

< Original Article >

착유기 세척제가 유두컵 라이너 재질에 미치는 화학적 영향

이정치

광주보건대학교 임상병리과

Chemical effect of the detergents used for cleaning a milking machine on the teatcup liner materials

Jeong-Chi Lee*

Department of Clinical Pathology, Gwangju Health University, Gwangju 506-701, Korea

(Received 29 August 2013; revised 30 September 2013; accepted 9 October 2013)

Abstract

This study investigated the effects of the alkaline detergent and acid rinse used for cleaning milking machines on the eight commercially available teatcup liner materials. The sample liners prepared for use in the clean-in-place process were analyzed by ultraviolet spectrophotometer, ion chromatography and liquid chromatography. Among the eight liner materials, the ultraviolet spectra of 3 sample liners were shown to have a similar peak shape after cleaning, but the ultraviolet spectra peak shape of 5 sample liners was noticeably changed. No products were detected by ion chromatography in any of the liner materials used in this study. When the liner materials were only treated with alkaline detergent, some additional peaks were observed using liquid chromatography which indicate the creation of molecular substance and elution from liner materials, however, these peaks disappeared when the liner materials were cleaned with the acid rinse. Therefore, we propose that an acid rinse should be applied, after cleaning the milking machine with the alkaline detergent.

Key words : Teatcup liner, Detergent, Ultraviolet spectrophotometer, Ion chromatography, Liquid chromatography

서 론

원유는 유두 또는 착유기 유니트 표면에 존재하는 세균에 의해 오염될 수 있기 때문에(Schreiner와 Ruegg, 2003), 적절한 착유기의 위생관리는 양질의 원유생산과 유방건강에 필수적이다(Hovinen 등, 2005). 그래서 정기적인 착유기의 세척 및 소독은 착유기를 통한 병원성 세균의 기계적인 전파를 막아 우군내 유방염을 예방할 수 있다.

착유기 내의 미생물 증식은 감염된 분방 및 유두 피부에서 유래한 세균의 수와 유두컵 라이너의 물리적 성질에 따라 다르게 나타나는데, 착유기 내부에

존재하는 미생물들은 착유시 건강한 젖소의 유두에 감염을 일으킨다(Hogan 등, 1984). 이렇게 라이너는 착유 중에 유방염 원인균을 전파시켜 새로운 감염을 증가시킬 수 있는 위험인자로 작용할 수 있기 때문에 높은 온도의 물을 이용한 소독법이나 개체 착유가 끝날 때마다 실시되는 라이너 세척(backflush system)은 착유기를 통한 미생물의 전파를 최소화시킬 수 있다(Magee 등, 1984; Smith 등 1985).

현재 농가에서는 화학적 세정(clean in place) 과정으로 착유기를 세척하는데, 이때 사용되는 세척제는 알칼리 제제와 산성 제제가 있다. 알칼리 제제는 높은 온도의 물과 함께 사용되어 유지방과 단백질을 제거하고 산성 제제는 착유라인에서 알칼리 제제를 중화시키고 유석의 침착과 세균의 증식을 막는다

*Corresponding author: Jeong-Chi Lee, Tel. +82-62-958-7623, Fax. +82-62-953-6085, E-mail. jchlee@ghu.ac.kr

(Reinemann 등, 2000). 또한 착유기 세척에서 중요한 요소 중 하나는 물과 세척제의 적절한 희석 비율이다. 세제의 농도가 높을 경우 단백질의 변성과 필요 이상의 세척제가 낭비되며, 낮은 경우 적당한 산도를 얻을 수 없기 때문에, 최대의 세척 효과를 얻기 위해서는 제조회사가 권장하는 희석농도를 적용해야 한다(Edmondson, 2003).

착유기 세척과정에서 착유기 세척제는 라이너를 손상시킬 수 있는데, 특히 염소계 세척제의 지속적인 노출에 의해 손상될 수 있다(Levesque, 1998). 이와 같이 세척제는 라이너 재질의 물리적 성질을 변화시키고 라이너의 권장 수명을 단축시켜 착유기 유래 유방염 원인인자로 작용할 수 있다.

이 연구에서는 현재 낙농가에서 수행하고 있는 세척방법과 유사한 방법을 사용하여 라이너재질과 세척제와 반응하여 라이너로부터 어떤 화합물이 용출되는 지를 알아보기 위하여 실시하였다.

재료 및 방법

실험재료

착유기 세척제가 라이너 재질에 미치는 화학적 영향을 평가하기 위하여 실제 농가에서 사용하고 있는 8가지 라이너를 구입하여 실험하였다. 그 중 6가지는 수입된 것이며, 나머지 2가지는 국내에서 제조된 것이다. 실험에 사용된 라이너들의 재료물질들은 Table 1과 같다(이 등, 2005).

Table 1. The amount of other compounds per rubber raw material 100 contained in various liners

Liners	Mass of rubber raw material	Organic compounds	Carbon	Ash
A	NR:SBR:BR 60:20:20	28.0	15.9	11.4
B	NBR 100	43.9	55.0	2.6
C	NBR 100	44.9	40.7	2.4
D	NBR 100	43.7	48.2	2.6
E	NBR 100	31.6	48.6	3.2
F	NBR 100	65.5	78.4	2.7
G	NBR 100	14.9	20.7	8.0
H	Silicon 100	4.3	-	37.3

NR: natural rubber, SBR: polystyrene-butadiene rubber, BR: polystyrene rubber, NBR: nitrile rubber.

