

유우의 유방염 예방을 위한 우분뇨/톱밥 살균·탈수
시스템 개발

Development of fecal/sawdust bactericides and
dehydrating system for preventing dairy cow mastitis

국립농업과학원

농림수산물자료실



0017708

농림수산물부

제 출 문

농림수산식품부 장관 귀하

이 보고서를 “유우의 유방염 예방을 위한 우분뇨/톱밥 살균·탈수 시스템 개발에 관한 연구” 과제(세부과제 “우분뇨/톱밥 살균·탈수 장치개발, 우분뇨/톱밥 살균·탈수 시스템 현장적용 성능평가 및 유방염 원인체 사멸 유효조건 확립 검증연구에 관한 연구”)의 보고서로 제출합니다.

2009 년 5 월 29 일

주관연구기관명 : 국립농업과학원

주관연구책임자 : 오 권 영

연 구 원 : 홍 중 태

연 구 원 : 유 병 기

연 구 원 : 최 덕 규

연 구 원 : 탁 동 수

위탁연구기관명 : 충남대학교

위탁연구책임자 : 장 동 일

연 구 원 : 이 승 주

연 구 원 : 이 윤 범

협동연구기관명 : 경상대학교

협동연구책임자 : 장 홍 희

연 구 원 : 김 석

요 약 문

I. 제 목

유우의 유방염 예방을 위한 우분뇨/톱밥 살균·탈수 시스템 개발

II. 연구개발의 목적 및 필요성

1. 연구 목적

본 연구는 유방염 예방을 위하여 국내 대부분의 낙농가에 보급, 사용되고 있는 톱밥우사 내 유방염 원인체 증식환경을 파괴하고 유방염 감염원을 사멸할 수 있는 최적화된 탈수 및 살균 시스템 개발하는데 목적을 두었다.

2. 연구개발의 필요성

우리나라는 2006년 12월 현재 전국 8,200여 낙농 농가에서 약 46만두의 유우를 사육하고 연 2,000천톤 이상의 원유를 생산하는 낙농국가로 성장하였다. 또한 최근의 경제적인 발전으로 인한 식생활의 변화에 따라 국내 우유소비량이 1996년 총 2,465천톤(1인당 54.2 kg)이었던 것이 2005년에는 3,028천톤(1인당 62.7 kg)로 지속적으로 증가하였다(2006년, 농림부 통계자료).

국내 우유소비량이 증가함에도 불구하고 소규모(50두 미만) 사육농가는 급격히 감소하였고, 중규모(호당 50두 이상) 사육농가는 2003년도까지 급격히 증가하였다(2006년, 농림부 통계자료).

이와 같이 우리나라 낙농업은 외형적인 성장에도 불구하고 아직 외국에 비해 생산성이 낮을 뿐만 아니라 유제품 개발 및 원유의 위생적 품질 면에서도 상대적으로 미흡하여 이에 대한 기술적 개선과 국가의 정책적 지원이 요구되고 있다.

낙농가의 규모가 전업화·기업화·대형화가 되었음에도 불구하고 농촌인력의 감소 등으로 인해 관리인원은 기존과 동일한 수준이다. 따라서 관리인 1인당 관리 두수의 증가로 인하여 유우 당 세밀한 관리시간이 부족하여 질병 발생 가능성이 과거보다 증가된 것으로 판단된다. 또한 전염병 발생 시 대규모로 확산될 가능성이 증가하였다.

특히 국내 유우에서 발생하는 유방염은 생유의 위생, 생산자의 경제적 손실, 국민의 영양학적 면에서도 나쁜 영향을 초래하기 때문에 이에 대한 대책마련이 시급한 실정이다.

전 세계적으로 유방염으로 인한 경제적 피해는 매년 약 35조원에 이르고(Bradley *et al.*,

2002; Seegers *et al.* 2003) 미국에서는 약 2조원, 영구에서는 2,700억원 이상의 경제적 손실을 야기하며(한국 경제 TV 2006년 5월 기사), 국내 또한 1,132억원 이상의 경제적 손실을 일으키는 심각한 질병 중 하나이다(축산신문 2005년 12월 7일자 기사).

유우에 있어 유방염은 낙농산업에 있어 가장 치명적인 질병이며 다양한 원인으로 발병한다. 유방염이 발생하는 원인으로서는 유방의 비정상적인 해부구조, 비위생적인 사육환경, 불균형한 영양공급, 체내 대사 및 호르몬 등 생리적 이상, 분만 및 건유기의 비위생적인 사양관리, 비위생적인 착유기 사용 및 사용오류, 착유 위생관리 불량 등이다. 특히, 모든 원인에 있어 환경으로부터의 유방염 감염이야말로 가장 중요한 오염원이 된다.

현재 유방염의 확실한 치료 방법은 개발되어 있지 못하며, 원인균의 항생제 감수성을 통한 항생제 요법과 대증적 요법을 병행하여 실시하고 있으나, 좋은 성과를 거두지 못하는 실정이다. 이러한 이유 때문에 유방염을 최소화하기 위한 방법으로 예방 및 감염원의 차단을 최우선으로 여기고 있다.

따라서 위생적 유방의 세척, 유방표면부 관리, 착유후 유두공 소독 등은 유방염의 예방을 위해서 취해야 할 중요한 요소이다. 이 모든 요소들은 환경으로부터의 감염을 예방하기 위한 과정의 한 부분이며, 무엇보다도 근본적인 예방 대책은 축사 바닥, 시설, 우분으로부터의 감염을 예방하는 것이라 하겠다.

이에 현재 국내 대부분의 낙농가에서 사용되는 톱밥우사는 축사 바닥에 톱밥을 깔아줌으로써 냄새와 해충의 발생을 억제하고 우분노 내 유방염 원인체의 증식 환경을 최소화하여 감염 예방에 노력하고 있다.

하지만 톱밥의 품귀현상으로 인한 가격의 상승과 공급불량, 톱밥 교체에 따른 비용과 노동력 발생이 문제가 되고 특히, 사계절 중 고온다습한 여름에는 톱밥우사의 기능을 제대로 발휘하는데 많은 문제점이 있다. 여름철 톱밥우사에서 사육되는 유우들은 상대적으로 시원한 곳에 무리지어 있는 행동습성을 나타낸다. 무리지어 있는 유우들은 국지적인 곳에 분과 노를 다량 배설함으로써 톱밥과 우분노가 섞여 단시간 내에 질퍽질퍽 해지고 톱밥의 기능을 상실하게 된다. 이러한 조건에 더운 날씨와 높은 습도는 유방염 원인균이 번식하고 서식하기에 좋은 조건이 형성되며, 상대적으로 시원한 이곳에 유우들이 앉아 휴식을 취할 경우 유두가 분노와 접촉을 함으로써 유방염 원인체에 의해 유방염에 감염될 가능성이 매우 높아진다. 따라서 여름철에 우사의 바닥 중 질퍽질퍽한 부분이 없도록 건조함과 동시에 살균을 병행한다면 유방염 원인균의 생육환경을 파괴함으로써 유방염의 발생을 저감시킬 수 있는 중요한 방법이라 사료된다.

Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

구분	연구개발의 목표	연구개발의 내용
1차년도 (2007년)	○ 우분뇨+톱밥 탈수장치의 개발	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기초연구 <ul style="list-style-type: none"> - 관련 자료의 수집 및 분석 ○ 탈수장치의 수거부 및 이송부 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 수거부 및 이송부의 CAD 설계 및 시뮬레이션 분석을 통한 기구학적 분석 - 수거부 및 이송부의 시작기 제작 ○ 탈수장치의 탈수부 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 탈수부의 CAD 설계 및 개발 - 시작기 제작 ○ 탈수장치의 배출부 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 배출부의 CAD 설계 및 시작기 제작 ○ 종합적인 탈수장치 제작 및 미비점 보완 <ul style="list-style-type: none"> - 종합적인 탈수장치의 제작 - 탈수장치의 미비점 보완
	○ 우분뇨+톱밥 살균장치의 개발 (1)	○ 광(光) 발생장치의 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 광발생장치의 설계 및 제작
	○ 우분뇨+톱밥 탈수장치의 기계적 성능 분석	○ 개발된 우분뇨+톱밥 탈수장치의 기구학적 분석 ○ 개발된 우분뇨+톱밥 탈수장치의 기계적 성능 분석
	○ 우분뇨+톱밥 탈수장치의 농장 성능 평가 및 살균장치의 설계 기준 확립	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기초연구 <ul style="list-style-type: none"> - 관련 자료의 수집 및 분석 ○ 유우사의 구조 조사 및 분석 ○ 유우 사양관리 방법 조사 및 분석 ○ 현장에 근거한 탈수 및 살균 장치의 설계기준 확립 ○ 작업 시기 및 횟수 설정 ○ 탈수장치의 각 부분별 성능 평가 <ul style="list-style-type: none"> - 우분뇨+톱밥의 수거 및 이송 효율 평가 - 우분뇨+톱밥의 탈수 및 배출 효율 평가 ○ 탈수장치의 보완점 제안 ○ 살균장치 설계기준 확립
	○ 우분뇨+톱밥 내 유방염 원인체 사멸 유효조건 확립	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기초연구 <ul style="list-style-type: none"> - 관련 자료의 수집 및 분석 ○ 수분 함량에 따른 우분뇨+톱밥내 유방염 발생 원인균 사멸 유효조건 확립 ○ UV 조사량에 따른 우분뇨+톱밥내 유방염 발생 원인균 사멸 유효조건 확립 ○ UV 조사량 및 수분 함량에 대한 유방염 원인체의 최적 살균 조건 확립

구분	연구개발의 목표	연구개발의 내용
2차년도 (2008년)	○ 우분뇨+톱밥 살균장치의 개발(2)	○ 광(光)조사(照射)장치의 개발 및 미비점 보완 - 광조사장치의 설계 및 제작 - 우분뇨+톱밥 살균장치의 미비점 보완
	○ 우분뇨+톱밥 탈수·살균시스템 개발 및 현장적용	○ 종합적인 시스템 개발 및 미비점 보완 - 종합적인 시스템 개발(1차 시작기) - 1차 시작기의 미비점 보완 및 현장 적용을 위한 2차 시작기 개발
	○ 우분뇨+톱밥 살균장치 및 종합 시작기의 기계적 성능평가	○ 살균장치의 기구학적 분석 및 기계적 성능 평가 ○ 종합시작기의 기구학적 분석을 통한 안정성 및 성능분석 ○ 시작기의 실증시험을 통한 성능분석 ○ 2차 시작기의 현장 성능 평가
	○ 우분뇨+톱밥 살균장치의 농장 성능 평가	○ 살균장치의 각 부분별 성능 평가 - 광조사량 평가 - 우분뇨+톱밥 살균 효과 평가 - 우분뇨+톱밥의 이송 성능 평가 ○ 살균장치의 보완점 제안
	○ 종합시스템의 농장 성능평가	○ 종합시스템의 성능 평가 - 우분뇨+톱밥 수거 및 이송 성능 평가 - 우분뇨+톱밥 탈수 효율 평가 - 살균효과 ○ 종합시스템의 보완점 제안
	○ 개발된 시스템의 유방염 원인체 사멸 효과 검정	○ 유방염 발생 및 비발생 농가 현장조사 및 원인체 분석 ○ 유방염 발생 및 비발생 농가 시스템 현장 적용 후 우분뇨+톱밥내 균체수 변화 검정 ○ 유방염 발생 및 비발생 농가 시스템 현장 적용 후 유방염 발생을 및 이환을 비교분석

IV. 연구개발결과

본 연구에서는 “유우의 유방염 예방을 위한 우분뇨/톱밥 살균·탈수 시스템 개발”을 위하여 탈수부와 살균부의 요소별 성능시험을 실시한 후 그 성능시험 결과에 근거하여 개발한 시작기의 성능을 평가하였는데, 그 결과는 다음과 같았다.

젖소의 유방염을 유발하는 주요 원인균들인 *E. coli*, *S. agalactiae*, *S. aureus*는 분변 혹은 우유에 존재하며, 감염되지 않은 다른 개체로의 감염을 유발하기 때문에 자외선은 소독제로서 이미 산업계 및 의료계에서 쓰레기 및 물의 살균에 사용되고 있으므로, 자외선을 이용하여 젖소의 유방염 확산을 방지하는 것의 실효성을 검증하였다. 본 결과로서 우분뇨/톱밥의 함수율은 젖소 유방염 유발균의 증식에 영향을 미치지 않았고, 유방염 유발균은 144시간 이상의 장시간 동안 생존이 가능하였다. UV(자외선)의 조사 시 우분뇨/톱밥을 교반하는 것이 교반하지 않는 것보다 균의 증식을 억제하는데 더 좋은 효과가 있었으며, 자외선의 살균효과는 함수율이 낮을수록, 조사높이가 낮을수록, 조사시간이 길수록 더 증가하였다. 이들의 결과를 종합해 볼 때, UV 살균효과를 높게 유지하기 위해서는 건식함수율은 200~300%(습식함수율 75% 정도) 이하, 조사높이는 5cm 이하, 조사시간은 25초 이상으로 해야 할 것으로 판단되었다.

환경유래 젖소 유방염 원인체는 우분뇨 내 장기간 생존 가능하며, 유우가 이들 병원체에 노출되었을 경우 유방염의 발생 빈도가 높아지기 때문에 이에 대한 대책 마련이 시급하다. 농장의 분변 및 깔짚의 함수율이 낮게 유지될 경우 유방염 발생빈도가 낮아지므로, 분변 및 깔짚의 함수율을 낮추는 것이 유방염 발생을 예방하는데 도움이 될 것이며, 이들 분변 및 깔짚의 재활용은 농가의 비용감소에 있어 매우 중요하다. 본 과제에서 스크류 압착식 우분뇨 탈수 시스템을 이용하여 탈수효과 및 제균효과를 분석한 결과에 의하면, 단지 탈수만으로도 유방염 원인균을 50% 이상 제거함으로써 유방염 발병을 크게 감소시킬 수 있을 것으로 기대되었으며, 그리고 가능한 함수율 68%(w.b.) 정도까지 탈수할 수 있는 장치를 이용하는 것이 바람직한 것으로 나타났다.

탈수 시스템과 연계된 UV 램프 살균 시스템의 유방염 원인균에 대한 UV의 최적 살균조건은 처리속도 0.6 m/min, 조사높이 5 cm, 함수율 50%(w.b.)로 나타났으나, 이는 현실적으로 0.6 m/min보다 훨씬 빠르게 작업을 해야 하고 그리고 함수율을 68%(w.b.) 이하로 탈수할 수 없음을 고려해 볼 때 탈수기와 연계하여 UV 램프 살균 시스템을 사용하는 것을 고려하지 않는 것이 좋을 것으로 판단되었다.

이상의 연구결과들을 1, 2, 3차 시작기를 개발하는데 설계 근거로 이용하였다.

1차 시작기는 트랙터 PTO, universal joint, 감속기, 체인 및 텐션 스프로킷으로 구성된 동

력전달부, 원통형 회전 롤러에 폴리에탄 솔로 구성된 우분뇨/톱밥 상차부, 상차된 우분뇨/톱밥을 탈수부로 이송시키는 합성고무 컨베이어 벨트 이송부, 그리고 우분뇨/톱밥의 수분을 탈수하는 원통형 롤러 탈수부로 구성하였다. 시험 시작 직후에 원통형 회전 롤러 부착형 폴리에탄 솔 우분뇨/톱밥 상차부에 정체현상이 나타나 더 이상 상차하지 못하였고 또한 상차부에 걸린 과부하에 의해 텐션 스프로킷이 변형되었으며 체인이 이탈되었다.

2차 시작기는 1차 시작기의 문제점을 개선하기 위하여 offset 링크, 한쪽 또는 양쪽 허브형 스프로킷 등을 이용하여 개선한 동력전달부, 원통형 회전 롤러에 경질 아크릴재질의 깃 4개를 단 우분뇨/톱밥 상차장치, polymer wire mesh 벨트 우분뇨/톱밥 이송부, 그리고 고무판을 입히고 스프링에 부착된 원통형 롤러 탈수부로 구성하였다. 시험 결과, 탈수 롤러와 이송벨트 사이에 우분뇨/톱밥이 정체되어 이송벨트에 과부하가 걸려 더 이상 작업이 곤란한 현상이 나타났다.

3차 시작기는 2차 시작기의 문제점을 개선하기 위하여 로터리방식의 우분뇨/톱밥 상차장치, 메쉬형 운분뇨/톱밥 이송벨트, 스크레퍼 부착형 압착롤러 탈수장치로 구성하였다. 그 결과 1, 2차 시작기에서 발생되었던 여러 가지 문제점들이 발생되지 않고 정상적으로 작동되었으며 탈수/제균 효과가 우분뇨/톱밥의 함수율에 상관없이 우수하게 나타났다. 즉 3차 시작기의 탈수성능은 탈수 전 함수율 76~82%(w.b.), 탈수 후 함수율 70~73%(w.b.)로 아주 우수하였으며, 이러한 탈수효과에 의한 제균율은 4~47%로 우분뇨/톱밥의 함수율에 따라 크게 영향을 받는 것으로 나타났으나 이 정도의 제균 성능을 나타내는 탈수시스템을 이용하여 정기적으로 탈수/제균을 한다면 유방염 예방효과는 매우 클 것으로 판단되었다. 예상했던 것처럼 역시나 UV를 이용한 유방염 원인체 살균 효과는 처리속도가 빠름에 따라 UV 램프 조사 시간이 너무 짧아 없는 것으로 나타났다.

V. 연구성과 및 성과활용 계획

1. 핵심 기술

- 1) 자외선을 이용한 우분뇨/똥밥 살균시스템 개발
- 2) 스크류 압착식 우분뇨/똥밥 탈수시스템 개발
- 3) 살균시스템 및 탈수시스템을 활용한 유방염 원인체 살/제균 유효조건 확립
- 4) 유우의 유방염 예방을 위한 우분뇨/똥밥 살균·탈수 시스템 개발

2. 특허 및 논문

- 1) 특허: 유우의 유방염 예방을 위한 우분뇨/똥밥 탈수·제균 시스템에 대한 특허 출원 준비 중
- 2) 논문:
 - Bacteriocidal effects of ultraviolet irradiation for reducing bovine mastitis derived from environmental contamination J. Environ. Agri. 27(4); 435-440, 2008.
 - Dehydrating and Bacterial Elimination Effects of Fecal Dehydrating System for Reducing Bovine Mastitis Derived from Environmental Contamination, 심사 중
 - Study on performance test of a proto-type sterilizer system for fecal/sawdust produced in dairy cows barn, 심사 중

3. 향후 연구결과 활용계획

- 1) 기술이전: 우분뇨/똥밥 탈수·제균 시스템을 (주) 이레에 기술이전 할 계획임
- 2) 상품화: 참여기업인 (주)이레에서 상품화 할 계획임

SUMMARY

Development of a fecal/ sawdust based dehydration and bacteria elimination system for preventing mastitis of dairy cows

Bovine mastitis is an important disease causing serious economic loss in dairy production and food poison in public health. The major causative agents of bovine mastitis include *Escherichia coli* (*E. coli*), *Streptococcus agalactiae* (*S. agalactiae*) and *Staphylococcus aureus* (*S. aureus*). These bacteria can be found in water, soil and so on. Recently, many cases of mastitis are derived from environmental contamination of micro-organisms, which is an important factor for the spread of this disease in farm. Ultraviolet (UV) irradiation has been used as disinfection for waste and water in clinical and industrial facilities. Moreover the UV irradiation has been used as useful bactericidal agents to remove bacterial biofilms in environmental condition. In this study, we determined the bacterial replication of different percentage of water content (PWC) in sterilized sawdust and feces complexes from farm, and results showed that slightly decreased growth pattern of *E. coli* and *S. agalactiae* but increased growth pattern of *S. aureus* in various PWC (200, 400 and 600% (d.b.)) until 144 h incubation. In the bactericidal effect of UV irradiation to bacteria in sawdust and feces complex, the results showed that bactericidal effect was depended on the UV irradiation time, irradiation distance and PWC, and that the proper requirements of UV irradiation for sterilization system are low PWC less than 200~300% (d.b.) (about 75% (w.b.)), long time irradiation of over 25 s and short irradiation distance less than 5 cm. Furthermore UV irradiation with stirring showed increased the bactericidal effect compared to without stirring.

Bovine mastitis causative micro-organisms can survive in 1-2 weeks in feces and bed complexes. Low level of percentage of water content (PWC) of feces and bed complexes can reduce the spreading of bovine mastitis incidence from environmental contamination. In this study, we developed a fecal dehydrator which is a screw compress type and determined the elimination rates of bovine mastitis causative agent from feces and bed complexes. It showed that PWC decreased to 68% (w.b.) from various percentages (80, 85, and 90% (w.b.)) and the elimination rates of *E. coli* and *S. aureus* was over 50% (w.b.).

These results suggested that the application of fecal dehydrator would reduce the exposure of dairy cattle to bovine mastitis causing agents contaminated feces and bed complexes, and can be used for environmental bovine mastitis control avoiding misuse or abuse of chemical disinfectants and antibiotics in dairy farm.

The optimum performance of UV lamp sterilization system operated with the dehydrator were at low conveying speed which is less than 0.6 m/min, short irradiation distance which is less than 5 cm and low PWC having less than 50% (w.b.). However, these conditions can not be achieved in dairy farm because the dehydration for feces and bed complexes will be really worked at very high speed and PWC of feces and bed complexes can not be reached below 68% (w.b.) by the dehydrator. Therefore, it was believed that UV sterilization system is not needed.

