

< Original Article >

## 착유기 세척제가 신개발 젖소 유두컵 라이너용 고무조성물 재질에 미치는 화학적 영향

이정치\*

광주보건대학교 임상병리과

## The chemical effects of milking machine detergents on the rubber composition of the newly-developed teat cup liners

Jeong-Chi Lee\*

Department of Clinical Pathology, Gwangju Health University, Gwangju 62287, Korea

(Received 23 May 2018; revised 12 June 2018; accepted 13 June 2018)

### Abstract

This study investigated the effects of the alkaline detergent and acid rinse used for cleaning milking machines on the rubber composition of the newly-developed teat cup liners. The samples prepared for use in the clean-in-place process were analyzed by ultraviolet spectrophotometer, ion chromatography and liquid chromatography. In the absorption spectrum of the first sample solution, the form of absorbance or absorption peak was largely different, compared to the absorption spectrum of alkaline detergent alone, but in the absorption spectra of the second and third sample solutions, the absorbance decreased, which was similar to the absorption spectrum in the pure acid detergent. In the ion chromatogram, two main peaks only, which might be shown by the pure alkaline detergent alone, were measured. In the liquid chromatograms, however, new peaks were observed in addition to the two main peaks caused by the pure alkaline detergent alone, which suggested that various molecular materials were created or eluted from the liner by the reaction with the alkaline detergent, but when washed with the acid detergent, any ion species were not produced. Therefore, we propose that an acid rinse should be applied, after cleaning the milking machine with the alkaline detergent.

**Key words :** Rubber composition, Detergent, Ultraviolet spectrophotometer, Ion chromatography, Liquid chromatography

### 서 론

젖소에서 손착유 방법을 대체하기 위해 진공을 이용한 착유기가 등장한 후 현재의 착유기의 개량은 기술적인 측면 뿐만 아니라 유방의 건강과 고품질 원유를 생산하기 위한 방향으로 나아가고 있다(Hovinen 등, 2005). 보통 착유기는 유방의 건강 상태에 영향을 미치는데, 특히 높은 착유압은 유두의 상태 변화를 통한 유방 내에 세균의 증식을 일으키며(Langlois 등,

1981; Hamann 등, 1993; Rasmussen과 Madsen, 2000), 그 결과 원유 내 세균수 및 체세포수의 증가를 일으켜 유질 저하와 함께 농가에 많은 경제적 손실을 일으키게 된다(Morin 등, 1993). 그래서 농가에서는 착유기에 대한 정기적인 점검을 실시함으로써 착유기 관련 유방염의 발생을 줄이기 위한 노력을 하고 있다.

착유기의 중요한 구성 요소 중 하나인 유두컵 라이너는 유두에 직접적으로 접촉하여 진공압과 대기압에 의해 일어나는 착유와 마사지 단계를 통해 유방내 우유를 짜는 기능을 한다(Rebhun, 1995; Spencer과 Jones, 2000). 유두컵 라이너는 원료고무와 충전보강

\*Corresponding author: Jeong-Chi Lee, Tel. +82-62-958-7632, Fax. +82-62-958-9628, E-mail. [jchlee@ghu.ac.kr](mailto:jchlee@ghu.ac.kr)

제 등을 혼합시켜 제조한 고무제품으로 첨가된 물질의 종류와 조성비에 따라 물성이 달라지며, 이렇게 만들어진 기존 라이너 제품들의 물리화학적 특성을 조사한 결과 착유 기능을 수행하는데 적합함을 알 수 있었다(Lee 등, 2005). 그러나 유두컵 라이너는 원료 고무 재질이나 착유 후 사용되는 세척제 그리고 균열 등과 같은 물리적 손상에 의해 권장 수명이 단축되고 그로 인해 적절한 시기에 교환이 되지 않을 경우 유질 저하의 원인이 될 수 있다. 그래서 연구자들은 라이너와 유방염 발생과의 관련성을 보고하였다(McDonald, 1975; Magee 등, 1984; Mein 등, 1987; Spencer과 Jones, 2000).

