

## 유두컵 라이너의 물리화학적 특성 조사

이정치\* · 박형련\*\* · 김명선\*\*\* · 이정길 · 이채용<sup>1</sup>

전남대학교 수의과대학, \*서정대학 애완동물과,  
\*\*전남대학교 자연과학대학, \*\*\*금호산업(주) 사업부 연구소

### A Study on the Physical and Chemical Properties of Teat Cup Liners

Jeong-chi Lee\*, Hyoung-ryun Park\*\*, Myeong-seon Kim\*\*\*, Chung-gil Lee and Chai-yong Lee<sup>1</sup>

College of Veterinary Medicine, Chonnam National University, Gwangju Korea

\*Department of veterinary nurse and pets sciences, Seojeong College Yangju, Korea

\*\*College of Natural Sciences, Chonnam National University, Gwangju Korea

\*\*\*R&D Center Tire Business Unit, Kumho Industrial Co. Ltd., Gwangju Korea

**Abstract:** This study was carried out to investigate the physical and chemical properties of teat cup liners. The hardness of the liners was 50~67, and their fatigue to failure 38~1,185 cycles. The elongation and tensile strength of these liners were about 134 kgf/cm<sup>2</sup> and 473%, respectively. The infrared spectrum and the gas chromatogram revealed that the liner A was consisted of NR, SBR, and BR, with a composition ratio of 60:20:20 (part per hundred rubber). The raw rubber materials used for liners B to G, on the other hand, were NBR only. However, the liner H was made of silicon rubber. The thermogravimetric analysis showed that the liners tested in this study contained raw rubber material, carbon black, organic compounds and metallic compounds.

**Key words :** teat cup liners, physical and chemical properties, raw materials.

## 서 론

착유기는 맥동기, 유두컵 및 라이너를 포함하는 착유 유니트와 착유 시 진공압을 공급하는 진공펌프로 구성된다. 그중 유두컵 라이너는 착유기의 중요한 구성요소로<sup>16</sup> 유두컵의 양쪽 끝에 고정되어 있으면서<sup>11</sup> 유두컵 내부와 라이너 사이에 적용되는 진공압과 대기압에 의해 개방과 폐쇄가 반복되는 고무제품이다<sup>4,5</sup>. 이러한 라이너의 유두에 대한 주기적인 마사지와 팽창작용이 유두조직 내에 체액이 축적되는 것을 막고, 음압상태에서 혈액과 림프의 순환을 촉진시키며<sup>11,13,16</sup>, 마침내 유두컵라이너를 통해 우유가 배출되게 한다.

라이너들은 천연고무나 합성고무 등과 같은 원료고무에 충진보강제와 유기물질 등을 혼합시켜 제조한 고무제품으로서 첨가된 물질의 종류와 조성비에 따라 라이너의 물성이 결정된다. 그렇게 만들어진 라이너는 빛, 오존, 착유횟수, 유지방 그리고 염소계 소독제에 의해 손상을 받는다<sup>10</sup>. 따라서 라이너의 내구연한은 제조에 사용된 원료고무의 종류와 이에 따른 인장강도, 경도 등의 물리적 성질 및 라이너의 형상, 사용횟수등에 의해 영향을 받는다.

Petukhov 등<sup>12</sup>은 라이너의 재질을 실리콘으로 했을 때 투명한 재질의 사용으로 착유기의 적절한 교체시기를 알 수 있어서 유방염 발생을 감소시킬 수 있었다고 하였는데, 이와

같은 연구결과는 라이너의 재질이 유방염 발생과 관련이 있음을 시사한다. 그래서 라이너를 선택할 때는 이러한 재질 및 유두의 형태학적 특성을 고려해야 한다<sup>10</sup>.

유방염의 발생은 물론이며 우유의 품질에도 영향을 미칠 수 있는 라이너의 재질에 대한 물리화학적 연구는 국내외를 막론하고 찾아보기 어려운 실정이다. 라이너의 제조에 사용된 것과 같은 고분자 물질의 물리화학적 성질을 분석하기 위해서는 다양한 분석기를 이용하여야 한다. 고무조성물인 라이너의 물리적 특성을 알아내기 위해서는 가황고무를 평가하는 기준시험법인 인장시험을 통해 인장강도(tensile strength), 신장률(elongation) 등을 측정하고 경도(hardness)와 피로도(fatigue to failure) 등을 측정해야 한다<sup>6</sup>. 그리고 라이너 고무 조성물의 화학적 조성을 분석하기 위해서는 적외선 분광광도계 기체크로마토그래피 및 열중량분석기 등과 같은 분석기를 이용해야 한다<sup>6,8,9</sup>.

이 연구에서는 우리 나라에서 많이 사용되고 있는 라이너 몇 종류를 선택하여 그 재질의 물리화학적 성질을 조사하였다.

## 재료 및 방법

### 실험재료

라이너의 물리화학적 성질을 분석하기 위하여 가장 많이 사용되고 있는 것으로 알려진 8가지 라이너를 구입하여 실험했다. 그중 6가지는 수입된 것이었으며, 나머지 두 가지는

<sup>1</sup>Corresponding author.  
E-mail : cylee@chonnam.ac.kr

우리 나라에서 제조된 것이었다.

### 라이너의 물리적 성질 조사

#### 1. 경도

라이너의 단단함을 나타내는 척도인 경도시험은 Hardness Tester (Model JIS A, Japan)를 이용하여 5회 이상 측정하여 그 평균값을 구하였다.