세척제와 라이너의 반응조건

현재 농가에서 수행하고 있는 소독방법과 같이 샘플용액을 각 단계별로 채취하였다. 첫 번째 용액은 알칼리 세제(알파크린톱 알칼리, 서울낙농사)의 권장 희석량(5 g/L H₂O)으로 희석된 세척제 20 mL에 각각의 라이너 약 1.1 g을 첨가한 다음, 80°C의 온도에서 20분 동안 반응시켜 제조하였으며, 두 번째 용액은 알칼리 세제에 방치한 라이너를 꺼내어 다시 상온에서 산성 세제(알파크린톱 산성, 서울낙농사)의 권장 희석량(5 g/L H₂O)으로 희석된 세척제 20 mL에 5분간 방치하여 제조하였다.

분석방법

자외선분광광도계에 의한 분석: 세척제와 라이너를 반응시켜 나온 2가지 샘플용액에 대하여 자외선분광광도계(Uvikon 943, Kontran, Italy)를 이용해 흡수스펙트럼을 각각 측정하였다.

이온크로마토그래피에 의한 분석: 세척제와 라이너를 반응시킨 샘플 용액들에 대한 분석조건은 IC-pak anion exchange column을 장착한 이온크로마토그래피에서 샘플용액의 화학적 조성에 따라 분리용매를 다르게 선택하였는데, 알칼리 세제와 반응시킨 샘플용액은 1.6 mmol/L sodium bicarbonate와 1.4 mmol/L sodium carbonate를 1,000 mL의 초순수증류수에 녹여서 제조한 용액을 사용하였고, 산성 세제와 반응시킨 용액은 2.0 mmol/L sodium bicarbonate와 1.3 mmol/L sodium carbonate를 1,000 mL의 초순수증류수에 녹여서 제조한 용액을 사용하여 5 µL를 주입한 다음, 분당 1.0 mL의 흐름속도에서 분리한 후, suppressor가 포함된 전도도 검출기(conductivity detector; waters, USA)를 이용해 검출하였다.

액체크로마토그래피에 의한 분석: 분석조건은 Aqua C18 (150×4.6 mm) column을 장착한 액체크로마토그래피에서 20% 아세트니트릴 수용액에 0.05% trifluoroacetic acid를 mobile phase로 사용하여 분당 1.0 mL의 흐름속도에서 분리한 후, 210 nm의 파장에서 UV 검출기(M720, 영린, Korea)를 이용하여 검출하였다.

결과 및 고찰

자외선분광광도계에 의한 분석

Fig. 1에 나타낸 바와 같이 라이너 A의 첫 번째 샘플

플용액의 흡수스펙트럼에서는 라이너와 반응시키지 않은 순수한 알칼리 세제만의 흡수스펙트럼과 비교할 때 흡광도나 흡수피크의 형태가 크게 다를 것을 보여주고 있다. 하지만 두 번째 샘플용액의 흡수스펙트럼에서는 흡광도가 0.1 이하로 크게 감소되었으며, 라

