

1. 표지

(뒷면) (옆면)

(앞면)

<p>3 cm</p>	<p>11-1543 000-002 155-01</p>	<p>4cm</p>	<table border="1"><tr><td data-bbox="678 324 933 403"><p>발 간 등 록 번 호 11-1543000-002155-01</p></td></tr><tr><td data-bbox="694 560 1316 784"><p>(건고딕31p) 5cm 배추, 무 부산물 자원화를 위한 기반 기술 개발 및 제품 개발 최종보고서</p></td></tr><tr><td data-bbox="694 795 1316 996"><p>(0.1cm)</p><p>2018. 03. 22. 0.15cm (건고딕15p) (별색바탕 : C50, M20, Y59, K0)</p></td></tr><tr><td data-bbox="933 1041 1364 1164"><p>주관연구기관 / 가나건설(주) 협동연구기관 / 한국대학교 2cm (건고딕 15.5p)</p></td></tr><tr><td data-bbox="893 1467 1029 1500"><p>(백색바탕)</p></td></tr><tr><td data-bbox="965 1736 1316 1881"><p>농 립 축 산 식 품 부 (건고딕 20p)</p></td></tr></table>	<p>발 간 등 록 번 호 11-1543000-002155-01</p>	<p>(건고딕31p) 5cm 배추, 무 부산물 자원화를 위한 기반 기술 개발 및 제품 개발 최종보고서</p>	<p>(0.1cm)</p> <p>2018. 03. 22. 0.15cm (건고딕15p) (별색바탕 : C50, M20, Y59, K0)</p>	<p>주관연구기관 / 가나건설(주) 협동연구기관 / 한국대학교 2cm (건고딕 15.5p)</p>	<p>(백색바탕)</p>	<p>농 립 축 산 식 품 부 (건고딕 20p)</p>
<p>발 간 등 록 번 호 11-1543000-002155-01</p>									
<p>(건고딕31p) 5cm 배추, 무 부산물 자원화를 위한 기반 기술 개발 및 제품 개발 최종보고서</p>									
<p>(0.1cm)</p> <p>2018. 03. 22. 0.15cm (건고딕15p) (별색바탕 : C50, M20, Y59, K0)</p>									
<p>주관연구기관 / 가나건설(주) 협동연구기관 / 한국대학교 2cm (건고딕 15.5p)</p>									
<p>(백색바탕)</p>									
<p>농 립 축 산 식 품 부 (건고딕 20p)</p>									
<p>5cm</p>	<p>배추, 무 부산물 자원화를 위한 기반 기술 개발 및 제품 개발 최종보고서</p>	<p>고부가가치식품기술개발사업 R&D Report</p>							
<p>3 cm</p>	<p>2018 농림축산식품부 (건고딕 17p)</p>								

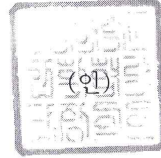
제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

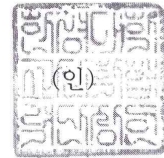
본 보고서를 “배추, 무 부산물 자원화를 위한 기반 기술 개발 및 제품개발”(개발기간 : 2014.12.17 ~ 2017.12.16)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2018.01.30.

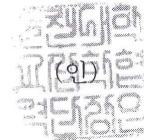
주관연구기관명 : 중앙대학교 산학협력단 김원용



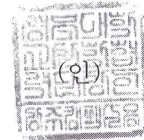
협동연구기관명 : 한경대학교 산학협력단 김계원



순천대학교 산학협력단 하동수



경북대학교 산학협력단 황의욱



3. 보고서 요약서

보고서 요약서

과제고유번호	314075-3	해 당 단 계 연 구 기 간	2014.12.17 ~2017.12.16 (3년)	단 계 구 분	3 / 3
연구사업명	단 위 사 업	고부가가치식품개발사업			
	사 업 명				
연구과제명	대 과 제 명	배추, 무 부산물 자원화를 위한 기반 기술 개발 및 제품개발			
	세부 과제명	<ul style="list-style-type: none"> - 반추가축(한우·젖소)용 TMR사료원 전처리기술 및 연계시스템 개발 - 식품산업소재자원화를 통한 제품개발 및 산업화 - 비료자원화 기술개발 및 경제성 분석을 통한 산업화 - 한우 사양관리 시스템 구축을 위한 TMR 개발 및 산업화 - 젖소 사양관리 시스템 구축을 위한 TMR 개발 및 산업화 			
연구책임자	장 문 백	해당단계 참 여 연구원 수	총: 32명 내부: 26명 외부: 6명	해당단계 연구개발비	정부: 400,000천원 민간: 134,500천원 계: 534,000천원
		총 연구기간 참 여 연구원 수	총: 64명 내부: 54명 외부: 10명	총 연구개발비	정부: 1,200,000천원 민간: 404,500천원 계: 1,604,500천원
연구기관명 및 소속부서명	중앙대학교 산학협력단 한경대학교 산학협력단 순천대학교 산학협력단 경북대학교 산학협력단			참여기업명 (주)한울 (주)밀테크 (주)에코플랜츠 BK환경종합건설(주) (주)우정통상 (주)셀텍	
위탁연구	연구기관명:			연구책임자:	
<ul style="list-style-type: none"> ○ 배추·무 부산물을 이용한 사료 개발 및 사료가치평가를 통한 산업재산권 확보 ○ 배추·무 부산물을 이용한 퇴비화 기술 개발 및 실증 연구에 의한 기반기술 기술이전 ○ 배추·무 부산물의 식이섬유 분리·정제 기술 최적화를 통한 산 				보고서 면수	

업화 및 산업재산권 확보

- 배추·무 부산물의 식이섬유를 이용한 제품 개발 및 산업화
- 배추·무 부산물 식품소재를 활용한 머핀용 프리믹스와 통곡 스파게티 제품 개발 및 산업화를 위한 유통망 구축

4. 국문 요약문

		코드번호	D-01
연구의 목적 및 내용		<ul style="list-style-type: none"> ○ 배추·무 부산물의 친환경 자원화를 위한 반추가축사료 및 비료 제품 개발 ○ 배추·무 부산물의 자원화를 위한 전처리 기술개발을 통한 부산물의 고부가가치 산업화 ○ 배추·무 부산물을 이용한 식품산업소재자원화 및 산업화 ○ 김치산업을 친환경 및 신성장 산업으로 육성 및 관련 산업 진흥을 위한 산업화 	
연구개발성과		<ul style="list-style-type: none"> ○ 배추·무 부산물의 사료가치평가(화학적 성분분석, <i>in vitro</i> 및 <i>in situ</i> 소화율, 반추위 내 미생물군집변화, 저해물질분석 등)을 통한 산업재산권 확보 ○ 배추·무 부산물 활용 반추가축 사료원 3종(귀리박 혼합세미 TMR, 면실, 건조 혼합) 개발 및 상품화에 따른 참여기업에 의한 판매유통망 구축 ○ 배추·무 부산물 활용 가축사료에 대한 사양관리 매뉴얼 북 제작 ○ 배추·무 부산물 활용 TMR 사료 배합비 및 제조기술에 대한 산업재산권 확보 및 기술이전 ○ 배추·무 부산물 활용 TMR 사료 신제품의 판매 및 유통 시스템 개발 ○ 김치 및 무 가공공장에서 배추·무 부산물 가공을 위한 1차 처리기술개발을 통한 산업재산권 확보 ○ 1차 가공된 부산물의 TMR사료원 및 퇴비 공장에 대한 delivery system 구축 매뉴얼 제작 ○ 배추·무 부산물의 자원화를 위한 경제성 분석을 통한 네트워크 구축 모델 제시 ○ 배추·무 부산물의 퇴비화제조기술 확보를 통한 산업재산권 확보 ○ 배추·무 부산물의 퇴비화제조기술 확보를 통한 기술이전 및 산업화 ○ 배추·무 퇴비 제품 개발 및 실증 연구에 의한 기반기술 기술이전 ○ 배추·무 부산물 개발 친환경 비료의 산업전반의 적용성 및 부가가치 창출효과분석을 통한 산업화 ○ 배추·무 부산물을 이용한 경제성 있는 식품 산업 활용소재 개발 ○ 배추·무 부산물의 식이섬유 분리·정제 기술 최적화를 통한 산업화 및 산업재산권 확보 ○ 배추·무 부산물의 식이섬유를 이용한 제품 개발 및 산업화 ○ 배추·무 부산물의 식이섬유를 함유한 산업재산권 확보 및 제품 기술 이전 ○ 배추·무 부산물의 식품산업 활용소재 개발에 의한 기술이전 및 산업화 ○ 배추·무 부산물 식품소재를 활용한 머핀용 프리믹스와 통곡 스파게티 개발에 및 유통망 구축 	
연구개발성과의 활용계획 (기대효과)		<p>1. 연구개발결과의 활용계획(사업화 및 현장적용 계획 포함)</p> <p><사료자원개발 및 산업화></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 배추·무 부산물을 이용한 사료원료 개발 ○ 개발 사료의 가축사육농가 현장 판매망 구축 ○ 배추·무 부산물 활용 반추가축 사료 이용에 대한 특허 신청 및 기술 이전 ○ 배추·무 부산물을 이용한 양질의 사양프로그램 개발 및 현장 보급 ○ 농산물의 생산, 수확, 유통, 가공 과정에서 발생하는 부산물의 퇴비 제품화 기술 적용 ○ 지역단위 농·식품 부산물 이용 부가가치 산업화 기술 활용 ○ 배추·무 부산물을 활용한 한우 및 젓소용 TMR 사료 개발 및 기술 이전 ○ 연구 결과의 현장 보급 및 원활한 보급을 위한 영농활용 및 정책건의 모색 ○ 연구 결과에 대한 세미나 발표, 논문화 및 산업현장 교육 ○ 현재 시점에서 전체 연구개발 결과 및 활용 방안을 충족시키기 위해서는 TMR사료 	

개발에 의한 산업화 가능성이 가장 높을 것으로 사료 된다.

- TMR사료를 개발하기 위한 김치공장에 내에서 전처리 기술 업그레이드 및 3종의 TMR사료 원료 개발은 연구 인력 및 제반 비용이 많이 필요하며, 또한 젖소와 한우의 사양 시험결과 획득이 필수적이다, 따라서 TMR사료 개발에 비중이 전체 연구목표 달성에 많은 부분을 차지함.

<식품소재개발 및 산업화>

- 배추, 무의 부산물의 유효성분 및 식이섬유를 새로운 식품소재로 활용
- 분리·정제된 배추, 무의 부산물의 식이섬유를 식품소재로 활용하여 다양한 고 식이섬유 보강식품의 생산이 가능성 확립
- 기존의 식이섬유는 대부분 수입에 의존하는 형태이며 배추, 무 부산물을 이용하여 식이섬유를 추출함으로써 부산물의 활용도를 식품 이용으로 높일 수 있으며 국내 기술을 활용하여 식품소재로써 식이섬유의 개발 이용성을 높일 수 있음.
- 식이섬유가 함유된 프리믹스-튀김가루, 머핀믹스 개발
- 개발 식이섬유를 이용한 밀가루를 대체와 통곡물 분말을 활용한 통곡물 스파게티 개발에 의한 고부가가치 식품소재 개발
- 배추·무 부산물로부터 분리·정제한 식이섬유가 함유된 프리믹스를 개발
- 일반 밀가루와 식품 첨가제만을 사용하고 있는 프리믹스를 대체하여 통곡물 프리믹스를 공급에 의한 시장성 확대를 통한 산업화
- 개발기술을 활용한 튀김가루, 머핀가루 이외의 다양한 프리믹스 제품 개발 가능
- 프리믹스 제품 시장에서 소비자의 맞춤형 제품개발을 통한 산업화
- 배추·무 부산물 식이섬유와 통곡물의 기능성 검증에 의한 부가가치 향상
- 다양한 식이섬유와 whole-grain 제품에 대한 수요 시장이 형성되어있는 해외 시장에도 수출이 가능함
- 배추·무 부산물로부터 분리·정제한 식이섬유와 일반 스파게티를 제조하는 듀럼 밀 대체하여 통곡물 가루와 일반 밀가루를 활용한 기술개발 확립
- 시장성 접근성이 유리한 글루텐 프리 제품 제품개발을 통한 산업화 확립
- 기술개발을 통한 높은 가공적성, 글루텐 프리의 신 시장 개척, 경쟁 기술 대비 비용 절감 등의 제품 경쟁력 증진효과를 통한 생산성 증대효과
- 기존 유통 채널, 홈쇼핑을 적극 활용하여 시장에 런칭할 예정
- 참여업체 및 해당 제품 제조 및 판매 기업을 통한 B2B 시장 진출 가능성 확립
- 이후 SNS와 온라인 쇼핑몰을 통한 홍보 및 글루텐 프리 전문 레스토랑을 직접 오픈하여 적극 홍보
- 원천 기술을 활용한 추가적인 아이템 창출 및 사업화 계획 확보

<비료자원화 및 산업화>

- 농산물의 생산, 수확, 유통, 가공 과정에서 발생하는 부산물의 퇴비 제품화 기술 적용
- 지역단위 배추·무 부산물과 농식품 부산물 이용 부가가치 산업화 기술 활용

2. 기대효과

- 기술적 측면
 - 본 연구는 기존에 완성되어 있는 관련 기술을 활용하여 보다 창의적인 제품을 개발 및 산업화 실시

<사료자원개발 및 산업화>

- 배추·무 부산물의 사료화 기술을 통하여 배합사료의 품질 제고

- 배추·무 부산물을 이용한 사료의 발효패턴 및 효능 확립
- 배추·무 부산물을 활용한 한우 및 젓소의 사양 프로그램 개발(기술이전)
- 배추·무 부산물 발생 특성 분석 및 퇴비화 원료 조건 확립(기술이전)
- 배추·무 부산물 안정적인 공급 및 발효 공정으로 농가에 연중 균일한 품질의 사료공급 안정성 확보(기술이전)

<식품소재개발 및 산업화>

- 배추·무 부산물의 유효성분의 최적 분리·정제 기술 확보한다.
- 배추·무 부산물의 유효성분의 식품 소재화를 통한 식품 이용성 기술개발 확보
- 식품 개발 용도에 적합한 배추·무 부산물 유효성분의 가공 적성 변화 규명
- 향후 채소 부산물 유효성분의 가공 적성 향상 기술 확보
- 개발제품별 산업재산권 확보 및 기술이전을 통한 산업화(기술이전)
- 배추·무 부산물의 다양한 기능성 물질 개발을 통한 가공식품 개발(기술이전)

<비료자원화 및 산업화>

- 농식품 산업부산물의 처리비용 절감으로 농산업 경영체 경영성과 제고
- 농식품 산업 부산물로 인한 환경오염 저감 및 청정산업으로서의 인식 제고
- 식물성 잔재물의 자원활용으로 농식품 관련 산업 부산물을 이용하는 부가가치 산업화 유도
- 배추·무 부산물의 비료화를 위한 기반 연구
- 고속발효기를 이용한 배추·무 부산물의 퇴비화 기술 개발
- 배추·무 퇴비 제품의 실증, 산업전반의 적용성 및 부가가치 창출효과
- 경제적·산업적 측면

<사료자원개발 및 산업화>

- 배추·무 부산물의 사료화를 통해 농가 생산비 절감기술 보급
- 배추·무 부산물을 사료화 함으로서 부산물 폐기비용 절감
- 배추·무 부산물(폐기물)의 자원화로 친환경 지속가능한 축산업 모델 개발
- 배추·무 부산물 통한 전체 생산비 절감을 통한 국내 한우 및 젓소 사업의 시장 경쟁력 확대
- 환경을 오염시키는 폐기물의 자원화를 연구함으로써 환경 보전에 기여
- 농식품 산업부산물의 처리비용 절감으로 농산업 경영체 경영성과 제고
- 농식품 산업 부산물로 인한 환경오염 저감 및 청정산업으로서의 인식 제고
- 식물성 잔재물의 자원활용으로 농·식품 관련 산업 부산물을 이용하는 부가가치 산업화 유도
- 배추·무 부산물을 활용한 젓소용 TMR 사료 개발 및 기술 이전
- 부존 사료자원의 이용을 통한 지속 가능한 축산업의 추구
- 배추·무 부산물을 활용한 젓소용 TMR 개발·이용에 따른 고비용 사료 대체 및 사료비 절감

<식품소재개발 및 산업화>

- 국내 식문화의 백미, 밀가루와 같은 정제곡물 혹은 단일 곡물의 한계점을 극복을 위한 배추·무 부산물을 활용한 신제품 개발 연구가 필수적임
- 배추·무 부산물의 다양한 제품 개발 개발제품의 소비를 증대 및 건강기능성 성분 에 대한 정보 공유를 통한 대국민 건강증진효과

	<ul style="list-style-type: none"> - 배추·무 부산물의 기능성 유효성분을 함유한 새로운 식품의 개발 - 새로운 식품가공법을 확립 및 건강 증진성 식품 소재의 개발로 새로운 식품시장 확보 가능성 높음 - 단체급식 및 외식업체의 다양한 프리믹스 및 파스타 제품을 제공에 의한 소비자의 다양한 선택 기회 기여할 수 있음 - 국내산 곡물을 이용한 제품개발을 통한 소비증진 및 시장확대 가능함 - 배추·무 부산물을 주요 식품 소재로 활용한 새로운 시장 개척을 위한 산업화 - 기존 프리믹스 제품을 글루텐 프리 제품으로 대체효과는 학교급식이 가능한 신제품 생산이 가능함 <p><비료자원개발 및 산업화></p> <ul style="list-style-type: none"> - 국내 퇴비 플랜트 장치 및 생산되는 퇴비의 시장은 가축분뇨, 유박 등 동식물성 잔재물을 이용하고 있으며, 주로 개방형 기계식 퇴비화 공정을 적용하고 있어 생산과정에서 발생하는 악취 발생 문제해결에 의한 산업화 가능성 높음 - 기존의 퇴비화 설비들과 차별성을 갖추어 생산퇴비의 품질, 악취 및 오염물질의 배출이 최소화 기술 확보를 통한 환경친화적 제품 생산 가능함 - 토양개량제 뿐만 아니라 다양한 기능성 농자재, 고품지 원료소재, 미생물 배지, 환경오염제어 신소재물질 등의 개발 가능성 높음 - 고품질 퇴비 시장은 2020년 국내 친환경비료시장의 60% 정도를 대체할 수 있을 것으로 예상됨 				
<p style="text-align: center;">중심어 (5개 이내)</p>	<p style="text-align: center;">김치부산물 (배추,무)</p>	<p style="text-align: center;">운반시스템</p>	<p style="text-align: center;">가축사료</p>	<p style="text-align: center;">식품소재</p>	<p style="text-align: center;">비료</p>

5. 영문 요약문

< SUMMARY >

		코드번호	D-02
Purpose& Contents	<ul style="list-style-type: none"> ○ Development of ruminant' s feed and fertilizer for environment-friendly resource of cabbage, radish by-product. ○ High value added industrialization through preprocessing technical development for recycling of cabbage, radish by-product. ○ Recycling of food industry material and industrialization using cabbage, radish by-product. ○ Nurturing kimchi industry to environment-friendly, new growth and industrialization for promotion of association industry. 		
Results	<ul style="list-style-type: none"> ○ Secure the industrial property right through feed value estimation(chemical ingredient analysis, in vitro and in situ digestibility, changing of microbial community and an inhibitor analysis, etc) of cabbage, radish by-product. ○ Development 3 kinds of ruminant' s feed resource(oat mixed semi-TMR, cotton seed, hay) using cabbage, radish by-product and establish sale, distribution network through commercialization by participated corporation. ○ Making the manual book for feeding and management about domestic animals' feed using cabbage, radish by-product. ○ Development sale and distribution system of new TMR feed product using cabbage, radish by-product. ○ Secure the industrial property right through development primary technique of management for processing cabbage, radish by-product at kimchi and radish processing factory. ○ Making the manual of establish delivery system about TMR feedstuff of primary processed by-product and manure factory. ○ Suggestion establish network model through analysis economic for recycling cabbage, radish by-product. ○ The Based research of cabbage-radish by-products for fertilizer. ○ Composting technology development of a high-speed fermenter using cabbage-radish by-products released during production, harvesting, distribution and processing of cabbage and radish. ○ Industrial applicability and value creation for cabbage-radish compost products were verified. ○ Determine the feasibility of using cabbage · radish by-products as sources of functional ingredients. ○ Cabbage · radish by-products have the potential as a new agro-industrial by-product that could be recycled as valuable sources of dietary fibers. ○ The fructose, glucose, and sucrose in cabbage · radish by-product powder after 		

	<p>various processing stages were determined and quantified.</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Semolina could be replaced with common wheat flour containing insoluble dietary fiber enriched fractions and corn starch in preparation of fresh noodle. ○ Determine the quality characteristics of gluten-free frying pre-mix with insoluble dietary fiber powder (IDFP) from Chinese cabbage by-product. ○ The optimal amount of IDFP for gluten-free fried powder mix was determined. ○ Fresh noodle using insoluble dietary fiber enriched fractions from cabbage by-product and common wheat flour showed a great possibility to replace semolina pasta. 				
<p>Expected Contribution</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ Development of feedstuff using cabbage · radish by-product. ○ It is seen that industrialization by development of TMR feed meets the whole the research and development' s results and application plans. ○ Cabbage · radish by-product have the potential as a new agroindustrial by-product that can be recycled as valuable sources of dietary fibers was established. ○ IEF from cabbage · radish by-product could be used to produce spaghetti shaped pasta using common wheat flour replacing semolina. ○ Cabbage · radish by-product can be promote the production of pasta, frying pre-mix and muffin powder with price competitiveness. ○ Expand the application of health beneficial fibers from cabbage · radish by-product. 				
<p>Keywords</p>	<p>kimchi by-product (cabbage, radish)</p>	<p>delivery system</p>	<p>animal feed</p>	<p>food materials</p>	<p>fertilizer</p>

6. 영문목차

Chapter 1. 연구개발과제의 개요	1
Chapter 2. 국내외 기술개발 현황	3
Chapter 3. 연구수행 내용 및 결과	7
Chapter 4. Achievements of aims and contribution to related areas	338
Chapter 5. Utilization of research results	341
Chapter 6. Information collected from abroad during the reserch period	343
Chapter 7. Achievements of research	349
Chapter 8. References	350

7. 본문목차

< 목 차 >

1. 연구개발과제의 개요	1
2. 국내외 기술개발 현황	3
3. 연구수행 내용 및 결과	7
4. 목표달성도 및 관련분야에의 기여도	338
5. 연구결과의 활용계획 등	341
6. 연구과정에서 수집한 해외과학기술정보	343
7. 연구개발성과의 보안등급	344
8. 국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비현황	344
9. 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전조치 이행실적	344
10. 연구개발과제의 대표적 연구실적	349
11. 기타사항	350
12. 참고문헌	350

<별첨> 자체평가의견서

8. 뒷면지

주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 고부가가치식품기술개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 농림축산식품부에서 시행한 고부가가치식품기술 개발사업의 연구 결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.

1. 연구개발과제의 개요

코드번호	D-03
<p>1-1. 연구개발 목적</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 배추·무를 활용한 반추가축(한우, 젓소)용 TMR 사료원 개발을 위한 전처리 기술 확보 및 연계시스템 개발 ○ 배추, 무 부산물 자원화를 위한 전처리공정 설계 ○ 배추·무 부산물 비료자원화 기술개발 및 경제성 분석을 통한 산업화 ○ 배추·무 부산물을 이용한 식품산업소재자원화 및 산업화 ○ 한우 사양관리 시스템 구축 및 산업화를 위한 배추·무 부산물 사료 개발 및 검증 ○ 배추·무 부산물 사료 개발에 따른 젓소 사양관리 시스템 구축 및 산업화 <ul style="list-style-type: none"> - 배추·무 부산물을 활용한 젓소용 TMR 배합비 개발 - 배추·무 부산물 사료를 혼합한 TMR의 착유우 검증시험 - 배추·무 부산물 사료원을 이용하여 개발한 TMR의 착유우 현장적용시험 - 배추·무 부산물 혼합 착유우용 TMR의 경제성 평가 및 산업화 <p>1-2. 연구개발의 필요성</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 김치 가공 공장 및 농가 예서의 배추, 무 폐기물 발생량은 연간 132천 톤으로 이를 처리하는 비용만 연간 약 52억 원 정도가 소요됨 (2011년 김치공장 배추사용량 88만 톤의 15%) ○ 기존 농산 폐기물은 안정적 공급이 어렵고 성분의 변이가 심할 수 있으나, 염분 등의 혼입이 통제된 배추, 무 폐기물의 자원화가 이루어진다면 지속적인 공급과 원료 수급가격 대비 부가가치가 높은 자원임 ○ 김치 가공 공장의 기본 가공 시스템과 현실적으로 접목된 배추, 무 부산물에 대한 1차 가공방법 연구 및 시스템 개발이 필요한 실정임 (자원화를 위한 현장에서의 1차 수분 저감기술 개발 필요) ○ 김치 가공 공장, 농가에서 폐기되는 배추, 무 부산물 활용연구를 통해 가축사료자원 으로 활용을 위한 시도가 필요함 ○ 김치 가공 공장에서 생산된 배추, 무 부산물 활용연구를 통한 비료화에 대한 연구가 전무한 상태임 ○ 폐기되는 배추, 무 부산물의 사료자원화 및 비료화를 통한 생산성 검증 및 구체적인 산업화 방안을 고려할 수 있는 연구과제가 절실함 <p>1-3. 연구개발 범위</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 절임배추 부산물의 사료자원화를 위한 방안 모색 ○ 배추·무의 전처리 후 TMR제조를 위한 현장중심 연계시스템(가공, 보관, 운반) 개발 ○ 반추가축의 생리적 특성을 고려한 맞춤형 TMR사료원 개발 ○ 배추부산물의 식이섬유 성분의 식품 이용 형태 결정 ○ 배추 부산물의 식이섬유를 이용한 프리믹스-튀김가루, 머핀믹스 개발 ○ 배추 부산물의 식이섬유를 첨가한 튀김가루의 품질 평가 ○ 배추 부산물의 식이섬유를 첨가한 머핀믹스의 품질 평가 ○ 부산물 퇴비화 운전인자 확립 	

- TMR배합비 개발
- 육성기 단계 사양실험
- 혈중 대사물질 및 호르몬 농도에 미치는 영향분석
- 배추·무 부산물을 활용한 젖소용 TMR 배합비 개발
- 배추·무 부산물을 활용한 젖소용 TMR 배합비 개발
- 배추·무 부산물 사료를 혼합한 TMR의 착유우 검증시험

2. 국내외 기술개발 현황

코드번호	D-04
------	------

- 가축부산물 및 음식물쓰레기에 대한 퇴비화 기술개발, 제품화 및 작물생산과 관련된 연구가 수행되었으나, 배추 및 무 부산물을 적용한 연구와 산업화는 현재까지 개발되어 있지 않아 본 연구에서 개발된 배추부산물퇴비 및 작물에 대한 생산효과결과는 국내외적으로 독창성이 인정됨.
- 고속퇴비화기술이 국내외로 많은 연구가 수행되었으나, 현재까지 배추 및 무 부산물을 이용한 고속퇴비화기술을 적용한 퇴비제품의 산업화는 이루어지지 않음.
- 식이섬유제품은 시중에 다이어트식품이나 건강기능식품에 많이 첨가하여 판매되고 있으며, 채소나 식이섬유에 포함되어 있는 기본 식이섬유를 이용한 제품이 개발되어 판매되고 있다. 부산물이나 폐기물에서 추출한 식이섬유를 제품가공에 사용한 제품은 국외의 경우 식이섬유 첨가 제품은 주로 다이어트 식품군의 개발에 치중되어 있으며 건강보조식품이나 유아용 스낵류에 대한 제품개발이 주를 이루고 있어, 부산물이나 폐기물에서 추출한 식이섬유를 제품가공에 사용한 제품의 개발은 미비한 실정이다.

종류	제품명	제품용량	판매가격(원)
음료		145-200ml 350ml	1300-1700 1500
밥류		30g 378g 84g	2360 4000 3000
면류		114g 180g	1750 2280
간식류		35g 100ea	2900 8500
차류		70ea 100ea 2g 20ea	3980 18000 7800
다이어트 식품 (http://pumpkin7.us)		200-750gl	25,000-38,000
간식 (http://ople.com)		60-300g	5,500-7,100
다이어트 식품(http://global.rakuten.com)		30-100g	5000-1700

간식 (http://global.rakuten.com)		130-160g	4,300-17,000
---	---	----------	--------------

○ 최근 급속한 식품산업의 발달로 우리의 식생활은 보다 풍요로워지고 식문화 또한 다양하게 발전하고 있으며 식생활 패턴이 변화하면서 간편 조리 식품과 홈메이드(Home-made) 식품에 대한 선호도가 높아지고 있음. 특히, 프리믹스 제품은 전국 판매액 성장률 기준 상위제품군이다. (그림1. 자료: 닐슨코리아)

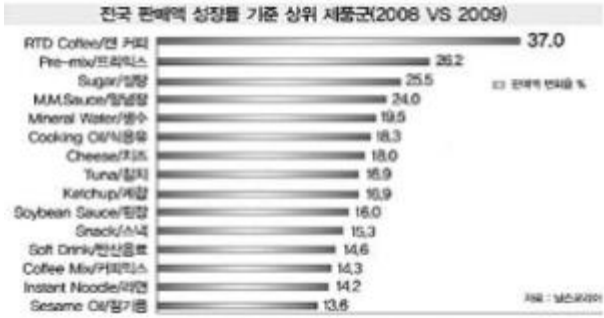


그림 1. 전국 판매액 성장률 기준 상위 제품군

○ 2012년을 기준으로 프리믹스 전체 소비 시장의 소매 유통 채널의 시장규모가 약 954억 원으로 CJ 제일제당 44.5%, 오뚜기 28.4%, 삼양사 11.6%로 그 뒤를 잇고 있다.(그림 2)



그림 2. 프리믹스 시장점유율(2012년 기준)

- 프리믹스의 출하량은 2009년 이래로 지속적으로 증가하였고, 2012년에는 전년대비 3% 증가한 약 22만톤이 출하 되었다. 이는 곡류, 전분, 당류, 기타 가공품의 출하량과 비교하여 2011년 기준으로 34%를 차지하는 양이며 프리믹스의 수출량 비중은 곡류, 전분, 당류, 기타 가공품의 2011년 수출량 기준으로 58%를 차지하고 있다.
- 프리믹스의 세분시장은 베이커리믹스와 부침가루, 튀김가루로 구분되어지며, 2012년 기준으로 베이커리 믹스 시장이 약 455억 원으로 전체 프리믹스 소매시장의 47.7%를 차지하고 있고, 부침가루가 31.1%(약 296억 원), 튀김가루가 21.2%(약 202억 원)를 차지하

고 있다.

- 베이커리 믹스를 구매한 경험이 있는 응답자 중에서 **호떡믹스에 대한 구매경험이 78%로 가장 높았고** 브라우니 믹스(50%), 쿠키믹스(41%), 도넛믹스(35%), 머핀믹스(31%) 순으로 조사되었다.(그림 4)

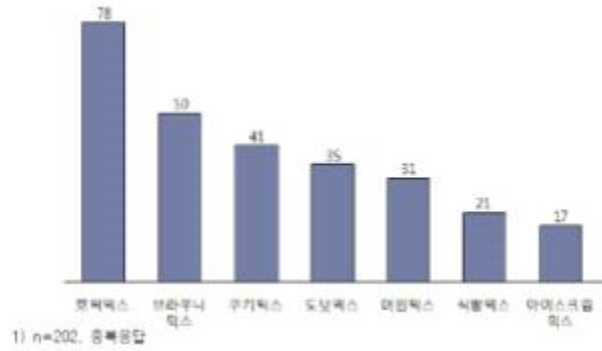


그림 4. 베이커리 믹스 제품별 구매 경험

- 이탈리아 요리는 우리나라 음식과 조리방법, 맛, 재료 등에서 유사한 점이 많으며 국내 소비자들에게 **이탈리안 스파게티는 국수처럼 편안하고 친근한 음식으로 인식되고 있다.** 파스타 시장의 국외 2010년 4조원에 육박하며, 2011년 4조1천억원, 국내 시장규모는 2010년 156억, 2011년 162억이며 매년 15% 이상의 성장을 보이고 있다.

표 2. 파스타의 국내외 시장규모

(단위: 억원)

구 분	2010년	2011년
세계 시장규모	39,800	41,551
국내 시장규모	156	162
산출 근거	2010년도 식품 및 식품첨가물 생산실적 통계집 2010년도 KHIDI 통계분석리포트 Vol. 01	

- 특히 10~30대 젊은 층에게는 국수보다 스파게티가 익숙할 정도로 소비가 급증하고 있어 면류 매출에서 스파게티제품이 차지하는 비중은 점점 증가하고 있는 추세이다.

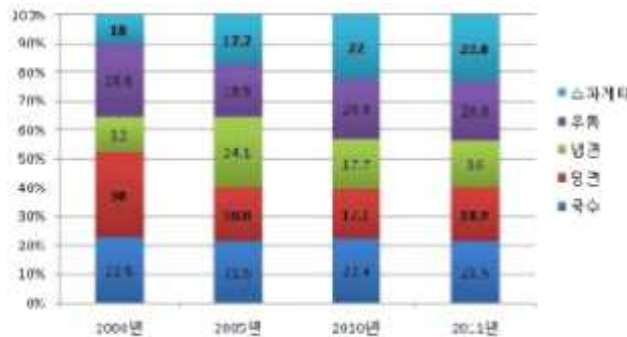


그림 5. 롯데마트 면류 매출 구성비 동향

- 우리나라의 경우 라면류를 안티 웰빙 식품이라고 생각하는 인식이 확대되어 생면라면 제

품을 선두로 우동, 냉면, 칼국수, 중화면 등의 다양한 생면 제품의 개발 및 소비가 늘어나고 있는 추세임. 이 중 스파게티면은 약 20% 정도의 생산 현황을 보이고 있다.

- 동양의 국수요리와는 다른 맛을 즐기기 위해 파스타를 찾는 사람들이 늘어나면서 건조된 제품보다는 더욱 풍부하고 덜 가공된 진짜 파스타 맛을 느낄 수 있는 냉장 스파게티를 선호하는 것이 최근의 시장 동향임. 싱가포르의 경우 2011년 냉장 생면 파스타 시장은 건조 파스타 시장보다 높은 5% 성장률을 기록했으며, 앞으로도 매년 4% 정도의 성장을 지속할 것으로 전망된다.
- 일본에서는 후지경제연구소에 따르면 프리믹스 시장 규모는 전년대비 4.7% 증가한 387억 엔이었으며, 올해는 1.6% 증가한 393억 엔이 될 것으로 예상하며 모리나가제과, 닛신후즈는 앞으로도 과거 1~2년과 같은 정도로 시장이 확대될 것으로 보고 있으며, 앞으로 2배로 성장할 것으로 전망되고 있다.



그림 6. 일본에서 출시되고 있는 프리믹스 (참조: 각 제조사 홈페이지)

- 미국내 건조면을 기본으로 한 식사제품의 매출을 살펴보면 2004-2006년 기간의 매출이 하락한 이유는 저탄수화물 다이어트의 인기 때문이었지만, 근래의 건강 관심과 다이어트 경향은 좋은 탄수화물(통곡물)이나 나쁜 탄수화물(고도로 가공된 탄수화물)이나를 따지는 것으로 발전하고 있는 추세이다.

3. 연구수행 내용 및 결과

코드번호

D-05

<제1세부과제: 중앙대학교 (장문백)>

배추·무를 활용한 반추가축(한우, 젓소)용 TMR 사료원 개발을 위한 전처리 기술 확보 및 연계시스템 개발

□ 배추, 무 부산물 자원화를 위한 전처리공정 설계

농산 부산물의 가축사료화에 대한 연구는 국내외적으로 상당히 이루어지고 있으나 양적으로 그 종류와 수량이 제한되어 있고, 부산물의 수분함량이 높아 장기간 저장이 어려우며 특정영양소가 편중되어 함유되어 있는 경우가 많다. 그 중 대표적인 농산부산물인 배추부산물과 무부산물의 경우, 반추 가축에 충분한 사료적 가치가 있는것으로 예측되 현재일반 축산 농가에서 조사료 대체용으로 이용하고 있으나, 수분함량이 다른 채소류나 사료 작물보다 높아 부패, 산패 및 변질이 심하며 보관이 어려워 가축에게 장기간 급여하며, 이용하기가 어려운 실정이다. 이에 본 연구에서는 배추, 무 부산물의 퇴비화, 식품원료화, 사료화로의 자원화 활용을 위한 채소류 부산물 전처리 공정의 기계화 모델 개발을 목적으로 배추와 무 부산물을 퇴비, 식품원료, 사료의 3종류의 자원으로 구분하여 전처리 공정의 기계화 모델을 개발하였다.

1. 작업공정 분석

배추, 무 부산물 자원화를 위한 전처리공정은 자원화 종류별로 크게 ① 퇴비화 처리공정 ②식품원료화 처리공정, ③사료화 처리공정 3가지로 분류할 수 있다. 이는 1차 전처리 단계인:부피 및 수분 저감을 통한 (40~50%) 퇴비화 공정과 1차 전처리를 거친 후 저온저장 및 냉장차를 통한 반출로 식품원료화 운송으로 분류되고, 2차 전처리 단계인 건조를 거친후 생균제를 투입한후 가공(펠leting, 밀봉 및 베일링, 벌크 저온저장)을 통한 사료화 공정으로 분류하였다.

가. 원료저장장치

반입한 배추 와 무 부산물 원료는 원료빈에 임시 저장하여 대기한다 이때 채소류 부산물 원료의 함수율이 높아 수분이 하부로 모이는 것을 감안하여 원료빈의 하부를 호퍼형식으로 제작하며, 하부에 드레인을 설치하여 모이는 수분을 배출할 수 있도록 하였다.

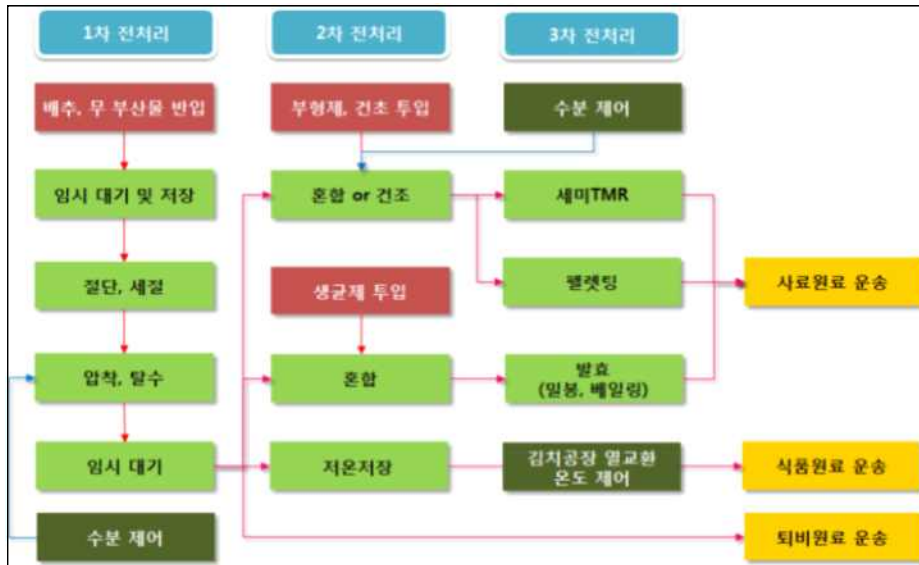


그림1-1. 배추, 무 부산물사료의 자원화별 처리과정

나. 세척장치

배추와 무 부산물을 식품원료화, 사료화할 경우 부착된 흙 등의 이물질과 폐기물에 혼입된 신문지 및 비닐등이 분리되어야 사료의 품위를 높일수 있다. 이를 위하여 공기방울을 이용한 세척수조에 부산물을 투입하여 세척과 동시에 출구 방향으로 이송되어 벨트 콘베이어에 의해 세절장치로 이송되도록 설계하였다.

다. 절단, 세절장치

세척된 부산물의 부피가 클 경우 탈수 및 건조성능이 떨어지며 수송비용이 과다하게 발생한다. 따라서 부피를 최소화하여 탈수 및 건조성능을 높이며 수송비용을 절감할수 있도록 부산물을 파쇄할 수 있는 세절 및 절단장치를 모델의 중심에 설계하였다.

라. 압착, 탈수장치

세절 및 절단으로 파쇄된 부산물은 운송 및 보관에 용이하도록 수분을 조절하여야 한다 이에 수분추출의 효율이 높은 스크루타입의 프레스를 절단 세절장치의 다음 공정에 설치하여 절단 및 세절장치의 부산물 파쇄작업 후 수분추출이 이루어 질수 있도록 하며, 배출된 즙액의 회수 및 즙액이 추출된 고형물을 회수 할 수 있는 장치를 추가적으로 기계의 측면에 부착하였다.

마. 건조장치

세절 및 수분이 추출된 부산물을 사료화하기 위해서는 설정된 함수율로의 조정을 위한 건조과정이 필요하다 기존의 열풍건조방식은 열효율이 낮을 뿐 아니라 고온에 의해 폐기물의 영양가치를 저하시키며 재료가 탄화되는 문제점이 있어, 본 연구에서는 간접열 건조방식의 건조기를 채택하여 고품위의 건조사료를 생산할 수 있도록 하였다.

바. 베일-랩핑 및 펠렛팅

건조된 부산물을 사료화하는 마지막 공정으로 생균제를 투입한 후 베일-랩핑을 통하여 혐기발효한 사료를 제작하는 방식과 펠렛팅 작업으로 사료를 조제하는 방식으로 배추, 무 부산물의 사료화 작업을 설계하였다.

사. 저온저장장치

배추와 무 부산물의 식품원료로의 활용을 위해서는 절단, 세절 및 압착장치로 부피와 수분을 조절한 부산물은 건조장치를 거치지 않고 -20℃ 저온저장장치에 임시보관 하도록 하였으며 냉동차를 사용하여 배송하도록 하였다.

2. 가공공정 설계

가. 퇴비원료용 가공공정도

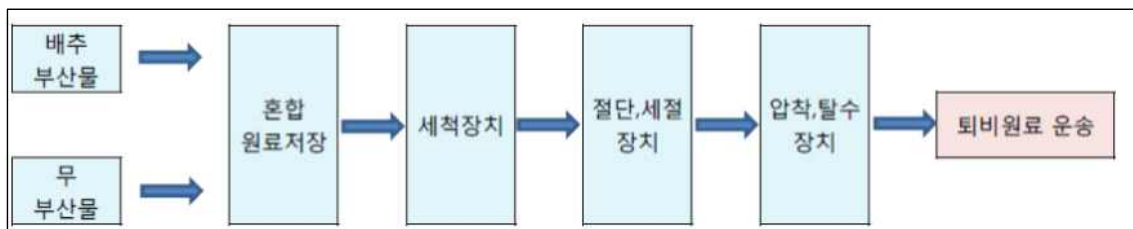


그림 1-2. 퇴비원료용 가공공정도

퇴비원료용 모델의 겨우 부산물의 처리공정은 앞서 설계한 공정에서와 같이 반입된 배추와 무 부산물을 임시저장하면서 수분을 조절하여 세척장치에서 이물질을 분리하고 벨트컨베이어로 절단 공급장치로 투입하여 부산물을 파쇄한다. 이후 압착, 탈수 장치에서 파쇄된 부산물을 스크류타입의 프레스로 압착하여 수분을 조절하고 일정시간 임시대기후 퇴비원료로 반출하는 공정이다.

나. 식품원료화 가공공정도

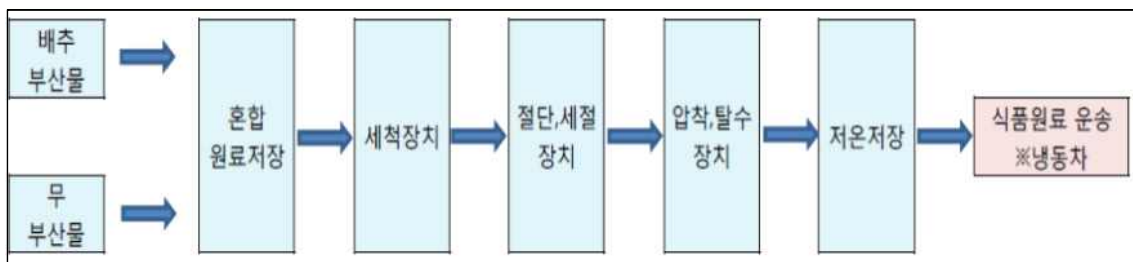


그림 1-3. 식품원료화 가공공정도

식품원료화 모델의 공정은 퇴비화 모델의 기본 채소류 부산물의 처리공정에 -20℃의 저온저장 장치가 추가되며 세부적으로 저온저장장치 배출부에 계량장치를 설치하여 계량된 채소류 부산물을 출하하는 형식의 공정으로 식품원료로의 활용을 위한 출하 배송인 점을 감안하여 운반에도 냉동차를 사용하였다.

다. 사료화원료 가공공정도

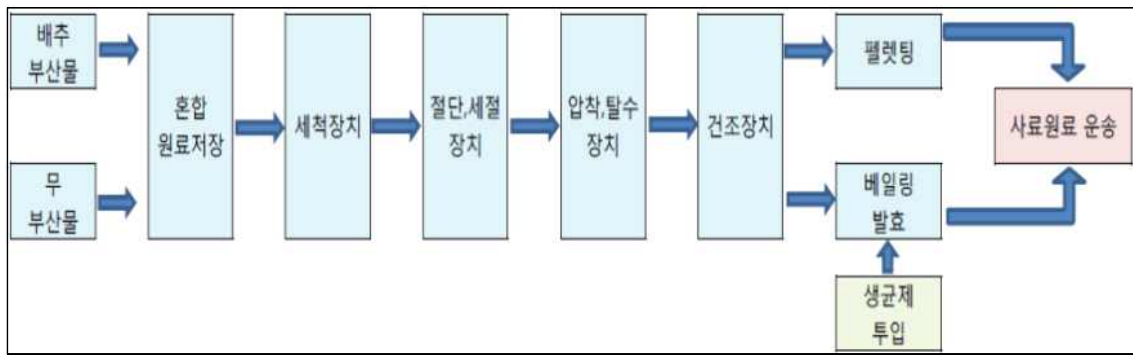


그림 1-4. 사료화원료 가공공정도

사료화원료의 모델의 공정은 부산물의 압착, 탈수후 건조장치를 거치면서 2차적으로 수분을 저감시켜 펠렛팅과 베일링에 적합한 함수율대를 형성한다. 또한 펠렛팅과 베일링 작업에 앞서 무기질, 비타민류, 아미노산, 향생물질등의 부형제와 생균제등을 투입하여 사료의 품위를 향상시켜 베일링에 의한 혐기발효를 촉진시킨다.

3. 시뮬레이션을 통한 가공공정의 최적화 검증

시뮬레이션 모형설계는 개발시스템 모델별 분류인 퇴비원료용, 식품원료용, 사료원료용의 3분류로 구분하여 실시하였고, 모델링은 ARENA V12.0(Rockwell Automation Inc., Pittsburgh, USA)을 이용하였다. 모델 개발에 사용된 기본적인 가정은 일일 10 ton 규모의 배추 무 부산물가공의 모델별 분류 시설로서, 절단, 세절장치를 모델의 중심에 배치하며 임시저장 및 세척장치의 절단 세절 전처리 과정과 압착, 탈수의 세절 후처리 단계 그리고 저온저장의 식품원료로의 활용을 위한 단계와 2차 건조후 펠렛팅 베일링의 사료원료제작 단계의 총 5단계로 섹션을 구분하였으며 교호작용에 의한 가동률을 분석하였다. 분석을 위하여 각공정의 기계 가동율을 하루 8시간 기준 30일의 시뮬레이션을 플레이 시간 240시간을 기준으로 12회 반복 수행하여 시뮬레이션 하였으며, 이때의 단위시간은 분으로 가정하였고. 기계의 고장 및 기타의 지연 요인은 없다고 가정하였다. 사용되는 분포함수는 일괄적으로 정규분포인 NORM 함수를 사용하고 표준편차는 평균값의 5%로 가정하여 시뮬레이션 하였다.

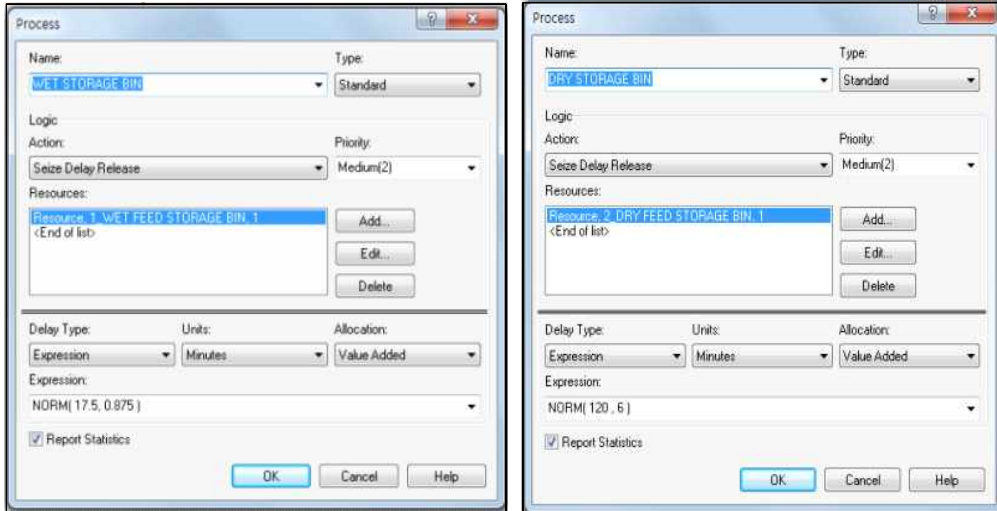


그림 1-5. ARENA V12.0의 개발모델 설정값 입력

가. 퇴비원료용 모델 시뮬레이션

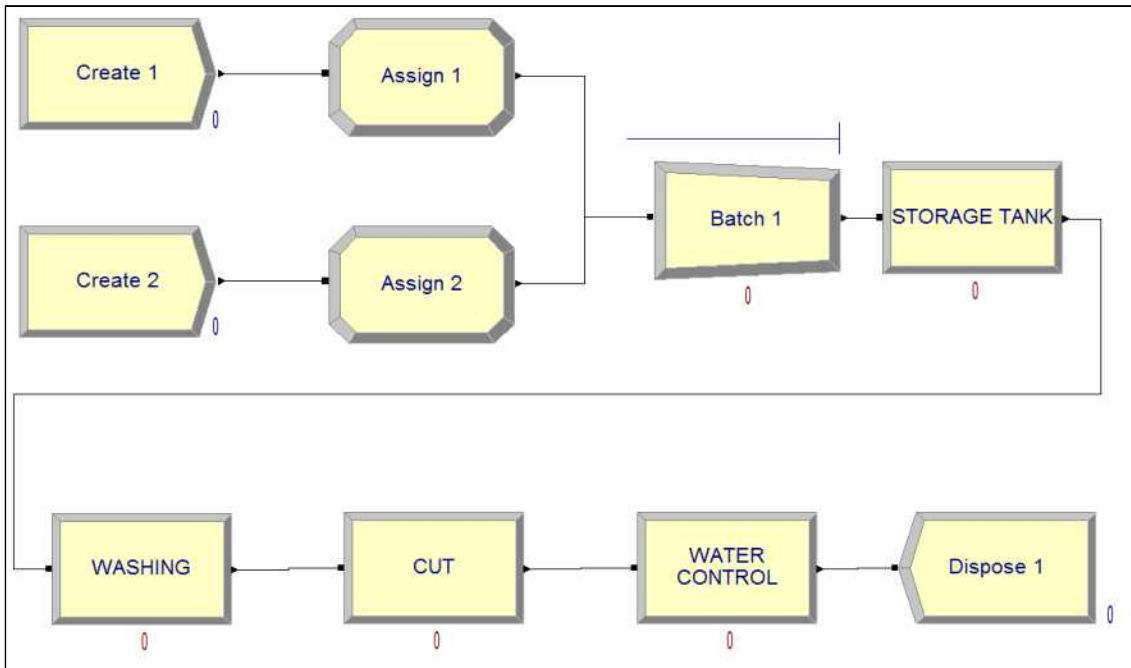


그림 1-6. 퇴비원료용 공정 모델의 시뮬레이션 설정

퇴비원료용 모델은 먼저 시간당 1.5 ton의 처리용량을 갖는 세절 분쇄기를 개발 모델의 중심에 위치시키며 하루 8시간 작업기준 당초 목표로 하였던 10 ton 규모보다 많은 12 ton의 배추 무 부산물을 처리할 수 있도록 하였다. 작업순서는 CREAT1 모듈을 사용하여 배추부산물을 CREAT2를 사용하여 무 부산물을 각각 시간당 750 kg을 생성시켜 ASSIGN 모듈을 사용하여 생성된 CREAT 각각에 고유값을 부여하고 배치모듈을 사용하여 하나로 묶은후 각각의 임시저장, 세척, 절단, 세절 압착탈수의 공정은 PROCESS 모듈을 사용하여 거치도록 하였으며 한 배치당 1.5 ton의 처리 능력을 가지는 절단, 세절기의 작동시간을 배치당 1시간으로 보고 세척장치, 압착탈수 장치의 용량을 변화하여 시뮬레이션하여 기계 가동률 및 효율을 비교분석하였다.

나. 퇴비원료용 모델 시뮬레이션 결과

퇴비원료용 모델 시뮬레이션 결과 가동률은 세절 절단기가 98%로 처리용량에 부족함이 없고 기계가동률이 우수하게 나타났으며, 전처리 및 후처리 기계 모두 90%이상의 가동률을 나타내며 기계효율이 우수한 것으로 분석 되었다. 또한 공정별 처리시간은 임시저장 탱크가 468분 세척기가 477분 세절, 절단기가 474분 수분조절장치가 471분으로 나타났다.

표 1-1. 퇴비원료용 공정 모델의 시뮬레이션 결과값

Machinery	Operating ratio(%)	Operating time(min/day)
1_Storage_Tank	97.5	468
2_Washing	99.5	477
3_Cut	98.8	474
4_Water_Control	98.2	471

시뮬레이션 결과값인 기계 가동율과 시간 병목현상들을 분석결과 용량부족 및 기계 배치 오류에 의한 정체 및 과부하 현상은 없었으며 퇴비용 원료의 생산량도 12 ton으로 당초 설계하였던 모델의 일일생산요구량 10 ton 을 만족하였다.

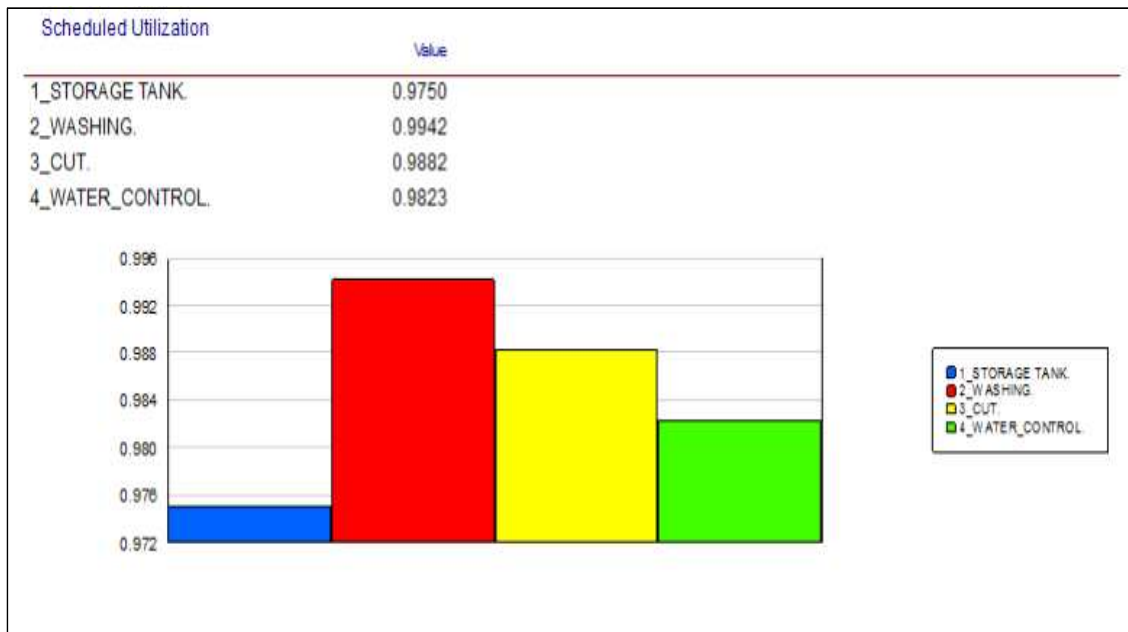


그림 1-7. 퇴비원료용 공정 모델의 기계가동률 그래프

다. 식품원료화 모델 개발

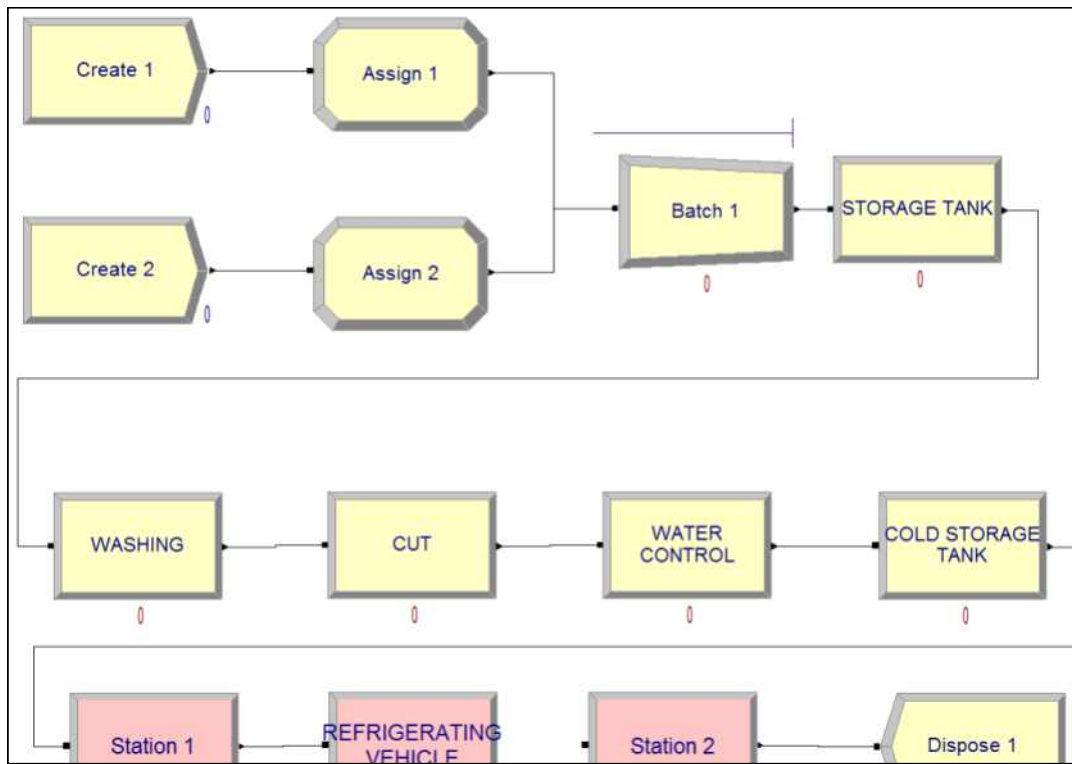


그림 1-8. 식품원료화 공정 모델의 시뮬레이션 설정

식품원료화 모델은 퇴비원료화 모델과 같은 시간당 1.5 ton의 처리용량을 갖는 세절 절단기를 개발 모델의 중시에 위치시켜 하루 8시간 작업기준 당초 목표하였던 10 ton 규모보다 많은 12 ton의 배추 무 부산물을 처리할 수 있도록 하였다. 모델 시뮬레이션 순서는 퇴비원료화 모델과 동일하게 CREAT 모듈을 사용하여 배추 부산물과 무 부산물을 시간당 각각 750kg을 생성시키며 ASSIGN 모듈을 사용하여 생성된 CREAT 각각에 고유값을 부여하고 배치모듈을 사용하여 하나로 묶은후 각각의 임시저장, 세척, 절단, 세절 압착탈수의 공정은 PROCESS 모듈을 사용하여 생성하여 거치도록 하였다 압착탈수 공정을 거치며 수분이 조절된 부산물은 식품원료화로의 사용을 목적으로 저온저장 설비를 활용한 저온저장의 과정을 추가적으로 거치며, 냉동차를 통한 운송까지를 식품원료화 모델의 시뮬레이션으로 설정하여 분석하였다.

라. 식품원료화 모델 시뮬레이션 결과

공장용 모델의 시뮬레이션 결과 세절, 절단기의 가동률은 98.8%로 처리용량에 부족함 없이 우수하게 나타났으며, 전처리 및 후처리 기계들 또한 90%이상의 가동률로 나타났다. 또한 식품원료화 모델에서만 적용되는 설비인 저온저장고의 가동률이 97.6% 냉장운반차의 가동률이 97%로 나타나 모든 공정의 기계가동률이 우수하게 나타났으며, 공정별 처리시간은 세절 절단기 474분 임시저장탱크 468분 세척기 478분 수분조절기 277분 저온저장고 468분 냉장운반차 465분으로 나타났다.

표 1-2. 식품원료화 공정 모델의 시뮬레이션 결과값

Machinery	Operating ratio(%)	Operating time(min/day)
1_Storage_Tank	97.5	468
2_Washing	99.4	478
3_Cut	98.8	474
4_Water_Control	98.2	471
5_Cold_Storage_Tank	97.6	468
6_Refrigerating_Vehicle	97	465

식품원료화 모델의 기계가동률 및 가동시간의 분석결과 소요기계의 용량부족 및 기계 배치오류에 의한 정체 및 과부하 현상은 없는 것으로 분석되었으며, 전공정의 기계효율 또한 90% 이상으로 높게 나타나 매우 이상적인 배치인 것으로 분석된다. 또한 식품원료의 생산량도 12 ton으로 당초 설계하였던 모델의 일생산요구량 10 ton 을 만족하였다

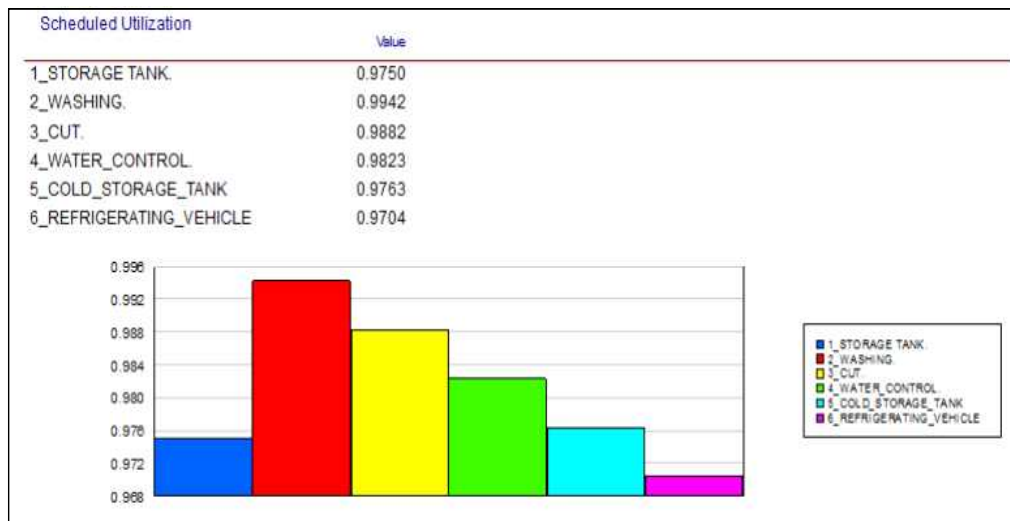


그림 1-9. 식품원료화 공정 모델의 기계가동률 그래프

마. 사료원료화 모델 시뮬레이션

사료화모델은 앞서 개발된 모델인 퇴비원료화 와 식품원료화 모델과 같이 세절 분쇄기를 개발모델의 중심에 위치시키며 일일작업 8시간 기준 12ton의 부산물을 처리할 수 있는 규모를 갖도록 설계 하였다. 모델시뮬레이션 순서는 CREAT 모듈을 사용하여 배추 부산물과 무 부산물을 시간당 각각 750kg을 생성시키며 ASSIGN 모듈을 사용하여 생성된 CREAT 각각에 고유값을 부여하고 배치모듈을 사용하여 하나로 묶은후 각각의 임시 저장, 세척, 절단, 세절 압착탈수의 공정을 PROCESS 모듈을 사용하여 거치도록 하였으며, 압착탈수 공정을 거치며 수분이 조절된 부산물은 사료화를 위한 함수율 설정을 위하여 건조장치로 2차 건조를 하여 함수율을 조절하며 이후 SEPARATE 모듈을 사용하여 함수율이 조절된 배추와 무 부산물을 5:5의 비율로 분리한 후 각각 펠렛팅과 베일링의

과정을 거쳐 사료화 되는 공정으로 모델을 설계하여 시뮬레이션 하였다.

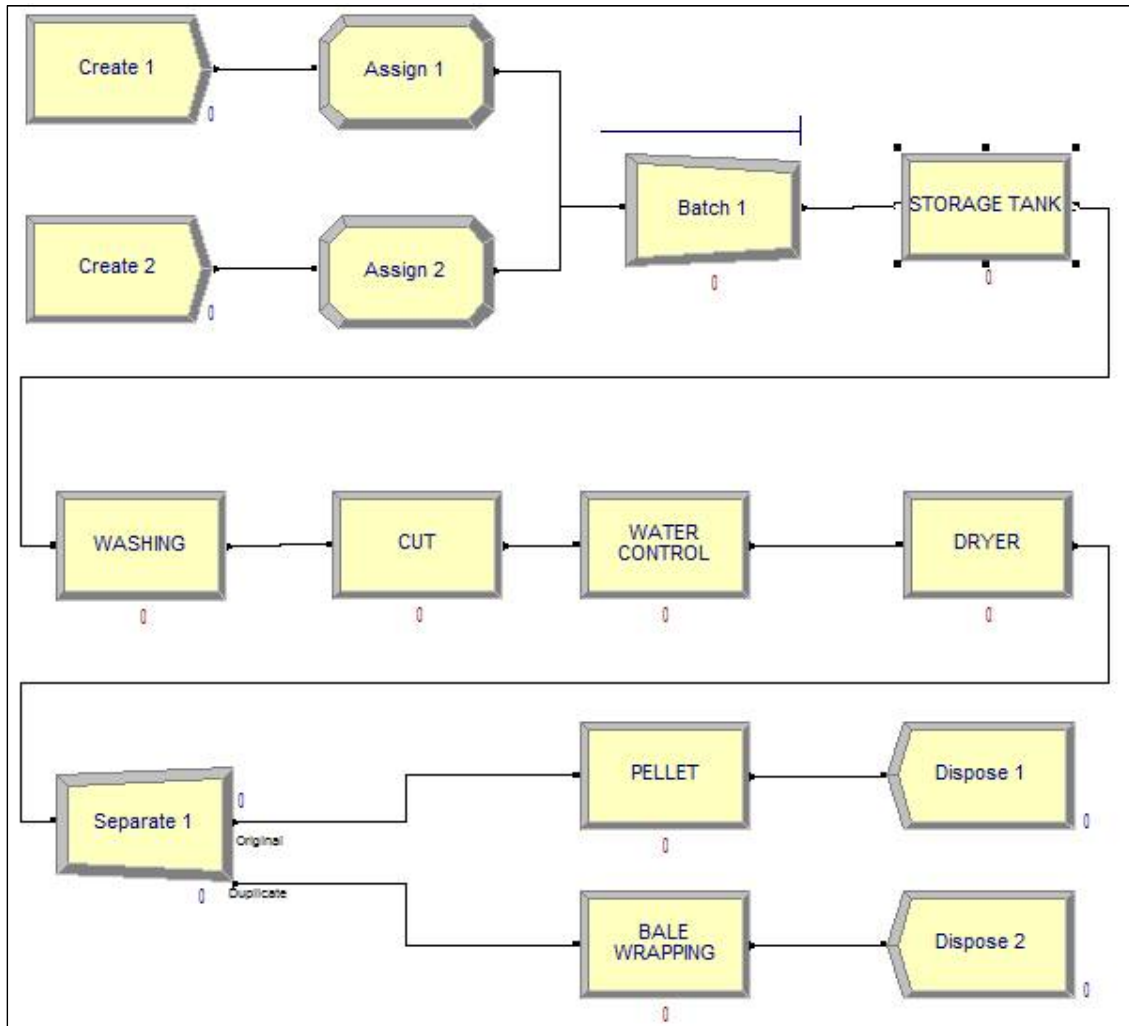


그림 1-10. 사료원료화 모델의 시뮬레이션 설정

바. 사료원료화 모델 시뮬레이션 결과

사료원료화 모델의 시뮬레이션 결과 소요기계의 가동률은 세절, 절단기가 98%로 처리 용량에 부족함이 없으며, 가동률이 우수하게 나타났고, 세절 절단 전처리 및 후처리 기계 또한 90% 이상의 가동률로 나타나 전체적으로 기계효율이 우수한 것으로 분석되었다. 특히 사료화 모델 공정에서만 추가되는 건조기와 펠렛기 베일_랩핑기의 가동률이 96~97%로 전체공정의 기계효율과 비슷한 수준의 높은 효율로 나타났으며, 공정별 처리 시간은 세절 절단기 474분 임시저장탱크 468분 세척기 477분 수분조절기 471분 건조기 468분 펠렛기 465분 베일 랩핑기 462분으로 나타났다.

표 1-3. 사료원료화 모델의 시뮬레이션 결과값

Machinery	Operating ratio(%)	Operating time(min/day)
1_Storage_Tank	97.5	468
2_Washing	99.4	477
3_Cut	98.8	474
4_Water_Control	98.2	471
5_Dryer	97.6	468
6_Pellet	97	465
7_Bale_Wrapping	96.4	462

각 공정의 소요기계의 용량부족 및 기계 배치오류에 의한 정체 및 과부하 현상은 없었으며, 사료화 모델 원료의 생산량도 12 ton으로 일생산요구량을 만족하였다. 또한 사료화 모델에 적용되는 건조기와 펠렛기 베일랩핑기의 기계 가동율이 높으며 전체 적인 기계효율이 90%이상으로 높게 나타나 사료원료화 공정의 경우 이상적인 배치의 구조로 시뮬레이션 모델의 공정이 설계 되는 것으로 분석된다.

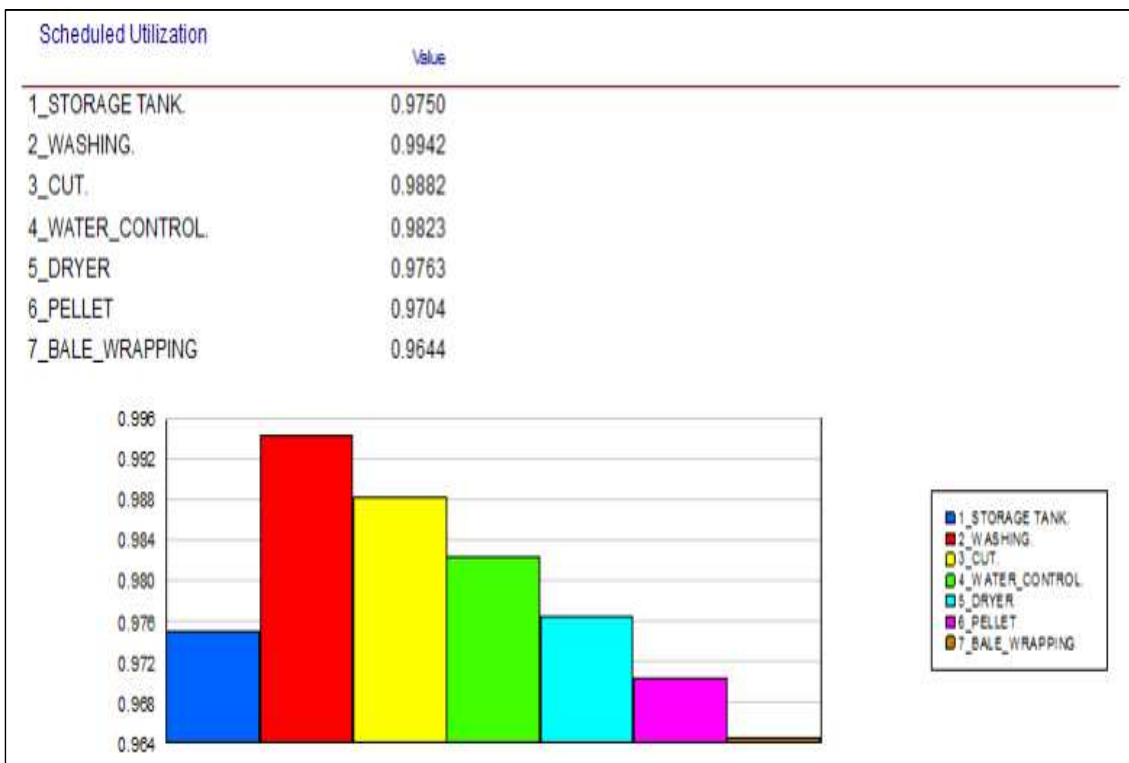


그림 1-11. 사료원료용 공정 모델의 기계가동률 그래프

본 연구로 개발된 퇴비용, 식품원료용, 사료용 배추 무 부산물 자원화 처리 기계장치의 시뮬레이션 모델은 가정과 제약의 전제하에서 이루어진 분석으로 최적해라고 하기 보다는 실제 모델과 비교해 볼 때 많은 유사성을 바탕으로 한 최적실험설계법에 따른 반복된

결과값의 분석으로 유용성을 가지는 모델에 있어 최적의 효율을 갖는 공정모델을 시뮬레이션을 통하여 제시한 것이다

4. 배추, 무 부산물 자원화를 위한 소요기계 선정 및 설계

가. 원료 임시저장장치

부산물 전처리 공정으로 투입된 배추 와 무 부산물은 원료중 수분함량이 높아 하중이 무거우며 이에따라 수분이 임시저장장치 아래로 모이는 현상이 나타난다. 이에 임시 저장조를 하단을 호퍼형식으로 제작하여 모이는 수분을 스크류의 구동으로 드레인 시킬수 있는 구조로 원료 저장 장치를 설계하였다.

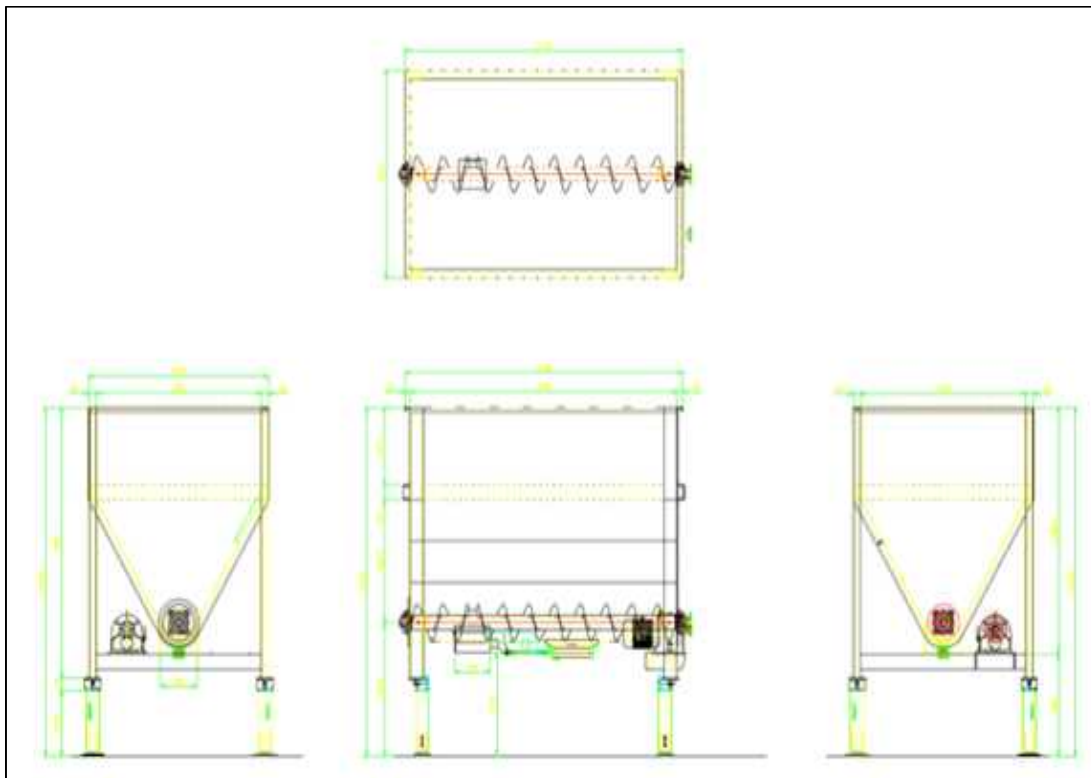


그림 1-12. 원료 임시저장장치의 설계도

나. 세척장치

수조세척장치는 사료의 품위를 높이기 위하여 흙 등의 이물질이 묻어 있는 채소류 폐기물을 세척하고, 또한 신문지, 노끈 등과 같은 일반 쓰레기를 분리하여 다음 단계의 공정인 감용기의 처리 능력에 맞게 적정한 양이 투입되도록 하기 위한 장치이다. 국내에서는 김치류 가공공장 위주의 10여개의 업체에서 세척기를 생산하고 있으며 일본 및 유럽에서도 다수의 업체가 채소류 세척기를 생산하고 있다. 본 연구의 수조세척장치는 한국식품개발연구소에서 개발한 형식으로 수조하부에서 공기방울을 토출하여 물을 강제 순환시킴으로써 와류를 발생시켜 세척효과를 극대화 시킴과 동시에 공기 방울에 의해 밀려 올라오는 물이 폭이 좁고 긴 수조에서의 벽면 효과에 의하여 한쪽 방향으로 밀려가는 성질을 이용하는 세척수조를 선정하여 활용하였다.

라. 수분조절장치

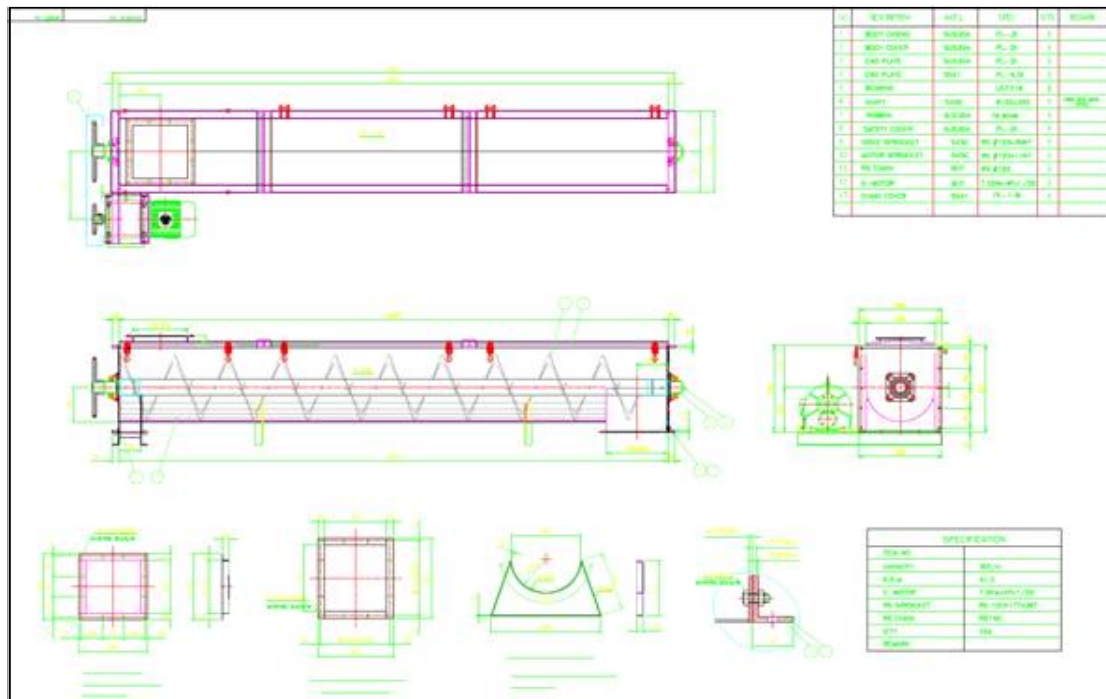


그림 1-14. 압착 탈수장치의 설계도

본 연구의 목적은 배추와 무 부산물을 퇴비, 식품, 사료화 3가지의 형태로 활용할 수 있도록 전처리 하는 것이고 퇴비화 및 식품화 작업시 고수분의 의한 부패등을 방지하며 무게 및 부피를 감소하는 방법으로 압착 및 탈수에 의한 수분 조절은 반듯이 필요하다또한 사료화로의 활용에 있어서는 지정된 함수율 까지 건조하여야 함으로 건조비용의 감소를 위하여 건조작업전에 수분추출 과정을 거쳐야 한다. 본 연구로 개발될 장치의 설계는 스크류 타입의 프레스가 파쇄된 부산물을 압착하여 탈수하는 형식으로 수분추출통의 수직 단면이 삼격형 구조로 제작되어 스크린의 제작 및 가공제작이 용이하게 하였으며 기어드 모터가 RS #120번 더블체인연결 방식으로 모터축과 구동부의 17NT : 36NT 의 기어 비로 분당 41.3의 회전속도로 구동축을 회전시키며 이때 구동축에 부착된 스크류가 압착되며 탈수되는 형식으로 설계하였다.

마. 저온저장장치

배추와 무 부산물의 식품원료로의 활용을 위하여 절단, 세절 및 압착장치로 부피와 수분을 조절한 부산물은 건조장치를 거치지 않고 -20℃ 저온저장장치에 임시보관 하여야 한다, 이에 식품원료의 출하에 이용되는 냉동차에 저온저장된 부산물의 상차가 용이하며, 적재공간이 넓은 양문형 판넬형식의 저온저장고를 압착 탈수장치 공정 측면에 설치하였다.

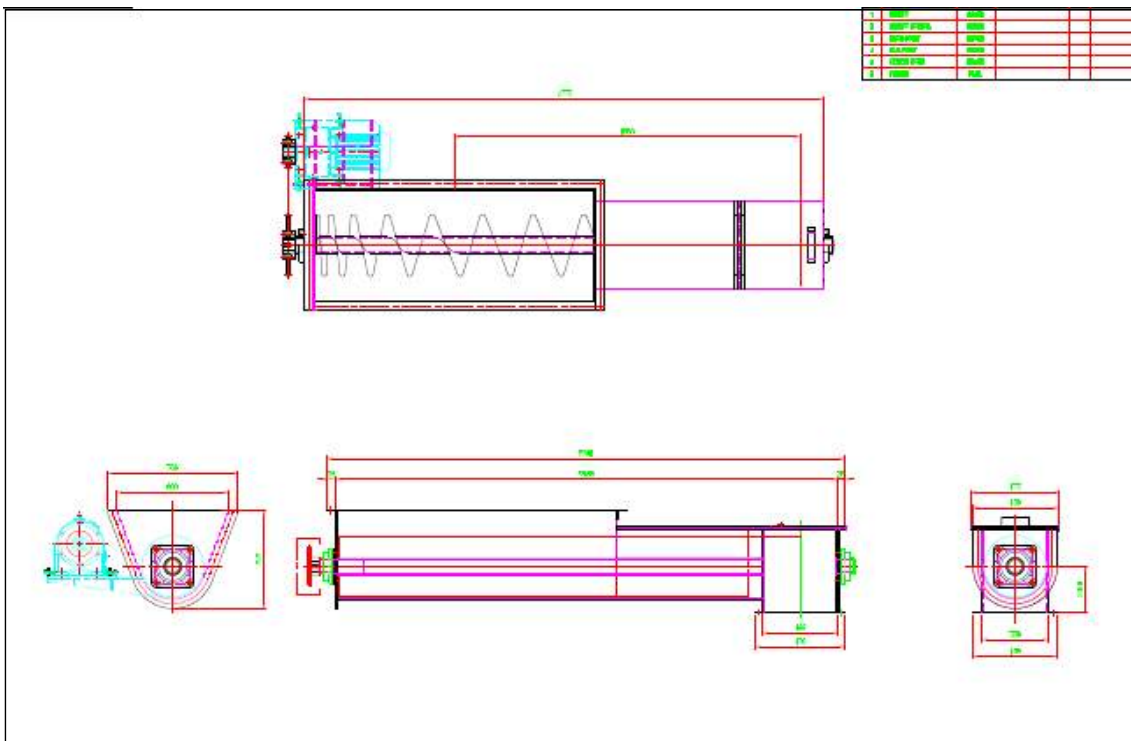


그림 1-15. 연속식 간접열 건조장치의 설계도

바. 건조장치

탈수과정을 거친 배추와 무 부산물을 사료화하는 방법 중에 하나인 건조사료를 제조하기 위해서는 건조장치가 요구되며, 또한 건조효율이 높으며 재료의 영양분을 파괴하지 않는 건조장치의 적용이 필요하다. 기존의 열풍건조방식으로 건조할 경우 열효율이 낮을 뿐 아니라 재료가 탄화되어 재료내부의 건조속도를 떨어뜨리며 동시에 영양분이 파괴되어 사료로서의 가치가 떨어지는 문제점이 있어, 이것을 극복하고 건조효율이 높고 연속적인 건조가 가능한 간접열 건조방식의 건조기를 채택하여 사료의 품위를 높일수 있도록 하였다.

사. 펠렛팅 및 베일-랩핑

건조된 배추 무 부산물을 사료화하는 마지막 공정으로 펠렛기를 이용한 펠렛성형과 생균제를 투입한 후 베일-랩핑을 통하여 혐기발효한 사료를 제작하는 방식으로 펠렛기의 경우 기존 낙농농가에서 사용중인 펠렛기를 그대로 활용하였으며, 베일작업시 부형제와 생균제등을 투입하여 사료의 품위를 향상시키며 혐기발효를 촉진 하도록 하였다.

5. 모델별 배치도(layout) 설계

기본적으로 퇴비용, 식품자원용, 사료용의 3가지로 분류되는 배추와 무 부산물 가공시스템의 모델 플랜트는 단순하도록 하였다. 플랜트의 중심에 세절 및 절단기를 위치시키며 왼쪽 측면은 원료의 반입 → 임시저장 → 세척을 거쳐 세절, 절단기에 투입되는 장소이고, 우측면은 파쇄된 채소류 부산물을 수준조절하여 → 저온저장 과정을 거쳐 식품화 원료로 활용하거나 거나, 건조 후 → 펠렛 베일링으로 사료화 반출하는 공정의 배치설계이다. 분

류에 의한 배치도의 공통적으로 임시대기 저장조는 반입되는 원료의 두 가지 종류의 채소류 부산물의 양을 고려하여 원료의 반입, 세절, 출하 등의 흐름에 방해 되지 않게 배열하였고 차후 시설확장에 대비하여 배치 설계하였다.

가. 퇴비원료용 배치도

퇴비원료용의 배치도작성은 앞서 설계한 공정도에서와 같이 3가지 종류의 개발 모델중 기본이 되는 구조로써 핵심이 되는 기계장치인 임시저장기, 세척기, 세절기, 수분조절 장치를 포함하는 공정으로 시간당 1.5톤 처리 용량의 세절기를 중심으로 배치도를 설계하였으며 세절기 하단에 여유 공간을 충분히 배정하여 향후 시설확장이나 원료의 반입 시설의 정비 및 교체에 있어 진입이 원활히 이루어 질수 있도록 배열 하였다. 또한 전체 플랜트 공정은 퇴비용 플랜트 설계의 대지면적을 기준으로 식품원료화 공정과 사료원료화 공정에 추가 되는 기계장비를 세절 후처리 공정인 압착 탈수 공정 우측에 위치되도록 배치 하였으며 이에 따른 대지 면적의 분배를 가로 측 X11에서 4,800의 길이 기준으로 확장 하여 정렬하였다. 플랜트 설비의 출입은 임시저장탱크로의 진입과 배출에 있어서의 출입으로 구분하여 벽면에 공간을 할애 하였으며, 좌측하단의 임시저장탱크 하부에 배추 및 무 부산물 원재료의 진입통로를 구축하였고 우측 하단의 수분조절 장치 측면에 퇴비용 재료의 배출을 위한 출입문을 설치하였다.

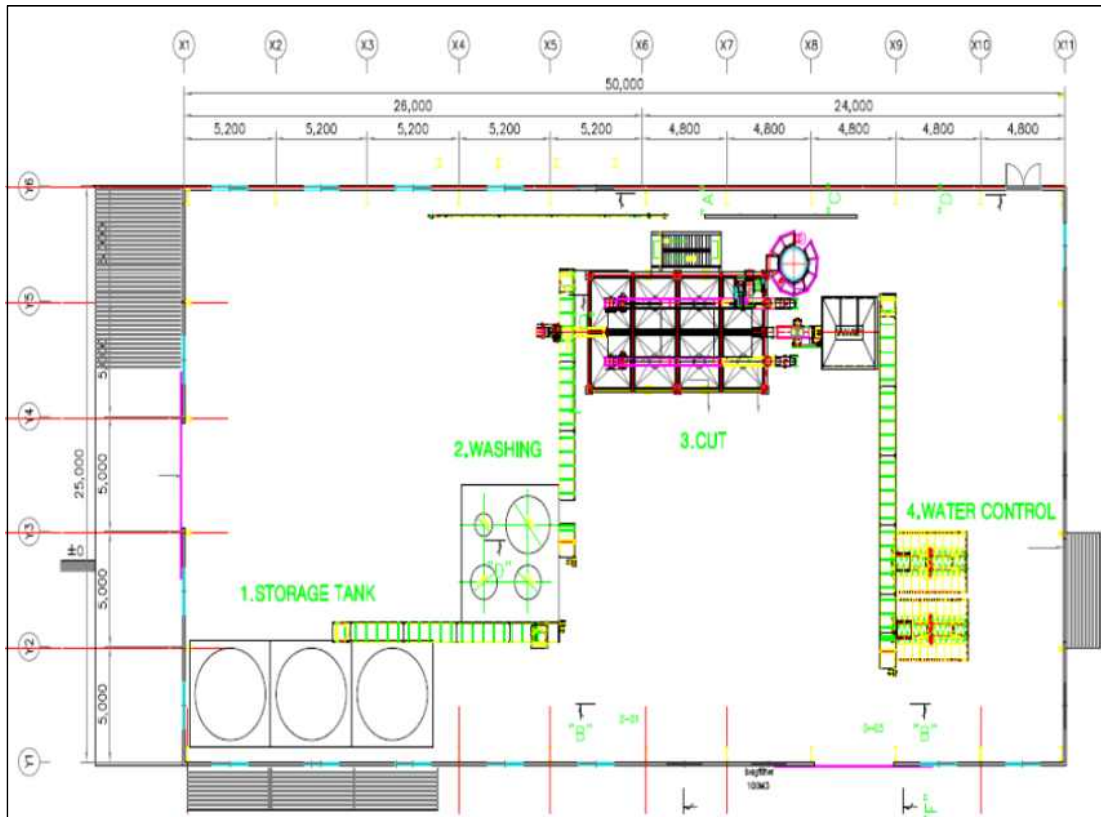


그림 1-14. 퇴비원료용 모델 배치도

나. 식품원료용 배치도

식품원료용의 배치는 퇴비원료용의 기본 배치도에서 저온저장고와 냉장운반차가 추가되는 구조를 배치하는 것으로 수분조절 압착 탈수 장치의 우측면에 벨트컨베이어를 설치하여 수분조절된 배추 무 부산물이 저온저장고로 운송되어 -20℃에서 저온저장 될수 있도록 하였으며 저온저장고 하단에 충분한 여유 공간을 배정하여 냉장운반차의 진입이 원활할 수 있도록 기계설비를 하였다.

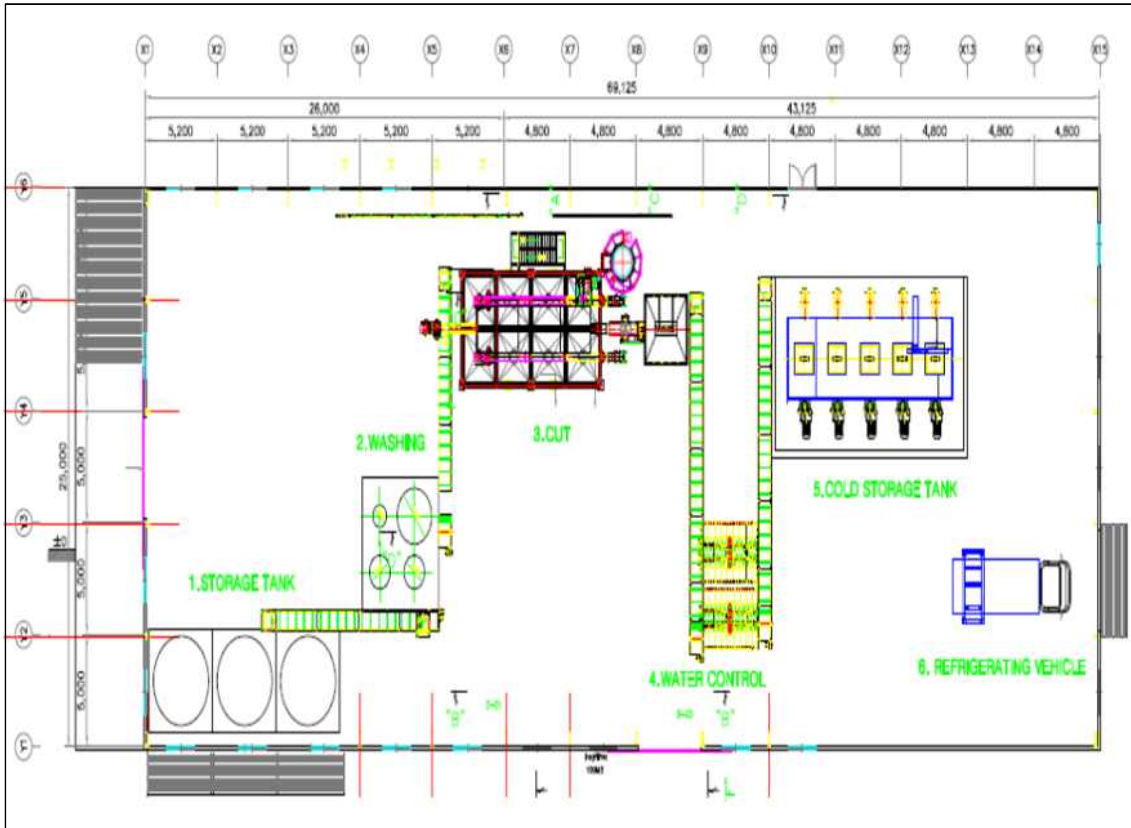


그림 1-15. 퇴비원료용 모델 배치도

다. 사료화원료용 배치도

사료화원료용 공정의 배치는 모델의 기본구조인 임시저장 세척 절단 수분조절을 거친 배추와 무 부산물 사료가 압축 탈수기 우측 측면에 설치된 벨트컨베이어를 통하여 간접열 건조장치로 투입되어 함수율이 조절된 후 설정된 비율로 분리되어 펠렛기와 베일랩핑기로 분배되어 사료화 되는 구조이며, 기계 배치는 간접열 건조장치를 수분조절 압착 장치의 우측면 중심에 배치시키면 함수율이 조절된 배추 무 부산물 사료가 설정된 비율에 의하여 각각의 배출구로 분출되어 벨트 컨베이어를 통하여 펠렛기 와 베일기로 분배된다. 이때 우측 하부에 베일의 발효 기간을 고려하여 충분한 적재공간을 배정하여 혐기발효를 시킬 수 있도록 하였다.

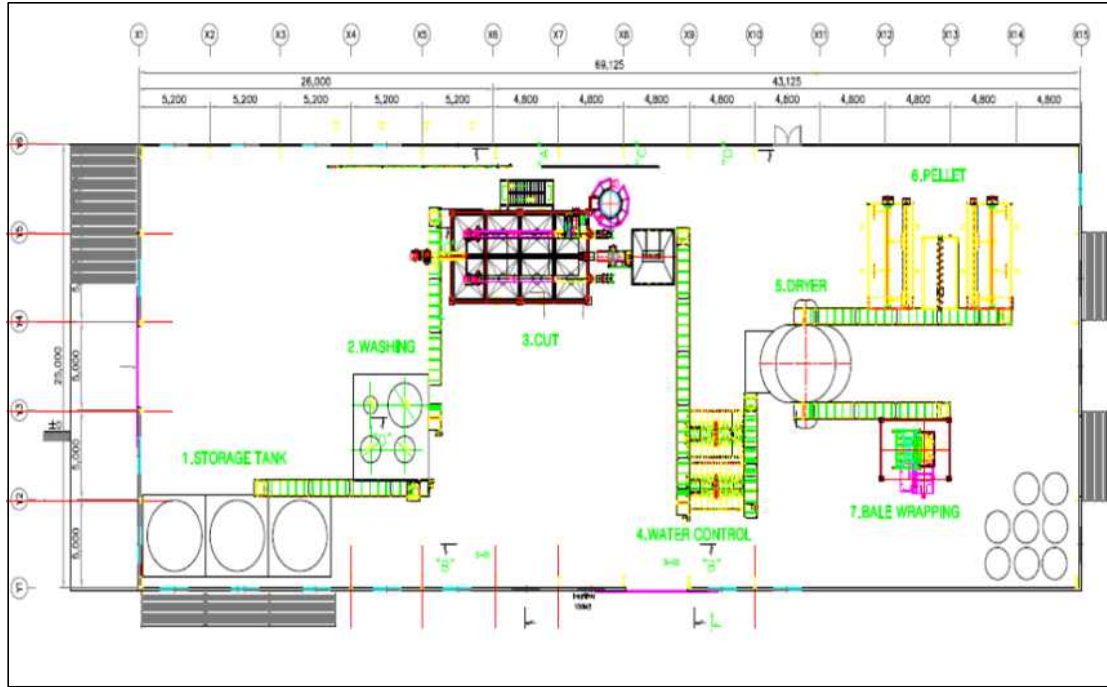


그림 1-16. 사료원료용 모델 배치도

□ 배추·무 부산물 생산량 조사 및 경제성 분석

1. 배추·무 부산물 발생 및 전처리현황 조사

(1세부: 중앙대학교, 1협동: 한경대학교, 3협동: 경북대학교와 협력 조사)

가. 표본조사(15개 김치가공공장)에 따른 배추·무 부산물 생산량 조사

국내 지역별 대표 배추 및 무 가공공장 15개 표본조사결과는 표 2-1과 같다. 15개 표본에서 배추 수급량은 평균 159.3톤/일로 조사되었으며, 부산물 생산량은 29.8톤/일을 타내어 전체 배추부산물 생산 비율은 평균 18.7%로 조사되었다. 관련하여 배추 수급량에 따른 김치 생산량은 50~60% 수준이었으며, 정제된 배추부산물의 경우 일부 시래기 공장에 무상 공급되며, 폐기 수준의 부산물의 경우 일부 비료 회사로 공급되고 있는 실정이다.

나. 표본조사(15개 김치가공공장)에 따른 배추·무 부산물 처리현황

배추·무 부산물 위탁처리비용은 약 85천원/톤/일로 조사되었으며, 각 김치 가공공장 및 부산물 폐기 방법에 따라 2천원~130천원의 수준을 업체에 따라 부산물에 처리에 대한 비용의 차이가 큰 것으로 나타났다.

배추·무 부산물에 대한 전처리 현황은 거의 모든 작업장에서 최종 부산물 처리 방법으로 분쇄·탈수를 동시에 시행할 수 있는 익스트루더 방식을 사용하여 1차적으로 수분 함량을 최소화 하고 있으며, 탈수된 폐수는 공장 내 전체 폐수처리장에 의해 정화 후 배출시키고 있는 것으로 조사되었다. 폐수 외 1차 탈수된 배추 건물은 대형 저장고에 컨베이어 이동 형식으로 1차 저장되며, 거의 모든 회사에서 일당 1~2회 위탁회사를 통해 처리되는 반면 일부 김치공장에서는 일주일 단위로 회수 되는 것으로 조사되었다.

표 2-1. 지역별 배추·무 부산물 생산현황 조사표

지역	업체명	생산품목	원료량	제품 생산량	부산물 발생량	부산물 전처리 방법	위탁 처리비용	기타 사항
			톤/일				만원/톤	
강원도	원주	A업체	배추 : 2.67	2.40	0.21 부산물 전처리 후 발생량	분쇄 후 탈수	13.7	○ 원료 구입량 : 60~100 톤/월 구입. ○ 부산물 발생량 : 6.4 톤/월
		B업체	배추 : 17.14	7.14	1.4 부산물 전처리 후 발생량	분쇄 후 탈수	퇴비업체 : 7 폐기물업체 : 10	○ 배추 수율 : 약 50~60% ○ 제품 생산량 : 원료의 약 50% ○ 부산물 발생량 : 50톤/주 ○ 부산물 처리량 : 10톤/주(분쇄 후 탈수) ○ 분쇄&탈수 설비 도입 전 폐기물처리업체 위탁처리, 설비 도입 후 비용 절감 목적으로 퇴비업체 위탁처리 함.
		C업체	배추 : 53.30	31.98	5.71 부산물 전처리 후 발생량	분쇄 후 탈수	9.9	○ 원료 구입량 : 비수기 1,200~2,000 톤/월 성수기 2,400~4,000 톤/월 ○ 배추 수율 : 약 60%
경기도	안성	D업체	배추 : 2.50 무 : 0.71	2.88	0.46	없음	20.0	○ 부산물 발생량 : 12톤/월 ○ 무의 경우 여름철 흙이 많이 묻어 1차 가공에서 부산물이 많이 발생함. ○ 배추의 경우 여름철 생산량 증가에 따른 부산물 발생량 증가.
		E업체	배추 : 37.50 무 : 1.00	28.00	15 부산물 전처리 후 발생량	분쇄 후 탈수	10~13	○ 원료 : 2~4월 사이 저장 배추 사용 ○ 배추 수율 : (저장 배추) 50% 미만 ○ 부산물 발생량 : 약 140톤/월(제철 배추) ○ 분쇄 후 탈수 과정을 거치면 부산물 발생량 낮아짐.
	화성	F업체	절임배추 : 4.00 무 : 1.00	7.50	0.5	없음	15	○ 원료 : 절임배추 사용. ○ 부산물 발생량 : 약 2~5톤/주

지역	업체명	생산품목	원료량	제품 생산량	부산물 발생량	부산물 전처리 방법	위탁 처리비용	기타 사항
			톤/일				만원/톤	
여주	G업체	배추김치, 기타김치	배추 : 11.20 무 : 4.60	11.36	1.66 부산물 전처리 후 발생량	분쇄 후 탈수		<ul style="list-style-type: none"> ○ 배추수율 : 60% ○ 무 부산물 발생량 미비함. ○ 부산물 위탁 처리 횟수 : 월 3회 ○ 부산물 1회 위탁 처리량 : 약 15~17톤/회.
	H업체	치킨 무	무 : 12	7.80	1.5 부산물 전처리 후 발생량	분쇄 후 탈수	8.9	<ul style="list-style-type: none"> ○ 치킨 무 생산 공정 - 냉장 저장 ⇒ 1차 세척 ⇒ 탈피 ⇒ 2차 세척 ⇒ 절단기 ⇒ 절입 ⇒ 포장 ⇒ 출하 - 단무지 생산 공정과 유사함. ○ 절단 과정에서 부산물이 발생함. ○ 부산물은 목장에 사료용으로 전량 공급하기도 함. ○ 폐수 처리비용 : 100만원/월
충청북도 청주	I업체	배추김치, 기타김치, 우거지	배추 : 2.65 무 : 1	3.20	0.76	자연건조	10	<ul style="list-style-type: none"> ○ 원료 : 제주도 세척 무 사용 - 4월~5월은 저장 무 사용. ○ 수율 - 봄 : 약 60~70%(저장 배추) - 가을 : 약 80%(체철 배추)
	J업체	배추김치, 기타김치	배추 : 8 무 : 0.50	6.99	1.25 부산물 전처리 후 발생량	분쇄 후 탈수	3.5~5.3	<ul style="list-style-type: none"> ○ 원료 : 제주도 세척 무 사용 ○ 수율 : 약 80%(1차 공정 후 수율)

지역	업체명	생산품목	원료량	제품 생산량	부산물 발생량	부산물 전처리 방법	위탁 처리비용	기타 사항	
			톤/일				만원/톤		
제천	K업체	배추김치, 기타김치	배추 : 14.78	8.50	1.16 부산물 전처리 후 발생량	분쇄 후 탈수	18	○ 수율 - 평균 수율 : 약 55~60% - 여름철 : 약 40~45%. ○ 부산물 발생량 : 약 17~18톤/월	
	L업체	배추김치, 기타김치	배추 : 5	2.25	1.35 부산물 전처리 후 발생량	분쇄 후 탈수 (냉장보관)	15	○ 수율 - 평균 수율 : 약 40~50% - 겨울철 배추가 수율이 가장 좋음. ○ 부산물 - 분쇄처리 후 냉장 보관 후 배출. - 수분함량 □ 분쇄 전 : 약 90%이상 ⇒ 분쇄 후 : 약 50% - 양념 제조 시 발생하는 부산물 거의 없음. - 일부 발생된 부산물(우거지, 시래기, 양파껍질) 주변 가정에서 수거.	
충청남도	논산	M업체	깍두기, 배추김치 (절임 배추사용)	무 : 0.05	0.06	0.003	없음	월 10만원 발생량이 많지 않음	○ 절임 후 세척 된 배추를 사용하여 부산물이 발생 하지 않음. ○ 부산물 발생량 : 약 20kg/주(무 부산물)
	천안	N업체	무쌈, 단무지 (절임식품)	무 : 22.5	11.25	7.5	압착	7.5	○ 성수기 : 봄, 가을(김밥용), 생산량 증가 ○ 원료 - 계약재배 : 120만평 밭에 8월에 파종, 2~3개월 후 공장으로 입고 - 구입비 : 400원/kg ○ 생산 공정 입고 ⇒ 절임(염도 20%) ⇒ 세척(염도 6%) ⇒ 가공 (절단) ○ 수율 - 평균 : 약 40~60% - 수율이 낮을 경우 : 약 20~30%
		O업체	배추김치, 기타김치	배추 : 0.64 무 : 0.11	0.33	0.33	분쇄 후 탈수	12	○ 제품 생산량 : 177톤/년 ○ 생산된 제품은 자체 소비(연수원, 힐링캠프) 그 외 제품은 주문 생산함.

2. 배추·무 부산물 폐기를 위한 전처리 및 폐기비용 절감효과 분석

가. 사료가치 평가에 의한 배추·무 부산물의 생산성 규명

- 사료가치계수 계산법 (Petersen's method of valuing feed)

대표적인 전분질사료와 단백질사료를 선정해서 기준으로 하고, 다른 사료의 TDN 및 가소화조단백질에 의한 상대적 가치를 산출해서 이를 기준으로 사료의 가격을 산출하는 방법이다. 무단백질 TDN 및 가소화조단백질 함량을 근거로 한 평가계수를 옥수수계수, 대두박계수라 한다. 이 방법에 의해서 영양소 함량을 근거로 한 이론적 가격과 시장가격의 비교가 가능하므로 영양가를 기준으로 시장가격이 낮은 사료 급여가 가능하다. 기준이 되는 사료로서는 옥수수, 대두박으로 평가하였다.

■ 옥수수와 대두박계수에 의한 공식은 다음과 같다.

$$X = S \times S' + C \times C'$$

X: 구하고자 하는 적정 가격

S: 대두박의 시가

C: 옥수수의 시가

S': 구하고자하는 사료의 대두박의 계수

C': 구하고자하는 옥수수의 계수

- 각 15개 김치공장의 샘플을 이용하여 배추·무 부산물의 사료가치를 평가하였으며, 이 결과와 2015년 9월 원료사료 가격평군을 이용하여 배추·무 부산물의 사료가치계수를 평가하였다.

- 배추·무 부산물 에너지 및 단백질의 상대적 가치 평가를 통한 사료가치계수 평가 (대체효과)를 분쇄 옥수수와 대두박(44%, 조단백질)의 현재 가격을 기준으로 하여 TMR 사료화에 따른 사료가치계수는 옥수수 가치 계수로 배추부산물이 0.28, 무부산물이 0.18를 나타냈다. 대두박가치 계수로는 배추부산물이 대두박 가치 계수가 배추부산물이 0.14, 무부산물이 0.13을 나타내었다(표 2-2).

- 옥수수분말을 기준으로 배추부산물의 사료가치계수는 계산해 보면,

분말 옥수수: 300,000원/톤

NEg=1.5 mcal/kg (사료기준)

옥수수 분말 톤당:

$$4,400\text{kg} \times 1.5 \text{ mcal/kg} = 6,600 \text{ mcal NEg/톤}$$

$$(300,000\text{원/톤}) / 6,600 \text{ mcal NEg/톤} = 45.0\text{원/mcal of NEg}$$

→ 배추부산물 측정 가치

NEg=0.28 mcal/kg (사료기준)

$$4,400\text{kg} \times 0.28 \text{ mcal/kg} = 1,232 \text{ mcal NEg/톤}$$

$$1,232 \text{ mcal/톤} \times 4.50\text{원} = 5,544\text{원/톤 (사료내 에너지함량 기준)}$$

따라서, 배추부산물의 옥수수 분말의 에너지 함량기준으로 보았을 때 사료 내 에너지 공급에 대한 비용은 톤당 5,544원의 사료가치가 있다. 이와 같은 결과는 반추가축 사료의 에너지 공급 수준으로 평가된 결과이며, 섬유소 공급 측면을 고려해 볼 때 대체사료원으로써 배추부산물의 에너지 공급 비용 또한 감소할 수 있을 것이다.

표 2-2. 섬유질부산물의 옥수수과 대두박 대비 사료가치계수 평가

사료원료	건물, %	옥수수 가치 계수	대두박 가치 계수
배추 부산물	10	0.28	0.14
무 부산물	10	0.18	0.13

나. 참여업체 (주)한울의 배추부산물을 이용한 기본 TMR사료 대비 배추·무 부산물 세미 TMR 의 경제성 분석

- 배추·무 부산물의 세미 TMR제조시 기본 TMR사료에 대한 경제성 분석은 표 2-3과 같다. 비유 중기 기본 TMR 사료원을 티모시, 볏짚, 분쇄 옥수수, 대두박 4종을 이용하여 배합비를 작성하였으며, 배추·무부산물 활용 세미 TMR은 기본 TMR 사료원 티모시와 옥수수 분말, 대두박을 배추·무 부산물을 대체하여 사료 배합비를 작성하였다.
- 기본 TMR 생산원가는 9월 사료원료 평균 비용으로 계상 시 421,064원/톤이 있으며, 기본 사료에 배추·무부산물을 대체하였을 경우 374,814원/톤 생산비용이 산출되었다. 해당 배추·무 부산물 함유 세미 TMR의 가격 산정은 인근 TMR 공장에서 위탁처리 비용 톤당 85,000원이 포함된 금액이며, 톤당 기본 TMR대비 배추·무 부산물 세미 TMR 생산비용 차이는 46,250원/톤 대체효과를 나타내었다(표 2-3).

표 2-3. 배추·무 부산물 활용 세미 TMR 경제성

구분	대조구(Basic TMR)	배추·무 부산물 활용 세미 TMR
배추·무 부산물	-	- 2.6kg×85원 = 221원 (위탁처리비용: TMR사료 공장 운송 비용 등)
기본 원료	- 티모시: 4.5kg×580원=2,610원 - 볏짚: 4.5kg×240원=1,080원 - 분쇄옥수수: 6.5kg×300원=1,950원 - 대두박: 3.87kg×650원=2,516원	- 티모시: 4.3kg×580원=2,494원 - 볏짚: 4.5kg×240원=1,080원 - 분쇄옥수수: 5.5kg×300원=1,650원 - 대두박: 3.23kg×650원=2,100원
계	8,156원	7,545
사료비 절감액 (배합비 기준)	-	611원
대체효과(톤)	421,064원(생산비)	374,814원(생산비) 46,250원(대체효과)

다. 참여업체 (주)한울의 배추부산물을 이용한 기본 TMR사료 대비 배추·무 부산물+귀리 박 혼합 사일리지 TMR 의 경제성 분석

- 배추·무 부산물+귀리박 혼합 사일리지 TMR제조시 기본 TMR사료에 대한 경제성 분석은 표 2-4과 같다. 비유 중기 기본 TMR 사료원을 티모시, 벧짚, 분쇄 옥수수, 대두박 4종을 이용하여 배합비를 작성하였으며, 배추·무 부산물+귀리박을 혼합 사일리지 TMR은 기본 TMR 사료원 티모시와 옥수수 분말, 대두박을 배추·무 부산물+귀리박을 혼합 사일리지로 대체하여 사료 배합비를 작성하였다.
- 기본 TMR 생산원가는 9월 사료원료 평균 비용으로 계상 시 421,064원/톤이었으며, 기본 사료에 배추·무부산물을 대체하였을 경우 389,830원/톤 생산비용이 산출되었다. 해당 배추·무 부산물 함유 세미 TMR의 가격 산정은 인근 TMR 공장에서 위탁처리 비용 톤당 85,000원이 포함된 금액이며, 톤당 기본 TMR대비 배추·무 부산물 세미 TMR 생산비용 차이는 31,234원/톤 대체효과를 나타내었다(표 2-4).

표 2-4. 배추·무 부산물+귀리박 사일리지 TMR 경제성

구분	대조구(Basic TMR)	배추·무 부산물+귀리박 혼합 사일리지TMR
배추·무 부산물	-	1.24kg×85원= 105.4원
귀리박	-	0.9kg×215원= 193.5원
기본 원료	- 티모시: 4.5kg×580원=2,610원	- 티모시: 4.3kg×580원=2,494원
	- 벧짚: 4.5kg×240원=1,080원	- 벧짚: 4.2kg×240원=1,008원
	- 분쇄옥수수: 6.5kg×300원=1,950원	- 분쇄옥수수: 5.5kg×300원=1,650원
	- 대두박: 3.87kg×650원=2,516원	- 대두박: 3.23kg×650원=2,100원
계	8,156원	7,551원
사료비 절감액 (배합비 기준)	-	605원
대체효과(톤)	421,064원(생산비)	389,830원(생산비) 31,234원(대체효과)

라. 향후 배추·무 부산물을 이용한 세미 TMR제조 및 사일리지 제조 방안

- 배추·무 부산물을 활용한 세미 TMR 및 사일리지 제조의 반추가축 TMR사료비 절감 효과를 극대화하기 위해서는 delivery system 구축이 비용 절감에 많은 부분을 차지할 것으로 사료된다.
- 따라서, 향후 배추·무 부산물의 사료화를 위해서는 김치공장 주변의 인근 TMR사료 공장과반추가축 사육 농가와의 Cluster형성이 중요하며, 이에 따른 매뉴얼화가 필수적이라고 할 수 있다.
- 또한 저장 기간에 민감한 배추·무 부산물에 대한 전처리 방안 확보(저온저장, 세미 TMR, 녹색도 유지 등)에 대한 비용이 추가 되어야할 것으로 사료되며, 차기 연구수행에 관련 생산비 상승요인에 대한 검증을 실시할 계획이다.
- 현재 2~3개 낙농 농가를 대상으로 배추·무 부산물 함유 TMR사료를 공급한 선행연

구결과 기호성 및 생산성에 영향을 미치지 않으며, 사료비 대체 효과는 56원/kg이다. 이와 같은 사료비 절감효과는 1세부과제 참여업체인 (주)한울→ TMR공장→ 낙농농가의 운송비용이 많은 부분을 차지하기 때문에 가축에 대한 생산비 절감효과는 아직까지 저조 하지만, 향후 배추·무 부산물 활용 TMR사료 배합비 작성을 통해 사료가치 평가에 따른 경제성 분석에 근접하는 수준의 반추가축 TMR사료 생산비 절감 효과가 있을 것으로 사료된다.

- 세미 TMR에 함유되는 배추·무 부산물의 가격 산정은 인근 TMR 공장으로서의 부산물 수거 비용 및 운송비용을 포함한 위탁처리비용을 기준으로 하였으며, 1차 년도에는 대략의 TMR사료 원가 예측 모델을 수립하기 위하여 경제성 분석을 실시하였다. 2차 년도에는 사료 제조 후 실제 농가에 보급하여 산업화 방안을 구축할 것이며, 이 과정에서 발생하는 모든 비용을 고려하여 실제 kg 당 단가 계산이 가능할 것으로 예상된다. 생산 단가는 부산물 수거에서부터 사료 제품의 완성 및 농가 보급 비용을 모두 포함하여 산정하여, 최종적인 경제성 분석을 실시할 예정이다.

□ 배추·무 부산물의 사료가치 평가 및 반추위 내 미생물 발효특성 검정

1. 배추·무 부산물의 사료가치 평가 및 유해성분 분석

가. 배추·무 부산물의 일반성분 분석방법

시험사료는 분석 직전 60℃ dry oven에서 72시간 동안 건조하였으며 NDF, ADF, Cellulose는 Van Soest 등(1967)의 방법을 이용하였다. Crude protein, crude ash, crude fat는 AOAC (1990)법에 의거하여 분석하였다. 배추·무 부산물의 폴리페놀성 화합물의 측정은 Folin-Ciocalteu method와 표준물질 gallic acid활용 표준곡선을 활용하여 함량을 분석하였다.

나. 전국 김치공장의 배추·무 부산물 일반성분 함량

참여업체 한울을 포함한 전국의 29개 업체를 무작위 선별하여 가공단계별 샘플 53종에 대하여 일반성분 분석을 완료하였다. (주)한울 및 지역 업체들에 대한 배추·무 부산물의 일반성분 분석 결과는 표 3-1과 3-2이다. 각 지역별 업체의 일반성분 분석 평균은 경기도 지역 업체의 배추 부산물 원물에 수분함량 평균은 92.28%이며, 조단백 14.74%, 조지방 0.24%, NDF 15.14%이다. 강원도 지역 업체는 수분함량의 평균이 90.93%, 조단백 16.17%, 조지방 0.34%, NDF 17.46%이다. 충청북도 지역 업체는 수분함량의 평균이 90.96%, 조단백 18.34%, 조지방 0.52%, NDF 18.89%이다. 충청남도 지역 업체는 수분함량의 평균이 91.13%, 조단백 14.53%, 조지방 0.4%, NDF 25.9%이다. 경상북도 지역 업체의 수분함량 평균은 91.43%, 조단백 15.26%, 조지방 0.8% NDF 18.87%이며, 경상남도 지역 업체는 수분 88.28%, 조단백 18.91%, 조지방 1.13%, NDF 20.6%이다. 마지막으로 전라도 지역 업체는 수분 92.36%, 조지방 0.73%, NDF 30.73%이다.

본 시험에서 일반성분 분석을 통해서 볼 때 배추·무 부산물의 수분함량이 대부분의 지

역에서 90% 이상을 차지하고 있는 것을 확인할 수 있었다. 또한 건물기준으로 조단백의 함량과 NDF의 함량이 비교적 높기에 TMR사료의 대체 원료로 적합한 것으로 판단된다.

본 시험에서 일반성분 분석 결과에서 알 수 있듯이 부산물의 일반성분은 지역, 가공 방법, 생산 품목 등에 따라 변이가 있는 것을 확인할 수 있다. 배추·무 부산물을 함유한 사료 제품화 및 산업화를 목표로 하고 있으므로, 이는 충분히 고려해야할 사항이다. 하지만 사료회사는 수급한 원료의 일반성분분석을 실시한 뒤 사료를 제조하므로, 이는 충분히 보완할 수 있는 사항으로 사료된다. 또한 배추·무 부산물의 자원화를 위해 본 연구팀에서 설계한 전처리 공정을 통해 여러 요인에 따른 변이를 최소화할 수 있을 것으로 예상된다.

다. 참여업체[(주)한울]의 배추·무 부산물의 농약성분 및 폴리페놀 함량 분석

배추·무 부산물의 잔류 농약 성분 분석은 Kim 등(2009)의 분배효율 측정을 이용하였으며, 유기용매층을 무수 황산나트륨층에 통과시켜 수분을 제거하고 40℃에서 감압농축한 후 hexane 10 mL로 재용해 하였다. 분배추출액의 정제과정은 Kim 등(2010)의 방법에 따라 농축하였으며 Gas-chromatography (Agilent, 7890b, USA) 작동은 Kim 등(2009) 및 Kim 등(2010)이 사용한 조건과 승온 프로그램을 적용하여 분석을 실시하였으며, 사료원료로 사용하기 위한 배추·무 부산물 농약성분(Diazinob, Pendimethalin, etroxazole, glyphosate) 함량 분석결과 농약성분이 검출되지 않았다

총 폴리페놀의 함량을 측정하기 위하여 배추·무 부산물의 추출물 0.1 mL에 7% Na₂CO₃ (Sodium carbonate, Sigma-Aldrich) 용액 2 mL을 혼합하고 3 분 후 1 N의 Folin-Ciocalteu's phenol reagent (F9252, Sigma-Aldrich)를 0.1 mL 첨가하여 실온에서 30 분 동안 반응시킨 후 UV/Visible spectrophotometer로 750 nm에서 흡광도를 측정하여 서로 비교하였으며, gallic acid (Sigma-Aldrich)를 표준물질로 하여 작성한 검량선에 대입하여 건조 시료 1 g에서 용출되는 총 폴리페놀의 함량을 gallic acid 기준으로 계산하였으며 배추·무 부산물의 폴리페놀성 화합물 함량은 0.0339 mg/mL이다 (표 3-3).