착유 전후에 실시하는 착유기의 소독은 착유기를 통한 병원성 세균의 기계적인 전파를 막아 우군내 유방염의 발생 기회를 줄일 수 있다. 착유기 내의 미생물 증식은 감염된 분방 및 유두 피부에서 유래한 세균의 수와 라이너의 물리적 성질에 따라 다른데, 착유기 내부에 존재하는 미생물들은 착유시 건강한 젖소의 유두에 감염을 일으킨다(Hogan 등, 1984). 이렇게 라이너는 착유중에 유방염 원인균을 전파시켜 새로운 감염을 증가시킬 수 있는 위험인자로 작용할 수 있기 때문에 높은 온도의 물을 이용한 소독법이나 개체 착유가 끝날 때마다 실시되는 backflush system 방법과 같은 라이너의 세척은 착유기를 통한 미생물의 전파를 최소화시킬 수 있다(Magee 등, 1984; Smith 등, 1985; Rebhun, 1995).

착유기의 세척은 알칼리성 제제와 산성 제제를 이용한 자동세척시스템(Clean in Place) 방법을 이용하고 있으며, 이 때 사용되는 알칼리성 제제는 높은 온도의 물과 같이 사용되어 유지방 및 단백질을 제거하는데 도움을 주며, 산성 제제는 착유라인에서 알칼리성 제제를 중화시키고 유석의 침착과 세균의 증식을 막는다(Reinemann 등, 2000; Park과 Kim, 2010). 실제 착유기 세척제와 상품화된 유두컵 라이너 재질을 실제 농가의 세척 방법과 유사하게 반응시킨 결과 새로운 화합물이 생성되거나 용출됨을 확인할 수 있었다(Lee, 2013).

이 연구는 자동세척시스템과 유사한 착유기 세척 방법을 이용하여 우수한 물성을 발휘할 수 있도록 개발된 유두컵 라이너 고무조성물과 세척제가 반응하여 어떤 화합물이 라이너 고무 조성물로부터 용출되는 지를 알아보고 이를 통해 유두컵 라이너 개발의 기초 자료를 얻고자 실시하였다.

## 재료 및 방법

### 실험재료

착유기 세척제가 신개발 라이너 재질에 미치는 화학적 영향을 알아보기 위하여 새롭게 개발한 2종의 라이너용 고무성물을 이용하였고 실험에 사용된 신개발 라이너 고무조성물들의 배합표는 Table 1과 같다(Lee, 2007).

### 착유기 세척제와 라이너의 반응조건

현재 농가에서 수행하고 있는 세척방법과 동일한 방법으로 샘플용액을 각 단계별로 채취하였다. 첫 번째 용액은 알칼리 세척제(알파크린톱 알칼리, 서울낙농사)의 권장 희석량(5 g/L H<sub>2</sub>O)으로 희석된 세척제 20 mL에 각각의 신개발 라이너 고무조성물(2×2 cm, 1.0 g)을 첨가한 다음, 80°C의 온도에서 20분 동안 반응시켜 제조하였으며, 두 번째 용액은 알칼리 세척제에 방치한 라이너를 꺼내어 다시 상온에서 산성 세척제(알파크린톱 산성, 서울낙농사)의 권장 희석량(5 g/L H<sub>2</sub>O)으로 희석된 세척제 20 mL에 5분간 방치하여 제조하였고 세 번째 용액은 두 번째 과정에서 용출 반

**Table 1.** Formulation of the rubber composition of the newly-developed teat cup liners (unit: phr\*)

Items	Materials	Rubber composition 1	Rubber composition 2
Polymer	NR	50	55
	SBR	-	-
	BR	-	-
	EPDM	15	25
	Butyl	35	20
Filler	Carbon Black	-	30
	Silica	45	-
Activator	MgO	5	3
	Fatty acid	1.5	2
Colorant	TiO <sub>2</sub>	30	-
Antioxidant & Antiozonant	BHT <sup>†</sup>	1.5	3
	6PPD <sup>‡</sup>	-	-
	Wax	3	-
	Process oil	Paraffin oil	4
Curative	Sulfur	1.4	1.6
Accelerator	TBBS <sup>§</sup>	1	0.8

\*part per hundred rubber.

<sup>†</sup>butylated hydroxytoluene.

<sup>‡</sup>N-(1,3-dimethylbutyl)-N'-phenyldiamine-p-phenylenediamine).

<sup>§</sup>TBBS: N-tert-butyl-2-benzothiazolesulfenamide.

