

우분뇨 유래 젖소 유방염 저감을 위한 자외선 조사 살균의 효과 규명

김동혁¹⁾ · 임정주¹⁾ · 이진주¹⁾ · 장흥희¹⁾ · 장동일²⁾ · 이승주²⁾ · 이후장¹⁾ · 민원기¹⁾ · 권순홍³⁾
· 김상훈⁴⁾ · 오권영^{5)*} · 김 석^{1,6)**}

¹⁾경상대학교 수의과대학, ²⁾충남대학교 농과대학, ³⁾부산대학교 바이오산업기계공학과, ⁴⁾충남대학교 수의과대학,
⁵⁾국립농업과학원 농업공학부, ⁶⁾경상대학교 농업생명과학연구원
(2008년 12월 9일 접수, 2008년 12월 24일 수리)

Bacteriocidal Effects of Ultraviolet Irradiation for Reducing Bovine Mastitis Derived from Environmental Contamination

Dong Hyeok Kim¹⁾, Jung Ju Lim¹⁾, Jin Ju Lee¹⁾, Hong Hee Jang¹⁾, Dong Il Jang²⁾, Seung Joo Lee²⁾, Hu Jang Lee¹⁾, Won Gi Min¹⁾, Sun Hong Kwon³⁾, Sang Hun Kim⁴⁾, Kwon Young Oh^{5)*}, Suk Kim^{1,6)**} (¹⁾College of Veterinary Medicine, Gyeongsang National University, ²⁾Department of Bio-Industrial and Machinery, Chungnam National University, ³⁾Department of Bio-Industrial Machinery, Pusan National University, ⁴⁾College of Veterinary Medicine, Chungnam National University, ⁵⁾Department of Agricultural Engineering, National Academy of Agricultural Science, ⁶⁾Institute of Agriculture and Life Science, Gyeongsang National University)

ABSTRACT: 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*), *Staphylococcus aureus* (*S. aureus*). These bacteria were found in milk and environmental condition such as feces, water, soil and so on. Recently, many cases of mastitis are derived from environmental contamination of micro-organisms, which important factors for the spread of this disease in farm. Ultraviolet irradiation (UV) has been used as disinfection for waste and water in clinical and industrial facilities. Moreover the UV irradiation has been used as useful bacteriocidal agents to remove bacterial biofilms in environmental condition. In this study, we determined the bacterial replication in different percentage of water content (PWC) in sterilized saw dust 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%) until 144 h incubation. In the bacteriocidal effect of UV irradiation to bacteria in saw dust and feces complex, the results showed that bacteriocidal effect was depended on the UV irradiation time, irradiation distance and PWC. Especially the antibacterial activity of UV irradiation is stronger in low PWC (50%), long time irradiation (50 sec), and short distance (5 cm) than other condition of this study. Furthermore UV irradiation with stirring showed increased the bacteriocidal effect compared without stirring. These results suggested that bovine mastitis causing agents may survive long time in environmental condition especially saw dust and feces complexes in farm and can cause a various disease including mastitis. Moreover, these data can be used as basis for application and development of UV disinfection to control of bovine mastitis from environmental contaminated bacteria in dairy farm.

Key Words: UV, bovine mastitis, environmental condition, disinfection, bacteriocidal agent

서 론

최근 국내 낙농산업은 50두 미만의 소규모 사육농가의 급

속한 감소와 50두 이상의 중규모 사육농가는 급격히 증가되고 있는 추세임에도 불구하고 선진 낙농국가에 비해 유제품의 개발, 원유의 위생적 품질, 생산성 등에 있어서 미흡한 현실이다. 특히 낙농가의 규모가 전업화 및 대형화가 되었음에도 불구하고 농촌인력의 감소에 따른 관리인원의 부족이 초래되어 관리인 1인당의 두수 증가로 인해 생산성의 감소 및 질병의 발생 가능성이 과거에 비해 증가 일로에 있다. 특히 국내 유우에서 발생되는 유방염은 생유의 위생, 생산자의 경