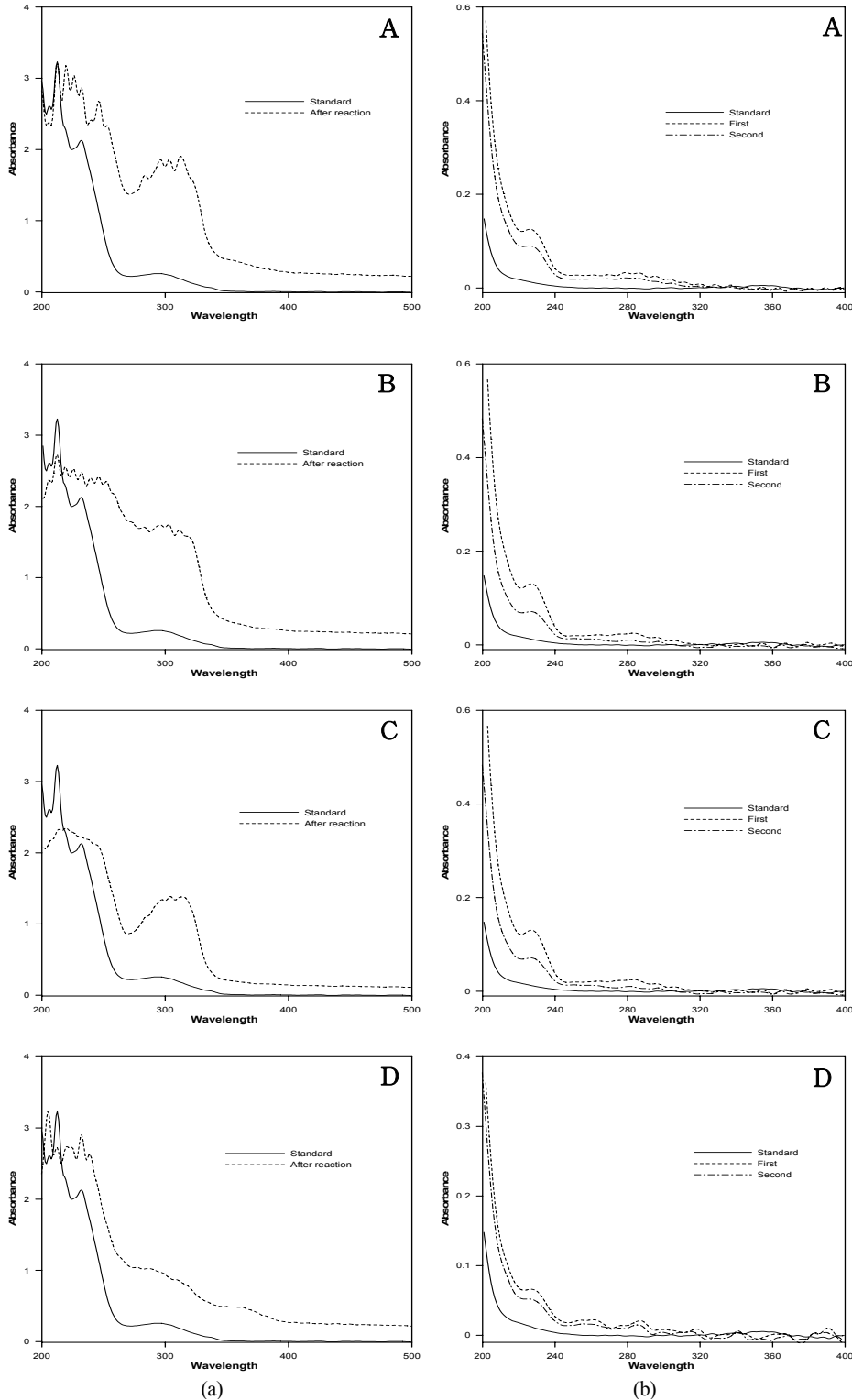


Fig. 1. Ultraviolet spectra of the alkaline detergent solution (5 g/L H₂O) after reaction for 20 minutes with liners at 80°C (a) and the acid solution (5 g/L H₂O) after reaction with liners (b). A, liner A; B, liner B; C, liner C; D, liner D; E, liner E; F, liner F; G, liner G; H, liner H.

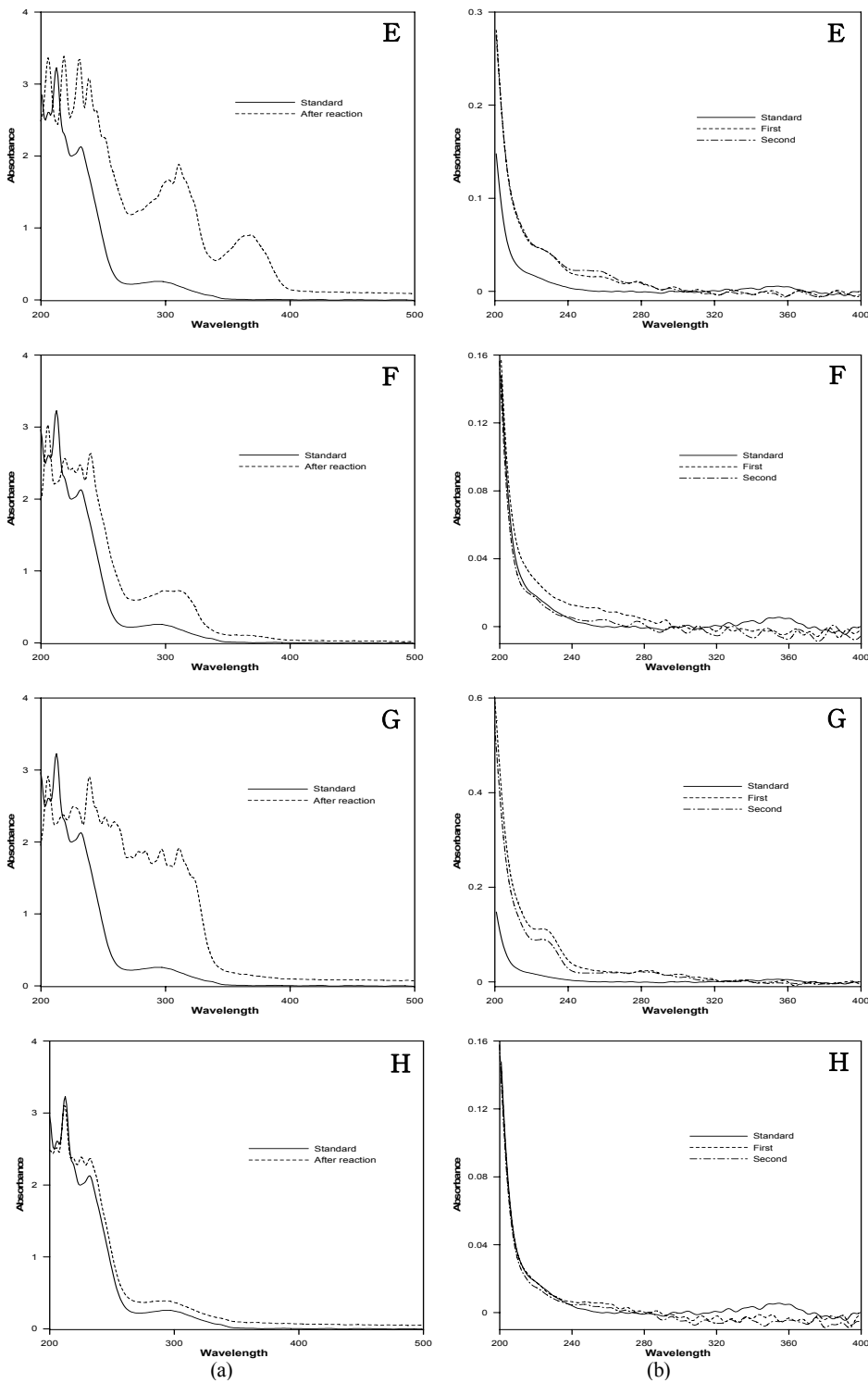


Fig. 1. Continued

이러 E, F 및 H의 경우와는 달리 라이너 A~D 및 G의 경우에는 흡수피크의 형태도 약간 차이가 있었다. 이와 같이 흡광도나 흡수피크의 형태변화는 라이너가 세척제에 반응하여 새로운 화합물이 생성됨을 의미하거나 또는 라이너로부터 어떤 화합물이 세척제

에 용출된다고도 해석된다.

