

체세포수 감소를 위한 우유여과시스템 개발

장진택¹ · 김완영^{1*} · 여준모¹ · 강인철¹ · 이승기²

¹한국농수산대학, ²공주대학교

Development of a Milk Filtering System for Decreasing Somatic Cell Count

Jin-Tack Chang¹, Wan-Young Kim^{1*}, Joon-Mo Yeo¹, In-Chul Kang¹, Seung-Kee Lee²

¹Korea National College of Agriculture and Fisheries, Hwaseong, Korea,

²Kongju National University, Kongju, Korea

ABSTRACT

The present study was conducted to develop a milk filtering system for decreasing somatic cell count (SCC) in bulk tank milk. The pore sizes of the filter were 0.1, 0.3, 0.4, 0.5 and 0.8 μm . The rate of SCC reduction of 1st grade milk on 0.1 μm filter was 76% and significantly higher than other treatments. The rates of SCC reduction for 0.3, 0.4, 0.5 and 0.8 μm were 35, 32, 18 and 6.4%, respectively. The effects of the milk filtering system on bacterial count and milk fat content were minimal. The milk flow rates per minute between the filter sizes were similar. But discharge pressures were increased as the pore size of the filter decreased. In conclusion, Considering the rate of SCC reduction, discharge pressure and cost, 0.4 μm filter could be recommended.

(Key words : Milk, Somatic cell, Filtering system, Milk fat)

서 론

우리나라의 낙농산업은 다른 식품산업에 비하여 비교적 짧은 시간에 급속한 성장을 이루었다. 우리나라 연간 젖소의 산유량은 1990년 5,585 kg/두, 1995년 5,941 kg/두, 2000년 6,872 kg/두, 2005년 8,097 kg/두, 2009년 8,914 kg/두로 지속적인 생산량의 증가를 보이고 있으며, 연평균 소비량도 2~3% 정도로 지속적인 증가를 보이고 있다. 그러나 우유 생산량과 소비량이 계속적으로 증가를 보이

는 것과 더불어 원유 100 kg당 생산비도 1990년 37,613원, 1995년 41,255원, 2000년 42,300원, 2005년 48,289원, 2010년 64,073원으로 증가하여 왔다 (Korea Dairy Committee, 2012).

국민 생활수준이 향상되고 선진국이 될수록 우유에 대한 소비자의 요구는 품질이 우수하고 신선한 우유를 요구하게 된다. 이를 위해 우유품질에 따라 유대가 결정되는 산정기준이 마련되어 있으며, 낙농가들은 소비자 요구에 부응하고 소득을 높이기 위해 1등급 우유를 생산하기 위하여 노력하고 있다.

*Corresponding author : Wan-Young Kim, Dept. of Beef and Dairy Science, Korea National College of Agriculture and Fisheries, Hyohangro 212, Hwaseong, Korea, 445-760.

Tel: +82-31-229-5032, E-mail: kimwy@korea.kr

2014년 2월 15일 투고, 2014년 3월 5일 심사완료, 2014년 3월 14일 게재확정

2012년도 세균수 1A등급 우유를 생산하는 우리나라 낙농가의 비율은 89.3%로 매우 높은 반면 체세포수 1등급을 생산하는 낙농가의 비율은 45.2%로 조사되었다 (Korea Dairy Committee, 2012). 이는 세균수에 비하여 체세포수의 관리가 매우 어려운 상황을 반영하고 있다. 체세포수 감소를 위한 대책으로 비타민 E, selenium, 아연, 구리, 천연항소염제, 항산화제, 키토산, 미생물균제, 봉침 등이 사용되고 있으며, 최근에는 파이어플 줄기에서 추출된 bromelain과 Zn-methionine의 혼합물을 착유우에 급여시 체세포가 감소하는 것으로 조사되었고 (Jeong and Kim, 2007), 사료내 β -glucanase활성 강화 고역가 복합효소제 첨가 급여가 착유우의 유생산 및 체세포수 변화에 미치는 영향을 연구에서 면역기능을 강화시키는 것으로 알려진 베타 글루칸을 생성시키는 β -glucanase활성 강화시킨 복합효소제를 급여한 결과 체세포수가 감소하고 유단백과 유지고형분, MUN은 모두 증가하는 경향을 보인 반면 유지율은 감소한 것으로 나타났다 (Joo 등, 2004). 착유우의 연속유량, 변이유량, 유성분, 체세포수, 비유지속시간, 비유속도에 대한 산차, 착유시간, 유기 및 착유간격의 효과 (Ahn 등, 2005), 젖소에 있어서 원유 중 체세포수, 스트레스 및 면역물질에 대한 환경 효과와 유전모수 추정 (Ahn 등, 2006), 홀스타인 젖소의 비유시기별 체세포수와 우유 성분에 미치는 제요인에서 낙농가의 소득과 직결된 원유 품질과 관계가 깊은 체세포 수 (Somatic Cell Count, SCC)과 주요 우유 성분에 대하여 영향을 미치는 여러 요인 즉 아비종모우, BLV type의 감수성 여부, 산차, 분만월, 비유기 등에 대한 효과 (Ahn 등, 2004) 등

