

## 몇가지 천연 및 합성 고무질이 Sodium Caseinate의 거품성에 미치는 영향

양승택

경성대학교 식품공학과

### Effects of Some Natural and Synthetic Gums on the Foaming Properties of Sodium Caseinate

Seung-Taek Yang

Dept. of Food Science and Technology, Kyungsung University, Pusan 608-736, Korea

#### Abstract

To elucidate the effects of natural gums, i.e. carrageenan, locust bean gum and xanthan gum and synthetic gums, i.e. carboxymethyl cellulose (CMC) and methyl cellulose (MC) on the foaming properties of sodium caseinate, surface tension, absolute viscosity, turbidity, foaming ability, foam stability, and heat stability of the foams of the caseinate solutions with added gums were examined. The surface tension of sodium caseinate solution (5%) adding to gums at pH 4.0 and 5.0 were higher than those at pH 7.0 and 8.0. The viscosities of the solutions adding to gums (0.1, 0.2, 0.3 and 0.5%) at pH 4.0, 5.0, 7.0 and 8.0 were 2.4~170.0, 2.5~190.0, 5.3~180.0 and 6.3~99.0 cps, respectively. Especially xanthan gums predominantly increased the viscosity. Turbidities were 97.3~98.2 at pH 4.0 and 5.0 and 93.0~95.8 at pH 7.0 and 8.0. Foaming abilities of the solution adding to xanthan gum, carrageenan and locust bean gum were increased, while those of CMC and MC were decreased. Additions of xanthan gum, CMC and MC increased the foam stability, especially xanthan gum did predominantly. Xanthan gum, MC and locust bean gum were more effective than CMC and carrageenan for heat stability. For improving the foaming properties of sodium caseinate xanthan gum were best of five kinds of gums. Surface tensions and turbidities of the solution were related to foaming ability, and the viscosities were related to foam stability and heat stability.

Key words : sodium caseinate, gums, foaming properties

#### 서 론

식품에 대한 소비자의 기호성이 다양화됨에 따라 식품공업에서는 식품의 균일성과 저장 안정성을 증진시키기 위하여 여러가지의 hydrocolloid가 다양하게 이용되고 있으며, hydrocolloid는 식품의 안정제, 증점제, 결착제, 유화제, 분산제, 젤화제, 보습제, 기포제 및 빙결정성장 방지제 등으로써 광범위하게 이용되고 있다.

기포제로 사용되는 단백질은 물의 표면장력을 감소시키고 기포 주위에 응집력이 강한 막을 형성할 수 있는 특성이 있어야 하며<sup>1</sup> 단백질의 거품성을 증진시킬 목적으로 고무질이 사용될 수 있다<sup>2</sup>. 단백질과 점질다당류와의 상호작용은 식품의 기능성과 밀접한 관계가 있으

며<sup>3</sup> 단백질이 다당류와 복합체를 형성하는 것은 단백질의 기능성을 조정하는 유효한 수단이 될 수 있다<sup>4</sup>.

일부의 고무질이 거품의 안정제로서 유효하다고는 하나 단백질, 특히 sodium caseinate에 천연 및 합성 고무질을 작용시키므로써 단백질-고무질 상호작용에 의하여 거품성을 증진시키려는 상세한 연구보고는 혼하지 않다. 따라서 본 연구에서는 천연 및 합성 고무질이 단백질의 거품성에 미치는 영향을 밝힐 목적으로 우선 천연 고무질 중 carrageenan, locust bean gum 및 xanthan gum, 합성 고무질 중 carboxymethyl cellulose (CMC) 및 methyl cellulose (MC)를 가지고 이들을 sodium caseinate에 작용시켜 이들 5종 고무질이 각각 sodium caseinate의 거품성에 미치는 효과를 검토하였다.

## 재료 및 방법

### 실험재료

본 실험에 사용된 단백질은 sodium caseinate (Miprodan 20-0, Denmark ; 수분 5.5%, 단백질 89.7%, 지방 1.0%, 회분 3.6% 및 탄수화물 0.2%)이었으며, 천연 고무질로서 carrageenan (type I, kappa-carrageenan), locust bean gum 및 xanthan gum, 합성 고무질로서 carboxymethyl cellulose (CMC, medium viscosity) 및 methhyl cellulose (MC, medium viscosity)는 모두 Sigma (USA)제를 사용하였다.

### 단백질 시료용액의 조제

Sodium caseinate (5%, w/v)에 carrageenan, locust bean gum, xanthan gum, CMC 및 MC를 0.1, 0.2, 0.3 및 0.5% (w/v)의 농도 별로 각각 첨가한 후 자석교반기에서 교반하면서 각 첨가농도 별로 pH를 각각 7.0 및 8.0으로 조절하고 30분간 수화하여 시료 용액을 조제하였으며, pH 4.0 및 5.0에서는 단백질의 응고 현상이 나타나므로 Konstance와 Strange<sup>9</sup>의 방법에 준하여 0.6M NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>용액으로 가용화하여 조제하였다.

### 표면장력의 측정

조제한 시료 용액의 표면장력은 du Nuoy ring을 이용한 Fisher tensiometer (Model 20, Fisher Scientific, Pittsburgh, Pa)를 사용하여 25°C (증류수, 73.0dyne/cm)에서 측정하였다.