크로마토그래피법에는 기체크로마토그래피법, 액체크로마토그래피법 그리고 이온크로마토그래피법 등 여러 가지의 방법이 있는데, 수용액 중에서 유기산이나 무기산 그리고 끓는점이 높은 화합물들이 포

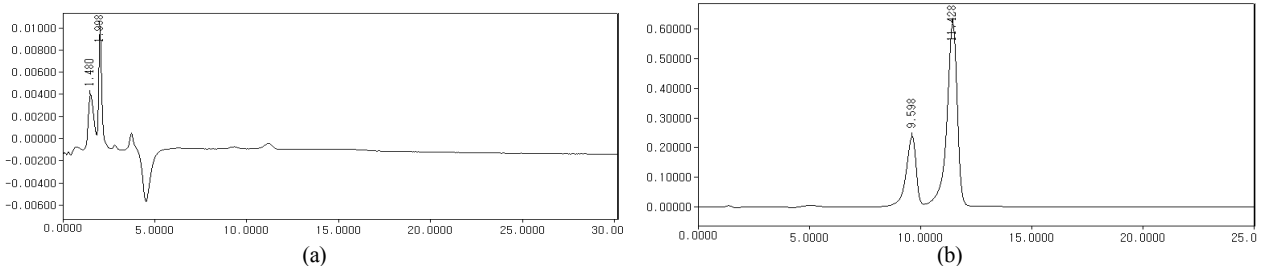


Fig. 2. Ion chromatograms of the alkaline detergent solution (5 g/L H₂O) only after reaction for 20 minutes at 80°C (a) and the acid solution (5 g/L H₂O) only (b).

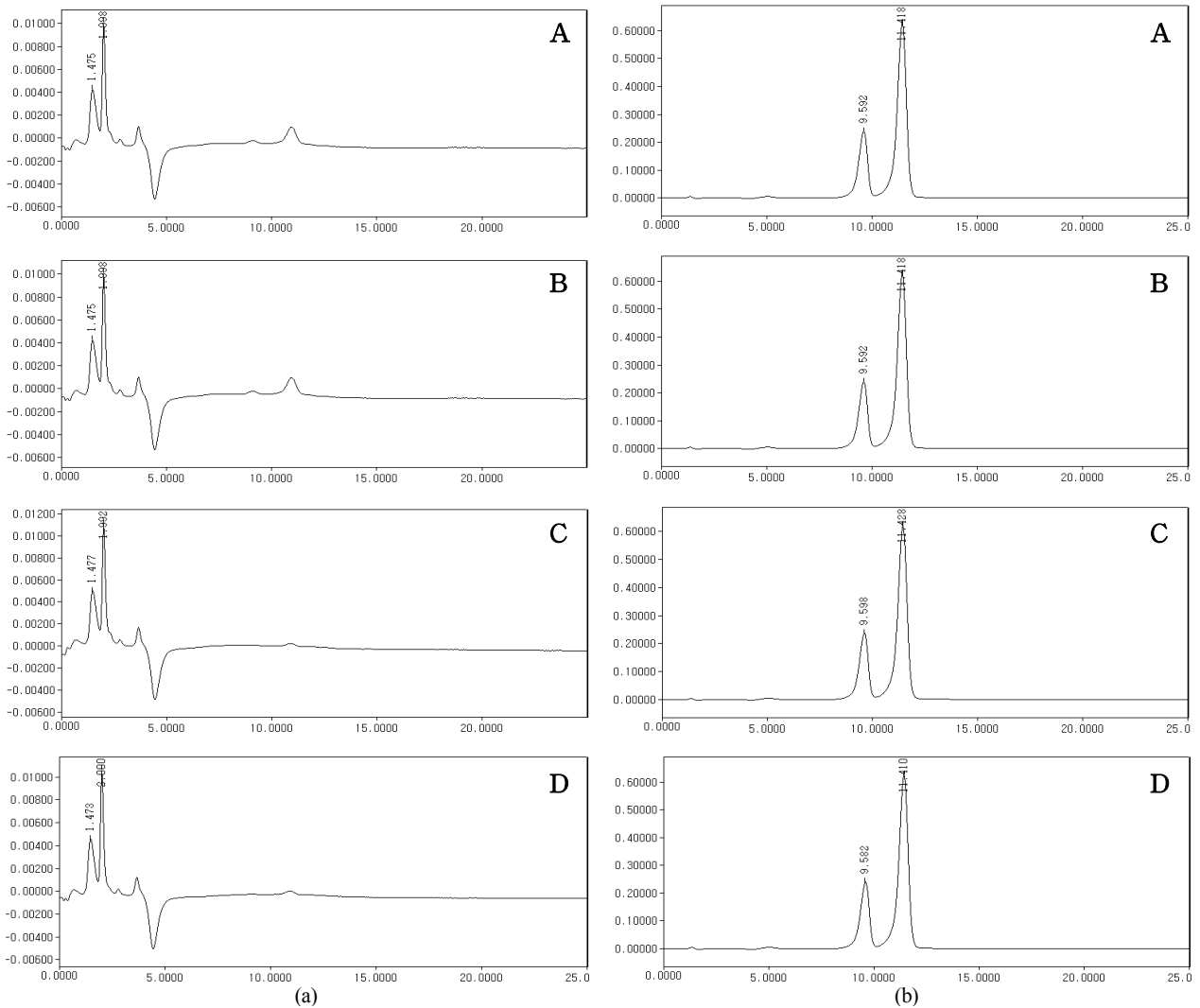


Fig. 3. Ion chromatograms of the alkaline detergent solution (5 g/L H₂O) after reaction for 20 minutes with liners at 80°C (a) and the acid detergent solution (5 g/L H₂O) after reaction with liners (b). A, liner A; B, liner B; C, liner C; D, liner D; E, liner E; F, liner F; G, liner G; H, liner H.