응시킨 다음, 꺼낸 라이너 고무조성물을 한번 더 동일한 산성 세척제 20 mL에 5분간 방치하여 제조하였다.

**분석방법**

**자외선분광광도계에 의한 분석:** 세척제와 신개발 라이너 고무조성물을 반응시켜 나온 샘플용액들에 대하여 자외선분광광도계(Uvikon 943, Kontran, Italy)를 이용해 흡수스펙트럼을 각각 측정하였다.

**이온크로마토그래피에 의한 분석:** 세척제와 신개발 라이너 고무조성물을 반응시킨 샘플 용액들에 대한 분석조건은 IC-pak anion exchange column을 장착한 이온크로마토그래피에서 샘플용액의 화학적 조성에 따라 분리용매를 다르게 선택하였는데, 알칼리 세척제와 반응시킨 샘플용액은 1.6 mmol/L sodium bicarbonate와 1.4 mmol/L sodium carbonate를 1000 mL의 초순수증류수에 녹여서 제조한 용액을 사용하였고, 산성 세척제와 반응시킨 용액은 2.0 mmol/L sodium bicarbonate와 1.3 mmol/L sodium carbonate를 1000 mL의 초순수증류수에 녹여서 제조한 용액을 사용하여 5 µL를 주입한 다음, 분당 1.0 mL의 흐름속도에서 분리한 후, suppressor가 포함된 전도도 검출기(conductivity

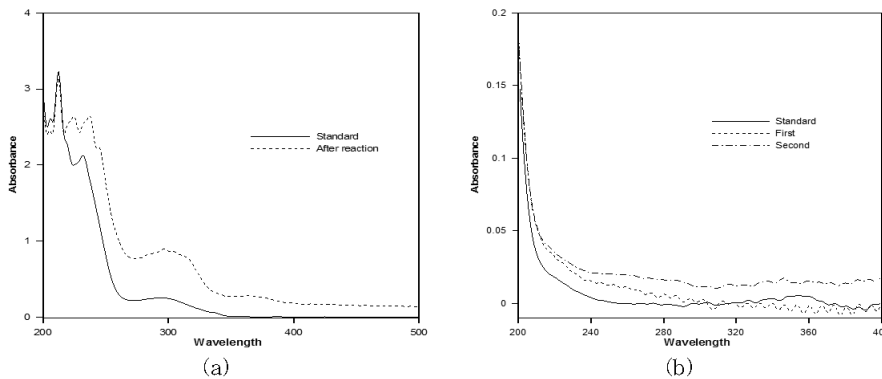
detector; waters, USA)를 이용해 검출하였다.

**액체크로마토그래피에 의한 분석:** 분석조건은 Aqua C<sub>18</sub>(150×4.6 mm) column을 장착한 액체크로마토그래피에서 20% 아세토니트릴 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.

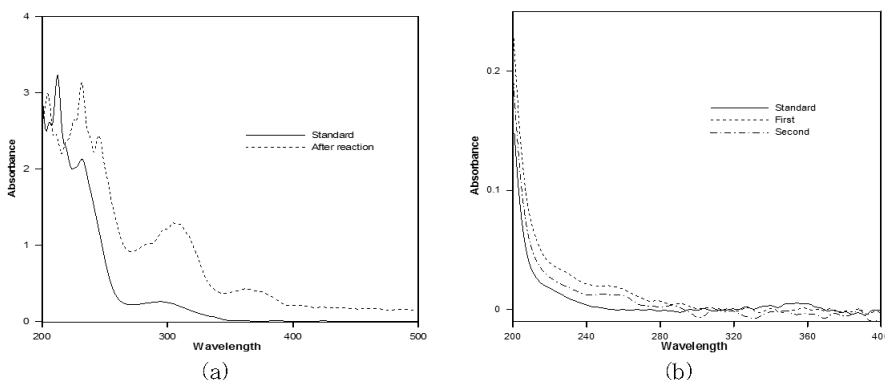
**결과 및 고찰**

유두컵 라이너는 염소계 소독제들에 의해 수명이 단축되며, 그로 인해 거칠어진 유두컵 라이너의 내부 표면은 착유 과정 중에 유두 피부를 손상시키고 착유 후 세척 효과를 감소시켜 유방염 발생의 증가요인이 된다. 그래서 올바른 착유기 세척 시스템과 유두컵 라이너의 관리는 유방염 예방에 중요한 요인이 되며, 현재 농가에서 사용하고 있는 자동 세척 시스템 과정이 새롭게 개발한 라이너 고무 조성물에 어떠한 화학적 영향을 미치는가를 조사하였다.

