

발간 등록 번호

11-1543000-001828-01

악취제거제와 미세연무 발생장치를 활용한
돈사의 악취와 미세먼지 제거

(선행연구)

최종보고서

2017.07.23.

주관연구기관 / 누리향(주)

위탁연구기관 / 테크노베이션파트너스(주)

농림축산식품부

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “악취제거제와 미세먼무 발생장치를 활용한 돈사의 악취와 미세먼지 제거”(개발기간 : 2017.04.24.~ 2017.07.23.)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2017. 07. 23.

주관연구기관명 : (주)누리향 / 현재호

위탁연구기관명 : (주)테크노베이션파트너스 / 김효정

주관연구책임자 : 현 제 호

위탁연구책임자 : 이 승 우

국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의 합니다.

보고서 요약서

과제고유번호		해 당 단 계 연 구 기 간		단 계 구 분	(해당단계)/ (총 단 계)
연구사업명	단 위 사 업	기술사업화지원사업			
	사 업 명	현장연계고부가가치제품사업화(기획지원)			
연구과제명	대 과 제 명	악취제거제와 미세연무 발생장치를 활용한 돈사의 악취와 미세먼지 제거			
	세부 과제명				
연구책임자	현 재 호	해당단계 참여연구원수	총: 2 명 내부: 2 명	해당단계 연구개발비	정부: 20,000천원
		총 연구기간 참여연구원수	총: 2 명 내부: 2 명 외부: 명	총 연구개발비	정부:20,000천원 민간: 0 천원 계: 20,000천원
연구기관명 및 소속부서명	(주)누리향			참여기업명	
위탁연구	연구기관명: (주) 테크노베이션파트너스			연구책임자: 이승우	

<p>요약</p> <ul style="list-style-type: none"> - 미네랄 워터의 미세연무 분무기술을 통하여 돈사 내 악취물질과 미세먼지를 줄일 수 있는지에 대한 기술적, 사업적 타당성 연구를 수행, 타당성을 확인함 - 시장성 <ul style="list-style-type: none"> · 악취물질과 미세먼지 동시저감 기술은 악취 민원을 줄일 수 있고, 돼지의 폐사율을 줄일 수 있다는 점에서 시장성이 충분히 존재함 · 국내기업형 양돈농가의 돼지 출하1두당 연간환경관리비용 1만원 가정 시 연간 1,515.7억원 규모로 추정되며, 연무분무시설 잠재수요는 1,000마리시설을 1유닛으로 가정할 경우, 9,473 유닛의 수요가 존재함 - 기술성 <ul style="list-style-type: none"> · 미네랄 워터의 축사 내 분무를 통하여 악취물질과 미세먼지가 1/3수준 (대조군 암모니아 농도 50ppm, 처리군 암모니아 농도 17ppm)으로 떨어짐을 확인 · 축사환경에 적용할 수 있는 하전된 미세연무의 대규모 발생장치 개발 필요 - 사업성 <ul style="list-style-type: none"> · 제주도내 제품출시 후 5년뒤 시장점유율 30% 가정 시 제주도내 5년간 매출 예측은 89.6억원이 기대되고, 동 사업기회에 대한 기술가치는 6.0억원으로 추정되며, 전국을 대상으로 할 경우, 100억원 이상의 기술가치를 가질 것으로 추정됨 	보고서 면수 98
--	---------------------

<국문 요약문>

	코드번호	D-01
연구의 목적 및 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 연구목적 <ul style="list-style-type: none"> - 액상환경개선제의 미세연무를 통한 돈사의 악취와 미세먼지 동시저감 기술에 대한 타당성 연구 ○ 연구내용 <ul style="list-style-type: none"> - 시장성 조사 분석 - 기술성 조사 분석 - 사업성 조사 분석 	
연구 개발 성과	<p>1) 시장성 조사</p> <ul style="list-style-type: none"> - 축산악취 민원은 증가하고 있으나, 축산악취를 제어관리할 수 있는 신뢰할만한 솔루션 (제품/기술)이 존재하지 않음 - 축산악취 민원의 증가에 따른 행정규제/지도 강화와 생산성을 높여려는 양돈농가의 의식 개선으로 축산환경관리 제품에 대한 수요는 지속적으로 증가 전망 - 축산농가는 환경관리제품에 대한 불신이 커서 환경관리제품의 시장 진입이 용이하지 않은 상황이나, 젊은 양돈가를 중심으로 신규제품을 적극적으로 시험해보려는 시도가 일어나고 있음 - 국내 기업형 양돈농가 대상의 축산환경관리제품 시장은 연간 1,500억 원 규모로 추정됨 - 동 과제에서 개발하고자 하는 기술은 악취민원을 해결하면서 돼지의 폐사율을 줄일 수 있다는 점에서 축산농가의 관심을 끌 수 있으나, 축산현장에서의 실험데이터의 확보가 관건임 <p>2) 기술성 조사</p> <ul style="list-style-type: none"> - 국내에 900여종의 축산환경관리제품이 출시되어 있으나, 시장의 신뢰를 얻지 못하고 있으며, 축산현장에서의 실증데이터를 가지지 못하고 있음 - 학술연구조사 결과, 축사내 암모니아와 미세먼지가 돼지의 면역과 성장 등 돼지에 유해한 영향을 끼치는 것으로 조사됨 - 동 과제에서 사업화하고자 하는 미네랄 워터의 간이분무실험에서 일반 물분무에 비하여 악취물질농도를 1/3수준으로 낮추는 것으로 확인되어 최적화된 기술개발을 추진할 가치가 충분히 존재함 - 특히 선행문헌조사에서 하전된 물의 안개분무시 악취물질을 90%이상 제거하는 것으로 나타나 미네랄 워터의 하전효과를 검증할 필요가 있음 <p>3) 사업성 조사</p> <ul style="list-style-type: none"> - 국내 기업형 양돈농가의 연간 환경관리시장규모는 약 1500억원 규모로 추정됨 (제주도는 82억원) - 제주도내에서 축산환경관리솔루션 비즈니스를 수행한다고 가정하고 5년 뒤 시장 점유율 30% 시나리오의 경우 5년간 89.6억원이 기대되고, 제주도내 기술사업화 성공에 따른 기술가치는 약 6억원으로 평가됨 - 전국시장으로 확대할 경우 기술가치는 100억원 규모이상으로 기대됨 	

	<p>4) 사업화 추진방안</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 제품 컨셉 <ul style="list-style-type: none"> - (타겟시장) 기업형 양돈농가 - (고객문제) 축산악취민원 해결 및 폐사율 저감 - (개발제품) 축사내 악취물질 및 미세먼지를 줄임으로서 축산악취민원을 줄이고, 양돈농가의 폐사율 저감, 성장률 제고가 가능한 축사환경관리 솔루션 - (개발기술) 미네랄 워터의 미세연무 하전기술 ○ 사업화 성공 핵심요인 및 차별성 확보 방안 <ul style="list-style-type: none"> - 기존 대부분의 제품의 한계는 현장실증데이터가 부재하다는 점임. 장기적인 현장실증데이터 확보를 통한 유효성 데이터의 입증은 성공의 핵심임 - 축사환경관리제품에 대한 공인인증기관이 부재한 상황이기 때문에 기술개발을 추진함에 있어서 전문연구기관(대학 축산학과), 지자체, 주민, 양돈업자가 참여하는 형태로 사업추진이 바람직함 (마을단위의 시범사업으로 추진하는 방안도 유효) - 양돈농가를 대상으로 환경관리제품 사용을 유도하기 위해서는 환경관리제품이 Add-Cost가 아니라 Add-Value라는 사실을 입증할 수 있어야 함. 따라서 환경관리개선 투자비용보다 폐사율 저감으로 얻을 수 있는 혜택이 더 큼을 입증할 수 있는 데이터 확보가 필요 ○ 최종 기술개발 목표 설정 <ul style="list-style-type: none"> - 축사 내 암모니아 농도 15ppm, 황화수소 500ppb 이하로 환경관리 - 축사 내 미세먼지 농도 PM10 50$\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하, PM2.5 25$\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하로 환경관리 - 축사환경과 돼지건강 (면역력, 폐사율 등)과의 관계 규명을 통한 환경관리 가이드라인 확립 - 계절적 요인, 축사시설, 기상기후조건, 사료/항생제 사용 등 다양한 요소를 고려한 축사내 환경오염물질 농도 측정 및 데이터베이스 구축 				
<p>연구개발성과의 활용계획 (기대효과)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 동 연구결과는 양돈악취를 줄일 수 있는 축사환경관리솔루션 개발에 활용 (미세연무 발생장치의 개발 방향설정에 활용하고, 환경관리솔루션의 축산농가대상의 마케팅 전략 수립에 활용) ○ 동 기술이 개발될 경우, 축산악취로 고통을 받는 지역주민에게 혜택을 줄 수 있을 뿐만 아니라, 축산농가 작업자의 작업환경을 쾌적하게 하고, 돼지 폐사율 저감 등으로 축산농가의 소득증대에 기여할 수 있을 것으로 기대됨 				
<p>중심어 (5개 이내)</p>	<p>악취제거</p>	<p>미세연무</p>	<p>돈사</p>	<p>환경오염</p>	<p>농기계</p>

< SUMMARY >

		코드번호	D-01
Purpose& Contents	(Purpose) - Feasibility study about a technology removing the nasty odor, ultra-fine mist, pollution of swine barn by generating ultra-fine fog of liquid deodorant (Contents) - Marketability survey - Technological feasibility survey - Business feasibility survey		
Results	1) Marketability survey - It is checked that there is no reliable solution technology even though the number of complaints for livestock odor, swine odor are increasing. - It is expected that demand for barn-environment management product is increasing since improved awareness that good environment would improve productivity has been spreading. - Because of the distrust in the market of barn-environment management product, it is not easy to convince operators to believe the result of experiments. But nowadays, young livestock operators are trying to apply new technologies, so it can be a good start to cooperate with those young operators. - Since there is a distrust in agricultural machinery market and barn-environment management product market, it is recommended for new business starters that having a large data for convincing customers. - It is expected that the size of domestic barn-environment management product is around ₩150billion every year. 2) Technological feasibility survey - It is checked that there are more than 900 kinds of barn-environment manage product in the market, but there is no reliable one and having some experimental data. - As a result of academic research, it is found that ammonia and particulate matters in swine barn are harmful to human health, swine health and so on. - In experiment, it is concluded that the product, business item in this project, makes the concentration of ammonia in the barn air to 1/3 of concentration of control group. - It is found from the paper that electro-statically charged water spray can reduce the concentration of ammonia and particulate matter to under 10% in swine barn		

	<p>3) Business feasibility survey</p> <ul style="list-style-type: none"> - It is expected that the total market size of barn-environment management product is about to ₩150 billion in Korea and about ₩8 billion in Jeju, main target market. - Under the assumption that starting business in Jeju island and increasing market ratio up to 30% in 5years, the total revenue is expected to be ₩ 8.96 billion, and the value of the technology will be ₩ 0.6 billion. - The value of the technology is ₩0.6 billion in Jeju and it will be more than ₩10 billion in Korea <p>4) Tactical roadmap for business</p> <ul style="list-style-type: none"> - (Target Market) Pig farmhouse which has more than 1000 pigs - (Customer Problem) Odor complaints and low productivity - (R&D product) Barn-environment management solution which reduces the number of odor complaints and improves productivity by reducing the odor and particulate matters in barn - (R&D technology) Method of generating ionized fog from mineral water - To convince customers in barn-environment market, it is recommended that to own a lot of experiment data and field data. - Final Goal: <ul style="list-style-type: none"> concentration of ammonia : under 15 ppm concentration of hydrogen sulfide : under 500 ppb concentration of PM10 : under 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ concentration of PM10 : under 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 				
<p>Expected Contribution</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ R&D result can contribute to the development of barn-environment management solution reducing livestock odor, especially to the development of ultra-fine mist machine and strategy development of barn-environment management solution ○ The goal of R&D can contribute to livestock operators, by increasing productivity of livestock business, reducing mortality rate of swine, improving the barn environment and so on, not only for people suffering from livestock odor. 				
<p>Keywords</p>	<p>Removal of nasty odor</p>	<p>Ultra-fine mist</p>	<p>Pigsty</p>	<p>Pollution of environment</p>	<p>agricultural machinery</p>

〈 목 차 〉

1. 연구개발과제의 개요	1
2. 국내외 기술개발 현황	5
3. 연구수행 내용 및 결과	17
4. 목표달성도 및 관련분야에의 기여도	65
5. 연구결과의 활용계획 등	69
6. 연구과정에서 수집한 해외과학기술정보	73
7. 연구개발성과의 보안등급	79
8. 국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비현황	79
9. 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전조치 이행실적	79
10. 연구개발과제의 대표적 연구실적	79
11. 기타사항	79
12. 참고문헌	80

< CONTENTS >

1. Abstract	1
2. Status of domestic and overseas technology development	5
3. R&D Contents and result	17
4. Achievement of goal and contribution to related field	65
5. Plan for extended and future work	69
6. Related international science and technology information	73
7. Security level of R&D achievement	79
8. Status of facilities enrolled on NTIS	79
9. History of safety action during R&D	79
10. Representative achievement of R&D	79
11. Further information	79
12. Reference	80

〈 표 차례 〉

〈표 1-1〉 한국과 해외의 양돈업 생산성 비교	3
〈표 2-1〉 특허 검색식(국내)	11
〈표 2-2〉 특허 검색식(미국)	12
〈표 2-3〉 논문 검색식	13
〈표 3-1〉 2003년 브라질 돈사 근로자의 호흡기 질환 현황	21
〈표 3-2〉 2016년 제주도 서귀포시 악취 민원 통계	23
〈표 3-3〉 2017년 상반기 제주도 서귀포시 악취 민원 통계	25
〈표 3-4〉 제주도 양돈농가 인터뷰 조사	32
〈표 3-5〉 양돈농가1의 축사 내 미세먼지 농도 측정 결과	37
〈표 3-6〉 양돈농가1의 축사 내 악취물질 농도 측정 결과	38
〈표 3-7〉 양돈농가2의 축사 내 미세먼지 농도 측정 결과	39
〈표 3-8〉 양돈농가2의 축사 내 악취물질 농도 측정 결과	40
〈표 3-9〉 실험 결과(실험군)	44
〈표 3-10〉 실험 결과(대조군)	44
〈표 3-11〉 한국의 주요 특허	50
〈표 3-12〉 미국의 주요 특허	51
〈표 3-13〉 주요 논문 분석	52
〈표 3-14〉 NTIS DB 검색 결과 분석	53
〈표 3-15〉 상품화 이후 5년 간 매출액 전망	58
〈표 3-16〉 축사환경관리 목표	63
〈표 4-1〉 목표 달성도	67
〈표 6-1〉 연구과정에서 수집한 해외과학기술정보	75

〈 그림 차례 〉

[그림 1-1] 연구개발 추진 체계	4
[그림 2-1] 누리항의 사료첨가제	7
[그림 2-2] 돈사 내 공기 순환 개념도	7
[그림 2-3] 가축분뇨 고액분리기	8
[그림 2-4] 안개 방제기	9
[그림 2-5] 포집터널 살수 시설	9
[그림 2-6] 바이오 필터	10
[그림 2-7] 바이오 스크리버의 개념도	10
[그림 2-8] 국내 특허의 기간별 출원 수	11
[그림 2-9] 해외(미국) 특허의 기간별 출원 수	12
[그림 2-10] 해외(미국) 특허의 기간별 출원 수	13
[그림 2-11] 돈사 내 악취 제거 기술 논문 수 동향	14
[그림 2-12] 돈사 악취 제거 기술 국가별 논문 수(2000년 이후)	14
[그림 2-13] 돈사 내 먼지 제거 기술 논문 수(2000년 이후)	15
[그림 2-14] 돈사 내 먼지 제거 기술 국가별 논문 수(2000년 이후)	15
[그림 3-1] 연도별 악취현황	19
[그림 3-2] 전라남도 영남면의 돈사 신축 반대 시위	20
[그림 3-3] 충청남도 천안시의 돈사 축사 설립 반대 시위	20
[그림 3-4] 한돈협회에서 실시하는 악취저감제품 및 시설효과 검증	22
[그림 3-5] 제주도 서귀포시 계절별 악취 민원 통계	24
[그림 3-6] 제주도 서귀포시 지역별 민원 분포(2016)	24
[그림 3-7] 광역축산악취개선 사업 관련 뉴스(축산신문, 2017)	33
[그림 3-8] 미세먼지 측정기기	36
[그림 3-9] 악취물질 측정기기	36

[그림 3-10] 양돈농가1의 돈사 내 미세먼지 측정 결과	37
[그림 3-11] 양돈농가1의 돈사 내 암모니아 농도와 황화수소 농도	38
[그림 3-12] 양돈농가2의 돈사 내 미세먼지 농도 측정 결과	39
[그림 3-13] 양돈농가2의 돈사 내 암모니아 농도와 황화수소 농도	40
[그림 3-14] 미세연무 발생장치 사용 모습	42
[그림 3-15] 돈사 내 소독액 분무	43
[그림 3-16] 돈사 내 청소	44
[그림 3-17] 실험군과 대조군의 돈사 내 PM2.5 농도	45
[그림 3-18] 실험군과 대조군의 돈사 내 PM10 농도	45
[그림 3-18] 실험군과 대조군의 암모니아 농도 변화	46
[그림 3-20] 실험군과 대조군의 황화수소 농도 변화	46
[그림 3-21] 실험군의 돈사 내 암모니아 농도 변화	47
[그림 3-22] 대조군의 돈사 내 암모니아 농도 변화	47
[그림 3-23] 누리향의 비즈니스 모델	62

1. 연구개발과제의 개요

- 1.1. 연구개발의 목표
- 1.2. 연구개발의 필요성과 현황
- 1.3. 연구개발의 범위
- 1.4. 연구개발의 추진 체계

1. 연구개발과제의 개요

코드번호	D-03
------	------

1.1. 연구개발의 목표

1) 본 과제의 목표

- 미네럴 워터의 미세연무 분무를 통해 축사 내 악취물질과 미세먼지를 줄이는 최종 목표에 대해 기술적, 사업적 타당성을 검증하는 일련의 연구를 수행하는 것을 목표로 함
 - 누리향은 주관기업으로써 본 연구개발의 기술적 타당성에 대한 연구를 수행
 - 연구개발 전문 컨설턴트 업체에 사업적 타당성 보고서를 의뢰

2) 연구개발의 최종 목표

- 미네럴 워터를 현장에 최적화된 조건으로 미세한 크기로 분무하여 축사 내 악취물질과 미세먼지 농도를 효과적으로 제어하는 기술을 개발하는 것이 최종 목표임
 - 본 과제는 해당 최종 목표의 기술적, 사업적 타당성 연구임
 - 최종 목표는 축사 내 악취물질과 미세먼지를 동시에 제어할 수 있는 기술의 개발임

1.2. 연구개발의 필요성과 현황

1) 축산 악취로 인한 피해현황

- 축산 악취로 인한 민원의 발생
 - 현재, 한국에서 악취 문제는 심각한 사회문제로 부상하고 있으며, 그 중에서도 축산 악취가 상당한 비중을 차지하고 있음
- 축산 악취로 인한 축산업계와 주변 지역 거주인의 갈등 심화
 - 축산악취로 인해 축산업자들이 지역 사회에 편입되지 못하고, 주변 거주인과 갈등이 심화되어 다툼, 시위 등 충돌현상이 일어나고 있음

2) 축사의 미세먼지로 인한 피해현황

- 축사의 미세먼지로 인한 축사 근로자의 질환 유발
 - 축사 내의 미세먼지로 인해 근로자에게 다양한 호흡기 질환이 유발됨

3) 한국 양돈업의 저조한 생산성

- 한국 양돈업의 생산성은 해외의 양돈업의 60%대에 그침
 - 한국 양돈업의 MSY는 18.0두이지만 덴마크는 29.2, 네덜란드 등 양돈 선진국의 양돈업 생산성은 32두로, 한국 양돈업 생산성은 해외 양돈업의 61.6%에 그침

<표 1-1> 한국과 해외의 양돈업 생산성 비교

국가	MSY(두)	비율
덴마크	29.2	100%
네덜란드	28.1	96.2%
독일	27.2	93.2%
한국	18.0	61.6%

1.3. 연구개발의 범위

1) 시장성 조사

- 제주도의 양돈농가 인터뷰와 약취 전문가를 대상으로 인터뷰를 진행하여 축사환경 개선상품시장의 현황을 조사할 예정
- 인터넷과 문헌을 통해 관련 통계를 조사하여 시장의 규모, 시장의 동향과 같은 정보 수집

2) 기술성 조사

- 미세털 위터를 미세연무의 형태로 분무하는 안개성장장치를 활용한 약취 및 미세 먼지 관리기술 개발
- 돈사에서 약취물질과 미세먼지의 저감 효율을 실험을 통해 확인

3) 사업화 타당성 조사

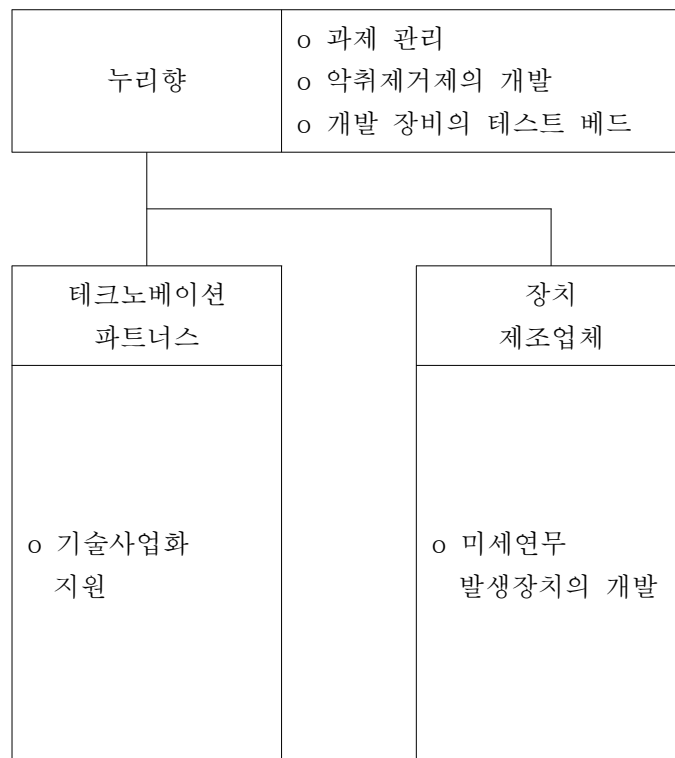
- 제주도 양돈농가의 현지조사와 양돈농가 관계자들의 인터뷰 내용을 기반으로 사업 추진의 위협요인 분석
- 양돈업 시장의 규모 등의 정보를 조사하여 매출액 예측 및 기술의 가치 평가