표 3-1. 참여업체 [주]한울 배추·무 부산물(1차 처리)의 일반성분 함량(n=5)

Items	Concentration(%)
Water	87.52±0.072
CP	15.38±0.244
EE	1.370±0.185
Ash	18.94±0.084
NDF	16.04±0.742
ADF	12.37±0.121
NFC	48.27±0.381
Ca	0.87±0.024
P	0.55±0.012
Salt	7.04±0.053
TDN	32.04±0.311

표 3-2. 전국 지역별 김치 및 무 가공업체의 제품 가공 단계에 따른 일반성분 함량 (n=3)

(단위: DM, %)

지역	업체명	가공 단계	원료	수분	조단백	조지방	NDF	ADF	Cellulose	조회분
경기도	새빛촌	정선 후	배추	93.2	21.7±0.02	0.3±0.03	15.2±0.14	26.0±0.65	15.2±0.4	25.4±0.06
		절임 후		83.4	11.8±0.01	0.2±0.18	3.10±0.38	9.8±0.34	7.3±0.17	60.1±0.18
		정선 후	무	92.5	11.7±0.01	0.2±0.01	9.80±0.53	17.4±0.78	10.9±0.42	9.50±0.04
	일품	정선 후	배추	93.5	17.5±0.01	0.1±0.04	21.9±0.67	24.5±0.52	13.2±0.53	21.6±0.08
		절임 후		91	14.6±0.02	0.3±0.05	14.0±0.25	13.6±0.82	10.1±1.08	29.8±0.06
	늘푸른	절임 후	배추	91.8	13.7±0.01	0.4±0.12	16.6±0.15	16.0±0.66	23.9±4.21	31.8±0.19
	무지개식품	정선 후	배추	94	17.9±0.01	0.1±0.09	13.1±0.56	21.4±1.98	14.8±0.15	21.3±0.08
		절임 후		91.4	15.3±0.01	0.1±0.05	6.20±0.38	13.5±0.57	9.8±1.15	31.3±0.16
		분쇄 후		94.9	16.7±0.01	0.5±0.12	22.3±0.41	33.6±0.72	19.7±0.17	15.1±0.02
	일심영농조합법인	정선 후	무	92.8	11.4±0.01	0.2±0.03	14.5±0.34	13.4±0.23	19.4±0.75	7.10±0.18
		절임 후		92.9	9.90±0.01	0.1±0.01	13.8±0.12	12.4±0.61	18.5±0.27	7.40±0.06
	성가네	정선 후	배추	95.6	19.9±0.02	0.1±0.05	18.0±0.76	18.3±0.4	11.2±0.67	22.5±0.13
		절임 후		92.8	18.3±0.02	0.5±0.14	14.9±0.51	16.9±0.61	8.20±2.94	19.5±0.11
		정선 후	무	92.1	11.0±0.01	0.4±0.05	22.4±1.06	16.7±0.28	24.2±1.02	7.8±0.07
		절임 후		92.4	9.7±0.01	0.1±0.01	21.3±0.56	17.1±1.64	23.6±0.95	7.6±0.07

강 원 도	정푸드	분쇄 후	배추	84.7	17.9±0.01	0.8±0.2	27.4±0.85	34.1±1.24	28.0±3.30	15.8±0.38	
	대일	정선 후	배추	98.5	15.1±0.01	0.1±0.09	15.1±0.44	15.1±0.55	19.4±0.81	27.8±0.04	
		절임 후		92.9	14.7±0.04	0.1±0.05	12.4±0.37	12.5±0.39	17.8±0.42	33.0±0.05	
		분쇄 후		91.6	19.2±0.01	0.3±0.12	17.9±0.20	18.8±0.76	22.6±0.34	18.4±0.14	
	김채	정선 후	배추	94.3	17.4±0.02	0.1±0.07	15.8±1.44	17.1±0.72	22.7±0.48	17.6±0.11	
		절임 후		88.4	11.4±0.01	0.4±0.05	13.1±0.31	12.3±0.12	17.5±0.58	39.8±0.26	
		분쇄 후		86.1	17.5±0.01	0.6±0.05	20.5±0.12	21.1±0.54	23.6±1.06	20.3±0.06	
	충 북	산수야	정선 후	배추	94.2	21.7±0.01	0.3±0.06	22.3±0.43	22.5±0.49	26.6±1.74	22.9±0.04
			절임 후		89.7	18.9±0.02	0.5±0.27	13.1±0.11	14.2±0.56	20.2±0.87	35.1±0.11
청주골		정선 후	95.6		18.3±0.01	0.4±0.08	16.0±0.16	17.1±0.12	21.8±0.72	14.3±0.35	
		혼합·분쇄 후	86.0		16.6±0.01	0.8±0.04	25.8±0.72	28.1±0.84	29.1±0.57	17.1±0.08	
태성		정선 후	86.0		18.9±0.01	0.5±0.09	23.4±0.58	25.6±0.38	28.6±2.2	21.6±0.37	
		절임 후	91.7		14.4±0.01	0.6±0.02	15.4±0.23	16.6±0.38	21.1±0.7	26.4±2.18	
오월의 김치		정선 후	94.0		23.3±0.02	0.6±0.16	21.9±0.23	23.8±0.7	24.2±0.95	20.5±0.07	
		절임 후	90.6		14.6±0.03	0.5±0.05	13.2±0.38	15.6±0.54	19.1±1.33	30.1±0.35	
충 남	김치쿨	정선 후	무	92.8	14.4±0.01	0.4±0.01	36.6±0.64	36.7±0.52	13.6±0.84	25.7±0.73	
	새동네	정선 후	배추	89.1	16.6±0.01	0.7±0.05	27.0±0.37	28.3±1.54	16.0±0.14	31.3±0.07	
		절임 후		91.5	12.6±0.01	0.1±0.03	14.1±1.12	13.6±1.35	9.1±0.61	39.9±0.14	

경북	싱싱식품	정선 후	배추	92.1	19.6±0.01	2.1±0.1	16.5±0.15	15.8±0.25	23.0±0.97	21.4±0.29
		절임 후		87.5	15.0±0.01	0.6±0.11	10.6±0.05	10.0±0.61	18.5±0.99	41.5±0.12
	다모	정선 후		93.6	25.0±0.01	1.5±0.20	15.4±0.14	15.0±0.24	22.1±0.47	18.9±0.28
		절임 후		92.8	21.6±0.01	0.4±0.07	10.5±0.32	9.9±0.26	18.3±0.16	27.7±0.19
	두메식품	단무지부산물		89.8	6.50±0.02	0.7±0.10	33.1±0.17	35.3±0.33	36.5±4.15	24.1±0.16
	예은식품	치킨무부산물		92.2	9.10±0.01	0.2±0.02	24.1±1.27	25.4±0.69	25.8±0.71	4.7±2.47
민속식품	92.0			10.0±0.01	0.1±0.04	21.9±0.8	24.8±0.59	18.2±2.62	5.8±0.1	
경남	덕유농산	분쇄·탈수후	배추	84.0	22.5±0.01	1.6±0.40	18.1±0.05	17.1±0.32	22.9±0.13	21.5±0.14
	남경식품	절임 후		89.5	17.9±0.02	0.4±0.11	9.8±0.15	8.7±0.25	19.0±0.7	33.9±0.24
		분쇄·탈수후		87.9	14.2±0.02	0.3±0.06	13.1±0.03	12.4±0.15	19.4±1.52	36.3±0.24
	제이엠프드	분쇄·탈수후		82.6	16.6±0.01	1.3±0.06	19.7±0.28	24.3±0.69	15.9±2.55	26.7±0.17
	고려냉장식품	절임 후	무	90.9	24.3±0.01	1.4±0.02	38.0±0.45	44.2±0.36	32.2±0.93	20.0±0.58
		분쇄·탈수 후		83.3	17.6±0.01	0.6±0.03	14.7±0.08	17.4±0.39	21.6±1.41	13.5±0.04
		정선 후		93.9	9.8±0.01	0.6±0.02	24.3±0.58	27.6±0.67	27.9±1.09	11.1±0.66
대광F&G	정선 후	배추	98.8	23.4±0.02	1.6±0.03	20.4±2.32	22.3±0.32	13.8±2.37	13.4±0.06	
	분쇄·탈수 후		83.6	23.9±0.05	2.4±0.15	27.3±0.4	35.2±1.04	24.3±2.55	13.0±0.1	
전라도	남도김치	정선 후	배추	94.1		1.4±0.07	33.0±1.8	31.4±0.68	33.4±0.74	15.5±0.1
		절임 후		92.3		0.9±0.08	24.0±1.69	21.6±0.46	26.4±2.24	19.1±0.06
	고산영농조합법인	무부산물		91.4		0.4±0.06	31.9±1.34	35.6±0.99	29.8±2.14	8.8±0.19
	미래식품	치킨무부산물		91.7		0.2±0.04	34.0±2.42	33.6±0.74	31.5±1.21	7.8±0.02

표 3-3. 참여업체 [㈜한울] 배추·무 부산물(1차 처리)의 폴리페놀성 화합물 함량(n=5)

OD (gallic acid)	환산 수치 (mg/mL)
0.1726	0.0339

2. 배추·무 부산물 활용한 시험 사료 제조 및 배추·무 부산물의 in vitro 시험 및 in sacco를 통한 반추위 내 미생물 발효 특성 검증

실험 1. 배추·무 부산물 활용 세미 TMR 제조

가. 배추·무 부산물 세미 TMR 개발

(1) 배추·무 부산물 세미 TMR 제조방법

- 공시시험사료

축우용 TMR을 제조하기 위한 기본 원료사료로 옥수수, 대두박, 티모시, 볏짚을 선정하였으며, 대체할 사료원으로 참여업체인 (주)한울의 3월 생산된 배추·무 부산물을 이용하였다.

- 배추·무 부산물 젖소용 세미 TMR 제조 및 시험 사료 배합비 작성

기본원료사료(옥수수, 대두박, 티모시, 볏짚)을 이용하여 NRC사양표준(2001)의 요구량을 맞춘 TMR을 제조하였으며(표 3-4), TDN의 산출 방식은 $[TDN (\%) = tdNFC (\%) + tdCP (\%) + \{tdFat (\%)*2.25\} - 7, *td = total\ digestible\ values]$ 을 이용하여 계산하였으며 제조된 세미 TMR 시험사료의 일반성분 함량은 표 3-5와 같다.

표 3-4. (주)한울의 3월 생산된 배추·무 부산물 세미 TMR 배합비

사료원	원물(수분포함), %	건물기준, %
티모시	14.8	21.8
마른볏짚	15.5	23.1
분쇄옥수수	18.9	26.4
대두박	11.1	15.8
배추부산물	8.8	12.9

표 3-5. 배추·무 부산물 함유 세미 TMR의 일반성분 함량

(Dry matter 기준)

항목	배추·무 부산물 세미 TMR
DM (%)	61.6
CP (%)	15.07
EE (%)	2.06
NDF (%)	42.8
e-NDF (%)	37.39
F-NDF (%)	34.99
NFC (%)	32.31
TDN (%)	45.02
Ca (%)	0.38
P (%)	0.37
Ca:P ratio	1.04

실험 2. 배추·무 부산물 활용 사일리지 제조

가. 배추·무 부산물 사일리지 제조

(1) 유용미생물을 활용한 배추·무 부산물 사일리지 제조

배추·무 부산물 58.25%와 귀리박 41.75%를 혼합하여 혼합된 두 시험사료원은 목표 수분함량 55%를 유지하였으며, 유용 미생물첨가제(Lactobacillus casei, Lactobacillus plantanum, Lactobacillus acidophillus, Lactobacillus fermentum)는 1차로 MRS 배지를 이용하여 24시간 동안 36℃에서 계대배양을 실시하였다. 배양이 끝난 유용 미생물은 액상상태로 사일리지 조제 당일에 골고루 분무기를 이용하여 건물기준 2%를 첨가하였다.

1차로 2겹의 비닐백에 넣어 펌프를 이용하여 공기를 제거 후 사일로 대체용으로 진공 밀폐용기에 상온조건으로 15일 동안 보관하여 배추·무 부산물 사일리지를 조제하였다.

나. 사일리지의 평가 및 사료가치 분석

(1) 제조 사일리지 사료가치 평가

사일리지 원물 10g을 증류수 100ml에 첨가 후 냉장고(4℃)에서 4시간 간격으로 교반하며 24시간 보관 하였고, 내용물을 4겹의 cheese cloth로 걸러낸 액을 pH meter(Orion 3 star, Thermo scientific, USA)를 이용하여 pH를 측정하였고, Gas chromatography (Agilent, 7890b, USA)를 이용하여 유기산을 분석하였다.

(2) 배추·무 부산물과 배추·무 부산물 사일리지(15일 상온보관) 사일리지 가치 분석

표 3-6. 배추·무 부산물과 배추·무 부산물 사일리지(T1) 사일리지 가치 분석(n=3)

	DM(%)	pH	Organic acid			
			Total VFA	Acetic	Propionic	Butyric
Control	12.48	5.04±0.156	7.26±1.581	3.53±0.438	1.09±0.327	0.3±0.235
T1	41.63	5.03±0.012	14.42±0.848	13.72±0.745	0.42±0.049	0.1±0.127

Control: 배추·무 부산물

T1: 배추·무 부산물+귀리박 혼합 사일리지(15일 상온보관)

(3) 배추·무 부산물+귀리박 혼합 사일리지(15일 상온보관)의 일반성분 분석

시험사료는 분석 직전 60℃ dry oven에서 72시간 동안 건조하였으며 NDF, ADF, Cellulose는 Van Soest 등(1967)의 방법을 이용하였다. Crude protein, crude ash, crude fat는 AOAC(1990)법에 의거하여 분석하였다.

<결과>

표 3-7. 배추·무 부산물 사일리지15일 일반성분 함량 (n=3)

Items	Concentration(%)
Water	58.37
CP	9.73±0.001
EE	0.78±0.01
Ash	7.31±0.026
NDF	81.48±0.161
ADF	52.13±0.397
Cellulose	36.57±1.343
NFC	0.7±0.157
TDN	5.185±0.057

실험 3. 배추·무 부산물 원물 및 배추·무 부산물을 활용한 사료 2종에 대한 *in vitro* 평가

가. 재료 및 방법

(1) In vitro 시험 및 반추위 내 미생물 접종액 준비

In vitro 반추위 미생물 발효특성 시험을 위한 반추위 미생물 접종액의 제조는 cannulae가 장착된 2년생 한우 번식암소의 반추위 내에서 채취한 내용물을 8겹의

cheese cloth에 걸려서 보온용기에 담아 1시간 안에 실험실로 운반하였다. 채취된 반추 위액은 artificial saliva (McDougall, 1948)(표 3-8)와 1:1 비율로 희석하여 미생물 혼합액을 제조하였으며, 혐기상태를 유지하기 위해 O₂-free CO₂를 주입하였고, 반추위 내 미생물 발효 효율을 극대화하기 위해 미생물 혼합액에는 공시농후사료(20 g)와 볏짚(20 g)을 첨가하여 24시간 동안 39°C incubator에서 계대배양을 실시하였다(Van Soest 등, 1982). 배양이 끝난 후 미생물혼합액은 원심분리(1,500g × 15분)하여 상층액을 취하여 반추위 내 미생물 접종액으로 사용하였다

(2) *In vitro* 시험 준비

본 시험에서 반추위 내 미생물 발효 특성에 대한 *in vitro* 배양 조건은 serum bottle (200 mL)을 이용하여 대조구와 각 시험구에 사료 1.7 g과 artificial saliva (100 mL) 주입 후 inoculums (5 mL)을 접종하여 O₂-free CO₂ gas 분주와 함께 rubber stopper와 알루미늄 뚜껑을 고정장치로 이용하여 밀봉하였다. 모든 배양 조건은 혐기상태를 유지하면서 실시되었으며, 접종이 끝난 후 즉시 39°C incubator에서 배양을 실시하였다(Van Soest 등, 1967). 각 시료의 채취는 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12 그리고 24시간 대에 실시되었으며, 배양이 끝난 후 즉시 pH matter (Orion 3 star, Thermo scientific, USA)를 이용하여 pH를 측정하였고, gas 생성량은 gas production matter (model PSGH-28PCCA, DECO Co., Korea)를 이용하여 측정하였다. 각 샘플은 원심분리기(Brushless D. C. motor centrifuge VS-6000CF, Vision scientific Co., LTD., Korea)를 이용하여 원심분리(300 g × 15분)를 실시하였으며, 각 샘플의 상층액은 NH₃ nitrogen함량, microbial protein synthesis (MPS), volatile fatty acid(VFA)를 측정하기 위하여 -70°C에서 냉동보관 하였다. 원심분리 후 상층액을 덜어낸 내용물은 건물소화율을 측정하였다.

(3) 시료분석

시험사료 건물함량은 분석 직전 60°C dry oven에서 72시간 동안 건조하였으며, 건물소화율은 Van Soest 등(1967)의 방법을 이용하였다. NH₃-N 농도는 Chaney 와 Marbach (1962)의 방법에 따라 spectrophotometer (Spectrouc PC system 4D-5210, Thermo scientific, USA)를 이용하여 측정하였다. 미생물단백질 합성량은 Lowry 등(1951)의 방법을 이용하여 측정하였다.

(4) 실험설계

배추·무 부산물을 활용한 세미TMR과 사일리지의 사료가치평가를 위하여 본 실험을 실시하였다. 대조구로는 기본원료사료(옥수수, 대두박, 티모시, 볏짚)을 혼합한 Basic TMR (표 3-9)을 사용하였으며, 시험구에는 배추·무 부산물로 대체한 세미TMR (T1), 배추·무 부산물원물(T2), 배추·무 부산물 + 귀리박 15일 제조 사일리지(T3)이며, 4처리 3반복으로 사료가치평가를 위한 *in vitro* 시험을 실시하였다.

표 3-8. Rumen Buffer Solution (Mc Dougall, 1948)^a

Ingredients	Amounts (g)
NaHCO ₃	9.8
Na ₂ HPO ₄ ·7H ₂ O	7.0
KCl	0.57
NaCl	0.47
MgSO ₄ ·7H ₂ O	0.12
CaCl ₂	0.04

^aMix the first 5 chemicals and 500 mL distilled water in volumetric and stir until dissolved, and adjust to liter volume and store. Just before use, add the CaCl₂, keep at 39°C into solution until pH = 6.7 to 7.0

표 3-9. Basic TMR 일반성분 함량

(Dry matter기준)

Items	Basic TMR
DM(%)	60.70
CP(%)	15.69
EE(%)	2.21
NDF(%)	44.51
e-NDF(%)	40.21
F-NDF(%)	37.19
NFC(%)	31.84
TDN(%)	58.17
Ca(%)	0.30
P(%)	0.35
Ca:P	0.85

나. 결과 및 고찰

본 실험은 시험 사료로서, 1차 년도에는 영양 가치를 평가하고자 우선적으로 소형으로 제조하여 실험을 실시하였다. 실험 결과 NDF함량이 높아 반추가축 조사료 대체 사료원으로서의 가능성이 나타났다. 그러므로 차기 년도에는 최초 연구계획서를 토대로 곤포사 일리지를 직접 제조하여 가치 평가 실험 및 농가에 보급하여 사료로서의 효과를 검증하고자 한다.

(1) pH 변화

In vitro 시험의 결과 pH는 모든 처리구에서 배양이 진행 될수록 감소하는 경향을 나타내었다(그림 3-1). 배양 0시간에는 대조구가 유의적으로 높은 6.94이다($p < 0.05$) (표

3-10). 배양 2~4시간대에는 T3가 다른 처리구에 비해서 유의적으로 가장 높은 결과를 확인하였다($p < 0.05$). 배양 6시간대에는 T2가 다른 처리구에 비해서 유의적으로 낮은 결과를 확인하였다($P < 0.05$). 배양 8~24시간대에는 다른 처리구에 비해서 T2가 유의적으로 낮은 결과를 확인하였다($p < 0.05$).

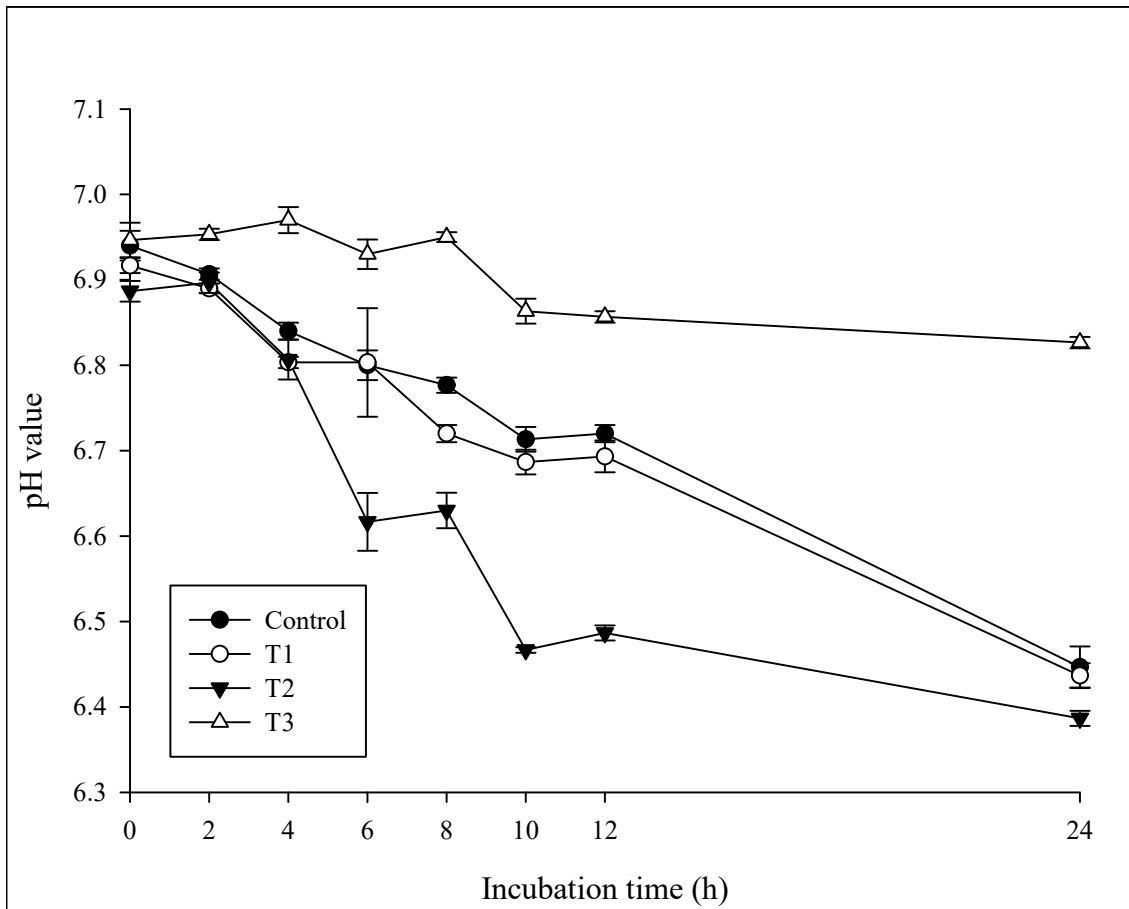


그림 3-1. Change of pH value on ruminal fermentation in vitro with control and treatments during 24 h incubation times. Control: Basic TMR, T1: 배추·무 부산물로 대체한 세미 TMR, T2: 배추·무 부산물원물, T3: 배추·무 부산물 + 귀리박 사일리지(15 일 상온보관)

(2) Total gas 생성량

In vitro 시험 결과 total gas production은 모든 처리구에서 배양이 진행될수록 증가 되는 양상을 나타내었다(그림 3-2). 배양 2 시간대에는 T2가 다른 처리구에 비해서 유의적으로 높은 결과를 나타내었다($p < 0.05$) (표 3-10). 이후 배양시간 4 ~ 12시간대에도 다른 처리구에 비해서 T2가 가장 높은 total gas production을 나타내었다 ($p < 0.05$). 배양 24시간대에는 대조구가 다른 처리구에 비해서 유의적으로 높은 278.4 mL을 나타내었다($p < 0.05$).

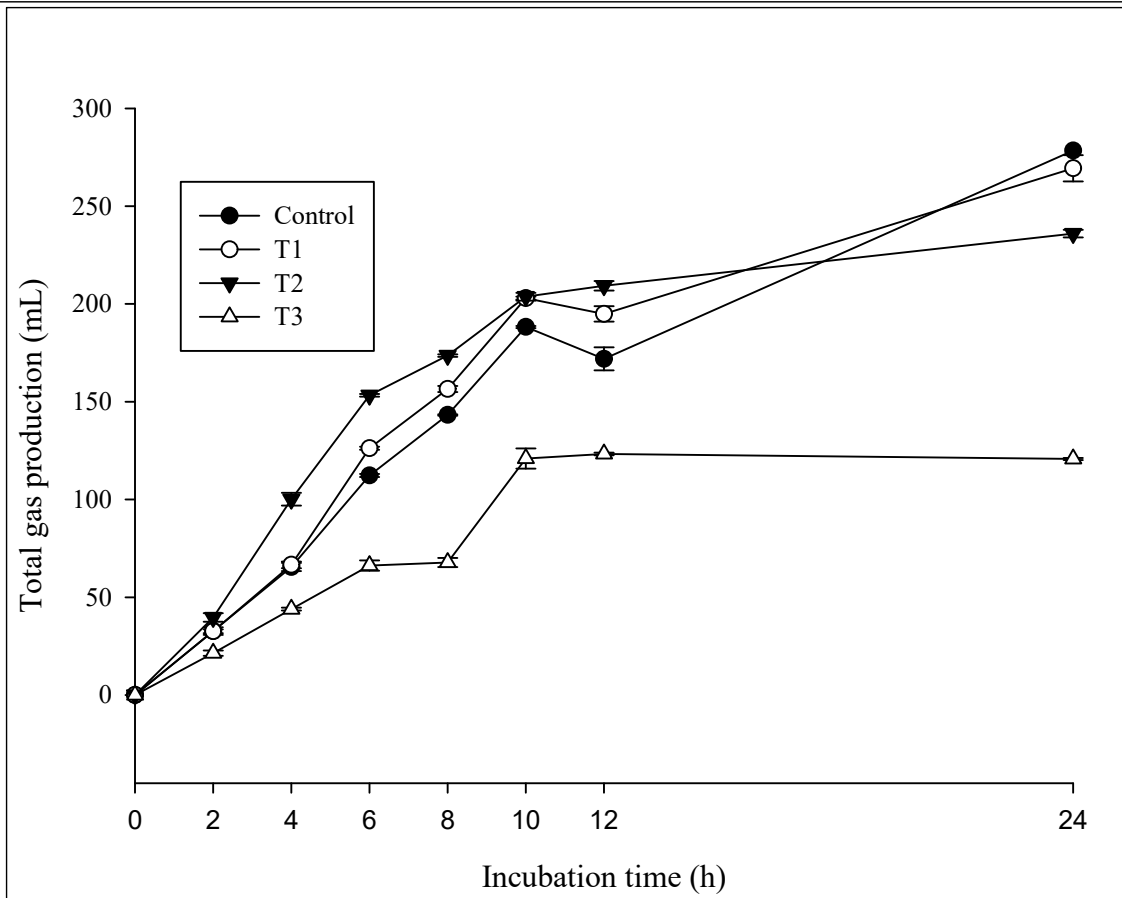


그림 3-2. Control and treatments during 24 h incubation times. Control: Basic TMR, T1: 배추·무 부산물로 대체한 세미 TMR, T2: 배추·무 부산물원물, T3: 배추·무 부산물 + 귀리박 사일리지(15일 상온보관)

(3) CH₄ 생성량

In vitro 시험 결과 CH₄ 생성량은 배양이 진행 될수록 증가하는 양상을 보여주었다. 배양 2시간대에는 대조구와 모든 처리구간의 유의적 차이는 나타나지 않았다(표 3-10). 배양 4시간 이후부터는 대조구가 다른 처리구에 비해서 유의적으로 높은 CH₄ 생성량을 나타내었다(p<0.05). 배양 24시간대의 CH₄ 생성량은 대조구가 가장 높은 46.56 mL이며 T2가 가장 낮은 1.49 mL의 결과를 확인하였다. T2는 배양 초기부터 배양 후기에 이르기까지 CH₄ 생성량 증가폭이 다른 처리구에 비해서 작게 나타났다.

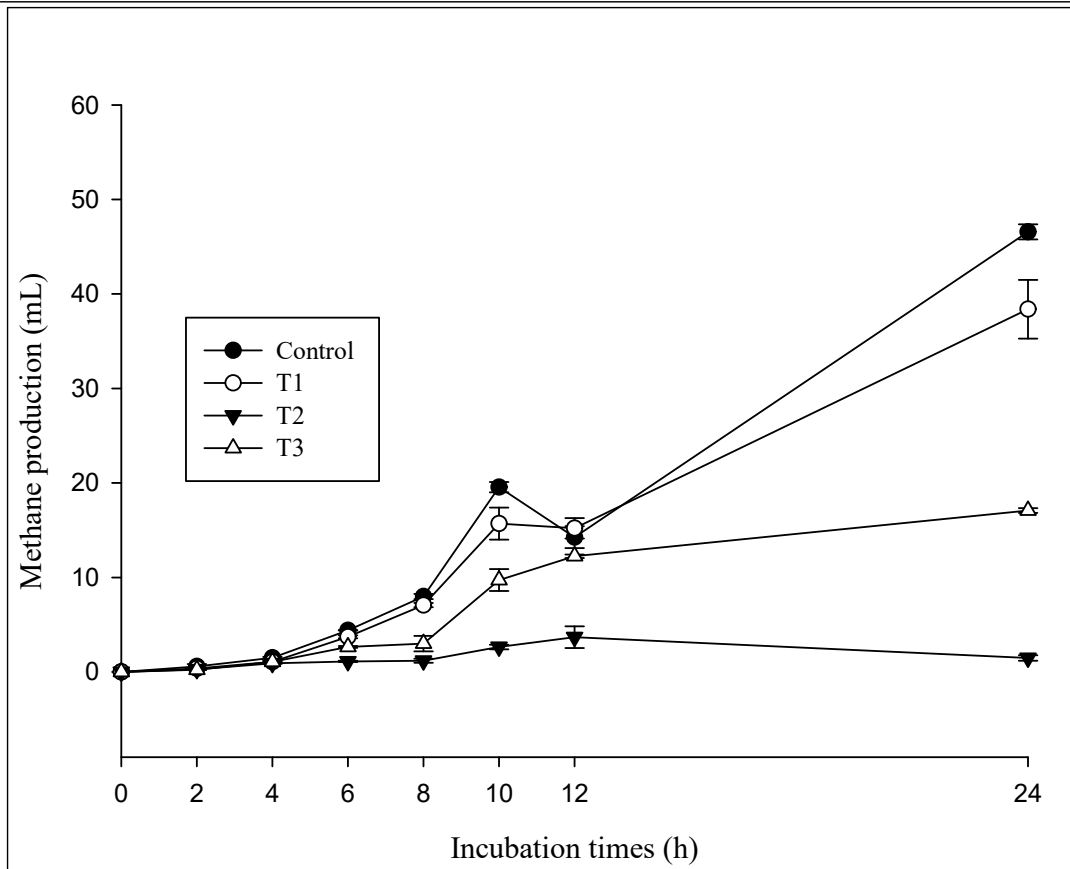


그림 3-3. Control and treatments during 24 h incubation times. Control: Basic TMR, T1: 배추·무 부산물로 대체한 세미 TMR, T2: 배추·무 부산물원물, T3: 배추·무 부산물 + 귀리박 사일리지(15일 상온보관)

(4) CO₂ 생산량

In vitro 시험 결과 CO₂ 생성량은 배양이 진행될수록 증가하는 양상을 나타내었다(그림 3-4). 배양 2시간대에는 T2가 다른 처리구에 비해서 유의적으로 높은 결과를 확인하였다($p < 0.05$) (표 3-10). 배양 4시간에는 T2의 CO₂ 생성량이 88.31 mL로 다른 처리구에 비해서 유의적으로 높은 것을 확인하였다($p < 0.05$). 배양 4~12시간대에는 T2가 다른 처리구에 비해서 유의적으로 높은 결과를 나타내었다($p < 0.05$). 배양 24시간대에는 T3가 다른 처리구에 비해 유의적으로 낮은 결과를 나타내었으며($p < 0.05$), 대조구가 가장 높은 191.87 mL의 CO₂ 생성량을 나타내었다. T3 처리구는 배양 모든 시간에 걸쳐서 다른 처리구에 비해 CO₂ 생성량이 가장 낮게 측정 되었다.

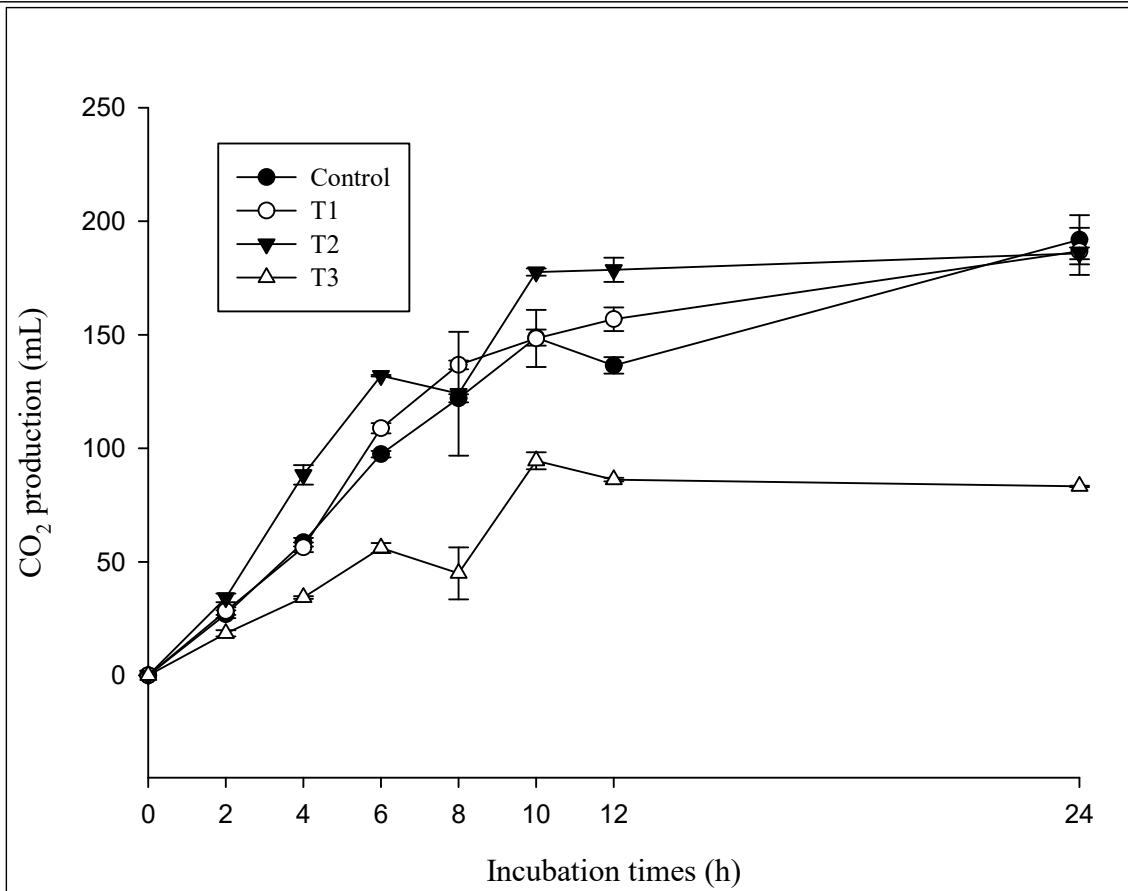


그림 3-4. Change of CO₂ production on ruminal fermentation in vitro with control and treatments during 24 h incubation times. Control: Basic TMR, T1: 배추·무 부산물로 대체한 세미 TMR, T2: 배추·무 부산물원물, T3: 배추·무 부산물 + 귀리박 사일리지(15일 상온보관)

(5) 반추위 내 미생물 단백질 합성량 변화

미생물단백질 합성량은 배양 초기에 증가하였다가 이후 시간부터는 안정화되는 경향을 보여주었다(그림 3-5). 배양 0~2시간대에는 T2가 다른 처리구에 비해서 유의적으로 높은 결과를 나타내었다($p < 0.05$) (표 3-10). 배양 4시간대에는 대조구와 처리구간의 유의적 차이는 발생하지 않았다. 배양 6시간대에는 대조구와 T1이 다른 처리구에 비해서 유의적으로 높은 결과를 나타내었으며 ($p < 0.05$), 이후 배양 시간대에서는 T3가 다른 처리구에 비해서 유의적으로 낮은 결과를 나타내었다($p < 0.05$).

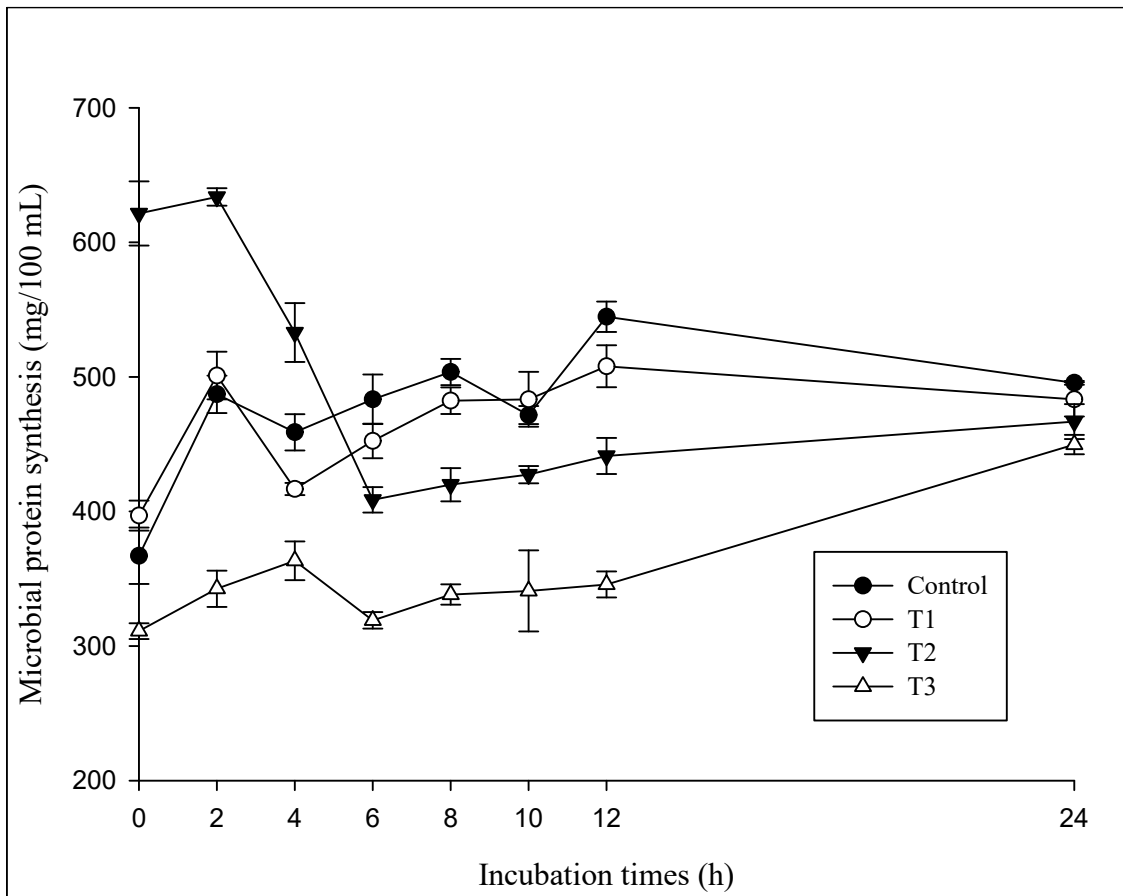


그림 3-5. Change of microbial protein synthesis on ruminal fermentation in vitro with control and treatments during 24 h incubation times. Control: Basic TMR, T1: 배추·무 부산물로 대체한 세미 TMR, T2: 배추·무 부산물원물, T3: 배추·무 부산물 + 귀리박 사일리지(15일 상온보관)

(6) NH₃-N 농도 변화

In vitro 시험 결과 NH₃-N 농도는 배양시간이 증가할수록 다소 증가되는 경향을 나타내었다(그림 3-6). 배양 0시간대에는 T3가 다른 처리구에 비해서 유의적으로 높은 결과를 나타내었고($p < 0.05$) (표 3-10). 배양 2시간대에는 T2가 다른 처리구에 비해 유의적으로 높은 결과를 나타내었으며($p < 0.05$), 배양 4~6시간대에는 T2와 T3가 다른 처리구에 비해서 유의적으로 높은 결과를 나타내었다($p < 0.05$). 배양 8~24시간대에는 T2가 다른 처리구에 비해서 유의적으로 높은 결과를 나타내었다($p < 0.05$).

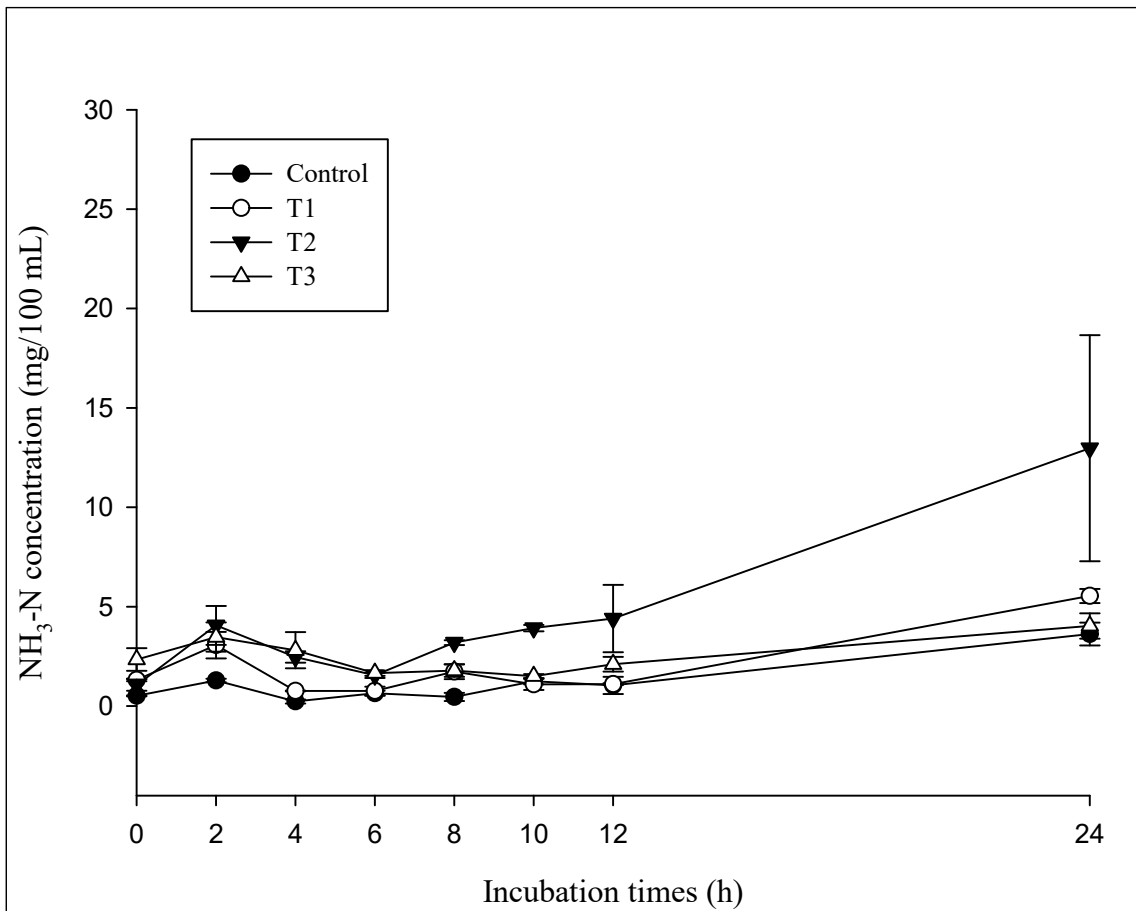


그림 3-6. Control and treatments during 24 h incubation times. Control: Basic TMR, T1: 배추·무 부산물로 대체한 세미 TMR, T2: 배추·무 부산물원물, T3: 배추·무 부산물 + 귀리박 사일리지(15일 상온보관)

(7) 건물소화율 변화

In vitro 시험 결과 건물소화율은 배양이 진행될수록 증가되는 경향을 나타내었다(그림 3-7). 배양 0시간대에는 T3가 다른 처리구에 비해서 유의적으로 낮은 건물소화율을 나타내었다(표 3-10) ($p < 0.05$). 모든 배양시간에 걸쳐서 T2가 다른 처리구에 비해서 유의적으로 높은 건물소화율을 나타내었으며 ($p < 0.05$), T3가 다른 처리구에 비해서 유의적으로 낮은 건물소화율을 나타내었다($p < 0.05$).

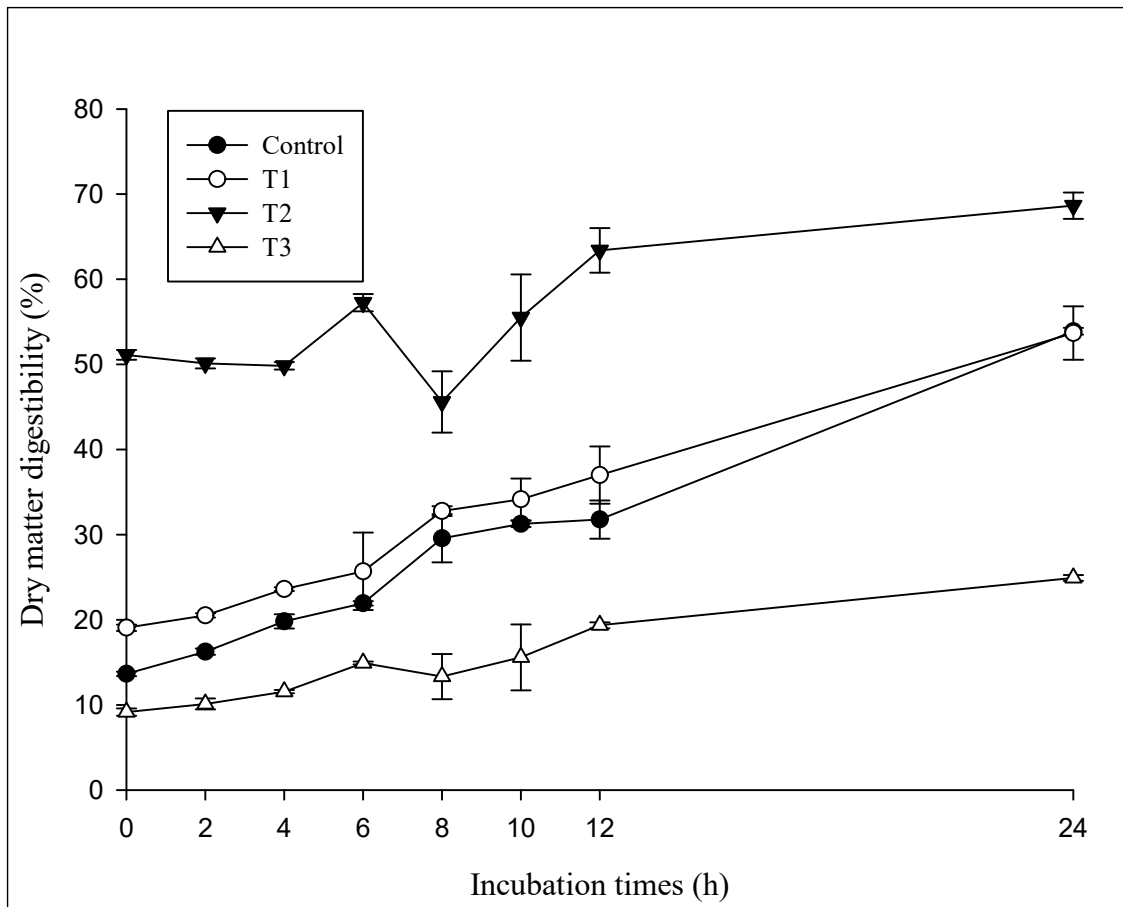


그림 3-7. Change of dry matter digestibility on ruminal fermentation in vitro with control and treatments during 24 h incubation times. Control: Basic TMR, T1: 배추·무 부산물로 대체한 세미 TMR, T2: 배추·무 부산물원물, T3: 배추·무 부산물 + 귀리박 사일리지(15일 상온보관)

(8) Total VFA 농도 변화

In vitro 시험 결과 배양 시간이 증가할수록 Total VFA의 농도는 증가하는 경향을 나타내었다(그림 3-8). 배양 0시간대에서는 대조구와 처리구간의 유의적 차이는 나타나지 않았다(표 3-10) ($p < 0.05$). 배양 2~4시간대에는 T3가 다른 처리구에 비해서 유의적으로 높은 VFA 농도를 나타내었다($p < 0.05$). 배양 6~8시간대에는 T1이 다른 처리구에 비해서 유의적으로 높은 결과를 나타내었다($p < 0.05$). 배양 10시간대에는 T1 과 T2 처리구가 다른 처리구에 비해서 유의적으로 높은 결과를 나타내었다($p < 0.05$). 배양 12~24시간대에는 T2가 다른 처리구에 비해서 유의적으로 높은 결과를 나타내었다($p < 0.05$).

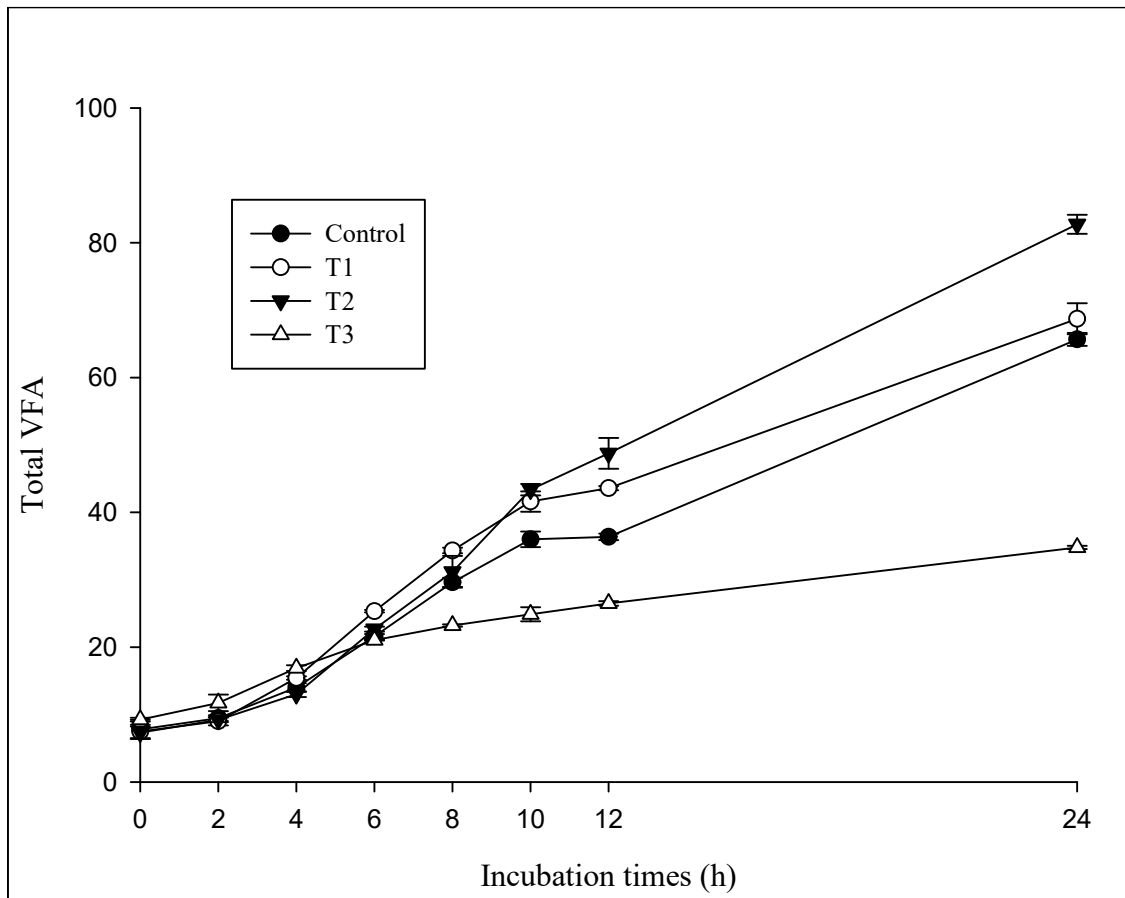


그림 3-8. Change of total VFA concentration on ruminal fermentation in vitro with control and treatments during 24 h incubation times. Control: Basic TMR, T1: 배추·무 부산물로 대체한 세미 TMR, T2: 배추·무 부산물원물, T3: 배추·무 부산물 + 귀리박 사일리지(15일 상온보관)

(9) A/P 비율 변화

In vitro 시험 결과 배양 시간이 증가할수록 A/P Ratio는 감소하는 경향을 나타내었다 (그림 3-9). 모든 배양시간에 걸쳐서 T3가 다른 처리구에 비해서 유의적으로 높은 결과를 나타내었다(표 3-10) ($p < 0.05$).

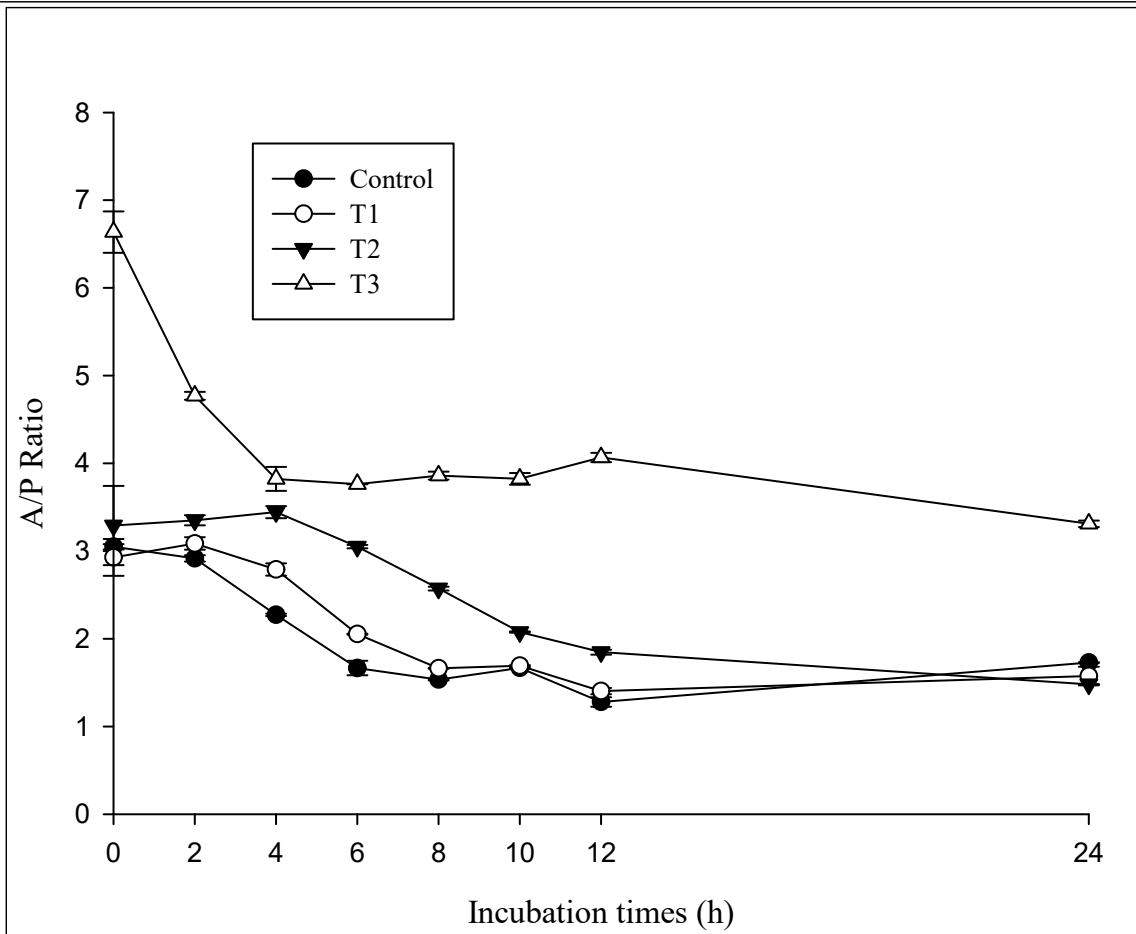


그림 3-9. Change of A/P Ratio on ruminal fermentation in vitro with control and treatments during 24 h incubation times. Control: Basic TMR, T1: 배추·무 부산물로 대체한 세미 TMR, T2: 배추·무 부산물원물, T3: 배추·무 부산물 + 귀리박 사일리지 (15 일 상온보관)

표 3-10. In vitro rumen fermentation characteristics using cabbage by products

Items	Incubation time (h)							
	0	2	4	6	8	10	12	24
pH								
Control	6.94 ^a	6.91 ^b	6.84 ^b	6.80 ^b	6.78 ^b	6.71 ^b	6.72 ^b	6.45 ^b
T1	6.92 ^{ab}	6.89 ^b	6.80 ^b	6.80 ^b	6.72 ^c	6.69 ^b	6.69 ^b	6.44 ^b
T2	6.89 ^b	6.90 ^b	6.81 ^b	6.62 ^c	6.63 ^d	6.47 ^c	6.49 ^c	6.39 ^c
T3	6.95 ^a	6.95 ^a	6.97 ^a	6.93 ^a	6.95 ^a	6.86 ^a	6.86 ^a	6.83 ^a
S.E.M.	0.015	0.008	0.015	0.038	0.012	0.013	0.012	0.015
<i>p</i> value	0.0861	0.0023	0.0002	0.0029	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
Total Gas Production (mL)								
Control	-	32.73 ^b	65.50 ^b	123.33 ^c	143.23 ^c	188.23 ^b	171.93 ^c	278.40 ^a
T1	-	32.63 ^b	66.60 ^b	126.23 ^b	156.53 ^b	203.00 ^a	194.90 ^b	268.40 ^a
T2	-	39.70 ^a	100.17 ^a	153.30 ^a	173.63 ^a	203.70 ^a	209.27 ^a	236.00 ^b
T3	-	21.50 ^c	43.97 ^c	66.23 ^d	67.83 ^d	120.97 ^c	123.30 ^d	120.73 ^c
S.E.M.	-	1.695	2.144	1.478	1.448	2.821	3.768	3.501

<i>p</i> value	-	0.0005	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
CH ₄ Production(mL)								
Control	-	0.60	1.51 ^a	4.42 ^a	7.99 ^a	19.56 ^a	14.27 ^a	46.56 ^a
T1	-	0.37	1.09 ^b	3.73 ^b	7.08 ^a	15.70 ^b	15.22 ^a	38.39 ^b
T2	-	0.28	0.92 ^b	1.12 ^d	1.20 ^c	2.65 ^d	3.69 ^b	1.49 ^d
T3	-	0.24	1.08 ^b	2.65 ^c	3.01 ^b	9.73 ^c	12.25 ^a	17.09 ^c
S.E.M.	-	0.123	0.083	0.099	0.458	1.067	0.982	1.617
<i>p</i> value	-	0.2470	0.0054	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
CO ₂ Production(mL)								
Control	-	26.92 ^b	58.64 ^b	97.42 ^c	122.01 ^a	148.74 ^b	136.48 ^c	191.87 ^a
T1	-	28.29 ^b	56.40 ^b	108.83 ^b	136.72 ^a	148.38 ^b	156.85 ^b	186.75 ^a
T2	-	34.14 ^a	88.31 ^a	132.01 ^a	124.03 ^a	177.61 ^a	178.63 ^a	185.85 ^a
T3	-	18.50 ^c	34.33 ^c	56.08 ^d	44.93 ^b	94.50 ^c	86.22 ^d	83.23 ^b
S.E.M.	-	1.690	2.584	1.734	14.835	6.825	4.162	7.612
<i>p</i> value	-	0.0013	0.0001	0.0001	0.0087	0.0002	0.0001	0.0001
Total VFA (mmol)								
Control	7.81	9.48 ^{ab}	14.01 ^{bc}	21.60 ^c	29.63 ^b	35.99 ^b	36.37 ^c	65.67 ^b
T1	7.49	9.01 ^b	15.43 ^{ab}	25.34 ^a	34.35 ^a	41.62 ^a	43.59 ^b	68.72 ^b
T2	7.31	9.22 ^b	13.03 ^c	22.67 ^b	31.18 ^{ab}	43.37 ^a	48.76 ^a	82.74 ^a
T3	9.23	11.73 ^a	16.89 ^a	21.05 ^c	23.20 ^c	24.89 ^c	26.48 ^d	34.80 ^c
S.E.M.	0.986	0.738	0.461	0.265	1.249	1.165	1.187	1.438
<i>p</i> value	0.5359	0.0995	0.0018	0.0001	0.0015	0.0001	0.0001	0.0001
A/P Ratio								
Control	3.05 ^b	2.92 ^c	2.27 ^d	1.67 ^d	1.54 ^d	1.67 ^c	1.28 ^c	1.73 ^b
T1	2.93 ^b	3.09 ^c	2.79 ^c	2.05 ^c	1.66 ^c	1.69 ^c	1.41 ^c	1.57 ^{bc}
T2	3.29 ^b	3.35 ^b	3.44 ^b	3.05 ^b	2.57 ^b	2.08 ^b	1.85 ^b	1.48 ^c
T3	6.64 ^a	4.77 ^a	3.82 ^a	3.76 ^a	3.86 ^a	3.82 ^a	4.07 ^a	3.31 ^a
S.E.M.	0.276	0.054	0.084	0.042	0.026	0.033	0.045	0.055
<i>p</i> value	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
Dry matter digestibility (%)								
Control	13.64 ^c	16.25 ^c	19.82 ^c	21.93 ^{bc}	29.58 ^b	31.26 ^b	31.78 ^b	53.90 ^b
T1	19.06 ^b	20.52 ^b	23.60 ^b	25.70 ^b	32.77 ^b	34.15 ^b	36.99 ^b	53.68 ^b
T2	51.12 ^a	50.12 ^a	49.84 ^a	57.25 ^a	45.59 ^a	55.50 ^a	63.40 ^a	68.65 ^a
T3	9.16 ^d	10.12 ^d	11.56 ^d	14.92 ^c	13.32 ^c	15.59 ^c	19.35 ^c	24.92 ^c
S.E.M.	0.427	0.486	0.491	2.335	2.66	3.423	2.419	1.766
<i>p</i> value	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0003	0.0001	0.0001
Microbial protein synthesis (mg/100 mL)								
Control	367.08 ^b	487.10 ^b	458.83	483.37 ^a	503.63 ^a	471.63 ^a	544.70 ^a	495.64 ^a
T1	396.95 ^b	500.97 ^b	416.69	452.43 ^a	482.30 ^a	483.36 ^a	507.90 ^a	483.36 ^a
T2	621.52 ^a	633.78 ^a	532.97	408.69 ^b	419.89 ^b	427.36 ^a	441.23 ^b	466.83 ^{ab}
T3	311.07 ^c	342.55 ^c	363.35	319.07 ^c	338.28 ^c	340.95 ^b	345.75 ^c	449.76 ^b
S.E.M.	17.098	13.495	14.873	12.566	10.020	18.765	12.667	9.795
<i>p</i> value	0.0001	0.0001	0.0003	0.0001	0.0001	0.0026	0.0001	0.0477
NH ₃ -Nconcentration(mg/100mL)								
Control	0.52 ^b	1.29 ^b	0.23 ^b	0.65 ^b	0.46 ^c	1.25 ^b	1.04 ^b	3.63
T1	1.32 ^{ab}	3.07 ^{ab}	0.76 ^b	0.76 ^b	1.74 ^b	1.09 ^b	1.10 ^b	5.54
T2	1.05 ^b	4.06 ^a	2.47 ^a	1.55 ^a	3.19 ^a	3.93 ^a	4.4 ^a	12.98
T3	2.34 ^a	3.47 ^{ab}	2.81 ^a	1.66 ^a	1.79 ^b	1.51 ^b	2.11 ^{ab}	4.03
S.E.M.	0.321	0.700	0.481	0.156	0.271	0.185	0.893	2.879
<i>p</i> value	0.0220	0.1008	0.0131	0.0031	0.0008	0.0001	0.0896	0.1539

^{a,b}Mean with different letter differ significantly between treatments ($p < 0.05$).

S.E.M. = standard error of the mean

Control: Basic TMR, T1: 배추·무 부산물로 대체한 세미 TMR, T2: 배추·무 부산물원
 물, T3: 배추·무 부산물 + 귀리박 사일리지(15일 상온보관)

실험 4. 배추·무 부산물 원물 및 배추·무 부산물을 활용한 사료 2종에 대한 *in sacco* 평가가. 재료 및 방법

(1) *In sacco* 시험 준비

In sacco 시험을 위하여 반추위에 cannulae가 장착된 2년생 한우 번식암소를 사용하였다. 본 시험은 nylon bag technique (Mehrez 와 Orskov, 1977)에 의거하여 pore size는 40 μ m이고, 10×20 cm 크기의 nylon bag에 3.0 g 정도의 시료를 넣고 입구를 봉하여 준비하였다. 준비된 nylon bag은 pore size가 큰 세탁망에 넣어 공시축의 cannula를 통하여 반추위에 깊숙이 넣어 3, 6, 12, 24, 48 시간 방치하였고, 시간대 별로 nylon bag을 회수하였다. 회수한 nylon bag은 1차 세척은 PBS buffer를 이용하여 pH변화를 최소화 하였고, 2차 세척은 흐르는 증류수를 이용하여 맑은 증류수가 나올 때까지 실시한 뒤 60℃ dry oven에서 72시간 동안 건조하여 건물소실율을 측정하였다. (그림 3-10)



그림 3-10. *In sacco* 시험 준비

(2) 실험 설계

배추·무 부산물을 활용한 세미TMR과 사일리지의 사료가치평가를 위하여 본 실험을

실시하였다. 대조구로는 기본원료사료(옥수수, 대두박, 티모시, 볏짚)을 혼합한 Basic TMR을 사용하였으며, 시험구에는 배추·무 부산물원물, 배추·무 부산물로 대체한 세미TMR, 배추·무 부산물 + 귀리박 15일 제조 사일리지이며, 4처리 3반복으로 사료가 치평가를 위한 in sacco 시험을 실시하였다.

<결과>

- 건물소실율 변화

In sacco 시험 결과 건물 소실율은 시간이 증가할수록 증가하는 양상을 나타내었다(그림 3-11). 3시간대는 T2 처리구가 유의적으로 가장 높은 건물소실율을 나타내었다($p < 0.05$)(표 3-11). 6시간대는 모든 처리구가 유의적으로 차이가 나타났으며, 가장 높은 건물 소실율은 T2처리구로 나타났다. 12시간대부터는 Control 과 T1 처리구는 건물소실율이 차이가 없었으며, T2 처리구에서는 대조구에 비해 유의적으로 높은 결과를 나타내었다($p < 0.05$). T3 처리구는 대조구에 비해 유의적으로 가장 낮은 건물 소실율을 나타내었다($p < 0.05$). 건물 소실율을 분석한 결과 모든 시간대에서 T2 처리구인 배추·무 부산물 원물이 유의적으로 가장 높은 건물 소실율을 보였으며, T3 처리구인 배추·무 부산물을 활용한 15일 사일리지가 가장 낮은 건물 소실율을 보였다. 시험 6시간을 제외한 3, 12, 24 그리고 48시간대 샘플 모두 Control(Basic TMR)과 T1(세미TMR: 배추·무 부산물 대체) 건물소실율에 차이가 없었다. 실험 2 in vitro 반추위 내 미생물 발효 특성 시험에서 T3처리구(배추·무부산물 사일리지)에서 모든 배양시간대에서 건물 소화율이 가장 낮은 결과를 나타내었으며, 이와 같은 결과는 건물소실율과 비슷한 경향을 나타내었다. 건물소화율과 건물소실율이 배추·무부산물 사일리지에서 낮았던 결과는 실험 1의 사료성분분석 결과와 같이 시험사료 내 NDF함량이 높았기 때문으로 사료된다. 따라서, 귀리박과 배추·무부산물 사일리지는 반추가축 조사료 대체 사료원으로 가능성이 높으며, 향후 귀리박 외에 저질조사료원과 건물함량이 높은 사료원에 대한 사료가치 평가가 시행되어야 할 것으로 사료된다.

본 시험은 김치공장에서 발생되어지는 배추·무 부산물을 활용하여 시험 제조된 세미TMR과 원물을 활용하여 in vitro 시험 및 in sacco을 실시하여 반추위 내 미생물 발효 특성을 검증하기 위해서 실시하였다. 본 시험에 대조구로 사용된 basic TMR과 배추를 사용한 대체 세미TMR의 시험 결과는 두 처리구간의 반추위 내 미생물 발효 특성에 통계적으로 유의한 차이가 발생하지 않았다. 그렇기 때문에 배추 부산물을 대체하여 배합된 세미TMR의 축우용 사료로 가치가 있을 것으로 사료된다.

표 3-11. *In sacco* rumen fermentation characteristics using cabbage by products

Items	Incubation time (h)				
	3	6	12	24	48
Dry matter disappearance rate (%)					
Control	30.23 ^b	40.04 ^c	46.03 ^b	63.08 ^b	70.07 ^b
T1	30.4 ^b	47.44 ^b	56.39 ^b	74.01 ^b	74.76 ^b
T2	54.18 ^a	63.77 ^a	71.6 ^a	89.81 ^a	92.58 ^a
T3	16.94 ^b	23.76 ^d	22.99 ^c	28.2 ^c	33.44 ^c
S.E.M.	4.5344	0.9725	0.0003	3.9771	2.5339
<i>p</i> value	0.0033	0.0001	3.6078	0.0001	0.0002

Control: Basic TMR, T1: 배추 · 무 부산물로 대체한 세미 TMR, T2: 배추 · 무 부산물원물, T3: 배추 · 무 부산물 + 귀리박 사일리지(15일 상온보관)

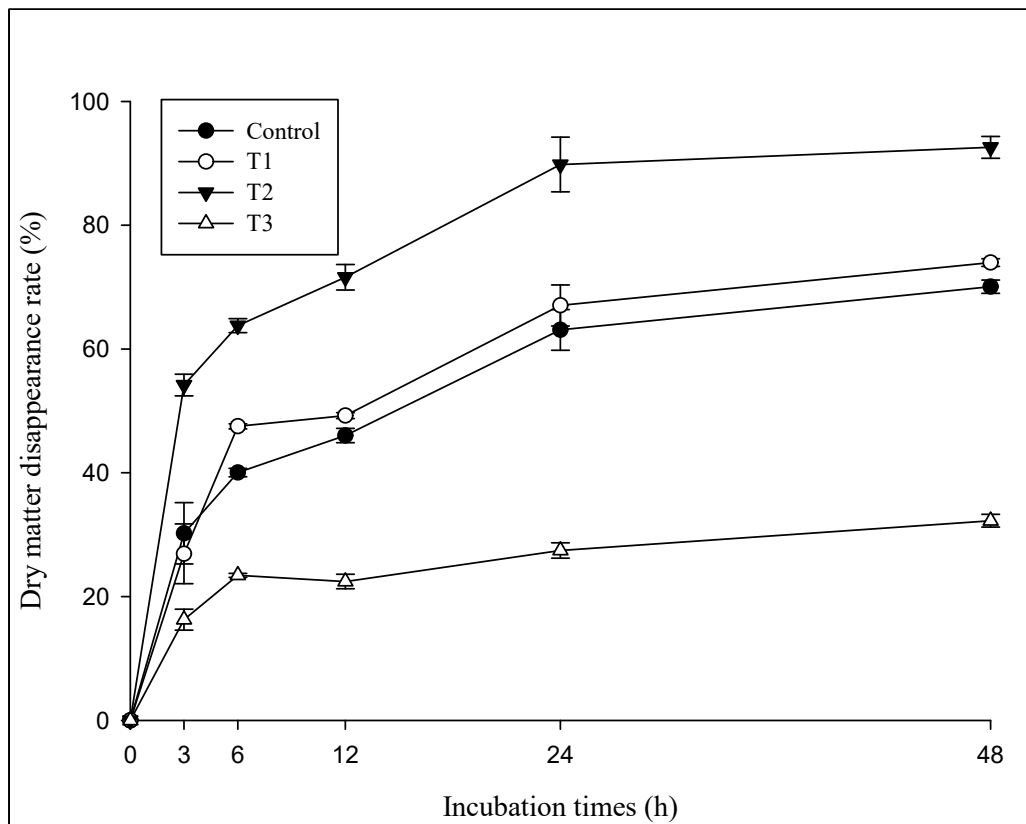


그림 3-11. Change of dry matter digestibility on ruminal fermentation *in vitro* with control and treatments during 24 h incubation times.

Control: Basic TMR, T1: 배추 · 무 부산물로 대체한 세미 TMR, T2: 배추 · 무 부산물원물, T3: 배추 · 무 부산물 + 귀리박 사일리지(15일 상온보관)

□ 배추·무 부산물의 저장기간에 따른 갈변화 저감 기술 개발

1. 배추·무 부산물의 품질 보존제 및 저온저장에 따른 갈변화 방지효과 규명

- 배추·무 부산물 사료제조 단계중 일정기간 보관단계는 불가피하며, 이에 따른 품질변화를 최소화해야 한다. 배추·무 부산물 갈변화 현상은 최종 TMR사료원으로써 배추와 무 껍질의 청색도를 감소시켜 티모시 건초와 같은 미관상의 신선도를 감소시킬 수 있다. 따라서 배추 저장성 개선을 위해 저장온도 및 보존용액 침지처리 등에 관한 연구들이 보고되고 있다. (Kim, 1997; Kim, 2000) 가공단계에 따른 부산물들은 여러 가지 생리적인 변화속도가 빨라지고 미생물에 대한 저항성을 저하되어 본래 채소에 비하여 호흡률이 증가하며 품질의 열화 즉, 갈변화가 빠르고 저장기간이 짧아지는 단점이 있어 적절한 기술 개발이 요구된다. (Kim, 1996; Jeong, 2006)



<그림 3-12. 배추·무 부산물의 1차 가공 후 갈변화 현상>

- 이러한 배추·무부산물의 갈변화 현상을 방지하기 위해 배추와 무를 절단한 후 여러 가지 생리적 변화속도를 낮추고 저장수명을 연장하기 위해서는 냉장온도(4℃)에서 유통시켜야 하며(Kim, 1996), 이는 효소의 불활성화를 통한 효소적 갈변화 반응을 지연시킬 수 있다. (Lee, 1987)
- 따라서, 이러한 갈변화 방지를 위해 품질 보존제로서 calcium chloride의 calcium은 식물체내에서 성숙과 노화를 지연시키어, 과신품질의 향상, α -amylase 활성의 증가, 광합성, 세포분열 및 세포 신장을 촉진한다. (Poovaiah, 1985) 또한 세포벽 성분 중에서 펙틴 사슬에 Calcium이 이온결합을 하게 되면 세포벽 붕괴가 억제되어 연화가 지연되는 특징 (Park, 1999)을 이용하여 배추·무부산물의 사료가치를 향상시키기 위해 갈변화 방지를 위한 시험을 실시하였다.

가. 품질 보존제(CaCl₂, NaCl) 및 저온저장에 따른 갈변화도 측정 실험

실험 1. 배추 부산물의 갈변화도 측정 실험

(1) 재료 및 방법

- 2% Calcium chloride와 2% Sodium chloride처리

실험에 사용된 배추는 구입하여 가공과정에 따른 부산물을 사용한 실험을 위하여 품질이 다소 저하된 겉면만을 절단하여 사용하였다. 품질보존제로 이용된 시약은 2% Calcium chloride와 2% Sodium chloride를 사용하였다.

준비된 절단배추를 2% Calcium chloride, 2% Sodium chloride 용액에 1분 침지 후 꺼내어 30℃ dry oven에서 건조하였다. 건조된 각각의 처리구를 10g씩 petri dish에 넣고 상온(25℃)와 저온(4℃)에서 저장하였고, 최대 품질 유지 기간을 7일이라 간주하여 3, 5, 7일 갈변화도를 조사하였다.

- 갈변화도 분석

Warmbier의 방법에 따라 시료 4g에 증류수 40 mL을 가하여 24시간 교반한 다음 원심분리 후 상층액을 갈변화도 측정에 이용하였으며, spectrophotometer (Spectrouc PC system 4D-5210, Thermo scientific, USA)를 이용하여 측정하였다.

- 실험 설계

배추·무 부산물의 갈변화 방지 방안을 규명하기 위하여 본 시험을 실시하였으며, 대조구로는 상온보관한 절단배추로 하였으며, 시험구에는 절단배추를 상온보관 및 2% Calcium chloride(T1), 상온보관 및 2% Sodium chloride(T2), 저온보관(T3), 저온보관 및 2% Calcium chloride(T4), 저온보관 및 2% Sodium chloride(T5), 6처리 3반복으로 7일 동안 갈변화 실험을 실시하였으며, 갈변화도 측정은 3, 5, 7일 실시하였다.

(2) 결과

3, 5, 7일 측정된 갈변화도의 결과는 각각 그림 3, 4, 5 와 같다. 거의 모든 처리구는 시간이 경과함에 따라 갈변화도가 증가하는 경향이 나타났다. 배추·무 부산물 사료제조에 있어서 일정기간 보관단계는 불가피하기 때문에, 품질변화를 나타내는 갈변화도의 측정은 매우 중요하다. 3일 경과 후 측정된 갈변화도(그림 3-13)에서는 상온에서의 2% CaCl₂, 2% NaCl 처리구는 대조구에 비해 높은 값이 나타났다. 반면 저온에서의 2% NaCl 처리구를 제외한 모든 처리구는 Control보다 낮은 값이 나타났다. 하지만 각각의 처리에 대한 저온의 갈변화 저감 효과는 나타난 것으로 보인다. 5일 경과 후 측정된 갈변화도(그림 3-14)와 7일 경과 후 측정된 갈변화도(그림 3-15)에서는 상온에서의 2% CaCl₂, 2% NaCl 처리구는 대조구에 비해 낮은 수준을 나타냈다. 저온에서도 2% CaCl₂, 2% NaCl 처리구는 대조구에 비해 낮은 수준을 나타내었으며, 또한 각각의 처리에 대한 저온처리에 의한 갈변화 저감 효과가 높아지는 결과를 타나였다. 따라서, 저온처리에 의한 배추의 갈변화 저감 효과는 전체 시험기 기간으로 동안 갈변화도가 낮아지

는 것을 확인하였다. 이와 같은 결과는 낮은 온도에서 효소의 불활성화가 일어나기 때문에 효소적 갈변화반응이 지연되는 것으로 보인다. (Lee, 1987) 그리고 품질보존제는 2% CaCl₂의 처리가 2% NaCl처리보다 갈변화 저감 효과가 다소 높은 것으로 나타났다. 이는 CaCl₂가 효소적 갈변화 반응을 저해하는 역할을 한다는 것으로 보인다. Calcium은 절단된 배추의 세포벽을 강화시켜 갈변정도를 나타내는 polyphenol oxidase(PPO) 및 기질의 유출을 적게하여 효소적 갈변을 감소시키는 것으로 사료된다(Sapers, 1992).

따라서, 배추·무 부산물의 갈변화 현상을 감소시키기 위해 부산물 생산 시 저온저장에 의한 보관과 2% CaCl₂처리에 의한 갈변화 방지에 의한 배추·무 부산물의 녹색도 향상은 반추가축 사료제조에 유리할 것으로 사료된다.

이와 같은 결과는 향후 한우와 젓소를 이용한 시험 시 TMR사료 제조 시 농가현장에서 사료 품질을 평가하는데 배추·무부산물의 녹색도 유지에 의한 선호도를 증진시킬 수 있으며, 특히 배추·무부산물의 사료가치를 보존 시키는 역할을 할 것으로 사료된다.

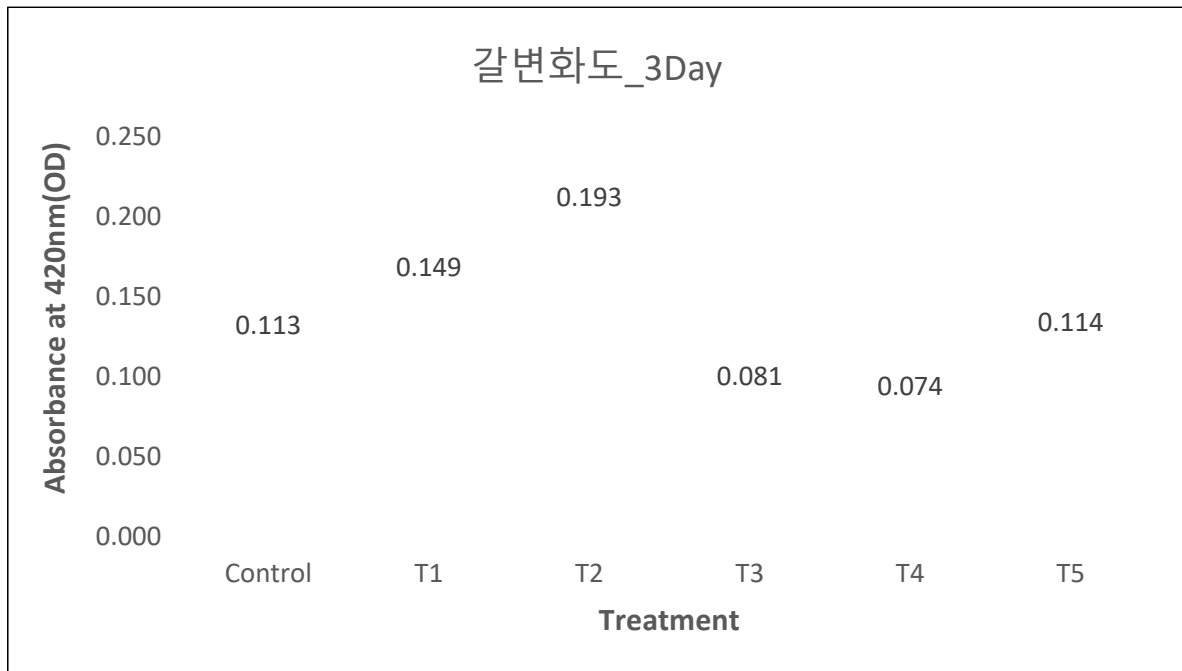


그림 3-13. 3일 보관 갈변화도

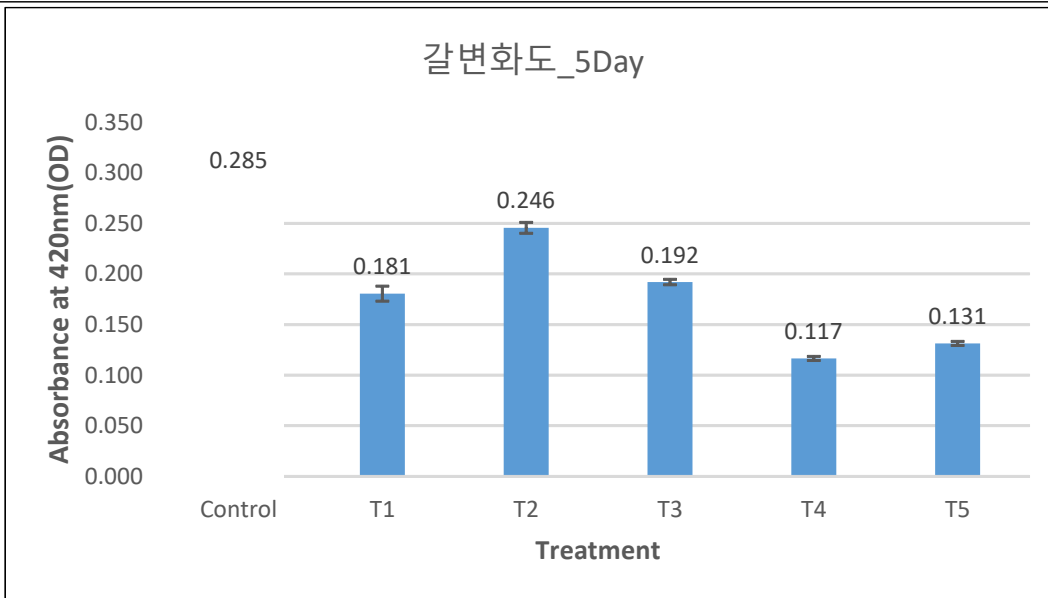


그림 3-14. 5일 보관 갈변화도

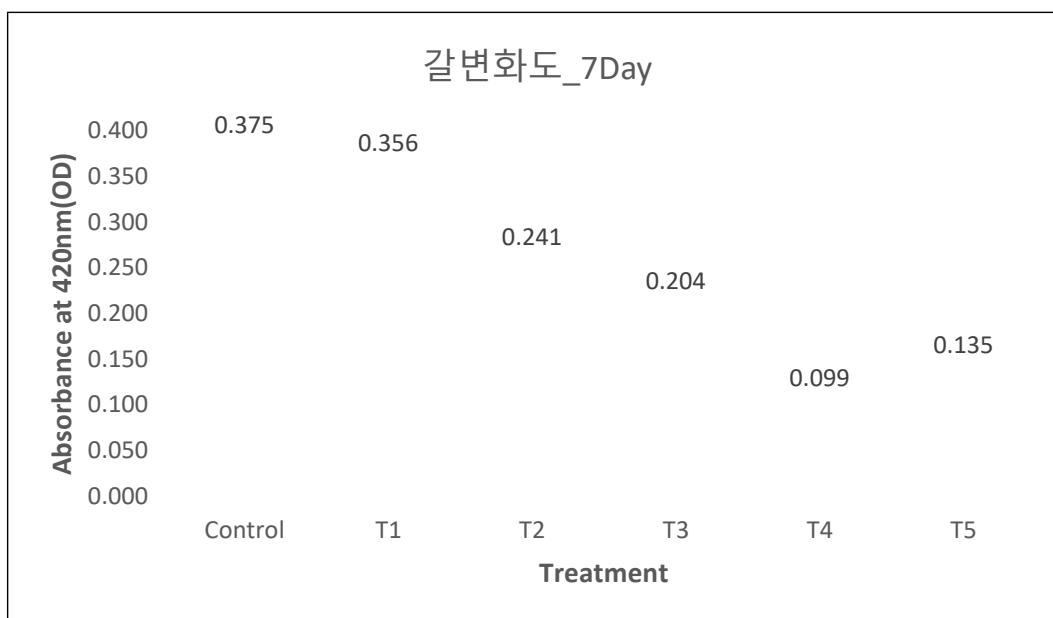


그림 15. 7일 보관 갈변화도

실험 2. 배추·무 부산물 사일리지의 갈변화 실험

(1) 재료 및 방법

- 실험 재료

실험에 사용된 시료는 배추·무 부산물을 귀리박과 혼합하여 제조하였으며, 저장 기간은 15일인 사일리지이다.

- 저장기간

각각의 처리구를 10g씩 petri dish에 넣고 상온(25℃)와 저온(4℃)에서 저장하였고,

최대 품질 유지 기간을 7일이라 간주하여 3, 5, 7일 갈변화도를 조사하였다.

- 갈변화도 분석

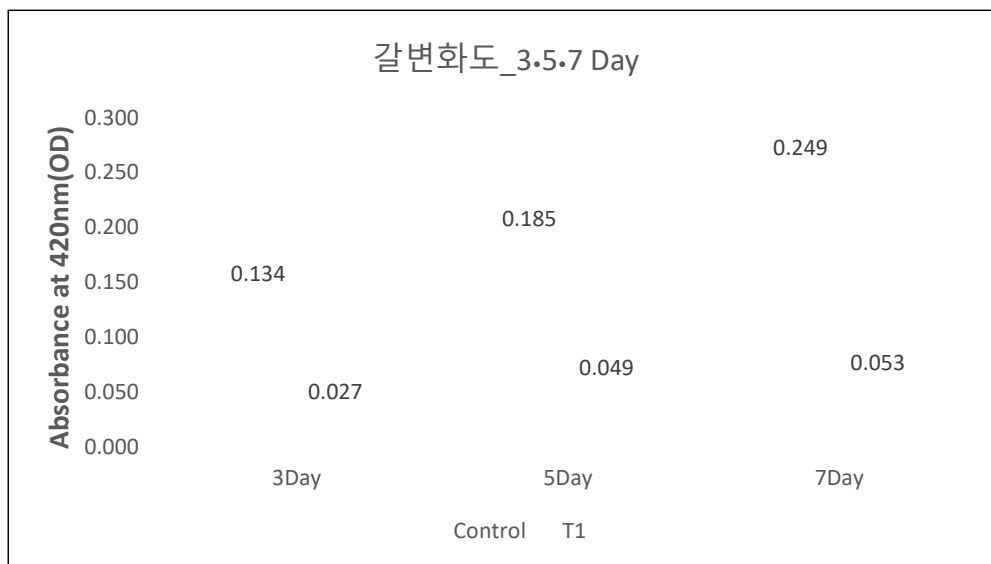
Warmbier의 방법에 따라 시료 4g에 증류수 40mL을 가하여 24시간 교반한 다음 원심분리 후 상층액을 갈변화도 측정에 이용하였으며, spectrophotometer (Spectrouc PC system 4D-5210, Thermo scientific, USA)를 이용하여 측정하였다.

- 실험 설계

배추·무 부산물을 활용한 사일리지의 갈변화 방지 방안을 규명하기 위하여 본 시험을 실시하였으며, 대조구로는 상온보관한 사일리지로 하였으며, 시험구에는 저온보관(T1)으로 2처리 3반복으로 7일 동안 갈변화 실험을 실시하였으며, 갈변화도 측정은 3, 5, 7일 실시하였다.

(2) 결과

배추·무부산물 사일리지의 3, 5, 7일 측정된 갈변화도의 결과는 그림 3-16 과 같다. 모든 처리구는 시간이 경과함에 따라 갈변화도가 증가하는 경향이 나타났다. 본 결과들을 미루어 보아 저온에 대한 갈변화 저감 효과는 모든 보관 기간으로부터 확인되었으며, 이는 낮은 온도에서 효소의 불활성화가 일어나기 때문에 효소적 갈변화반응이 지연되는 것으로 보인다. (Lee, 1987)



<그림 3-16. 3·5·7일 보관 갈변화도>

□ 최종 TMR개발에 따른 한우 및 젖소의 사양시험 성적을 통한 경제성 분석

1. 배추·무 부산물이 혼합된 semi-TMR 사료원 개발

가. 배추·무 부산물과 연맥 및 비트펄프를 이용한 semi-TMR 제조

배추·무 부산물을 활용한 사일리지를 조제하기 위해 연맥과 비트펄프를 이용하였으며, 배추·무 부산물 80%와 각 연맥과 비트펄프를 20%씩 첨가하여 혼합하였다. 혼합된 두 semi-TMR사료원[배추·무 부산물(80%)+연맥(20%), 배추·무 부산물(80%)+비트펄프(20%)]은 수분함량을 배추·무 부산물(80%)+연맥(20%)이 65.5%이었으며, 배추·무 부산물(80%)+비트펄프(20%)가 59.3%를 나타내었다. 각 semi-TMR 제조시 유용미생물첨가제(*Lactobacillus plantanum*, 2.0×10^{10} cfu/g 이상)를 액상상태로 희석하여 사일리지 조제 시 분무기를 이용하여 섞어 주었으며, 유용미생물 첨가량은 semi-TMR 건물기준으로 2%가 되게 하였다(그림 4).



그림 4. 배추·무 부산물과 연맥을 이용한 semi-TMR제조.

각 배추·무 부산물+연맥과 배추·무 부산물+비트펄프는 혼합과 동시에 2겹의 비닐백에 넣어 진압한 후 진공펌프를 이용하여 비닐백 내 공기를 최대한 제거 후 밀봉하였다. 비닐백 포장이 끝난 각 사일리지는 진공밀폐용기 넣어 다시 한 번 진공펌프를 이용하여 진공상태를 유지시켰다. 제조가 끝난 각 사일리지는 상온조건에서 0, 1, 3, 5, 7, 14일 동안 보관하여 각 배추·무 부산물을 활용한 semi-TMR의 사료가치 평가를 위해 샘플링을 실시하였다(그림 5).



그림 5. 배추·무 부산물과 연맥을 이용한 semi-TMR 보관을 위한 진공포장

나. 배추·무 부산물 함유 TMR 사료 개발

(1) 배추·무 부산물을 활용한 4종 반추가축용 TMR 사료 제조

(가) 공시 시험사료 제조

축우용 TMR을 제조하기 위한 기본 원료사료로 대두박, 분쇄옥수수, 비트펄프, 전지면실, 연맥건초, 톨페스큐, 티모시건초, 알팔파건초를 선정하였으며, 대체할 사료원으로 Control(옥수수사일리지), T1(벧짚사일리지), T2(배추·무 부산물+연맥 14일 발효 사일리지), T3(배추·무 부산물+비트펄프 14일 발효 사일리지)을 선정하였다.

(나) 배추·무 부산물과 시험 사료원을 이용한 젖소용 TMR사료 제조

기본원료사료(옥수수, 대두박, 티모시, 벧짚)을 이용하여 NRC사양표준(2001)의 요구량을 맞춘 TMR을 제조하였으며(표 3-4), TDN의 산출 방식은 $[TDN (\%) = tdNFC (\%) + tdCP (\%) + \{tdFat (\%) \times 2.25\} - 7, *td = \text{total digestible values}]$ 을 이용하여 계산하였으며, 4종의 TMR사료 배합비를 개발하였다(표 4, 5, 6, 7).

또한 기본원료사료(옥수수, 대두박, 티모시, 벧짚)을 주원료로 이용한 TMR사료에 대한 일반성분 분석은 표 8, 9, 10, 11과 같다.

표 4. 옥수수 사일리지를 주원료로 이용한 TMR사료 배합비(Control)

사료원	원물(수분포함), %	건물기준, %
분쇄옥수수	23.8	11.8
대두박	10.2	26.9
비트펄프	8.5	9.7
전지면실	8.5	10.0
연맥건초	7.5	9.0
톨페스큐	6.8	8.0
티모시건초	6.8	8.1
알팔파건초	7.5	8.7
옥수수사일리지	20.4	7.8

표 5. 벧짚사일리지를 주원료로 이용한 TMR사료 배합비(T1)

사료원	원물(수분포함), %	건물기준, %
분쇄옥수수	11.6	11.9
대두박	28.6	28.8
비트펄프	7.2	7.3
전지면실	10.8	11.4
연맥건초	8.7	9.4
톨페스큐	7.6	8.0
티모시건초	9.9	10.5
알팔파건초	4.9	5.1
벧짚사일리지	10.6	7.5

표 6. 배추·무 부산물+연맥 사일리지를 주원료로 이용한 TMR사료 배합비(T3)

사료원	원물(수분포함), %	건물기준, %
분쇄옥수수	9.8	10.7
대두박	26.6	28.4
비트펄프	9.0	9.7
전지면실	9.0	10.0
연맥건초	7.9	9.0
틀페스큐	8.6	9.6
티모시건초	6.8	7.7
알팔파건초	7.9	8.7
배추·무부산물+ 연맥 사일리지	14.4	6.2

표 7. 배추·무 부산물+비트펄프 사일리지를 주원료로 이용한 TMR사료 배합비

사료원	원물(수분포함), %	건물기준, %
분쇄옥수수	9.7	10.9
대두박	23.8	26.1
비트펄프	7.7	8.5
전지면실	8.9	10.2
연맥건초	8.2	9.6
틀페스큐	8.0	9.2
티모시건초	9.3	10.7
알팔파건초	7.0	7.9
배추·무부산물+ 비트펄프 사일리지	17.5	6.9

표 8. 옥수수 사일리지를 주원료로 이용한 TMR사료의 일반성분

(건물기준)

항목	옥수수 사일리지 주원료 TMR사료
DM (%)	76.0
CP (%)	14.5
RUP(%)	5.2
EE (%)	4.3
NDF (%)	44.4
e-NDF (%)	30.2
F-NDF (%)	23.4
NFC (%)	31.8
TDN (%)	49.0
Ca (%)	0.35
P (%)	0.34
Ca:P ratio	1.05

표 9. 벧짚 사일리지를 주원료로 이용한 TMR사료의 일반성분

(건물기준)

항목	벧짚사일리지 주원료 TMR사료
DM (%)	85.2
CP (%)	14.4
RUP(%)	5.3
EE (%)	4.5
NDF (%)	44.8
e-NDF (%)	30.0
F-NDF (%)	23.2
NFC (%)	31.8
TDN (%)	49.3
Ca (%)	0.31
P (%)	0.35
Ca:P ratio	0.89

표 10. 배추·무 부산물+연맥 사일리지를 주원료로 이용한 TMR사료의 일반성분

(건물기준)

항목	배추·무 부산물+연맥 사일리지 주원료 TMR사료
DM (%)	80.4
CP (%)	14.4
RUP(%)	5.1
EE (%)	4.2
NDF (%)	44.1
e-NDF (%)	31.2
F-NDF (%)	24.4
NFC (%)	32.4
TDN (%)	49.3
Ca (%)	0.35
P (%)	0.34
Ca:P ratio	1.05

표 11. 배추·무 부산물+비트펄프 사일리지를 주원료로 이용한 TMR사료의 일반성분

(건물기준)

항목	배추·무 부산물+비트펄프 사일리지 세미 TMR
DM (%)	78.2
CP (%)	14.4
RUP(%)	5.0
EE (%)	4.2
NDF (%)	44.9
e-NDF (%)	32.6
F-NDF (%)	26.1
NFC (%)	31.6
TDN (%)	48.6
Ca (%)	0.35
P (%)	0.34
Ca:P ratio	1.04

다. 배추·무의 전처리 후 TMR 제조를 위한 현장중심 연계시스템(가공, 보관, 운반) 개발

(1) 김치가공공장 이물질 HACCP 기준 적용에 의한 가공에 따른 이물질 제거

본 연구과제에 참여 및 국내 김치가공공장은 HACCP 인증기관으로 작업장 내 이물질 반입 제거에 대한 절차가 충분히 이루어지고 있다. 배추·무 부산물에 대한 안전성은 가공공장에서 생산되는 모든 가공식품에 대한 전체 처리공정에서 안전성 확보 및 검증에 의해 이루어지고 있다(그림 6, 7).

<김치원료의 안전성 확보>

- ◎ **농산물**
배추, 무, 마늘, 생강, 파, 부추 등 농산물 원재료에서 김치에 오염(혼입)될 수 있는 다양한 위해요소 확인 및 제거
 - 재배과정에서의 잔류농약, 중금속, 병원성 미생물, 곰팡이, 기생충(란)
 - 주위 환경으로부터의 곤충류, 애벌레, 나뭇잎, 이물질 등
 - 농작물의 부패에 따라 생길 수 있는 독소물질 등
- ◎ **고추가루**
건조 및 분쇄과정에서 흙, 먼지, 섯가루의 혼입과 탄저병에 의한 곰팡이가 오염 확인
- ◎ **젓갈류**
비위생적인 취급용기 사용에 의한 중금속이 오염과 어패류 원료에 병원성 미생물 등이 확인

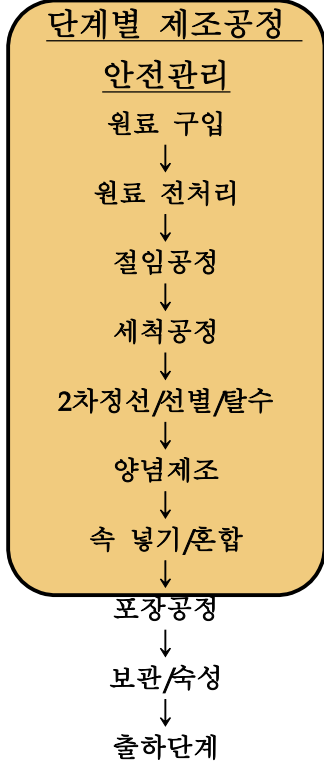
<기본 시설 및 설비>

- ◎ **작업장**
작업장은 청결구역과 일반구역으로 분리하여 운영됨
 - 작업장 모든 곳이 물청소가 가능하고 쉽게 배수가 이루어져 있음
 - 창문, 벽, 천정, 환기설비, 출입문 등은 외부로부터 위해생물의 침입이 차단되어 있음
 - 벽은 곰팡이 방지 및 청결을 유지하고 천정은 응축수가 생기지 않도록 유지 및 관리됨
 - 조명시설은 작업 특성을 고려하여 충분히 밝게 유지됨
 - 작업자가 쉽게 손을 씻을 수 있도록 설비가 되어 있음
- ◎ **제조설비**
자동세척기, 정선작업대, 구근류 전용 세척기, 청소용 고압세척기, 세척후 이물질 선별대, 용기 세척기 등이 보유하고 있음

그림 2 김치 가공공장의 식품안전성 확보를 위한 방안 및 기본 시설 설비.

- ◎ **포장재**
식품용 포장재료 사용에 의한 중금속, 내분비계장애 물질, 잔류용제 등이 위해요소 차단
- ◎ **기타**
- 취급 부주의로 인한 쥐와 같은 동물의 배설물과 제품포장의 불량 또는 파손으로 인한 위해미생물 오염과 이물질 혼입 차단
- 일부 수입소금에 고결방지제(시안화합물 등 독성물질)가 사용될 수 있는 요인 차단

- ◎ **위생시설 및 설비**
모발 제거기, 세족조(장화세척살균), 손 씻는 시설, 신속하고 위생적인 손 건조시설(또는 종이타올), 손소독기(주정알콜, 분무기), 청소도구 살균기, 앞치마, 장화 건조대, 장갑 소독고, 포충등, 방충, 방서(쥐뿔)시설 등이 갖추어져 있음



○ 원료 구입단계

- 원료는 생산자표시, 재배이력서, 원료의 검사성적서(잔류농약, 중금속 등) 등의 구입함
- 산지에서 흙, 뿌리, 오염된 외엽(잎) 등을 제거한 전처리된 농산물을 구입함.
- 전처리 된 원료 구입 불가능 시 흙과 물기 등이 제거 후 위생적인 용기로 운반 및 취급함



○ 원료 전처리단계

- 원재료를 보관은 냉장창고(10℃이하)를 이용하여 부패/변질 및 이물혼입을 방지함
- 부득이 흙이 묻어 있는 배추의 경우 외엽(잎)과 뿌리를 제거하고 사용 또는 저장



○ 절임과정

- 소금물(염수)은 식용에 적합한 소금과 물로 만들어(만든 것) 사용함
- 염수를 재사용할 때에는 변질로 이취가 나는 염수(pH 5.0이하)의 사용하지 않음.



○ 세척과정

- 자동세척기를 사용하여 3단 이상으로 세척하기를 권장합니다.
- 손으로 세척할 경우에는
 - 손가락으로 배추의 뿌리부분과 잎 사이를 골고루 벌려 잡고,
 - 흐르는 물이 사용되는 3단조 세척시설에서
 - 애벌세척(막 씻기) 1회, 재세척(다시 씻기) 1회, 행구기 1회를 각각 실시하여
 - 총 "3회" 이상 세척을 시행함
- 살균소독제를 사용할 경우 1단에 투입하여 세척 후에 소독제가 남아 있지 않도록 함



○ 2차정선/선별/탈수

- 1차 정선작업에서 고르지 못한 부분과 이물을 제거하고 탈수는 위생적인 장소에서 실시함
- 절임배추의 갈변이나 냄새(이취)를 방지를 위해 가능한 한 10℃ 이하의 냉장창고에서 실시함



○ 양념제조

- 야채류의 절단/분쇄 시 사용기계의 배출구에 자석을 부착하여 파손된 칼날 등을 혼입 방지함
- 포장된 원료의 개봉 파편의 발생이 우려되는 경우 포장의 개봉작업을 일반작업구역에서 실시함
- 제조된 양념을 운반하는 경우 운반용기가 작업장 바닥에 직접 닿지 않도록 받침판 사용함



○ 속냉기/혼합

- 절임 배추에 속 냉기를 하기 전에 배추의 뿌리 부분을 잡고 수차례 흔들어 털어 이물을 제거함
- 작업자는 청결하고 위생적인 장갑, 위생복, 위생모의 착용 등 개인위생관리를 철저히 함
- 작업 중 배추가 바닥에 떨어진 경우 상태에 따라 별도의 용기에 보관함
- 용기보관 후 위에 제시된 세척방법으로 3회 이상 세척한 후 사용 또는 폐기함



○ 포장과정

- 금속성 이물의 혼입을 방지하기 위하여 가능한 한 금속검출기 설치/사용
- 대량 포장단위 제품일 경우 생산과정에서 금속성 이물 혼입 방지에 대한 관리를 철저히 함



○ 보관/숙성

- 10℃이하의 냉장창고 또는 청결하고 구획된 위생적인 장소에서 보관/숙성함



○ 출하단계

- 제품 출하는 유통조건에 맞게 냉장차량을 이용하거나 위생적인 차량으로 인한 교차오염 방지함
- 자체 계획을 수립하여 철저한 자가품질검사 실시와 관리를 철저히 함

그림 7. 김치가공공장의 일반적인 단계별 제조 공정에 대한 안전관리.

라. 배추·무 부산물의 사료화 시 폐기비용 절감효과 분석

(1) 사료가치 평가에 의한 배추·무 부산물의 생산성 검증

(가) 사료가치계수 계산법 (Petersen's method of valuing feed)

대표적인 전분질사료와 단백질사료를 선정해서 기준으로 하고, 다른 사료의 TDN 및 가소화조단백질에 의한 상대적 가치를 산출해서 이를 기준으로 사료의 가격을 산출하는 방법이다. 무단백질 TDN 및 가소화조단백질 함량을 근거로 한 평가계수를 옥수수 계수, 대두박계수라 한다. 이 방법에 의해서 영양소 함량을 근거로 한 이론적 가격과 시장가격의 비교가 가능하므로 영양가를 기준으로 시장가격이 낮은 사료 급여가 가능하다. 기준이 되는 사료로서는 옥수수, 대두박으로 평가하였다.

■ 옥수수와 대두박계수에 의한 공식은 다음과 같다.

$$X = S \times S' + C \times C'$$

X: 구하고자 하는 적정 가격

S: 대두박의 시가

C: 옥수수의 시가

S': 구하고자하는 사료의 대두박의 계수

C': 구하고자하는 옥수수의 계수

각 15개 김치공장의 샘플을 이용하여 배추·무 부산물의 사료가치를 평가하였으며, 이 결과와 2015년 9월 원료사료 가격평가를 이용하여 배추·무 부산물의 사료가치계수를 평가하였다.

(나) 배추·무 부산물의 에너지 및 단백질의 상대적 가치 평가

배추·무 부산물 에너지 및 단백질의 상대적 가치 평가를 통한 사료가치계수 평가(대체효과)를 분석해 옥수수와 대두박(44%, 조단백질)의 현재 가격을 기준으로 하여 TMR사료화에 따른 사료가치계수는 옥수수 가치 계수로 배추부산물이 0.28, 무부산물이 0.18를 나타냈다. 대두박가치 계수로는 배추부산물이 대두박 가치 계수가 배추부산물이 0.14, 무부산물이 0.13을 나타내었다(표 12).

표 12. 섬유질부산물의 옥수수와 대두박 대비 사료가치계수 평가

사료원료	건물, %	옥수수 가치 계수	대두박 가치 계수
배추 부산물	10	0.28	0.14
무 부산물	10	0.18	0.13

(다) 옥수수분말을 기준으로 배추부산물(사료)의 사료가치계수는 계산해 보면,

분말 옥수수: 300,000원/톤

NEg=1.5 mcal/kg (사료기준)

옥수수 분말 톤당:

$4,400\text{kg} \times 1.5 \text{ mcal/kg} = 6,600 \text{ mcal NEg/톤}$

$(300,000\text{원/톤}) / 6,600 \text{ mcal NEg/톤} = 45.0\text{원/mcal of NEg}$

→ 배추부산물 측정 가치

NEg=0.28 mcal/kg (사료기준)

$4,400\text{kg} \times 0.28 \text{ mcal/kg} = 1,232 \text{ mcal NEg/톤}$

$1,232 \text{ mcal/톤} \times 4.50\text{원} = 5,544\text{원/톤}$ (사료내 에너지함량 기준)

따라서, 배추부산물의 옥수수 분말의 에너지 함량기준으로 보았을 때 사료 내 에너지 공급에 대한 비용은 톤당 5,544원의 사료가치가 있다. 이와 같은 결과는 반추가축 사료의 에너지 공급 수준으로 평가된 결과이며, 섬유소 공급 측면을 고려해 볼 때 대체 사료원으로써 배추부산물의 에너지 공급 비용 또한 감소 효과를 나타낼 수 있다.

(2) 기본 TMR사료 대비 배추·무 부산물 활용 semi-TMR사료의 경제성 분석

(가) 티모시, 옥수수 분말, 대두박 함량 대체 배추·무 부산물 함유 TMR사료 배합비

배추·무 부산물의 세미 TMR제조시 기본 TMR사료에 대한 경제성 분석은 표 13와 같다. 비유 중기 기본 TMR 사료원을 티모시, 벧짚, 분쇄 옥수수, 대두박 4종을 이용하여 배합비를 작성하였으며, 배추·무부산물 활용 세미 TMR은 기본 TMR 사료원 티모시와 옥수수 분말, 대두박을 배추·무 부산물을 대체하여 사료 배합비를 작성하였다.

(나) 생산성 검정

기본 TMR 생산원가는 9월 사료원료 평균 비용으로 계상 시 421,064원/톤이었으며, 기본 사료에 배추·무부산물을 대체하였을 경우 374,814원/톤 생산비용이 산출되었다. 해당 배추·무 부산물 함유 세미 TMR의 가격 산정은 인근 TMR 공장에서 위탁처리비용 톤당 85,000원이 포함된 금액이며, 톤당 기본 TMR대비 배추·무 부산물 세미 TMR 생산비용 차이는 46,250원/톤 대체효과를 나타내었다(표 13).

표 13. 배추·무 부산물 활용 세미 TMR 경제성

구분	대조구(Basic TMR)	배추·무 부산물 활용 세미 TMR
배추·무 부산물	-	- 2.6kg×85원 = 221원 (위탁처리비용: TMR사료 공장 운송 비용 등)
기본 원료	- 티모시: 4.5kg×580원=2,610원 - 볏짚: 4.5kg×240원=1,080원 - 분쇄옥수수: 6.5kg×300원=1,950원 - 대두박: 3.87kg×650원=2,516원	- 티모시: 4.3kg×580원=2,494원 - 볏짚: 4.5kg×240원=1,080원 - 분쇄옥수수: 5.5kg×300원=1,650원 - 대두박: 3.23kg×650원=2,100원
계	8,156원	7,545
사료비 절감액 (배합비 기준)	-	611원
생산비(톤)	421,064원	374,814원
대체효과(톤)		46,250원

배추·무 부산물+귀리박 혼합 사일리지 TMR제조시 기본 TMR사료에 대한 경제성 분석은 표 13과 같다. 비유 중기 기본 TMR 사료원을 티모시, 볏짚, 분쇄 옥수수, 대두박 4종을 이용하여 배합비를 작성하였으며, 배추·무 부산물+귀리박을 혼합 사일리지 TMR은 기본 TMR 사료원 티모시와 옥수수 분말, 대두박을 배추·무 부산물+귀리박을 혼합 사일리지로 대체하여 사료 배합비를 작성하였다.

기본 TMR 생산원가는 2015년 9월 사료원료 평균 비용으로 계상 시 421,064원/톤이었으며, 기본 사료에 배추·무부산물을 대체하였을 경우 389,830원/톤 생산비용이 산출되었다. 해당 배추·무 부산물 함유 세미 TMR의 가격 산정은 인근 TMR 공장에서 위탁처리비용 톤당 85,000원이 포함된 금액이며, 톤당 기본 TMR대비 배추·무 부산물 세미 TMR 생산비용 차이는 31,234원/톤 대체효과를 나타내었다(표 14).

표 14. 배추·무 부산물 활용 세미 TMR 경제성

구분	대조구(Basic TMR)	배추·무 부산물+귀리박 혼합 사일리지TMR
배추·무 부산물	-	1.24kg×85원= 105.4원
귀리박	-	0.9kg×215원= 193.5원
기본 원료	- 티모시: 4.5kg×580원=2,610원	- 티모시: 4.3kg×580원=2,494원
	- 벚짚: 4.5kg×240원=1,080원	- 벚짚: 4.2kg×240원=1,008원
	- 분쇄옥수수: 6.5kg×300원=1,950원	- 분쇄옥수수: 5.5kg×300원=1,650원
	- 대두박: 3.87kg×650원=2,516원	- 대두박: 3.23kg×650원=2,100원
계	8,156원	7,551원
사료비 절감액 (배합비 기준)	-	605원
생산비(톤)	421,064원	389,830원
대체효과(톤)		31,234원

마. 배추·무 부산물의 유해성분 분석 및 사료가치 평가

(1) 배추·무 부산물의 사료가치 평가 및 유해성분 분석

(가) 전국 29개 김치가공공장에서 생산된 배추·무 부산물의 유해성분 분석

배추·무 부산물의 잔류 농약 성분 분석은 Kim 등(2009)의 분배효율 측정을 이용하였으며, 유기용매층을 무수 황산나트륨층에 통과시켜 수분을 제거하고 40℃에서 감압 농축한 후 hexane 10 mL로 재용해 하였다. 분배추출액의 정제과정은 Kim 등(2010)의 방법에 따라 농축하였으며 Gas-chromatography (Agilent, 7890b, USA) 작동은 Kim 등(2009) 및 Kim 등(2010)이 사용한 조건과 승온 프로그램을 적용하여 분석을 실시하였으며, 사료원료로 사용하기 위한 배추·무 부산물 농약성분(Diazinob, Pendimethalin, etroxazole, glyphosate) 함량 분석결과 농약성분이 검출되지 않았다.

(나) 전국 29개 김치가공공장에서 생산된 배추·무 부산물의 일반성분 함량

참여업체 한울을 포함한 전국의 29개 업체를 무작위 선별하여 가공단계별 샘플 53종에 대하여 일반성분 분석을 완료하였다. (주)한울의 배추·무 부산물의 일반성분 분석 결과는 표 15와 같다. 또한 각 지역별 업체의 일반성분 분석 평균은 경기도 지역 업체의 배추 부산물 원물에 수분함량 평균은 92.28%이며, 조단백 14.74%, 조지방 0.24%, NDF 15.14%이다. 강원도 지역 업체는 수분함량의 평균이 90.93%, 조단백 16.17%, 조지방 0.34%, NDF 17.46%이다. 충청북도 지역 업체는 수분함량의 평균이 90.96%, 조단백 18.34%, 조지방 0.52%, NDF 18.89%이다. 충청남도 지역 업체는 수분함량의 평균이 91.13%, 조단백 14.53%, 조지방 0.4%, NDF 25.9%이다. 경상북도 지역 업체의 수분함량 평균은 91.43%, 조단백 15.26%, 조지방 0.8% NDF 18.87% 이며, 경상남도 지역 업체는 수분 88.28%, 조단백 18.91%, 조지방 1.13%, NDF 20.6%이다.

마지막으로 전라도 지역 업체는 수분 92.36%, 조지방 0.73%, NDF 30.73%이다.

본 연구에서 일반성분 분석을 통해서 볼 때 배추·무 부산물의 수분함량이 대부분의 지역에서 90% 이상을 차지하고 있는 것을 확인할 수 있었다. 또한 건물기준으로 조단백의 함량과 NDF의 함량이 비교적 높기에 TMR사료의 대체 원료로 적합한 것으로 판단된다.

표 15. 참여업체 [㈜한울] 배추·무 부산물(1차 처리)의 일반성분 함량(n=5)

Items	Concentration(%)
Water	87.52±0.07
CP	15.38±0.24
EE	1.370±0.19
Ash	18.94±0.08
NDF	16.04±0.74
ADF	12.37±0.12
NFC	48.27±0.38
Ca	0.87±0.02
P	0.55±0.01
Salt	7.04±0.05
TDN	32.04±0.31

바. 배추·무 부산물의 저장기간에 따른 갈변화 저감 방안

(1) 배추·무 부산물의 품질 보존제 및 저온저장에 따른 갈변화 방지효과

(가) 배추·무 부산물의 갈변화 방지 필요성

배추·무 부산물 사료제조 단계중 일정기간 보관단계는 불가피하며, 이에 따른 품질변화를 최소화해야 한다. 그림 3과 같이 배추·무 부산물 갈변화 현상은 최종 TMR사료 원으로써 배추와 무껍질의 청색도를 감소시켜 티모시 건초와 같은 미관상의 신선도를 감소시킬 수 있다. 따라서 배추 저장성 개선을 위해 저장온도 및 보존용액 침지처리 등에 관한 연구들이 보고되고 있다. (Kim, 1997; Kim, 2000) 가공단계에 따른 부산물들은 여러 가지 생리적인 변화속도가 빨라지고 미생물에 대한 저항성을 저하되어 본래 채소에 비하여 호흡률이 증가하며 품질의 열화 즉, 갈변화가 빠르고 저장기간이 짧아지는 단점이 있어 적절한 기술 개발이 요구된다(Kim, 1996; Jeong, 2006).



그림 8. 배추·무 부산물의 1차 가공 후 갈변화 현상

(나) 품질 보존제(CaCl_2 , NaCl) 및 저온저장에 따른 갈변화도 측정

배추·무 부산물의 갈변화 방지 방안을 규명하기 위하여 본 시험을 실시하였으며, 대조구로는 상온보관한 절단배추로 하였으며, 시험구에는 절단배추를 상온보관 및 2% Calcium chloride(T1), 상온보관 및 2% Sodium chloride(T2), 저온보관(T3), 저온보관 및 2% Calcium chloride(T4), 저온보관 및 2% Sodium chloride(T5), 6처리 3반복으로 7일 동안 갈변화 실험을 실시하였으며, 갈변화도 측정은 3, 5, 7일 실시하였으며 결과는 그림 9, 10, 11과 같다.

배추·무 부산물의 갈변화 현상을 감소시키기 위해 부산물 생산 시 저온저장에 의한 보관과 2% CaCl_2 처리에 의한 갈변화 방지에 의한 배추·무 부산물의 녹색도 향상은 반추가축 사료제조에 유리할 것으로 사료된다.

이와 같은 결과는 향후 한우와 젖소를 이용한 시험 시 TMR사료 제조 시 농가현장에서 사료 품질을 평가하는데 배추·무부산물의 녹색도 유지에 의한 선호도를 증진시킬 수 있으며, 특히 배추·무부산물의 사료가치 보존에 중요하다.

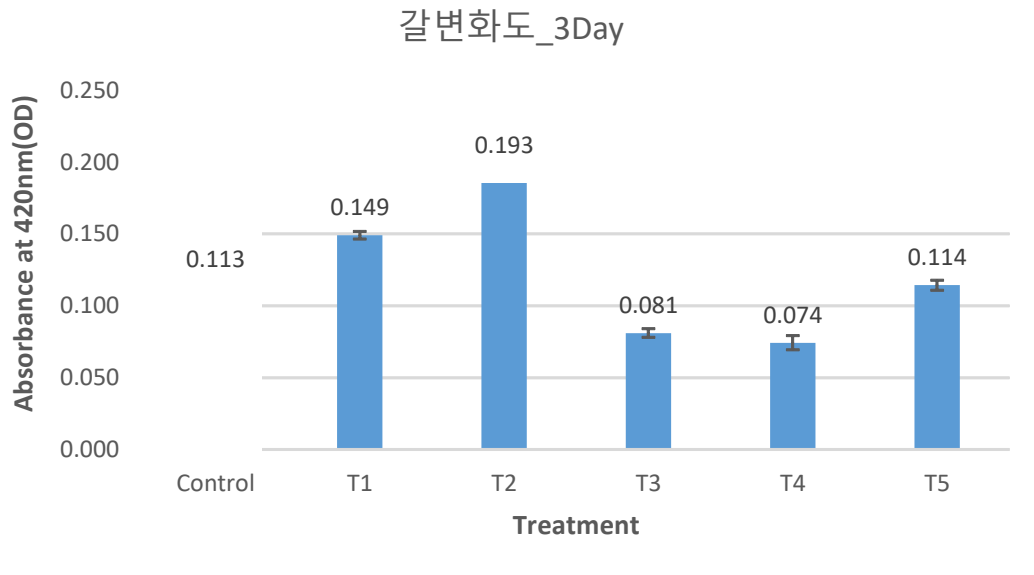


그림 9. 배추·무 부산물 3일 보관에 따른 갈변화도. 상온보관(Control) 및 2% Calcium chloride(T1), 상온보관 및 2% Sodium chloride(T2), 저온보관(T3), 저온보관 및 2% Calcium chloride(T4), 저온보관 및 2% Sodium chloride(T5).

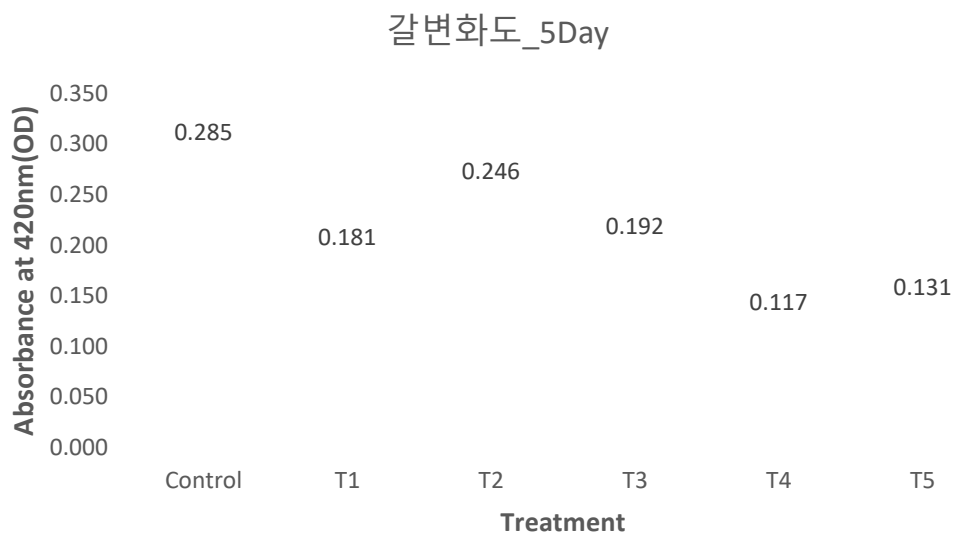


그림 10. 배추·무 부산물 7일 보관에 따른 갈변화도. 상온보관(Control) 및 2% Calcium chloride(T1), 상온보관 및 2% Sodium chloride(T2), 저온보관(T3), 저온보관 및 2% Calcium chloride(T4), 저온보관 및 2% Sodium chloride(T5).