The first prototype feces-bed based dehydration and sterilization system consisted of a tractor PTO, a universal joint, a speed reducer, five chains and three tension sprockets for power transmission, a circular poly-ethan brush for loading feces and bed complexes on a belt conveyor, a synthetic rubber belt conveyor for conveying loaded feces and bed complexes to a dehydrator, and a compress type roller dehydrator for dehydrating wet feces and bed complexes. Tractor PTO is used for the main power and Type A of KS B1407 is used for the power line. Chain speed and speed fluctuation is acceptable according to the results but No. 3, 4, and 5 chains need to revise the length. Breaking stress and allowable tension are acceptable but in the case of the sprocket on No. 3 chain, the number of teeth for the chain is insufficient that the chain and sprocket can pop out due to overloading and the tension sprocket get deformed. Therefore, it needs to use bigger sprocket to increase the number of teeth for No. 3 chain, and a shock absorber or stronger material for tension sprocket.

The second prototype feces-bed based dehydration and sterilization system consisted of a tractor PTO, a universal joint, a speed reducer, five chains with offset links, and three tension sprockets of one or two way hub type for power transmission, four acrylic vanes for loading feces and bed complexes on a belt conveyor, a polymer wire mesh belt conveyor for conveying loaded feces and bed complexes to a dehydrator, and a rubber coated compress type roller dehydrator with springs for dehydrating wet feces and bed complexes. The results of performance test showed that feces and bed complex was accumulated between the dehydrating roller and the belt conveyor resulting that

dehydrating work can not be continued.

The third prototype feces-bed based dehydration and sterilization system consisted of a tractor PTO, a universal joint, a speed reducer, two chains with offset links, and three tension sprockets of one or two way hub type for power transmission, a rotary for loading feces and bed complexes on a belt conveyor, a polymer wire mesh belt conveyor for conveying loaded feces and bed complexes to a dehydrator, and a rubber coated compress type roller dehydrator for dehydrating wet feces and bed complexes. The test results showed that its performance was excellent. In other words, PWC of 76~82% (w.b.) before dehydration was decreased to 70~73% (w.b.) after dehydration, and this dehydration eliminated 4~47% of the major causative agents of bovine mastitis. As estimated, there was no the bactericidal effect from UV lamp sterilization system.

CONTENTS

Chapter 1. Overview of the project	13
1. Aims of the research	13
2. Necessity of the research	13
Chapter 2. Status of the technology development in Korea and foreign countries	17
1. Status of the technology development in Korea and foreign countries	17
2. Future prospection	18
Chapter 3. Research contents and results	19
I. Materials and methods	19
II. Results	38
Chapter 4. Achievement and contribution to related fields	68
1. Achievement	68
2. Contribution to related fields	70
Chapter 5. Application of the results	71
1. Essential techniques	71
2. Patent and publishes	71
3. Future plans	72
Chapter 6. Overseas technology information collected during the research	73
Chapter 7. References	74

목 차

제 1 장 연구개발과제의 개요	13
1. 연구개발의 목적	13
2. 연구개발의 필요성	13
제 2 장 국내외 기술개발 현황	17
1. 국내외 기술현황	17
2. 앞으로의 전망	18
제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과	19
I. 연구개발수행의 재료 및 방법	19
II. 연구개발 결과	38
제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도	68
1. 목표달성도	68
2. 관련분야의 기여도	70
제 5 장 연구개발 성과 및 성과활용 계획	71
1. 핵심 기술	71
2. 특허 및 논문	71
3. 향후 연구결과 활용계획	72
제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술 정보	73
제 7 장 참고문헌	74

제 1 장 연구개발과제의 개요

1. 연구개발의 목적

- 유우 유방염 예방을 위한 우분뇨+톱밥 탈수·살균 시스템의 개발 및 산업화
 - 유방염 원인체의 최적 살균 조건 확립 및 검정
 - 우분뇨+톱밥 탈수 장치의 개발
 - 우분뇨+톱밥 내 유방염 원인체 살균 장치의 개발
 - 우분뇨+톱밥 탈수·살균 장치의 현장 적용 성능 평가
 - 우분뇨+톱밥 탈수·살균 시스템의 산업화

2. 연구개발의 필요성

1) 기술적 측면

우리나라는 2006년 12월 현재 전국 8,200여 농가에서 46만 여두의 유우를 사육하고 연 2,000천톤 이상의 원유를 생산하는 낙농국가로 성장하였다. 또한 최근의 경제적인 발전으로 인한 식생활의 변화에 따라 국내 우유소비량이 Fig. 1-1과 같이 1996년 총 2,465천톤(1인당 54.2 kg)이었던 것이 2005년에는 3,028천톤(1인당 62.7 kg)로 지속적으로 증가하였다(2006년, 농림부 통계자료).

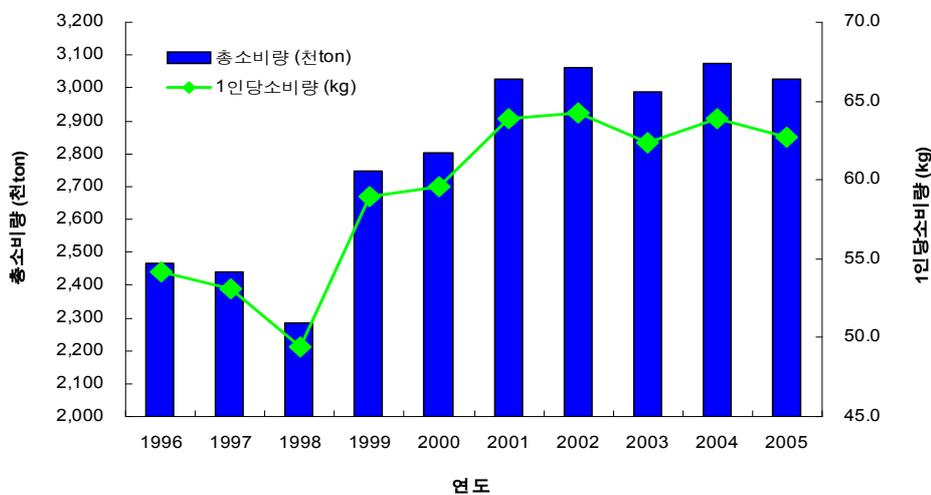


Fig. 1-1. Consumption of milk in the domestic.

국내 우유소비량의 증가함과 더불어 Fig. 1-2와 같이 소규모(50두 미만) 사육농가는 감소하였고, 중규모(50두 이상)이상 사육농가는 증가하여 대형화되고 있는 실정이다(2006년, 농림부 통계자료).

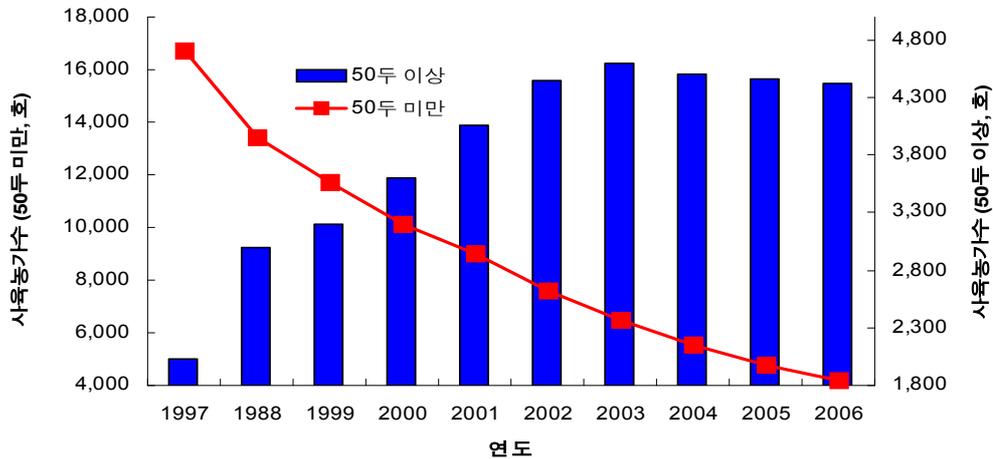


Fig. 1-2. Number of farm households and head of dairy cattle(over 50 heads).

이와 같이 우리나라 낙농업은 외형적인 성장에도 불구하고 두당 생산량이 이스라엘 11,565kg/두·년, 미국8,618kg/두·년 등 외국에 비하여 7,720kg/두·년으로 생산성이 낮을 뿐만 아니라 유제품 개발 및 원유의 위생적 품질 면에서도 상대적으로 미흡하여 이에 대한 기술적 개선과 국가의 정책적 지원이 요구되고 있다.

낙농가의 규모가 전업화·기업화·대형화가 되었음에도 불구하고 농촌인력의 감소 등으로 인해 관리인원은 기존과 동일한 수준이다. 따라서 관리인 1인당 관리 두수의 증가로 인하여 유우 당 세밀한 관리시간이 부족하여 질병 발생 가능성이 과거보다 증가된 것으로 판단된다. 또한 전염병 발생 시 대규모로 확산될 가능성이 증가하였다.

특히 국내 유우에서 발생하는 유방염은 생유의 위생, 생산자의 경제적 손실, 국민의 영양학적 면에서도 나쁜 영향을 초래하기 때문에 이에 대한 대책마련이 시급한 실정이다. 유우에 있어서의 유방염은 낙농 산업에 있어 가장 치명적인 질병이며 다양한 원인으로 발병한다. 유방염의 원인균은 크게 세균성, 바이러스성, 곰팡이성으로 구분되는데, Watts(1988)의 보고에 의하면 137종 이상의 미생물이 유방염과 관련되어 있음을 보고하였다. 주요 원인체로서는, 1) 세균성으로 *Staphylococcus aureus*, *S. epidermidis*, *Streptococcus spp.* 등이며 *Actinomyces pyogenes*, *Peptococcus indolicus* 및 미호기성 그람양성구균, 대장균, *Leptospira*, *Brucella* 균, 결핵균,

*Mycoplasma*도 관여되고 있고, 2) virus성으로 소 Parainfluenza 3, bovine herpesvirus 2, vaccinia, cowpox, pseudocowpox, vesicular stomatitis, foot-and-mouth disease 등이 관여하고 있고, 3) 곰팡이성으로는 yeast, *Candididum spp.*, *Penicillium spp.* 등이 관여한다.

유방염은 이들 원인체가 유선조직에 침입하여 염증을 일으키고(Fig. 1-3), 이로 인하여 유량 감소, 유질저하, 발열, 식욕감퇴 등의 증세를 나타내며 심한 경우에는 젖소로서의 기능을 상실할 뿐 아니라 폐사되는 위기에 처하게 된다. 또한, 유방염 감염우는 건강우의 감염원이 되고 계속 원인균을 배출하기 때문에 질병의 조기 진단과 함께 대책 마련이 반드시 이루어져야 유방염으로 인한 경제적 손실을 최소화 할 수 있다.



Fig. 1-3. Symptoms of infected mastitis.

유방염이 발생하는 원인으로는 유방의 비정상적인 해부구조, 비위생적인 사육환경, 불균형한 영양공급, 체내 대사 및 호르몬 등 생리적 이상, 분만 및 건유기의 비위생적인 사양관리, 비위생적인 착유기 사용 및 사용오류, 착유 위생관리 불량 등이다. 특히, 모든 원인에 있어 환경으로부터의 유방염 감염이야말로 가장 중요한 오염원이 된다.

따라서 위생적 유방의 세척, 유방표면부 관리, 착유후 유두공 소독 등은 유방염의 예방을 위해서 취해야 할 중요한 요소이다. 이 모든 요소들은 환경으로부터의 감염을 예방하기 위한 과정의 한 부분이며, 무엇보다도 근본적인 예방 대책은 축사 바닥, 시설, 우분으로부터의 감염을 예방하는 것이라 하겠다.

현재 유방염의 치료 방법은 확립되어 있지 못하며, 원인균의 항생제 감수성을 통한 항생제 요법과 대증적 요법을 병행하여 실시하고 있으나, 예후는 아주 불량한 실정이다. 이러한 이유 때문에 유방염을 최소화하기 위한 방법으로, 예방 및 감염원의 차단을 최우선으로 여기고 있다.

2) 경제·산업적 측면

유방염으로 인한 전 세계적 손실 규모는 Fig. 1-4와 같이 매년 약 35조원에 이르고(Bradley et al., 2002; Seegers et al. 2003) 미국에서는 약 2조원, 영국에서는 2,700억원 이상의 경제적 손실을 야기하며(한국 경제 TV 2006년 5월 기사), 국내도 그림 5와 같이 1,132억원 이상의 경제적 손실을 일으키는 심각한 질병중 하나이다(축산신문 2005년 12월 7일자 기사).



Fig. 1-4. The extent of economic damage in the world by mastitis .

따라서 유방염 감염의 주원인체가 포함되어 있는 우분뇨+톱밥의 탈수·살균 시스템이 개발이 된다면 유방염 발생을 최소화시켜 양질의 원유를 생산하여 유우의 생산성 향상에 크게 기여, 낙농가 소득향상의 기회를 제공할 수 있을 것이다. 또한 낙농가의 국제경쟁력 강화를 도모할 수 있을 뿐 만 아니라 안전한 축산물의 공급과 국민건강의 증진을 도모할 수 있을 것이다.

제 2 장 국내외 기술개발 현황

1. 국내외 기술현황

국내·외적으로 유방염에 대한 연구는 우유의 체세포수의 측정으로 유방염감염 여부를 판단하는 연구가 수행되었으며, 우유의 생활거주지역의 오염물질 제거에 대한 연구사례는 없는 것으로 나타났다.

유방염 감염에 대한 주된 경제적 손실은 우유의 생산성 감소 70%, 생산된 우유의 폐기비용 10%, 젖소교체비용 8%, 기타 12% 등이다. 젖소의 유방내로 병원성 균이 침입하여 감염되면 유선조직의 염증상태로 인해 원유 중의 체세포수가 증가하게 된다. 이에 따라 원유중의 체세포수를 측정하여 유방염감염 가능성을 진단하는 기술이 세계적으로 널리 이용되고 있다. 우유 중에 존재하는 체세포의 종류는 일반적으로 상피세포(Epithelial cell), 중성구(Neutrophils), 단핵구(Monocytes), 임파구(Lymphocytes)등으로 구성된다. 건강한 유선으로부터 분비되는 우유 중엔 60 ~ 70%가 상피조직이지만 유방이 손상 받게 되면 중성구의 숫자가 전체 체세포수의 90~95% 정도를 차지하기 때문에 체세포수의 측정은 유선의 염증상태를 찾아내는데 중요한 역할을 한다. 우유중의 체세포수가 높아지면 우유 중의 염소이온과 나트륨이온의 증가하여 전기전도도가 높아진다는 보고가 있다. de Mol 등(1999)은 유방염에 감염된 젖소를 찾아내기 위하여 우유의 전기전도도, 우유생산량, 온도 등의 데이터를 종합하여 이용 할 수 있음을 제시하였다. 따라서 전기전도도는 체세포 수를 측정하는 하나의 방법이 될 수 있겠으나 여러 성분을 동시에 측정하기에는 적합하지 않은 것으로 판단된다. Gebre-Egziabher 등(1979)은 착유시 우유의 전기전도도를 측정하여 유방염 감염이 의심되는 젖소를 69% 찾아낼 수 있었으며, Duris(1980)는 전기전도도를 이용하여 비정상적인 분방을 77% 분류 할 수 있다고 보고하였다. David 등(2001)은 근적외선분광분석법을 이용하여 우유의 체세포수, 유지방, 유단백을 측정한 결과 유지방함량은 결정계수 0.95 이상의 비교적 높은 정도로 예측할 수 있으나, 유단백과 체세포수는 예측이 불가능하다고 제시하였다. Ebehart 등(1987)은 *Staphylococcus aureus*와 *Strep. agalactiae*이 전염성이 강한 유방염 병원균으로 착유하는 과정에 전염된 젖소로부터 다른 젖소에게로 쉽게 감염을 일으킨다고 하였다.

2. 앞으로의 전망

농촌의 노동력 감소와 농산시장 개방에 따른 우리 농산물의 국제경쟁력을 강화시키기 위해서는 생산물의 품질향상을 통한 고부가가치의 창출이라 할 수 있겠다. 국내의 젖소는 전업화·규모화가 빠르게 진행되고 있으나 관리를 위한 사육두수의 증가로 젖소의 세심한관리가 어려운 실정이다. 따라서 병원균이 유두관을 통해 유선내부에 침입되었을 때 나타나는 유선조직 내의 염증, 즉 젖소에 있어 가장 고질적인 질병인 유방염이 확산되게 된다. 유방염 감염에 따른 손실은 엄청난 경제적 손실을 입게 된다. 따라서 본 연구를 통하여 수행된 우분뇨+톱밥 살균·제균장치 개발이 성공적으로 이루어 질 경우 유방염 원인 균인 포도상구균, 염쇄상구균, 대장균을 살균, 제균함으로써 유방염을 예방 할 수 있을 것으로 기대된다. 또한 젖소에 의하여 다져진 우분뇨, 톱밥을 교반하게 되어 우분뇨내의 수분증발 효과를 유도하여 톱밥의 효율적 이용을 얻을 수 있으며, 여름철 유우의 고온스트레스를 저감시켜줄 수 있을 것으로 기대된다.

제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

I. 연구개발수행의 재료 및 방법

1. 우분뇨 유래 젖소 유방염 저감을 위한 자외선 조사 기준 확립

1) 균 배양 및 배지

glycerol stocks으로 -70°C에 보관되어있는 *E. coli* DH5a, *S. aureus* ATCC 29213, *S. agalactiae* ATCC27956를 Luria-Bertani (LB) broth, BHI 배지 혹은 1.5% LB agar, BHI agar (BD)에서 배양시켰다. 균은 37°C에서 stationary phase가 되도록 교반 배양하였다.

2) 퇴비 내 균 증식을 측정

경남도내 3곳의 젖소농가에서 채취한 이물질이 함유되지 않은 신선한 젖소 분변과 톱밥 (실험동물용 깔짚; Kiln hardwood bedding)을 156°C에서 48시간 이상 건열멸균을 수행하여 수분을 제거하였다. 건조된 분변과 톱밥을 동량으로 섞은 후, 건식함수율을 기준으로 멸균 증류수를 50, 100, 200, 400 및 600%가 되게 가한 후 교반하였으며, 여기에 배양된 *E. coli*, *S. aureus* 및 *S. agalactiae* 균의 수가 2×10^4 /ml가 되도록 첨가하였다. 그 후, 0, 24, 48, 72 및 144 시간 동안 37°C에서 배양하였다. 배양이 끝난 후, 용액을 생리적 식염수 (0.8% NaCl)에 적절히 희석하여 LB agar 및 BHI agar에서 spreading하였고, 37°C에서 24시간 배양하여 bacterial colony forming unit (CFU)를 측정하였다.

$$\text{건식함수율(\%)} = \frac{\text{수분 (g)}}{\text{퇴비 (g) + 톱밥 (g)}} \times 100$$

3) UV 측정장치 제작

UV살균시험을 하기 위하여 크기 W320× H1,125× H450의 장치를 제작하였다. 컨베이어 이송벨트는 우레탄으로 40W전동모터에 의해 구동되도록 하였으며, 속도조절은 최대 0.1m/s ~ 0.02m/s 로 조절이 가능하도록 제작되었다. UV램프는 40W램프를 사용하였으며, 살균력이 가장 뛰어난 253.7 nm (Philips, Netherlands)를 이용하였다. 측정장치의 형태와 제원은 Fig.3-1, Table 3-1과 같다.

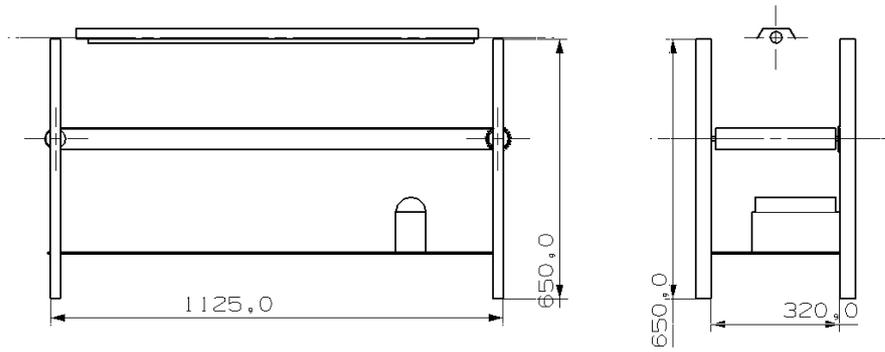


Fig. 3-1. A schematic of the proto-type sterilizer for fecal/sawdust.

Table 3-1 Specification of the proto-type Sterilizer

Sterilizer	
Type	UV lamp
UV lamp	40W, 253.7 nm (Philips, Netherlands)
Belt conveyer (mm)	50×320×1,125(D×W×L)
Control of transfer velocity	Voltage control(0.1~0.02m/s)
Move motor	AC 220V/40W

4) UV 살균율 측정

평균한 분변 및 톱밥의 혼합물에 건식함수율을 기준으로 50, 100, 200, 400 및 600%가 되게 멸균 증류수를 가한 후, 자외선 lamp(30W, SANKYO DENKI G30T8, Japan)을 이용하여 살균 효과를 측정하였다. 일정양의 분변 및 톱밥 혼합물을 멸균된 페트리디쉬에 넣은 후 UV lamp와의 조사 거리를 5, 10 및 25cm가 되도록 하였으며, 조사 시간 12, 25 및 50초가 되도록 하였다. 한편 조사가 진행되는 동안 교반에 의한 자외선 살균 효과를 검증하기 위하여, 하나의 그룹은 교반을 하지 않았고 다른 그룹은 3초 간격으로 교반을 수행하였다. 조사가 끝난 분변 및 톱밥 혼합물은 생리적 식염수(0.8% NaCl)에 적절히 희석하였고, 강한 교반을 10초간 수행한 후 일정 양을 채취 하여 LB agar 및 BHI agar에서 spreading하였고, 37°C에서 24시간 배양하여 bacterial colony forming unit (CFU)를 측정하였다.