새롭게 개발된 라이너 고무조성물들에 대한 첫 번째 샘플용액의 흡수스펙트럼에서는 라이너 재질과



**Fig. 1.** Ultraviolet spectra of the alkaline detergent solution (5 g/L H<sub>2</sub>O) after reaction for 20 minutes with the rubber composition of the newly-developed teat cup liner 1 at 80°C (a) and the acid detergent solution (5 g/L H<sub>2</sub>O) after reaction with rubber composition of the newly-developed teat cup liner 1 (b).



**Fig. 2.** Ultraviolet spectra of the alkaline detergent solution (5 g/L H<sub>2</sub>O) after reaction for 20 minutes with the rubber composition of the newly-developed teat cup liner 2 at 80°C (a) and the acid detergent solution (5 g/L H<sub>2</sub>O) after reaction with the rubber composition of the newly-developed teat cup liner 2 (b).

반응시키지 않은 순수한 알칼리성 세척제만의 흡수 스펙트럼과 비교할 때 흡광도나 흡수피크의 형태가 크게 차이를 보여주고 있다. 그러나 두번째와 세번째 재료용액의 흡수스펙트럼에서는 흡광도가 크게 감소하여 순수 산성 세척제만의 흡수스펙트럼과 비슷하였다(Fig. 1, 2). 이와 같은 결과는 일부 기존 라이너의 재질과 알칼리 및 산성 세척제를 반응시켜 분석한 결과와 비슷하였다(Lee, 2013). 이와 같은 흡광도와 흡수피크의 형태 변화는 라이너의 고무조성물이 세척제에 반응하여 새로운 화합물이 생성됨을 의미하거나 또는 신개발 라이너 고무조성물로부터 어떤 화합물이 세척제에 용출된 결과로 사료된다.

크로마토그래피법에는 기체크로마토그래피법, 액체크로마토그래피법 그리고 이온크로마토그래피법 등 여러 가지 방법이 있는데, 수용액 중에 유기산이나 무기산 그리고 끓는점이 높은 화합물들이 포함되어 있는 경우에는 액체크로마토그래피법이나 이온크로마토그래피법이 훨씬 더 효과적이다. 본 실험에 사용된 세척제에는 유기산과 무기산 이외에 계면활성제가 포함되어 있기 때문에 이온크로마토그래피법과 액체크로마토그래피법을 이용하여 혼합물을 분석하였다(Kim 등, 2013).

세척제에 신개발 라이너 고무조성물을 첨가하여 용출반응시킨 용액에서의 생성물을 분리 확인하기 위하여 먼저 순수 알칼리성 세척제를 이온크로마토

그래피를 이용해 분석하였다. 그 결과, Fig. 3a에 나타난 바와 같이 알칼리성 세척제만을 권장 희석량으로 희석시켜 측정된 이온크로마토그램에서는 1.4분과 2.0분대의 머무름 시간을 갖는 두 개의 주된 피크가 측정되었으며, 또한 산성 세척제만을 권장 희석량으로 희석시켜 측정된 이온크로마토그램에서는 그림 Fig. 3b에 나타난 바와 같이 9.6분과 11.4분대의 머무름 시간을 갖는 두 개의 피크가 관찰되었다. 따라서 세척제에 각각의 신개발 라이너 고무조성물을 반응시켜 얻은 세 가지 샘플에 대한 이온크로마토그램을 측정하여 Fig. 4~7에 나타내었다. 첫 번째 재료용액의 이온크로마토그램에서는 1.4분과 2.0분대의 머무름 시간을 갖는 두 개의 주된 피크만이 측정되었으며, 두 번째와 세 번째 재료용액의 이온크로마토그램에서도 9.6분과 11.4분의 머무름 시간을 갖는 두 개의 피크가

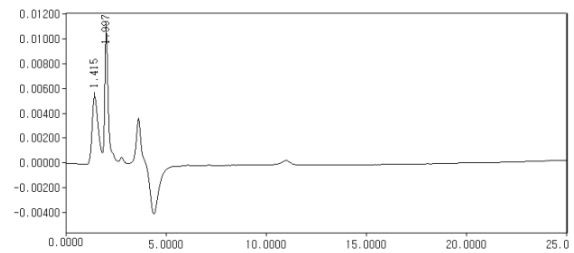


Fig. 4. Ion chromatogram of the alkaline detergent solution (5 g/L H<sub>2</sub>O) after reaction for 20 minutes with the rubber composition of the newly-developed teat cup liner 1 at 80°C.