4) 사업화 추진 방안

- 누리향의 장점과 단점으로부터, 누리향이 목표기술의 연구개발 종료 이후, 제주도 내에서 사업을 시작할 때의 사업화 성공전략 도출
- 누리향의 목표 기술을 개발하여 돈사 내에 적용할 시 주의할 점, 다른 경쟁 제품에 대한 강점과 약점 분석

1.4. 연구개발의 추진 체계

[그림 1-2] 연구개발 추진 체계



2. 국내외 기술개발 현황

2.1. 전반적인 동향

2.2. 기술 동향 분석

2. 국내외 기술개발 현황

코드번호

D-03

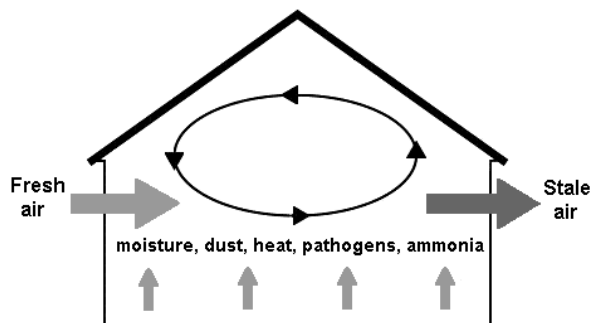
2.1. 전반적인 동향

1) 개요

- 축산환경관리를 위한 제품/기술은 크게 3종류의 제품이 독립적 또는 병용하여 사용되고 있음[Z. Liu & J. DeRouchey, 2014]
 - ① 급여를 통하여 장내 균총을 변화시키고, 돼지 배설물의 악취를 저감시키는 기술
 - 환경개선제, 음용수의 급여를 통해, 돼지의 성장을 촉진시키고 악취를 저감시킴
 - ② 축사내 공기의 배기 시 흡착을 통하여 암모니아와 같은 공기 중 악취물질의 실외 배출량을 줄이는 기술
 - 배기시설과 환기시설의 설계, 건물에 창이 없도록 설계한 무창돈사, 미생물의 반응을 이용한 바이오 필터 등이 있음
 - ③ 돈사 슬러리피트 및 돈사 청소 등을 통하여 악취물질을 줄이는 기술
 - 가축 분뇨를 고체와 액체로 분리시키는 고액분리시설, 액비를 슬러리피트로 반복적으로 순환시키는 액비순환시스템 등이 있음



[그림 2-1] 누리향의 사료첨가제



[그림 2-2] 돈사 내 공기 순환 개념도

2) 기술의 분류

○ 사료첨가제[우물밖 개구리 2016년 12호, 농림수산식품기술기획평가원]

- 2010년에는 국내 사료첨가용 생균제 시장규모가 약 500억원으로 추정됨
- 국내 사료용 생균제 업체에는 (주)씨티씨바이오, (주)진바이오텍과 같은 대규모 업체와 다수의 중·소규모의 업체가 있음
- 그 외에도 농협과 지자체에서 제공하는 유용미생물제제가 있음
- 주된 목표는 돼지의 장을 건강하게 하여 건강하게 성장하게 하는 것이며 동시에 장내 미생물 생태계 변화, 변 성분의 변화로 악취저감성능을 기대할 수 있음
- 구성성분의 변화를 통해 돼지의 성장을 촉진시키고 면역력을 증강시키는 것을 주목적으로 함

○ 분뇨처리시설

- 고액분리시설[가축분뇨처리시설 종류별 평가를 통한 경제성분석과 설치· 운영 개선 방안 등에 관한 연구, 환경부]
 - 고액분리시설로 유입된 돼지 분뇨를 고체와 액체로 분리시킨 이후 액체는 액비로, 고체는 퇴비로 활용함
 - 생성된 액비를 돈사의 슬러리에 투입, 순환시켜 미생물의 작용을 촉진시켜 악취를 저감시킴
 - 슬러리 부피를 15~20% 감소시키며, 액비화가 용이하다는 장점이 있음
- 액비순환시설[액비순환시스템의 양돈장 악취저감 효과, 하덕민, 김두환]
 - 돈사에서 배출되는 슬러리를 호기성 액비화하고 그 액비를 각 도나 하부의 슬러리 피트로 되돌려 순환하는 것을 반복하는 시스템
 - 돈사의 위치, 기온, 바람의 방향과 같은 외부 조건에 따라 악취저감 효과가 변하는 경우가 있음
 - 발효액비를 재순환시킬 때, 돈사 내 암모니아 농도가 최대 72% 감소[국립축산과학원, 2014]



[그림 2-3] 가축분뇨 고액분리기

○ 공기 정화 시설

- 배기시설[이유자돈 육성을 위한 환기관리, 이준엽]
 - 배기시설을 통해 돈사 내의 공기를 외부로 배출시키며 돈사 내의 온도와 습도 및 악취 농도 등을 조절함
 - 배기시설과 소독액 분무기를 동시에 활용하여 돈사 내의 공기를 밖으로 배출 하면서 소독액을 분사하여 악취를 저감시키기도 함
 - 여름에는 돈사 내의 온도를 낮추기 위해 항상 틀어놓는 경우가 많으며 반대로 겨울에는 돈사 내의 온도를 보존하기 위해 사용하지 않는 경우가 많음
- 안개분무시설[이유자돈 육성을 위한 환기관리, 이준엽]
 - 본래의 목적은 돈사 내의 온도와 습도를 조절하는 것임
 - 돈사 외의 공기를 정화하는 목적으로 사용할 때에는 24시간 가동하는 농가도 있음
 - 돼지가 습도에 민감하기 때문에 돈사 내의 공기를 정화할 때에는 사용에 제한이 생김



[그림 2-4] 안개 방제기



[그림 2-5] 포집터널 살수 시설

○ 돈사설계[무창돈사설치할때고려할점, 월간양돈]

- 돈사의 관리를 수월하게 하기 위하여 바깥과의 접촉을 차단한 무창돈사가 있음
- 무창돈사의 환기효율, 관리 난이도 등에 대하여 다양한 연구가 진행되고 있으며 국내 돈사 형태의 비율 중 무창돈사의 형태가 증가하는 추세임
- 돼지에게 쾌적한 환경 조성과 수월한 분뇨처리를 위해 지하형 돈사도 제시되고 있음

○ 바이오 필터[액비순환시스템의 양돈장 악취저감 효과, 한국기술은행]

- 돈사의 악취 가스 상의 오염물질을 미생물, 산소, 수분 및 영양물질 등이 충족되어 있는 충전물질을 통과시켜 이산화탄소와 물로 전환시키는 공정임
- 수백ppmC의 저농도 배기가스를 처리하는 데 효과적이며 비용이 저렴하고 환경적으로 건전한 처리방법으로 인정받고 있음

○ 바이오 스크러버[액비순환시스템의 양돈장 악취저감 효과, 한국기술은행]

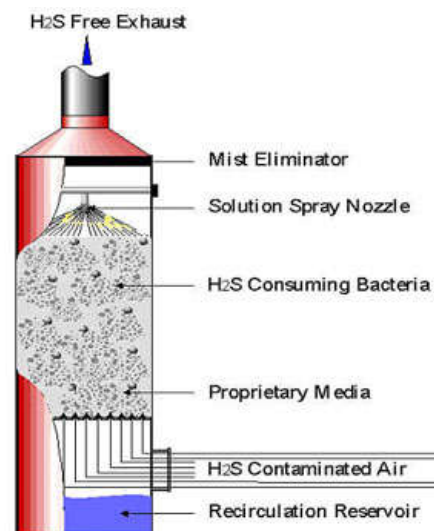
- 오염물이 스프레이되는 슬러지와 마난면서 처리되는 방식임
- 시스템이 작은 편이어서 사용이 용이하며 비용도 높지 않지만 부가적으로 에어레이션 탱크가 필요함수백ppmC의 저농도 배기가스를 처리하는 데 효과적이며 비용이 저렴하고 환경적으로 건전한 처리방법으로 인정받고 있음

○ 촉매소각[액비순환시스템의 양돈장 악취저감 효과, 한국기술은행]

- 250~350℃의 열에서 촉매작용에 의해 오염물이 분해되는 작용을 이용한 악취 저감 방식
- 일반 소각에 비교하여 처리 비용이 낮으며 일산화질소와 이산화질소의 발생률이 낮다는 특징이 있지만 촉매의 안정성과 내구성에 관련된 문제가 있음



[그림 2-6] 바이오 필터



[그림 2-7] 바이오 스크러버의 개념도

2.2. 기술 동향 분석

1) 국내 특허 동향 분석

○ 분석 방법

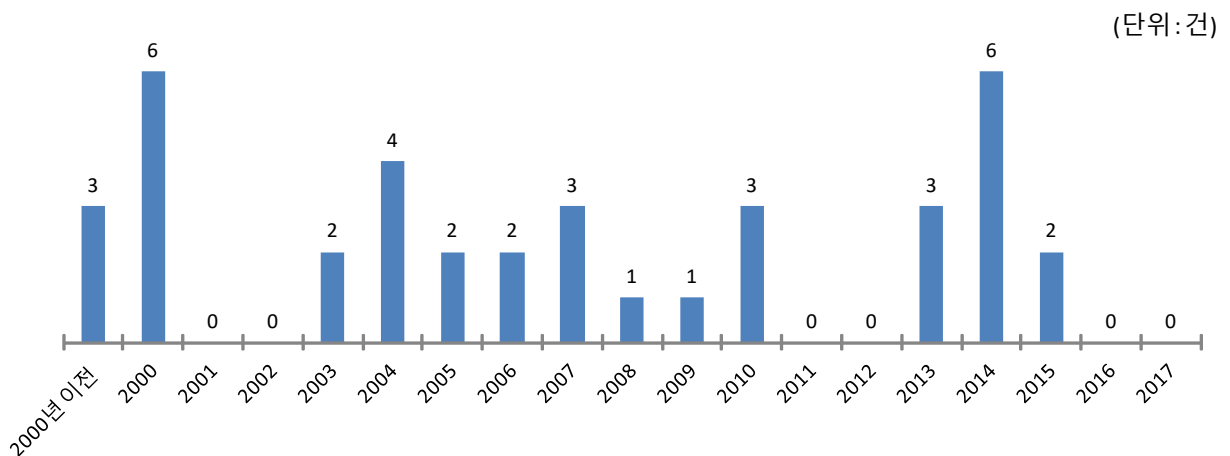
- Focust사의 Wisdomain의 특허 통계 데이터베이스를 이용하여 분석을 수행함
- 2000년부터 현재까지를 분석기간으로 설정

<표 2-1> 특허 검색식(국내)

		(단위: 건)
분야	검색식	국내 특허수 등록(출원)
축사 내의 악취와 미세먼지 저감 (한국)	TAC=((축사 OR 돈사) AND (악취 OR 냄새) AND (먼지) AND (제거 OR 저감))	14(38)
검색기간	검색범위	문서형태
2000년 - 2017년	명칭, 요약, 청구범위	CSV

○ 분석 결과

- 2000년 이후로 출원 수가 많아지기 시작하여, 조금 기복이 있으나 꾸준히 특허가 출원되고 있음
- 검색어에서 (먼지)를 제거하고 검색하면 261건, 악취 관련 검색어를 제거하고 검색하면 58건이 나옴
- 돈사에 대해 먼지 혹은 미세먼지는 큰 이슈로 받아들여지고 있지 않음



[그림 2-8] 국내 특허의 기간별 출원 수

2) 국외 특허 동향 현황(미국)

○ 분석 방법

- Focust사의 Wisdomain의 특허 통계 데이터베이스를 이용하여 분석을 수행함
- 2000년부터 현재까지를 분석기간으로 설정

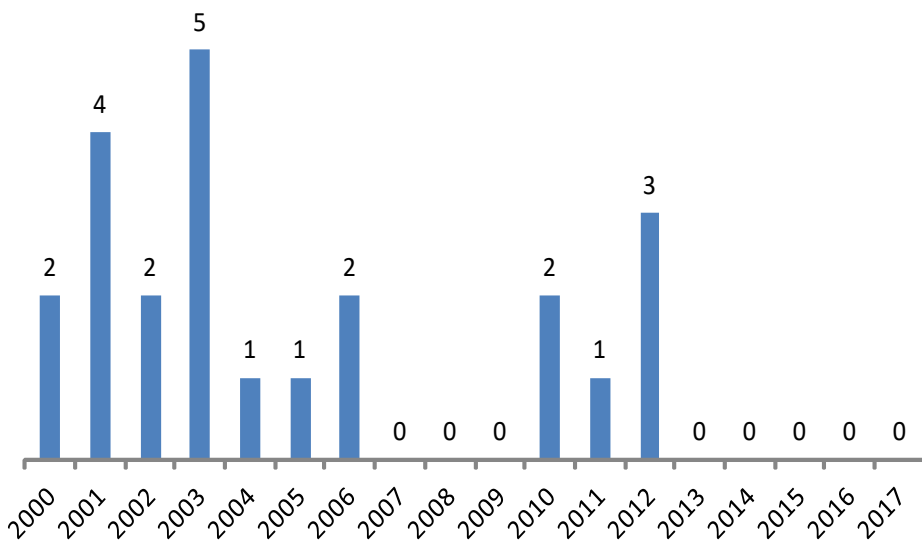
<표 2-2> 특허 검색식(미국)

분야	검색식	(단위: 건) 국내 특허수 등록(출원)
축사 내의 악취와 미세먼지 저감(미국)	tac=((reduce OR eliminate OR decrease) AND (odor OR ammonia) AND (dust or "particulate matter") and (livestock or swine or pig or hog)) not (energy or insect)	7 (50)
검색기간	검색범위	문서형태
2000년 - 2017년	명칭, 요약, 청구범위	CSV

○ 분석 결과

- 축사 내의 악취와 미세먼지를 동시에 저감시키는 기술은 기계를 통한 방법보다는 축사의 구조를 통한 방법이 많음
- 2012년의 3건을 마지막으로 축사의 악취와 미세먼지를 동시에 저감시키는 기술의 특허는 출원되지 않고 있음

(단위:건)



[그림 2-9] 해외(미국) 특허의 기간별 출원수

3) 논문 동향 분석

○ 분석 방법

- Elsevier출판사에서 발행된 인용초록 데이터베이스 Scopus의 통계 데이터베이스를 이용하여 분석을 수행함

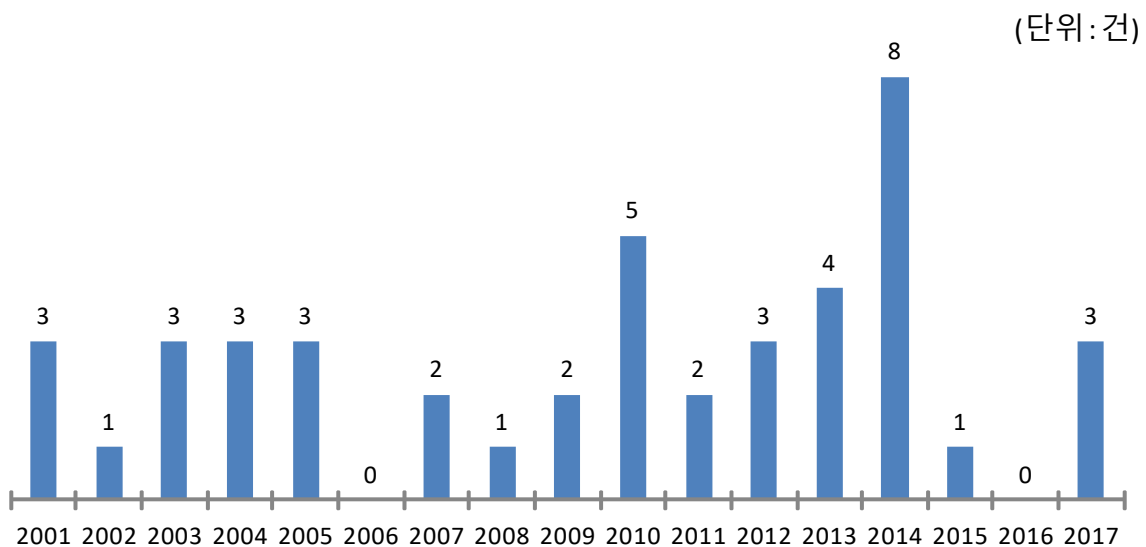
<표 2-3> 논문 검색식

(단위: 건)

분야	검색식	국내 특허수 등록(출원)
축사 내의 악취와 미세먼지	TITLE-ABS-KEY (odor AND livestock AND dust)	55
축사 내의 악취 제거	(TITLE-ABS-KEY(reduce AND (ammonia) AND (livestock OR swine OR hog OR pig)) AND PUBYEAR > 1999)	535
축사 내의 먼지 제거	(TITLE-ABS-KEY((eliminate OR reduce OR control) AND dust AND (livestock OR swine OR hog OR pig)) AND PUBYEAR > 1999)	289
검색기간	검색범위	문서형태
2000년 - 2017년	명칭, 요약, 청구범위	CSV

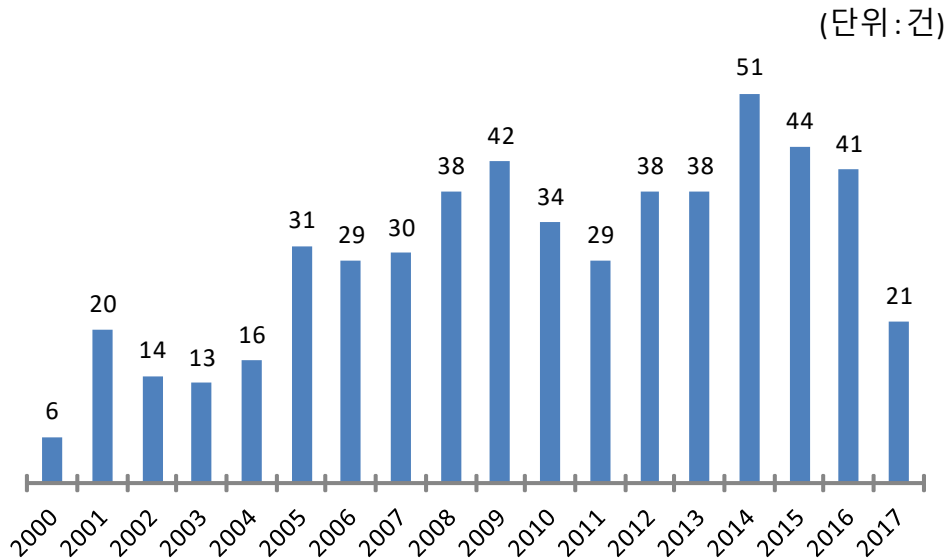
○ 분석 결과

- 1973~2000년 사이에는 11개(20%)의 논문이 출판되어, 2000년 대에 들어 축사의 악취와 미세먼지에 대해 관심이 높아졌음을 확인할 수 있음

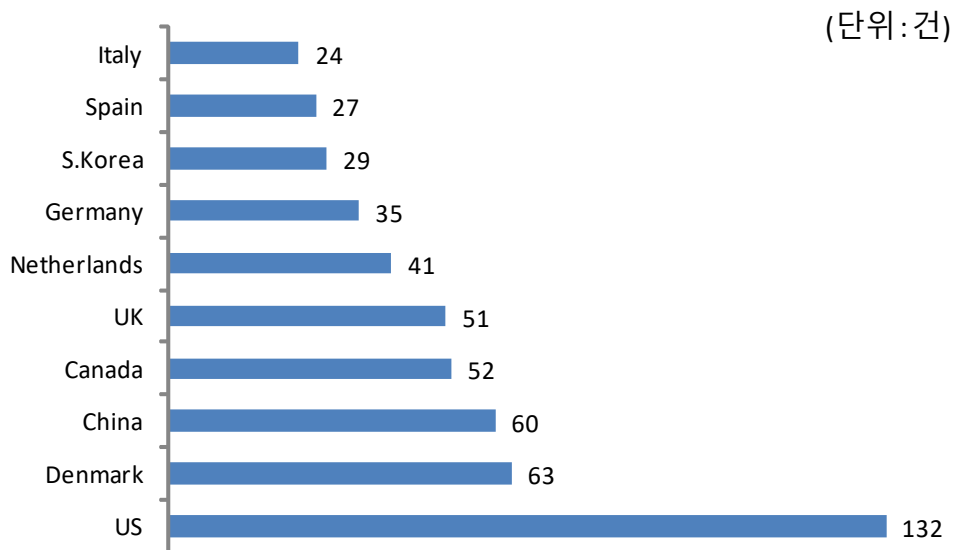


[그림 2-10] 해외(미국) 특허의 기간별 출원 수

- 돈사의 악취 제거 기술에 대해서는 620건의 논문이 검색되었으며 2000년 이후로 535개의 논문이 출판됨
- 국가별 논문 수는 미국(132건)이 제일 많았으며, 양돈선진국으로 유명한 덴마크(63건)가 그 뒤를 이음
- 축산업으로 유명한 유럽(그래프 중에서는 독일, 영국, 네덜란드, 스웨덴, 덴마크, 스페인, 이탈리아)의 수치를 모두 더하면 241건이 됨