### 점도의 측정

조제한 시료 용액의 점도는 25±0.1°C에서 Rion viscotester (VT-03/04, Rion, Tokyo, Japan)로써 절대점도를 측정하였다.

### 혼탁도의 측정

시료 용액의 혼탁도는 Phillips 등<sup>10</sup>의 방법에 준하여 측정하였다. 즉, 조제한 시료 용액의 응집의 정도는 분광도계를 이용하여 500nm에서의 투광도에 의하여 측정하였으며 다음 식에 의하여 혼탁도를 계산하였다. 혼탁도=(1-투광도)×100. 혼탁도 값이 100일 때는 완전하게 혼탁한 용액 (투광도 0)에 상당한다.

### 거품형성능의 측정

시료용액의 거품형성능은 Phillips 등<sup>10</sup>의 방법에 준하여 Mixmaster mixer (No 01400, Sunbeam, USA)로

써 측정하였다. 즉 조제한 단백질 시료 용액 50ml를 1.5L의 whipping용 용기에 넣어 double beater로써 98 rpm에서 5분 간격 (5, 10, 15 및 20분)으로 합계 20분 동안 whipping하였으며 각각의 5분 경과시마다 형성된 거품 100ml의 무게를 측정하였다. 거품형성능은 다음 식에 의하여 % overrun으로써 나타내었다.

$$\% \text{ Overrun} =$$

$$\frac{(\text{시료 용액 } 100\text{ml} \text{의 무게}) - (\text{거품 } 100\text{ml} \text{의 무게})}{(\text{거품 } 100\text{ml} \text{의 무게})} \times 100$$

### 거품안정성의 측정

거품의 안정성, 즉 drainage는 Phillips 등<sup>10</sup>의 방법에 준하여 시료 용액을 15분간 whipping한 후 측정하였다. 1.5L의 whipping용 용기의 밀바닥에 직경 0.6cm의 원모양의 구멍을 뚫어, 형성된 거품을 실온에 방치하였을 때 시간의 경과에 따라 이 구멍을 통하여 밖으로 유출되는 액체의 무게를 digital balance (PC 400, Mettler, Switzerland)로써 측정하였다. 이 때 유출되어 나오는 액체의 무게가 whipping직후 전체 무게의 50%가 되는데 소요되는 시간을 측정하였다.

### 거품의 열안정성 측정

거품의 열안정성은 Phillips 등<sup>10</sup>의 방법에 준하여 측정하였다. 즉, 5분 간격으로 합계 20분간 whipping하면서 매 5분마다 petri dish (107.5ml)에 시료 용액에서부터 형성된 거품을 채워 일정한 상대습도가 유지된 90°C의 oven에서 30분간 가열한 후 꺼내어 실온에서 30분간 냉각하였다. 이 때 petri dish에 남아 있는 거품의 높이와 직경으로부터 부피를 계산하였으며 가열 전의 부피 (107.5ml)에 대한 백분율로 나타내었다.

### 통계처리

자료의 분석은 SAS/PC<sup>7</sup>로써 GLM (General Linear Model)을 사용하였으며 Duncan의 다중범위검정으로 처리하여 LSD (유의수준 0.05)를 구하였다.

### 결과 및 고찰

#### 표면장력, 점도 및 혼탁도

Table 1은 carrageenan, locust bean gum, xanthan gum, CMC 및 MC 등 5종의 천연 및 합성 고무질을 pH 4.0, 5.0, 7.0 및 8.0, 농도 0.1, 0.2, 0.3 및 0.5% 별로 sodium caseinate (5%, w/v)에 각각 첨가하였을 때 표

**Table 1.** Effects of natural and synthetic gums on the surface tension, viscosity and turbidity of sodium caseinate (5%) at different pH

pH	Treatment <sup>ii</sup>	Surface tension (dyne/cm)	Viscosity (cps)	Turbidity at 500nm
4.0	SC	49.7	0.2	98.0
	SC + 0.1% Car	51.2	2.4	98.0
	SC + 0.2% Car	51.6	2.6	98.2
	SC + 0.3% Car	52.4	2.8	98.2
	SC + 0.5% Car	52.6	3.9	98.0
	SC + 0.1% Loc	50.2	3.5	97.8
	SC + 0.2% Loc	50.0	4.5	98.1
	SC + 0.3% Loc	50.3	4.9	97.7
	SC + 0.5% Loc	50.8	9.1	97.9
	SC + 0.1% Xan	50.9	8.9	98.0
	SC + 0.2% Xan	51.1	21.8	98.1
	SC + 0.3% Xan	51.3	59.0	98.0
	SC + 0.5% Xan	53.0	170.0	98.2
	SC + 0.1% CMC	50.4	2.8	98.0
	SC + 0.2% CMC	51.2	4.0	98.0
	SC + 0.3% CMC	50.7	7.1	98.0
	SC + 0.5% CMC	50.5	15.0	97.8
	SC + 0.1% MC	50.7	3.3	98.1
	SC + 0.2% MC	52.1	2.5	97.9
	SC + 0.3% MC	53.0	2.4	97.7
	SC + 0.5% MC	53.2	4.5	98.2
5.0	SC	48.9	0.3	98.2
	SC + 0.1% Car	48.3	2.5	97.7
	SC + 0.2% Car	50.0	3.3	98.1
	SC + 0.3% Car	49.9	3.1	98.1
	SC + 0.5% Car	50.1	2.9	97.9
	SC + 0.1% Loc	50.1	3.2	97.5
	SC + 0.2% Loc	48.3	4.4	98.0
	SC + 0.3% Loc	50.0	7.8	97.5
	SC + 0.5% Loc	50.1	12.8	97.3
	SC + 0.1% Xan	49.9	9.1	97.9
	SC + 0.2% Xan	49.5	25.5	98.0
	SC + 0.3% Xan	50.0	65.0	98.0
	SC + 0.5% Xan	52.0	190.0	98.1
	SC + 0.1% CMC	50.0	4.2	97.9
	SC + 0.2% CMC	50.3	4.9	98.0
	SC + 0.3% CMC	49.9	8.9	97.9
	SC + 0.5% CMC	50.9	17.8	97.7
	SC + 0.1% MC	49.9	3.0	98.0
	SC + 0.2% MC	51.0	2.7	97.8
	SC + 0.3% MC	52.7	2.8	97.5
	SC + 0.5% MC	51.0	4.0	98.0

