

유방염 자동진단시스템 개발

김명순¹ · 김용준*

우석대학교 자연대학 생물학과, *전북대학교 수의과대학

Development of Automatic System for Diagnosis of Mastitis in Dairy Cattle

Myoung-soon Kim¹ and Yong-jun Kim*

College of Natural Science, Woosuk University, Chonju 565-800, Korea

*College of Veterinary Medicine, Chonbuk National University, Chonju 560-756, Korea

ABSTRACT : These studies were performed to provide some basic informations for developing an automatic system in dairy farming in order that the farmers may easily and automatically detect the mastitis. Electrical conductivity of each milk sample was measured by micro-ohm meter and also the number of somatic cell was detected by somacounter. The major microorganisms causing mastitis were also investigated. The rate of infected cattle with mastitis was 33.0% among 2,540 dairy cattle and the rate of infected quarters with mastitis was 13.9% among 9,660 quarters. When the number of somatic cell was under 10^5 , electrical conductivity of the milk was 0.073, whereas number of somatic cell was over 3×10^6 , electrical conductivity was increased by 0.167. When electrical conductivity of milk was over 0.073, the cattle was diagnosed as mastitis. The major microorganisms of mastitis were *Staphylococcus* spp. (55~60%) and *Streptococcus* spp. (15~20%).

Key words : mastitis, automatic system, number of somatic cell, electrical conductivity

서 론

WTO(세계무역기구) 체제의 출범에 따른 무역개방과 IMF 체제하에서 우리나라의 축산업계는 환율 상승으로 인한 사료용 곡물 도입 및 배합사료 가격의 급등, 동물 의약품, 축산 기자재 등의 가격 인상에 따른 어려움을 겪고 있다. 뿐만 아니라 우유 및 육가공 수요의 감소로 축산여건이 매우 열악한 실정이다¹⁰. 이런 상황에서 축산업이 경쟁력을 갖기 위해서는 생산능력이 나 품질면에서 자생력과 경쟁력을 갖추어야만 한다⁶.

이를 위해 축산농가가 해결할 선결문제는 생산비 절감을 위한 축산자동화이다. 물론 현재까지 상당량 도입되어 사용되고 있으며 축산 자동화에 대한 연구 또한 활발히 수행 중에 있다^{1-7,17}. 젖소의 사양관리 자동화 중 아주 중요하면서도 미흡한 부분은 번식관리와 질병관리라고 할 수 있다⁶. 질병관리에서도 특히 유방염에 걸린 젖소를 재빨리 확인하여 농가가 이에

신속하게 대처하는 것은 아주 중요한 일이다.

유방염은 유선 조직에 발생하는 염증으로 여러 가지 인자의 복합적인 작용에 의하여 병원성 세균이 감염되어 발병하는 일종의 전염성 질병인데 젖소의 질병 발생 빈도가 가장 높다. 젖소가 유방염에 걸리면 유량감소 및 비유기능의 상실로 축산농가에 막대한 경제적 손실을 끼치게 된다. 외국의 경우에는 이러한 경제적 손실 뿐만 아니라 공중 보건 위생 측면 때문에 도 지대한 관심을 가지고 있다¹².

유방염을 검사하는 방법으로는 세균학적인 검사법이 가장 정확한 방법이나 시간과 경제적인 측면에서 어려움이 많기 때문에 준임상형 유방염을 screening하는 방법인 간접적인 검사법이 널리 이용되고 있다¹³.

이 중 체세포수는 젖을 합성하는 유방조직의 건강을 나타내는 척도로써 유방 건강상태를 알 수 있는 가장 손쉽고 유용한 지표이다. 대부분의 연구자들은 유즙 1 ml당 3×10^5 개 이하의 체세포수는 감염이 없는 정상 분방으로 간주한다. 또 다른 학자들은 정상 분방

¹Corresponding author.

의 체세포수는 1×10^5 이하로 규정하고 있다. 그러나 이들 모두가 체세포수가 5×10^5 이상일 경우는 그 유방에 심한 자극이 있는 것으로 해석하는데 의견을 같이 하고 있으며 이 자극의 주원인을 유방염을 일으키는 세균성으로 규정하고 있다¹⁰.