#### 2. 피로도

각 라이너들을 일정한 크기로 절단한 다음 Fatigue to failure tester (K-49 Monsanto, USA)를 이용하여 25°C에서 한 cycle당 100번씩 굴신시켜 손상되는 cycle을 측정하였다.

#### 3. 인장강도와 신장률

라이너가 끊어질 때까지 걸리는 힘을 측정하는 인장강도와 끊어질 때까지 늘어나는 정도를 측정하는 신장률은 Tensile tester (Instron 6021, USA)로 측정하였다.

### 라이너의 화학적 성질 조사

#### 1. 적외선분광광도계에 의한 분석

고분자성 물질인 라이너의 제조에 사용된 원료고무의 종류와 구조를 확인하기 위하여 적외선분광광도계를 이용하여 각각의 라이너에 대한 적외선흡수스펙트럼을 측정하였다. 각 라이너에 대한 적외선흡수스펙트럼은 2g의 라이너 재료를 10ml의 톨루엔에 녹인 다음 미리 제조한 KBr 펠렛에 코팅시켜 말린 후 Infrared spectrophotometer (Bio-rad exacalibur FTS 3000, USA)를 이용하여 측정하였다.

#### 2. 기체크로마토그래피에 의한 분석

위와 같은 적외선흡수스펙트럼의 측정 결과, 각 라이너의 제조에 이용된 원료고무를 확인한 후 라이너에 함유된 고무의 정확한 정량·정성분석을 위하여 기체크로마토그래피를 이용하였다. 측정조건은 각 라이너 고무조성물들이 고형물이기 때문에 열분해장치가 부착된 HP 5890 기체 크로마토그래피(Pyrolysis Gas Chromatography, Hewlett Packard, Avondale, USA)를 이용하여 550°C로 순간적으로 열분해하여 기화시킨 다음 DB-5 column (0.25 μm×50 m)에 주입하

여 column의 온도를 60~200°C까지 분당 8°C씩 승온시키면서 분리한 후, Flame Ionization Detector를 이용하여 검출하였다.

#### 3. 열중량분석기에 의한 분석

원료고무이외에 라이너에 존재하는 다른 종류의 물질을 확인하기 위하여 열중량분석기(Thermal analysis system, Perkin Elmer 7 Series, USA)를 사용하였다. 분석조건은 10~15mg의 라이너 재료를 100°C에서 처음 8분 동안 등온으로 대기시킨 다음, 700°C까지 분당 40°C로 승온시키면서 마지막 700°C에서 2분간 대기시킨 후 측정하였으며, 운반기체는 300°C까지는 N<sub>2</sub>를 그리고 300~570°C사이에는 O<sub>2</sub>를 사용하였다.

## 결 과

### 라이너의 물리적 성질

8가지 종류의 라이너들에 대한 경도, 피로도, 인장강도 및 신장률의 시험 결과는 Table 1과 같다. 먼저 경도는 50~67이었는데, 라이너 A가 가장 낮았고 라이너 G가 가장 높았다. 또한 피로도는 38~1,185 cycle까지 다양하게 조사되었는데, H가 가장 높았고 G가 가장 낮았다. 인장강도는 92~167 kgf/cm<sup>2</sup>이었으며, C가 가장 높았고 H는 100 kgf/cm<sup>2</sup> 이하로 다른 제품에 비해 매우 낮았다. 그리고 신장률은 357~572%이었으며, H가 가장 높았고 G가 가장 낮았다.

### 라이너의 화학적 성질

#### 1. 적외선분광광도계에 의한 분석

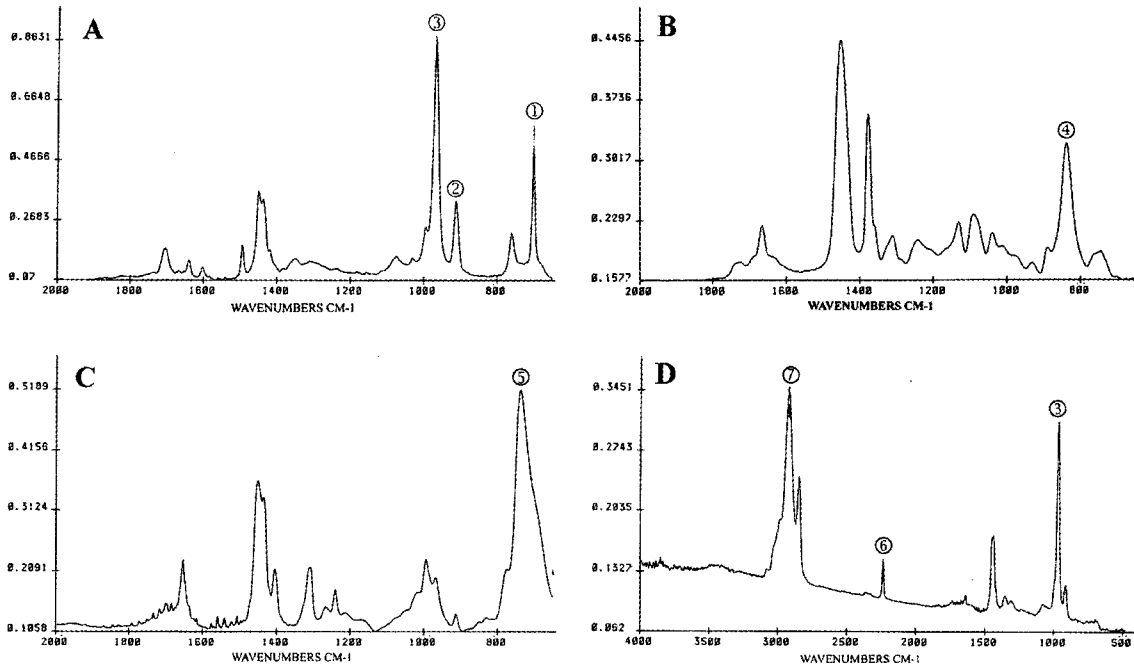
먼저 라이너의 원료고무로 많이 사용되는 polystyrene-butadiene rubber (SBR), natural rubber (NR), polybutadiene rubber (BR) 그리고 nitrile rubber (NBR)의 적외선흡수스펙트럼을 측정하여 그 결과를 Fig 1에 나타내었다.