함되어 있는 경우에는 액체크로마토그래피법이나 이온크로마토그래피법이 훨씬 더 효과적이다. 본 실험에 사용된 세척제에는 유기산과 무기산 이외에 계면활성제가 포함되어 있기 때문에 이온크로마토그래피

법과 액체크로마토그래피법 두 가지 방법을 이용하여 혼합물을 분리 확인하였다.

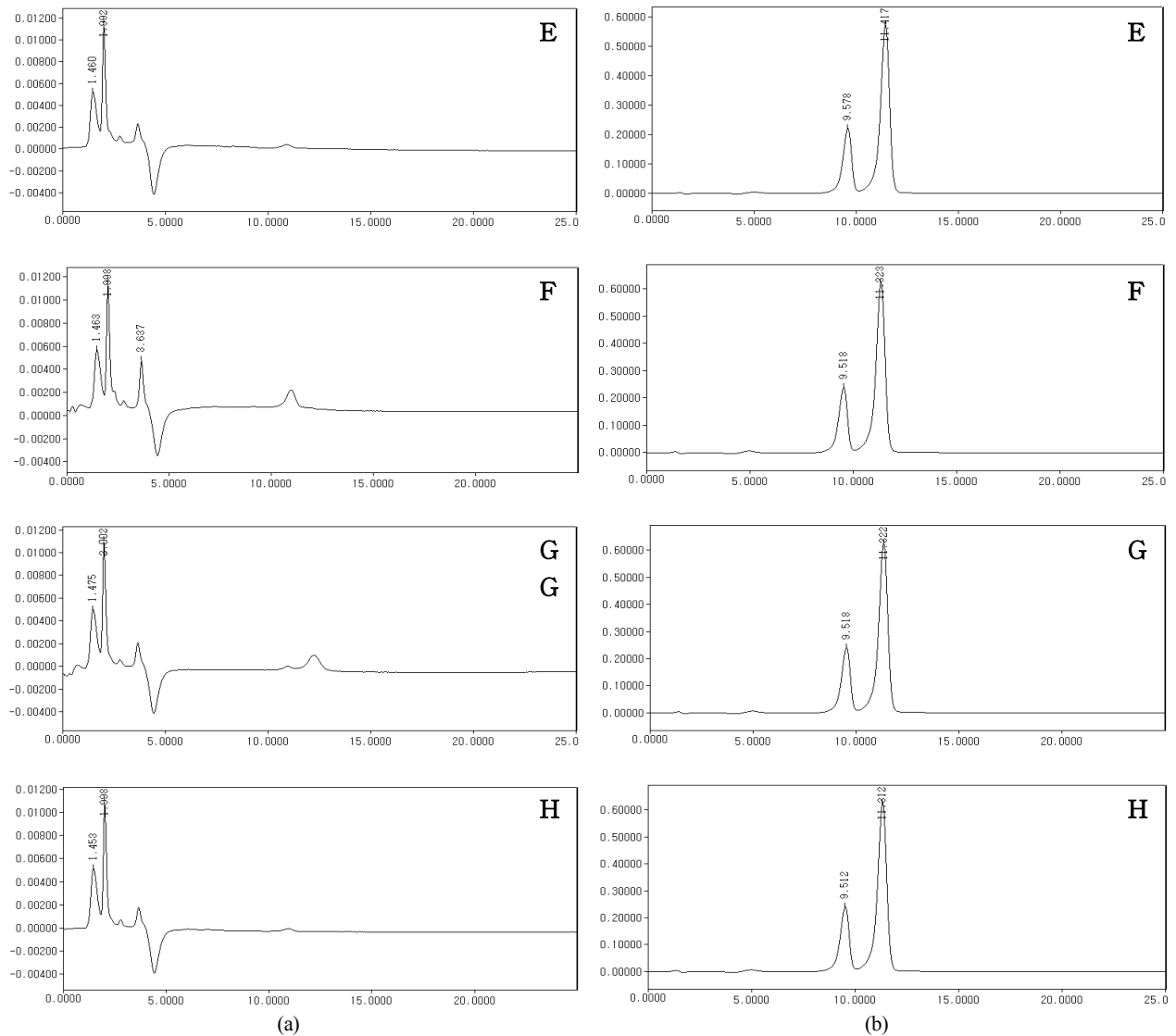


Fig. 3. Continued

이온크로마토그래피에 의한 분석

세척제에 라이너를 침지하여 용출 반응시킨 용액에서의 생성물을 분리 확인하기 위하여 먼저 순수한 세척제만을 이온크로마토그래피를 이용해 분리하였다. Fig. 2와 같이 알칼리 세제만을 권장 희석량으로 희석시켜 20분 동안 80°C의 온도에서 방치시킨 후, 측정된 이온크로마토그램에서는 1.4분과 2.0분대의 머무름 시간을 갖는 두 개의 주된 피크가 측정되었다. 그리고 산성 세제만을 권장 희석량으로 희석시켜 측정된 이온크로마토그램에서는 9.6분과 11.4분의 머무름 시간을 갖는 두 개의 피크가 관찰되었다. 따라서 세척제에 각각의 라이너를 반응시켜 얻은 두가지

샘플에 대한 이온크로마토그램을 측정하여 Fig. 3에 나타내었다. 첫 번째 샘플용액의 이온크로마토그램에서는 1.4분과 2.0분대의 머무름 시간을 갖는 두 개의 주된 피크만이 측정되었으며, 두 번째 샘플용액의 이온크로마토그램에서도 9.6분과 11.4분의 머무름 시간을 갖는 두 개의 피크가 관찰되었다. 이러한 결과는 모든 라이너들이 이 실험의 분석조건하에서 세척제와 반응하여 어떠한 이온종들도 용출되지 않았음을 알 수 있다.