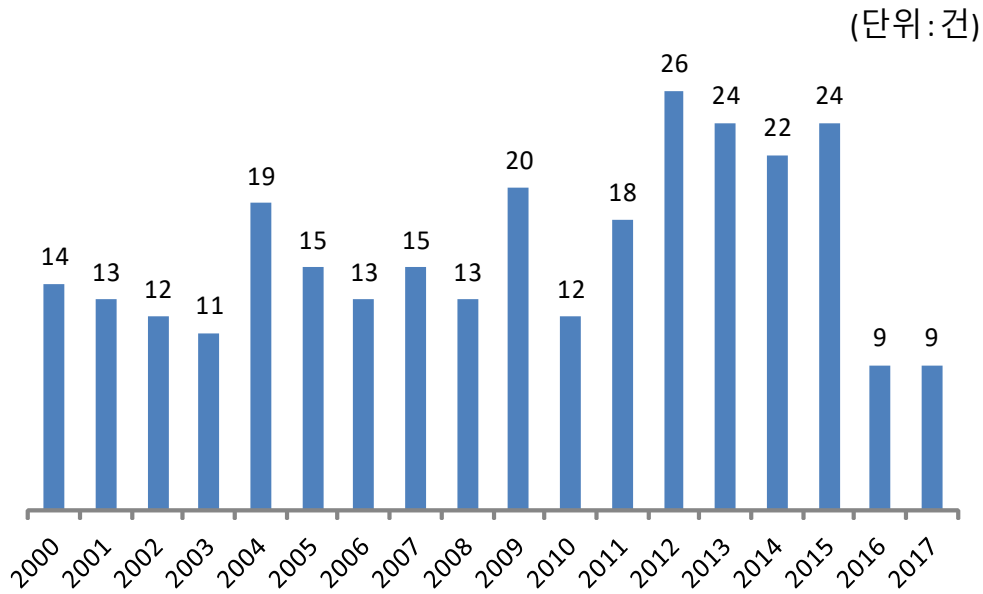


[그림 2-11] 돈사 내 악취 제거 기술 논문 수 동향

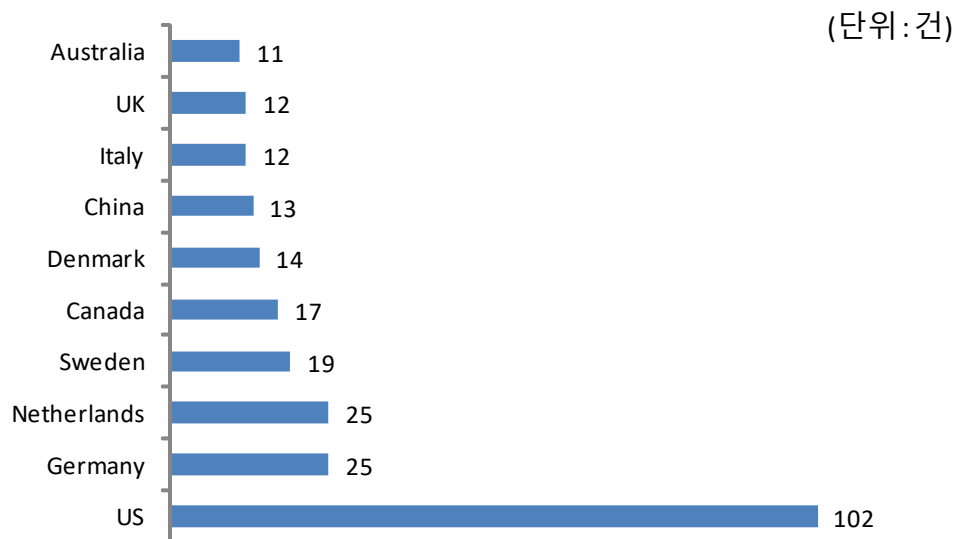


[그림 2-12] 돈사 악취 제거 기술 국가별 논문 수(2000년 이후)

- 돈사의 먼지 제거 기술에 대해서는 485건의 논문이 검색되었으며 2000년 이후로 289개의 논문이 출판됨
- 국가별 논문 수는 미국(102건)이 제일 많았으며, 양돈선진국으로 유명한 네덜란드와 독일(25건)을 출판함
- 축산업으로 유명한 유럽(독일, 네덜란드, 스웨덴, 덴마크, 이탈리아)의 수치를 모두 더하면 107건이 됨



[그림 2-13] 돈사 내 먼지 제거 기술 논문 수 동향



[그림 2-14] 돈사 내 먼지 제거 기술 국가별 논문 수(2000년 이후)

3. 연구수행 내용 및 결과

- 3.1. 시장성 조사
- 3.2. 시장성 조사 결론
- 3.3. 기술성 조사
- 3.4. 기술성 조사 결론
- 3.5. 사업성 조사
- 3.6. 사업성 조사 결론
- 3.7. 사업화 추진 방안

3. 연구수행 내용 및 결과

코드번호	D-03
------	------

3.1. 시장성 조사

1) 악취와 미세먼지로 인한 피해 현황

○ 축산 악취로 인한 민원의 발생

- 현재, 한국에서 악취 문제는 심각한 사회문제로 부상하고 있으며, 그 중에서도 축산 악취가 상당한 비중을 차지하고 있음
 - 국내 악취 민원은 2015년 기준, 15,573건이 발생하였으며 그 중 축산시설에 의한 악취 민원은 27.76%(4,323건)를 차지함[한국환경공단, 악취민원현황(2016)]
 - 충남연구원의 2016년 조사에 따르면 축산 악취 민원은 매년 증가하고 있으며, 2015년의 악취 민원 181건 중 67.4%인 122건이 축산악취를 차지함
 - 2016년에 발표된 제주도의 보도자료에 따르면, 악취 민원이 전년도 대비 37% 증가한 것으로 조사됨



[그림 3-1] 연도별 악취현황 *국민 공감 악취관리 정책방향, 환경부

- 정부와 지자체에서 다양한 방면으로 축산 악취로 인한 피해와 문제를 해결하고자 노력하고 있지만, 아직까지 미해결 문제임
 - 대기환경보전법의 악취관련 규정을 폐지하고 독립적인 악취방지법을 제정하여 2004년부터 악취방지법이 공포, 2005년 2월부터 시행함[악취관리 정책방향, 환경부, 2013]
 - 악취 방지법의 주요내용은 악취관리지역 지정 및 악취배출시설 사업장의 악취방지계획수립임
 - 2012년 2월 공포로 악취방지법이 개정되어 악취방지시설 공동설치와 악취 기술지원의 법적근거 마련에 대한 조항이 제정됨
 - 그러나 환경부의 악취민원현황에 따르면 악취로 인한 민원은 매해 상승하고 있으며 2015년에는 전년도(14,816건)보다 증가한 15,573건이 발생하여, 악취 문제가 해결되지 않고 있음을 시사함
 - 축산 악취제어 기술은 크게 3가지 유형 (사료개량, 분뇨처리, 공기처리)이 존재하며, 기존의 어떠한 기술도 축산악취를 완벽하게 제어하지 못하고 있으며, 축산악취 제어를 위한 신기술 개발은 여전히 진행형임 (Z. Liu & J. DeRouchey, 2014)

○ 축산 악취로 인한 축산업계와 주변 지역 거주인의 갈등 심화

- 축산악취로 인해 축산업자들이 지역 사회에 편입되지 못하고, 주변 거주인과 갈등이 심화되어 다툼, 시위 등 충돌현상이 일어나고 있음
 - “축산 악취 시위”의 검색어의 인터넷 검색을 통해 축산농가와 주변 지역 거주인의 갈등이 심화되어 시위가 발생하였다는 기사를 다수 확인할 수 있음
 - 2016년 8월, 전라남도 영남면 주민들이 인근의 대규모 돈사 신축 소식에 돈사신축 반대 대책 위원회를 구성하여 돈사 신축 장소 이동 및 허가철회를 요구함
 - 2016년 9월, 경상남도 양산시 화제리의 주민들이 축산업의 악취저감을 요구하고 나서며 환경정화위원회를 결성하여 시위를 진행함
 - 2016년 10월, 충청남도 천안시 성환읍 주민들이 연암대의 부지를 양돈농가에 판매한다는 소식에 반대 시위를 벌이며 연암대에 항의함



[그림 3-2] 전라남도 영남면의 돈사 신축 반대 시위



[그림 3-3] 충청남도 천안시의 축사 설립 반대 시위

○ 축사의 미세먼지로 인한 축사 근로자의 건강 질환

- 해외의 연구 결과에 따르면, 돈사, 양계장과 같은 축사의 공기가 원인이 되어 축사 근로자가 잦은 호흡기 질환에 시달리는 것으로 밝혀짐
 - 축사 내의 유기성 먼지, 비유기성 먼지, 바이오에어로졸을 포함한 부유 분진오염원은 이에 노출된 사람과 동물에게 호흡기 질병을 유발하며 악취물질을 운반하기도 함[Donham et al., 1989]
 - 축사 내의 환경은 천식, 만성 기관지염 및 과민성 폐렴을 비롯한 호흡기 질환의 빈도 증가와 관련이 있음[Viegas S et al., 2013]
 - 축사 내에서 먼지는 사료, 분뇨, 동물의 깃이나 털, 지푸라기, 축사의 일부 등 다양한 요소와 동물의 움직임으로부터 발생할 수 있음[Takai et al., 1998]
 - 먼지 입자는 박테리아와 바이러스 등을 운반할 수 있으며 결과적으로 유해한 병원체의 운송수단이 될 수 있음[Muller and Wieser, 1987]
 - 2007년의 브라질의 연구에서 178명의 돈사 근로자 중에서 84.3%(150명)가 호흡기 질환이 발생되었으며 그 중 69%(103명)이 심각한 증상을 보였으며 나머지 31%(47명)은 만성적인 증상을 보임(Marcelo Costa et al., 2007)

<표 3-1> 2003년 브라질 돈사 근로자의 호흡기 질환 현황(전체 178명)

증상, 질병명	명	비율(%)
코 막힘(nasal obstruction)	76	42.7
연속적인 재채기(sequential sneezing)	68	38
코 분비(nasal secretion)	41	23
코 가려움증(nasal pruritus)	41	23
기침(cough)	131	73.6
만성 기침(chronic cough)	40	23.6
객담(expectoration)	124	69
만성 객담(chronic expectoration)	35	19.7
호흡 곤란(Dyspnea)	55	30.9
휘징현상(wheezing)	26	14.7
작업 중 휘징현상(wheezing at work)	12	6.7
만성 기관지염(chronic bronchitis)	9	5.1
기관지 천식(bronchial asthma)	10	5.6
작업 중 호흡 곤란(Dyspnea at work)	17	9.6
간헐적 천식과 일치하는 증상(Symptoms consistent with occupational asthma)	23	13

2) 시장현황

- 현재 축사환경관리기술제품이 난립되어 있는 상황으로 대부분 지자체 보조금을 통하여 보급이 이루어지고 있으며, 지자체 보조금으로 사용되고 있는 제품에 대한 양돈농가의 신뢰는 낮은 상황임[못믿을 축산 환경개선제 판친다, 양돈협동조합 도드람]
 - 최근에서야 한돈협회와 같은 양돈협동조합과 지자체에서 환경개선제의 성능을 검증하기 시작하여 악취저감 제품 및 시설효과 검증 결과 보고서가 출간되기 시작함
 - 한돈협회에서 농가의 제품선택에 도움을 주기 위하여 양돈환경관리 제품에 대한 효능평가실험을 실시하여 정보를 공개하고 있음([양돈장 악취저감 제품 및 시설 검증 결과(2016) ,한돈협회)
 - 특정시기의 특정환경에 대한 실험결과 (장기간의 현장실증평가가 아님)이기 때문에 신뢰성이 매우 낮음
 - 양돈농가의 시설과 환경이 다양하기 때문에 단일 환경관리기술의 적용보다는 양돈농가시설 상황을 고려한 맞춤형의 축사환경관리기술 적용이 필요함
 - 양돈농가가 신규 시설투자가 용이하지 않기 때문에 기존 양돈시설에 추가적인 시설투자 없이 적용할 수 있는 기술이 시급함
- 일부 양돈농가에 에어포그 시스템과 같은 연무분무시설이 설치되어 사용되고 있으나, 온습도 조절 또는 축사소독용으로 사용되고 있는 상황이며, 악취저감용도로의 활용은 활성화되지 않은 것으로 보여짐
 - 에어포그 시스템과 미네랄 워터와의 융합을 통한 악취저감 시설로의 활용성을 검토할 필요가 있음



[그림 3-4] 한돈협회에서 실시하는 악취저감제품 및 시설효과 검증

3) 돈사환경개선상품 시장 규모와 시장의 성장성

- 돈사환경개선상품의 시장 규모는 전국은 연간 1,515.7억원, 제주도는 연간 82억원 규모로 추정됨
 - 2017년 1/4분기 기준, 국내 양돈농가수는 4,858개소이고, 1,000두 이상 사육하는 기업형 양돈농가는 2,819 곳(9,473,111마리)임[통계청]
 - 전국 기준, 소형 양돈농가의 수는 감소하고, 농가 규모의 대형화 추세가 지속되고 있음
 - 제주도내 양돈농가의 수는 380개소이며, 1,000두 이상 사육하는 기업형 양돈농가는 189곳(513,829마리)이며, 전국 추세와 동일하게 소형 양돈농가는 감소하고, 대형화 추세가 지속되고 있음
 - 돈사환경개선상품의 목표 시장은 1,000두 이상 사육하는 기업형 양돈농가로 상정함
 - 목표시장의 규모는 기업형 양돈농가가 출하돈 1마리당 1만원을 투자한다고 가정(출하돈 매출액의 2% 수준)할 경우, 연간 1,515.7억원 규모로 추정됨
 - 제주도내 목표시장 규모는 연간 82.2억원 규모로 추정됨
- 돈사환경개선상품의 시장은 악취규제와 양돈농가들의 인식전환으로 인해 앞으로도 성장할 전망이다

4) 악취 민원 분석

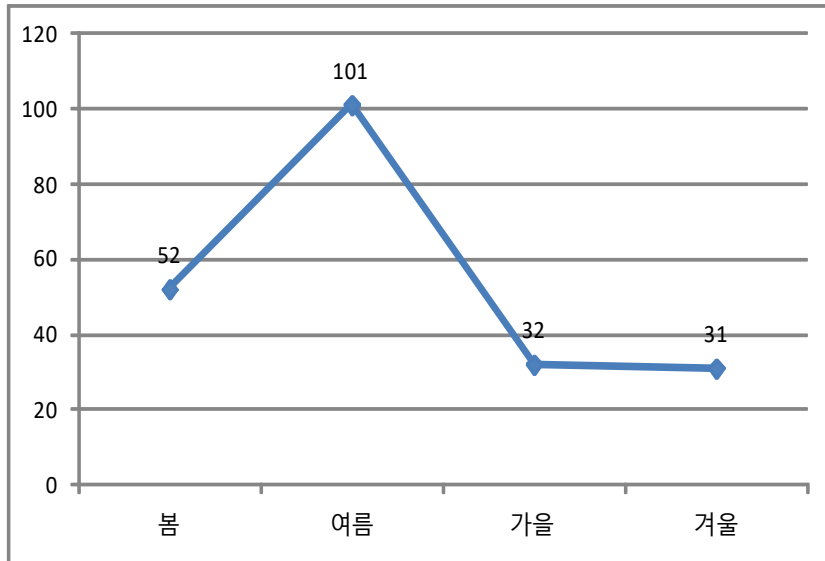
- 2016년의 제주도 서귀포시의 악취 민원 통계
 - 2016년 1월~2017년 6월까지의 서귀포시 악취 민원 현황 조사
 - 서귀포시의 전체에서 상반기 84건, 하반기 129건으로, 총 213건 발생
 - 서귀포시의 서부지역(대정읍, 안덕면)에서 총 53건이 발생하였으며, 상반기 27건, 하반기 26건으로 상반기와 하반기의 악취 민원의 차이가 없음
 - 서귀포시의 중부지역(~동, 남원읍)에서 총 70건이 발생하였으며, 상반기 19건, 하반기 51건으로 상반기와 하반기의 악취 민원의 차이가 큼
 - 서귀포시의 동부지역(표선면, 성산읍)에서 총 90건이 발생하였으며, 상반기 38건, 하반기 52건으로 상반기와 하반기의 악취 민원의 차이가 큼
 - 지역별 악취 민원 분포는, 동부지역 보다 서부지역에서 많이 발생하는 경향을 보임

<표 3-2> 2016년 제주도 서귀포시 악취 민원 통계

	서부	중부	동부	합계
상반기	27	19	38	84
하반기	26	51	52	129
총계	53	70	90	213

- 2016년 계절별 악취 민원 통계

- 악취 민원은 여름에 급증하는 경향을 보임
- 여름철은 돈사의 온도가 높아짐에 따라 자주 환기를 하게 되므로, 주변의 악취 민원이 많이 발생함
- 매년 유사한 경향으로 악취 민원이 발생할 것으로 추측됨
- 계절별로 악취 민원이 크게 차이나기 때문에, 이에 맞추어 계절별로 축사의 악취 저감방법과 강도도 달라져야 함



[그림 3-5] 제주도 서귀포시 계절별 악취 민원 통계



[그림 3-6] 제주도 서귀포시 지역별 민원 분포(2016)

- 2017년 상반기의 제주도 서귀포시의 악취 민원 통계

- 2017년 상반기에 서귀포시 전체에서 81건의 악취 민원이 발생하였으며, 이 수치는 2016년 상반기에 발생한 84건과 유사한 수치임
- 2017년 상반기의 지역별 악취 민원 건수 분포는, 서부는 10건, 중부는 20건, 동부는 51건으로 분포하고 있으며, 2016년 상반기의 분포와 비교했을 때, 동부는 상대적으로 감소하고 서부는 상대적으로 증가하는 경향을 보였음
- 2017년 상반기 서귀포의 지역별 악취 민원의 분포는, 2016년의 분포와 유사하게 서부에서 동부로 갈수록 악취 민원의 발생 건수가 증가하는 것으로 나타남
- 2017년 하반기의 악취 민원 발생 건수의 경향이 2016년과 유사하게 진행된다면, 악취 민원 발생 건수는 크게 감소하지 않을 것으로 보이며, 이는 축산 악취로 인한 피해가 해결되지 않고 있음을 의미함

<표 3-3> 2017년 상반기 제주도 서귀포시 악취 민원 통계

	서부	중부	동부	합계
상반기	10	20	51	81

- 결론

- 제주도의 2017년 하반기 악취 민원 발생 추세는 2016년 하반기와 유사하게 진행될 것으로 보여짐
- 2017년에 제주도에서 발생할 악취 민원의 총 건수는 2016년의 총 민원 발생 건수와 유사할 것으로 보여짐
- 서부보다 동부에서 더 많은 악취 민원이 발생하는 경향은 2016년과 2017년 모두에서 보여지기 때문에, 악취 민원 관리에 있어 동부에 더욱 집중할 필요성이 있으며 그 원인을 밝히기 위해 추가적인 연구가 필요함
- 제주도 서귀포시의 동부에서 발생하는 민원의 총 건수가 서부의 총 건수보다 많은 것은 돈사를 비롯한 축사의 형태, 밀도 등의 조건과 관련이 있을 것으로 추측되나, 아직 확인되지 않아 추가적인 연구가 필요함
- 서귀포시의 계절별 악취 민원 통계로부터, 여름철에 유독 많은 악취 민원이 발생하며 이는 여름철에는 돈사 내의 온도유지를 위해 돈사 내의 공기를 지속적으로 환기시키고 있기 때문으로 보임
- 여름을 제외한 봄, 가을, 겨울에는 악취 민원의 수가 절반 이하로 감소하였으며, 이에 따라 축사의 악취 관리도 계절에 따라 악취 저감 강도와 관리 방법을 변화시킬 필요성이 있음을 시사함

5) 제주도 약취 전문가 인터뷰

○ 김영주 농학 박사¹⁾

- 누리향의 약취제거제는 미생물 제제가 아니라 광물 제제이기에 기존 제품들보다 빠르게 효과가 나타나며 약취저감 원리가 다름
 - 누리향의 약취저감제는 타사의 경쟁 제품보다 빠른 시간 안에 효과가 나타나는 것이 실험에서 확인되었는데, 이는 누리향의 약취저감제가 미생물 제제가 아닌 광물 제제이기 때문에 나타난 특징일 것으로 예상함
 - 누리향의 약취저감제에 황이 포함되어 있기에, 암모니아와 황의 화학반응을 통해 돈사 내의 암모니아 농도가 감소하고 황 농도가 증가할 것으로 예상되며, 이 때 농도가 증가한 황은 간이측정기로는 그 증가량이 정확하게 측정되지 않으며 가스 상태가 아닐 때에는 냄새가 나지 않기 때문에 체감 약취는 감소하는 것으로 예상함
- 환경개선제는 미생물을 통해 돼지의 장을 건강히 하는 것이 목적이며 약취저감이 부수적으로 따라오지만 미생물을 활용하기에 범용성이 떨어진다는 한계가 있음
 - 환경개선제의 목표는 장을 건강히 해서 돼지를 잘 키우는 것이며, 이 때 장 내 미생물로 인해 변 성분도 변화하기 때문에 약취가 부수적으로 저감되는 것임
 - 환경개선제는 미생물을 주로 활용하기 때문에, 돼지축사에서 약취가 감소하는 결과를 얻었다고 해서 소, 닭 축사의 약취가 감소될 것이라는 보장은 없음
 - 미생물 제제뿐만 아니라, 광물 제제일지라도 최종적으로는 장 내에서 미생물이 작용하여 장 내 균총 변화와 약취저감 효과를 가져오기 때문에 범용성이 있다고 단정짓기 힘들
- 환경개선제 시장은 전국 7천억원, 제주도 5백억원 정도이며 앞으로 더욱 성장할 것으로 예상되지만 현재는 너무 많은 상품들이 검증되지 않은 채로 판매되고 있는 상태임
 - 환경개선제는 900개가 넘는 제품이 판매되고 있고 그 중 검증된 것은 거의 없음
 - 김영주 박사가 직접 실험해 본 결과, 효과가 있는 제품도 있는 반면, 효과가 없는 제품도 다수 있었음
- 축사에서 약취저감상품의 성능을 실험할 때에는, 슬러리가 변수로 작용할 여지가 크며 외부 변수가 많으므로 주의할 필요가 있음
 - 실험 전에 슬러리를 청소해두지 않으면 슬러리로 인한 약취물질 측정 오차 때문에 제대로 된 실험이 불가능하기 때문에, 실험 전에 반드시 슬러리를 청소해야 함
 - 축사 내의 실험은 온도, 습도, 날씨 등 외부 변수가 많아 실험 결과를 제대로 얻기가 힘들고 양돈농가에서 쉽게 신뢰해주지도 않음