정상적인 우유의 이온농도나 전기적으로 충전된 입자는 분만 후 첫주와 수유기의 마지막 몇주를 제외하고는 극히 안정되어 있다. 그러나 유방염에 이환되면 우유의 이온성분은 현저하게 증가하게 된다. 이것은 유방의 감염시 상피조직의 손상에 의해 상피조직의 투과성의 상승으로 인하여 우유와 혈액과의 농도에 균일성이 생겨 결국은 유방중의 나트륨과 염화물의 농도가 정상우유보다 4배나 상승되는 결과가 나타난다. 이때 이온의 구조에 직접 영향을 받는 우유의 전기 전도율은 손쉽고 신속하게 알아낼 수 있기 때문에 유방염에 감염된 젖소를 진단하는데 매우 유용하게 이용될 수 있다¹.

본 연구에서는 축산 자동화를 위한 개체 인식 장치 개발시 유방염을 자동진단하기 위한 방법으로써 체세포수와 전기 전도도의 관계를 조사하고 전기 전도도에 따라 유방염을 진단할수 있는지를 알아보려 하였으며 또한, 유방염을 일으킨 주요 병인체는 어떠한 것들이 있는지 알아보았다.

재료 및 방법

조사지역 및 대상

1998년 2월부터 1998년 7월까지 전주시, 완주군, 김제군 및 부안군에 위치하고 있는 젖소 사육 농가 중 46개 농가의 젖소 2,540마리를 대상으로 조사하였다.

시료 채취 방법

유즙 시료 채취방법¹²에 따라 유방과 유두공을 물과 알콜 탈지면으로 잘 닦고나서 유두에 들어있는 fore milk를 짜버린 후 각 개체별 분방별로 멸균된 시험관에 25 ml 정도의 유즙을 채취하여 저온상태로 실험실에 운반하였다. 이 중 약 5 ml는 체세포수 측정, 10 ml는 전기 전도도 측정, 5 ml는 세균을 분리하는 재료로 사용하였다.

검사 방법

체세포 수 측정: Somacount 300(Bentley사)의 2개의 실린더에 dye solution ethidium bromide 3 ml를 넣고 측정하고자 하는 유즙 4 ml를 주입하여 체세포수를 측정한 후 농수산부 고시 제1996-35호¹³에 준하여 체

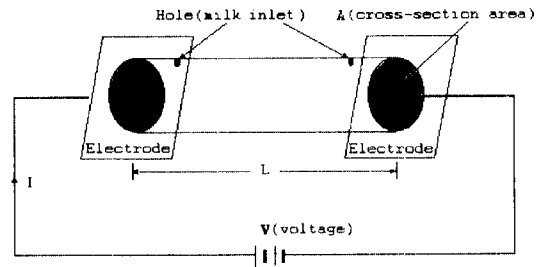


Fig 1. Conductivity measurement system.

세포수가 5×10^5 이상일 때 유방염으로 진단하였다.

전기 전도도 측정: 체세포수를 측정하여 체세포수가 0.5×10^6 이상을 나타내는 분방의 유즙만 택하여 전기 전도도를 측정하였다.

Fig 1과 같이 길이 5.9 cm, 직경 2.0 cm의 아크릴 원통에 두개의 작은 구멍을 뚫어 우유를 주입할 수 있도록 하고 각각 2.0-2.3 cm의 직사각형 동판을 접착한 후 전류가 흐르도록 전선을 연결하여 nanometer, volt/micro ohm meter(HP34420A)로 유즙의 저항을 측정하였으며 저항률 $R = \rho(L/A)$ 이라는 공식에 대입하여 $1/\rho$ 로 나타내는 전도도를 환산하였다. 이때 ρ 는 우유의 고유저항값이며, R는 우유의 저항값, A는 시료의 단면적, L는 시료의 길이를 의미한다.