5) 통계처리

모든 실험은 3회 반복하여 수행하였으며, 실험결과는 Student's t-test를 이용하여 통계처리를 수행하였다. $P < 0.01$ 는 통계적으로 유의성이 있는 것으로 판단하였다.

2. 우분뇨 유래 젖소유방염 저감을 위한 탈수 및 제균 기준 확립

1) 균 배양 및 배지

Glycerol stocks으로 -70°C 에 보관되어있는 *E. coli* DH5와 *S. aureus* ATCC 27956를 Luria-Bertani (LB) broth, BHI 배지 혹은 1.5% LB agar, BHI agar (BD)에서 배양시켰다. 균은 37°C 에서 stationary phase가 되도록 교반 배양하였다.

2) 우분뇨 탈수기

본 실험에 사용된 우분뇨 탈수기는 스크류 압착식 형태를 탈수 및 제균 효과 규명에 사용하였다. 탈수기의 크기는 L 1,480mm × W 350mm × H 1,570mm로 제작하였으며, 동력 발생은 1.5kW의 전기모터를 이용하였다. 전기모터에 의해 발생된 회전동력을 실험재료에 직접 힘을 가하는 스크류에 28rpm의 일정한 회전동력이 되도록 전달하기 위해 1/30 감속기를 사용하였다. 스크류의 피치는 120mm로 하였고, 이 스크류와 가압판 사이에 위치한 실험재료에 걸리는 힘은 가압판의 위치를 조절하여 3단계 즉, 최대(10mm), 중간(20mm) 및 최소압력(30mm)이 되도록 변화시킴으로써 실험재료의 탈수효과를 측정하였다. 시험장치의 구성과 제원은 Fig. 3-2 및 Table 3-2와 같다.

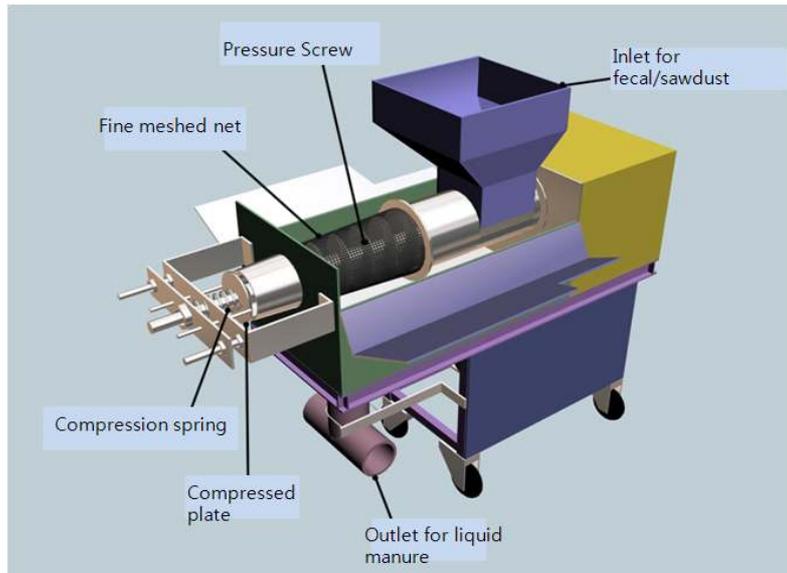


Fig. 3-2. A schematic of the proto-type dehydrator for fecal/sawdust.

Table 3-2 Specification of the proto-type dehydrator

Dehydrator	
Type	Pressure screw
Size (mm)	L1,480×W350×H1,570
Power (kW)	1.5 (1:30 ratio)
Power transmission	chain type
RPM	28
Control of moisture content	Opening of pressurized plate
Performance (ton/h)	5 ~ 10

3) 탈수기의 탈수율 측정

경남도내 3곳의 젓소농가에서 채취한 이물질이 함유되지 않은 신선한 젓소 분변을 156℃에서 48시간 이상 건열멸균을 수행하여 수분을 제거하였다. 건조된 분변 중량에 대한 0, 5, 및 10%의 톱밥 (실험동물용 깔짚; Kiln hardwood bedding)을 교반하였다. 이렇게 교반된 건조 분변과 톱밥에 습식함수율(wet base)을 기준으로 멸균 증류수를 80, 85, 및 90%가 되게 가한 후 재차 교반하였으며, 탈수의 조건은 제작된 탈수기의 가압판 간격을 3단계 즉 최대(10mm), 중간(20mm) 및 최소압력(30mm)이 되도록 조절하여 탈수율을 측정하였다.

$$\text{습식함수율(\%)} = \frac{\text{수분 (g)}}{\text{퇴비 (g) + 톱밥 (g) + 수분 (g)}} \times 100$$

4) 탈수기의 제균율 측정

탈수 전 분변 및 톱밥에 혼합된 총 균수를 대조군으로 하고 탈수시 제거되는 균수를 측정하여 제균효과를 규명하였다. 탈수 후 채취된 용액의 총량을 매스실린더를 통해 측정하고, 채취된 용액 일부를 생리적 식염수 (0.8% NaCl)에 적절히 희석하여 *E. coli*균과 *Staphylococcus*균 선택배지인 MacConkey agar와 Mannitol Salt agar에 spreading한 후, 37℃에서 24시간 배양하여 bacterial colony forming unit (CFU)를 측정하여 실험군의 값을 대조군의 값과 비교하여 백분율로 표시하였다.

5) 통계처리

모든 실험은 3회 반복하여 수행하였으며, 실험결과는 Student's t-test를 이용하여 통계처리를 수행하였다. P<0.01는 통계적으로 유의성이 있는 것으로 판단하였다.

3. 우분뇨/톱밥 탈수 및 살균 요인시험장치 및 성능평가

1) 탈수 및 살균 요인시험장치

시작기 성능의 유효성 검사를 위하여 2008년 2월 농촌진흥청 (구) 농업공학연구소에서 제작된 예비 실험기를 가지고 요소별 성능분석실험을 실시하였다.

예비 실험기는 탈수장치부와 살균장치부로 나누어 실험을 했으며 살균 효과를 증대시키기 위한 교반장치의 성능실험도 병행 하였다. Fig. 3-3과 Table 3-3은 예비실험기의 구성도와 제원을 나타낸 것이다.

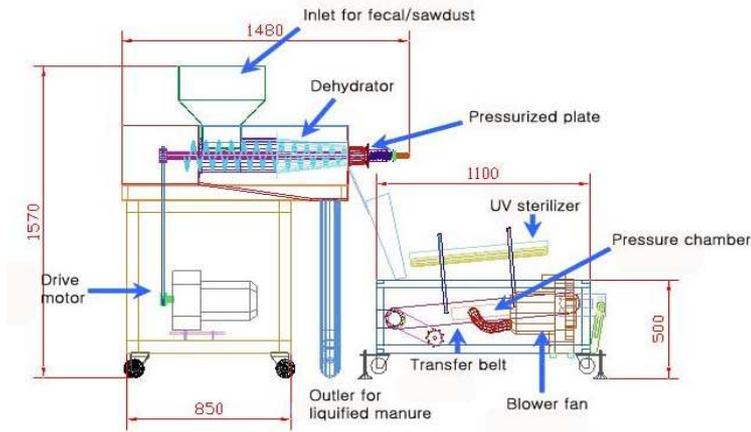


Fig. 3-3. A schematic of the preliminary dehydrator and sterilizer for fecal/sawdust.

Table 3-3 Specification of the preliminary sterilizer

Dehydrator		Sterilizer	
Type	Screw compressor	Type	UV lamp
Size (mm)	L1,480×W350× H1,570	UV lamp	40 W, 253.7 nm (Philips, Netherlands)
Power (kW)	1.5 (1:30 ratio)	Feces transfer belt (mm)	Urethane mash belt (3×4)
Power transmission	chain type	Control of transfer velocity	Voltage control
RPM	28	Stirring device	Blower type
Control of moisture content	Opening of pressurized plate	Blower	1.75 kW, 2 m ³ /min
Performance (ton/h)	5 ~ 10	Airflow control	inverter 2.25 kW

2) 탈수장치의 탈수율 측정

예비 실험기의 탈수장치는 고액분리기의 방식 중 스크류 프레스 방식으로써 가압판의 최적 간극을 검정하기 위하여 왕겨에 물을 부어 함수율을 90%(dry basis)로 맞추어 고액분리기 가압판의 간극을 10 mm, 20 mm, 30 mm로 조정하여 각 3반복 실험을 실시하였다. 또한, 시험장치의 성능시험을 위하여 가압판의 최적 간극결과를 바탕으로 우분뇨의 함수율과 톱밥 함유율에 따

른 탈수 효과를 검정하였다.

- 함수율 : wet basis 400, 600, 900% (dry basis : 80, 85, 90%)
- 톱밥 함유율 (건조 톱밥무게/건조 우분뇨 무게) : 0, 5, 10%

탈수시험 장치를 통과 시킨 후 드라이오븐(다슬, Korea)에 105 °C에서 24시간 건조시켜 함수율을 구하였다.

3) 송풍에 의한 교반성능 측정

풍속에 의한 교반을 위하여 제작된 가로 300 mm × 세로 250 mm의 풍압챔버에 15 mm 간격에 직경 1.5 mm 구멍을 천공하여 풍속계(Testo-400, Germany; table 3-4)를 사용하여 풍압챔버에서 발생하는 압력과 대기압의 차이를 이용하여 풍압을 측정하였다. 또한 왕겨를 이용하여 풍압에 따른 교반정도를 관능적으로 판단하였다.

Table 3-4 Specification of Testo-400

Items	Specification
Type	Testo-400, Germany The multi-function measuring instrument in air conditioning
Memory	128 KB (basic) 1 MB (extension)
Power	Battery/Rechargeable battery 8 V main unit (110~220 charger)
Weight	500 g (with battery)
Ambient conditions	0 °C to +50 °C
Measurement range	0 hPa to +100 hPa (negative pressure) 0 bar to +40 bar (absolute pressure)
Accuracy	±0.1% of mv

4) 소음 및 진동 계측

소음은 Fig. 3-4와 같이 살균장치 1 m 앞에서 소음계(RION NL-20; table 3-5)를 가지고 소음을 측정하였으며 실험장소의 실내 소음을 감안하여 살균장치의 작동 전 후로 구분하여 10초씩 5회 반복 측정하였다. 회별 측정시간 동안 소음계의 LCD 출력창에 변화하는 dB을 기록하여 소음의 최대값과 최소값을 뺀 나머지 값을 평균하여 계측값으로 결정하였다.



Fig. 3-4. A picture of noise measurement of the preliminary sterilizer.

Table 3-5 Specification of RION NL-20

Items	Specifications
Type	RION NL-20 (RION CO., LTD.)
Measurement function	Sound level (Lp) Eqv. continuous sound level (Leq) Max sound level (Lmax) Min sound level (Lmin) Percentile sound level (Ln) Sound exposure (Le)
Measurement time	10 s, 1, 5, 10, 15, 30 min
Measurement range	38 to 138 dB
Inherent noise	6 range in 10-dB steps
Level range selection	- 54 ~ 120 °C (temp)
Calibration	Electrical calibration with 1 kHz sine wave signal from built-in oscillator Acoustic calibration using sound calibrator
Power requirement	Four IEC R6 (size "AA") batteries
Ambient conditions	-10 °C ~ +50 °C ; 10% ~ 90% RH

진동계측은 가속도센서(8720A500; 8776A50, Kistler, USA)와 FFT Analyzer ZonicBook/618E (Somat, UK, 8 channels), (Fig. 3-5; table 3-6)을 사용하여 살균장치 이송벨트 부에서 발생하는 진동량을 계측하였다. 살균장치부에 축별 진동발생량을 측정하기 위하여 3축 (x, y, z 축)에 가속도계(table 3-7)를 그림 3-6과 같이 부착하였다. 가속도센서의 부착위치는 부착이 용이한 이송벨트의 양 축 중간 지점 옆면에 도색부분을 벗겨낸 다음 순간접착제를 사용하여 부착하였으며 BNC 가속도계 케이블을 이용하여 FFT Analyzer 와 연결하였다. FFT Analyzer는 노트북과 랜케이블을 이용하여 연결하였다.

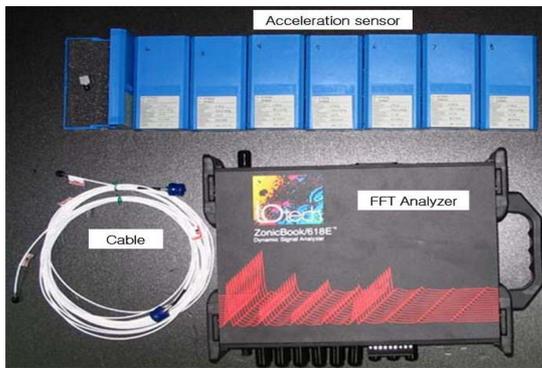


Fig. 3-5. A picture of acceleration sensors attached to the preliminary sterilizer.



Fig. 3-6. A picture of acceleration sensors attached to the preliminary sterilizer.

Table 3-6 Specifications of FFT Analyzer ZonicBook/618E

Items	Specifications
Model	FFT Analyzer ZonicBook/618E
Operating environment	0 ~ 50 °C (temp), 0 ~ 95% (RH)
Power consumption	2.3 A max @ 15 V DC
Input power range	10 ~ 30 V DC or 100 ~ 120 V AC
Throughput rate	2 Mbytes/s
Channels	8 single-ended input channels
Input ranges	± 25 V, ± 5 V, ± 2.5 V, ± 1 V, ± 500 mV, ± 250 mV, ± 100 mV, ± 50 mV, ± 25 mV

Table 3-7 Specifications of acceleration sensor

Items	Specifications
Type	8702B500
Measuring range	± 500 g
Sensitivity	10.28 mV/g
Transverse sensitivity	1.8%
Resonant frequency	54.0 kHz
Operating temperature	- 54 ~ 120 °C

5) 살균장치의 살균율 측정

유방염 원인균 중 전염성유방염의 가장 큰 비중을 차지하는 *Staphylococcus aureus*(포도상구균)와 *Streptococcus agalactiae*(연쇄상 구균), 장내 세균류인 *Escherichia coli* (대장균)을 대상으로 살균장치의 최적화를 위한 성능시험을 실시하였다.

유우를 사육하는 현장농가에서 우분뇨를 채취하여 우분뇨 및 톱밥을 150 °C에서 72시간 이상 멸균 처리한 후 균을 접종하여 실험을 실시하였다. 완전 멸균된 우분뇨/톱밥에 함수율과 이송벨트의 이송속도, 조사높이를 Table 3-8과 같이 변화시키면서 UV램프를 이용하여 실험을 수행하였다.

UV 램프는 자외선 살균용으로써 이송벨트의 폭에 맞게 하기 위하여 4열을 설치하였으며 뒷면에 반사판을 설치하여 조사량을 증가시켰다. 램프의 실물사진과 제원은 Fig. 3-7과 Table 3-9에 나타냈다.

Table 3-8 Sterilization condition

No.	1	2	3	4
Moisture content in feces (wet basis,%)	50	100	200	400
Processing speed (m/min)	0.6	2.8	5.2	•
Irradiate height (cm)	5	10	25	•



Fig. 3-7. Picture of ultraviolet rays lamp.

Table 3-9 Specification of UV (ultraviolet rays) lamp

Items	Specifications
Model	G20 T10 (20 W) Sankyo Denki (Japan)
Type	Straight pipe type germicidal lamp
Power	AC 220 V, 60 Hz
Average usage time	8,000 h
Light color	Light blue
UV output	7.5 W
Wavelength	253,7 nm
Length	580 mm
Diameter	32.5 mm

4. 시작기의 제작 및 성능시험 방법

1) 1차 시작기의 제작 및 성능시험

1차 시작기의 구동방식은 제원에서 알 수 있듯이 2차륜형, 트랙터 견인에 의해 구동되는 형식이다. 동력원은 견인력을 제공하는 트랙터의 PTO를 이용하고 universal joint를 사용하여 연결하였다. PTO로부터 전달받은 동력은 Fig. 3-8의 오른쪽 그림에서와 같이 30:1 감속기를 통하여 각 동력전달부위로 체인을 이용하여 동력을 전달하였다. 사용된 트랙터의 제원은 Table 3-10에 나타내었다.

Fig. 3-8의 왼쪽 그림은 시작기의 실물모습이고, Table 3-10은 시작기의 제원을 나타낸 것이다.

시작기의 우분뇨 인입부에는 직경 120 mm, 길이 1,180 mm 원통형 회전 롤러에 폴리에탄 솔을 달아 수분함량이 높은 우분뇨를 수집하여 수거할 수 있도록 제작하였다. 컨베이어 벨트는 합성 고무로 제작되어 길이 3,000 mm, 폭 1,170 mm로써 150 mm마다 높이 40 mm의 가이드를 설치하고 지면과 63 °의 경사를 두어 우분뇨의 흘러내림을 방지하였다. 인입부에 수거된 우분뇨는 컨베이어 벨트에 의해 탈수부로 이송된다. 탈수부의 분뇨이송벨트는 길이 3,350 mm, 폭 1,200 mm의 Polymer wire mesh를 사용하였고 mesh 크기는 3×4mm였다. 압착부의 압착 로울러는 150mm

의 원통형 로울러에 의해 압착되어 우분뇨가 분리되도록 하였다. 탈수가 끝난 우분은 UV램프에 의해 살균될 수 있도록 하였으며 이때 벨트의 이송속도는 최대 0.1m/s 였다.



Fig. 3-8. Pictures of the 1st prototype fecal-sawdust based dehydration and sterilization system for preventing mastitis in dairy cows (left) and its power transmission (right).

Table 3-10 Specification of the 1st prototype fecal-sawdust based dehydration and sterilization system

Items	Specification
The full length (mm)	3,030
The full width (mm)	1,900
Height (mm)	1,460
Weight (kg)	750
Driving type	Two wheels and traction type
Power source	PTO of tractor
Power transmission type	Roller chain type
Dehydration type	Dehydrator mangle

2) 2차 시작기의 제작 및 성능시험

1차 시작기의 성능시험결과 인입부의 폴리에탄 솔이 회전하면서 우분뇨를 투입시키지 못하고 많은 분뇨가 수직으로 튀어 올라 인입부의 개선이 필요하였으며, 또한 우분뇨와 톱밥이 혼합되면서 크게 굳어 탈수장치를 통과하지 못하는 현상이 발생하여 탈수롤러의 직경을 개선하는 것이 필요하였다. 탈수벨트의 이송속도를 UV살균 속도 최대 0.1m/s에 맞추어 설계되었으나 트랙터의 로타베이터 작업속도인 0.5~0.8m/s에 비하여 현저히 낮아 적절한 작업이 이루어지지 않아 벨트의 회전속도를 높일 필요성이 있어 인입부와 탈수부 및 이송벨트를 수정, 제작하였다. 이와 같이 2차 시작기는 1차 시작기의 성능시험결과를 바탕으로 제작되었으며 기존의 압착스크류 탈수방식에서 탈수 후 재 살포를 용이하게 하기 위하여 롤러압착식 탈수방식을 사용했다. 구동방식은 제원에서 알 수 있듯이 2차륜형, 트랙터 견인에 의해 구동되는 형식이다. 동력원은 견인력을 제공하는 트랙터의 PTO를 이용하고 universal joint를 사용하여 연결하였다. PTO로부터 전달받은 동력은 Fig. 3-8의 오른쪽 그림에서와 같이 10:1 감속기를 통하여 각 동력전달부위로 체인을 이용하여 동력을 전달하였다. 사용된 트랙터의 제원은 Table 3-11에 나타나 있다. Fig. 3-9의 왼쪽 그림은 시작기의 실물모습이고, Table 3-11은 시작기의 제원을 나타낸 것이다. 시작기의 우분뇨 인입부에는 Fig. 3-10에서 보는 바와 같이 직경 114.5 mm, 길이 1180 mm 원통형 회전 롤러에 경질 아크릴재질의 깃(vane, 120 mm×116 mm× 3 mm) 4개를 달아 우분뇨 수거를 용이하게 하기 위하여 제작되었다.

인입부에 수거된 우분뇨는 컨베이어 벨트(Fig. 3-10)에 의해 탈수부로 이송된다. 컨베이어 벨트는 합성고무로 제작되어 길이 3,000 mm, 폭 1,170 mm로써 150 mm마다 높이 40 mm의 가이드를 설치하고 지면과 63 °의 경사를 두어 우분뇨의 흘러내림을 방지하였다.