**Table 1. Continued**

pH	Treatment <sup>ii</sup>	Surface tension (dyne/cm)	Viscosity (cps)	Turbidity at 500nm
7.0	SC	46.7	5.0	94.2
	SC + 0.1% Car	46.0	7.1	94.7
	SC + 0.2% Car	46.4	10.9	95.0
	SC + 0.3% Car	46.8	21.8	95.0
	SC + 0.5% Car	47.5	73.0	95.2
	SC + 0.1% Loc	47.9	5.3	94.0
	SC + 0.2% Loc	48.0	8.7	94.3
	SC + 0.3% Loc	48.0	10.0	94.7
	SC + 0.5% Loc	49.7	16.5	94.7
	SC + 0.1% Xan	46.4	23.0	94.0
	SC + 0.2% Xan	47.4	58.0	94.9
	SC + 0.3% Xan	49.3	90.0	95.0
	SC + 0.5% Xan	52.4	180.0	95.8
	SC + 0.1% CMC	48.1	7.5	94.1
	SC + 0.2% CMC	48.4	10.1	94.2
	SC + 0.3% CMC	48.6	15.9	94.0
	SC + 0.5% CMC	48.5	28.0	94.0
	SC + 0.1% MC	45.1	5.7	94.3
	SC + 0.2% MC	46.0	8.4	94.2
	SC + 0.3% MC	47.5	9.9	94.5
	SC + 0.5% MC	47.3	18.0	94.0
8.0	SC	47.1	5.1	93.2
	SC + 0.1% Car	46.4	6.9	94.1
	SC + 0.2% Car	45.9	10.0	94.6
	SC + 0.3% Car	47.0	18.8	94.3
	SC + 0.5% Car	48.0	62.0	95.0
	SC + 0.1% Loc	47.4	6.3	93.7
	SC + 0.2% Loc	47.8	9.1	94.0
	SC + 0.3% Loc	47.8	10.2	94.2
	SC + 0.5% Loc	50.0	17.6	94.2
	SC + 0.1% Xan	46.1	17.0	93.5
	SC + 0.2% Xan	47.0	46.0	93.9
	SC + 0.3% Xan	48.1	81.0	94.8
	SC + 0.5% Xan	50.5	99.0	95.0
	SC + 0.1% CMC	48.1	7.9	93.9
	SC + 0.2% CMC	47.5	11.5	93.6
	SC + 0.3% CMC	48.7	15.9	93.0
	SC + 0.5% CMC	48.0	28.0	93.3
	SC + 0.1% MC	45.1	6.3	93.8
	SC + 0.2% MC	46.2	8.0	94.0
	SC + 0.3% MC	47.1	10.3	93.9
	SC + 0.5% MC	47.0	20.0	93.6

<sup>ii</sup>SC=sodium caseinate ; Car=carrageenan ; Loc=locust bean gum ; Xan=xanthan gum ; CMC=carboxymethyl cellulose ; MC=methyl cellulose

면장력, 점도 및 혼탁도의 측정결과를 나타낸 것이다. pH 4.0 및 5.0에서 표면장력이 48.0~53.0 dyne/cm, pH 7.0 및 8.0에서 45.0~50.5 dyne/cm로써 pH 4.0 및 5.0에서가 pH 7.0 및 8.0에서보다 다소 높은 경향이었다. 전체적으로 보아 고무질의 첨가농도에 따른 뚜렷한 증감은 나타나지 않았다. Bikerman<sup>11</sup>은 거품을 형성할 수 있는 용액은 낮은 표면장력을 가져야 한다고 하였으며 Mitchell<sup>12</sup> 및 Kato 등<sup>13</sup>은 낮은 표면장력을 갖는 단백질 용액은 높은 거품형성능을 갖는다고 하였다. 또한 Kitabatake와 Doi<sup>14</sup>는 단백질의 거품형성능은 표면장력 자체 보다도 표면장력의 감소율과 상관관계가 있다고 하였다. 본 실험에서도 표면장력이 pH 4.0 및 5.0에서보다 다소 낮은 pH 7.0 및 8.0 영역에서 거품형성능(Table 2)이 더 양호한 것으로 나타났다.