*연락처:

Tel: +82-31-290-1833 Fax: +82-31-293-1900
E-mail: donggeun@rda.go.kr

**공동연락처:

Tel: +82-55-751-6631 Fax: +82-55-751-5803
E-mail: kimsuk@gsnu.ac.kr

제적 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, 곰팡이성, 세균성으로 구분되는데, Watts¹⁾ 등의 보고에 의하면 137종 이상의 미생물이 유방염과 관련되어 있음을 보고하였다. 주요 원인체는 세균성으로 *Staphylococcus aureus*, *S. epidermidis*, *Streptococcus* spp. 등이며 *Actinomyces pyogenes*, *Peptococcus indolicus*, 미호기성 그람 양성구균, *Escherichia coli*, *Leptospira*, *Brucella* 균, 결핵균, *Mycoplasma*도 관여되고 있고, virus성으로 소 Parainfluenza 3, bovine herpesvirus 2, vaccinia, cowpox, pseudocowpox, vesicular stomatitis, foot-and-mouth disease 등이 관여하고 있고, 곰팡이성으로는 yeast, *Candidium* spp., *Penicillium* spp. 등이 관여하는 것으로 보고되었다.

이들 병원체 중 *E. coli*는 온혈동물의 위장관에 기생하는 세균으로 분변에 다량으로 존재하고 있으므로, 분변을 통한 감염에 중요한 병인이다²⁾. 이러한 이유로 *E. coli*는 물과 음식의 오염에 대한 지표로 사용되고 있다^{3,4)}. *S. aureus*는 젖소 유방염의 주요한 인자이며, *S. agalactiae* 또한 젖소 유방염의 주요원인체이다^{5,6)}. 이들 균들은 분변 및 우유 혹은 젖소의 젖 및 배설기관을 포함하는 상피세포에서 분리된다⁷⁻⁹⁾. 이에 따라 토양, 사료, 물 등에서 번식하여 감염되지 않은 다른 개체로의 감염전파가 일어날 수 있으며, 이들 병원체에 의해 오염된 환경을 통해 유방염이 발생할 수 있다^{10,11)}. 따라서 유방염의 발생을 최소화 하기 위해서는 개체의 위생적 관리뿐만 아니라 농장 전체의 위생적 관리가 필수적인 사안이라 할 수 있다.

자외선은 소독제로서 이미 의료계 및 산업계에서 쓰레기와 물의 소독에 이용되고 있다^{12,13)}. 자외선을 이용하여 바이오필름을 형성한 세균을 사멸시킬 수 있으며¹⁴⁾, 최근엔 사람의 위장관에 존재하는 *Helicobacter pylori*를 사멸시킬 수 있다는 연구결과가 발표되었다¹⁵⁾. 또한, 마우스를 이용한 실험 모델에서 leishmaniasis병에 대한 치료효과를 나타내었으며¹⁶⁾, 세포내 *Mycobacterium avium*의 증식억제 효과가 발표되었다¹⁷⁾. 이들 세균 이외에도 자외선은 adenovirus, *Aspergillus niger*, *Candidia*와 같은 바이러스 및 곰팡이의 살균에도 효과적인 것으로 보고되었다^{18,19)}. 특히 자외선은 친환경적이며 잔류물질이 존재하지 않으며 해로운 부산물이 생성되지 않는 특징이 있다. 이러한 이유로 자외선 살균이 의료, 식품산업, 하수처리장 등에 널리 사용되고 있으며, 축산농가에서 일반적으로 많이 사용하고 있는 화학적 소독제를 대체 할 소독 방법의 하나로 인식되고 있다.