1) 제주도에서 10년 이상 약취를 연구한 약취 전문가

- 안개분무 및 미세연무 발생기를 돈사 내에서 사용할 때에는 습도에 주의해서 사용해야 함
 - 안개분무는 습도에 영향을 끼칠 것으로 예상되며 미세연무도 크게 다르지 않을 것으로 예상함
 - 돼지들은 습도에 민감하기에 안개분무 및 미세연무 발생기 사용 시 주의가 필요함
 - 또한 물을 분사시킬 때 사료가 젖어서 부패하기도 쉽기 때문에, 사용 시 주의가 필요함
- 제주도 양돈 농가의 암모니아 현황은 20ppm을 곧잘 넘을 것이며 70ppm의 양돈 농가도 다수 있을 것임
 - 일반적으로 돈사에서 냄새가 너무 심할 때는 돈사 내의 암모니아 농도가 3,40ppm 이상일 것
 - 제주도의 경우, 관리가 열악한 돈사가 있어, 돈사 내 암모니아 농도가 70ppm 이 넘는 양돈농가도 많을 것으로 예상됨
 - 경험상, 국내에서 돈사 내의 암모니아 농도가 20ppm만 되어도 굉장히 관리를 잘하는 농가로 보아도 됨

○ 김태유 팀장2)

- 제주도 서귀포시 내의 악취 민원은 증가 추세이지만 악취 자체는 줄어들고 있는 것으로 판단됨
 - 서귀포 시 내의 축산 악취 강도와 횡수 자체는 감소하는 추세라고 판단되나 축산농가 근처 주민의 민원 역치가 증가하고 있어 종합적인 악취 민원의 수는 앞으로도 증가할 전망이다
 - 악취 민원 중에는 동일한 인물이 반복적으로 민원을 넣는 경우도 있어, 단순히 수치로만 해석해서는 안됨
- 축산농가가 악취저감상품의 사용에 소극적이기 때문에 악취 해결을 위해서는 축산농가를 설득할 수 있을 정도의 악취에 대한 과학적인 접근과 구체적인 자료, 예시가 필요함
 - 축산농가들도 악취에 대해 해결할 의지를 어느 정도 가지고 있음
 - 축산농가들은 그동안 사용해 온 제품이 효과가 없거나 고장이 잦다는 경험이 많아 악취저감 상품과 회사에 대한 불신이 많으며 새로운 제품과 시설의 사용에 소극적인 상태임
 - 악취 문제 해결을 위해서는 축산농가들의 신뢰를 얻는 것이 중요하며 이를 위해서는 과학적인 접근과 구체적인 자료, 예시가 필요함
 - 서귀포시의 공무원이 구체적 사례를 들며 악취저감상품을 소개한 적이 있었지만 축산농가에서는 반신반의하며 결국에는 해당 상품을 사용하지 않았다고 함

2) 제주자치도 서귀포시 축산과 축산악취해소TF팀장

- 축산농가의 악취저감설비는 다양하게 존재하나 고장이나 잘못된 사용의 사례가 많으며 이는 악취저감상품 및 회사에의 불신으로 이어짐
 - 축산농가에서 악취저감시설의 고장, 잘못된 사용의 사례가 많은 것으로 보여짐
 - 이는 축산농가가 악취저감상품 회사에의 불신을 가지는 결과로 이어지며, 자연스럽게 축산농가가 악취저감상품의 구입에 소극적인 태도를 취하게 만듦
- 축산농가, 그 중 양돈농가의 주목을 끌려면 악취 해결보다는 양돈업의 생산성 증가에 초점을 맞추어야 함
 - 양돈농가는 악취 민원보다도 돼지의 폐사율과 출하일령을 굉장히 중요하게 여겨, 어떻게든 폐사율을 낮추고 출하일령을 앞당기고 싶어함
 - 양돈농가를 대상으로 제품을 개발할 때에는, 돼지의 폐사율과 출하일령을 낮추는 방향으로 연구할 것을 추천제주도 양돈농가 관계자 인터뷰

6) 제주도 양돈농가 임직원 인터뷰

- 제주도 소재 3 곳의 기업형 양돈농가(길갈축산, 제주동부축산, 제주광평축산) 임직원을 대상으로 인터뷰 조사를 실시
 - 돈사의 기본 정보, 연간모돈두당출하두수(MSY)와 연간모돈두당산자수(PSY), 돼지 폐사의 주요 원인 등에 대한 인터뷰 조사 실시
- 양돈농가 임직원 인터뷰 결과 중 공통사항
 - 돈사 내의 환경 개선이 양돈업 생산성 증가로 이어짐
 - 악취와 폐사율이 관계가 있다는 것에 경험적으로 동의함
 - 미세먼지가 폐사율에 끼치는 영향에 대한 인식 없음
 - 악취물질과 미세먼지 측정기가 구비되어 있지 않음
 - 호흡기 질환이 폐사율에 큰 영향을 끼침
 - 환절기에는 폐사율이 올라감
- 양돈농가1 임직원의 강조사항
 - 돼지 폐사율 증가의 주요 원인은 다양하지만 호흡기 질환이 많음
 - 이유 전의 폐사율은 계절에 따라 달라짐
 - 여름에는 새끼 돼지들이 보온박스에 들어가지 않은 채로 잠들어 어미 돼지에 깔려 압사하는 일이 잦음
 - 이유 전의 폐사율은 관리에 따라 5%까지 낮출 수 있을 것으로 예상되며 일반적으로는 10% 이상으로 예상됨
 - 이유 후의 폐사율은 관리 여부에 따라 제어가 가능함
 - 주로 호흡기 질환에 걸려 폐사하는 일이 많으며 그 외에는 스트레스, 돼지 간의 다툼 등이 있음

- 장 질병은 백신과 환경관리의 탓이 큼
- 백신을 맞추더라도 주사 위치를 잘 못 놓는 경우가 있어 장 질병으로 인한 폐사가 종종 있으나 폐사의 주요 원인이 되지는 않음
- 호흡기 질환, 장 질환의 관리와 예방을 소홀히 하면 폐사율은 급증할 것으로 예상
- 돼지 폐사 방지 대책은 관리를 철저히 하는 수 밖에 없음
 - 새끼 돼지가 이유 전에 어미 돼지에게 깔려죽거나 아사하는 일은 꼼꼼히 관리하는 수 밖에 없음
 - 일반적인 경우에는 호흡기 질환과 장 질환이 폐사의 주요 원인이 되므로 이 2가지를 막는 것이 중요함
 - 돈사의 온도와 습도 환경을 잘 갖춰주는 것이 중요함
 - 환절기에는 돼지들이 찬 바람을 맞지 않도록 해주는 것이 굉장히 중요함
 - 소화기 질환의 경우 백신 접종이 굉장히 중요함
 - 유창돈사일지라도 배기시설과 공기유입구 차단을 통해 무창돈사처럼 활용하는 것이 가능함
 - 폐사 방지를 위해서는 백신, 항생제 등의 꼼꼼한 관리와 문제 상황의 조기발견이 최중요 사항임
 - 꼼꼼한 관리를 위해 언어적 장벽이 없는 한국인 근로자를 선호함
 - 인건비를 이유로 외국인 근로자가 많이 활동하고 있으며 이것이 평균 폐사율이 높은 원인이라고 지목
- 누리향의 개발 기술은 어느 정도 성장한 돼지 돈사에서 활용 가능할 전망
 - 돼지들은 어릴수록 습도에 민감함
 - 그렇기에 누리향의 개발 기술은 자돈에게 사용하는 것은 바람직하지 않음
 - 추천돈사는 돼지들의 활동량이 많아 먼지가 많이 일어나는 육성돈사와 비육돈사
 - 체중 30Kg 이후부터는 미세연무로 인한 열 상실에 대한 체온 조절도 문제없을 것으로 예상됨
 - 누리향의 개발 기술로 미세먼지는 제거될 것으로 생각하며 공기 중의 균도 제거 가능할 것으로 생각하나, 미세먼지 제거효율에 대해 의문이 생기며 돈사 내의 유익한 균을 제거하는 것은 아닌지 우려됨
 - 누리향의 개발 기술로 주요 악취원인물질인 암모니아도 제거 가능할 것으로 기대함
 - 폐사율을 낮추기 위해서는 돼지의 이상 상태의 조기발견이 중요
 - 백신을 철저히 하면 소화기 질환으로 인한 폐사는 예방 가능
 - 체중 30Kg 이후의 돼지의 돈사에는 미세연무를 활용해도 문제 없을 것으로 예상
 - 미세연무로 인한 악취와 미세먼지 저감 가능성에는 긍정적이지만 돈사의 익균을 제거할 가능성을 우려

○ 양돈농가2 임직원의 강조사항

- 현재 양돈농가2는 활용 중인 악취저감시설의 성능에 만족 중임
 - 악취저감시설을 활용하기 시작한 이후 근로자들부터가 돈사 내의 악취가 저감되었음을 체감함
 - 악취저감시설의 설치 이전에는 악취 민원이 구청을 통하거나 개인 전화로 한 달에 4~5건 꼴로 왔었지만, 설치 이후에는 한 달에 1, 2건으로 바뀜
 - 돈사 내부의 악취는 안개분무시설과 배기시설, 사료첨가제, 액비순환시스템으로 관리 중임
 - 돈사 외부로 나가는 악취는 안개분무시스템, 흰 필터로 저감시키고 있으며 그 성능에는 만족하고 있음
- 다양하게 구비하고 있는 악취시설을 복합적으로 활용해 나갈 계획임
 - 전체 축사를 소수의 팀장이 나누어 관리하며 각자의 시설과 방법으로 악취저감을 실시 중임
 - 안개분무시스템을 활용하여 돈사 외의 악취를 24시간 저감 중이며 팀장의 재량 하에 돈사 내에도 사용 중임
 - 돼지들은 습도에 민감하기 때문에 돈사 내의 안개분무시스템은 팀장의 재량 하에 사용 중임
 - 돼지의 분뇨를 고체와 액체로 분리하기 위한 시설인 고액분리시설을 활용하여 돼지의 시체에 사용함
 - 고액분리시설에서 액비화된 분뇨를 돈사 내의 슬러리피트에 순환시키는 액비순환시스템을 활용하여 돈사 내의 악취를 저감 중
- 악취저감을 위한 노력과 앞으로의 방침
 - 전체 축사를 소수의 팀장이 나누어 관리하며 다양한 방법으로 악취저감을 시도 중이며 그 데이터를 전부 기록 중
 - 악취 민원이 들어올 때에는, 직원들을 활용하여 악취 민원이 들어온 시간대에 농장 주변을 돌아다니며 악취가 나는 지역을 확인
 - 주변 지역 주민을 축사 단지 내로 초대하여 동부축산의 악취는 제어되고 있음을 홍보
 - 앞으로는 현재 수집 중인 정보를 바탕으로 과학적인 접근을 하여 악취문제를 해결하고자 함
- 돼지 폐사의 원인에 대해서는 호흡기 계통 질환과 소화기 계통 질환이 대부분을 차지함
 - 이유 전 폐사의 주요 원인은 호흡기 계통과 소화기 계통 질환
 - 호흡기 계통 질환이 전체의 50%이상을 차지하며 소화기 계통과 합하면 90% 이상
 - 이유 후에도 호흡기 계통 질환은 돼지 폐사율 상승의 원인이 됨

○ 양돈농가3 임직원의 강조사항

- 약취에 대한 양돈농가의 인식은 급격히 변화하고 있어, 약취를 해결의 대상으로 보는 양돈농가의 수가 증가하고 있음
 - 과거에는 약취는 돼지의 사육에 자연스레 따라오는 부산물로 어쩔 수 없는 것이며 그 정도의 약취는 당연하고 익숙한 것이기에 불편을 느끼지 않았을 것이라 생각함
 - 과거에는 돼지의 성장 속도, 폐사율에는 관계가 없을 것으로 생각했었음
 - 지금은 축산업의 약취는 어쩔 수 없는 부분도 있지만 조절 가능한 부분이 크며, 양돈업을 지속하고자 한다면 해결해야만 하는 문제로 인식하기 시작함
 - 지역민들의 불편을 이해하며, 이를 위해 지금은 약취 해결에 힘을 쓰고 있음
 - 더욱이, 돼지의 생활 환경을 개선하면 약취, 돼지의 성장 속도, 폐사율도 개선됨을 경험으로 느끼고 있으며, 약취 저감 능력은 양돈농가가 돼지를 얼마나 잘 키우는 지에 대한 지표가 되고 있음
- 아직은 약취저감을 민원을 무마하기 위한 수준으로만 노력하는 양돈농가들이 더 많을 것으로 예상되지만 약취를 해결의 대상으로 보는 양돈농가의 수가 증가하고 있으며 이들이 젊기에 약취문제는 양돈업의 세대교체에 따라 자연스레 해결될 것임
 - 젊은 경영자일수록 돈사의 약취저감에 신경을 많이 씀
 - 현재는 민원을 무마하기 위한 수준으로 약취를 관리하는 양돈농가가 대다수임
 - 양돈농가의 세대교체가 이루어지면, 약취저감에 투자하는 양돈농가가 대다수일 것
 - 돈사의 환경이 돼지의 폐사율, 성장 속도 등에 상관관계가 있다는 것을 경험적으로 체감하는 경영자가 늘어나고 있음
 - 시간이 지날수록 돈사의 환경을 개선하여 약취를 저감시키고 양돈장의 생산량을 높이려는 시도가 많아질 것
- 약취 문제에 대한 양돈농가의 인식 변화와 세대교체를 긍정적인 방향으로 가속화시키기 위해서는 약취저감상품의 검증이 필요함
 - 약취 문제에 적극적인 양돈농가가 눈에 띄지 않는 것은 약취저감에 검증된 상품이 없어, 무엇을 사용하면 좋을지 모르기 때문임
 - 지금이라도 약취저감에 검증된 상품이 있다면 약취에 신경 쓰는 축산 농가는 모두 사용하려고 할 것
 - 양돈농가3은 마을 단위로 하나의 시범제품을 선정하여 약취저감상품의 검증을 진행 중임
- 약취 저감 상품에 대한 양돈농가의 반응은 소극적이지만 충분한 사례와 예시, 설득력이 있다면 신뢰를 얻을 수 있을 것임
 - 현재 다양한 약취저감상품이 판매되고 있으나, 그 중 제대로 검증된 상품은 없으며 제주도에서 지원하는 상품도 성능을 체감하기 힘들다는 이야기도 있음

- 약취저감상품 중 약취를 저감 성능이 검증된 상품이 있다면 모두 사용하려고 할 것
- 양돈농가로써는 약취 저감 성능이 검증된 상품을 제시해주길 원함
- 구체적인 실험 수치와 더불어, 적어도 2, 3개 농가의 예시가 있다면 축산농가의 신뢰를 얻을 수 있을 것으로 예상
- 약취저감을 위해 양돈농가들도 다양한 시도를 하고 있음
 - 현재 양돈농가3이 위치한 마을은 약취저감 시범마을로 선정되어 주변의 다수의 축산농가들이 동일한 약취저감제 상품을 테스트 중임
 - 마을 이장의 양계장에서 사용한 제품이 효과를 보여 확대되었으며, 사용을 시작한 지 1주일이 지나지 않은 상태임
 - 그 외의 지역에서도 다양한 약취저감 제품을 활용하며 자체적으로 약취 저감을 위해 노력하는 농가들이 있음
- 폐사율 상승의 가장 큰 원인은 돼지들의 스트레스, 환절기의 셋바람임
 - 환절기에 잠깐 열어놓은 틈새로 돈사에 들어온 셋바람을 맞고 돼지들이 호흡기 질환에 걸리는 일이 잦음
 - 환절기에 호흡기 질환에 걸리는 비율이 높아지며 자연스럽게 폐사율이 높아짐
 - 이유 전 단계에서 모돈에 의한 사망, 이유 후 단계에서는 스트레스, 싸움이 원인

<표 3-4> 제주도 양돈농가 인터뷰 조사

	양돈농가1	양돈농가2	양돈농가3
사육 규모	8,000두	22,000두	5,000두
MSY(두)	20	18	19
PSY(두)	27.6	27.6	25.3
MSY/PSY	0.72	0.65	0.75
약취 민원 현황	월 1회	월 5회	월 1회
이유 전 폐사 주요 원인	압사, 아사	압사, 장 질환	압사, 아사
이유 후 폐사 주요원인	호흡기 질환	호흡기 질환, 소화기 질환, 스트레스	호흡기 질환, 스트레스
약취와 폐사율	관계 있다고 확신		
미세먼지와 폐사율	잘 모르겠음	부정적	잘 모르겠음
미 세 연 무 발생기 사용시 주의점	돼지의 활동량이 많은 돈사에 적합 익균을 제거하지는 않을지 우려됨	습도에 주의할 것 비육사에 적합할 것	습도에 주의할 것

7) 관련 정책 및 제도

○ 광역축산악취개선사업(농림축산식품부 친환경축산팀)

- 추진 배경 및 개요

- 축산농가 대형화 등으로 축산악취 민원 발생이 심각하여 주민들에게 불편을 주지 않도록 축사를 시급히 친환경축산화 해야함
- 전체 18,198건 중 농축산시설이 18%로 2위를 차지하지만 타 산업의 규모 및 사업장 수를 고려하면 농축산시설이 가장 심각(국민권익위원회, '13.1~'15.4)
- 축산악취민원은 개별농가보다는 가축사육단지 또는 밀집지역에서 발생
- 축산취약지역을 선정하여 (1순위)악취저감시설, (2순위) 자원화 및 정화시설의 기계·장비 구입에 1개소당 최대 50억원 지원(국비보조 20%, 지방비보조 20%, 융자 60%)

- 주요 성과물

- 강원도 고성군에서 선정된 15개 농가 중 5개 농가에 대한 사업추진 결과 4개 농가가 악취저감에 성공하고 나머지 1개 농가도 완성을 앞두고 있는 상태
- 강원도 고성군에서 2017년에는 18개 농가가 선정되어 총 33가구가 악취개선사업에 참여
- 농림축산식품부는 해당 사업을 지속하여 2025년까지 50개소로 확대할 방침

○ 양돈장 냄새 저감 혁신 3개년 계획(제주도)

- 추진 배경 및 개요

- 2016~2018년 동안 냄새저감 5대 혁신과제 등 5개 분야 33개 사업에 7,115억원 투입
- 수시 모니터링을 실시해 효과를 검증하고 정책으로 확대해 나갈 방침

- 주요 성과물

- 가축분뇨의 관리에 관한 조례(시행 '16.4.6) 및 악취 배출허용기준 조례(시행 '16.5.13) 등의 제·개정을 통해 보다 엄격한 기준을 마련하여 시행
- 축사시설 현대화 사업 시 악취방지시설을 의무화

광역 악취개선 사업, 2025년 50개소로

"한곳만 허술해도 노력 물거품"...개별단위 관리 한계 따라
농식품부, 시군, 읍면 단위 확대...컨설팅 등 패키지 지원

김영길 young@chuksannews.co.kr | 등록 2017.01.20 13:15:52



[그림 3-7] 광역축산악취개선 사업 관련 뉴스(축산신문, 2017)

3.2. 시장성 조사 결론

- 최근 동향으로는, 양돈농가에 대한 악취 민원의 지속적인 증가로 악취저감 이슈는 사회적 이슈이며, 행정규제가 강화되고 있고, 양돈농가의 생존차원에서 해결해야 할 당면 과제임
- 시장 규모는 전국은 연간 1,515.7억원, 제주도는 연간 82.2억원 규모로 추정됨
 - 국내 양돈농가수는 4,858개소이고, 1,000두 이상 사육하는 기업형 양돈농가는 2,819 곳(9,473,111마리)임[통계청]
 - 전국 기준, 소형 양돈농가의 수는 감소하고, 농가 규모의 대형화 추세가 지속되고 있음
 - 제주도내 양돈농가의 수는 380개소이며, 1,000두 이상 사육하는 기업형 양돈농가는 189곳(513,829마리)이며, 전국 추세와 동일하게 소형 양돈농가는 감소하고, 대형화 추세가 지속되고 있음
 - 목표 시장은 1,000두 이상 사육하는 기업형 양돈농가임
 - 목표시장의 규모는 기업형 양돈농가가 출하돈 1마리당 1만원을 투자한다고 가정(출하돈 매출액의 2% 수준)할 경우, 연간 1,515.7억원 규모로 추정됨
 - 제주도내 목표시장 규모는 연간 82.2억원 규모로 추정됨
- 시장 진입 장벽으로는 검증되지 않은 다수의 악취저감상품이 판매되고 있어 두각을 드러내기 어렵다는 것과 미세먼지가 양돈업에 끼치는 피해가 잘 알려지지 않은 것이 있음
 - 양돈농가들이 새로운 악취저감제품의 사용에 소극적이며 악취제어에 관심이 없는 양돈농가도 다수 존재함
 - 양돈농가는 가능하다면 지자체의 지원을 받아 시설을 갖추려고 함
 - 양돈농가는 기존의 제품을 사용하여 효과가 없거나 고장이 잦다는 부정적 경험으로 인해 신제품의 사용에 소극적임
 - 양돈농가 중에는 돈사 내 환경개선이 아니라 악취 민원해결만을 바라는 농가도 다수 존재하는 것으로 보임
 - 기존의 환경개선제 업체와 상품이 많이 있어 경쟁이 치열하며 상품들의 검증이 제대로 되지 않아 두각을 드러내기가 어려움
 - 전문가의 인터뷰 결과에 따르면 현재 사료첨가제 제품이 900여개가 판매중이며 그 중에는 실험 결과, 효과가 없는 것으로 보이는 제품도 다수 있음
 - 양돈농가 임직원의 인터뷰에 따르면 효과가 없는 제품을 사용한 부정적 경험으로 인해 양돈농가는 새로운 제품과 시설을 사용하는 것에 있어 소극적임
 - 미세먼지 관리의 필요성이 널리 알려져 있지 않음
 - 양돈농가 임직원 인터뷰 결과, 악취에 대해서는 양돈업의 생산성과 상관관계가 있다는 것을 체감하고 있지만 미세먼지에 대해서는 생산성과의 상관관계가 인식되지 않고 있음

