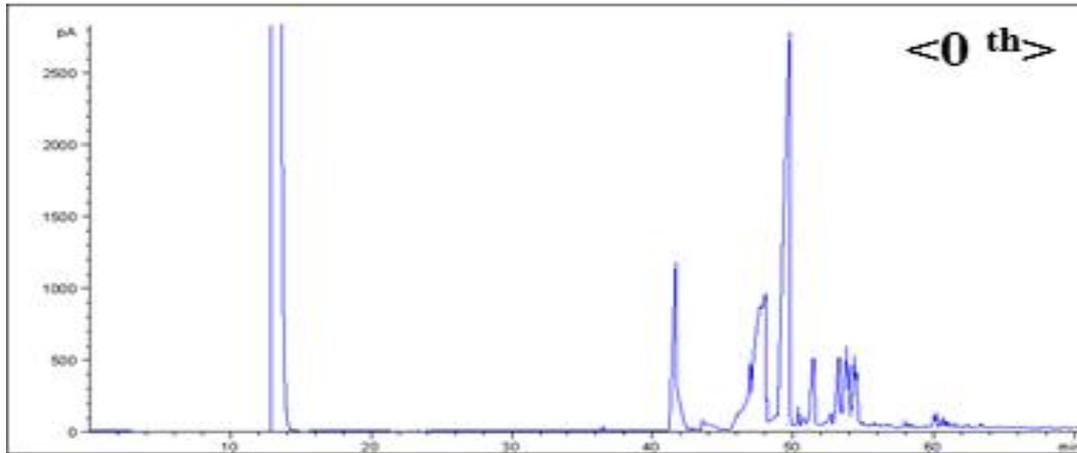
#### 결과 및 고찰

##### 지방산 조성

반복 튀김 공정에 따른 지방산의 변화를 표 38.와 그림 58.에 나타내었다. 대조구로 사용된 대두유와 고추냉이 첨가 대두유에서 14가지 지방산을 동정하였고, 2회 반복에 따른 지방산 조성의 변화를 확인한 결과 불포화 지방산인 oleic acid와 linoleic acid가 주요 지방산을 확인되었고, 포화지방산에서는 palmitic acid가 주된 지방산으로 확인되었다. 튀김을 진행하기 전 가장 높은 함량을 보이는 linoleic acid는 대표적인  $\omega$ -6계열의 지방산으로써 문헌상의 내용을 보면 체내에서 혈중 콜레스테롤을 감소시키고 동맥 혈전을 예방하는 효능이 있다고 알려져 있다. 하지만  $\omega$ -6 지방산은 인체 내에서 합성되지 않은 특성으로 외부 식품으로부터 공급을 받아야 하는 필수 지방산으로 알려져 있다. 이러한 linoleic acid가 체내에서 합성이 불가능한 이유는 올레산으로부터 두 번째 이중결합을 형성하는 효소(desaturase)가 체내에 없기 때문으로 알려져 있다(Watkins & German 2002). 반복적인 튀김공정을 통해서 cis형태의 linoleic acid는 튀김 전에  $44.84 \pm 0.01\%$ 에서 10회 튀김 후  $2.39 \pm 0.06\%$ 로 감소하였다. 고추냉이가 첨가된 튀김유에서는 튀김 전에  $36.90 \pm 0.27\%$ 에서 10회 튀김 후  $2.65 \pm 1.04\%$ 로 감소하였다. Linoleic acid의 trans형의 경우튀김 전에  $0.00\%$ 에서 10회 튀김 후  $3.10 \pm 0.06\%$ 으로 증가하였다. 이러한 trans형태는 cis형태에서 기원된 것으로 판단된다. 또한 반복적인 튀김공정을 통해서 cis형태의 oleic acid는 튀김 전에  $15.79 \pm 0.11\%$ 에서 10회 튀김 후  $0.00\%$ 로 더 이상 검출되지 않았고, 고추냉이가 첨가된 튀김유에서는 튀김 전에  $7.34 \pm 0.08\%$ 에서 10회 튀김 후  $2.65 \pm 1.04\%$ 로 감소하였다. Linoleic acid의 trans형의 경우튀김 전에  $0.00\%$ 에서 10회 튀김 후  $3.10 \pm 0.06\%$ 으로 증가하였다. 이러한 trans형태는 cis형태에서 기원된 것으로 판단된다. Oleic acid는 필수지방산은 아니지만 체내 콜레스테롤 함량을 낮추는데 도움을 주어 심혈관계 질환 예방에 도움을 준다고 알려져 있어 영양학적으로 중요한 의미를 가지는 지방산이다(Kim et al. 2017). 불포화지방산 중  $\omega$ -3 지방산인 linolenic acid의 경우 반복적인 튀김공정을 통해서 튀김 전에  $0.23 \pm 0.01\%$ 에서 10회 튀김 후  $0.78 \pm 0.02\%$ 로 상대적인 비율이 증가하였고, 고추냉이가 첨가된 경우  $0.24 \pm 0.04\%$ 에서 10회 튀김 후  $1.28 \pm 0.02\%$ 로 상대적인 비율이 증가하였다. 오메가-3 지방산은 신진대사 과정에서 에너지로서의 역할과 세포를 보호 및 유지하는 역할을 한다고 알려져 있다(16). 전체적으로 볼 때 본 연구에서 고추냉이가 첨가된 튀김유에서 cis형에서 trans형으로 전환되는 비율이 더 낮게 확인되었으며,  $\omega$ -3 지방산의 보존율 역시 다소 우수하게 나타났다. 이러한 결과를 통해 고추냉이의 첨가가 튀김유의 지방산 조성에서 영양학적으로 우수한 결과를 나타냈다고 판단된다.

Acid value (AV), peroxide value (POV), 및 *p*-anisidine value (*p*-AV)

튀김과정에 따른 AV, POV, 및 *p*-AV를 분석하여 표 38. 에 나타내었다. AV의 경우 대두유에서 튀김 전에  $0.11 \pm 0.08$ 에서 10회 튀김 후  $0.79 \pm 0.07$ 로 증가하였고, 고추냉이가 첨가된 대두유에서 튀김 전에  $0.39 \pm 0.01$ 에서 10회 튀김 후  $0.81 \pm 0.03$ 로 증가하였다. AV의 값은 대두유가 고추냉이가 첨가된 튀김유에서 좀 더 높게 나타났다.



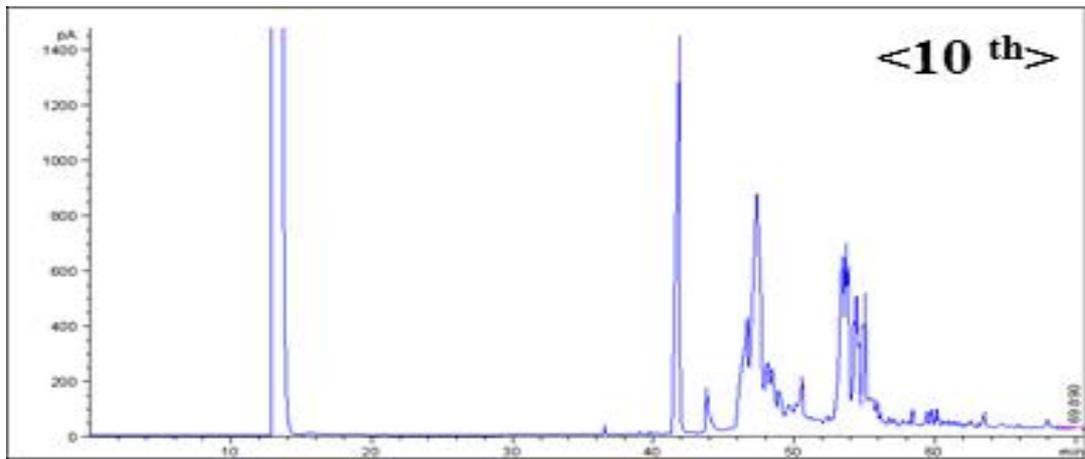
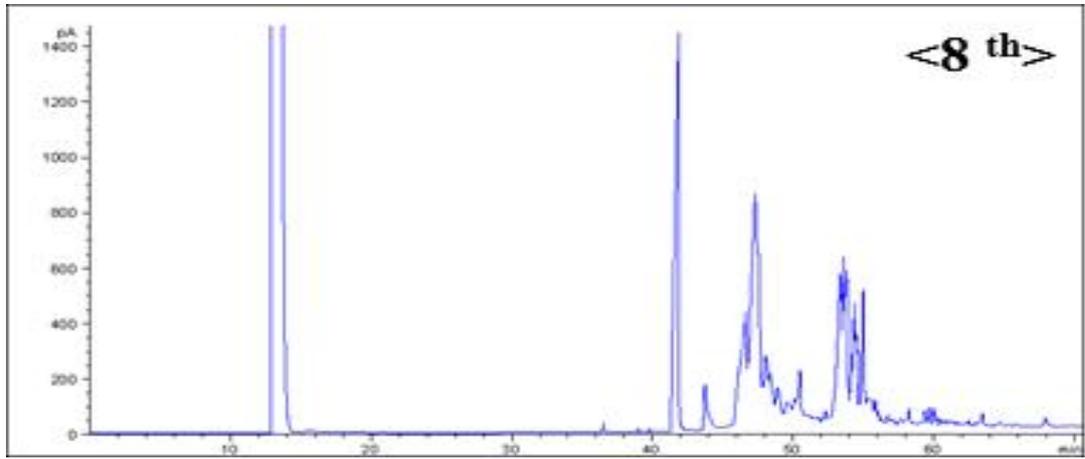
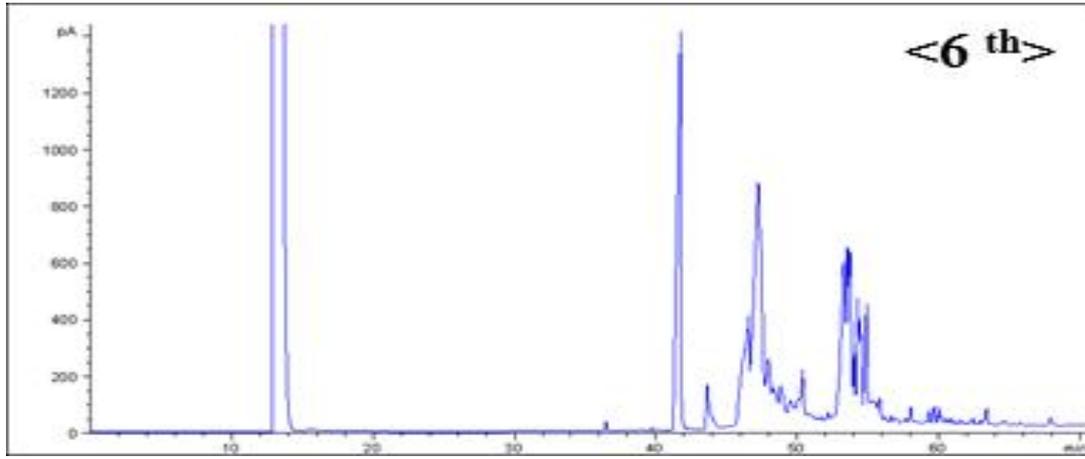
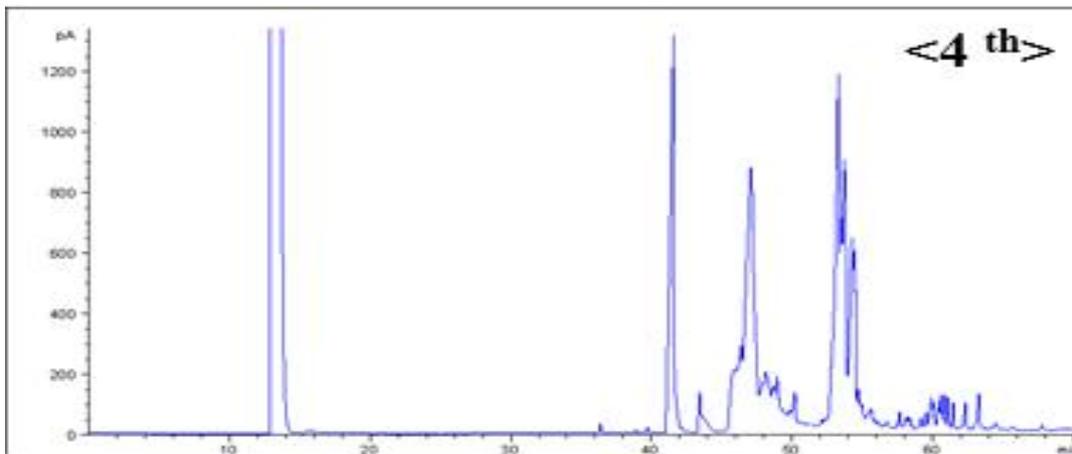
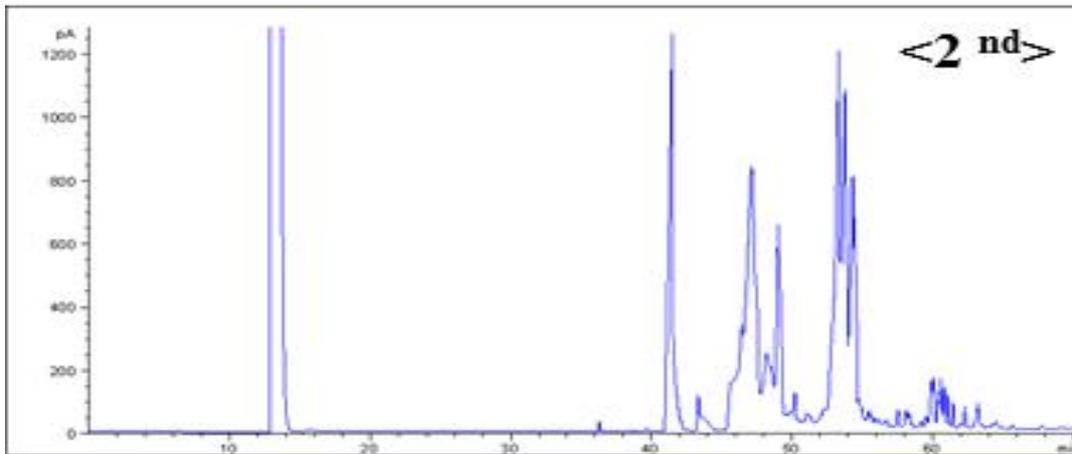
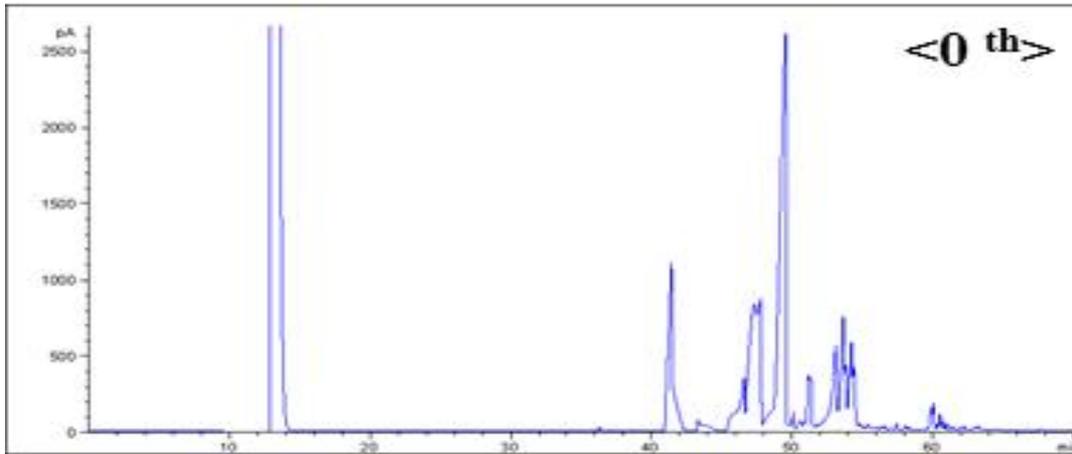