본 연구에서는 환경 유래 젖소 유방염 저감을 위해 젖소 유방염의 대표적인 병원체 (*E. Coli*, *S. aureus*, *S. agalactiae*)의 우분뇨 환경에서의 장시간 생존 가능성에 대한 분석을 수행하였고, 이들 병원체가 우분뇨내 함유량에 따른 균의 증식을

측정하였다. 또한, 이들 우사 우분뇨에 오염되어 있는 잠재적 젖소 유방염 병원체를 살균 시키기 위한 UV 살균의 유효조건을 확립하여, 환경유래 젖소 유방염의 발생을 최소화 하기 위한 UV 살균기 적용의 기초를 마련하였다.

재료 및 방법

균 배양 및 배지

Glycerol stocks으로 -70℃에 보관되어있는 *E.coli* DH5 α , *S. aureus* ATCC 29213, *S. agalactiae* ATCC 27956를 Luria-Bertani (LB) broth, BHI 배지 혹은 1.5% LB agar, BHI agar (BD)에서 배양시켰다. 균은 37℃에서 stationary phase가 되도록 교반배양하였다.

퇴비 내 균 증식을 측정

경남도내 3곳의 젖소농가에서 채취한 이물질이 함유되지 않은 신선한 젖소 분변과 톱밥 (실용동물용 깔짚; Kiln hardwood bedding)을 156℃에서 48시간이상 건열멸균을 수행하여 수분을 제거하였다. 건조된 분변과 톱밥을 동량으로 섞은 후, 건식함수율을 기준으로 멸균 증류수를 200, 400 및 600%가 되게 가한 후 교반하였으며, 여기에 배양된 *E. coli*, *S. aureus* 및 *S. agalactiae* 균의 수가 2 \times 10⁴/ml 가 되도록 첨가하였다. 그 후, 0, 24, 48, 72 및 144시간 동안 37℃에서 배양하였다. 배양이 끝난 후, 용액을 생리적 식염수 (0.8% NaCl)에 적절히 희석하여 LB agar 및 BHI agar에서 spreading하였고, 37℃에서 24시간 배양하여 bacterial colony forming unit (CFU)를 측정하였다.

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

UV 살균효과 검정

멸균한 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 살균효과를 측정하였다. 일정량의 분변 및 톱밥 혼합물을 멸균된 페트리디쉬에 높이가 1cm가 되게 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 검정하기 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 수행 한 후 일정 양을 채취 하여 LB agar 및 BHI agar에서 spreading하였고, 37℃에서 24시간 배양하여 bacterial colony forming unit (CFU)를 측정하였다.

통계처리

모든 실험은 3회 반복하여 수행하였으며, 실험결과는 Student's t-test를 이용하여 통계처리를 수행하였다. P<0.01는 통계적으로 유의성을 가짐을 의미한다.

결과 및 고찰

16시간 동안 TSB에서 교반 배양한 유방염 유발 균인 *E. coli*, *S. agalactiae*, *S. aureus*를 멸균한 분변 및 톱밥의 혼합물과 0, 24, 48, 72, 144시간 동안 37°C에서 배양하였다. 이때, 혼합물의 함수율은 건식함수율을 기준으로 200, 400 및 600%가 되도록 멸균 증류수를 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. 1A).

*S. agalactiae*는 함수율 400%일 때 144시간 동안 균 증식률의 변화에 큰 차이점을 보이지 않았으며, 함수율 600%의 경우에 48시간까지 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. 1B).

*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. 1C).

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 판단 된다.