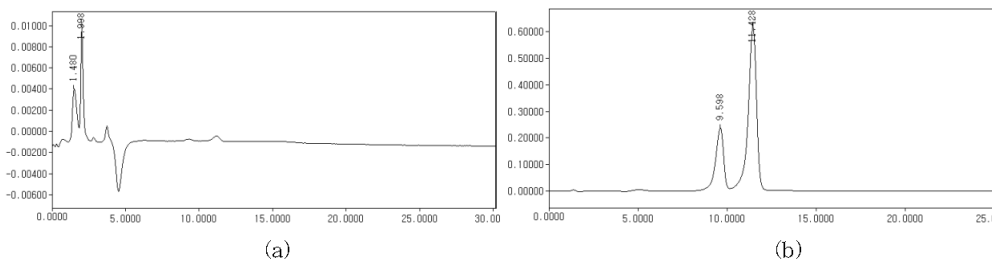


Fig. 3. Ion chromatograms of the alkaline detergent solution (5 g/L H<sub>2</sub>O) only after reaction for 20 minutes at 80°C (a) and the acid detergent solution (5 g/L H<sub>2</sub>O) only (b).

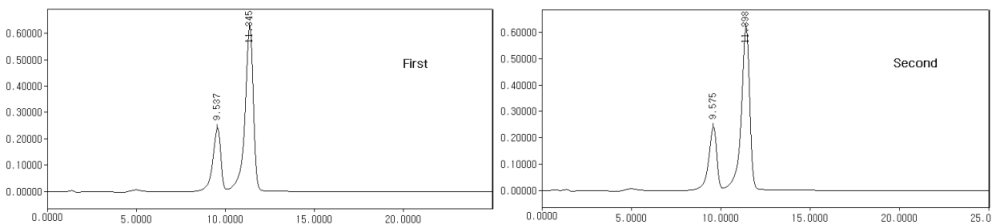
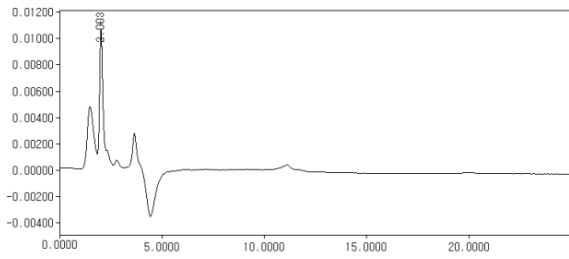


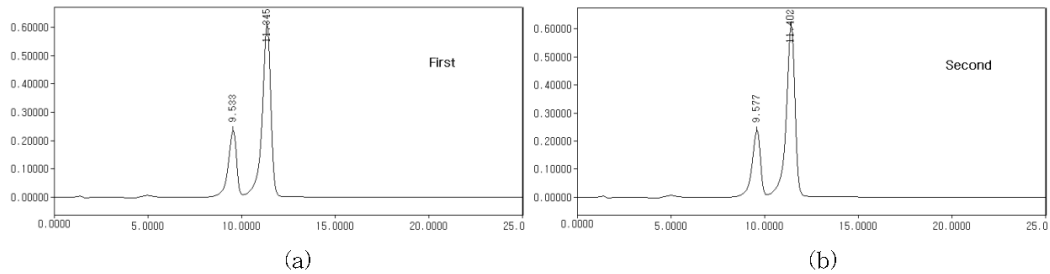
Fig. 5. Ion chromatograms of the acid detergent solution (5 g/L H<sub>2</sub>O) after reaction with the rubber composition of the newly-developed teat cup liner 1. First and second mean that the number of the times with the acid detergent solution.