- 미세먼지가 사람과 돼지의 건강에 위해하다는 것은 문헌조사로도, 입소문으로도 공공연하게 알려져 있지만, 양돈업에 끼치는 악영향이 제대로 밝혀지지 않아, 추가적인 연구가 필요한 부분임
 - 미세먼지는 돈사 내에서 아무리 고농도로 발생하더라도 양돈농가의 외부에서 민원이 발생하지 않아, 양돈농가가 누리향의 제품을 살 동기를 부여 해주지 못함
- 악취저감시설에 대한 수요가 인식 개선과 규제 강화로 인해 증가할 전망이다
- 양돈농가 임직원의 인터뷰에 따르면, 양돈농가의 악취저감시설 수요는 존재하며 시간이 흐를수록 증가할 전망이다
 - 악취저감과 돈사 내 환경개선이 양돈업의 생산성 증가로 이어진다는 것을 체감하는 양돈농가가 늘어나고 있어, 악취저감시설의 수요가 증가할 전망이다
 - 양돈농가의 세대교체가 이루어짐에 따라, 악취저감시설의 수요는 증가할 전망이다
 - 악취저감에 적극적이지 않은 양돈농가도, 지자체의 규제로 인해 악취를 저감시키고 돈사 내의 환경을 개선해야 할 필요가 있어, 악취저감시설의 수요가 증가함
 - 제주도는 양돈장 냄새 저감 혁신 3개년 계획, 축사현대화계획 등, 다양한 정책을 펼치며 천문학적인 금액을 악취 제어에 투입하고 있음
 - 양돈농가의 증축에 대한 제주도의 규제도 강화되고 있어, 양돈농가가 돈사 내의 환경개선에 주력할 필요가 생김[“제주 양돈장 주거지 1km 이내 증축 불허는 정당”, 제주의 소리]

○ 결론

악취물질과 미세먼지 동시저감 기술은 악취 민원을 줄일 수 있고, 돼지의 폐사율을 낮출 수 있다는 점에서 시장성이 충분히 존재함

3.3. 기술성 조사

1) 돈사 내 공기 측정

○ 미세먼지의 농도 측정

- 미세먼지의 농도 측정기

- 모델명 : CW-HWA200
- 측정방법: light scattering method
- 측정범위: 0 ug/m³ ~ 500 ug/m³
- 측정환경: 온도 5°C ~ 45°C / 습도 90%RH이하

- 축사 내부에서 돼지 코의 높이에서 1분 간 측정한 이후 기기화면에 나타난 PM2.5와 PM10, 온도와 습도를 기록하였음

○ 악취물질의 농도 측정

- 악취물질 농도 측정기

- 모델명 : SKT-9300
- 측정방법: 전기화학식 (Electrochemical)
- 측정범위: NH₃의 농도 1 ppm ~ 200 ppm / H₂S의 농도 1 ppm ~ 15 ppm
- 측정환경: 온도 0°C ~ 40°C / 습도 0% ~ 85%

- 축사에서 20m 떨어진 지점에서, 악취측정기의 암모니아 농도와 황화수소의 농도를 "0"으로 초기화한 후 축사 내 측정을 진행하였음



[그림 3-8] 미세먼지 측정기기



[그림 3-9] 악취물질 측정기기

2) 제주도의 양돈농가 돈사의 대기 측정

○ (양돈농가1)

- 미세먼지 측정결과

- 24시간 이내에 다른 축사를 다녀왔기에, 축사 진입허가를 받지 못함
- 양돈농가1의 관계자에게 측정 장치의 사용법을 알려준 이후 돈사 내부를 측정하고 오게 하여 그 값을 기록

<표 3-5> 양돈농가1의 축사 내 미세먼지 농도 측정 결과

	자돈사1 ^{**}	자돈사2	자돈사3	모돈사	바깥
PM2.5($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	198	40	37	27	28
PM10($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	396	88	77	59	61

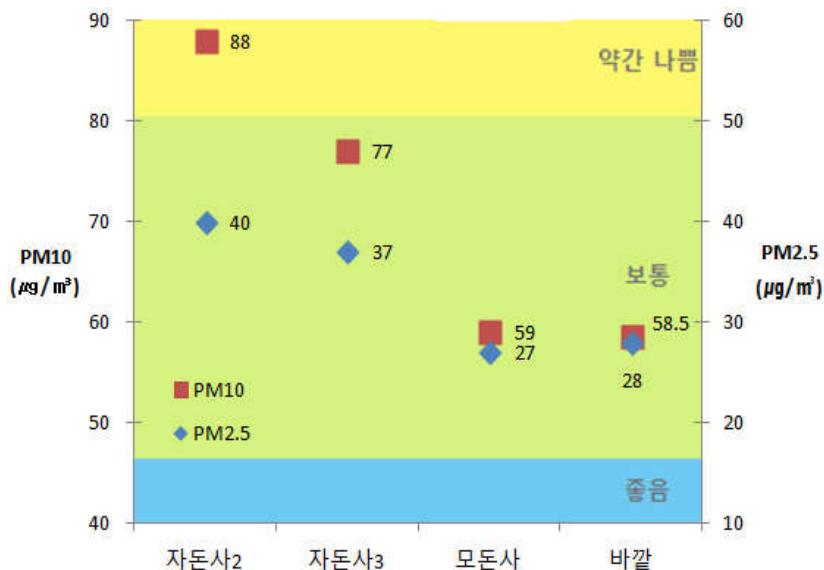
※측정 도중, 빈 축사에 이유자돈들을 모돈사에서 옮겨옴

- 자돈사1의 경우로 보아, 이유자돈의 투입에 따른 활동량 증가에 따라 미세먼지 농도가 증가하는 현상을 보임

⇒ 안정적인 상태가 아니므로 이후의 분석에서 제외함

- 활동량이 적은 모돈사($27\mu\text{g}/\text{m}^3$, $59\mu\text{g}/\text{m}^3$)에서는 바깥($28\mu\text{g}/\text{m}^3$, $56\mu\text{g}/\text{m}^3$)과 유사한 결과를 얻었으며, 이는 모돈사는 공간을 넓게 사용하며, 모돈의 활동량이 적고 고영양사료를 주지 않기 때문으로 추정됨
- 고영양사료를 배급하며 돼지들의 활동량이 많은 자돈사2와 3에서는 바깥이나 모돈사보다 높은 미세먼지 농도가 관측됨
- 한국환경공단이 밝힌 미세먼지 안전기준에 따르면, 양돈농장1의 PM2.5의 위험 수준은 보통($16\sim 50\mu\text{g}/\text{m}^3$)이며 PM10의 위험 수준은 보통($31\sim 80\mu\text{g}/\text{m}^3$)수준임

*측정 도중 이유자돈의 투입된 자돈사1은 제외



[그림 3-10] 양돈농가1의 돈사 내 미세먼지 측정 결과

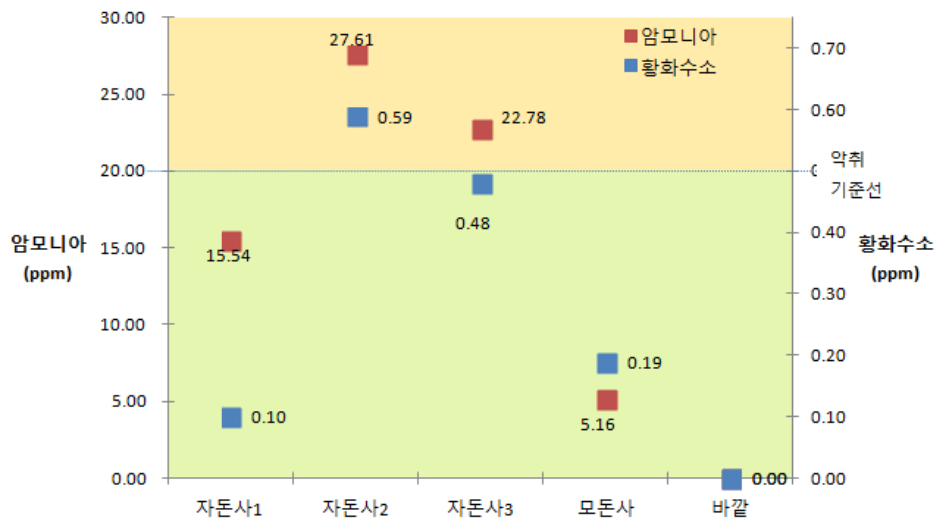
- 악취물질 측정결과

- 측사에서 약 20m 떨어진 곳에서 악취 측정기의 암모니아 농도와 황화수소 농도를 0으로 초기화한 이후 측정

<표 3-6> 양돈농가1의 측사 내 악취물질 농도 측정 결과

	자돈사1	자돈사2	자돈사3	모돈사	바깥
황화수소(ppm)	0.10	0.59	0.48	0.19	0
암모니아(ppm)	15.54	27.61	22.78	5.16	0

- 3개 자돈사의 평균 암모니아 농도는 21.99ppm이며, 평균 황화수소의 농도는 0.34ppm임
- 이유자돈이 투입된 지 얼마 지나지 않은 자돈사1을 제외하면 자돈사2와 3의 평균 암모니아 농도는 25.20ppm이며 평균 황화수소 농도는 0.54ppm임
- 김영주 농학 박사과 서귀포시 축산악취 담당자에 따르면 약간 좋은 수준
- 논문 조사 결과에 따르면 자돈사2,3의 돼지들에게는 혈구수 변화, 체중 감소 혹은 체중 증가량 감소의 영향이 나타날 수 있음(American Journal of Veterinary Research, 1994)
- 선행연구 결과, 자돈사2와 3의 악취가 악취민원으로 이어질 가능성이 큼
- 돈사 별 암모니아 농도의 변화와 황화수소 농도의 변화가 유사하게 변화함
- 모돈사에서의 낮은 수치는 모돈사에서 고영양사료를 사용하지 않기 때문임
- 자돈사1에서 자돈사2, 3에 비해 암모니아와 황화수소가 낮게 관측되는 것은 자돈사1의 돼지들이 모돈과 떨어진 지 얼마 지나지 않은 돼지들이 생활하는 곳이기 때문에, 고영양사료의 영향을 덜 받았기 때문임



[그림 3-11] 양돈농가1의 돈사 내 암모니아 농도와 황화수소 농도

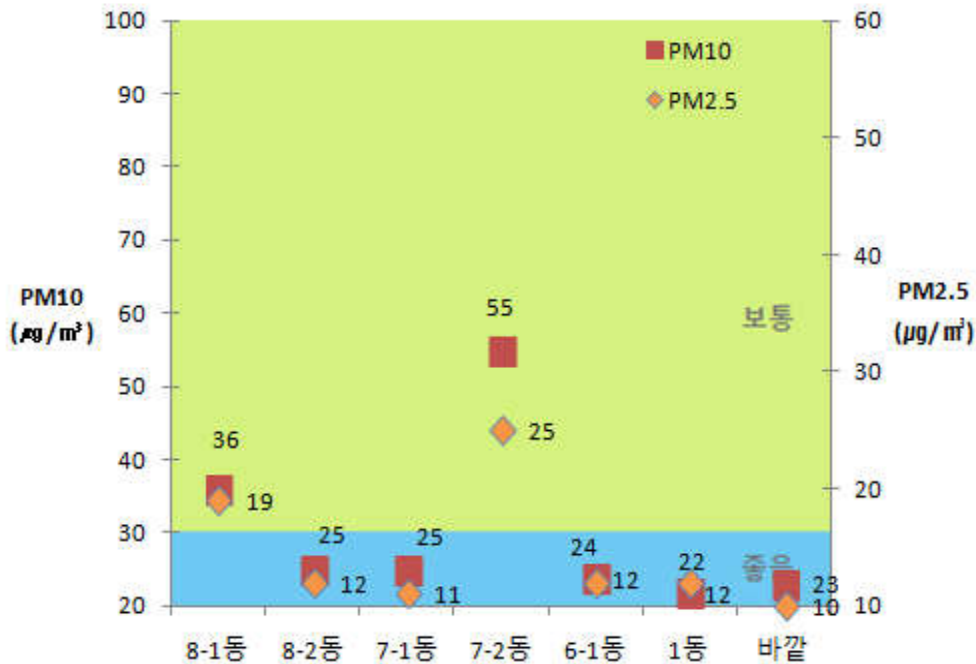
○ (양돈농가2)

- 미세먼지 측정결과

<표 3-7> 양돈농가2의 측사 내 미세먼지 농도 측정 결과

	8-1동	8-2동	7-1동	7-2동	6-1동	1동	바깥
PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	19	12	11	25	12	12	10
PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	36	25	25	55	24	22	23

- 8-1동과 7-2동이 조금 높은 수치를 기록하지만 전체적으로 매우 낮은 미세먼지 농도가 관측됨
- 한국환경공단이 밝힌 미세먼지 안전기준에 따르면, PM2.5의 위험 수준은 좋음($0\sim 15 \mu\text{g}/\text{m}^3$) 혹은 보통($16\sim 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) 수준이며 PM10의 위험 수준은 좋음($0\sim 30 \mu\text{g}/\text{m}^3$) 혹은 보통($31\sim 80 \mu\text{g}/\text{m}^3$) 수준임
- 전체적으로 낮은 미세먼지 농도는 더운 날씨로 인해 돼지들이 얌전히 누워있었던 탓으로 판단됨
- 온도를 낮추기 위해 돈사의 배기시설을 전부 가동하고 있었기 때문에 돈사 내의 미세먼지 수치가 낮음
- 여름에는 미세먼지로 인해 돼지의 건강을 해치는 일이 없음
- 가을과 겨울에는 미세먼지 수치가 높아질 여지가 있어 겨울철의 재측정이 필요함



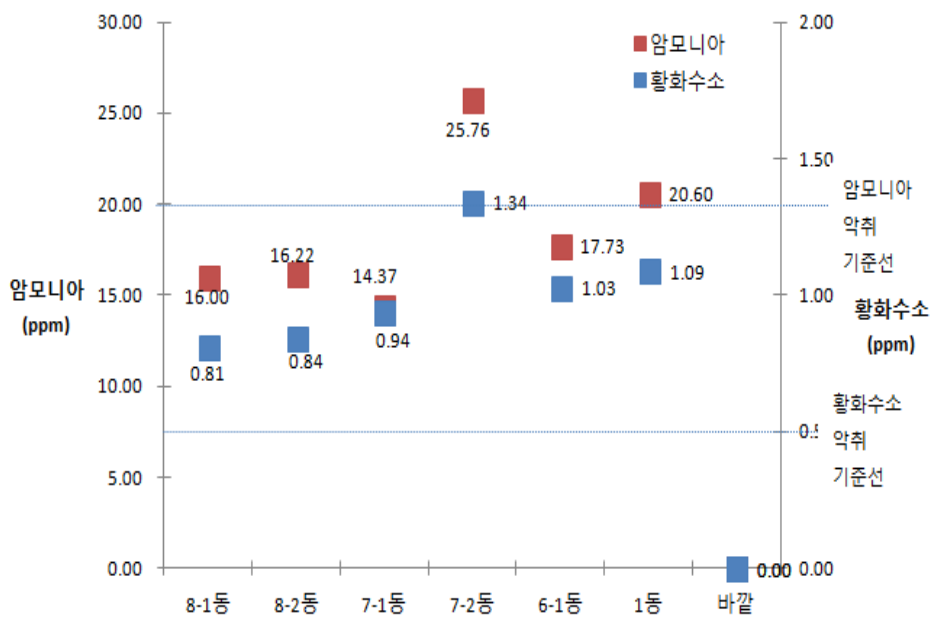
[그림 3-12] 양돈농가2의 돈사 내 미세먼지 농도 측정 결과

- 악취물질 측정결과

<표 3-8> 양돈농가2의 축사 내 악취물질 농도 측정 결과

	8-1동	8-2동	7-1동	7-2동	6-1동	1동	바깥
황화수소 (ppm)	0.81	0.84	0.94	1.34	1.03	1.09	0.00
암모니아 (ppm)	16.00	16.22	14.37	25.76	17.73	20.60	0.00

- 8-2동의 암모니아 농도와 황화수소 농도가 8-1동보다 소량 증가하는 것은 돈사의 슬러리가 8-1동에서 8-2동으로 흘러가기 때문으로 보여짐
- 7-2동이 암모니아 농도, 황화수소 농도가 유독 높게 관측되었지만 원인을 알 수 없었음
- 암모니아 농도는 최소값과 최대값을 제외하면 평균 17.64ppm이며, 황화수소는 0.975ppm임
- 논문 조사 결과에 따르면 7-2동의 돼지들은 혈구 수 감소, 체중 감소, 체중 증가량 감소 등을 겪을 것임(American Journal of Veterinary Research, 1994)
- 선행연구 결과에 따르면, 황화수소 농도 기준을 따르면 모든 동의 악취가 축사 부지선 밖까지 퍼져 악취 민원으로 이어질 가능성이 큼
- 암모니아 농도 기준을 따르면 7-2동과 1동의 악취가 밖으로 퍼져 악취 민원이 발생할 가능성이 큼



[그림 3-13] 양돈농가2의 암모니아 농도와 황화수소 농도

○ 결론

- 돈사 내의 미세먼지 농도는 높은 편이 아니기에 직접적으로 문제가 되지 않음
- 현장에서 측정된 자돈사의 암모니아 농도는 24시간 돈사에서 생활하는 자돈들의 폐에 피해를 줄 가능성이 높음
 - 성인의 암모니아 가스 노출 안전 기준은 10분에 35ppm, 8시간에 25ppm
 - 선행연구에 따르면 암모니아 25ppm/지속적인 흡입으로 돼지들의 혈구가 감소하고 성장이 저해받는 현상이 발생함 (American Journal of Veterinary Research, 1994)
- 여름의 무더운 날씨에 돼지들이 폐사하지 않도록 배기시설을 계속 가동하고 있기 때문에 미세먼지와 농도가 그 영향을 받아 적게 측정됨
 - 계절적 특성을 고려하여 배기시설의 사용을 줄이는 가을 혹은 겨울에 돈사 내의 미세먼지와 악취 농도를 다시 측정해야 할 필요가 있음
- 돈사가 미세먼지의 안전지대는 아니며 미세먼지가 다시 위험 요인이 될 수 있음
 - 양돈농가1 자돈사1의 미세먼지 측정 도중 이유자돈이 자돈사1에 들어간 탓에 미세먼지 농도가 PM2.5는 $198\mu\text{g}/\text{m}^3$, PM10은 $396\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이 측정됨
 - 돼지의 움직임에 따라 돈사 내에 미세먼지의 농도가 매우 높아질 수 있음
- 논문 조사 결과에 따르면, 양돈농가1과 2 전부 악취 민원이 들어올 여지가 크지만 실제로는 예상보다 적은 월 1회~5회 이하의 민원이 들어옴
 - 축사 밖까지 악취가 퍼지는 것이 곧바로 민원으로 이어지지 않는기 때문
 - 온도, 바람의 방향, 습도 등 다양한 외부 요인이 변수로 작용하기 때문
 - 돈사 밖으로 공기를 배출할 때, 세정수 분사, 안개분사 등을 활용하여 공기를 정화시켜서 내보내기 때문

○ 결론

돈사 내부의 암모니아 농도는 모돈사를 제외하면 15.54~27.61ppm이었으며, 미세먼지 농도는 돼지의 활동량에 따라 큰 문제가 될 여지가 있음

3) 미세연무 발생장치 실험

○ 배출해내는 안개의 양이 적어서 돈방울 채우는 것이 어려움

- 활용 적합 여부 평가

- 정성적인 면에서 기존에 목표로 하던 이동성, 편의성, 미세연무발생, 온도 조절 등의 기능을 갖추고 있으나, 정량적인 면에서 미세연무의 배출량이 기대에 미치지 못함
- 배출되는 미세연무의 양이 적어, 한 대의 미세연무 발생기로 한 개의 돈사 안을 미세연무로 가득 채우는 형태로는 사용하기 어려움

⇒ 현 상태로는 활용에 부적합함

○ 미세연무 발생장치의 미세연무 배출량이 기대에 미치지 못하여, 미네랄 워터(악취 제거제)의 미세연무를 통한 미세먼지와 악취물질 저감 실험은 미세연무 발생장치 대신 소독액(대조군), 악취저감제(실험군)을 활용한 청소로 대체하였음



[그림 3-14] 미세연무 발생장치 사용 모습

○ 논문조사 결과, 미세연무를 하전시키면 분진 저감 비율이 굉장히 좋아진다는 사실을 확인(EMAD ALI ALMUHANNA, 2007)

⇒ 충분한 양의 미세연무를 빠른 시간 안에 발생시키고, 그 안개를 하전시키기 위한 장치의 개발이 필요함

4) 미네랄 워터 분사 실험

○ 실험의 목적

- 돈사 내에 누리향의 악취제거제(미네랄 워터)를 분무했을 시의 미세먼지와 악취 물질 저감 성능을 검증

○ 실험 장소 :

- 제주도의 양돈농가

○ 실험 방법 :

- 실험 장소는 350평(약 1157m²)의 돈사이며 반으로 나누어져 있음
- 각각 약 600두의 돼지가 있음
- 주어진 소독액을 활용하여 돈사의 반을 각각 청소
- 청소 실시 전, 돼지의 코 높이에서 암모니아 농도와 황화수소 농도, 미세먼지 농도 측정하였음
- 청소 실시 후, 1시간 간격으로 각 방의 암모니아 농도와 황화수소 농도, 미세먼지 농도를 측정
- 실험군과 대조군 설정 :
 - 실험군 : 악취제거제를 희석시켜 돈사 청소 시 분무
 - 대조군 : 기존 소독액을 이용하여 돈사 청소 시 분무
- 실험군의 악취물질 농도를 측정 후, 대조군의 악취물질 농도를 측정하였음



[사진 3-15]돈사 내 소독액 분무

○ 실험 결과

<표 3-9> 실험 결과(실험군)

실험군	시간	황화수소 (ppm)	복합악취	암모니아 (ppm)	온도 (℃)	습도 (%)	PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
	8:40	0.52	18.6	13.14	31	79	7	15
	8:44	소독						
	9:44	0.73	27.7	15.76	32	77	6	13
	10:42	0.32	11	9.63	32	73	6	13
	11:40	0.72	20.5	15.5	32	77	9	17