자외선의 유방염 유발 균에 대한 살균 효과를 알아보기 위해 16시간 동안 LB agar 및 BHI agar에서 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 적정한

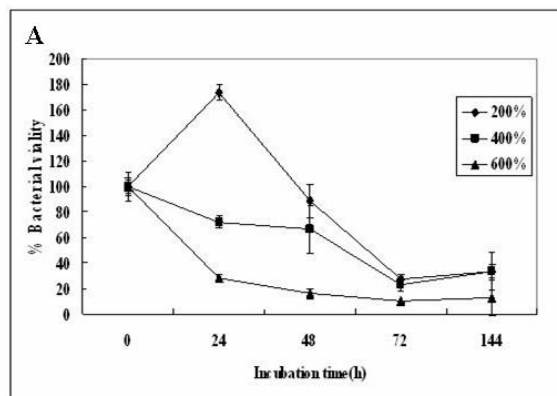


Fig. 1A

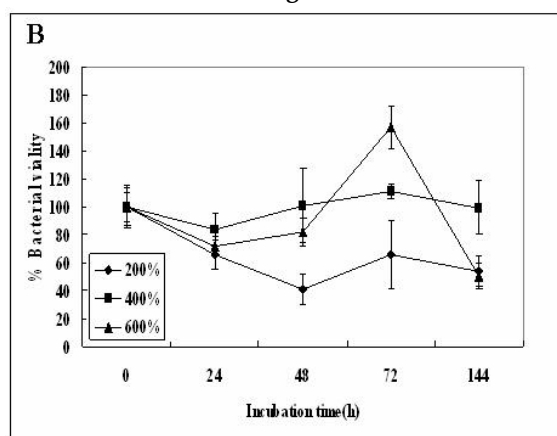


Fig. 1B

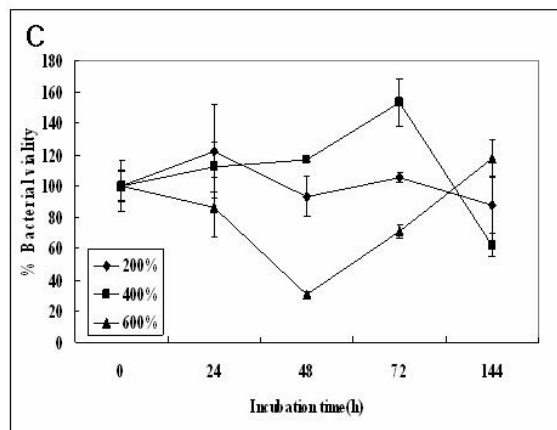


Fig. 1C

Fig. 1. 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 saw dust 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 ± S.D. of triplicate experiments.

농도까지 희석하여 LB agar 및 BHI agar에서 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 길수록 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 1).

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 처리양과 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 50초 동안 노출시키는 동안 샘플을 계속 교반 한 후 적정 농도까지 희석하여 LB agar 및 BHI agar에서 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 2). 이는 교반을 수행함으로써 자외선이 닿는 표면적의 증가로 기인하는 것으로 보인다.

자외선의 살균능은 세포의 화학결합을 분쇄함으로써 나타난다. 즉, O-H, P-O, N-H 결합을 깨뜨리거나 강력한 유리기를 생산함으로써 세포파괴를 유발할 수 있다. P-O결합은

Table 1. 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**	75 \pm 24.18
	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 \pm 13.67**	66 \pm 24.95	75 \pm 25.62	53 \pm 13.97**	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.