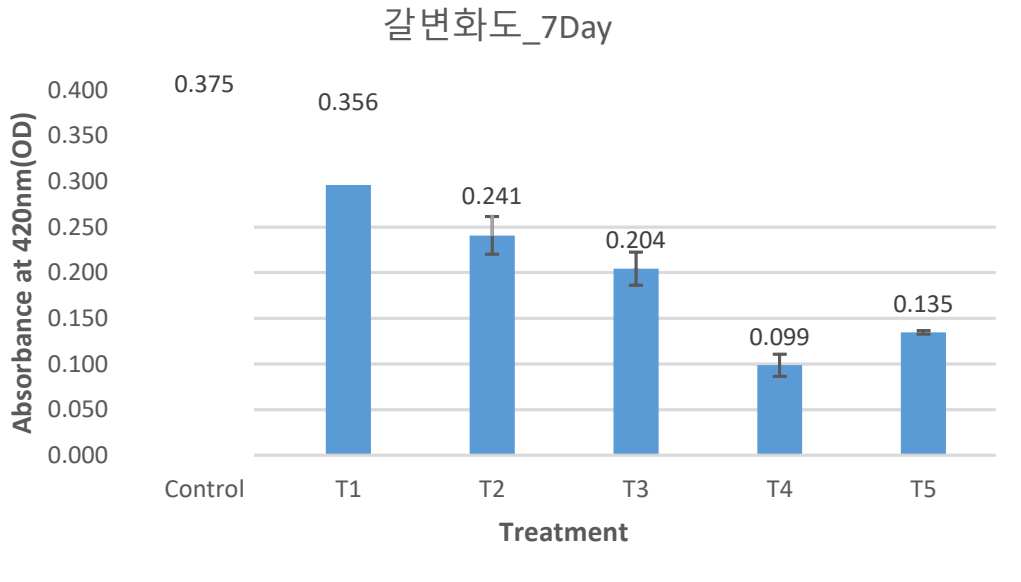


그림 11. 배추·무 부산물 5일 보관에 따른 갈변화도. 상온보관(Control) 및 2% Calcium chloride(T1), 상온보관 및 2% Sodium chloride(T2), 저온보관(T3), 저온보관 및 2% Calcium chloride(T4), 저온보관 및 2% Sodium chloride(T5).

(다) 배추·무 부산물 사일리지의 갈변화

- 실험 재료

실험에 사용된 시료는 배추·무 부산물을 귀리박과 혼합하여 제조하였으며, 저장 기간은 15일인 사일리지를 이용하였다. 각각의 처리구를 10g씩 petri dish에 넣고 상온(25℃)와 저온(4℃)에서 저장하였고, 최대 품질 유지 기간을 7일이라 간주하여 3, 5, 7일 갈변화도를 조사하였다.

- 실험 설계

배추·무 부산물을 활용한 사일리지의 갈변화 방지 방안을 규명하기 위하여 본 실험을 실시하였으며, 대조구로는 상온보관한 사일리지로 하였으며, 시험구에는 저온보관(T1)으로 2처리 3반복으로 7일 동안 갈변화 실험을 실시하였으며, 갈변화도 측정은 3, 5, 7일 실시하였다.

- 결과

배추·무부산물 사일리지의 3, 5, 7일 측정된 갈변화도의 결과는 그림 12와 같다. 모든 처리구는 시간이 경과함에 따라 갈변화도가 증가하는 경향이 나타났다. 본 결과들을 미루어 보아 저온에 대한 갈변화 저감 효과는 모든 보관 기간으로부터 확인되

였으며, 이는 낮은 온도에서 효소의 불활성화가 일어나기 때문에 효소적 갈변화반응이 지연되는 결과를 나타내었다(그림 12).

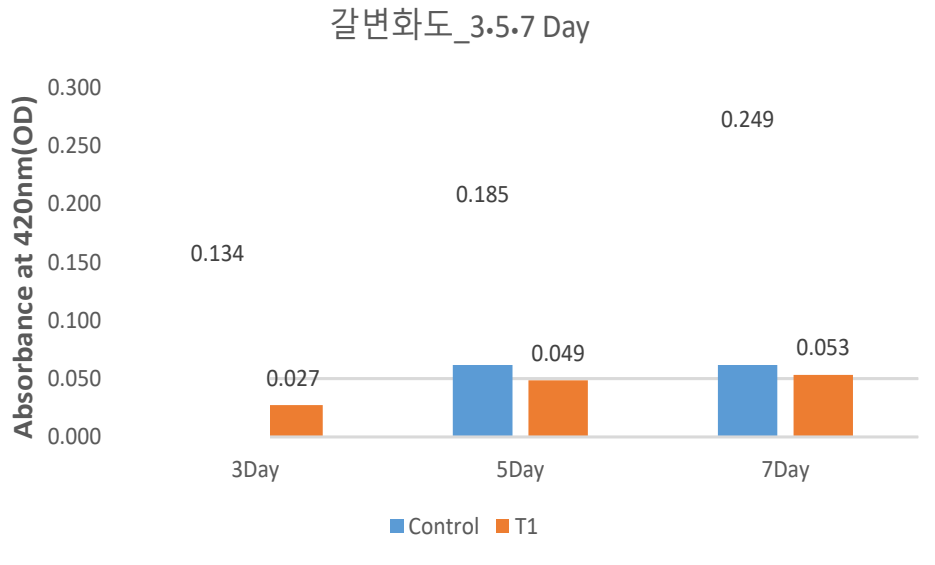


그림 12. 배추·무 부산물+귀리박 사일리지의 3, 5, 7일 보관에 따른 갈변화도. 상온보관(25℃, Control) 및 저온보관(4℃, T1).

□ 한우를 이용한 개발사료 급여에 따른 *in vivo* 반추위 내 미생물 발효특성 검정

1. 반추위 내 parameter 측정 및 반추위 미생물 군집 분석

가. DGGE(Denaturing gradient gel electrophoresis)를 이용한 반추위 내 미생물 군세 변화 측정

배추·무 부산물과 연맥 사일리지를 주원료로 한 TMR 사료 급여에 따른 반추위 내 미생물 군세 변화를 구명하기 위해 안성시 보개면에 위치한 목장의 cannulae 장착 한우 2두를 대상으로 반추위 내용물을 확보하였다. 배추·무 부산물과 연맥 사일리지를 주원료로 한 TMR 사료를 급여한 개체와 급여하지 않은 개체의 사료 급여시부터 2시간, 3시간대의 반추위 내 미생물 군집 변화는 차이가 없었으며, 결과는 아래와 같다.

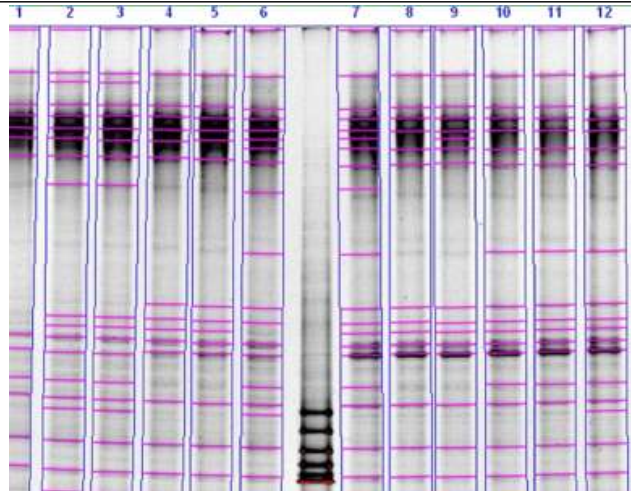


그림 13. 배추·무 부산물과 연맥 사일리지를 주원료로 한 TMR 사료 급여 유무에 따른 DGGE 실험 결과 (1-6: 배추·무 부산물 이용 TMR 사료 급여 개체, 7-12: 일반 사료 급여 개체)

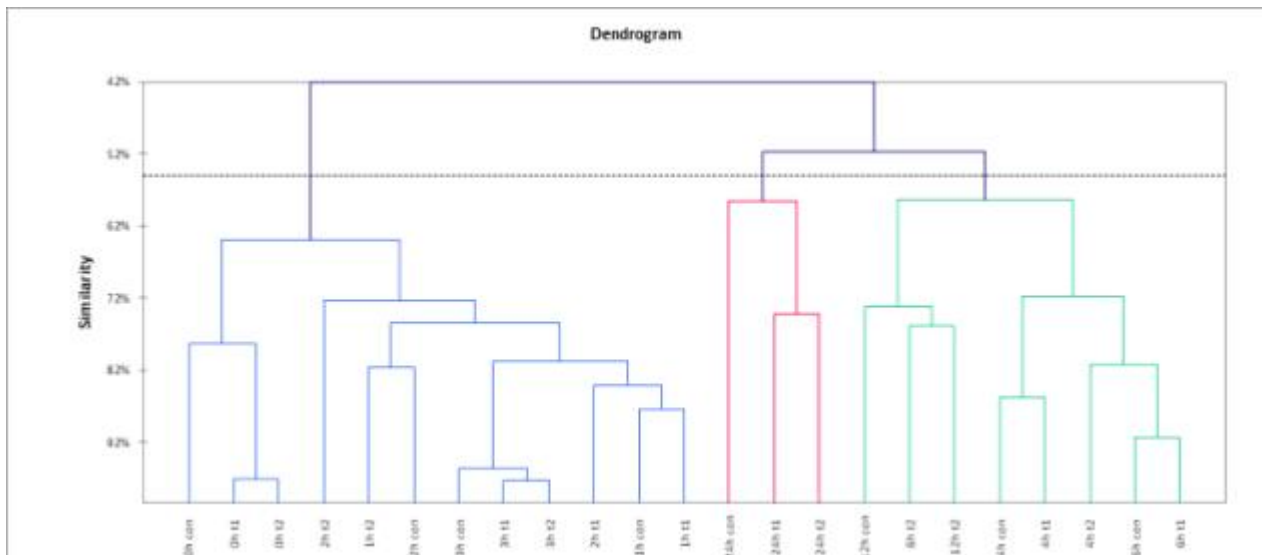


그림 14-1. 배추·무 부산물과 연맥 사일리지를 주원료로 한 TMR 사료 급여 유무에 따른 Dendrogram

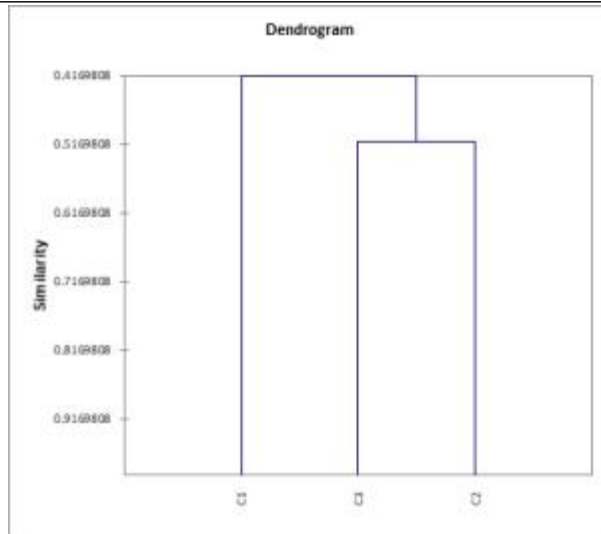


그림 14-2. 배추·무 부산물과 연맥 사일리지를 주원료로 한 TMR 사료 급여 유무에 따른 간소화된 Dendrogram
(C1: 사료급여직전, C2: 시험사료 급여후 2시간, C3: 시험사료 급여후 3시간)

□ 반추위내 미생물 군집 분석결과를 이용한 생산성 검증

1. 한우 대상 배추부산물과 연맥을 주원료로 한 semi-TMR 사료의 생산성 검증
 배추 부산물과 연맥을 주원료로 한 semi-TMR 처리 TMR 사료 급여가 한우의 육질등급 및 생산성에 미치는 영향을 구명하기 위하여 3개월 및 6개월 급여 그룹으로 나누어 사양실험을 진행하였다. 일반 사료를 급여한 그룹을 대조구로, 배추 부산물과 연맥을 이용하여 제작한 TMR 사료를 급여한 그룹을 T1으로 설정하였고, 육질등급 및 생산성 비교 결과는 다음과 같다.

표 16. 배추부산물+연맥 Semi-TMR 사료 대체 TMR사료 한우 비육후기 3개월 급여에 따른 육질등급 및 생산성에 미치는 영향

	개체	도체중(kg)	도체등급	생산성(원)/두
대조구	1	383	1B	5,903,987*
	2	443	1C	
	3	423	1 ⁺ C	
	4	348	1 ⁺ A	
T1	1	380	1 ⁺ A	6,083,998*
	2	342	2A	
	3	444	1 ⁺ B	
	4	379	1 ⁺ C	

T1: 배추부산물+연맥 Semi-TMR 처리 TMR급여구.

*배추부산물 사료원 대체 비용 포함.

표 17. 배추부산물+연맥 Semi-TMR 사료 대체 TMR사료 한우 비육기 6개월 급여에 따른 육질등급 및 생산성에 미치는 영향

	개체	도체중(kg)	도체등급	생산성(원)/두
대조구	1	347	3B	5,114,940*
	2	348	1+A	
	3	388	1+B	
	4	412	1B	
	5	313	1B	
	6	418	1+C	
T1	1	375	1A	5,922,519*
	2	397	1+A	
	3	416	1+A	
	4	437	1+B	
	5	375	1++B	
	6	447	1++C	

T1: 배추부산물+연맥 Semi-TMR 처리 TMR급여구.

*배추부산물 사료원 대체 비용 포함.

비육후기 한우에 미생물발효 배추부산물+연맥 Semi-TMR 처리 TMR급여구는 3개월 처리구에서 대조구에 비해 180,011원/두의 높았고 육질 등급은 2단계 높은 결과를 나타내었다 (표 16). 6개월처리구는 배추부산물+연맥 Semi-TMR 처리 TMR급여구가 육질등급과 생산성이 가장 높은 결과를 나타내었고, 대조구에 비해 최대 807,579원/두 생산성 증대 효과를 나타내었다 (표 17).

2. 육우 대상 배추부산물과 연맥을 주원료로 한 semi-TMR 사료의 생산성 검증

배추 부산물과 연맥을 주원료로 한 semi-TMR 처리 TMR 사료 급여가 육우의 육질등급 및 생산성에 미치는 영향을 구명하기 위하여 위 한우를 대상으로 한 실험과 동일한 방법으로 실험을 진행하였고 결과는 다음과 같다.

표 18. 배추부산물+연맥 Semi-TMR 사료 대체 TMR사료 육우 비육기 3개월 급여에 따른 육질등급 및 생산성에 미치는 영향

	개체	도체중(kg)	도체등급	생산성(원)/두
대조구	1	319	3B	2,370,195*
	2	322	2B	
	3	355	3B	
	4	388	3B	
	5	375	3B	
T1	1	333	3B	2,518,441*
	2	385	3B	
	3	349	2B	
	4	375	3B	
	5	389	2B	

T1: 배추부산물+연맥 Semi-TMR 처리 TMR급여구.

*배추부산물 사료원 대체 비용 포함.

표 19. 배추부산물+연맥 Semi-TMR 사료 대체 TMR사료 육우 비육기 6개월 급여에 따른 육질등급 및 생산성에 미치는 영향

	개체	도체중(kg)	도체등급	생산성(원)/두
대조구	1	340	3B	2,149,555*
	2	318	3B	
	3	315	3B	
T1	1	370	2B	2,710,822*
	2	393	3B	
	3	371	2B	

T1: 배추부산물+연맥 Semi-TMR 처리 TMR급여구.

*배추부산물 사료원 대체 비용 포함.

비육후기 육우에 미생물발효 배추부산물+연맥 Semi-TMR 처리 TMR급여구는 3개월 처리구에서 대조구에 비해 148,246원/두 높았고 육질 등급은 2단계 높은 결과를 나타내었다 (표 18). 6개월처리구는 배추부산물+연맥 Semi-TMR 처리 TMR급여구가 육질등급과 생산성이 가장 높은 결과를 나타내었고, 대조구에 비해 최대 561,267원/두 생산성 증대 효과를 나타내었다 (표 19).

<제2세부: 중앙대학교 (문보경)>

○ 배추·무 부산물의 유효성분 및 식품소재 자원화를 위한 식이섬유 분리·분석

1. 재료 및 방법

(1) 배추·무 부산물의 유효성분 및 물리적 특성 분석

① 배추·무 부산물 샘플링 및 전처리

실험에 사용된 배추·무 부산물은 경기도, 인천, 강원도, 충청 남·북도, 전라 남·북도 및 경상남도 소재 김치제조 공장으로부터 제공받아 동결건조 후 사용하였다.

② 배추·무 부산물의 글루코시놀레이트 함량 분석

글루코시놀레이트 분석은 동결 건조한 배추·무 부산물 0.2 g을 70% 메탄올로 추출하여 원심분리 후 상등액을 사용하였다. 효소는 sulfatase(Sigma, USA)를 사용하여 증류수와 메탄올 100%를 섞어 원심분리 후 상등액을 취한후 20ml 메탄올을 넣고 다시 원심분리하여 상등액을 버렸다. 그 후 메탄올 제거 후 -22℃에 보관하여 사용하였다. 100 mg(DEAE-Sephadex™ A=25)와 buffer(0.1M Sodium acetate)를 overnight 하고 증류수로 loading 한 후 샘플을 loading한 뒤 효소액 75µl를 넣어 16시간 상온에 방치하여 감압농축 후 사용하였다. HPLC-UV (229nm)로 분석하였으며, 성분은 표준 물질 시니그린을 이용하여 정량하였다.

< HPLC 분석조건 >

Column	Capcell pak C18 (150*20, 5 µm)		
Detector	RI detector		
Flow rate	0.4 mL / min		
	A: Acetonitril (ACN), B: Water		
		A	B
Mobile phase	0:00	98	2
	25:00	80	20
	35:00	0	100

③ 일반성분 분석

일반성분은 A.O.A.C.의 분석법에 따라 실시하였다. 수분함량은 105℃ 상압가열 건조법으로 실시하였으며, 조단백질 함량은 Micro Kjeldahl법으로, 조지방 함량은 Soxhlet 추출법을 이용하였으며, 조회분 함량은 550℃ 건식회화법으로 각각 분석 하였다. 총 식이 섬유 함량은 Prosky법(1988)을 변형하여 측정하였다. 동결 건조된 배추·무 부산물 1 g에 Mes-Tris buffer 40 mL를 첨가해서 pH 8.2로 조정하고, 내열성 α-amylase 용액 50 µl를 가한 후 항온수조 (100℃)에서 30분 반응시켰다. 그 다음 Protease용액

100 μ l을 첨가한 후, 진탕 항온수조기 (60 $^{\circ}$ C, 30분)에서 반응시킨 후 0.561 N HCL 5 mL를 혼합한 다음, 60 $^{\circ}$ C에서 pH를 4.3-4.7로 조정된 후 Amyloglucosidase (200 μ l)용액을 가하고 60 $^{\circ}$ C에서 30분 반응시켰다. 불용성 식이섬유는 항량을 구한 Celite를 함유한 1G3 여과용 도가니를 통해 증류수 3 mL를 넣어 분산시킨 후 흡인 여과하여 celite층이 고르게 형성되게 하였으며, 수용성 식이섬유는 78% ethanol 15 mL를 가하여 분산시켰다. 잔사는 78% ethanol, 95% ethanol, aceton의 순서로 각각 15 mL씩 2회 세척한 후, 105 $^{\circ}$ C에서 24시간 건조 후 항량을 구하였다. 그 다음 조회분과 조단백 질함량을 감하여 불용성 식이섬유와 수용성 식이섬유의 함량을 측정하였다. 총 식이섬유는 불용성식이섬유와 수용성 식이섬유의 합으로 계산하였다.

$$\text{총 식이섬유(TDF)} = \text{불용성 식이섬유(ISF)} + \text{수용성 식이섬유(SDF)}$$

④ 유리당 분석

배추·무 부산물의 유리당의 조성 및 함량은 식품공전의 방법을 변형하여 분석하였다. 즉, 일정량의 동결 건조된 배추·무 부산물 2 g을 취하여 증류수 25 mL를 가하여 녹인 후 아세토니트릴 25 mL를 첨가하여 45-50 $^{\circ}$ C에서 sonicator를 이용하여 30분 동안 추출하였다. 그 후 원심분리기(300 rpm, 15분)를 이용하여 분리한 후 상등액을 취하여 0.45 μ m membrane filter로 여과한 것을 시험용액으로 사용하였다. 분석조건은 아래의 표와 같으며, 표준품으로는 Sigma사의 glucose, fructose 및 sucrose를 사용하였다.

<유리당 HPLC 분석조건>

Column	Asahipak NH2P-504E (4.6*250 mm)
Detector	RI detector
Flow rate	1.0 mL / min
Mobile phase	Acetonitril (ACN):Water (75 : 25, v/v)

⑤ 비타민 C

비타민 C 함량은 2,4-dinitrophenylhydrazine (DNP) 비색법으로 측정하였다. 즉, 동결건조한 배추·무 부산물 2 g에 5% metaphosphoric acid 용액을 가한 후 혼합하여 원심분리(3000 rpm, 15분)를 하였다. 원심분리 후 상등액 (2 mL)을 취하여 2,6-dichlorophenolindophenol sodium (DCP)용액 1 mL를 가한 후 혼합하고 1분간 방치한 후 2% thiourea용액 2 mL과 2% DNP 1 mL를 가하고 37 $^{\circ}$ C 항온수조에서 3시간 반응시켰다. 그 다음 얼음물에 냉각하면서 85% H₂SO₄ 5 mL를 서서히 첨가한 후 실온에서 30분간 방치하여 520 nm에서 흡광도를 측정하였다. L-ascorbic acid 표준품을 이용하여 비타민 C 표준곡선을 작성하였다.

⑥보수력 측정

배추·무 부산물이 갖는 수분 보유력을 측정하기 위하여 동결 건조한 배추·무 부산물 0.5g과 증류수 20 mL을 30℃에서 24시간 방치한 후 원심분리(8000rpm, 20분)를 하였다. 분리된 상등액을 제거한 후 앞선 방법과 동일하게 2번 반복한 후 탈지면 위에 거꾸로 5분간 세운 후 무게를 측정하였다.

$$WHC(g/g) = \frac{(Tube\ wt + Sediment\ wt) - Tube\ wt}{Dry\ sample\ wt}$$

⑦비중과 점도측정

비중은 A.A.C.C. 10-15 방법을 변형하여 분석하였다. 즉, 동결 건조한 배추·무 부산물을 0.10% (w/w)로 증류수에 녹인 후 20℃의 항온수조에서 측정하였으며, 점도는 동결 건조한 배추·무 부산물을 10% (w/v)로 증류수에 녹인 후 Viscometer (LV-Spindle 63, 100 rpm)을 사용하여 점도를 측정하였다.

(2)배추·무 부산물의 항산화성 측정

① DPPH radical scavenging activity

1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) (Sigma Chemical Co., USA)에 의한 동결 건조한 배추·무 부산물의 효과는 Blios법(1958)을 변형하여 분석하였다. 동결 건조한 배추·무 부산물 0.1 mL에 80% ethanol에 녹인 1 mM DPPH 용액 2.9 mL를 첨가하여 혼합한 다음 30분간 37℃에서 반응시킨 후 517 nm에서 Spectrophotometer를 이용하여 흡광도를 측정하였다. 계산식은 아래와 같다.

DPPH radical scavenging activity (%)

$$= [1 - (\text{sample absorbance } 517\text{nm}) / \text{control absorbance } 517\text{nm}] \times 100$$

② ABTS radical scavenging activity

동결 건조한 배추·무 부산물 시료에 ABTS (2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid) 7.4 mM과 potassium persulphate 2.6mM을 혼합한 다음 실온·암소에서 16시간 동안 방치하여 radical을 형성시킨 다음 ABTS 용액을 실험직전에 732 nm에서 흡광도가 0.70 ± 0.04 (mean SE)이 되도록 에탄올로 희석하여 사용한다. 추출물에 준비된 ABTS 용액을 첨가하여 암소에서 30분간 반응시킨 후 732 nm에서 흡광도를 측정하였다.

③ 총 페놀 화합물 함량

동결 건조한 배추·무 부산물 1 g을 80% 메탄올 7.5 mL에 첨가한 후 sonicate를 이용하여 10분 동안 추출한 후 원심분리 (8000 rpm, 10분)를 하였다. 원심분리 후 상등액 (20 μ l)을 취한 후 0.2 N Folin-Ciocalteu 100 μ l과 혼합하고, 3분 후 80 μ l Na₂CO₃ 용액을 첨가한 후 37°C에서 1시간 반응시켜 750nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질인 gallic acid로 표준곡선을 작성하여 총 페놀함량을 계산하였다.

④비타민 C 함량과 항산화력(DPPH, ABTS 및 총 페놀 화합물 함량)의 상관관계 분석
비타민C 함량, DPPH radical scavenging activity, ABTS radical scavenging activity 및 총 페놀화합물 함량을 그래프로 작성하여 상관관계를 분석하였다.

(3) 배추·무 부산물의 식이섬유 추출·정제 조건 최적화

① 배추·무 부산물의 식이섬유 추출·정제조건 최적화

배추·무 부산물의 식이섬유 추출·정제조건 최적화를 위하여 용매와 pH를 달리하여 식이섬유를 추출하고 식이섬유 함량을 분석하였다. 용매는 무기산류 (HCl), 염류 (NaOH, Na₂CO₃), 알콜류 (methanol, ethanol), 열수 추출을 하였다. 농도는 0.01, 0.05, 0.1, 0.5, 1N과 50, 60, 70, 80, 95%로 분석하였으며, pH를 달리하여 식이섬유를 추출하고 식이섬유 함량을 분석하였다.

② 총 식이섬유 분석

총 식이섬유 함량은 Prosky법(1988)을 변형하여 측정하였다. 배추·무 부산물의 식이섬유 추출·정제조건 최적화 위하여 샘플을 가장 안정적으로 공급 받을 수 있는 총 청도 소재의 공장(H공장)에서 1 g의 동결 건조된 배추·무 부산물에 Mes-Tris buffer 40 mL를 첨가해서 pH 8.2로 조정하고, 내열성 α -amylase 용액 50 μ l를 가한 후 항온수조 (100°C)에서 30분 반응시켰다. 그 다음 Protease용액 100 μ l를 첨가한 후, 진탕 항온수조기 (60°C, 30분)에서 반응시킨 후 0.561 N HCL 5 mL를 혼합한 다음, 60°C에서 pH를 4.3-4.7로 조정한 후 Amyloglucosidase (200 μ l)용액을 가하고 60°C에서 30분 반응시켰다. 불용성 식이섬유는 향량을 구한 Celite를 함유한 1G3 여과용 도가니를 통해 증류수 3 mL를 넣어 분산시킨 후 흡인 여과하여 celite층이 고르게 형성되게 하였으며, 수용성 식이섬유는 78% ethanol 15 mL를 가하여 분산시켰다. 잔사는 78% ethanol, 95% ethanol, acetone의 순서로 각각 15 mL씩 2회 세척한 후, 105°C에서 24시간 건조 후 향량을 구하였다. 그 다음 조회분과 조단백질함량을 감하여 불용성 식이섬유와 수용성 식이섬유의 함량을 측정하였다. 총 식이섬유는 불용성 식이섬유와 수용성 식이섬유의 합으로 계산하였다.

$$\text{총 식이섬유(TDF)} = \text{불용성 식이섬유(ISF)} + \text{수용성 식이섬유(SDF)}$$



그림 8. 식이섬유 분석기

③ 배추·무 부산물의 정제된 식이섬유분석

배추·무 부산물의 식이섬유함량 비교를 위하여 최적 추출 및 정제조건에서 배추·무 부산물 및 배추와 무 부산물의 식이섬유 함량을 측정하였다.

(4) 배추·무 부산물의 정제된 식이섬유의 일반성분 분석 및 물리화학적 분석

① 1차 알콜 불용성 물질 분리

충청도 소재의 공장(H공장)에서 얻은 배추·무 부산물을 동결 건조한 후 분쇄하여 50 mesh (300 μm)를 통과시킨 시료에 10배의 증류수를 첨가한 후 24시간 동안 상온에서 정치·추출 하였다. 추출된 혼합물을 Miracloth 및 Whatman (NO.1)로 흡인 여과하여 수용성 물질과 불용성 물질로 분리하였다. 그 다음 불용성 물질 잔사의 5배 증류수를 첨가하여 15분 동안 100 $^{\circ}\text{C}$ 항온 수조에서 반응시켜 냉각하여 Whatman 여과지 (NO.1)로 흡인 여과한 불용성 잔사를 에탄올 95%에 1시간 담가 놓은 후 흡인 여과하였다. 불용성 잔사에 95% 에탄올과 아세톤을 이용하여 2회 세척한 후 50 $^{\circ}\text{C}$ 로 24시간 동안 열풍 건조하여 1차알콜 불용성 물질을 얻었다.



그림 9. 배추·무 부산물의 1차 알콜 불용성 물질

② 1차 알콜 불용성 물질의 일반 성분 분석

일반성분은 A.O.A.C.의 분석법에 따라 실시하였다. 즉, 수분함량은 105℃ 상압가열 건조법으로 실시하였으며, 조단백질 함량은 Micro Kjeldahl법으로, 조지방 함량은 Soxhlet 추출법을 이용하였으며, 조회분 함량은 550℃ 건식회화법으로 각각 분석 하였다.

③ 1차 알콜 불용성 물질의 탄수화물 분석

환원당은 1차 알콜 불용성 물질을 메탄올 80%를 첨가한 후 sonicator를 이용하여 10 분동안 원심분리하여 Dinitrosalicylic acid에 의한 비색법을 이용하여 발색시킨 후 glucose 표준품과 흡광도를 비교하여 측정하였다.

④ 1차 알콜 불용성 물질의 보수력 측정

배추·무 부산물이 갖는 수분 보유력을 측정하기 위하여 동결 건조한 배추·무 부산물 0.5 g과 증류수 20 mL을 30℃에서 24시간 방치한 후 원심분리(8000rpm, 20분)를 하였다. 분리된 상등액을 제거한 후 2번 반복한 후 탈지면 위에 거꾸로 5분간 세운 후 무게를 측정하였다.

$$WHC(g/g) = \frac{(Tube\ wt + Sediment\ wt) - Tube\ wt}{Dry\ sample\ wt}$$

⑤ 1차 알콜 불용성 물질의 비중과 점도 측정

동결 건조한 배추·무 부산물을 10% (w/v)로 증류수에 녹인 후 Viscometer (LV-Spindle 63, 100 rpm)을 사용하여 점도를 측정하였으며, 비중은 A.A.C.C. 10-15 방법을 변형하여 분석하였다. 즉, 동결 건조한 배추·무 부산물을 0.10% (w/w)로 증류수에 녹인 후 20℃의 항온수조에서 측정하였다.

2. 배추·무 부산물의 유효성분 및 식품소재 자원화를 위한 식이섬유 분리·분석 결과

(1) 배추·무 부산물의 유효성분 및 물리적 특성 분석

a) 배추·무 부산물의 글루코시놀레이트 함량 분석

배추 부산물의 유효성분으로 glucosinolate 함량을 분석한 결과는 다음 표 1과 같다. 분석결과 그 함량이 너무 미량이어서 이를 식품소재로 이용한 자원화는 어려울 것으로 판단되었다. 이에 배추·무 부산물의 유효 성분 중 함량이 높은 식이섬유를 이용하여 식품소재로 자원화 하는 것이 타당한 것으로 생각되었다.

표 3. Glucosinolate contents of Kimchi by-product

	Sam No.	contents (ug/100g)
경기도	성가네(무)	14.3
	성가네1차무	9.89
	일심영농1차정선	8.94
	일심영농무1차	8.52
강원도	김채1차	4.47
	김채분쇄	11.76
	대일1차	18.1
	대일분쇄	11.6
	대일절임	9.63
	대일절임2	14.76
	덕유	11.74
충청북도	오월의김치(정선)	8.23
	오월의김치(절임)	14.91
	청주골 정선	10
	청주골혼합분쇄	9.75
	태성절임	10
	태성혼합분쇄	15.22
	한울	11.72
충청남도	김치쿨	11.08
경상북도	두메	12.37
	고려냉장(무)	11.87
	고려냉장분쇄	9.95
경상남도	제이앰푸드	14.53

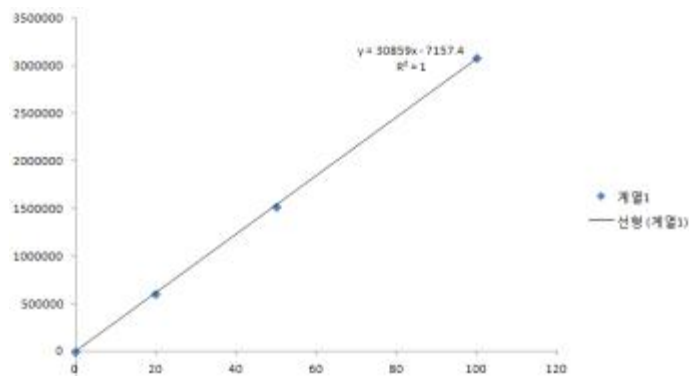


그림 10. Standard curve sinigrin

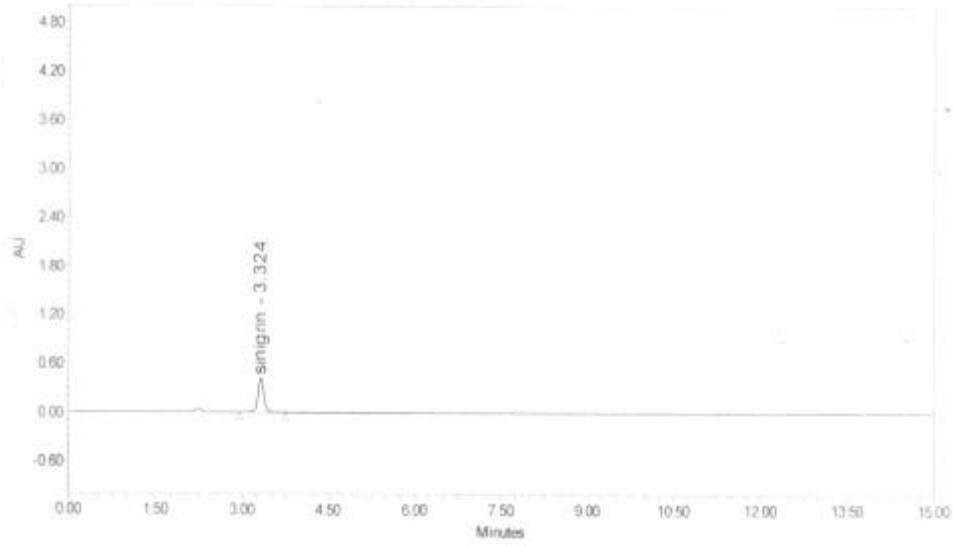


그림 11. Sinigrin standard

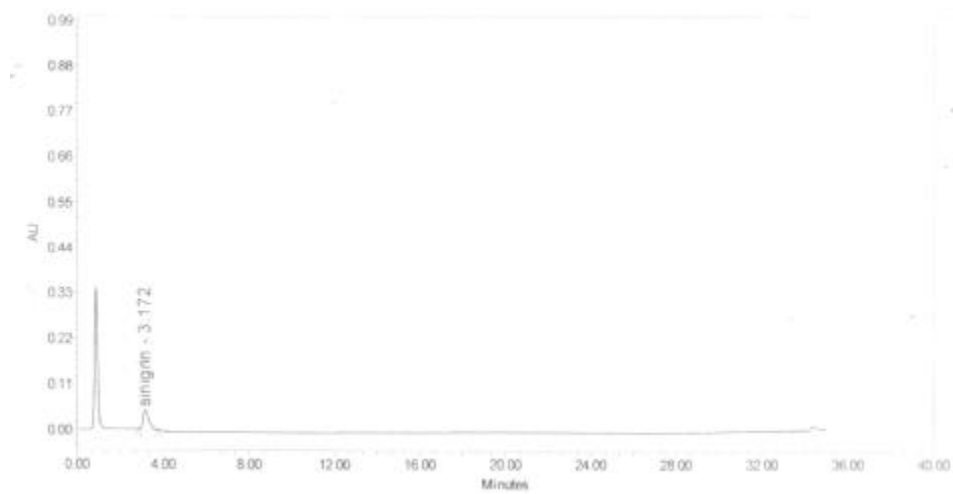


그림 12. 선농 정선



그림 13. 대일절임

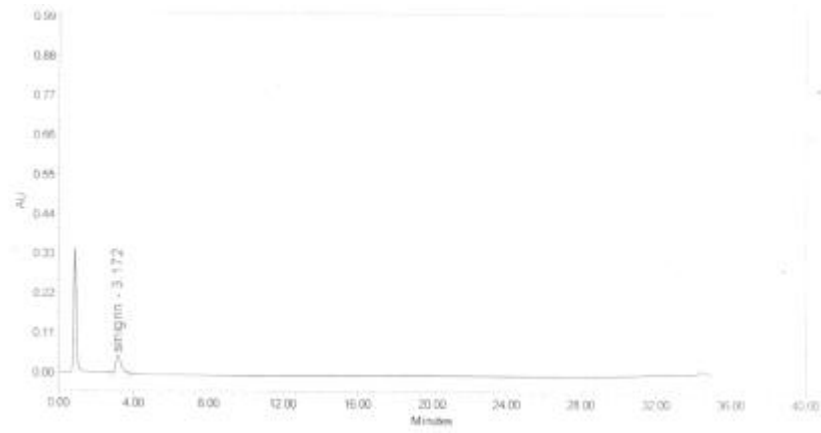


그림 14. 성가네 무

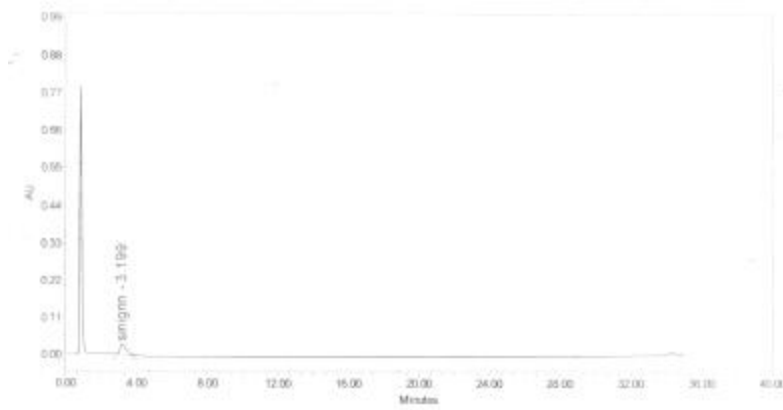


그림 15. 한울(봄)

② 배추·무 부산물의 일반성분 분석

표 4. General compositions contents in Kimchi by-product

지역	업체명	가공단계	원료	수분(%)	Crude protein(%)	Crude fat(%)	NDF	ADF	Cellulose	Crude fiber(%)
경기도	새빛촌	정선 후	배추	93.2	21.7±0.02	0.3±0.03	15.2±0.14	26.0±0.65	15.2±0.4	25.4±0.06
		절임 후		83.4	11.8±0.01	0.2±0.18	3.1±0.38	9.8±0.34	7.3±0.17	60.1±0.18
		정선 후	무	92.5	11.7±0.01	0.2±0.01	9.8±0.53	17.4±0.78	10.9±0.42	9.5±0.04
	일품	정선 후	배추	93.5	17.5±0.01	0.1±0.04	21.9±0.67	24.5±0.52	13.2±0.53	21.6±0.08
		절임 후		91	14.6±0.02	0.3±0.05	14.0±0.25	13.6±0.82	10.1±1.08	29.8±0.06
	늘푸른	절임 후	배추	91.8	13.7±0.01	0.4±0.12	16.6±0.15	16.0±0.66	23.9±4.21	31.8±0.19
	무지개식품	정선 후	배추	94	17.9±0.01	0.1±0.09	13.1±0.56	21.4±1.98	14.8±0.15	21.3±0.08
		절임 후		91.4	15.3±0.01	0.1±0.05	6.2±0.38	13.5±0.57	9.8±1.15	31.3±0.16
		분쇄 후		94.9	16.7±0.01	0.5±0.12	22.3±0.41	33.6±0.72	19.7±0.17	15.1±0.02
	성가네	정선 후	배추	95.6	19.9±0.02	0.1±0.05	18.0±0.76	18.3±0.4	11.2±0.67	22.5±0.13
		절임 후		92.8	18.3±0.02	0.5±0.14	14.9±0.51	16.9±0.61	8.2±2.94	19.5±0.11
		정선 후	무	92.1	11.0±0.01	0.4±0.05	22.4±1.06	16.7±0.28	24.2±1.02	7.8±0.07
절임 후		92.4		9.7±0.01	0.1±0.01	21.3±0.56	17.1±1.64	23.6±0.95	7.6±0.07	
강원도	정푸드	분쇄 후	배추	84.7	17.9±0.01	0.8±0.2	27.4±0.85	34.1±1.24	28.0±3.3	15.8±0.38
	대일	정선 후	배추	98.5	15.1±0.01	0.1±0.09	15.1±0.44	15.1±0.55	19.4±0.81	27.8±0.04
		절임 후		92.9	14.7±0.04	0.1±0.05	12.4±0.37	12.5±0.39	17.8±0.42	33.0±0.05
		분쇄 후		91.6	19.2±0.01	0.3±0.12	17.9±0.2	18.8±0.76	22.6±0.34	18.4±0.14
	김채	정선 후	배추	94.3	17.4±0.02	0.1±0.07	15.8±1.44	17.1±0.72	22.7±0.48	17.6±0.11
		절임 후		88.4	11.4±0.01	0.4±0.05	13.1±0.31	12.3±0.12	17.5±0.58	39.8±0.26
분쇄 후		86.1		17.5±0.01	0.6±0.05	20.5±0.12	21.1±0.54	23.6±1.06	20.3±0.06	

배추·무 부산물의 일반성분 분석은 제1세부 중앙대학교 장문백 교수님 연구실과 협동 연구를 진행하였으며 그 결과는 표4와 같다.

충청북도	청주골	정선 후	배추	95.6	18.3±0.01	0.4±0.08	16.0±0.16	17.1±0.12	21.8±0.72	14.3±0.35
		혼합·분쇄후		86.0	16.6±0.01	0.8±0.04	25.8±0.72	28.1±0.84	29.1±0.57	17.1±0.08
	태성	정선 후		86.0	18.9±0.01	0.5±0.09	23.4±0.58	25.6±0.38	28.6±2.2	21.6±0.37
		절임 후		91.7	14.4±0.01	0.6±0.02	15.4±0.23	16.6±0.38	21.1±0.7	26.4±2.18
	오월의 김치	정선 후		94.0	23.3±0.02	0.6±0.16	21.9±0.23	23.8±0.7	24.2±0.95	20.5±0.07
		절임 후		90.6	14.6±0.03	0.5±0.05	13.2±0.38	15.6±0.54	19.1±1.33	30.1±0.35
	한울	가을		87.52	15.38±0.24	1.37±0.18	16.04±0.74	12.37±0.12	13.58±0.08	18.94±0.08
충청남도	김치쿨	정선 후	무	92.8	14.4±0.01	0.4±0.01	36.6±0.64	36.7±0.52	13.6±0.84	25.7±0.73
경상북도	두메식품	단무지부산물		89.8	6.5±0.02	0.7±0.1	33.1±0.17	35.3±0.33	36.5±4.15	24.1±0.16
경상남도	덕유농산	분쇄·탈수후	배추	84.0	22.5±0.01	1.6±0.4	18.1±0.05	17.1±0.32	22.9±0.13	21.5±0.14
		절임 후		89.5	17.9±0.02	0.4±0.11	9.8±0.15	8.7±0.25	19.0±0.7	33.9±0.24
	남경식품	분쇄·탈수후		87.9	14.2±0.02	0.3±0.06	13.1±0.03	12.4±0.15	19.4±1.52	36.3±0.24
		제이엠푸드		분쇄·탈수후	82.6	16.6±0.01	1.3±0.06	19.7±0.28	24.3±0.69	15.9±2.55
	고려냉장식품	절임 후		90.9	24.3±0.01	1.4±0.02	38.0±0.45	44.2±0.36	32.2±0.93	20.0±0.58
		분쇄·탈수 후		83.3	17.6±0.01	0.6±0.03	14.7±0.08	17.4±0.39	21.6±1.41	13.5±0.04
		정선 후	무	93.9	9.8±0.01	0.6±0.02	24.3±0.58	27.6±0.67	27.9±1.09	11.1±0.66

③배추·무 부산물의 유리당 분석

배추·무 부산물의 유리당으로 fructose와 glucose가 분석되었으며 그 함량은 표 5와 같다.

표 5. Contents of sugar in Kimchi by-product

Sample		Fructose(%)	Glucose(%)	Total Sugar(g/100g)
경기도	성가네(무)	12.72	14.85	27.56
	성가네1차무	12.58	13.54	26.12
	일심영농1차정선	14.5	26.67	42.45
	일심영농무2차	15.07	27.54	42.61
강원도	김채1차	9.67	9.03	18.7
	김채분쇄	7.75	8.6	16.35
	김채절임	12.17	4.02	16.19
	대일1차	9.08	6.92	16
	대일1차가공전	12.05	10.56	22.61
	대일분쇄	10.3	9.2	19.5
	대일절임	9.05	7.17	16.23
	대일절임2	7.1	7.61	14.72
충청북도	오월의김치(정선)	6.2	4.86	11.06
	오월의김치(절임 후)	8.23	9.15	17.38
	한울(가을)	10.49	11.5	23.12
	한울(봄)	ND	ND	ND
	청주골1차	12.4	10.4	22.79
	청주골혼합분쇄	6.31	5.82	12.13
	태성절임	11.41	12.64	24.06
	태성혼합분쇄	8.22	8.79	17.01
충청남도	김치쿨	9.02	10.71	19.73
경상남도	고려냉장(무)	10.4	13.83	24.23
	고려냉장분쇄	1.36	1.53	2.88
	고려냉장(배추절임)	8.67	10.36	19.03
	덕유	6.16	7.99	14.14
	정푸드	6.97	6.24	13.21

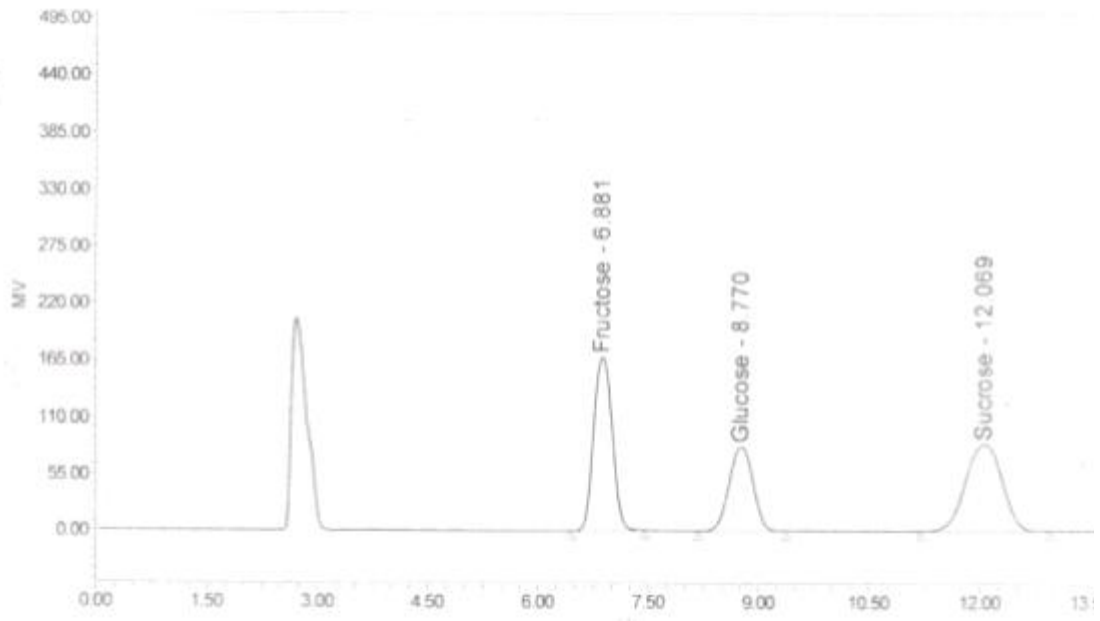


그림 16. 당 standard

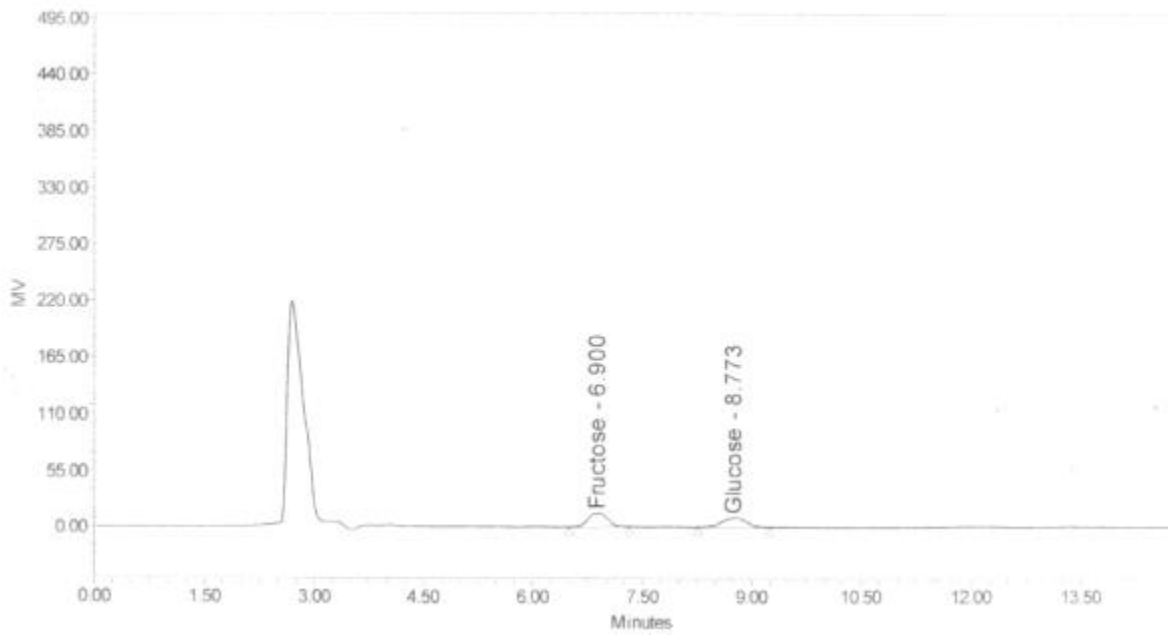


그림 17. 고려냉장(무)

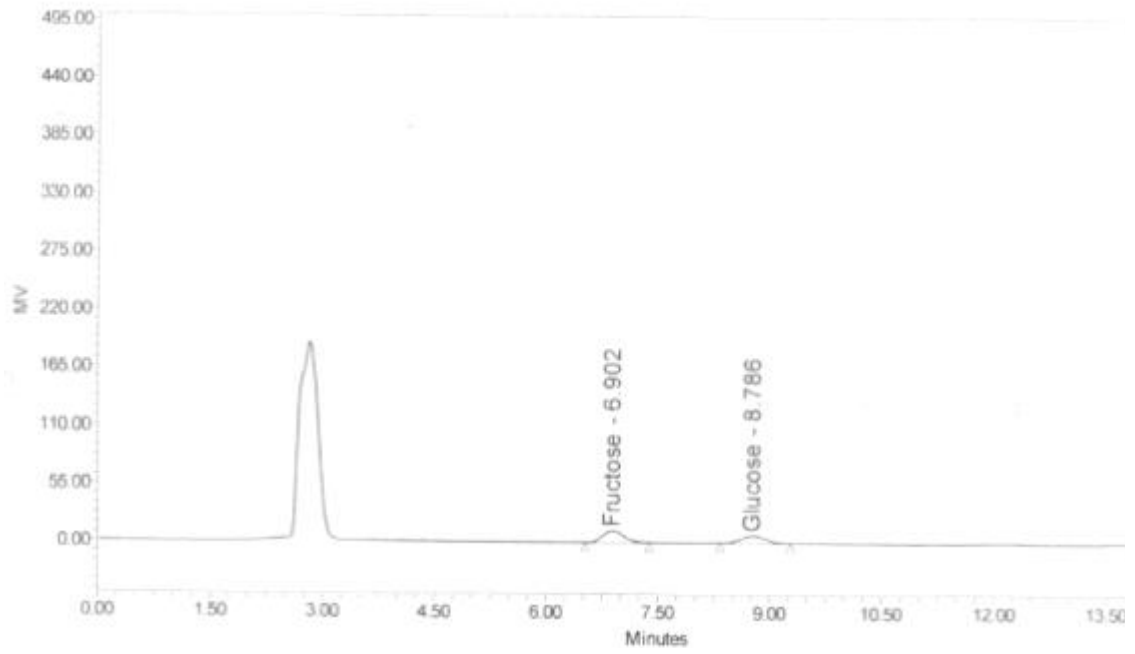


그림 18. 김치

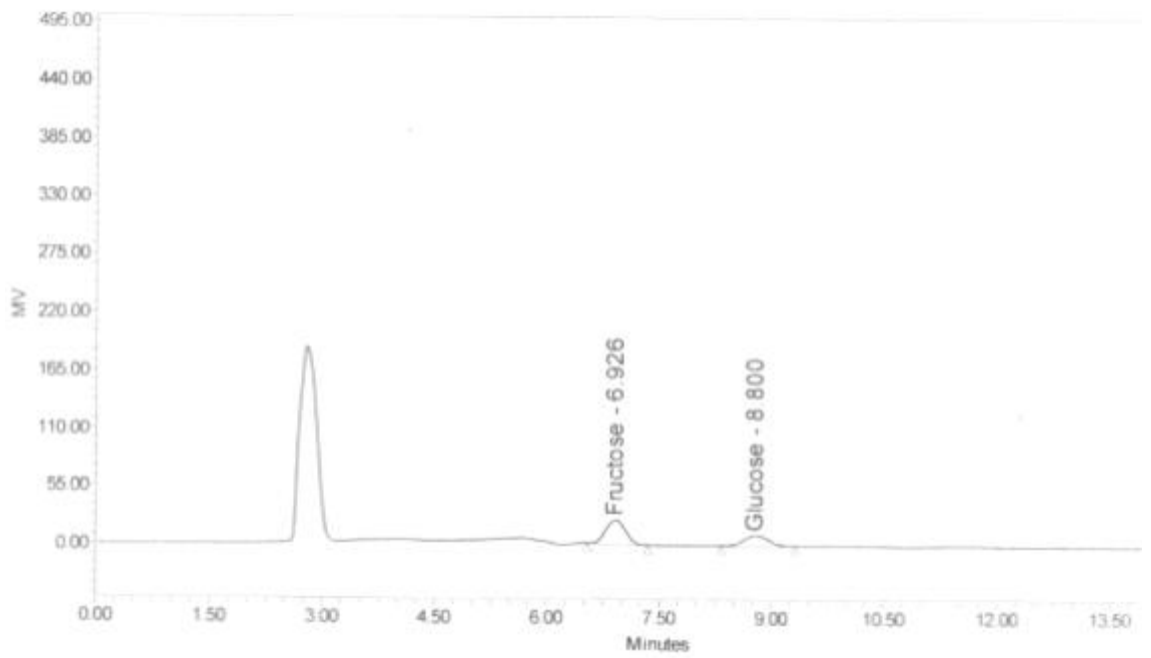


그림 19. 대일 분쇄

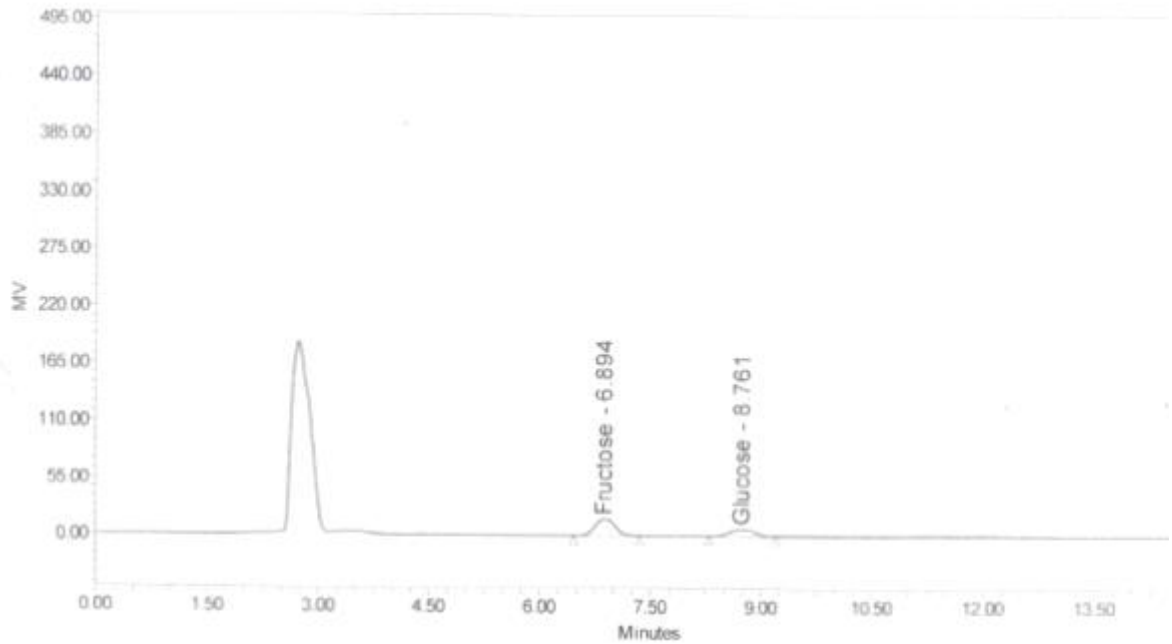


그림 20. 청주골 정선

④배추·무 부산물의 비타민 C 함량 측정

비타민 C는 식물이 환경적 스트레스에 노출되었을 때 대응하기 위하여 생합성 되는 물질로 항암성, 항산화성, 항피로성 및 항스트레스 등 다양한 기능성을 가진다. 1차 세척, 절임, 2차 세척 등의 가공공정에서 단계별로 발생된 배추·무 부산물의 비타민C 함량은 표 4와 같다. 강원도, 인천, 충청 남·북도, 전라남·북도 및 경상남도 소재 김치제조공장에서 수거한 배추·무 부산물의 비타민 C의 함량은 김치 제조공장의 제조단계에 따라 발생하는 배추·무 부산물의 구성에 따라 차이를 나타내는 것으로 측정되었다. 특히, 절임공정 단계에서 발생된 배추·무 부산물의 경우 가공전 비타민 C의 함량과 비교했을 때 낮은 함량을 나타내었다. 이는 배추를 절이는 과정에서 소금이 배추 표피의 세포막의 주성분인 펙틴이 펙틴분해효소에 의하여 가수분해 되면서 세포막이 파괴되는데, 이러한 작용을 통해 수용성 물질인 비타민 C, 당, glucosinolates를 포함한 황 (sulfur) 함유물질, 유리아미노산 등이 배추의 섬유질로부터 빠져나오기 때문인 것으로 판단된다. 또한 충청북도에서 수거된 시료의 경우 가을철에 생산된 배추가 봄철에 생산된 배추보다 비타민 C가 높게 함유되어 있었다. 이러한 결과는 배추가 제철인 경우에 월등히 높은 비타민 C 함유량을 보이는 것으로 나타났다.

표 6. Contents of vitamin C in Kimchi by-product

Region	Sample	vitamin C (mg/ 100g/dw)
경기도	성가네1차무	36.37
	일심영농2차무	33.05
강원도	김채1차	27.21
	김채분쇄	57.95
	김채절임	24.27
	대일1차	56.28
	대일1차가공전	64.55
	대일분쇄	56.61
	대일절임	59.28
충청북도	오월의김치(절임)	20.58
	오월의김치(정선)	33.67
	태성혼합분쇄	25.44
	한울(가을)	50.59
	한울(봄)	10.63
충청남도	김치쿨	47.53
경상북도	두메	2.72
	덕유	76.74
경상남도	고려냉장(무)	63.84
	고려냉장(배추절임)	42.67
	고려냉장분쇄	31.49
	제이엠푸드	41.41

⑤ 배추·무 부산물의 보수력 측정

배추·무 부산물의 보수력을 측정한 결과는 표 7와 같다. 보수력은 동결 건조된 배추·무 부산물 분말이 물에 용해되어서 형성하는 젤의 무게를 측정 하였으며 5.55 - 15.12(g/g)의 분포를 나타내었으며 평균 보수력은 7.78(g/g)로 나타났다. 강원도, 인천, 충청 남·북도, 전라남·북도 및 경상남도 소재 김치제조 공장에서 수거한 배추·무 부산물의 보수력은 김치 제조공장의 제조단계에 따라 발생하는 배추·무 부산물의 구성에 따라 차이를 나타내는 것으로 측정되었다. 이러한 결과는 시료에 포함된 식이섬유의 함량에 영향을 받은 것으로 생각되었다.

⑥ 배추·무 부산물의 비중과 점도측정

배추·무 부산물의 비중과 점도를 측정한 결과는 표 7, 그림 21, 22과 같다. 강원도, 인천, 충청 남·북도, 전라남·북도 및 경상남도 소재 김치제조 공장에서 김치 생산 공전 전후의 샘플을 수거하여 측정한 배추·무 부산물의 비중은 623.00-1289.00(ml/g)

의 범위로 측정되었으며, 평균 962.26(ml/g)을 나타내었다. 김치 제조공장의 제조단계에 따라 다른 수치를 나타내었다. 이는 절임공정에서 수거된 시료의 경우 비중이 낮게 측정되었으며 공정 상 처리 과정이 상이함으로 비중의 차이가 있지만 같은 공장 내 수거된 샘플의 큰 차이는 보이지 않았다. 점도의 경우 지역 및 김치제조공장에 따른 유의적 차이는 측정되지 않았다.

표 7. Water holding capacity, specific gravity and viscosity contents of Kimchi by-product

Region	Sample	Water holding capacity(g/g)	Viscosity (cP)	Specific gravity (mL/g)
경기도	성가네(무)	8.06±0.84 ^{de}	987.67±131.85 ^{bcd} fg	0.010 ^a
	성가네1차무	7.35±0.29 ^{efgh}	938.0±76.53 ^{cdefg}	0.0010 ^c
	일심영농1차정선	7.06±0.41 ^{fghij}	845.33±85.50 ^{fghi}	0.0010 ^c
	일심영농2차무	7.29±0.89 ^{efghi}	784.00±36.86 ^{ghij}	0.0010 ^c
강원도	김채1차	6.64±0.34 ^{glij}	1120.67±77.66 ^{efghi}	0.0010 ^c
	김채분쇄	9.97±0.23 ^c	1123.67±67.57 ^{bcde}	0.0010 ^c
	김채절임	6.45±0.15 ^{ijk}	963.00±115.66 ^{bcde}	0.0010 ^c
	대일1차	6.72±0.07 ^{ghij}	965.33±106.78 ^{abc}	0.0010 ^c
	대일1차가공전	6.31±0.26 ^{jkl}	974.67±121.07 ^{bcd} fg	0.0010 ^c
	대일분쇄	8.20±0.22 ^d	1026.00±8.72 ^{bcdef}	0.0010 ^c
	대일절임	7.48±0.51 ^{defg}	963.67±30.09 ^{bcdefg}	0.0010 ^c
	대일절임2	7.67±0.09 ^{def}	963.67±30.09 ^{bcdefg}	0.0010 ^c
	정푸드	7.09±0.57 ^{defgh}	1042.00±100.50 ^{bcd} e	0.0010 ^c
충청북도	대성혼합분쇄	7.16±0.38 ^{fghij}	1056.33±104.48 ^{bcd} e	0.0010 ^c
	태성절임	6.63±0.66 ^{ghij}	899.33±30.55 ^{dfghi}	0.0015 ^b
	한울(가을)	9.42±0.92 ^c	1139.33±5.69 ^{ab}	0.0010 ^c
	한울(봄)	9.32±0.33 ^c	934.33±143.79 ^{cdefg}	0.0010 ^c
	청주골1차	6.87±0.24 ^{fghij}	623.00±16.52 ^j	0.0010 ^c
	청주골혼합분쇄	12.70±0.68 ^b	1111.67±43.89 ^{abc}	0.0010 ^c
	오월의김치(정선)	5.71±0.02 ^{kl}	864.67±78.14 ^{efghi}	0.0010 ^c
오월의김치(절임)	5.55±0.27 ^l	956.33±71.45 ^{bcdefg}	0.0010 ^c	
충청남도	김치쿨	7.52±0.32 ^{defg}	912.67±44.84 ^{defg} h	0.010 ^a
경상북도	두메	15.12±0.97 ^a	1289.00±268.03 ^a	0.0010 ^c
	덕유	9.63±0.24 ^c	1088.67±66.4 ^{bcd}	0.0010 ^c
경상남도	고려냉장(무)	9.23±0.30 ^c	1005±75.44 ^{bcd} f	0.0010 ^c
	고려냉장(배추절임)	6.75±0.25 ^{ghij}	723.67±76.70 ^{ji}	0.0010 ^c
	고려냉장분쇄	6.54±0.25 ^{hij}	781.00±189.74 ^{hij}	0.0010 ^c
	제이엠푸드	6.74±0.15 ^{ghij}	964.00±73.02 ^{bcdefg}	0.0010 ^c

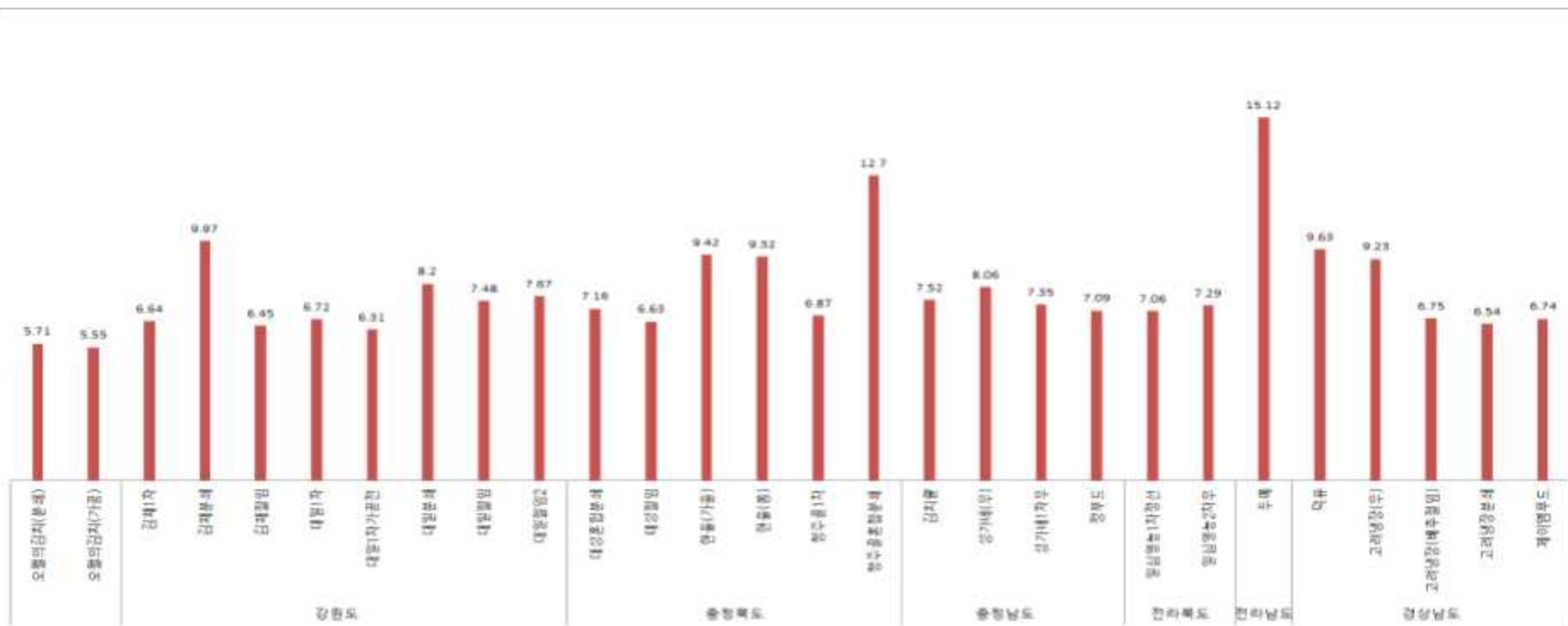


그림 21. Water holding capacity of Kimchi by-product (g/g)

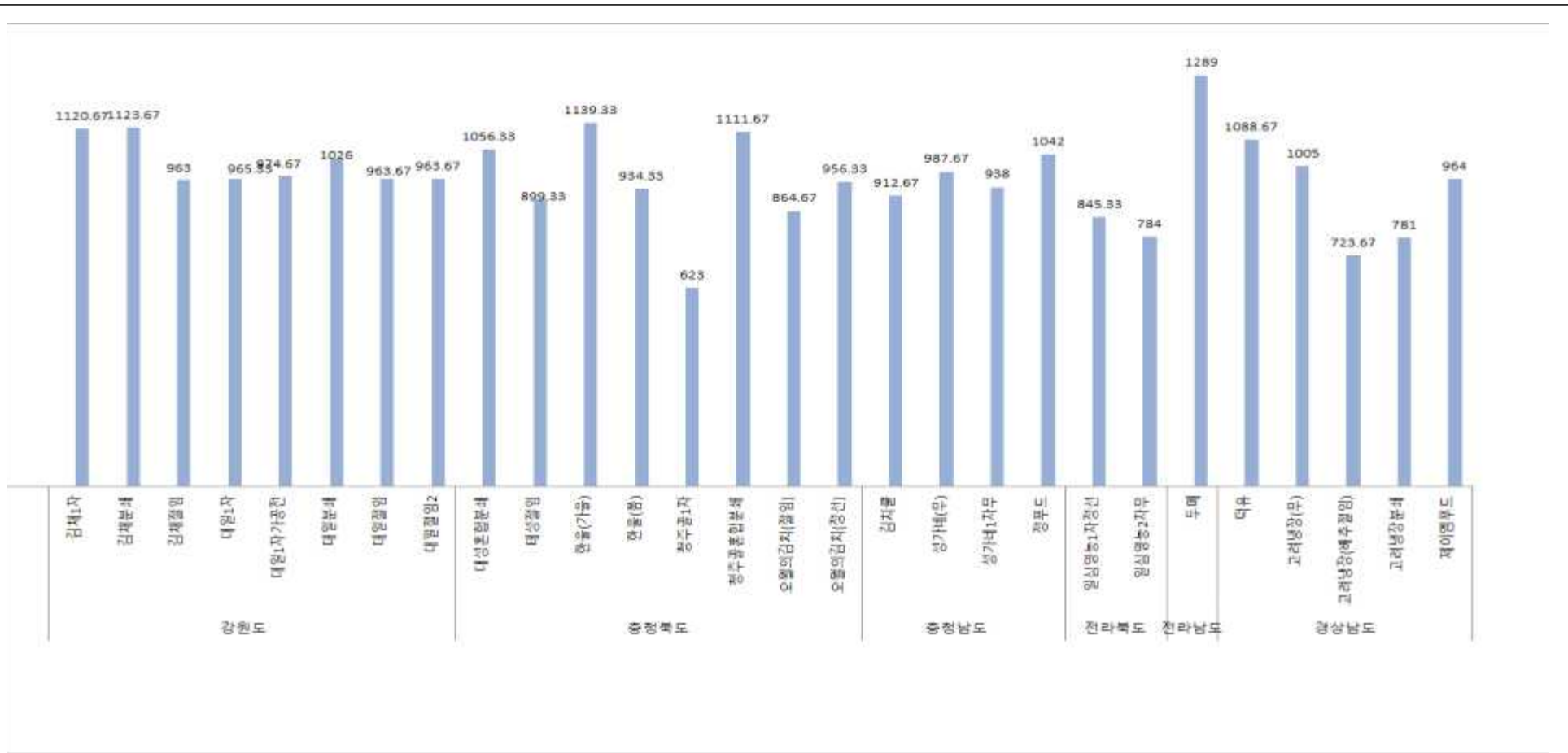


그림 22. Viscosity of Kimchi by-product (cP)

(2) 배추·무 부산물의 항산화성 측정 및 비타민 C와의 상관관계

① 배추·무 부산물의 항산화성 측정

경기도, 강원도, 인천, 충청 남·북도, 전라남·북도 및 경상남도 소재 김치제조 공장에서 김치 생산 공전 전후의 샘플을 수거하여 측정한 배추·무 부산물의 DPPH radical scavenging activity, total polyphenol contents, ABTS (2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid)를 측정한 결과는 표 8과 같다. 이중 ABTS 측정은 항산화력을 측정하는데 가장 효과적인 실험 방법으로 알려져 있다.

표 8. DPPH radical scavenging activity, total polyphenol contents, and ABTS contents of Kimchi by-product

Region	Sample	DPPH radical scavenging activity (%)	Total polyphenol contents ($\mu\text{g/g}$)	ABTS
경기도	선농2차	10.42 \pm 0.48		
	선농분쇄	16.21 \pm 5.17	7.65 \pm 0.01	
	선농정선	15.53 \pm 0.75	9.08 \pm 0.09	
	성가네(무)	7.11 \pm 1.02	6.53 \pm 0.12	80.87 \pm 12.08
	성가네1차무	8.11 \pm 0.31	5.95 \pm 0.07	84.61 \pm 12.34
	일십영농1차정선	7.11 \pm 0.28	8.05 \pm 0.22	87.41 \pm 2.31
	일십영농2차무	5.25 \pm 0.87	6.90 \pm 0.01	50.24 \pm 46.36
강원도	김채1차	12.68 \pm 0.92	10.55 \pm 0.06	43.39 \pm 15.77
	김채분쇄	6.88 \pm 1.91	6.95 \pm 0.11	75.38 \pm 5.01
	김채절임	9.56 \pm 1.36	7.28 \pm 0.03	48.37 \pm 3.31
	대일1차	10.64 \pm 1.98	8.90 \pm 0.14	81.77 \pm 4.87
	대일1차가공전	13.18 \pm 0.95	8.24 \pm 0.11	81.39 \pm 5.553
	대일분쇄	13.45 \pm 0.49	10.84 \pm 0.09	36.88 \pm 35.12
	대일절임	14.86 \pm 1.03	10.16 \pm 0.26	70.55 \pm 2.40
	대일절임2	13.99 \pm 0.47	7.79 \pm 0.09	88.68 \pm 1.07
	정푸드	9.28 \pm 1.23	6.19 \pm 0.04	77.13 \pm 4.64
충청북도	오월의김치(절임)	11.91 \pm 1.03	7.10 \pm 0.13	71.69 \pm 2.96
	오월의김치(정선)	16.94 \pm 1.59	9.31 \pm 0.06	77.51 \pm 7.44
	대성혼합분쇄	7.74 \pm 0.49	3.97 \pm 0.03	69.32 \pm 1.64
	대성절임	10.33 \pm 0.95	6.73 \pm 0.01	-10.09 \pm 28.56
	한울(가을)	13.54 \pm 1.57	9.22 \pm 0.09	67.09 \pm 0.95
	한울(봄)	15.90 \pm 1.11	14.14 \pm 0.12	73.82 \pm 12.95
	청주골1차	9.19 \pm 2.37	6.62 \pm 0.04	77.94 \pm 3.33
	청주골혼합분쇄	7.25 \pm 1.77	4.60 \pm 0.05	34.61 \pm 44.31
충청남도	김치쿨	4.21 \pm 0.24	7.38 \pm 0.07	88.26 \pm 4.22
경상북도	두메	10.33 \pm 0.00	3.72 \pm 0.14	86.32 \pm 7.36
경상남도	덕유	12.55 \pm 0.39	9.20 \pm 0.14	67.19 \pm 6.36
	고려냉장(무)	14.99 \pm 0.55	11.35 \pm 0.28	55.89 \pm 3.92
	고려냉장(배추절임)	8.79 \pm 1.57	13.34 \pm 0.05	87.55 \pm 0.87
	고려냉장분쇄	13.22 \pm 0.77	15.27 \pm 0.19	88.16 \pm 1.03
	제이엠피푸드	12.77 \pm 0.54	12.37 \pm 0.16	82.43 \pm 2.66

②배추·무 부산물의 항산화력과 비타민 C와의 상관관계 분석

비타민 C의 함량에 따른 DPPH 라디칼 소거능, Total polyphenol contents, ABTS (2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid)의 상관관계를 분석한 결과는 그림 23 과 같다. 배추·무 부산물의 비타민 C의 함량이 높을수록 DPPH 소거능, Total polyphenol contents(총 페놀화합물), ABTS 소거능이 높게나왔으나 전반적으로 배추·무 부산물이 항산화정도가 높지 않은 것으로 측정되었다. 김치의 가공공정에 따라 VIT의 손실이 일어나는 경우 항산화력은 감소하는 것을 확인할 수 있었다.

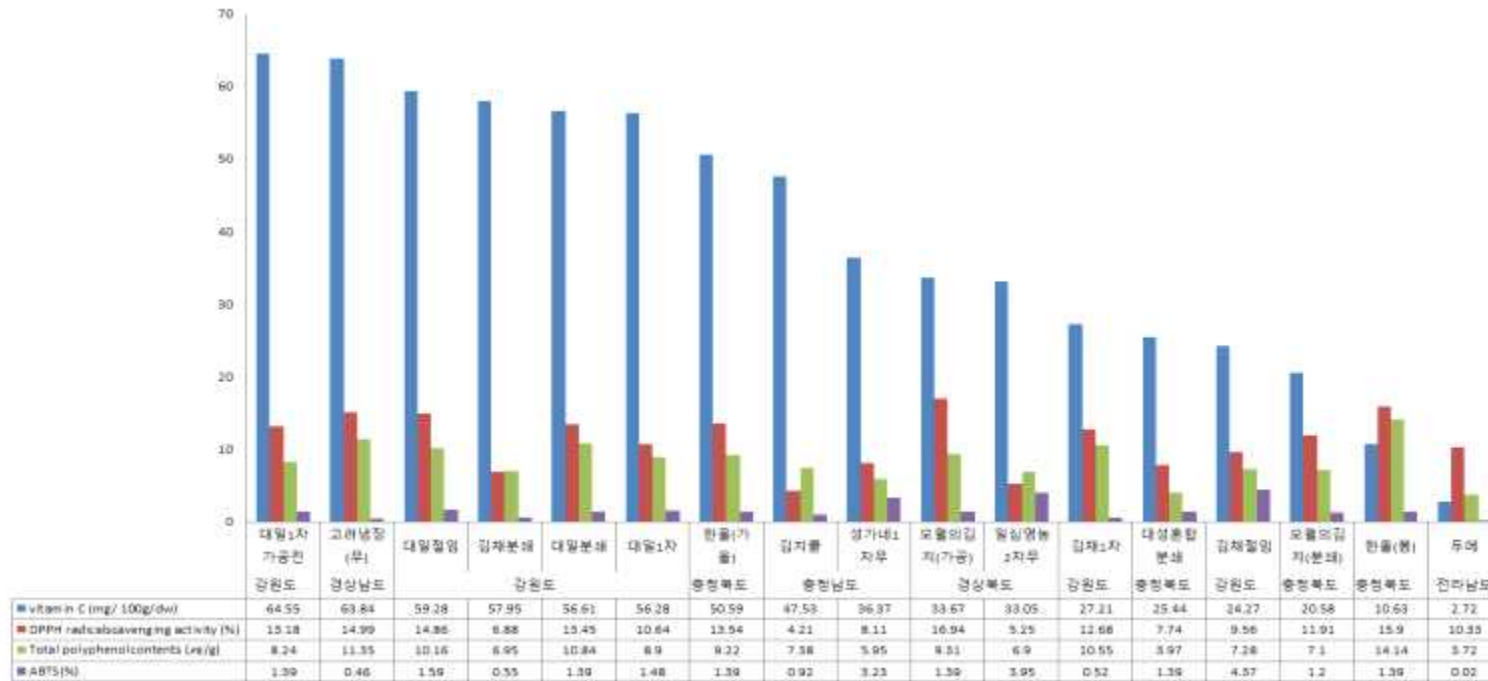


그림 23. L-ascorbic acid compared with DPPH, Total polyphenol contents, ABTS(2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid) of Kimchi by-product

(3) 배추·무 부산물의 식이섬유 추출·정제 조건 최적화

(1) 총 식이섬유 분석

-용매추출 및 정제 조건 확립

무기산류 (염산), 염류 (NaOH, Na₂CO₃), 알콜류 (methanol, ethanol, isopropanol)의 농도를 달리하여 100℃에서 1시간 동안 충청도소재의 김치제조공장 (H사)에서 수거한 배추·무 부산물의 식이섬유의 추출수율을 측정하였으며, 추출수율은 시료에 대한 식이섬유의 백분율로 나타내었다. 측정한 방법은 다음과 같다. 시료 1 g에 농도(0.01, 0.05, 0.1, 0.5 및 1 N)를 달리한 추출용매를 가한 후 100℃에서 1시간동안 추출한 시료를 냉각하였다. 그 다음, Whatman (NO.1) 여과지를 이용해 흡인여과 하였다. 여과액을 가용성 펙틴질 분획으로 사용하였으며, 농도별 수율의 경우 여과지의 불용성 잔사를 50℃로 건조하여 무게를 측정하였다.

• 염산 (HCl)

동결 건조한 봄, 가을배추 부산물 1 g에 HCl를 농도(0.01, 0.05, 0.1, 0.5 및 1 N)로 처리하여 추출수율을 측정한 결과는 표 9와 같다. HCl으로 식이섬유를 추출한 경우 봄배추 가을배추 두 시료 모두 0.01 N의 농도에서 77.49, 68.84%로 가장 높은 식이섬유 추출을 나타내었고 다른 농도 범위에서는 유의적 차이는 나타나지 않았다.

표 9. Yield of total dietary fiber content in different HCl concentration

Sample ¹⁾	HCl concentration (N)					
	농도	0.01	0.05	0.1	0.5	1
C-1		77.49±1.53^{2)a}	64.45±2.88 ^b	62.10±1.24 ^b	62.34±1.32 ^b	64.86±0.97 ^b
C-2		66.83±5.33^a	57.98±2.88 ^b	58.20±2.85 ^b	56.52±3.66 ^b	55.08±3.25 ^b

¹⁾C-1: 봄배추, C-2: 가을배추

• 염류 (NaOH)

동결 건조한 봄, 가을배추 부산물 1 g에 NaOH를 농도별(0.01, 0.05, 0.1, 0.5 및 1 N)로 처리하여 추출수율을 측정한 결과는 표 10과 같다. NaOH로 식이섬유를 추출한 경우 1 N의 농도에서 82.65%로 가장 높은 식이섬유 추출수율이 측정 되었다

표 10. Yield of total dietary fiber content in different NaOH concentration

Sample ¹⁾	NaOH concentration (N)				
	0.01	0.05	0.1	0.5	1
C-1	86.65±0.96 ^a	81.24±1.67 ^b	79.49±1.50 ^b	55.87±0.65 ^c	56.00±1.27 ^c
C-2	72.68±4.56 ^{ab}	59.58±5.62 ^{bc}	48.61±3.33 ^c	68.01±6.24 ^{ab}	82.65±16.99^a

¹⁾C-1: 봄배추, C-2: 가을배추

- 탄산나트륨 (Na_2CO_3)

동결 건조한 봄, 가을배추 부산물 1 g에 Na_2CO_3 를 농도(0.01, 0.05, 0.1, 0.5 및 1%)로 처리하여 추출수율을 측정한 결과는 표 11와 같다. Na_2CO_3 로 식이섬유를 추출한 경우 0.01 %의 농도에서 76.17%로 가장 높은 식이섬유 추출수율이 측정 되었다.

표 11. Yield of total dietary fiber content in different Na_2CO_3 concentration

Sample ¹⁾	Na_2CO_3 concentration (%)				
	0.01	0.05	0.1	0.5	1
C-1	86.65±0.96 ^a	81.24±1.67 ^b	79.49±1.50 ^b	55.87±0.65 ^c	56.00±1.27 ^c
C-2	76.17±13.65 ^a	67.44±10.51 ^a	70.74±16.18 ^a	58.45±3.84 ^a	74.51±17.50 ^a

¹⁾C-1: 봄배추, C-2: 가을배추

- 알콜류 (Methanol)

동결 건조한 봄, 가을배추 부산물 1 g에 methanol를 농도(0.01, 0.05, 0.1, 0.5 및 1 N)로 처리하여 추출수율을 측정한 결과는 표 12과 같다. methanol로 식이섬유를 추출한 경우 95%의 농도에서 98.67%로 가장 높은 식이섬유 추출수율이 측정 되었다.

표 12. Yield of total dietary fiber content in different methanol concentration

Sample ¹⁾	Methanol concentration (%)				
	50	60	70	80	95
C-1	96.69±4.90 ^a	98.52±3.13 ^a	98.92±2.49 ^a	99.34±1.74 ^a	99.44±1.23 ^a
C-2	93.22±2.67 ^a	96.31±6.68 ^a	97.16±2.97 ^a	98.11±1.60 ^a	98.57±1.90 ^a

¹⁾C-1: 봄배추, C-2: 가을배추

- 알콜류 (Ethanol)

동결 건조한 가을배추 부산물 1 g에 ethanol를 농도(0.01, 0.05, 0.1, 0.5 및 1 N)로 처리하여 추출수율을 측정한 결과는 표 13과 같다. ethanol로 식이섬유를 추출한 경우 95 %의 농도에서 99.50%로 가장 높은 식이섬유 추출수율이 측정 되었다.

표 13. Yield of total dietary fiber content in ethanol concentration

Sample ¹⁾	Ethanol concentration (%)				
	50	60	70	80	95
C-1	88.70±1.83 ^a	87.10±6.69 ^a	91.05±10.13 ^a	89.34±8.48 ^a	89.59±9.41 ^a
C-2	94.83±3.11 ^a	97.10±2.19 ^a	96.09±5.66 ^a	99.03±2.51 ^a	99.50±1.33 ^a

¹⁾C-1: 봄배추, C-2: 가을배추

• 열수 추출

동결 건조한 봄, 가을배추 부산물 1 g을 열수 추출 후 추출수율을 측정한 결과는 표 14와 같다. 열수 추출한 경우 84.64%와 84.61%로 측정 되었다.

표 14. Yield of total dietary fiber content in hot water

	Yield(%)
C-1	84.64 ± 6.41 ^a
C-2	84.41 ± 6.12 ^a

¹⁾C-1: 봄배추, C-2: 가을배추

- 최적용매의 pH별 정제 조건 확립

무기산류 (염산), 염류 (NaOH, Na₂CO₃), 알콜류 (methanol, ethanol, isopropanol)의 농도를 달리하여 100℃에서 1시간 동안 배추·무 부산물의 식이섬유의 추출수율을 측정한 결과 95% ethanol로 추출하였을 때 가장 높은 추출수율을 나타내었다. 이러한 결과를 바탕으로 95% ethanol을 용매로 사용하여 100℃에서 1시간동안 pH 3, 4, 5, 6, 및 7로 pH를 달리하여 배추·무 부산물의 식이섬유를 추출하고 그 수율로 부터 최적 pH를 측정한 결과 pH 6에서 94.61%의 가장 높은 추출수율이 측정되었다. 위의 실험 결과로 식이섬유의 최적 추출 및 정제조건은 95% ethanol을 이용하여 pH 6, 100℃, 1시간 조건으로 결정하였다.

표 15. Yield of total dietary fiber content in pH

	pH				
	3	4	5	6	7
C-2	90.06 ± 0.75 ^a	92.12 ± 0.96 ^a	92.94 ± 0.04 ^a	94.61 ± 0.64^a	90.95 ± 4.59 ^a

¹⁾C-1: 봄배추, C-2: 가을배추

2) 수용성 식이섬유 및 불용성 식이섬유 분석

경기도, 강원도, 인천, 충청 남·북도, 전라남·북도 및 경상남도 소재 김치제조 공장에서 수거한 배추·무 부산물의 식이섬유 분석함량은 표 16과 같다.

위에서 결정된 최적조건으로 식이섬유를 추출하여 분석한 결과가 다음과 같다. 본 과제에서 추출·정제 최적화를 목표로 설정한 배추 부산물과 무부산물의 식이섬유 함량인 각각 15%, 12%이상의 수율이 달성된 것으로 나타났다.

표 16. Yield of dietary fiber (%)

Region	Sample	Insoluble Dietary	Soluble Dietary	Total Dietary
		Fiber	Fiber	Fiber
강원	김채1차	8.57	0.94	9.51
	대일1차가공전	6.25	1.98	8.23
	대일분쇄	8.38	0.42	8.80
	대일절임	5.67	0.41	6.08
	정푸드	10.85	2.69	13.54
경기도	새빛촌	1.98	0.52	2.50
	선농분쇄	9.80	0.00	9.80
	선농정선	4.14	0.39	4.53
	선농2차절임	2.81	0.11	2.92
	무지개2차	5.28	0.29	5.57
	새동네1차	10.82	0.62	11.44
	늘푸른	9.13	1.07	10.19
	성가네2차	11.59	19.99	31.58
	성가네(무)	8.92	0.42	34.07
	성가네1차무	8.94	25.16	34.11
	일품2차	6.44	0.66	7.10
충청남도	김치쿨	9.96	0.39	10.35
	한울(가을)	8.77	0.39	9.17
	산수야1차	8.44	0.55	8.99
충청북도	청주골1차	7.57	5.84	13.41
	태성혼합분쇄	9.22	0.68	9.90
	오월의김치(절임)	1.38	0.92	2.30
경상남도	남경탈수분쇄	4.89	0.64	5.53
	고려냉장(무)	8.69	0.72	9.41
	고려냉장(배추)	1.09	0.08	1.17
	제이애프드	8.99	0.29	9.28
경상북도	두메	14.43	0.27	14.70
배추부산물		7.37	18.41	25.78
무부산물		9.38	2.92	12.3

(4) 배추·무 부산물의 정제된 식이섬유의 일반성분 분석 및 물리 화학적 분석

① 1차 알콜 불용성 물질 일반 성분 분석

동결 건조한 배추·무 부산물을 분쇄하여 50 mesh (300 μm)를 통과시킨 시료에 10배의 증류수를 첨가한 후 24시간 동안 상온에서 정치·추출 하였다. 추출된 혼합물을 Miracloth 및 Whatman (NO.1)로 흡인 여과하여 수용성 물질과 불용성 물질로 분리하였다. 그 다음 불용성 물질 잔사의 5배 증류수를 첨가하여 15분 동안 100℃ 항온 수조에서 반응시켜 냉각하여 Whatman 여과지 (NO.1)로 흡인 여과한 불용성 잔사를 에탄올 95%에 1시간 담가 놓은 후 흡인 여과하였다. 불용성 잔사에 95% 에탄올과 아세톤을 이용하여 2회 세척한 후 50℃로 24시간동안 열풍 건조하여 1차 알콜 불용성 물질을 얻었으며 이의 일반성분을 분석하였다. 그 결과는 표 17과 같다. 조회분결과가 높게 나온 것으로 보아 1차 알콜 불용성 물질 제조시 수용성단백질, 수용성 당류 등이 빠져나가 남아있는 불용성 잔사의 조섬유양이 높게 나타난 것으로 사료된다.

표 17. Genaral contents of 1-AIR

Sample ¹⁾	Crude protein(%)	Crude fat(%)	Crude ash(%)	Crude fiber(%)
1-AIR S	11.25±0.66 ^a	0.76±0.24 ^a	8.21±1.24 ^a	75.31±2.47 ^a
1-AIR A	10.11±0.03 ^a	0.16±0.05 ^b	7.62±0.07 ^a	79.26±2.41 ^b

¹⁾1-AIR S: 1차 알콜 불용성 물질 (봄배추), 1-AIR A: 1차 알콜 불용성 물질(가을배추)

② 1차 알콜 불용성 물질의 탄수화물 분석

배추·무 부산물의 1차 알콜 불용성 물질의 탄수화물 분석 결과는 표 18과 같다. 환원당의 경우 가을배추와 봄배추 모두 0.01로 유의적인 차이를 보이지 않았다. 그러나 펙틴질의 함량을 비교하였을 때 14.78과 1.85로 유의적인 차이를 보였다.

표 18. Reducing sugar contents of 1-AIR

Sample ¹⁾	Reducing sugar	Pectic substances
1-AIR S	0.01±0.00 ^a	14.78±1.38 ^a
1-AIR A	0.01±0.00 ^a	1.85±0.51 ^b

¹⁾1-AIR S: 1차 알콜 불용성 물질 (봄배추), 1-AIR A: 1차 알콜 불용성 물질(가을배추)

③ 1차 알콜 불용성 물질의 보수력, 비중 및 점도 측정

1차 알콜 불용성 물질의 일반성분 및 탄수화물, 보수력, 비중 및 점도 측정 결과로 다음 표 19과 같다. 1차 알콜 불용성 물질의 보수력과 비중 점도를 정제되기 전 부산물의 보수력, 비중, 점도보다 월등히 높은 수치를 나타내었다.

표 19. Water holding capacity ,Specific gravity and Viscosity contents of 1-AIR

	Water holding capacity	Specific gravity (mL/g)	Viscosity (cP)
1-AIR S	20.21±0.45 ^b	0.15±0.04 ^a	7907±439.36 ^b
1-AIR A	18.65±0.75 ^a	0.15±0.00 ^a	8660±598.58 ^a

¹⁾1-AIR S: 1차 알콜 불용성 물질 (봄배추), 1-AIR A: 1차 알콜 불용성 물질(가을배추)

○ 배추 부산물의 식이섬유를 이용한 튀김가루 및 머핀믹스 개발

1. 재료 및 방법

(1) 배추 부산물 전처리

배추 부산물은 3회 세척한 후, 물기를 제거 한 뒤 배추 부산물을 식품건조기(리큱 전기 건조기, LD-9188H)를 사용하여 70℃에서 24시간 건조하여 사용 하였으며 아래 2가지 형태-배추부산물파우더와 배추 부산물 불용성 식이섬유 추출물 파우더로 제조하여 이용하였다.

① 배추 부산물 파우더(CP: Chinese cabbage powder)

건조한 배추 부산물을 믹서기(한일믹서기 HMF-3500TG)에 분쇄한 후, 80 mesh 체에 내려서 사용하였다.

② 배추 부산물 불용성 식이섬유 추출물 파우더

위에서 얻은 배추 부산물 파우더를 이용해 이를 조식이섬유 분말(crude dietary fiber, CDF)을 제조하였다. 조식이섬유 분말에 남은 다당류, 단백질을 제거하기 위해 3 L 증류수에 250 g CDF를 넣고 α-amylase(Termamyl 120L, Novo Nordisk, Bagsvaerd, Denmark), protease(Neutrase 0.5L, Novo Nordisk), amyloglucosidase(AMG 300L, Novo Nordisk)를 각각 0.5 mL씩 가하여 50℃에서 10시간 반응시켰다. Whatman No. 1 여과지를 사용하여 분해되지 않은 잔사를 걸러내고 이를 증류수로 3번 세척하였다(Liu WI 등 2012). 과물을 60℃에서 12시간 건조하여 80 mesh 체를 이용해 불용성 식이섬유 분말(enzyme treated insoluble dietary fiber powder, IDFP)을 회수하였다.

③ 실험 재료

밀가루(백설, 경기도), 백미 쌀가루(농협중앙회, 강원도, 한국), 현미 쌀가루, 옥수수 전분(뚜레반, 고양시, 한국), 베이킹 파우더(뚜레반, 고양시, 한국), 꽃소금(백설, 전라남도, 한국), 콩기름(백설, 인천광역시, 한국)을 본 실험의 재료로 사용하였다.

④ 관능검사

튀김가루의 관능검사는 고구마를 지름 5.5 mm × 두께 5.5 mm로 잘라 배합비에 따라 혼합한 배터(batter)에 5초 동안 담가 튀김옷을 입힌 다음 180℃의 기름에 1분30초간 튀긴 후 관능검사를 실시하였다. 고구마의 맛이 튀김반죽의 맛에 영향을 주지 않도록 작은 크기로 절단하여 튀김에 이용하였다. 관능검사 항목으로 외관(appearance), 색상(color), 맛(flavor), 바삭함(crispiness), 전반 기호도(overall acceptability)을 평가하였다.

머핀의 관능검사 머핀을 개당 65g으로 하여 윗불 180℃, 아랫불 180℃에서 25분간 구워, 1시간 cooling 시킨 후 일정한 크기로 4등분하여 물과 함께 제공하였다. 한 개의 시료를 평가한 후 다음 시료를 평가하기 전에 반드시 물로 입안을 헹군 뒤 평가하도록 하였다. 항목(외관/색/조직감/전체적인 향미/부재료 향/쓴맛/전체적인 선호도)을 평가하였다.

(2) 배추 부산물 파우더의 식이섬유 함량 분석

총 식이섬유 함량은 Prosky법(1988)을 변형하여 측정하였다. 배추 부산물의 식이섬유 함량 분석을 위하여 열품 건조된 배추 부산물에 Mes-Tris buffer 40 mL를 첨가해서 pH 8.2로 조정하고, 내열성 α -amylase 용액 50 μ l를 가한 후 항온수조 (100℃)에서 30분 반응시켰다. 그 다음 Protease용액 100 μ l를 첨가한 후, 진탕 항온수조기 (60℃, 30분)에서 반응시킨 후 0.561 N HCL 5 mL를 혼합한 다음, 60℃에서 pH를 4.3-4.7로 조정하고 Amyloglucosidase (200 μ l)용액을 가하고 60℃에서 30분 반응시켰다. 불용성 식이섬유는 향량을 구한 Celite를 함유한 1G3 여과용 도가니를 통해 증류수 3 mL를 넣어 분산시킨 후 흡인 여과하여 celite층이 고르게 형성되게 하였으며, 수용성 식이섬유는 78% ethanol 15 mL를 가하여 분산시켰다. 잔사는 78% ethanol, 95% ethanol, aceton의 순서로 각각 15 mL씩 2회 세척한 후, 105℃에서 24시간 건조 후 향량을 구하였다. 그 다음 조회분과 조단백질함량을 감하여 불용성 식이섬유와 수용성 식이섬유의 함량을 측정하였다. 총 식이섬유는 불용성식이섬유와 수용성 식이섬유의 합으로 계산하였다.

$$\text{총 식이섬유(TDF)} = \text{불용성 식이섬유(ISF)} + \text{수용성 식이섬유(SDF)}$$



그림 24. 식이섬유 분석기

(3) 배추 부산물의 식이섬유를 이용한 프리믹스-튀김가루, 머핀믹스 개발
 식품 적용 검토 결과에 따라 튀김가루는 배추 부산물의 식이섬유 파우더를 첨가하여 제조하였으며 배추부산물 파우더를 이용하여 머핀믹스를 제조하였으며 관능 평가를 통하여 최적 배합비를 설정하였다 (③ 실험 재료, ④관능검사 참고)

(4) 배추 부산물의 식이섬유를 첨가한 튀김가루의 품질 평가

① 배추부산물 불용성 식이섬유 분말(enzyme treated insoluble dietary fiber powder, IDFP)를 첨가한 튀김가루로 고구마 튀김 제조

배추부산물 불용성 식이섬유 분말의 첨가량을 달리하여 제조한 튀김가루 200 g을 믹싱볼에 담은 후 물 400 g을 넣고 60초간 잘 교반하여 반죽을 만든 다음 지름 5.5 mm × 두께 5.5 mm로 자른 고구마를 반죽에 5초 동안 담가 튀김옷을 입힌 다음 180℃ 기름에 1분 30초간 튀긴 후 식혀 본 실험의 시료로 사용하였다.

②배추부산물 불용성 식이섬유 분말(IDFP)를 첨가한 튀김반죽의 특성

②-1) 퍼짐성(Spreadability) 측정

튀김반죽의 퍼짐성은 (Park BH 등 2015)의 방법에 따라 다음과 같이 측정하였다.

튀김반죽 50 g 취하여 지름과 높이가 각각 50 mm인 투명 아크릴 원통 속에 넣은 후 원통을 들어 올려 퍼지게 하여 5분 후 자로 퍼진 부분 4군데의 부위에서 반지름을 5회 측정하여 평균치를 구하였다.

②-2) 픽업률(Pick-up ratio) 측정

튀김반죽의 픽업률은 (Choi SI 등 2011)의 방법에 따라 다음과 같이 측정하였다.

픽업이란 튀김반죽이 재료에 묻혀지는 것을 말하며, 반죽의 픽업률은 일정한 형태(지름 5.5 mm × 두께 5.5 mm)로 자른 고구마 5개의 무게를 쟀 후 반죽에 5초 동안 담가 튀김옷을 입힌 다음 꺼내어 1초간 drain한 후 남은 반죽의 무게를 재고 다음 식으로 계산하였다.

$$\text{픽업률(\%)} = \frac{\text{튀김옷 입히기 전 반죽무게} - \text{튀김옷 입힌 후의 반죽 무게}}{\text{고구마 5개의 무게}} \times 100$$

②-3) 색도(color) 측정

튀김반죽의 색도는 시료 80 g을 페트리 접시에 담은 후 색차계(UltraScan PRO, Hunter)를 사용하여 측정하였으며, L, a, b값으로 나타내었다.

③배추부산물 불용성 식이섬유 분말(IDFP)를 첨가한 튀김가루를 이용한 고구마 튀김의 특성

③-1) 반죽 조직감(texture) 측정

반죽의 조직감은 반죽 100 g을 180℃ 기름에 붓고, 1분간 튀긴 다음 3분간 식힌 후 시료 18 g을 용기에 담아 texture analyzer(TAHDi/500, TAHD)를 이용하여 P/25을 장착하고, 1.0 mm/s의 속도로 압착시켰을 때 나타난 force-time curve로부터 hardness(peak force), crispiness(peak number)를 측정하였다. 이때의 분석조건은 표 19와 같으며, 10회 이상 반복 측정하였다.

표 20. 배추부산물 불용성 식이섬유 분말(IDFP)를 첨가한 튀김 반죽의 텍스처 측정 조건

T.A. Settings	Return to start
Sample size	18 g
Load cell	50 kg
Data acquisition rate	500 pps
Probe and product data	P/25 (25 mm diameter cylinder probe)
Test mode	Compression
Pre-test speed	2.0 mm/s
Test speed	1.0 mm/s
Post-test speed	10.0 mm/s
Target mode	Strain-80%
Trigger type	Auto(force)-5 g
Break mode	Off
Stop plot at	Start position
Tare mode	Auto
Advanced options	On
Control oven	Disabled
Frame deflection correction	Off(XT2 compatability)

③-2) 수분 및 흡유량 측정

배추부산물 불용성 식이섬유 분말(IDFP)를 첨가한 고구마 튀김의 수분 함량은 수분측정기(XM60, Precisa Gravimetrics AG, Swiss)을 이용하여 측정하였다. 튀김의 지방 함량은 조지방측정기(SOXTEC 2050, FOSS, Sweden)을 이용하여 추출한 후 무게를 재고 다음 식으로 계산한다. 흡유율 계산식은 아래와 같다.

$$\text{흡유율}(\%) = \text{튀김의 지방함량}(\%) - \text{반죽의 지방함량}(\%)$$

④ 통계 처리

모든 실험결과는 SPSS 프로그램(SPSS 23.0 for windows, SPSS Inc.)을 이용하여 분산분석(ANOVA)을 실시하였으며, 각 측정 평균값간의 유의성은 $p < 0.05$ 수준으로 Duncan의 다중범위시험법을 사용하여 검증하였다.

(5) 배추 부산물의 식이섬유를 첨가한 머핀믹스의 품질 평가

①머핀의 부피, 대칭성, 균일성

머핀의 부피(volume), 대칭성(symmetry), 균일성(uniformity)의 측정방법은 AACC method 10-91 방법을 사용하였다. 개당 반죽 55g씩 일정량을 담아 윗불 180℃, 아랫불 180℃에서 25분간 구운 후, 실온에 1시간 cooling 시킨 후 측정하였다.

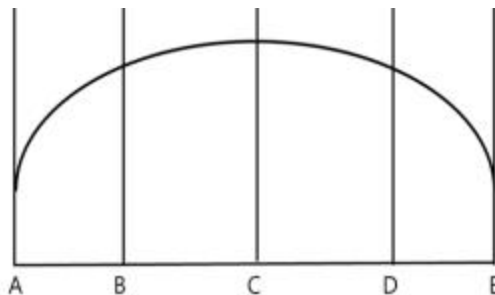


그림 25. 머핀의 부피, 대칭성, 균일성 측정을 위한 절단 위치 표시

그림 25와 같이 머핀의 중심부를 수직으로 잘라 절단면의 양 끝단에 A와 E를 표시하고 중앙을 C로 정한 후, A와 C사이 중앙에 B의 선을, C와 E사이에 D의 선을 표시하여 각 지점에서 증편의 높이를 측정하여 부피, 대칭성 및 균일성을 다음과 같은 공식으로 계산하였다.

$$\text{부피(Volum index)} = B + C + D$$

$$\text{대칭성(Symmetry index)} = 2C - B - D$$

$$\text{균일성(Uniformity index)} = B - D$$

② 머핀의 높이, 중량, 굽기 손실율

배추 파우더를 첨가한 머핀은 개당 반죽 55g씩 일정량을 담아 머핀을 구운 후 머핀의 높이는 머핀의 최고 높이 부분에서 종단으로 이등분한 단면의 높이를 측정하였고, 머핀의 중량은 전자저울(Adventure OHAUS AR1530, U.S.A.)을 이용하여 무게를 측정함. 높이와 중량은 한 처리군당 5개의 시료를 사용하여 각 시료 당 3회 반복하여 측정하여 평균값으로 나타냄. 굽기 손실률은 굽기 전의 반죽중량과 구운 후 머핀의 중량을 이용하여 다음과 같은 수식에 의해 계산하였다.

$$\text{굽기 손실률(Baking loss rate, \%)} = \frac{(\text{BW}-\text{CW})}{\text{BW}} * 100$$

BW : 반죽 중량 (Batter weight, g)

CW : 케이크의 중량 (Cake weight, g)

③ 머핀의 단면 관찰 및 외형 사진 촬영

머핀을 구운 후 실온에서 1시간 정도 식힌 후 단면 관찰은 머핀의 최고 높이 부분에서 종단으로 이등분한 단면을 디지털카메라(VLUU NV24HD, Samsung, Korea)를 사용하여 촬영하였고, 외형 사진은 머핀 제품의 윗면을 촬영하였다.

④ 머핀의 색도 측정

머핀의 색도는 색차 색도계(UltraScan PRO, HunterLab, Virginia, USA)를 사용하여 측정하였다. 각각의 색도는 L^* , a^* , b^* 값으로 나타 내었다. 이때 사용한 표준 백색판의 값은 $L^*=99.56$, $a^*=-0.17$, $b^*=-0.21$ 이었다. 머핀의 중간을 횡단으로 잘라 윗면과 안쪽 부분을 각 각 따로 crust, crumb color를 측정 하였다. e) Browning index(BI) value 측정

머핀의 표면색도(Hunter Scale L, a, b값)을 colourimeter (Hunter Colour-flex, CFLX 45-2, HunterLab, Reston, Va., USA)를 이용하여 각 시료의 같은 4곳을 찍어 분석하였다.

⑤머핀의 텍스처 측정

머핀의 텍스처는 Texture analyzer(TA-XT2i, England)를 이용하여 표 과 같은 조건으로 TPA(texture profile analysis)을 측정하였다. 시료는 개당 반죽 55g을 머핀틀에 담아 윗불 180℃, 아랫불 180℃에서 25분간 구운 후, 1시간 실온에 냉각 하여 3*3*3cm 크기로 일정하게 잘라서 조직감을 측정하였다. 경도(hardness), 부착성(adhesiveness), 탄력성(springiness), 응집성(cohesiveness), 겹성(gumminess), 씹힘성(chewiness), 회복성(resilience)을 10회 이상 반복하여 측정한 후, 평균값으로 나타내었다.

표 21. 머핀의 텍스처 측정 조건

Pre-test speed	2.00 mm/s
test speed	2.00 mm/s
Post test speed	4.00 mm/s
Strain	40%
Trigger force	5.0g
Probe	SMS p/36R

2. 배추 부산물의 식이섬유 성분의 식품적용 검토 결과

(1) 배추 부산물 형태 결정

본 과제에 1차 년도에 이용한 배추무부산물의 추출물을 이용하여 2차 년도 개발 예정 제품군인 프리믹스-튀김가루, 머핀믹스에 적용하여 제품을 개발하고자 하였다. 예비 실험으로 1차 년도에 사용된 식이섬유 추출물과 추출하기 전 단계인 배추무부산물을 파우더 형태로 적용하여 시판되는 튀김가루와 머핀믹스에 첨가하여 튀김과 머핀을 제조하였다. 식품 적용가능성을 검토한 결과 배추무부산물파우더를 첨가한 제품의 경우 이물감이 느껴져서 제품화에 적합하지 않은 것으로 판단되었다. 배추무부산물은 김치를 제조하는 과정 중 여러 단계에서 발생하는데 1차년도 부산물의 경우 염지 후 제거되는 단계까지 발생한 부산물을 혼합하여 이용하였다. 이를 수차례 세척 및 정선 단계한 후 추출물을 얻어내는데 세척 및 정선 단계에 많은 시간이 소요되고 수분 함량이 높아 건조에도 많은 시간이 소요되었다. 또한 부산물 처리 과정이 식품에 적용하기에는 적합하지 않을 수도 있어 이에 2차년도에는 1차 정선과정에서 발생하는 배추의 비가식부위인 걸잎만을 부산물로 이용하기로 하였다. 배추 걸잎은 배추 부산물의 상당량을 차지하고 식이섬유 함량도 높기 때문에 이를 김치공장(한울, 충청북도 소재)에서 제공받아 연구를 진행하였다. 배추 부산물 식이섬유의 분류·정제에는 1차년도의 연구 과정에서 확립된 추출 공정을 채택하여 사용하였다.

(2) 배추 부산물의 식이섬유 성분의 식품 적용을 위한 이용 형태 결정

당해연도 과제에서 개발예정인 프리믹스 제품군 중 튀김가루와 머핀믹스에 적합한 배추 부산물 식이섬유의 식품 적용 형태를 결정하기 위하여 다음 실험을 실시하여 튀김가루는 배추 부산물 불용성 식이섬유(Chinese cabbage Dietary Fiber Powder: CDFP*)를, 머핀믹스는 배추부산물파우더(Chinese cabbage Powder: CP)를 첨가하기로 결정하였다.

* 보고서 이하 내용에서는 배추 부산물 파우더는 CP, 배추 부산물 불용성 식이섬유는 CDFP로 표기한다.

(3) 배추 부산물 파우더(CP)와 배추 부산물 불용성 식이섬유 추출물(CDFP)의 식이섬유 함량 분석

식이섬유함량은 불용성식이섬유, 수용성식이섬유를 측정하여 총 식이섬유 함량을 계산하였다. 배추 부산물 파우더(CP)는 불용성 식이섬유 35.36%, 수용성 식이섬유 0.84%로 총 식이섬유 함량은 36.2%이다. 배추 부산물 불용성 식이섬유 추출물(CDFP)의 불용성 식이섬유는 62.54%, 수용성 식이섬유는 0.09%이며 총 식이섬유 함량은 62.63%로 측정되었다.

(4) 배추 부산물의 식이섬유 성분을 이용한 제품군 (프리믹스 - 튀김가루, 머핀믹스) 개발 및 품질 특성

① 배추부산물의 식이섬유를 이용한 프리믹스- 튀김가루 개발

㉞ 배추부산물 파우더(CP)와 배추 부산물 불용성 식이섬유 추출물(CDFP)를 첨가한 튀김가루의 배합비 결정

튀김가루의 경우 CDFP를 이용하는 것이 관능평가 결과 좋다고 평가되었지만 CP의 비율을 다르게 첨가하였을 경우 긍정적인 평가가 나올 것을 기대하여 배추 부산물 파우더와 불용성 식이섬유 파우더 두가지 형태를 모두 적용하여 제조해보기로 하였다. 배추 부산물의 총 식이섬유 함량 기준으로 밀가루의 1, 3, 5%의 비율에 해당 하는 총 식이섬유(TDF)의 함량을 계산하여 CP 와 CDFP를 첨가한 튀김가루의 배합비는 다음과 같다.

표 22. 배추 부산물 파우더(CP)와 배추 부산물 불용성 식이섬유 추출물(CDFP)를 첨가한 튀김가루의 배합비

Ingredients(g)	Total dietary fiber (TDF) contents (%)						
	0	1	3	5	1	3	5
Chinese dietary fiber powder (CDFP)	0	1.60	4.79	7.98	0	0	0
Chinese cabbage powder(CP)	0	0	0	0	5.53	16.58	27.63
Soft wheat flour	184	182.40	179.21	176.02	187.47	167.42	156.37
Corn starch	10	10	10	10	10	10	10
Baking power	4	4	4	4	4	4	4
Salt	2	2	2	2	2	2	2
Water	300	300	300	300	300	300	300

관능검사 결과 외관에서 두가지 부재료 모두 함량이 높아질수록 일반적인 튀김의 색과 달리 진한 녹색이 강조되어 선호도가 떨어지는 결과를 나타내었다. CDFP를 사용하는 3% 이상의 제품에서는 매우 낮은 평가 결과를 나타내었으며 5%의 경우 배추의 맛이 강하게 느껴져 튀김 본재료의 맛을 저하시킬 수 고 평가되었다. 또한 튀김의 관능 특성 중 가장 중요한 부분이 바삭함인데 CDFP를 3% 첨가군 까지는 보통의 평가를 나타내었으며 그 이상 첨가한 제품군에서는 모두 바삭함이 떨어지는 결과를 나타내었다.



사진 1 CDFP를 첨가한 튀김사진

CP를 첨가한 고구마 튀김은 1% 이상의 제품군 모두 매우 낮은 평가 결과를 나타내었다. 특히 1% 이상 첨가한 제품부터 배추 부산물의 부재료향이 너무 진하게 느껴져 튀김의 선호도를 저하시키는 요인이 되었다. 이에 프리믹스 튀김가루를 제조하는데 CP보다 CDFP를 이용하는 것이 적합하다고 사료되었다.

㊤ CDFP를 첨가한 튀김가루의 배합비 설정

전 단계 실험에서 CDFP를 3% 첨가한 샘플까지는 보통 이상의 관능검사 결과를 나타내었으므로 CDFP를 1, 2, 3, 4%의 비율로 첨가량을 좀 더 세분화하여 튀김가루를 제조하였으며 배합비는 표 2과 같다.

표 23. CDFP를 첨가한 튀김가루의 배합비

Ingredients(g)	Total dietary fiber (TDF) contents (%)				
	0	1	2	3	4
CDFP*	0	1.60	3.20	4.79	6.40
Soft wheat flour	184	182.40	180.80	179.21	177.6
Corn starch	10	10	10	10	10
Baking power	4	4	4	4	4
Salt	2	2	2	2	2
Water	300	300	300	300	300

*CDFP: Chinese cabbage Dietary Fiber Powder:

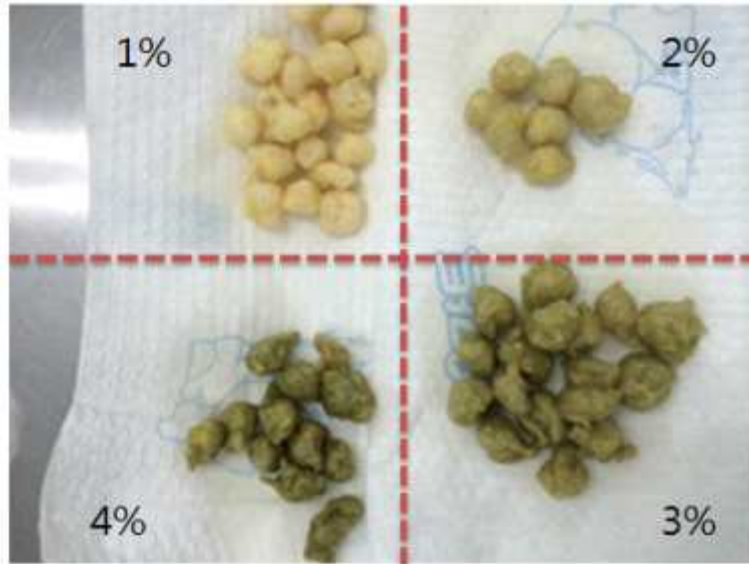


사진 2. CDFP를 첨가한 튀김가루로 만든 고구마 튀김

관능검사 결과는 그림 26과 같다. 튀김은 CDFP를 2%이하로 첨가하는 것이 색상, 맛, 전반적인 기호도 모두 좋은 점수를 나타내었다. 1%의 경우 배추향이 거의 느껴지지 않는다는 의견도 있어 2% 이하로 배추부산물 불용성 식이섬유를 첨가하는 것이 적합한 것으로 판단되었으며 다음 단계로 식이섬유 함량을 더 낮추어 연구를 진행하기로 하였다. 위의 사진에서도 확인할 수 있듯이 CDFP를 2% 이상 첨가한 튀김은 녹색이 두드러지며 외관 상 보통의 튀김과는 다른 색을 나타냈다. 이에 2% 이하로 첨가한 튀김가루를 제조하기로 하였다.

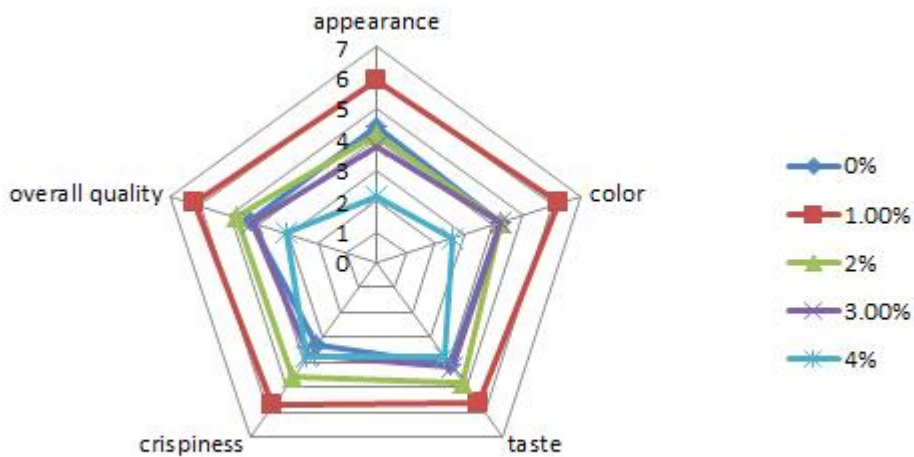


그림 26. CDFP를 첨가한 튀김가루로 만든 고구마 튀김의 관능검사

㊤ CDFP를 2% 이하로 첨가한 튀김가루의 배합비 설정

CDFP를 2% 이하로 첨가하는 것이 튀김가루에 이질감을 줄이고 관능적 요소를 충족시킬 수 있다고 사료되어 다음 표 24과 같이 CDFP를 0.5, 1, 1.5, 2% 첨가한 튀김가루를 제조하여 관능검사를 실시하였다.

표 24. CDFP를 첨가한 튀김가루의 배합비

Ingredients(g)	Total dietary fiber (TDF) contents (%)				
	0	0.5	1	1.5	2
CDFP	0	1	2	3	4
Soft wheat flour	184	183	182	181	180
Corn starch	10	10	10	10	10
Baking power	4	4	4	4	4
Salt	2	2	2	2	2
Water	300	300	300	300	300

*CDFP: Chinese cabbage Dietary Fiber Powder

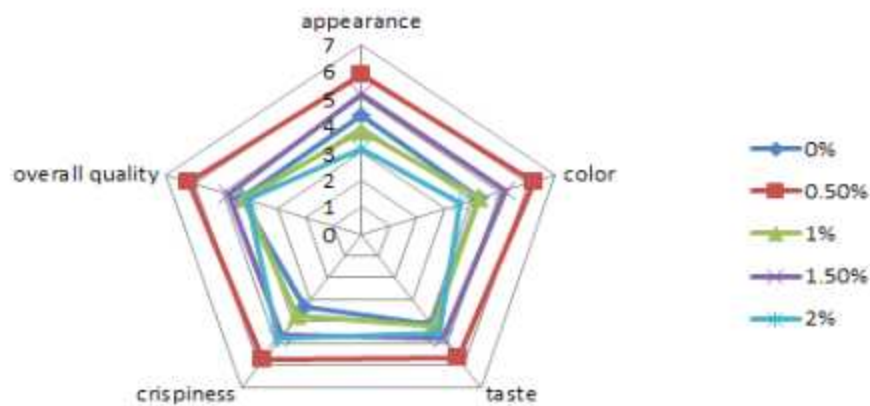


그림 27. CDFP(0.5-2%)를 첨가한 튀김가루의 배합비

관능검사 결과는 그림 27와 같으며 외관, 색, 맛, 전체적인 선호도 등 모든 항목에서 CDFP를 0.5% 첨가한 튀김이 유의적으로 가장 좋은 결과를 나타내었다($p < 0.05$) (사진 3 참고). 이는 밀가루로 제조된 대조군보다 훨씬 좋은 평가를 나타내었으며 부재료의 향도 전혀 거슬림 없이 잘 어우러짐을 보였다. 이로부터 CDFP는 튀김가루에 사용되어 식이섬유 함량을 높이는 기능성 식품이며 바삭함을 개선한 제품으로 상용화 가능성이 높을 것으로 판단됐다.

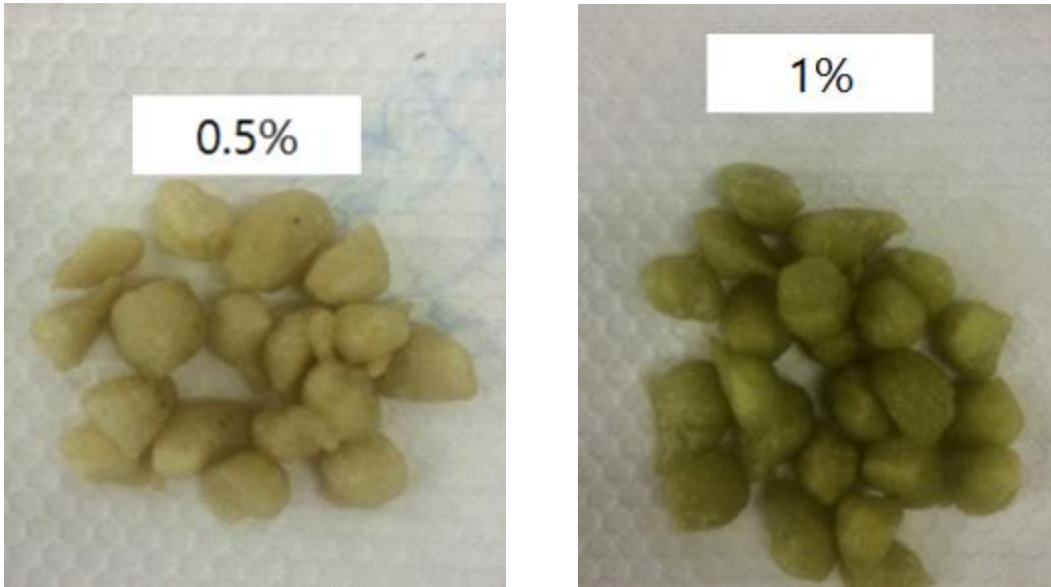


사진 3. CDFP를 0.5, 1% 첨가한 고구마 튀김

㉔ 튀김가루의 주재료(밀가루) 대체제 설정

최근 가공 식품에 밀가루 사용을 배제하는 글루텐 프리((gluten-free) 식품에 대한 관심이 높아지고 있다. 글루텐 민감성(gluten sensitivity) 혹은 셀리악 병(Celiac Disease)으로 인해 밀가루를 대체하는 식재료에 대한 여러 가지 연구가 진행되고 있으며 이를 통하여 쌀을 이용한 제품들이 여러 가지 생산되고 있다. 이에 본 과제의 참여 기업인 (주)에코플랜츠에서 개발한 특허 기술 중 쌀가루의 품질특성을 높이는 가공 공정을 이용하여 제조된 현미쌀가루를 밀가루의 대체제로 이용하여 글루텐 프리 튀김가루를 개발하고자 하였다. 이를 위하여 (주)에코플랜츠의 가공된 현미쌀가루와 시판 건식쌀가루를 혼합하여 쌀가루혼합물(Rice flour mix)을 주재료하여 CDFP를 첨가한 김가루의 배합비를 결정하였으며 배합비는 표4와 같다. 이때 같은 양의 물을 사용하는 경우 제조 과정에서 밀가루에 비하여 반죽이 너무 되직하여 튀김옷으로 사용하기에는 적합하지 않았고 완제품의 모양 역시 좋지 않아서 쌀가루혼합물을 이용할 경우 수분량을 증가하여 레시피를 조절하기로 하였다. 관능검사는 c) 단계의 결과를 바탕으로 CDFP를 0.5% 첨가한 밀가루베이스 튀김가루, 혼합쌀가루베이스 튀김가루를 포함한 총 4가지 제품을 제조하여 고구마 튀김의 관능검사를 실시하였다.