이어서 각각의 라이너에 대해서도 동일한 조건에서 적외선 흡수스펙트럼을 측정하였다. 라이너 A의 적외선 흡수스펙트럼은 Fig 2에 나타난 바와 같이, 700 cm<sup>-1</sup>에서 styrene의 피크가 관찰되었고 966 cm<sup>-1</sup>에서 C=C 이중결합의 trans

Table 1. Hardness, fatigue to failure, tensile strength and elongation of liners used in this study

Liners	Hardness	Fatigue to failure (cycle)*	Tensile strength (kgf/cm <sup>2</sup> )	Elongation(%)
A	50	807	159	522
B	58	199	111	412
C	55	757	167	462
D	58	274	131	437
E	61	762	162	475
F	59	199	145	545
G	67	38	100	357
H	66	1,185	92	572
Mean	59	528	134	473

\*1 cycle = 100 times/min.



**Fig 1.** Infrared spectra of SBR (polystyrene-butadiene rubber, A), NR (natural rubber, B), BR (polybutadiene rubber, C) and NBR (nitrile rubber, D). ①, styrene peak; ②, vinyl peak; ③, trans C=C double bond peak; ④, cis-isoprene peak; ⑤, cis C=C double bond peak; ⑥, C≡N triple bond peak; ⑦, aliphatic C-H peak.

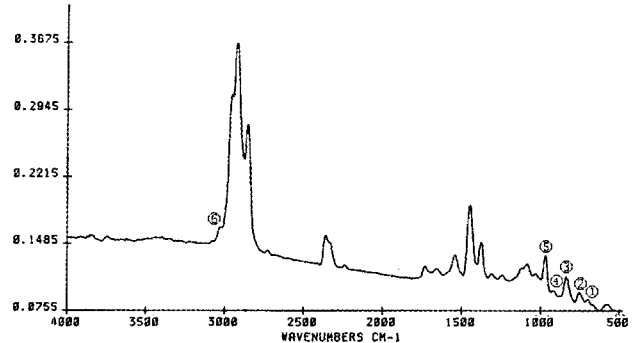
구조 피크가, 그리고 912 cm<sup>-1</sup>에서 vinyl 피크가 관찰되었으며, 3026 cm<sup>-1</sup>에서 방향족 C-H 결합의 신축운동에 기인한 SBR 흡수띠가 관찰되었다. 그리고 739 cm<sup>-1</sup>에서 C=C 이중결합의 cis구조가 관찰되어 BR도 함유되었음을 알 수 있었다. 거기에다 837 cm<sup>-1</sup>에서 천연고무의 cis-isoprene의 특성 피크가 관찰되었다.

라이너 B의 적외선 흡수스펙트럼은 Fig 3에 나타난 바와 같이 2239 cm<sup>-1</sup>에서 이 라이너들의 제조에 사용된 원료고무에는 C≡N 삼중결합의 작용기인 nitrile기가 포함되어 있음을 보여주는 C≡N 삼중결합의 신축운동에 기인하는 흡수띠가 관찰되었다. 또한 970 cm<sup>-1</sup>에서 C=C 이중결합의 trans구조 특성 흡수띠가 크게 관찰되고 2922 cm<sup>-1</sup>에서 aliphatic C-H 결합의 신축운동에 기인한 흡수띠가 관찰되면서, 3026 cm<sup>-1</sup>에서 방향족 C-H 결합의 신축운동에 기인한 흡수띠가 관찰되지 않는 것으로 보아 오로지 지방족 화합물에 nitrile기만 포함하고 있는 한 가지 종류의 원료고무가 사용된 것으로 추측되었으며, 이러한 결과는 라이너 C, D, E, F 및 G에서도 동일하였다.

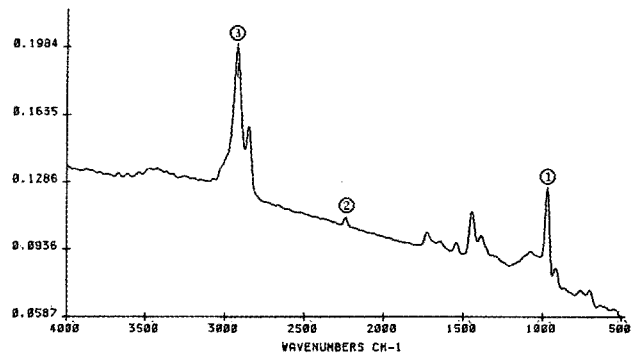
그러나 라이너 H에 대한 흡수스펙트럼은 Fig 4에 나타난 바와 같이 유일하게 1010 cm<sup>-1</sup>에서 실리콘 고무의 특성 피크인 Si-O의 진동운동에 기인한 흡수띠가 관찰되었다.