액체크로마토그래피에 의한 분석

세척제에 포함된 유기산과 무기산 이외에 계면활

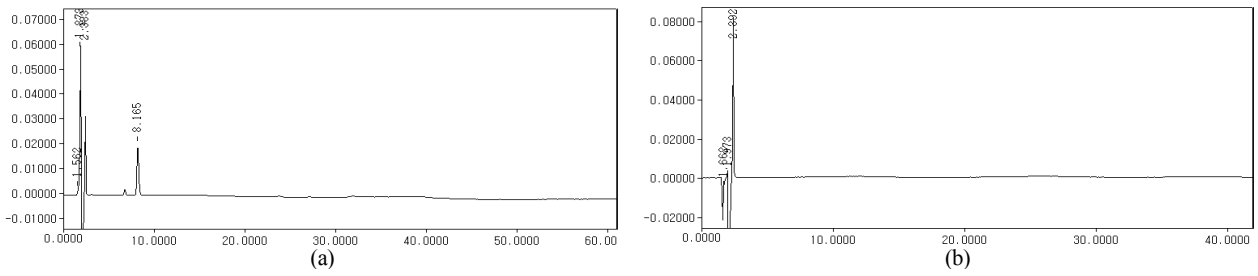


Fig. 4. Liquid chromatograms of the alkaline detergent solution (5 g/L H₂O) only after reaction for 20 minutes at 80°C (a) and the acid solution (5 g/L H₂O) only (b).

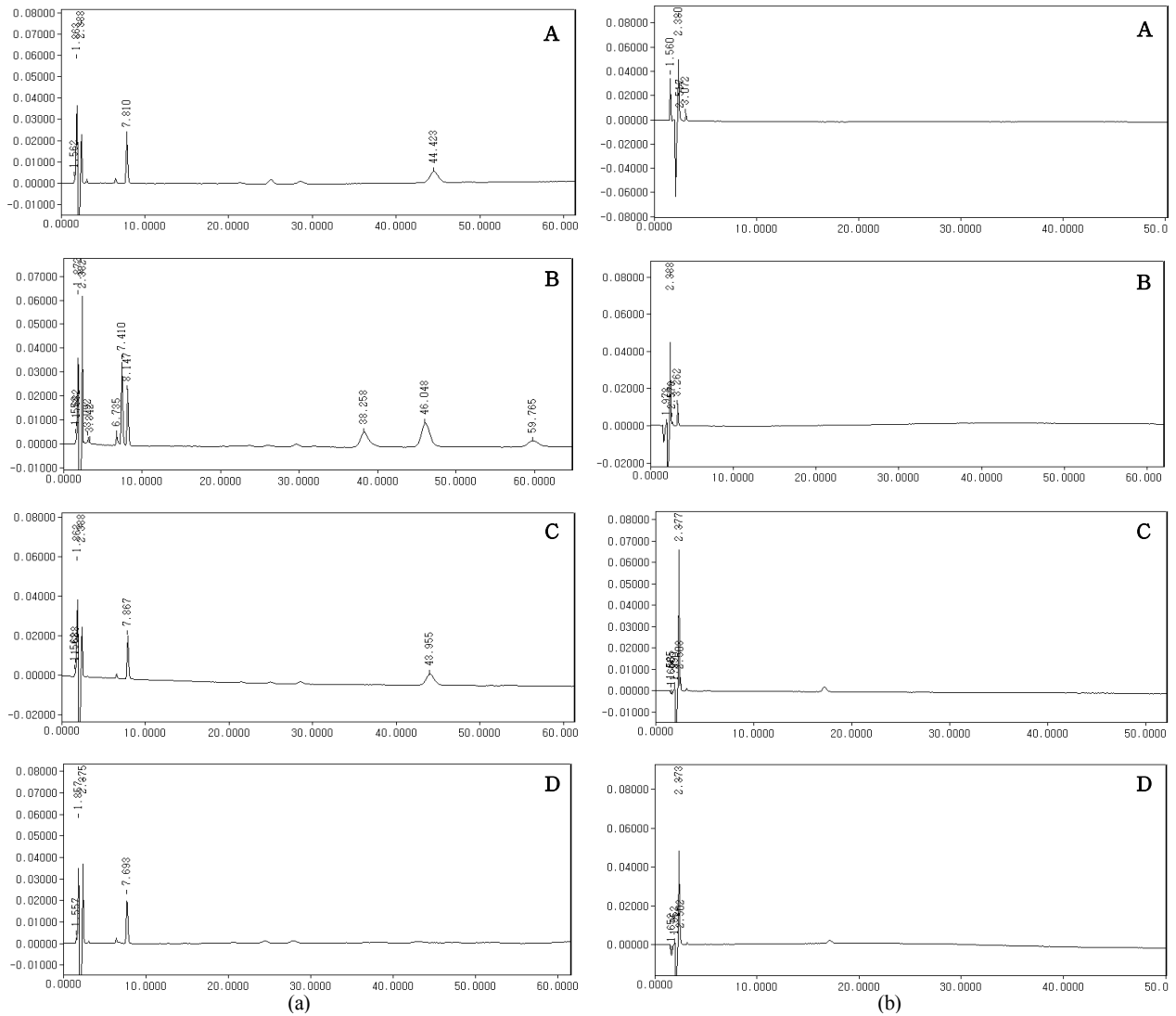


Fig. 5. Liquid chromatograms of the alkaline detergent solution (5 g/L H₂O) after reaction for 20 minutes with liners at 80°C (a) and the acid solution (5 g/L H₂O) after reaction with liners (b). A, liner A; B, liner B; C, liner C; D, liner D; E, liner E; F, liner F; G, liner G; H, liner H.