탈수부의 압착롤러의 크기는 Fig. 3-11에서와 같이 상단에 직경 218 mm, 길이 1,210 mm의 원통형 롤러에 고무판을 입혀 설치하고 하단에는 직경 155 mm, 길이 1,210 mm의 같은 재질의 원통형 고무롤러를 설치하였다. 또한 롤러사이의 간극을 조절하기 위하여 상단롤러의 양 측에 나사를 이용하여 조절이 가능하도록 고정하였고 탈수벨트의 파손을 방지하기 위하여 완충장치인 코일스프링을 설치하였다. 탈수벨트는 길이 2,350 mm, 폭 1,175 mm의 Polymer wire mesh를 사용하였고 mesh 크기는 0.4×0.4였다.

동력전달에 사용된 체인은 KS B 1407의 A계 1중 롤러체인을 사용했다. 핀링크는 리벳연결이 되어있고 체인의 길이에 따라 offset 링크를 사용하였다. 체인의 마지막 연결링크부위는 클립과 분할핀을 이용하여 결속하였다. 또한 체인구동에 사용된 스프로킷(sprocket)은 한쪽 허브형(hub)과 양쪽 허브형을 사용하였다.



Fig. 3-9. Picture of the 2nd prototype fecal-sawdust based dehydration and sterilization system for preventing mastitis in dairy cows.

Table 3-11 Specification of the 2nd prototype fecal-sawdust based dehydration and sterilization system

Items	Specification
The full length (mm)	3,030
The full width (mm)	1,900
Height (mm)	1,460
Weight (kg)	800
Driving type	Two wheels and traction type
Power source	PTO of tractor
Power transmission type	Roller chain type
Dehydration type	Dehydrator mangle



Fig. 3-10. Inlet of the 2nd prototype fecal-sawdust based dehydration and sterilization system (left) and conveyor belt (right).



Fig. 3-11. Picture of the compress type roller dehydrator of the 2nd prototype fecal-sawdust based dehydration and sterilization system.

시험방법은 시작기를 이용하여 유우를 사육하고 있는 충남대학교 부속동물농장(대전시 유성구 노은동 소재, Fig. 3-12)내 낙농우사 현장에서 우분뇨 수거 및 탈수 시험을 실시하였다. 낙농우사는 약 80평의 규모에 젓소 20두가 사육되고 있었다.

우상마닥을 새 톱밥으로 교체하고 2~3일마다 관능검사를 통하여 함수율이 70% 이상이라고 판단될 때 시험을 실시하였다.

실험 시간은 협소한 우상면적과 젓소들의 스트레스를 줄이기 위하여 우상이 비어있는 착유 시간인 오후 5시부터 8시까지 수행하였다.



Fig. 3-12. Picture of vivarium affiliated to Chungnam National University (left) and dairy cows barn in vivarium (right).

시험항목으로는 트랙터의 PTO 작업 적정출력에 따른 각 스프로킷과 체인의 회전수(속도)를 조사하여 소요동력을 분석하였다. 그리고 시작기의 운전속도와 수거량을 분석하여 우분뇨/톱밥의 설계 기준 처리량(시작기의 운전속도)과 비교분석 하였다. 또한 작업능력이 설계기준에 부합하지 못할 경우에는 문제점을 분석하고 수정 보완점을 제시하였다.

1차 시작기의 탈수성능시험과 마찬가지로 2차 시작기의 롤러압착식 탈수장치에서도 수거된 우분뇨의 탈수 전·후의 함수율과 세균수를 측정하여 비교 분석하였다.

3) 3차 시작기 제작 및 성능시험

2차 시작기에서 나타난 문제점을 개선하기 위하여 트랙터의 드로우바에 견인장치를 3cm 히치에 부착되도록 하여 작업의 효율성을 높였으며, 인입부의 원통형 회전 롤러에 경질 아크릴재질의 깃을 우분뇨 톱밥이 뭉쳐진 것을 잘게 분쇄할 수 있도록 관리기용 로터베이터 날로 교체하였으며, 우분뇨 이송 컨베이어 벨트와 메쉬벨트로 2단 으로 구성된 것을 컨베이어 벨트를 제거하고 메쉬벨트로만 이송될 수 있도록 수정, 제작하였으며, 형태와 제원은 Fig. 3-13, Table 3-12와 같다.



Fig. 3-13. Picture of the 3th prototype fecal-sawdust based dehydration and sterilization system

Table 3-12. Specification of the 3th prototype fecal-sawdust based dehydration and sterilization system

Items	Specification
The full length (mm)	2,010
The full width (mm)	1,900
Height (mm)	960
Weight (kg)	560
Driving type	Two wheels and traction type
Power source	PTO of tractor
Power transmission type	Roller chain type
Dehydration type	Dehydrator mangle

시험방법은 시작기를 이용하여 국립농업과학원 농업공학부 실내포장에서 우분뇨 수거 및 탈수 예비시험을 실시하였으며, 본 시험은 경상대학교 부속동물농장에서 실시하였다. 낙농우사는 약 40평 규모에 경산우 20두, 육성우 10두가 사육되고 있었다. 우상바닥은 인위적으로 물을 뿌려 함수율 90% 이상 되도록 하였으며, 실험기간은 협소한 우상면적과 젖소들의 스트레스를 줄이기 위하여 착유시간인 5부터 6시까지 수행하였다. 시험항목으로는 시작기의 운전속도와 수거량을 분석하여 우분뇨/톱밥의 설계 기준 처리량(시작기의 운전속도)과 비교분석 하였으며, 탈수성능시험과 우분뇨의 탈수 전·후의 함수율과 세균수를 측정하여 비교 분석하였다.

II. 연구개발 결과

1. 우분노 유래 젖소 유방염 저감을 위한 자외선 조사 기준 확립

1) 자외선 살균 효과

16시간 동안 TSB에서 교반 배양한 유방염 유발 균인을 멸균한 분변 및 톱밥의 혼합물과 0, 24, 48, 72, 144시간 동안 37°C에서 배양하였다. 이때, 혼합물의 함수율은 건식함수율을 기준으로 200, 400, 600 및 800%가 되도록 멸균한 PBS를 이용하여 조절하였다.

*E. coli*의 경우 함수율 200%에서 24시간일 때 균 증식률이 173%까지 증가하는 것을 확인할 수 있었다. 그러나, 24시간 이후에는 균 증식률이 억제되는 양상을 보였다. 한편, 함수율 400, 600%에서는 균 증식률이 144시간까지 계속 감소하는 것을 확인할 수 있었다. 이때, 400%보다는 600%에서의 균 증식률 감소가 더 크게 나타났다(Fig. 3-14A).

*S. agalactiae*는 함수율 400%일 때 144시간 동안 균 증식률의 변화에 큰 차이점을 보이지 않았으며, 함수율 600%의 경우에 48시간 까지 변화를 보이지 않다가 72시간에 156%까지 균 증식률이 인정되었고, 144시간에서 62%까지 균 증식률이 감소되었다. 함수율 200%에서의 균 증식 양상은 함수율 400%와 유사하지만, 72시간에서의 증식률은 함수율 600%와 비교하였을 때, 그 증가량이 매우 낮은 것을 확인할 수 있었다. 144시간에서 함수율 200% 및 600%의 균 증식률에서는 큰 차이가 없었으나, 400%의 함수율에서 보다 낮은 균 증식률을 나타내었다(Fig. 3-14B).

*S. aureus*의 균 증식률은 함수율 200%에서 144시간 동안 큰 변화를 보이지 않았고, 함수율 400%에서 72시간까지의 균 증식률은 완만한 상승패턴을 보이다가 72시간에서 최고점인 158%까지 증가된 증식률을 보였으며, 이후 144시간에서는 62%까지 감소를 나타내었다. 함수율 600%일 때 *S. aureus*의 균 증식률은 48시간에 30%까지 감소하였다가 144시간까지 117%까지 증가하였다 (Fig. 3-14C).

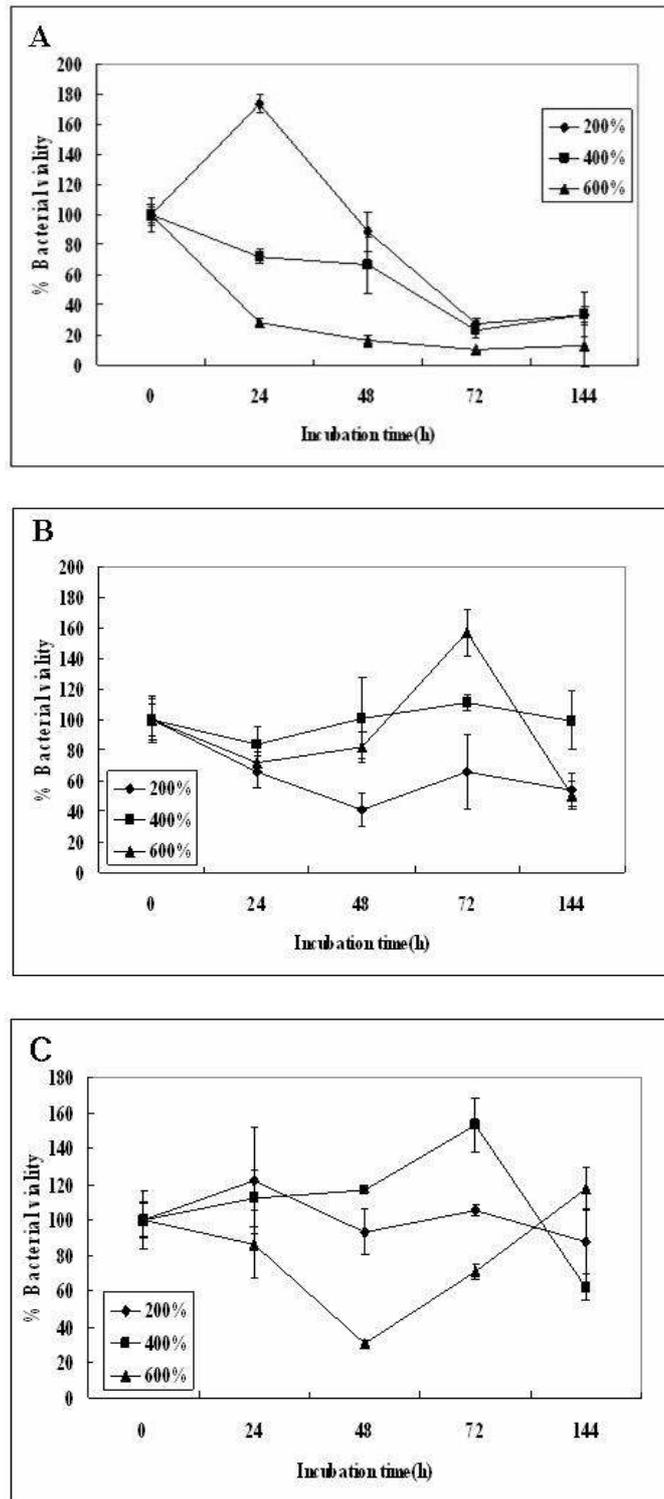


Fig. 3-14. The proliferation of bovine mastitis causing agents in feces and saw dust complexes. Bovine mastitis causing agents, (A) *E. coli*, (B) *S. agalactiae* and (C) *S. aureus* were inoculated at various PWC (200, 400 or 600%) of feces and saw dust complexes. The bacteria contained feces and sawdust complexes were incubated at 37°C for 24, 48, 72 and 144 h. After incubation, bacterial viability was measured by CFU on plate spreading and the rate of bacterial viability was compared to 0 h as a control. The data represent the mean \pm S.D. of triplicate experiments.

이들 결과를 종합하였을 때에 유방염 유발 균인 *E. coli*, *S. agalactiae* 및 *S. aureus*를 멸균한 분변 및 건초의 혼합물과 배양하였을 때, 144시간 이상의 장기간 생존이 가능하다는 것을 확인할 수 있었고, 균의 증식률은 함수율에 큰 영향을 받지 않는 것으로 확인되어 졌다. 이는 유방염 원인균이 우사의 분변에 오염되어 있을 경우 장기간 생존이 가능하며, 잠재적 유방염 발생 균으로서 질병 발생에 중요한 역할을 할 것으로 판단된다.

자외선의 유방염 유발 균에 대한 살균 효과를 알아보기 위해 16시간 동안 TSB에서 교반 배양한 유방염 유발 균인 *E. coli*, *S. agalactiae* 및 *S. aureus*를 멸균한 분변 및 건초의 혼합물과 잘 섞은 후, 5, 10 및 25cm의 높이에서 자외선에 12, 25 및 50초 동안 노출시킨 후 적절한 농도까지 희석하여 TSA에서 배양하여 자외선 조사의 살균능을 측정하였다.

*E. coli*의 경우 자외선을 조사하였을 때 균의 증식률이 대조군에 비해서 감소되는 것을 확인할 수 있었다. 균의 증식률은 자외선 조사시간이 증가할수록 감소되는 것을 확인할 수 있었고, 자외선 조사 시 조사 거리가 가까울수록 균의 증식률이 감소되는 것을 확인할 수 있었다. 즉, *E.coli*의 경우 자외선 조사 거리가 가까울수록 그리고 조사시간이 짧을수록 균의 증식률이 억제되는 것을 확인할 수 있었다.

*S.agalactiae*와 *S. aureus* 균에서 자외선 조사에 따른 살균효과를 확인해 본 결과, *E.coli*와 유사한 결과를 보였다(Table 3-13).

Table 3-13. Bacteriocidal effect of UV radiation to bovine mastitis causing agents. The data represent the mean \pm S.D. of triplicate experiments.

		Strains								
		<i>E. coli</i>			<i>S. agalactiae</i>			<i>S. aureus</i>		
distance(cm) time(sec)		5	10	25	5	10	25	5	10	25
	PWC* 50%	12	55 \pm 14.12**	76 \pm 15.7	103 \pm 27.72	47 \pm 13.52**	67 \pm 15.02	72 \pm 15.4	30 \pm 13.36**	37 \pm 14.52**
25		55 \pm 19.12**	73 \pm 15.47	74 \pm 18.55	42 \pm 13.15**	44 \pm 13.3**	61 \pm 14.57	35 \pm 12.52*	31 \pm 14.33**	36 \pm 15.5**
50		31 \pm 12.32**	72 \pm 15.4	52 \pm 13.9**	39 \pm 12.92**	44 \pm 13.31**	56 \pm 14.23	9 \pm 4.08**	13 \pm 6.53**	23 \pm 12.36**
PWC 100%	12	69 \pm 15.17	81 \pm 24.83	90 \pm 27.5	67 \pm 15.02	76 \pm 15.73	80 \pm 27.89	104 \pm 24.36	104 \pm 25.58	108 \pm 26.23
	25	38 \pm 12.85**	66 \pm 24.95	87 \pm 26.2	70 \pm 18.25	78 \pm 15.85	86 \pm 26.45	97 \pm 25.52	99 \pm 24.51	101 \pm 27.09
	50	33 \pm 12.47**	76 \pm 15.7	80 \pm 8.8	67 \pm 17.02	76 \pm 15.73	80 \pm 27.89	91 \pm 25.52	87 \pm 23.36	101 \pm 27.58
PWC 200%	12	72 \pm 15.4	91 \pm 26.82	82 \pm 26.15	66 \pm 14.95	70 \pm 15.25	85 \pm 26.37	88 \pm 24.44	99 \pm 24.58	101 \pm 25.88
	25	49\pm13.67**	66 \pm 24.95	75 \pm 25.62	53\pm13.97**	67 \pm 15.02	75 \pm 15.62	80 \pm 24.48	90 \pm 24.55	96 \pm 24.53
	50	47 \pm 13.52**	81 \pm 26.07	61 \pm 13.05	51 \pm 13.82**	58 \pm 14.35	70 \pm 15.25	69 \pm 23.51	83 \pm 24.04	98 \pm 24.52
PWC 400%	12	63 \pm 25	73 \pm 24.32	86 \pm 25.63	66 \pm 17.52	65 \pm 15.32	85 \pm 27.58	80 \pm 25.52	85 \pm 25.36	104 \pm 27.25
	25	52 \pm 17.87**	64 \pm 26.7	80 \pm 25.92	71 \pm 16.24	76 \pm 16.35	84 \pm 27.78	79 \pm 26.32	80 \pm 26.58	104 \pm 27.45
	50	45 \pm 15.57**	53 \pm 15.5**	79 \pm 14.17	66 \pm 15.24	77 \pm 17.78	80 \pm 26.85	86 \pm 25.82	101 \pm 26.23	93 \pm 27.88
PWC 600%	12	42 \pm 12.3**	66 \pm 23.32	75 \pm 25.4	97 \pm 23.95	99 \pm 23.64	108 \pm 23.96	85 \pm 23.92	114 \pm 23.63	110 \pm 23.97
	25	48 \pm 12.21**	84 \pm 25.5	89 \pm 16.2	94 \pm 23.83	100 \pm 23.72	103 \pm 24.12	95 \pm 23.88	108 \pm 23.72	91 \pm 24.12
	50	42 \pm 12.3**	66 \pm 23.32	75 \pm 15.4	66 \pm 24.88	89 \pm 25.22	101 \pm 23.57	92 \pm 24.32	90 \pm 25.22	92 \pm 23.52

* ; percentage of water content (PWC)

** ; represents significant at $P < 0.01$ compared with no-treatment UV as a control.

본 실험을 통해 실험에 사용된 모든 유방염 원인체균에서 함수율이 증가될수록 자외선에 의한 균 증식 억제가 감소되는 것을 확인할 수 있었으며, *S.agalactiae*는 함수율 600%에서 *S. aureus*는 함수율 400 및 600%에서 대조군 보다 균 증식률이 오히려 증가하는 것을 확인할 수 있었다.

자외선 조사에 의한 균 증식능 억제 또한 *E. coli*에서 가장 강하게 나타났으며, *S.agalactiae*와 *S. aureus*는 *E. coli* 보다 약한 살균효과를 보였다. 이는 균의 생리적 특성에 기인하는 것으로 보여지며, 특히 그람 양성 균보다 약한 세포막을 가지고 있는 그람 음성 균이 자외선 조사에 민감하게 반응하는 것으로 사료 되어 진다. 이 결과들을 종합해 보면, 자외선을 이용하여 분변 및 톱밥 혼합물에 섞인 *E. coli*, *S. agalactiae* 및 *S. aureus*를 제거하기 위해선 최대한 함수율을 200% 이하로 낮추었을 경우에 UV 살균이 효과적이었으며, 자외선 조사시간이 길수록 살균 효과가 뛰어났고, 조사 거리는 가까울수록 효과가 높은 것으로 나타났다. 그러나 우분뇨에 포함된 균을 살균하기 위한 UV 살균기의 적용은 우분뇨의 처리량과 처리속도 등을 종합적으로 고려해야 할 것으로 판단되며, UV lamp의 조사 강도 등도 고려해야 할 것으로 판단된다.

자외선에 의한 살균능을 높이기 위해 유방염 유발 균인 *E. coli*, *S. agalactiae* 및 *S. aureus*를 멸균한 분변 및 톱밥 혼합물과 잘 섞은 후, 5, 10 및 25cm의 높이에서 자외선에 12, 25 및 50 초 동안 노출시키는 동안 샘플을 계속 교반 한 후 적절한 농도까지 희석하여 TSA에서 배양하여 CFU 수를 측정한 결과 앞서 언급한 바와 마찬가지로 함수율이 낮을수록, 조사시간이 길수록, 그리고 자외선과의 거리가 짧을수록 균의 증식률이 감소하는 것을 확인할 수 있었다. 한편, 자외선조사시간 동안 계속 교반을 함으로써 자외선의 살균능이 더 커진 것을 확인할 수 있었다(Table 3-14). 이는 교반을 수행함으로써 자외선이 닿는 표면적의 증가로 기인하는 것으로 보인다.

Table 3-14. Bacteriocidal effect of UV radiation with stirring to bovine mastitis causing agents. The data represent the mean \pm S.D. of triplicate experiments.