**2. 기체크로마토그래피에 의한 분석**

위의 적외선분광광도계에 의한 분석결과 라이너의 표준재료는 SBR, NR, BR, 그리고 NBR 원료고무인 것으로 밝혀져 이 네 가지 재료에 대한 기체크로마토그램을 실시하고 그 결과를 Fig 5에 나타냈다. SBR에 대한 기체크로마토그램은



**Fig 2.** Infrared spectrum of liner A. ①, styrene peak; ②, cis C=C double bond peak; ③, cis-isoprene peak; ④, vinyl peak; ⑤, trans C=C double bond peak; ⑥, aromatic C-H peak.



**Fig 3.** Infrared spectrum of liner B. ①, trans C=C double bond peak; ②, C≡N triple bond peak; ③, aliphatic C-H peak.

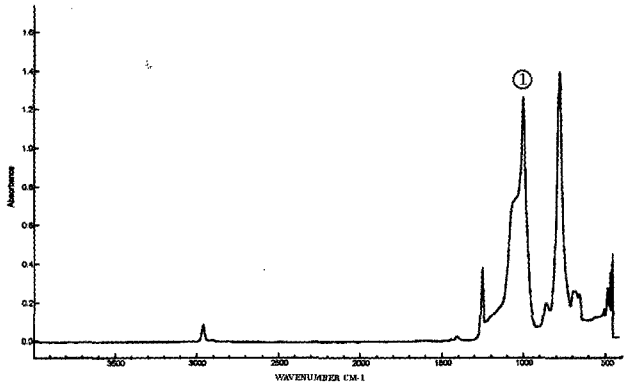


Fig 4. Infrared spectrum of liner H. ①, Si-O peak.

1.6분대, 6.9분대에서 각각 1,3-butadiene과 styrene에 의한 피크로 알려진 매우 큰 피크가 나타났다. NR에 대한 기체크로마토그램은 각각 isoprene과 dipentene의 피크로 알려진 1.9분대와 10.1분대에서 피크가 나타났다. 또한 BR에 대한 기체크로마토그램은 1.6분대에서 피크를 나타내었으며, NBR에 대한 기체크로마토그램은 1.6분대, 1.9분대 및 6.9분대에서 피크가 나타났다.

이어서 각 표준재료의 기체크로마토그램에서 나타난 시간과 피크를 각 라이너에 대한 기체크로마토그램에서 나타난

시간 및 피크와 비교하였다. 라이너 A(Fig 6)에서는 NR, SBR 및 BR의 특성 피크가 모두 측정되었으며, 피크의 넓이를 분석한 결과 원료고무 100 중량부는 NR:SBR:BR이 60:20:20으로 구성되었다.

라이너 B에서는 10분대의 NR 피크와 7분대의 SBR 피크가 전혀 관찰되지 않으면서 1.6분대의 1,3-butadiene 피크도 관찰되지 않았다. 이러한 사실로부터 라이너 B는 원료고무 100 중량부가 NBR 고무로만 구성되었으며 (Fig 7), 라이너 C, D, E, F 및 G에서도 동일한 결과를 얻었다.

한편 라이너 H(Fig 8)에서는 6.2분대와 10.7분대에서 silicone 고무의 특성피크가 관찰되었고 NR, SBR, BR의 피크는 관찰되지 않아 원료고무 100중량부가 silicone 고무로만 구성되었다.

3. 열중량분석기에 의한 분석

원료고무이외에 라이너에 존재하는 다른 종류의 물질을 열중량분석기로 분석한 결과를 Fig 9에 나타냈고, 각 라이너 속에 포함된 원료고무의 양, 유기물, 카본블랙 (carbon black) 및 고형분 (ash) 등의 구성 비율을 계산하여 Table 2에 요약했다. 대부분의 라이너(A~G)에는 유기물, 카본블랙, 고형분이 비교적 고르게 첨가되어 있었다. 원료고무 100중량부가 실리콘 고무로만 구성되어 있는 H에는 카본블랙은 첨가되어 있지 않았으며, 다른 라이너에 비하여 유기물은 소량이 그리고 고형분은 대량이 첨가되어 있었다.