유방염의 원인균 검사: 실험실에 도착한 즉시 유즙을 멸균 주사기와 27개이지의 주사침으로 소 혈액이 첨가된 혈액배지에 접종하여 37°C에서 3-4일 배양하였다. 유방염 원인균의 분리 동정은 Lowan 등¹⁸의 "manual for the identification of medical bacteria"에 의거 집락의 양상, 용혈성 및 gram 염색성을 관찰한 후 여러 가지 확인 배지 시험을 거쳐 catalase test, coagulase test, Cyclic Adnosin 3,5-Monophosphate (CAMP) test를 실시하여 동정하였다¹¹.

통계처리

수집된 자료는 평균 편차를 구하였다.

결 과

유방염의 감염상태

농가 46곳의 젖소 2,540두를 대상으로 조사한 유방염 감염 결과는 Table 1과 같다.

5×10^5 이상의 체세포수에 따른 유방염 진단결과 총 검사두수 2,540두 중 838두가 감염되어 33.0%의 감염율을 나타내었으며, 총 분방수 9,660에 대하여는 1,342분방에서 감염 상태를 보여 13.9%의 감염율을

Table 1. Infection rate of mastitis in 46 dairy farms

Months(1998)	Items	No. of farms	No. of cows	Infected		No. of quarters examined	Infected	
				Cows	Rate (%)		Quarters	Rate (%)
Feb.		5	196	64	32.7	770	120	15.6
Mar.		7	210	44	21.0	820	58	7.1
Apr.		8	473	138	29.2	1864	254	13.6
May		11	744	295	39.7	2930	435	14.8
June		9	812	279	34.4	2918	451	15.5
July		6	105	18	17.1	358	24	6.7
Total		46	2540	838	33.0	9660	1342	13.9

나타내었다.

월별로 유방염 감염율을 살펴보면 5월이 744두 중 295두가 감염되어 39.7%로 가장 높았고, 7월이 105두 중 18두가 감염되어 17.1%로 가장 낮았다.

체세포수에 따른 전기 전도도

0.5×10^6 이상의 체세포수를 나타낸 sample 중 104개의 sample에 대하여 전기 전도도를 측정된 결과는 Table 2와 같다. 체세포수가 $0.5 \sim 0.6 \times 10^6$ 의 경우 전기

Table 2. Numbers of somatic cells and electrical conductivity

Item	No. of samples	No. of somatic cells(1×10^6)	Resistance (K Ω)	Conductivity (σ)
1	20	<0.1(control)	0.084 ± 0.266	0.024 ± 0.002
2	7	0.5~0.6	2.591 ± 0.045	0.073 ± 0.002
3	6	1.0~1.1	1.763 ± 0.045	0.107 ± 0.004
4	6	1.11~1.2	1.597 ± 0.019	0.118 ± 0.002
5	6	1.21~1.3	1.437 ± 0.010	0.131 ± 0.001
6	8	1.31~1.4	1.423 ± 0.034	0.132 ± 0.003
7	4	1.41~1.5	1.378 ± 0.008	0.136 ± 0.001
8	10	1.51~1.6	1.349 ± 0.083	0.139 ± 0.002
9	8	1.61~1.7	1.301 ± 0.007	0.144 ± 0.002
10	6	1.71~1.8	1.258 ± 0.001	0.149 ± 0.001
11	2	1.81~1.9	1.251 ± 0.002	0.149 ± 0.001
12	2	1.91~2.0	1.252 ± 0.004	0.150 ± 0.002
13	2	2.01~2.1	1.247 ± 0.003	0.151 ± 0.001
14	6	2.11~2.2	1.235 ± 0.005	0.152 ± 0.001
15	6	2.21~2.3	1.217 ± 0.008	0.154 ± 0.002
16	4	2.31~2.4	1.157 ± 0.024	0.162 ± 0.002
17	2	2.41~2.5	1.149 ± 0.001	0.164 ± 0.001
18	4	2.51~2.6	1.132 ± 0.004	0.166 ± 0.003
19	2	2.61~2.7	1.130 ± 0.005	0.166 ± 0.001
20	3	2.71~2.8	1.128 ± 0.027	0.167 ± 0.002
21	4	2.81~2.9	1.173 ± 0.036	0.160 ± 0.001
22	6	3.0<	1.127 ± 0.005	0.167 ± 0.001

Table 3. Major microorganism detected from 1,342 milk samples infected with mastitis