그림 58. 대두유의 반복 튀김공정에 따른 지방산 변화



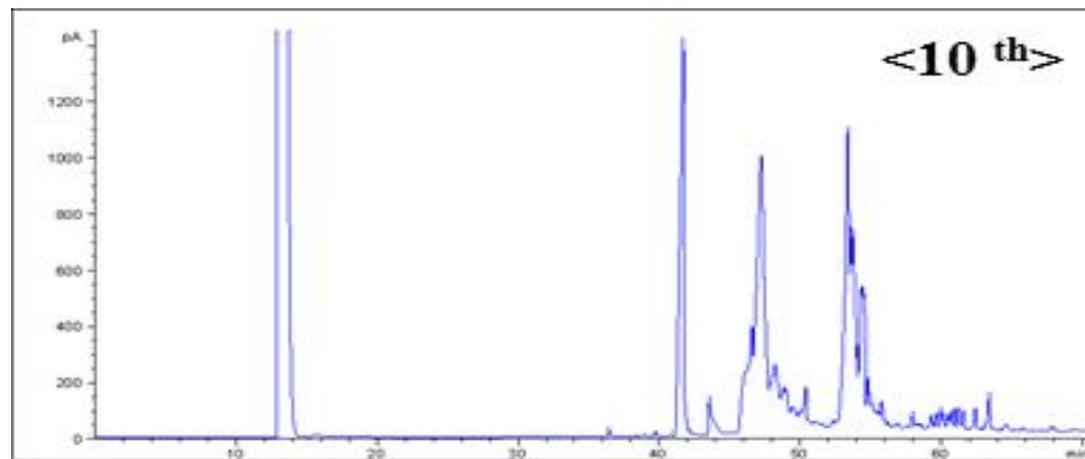
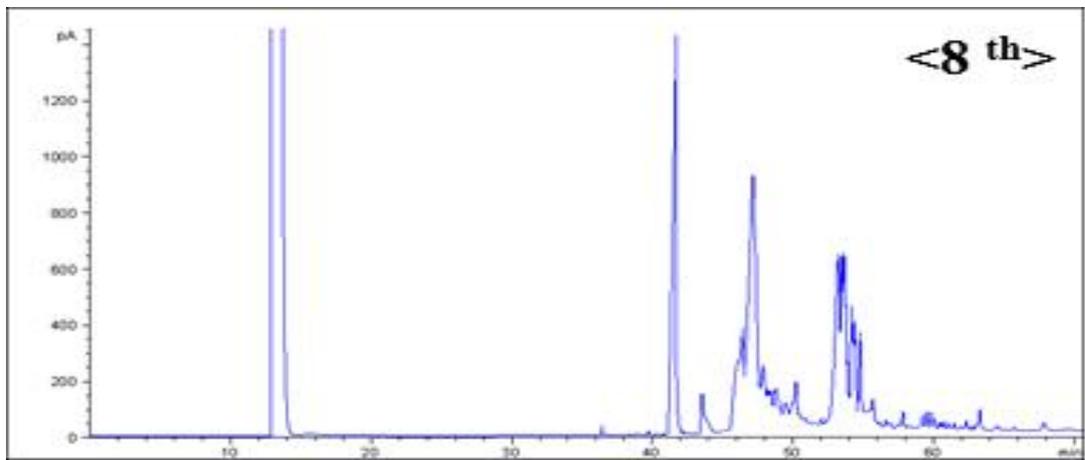
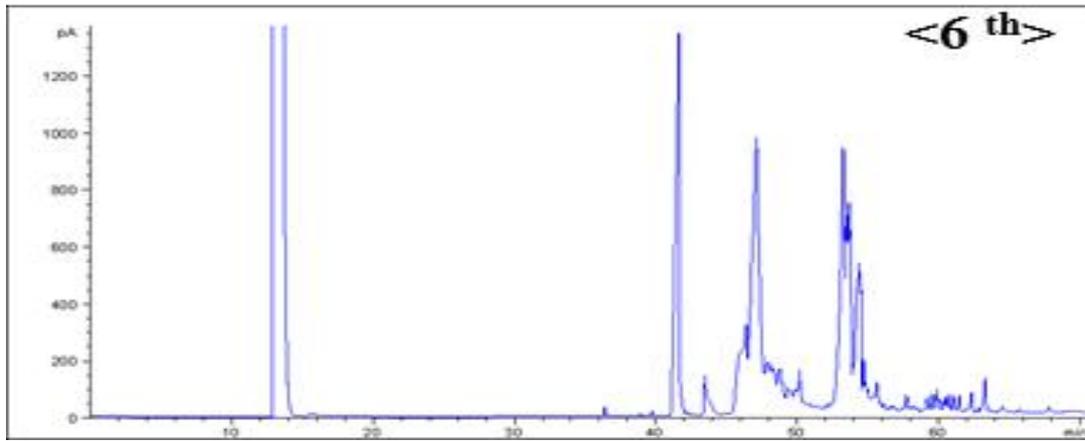


그림 59. 고추냉이를 첨가한 대두유의 반복 튀김공정에 따른 지방산 변화

표 38. 튀김을 반복한 콩기름과 고추냉이를 첨가한 튀김유의 지방산 변화 측정

Sample	Frying	Fatty acid composition													
		16:0	18:0	18:1(n7)(trans)	18:1(n9)(cis)	18:2(n6)(trans)	18:2(n6)(cis)	18:3(n6)	18:3(n3)	20:0	20:1(n9)	20:2(n6)	20:3(n6)	21:0	22:0
Soybean	0 <sup>th</sup>	1283±0.03 <sup>c1</sup>	5.50±0.87 <sup>b</sup>	0.00±0.00 <sup>d</sup>	15.79±0.11 <sup>a</sup>	0.00±0.00 <sup>c</sup>	44.84±0.01 <sup>a</sup>	0.76±0.01 <sup>d</sup>	0.23±0.01 <sup>d</sup>	0.82±0.03 <sup>b</sup>	5.09±0.01 <sup>a</sup>	4.47±0.01 <sup>c</sup>	3.31±0.02 <sup>b</sup>	1.19±0.02 <sup>bc</sup>	4.54±0.06 <sup>b</sup>
	2 <sup>nd</sup>	1748±0.11 <sup>b</sup>	6.72±2.11 <sup>b</sup>	23.92±0.22 <sup>db</sup>	0.00±0.00 <sup>b</sup>	0.00±0.00 <sup>c</sup>	4.56±0.07 <sup>c</sup>	2.05±0.00 <sup>b</sup>	0.56±0.07 <sup>bc</sup>	0.64±0.09 <sup>bc</sup>	0.51±0.03 <sup>c</sup>	19.59±0.22 <sup>a</sup>	12.13±0.03 <sup>a</sup>	1.23±0.13 <sup>b</sup>	11.04±1.95 <sup>a</sup>
	4 <sup>th</sup>	1500±0.15 <sup>bc</sup>	4.87±0.04 <sup>b</sup>	20.55±0.10 <sup>c</sup>	0.00±0.00 <sup>b</sup>	6.05±0.08 <sup>a</sup>	7.55±0.04 <sup>b</sup>	1.63±0.02 <sup>c</sup>	0.37±0.00 <sup>cd</sup>	0.49±0.02 <sup>c</sup>	0.70±0.02 <sup>c</sup>	17.87±0.05 <sup>ab</sup>	11.71±0.55 <sup>a</sup>	1.51±0.00 <sup>a</sup>	11.70±0.03 <sup>a</sup>
	6 <sup>th</sup>	23.31±1.55 <sup>a</sup>	12.20±0.77 <sup>a</sup>	30.06±2.08 <sup>a</sup>	0.00±0.00 <sup>b</sup>	3.49±0.23 <sup>b</sup>	2.58±0.17 <sup>d</sup>	3.39±0.19 <sup>a</sup>	0.81±0.11 <sup>a</sup>	1.54±0.10 <sup>a</sup>	1.34±0.15 <sup>b</sup>	8.80±6.15 <sup>cb</sup>	4.50±0.41 <sup>b</sup>	0.88±0.06 <sup>d</sup>	7.10±0.67 <sup>ab</sup>
	8 <sup>th</sup>	22.22±0.50 <sup>a</sup>	11.98±0.22 <sup>a</sup>	27.36±0.68 <sup>ab</sup>	0.00±0.00 <sup>b</sup>	3.16±0.08 <sup>b</sup>	2.45±0.05 <sup>d</sup>	3.56±0.01 <sup>a</sup>	0.87±0.05 <sup>a</sup>	1.49±0.04 <sup>a</sup>	0.80±0.11 <sup>c</sup>	12.28±0.24 <sup>bc</sup>	7.11±2.23 <sup>ab</sup>	0.96±0.03 <sup>cd</sup>	5.76±0.24 <sup>b</sup>
	10 <sup>th</sup>	21.78±0.52 <sup>a</sup>	11.72±0.35 <sup>a</sup>	27.04±0.72 <sup>ab</sup>	0.00±0.00 <sup>b</sup>	3.10±0.06 <sup>b</sup>	2.39±0.06 <sup>d</sup>	3.51±0.14 <sup>a</sup>	0.78±0.02 <sup>ab</sup>	1.41±0.00 <sup>a</sup>	0.78±0.02 <sup>c</sup>	13.09±0.29 <sup>bc</sup>	7.52±2.40 <sup>ab</sup>	0.99±0.00 <sup>bcd</sup>	5.89±0.26 <sup>b</sup>
Wasabi-added	0 <sup>th</sup>	12.24±0.14 <sup>d</sup>	5.49±0.08 <sup>c</sup>	14.92±0.08 <sup>e</sup>	7.34±0.02 <sup>a</sup>	0.00±0.00 <sup>d</sup>	36.90±0.27 <sup>a</sup>	0.59±0.00 <sup>a</sup>	0.24±0.04 <sup>b</sup>	0.65±0.06 <sup>c</sup>	3.52±0.02 <sup>b</sup>	6.82±0.05 <sup>f</sup>	4.17±0.01 <sup>d</sup>	0.00±0.00 <sup>d</sup>	6.95±0.91 <sup>c</sup>
	2 <sup>nd</sup>	15.23±0.01 <sup>c</sup>	6.28±1.56 <sup>cb</sup>	20.96±0.06 <sup>d</sup>	0.00±0.00 <sup>d</sup>	6.29±0.02 <sup>a</sup>	8.11±0.00 <sup>b</sup>	0.46±0.01 <sup>a</sup>	1.11±0.11 <sup>a</sup>	0.39±0.01 <sup>d</sup>	1.29±0.04 <sup>e</sup>	16.79±0.00 <sup>b</sup>	7.77±0.01 <sup>c</sup>	1.34±0.06 <sup>a</sup>	12.78±0.09 <sup>a</sup>
	4 <sup>th</sup>	18.45±0.14 <sup>b</sup>	4.89±0.27 <sup>c</sup>	25.23±0.36 <sup>bc</sup>	0.96±1.35 <sup>cd</sup>	4.88±1.41 <sup>ab</sup>	2.27±0.75 <sup>c</sup>	2.05±1.92 <sup>a</sup>	0.50±0.05 <sup>b</sup>	0.68±0.01 <sup>c</sup>	1.77±0.01 <sup>d</sup>	19.52±0.05 <sup>a</sup>	7.51±0.04 <sup>c</sup>	0.46±0.06 <sup>c</sup>	10.84±0.24 <sup>b</sup>
	6 <sup>th</sup>	18.00±0.21 <sup>b</sup>	8.73±0.29 <sup>ab</sup>	26.19±0.16 <sup>ab</sup>	2.93±0.05 <sup>bc</sup>	1.36±0.06 <sup>cd</sup>	3.11±0.05 <sup>c</sup>	0.77±0.03 <sup>a</sup>	0.52±0.20 <sup>b</sup>	1.75±0.05 <sup>b</sup>	2.23±0.09 <sup>c</sup>	15.44±0.10 <sup>d</sup>	9.98±0.06 <sup>a</sup>	0.41±0.06 <sup>c</sup>	8.59±0.15 <sup>c</sup>
	8 <sup>th</sup>	20.13±0.25 <sup>a</sup>	10.39±0.12 <sup>a</sup>	26.81±0.43 <sup>a</sup>	3.98±0.05 <sup>b</sup>	2.31±1.60 <sup>bcd</sup>	3.46±0.02 <sup>c</sup>	0.00±0.00 <sup>a</sup>	0.52±0.04 <sup>b</sup>	2.16±0.00 <sup>a</sup>	4.06±0.05 <sup>a</sup>	12.92±0.02 <sup>e</sup>	4.16±0.12 <sup>d</sup>	0.63±0.01 <sup>b</sup>	8.47±0.55 <sup>c</sup>
	10 <sup>th</sup>	17.76±0.19 <sup>b</sup>	8.83±0.07 <sup>ab</sup>	24.82±0.23 <sup>c</sup>	2.51±0.04 <sup>bc</sup>	3.59±0.43 <sup>abc</sup>	2.65±1.04 <sup>c</sup>	0.31±0.39 <sup>a</sup>	1.28±0.02 <sup>a</sup>	1.71±0.00 <sup>b</sup>	2.25±0.00 <sup>c</sup>	16.30±0.07 <sup>c</sup>	8.89±0.13 <sup>b</sup>	0.58±0.00 <sup>bc</sup>	8.24±0.07 <sup>c</sup>