		Strains								
		<i>E. coli</i>			<i>S. agalactiae</i>			<i>S. aureus</i>		
distance (cm)	time(sec)	5	10	25	5	10	25	5	10	25
PWC [*] 50%	12	19 \pm 8.42**	25 \pm 11.87**	56 \pm 14.2	35 \pm 12.62**	51 \pm 13.82**	59 \pm 14.42	58 \pm 11.51	83 \pm 22.38	82 \pm 23.57
	25	19 \pm 7.42**	25 \pm 11.87**	50 \pm 13.75**	16 \pm 11.29**	42 \pm 13.15**	54 \pm 14.05	53 \pm 12.23**	71 \pm 11.57	93 \pm 24.48
	50	13 \pm 6.97**	38 \pm 12.85**	25 \pm 11.87**	9 \pm 3.33**	26 \pm 14.48**	50 \pm 13.75**	32 \pm 12.2**	54 \pm 12.33**	49 \pm 13.33**
PWC 100%	12	24 \pm 11.8**	38 \pm 12.85**	48 \pm 13.6**	72 \pm 17.42	74 \pm 15.55	82 \pm 26.15	50 \pm 12.51**	62 \pm 13.58	91 \pm 15.08
	25	14 \pm 6.05**	31 \pm 12.32**	40 \pm 13.35**	52 \pm 13.95**	62 \pm 14.65	81 \pm 26.07	72 \pm 13.54	50 \pm 13.54**	62 \pm 23.84
	50	10 \pm 5.75**	40 \pm 13.5**	57 \pm 14.27	49 \pm 13.67**	53 \pm 13.97**	55 \pm 14.5	38 \pm 13.65**	97 \pm 12.28	79 \pm 15.5
PWC 200%	12	27 \pm 12.02**	38 \pm 12.85**	48 \pm 13.32**	66 \pm 14.95	70 \pm 15.25	85 \pm 26.37	66 \pm 12.98	83 \pm 15.69	89 \pm 11.58
	25	25\pm11.87**	36 \pm 12.7**	39 \pm 12.92**	53\pm13.97**	67 \pm 15.02	75 \pm 15.62	52 \pm 12.25	59 \pm 12.55	74 \pm 13.53
	50	21 \pm 11.57**	34 \pm 12.55**	29 \pm 12.17**	51 \pm 13.82**	58 \pm 14.35	70 \pm 15.25	36 \pm 14.36**	46 \pm 12.28**	53 \pm 13.33**
PWC 400%	12	42 \pm 13.54**	52 \pm 12.26**	56 \pm 13.64	63 \pm 15.49	64 \pm 15.68	84 \pm 24.29	47 \pm 15.18**	60 \pm 15.27	75 \pm 14.44
	25	33 \pm 13.21**	50 \pm 13.36**	54 \pm 12.7**	63 \pm 15.32	67 \pm 15.69	68 \pm 15.15	47 \pm 15.05**	59 \pm 15.08	77 \pm 15.22
	50	27 \pm 12**	37 \pm 12.8**	53 \pm 12.6**	52 \pm 14.25**	54 \pm 14.44	64 \pm 15.73	49 \pm 14.25**	63 \pm 14.85	71 \pm 15.22
PWC 600%	12	21 \pm 12.34**	46 \pm 15.23**	70 \pm 13.78	85 \pm 23.44	90 \pm 23.84	96 \pm 32.47	82 \pm 23.44	96 \pm 23.84	98 \pm 13.47
	25	44 \pm 13.65**	60 \pm 15.55	76 \pm 16.38	57 \pm 13.36	86 \pm 24.29	85 \pm 23.69	78 \pm 23.32	80 \pm 24.24	90 \pm 23.66
	50	35 \pm 14.44**	60 \pm 14.68	80 \pm 15.65	57 \pm 13.36	86 \pm 24.29	85 \pm 24.82	60 \pm 13.55	68 \pm 14.52	89 \pm 13.13

* ; percentage of water content (PWC)

** ; represents significant at $P < 0.01$ compared with no-treatment UV as a control.

자외선의 살균능은 세포의 화학결합을 분쇄함으로써 나타난다. 즉, O-H, P-O, N-H 결합을 깨뜨리거나 강력한 유리기를 생산함으로써 세포파괴를 유발할 수 있다. P-O결합은 핵산 형성에 중요한 결합이며, O-H, N-H 결합은 단백질 및 DNA의 구조를 유지하는데 필수적인 결합이다(20, 21). 함수율이 높을수록 자외선의 살균능이 감소하는 것은 자외선이 물에 투과할 때 그 파장이 변하게 됨에 따라 살균능이 감소하는 것으로 추정된다(22). 이 결과를 토대로 분변의 함수율은 *E. coli*, *S. agalactiae* 및 *S. aureus*의 증식에 영향을 끼치지 않는 것을 확인할 수 있었다. 한편, 자외선의 조사는 이들 균에 대한 살균력을 가지는 것을 확인할 수 있었다. 자외선의 조사는 함수율이 낮을수록, 조사시간이 길수록, 자외선등과 샘플의 거리가 가까울수록 살균력이 증대되는 것을 확인되었으며, 이러한 결과를 토대로 자외선을 이용한 우사내 우분뇨 및 톱밥의 소독 시, 살균 및 소독 효율 증대를 꾀할 수 있을 것이다.

2) 자외선 조사기준

E. coli, *S. agalactiae*, *S. aureus*는 젖소의 유방염을 유발하는 주요 원인균들이다. 이 균들은 분변 혹은 우유에 존재하며, 감염되지 않은 다른 개체로의 감염을 유발한다. 자외선은 소독제로서 이미 산업계 및 의료계에서 쓰레기 및 물의 살균에 사용되고 있으므로, 자외선을 이용하여 젖소의 유방염 확산을 방지하는 것의 실효성을 검증하였다. 분변의 함수율은 젖소 유방염 유발균의 증식에 영향을 미치지 않았고, 144시간 이상의 장시간 생존이 가능함을 확인하였다. 자외선의 조사 시, 조사하는 동안 우분뇨 및 톱밥을 교반하는 것이 교반하지 않는 것보다 균의 증식을 억압하는 것을 확인할 수 있었다. 한편, 자외선의 살균력은 함수율이 낮을수록, 조사거리가 짧을수록, 조사시간이 길수록 더 증가하는 것을 확인할 수 있었다. 현실적으로 건식함수율은 200~300%(습식함수율 75% 정도) 이하, 조사높이는 5cm 이하, 조사시간은 25초 이상으로 해야 할 것으로 판단되었다.

2. 우분뇨 유래 젖소유방염 저감을 위한 탈수 시스템의 탈수/제균 기준 확립

1) 탈수/제균 효과

156°C에서 48시간 이상 건열멸균을 수행하여 수분을 제거한 젖소 분변에 멸균된 실험용 톱밥을 0, 5 및 10%가 되도록 혼합한 후, 습식함수율을 기준으로 함수율 80, 85 및 90%가 되도록 멸균증류수를 가하여 교반하였으며, 탈수기의 압력판 간격을 토대로 3단계인 최대(10mm), 중간(20mm) 및 최소 압력(30mm)으로 탈수를 수행하였다(Fig. 3-15).

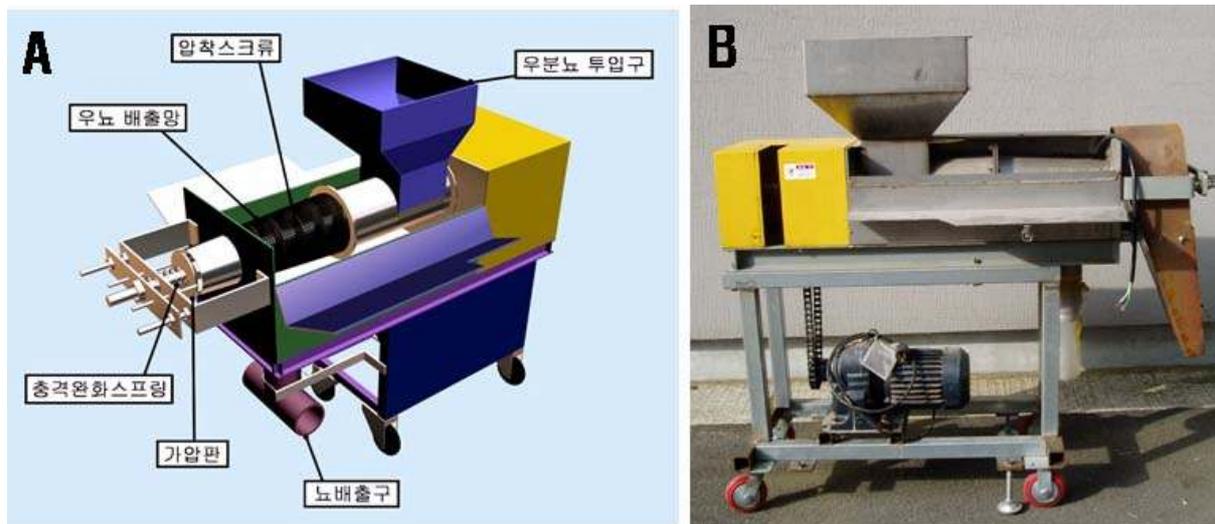


Fig. 3-15. Screw pressurized dehydrating system for feces and bed complexes on dairy farms. The 3-dimensional drawing of screwed pressurized dehydrating system(A) and the developed screw pressurized dehydrating system in this study(B).

본 실험 결과 얻어진 탈수효과는 탈수 전 80%의 습식 함수율을 보였던 교반물의 경우 최대 29%에서 최소 19%의 탈수효과가 나타났으며, 85%의 습식 함수율을 보였던 교반물의 경우 최대 31%에서 최소 24%의 탈수효과가 나타났고, 90%의 습식 함수율을 보였던 교반물의 경우 최대 37%에서 최소 28%의 탈수효과를 확인하였으며, 탈수기의 탈수효과는 Table 3-15에 나타낸

바와 같다.

Table 3-15. Dehydrating rates of the screw pressurized dehydrating system using various wet base PWC in feces and bed complexes.

PWC* of feces complexes (%)	Saw contents in feces (%)**	PWC after dehydration with various pressure strength (%)			Range of dehydrating rates (%)
		Maximum	Medium	Minimum	
		(10 mm gap)***	(20 mm gap)	(30 mm gap)	
80	0	54±2.4	56±4.1	61±3.4	19 - 26
	5	53±3.7	54±4.8	59±5.2	21 - 27
	10	51±8.2	52±2.4	57±3.4	23 - 29
85	0	55±3.6	57±2.7	61±4.1	24 - 30
	5	54±4.8	55±4.6	59±8.2	26 - 31
	10	54±4.4	54±6.2	56±7.3	29 - 31
90	0	56±4.1	59±5.3	62±6.5	28 - 34
	5	54±6.3	59±6.8	61±8.2	29 - 36
	10	53±6.1	57±8.4	60±4.8	30 - 37

탈수기의 제균 효과를 규명하기 위하여 교반액에 *E. coli* 및 *S. aureus* 균의 수가 2×10^4 /ml가 되도록 첨가 하여 균일하게 교반하였고, 탈수기의 압력은 최대의 효과를 보인 최대압력(10mm)으로 탈수를 수행하여 탈수 후 얻어진 용액을 채취, 제균 된 균 수를 측정하였다.

그 결과 *E. coli*의 경우 톱밥을 혼합하지 않은 경우에 함수율 80%의 교반액에서 $64.63 \pm 8.31\%$, 함수율 85%에서 $58.54 \pm 8.48\%$ 그리고 함수율 90%에서 $47.96 \pm 5.72\%$ 의 제균 효과가 있는 것을 Fig. 3-16A에 나타내었다. 한편, 톱밥 5%를 추가로 혼합하였을 경우 함수율 80%에서 $61.36 \pm 6.34\%$, 함수율 85%에서 $58.03 \pm 3.05\%$ 그리고 함수율 90%에서 $48.26 \pm 7.87\%$ 의 균이 제거되는 것을 Fig. 3-16B에 나타내었다. 톱밥 10%를 추가한 경우에도 함수율 80%에서 $65.44 \pm 7.62\%$, 함수율 85%에서 $66.02 \pm 4.44\%$ 그리고 함수율 90%에서 $45.01 \pm 7.72\%$ 가 제균 되는 것을 Fig. 3-16C에 나타내었다.

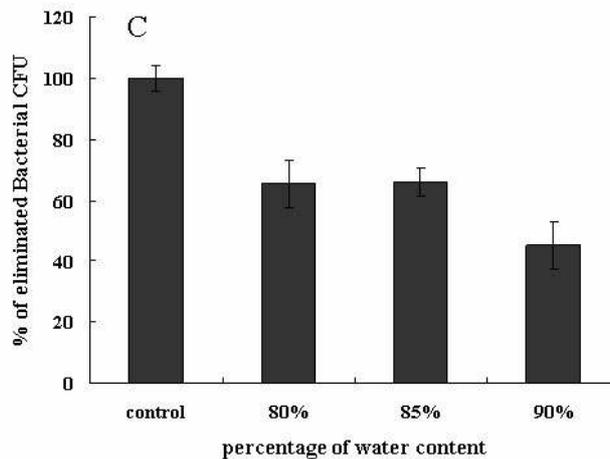
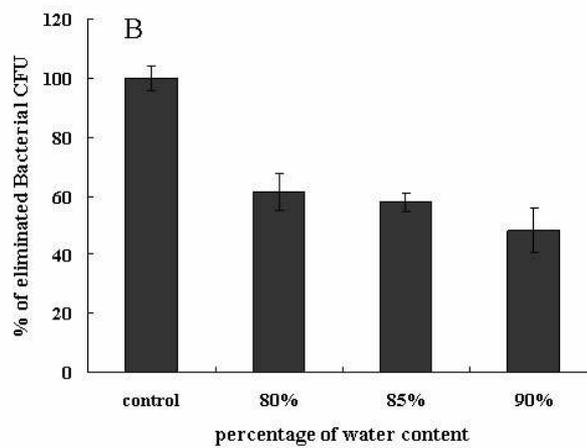
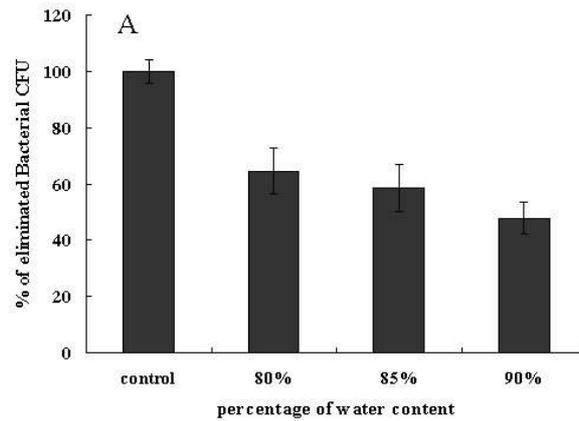


Fig. 3-16. Elimination effects of *E. coli* from feces and bed complexes using dehydrating system. *E. coli* was inoculated at various PWC(80, 85, or 90 %) of feces and bed complexes and applied to the screw pressurized dehydrating system. The content ratios of saw in feces are 0% (A), 5% (B), or 10% (C). After dehydration, eliminated bacteria were collected and measured CFU on plate spreading. The elimination rates of bacteria were compared tototal inoculated bacteria number as a control. The data represent the mean \pm S.D. of triplicate experiments.

또한 *S. aureus*의 경우 톱밥을 혼합하지 않은 경우에 함수율 80%에서 $62.55 \pm 8.71\%$, 함수율 85%에서 $57.75 \pm 7.41\%$, 함수율 90%에서 $45.63 \pm 8.72\%$ 의 균이 제거되는 것을 Fig. 3-17A에 나타내었다.

한편, 톱밥 5%를 추가로 혼합하였을 경우 함수율 80%에서 $58.22 \pm 8.34\%$, 함수율 85%에서 $61.60 \pm 7.48\%$, 함수율 90%에서 $47.69 \pm 8.73\%$ 의 균이 제거되는 것을 Fig. 3-17B에 나타내었으며, 톱밥 10%를 추가한 경우 함수율 80%에서 $60.11 \pm 8.68\%$, 함수율 85%에서 $55.30 \pm 8.44\%$, 함수율 90%에서 $41.19 \pm 7.84\%$ 가 제거되는 것을 Fig. 3-17C에 나타내었다.

이를 통해, *E. coli*와 *S. aureus*의 탈수 시 나타나는 제거 효과는 분변에 섞인 톱밥의 양과 상관없이 함수율에 따라 변화됨을 알 수 있었으며, 분변의 탈수 작용만으로도 유방염 원인체를 최대 66%에서 최소 41%까지 제거가 가능한 것으로 확인되었다.

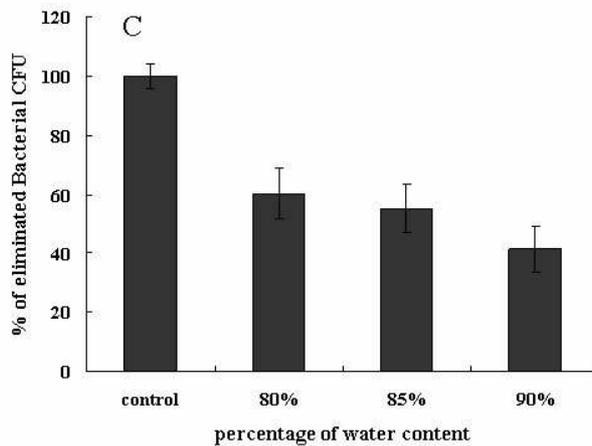
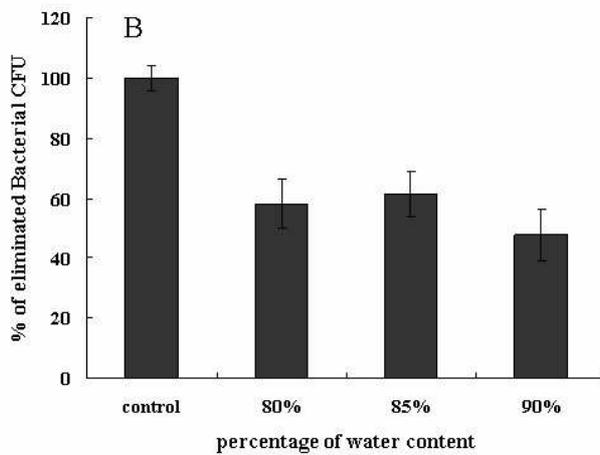
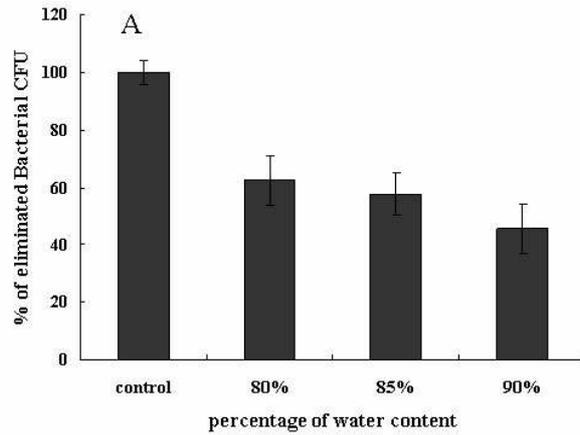


Fig. 3-17. Elimination effects of *S. aureus* from feces and bed complexes using dehydrating system. *S. aureus* was inoculated at various PWC(80, 85, or 90%) of feces and bed complexes and applied to the screw pressurized dehydrating system. The content ratios of saw in feces are 0%(A), 5%(B), or 10%(C). After dehydration, eliminated bacteria were collected and measured CFU on plate spreading. The elimination rates of bacteria were compared to total inoculated bacteria number as a control. The data represent the mean \pm S.D. of triplicate experiments.

유방염 유발 균인 *E. coli*, *S. agalactiae* 및 *S. aureus*가 멸균한 분변 및 건초의 혼합물에서 4 일 이상 생존 가능한 것으로 밝혀졌고(14), 유방염 원인균의 분변 내 생존 기간이 높은 함수율의 경우 낮은 함수율에 비해 1-2주 이상 생존 가능성이 보고되었다(13). 이로 인해 유방염 원인균이 분변에 오염되어 있을 경우 유방염 발생에 잠재적 원인이 될 수 있으며, 특히 함수율이 높을 때 유우의 유방염 원인균에 대한 노출이 빈번함은 자명한 사실이다. 뿐만 아니라, 분변 및 건초 혼합물의 함수율이 높은 경우 질병예방을 위해 석회가루를 투여하더라도 군사멸을 위한 만큼의 pH의 상승효과를 기대할 수 없어 분뇨에 포함된 함수율이 소독효과에 중요한 요소 중 하나이며, 분변 및 건초 혼합물의 낮은 함수율 관리가 유방염 발생수가 감소하는 것으로 밝혀져, 우사 바닥의 낮은 함수율 유지는 유방염 예방에 필수적인 관리 사안이라 할 수 있다(13). 또한 유방염 원인체가 100종 이상이 존재하고, 특히 이들 원인체 대부분이 우분뇨를 포함한 농장 시설에 오염되어 있다는 것은 유우의 병원체에 대한 노출이 그만큼 쉬울 뿐만 아니라 지속적인 유방염 발생의 병원소로 작용하기 때문에 유방염의 근절이 어려운 현실이다. 또한 국내 낙농업에 종사하는 많은 농가가 높은 함수율의 축사 바닥을 유지하고 있기 때문에 젖소 유방염에 의한 피해는 심각한 수준이다. 따라서 유방염으로 인한 피해를 최소화 하고 예방을 하기 위해서는 위생적 환경관리가 유방염 예방에 가장 본질적인 사안이라 할 수 있다.

본 실험 결과를 통해 우분뇨 탈수 시스템은 농장 바닥 우분뇨의 함수율을 낮게 유지 할 수 있을 뿐만 아니라, 탈수를 통해 우분뇨 내에 오염되어 있는 유방염 원인체를 50% 정도 제거 할 수 있는 효과를 나타내어 우사의 바닥관리를 위생적으로 관리 할 수 있으며, 유우의 병원체에 대한 노출을 감소시킬 것으로 나타났다.

결론적으로 본 시스템의 현장 적용은 우사 바닥의 위생적 관리는 물론 톱밥 및 깔짚의 재활용을 통한 비용 감소, 낮은 함수율 유지로 인한 병원균의 우분뇨 내 생존기간 단축 및 제거 효과에 의한 유우의 유방염 원인체에 대한 노출 감소가 기대되며, 이를 통해 위생적 바닥관리를 위한 과도한 화학 소독제의 사용을 줄여 환경오염 예방 및 비용을 감소 할 수 있으며, 항생제 오남용 및 식중독의 발생을 줄여 농가의 경쟁력 강화는 물론 공중보건학적 안전성 확립에 이바지할 것이다.