표 25. 쌀가루혼합물로 대체한 튀김가루의 배합비

Ingredients (g)	Total dietary fiber (TDF) contents (%)			
	Wheat flour-0%	Wheat flour-0.5%	Rice flour mix-0%	Rice flour mix-0.5%
CDFP	0	1	0	1
Rice flour mix	0	0	184	183
Soft wheat flour	184	183	0	0
Corn starch	10	10	10	10
Baking power	4	4	4	4
Salt	2	2	2	2
Water	300	300	400	400

관능검사 결과는 그림 25과 같으며 쌀가루로 대체한 튀김이 모든 항목에서 밀가루를 이용한 튀김에 비하여 우수한 평가를 나타내었다. 특히 바삭함(crispiness)의 경우 매우 좋다는 응답이 가장 많았으며 쌀가루를 대체한 튀김이 선호도가 매우 높게 나타났다. CDFP를 이용한 글루텐 프리 튀김가루의 제조는 매우 긍정적인 것으로 평가되었다.

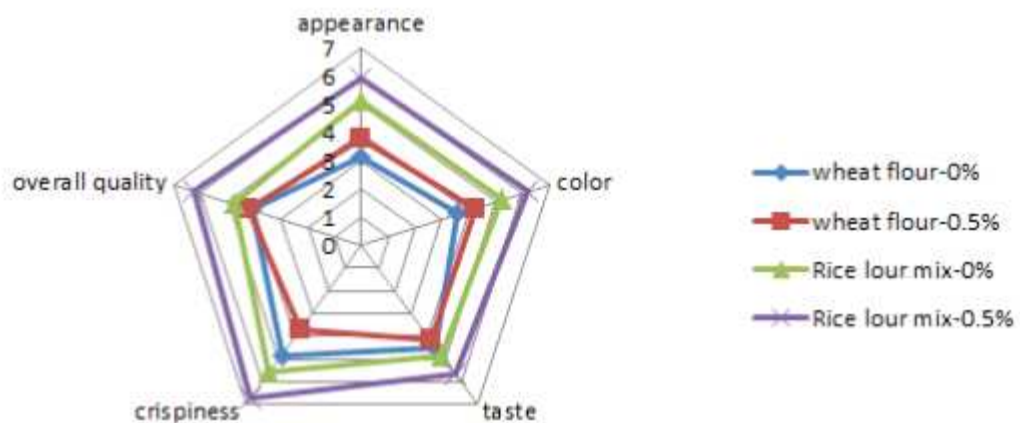


그림 28. 쌀가루혼합물로 대체한 CDFP 튀김가루로 만든 고구마 튀김의 관능검사

(3) 배추·무 부산물의 식이섬유를 이용한 제품군 (프리믹스-튀김가루)의 품질 특성

① CDFP를 첨가한 글루텐프리 튀김 배터의 특성

㉞ 퍼짐성 및 픽업률(Pick-up ratio)

CDFP를 0.5-2% 첨가한 튀김배터의 퍼짐성과 픽업률은 표 26에 나타내었다. 퍼짐성은 대조군의 경우 8.45에서 CDFP 첨가군은 각각 8.47, 8.42, 8.25, 8.20로 나타나서 대조군이 가장 높았으며, CDFP를 첨가량이 증가할수록 유의하게 감소하였다 ($p < 0.05$). 배터의 퍼짐성에 영향을 주는 요인에는 점성, 수분 함량, 공기 함유율 등이 있으며, 퍼짐성은 특히 수분 함량 밀접한 상관관계가 있는데, 반죽 내 수분이 자유수로 존재할 경우 점도가 유의하게 증가한다. 이러한 결과는 본 연구에서 쌀가루와 CDFP를 첨가한 튀김 배터를 제조하여 CDFP 첨가량이 증가될수록 점도가 증가하고 퍼짐성이 감소한 결과와 일치하였다. 픽업률은 대조군이 61.09 %이었고, 배추부산물 불용성 식이섬유 파우더 첨가군들은 61.00~61.99%이었으며, 유의적인 차이는 보이지 않았다.

표 26. CDFP 첨가한 글루텐프리 튀김 배터의 퍼짐성 및 픽업률

	Total dietary fiber (TDF) contents (%)				
	0	0.5	1	1.5	2
Spread ability (cm)	8.45 ± 0.10 ^a	8.47 ± 0.16 ^a	8.42 ± 0.15 ^a	8.25 ± 0.24 ^{ab}	8.20 ± 0.15 ^b
pick-up ratio (%)	61.09 ± 4.26 ^a	61.04 ± 4.62 ^a	61.00 ± 3.10 ^a	61.99 ± 6.55 ^a	61.40 ± 2.20 ^a

Mean ± SD (n=3). Means with different small character superscripts in each row are significantly different ($p < 0.05$).

a = Not Significant.

㉟ 색도(color) 측정

배추 식이섬유를 첨가한 튀김 배터의 색도는 표 27에 나타내었다. 튀김 배터의 색은 CDFP에 의한 가장 큰 영향을 받는다. 이 때 사용된 표준색판은 L=99.45, a=-0.05, b=-0.1이었고, 튀김 배터의 밝기를 나타내는 명도(L) 값은 대조군 82.28에 비하여 배추 식이섬유 첨가량이 0.5, 1.0, 1.5, 2.0%로 증가할수록 각각 78.92, 76.24, 75.61 및 72.78로 어둡게 나타나 유의적으로 감소하는 경향을 보였다 ($p < 0.05$). CDFP의 첨가량이 증가할수록 명도 값이 낮아진 것은 재료 자체의 색소에 의한 영향이 색도의 차이를 나타낸다. 튀김배터의 적색도(a값)는 배추 분말의 첨가량이 증가할수록 유의적으로 감소하는 경향을 보였으며 모두 음(-)을 나타내어 녹색의 방향으로 기울어졌다. 대조군 -0.29에 비하여 CDFP 첨가량이 증가할수록 각각 -0.76, -1.71, -1.75, -2.19로 나타나서 대조군에 비해 유의적으로 감소하는 경향을 보였다 ($p < 0.05$). 튀김배터의 황색

도를 나타내는 b 값은 대조군이 11.10으로 가장 낮게 나타났으며, 배추 식이섬유 첨가량이 0.5, 1.0, 1.5, 2.0%로 증가할수록 각각 12.59, 14.21, 14.33, 15.58으로 나타났다. 배추 식이섬유 첨가량이 증가할수록 유의적으로 증가하는 경향을 보였다($p < 0.05$).

표 27 . CDFP를 첨가한 글루텐프리 튀김 배터의 색도 측정

	Total dietary fiber (TDF) contents (%)				
	0	0.5	1	1.5	2
L	82.28 ± 0.03 ^a	78.92 ± 0.03 ^b	76.24 ± 0.24 ^c	75.61 ± 0.42 ^d	72.78 ± 0.10 ^e
a	-0.29 ± 0.09 ^a	-0.76 ± 0.07 ^b	-1.71 ± 0.04 ^b	-1.75 ± 0.03 ^c	-2.19 ± 0.04 ^d
b	11.10 ± 0.08 ^d	12.59 ± 0.07 ^c	14.21 ± 0.09 ^b	14.33 ± 0.06 ^b	15.58 ± 0.13 ^a

Mean ± SD (n=3). Means with different small character superscripts in each row are significantly different ($p < 0.05$).

② CDFP 첨가 글루텐 프리 튀김가루를 이용한 고구마 튀김의 특성

㉞ 조직감(texture)

CDFP를 첨가한 튀김가루를 이용한 고구마 튀김의 조직감은 표 28 나타내었다. 경도(hardness)는 대조군이 3900.29 이었고, 0.5% 첨가군이 4417.41, 1.0% 첨가군이 4599.79, 1.5% 첨가군이 4797.86, 2.0% 첨가군이 3755.10, 0.5% 첨가군이 4797.86으로 조사되어 배추부산물 불용성 식이섬유 파우더를 첨가함에 따라 1.5%까지는 증가하다가 2.0% 이상에서는 감소하였다($P < 0.05$). 경도에 영향을 주는 직접적인 요인으로는 air cell의 발달 정도, 수분함량 및 비중이 있는데 이러한 값이 클수록 경도는 낮아지는 것으로 보고된 바 있다. 바삭함(crispiness)은 대조군의 202.16이었고, 배추 식이섬유 첨가군들은 203.67~224.35이며 배추부산물 불용성 식이섬유 파우더를 첨가할수록 유의적으로 증가하였다.

표 28. CDFP를 첨가한 고구마 튀김의 조직감

	Total dietary fiber (TDF) contents (%)				
	0	0.5	1	1.5	2
Hardness (g)	3900.29 ±249.09 ^{bc}	4417.41 ±379.39 ^b	4599.79 ±30.92 ^c	4797.86 ±386.55 ^a	3755.10 ±519.09 ^{bc}
Crispiness (g)	202.16±0.40 ^e	203.67±0.60 ^d	208.28±0.41 ^c	224.35±0.48 ^b	220.20±0.32 ^a

Mean±S.D.(n=3). Means with different small character superscripts in each row are significantly different ($p<0.05$).

㉔ 수분 및 지방함량, 흡유량

CDFP를 첨가 튀김가루를 이용한 고구마 튀김의 수분 함량, 지방 함량, 흡유율을 분석한

결과는 표 29과 같다. 튀김의 수분함량 및 지방함량은 물성이나 관능적 특성에 영향을 미친다. 튀김의 조직감은 수분과 지방 함량이 적을수록 경도와 바삭함이 좋다는 연구결과가 있다. 수분보유량과 흡유량은 역시 튀김의 물성이나 관능특성에 크게 영향을 미친다. 수분 함량은 대조군이 1.18%로 가장 낮았고, 배추부산물 불용성 식이섬유 우더 첨가 군들은 1.84~8.21%로 나타나서 배추 식이섬유 첨가량이 증가할수록 유의적으로 증가하는 경향을 보였다($p<0.05$). 수분 함량이 대조구에 비해 높은 것은 CDFP가 반죽 과정에서 수분 결합력이 증가됨에 따라 수분의 보유력이 증가하였기 때문인 것으로 사료된다.

지방 함량은 대조군이 30.15%로 가장 높았고, 배추 식이섬유 첨가량에 따른 지방 함량의 유의적인 차이는 없었다($p<0.05$). 튀김가루의 수분과 지방 함량은 튀김의 견고성 및 바삭함과 높은 음의 상관관계를 나타낸다고 보고하였으며, 본 실험에서는 배추부산물 불용성 식이섬유 파우더 첨가 시 수분 함량이 낮아 튀김의 경도 및 바삭함이 증가한 것으로 생각되었다.

대조군이 기름을 흡수하는 비율은 28.96%로 가장 높았고, 배추부산물 불용성 식이섬유 파우더 첨가량이 증가할수록 흡유율을 25.86~27.30%으로 측정되었으며 이는 대조군과 비교하였을 때 배추부산물 불용성 식이섬유 파우더를 첨가한 튀김의 흡유량은 유의적으로 감소하는 경향을 보였다($p<0.05$). 이로부터 본 연구에서 이용한 CDFP가 글루텐프리 튀김가루의 기능성 부재료로 활용 가능성이 높음을 확인하였다.

표 29. CDFP를 첨가한 고구마 튀김의 수분, 지방 및 흡유율

	Total dietary fiber (TDF) contents (%)				
	0	0.5	1	1.5	2
Moisture content (%)	1.18±0.68 ^c	1.84±0.16 ^c	3.92±0.12 ^b	4.41±0.48 ^b	8.21±1.02 ^a
Oil content (%)	30.91±0.38 ^c	28.53±0.32 ^b	28.16±0.57 ^b	27.98±0.54 ^b	26.84±0.50 ^a
Oil absorption (%)	29.72±0.38 ^c	27.30±0.32 ^b	27.10±0.57 ^b	26.94±0.54 ^b	25.86±0.50 ^a

Mean±SD(n=3). Means with different small character superscripts in each row are significantly different ($p<0.05$).

㊤ 관능검사

CDFP 첨가 튀김가루를 이용한 고구마 튀김의 관능검사 결과는 표 30와 같다.

외관은 대조군이 4.40이었고, 배추부산물 불용성 식이섬유 파우더 2.0% 첨가군이 3.16로 가장 낮았으며, 0.5% 첨가군이 5.90로 좋은 평가를 받았다($p<0.05$). 색은 대조군이 4.27이었고, 배추부산물 불용성 식이섬유 파우더 0.5% 첨가군이 5.63로 가장 높았다($p<0.05$). 외관과 색의 항목에서 1%와 2% 첨가군이 낮은 점수를 나타내었다. 맛은 대조군이 4.13, 배추 부산물 불용성 식이섬유 파우더 첨가군 들은 4.18~5.63이었으며, 0.5% 첨가군이 5.63로 가장 높았다 ($p<0.05$). 본 연구의 예비실험에서 배추 식이섬유를 2% 이상 혼합할 경우 튀김의 이취 면에서 부정적인 영향을 주었으나 2% 이하로 혼합했을 경우는 배추 식이섬유를 혼합하지 않은 쌀가루전 또는 밀가루 튀김보다 풍미에 긍정적인 영향을 주는 것으로 나타났다. 바삭함은 대조군이 3.31으로 유의적으로 가장 낮았으며 배추부산물 불용성 식이섬유 파우더 0.5% 첨가군이 5.72로 가장 높았다 ($p<0.05$). 전반적인 기호도는 대조군이 4.31이었고, CDFP 0.5% 첨가군이 6.22 로 가장 높았다($p<0.05$). 대체로 식이섬유를 0.5% 첨가하여 제조한 튀김이 모든 평가 항목에서 가장 좋은 평가를 받았으며, 이로부터 식이섬유 함량이 0.5%가 되도록 튀김가루를 제조하는 것이 가장 적합한 농도인 것으로 평가되었다.

표 30. CDFP를 첨가한 고구마 튀김의 관능검사 결과

	Total dietary fiber (TDF) contents (%)				
	0	0.5	1	1.5	2
appearance	4.40±1.00 ^{bc}	5.90±1.26 ^a	3.77±1.26 ^{bc}	5.13±1.12 ^{cd}	3.16±1.3
color	4.27±1.03 ^c	6.22±1.15 ^a	4.22±1.60 ^c	5.22±0.97 ^b	3.59±1.7
taste	4.13±1.42 ^b	5.63±1.25 ^a	4.18±1.25 ^b	4.81±1.22 ^b	4.50±1.4
crispiness	3.31±1.24 ^c	5.72±1.38 ^a	3.72±1.16 ^c	4.59±1.14 ^b	4.81±1.7
overall quality	4.31±1.24 ^b	6.22±0.86 ^a	4.22±1.15 ^b	4.77±1.15 ^b	4.09±1.5

Mean±S.D.(n=15). Means with different small character superscripts in each row are significantly different (p<0.05).

(4) 배추부산물의 식이섬유를 이용한 머핀믹스 개발

① 머핀믹스에 첨가하는 배추부산물 형태 결정

머핀믹스 개발 시 기능성 부재료로 이용하기 위하여 CP와 CDFP를 이용한 머핀을 아래의 배합비를 이용하여 제조하였다. (표 31)

표 31. CP와 CDFP를 첨가한 머핀의 배합비

Ingredient(g)	CP muffin mix	CDFP muffin mix
Wheat flour	129.3	129.3
CP	20.7	0
CDFP	0	20.7
Sugar	130	130
Baking powder	3.6	3.6
Egg	40	40
Butter	70	70
Milk	140	140

표 31과 같은 배합비로 제조된 머핀의 관능평가 결과는 그림 29와 같다. 배추향이 나 향미 면에서는 CDFP를 첨가한 머핀이 좋은 평가를 받았지만, 외관면에서 CP의 머핀이 월등히 높은 평가를 받았으며, 전체적인 선호도에서도 CP 첨가한 머핀이 높은 평가를 받아 CP를 첨가한 머핀을 제조하기로 결정하였다.

CDFP를 이용하는 것 보다 제조 과정도 간단하며 CP를 넣어 제조한 머핀이 녹차머핀과 유사하다는 의견도 제시되어 CP를 머핀 믹스 제조 시에는 이용 하는 것이 더 적합한 것으로 판단되었다.

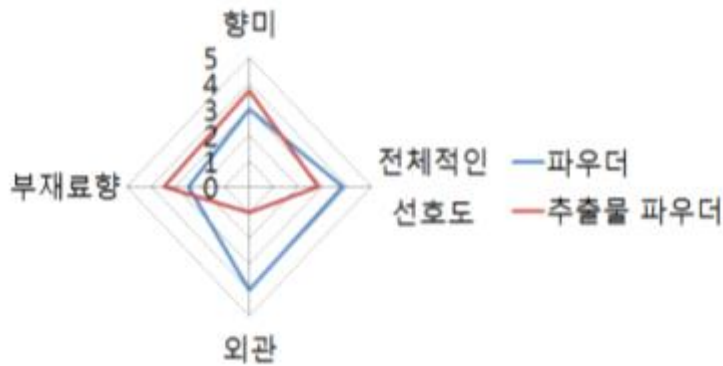


그림 29. CP와 CDFP를 첨가한 머핀의 관능검사 결과

② CP를 첨가한 머핀믹스의 최적 배합비 결정

㉠ 머핀믹스의 설탕 함량 결정

예비실험에서 참고문헌의 레시피를 바탕으로 머핀을 제조하였는데 단맛이 너무 강하다는 의견이 나와 단맛을 조절하기로 하고 머핀믹스의 단맛을 조절하기 위하여 표 32와 같이 3가지의 머핀을 제조하여 관능평가를 통해 설탕함량을 결정하였다. 관능검사 결과는 아래의 그림 30에 나타내었다.

표 32. 머핀믹스의 설탕 함량 결정을 위한 배합비

Ingredient (g)	Sugar ratio		
	low	medium	high
Wheat flour	150	150	150
Sugar	110	130	150
Baking powder	3.6	3.6	3.6
Egg	40	40	40
Butter	70	70	70
Milk	140	140	140

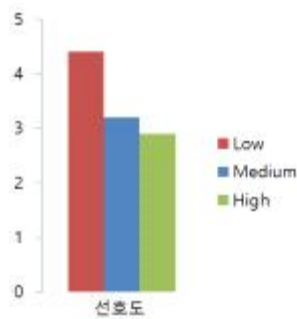


그림 30. 머핀믹스의 설탕 함량 결정을 위한 관능검사 결과

설탕량 High 샘플의 머핀은 너무 단맛이 강하여 선호도가 가장 낮게 나타났으며, 설탕량 Low 머핀의 선호도가 가장 높았다. 따라서 머핀 믹스의 설탕함량은 110g을 첨가하는 것으로 레시피를 결정하였다.

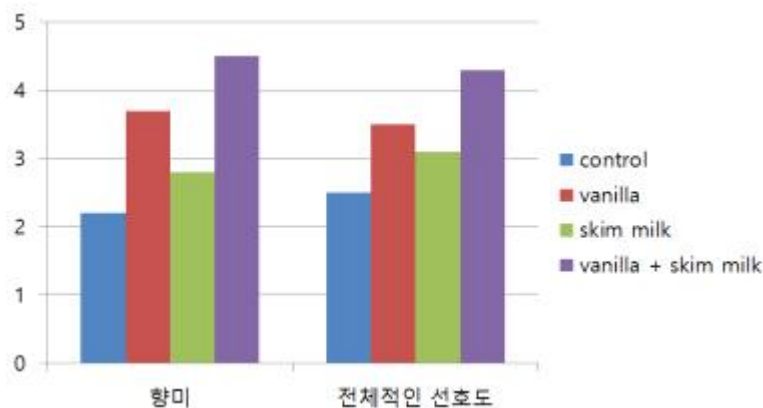
㉔ 머핀믹스의 탈지분유 및 바닐라향 함량 결정

머핀믹스의 설탕 함량 결정 단계의 관능검사에서 비고 의견으로 밀가루 냄새가 많이 난다는 평이 있어 바닐라 향과 우유함량을 조절하여 다음과 같이 머핀 배합비를 조절하여 관능평가를 실시하였다. 배합비는 다음 표 33과 같다.

표 33. 머핀믹스의 탈지분유 및 바닐라향 함량 결정을 위한 배합비

Ingredient (g)	control	vanilla	skim milk	vanilla + skim milk
Wheat flour	150	150	150	150
Sugar	110	110	110	110
Baking powder	3.6	3.6	3.6	3.6
Egg	40	40	40	40
Butter	70	70	70	70
Milk	140	140	120	120
Vanilla powder	0	3	0	1.5
Skim milk powder	0	0	15	15

관능검사 결과는 아래의 그림과 같다. 향미 부분에서 바닐라 파우더를 첨가한 머핀이 높은 평가를 받았으며, 전체적인 선호도 또한 바닐라 파우더를 첨가한 머핀이 높은 평가를 받았고, 바닐라 파우더와 탈지분유를 모두 첨가한 머핀의 경우 가장 높은 평가를 받았다. 따라서, 바닐라 파우더와 탈지분유를 각각 첨가하여 제조한 머핀을 본 실험의 대조군의 기본 레시피로 결정하였다.



③ 머핀 믹스의 CP(Chinese cabbage powder) 최적 첨가량 결정

배추 부산물의 총 식이섬유 함량 기준으로 밀가루의 1, 3, 5%의 비율에 해당 하는 CP의 함량을 계산하여 CP를 첨가한 머핀의 배합비는 다음과 같다.

표 34. 머핀믹스의 배추부산물 파우더 (CP: Chinese cabbage powder) 첨가량 결정을 위한 배합비

Ingredient (g)	control	Total dietary fiber (TDF) contents (%)		
		1	3	5
Wheat flour	150	145.86	137.57	129.3
Chinese cabbage powder(CP)	0	4.14	12.43	20.7
Sugar	110	110	110	110
Baking powder	3.6	3.6	3.6	3.6
Vanilla powder	1.5	1.5	1.5	1.5
Skim milk powder	15	15	15	15
Egg	40	40	40	40
Butter	70	70	70	70
Milk	120	120	120	120

위의 배합비로 제조된 머핀의 관능평가 결과는 그림 31과 같다. 향미, 부재료, 외관, 전체적인 선호도 면에 있어서 CP를 3% 첨가군 시료가 4가지 시료 중 가장 좋은 평가를 얻었다. 부재료향 면에 있어서 CP 5% 첨가군 시료가 월등히 낮은 평가를 나타내었다. 이는 배추 곁잎에서 나는 특유의 풋내 때문이라고 사료된다.

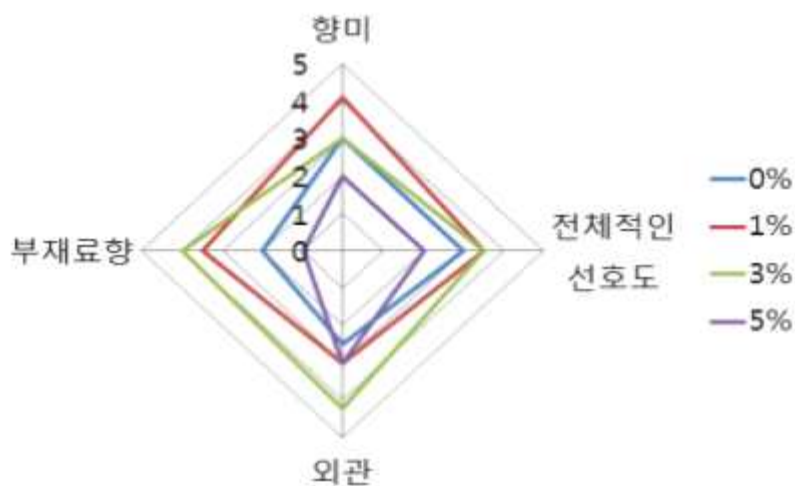


그림 31. CP(Chinese cabbage powder) 첨가량 결정을 위한 머핀의 관능검사 결과

따라서, 5% 첨가는 과량으로 생각 되어 배추 식이섬유 최적 첨가량 결정을 위하여 식이섬유 1~4%의 함량에 준하는 배추 파우더 양을 계산하여 최종 레시피를 위한 배합비로 활용하였다. 배합비는 표 35과 같다.

표 35. CP(Chinese cabbage powder)를 첨가한 머핀믹스의 배합비

Ingredient(g)	control	Total dietary fiber (TDF) contents (%)			
		1	2	3	4
Wheat flour	150	145.86	141.71	137.57	133.43
Chinese cabbage powder(CP)	0	4.14	8.29	12.43	16.57
Sugar	110	110	110	110	110
Baking powder	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6
Vanilla powder	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Skim milk powder	15	15	15	15	15
Egg	40	40	40	40	40
Butter	70	70	70	70	70
Milk	120	120	120	120	120

(5) 배추부산물의 식이섬유를 이용한 머핀믹스의 품질특성

① CP를 첨가한 머핀의 부피, 대칭성, 균일성

배추 부산물의 식이섬유를 이용한 프리믹스 머핀의 부피, 대칭성, 균일성의 측정 결과는 다음 표 36와 같다.

표 36. CP를 첨가한 머핀의 부피, 대칭성, 균일성

TDF (%)	Volume	Symmetry	Uniformity
0	13.83±0.23 ^a	0.67±0.15 ^a	0.10±0.0 ^a
1	13.60±0.11 ^b	0.65±0.12 ^a	0.08±0.04 ^a
2	13.22±0.16 ^c	0.73±0.10 ^a	0.07±0.05 ^a
3	12.93±0.22 ^d	0.57±0.15 ^a	0.07±0.05 ^a
4	12.62±0.18 ^e	0.73±0.14 ^a	0.07±0.05 ^a

Total dietary fiber (TDF) contents (%)

CP를 첨가할수록 volume은 줄어들었다. 이는 CP를 첨가할수록 반죽의 점도가 증가하고, 비중이 증가하면서 최종 제품의 부피가 줄어든 것으로 보인다. 대칭성이나 균일성 같은 경우는 대조군과 배추 부산물 첨가군 사이에 유의적인 차이를 나타내지 않았다. CP가 첨가된 영향으로 머핀의 모양에 변형은 없었으며 CP가 첨가 되어도 머핀 특유의 둥근 갓이 형성 되는 것을 확인할 수 있다.

② CP를 첨가한 머핀의 높이, 중량과 굽기 손실률

CP를 이용한 머핀의 높이, 중량, 굽기 손실률의 측정 결과는 표 37와 같다.

표 37. CP를 첨가한 머핀의 높이, 중량과 굽기 손실률

TDF (%)	Hight (cm)	Weight (g)	Loss rate (%)
0	4.83±0.08 ^a	48.74±0.11 ^c	11.38±0.21 ^a
1	4.75±0.05 ^b	49.22±0.24 ^b	10.51±0.43 ^b
2	4.65±0.05 ^c	49.28±0.28 ^{ab}	10.40±0.50 ^{bc}
3	4.50±0.06 ^d	49.44±0.11 ^{ab}	10.11±0.21 ^{bc}
4	4.45±0.05 ^d	49.52±0.15 ^a	9.96±0.27 ^c

Total dietary fiber (TDF) contents (%)

CP를 첨가할수록 volume은 줄어든 결과처럼, 머핀의 높이도 첨가량이 증가할수록 줄어들었다. 머핀의 무게는 배추 부산물 파우더의 함량이 증가하면 할수록 증가하였고, 무게 손실률은 배추 부산물 파우더 함량이 증가하면 할수록 감소하였다. 이는 CP의 식이섬유가 수분을 보유하는 능력이 있어 상대적으로 적은 수분손실로 인한 결과라고 사료된다.

③ CP를 첨가한 머핀의 단면 관찰 및 외형 사진

CP를 첨가한 머핀의 단면 및 외형 사진은 사진 4에 나타내었다.



사진 4. CP를 첨가한 머핀의 단면 관찰 및 외형 사진

④CP를 첨가한 머핀의 색도, Browning index(BI) value

머핀의 색도 및 crust의 BI 값의 결과는 아래 표 38과 같다. Crust color에서의 L값은 대조군이 69.32 ± 2.26 로 가장 높은 값을 나타내었으며, CP 함량이 증가할수록 값이 낮아지며 CP 4% 첨가군은 53.68 ± 0.75 값을 나타내었다. 마찬가지로 a, b값 모두 CP를 첨가하면 할수록 색도가 감소하는 것을 볼 수 있다. Browning index에서는 대조군의 값이 86.83 ± 4.12 로 가장 높았고, CP가 증가할수록 대조군에 비해 값이 감소하여 4% 첨가군은 54.54 ± 2.31 의 값을 나타냈다. Crumb color의 값 중 L값의 경우 역시 대조군이 82.54 ± 0.53 으로 가장 높았고 CP 첨가량이 증가할수록 낮아져 4%첨가군은 55.81 ± 0.79 의 값을 나타내었다. a 값 또한 CP를 첨가할수록 감소하였고 이는 CP 자체의 색에 영향을 받은 것으로 사료된다.

표 38. CP를 첨가한 머핀의 색도, Browning index(BI) value

TDF (%)	Crust color				Crumb color		
	L*	a*	b*	Browning index(BI)	L*	a*	b*
0	69.32 $\pm 2.26^a$	12.44 $\pm 1.56^a$	34.95 $\pm 0.91^a$	86.83 $\pm 4.12^a$	82.54 $\pm 0.53^a$	1.85 $\pm 0.22^a$	24.37 $\pm 0.48^e$
1	59.32 $\pm 3.64^b$	2.10 $\pm 0.65^b$	26.53 $\pm 2.71^b$	65.41 $\pm 4.66^b$	69.98 $\pm 0.51^b$	-3.46 $\pm 0.26^b$	30.29 $\pm 0.34^a$
2	57.27 $\pm 1.14^b$	1.30 $\pm 0.49^{bc}$	25.76 $\pm 1.38^b$	64.97 $\pm 4.30^b$	63.00 $\pm 0.56^c$	-4.39 $\pm 0.36^c$	30.08 $\pm 0.75^b$
3	54.49 $\pm 1.38^c$	0.93 $\pm 0.28^c$	22.12 $\pm 0.74^c$	57.20 $\pm 3.29^c$	58.50 $\pm 0.75^d$	-4.52 $\pm 0.20^c$	27.62 $\pm 0.60^c$
4	53.68 $\pm 0.75^c$	0.41 $\pm 0.94^c$	21.18 $\pm 0.76^c$	54.54 $\pm 2.31^c$	55.81 $\pm 0.79^e$	-4.53 $\pm 0.29^c$	25.85 $\pm 0.77^d$

⑤ CP를 첨가한 머핀의 텍스처

머핀의 텍스처를 측정한 결과는 아래 표 39와 같다. Hardness의 경우 대조군의 값은 412.13 ± 24.17 로 가장 낮았으며, 4% 첨가군은 491.81 ± 72.04 로 CP를 첨가할수록 머핀의 단단함이 증가하는 값을 나타내었다. Adhesiveness의 경우 시료 간 유의차이가 없었으며, Springiness의 경우 대조군의 값은 0.85 ± 0.01 로 가장 높았으며 CP 첨가량이 증가할수록 감소하는 경향을 보였다. Cohesiveness, Chewiness, Resilience의 값 또한 대조군이 가장 높은 값을 보였고, CP를 첨가할수록 값이 낮아지는 경향을 보였다.

표 39. CP를 첨가한 머핀의 텍스처

TDF (%)	Hardness	Adhesiveness	Springiness	Cohesiveness	Chewiness	Resilience
0	412.13 $\pm 24.17^b$	-0.52 $\pm 0.37^a$	0.85 $\pm 0.01^a$	0.59 $\pm 0.05^a$	275.00 $\pm 18.65^a$	0.26 $\pm 0.02^a$
1	444.23 $\pm 52.89^{ab}$	-1.09 $\pm 1.19^a$	0.82 $\pm 0.01^b$	0.54 $\pm 0.01^{ab}$	212.23 $\pm 17.32^b$	0.23 $\pm 0.01^b$
2	453.37 $\pm 25.46^{ab}$	-1.49 $\pm 1.03^a$	0.79 $\pm 0.01^c$	0.50 $\pm 0.03^{bc}$	180.97 $\pm 18.97^b$	0.21 $\pm 0.01^b$
3	486.55 $\pm 65.45^{ab}$	-1.54 $\pm 1.07^a$	0.79 $\pm 0.01^c$	0.51 $\pm 0.04^{bc}$	175.03 $\pm 33.14^{bc}$	0.21 $\pm 0.02^b$
4	491.81 $\pm 72.04^a$	-1.88 $\pm 1.64^a$	0.75 $\pm 0.03^d$	0.49 $\pm 0.02^c$	140.01 $\pm 31.94^c$	0.18 $\pm 0.02^c$

⑥ CP를 첨가한 머핀의 관능검사

CP를 첨가한 머핀의 관능검사 결과는 아래의 표 40과 같다. 외관과 색의 경우 대조군과 CP를 첨가한 머핀의 유의차는 없었으며 CP를 첨가한 머핀의 색이 녹색을 나타내지만 시중의 녹차머핀과 유사하여 관능검사 결과 거부감이 없는 것으로 평가되었다. Texture의 경우 CP 1%를 첨가한 머핀이 유의적으로 가장 좋은 평가를 보였다. Overall flavor의 값은 대조군이 4.72 ± 1.17 로 가장 높았고, CP 2% 첨가군까지는 대조군과 유의적인 차이는 보이지 않았다. 또한 CP량은 대조군과 1, 2% 첨가한 머핀에서는 유의적인 차이가 없었다. CP를 3% 이상 첨가한 머핀은부터 머핀의 관능적인 요소들이 떨어지는 결과를 보이고 있다. Bitter taste에서는 CP를 첨가할수록 좋지 않다는 결과를 보이고 있으며 Overall preference는 1% 첨가군이 유의적으로 가장 높은 선호도를 나타냈으며 4% 첨가군이 가장 좋지 않은 평가 결과를 나타내었다. 이에 CP를 1% 첨가한 머핀이 관능 항목들의 거부감 없이 머핀의 품질 특성을 유지하면서 배추부 산물을 이용한 식품으로의 개발 가능성이 있음을 확인하였다.

표 40. CP를 첨가한 머핀의 관능검사

Chinese cabbage (%)	Appearance	Color	Texture	Overall flavor	CP flavor	Bitter taste	Overall preference
0	4.87 $\pm 1.38^a$	4.80 $\pm 1.38^a$	4.65 $\pm 1.36^{ab}$	4.72 $\pm 1.17^a$	4.66 $\pm 1.25^a$	2.40 $\pm 1.78^d$	4.76 $\pm 1.38^a$
1	4.74 $\pm 1.37^a$	4.75 $\pm 1.44^a$	4.97 $\pm 1.39^a$	4.68 $\pm 1.41^a$	4.58 $\pm 1.33^a$	2.86 $\pm 1.70^c$	4.82 $\pm 1.37^a$
2	4.73 $\pm 1.14^a$	4.66 $\pm 1.22^a$	4.73 $\pm 1.30^{ab}$	4.66 $\pm 1.30^a$	4.55 $\pm 1.21^a$	2.99 $\pm 1.58^{bc}$	4.57 $\pm 1.36^{ab}$
3	4.87 $\pm 1.44^a$	5.02 $\pm 1.53^a$	4.56 $\pm 1.42^b$	4.30 $\pm 1.53^b$	4.10 $\pm 1.38^b$	3.39 $\pm 1.69^b$	4.24 $\pm 1.51^b$
4	4.92 $\pm 1.47^a$	4.94 $\pm 1.51^a$	4.51 $\pm 1.48^b$	3.82 $\pm 1.47^c$	3.82 $\pm 1.54^b$	3.90 $\pm 1.82^a$	3.82 $\pm 1.58^c$

○ 배추 부산물의 식이섬유를 이용한 일반밀 스파게티의 개발

1. 재료 및 방법

(1) 재료

김치 공장(Hanou Co., Cheongyang, Korea)으로부터 배추부산물을 얻어 사용하였다. 밀가루(CJ Cheiljedang Co., Ltd., Seoul, Korea), NaCl (Hanju Co., Ulsan, Korea), 옥수수 전분 (Tureban Co., Gyeonggi, Korea) 세몰리나 가루 (Divella S.P.A., Rutigliano, Bari, Italy)는 현지 마켓에서 구매해 사용하였다. α -amylase (Termamyl 120L), protease (Netrase 0.8L), amyloglucosidase (AMG 300L)은 Daejong Co., Ltd, Seoul, Korea에서 구매해 사용하였다. TDF assay kit (K-TDFR)는 Megazyme International, Wicklow, Ireland에서 구매해 사용하였으며, 다른 모든 화학 물질은 Thermo Fisher Scientific, Springfield, NJ, USA에서 구매해 사용하였다.

(2) 배추부산물의 식이섬유를 이용한 스파게티 최적 배합비 조건 설정

배추 부산물에서 추출한 불용성 식이섬유(IEK)를 이용하여 식이섬유가 강화된 스파게티의 최적 배합비를 설정하였다. 듀럼밀을 가공한 세몰리나 밀가루를 대체하여 일반 밀가루를 첨가한 스파게티의 식감 개선을 위하여 Gallegos-Infante et al (2010)의 방법을 약간 변형한 배합비를 이용하였다. 부재료로 옥수수전분을 첨가하였으며 불용성 식이섬유를 첨가한 스파게티의 최적 배합비 조성을 위한 예비실험을 실시하였다.

(3) 스파게티 제조 방법

밀가루(또는 세몰리나), 옥수수전분과 불용성식이섬유(IEK)는 Kitchen-aid (5K5SS, Whirlpool Co., USA)를 사용하여 4분간 예비 혼합을 하였다. 파스타 반죽은 2% NaCl을 함유한 증류수 150ml를 넣고 9분간 혼합하여 반죽을 제조하였다. 파스타 반죽은 파스타 머신(Imperia, Ambrogio di Torino, Italy)을 통해 파스타가 통과할 수 있을 때까지 여러번 반복 통과한 후, 폭 2mm로 절단하여 제조하였다.

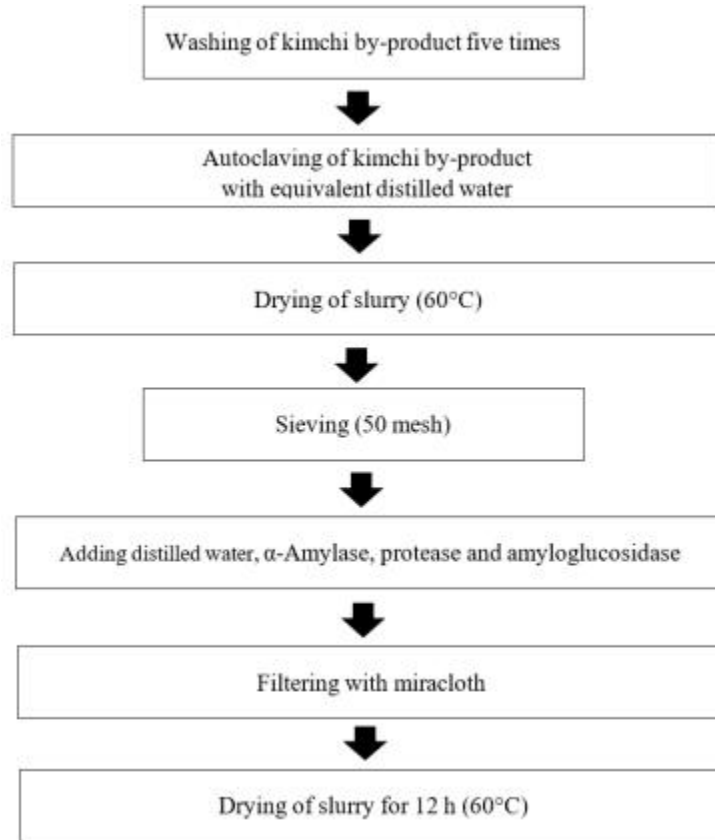


그림 32. Manufacturing process of insoluble dietary fiber-enriched kimchi by-product.

(4) 전문가관능검사

단계별로 중앙대학교 식품영양학과 대학원생 및 식품영양학 박사(15명)를 대상으로 전문가관능검사를 실시하여 최적 배합비를 결정하였다. 7점 척도를 이용하여 동일 설문지로 평가하였다. 기호도의 평가 항목은 경도, 맛, 향미, 전반적인 기호도로서 매우좋다: 7점, 보통이다: 4점, 대단히 매우좋지않다: 1점으로 나타내었다. 시료는 스파게티 50g을 500ml의 증류수에 넣고 100°C에서 최적조리시간까지 조리한 다음 10초 동안 찬물에 행구고 체에 받쳐 1분간 방치 후 5g씩 흰색 접시에 담아 제공하였으며, 한 개의 시료를 평가한 후 다음 시료를 평가하기 전에 반드시 물로 입안을 행군 뒤 평가하도록 하였다.

2. 배추 부산물과 배추 부산물의 불용성 식이섬유를 첨가한 일반밀 스파게티의 이화학적 분석

(1) 배추 부산물의 이화학적 특성

① 재료 선택 및 준비

Total dietary fiber (TDF)는 ‘Megazyme International (Wicklow, Ireland)’에서 구입해 사용하였다. D-(-)-Fructose, sucrose, D-(+)-glucose, ascorbic acid, Folin-Ciocalteu reagent, DPPH는 Sigma-Aldrich Co. (St. Louis, MO, USA)를 사

용하였으며, gallic acid은 Kanto Chemical Co., Ltd (Tokyo, Japan) 것을 사용하였다. 이외의 다른 모든 시약들은 Thermo Fisher Scientific (Springfield, NJ, USA)에서 구입해 사용하였다.

배추 부산물은 한국의 13개 다른 지역의 김치 공장에서 얻었다. 샘플은 동결건조 (PVTFD10R, ilShinBioBase, Gyeonggi-do, Korea)하여 분쇄한 후, 50 mesh 체에 내린 후 지퍼백에 밀봉하여 -20℃에 보관하여 분석할 때 사용하였다.

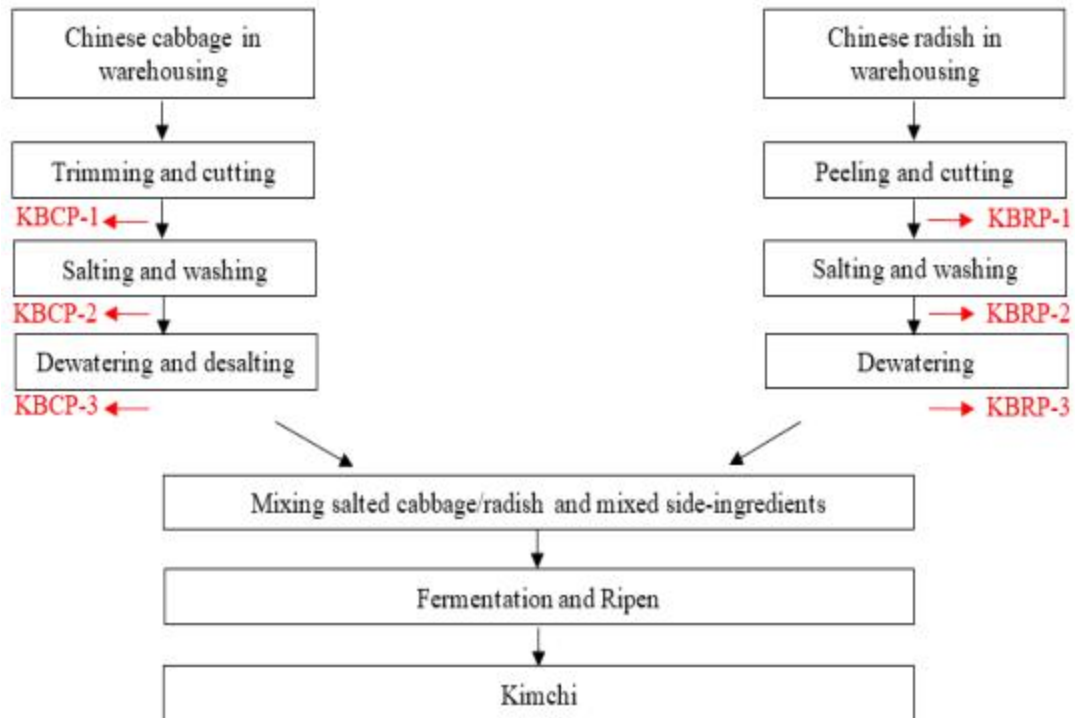


그림 33. Flow chart for processing of kimchi.

KBCP : 김치의 배추 부산물 분말(Kimchi by-product cabbage powder)

KBCP-1 : 다듬기 및 커팅 단계; KBCP-2 : 세척 및 염장단계; KBCP-3 : 탈수 및 탈염 단계;

KBRP : 무의 배추 부산물 분말(Kimchi by-product radish powder); KBRP-1 : 껍질 벗기기 및 절단 단계; KBRP-2 : 염장 및 세척 단계; KBRP-3 : 탈수 단계.

② 배추 부산물의 식이섬유 함량

배추 부산물의 불용성과 수용성 식이섬유의 함량은 AOAC 991.43의 방법을 따라 분석하였다 (Lee et al., 1992). 간단하게 정리하면, 건조된 샘플 분말 1g을 40 mL 0.05M MES-Tris buffer (pH 8.2)와 혼합한 후, α -amylase 50 μ l를 첨가 하고 100°C의 진탕항온수조에서 30분간 가수분해를 시켰다. 그 다음, 샘플에 100 μ l protease를 첨가 후 60°C 진탕항온수조에서 30분간 분해하였다. 냉각시킨 후, 0.561N HCl을 5 mL 첨가하여 pH를 4.3~4.7로 조정하였다. 이어서 200 μ l amyloglucosidase를 첨가하여 60°C incubated에서 30분 동안 배양시켰다. 샘플을 도가니 내에서 celite layer를 통해 여과시키고 3 mL의 증류수로 세척하였다. 수용성 식이섬유(SDF)를 침전시키기 위해 78% 에탄올 15 mL를 여액과 세척수를 혼합물에 첨가하였다(Fifteen milliliters of 78% ethanol was added to the mixture of filtrate and wash water to precipitate the soluble dietary fiber (SDF)?). 남아있는 시료는 78% 에탄올 15 mL(2회), 95% 에탄올 15 mL (2회), 95% 아세톤 10 mL (2회)로 씻은 다음 105°C에서 24시간 건조후 무게를 측정하였다. 불용성식이섬유(IDF)와 수용성식이섬유(SDF)의 잔류물은 Kjeldahl 방법으로 단백질을 분석하고, 550°C에서 시료를 소각하여 얻은 회분(ash)의 함량으로 보정하였다. 총식이섬유(TDF) 함량은 수용성식이섬유(SDF)와 불용성식이섬유(IDF)의 합으로 계산되었다.

③ 배추 부산물의 항산화 특성 - DPPH, 총 페놀함량, ABTS 라디칼 소거반응

배추 부산물의 DPPH 라디칼 소거 반응 (DPPH radical scavenging activity)은 Brand-Williams et al (1995)의 방법을 약간 수정하여 사용하였다. 동결건조 된 샘플을 80% 에탄올로 24시간 37°C에서 추출한 후, 원심분리기 4° C, 7041×g, 10분 동안 원심분리하였다. 상등액 1 mL를 DPPH(0.1 mM, 80%)의 3 mL 에탄올 용액 (ethanolic solution)과 혼합 후 37°C에서 20분간 배양하였다. 혼합물은 517 nm(Eon, BioTek Ltd, Winooski, VT, USA) 흡광도 측정하였다.

배추부산물물의 총 페놀 함량(total phenolic content)은 Kim et al (2014)의 방법을 사용하였다. 시료(0.5g)을 80% 메탄올로 10분간 초음파 처리를 하고, 원심분리기 (LaboGene 2236R, Hamil SME, Anyang, Korea) 4° C에서 7041×g, 10분 원심분리하여 상층액을 수집하였다. 상층액(시료 용액) 20 μ l와 2N Folin-Ciocalteu phenol reagent 100 μ l를 3분 동안 혼합 후 sodium carbonate solution 80 μ l를 첨가하였다. 혼합물은 37°C 인큐베이터에서 1시간 동안 배양 후 750nm에서 흡광도를 측정하였다. 결과는 mg 갈산 당량/100g dry weight로 표시하였다.

ABTS 라디칼 소거 반응(ABTS radical scavenging activity)은 Hiranvarachat et al (2013) 방법을 약간 수정하여 측정하였다. 동결 건조 된 분말을 80% 에탄올에서 37°C

에서 24시간 추출한 후, 용액을 4℃에서 7041×g, 10분간 원심분리하였다. 상등액을 모은 후 증발하여 건조시키고 침전물을 dimethyl sulfoxide solution으로 용해시켰다. 7 mM ABTS와 2.45 mM K₂S₂O₈(비율 2:1)로 저장용액(stock solution)을 제조하여 암실에서 실온, 16시간 동안 유지하였다. 이 저장용액을 99.9% 에탄올 99% 에탄올로 희석을 하고, 734nm에서 0.70(± 0.04) 흡광도를 측정하고, microplate에 시료 용액 10μl와 ABTS 90μl를 가했다. 실온에서 10분 후, 흡광도기기를 이용하여 734nm에서 측정하였다.

④ 배추 부산물의 당함량

배추 부산물의 당 함량은 Wilson and Work (1981)의 방법을 약간 수정하여 측정하였다. 동결건조된 분말 2g을 증류수 25ml에 용해시킨 후, acetonitrile 25ml를 첨가하였다. 추출을 위해서, 초음파 분쇄기(JAC-5020; KODO Ltd, Gyeonggi-do, Korea) 45~50℃에서 30분간 섞어주었다. 초음파 처리 후, 샘플을 4℃에서 원심분리기 7041×g로 10분 원심분리 후, 상등액을 0.45μm syringe filter로 여과하였다. 당 함량은 HPLC(high-performance liquid chromatography system, 1525 pump with 2707 auto sampler, and 2489 UV detector, Waters, Milford, MA, USA)를 사용하여 측정하였으며, 폴리머 기반 아미노 컬럼(polymer-based-amino column, Asahipak NH2P-50 4E, 250×4.6 mm, inner diameter 5 μm, Shodex, Kawasaki, Japan)이 장착된 것을 사용하였다. 분석에는 샘플양 10μl가 주입되었다. 아세토니트릴과 물 혼합물(75:25)을 사용하여 이동상으로 1.0ml/min의 유속으로 흘려주었다. 표준곡선은(50,100,150,200,250ppm)으로, 설탕(sucrose), 포도당, 과당의 농도를 설탕(sugar)/100 g dry weight로 계산하였다.

⑤ 배추 부산물의 보수력, 점도, 비중

보수력(water holding capacity, WHC)는 Andercon' s method (1982)을 약간 수정하여 측정하였다. 동결건조된 분말 0.5g을 증류수 20ml에 수화시키고, 평형을 유지하도록 실온에서 24시간 유지하였다. 그런 다음, 샘플을 원심분리기에서 7041×g로 20분간 원심분리하고, 잔류물이 105℃에서 건조시켜 항량하여 무게를 측정하였다. WHC는 다음과 같은 방정식을 사용하여 계산하였다.

$$\text{WHC (g/g)} = \frac{\text{Residue fresh weight(g)} - \text{Residue dried weight(g)}}{\text{Residue dried weight}}$$

시료의 비중은 AACC 10-15 (2000) 방법으로 측정하였고, 점도는 점도계(LVDV-E, Brookfield AMETEK, Middleboro, MA, USA)를 사용하여 증류수 중 점도(10% w/v)로 측정하였다.

⑥ 배추부산물물의 식이섬유와 불용성 식이섬유가 강화된 배추부산물물의 식이섬유 함량 배추부산물(KB)와 불용성 식이섬유가 강화된 배추 부산물의 식이섬유 함량은 AOAC 991.43의 방법을 사용하여 분석하였다. Lee et al (1992)의 방법에 따라 Megazyme assay kit (K-TDFR, Megazyme International Ireland Ltd, Wicklow, Ireland)를 사용하여 배추부산물물의 함량을 측정하였다.

⑦ 통계분석

정량적 데이터는 3회 이상 측정하여 평균±표준편차로 표현하였다. 데이터는 SAS 버전 8.0 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)을 사용하여 variance 및 Duncan's multiple-range test ($p < 0.05$)로 분석하였다.

3. 배추 부산물의 불용성 식이섬유를 첨가한 일반밀 스파게티의 이화학적 분석

(1) 미세구조(SEM)

조리된 스파게티의 단면 미세구조는 scanning electron microscope (Hitachi-S-3400N, Hitachi Ltd., Tokyo, Japan)을 이용하여 측정하였다. 동결 건조된 샘플은 금으로 코팅하여 분석하였다. 그리고 나서, 샘플은 10kV으로 측정하였다. scanning electron microscope (SEM)을 사용하여 1000배(1000 x magnification) 확대하여 관찰하였다.

(2) pH 측정

샘플을 자른 후 15g을 취하여 증류수 100 ml와 혼합하여 진탕기(Lab Companion Model SI-600R, Jeio Tech Inc., Seoul)로 30분간 120rpm에서 30분간 진탕한 다음 pH meter(pHi 510 pH meter, Beckman Coulter Inc., CA, USA)를 사용하여 3회 측정하여 평균값을 구하였다.

(3) 수분활성도

샘플을 3g정도 잘라 시료를 고루 분쇄한 후, 수분활성측정기(Novasina, Novasina Ltd, Switzerland)를 사용하여 3회 측정하여 평균값을 구하였다.

(4) 색도

조리되지 않은 스파게티와 조리된 스파게티의 색도는 Ultra scan PRO Colorimeter (Hunter Lab, VA, USA)을 사용하여 측정하였다. L* (lightness), a* (redness), and b* (yellowness)의 값을 3번 측정하였다. 표준은 흰색 플레이트로 보정하였다.

(5) 통계처리

정량적 데이터는 3회 이상 측정하여 평균±표준편차로 나타내었다. 데이터는 SAS version 8.0 for Windows (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)를 사용하여 variance와 Duncan' s multiple-range test ($p<0.05$)로 분석하였다.

4. 배추 부산물의 식이섬유를 이용한 일반밀 스파게티의 조리 특성 분석

(1) 조리 특성

① 최적 조리 시간

생 스파게티 50g을 500ml, 100℃도의 물에서 30초간 조리하였다. 스파게티의 중앙 중심 심지(al dente)가 사라지는 시간은 AACC 16-50(2000)의 방법을 사용하였다.

② 조리 손실

조리중 손실은 Tudorica et al (2002)의 방법에 따라 결정되었다. 스파게티 샘플 10g을 300ml 끓는 물에서 최적의 조리시간(optimum cooking time, OCT)으로 조리하였다. 그리고 나서, 알루미늄 용기에 조리수를 수집하고, 건조 오븐(HB-510M, Hanbaek, Gyeonggi-do, Korea) 105℃에서 항량이 될 때까지 건조시켰다.

③ 수분 흡수 지수 & 팽창 지수

생 스파게티의 물 흡수 지수(water absorption index, WAI)는 Agama-Acevedo et al (2009) 방법을 사용하여 결정하였다. OCT에 도달할 때까지, 5cm(6g)의 스파게티 샘플을 증류수 200ml에 조리하였다. 그리고 나서, 조리된 스파게티를 실온에서 1분 동안 50ml 물에 행구고 물기를 빼주었다. 이어서, 조리된 스파게티의 무게를 재고 WAI를 계산하였다.

④ 텍스처 분석

조리된 스파게티의 텍스처(texture profile, TPA)는 Kim et al (2016)의 방법을 약간 수정하여 측정하였다. 텍스처는 Texture Analyzer (TAHDi/500, TAHD Co., Stable Micro System, UK)를 사용하여 측정하였으며, P/36 cylinder probe (Stable Micro System, Surrey, UK)를 사용하였다. 텍스처 값은 경도, 응집력, 접착력을 측정하였다. 최적 조리 시간으로 조리된 스파게티를 적어도 5회 측정하였다. 텍스처 기계 조건은 pre-test speed, test speed, and post-test speed: 2 mm/s, trigger force: 10 g, distance: 30 mm, strain: 75%, holding time between first and second compressions: 2 s auto으로 설정하였다.

⑤ 관능평가

대조군(세몰리나 스파게티) 및 배추부산물의 식이섬유 첨가 스파게티 샘플 5개(0%, 2%, 4%, 6%)를 관능평가를 위해 준비하였다. 30명의 패널에게 스파게티의 경도, 조직감, 맛, 냄새, 색, 전체적인 기호도를 평가하였다. 모든 샘플은 9점 척도를 사용하였으며, 1점(매우좋지않음)에서 9점(매우 좋음)으로 평가하였다.

5. 배추·무 부산물의 식이섬유를 이용한 최종 시제품(머핀프리믹스, 튀김가루)의 소비자 관능검사를 통한 시장성 탐색

- 대상 : 20-60대 남,녀 구성원으로 이루어진 소비자 집단 100명 대상
- 시료 : 시판 머핀믹스와 튀김가루 및 본 연구에서 개발한 머핀믹스 및 튀김가루 시제품으로 제조
- 관능검사 방법 : 5점 척도, 선호도검사
- 관능검사 항목 : 색, 맛, 향미, 조직감, 전반적인 선호도
- Feedback : 업체와의 협력을 통하여 위의 결과를 분석하고 시제품에 개선 사항이 발견되는 경우 최적 레시피나 제조 조건을 조정하여 새로운 최적 스파게티 시제품 제조 조건을 설정

6. 배추·무 부산물의 식이섬유 시제품 제작 및 산업화 가능성 모색

- 배추·무 부산물의 식이섬유를 이용한 시제품을 제작하였다.

7. 협력업체(에코플랜츠)와 협업을 통한 최종 시제품의 산업화 가능성 모색

- Feedback : 협력업체인 에코플랜츠와 함께 소비자 관능검사 결과를 분석하고 시제품에 개선 사항을 분석하고 참여기업의 대량생산 시스템을 이용한 양산 제품을 생산하여 메뉴 적용 및 시제품 홍보함.

8. 배추 부산물의 식이섬유를 이용한 일반밀 스파게티의 최적 배합비 설정

(1)옥수수전분(10-30%)의 스파게티 최적 배합비 설정

일반 밀가루를 첨가한 스파게티 제조를 위한 배합비 설정을 위하여 표 41과 같이 전체 함량의 10-30% 첨가하여 제조하였으며 관능검사를 실시하였다. 관능검사는 전문가를 대상으로 식품영양학과 대학원생 10명이 실시하였으며 7점 척도를 이용하였다. 관능검사 항목으로는 Hardness(경도), Springiness(탄력), Flavor(향미), Overall acceptability(전반적인 선호도)를 평가하였다.

표 41. 옥수수 전분함량(10-30%)을 달리한 스파게티 배합비

Ingredients (%)	SEP control	Control	CS10	CS20	CS30
Semolina flour	69.6	-	-	-	-
Wheat flour	-	69.6	59.6	49.6	39.6
Corn starch	-	-	10	20	30
NaCl	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
Distilled water	29.8	29.8	29.8	29.8	29.8
Total	100	100	100	100	100

SEP control : 세몰리나 밀가루 스파게티

Control : 일반밀 스파게티

CS10 : 옥수수전분 10% 첨가 스파게티

CS20 : 옥수수전분 20% 첨가 스파게티

CS30 : 옥수수전분 30% 첨가 스파게티

표 41의 배합비로 제조된 세몰리나 스파게티와 일반밀 스파게티의 관능평가 결과는 그림 34과 같다. 모든 항목에서 세몰리나 밀가루를 첨가한 스파게티와 옥수수전분 10% 첨가한 스파게티가 좋은 평가를 받았으며 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 옥수수전분 20% 이상 첨가한 스파게티 샘플군은 조직감 항목에서 (Hardness, Springness)에서 낮은 평가를 받았으며 다른 종류의 면류(쫄면 등) 식감에 가깝다는 의견이 많았다. 이에 옥수수전분을 10% 이하로 배합비를 재구성하여 다음 예비실험을 진행하였다.

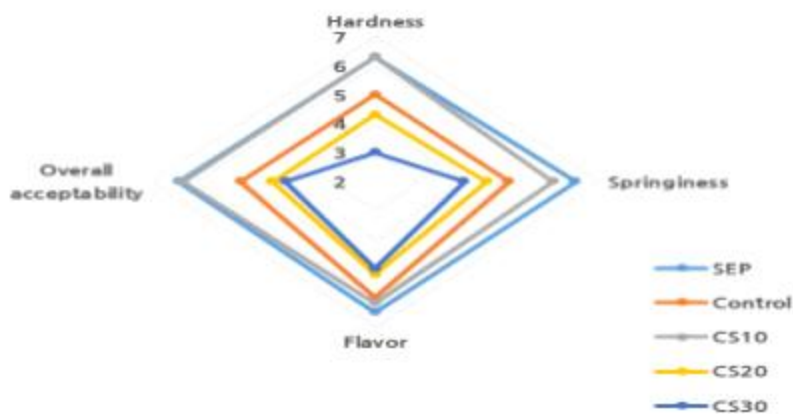


그림 34. 표 3의 배합비로 제조된 세몰리나 스파게티와 일반밀 스파게티의 관능평가 결과

(2) 옥수수전분(10% 이하)의 스파게티 최적 배합비 설정

일반 밀가루를 첨가한 스파게티 제조를 위한 배합비 설정을 위하여 표 42과 같이 전체 함량의 10% 이하로 첨가하여 제조하였으며 전문가 관능검사를 실시하였다.

표 42. 옥수수 전분함량(1-10%)을 달리한 스파게티 배합비

Ingredients (%)	SEP control	Control	CS1	CS3	CS5	CS10
Semolina flour	69.6	-	-	-	-	-
Wheat flour	-	69.6	68.6	66.6	64.6	59.6
Corn starch	-	-	1	3	5	10
NaCl	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
Distilled water	29.8	29.8	29.8	29.8	29.8	29.8
Total	100	100	100	100	100	100

SEP control : 세몰리나 밀가루 스파게티

Control : 일반밀 스파게티

CS1 : 옥수수전분 1% 첨가 스파게티

CS3 : 옥수수전분 3% 첨가 스파게티

CS5 : 옥수수전분 5% 첨가 스파게티

CS10 : 옥수수전분 10% 첨가 스파게티

표 42의 배합비로 제조된 세몰리나 스파게티와 일반밀 스파게티의 관능평가 결과는 모든 항목에서 세몰리나 밀가루를 첨가한 스파게티와 옥수수전분 10% 첨가한 스파게티가 좋은 평가를 받았으며 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 옥수수전분 20% 이상 첨가한 스파게티 샘플군은 조직감 항목에서 (Hardness, Springness)에서 낮은 평가를 받았으며 다른 종류의 면류(쫄면 등) 식감에 가깝다는 의견이 많았다. 이에 옥수수전분을 10% 이하로 배합비를 재구성하여 다음 예비실험을 진행하였다.

(3) 옥수수전분(3% 이하)의 스파게티 최적 배합비 설정

일반 밀가루를 첨가한 스파게티 제조를 위한 배합비 설정을 위하여 표 43과 같이 전체 함량의 3% 이하로 첨가하여 제조하였으며 전문가 관능검사를 실시하였다.

표 43. 옥수수 전분함량(1-3%)을 달리한 스파게티 배합비

Ingredients (%)	SEP control	Control	CS1	CS1.5	CS3
Semolina flour	69.6	-	-	-	-
Wheat flour	-	69.6	68.6	66.6	64.6
Corn starch	-	-	1	3	5
NaCl	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
Distilled water	29.8	29.8	29.8	29.8	29.8
Total	100	100	100	100	100

SEP control : 세몰리나 밀가루 스파게티

Control : 일반밀 스파게티

CS1 : 옥수수전분 1% 첨가 스파게티

CS3 : 옥수수전분 3% 첨가 스파게티

CS5 : 옥수수전분 5% 첨가 스파게티

CS10 : 옥수수전분 10% 첨가 스파게티

표 43의 배합비로 제조된 세몰리나 스파게티와 일반밀 스파게티의 관능평가 결과는 그림 35와 같다. 모든 항목에서 옥수수전분 1.5% 첨가한 스파게티가 가장 높은 평가를 받았으며 경도, 전체적인 선호도에서 우수한 평가를 나타내었다. 이에 옥수수전분량은 전체 배합비에 1.5%로 결정하였다.

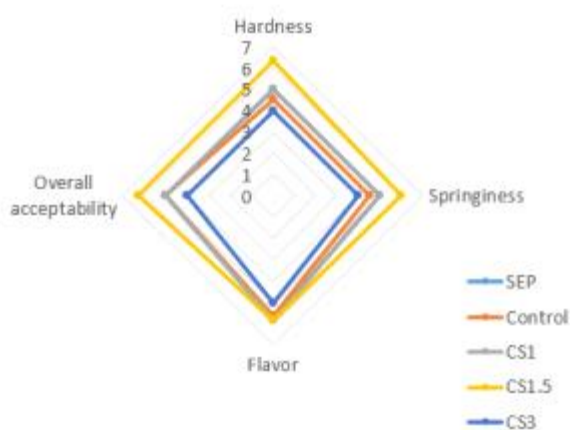


그림 35. 표 5의 배합비로 제조된 세몰리나 스파게티와 일반밀 스파게티의 관능평가 결과

(3) 배추무 부산물의 불용성 식이섬유를 이용한 스파게티 최적 배합비 설정

배추 부산물 분말에서 추출한 불용성 식이섬유(IEK)를 일반 밀가루 양만큼 대체하여 스파게티를 제조하였다. 불용성 식이섬유의 배합비 설정을 위하여 표 44 과 같이 전체 함량의 10% 이하로 첨가하여 제조하였으며 전문가 관능검사를 실시하였다.

표 44. 옥수수 전분함량(10-30%)을 달리한 스파게티 배합비

Ingredients (%)	SEP	Control	WK1	WK5	WK7	WK10
IEK	-	-	1	5	7	10
Wheat flour	-	68.1	67.1	63.1	61.1	58.1
Corn starch	-	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
NaCl	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
Distilled water	29.8	29.8	29.8	29.8	29.8	29.8
Semolina flour	69.6	-	-	-	-	-
Total	100	100	100	100	100	100

SEP control : 세몰리나 밀가루 스파게티

Control : 일반밀 스파게티

WK1 : 불용성 식이섬유 1% 첨가 스파게티

WK5 : 불용성 식이섬유 5% 첨가 스파게티

WK7 : 불용성 식이섬유 7% 첨가 스파게티

WK10 : 불용성 식이섬유 10% 첨가 스파게티

표 44의 배합비로 제조된 세몰리나 스파게티와 일반밀 스파게티의 관능평가 결과는 그림 36과 같다. 불용성 식이섬유의 배합비가 7, 10%인 스파게티는 모든 항목에서 낮은 평가를 나타내었다. 특히 향미에서 배추의 향이 너무 강하다는 의견이 대부분이었다. 배추부산물 5% 첨가한 스파게티는 모든 항목에서 보통 이상의 점수를 나타내었다. 배추 부산물의 불용성 식이섬유를 1% 첨가한 스파게티샘플이 대조군들과 가장 유사한 결과치를 나타내었으며 특히 조직감(hardness, springiness)에서 일반적인 스파게티와 가장 가까운 관능평가결과를 나타내었다. 이에 배추부산물의 불용성 식이섬유를 첨가한 스파게티의 배합비는 5% 미만으로 조정하는 것이 바람직하다는 결론을 얻었다.

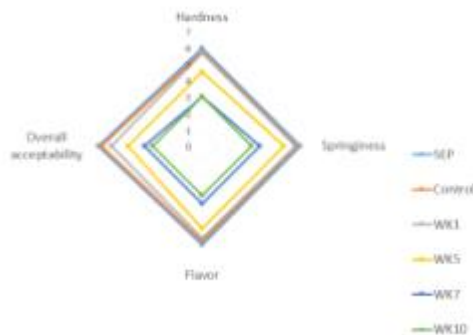


그림 36. 표 6의 배합비로 제조된세몰리나 스파게티와 일반밀 스파게티의 관능평가 결과

(4) 배추무부산물의 불용성 식이섬유를 이용한 스파게티 최종 배합비 설정
 일반 밀가루에 배추부산물의 불용성 식이섬유를 첨가한 스파게티의 최종 배합비는 표 45와 같다. 불용성 식이섬유의 배합비를 전체 함량의 1.5, 3, 5%로 첨가하여 제조하였으며 제조한 스파게티의 이화학적 분석 및 조리특성을 분석하여 최적의 스파게티 배합비를 정하기로 하였다.

표 45. 배추부산물의 불용성식이섬유를 첨가한 스파게티의 최종 배합비

Ingredients (%)	SEP control	Control	WK1.5	WK3	WK5
IEK	-	-	1.5	3	5
Wheat flour	69.6	68.6	66.6	65.1	63.1
Corn starch	0.0	1.5	1.5	1.5	1.5
NaCl	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
Distilled water	29.8	29.8	29.8	29.8	29.8
Semolina flour	69.6	-	-	-	-
Total	100	100	100	100	100

SEP control : 세몰리나 밀가루 스파게티

Control : 일반밀 스파게티

WK1 : 불용성 식이섬유 1% 첨가 스파게티

WK5 : 불용성 식이섬유 5% 첨가 스파게티

WK7 : 불용성 식이섬유 7% 첨가 스파게티

WK10 : 불용성 식이섬유 10% 첨가 스파게티

9. 스파게티에 이용된 배추 부산물의 이화학적 분석 결과

(1) 배추 부산물의 식이섬유 함량

표 46은 배추 부산물의 불용성식이섬유(IDF), 수용성식이섬유(SDF), 총 식이섬유(TDF)의 함량을 나타낸다. 연구결과 총 식이섬유(TDF)는 20.34-49.54%의 분포를 보였으며 배추무부산물 샘플 중 C-3이 가장 높은 총 식이섬유량을 나타내었다. 불용성 식이섬유(IDF)는 19.87-49.27%로 나타났으며 가장 높은 수치를 나타낸 샘플은 역시 C-3 샘플이었다. 수용성 식이섬유(SDF)의 경우 0.12-2.91%로 나타났으며 F-3 샘플이 가장 높은 수치를 나타내었다. 선행 연구 결과들을 살펴보면 Jongaroontaparngsee et al (2007)의 연구에서는 양배추의 겉잎에서 총 식이섬유의 함량(dry basis)이 41~43%를 함유량을 나타내었으며 부산물에 대한 다양한 식이섬유 분석 결과를 종합하였을 때 식이섬유 함량이 30~75%인 범위를 나타내었다. 바나나에서 31.8% (Rodríguez-Ambriz et al., 2008), 구아바 49.42% (Jiménez-Escrig et al., 2001), 레몬 껍질 60.1~68.3g/100g dry mass(Figuerola et al., 2005), 적포도박 74.5% (Llibera and Cañekkas, 2007), 멕시코 라임 껍질 70.4% (Ubando-Rivera

et al, 2005). 본 연구에서는 KBCP에서 27.37~49.54%의 식이섬유가 포함되어 있으며, 이는 식이섬유의 좋은 공급원이 될 수 있다고 생각한다. 불용성 식이섬유는 인간 건강에서 중요한 역할을 담당하여 fecal bulk를 증가시키고, 콜레스테롤 수치와 장의 이동을 감소시키고, 혈당 수치를 개선시켜준다. Jongaroontaprangsee et al (2007)의 보고에 의하면, 흰 양배추의 불용성 식이섬유 함량은 품종과 식물 부분에 따라 다르다고 보고했다. Wennbrge et al (2006)에 따르면 두 가지 품종의 흰 양배추 (Heckla&Predikant)에서 수용성식이섬유와 불용성식이섬유의 함량은 각각 17.7~20.0%와 4.7~6.2% 범위였다. 본 연구의 결과로, 모든 공장의 배추 부산물 중 불용성식이섬유와 총 식이섬유의 함량이 식이섬유의 소재로 사용될 수 있을 만큼 충분히 높은 함량을 함유하고 있다고 사료된다.

표 46. The dietary fiber contents (g/100 g dry weight) of kimchi by-products

By-product	Processing	Sample	IDF	SDF	TDF
KBCP	Warehousing	Control	32.69 ± 2.34 ^e	0.71 ± 0.03 ^e	32.90 ± 2.13
		A-1	40.44 ± 0.68 ^{bc}	0.78 ± 0.03 ^{cde}	41.22 ± 0.65
	Trimming and cutting	D-1	31.86 ± 1.40 ^e	1.45 ± 0.82 ^{bc}	33.31 ± 1.48
		E-1	34.58 ± 0.28 ^{de}	0.27 ± 0.05 ^{de}	34.86 ± 0.42
		G-1	37.03 ± 1.6 ^{cd}	0.17 ± 0.19 ^{cde}	37.19 ± 1.22
	Salting and washing	A-2	26.44 ± 1.10 ^f	0.93 ± 0.05 ^{cde}	27.37 ± 1.11
		B-2	26.78 ± 2.17 ^f	1.04 ± 0.17 ^{cde}	27.83 ± 2.05
		F-2	41.72 ± 0.08 ^b	0.71 ± 0.53 ^a	42.43 ± 0.58
	Dewatering and desalting	G-2	23.57 ± 0.56 ^f	0.82 ± 0.61 ^{cde}	24.39 ± 0.86
		A-3	39.39 ± 1.70 ^{bc}	0.71 ± 0.03 ^{cde}	40.09 ± 1.69
		B-3	35.13 ± 1.39 ^{de}	2.27 ± 0.73 ^{ab}	37.40 ± 1.22
		C-3	49.27 ± 1.41 ^{bc}	0.27 ± 0.07 ^{cd}	49.54 ± 1.40
		E-3	46.99 ± 2.33 ^a	0.75 ± 0.11 ^{cde}	47.74 ± 2.28
		F-3	37.49 ± 3.02 ^{cd}	2.91 ± 1.23 ^e	40.40 ± 4.20
		H-3	19.87 ± 1.62 ^g	0.47 ± 0.63 ^{cde}	20.34 ± 2.15
	I-3	48.35 ± 3.68 ^a	0.12 ± 0.73 ^e	48.46 ± 3.46	

Values are expressed as the mean ± standard deviation of three measurements.

^{a-g} A different letter in the same column indicates statistical difference ($p < 0.05$).

^{A-M} Collected from different factories in Korea.

KBCP: kimchi by-product cabbage powder

IDF: insoluble dietary fiber; SDF: soluble dietary fiber; TDF: total dietary fiber.

(2) 배추 부산물의 생리 활성

배추부산물의 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) 라디칼 소거 반응, 총 폴리페놀 함량 (total polyphenol contents), 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid, ABTS)의 결과는 표 47 와 같다.

부추부산물의 DPPH 라디칼 소거 반응의 값은 16.72~40.16로 나타났다. Seong et al (2016)의 연구에 따르면, 양배추 겉잎에서 다른 잎 부분과 비교하여 강한 DPPH 라디칼 소거 반응을 보였다. 라임 껍질 35%, 커피 60%, 아티초크 잎 40%의 부산물의 DPPH 라디칼 소거 반응은 본 연구의 결과와 유사하였다(Yuan et al., 2012).

배추부산물의 총 폴리페놀 함량은 96.76~217.24mg (gallic acid equivalents, GAE)/100g, 로 나타났다. 과일과 야채의 부산물과 같은 석류껍질(294mg GAE/100g), 브로콜리 잎(135.64mg GAE/100g), 배추 겉잎(148.81~347.46mg GAE/100g)였으며, 가식부분보다 더 높은 양의 폴리페놀이 함유되어 있다고 보고 했다 (Garau et al., 2007; Mahro and Timm, 2007; Seong et al., 2016). Häkkinen and Törrönen (2000)의 연구에서는 딸기류의 저장과 가공 동안 각각 폴리페놀 화합물이 다른 분해 비율을 보인다고 보고하였다. 배추부산물의 ABTS radical anion scavenging activity은 각각 26.75~82.24%, 로 나타났다. 전반적으로 배추부산물의 DPPH, ABTS radical scavenging activity, 총 폴리페놀 함량을 포함한 모든 항산화 특성은 배추 가공과정에서 유지되었다고 사료된다.

표 47. Antioxidant properties and contents of kimchi by-products

By-product	Processing	Sample	DPPH radical Scavenging activity (%)	ABTS radical Scavenging activity (%)	Total polyphenol contents (mg GAE/100g)
KBCP	Warehousing	Control	32.49 ± 1.93 ^b	80.85 ± 0.79 ^{bc}	140.46 ± 1.25 ^{cd}
		A-1	32.64 ± 2.96 ^b	52.94 ± 1.85 ^j	96.76 ± 2.22 ^k
	Trimming and cutting	D-1	25.12 ± 3.54 ^{def}	61.36 ± 1.97 ⁱ	114.24 ± 2.45 ^{fg}
		E-1	13.29 ± 0.73 ^h	78.41 ± 2.57 ^c	111.74 ± 1.80 ^{hg}
		G-1	26.83 ± 3.61 ^{gh}	82.24 ± 1.48 ^b	142.93 ± 0.98 ^c
	Salting and washing	A-2	18.15 ± 1.34 ^{gh}	49.05 ± 1.60 ^j	94.58 ± 1.83 ^k
		B-2	20.26 ± 1.79 ^{efg}	70.55 ± 2.40 ^{ef}	115.02 ± 1.31 ^f
		F-2	28.48 ± 1.69 ^{bcd}	23.20 ± 1.75 ^l	108.92 ± 2.93 ^{hi}
	Dewatering and desalting	G-2	20.08 ± 2.71 ^{fg}	72.68 ± 1.46 ^{df}	138.35 ± 2.45 ^d
		A-3	16.83 ± 1.10 ^{gh}	26.75 ± 1.93 ^k	100.81 ± 1.03 ^j
		B-3	25.78 ± 4.81 ^{de}	75.24 ± 1.51 ^d	85.72 ± 0.35 ^l
		C-3	17.56 ± 2.20 ^{gh}	87.41 ± 2.31 ^a	102.09 ± 2.08 ^j
		E-3	17.20 ± 0.44 ^{gh}	62.26 ± 1.34 ⁱ	106.79 ± 0.00 ^j
		F-3	16.72 ± 2.24 ^{gh}	69.32 ± 1.64 ^{fg}	101.87 ± 2.75 ^j
			H-3	16.76 ± 2.93 ^{gh}	67.09 ± 0.95 ^{gh}
		I-3	40.16 ± 5.81 ^a	64.44 ± 1.85 ^{hi}	106.66 ± 1.33 ^j

Values are expressed as the mean \pm standard deviation of three measurements.

The total polyphenol contents are expressed in gallic acid equivalents (GAE).

^{a-1} A different letter in the same column indicates statistical difference ($p < 0.05$).

^{A-M} Collected from different factories in Korea.

KBCP: kimchi by-product cabbage powder;

DPPH: 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl; ABTS: 2,2'-azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid).

(3) 배추부산물의 당함량

배추부산물의 Fructose, glucose, sucrose를 다양한 가공 단계별로 측정하였다.(표 48) KBCP의 fructose와 glucose 함량은 각각 0.93~12.87g/100g dry weights, 0.70~17.67g/100 g dry weights이었고, sucrose는 검출되지 않았다. Kim et al (2000)의 연구에 따르면, 여러 가지 배추 품종 (Golden House, Golden Spring, Alpine Summer, and Summer Best)에서 sucrose는 검출되지 않았으며, 이는 본 연구결과와 유사하다. 이전 연구들에 따르면, 염장과정에서 펙틴 분해 효소로부터 펙틴이 가수분해되어 세포벽이 파괴되어서 양배추 섬유의 비타민C, 총 당류, glucosinolates, 유리 아미노산이 손실되는 것으로 나타났다(Hwang, 2010). 따라서, 배추 가공 동안 총 당류의 손실은 염장과 세척 공정에서 유발될 수 있다.

표 48. Sugar contents (g /100 g dry weight) of kimchi by-products

By-product	Processing	Sample	Fructose	Glucose	Sucrose	Total Sugar
KBCP	Warehousing	Control	9.99 \pm 0.23 ^b	11.68 \pm 0.28 ^b	ND	21.67 ^c
		A-1	9.04 \pm 0.12 ^c	6.35 \pm 0.11 ^f	ND	15.39 ^{de}
	Trimming and cutting	D-1	12.50 \pm 0.26 ^a	17.67 \pm 0.48 ^a	2.92 \pm 0.26 ^a	33.14 ^a
		E-1	12.87 \pm 1.61 ^a	10.63 \pm 0.29 ^c	ND	23.50 ^b
		G-1	7.03 \pm 0.47 ^d	4.10 \pm 0.23 ^h	ND	11.13 ⁱ
		A-2	ND	5.29 \pm 0.36 ^g	ND	5.29 ^k
	Salting and washing	B-2	10.23 \pm 0.30 ^b	8.39 \pm 0.32 ^d	ND	18.62 ^d
		F-2	12.25 \pm 0.38 ^a	8.54 \pm 0.21 ^d	ND	20.79 ^c
		G-2	8.31 \pm 0.39 ^c	5.70 \pm 0.17 ^g	ND	14.01 ^g
		A-3	8.17 \pm 0.06 ^c	6.19 \pm 0.15 ^{fg}	ND	14.36 ^f
	Dewatering and desalting	B-3	10.08 \pm 1.10 ^b	6.57 \pm 0.11 ^{ef}	ND	16.65 ^e
		C-3	10.04 \pm 0.13 ^b	5.73 \pm 0.06 ^g	ND	15.77 ^f
		E-3	6.14 \pm 0.05 ^d	6.08 \pm 0.21 ^{fg}	ND	12.22 ^{hi}
		F-3	8.06 \pm 0.08 ^c	8.82 \pm 0.07 ^d	ND	16.88 ^{ef}
		H-3	6.12 \pm 0.70 ^d	7.00 \pm 0.77 ^e	ND	13.12 ^h
I-3	6.15 \pm 0.10 ^d	6.10 \pm 0.12 ^{fg}	ND	12.25 ^{hi}		

Values are expressed as the mean ± standard deviation of three measurements.

^{a-h} A different letter in the same column indicates statistical difference ($p < 0.05$).

^{A-L} Collected from different factories in Korea.

KBCP: kimchi by-product cabbage powder; KBRP: kimchi by-product radish powder; ND: not determined.

(4) 배추 부산물의 보수력, 점도, 비중

배추 부산물의 보수력, 점도, 비중은 표 49 에 나타냈다. 야채의 식이섬유는 불용성식이 섬유와 수용성식이 섬유의 비율, 입자 크기, 식물성 재료에 따라서 보수력, 점도, swelling index(팽창 지수), 겔 형성 등 다양한 기능적 특성을 갖는다.

보수력은 KBCP가 5.71~12.70 g/g로 나타났으며 일반적으로, 배추 부산물의 보수력은 fiber matrix가 손상되고 가공 과정 중 fiber pore 구조가 붕괴됨에 따라 각각의 가공 단계 처리 후 증가하였다(Jongaroontaprangsee et al., 2007). Larrauri (1999) 보고에 따르면 세척이 오렌지 껍질에 있는 식이섬유 내에 당을 제거함으로써 보수력이 증가된다고 보고하였다. 이 연구에서는 양배추에서 6.2~18.2g/g의 보수력이 측정되었고, 이는 Jongaroontaprangsee et al (2007)의 결과와 일치하였다. 높은 보수력은 잼과 요거트 같은 가공식품의 겔 형성 및 텍스처 안정성에 중요한 역할을 한다.

점도 결과, 배추 부산물은 655.00~1120.67cP 였다. 배추부산물의 비중은 대조군의 비중보다 낮았다.

표 49. Water holding capacity, viscosity and specific gravity of kimchi by-products

By-product	Processing	Sample	Water holding capacity(g/g)	Viscosity (cP)	Specific gravity (mL/g)
KBCP	Warehousing	Control	12.57 ± 0.25 ^b	1135.33±3.06 ^{cd}	0.010 ± 0.000 ^a
		A-1	6.64 ± 0.30 ^{ef}	1120.67 ± 7.66 ^a	0.001 ± 0.000 ^c
	Trimming and cutting	D-1	7.19 ± 0.33 ^{def}	954.67 ± 1.53 ^e	0.004 ± 0.005 ^b
		E-1	6.87 ± 0.24 ^{def}	625.00 ± 4.00 ^j	0.001 ± 0.000 ^c
		G-1	5.71 ± 0.02 ^g	920.67 ± 3.06 ^h	0.001 ± 0.000 ^c
		A-2	6.45 ± 0.15 ^{ef}	1031.33 ± 3.21 ^e	0.001 ± 0.000 ^c
	Salting and washing	B-2	7.48 ± 0.51 ^d	961.00 ± 4.00 ^g	0.001 ± 0.000 ^c
		F-2	6.63 ± 0.66 ^{ef}	920.00 ± 2.65 ^h	0.001 ± 0.000 ^c
		G-2	6.75 ± 0.25 ^{def}	982.67 ± 3.51 ^f	0.001 ± 0.000 ^c
	Dewatering and desalting	A-3	9.97 ± 0.23 ^b	1158.33 ± 4.04 ^a	0.001 ± 0.000 ^c
		B-3	8.20 ± 0.22 ^c	1022.67 ± 3.06 ^e	0.001 ± 0.000 ^c
		C-3	7.42 ± 0.57 ^{ed}	1098.33 ± 4.16 ^d	0.001 ± 0.000 ^c
		E-3	12.70 ± 0.50 ^a	1135.33±3.06 ^{cd}	0.001 ± 0.000 ^c
		F-3	7.16 ± 0.38 ^{def}	1110.67±3.06 ^{cd}	0.001 ± 0.000 ^c
		H-3	9.41 ± 0.19 ^b	1141.33±2.52 ^{ab}	0.001 ± 0.000 ^c
I-3	9.63 ± 0.24 ^b	1124.00±4.00 ^{bc}	0.001 ± 0.000 ^c		

Values are expressed as the mean ± standard deviation of three measurements.

^{a-j} A different letter in the same column indicates statistical difference ($p < 0.05$).

^{A-M} Collected from different factories in Korea.

KBCP: kimchi by-product cabbage powder

(5) 배추 부산물의 불용성 식이섬유를 첨가한 일반밀 스파게티의 이화학적 분석

① SEM 측정

조리된 스파게티 단면의 미세구조는 scanning electron microscope(SEM)을 사용하여 측정하였다. 미세구조의 결과는 그림 37에 나타내었다. WK0의 단면 부분은 얽힘 구조(tangle structure)와 단백질 네트워크(protein network)로 나타났다. 조리된 파스타 IEK의 1.5%와 3%는 honey comb shape(벌집 모양)과 많은 pore와 dense matrix로 구성되어있었다. 반면에, IEK를 5%의 비율로 첨가하였을 때, pore size와 matrix wall이 증가된 것을 관찰되었다. Aravind et al (2012)에 따르면, 듀럼밀에 이눌린을 첨가했을 경우 pore size와 matrix walls의 두께가 증가되었는데, 본 연구결과와 비슷한 경향을 나타낸다. 이러한 결과를 바탕으로, 스파게티의 구조는 첨가되는 식이섬유의 양과 종류 뿐 만 아니라 제조 조건도 영향을 미칠 수 있다고 결론지을 수 있다.

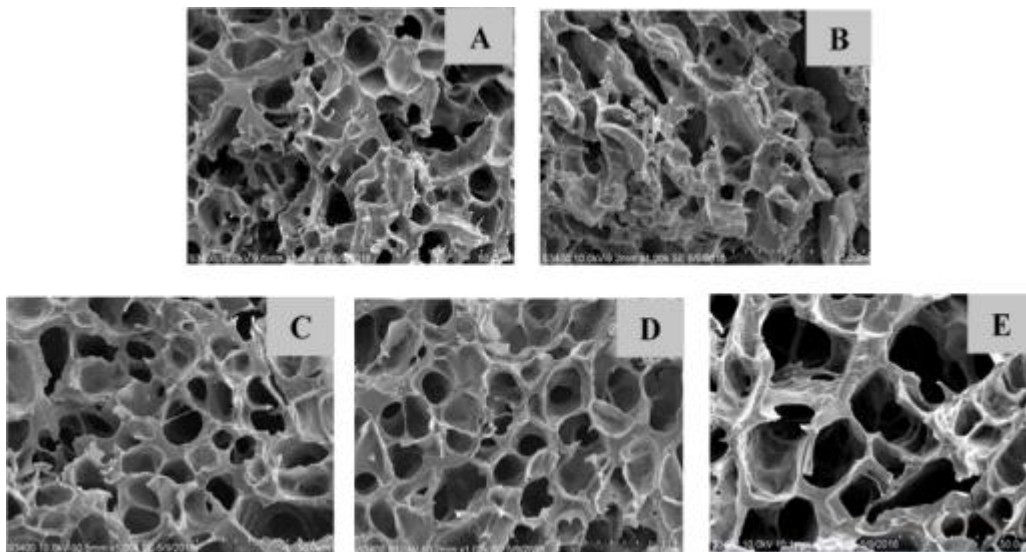


그림 37. Scanning electron microscope (SEM) micrographs of cooked pasta including insoluble dietary fiber-enriched kimchi by-product (IEK).

- A: semolina pasta (SEP)
- B: wheat pasta including 0% IEK (Control)
- C: wheat pasta including 1.5% IEK (WK1.5)
- D: wheat pasta including 3% IEK (WK3)
- E: wheat pasta including 5% IEK (WK5)

② pH와 수분활성도(Aw) 측정

스파게티의 식이섬유 배합비에 따른 pH와 수분활성도를 측정한 결과는 표 50과 같다. pH 6.52-6.55, 수분활성도가 0.95~0.96 Aw로 샘플간의 유의적인 차이는 없었다.

표 50. 배추부산물의 불용성식이섬유를 첨가한 스파게티의 pH와 수분활성도(Aw)

Sample	pH	수분활성도 (Aw)
SEP	6.55±0.03 ^{a1)}	0.95±0.00 ^a
Control	6.54±0.02 ^a	0.96±0.00 ^a
WK1.5	6.52±0.01 ^a	0.96±0.00 ^a
WK3	6.54±0.01 ^a	0.96±0.01 ^a
WK5	6.52±0.02 ^a	0.96±0.00 ^a

Values are expressed as the mean ± standard deviation of three measurements.

^{a-c}A different letter in the same column indicates statistical difference ($p < 0.05$).

SEP: semolina pasta

Control: wheat pasta including 0% IEK

WK1.5: wheat pasta including 1.5% IEK

WK3: wheat pasta including 3% IEK

WK5: wheat pasta including 5% IEK

③ 색도

제품의 표면 색택은 hunter's lab 색차계로 L, a, b값을 측정하였으며 51과 같다. 색도는 파스타의 품질을 평가하는 중요한 요인이며 조리 전, 후의 색도를 비교하였다. 일반적으로, 소비자들은 밝은 노란색의 파스타를 선호한다(Petitot et al., 2010). 조리되지 않은 스파게티는 세몰리나 파스타(SEP)보다 낮은 L값을 나타내었고, 짙은 녹색으로 나타났다. 이전 연구를 참고하여 비교했을 때, oat bran, psyllium, glucangel, inulin, oat 과 같은 식이섬유가 강화된 파스타는 L값이 낮게 나타났으며(Foschia et al., 2015; Piwińska et al., 2015) 또한, 배추부산물의 불용성 식이섬유의 양이 증가하면, a와 b값은 조리되지 않은 세몰리나 파스타와 조리된 세몰리나 파스타 보다 낮은 값을 보였다. 다양한 양의 털익은 바나나 가루(Agama-Acevedo et al., 2009), superfine 녹차가루(Li et al., 2012), superjami(Noh and Park, 2013)의 연구와 비슷한 결과를 나타내었다.

표 51. 배추부산물의 식이섬유를 이용한 스파게티의 색도

Sample	L*		a*		b*	
	Uncooked	Cooked	Uncooked	Cooked	Uncooked	Cooked
SEP	79.87±0.94 ^a	77.04±1.44 ^a	2.57±0.18 ^a	1.47±0.77 ^a	24.96±0.31 ^a	27.04±1.70 ^a
Control	80.82±1.38 ^a	76.16±1.05 ^a	1.76±0.55 ^b	1.05±0.18 ^{ab}	20.73±0.61 ^b	23.00±1.23 ^b
WK1.5	70.89±0.90 ^b	66.19±0.58 ^b	0.39±0.25 ^c	0.61±0.38 ^b	19.81±0.79 ^c	22.27±0.18 ^{bc}
WK3	66.97±1.57 ^c	61.74±1.48 ^c	0.38±0.17 ^c	0.65±0.48 ^b	19.21±0.62 ^c	21.79±0.71 ^c
WK5	65.93±1.75 ^c	57.95±0.86 ^d	-0.06±0.30 ^d	0.65±0.51 ^b	17.70±1.35 ^d	21.20±1.16 ^c

Values are expressed as the mean ± standard deviation of three measurements.

^{a-c}A different letter in the same column indicates statistical difference ($p < 0.05$).

SEP: semolina pasta

Control: wheat pasta including 0% IEK

WK1.5: wheat pasta including 1.5% IEK

WK3: wheat pasta including 3% IEK

WK5: wheat pasta including 5% IEK

(6) 배추 부산물의 불용성 식이섬유를 첨가한 일반밀 스파게티의 조리 특성

① 최적 조리 시간

스파게티 샘플의 (0%, 2%, 4%, 6%, semolina 분말)의 최적 조리 시간은 52와 같다. 생 파스타의 최적 조리시간은 90초로 측정되었으며 모든 샘플에서 유의적인 차이가 없었다. 이전 연구(Bastos et al., 2016)에서는, 생 파스타의 최적 조리시간은 2~4분의 범위였으며, 우리의 연구 결과보다는 조리시간이 길었다. Rakhesh et al (2012)에 따르면 최적 조리 시간은 식이 섬유 함량이 증가함에 따라 감소한다고 하였으며, spilt pea와 fabe bean이 감화된 파스타인 Petitot et al (2010) 연구에서는 부재료가 첨가될수록 최적 조리 시간 감소에 영향을 미친다고 보고하였다. 식이섬유가 글루텐 매트릭스의 물리적 파괴를 함에 따라 파스타의 코어에 물의 침투를 용이하게 하였을 것으로 생각된다.

②조리손실

조리 손실은 조리 중에 물에 용해되는 고형물의 양으로 정의되며, 조리 동안 스파게티 면의 구조가 안정한지를 나타내는 지표로 사용할 수 있다(Liu et al., 2012). 또한, 조리손실은 파스타 제형에서 식이섬유 혼입에 가장 영향을 받는 변수 중 하나이다. 식이 섬유를 포함하는 부재료들과 단백질 매트릭스의 무결성으로부터 조리수의 균등한 확산에 영향을 준다고 알려져있다.

③수분 흡수 지수(WAI) & 팽창 지수(SI)

Table 은 식이섬유가 더해진 스파게티의 수분흡수와 팽창률을 나타내고 있다. 스파게티의 불용성 식이섬유량이 증가할 때, 수분흡수지수는 유의적인 차이는 없지만 증가하였다. Foschia et al (2015)는 세몰리나를 식이섬유로 대체하였을 때, 수분흡수의 유의한 증가를 보였으며, 본 연구와 비슷한 결과를 나타낸다. 수분흡수량이 증가하는 것은 높은 식이섬유함량에 따른 강한 물 흡수 능력 때문이다(Foschia et al., 2015).

스파게티의 팽창지수는 1.50%~1.63%의 범위를 나타내었다. 세몰리나의 팽창지수는 일반밀가루 스파게티샘플보다 낮았지만, 유의적인 차이를 보이지 않았다. Foschia et al (2015)에 따르면, 팽창지수의 증가는 전분-단백질-다당류 네트워크 내에 물을 흡수하고 유지하는 성질을 가지고 있는 식이섬유의 높은 수용력으로 설명할 수 있다. 조리 시 전분 팽윤과 중합 및 중합 단백질의 특성 사이의 물리적 경쟁은 최종 조리된 스파게티의 견고함과 탄력 등의 조직감에 영향을 줄 수 있다 (Bruneel et al., 2010).

표 52. Effect of insoluble dietary fiber-enriched kimchi by-product on cooking properties of pasta

Sample	OCT (sec)	Cooking loss (%)	Water absorption (%)	Swelling index (g of water g ⁻¹ freshpasta)
SEP	90	24.47 ± 2.34 ^c	59.77 ± 2.75 ^a	1.50 ± 0.14 ^b
Control	90	19.98 ± 2.30 ^d	62.20 ± 4.28 ^a	1.51 ± 0.18 ^b
WK1.5	90	27.82 ± 2.32 ^b	61.01 ± 2.96 ^a	1.54 ± 0.06 ^{ab}
WK3	90	29.64 ± 2.95 ^{ab}	61.65 ± 2.55 ^a	1.57 ± 0.06 ^{ab}
WK5	90	31.57 ± 2.29 ^a	62.70 ± 2.78 ^a	1.63 ± 0.08 ^a

Values are expressed as the mean ± standard deviation of three measurements.

^{a-c}A different letter n the same column indicates statistical difference($p < 0.05$).

SEP: semolina pasta

Control: wheat pasta including 0% IEK

WK1.5: wheat pasta including 1.5% IEK

WK3: wheat pasta including 3% IEK

WK5: wheat pasta including 5% IEK

④ 텍스처

조리된 스파게티의 텍스처(texture profile analysis, TPA)결과는 53과 같다. 스파게티 경도는 2393.01~3005.54(g.force)의 범위였다. 세몰리나 스파게티(2509.17 ± 7.45 g.force)는 WK0(2393.01 ± 9.08 g. force)보다 높은 경도를 보였다. 또한, 배추부산물 불용성 식이섬유를 3% 이상 강화시키면 부착성(adhesiveness)이 감소하였고, 세몰리나 스파게티는 control 샘플보다 낮은 부착성을 나타내었다. 스파게티의 탄력성은 0.88~0.91의 범위로 샘플 간에 유의한 차이는 없었다.

Kim et al (2016)의 연구에서, 일반적인 밀가루에서 β -glucan이 강화된 *Pleurotus eryngii* mushroom powder를 첨가한 연구에서 탄력성은 비슷하게 나타났다. 전반적으로, 배추부산물 불용성식이섬유 첨가는 스파게티의 응집성을 감소시키는 것으로 나타났다.

표 53. Effect of insoluble dietary fiber-enriched kimchi by-product on texture profiles of pasta

Sample	Hardness (g. force)	Adhesiveness (g. sec)	Springiness (mm)	Cohesiveness
SEP	2509.17 ± 7.45^b	-99.87 ± 7.24^a	0.91 ± 0.05^a	0.67 ± 0.03^{bc}
Control	2393.01 ± 9.08^e	-152.95 ± 8.89^b	0.91 ± 0.04^a	0.70 ± 0.03^a
WK1.5	3005.54 ± 9.65^a	-217.53 ± 4.98^d	0.90 ± 0.04^a	0.69 ± 0.03^{ab}
WK3	2487.92 ± 8.65^c	-216.92 ± 6.29^d	0.88 ± 0.03^a	0.67 ± 0.03^{bc}
WK5	2423.02 ± 7.56^d	-175.23 ± 7.73^c	0.90 ± 0.02^a	0.66 ± 0.04^c

Values are expressed as the mean ± standard deviation of three measurements.

^{a-c}A different letter n the same column indicates statistical difference($p < 0.05$).

SEP: semolina pasta

Control: wheat pasta including 0% IEK

WK1.5: wheat pasta including 1.5% IEK

WK3: wheat pasta including 3% IEK

WK5: wheat pasta including 5% IEK

⑤ 관능평가

스파게티의 관능평가 (경도, 탄력성, 텍스처, 색상, 맛, 풍미, 전체적인 선호도) 결과는 54와 같다. 불용성 식이섬유 1.5% 첨가한 스파게티군의 경도가 가장 높은 값을 보였지만, 대조군들과 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 대조군들과 WK1.5% 첨가군의 경우 탄력성, 텍스처, 풍미는 유의한 차이가 없었다. 맛은 WK5는 제외하고는 유의한 차이가 없었다. 전반적인 선호도는, WK1.5와 세몰리나 파스타에서 높게 관찰되었다. IEK 3% 이상인 경우, 모든 지표에서는 낮은 선호도가 관찰되었다.

조리된 스파게티에 소스를 첨가한 경우, 대조군들과 WK1.5에서 가장 높은 경도를 나타내었으며 55와 같다. 풍미에서 높은 선호도는 세몰리나스파게티, WK1.5, 일반밀스파게티 순으로 나타났다. 결론적으로, 조리된 파스타와 소스가 더해 조리된 파스타의 관능평가 결과 대부분의 관능평가 항목에서 WK 1.5%에 대한 선호도가 높았다. 반면에, 5% 이상의 배추부산물의 불용성 식이섬유를 함유한 스파게티에서는 가장 낮은 점수를 나타내었다.

그 결과, 일반 밀가루의 1.5%를 배추부산물의 식이섬유로 대체하였을 때 파스타의 품질 특성에 가장 좋은 결과를 얻었다. 이로부터 김치 부산물은 식품산업에서 식이섬유와 같은 기능성 성분의 공급원으로서 재사용될 수 있는 가능성을 보여주는 것으로 판단되었다.

표 54. Effect of insoluble dietary fiber-enriched kimchi by-product on sensory evaluation of cooked pasta

Sample	Cooked pasta						
	Hardness	Springiness	Texture	Color	Taste	Favor	Overall acceptability
SEP	6.12 ± 1.64 ^a	5.57 ± 1.68 ^b	5.89 ± 1.51 ^a	6.00 ± 1.62 ^a	5.78 ± 1.61 ^a	5.81 ± 1.51 ^a	5.72 ± 1.50 ^a
Control	6.00 ± 1.44 ^a	6.23 ± 1.58 ^a	6.06 ± 1.70 ^a	5.74 ± 1.54 ^a	5.72 ± 1.83 ^a	5.49 ± 1.54 ^{ab}	5.57 ± 1.57 ^{ab}
WK1.5	6.17 ± 1.56 ^a	6.31 ± 1.56 ^a	6.19 ± 1.24 ^a	5.93 ± 1.57 ^a	5.80 ± 1.69 ^a	5.83 ± 1.36 ^a	6.06 ± 1.52 ^{ab}
WK3	5.51 ± 1.56 ^{ab}	5.46 ± 1.32 ^b	5.55 ± 1.49 ^{ab}	5.40 ± 1.77 ^{ab}	5.29 ± 1.73 ^a	5.04 ± 1.72 ^b	5.36 ± 1.50 ^b
WK5	5.23 ± 1.71 ^b	5.00 ± 1.62 ^b	5.00 ± 1.59 ^b	4.85 ± 1.61 ^b	4.06 ± 1.79 ^b	4.34 ± 1.51 ^c	4.55 ± 1.47 ^b

Values are expressed as the mean ± standard deviation of three measurements.

^{a-c}A different letter in the same column indicates statistical difference ($p < 0.05$).

SEP: semolina pasta

Control: wheat pasta including 0% IEK

WK1.5: wheat pasta including 1.5% IEK

WK3: wheat pasta including 3% IEK

WK5: wheat pasta including 5% IEK

표 55. Effect of insoluble dietary fiber-enriched kimchi by-product on sensory evaluation of cooked pasta with sauce

Sample	Cooked pasta with sauce						Overall acceptability
	Hardness	Springiness	Texture	Color	Taste	Favor	
SEP	6.00 ± 1.56 ^a	5.83 ± 1.51 ^a	5.83 ± 1.59 ^a	6.67 ± 1.52 ^a	6.17 ± 1.48 ^a	6.35 ± 1.42 ^a	6.19 ± 1.45 ^a
Control	5.58 ± 1.46 ^{ab}	5.58 ± 1.40 ^{ab}	5.58 ± 1.54 ^{ab}	6.06 ± 1.63 ^{ab}	5.94 ± 1.51 ^a	6.00 ± 1.44 ^{ab}	5.88 ± 1.48 ^{ab}
WK1.5	5.54 ± 1.56 ^{ab}	5.54 ± 1.13 ^{ab}	5.66 ± 1.35 ^{ab}	6.10 ± 1.37 ^{ab}	6.13 ± 1.44 ^a	6.04 ± 1.30 ^{ab}	6.14 ± 1.22 ^a
WK3	5.10 ± 1.77 ^b	4.92 ± 1.75 ^b	4.95 ± 1.98 ^{bc}	5.54 ± 1.82 ^b	5.67 ± 1.65 ^{ab}	6.02 ± 1.45 ^{ab}	5.31 ± 1.85 ^{bc}
WK5	4.96 ± 1.69 ^b	4.69 ± 1.60 ^c	4.77 ± 1.59 ^c	4.59 ± 1.62 ^c	5.17 ± 1.65 ^b	5.54 ± 1.18 ^b	4.92 ± 1.49 ^c

Values are expressed as the mean ± standard deviation of three measurements.

^{a-c}A different letter in the same column indicates statistical difference ($p < 0.05$).

SEP: semolina pasta

Control: wheat pasta including 0% IEK

WK1.5: wheat pasta including 1.5% IEK

WK3: wheat pasta including 3% IEK

WK5: wheat pasta including 5% IEK

㉔ 최종 샘플 사진

배추무부산물의 식이섬유를 이용한 스파게티의 면형태, 반죽형태 사진은 다음과 같다.

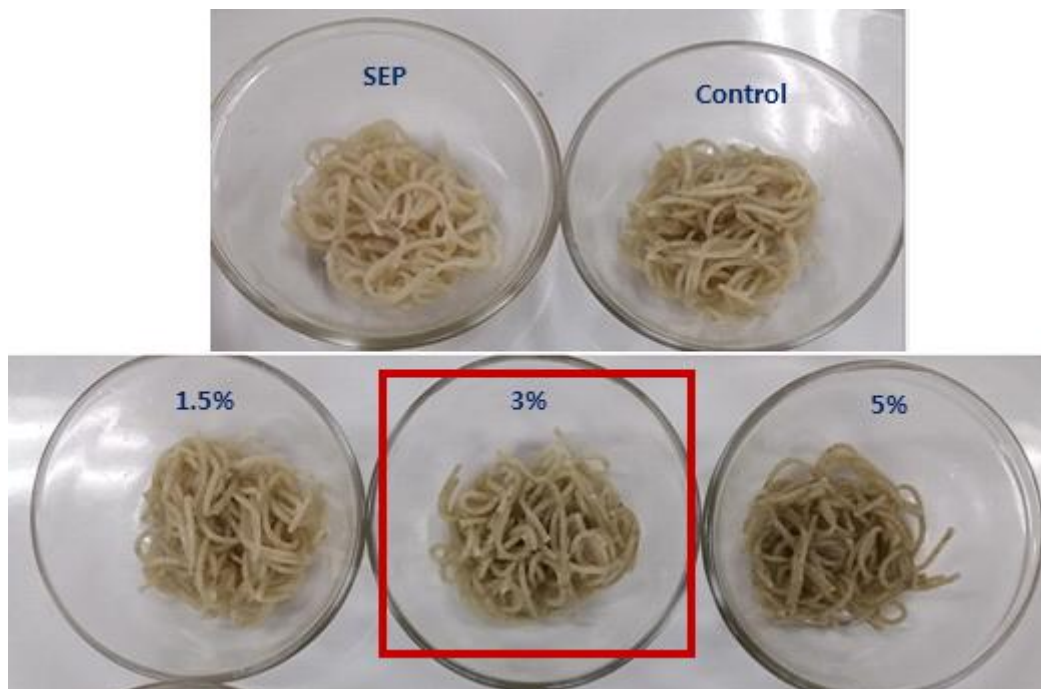


사진 5 배추무부산물의 식이섬유를 이용한 스파게티의 면형태

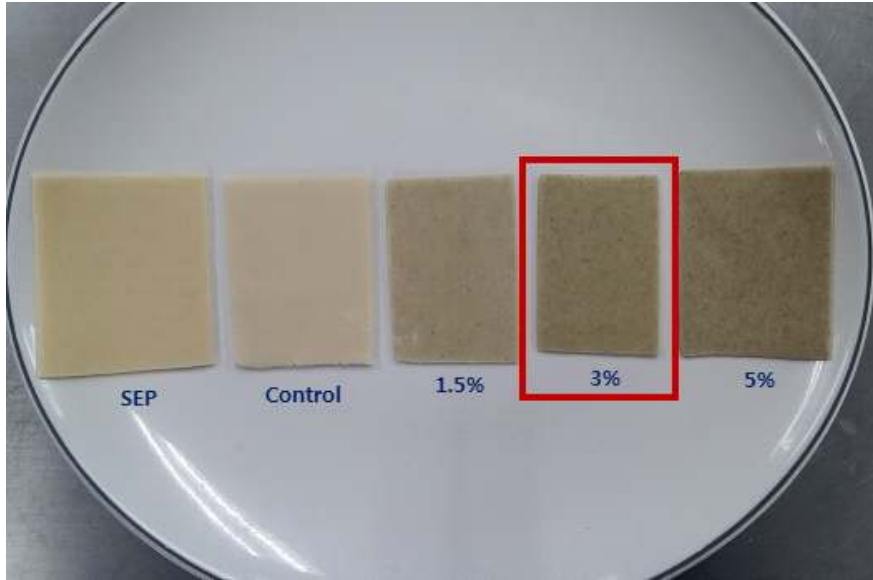


사진 6 배추무부산물의 식이섬유를 이용한 스파게티의 반죽형태

(6) 배추·무 부산물의 식이섬유를 이용한 최종 시작품(머핀가루, 튀김가루)의 소비자 관능검사를 통한 시장성 탐색

① 배추무부산물을 첨가한 머핀프리믹스의 소비자관능검사

시판 머핀가루와 시작품 프리믹스를 이용하여 제조한 머핀으로 생명윤리심의위원회 관능검사 대상자 조건에 맞게 소비자 각각 108, 105명을 대상으로 소비자 관능검사를 실시하였다. 관능검사 결과는 다음과 같다. 색, 맛, 향미, 조직감, 전반적인 선호도 모두 시판 머핀가루가 유의적으로 높은 수치를 나타내었다.

표 56. 시판머핀믹스와 시제품 머핀믹스로 제조한 머핀의 소비자 검사 관능검사 결과

Sample	시판머핀가루로 제조한 머핀	시제품 프리믹스로 제조한 머핀
Color	4.10±0.66 ^b	3.14±0.80 ^a
Taste	3.88±0.68 ^b	3.53±0.91 ^a
Flavor	3.92±0.75 ^b	3.53±0.93 ^a
Texture	3.64±0.76 ^b	3.52±0.84 ^a
Overall acceptability	3.82±0.60 ^b	3.67±2.53 ^a

(㉞) 에코플랜츠와 소비자 관능검사 결과 등의 Feedback 결과 시중에 판매하는 머핀가루의 종류가 다양하지 않아 일반 머핀가루 (바닐라향)로 머핀을 제조하여 대조군으로 이용하여 배추무부산물 식이섬유를 이용한 머핀과 색, 맛 등의 관능항목에 대한 기호도 비교가 부적절했다는 의견이 나왔다. 이에 시중에 판매하는 녹차머핀을 구입하여 관능

검사를 실시하였으며 그 결과는 Table 과 같다. 시판 녹차머핀과 시작품 머핀믹스로 제조한 머핀은 모든 항목에서 유의차가 없다는 결과를 얻을 수 있었다.

이에 배추무부산물의 식이섬유는 머핀믹스에 첨가하여 식이섬유 함량을 높이는 기능성 식품으로 이용 가능한 시장성 있는 제품으로 판단되었다. 또한, 머핀믹스의 경우 기존 시판 머핀 가루(바닐라머핀)에 대한 관능검사 진행 후 업체와의 feedback을 통하여 녹차 머핀을 대조군으로 선정하여 보완적 연구를 위한 검사 조건을 개선하여 시행하였으며 향후 제품 사업화 시행 후 회사 협조 하에 제품의 품질 보완은 계속적으로 진행되도록 할 계획이다.

표 57. 시판녹차머핀과 시작품 머핀믹스로 제조한 머핀의 소비자 검사 관능검사 결과

Sample	시판머핀가루로 제조한 머핀	시제품 프리믹스로 제조한 머핀
Color	4.10±0.66 ^a	4.04±0.77 ^a
Taste	3.58±0.48 ^a	3.53±0.91 ^a
Flavor	3.92±0.75 ^a	3.53±0.93 ^a
Texture	3.64±0.76 ^a	3.52±0.84 ^a
Overall acceptability	3.82±0.60 ^a	3.67±2.53 ^a

② 배추무부산물을 첨가한 튀김가루의 소비자관능검사

배추무부산물을 첨가한 튀김가루의 소비자 관능검사는 표 58과 같다. 그중 향미(Flavor)에서 유의적으로 높은 평가를 받았다. 외관, 맛, 향미, 조직감, 전반적인 기호도의 모든 항목에서 시제품과 유의적인 차이가 없었으며 시판 튀김가루보다 모든 면에서 우수하다는 의견이 많았다. 배추무부산물의 식이섬유는 튀김가루에 사용되어 식이섬유 함량을 높이는 기능성 식품이며 바삭함을 개선한 제품으로 시장성이 높을 것으로 판단됐다.

표 58 . 시판튀김가루와 시제품 튀김가루로 제조한 머핀의 소비자 검사 관능검사 결과

Sample	시판튀김가루로 제조한 튀김	시제품 프리믹스로 제조한 튀김
Color	3.71±0.87 ^a	3.70±0.77 ^a
Taste	3.87±0.77 ^a	3.64±0.86 ^a
Flavor	3.68±0.82 ^a	3.31±0.71 ^b
Texture	3.76±0.89 ^a	3.65±1.01 ^a
Overall acceptability	3.89±0.78 ^a	3.73±0.83 ^a

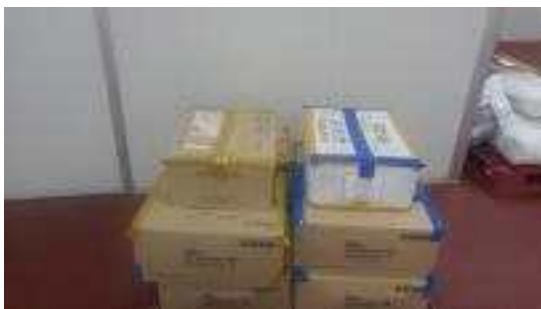
(7) 배추·무 부산물의 식이섬유를 이용한 제품(머핀믹스, 튀김가루) 시작품 제작 및 산업화 가능성 모색

①식품(식품첨가물) 품목제조 보고

본 연구에서 개발된 제품인 머핀믹스와 튀김가루의 사업화, 제품화를 위하여 협력업체인 (주)에코플랜츠에서는 머핀믹스와 튀김가루의 식품(식품첨가물) 품목제조보고를 실시하였다.

②시작품 제작

식품(식품첨가물) 품목제조보고 후 프리믹스 가공 업체인 (주)우래식품에 머핀믹스, 튀김가루를 의뢰하여 시작품을 제작하였다.



머핀믹스

튀김가루

머핀믹스, 튀김가루 시작품 제작 공정

③ 기술이전

본 연구에서 개발된 제품인 머핀믹스와 튀김가루는 참진머핀믹스, 참진튀김가루의 상품명으로 협력업체인 (주)에코플랜츠에 기술이전을 실시하였으며 계약내용은 다음과 같다.

④ 사업화

본 연구에서 개발된 제품인 머핀믹스와 튀김가루는 참진머핀믹스, 참진튀김가루의 상품명으로 제품 제작되었으며 외식유통업체에 납품이 현재 협의 중이다.

본 과제는 배추무 부산물에서 추출한 불용성 식이섬유를 이용하여 머핀믹스, 튀김가루, 일반밀 스파게티와 같은 배추·무 부산물을 이용한 제품을 개발하였다. 이는 식품 폐기물의 식품소재개발로써 배추·무 부산물을 활용한 식품 기능성 유효성분 및 식이성분의 분리·정제 최적화 및 기술 개발에 따른 시제품 생산과 배추·무 부산물을 활용한 식품 순환 자원 및 다양한 기능성 보강식품 소재 개발에 의한 산업화를 위한 연구가 이루어 졌다고 생각한다. 또한 본 연구를 통해 개발된 제품의 소비자 관능검사, 시제품제작, 업체와의 기술이전 및 지속적인 Feedback을 통한 제품 개선 및 생산, 유통으로 이어져 산업화 가능성을 충분히 증명하였다고 사료된다.

<제1협동: 한경대학교 (김창현)>

배추·무 부산물 비료자원화 기술개발 및 경제성 분석을 통한 산업화

□ 연구 개발 추진 전략 및 추진 일정

구분	연구 개발 내용	추진 일정(월)											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1차 년도	국내 식물성 잔재물의 잠재량 평가	■	■	■	■	■	■						
	배추·무의 퇴비화 원료 특성 및 원료 제조 인자 확립			■	■	■	■	■	■	■	■	■	
	Lab-scale vessel type aerobic bio-reactor를 통한 검증시스템 확보								■	■	■	■	■
2차 년도	Lab-scale vessel type aerobic bio-reactor 투입 원료 준비 인자 확립	■	■	■	■								
	Lab-scale vessel type aerobic bio-reactor의 운전인자 확립			■	■	■	■	■	■	■	■	■	
	Lab-scale 퇴비화 장치에서 완숙 수준의 퇴비제품을 생산								■	■	■	■	■
3차 년도	실규모 수준에서 배추·무 부산물 이용 완숙 수준의 퇴비 제품을 생산	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
	배추·무 부산물 이용 생산 퇴비의 작물 재배시험을 실시								■	■	■	■	■
	배추·무 부산물 이용 퇴비제품 생산에 따른 경제성 및 환경성 분석								■	■	■	■	■

□ 배추·무 부산물 발생 특성 분석 및 퇴비화 원료 조건 확립

1. 국내 배추·무 등 유사 농산부산물(식물성 잔재물) 발생량 및 발생특성 조사

● 연구 계획

- (1) 농산물 유통센터(산지, 거점), 농산물 도매시장, 농식품 가공장(식음료 등) 등 식물성 잔재물 발생량 조사 및 원료 특성 분석
- (2) 배추·무 및 기타 식물성잔재물의 잠재량 평가(산지, 가공장 등 무전처리 부산물 및 절임 처리 부산물 조사, 분석)

● 연구 내용

- (1) 농산물 유통센터(산지, 거점), 농산물 도매시장, 농식품 가공장(식음료 등) 등 식물성 잔재물 발생량 조사 및 원료 특성 분석
 - 가. 전국 지역별 농수산물 도매시장 현황 조사

표 1-1 전국 지역별 농수산물 도매시장 현황

(단위 : 개소)

시 도	계	공영 도매시장	일반 법정도매시장						민 영 도매시장
			소계	청과	수산	축산	양곡	약용	
계	48	33	13	5	2	4	1	1	2
서 울	4	2	2	-	1	-	1	-	-
부 산	3	3	-	-	-	-	-	-	-
대 구	3	1	2	-	-	1	-	1	-
인 천	3	2	1	-	-	1	-	-	-
광 주	3	2	1	-	-	1	-	-	-
대 전	2	2	-	-	-	-	-	-	-
울 산	1	1	-	-	-	-	-	-	-
경 기	5	4	1	-	-	1	-	-	-
강 원	3	3	-	-	-	-	-	-	-
충 북	2	2	-	-	-	-	-	-	-
충 남	2	1	-	-	-	-	-	-	1
진 북	3	3	-	-	-	-	-	-	-
진 남	3	1	2	2	-	-	-	-	-
경 북	8	3	4	3	1	-	-	-	1
경 남	3	3	-	-	-	-	-	-	-

자료 : 2013년 농수산물 도매시장 통계연보

- 표 1-1의 전국 지역별 농수산물 도매시장 현황을 보면 2013년도에 총 48개소로 공영도매시장 33개소, 일반 법정도매시장 13개소, 민영도매시장 2개소로 운영되고 있음.

나. 식물성 잔재물 발생량 조사

① 초본계 농산 부산물 발생량

표 1-2 초본계 농산 부산물 발생량

구 분	발생량(톤/년)
초본계 농산부산물(계)	42,119.30
벗짚	25,086.00
왕겨	5,424.00
보릿짚	405.90
옥수수대	279.00
콩대	830.00
고구마줄기	4,241.50
감자줄기	360.80
수박줄기	3,523.60
오이줄기	749.80
호박줄기	78.20
토마토대	400.20
참깨줄기	110.20
들깨줄기	145.00
고추대	485.10

자료 : 농·임·축산 바이오매스 순환 실증단지(Biopia) 모델구축 및 사업지침서 개발 (2014. 농림수산식품부).

- 초본계 농산 부산물의 발생량 중 조사된 품목 중 벼작물의 부산물인 벃짚이 가장 많이 발생되었으며 그 다음 왕겨가 가장 많이 발생되었다. 하지만 벼 부산물은 주로 사료나 축사깔짚으로 활용되고 있기에 고구마줄기, 수박줄기 등 기타 작물부산물들이 비료자원으로 사용가능할 것으로 판단되었음.

② 목본계 농산부산물 발생량

표 1-3 초본계 농산 부산물 발생량

구 분	발생량(톤/년)
목본계 농산부산물(계)	533.58
사과전정지	10.36
포도전정지	129.36
배전정지	393.86

자료 : 농·임·축산 바이오매스 순환 실증단지(Biopia) 모델구축 및 사업지침서 개발 (2014. 농림수산식품부).