이 연구되었다. 이외에도 Choi 등 (2008)은 분광분석법을 이용하여 보다 정확하고 신속한 체세포수의 측정기술 개발을 통하여 우유의 품질을 효율적으로 관리하기 위한 노력이 있었으나 생산된 원유에서 직접 체세포수를 감소시키는 연구는 조사된 바가 없었다. 따라서 본 실험은 우유품질의 향상을 위하여 생산된 원유의 체세포수를 감소시킬 수 있는 우유여과시스템을 개발하기 위하여 수행하였다.

재료 및 방법

1. 실험재료

본 연구는 2012년 1월 20일부터 8월 22일까지 실시하였으며, 본 실험에 사용한 우유는 경기도 김포시에 위치한 농가의 1등급 우유와 충남 예산군에 위치한 농가의 3등급 우유를 경기도 안양시에 위치한 실험실로 운반하여 실험하였다.

2. 실험장치

실험에 사용한 우유여과시스템의 체원은 Table 1과 같으며, 우유여과시스템 제작은 Fig. 1과 같이 진동기 (Higen, Korea)에 펌프 (Procon, Italy)를 직결하고 압력 측정을 위해 압력계 (Samsung, Korea)는 Filter housing (Clamp socket 150 PSI, Thezone filter, Korea) 앞에 부착하였다. 필터는 DEPTH Filter (250 mm, ϕ 62, Chungsoo technofil, Korea)를 사용하였다.

Table 1. Specifications of prototype.

Motor		Pump			Pressure gauge
Volt	Watt	Flow rate	Pressure	Caliber	Pressure
220 V	0.7 kWh	15 L/min	6 kg/cm ²	15 mm	20 kg/cm ²

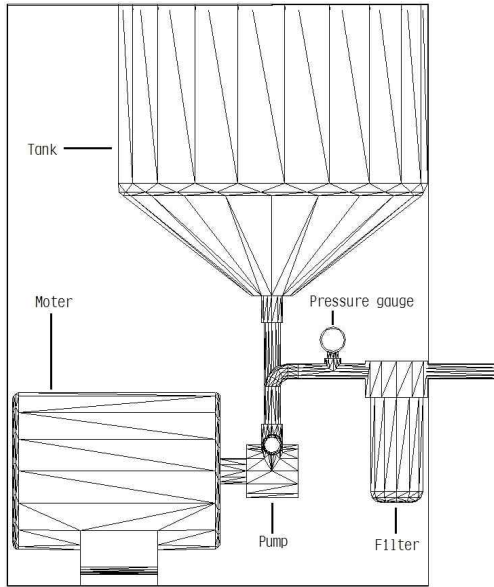


Fig. 1. Structure of the milk filtering system.

3. 실험방법

본 실험은 필터사이즈에 따라 총 6개의 처리구 (0.1 μm , 0.2 μm , 0.4 μm , 0.5 μm , 0.8 μm)로 구분하여 각 필터마다 3반복을 실시하였고, 체세포수, 세균수, 유지방, 펌프의 압력 및 분당 우유배출량 (유량) 변화를 조사하였다.

4. 분석방법

유지방과 체세포수는 Combifoss (FT+300, Denmark)로 세균수는 Bactoscan (FC, Denmark)으로 분석하였다. 실험결과에 대한 통계분석은 완전임의배치법으로 하였고, 처리간의 유의성 검정은 Duncan의 다중검정 (DMRT)을 통해 유의수준 $P < 0.05$ 에서 분석하였다.

결과 및 고찰

1. 체세포수

여과 전과 후의 체세포수 감소율은 Fig. 2

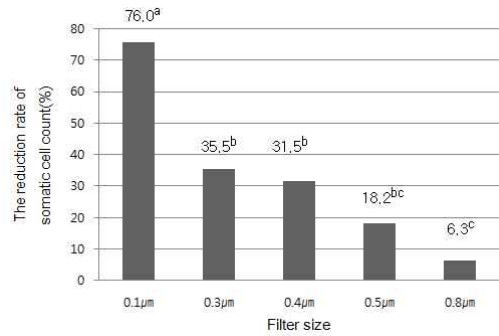


Fig. 2. Effects of filter sizes on the reduction rate of somatic cell count in milk.