2) 탈수 제균 기준

환경유래 젖소 유방염 원인체는 우분뇨 내 장기간 생존 가능하며, 유우가 이들 병원체에 노출되었을 경우 유방염의 발생 빈도가 높아지기 때문에 이에 대한 대책 마련이 시급하다. 농장의 분변 및 깔짚의 함수율이 낮게 유지될 경우 유방염 발생빈도가 낮아지므로, 분변 및 깔짚의 함수율을 낮추는 것이 유방염 발생을 예방하는데 도움이 될 것이며, 이들 분변 및 깔짚의

재활용은 농가의 비용감소에 있어 매우 중요하다. 본 과제에서 이용한 스크류 압착식 우분뇨 탈수 시스템은 습식함수율이 80~90% 범위에서 탈수했을 때 탈수율은 19~37%, 제균율은 41~66%를 나타내었으며, 또한 탈수율이 증가함에 따라 제균율이 증가하는 결과를 나타내었다. 이를 통하여 단지 탈수만을 해도 유방염 원인균을 50% 이상 제거함으로써 유방염 발병을 크게 감소시킬 수 있음을 알 수 있었으며, 그리고 가능한 탈수율을 높일 수 있는 장치를 사용하는 것이 바람직한 것으로 판단되었다.

3. 우분뇨/톱밥 탈수 및 살균 시스템의 시작기 제작 및 성능평가

1) 스크류 압착식 탈수장치의 성능시험 결과 및 분석

Fig. 3-18에서 보듯이 가압판의 간극에 따라 간극이 10 mm일 때 76.3%, 20 mm일 때 79.7%, 30 mm일 때 80.5%로 가압판의 간격이 좁을수록 탈수율은 낮아지는 것으로 나타났으며, 통계적으로도 유의한 것으로 나타났다($p < 0.05$). 함수율이 낮을수록 유방염 원인체의 생존가능성이 낮으므로 고액분리기의 가압판은 10 mm 붙여 사용하는 것이 바람직한 것으로 판단되었다.

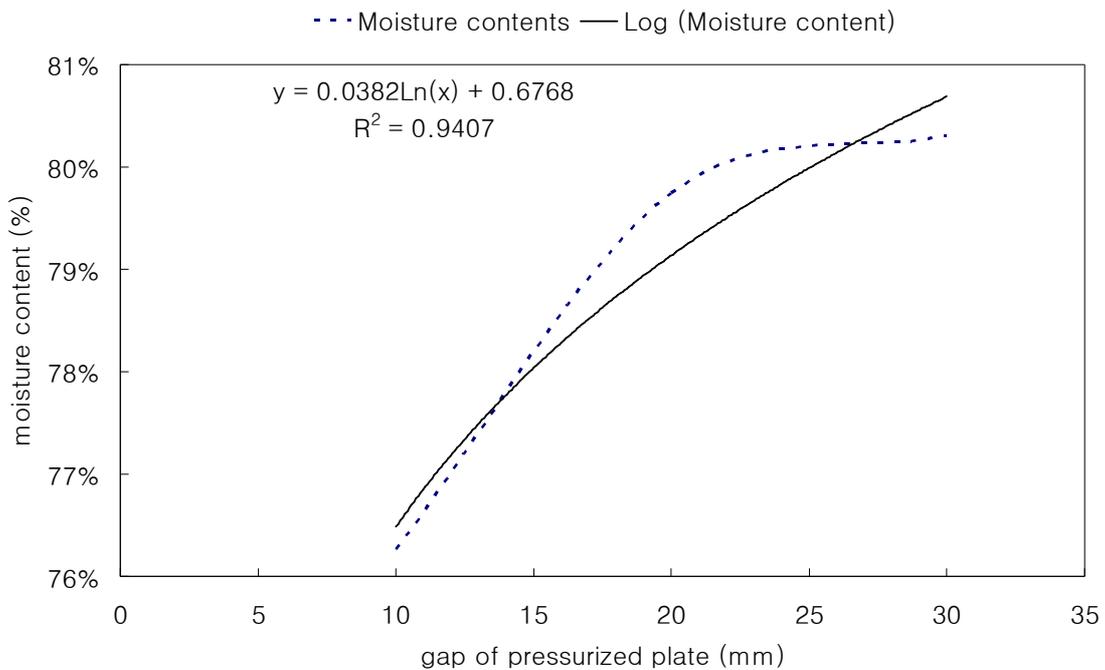


Fig. 3-18. The change of moisture content due to opening of pressurized plate.

또한, 우분뇨의 함수율 및 톱밥 함유율에 따른 탈수효과 결과는 Table 3-16과 같았다. 이 Table 3-16에서와 같이 톱밥의 함유율이 10%일 때 탈수효과가 가장 적절한 것으로 나타났으며, 이때 최대 함수율 68%까지 탈수가 가능한 것으로 나타났다.

Table 3-16. Results of th dehydration by the proto-type system developed.

Before dehydrated	After dehydrated			
	Dry basis (wet basis)	Saw content in feces(dry basis,%)		
		0	5	10
80% (400%)	76% (±4)	72% (±2)	68% (±3)	
85% (600%)	73% (±5)	68% (±4)	69% (±5)	
90% (900%)	71% (±6)	68% (±3)	71% (±4)	

* throughput : 5~10ton/h

2) 송풍에 의한 교반성능 분석

유방염원인 병원균은 UV램프의 자외선에 노출되면 사멸되는 것으로 나타났으나, 자외선 조사에 노출되지 않을 경우 사멸효과가 미미함으로 교반이 필요하다. 기계적 교반의 경우 기계장치가 UV광선에 간섭을 일으킬 것으로 판단되어 가능한 간섭을 피하기 위하여 풍압을 이용하였다. 교반 상태는 관능적으로 판단하였는데 40 Hz에서 적정하게 교반되는 것으로 나타났으며, 그 이상 50, 60 Hz에서는 왕겨가 날리는 것으로 나타났다. 적정풍압은 병원균접종 후 사멸정도에 따라 추가 적정 압을 구명할 필요가 있을 것으로 판단되었다. Fig. 3-19는 진동수별 압력챔버 송풍구멍의 균일성을 나타낸 것으로 전체적 오차가 1~5 hPa로 나타났다. 이를 기준으로 실제로 우분뇨/톱밥을 가지고 교반상태를 확인하였으나 우분의 점성에 의하여 전혀 교반이 되지 않는 것으로 나타났다. 따라서 송풍을 이용하여 교반하는 방식은 시작기 제작 시에 고려를 하지 않는 것이 좋을 것으로 판단되었다.

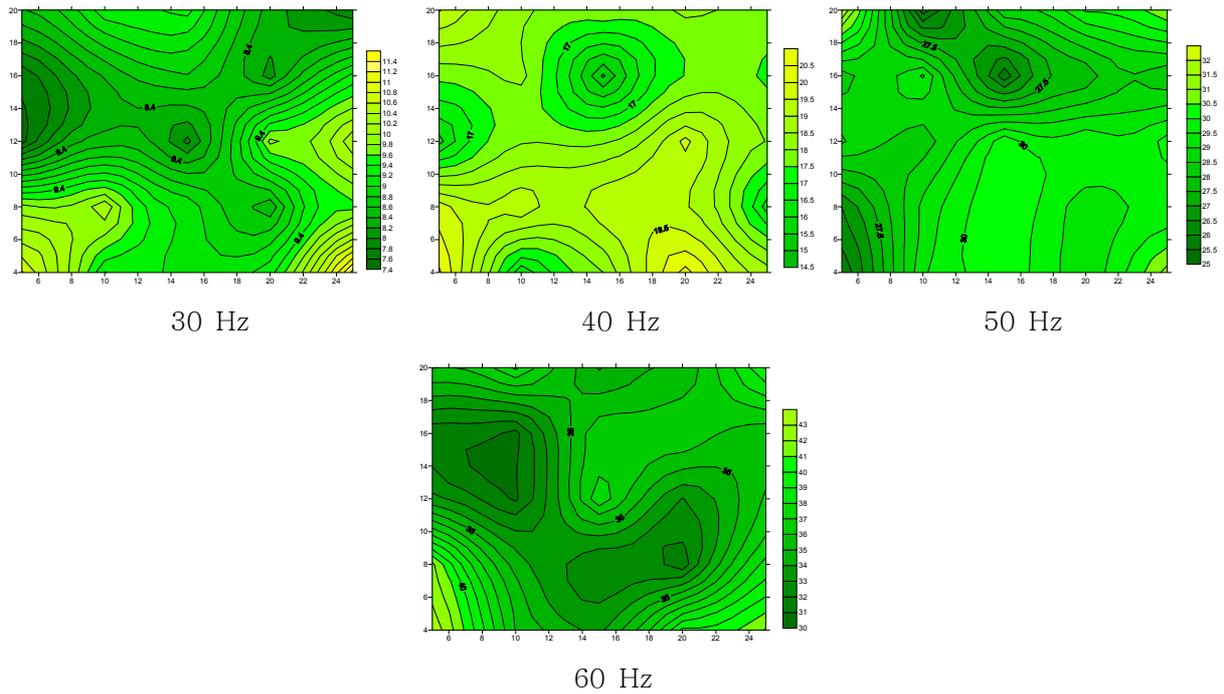


Fig. 3-19. The contour lines of wind pressure in pressure chamber.

3) 소음 및 진동의 계측 결과 및 분석

살균 장치부의 소음 발생량은 Table 3-17에서와 같이 평균 30 dB이 발생되었다. 이는 작업 기준소음 70 dB(8 시간 노출)에 비해 상대적으로 약하게 발생되며 작업시간 등을 고려할 때 작업에 대한 영향은 크지 않을 것으로 판단되었다.

살균장치의 최대 진동 발생량(Fig. 3-20)은 2.5 G로 계측되었고, FFT 분석결과 피크(pick) 값은 355 Hz에서 이송벨트의 연결부위가 축에 맞물릴 때 발생하였다. 이러한 진동량은 기계의 작업효율이나 안전성에 영향을 줄 만큼의 진동은 발생되지 않는 것으로 판단되며, 벨트 연결부위만 개선이 된다면 진동량 발생은 미미할 것으로 추정되었다.

Table 3-17. Noise levels of sterilizer.

NO.	Interior noise without sterilizer operation (dB)	Interior noise with sterilizer operation (dB)	Difference of noise (dB)
1	45.0	74.5	29.5
2	46.7	76.7	30.0
3	44.3	77.6	33.3
4	46.2	75.8	29.6
5	45.8	76.1	30.3
Average	45.6	76.1	30.5

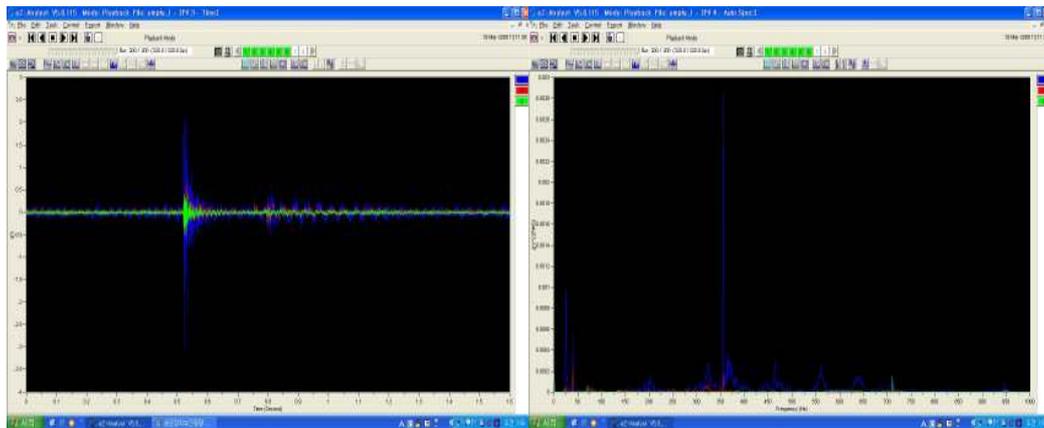


Fig. 3-20. Results of vibration in measurement (left), and analysis of FFT for the prototype sterilizer developed (right).

4) 살균장치의 성능시험 결과 및 분석

Fig. 3-21에서와 같이 *E. coli*(대장균)에 대한 살균성능은 상대적으로 낮은 함수율에서 높은 체균효과를 보였으며 처리속도가 느릴수록 체균효과가 증대되는 것으로 나타났다. 이는 이송벨트의 이동속도가 느릴수록 UV램프의 조사시간이 길어져 높은 살균효과를 나타내는 것으로 판단된다. 또한 일면에만 조사되던 자외선을 우분뇨의 교반을 통하여 우분뇨에 대한 조사단면적을 증가시킴으로서 미생물에 대한 조사범위가 확대 되어 더욱 높은 살균효과를 나타낼 수 있었다. 교반을 실시하고 처리속도를 0.6 m/min, 조사높이를 5 cm로 했을 때 함수율에 관계없이 약 80%의 살균효과를 나타내었다.

Fig. 3-22와 3-23에서와 같이 *Staphylococcus aureus*(포도상 구균)과 *Staphylococcus aureus*(연쇄상 구균)에서도 교반을 실시하고 처리속도를 0.6 m/min, 조사높이를 5 cm로 했을 때 *E. coli*와 마찬가지로 약 80%의 살균효과를 나타내었다. 그렇지만 대장균에 비해 다른 조건에서는 살균효과가 상대적으로 낮게 나타났다. 이는 그람 양성균인 포도상 구균과 연쇄상 구균은 쉽게 파괴되지 않는 두꺼운 세포벽과 최악의 조건에서도 생존이 가능한 포자가 있기 때문인 것으로 추정된다.

따라서 유방염 원인균에 대한 최적의 살균조건은 처리속도 0.6 m/min, 조사높이 5 cm, 함수율 50%(wet basis)일 때 가장 적절할 것으로 판단된다. 그러나 현실적으로 0.6 m/min 보다 훨씬 빠르게 작업을 해야 하고 그리고 함수율을 68% 이하로 탈수할 수 없음을 고려해 볼 때, 탈수기와 연계한 UV 램프 살균 시스템의 사용은 효과가 없을 가능성이 높은 것으로 판단되었다.