③ 농수산물 도매시장 쓰레기 처리 시설 및 처리량

표 1-4 농수산물 도매시장 쓰레기 처리 시설 및 처리량

(단위 : 톤, 백만원)

시장명	처리시설				연간처리량 및 비용						처리방식
	청과		수산		청과		수산		축산		
	건조식	탈수식	건조식	탈수식	처리량	비용	처리량	비용	처리량	비용	
계	3	24	-	-	89,508	9,029	19,598	1,523	1,502	-	
서울가락	-	-	-	-	11,108	696	4,491	290	1,502	무상	용역
서울강서	-	-	-	-	5,659	311	-	-	-	-	위탁
부산업궁	-	1	-	-	13,354	621	-	-	-	-	위탁
부산반여	-	1	-	-	5,687	330	-	-	-	-	용역
부산국제	-	-	-	-	-	-	30	2	-	-	용역
대구북부	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	무상
인천구월	-	1	-	-	3,068	66	-	-	-	-	용역
인천삼산	-	1	-	-	4,394	3,600	-	-	-	-	용역
광주각화	-	1	-	-	3,896	148	-	-	-	-	용역
광주서부	-	2	-	-	6,000	200	330	60	-	-	용역
대전오정	-	1	-	-	1,029	64	158	4	-	-	환경위원회
대전노은	-	1	-	-	2,788	68	-	-	-	-	환경관리위원회
울 산	1	2	-	-	652	56	78	31	-	-	자체 및 퇴비, 위탁
수 원	-	-	-	-	2,882	581	840	40	-	-	용역
안 양	-	-	-	-	4,296	343	2,664	213	-	-	용역
안 산	-	1	-	-	2,157	215	389	70	-	-	용역
구 리	-	-	-	-	11,783	778	10,388	778	-	-	환경위원회
춘 천	-	1	-	-	370	23	-	-	-	-	용역

시장명	처리시설				연간처리량 및 비용						처리방식
	청과		수산		청과		수산		축산		
	건조식	탈수식	건조식	탈수식	처리량	비용	처리량	비용	처리량	비용	
원 주	-	-	-	-	1300	80	-	-	-	-	용역
강 룡	-	1	-	-	1,136	9	-	-	-	-	자체
청 주	-	-	-	-	490	42	165	15	-	-	환경정화위원회
충 주	-	-	-	-	450	27	-	-	-	-	위탁(용역)
천 안	-	-	-	-	812	103	-	-	-	-	용역
전 주	-	1	-	-	164	22	35	6	-	-	용역
익 산	-	3	-	-	48	105	30	14	-	-	용역/위탁
정 읍	-	-	-	-	540	2	-	-	-	-	시에서 수거
순 천	-	1	-	-	1,091	21	-	-	-	-	용역
포 향	-	1	-	-	158	52	-	-	-	-	위탁
안 동	-	-	-	-	897	81	-	-	-	-	용역
구 미	1	-	-	-	1,208	46	-	-	-	-	용역
창원पाल용	-	-	-	-	567	158	-	-	-	-	용역
창원내서	-	1	-	-	234	157	-	-	-	-	용역
진 주	-	1	-	-	1,290	24	-	-	-	-	용역

자료 : 2013년 농수산물 도매시장 통계연보

다. 식물성 잔재물 원료 특성 분석

표 1-5 주요 농산 바이오매스의 화학적 성상 특성

구 분	수분	유기물조성	무기물					
			총질소 (TN)	칼슘 (Ca)	인 (P)	칼륨 (K)	나트륨 (Na)	아연 (Zn)
단 위	%		mg/kg					
명콩 줄기	30.68	1.087	4,949.8	2,170.0	14,596.3	480.0	84.67	3.80
고구마 줄기	90.01	2.858	13,004.8	3,570.0	33,756.3	216.5	17.88	4.65
참깨 줄기	15.38	0.744	444.8	3,296.5	20,046.3	ND	10.64	7.06
들깨	81.29	3.698	10,089.8	3,799.5	22,841.3	166.2	91.92	9.97
콩 줄기	65.71	3.275	9454.8	1,957.5	14,351.3	131.1	48.87	9.20
딸기 줄기	86.37	1.496	14,409.8	2,942.5	18,326.3	246.7	19.82	4.42
오이 줄기	43.11	2.221	27,019.8	5,333.0	36,576.3	619.5	53.92	11.56
고추 줄기	79.72	1.927	9,694.8	2,727.5	25,356.3	200.2	34.78	11.03
수박 줄기	84.37	3.001	35,004.8	3,582.5	31,616.3	468.0	37.18	5.73
참외 줄기	57.24	2.891	28,854.8	4,941.5	29,686.3	448.1	23.61	5.40
토마토 줄기	85.23	3.602	13,729.8	4,911.0	29,656.3	257.4	27.70	10.83
옥수수 줄기	72.65	3.130	36,919.8	3,058.5	16,266.3	576.5	31.91	1.69
감자 줄기	90.08	3.950	25,854.8	3,413.0	28,301.3	399.3	71.42	7.40
양배추	87.52	3.090	17,524.8	3,274.0	32,121.3	730.0	45.08	3.55
당근 줄기	78.19	2.510	12,474.39	3,641.90	37,275.71	780.23	87.31	6.61
벗짚	59.86	0.874	1,358.32	738.57	11,803.09	317.11	38.72	7.72
왕겨	12.97	0.559	731.69	577.08	3,972.98	79.42	19.15	5.45
호박 줄기	52.22	1.740	16,859.61	5,628.97	15,592.25	532.83	33.71	5.39
과	62.12	2.690	19,136.07	1,770.16	12,467.65	621.37	44.76	8.67

구분	수분	유기물조성	무기물					
분석항목	수분	총질소 (TN)	칼슘 (Ca)	인 (P)	칼륨 (K)	나트륨 (Na)	아연 (Zn)	구리 (Cu)
단위	%		mg/kg					
생강 줄기	68.55	2.850	5,107.24	3,282.21	38,813.68	8.98	36.93	7.51
배 전정지	25.94	1.000	8,566.14	1,369.06	5,932.31	217.98	20.76	12.47
포도 전정지	47.20	1.940	22,359.13	3,533.03	7,199.04	606.99	29.09	3.20
감 전정지	21.84	0.889	14,792.44	852.69	5,019.39	423.69	36.23	2.87
사과 전정지	36.52	1.780	11,002.69	1,866.38	4,421.36	351.20	47.13	4.87
무청	82.82	5.090	28,849.80	6,142.95	31,426.30	2,617.02	47.11	4.03
도라지 줄기	9.05	0.399	4,753.36	1,618.37	8,316.73	192.67	31.74	2.74
당귀 줄기	27.62	1.260	25,982.27	627.82	27,076.61	505.65	50.89	2.52
마 줄기	11.32	1.490	16,078.48	3,262.70	19,652.62	363.53	10.30	3.43
울무 줄기	20.42	0.415	1,291.36	3,124.98	11,941.97	18.54	33.05	6.76

표 1-5 주요 농산 바이오매스의 화학적 성상 특성(계속)

구분	중금속						조성분
분석항목	비소(As)	카드뮴 (Cd)	수은 (Hg)	납 (Pb)	크롬 (Cr)	니켈 (Ni)	조단백 (CP)
단위	mg/kg						%(DM)
땅콩 줄기	ND	0.18	ND	0.65	12.63	5.63	13.73
고구마 줄기	ND	0.04	0.01	0.55	0.82	0.37	19.21
참깨 줄기	ND	ND	ND	ND	0.17	0.14	6.13
들깨	ND	0.04	ND	0.47	1.37	1.48	8.32
콩 줄기	0.62	0.06	ND	0.24	0.39	0.50	17.03
딸기 줄기	0.34	0.02	0.01	0.84	2.74	1.36	8.45
오이 줄기	0.86	0.18	0.01	2.48	2.92	1.93	16.48
고추 줄기	0.96	0.19	0.01	2.25	3.06	1.45	14.70
수박 줄기	0.43	0.06	0.01	13.46	0.65	0.74	16.06
참외 줄기	ND	0.05	0.01	0.63	0.97	0.71	20.25
토마토 줄기	ND	0.16	0.01	0.26	0.44	0.49	20.69
옥수수 줄기	0.25	0.04	0.01	0.51	0.53	0.17	10.89
감자 줄기	0.37	0.22	0.01	1.99	1.72	1.32	21.34
양배추	0.58	0.09	ND	3.68	2.98	1.04	20.41
당근 줄기	0.15	0.23	ND	1.74	2.74	0.84	15.6875
벗짚	0.26	0.06	ND	3.67	6.13	0.75	5.46
왕겨	0.26	0.03	ND	3.27	3.94	0.57	3.49
호박 줄기	0.10	0.04	ND	2.20	5.14	1.40	10.88
과	0.19	0.09	ND	1.87	4.56	7.59	16.81
생강 줄기	0.12	0.01	ND	3.46	1.57	1.10	17.81
배 전정지	0.06	0.09	ND	2.94	1.67	0.50	6.25
포도 전정지	0.28	0.03	ND	2.07	1.78	1.21	12.13
감 전정지	0.10	0.05	ND	2.23	1.14	1.24	5.56
사과 전정지	0.12	0.05	ND	2.65	1.62	2.71	11.13
무청	0.43	0.13	0.01	0.82	0.78	0.48	31.81
도라지 줄기	0.03	0.17	ND	1.25	0.83	0.36	2.49
당귀 줄기	0.12	0.40	ND	1.01	4.36	1.35	7.88
마 줄기	0.14	0.16	ND	2.38	3.78	0.80	9.31

구 분	중금속						조성분
	비소(As)	카드뮴(Cd)	수은(Hg)	납(Pb)	크롬(Cr)	니켈(Ni)	조단백(CP)
단 위	mg/kg						% (DM)
울무 줄기	0.05	0.06	ND	1.70	2.80	2.06	2.59

자료 : 농·임·축산 바이오매스 순환 실증단지(Biopia) 모델구축 및 사업지침서 개발 (2014. 농림수산식품부).

라. 농식품 가공장 식물성 잔재물 발생량 및 특성 조사

- 전국 지역별 도매시장 및 HACCP 인증 김치, 절임식품 제조업체 list 조사

가) 도매시장 : 48개소

나) 김치 업체 : 312 업체

다) 절임 식품 업체 : 239 업체

- 지역별 배추·무 가공공장 방문 조사 및 부산물 시료채취

가) 방문 업체 지역 현황

표 1-6 지역별 방문 업체 현황

지역	방문 업체 수	비고
강원도	3	전라도개 업체 3곳과 충청도 업체 1곳은 업체의 비협조로 인해 현황조사 및 시료 채취가 원활하지 못해 여름철에 선정 업체를 변경 함.
경기도	6	
충청남도	4	
충청북도	5	
경상북도	5	
경상남도	5	
계	28	



그림 1-1 지역별 업체 방문 현황

- 2차(여름철) 방문 거절 업체 및 시료채취 거부 업체명

전라도 : 고산영농조합법인, 미래식품, 남도식품

충청도 : (주)한울

- 방문 업체의 생산 품목별 현황

표 1-7 방문업체 생산품목 현황

품목		업체 수	비고
배추	배추김치	22	- 김치 공장에서 배추김치의 비중이 90~95%이며, 깍두기를 포함한 기타 김치는 5~10% 정도임. - 전라도 지역 3개 업체, 충청도 1개 업체를 제외한 데이터 임.
무	단무지	2	
	치킨 무	3	
	무김치	1	
계		28	

- 부산물 처리 방법별 현황

표 1-8 방문업체 부산물 처리 현황

처리 방법	업체 수	비고
분쇄 후 탈수	15	전라도 지역 3개 업체, 충청도 1개 업체를 제외한 데이터 임.
분쇄 후 탈수 + 냉장보관	1	
자연건조	1	조사업체 중 분쇄 후 탈수 처리 과정을 거쳐 배출하는 업체가 60%이며 처리 없이 배출하는 업체도 상당하여 이들 업체로부터 배출되는 부산물의 퇴비화를 위한 전처리가 필요한 것으로 파악됨.
압착	2	
비 처리	9	
계	28	

- 업체 현황 조사항목

생산품목, 원료사용량(배추·무 등), 제품생산량, 매출액, 원료에 대한 수율, 부산물 발생량, 부산물 처리방법, 부산물 처리비용 등

※ 시료채취는 김치, 절임식품(단무지, 치킨 무)의 생산 공정의 각 단계에서 발생하는 부산물과 처리과정의 각 단계 별로 채취함.

- 업체 현황 조사

표 1-9 봄철 가공 공장의 배추 원료 중 제품 생산량 및 부산물 발생 현황

(단위 : 톤/일, %)

지역	업체명	원료사용량	제품생산량	부산물발생량	부산물 발생비	
강원도	원주	정푸드	2.7	2.4	0.2	8%
		(주)대일식품	17.1	7.1	1.4	8%
		(주)김채	53.3	32.0	5.7	11%
경기도	안성	새빛촌	2.5	2.9	0.5	18%
		일품김치	37.5	17.0	8.0	21%
	화성	늘푸른	4.0	7.5	0.4	10%
		무지개식품	11.2	10.5	1.7	15%
충청북도	청주	산수야	2.7	3.2	0.8	29%
		청주골김치	8.0	7.0	1.3	16%
	제천	태성김치	14.8	8.5	0.9	6%
		들빛식품	5.0	2.25	1.4	27%
	음성	오월의김치	3.2	2.0	1.7	54%
충청남도	천안	성가네김치	2.5	2.0	0.5	20%
		새동네	0.6	0.3	0.3	52%
경상북도	구미	(주)싱싱식품	8.0	5.0	3.0	38%
	의성	(주)다모	4.0	2.0	2.0	50%
경상남도	거창	덕유농산	자체생산	20.0	20.0	-
		남경식품	2.0	1.0	1.0	50%
	창원	(주)제이애피푸드	5.0	3.0	2.0	40%
		(주)고려냉장식품	8.0	6.0	4.0	50%
	김해	(주)대광에프앤지	10.0	6.0	4.0	40%

표 1-10 봄철 가공 공장의 배추 원료 중 제품 생산량 및 부산물 발생 현황

(단위 : 톤/일, %)

지역	업체명	원료사용량	제품생산량	부산물발생량	부산물 발생비	
강원도	원주	정푸드	2.7	2.4	0.2	8%
		(주)대일식품	17.1	7.1	1.4	8%
		(주)김채	53.3	32.0	5.7	11%
경기도	안성	새빛촌	2.5	2.9	0.5	18%
		일품김치	37.5	17.0	8.0	21%
	화성	늘푸른	4.0	7.5	0.4	10%
		무지개식품	11.2	10.5	1.7	15%
충청북도	청주	산수야	2.7	3.2	0.8	29%
		청주골김치	8.0	7.0	1.3	16%
	제천	태성김치	14.8	8.5	0.9	6%
		들빛식품	5.0	2.25	1.4	27%
	음성	오월의김치	3.2	2.0	1.7	54%
충청남도	천안	성가네김치	2.5	2.0	0.5	20%
		새동네	0.6	0.3	0.3	52%
경상북도	구미	(주)싱싱식품	8.0	5.0	3.0	38%
	의성	(주)다모	4.0	2.0	2.0	50%
경상남도	거창	덕유농산	자체생산	20.0	20.0	-
		남경식품	2.0	1.0	1.0	50%
	창원	(주)제이애피푸드	5.0	3.0	2.0	40%
		(주)고려냉장식품	8.0	6.0	4.0	50%
	김해	(주)대광에프앤지	10.0	6.0	4.0	40%

표1-10 봄철 가공 공장의 무 원료 중 제품 생산량 및 부산물 발생 현황

(단위 : 톤/일, %)

지역	업체명	원료사용량	제품생산량	부산물발생량	부산물 발생비
경기도	여주 일심영농조합법인	12.00	7.80	1.50	13%
충청남도	논산 김치쿨	0.05	0.06	0.003	6%
	천안 으뜸엘엔에스	22.50	11.25	7.50	33%
경상북도	문경 두메식품	17.00	8.30	1.50	9%
	칠곡 예은식품	10.00	7.50	2.50	25%
	경산 민속식품	15.00	12.00	3.00	20%

표 1-11 여름철 배추 가공 공장의 원료 중 제품 생산량 및 부산물 발생 현황

(단위 : 톤/일, %)

지역	업체명	원료사용량	제품생산량	부산물발생량	부산물 발생비
강원도	원주 정푸드	4.0	2.8	0.5	12%
	(주)대일식품	17.1	10.3	1.4	8%
	(주)김채	65.0	37.0	3.6	6%
경기도	안성 새빛촌	7.0	8.5	2.0	29%
	일품김치	37.5	23.0	5.0	13%
	늘푸른	3.5	6.5	0.3	9%
	화성 선농식품	43.0	28.0	4.5	10%
	무지개식품	11.2	10.5	1.7	15%
충청북도	청주 산수야	0.5	0.4	0.1	13%
	제천 태성김치	14.8	6.3	0.9	6%
	들빛식품	5.0	2.75	1.4	28%
음성 오월의김치	3.2	2.0	1.7	54%	
충청남도	천안 성가네김치	2.5	2.0	0.5	20%
경상북도	구미 싱싱식품	8.0	5.0	3.0	38%
	의성 (주)다모	4.0	2.0	2.0	50%
경상남도	거창 덕유농산	자체생산	20.0	20.0	-
	창원 남경식품	2.0	1.0	1.0	50%
	(주)제이애프푸드	5.0	3.0	2.0	40%
	(주)고려냉장식품	8.0	6.0	4.0	50%
	김해 (주)대광에프앤지	10.0	6.0	4.0	40%

표 1-12 여름철 무 가공 공장의 원료 중 제품 생산량 및 부산물 발생 현황

(단위 : 톤/일, %)

지역	업체명	원료사용량	제품생산량	부산물발생량	부산물발생비
경기도	여주 일심영농조합법인	12.00	7.80	1.50	13%
충청남도	논산 김치쿨	0.05	0.06	0.003	6%
	천안 으뜸엘엔에스	18.00	9.00	6.00	33%
경상북도	문경 두메식품	17.00	8.30	1.50	9%
	칠곡 예은식품	10.00	7.50	2.50	25%
	경산 민속식품	15.00	12.00	3.00	20%

표 1-13 배추 가공 공장의 부산물 처리방법 현황

지역	업체명	부산물 처리방법					
		분쇄 후 탈수	분쇄 후 탈수 +냉장보관	자연건조	압착 및 탈수	비 처리	합계
강원도	원주 정푸드	1	-	-	-	-	1
	(주)대일식품	1	-	-	-	-	1
	(주)김채	1	-	-	-	-	1
경기도	안성 새빛촌	-	-	-	-	1	1
	일품김치	1	-	-	-	-	1
	화성 늘푸른	-	-	-	-	1	1
충청북도	청주 산수야	-	-	1	-	-	1
	청주골김치	1	-	-	-	-	1
	제천 태성김치	1	-	-	-	-	1
	들빛식품	-	1	-	-	-	1
	음성 오월의김치	-	-	-	-	1	1
충청남도	천안 성가네김치	-	-	-	-	1	1
	새동네	1	-	-	-	1	1
경상북도	구미 (주)싱싱식품	-	-	-	-	1	1
	의성 (주)다모	-	-	-	-	1	1
경상남도	거창 덕유농산	-	-	-	1	-	1
	창원 남경식품	1	-	-	-	-	1
	(주)제이엠푸드	1	-	-	-	-	1
	(주)고려냉장식품	1	-	-	-	-	1
	김해 (주)대광에프엔지	1	-	-	-	-	1
계		12	1	1	1	6	21

표 1-14 무 가공 공장의 부산물 처리방법 현황

지역	업체명	부산물 처리방법				
		분쇄 후 탈수	분쇄 후 탈수 +냉장보관	자연건조	압착 및 탈수	비 처리
경기도	여주 일심영농조합법인	1	-	-	-	-
충청남도	논산 김치쿨	-	-	-	-	1
	천안 으뜸엘엔에스	-	-	-	1	-
경상북도	문경 두메식품	-	-	-	1	-
	칠곡 예은식품	1	-	-	-	-
	경산 민속식품	1	-	-	-	-
계		3	0	0	2	1

마. 발생원별 배추, 무 부산물 관리공정

① 김치 생산 공정

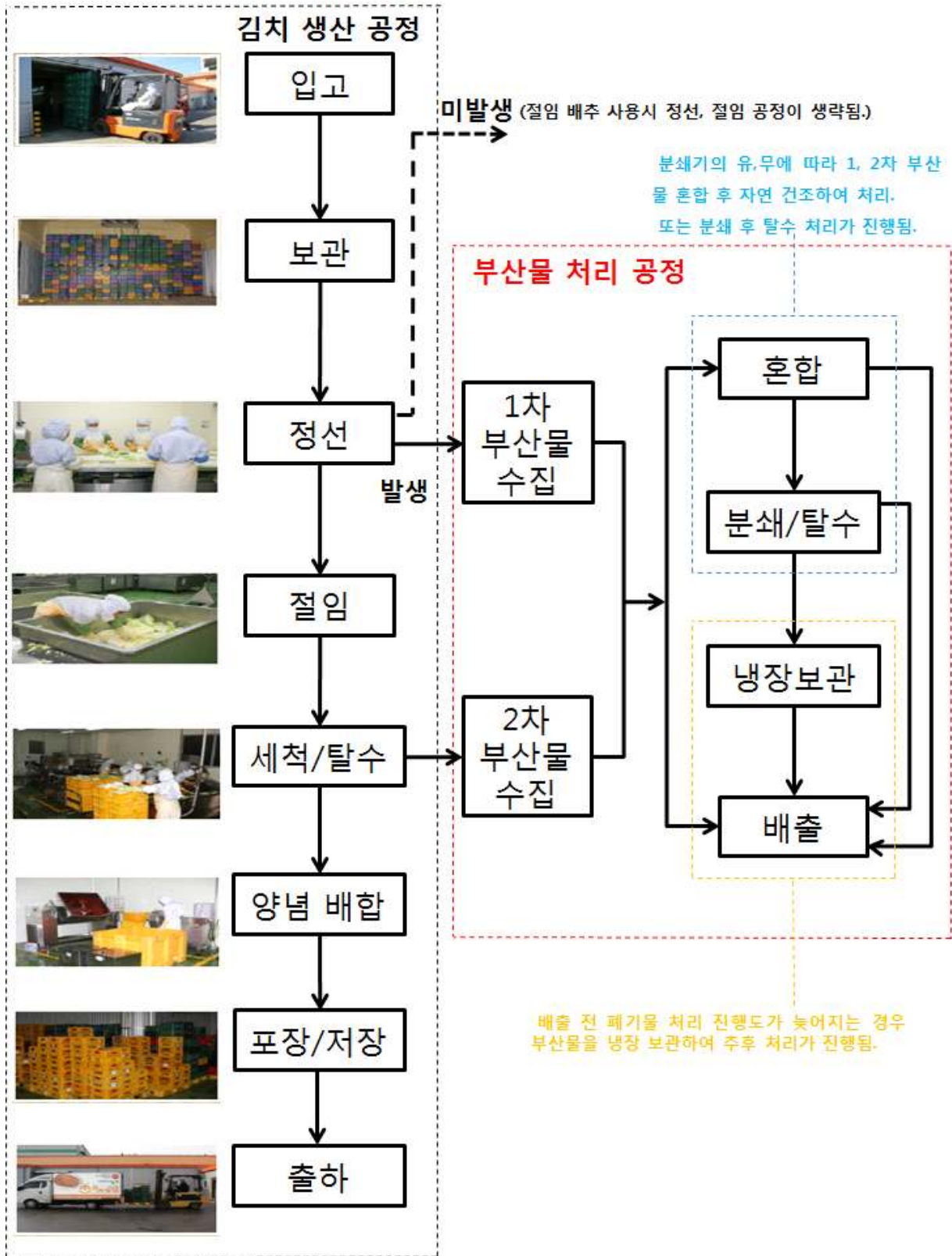


그림 1-2 김치생산 공정 및 부산물 처리 방법

② 단무지 생산 공정

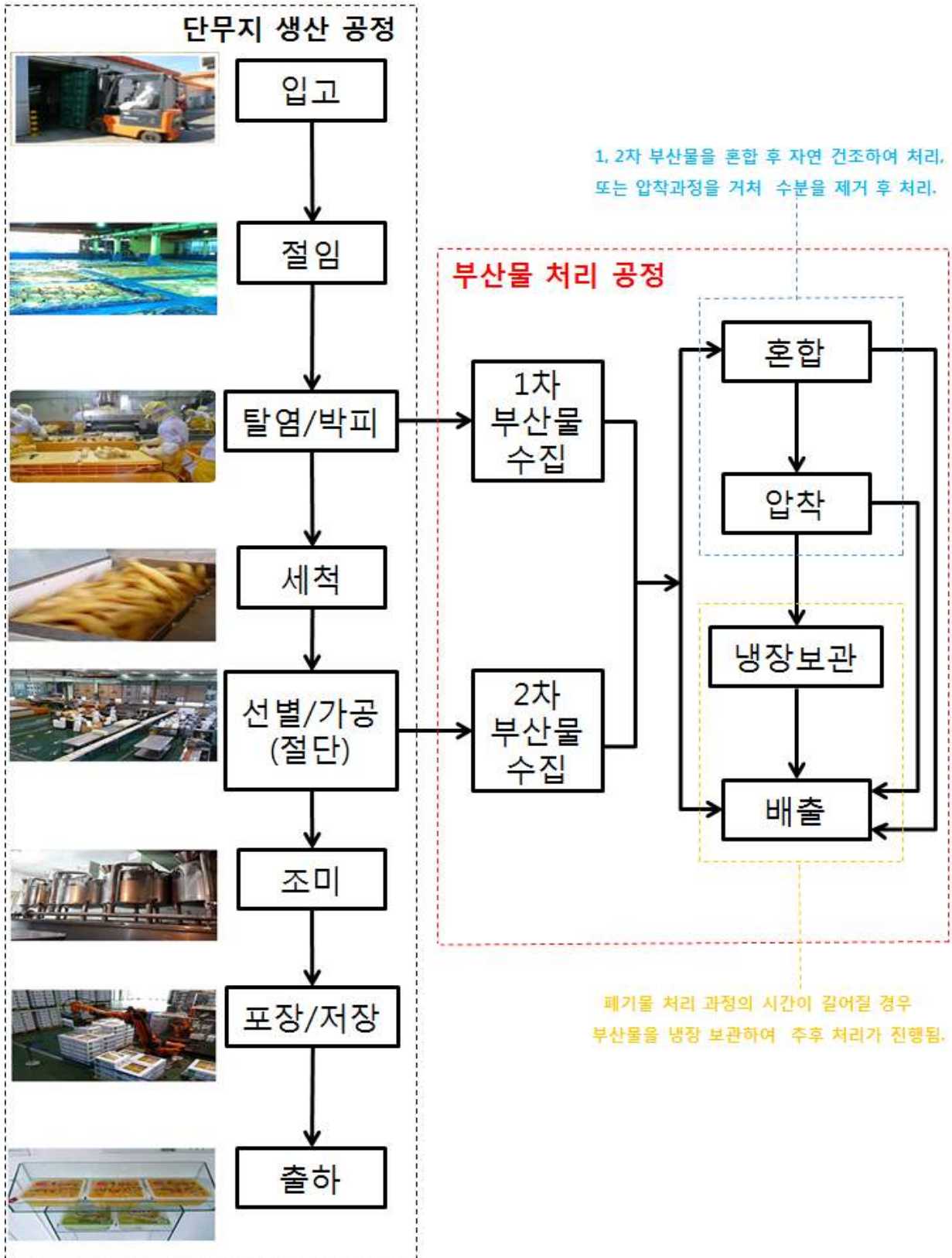


그림 1-3 단무지생산 공정 및 부산물 처리 방법

③ 치킨 무 생산 공정

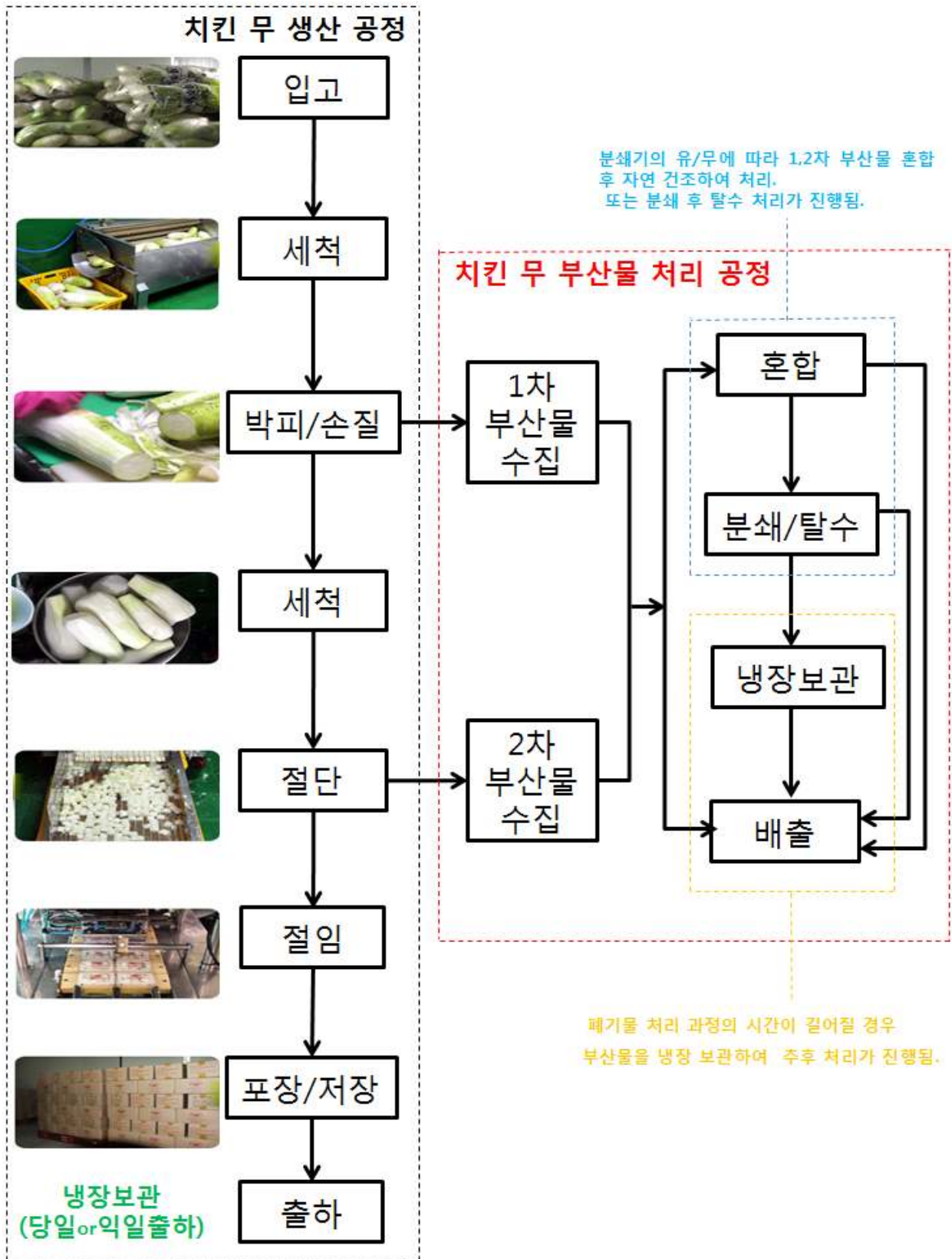


그림 1-4 치킨 무 생산 공정 및 부산물 처리 방법

(2) 배추·무 및 기타 식물성잔재물의 잠재량 평가(산지, 가공장 등 무전처리 부산물 및 절임 처리 부산물 조사, 분석)

표 1-15 단계별 잠재량 정의 및 그 개념도

	설명	
이론적 잠재량 (Theoretical Potential)	배추·무 생산단계에서부터 유통, 가공을 거쳐 소비되기까지의 모든 과정에서 발생하는 부산물의 양	
지리적 잠재량 (Geographical Potential)	유통, 가공 등의 과정에서 발생하는 부산물의 양	
기술적 잠재량 (Technical Potential)	현재의 기술 수준으로 이론적 잠재량(생산, 유통, 가공 등에서 발생한 부산물량) 중 퇴비로 이용할 수 있는 부산물의 양	
시장 잠재량 (Market Potential)	퇴비의 수요, 기술 경쟁, 가격, 지원정책 등을 고려할 때 적용 가능한 잠재량	

자료 : 강용혁, “신재생에너지 잠재량 정의 및 연산”, 한국에너지기술연구원 주최 ‘신재생에너지 잠재량 산정 TFT회의’ 워크숍 발표자료, (2013)

가. 지리적 잠재량

- 지리적 잠재량은 유통과정 및 가공공정에서 발생하는 부산물의 총량을 의미함.
- 배추의 유통상 문제점(왕성우, “배추·무의 유통현황 및 포장화”, 2006)
 - 배추는 기후 여건에 따라 생산 과정과 유통과정이 크게 좌우됨으로 그 가격 진폭이 대단히 크며, 유통과정에서의 시간적 제약을 비교적 크게 받는 품목이고, 유통 과정에서 많은 문제점이 발생한다.
 - 출하과정에서의 발생 문제
 - 배추를 선별하여 규격화하기가 매우 어렵다.
 - 수확 및 상차 등을 위한 인력확보가 어렵다.
 - 출하정보가 미흡하며, 시간 제약에 의해 출하조절이 대단히 어렵다.
 - 산지에서 상차 때나 도매시장에서 거래 시 차량대기시간이 길기 때문에 비용이 많이 발생한다.
 - 유통과정에서의 문제점
 - 수량을 파악하여 적재하기가 어렵기 때문에 정확한 적재량을 파악하기가 불가능하다.
 - 상품에 대한 품질 판독이 불가능하여 거래과정에서 갈등의 소지를 늘 안고 있다.

- 부피가 크기 때문에 거래과정에서 점유공간이 대단히 넓어야한다.
- 매년 가격 진폭이 너무 크다.
- 도매시장에 상품 집중이 심화되어 있다.
- 수송과정에서 상품의 부패 및 변질이 심하여 상품감모율이 크다.
- 도매시장쓰레기의 60% 이상이 배추에서 발생한다.
- 배추의 부산물은 주로 배추 유통 과정 및 김치 제조 시에 발생한다. 농산물시장에서 배추 유통과정 동안 배추의 껍질과 심 중 약 40%가 버려진다.(유문려, 2012)
- 김치 제조 시 발생하는 배추 부산물 양은 배추의 30%내외로 추산됨.(김진학, “배추 첨가 청국장 제조 및 품질특성” 한국식품저장유통학회지 Korean journal of food preservation Vol.19 No.5, pp.659 - 664, 2012)
- 실제 김치 생산 공장을 방문 조사 한 결과 배추의 수율은 약 60 ~ 80 %인 것으로 조사됨.

① 배추의 지리적 잠재량

㉠ 배추의 유통과정에서의 지리적 잠재량

※ 지리적 잠재량은 유통과정에서 발생하는 부산물 양과 가공공장에서 발생하는 부산물 양의 합으로 볼 수 있다.

※ 유통과정에서 발생하는 부산물 발생량은 두 가지 방법으로 추정 할 수 있다.

첫 번째. 도매시장에서의 지리적 잠재량은 “도매시장 쓰레기 총 발생량 x 배추 부산물의 비율(60%)” 가 된다.

두 번째. 배추의 생산량을 기준으로 산정한 지리적 잠재량은 “배추의 총 생산량 x 생산된 배추에서 유통과정 중 발생하는 부산물의 비율(40%)” 가 된다.

☞ 첫 번째 방법으로 배추의 유통과정에서 발생하는 부산물량을 계산하였을 경우 2013년 농수산물 도매시장 통계연보, 표 1-4 농수산물 도매시장 쓰레기 처리 시설 및 처리량에 따르면 2013년 청과 쓰레기 처리량은 89,508 톤 이므로 2013년 농수산물 도매시장의 지리적 잠재량은 식 1에 따라 66,364.8 톤 이다.

$$\begin{aligned}
 & \text{2013년 전국농수산물도매시장의 연간쓰레기처리량} \times \text{배추부산물비율} && \text{(식 1)} \\
 & = (\text{청과부산물처리량} + \text{수산물부산물처리량} + \text{축산부산물처리량}) \times \text{배추부산물비율} \\
 & = (89,508 + 19,598 + 1,502) \times 0.6 \\
 & = 66,364.8 \text{ 톤}
 \end{aligned}$$

☞ 두 번째 방법으로 계산 할 경우 전국 배추의 생산량을 알아야하기 때문에 전국 지역별 배추의 재배면적 및 생산량을(표 1-16, 표 1-17, 표 1-18) 조사하였다.

표 1-16 2012년도 전국 지역별 배추 재배 면적 및 생산량

시도별	노지배추			시설배추			총 재배면적	총 생산량
	재배면적	생산량		재배면적	생산량			
	ha	kg/ha	ton	ha	kg/ha	ton	ha	ton
서울특별시	17	7,606	1,293	4	4,250	170	21	1,463
부산광역시	140	9,592	13,429	41	4,068	1,668	181	15,097
대구광역시	69	8,158	5,629	153	4,138	6,331	222	11,960
인천광역시	163	9,201	14,997	26	5,000	1,300	189	16,297
광주광역시	77	12,062	9,288	142	4,164	5,913	219	15,201
대전광역시	76	8,286	6,297	1	4,400	44	77	6,341
울산광역시	101	9,955	10,055	8	4,450	356	109	10,411
경기도	2,069	9,147	189,245	1,145	4,299	49,224	3,214	238,469
강원도	6,008	4,433	266,338	42	4,033	1,694	6,050	268,032
충청북도	1,924	7,004	134,761	86	4,523	3,890	2,010	138,651
충청남도	1,959	9,345	183,068	347	6,187	21,469	2,306	204,537
전라북도	1,950	8,144	158,800	72	6,651	4,789	2,022	163,589
전라남도	3,608	9,476	341,908	214	6,709	14,357	3,822	356,265
경상북도	2,844	7,380	209,874	521	4,245	22,116	3,365	231,990
경상남도	1,307	8,602	112,429	85	5,774	4,908	1,392	117,337
제주도	368	5,374	19,778	9	6,711	604	377	20,382
계	22,680	7,395	1,677,188	2,896	4,794	138,833	25,576	1,816,021

자료 출처 : 통계청

표 1-17 2013년도 전국 지역별 배추 재배 면적 및 생산량

시도별	노지배추			시설배추			총 재배면적	총 생산량
	재배면적	생산량		재배면적	생산량			
	ha	kg/ha	ton	ha	kg/ha	ton	ha	ton
서울특별시	11	7,436	818	2	3,850	77	13	895
부산광역시	124	10,260	12,722	119	4,273	5,085	243	17,807
대구광역시	86	10,344	8,896	64	4,019	2,572	150	11,468
인천광역시	203	9,449	19,182	22	5,086	1,119	225	20,301
광주광역시	139	12,423	17,268	92	4,164	3,831	231	21,099
대전광역시	80	10,648	8,518	0	0	0	80	8,518
울산광역시	179	10,274	18,390	13	4,400	572	192	18,962
경기도	2,028	10,200	206,851	1,074	3,839	41,231	3,102	248,082
강원도	6,847	4,759	325,872	37	3,951	1,462	6,884	327,334
충청북도	2,475	7,883	195,104	42	5,371	2,256	2,517	197,360
충청남도	1,961	9,370	183,751	392	6,033	23,649	2,353	207,400
전라북도	1,989	9,318	185,331	92	5,607	5,158	2,081	190,489
전라남도	4,145	9,731	403,364	264	5,674	14,979	4,409	418,343
경상북도	3,440	6,900	237,356	478	4,931	23,570	3,918	260,926
경상남도	1,405	9,029	126,852	86	5,549	4,772	1,491	131,624
제주도	412	9,656	39,784	0	0	0	412	39,784
계	25,524	7,797	1,990,060	2,777	4,693	130,333	28,301	2,120,393

자료 출처 : 통계청

표 1-18 2014년도 전국 지역별 배추 재배 면적 및 생산량

시도별	노지배추			시설배추			총 재배 면적	총 생산량
	재배면적	생산량		재배면적	생산량			
	ha	kg/ha	ton	ha	kg/ha	ton	ha	ton
서울특별시	10	9,530	953	2	3,800	76	12	1,029
부산광역시	110	10,318	11,350	15	5,760	864	125	12,214
대구광역시	86	9,665	8,312	135	1,700	2,295	221	10,607
인천광역시	186	11,012	20,482	10	5,200	520	196	21,002
광주광역시	167	9,479	15,830	42	4,162	1,748	209	17,578
대전광역시	63	11,097	6,991	0	0	0	63	6,991
울산광역시	110	11,637	12,801	11	4,409	485	121	13,286
경기도	1,681	11,328	190,432	1,068	3,817	40,766	2,749	231,198
강원도	6,201	4,725	293,022	22	3,045	670	6,223	293,692
충청북도	2,262	8,502	192,321	46	6,674	3,070	2,308	195,391
충청남도	2,020	10,451	211,109	375	5,493	20,599	2,395	231,708
전라북도	2,469	9,272	228,921	135	8,979	12,122	2,604	241,043
전라남도	8,998	9,076	816,665	170	5,876	9,989	9,168	826,654
경상북도	3,375	7,054	238,072	418	4,527	18,923	3,793	256,995
경상남도	1,162	10,286	119,521	69	5,758	3,973	1,231	123,494
제주도	609	9,183	55,924	0	0	0	609	55,924
계	29,509	8,210	2,422,704	2,518	4,611	116,100	32,027	2,538,804

자료 출처 : 통계청

※ 통계청 자료에 따르면 국내 연간 배추 총 생산량은 2012년, 2013년, 2014년 각각 1,816,021 톤, 2,120,393 톤, 2,538,804 톤 이다.

☞ 두 번째 방법으로 계산하였을 경우 통계청 자료에 따르면 배추 생산량은 2012년, 2013년, 2014년 각각 1,816,021 톤, 2,120,393 톤, 2,538,804 톤 이며 유통과정에서의 지리적 배추 부산물의 잠재량은 식 2에 따라 726,408.4 톤, 848,157.2 톤, 1,015,521.6 톤 이다.

2012년 유통 과정에서의 지리적 잠재량 (식 2)
 = 2012년 배추 생산량 × 생산된 배추에서 유통과정 중 발생하는 부산물의 비율
 = 1,816,021 × 0.4
 = 726,408.4 톤

2013년 유통 과정에서의 지리적 잠재량
 = 2013년 배추 생산량 × 생산된 배추에서 유통과정 중 발생하는 부산물의 비율
 = 2,120,393 × 0.4
 = 848,157.2 톤

2014년 유통 과정에서의 지리적 잠재량
 = 2014년 배추 생산량 × 생산된 배추에서 유통과정 중 발생하는 부산물의 비율
 = 2,538,804 × 0.4
 = 1,015,521.6 톤

㉠ 배추의 가공공장에서의 지리적 잠재량

- 배추는 김치 가공공장과 김치 가공공장을 제외한 가공공장으로 구분하여 지리적 잠재량을 계산함.

- 김치 가공공장의 지리적 잠재량

표 1-19 연도별 김치 국내 생산 및 출하 실적

(단위 : 톤, 천원)

연도	생산량	생산액	출하량	출하액
2006	350,381	620,299,800	315,085	579,076,931
2007	364,506	620,676,633	326,290	596,050,984
2008	412,408	657,439,831	366,544	635,731,703
2009	426,834	730,233,700	392,072	726,754,810
2010	411,644	835,647,201	351,594	803,433,781
2011	427,102	896,910,658	360,583	898,490,719
2012	421,989	954,584,666	373,196	942,239,238
2013	447,628	984,838,763	399,684	1,014,427,152
2014	421,505	886,943,471	366,959	929,578,105

자료 : 연도별(2006~2014) 식품 및 식품첨가물 생산실적, 식품의약품안전처

※ 표 1-19의 각 연도 별 김치 생산량과 문헌 조사 및 업체 방문을 통한 설문 조사에 따른 김치가공 시에 수율을 약 70%로 가정 한다면 김치(배추) 가공공장에서의 배추가 공부산물 지리적 잠재량은 식 3에 따라 표 1-20와 같게 된다.

$$\text{김치 가공공장의 지리적 잠재량} = \frac{\text{연도별 김치 생산량(톤)} \times 0.3}{0.7} \quad (\text{식 3})$$

표 1-20 연도별 김치 가공 공장에서의 배추가공부산물의 지리적 잠재량

(단위 : 톤)

연도	김치 생산량	지리적 잠재량
2006	350,381	150,163
2007	364,506	156,217
2008	412,408	176,746
2009	426,834	182,929
2010	411,644	176,419
2011	427,102	183,044
2012	421,989	180,852
2013	447,628	191,841
2014	421,505	180,645

- 김치가공공장을 제외한 가공공장의 지리적 잠재량

표 1-21 2013년 배추 용도별 사용량(김치 가공공장 제외) 및 국산 사용 비중

(단위 : 건, 톤, %)

세부 생산품목		사용량	품목별 사용비중	국산	수입산	국산 사용비중
배추 소계		32,786	100.0	32,215	571	98.3
빵류	빵류	6	0.0	6	0	100.0
만두류	만두류	135	0.4	135	0	100.0
식육/알가공품	식육가공품	1,440	4.4	1,440	0	100.0
음료류	발효음료류	23	0.1	23	0	100.0
특수용도식품	영아용 조제식	19	0.1	19	0	100.0
조미식품	소스류	46	0.1	46	0	100.0
	고춧가루 또는 실고추	1,219	3.7	1,219	0	100.0
	복합조미식품	2,518	7.7	1,947	571	77.3
절임식품	절임류	24,906	76.0	24,906	0	100.0
조림식품	수산물조림	9	0.0	9	0	100.0
기타식품류	과·채가공품류	428	1.3	428	0	100.0
	즉석섭취·편의식품류	2,037	6.2	2,037	0	100.0

자료 : 농림축산식품부, 한국농수산식품유통공사, 2014 식품산업 분야별 원료소비 실태 조사

※ 2013년 배추 가공식품의 지리적 잠재량

☞ 배추의 수율을 70%로 계산 하였을 경우 배추 가공식품의 지리적 잠재량은 표 1-17과 같다.

표 1-22 2013년 배추 가공공장(김치가공공장제외)에서 발생하는 배추가공부산물의 지리적 잠재량

(단위 : 톤, %)

세부 생산품목		사용량	지리적 잠재량
배추 소계		32,786	22950.2
빵류	빵류	6	4.2
만두류	만두류	135	94.5
식육/알가공품	식육가공품	1,440	1008
음료류	발효음료류	23	16.1
특수용도식품	영아용 조제식	19	13.3
조미식품	소스류	46	32.2
	고춧가루 또는 실고추	1,219	853.3
	복합조미식품	2,518	1762.6
절임식품	절임류	24,906	17434.2
조림식품	수산물조림	9	6.3
기타식품류	과·채가공품류	428	299.6
	즉석섭취·편의식품류	2,037	1425.9

표 1-23 2014년 배추 용도별 사용량(김치 가공공장 제외) 및 국산 사용 비중
(단위 : 톤, %)

구 분		사용량	품목별 사용 비중	국산 사용량	수입산 사용량	국산 사용 비중
전체		60,205	100.0	60,205	-	100
만두류	만두류	1,136	1.9	1,136	-	100
식육/알가공품	식육가공품	90	0.1	90	-	100
음료류	발효음료류	24	0.0	24	-	100
특수용도식품	영아용 조제식	3	0.0	3	-	100
	기타 영·유아식	17	0.0	17	-	100
조미식품	소스류	38	0.1	38	-	100
	복합조미식품	946	1.6	946	-	100
절임식품	절임류(단무지 등)	55,453	92.1	55,453	-	100
기타식품류	과·채가공품류	706	1.2	706	-	100
	즉석섭취·편의식품류	1,733	2.9	1,733	-	100
기타복수품목	기타복수품목	59	0.1	59	-	100

자료 : 농림축산식품부, 한국농수산식품유통공사, 2014 식품산업 분야별 원료소비 실태 조사

※ 2014년 배추 가공식품의 지리적 잠재량

☞ 배추의 수율을 70%로 계산 하였을 경우 배추 가공식품의 지리적 잠재량은 표 1-24과 같다.

표 1-24 2014년 배추 가공식품(김치 가공공장 제외)에서 발생하는 배추가공부산물의 지리적 잠재량

(단위 : 톤, %)

구 분		사용량	지리적 잠재량
전체		60,205	42,143.5
만두류	만두류	1,136	795.2
식육/알가공품	식육가공품	90	63.0
음료류	발효음료류	24	16.8
특수용도식품	영아용 조제식	3	2.1
	기타 영·유아식	17	11.9
조미식품	소스류	38	26.6
	복합조미식품	946	662.2
절임식품	절임류(단무지 등)	55,453	38,817.1
기타식품류	과·채가공품류	706	494.2
	즉석섭취·편의식품류	1,733	1,213.1
기타복수품목	기타복수품목	59	41.3

② 무의 지리적 잠재량

① 무의 유통과정에서의 지리적 잠재량

- 참고문헌 [왕성우, “배추·무의 유통현황 및 포장화”, 2006]을 보면 도매시장농산물 쓰레기의 약 7%가 무의 부산물임을 알 수 있다.

☞ 첫 번째 방법으로 무의 유통과정에서 발생하는 부산물량을 계산하였을 경우 2013년 농수산물 도매시장 통계연보, 표 1-4 농수산물 도매시장 쓰레기 처리 시설 및 처리량에 따르면 2013년 청과 쓰레기 처리량은 89,508 톤 이므로 2013년 농수산물 도매시장의 지리적 잠재량은 식 4에 따라 7,742.6 톤 이다.

※ 2013년 무의 유통과정에서 발생하는 지리적 잠재량은 식 4에 따라 7,742 톤이다.

$$\begin{aligned}
 & 2013\text{년 전국 농수산물 도매시장의 연간쓰레기 처리량} \times \text{무 부산물의 비율} && (\text{식 4}) \\
 & = (\text{청과 부산물 처리량} + \text{수산 부산물 처리량} + \text{축산 부산물 처리량}) \times \text{무 부산물의 비율} \\
 & = (89,508 + 19,598 + 1,502) \times 0.07 \\
 & = 7,742.6 \text{ 톤}
 \end{aligned}$$

☞ 두 번째 방법으로 계산 할 경우 전국 무의 생산량을 알아야하기 때문에 전국 지역별 무의 재배면적 및 생산량을 표 1-25 조사하였다.

표 1-25 2012 ~ 2014년도 전국 지역별 무 재배 면적 및 생산량

시도별	2012		2013		2014	
	재배면적	생산량	재배면적	생산량	재배면적	생산량
	ha	ton	ha	ton	ha	ton
서울특별시	9	574	7	538	11	696
부산광역시	78	8,422	54	3,818	15	904
대구광역시	56	2,435	82	3,970	117	5,881
인천광역시	80	5,874	115	10,694	109	9,855
광주광역시	205	13,553	215	15,316	139	10,133
대전광역시	21	1,096	31	2,152	27	1,712
울산광역시	49	3,713	81	6,217	74	5,102
경기도	2,034	111,516	2,319	129,573	2,327	151,713
강원도	3,416	113,410	3,113	108,410	3,316	116,073
충청북도	813	35,689	1,100	47,119	743	35,762
충청남도	2,183	129,174	1,988	124,323	1,985	134,445
전라북도	2,593	170,152	3,036	255,171	2,122	178,683
전라남도	2,054	133,984	2,024	141,152	1,753	109,218
경상북도	1,503	61,915	1,868	73,695	1,612	69,249
경상남도	548	29,001	633	37,121	483	23,441
제주도	448	24,222	549	41,863	6,197	444,102
계	16,090	844,732	17,215	1,001,130	21,030	1,296,970

자료 출처 : 통계청

※ 통계청 자료에 따르면 국내 연간 무 총 생산량은 2012년, 2013년, 2014년 각각 844,732 톤, 1,001,130 톤, 1,296,970 톤 이다.

※ 무의 생산량을 기준으로 한 지리적 잠재량은 다음과 같다.

☞ 유통과정 중 발생하는 무의 부산물은 생산량의 20%로 하여 계산함.

2012년 유통과정에서의 지리적 잠재량 (식 5)
 = 2012년 무 생산량 × 생산된 무에서 유통과정 중 발생하는 부산물의 비율
 = 844,732 × 0.2
 = 168,946.4 톤

2013년 유통과정에서의 지리적 잠재량
 = 2013년 무 생산량 × 생산된 무에서 유통과정 중 발생하는 부산물의 비율
 = 1,001,130 × 0.2
 = 200,226 톤

2014년 유통과정에서의 지리적 잠재량
 = 2014년 무 생산량 × 생산된 무에서 유통과정 중 발생하는 부산물의 비율
 = 1,296,970 × 0.2
 = 259,394 톤

㉠ 무 가공공장에서의 지리적 잠재량

- 무 부산물의 지리적 잠재량은 각 가공공장의 무 사용량에 각 가공공장의 수율을 적용한 값으로 김치류 및 젓갈류의 경우 90%, 절임식품의 수율은 50%, 그 외 품목은 수율을 70%로 하여 계산하였다.
- 2013년 생산된 무 중 품목별 사용량은 표 1-26과 같다.

표 1-26 2013년 무 사용량 및 국산 사용 비중

(단위 : 건, 톤, %)

세부 생산품목		사용량	품목별 사용비중	국산	수입산	국산 사용 비중
무 소계		250,311	100.0	244,559	5,753	97.7
만두류	만두류	134	0.1	49	085	36.7
식육/알가공품	식육가공품	552	0.2	552	0	100.0
음료류	과일·채소음료	196	0.1	196	0	100.0
	발효음료류	18	0.0	18	0	100.0
특수용도식품	영아용 조제식	7	0.0	7	0	100.0
조미식품	소스류	1,002	0.4	1,001	1	99.9
	고춧가루 또는 실고추	203	0.1	203	0	100.0
	복합조미식품	2,029	0.8	2,029	0	100.0
김치류	김치속	3,099	1.2	3,099	0	100.0
	배추김치	44,570	17.8	44,492	78	99.8
	기타김치	38,187	15.3	38,150	38	99.9
젓갈류	양념젓갈	24	0.0	24	0	100.0
	조미액젓	66	0.0	66	0	100.0
절임식품	절임류	149,895	59.9	144,544	5,351	96.4
조립식품	수산물조립	85	0.0	85	0	100.0
기타식품류	과·채가공품류	7,163	2.9	6,967	196	97.3
	추출가공식품	83	0.0	83	0	100.0
	생시류	361	0.1	361	0	100.0
	즉석섭취·편의식품류	2,612	1.0	2,037	5	99.8
기타복수품목	기타복수품목	23	0.0	23	0	100.0

자료 : 농림축산식품부, 한국농수산물유통공사, 2013 식품산업 분야별 원료소비 실태 조사

- 표 1-26의 무 사용량에 각 공정별 수율을 적용하여 2013년 무 가공공장의 지리적 잠재량은 표 1-27와 같다.

표 1-27 2013년 무 가공식품에서 무 가공부산물의 지리적 잠재량

(단위 : 톤)

세부 생산품목		사용량	지리적 잠재량
무 소계		250,311	162,427
만두류	만두류	134	94
식육/알가공품	식육가공품	552	386
음료류	과일·채소음료	196	137
	발효음료류	18	13
특수용도식품	영아용 조제식	7	5
조미식품	소스류	1,002	701
	고춧가루 또는 실고추	203	142
	복합조미식품	2,029	1,420
김치류	김치속	3,099	2,789
	배추김치	44,570	40,113
	기타김치	38,187	34,368
젓갈류	양념젓갈	24	22
	조미액젓	66	59
절임식품	절임류	149,895	74,948
조림식품	수산물조림	85	60
기타식품류	과·채가공품류	7,163	5,014
	추출가공식품	83	58
	생시류	361	253
	즉석섭취·편의식품류	2,612	1,828
기타복수품목	기타복수품목	23	16

- 표 1-28은 2014년 무 사용량 및 국산 사용 비중이며 2014년도 무 가공공장의 지리적 잠재량도 2013년도와 같은 방법으로 계산할 경우 2014년 무 가공공장의 지리적 잠재량은 표 1-29와 같다.

표 1-28 2014년 무 사용량 및 국산 사용 비중

(단위 : 톤, %)

구분		사용량	품목별 사용 비중	국산 사용량	수입산 사용량	국산 사용 비중
전체		275,099	100.0	270,001	5,098	98.1
빵류	빵류	72	0.0	11	61	15.3
만두류	만두류	43	0.0	19	24	44.6
식육/알가공품	식육가공품	77	0.0	77	0	100.0
식용유지류	향미유	8	0.0	8	0	100.0
음료류	과일·채소음료	2	0.0	2	0	100.0
	발효음료류	19	0.0	19	0	100.0
특수용도식품	영아용 조제식	1	0.0	1	0	100.0
	기타 영·유아식	124	0.0	124	0	100.0
	특수의료용도등식품	1	0.0	1	0	100.0
장류	혼합장	1	0.0	1	0	100.0
조미식품	소스류	1,060	0.4	1,060	0	100.0
	복합조미식품	2,185	0.8	2,185	0	100.0
김치류	김치속	1,575	0.6	1,575	0	100.0
	배추김치	61,176	22.2	61,176	0	100.0
	기타김치	33,351	12.1	33,351	0	100.0
젓갈류	양념젓갈	18	0.0	18	0	100.0
절임식품	절임류(단무지 등)	163,532	59.4	158,748	4,784	97.1
조림식품	농산물조림	3	0.0	3	0	100.0
	수산물조림	30	0.0	30	0	100.0
기타식품류	과·채가공품류	7,733	2.8	7,733	0	100.0
기타식품류	즉석섭취·편의식품류	4,004	1.5	3,775	229	94.3
기타복수품목	기타복수품목	82	0.0	82	0	100.0

자료 : 농림축산식품부, 한국농수산물유통공사, 2014 식품산업 분야별 원료소비 실태 조사

표 1-29 2014년 무 가공식품에서 무 가공부산물 지리적 잠재량

(단위 : 톤)

구분		사용량	지리적 잠재량
전체		275,099	179,086
빵류	빵류	72	50
만두류	만두류	43	30
식육/알가공품	식육가공품	77	54
식용유지류	향미유	8	6
음료류	과일·채소음료	2	1
	발효음료류	19	13
특수용도식품	영아용 조제식	1	1
	기타 영·유아식	124	87
	특수의료용도등식품	1	1
장류	혼합장	1	1
조미식품	소스류	1,060	742
	복합조미식품	2,185	1,530
김치류	김치속	1,575	1,418
	배추김치	61,176	55,058
	기타김치	33,351	30,016
젓갈류	양념젓갈	18	16
절임식품	절임류(단무지 등)	163,532	81,766
조림식품	농산물조림	3	2
	수산물조림	30	21
기타식품류	과·채가공품류	7,733	5,413
기타식품류	즉석섭취·편의식품류	4,004	2,803
기타복수품목	기타복수품목	82	57

※ 결과적으로 배추·무 부산물의 지리적 잠재량은 유통과정(도매시장)에서 발생하는 잠재량과 가공공장에서 발생하는 지리적 잠재량의 합으로 볼 때, 2013년 유통과정 중 배추·무의 지리적 잠재량은 1,048,383 톤 이며, 가공공장의 지리적 잠재량은 377,218 톤이다. 2013년 배추의 지리적 잠재량 중에서 유통과정 중 발생한 배추의 부산물 848,157 톤과 배추의 가공공장(191,841 톤 + 22,950.2 톤)에서 발생한 부산물 214,791 톤 이므로 배추의 지리적 잠재량은 1,062,948 톤이다. 무의 지리적 잠재량은 유통과정 중 발생한 부산물 200,226 톤과 가공공장에서 발생한 부산물 162,427 톤의 합으로 362,653 톤 이다. 따라서 2013년 배추·무 부산물의 총 지리적 잠재량은 1,425,601 톤이 된다.

※ 2014년 유통과정 중 배추·무의 지리적 잠재량은 1,274,916 톤 이며, 가공공장의 지리적 잠재량은 401,875 톤이다. 2014년 배추의 지리적 잠재량 중에서 유통과정 중 발생한 배추의 부산물 1,015,522 톤과 배추의 가공공장(180,645 톤 + 42,143.5 톤)에서 발생한 부산물 222,789 톤 이므로 배추의 지리적 잠재량은 1,238,311 톤 이다. 무의 지리적 잠재량은 유통과정 중 발생한 부산물 259,394 톤과 가공공장에서 발생한 부산물 179,086 톤의 합으로 438,480 톤 이다. 따라서 2013년 배추·무 부산물의 총 지리적 잠재량은 1,676,791 톤이 된다.

표 1-30 2013년, 2014년 배추·무 부산물 지리적 잠재량

(단위 : 톤)

년도	유통과정 중 지리적 잠재량			가공공장의 지리적 잠재량				총 지리적 잠재량 (유통+가공)
	배추 부산물	무 부산물	소계	배추		무	소계	계
				김치 가공공장	가공공장 (김치가공 공장 제외)			
2013	848,157	200,226 ¹⁾	1,048,383	191,841	22,950	162,427	377,218	1,425,601
2014	1,015,522	259,394 ¹⁾	1,274,916	180,645	42,144	179,086	401,875	1,676,791

1)는 표 1-25의 2013, 2014년 무 생산량을 기준으로 유통과정 중 부산물 발생량을 20%로 가정하였을 경우 계산 된 값임.

나. 이론적 잠재량

- ※ 이론적 잠재량은 배추·무 생산단계에서부터 유통, 가공을 거쳐 소비되기까지의 모든 과정에서 발생하는 부산물의 양이다.
- ※ “(2) 배추·무 및 기타 식물성잔재물의 잠재량 평가” 의 “가. 지리적 잠재량” 에서 표 1-17, 표 1-18, 표 1-25에서 2013년, 2014년 전국 지역별 배추·무의 재배 면적 및 생산량을 바탕으로 표 1-25에서 유통과정에서 발생한 하는 지리적량과 가공공장에서 발생하는 지리적 잠재량을 계산하였다.
- ※ 생산지에서 발생하는 부산물의 양은 출하과정에서 배추를 규격화하기 매우 어려우며, 작물재배조건(노지, 시설, 고령지) 또는 생산 계절에 따라 많은 차이가 있을 것으로 예상된다. 또한 생산 작업을 하는 작업자에 따라서도 부산물 발생량이 차이가 있을 수 있다. 풍년으로(소비량보다 생산량이 많을 경우) 출하단가와 정부지원금이 비슷한 경우 수확을 하지 않고 작물이 있는 채로 받을 갈아버리는 일도 발생한다. 따라서 생산지에서 발생하는 부산물의 양을 파악하기에는 매우 어려움이 있다.
- ※ 생산지에서 발생하는 원물의 양을 배추의 경우 생산량이 원물의 80%(생산과정에서 발생하는 부산물의 량을 20%)로 가정하고 무의 경우 생산량이 원물의 97%(생산과정에서 발생하는 부산물의 량이 3%)로 가정한다면 밭에서 생산된 배추·무의 원물과 부산물 량을 표 1-26과 같이 예상할 수 있다.

표 1-26 2013년, 2014년 배추·무의 생산지에서 생산 원물 예상량 및 부산물 발생량

(단위 : 톤)

년도	생산량		원물 예상량 ¹⁾		부산물량 ²⁾	
	배추	무	배추	무	배추	무
2013	2,120,393	1,001,130	2,650,491	1,032,093	530,098	30,963
2014	2,538,804	1,296,970	3,173,505	1,337,082	634,701	40,113

- 1) 2013년, 2014년 배추,무의 생산량이 원물을 기준으로 배추가 80%, 무가 93%라고 가정하고 계산함.
- 2) 2013년, 2014년 생산지에서 발생한 배추,무의 부산물 량은 배추가 원물의 20%, 무가 원물의 3%라고 가정하고 계산함.

※ 결론적으로 2013년과 2014년의 배추·무의 이론적 잠재량은 지리적 잠재량과 밭에서 수확과정에서 발생하는 부산물 량의 합으로 표 1-27과 같다.

표 1-27 2013년, 2014년 배추·무의 이론적 잠재량

(단위 : 톤)

년도	지리적 잠재량			생산지 부산물량			이론적 잠재량		
	배추	무	소계	배추	무	소계	배추	무	소계
2013	1,062,948	362,653	1,425,601	530,098	30,963	561,061	1,593,046	393,616	1,986,662
2014	1,238,311	438,480	1,676,791	634,701	40,113	674,814	1,873,012	478,593	2,351,605

다. 기술적 잠재량

- 기술적 잠재량은 배추·무의 이론적 잠재량 즉, 생산과정, 유통과정 또는 가공공장에서 발생하는 부산물을 이용하여 현재의 기술로서 퇴비를 생산 해낼 수 있는 기술력을 의미한다.
- 퇴비화는 농업을 기반으로 한 동양권에서는 오래전부터 유기성폐기물을 재이용 및 처리하기 위한 방법으로 이용되어져 왔으며, 최종산물인 퇴비는 토양 이화학성 및 생물성의 증대, 식물병원균의 억제 등의 효과가 있는 것으로 알려져 있다. (강항원, “밀폐형 bench-scale reactor에서의 우분 퇴비화시 aeration이 생물학적 활성에 미치는 영향” 한국환경농학회지,17(3), 260~267(1998)
- 2014년에는 풍년이 들어 배추가격이 폭락하였고 밭폐기로는 평당 3,000원에 팔리는데 팔지 않고 갈아엎으면 정부부조금이 2,650원이므로 차이가 거의 없다. (우승한, “Biochar” ,pp-151, 2015.03.25., 도서출판 좋은땅) 이렇듯 풍작 또는 흉작을 예측할 수 없으며 이에 따라 생산과정에서 수확되지 않고 밭에서 바로 폐기되는 양 또한 파악하기 어렵다.
- 생산 과정에서 발생하는 부산물은 수거의 어려움이 있고, 배추의 경우 잎과 뿌리로 구분되며 흙과 같은 불순물이 많이 섞여있기 때문에 퇴비화에 문제점이 있다.
- 결론적으로 배추·무 부산물을 이용한 퇴비화는 퇴비 원료의 물리화학적 특성 인자 확립한다면 생산과정에서 발생하는 부산물을 제외한 유통과정 및 가공공장에서 발생하는 부산물의 전량을 퇴비화 시킬 수 있을 것으로 판단되며 따라서 지리적 잠재량과 기술적 잠재량은 같다.

라. 시장 잠재량

표 1-28 부산물 비료 시장 규모

(단위 : 백만원)

구분	유기질		부숙 유기질					계
	소계	%	가축분퇴비	퇴비	기타	소계	%	
2004	98,042	19.3	7,296	374,546	27,854	409,697	80.7	507,739
2006	151,57	24.1	24,517	405,960	47,115	477,592	75.9	629,168
2008	12,801	29.9	29,358	386,607	35,289	451,254	70.1	644,055
2009	168,649	23.7	45,334	441,125	55,553	542,012	76.3	710,661
2010	161,153	24.8	156,941	307,406	23,030	487,378	75.2	648,531
2011	186,335	28.7	303,480	145,072	13,930	462,482	71.3	648,817
2012	242,360	30.7	397,260	131,264	18,445	546,969	69.3	789,329
2013	244,850	30.5	362,160	160,208	35,910	558,278	69.5	803,128

자료 : 한국유기질비료산업협동조합 내부자료

표 1-29 정부의 부산물비료 가격보조지원 물량과 금액

년도	총판매(천톤)	보조판매(천톤)	보조비중	지원액(억원)
2004	2,576	650	25.2	210
2005	2,641	70	26.5	245
2006	3,094	1,200	38.8	420
2007	3,068	1,350	44.0	473
2008	3,042	2,000	65.7	1,160
2009	3,538	2,100	59.4	1,218
2010	3,182	2,500	78.6	1,450
2011	3,154	2,500	79.3	1,250
2012	3,718	2,700	72.6	1,350
2013	3,809	2,900	76.1	1,660

자료 : 한국유기질비료산업협동조합 내부자료

※ 배추·무는 규격화하여 생산하기가 어렵고 산지에서 상차 때나 도매시장에서 거래 시 차량 대기 시간 등의 문제와 수송과정에서 상품의 부패 및 변질이 심하여 상품 감모율이 크다. 도매시장 농산물 쓰레기의 67%가 배추·무에서 발생하고(왕성우, “배추·무의 유통현황 및 포장화”, 2006), 가공공장에서는 김치 납품 업체에서 배추김치의 청잎을 기피하는 현상 때문에 배추의 부산물이 많이 발생한다. 무의 경우에도 가공공장에서 치킨 무, 단무지 등을 생산 할 때 규격화 된 제품을 생산하여야 되기 때문에 버려지는 부분이 많아지게 된다. 배추·무 부산물의 지리적 잠재량은 매우 높으나 부산물의 정확한 물량과 악이 어려운 것이 현실이다.

※ 2013년 부산물 비료 총 판매량은 3,809,000 톤이며, 퇴비의 시장 규모는 1천 600억 원 이상의 규모로 크다. 표 1-28에서 전체 부산물 비료 중 퇴비의 비중이 약 20% 정도임을 알 수 있으며, 이를 가만하여 표 1-29에서 총 판매되는 퇴비의 양을 산출하였을

때 약 761,800 톤 이다.

※ 2013년 배추·무 부산물의 지리적 잠재량이 1,425,601 톤 이며, 2013년 총 판매된 퇴비의 양이 약 761,800 톤임을 가만하였을 경우, 배추·무의 지리적 잠재량의 모든 부산물을 수거하여 퇴비화 한다면 약 53%를 퇴비로 만들어 수 있다.

※ 하지만, 배추·무 부산물을 가지고 퇴비화를 할 경우 부산물의 수분의 함량이(약 79% ~ 94% : 표 2-1, 2-2 참조) 높아 수분 조절제를 사용하여야 하며, 수분 조절제를 톱밥으로 사용할 경우 톱밥의 수분 함량은 약 21% 이므로 “(3) 퇴비화 원료 제조 인자 확립”의 “가. 수분조절제 투입량, 퇴비화 원료 물리화학적 특성 인자 확립”에서 제시된 배추·무 부산물과 톱밥의 비율의 설계 인자는 약 53.42 : 46.58 이다.

※ 따라서 2013년도 배추·무 부산물의 지리적 잠재량인 1,425,601 톤 중 실제 퇴비로 이용 될 수 있는 양은 약 28.1%로 400,451 톤이 퇴비로 활용 될 수 있다. 하지만 본 연구를 통해 조사된 가공업체의 규모가 영세하거나 자체처리 및 퇴비화 연구에 대한 부정적인 업체를 제외한다면 실제 퇴비화 시장잠재량은 더 낮아질 것으로 판단된다.

2. 배추·무 부산물 퇴비 원료 특성 평가

● 연구 계획

- (1) 국내 배추·무 가공공장 발생 부산물의 비료공정규격(농촌진흥청고시 제2015-21호) 부산물비료의 사용가능한 원료 및 퇴비 원료 기준 부합도 평가
- (2) 배추·무 부산물의 전처리·저장 방법별 및 물리화학적 특성변화 분석
- (3) 퇴비화 원료 제조 인자 확립

● 연구 내용

- (1) 국내 배추·무 가공공장 발생 부산물의 비료공정규격(농촌진흥청고시 제2015-21호) 부산물비료의 사용가능한 원료 및 퇴비 원료 기준 부합도 평가

※ 농촌 진흥청 고시 제 2015-21호 “비료 공정규격설정 및 지정”

가. 【별표 5】 보통비료 및 부산물비료 원료 및 【별표 3】 부산물비료의 지정

- 배추·무 가공 부산물의 퇴비화 가능 여부를 파악하기 위해 표 2-1와 2-2의 기준을 바탕으로 분석 항목을 선정하고 분석함.
- 계절에 따라 업체별 일반성분(수분, CP) 분석, 중금속 분석, 비중금속(As, Cd, Cr, Al, Zn, Pb, Ni, Cu, Hg) 분석, 비중금속(Na, Ca, P, N, K) 분석을 함.
- 시료 채취는 봄, 여름, 가을 3회에 걸쳐 시행 함. 시료는 가공과정 (그림 1-2, 1-3 및 1-4 참조)중 배출되는 부산물을 최종 배출전의 부산물을 채집하지 않고 공정별로 발생하는 부산물의 특성을 조사하기 위하여 정선후, 절입후, 분쇄후, 혼합 등의 공정별로 시료를 채취하여 분석을 실시하였음.
- 봄철 발생하는 배추·무 가공 부산물의 시료 채취 업체수는 총 27개에 총 시료수는 55개이었음. 이들을 다시 공정별로 분류하면 배추·무 정선후 20개, 절입후 17개, 분쇄후 17개, 혼합 1개이었음.
- 여름철 발생하는 배추·무 가공 부산물의 시료 채취 업체수는 총 26개로 봄철 시료 채취 업체인 청주골김치, 새동네 2개 업체를 제외하고 으뜸엘앤에스 업체 1개를 추가한

것임. 총 시료수는 52개이며 이들을 다시 공정별로 분류하면 배추·무 정선후 19개, 절임후 15개, 분쇄후 17개, 혼합 1개이었음.

☞ 시료 채취 시기

봄 : 4월 13일 ~ 4월 30일

여름 : 7월 20일 ~ 7월 31일

가을 : 11월 예정

- 분석 방법

☞ 채취한 시료는 -70 °C 초저온냉동고(DFU-657, OPERON, Korea)에 보관 함.

☞ 일반성분 분석 중 수분분석은 시료의 부피가 크고, 수분함량이 많은 것으로 예상되어 단 반복으로 철 쟁반(tray)을 이용하여 수행하였으며, 냉동 보관 중인 시료를 상온에서 해동 후 60°C dry oven(VS-1202D4N, 비전과학, Korea)에서 2~3일간 건조 후 건조된 시료의 량을 측정하여 분석함.

☞ 건조 된 시료는 Willey mill에서 0.5 mm로 분쇄하고, 조단백질(CP), 원소분석(Na, N, P, K), 중금속(As, Ni, Cd, Cr, Al, Zn, Pb, Cu)분석을 3회 반복하여 실행함.

☞ 분쇄한 시료 중 일부를 질산, 과산화수소 3:1로 혼합된 용액으로 150°C에서 완전히 분해한 후 분해가 된 시료를 증류수로 500배 희석하여 50 ml 튜브에 여과지(5A, 110mm, Advantec, Japan)로 이물질 제거 후 원소 분석기(JY-Ultima-2/Jobin Yvon, rance)를 이용하여 분석하기 전까지 시료를 보관 함.

☞ A.O.A.C(1990)의 방법에 준하여 시료의 조성을 분석함.

☞ 전 원소항목(Na, P, K, As, Ni, Cd, Cr, Al, Zn, Pb, Cu)은 원소 분석기(JY-Ultima-2/Jobin Yvon, rance)를 이용하여 분석함.

☞ 원소항목 중 수은(Hg)은 수은분석기(DMA 80/MILESTONE S&T, Italy)를 이용하여 단 반복으로 분석함.

나. 봄철 배추·무 가공부산물물의 일반성분 분석 및 중금속 분석

표 2-1 봄철 배추·무 가공부산물물의 일반성분 분석 및 중금속 분석

지역	업체명	시료명	일반성분 분석					원소분석						
			수분	CP	As	Cd	Cr	중금속 분석						
								mg/kg(DM)						
			% (DM)											
강원도	원주	정푸드 분쇄후 (배추)	84.7	17.9 ±0.0	N.D	N.D	82.4 ±15.8	141.0 ±17.7	26.5 ±6.9	N.D	50.1 ±1.2	26.5 ±6.9	N.D	
		정선후 (배추)	98.5	15.1 ±0.0	N.D	N.D	37.9 ±0.8	241.7 ±2.4	20.9 ±1.0	N.D	20.4 ±2.0	2.0 ±0.7	0.1	
		(주)대일 식품 절입후 (배추)	92.9	16.9 ±0.0	N.D	N.D	34.3 ±2.7	105.5 ±11.0	26.7 ±11.5	N.D	8.7 ±1.8	2.3 ±0.1	0.1	
	(주)김채	분쇄후 (배추)	91.6	19.2 ±0.0	N.D	N.D	39.4 ±4.8	117.0 ±6.3	41.6 ±19.3	N.D	15.1 ±4.6	1.0 ±0.4	0.1	
		정선후 (배추)	94.3	17.4 ±0.0	N.D	N.D	53.0 ±14.0	241.4 ±63.2	26.1 ±6.0	N.D	27.1 ±9.6	4.6 ±1.9	0.3	
		절입후 (배추)	88.4	11.4 ±0.0	N.D	N.D	48.4 ±7.9	169.6 ±6.4	17.4 ±6.7	N.D	18.8 ±6.6	4.1 ±0.0	0.1	
		분쇄후 (배추)	86.1	17.5 ±0.0	N.D	N.D	43.2 ±15.4	124.4 ±18.9	146.5 ±34.9	N.D	15.2 ±13.0	3.7 ±0.4	N.D	
안성	새빛촌	정선후 (배추)	93.2	21.7 ±0.0	N.D	N.D	68.3 ±25.0	911.0 ±42.4	207.6 ±24.4	N.D	69.0 ±12.6	3.3 ±0.8	N.D	
		절입후 (배추)	83.4	11.5 ±0.0	N.D	N.D	45.1 ±1.2	225.5 ±6.0	110.3 ±11.5	N.D	16.3 ±1.6	0.7 ±0.3	N.D	
		혼합	84.2	18.0 ±0.0	N.D	N.D	44.6 ±1.6	124.2 ±24.9	67.6 ±22.1	N.D	31.9 ±17.5	8.3 ±0.7	N.D	
	일품김 치	정선후 (배추)	93.5	17.5 ±0.0	N.D	N.D	68.2 ±11.1	552.9 ±27.8	411.9 ±114.8	N.D	42.3 ±6.5	2.5 ±1.0	N.D	
		절입후 (배추)	90.9	14.6 ±0.0	N.D	N.D	43.0 ±10.6	114.8 ±12.6	N.D	N.D	15.6 ±9.7	N.D	N.D	
	늘푸른	절입후 (배추)	91.8	13.7 ±0.0	N.D	N.D	24.2 ±1.7	165.7 ±21.3	163.2 ±0.4	N.D	1.7 ±1.0	5.4 ±0.8	N.D	
		정선후 (배추)	91.2	12.7 ±0.0	N.D	N.D	35.3 ±5.7	116.0 ±7.9	36.9 ±6.6	N.D	8.6 ±3.5	3.9 ±0.9	0.1	
경기도	선농식 품	절입후 (배추)	87.1	8.9 ±0.0	N.D	N.D	33.2 ±3.6	290.2 ±10.0	8.4 ±7.3	N.D	11.0 ±3.7	2.7 ±1.4	0.1	
		분쇄후 (배추)	85.9	13.0 ±0.0	N.D	N.D	38.8 ±12.9	196.7 ±14.9	12.9 ±13.7	N.D	20.1 ±4.8	3.3 ±0.0	0.2	
	무지개 식품	정선후 (배추)	94.0	17.9 ±0.0	N.D	N.D	88.2 ±2.2	292.9 ±14.8	146.1 ±2.5	N.D	50.9 ±3.3	5.8 ±2.8	0.1	
		절입후 (배추)	91.4	15.3 ±0.0	N.D	N.D	63.8 ±13.4	168.6 ±9.5	165.0 ±8.7	N.D	26.9 ±13.3	2.5 ±0.5	N.D	
		분쇄후 (배추)	94.9	16.7 ±0.0	N.D	N.D	100.4 ±8.6	353.0 ±11.5	90.5 ±21.9	N.D	73.8 ±5.4	3.0 ±0.5	0.1	
	여주 일심영 농조합 법인	정선후 (치킨무)	92.8	11.3 ±0.0	N.D	N.D	51.4 ±13.1	237.8 ±14.4	105.1 ±5.2	N.D	23.1 ±10.7	N.D	N.D	
		분쇄후 (치킨무)	92.9	9.9 ±0.0	N.D	N.D	51.9 ±7.4	209.6 ±5.5	131.1 ±40.2	N.D	23.8 ±6.5	N.D	N.D	

N.D: Not detectable.

표 2-1 봄철 배추·무 가공부산물의 일반성분 분석 및 중금속 분석(계속)

지역	업체명	시료명	일반성분 분석		원소분석								
			수분	CP	As	Cd	Cr	중금속 분석					
								mg/kg(DM)					
% (DM)		-----											
충 주	산수야	정선후 (배추)	94.2	21.7 ±0.0	N.D	N.D	52.9 ±1.4	773.3 ±18.0	210.8 ±66.4	N.D	80.3 ±7.0	4.6 ±1.3	N.D
		절입후 (배추)	89.7	18.9 ±0.0	N.D	N.D	30.5 ±2.4	97.2 ±1.0	24.7 ±5.1	N.D	4.6 ±2.2	0.5 ±0.1	N.D
	청주골 김치	정선후 (배추)	95.6	18.3 ±0.0	N.D	N.D	45.1 ±4.4	121.6 ±1.8	17.5 ±3.9	N.D	18.9 ±4.4	N.D	N.D
		분쇄후 (배추)	86.0	16.6 ±0.0	N.D	N.D	41.5 ±3.9	148.2 ±8.7	23.3 ±4.0	N.D	20.3 ±3.0	2.4 ±0.8	N.D
충 청 북 도	태성 김치	정선후 (배추)	94.9	18.9 ±0.0	N.D	N.D	33.5 ±2.7	338.6 ±23.3	115.1 ±29.9	N.D	9.0 ±2.8	1.3 ±0.5	N.D
		절입후 (배추)	91.7	14.4 ±0.0	N.D	N.D	35.6 ±8.2	114.2 ±24.5	180.7 ±149.9	N.D	10.8 ±6.4	0.7 ±0.2	0.1
	제천	분쇄후 (배추)	86.0	16.5 ±0.0	N.D	N.D	33.6 ±3.0	135.3 ±7.1	35.4 ±5.1	N.D	19.9 ±2.9	1.2 ±0.4	N.D
		정선후 (배추)	92.0	18.3 ±0.0	N.D	N.D	36.7 ±5.9	358.3 ±15.8	58.3 ±0.1	N.D	14.3 ±5.2	4.6 ±0.2	N.D
	들빛 식품	분쇄후 (배추)	85.1	12.4 ±0.0	N.D	N.D	46.0 ±1.1	172.7 ±3.7	34.8 ±0.6	N.D	19.6 ±1.5	4.9 ±0.3	N.D
		음 성	정선후 (배추)	94.0	23.3 ±0.0	N.D	N.D	40.5 ±4.0	675.2 ±13.2	582.8 ±35.5	N.D	50.3 ±1.7	5.0 ±1.1
오월의 김치	절입후 (배추)		90.6	14.6 ±0.0	N.D	N.D	36.3 ±1.0	202.1 ±10.7	178.4 ±50.9	N.D	27.2 ±2.0	3.9 ±0.9	N.D
충 청 남 도	논 산	김치쿨 정선후 (무)	92.8	14.4 ±0.0	N.D	N.D	42.0 ±3.5	336.6 ±15.8	150.1 ±37.7	N.D	16.4 ±2.1	1.0 ±0.2	N.D
		정선후 (배추)	95.6	19.9 ±0.0	N.D	N.D	57.6 ±9.3	468.4 ±16.6	46.7 ±7.1	N.D	42.1 ±8.1	5.5 ±2.6	0.2
	성가네 김치	절입후 (배추)	92.8	18.3 ±0.0	N.D	N.D	63.6 ±10.0	131.6 ±9.0	125.5 ±91.7	N.D	33.5 ±7.5	4.2 ±3.7	N.D
		천 안	정선후 (무)	92.1	11.0 ±0.0	N.D	N.D	56.4 ±15.6	143.7 ±14.2	36.2 ±4.2	N.D	20.5 ±0.3	5.5 ±2.8
	새동네		정선후 (배추)	89.1	16.6 ±0.0	N.D	N.D	69.7 ±27.5	645.3 ±34.6	159.9 ±44.0	N.D	73.3 ±2.4	6.8 ±0.5
		절입후 (배추)	91.5	12.6 ±0.0	N.D	N.D	46.4 ±4.6	132.3 ±7.2	31.9 ±3.3	N.D	16.7 ±3.7	3.5 ±0.6	N.D

N.D : Not detectable.

표 2-1 봄철 배추·무 가공부산물의 일반성분 분석 및 중금속 분석(계속)

지역	업체명	시료명	일반성분 분석		원소분석									
			수분 %(DM)	CP	중금속 분석									
					As	Cd	Cr	Al	Zn	Pb	Ni	Cu	Hg	
경상북도	구미 (주)싱싱 식품	정선후 (배추)	92.1	19.6 ±0.0	N.D	N.D	31.6 ±2.6	183.0 ±4.8	26.6 ±6.0	N.D	7.6 ±2.3	4.6 ±2.7	N.D	
		절입후 (배추)	87.5	15.0 ±0.0	N.D	N.D	35.5 ±3.2	122.7 ±9.4	10.2 ±2.4	N.D	7.0 ±3.5	0.3 ±0.1	N.D	
	문경 (주)두메 식품	정선후 (무절입)	89.8	6.5 ±0.0	N.D	N.D	97.2 ±2.3	175.1 ±2.8	1.8 ±0.3	N.D	60.2 ±1.0	2.0 ±1.0	N.D	
		정선후 (배추)	93.6	25.0 ±0.0	N.D	N.D	50.0 ±16.9	274.9 ±29.9	51.5 ±9.3	N.D	15.4 ±3.1	0.4 ±0.0	N.D	
	칠곡 예은 식품	분쇄후 (무)	92.2	9.1 ±0.0	N.D	N.D	41.2 ±3.8	127.7 ±5.3	10.6 ±0.3	N.D	31.9 ±3.6	N.D	N.D	
		분쇄후 (무)	92.0	10.0 ±0.0	N.D	N.D	72.7 ±5.9	173.7 ±11.4	2.7 ±2.9	N.D	55.1 ±5.6	0.6 ±0.2	N.D	
경상남도	거창 덕유 농산	분쇄후 (배추)	84.0	22.5 ±0.0	N.D	N.D	67.7 ±6.7	130.5 ±8.6	33.6 ±1.2	N.D	39.6 ±7.2	3.6 ±0.4	N.D	
		분쇄후 (무)	87.9	21.0 ±0.0	N.D	N.D	44.5 ±5.2	100.7 ±7.7	38.1 ±14.0	N.D	18.4 ±3.9	3.3 ±0.5	N.D	
	창원 남경 식품	절입후 (배추)	89.5	17.9 ±0.0	N.D	N.D	37.6 ±2.0	98.4 ±2.2	39.5 ±27.1	N.D	8.9 ±1.4	0.3 ±0.2	N.D	
		분쇄후 (배추)	87.9	14.2 ±0.0	N.D	N.D	37.2 ±2.1	134.1 ±11.2	173.9 ±45.6	N.D	9.1 ±2.5	N.D	N.D	
	김해	(주)제이앰푸드	분쇄후 (배추)	82.6	16.6 ±0.0	N.D	N.D	46.6 ±1.6	158.3 ±6.9	64.0 ±5.5	N.D	35.6 ±1.6	5.3 ±0.2	0.1
			절입후 (배추)	90.9	24.3 ±0.0	N.D	N.D	41.3 ±1.7	112.9 ±1.2	58.7 ±9.5	N.D	16.1 ±1.8	2.7 ±0.1	N.D
(주)고려냉장 식품		분쇄후 (배추)	83.3	17.6 ±0.0	N.D	N.D	46.3 ±3.0	717.7 ±22.4	86.6 ±33.9	N.D	113.67 ±7.0	2.4 ±0.1	0.1	
		정선후 (무)	93.9	9.8 ±0.0	N.D	N.D	40.6 ±0.2	173.0 ±18.9	42.8 ±33.6	N.D	15.9 ±0.2	N.D	N.D	
(주)대광에프앤지	정선후 (배추)	98.8	23.4 ±0.0	N.D	N.D	44.1 ±10.6	204.7 ±15.4	61.3 ±21.5	N.D	18.5 ±0.2	0.4 ±0.3	N.D		
	분쇄후 (배추)	83.6	23.9 ±0.0	N.D	N.D	39.7 ±1.6	161.0 ±8.9	54.1 ±15.4	N.D	24.9 ±5.3	1.6 ±0.2	N.D		

N.D : Not detectable.

- 봄철 배추·무 가공부산물의 공정별 일반성분 분석 및 중금속 분석 결과

모든 공정별 부산물의 중금속 분석에서는 As, Cd과 Pb이 검출되지 않았으며, Hg의 경우 시료 55개 중 30개 시료가 검출되지 않았다. 그 외 25개 시료의 Hg함량은 0.1~0.3mg/kg사이로 “비료공정규격”의 No.02 퇴비 규격에서 제시한 Hg(2mg/kg이하) 함량 기준치에 적합하였다.

- 모든 공정별 부산물에서 Cr, Cu, Zn는 “비료공정규격”에 제시된 기준치에 적합하였으나, 공정별 부산물 중 Ni의 함량에서 50.1~113.67mg/kg으로 10개의 공정별 부산물이 Ni(45mg/kg이하) 기준치 함량을 초과한 것으로 분석되었다.

표 2-2 여름철 배추·무 가공부산물의 일반성분 분석 및 중금속 분석

지역	업체명	시료명	일반성분			원소분석								
			분석		As	Cd	Cr	중금속 분석						
			수분	CP				Al	Zn	Pb	Ni	Cu	Hg	
		%(DM)		mg/kg(DM)										
강 원 도	정푸드	정선후 (배추)	93.2	21.1 ±0.0	N.D	N.D	45.9 ±6.8	250.5 ±5.9	79.5 ±13.3	N.D	22.5 ±2.9	1.1 ±0.5	N.D	
		절입후 (배추)	89.8	16.2 ±0.0	N.D	N.D	32.0 ±1.2	86.3 ±2.0	56.4 ±0.5	N.D	5.3 ±0.2	2.0 ±0.1	N.D	
		분쇄후 (배추)	87.5	18.2 ±0.0	N.D	N.D	40.0 ±1.9	252.0 ±10.2	77.5 ±1.6	N.D	4.0 ±1.5	0.7 ±0.1	N.D	
	(주)대일 식품	정선후 (배추)	93.8	19.4 ±0.0	N.D	N.D	76.8 ±25.3	123.9 ±12.3	55.9 ±9.2	N.D	34.3 ±3.3	0.6 ±0.3	N.D	
		절입후 (배추)	94.3	18.8 ±0.0	N.D	N.D	49.5 ±6.4	66.2 ±3.0	47.1 ±12.6	N.D	8.7 ±0.6	0.5 ±0.0	0.1	
		분쇄후 (배추)	90.4	10.4 ±0.0	N.D	N.D	68.8 ±8.7	136.6 ±5.5	108.2 ±14.1	N.D	22.2 ±0.2	3.8 ±0.2	0.1	
	(주)김채	정선후 (배추)	94.7	25.7 ±0.0	N.D	N.D	39.6 ±5.3	197.9 ±5.3	44.2 ±1.3	N.D	17.3 ±1.6	2.0 ±0.3	N.D	
		절입후 (배추)	90.8	18.9 ±0.0	N.D	N.D	47.1 ±0.9	56.7 ±2.2	29.2 ±4.0	N.D	9.7 ±0.3	3.4 ±0.0	N.D	
		분쇄후 (배추)	79.7	20.6 ±0.0	N.D	N.D	69.1 ±3.0	62.5 ±6.1	55.4 ±6.2	N.D	18.8 ±2.3	7.4 ±1.4	N.D	
안 성	새빛촌	정선후 (배추)	88.1	15.9 ±0.0	N.D	N.D	81.6 ±4.5	262.8 ±8.8	28.9 ±26.3	N.D	28.8 ±3.1	2.3 ±0.6	N.D	
		절입후 (배추)	92.6	12.3 ±0.0	N.D	N.D	70.1 ±9.8	95.1 ±5.3	55.4 ±5.1	N.D	22.3 ±1.7	4.4 ±0.9	N.D	
		혼합	91.0	20.5 ±0.0	N.D	N.D	46.5 ±1.6	124.3 ±26.6	54.8 ±5.4	N.D	20.5 ±1.2	5.7 ±0.7	N.D	
	일품김 치	정선후 (배추)	95.0	21.8 ±0.0	N.D	N.D	44.0 ±7.8	249.3 ±1.5	67.6 ±1.3	N.D	5.7 ±4.6	0.5 ±0.0	N.D	
		절입후 (배추)	91.4	23.1 ±0.0	N.D	N.D	86.0 ±30.2	242.2 ±5.7	82.9 ±9.4	N.D	18.4 ±2.6	19.7 ±1.6	N.D	
	늘푸른	절입후 (배추)	90.1	4.5 ±0.0	N.D	N.D	80.9 ±11.7	72.1 ±5.5	N.D	N.D	26.2 ±7.0	1.2 ±0.4	N.D	
경 기 도	선농식 품	정선후 (배추)	93.9	24.6 ±0.0	N.D	N.D	82.2 ±25.7	162.5 ±15.9	21.9 ±6.6	N.D	19.4 ±6.0	0.9 ±0.1	0.1	
		절입후 (배추)	89.3	17.9 ±0.0	N.D	N.D	35.7 ±6.1	89.8 ±3.4	27.7 ±11.4	N.D	7.8 ±0.0	0.7 ±0.1	N.D	
		분쇄후 (배추)	86.2	14.2 ±0.0	N.D	N.D	39.6 ±4.3	251.4 ±12.0	41.5 ±1.1	N.D	14.2 ±0.8	0.9 ±0.5	N.D	
	무지개 식품	정선후 (배추)	94.5	25.2 ±0.0	N.D	N.D	92.4 ±12.9	365.9 ±16.7	43.1 ±6.9	N.D	32.9 ±7.5	3.5 ±0.4	0.1	
		절입후 (배추)	93.2	6.1 ±0.0	N.D	N.D	75.5 ±7.5	695.3 ±47.9	85.4 ±19.4	N.D	20.5 ±6.3	8.0 ±0.2	N.D	
		분쇄후 (배추)	87.8	20.2 ±0.0	N.D	N.D	52.0 ±4.4	156.6 ±8.1	14.2 ±2.1	N.D	12.2 ±2.8	1.9 ±0.4	N.D	
	여 주	일심영 농조합 법인	정선후 (치킨무)	93.3	15.4 ±0.0	N.D	N.D	79.3 ±13.4	134.8 ±3.2	92.2 ±1.6	N.D	26.3 ±5.8	0.7 ±0.2	N.D
			분쇄후 (치킨무)	92.2	12.8 ±0.0	N.D	N.D	108.6 ±28.0	142.4 ±14.5	65.7 ±12.1	N.D	45.0 ±18.4	0.7 ±0.3	N.D

N.D : Not detectable.

표 2-2 여름철 배추·무 가공부산물 일반성분 분석 및 중금속 분석(계속)

지역	업체명	시료명	일반성분 분석				원소분석							
			수분 %(DM)	CP	As	Cd	Cr	중금속 분석						
								Al	Zn	Pb	Ni	Cu	Hg	
충청북도	청주 산수야	정선후(배추)	94.7	27.2 ±0.0	N.D	N.D	67.6 ±4.9	178.8 ±4.4	26.1 ±9.3	N.D	17.7 ±3.4	2.2 ±0.2	N.D	
		절입후(배추)	87.9	18.0 ±0.0	N.D	N.D	61.7 ±3.3	135.8 ±24.1	46.8 ±7.2	N.D	15.2 ±2.7	3.0 ±0.2	N.D	
	태성김치	정선후(배추)	94.1	20.8 ±0.0	N.D	N.D	36.1 ±0.7	403.9 ±17.3	11.9 ±6.9	N.D	3.7 ±1.4	N.D	0.2	
		절입후(배추)	89.7	17.3 ±0.0	N.D	N.D	81.5 ±10.6	77.9 ±14.2	2.8 ±0.0	N.D	31.0 ±10.1	0.2 ±0.0	N.D	
	제천	분쇄후(배추)	86.4	20.5 ±0.0	N.D	N.D	70.8 ±7.9	331.7 ±5.6	45.2 ±0.0	N.D	36.0 ±5.8	1.3 ±0.1	N.D	
		정선후(배추)	93.9	21.5 ±0.0	N.D	N.D	67.5 ±3.5	281.3 ±8.9	30.7 ±9.5	N.D	16.5 ±1.3	0.3 ±0.0	N.D	
	들빛식품	절입후(배추)	86.8	14.2 ±0.0	N.D	N.D	81.3 ±5.9	199.0 ±41.7	30.6 ±0.0	N.D	22.5 ±4.1	0.2 ±0.1	0.1	
		분쇄후(배추)	82.7	17.0 ±0.0	N.D	N.D	62.2 ±6.3	130.3 ±8.1	22.1 ±15.4	N.D	14.5 ±4.4	2.3 ±0.1	0.1	
	음성	오월의김치	정선후(배추)	95.7	17.8 ±0.0	N.D	N.D	49.4 ±5.1	604.7 ±69.9	54.2 ±3.6	N.D	21.3 ±4.7	0.9 ±0.2	N.D
			절입후(배추)	92.6	22.6 ±0.0	N.D	N.D	56.0 ±5.5	777.2 ±70.1	109.9 ±32.7	N.D	24.4 ±3.8	4.2 ±0.1	N.D
	충청남도	논산 김치쿨	정선후(무)	95.2	14.4 ±0.0	N.D	N.D	48.5 ±4.1	460.0 ±20.5	74.1 ±0.4	N.D	19.5 ±3.3	3.0 ±0.1	N.D
			으뜸엘엔에스(무절임)	92.6	7.5 ±0.0	N.D	N.D	54.3 ±15.3	212.7 ±17.9	16.4 ±0.2	N.D	32.5 ±4.4	0.5 ±0.2	N.D
천안 성가네김치		정선후(배추)	95.7	22.4 ±0.0	N.D	N.D	71.9 ±3.3	428.1 ±18.5	81.6 ±9.4	N.D	22.0 ±1.9	1.7 ±0.6	0.1	
		절입후(배추)	91.3	16.3 ±0.0	N.D	N.D	37.3 ±2.1	48.4 ±1.7	19.0 ±4.5	N.D	1.7 ±0.3	1.2 ±0.0	0.1	
		정선후(무)	94.2	17.1 ±0.0	N.D	N.D	74.3 ±6.2	783.3 ±43.7	32.4 ±5.9	N.D	25.4 ±0.6	3.1 ±0.2	0.9	

N.D : Not detectable.

표 2-2 여름철 배추·무 가공부산물 일반성분 분석 및 중금속 분석(계속)

지역	업체명	시료명	일반성분 분석		원소분석									
			수분 %(DM)	CP	중금속 분석									
					As	Cd	Cr	Al	Zn	Pb	Ni	Cu	Hg	
경상북도	구미 (주)싱싱식품	정선후 (배추)	94.5	16.7 ±0.0	N.D	N.D	94.2 ±17.1	568.1 ±10.9	42.8 ±0.4	N.D	40.5 ±14.0	2.9 ±0.4	N.D	
		절임후 (배추)	91.6	17.5 ±0.0	N.D	N.D	68.1 ±1.9	90.1 ±2.1	11.3 ±6.0	N.D	15.4 ±1.3	1.3 ±0.1	N.D	
	문경 (주)두메식품	정선후 (무절임)	91.4	3.3 ±0.0	N.D	N.D	91.1 ±2.6	238.3 ±12.4	10.4 ±2.6	N.D	32.0 ±2.4	1.4 ±0.1	N.D	
		(주)다모	정선후 (배추)	94.2	23.0 ±0.0	N.D	N.D	71.9 ±2.3	340.7 ±5.9	69.9 ±3.6	N.D	23.6 ±2.6	4.0 ±0.2	N.D
	칠곡	예은식품	분쇄후 (무)	91.8	12.9 ±0.0	N.D	N.D	78.5 ±3.9	63.6 ±2.8	85.3 ±8.2	N.D	27.5 ±1.3	0.7 ±0.3	N.D
			민속식품	분쇄후 (무)	92.9	9.4 ±0.0	N.D	N.D	93.4 ±42.0	106.0 ±15.3	48.1 ±1.3	N.D	17.9 ±4.0	0.6 ±0.1
경상남도	거창 덕유농산	분쇄후 (배추)	90.7	17.9 ±0.0	N.D	N.D	95.6 ±2.6	492.2 ±14.7	88.4 ±8.5	N.D	105.6 ±7.7	8.9 ±0.1	0.1	
		분쇄후 (무)	87.3	20.0 ±0.0	N.D	N.D	80.3 ±2.2	215.1 ±2.6	53.7 ±7.5	N.D	37.5 ±2.1	5.2 ±0.1	N.D	
	창원 남경식품	분쇄후 (정선배추)	89.1	20.4 ±0.0	N.D	N.D	72.5 ±0.4	347.8 ±8.4	42.0 ±4.2	N.D	20.9 ±0.4	7.8 ±0.1	N.D	
		분쇄후 (절임배추)	86.4	15.9 ±0.0	N.D	N.D	90.9 ±2.4	97.5 ±3.1	18.6 ±10.8	N.D	29.7 ±1.5	5.0 ±0.1	N.D	
	김해	(주)제이엠푸드	분쇄후 (배추)	79.5	17.9 ±0.0	N.D	N.D	97.2 ±7.6	123.9 ±13.1	95.4 ±1.6	N.D	38.3 ±3.9	4.0 ±0.1	0.1
			(주)고려냉장식품	절임후 (배추)	92.2	13.1 ±0.0	N.D	N.D	96.0 ±14.2	105.1 ±7.5	65.7 ±1.4	N.D	40.3 ±0.0	5.7 ±0.6
김해	(주)대광에프앤지	분쇄후 (배추)	80.0	8.9 ±0.0	N.D	N.D	74.4 ±10.9	148.8 ±10.6	61.9 ±4.9	N.D	31.1 ±6.7	1.1 ±0.1	N.D	
		분쇄후 (배추)	89.6	16.7 ±0.0	N.D	N.D	114.2 ±48.9	111.9 ±43.2	73.6 ±4.4	N.D	30.5 ±7.5	4.6 ±1.4	N.D	

N.D : Not detectable.

- 여름 배추·무 가공부산물의 공정별 일반성분 분석 및 중금속 분석 결과

모든 공정별 부산물의 중금속 분석에서는 As, Cd과 Pb은 검출되지 않았으며, Hg의 경우 시료 52개 중 시료 40개가 검출되지 않았다. 그 외 12개 시료의 Hg함량은 0.1~9mg/kg 사이로 “비료공정규격”의 [표2-2] No.02 퇴비 규격에서 제시한 Hg(2mg/kg이하)함량 기준치에 적합하였다.

- 모든 공정별 부산물에서 Cr, Cu, Zn는 비료공정규격에 제시된 기준치에 적합하였으나, 공정별 부산물 중 덕유농산 업체의 분쇄 후 가공부산물에서 Ni의 함량이 105.6mg/kg으로 Ni(45mg/kg이하) 기준치 함량을 초과하였고 그 외 업체들의 가공부산물은 1.7~45mg/kg사이로 Ni(45mg/kg이하)함량 기준치에 적합하였다.

마. 봄철 배추·무 가공부산물 비중금속 분석
 표 2-3 봄철 배추·무 가공부산물 비중금속 분석

지역	업체명	시료명	원소분석				
			비중금속 분석				
			Na	Ca	P	N	K
----- mg/kg(DM) -----							
강 원 도	정푸드	분쇄후 (배추)	52,176.7 ±509.0	5,469.8 ±54.0	4,424.9 ±63.7	28,671.5 ±1,239.3	20,887.9 ±187.5
		정선후 (배추)	73,414.9 ±3112.3	13,829.6 ±599.9	4,704.8 ±186.1	24,092.1 ±409.7	36,561.4 ±1561.3
	(주)대일식품	절임후 (배추)	102,762.3 ±608.3	8,407.4 ±76.8	6,048.2 ±637.1	23,478.2 ±2,835.5	37,632.5 ±207.3
		분쇄후 (배추)	44,019.3 ±304.1	12,594.8 ±246.1	5,774.0 ±7.2	30,785.8 ±1,032.4	37,606.3 ±227.9
	(주)김채	정선후 (배추)	6,946.7 ±63.3	25,248.7 ±193.5	7,299.6 ±148.4	27,897.3 ±2,710.9	53,594.4 ±222.7
		절임후 (배추)	122,533.1 ±304.8	10,568.9 ±60.7	4,832.8 ±165.8	18,269.6 ±1,383.2	34,753.9 ±80.0
		분쇄후 (배추)	61,940.5 ±537.3	5,334.9 ±73.8	5,201.9 ±128.4	28,062.1 ±1,322.3	24,776.1 ±294.7
		정선후 (배추)	20,745.0 ±158.3	20,307.3 ±130.8	6,170.1 ±95.4	34,664.2 ±3,033.6	51,109.2 ±246.3
경 기 도	새빛촌	절임후 (배추)	199,276.2 ±3085.2	3,636.5 ±87.3	3,010.8 ±85.7	18,413.8 ±1,374.9	16,586.8 ±85.0
		혼합	111,940.9 ±2974.0	4,548.1 ±139.1	6,245.4 ±232.3	28,809.9 ±583.7	29,999.7 ±572.6
		정선후 (배추)	7,520.5 ±258.6	25,714.9 ±190.6	6,514.4 ±194.0	28,065.0 ±743.5	50,011.8 ±568.6
	일품김치	절임후 (배추)	82,225.6 ±716.8	7,852.8 ±33.4	5,063.8 ±157.4	23,359.7 ±2,375.0	32,019.6 ±278.3
		늘푸른	절임후 (배추)	88,946.0 ±424.2	16,187.3 ±814.8	5,264.6 ±96.3	21,861.2 ±1,898.9
	선농식품	정선후 (배추)	157,184.0 ±878.4	6,928.1 ±31.5	4,159.6 ±25.6	20,291.2 527.5	23,213.0 ±395.2
		절임후 (배추)	240,867.3 ±4127.5	4,668.0 ±115.00	2,948.2 ±100.4	14,175.0 ±379.7	14,848.8 ±337.1
		분쇄후 (배추)	81,046.5 ±811.8	5,498.4 ±42.8	4,295.9 ±69.9	20,764.1 ±1,072.0	20,524.0 ±221.9
화성	정선후 (배추)	11,324.9 ±63.8	16,404.4 ±260.5	6,405.0 ±390.1	28,695.1 ±1,834.0	61,575.5 ±1134.1	
	무지개식품	절임후 (배추)	82,385.1 ±740.3	7,519.8 ±3.3	5,351.0 ±185.5	24,403.9 ±1,068.7	35,555.1 ±349.6
		분쇄후 (배추)	4,908.5 ±118.5	16,163.6 ±30.6	6,478.7 ±141.2	26,766.3 ±2,259.9	43,325.5 ±904.9
	여주 일심영농조 합법인	정선후 (치킨무)	3,680.0 ±109.4	5,920.7 ±110.0	3,284.4 ±105.6	18,158.2 ±1,014.1	32,451.1 ±133.4
분쇄후 (치킨무)		3,338.9 ±149.2	5,679.9 ±105.3	3,197.5 ±19.6	15,775.2 ±1,386.5	34,260.5 ±215.7	

표 2-3 봄철 배추·무 가공부산물 비중금속 분석(계속)

지역	업체명	시료명	원소분석						
			비중금속 분석						
			Na	Ca	P	N	K		
----- mg/kg(DM) -----									
충 청 북 도	청주	산수야	정선후 (배추)	4,066.9 ±70.4	30,129.3 ±314.2	8081.2 ±81.8	34,659.0 ±2,006.7	57,959.7 ±555.8	
			절입후 (배추)	104,770.0 ±587.7	6,901.2 ±79.5	6,138.7 ±116.4	30,251.1 ±2,969.3	37,723.0 ±204.4	
	청주	청주골김치	정선후 (배추)	4,253.9 ±56.3	16,446.0 ±161.8	6,125.0 ±80.2	29,222.2 ±1,552.1	53,677.8 ±455.9	
			분쇄후 (배추)	51,852.5 ±245.4	7,517.2 ±90.9	4,658.9 ±140.5	26,528.3 ±1,135.1	21,934.4 ±81.1	
	충 청 남 도	제천	태성김치	정선후 (배추)	9,547.5 ±126.1	27,358.3 ±254.1	4,812.9 ±322.3	30,238.1 ±835.8	38,351.3 ±630.1
				절입후 (배추)	90,186.3 ±406.6	8,212.8 ±100.9	4,908.1 ±118.6	22,990.9 ±760.1	29,521.4 ±238.4
제천		들빛식품	분쇄후 (배추)	72,183.4 ±1123.9	7,673.4 ±76.9	4,583.1 ±196.6	26,337.8 ±3,930.3	21,383.8 ±188.7	
			정선후 (배추)	5,212.6 ±184.3	27,035.7 ±256.1	7,406.7 ±138.9	29,346.9 ±638.9	31,826.9 ±1175.8	
음성		오월의김치	분쇄후 (배추)	96,924.8 ±102.3	8,200.6 ±45.5	4,460.8 ±238.4	19,889.6 ±2,593.7	18,990.3 ±188.5	
			정선후 (배추)	6,467.9 ±521.9	27,321.9 ±287.0	6,909.5 ±241.9	37,316.7 ±2,837.9	49,816.7 ±625.0	
충 청 남 도	논산	김치쿨	절입후 (배추)	88,828.7 ±671.4	4,854.7 ±78.8	4,848.2 ±98.6	23,352.5 ±4,515.7	28,263.9 ±183.3	
			정선후 (무)	5,045.0 ±84.1	6,510.5 ±46.9	5,342.1 ±243.0	22,968.3 ±1,172.6	46,991.6 ±535.2	
	천안	성가네김치	정선후 (배추)	24,153.2 ±32.2	16,935.3 ±113.2	7,733.7 ±51.1	31,774.6 ±3,340.9	45,961.3 ±142.7	
			절입후 (배추)	42,330.8 ±172.7	7,657.4 ±142.6	6,305.0 ±79.8	29,311.7 ±3707.9	31,684.7 ±179.7	
	천안	새동네	정선후 (무)	5,884.5 ±147.8	6,482.2 ±112.3	3,354.2 ±40.4	17,531.9 ±389.8	31,124.0 ±505.1	
			정선후 (배추)	75,151.9 ±1151.3	16,647.7 ±65.9	4,846.4 ±52.4	26,496.2 ±138.0	32,039.3 ±532.1	
천안	새동네	절입후 (배추)	109,690.6 ±209.1	10,573.3 ±63.4	4,947.6 ±90.0	20,144.4 ±923.9	41,770.7 ±81.8		

표 2-3 봄철 배추·무 가공부산물 비중금속 분석(계속)

지역	업체명	시료명	원소분석					
			비중금속 분석					
			Na	Ca	P	N	K	
----- mg/kg(DM) -----								
경상북도	구미 (주)싱싱식품	정선후 (배추)	3,203.9 ±23.0	54,094.2 ±426.0	5,200.8 ±33.1	31,333.8 ±1,984.6	32,850.4 ±149.8	
		절입후 (배추)	150,286.7 ±2418.0	7,336.9 ±75.1	3,596.4 ±62.3	23,966.9 ±1,507.1	20,093.4 ±222.2	
	문경 (주)두메식품	정선후 (무절입)	104,625.6 ±420.5	2,799.7 ±41.3	1,227.0 ±29.9	8,814.6 ±472.3	3,609.5 ±36.8	
		의성 (주)다모	정선후 (배추)	2,711.7 ±136.5	26,693.8 ±179.2	7,565.9 ±643.6	39,964.4 ±1,099.2	56,961.8 ±535.6
	절입후 (배추)		92,758.6 ±191.9	3,641.1 ±23.7	5,910.5 ±109.4	34,488.7 ±1,930.4	30,827.0 ±283.0	
	칠곡 예은식품	분쇄후 (무)	4,517.0 ±111.2	5,562.1 ±50.6	4,666.9 ±340.5	14,535.3 ±193.3	28,912.7 ±238.2	
	경산 민속식품	분쇄후 (무)	5,062.0 ±109.7	6,214.6 ±31.2	3,652.2 ±363.3	16,023.2 ±1,508.8	24,148.3 ±232.5	
		거창 덕유농산	분쇄후 (배추)	71,172.3 ±879.4	5,350.4 ±49.8	6,499.5 ±377.5	35,988.2 ±966.8	24,038.6 ±165.5
	창원 남경식품		분쇄후 (무)	71,839.7 ±363.2	5,111.5 ±31.0	6,414.5 ±663.6	33,590.9 ±1,310.0	24,394.3 ±391.7
			절입후 (배추)	116,915.6 ±611.5	4,091.1 ±21.8	6,176.3 ±130.1	28,681.1 ±2,324.5	30,286.6 ±168.0
	경상남도	(주)제이엠티드	분쇄후 (배추)	122,924.5 ±796.0	5,729.2 ±130.7	5,669.9 ±318.8	22,736.8 ±2,861.5	26,081.1 ±58.2
			분쇄후 (배추)	90,206.8 ±332.8	15,596.6 ±12.8	5,526.0 ±102.7	26,597.1 ±1,022.4	11,298.2 ±64.4
(주)고려냉장식품		절입후 (배추)	62,310.3 ±324.4	2,812.9 ±31.5	6,863.5 ±335.5	38,862.8 ±824.8	25,920.7 ±167.4	
		분쇄후 (배추)	3,314.4 ±59.6	23,235.9 ±179.1	4,731.5 ±141.2	28,170.6 ±313.4	25,613.3 ±234.2	
김해 (주)대광에프앤지		정선후 (무)	8,131.7 ±8.6	7,339.8 ±84.6	3,914.4 ±17.3	15,654.4 ±1,598.6	56,362.1 ±255.6	
		정선후 (배추)	7,141.8 ±29.1	24,533.5 ±123.3	7,356.7 ±436.56	37,383.8 ±3,105.6	43,957.9 ±763.5	
		분쇄후 (배추)	33,556.8 ±291.7	11,146.4 ±53.5	4,357.5 ±78.7	38,259.1 ±7,137.0	19,184.0 ±278.1	

- 봄철 배추·무 가공부산물의 비중금속 분석 결과

봄철 배추 가공업체의 가공 부산물 중 정선후 발생하는 부산물의 Na, Ca, P, N, K함량은 평균값으로 각각 23,042.2mg/kg, 24,119.94mg/kg, 6,439.17mg/kg, 31,156.7mg/kg, 45,527.1mg/kg으로 나타났으며, 절임후 발생하는 부산물의 Na, Ca, P, N, K함량은 평균값으로 각각 111,067.1mg/kg, 7,182.63mg/kg, 5,138.4mg/kg, 24,750.7mg/kg, 30,328.9mg/kg이다. 분쇄후의 발생하는 부산물의 Na, Ca, P, N, K함량은 평균값으로 각각 58,001.7mg/kg, 9,492.9mg/kg, 5,094.7mg/kg, 27,746.68mg/kg, 25,362.1mg/kg이고, 새빛촌 업체의 배추·무 혼합 부산물의 Na, Ca, P, N, K함량은 111940.9mg/kg 4,548.0mg/kg, 6,245.4mg/kg 28,809.9mg/kg 29,999.7mg/kg이다.

- 봄철 무 가공 부산물 중 정선후 발생하는 부산물의 Na, Ca, P, N, K함량은 평균값으로 각각 5,685.3mg/kg, 6,563.3mg/kg, 3,973.78mg/kg, 18,578.20mg/kg, 41,732.2이며, 분쇄후의 발생하는 부산물의 Na, Ca, P, N, K함량은 평균값으로 각각 27,139.6mg/kg, 5,629.4mg/kg, 4,911.2mg/kg, 21,383.1mg/kg, 25,818.4mg/kg이다. 단무지 업체인 두메식품에서 정선후 부산물의 Na, Ca, P, N, K함량은 각각 104,625.6mg/kg 2,799.7mg/kg 1,227.0mg/kg 8,814.6mg/kg 3,609.5mg/kg이다.

바. 여름철 비중금속 분석

표 2-4 여름철 배추·무 가공부산물 비중금속 분석

지역	업체명	시료명	원소분석					
			비중금속 분석					
			Na	Ca	P	N	K	
----- mg/kg(DM) -----								
강 원 도	정푸드	정선후 (배추)	1,023.4 ±72.6	45,348.2 ±373.6	5,357.6 ±413.1	33,716.5 ±3356.4	63,596.8 ±736.3	
		절입후 (배추)	97,611.4 ±1430.1	9,304.4 ±116.6	6,227.7 ±75.7	25,842.9 ±1005.8	35,926.0 ±368.9	
		분쇄후 (배추)	378.5 ±68.8	26,250.0 ±219.2	4,410.5 ±10.4	29,042.5 ±2,619.4	35,003.1 ±85.0	
		(주)대일식 품	정선후 (배추)	57,453.4 ±1,916.3	16,636.2 ±59.4	5,915.5 ±37.9	31,058.6 ±1,971.7	64,300.1 ±1407.7
			절입후 (배추)	69,080.9 ±248.5	6,986.4 ±57.1	6,533.9 ±69.5	28,595.6 ±2,283.4	40,599.7 ±263.0
			분쇄후 (배추)	66,184.8 ±176.0	9,039.4 ±166.3	5,469.1 ±30.7	16,679.3 ±623.8	32,095.9 ±53.5
	(주)김채	정선후 (배추)	5,187.8 ±81.9	35,574.5 ±163.9	7,262.8 ±330.3	41,180.4 ±316.5	70,010.0 ±783.8	
		절입후 (배추)	88,408.3 ±1,143.5	10,839.3 ±117.3	5,129.3 ±159.0	30,309.3 ±1,080.8	35,604.0 ±742.6	
		분쇄후 (배추)	47,764.9 ±360.7	8,281.2 ±97.8	5,212.7 ±93.6	32,955.8 ±259.1	19,723.9 ±155.5	
	안 성	새빛촌	정선후 (배추)	144,819.4 ±1,730.5	10,093.6 ±128.8	3,557.5 ±34.5	25,378.6 ±1731.2	42,066.3 ±303.8
			절입후 (배추)	61,851.1 ±162.4	6,198.5 ±30.3	6,208.7 ±133.0	19,739.6 ±176.9	37,657.7 ±86.1
			혼합	117,348.8 ±199.2	4,961.0 ±192.4	7,135.7 ±247.8	32,725.9 ±2,935.2	32,648.6 ±598.1
일품김치		정선후 (배추)	3,943.2 ±99.5	31,150.3 ±277.9	5,836.5 ±97.5	34,884.0 ±1,591.7	72,628.5 ±755.2	
		절입후 (배추)	78,749.4 ±892.6	8,552.7 ±107.2	3,734.9 ±111.2	36,907.7 ±1,532.8	14,337.6 ±48.2	
늘푸른		정선후 (배추)	108,559.5 ±770.2	17,665.2 ±65.5	4,618.1 ±48.6	7,271.8 ±788.0	46,519.6 ±350.3	
		선농식품	정선후 (배추)	13,736.3 ±89.9	42,880.7 ±412.2	7,657.0 ±1309.2	39,429.5 ±1899.0	61,957.2 ±913.7
절입후 (배추)			71,391.8 ±265.7	10,817.5 ±49.3	6,091.8 ±178.9	28,714.0 ±65.0	35,750.6 ±296.0	
분쇄후 (배추)			22,243.4 ±413.5	13,426.8 ±201.3	4,925.4 ±258.3	22,658.4 ±571.5	21,498.2 ±348.4	
경 기 도	무지개식 품	정선후 (배추)	1,448.3 ±27.5	24,416.3 ±163.9	5,957.6 ±254.8	40,365.9 ±2940.4	53,294.7 ±871.5	
		절입후 (배추)	82,622.0 ±323.4	5,937.1 ±77.0	5,253.3 ±101.4	9,823.5 ±546.4	17,721.6 ±77.3	
		분쇄후 (배추)	20,546.8 ±132.8	14,242.3 ±135.3	4,110.9 ±77.6	32,315.7 ±1,212.1	26,518.7 ±71.6	
	여 주	정선후 (치킨무)	6,800.0 ±30.3	4,559.8 ±92.2	5,187.1 ±130.3	24,591.5 ±1,214.0	71,377.8 ±819.1	
		조합법인	정선후 (치킨무)	4,641.4 ±15.8	5,264.4 ±108.8	3,415.7 ±108.0	20,546.3 ±1,592.2	45,180.2 ±650.7
			분쇄후 (치킨무)					

표 2-4 여름철 배추·무 가공부산물 비중금속 분석(계속)

지역	업체명	시료명	원소분석				
			비중금속 분석				
			Na	Ca	P	N	K
----- mg/kg(DM) -----							
청주	산수야	정선후 (배추)	10,512.5 ±75.4	29,308.0 ±327.9	7,097.2 ±120.6	43,528.2 ±925.6	69,088.6 ±589.7
		절입후 (배추)	122,552.0 ±115.7	7,546.0 ±23.4	3,909.0 ±76.9	28,771.6 ±946.6	23,854.5 ±209.5
충청북도	태성김치	정선후 (배추)	3,988.6 ±19.2	53,273.4 ±765.3	5,546.7 ±201.6	33,267.6 ±695.4	56,837.6 ±844.7
		절입후 (배추)	113,392.1 ±1674.0	15,354.1 ±244.0	4,473.2 ±126.4	27,731.7 ±1,873.7	30,006.4 ±5.9
		분쇄후 (배추)	2,897.0 ±17.3	41,015.4 ±372.5	6,224.6 ±125.6	32,857.0 ±194.3	24,409.1 ±123.5
	들빛식품	정선후 (배추)	4,062.2 ±37.4	31,602.5 ±427.6	7,500.3 ±409.3	34,478.7 ±1,157.6	55,118.1 ±1550.0
		절입후 (배추)	174,763.1 ±1511.2	15,212.1 ±86.1	3,552.6 ±25.2	22,726.8 ±103.7	31,626.3 ±280.3
		분쇄후 (배추)	111,220.5 ±1207.7	12,831.2 ±194.3	5,260.5 ±138.9	27,204.6 ±369.2	26,654.8 ±308.6
음성	오월의김치	정선후 (배추)	1,401.1 ±25.6	24,451.7 ±499.3	8,318.5 ±549.2	28,446.7 ±1,563.7	76,617.1 ±861.8
		절입후 (배추)	83,711.1 ±852.2	6,624.0 ±44.0	6,616.6 ±39.6	36,142.2 ±294.7	20,120.4 ±105.1
논산	김치쿨	정선후 (무)	2,035.6 ±76.4	8,370.7 ±167.4	8,473.6 ±290.5	22,965.7 ±506.7	93,647.7 ±111.7
		정선후 (무절입)	189,978.9 ±181.1	2,866.7 ±4.7	3,011.9 ±83.9	11,996.7 ±298.2	8,107.4 ±130.2
충청남도	천안	정선후 (배추)	13,436.9 ±31.9	33,524.5 ±72.6	6,637.7 ±203.6	35,901.0 ±3,115.5	56,429.0 ±1076.6
		정선후 (무)	3,725.3 ±102.2	9,096.7 ±145.9	6,534.5 ±82.4	27,404.2 ±2,554.7	87,376.9 ±418.2
	성가네김치	정선후 (배추)	101,007.1 ±136.4	8,939.5 ±129.4	4,936.2 ±50.8	26,115.0 ±1,736.1	33,533.3 ±180.6
		정선후 (무)	3,725.3 ±102.2	9,096.7 ±145.9	6,534.5 ±82.4	27,404.2 ±2,554.7	87,376.9 ±418.2

표 2-4 여름철 배추·무 가공부산물 비중금속 분석(계속)

지역	업체명	시료명	원소분석					
			비중금속 분석					
			Na	Ca	P	N	K	
----- mg/kg(DM) -----								
경상북도	구미	(주)싱싱식품	정선후	1,370.8	37,913.9	6,771.2	26,651.3	59,853.4
			(배추)	±26.2	±142.8	±82.1	±932.9	±604.5
	문경	(주)두메식품	절입후	123,307.4	13,246.4	5,236.1	27,954.3	38,047.5
			(배추)	±300.1	±89.2	±50.3	±1,897.5	±282.3
	의성	(주)다모	정선후	180,431.7	2,112.7	1,098.8	5,239.9	2,896.9
			(무절입)	±87.9	±49.8	±27.5	±538.4	±52.4
	칠곡	예은식품	정선후	883.5	28,624.7	8,235.6	36,740.4	58,432.3
			(배추)	±52.2	±464.2	±249.7	±5,340.7	±202.2
	경산	민속식품	분쇄후	2197.6	8282.6	4,884.0	20,678.3	36,749.3
			(무)	±42.6	±124.2	±167.9	±474.7	±615.2
경상남도	거창	덕유농산	분쇄후	1622.1	5476.4	3,695.4	14,983.9	43,097.6
			(무)	±49.4	±76.6	±43.8	±363.5	±562.3
			분쇄후	23500.3	12281.3	5,193.8	28,582.4	12,182.8
			(배추)	±109.9	±57.5	±65.8	±629.3	±138.2
	창원	남경식품	분쇄후	1345.7	20796.2	5,596.6	32,011.6	23,295.4
			(무)	±12.8	±311.5	±125.9	±2,610.3	±88.8
			분쇄후	49808.8	27629.1	4,890.7	32,629.7	31,982.3
			(정선배추)	±278.8	±149.6	±54.1	±1,376.9	±122.2
			분쇄후	105950.3	9822.2	3,909.7	25,420.3	20,156.0
			(절입배추)	±541.3	±98.1	±59.6	±310.7	±224.5
김해	(주)제이엠푸드	분쇄후	69418.8	12963.9	4,017.5	28,660.6	20,531.6	
		(배추)	±394.3	±58.9	±63.1	±1,196.6	±46.6	
		절입후	63999.0	3784.6	6,141.5	20,939.6	21,960.5	
		(배추)	±920.5	±68.2	±93.7	±6,057.8	±261.8	
김해	(주)고려냉장식품	분쇄후	1715.5	31898.4	4,808.3	14,307.0	18,337.4	
		(배추)	±45.2	±463.9	±103.0	±398.9	±328.1	
		분쇄후	20372.3	9770.1	4,109.1	26,773.6	29,978.2	
김해	(주)대광에프엔지	(배추)	±449.4	±211.6	±54.9	±900.2	±427.4	

- 여름철 배추·무 가공부산물의 비중금속 분석 결과

여름철 배추 가공업체의 가공 부산물 중 정선후 발생하는 부산물의 Na, Ca, P, N, K 함량은 평균값으로 각각 18,804.8mg/kg, 31,771.3mg/kg, 6,546.6mg/kg, 34,644.81mg/kg, 61,445.0mg/kg으로 나타났으며, 절입후 발생하는 부산물의 Na, Ca, P, N, K 함량은 평균값으로 각각 96,067.1mg/kg, 9,800.5mg/kg, 5,244.2mg/kg, 25,172.4mg/kg, 30,884.4mg/kg이다. 분쇄후의 발생하는 부산물의 Na, Ca, P, N, K 함량은 평균값으로 각각 39,381.9mg/kg, 18,040.6mg/kg, 4,877.1mg/kg, 26,785.5mg/kg, 24,878.4mg/kg이고, 새빛촌 업체의 배추·무 혼합 부산물의 Na, Ca, P, N, K 함량은 117,348.8mg/kg 4,961.0mg/kg, 7,135.7mg/kg 32,725.9mg/kg 32,648.6mg/kg이다.