에서 보는바와 같이 0.1 μm 필터가 76%로 다른 처리구들에 비하여 유의적으로 높은 감소율을 나타내었다 (여과 전 체세포수-172,000 개/mL, 여과 후-41,000 개/mL). 반면 0.8 μm 필터는 감소율이 약 6%로 다른 처리구들에 비하여 유의적으로 낮은 감소율을 나타내었다 (여과 전 체세포수-172,333 개/mL, 여과 후-161,333 개/mL). 0.3 μm 필터의 경우 여과 전 체세포수가 182,000 개/mL에서 117,426 개/mL로 약 36%의 감소율을 보였으며, 0.4 μm 필터는 173,333 개/mL에서 118,666 개/mL로 약 32% 감소, 0.5 μm 필터는 169,666 개/mL에서 118,666 개/mL로 18%의 체세포수 감소율을 나타내었다.

체세포수의 등급 차이에 의한 필터의 여과 능력을 조사하기 위하여 0.3 μm 필터를 이용하여 체세포수 1등급과 3등급 우유의 체세포수 감소율을 조사하였다 (Fig. 3). 체세포수 1등급의 경우 여과 전 182,000 개/mL에서 여과 후 117,426 개/mL로 36%의 감소율을 나타내었으며, 체세포수 3등급의 경우 여과 전 659,666 개/mL에서 여과 후 376,666 개/mL로 43%의 체세포 감소율을 나타내었으나 두 처리구간에 통계적 유의성은 나타나지 않았다. 따라서 본 우유여과시스템은 체세포수의 등급이 큰 차이가 있더라도 필터의 여과능력에는 영향을 미치지 않은 것으로 조사되었다.

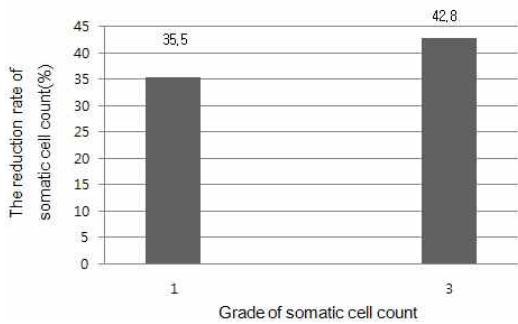


Fig. 3. Effects of different somatic cell count on the capability of the milk filtering system.

2. 유지방

유지방 감소율은 Table 2에서 보는 바와 같이 0.3 μm 필터가 5.44% 감소하여(여과 전 유지방 함량-4.23%, 여과 후-4.00%) 다른 처리구들에 비하여 유의적으로 높게 감소하였다. 0.1 μm 필터는 여과 전 유지방 함량이 3.23%에서 3.15%로 감소하여 약 2.07%의 감소율을 보였으며, 0.4 μm 필터는 여과 전 4.40%에서 여과 후 4.41%로 약 0.30% 증가하였으며, 0.5 μm 필터는 여과 전 4.58%에서 여과 후 4.48%로 약 0.65%, 0.8 μm 필터는 여과 전 4.39%에서 여과 후 4.38%로 0.23% 감소하는 것으로 나타났다. 비록 처리구간에 통계적 유의성은 있었지만 본 우유여과시스템이 유지방 함량에 영향을 미치는 수준은 전체 평

균 2% 미만으로 매우 낮은 것으로 조사되었다.

3. 유량 및 압력

필터 크기에 따라 분당 우유가 배출되는 양은 Table 3에서 보는 바와 같이 14.4~14.6 L/min로 비슷하게 조사되었으며, 처리구간에 통계적 유의성은 나타나지 않았다. 홀스타인 젖소의 착유시 평균 유속이 2.0 L/min 일 경우 본 우유여과시스템은 한번에 약 7두의 젖소에서 배출되는 우유를 여과할 수 있을 것으로 사료된다. 또한 농가에서 예비 실험한 결과 1개의 필터로 500 L의 우유를 충분히 여과할 수 있었다. 하지만 우유가 쉽게 부패될 수 있는 특성상 사용한 필터는 재사용할 수 없었다.