Microorganism	No. of Samples	Rate(%)
<i>Staphylococcus</i> spp.	750~800	55~60
<i>Streptococcus</i> spp.	200~250	15~20
<i>E. coli</i>	50~100	1~5
Others	250~300	15~20

전도도는 0.073, $1 \sim 1.1 \times 10^6$ 의 경우는 0.107, $2 \sim 2.1 \times 10^6$ 의 경우는 0.151, 3×10^6 이상의 경우는 0.167을 나타내어 체세포수가 증가할수록 전기 전도도도 상승하였다. 체세포수가 0.1×10^6 인 control의 경우 전기 전도도는 0.024이었다.

유방염 주요 원인균 분리

46곳의 농가에서 의뢰한 유즙 sample 중 유방염으로 진단된 유즙에서 원인균을 분리동정한 결과는 Table 3과 같다.

유방염의 원인균으로는 *Staphylococcus* spp.가 55~60%로서 가장 많았고 *Streptococcus* spp.가 15~20%로서 다음으로 많았다. *E. coli*는 1~5%였다. 기타 균들은 15~20%이었는데 기타 균들로서는 *Bacillus* spp., *Corynebacterium* spp., *Fungus* 등이 확인되었다.

고 찰

젖소가 유방염에 감염되면 유방내에 침입한 각종 세균과 그 대사 산물이 유선 조직을 자극함으로써 우유 내에서는 체세포수가 증가하게 된다¹⁴. 우리나라는 체세포의 개념이 미흡하지만 외국은 이 수치를 넓은 의미로 응용하고 있으며 우유 가격으로도 반영시키고 있다.

유방염 진단은 유방의 촉진, 우유의 pH 및 염소 이온의 농도, 체세포수 측정, 원인균 분리 등에 기초를

두고 있다. 유방내에 침입한 세균이 증가하게 되면 유방내에 나타나는 백혈구는 유상피세포와 함께 유방염의 심화 정도에 따라 증가하게 되므로 이들 체세포수를 측정하는 방법이 유방염의 간접적인 진단법으로 가장 널리 이용되고 있다. 일반적으로 초산유의 유방은 세균침입이 없고 우유의 조성도 거의 같으며 체세포수는 ml당 10^5 이하이다. 그러나 일단 비유가 시작되면 오염된 환경에 노출됨으로써 감염을 받을 수 있는 직접적인 조건을 가지게 된다. 이때 어느 한 분방이라도 병원체의 감염을 받게되면 유즙내에서 원인균이 검출되며, 생유의 특징적 변화도 확인할 수 있게 된다. 그러나 흔히 초기에 육안적인 유즙 검사나 유방을 촉진하는 것으로는 유방염을 정확하게 진단하기 어렵다⁹.

본 연구에서는 수집 milk 9660 sample을 대상으로 somacount로 체세포수를 측정할 결과 1342 sample에서 유방염 양성으로 판정되어 13.9%의 감염율이 나타났다. 이와 같은 결과는 목장의 규모, 계절, 젖소의 나이, 비유시기, 비유량 및 사육관리 등의 요인에 따라서 크게 영향을 미칠 것으로 생각되나 젖소 집단의 유방건강상태를 점검하는데 효과적으로 이용될 수 있을 것으로 보인다.

근래 우리나라에서는 유방염을 screening하는 방법으로서 California Mastitis Test (C.M.T.)법과 그 이후 Rolling Ball Viscometer (RBV)에 의한 체세포수 측정법이 집유소에서 bulk milk를 대상으로 하여 많이 이용되어 왔으나 이에 대한 진단적 정확도와 분방유에 대한 적용 가능성들에 관해서 검토한 바는 거의 없는 실정이다¹³.

한 등¹⁶은 국내에서 수행한 유방염 원인세균별 분리 동정에서 *Staphylococcus* spp.가 43.5%, *Streptococcus* spp. 25.1%로 보고하였다. 본 연구에서는 *Staphylococcus* spp.가 55~60%, *Streptococcus* spp.가 15~20%로 거의 유사하게 나타난 것으로 보아 점차 *Streptococcus* spp.는 줄고 *Staphylococcus* spp.가 늘어나는 추세에 있지 않나 사료된다.