- 여름철 무 가공 부산물 중 정선후 발생하는 부산물의 Na, Ca, P, N, K 함량은 평균값

으로 각각 4,186.97mg/kg, 7,342.4mg/kg, 6,731.73mg/kg, 24,987.13mg/kg 84,134.13mg/kg이며, 분쇄후의 발생하는 부산물의 Na, Ca, P, N, K함량은 평균값으로 각각 2,451.7mg/kg, 9,954.9mg/kg, 4,397.9mg/kg, 22,055.0mg/kg, 37,080.6mg/kg이다. 단무지 업체의 정선후 Na, Ca, P, N, K함량은 평균값으로 각각 185,205.3mg/kg 2,489.7mg/kg 2,055.3mg/kg 8,618.3mg/kg 5,502.2mg/kg이다.

(2) 배추·무 부산물의 전처리·저장 방법별 및 물리화학적 특성변화 분석

- 수분함량이 90%이상인 배추부산물을 폐기 처리하는데 있어서 쓰레기 매립장까지 운반도중, 또는 저장 동안 많은 배즙액이 배출되고, 특히 여름철에는 부패가 금방 일어나 환경오염에도 많은 문제점을 야기함.
- 배추·무 부산물을 사일리지화는 배즙액에 대한 수분 문제 해결 및 저장성 향상 등 환경오염방지를 위한 대책으로서 필요함.

표 2-5 배추부산물+미강혼합 발효사일리지의 일반성분

구분	CP	EE	CF	Ash	NDF	ADF	NFC	TDN
함량(%)	18.4	20.9	14.6	11.5	31.3	16.9	34.6	73.2

자료 : 농사로(www.nongsaro.go.kr). 김현섭. 배추부산물 발효사일리지 착유우 급여효과 (2003)

표 2-6 배추부산물 사일리지 품질

구분	pH	Lactae	Butyrate	NH3-N/T-N	간이품질평가
함량	4.0	1.15	1.25	1.83	우수

자료 : 농사로(www.nongsaro.go.kr). 김현섭. 배추부산물 발효사일리지 착유우 급여효과 (2003)

- 표2-5는 배추 부산물과 미강(벧짚)을 7:3으로 배합하여 수분함량이 65%로 하여 발효사일리지의 일반성분 및 품질 분석한 결과이다. 간이품질평가에서 우수하며 수분함량 또한 저감함으로 배추·무를 이용한 퇴비화를 하고자 할 때 수분 조절 및 저장성에 있어서 용이할 것으로 판단된다.

○ 배추·무 부산물 사일리지 제조

- (주)한울에서 발생한 배추·무 정선과정과 절임과정에서 발생한 부산물을 혼합하여 분쇄 및 탈수 과정을 거친 부산물을 이용하여 사일리지를 제조함.
- 그림2-1은 부산물을 임시저장, 분쇄, 탈수, 이송과정의 사진으로 분쇄 탈수 과정을 거친 부산물은 가래떡 모양으로 지름이 약 80mm 임.
- 분쇄 탈수 과정을 거친 배추·무 부산물 58.25%와 귀리박 41.75%를 혼합하였고, 유용 미생물첨가제 (*Lactobacillus casei*, *Lactobacillus plantanum*, *Lactobacillus*

acidophilus, *Lactobacillus fermentum*)는 1차로 MRS 배지를 이용하여 24시간 동안 36° C에서 계대배양을 실시함.

- 배양이 끝난 유용 미생물은 액상상태로 사일리지 조제 당일에 골고루 분무기를 이용하여 건물기준 2%를 첨가함.
- 1차로 2겹의 비닐백에 넣어 펌프를 이용하여 공기를 제거 후 사일로 대체용으로 진공밀 폐용기에 상온조건으로 15일 동안 보관하여 배추·무 부산물 사일리지를 조제함.



그림 2-1 부산물 파쇄, 압착 및 이송



그림 2-2 사일리지(분쇄 탈수 후 배추 부산물+귀리박)



그림 2-3 사일리지 입자

- 그림 2-3의 왼쪽 사진은 사일리지 중 배추 부산물과 귀리박이 뭉쳐진 상태로 입자크기가 작은 것은 길이는 약 10mm, 굵기는 6mm 이고, 입자가 큰 것은 길이가 약 40mm, 굵기는 약 20mm 임.
- 그림 2-3의 오른쪽 사진은 사일리지 중 배추 부산물로 길이가 작은 것은 2~3mm, 긴

것은 약 22mm였고 굵기는 1~3mm 정도 임.

표 2-7 사일리지 및 톱밥의 일반성분 분석 및 중금속 분석

시료명	일반성분		원소분석								
	수분	CP	중금속 분석								
			As	Cd	Cr	Al	Zn	Pb	Ni	Cu	Hg
-- %(DM) --		----- mg/kg(DM) -----									
사일리지 (귀리+배추)	58.2	9.7 ±0.0	N.D	N.D	54.3 ±0.5	206.9 ±13.8	50.5 ±4.5	N.D	184.2 ±1.2	6.9 ±0.2	0.1
톱밥	79.1	1.0 ±0.0	N.D	N.D	45.1± 2.8	67.2 ±1.0	9.8 ±5.2	N.D	17.2 ±2.4	1.9 ±0.3	0.1



그림 2-3 국제축산 퇴비장의 톱밥

○ 분석에 사용된 톱밥은 축산분뇨(돈분뇨)와 톱밥을 원료로 퇴비를 만드는 시설이 있는 안성시 일죽면에 위치한 국제축산 영농 조합의 퇴비장에서 시료를 채취하여 수분 함량 및 중금속 함량을 분석하였다.

표 2-8 사일리지 및 톱밥의 비중금속 분석

시료명	원소분석				
	비중금속 분석				
	Na	Ca	P	N	K
----- mg/kg(DM) -----					
사일리지 (귀리+배추)	15591.9 ±378.5	6947.0 ±96.6	2799.8 ±95.3	15563.4 ±1133.6	15844.0 ±335.4
톱밥	2.2 ±0.0	690.1 ±22.8	60.5 ±1.7	1542.8 ±707.5	396.5 ±18.7

○ 배추부산물 및 귀리를 이용한 발효 사일리지의 경우 수분함량을 58%로 조절하여 15일간 숙성시킨 것으로 중금속 분석결과 비료공정규격에 Ni함량 기준(45mg/kg이상)을 제외한 나머지 항목은 적합한 것으로 판단된다. Ni함량이 184.2mg/kg으로 비료공정규격의 기준(45mg/kg이하)보다 높게 나타난 것은 귀리 자체의 Ni함량이 많기 때문이다. 따라서 발효 사일리지를 이용한 저장방법은 배추·무 부산물과 혼합될 원료에서 농촌진흥청 고시 제2014-13호 “비료공정규격”에 적합한 원료를 이용하여 사일리지화

해야 할 것으로 판단된다.

(3) 퇴비화 원료 제조 인자 확립

- 김치 공장에서 배추김치의 비중이 90 ~ 95 % 이며, 깍두기를 포함한 기타 김치는 5 ~ 10 % 정도임.
- 배추김치의 속을 만드는데 사용되는 무의 량이 배추 량에 비해 상대적으로 매우 적음.
- 단무지의 경우 절임(염도 20%) 후 절단을 하고, 치킨무의 경우 절단 후 절임을 하기 때문에 단무지 부산물은 염분이 높고 반면 치킨 무 부산물에서는 염분이 거의 없음.
- 치킨 무 생산 공정의 세척 및 박피/손질 과정에서 쇄술을 이용하여 흙과 무의 얇은 표피만 벗겨내기 때문에 부산물 발생량이 많지 않음.

- 따라서, 단무지 부산물 같은 경우 염도가 높고, 치킨 무 부산물 같은 경우 발생량이 적어 퇴비 원료로 사용하기 어려움.

- 배추 부산물의 경우 절임 과정을 거친 부산물은 염도가 높기 때문에 정선과정에서 발생하는 부산물 퇴비원료로 적당한 것으로 판단됨.

☞ 대부분 김치 생산 공장에서는 각 부산물 처리과정(혼합, 분쇄, 탈수, 냉장보관, 배출) 별로 부산물을 분류하여 처리하지 않고 있음.

- 배추 부산물 처리 공정에서 분쇄 및 탈수 처리를 거친 부산물은 염도가 절임 후 발생하는 부산물 보다 많이 낮아지기 때문에 퇴비원료로 사용하기에는 정선과정에서 발생하는 부산물과 분쇄후 탈수 과정을 거친 부산물을 사용하는 것이 적합함.

가. 수분조절제 투입량, 퇴비화 원료 물리화학적 특성 인자 확립

① 유입량 및 성상

- 발효조 원료투입량 (톤/일) : 0.16
- 발효조 퇴비 건 고형물량 (톤/일) : 0.064
- 발효조 퇴비 원료의 함수율(%) : 60
 - ☞ 배추 함수율(%) : 94
 - ☞ 톱밥 함수율(%) : 21
 - ☞ 배추와 톱밥 혼합비율 : 배추 : 톱밥 = 53.42 : 46.58

② 설계기준 및 목표

- 목표 발효기간(일) : 15
- 발효조 분해율(%) : 1
- 발효 후 목표 함수율(%) : 50% 이하
- 발효 전 평균 용적중(톤/m³) 0.8
- 수분증발잠열(kcal/kg) : 900
- 고형물 분해 발열량(kcal/kg) : 4,500

③ 시설물 용량계산 및 수리계산

○ 기계 교반식 발효조 용량계산

● 기계 교반식 발효조 투입원료 총 용적(m³/일)

$$\begin{aligned} &= \text{투입원료 총량(톤/일)} \div \text{발효 전 용적중(톤/m}^3\text{)} \\ &= 0.16 \div 0.8 = 0.2(\text{m}^3/\text{일}) \end{aligned}$$

● 기계 교반식 발효조 필요용량

$$\begin{aligned} &= \text{발효조 투입원료 총 용적}((\text{m}^3/\text{일}) \times \text{목표 발효기간(일)}) \\ &= 0.2 \times 15 \\ &= 3 < 3.28(\text{m}^3) = (D/2)^2 \times \pi \times L \quad [D(\phi) : 914.4(\text{mm}), L : \\ &5,000(\text{mm})] \end{aligned}$$

○기계 발효조 퇴비생산량 계산

● 기계 교반식 발효 후 건고형물 감량(톤/일)

$$\begin{aligned} &= \text{1차 발효 후 퇴비 건고형물량(톤/일)} \times \text{발효분해율}(\%) \times \text{발효기간(일)} \\ &= 0.064 \times 0.01 \times 15 \\ &= 0.0096 (\text{톤/일}) \end{aligned}$$

● 기계 교반식 발효 분해 발열량(Kcal/일)

$$\begin{aligned} &= \text{발효 후 건고형물 감량(톤/일)} \times \text{고형물 분해 발열량(Kcal/Kg)} \times 1,000(\text{Kg/톤}) \\ &= 0.00962 \times 4,500 \times 1,000 \\ &= 43,200 (\text{Kcal/일}) \end{aligned}$$

● 기계 교반식 발효조 건고형물량(톤/일)

$$\begin{aligned} &= \text{1차 발효 후 퇴비 건고형물량(톤/일)} - \text{2차 발효 후 건고형물 감량(톤/일)} \\ &= 0.064 - 0.0096 \\ &= 0.0544 (\text{톤/일}) \end{aligned}$$

● 기계 교반식 발효조 수분증발량(톤/일)

$$\begin{aligned} &= \text{발효조 분해 발열량(Kcal/일)} \div \text{수분 증발 잠열(Kcal/Kg)} \div 1,000(\text{Kg/톤}) \\ &= 43,200 \div 900 \div 1,000 \\ &= 0.048 (\text{톤/일}) \end{aligned}$$

● 기계 교반식 발효 후 퇴비 생산량(톤/일)

$$\begin{aligned} &= \text{발효조 투입원료 총량(톤/일)} - \text{건고형물 감량(톤/일)} - \text{발효수분증발량(톤/일)} \\ &= 0.16 - 0.0096 - 0.048 \\ &= 0.1024 (\text{톤/일}) \end{aligned}$$

● 기계 교반식 발효조 퇴비 수분함량(톤/일)

$$= \frac{\text{기계 발효 퇴비 생산량(톤/일)} - \text{기계 발효 후 건고형물량(톤/일)}}{\text{기계 발효 퇴비 생산량(톤/일)}} \times 100(\%)$$

$$= \frac{0.1024 - 0.0544}{0.1024} \times 100(\%)$$

$$= 46.88 (\%)$$

3. 배추·무 부산물 퇴비화 장치 확립(Lab-scale vessel type aerobic bio-reactor)

(1) Lab-scale vessel type aerobic bio-reactor 설계 및 시제품 제작

가. 외형

- 외형은 수평형 원통으로 원통의 지름이 914.4mm, 길이는 5,000mm로 용량은 약 3.3m³이다.

나. 구성

- 발효조 본체, 구동부, 롤러 지지부, 원료 투입구, 로드셀, 온도계, 사이클론 및 공기 이동라인 등

다. 명칭 및 설명

① 발효조

- 원통형으로 D : 914.4mm, L : 5,000mm, 전체 용량은 3.3m³으로 원료 투입의 초입부(1,800구간) 외곽에 보온을 위한 열선 처리를 함.
- 투입구를 제외한 점검구를 2개소 추가 설치함으로써 퇴비 진행 과정을 확인 할 수 있게 함.

② 온도계

- 발효조 내부의 온도를 확인 할 수 있게 온도계를 설치 함.

③ 투입구

- 원료를 투입 하는 입구로서 발효조 원통의 정면 오른쪽에 설치함.

④ 배출구

- 완성된 퇴비를 배출 시는 배출구로 발효조 원통의 좌측면에 설치함.

⑤ 롤러 지지부

- 롤러는 발효조 본체를 지지하는 역할로 우측 1,500mm 하단 양쪽에 설치를 함.

⑥ 구동부

- 구동부는 발효조를 교반하기 위한 설비로 발효조 좌측에서 2,000mm 하단에 설치 하고, 구성은모터와 감속기, 랙 기어로 이루어짐.
- 랙 기어는 발효조 외부에 돌려 고정 시킴.
- 교반기의 회전 속도는 인버터와 감속기로 제어함.

⑦ 사이클로 및 공기 이동라인

- 교반기 내부의 공기 주입 및 퇴비 원료의 수분 제거를 목적으로 설치함.

⑧ 로드셀

- 투입된 원료의 무게와 완성된 퇴비의 무게를 계산하기 위한 무게 센서로 수분 증발량 및 발효내 내부에서의 수분 함량을 예측 할 수 있음.

□ Lab-scale vessel type aerobic bio-reactor 퇴비화 운전인자 확립

1. 배추·무 부산물 퇴비화 운전인자 확립

● 연구 계획

(1) 퇴비화 원료 준비 조건최적화

- 퇴비화 원료의 선정
- 퇴비 원료의 이화학적 특성 분석에 따른 원료의 배합 조건 확립

(2) 실험실 규모 퇴비화 반응기를 이용한 운전 및 모니터링

- Lab-scale의 bio-reactor를 설치하고 원료의 배합비와 교반 주기에 따라 온도, 수분, pH, 유기물, 조회분 총 질소, 조단백질, 조지방, 조섬유 등의 성상을 분석 및 모니터링 함.

● 연구 내용

- 실험실 내 반응기를 설치하고 원료의 종류 및 투입비율과 운전 조건을 달리하여 4주간 운전 함. 분석 결과에 따라 실험 조건을 변경하여 총 3회에 걸쳐 실험 함.

(1) 1차 실험

1) 실험 목적

- 배추·무 부산물에 톱밥과 우분을 첨가하여 배추·무 부산물을 이용한 퇴비를 만들 때 최적 조건 확립

2) 공시재료

표 4-1 lab-scale 1차 실험의 공시재료

샘플명	샘플 출처
배추·무 부산물	(주)이화종합식품 주소 : 경기도 안성시 공도읍 진사 2길 34-29
우분	S 한우농가 주소 : 경기도 안성시 대덕면
톱밥	S 한우농가 주소 : 경기도 안성시 대덕면

3) 실험 방법

- 배추와 무 부산물은 거즈에 싸 손으로 탈수하여 사용함
- 사용할 원료의 수분함량을 분석 함(표 4-2)
- 혼합 기질의 수분함량이 60%가 되도록 배합
- 우분 첨가량은 전체 총량의 50%가 넘지 않으면서(50%이상시 가축분뇨퇴비로 전환) 수분 60% 조건하에 배추·무가 최대한 많이 들어갈 수 있도록 조절함
- 각 처리군은 배추 부산물과 무 부산물만 사용한 것과 여기에 각각 톱밥을 혼합한 처리군과 톱밥과 우분을 함께 혼합한 처리군으로 구분하여 표 3과 같이 총 6개의 처리군으로 나누어 실험 함
- 20L 플라스틱 양동이에 망을 설치하여 기질 내 공기순환 및 수분이 빠질 수 있도록 설치
- 수분이 외부로 배출 될 수 있도록 망 하단에 드레인 설치 함

- 양동이 외부에의 기질이 들어가는 부분에 보온을 위해 단열제를 설치 함
- 원활한 통기를 위해 양동이 덮개에 가로 약 15cm, 세로 약 10cm를 뚫어 통기구
를 확보함
- 각 반응기마다 3kg 의 혼합 기질 투입
- 1일 2회 반응기 내 온-습도, 기질 내 온도 측정 및 교반
- 일주일 간격으로 샘플링하여 분석

표 4-2 퇴비화를 위한 기질의 수분 함량

	배추 부산물	무 부산물	우분	톱밥	탈수 후 배추 부산물	탈수 후 무 부산물
Moisture (%)	91.1±0.55	92.0±0.55	57.6±0.36	40.9±0.29	86.7±0.55	89.2±1.78

표 4-3 퇴비화를 위한 기질의 배합 비율(3kg 기준)

혼합 기질	처리군	혼합 비율	혼합 수분 함량(%)
배추 부산물	C-1	배추 부산물(탈수) 3kg	raw sample condition
무 부산물	C-2	무 부산물(탈수) 3kg	
배추 부산물	T-1	배추 부산물(탈수) 1.25kg + 톱밥 1.75kg	60
무 부산물	T-2	무 부산물(탈수) 1.19kg + 톱밥 1.81kg	
배추 부산물	T-3	배추 부산물(탈수) 0.92kg + 톱밥 1.19kg + 우분 0.89kg	60
무 부산물	T-4	무 부산물(탈수) 0.88kg + 톱밥 1.23kg + 우분 0.89kg	



그림 4-1 반응기 설치 운전 사진

4). 분석 항목 및 분석 방법

- pH : pH meter (CH/MP220, Mettler, Switzerland)
- 수분, 조회분, 조단백질 : A.O.A.C(1984) 방법에 준함.
 - 수분 : Oven 건조법
 - 조회분 : electric furance(Cerin ceramics, Korea)를 이용하여 550℃에서 2시간동안 회화시킨 후 잔량을 측정하여 백분율(%)로 표기
 - 조단백질 : 조단백질 증류장치(2200 Kjeltac Auto Distillation, Switzerland)를 이용하여 측정
 - Org-C (%) : (100-ash%)/1.83

5) 실험결과

표 4-4 배추·무 부산물을 첨가한 퇴비화 반응기 내 기질의 성상

(%, TS basis)

분석 항목	배추 부산물	무 부산물	우분	톱밥
pH	4.43	5.90	8.52	7.87
TS (%)	13.32 ± 0.55	11.00 ± 1.62	42.36 ± 0.36	59.08 ± 0.28
Moisture (%)	86.68 ± 0.55	89.00 ± 1.62	57.64 ± 0.36	40.92 ± 0.28
VS (%)	74.67 ± 1.13	88.57 ± 1.89	79.52 ± 0.36	99.52 ± 0.16
FS (%)	25.33 ± 1.13	11.43 ± 1.89	20.48 ± 0.36	0.48 ± 0.16
T-N (%)	2.61 ± 0.22	2.64 ± 0.09	3.40 ± 0.03	0.10 ± 0.00
CP (%)	16.33 ± 0.22	16.50 ± 0.09	21.26 ± 0.03	0.62 ± 0.00
EE (%)	0.11 ± 0.01	1.74 ± 0.03	0.74 ± 0.18	0.99 ± 0.01
CF (%)	17.32 ± 0.71	29.10 ± 0.29	24.37 ± 1.26	74.38 ± 1.25
C/N Ratio	15.68 ± 1.18	18.35 ± 1.03	12.78 ± 0.17	552.79 ± 21.39

TS: Total solid, VS: Volatile solid, FS: Fixed Solid, T-N: Total nitrogen, CP: Crude protein, EE: Ether extract, CF: Crude fiber, C/N: Carbon/nitrogen

표 4-5 배추·무 부산물을 첨가하여 퇴비화 과정 중 반응기 내 pH 변화

시간	C-1	T-1	T-3	C-2	T-2	T-4
0 week	4.43	6.64	8.00	5.90	6.26	8.40
1 week	7.35	6.52	7.94	7.45	7.64	8.34
2 week	8.42	7.27	8.58	8.42	7.88	8.68
3 week	8.04	8.39	8.61	8.57	8.72	8.75
4 week	8.28	8.61	7.88	8.52	8.76	7.93

표 4-6 배추·무 부산물을 첨가하여 퇴비화 과정 중 반응기 내 수분함량 변화

Moisture (%)	C-1	T-1	T-3
0 week	86.68 ± 0.55	60.26 ± 0.63	59.86 ± 0.67
1 week	88.60 ± 0.24	48.77 ± 1.04	48.85 ± 1.86
2 week	85.41 ± 0.99	36.39 ± 2.30	40.88 ± 3.01
3 week	87.42 ± 1.32	64.84 ± 0.55	67.46 ± 0.43
4 week	85.36 ± 0.54	65.08 ± 1.40	65.98 ± 1.62
Moisture (%)	C-2	T-2	T-4
0 week	89.00 ± 1.62	59.94 ± 3.80	60.02 ± 3.60
1 week	91.07 ± 0.29	52.71 ± 1.90	52.82 ± 2.42
2 week	88.07 ± 1.59	42.92 ± 9.95	36.04 ± 2.18
3 week	85.95 ± 1.99	64.03 ± 0.88	66.43 ± 1.28
4 week	87.89 ± 0.45	63.56 ± 0.56	63.91 ± 0.66

* 2주차 수분 분석 후 T-1, T-2, T-3, T-4의 처리군에서 수분 함량이 낮아 발효가 제대로 일어나지 않는다고 판단하여 원활한 발효를 위해 수분을 보충하여 수분 함량 65%로 조절함.

표 4-7 배추·무 부산물을 첨가하여 퇴비화 과정 중 반응기 내 유기물(VS) 함량 변화

VS (%)	C-1	T-1	T-3
0 week	74.67 ± 1.13	93.51 ± 0.15	92.10 ± 0.68
1 week	63.91 ± 0.57	95.08 ± 0.29	93.35 ± 1.03
2 week	56.54 ± 1.14	94.22 ± 0.20	92.18 ± 1.45
3 week	58.94 ± 1.91	95.21 ± 0.17	90.66 ± 2.01
4 week	58.07 ± 0.87	94.84 ± 0.36	91.70 ± 0.83
VS (%)	C-2	T-2	T-4
0 week	88.57 ± 1.89	98.09 ± 0.46	93.49 ± 1.16
1 week	81.85 ± 1.67	98.07 ± 0.14	94.52 ± 0.27
2 week	70.51 ± 10.69	97.59 ± 1.03	92.90 ± 1.48
3 week	79.29 ± 2.64	98.20 ± 0.06	91.60 ± 2.97
4 week	78.09 ± 1.01	98.15 ± 0.16	94.26 ± 0.47

VS: Volatile solid

표 4-8 배추·무 부산물을 첨가하여 퇴비화 과정 중 반응기 내 C/N ratio 변화

C/N ratio (%)	C-1	T-1	T-3
0 week	15.68 ± 1.18	92.13 ± 14.57	61.56 ± 13.38
1 week	9.56 ± 1.12	88.37 ± 6.62	46.90 ± 4.06
2 week	10.49 ± 1.05	80.37 ± 6.51	35.08 ± 0.47
3 week	10.87 ± 0.53	81.78 ± 15.51	33.90 ± 5.70
4 week	12.03 ± 1.46	98.25 ± 5.57	41.95 ± 2.21
C/N ratio (%)	C-2	T-2	T-4
0 week	18.35 ± 1.03	131.19 ± 12.13	37.78 ± 9.87
1 week	10.18 ± 0.67	136.99 ± 4.29	46.78 ± 2.24
2 week	6.35 ± 1.14	90.12 ± 9.88	34.13 ± 6.39
3 week	9.20 ± 0.87	117.28 ± 9.86	48.90 ± 10.46
4 week	7.63 ± 2.22	112.34 ± 28.90	44.05 ± 5.38

C/N: Carbon/nitrogen

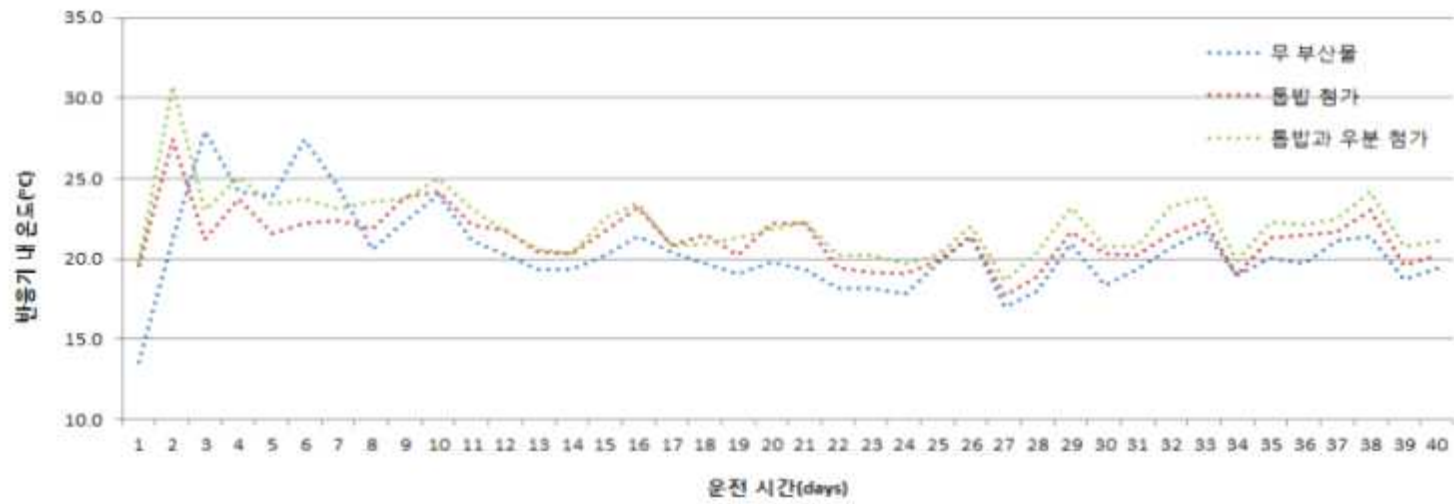
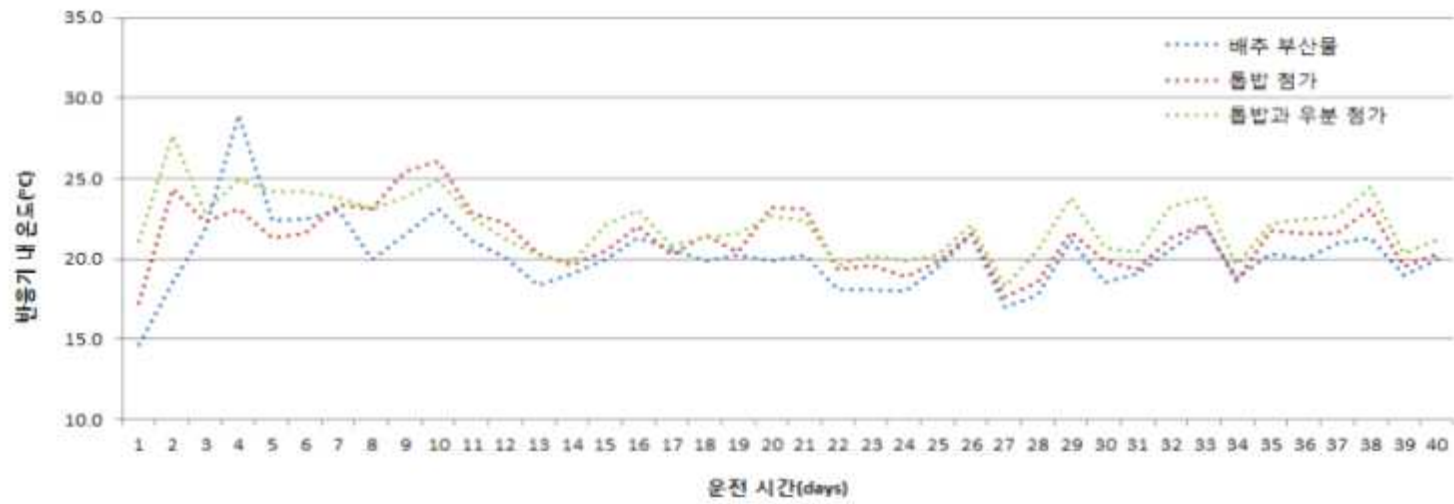


그림 4-2 운전 시간에 따른 반응 기질 내부 온도 변화

6) 결론 및 고찰

- pH 및 유기물 함량 변화를 총 4주에 걸쳐 분석 결과 큰 변화가 없었음.
- 온도 변화에서는 초기 온도 13.6 ~ 21.1℃로 시작하여 무 부산물에 톱밥과 우분을 첨가한 반응기만 하루 뒤 30.7℃로 기록 되었고 나머지 모든 반응기에서 10일 동안은 30℃ 밀돌았고 10일 이후에는 실험실 내 온도와 비슷한 약 17 ~ 25℃ 사이로 기록 됨.
- 또한, 톱밥과 우분을 같이 첨가한 것이 그렇지 않은 것 보다 온도가 먼저 오르고 평균 온도도 가장 높음.
- 위 결과를 바탕으로 퇴비화가 원활히 진행 되지 않았다고 판단 됨.
- 퇴비화가 원활히 진행 되지 못한 이유는 반응기내 퇴비화를 진행시킬 미생물의 활성화가 일어나지 않았다고 판단 되었으며, 미생물 접종제의 첨가가 필요한 것으로 판단함.
- 반응기내 온도가 초기 약간 오르다 급격히 떨어진 이유는
 첫째, 반응기내 기질의 양이 반응기 내부 체적에 비해 상대적으로 작았다고 판단 됨.
 둘째, 통기를 위한 반응기 덮개의 환기구멍이 너무 크고, 보온재를 기질 부분만 작업을 하여 외기 온도에 따른 열손실이 컸 던 것으로 판단 됨.
 셋째, 2회/일의 교반이 반응기 규모 대비 온도 저하에 영향을 미쳤다고 판단 됨.
- 1차 실험의 결과를 바탕으로 2차 실험을 계획함.

(2) 2차 실험

1) 실험 목적

- 원통형 퇴비 반응기에 사용될 원료인 배추 부산물, 톱밥, 돈분을 이용하여 퇴비를 만들 경우, 원료의 혼합 비율에 대한 조건 확립

2) 공시재료

표 4-9 Lab-scale 2차 실험의 공시재료

샘플명	샘플 출처
배추 부산물	(주)이화종합식품 주소 : 경기도 안성시 공도읍 진사 2길 34-29
고액 분리 돈분*	옥산영농조합 주소 : 경기도 용인시 백암면
톱밥	옥산영농조합 주소 : 경기도 용인시 백암면
퇴비침출액(접종제)	옥산영농조합 주소 : 경기도 용인시 백암면

* 고액 분리 돈분 : 옥산 영농 조합의 축사에서 발생한 돈분뇨를 조합 내 돈분



그림 3 드럼스크린을 이용하여 고액 분리된 돈분

3) 실험 방법

- 배추 부산물의 혼합비율을 다양하게 하여 퇴비화 진행(표 4-10 참고)
- 1차년도 연구결과 김치공장에서 발생하는 부산물 중 무 부산물 발생 비율은 매우 낮고, 무 가공공장(단무지 공장, 치킨무 공장)에서 발생하는 부산물은 염분이 높아 퇴비화에 적합하지 않은 것으로 판단하여 2차 실험에서는 원료 혼합에 있어서 무 부산물을 제외시킴
- 접종원으로 퇴비를 증류수에 1:1(w:w) 비율로 혼합 후, 거즈로 필터링하여 액상을 반응기 내 10% 접종
- 반응기 내 온도유지를 위해 반응기 외부 전체에 단열재 부착
- 반응기 덮개의 통기구와 반응기 몸통 하단에 드레인 설치 하지 않음
- 각 반응기 규모대비 기질 투입량을 80%로 설정함.
- 1일 2회 반응기 내 온·습도, 기질 내 온도 측정
- 반응에 따른 기질무게의 변화를 조사하기 위해 1일 1회 반응기 무게 측정
- 주 1회 교반 및 샘플링

표 4-10 퇴비화 반응기 내 기질의 혼합비율

톱밥 (%)	고액 분리 돈분 (%)	배추 부산물 (%)	접종액 (%)	혼합 후 수분 함량 (%)	C/N Ratio (%)	비고	
	80	0		64.0	126.0	고액 분리 돈분 수분함량 75% 톱밥 수분함량 20% 배추 부산물 수분함량 90% 퇴비 수분함량 40% 가정하에 계산	
	72	8		65.2	125.6		
	64	16		66.4	125.2		
	56	24		67.6	125.8		
	48	32		68.8	124.4		
20	40	40	10 (w:w)	70.0	124.0		
	32	48		71.2	132.6		배추 부산물 C/N Ratio 15
	24	56		72.4	132.2		고액 분리 돈분 C/N Ratio 20
	16	64		73.6	122.8		톱밥 C/N Ratio 550
	8	72		74.8	122.4		가정하에 계산
	0	80		76.0	122.0		

C/N: Carbon/nitrogen



배추 부산물 80%



배추 부산물 72%



배추 부산물 64%



배추 부산물 56%



배추 부산물 48%



배추 부산물 40%



배추 부산물 32%



배추 부산물 24%



배추 부산물 16%



배추 부산물 8%



배추 부산물 0%



반응기 운전 사진

그림 4-4 혼합 비율별 기질 사진 및 반응기 운전 사진

4) 분석 항목 및 분석 방법

- pH : pH meter 기(CH/MP220, Mettler, Switzerland)

- 수분, 조회분, 조단백질, 조지방 : A.O.A.C(1984) 방법에 준함

● 수분 : Oven 건조법

● 조회분 : Electric furnace(Cerin ceramics, Korea)를 이용하여 550℃에서 2 시간동안 회화시킨 후 잔량을 측정하여 백분율(%)로 표기

● 조단백질 : 조단백질 증류장치(2200 Kjeltac Auto Distillation, Switzerland)를 이용하여 측정

● 조지방 : Soxhlet 추출법(Soxtec system HT6, Switzerland)으로 측정

- 조섬유 : Van Soest 등(1991)의 방법에 준함

- Org-C (%) : $(100 - \text{ash}\%) / 1.83$

- 중금속(비소, 카드뮴, 수은, 납, 크롬, 구리, 니켈, 아연) : DBC - ICP로 분석

- 염분 : DBC - ICP 로 Cl 분석, 질산은 적정법으로 Na 분석하여 낮은 값으로 환

산하여 계산

5) 실험 결과

표 4-11 퇴비화 반응기 내 기질의 성상

(%, TS basis)

분석 항목	배추 부산물	톱밥	돈분	퇴비	접종액
Moisture	87.00±0.01	13.28±0.01	69.58±0.00	43.45±0.02	-
TS	13.00±0.78	86.72±0.53	30.42±0.42	56.55±1.63	-
VS	71.65±0.81	99.33±0.52	70.22±0.46	84.05±1.41	-
FS	28.35±0.06	0.67±0.21	29.78±0.05	15.95±0.30	-
T-N	3.02±0.15	0.47±0.01	1.36±0.02	1.70±0.09	0.70±0.06
C/N ratio	12.95	1,164.78	28.19	27.07	

TS: Total solid, VS: Volatile solid, FS: Fixed Solid, T-N: Total nitrogen, C/N: Carbon/nitrogen

표 4-12 배추 부산물의 혼합비율에 따른 퇴비화 과정 중 반응기 내 성상 변화 (% , TS basis)

분석항목	시간 (week)	배추 부산물 0%	배추 부산물 8%	배추 부산물 16%	배추 부산물 24%	배추 부산물 32%	배추 부산물 40%	배추 부산물 48%	배추 부산물 56%	배추 부산물 64%	배추 부산물 72%	배추 부산물 80%
Moisture	0	60.08±0.03	58.22±0.02	67.01±0.02	59.41±0.01	72.06±0.07	67.25±0.04	72.31±0.04	70.00±0.05	72.10±0.05	77.79±0.03	75.08±0.03
	1	60.70±0.02	59.64±0.01	63.68±0.03	57.46±0.01	63.12±0.07	70.58±0.01	75.57±0.01	73.17±0.01	74.00±0.02	74.46±0.02	75.84±0.03
	2	59.06±0.00	72.19±.24	60.78±0.01	57.15±0.01	66.36±0.01	67.77±0.01	68.56±0.00	69.50±.01	72.01±0.01	73.90±0.01	74.98±0.01
	3	59.37±0.01	60.85±0.01	63.39±.00	58.41±0.01	66.32±0.01	69.51±0.00	71.11±0.00	71.60±0.00	74.44±0.01	75.68±0.01	75.37±0.01
	4	58.71±0.01	59.32±0.01	66.59±0.00	60.28±.05	66.58±.00	68.89±0.00	70.93±.00	69.55±0.03	72.92±0.01	75.09±0.01	75.08±0.00
TS	0	39.92±2.85	41.78±2.21	32.99±1.74	40.59±0.95	27.94±6.59	32.75±3.99	27.69±4.47	30.00±4.56	27.90±4.75	22.21±2.77	24.92±3.37
	1	39.30±2.34	40.36±0.86	36.32±3.46	42.54±0.92	36.88±6.85	29.42±0.71	24.43±1.40	26.83±1.15	26.00±2.47	25.54±1.51	24.16±3.14
	2	40.94±0.35	41.71±0.12	39.22±1.00	42.85±1.05	33.64±0.52	32.23±1.43	31.44±0.19	30.50±0.67	27.99±1.03	26.10±1.18	25.02±0.58
	3	40.63±1.17	39.15±0.71	36.61±0.39	41.59±0.60	33.68±0.67	30.49±0.16	28.89±0.32	28.40±0.12	25.56±0.57	24.32±0.98	24.63±0.61
	4	41.29±0.86	40.68±0.95	33.41±0.33	39.72±5.00	33.42±0.23	31.11±0.33	29.07±0.41	30.45±2.71	27.08±0.50	24.91±0.88	24.92±0.50
VS	0	80.21±3.50	81.92±2.76	82.02±1.48	82.64±0.24	82.16±5.40	86.08±3.39	84.94±3.13	88.00±4.69	86.68±3.95	84.76±2.58	90.33±3.84
	1	78.56±3.19	83.77±1.23	83.65±3.27	83.04±2.02	85.36±5.99	85.36±0.74	86.78±1.48	84.96±0.91	84.95±2.69	83.74±1.27	87.38±3.11
	2	81.30±1.23	82.63±0.88	83.26±1.51	84.96±1.10	85.75±0.40	85.26±1.33	81.52±1.40	83.22±1.91	87.42±0.67	86.65±1.02	87.38±0.55
	3	82.60±1.60	82.42±1.85	83.38±0.84	75.98±0.58	84.33±1.03	84.49±0.35	86.04±0.48	85.13±0.60	86.10±0.60	83.73±0.20	86.52±0.64
	4	81.39±1.75	83.70±1.44	82.02±0.74	83.68±5.90	80.79±0.39	84.21±0.58	84.11±0.11	83.70±0.93	86.400.43	82.58±0.96	86.81±0.58
FS	0	19.79±0.66	18.08±0.56	17.98±1.86	17.36±0.77	17.84±1.86	13.92±0.64	15.06±1.55	12.00±0.25	13.32±1.03	15.24±0.20	9.67±1.16
	1	21.44±0.85	16.23±0.67	16.35±0.28	16.96±2.11	14.64±0.94	14.64±0.32	13.22±0.08	15.04±0.51	15.05±0.50	16.26±0.89	12.62±0.07
	2	18.70±1.20	17.37±0.76	16.74±1.16	15.04±0.58	14.25±0.16	14.74±0.33	18.48±1.54	16.78±1.24	12.58±0.38	13.35±0.23	12.62±0.05
	3	17.40±0.63	17.58±1.14	16.62±0.46	23.49±0.07	15.67±0.59	15.51±0.24	13.96±0.23	14.87±0.49	13.90±0.03	16.27±0.89	13.48±0.03
	4	18.61±1.02	16.30±0.53	17.98±0.41	16.32±0.90	19.21±0.22	15.79±0.37	15.89±0.43	16.30±1.82	13.60±0.08	17.42±1.45	13.19±0.11
T-N	0	2.12±0.09	2.02±0.04	1.74±0.10	2.01±0.15	1.85±0.16	1.65±0.07	0.62±0.06	0.45±0.04	1.40±0.08	1.33±0.20	1.17±0.09
	1	1.46±0.30	1.90±0.10	1.36±0.11	1.41±0.17	1.40±0.28	1.37±0.08	1.01±0.04	1.00±0.05	0.84±0.08	0.81±0.18	0.81±0.10
	2	1.30±0.10	1.40±0.10	1.29±0.09	1.40±0.02	1.12±0.29	1.20±0.10	1.00±0.13	0.95±0.19	1.04±0.09	0.76±0.06	0.81±0.09
	3	1.38±0.09	1.16±0.07	1.21±0.10	1.39±0.08	1.00±0.09	0.99±0.13	1.00±0.21	0.56±0.17	0.33±0.03	0.82±0.09	0.64±0.14
	4	1.63±0.13	1.13±0.24	1.17±0.06	1.26±0.25	1.15±0.14	0.87±0.14	0.75±0.15	0.84±0.11	0.73±0.05	0.58±0.05	0.66±0.05
C/N ratio	0	20.60	22.14	25.69	22.38	24.27	28.38	75.40	106.08	33.78	34.91	42.18
	1	29.30	24.02	33.52	32.14	33.21	34.10	47.10	46.60	54.99	56.42	58.91
	2	34.25	32.32	35.29	33.20	41.73	38.84	44.44	47.94	45.79	62.28	58.83
	3	32.75	38.90	37.63	29.85	46.10	46.70	47.04	83.37	142.10	56.08	74.22
	4	27.35	40.33	38.15	36.34	38.53	52.68	61.07	54.59	64.80	78.17	72.09

TS: Total solid, VS: Volatile solid, FS: Fixed Solid, T-N: Total nitrogen, C/N: Carbon/nitrogen

표 4-13 배추 부산물의 혼합비율에 따른 퇴비화 과정 중 반응기 내 염분 및 중금속 성분 변화

(mg/kg, TS basis)

분석항목	시간 (week)	배추 부산 물 0%	배추 부산 물 8%	배추 부산 물 16%	배추 부산 물 24%	배추 부산 물 32%	배추 부산 물 40%	배추 부산 물 48%	배추 부산 물 56%	배추 부산 물 64%	배추 부산 물 72%	배추 부산 물 80%
As	0	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
	4	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
Cd	0	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
	4	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
Hg	0	N.D	N.D	0.084	N.D	0.068	N.D	0.084	N.D	0.059	0.069	0.100
	4	0.091	0.094	0.110	N.D	0.047	0.056	0.078	N.D	N.D	N.D	N.D
Pb	0	4.46	N.D	4.57	4.21	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
	4	5.94	4.90	4.94	4.31	4.44	4.35	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
Cr	0	5.05	3.35	5.12	4.74	4.94	3.51	3.03	1.66	1.72	N.D	N.D
	4	6.49	5.98	5.50	4.84	5.01	4.34	3.31	3.37	1.68	N.D	N.D
Cu	0	173.11	154.52	184.62	178.69	141.10	130.43	92.31	60.16	5.54	34.51	8.39
	4	257.28	226.21	218.96	193.73	179.14	147.67	162.46	111.71	73.21	37.36	5.01
Ni	0	3.37	1.68	3.41	3.16	1.65	2.81	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
	4	4.86	4.90	3.29	3.23	3.34	1.63	1.66	1.68	N.D	N.D	N.D
Zn	0	1,108.34	1,011.28	1,251.10	1,177.38	896.53	827.03	611.95	391.95	369.32	208.84	44.79
	4	1,698.70	1,491.38	1,401.79	1,234.49	1,186.08	954.90	1,021.48	761.16	495.13	266.17	46.73
NaCl(%)	0	0.22	0.34	0.49	0.43	2.05	1.99	3.63	4.07	4.26	5.84	6.42
	4	0.23	0.55	1.05	0.58	2.13	2.89	3.37	4.09	5.44	6.77	8.19

표 4-14 배추 부산물의 혼합비율에 따른 퇴비화 과정 중 N, P, K 성상

(%, TS basis)

분석항목	시간 (week)	배추 부산물 0%	배추 부산물 8%	배추 부산물 16%	배추 부산물 24%	배추 부산물 32%	배추 부산물 40%	배추 부산물 48%	배추 부산물 56%	배추 부산물 64%	배추 부산물 72%	배추 부산물 80%
N	4	1.63	1.13	1.17	1.26	1.15	0.87	0.75	0.84	0.73	0.58	0.66
P	4	7.04	6.77	6.37	5.19	4.79	3.83	3.43	2.71	1.94	1.48	0.67
K	4	0.79	0.84	0.94	0.75	1.08	1.20	1.30	1.43	1.53	1.78	2.00

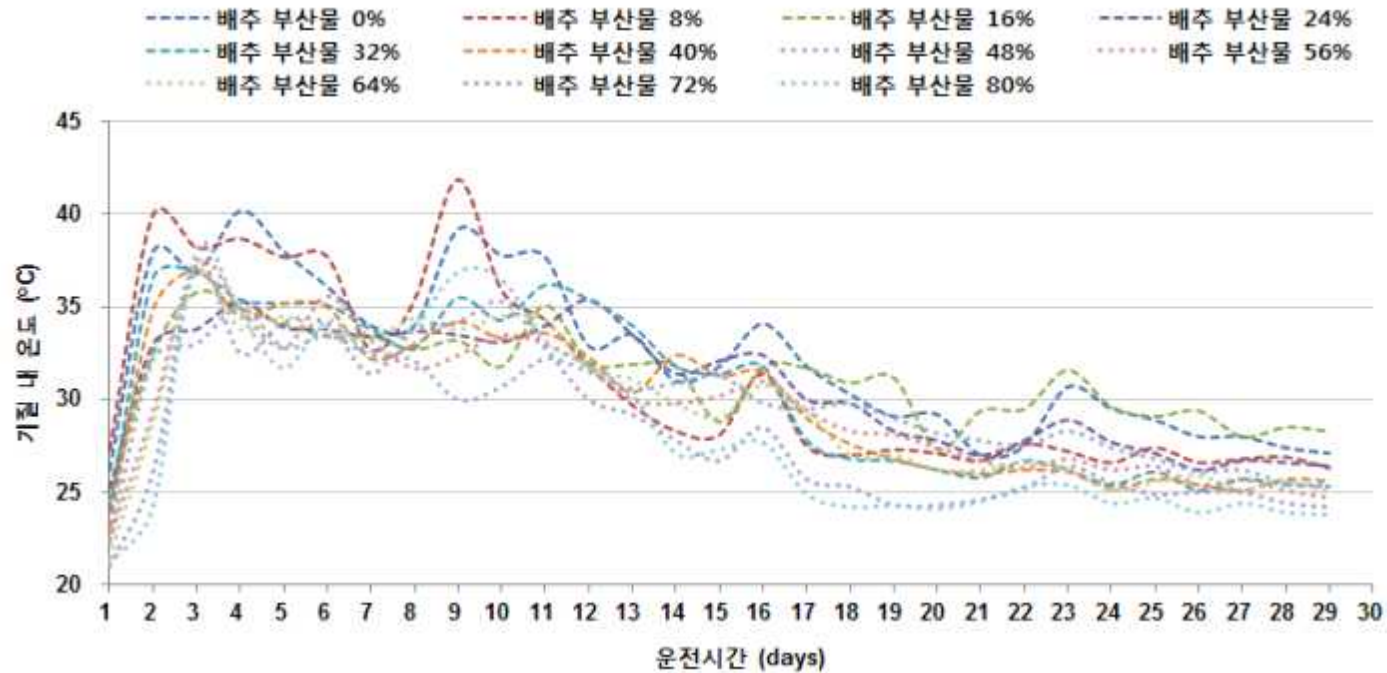


그림 4-5 퇴비화에 따른 기질 내 온도 변화

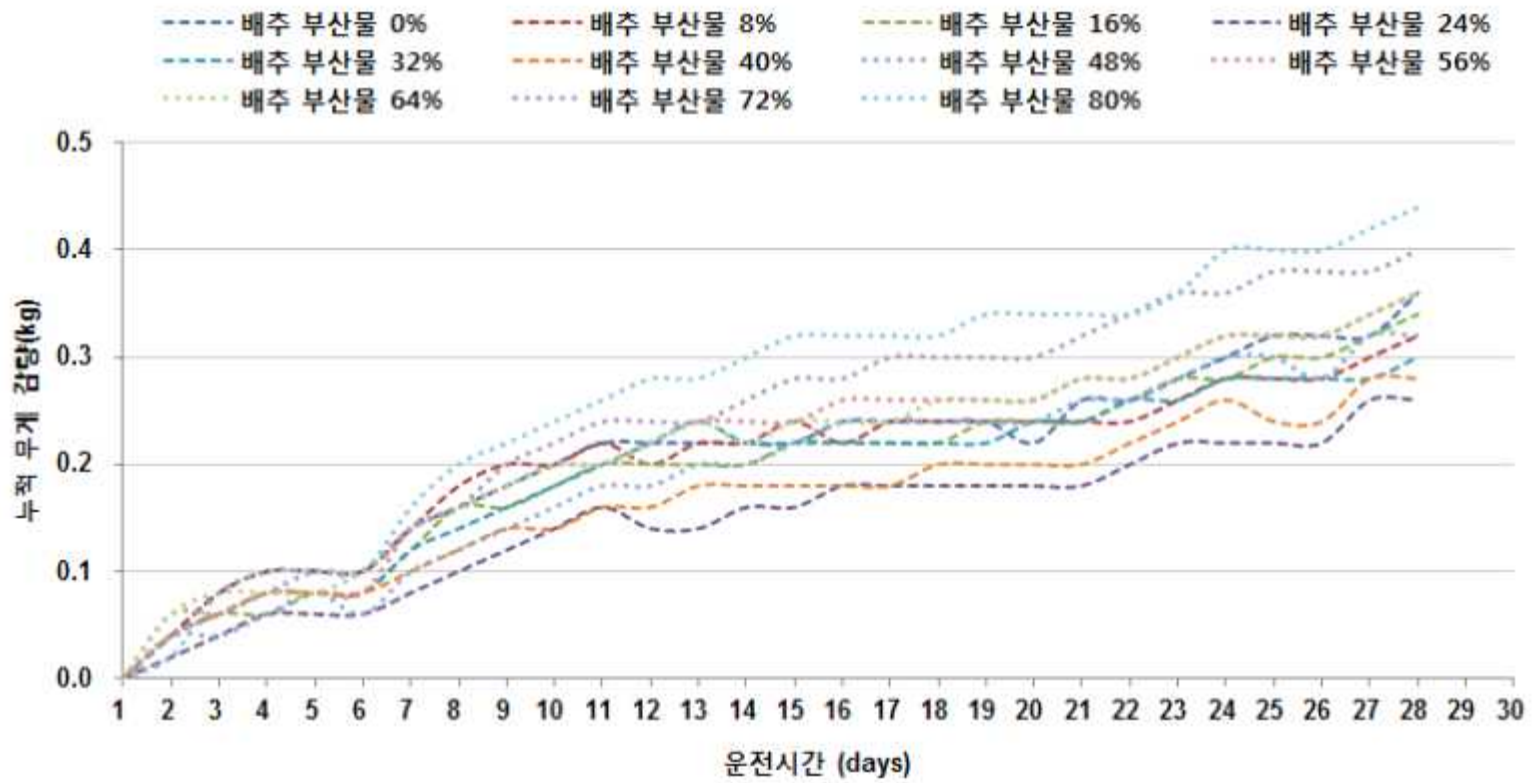


그림 4-6 퇴비화에 따른 누적 무게감량

6) 결론 및 고찰

- 표 4-12에서 수분 함량은 초기 상태와 4주 후를 비교해 볼 때 큰 변화가 없음. 이는 보온을 위해 덮개부분에 통기구를 만들지 않아 수분 증발이 제대로 이루어지지 않았기 때문임.
- 건물 함량, 조회분, 유기물 함량은 큰 변화가 없음.
- 비료공정 규격에서의 유해 성분 분석 결과를 표 13에 정리하였고 비소, 카드뮴은 모두 불검출 되었으며, 수은, 납, 크롬, 구리, 니켈은 불검출 되거나 기준치 보다 작게 검출 됨.
- 아연의 경우 배추 부산물 0%, 8%, 16%, 24%, 32%, 40%, 48%를 첨가한 반응기의 샘플에서 기준값이 900mg/kg보다 높게 검출 됨.
원인 : 돼지 분뇨를 채취한 농장의 경우 돼지의 원활한 성장을 위해 사료에 포함되어 있는 성분으로 돈분에 다량 포함 되어 있어 향후 퇴비비용을 위해 아연이 다량 함유되지 않은 돈분뇨를 사용해야 할 것으로 판단됨.
- 염분은 배추 부산물의 첨가율이 32%가 넘는 경우 기준치인 2%를 초과 함.
원인 : 배추 부산물 중 절임 후 발생하는 부산물의 염도가 높기 때문임.
- 퇴비화 과정 중 기질 내 평균 온도는 28.3 ~ 32.3℃ 으로 기록 되어 1차 실험보다 높은 평균 온도를 보임.
- 평균 온도는 배추 부산물이 많이 첨가 될수록 낮아지는 경향을 나타냄.
- 최고 온도는 배추 부산물을 8% 혼합한 시료에서 9일차에 41.9℃가 측정 됨.
- 무게 감량율은 4.06 ~ 6.30%로 나타났고 배추 부산물이 많이 첨가 된 시료에서 높은 감량율을 보임.
- 염분은 수분의 증발로 인해 시간이 지나면 농도가 올라가는 것으로 판단되고 절임과정 후 발생한 배추 부산물이 포함되어 있어 배추부산물의 함량이 높을수록 염분의 농도가 높아짐.
- 퇴비는 비료성분 함량이 대체로 N 0.5%를 P2O5 0.3%, K 함량은 0.5%를 함유하고 있으며 후지와라(2014)*에 의하면 가축분퇴비의 품질 기준 사례에서 N, P2O5, K2O의 함유량은 각각 1% 이상으로 설정되어 있다고 하였으며 3요소가 1% 이하인 것은 비료보다는 토양개량제로 생각할 수 있다고 함.
* : 순로쿠로. 2014. 내 땅에 딱 맞는 퇴비제조법. 김준영 역. 한국: 들녘.
- 표 14의 분석 결과를 보면 N, P, K 모두 0.5% 이상으로 측정 되었고, 배추 부산물의 혼합 비율이 32% 인 경우 3가지 항목 모두 1% 이상이었음.
- N과 P는 배추 부산물 함량이 높을수록 증가하고 K는 낮아지는 경향을 보임.
- 2차 실험의 결과를 바탕으로 3차 실험의 원료 혼합 비율과 운전 방법을 보완하여 3차 실험을 진행 함.

(3) 3차 실험

1) 실험 목적

- 원통형 반응기를 운전 할 목적으로 접종제로 완성 퇴비와 수분조절제로 톱밥을 각각 기질의 20% 씩 투입하고 2차 실험의 결과를 바탕으로 돈분과 배추 부산물

의 혼합비를 다르게 하여 투입되는 수분의 변화에 따른 퇴비 진행 과정을 조사함.

2) 공시재료

표 4-15 Lab-scale 3차 실험의 공시재료

샘플명	샘플 출처
배추 부산물	(주)이화종합식품 주소 : 경기도 안성시 공도읍 진사 2길 34-29
고액 분리 돈분	옥산영농조합 주소 : 경기도 용인시 백암면
톱밥	옥산영농조합 주소 : 경기도 용인시 백암면
퇴비(접종제)	옥산영농조합 주소 : 경기도 용인시 백암면

3) 실험 방법

- 배추 부산물의 혼합비율을 다양하게 하여 퇴비화 진행
- 접종원으로 퇴비를 각 반응기에 20% 씩 혼합
- 반응기 내 온도유지를 위해 반응기 외부에 단열재 부착
- 각 반응기 용량 대비 60% 기질 투입
- 초기 일주일간 1일 2회 반응기 내 온·습도, 기질 내 온도 측정. 일주일 이후 1일 1회 측정
- 1일 1회 반응기 무게 측정 및 교반
- 주 1회 샘플링
 - 첫 1주차까지는 온도 유지를 위해 반응기의 덮개를 닫고, 이 후에는 건조를 위해 09시 부터 18시까지 덮개를 약간 열어 수분 증발이 원활히 되도록 함.

표 4-16 퇴비화 반응기 내 기질의 혼합비율

톱밥(%)	고액 분리 돈분(%)	배추 부산물(%)	퇴비(%)	혼합 후 수분 함량 (%)	비고
20	50	10	20	58.5	고액 분리 돈분 수분함량 75% 톱밥 수분함량 20% 배추 부산물 수분함량 90% 퇴비 수분함량 40% 가정하에 계산
	40	20		60.0	
	30	30		61.5	
	20	40		63.0	
	10	50		64.5	
	0	60		66.0	



배추 부산물 50%



배추 부산물 40%



배추 부산물 30%



배추 부산물 20%



배추 부산물 10%

그림 4-7 혼합 비율별 기질 사진

4) 분석 방법

- pH : pH meter 기(CH/MP220, Mettler, Switzerland)
- 수분, 조회분, 조단백질 : A.O.A.C(1984) 방법에 준함
 - 수분 : Oven 건조법
 - 조회분 : Electric furnace(Cerin ceramics, Korea)를 이용하여 550℃에서 2 시간동안 회화시킨 후 잔량을 측정하여 백분율(%)로 표기
 - 조단백질 : 조단백질 증류장치(2200 Kjeltac Auto Distillation, Switzerland)를 이용하여 측정
- Org-C (%) : $(100 - \text{ash}\%) / 1.83$
- 중금속(비소, 카드뮴, 수은, 납, 크롬, 구리, 니켈, 아연) : DBC - ICP로 분석
- 염분 : DBC - ICP 로 Cl 분석, 질산은 적정법으로 Na 분석하여 낮은값으로 환산하여 계산

5) 실험 결과

표 4-17 퇴비화 반응기 내 기질의 성상

(%, TS basis)

분석 항목	배추 부산물	톱밥	고액 분리 돈분	퇴비
Moisture	88.83±0.61	13.59±0.91	67.30±0.54	37.72±0.82
TS	11.17±0.61	86.41±0.91	32.70±0.54	62.28±0.82
VS	72.56±0.56	95.58±0.59	70.69±0.50	81.80±0.46
FS	27.44±0.07	4.42±0.56	29.31±0.05	18.20±0.37
T-N	3.17±0.13	0.08±0.02	1.45±0.05	1.75±0.10
C/N ratio	12.51	652.87	26.64	25.54

TS: Total solid, VS: Volatile solid, FS: Fixed Solid, T-N: Total nitrogen, C/N: Carbon/nitrogen

표 4-18 퇴비화 반응기 내 기질 내 염분 및 중금속 성분 변화

분석 항목	배추 부산물	고액 분리 돈분	퇴비
As	N.D.	N.D.	N.D.
Cd	N.D.	N.D.	N.D.
Hg	N.D.	N.D.	N.D.
Pb	N.D.	N.D.	N.D.
Cr	N.D.	7.14	8.84
Cu	7.09	252.27	180.08
Ni	N.D.	4.76	5.86
Zn	56.28	1,645.06	1,340.41
NaCl(%)	16.95	-	-

표 4-19 배추 부산물의 혼합비율에 따른 퇴비화 과정 중 반응기 내 성상 변화

(%, DM basis)

분석 항목	시간 (Week)	배추 부산물	배추 부산물	배추 부산물	배추 부산물	배추 부산물	배추 부산물
		10%	20%	30%	40%	50%	60%
Moisture	0	65.24±2.66	67.16±2.06	67.81±3.71	68.40±.85	71.94±3.76	72.63±2.59
	1	56.72±3.01	55.30±1.28	59.73±0.40	60.47±2.08	62.81±4.68	66.59±1.06
	2	51.55±1.10	56.44±0.53	58.40±0.76	68.03±0.21	63.89±0.50	57.93±2.77
	3	51.17±0.74	55.86±0.75	59.22±1.79	59.85±0.65	64.64±0.30	68.44±0.19
	4	47.02±2.05	53.50±1.35	54.98±0.71	58.59±0.52	62.15±0.73	65.83±0.82
pH	0	8.09	7.78	7.43	5.84	5.43	5.62
	4	7.32	7.48	7.66	7.98	7.90	7.85
EC (ms/m)	0	181.6	261.0	346.0	384.0	415.0	349.0
	4	31.7	18.8	29.9	35.4	38.7	20.8
TS	0	34.76±2.66	32.84±2.06	32.19±3.71	31.60±1.85	28.06±3.76	27.37±2.59
	1	43.28±3.01	44.70±1.28	40.27±0.40	39.53±2.08	37.19±4.68	33.41±1.06
	2	48.45±1.10	43.56±0.53	41.60±0.76	31.97±0.21	36.11±0.50	42.07±2.77
	3	48.83±0.74	44.14±0.75	40.78±1.79	40.15±0.65	35.36±0.30	31.56±0.19
	4	52.98±2.05	46.50±1.35	45.02±0.71	41.41±0.52	37.85±0.73	34.17±0.82
VS	0	81.33±2.45	83.48±2.64	84.95±3.11	85.03±1.25	85.74±3.34	90.20±2.75
	1	83.00±3.64	86.30±0.83	84.57±0.29	85.13±2.18	83.82±2.45	89.42±1.09
	2	82.49±2.51	84.74±1.02	84.72±1.63	87.73±0.32	86.51±0.40	84.18±1.75
	3	85.00±1.26	84.00±1.14	81.28±2.52	84.48±1.06	85.09±0.50	87.83±0.19
	4	81.92±1.38	83.26±1.61	85.36±0.74	84.87±0.22	84.35±1.28	87.24±.65

분석항목	시간 (Week)	배추 부산물	배추 부산물	배추 부산물	배추 부산물	배추 부산물	배추 부산물
		10%	20%	30%	40%	50%	60%
FS	0	18.67±0.55	16.52±0.76	15.05±1.21	14.97±0.76	14.26±0.50	9.80±0.18
	1	17.00±0.69	13.70±0.55	15.43±0.37	14.87±0.64	16.18±2.41	10.58±0.33
	2	17.51±1.42	15.26±0.50	15.28±0.88	12.27±0.12	13.49±0.15	15.82±1.20
	3	15.00±0.51	16.00±0.49	18.72±0.73	15.52±0.60	14.91±0.58	12.17±0.10
	4	18.08±1.18	16.74±0.27	14.64±0.46	15.13±0.54	15.65±0.56	12.76±0.26
T-N	0	1.65±0.03	1.34±0.05	1.51±0.24	1.32±0.01	1.70±0.03	1.23±0.09
	1	1.95±0.11	2.03±0.04	1.50±0.24	1.83±0.13	1.47±0.07	1.53±0.04
	2	2.03±0.07	1.76±0.12	1.65±0.03	1.34±0.08	1.73±0.08	1.83±0.07
	3	1.51±0.12	1.91±0.12	1.57±0.40	1.79±0.02	1.67±0.15	1.62±0.10
	4	1.72±0.08	1.58±0.03	1.63±0.05	1.65±0.03	1.42±0.02	1.22±0.11
C/N ratio	0	9.38	11.22	9.88	11.09	7.75	10.98
	1	10.07	10.40	12.41	10.03	11.60	10.63
	2	10.75	11.45	11.66	11.43	9.89	10.58
	3	15.04	10.58	11.53	10.34	9.84	9.36
	4	13.77	13.41	12.92	11.63	12.27	13.33

TS: Total solid, VS: Volatile solid, FS: Fixed Solid, T-N: Total nitrogen, C/N: Carbon/nitrogen

표 4-20 배추 부산물의 혼합비율에 따른 퇴비화 과정 중 반응기 내 염분 및 중금속 성분 변화

(mg/kg, TS basis)

분석항목	시간 (Week)	배추 부산물	배추 부산물	배추 부산물	배추 부산물	배추 부산물	배추 부산물
		10%	20%	30%	40%	50%	60%
As	0	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	4	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Cd	0	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	4	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Hg	0	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	4	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Pb	0	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	4	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Cr	0	3.13	3.20	2.48	2.46	N.D.	N.D.
	4	6.28	4.89	3.16	3.59	3.08	3.12
Cu	0	103.65	106.17	100.48	75.45	31.68	5.46
	4	160.07	158.80	118.87	125.68	95.15	59.76
Ni	0	1.88	1.91	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	4	3.14	3.05	1.89	2.40	1.85	N.D.

분석항목	시간 (Week)	배추 부산물	배추 부산물	배추 부산물	배추 부산물	배추 부산물	배추 부산물
		10%	20%	30%	40%	50%	60%
Zn	0	691.35	706.70	592.43	493.99	221.22	42.49
	4	1,000.52	1,017.39	754.06	810.06	641.64	416.75
NaCl(%)	0	1.16	2.53	2.69	4.19	5.78	4.25
	4	0.89	1.69	2.71	3.62	4.13	4.14

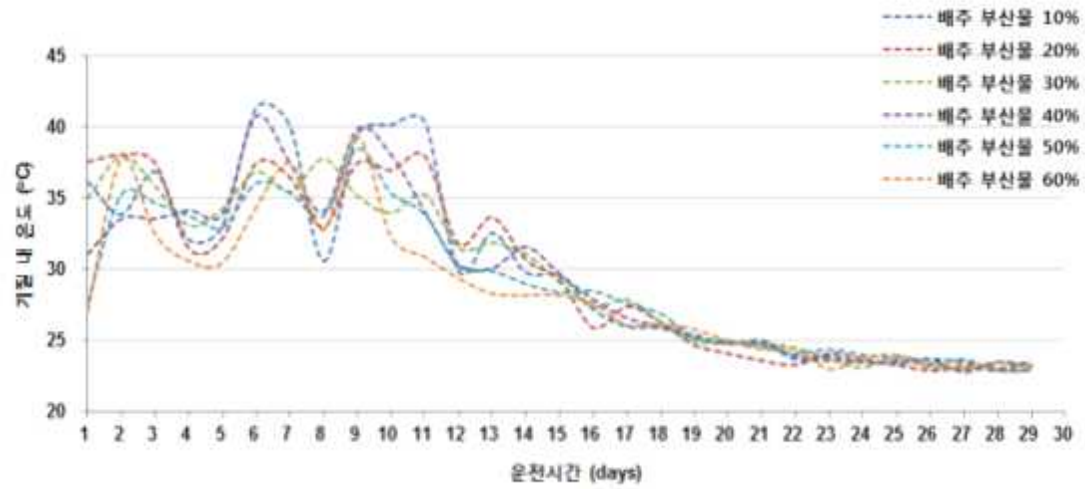


그림 4-8 퇴비화에 따른 기질 내 온도 변화

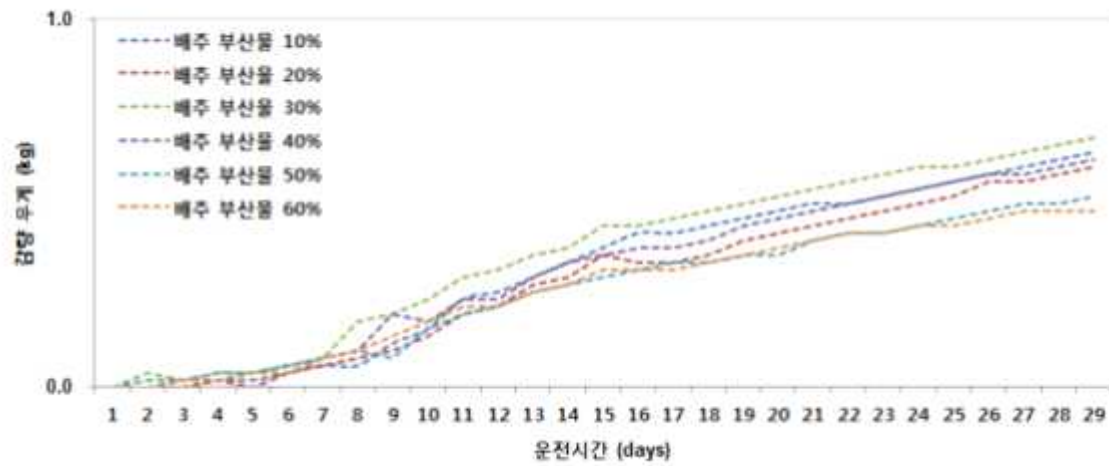


그림 4-9 퇴비화에 따른 누적 감량 무게

표 4-21 퇴비화에 따른 감량율

항목	배추	배추	배추	배추	배추	배추
	부산물	부산물	부산물	부산물	부산물	부산물
	10%	20%	30%	40%	50%	60%
총 감량율(%)	10.67	10.00	11.33	10.33	8.67	8.00
총 유기물 감량율(%)	44.42	50.53	51.02	55.31	59.49	62.27
총 수분 감량율(%)	27.93	20.34	18.92	14.34	13.61	9.36

6) 결론 및 고찰

- 퇴비화가 될 경우 pH가 7~8로 나타나는 것으로 알려져 있는데 분석 결과 pH의 값이 모두 7~8사이로 분석 됨.
- 중금속의 경우 니켈, 카드뮴, 수은, 납은 검출 되지 않았으며, 크롬과 니켈은 검출된 시료도 있으나 기준치를 범위의 값이 측정 됨.
- 아연의 경우 배추 부산물이 10%, 20% 첨가한 반응기의 시료에서 기준치를 초과하는 값이 검출 되었으며, 이는 2차 실험 결과의 원인과 같다고 생각 됨.
- 배추 부산물 중 절임 후 발생한 부산물이 석여있기 때문에 배추 부산물이 많이 혼합 될수록 높게 검출 되었으며, 배추 부산물 혼합 비율이 30%가 넘으면 퇴비화 후에 염분의 기준값을 초과하는 값이 검출 됨.
- 발효 온도는 배추 부산물의 수분 함량이 높을수록 그렇지 않은 경우 보다 낮은 경향을 보이며 최고온도와 온도 상승 후 유지기간, 평균온도 등은 2차 실험과 비슷한 경향을 보임.
- 퇴비화에 따른 수분 감량율은 배추 부산물 10%를 첨가한 반응기에서 27.93%로 가장 높았고 유기물 감량율은 배추 부산물을 60% 첨가한 반응기에서 62.27%로 가장 높게 나타났으나 수분감량율은 가장 적어 총 감량율에서도 8%로 가장 낮게 나타남.
- 총 감량율은 배추 부산물 30%를 첨가한 반응기가 11.33으로 가장 높게 나타남.

2. Vessel type aerobic bio-reactor의 운전최적화 및 생산 퇴비제품의 품질평가

● 연구 계획

- (1) 제조된 퇴비화 반응기 운전 최적화 조건 확립
- (2) 생산 퇴비 제품의 비료공정규격(농촌진흥청고시 제2014-13호) 부산물비료 품질기준 부합도 평가
- (3) 퇴비 부숙도 평가
 - 색도, 악취, 미생물 분석
- (4) 작물 안전성(GI : Germination Index) 평가

● 연구 내용

- (1) 제조된 퇴비화 반응기 운전 최적화 조건 확립

1) 연구 목적

- 용인시 백암면 소재의 옥산영농조합에 설치한 vessel type aerobic bio-reactor

(원통형 퇴비반응기)의 운전 조건 확립과 생산된 퇴비의 비료공정규격 평가 및 부속도, 작물 안전성 평가를 목적으로 함

2) 원통형 퇴비 반응기의 운전 방법 및 실험 방법

- 원통형 퇴비 반응기의 전체 체적 및 유효 운전 체적을 계산 및 산정 한 후, 일 투입량 및 HRT 산정
- 초기 운전 시에 완성된 퇴비를 반응기 용적의 약 20%를 채워 안정화 기간을 둔 후 돈분과 톱밥을 혼합하여 계산된 무게의 투입량을 1일 1회 투입
- 원료 투입 시 투입되는 원료의 체적을 알기위해 투입 원료의 용적중을 측정 함
- 교반 속도는 배출 되는 퇴비의 교반 상태와 배출량을 바탕으로 조절 함
- 교반 속도 제어는 주파수 제어 방식을 이용 함(인버터를 사용하여 교반기 입력 주파수를 변화시켜 교반 속도를 제어하는 방식, 표 21)
- 통기량은 배출 되는 퇴비의 수분 함량을 측정하여 조절 함
- 통기량은 300m³/h 송풍량의 송풍기를 타이머를 이용하여 on/off 하여 통기량을 제어 함
- 반응기내 온도 측정은 전단, 중단, 후단으로 나누어 1일 1회 측정 함
- 투입 원료 및 배출 퇴비는 주 2회 샘플링하여 아래 “나. 분석항목 및 분석방법”에 의해 분석 함
- 분석 결과 완숙(안정화) 된 퇴비가 생산 되었다고 판단 될 경우 배추·무 부산물을 투입하여 작물 안정화 평가를 진행 함

3) 실험을 위한 원통형 퇴비 반응기 설비의 구조변경 및 추가 설비

- 원료 투입의 편의를 위해 원료 투입구를 기존 가로 370mm, 세로 250mm에서 가로 580mm, 세로40mm로 확장
- 생산 퇴비의 배출 시간과 양을 운전자가 조절 할 수 있도록 배출구에 게이트 설치
- 반응기의 내부 무게 변화를 모니터링 할 수 있도록 데이터 로그 설비를 추가 설치하고 로드셀과 연동시킴



확장 전



확장 후



설치 전



설치 후

그림 5-1 반응기 구조변경 및 추가 설비 전 후



그림 5-2 데이터 로거(Fine 社 모델명 : FMS-100) 사진

4) Vessel type aerobic bio-redactor 공시시료

표 5-1 Vessel type aerobic bio-reactor 공시시료

샘플명	샘플 출처
배추·무 부산물	(주)이화종합식품 주소 : 경기도 안성시 공도읍 진사 2길 34-29
고액분리 돈분	옥산영농조합 주소 : 경기도 용인시 백암면
톱밥	성룡톱밥 주소 : 경기 고양시 일산동구 지영로148번길 118
퇴비(접종제)	옥산영농조합 주소 : 경기도 용인시 백암면

5) 연구 결과

- HRT 및 각 원료의 투입량 산정

- 돈분 평균 수분 함량(52일차 부터 75일차 까지 분석 기준) : 66.68%
- 톱밥 평균 수분 함량(52일차 부터 75일차 까지 분석 기준) : 30.04%
- 돈분의 평균 용적 중(52일차 부터 75일차 까지 분석 기준) : 0.88
- 톱밥의 평균 용적 중(52일차 부터 75일차 까지 분석 기준) : 0.22
- 반응기의 체적
 - 반응기의 지름(D) : 914.4mm
 - 반응기의 길이(L) : 5,000mm
 - 체적 계산 : 약 3.28m³

$$\left(\frac{D}{2}\right)^2 \times \pi \times L$$

- 반응기의 유효 운전 체적 : 반응기 체적의 약 60% = 1.97m³
- HRT 20일 기준 일 투입 원료의 체적 : 0.0984m³

$$\frac{\text{반응기유효운전체적}}{HRT}$$

- 혼합 원료(돈분, 톱밥)의 목표 수분량 : 60%
- 혼합 원료의 혼합 비
 - 돈분의 혼합비율 : 약 82%

$$\frac{|\text{목표수분함량} - \text{톱밥의수분함량}|}{|\text{목표수분함량} - \text{돈분의수분함량}| + |\text{목표수분함량} - \text{톱밥의수분함량}|}$$

- 톱밥의 혼합비율 : 약 18%

$$\frac{|\text{목표수분함량} - \text{돈분의수분함량}|}{|\text{목표수분함량} - \text{돈분의수분함량}| + |\text{목표수분함량} - \text{톱밥의수분함량}|}$$

- 돈분의 일 투입 체적 : 약 0.080688m³
일투입 체적 × 돈분 혼합비율
- 톱밥의 일 투입 체적 : 0.017712m³
일투입 체적 × 톱밥 혼합비율
- 돈분의 투입 무게 : 약 71.05 kg
돈분의 투입 체적(m³) × 1000 × 돈분의 평균 용적중
- 톱밥의 투입 무게 : 약 3.89kg
톱밥의 투입 체적(m³) × 1000 × 돈분의 평균 용적중

표 5-2 원통형 퇴비 반응기 운전 일지

측정항목 운전 일수	교반 횟수 (회/hr)	발효단 온도 ℃	평균 온도 ℃	고액 분리 돈분 투입량 kg	톱밥 투입량 kg	퇴비(접종제) 투입량 kg	투입 총량 kg	생산퇴 비 배출 량 kg
1	3.3	안정화				200.00	200.00	
2	3.3	기간					0.00	
3	3.3						0.00	
4	1.0	36 32 32	33	110.00	40.00		150.00	
5	1.0	45 37 35	39	110.00	30.00		140.00	
6	1.0	40 36 36	37	90.00			90.00	
7	2.0	33 32 30	32	100.00			100.00	
8	2.0	35 33 32	33	80.00			80.00	
9	2.0	36 32 31	33	125.00			125.00	
10	2.0	36 34 30	33	105.00	15.00		120.00	
11	2.0	38 34 33	35		12.00		12.00	
12	2.0	42 40 40	41		12.00		12.00	
13	2.0	44 42 46	44	95.00	12.00		107.00	
14	2.0	40 44 40	41				0.00	
15	2.0	46 44 42	44	40.00	12.00		52.00	50.00
16	2.0	52 45 49	49	60.00			60.00	60.00
17	2.0	47 46 46	46				0.00	
18	1.7	51 45 45	47	26.00	4.00		30.00	
19	1.7	56 54 52	54	26.00	4.00		30.00	
20	1.7	54 48 50	51	26.00	4.00		30.00	
22	1.7	50 46 48	48	47.00	8.00		55.00	
24	2.0	52 48 46	49	62.00	8.00		70.00	
25	2.0	54 52 48	51	94.90	15.20		110.10	107.19
26	2.0	51 48 50	50	94.90	15.20		110.10	107.19
27	2.0	50 48 46	48	94.90	15.24		110.14	110.58
28	2.0	50 47 44	47	94.90	15.24		110.14	110.58
29	2.0	50 48 46	48	94.54	15.26		109.80	110.04
32	2.0	48 45 44	46	95.40	15.34		110.74	112.74
33	2.0	47 46 42	45	98.90	18.20		117.10	132.63
34	2.0	46 44 42	44				0.00	131.08

측정항목	교반 횟수	발효단 온도			평균 온도	고액 분리 돈분 투입량	톱밥 투입량	퇴비(접종제) 투입량	투입 총량	생산되 비 배출량
운전 일수	(회/hr)	℃			℃	kg	kg	kg	kg	kg
35	1.4	48	48	46	47		8.00		8.00	130.54
36	1.4	49	49	46	48		8.00		8.00	133.50
38	3.3	44	44	42	43			48.60	48.60	128.02
40	1.4	42	48	47	46	19.04	4.16		23.20	60.32
24	2.0	45	46	47	46	36.92	12.00		48.92	47.68
42	2.0	36	36	38	37	11.12		36.12	47.24	48.68
43	2.0	38	36	36	37			39.86	39.86	31.70
45	2.0	38	36	34	36	46.26	4.24		50.50	36.70
46	1.0	38	36	37	37			34.66	34.66	34.96
47	1.0	30	28	28	29	41.12	12.00		53.12	27.80
48	1.0	40	38	36	38				43.64	22.32
49	1.0	40	36	36	37				32.92	38.56
50	1.0	42	40	38	40				19.24	36.70
52	1.0	46	48	45	46	47.22	4.08		51.30	28.48
54	1.0	40	40	42	41			30.94	30.94	19.90
55	1.0	40	40	40	40				0.00	19.90
56	1.0	39	40	36	38	12.00	8.00		20.00	17.70
57	1.0	38	37	36	37	12.00	8.90		20.90	9.84
59	1.0	35	34	34	34	12.00	8.00		20.00	22.76
60	1.0	32	31	32	32			99.28	99.28	12.66
65	1.0	30	30	31	30				0.00	14.78
66	1.0	27	29	28	28	18.02		20.00	38.02	46.22
67	0.5	24	24	25	24	62.58	10.36		72.94	131.24
68	0.5	31	20	18	23	24.40	2.00		26.40	17.68
69	0.5	28	26	24	26	72.69	6.00		78.69	72.80
70	0.5	30	28	26	28			27.44	27.44	27.44
71	0.5	38	35	36	36	32.12	16.34		48.46	81.85
72	0.43	39	34		37	32.30	16.10		48.40	23.34
73	0.43	40	38	38	39	32.02	16.24		48.26	67.44
74	0.43	34	34	32	33	31.50	16.56		48.06	52.38
75	0.4	34	32	34	33	31.22	18.18		49.40	17.04
76	0.4	30	28	32	30	61.32	12.68		74.00	16.54
77	0.4	30	28	32	30	61.32	12.68		74.00	16.54
81	0.5	26	27	26	26	51.46	13.44		64.90	58.28
82	0.5	30	28	28	29	47.28	12.28		59.56	49.78
83	0.5	30	24	22	25	47.88	11.82		59.70	51.90
84	0.5	30	24	22	25	47.66	12.00		59.66	56.74
85	0.5	30	24	20	25	47.40	12.08		59.48	43.50
86	0.5	24	18	17	20	48.50			48.50	32.24
87	0.5	26	21	20	22	76.10	4.02		80.12	42.76
88	0.5	28	20	20	23	71.58	4.40		75.98	51.46
89	0.5	28	20	20	23	70.68	4.00		74.68	52.82
90	0.5	28	20	20	23	72.52	4.18		76.70	58.16
91	0.5	30	26	24	27	73.90	4.00		77.90	50.56
94	0.5	34	30	30	31	74.28	4.00		78.28	62.22
95	0.5	33	32	32	32	77.68	5.40		83.08	52.66
96	0.5	30	29	26	28	69.22	4.02		73.24	52.60
97	0.5	30	26	26	27	71.16	4.12		75.28	55.92

측정항목	교반 횟수	발효단 온도			평균 온도	고액 분리 돈분 투입량	뜸밥 투입량	퇴비(접종제) 투입량	투입 총량	생산퇴 비 배출량
운전 일수	(회/hr)	℃			℃	kg	kg	kg	kg	kg
98	0.5	32	30	30	31	74.60	4.10		78.70	43.38
101	0.5	25	25	24	25	47.48	10.02		57.50	51.18
102	0.5	25	24	24	24	50.36	11.00		61.36	52.46
103	0.5	24	22	20	22	50.00	8.60		58.60	50.00
104	0.5	24	18	20	21	47.44	10.76		58.20	51.98
105	0.5	25	22	22	23	52.04	10.02		62.06	48.86
108	0.5	26	16	14	19	51.29	8.16		66.45	55.36
109	0.5	20	14	12	15	55.24	8.08		70.32	58.02
125	0.5	10		8	9	53.36	10.20		63.56	39.78
133	0.0	11	3	3	6	50.00	10.00		67.00	43.48
137	0.0	12	4	3	6	78.50	12.88		102.34	103.08
140	0.0	8	2	3	4	101.96	22.98		124.94	101.64
143	0.0	20	10	8	13	94.48	20.60		129.20	119.74
146	0.0	12	4	3	6	92.58	23.46		130.94	107.78
150	0.0	20	6	3	10	51.22	12.68		71.30	69.84
153	0.0	10	4	2	5	86.13	18.40		118.73	101.10
157	0.0	20	10	8	13	61.20	29.18		100.24	103.24
161	0.0	16	11	8	12	79.24	19.40		113.10	91.34
164	0.0	18	10	8	12	85.00	21.36		120.88	99.56
167	0.0	8	3	2	4	100.38	17.24		132.42	99.40
171	0.0	16	8	8	11	96.16	20.42		130.76	95.32
174	0.0	14	6	4	8	98.82	19.64		133.80	98.04
178	0.0	21	12	8	14	62.56	12.00		83.56	84.62
180	0.0	14	4	2	7	64.32	12.10		85.42	85.20
182	0.0	10	3	1	5	65.88	14.86		89.76	89.26
185	0.0	14	1	0	5	71.34	12.18		92.52	75.82
187	0.0	16	8	0	8	65.20	12.24		86.44	85.18

6) 결론 및 고찰

- 운전의 편의 및 실험 분석을 위해 원료 투입구 확장, 퇴비 배출구의 게이트 설치, 로드셀 데이터로거를 설치하여 운전 함
- 현재 돈분과 뜸밥을 원료로 운전 중에 있으며 발효 중 최고 온도는 19일차에 56℃ 측정 되었으나 점차 온도가 내려감
- 원인은 운전 중에 원료로 사용되는 고액분리 돈분의 수급을 옥산영농조합에서 공급 받아 사용하였는데 조합내 액비조 운전 사정으로 돈분의 고액 분리 시 응집제를 사용하였고 원료 수급에 차질이 생겨 일정 기간 동안 원료투입을 못한 기간이 있음.
- 표 5-2는 각 원료별 산정한 원료투입량을 투입하여 운전하고 발효조 온도를 분석한 운전 일지이다.

(2) 생산 퇴비 제품의 비료공정규격 부산물비료 품질기준 부합도 평가

1) 실험목적

- 원통형 퇴비 반응기를 운전하여 생산된 퇴비를 비료공정규격(농촌진흥청고시 제

2014-13호) 부산물비료 품질기준에 부합여부를 평가도

2) 분석 항목 및 분석 방법

- pH : pH meter 기(CH/MP220, Mettler, Switzerland)

- 수분, 조회분, 총질소 : A.O.A.C(1984) 방법에 준함

● 수분 : Oven 건조법

● 조회분 : Electric furance(Cerin ceramics, Korea)를 이용하여 550℃에서 2 시간동안 회화시킨 후 잔량을 측정하여 백분율(%)로 표기

● 총질소 : 2200 Kjeltac Auto Distillation, Switzerland를 이용하여 측정

- Org-C (%) : $(100 - \text{ash}\%) / 1.83$

- 중금속(비소, 카드뮴, 수은, 납, 크롬, 구리, 니켈, 아연) : DBC - ICP 이용

- 염분 : DBC - ICP 로 Cl⁻ 분석, 질산은 적정법으로 Na⁺ 분석하여 낮은 값으로 환산하여 계산

3) 분석 결과

- 표 5-3은 원통형 퇴비 반응기의 투입된 원료 및 생산 된 퇴비의 성상 변화를 분석한 표이다.

표 5-3 원통형 퇴비 반응기의 원료 및 생산퇴비의 성상 변화

(%, TS basis)

샘플 일차 (일)	톱밥						고액 분리 돈분						생산 퇴비					
	pH	MC	TS	VS	T-N	C/N ratio	pH	MC	TS	VS	T-N	C/N ratio	pH	MC	TS	VS	T-N	C/N ratio
19	6.11	28.31 ±0.19	71.69 ±0.40	71.40 ±0.37	0.33 ±0.01	119.02 ±5.97	9.98	70.86 ±0.04	29.14 ±0.04	23.96 ±0.07	1.47 ±0.03	8.89 ±0.16	9.17	51.41 ±0.46	48.59 ±0.46	42.11 ±0.68	1.11 ±0.06	20.77 ±0.79
25	6.07	23.62 ±0.40	76.38 ±0.41	76.07± 0.39	0.06 ±0.00	695.85± 45.4	9.11	69.11± 1.17	30.89± 1.17	20.46± 0.84	1.21 ±0.02	9.55 ±0.59	9.26	69.60± 0.15	30.40± 0.15	22.36± 0.22	1.18 ±0.02	10.34 ±0.17
27	6.51	29.27 ±0.41	70.73± 0.10	70.19± 0.09	0.03 ±0.01	1,198.6 ±430.8	9.14	70.31± 0.52	29.69± 0.52	19.71± 0.47	1.28 ±0.05	8.54 ±0.61	8.69	70.52± 0.53	29.48± 0.53	20.97± 0.37	1.11 ±0.06	10.33 ±0.71
32	6.45	25.17 ±0.10	74.83 ±0.42	74.56± 0.44	0.11 ±0.02	391.86± 64.50	8.84	69.49± 0.62	29.69± 0.62	22.45± 0.55	1.18 ±0.12	10.18 ±1.12	8.90	69.74± 0.30	29.48± 0.30	21.70± 0.23	1.34 ±0.06	8.89 ±0.43
45	6.45	21.47 ±0.32	78.53± 0.32	78.10± 0.43	0.06 ±0.00	713.92± 45.55	8.25	59.48± .20	40.52± 1.03	30.59± 0.87	1.16 ±0.04	14.82 ±0.32	9.10	64.21± 0.17	35.79± 0.17	25.34± 0.35	1.24 ±0.04	11.20 ±0.38
52	6.40	22.81 ±0.22	77.19 ±0.22	76.78± 0.23	0.03 ±0.02	872.47± 23.65	7.87	64.56± 1.03	35.44± 0.78	29.49± 0.57	1.19 ±0.04	13.62 ±0.43	9.11	66.51± 0.70	33.49± 0.70	24.38± 0.41	1.13 ±0.01	11.97 ±0.18
56	6.91	25.62 ±0.57	74.38 ±0.57	74.00± 0.59	0.05 ±0.00	867.04± 89.80	8.13	61.87± 0.78	38.13± 3.58	27.08± 2.86	0.85 ±0.18	20.53 ±3.76	9.14	66.44± 0.58	35.56± 0.58	24.98± 0.54	1.03 ±0.06	13.28 ±1.15
59	6.54	32.58 ±1.13	67.42± 1.13	66.97± 1.18	0.07 ±0.02	573.43± 186.6	8.48	63.36± 3.58	36.64± 0.69	29.94± 0.53	1.17 ±0.05	13.83 ±0.89	9.00	63.05± 0.76	36.95± 0.76	27.47± 0.59	1.12 ±0.04	13.45 ±0.26
66	5.67	22.46 ±1.25	77.54 ±1.25	77.18± 1.20	0.04 ±0.03	707.91± 51.42	6.79	65.34± 0.69	34.66± 0.63	31.32± 0.60	1.05 ±0.10	16.03 ±1.95	8.25	58.33± 0.05	41.67± 0.05	30.90± 0.90	1.04 ±0.08	16.29 ±1.62
69	5.18	37.30 ±0.20	62.70 ±0.20	62.41± 0.23	0.02 ±0.00	1,472.7 ±56.26	8.44	71.73± 0.63	28.27± 0.21	18.96± 0.18	1.39 ±0.07	7.58 ±0.43	8.50	39.19± 1.91	60.81± 1.91	46.72± 1.08	1.48 ±0.02	17.20 ±0.77
73	6.02	26.84 ±1.20	73.16 ±1.20	72.79± 1.22	0.07 ±0.01	556.92± 91.70	8.43	74.14± 0.72	25.86± 0.72	17.15± 0.45	1.22 ±0.07	7.47 ±0.20	7.93	40.22± 0.65	59.78± 0.65	44.64 ±3.76	1.42 ±0.08	17.11 ±1.03
76	6.05	42.64± 0.23	57.36± 0.23	75.89± 0.59	0.04 ±0.03	1,021.2 ±564.7	8.42	71.86± 0.39	28.14± 0.39	20.76± 0.31	1.21 ±0.07	12.70 ±0.89	8.00	42.76 ±1.34	57.24± 1.34	42.72± 0.58	1.55 ±0.12	20.30 ±1.60
78	5.87	42.36± 0.77	57.64± 0.77	57.29± 0.76	0.06 ±0.01	565.62± 59.07	8.40	69.14± 0.41	30.86± 0.41	20.98± 0.31	1.34 ±0.06	8.45 ±0.26	8.31	53.24± 0.61	46.76± 0.61	36.94± 0.45	1.31 ±0.22	15.67 ±2.35
81	6.01	37.26± 0.06	62.74± 0.06	62.38± 0.06	0.03 ±0.01	1,231.2 ±435.3	7.89	70.35± 0.17	29.65± 0.17	21.11± 0.17	1.30 ±0.01	8.78 ±0.11	8.25	46.15± 0.49	53.85± 0.49	42.24± 0.95	1.26 ±0.02	18.38 ±0.23

87	5.77	39.00± 1.02	61.00± 1.02	60.71± 0.99	0.12 ±0.01	265.64± 10.49	7.78	71.58± 0.34	28.42± 0.34	20.57± 0.12	1.43 ±0.05	7.40 ±0.30	8.44	61.75± 0.28	38.25± 0.28	31.10± 0.16	1.16 ±0.05	14.71 ±0.66
91	6.03	35.16± 0.18	64.84± 0.18	64.48± 0.18	0.09 ±0.00	399.62± 20.61	8.31	71.04± 0.41	28.96± 0.41	20.23± 0.29	1.47 ±0.05	7.40 ±0.30	8.57	62.29± 0.26	37.71± 0.26	31.89± 0.10	1.35 ±0.09	12.95 ±0.82
94	6.32	45.36± 0.15	54.64± 0.15	70.47± 0.12	0.02 ±0.00	1,649.2 ±188.6	8.21	74.73± 0.18	25.27± 0.18	16.34± 0.33	1.34 ±0.05	6.68 ±0.36	8.68	65.35± 0.23	34.65± 0.23	28.03± 0.53	1.12 ±0.08	13.70 ±1.27
97	6.33	32.09± 2.10	67.91± 2.10	67.53± 2.11	0.04 ±0.01	985.95± 452.4	8.19	71.62± 0.51	28.38± 0.51	18.16± 0.41	0.93 ±0.03	10.67 ±0.60	8.12	64.96± 1.10	35.04± 1.10	27.42± 1.04	0.69 ±0.17	22.36 ±4.93
101	6.21	35.38± 2.30	64.62± 2.30	63.54± 1.66	0.03 ±0.00	1,173.2 ±86.26	8.44	74.93± 0.60	25.07± 0.60	17.40± 0.73	1.32 ±0.07	7.15 ±0.26	8.71	66.66± 0.11	33.34± 0.11	24.02± 0.18	1.05 ±0.07	12.54 ±0.95
107	6.18	30.96± 0.54	69.04± 0.54	68.79± 0.51	0.05 ±0.01	800.67± 235.9	7.89	73.44± 1.15	26.56± 1.15	19.58± 0.22	1.30 ±0.14	7.89 ±0.96	9.12	67.89± 0.27	32.11± 0.27	21.57± 0.63	1.00 ±0.05	11.87 ±0.98
125	5.88	43.51± 1.51	56.49± 1.51	56.18± 1.52	0.05 ±0.00	636.64± 37.62	7.74	73.06± 0.09	26.94± 0.09	19.55± 0.12	1.23 ±0.11	8.86 ±0.93	9.03	69.75± 0.40	30.25± 0.40	20.88± 0.24	1.46 ±0.56	8.72 ±3.71
133	6.08	46.45± 0.59	53.55± 0.59	53.15± 0.62	0.04 ±0.02	727.84± 248.3	8.34	71.65± 0.03	28.35± 0.03	20.08± 0.39	1.25 ±0.09	8.85 ±0.72	8.97	70.07± 0.22	29.93± 0.22	20.66± 0.32	0.87 ±0.01	12.92 ±0.23
137	6.37	41.17± 1.61	58.83± 1.61	58.46± 1.61	0.03 ±0.02	857.82± 341.3	8.33	72.09± 0.44	27.91± 0.44	19.18± 0.27	1.22 ±0.03	8.67 ±0.01	8.86	71.60± 0.20	28.40± 0.20	19.66± 0.25	0.86 ±0.06	12.54 ±1.10
143	6.15	39.81± 0.61	60.19± 0.61	60.02± 0.59	0.05 ±0.01	673.07± 129.1	8.32	70.59± ±0.26	29.41± 0.26	21.49± 0.27	1.21 ±0.04	9.71 ±0.45	9.05	71.50± 0.31	28.50± 0.31	19.96± 0.39	0.95 ±0.08	11.58 ±1.11
150	5.89	47.80± 1.21	52.20± 1.21	51.88± 1.22	0.04 ±0.00	744.33± 91.95	8.47	71.16± 0.15	28.84± 0.15	19.95± 0.17	1.22 ±0.04	8.89 ±0.37	9.13	70.96± 0.47	29.04± 0.47	20.08± 0.29	1.06 ±0.05	10.37 ±0.61
164	6.21	32.46± 1.06	67.54± 1.06	67.16± 1.04	0.04 ±0.00	931.83± 76.84	8.51	73.92± 0.31	26.08± 0.31	18.15± 0.21	1.22 ±0.04	8.06 ±0.32	9.17	71.63± 0.22	28.37± 0.22	23.15± 0.59	1.15 ±0.05	11.01 ±0.16
171	6.12	35.77± 1.73	64.23± 1.73	63.77± 1.67	0.05 ±0.01	682.56± 124.6	7.94	74.30± 0.77	25.70± 0.77	19.32± 0.83	1.41 ±0.40	8.38 ±2.37	9.09	72.19± 0.10	27.81± 0.10	22.19± 0.15	1.03 ±0.06	11.76 ±0.66
178	6.27	33.73± 0.76	66.27± 0.76	65.81± 0.76	0.09 ±0.02	409.68± 104.4	8.49	72.89± 0.22	27.11± 0.22	20.52± 0.17	1.44 ±0.23	7.99 ±1.29	9.15	71.65± 0.22	28.35± 0.22	22.88± 0.24	1.03 ±0.04	12.19 ±0.33

MC : 101Moisture content, TS : Total solid, VS : Volatile solid, T-N : Total nitrogen, C/N: Carbon/nitrogen.

평균 투입 유기물 함량 (%)	77.71
평균 퇴비 유기물 함량 (%)	74.54
유기물 분해율 (%)	4.08

4) 결론 및 고찰

- 운전 초기에는 생산 퇴비의 pH가 높게 나타나나 시간이 지날수록 pH가 낮아지는 것으로 볼 때 퇴비화가 진행 중인 것으로 판단됨.
- 유기물 분해량과 분해율은 각각 3.17과 4.08%로 분석 됨.

(2) 퇴비 부숙도 평가(색도, 악취, 미생물 등 분석)

- 색도

1) 분석 목적

- 생산된 퇴비의 부숙도를 판단하기 위해 색도계를 이용하여 생산 퇴비의 색을 색도계를 이용하여 측정 및 완숙 여부를 판단

2) 분석 방법

- Spec 社의 색도계(JCS-10)를 이용하여 측정 후 측정된 a, b 값을 이용하여 색좌표 확인



그림 5-3 Spec 社 색도계(JCS-10)

3) 분석 결과

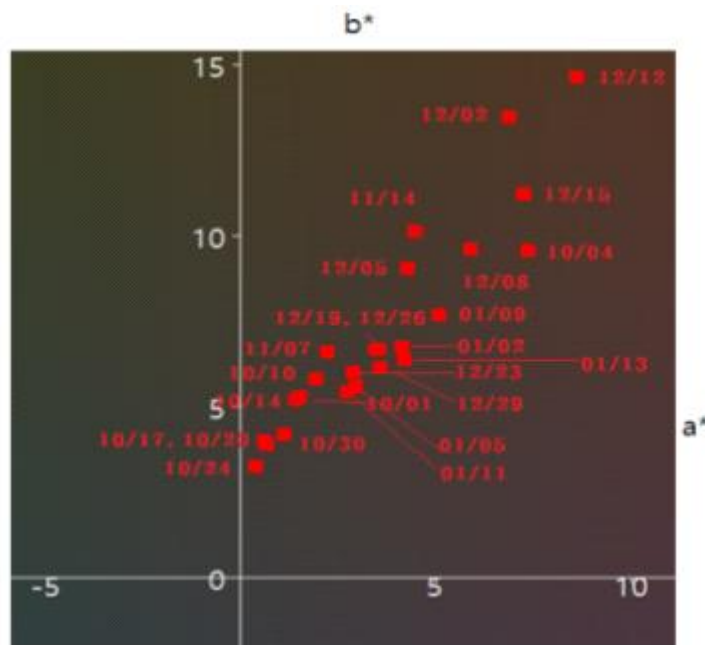


그림 5-4 생산 퇴비 색도 측정 결과

- 약취분석

1) 분석 목적

- 퇴비의 부숙도를 판단하기 위해 H₂S, NH₃, 를 분석하고 미생물 활성여부를 판단하기 위해 CO₂를 측정함.

2) 분석 방법

- GASTEC(GV-100S, Gastec corporation, Japan)을 이용하여 H₂S, NH₃, CO₂, 측정
- 원통형 반응기의 원료 투입구 안쪽과 완성퇴비 배출구 안쪽을 측정 함



그림 5-5 가스 측정기 GASTEC(GV-100S)

3) 분석 결과



그림 5-6 반응기 운전 85일 차 H₂S, NH₃ 및 CO₂ 가스 측정 결과



그림 5-7 반응기 운전 87일 차 H₂S, NH₃ 및 CO₂ 가스 측정 결과

표 5-4 생산 퇴비의 가스분석 결과

샘플일차	전단			후단		
	CO ₂	H ₂ S ppm	NH ₃	CO ₂	H ₂ S ppm	NH ₃
85	0.8	불검출	불검출	100	불검출	불검출
87	0.5	불검출	불검출	0.25	불검출	불검출

- 미생물 분석

1) 분석 목적






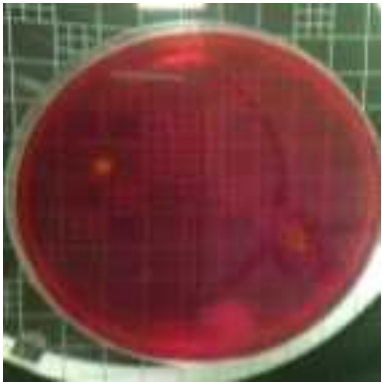
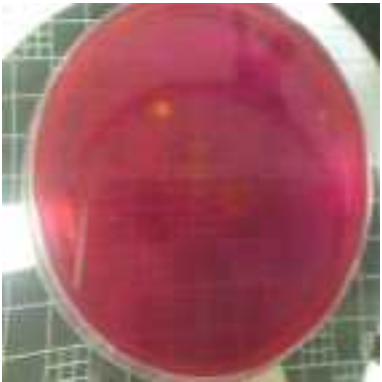
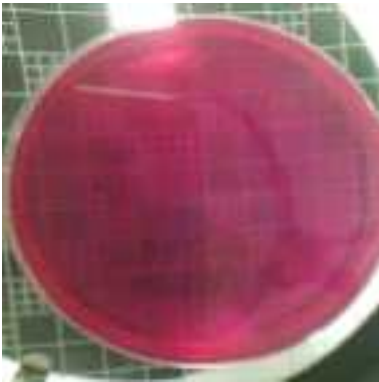
- 농촌진흥청고시 “비료공정규격”의 기준에 적합 여부를 판단하기 위해 살모넬라균과 대장균을 분석 함

2) 분석 방법

- 살모넬라 : 샘플을 NaCl 0.9% 희석배지에 십진법으로 희석 후, XLD 배지에 배양
- 대장균 : 샘플을 NaCl 0.9% 희석배지에 십진법으로 희석 후, 3M Petrifilm(OM A#991.14)에 배양

3) 분석 결과

표 5-5 미생물 분석 결과

샘플일차	66일차	69일차	72일차	75일차
대장균	 <p>20-3</p> <p>불검출</p>	 <p>22-3</p> <p>검출</p>	 <p>24-3</p> <p>검출</p>	 <p>24-3</p> <p>검출</p>
살모넬라	 <p>불검출</p>	 <p>불검출</p>	 <p>불검출</p>	 <p>불검출</p>

4) 결론 및 고찰

- 색도 분석 결과 a, b의 값이 점차 커지면서 암녹색에서 적갈색으로 변화해 가고 있음
- 퇴비의 색변화로 볼 때 현재 퇴비화가 진행 중인 것으로 판단됨
- 가스 측정 결과 H₂S와 NH₃는 불검출 되었고 CO₂가스는 측정 된 값이 0.25~100ppm으로 퇴비화가 활발히 이루어지고 있다고 볼 수 없음 69일차, 72일차, 75일차 샘플에서 검출되었으나 군수가 점차 감소하는 경향을 보임
- 반응기의 운전 최적화가 되지 않아 퇴비화 미생물 활성이 이루어지지 않은 것으로 판단되지만 현재는 안정화가 완료단계에 있어 추가 실험을 진행할 수 있을 것으로 예상됨.
- 미생물 분석 결과 살모넬라는 불검출 되었고 대장균은 점차 감소하는 경향을 보여 반응기 운전의 안정화가 완료되면 대장균도 사멸 되어 검출되지 않을 것으로 판단됨

□ 실규모 퇴비제품 생산 실증 및 경제성·환경성 평가

1. 참여기업인 BK환경종합건설(주)에 개발한 수평형 고속발효기를 이용한 운전인자 최적화 기술이전

- 기술이전 개요

- 계약(활용)명 : 배추, 무 부산물을 이용한 퇴비화 기술
- 계약(활용)일 : 2017.12.13
- 지재권 종류 : 노하우
- 실시 유형 : 직접실시
- 기술료 : 2,000,000 원

- 기술 이전 내용 요약

- 배추, 무 부산물을 이용하여 퇴비를 만들고자 할 때 원료의 선정기준과 혼합비율에 관련된 기술과 수평 원통형 반응기를 이용할 경우 HRT 및 원료 투입량, 원료 혼합 비율, 주과수 제어를 통한 교반 회전수 제어, 통기량 등의 운전 인자와 운전 방법 등에 대한 기술을 이전 함.

2. 배추, 무 부산물 퇴비 대량 생산에 의한 퇴비제품 실증

● 연구 계획

- (1) 3m³ 파일럿 원통형 퇴비 반응기 운전 결과를 바탕으로 실증 시설인 36m³ 퇴비 반응기에 적용함.
- (2) 실증 퇴비시설의 제원
 - 발효조 용적 : 36m³
 - 길이 : 12m
 - 높이 : 2m
 - 운전 유효 용적 : 24~27m³
 - 교반 모터 용량 : 2.25kW

- 교반 제어 방식 : 인버터를 이용한 속도제어
- 원료투입방식 : 무축 스크류 방식
- 온도센서 : 각 구간별로 5개의 온도센서를 설치하여 내부온도확인 가능케 함.



그림 6-1 퇴비 반응기(좌 : 3m³ 파일럿 시설, 우 : 36m³ 실증 시설)

● 연구 내용

(1) 배추, 무 부산물을 이용한 퇴비 대량 생산 운전 인자 확립

- HRT : 12일
- 혼합 원료(돈분, 톱밥, 배추 부산물)의 수분 함량 : 65%
- 배추 부산물의 혼합 비율 : 총 원료 투입 무게의 10%, 20%, 40%로 하여 운전
- 운전 기간 : 원료의 혼합비율 별로 각각 4주간 운전
- 교반 속도 : 빈번한 교반은 내부 온도 저하의 원인 되어 퇴비 숙성에 영향을 줄 수 있어 교반 속도는 약 15회전/일로 설정 함.

생산된 퇴비를 배출하는 주간(07시 ~ 17시)에는 1회전/h하여 배출이 원활하게 하고, 배출하지 않는 야간(17 ~ 익일 07시)에는 1회전/3h으로 운전 함.

- 송풍량 : 송풍기 모델은 DR-FS19DSA로 최대 정압 34mmAq이며, 최대 풍량은 1500m³의 송풍기를 사용.

공기 리턴 배관에 밴트 밸브를 사용하여 공기량을 조절 할 수 있게 설계 하였으며, 사이클론 설비를 이용하여 공기 중의 수분을 응축 시켜 배출 함.

송풍기 운전1시간 on/ 30분 off 하여 운전 함.



그림 6-2 송풍장치

(2) 시료채취 및 분석

- 온도 측정은 각 구간별로 1회/일 측정
- 원료 투입은 1회/일 투입하고 주 1회 샘플링하여 일반성상 항목 pH, 수분, TS, VS, T-N, C/N비, 인산, 칼리과 중금속 항목 비소, 카드뮴, 수은, 납, 크롬, 구리, 니켈, 아연을 분석 함.
- 생산된 퇴비는 주 2회 샘플링하여 일반성상 항목 pH, 수분, TS, VS, T-N, C/N비, 인산, 칼리과 중금속 항목 비소, 카드뮴, 수은, 납, 크롬, 구리, 니켈, 아연을 분석 함.

(3) 운전 결과

- 구간별 온도 측정 결과 원료 투입하는 부근이 온도가 가장 낮았고, 두 번째 구간에서 온도가 가장 높게 측정 되었으며, 퇴비 완성 단계에서는 온도가 낮아지는 결과를 보임.
- 배추 부산물 혼합비 별 최고 온도는 모두 두 번째 구간에서 측정 되었으며, 배추 부산물 혼합 비율이 10%일 때 52° C, 20%일 때 64° C, 40%일 때 60° C로 가장 높게 측정 됨.
- 운전 기간 중 평균 온도는 배추 부산물 혼합 비율이 10%일 때 43° C, 20%일 때 48° C, 40%일 때 49° C로 측정 됨.

표 6-1 배추 부산물 10% 혼합하여 운전 하였을 때 퇴비반응기내 구간별 온도

days	발효단 온도(° C)					평균 온도(° C)	중단 평균 온도(° C)
	1구간	2구간	3구간	4구간	5구간		
0		40	35	28	36	35	34
1	30	38	34	30	38	34	34
5	38	45	42	30	38	39	39
6	38	42	40	30	38	38	37
9	38	46	44	37	39	41	42
12	42	52	46	42	44	45	47
13	42	54	48	40	46	46	47
15	40	45	42	39	40	41	42
19	40	52	40	40	40	42	44
20	42	50	42	40	40	43	44
21	46	54	46	46	40	46	49
22	44	50	46	41	40	44	46
23	40	48	44	38	38	42	43
27	48	54	48	42	48	48	48
29	44	51	48	44	41	46	48
43		54	50	44	40	47	49

표 6-2 배추 부산물 20% 혼합하여 운전 하였을 때 퇴비반응기 내 구간별 온도

days	발효단 온도(° C)					평균 온도(° C)	중단 평균 온도(° C)
	1구간	2구간	3구간	4구간	5구간		
0	34	62	52	48	42	48	54
3	46	62	48	43	42	48	51
4	46	54	51	46	42	48	50
5	46	56	50	44	42	48	50
7	44	52	50	44	42	46	49
10	44	60	50	47	41	48	52
11	48	58	49	48	40	49	52
12	46	56	48	46	40	47	50
13	46	60	50	46	40	48	52
14	46	56	50	44	42	48	50
17	39	59	50	48	42	48	52
18	40	60	52	48	43	49	53
19	48	60	50	46	42	49	52
20	46	64	52	50	42	51	55
21	48	56	54	48	42	50	53

표 6-3 배추 부산물 40% 혼합하여 운전 하였을 때 퇴비반응기 내 구간별 온도

days	발효단 온도(° C)					평균 온도 (° C)	중단 평균 온도(° C)
	1구간	2구간	3구간	4구간	5구간		
0	40	58	52	50	42	48	53
1	42	46	42	42	40	42	43
3	50	50	48	42	40	46	47
4	40	48	46	42	40	43	45
7	38	57	50	46	42	47	51
8	34	54	50	42	40	44	49
9	44	48	44	42	40	44	45
10	46	60	50	46	42	49	52
14	38	59	49	44	42	46	51
15	39	62	48	44	44	47	51
16	46	60	48	44	40	48	51
17	48	52	48	46	42	47	49
22	42	58	52	44	42	48	51
23	46	60	52	46	42	49	53

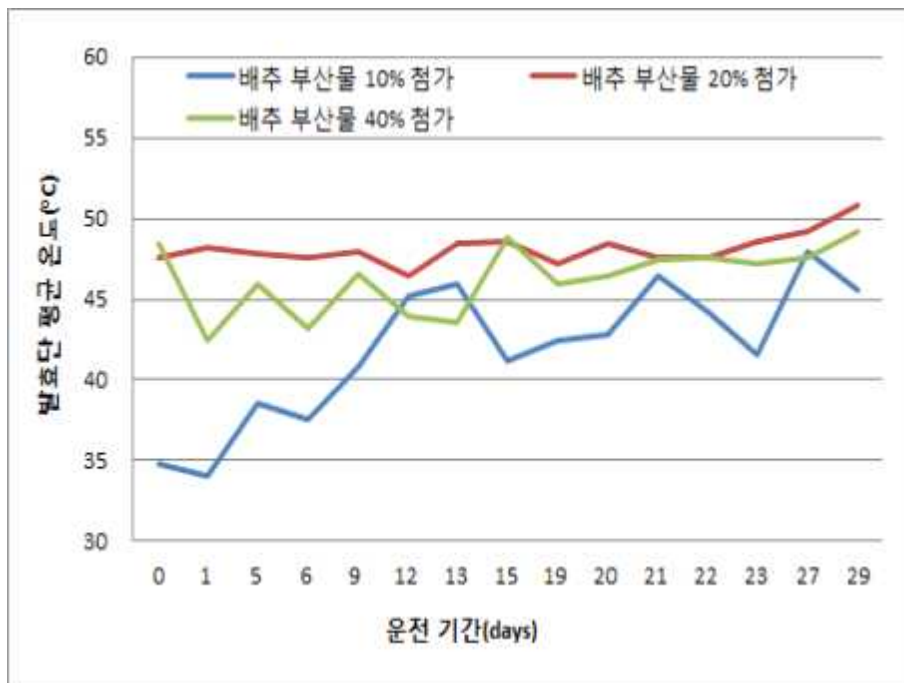


그림 6-3 퇴비화반응기 운전기간 중 5개 발효구간 평균온도변화

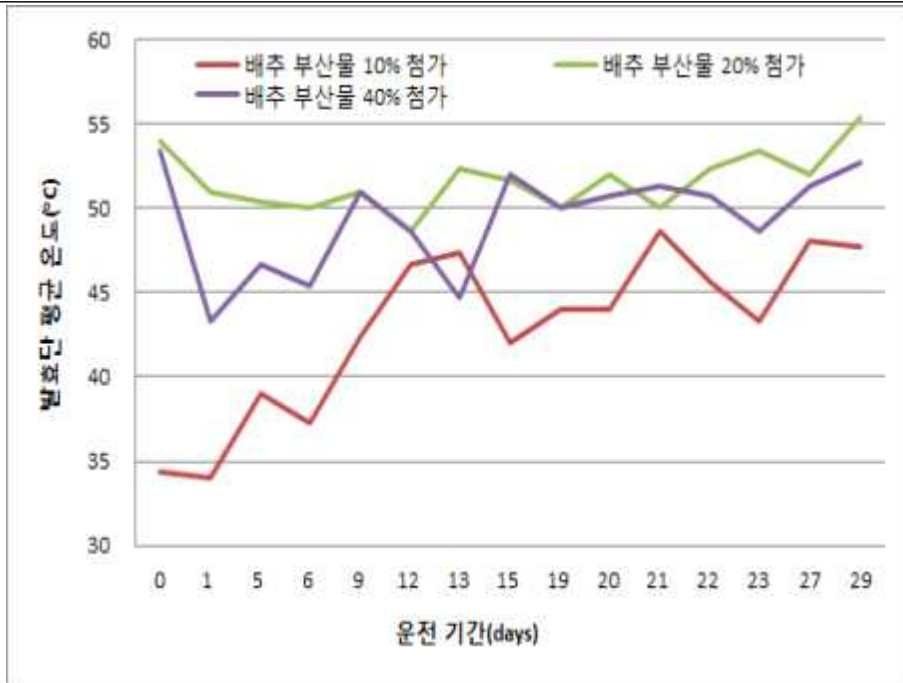


그림 6-4 퇴비화반응기 운전기간 중 2, 3, 4번째 구간 평균온도변화 (가장 온도가 높은 구간의 평균값)

3. 실증 퇴비의 품질 평가

● 연구 계획

(1) 생산 퇴비 제품의 비료공정규격(농촌진흥청 고시 제 2014-13호) 부산물비료 품질 기준 부합도 평가

1) 공시 시료

- ① 배추 부산물은 충남 천안에 위치한 성가네 김치 가공공장에서 발생하는 부산물을 사용하였고, 사용된 부산물은 정선과정에서 발생하는 부산물이 대부분 차지함.
- ② 실험에 사용된 돈분뇨는 용인시에 위치한 옥산영농조합의 돈분처리장에서 고액분리된 돈분뇨 사용함.
- ③ 톱밥은 경기도 일산에 위치한 성룡톱밥에서 알톱밥을 구매하여 사용함.

2) 실험 방법

- 생산퇴비의 품질 평가를 위해 일반성상 항목 pH, 수분, TS, VS, T-N, C/N비, 인산, 칼리과 중금속 항목 비소, 카드뮴, 수은, 납, 크롬, 구리, 니켈, 아연을 분석 함.

- 일반성상 및 중금속

① pH : pH meter 기(CH/MP220, Mettler, Switzerland)

② 수분, 조회분, 총질소 : A.O.A.C(1984) 방법에 준함

가) 수분 : Oven 건조법

나) 조회분 : electric furance(Cerin ceramics, Korea)를 이용하여 550°C에서 2시간동안 회화시킨 후 잔량을 측정하여 백분율(%)로 표기

다) 총질소 : 2200 Kjeltec Auto Distillation, Switzerland를 이용하여 측정

라) Org-C (%) : (100-ash%)/1.83

마) 중금속(비소, 카드뮴, 수은, 납, 크롬, 구리, 니켈, 아연) : DBC - ICP

● 분석 결과

1) 투입 원료의 성상 분석

- 배추 부산물의 혼합 비율별에 따른 투입원료의 성상 분석 결과는 표 4 와 같다.
- 사용된 톱밥의 수분 함량은 약 15~40%로 분석 되었고, 하절기에는 기상과 보관 상태에 따라 다소 차이가 남.
- 고액분리 돈분뇨의 수분 함량은 약 69~74%로 분석 됨.
- C/N비는 평균 톱밥은 691.1, 고액분리 돈분뇨는 8.9, 배추부산물은 11.8로 분석 됨.