Table 2. Bacteriocidal effect of UV radiation with stirring to bovine mastitis causing agents. The data represent the mean ± 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± 8.42**	25±11.87**	56±14.2	35±12.62**	51±13.82**	59±14.42	58±11.51	83±22.38	82±23.57
	25	19± 7.42**	25±11.87**	50±13.75**	16±11.29**	42±13.15**	54±14.05	53±12.23**	71±11.57	93±24.48
	50	13± 6.97**	38±12.85**	25±11.87**	9± 3.33**	26±14.48**	50±13.75**	32±12.2**	54±12.33**	49±13.33**
PWC 100%	12	24±11.8**	38±12.85**	48±13.6**	72±17.42	74±15.55	82±26.15	50±12.51**	62±13.58	91±15.08
	25	14± 6.05**	31±12.32**	40±13.35**	52±13.95**	62±14.65	81±26.07	72±13.54	50±13.54**	62±23.84
	50	10± 5.75**	40±13.5**	57±14.27	49±13.67**	53±13.97**	55±14.5	38±13.65**	97±12.28	79±15.5
PWC 200%	12	27±12.02**	38±12.85**	48±13.32**	66±14.95	70±15.25	85±26.37	66±12.98	83±15.69	89±11.58
	25	25±11.87**	36±12.7**	39±12.92**	53±13.97**	67±15.02	75±15.62	52±12.25	59±12.55	74±13.53
	50	21±11.57**	34±12.55**	29±12.17**	51±13.82**	58±14.35	70±15.25	36±14.36**	46±12.28**	53±13.33**
PWC 400%	12	42±13.54**	52±12.26**	56±13.64	63±15.49	64±15.68	84±24.29	47±15.18**	60±15.27	75±14.44
	25	33±13.21**	50±13.36**	54±12.7**	63±15.32	67±15.69	68±15.15	47±15.05**	59±15.08	77±15.22
	50	27±12**	37±12.8**	53±12.6**	52±14.25**	54±14.44	64±15.73	49±14.25**	63±14.85	71±15.22
PWC 600%	12	21±12.34**	46±15.23**	70±13.78	85±23.44	90±23.84	96±32.47	82±23.44	96±23.84	98±13.47
	25	44±13.65**	60±15.55	76±16.38	57±13.36	86±24.29	85±23.69	78±23.32	80±24.24	90±23.66
	50	35±14.44**	60±14.68	80±15.65	57±13.36	86±24.29	85±24.82	60±13.55	68±14.52	89±13.13

* ; percentage of water content (PWC)

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

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 추정된다²²). 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, 자외선통과 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.

요 약

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 확인 하였다. 자외선의 조

사 시, 조사하는 동안 우분뇨 및 톱밥을 교반하는 것이 교반하지 않는 것보다 균의 증식을 억압하는 것을 확인할 수 있었다. 한편, 자외선의 살균력은 함수율이 낮을수록, 조사시간이 길수록, 조사거리가 짧을수록 더 증가하는 것을 확인할 수 있었다. 본 실험을 통해 얻은 함수율, 조사시간, 조사거리, 교반 여부에 대한 결과는 환경 유래, 특히 우분뇨 유래 젖소 유방염의 감염을 예방하고자 할 때 자외선 살균기의 적용이 가능할 것이며, 현장에 적용할 살균기의 제작에 중요한 기초 자료로서 활용될 것이다.

감사의 글

본 연구는 2007년도 농림수산식품부의 농림기술개발사업 과제 “유우 유방염 예방을 위한 우분뇨/톱밥 살균탈수 시스템 개발”의 연구결과 중 일부임.

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. *Vet. Microbiol.*, 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, New York, New York, 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) *Prototheca* ecology. *Mycopathologia*, 81, 49-62.
 11. Pore, R. S., Shahan, T. A. (1988) *Prototheca zopfii*: 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. Mirando, W. S, Shiratsuchi, H., Tubesing, K., Toba, H, Ellner, J. J., Elmets, C. A. (1992) Ultraviolet-irradiated monocytes efficiently inhibit the intracellular replication of *Mycobacterium avium* intracellulare. *J. Clin. Invest.*, 89(4), 1282-7
 18. Katara, G., Hemvani, N., Chitnis, S., Chitnis, V., Chitnis, D. S. (2008) Surface disinfection by exposure to germicidal UV light. *Indian J. Med. Microbiol.*, 26(3), 241-242.
 19. Hijnen, W. A., Beerendonk, E. F., Medema, G. J. (2006) Inactivation credit of UV radiation for viruses, bacteria and protozoan (oo)cysts in water: a review. *Water Res.*, 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., p 1344.
 21. Becker, W. M., Kleinsmith, L. J., Hardin, J. (2003) *The world of the cell*. San Francisco, CA: Benjamin Cummings, p 802.
 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.