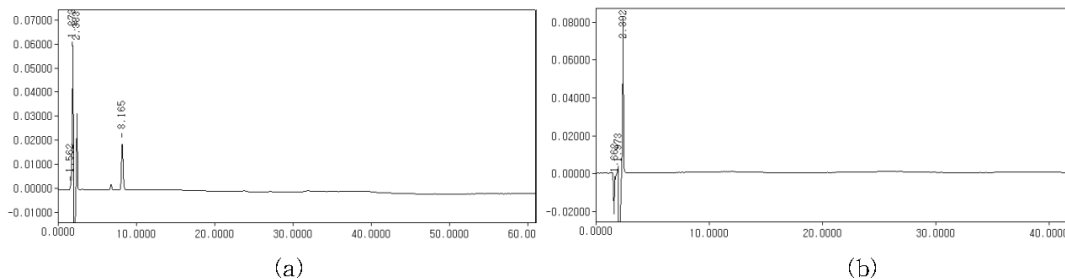
**Fig. 6.** Ion chromatogram of the alkaline detergent solution (5 g/L H<sub>2</sub>O) after reaction for 20 minutes with the rubber composition of the newly-developed teat cup liner 2 at 80°C.

관찰되었다. 이와 같은 결과는 일부 기존 라이너의 재질과 알칼리 및 산성 세척제를 반응시켜 분석한 이온크로마토그래피의 결과와 비슷하였다(Lee, 2013). 이는 개량 라이너의 고무조성물들이 이 실험의 분석 조건하에서 알칼리 세척제와 반응하여 어떠한 이온종들도 용출되지 않음을 알 수 있다.

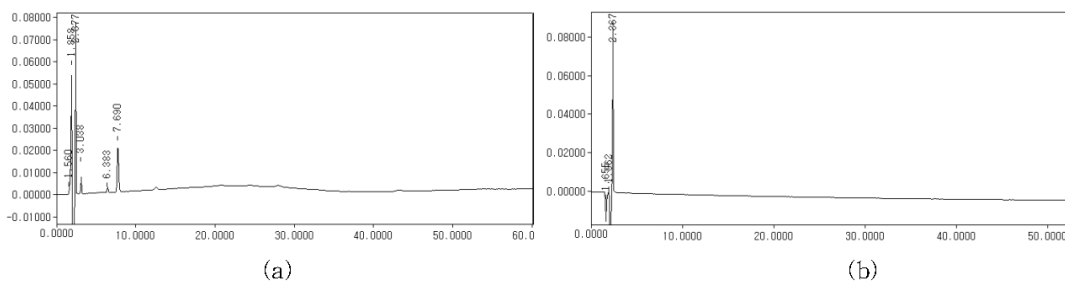
세척제에 포함된 유기산과 무기산 이외에 계면활성제는 라이너와 반응하여 생성될 수 있는 분자성 물질의 경우 이온크로마토그래피법에 의해서는 분리할 수 없기 때문에 액체크로마토그래피법을 이용하여 혼합물을 분리 확인하였다(Lee, 2013). Fig. 8a에 나타



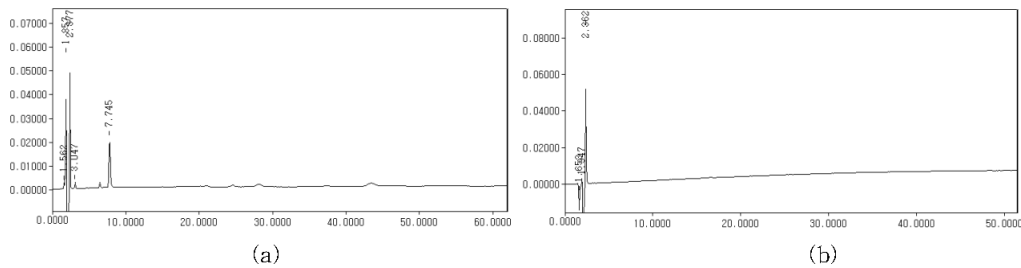
**Fig. 7.** Ion chromatograms of the acid detergent solution (5 g/L H<sub>2</sub>O) after reaction with the rubber composition of the newly-developed teat cup liner 2. First and second mean that the number of the times with the acid detergent solution.



**Fig. 8.** Liquid chromatograms of the alkaline detergent solution (5 g/L H<sub>2</sub>O) only after reaction for 20 minutes at 80°C (a) and acid detergent solution (5 g/L H<sub>2</sub>O) only (b).