토출압력은 필터의 사이즈가 적을수록 높아지는 것으로 조사되었으며, 0.1 μm 필터가 다른 처리구들보다 통계적으로 유의성 있게 높았다. 체세포수의 감소율은 0.3 μm 필터와 0.4 μm 필터간에 통계적으로 유의적인 차이가 없었지만 토출압력은 0.3 μm 필터가 0.4 μm 필터보다 약 44% 높게 나타났다. 따라서 본 실험에 사용된 펌프의 용량 및 체세포수 감소율을 고려할 경우 0.4 μm 필터의 사용이 적절할 것으로 사료된다.

Table 2. Effects of filter sizes on the reduction rate of milk fat content.

	Filter size				
	0.1 μm	0.3 μm	0.4 μm	0.5 μm	0.8 μm
The reduction rate of milk fat content (%)	2.07 ^b	5.44 ^a	-0.30 ^c	0.65 ^c	0.23 ^c

Table 3. Effects of filter sizes on the milk flow rate and pressure.

	Filter size				
	0.1 μm	0.3 μm	0.4 μm	0.5 μm	0.8 μm
Flow rate (L/min)	14.6	14.6	14.4	14.5	14.5
Pressure (kgf/cm ²)	12 ^a	9 ^b	5 ^c	2 ^d	0

4. 세균수

본 실험에 사용된 필터가 여과할 수 있는 입자도는 표시된 규격보다 약 10배 이상 높은 입자를 여과할 수 있는 것으로 제조되었다(제조회사 설명). 즉, 표시된 규격보다 약 10배 이하인 입자도의 경우 필터의 여과능력이 크게 감소된다. 우유 중 세균의 크기는 약 1 μm 정도로 체세포의 크기보다 약 1/10 정도 작은 특징이 있기 때문에 본 실험에 사용된 필터의 규격으로는 세균의 여과를 기대할 수는 없었다. 뿐만 아니라 실험이 상온에서 실시된 관계로 오히려 세균수가 여과 전보다 여과 후가 높게 나타났었다. 필터 사이즈를 더 작게 할 경우 세균수의 감소를 기대할 수 있으나, 앞서 언급한 바와 같이 토출압력의 상승으로 인한 모터 및 펌프의 손상이 우려될 수 있고 또한 분당 우유의 배출량도 감소하기 때문에 세균수 감소를 위한 필터 사이즈의 조절은 비효율적인 것으로 사료된다.

농가에서는 착유 후 30분 이내에 4°C 이하로 우유를 냉각하여 세균수 상승을 억제하고 있다. 세균수 또한 체세포수와 같이 우유품질에 큰 영향을 미치며 유대의 산정기준에도 포함되어 있다. 본 실험에서 사용된 여과시스템은 송유관과 냉각시스템 바로 전 사이에 설치할 목적으로 개발되었기 때문에 우유를 외부에 노출되지 않게 여과한 후, 냉각탱크에 저장되므로 정상적인 우유의 냉각시간에 영향을 미치지 않고 사용이 가능할 것으로 사료된다.

본 실험에서 사용된 우유여과시스템은 체세포수를 크게 감소시킨 반면, 유지방 함량에는 큰 영향을 미치지 않아 농가에서 효율적으로 우유 중 체세포수를 감소시킬 수 있는 것으로 조사되었다. 비록 0.1 μm 필터의 체세포수 감소율이 가장 높았으나, 펌프의 적정압력 및 필터 비용(5,000 원/0.4 μm 필터, 0.1 μm 낮을수록 1,000원 정도 비용 상승)을

고려할 경우 0.4 μm 가 실용적인 것으로 사료된다.

결 론

본 연구는 체세포수를 감소시켜 우유의 품질을 향상시킬 수 있는 여과시스템을 개발하기 위해 수행하였다.

여과 전과 후의 체세포수 감소율은 0.1 μm 필터가 76%로 다른 처리구들에 비하여 유의적으로 높았으나, 0.3 μm 필터 36%, 0.4 μm 필터 32%, 0.5 μm 필터 18%, 0.8 μm 필터 6%의 체세포수 감소율을 나타내었다.

체세포수 감소율과 펌프의 적정 압력 및 필터 비용을 고려할 때 0.4 μm 필터가 적정한 것으로 사료된다.

사 사

본 연구는 가축방역 무인 차량소독기, 방문객 무균 소독실, 축사 세척기 전문업체인 삼원기업의 연구비 지원으로 수행되었습니다.