<sup>1)</sup>All values are expressed as the mean±SD of triplicate determinations. Means with different superscripts within a column (a-f) are significantly different at  $p<0.05$  by a Tukey's multiple range test.

AV값은 유지 1 g에 존재하는 유리지방산을 중화시키는데 필요한 알칼리(KOH)의 함량을 나타내는 지표로써 글리세롤과 결합한 지방산이 품질저하에 따라 유리형태로 분리되기 때문에, 높은 산가는 일반적으로 식용유지로서의 품질이 저하되었음을 의미한다(Kim et al. 2017).

표 39. 튀김을 반복한 콩기름과 고추냉이를 첨가한 튀김유의 산가변화

Sample	Repetitive frying					
	0 <sup>th</sup>	2 <sup>nd</sup>	4 <sup>th</sup>	6 <sup>th</sup>	8 <sup>th</sup>	10 <sup>th</sup>
Soybean	0.11± 0.08 <sup>d1)</sup>	0.25± 0.04 <sup>cd</sup>	0.39± 0.00 <sup>bcd</sup>	0.48± 0.04 <sup>bc</sup>	0.65± 0.12 <sup>ba</sup>	0.79± 0.07 <sup>a</sup>
Wasabi- added	0.39± 0.01 <sup>e</sup>	0.51± 0.00 <sup>d</sup>	0.59± 0.04 <sup>dc</sup>	0.66± 0.02 <sup>bc</sup>	0.73± 0.00 <sup>ba</sup>	0.81± 0.03 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup>All values are expressed as the mean±SD of triplicate determinations. Mean of each measurement with different superscripts within a row (a-e) are significantly different at  $p < 0.05$  by a Tukey's multiple range test.

POV의 경우 대두유에서 튀김 전에  $4.40 \pm 0.54$ 에서 10회 튀김 후  $18.82 \pm 0.87$ 로 증가하였고, 고추냉이가 첨가된 대두유에서 튀김 전에  $6.60 \pm 0.48$ 에서 10회 튀김 후  $12.96 \pm 0.91$ 로 증가하였다. POV의 값은 고추냉이가 첨가된 튀김유에서 대두유 보다는 낮게 나타났다. 과산화물값은 지방의 튀김과 같은 고온의 상태에서 쉽게 발생하는 산패과정에서 생성되는 산화생성물인 과산화물을 측정하는 것이며, 식용유지의 산패 정도를 확인하거나 산소유도기간을 측정하는데 사용된다. 식품공전 상 식용유지의 과산화물가의 함량을 60 meq/kg 이하라는 규격을 볼 때 10회의 반복적인 튀김과정에서 산화생성물의 생성에 의한 산패진행은 아직 이루어지지 않았다고 판단된다(Lee et al. 2013).

표 40. 튀김을 반복한 콩기름과 고추냉이를 첨가한 튀김유의 과산화물가 변화

Sample	Repetitive frying					
	0 <sup>th</sup>	2 <sup>nd</sup>	4 <sup>th</sup>	6 <sup>th</sup>	8 <sup>th</sup>	10 <sup>th</sup>
Soybean	4.40± 0.54 <sup>e1)</sup>	8.88± 0.88 <sup>d</sup>	10.18± 0.25 <sup>dc</sup>	12.51± 0.58 <sup>c</sup>	15.59± 0.00 <sup>b</sup>	18.82± 0.87 <sup>a</sup>
Wasabi-a dded	6.60± 0.48 <sup>d</sup>	9.40± 0.16 <sup>c</sup>	10.72± 0.18 <sup>bc</sup>	11.68± 0.07 <sup>ba</sup>	11.78± 0.59 <sup>ba</sup>	12.96± 0.91 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup>All values are expressed as the mean±SD of triplicate determinations. Mean of each measurement with different superscripts within a row (a-e) are significantly different at  $p < 0.05$  by a Tukey's multiple range test.

*p*-AV의 경우 대두유에서 튀김 전에  $20.73 \pm 0.07$ 에서 10회 튀김 후  $39.73 \pm 1.34$ 로 증가하였고, 고추냉이가 첨가된 대두유에서 튀김 전에  $17.77 \pm 0.12$ 에서 10회 튀김 후  $32.50 \pm 0.51$ 로 증가하였다. *p*-AV의 값은 고추냉이가 첨가된 튀김유에서 대두유 보다 낮게 나타났다. 튀김 과정에서 식용유지의 산패가 진행되면 aldehydes의 비율이 증가하는데, acetic acid의 존재하에서 *p*-anisidine은 aldehydes와 반응하여 황색의 복합체를 형성하는데, 이러한 복합체를 측정해서 산패의 정도를 확인한다(Akoh & Min 2002). 특히, aldehydes 중에서 산패과정에서 주로 발생하

는 2-alkenal이나 2,4-alkadienal을 측정하는 연구이다. 일반적으로 *p*-AV는 2차 산화생성물의 함량을 측정하는 방법이다(Naz et al. 2004). 튀김과정에 따른 AV, POV, 및 *p*-AV를 확인한 결과 고추냉이 첨가의 경우 AV의 증가는 다소 대두유보다는 높게 나타났지만 POV와 *p*-AV, 그리고 TOTOX 값은 더욱 우수하게 나타났다.

표 41. 튀김을 반복한 콩기름과 고추냉이를 첨가한 튀김유의 *p*-AV 변화

Sample	Repetitive frying					
	0 <sup>th</sup>	2 <sup>nd</sup>	4 <sup>th</sup>	6 <sup>th</sup>	8 <sup>th</sup>	10 <sup>th</sup>
Soybean	20.73± 0.07 <sup>d1)</sup>	22.55± 0.96 <sup>d</sup>	25.51± 1.03 <sup>c</sup>	27.33± 0.55 <sup>c</sup>	33.04± 0.41 <sup>b</sup>	39.73± 1.34 <sup>a</sup>
Wasabi-a dded	17.77± 0.12 <sup>f</sup>	20.02± 0.03 <sup>e</sup>	24.26± 0.01 <sup>d</sup>	25.47± 0.43 <sup>c</sup>	30.08± 0.32 <sup>b</sup>	32.50± 0.51 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup>All values are expressed as the mean±SD of triplicate determinations. Mean of each measurement with different superscripts within a row (a-e) are significantly different at  $p < 0.05$  by a Tukey's multiple range test.

TOTOX의 값은 POV의 2배값에 *p*-AV값을 더한 값으로 산패도를 측정하는 지표 중 하나로 알려져 있다.

표 42. 튀김을 반복한 콩기름과 고추냉이를 첨가한 튀김유의 TOTOX값 변화

Sample	Repetitive frying					
	0 <sup>th</sup>	2 <sup>nd</sup>	4 <sup>th</sup>	6 <sup>th</sup>	8 <sup>th</sup>	10 <sup>th</sup>
Soybean	29.49± 1.16 <sup>f1)</sup>	40.99± 1.60 <sup>e</sup>	46.60± 0.25 <sup>d</sup>	52.68± 0.66 <sup>c</sup>	63.93± 0.10 <sup>b</sup>	76.43± 1.56 <sup>a</sup>
Wasabi-a dded	31.06± 0.93 <sup>e</sup>	38.84± 0.33 <sup>d</sup>	45.70± 0.35 <sup>c</sup>	49.02± 0.44 <sup>c</sup>	53.43± 0.98 <sup>b</sup>	58.79± 1.80 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup>All values are expressed as the mean±SD of triplicate determinations. Mean of each measurement with different superscripts within a row (a-e) are significantly different at  $p < 0.05$  by a Tukey's multiple range test.

#### 산소유도기간 측정

튀김과정에 변화되는 산소유도기간을 측정하였고, 표 43.에 나타내었다. 산소유도기간의 경우 대두유에서 튀김 전에 3.21±0.04에서 10회 튀김 후 2.52±0.01로 감소하였고, 고추냉이가 첨가된 대두유에서 튀김 전에 2.80±0.07에서 10회 튀김 후 2.33±0.01로 증가하였다. 실험결과로 보면 대두유에서 산소유도기간이 더 우수하다고 판단할 수 있으나, 증가 비율로 비교할 때 고추냉이가 첨가된 튀김유에서 증가비율이 다소 낮음을 확인할 수 있었다. Induction time으로 알려진 산소유도기간은 자동산화가 일어나기 전의 유지에서 산소의 흡수량이 급격하게 증가하는 시간을 의미하며, 이러한 산소유도기간의 측정은 튀김 유지의 반복되는 튀김으로 인해 생성된 휘발성 dicarboxylic acids의 형성이 rancimat 시스템 내에서 전기적 전도도의 증가를 이용하여 확인한다. 따라서 튀김유지의 항산화 활성 및 산화 안정성을 평가하는 지표로 알려져 있다 (Hidalgo et al. 2006). 튀김 유지의 산패에 따른 변화를 측정하는 방법은 산패가 시작되는 튀김

유지에 의해 흡수되는 산소의 양, 유지의 점도 및 색도를 측정하는 방법이 있으며, 과산화물, 유리지방산, aldehydes, 그리고 휘발성 향기성분과 같은 산패과정에서 생성되는 물질을 통해 평가할 수 있으며, 실험자가 감감기관을 이용하여 평가하는 관능적인 평가방법이 이용되고 있다(Lee et al. 2007).