점도는 고무질의 첨가농도가 클수록 증가하는 경향이었으며, 특히 xanthan gum을 첨가하였을 때 첨가농도가 0.1, 0.2, 0.3 및 0.5%에서 pH 4.0의 경우 각각 8.9, 21.8, 59.0 및 170.0 cps, pH 5.0의 경우 각각 9.1, 25.5, 65.0 및 190.0 cps, pH 7.0에서 각각 23.0, 58.0, 90.0 및 180.0 cps, 그리고 pH 8.0에서 각각 17.0, 46.0, 81.0 및 99.0 cps로써 다른 고무질 첨가구에서보다 높았다. 합성 고무질 중 CMC 첨가구는 MC 첨가구보다 전체적으로 점도가 높게 나타났다.

혼탁도는 pH 4.0 및 5.0 영역에서 97.3~98.2, pH 7.0 및 8.0에서 93.0~95.8로써 pH 7.0 및 8.0에서가 pH 4.0 및 5.0에서보다 다소 낮았다. 일반적으로 단백질 용액의 혼탁도를 측정하므로써 단백질 분자간의 상호작용, 단백질 분자들의 응집 등을 추정할 수 있다고 알려져 있다.

### 거품형성능

Table 2는 5종의 천연 및 합성 고무질을 sodium caseinate에 첨가하였을 때 pH 및 첨가농도에 따른 거품형성능을 나타낸 것이다.

15분 whipping시를 보면, pH 4.0 영역의 경우 거품형성능이 가장 양호한 고무질의 첨가 농도는 carrageenan, locust bean gum, xanthan gum, CMC 및 MC 첨가구에서 각각 0.5, 0.2, 0.1, 0.2 및 0.2%이었으며, 0.2%의 동일한 첨가농도에서 거품형성능의 크기를 보면, xanthan gum, CMC, MC, carrageenan 및 locust bean gum의 순이었다 ( $p<0.05$ ). pH 4.0 영역에서 locust bean gum 및 MC 첨가구의 경우는 대조구보다 거품형성능이 떨어지는 것으로 나타났다 ( $p<0.05$ ). pH 5.0 영역에서는 전체적으로 고무질 첨가구가 대조구보다

거품형성능이 떨어졌다 ( $p<0.05$ ).

pH 7.0에서는 15분 whipping시, carrageenan을 0.1, 0.2, 0.3 및 0.5% 첨가하였을 때 overrun은 각각 921.7, 821.9, 855.4 및 726.6%이었고 pH 8.0에서 각각 737.3, 673.9, 661.8 및 617.2%로써 고무질 첨가농도의 증가에 따라 거품형성능이 감소하는 경향이었으며 0.1% 첨가시 가장 양호한 것으로 나타났다 ( $p<0.05$ ). Locust bean gum 및 xanthan gum 첨가구에서는 0.1% 첨가시 다른 첨가 농도에서보다 양호하였다. 합성 고무질인 CMC 및 MC 첨가구에서도 pH 7.0 및 8.0 영역의 경우 역시 0.1% 첨가구에서가 가장 양호한 것으로 나타났으나 전체적으로 대조구보다 떨어지는 경향이었다.

전 pH 영역을 통하여 볼 때 pH 7.0 및 8.0에서가 pH 4.0 및 5.0에서보다 거품형성능이 양호하였으며, 특히 pH 7.0에서 양호하였다. pH 7.0 및 8.0 영역을 통하여 천연고무질인 xanthan gum, carrageenan 및 locust bean gum 첨가구에서는 거품형성능 증진 효과가 있었으나 합성 고무질인 CMC 및 MC 첨가구에서는 오히려 감소하는 경향이었다.

Halling<sup>15</sup>은 단백질-단백질 상호작용 및 표면의 유동학적 성질은 단백질의 등전점부근에서 최대이지만 등전점 부근에서 응고 현상이 일어나므로 거품형성능이 감소하게 된다고 하였다. 본 연구에서도 전체적으로 보아 pH 7.0 및 8.0 영역의 결과가 sodium caseinate의 등전점 부근인 pH 4.0 및 5.0에서보다 거품형성능이 양호한 것으로 나타났다.

Johnson과 Zabik<sup>16</sup>은 단백질의 응집물들이 많으면 계면에서 거품의 막을 형성하는데 영향을 받게 되며 거품형성능을 저하시키게 된다고 하였다. 본 실험에서 혼탁도가 다소 낮은 pH 7.0 및 8.0 영역에서의 거품형성능이 혼탁도가 다소 높은 pH 4.0 및 5.0 영역의 것보다 거품형성능이 양호하였으며, pH 4.0 및 5.0 영역에서 혼탁도가 낮은 것은 sodium caseinate의 등전점 부근(pH 3.0~5.0)에서 단백질의 용해도가 떨어지기 때문이라 추정된다.