또한 원인균이 분리된 유방종(우유종) 2종 이상의 세균으로 혼합 감염된 것은 대부분이 *Staphylococcus* spp.와 *Streptococcus* spp.이었다. 이것은 *Staphylococcus* spp.가 가장 많았다는 金과 韓⁵의 결과와 일치되었다.

이 연구에서 체세포수와 전기 전도도가 거의 비례관계에 있다는 것을 보여주었다. 다만 체세포수가 2.8×10^6 이상일 때 전도도가 다소 낮아진 것은 개체간에 전기 전도도의 차이가 있음을 나타내고 있다.

체세포수에 의한 유방염 진단은 농림수산부고시¹⁹에

의거 체세포수가 0.5×10^6 이상일 때 양성으로 진단되는데, 이 실험에서는 0.5×10^6 이상 체세포수를 가진 유즙의 전기 전도도를 측정하여 0.5×10^6 체세포의 경우 전기 전도도는 0.073로 나타났다. 따라서 전기 전도도에 의해 유방염을 자동 진단하게 되는 진단 시스템을 구축시 최소 0.073 이상의 전기 전도도를 나타내는 유즙의 경우 유방염 양성으로 진단할 수 있다고 판단된다.

이 실험에서 아침에 채유한 유즙시료에서 오후 시료보다 전도도가 더 높게 나타났다. 이것은 채유시간의 간격을 넓히면 우유속의 이온구성(ion composition)이 높아지는 것으로 알려져 있다. 아침에 채유한 시료가 오후에 채유한 시료보다 높은 전도율을 나타내는 것은 아침 채유전의 14시간이라는 시간간격 때문이라 생각할 수 있다¹. 특히 채유시간의 간격에 따라 우유의 전도율이 달라진다는 것을 생각할 때 전기 전도도를 이용하여 유방염을 신속히 검사하는 방법이 농장에서 실제로 사용될 수 있도록 권장되기 위해서는 광범위한 현장 실험이 필요하다고 본다. 이 실험을 수행하면서 전도도를 이용하여 유방염을 발견해 내는 시스템을 사용하는데는 채유시간 간격과 그 농장에서 어떠한 사료를 사용하는가 하는 것도 중요한 요인이 된다고 생각된다. 김과 한⁵의 조사 보고서에 의하면 유방염의 임상적인 현상(응고와 얼룩상태)에서 유방조직에 대한 세균의 손상이 우유속의 염분의 농도를 증가시킨다는 결과를 증명하고 있는 바 정상적인 수치에 비해 염분 농도의 증가는 우유의 전기적인 전도도 측정에 의해서 진단할 수 있다.

따라서 상기의 연구결과에서 볼 수 있는 것과 같이 유방염 소에 대해 전기 전도도를 이용하여 유방염을 직접 자동으로 확인할 수 있는 시스템이 개발될 때 축산 농가는 수의사에게 조속히 진료 의뢰를 하는 등 신속한 대처를 할 수 있어 농가의 손실을 감소시키는데 크게 기여할 수 있을 것으로 사료된다.

결 론

축산 자동화를 위한 개체인식장치 개발시 유방염을 자동진단하기 위한 방법으로서 체세포수와 전기 전도도와 관계를 알아보고 유방염을 일으키는 주요 병원체를 조사하기 위하여 1988년 2월부터 1998년 7월까지 전북지역 46개 목장에서 2,540두의 9,660분방의 유즙을 대상으로 Somacount로 체세포수를 측정하여 유방염 양성여부를 진단하였다. 그리고 체세포수가 0.5×10^6 이상인 경우 유즙의 전기 전도도를 측정했으

며 원인균을 분리하는 실험을 실시한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 유방염 감염율은 총 2,540두 가운데 838두가 감염되어 감염율은 33.0%이었고, 분방별 감염율은 총 9,660분방 중 1,342분방으로 13.9%이었다.

2) 우유 1 ml당 체세포수가 10^5 미만(control)일 때 전기 전도도는 0.024로 아주 낮았고 체세포수가 많아짐에 따라서 전기 전도도가 증가하여 3×10^6 이상일 때 전기 전도도는 0.167로 높아졌다.