표43 . 튀김을 반복한 콩기름과 고추냉이를 첨가한 튀김유의 산소유도기간 변화

Sample	Repetitive frying					
	0 <sup>th</sup>	2 <sup>nd</sup>	4 <sup>th</sup>	6 <sup>th</sup>	8 <sup>th</sup>	10 <sup>th</sup>
Soybean	3.21± 0.04 <sup>a1)</sup>	2.67± 0.04 <sup>b</sup>	2.54± 0.03 <sup>c</sup>	2.48± 0.11 <sup>c</sup>	2.49± 0.02 <sup>c</sup>	2.52± 0.01 <sup>c</sup>
Wasabi-a dded	2.80± 0.07 <sup>a</sup>	2.62± 0.08 <sup>ab</sup>	2.77± 0.04 <sup>a</sup>	2.49± 0.03 <sup>bc</sup>	2.39± 0.01 <sup>c</sup>	2.33± 0.01 <sup>c</sup>

<sup>1)</sup>All values are expressed as the mean±SD of triplicate determinations. Means with different superscripts within a row (a-c) are significantly different at  $p<0.05$  by a Tukey's multiple range test.

#### 색도, 갈색도 및 탁도

튀김 과정에서 발생하는 색도, 갈색도 및 탁도의 변화를 표 44.에 나타내었다. 색도 중 적색도 (redness,  $a^*$ )의 경우 대두유에서 튀김 전에  $2.49\pm 0.11$ 에서 10회 튀김 후  $2.09\pm 0.03$ 로 감소하였고, 고추냉이가 첨가된 대두유에서 튀김 전에  $2.50\pm 0.11$ 에서 10회 튀김 후  $1.01\pm 0.12$ 로 감소하였다. 적색도는 고추냉이가 첨가된 튀김유에서 감소율이 높게 확인되었다. 노란색 (yellowness)을 의미하는  $b^*$ 값의 경우 대두유에서 튀김 전에  $-3.75\pm 0.08$ 에서 10회 튀김 후  $-2.95\pm 0.02$ 로 증가하였고, 고추냉이가 첨가된 대두유에서 튀김 전에  $-3.72\pm 0.08$ 에서 10회 튀김 후  $0.37\pm 0.04$ 로 증가하였다. 고추냉이가 첨가된 튀김유에서 더 yellowness가 증가하였으며, 식용유지의 색도에서 yellowness의 증가는 관능적인 관점에서 더 우수한 색도로 판단할 수 있다.

표 44. 튀김을 반복한 콩기름과 고추냉이를 첨가한 튀김유의 색도 변화

Sample	Repetitive frying						
	0 <sup>th</sup>	2 <sup>nd</sup>	4 <sup>th</sup>	6 <sup>th</sup>	8 <sup>th</sup>	10 <sup>th</sup>	
L <sup>*</sup>	Soybean	35.98± 0.05 <sup>a1)</sup>	35.58± 0.01 <sup>d</sup>	35.72± 0.01 <sup>c</sup>	35.63± 0.02 <sup>d</sup>	35.57± 0.01 <sup>d</sup>	35.84± 0.02 <sup>b</sup>
	Wasabi-a dded	35.98± 0.05 <sup>a</sup>	35.26± 0.02 <sup>de</sup>	35.22± 0.01 <sup>e</sup>	35.34± 0.01 <sup>bc</sup>	35.10± 0.01 <sup>f</sup>	35.29± 0.01 <sup>cd</sup>
a <sup>*</sup>	Soybean	2.49± 0.11 <sup>a</sup>	2.30± 0.11 <sup>ab</sup>	2.10± 0.07 <sup>bc</sup>	2.19± 0.07 <sup>bc</sup>	2.15± 0.08 <sup>bc</sup>	2.09± 0.03 <sup>bc</sup>
	Wasabi-a dded	2.50± 0.11 <sup>a</sup>	0.38± 0.12 <sup>c</sup>	0.37± 0.07 <sup>c</sup>	0.81± 0.22 <sup>b</sup>	0.97± 0.17 <sup>b</sup>	1.01± 0.12 <sup>b</sup>
b <sup>*</sup>	Soybean	-3.75± 0.08 <sup>d</sup>	-3.25± 0.03 <sup>c</sup>	-3.04± 0.04 <sup>b</sup>	-2.96± 0.02 <sup>b</sup>	-2.74± 0.04 <sup>a</sup>	-2.95± 0.02 <sup>b</sup>
	Wasabi-a dded	-3.72± 0.08 <sup>e</sup>	1.54± 0.06 <sup>a</sup>	1.60± 0.05 <sup>a</sup>	0.82± 0.12 <sup>b</sup>	0.83± 0.10 <sup>b</sup>	0.37± 0.04 <sup>c</sup>

<sup>1)</sup>All values are expressed as the mean±SD of triplicate determinations. Means with different superscripts within a row (a-e) are significantly different at  $p<0.05$  by a Tukey's multiple range test.

표 45.에서와 같이 갈변도는 흡광과장의 420 nm에서 갈색을 특이적으로 흡광하는 성질을 이용하여 튀김 유지가 가지는 갈변 정도를 측정하는 실험으로 대두유에서 튀김 전에 0.09±0.00에서 10회 튀김 후 0.20±0.00로 증가하였고, 고추냉이가 첨가된 대두유에서 튀김 전에 0.57±0.01에서 10회 튀김 후 0.59±0.01로 다소 증가하였다. 갈색도의 값은 고추냉이가 첨가된 튀김유에서 높게 나타나지만, 튀김과정에서 발생하는 갈색도의 증가비율을 보면 오히려 고추냉이 첨가 튀김유가 우수한 것으로 판단된다. 일반적으로 420 nm에서 확인되는 색도는 갈변이 진행되어 생기는 갈색의 증가를 측정할 수 있지만, 튀김 유지가 가지는 본래의 갈색 색소에 의한 변화로도 판단이 가능한 점을 볼 때 상대적인 비교보다는 증가 비율에 따른 결과로의 판단도 의미를 가지는 연구 결과라 판단된다.

표 45. 튀김을 반복한 콩기름과 고추냉이를 첨가한 튀김유의 갈변도 변화

Sample	Repetitive frying					
	0 <sup>th</sup>	2 <sup>nd</sup>	4 <sup>th</sup>	6 <sup>th</sup>	8 <sup>th</sup>	10 <sup>th</sup>
Soybean	0.09± 0.00 <sup>e1)</sup>	0.13± 0.00 <sup>d</sup>	0.16± 0.01 <sup>c</sup>	0.17± 0.00 <sup>c</sup>	0.18± 0.00 <sup>b</sup>	0.20± 0.00 <sup>a</sup>
	Wasabi-a dded	0.57± 0.01 <sup>c</sup>	0.66± 0.01 <sup>a</sup>	0.65± 0.03 <sup>a</sup>	0.64± 0.00 <sup>ab</sup>	0.60± 0.02 <sup>bc</sup>

<sup>1)</sup>All values are expressed as the mean±SD of triplicate determinations. Means with different superscripts within a row (a-e) are significantly different at  $p<0.05$  by a Tukey's multiple range test.

표 46.에서와 같이 탁도의 경우 대두유에서 튀김 전에  $0.046 \pm 0.001$ 에서 10회 튀김 후  $0.051 \pm 0.001$ 로 다소 증가하였고, 고추냉이가 첨가된 대두유에서 튀김 전에  $0.067 \pm 0.001$ 에서 10회 튀김 후  $0.066 \pm 0.001$ 로 다소 감소하였지만, 이러한 변화는 유의적인 차이( $P > 0.05$ )를 보이지 않는 차이로서 탁도의 경우는 튀김 과정에 따른 변화나 고추냉이 첨가로 인한 튀김유와의 비교에서도 특별한 차이를 보이지 않는 결과로 확인되었다.

표 46. 튀김을 반복한 콩기름과 고추냉이를 첨가한 튀김유의 탁도 변화

Sample	Repetitive frying					
	0 <sup>th</sup>	2 <sup>nd</sup>	4 <sup>th</sup>	6 <sup>th</sup>	8 <sup>th</sup>	10 <sup>th</sup>
Soybean	$0.046 \pm 0.001^{c1)}$	$0.048 \pm 0.001^b$	$0.049 \pm 0.001^{ab}$	$0.050 \pm 0.001^{ab}$	$0.051 \pm 0.001^a$	$0.051 \pm 0.001^a$
Wasabi-a	$0.067 \pm 0.001^a$	$0.066 \pm 0.001^a$	$0.068 \pm 0.001^a$	$0.067 \pm 0.001^a$	$0.068 \pm 0.001^a$	$0.066 \pm 0.001^a$
dded	$0.001^a$	$0.003^a$	$0.001^a$	$0.001^a$	$0.001^a$	$0.001^a$

<sup>1)</sup>All values are expressed as the mean $\pm$ SD of triplicate determinations. Means with different superscripts within a row (a-c) are significantly different at  $p < 0.05$  by a Tukey's multiple range test.

#### 전자코 분석

튀김 과정에 따른 대두유와 고추냉이 첨가 튀김유의 휘발성 향기성분을 Table 5와 Table 6에 각각 나타내었다. 대두유의 경우 2개의 컬럼을 통해 향기성분 11가지를 확인하였고, 그 중 ethanol, 3-methylpentane, 그리고 2-methyl-2-propanol이 주요한 향기성분으로 확인되었다. 10회의 반복적인 튀김과정에서 ethanol의 경우 peak area( $\times 10^3$ ) 기준으로  $212.3 \pm 7.4$ 에서  $17.1 \pm 0.6$ 까지 감소하였으나, 3-methylpentane의 경우에는 peak area( $\times 10^3$ ) 기준으로  $204.2 \pm 35.3$ 에서 10회의 튀김과정을 거친 후  $272.2 \pm 14.0$ 로 오히려 증가하는 추세를 나타내었다. 또한 grassy와 green의 odor description을 나타내는 2-penten-1-ol과 banana, sweet, 그리고 fruity한 odor description을 나타내는 3-hexen-1-ol의 경우  $10.2 \pm 0.3$ 과  $3.3 \pm 0.1$ 에서 튀김 공정을 거친 후  $73.0 \pm 3.0$ 와  $73.0 \pm 3.0$ 로 증가함을 보였다. Table 6에서 고추냉이를 첨가한 튀김유의 경우 11개의 주요한 휘발성 향기성분 중 hexane, propenal, 그리고 triethylamine이 주요한 향기성분으로 확인되었다. Propenal의 경우 peak area( $\times 10^3$ ) 기준으로  $446.0 \pm 16.0$ 을 보였으나 2회 튀김과정에서 이미 검출이 되지 않는 결과를 보였다. 또한 hexane과 ammonia, fishy, 그리고 pungent의 odor description을 나타내는 triethylamine의 경우  $472.3 \pm 19.0$ 와  $303.9 \pm 10.5$ 에서 10회의 튀김과정을 거친 후 peak area( $\times 10^3$ ) 기준으로  $68.4 \pm 1.1$ 와  $23.2 \pm 0.7$ 로 급격한 감소를 나타내었다. 반면 fruity와 glue의 odor description을 나타내는 propan-2-one의 경우에는 처음에는 검출되지 않았으나 2회 튀김과정부터 급격한 증가를 보였으며, 10회의 튀김과정을 거친 후  $375.1 \pm 12.3$ 까지 빠른 증가를 나타내었다. 또한 oily, nutty, rancid의 odor description을 나타내는 2,4-heptadienal과 fatty와 rancid의 odor description을 나타내는 decanoic acid의 경우 peak area( $\times 10^3$ ) 기준으로  $7.2 \pm 0.4$ 와  $2.7 \pm 0.9$ 에서 10회의 반복 튀김을 거친 후  $20.6 \pm 0.4$ 과  $17.6 \pm 0.4$ 로 증가함을 보였다. 일반적으로 전자코 분석은 식품 및 식품소재에 존재하는 다양한 휘발성 향기성분들의 복합적 성분들의 전기 화학적인 특성을 다중 센서 배열의 선택적인 감지 시스템을 이용하여 정보를 수집한다. 그리고 이렇게 수집된 결과는 그들의 패턴을 분석하는 시

시스템으로 정보를 제공하고 있어 개별적인 휘발성 향기성분을 정량하는 분석법인 gas chromatography-mass spectrometry (GC/MS)에 비해서는 제한적인 정보를 제공하는 시스템으로 알려져 있지만, 튀김과정에 따른 휘발성 향기성분들의 변화 패턴을 제공하는데 도움을 주는 분석 시스템이다(Chung et al. 2008).