### 거품안정성

5종의 천연 및 합성 고무질을 pH 및 농도 별로 sodium caseinate에 첨가하였을 때 거품안정성의 측정결과는 Table 2에 나타낸 바와 같다. pH 4.0 영역에서는 xanthan gum 0.2% 이상 첨가했을 경우 거품안정성이 120분 이상으로써 대조구(3.2분)에 비하여 월등히 증진되었고 그 다음 MC 0.3% 첨가시 32.5분으로써 크게 증진되었다. 그러나 CMC 첨가구의 경우는 대조구보

Table 2. Effects of natural and synthetic gums on the foaming properties of sodium caseinate (5%) at different pH

pH	Treatment <sup>b)</sup>	Overrun (%) at whipping time				Foam stability(min)
		5min	10min	15min	20min	
4.0	SC	278.8	288.5	299.2	298.0	3.2
	SC + 0.1% Car	262.3	296.2	324.3	332.0	1.3
	SC + 0.2% Car	234.1	247.6	252.9	260.4	0.5
	SC + 0.3% Car	142.4	156.3	169.7	176.2	1.0
	SC + 0.5% Car	314.7	338.8	374.8	392.0	5.0
	SC + 0.1% Loc	122.4	146.9	164.2	170.3	3.7
	SC + 0.2% Loc	205.3	212.0	233.4	241.5	1.7
	SC + 0.3% Loc	153.7	173.5	208.0	222.7	1.7
	SC + 0.5% Loc	143.4	178.2	194.7	219.3	2.0
	SC + 0.1% Xan	281.5	391.3	424.9	437.9	11.2
	SC + 0.2% Xan	278.5	343.0	363.4	364.0	>120.0
	SC + 0.3% Xan	218.0	301.5	334.3	344.4	>120.0
	SC + 0.5% Xan	190.5	277.4	307.1	317.3	>120.0
	SC + 0.1% CMC	331.8	316.6	324.0	315.7	1.4
	SC + 0.2% CMC	295.0	339.9	362.7	370.7	2.0
	SC + 0.3% CMC	186.6	240.7	279.3	295.4	1.4
	SC + 0.5% CMC	196.3	262.0	304.2	326.6	2.5
	SC + 0.1% MC	123.2	130.6	142.8	162.8	0.1
	SC + 0.2% MC	232.6	256.5	268.1	301.2	1.3
	SC + 0.3% MC	212.3	230.6	259.0	275.2	32.5
	SC + 0.5% MC	226.6	248.0	239.5	262.1	21.2
5.0	SC	399.2	424.3	458.1	478.6	31.2
	SC + 0.1% Car	344.8	394.3	449.8	474.6	36.5
	SC + 0.2% Car	297.2	332.0	355.0	375.3	30.0
	SC + 0.3% Car	299.3	299.9	342.7	250.8	35.5
	SC + 0.5% Car	300.6	235.7	340.5	361.1	44.0
	SC + 0.1% Loc	223.4	240.5	242.8	249.2	24.2
	SC + 0.2% Loc	259.5	295.9	317.2	338.0	42.5
	SC + 0.3% Loc	195.2	181.8	229.8	264.4	36.0
	SC + 0.5% Loc	208.1	230.1	267.9	280.6	34.0
	SC + 0.1% Xan	148.3	176.9	215.1	295.0	>120.0
	SC + 0.2% Xan	269.1	310.2	347.7	364.1	>120.0
	SC + 0.3% Xan	206.0	288.2	338.7	353.7	>120.0
	SC + 0.5% Xan	187.1	294.6	296.7	313.1	>120.0
	SC + 0.1% CMC	277.6	337.5	408.0	422.3	41.8
	SC + 0.2% CMC	246.9	288.3	321.2	343.2	43.3
	SC + 0.3% CMC	223.2	275.6	309.2	255.3	49.8
	SC + 0.5% CMC	235.4	273.6	305.5	349.8	56.7
	SC + 0.1% MC	275.6	287.6	296.4	299.8	1.0
	SC + 0.2% MC	270.8	280.7	288.7	294.6	2.0
	SC + 0.3% MC	253.8	292.8	344.1	352.0	47.1
	SC + 0.5% MC	251.5	262.6	277.4	280.0	40.6