<표 3-10> 실험 결과(대조군)

대조군	시간	황화수소 (ppm)	복합악취	암모니아 (ppm)	온도 (℃)	습도 (%)	PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
	8:40	0.62	19.2	14.56	30	82	18	34
	8:44	소독						
	9:44	1.5	44.9	29.5	-*	-*	-*	-*
	10:42	1.13	34.4	23.74	31	84	9	17
	11:40	2.51	79.4	50.61	32	84	10	23

*측정 도중 배터리가 소모되어 기록하지 못하였음

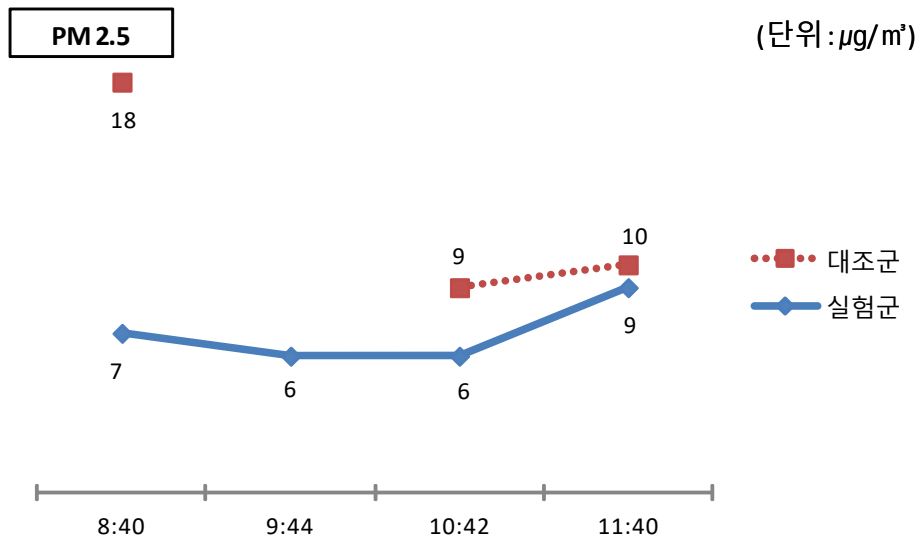


[사진 3-16] 돈사 내 청소

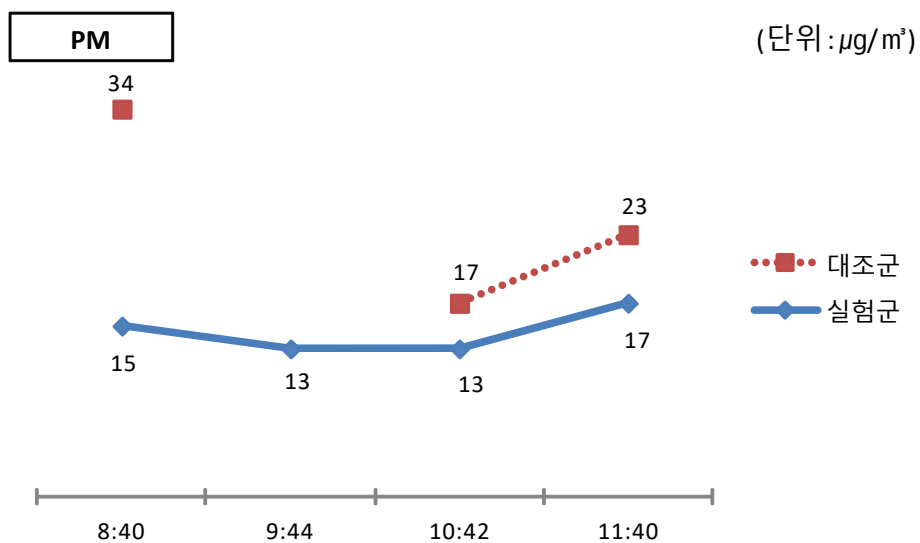
○ 결과 분석

- (미세먼지)

- 분무 후 1시간 이후의 측정(9:44)은 기기의 충전량 부족으로 측정하지 못함
- 미세먼지 저감은 물방울의 크기에 따라 결정되기에 실험군과 대조군에 큰 차이가 없음
- 실험군과 대조군 모두 미세먼지의 농도를 저감시키며 농도의 상승을 억제하는 효과가 있는 것을 확인할 수 있음
- 실험군과 대조군 모두 미세먼지 저감효과의 지속성은 2시간 이상 3시간 미만임



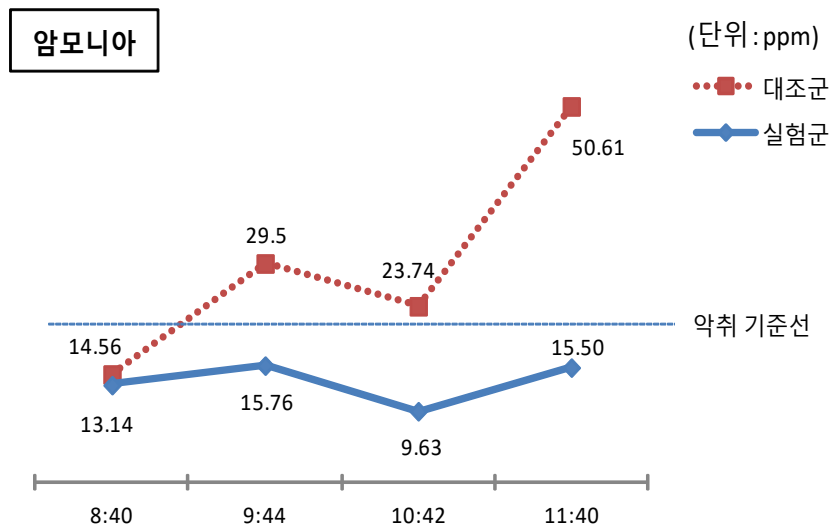
[그림 3-17] 실험군과 대조군의 돈사 내 PM2.5 농도



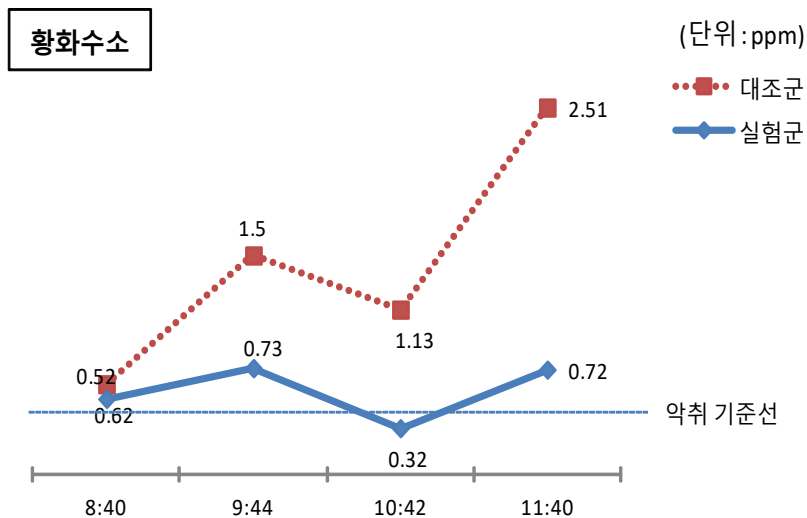
[그림 3-18] 실험군과 대조군의 돈사 내 PM10 농도

- (악취물질)

- 악취물질 농도의 변화에서, 대조군의 암모니아 농도와 황화수소 농도가 실험군 대비 증가폭이 높아, 실험군과 대조군의 차이가 뚜렷하게 드러남
- 대조군의 암모니아 농도는 최초를 제외한 모든 시점에서 악취 기준선(20ppm)을 넘음
- 실험군의 10:42분 시점을 제외하면 최초를 포함해 모든 시점에서 황화수소 농도의 악취 기준선(0.50ppm)을 넘기고 있음
- 악취물질 농도의 측정을 장기간에 걸쳐 실시하면 더욱 뚜렷한 차이가 보일 것으로 예상됨
- 급격한 악취물질 농도의 변화 원인은 불명이며, 추가적인 연구가 필요함

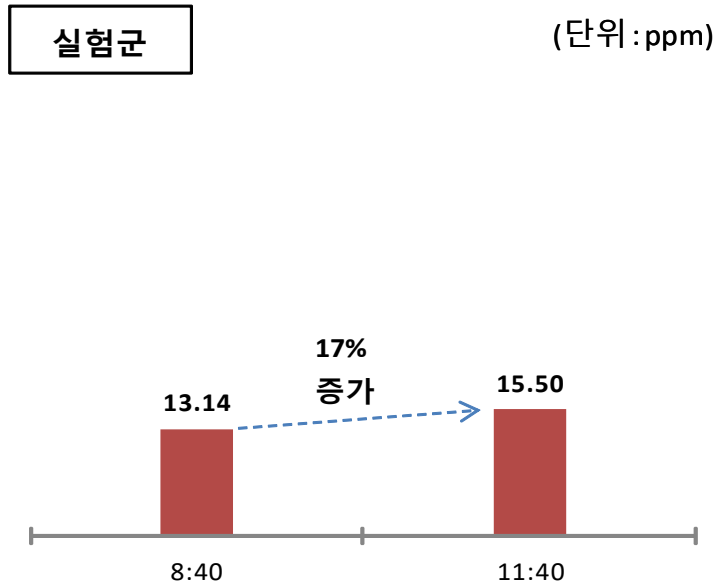


[그림 3-19] 실험군과 대조군의 암모니아 농도 변화

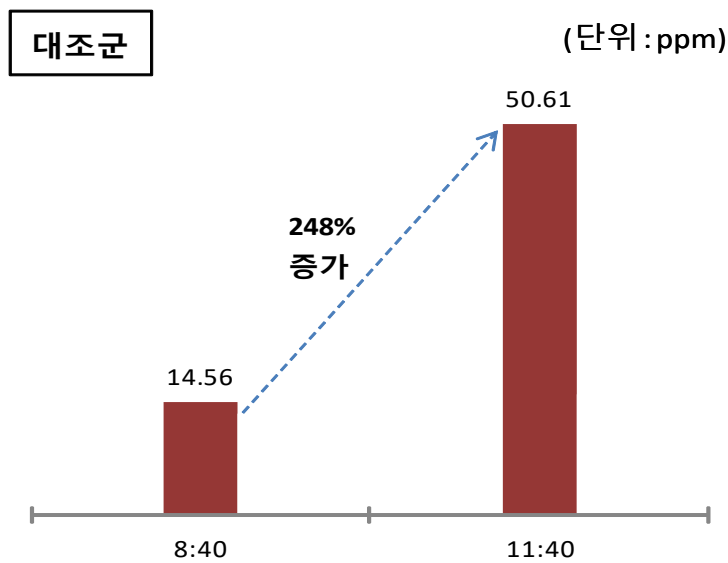


[그림 3-20] 실험군과 대조군의 황화수소 농도 변화

- 대조군은 시간이 지남에 따라 암모니아 농도가 50ppm을, 황화수소 농도는 2.50ppm을 넘김
- 대조군과 비교했을 때, 실험군이 악취농도의 증가를 억제시키거나 저감시키는 능력이 더 뛰어남
- 실험군과 대조군의 암모니아 농도 변화를 비율로 나타내면, 실험군의 암모니아 농도는 13.14ppm에서 15.50ppm으로 약 17% 증가하였으며, 대조군에서는 14.56ppm에서 50.61ppm으로 약 248% 증가하였음



[그림 3-21] 실험군의 돈사 내 암모니아 농도 변화



[그림 3-22] 대조군의 돈사 내 암모니아 농도 변화

○ 결론

- 악취원인 물질과 미세먼지 농도를 감소시킴
- 기존의 소독액을 활용한 청소보다 암모니아, 황화수소의 농도 증가를 강력하게 억제할 수 있음
- 돈방 내의 암모니아 농도를 20ppm 이하로 유지함(대조군에서는 50ppm이상으로 상승)
- 암모니아로 인한 악취가 축사 밖까지 확산하지 않음(대조군에서는 최초 측정 외의 전 시점에서 확산)
- 돈방 내의 황화수소 농도를 0.73ppm이하로 유지함(대조군에서는 2.50ppm이상으로 상승)
- 악취기준선 이내에 있는 지점은 실험군의 10:42 하나 뿐으로 추가 연구가 필요함
- 미세먼지의 저감 성능은 실험군과 대조군 모두 유효하였으며 이는 미세먼지의 저감이 물방울의 크기에 의존하기 때문임
- 돈사의 악취물질 농도는 급격하게 변할 수 있으므로 장기간에 걸쳐 측정을 실시해야 함

○ 추가 과제

- 누리향의 기존 상품과 연계하여 활용했을 때의 상호작용효과를 확인 필요
- 시간에 따른 악취원인물질 농도 변화의 원인 규명 필요
- 계절적 특성에 따른 악취원인물질과 미세먼지의 농도 변화 확인 필요
- 악취원인물질의 농도를 더욱 감소시키기 위한 방안 연구가 필요
- 황화수소의 농도를 0.50ppm이하로 낮추기 위한 방안 연구가 필요

○ 결론

누리향의 악취제거제가 악취물질 농도 제어에 유효함을 확인하였음
성능 검증 실험 결과, 돈사 내부의 암모니아와 황화수소의 농도의
증가를 억제시켜 약 1/3 수준으로 유지시킴을 확인함

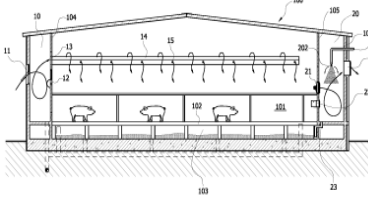
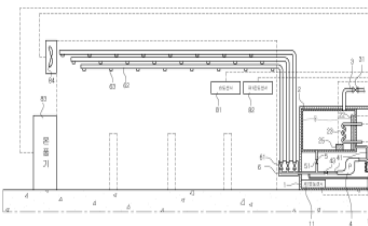
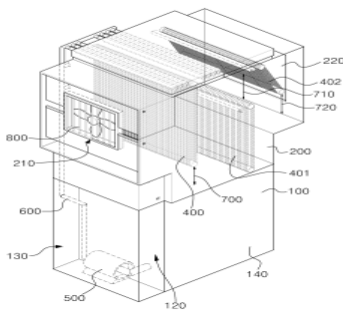
5) 문헌 조사를 통한 악취물질과 미세먼지가 양돈업에 끼치는 영향 분석

- 해외의 연구 결과에 따르면, 돈사, 양계장과 같은 축사의 공기가 원인이 되어 축산 근로자가 앓은 호흡기 질환에 시달리는 것으로 밝혀짐
 - 축사 내의 유기성 먼지, 비유기성 먼지, 바이오에어로졸을 포함한 부유 분진오염원은 이에 노출된 사람과 동물에게 호흡기 질병을 유발하며 악취물질을 운반하기도 함[Donham et al., 1989]
 - 축사 내의 환경, 특히 먼지 발생에 관련된 요인은 천식, 만성 기관지염 및 과민성 폐렴을 비롯한 돼지들의 호흡기 질환의 빈도 증가와 관련이 있음[Viegas S et al., 2013]
 - 축사 내에서 먼지는 사료, 분뇨, 동물의 깃이나 털, 지푸라기, 축사 건축물의 일부 등 다양한 요소와 동물의 움직임으로부터 발생할 수 있음[Takai et al., 1998]
 - 미세한 크기의 먼지 입자는 박테리아와 바이러스 등을 운반할 수 있으며, 결과적으로 유해한 병원체의 운송수단이 되어 돼지와 사람의 건강에 피해를 끼칠 수 있음[Muller and Wieser, 1987]
 - 2007년의 브라질의 연구에서 전체 178명의 돈사 근로자 중, 84.3%(150명)에게서 호흡기 질환이 발현되었으며, 그 중 69%(103명)이 심각한 상태임이 확인되었으며 나머지 31%(47명)은 만성적인 증상을 보임(Marcelo Costa et al., 2007)
- 돈사 내의 암모니아가 돼지의 성장을 저해한다는 연구결과가 있음
 - 50ppm의 암모니아에 노출된 자돈들은 그렇지 않은 대조군에 비해 12%가량 성장이 지체되는 것이 확인되었으나, 호흡기 질환은 나타나지 않았음(Drummond et al., 1980)
 - 자돈들이 100ppm과 150ppm의 암모니아에 노출되었을 때에는, 성장률이 약 30% 감소하였으며 호흡기 질환의 초기 증세를 나타냄(Drummond et al., 1980)
 - 각각 50ppm, 75ppm에 노출된 어린 돼지들은 그들의 폐에서 박테리아를 제거하는 능력이 감소됨(Drummond et al., 1978)
 - 자돈들이 50ppm과 100ppm 농도의 암모니아에 노출되었을 때, Bordetella bronchiseptica에 감염되어 있는 어린 돼지들의 비중격만곡증을 악화시킴(Drummond et al., 1981)
 - 스웨덴의 28곳 양돈농가의 돼지들의 건강 상태를 분석한 결과, 관절염, 돼지 스트레스 증후군, 농양이 시설 중의 암모니아 농도와 상관관계가 있다는 결과가 나타남(Donham, 1991)
 - 10~15ppm 농도의 암모니아에 노출되면, 돼지들이 감염에 취약해진다는 추측을 내놓음(Jones, 1997)

6) 문헌 조사를 통한 주요기술 분석

○ 주요 특허 분석(한국)

<표 3-11> 한국의 주요 특허

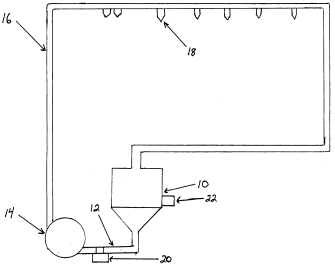
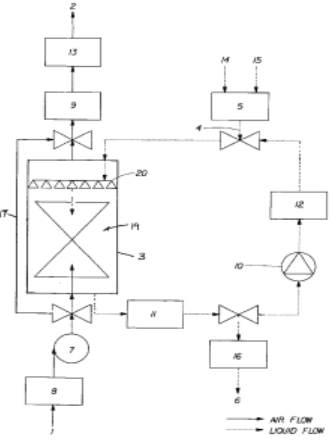
등록번호	명칭	개념도	설명
KR 0901756B1	돈사의 악취제거방법과 그 시스템{A system and method for removing bad smell of a pigpen}		돈사 내의 악취를 따로 준비된 포집실에 모아, 악취제거제를 분사하여 악취를 제거하는 방식
KR 0942291B1	최적 환경 구현을 위한 축사용 냉/온수 분무장치{Cold and warmth water spray apparatus of the cattle shed for the Implementation of Best Environment}		다수의 고압 분사노즐을 통해 냉/온수를 미세연무 상태로 축사 안에 분무하는 방식. 온도 및 습도의 조절, 소독이 가능
KR 1152015B1	팬을 이용한 습식 공기정화 장치{air purifying apparatus with water}		송풍팬을 통해 공기를 흡입하고, 다수의 워터필터를 지나게 함. 이 때, 물의 흡착력을 이용해 흡입한 공기를 정화하는 습식 공기정화 장치

○ 분석 결과

- '돈사의 악취제거방법과 그 시스템'과는 미세연무를 분무하여 악취를 제거한다는 점에서 유사점을 지니지만, 목표 기술은 포집실에 따로 모을 필요 없이 돈사 안에 분무한다는 점에서 차이가 있으며, 안개의 용량과 이동 부분에서 큰 기술적 차이가 발생함
- '최적 환경 구현을 위한 축사용 냉/온수 분무장치'는 돈사 내에 미세연무를 발생시켜 온습도 조절, 소독하는 방식으로, 누리향의 목표 기술과 많은 유사점을 가지나 누리향은 미네랄 워터를 분사하고 미네랄 워터가 핵심적인 역할을 하므로 차이가 발생함
- '팬을 이용한 습식 공기정화장치'는 습식필터를 사용하여, 물의 흡착력으로 악취와 미세먼지를 저감시킨다는 점에서 유사하나, 사용 장소, 방법에서 큰 차이가 있음

○ 주요 특허 분석(미국)

<표 3-12> 미국의 주요 특허

등록번호	명칭	개념도	설명
US 6749804	Process for treating animal habitats	이미지 없음	TCM(trichlormelamine)을 축사 내에 액체로 분사 혹은 가루로 뿌려 위생을 개선함. 이 때 미세먼지와 악취도 동시에 해결됨.
US 7360503	Atomization system for odor and environmental control in livestock holding areas		식물성 기름, 천연 산성 화합물, 알코올, 물의 혼합물을 분사하여 악취를 저감시키는 장비
US 6843835	Air cleaning apparatus and method for cleaning air		스크러빙 액체와 악취가스가 충돌하여 악취 가스 중 수용성 물질인 암모니아, 황화수소가 물에 녹는 것을 이용한 악취저감장치

○ 분석 결과

- ‘Process for treating animal habitats’는 악취와 미세먼지를 저감시키는 점에서 유사하나, 미세연무를 활용하여 돈사 내의 공기를 정화하는 누리향의 기술과는 거리가 있음
- ‘Atomization system for odor and environmental control in livestock holding areas’는 혼합물을 분사하여 악취와 분진을 저감시키는 점에서 유사하나, 누리향의 경우, 미세연무 위터를 활용함
- ‘Air cleaning apparatus and method for cleaning air’는 습식 세정기의 일종으로 암모니아와 황화수소가 수용성임을 이용한다는 점에서 유사하나, 좁은 구역으로 공기를 흡입해야 한다는 점에서 돈사 안에 미세연무를 생성하는 누리향의 기술과는 거리가 있음