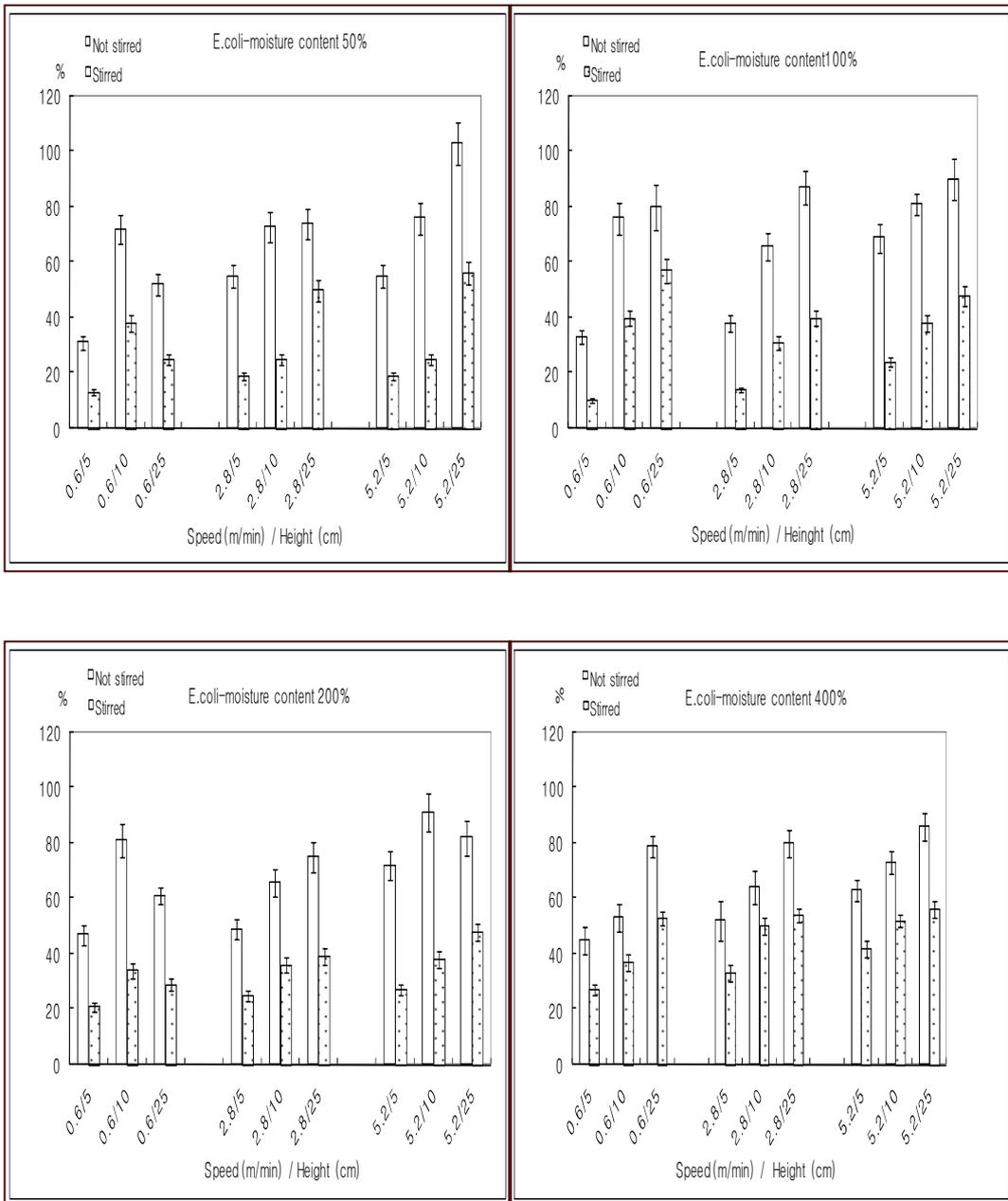


Fig. 3-21. Sterilization effect of *E. coli*

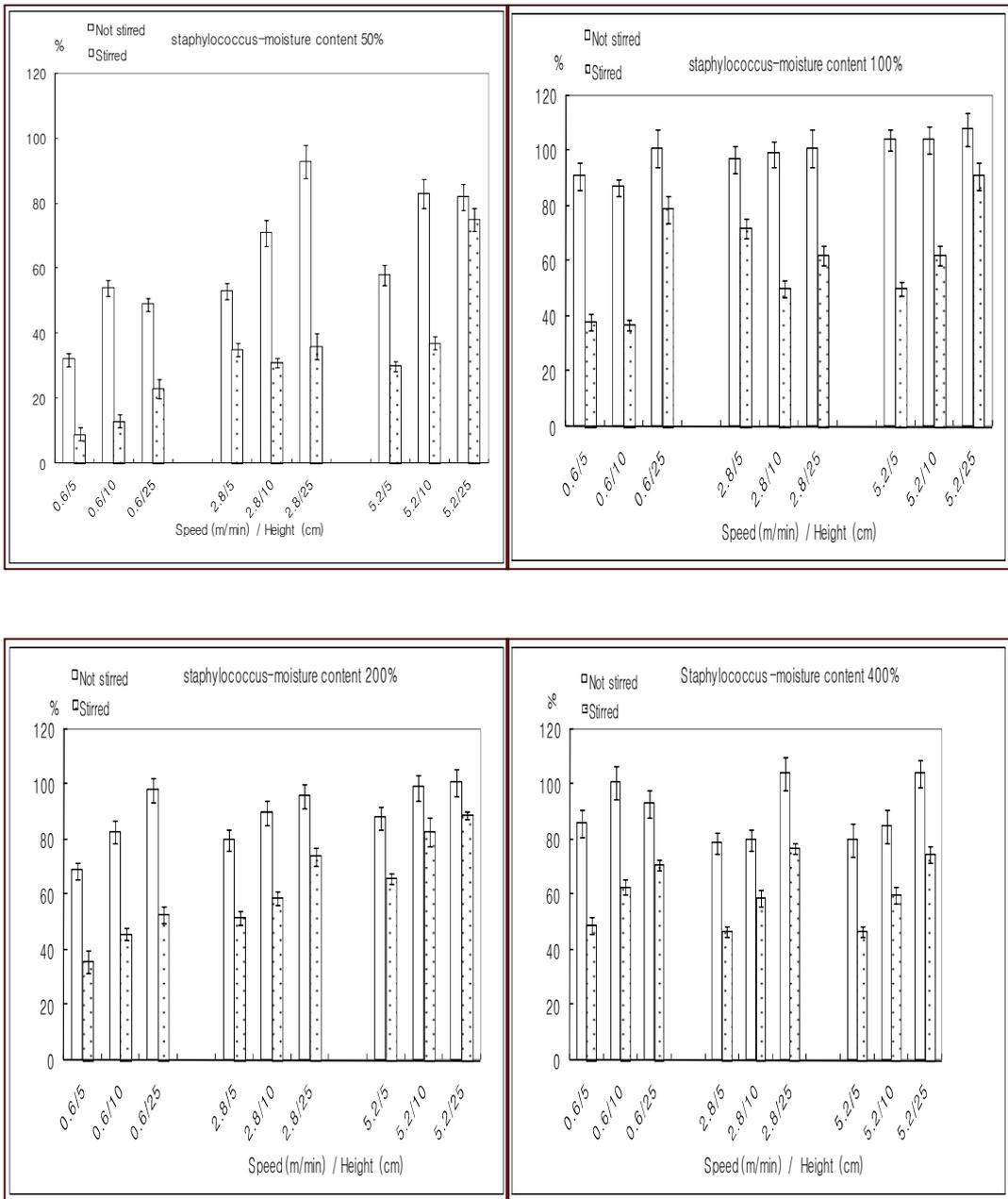


Fig. 3-22. Sterilization effect of *Staphylococcus aureus*

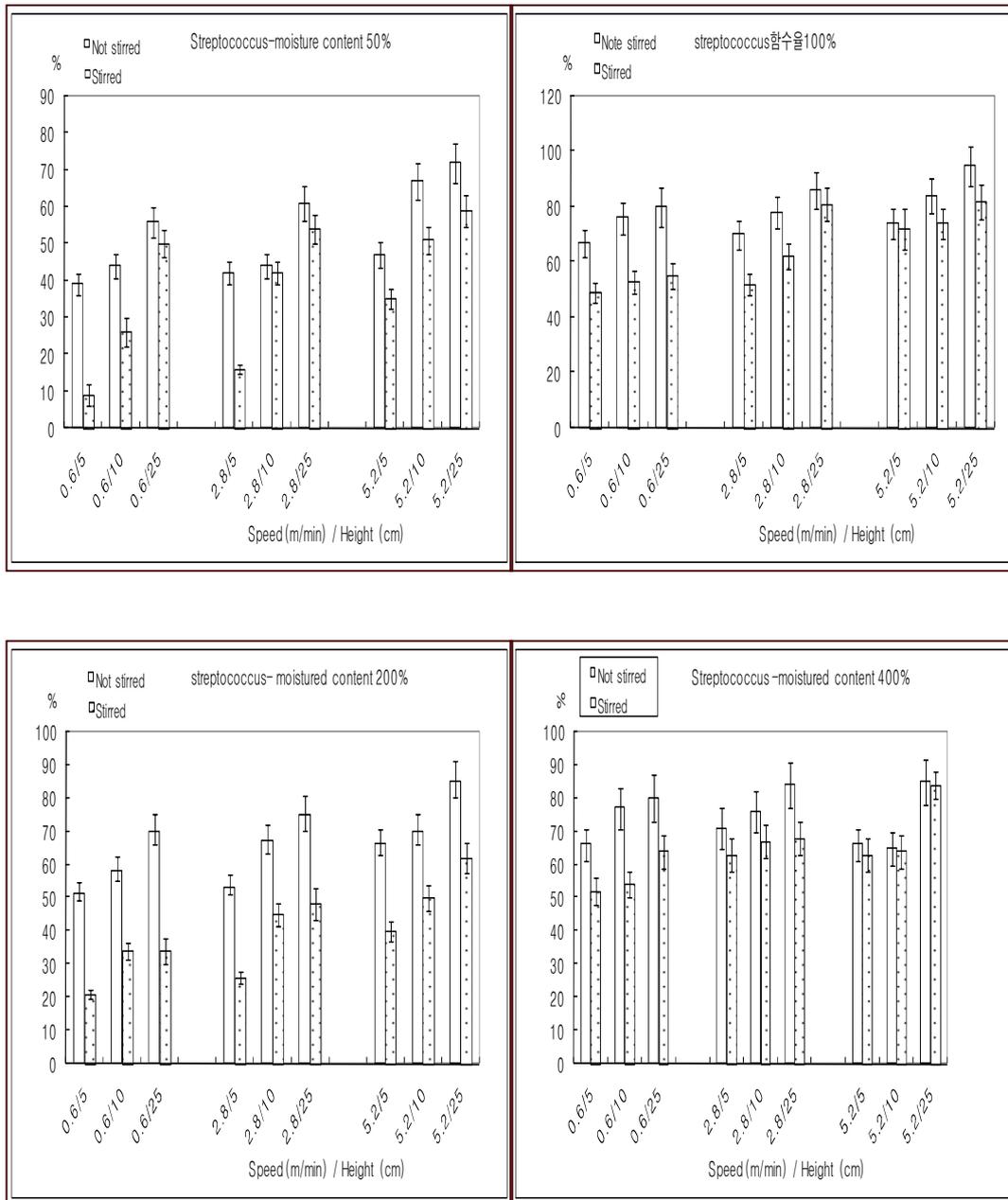


Fig. 3-23. Sterilization effect of *Streptococcus agalactiae*

5) 1차 시작기의 동력전달 장치 분석

1차 시작기는 Fig. 3-24와 같이 개발되었다.



Fig. 3-24. The picture of the 1st prototype fecal-sawdust based dehydration and sterilization system for preventing mastitis in dairy cows.

시작기의 성능테스트를 위하여 독립 PTO 1단에서 상용RPM인 2,600 RPM에 주행속도 0.4 m/s로 우분뇨의 수거 및 탈수성능 시험을 실시하였다.

시험결과 엔진회전수에 비례하는 PTO의 빠른 회전수로 인하여 시작기 인입부 수거롤러의 회전속도가 너무 빨라 우분뇨가 깃(vane)에 의해 비산되었다.

또한 시작기의 설계기준에서 처리량은 시간당 3 ton, 운전속도는 0.3~0.4 m/s를 제시하여 초당 0.4 m를 이동할 때 0.833 kg의 우분뇨를 처리해야 한다. 실험장소인 충남대학교 부속동물사육장 우사의 경우 우분뇨를 치우고 새 톱밥을 살포한지 30여일이 지나서 많은 양의 우분뇨가 쌓여있지는 않았다. 시작기 우분뇨 인입부의 폭 1,215 mm와 초당 이송거리 0.4 m 안에 있는 우분뇨의 양을 계산했을 약 20 kg으로 설계기준을 크게 웃돌았다.

그러므로 우분뇨의 수거를 원활히 하기 위하여 1,200 RPM에서 독립 PTO 1단으로 변경하여 작업을 실시하였다. 이때 PTO의 회전수는 435 RPM 이고 주행속도는 0.06 m/s였다.

시험결과 시작 후 약 1 m까지는 양호한 수거능력을 보였으나 그 이후에 인입부에 정체현상이 일어나 수거롤러의 회전이 일어나지 않아 더 이상 수거가 되지 않았다. 또한 Fig. 3-25와 같이 우분뇨의 정체로 인하여 수거롤러에 과부하가 걸리자 스프로킷에 체인이 이탈되는 현상과 동력전달부위의 장력조절을 위해 설치한 텐션 스프로킷에 변형이 생겼다.



Fig. 3-25. Picture of a damaged sprocket.

1차 시작기의 문제점을 분석하기 위하여 각 체인에 Fig. 3-24와 같이 번호를 지정하여 각 체인에 물려 구동하는 스프로킷을 구동스프로킷과 종동스프로킷으로 나누어 Table 3-18과 같이 각 스프로킷의 잇수, 회전수와 축간거리, 체인의 회전속도와 길이를 구하였다.

Table 3-18. Length and velocity of chains and sprockets.

No.	Chain		Sprocket					L* (mm)
	L (mm)	KSNo.	Z (ea)		N (rpm)			
			Drive	Driven	Drive	Driven	<i>i</i>	
1	910	50	17	17	75	75	1	317
2	910	40	18	15	77	93	1.2	350
3	1,340	40	32	18	43	77	1.78	490
4	3,140	40	30	18	43	72	1.67	1,404
5	1,850	40	18	40	75	34	0.45	722

L* : Length between shafts

트랙터의 PTO 출력은 시험성적표 참고하여 37.5 PS로 산정하였다. PTO의 회전수는 독립 PTO 1단, 엔진회전수 1,200 RPM에서 435 RPM으로 나타났다. 이때 사용된 체인의 피치는 KS B 1407의 롤러체인의 표준규격에 의해 산정되었다.

Table 3-19에서와 같이 체인 길이에 대한 계산값과 실측값의 차이는 크지 않았다. 하지만 KS에서는 최대 축간길이(Cmax)를 80P가 넘지 않도록 권고하고 있다. 그러므로 3~5번 체인은 체인의 종류를 바꾸어 피치를 크게 하거나 축간 중간에 스프로킷을 설치하여 체인의 길이를 짧게 하는 것이 적정할 것으로 판단된다. 그 외 1, 2번 체인의 길이 설계는 적정한 것으로 판단된다.

Table 3-19. Calculation of chain length

No.	p (mm)	Z ₁	Z ₂	C (mm)	L _z (mm)	L (mm)	
						계산값	실측값
1	15.8	17	17	317	56.9	903	910
2	12.7	18	15	350	71.6	909	910
3	12.7	32	18	490	102.3	1,299	1,340
4	12.7	30	18	1,404	245.1	3,113	3,140
5	12.7	18	40	722	142.9	1,815	1,850

p : KS B 1407 The standard specification of roller chain

다음으로는 체인의 속도와 속도변동률은 Table 3-20과 같다. Table 3-20의 결과에서처럼 속도 변동률은 미미한 것으로 판단되었다. 잇수에 따른 속도변동률의 증가그래프를 참고할 때 기준 잇수 15개보다 적은 스프로킷을 사용하지 않으므로 소음 및 진동과 마멸의 증가 또한 미미 할 것으로 판단된다. 최고제한속도에 크게 못 미치므로 체인의 크기선택이 넓어질 수 있는 장점이 있지만 경제성이 떨어지므로 안전을 고려하여 허용범위 내에서 가장 큰 회전속도를 선정하는 것이 더 낫을 것으로 판단된다.

Table 3-20. Velocity and velocity change of each chain.

No	N (rpm)	D _p (mm)	α	V (m/s)	R _{max}	R _{min}	V _{max}	V _{min}	ε (%)
1	75	86.4	21.7	0.3373	43.2	40.13	0.3393	0.3332	1.79
2	77	73.1	20.0	0.2933	36.5	34.29	0.2947	0.2902	1.52
3	43	129.6	11.2	0.2912	64.8	63.55	0.2917	0.2902	0.51
4	43	121.0	12.0	0.2730	60.5	59.17	0.2724	0.2709	0.55
5	75	73.1	20.0	0.2857	36.5	34.29	0.2870	0.2826	1.53

Table 3-20의 결과 값에서 체인의 속도가 모두 0.25 m/s 이상이므로 최대장력은 표준상태에서 파단강도의 1/7, 나쁜 조건에서 1/12내에 결정되어야 한다.

Table 3-21과 같이, 1번 체인의 경우 표준상태에서의 최대 장력은 2,111.9 N, 나쁜 조건에서의 최대 장력은 1,231.95 N으로 허용장력 985.48 N은 양호한 것으로 판단된다. 2~5번 체인의 경우 표준조건에서 1,118.18 N, 나쁜 조건에서 652.28 N으로 각 체인들의 허용장력 521.85 N 또한 양호한 것으로 판단된다.

3번 체인의 동력을 전달받아 수거롤러를 동작시키는 중동 스프로킷은 KS B 1408(롤러 체인용 스프로킷 치형)에서 스프로킷 40, 잇수 18번의 한 쪽 허브형 스프로킷을 사용하고 있었다. 같은 형식의 스프로킷의 경우 10개의 이가 체인과 맞물려 동력전달을 하는 반면 이 중동 스프로킷은 체인과의 굴곡각도가 커 물리는 잇수가 6개에 불과했다. 그렇기 때문에 동력전달에 있어 어느 정도 이상의 부하가 발생을 하게 되면 체인이 스프로킷을 이탈하는 현상이 발생하여 진동과 충격이 발생하였고 동력전달이 제대로 이루어지지 않았다. 또한 스프로킷과 체인의 이탈을 방지하기 위하여 설치한 텐션 스프로킷에서도 변형이 발생하였다.

그러므로 중동 스프로킷의 경우 피치원 지름을 크게 하고 잇수가 보다 많은 스프로킷을 사용하여 굴곡각도를 작게 해 체인과의 동력전달이 원활이 이루어지도록 해야 한다. 텐션 스프로킷의 경우 스프링 등을 이용해 충격완화장치를 설치하거나 보다 고 강도의 재료를 사용하여 변형을 방지해야 할 것으로 판단된다.

Table 3-21. Breaking stress and allowable tension of each chain.

No.	D (mm)	T _B (N)	T _a (N)	Power (kW)
1	5.09	14,783.49	985.48	0.3325
2	3.98	7,827.65	521.85	0.1531
3	3.98	7,827.65	521.85	0.1520
4	3.98	7,827.65	521.85	0.1425
5	3.98	7,827.65	521.85	0.1491

6) 2차 시작기의 탈수성능 시험

탈수 성능은 15 mm의 롤러 간극을 갖고 있는 롤러 압착식 탈수방식을 사용하여 성능을 검증하였다.

성능시험결과 관능적인 탈수성능은 양호한 것으로 판단되었으나 Fig. 3-26에서처럼 압착용 고무롤러에 우분뇨가 달라붙어 분리되지 않는 현상을 보였다. 그러므로 탈수인입부에서 정체현상이 발생하였고 롤러와 우분뇨 이송벨트에 많은 부하가 발생되었다.



Fig. 3-26. The fecal/sawdust attached on roller.

관능적 탈수성능 시험을 바탕으로 탈수 전·후의 함수율과 균수를 분석하여 Table 3-22 및 Fig. 3-27과 같은 탈수 성능을 확인했다. 탈수 성능시험결과 약 50%(w.b)의 수분을 제거했으며 균수 또한 약 70%의 제균효과를 나타내었다. 이는 앞선 예비시험기의 시험결과 함수율 50%(w.b.) 미만의 살균조건과도 유의하며 탈수만으로도 양호한 살균효과를 나타냈다. 그렇지만 탈수 후 우분뇨가 롤러에 달라붙지 않고 우분뇨를 다시 살포하기 위해선 압착롤러의 재질을 변경하거나 롤러와 회전방향 반대로 스크래퍼를 설치할 필요성이 있는 것으로 판단되었다.

Table 3-22. The effects of dehydration by the proto-type system tested.

Moisture content (%)	Wet basis (%)	Dry basis (%)	Bacteria CFU (%)
Before dehydration	63.92 ± 3.4	186.57 ± 28.28	100 ± 21.11
After dehydration	18.21 ± 0.29	22.27 ± 0.44	31.81 ± 12.57

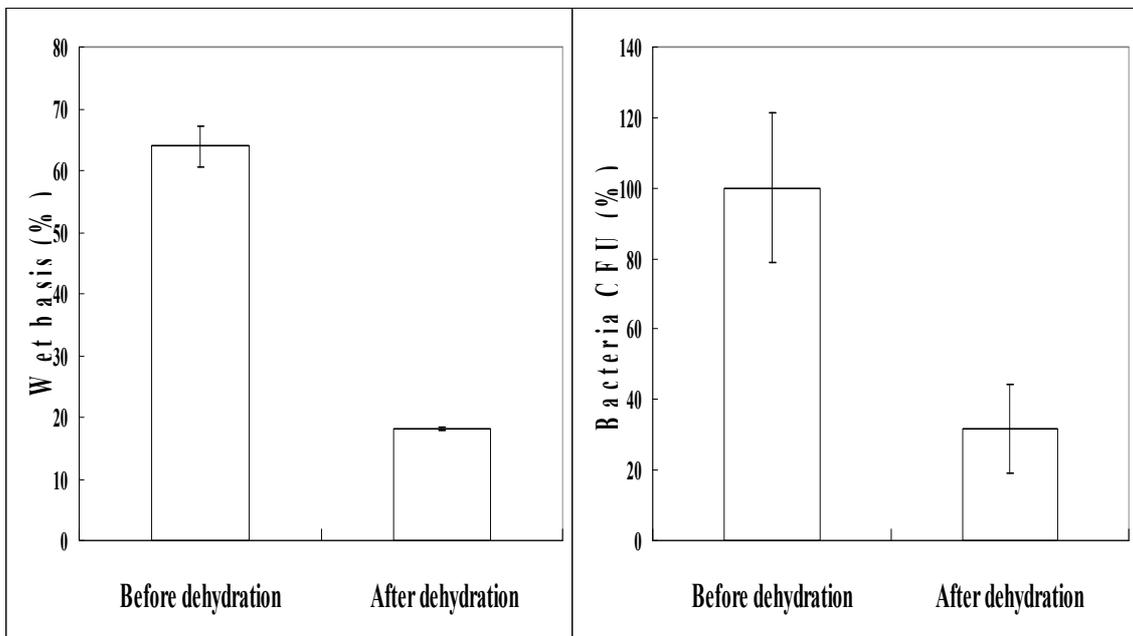


Fig. 3-27. The results of comparison of moisture content (left) and bacteria CFU (right) with and without dehydration by the proto-type dehydration.

7) 3차 시작기의 성능시험

국립농업과학원 농공부 포장에서 실시한 예비시험결과, 시작기의 로터리회전속도는 290rpm 이었으며, 메쉬벨트의 이송속도는 1.5 ~ 2m/s였다. 분뇨의 초기 함수율은 89.8%(w.b.)였으며, 고액을 탈수한 결과 우분뇨분리비율은 19.9%였고, 건물회수율은 52.9%였다. 작업은 우분뇨와 깔짚재가 붙어 엉킨 것을 로타리로 분쇄하고 메쉬 이송벨트로 옮겨서 이송이 원활하였으며, 압착로울러의 강제구동으로 로울러에서 우분뇨의 정체현상은 나타나지 않았다. 2차 시작기에서 로울러에 부착되던 우분뇨는 로울러에 스크레퍼를 설치하여 미리 제거해 줌으로 해결되어 원활히 작업을 수행하였다. 이때 시작기의 작업성능은 35min/10a로 나타났다.

예비시험을 통하여 3차 시작기가 문제점 없이 정상적으로 작동되는 것을 확인한 후, 경상대학교 부속동물사육장 낙농우사에서 본 성능시험을 하였는데, 그 결과는 Fig. 28 및 Fig. 29와 같았다. Fig. 28에서 알 수 있듯이 1, 2차 시작기에서 발생되었던 여러 가지 문제점들이 전혀 나타나지 않았고 또한 우분뇨/ 톱밥의 함수율에 상관없이 우수한 처리 성능을 나타내었다. 3차 시작기의 탈수성능은 탈수 전 함수율 76~82%(w.b.), 탈수 후 함수율 70~73%(w.b.)로 아주 우수하게 나타났다(Fig. 29B). 이러한 탈수효과에 의한 제균율은 4~47%(Fig. 29C)로 우분뇨/ 톱밥의 함수율에 따라 크게 영향을 받는 것으로 나타났으나 이 정도의 제균 성능을 나타내는 탈수시스템을 이용하여 정기적으로 탈수/ 제균을 한다면 유방염 예방효과는 매우 클 것으로 판단된다. 왜냐하면 일반적으로 유방염 원인체들은 함수율 70%(w.b.) 초반 대에서는 거의 증식을 하지 않을 뿐만 아니라 유방염을 발생시킬 수 있는 충분한 숫자가 되지 못하여 유방염이 매우 적게 발생될 것으로 판단되기 때문이다. UV를 이용한 유방염 원인체 살균 효과는 처리속도가 빠름에 따라 UV 램프 조사 시간이 너무 짧아 없는 것으로 나타났다(Fig. 29D).

따라서 탈수에 의한 제균효과, UV 조사에 의한 살균효과, 경제적인 측면의 비용 등을 종합적으로 고려해 볼 때, UV 살균 시스템을 배제한 탈수/제균 시스템만이 유효한 것으로 판단된다.



Fig. 3-28. The picture of the 3th prototype tested.

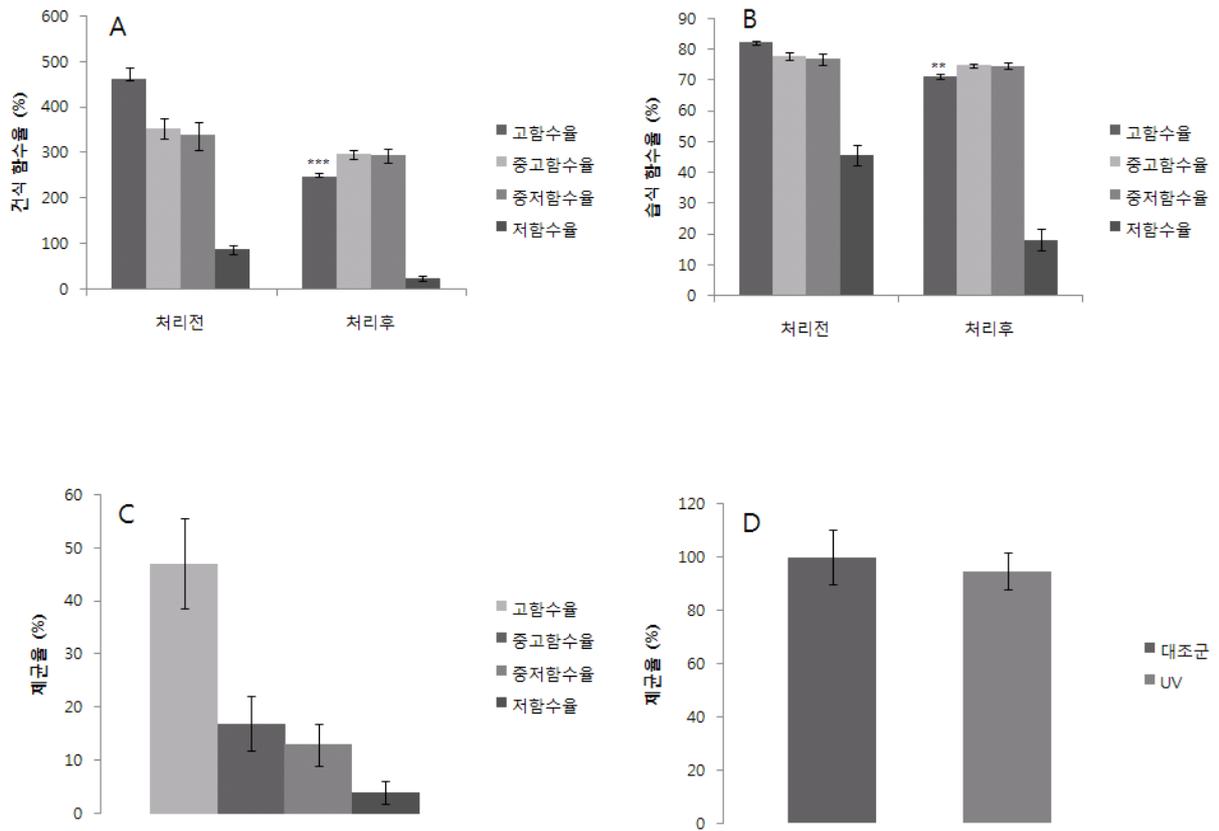


Fig. 3-29. Dehydrating and bacteria elimination performance of the 3th prototype.