Table 2. Continued

pH	Treatment <sup>a)</sup>	Overrun (%) at whipping time				Foam stability(min)
		5min	10min	15min	20min	
7.0	SC	549.6	553.3	626.9	672.4	8.0
	SC + 0.1% Car	704.6	801.0	921.7	1127.6	6.1
	SC + 0.2% Car	650.2	714.5	821.9	1009.4	6.7
	SC + 0.3% Car	584.6	679.2	855.4	1161.7	17.3
	SC + 0.5% Car	493.3	592.8	726.6	1088.8	0.1
	SC + 0.1% Loc	636.8	684.7	723.9	776.8	8.3
	SC + 0.2% Loc	590.6	648.8	701.5	771.2	6.4
	SC + 0.3% Loc	543.1	603.8	648.1	705.3	6.3
	SC + 0.5% Loc	491.0	555.2	587.5	624.4	16.4
	SC + 0.1% Xan	637.1	750.3	837.8	1035.5	13.5
	SC + 0.2% Xan	582.4	704.2	863.8	1068.0	36.8
	SC + 0.3% Xan	504.3	618.0	738.7	948.9	30.9
	SC + 0.5% Xan	460.7	540.0	734.3	1040.1	27.8
	SC + 0.1% CMC	536.7	575.8	608.0	641.4	7.7
	SC + 0.2% CMC	476.2	514.4	555.7	590.3	31.3
	SC + 0.3% CMC	421.4	465.1	510.9	573.4	29.9
	SC + 0.5% CMC	395.2	453.2	494.6	551.9	38.2
8.0	SC	546.1	580.1	638.3	661.5	9.3
	SC + 0.1% Car	665.7	706.7	737.3	796.7	6.4
	SC + 0.2% Car	599.8	646.6	673.9	735.9	4.7
	SC + 0.3% Car	553.9	616.3	661.8	711.8	14.2
	SC + 0.5% Car	480.1	553.5	617.2	722.9	0.1
	SC + 0.1% Loc	637.1	698.4	744.7	798.5	7.3
	SC + 0.2% Loc	576.5	616.9	650.7	681.1	15.4
	SC + 0.3% Loc	544.9	591.0	619.1	637.6	11.5
	SC + 0.5% Loc	462.5	540.9	579.8	619.6	18.9
	SC + 0.1% Xan	599.6	712.3	800.3	955.0	25.0
	SC + 0.2% Xan	552.4	654.1	753.8	856.7	32.2
	SC + 0.3% Xan	493.8	601.1	705.9	804.4	36.9
	SC + 0.5% Xan	400.2	508.0	660.1	906.1	28.4
	SC + 0.1% CMC	505.3	511.2	527.0	534.7	13.3
	SC + 0.2% CMC	468.0	514.9	567.2	593.5	24.4
	SC + 0.3% CMC	442.8	474.1	496.3	510.0	31.9
	SC + 0.5% CMC	388.8	437.8	470.2	500.0	32.7
SC + 0.1% MC	577.1	608.3	634.8	666.2	8.1	
	SC + 0.2% MC	587.8	574.8	566.7	575.9	15.9
	SC + 0.3% MC	545.9	565.6	572.0	578.7	15.3
	SC + 0.5% MC	400.8	465.8	471.9	484.7	23.9

<sup>a)</sup>SC=sodium caseinate ; Car=carageenan ; Loc=locust bean gum ; Xan=xanthan gum ; CMC=carboxymethyl cellulose ; MC=methyl cellulose

다 오히려 감소되었다( $p<0.05$ ).

pH 5.0에서는 xanthan gum 0.1% 이상 첨가시 역시 120분 이상으로써 대조구(3.2분)보다 월등히 증가하였다. 거품의 안정성 증진효과가 가장 양호한 첨가능도는 carrageenan 0.5%, locust bean gum 0.2%, CMC 0.5% 및 MC 0.3%이었다( $p<0.05$ ). 고무질의 종류에 따른 거품안정성 증진효과는 xanthan gum, CMC, MC, carrageenan 및 locust bean gum의 순이었다.

pH 7.0에서는 CMC 0.5% 첨가구에서 38.2분으로써 대조구(8.0분)보다 크게 증가하였으며 그 다음이 xanthan gum 0.2% 첨가구에서 36.8분, MC 0.5% 첨가구에서 21.7분, carrageenan 0.3% 첨가구에서 17.3분, locust bean gum 0.5% 첨가구에서 16.4분이었다( $p<0.05$ ). pH 8.0에서는 xanthan gum 0.3% 첨가구에서 36.9분으로써 가장 양호하였고 그 다음 CMC 0.5% 첨가구, MC 0.5% 첨가구, locust bean gum 0.5% 첨가구 및 carrageenan 0.3% 첨가구의 순으로써 모두 대조구(9.3분)보다 증진되었다( $p<0.05$ ).

전 pH 영역을 통하여 볼때 pH 5.0에서 거품안정성이 가장 양호하였으며, 특히 xanthan gum 첨가구의 경우는 모든 첨가농도에서 120분 이상의 높은 안정성을 나타내었다. 전 pH 영역을 통하여 볼때 천연 고무질인 xanthan gum이 가장 효과적이었으며 합성 고무질인 CMC 및 MC도 거품안정성을 크게 증진시키는 것으로 나타났다.

Glikman<sup>13</sup>은 carrageenan, locust bean gum 및 sodium alginate와 같은 hydrocolloid는 공기-물 계면의 단백질 film을 안정하게 하는데 기여한다고 하였으며 Poole 등<sup>14</sup>은 공기-물 계면에서 단백질 film의 강도는 훈착된 단백질의 함량과 부분적으로 unfolding된 분자들이 회합할 수 있는 능력 등에 따라서 달라진다고 하였다.

Bikerman<sup>15</sup>은 단백질 용액의 거품 특성은 그들의 점도에 영향을 받는다고 하였으며 Mita 등<sup>16</sup>은 gluten 용액에 설탕을 첨가하여 점도를 높이면 거품의 안정성이 증가한다고 하였다. Sajjan과 Rao<sup>17</sup>는 hydrocolloid를 함유한 용액의 거품안정성은 점도와 직접 관계가 있다고 하였으며 carboxymethyl gum guar의 경우, 점도가 높으면 높을수록 거품안정성이 증진된다고 하였다. 본 실험 결과에서는 전 pH 영역을 통하여 볼 때 점도가 높아짐에 따라 거품안정성이 높아지는 경향은 있으나 비례적으로 증가하지는 않는 것으로 나타났다.