#### 전자혀 분석

튀김 과정에 따른 대두유와 고추냉이 첨가 튀김유의 맛 성분의 패턴을 전자혀 분석 시스템을 이용하여 Figure 1에 나타내었다. 대두유의 경우 다섯 가지 맛 성분의 패턴에서 신맛이 튀김 과정에서 점차 증가하는 경향을 볼 수 있다. 이러한 증가는 유리지방산의 증가에 따른 acid 계열 물질의 증가로 인한 상관관계에 의한 증가로 판단된다. 또한 튀김 과정을 통해 감칠맛이라고 알려진 umami와 단맛이 증가하는 경향을 보여주었으며, 짠맛과 쓴맛에는 구체적인 패턴을 나타내지는 않았다(Fig. 1(a)). 고추냉이 첨가 튀김유의 맛 성분의 경향을 보면 대두유의 경우보다 좀 더 뚜렷한 경향을 보여주었다. 대두유의 경우와 같이 튀김과정을 거치는 동안 신맛의 증가가 확인하였고, 감칠맛과 단맛에서 증가하는 추세를 확인할 수 있었다(Fig. 1(b)). 전자혀를 이용한 식품소재의 맛 성분을 보고한 연구를 살펴보면, 한국, 중국, 일본, 그리고 미국산 시판 사과식초의 맛 성분의 경향을 전자혀 분석시스템을 통해 맛 성분을 분석하여 국가별 맛 성분을 패턴을 보고하였고(Jo et al. 2016), 국내에서 제조된 주류의 맛 성분 경향을 전자혀 분석을 통하여 보고한 결과가 있다(Kim et al. 2016).

표 47 전자코를 이용한 반복튀김에 의한 대두유의 향미변화

(Peak area × 10<sup>3</sup>)

No.	Compounds	RT (min)		RI	Odor description	Repetitive frying					
		MXT-5RT	MXT-1701			0 <sup>th</sup>	2 <sup>nd</sup>	4 <sup>th</sup>	6 <sup>th</sup>	8 <sup>th</sup>	10 <sup>th</sup>
1	Methyl formate	12.0	-	401	-	26.0±1.0	44.1±1.2	53.6±1.0	51.6±1.4	61.2±1.5	62.0±1.9
2	Ethanol	13.5	-	448	Alcoholic, pungent	212.3±7.4	155.6±4.5	61.9±1.1	39.2±1.7	22.5±0.7	17.1±0.6
3	2-Propanol	16.4	-	500	Alcoholic	98.3±2.3	48.6±1.3	131.7±2.4	87.8±3.5	91.0±2.4	117.4±2.4
4	1,4-Dichlorobenzene	127.2	-	1022	-	7.4±0.1	15.2±0.3	19.1±0.1	18.7±0.6	19.0±0.5	18.8±0.5
5	Methanethiol	-	13.8	476	Cheese, fishy	78.3±2.4	208.5±6.5	296.2±5.7	235.4±11.3	496.6±16.0	541.4±13.5
6	3-Methylpentane	-	17.9	572	-	204.2±35.3	209.7±14.9	293.2±7.7	302.3±19.4	293.2±11.8	272.2±14.0
7	2-Methyl-2-propanol	-	21.6	621	-	123.8±3.5	47.2±1.3	122.0±2.6	82.2±3.6	81.1±2.4	104.0±2.2
8	2-penten-1-ol	-	73.9	888	Grassy, green	10.2±0.3	43.1±1.7	59.0±1.9	66.7±3.1	75.4±2.4	73.0±3.0
9	Decane	-	109.8	1000	Sweet, fruity	11.8±0.4	2.0±0.1	1.2±0.1	1.2±0.1	1.0±0.1	1.1±0.1
10	3-Hexen-1-ol	-	136.3	1080	Banana, sweet, fruity	3.3±0.1	16.0±0.6	21.3±0.5	22.0±1.0	23.3±0.8	23.1±0.6
11	3-Ethyltridecane	-	260.7	1468	-	0.7±0.2	4.8±0.3	11.5±0.2	13.5±0.3	17.3±0.7	19.2±0.2

표 48. 전자코를 이용한 반복튀김에 의한 고추냉에 튀김 대두유의 향미변화  
10<sup>3</sup>)

(Peak area ×

No.	Compounds	RT (min)		RI	Odor description	Repetitive frying					
		MXT-5RT	MXT-1701			0 <sup>th</sup>	2 <sup>nd</sup>	4 <sup>th</sup>	6 <sup>th</sup>	8 <sup>th</sup>	10 <sup>th</sup>
1	Triethylamine	13.6	-	425	Ammonia, Fishy, Pungent	303.9±10.5	19.6±1.1	17.7±0.4	25.5±1.0	15.3±0.4	23.2±0.7
2	2-Methylbutane	-	14.0	486	-	138.5±5.0	156.4±6.7	222.4±5.8	256.8±8.9	518.0±7.7	486.4±9.9
3	2-Methyl-2-propanol	16.4	-	494	-	127.2±5.5	77.9±4.1	97.2±2.4	140.5±4.6	131.1±2.7	135.4±2.3
4	Propenal	-	17.5	566	-	446.0±16.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0
5	Propan-2-one	-	18.0	594	Fruity, glue	0.0±0.0	261.8±17.4	312.9±7.6	350.2±19.0	348.7±10.9	375.1±12.3
6	Hexane	-	19.0	600	Alkane	472.3±19.0	64.1±3.5	74.2±2.8	72.9±3.5	75.4±1.9	68.4±1.1
7	1-Heptanol	108.4	-	970	Light green, nutty	24.8±0.8	32.0±1.6	42.1±1.0	46.3±2.5	46.2±1.1	46.0±1.0
8	Sabinene	-	109.9	1003	Citrus, spicy, turpentine	18.3±0.6	2.3±0.4	1.3±0.1	1.1±0.4	1.0±0.1	0.9±0.1
9	2,4-Heptadienal	127.5	-	1014	Oily, nutty, rancid	7.2±0.4	15.6±0.9	20.1±0.5	20.9±0.9	20.3±0.3	20.6±0.4
10	Dimethyl sulfoxide	-	136.5	1062	Light green, nutty	19.3±0.5	25.6±1.4	34.5±1.2	38.0±2.1	38.6±0.9	38.4±0.9
11	Decanoic acid	229.5	-	1323	Fatty, rancid	2.7±0.9	5.3±0.3	10.9±0.4	14.2±0.7	17.3±0.3	17.6±0.4

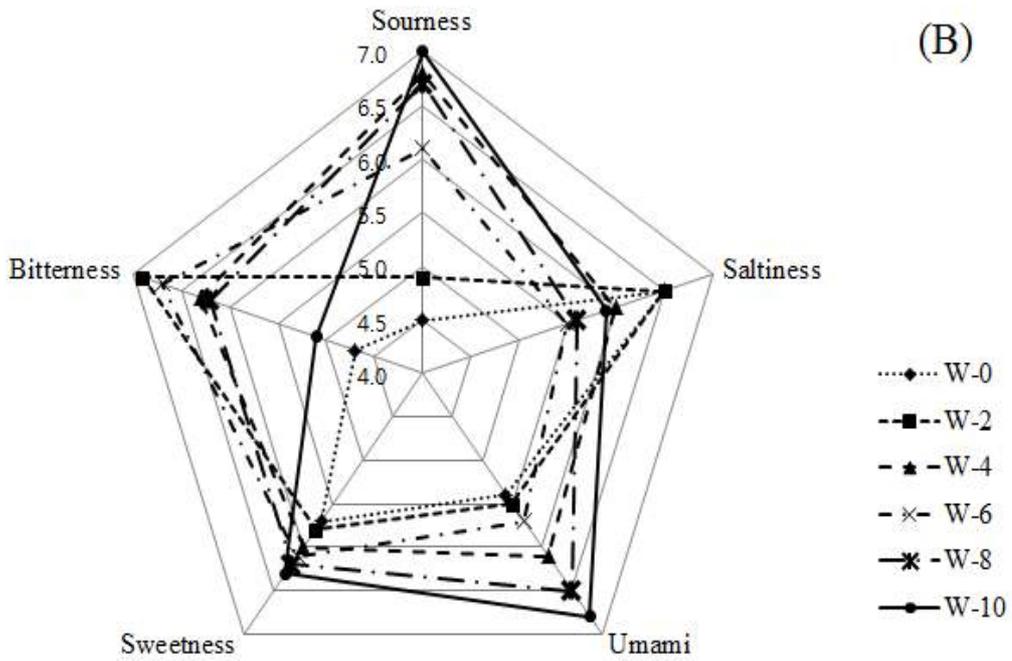
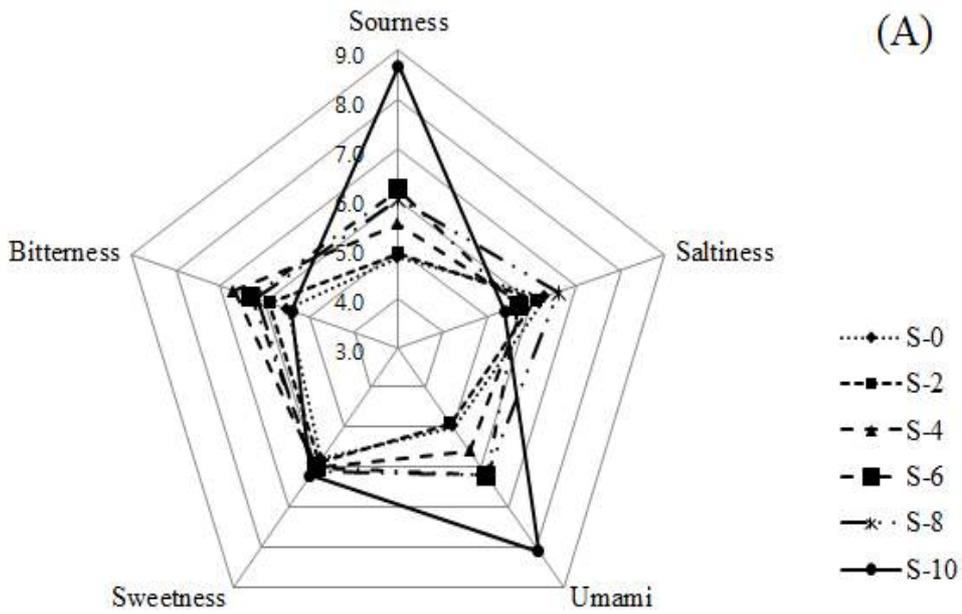


그림 60. 전자혀를 이용한 대두유와 고추냉이 튀김유의 반복 튀김 공정에 의한  
맛  
성분 변화

또한 Jeon 등(2017)의 연구에서는 고추냉이와 같이 국내에서 판매되는 조미료의 맛 성분을 전자혀 분석 시스템을 이용하여 그 결과를 제시하였고, 이러한 각각의 조미료의 맛 성분 경향을 휘발성 향기성분과의 상관관계로써 통계적인 결과를 제시하였다. 다양한 연구 보고에서 전자코와 전자혀와 같은 전자 센서 시스템이 식품 및 식품소재의 향미 관련 연구에서 객관적이고 표준적인 데이터를 제공할 수 있는 중요한 분석 시스템으로의 역할을 할 것으로 전망하였다.

#### 다) 고추냉이 튀김유 시제품 제작

튀김유의 개발 목적은 반복 튀김 공정에 따른 산패율을 낮춰 사용시간을 최대한 늘리고 더불어 낮은 산가 등으로 튀김 제품의 상품성을 높이기 위함이었다. 이러한 점은 연구결과에서 증명되었고, 또한 고추냉이가 투입된 튀김유로 튀긴 감자튀김의 경우 일반 대두유 대비 감칠맛 등이 올라가고 느끼한 느낌이 적어지는 등 관능평가가 우수해 새로운 타입의 튀김유로 상업적으로 이용가능할 것으로 보인다.

튀김유는 대두유에 1% 고추냉이 분말을 첨가한 후 100℃에서 1시간 동안 교반을 통해 고추냉이의 지용성 성분을 용출시킨 후 여과를 통해 고형분을 제거하고 제조되었다.



그림 61. 튀김유 시제품

라) 튀김유의 산화안정성 탐색 결과



# 분석결과서

발급번호 : RD18-0973

접수번호 : RC18-238

제품명	일반 튀김유		식품유형	기름	
의뢰업체	경남과학기술대학교 산학협력단		의뢰대표자	이 상 원	
의뢰업체주소	경상남도 진주시 동진로 33 경남과학기술대학교 식품과학부				
제조번호		제조일자		유통기한	
검사목적	기타	접수일자	2018.11.29	완료일자	2018.12.05

## 시험 항목 및 결과

시험항목	결과
산가 (mg/g)	0.2
과산화물가 (meq/kg)	3.9



검사자 : 정민지

책임자 : 김수정, 정병천

비고 : 이 결과서는 제출된 검체에 한하며, 의외목적 이외의 상품선전 및 상업용, 자가품질검사용으로 사용할 수 없습니다.