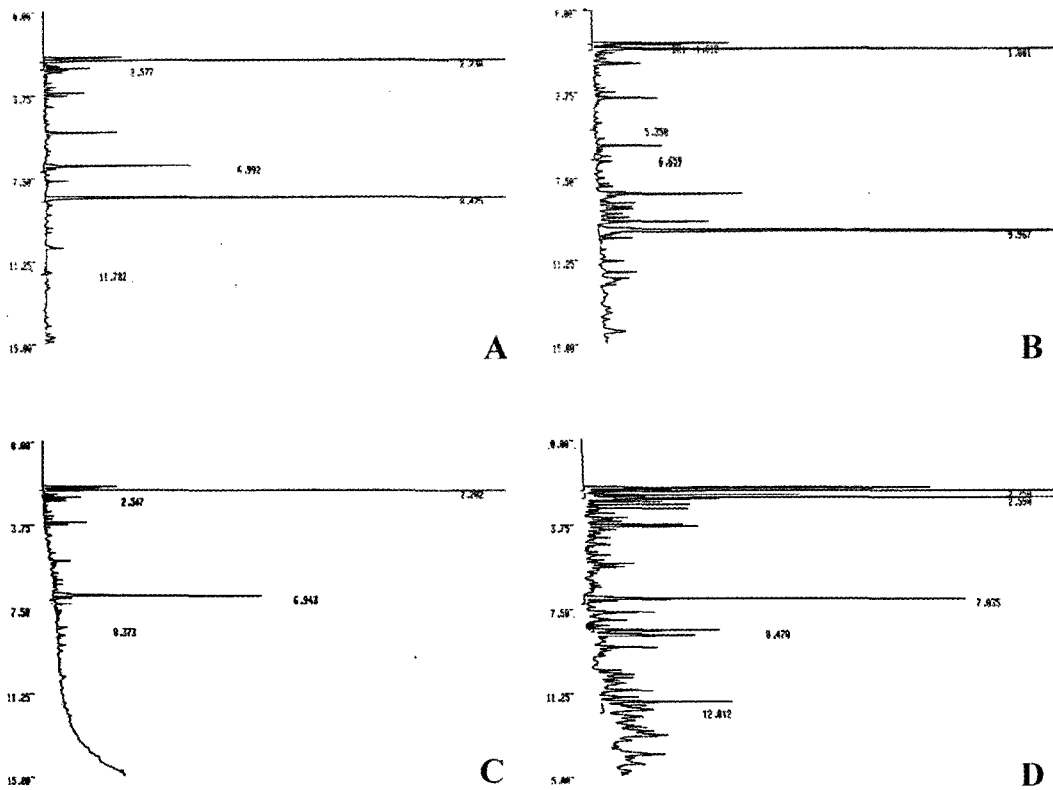


Fig 5. Gas chromatograms of SBR (polystyrene-butadiene rubber, A), NR (natural rubber, B), BR (polybutadiene rubber, C) and NBR (nitrile rubber, D).

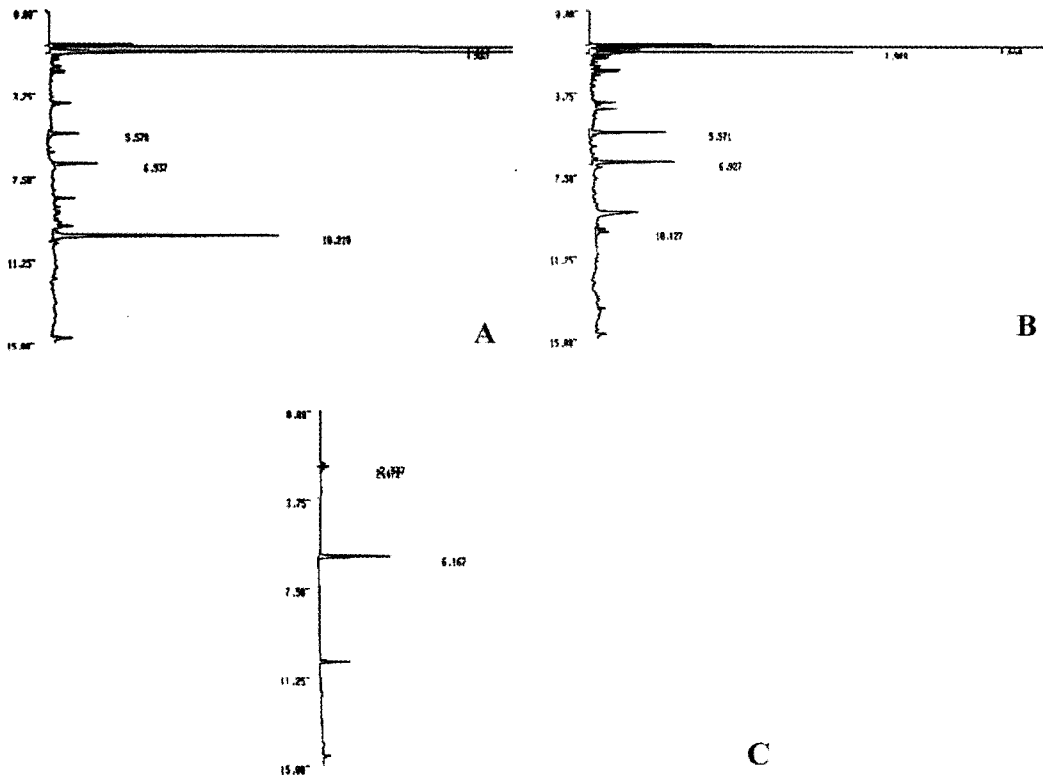


Fig 6. Gas chromatograms of liner A (A), liner B (B) and liner (C).