**Fig. 9.** Liquid chromatograms of the alkaline detergent solution (5 g/L H<sub>2</sub>O) after reaction for 20 minutes with the rubber composition of the newly-developed teat cup liner 1 at 80°C (a) and the acid detergent solution (5 g/L H<sub>2</sub>O) after reaction with the rubber composition of the newly-developed teat cup liner 1.



**Fig. 10.** Liquid chromatograms of the alkaline detergent solution (5 g/L H<sub>2</sub>O) after reaction for 20 minutes with the rubber composition of the newly-developed teat cup liner 2 at 80°C (a) and the acid detergent solution (5 g/L H<sub>2</sub>O) after reaction with the rubber composition of the newly-developed teat cup liner 2.

낸 바와 같이 알칼리성 세척제만을 권장 희석량으로 희석시켜 20분 동안 80°C의 온도에서 방치시킨 후, 측정된 액체크로마토그램에서는 6분과 8분대의 머무를 시간을 갖는 두 개의 주된 피크가 측정되었으며, 산성 세척제만을 권장 희석량으로 희석시켜 측정된 액체크로마토그램에서는 Fig. 8b에 나타난 바와 같이 2.4분대의 머무를 시간을 갖는 하나의 피크만이 관찰되었다. 그리고 세척제에 신개발 라이너 고무조성물을 반응시켜 얻은 세 가지 샘플에 대한 액체크로마토그램을 측정하여 Fig. 9와 Fig. 10에 나타내었다. 첫 번째 재료용액의 액체크로마토그램에서는 6분과 8분대의 머무를 시간을 갖는 두 개의 주된 피크 이외에 신개발 라이너 고무조성물들에 3분대의 하나의 피크와 머무름이 없는 물질들이 동시에 용매와 함께 용출되어지는 피크들이 관찰되었다. 이러한 결과는 알칼리성 세척제의 권장 희석량에 신개발 라이너 고무조성물들을 첨가하여, 80°C의 온도에서 20분 동안 방치한 경우에는 신개발 라이너 고무조성물이 알칼리성 세척제와 반응하여 여러 가지 분자성 물질이 생성되거나 신개발 라이너 고무조성물로부터 용출되고 있음을 나타내는 결과이다.

신개발 라이너 고무조성물 1과 2에 대한 산성 세척제의 반응 재료용액의 액체크로마토그램에서는 2.3분대의 머무를 시간을 갖는 하나의 피크만이 관찰되었다. 이러한 결과는 일부 기존 라이너의 재질과 알칼리 및 산성 세척제를 반응시켜 분석한 액체크로마토그래피의 결과와 비슷하였다(Lee, 2013). 비록 신개발 라이너의 고무조성물들이 알칼리성 세척제에만 방치된 경우에는 다른 분자성 물질이 생성되거나 용출될 수 있지만, 알칼리성 세척제를 이용해 세척한 다음, 바로 산성 세척제를 이용하여 세척한 경우에는 안정하게 이용할 수 있다는 것을 알 수 있었다.

계면활성제가 포함되어 있는 세척제는 파이프라인

전용 세척제로서 알칼리 제제와 산성 제제로 이루어져 있다(Bava 등, 2011). 그리고 자동세척시스템 공정에 따라 먼저 착유 후 미온수로 행균 및 세척하고 그 다음 고온수와 알칼리성 세척제를 이용하여 세척한 다음 산성 세척제와 미온수를 사용하여 세척한다(Reinemann 등, 2000). 본 연구 결과 착유기의 세척에 있어서 계면활성제 세척제를 사용하는 경우에는 알칼리성 제제로 세척한 다음 반드시 산성 제제로 세척해 주도록 주지시켜야 할 것이다.

## 결론

계면활성제 세척제가 신개발 라이너 고무조성물에 어떠한 화학적 영향을 미치는 가를 조사하기 위하여 자외선분광광도계, 이온크로마토그래피를 이용하여 생성물의 생성여부를 확인하였다.

산성 세척제와 반응시킨 신개발 라이너 고무조성물들의 흡수피크와 흡광도는 1시간동안 반응시킨 경우 차이가 적었으나, 4시간동안 반응시킨 경우에는 변화가 있음을 알 수 있었다. 또한 이온크로마토그래피 결과 신개발 라이너 고무조성물들과 반응하여 얻은 이온크로마토그래피의 결과는 산성 세척제만의 결과와 유사하여 어떠한 이온종도 생성되지 않음을 알 수 있었다.