2018년 12월 05일

부경대학교 식품분석센터



48547 부산시 남구 신선로 365 부경대학교 용당캠퍼스 33호관

TEL : 051-629-7356

FAX : 051-629-7360



# 분석결과서

발급번호 : RD18-0974

접수번호 : RC18-238

제품명	고추냉이 튀김유			식품유형	기름
의뢰업체	경남과학기술대학교 산학협력단			의뢰대표자	이 상 현
의뢰업체주소	경상남도 진주시 동진로 33 경남과학기술대학교 식품과학부				
제조번호		제조일자		유통기한	
검사목적	기타	접수일자	2018.11.29	완료일자	2018.12.05

## 시험 항목 및 결과

시험항목	결과
산가 (mg/g)	0.2
과산화물가 (meq/kg)	10.9



검사자 : 정민지

책임자 : 김수정, 정병천

비고 : 이 결과서는 제출된 검체에 한하며, 의료목적 이외의 상품선전 및 상업용, 자기품질검사용으로 사용할 수 없습니다.

2018년 12월 05일

부경대학교 식품분석센터



48547 부산시 남구 신선로 365 부경대학교 용당캠퍼스 33호관

TEL : 051-629-7356

FAX : 051-629-7360

## 마) 반복튀김 공정에 따른 고추냉이 튀김유의 관능적 특성

인류가 오랫동안 식용 유지를 이용하여 다양한 방법을 통해 식품을 가공 및 조리를 시도하고 있으며, 대표적인 유지를 이용한 튀김 방법은 식품을 160~180°C의 고온에서 짧은 시간 열처리를 통하여 식품 내 수분을 제거하고 지방을 제공하여 저장기간을 증가시키고, 우수한 식감 및 향미를 제공하는 가공법의 하나이다. 고온의 튀김처리를 위해 사용되는 유지는 낮은 유리지방산의 함량과 높은 발연점(smoke point)을 요구되며, 튀김 처리 과정에서 유지는 식품에 흡수되어 소비자가 직접적으로 섭취하기 때문에 정제과정을 거쳐 식용으로 이용된다. 튀김공정에서 계속되는 기름의 재사용으로 인해 중합체의 형성이 증가하게 되고 이러한 중합체의 형성은 기름의 점성을 높이고 그로 인해 튀김처리에서 중요한 요소인 열전도를 낮추기 때문에 식품으로 기름의 흡수량이 증가하게 되며 그로 인해 식품의 조직감이 약화되며, 느끼한 맛의 원인이 될 수 있다. 또한 튀김처리과정은 거품발생(foaming), 극성물질(polar compounds), 중합체(polymers), 점성(viscosity) 및 유리지방산(free fatty acid)의 증가를 초래하며, 1차 산화생성물인 과산화물(peroxide)의 증가를 일으킨다. 1차 산화생성물은 계속적인 분해를 통해 malonaldehyde와 hexanal과 같은 2차산화생성물의 생성을 촉진시킨다. 튀김 과정에서 이용되는 식용유지에서 트리올레인(triolein)의 경우 열처리 과정에서 좋지 않은 향(off-flavor)으로 인식되는 nonanal, octanal, heptanal, 그리고 2-decenal(플라스틱 냄새)이 검출되고 있으며, 트리리놀레인(trilinolein)의 경우에는 hexanal, pentanal, 2-pentylfuran과 같은 성분들이 검출되는 것으로 알려져 있다. 이에 본 연구는 고추냉이 첨가에 따른 튀김유가 제공하는 관능적인 관점을 탐색해보았다.

## 재료 및 방법

실험에 사용된 튀김유는 시중에서 구입한 대두유(대조구)와 고추냉이 튀김유를 사용하였다. 다양한 튀김과정을 거친 감자튀김에 대한 소비자들의 기호도를 평가하기 위해 관능검사를 실시하였다. 최초의 신선한 유지를 이용하는 초기 튀김처리 감자튀김을 대조구로 하여 계속적인 튀김처리된 감자튀김의 상대적인 식감을 비교하였다. 관능검사를 위한 panel들은 9-scale method(1~9점)를 적용하여, 1점은 가장 약한 강도이며, 9점은 가장 높은 강도로 나타낸다. 검사 항목은 색도, 향(비릿내), 기름 맛의 여부, 식감 그리고 종합적 선호도를 조사하였고, 모든 실험은 참가자들의 안전을 고려해서 예비실험을 통해 유지의 산화가 이루어지지 않는 단계에서만 연구가 진행될 것이며, 매일 일정 시간(오후 4시)에 공복상태에서 진행하여 검사의 신뢰도를 높여 진행하였다.

## 튀김공정

반복 튀김처리 공정을 위해 식용유의 선택은 높은 리놀레산 비율을 가진 대두유를 사용하였다. 각 1 L의 유지를 가정용 튀김기에 넣고 시중에서 구입 가능한 French-fry 용도의 감자를 이용하여 반복 튀김처리를 행한다. 튀김처리가 완료되면 감자튀김을 꺼내서 실험에 이용하고, 남은 유지에는 신선한 유지를 100 mL을 반복하여 전체 부피를 1 L로 유지하면서 5회 반복한 후 단계적으로 얻은 유지와 감자튀김을 이용하여 실험을 진행하였다.

실험결과

고추냉이의 첨가가 반복적인 튀김과정에서 어떠한 영향을 미치는가에 대해서 표49-50에 각각 나타내었다. 먼저 고추냉이를 첨가하지 않은 튀김유를 이용하여 반복하여 진행하여 관능적 특성을 확인한 결과 색깔은 점차 진해짐을 확인하였다. 쓴맛의 경우 튀김의 횟수가 증가함에 따라 쓴맛이 감소하였다. 감자의 맛은 다소 시간이 지남에 따라 감소하였다.

표 49. 대두유를 이용한 반복 튀김과정의 감자튀김에 대한 소비자 선호도 조사

	튀김 횟수				
	1회	2회	3회	4회	5회
색깔	3.33±1.63	4.17±1.83	4.50±0.84	4.00±1.55	4.60±1.67
튀김향	4.50±1.38	5.67±1.63	5.50±1.22	5.17±1.60	5.00±1.41
바삭함	4.67±1.21	4.33±1.51	4.83±0.75	3.50±1.05	4.80±1.30
감자맛	6.50±1.22	5.67±1.75	5.67±1.21	5.00±0.89	5.60±1.95
단맛	3.83±1.47	4.80±1.17	3.33±1.33	4.20±1.38	3.10±1.52
쓴맛	3.83±1.94	3.50±2.51	2.50±2.26	2.33±1.37	1.60±0.55
느끼함	4.00±2.00	4.50±1.87	4.67±1.75	4.67±1.51	3.40±1.14

이에 반해 고추냉이를 첨가한 경우 색깔의 강도가 처음에는 높았으나 시간이 지남에 따라 점점 색이 열여짐을 확인할 수 있었다. 이러한 색은 고추냉이의 첨가에 따른 최초의 색깔이 열처리를 통해서 점차 색이 열여졌음을 확인할 수 있었다. 바삭함 역시 4회 반복 튀김까지는 다소 증가하였다. 반대로 감자 특유의 맛을 경우는 최초부터 튀김이 반복해 나감에 있어 감소함을 뚜렷이 확인할 수 있었다. 느끼함 역시 점차적으로 감소하였다. 쓴맛이 경우도 최초 수치에서 튀김 과정에서 감소함을 확인할 수 있었다. 단맛의 경우 전체적으로 고추냉이의 첨가에 따라서 단맛이 증가함을 확인하였다.

표 50. 고추냉이 첨가 튀김유를 이용한 반복 튀김의 감자튀김에 대한 소비자 선호도 조사

	튀김 횟수				
	1회	2회	3회	4회	5회
색깔	5.67±1.51	5.33±0.52	4.83±0.98	5.17±0.98	4.60±1.67
튀김향	5.33±1.21	5.67±1.37	4.83±1.17	5.33±1.21	5.00±1.41
바삭함	5.00±1.67	5.83±1.60	5.00±1.26	5.50±2.07	4.80±1.30
감자맛	7.00±1.67	6.17±1.17	6.00±1.10	6.50±0.55	5.60±1.95
단맛	4.83±1.83	4.97±1.21	4.83±1.83	4.50±1.76	4.60±1.52
쓴맛	3.33±1.63	3.33±1.86	2.17±1.94	2.27±0.97	1.60±0.55
느끼함	5.67±1.63	5.17±1.47	4.67±1.37	5.33±1.51	3.40±1.14

튀김과정에서 일반 대두유와 고추냉이 첨가에 다른 고추냉이 향미유의 관능적인 부분을 비교하였고, 고추냉이의 첨가에 따른 색도가 점차적으로 감소됨을 확인하였고, 바삭함은 4회 튀김까지는 다소 증가하다 감소하는 추세를 보였다. 감자 특유의 맛 성분 에 대한 부분은 감소됨을

확인할 수 있었다. 단맛은 일반 대두유보다 대체로 높은 추세였으며, 또한 쓴맛이 역시 감소되는 효과를 확인할 수 있었다. 또한 튀김에서 부정적인 맛 성분인 느끼함은 튀김 과정에 따라 감소함을 확인하였다. 이러한 감소폭은 일반 대두유보다 감소폭이 더 크게 감소함을 확인하였다. 결과적으로 고추냉이 첨가에 따른 맛 성분에 대한 개선을 확인할 수 있었다.

## 2-10. 고추냉이를 첨가한 향미유(샐러드유)의 관능적 특성 검토

사전적 정의의 향미유는 “식용유지에 향신료, 향료, 천연추출물, 조미료 등을 혼합한 것(식용유지 50% 이상)으로, 조리 또는 가공 시 식품에 향미를 부여하기 위하여 사용하는 것을 말한다”고 정의하고 있다(Korea Food Industrial Association, 2005). 이러한 향미유는 계속적으로 가정에서의 식사가 줄어들고 밖에서 식사를 하는 외식 패턴이 증가함에 따라서 맛별이 부부의 증가로 인하여 복잡하지 않은 가정 내 어렵지 않는 조리법을 선호하는 현대의 생활 패턴에 따라 앞으로도 지속적으로 그 니즈(needs)가 증가할 것으로 판단된다. 또한 레스토랑과 같은 식당과 2차 식품의 가공품을 생산하는 제조업체들에서도 각종 야채와 향신료를 직접 취급할 경우 과도한 인건비의 지출과 함께 표준화된 음식의 맛을 유지하기 어려운 문제점이 있어 간편성과 표준화를 위하여 이의 적용빈도가 늘어나고 있는 경향이다. 식용유지에 향료나 지용성 천연추출물 등을 첨가하면 이들이 항산화제로 작용하여 식용유지의 저장성 및 산화안정성이 증가하는 것으로 보고되고 있다(Koo & Kim 2006; Lee & Lee 2000; Lee et al. 2006).

천연식품 및 식품소재를 첨가한 향미유의 경우 정제된 튀김용 유지와는 달리 급격한 향미특성의 변화가 초래된다는 점이다. 현재 국내외에서 향미유는 급격한 증가를 보이고 있지만 초기의 향기와 맛 성분이 일정기간 경과 후 급격히 저하되고 곧바로 산패취가 발생한다는 점이다. 이러한 문제점은 국내에서 일정량의 소비량을 보이고 있는 참기름 대체품인 맛기름, 고추맛기름, 양파향미유, 마늘향미유, 생강향미유, 버터맛기름 등 다양한 종류의 향미유에서 거의 공통적으로 발생하는 문제점이다(Lee & Lee 2000; Lee et al. 2006). 이에 본 연구에서는 고추냉이를 첨가한 향미유의 관능적 특성을 검토하고자 한다.

### 가) 재료 및 방법

#### 재료

실험에 사용된 부위는 고추냉이의 근경, 엽병, 그리고 잎을 1:1:1로 혼합한 샘플을 사용하였다. 수분을 제거하기 위해 동결건조를 통해 건조된 시료를 사용하였으며, 사용된 유지는 샐러드유를 위하여 엑스트라버진 등급의 올리브유를 사용하였다.

#### 관능검사

샐러드유 제조에 사용되는 고추냉이 건조물의 최적 비율을 결정하기 위해 1,000 mL의 올리브오일에 10 g의 고추냉이 건조물을 넣고 80°C의 온도에서 20분간 교반을 통해서 충분히 고추냉이가 올리브오일에 흡수되도록 유도하였다. 이에 다양한 농도의 향미유를 제조하기 위하여 0.0%, 0.2%, 0.4%, 0.6%, 0.8%, 그리고 1.0%의 농도로 제조하였다.