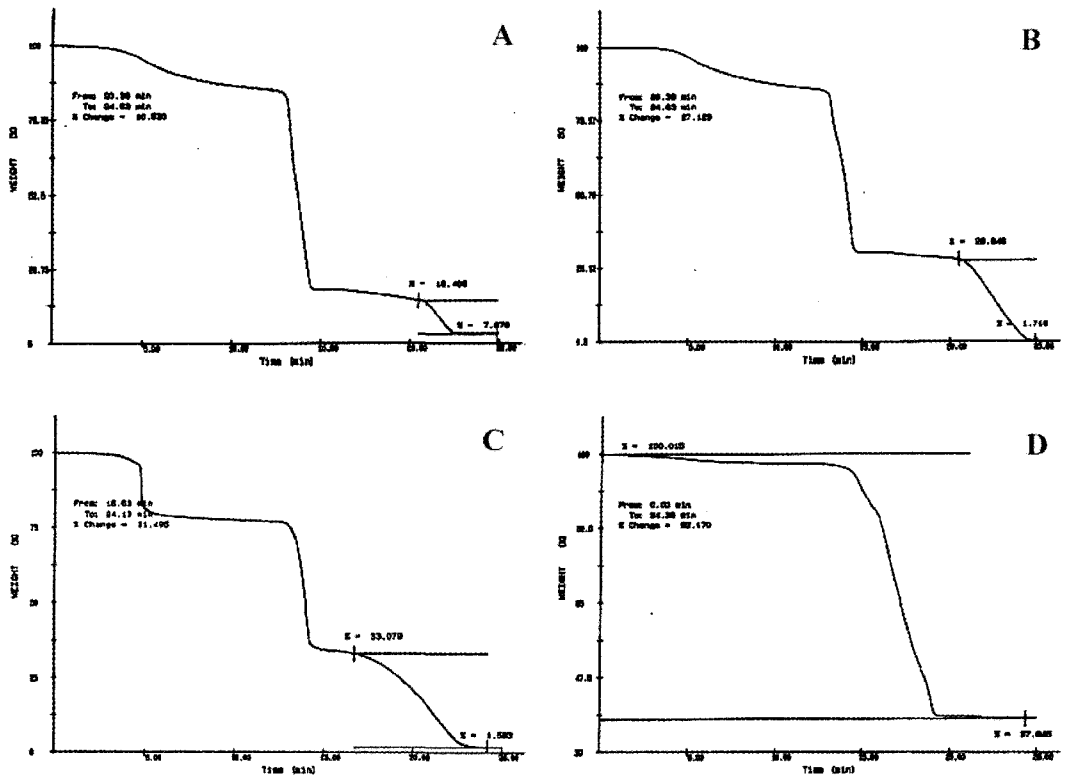


Fig 7. TGA thermograms of liner A (A), liner B (B), liner F (C) and liner H (D).

**Table 2.** The amount of other compounds per rubber raw material 100 contained in various liners

Liners	Mass of rubber raw material		Organic compounds	Carbon black	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, polybutadiene rubber; NBR, nitrile rubber.

## 고 찰

착유 시에 유두와 직접 접촉하는 부분인 라이너는 그 재질, 형태 및 크기가 다양하다. 그러한 라이너가 유두의 크기와 맞지 않거나 재질의 탄력성이 떨어지면 유두에 손상을 일으켜 젖소의 자체방어능력을 감소시킴으로써 유방염의 발생률을 증가시키기도 한다. 그래서 라이너를 선택할 때는 이러한 재질 및 유두의 형태학적 특성과 더불어 맥동수, 진공압과 라이너의 직경 및 길이가 고려되어야 한다<sup>10</sup>.

라이너는 원료고무, 충전보강제, 유기물, 가황제 등 다양한 화합물이 혼합된 고무조성물인데, 라이너의 제조에 사용된 원료고무와 충전보강제의 종류와 조성비에 따라 물성과 제품의 수명이 달라진다. 라이너의 재질에 대한 물리화학적 특성 조사는 기존 라이너의 재질의 분석뿐만 아니라 앞으로 더 나은 재질을 개발하기 위한 기초 자료로 활용될 수 있으며, 그러한 방법으로 라이너와 관련된 젖소 유방염의 발생률을 감소시킬 수도 있다. 이 연구에서는 현재 우리 나라의 젖소 목장에서 많이 사용되고 있는 라이너 8가지의 물리적 특성과 라이너의 제조에 사용된 주요 물질의 화학적 특성을 조사하였다.

실험에 사용된 8가지 라이너들의 경도는 널리 사용되고 있는 연질고무제품의 수준으로 라이너가 신축운동을 반복하면서 유두에 착유와 마사지를 하는 데 알맞은 경도이었다. 또한 대부분의 라이너들은 피로도가 200~800 cycle이어서, 일반적으로 고하중을 지지하는 타이어의 굴신부위 고무의 피로도 값이 10000 cycle 이상인 것을 감안하면 착유 중에 라이너에 가해지는 반복 신축운동의 가혹도는 그렇게 높지 않은 것으로 판단된다. 하지만 라이너 H의 피로도 값은 1,185 cycle로 매우 높은 반면 라이너 G는 38 cycle로 매우 낮았는데, 이러한 결과로부터 라이너 G는 반복 굴신운동에 의해 피로가 축적되면 쉽게 파괴될 것으로 예상할 수 있다.

라이너들의 평균 인장강도는 약 140 kgf/cm<sup>2</sup>이었고 신장률은 약 500% 정도의 값으로서 원래의 상태에 비해 약 5배 정도까지 신장될 수 있는 물리적 성질을 갖고 있음을 알 수 있었다. 이러한 물리적 성질은 천연고무와 합성고무 (BR, SBR, 니트릴 및 부틸고무) 등에 충전제, 가황제 및 기타 화

합물질들을 혼합하여 적절한 조건으로 배합하여 가황하면 얻을 수 있는 것이다. 한편 라이너 B, G 및 H의 인장강도는 다른 라이너들보다 낮게 측정되었는데, 이 라이너들은 충격이나 압력이 가해지면 다른 라이너들에 비해 쉽게 파손될 것으로 판단된다.