## 거품의 열안정성

Table 3은 5종의 천연 및 합성 고무질을 pH 및 농도별로 sodium caseinate에 첨가하여 조제한 단백질 용액을 5, 10, 15 및 20분간 whipping하여 열안정성을 측정한 결과이다. 15분 whipping하였을 경우를 전체적으로 보면, pH 4.0 영역에서는 xanthan gum 0.3% 및 0.5% 첨가시 거품의 열안정성이 각각 3.2% 및 54.1%로써 대조구에 비하여 증진되었으나 그 외의 첨가구에서는 증진효과가 없었다( $p<0.05$ ). 이와 같은 결과는 pH 4.0에서 형성된 거품이 열에 불안정하여 열처리 과정 중 쉽게 소멸되었기 때문이라 생각된다.

pH 5.0의 경우를 보면 locust bean gum 0.2% 첨가구 및 CMC 0.1% 첨가구에서는 대조구에 비하여 증진효과가 없었으나 ( $p<0.05$ ) xanthan gum 0.5% 첨가구에서는 68.4%로써 열안정성이 가장 양호하였으며 carrageenan 0.2% 및 MC 0.5% 첨가구에서는 각각 59.7% 및 26.5%로써 대조구(5.9%)에서보다 크게 증진되었다( $p<0.05$ ).

pH 7.0에서는 xanthan gum 0.5% 및 MC 0.5% 첨가구에서 각각 78.5% 및 65.4%로써 대조구(0%)보다 크게 증진되었으며 locust bean gum 0.5% 첨가구 및 CMC 0.5% 첨가구에서도 각각 22.6% 및 19.8%로 증진되었다( $p<0.05$ ). 그러나 carrageenan 첨가구의 경우는 증진효과가 없는 것으로 나타났다.

pH 8.0에서는, xanthan gum 0.5%, MC 0.5%, locust bean gum 0.5%, CMC 0.5% 및 carrageenan 0.1% 첨가구에서 각각 83.1, 67.4, 41.0, 30.7 및 15.3%로써 여러가지 농도의 첨가구 중 각각 가장 양호하였으며 전체적으로 보아 xanthan gum, MC 및 locust bean gum이 CMC나 carrageenan보다 거품의 열안정성 증진에 더욱 효과적이었다.

Xanthan gum 첨가구의 경우는 거품안정성과 거품의 열안정성이 모두 가장 양호하였으나 CMC첨가구의 경우는 MC 및 locust bean gum 첨가구보다 거품안정성은 양호하였으나 거품의 열안정성은 떨어지는 것으로 보아 거품안정성과 거품의 열안정성은 일치하지 않는다는 것을 알 수 있으며, 합성 고무질인 CMC는 물-공기 계면에서 열에 견딜 수 있는 견고한 단백질 film을 형성하는데 있어서 xanthan gum, MC 및 locust bean gum보다 못하다는 것을 알 수 있다. 특히 MC는 대부분의 고무질과는 반대로 열을 가하면 점도가 오히려 상승하는 특성이 있으므로<sup>17</sup> 이와 같은 성질은 거품의 열안정성 증진에도 기여할 것으로 추정된다.

Table 3. Effects of natural and synthetic gums on the heat stability of the foam of sodium caseinate (5%) at different pH

pH	Treatment <sup>a</sup>	Heat stability of the foam (%) at whipping time			
		5min	10min	15min	20min
4.0	SC	ND	ND	ND	ND
	SC + 0.1% Car	ND	ND	ND	ND
	SC + 0.2% Car	ND	ND	ND	ND
	SC + 0.3% Car	ND	ND	ND	ND
	SC + 0.5% Car	ND	ND	ND	ND
	SC + 0.1% Loc	ND	ND	ND	ND
	SC + 0.2% Loc	ND	ND	ND	ND
	SC + 0.3% Loc	ND	ND	ND	ND
	SC + 0.5% Loc	ND	ND	ND	ND
	SC + 0.1% Xan	ND	ND	ND	ND
	SC + 0.2% Xan	ND	ND	ND	ND
	SC + 0.3% Xan	30.9	19.1	3.2	3.2
	SC + 0.5% Xan	115.5	76.3	54.1	15.7
	SC + 0.1% CMC	ND	ND	ND	ND
	SC + 0.2% CMC	ND	ND	ND	ND
	SC + 0.3% CMC	ND	ND	ND	ND
	SC + 0.5% CMC	ND	ND	ND	ND
	SC + 0.1% MC	ND	ND	ND	ND
	SC + 0.2% MC	ND	ND	ND	ND
	SC + 0.3% MC	ND	ND	ND	ND
	SC + 0.5% MC	ND	ND	ND	ND
5.0	SC	8.9	5.9	5.9	8.9
	SC + 0.1% Car	71.1	54.9	57.7	67.4
	SC + 0.2% Car	76.6	60.8	59.7	66.6
	SC + 0.3% Car	63.0	39.4	34.2	34.4
	SC + 0.5% Car	77.8	53.9	34.4	47.4
	SC + 0.1% Loc	9.5	12.7	5.7	12.2
	SC + 0.2% Loc	6.3	11.7	6.4	6.4
	SC + 0.3% Loc	12.7	6.3	3.1	6.3
	SC + 0.5% Loc	ND	ND	3.2	ND
	SC + 0.1% Xan	6.4	3.1	3.2	6.4
	SC + 0.2% Xan	50.9	47.7	46.1	38.3
	SC + 0.3% Xan	57.2	44.5	54.9	62.9
	SC + 0.5% Xan	117.6	113.0	68.4	101.7
	SC + 0.1% CMC	6.4	6.3	6.4	ND
	SC + 0.2% CMC	6.3	6.4	3.2	3.2
	SC + 0.3% CMC	6.2	3.1	3.1	3.1
	SC + 0.5% CMC	6.3	3.2	3.1	6.3
	SC + 0.1% MC	15.6	24.4	19.1	15.8
	SC + 0.2% MC	28.6	27.1	18.9	20.6
	SC + 0.3% MC	21.6	24.4	22.1	23.5
	SC + 0.5% MC	30.2	26.8	26.5	23.7