성제는 라이너와 반응하여 생성될 수 있는 분자성 물질의 경우 이온크로마토그래피법에 의해서는 분리할 수 없기 때문에 액체크로마토그래피법을 이용하여

혼합물을 분리 확인하였다.

먼저 순수 세척제만을 액체크로마토그래피를 이용해 분리한 결과는 Fig. 4와 같다. 알칼리 세제만을 권

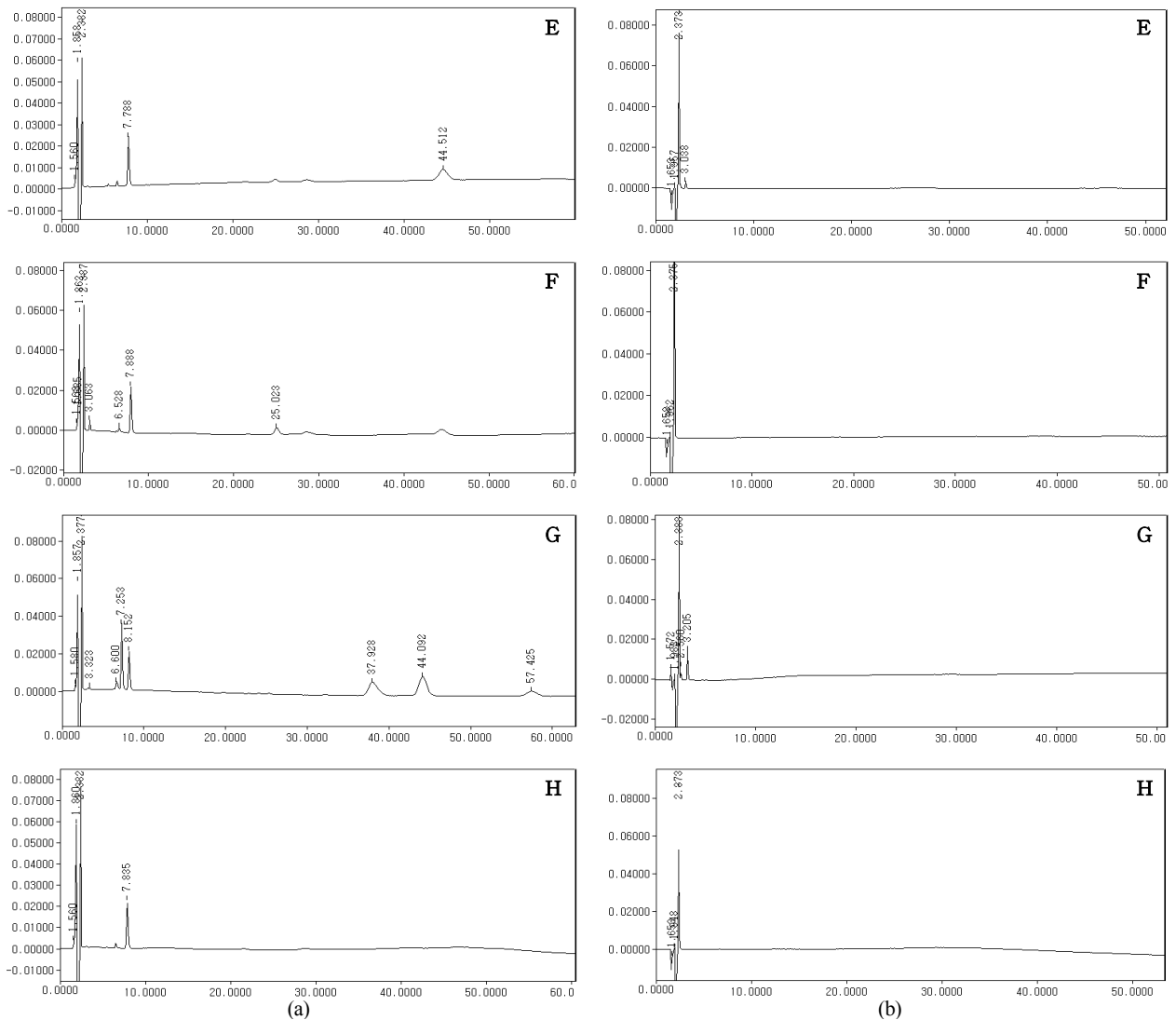


Fig. 5. Continued

장 희석량으로 희석시켜 20분 동안 80°C의 온도에서 반응시킨 후, 측정된 액체크로마토그램에서는 6분과 8분대의 머무름 시간을 갖는 두 개의 주된 피크가 측정되었으며, 산성 세제만을 권장 희석량으로 희석시켜 측정된 액체크로마토그램에서는 2.3분대의 머무름 시간을 갖는 하나의 피크만이 관찰되었다. 그리고 세척제에 각각의 라이너를 반응시켜 얻은 두가지 샘플에 대한 액체크로마토그램을 측정하여 Fig. 5에 나타내었다. 첫 번째 샘플용액의 액체크로마토그램에서는 6분과 8분대의 머무름 시간을 갖는 두 개의 주된 피크이외에 새로운 피크가 관찰되었다. 이러한 결과는 알칼리 세제와 라이너가 반응하여 여러 가지 분자성 물질이 생성되거나 라이너로부터 용출되고 있음을 나타내는 결과이며, 용출된 물질에 대해서는 보다 많