3) 전기 전도도가 0.073 이상일 때는 유방염으로 진단할 수 있었다.

4) 유방염의 원인균으로는 *Staphylococcus* spp.가 55~60%로써 가장 많았고, 그 다음은 *Streptococcus* spp.가 15~20%로 나타났다.

이상의 결과 체세포수와 전기 전도도의 사이에 비례관계가 있음을 보아 유즙의 전기 전도도를 자동으로 측정함으로써 유방염을 자동으로 진단할 수 있다고 판단되었다.

참 고 문 헌

- Ranjit S. Fernando, Russell B. Rindsig, Sidney L. Spahr. How to find mastitis by electrical conductivity of milk. *Animal Veterinarian and Health*. 1980.
- Roberts SJ. *Veterinary obstetrics and genital diseases (Theriogenology)* 3rd ed. Ithaca: Cornell University. 1986; 255-259.
- Spahr SI, Puckett, Dill DE. An Integrated System for Automatic Data Collection and Analysis on Dairy Farms. *Proceedings of the Agro-Martin 1, ASAE*. 1985; 339-345.
- Wheeler PA, Graham KL. A review of Remote Sensing techniques of dairy Cattle. *Proceedings of the Agro-Martin 2, ASAE*. 1986; 25-32.
- 김형사, 한홍률. 발생요인에 따른 우유의 준임상형 유방염의 감염율에 관한 연구. *서울대 수의대 논문집* 1982; 7(1): 51.
- 김용준, 유일정, 한병성, 정길도, 김동원, 김명순. 젖소 사양기술의 자동화를 위한 연구 I. 임신유지 여부 및 질병자동 진단시스템 개발. *한국임상수의학회지* 1997; 14(2): 301-307.
- 김형주, 정길도, 김용준, 한병성, 김명순. 젖소의 자동 체온 측정시스템 개발. *한국임상수 의학회지* 1996; 13(2): 140-143.
- 농림수산부, 한국가축위생학회. 유방염 관리지침(유방염 감염조사 사업을 위한 자료). 1992; 1-15.
- 박동수, 하영주, 이주홍, 조희택, 강호조. 젖소에 있어서 유방의 위생관리 실태에 따른 준 임상형 유방염의 감염율과 분리균의 약제 감수성. *한국가축위생 시험연구회지* 1988; 11: 223-238.
- 서울대학교. 고품질 우유 생산을 위한 젖소 유방염 관리 프로그램 개발. 1998.
- 이명환, 박현기. 충남지역 우유 유방염의 감염율 및 원인균에 관한 연구. 제7회 대한수의 학회 가축위생 분과회 학술발표자료. 1984; 121-128.
- 임희웅, 김진엽, 김홍식. 제주도 지역의 젖소 유방염에 관한 연구. *한국가축위생시험연구회지* 1988; 11: 249-266.
- 하영주, 박동수, 이주홍, 조희택, 강호조. 젖소의 준 임상형 유방염 검사를 위한 Rolling Ball Viscometer 법과 California Mastitis Test for the Subclinical Mastitis Screening Test of Dairy Cow. 제10회 대한수의학회 가축위생분과회 학술발표자료. 1987; 235-249.
- 한규삼. 전북지역에서 사육되는 우유의 유방염 감염 실태 조사. *대한수의사회지* 1986; 22(10): 633-637.
- 한규삼. 전북지역의 우유 유방염에 관한 연구. *대한수의학회 가축위생분과회 학술발표 자료*. 1986; 159-174.
- 한귀섭, 정영재, 홍순국. 유방염 발생 요인조사. 시·도 가축위생시험소 사업결과 발표 자료. 1987; 72-75.
- 한병성, 정길도, 최명호, 김용준, 김명순, 강복원. 젖소의 사양관리 자동화를 위한 전자 개체 인식장치 개발. *한국임상수의학회지* 1996; 13(2): 171-175.
- Lowan ST, Steel KJ. *Manual for the identification of medical bacteria*, Cambridge University Press, 1966.
- 농림수산부 고시 제1996-35호 공문. 1996.