4. 요약 및 결론

우분뇨/ 톱밥의 함수율은 젖소 유방염 유발균의 증식에 영향을 미치지 않고, 유방염 유발균은 144시간 이상의 장시간 동안 생존이 가능하다. UV(자외선)의 조사 시 우분뇨/ 톱밥을 교반하는 것이 교반하지 않는 것보다 균의 증식을 억제하는데 더 좋은 효과가 있으며, 자외선의 살균효과는 함수율이 낮을수록, 조사높이가 낮을수록, 조사시간이 길수록 더 증가한다. 이들의 결과를 종합해 볼 때, UV 살균효과를 높게 유지하기 위해서는 건식함수율은 200~300%(습식함수율 75% 정도) 이하, 조사높이는 5cm 이하, 조사시간은 25초 이상으로 해야 한다.

탈수기를 이용하여 탈수효과 및 제균효과를 분석한 결과에 의하면, 단지 탈수만으로도 유방염 원인균을 50% 이상 제거함으로써 유방염 발병을 크게 감소시킬 수 있으며, 그리고 가능한 함수율 68%(d.b.) 정도까지 탈수할 수 있는 장치를 이용하는 것이 바람직하다.

유방염 원인균에 대한 UV의 최적 살균조건은 처리속도 0.6 m/ min, 조사높이 5 cm, 함수율 50%(wet basis)로 나타났으나, 이는 현실적으로 0.6 m/ min보다 훨씬 빠르게 작업을 해야 하고 그리고 함수율을 68% 이하로 탈수할 수 없음을 고려해 볼 때 탈수기와 연계하여 UV 램프 살균 시스템을 사용하는 것을 고려하지 않는 것이 좋다.

3차 시작기는 1, 2차 시작기에서 발생되었던 여러 가지 문제점들을 개선하기 위하여 로터리방식의 우분뇨/ 톱밥 상차장치, 메쉬형 운분뇨/ 톱밥 이송벨트, 스크레퍼 부착형 압착롤러 탈수장치로 구성하였다. 시험결과, 아무 문제없이 잘 작동하였으며, 이의 탈수/ 제균 효과는 우분뇨/ 톱밥의 함수율에 상관없이 우수하였다. 즉 3차 시작기의 탈수성능은 탈수 전 함수율 76~82%(d.b.), 탈수 후 함수율 70~73%(d.b.)로 아주 우수하였으며, 이러한 탈수효과에 의한 제균율은 4~47%(Fig. 29C)로 우분뇨/ 톱밥의 함수율에 따라 크게 영향을 받는 것으로 나타났으나 이 정도의 제균 성능을 나타내는 탈수시스템을 이용하여 정기적으로 탈수/ 제균을 한다면 유방염 예방효과는 매우 클 것으로 판단된다. 왜냐하면 일반적으로 유방염 원인체들은 함수율 70%(d.b.) 초반 대에서는 거의 증식을 하지 않을 뿐만 아니라 유방염을 발생시킬 수 있는 충분한 숫자가 되지 못하여 유방염이 매우 적게 발생될 것으로 판단되기 때문이다. UV를 이용한 유방염 원인체 살균 효과는 처리속도가 빠름에 따라 UV 램프 조사 시간이 너무 짧아 살균효과는 없었다.

제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

1. 목표달성도

구분	연구개발의 목표	연구개발의 내용	달성도
1차년도 (2007년)	○ 우분뇨+톱밥 탈수장치의 개발	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기초연구 <ul style="list-style-type: none"> - 관련 자료의 수집 및 분석 ○ 탈수장치의 수거부 및 이송부 개발 ○ 탈수장치의 탈수부 개발 ○ 탈수장치의 배출부 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 배출부의 CAD 설계 및 시작기 제작 ○ 종합적인 탈수장치 제작 및 미비점 보완 <ul style="list-style-type: none"> - 종합적인 탈수장치의 제작 - 탈수장치의 미비점 보완 	100
	○ 우분뇨+톱밥 살균장치의 개발(1)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 광(光) 발생장치의 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 광발생장치의 설계 및 제작 	
	○ 우분뇨+톱밥 탈수장치의 기계적 성능 분석	<ul style="list-style-type: none"> ○ 개발된 우분뇨+톱밥 탈수장치의 기구학적 분석 ○ 개발된 우분뇨+톱밥 탈수장치의 기계적 성능 분석 	100
	○ 우분뇨+톱밥 탈수장치의 농장 성능 평가 및 살균장치의 설계 기준 확립	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기초연구 <ul style="list-style-type: none"> - 관련 자료의 수집 및 분석 ○ 유우사의 구조 조사 및 분석 ○ 유우 사양관리 방법 조사 및 분석 ○ 현장에 근거한 탈수 및 살균 장치의 설계기준 확립 ○ 작업 시기 및 횟수 설정 ○ 탈수장치의 각 부분별 성능 평가 <ul style="list-style-type: none"> - 우분뇨+톱밥의 수거 및 이송 효율 평가 - 우분뇨+톱밥의 탈수 및 배출 효율 평가 ○ 탈수장치의 보완점 제안 ○ 살균장치 설계기준 확립 	100
	○ 우분뇨+톱밥 내 유방염 원인체 사멸 유효조건 확립	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기초연구 <ul style="list-style-type: none"> - 관련 자료의 수집 및 분석 ○ 수분 함량에 따른 우분뇨+톱밥내 세균, virus, 곰팡이 사멸 유효조건 확립 ○ UV 조사량에 따른 우분뇨+톱밥내 세균, virus, 곰팡이 사멸 유효조건 확립 ○ UV 조사량 및 수분 함량에 대한 유방염 원인체의 최적 살균 조건 확립 	100

구분	연구개발의 목표	연구개발의 내용	달성도
2차년도 (2008년)	○ 우분뇨+톱밥 살균장치의 개발(2)	○ 광(光)조사(照射)장치의 개발 및 미비점 보완 - 광조사장치의 설계 및 제작 - 우분뇨+톱밥 살균장치의 미비점 보완	100
	○ 우분뇨+톱밥 탈수·살균시스템 개발 및 현장 적용	○ 종합적인 시스템 개발 및 미비점 보완 - 종합적인 시스템 개발(1차 시작기) - 1차 시작기의 미비점 보완 및 현장 적용을 위한 2차 시작기 개발	100
	○ 우분뇨+톱밥 살균장치 및 종합 시작기의 기계적 성능평가	○ 살균장치의 기구학적 분석 및 기계적 성능 평가 ○ 종합시작기의 기구학적 분석을 통한 안정성 및 성능분석 ○ 시작기의 실증시험을 통한 성능분석 ○ 2차 시작기의 현장 성능 평가	100
	○ 우분뇨+톱밥 살균장치의 농장 성능 평가	○ 살균장치의 각 부분별 성능 평가 - 광조사량 평가 - 우분뇨+톱밥 살균 효과 평가 - 우분뇨+톱밥의 이송 성능 평가 ○ 살균장치의 보완점 제안	100
	○ 종합시스템의 농장 성능평가	○ 종합시스템의 성능 평가 - 우분뇨+톱밥 수거 및 이송 성능 평가 - 우분뇨+톱밥 탈수 효율 평가 - 살균효과 ○ 종합시스템의 보완점 제안	100
	○ 개발된 시스템의 유방염 원인체 사멸 효과 검증	○ 유방염 발생 및 비발생 농가 현장조사 및 원인체 분석 ○ 유방염 발생 및 비발생 농가 시스템 현장 적용 후 우분뇨+톱밥내 균체수 변화 검증 ○ 유방염 발생 및 비발생 농가 시스템 현장 적용 후 유방염 발생을 및 이환을 비교분석	100

2. 관련분야의 기여도

1) 기술적 측면

- (1) 우분뇨/톱밥 내 유방염 원인체의 규명
- (2) 우분뇨/톱밥 내 유방염 원인체의 사멸 유효조건 확립 및 검정
- (3) 우분뇨/톱밥 살균·탈수 시스템의 개발 및 산업화
- (4) 다른 축산분뇨의 살균·탈수 시스템의 기초 마련

2) 경제적·산업적 측면

- (1) 유우 생산성 향상에 기여
- (2) 우수한 우유의 생산으로 국제경쟁력 증가
- (3) 낙농가의 수익 증대 효과
- (4) 유우사 뿐 만 아니라 다른 축산시설에 응용 가능

제 5 장 연구개발 성과 및 성과활용 계획

1. 핵심 기술

- 1) 자외선을 이용한 우분뇨/톱밥 살균시스템 개발
- 2) 스크류 압착식 우분뇨/톱밥 탈수시스템 개발
- 3) 살균시스템 및 탈수시스템을 활용한 유방염 원인체 살/제균 유효조건 확립
- 4) 유우의 유방염 예방을 위한 우분뇨/톱밥 살균·탈수 시스템 개발

2. 특허 및 논문

- 1) 특허: 유우의 유방염 예방을 위한 우분뇨/톱밥 탈수·제균 시스템에 대한 특허 출원 준비 중
- 2) 논문:
 - Bacteriocidal effects of ultraviolet irradiation for reducing bovine mastitis derived from environmental contamination J. Environ. Agri. 27(4); 435-440, 2008.
 - Dehydrating and Bacterial Elimination Effects of Fecal Dehydrating System for Reducing Bovine Mastitis Derived from Environmental Contamination, 심사 중
 - Study on performance test of a proto-type sterilizer system for fecal/sawdust produced in dairy cows barn, 심사 중

3. 향후 연구결과 활용계획

- 1) 기술이전: 우분노/톱밥 탈수·제균 시스템을 (주)이레에 기술이전 할 계획임
- 2) 상품화: 참여기업인 (주)이레에서 상품화 할 계획임

제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

○ 해당사항 없음

제 7 장 참고문헌

1. Watts, J. L., (1988) Etiological agents of bovine mastitis. *Vet. Microbiol.*, 16, 41-66
2. Leclerc, H., Mossel, D. A., Edberg, S. C., Struijk, C. B., (2001) Advances in the bacteriology of the Coliform Group: Their suitability as markers of microbial water safety. *Ann. Rev. Microbiol.*, 55, 201-234.
3. Tallon, P., Magajna, B., Lofronco, C., Leung, K. T., (2005) Microbial indicators of faecal contamination in water: A current perspective. *Water Air Soil Pollut.*, 166,139-166.
4. Van, Houdt R., Michiels, C. W., (2005) Role of bacterial cell surface structures in *Escherichia coli* biofilm formation. *Res. Microbiol.*, 156, 626-633.
5. Fox, L. K., Gershman, M., Hancock, D. D., Hutton, C. T., (1991) Fomites and reservoirs of *Staphylococcus aureus* causing intramammary infections as determined by phage typing: the effect of milking time hygiene practices. *Cornell Vet.*, 81, 183-193.
6. Zadoks, R.N., Tikofsky, L.L., Boor, K.J. (2005) Ribotyping of *Streptococcus uberis* from a dairy's environment, bovine feces and milk., 30; 109(3-4), 257-65.
7. Hogan, J. S., Gonzalez, R. N., Harmon, R. J., Nickerson, S. C., Oliver S. P., Pankey, J. W., Smith, K. L., (1999) Laboratory Handbook on Bovine Mastitis, National Mastitis Council, Inc., Madison, Wisconsin, USA.
8. Koneman, E. W., Allen, S. D., Dowell, V. R., Sommer, H. M., (1983) The Enterobacteriaceae, in: Color Atlas and Textbook of Diagnostic Microbiology, J.B. Lippincott Company, NewYork,NewYork,USA,pp.57-124.
9. Joe, H., K., Larry. S., (2003) Coliform mastitis. *Vet. Res.*, 507-519.
10. Pore, R. S., Barnett, E. A., Barnes, Jr. W. C., Walker, J.D., (1983) Protothecaecology. *Mycopathologia*, 81, 49-62.
11. Pore, R. S, Shahan, T. A., (1988) Protothecazopfii: natural, transient, occurrence in pigs and rats. *Mycopathologia*, 101, 85-8.
12. Decho, A. W., (2000) Microbial biofilms in intertidal systems: An overview. *Cont. Shelf. Res.*, 20, 1257-1273.
13. Wilson, M., (1994) Bactericidal effect of laser light and its potential use in the treatment of plaque-related diseases. *Int. Dent. J.*, 44, 181-189.
14. Nandakumar, K., Keeler, W., Schraft, H., Leung, K. T., (2006) Visible laser and UVA

- radiation impact on a PNP degrading *Moraxella* strain and its *rpoS* mutant. *Biotechnol. Bioeng.*, 94, 793-802.
15. Hamblin, M. R., Viveiros, J., Yang, C., Ahmadi, A., Ganz, R. A., Tolkoff, M. J., (2005) *Helicobacter pylori* accumulates photoactive porphyrins and is killed by visible light. *Antimicrob. Agents Chemother.*, 49, 2822-2827.
 16. Giannini, M. S. H., (1986) Suppression of pathogenesis in cutaneous Leishmaniasis by UV radiation. *Infect. Immun.* 51, 838-843.
 17. Fox, L. K., Gershman, M., Hancock, D. D., Hutton (1992) Ultraviolet-irradiated monocytes efficiently inhibit the intracellular replication of *Mycobacterium avium intracellulare*. 89(4),1282-7
 18. Katara, G., Hemvani, N., Chitnis, S., Chitnis, V., Chitnis, D. S., (2008) *Indian J. Med. Microbiol.*, 26(3), 241-242.
 19. Hogan, J. S., Gonzalez, R. N., Harmon, R. J., Nickerson, S. C (2006) Inactivation credit of UV radiation for viruses, bacteria and protozoan (oo)cysts in water: a review. 40(1),3-22.
 20. Lodish, H. Baltimore, D., Berk, A., Zipursky, S. L., Matsudaira, P., Darnell, J.,(1995) *Molecular cell biology*. New York, NY: Scientific American Books, Inc., p1344.
 21. Becker, W. M., Kleinsmith, L. J., Hardin, J., (2003) *The world of the cell*. San Francisco, CA: Benjamin Cummings, p802.
 22. Natasha, V., Werden, J. K., Kanavilli, N., Kam, T. L., (2008) The Bactericidal Effect of Ultraviolet and Visible Light on *Escherichia coli*. *Biotechnol. Bioeng.*, 99(3), 550-6.
 23. Watts, J. L. (1988) Etiological agents of bovine mastitis. *Vet. Microbiol.*, 16, 41-66
 24. Leclerc, H., Mossel, D. A., Edberg, S. C., Struijk, C. B. (2001) Advances in the bacteriology of the Coliform Group: Their suitability as markers of microbial water safety. *Ann. Rev. Microbiol.*, 55, 201-234.
 25. Tallon, P., Magajna, B., Lofronco, C., Leung, K. T. (2005) Microbial indicators of faecal contamination in water: A current perspective. *Water Air Soil Pollut.*, 166,139-166.
 26. Van, Houdt R., Michiels, C. W. (2005) Role of bacterial cell surface structures in *Escherichia coli* biofilm formation. *Res. Microbiol.*, 156, 626-633.
 27. Fox, L. K., Gershman, M., Hancock, D. D., Hutton, C. T. (1991) Fomites and reservoirs of *Staphylococcus aureus* causing intramammary infections as determined by phage typing: the effect of milking time hygiene practices. *Cornell Vet.*, 81, 183-193.

28. Zadoks, R.N., Tikofsky, L.L., Boor, K.J.(2005) Ribotyping of *Streptococcus uberis* from a dairy's environment, bovine feces and milk., 30; 109(3-4), 257-65.
29. Hogan, J. S., Gonzalez, R. N., Harmon, R. J., Nickerson, S. C., Oliver S. P., Pankey, J. W., Smith, K. L. (1999) Laboratory Handbook on Bovine Mastitis, National Mastitis Council, Inc., Madison, Wisconsin, USA.
30. Koneman, E. W., Allen, S. D., Dowell, V. R., Sommer, H. M. (1983) The *Enterobacteriaceae*, in: Color Atlas and Textbook of Diagnostic Microbiology, J.B. Lippincott Company, New York, New York, USA, pp. 57-124.
31. Joe, H., K., Larry. S. (2003) Coliform mastitis. Vet. Res., 507-519.
32. Pore, R. S., Barnett, E. A., Barnes, Jr. W. C., Walker, J.D. (1983) Protothecaecology. Mycopathologia, 81, 49-62.
33. Pore, R. S., Shahan, T. A. (1988) Prototheca zopfii : natural, transient, occurrence in pigs and rats. Mycopathologia, 101, 85-8.
34. Williams, R., 2000. The impact of antimicrobial resistance. Acta Vet. Scand. Suppl. 93, 17-20.
35. Ward, W.R., Hughes, J. W., Faull, W. B., Cripps, P.J., Sutherland, J. P(2002). (2002) Observational study of temperature, moisture, pH and bacteria in straw bedding, and faecal consistency, cleanliness and mastitis in cows in four dairy herds. 17; 151(7): 199-206.
36. Kim, D. H., Lim, J. J., Lee, J. J., Jang, H. H., Jang, D. I., Lee, S. J., Lee, H. J., Min, W. G., Kwon, S. H., Kim, S. H., Oh, K. Y., Kim, S. (2008) Bacteriocidal effects of ultraviolet irradiation for reducing bovine mastitis derived from environmental contamination. Kor. J. Environ. Agric. 27(4), 435-440.
37. 강신영. 1999. 가축의 질병과 위생관리. 농민신문사.
38. 강위수, 강화석, 이구현, 양승가, 목효균. 1999. 세라믹 롤러와 금속 롤러의 쌀 분쇄 소요에너지 분석. 한국농업기계학회 동계학술대회 논문집 4(1): 378-383.
39. 강희설, 홍성구, 조원모, 백봉현, 박치호, 이덕수. 1995. 톱밥이용 한우 분뇨처리와 관련한 연구. 축산시설환경학회지 1(1): 1-9.
40. 김경옥. 2005. 국산트랙터의 성능 변화. 바이오시스템공학 30(6): 321-326.
41. 권두중, 권용기, 이기중, 한정대, 정석찬. 1995. 착유우의 톱밥발효우사.
42. 나은수. 1996. Screw Type 고액분리기 개발을 위한 기초연구. 한국기계연구원.
43. 농림부. 2006. 농림부 통계자료.

44. 농업기계화연구소. 1996-2004. 농업기계시험평가연보.
45. 농협중앙회. 2007. 축사건축기술서(우사편). 농협중앙회.
46. 류일훈, 김대철, 김경욱. 2000. 농용트랙터의 전동 효율 특성. 한국농업기계학회-
Agricultural Mechanization in Korea.
47. 문진산, 강현미, 김종만. 2002. 목장 원유의 유질 향상을 위한 유방염 관리 프로그램. 한국
유가공기술과학회지 20(1): 59-69.
48. 미국 사료곡물협회. 1985. 젖소사양가이드.
49. 민철기, 이옥배, 이호근. 2004. 기계설계학. 선문당.
50. 배동호. 1997. 낙농학 - 그 원리와 응용 -. 선진문화사.
51. 오인환. 1996. 우분뇨의 성분 및 활용방안. 낙농육우 115-119.
52. 이경로, 천성달, 윤영진. 2007. 기계요소설계. 원창출판사.
53. 이용연구. 축산시설환경학회지. 1(1): 9-19.
54. 정재천, 최상훈, 이용복, 장희석. 2001. 기계설계. 청문각.
55. 축산기술연구소. 1994. 계류식우사와 톱밥우사의 우유생산성비교. 축산기술연구보고자료.
56. 축산신문. 2005. 12. 신문기사.
57. 축산시험장. 1994. 톱밥우사. p 38-94. 축산시험장. 수원.
58. 한국경제 TV. 2006. 05. 신문기사.
59. 한국농업기계학회. 1970-1980. 한국농업기계연감.
60. 한국농촌경제연구원. 1994. 축산폐수처리에 관한 연구. 94(5): 61-95.
61. 한국표준협회. 2003. KS B 1407 - 전동용 롤러 체인.
62. 한국표준협회. 2005. KS B 1408 - 롤러체인용 스프로킷 치형.
63. ASAE Standards, 51 st ed. 2004. SAE J708 Agricultural tractor test code.
64. Bell, Brian. 1989. Farm Machinery 3rd ed. Farming Press.
65. Hones, F.R. and W.H. Aldred. 1980. Farm Power and Tractors. McGraw-Hill Book Co.,
New York, NY, USA.
66. Nesterovich, A.A. and L.A. Noskova. 1981. Calculation of Throughout of Sedimentation
Screw Conveyer Centrifuges, Chemical and Petroleum Engineering. 10-11.
67. Paape, M.J., W.P. Wergin, A.J. Guidry, R.E. Pearson. 1979. Second line of defense
against invading mastitis pathogens.. J Dairy Sci, 62: 135-153.

주 의

1. 이 보고서는 농림수산식품부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 농림수산식품부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.