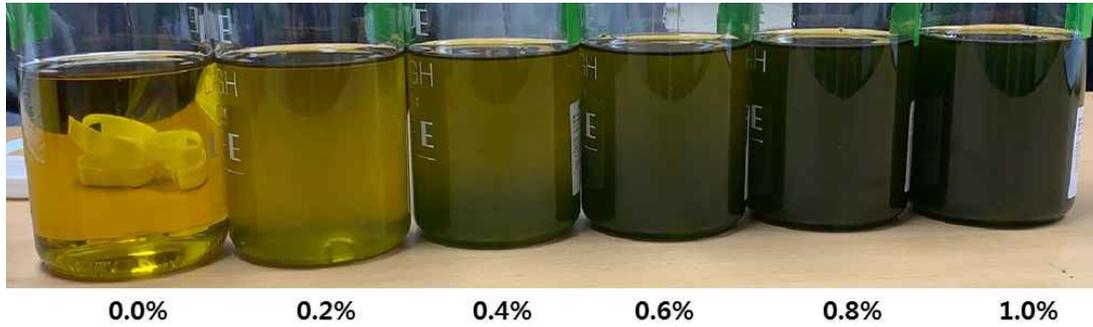


그림 62. 농도별로 제조된 고추냉이 향미유

향미유의 맛을 확인하기 위하여 맛이나 향이 거의 없는 식빵을 이용하여 빵을 먹으면서 향미유를 함께 음용하면서 샐러드유의 느끼함으로 인한 간섭을 최대한 배제하여 실험을 진행하였다. 실험에 참여하는 패널은 관능검사에 숙련된 인원으로 맛과 향을 느낄 수 있는 감각기관에 문제가 없는 패널을 선정하였다.

또한 고추냉이 첨가에 따른 색도의 변화를 색차계를 이용하여 색도를 측정하였다.

색도는 색차계(CR-400, Konica Minolta Inc., Tokyo, Japan)를 이용하여 향미유의 농도에 따른 색도를 측정하였다. 사용되는 색도 수치는 명도(lightness,  $L^*$ -value), 적색도(redness,  $a^*$ -value) 및 황색도(yellowness,  $b^*$ -value)를 이용하였다.

#### 나) 결과

관능검사를 통해 향미유의 기호도에 대한 결과를 표 51.에 나타내었다. 색도의 경우 0.4%와 0.6%에서 가장 선호하는 비율이었으며, 향기는 1.0%에서 가장 높은 결과를 나타내었다. 단맛의 경우 고추냉이비율이 낮은 0.2%에서 높았으며, 쓴맛은 고추냉이 0.4%와 0.6%에서 가장 높았다. 짠맛은 0.2%와 0.4%에서 가장 높았으며, 감칠맛은 0.8%에서 높았으며 신맛은 0.4%에서 높았다. 전반적인 선호도는 0.6%에서 가장 높은 결과를 나타내었다.

표 51. 향미유의 고추냉이 비율에 따른 관능검사 결과

고추냉이 비율	색도	향기	단맛	쓴맛	짠맛	감칠맛	신맛	선호도
0.0%	4.70±1.70	3.50±1.72	4.10±2.33	3.90±2.13	4.30±2.45	3.80±2.20	3.40±1.96	4.10±2.28
0.2%	5.00±1.63	3.90±1.73	4.20±2.25	4.20±2.10	4.50±2.37	3.90±2.02	3.60±1.96	4.60±2.27
0.4%	5.40±1.65	4.00±2.21	3.80±1.81	4.20±1.81	4.50±2.17	4.20±2.15	3.80±2.04	4.90±2.13
0.6%	5.40±1.71	4.40±2.17	3.50±1.43	4.50±2.01	4.30±1.95	4.10±2.02	3.60±1.71	5.00±2.00
0.8%	4.20±1.93	4.30±2.06	3.30±1.25	4.40±2.12	4.10±2.13	4.30±2.31	3.60±2.01	4.80±2.04
1.0%	3.20±1.62	4.70±2.71	2.80±1.23	4.20±2.57	4.20±2.20	3.90±2.51	3.10±1.73	4.40±2.32

관능검사를 통해 빵과 함께 섭취 시 향미유의 기호도에 대한 결과를 표 52.에 나타내었다. 색도의 경우 0.4%에서 가장 선호하는 비율이었으며, 향기는 1.0%에서 가장 높은 결과를 나타내었다. 단맛의 경우 고추냉이가 첨가되지 않은 0.0%에서 높았으며, 쓴맛은 고추냉이 0.2%와 0.6%에서 가장 높았다. 짠맛은 0.4%와 0.6%에서 가장 높았으며, 감칠맛은 0.2%에서 높았으며 신맛은 0.2%와 0.4%에서 높았다. 전반적인 선호도는 0.4%에서 가장 높은 결과를 나타내었다. 샐러드유를 위한 고추냉이 향미유의 경우 기름의 단독일때는 0.4%의 범위에서 가장 높은 선호도를 보였지만, 식품과 함께 섭취되는 향미유의 특징상 빵과 함께 섭취 시 가장 높은 선호도를 보이는 0.6%에서 가장 높은 선호도를 나타냄을 확인할 수 있었다. 향후 제품개발을 위해서는 0.4~0.6%의 비율 범위에서 생산단가가 다른 결과의 비교를 통해서 결정해야 할 것으로 판단되었다.

표52. 빵을 이용한 향미유의 고추냉이 비율에 따른 관능검사 결과

고추냉이 비율	색도	향기	단맛	쓴맛	짠맛	감칠맛	신맛	선호도
0.0%	5.60±2.12	3.00±1.49	3.30±1.77	4.50±2.07	3.00±1.63	3.00±1.76	3.10±2.13	3.20±2.10
0.2%	5.60±1.43	4.20±1.23	3.00±1.70	4.80±1.55	3.10±1.66	3.50±2.32	3.20±1.87	4.10±2.02
0.4%	5.70±1.34	4.30±1.16	2.80±1.55	4.70±2.11	3.40±1.84	3.40±2.17	3.20±1.75	4.80±2.10
0.6%	5.10±1.45	4.50±1.43	2.40±1.07	4.80±1.99	3.40±1.84	3.40±2.17	3.10±1.79	4.10±1.79
0.8%	5.00±1.33	5.00±1.76	2.50±1.35	4.30±2.58	3.20±3.20	3.10±2.47	3.00±1.70	4.30±1.64
1.0%	4.40±1.71	5.40±2.12	2.40±1.65	4.80±2.94	3.10±2.02	3.20±2.66	2.90±1.85	3.00±2.31

색도의 경우 고추냉이의 첨가에 따라 Lightness(*L*)는 감소하는 추세를 나타내었으며, 적색도를 나타내는 redness (*a*)의 경우 고추냉이 첨가에 따라 green에 가까운 색도를 나타내었다. 황색도를 나타내는 Yellowness (*b*)는 0.4%를 제외하고는 고추냉이의 첨가에 따라 황색도가 증가함을 확인하였다. 색도의 경우 샐러드유의 기호성에 따라 조절할 필요가 있을 것으로 판단한다.

표 53. 향미유의 고추냉이 비율에 따른 색도변화

	Lightness ( <i>L</i> )	Redness ( <i>a</i> )	Yellowness ( <i>b</i> )
0.0%	43.60±0.00	-1.38±0.06	3.82±0.05
0.2%	42.95±0.01	-1.91±0.06	4.25±0.04
0.4%	43.32±0.06	-1.96±0.00	5.44±0.01
0.6%	41.86±0.02	-2.19±0.05	5.21±0.05
0.8%	41.42±0.02	-2.25±0.10	5.28±0.03
1.0%	40.75±0.10	-2.50±0.05	5.55±0.04

다) 향미유 시제작

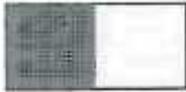
향미유는 협동연구기관의 관능평가 결과에 따라 고추냉이 분말 0.4%와 올리브유를 혼합한 후 80℃에서 20분간 교반한 후 여과하여 제조하였다. 향미유는 샐러드 등과 함께 섭취할 때 이용하는 샐러드유는 주 목적으로 개발을 진행했으나 협력사의 제안으로 현재 피자 소스로도 추가적인 개발을 진행하고 있다. 현재 피자 소스에 이용하는 향미유는 핫소스 뿐인데, 이를 대체하는 제품으로 개발의도를 가지고 진행 중이다.

또한 식품으로서의 안정성을 위하여 차후 세포 독성 검사 또는 동물모델에서의 단회 독성 검사 등을 진행할 예정이다.



그림 63. 향미유 시제품

라) 향미유의 산가 및 과산화물가 분석 결과 (산화안정성 탐색 결과)



## 분 석 결 과 서

발급번호 : RD18-0975

접수번호 : RC18-238

제품명	일반 올리브유	식품유형	기름
의뢰업체	경남과학기술대학교 산학협력단	의뢰대표자	이 상 원
의뢰업체주소	경상남도 진주시 동진로 33 경남과학기술대학교 식품과학부		
제조번호	제조일자	유통기한	
검사목적	기타	접수일자	2018.11.29
		완료일자	2018.12.05

### 시험 항목 및 결과

시험항목	결과
산가 (mg/g)	0.8
과산화물가 (meq/kg)	18.5



검사자 : 정민지

책임자 : 김수정, 정병천

비고 : 이 결과서는 제출된 검체에 한하며, 의뢰목적 이외의 상품선전 및 상업용, 자가품질검사용으로 사용할 수 없습니다.

2018년 12월 05일

**부경대학교 식품분석센터**



48547 부산시 남구 신선로 365 부경대학교 용당캠퍼스 33호관

TEL : 051-629-7356

FAX : 051-629-7360



# 분석결과서

발급번호 : RD18-0976

접수번호 : RC18-238

제품명	고추냉이 향미 폴리브유		식품유형	기름	
의뢰업체	경남과학기술대학교 산학협력단		의뢰대표자	이 상 원	
의뢰업체주소	경상남도 진주시 동진로 33 경남과학기술대학교 식품과학부				
제조번호		제조일자		유통기한	
검사목적	기타	접수일자	2018.11.29	완료일자	2018.12.05

## 시험 항목 및 결과

시험항목	결과
산가 (mg/g)	0.5
과산화물가 (meq/kg)	18.8



검사자 : 정인지

책임자 : 김수정, 정병천

비고 : 이 결과서는 제출된 검체에 한하며, 의뢰목적 이외의 상품선전 및 상업용, 자가품질경사용으로 사용할 수 없습니다.

2018년 12월 05일

부경대학교 식품분석센터



48547 부산시 남구 신선로 365 부경대학교 용당캠퍼스 33호관

TEL : 051-629-7356

FAX : 051-629-7360

### 3. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

#### 3-1. 목표

- 환경제어형 시설에서 유용물질이 향상된 고추냉이의 대량생산 체계 확립 및 경제성 분석
- 고추냉이의 경제성 있는 추출물 생산 기술 개발
- 유용물질 극대화 방안 연구
- AITC 함량이 향상된 고추냉이를 이용한 천연 보존료 개발
- 기능성 및 관능적 특성이 향상된 고추냉이를 이용한 향미유 개발

#### 3-2. 목표 달성여부

목표	달성지표	달성도 (%)
고추냉이 대량생산을 위한 환경조건 규명	기내조식배양을 통한 고추냉이 종묘의 대량생산체계 확립 환경제어형 시설에서 수경재배시 양액의 농도, 순환주기, 재배온도, 재식밀도, 광조건 등을 종합적으로 규명 환경제어형 시설에서 고추냉이 재배시 노지재배 대비 월등한 생산량 확인 (다단재배시 10배 이상)	100
재배환경 제어를 통한 식물체내 유용물질 극대화 방안 규명	환경조건 제어를 통한 고추냉이내 유용물질 (AITC) 함량 및 생장에 미치는 영향 분석 대조구대비 약 23% 유용물질 함량 증가를 확인	100
경제성 분석을 통한 고추냉이 생산조건 최적화	고추냉이 생산을 위한 환경제어형 시설에 관한 투입 비용 분석 및 생산물 단가 분석 완료	100
고추냉이 추출물이 함유된 유지류 2종, 가공식품 2종 등 총 4종의 식품별 시제품 제작	유지류 2종 - 튀김유 및 향미유 가공식품 2종 - 고추냉이 함유 두부, 고추냉이 함유 어묵에 대한 시제품 제작 및 유통기한설정시험 완료	100
천연 보존료로서의 고추냉이의 잠재력 검토	고추냉이 추출물의 항균활성 비교 4가지 식품군(두부, 소시지, 맛살, 어묵)에 도입하여 우수한 항균력 확인	100
고추냉이 보존료와 기존 보존료와의 비교 연구	기존 상업적으로 이용되는 합성보존료와 비교 검토를 통해 일정시간까지는 합성 보존료와 유사한 효능을 확인	100