적외선흡수스펙트럼은 순수한 화합물이 아닌 혼합물의 경우에는 정확한 화학구조를 알아내는 것이 쉽지는 않지만 몇 가지 특성 피크로부터 혼합물 속에 존재하는 원료고무의 성분을 추정할 수 있게 해준다. 따라서 고분자성 물질로서 여러 가지 화합물이 혼합된 라이너 재질의 화학적 조성과 원료고무를 확인하기 위해서는 먼저 고무제품의 제조에 주로 사용되는 원료고무들의 적외선흡수스펙트럼을 측정하여 그 원료고무들만의 특성 피크를 확인한 다음, 라이너 각각의 적외선흡수스펙트럼을 측정하여 특성피크를 비교하는 방법이 가장 많이 사용되고 있다. 이 연구에서도 그 방법을 적용한 결과, 라이너 A의 적외선흡수스펙트럼에서는 styrene 피크로부터 SBR을<sup>3,8</sup>, cis 구조의 C=C 이중결합으로부터 BR을<sup>1,8</sup>, 그리고 cis-isoprene의 특성 피크로부터 NR을 확인할 수 있어서<sup>6,8</sup> 라이너 A에는 NR, SBR 및 BR이 사용된 반면, 라이너 B, C, D, E, F 및 G의 적외선흡수스펙트럼에서는 방향족 화합물을 함유하는 원료고무는 사용되지 않고 C≡N 삼중결합을 갖는 butadiene 원료고무, 즉 NBR 외에는 다른 원료고무가 사용되지 않은 것으로 판단할 수 있었다. 그러나 라이너 H의 적외선흡수스펙트럼은 이 실험에서 조사된 다른 라이너들의 흡수스펙트럼과는 전혀 다른 양상을 보여주었는데, 이것은 라이너 H의 제조에는 SBR, NR, BR 그리고 NBR의 원료고무가 아닌 실리콘고무가 사용되었음을 지시하는 것으로 볼 수 있다<sup>2,7</sup>.

적외선분광도계에 의한 분석은 그러나 두 가지 이상의 물질이 존재할 경우 정성분석에 정확성을 기할 수 없기 때문에 이 연구에서는 이어서 각 라이너들과 동일한 조건에서 측정된 순수한 SBR<sup>9,14,15</sup>, NR<sup>9,14</sup>, BR<sup>14</sup> 및 NBR<sup>15</sup> 고무에 대한 기체크로마토그램을 측정하여 비교하였다. 라이너와 같은 고분자물질의 기체크로마토그램을 측정하기 위해서는 550°C로 순간 가열한 후 기체화시킨 다음 주입시키기 때문에 여러 가지의 분절 (fragmentation)된 다양한 피크들이 나

타난다. 측정된 피크들의 머무름 시간과 상대적인 넓이는 각 라이너의 성분과 정량적인 관계를 암시해 주고 있는 지표이다. 따라서 각 라이너에서 측정된 머무름 시간과 피크의 면적을 동일한 조건에서 측정된 표준재료인 SBR, NR, BR 및 NBR의 기체크로마토그램과 상호 비교함으로써 각 라이너에 함유된 고무의 종류와 정량적인 관계를 판단할 수 있다.

표준재료의 기체크로마토그램 결과, SBR은 1.6분대와 6.9분대에서 1,3-butadiene과 styrene으로 알려진 매우 큰 피크가 나타났고<sup>15</sup>, NR은 isoprene과 dipentene으로 알려진 피크가 1.9분대와 10.1분대에서 관찰되었으며<sup>14</sup>, BR은 1.7분대에서<sup>14</sup> 그리고 NBR은 1.6분대, 1.9분대 및 6.9분대에서 각각 피크가 나타났다<sup>15</sup>. 이러한 결과와 각 라이너들의 기체크로마토그램과 비교한 결과, 라이너 A의 경우에는 NR, SBR 및 BR의 특성 피크가 모두 측정되었으며, 피크의 넓이를 분석한 결과 NR:SBR:BR의 중량비가 60:20:20로 구성되어 있음을 알 수 있었다. 반면에 라이너 B~G의 경우에는 10분대의 NR 피크와 7분대의 SBR 피크가 전혀 관찰되지 않으면서 1.6분대에서 1,3-butadiene 피크가 관찰되지 않았다는 사실로부터 라이너 B~G는 모두 NBR의 고무에 의해 제조되어 있음을 확인할 수 있었다. 라이너 H는 6.2분대와 10.7분대에서 silicone 고무의 특성피크가 관찰되고 NR, SBR, BR 등의 특성피크가 관찰되지 않은 것으로 보아 silicone 고무로만 구성되어 있음을 알 수 있었다. 이 실험에서 적외선흡수 스펙트럼의 결과와 기체크로마토그램의 결과는 잘 일치하였다.

라이너들의 경도, 피로도 및 신장률과 같은 물리적 성질을 높이기 위해서 고무원료에 유기화합물이나 카본블랙 (탄소) 등과 같은 물질을 첨가하는데, 이 연구에서도 이러한 사실을 적외선분광광도계와 기체크로마토그래피를 이용해 확인하였다. 그 결과 모든 라이너들이 원료고무에 다른 물질이 섞여 있는 혼합물로 판명되어 그 혼합물의 양을 확인하기 위하여 열중량분석기를 이용하였다.