인 용 문 헌

1. Ahn B.S., Jeon, B.S., Baek, K.S., Park, S.J., Lee, H.J., Lee, W.S., Kim, S.B., Park, S.B., Kim, H.S., Ju, J.C., Khan, M.A., 2005. The Effects of Various Factors on Milk Yield and Variation in Milk Yield Between Milking, Milk Components, Milking Duration, and Milking Flow Rate in Holstein Dairy Cattle. *J. Anim. Sci. & Technol.* 47(6), 919-924.
2. Ahn, B.S., Kie, K.S., Suh, K.H., Hur, T.Y., Yeo, J.M., Lee, H.J., Jeon, B.S., Park, S.B., Kim, H.S., 2004. The Effects on Somatic Cell Score and Milk Components by Days in Milk in Holstein Dairy Cows. *J. Anim. Sci. & Technol.*

- 46(6), 925-936.
3. Ahn, B.S., Suh, G.H., Kwon, E.G., 2006. Estimation of Environmental Effects and Genetic Parameters for Somatic Cell Score, Stress and Immunological Traits in Holstein Cattle. *J. Anim. Sci. & Technol.* 48(1), 9-14.
 4. Cho, K.H., Na, S.H., Seo, K.S., Kim, S.D., Park, B.H., Lee, Y.C., Park, J.D., Son, S.K., Choi, J.G., 2006. Estimation of Variance Component and Environment Effects on Somatic Cell Scores by Parity in Dairy Cattle. *J. Anim. Sci. & Technol.* 48(1), 39-48.
 5. Choi, C.H., Kim, Y.J., Kim, K.S., Choi, T.H., 2008. Development of measuring technique for somatic cell count in raw milk by spectroscopy. *J. Biosyst. Eng.* 33, 210-215.
 6. Heo, J.H., Jung, M.H., Park, Y.H., Cho, M.H., Lee, J.H., 1998. Analytical Studies of Bovine Mastitis Management by Standard Plate Counts (SPC) and Somatic Cell Counts (SCC). *Korean J Vet Serv.* 21(3), 285-300.
 7. Jeong, J.Y., Lee, J.C., Lee, C.G., Kim, H.R., Choi, J.S., Lee, C.Y., 2005. A Study on the Somatic Cells in Quarter Milk Samples of Holstein Cows with Suspected Mastitis. *J Vet Clin.* 22(3), 244-248.
 8. Joo, E.J., Yoon, B.S., Nam, K.T., Choi, I.S., Ahn, J.H., Hwang, S.G., 2004. The Effects of Dietary Enzyme Mixture Reinforced with β -Glucanase Activity on Milk Production and the Change of Somatic Cell Count in Lactating Dairy Cows. *Korean Journal of Organic Agriculture.* 12(2), 231-241.
 9. Jung, Y.J., Kim, Y.K., 2007. Effect of bromelain and Zn-methionine on milk yield and somatic cell counts of dairy cows. *J. Agri. Sci. Chungnam Nat'l Univ.*, 34, 135-142.
 10. Kim, K.S., Noh, H.W., Lim, S.D., Choi, C.H., Kim, Y.J., 2008. Development of Rapid Somatic Cell Counting Method by Using Dye Adding NIR Spectroscopy. *Korea J. Food Sci. Ani. Resour.* 28(1), 63-68.
 11. Korea Dairy Committee. 2012. Dairy Statistics Yearbook. Korea Dairy Committee. Seoul. 130-134.
 12. Lee, C.G., Sohn, B.W., Lee, C.G., Koh, H.B., 1993. Comparison of Fossomatic and Coulter Counter Methods for Somatic Cell Count in Raw Milk. *J. Vet. Serv.* 16(1), 1-10.
 13. Lee, S.M., Hwang, H.S., Sohn, B.W., Yoon, H.J., 1994. Studies on Variation of Hygienic Quality for Raw Milk(According to Milk Pricing Structure Based on Total Bacterial Count & Somatic Cell Count). *J. Vet. Ser.* 17(3), 208-226.
 14. Seong, M.S., Kim, K.S., Kim, U.H., Park, H.J., Bae, S.S., Kwon, H.I., 2000. Studies on Variation of Somatic Cell in Milk after Administration of Staphylococcus Aureus Vaccine and Immunostimulant and Antibiotics Resistance of Isolated Staphylococcus Spp in Milk from Dairy Cow. *Korean J Vet Serv.* 23(1), 61-69.
 15. Sohn, B.W., Kang, G.S., 1991. Analysis of Somatic Cell Counts of Raw Milk in Korea(Recommendation to Payment for Milk on the Basis of Quality). *Korean J Vet Serv.* 14(2), 87-103.