표 7-1 실증 퇴비제조를 위한 투입원료 성분 분석 결과

(%, DM basis)

배추 부산물 혼합 비율	운전일	톱밥					고액 분리 돈분뇨					배추 부산물				
		MC	TS	VS	T-N	C/N ratio	MC	TS	VS	T-N	C/N ratio	MC	TS	VS	T-N	C/N ratio
10%	1	39.81± 2.08	60.19±2 .08	59.69±2 .09	0.05 ±0.00	612.28±1 1.51	73.96±0 .44	26.04± 0.44	17.81± 0.27	1.36 ±0.01	7.20 ±0.01	91.74	8.26	77.68± 3.03	3.16 ±0.08	13.29 ±0.21
	15	39.55± 2.07	60.45±2 .07	60.19±2 .1	0.05 ±0.00	656.14±1 09.0	68.99±0 .28	31.01± 0.28	21.68± 0.23	1.50 ±0.01	7.93 ±0.19	92.22	7.78	60.60± 7.57	2.44 ±0.03	13.33 ±2.11
	22	19.43± 0.2	80.57±0 .2	80.24±0 .2	0.05 ±0.00	839.05±1 9.30	71.67±0 .23	28.33± 0.23	19.40± 0.04	1.48 ±0.05	7.20 ±0.29					
20%	1	20.57± 0.5	79.43±0 .5	78.78±0 .32	0.06 ±0.00	724.05±7 1.37	71.40±1 .06	28.60± 1.06	19.48± 0.64	1.4 ±0.05	7.54 ±0.0	94.01	5.99	76.45± 0.17	3.49 ±0.11	11.52 ±0.38
	5						71.87±0 .95	28.13± 0.95	18.79± 0.93	1.27 ±0.	8.24 ±0.55	92.54	7.46	76.42± 0.07	3.14 ±0.05	13.19 ±0.20
	14	24.01± 0.47	75.99±0 .47	74.50±1 .38	0.01 ±0.00	3,380.2 ±852.0	70.74±1 .05	29.26± 1.05	21.41± 0.94	1.17 ±0.02	10.12 ±0.44	95.12	4.88	72.35± 0.19	3.29 ±0.00	11.90 ±0.01
	18	23.81± 0.09	76.19±0 .09	74.76±1 .62	0.03 ±0.01	1,509.8 ±665.2						94.38	5.62	71.00 ±0.26	3.09 ±0.09	12.50 ±0.30
40%	1	15.24± 0.34	84.76±0 .34	83.88±0 .44	0.06 ±0.01	1,337.0 ±281.6	70.82±0 .11	29.18± 0.11	20.71± 0.30	1.23 ±0.02	9.21 ±0.02	95.96	4.04	68.32± 0.31	3.60 ±0.05	9.51 ±0.19
	7	26.72± 0.30	73.28±0 .30	71.57±0 .18	0.06 ±0.01	672.37±1 64.6	70.73±0 .59	29.27± 0.59	23.44± 0.44	1.59 ±0.11	8.03 ±0.15	95.10	4.90	70.37± 0.16	3.19 ±0.02	9.85 ±0.07
	15	30.20± 1.10	69.80±1 .10	67.38±1 .53	0.06 ±0.01	984.35±2 24.3	69.63±0 .25	30.37± 0.25	21.53± 0.27	1.25 ±0.03	9.50 ±0.19	92.49	7.51	67.54± 0.17	3.13 ±0.03	11.18 ±0.13
	23	28.00± 0.18	72.00±0 .18	70.06±0 .46	0.05 ±0.01	1,597.2± 331.8	71.17±0 .10	28.83± 0.10	21.45± 0.12	1.16 ±0.00	10.10±0. 09	94.94	5.06	69.44± 0.45	2.93 ±0.04	11.99 ±0.06

※ MC : Moisture content; TS : Total solid; VS : Volatile solid; T-N : Total nitrogen

2) 실증 생산 퇴비의 성분 분석

- 표 7-2는 실증 퇴비 성분 분석 결과 이다.
- 그림 7-1 ~ 7-5는 일반 성상 분석 결과 중 주요 인자를 그래프로 나타냄.
- pH는 배추 부산물 투입량이 10% 일 때 7.29 ~ 8.76, 20%일 때 8.44 ~ 8.97, 40% 일 때 8.39 ~ 9.02으로 배추 부산물 혼합비율이 증가할 수 록 올라감.
- 생산된 퇴비의 평균 수분 함량은 배추 부산물 혼합수준이 10%, 20%, 40% 일 때 각각 62%, 58%, 39%로 배추 부산물 혼합 비율이 높을수록 생산 퇴비의 수분 함량도 낮아 졌으며 배추 부산물 혼합 비율이 40%일 때 최저 21.98%까지 분석 됨.
- C/N비는 배추 부산물 혼합율이 10%, 20%, 40% 일 때 각각 11.88, 13.35, 16.29로 배추 부산물 혼합수준이 증가 할수록 C/N비도 증가함.

표 7-2 실증 퇴비의 성상 분석 결과

(%, DM basis)

배추 부산물 혼합 비율	샘플 일자	생산 퇴비							
		pH	MC	TS	VS	T-N	C/N ratio	인산	칼리
10%	2	7.29	61.11±1.89	38.89±1.89	30.26±1.59	1.28±0.04	12.52±0.53	2.68	0.38
	15	7.93	57.62±0.36	42.38±0.36	32.18±1.04	1.31±0.03	13.21±0.65	2.90	0.39
	22	8.76	62.26±0.19	37.74±0.19	27.84±0.22	1.22±0.01	12.37±0.20	3.20	0.39
	27	8.76	62.05±0.54	37.95±0.54	27.68±0.27	1.44±0.22	10.80±1.64	3.55	0.42
	29	8.42	64.61±1.15	35.39±1.15	25.67±0.99	1.16±0.01	12.14±0.51		
	34	8.15	65.07±0.09	34.93±0.09	24.47±1.29	1.24±0.01	10.54±0.49	3.13	0.39
	36	8.77	64.38±0.29	35.62±0.29	25.49±0.56	1.26±0.01	11.00±0.39		
20%	1	8.74	62.91±0.45	37.09±0.45	27.05±0.44	1.21±0.02	12.23±0.41	3.14	0.38
	5	8.79	65.22±0.18	34.78±0.18	25.29±0.17	1.27±0.02	10.86±0.15		
	8	8.88	63.78±2.49	36.22±2.49	26.95±1.70	1.24±0.07	11.42±0.50	2.92	0.42
	11	8.48	55.33±0.28	44.67±0.28	32.89±0.27	1.38±0.04	13.01±0.29		
	14	8.81	55.77±1.32	44.23±1.32	33.42±0.92	1.51±0.02	11.89±0.05	3.22	0.43
	15	8.46	68.47±0.16	31.53±0.16	22.02±0.07	1.41±0.06	8.54±0.34		
	18	8.44	50.72±0.51	49.28±0.51	37.42±1.34	1.51±0.01	13.88±0.07	3.37	0.45
	28	8.68	51.39±0.15	48.61±0.15	38.00±0.16	1.32±0.00	15.82±0.06	3.26	0.49
	33	8.97	53.42±0.38	46.58±0.38	37.79±0.21	1.10±0.04	18.71±0.47	2.69	0.48
	35	8.84	52.48±0.32	47.52±0.32	38.70±0.47	1.07±0.24	12.68±12.7		
40%	2	9.01	43.54±0.15	46.46±0.15	45.52±0.20	1.51±0.01	16.47±0.17		
	3	9.02	42.53±0.54	57.47±0.54	46.32±0.50	1.41±0.01	17.79±0.05	3.15	0.51
	8	8.94	45.49±1.31	54.51±1.31	43.91±0.99	1.18±0.00	20.45±0.65	3.31	0.55
	12	8.78	21.98±0.25	78.02±0.25	58.44±0.58	2.10±0.07	15.14±0.50		
	17	8.39	39.89±0.59	60.11±0.59	46.89±0.84	1.62±0.04	15.87±0.70	4.02	0.63
	22	8.57	38.81±0.18	61.19±0.18	39.72±0.28	2.03±0.12	10.80±0.63	2.54	0.56

※ MC : Moisture content; TS : Total solid; VS : Volatile solid; T-N : Total nitrogen

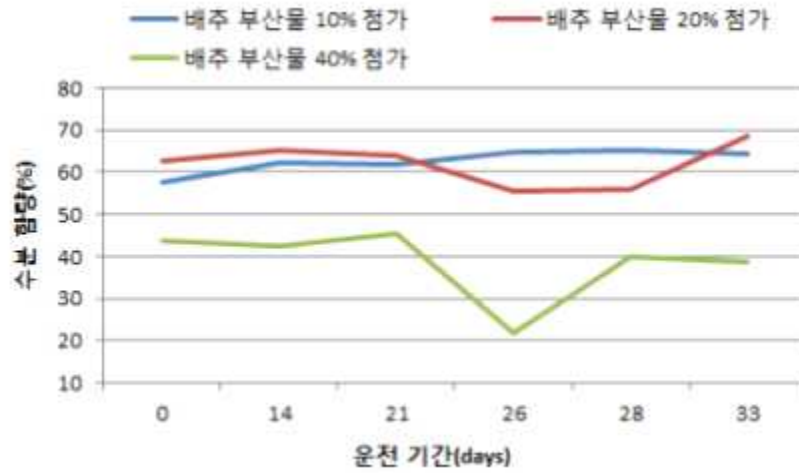


그림 7-1 실증 생산 퇴비의 수분 함량

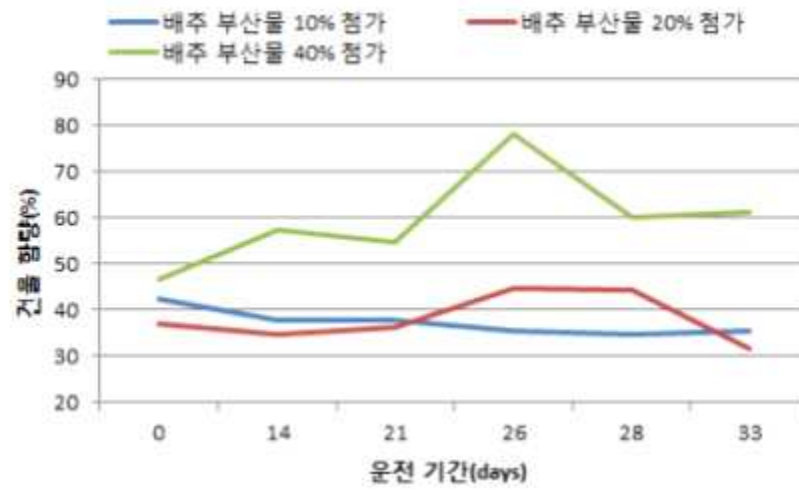


그림 7-2 실증 생산 퇴비의 건물 함량

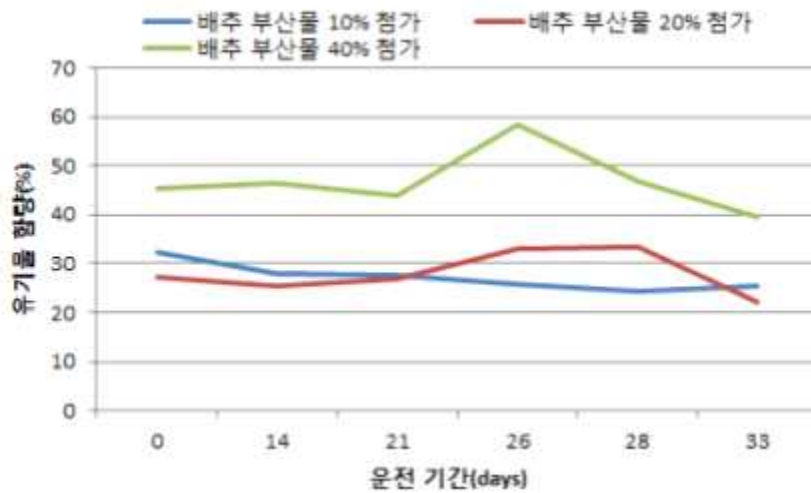


그림 7-3 실증 생산 퇴비의 유기물 함량



그림 7-4 실증 생산 퇴비의 총 질소량

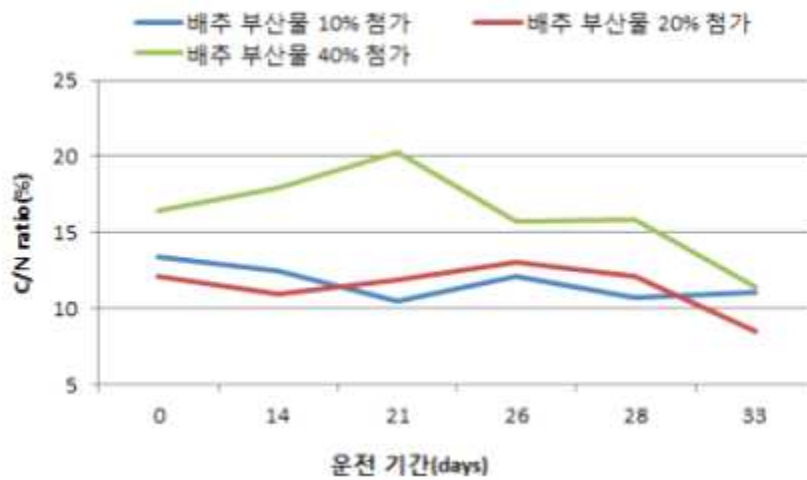


그림 7-5 실증 생산 퇴비의 C/N비

3) 실증 생산 퇴비의 중금속 분석

- 실증 생산 퇴비의 모든 시료에서 비소, 카드뮴, 수은, 납은 불검출 됨.
- 크롬, 구리, 니켈, 아연은 검출 되었으나 비료관리법의 기준치에 모두 적합한 수치이며 크롬과 니켈은 기준치 보다 매우 낮게 검출 되었고 구리, 아연은 기준치의 약 50% 정도 검출 됨.
- 구리와 아연은 양돈장에서 사용하는 사료에 영향인 것으로 판단 됨.

표 7-3 실증 생산 퇴비 중금속 분석 결과

(mg/kg, DM basis)

배추 부산물 혼합 비율	샘플 일자	생산 퇴비							
		비소	카드뮴	수은	납	크롬	구리	니켈	아연
10%	1	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	3.45	101.90	1.72	314.50
	15	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	3.38	98.22	1.84	431.88
	22	N.D.	N.D.	0.40	N.D.	2.96	97.75	1.78	528.79
	27	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	3.51	101.63	1.75	564.82
	34	N.D.	N.D.	0.03	N.D.	2.83	90.34	1.71	491.36
20%	1	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	2.90	87.22	1.58	477.73
	8	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	2.49	83.22	1.66	404.04
	14	N.D.	N.D.	0.03	N.D.	2.63	83.43	1.75	424.43
	18	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	3.43	93.64	1.87	495.77
	28	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	2.93	89.20	1.95	529.39
	33	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	2.55	82.72	1.92	427.95
40%	3	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	3.22	86.57	1.93	433.81
	8	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	3.17	88.97	1.90	435.10
	17	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	5.74	104.05	3.19	455.21
	31	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	5.54	79.83	2.93	302.05

※ 퇴비 규격(비료관리법)

(mg/kg, 이하)

항목	비소	카드뮴	수은	납	크롬	구리	니켈	아연
기준치	45	5	2	130	200	360	45	900

(2) 퇴비 부숙도 평가

● 분석 목적

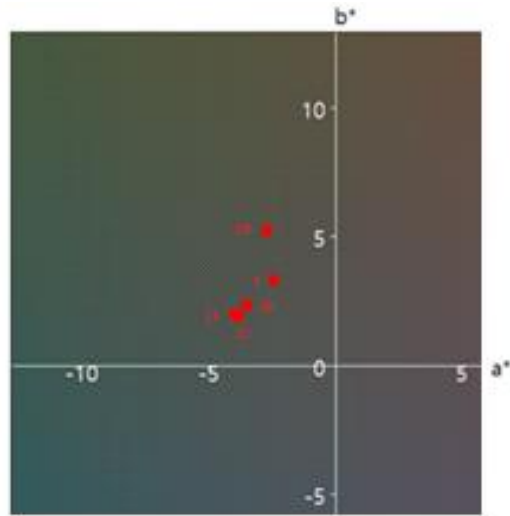
- 생산된 퇴비의 부숙도를 판단하기 위해 색도계를 이용하여 생산 퇴비의 색을 색도계를 이용하여 측정 및 완숙 여부를 판단

● 분석 방법

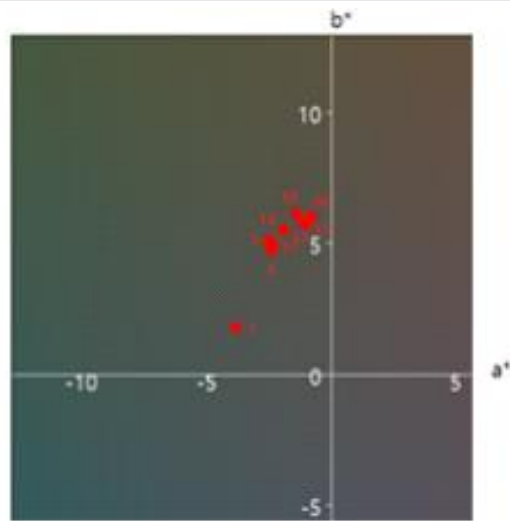
- Spec 社의 색도계(JCS-10)를 이용하여 측정 후 측정된 a, b 값을 이용하여 색좌표 확인

● 분석 결과

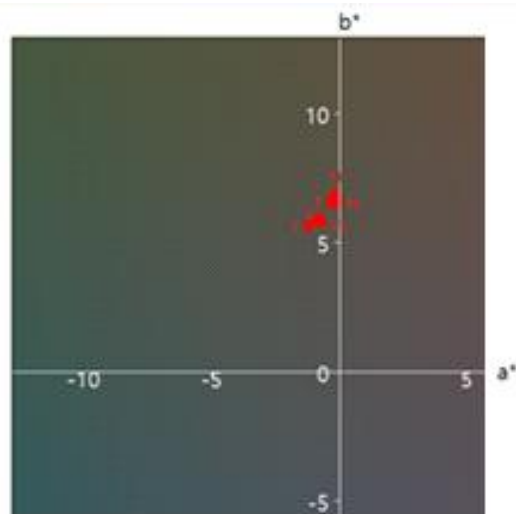
- 그림 6은 실증 퇴비의 색도 측정 결과로 그림의 좌측하단(청록색)에서 우측상단(적갈색)으로 갈수록 완숙 퇴비라 할 수 있음.
- 배추 부산물을 10%, 20%, 40% 혼합하여 퇴비를 만들고 색도를 측정한 결과, 배추 부산물의 혼합비가 40%, 20%, 10% 혼합 순으로 완숙에 가까운 퇴비의 색도를 나타냄.



배추 부산물 10% 첨가



배추 부산물 20% 첨가



배추 부산물 40% 첨가

그림 7-6 원통형 반응기 생산된 비 색도값

(3) 실증 퇴비의 세균의 수

- 총 세균수는 배추 부산물이 많이 첨가 될수록 증가하는 것으로 보인다.

표 7-4 각 처리구 별 총 세균 수

	배추 부산물 10% 혼합 퇴비	배추 부산물 20% 혼합 퇴비	배추 부산물 40% 혼합 퇴비
총 세균 (CFU/g)	4.4 x 10 ⁷	6.0 x 10 ⁸	8.6 x 10 ⁸

(4) 작물 안전성(GI : Germintion Index)평가

- 비료관리법(농촌진흥청 고시 제 2013-29호)에 제시된 퇴비 ‘종자발아법’을 이용하여 분석

● 분석 방법

- ① 퇴비를 증류수에 10배 희석하여 70℃ 항온수조에서 2시간동안 추출 후, No 2. 여과지로 여과
- ② 페트리 디쉬에 No 2. 여과지를 깔고 증탕하여 여과한 퇴비 추출액과 증류수를 각각 10ml 씩 분주
- ③ 각각의 페트리 디쉬에 종자를 일정 개수 넣고 25℃에서 120시간 발아시킨 후 발아율, 뿌리길이를 측정하여 발아지수 계산

$$GR = (\text{발아율}/\text{control 발아율}) \times 100$$

$$RE = (\text{뿌리길이}/\text{control 뿌리길이}) \times 100$$

$$GI = GR \times RE / 100$$

- ④ 발아 시험은 동원농산종묘(주)의 백청무 종자를 사용하여 120시간 발아시킴.

● 실험 결과

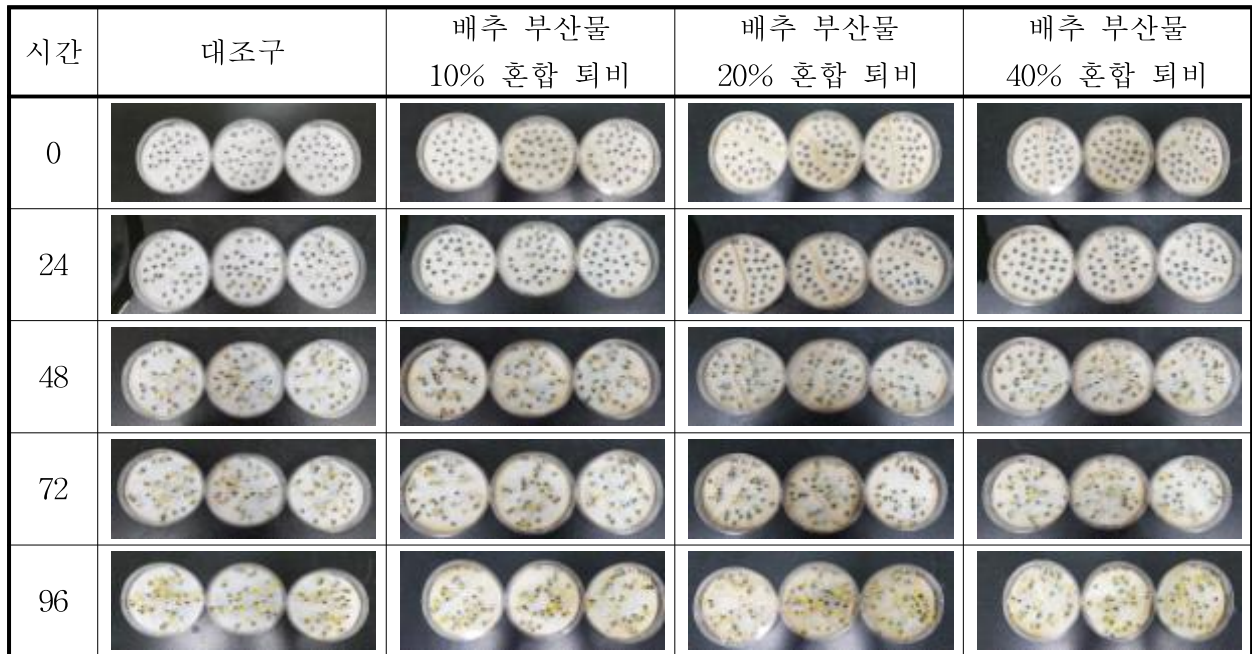
- 표 7-5는 실증 생산 퇴비의 GI 실험 결과이고 표 7-6는 발아시험 과정에 대해 사진으로 설명하는 것임.

- GI 시험 결과 70이상이 나와야 완숙퇴비로 보는데 배추 부산물 10% 첨가한 퇴비는 GI값 83으로 완숙퇴비로 볼 수 있고 20%와 40%를 첨가하여 만든 퇴비는 65와 68로 완숙퇴비 기준 값에 가까운 결과를 보임.

표 7-5 실증 생산 퇴비의 GI 조사

	배추 부산물 10% 혼합 퇴비			배추 부산물 20% 혼합 퇴비			배추 부산물 40% 혼합 퇴비		
RE	96.67	96.67	100.00	96.67	96.67	100.00	96.67	93.33	93.33
GR	79.16	76.51	98.35	58.23	78.34	63.98	77.43	63.81	73.75
GI	76.52	73.96	98.35	56.29	75.73	63.98	74.85	59.56	68.84
	83±13.40			65±9.79			68±7.70		

표 7-6 실증 생산 퇴비의 GI 조사



(4) 실증퇴비를 이용한 작물(상추) 재배시험

● 실험 재료

상추 모종(뚝섬상추), 배추 부산물 첨가 퇴비(10%, 20%, 40%), 돈분퇴비, 복합비료, 토양(무처리구), 높이 16cm x 지름 12cm 6구 포트 (윗 재배 면적 113.04m²)

● 실험 방법

- ① 무처리구 및 혼합 토양으로 이용될 일반 토양을 일주일가량 햇빛에 충분히 말린 후 사용. 상추 표준 시비량에 따라 일반 토양에 퇴비의 경우 17g / 복합비료 0.79g를 혼합하여 포트에 일정량 투입 후 상추 모종 정식
- ② 각 처리구당 10반복으로 진행
- ③ 2일 1회 포트당 500ml 씩 관수
- ④ 일주일 간격으로 초장 및 잎개수 측정
- ⑤ 4주간 재배 후 뿌리 채 뽑아 뿌리부분은 잘라낸 후 생중량 측정
- ⑥ 생중량 측정 후, 60℃에 풍건하여 건조중량 측정

표 7-7 상추 표준 시비량 (kg/10a)

	비료 표준사용량				기비			추비		
	질소	인산	칼리	퇴구비	질소	인산	칼리	질소	인산	칼리
상추	7.0	3.0	3.6	1,500	3.5	3.0	1.8	3.5	0.0	1.8

● 분석 항목

- ① 상추 : 초장 및 잎개수 측정. 생중량 / 건조중량 측정.

② 일반토양(무처리구 토양) : pH, 유기물, 유효인산, 총질소, 토성, CEC

● 분석 결과

- 일반토양은 농업기술실용화재단에 토양 성상을 분석의뢰 한 결과 표 7-7과 같은 결과가 나옴.
- 표 7-8은 각 처리구별 상추의 재배 기간에 따른 평균 초장 값으로 무처리군이 가장 낮게 나왔으며, 배추 부산물을 20% 첨가하여 만든 퇴비가 15.3으로 가장 좋은 결과를 보였고 돈분퇴비, 배추 부산물을 40% 첨가하여 만든 퇴비, 10%첨가하여 만든 퇴비 순으로 나타남.
- 표 7-10은 각 처리구별 상추의 재배 기간에 따른 평균 잎 개수를 나타낸 것으로 돈분 퇴비와 배추 부산물을 20% 첨가하여 만든 퇴비가 10.3으로 가장 높은 잎 개수를 보임.
- 표 7-11은 각 처리구별 상추 중량으로 배추 부산물 20% 첨가 퇴비, 배추 부산물 40% 첨가 퇴비, 돈분 퇴비, 배추 부산물 10% 첨가 퇴비, 무처리구, 화학비료 순으로 나타남.
- 작물 재배실험의 종합적인 결과를 보면 배추 부산물 첨가한 퇴비가 화학 비료보다 월등히 우수한 결과를 보였고 그중에서 배추 부산물을 20% 첨가하여 만든 퇴비가 가장 우수한 것으로 나타남.
- 배추 부산물 40% 첨가 퇴비와 돈분 퇴비는 비슷한 결과를 보였으며, 배추 부산물 10% 첨가 퇴비, 화학비료, 무처리구 순으로 나타남.

표 7-8. 작물 재배실험 무처리 토양 성상분석

무처리 토양	pH	유기물 (g/kg)	유효인산 (mg/kg)	총질소 (%)	토성(%)			CEC(cmol/kg)			
					모래	미사	점토	K	Ca	Na	Mg
	4.8	3.49	3.98	0.008	37.7	41.3	21.0	0.21	1.84	0.08	1.98

표 7-9 처리구별 상추 재배 기간에 따른 평균 초장

초 장	무처리구	배추 부산물 10% 혼합 퇴비	배추 부산물 20% 혼합 퇴비	배추 부산물 40% 혼합 퇴비	돈분 퇴비	화학비료
0주차	8.15±1.00	8.40±0.81	8.30±1.06	8.05±1.07	8.85±0.71	8.75±0.82
1주차	8.20±0.71	9.20±0.54	8.90±0.61	8.85±1.42	9.05±0.64	8.95±0.96
2주차	8.35±0.75	11.30±0.89	12.55±1.26	12.15±1.33	12.10±0.52	9.50±1.05
3주차	8.10±0.81	12.70±0.42	15.00±0.82	14.75±0.95	14.60±0.97	9.05±1.12
4주차	8.35±0.94	12.40±1.07	15.30±0.48	14.75±0.42	14.80±0.98	9.35±0.85

표 7-10 처리구별 상추 재배 기간에 따른 평균 잎 개수

잎개수	무처리구	배추 10% 혼합 퇴비	배추 20% 혼합 퇴비	배추 40% 혼합 퇴비	돈분 퇴비	화학비료
0주차	3.4±0.52	3.6±0.52	3.7±0.48	3.4±0.52	3.6±0.52	3.5±0.53
1주차	3.4±0.52	3.7±0.67	3.8±0.63	3.6±0.52	3.8±0.63	3.9±0.74
2주차	4.3±0.48	5.3±0.48	5.7±0.67	5.4±0.52	5.5±0.53	4.9±0.74
3주차	5.1±0.57	7.2±0.42	7.8±0.63	7.2±0.63	7.4±0.70	6.1±0.57
4주차	6.2±0.42	8.6±0.52	10.3±0.48	9.7±0.95	10.3±0.95	7.1±0.32

표 7-11 처리구별 상추 증량

	무처리구	배추 10% 혼합 퇴비	배추 20% 혼합 퇴비	배추 40% 혼합 퇴비	돈분 퇴비	화학비료
생증량	12.23±0.58	21.80±1.20	43.98±3.62	40.91±2.04	42.88±5.07	14.69±1.55
건조증량	9.36±0.12	9.87±0.11	11.33±0.23	11.10±0.32	10.83±0.35	8.99±0.26

표 7-12 배추부산물 퇴비의 작물 재배실험(상추)

	대조구 ↙	배추 부산물 ↙ 10% 첨가 ↙	배추 부산물 ↙ 20% 첨가 ↙	배추 부산물 ↙ 40% 첨가 ↙	돈분 퇴비 ↙	혼합비료 ↙
0 주차						
1 주차						
2 주차						
3 주차						
4 주차						

4. 생산 과정 환경성 분석

- 약취 방지법 시행규칙의 별표 3 지정약취물질과 복합약취 배출허용기준은 표 8-1, 표 8-2와 같다.

표 8-1 지정악취물질

구분	배출허용기준 (ppm)		엄격한 배출허용 기준의 범위 (ppm)	적용시기
	공업지역	기타 지역	공업지역	
암모니아	2 이하	1 이하	1 ~ 2	2005년 2월 10일부터
메틸메르캡탄	0.004 이하	0.002 이하	0.002 ~ 0.004	
황화수소	0.06 이하	0.02 이하	0.02 ~ 0.06	
다이메틸설파이드	0.05 이하	0.01 이하	0.01 ~ 0.05	
다이메틸다이설파이드	0.03 이하	0.009 이하	0.009 ~ 0.03	
트라이메틸아민	0.02 이하	0.005 이하	0.005 ~ 0.02	
아세트알데하이드	0.1 이하	0.05 이하	0.05 ~ 0.1	
스타이렌	0.8 이하	0.4 이하	0.4 ~ 0.8	
프로피온알데하이드	0.1 이하	0.05 이하	0.05 ~ 0.1	
뷰틸알데하이드	0.1 이하	0.029 이하	0.029 ~ 0.1	
n-발레르알데하이드	0.02 이하	0.009 이하	0.009 ~ 0.02	
i-발레르알데하이드	0.006 이하	0.003 이하	0.003 ~ 0.006	
톨루엔	30 이하	10 이하	10 ~ 30	2008년 1월 1일부터
자일렌	2 이하	1 이하	1 ~ 2	
메틸에틸케톤	35 이하	13 이하	13 ~ 35	
메틸아이소뷰틸케톤	3 이하	1 이하	1 ~ 3	
뷰틸아세테이트	4 이하	1 이하	1 ~ 4	
프로피온산	0.07 이하	0.03 이하	0.03 ~ 0.07	2010년 1월 1일부터
n-뷰틸산	0.002 이하	0.001 이하	0.001 ~ 0.002	
n-발레르산	0.002 이하	0.0009 이하	0.0009 ~ 0.002	
i-발레르산	0.004 이하	0.001 이하	0.001 ~ 0.004	
i-뷰틸알코올	4.0 이하	0.9 이하	0.9 ~ 4.0	

표 8-2 복합악취

구분	배출허용기준 (희석배수)		엄격한 배출허용기준의 범위 (희석배수)	
	공업지역	기타 지역	공업지역	기타 지역
배출구	1000 이하	500 이하	500 ~ 1000	300 ~ 500
부지경계선	20 이하	15 이하	15 ~ 20	10 ~ 15

1) 분석 방법

- 실증 퇴비 생산 설비인 36m³ 원통형 수평 발효기의 환경성을 분석하기 위해 퇴비 생산 과정 중 투입구, 내부 공기 반송 장치, 1 점검구, 3번 점검부, 5번 점검부, 생산퇴비 배출구, 복합악취 제거 시스템 유입구, 복합악취 제거 시스템 배출구 8곳의 악취물질을 분석하였다.

- 측정 항목은 복합악취와 지정 악취물질 21종인 암모니아, 아세트알데하이드, 프로피온알데하이드, 뷰티르알데하이드, i-발레르알데하이드, n-발레르알데하이드, 트라이메틸아민, 황화수소, 메틸머캅탄, 다이메틸설파이드, 다이메틸다이설파이드, 톨루엔, 자일렌, 스티리렌, 메틸에틸케톤, i-뷰티르알코올, 메틸아이소뷰틸케톤, 뷰티르아세테이트, 프로피온산, n-뷰틸산, i-발레르산, n-발레르산을 한국 산업기술시험원에 분석의뢰 하였다.

2) 분석 결과

- 복합 악취의 경우 30~300까지 모든 측정 구간에서 측정이 되었지만 배출허용 기준을 넘지 않음.

- 불검출 항목은 11항목으로 프로이온알데하이드, 뷰티르알데하이드, n-발레르알데하이드, 톨루엔, 자일렌, 스티리렌, 메틸에틸케톤, i-뷰티르알코올, 메틸아이소뷰티르케톤, 뷰티르아세테이트, 프로피온산은 모든 측정 구간에서 불검출 됨.

- 암모니아, 트라이메틸아민, n-뷰티르산, n-발레르산 4항목은 모든 구간에서 검출 됨.

- 분석 장소 8곳의 복합악취를 포함한 22개 항목을 분석 결과 총 176항목 중 24개의 항목이 기준치를 초과하였으나 이는 반응기 내부 시설에서 측정된 것이기 때문에 큰 문제가 없을 것으로 판단 됨.

- 복합악취제거시스템 배출구에서 암모니아와 n-뷰트리산이 배출기준치를 초과하였으나 악취제거시스템의 운전 방법 등으로 제어가 가능 할 것으로 판단 됨.

- 본 악취분석은 농림축산식품부의 원통 수평형 고수분 가축분뇨 고속 퇴비화 및 악취 2단 제거 기술개발(관리번호 : 3130423)과제에서 발효기 운전 중 분석한 결과를 바탕으로 함.

시험 결과 (Test Results)

항 목	채취위치	투입구	단위
복합악취		30	회석배수
암모니아		16.5	$\mu\text{mol/mol}$ (ppm)
아세트알데하이드		0.01	
프로피온알데하이드		0.00	
뷰티르알데하이드		0.000	
i-발레르알데하이드		0.000	
n-발레르알데하이드		0.000	
트라이메틸아민		0.002	
황화수소		0.002	
메틸머captan		0.000	
다이메틸설파이드		0.000	
다이메틸다이설파이드		0.000	
톨루엔		0	
자일렌		0	
스타이렌		0.0	
메틸에틸케톤		0	
i-뷰티르알코올		0	
메틸아이소뷰티르케톤		0	
뷰티르아세테이트		0	
프로피온산		0.000	
n-뷰티르산		0.004	
i-발레르산		0.000	
n-발레르산		0.0008	
비 고	<p>* 측정일자 : 2016.12.05. * 측정장소 : 경기도 용인시 처인구 백암면 옥산리 212-1 원풍 수평형 발효기</p> <div style="text-align: center;">  </div>		

그림 8-1 악취물질 측정 결과(투입구)

시험 결과 (Test Results)


항 목	채취위치	내부공기 반송	단위
	복합악취	100	회석배수
	암모니아	281.0	μmol/mol (ppm)
	아세트알데하이드	0.00	
	프로피온알데하이드	0.00	
	뷰티르알데하이드	0.000	
	i-발레르알데하이드	0.000	
	n-발레르알데하이드	0.000	
	트라이메틸아민	0.006	
	황화수소	0.000	
	메틸머captan	0.001	
	다이메틸설파이드	0.128	
	다이메틸다이설파이드	0.001	
	톨루엔	0	
	자일렌	0	
	스타이렌	0.0	
	메틸에틸케톤	0	
	i-뷰티르알코올	0	
	메틸아이스뷰티르케톤	0	
	뷰티르아세테이트	0	
	프로피온산	0.000	
	n-뷰티르산	0.005	
	i-발레르산	0.004	
	n-발레르산	0.0009	
비 고	<p>* 측정일자 : 2016.12.05. * 측정장소 : 경기도 용인시 처인구 백암면 육산리 212-1 원풍 수평형 발효기</p> 		

그림 8-2 악취물질 측정 결과(내부공기 반송)

시 험 결 과 (Test Results)


채취위치	1번 점검구	단위
항 목		
복합악취	300	최적배수
암모니아	339.5	$\mu\text{mol/mol}$ (ppm)
아세트알데하이드	0.02	
프로피온알데하이드	0.00	
뷰티르알데하이드	0.000	
i-발레르알데하이드	0.062	
n-발레르알데하이드	0.000	
트라이메틸아민	0.023	
황화수소	0.023	
메틸머캅탄	0.004	
다이메틸설파이드	0.131	
다이메틸다이설파이드	0.002	
플루엔	0	
자일렌	0	
스타이렌	0.0	
메틸에틸케톤	0	
i-뷰티르알코올	0	
메틸아이소뷰티르케톤	0	
뷰티르아세트레이트	0	
프로피온산	0.000	
n-뷰티르산	0.007	
i-발레르산	0.008	
n-발레르산	0.0010	
비 고	<ul style="list-style-type: none"> • 측정일자 : 2016.12.05. • 측정장소 : 경기도 용인시 처인구 백암면 옥산리 212-1 원풍 수평형 발효기 	
		

그림 8-3 악취물질 측정 결과(1번 점검구)

시 험 결 과 (Test Results)


항 목	채취위치	3번 점검구	단위
	복합악취	300	회석배수
	암모니아	395.4	μmol/mol (ppm)
	아세트알데하이드	0.00	
	프로피온알데하이드	0.00	
	뷰티르알데하이드	0.000	
	i-발레르알데하이드	0.000	
	n-발레르알데하이드	0.000	
	트라이메틸아민	0.002	
	황화수소	0.000	
	메틸머captan	0.000	
	다이메틸설파이드	0.105	
	다이메틸다이설파이드	0.000	
	톨루엔	0	
	자일렌	0	
	스타이렌	0.0	
	메틸에틸케톤	0	
	i-뷰티르알코올	0	
	메틸아이소뷰티르케톤	0	
	뷰티르아세테이트	0	
	프로피온산	0.000	
	n-뷰티르산	0.009	
	i-발레르산	0.001	
	n-발레르산	0.0015	
비 고	<ul style="list-style-type: none"> • 측정일자 : 2016.12.05. • 측정장소 : 경기도 용인시 처인구 백암면 옥산리 212-1 원동 수평형 발효기 <div style="text-align: center;">  </div>		

그림 8-4 악취물질 측정 결과(3번 점검구)

시험 결과 (Test Results)

항 목	채취 위치	5번 점검구	단위
복합악취		300	회석배수
암모니아		459.9	μmol/mol (ppm)
아세트알데하이드		0.00	
프로피온알데하이드		0.00	
부티르알데하이드		0.000	
i-발레르알데하이드		0.000	
n-발레르알데하이드		0.000	
트라이메틸아민		0.001	
황화수소		0.000	
메틸머captan		0.000	
다이메틸설파이드		0.015	
다이메틸다이설파이드		0.000	
톨루엔		0	
자일렌		0	
스타이렌		0.0	
메틸에틸케톤		0	
i-부티르알코올		0	
메틸아이스부티르케톤		0	
부티르아세트이트		0	
프로피온산		0.000	
n-부티르산		0.009	
i-발레르산		0.001	
n-발레르산		0.0012	

* 측정일자 : 2016.12.05.
* 측정장소 : 경기도 용인시 처인구 백암면 옥산리 212-1 원동 수평형 발효기



비 고

그림 8-5 악취물질 측정 결과(5번 점검구)

시험 결과 (Test Results)

항 목	재취위치	배출구	단위
	복합악취	100	$\mu\text{mol/mol}$ (ppm)
	암모니아	360.4	
	아세트알데하이드	0.00	
	프로피온알데하이드	0.00	
	뷰티르알데하이드	0.000	
	i-발레르알데하이드	0.007	
	n-발레르알데하이드	0.000	
	트라이메틸아민	0.002	
	황화수소	0.000	
	메틸머captan	0.000	
	다이메틸설파이드	0.221	
	다이메틸다이설파이드	0.002	
	톨루엔	0	
	자일렌	0	
	스타이렌	0.0	
	메틸에틸케톤	0	
	i-뷰티르알코올	0	
	메틸아이소뷰티르케톤	0	
	뷰티르아세테이트	0	
	프로피온산	0.000	
	n-뷰티르산	0.004	
	i-발레르산	0.000	
	n-발레르산	0.0009	
비 고	<p>* 측정일자 : 2016.12.05. * 측정장소 : 경기도 용인시 처인구 백암면 육산리 212-1 원동 수평형 발효기</p> <div style="text-align: center;">  </div>		

그림 8-6 악취물질 측정 결과(배출구)

시험 결과 (Test Results)

항 목	채취위치	복합악취제거시스템 유입구	단위	
	복합악취	100	최적배수	
	암모니아	326.5	μmol/mol (ppm)	
	아세트알데하이드	0.01		
	프로피온알데하이드	0.00		
	뷰티르알데하이드	0.000		
	i-발레르알데하이드	0.000		
	n-발레르알데하이드	0.000		
	트라이메틸아민	0.001		
	황화수소	0.000		
	메틸머captan	0.000		
	다이메틸설파이드	0.000		
	다이메틸다이설파이드	0.000		
	톨루엔	0		
	자일렌	0		
	스타이렌	0.0		
	메틸에틸케톤	0		
	i-뷰티르알코올	0		
	메틸아이스뷰티르케톤	0		
	뷰티르아세테이트	0		
	프로피온산	0.000		
	n-뷰티르산	0.006		
	i-발레르산	0.001		
	n-발레르산	0.0009		
비 고	<p>* 측정일자 : 2016.12.05. * 측정장소 : 경기도 용인시 처인구 백암면 옥산리 212-1 원동 수평형 발효기</p> 			

그림 8-7 악취물질 측정 결과(복합악취시스템 유입구)

시험 결과 (Test Results)


항 목	채취위치	복합악취계거시스템 배출구	단위
복합악취		144	회석배수
암모니아		262.1	μmol/mol (ppm)
아세트알데하이드		0.01	
프로피온알데하이드		0.00	
부티르알데하이드		0.000	
i-발레르알데하이드		0.000	
n-발레르알데하이드		0.000	
트라이메틸아민		0.001	
황화수소		0.000	
메틸머captan		0.000	
다이메틸설파이드		0.002	
다이메틸다이설파이드		0.001	
톨루엔		0	
자일렌		0	
스타이렌		0.0	
메틸에틸케톤		0	
i-부티르알코올		0	
메틸아이소부티르케톤		0	
부티르아세테이트		0	
프로피온산		0.000	
n-부티르산		0.006	
i-발레르산		0.000	
n-발레르산		0.0009	
비 고	<p>* 측정일자 : 2016.12.05. * 측정장소 : 경기도 용인시 처인구 백암면 육산리 212-1 원풍 수평형 발효기</p> <div style="text-align: center;">  </div>		

그림 8-8 악취물질 측정 결과(복합 악취시스템 배출구)

5. 배추, 무 부산물 이용 퇴비제품 생산 경제성 분석

- 본 기관에서는 현장 실험을 통해 수평 원통형 발효기를 활용하여 배추, 무 부산물과 가축분뇨의 고속 퇴비화 방안에 대하여 검토하였으며, 배추, 무 부산물과 가축분뇨의 고속퇴비화를 위해 밀접한 연관성을 갖는 수분 조절제의 현장에 대한 적용성과 경제성을 평가하고자 함.
- 표 9-1에는 본 연구에서 사용된 원료의 평균 함수율로 고액분리고형분 78%, 배추 부산물 94%로 측정 됨.

표 9-1 투입 원료 평균 함수율

구분	함수율(%)
고액분리고형분	78.0
배추부산물	94.0
톱밥	25.0

(1) 수분 조절제

● 수분 조절제 분석 결과

- 수분 조절제는 톱밥 25%, 우드펠릿 6.7%, 톱밥+우드칩 21.7%로 나타남.
- 수분 조절제의 평균 가격은 kg 당 톱밥 220원, 우드펠릿 330원, 톱밥+우드칩 199원으로 톱밥+우드칩, 톱밥, 우드펠릿의 순으로 단가가 낮음.
- 단가가 가장 낮은 톱밥+우드칩 경우 입자의 크기가 고르지 못하며 발효 후에도 크기가 큰 우드칩을 선별해야 하는 과정이 필요하여 톱밥을 사용 하는 것이 가장 경제적으로 좋은 품질의 퇴비를 생산 할 수 있음.

표 9-2 퇴비에 사용 될 수 있는 조절제

구분	함수율(%)	비중	가격(원/kg)
톱밥	25.0	0.30	220
우드펠릿	6.7	0.60	330
톱밥+우드칩	21.7	0.38	199

(2) 원통형 수평 발효기

● 원통형 수평 발효기

- 기존 퇴비화 설비와 경제성을 비교 검토함.
- 표 9-5, 표 9-6, 표 9-7은 각각 원통형 수평 발효기의 제원, 타시설과의 시설투자비용 비교 및 시설 운영 비교와 관리비를 비교한 표이다.
- 원통형 발효기, 수직형 발효기, 기계 교반식 발효기가 각각 2.9억원, 3억원, 4.5억 원 으로 시설 투자비는 원통형 발효기가 가장 적음.
- 또한, 수직형 고속 발효기와 기계 교반식의 경우 원료 투입과 수분 조절제 투입을 호합 하고 투입하는 일을 사람이 직접 해야 하는 반면 원통형 수평발효기는 자동으로 투입 가능하여 별도의 인건비가 발생하지 않는다.

- 연간 시설관리비를 분석한 결과 원통형 수평 발효기가 약 7.2천만원으로 가장 저렴하였다.
- 원통형 수평 발효기가 시설이 투자비 및 시설관리비, 인건비 등에서 기존 시설 보다 우수하다고 판단된다.

표 9-3 원통형 수평 발효기 제원

수평발효기 용적		22m ³	36m ³	58m ³
일처리량 (발효기간 10일)	투입량 (원료함수율:65%)	1.8m ³	3.0m ³	4.6m ³
	배출량 (퇴비함수율:45%)	1.3m ³	2.1m ³	3.2m ³
감속기 모터		2.25kW	2.25kW	3.75kW
공급가		1억 3천만 원	1억 6천만원	2억 3천 만원

표 9-4. 시설투자비용 비교

(단위 : 백만원)

구분		수평 원통형 발효기	수직형 고속 발효기	기계 교반식
시설비	기계설비	130 x 2대	120 x 2대	100 x 1대
	악취방지시설	20	50	100
	송풍시설	-	-	50
	비가림시설	10	10	-
	건출물 설치비용			200(109평)
합계		290	300	450

표 9-5 시설 운영 비교

구분		수평 원통형 발효기	수직형 고속 발효기	기계 교반식
인건비	원료 투입	자동	수분조적제와 혼합 후 스키로더로 투입 실시	수분조적제와 혼합 후 스키로더로 투입 실시
	수분조적제 투입	자동		

표 9-6 시설관리비 비교

구분		수평 원통형 발효기	수직형 고속 발효기	기계 교반식
전 력 비	기계설비	7.5kW x 2대 = 15kW	10kW x 2대 = 20kW	42kW
	악취설비	5kW	5kW	-
	송풍설비	-	-	7.5kW
	가동시간	24시간	24시간	기계(8시간) 송풍(24시간)
	전력사용량	480kW/일	600kW/일	516kW/일
	사용전력비용	6,143,280원	7,679,100원	6,999,498원
수 분 조 절 제	사용량(kg/일)	우드펠렛 1000kg x 220원	톱밥 1,500kg x 220원	톱밥 3,000kg x 220원
	사용일수(연간)	300일	300일	300일
	비용	66,000,000원	99,000,000원	198,000,000원
	시설운영비용	72,143,280원	106,679,100원	204,999,498원

(3) 배추 부산물 퇴비의 경제성

● 배추 부산물 퇴비의 경제성 분석 결과

- 배추 부산물을 이용한 퇴비화 경제성 분석을 위해 실험에 사용한 36m³급 원통형 수평 발효기의 배추 첨가 비율별 투입량을 계산하여 표 9-8에 나타내었다.
- 운전 조건은 발효기의 전체 용적 중 65%를 운전유효용적으로 계산하였고 HRT는 12일, 투입되는 혼합 원료의 목표 수분 65%로 하였다.
- 일 투입량 계산

$$36\text{m}^3(\text{전체 용적}) \times 65\%(\text{유효용적}) / 12(\text{HRT}) = 1.95\text{m}^3/\text{일}$$

표 9-7 배추를 투입하지 않았을 경우 원료 투입량

원료	수분 수량(%)	비중	투입량(kg/일)	투입체적(m ³)
톱밥	30	0.30	302	1
돈분	78	0.88	815	0.926
계	65		1,117	1.926

표 9-8 배추 부산물 첨가 비율별 원료 투입량

원료	수분 수량	비중	투입량(kg/일)			투입체적(m ³)		
			배추 부산물 첨가량(무게 기준)					
			10% 첨가	20% 첨가	40% 첨가	10% 첨가	20% 첨가	40% 첨가
톱밥	30	0.30	315	320	330	1.050	1.067	1.100
돈분	78	0.88	612	440	165	0.695	0.500	0.188
배추 부산물	94	0.50	103	189	330	0.206	0.378	0.660
계	65		1030	949	825	1.951	1.945	1.948

표 9-9 배추 부산물을 투입 비율별 추가적으로 필요한 톱밥량

배추 부산물 추가 투입 비율(%)	톱밥 추가 투입량(kg/일)
10	13
20	18
40	28

- 배추 부산물을 투입하지 않고 돈분만 이용하여 퇴비를 만들 경우 톱밥이 하루 투입되어야 하는 톱밥의 양은 302kg 이며, 배추 부산물을 투입하게 되면 첨가 비율에 따라 각각 13, 18, 28kg의 톱밥이 더 많이 소비 된다.

표 9-10 연간 필요한 톱과 배추 부산물의 량

원료	단가	연간 필요량		
		배추 부산물 10%	배추부산물 20%	배추 부산물 40%
톱밥	220 (kg/원)	13kg x 300일 x 220원 =858,000원	18kg x 300일 x 220원 =1,188,000원	28kg x 300일 x 220원 =1,848,000원
배추 부산물	20만 (ton/원)	0.103톤 x 300일 x 20만원 =618만원	0.189 x 300일 x 20만원 =1,134만원	0.330 x 300일 x 20만원 =1,980만원

표 9-11 배추 부산물 운송비 및 인건비

배추부산물 첨가량	연간 필요량	연간 운반 횟수 (1톤 차량 이용)	차량 운영비*	인건비**	총 추가 비용
10%	30.9	31 회	123,380 원/년	466,860 원/년	59,0240 원/년
20%	56.7	57 회	226,860 원/년	858,420 원/년	1,085,280 원/년
40%	99	99 회	394,020 원/년	1,490,940 원/년	1,884,960 원/년

*차량 운영비는 왕복 30km 기준, 연비 9.8km/L, 연료(경유) 단가 1,300원/L 적용으로 1회 운용시 3980원 적용

**인건비는 1회 운반 시간을 2시간으로 하고 시간당 임금을 7,530원으로 적용하여 1회 운반 인건비는 15,060원으로 적용

- 배추 부산물을 이용하여 퇴비화 하게 되면 부산물 투입 비율에 따라 가공공장에서는 폐기물 처리 비용을 연간 각각 618만원, 1134만원, 1980만원을 절감 할 수 있게 된다.

- 그러나 배추 부산물을 수집비용은 투입비율에 따라 각각 연간 590,240원, 1,085,280원, 1,884,960원 증가하게 되고 톱밥 구매 비용도 각각 858,000원 1,188,000원 1,848,000원 증가한다.

표 9-12. 배추 부산물 투입 비율별 경제성 분석

배추부산물 첨가량	추가 비용		절감비용	총 절감 비용
	추가 톱밥 구매비용	배추 부산물 운송 비용	폐기물 처리 비용	
10%	858,000 원/년	59,0240 원/년	618 만원/년	4,731,760 원/년
20%	1,188,000 원/년	1,085,280 원/년	1,134 만원/년	9,066,720 원/년
40%	1,848,000 원/년	1,884,960 원/년	1,980 만원/년	16,067,040 원/년

- 배추 부산물을 10%, 20%, 40% 혼합하여 퇴비를 만들 경우 각각 연간 4,731,760 원, 9,066,720원, 16,067,040원을 절감 할 수 있다.

□ 연구개발 성과

1. 논문

논문(국내외 전문 학술지) 게재							
번호	논문명	학술지명	주저 자명	호	국명	발행 기관	SCI여부 (SCI/비SCI)
1	엄나무 (<i>Kalopanax pictus</i> Nakai) 줄기 추출물이 <i>in vitro</i> 반추위 발효와 메탄저감에 미치는 영향	축산시설환경 학회지	김재성		대한민 국	축산환 경학회	비SCI
2	<i>Bifidobacterium ruminantium</i> 첨가가 청보리와 티모시 조사료의 <i>in vitro</i> 반추위 내 발효성상과 메탄 발생에 미치는 영향	동물자원연구 지	김세진 (제1) 김창현 (교신)	1	대한민 국	강원대 학교 동물자 원연구 소	비SCI
3	<i>Isolation and characterization of new Methanosarcina mazei strains KOR-3, -4, -5, and -6 from an anaerobic digester using pig slurry</i>	Asian-Austr alasian Journal of Animal Science	Urant ulkhu ur Battu mur (제1) 김창현 (교신)	Vol.30 , No. 8:119 8-12 05 August 2017		Asian- Austral asian Journal of Animal Scienc e	SCI

2. 학술회의 발표

국내 및 국제 학술회의 발표					
번호	회의명칭	발표자	발표일시	장소	국명
1	한국축산환경학회	김용채	2015. 09. 11	대구시 EXCO	대한민국
2	한국동물자원과학회	최정호	2016. 06. 24	서울대학교	대한민국
3	한국축산환경학회	유정숙	2016. 10. 25	연암대학교	대한민국
4	한국축산환경학회	유정숙	2017. 09. 22	대구시 EXCO	대한민국

3. 지식재산권

지식재산권								
번호	지식재산권 등 명칭 (건별 각각 기재)	국 명	출원			등록		
			출원인	출원일	출원번호	등록인	등록일	등록번호
1	에어공급부를 구비한 원통형 교반 발효기	대한 민국	환경대학교, 비케이환경 중 합 건 설 (주)	2016. 7. 25	10-2016 -000598 6	환경대학교,비 케이환경중합 건설(주)	2016. 7. 25	10-164 3985

4. 전문 인력 양성

전문 인력 양성													
번호	분류	기준 년도	현 황										
			학위별				성별		지역별				
			박사	석사	학사	기타	남	여	수도권	충청권	영남권	호남권	기타
1	환경대학교	2016		○			○		○				
2	환경대학교	2017		○			○		○				

5. 기술거래

기술거래(이전)						
번호	기술이전 유형	기술실시계약명	기술실시 대상기관	기술실시 발생일자	기술료 (당해연도 발생액)	누적 징수현황
1	유상이전	배추, 무 부산물을 이용한 퇴비화 기 술	비케이환경 중 합 건 설 (주)	2017-12 -13	200만원	200만원

6. 포상 및 수상 실적

포상 및 수상					
종류	포상명	포상 내용	포상 대상	포상일자	포상기관
수상	우수 학술논문상	제 21회 한국 축산환경학회 학 술발표회에서 발 표한 학술논문이 우수하여 수상 함.	김용채, 황문석, 장문백, 배귀석, 김은중, 이상석, 김창현	2015. 09. 11	한국축산환경학 회

7. 보고서 원문

보고서 원문			
연도	보고서 구분	발간일	등록번호
2017	수평 원통형 발효기를 이용한 배추, 무를 부산물 퇴비만들기	2017.12.10	

<제2협동과제: 순천대학교 (이상석)>

1. 생산 현황 및 부산물의 사료 원료 이용 가능성 조사

전남, 전북 5개 김치공장(남도김치, 부귀농협, 대숲김치, 자연식품, 신덕식품)의 배추부산물 샘플링 및 현황을 조사 하였다.

표 1. 전남, 전북 5개 배추부산물생산량 및 처리방법

품명	원료 종류	부산물 생산량 (ton/month)	부산물 처리방법
남도김치(순천)	배추부산물	140t	폐기
부귀농협(익산)	배추부산물	140t	폐기
대숲김치(담양)	배추부산물	20t	폐기
자연식품(광주)	배추부산물	30t	폐기
신덕식품(익산)	배추부산물	40t	폐기

2. 배추·무 부산물의 영양소 조사

수집한 시료의 일반성분, 칼슘, 인, NDF 및 ADF를 분석하였다. 분석 결과 생산 공장마다 차이가 있으나 수분이 95% ~ 88%로 고 수분 부산물로서 수분제거가 부산물의 이용성을 높이는데 핵심적인 사항으로 고려되어야 한다.

표 2. 배추 부산물의 일반성분 분석 결과

시료명	수분	조단백	조지방	조섬유	조회분	칼슘	인	NDF	ADF
남도김치	95.29	1.03	0.11	0.46	0.68	0.07	0.04	0.93	0.62
남도김치(절인)	95.29	1.79	0.23	0.73	0.71	0.08	0.04	0.89	0.57
대숲김치	95.74	0.94	0.11	0.58	0.57	0.05	0.04	0.95	0.69
대숲김치(절인)	92.68	1.44	0.14	0.72	0.78	0.08	0.05	1.04	0.79
자연식품	95.89	1.12	0.10	0.51	0.61	0.05	0.04	0.90	0.65
자연식품(절인)	90.99	1.82	0.16	0.85	0.75	0.09	0.06	1.26	0.95
부귀농협	92.01	1.71	0.10	0.74	1.1	0.08	0.05	1.10	0.85
부귀농협(절인)	88.74	4.11	0.34	2.45	1.4	0.66	0.11	3.42	1.99
신덕식품	95.74	1.47	0.12	0.82	0.83	0.09	0.05	1.27	0.76
신덕식품(절인)	90.69	1.77	0.14	0.88	1.1	0.21	0.05	1.34	0.94

(%)

3. 배추·무 부산물이용 발효 사료개발 및 *In situ* 소화율 및 발효성상 측정

1) 재료 및 방법

가) 발효사료 개발 배합비

- T1: 절인배추부산물60%+소맥피40%
- T2: 절인배추부산물60%+소맥피38%+유산균2%
- T3: 배추부산물60%+소맥피40%
- T4: 배추부산물60%+소맥피38%+유산균2%

나) 공시축

본 연구에 사용된 공시축은 전라남도 순천시 서면에 위치한 순천대학교 부속동물사육장에 서 반추위 누관이 장착된 600±47kg 의 Holstein-fresian (48개월령)을 이용하여 분석하였다.

다) *In situ* 실험 설계

본 연구에 사용된 시료는 총5개의 배추부산물이며, 5개의 샘플을 섞어 발효사료 배합에 사용하였다. 시료는 1g(DM)씩 nylon bag(5×10cm; 45µm pore size)에 담아 nylon bag 입구를 nylon 끈으로 묶었다. 배양 전 nylon bag을 39~40℃의 물에 담근 후 아침사료 급여 직후에 공시축의 반추위 cannula 안쪽으로 깊게 넣었다. 배양시간은 0, 3, 6, 12, 24, 48, 72시간 동안 배양하였고, 처리구당 3반복으로 하였다. 배양이 끝난 nylon bag은 반추위 cannula로부터 꺼내어 맑은 물에 침지 후 조섬유 분석기(Ankom 220, USA)를 이용하여 heating 없이 10분간 세척하였다. 각 시간대별 시료는 세척 즉시 80℃ dry oven에서 24시간 동안 건조하였다.

2) 연구결과

In situ DM 소실율측정 결과 유산균 처리한 T4(: 배추부산물60%+소맥피38%+유산균2%) 처리구가 48시간 배양 후 가장 높았다.

표 3. *In situ* DM 소실율 (%)

hr	T1	T2	T3	T4	SEM	p Value
0	32.42	32.99	25.44	32.68	2.83	0.45
3	38.68	39.75	36.84	40.42	1.85	0.69
6	40.57	47.28	40.68	45.51	2.88	0.40
12	46.98 ^c	52.04 ^{ab}	47.96 ^{bc}	54.18 ^a	0.99	0.02
24	56.09 ^c	58.21 ^{bc}	59.21 ^b	63.07 ^a	0.45	0.01
48	65.76	67.18	67.67	68.41	1.12	0.54

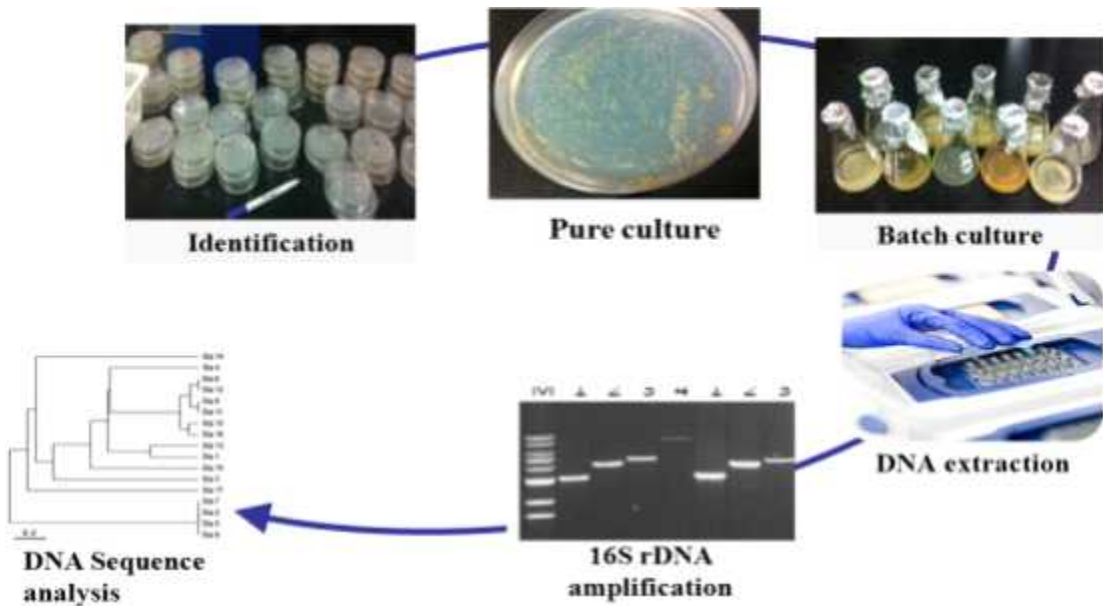
표 4. *In situ* 유효분해도 (%)

Items	T1	T2	T3	T4
Degradation parameters	-----DM-----			
a	25.58	32.72	25.55	32.78
b	50.68	36.99	60.16	41.19
c	0.029	0.069	0.019	0.028
ED ¹⁾ (%) r=0.04	32.05	44.12	27.60	30.45
ED ¹⁾ (%) r=0.06	24.84	37.28	20.61	23.53

4. 유산균 및 섬유소분해 미생물 분리동정

1) 재료 및 방법

16S, 23S rRNA gene sequence 분석을 통한 분리미생물의 동정을 위해 순수 분리된 집락에서 균체를 취하여 colony PCR을 수행하였다. PCR premix와 혼합한 후, 27f와 1942r의 primer를 이용하여 16s rRNA gene을 증폭하였다. 증폭된 PCR 산물은 Macrogen Co. Ltd(Korea)에 의뢰하여 염기서열을 분석하였다. 각 미생물 별로 조합된 16S rRNA 염기서열은 Ez Taxon database를 통해 기존에 보고된 미생물의 16S rRNA 염기서열과 상동성을 비교함으로써 미생물을 분류하고 동정하였다. 그리고 분리된 미생물의 16S rRNA 염기서열을 CLUSTAL X program으로 multiple sequence alignment하였다.



2) 연구결과

표 5. 배추 부산물에서 동정된 발효사료용 유산균

No.	Strain name(GenBank accession No.)	Similarity(%)
1	<i>Lactobacillus buchneri</i> JCM 1115(T)	99.35

5. 고 수분 농산부산물의 축우사료 이용을 위한 수분 저감법 개발

1) 재료 및 방법

가) In vitro 실험 설계

반추위액은 케놀라가 장착된 Holstein Friesian cattle에서 채취하였으며, 실험 처리구는 CON : 배추부산물, T1 : 배추부산물(100g) + CaO(16g), T2 : 배추부산물(100g) + MgO(16g), T3 : 배추부산물(100g) + CaO(16g) + AHP(10.4g), T4 : 배추부산물(100g) + MgO(16g) + AHP(10.4g)이며, 모든 처리구는 Duncan's Multiple Range

Test (DMRT)와 Orthogonal Polynomial Contrast에 의해 분석 되었다. 분석항목으로는 수분, 총 가스 생산량, pH, 총 휘발성 지방산 및 암모니아생성량을 분석하였다.

나) 분석방법

- pH의 변화

pH는 인큐베이터 상태의 온도에서 바로 측정하지 않고 상온과 동일한 온도로 안정화 시킨 후 M503P meter(wrks, Medifield, MA, USA)를 이용하여 측정하였다.

- 총 가스발생량

총 가스발생량은 안정화시킨 후 EA-6(Inc, Sun Bee instrument)압력센서 측정기를 사용하였다. 총 가스발생량 측정 후 메탄과 이산화탄소 발생량을 측정하기 위해 vacutainer(진공관)을 이용하여 발생된 가스를 포집하였다.

- 휘발성지방산(volatile fatty acids) 함량

VFA 측정은 배양시간대별 배양물을 1000×g 4℃에서 10분간 원심분리 후 상등액을 채취하여 0.2um 마이크로 필터로 정제한 후 HPLC를 이용하여 분석하였다. HPLC(Agilent technologies 1200 series) detector는 UV/visible decter를 사용하고 210nm와 220nm의 파장에서 분석하였다. 사용한 컬럼은 METACARB87H(Varian, Germany)을 사용하여 35℃에서 분석하였다. 이동상 용매는 0.0085N H2SO4 으로 유속은 0.6ml/min이다.

표 6. Asanuma basal media contains: (Asanuma et al., 1999)

Reagents	Amount (g/L)	Amount (g/3L)
K ₂ HPO ₄	0.45	1.35
KH ₂ PO ₄	0.45	1.35
(NH ₄) ₂ SO ₄	0.90	2.70
NaCl	0.90	2.70
CaCl ₂ ·2H ₂ O	0.12	0.36
MgSO ₄ ·7H ₂ O	0.19	0.57
Trypticase	1.00	3.00
Yeast extract	1.00	3.00
Cysteine · HCl	0.60	1.80

다. 연구 결과 및 고찰

수분함량은 T3에서 가장 낮았고, 모든 처리구가 대조구보다 낮게 측정되었다(P<0.05). 가스 생성량은 48시간 배양 후 대조구에서 유의적으로 높게(P<0.05) 측정되었으며, T1, T2, T4순서로 높았다. pH는 48시간 배양 후 T4가 가장 높았다(P<0.05). 암모니아 농도에 서는24시간배양 후 T1처리구가 대조구를 제외한 다른 처리구들에 비해 유의적으로 높게 나타났고, 48시간 배양 에서도 T1처리구가 대조구 보다 높게 측정되었다. propionate는 12, 24시간 배양 후 T4에서 14.33mM로 가장 높았다(P<0.05). Acetate는 24시간 배양 후, 대조구 보다 T2처리구가 높게(P<0.05) 측정 되었고, 48시간 배양 후 대조구와 처리구간 유의적 차이가 없었다. 총 휘발성 지방산은 48시간 배양 후 T2 처리구가 대조구보다 높게 (P<0.05) 측정 되었다.

표 7. 대조구와 처리구 수분함량(%)

CON	T1	T2	T3	T4	SEM	p value
79.810	63.090	63.608	56.801	60.815	1.022	<.0001

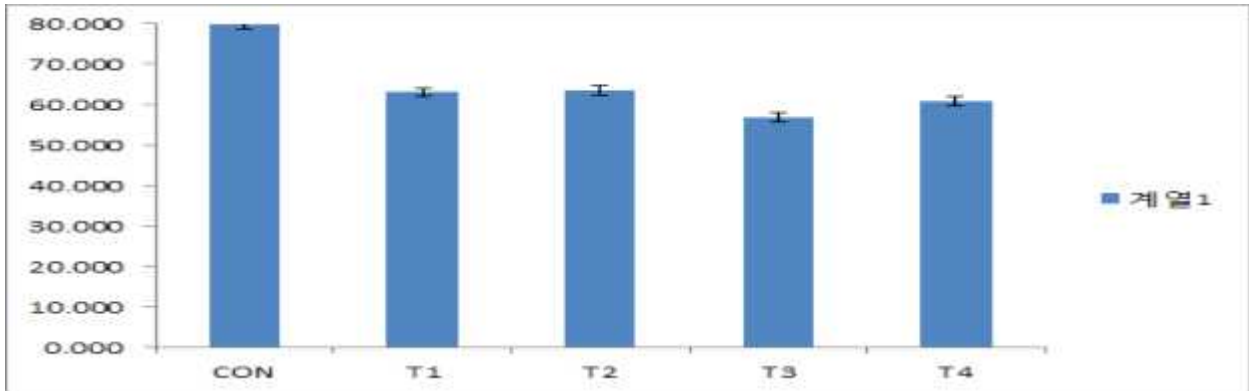


표 8. 배양 시간에 따른 반추위 pH변화

Time	CON	T1	T2	T3	T4	SEM	p value
0	6.810	7.350	7.527	7.520	8.200	0.435	0.430
12	6.470 ^b	6.480 ^b	6.470 ^b	6.680 ^b	7.417 ^a	0.088	0.014
24	6.445 ^b	6.460 ^b	6.390 ^b	6.560 ^b	7.063 ^a	0.049	0.004
48	6.410 ^{ab}	6.265 ^b	6.257 ^b	6.353 ^{ab}	6.720 ^a	0.106	0.083

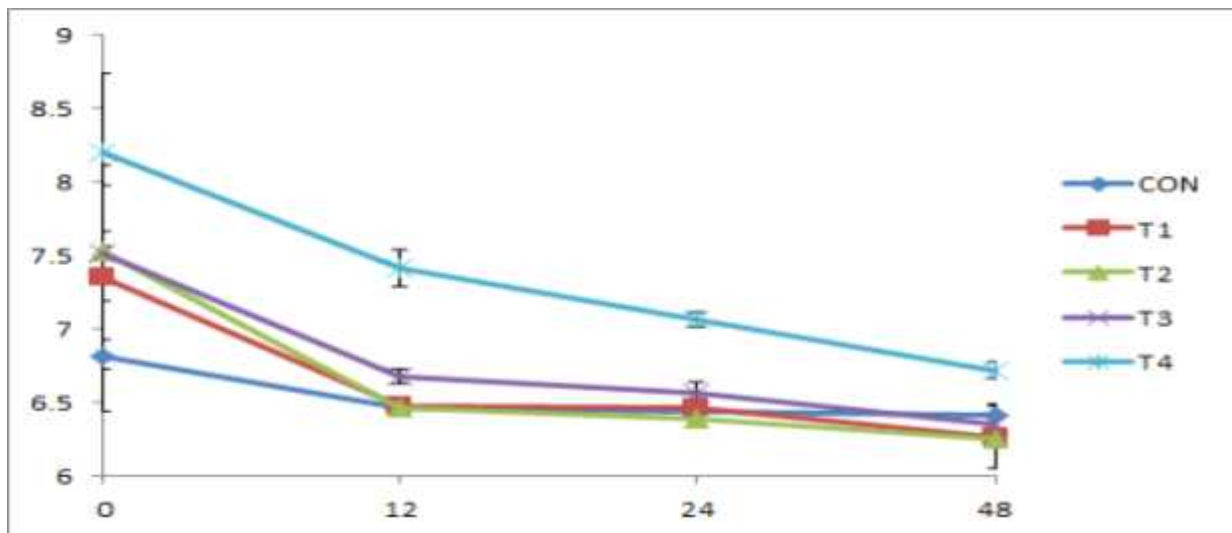


표 9. 배양 시간에 따른 반추위 *in vitro* 총 가스 생성량 변화(ml)

Time	C	T1	T2	T3	T4	SEM
0	0.20	0.27	0.23	0.27	0.23	0.075
12	98.67 ^a	43.00 ^b	52.00 ^b	49.00 ^b	57.33 ^b	5.792
24	152.67 ^a	121.33 ^b	88.33 ^c	89.33 ^c	86.00 ^c	6.802
48	222.00 ^a	182.00 ^b	156.67 ^b	148.67 ^b	152.00 ^b	10.756

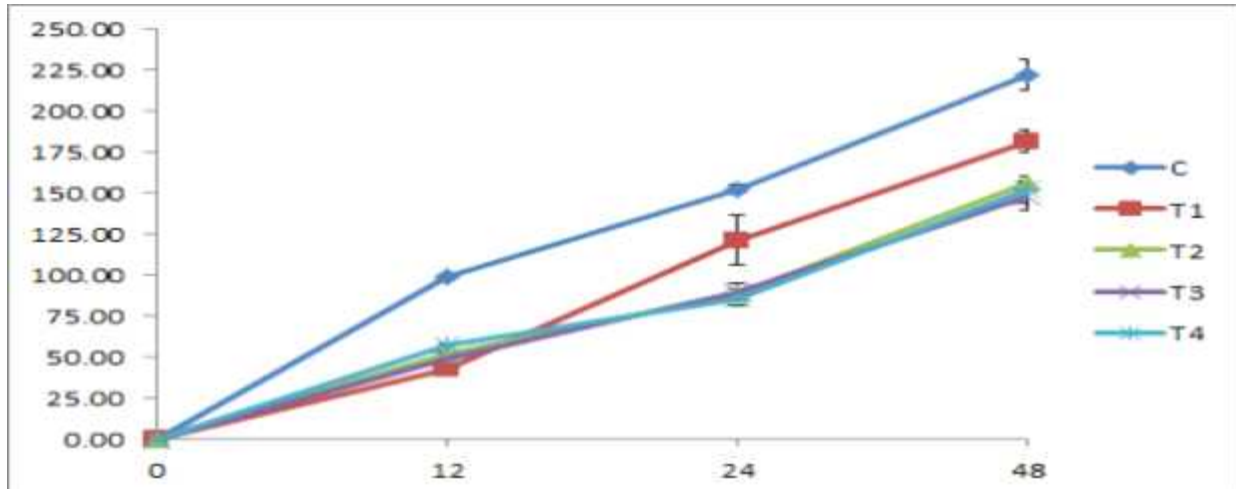


표 10. 배양 시간에 따른 반추위 *in vitro* 암모니아 농도변화(mM/ml)

Time	CON	T1	T2	T3	T4	SEM	p value
0	3.984 ^a	3.842 ^a	1.636 ^b	3.761 ^a	1.738 ^b	0.228	<.0001
12	9.953 ^a	10.641 ^a	7.545 ^b	10.540 ^a	8.031 ^b	0.350	0.0002
24	14.587 ^a	13.838 ^a	10.155 ^b	11.80 ^b	9.447 ^b	0.631	0.0036
48	10.783 ^b	14.577 ^a	11.855 ^{ab}	11.208 ^{ab}	8.3545 ^b	0.792	0.0474

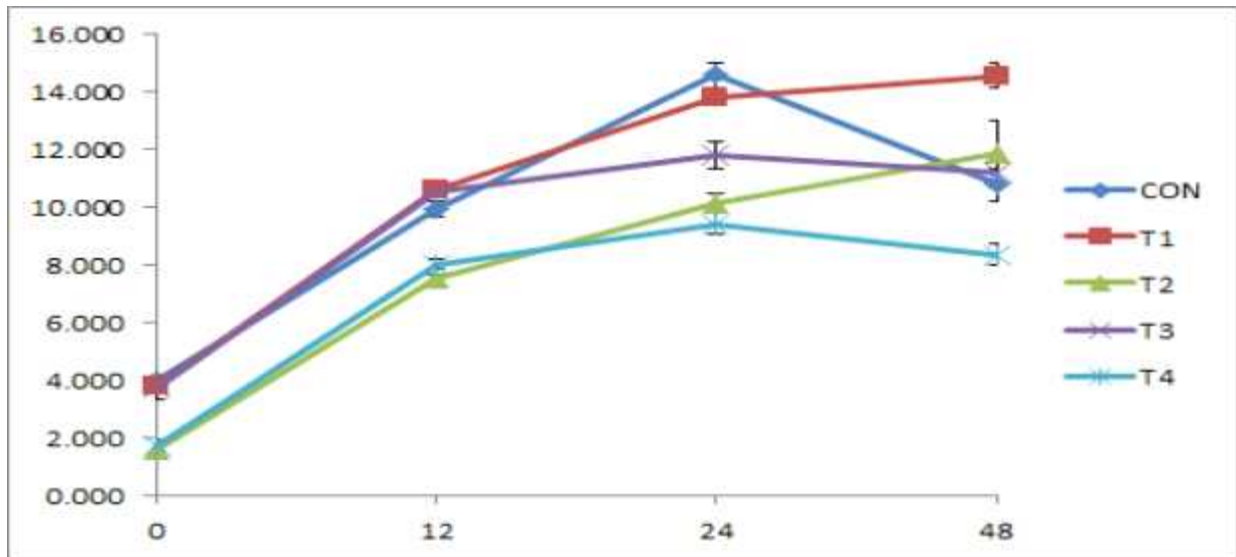


표 11. 배양 시간에 따른 반추위 *in vitro* Acetic acid 농도변화(mM/ml)

Time	CON	T1	T2	T3	T4	SEM	p value
0	21.985	17.592	19.267	17.421	17.917	1.473	0.4092
12	52.148 ^a	46.062 ^a	50.731 ^a	39.346 ^b	32.899 ^c	1.643	0.0002
24	58.245 ^b	57.905 ^b	60.604 ^a	48.654 ^c	48.804 ^c	0.574	<.0001
48	60.984	60.162	62.664	59.356	62.564	1.178	0.3171

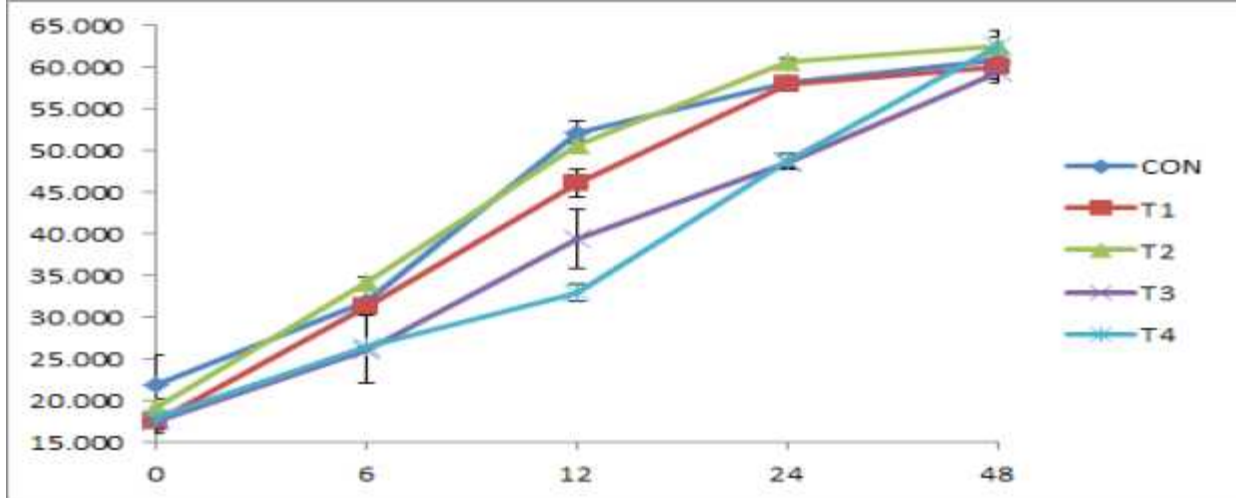


표 12. 배양 시간에 따른 반추위 *in vitro* Propionic acid 농도변화(mM)

Time	CON	T1	T2	T3	T4	SEM	p value
0	4.950	3.570	3.337	3.486	3.372	0.369	0.1813
12	12.823 ^a	10.207 ^b	11.378 ^b	10.713 ^b	13.364 ^a	0.350	0.0014
24	13.648 ^{ab}	12.833 ^{bc}	12.310 ^c	10.726 ^d	14.333 ^a	0.185	0.0009
48	14.279 ^a	13.165 ^{ab}	13.711 ^{ab}	12.889 ^b	13.355 ^a	0.291	<.0001

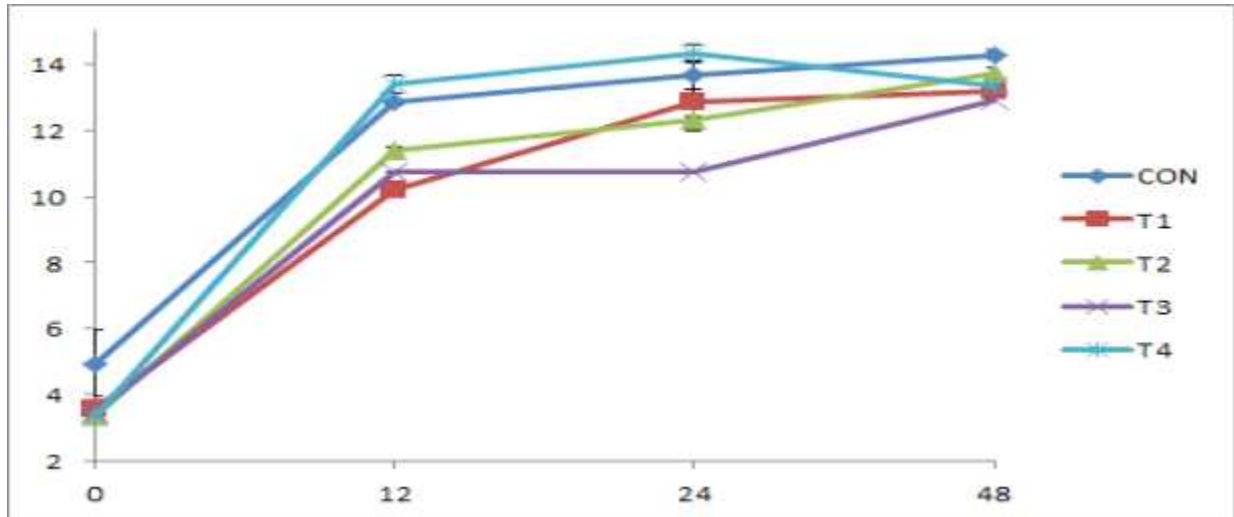
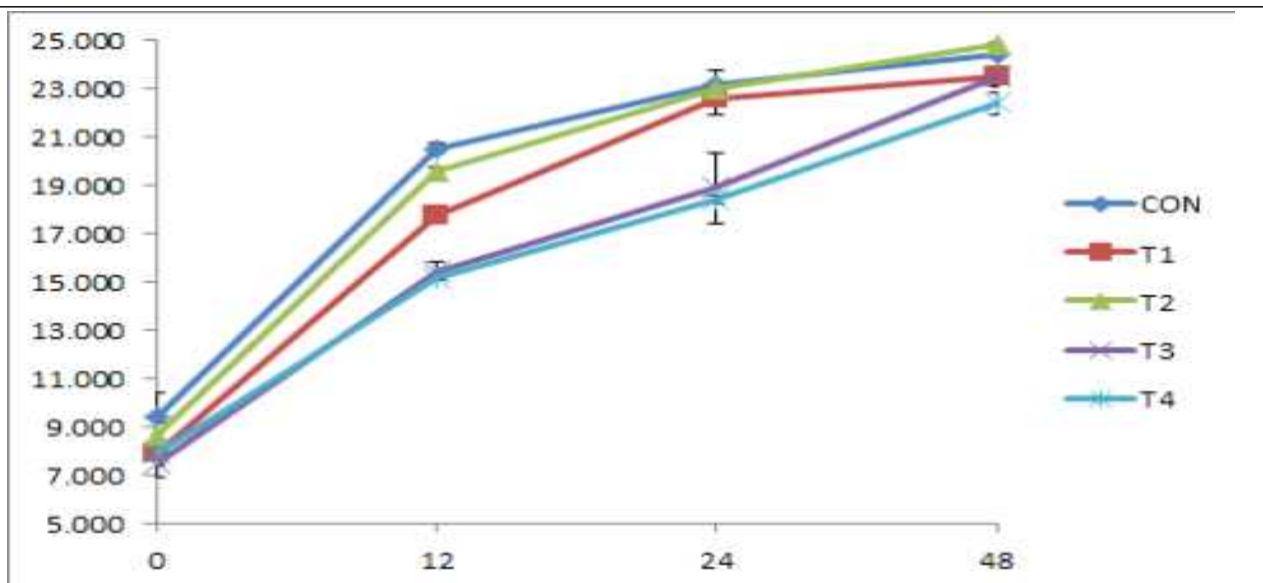


표 13. 배양 시간에 따른 반추위 *in vitro* Total VFA 농도변화(mM)

Time	CON	T1	T2	T3	T4	SEM	p value
0	9.451	7.926	8.704	7.473	7.902	0.555	0.2363
12	20.552 ^a	17.777 ^{bc}	19.610 ^{ab}	15.463 ^{cd}	15.168 ^d	0.633	0.0019
24	23.221 ^a	22.567 ^a	22.985 ^a	18.914 ^b	18.423 ^b	0.267	<.0001
48	24.443 ^a	23.557 ^{ab}	24.839 ^a	23.542 ^{ab}	22.407 ^b	0.442	0.0356



□ 2차년도 연구수행 내용

과제명: 한우 사양관리 시스템 구축 및 산업화를 위한 배추·무 부산물 사료 개발

1. *In vitro* 반추위 발효성상 분석을 통한 한우 거세 육성기 TMR배합비 개발

가. 재료 및 방법

1). 공시재료

본 연구에서 TMR 사료는 티모시, 알팔파, 파쇄 루핀, 옥수수 후레이크, 단백질, 전지면 실, 톨페스큐 짚, 당밀, 소금, 비타민, 보호지방, 석회석 및 물 혼합하여 제조한 뒤 이용하였고(표 1), T1에서 배추부 산물, T2에서 배추부산물과 CaO를 혼합, T3에서 배추부산물과 CaO, AHP를 혼합하여 사용하였다.

표 1. Ingredient and chemical composition of TMR

Ingredient	composition(%)	Control	T1	T2	T3
Timothy		14.30	7.300	3.00	3.00
Alfalfa		3.30	4.300	8.00	8.00
Lupin Seed		4.50	4.500	4.50	4.50
Corn Flake		29.90	29.90	29.90	29.90
Corn Gluten Feed		11.80	11.80	11.80	11.80
Whole Cottonseed		2.10	2.10	2.10	2.10
Tall Fescue		2.00	5.00	5.00	5.00
Molasses		4.30	4.30	4.30	4.30
Salt		0.20	0.20	0.20	0.20
Vitamin		0.20	0.20	0.20	0.20
Protected Fat		0.00	0.00	0.10	0.10

Water	27.00	0.00	0.00	0.00
Chinese Cabbage by-product	0.00	30.00	26.00	22.82
Calcium Oxide	0.40	0.40	5.00	5.00
AHP	0.00	0.00	0.00	3.22
Chemical composition				
Crude protein	14.80	14.80	14.30	14.20
Crude fat	4.30	4.20	4.10	4.10
Crude fiber	12.80	12.90	12.60	12.60
NDF ¹⁾	28.30	27.60	26.40	26.40
Ca	0.50	0.60	3.80	3.80
P	0.40	0.40	0.30	0.30
TDN ²⁾	82.90	82.50	82.70	82.70

2). 공시 동물 및 사양관리

공시 동물은 순천시 서면에 위치한 순천대학교 부속동물사육장에서 사육하고 있는 반추위누관이 장착된 Holstein-friesian cow (체중 600±47Kg) 1두를 이용하였다. 사양관리는 조사료와 농후사료를 8:2비율로 1일 2회(07:00 및 17:00)에 걸쳐 급여하였고, 물과 미네랄은 자유 섭취토록 하였다.

3). 실험설계 및 방법

TMR 사료에 D.W를 첨가한 대조구, TMR사료에 배추부산물 CaO(5%) 및 AHP(3.22%) 첨가한 처리구로 총 4처리구로 표 3에 나타내었다. 본 연구에 사용된 시험용 배추·무 부산물은 사료 원료로서의 이용 가능성을 평가하기 위하여 각종 영양소 함량을 비교 평가하였다. 분석 항목은 수분(DM), 조회분(CA), 조단백질(CP), 조지방(EE), 조섬유(CF), 미량원소, NDF 및 ADF 분석을 실시하였다. 부산물의 일반성분 분석은 AOAC(1990) 방법에 따라 수행하였으며, NDF(neutral detergent fiber)와 ADF(acid detergent fiber)는 Van Soest emd(1991)의 방법에 따라 분석하였다. 각 시험에 사용한 기질은 절인 부산물과 절이지 않은 부산물을 1:1 비율로 섞어 이용하였다. 수분 조절제에 따른 배추부산물의 반추위 발효성상을 조사하기 위하여 *in vitro* 실험을 실시하였다.

반추위액은 순천대학교 부속동물사육장에서 사육중인 반추위 누관이 장착된 Holstein-friesian cow (체중 600±47Kg)를 이용하여 위액을 채취하였다. 공시동물의 위액은 39℃를 유지하였고 30분 동안 정치시킨 후 4겹의 cheese cloth 로 여과하여 사료입

자를 제거한 후 보온 및 혐기 상태를 유지하며 실험실로 운반하였다.

사료는 160 mm serum bottle에 총 부피의 1.0%(DM)씩 담은 후 (Weimer et al., 2005), 반추위액과 완충용액을 100ml씩 분주하여 고무마개로 입구를 막아 알루미늄 캡을 씌워 39℃의 shaking incubator에 100rpm으로 배양하였다. 처리구당 3반복으로 실시하였으며 위액의 희석 및 여과 전 과정동안 CO₂ 로 bubbling 하여 위액이 혐기 상태를 유지하도록 하였다. 배양은 39℃의 shaking incubator에 100rpm으로 배양하였고, 샘플 채취시간은 0, 6, 12, 24 및 48시간으로 하였다.

완충용액은 Assanuma(1999)의 방법으로 제조하였고 미리 채취해 두었던 반추위액과 1:3 비율로 혼합하여 pH는 6.7로 맞춘 뒤 CO₂가스를 주입하고 혐기 상태를 유지하였다. 완충용액의 성분은 표 2 와 같다.

표 2. Chemical composition (% of DM) of CaO, AHP mixed with Chinese cabbage by-product.

Chemical	CBP ¹⁾	CBP ¹⁾ + CaO	CBP ¹⁾ + CaO + AHP
Dry matter	7.26	8.21	8.38
Crude protein	27.41	22.90	22.08
Crude fiber	11.71	10.35	10.26
Crude ash	27.00	35.08	37.83
Ether extract	1.93	1.22	1.07
Ca	0.96	3.90	5.61
p	0.69	0.49	0.72
NDF ²⁾	1.52	2.54	1.97
ADF ³⁾	1.12	1.47	1.33

4) 분석항목

pH는 각 발효 시간대별로 serum bottle의 gas 생성량을 측정 후 pH M503P meter(wrks, Medifield, MA, USA)를 이용하여 측정하였다.

각 발효시간대별 배양이 완료된 serum bottle을 shaking incubator에서 꺼낸 후 총 가스 발생량을 압력센서 측정기EA-6(Inc, Sun Bee instruments)를 사용하여 측정하였다.

암모니아 측정은 Chany와 Marbach(1962)의 방법으로, serum bottle(160ml)에서 채취한 샘플을 13,000rpm에서 10분간 원심분리 시킨 후 상층액 0.02ml을 30ml Cap tube에

넣고 phenol color reagent와 alkali hypochlorite를 각각 1ml씩 첨가하였다. 첨가 후 37°C water bath에서 15분 정치시켜 위액과 암모니아를 발색시킨 후 증류수 8ml을 넣어 희석하였다. 이후 Spectrophotometry(Biochrom Ltd., CB40FJ, England) 630nm에서 측정하였다. Phenol color reagent는 50g(C₆H₅OH),0.25gSodiumnitroferricyanide(Na₂Fe(cN)₅NO·H₂O) D.W 1L에 혼합하여 만들었다.

VFA(Volatile fatty Acid) 농도를 분석하기 위해 시간대별 처리구를 13,000rpm 에서 10분간 원심분리하여 상층액을 3ml의 주사기를 이용하여 0.2µm filter로 여과하여 HPLC(Agilent Technologies 1200series, Germany)을 이용하여 농도를 측정하였다. VFA는 주로 반추위 미생물의 발효에 의해서 생성되는 지방산으로서 Han et al.(2005)의 방법에 따라 acetic acid, propionic acid, butyric acid, Total VFA 농도를 측정하였다. 검출기는 UV detector(Agilent Technology 1200, Germany)를 사용하였으며, 210nm와 220nm에서 분석 column은 METACARB87H(Varian, Germany)을 사용하였으며, column의 사용온도는 35°C이었다.

나. 연구 결과 및 고찰

pH는 48시간 발효 동안 T2, T3가 유의적으로(P<0.05) 높았으며, 이결과는 주로 반추위 완충제로 사용되는CaO 첨가에 따른 결과인 것으로 보인다. 총 가스 발생량은 처리구가 T2, T3보다 전 발효 기간 동안 유의적으로(P<0.05) 높게 발생하였다. 암모니아 농도는 24시간 발효 후 처리구가 T2, T3보다 높았으나, 48시간 발효 후 유의적 차이가 없었다. 총 휘발성 지방산,건물 및 유기물 소실을 역시 24, 48시간 발효 후 대조구와 처리구간 유의적 차이가 없었다.

이결과로 처리구와 대조구 사료의 반추위 발효특성에서 큰 차이가 나지 않아 축우사료로 이용 가능할 것으로 사료된다.

표 3. pH values *in vitro* rumen fermentation of total mixed ration added Chinese cabbage, CaO and AHP

Time(hr)	Treatments				SEM ⁵⁾	P value
	CON ¹⁾	T1 ²⁾	T2 ³⁾	T3 ⁴⁾		
0	6.74 ^c	6.75 ^c	6.8 ^b	6.84 ^a	0.004777	<.0001
6	6.41 ^c	6.4 ^c	6.49 ^b	6.53 ^a	0.009448	<.0001
12	6.33 ^b	6.32 ^b	6.43 ^a	6.44 ^a	0.012421	0.0005

24	6.18 ^c	6.16 ^c	6.28 ^b	6.37 ^a	0.006982	<.0001
48	5.88 ^c	5.86 ^c	6.28 ^b	6.36 ^a	0.012539	<.0001

^{a,b,c,d} Means with different superscripts in the same row differ significantly (P<0.05).

1) TMR, 2) TMR+ Chinese cabbage, 3) TMR+ Chinese cabbage +CaO, 4) TMR+ Chinese cabbage +CaO+AHP

5) Standard error of means.

⌘ 4. Total gas production(ml) *in vitro* rumen fermentation of total mixed ration added Chinese cabbage, CaO and AHP

Time(hr)	Treatments				SEM	P value
	Control	T1	T2	T3		
6	92.33 ^{ab}	101.33 ^a	80.33 ^{b^c}	76.00 ^c	3.60	0.0075
12	167.67 ^a	162.67 ^a	150.67 ^b	147.00 ^b	2.69	0.0029
24	220.33 ^a	217.00 ^a	212.33 ^a	197.33 ^b	3.33	0.0136
48	256.00 ^a	248.00 ^{ab}	236.00 ^{bc}	221.67 ^c	3.94	0.0030

^{a,b,c,d} Means with different superscripts in the same row differ significantly (P<0.05).

⌘ 5. Ammonia nitrogen concentration during *in vitro* rumen fermentation of total mixed ration added Chinese cabbage, CaO and AHP

Time(hr)	Treatments				SEM	P value
	Control	T1	T2	T3		
0	7.97	6.52	6.46	7.32	0.58	0.2980
6	11.07	11.35	10.97	9.94	0.48	0.3523
12	12.16	13.06	11.67	12.07	0.69	0.6012

24	12.44 ^{ab}	13.15 ^a	11.35 ^b	11.7 ^b	0.34	0.0594
48	12.33	11.38	11.36	10.95	0.53	0.4884

^{a,b,c,d} Means with different superscripts in the same row differ significantly (P<0.05).

⌘ 6. Total VFA(mmol) *in vitro* rumen fermentation of total mixed ration added Chinese cabbage, CaO and AHP

Time(hr)	Treatments				P value
	Control	T1	T2	T3	
0	41.70	46.05	38.97	40.47	0.0823
6	78.82	75.43	74.33	72.64	0.378
12	131.48 ^a	130.21 ^a	105.85 ^b	100.13 ^b	<.0001
24	158.71	166.80	166.91	161.42	0.4253
48	174.56	185.76	188.08	189.79	0.2139

⌘ 7. Dry matter digestibility (%) *in vitro* rumen fermentation of total mixed ration added Chinese cabbage, CaO and AHP

Time(hr)	Treatments				SEM	P value
	CON	T1	T2	T3		
24	65.26	64.28	62.21	64.87	0.84	0.1567
48	72.40	71.52	70.74	71.46	0.47	0.2379

^{a,b,c,d} Means with different superscripts in the same row differ significantly (P<0.05).

표 8. Organic matter digestibility (%) *in vitro* rumen fermentation of total mixed ration added Chinese cabbage, CaO and AHP

Time(hr)	Treatments				SEM	P value
	CON	T1	T2	T3		
24	64.16	63.57	63.69	64.87	0.89	0.7998
48	71.50	70.82	72.63	72.54	0.59	0.2068

^{a,b,c,d} Means with different superscripts in the same row differ significantly (P<0.05).

2. *In situ* 반추위 발효성상 분석을 통한 한우 거세 육성기 TMR배합비 개발

가. 재료 및 방법

1) 시료 준비 및 배양

시료는 3.0g씩 nylon bag(5×10 cm; 45 μm pore size)에 담아 nylon bag 입구를 nylon 끈으로 묶어 주었다. 배양 전 nylon bag을 39~40℃의 물에 담근 후 야침사료 급여 직후에 공시축의 반추위 cannula 안쪽으로 깊이 넣어주었다. 배양시간은 0, 3, 6, 9, 12, 24 및 48시간 동안 하였고, 처리구당 6반복으로 하였다. 배양이 끝난 nylon bag은 반추위 cannula로부터 꺼내어 맑은 물에 침치 후 조섬유 분석기(Ankom 220, USA)를 이용하여 heating 없이 10분간 세척하였다. 각 시각대별 시료는 세척 즉시 80℃ dry oven에서 24시간 동안 건조하였다.

2) 분석항목

NDF 및 ADF 소화율 분석은 Van soest 방법(Van Soestdhk Wine, 1967)을 기초로 한 ANKOM 220 Fiber Analyzer(AnkomTechnology, USA)를 사용하였고, buffer 조성은 AnkomTechnology 방법에 따라 실시하였다. 반추위 내 건물 소화율은 아래 공식으로 산출하였다.

$$\text{건물 소화율}(\%) = (W1+W2-W3)/W2*100$$

W1 = Bag tare wt.

W2 = Sample wt.

W3 = Final bag wt.

나. 연구 결과 및 고찰

In situ 건물 소화율은 3,6시간 발효 후 Control 및 T1이 유의적으로 높았으나, 24, 48시간 발효 후 T3가 가장 높았다. NDF 소화율 에서는 전체 발효 기간 동안 T3가 다른 처리구보다 유의적으로 높았다. ADF소화율 역시 24시간 과 48시간 발효 후 T3가 높았으며, 이 결과 AHP 첨가가 아래와 같은 화학 반응 기전으로 탈 리그닌화가 진행된 것으로 사료된다.

H2O2 의 화학반응작용에서 리그닌을 파괴시키는 물질은 매우 강한 산화제인 OH- 기이다.

따라서 다음의 화학식과 같이 (1) 와 (2) 식에 의하여 OH-기가 생성된다.



그러나 더 이상의 반응이 없을 때는 OH 기와 O2 기는 다음 식에 의하여 O2 와 H2O를 형성한다.

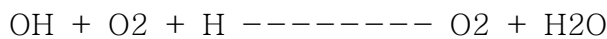


표 9. Dry matter digestibility (%) *in situ* rumen fermentation of total mixed ration added Chinese cabbage, CaO and AHP

Time(hr)	Treatments				SEM ⁵⁾	P value
	Control ¹⁾	T1 ²⁾	T2 ³⁾	T3 ⁴⁾		
0	31.70 ^b	35.27 ^a	29.72 ^c	28.87 ^c	0.50	<.0001

3	54.48 ^b	58.61 ^a	54.18 ^b	53.31 ^b	0.47	<.0001
6	61.78 ^{ab}	63.32 ^a	59.70 ^b	61.02 ^b	0.70	0.0108
9	63.79 ^{ab}	65.77 ^a	60.31 ^c	63.11 ^{bc}	0.83	0.0026
12	65.03 ^b	68.74 ^a	63.59 ^b	65.18 ^b	0.79	0.0019
24	73.74 ^{bc}	76.46 ^a	73.21 ^c	76.33 ^a	0.99	0.0368
48	84.46 ^{ab}	83.16 ^b	80.73 ^c	85.48 ^a	0.67	0.0007

^{a,b,c,d} Means with different superscripts in the same row differ significantly (P<0.05).

1) TMR, 2) TMR+ Chinese cabbage, 3) TMR+ Chinese cabbage +CaO, 4) TMR+ Chinese cabbage +CaO+AHP

5) Standard error of means.

Table 10. Ruminal degradation parameters and effective degradability.

Items	Control ¹⁾	T1 ²⁾	T2 ³⁾	T3 ⁴⁾
Degradation parameters	-----%-----			
a	31.70	35.27	29.72	28.39
b	47.40	44.53	47.25	52.51
c	0.026	0.029	0.027	0.024
ED ⁵⁾ (%)r=0.04	50.50	53.97	48.84	48.23
ED ⁵⁾ (%)r=0.06	46.14	49.77	44.45	43.52

1) TMR, 2) TMR + Chinese cabbage, 3) TMR + Chinese cabbage + CaO,

4) TMR + Chinese cabbage + CaO + AHP, 5) effective ruminal degradability

⌘ 11. NDF digestibility (%) during *in situ* rumen fermentation of total mixed ration added Chinese cabbage, CaO and AHP.

Time(hr)	Treatments				SEM ⁵⁾	P value
	Control ¹⁾	T1 ²⁾	T2 ³⁾	T3 ⁴⁾		
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	.
3	5.12	5.58	9.10	11.92	2.32	0.3888
6	18.35	11.13	11.94	19.93	3.07	0.3014
9	21.71	16.09	17.19	24.85	2.52	0.1843
12	26.98	22.31	24.30	30.18	2.40	0.1905
24	37.24 ^b	37.49 ^b	38.48 ^b	51.05 ^a	2.56	0.0227
48	63.05 ^b	55.58 ^c	55.59 ^c	69.21 ^a	1.28	0.0005

^{a,b,c} Means with different superscripts in the same row differ significantly (P<0.05).

- 1) TMR, 2) TMR + Chinese cabbage, 3) TMR + Chinese cabbage + CaO,
4) TMR + Chinese cabbage + CaO + AHP, 5) Standard error of means.

⌘ 12. ADF digestibility (%) during *in situ* rumen fermentation of total mixed ration added Chinese cabbage, CaO and AHP.

Time(hr)	Treatments				SEM ⁵⁾	P value
	Control ¹⁾	T1 ²⁾	T2 ³⁾	T3 ⁴⁾		
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	.
3	1.98	3.59	8.18	6.96	1.80	0.3077
6	10.70	4.08	13.85	12.90	3.47	0.4970
9	11.41	7.68	16.87	15.48	3.31	0.5468
12	12.23	14.95	19.06	16.10	2.65	0.4841
24	27.25 ^b	23.57 ^b	31.14 ^{ab}	39.21 ^a	2.38	0.0340
48	53.84 ^b	46.35 ^c	48.37 ^c	57.85 ^a	1.13	0.0005

^{a,b,c} Means with different superscripts in the same row differ significantly (P<0.05).

- 1) TMR, 2) TMR + Chinese cabbage, 3) TMR + Chinese cabbage + CaO,
4) TMR + Chinese cabbage + CaO + AHP, 5) Standard error of means.

3. 육성기 단계 사료효율, 급여량, 일당증체, 경제성 분석을 위한 사양실험

가. 재료 및 방법

공시동물은 전라북도 김제시에 위치한 안심목장에서 사육하고 있는 육성기 육우 34두 (273 ± 45 kg)를 공시하여 각 처리구마다 17두씩 배치해 5개월간 시험하였다. 대조구는 TMR 사료를 이용하였고, 처리구는 TMR 사료에 배추부산물을 첨가하여(표 4) 이용하였다. 사료는 1일 2회 급여하였고, 음수는 자유롭게 급여할 수 있도록 자동급수기를 설치하여 사양 시험을 수행하였다.



그림 1. Experimental animal and total mixed ration

표 13. Ingredient and chemical composition of total mixed ration.

Ingredient	composition(%)	Control	T1
Timothy		14.30	7.300
Alfalfa		3.30	4.300
Lupin Seed		4.50	4.500
Corn Flake		29.90	29.90
Corn Gluten Feed		11.80	11.80
Whole Cottonseed		2.10	2.10
Tall Fescue		2.00	5.00
Molasses		4.30	4.30
Salt		0.20	0.20
Vitamin		0.20	0.20
Protected Fat		0.00	0.00
Water		27.00	0.00
Chinese Cabbage by-product		0.00	30.00
Calcium Oxide		0.40	0.40
AHP		0.00	0.00
Chemical composition			
Crude protein		14.80	14.80
Crude fat		4.30	4.20
Crude fiber		12.80	12.90
NDF ¹⁾		28.30	27.60
Ca		0.50	0.60
P		0.40	0.40

¹⁾ NDF, neutral detergent fiber, ²⁾TDN, total digestible nutrients

1) 분석 항목

증체량은 종료시 체중에서 개시 체중을 감하여 산출하였고, 사료 섭취량은 총 사료급여량에서 잔량을 제외하여 측정하였다. 얻어진 증체량과 사료섭취량으로부터 사료 요구율을 산출하였다. 혈액은 경정맥에서 vacutainer로 10ml 채혈하여 30분간 실온에 방치한 후, 3000rpm에서 10분간 원심 분리한 후 혈청을 획득하였다. 혈액성상 분석은 ALT(alanine aminotransferase), AST(aspartate aminotransferase), Glucose, Total cholesterol, HDL cholesterol, LDL cholesterol, Creatinine, Blood urea nitrogen 및 Total protein 분석을 자동혈액생화학분석기(Hitachi 747, Japan)로 실시하였다.

2) 통계 분석

본 시험에서 얻어진 모든 결과들은 기간별로 수집되었고, 통계 분석은 SAS(Statistical Analysis System) 통계 package (2003)를 이용하여 처리구 평균값의 표준 오차 산출 및 분산 분석을 실시하였고, Duncan's multiple range test 방법(Duncan, 1955)을 이용하여 평균간의 유의성($P < 0.05$)을 검정하였다.

나. 결과 및 고찰

1) 증체량 및 사료섭취량

배추부산물 혼합사료가 육우 성장에 미치는 영향은 표 11과 같다. 실험 개시 체중은 대조구에서 273.06kg, 처리구에서 272.29kg 이며, 종료시 체중은 대조구에서 417.82kg, 처리구에서 413.88kg 으로 유의적 차이는 없었다($P < 0.05$). 사료섭취량은 처리구에서 9.69kg/day로 대조구보다 유의적으로 높았으며($P < 0.05$), 일일 평균 증체량 및 사료효율에서는 대조구에서 처리구 보다 높은 경향을 보였으나 유의적 차이는 없었다($P < 0.05$). 사료섭취량의 경우 여러 가지 요인에 의하여 결정되는데 중요한 요인으로 사료의 성분과 품질에 대한 영향이 크며(Greenhalgh와 Wainman, 1979), 사료가치가 높을수록 섭취량이 증가한다(Holecheck와 Vavra, 1982). 본 실험의 결과를 종합해 볼 때 TMR 사료와 배추부산물을 혼합한 TMR 사료에서 유의적 차이가 나타나지 않음으로 일부 조사료원을 대체하여 농가의 사료비 절감에 도움이 될 것으로 사료된다.

표 14. Effects of adding Chinese cabbage in total mixed ration on growth performance.

Items	Control ¹⁾	T1 ²⁾	SEM ³⁾	P value
Initial body weight (kg)	273.06	272.29	5.49	0.9222
Final body weight (kg)	417.82	413.88	9.74	0.7777
Feed intake (kg/day)	9.49 ^b	9.69 ^a	0.03	0.0003
Average daily gain (kg/d)	0.97	0.94	0.08	0.8510
Feed efficiency	10.85	10.34	0.82	0.6634

^{a,b,c} Means with different superscripts in the same row differ significantly ($P < 0.05$).

1) TMR, 2) TMR + Chinese cabbage, 3) Standard error of means.

2) 혈액 성분 분석

배추부산물 혼합사료 급여가 육우 혈액 성상에 미치는 영향은 표 12와 같다. 혈중 ALT 및 AST는 대조구에서 26.00U/L, 70.00U/L로 처리구보다 높은 경향을 보였으나 유의적 차이는 없었으며 ($P < 0.05$), glucose 및 total cholesterol은 처리구에서 89.47mg/dL, 135.94mg/dL로 높았으나 유의적 차이는 없었다. HDL cholesterol은 대조구에서 112.71mg/dL, LDL cholesterol은 처리구에서 23.35mg/dL로 높았으나 유의적 차이는 없었다. Creatinine은 처리구에서 0.92mg/dL로 대조구보다 유의적으로 높았으며 ($P < 0.05$), BUN은 처리구에서 15.09mg/dL로 유의적으로 높게 나타났다 ($P < 0.05$). Total protein은 처리구에서 6.58mg/dL로 높게 나타났으나 유의적 차이는 없었다. 혈중 glucose의 경우 탄수화물의 최종산물로 체조직에 에너지를 공급하는 역할을 하는데 도축방법 및 동물의 체조직 함량과 밀접한 관계가 있다(황보순, 2006). 본 시험에서 배추부산물을 첨가한 처리구에서 glucose 함량이 높은 경향을 나타내어 체조성이 양호한 경우 체조직으로부터 glucose 유리가 증가하여 glucose 함량이 증가한다는 McDowell (1991)의 보고와 일치하였으며, cholesterol은 성호르몬과 담즙산 및 체내 화합물에 존재하는 생명체에 필수적인 물질로, 특히 cholesterol 중에서 HDL은 혈관에 침착되어 있는 cholesterol을 분리시켜 간장에서 분해시킴으로써 인체에 유익한 cholesterol이고, LDL은 혈관에 침착되어 인체에 해로운 cholesterol이라고 보고되고 있다(박 등, 2003). 또한 혈중 BUN은 질소 축적율이 높아서 단백질 합성이 증가하여 증체율이 높으면 BUN 함량이 낮아진다는 Karnezos 등(1994)의 보고를 통해 TMR에 배추부산물 첨가가 체 단백질 합성이 활발하게 이루어지고 있음을 알 수 있다.

표 15. Effects of adding Chinese cabbage in total mixed ration on blood profiles.

Items	Control ¹⁾	T1 ²⁾	SEM ³⁾	P value
ALT ⁴⁾ (U/L)	26.00	25.71	0.74	0.7839
AST ⁵⁾ (U/L)	70.00	69.77	2.36	0.9547
Glucose (mg/dL)	86.18	89.47	1.74	0.1893
Total cholesterol (mg/dL)	133.24	135.94	5.53	0.7349
HDL ⁶⁾ (mg/dL)	112.71	110.41	2.42	0.5106
LDL ⁷⁾ (mg/dL)	23.24	25.35	1.40	0.3008
Creatinine (mg/dL)	0.80 ^{b)}	0.92 ^{a)}	0.04	0.0260
BUN ⁸⁾ (mg/dL)	15.09 ^{a)}	13.04 ^{b)}	0.67	0.0423
Total protein (mg/dL)	6.31	6.58	0.10	0.0544

^{a,b,c} Means with different superscripts in the same row differ significantly (P<0.05).

1) TMR, 2) TMR + Chinese cabbage, 3) Standard error of means 4) Alanine aminotransferase,

5) Aspartate aminotransferase, 6) High density lipoprotein, 7) Low density lipoprotein,

8) Blood urea nitrogen.

□ 3차년도 연구수행 내용

과제명: 한우 사양관리 시스템 구축 및 산업화를 위한 배추·무 부산물 사료 개발

1. 배추·무 부산물 활용 비육기 TMR사료의 저장기간에 따른 발효 성상, 미생물 군집 변화 및 안전성 조사

가. 재료 및 방법

1) 공시재료 및 균주

본 연구에 사용된 시험용 배추 부산물은 전라남도 순천시에 위치한 남도김치에서 발생하는 부산물을 수거하여 사용하였으며, 시험용 소맥피는 전라남도 순천시에 위치한 우정통상에서 구입하여 사용하였다. 배추부산물과 소맥피는 사료 원료로서의 이용 가능성을 평가하기 위하여 각종 영양소 함량을 비교 평가하였다(표 12). 분석 항목은 수분(DM), 조단백질(CP), 조섬유(CF), 조회분(CA), 조지방(EE), 미량원소, NDF 및 ADF 분석을 실시하였다. 일반성분 분석은 AOAC(1990) 방법에 따라 수행하였으며, NDF(neutral detergent fiber)와 ADF(acid detergent fiber)는 Van Soest emd(1991)의 방법에 따라 분석하였다. 발효

에 사용된 *Lactobacillus acidophilus* KCCM 32820 균주는 *Lactobacilli* MRS Broth(Difco, USA)에 접종하여 37℃의 배양기에서 48시간 배양하여 사용하였으며, 세 번 계대배양 후, 휘발성지방산(VFA)과 흡광도(OD) 및 생균수 측정을 하였다. 휘발성지방산(VFA)은 HPLC(Agilent Technologies 1200 series, Germany)를 사용하였고, 흡광도(OD)는 Spectrophotometer (Manufactured by Biochrom Ltd, CB40FJ, England)를 사용하여 파장 630nm에서 측정하여 계산하였다. 생균수 측정은 0.85%의 생리식염수에 10진 희석하여 고체배지(*Lactobacilli* MRS Agar, Difco, USA)를 이용하여 생균수를 측정하였다.

표 1. Chemical composition (% of DM) of Chinese cabbage by-product and Wheat bran.

Chemical	CBP ¹⁾	Wheat bran
DM ²⁾	6.89	87.55
CP ³⁾	32.08	16.72
CF ⁴⁾	17.62	16.28
CA ⁵⁾	22.21	5.16
EE ⁶⁾	2.76	3.71
Ca	3.48	0.09
p	0.73	0.98
NDF ⁷⁾	1.37	39.04
ADF ⁸⁾	1.12	12.43

1) Cabage by-product, 2) Dry matter, 3) Crude protein, 4) Crude fiber, 5) Crude ash,

6) Ether extract, 7) NDF, neutral detergent fiber, 8) ADF, acid detergent fiber

¹⁾ NDF, neutral detergent fiber, ²⁾TDN, total digestible nutrients

표 2. Chemical composition (% of DM) of CaO, AHP mixed with Chinese cabbage by-product.

Chemical	CBP ¹⁾	CBP ¹⁾ + CaO	CBP ¹⁾ + CaO + AHP
Dry matter	7.26	8.21	8.38
Crude protein	27.41	22.90	22.08

Crude fiber	11.71	10.35	10.26
Crude ash	27.00	35.08	37.83
Ether extract	1.93	1.22	1.07
Ca	0.96	3.90	5.61
p	0.69	0.49	0.72
NDF ²⁾	1.52	2.54	1.97
ADF ³⁾	1.12	1.47	1.33

1) Cabage by-product, 2) NDF, neutral detergent fiber, 3) ADF, acid detergent fiber

2) 발효사료 조제

수거된 시험용 배추 부산물은 5~10cm로 세절하여 이용 하였으며, 배추부산물을 발효시킨 대조구와 배추부산물에 *Lactobacillus acidophilus*, Calcium oxide 및 소맥피 30%를 첨가해 발효시킨 처리구로 총 8처리구(표 13)를 3반복 실시하였다. *Lactobacillus acidophilus* 처리구는 분무기를 이용하여 1kg당 10ml씩을 분사하여 10⁶으로 접종하였으며, 발효사료는 원형 플라스틱통을 이용하여 호기상태로 직사광선이 없는 서늘한 장소에서 0, 3, 5, 7일 동안 상온(20~23℃) 발효 하였다.

표 3. Treatment of experiments.

Ingredient composition(%)	Control	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
CBP	100	100			70	70		
CBP + Calcium oxide 10%			100	100			70	70
wheat bran					30	30	30	30
<i>Lactobacillus acidophilus</i>		1		1		1		1

1) Chinese cabbage, 2) Chinese cabbage + *L.acidophilus* 1%, 3) Chinese cabbage + CaO 10%,

4) Chinese cabbage + *L.acidophilus* 1% + CaO 10% 5) Chinese cabbage + Wheat bran 30%,

6) Chinese cabbage + Wheat bran 30% + *L.acidophilus* 1%

7) Chinese cabbage + Wheat bran 30% + CaO 10%,

8) Chinese cabbage + Wheat bran 30% + *L.acidophilus* 1% + CaO 10%



그림 1. Cabbge by-product fermentation feed

3) 사료가치 분석

사료가치 분석을 위해서 멸균된 증류수 90ml에 발효사료 10g을 넣은 후 4℃에서 24시간 동안 정치한 후 추출된 추출물을 사용하여 pH, 암모니아, 및 미생물 분석에 사용하였다. pH측정은 pH meter(pH Ion S220; Seven Multi / pH Meter, Mettler Toledo)를 사용하여 측정하였고, 암모니아태 질소 농도는 Chaney와 Marbach(1962)의 방법에 준하여 Spectrophotometer (Manufactured by Biochrom Ltd, CB40FJ, England)의 파장630nm에서 흡광도를 측정하여 계산하였다. 미생물 분석은 유산균은 *Lactobacilli* MRS(Difco, USA)에 Bromocresol Purple(SIGMA-ALDRICH, Germany) 0.02g/L를 첨가하였고, 바실러스는 MYP Agar(Difco, USA), 대장균은 MAC Conkey Agar(Difco, USA) 및 효모와 곰팡이는 YGC Agar(Merk, Gemany)에 30℃ 배양기에서 24시간 분석하였다. 건물 함량은 각 처리구별로 1mm로 분쇄한 후 Dry oven(HB-502MP; HANBAEK SCIENTIFIC CO)을 사용하여 105℃에서 16시간 건조 후 무게를 측정하여 아래 공식으로 산출하였다.

$$\text{건물 함량(\%)} = (W1+W2+W3)/W2*100$$

W1 = Crucible wt.

W2 = Sample wt.

W3 = Final Crucible wt.

나. 연구 결과 및 고찰

1) pH의 변화

저장 기간에 따른 배추부산물 발효사료의 pH의 변화는 표 16에 나타내었다. 배추부산물 + 소맥피 30% + *L. acidophilus* 1% 처리구에서는 발효 기간이 진행됨에 따라 pH가 감소하는 경향을 나타내었으며, 발효 7일차에 유의적으로 가장 낮았다(P<0.05). CaO를 처리한

모든 처리구의 12이상의 높은 pH는 CaO의 알칼리성 물질의 영향으로 판단되며, 발효기간 동안 화학적 변화가 없었음을 알 수 있다. 또한 첨가구별로 *L. acidophilus* 1%를 첨가한 모든 처리구의 평균은 0일차에 6.17에서 5일차에 5.93으로 낮아진 것으로 보아 유산균 첨가로 발효가 활발히 일어나 다량의 유산이 생성된 결과로 판단된다.

2) 건물 함량

저장기간에 따른 배추부산물 발효사료의 건물 함량의 변화는 표 17에 나타내었다. 초기 건물함량은 소맥피 함량 및 CaO 함량에 따라 차이가 나타났다. 배추부산물 + 소맥피 30% + CaO 10% 처리구와 배추부산물 + 소맥피 30% + CaO 10% + *L.acidophilus* 1% 처리구에서는 저장기간이 진행됨에 따라 건물함량이 높아지는 것을 확인 할 수 있었다. 또한 배추부산물의 처리구와 비교하여 배추부산물 + 소맥피 30% 처리구의 평균을 보면 발효 0일차부터 발효 5일차까지 저장기간이 진행됨에 따라 건물함량이 점차 높아지는 것을 확인 할 수 있었다. 이는 김 등 (2009)의 연구에서 사일리지 제조를 위한 원재료의 수분함량은 발효에 큰 영향을 미치는데 일반적으로 수분함량이 높은 사일리지는 삼출액으로 인한 영양소의 손실이 일어난다(Watson 및 Nash, 1960; Bastiman, 1976), 불량발효가 일어나서(Gibson 및 Stirling, 1959), 건물 손실률이 증가하게 된다(Zimmer, 1973)고 한다. 본 시험에서는 배추부산물에 수분 조절에인 소맥피와 Calcium oxide를 첨가함으로써 수분함량을 낮춰 수분과다로 인한 불량발효는 줄어든 것으로 판단된다.