라이너의 열중량분석피크들은 3부분의 온도영역에서 특징적인 열분해가 일어나고 있음을 보여주고 있는데, 첫 번째 온도영역인 100~300°C에서는 주로 유기물이 분해되고, 350°C 부근에서는 고무원료화합물이 분해되며, 550~570°C에서는 충전제로 이용되는 카본블랙이 분해되고, 마지막 700°C에서는 라이너를 구성하는 유기물, 고무, 카본블랙 등이 모두 타고 고형분 (ash)만이 남게 되는데, 여기에는 활성제로 사용되는 산화이연 등의 금속성분이 주로 포함되어 있다. 이상의 결과를 토대로 각 라이너 속에 포함된 원료고무의 유기물, 카본블랙 및 재를 포함한 화합물질들의 종류와 비율을 분석한 결과 라이너 A~G의 제조에는 카본블랙이 보강제로 첨가되었고, 유기물도 이용되었음을 알 수 있었다. 그러나 라이너 H에는 충전보강제로 카본블랙이 전혀 첨가되지 않았고 대신 실리카가 사용되었으며 유기물의 양도 가장 적게 첨가되어 있었다.

라이너의 수명을 향상시키기 위한 물리화학적 특성의 조합과 더불어 유두와 직접 접촉하는 송아지의 구강조건과 같은 라이너의 재질은 유두에 미치는 손상을 최소화할 수 있

다. 따라서 앞으로 최적의 물성 (경도, 피로도, 인장강도 및 신장률)을 지닌 라이너 재질의 개발은 송아지의 구강 생리에 근접한 방향으로 개량되어야 하며, 이를 위해서는 더 많은 연구가 수행되어야 할 필요가 있다. 또한 국내에서 판매되고 있는 대부분의 유두컵라이너가 수입품임을 감안한다면, 이 연구의 결과는 수입대체효과를 갖는 물성이 우수한 유두컵 라이너 개발에 필요한 중요한 기초자료라 생각된다.

## 결 론

우리 나라에서 많이 사용되고 있는 8가지 종류의 라이너의 물리적 특성을 경도, 피로도, 인장강도 및 신장률로 측정하고, 이어서 적외선분광광도계, 기체크로마토그래피 그리고 열중량분석기를 이용하여 화학적으로 분석하였다. 모든 라이너들의 경도는 유두컵 라이너로서의 기능을 발휘하는데 적합한 것으로 판명되었으며, 피로도는 제품에 따라 차이가 많았다. 이들 제품의 인장강도는 평균 134 kg/cm<sup>2</sup>이었고 신장률은 평균 473%이었다. 적외선흡수스펙트럼과 기체크로마토그램으로 측정된 결과 라이너 A는 NR, SBR 및 BR의 고무원료 100중량부에 대해 60:20:20의 조성비로 혼합되어 있었고 라이너 B~G는 모두 NBR의 고무원료로 제조되어 있음을 확인하였다. 그러나 라이너 H는 다른 라이너들과 달리 실리콘고무로 제조되어 있었다. 라이너들의 열중량분석 피크들은 3부분의 온도영역에서 특징적인 열분해가 일어나고 있음을 보여, 이들 라이너에는 고무원료에 유기물과 카본블랙 또는 실리카 등이 포함되어 있었다.

## 감사의 글

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

## 참 고 문 헌

1. Binder JL. Infrared spectra of polybutadienes. *Rubber Chem Technol* 1966; 39: 945-955.
2. Blokh GA, Mal'nev AF. Infrared spectra of cured and uncured rubbers. *Rubber Chem Technol* 1959; 32: 628-638.
3. Brachaczek W, Pierson WR. Analytical method for measuring SBR tire debris in the environment. *Rubber Chem Technol* 1974; 47: 150-160.
4. Butler MC, Adley AJD. Measurement of teat cup liner wall movement. *J Dairy Res* 1993; 60: 1-7.
5. Butler MC, Hillerton JE, Grindal RJ. The control of milk flow through the teats of dairy cows. *J Dairy Sci* 1992; 75: 1019-1024.
6. Choi IS, Roland CM. Strain-crystallization of guayule and hevea rubbers. *Rubber Chem Technol* 1997; 70: 202-210.
7. Fiorenza A, Bonomi G. Identification of elastomers by infrared spectrophotometry. *Rubber Chem Technol* 1963; 36: 1129-1147.
8. Gedeon BJ, Nguyen RH. Computerization of ASTM D 3677-

- rubber identification by infrared spectrophotometry. Rubber Division, Am Chem Soc 1985; 128: 64.
9. Ghebremeskel GN, Sekinger JK, Hoffpauir JL, Hendrix C. A study of the thermal degradation products of styrene-butadiene type rubber by pyrolysis/GC/MS. Rubber Chem Technol 1996; 69: 874-884.
  10. Levesque P. Teatcup liners. Product Lait Quebe 1998; 18: 34-36.
  11. Mein GA, Williams DM, Thiel CC. Compressive load applied by the teatcup liner to the bovine teat. J Dairy Res 1987; 54: 327-337.
  12. Petukhov NA, Markin VV, Petukhova RS, Drolova LI, Zhelovatykh ZM. Effect of the teatcup liner on milk secretion and udder condition. Nauchno Tekhnicheskii Byulleten 1990; 3-4: 28-30.
  13. Rasmussen MD, Frimer ES, Kaartinen L, Jensen NE. Milking performance and udder health of cows milked with two different liners. J Dairy Res 1998; 65: 353-363.
  14. Schwart NV. Analysis of rubber compounds by means of thermogravimetry and pyrolysis-GC. Rubber Division, Am Chem Soc 1983; 123: 10.
  15. Shield SR, Ghebremeskel GN, Hendrix C. Pyrolysis-GC/MS and TGA as tools for characterizing blends of SBR and NBR. Rubber Chem Technol 2001; 74: 803-813.
  16. Spencer SB, Jones LR. Liner wall movement and vacuum measured by data acquisition. J Dairy Sci 2000; 83: 1110-1114.