은 연구가 필요하다고 생각된다. 하지만, 각 라이너에 대한 두 번째 샘플용액의 액체크로마토그램에서는 2.3분대의 머무름 시간을 갖는 하나의 피크만이 관찰되었다. 이는 알칼리 세제에 의해 용출되었던 물질들이 산성제의 세척에 의해 모두 제거되는 것으로, 비록 라이너들이 알칼리 세제에만 방치된 경우에는 다른 분자성 물질이 생성되거나 용출될 수 있지만, 알칼리 세제를 이용해 소독한 다음, 산성 세제를 이용하여 세척한 경우에는 안정하게 이용할 수 있다는 것을 의미하는 것으로써, 착유기의 소독에 있어서 알칼리 세제로 소독한 다음 산성 세제로 세척해 주어야 함을 알 수 있다.

착유 전·후 실시되는 착유기의 세척은 유방염 원인균의 전파를 예방하기 위해서 중요하는데, 세척 방법

중 알칼리 세제로 세척한 후 산성세제를 이용한 헹굼 과정은 착유기의 위생관리에 꼭 필요하다고 사료된다.

결 론

세척제가 라이너들의 재질에 어떠한 화학적 영향을 미치는 가를 조사하기 위하여 산성과 알칼리 세제와 농가에서 사용하고 있는 8가지 라이너를 화학적 세정 방법(Clean in place system)과 유사하게 반응시켜 얻은 샘플용액들에 대하여 자외선분광광도계, 이온크로마토그래피 그리고 액체크로마토그래피를 이용하여 생성물의 존재여부를 분석하였다.

라이너 A~D와 G의 첫 번째 샘플용액에 대한 흡수스펙트럼은 순수한 알칼리 세제만의 흡수스펙트럼과 비교할 때 흡광도나 흡수피크의 형태가 많이 다르게 나타났고, 두 번째 샘플용액들의 자외선흡수스펙트럼에서는 흡광도가 0.1 이하로 크게 감소하였다. 그러나 라이너 E, F 및 H의 경우에는 큰 차이가 없었다. 이온크로마토그램에서는 순수 알칼리 세제에 의해서만 나타나는 1.4분과 2.0분대의 머무름 시간을 갖는 두 개의 주된 피크만이 측정되어 라이너로부터 어떤 이온종도 용출되지 않았다. 그러나 액체크로마토그램에서는 6분과 8분대의 머무름 시간을 갖는 순수 알칼리 세제에 기인하는 두 개의 주된 피크이외에 새로운 피크가 관찰되어 여러 가지 분자성 물질이 생성되었거나 라이너로부터 용출되고 있음을 의미하나, 두 번째 샘플용액들의 이온크로마토그램에서는 권장 희석량의 산성 세제만을 측정할 이온크로마토그램에서 얻은 두 개의 피크만이 관찰되었다. 특히, 산성 세제를 이용해 알칼리 세척제와 반응한 라이너를 세척한 경우에는 첫 번째 샘플용액들에 대한 액체크로마토그램에서 관찰된 여러 가지 피크들이 모두 사라지고 산성 세제에 의해 나타나는 하나의 피크만이 측정

되어 착유기의 세척은 알칼리 세제로 세척한 다음 산성 세제로 세척과정을 거쳐야 할 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 농림부 농림기술개발사업(과제번호: 199067-3)의 지원에 의해 이루어진 것임.

참 고 문 헌

- 이정치, 박형련, 김명선, 이정길, 이채용. 2005. 유두컵 라이너의 물리화학적 특성 조사. 한국임상수의학회지 22: 100-107.
- Edmondson P. 2003. Cleaning the milking machine (http://www.milkproduction.com/Library/Articles/Cleaning_the_Milking_Machine.htm).
- Hogan JS, Harmon RJ, Langlois BE, Hemken RW, Crist WL. 1984. Efficacy of an iodine backflush for preventing new intramammary infections. *J Dairy Sci* 67: 1850-1859.
- Hovinen M, Aisla AM, Pyorala S. 2005. Visual detection of technical success and effectiveness of teat cleaning in two automatic milking systems. *J Dairy Sci* 88: 3354-3362.
- Levesque P. 1998. Teatcup liners. *Product Lait Quebe* 18: 34-36.
- Magee C, Sagi R, Scott NR, Gates RS. 1984. Bacterial transport within and among various teatcup and cluster assemblies during milking. *J Dairy Sci* 67: 2034-2040.
- Reinemann DJ, Wolter GMVH, Rasmussen MD. 2000. Review of practices for cleaning and sanitation of milking machine. (http://www.uwex.edu/uwmrl/pdf/MilkMachine/Cleaning/00_Nagano_CIP.pdf).
- Schreiner DA, Ruegg PL. 2003. Relationship between udder and leg hygiene scores and subclinical mastitis. *J Dairy Sci* 86: 3460-3465.
- Smith TW, Eberhart RJ, Spencer SB, Kesler EM, Hargrove GL, Wilson RW, Heald CW. 1985. Effect of automatic backflushing on number of new intramammary infections, bacteria on teatcup liners, and milk iodine. *J Dairy Sci* 68: 424-432.