○ 주요논문분석

<표 3-13> 주요 논문 분석

제목	저자	내용	연도
Dust control in livestock buildings with electrostatically charged water spray	EA Almuhanna	안개 하전기술로 먼지저감효율을 PM10에는 88~92%, PM2.5에는 34~70%의 제거효율을 보여줌	2007
Swine Finishing Barn Dust Reduction Resulting from an Electrostatic Space Discharge System	Richard E Nicolai, Brett Hofer	Electrostatic space discharge system을 제작, 활용하여 총먼지의 63%를 저감시키고 PM10과 PM2.5는 각각 47% 저감시킴	2009
Minimise dust by spraying oil emulsion	H. Takai	물과 오일의 혼합물을 분사하여 축사 내의 먼지를 약 90%가량 저감	1987
Factors affecting the release and concentration of dust in pig houses	G.Gustafsson	식물성 기름과 물을 혼합 분사하여 먼지 농도를 84% 저감시킴	1999
Effectiveness of Multi-Stage Scrubbers in Reducing Emissions of Air Pollutants from Pig Houses	Y.Zhao. et al.	이중, 삼중의 분사하고 바이오필터를 적용하여 PM10을 61~93%, PM2.5를 47~90%, 암모니아 농도를 70~100% 감소시킴	2011
Air scrubbing techniques for ammonia and odor reduction at livestock operation	R.W. Melse, N.W.M. Ogink	산성 스크러버, 바이오 스크러버와 바이오 필터의 결합 등의 기술을 활용하여 암모니아 저감률을 90퍼 이상으로 끌어올림	2005

○ 분석 결과

- ‘Dust control in livestock buildings with electrostatically charged water spray’와 동저자의 다른 논문에서, 안개하전기술을 활용하면, 우수한 미세먼지의 제거 효율을 얻을 수 있음을 확인함
- ‘Minimise dust by spraying oil emulsion’, ‘Factors affecting the release and concentration of dust in pig houses’와 동저자의 다른 논문에서 물과 오일의 혼합물을 분사하는 방식을 통해 축사 내의 먼지를 최대 90%가량 저감시킬 수 있다는 점을 확인함

○ 국가과학기술정보시스템(NTIS)

- ‘축산 & 악취 & 분진’ 키워드 검색 결과 총 7개 과제 검색

- 악취 및 분진의 특성과 기작에 대한 연구가 5건, 축산 악취 및 분진 제거 연구가 “스크러빙 매개체와 공기유동을 이용한 저비용 축산 악취 및 분진제거기(스크러버 개발)”(2건)이 있음
- 스크러버 개발 과제의 요약서를 확인해 본 결과, 축사 흡기구 설치용 스크러버의 개발과 평가로, 축사 내의 직접적인 환경 쾌적화를 목적으로 하는 누리향의 과제와는 목적이 다름

- ‘축사 & 악취 & 분진’ 키워드 검색 결과 총 1개 과제 검색

- ‘축사용 분진 및 악취제거장치 개발’ 과제가 1개 있음
- 배기필터와 스크러빙을 활용한 다단계 탈취 시스템으로, 방법이 유사하나 축사의 공기를 밖으로 내보내면서 공기를 정화하므로, 축로 하는 누리향의 과제와는 목적이 다름

- ‘축사 & 안개’ 키워드 검색 결과 2개 과제 검색

- ‘축사내 환경 관리를 위한 무선 센서 네트워크 기반의 냉/온 안개분무 시스템 개발’이 나왔으나, 이는 누리향의 목표 기술과는 목표가 다름

<표 3-14> NTIS DB 검색 결과 분석

과제명	검색어	과제 내용 요약	목표 기술과의 차이
스크러빙 매개체와 공기유동을 이용한 저비용 축산 악취 및 분진 제거기(스크러버 개발)	축산 & 악취 & 분진	스크러빙 액체의 입적 크기와 악취 제거의 연관 관계를 규명 후 축사 흡기구 설치용 스크러버의 개발과 평가	목표 기술은 돈사 내의 넓은 공간에 안개를 분무하여 악취와 분진을 제거하는 것을 목적으로 함
농장범위의 축산 악취 및 분진의 측정 및 분석	축산 & 악취 & 분진	축산 악취, 분진, 부유 미생물의 발생원을 단위설정하고 발생 특성을 조사 후, 현행 축사 시스템의 효율 평가와 방풍림의 효과 규명	목표 기술은 돈사 내의 악취와 분진 제거를 목적으로 하며 방풍림과는 거리가 멀
농장범위의 축산악취 및 분진의 저감기술 연구	축산 & 악취 & 분진	축사들의 공기오염물질 저감장치 중 악취, 분진, 부유 미생물에 대해 처리 효율이 가장 우수한 시스템의 현장 정밀 평가 및 기타 저감장치(축사 내부 분무시스템, 방풍림 등)에 대한 현장 평가 수행	본 과제의 최종적인 목표는 돈사 내 공기정화를 목적으로 하는 기술의 개발이며 본 과제는 그 타당성 연구임
축사용 분진 및 악취제거장치 개발	축사 & 악취 & 분진	배기필터와 스크러빙을 활용한 다단계 탈취 시스템으로 돈사 내의 공기를 배출하며 정화함	목표 기술은 축사 내의 직접적인 환경 쾌적화를 목적으로 함
축사내 환경 관리를 위한 무선 센서 네트워크 기반의 냉/온 안개분무 시스템 개발	축사 & 안개	축사에 설치된 분무 제어기를 농가의 PC 나 관리자의 모바일 기기를 통해서 제어할수 있도록 하는 기술을 개발	악취 및 분진 제거 기술로, 이를 무선으로 조작하는 과제와는 지향하는 바가 다름

3.4. 기술성 조사 결론

1) 선행연구 분석을 통한 가능성과 한계 확인

- 미세연무화를 통해 악취 및 분진 저감시키는 것이 가능하다는 것이 확인됨
 - 2007년의 EA Alimuhanna의 논문에는 안개하전기술의 실험 데이터의 대조군으로써, 하전시키지 않은 채로 물을 미세연무화 했을 때의 분진 제거 효율이 실려있으며, 미세연무화하지 않은 상태의 물의 분진 제거 효율도 실려있음
 - 하전되지 않은 미세연무라 해도, 계속해서 분사할 시, 분진 저감 비율이 50~60%로 나타나, 효과가 있음을 확인할 수 있음
 - 1999년의 G.Gustafsson의 논문에 물을 3종류의 노즐을 활용하여 분사하는 실험을 진행하였다고 언급하고 있으며, 초음파로 인해 돼지들을 자극한 경우 이외에는 좋은 결과를 얻었다고 언급함
- 물의 미세연무화로는 악취물질과 분진 저감에 한계가 있음이 확인됨
 - EA Alimuhanna의 논문에서, 미세연무화하지 않았을 경우에 비교해 미세연무화한 쪽이 조금 더 효율은 좋았으나 충분히 효율적이지 못하며 안개를 하전시켰을 때의 저감률(88~92%)에 미치지 못함
 - G.Gustafsson의 논문에서, 물의 사용 이후, 오일과 물의 혼합물을 활용하여 실험을 진행하며, 훨씬 효율이 좋다고 평함
 - 오일과 물의 혼합물을 분사할 시, 분진 제거 효율은 최대 90%까지 나오는 것으로 알려져있음(H.Takai, 1987)
- 본 개발기술은 단순한 물이 아닌 미네랄 워터를 활용할 예정이기 때문에 실험을 진행해보지 않은 채로는 판단을 내릴 수 없음

2) 측정 결과

- 악취물질의 농도는 문제의 여지가 있는 수준임
 - 양돈농가1과 양돈농가2의 돈사 내부를 측정하여 돈사 내의 악취물질과 미세먼지 농도를 확인함
 - 양돈농가에서는 20ppm 전후의 암모니아 농도가 확인되었으며, 이는 돈사 부지 밖에서도 악취가 날 가능성이 있는 수치임
 - 또한, 선행연구에 따르면 돼지의 성장을 방해할 가능성이 있음(Drummond et al., 1980)
- 미세먼지의 농도는 매우 낮았으나, 가을과 겨울에 확인할 필요가 있음
 - 축사의 미세먼지 농도는 WHO기준으로 보통 혹은 좋음 수준이었으며, 나쁨 수준은 단 한 군데였음
 - 여름이기 때문에 돈사 안의 온도를 낮추고자 지속적으로 환기를 하고 있었기 때문에 낮은 수치가 나온 것으로 보임
 - 양돈농가1의 자돈사1의 측정에서 자돈들이 들어와 움직였을 때, 미세먼지가 PM10은 $396\mu\text{g}/\text{m}^3$, PM2.5는 $198\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이라는 굉장히 높은 수치가 측정되었기 때문에, 환기 시설을 덜 사용하는 가을과 겨울에 미세먼지를 측정할 필요가 있음

3) 실험 결과

- 미네럴 워터를 활용한 청소 실험 결과, 미네럴 워터의 분무로 악취물질과 미세먼지를 제어할 수 있음이 확인됨
 - 악취물질 중 암모니아의 경우, 대조군의 암모니아 농도가 50ppm까지 치솟은 것에 비교하여, 실험군의 암모니아 농도는 20ppm아래를 유지함
 - 황화수소 농도는 대조군과 실험군 모두 악취기준선 이상으로 올라갔으나, 실험군에서는 10:42분에 악취기준선 아래로 황화수소 농도가 내려와, 황화수소 농도를 제어할 가능성이 있는 것으로 예상됨
- 미세먼지는 미네럴 워터와 관계없이 물만으로도 저감되는 것이 확인됨
 - 대조군과 실험군 모두 2시간 동안 미세먼지의 농도가 상승하지 않는 것을 확인할 수 있었음
 - 대조군과 실험군 모두에서 미세먼지의 농도가 낮아지는 현상을 확인할 수 있었음

○ 결론

미세연무로 악취물질과 분진을 저감시킬 수 있음을 문헌조사를 통해 확인함
미네럴 워터의 분무로 악취물질과 분진을 저감시킬 수 있는 것이 확인됨
미네럴 워터의 미세연무로 더욱 좋은 효율로 악취물질과 미세먼지를 제어할 수 있을 것으로 기대할 수 있음
미네럴 워터의 미세연무화 이외에, 미세연무 하전 기술, 오일+물의 혼합액 분무 등 여러 가지 방법을 고려해 볼 필요가 있음

3.5. 사업성 조사

1) 사업추진의 위험요인 분석

- (경쟁 치열) 축산 환경관리시장의 기존 제품/기술이 너무 많아 경쟁이 치열하여 제품의 차별성을 부각시키지 못할 경우 사업의 실패위험이 존재
- (현황) 전문가 인터뷰 결과에 따르면 현재 국내의 환경개선제 제품은 900여개 이상이 판매되고 있으며 검증이 되지 않은 채 판매되는 제품이 대다수
- (대책) 환경관리 개선과 폐사율과의 관계 입증을 통한 차별화 추진 (축사내 미세먼지 및 악취물질 농도가 돼지 면역기능 및 질병(폐사율)과의 관계를 입증할 수 있는 데이터 확보
- (신뢰 부족) 지자체 및 양돈농가가 환경관리제품에 대한 신뢰가 부족하여 새로운 기술 제품에 대한 신뢰제고에 어려움 존재
- (현황) 검증되지 않은 제품을 구입한 양돈농가 중 효과를 보지 못한 양돈농가가 환경관리 제품에 대한 신뢰를 잃고, 제품 활용에 소극적인 태도를 보이고 있음
- (대책) 2곳 이상의 축산농가 대상의 현장실증데이터 확보를 통한 신뢰성 데이터 확보로 소극적인 양돈농가를 설득할 역량 확보

2) 규제 및 정책 환경 분석

- 양돈농가 인근에 주거하고 있는 지역주민으로부터의 민원이 다양한 이유와 동기로 증가하고 있어서 지자체의 행정규제가 강화되고 있어서 축산환경관리 제품 사업자에게는 고무적인 상황임
- 광역축산악취개선사업(농림축산식품부 친환경축산팀)

- 추진 배경 및 개요

- 축산농가 대형화 등으로 축산악취 민원 발생이 심각하여 주민들에게 불편을 주지 않도록 축사를 시급히 친환경축산화 해야함
- 전체 18,198건 중 농축산시설이 18%로 2위를 차지하지만 타 산업의 규모 및 사업장 수를 고려하면 농축산시설이 가장 심각(출처 : 국민권익위원회, '13.1~'15.4)
- 축산악취민원은 개별농가보다는 가축사육단지 또는 밀집지역에서 발생
- 축산취약지역을 선정하여 (1순위)악취저감시설, (2순위) 자원화 및 정화시설의 기계·장비 구입에 1개소당 최대 50억원 지원(국비보조 20%, 지방비보조 20%, 용자 60%)

- 주요 성과물

- 강원도 고성군에서 선정된 15개 농가 중 5개 농가에 대한 사업추진 결과 4개 농가가 악취저감에 성공하고 나머지 1개 농가도 완성을 앞두고 있는 상태
- 강원도 고성군에서 2017년에는 18개 농가가 선정되어 총 33가구가 악취개선사업에 참여
- 농림축산식품부는 해당 사업을 지속하여 2025년까지 50개소로 확대할 방침

○ 제주지역 축산분뇨 악취저감 방안에 대한 편익 비용 추정(제주연구원)

- 추진 배경 및 개요

- 2013년도의 제주도민 여론조사의 결과에 연원하여 추진
- 축산분뇨 악취 해결의 바람직한 방안에 대해 '가축분뇨 공동처리 시설 확충'이 가장 높게 나옴
- 2015년 기준, 제주도 양돈농가 중, 악취저감시설을 설치·운영하는 양돈장은 거의 없는 것으로 파악되고 있음

- 결론

- 양돈장의 시설 현대화 사업은 경제적 타당성이 있음
- 모델링과 설문조사 결과, 축산 악취를 해결할 수 있다면 제주도민 한 명당 1,000원 이상의 금액을 지불할 의사가 있는 것으로 파악됨
- 제주도청의 지원은 양돈산업의 효율화 측면에서 일정정도 이상의 규모가 되는 양돈농가를 대상으로 하는 편이 효율적

○ 양돈장 냄새 저감 혁신 3개년 계획(제주도)

- 추진 배경 및 개요

- 2016~2018년 동안 냄새저감 5대 혁신과제 등 5개 분야 33개 사업에 7,115억원 투입
- 다각도로 악취 문제에 접근할 방침임
- 수시 모니터링을 실시해 효과를 검증하고 정책으로 확대해 나갈 방침

- 주요 성과물

- 가축분뇨의 관리에 관한 조례(시행 '16.4.6) 및 악취 배출허용기준 조례(시행 '16.5.13) 등의 제·개정을 통해 보다 엄격한 기준을 마련하여 시행
- 축사시설 현대화 사업 시 악취방지시설을 의무화

3) 매출액 추정

○ 기본 가정

- 양돈규모 1,000두 규모를 기본 단위로 설정하고, 1,000두 사육농장의 경우, 연간 출하두수는 1,660두로 가정
- 국내 1,000두 이상의 기업형 양돈농가는 4,858 개소이고, 1,000두 단위로 산정할 경우, 국내 잠재시장은 9,473 유닛(unit)이고, 제주도내 시장은 514유닛임
- (주)누리향 제품의 5년뒤 제주도내 시장점유율을 30%로 가정하여 154유닛의 시장 확보를 목표로 함
- 유닛당 단위 매출액은 출하돈 당 연간 1만원, 연무발생장치는 유닛당 1,000만원으로 가정

○ 매출액 전망치

<표 3-15 상품화 이후 5년 간 매출액 전망>

	1년차	2년차	3년차	4년차	5년차
제주도내 잠재고객수(units)	514	514	514	514	514
매출 유닛(units) (시장점유율고려)	30	60	90	130	154
환경개선제 +사료첨가제	4.8억	9.6억	14.4억	20.8억	24.6억
연무발생시설	3억	3억	3억	4억	2.4억
매출액 합계	7.8억	12.6억	17.4억	24.8억	27.0억

- 1년차 매출가능한 농장은 현장실증을 시행하고자 하는 3개 농장(약 3만두)으로 30 유닛을 가정하였고, 매년 3-5개 농장을 신규고객으로 확보한다고 가정함

4) 경제성 분석(기술가치평가)

○ 기술가치평가 방법

- 기술가치평가기법은 선진국에서 보편적으로 사용하고 있는 "Adjusted 25% Rule"을 활용함 (25%률에서 기술의 매력도, 완성도, 지재권 보호정도 등을 고려하여 기술기여도 수치를 조정하는 방식)
- "Adjusted 25% Value = 25% x 제품 매력도 (concept score) x 완성도 할인율 x 지재권보호정도 할인률
- 기술가치 = 매출액(추정) x 영업이익률 x Adjusted 25% Value

○ 기본 가정

- 영업이익률은 매출액 대비 10%로 가정
- 현재의 기술가치 산정을 위한 Adj_25%_Value는 제품차별성 할인율 (73%), 실험실 단계 할인율(28%), 지재권보호수준 할인율(32%)을 반영하여 1.6%로 가정함
- 기술사업화 성공시의 Adj_25%_Value는 제품차별성 할인율 (73%), 기술완성도 단계 할인율(100%), 지재권보호수준 할인율(62%)을 반영하여 11%로 가정함

○ 기술가치평가 결과

- 현재 기술완성도 단계의 기술가치 = 0.8억원 (완성도, 지재권보호, 차별성 등을 고려하여 5년간 매출발생에 따른 기술가치)
- 연구개발투자 후 사업화 성공에 따른 기술가치 = 6.0억원 (연구개발 투자후 사업화 개발 완료후 5년간 매출액 발생에 대한 기술가치)
- 제주도 시장(국내시장의 5.6%)을 넘어서서 국내 시장 전체로 시장을 확대하고, 사업기간을 10년이상으로 설정할 경우, 국내 시장에서의 기술가치는 100억원 이상을 기대할 수 있음

3.6. 사업성 조사 결론

1) 위험요인을 분석하고 대책을 강구함

- 치열한 경쟁과 업계 내에 만연한 불신으로 인해 시장경쟁에서 두각을 드러내기 힘들 것으로 예상됨
 - 소극적인 축산농가를 설득시키고 시장경쟁에서 두각을 드러내기 위해, 다양한 현장실증 데이터를 확보해야 함
 - 악취 관리, 미세먼지 관리와 같은 축사 환경관리가 축산업의 생산성 증가로 이어짐을 명확하게 설명할 수 있어야 함

2) 규제 및 정책으로부터 축사환경관리상품시장의 수요가 증가함을 확인함

- 국내의 다양한 지역에서 축산 악취를 해결하고자 여러 가지 사업을 진행시키고 있다는 것을 확인함
 - 특히 목표 시장이 되는 제주도의 경우, 축사 현대화 사업에 10년이 넘는 기간 동안 천문학적인 금액을 투입하고 있는 것을 확인함
 - 제주도는 양돈농가들의 악취저감설비 설치를 권장하고 있으며 인터뷰 결과, 양돈농가들도 악취문제를 해결할 의지를 갖추고 있는 것으로 확인됨

3) 목표 기술의 예상 매출액을 확인함

- (주)누리향 제품의 5년뒤 제주도내 시장점유율을 30%로 가정하여 154유닛의 시장 확보를 목표로 함
- 최종적으로, 기술개발 완료 5년 후, 27.0억원의 매출을 예상함

4) 예상 매출액을 바탕으로 목표 기술의 현재 가치와 개발 완료 후 가치를 확인함

- 기술가치평가 결과
 - 현재 기술완성도 단계의 기술가치 = 0.8억원 (완성도, 저작권보호, 차별성 등을 고려하여 5년간 매출발생에 따른 기술가치)
 - 연구개발투자 후 사업화 성공에 따른 기술가치 = 6.0억원 (연구개발 투자후 사업화 개발 완료후 5년간 매출액 발생에 대한 기술가치)
 - 제주도 시장(국내시장의 5.6%)을 넘어서서 국내 시장 전체로 시장을 확대하고, 사업기간을 10년이상으로 설정할 경우, 국내 시장에서의 기술가치는 100억원 이상을 기대할 수 있음

○ 결론

소극적인 축산업자들을 설득시킬 수 있을 만큼 명확한 자료를 준비하고 풍부한 현장실증 정보를 보유할 수 있다면, 누리향의 사업은 성공할 것으로 판단됨

3.7. 사업화 추진 방안

1) 누리향의 강/약점 분석

○ 좋은 점 (good thing)

- 시장에 유통되고 있는 제품이 다양하나, 축산현장의 신뢰를 얻지 못하고 있으며, 우수한 기술제품에 대한 시장의 요구가 강함
 - 기존제품에 있어서 현장실증데이터(신뢰성데이터)를 확보한 제품이 부재하여, 양질의 데이터를 확보함으로써 시장의 요구를 충족시킬 수 있음
- 약취민원의 증가에 따라 지자체와 축산농가의 약취저감기술제품에 대한 관심이 높고, 축사환경관리를 적극적으로 추진하고자 하는 농가의 수가 증가하고 있음
- 환경관리 개선을 통한 폐사율 저감으로 농가소득을 높일 수 있는 인센티브가 존재함
 - 호흡기 질환과 소화기 질환으로 인한 폐사율로 소득기회손실이 상대적으로 높은 상황임
- (주)누리향은 단순분무살포 예비실험결과 축사내 약취물질농도를 1/3 수준으로 낮출 수 있는 약취저감소재를 확보
 - 검증실험 결과, NH₃농도가 대조군의 증가량(50ppm) 대비 1/3 수준(17ppm)으로 약취물질 농도 증가를 억제하는 효과가 우수함
 - 특히 광물성 소재는 미생물 소재와 달리 계절적 요인에 따른 약취저감 효과 변동가능성이 낮음
- 약취민원의 증가에 따라 약취민원을 줄이기 위한 지자체의 지원 및 투자 확대 전망

○ 나쁜 점 (bad thing)

- 축산약취를 줄이기 위한 경쟁제품이 많으나, 시장의 신뢰를 확보하지 못하고 있어서 환경관리제품 전반에 대한 시장의 신뢰가 낮아, 시장진입에 어려움
- 축산약취물질 및 미세먼지 농도가 계절, 시설유형, 기상날씨상황, 사료종류, 사육밀도 등 다양한 요인에 의해서 변동이 심하여 축사환경관리에 대한 표준데이터가 부재하여 제품의 우수성을 식별하기 어려움
 - 공인기관이 부재하며, 대한한돈협회가 약취제거제 상품의 성능을 검증하여 발표하고 있으나 실험 결과의 신뢰도가 의심됨
- 양돈농가의 환경관리의식이 개선되고 있으나, 여전히 많은 농가가 지자체 차원의 지원을 선호하고 있어서 독자적으로 환경관리를 위한 투자의지가 낮음
- 양돈농가 임직원 인터뷰 결과, 약취와 양돈업 생산성 간의 관계를 체감하고 있는 양돈농가가 있는 것을 확인했지만, 미세먼지와 양돈업 생산성 간의 관계를 체감한 양돈농가는 확인하지 못함