목표	달성지표	달성도 (%)
고추냉이의 경제성 있는 추출물 생산 기술 개발	고추냉이의 부위별 sinigrin과 AITC 함량을 확인하고, 추출방법에 따른 활성의 변화 탐색	100
고추냉이 유래 보존료의 적용 식품군 탐색	유통기한이 짧은 4가지 식품군(두부, 소시지, 맛살, 어묵)에 도입하여 가능성을 확인 이중 고추냉이 보존료가 투입된 두부와 어묵을 시제품으로 제작하여 유통기한 설정시험 실시 시험 결과 각 약 60%, 53%의 유통기한 증가를 확인	100
고추냉이 첨가 향미유의 유통과정 중 발생 가능한 1,2 차 산화생성물 탐색 및 산화안정성 탐색	1차 산화생성물을 측정하는 POV와 2차 산화생성물을 측정하는 p-AV, 그리고 TOTOX 값에서 기존의 대두유 보다는 산화안정성이 높음을 확인	100
시제품에 대한 향미 변화 검토	튀김유 및 향미유에 대하여 전자혀, 전자코 및 사람을 대상으로하는 관능평가를 실시하여 최적의 투입비율 규명 완료	100
AITC 함량이 향상된 고추냉이를 이용한 천연 보존료 개발	가공식품에 고추냉이 보존료를 투입하여 유통기한 연장을 위한 연구 진행	100
기능성 및 관능적 특성이 향상된 고추냉이를 이용한 향미유 개발	관능평가 결과를 토대로 튀김유 및 향미유 개발 및 시제품 제작 완료	100

#### 4. 연구결과의 활용 계획 등

- 농업생산을 위한 환경제어형 스마트팜 시설 확장에 응용 가능
- 생산된 고추냉이 가공원료는 다양한 식품소재로 활용 가능
- 시제품으로 제작된 두부 및 어묵 뿐 아니라 감자샐러드 (유통기한 20일) 등에 추가적으로 도입하여 제품 개발 예정
- 샐러드유로 개발된 향미유의 경우 샐러드유로서의 기능 뿐 아니라 피자 핫소스를 대체하는 새로운 소스원으로 추가개발을 진행 중
- 개발 예정인 식품 원료 소재를 활용하여 항산화 기능이 강화된 초코렛 개발을 진행중이며 상품 출시시 지속적인 매출원이 될 것으로 기대
- 시제품 및 시재료는 협력 관계에 있는 식품회사에 우선공급 되었으며, 이를 통한 추가적인 제품화 모색 및 영업망 활용 예정
- 협력업체와 공동으로 시설투자 협의 진행
- 당사에서 추진 중인 환경제어형 시설에서 타사의 무순 등 새싹 채소 생산 가능성을 타진 중이며 연내 시범 생산 추진 진행 중으로 가공 원료 뿐 아니라 시설 이용의 다각화 추진

## 붙임. 참고문헌

Akoh CC, Min DB. 2002. Food lipids - chemistry, nutrition, and biotechnology. New-York, NY, USA: Marcel Dekker Inc.

Amr A. 1995. Antioxidative role of some aromatic herbs in refrigerated ground beef patties. *Pure Applied Sci* 22: 1475-1487.

AOAC. 1995. *Official methods of analysis*. 16th ed. Association of official analytical chemists. Washington, DC, USA, p 2.

AOCS. 1990. AOCS official and tentative methods. 10th ed. American Oil Chemists' Society, Chicago, IL, USA. AOCS Official Method Cd 30-63.

AOCS. 1990. AOCS official and tentative methods. 10th ed. American Oil Chemists' Society, Chicago, IL, USA. AOCS Official Method Cd 8-53.

AOCS. 1990. Official and tentative methods of the AOCS. 4th ed. American Oil Chemists' Society Press, Champaign, IL, USA. Method Ti la-64.

Bennet RN, Wallgrove RM. 1994. Secondary metabolites in plant defence mechanisms. *New Phytologist* 127: 617-633.

Blois MA. 1958. Antioxidant determination by the use of a stable free radical. *Nature* 181: 1199-2000.

Chin HW, Lindsay RC. 1993. Volatile sulfur compounds formed in disrupted tissues of different cabbage cultivars. *J Food Sci* 58: 835-839.

Cho TD. 1998. *Herb*. 1st ed. Deawon Publishing Co, Seoul. p 62-65.

Chung SJ, Lim CR, Noh BS. 2008. Understanding the sensory characteristics of various types of milk using descriptive analysis and electronic nose. *Korean J Food Sci Technol* 40: 47-55.

Dai R, Lim LT. 2014. Release of allyl isothiocyanate from mustard seed meal powder. *J Food Sci* 79: E47-E53.

Dorsch W, Adam O, Weber J, Ziegeltrum T. 1984. Antiasthmatic effects of onion extracts—detection of benzyl- and other isothiocyanates (mustard oils) as antiasthmatic compounds of

plant origin. *Eur J Pharmacol* 107: 17-24.

Folin O, Denis W. 1912. On phosphotungstic-phosphomolybdic compounds as color reagents. *J Biol Chem* 12: 239-243.

Gacula M.C. The design of experiments for shelf lifestudy. *J Food Sci.* 40, 399-403(1975)

Hara M, Eto H, Kuboi T. 2001. Tissue printing for myrosinase activity in roots of turnip and Japanese radish and horseradish: a technique for localizing myrosinase. *Plant Sci* 160: 425-431.

Hidalgo FJ, Leon MM, Zamora R. 2006. Antioxidative activity of amino phospholipids and phospholipid/amino acid mixtures in edible oils as determined by the rancimat method. *J Agric Food Chem* 54: 5461-5467.

Jeon SY, Kim JS, Kim GC, Choi SY, Kim SB, Kim KM. 2017. Analysis of electronic nose and electronic tongue and sensory characteristics of commercial seasonings. *Korean J Food Cook Sci* 33: 538-550.

Jo Y, Gu SY, Chung N, Gao Y, Kim HJ, Jeong MH, Jeong YJ, Kwon JH. 2016. Comparative analysis of sensory profiles of commercial cider vinegars from Korea, China, Japan, and US by SPME/GC-MS, E-nose, and E-tongue. *Korean J Food Sci Technol* 48: 430-436.

Jung DH. 2001. *Control of food microorganism*. 1st ed. Daekwang Publishing Co, Seoul. p 35-312.

KFDA. 2008. *Food Code*. Korea Food and Drug Administration. Seoul, Korea. p 10-6-13.

Kim SJ, Lee MK, Back SS, Chun BS. 2007. Extraction and identification of volatile isothiocyanates from wasabi using supercritical carbon dioxide. *Korean J Biotechnol Bioeng* 22: 174-178.

Kim YE, Kim IH, Lee YC, Jung SY, Jo JS. 1996. Changes in oxidative stability of the oil extracted from perilla seed roasted at different roasting conditions. *Agric Chem Biotechnol* 39: 374-378.

Kim MS, Park JH, Lim HJ, Kim DS, Kim HS, Lee KT, Park YB, Shin EC. 2017. Nutritional components and physicochemical properties of lipids extracted from forest resources. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 46(4), 529-536.

Kim JK, Shin EC, Lim HJ, Choi SJ, Kim CR, Suh SH, Kim CJ, Park GG, Park CS, Kim HK,

- Choi JH, Song SW, Shin DH. 2015. Characterization of nutritional composition, antioxidative capacity, and sensory attributes of Seomae mugwort, a native Korean variety of *Artemisia argyi* H. Lév. & Vaniot. *J Anal Methods Chem.* 916346.
- Lee JM, Chang PS, Lee JH. 2007. Comparison of oxidative stability for the thermally-oxidized vegetable oils using a DPPH method. *Korean J Food Sci Technol* 39: 133-137.
- Lee, J.W., Han, M.K., Ahn, Y.S. and Hong, Y.P., 2006, Increasing effect on storage stability of rosemary extracts used for various solvent system on seasoning oils. *Korean J. Food Nutr.*, 19, 271-278.
- Lee KS, Kim GH, Kim HH, Seong BJ, Kim SI, Han SH, Lee SS, Lee GH. 2013. Physicochemical properties of frying ginseng and oils derived from deep-frying ginseng. *Korean Soc Food Sci Nutr* 42: 941-947.
- Lee KS, Kim GH, Kim HH, Seong BJ, Kim SI, Han SH, Lee SS, Lee GH. 2013. Physicochemical properties of frying ginseng and oils derived from deep-frying ginseng. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 42: 941-947.
- Lee KH, Lee SS. 1998. *The Illustrated Book of New Vegetable*. 1st ed. Herbworld Press, Seoul. p 239-258.
- Lee JH, Park, JM, Kim HJ, Koh JH, Kim JM. 2017. Physicochemical changes in edible oils (soybean, canola, palm, and lard) and fried foods (pork cutlet and potato) depending on fry number. *Korean J Food Sci Technol* 49: 50-55.
- Lee JW, Park JW. 2010. Changes of fatty acid composition and oxidation stability of edible oils with frying number of french fried potatoes. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39: 1011-1017.
- Lim HJ, Kim JK, Cho KM, Joo OK, Nam SH, Lee SW, Kim HJ, Shin EC. 2015. Analysis of nutritional components, volatile properties, and sensory attributes of *Cynanchi wilfordii* Radix: characterization study. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 44(4), 564-572.
- Lim HJ, Kim MJ, Oh SI, Hwangbo MH, Jang SJ, Kim HI, Lee IS. 2012. Antioxidant activity of *Kalopanax pictus* leaf extract and its effects on the quality characteristics of fried pork skin. *Korean J Food Sci Technol* 44, 185-190.
- Morimitsu Y, Hayashi K, Nakagawa Y, Fujii H, Horio F, Uchida K, Osawa T. 2000. Antiplatelet and anticancer isothiocyanates in Japanese domestic horseradish, Wasabi. *Mech Ageing Dev* 116: 125-134.

Naz S, Sheikh H, Siddiqi R, Sayeed SA. 2004. Oxidative stability of olive, corn, and soybean oil under different conditions. *Food Chem* 88: 253-259.

Korea Food Industrial Association, 2005, Food Codex, p.422.

Lee, M.S. and Lee, K.B., 2000, Effect of capsaicin and silicone resin treatment on inhibition of thermal oxidation in frying oil. *Korean J. Food Nutr.*, 13, 534-538.

Kim DS, Kim HS, Seo WT, Shin EC. 2018. Flavor and taste properties of fermented soybeans with mycelia of *Tricholoma matsutake* and *Bacillus* sp. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 47: 107-115.

Kim JS, Jung HY, Park EY, Noh BS. Flavor analysis of commercial Korean distilled spirits using an electronic nose and electronic tongue. *Korean J Food Sci Technol* 48: 117-121.

Koo, B.S. and Kim, J.S. 2006, Effect of  $\beta$ -carotene on flavor and oxidation stability in soybean oil. *Korean J. Food Culture*, 21, 61-65.

McSwane D, Rue N, Linton R. 2000. *Essential of food safety and sanitation*. Prentice-Hall, Upper Saddle River, NJ. p 45-76.

Park YY, Cho MS, Park SP, Lee YD, Jeong BR, Chung JB. 2006. Sinigrin contents in different tissues of wasabi and antimicrobial activity of their water extracts. *Kor J Hort Sci Technol* 24: 480-487.

Park KI, Yoon MJ, Kwon SW, Choi SY, Lee KS. 1996. Effects of colchicine and EMS on induction of variants *Wasabia japonica* Matsum. *Korean J Med Crop Sci* 4: 12-18.

Prato E, Biandolino F. 2012. Total lipid content and fatty acid composition of commercially important fish species from the Mediterranean, Mar Grande Sea. *Food Chem* 131: 1233-1239.

Rha YA, Park JN, Na YS. 2004. The effects of pine pollen and horseradish on fermentation of Kimchi. *Korean J Culinary Res* 10: 178-189.

Shin EH. 2015. Quality characteristics of vinegar using *Wasabi japonica* Matsum leaves. *Korean J Culinary Res* 21: 255-263.

Song YS, Jang MS. 2002. Physicochemical properties of used frying oil in foodservice establishments. *Korean J Soc Food Cookery Sci* 18: 340-348.

Sung EH, Shin SM, Kang YH. 2017. Physicochemical quality characteristics and antioxidant activity of wasabi (*Wasabia japonica*) leaf and petiole extracts. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 46: 335-342.

Tsao R, Yu Q, Potter J, Chiba M. 2002. Direct and simultaneous analysis of sinigrin and allyl isothiocyanate in mustard samples by high-performance liquid chromatography. *J Agric Food Chem.* 50(17):4749-4753.

Watkins SM, German JB. 2002. Unsaturated fatty acids. In: Akoh CC, Min DB, editors. Food lipids. New York, NY, USA: Marcel Dekker, Inc.

Yang IY, Seo YJ, Lee YS. 2013. Sensory Shelf-Life of Foods: its importance and estimation. *Food Science and Industry*, 46(3), 20-28.

Yun GS, Kim NY, Jang MS. 2000. Effect of application methods of frying oil on the physicochemical properties of frying oil in the school food service. *Korean J Soc Food Sci* 16: 328-335.

최기영, 이용범, 이주현, 나상자르갈. 2007. 고추냉이 잎 생산을 위한 수경재배. *생물환경조절학회지* 16(1) 1-6.

최기영, 이용범, 조영열. 2011. 고추냉이 수경재배시 배양액의 EC 수준이 Allyl-isothiocyanate 함량과 생리적 반응에 미치는 영향. *원예과학기술지* 29(4) 311-316.