산성과 알칼리성 세척제와 신개발 라이너 고무조성물을 반응시켜 얻은 3종류의 샘플용액에 대하여 자외선분광광도계, 이온크로마토그래피 그리고 액체크로마토그래피를 이용하여 생성물의 생성여부를 확인하였다. 첫 번째 재료용액의 흡수스펙트럼에서는 알칼리성 세척제만의 흡수스펙트럼과 흡광도나 흡수피크의 형태가 크게 달랐으나, 이온크로마토그래피에서는 순수한 알칼리성 세척제만에 의해 나타나는 두 개

의 주된 피크만이 측정되었다. 그러나 액체크로마토그램에서는 순수한 알칼리성 세척제만에 의해 기인하는 두 개의 주된 피크이외에 각 라이너에 3분대의 피크들이 관찰되어, 알칼리성 세척제와 반응하여 여러 가지 분자성 물질이 생성되거나 라이너로부터 용출되었으나, 산성 제제로 세척한 경우는 어떠한 이온종도 생성되지 않았다.

## 감사의 글

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

## REFERENCES

- Bava L, Zucali M, Sandrucci A, Brasca M, Vanoni L, Zanini L, Tamburini A. 2011. Effect of cleaning procedure and hygienic condition of milking equipment on bacterial count of bulk tank milk. *J Dairy Res* 78: 211-219.
- Hamann J, Mein GA, Wetzel S. 1993. Teat tissue reaction to milking: effects of vacuum level. *J Dairy Sci* 76: 1040-1046.
- 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, Pyörälä S. 2005. Visual detection of technical success and effectiveness of teat cleaning in two automatic milking systems. *J Dairy Sci* 88: 3354-3362.
- Kim JM, Park JM, Kim KT, Moon KW, Park SJ, Shin DW, Kim MH, Kim JM. 2013. Analysis of dish detergent in anionic and nonionic surfactants by HPLC. *Food Eng Prog* 17: 137-142.
- Langlois BE, Cox JS Jr, Hemken RH, Nicolai J Jr. 1981. Milking vacuum influencing indicators of udder health. *J Dairy Sci* 64: 1837-1842.
- Lee JC. 2007. Study on the physical properties of new developed teat cup liner compounds. *J Vet Clin* 24: 201-207.
- Lee JC. 2013. Chemical effect of the detergents used for cleaning a milking machine on the teatcup liner materials. *Korean J Vet Serv* 36: 273-281.
- Lee JC, Park HR, Kim MS, Lee CG, Lee CY. 2005. A study on the physical and chemical properties of teat cup liners. *J Vet Clin* 22: 100-107.
- 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.
- McDonald JS. 1975. Effect of milking machine design and function on new intramammary infection. *J Milk Food Technol* 38: 44-51.
- Mein GA, Williams DM, Thiel CC. 1987. Compressive load applied by the teatcup liner to the bovine teat. *J Dairy Res* 54: 327-337.
- Morin DE, Petersen GC, Whitmore HL, Hungerford LL, Hinton RA. 1993. Economic analysis of a mastitis monitoring and control program in four dairy herds. *J Am Vet Med Assoc* 202: 540-548.
- Park JK, Kim CH. 2010. Cleaning effects of environmental-friendly washing detergent on milking installation in dairy farms. *J Fd Hyg Safety* 25: 346-353.
- Rasmussen MD, Madsen NP. 2000. Effects of milkline vacuum, pulsator airline vacuum, and cluster weight on milk yield, teat condition, and udder health. *J Dairy Sci* 83: 77-84.
- Rebhun WC. Diseases of dairy cattle. 1995. pp. 298-302. 1st ed. Williams & Wilkins, Philadelphia.
- Reinemann DJ, Wolters GMVH, Rasmussen MD. 2000. Review of practices for cleaning and sanitation of milking machines. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.548.7193&rep=rep1&type=pdf>.
- 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.
- Spencer SB, Jones LR. 2000. Liner wall movement and vacuum measured by data acquisition. *J Dairy Sci* 83: 1110-1114.