2) (주)누리향의 사업화 성공 전략

○ 시장 접근 방법

- 사업의 시작에 있어 가장 중요한 최초 고객의 확보를 위해 제주도의 양돈농가들의 협력을 구해야 하며, (주)누리향은 이미 3곳의 기업형 양돈농가의 협력하기로 결정되어있음
- 환경관리제품의 폐사율 저감효과를 입증함으로써 Add-Cost가 아니라 Add-Value 환경관리솔루션을 개발 (축사환경관리제품의 돼지면역기능증강효과, 폐사율 저감효과를 입증)
- 대부분의 양돈농가가 감에 의존한 악취관리를 수행하고 있는 바, 축사내 악취물질 및 미세먼지 농도 측정을 통하여 환경관리데이터를 확보함으로써 농가 및 지자체로부터 신뢰성을 확보
- 개발기술의 특허출원등록으로 지식재산권을 확보함과 동시에 축산농가 밀착 맞춤형 서비스를 통합적으로 제공
- 마을주민, 지자체, 양돈농가 등이 참여하는 축산단지(마을) 단위의 시범사업 추진을 통한 축산악취솔루션의 신뢰 확보
- 악취민원 저감을 위한 지자체의 정책 및 보조사업에 참여할 수 있는 방안을 모색

○ 실험 데이터 확보 방법

- 사업화에 있어, 제일 중요한 신뢰성 있는 데이터의 수집, 분석에 필요한 기술력과 인력은 대학연구소와의 협력을 통해 보완할 수 있음
 - 현재 (주)누리향은 제주대학교의 연구실과 협력 관계에 있음
- 양돈농가와의 협력을 얻어, 돈사 내의 악취물질과 미세먼지 농도의 변화를 지속적으로 관찰할 계획임

○ 장기 계획

- 악취물질과 미세먼지가 양돈업의 생산성에 미치는 영향을 보다 확실히 규명하여 양돈농가의 신뢰를 얻는 것이 중요하며, 이를 위해 대학교 연구소 혹은 지자체 연구소와 협력하는 것이 바람직함
- 협력 양돈농가로부터 시작하여, 제주도 소재의 다른 양돈농가를 고객으로 확보해야 하며, 이를 위해 신뢰성 있는 데이터의 확보와 제주도 지자체의 정책에 연계하여 연구개발을 진행하는 것이 바람직함
- 악취제거제 생산법의 특성으로 인해, 당분간은 생산량 증가를 위한 생산 인프라 구축이 필요하지 않은 상태이나, 사업의 규모가 커지면 생산량 증가를 위해 생산 인프라를 확충하고, 추가적인 관리를 위해 1~2명의 추가 인력을 고용하는 것이 바람직하다고 판단됨

3) 사업화 제품 컨셉

- (타겟 고객) 1,000두 이상의 돼지를 사육하는 기업형 양돈농가, 악취민원과 폐사율이 높은 양돈농가
- (고객 문제) 축산악취로 인한 악취 민원과 높은 폐사율
- (해결 방안) 맞춤형 축사환경관리를 위한 축사환경관리 솔루션 개발
 - (목표) 축산 내의 악취와 미세먼지를 제어하여 악취로 인한 민원 및 갈등을 예방하고 돼지의 폐사율을 낮추고 성장을 촉진하여 생산성을 향상시키는 것
 - 계절별, 축사시설별, 사육밀도, 사료, 청소 등 축사환경변수를 고려한 악취 및 미세먼지 농도를 규명하고, 축사 환경과 양돈생산성 (폐사율 저감)과의 관계를 규명
 - 슬러리 피트와 축사 청소, 축사 실내 악취물질 및 미세먼지 관리를 위한 미네랄 워터의 하전 분무 설비기술 확립
 - 미네랄 워터 하전 분무기술의 현장적용, 미네랄 사료첨가제 병용 등을 고려한 가이드라인 (사용법) 확립
 - 지금까지 검증되지 않은 제품/서비스가 난립하고 있었기 탓에, 축산업자들은 새로운 제품의 사용에 소극적인 상태이므로, 확실하게 설득할 수 있도록 다양한 현장 실증 데이터를 확보해야 할 필요가 있음

4) 비즈니스 모델

- 비즈니스 모델은 악취민원과 폐사율이 높은 양돈농가를 대상으로 주기적인 축사환경 모니터링서비스와 함께 NH₃ 15ppm 이내의 축사환경관리 통합솔루션 서비스

[그림 3-23] 누리향의 비즈니스 모델

핵심파트너	핵심자원	제품/혜택	고객 관계	고객/시장
· 제품 효능을 검증할 수 있는 제3의 검증기관 (제주대 축산과)	· 양돈농가 축사환경 DATA · 제품의 현장실증 데이터	· NH ₃ 15ppm의 축사환경 관리 솔루션 (미네랄 워터 + 하전연무 발생장치) · 악취민원으로 부터의 해방 · 폐사율 저감 → 소득증대	· 주기적 축사 환경 모니터링 무상 서비스	· 1,000두 이상의 기업형 양돈농가 · 악취민원과 폐사율이 높은 양돈농가
	핵심역량 · 맞춤형 축사환경 관리 컨설팅 · 고신뢰도의 축사 환경 측정기법		유통 채널 · 직접 판매	
투자/비용 · 연무발생장치 생산은 외부주문제작 또는 외부 전문기업과 협력 · 미네랄 워터 표준 생산시설		수익모델 · 미네랄 워터 판매 (말통당 15만원) · 슬러지클리어 판매 (말통당 15만원) · 미네랄 사료첨가제 판매 (1kg당 1만원) · 연무발생장치 매출 (1천두 기준 1,000만원)		

5) 기술개발 목표 설정

(축사환경관리 목표) 작업자와 돼지 건강을 위한 WHO의 축사환경관리 가이드라인 수준

<표 3-16> 축사환경관리 목표

구분	암모니아	황화수소	PM10	PM2.5
기준치	15ppm	0.5ppm	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

- 축사 내 암모니아 농도관리 목표는 15ppm (NH₃기준) 이하 설정이 바람직함
 - 제주도 악취 전문가에 따르면, 제주도 양돈농가의 평균 암모니아 농도는 40-50ppm 수준이며, 이를 감안하면 기술개발 목표를 달성하기 위해, 축사 내의 암모니아 농도를 현재의 1/3 수준으로 낮춰야 함
 - 미국의 축사환경관리 가이드라인은 축사내 암모니아 농도를 15ppm 이하로 낮출 것을 권고하고 있음
 - 암모니아 농도 15ppm을 넘어설 경우, 돼지 뿐만 아니라 작업자 안전을 위협하는 요인으로 작용하는 것으로 알려져 있음
 - 한돈협회에서 밝힌 자료에 따르면, 양돈농가의 부지경계선 밖에서 악취를 맡는 일이 없도록 하기 위해서는, 돈사 내의 암모니아 농도를 20ppm 이하로 유지해야 함
 - 축사 내 암모니아 농도가 50ppm을 넘어설 경우, 돼지의 면역기능이 떨어뜨리며, 50ppm을 넘을 경우, 돼지가 폐에서 박테리아를 정리할 능력을 감소시킨다는 결과를 다룬 학술논문이 있음(Drummond, et al., 1978)
 - 동일한 이유로, 축사 내 황화수소 농도관리 목표는 0.5 ppm (H₂S기준) 이하 설정이 바람직함
- 축사 내 미세먼지 농도관리 목표는 PM10 기준 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하, PM2.5 기준 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하로 설정하는 것이 바람직함
 - 여름철 축사는 환기 및 배기의 강화로 축사내 미세먼지가 낮은 편이나, 동절기의 경우, 축사내 미세먼지 관리 이슈가 존재할 수 있음
 - 현장 측정 중, 이유자돈들이 자돈사에 진입하자, 돈사 내의 미세먼지 농도가 396 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (PM10), 198 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (PM2.5)로 급증하였으며, 이를 고려하여 미세먼지 농도를 관리해야 함
 - 돈사 내의 온도를 높게 유지하기 위해 환기를 적게 하는 가을 혹은 겨울에는 미세먼지가 문제가 될 여지가 있음
 - 양돈농가는 미세먼지가 호흡기질환에의 영향을 줄 것이라는 경험을 통해 얻은 직관을 가지고 있으나, 아직 학술적으로 완전히 규명되지 않은 부분이 많아 향후 연구가 많이 진행되어야 할 분야임

6) 연무발생기술 개발 시 고려사항

○ 안개발생기술 개발 시 고려 사항

- 돈사 활용 시 주의사항

- 여름철 축사의 습도가 높아질 경우, 폐사율 증가의 원인이 되기 때문에 연무 발생장치가 축사내 습도를 높이지 않아야 함
- 연무발생을 통해 축사 온도를 1-2도 낮추면, 큰 장점이 될 수 있음
- 연무에 전하를 띠 경우, 악취물질 및 미세먼지 저감효과가 뛰어나기 때문에 전하 연무를 발생할 수 있는 기술 개발 필요
- 돈사의 면적이 넓기 때문에 연무발생용량을 늘리는 스케일업 기술개발이 관건이 되며, 살포량, 살포시점 등에 대한 연구가 필요
- 봄, 여름, 가을, 겨울 등 계절적 돈사환경이 크게 다르기 때문에 2년이상의 장기 현장실증연구를 통한 기술검증이 중요함
- 연무발생기술은 쓰레기처리장, 하수종말처리장 등의 악취민원 시설에 적용가능하기 때문에, 활용 방안을 시야에 넣고 연구를 진행할 필요가 있음
- 돈사 내의 습도는 악취제거제 미세분무의 성능에 영향을 끼칠 가능성이 있으며, 가축, 사료 등에 미치는 영향이 크다고 판단되므로, 악취물질과 미세먼지 농도 제어에 따른 습도 변화 등을 관찰해야 함

- 연구개발 시 주의사항

- 문헌조사 결과, 오일과 물의 혼합물의 분사, 안개하전기술의 분진 저감효율이 훌륭하였으며, 물을 분무하는 것은 효과는 있지만 효율은 떨어지는 것으로 나타남
- 누리향은 미네랄 워터를 미세한 크기로 분무하기 때문에, 일반 물의 단순 분사보다 좋은 효율을 보일 것으로 예상되나, 오일과 물의 혼합물 혹은 안개하전기술보다 효율이 좋을지는 미지수임
- 연구개발 시, 미세연무를 하전시키는 기술 혹은 혼합물을 활용하여 악취물질과 미세먼지 제거의 효율을 높이는 방침도 시야에 넣고 연구개발을 진행하는 편이 좋을 것임
- 현장 조건에 대응한 실험도 중요하지만, 악취제거제 미세분무기의 악취 및 미세먼지 농도 제어 성능과 효율을 보기 위해 법적으로 지정된 적정 사육두수를 기준으로 발생한 악취물질 농도에서의 제어 목표 설정이 필요함

- 예상되는 부작용

- 돈사 내에 미네랄 워터를 미세한 크기로 분무함으로써, 돈사 내에 형성되어 있는 미생물의 생태계가 변화하여 부작용이 나타날 수 있음
- 해당 부작용에 대비하기 위해, 미네랄 워터의 미세 분무로 인한 미생물 증가가 사육환경에 끼치는 영향에 대해 관찰, 분석할 필요가 있음

4. 목표달성도 및 관련분야 기여도

4.1. 목표 달성도

4.2. 관련분야 기여도

4. 목표달성도 및 관련분야 기여도

		코드번호	D-03
4.1. 목표달성도			
<표 4-1> 목표 달성도			
연구목표	달성 내용	달성도 (%)	
시장성 검증	<ul style="list-style-type: none"> ○ 제주도의 양돈농가 임직원을 대상으로 인터뷰를 수행하여, 양돈농가가 약취 해결의 의지를 가지고 있으며 시간이 지날수록 커질 것, 즉 수요가 증가할 것이라는 점을 확인함 ○ 인터뷰 수행 결과, 양돈농가도 약취 민원에 부담을 느끼고 있으며, 지자체의 규제와 정책으로 인해 약취저감설비를 구매해야 하는 상황임을 확인 	100	
기술적 타당성 검증	<ul style="list-style-type: none"> ○ 문헌조사를 통해 미세연무 방식이 축사의 약취물질과 미세먼지 저감에 효과가 있음을 확인 ○ 미네럴 워터의 미세연무의 성능 실험은 미세연무 발생장치 시작품의 출력부족으로 미네럴 워터 청소로 대체하여, 뛰어난 약취와 미세먼지 저감 성능을 보여줌을 확인 	100	
사업화 타당성 검증 및 사업화 계획 수립	<ul style="list-style-type: none"> ○ 축산농가에게 신뢰를 줄 수 있는 데이터를 확보하는 것이 사업화 및 사업 성공의 쟁점이 된다는 것을 확인함 ○ 기술가치평가결과, 현 시점의 기술료는 0.8억원, 사업화 성공에 따른 기술가치는 6.0억원이며, 전국으로 확대하고 판매기간을 10년으로 상정할 경우, 기술가치가 100억원이 넘어감을 확인함 ○ 시장성 검증과 기술적 타당성 검증, 사업화 타당성 검증을 기반으로 사업화 계획 및 비즈니스 모델을 수립 	100	

4.2. 관련분야 기여도

1) 축사 공기정화 기술

- 기존의 기술개발은 축산 악취의 저감을 주목적으로 분뇨처리, 사료첨가제 분야의 기술이 개발되었으며 돈사 내의 공기를 정화하여 악취를 직접적으로 저감하고자 하는 시도는 없었음
- 이번 연구목표달성을 통하여 축사 내의 공기를 직접 정화하여, 악취의 원인이 되는 분뇨를 처리하거나 돈사 밖의 공기만을 정화하던 기존의 기술과는 다른 방향으로 접근하여 악취 저감을 실현시킨다는 것에 그 의의가 있음
- 또한 축사 내의 미세먼지 저감에 대한 구체적 수치와 결과를 제시함으로써 경험과 추측으로만 거론되던 악취물질과 미세먼지 저감의 근거를 명확히 제시했다는 것에 의의가 있음

2) 미세연무 발생 기술

- 기존의 기술개발은 초음파, 자외선 등을 활용하여 세밀한 미세연무를 발생시키는 방면으로 개발되어 왔음
- 기존의 방식은 세밀한 미세연무를 발생시킬 수 있지만 소모비용이 크고 발생하는 미세연무의 규모가 작아 특정 분야에서만 사용되었음
- 대규모의 연무가 요구될 때 사용하는 기술로는, 노즐을 이용하여 물방울의 사이즈와 규모를 크게 하는 대신 비용을 낮추는 기술이 개발되어왔음
- 이번 연구목표달성을 통하여 기존의 기술들 사이의 절충점을 찾아내어 저비용, 중 규모로 세밀한 미세연무를 사용할 수 있게끔 하여 다양한 산업의 선택의 폭을 넓힌다는 점에 그 의의가 있음

5. 연구결과의 활용 계획

5. 연구결과의 활용계획

코드번호	D-03
<p>1) 추가연구의 필요성</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 무된 악취제거제의 성능을 증가시키기 위한 최적화 조건 규명 ○ 시간에 따른 악취원인물질 농도 변화의 원인 규명 필요 ○ 계절 요인에 따른 축산 악취와 미세먼지의 변화에 대한 현상 분석 ○ 외부 조건에 의해 변화하는 악취와 미세먼지가 돼지의 건강에 미치는 영향 연구 ○ 미세연무 발생 장치의 미세연무 토출량을 늘리는 연구 ○ 양돈장 외의 축사 시설에서의 유효성 검증 <ul style="list-style-type: none"> - 미생물 환경이 다르기에 추가 연구가 필요 - 미네랄 워터의 분무로 인해 미생물 생태계가 변화할 것이며, 이로 인한 부작용에 대비해 연구를 진행해야 함 ○ 기존 상품과 연계하여 활용했을 때의 상호작용효과를 확인 필요 ○ 악취원인물질의 농도를 더욱 감소시키기 위한 방안 연구 <ul style="list-style-type: none"> - 암모니아 농도를 더욱 낮추기 위한 연구 필요 - 황화수소의 농도를 0.50 ppm이하로 낮추기 위한 연구 필요 <p>2) 타 연구에의 응용</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 축사 외의 지역의 악취 혹은 미세먼지를 저감시키는 연구에 응용 가능함 <ul style="list-style-type: none"> - 쓰레기 처리장과 같은 지역에 사용 가능함 - 악취와 미세먼지는 정도의 차이는 있지만 다른 축산업에서도 중요한 문제임 ○ 양돈장 외의 축사의 악취 현황에 대해 응용이 가능함 <ul style="list-style-type: none"> - 목장, 양계장과 같은 업계의 악취 문제에 응용 가능 <p>3) 사업화 추진방안</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 본 과제에서 연구개발한 기술은, 돈사 뿐만 아니라 양계업과 같은 다른 업계에도 확대적용할 수 있음 ○ 본 기술의 악취원인물질과 미세먼지 저감 효율은 가축의 종류에 영향을 받지 않으므로, 다양한 축사에 활용하는 것이 가능함 ○ 축산업뿐만 아니라 악취와 미세먼지가 발생하는 폐기물 처리업체에도 본 과제에서 개발한 기술이 적용 가능함 	

6. 연구과정에서 수집한 해외과학기술정보

6. 연구과정에서 수집한 해외과학기술정보

		코드번호	D-03
○ 해외 학술저널에서 발표된 주요 유의미한 연구결과를 발표한 논문리스트 및 내용은 다음과 같음			
<표 6-1> 연구과정에서 수집한 해외과학기술정보			
논문	주요 연구내용		
Prevalence of gross lesions in slaughtered pigs—the PigMON database 1990 - 1993, Davies PR, Bahnsen PB, Marsh WE, Dial GD, 1995	양돈장 돼지의 65%는 폐렴과 같은 호흡기 질환에 시달리고 있으며, 암모니아 농도가 25ppm 이상일 때, 지속적으로 흡입하면 돼지의 혈구수 감소, 체중 감소 혹은 체중 증가량 감소로 이어짐		
Dust control in livestock buildings with electrostatically charge water spray, Emad Ali Almuhanna, 2007	돈사 내의 분진과 악취물질 등의 연관 관계에 대한 리뷰 논문으로 미세연무를 하전시킴 경우, 분진 제거 효율이 92%까지 증가함을 발표함		
Effects of aerial ammonia on growth and health of young pigs, Drummond et al., 1978	공기 중 암모니아 농도가 50~75ppm일 때, 자돈들의 박테리아 방어 능력이 저하됨		
Bioaerosol Health Effects and Exposure Assessment: Progress and Prospects, J. DOUWES, 2003)	미세먼지는 에어로졸 혹은 미생물, 바이러스 등이 부착된 바이오 에어로졸의 형태로 돼지의 폐로 침입하여 피해를 입힘		
The concentration of swine production. Effects on swine health, productivity, human health, and the environment, Donham, KJ, 2000	돈사의 장기 근로자는 만성 호흡기 질환에 걸린 경우가 많다는 연구결과이며, 동 연구결과는 축산작업장 안전에 대한 이슈를 제기하였다는 점이 의미가 높음		
An Air Cleaning Efficiencies of Wet Air Cleaner in the Windowless Swine Fattening Stall in Summer, Oh, I.H.; Lee, J.H.; Lee, K.H.; Lee, J.H.; Lee, D.S.; Eo, S.M.; Lee, M.L.,	한국의 비육돈의 무창돈사를 대상으로 습식 세정기를 개발, 성능 검증 실험 및 그 결과를 다룬 논문으로, 한국의 상황에 맞춘 연구로서 참고하였음		

7.기타

7. 연구개발결과의 보안등급

해당사항 없음

8. 국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비 현황

해당사항 없음

9. 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전조치 이행실적

해당사항 없음

10. 연구개발과제의 대표적 연구실적

해당사항 없음

11. 기타사항

특별한 사항 없음

12. 참고문헌

- J Hartung, Effects of bioaerosol related particulate matter on animal health, Proc. PM in and from Agriculture, 2002
- AM Schmidt, AJ Heber, Dust, Odor and Gas Control in Swine Finishing Barns Through Oil Sprinkling, Extension publications (MU), 2004
- Y Zhang, Z Tan, X Wang, Aerodynamic deduster technologies for removing dust and ammonia in air streams, Proceedings of the Seventh International Symposium, 2005
- R Sawvel, Evaluation of shaker dust collector for use in a swine farrowing barn, Iowa research online, 2014
- D. Sternlicht, State Air Quality Program, Env'tl. L. Newsl, 1977
- A Goetz, RF Pueschel, The effect of nucleating particulates on photochemical aerosol formation, Journal of the Air Pollution Control Association, 1965
- NC Bergstrom, PN Walker, Air-to-liquid heat exchanger system for ventilation heat recovery, Transactions of the ASAE, 1987
- Oh, I.H.; Lee, J.H.; Lee, K.H.; Lee, J.H.; Lee, D.S.; Eo, S.M.; Lee, M.L., An Air Cleaning Efficiencies of Wet Air Cleaner in the Windowless Swine Fattening Stall in Summer, Journal of Animal Environmental Science, 2006
- Winkel, A.; Cambra-López, M.; Harn, J. van; Hattum, T.G. van; Aarnink, A.J.A., Measures to reduce fine dust emission from poultry: optimization of an oil spraying system for broilers, Animal Science Group, 2009
- J. DOUWES, Bioaerosol Health Effects and Exposure Assessment: Progress and Prospects, Ann. occup. Hyg., Vol. 47, No. 3, 2003
- Donham, KJ, The concentration of swine production. Effects on swine health, productivity, human health, and the environment, Vet Clin North Am Food Anim Pract. 2000 Nov, 2000
- EMAD ALI ALMUHANNA, Dust control in livestock buildings with electrostatically charged water spray, Kansas State University, 2007
- EMAD ALI ALMUHANNA, Measuring the electrostatic charge of airborne particles, Food, Agriculture and Environment (JFAE), 2010

주 의

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