3) 미생물 수 측정

저장기간에 따른 배추부산물 발효사료의 미생물 수 측정의 결과는 표 18과 같다. 배추부산물 + 소맥피 30% 처리구와 배추부산물 + 소맥피 30% + *L.acidophilus* 1% 처리구에서는 발효 5일째까지 유산균이 증식하였으며, 바실러스의 경우 3일째 까지 증식하다가 5일째부터 감소하는 경향을 나타내었다. 곰팡이는 발효가 진행됨에 따라 증가하는 경향을 나타내었는데 이는 본 실험에서 호기발효를 통해 산소가 존재하는 상태였기 때문에 호기성 세균이 증식한 것으로 보인다. 또한 CaO을 첨가한 모든 처리구에서는 LAB, Coliform bacteria, Molds, Yeasts는 검출 되지 않았는데, 이는 CaO의 첨가로 12이상의 높은 pH로 인해 유산균, 대장균, 곰팡이 및 효모의 생육에는 불리한 여건이었다고 사료된다. 따라서 CaO를 배추부산물에 첨가하여 호기상태로 발효 하더라도 배추부산물의 수분조절제로서 배즙액과 부패를 막아주고, 지속성 및 보전성을 향상시키는 유용한 수단으로 이용 될 수 있음을 확인 하였다.

4) 암모니아태 질소 농도의 변화

저장기간에 따른 배추부산물 발효사료의 암모니아태 질소 농도의 변화는 표 19와 같다. 배추부산물 + CaO 처리구를 제외한 모든 처리구에서 저장기간이 진행됨에 따라 암모니아태 질소 농도가 증가 하는 경향을 나타냈다. 첨가구에 따른 암모니아태 질소 농도를 보면 *L.acidophilus*를 처리한 첨가구의 평균은 0일차에 0.30mg/dL에서 7일차에 4.92mg/dL로 가장 증가하는 경향을 보였다. 이는 Kung와 Muck (1997)의 사일리지에 유산균을 첨가 했을 때 암모니아태 질소 농도가 낮아진다는 연구와 다른 결과를 보이며, 김 등 (2001)은 사일리지의 발효단계에 따른 암모니아태 질소 함량의 변화가 시간이 경과함에 따라 증가하는 경향을 보여줬다는 연구와 비슷한 결과를 보인다.

5) 7일차 일반성분 분석

배추부산물 발효사료의 7일차 일반성분 분석 결과는 표 20과 같다. 수분함량은 배추부산물 처리구에서 95.58%로 유의적으로 가장 높게 나타났으며(P<0.05), 수분조절제를 첨가한 배추부산물 + 소맥피 30% + CaO 처리구에서 61.24%로 유의적으로 가장 낮게 나타났다(P<0.05). 조지방 함량은 배추부산물 + CaO 10% 처리구와 배추부산물 + CaO 10% + *L.acidophilus* 1% 처리구에서 가장 높게 나타났으며(P<0.05), ADF 함량은 배추부산물 + 소맥피 30% 처리구에서 NDF 함량은 배추부산물 + 소맥피 30% + *L.acidophilus* 1% 처리구에서 높게 나타났다(P<0.05). 사일리지 재료의 수분함량은 사일리지 발효에 영향을 미치는 주요 인자이며(Garcia 등, 1989), 특히 야채부산물의 경우 매우 높은 수분함량(95 to 98 % FM)으로 이는 가축 사료로 제한되는 주요 사항이다(Cao. Y 등, 2010). 또한 DM 함량이 낮기 때문에 배즙액이 많이 발생되어 수분조절을 위해 다른 사료와 함께 혼합하여 사용해야하는데, 본 연구에서는 소맥피와 CaO를 수분조절제로 사용하여 수분함량이 90% 이상인 배추부산물을 잠재적 사료원료로 만들어 사료비 절감에 도움이 될 것으로 사료된다.

표 4. pH values of Chinese cabbage by-product fermentation added with Wheat bran, Calcium oxide and *Lactobacillus acidophilus*.

Item	pH			
	0	3	5	7
Chinese cabbage by-product				
Control	6.06 ^f	7.07 ^d	7.11 ^d	7.48 ^e
<i>Lactobacillus acidophilus</i> 1%	6.06 ^f	7.24 ^c	7.35 ^c	7.58 ^d
Calcium oxide 10%	12.46 ^{ab}	12.46 ^a	12.44 ^a	12.41 ^b
<i>Lactobacillus acidophilus</i> 1% + Calcium oxide 10%	12.49 ^a	12.46 ^a	12.44 ^a	12.48 ^a
Chinese cabbage by-product + wheat bran 30%				
Control	6.19 ^e	4.77 ^e	4.48 ^e	4.49 ^f
<i>Lactobacillus acidophilus</i> 1%	6.27 ^d	4.81 ^e	4.51 ^e	4.44 ^b

Calcium oxide 10%	12.43 ^b	12.38 ^b	12.38 ^b	12.34 ^c
<i>Lactobacillus acidophilus</i> 1% + Calcium oxide 10%	12.24 ^c	12.40 ^{ab}	12.39 ^b	12.36 ^c
SEM	0.01	0.02	0.01	0.01
P value	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
residue means				
Chinese cabbage by-product	9.56	10.07 ^a	10.09 ^a	10.22 ^a
Chinese cabbage by-product + wheat bran 30%	9.28	8.59 ^b	8.44 ^b	7.46 ^b
Additive treatment means				
<i>Lactobacillus acidophilus</i> 1%	6.17 ^c	6.03 ^b	5.93 ^b	6.01 ^b
Calcium oxide 10%	12.45 ^a	12.42 ^a	12.41 ^a	12.38 ^a
<i>Lactobacillus acidophilus</i> 1% + Calcium oxide 10%	12.37 ^b	12.44 ^a	12.42 ^a	12.53 ^a
Significance of main effects and interactions				
Residues (R)	0.1959	<.0001	<.0001	0.0244
Additive treatment (A)	<.0001	<.0001	<.0001	0.0006
R × A	<.0001	<.0001	<.0001	0.5453

Means with different superscripts in the same row differ significantly (P<0.05).

☒ 5. Dry matter (%) of Chinese cabbage by-product fermentation added with Wheat bran, Calcium oxide and *Lactobacillus acidophilus*.

Item	DM			
	0	3	5	7
Chinese cabbage by-product				
Control	6.91 ^f	5.59 ^e	5.34 ^d	4.42 ^d
<i>Lactobacillus acidophilus</i> 1%	6.64 ^f	5.06 ^e	4.87 ^d	4.02 ^d
Calcium oxide 10%	19.91 ^d	20.11 ^d	18.77 ^c	19.43 ^c
<i>Lactobacillus acidophilus</i> 1% + Calcium oxide 10%	17.30 ^e	19.75 ^d	19.70 ^c	19.18 ^c
Chinese cabbage by-product + wheat bran 30%				
Control	25.00 ^c	29.73 ^c	30.58 ^b	29.21 ^b
<i>Lactobacillus acidophilus</i> 1%	24.55 ^c	30.21 ^c	29.16 ^b	27.83 ^b
Calcium oxide 10%	34.16 ^a	37.21 ^a	38.34 ^a	38.76 ^a
<i>Lactobacillus acidophilus</i> 1% + Calcium oxide 10%	28.09 ^b	31.53 ^b	36.68 ^a	37.55 ^a
SEM	0.49	0.28	0.48	0.35
P value	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
residue means				
Chinese cabbage by-product	12.70 ^b	12.63 ^b	12.17 ^b	11.76 ^b
Chinese cabbage by-product + wheat bran 30%	27.95 ^a	32.17 ^a	33.69 ^a	33.34 ^a
Additive treatment means				
<i>Lactobacillus acidophilus</i> 1%	15.60 ^c	17.64 ^c	17.02 ^b	15.93 ^b
Calcium oxide 10%	27.04 ^a	28.66 ^a	28.56 ^a	29.10 ^a
<i>Lactobacillus acidophilus</i> 1% + Calcium oxide 10%	22.70 ^b	25.64 ^b	28.19 ^a	28.37 ^a
Significance of main effects and interactions				
Residues (R)	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
Additive treatment (A)	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
R × A	<.0001	<.0001	0.0002	<.0001

Means with different superscripts in the same row differ significantly (P<0.05).

Table 6. Microbiological analysis of Chinese cabbage by-product fermentation added with Wheat bran, Calcium oxide and *Lactobacillus acidophilus*.

Treatment	Fermentation days	Microorganism(log10 cfu/g of fresh matter)				
		LAB	Bacilli	Coliform bacteria	Molds	Yeasts
Con ¹⁾	0	3.95	5.70	5.62	4.11	4.45
	3	8.41	8.68	6.26	3.60	5.41
	5	8.08	8.78	7.98	3.30	4.30
	7	7.60	8.78	8.28	2.30	4.00
T1 ²⁾	0	4.15	6.40	5.56	3.30	3.70
	3	8.41	8.68	6.59	3.30	4.81
	5	8.15	9.04	8.23	2.30	4.57
	7	7.85	8.70	8.23	2.48	4.49
T2 ³⁾	0	ND	3.70	ND	ND	ND
	3	ND	5.32	ND	ND	ND
	5	ND	4.30	ND	ND	ND
	7	ND	2.90	ND	ND	ND
T3 ⁴⁾	0	ND	3.95	ND	ND	ND
	3	ND	4.28	ND	ND	ND
	5	ND	4.30	ND	ND	ND
	7	ND	2.30	ND	ND	ND
T4 ⁵⁾	0	3.58	5.95	5.08	3.48	4.32
	3	8.28	8.86	6.52	6.23	6.04
	5	9.08	7.00	5.46	6.04	5.95
	7	8.48	5.00	5.00	6.57	6.76

Treatment	Fermentation		Coliform			
	days	LAB	Bacilli	bacteria	Molds	Yeasts
T5 ⁶⁾	0	4.68	6.36	5.95	3.30	3.95
	3	8.79	8.78	6.11	6.60	6.32
	5	8.32	7.30	5.78	5.78	5.00
	7	7.60	5.95	6.40	6.43	6.66
T6 ⁷⁾	0	ND	ND	ND	ND	ND
	3	ND	4.43	ND	ND	ND
	5	ND	4.00	ND	ND	ND
	7	ND	2.30	ND	ND	ND
T7 ⁸⁾	0	ND	ND	ND	ND	ND
	3	ND	4.30	ND	ND	ND
	5	ND	3.90	ND	ND	ND
	7	ND	2.60	ND	ND	ND

1) Chinese cabbage, 2) Chinese cabbage + *L.acidophilus* 1%, 3) Chinese cabbage + CaO 10%,

4) Chinese cabbage + *L.acidophilus* 1% + CaO 10% 5) Chinese cabbage + Wheat bran 30%,

6) Chinese cabbage + Wheat bran 30% + *L.acidophilus* 1%

7) Chinese cabbage + Wheat bran 30% + CaO 10%,

8) Chinese cabbage + Wheat bran 30% + *L.acidophilus* 1% + CaO 10%

⌘ 7. Ammonia nitrogen concentration (mg/dL) of Chinese cabbage by-product fermentation added with Wheat bran, Calcium oxide and *Lactobacillus acidophilus*.

Item	NH ₃ -N			
	0	3	5	7
Chinese cabbage by-product				
Control	0.32 ^{abc}	3.67 ^a	4.00 ^b	5.00 ^a
<i>Lactobacillus acidophilus</i> 1%	0.38 ^{ab}	3.83 ^a	3.93 ^b	4.80 ^a
Calcium oxide 10%	0.26 ^{cd}	0.41 ^c	0.21 ^c	0.77 ^b
<i>Lactobacillus acidophilus</i> 1% + Calcium oxide 10%	0.31 ^{abc}	0.34 ^c	0.38 ^c	0.75 ^b
Chinese cabbage by-product + wheat bran 30%				
Control	0.36 ^{abc}	3.02 ^b	4.71 ^a	4.73 ^a
<i>Lactobacillus acidophilus</i> 1%	0.21 ^d	2.79 ^b	4.24 ^{ab}	5.04 ^a
Calcium oxide 10%	0.28 ^{bcd}	0.54 ^c	0.66 ^c	1.13 ^b
<i>Lactobacillus acidophilus</i> 1% + Calcium oxide 10%	0.39 ^a	0.60 ^c	0.64 ^c	0.98 ^b
SEM	0.03	0.14	0.12	0.11
P value	0.0106	<.0001	<.0001	<.0001
residue means				
Chinese cabbage by-product	0.32	2.07 ^a	2.13 ^b	2.83
Chinese cabbage by-product + wheat bran 30%	0.31	1.74 ^b	2.56 ^a	2.97
Additive treatment means				

<i>Lactobacillus acidophilus</i> 1%	0.30	3.31 ^a	4.09 ^a	4.92 ^a
Calcium oxide 10%	0.27	0.48 ^b	0.44 ^b	0.95 ^b
<i>Lactobacillus acidophilus</i> 1% + Calcium oxide 10%	0.35	0.47 ^b	0.51 ^b	0.86 ^b
Significance of main effects and interactions				
Residues (R)	0.7511	0.0196	0.0022	0.1837
Additive treatment (A)	0.0682	<.0001	<.0001	<.0001
R × A	0.0049	0.0063	0.5558	0.1641

Means with different superscripts in the same row differ significantly (P<0.05).

표 8. Chemical composition (% of DM) of 7d Chinese cabbage by-product fermentation added with Wheat bran, Calcium oxide and *Lactobacillus acidophilus*.

Item	Moisture (%)	CP	EE	ADF	NDF
Chinese Cabbage by-product					
Control	95.58 ^a	38.92 ^b	0.12 ^b	0.82 ^b	0.95 ^c
<i>Lactobacillus acidophilus</i> 1%	95.98 ^a	40.07 ^a	0.17 ^b	0.75 ^b	0.88 ^c
Calcium Oxide 10%	80.57 ^b	9.86 ^e	0.51 ^a	0.74 ^b	6.29 ^b
<i>Lactobacillus acidophilus</i> 1% + Calcium Oxide 10%	80.82 ^b	9.02 ^e	0.51 ^a	0.64 ^b	6.61 ^b
Chinese Cabbage by-product + wheat bran 30%					
Control	70.79 ^c	20.50 ^c	0.14 ^b	11.23 ^a	14.90 ^a
<i>Lactobacillus acidophilus</i> 1%	72.17 ^c	20.97 ^c	0.11 ^b	10.82 ^a	14.30 ^a
Calcium Oxide 10%	61.24 ^d	12.92 ^d	0.17 ^b	10.01 ^a	14.03 ^a
<i>Lactobacillus acidophilus</i> 1% + Calcium Oxide 10%	62.45 ^d	13.20 ^d	0.19 ^b	10.29 ^a	15.81 ^a
SEM	0.35	0.23	0.06	0.52	0.93
P value	<.0001	<.0001	0.0012	<.0001	<.0001
residue means					
Chinese Cabbage by-product	88.24 ^a	24.47 ^a	0.33 ^a	0.74 ^b	4.08 ^b
Chinese Cabbage by-product + wheat bran 30%	66.66 ^b	16.90 ^b	0.15 ^b	10.59 ^a	14.76 ^a
Additive treatment means					
<i>Lactobacillus acidophilus</i> 1%	84.07 ^a	30.52 ^a	0.14 ^b	5.79	7.58 ^b
Calcium Oxide 10%	70.91 ^b	11.39 ^b	0.34 ^a	5.38	10.27 ^{ab}
<i>Lactobacillus acidophilus</i> 1% + Calcium Oxide 10%	71.63 ^b	11.11 ^b	0.35 ^a	5.47	11.92 ^a
Significance of main effects and interactions					
Residues (R)	<.0001	<.0001	0.0023	<.0001	<.0001
Additive treatment (A)	<.0001	<.0001	0.0044	0.8909	0.0148
R × A	<.0001	<.0001	0.0336	0.8268	0.0414

Means with different superscripts in the same row differ significantly (P<0.05).

2. 배추·무 부산물 활용 비육기 발효사료의 *in vitro* 시험

가. 재료 및 방법

1) 공시재료

본 연구에서 TMR 사료는 티모시, 알팔파, 파쇄 루핀, 옥수수 후레이크, 단백질, 전지면

실, 톨페스큐 짚, 당밀, 소금, 비타민 및 석회석을 혼합하여 제조한 뒤 이용하였고, TMR 사료를 이용한 대조구와 TMR에 배추부산물 발효사료를 첨가한 처리구로 총 4처리구를 사용하였다. 배추부산물 발효사료는 배추부산물에 소맥피와 Calcium Oxide 및 *Lactobacillus acidophilus*를 첨가하여 7일간 발효 한 뒤 TMR과 혼합하였다(표 14).

2) 공시 동물 및 사양관리

공시 동물은 순천시 서면에 위치한 순천대학교 부속동물사육장에서 사육하고 있는 반추위 누관이 장착된 Holstein-friesian cow (체중 600±47Kg) 1두를 이용하여, *In vitro* 시험을 실시하였다. 사양관리는 조사료와 농후사료를 8:2비율로 1일 2회(09:00 및 17:00)에 걸쳐 급여하였고, 물은 자유 섭취토록 하였다.

표 9. Ingredient and chemical composition of total mixed ration (*in vitro*).

Ingredient composition (% of DM)	CON ¹⁾	T1 ²⁾	T2 ³⁾	T3 ⁴⁾	T4 ⁵⁾
Timothy	20.42	9.54	9.59	9.19	9.24
Alfalfa	4.73	5.64	5.67	5.43	5.46
Lupin Seed	6.33	5.79	5.83	5.58	5.61
Corn Flake	39.37	36.01	36.23	34.71	34.89
Corn Gluten Feed	16.67	15.25	15.34	14.70	14.77
Whole Cottonseed	3.00	2.74	2.76	2.64	2.66
Tall Fescue	2.81	6.42	6.45	6.18	6.21
Molasses	5.46	5.00	5.03	4.82	4.84
Salt	0.30	0.27	0.27	0.26	0.26
Vitamin	0.30	0.27	0.27	0.26	0.26
Calcium Oxide	0.61	0.56	0.56	0.00	0.00
Chinese Cabbage by-product fermentation Feed	0.00	12.51	11.99	16.22	15.79
Chemical composition					
Moisture	35.93	29.37	29.37	27.83	27.83
Crude protein	15.55	16.17	16.20	16.03	16.02
Crude fat	3.95	3.90	3.89	3.82	3.81
Crude ash	3.25	3.40	3.40	5.32	5.32
Crude fiber	10.04	7.58	7.62	8.42	8.39
NDF	29.53	29.09	29.08	28.44	28.43
Ca	0.49	0.52	0.51	1.37	1.36
P	0.51	0.55	0.54	0.54	0.55
TDN	82.90	82.11	82.09	81.63	81.61

- 1) TMR, 2) TMR + Chinese cabbage + Wheat bran 30%,
- 3) TMR + Chinese cabbage + Wheat bran 30% + *L.acidophilus* 1%,
- 4) TMR + Chinese cabbage + Wheat bran 30% + CaO 10%,
- 5) TMR + Chinese cabbage + Wheat bran 30% + CaO 10% + *L.acidophilus* 1%

3) 반추위액 채취

반추위액은 순천대학교 부속동물사육장에서 사육하고 있는 반추위 누관이 장착된 Holstein-Friesian cow(체중 600 ± 47 kg)를 이용하여 위액을 채취 하였다. 채취한 위액은 39℃를 유지하였고 30분 동안 정치시킨 후 4겹의 cheese cloth로 여과하여 사료입자를 제거한 후 항온수조를 이용하여 39℃를 유지하였다.

4) 시료 준비 및 배양

시료는 160mm serum battle에 총 부피 1.0%(DM)씩 담은 후 (Weimer et al., 2005), 위액과 완충용액을 1:3 비율로 100ml씩 분주하여 butyl rubber stopper 및 aluminum cap을 씌워 39℃의 shaking incubator에 100rpm으로 배양하였다. 또한 위액의 희석 및 여과 전 과정동안 N₂로 bubbling 하여 위액이 혐기상태를 유지하도록 하였으며, 샘플 채취시간은 0, 3, 6, 12, 24 및 48시간으로 처리구당 3반복 하였다.

5) 완충용액

완충용액은 Asanuma(1999)의 방법으로 제조하여 pH는 6.9로 맞춰 사용하였다. 또한 전 과정동안 N₂로 bubbling하여 혐기 상태를 유지 하였으며 완충용액의 성분은 표 15와 같다.

표 10. Composition of basal medium (Asanuma et al., 1999).

Chemicals	Volume (mg/L)
K ₂ HPO ₄	450
KH ₂ PO ₄	450
MgSO ₄ • 7H ₂ O	190
CaCl ₂ • 2H ₂ O	120
NaCl	900
C ₃ H ₇ NO ₂ S • HCl	600
(NH ₄) ₂ SO ₄	900
Trypticase peptone	1,000

Yeast extract

1,000

6) 분석항목

모든 처리구는 Duncan' s Multiple Range Test(DMRT)와 Orthogonal Polynomial Contrast에 의해 pH, 총 가스 생산량, 총 암모니아 생성량 및 휘발성 지방산을 분석하였다. pH측정은 pH meter(pH Ion S220; Seven Multi / pH Meter, Mettler Toledo)로 측정하였고, 총 가스 생산량은 EA-6(Inc, Sun Bee instruments) 압력센서 측정기를 사용하여 측정하였으며, 압력을 수치화하여 각 처리구의 총 가스 생산량을 측정하였다. 암모니아태 질소 농도는 Chaney와 Marbach(1962)의 방법에 준하여 Spectrophotometer (Manufactured by Biochrom Ltd, CB40FJ, England)의 파장630nm에서 흡광도를 측정하여 계산하였으며, 휘발성지방산(VFA) 분석은 HPLC(Agilent Technologies 1200 series, Germany)를 사용하였다. 검출기는 UV detector(Agilent Technologies 1200, Germany)를 사용하였으며, 210nm와 220nm에서 분석하였다. 시료의 주입량을 20ul이었으며, 이동상은 0.0085N H2SO4를 사용하였고, 유속은 0.6ml/min이었다. 컬럼은 METACARB87H (Varian,. Germany)를 사용하였으며, 사용온도는 35℃로 하였다. 정량분석은 Intergrator (Agilent Technolgies 1200, Germany)를 이용하여 피크의 면적을 측정하여 실시하였다. 배양 시간에 따른 건물 소화율은 발효 전 기질의 양과 발효 후 기질의 양의 차이를 구하고 이차의 양을 발효 전 기질 양의 백분율로 환산하여 구하였다. 계산에 사용된 식은 아래와 같다.

건물 소화율(%)

$$= (\text{발효 전 건물무게} - \text{발효후 건물무게} / \text{발효전 건물무게}) * 100$$

7) 통계 분석

본 시험에서 얻어진 모든 결과들은 기간별로 수집되었고, 통계 분석은 SAS(Statistical Analysis System) 통계 package (2003)를 이용하여 처리구 평균값의 표준 오차 산출 및 분산 분석을 실시하였고, Duncan' s multiple range test 방법(Duncan, 1955)을 이용하여 평균간의 유의성(P<0.05)을 검정하였다.

나. 결과 및 고찰

1) pH의 변화

배추부산물 발효사료를 첨가한 TMR의 *in vitro* 배양 시간에 따른 pH의 변화는 표 21에 나타내었다. 0시간째 pH는 Calcium oxide을 첨가한 배추부산물 발효사료의 영향으로 TMR + (배추부산물 + 소맥피 30% + CaO 10%)처리구와 TMR + (배추부산물 + 소맥피 30% + CaO 10% + *L.acidophilus* 1%)처리구에서 높은 경향을 보였다($P<0.05$). 모든 처리구의 pH는 발효가 진행됨에 따라 감소하는 경향을 나타내었으며, 48시간에 대조구에서 유의적으로 낮은 pH를 보였다($P<0.05$). 반추위 내 pH는 일반적으로 가축이 섭취하는 사료의 영양적 조성, 급여 방식, 사료의 물리적인 형태, 가공 방법 등 여러 가지에 의해 영향을 받으나 그 중에서 영양적 조성이 가장 큰 것으로 알려져 있다(Bango 등, 2001; Holden 등, 1994; Rearte와 Santini, 1993). 또한 위액의 중화력이 높고 상당량의 휘발성 지방산(VFA)이 제 1위벽을 통하여 흡수되기 때문에 반추위내 수소이온농도 (pH)는 5.0~7.8의 상태를 일정하게 유지하는데, 반추위내 적정 pH 수준은 약 6~7정도로서 산성이나 염기성 어느 한 쪽으로 치우치게 되면 1위내 미생물의 활동에 영향을 미쳐 소화가 잘 되지 않는다(Mould 등, 1984; Ha 등, 2005). 본 연구에서는 평균 5.22~6.25의 범위로 일반적인 반추위내 pH를 벗어나지 않아 반추위내 발효에 안정적인 영향을 주었다고 사료된다.

2) 총 가스 생산량

배추부산물 발효사료를 첨가한 TMR의 *in vitro* 배양 시간에 따른 총 가스 생산량은 표 22에 나타내었다. 총 가스 생산량은 모든 처리구에서 발효가 진행됨에 따라 증가하는 경향을 나타내었으며, 48시간에 TMR + (배추부산물 + 소맥피 30% CaO 10%) 처리구에서 89ml로 유의적으로 높았다($P<0.05$). *in vitro* 반추 미생물의 발효에 있어 가스 발생량은 pH와 더불어 반추위내 발효성상을 파악하는데 중요한 지표로 이용된다(이 등, 2013). 가스 발생량을 조사하는 것은 조사료의 발효특성 즉, 분해율을 평가하는 간접적 지표로 알려져 있으며(Theodorou 등, 1994, 1998), 기질의 발효 정도에 따라 가스 발생량이 변화하여(Beuvink 등, 1992) 건물 분해율과 가스 발생량의 상관관계가 높은 것으로 알려져 있다(김 등, 2011). 본 연구에서는 모든 처리구의 발효시간 동안 가스 생산이 지속되었으며, 결과적으로 배추부산물 발효사료를 첨가한 TMR의 반추위 발효가 효과적으로 일어났으므로 사료된다.

⌘ 11. pH values during *in vitro* rumen fermentation of total mixed ration added Chinese cabbage by-product fermentation feed.

Time(hr)	Treatments					SEM ⁽⁶⁾	P value
	Contorl ¹⁾	T1 ²⁾	T2 ³⁾	T3 ⁴⁾	T4 ⁵⁾		
0	6.17 ^c	6.10 ^d	6.10 ^d	6.48 ^a	6.41 ^b	0.01	<.0001
3	5.72 ^b	5.73 ^b	5.71 ^b	5.94 ^a	5.94 ^a	0.01	<.0001
6	5.55 ^b	5.57 ^b	5.56 ^b	5.69 ^a	5.71 ^a	0.01	<.0001
12	5.29 ^c	5.37 ^{ab}	5.34 ^b	5.40 ^a	5.42 ^a	0.01	0.0008
24	5.20 ^c	5.24 ^b	5.23 ^b	5.32 ^a	5.30 ^a	0.01	<.0001
48	5.17 ^d	5.23 ^b	5.20 ^c	5.28 ^a	5.25 ^b	0.01	<.0001

Means with different superscripts in the same row differ significantly (P<0.05).

1) TMR, 2) TMR + (Chinese cabbage + Wheat bran 30%),

3) TMR + (Chinese cabbage + Wheat bran 30% + *L.acidophilus* 1%),

4) TMR + (Chinese cabbage + Wheat bran 30% + CaO 10%),

5) TMR + (Chinese cabbage + Wheat bran 30% + CaO 10% + *L.acidophilus* 1%)

⌘ 12. Total gas production (ml) during *in vitro* rumen fermentation of total mixed ration added Chinese cabbage by-product fermentation feed.

Time(hr)	Treatments					SEM ⁽⁶⁾	P value
	Contorl ¹⁾	T1 ²⁾	T2 ³⁾	T3 ⁴⁾	T4 ⁵⁾		
3	21.50 ^b	20.67 ^b	21.00 ^b	24.00 ^a	24.67 ^a	0.43	0.0002
6	38.00	35.67	34.67	37.67	40.00	0.99	0.1634
12	60.33 ^{bc}	56.67 ^c	56.67 ^c	65.67 ^a	61.33 ^b	1.22	0.0034
24	65.00 ^{bc}	63.00 ^c	71.67 ^{ab}	71.33 ^{ab}	77.67 ^a	1.91	0.0043
48	77.67 ^{bc}	74.67 ^c	75.67 ^c	89.00 ^a	81.00 ^b	1.10	0.0002

Means with different superscripts in the same row differ significantly (P<0.05).

1) TMR, 2) TMR + (Chinese cabbage + Wheat bran 30%),

3) TMR + (Chinese cabbage + Wheat bran 30% + *L.acidophilus* 1%),

4) TMR + (Chinese cabbage + Wheat bran 30% + CaO 10%),

5) TMR + (Chinese cabbage + Wheat bran 30% + CaO 10% + *L.acidophilus* 1%)

3) 건물 소화율

배추부산물 발효사료를 첨가한 TMR의 *in vitro* 배양 시간에 따른 건물 소화율은 표 23에 나타내었다. 건물 소화율은 발효 24시간에 TMR + (배추부산물 + 소맥피 30% + CaO 10% + *L.acidophilus* 1%) 처리구에서 48시간에 TMR + (배추부산물 + 소맥피 30% + CaO 10%) 처리구, TMR + (배추부산물 + 소맥피 30% + CaO 10% + *L.acidophilus* 1%) 처리구 및 대조구에서 유의적으로 높게 나타났다($P < 0.05$). 이는 A.S Chaudhry (1997)의 CaO를 벧짚에 첨가하였을 때 구조탄수화물의 소화를 제한하는 장벽을 제거하는데 효과적이라는 연구내용과 비슷한 결과로 본 연구에서 CaO를 첨가하였을 때 반추위 발효 및 소화율이 향상된 것으로 사료된다.

표 13. Dry matter digestibility (%) during *in vitro* rumen fermentation of total mixed ration added Chinese cabbage by-product fermentation feed.

Time(hr)	Treatments					SEM ⁽⁶⁾	P value
	Contorl ¹⁾	T1 ²⁾	T2 ³⁾	T3 ⁴⁾	T4 ⁵⁾		
24	47.55 ^{ab}	46.25 ^{bc}	43.47 ^c	47.60 ^{ab}	49.62 ^a	0.72	0.0078
48	53.96 ^a	49.02 ^b	47.87 ^b	57.14 ^a	56.53 ^a	0.92	0.0004

Means with different superscripts in the same row differ significantly ($P < 0.05$).

- 1) TMR, 2) TMR + (Chinese cabbage + Wheat bran 30%),
- 3) TMR + (Chinese cabbage + Wheat bran 30% + *L.acidophilus* 1%),
- 4) TMR + (Chinese cabbage + Wheat bran 30% + CaO 10%),
- 5) TMR + (Chinese cabbage + Wheat bran 30% + CaO 10% + *L.acidophilus* 1%)

4) 암모니아태 질소 농도 변화

배추부산물 발효사료를 첨가한 TMR의 *in vitro* 배양 시간에 따른 암모니아태 질소 농도 변화는 표 24에 나타내었다. 모든 처리구에서 발효가 진행됨에 따라 암모니아태 질소 농도 함량이 증가하는 경향을 나타내었으며, 12, 24, 48시간에서 모든 처리구가 대조구보다 높았으나 유의적 차이는 없었다. 또한 발효 48시간에 TMR + (배추부산물 + 소맥피 30% + CaO 10%) 처리구에서 가장 높은 함량을 보였으나 유의적 차이는 없었다. 반추위내 생성되는 암모니아의 대부분은 사료 단백질의 분해로 생성되는 대사산물이고, 이들은 반추위 내 미생물의 성장에 필요한 사료원을 공급하여 미생물체 단백질의 합성의 원료가 된다(Hoover 등, 1991). 또한 암모니아태 질소 농도를 200mg/L (20mg/dL)로 높은 수준을 유지할 경우 건물 섭취량과 소화율이 최대가 된다고 하였는데(Leng, 1989; Mehrez 등, 1977), 배추부

산물 발효사료를 첨가한 TMR의 최종 발효시간대 평균이 21.42mg/dL로 반추위 내 미생물 체 단백질 합성에 충분한 질소 공급량을 나타낸다고 사료된다.

표 14. Ammonia nitrogen concentration (mg/dL) during *in vitro* rumen fermentation of total mixed ration added Chinese cabbage by-product fermentation feed.

Time(hr)	Treatments					SEM ⁶⁾	P value
	Contorl ¹⁾	T1 ²⁾	T2 ³⁾	T3 ⁴⁾	T4 ⁵⁾		
0	11.58	11.71	12.25	10.99	11.96	0.46	0.4907
3	12.59	12.14	13.60	13.18	14.65	1.19	0.7201
6	16.62	15.54	14.58	18.27	14.81	1.07	0.2835
12	17.87	18.81	20.43	19.71	18.94	1.39	0.8087
24	18.40	19.09	21.25	19.82	19.49	1.63	0.9011
48	19.70	20.13	22.16	22.35	21.05	2.42	0.9520

Means with different superscripts in the same row differ significantly (P<0.05).

- 1) TMR, 2) TMR + (Chinese cabbage + Wheat bran 30%),
- 3) TMR + (Chinese cabbage + Wheat bran 30% + *L.acidophilus* 1%),
- 4) TMR + (Chinese cabbage + Wheat bran 30% + CaO 10%),
- 5) TMR + (Chinese cabbage + Wheat bran 30% + CaO 10% + *L.acidophilus* 1%)

5) 휘발성지방산(VFA) 분석

배추부산물 발효사료를 첨가한 TMR의 *in vitro* 배양 시간에 따른 휘발성지방산 분석 결과는 표 24에 나타내었다. Acetic acid는 모든 처리구에서 시간이 증가함에 따라 Acetic acid의 생성량이 증가하는 경향을 보였으며, 발효 3시간부터 48시간 까지 TMR + (배추부산물 + 소맥피 30% + CaO 10%) 처리구와 TMR + (배추부산물 + 소맥피 30% + CaO 10% + *L.acidophilus* 1%) 처리구에서 유의적으로 높은 함량을 나타내었다(P<0.05). Propionic acid에서도 시간이 경과함에 따라 생성량이 증가하는 경향을 나타내었으며, 3, 6, 24시간에 TMR + (배추부산물 + 소맥피 30% + CaO 10% + *L.acidophilus* 1%) 처리구에서 유의적으로 가장 높았다(P<0.05). Butyric acid는 48시간대에서 TMR + (배추부산물 + 소맥피 30% + *L.acidophilus* 1%) 처리구와 TMR + (배추부산물 + 소맥피 30% + CaO 10% + *L.acidophilus* 1%) 처리구에서 유의적으로 가장 높게 나타났으며(P<0.05), A/P ratio는 0시간대 TMR + (배추부산물 + 소맥피 30% + *L.acidophilus* 1%) 처리구에서 유의적으로 높게 나타났었다(P<0.05). Total VFA는 시간이 증가함에 따라 생성량이 증

가하였고, 24, 48시간대에 TMR + (배추부산물 + 소맥피 30% + CaO 10% + *L.acidophilus* 1%) 처리구에서 유의적으로 높은 함량을 나타내었다(P<0.05). 반추위내에 VFA 생산량 및 생산 비율은 사료의 조성, 급여량, 급여 방법 등에 영향을 받으며(DePeters와 Taylor, 1985; McCarthy 등, 1989), VFA는 미생물의 성장을 위해 필요한 ATP를 얻기 위해 주로 탄수화물을 분해하면서 생성되는 부산물로 반추동물의 에너지 이용 효율을 알 수 있는 중요한 지표이다(Lowe, 1987). 또한 VFA의 평균 농도는 약 70~130mM 수준으로 보고되고 있는데, 본 연구에서 발효 최종시간인 48시간대 TMR + (배추부산물 + 소맥피 30% + CaO 10% + *L.acidophilus* 1%) 처리구에서 Total VFA의 함량이 83.76mM/L로 으로 대조구(73.55mM/L)보다 높게 나타났다. 이는 TMR에 배추부산물 발효사료를 첨가하였을 때 휘발성지방산 생성량에 더 긍정적인 영향을 미친 것으로 사료된다.

표 15. Volatile fatty acid concentrations (mM/L) during *in vitro* rumen fermentation of total mixed ration added Chinese cabbage by-product fermentation feed

Time(hr)	Treatments					SEM ⁽⁶⁾	P value
	Contorl ¹⁾	T1 ²⁾	T2 ³⁾	T3 ⁴⁾	T4 ⁵⁾		
Acetic acid							
0	25.00 ^c	25.64 ^{bc}	25.79 ^b	26.51 ^a	26.28 ^{ab}	0.19	0.0042
3	29.50 ^c	30.58 ^b	30.59 ^b	32.70 ^a	32.20 ^a	0.18	<.0001
6	32.42 ^{bc}	31.51 ^c	32.98 ^b	35.72 ^a	36.27 ^a	0.33	<.0001
12	38.32 ^b	39.05 ^b	38.16 ^b	41.89 ^a	42.78 ^a	0.65	0.0006
24	39.37 ^b	39.54 ^b	40.29 ^b	43.97 ^a	43.54 ^a	0.27	<.0001
48	39.77 ^b	42.27 ^b	40.99 ^b	44.45 ^a	44.56 ^a	0.53	0.0003
Propionic acid							
0	6.99 ^b	7.20 ^{ab}	6.96 ^b	7.37 ^a	6.99 ^b	0.09	0.0383
3	9.03 ^b	9.12 ^b	9.01 ^b	10.31 ^a	10.22 ^a	0.08	<.0001
6	10.27 ^d	10.47 ^{cd}	10.93 ^{bc}	11.24 ^{ab}	11.54 ^a	0.14	0.0007
12	12.45	12.32	12.12	12.63	12.54	0.15	0.2869
24	14.09 ^c	15.20 ^a	14.76 ^{ab}	14.59 ^{bc}	15.21 ^a	0.16	0.0058
48	15.08	15.87	16.50	16.07	16.54	0.33	0.0843

Time(hr)	Treatments					SEM ⁶⁾	P value
	Contorl ¹⁾	T1 ²⁾	T2 ³⁾	T3 ⁴⁾	T4 ⁵⁾		
Butyric acid							
0	4.52	4.24	4.49	4.30	4.37	0.05	0.0813
3	6.43 ^b	6.44 ^b	6.46 ^b	6.93 ^a	6.57 ^b	0.09	0.0154
6	8.74 ^c	10.30 ^b	11.70 ^a	10.45 ^b	10.92 ^{ab}	0.30	0.0023
12	14.15	13.54	15.27	13.76	13.49	0.47	0.3445
24	19.72	18.17	19.48	16.88	17.79	0.57	0.0866
48	18.69 ^c	21.11 ^b	22.69 ^a	20.97 ^b	22.66 ^a	0.34	0.0001
A/P ratio							
0	3.58 ^b	3.56 ^b	3.71 ^a	3.60 ^b	3.76 ^a	0.02	0.0010
3	3.27 ^{bc}	3.36 ^{ab}	3.40 ^a	3.17 ^{cd}	3.15 ^b	0.03	0.0008
6	3.16 ^a	3.01 ^b	3.02 ^b	3.18 ^a	3.14 ^a	0.03	0.0061
12	3.08 ^b	3.17 ^b	3.15 ^b	3.32 ^a	3.41 ^a	0.02	0.0002
24	2.80 ^b	2.60 ^c	2.73 ^{bc}	3.01 ^a	2.86 ^b	0.03	0.0004
48	2.64 ^{ab}	2.60 ^{bc}	2.48 ^c	2.77 ^a	2.70 ^{ab}	0.04	0.0156
Total VFA							
0	36.51 ^c	37.07 ^{bc}	37.24 ^{abc}	38.18 ^a	37.64 ^{ab}	0.29	0.0420
3	44.96 ^d	46.14 ^c	46.06 ^c	49.94 ^a	48.99 ^b	0.26	<.0001
6	51.44 ^c	52.29 ^c	55.61 ^b	57.42 ^{ab}	58.73 ^a	0.65	<.0001
12	64.95	64.91	65.55	68.28	68.81	1.04	0.1170
24	73.17 ^b	72.91 ^b	74.53 ^{ab}	75.44 ^{ab}	76.54 ^a	0.73	0.0441
48	73.55 ^c	78.25 ^b	80.18 ^b	81.49 ^{ab}	83.76 ^a	0.93	0.0005

Means with different superscripts in the same row differ significantly (P<0.05).

1) TMR, 2) TMR + (Chinese cabbage + Wheat bran 30%),

3) TMR + (Chinese cabbage + Wheat bran 30% + *L.acidophilus* 1%),

4) TMR + (Chinese cabbage + Wheat bran 30% + CaO 10%),

5) TMR + (Chinese cabbage + Wheat bran 30% + CaO 10% + *L.acidophilus* 1%)

<제3협동과제: 경북대학교 (김은중)>

○ 과제명: 배추·무 부산물 사료 개발에 따른 젖소 사양관리 시스템 구축 및 산업화

[실험 1] 배추 부산물 혼합 조사료의 사료가치성 평가 : 발효 배추 부산물이 반추위 *in vitro* 건물분해율과 발효성상에 미치는 영향

가) 서론

상품용 배추김치의 경우 2012년 국내 주요 식품 생산실적 기준으로 연간 약 50만 톤 이상으로 상위 11위이다. 가공 전 전체 중량기준 약 30만 톤의 배추부산물이 산업폐기물로 분류되어 1,250원/kg의 처리비용이 소요되고 있어 배추김치 생산비 증가에 원인이 되고 있다. 이렇게 폐기물로 처리되는 배추 부산물은 90% 이상의 수분을 함유하고 있으며, 조단백질 약 19%, 조지방 약 2.3%, NDF 약 30%로 구성되어 있어 반추 가축 사료원료로 이용 가능성이 높게 평가되고 있다. 그러나 배추 부산물의 경우 높은 수분함량에 따른 저장성의 문제가 사료화 과정에 큰 문제점이 되고 있다. 이러한 문제점을 보완하기 위해 귀리짚과 비트펄프를 이용하여 배추 부산물과 혼합하여 발효하여 TMR 원료로 사용할 원료를 제조하였다. 본 연구에서는 주관기관에서 제공받은 배추 부산물 혼합 발효 원료를 이용하여 반추위 *in vitro* 건물분해율과 발효성상에 미치는 영향을 조사하고자 하였다.

나) 재료 및 방법

1) 실험준비

실험에 사용한 시료는 발효 0, 14일차의 COB (Chinese cabbage + oat straw + beet pulp), CO (Chinese cabbage + oat straw), CB (Chinese cabbage + beet pulp) 시료를 이용하였다. 각 시료의 배합비는 아래의 표와 같다. 배양시간은 0, 12, 24 시간으로 각 처리구당 3 반복으로 실험을 진행 하였으며, 6처리구 * 3반복 * 3 배양시간으로 총 54개의 배양병을 사용하였다.

표 1. Mixing ratio by-product Chinese cabbage silage

Item	Chinese cabbage	Oat straw	Beet pulp
COB	7	2	1
CO	8	2	-
CB	8	-	2

COB = Mixture of Chinese cabbage, oat straw, and beet pulp, CO = Mixture of Chinese cabbage and oat straw, CB = Mixture of Chinese cabbage and beet pulp

2) 실험방법

반추위액은 사료 급여 전 stomach tube를 이용하여 경북대학교 부속농장의 한우 3두에서 채취, 혼합하였으며, 보온병에 담아 실험실로 이동하여 사용하였다. 실험실로 이동한 반추위액을 4겹의 거즈로 2회 거른 후 McDougall buffer (1948. NaHCO_3 19.6 g/L, $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 9.24 g/L, KCl 1.14 g/L, NaCl 0.94 g/L, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0.24 g/L)와 1:4 비율로 혼합하였다. 기질 0.5 g이 담긴 배양병에 위액과 버퍼 혼합액을 50 mL 분주 한 후 39°C 배양기에서 12시간과 24시간 동안 배양하였고 시료를 채취하여 분석에 사용하였다. 모든 과정은 혐기상태를 유지하며 실험을 진행하였다(그림 1).



Filtering of rumen fluid



Volume measurement of filtered rumen fluid



Mixture of McDougall buffer with rumen fluid (4 : 1 ratio)



Innoculation of buffer-rumen fluid solution



Bottle sealing



Incubation at 39°C

그림 1. *In vitro* rumen simulation

3) 분석방법

발효가 종료된 후 즉시 건물분해율 측정을 위해 나일론백(Nylon bag, ANKOM Technology, USA, pore size 50 μ m)을 이용하여 내용물을 여과한 후 pH meter(Thermo Sci, Korea)를 이용하여 pH를 측정하였다. 가스 발생량 측정은 배양시간마다 50 mL 유리주사기를 이용하여 총 가스 발생량(mL)을 측정하였다. 가스 발생량 측정이 끝난 배양병은 5 cm * 10 cm 나일론백에 배양액을 전부 옮긴 후 시료를 걸러주고, 깨끗한 물이 나올 때까지 세척하여 105 $^{\circ}$ C 건조기에서 24시간 건조시켰다. 건조된 나일론백은 데시케이터에서 30분간 방랭하여 무게를 측정 한 후 건물분해율(Dry matter digestibility)을 구하였다. Neutral Detergent Fiber (NDF)와 Acid Detergent Fiber (ADF) 분석은 Van Soest (1991) 방법으로 분석하였다. 휘발성 지방산 분석은 -20 $^{\circ}$ C 에 보관한 배양액을 4 $^{\circ}$ C 냉장고에서 해동한 후 원심분리기(Labogene, 1730MR, Korea)로 10분간 10,000 rpm의 속도로 원심분리 하였다. 배양 상등액 1 mL와 25% metaphosphoric acid (Wako, Japan) 0.2 mL을 혼합 후 상온에서 30분간 정치하였다. 정치가 끝난 시료는 원심분리기로 옮겨 10분간 10,000 rpm으로 원심분리한 후, 상등액 1 mL을 주사기로 옮겨 0.45 μ m (Rephile RjN1345NH, China) 시린지필터를 이용하여 가스크로마토그래피(Gas chromatography, Bruker Inc, 450-GC, Germany) 분석 유리병에 옮겨 담았다. 분석을 위한 표준용액은 volatile fatty acid standard solution(Sigma-aldrich, 46975-U, USA)을 사용하였고, 컬럼은 BR-Wax FAME(BR87503, Germany)을 사용하였다. 인젝터와 디텍터의 온도는 250 $^{\circ}$ C이고 오븐의 온도는 100 $^{\circ}$ C로 설정하였으며, 질소, 수소, 고순도 산소의 유속은 각각 29 mL/분, 30 mL/분, 300 mL/분으로 설정하여 분석하였다.

표 2. Chemical composition of Chinese cabbage by-product fermented with various feed sources

Variable	Treatment					
	0 days fermentation			14 days fermentation		
	COB	CO	CB	COB	CO	CB
DM (%)	44.64	37.55	32.76	41.62	37.84	32.41
OM (%)	91.70	89.10	90.90	90.72	86.41	91.21
NDF (%)	45.72	48.05	42.50	47.34	47.31	40.92
ADF (%)	28.08	30.10	27.76	28.78	33.29	30.40
EE (%)	3.60	3.19	2.91	2.49	3.06	2.50

COB = Mixture of Chinese cabbage, oat straw, and beet pulp, CO= Mixture of Chinese cabbage and oat straw, CB = Mixture of Chinese cabbage and beet pulp, DM = dry matter, OM = organic matter, NDF = neutral detergent fiber, ADF = acid detergent fiber, EE = ether extract

5) 통계분석

효과에 관한 자료들은 일반선형모형(general linear model)의 분산분석(analysis of variance)을 통하여 가설검정을 수행 하였으며, 시험구간의 비교로 Duncan의 다중 비교 분석방법을 통하여 유의적 차이를 분석하였다. 모든 통계검정은 유의수준 95%로 수행하였으며, SPSS (version 23, IBM, USA) 프로그램을 이용하여 수행하였다.

다) 결과 및 고찰

배추와 귀리짚(CO), 비트펄프(CB), 귀리짚과 비트펄프(COB)를 혼합한 모든 처리구에서 배양시간이 증가할수록 건물분해율은 증가하였다. 14일 발효시킨 배추 혼합사료의 경우 혼합 후 발효가 진행되지 않은 사료보다 배양시간이 증가할수록 건물분해율이 증가하였다 ($P<0.05$). 14일간 발효시킨 배추와 귀리짚 혼합 사료(CO)의 *in vitro* 배양 12시간대와 24시간대 건물분해율이 46.66%와 76.00%로 가장 높았다($P<0.05$). 배추와 귀리짚, 비트펄프를 혼합하여 발효시킨 사료 중, 귀리짚을 추가한 사료를 14일간 발효한 경우 다른 처리구에 비해 건물분해율이 우수하였다.

배추와 귀리짚(CO), 비트펄프(CB), 귀리짚과 비트펄프(COB)를 혼합한 모든 처리구에서 배양시간이 증가할수록 시험관내 반추위 내용물의 pH는 감소하였다. 배추와 귀리짚을 혼합하여 14일 동안 발효한 사료가 배양 0시간에 pH가 6.89로 가장 낮았으며($P<0.05$), 배양 12시간에 COB, CO, CB가 각각 6.75, 6.76, 6.75로 발효 0일차보다 낮은 pH를 유지하였다($P<0.05$). 배양 24시간에 CB의 pH가 6.56으로 가장 낮았으며($P<0.05$), 전반적으로 14일 발효사료의 pH가 발효를 진행하지 않은 사료보다 낮게 나타났다.

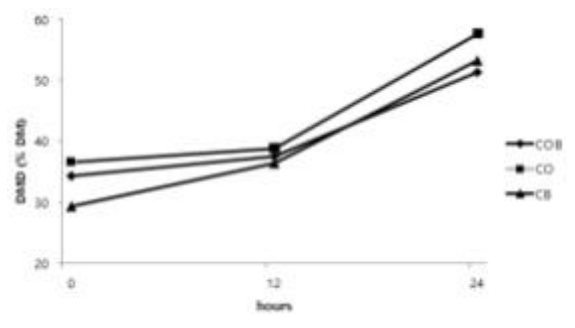
배추와 귀리짚(CO), 비트펄프(CB), 귀리짚과 비트펄프(COB)를 혼합한 모든 처리구에서 발효기간이 증가할수록 가스발생량이 증가하였다($P<0.05$). 12시간 배양 시 0일차 발효 사료보다 14일차 발효사료의 경우 평균 2 mL의 가스가 더 많이 발생하였다. 배양 24시간의 경우, 0일차 발효 사료보다 14일차 발효사료의 가스발생량이 COB와 CB는 1~3 mL정도 증가하였으나, CO는 6.67 mL의 가스가 더 많이 발생함으로써 14일 발효 사료가 더욱 잘 분해됨을 알 수 있었다.

표 3. Effect of Chinese cabbage mixture used as ruminant feed on dry matter digestibility (% DM) during *in vitro* rumen fermentation

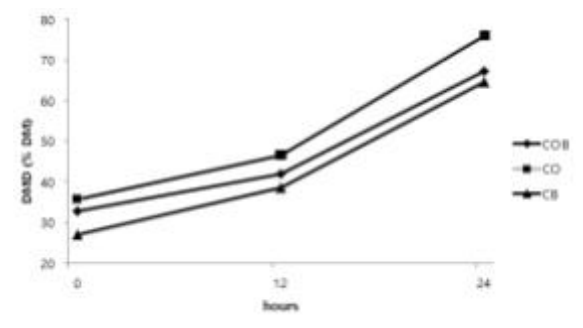
Variable	Treatment						SEM	Sig.
	0 days fermentation			14 days fermentation				
	COB	CO	CB	COB	CO	CB		
0 hours	34.29 ^{bc}	36.64 ^c	29.39 ^a	32.81 ^b	35.72 ^c	26.96 ^a	0.880	*
12 hours	37.60 ^a	38.87 ^a	36.35 ^a	42.07 ^b	46.66 ^c	38.59 ^a	0.877	*
24 hours	51.38 ^a	57.67 ^{ab}	53.33 ^a	67.22 ^c	76.00 ^d	64.59 ^{bc}	2.228	*

SEM = Standard error of the mean, Sig.= significance, *= significantly different (P<0.05), COB = Mixture of Chinese cabbage, oat straw, and beet pulp, CO = Mixture of Chinese cabbage and oat straw, CB = Mixture of Chinese cabbage and beet pulp.

^{a,b,c,d} different superscripts within row are significantly different (P<0.05).



[0 days fermented Chinese cabbage mixture]



[14 days fermented Chinese cabbage mixture]

그림 2. Dry matter digestibility (%) of fermented Chinese cabbage mixture during *in vitro* rumen fermentation

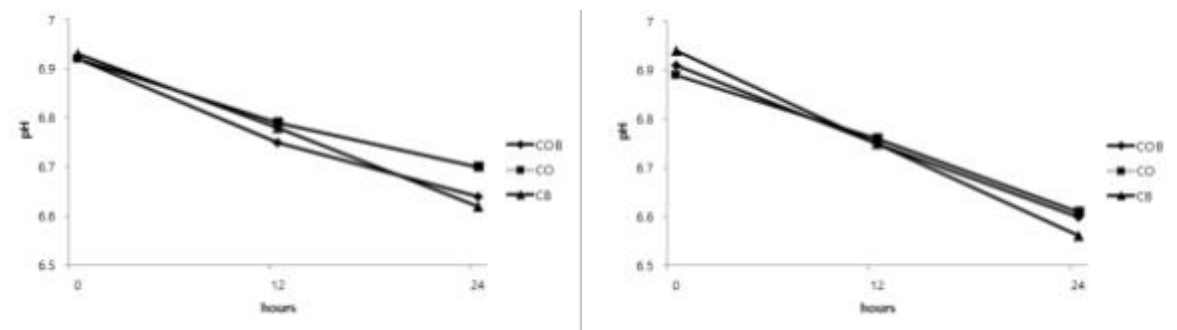
COB = Mixture of Chinese cabbage, oat straw, and beet pulp, CO = Mixture of Chinese cabbage and oat straw, CB = Mixture of Chinese cabbage and beet pulp

표 4. Effect of Chinese cabbage mixture used as ruminant feed on pH value during *in vitro* rumen fermentation

Variable	Treatment						SEM	Sig.
	0 days fermentation			14 days fermentation				
	COB	CO	CB	COB	CO	CB		
0 hours	6.92 ^{bc}	6.92 ^{bc}	6.93 ^{bc}	6.91 ^{ab}	6.89 ^a	6.94 ^c	0.004	*
12 hours	6.75 ^a	6.79 ^c	6.78 ^{bc}	6.75 ^{ab}	6.76 ^{ab}	6.75 ^{ab}	0.005	*
24 hours	6.64 ^c	6.70 ^d	6.62 ^{bc}	6.60 ^{ab}	6.61 ^{bc}	6.56 ^a	0.011	*

SEM = Standard error of the mean, Sig. = significance, *= significantly different (P<0.05), COB = Mixture of Chinese cabbage, oat straw, and beet pulp, CO = Mixture of Chinese cabbage and oat straw, CB = Mixture of Chinese cabbage and beet pulp.

^{a,b,c,d} different superscripts within the row are significantly different (P<0.05).



[0 days fermented Chinese cabbage mixture]

[14 days fermented Chinese cabbage mixture]

그림 3. Changes of the pH of fermented Chinese cabbage mixture during *in vitro* rumen fermentation

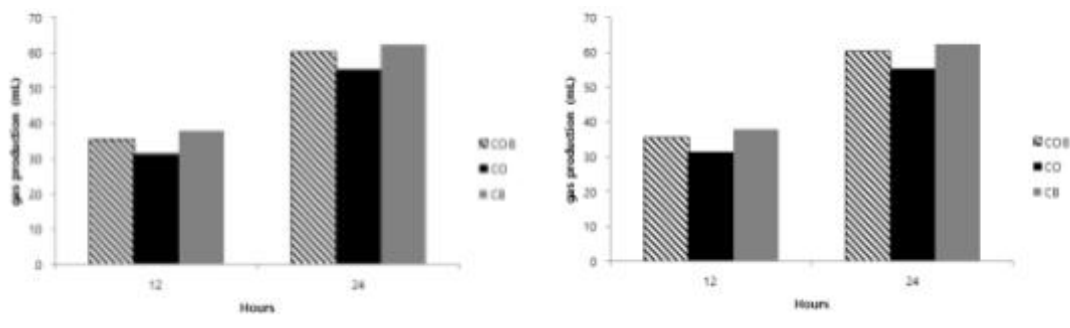
COB = Mixture of Chinese cabbage, oat straw, and beet pulp, CO = Mixture of Chinese cabbage and oat straw, CB = Mixture of Chinese cabbage and beet pulp.

표 5. Effect of Chinese cabbage mixture used as ruminant feed on gas production (mL) during *in vitro* rumen fermentation

Variable	Treatment						SEM	Sig.
	0 days fermentation			14 days fermentation				
	COB	CO	CB	COB	CO	CB		
12 hours	35.67 ^b	31.17 ^a	37.83 ^c	38.33 ^c	35.67 ^b	39.17 ^c	0.672	*
24 hours	60.33 ^b	55.00 ^a	62.33 ^{bcd}	63.00 ^{cd}	61.67 ^{bc}	64.67 ^d	0.785	*

SEM = Standard error of the mean, Sig.= significance, *= significantly different (P<0.05), COB = Mixture of Chinese cabbage, oat straw, and beet pulp, CO = Mixture of Chinese cabbage and oat straw, CB = Mixture of Chinese cabbage and beet pulp

a,b,c,d different superscripts within column are significantly different (P<0.05).



[0 days fermented Chinese cabbage mixture]

[14 days fermented Chinese cabbage mixture]

그림 4. The gas production (mL) of fermented Chinese cabbage mixture during *in vitro* rumen fermentation

COB = Mixture of Chinese cabbage, oat straw, and beet pulp, CO = Mixture of Chinese cabbage and oat straw, CB = Mixture of Chinese cabbage and beet pulp.

Table 6. Effect of Chinese cabbage mixture used as ruminant feed on VFA composition (mmol) during *in vitro* rumen fermentation

Variable	Treatment						SEM	Sig.
	0 days fermentation			14 days fermentation				
	COB	CO	CB	COB	CO	CB		
0 hour								
Total VFA	123.25 ^a	124.47 ^a	140.55 ^c	130.14 ^b	121.56 ^a	155.86 ^d	2.981	*
C2	87.10 ^a	88.03 ^a	99.55 ^c	91.94 ^b	85.74 ^a	114.55 ^d	2.455	*
C3	18.15 ^a	18.17 ^a	20.57 ^c	19.09 ^b	18.03 ^a	21.84 ^d	0.359	*
<i>i</i> -C4	0.70 ^a	0.65 ^{ab}	1.32 ^{bc}	1.71 ^c	1.37 ^{bc}	0.00 ^a	0.161	*
C4	15.18 ^{ab}	15.64 ^b	16.85 ^c	15.44 ^b	14.55 ^a	17.18 ^c	0.242	*
<i>i</i> -C5	0.93 ^{abc}	0.82 ^a	0.99 ^{bc}	0.88 ^{ab}	0.83 ^a	1.01 ^c	0.022	*
C5	1.19 ^{ab}	1.16 ^{ab}	1.27 ^b	1.08 ^a	1.04 ^a	1.28 ^b	0.027	*
A:P	4.80 ^a	4.84 ^a	4.84 ^c	4.82 ^a	4.76 ^a	5.24 ^b	0.042	*
12 hours								
Total VFA	215.89 ^b	212.23 ^a	224.99 ^c	223.67 ^c	224.37 ^c	229.88 ^d	1.457	*
C2	140.66 ^b	136.22 ^a	157.59 ^d	145.18 ^c	143.98 ^c	160.25 ^d	2.142	*
C3	56.85 ^c	57.04 ^c	49.13 ^a	59.87 ^d	61.80 ^d	51.19 ^b	1.111	*
<i>i</i> -C4	0.39 ^a	0.64 ^{ab}	0.72 ^{ab}	0.94 ^{bc}	1.31 ^c	0.84 ^{abc}	0.088	*
C4	16.84 ^e	16.93 ^e	16.21 ^d	15.74 ^c	14.67 ^a	15.35 ^b	0.197	*
<i>i</i> -C5	0.00 ^a	0.20 ^a	0.19 ^a	0.80 ^b	1.41 ^c	0.95 ^b	0.030	*
C5	1.15 ^a	1.20 ^b	1.16 ^{ab}	1.13 ^a	1.20 ^b	1.30 ^c	0.014	*
A:P	2.48 ^b	2.39 ^{ab}	3.21 ^c	2.43 ^{ab}	2.33 ^a	3.13 ^c	0.089	*
24 hours								
Total VFA	228.57 ^{ab}	216.98 ^a	234.85 ^b	233.91 ^b	235.38 ^b	238.26 ^b	2.394	*
C2	148.87 ^{ab}	136.65 ^a	158.31 ^b	150.33 ^{ab}	151.09 ^{ab}	160.95 ^b	2.513	*
C3	58.48 ^{bc}	58.81 ^c	56.22 ^a	62.89 ^d	63.67 ^d	57.47 ^b	0.678	*
<i>i</i> -C4	0.71 ^a	0.77 ^a	0.74 ^a	0.99 ^b	1.14 ^d	1.07 ^c	0.042	*
C4	18.17 ^d	17.99 ^{cd}	17.43 ^c	16.72 ^b	15.92 ^a	15.77 ^a	0.237	*
<i>i</i> -C5	0.61 ^a	0.68 ^a	0.64 ^a	1.00 ^b	1.23 ^c	1.06 ^b	0.059	*
C5	1.73 ^{ab}	2.09 ^c	1.52 ^a	1.98 ^c	2.32 ^d	1.95 ^{bc}	0.067	*
A:P	2.55 ^{ab}	2.32 ^a	2.82 ^c	2.39 ^a	2.37 ^a	2.80 ^{bc}	0.056	*

SEM = Standard error of the mean, Sig. = significance, *= significantly different (P<0.05).

COB = Mixture of Chinese cabbage, oat straw, and beet pulp, CO = Mixture of Chinese cabbage and oat straw, CB = Mixture of Chinese cabbage and beet pulp

a,b,c,d different superscripts within row significantly different (P<0.05).

이상의 결과를 종합하였을 때, 배추부산물과 귀리짚을 혼합하여 14일간 발효시킨 처리구에 서 가장 우수한 반추위 발효성상을 나타내었으므로 착유우 실험에 배추부산물과 귀리짚을 일정비율로 혼합하여 14일간 발효시킨 사료를 착유우 검증 실험의 조사료로 이용하였다.

[실험 2] 착유우에게 배추부산물 혼합 조사료 급여 시 산유량 및 유조성에 미치는 영향

가) 서론

실험 1에서 도출된 결과에 따르면, 배추부산물의 수분을 조절하는 방법으로 귀리짚을 혼합하여 일정기간 발효한 사료가 반추위 내에서 안정적인 발효성상을 나타내었다. 따라서 본 실험에서는 이러한 형태의 조사료를 TMR 배합기를 이용하여 대규모로 생산하여 착유우에 급여한 후, 유생산량과 유성분의 변화를 측정하였다.

나) 재료 및 방법

1) 실험장소 및 실험동물

본 실험은 자가TMR을 급여중인 착유 40두 규모의 착유우 목장인 향아골 목장(경기도 여주시 가남읍 101-11)에서 수행하였다. 실험에 사용된 동물은 산차와 비유일수를 고려하여 홀스타인 착유우 20두(초산 7두, 다산우 13두)를 사용하였다.

2) 실험사료의 준비

실험사료는 중앙대학교 실험농장에 위치한 TMR 배합기를 이용하여 배합 후 20 kg 개별 포장하여 2 톤씩 2회, 총 4 톤을 실험농가(향아골 목장)로 이동하였다. 처리구 사료는 기존 대조구 사료에서 건초(티모시)를 배추부산물과 귀리짚 혼합 발효 사일리지로 교체하여 실험을 진행하였다.



Kimchi by-product



Oat straw



Mixed in TMR machine



Packed in the plastic wrap



Put the air off and sealed



Fermented for 1-2 weeks

그림 5. Chinese cabbage silage preparation

3) 실험설계

실험은 off-on-off study 방법(대조구 사료 급여 - 처리구 사료 급여 - 대조구 사료 급여)으로 수행하였다.

4) 실험의 진행

실험시작 전, 농장에서 급여하는 관행 TMR을 급여한 착유우에서 3일간 우유 시료 채취를 실시하였다(오전, 오후 2회/일, 총 6회). 최초 3일간의 우유시료 채취 후 처리구 사료 급여를 시작하였으며 처리구 사료는 6일간 점진적으로 증량 급여하며, 시험 시작 4, 5일째는 배

추 부산물과 귀리짚 혼합 발효 사일리지가 원물 1.5 kg씩, 6, 7일째는 원물 3 kg씩, 8, 9 일째는 4.5 kg씩 포함하도록 배합하여 급여하였다. 실험 10일째부터 23일째까지 총 14일간 배추부산물과 귀리짚 혼합 발효 사일리지가 원물 5 kg이 포함되도록 배합하여 처리구 사료를 급여하였다. 실험 시작 24, 25, 26일째에 우유 시료를 채취(오전, 오후 2회/일, 총 6회) 하였으며, 이후 실험 시작 27일째부터 40일째까지 대조구 사료인 관행 TMR로 사료를 대체한 후 14일간 급여하였다. 실험 시작 41, 42, 43일째에 우유 시료를 채취하였으며(오전, 오후 2회/일, 총 6회) 실험에 사용된 사료는 전체 우유 시료 채취일에 함께 채취하였다. 오전 우유채취는 실험목장과 협조하여 진행되었으며, 오후 시료를 채취한 후 오전 시료와 함께 아이스박스에 넣어 실험실로 이동하였다. 오전, 오후 유량을 고려한 상대적 비율로 오전, 오후 우유 시료를 최종 50 mL로 혼합하고 미리 곱게 분쇄한 방부제(Broad spectrum microtabs II, Advanced instrument, USA)를 0.02 g 첨가하여 냉장보관 후 유성분 분석에 이용하였다(그림 6).



그림 6. Evaluation of milk yields and milk composition

5) 분석항목

실험 분석항목은 급여사료(배추 부산물과 귀리짚 혼합 발효 사일리지, 대조구 TMR 사료, 처리구 TMR 사료)의 일반성분 분석(건물, 유기물, 조지방, NDF, ADF)과 채취한 우유 시료의 유량 및 유성분(유단백, 유지방, Lactose, SNF, MUN)을 분석하였다.

6) 통계분석

효과에 관한 자료들은 대응표본 t검정 (Student t-test)으로 분석하였으며 SPSS (version 23, IBM, USA) 프로그램을 이용하여 수행하였다.

다) 결과 및 고찰

실험에 사용한 사료의 일반성분은 아래의 표와 같다(표 7). 처리구 사료를 급여하기 전 period A, 처리구 사료를 급여하는 기간 period B, 다시 관행 대조구 사료를 급여하는 period C의 유생산량을 측정한 결과, 유의적인 차이는 없었다(표 8). 이러한 결과는 배추부산물 혼합 조사료를 관행 건초를 대체하여 급여 시에도 산유량에 변화가 없음을 유추할 수 있는 결과로서 비록 실험설계에 있어서 제한적인 요소가 있음에도 불구하고 배추부산물 사료의 긍정적인 효과를 기대할 수 있음을 시사한다. 유지방과 유단백질 함량에 있어 period간의 유의적인 차이는 있었다. Period A, period B, 그리고 period C에서 유지방 함량은 유의적으로 감소하였다($P < 0.05$). 그러나 식품안전관리지침(2018)에 기초하여 비교한 결과, period C의 유지방 함량은 우수한 것으로 나타났다. 반면에 유단백질 함량은 period A에서 period C까지 유의적으로 증가하였다($P < 0.05$). Lactose 함량은 period A에서 period B까지 안정되는 것을 보였지만, period B에서 period C까지 유의적으로 감소하였다($P < 0.05$). 무지고형분(Solid not fat; SNF)과 유리 지방산(free fatty acid; FFA) 함량은 period B에서 증가하였으나, 관행 TMR 사료를 급여한 period C의 결과는 period B와 동일한 결과가 측정되었다.

표 7. Chemical composition of Chinese cabbage by-product fermented feed

Variable	DM (%)	OM (%)	NDF (%)	ADF (%)	EE (%)
CO	27.53	75.88	40.56	26.35	3.89

CO = Mixture of Chinese cabbage and oat straw, DM = dry matter, OM = organic matter, NDF = neutral detergent fiber, ADF = acid detergent fiber, EE = ether extract

표 8. Effect of feeding Chinese cabbage (*Brassica rapa*) on milk production and milk composition

Variables	Period			P-value		
	A	B	C	A-B	B-C	A-C
Milk yield, L	38.9 ± 5.72	38.4 ± 5.58	39.2 ± 5.82	0.469	0.208	0.575
Fat, %	4.19 ± 0.345	3.96 ± 0.365	3.79 ± 0.437	0.024	0.062	0.005
Protein, %	2.96 ± 0.213	3.03 ± 0.201	3.06 ± 0.183	0.000	0.017	0.000
Lactose, %	4.75 ± 0.158	4.74 ± 0.159	4.70 ± 0.150	0.442	0.022	0.002
SNF, %	8.50 ± 0.302	8.59 ± 0.304	8.61 ± 0.276	0.000	0.159	0.000
MUN, g/100g	16.1 ± 7.87	16.5 ± 2.46	17.2 ± 2.32	0.890	0.037	0.660
FFA, mg/100 g	1.4 ± 0.62	2.0 ± 0.71	2.0 ± 1.46	0.000	0.857	0.130
SCC, × 1000	79 ± 65.6	84 ± 87.5	95 ± 75.5	0.777	0.477	0.320

A = before treatment, B = treatment period, C = after treatment, SNF = Solid-non-fat, MUN = Milk urea nitrogen, FFA = Free fatty acids, SCC = Somatic cell counts

[실험 3] 한우에서 배추 부산물 혼합 조사료의 기호성 평가

상품용 배추김치를 만든 후 폐기되는 배추부산물을 반추동물의 사료원으로 이용하기 위하여 배추부산물과 귀리짚을 원물 기준 8:2의 비율로 혼합하고 28일간 발효시킨 혼합 발효 사일리지를 제조하였다. 발효를 끝낸 사일리지의 일반성분은 아래의 표와 같다(표 9). 이 사일리지를 경북대학교 실험농장에서 사육하는 육성우, 비육우 및 분만우의 여러 성장단계의 한우 10두에게 급여하여 기호성을 평가하였다. 사일리지를 급여한 직후, 냄새를 맡고 곧바로 섭취하여 잔량이 남지 않은 것으로 보아 기호성이 좋은 것으로 평가되었다.

표 9. Chemical composition of Chinese cabbage by-product mixed and fermented with oat straw for Hanwoo experiment

Variable	DM (%)	OM (%)	NDF (%)	ADF (%)	EE (%)
CO	25.32	89.34	47.57	22.86	5.42

CO : Mixture of Chinese cabbage and oat straw, DM : dry matter, OM : organic matter, NDF : neutral detergent fiber, ADF : acid detergent fiber, EE : ether extract



Total mixed ration made from Kimchi by-product



Palatability test 1



Palatability test 2



Palatability test 3



Feed residue after palatability test 1



Feed residue after palatability test 2

그림 7. Palatability study of Chinese cabbage-oat straw mixture using Hanwoo

[실험 4] Holstein 착유우에서 배추 부산물 혼합 조사료 급여 시 유생산량 및 유성분 변화에 미치는 영향 평가

가) 서론

배추부산물 혼합 조사료의 현장 적용성을 검증하기 위하여 경상북도 은척면 소재 O목장에서 농장주의 협조하에 40두의 착유우를 대상으로 사양실험을 설계하였으나 실험사료 급여 1일차에 비유초기 착유우가 폐사하는 사고가 발생하였다. 제조한 배추부산물 혼합 조사료에 문제가 있을 것을 우려하여 농업기술실용화재단에 곰팡이 독소의 분석을 의뢰한 결과 독성이 없는, 음성으로 판명이 되었다. 그러나 계획하였던 실험을 수행하지 못하고 앞서 사양실험을 수행하였던 경기도 여주 소재 착유우 목장에서 반복실험을 진행하였다. 본 실험은 계절적 차이가 있는, 김장철 이후 생산된 김치공장의 배추부산물을 귀리와 혼합하여 제조한 사일리지를 착유우에 급여하여 유생산량 및 유조성의 변화에 미치는 영향을 조사하기 위하여 수행하였다.

나) 재료 및 방법

1) 실험장소 및 동물

본 실험은 자가TMR을 급여하는 착유 40두 규모의 착유우 목장인 향아골 목장(경기도 여주시 가남읍 101-11)에서 실시하였다. 실험에 사용된 동물은 산차와 비유일수를 고려하여 농장주와 협의 후, 홀스타인 착유우 20두(다산우 20두)를 임의로 선발하여 사용하였다.

2) 실험사료의 준비

실험사료는 중앙대학교 실험농장에 위치한 TMR 배합기를 이용하여 배합 후 15 kg, 20 kg 단위로 소포장, 개별 포장하여 총 1,145 kg을 실험농가로 운반하였다. 처리구 사료는 기존 대조구 사료에서 건초(티모시)를 배추부산물과 귀리짚 혼합 발효 사일리지로 교체하여 TMR 배합 후 실험동물에게 급여하였다.

3) 실험설계

실험은 off-on-off study 방식(대조구 사료 급여 - 처리구 사료 급여 - 대조구 사료 급여)으로 수행하였다.

4) 실험의 진행

농장에서 급여하는 관행 TMR을 급여한 착유우에서 3일간 우유 시료 채취를 실시하였으며(오전, 오후 2회/일, 총 6회), 최초 3일간의 우유 시료 채취 후 처리구 사료를 급여하였다. 일주일 동안의 실험사료 적응, 급여 후 8, 9, 10일차에 실험사료 급여에 대한 우유 시료를 채취하였으며(오전, 오후 2회/일, 총 6회), 실험 개시 11일차부터 24일차까지 대조구 사료인 관행 TMR사료를 급여하였다. 실험 종료 3일 전에 off-period 우유 시료를 채취하였으며(오전, 오후 2회/일, 총 6회), 영양성분의 분석을 위하여 실험 종료일에 실험사료를 또한

채취하였다. 오전 우유 시료 채취는 실험목장과 협조하여 진행되었고, 오후 우유 시료 채취 후 오전 우유 시료와 함께 아이스박스에 넣어 실험실로 운반하였다. 오전, 오후 유량을 고려한 상대적 비율로 오전, 오후 우유 시료를 최종 50 mL로 혼합하고 분쇄한 방부제(Broad spectrum microtabs II, Advanced instrument, USA) 0.02 g을 첨가하여 냉장보관 후 유 성분 분석에 이용하였다.

5) 분석항목

실험 분석항목은 급여사료(배추 부산물과 귀리짚 혼합 발효 사일리지, 대조구 TMR 사료, 처리구 TMR 사료)의 일반성분 분석(건물, 유기물, 조지방, NDF, ADF)과 채취한 우유 시료의 유량 및 유성분(유단백질, 유지방, Lactose, SNF, MUN)을 분석하였다.

6) 통계분석

효과에 관한 자료들은 대응표본 t검정(Student t-test)의 방법으로 SPSS (version 23, IBM, USA) 프로그램을 이용하여 수행하였다.

다) 결과 및 고찰

실험에 사용한 사료의 일반성분은 아래의 표와 같다 (표 10). 배추부산물의 건물함량은 13% 정도로 생산되는 계절과 무관하게 수분의 함량이 높아서 원물 그대로 수송, 보관 등의 취급에는 어려움이 있어 건조 등을 혼합하여 사료원료로 용이하게 취급할 수 있도록 조절이 필요할 것으로 사료된다. 낙농산업 현장에서 착유우 사료원료로 이용되는 귀리짚을 원물 함량으로 20% 첨가하였을 때 건물 함량은 약 30%에 이르렀고 섬유소(NDF, ADF) 함량은 증가하였다. 대조구와 실험구의 사료 성분은 각각 표 11과 표 12에 나타내었다.

실험사료를 급여함에 따른 산유량과 유성분의 변화는 표 13에 나타내었다. 산유량은 실험 사료 급여 전 $33.4 \text{ L} \pm 4.21$, 실험사료 급여시 $32.1 \text{ L} \pm 4.76$, 실험 종료 후 관행사료 재급여 시 $31.3 \text{ L} \pm 6.32$ 로 나타났다. 이와 같이 유생산량은 period B에서 감소되었고, period C 또한 period A와 비교하여 감소하였다($P < 0.05$). 본 연구에서 이러한 결과는 “time effect”를 극복할 수 없는 실험설계의 문제점으로 지적되며 비유시기가 경과함에 따라 실험 우군의 산유량이 감소하는 것은 당연한 결과로 유추할 수 있다. 그러나 관행 TMR 사료를 급여하여 산유량을 측정한 period A와 배추부산물 사료를 혼합하여 급여한 period B의 산유량에는 유의성이 나타났고($P < 0.05$), 다시 관행 TMR을 급여하여 측정한 산유량을 비교한 period B와 period C의 비교 시에는 유의적인 차이가 나타나지 않아서 배추부산물 급여에 따른 산유량 감소가 있을 수 있음을 간접적으로 유추할 수 있다. 그럼에도 불구하고 유지방 함량 및 유단백질 함량이 증가하거나 증가하는 경향을 나타내어 전체적인 유지방 및 유단백질 생산량에는 변화가 없어 농가에 실질적인 소득에는 변화가 없거나 수입조사료를 대체하는 효과를 기대하여 증가할 것으로 사료된다. Milk urea N, free fatty acids 및 체세포 수에는 전 기간에 걸쳐 유의적인 변화가 나타나지 않았다.

Table 10. Chemical composition of Chinese cabbage by-product, oat straw and their mixture fermented

Variable	DM (%)	OM (%)	NDF (%)	ADF (%)	EE (%)
C	13.01	85.71	21.56	14.91	5.12
O	88.90	95.59	55.51	34.90	1.52
CO	29.29	91.06	42.32	26.64	2.84

C: Chinese cabbage, O : oat straw, CO : Mixture of Chinese cabbage and oat straw, DM : dry matter, OM : organic matter, NDF : neutral detergent fiber, ADF : acid detergent fiber, EE : ether extracts

Table 11. Chemical composition of off-period feeds

Variable	DM (%)	OM (%)	NDF (%)	ADF (%)	EE (%)
TMR	50.03	92.62	48.17	27.34	4.01
Concentrate	89.37	94.08	37.91	19.50	4.46

DM : dry matter, OM : organic matter, NDF : neutral detergent fiber, ADF : acid detergent fiber, EE : ether extract

Table 12. Chemical composition of on-period feeds

Variable	DM (%)	OM (%)	NDF (%)	ADF (%)	EE (%)
CO + TMR	50.39	92.73	45.54	26.10	4.52
Concentrate	89.76	94.04	38.39	19.52	4.90

CO : Mixture of Chinese cabbage and oat straw, DM : dry matter, OM : organic matter, NDF : neutral detergent fiber, ADF : acid detergent fiber, EE : ether extract

Table 13. Effect of feeding Chinese cabbage (*Brassica rapa*) on milk production and milk composition

Variables	Period			P-value		
	A	B	C	A-B	B-C	A-C
Milk yield, L	33.4 ± 4.21	32.1 ± 4.76	31.3 ± 6.32	0.025	0.394	0.026

Fat, %	4.31 ± 0.411	4.39 ± 0.418	4.47 ± 0.464	0.277	0.374	0.097
Protein, %	3.49 ± 0.245	3.52 ± 0.214	3.48 ± 0.233	0.144	0.033	0.300
Lactose, %	4.79 ± 0.190	4.81 ± 0.217	4.78 ± 0.219	0.407	0.368	0.705
SNF, %	9.02 ± 0.264	9.06 ± 0.242	9.03 ± 0.242	0.106	0.420	0.689
MUN, g/100g	14.5 ± 1.76	14.6 ± 1.30	14.0 ± 1.61	0.583	0.092	0.107
FFA, mg/100 g	1.6 ± 0.40	1.5 ± 0.31	1.8 ± 0.42	0.207	0.000	0.003
SCC, × 1000	104 ± 119.5	113 ± 120.0	107 ± 92.2	0.677	0.752	0.863

A : before treatment, B : treatment period, C : after treatment, SNF : Solid non fat, MUN : Milk urea nitrogen, FFA : Free fatty acid, SCC : Somatic cell counts

이상의 결과를 종합하면, 김치공장의 부산물이며 폐기물로 취급되던 배추부산물에 수분 조절을 위하여 적절한 양의 건초를 혼합하여 발효과정을 거쳐 TMR의 원료사료로서 혼합하여 착유우에 급여할 경우 관행 급여 TMR과 비교하여 유생산량 및 유성분에 영향을 미치지 않음을 알 수 있었다. 착유우 TMR에 배합하기 위하여 수입하는 건초를 대체할 수 있을 것으로 판단되며 폐기물을 활용하는 경제적인 효과와 더불어 사료비를 절감하는 이중효과를 기대할 수 있을 것으로 판단된다.

○ 연구결과

– 기술적 성과

- 김치공장에서 생산되는 폐기물인 고수분 배추부산물을 축산현장에서 상용하는 시판 건초와 혼합, 발효하여 착유우에 급여 가능성을 확인함.
- 국내에서 연구된 적이 없는 최초의 기술이며 배추부산물의 반추동물 사료자원화 가능성을 확인함.
- 여름철 및 겨울철에도 발효가 적정하게 진행되어 연중 김치공장 부산물을 반추동물의 사료로 활용할 수 있음
- 김치공장의 생산여건에 따라 부산물의 형태가 상이하나 (예를 들어 고춧가루 양념 등이 혼합되어 있음) 발효 후 가축의 기호성에 전혀 문제가 없는 것으로 나타남.
- 김치는 한국을 포함한 동북아시아 국가들의 소비량이 많으므로 축산선진국과의 경쟁률을 논의하기 어려우나 폐기물/부산물의 활용이라는 측면에서 사료비를 절감 효과 기대

– 경제적 성과

- 김치는 한국을 포함한 동북아시아 국가들의 소비량이 많으므로 축산선진국과의 경쟁률을 논의하기 어려우나 폐기물/부산물의 활용이라는 측면에서 사료비를 절감 효과 기대
- 특히 착유우에 급여 시 수입 건초인 티모시를 대체할 수 있을 것으로 기대되어 수입조사료 대체 효과를 기대할 수 있음
- 또한 김치공장의 관점에서는 폐기물 처리에 필요한 비용을 절감할 수 있으므로 김치 원

가의 절감 또는 친환경 효과 기대

[학술발표]

- Song J. et al. 2016, Effect of lactic acid bacteria and temperature on the fermentation quality of total mixed ration for ruminants. The 17th Asian-Australasian Association of Animal Production Societies Animal Science Congress, p. 331. Fukuoka, Japan.
- 박진현 등. 2017, 배추 부산물 발효 사료가 *in vitro* 반추위 내 발효특성에 미치는 영향. Proceedings of 2017 Annual Congress of KSAST Vol.(II), p. 147.

4. 목표달성도 및 관련분야 기여도

		코드번호	D-06
<p>• 4-1. 목표달성도</p>			
성과목표	달성도	자 체 평 가	
배추·무 부산물의 유효성분 및 식품소재 자원화를 위한 식이섬유 분리·분석	100	○ 배추·무 부산물의 유효성분의 물리적 특성 분석 및 항산화성 측정 수행 및 배추·무 부산물의 식이섬유 추출·정제 조건 최적화 및 정제된 식이섬유의 일반성분 분석 및 물리·화학적 분석을 통해 식품산업소재 자원화의 가능성 확인	
배추·무 부산물에서 분리된 식이섬유의 식품 적용과 제품 개발	100	○ 배추부산물의 식이섬유를 이용한 튀김가루의 최적 레시피를 개발하였으며 품질평가를 완료 ○ 배추부산물의 식이섬유를 이용한 머핀믹스의 최적 레시피를 개발하였으며 머핀을 제조하여 품질 평가를 완료 ○ 배추부산물의 식이섬유를 이용한 일반밀 스파게티 개발 및 가공공정 표준화 완료	
시작품 제작	100	○ 식품(식품첨가물) 품목제조보고 후 프리믹스 가공 업체인 (주)우래식품에 머핀믹스, 튀김가루를 의뢰하여 시작품을 제작	
사업화	100	○ 본 연구에서 개발된 제품인 머핀믹스와 튀김가루는 참진머핀믹스, 참진튀김가루의 상품명으로 제품 제작되었으며 외식유통업체에 납품이 현재 협의 중	
국내 배추·무 등 유사 농산부산물 발생량 및 발생특성 조사	100	○ 농산물 유통센터, 농산물 도매시장, 농식품 가공장 등 식물성 잔재물 발생량 조사 및 원료 특성 분석 함. ○ 배추·무 및 기타 식물성잔재물의 잠재량을 조사 함.	
배추·무 부산물 퇴비 원료 특성 평가	100	○ 국내 배추·무 가공장 발생 부산물의 원료기준 부합도 평가 함. ○ 배추·무 부산물의 전처리·저장 방법별 및 물리·화학적 특성변화 분석 함.	
배추·무 부산물 퇴비화 장치 확립 (Lab-scale vessel type aerobic bio-reactor)	100	○ Lab-scale vessel type aerobic bio-reactor 설계 및 시작품 제작 함	
배추·무 부산물 퇴비화 운전인자 확립 (Lab-scale vessel type aerobic bio-reactor)	100	○ Lab-scale vessel type aerobic bio-reactor 운전인자를 확립하고 운전하여 퇴비를 생산 함.	
생산 퇴비제품의 품질평가	100	○ 생산 퇴비 제품을 정상 분석을 통해 비료공정규격 부합도 평가 함.	

		○ 퇴비 부숙도를 평가 하기 위해 미생물 분석과 색도를 측정 분석 함.
실규모 밀폐형 고속 퇴비화 시설을 이용한 배추·무 부산물 퇴비 대량 생산	100	○ 실증 퇴비제품의 성상 분석을 통해 퇴비 품질 분석 함 ○ 생산되는 과정에서 발생하는 악취물질을 분석하여 생산 과정 환경성을 분석 함. ○ 배추·무 부산물 이용 퇴비제품 생산 경제성 분석
생산 현황 및 부산물의 사료 원료 이용 가능성 조사	100	○ 전남,전북지역 5개 김치공장 방문 및 생산현황 조사
배추·무 부산물의 유해인자 검사 및 미량영양소 조사	100	○ 일반성분, 칼슘, 인, NDF 및 ADF 분석
배추·무 부산물의 반추위(<i>In situ</i>) 소화율 및 발효성상 측정	100	○ 배추·무 부산물이용한우사료용 발효 사료개발 (<i>In situ</i>)
배추 무 부산물이용 한우사료용 발효 사료개발	100	○ 배추·무 부산물이용한우사료용 발효 사료개발
<i>In vitro</i> 반추위 발효성상 분석을 통한 한우 거세 육성기 TMR배합비 개발	100	○ 배추부산물 첨가구가 pH가 더 안정적이었으며, 암모니아, 총 휘발성지방산, 건물 및 유기물 소실율에서 유의적 차이가 없음
AFS(Auto feeding system)을 이용한 육성기 단계 사료효율, 급여량, 일당증체, 경제성 분석	100	○ 2016년 10월9일 사양실험을 실시하였으며, 4월 9일 종료
배추·무 부산물 급여에 따른 혈중 대사물질 및 호르몬 농도에 미치는 영향분석	100	○ 전북김제에서 45두의 거세육성기 사양실험을 진행 실험종료일에 혈액채취 후 분석완료
비육기 TMR발효사료 개발 및 사료가치평가	100	○ 배추부산물 발효사료의 품질 평가 및 섬유질배합사료(TMR)에 배추부산물 발효사료 첨가가 <i>in vitro</i> 반추위 발효성상에 미치는 영향을 분석
배추·무 부산물 혼합 젖소용 TMR 배합비 개발 및 평가	50	○ 배추·무 부산물을 수거하여 귀리짚과 혼합, 발효하여 한우에 급여 시 기호성 평가 결과 우수 ○ 착유우에 수입건초를 대체하여 급여 시 일일 두당 7 kg까지 급여 가능, 유생산량, 유성분에 변화없음
배추·무 부산물을 활용한 젖소용 TMR의 현장 적용성 및 경제성 평가	50	○ 착유우 산업 현장에 반복 실험결과 유생산량 및 유성분에 변화없이 수입건초를 대체하여 TMR에 혼합 활용 가능함. ○ 수입건초를 대체할 수 있으므로 사료비 절감 효과 기대.

4-2. 관련분야 기여도

- 농산물 유통센터, 농산물 도매시장, 농식품 가공장 등 식물성 잔재물 발생량 조사 결과 배추, 무 부산물이 많은 비율을 차지하고 있으며, 가공업체에서는 처리 비용에 대한 큰 경제적 부담을 갖고 있음.
- 본 연구 과제를 통해 배추, 무 부산물을 이용한 퇴비 생산이 가능하게 되어 배추, 무 생산, 유통, 가공 공정에서 발생하는 부산물 처리 비용을 줄일 수 있게 됨.
- 생산된 퇴비의 품질을 분석한 결과 퇴비기준에 적합한 것으로 판단 됨.
- 생산된 퇴비를 이용하여 작물 재배 시험 결과 가축분 퇴비와 화학 비료를 사용한 경우와 비슷하거나 좋은 결과를 보였으며, 이는 화학비료를 대체하여 사용이 가능 함.
- 원통형 수평 발효기는 낮은 동력비로 퇴비 생산비용 절감 및 악취 및 비산 먼지 발생이 적고 설치비가 낮고 HRT가 짧아 현장 보급 및 관리가 유리 함.
- 95% 이상의 원료사료를 수입에 의존하는 국내 사료시장의 구조는 사료비의 증가 및 감소가 쇠고기 가격불안정의 큰 요인으로 작용함. 따라서 국내에서는 사료원료의 자급률을 높이기 위해 부산물을 적극 활용하여야 함. 본 연구에서는 배추·무 부산물의 사료가치평가(화학적 성분분석, *in vitro* 및 *in situ* 소화율, 등), 고수분 부산물의 수분저감, TMR 제조기술 확보를 통한 기술이전 및 제품을 개발하여 고수분 부산물 사료화 관련분야의 기술발전에 기여(10%)하였음.
- 본 연구는 국내에서 수행된 바가 없으므로 낙농산업 및 한우산업 등 반추동물산업 전반에 걸쳐 적용이 가능할 것으로 사료됨.
- 김치산업은 한국 고유의 산업이고 국외에서는 배추를 이용한 식품산업이 상대적으로 적어 대량의 부산물이 생산된다는 보고가 매우 드물고 폐기물의 사료자원화, 부산물의 사료자원화의 측면에서 산업적 기여도가 매우 클 것으로 사료됨.
- 국내에서 채소껍질(양파껍질), 과일껍질이나 과일 박을 이용한 특허는 많으며, 배추 부산물을 이용한 버섯 배지 제조, 농업용 비료제조, 사료개발로 사용되고 있으나 배추 부산물의 식품에 관한 연구는 미비한 실정임. 따라서 농산부산물의 산업화 활용에 대한 자료로서 활용에 기여 할 수 있음.
- 본 연구로 추출된 식이섬유는 가공공정에서 발생된 부산물의 이용으로 폐기물 처리 비용 절감의 효과를 얻을 수 있다. 이는 생산 공장 뿐 아니라 소비자의 경제적 부담을 절감시킬 수 있으며, 또한 다양한 제품군의 개발에 식이섬유 가공방법의 적용을 통해 다양한 농산 부산물의 식품소재로서의 이용에 기여 할 수 있음.
- 국내 및 국외시장 분석결과 식이섬유 함유 음료제품 등의 생산 및 판매가 이루어지고 있으나, 건강기능성 식품이나 다이어트 식품 개발이 주를 이루고 있음. 본 연구과제에서 개발된 제품인 배추·무 식이섬유를 이용한 튀김가루 믹스, 머핀프리믹스, 일반밀 스파게티 제품은 최근 소비자들의 건강에 대한 트렌드에 대응할 수 있으며, 긍정적인 요소를 부각시킨 고부가가치 제품 소비자의 식이섬유 제품의 폭넓은 선택에 기여 할 수 있음.

5. 연구결과와 활용계획

	코드번호	D-07
<ul style="list-style-type: none"> ○ 본 과제를 통하여 분리·분석된 배추·무의 부산물의 유효성분 및 식이섬유를 새로운 식품소재로 활용하여 식품 자원으로의 활용 및 환경적 경제적 문제 해결에 활용 할 수 있음. ○ 현대인의 건강에 대한 관심이 높아지고 기능성 및 생리적 중요성이 대두되면서 기능성 식품에 대한 수요가 증가하고 있음. 따라서 본 과제를 통하여 분리·정제된 배추·무의 부산물의 식이섬유를 식품소재로 활용하여 다양한 고 식이섬유 보강식품의 생산에 활용 될 수 있음. ○ 배추·무 부산물로부터 분리·정제한 식이섬유가 함유된 프리믹스는 현재 대부분 일반 밀가루와 식품 첨가제만을 사용하고 있는 프리믹스를 대체하여 가정, 단체급식 및 외식 업체에 활용이 가능함. ○ 배추·무 부산물로부터 분리·정제한 식이섬유와 일반 스파게티를 제조하는데 사용하는 듀럼밀을 대체하여 식이섬유와 일반 밀가루를 이용한 일반밀 스파게티의 개발은 관련 식품산업의 활성화 및 국민의 건강 증진에 기여할 수 있음. ○ 배추·무 부산물은 일반적으로 식품의 폐기물로 인식되고 있으나 본 연구를 통해 다양한 기능성 물질의 함유가 확인되었으며 이러한 기능성 물질의 이용도를 증가시킨 가공제품을 개발하였음. 이러한 연구결과는 다양한 식품 폐기물 이용 방법 연구에 기초 자료로 활용 될 수 있음. ○ 배추, 무 부산물뿐만 아니라 타 농작물의 유통, 가공 과정에서 발생하는 부산물을 이용하여 폐기물 처리 비용 절감을 하고 퇴비 자원으로 활용할 수 있는 연구가 필요 함. ○ 여러 부산물 혼합 부산물을 이용한 반응기의 지속적인 운전과 모니터링을 통한 빅데이터 구축 필요 <ul style="list-style-type: none"> - 각종 농, 축산 부산물별, 혼합 부산물별, 반응기 운전 조건 변경 등 - 원료 종류의 물리적 화학적 특성에 맞는 운전 매뉴얼 필요 - 매뉴얼이 작성되면 원료의 종류와 상태, 반응기 내부 컨디션에 따라 반응기의 운전 조건을 스스로 제어하는 셀프 자동운전 제어 ○ 지속적인 연구를 통해 논문거제, 세미나, 현장 교육하고, 산업 현장의 실무자들에게 배추, 무 부산물을 이용한 퇴비의 장점과 안정성을 인지 시켜 보급화 ○ 농가 생산비 절감을 위한 배추·무 부산물첨가 TMR 배합비 보급 ○ 배추·무 부산물 사료화를 통한 폐기비용 절감 ○ 배추·무 부산물(폐기물)의 자원화로 친환경 지속가능한 축산업 모델 개발 ○ 배추·무 부산물 TMR 제품 개발을 통한 사업화 ○ 고수분 부산물 사료원료의 기초적인 사료화 기술, 사료배합 기술 확보 ○ 수분 부산물 사료원료의 집하, 저장 및 발효 기술 확보 ○ 활용가능한 부산물 자원의 통계적 수치 확보 ○ 국제학술대회 발표, 논문 발표 등 인력양성 및 국제교류 ○ 경제적 측면 ○ 농가현장에 적용하여 사료비 절감 효과 기대 		

○ 부산물 자원의 활용으로 해당 산업에 폐기물 처리 비용 감소 효과 기대

6. 연구과정에서 수집한 해외과학기술정보

코드번호	D-08
<p>○ Cao et al. (2011)의 연구에 의하면 수 종류의 배추부산물을 사용하여 사일리지를 제조하였다. 이 사일리지에 유산균과 비트펠프를 혼합한 후 <i>in vitro</i> 실험을 진행하여 건물 소화율을 측정 하였음. 특히 유산균을 접종 할 경우 가장 높은 건물소화율 값을 나타낸다고 보고하였음.</p> <p>○ Nkosi et al. (2016)은 배추 부산물을 첨가한 사일리지와 첨가하지 않은 사일리지를 제조하여 South Africa Dorper lambs를 대상으로 실험을 진행하였음. 실험 결과 배추의 양이 증가 할수록 건물 섭취량과 성장률이 감소하는 결과가 나타났다고 보고하였음.</p> <p>○ Rezende et al (2015)은 배추 부산물을 잘라서 잘게 분쇄한 옥수수과 혼합한 후 사일리지를 제조하였으며 발효 균주로 여기에 <i>Lactobacillus plantarum</i>과 <i>Pediococcus pentosaceus</i>를 5×10^5 CFU/g를 사용하였음. 제조된 사일리지는 상온에서 30일 동안 저장한 후 <i>in vitro</i> 실험을 진행하였으며 배추부산물 첨가 사일리지의 경우 IVDMD가 증가하였다는 결과를 보고하였음.</p>	

7. 연구개발결과의 보안등급 ※해당사항 없음

8. 국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비 현황 ※해당사항 없음

9. 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전조치 이행실적

	코드번호	D-11		
<p><중앙대학교></p> <p>가. 연구실 안전관리 조직도</p> <pre> graph TD A[안전관리총괄자 (기획관리본부장)] --- B[대학 안전관리자 (단과대학장)] A --- C[연구실안전관리위원회] C --- D[종합안전관리(EHS)운영실] B --- E[학과 안전관리자 (장문백)] E --- F[연구실 안전담당자 (장문백)] F --- G[연구활동 종사자] </pre> <p>나. 연구실 안전 점검 체계</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 일상점검 : 연구실 안전담당자(정:담당교수,부:선임조교)의 책임하에 연구활동 종사자는 연구활동을 시작하기 전에 연구개발활동에 사용되는 기계기구 및약품, 병원체 등의 보관상태 및 보호 장비의 관리상태, 전기·소방 관련 시설의 관리상태 등을 육안으로 점검하여 안전점검표 양식에 의거 일일 작성 보관한다. 2) 정기안전점검 : 안전관리총괄자(시설팀/시설지원팀)는 연구실 전반의 위험성에 대하여 일정 요건을 갖춘 전문기관으로 하여금 세부적인 점검을 1년에 1회 이상 실시한다. 3) 정밀안전진단 : 안전관리총괄자는 폭발사고, 화재사고 등 연구활동 종사자의 안전에 치명적인 위협을 야기할 가능성이 있을 것으로 예상되는 경우와 안전성확보 등을 위하여 필요하다고 인정되는 경우, 일정 요건을 갖춘 전문기관으로 하여금 정밀안전진단을 2년에 1회 실시한다. <p>※ 위험등급이 낮은 연구실(ex.컴퓨터만 있는 대학원생 연구실 등)은 관리대상에서 제외하여 약180개소 실험실습이 이루어지는 연구실만 점검대상으로 관리함. (정기점검 및 정밀안전진단 대상 동일)</p> <p>다. 연구실 안전교육</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 관련근거 : 연구실안전환경조성에관한법률 제18조(교육·훈련 등) 2) 교육대상 : 연구활동종사자(학부생, 대학원생, 연구원 등) 				

※ 학부생 및 대학원생은 학적DB 연동으로 자동 등록되고, 연구원은 수동으로 교육신청함.

- 3) 교육방법 : 온라인 안전교육
- 4) 교육시간 : 학기당 6시간(온라인 1강좌=1시간 인정)
- 5) 교육과목 : 16강좌 중 전공학과 구분에 따라 12강좌 이수

※ 오프라인 교육(외부 위탁교육, 대학 자체교육 등)이수시 해당시간 공제

과목	차시명
연구실안전일반	연구실안전
	연구실안전 수칙 및 사고시 행동요령
연구실내 위험요인	화학안전
	화학사고시 대응요령
	가스안전
	기계안전
	전기안전
	건설안전
	컴퓨터안전
	예술 안전
소방안전	소방안전
	화재시 행동요령(소화기,소화전 사용법)
생물 방사선 안전	생물학적안전
	시험연구용 LMO안전관리
	방사선안전
사고사례	사고사례

6) 기타사항 : 상시 연구활동종사자는 교육이수증을 해당 연구실에 부착함

라. 건강검진

- 1) 관련근거 : 연구실 안전 환경 조성에 관한 법률 제18조제4항에 따라 「산업안전보건법 시행령」 제29조에 따른 유해물질 및 같은 법 시행규칙 별표 12의2에 따른 유해인자를 취급하는 연구활동종사자에 대하여 일반건강검진과 특수건강검진을 실시하여야 한다.
- 2) 검진대상 : 상시 연구 활동 종사자 중 관련유해물질 취급자
- 3) 검진일정 : 교내 출장검진 1일, 기관 방문검진 3~4일

마. 추가 이행 계획

- 1) 연구실 정밀안전진단 및 정기점검 결과에 따른 연구실 환경개선공사
- 2) 비상세안기 설치
- 3) 밀폐형환기시약장 및 인화물질보관함 설치
- 4) 안전교육 우수학과 연구실 안전용품 지급
- 5) 각종 안전표지판 설치
- 6) 실험실 공기질 측정 및 환기설비 강화

<환경대학교>

- 연구실 안전조치 이행계획은 본 기관의 연구실 안전관리 규정에 의거하여 추진한다.
- 연구실 안전교육 대상
 - 대학 및 연구기관 등에서 과학기술분야 연구개발활동에 종사하는 연구원·대학생·대학원생 및 연구보조원

○ 연구원의 안전교육훈련 정기 실시

- 관련근거 : 연구실 안전환경 조성에 관한 법령 제 18조, 동법 시행령 제17조 및 동법 시행규칙 제9조 실험실 안전관리 규정 제16장 (안전교육), 제17조 (안전교육의 관리)
- 연구실안전교육 훈련시간 및 수료인정기간 : 출입하는 실험실의 위험등급(A,B,C등급) 및 전공특성에 따라 안전교육을 받아야 하며, 1년에 8시간 이상 교육을 받음.

과정	대상	시간
정기	연구활동종사자	8시간이상/반기별
신규채용	신규채용된 연구활동 종사자(계약직 포함)	6시간이상
	대학·연구기관 등에서 채용된 자 외의 자로서 신규로 연구개발활동에 참여하는 연구활동종사자	2시간이상
특별안전	중대 연구실사고발생 및 연구내용변경 등의 경우 연구주체의 창이 필요하다고 인정하는 연구활동종사자	6시간이상

- 안전교육과정 : 전공 특성에 따라 A,B,C 코스로 구분하여 교육 실시

A코스 : 생물·방사선 취급

B코스 : 화학·가스 취급

C코스 : 전기·기계 취급

- 교육과정 :



○ 안전관리추진계획

- 각 실험 단과대학별 안전관리실무위원회 구성 및 운영
- 교내 전체 건물 소방시설 통합관리체계 구성
- 실험실 내부 점검실시 후 실험등급 지정 표찰 부착
- 건물별 복도 및 비상계단 통로 확보와 불법사무실철거
- 사이버 안전교육 훈련

○ 실험실환경안전점검 실시

- 실험실안전관리규정에 의거 실험실의 위험 정도에 따라 A,B,C로 관리등급을 분류하여, 실험실환경안전점검을 실시하고 있으며, 안전점검실시 결과 실험실의 재해예방과 안전성 확보 등을 위하여 필요하다고 인정되는 경우에는 전문기관에 의뢰하여 정밀안전진단을 실시하고 있다.

- 본기관의 연구관리규정 제3장(간접비 관리)에 따라 해당 과제의 간접비에서 연구실 안전관리비를 편성하여 사용할 수 있다. 연구실안전관리비는 안전환경 조성에 관한 법률에 의거 연구활동종사자에 대한 보험료, 교육훈련, 건강검진 비용, 보호장비구입, 안전설비 설치·유지 및 보수, 안전 점검 및 정밀안전진단비 등에 사용하는 경비를 말하며 연구과제 수행 시 해당과제 인건비 총액의 2% 범위 내에서 예산편성에 반영할 수 있다.

<순천대학교>

- 순천대학교에서 실시하는 정기 안전 점검 및 정밀안전진단을 통해 연구실 안전 확보

구 분		점 검 내 용	점검주기	점검주체
안전점검	일상점검	다음 각호의 사항을 육안으로 점검 1) 기계·기구·전기·가스 등의 실험기자재와 약품·병원체 등 실험재료의 이상유무 2) 보호장비의 관리실태를 육안으로 점검	매일 1회실시함	연구실 책임자
	정기점검	다음 각 호의 사항을 장비를 이용하여 점검 1) 기계·기구·전기·가스 등의 설비기능의 이상유무 2) 보호장비의 관리실태	매년 1회실시함	연구주체의 장
정밀안전진단		외관 육안점검 및 점검장비를 사용하여 연구실 내·외의 안전보건과 관련된 사항을 진단·평가	2년마다 1회실시함	연구주체의 장

- 1) 위험등급별로 환경안전점검을 단계별로 체계화하여 관리하였음
- A등급 : 가연성가스, 인화성 시약, 유해화학물질, 다량의 폐액배출, 독극물, 생물 및 동물, 방사성 동위원소, 위험성이 높은 기계장비가 설치된 실험실
 - B등급 : 일반시약, 소규모 인화성 시약, 불연성가스, 소량의 폐수발생실험실
 - C등급 : 이화학실험을 수행하지 않는 전기, 설계, 컴퓨터 관련 실험실
- 2) 2013~2016년도 안전점검 시행

구 분	안전점검 시행 예정시기	대상 연구실	비 고
정기점검	6 ~ 8월	해당 연구실	
	6 ~ 8월	해당 연구실	
정밀안전진단	11 ~ 12월	해당 연구실	
	11 ~ 12월	해당 연구실	

○ 순천대학교 연구실 안전교육시행(2015~2017)

- 1) 교육대상
- 과학기술분야 연구실에 종사하는 연구활동 종사자 전원
- 2) 전공특성별 안전교육 실시
- 연구활동 종사자의 출입 실험실 위험등급에 따라 교육과정을 A,B,C로 편성
 - 연구활동 종사자의 교육만족도 향상 및 실질적 안전교육을 실시 함

교육 과정	분류 기준	비 고
공통과정 (A,B,C 공통 과정)	- 연구실 안전 및 안전일반과정 : 연구실안전 및 일반적 위험성, 연구실 사고예방, 연구실 사고대처, 연구실 안전보건 - 화재 및 폭발 : 화재 및 폭발, 화재로 인한 신체피해, 소방안전설비 사용요령, 화재 시 행동요령 - 유해화학물질 취급과 관리 : 물질안전보건자료	
A과정	가스, 인화성시약, 유해화학물질, 생물 및 동물의 취급, 방사성동위원소	
B과정	일반시약, 소규모 인화성시약, 불연성 가스	
C과정	화학실험을 수행하지 않는 전기, 설계, 컴퓨터	

<경북대학교>

- 연구실 안전조치 이행계획은 본 기관의 연구실 안전관리 규정에 의거하여 추진한다.
- 연구실 안전교육 대상
 - 대학 및 연구기관 등에서 과학기술분야 연구개발활동에 종사하는 연구원·대학생·대학원생 및 연구보조원

○ 연구원의 안전교육훈련 정기 실시

- 관련근거 : 연구실 안전환경 조성에 관한 법령 제 18조, 동법 시행령 제17조 및 동법 시행규칙 제9조 실험실 안전관리 규정 제16장 (안전교육), 제17조 (안전교육의 관리)
- 연구실안전교육 훈련시간 및 수료인정기간 : 출입하는 실험실의 위험등급(A,B,C등급) 및 전공특성에 따라 안전교육을 받아야 하며, 1년에 8시간 이상 교육을 받음.

과정	대상	시간
정기	연구활동종사자	8시간이상/반기별
신규채용	신규채용된 연구활동 종사자(계약직 포함)	6시간이상
	대학·연구기관 등에서 채용된 자 외의 자로서 신규로 연구개발활동에 참여하는 연구활동종사자	2시간이상
특별안전	중대 연구실사고발생 및 연구내용변경 등의 경우 연구주체의 장이 필요하다고 인정하는 연구활동종사자	6시간이상

- 안전교육과정 : 전공 특성에 따라 A,B,C 코스로 구분하여 교육 실시
 A코스 : 생물·방사선 취급
 B코스 : 화학·가스 취급
 C코스 : 전기·기계 취급
- 교육과정 :



○ 안전관리추진계획

- 각 실험 단과대학별 안전관리실무위원회 구성 및 운영
- 교내 전체 건물 소방시설 통합관리체계 구성
- 실험실 내부 점검실시 후 실험등급 지정 표찰 부착
- 건물별 복도 및 비상계단 통로 확보와 불법사무실철거
- 사이버 안전교육 훈련

○ 실험실환경안전점검 실시

-실험실안전관리규정에 의거 실험실의 위험 정도에 따라 A,B,C로 관리등급을 분류하여, 실험실환경안전점검을 실시하고 있으며, 안전점검실시 결과 실험실의 재해예방과 안전성 확보 등을 위하여 필요하다고 인정되는 경우에는 전문기관에 의뢰하여 정밀안전진단을 실시하고 있다.

○ 본기관의 연구관리규정 제3장(간접비 관리)에 따라 해당 과제의 간접비에서 연구실 안전관리비를 편성하여 사용할 수 있다. 연구실안전관리비는 안전환경 조성에 관한 법률에 의거 연구활동종사자에 대한 보험료, 교육훈련, 건강검진 비용, 보호장비구입, 안전설비 설치·유지 및 보수, 안전 점검 및 정밀안전진단비 등에 사용하는 경비를 말하며 연구과제 수행 시 해당과제 인건비 총액의 2% 범위 내에서 예산편성에 반영할 수 있다.

10. 연구개발과제의 대표적 연구실적

번호	구분 (논문/ 특허/ 기타)	논문명/특허명/기타	소속 기관명	역할	논문게재지/ 특허등록국 가	코드번호		D-12	
						Impact Factor	논문게재일 /특허등록일	사사여부 (단독사사 또는 중복사사)	특기사항 (SCI여부/ 인용횟수 등)
1	특허	배추 부산물을 포함하는 완전혼합사료 조성 및 이의 제조방법	중앙대학교		대한민국		2016.10.13	유	
2	논문	Isolation and characterization of new Methanosarcina mazei strains KOR-3, -4, -5, and -6 from an anaerobic digester using pig slurry	한경대학교	교신저자	대한민국	0	2016.07.25.	유	비SCI
3	논문	Use of lysozyme as a feed additive on <i>in vitro</i> rumen fermentation and methane emission	순천대학교	교신저자	Asian Australas Journal of Animal Science	0.756	2016.09.28	유	SCI
4	논문	Quality characteristics of common wheat fresh noodle with insoluble dietary fiber from kimchi by-product	중앙대학교	교신저자	LWT- Food science and technology	2.329	2017.03.02.	유	SCI
5	기타	국제학회 초청강연 (제6회 한중일 국제초지학회)	경북대학교				2016.08.17. ~ 08.20		

11. 기타사항

	코드번호	D-13
○ 해당 없음		

12. 참고문헌

	코드번호	D-14
○ AACC. (2000). Approved methods of analysis (11th ed.). St. Paul, MN, USA: The American Association of Cereal Chemists.		
○ Agama-Acevedo, E., Islas-Hernandez, J. J., Osorio-Diaz, R. G., Angulo, O., & Bello-Perez, L. A. (2009). Pasta with unripe banana flour: Physical, texture, and preference study. <i>Journal Food of Science</i> , 74, S263-S267.		
○ AOAC. (1992). Official methods of analysis (13th ed.). Washington, DC, USA: Association of Official Analytical Chemists.		
○ Bastos, G. M., Júnior, M. S. S., Caliari, M., Araujo Pereira, A. L., Moraisb, C. C., Campos, M. R. H., et al. (2016). Physical and sensory quality of gluten-free spaghetti processed from amaranth flour and potato pulp. <i>LWT - Food Science and Technology</i> , 65, 128-136.		
○ Bruneel, C., Pareyt, B., Brijs, K., & Delcour, J. A. (2010). The impact of the protein network on the pasting and cooking properties of dry pasta products. <i>Food Chemistry</i> , 120, 371-378.		
○ Cleary, L., & Brennan, C. (2006). The influence of a(1-3) (1-4) e b e D e glucan rich fraction from barley on the physico-chemical properties and <i>in vitro</i> reducing sugars release of durum wheat pasta. <i>International Journal of Food Science and Technology</i> , 41, 910-918.		
○ Foschia, M., Peressini, D., Sensidoni, A., Brennan, M. A., & Brennan, C. S. (2015). How combinations of dietary fibres can affect physicochemical characteristics of pasta. <i>LWT - Food Science and Technology</i> , 61, 41-46.		
○ Fuad, T., & Prabhasankar, P. (2010). Role of ingredients in pasta product quality: A review on recent developments. <i>Critical Reviews in Food Science Nutrition</i> , 50, 787-798		
○ Izydorczyk, M. S., Lagasse, S. L., Hatcher, D.W., Dexter, J. E., & Rosnagel, B. G. (2005). The enrichment of Asian noodles with fiber-enrich fractions derived from roller milling of hull-less barley. <i>Journal of the Science of Food and Agriculture</i> , 85, 2094-2104.		
○ Jayasena, V., & Nasar-Abbas, S. M. (2012). Development and quality		

evaluation of high-protein and high-dietary-fiber pasta using lupin flour. *Journal of Texture Studies*, 43, 153–163.

- Jongaroontaprangsee, S., Tritrong, W., & Chokanaporn, W. (2007). Effect of drying temperature and particle size on hydration properties of dietary fiber powder from lime and cabbage by-products. *International Journal of Food Properties*, 10, 887–897.
- Kim, S. H., Lee, J. W., Heo, Y., & Moon, B. K. (2016). Effect of pleurotus eryngii mushroom β -glucan on quality characteristics of common wheat pasta. *Journal of Food Science*, 81, C835–C840.
- Konik, C. M., Miskelly, D. M., & Gras, P. W. (2006). Starch swelling power, grain hardness and protein: Relationship to sensory properties of Japanese noodles. *Starch–st€arke*, 45, 139–144.
- Lee, J. W., Kim, B. R., Heo, Y., Bae, G. S., Chang, M. B., Moon, B. K., et al. (2016). Feasibility of using kimchi by-products as a source of functional ingredients. *Applied Biological Chemistry*, 59, 799–806.
- Liu, W. L., Ko, K. H., Kim, H. R., & Kim, I. C. (2012). The effect of insoluble dietary fiber extracted from Chinese cabbage waste on plasma lipid profiles in rats fed a high fat diet. *The Korean Journal of Food Science and Nutrition*, 41, 33–40.
- Liu, C., Liang, R., Dai, T., Ye, J., Zeng, Z., Luo, S., et al. (2016). Effect of dynamic high pressure microfluidization modified insoluble dietary fiber on gelatinization and rheology of rice starch. *Food Hydrocolloids*, 57, 55–61.
- Lue, S., Hsieh, F., & Huff, H. E. (1991). Trusion cooking of corn meal and sugar beet fiber: Effects on expansion properties, starch gelatinization, and dietary fiber content. *Cereal Chemistry*, 68, 227–234.
- Miceli, A., Francesca, N., Moschetti, G., & Settanni, L. (2015). The influence of addition of *Borago officinalis* with antibacterial activity on the sensory quality of fresh pasta. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 2, 93–97.
- Muhammad, K., Kusnandar, F., Mat Hashim, D., & Rahman, R. A. D. (1999). Application of native and phosphorylated tapioca starches in potato starch noodle. *International Journal of Food Science*, 34, 275–280.
- Nilnakara, S., Chiewchan, N., & Devahastin, S. (2009). Production of antioxidant dietary fibre powder from cabbage outer leaves. *Food and Bioproducts Processing*, 87, 301–307.

- Park, K. Y., Ha, J. O., & Rhee, S. H. (1996). A study on the contents of dietary fibers and crude fiber in Kimchi ingredients and Kimchi. *Journal of the Korean Society Food Science and Nutrition*, 25, 69–75.
- Park, K. Y., Jeong, J. K., Lee, Y. E., & Daily, J. M. (2014). Health benefits of kimchi (Korean fermented vegetables) as a probiotic food. *Journal of Medicinal Food*, 17, 6–20.
- Park, J. Y., Park, Y. S., & Chang, H. G. (2008). Quality characteristics of sponge cake supplemented with soy fiber flour. *Korean Journal of Food Science and Technology*, 40, 412–418.
- Petitot, M., Boyer, L., Minier, C., & Micard, V. (2010). Fortification of pasta with split pea and faba bean flours: Pasta processing and quality evaluation. *Food Research International*, 43, 634–641
- Piwinska, M., Wyrwisz, J., Kurek, M., & Wierzbicka, A. (2015). Hydration and physical properties of vacuum-dried durum wheat semolina pasta with highfiber oat powder. *LWT – Food Science and Technology*, 63, 647–653.
- Rakhesh, N., Fellows, C. M., & Sissons, M. (2015). Evaluation of the technological and sensory properties of durum wheat spaghetti enriched with different dietary fibres. *Journal of the Science of Food Agriculture*, 95, 2–11.
- Yao, N., Jannink, J. L., Alavi, S., & White, P. J. (2006). Physical and sensory characteristics of extruded products made from two oat lines with different betaglucan concentrations. *Cereal Chemistry*, 83, 692–699.
- AOAC. 1995. Official methods of analysis. 16th edn. Association of official analytical chemists, Virginia, USA.
- Bastiman, B. 1976. Factors effecting silage effluent production. *Experimental Husbandry*. 31:40–46.
- Bauchart, D., F. Legay-Carmier, M. Doreau, and B. Gaillard. 1990. Lipid metabolism of liquid-associated and solid-adherent bacteria in rumen content of dairy cows offered lipid-supplemented diet. *Br. J. Nutr.* 63:563–578.
- Beuving, J. M., S. F. Spoelstra and R. J. Hogendorp. 1992. An automated method for measuring the time course of gas production of feedstuffs incubated with buffered rumen fluid. *Neth. J. Agri. Sci.* 40: 401–407.
- Bongo, F., Rearte, D. H., Santini, F. J. and Muller, L. D. 2001. Ruminant digestion by dairy cows grazing winter oats pasture supplements with different levels and sources of protein. *J. Dairy Sci.* 84(10):2260–2272.
- Cai, Y., Benno, Y., Ogawa, M. and S. Kumai. 1999. Effect of applying lactic acid

bacteria isolated from forage crops on fermentation characteristics and aerobic deterioration of silage. *J. Dairy Sci.* 82(3):520–6.

- Cai, Y., Benno, Y., Ogawa, M., Ohmomo, S., Kumai, S. and T. Nakase. 1998. Influence of *Lactobacillus spp.* from an inoculant and of *Weissella* and *Leuconostoc spp.* from forage crops on silage fermentation. *Appl. Environ. Microbiol.* 64:2982–2987.
- Cao, Y., Cai, Y., Takahashi, T., Yoshida, N., Tohno, M., Uegaki, R., Nonaka, K. and F. Terada. 2011. Effect of lactic acid bacteria inoculant and beet pulp addition on fermentation characteristics and *in vitro* ruminal digestion of vegetable residue silage. *J. Dairy Sci.* 94(8):3902–12.
- Cao, Y., Takahashi, T. and K. Horiguchi. 2009. Effect of food by-products and lactic acid bacteria on fermentation quality and *in vitro* dry matter digestibility, ruminal methane and volatile fatty acid production in total mixed ration silage with whole-crop rice silage. *Jpn. J. Grassl. Sci.* 55:1–8.
- Cao, Y., Takahashi, T., Horiguchi, K. I. and N. Yoshida. 2010. Effect of adding lactic acid bacteria and molasses on fermentation quality and *in vitro* ruminal digestion of total mixed ration silage prepared with whole crop rice. *Grassl. Sci.* 56:19–25.
- Chaudhry, A. S. 1998. *In vitro* and in sacco digestibility of wheat straw treated with calcium oxide and sodium hydroxide alone or with hydrogen peroxide. *Anim. Feed Sci. Technol.* 83(3):313–23.
- Chaudhry, A. S. 2000. Rumen degradation in sacco in sheep of wheat straw treated with calcium oxide, sodium hydroxide and sodium hydroxide plus hydrogen peroxide. *Anim. Feed Sci. Technol.* 74(4):301–13.
- Chaudhry, A. S. 1998. Nutrient composition, digestion and rumen fermentation in sheep of wheat straw treated with calcium oxide, sodium hydroxide and alkaline hydrogen peroxide. *Anim. Feed Sci. Technol.* 74(4):315–328.
- Chaudhry, A. S., Miller, E. L. 1996. The effect of sodium hydroxide and alkaline hydrogen peroxide on chemical composition of wheat straw and voluntary intake, growth and digesta kinetics in store lambs. *Anim. Feed Sci. Technol.* 60:69–86.
- Cheng, K., Forsberg, C. W., Minato, H. and J. W. Costerton. 1991. 24 - microbial ecology and physiology of feed degradation within the rumen. Tsuda T, Sasaki Y, Kawashima R, editors. San Diego: Academic Press. 595 p.
- Cruywagen, CW., Taylor, S., Beya, MM. and T. Calitz. 2015. The effect of

buffering dairy cow diets with limestone, calcareous marine algae, or sodium bicarbonate on ruminal pH profiles, production response, and rumen fermentation. J. Dairy Sci. 98:5506–5514.

- DePeters, E. J. and Taylor, S. J. 1985. Effects of feeding corn or barley on composition of milk and diet digestibility. J. Dairy. Sci. 68:2027–2032.
- Ehle, F. R 1984. Influence of particle size on determination of fibrous feed components. J. Dairy Sci 67:1482–1488.
- Ehle F. R., M. R. Murphy, J. H. Clark. 1982. *In situ* particle size reduction and the effect of particle size on degradation of crude protein and dry matter in the rumen of dairy steers. J. Dairy Sci. 65:963–971.
- Farrell, D. J. 1994. Utilization of rice bran in diets for domestic fowl and duckling. World' s Poul. Sci. J 50:115–131.
- Gibson, T. and A.C Stirling. 1959. The bacteriology of silage. NAAS quarteral Review. No. 44. Summer, p.167–172.
- AOAC. 1991. Official method of analysis. 15th ed. Washington, DC.
- Cao, Y. et al. 2011. Effect of lactic acid bacteria inoculant and beet pulp addition on fermentation characteristics and *in vitro* ruminal digestion of vegetable residue silage. Journal of Dairy Science 94: 3902–3912.
- McDougall, E. 1948. Studies on ruminant saliva. 1. The composition and output of sheep's saliva. Biochemical Journal 43: 99–109.
- Nkosi, B. et al. 2016. Effects of dietary inclusion of discarded cabbage (*Brassica oleracea* var. capitata) on the growth performance of South African Dorper lambs. South African Journal of Animal Science 46: 35–41.
- Rezende, A. V. d., C. H. S. Rabelo, M. R. M. d. Silva, C. J. Hürter, and R. M. Veiga. 2015. Wasted cabbage (*Brassica oleracea*) silages treated with different levels of ground corn and silage inoculant. Revista Brasileira de Zootecnia 44: 296–302.
- Van Soest, P. J. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. Journal of Dairy Science 74: 3583–3597.
- 식품의약품안전처. 2018. 식품안전관리지침 (축산물위생분야).