Table 3. Continued

pH	Treatment <sup>b)</sup>	Heat stability of the foam (%) at whipping time			
		5min	10min	15min	20min
7.0	SC	ND	ND	ND	ND
	SC + 0.1% Car	ND	ND	ND	ND
	SC + 0.2% Car	ND	ND	ND	ND
	SC + 0.3% Car	ND	ND	ND	ND
	SC + 0.5% Car	ND	ND	ND	ND
	SC + 0.1% Loc	16.9	16.8	14.1	16.4
	SC + 0.2% Loc	12.6	14.2	17.9	6.1
	SC + 0.3% Loc	11.5	11.8	22.6	24.9
	SC + 0.5% Loc	21.3	30.1	16.8	21.4
	SC + 0.1% Xan	21.4	18.4	16.8	17.0
	SC + 0.2% Xan	45.5	19.6	28.2	17.0
	SC + 0.3% Xan	92.1	57.8	37.0	27.7
	SC + 0.5% Xan	71.9	87.5	78.5	54.2
	SC + 0.1% CMC	ND	ND	ND	ND
	SC + 0.2% CMC	ND	ND	ND	ND
	SC + 0.3% CMC	ND	ND	ND	ND
	SC + 0.5% CMC	25.6	29.6	19.8	29.2
	SC + 0.1% MC	ND	ND	ND	ND
	SC + 0.2% MC	27.1	50.9	51.8	43.9
	SC + 0.3% MC	49.6	42.7	47.8	28.6
	SC + 0.5% MC	51.3	72.4	65.4	63.6
8.0	SC	ND	ND	ND	ND
	SC + 0.1% Car	17.2	15.6	15.3	14.0
	SC + 0.2% Car	ND	ND	12.8	11.2
	SC + 0.3% Car	6.4	ND	ND	ND
	SC + 0.5% Car	12.5	6.4	3.3	ND
	SC + 0.1% Loc	16.0	19.6	19.2	6.4
	SC + 0.2% Loc	9.5	16.4	17.9	14.4
	SC + 0.3% Loc	6.4	20.4	23.1	23.9
	SC + 0.5% Loc	22.3	40.6	41.0	35.6
	SC + 0.1% Xan	19.1	27.7	23.6	18.6
	SC + 0.2% Xan	61.9	24.1	38.0	30.3
	SC + 0.3% Xan	91.8	61.7	65.5	35.6
	SC + 0.5% Xan	78.2	92.2	83.1	91.6
	SC + 0.1% CMC	16.3	16.5	29.0	19.4
	SC + 0.2% CMC	26.3	29.5	21.4	21.5
	SC + 0.3% CMC	25.6	26.7	27.4	27.2
	SC + 0.5% CMC	34.2	35.0	30.7	34.3
	SC + 0.1% MC	34.9	38.1	45.4	28.3
	SC + 0.2% MC	27.3	43.8	29.4	49.9
	SC + 0.3% MC	28.0	39.5	50.7	45.1
	SC + 0.5% MC	40.3	49.4	67.4	62.3

<sup>a)</sup> SC=sodium caseinate ; Car=carrageenan ; Loc=locust bean gum ; Xan=xanthan gum ; CMC=carboxymethyl cellulose ; MC=methyl cellulose ; ND=Non detected

## 요 약

표면장력은 5종 고무질의 종류 및 농도에 따라 pH 4.0, 5.0, 7.0 및 8.0에서 각각 50.0~53.2, 48.1~52.7, 45.1~52.4 및 45.9~50.5 dyne/cm로써 pH 7.0 및 8.0에서가 pH 4.0 및 5.0에서보다 다소 낮았다. 점도는 pH 4.0, 5.0, 7.0 및 8.0에서 각각 2.4~170.0, 2.5~190.0, 5.3~180.0 및 6.3~99.0 cps이었으며, 특히 xanthan gum 첨가구에서 월등히 높았다. 혼탁도는 pH 4.0 및 5.0 영역을 통하여 97.3~98.2, pH 7.0 및 8.0을 통하여 93.0~95.8로써 pH 4.0 및 5.0에서가 pH 7.0 및 8.0에서보다 다소 낮았다. 거품형성능을 보면 xanthan gum, carrageenan 및 locust bean gum 첨가구에서는 증진 효과가 있었으나 CMC 및 MC 첨가구에서는 오히려 감소되었고, pH 7.0 및 8.0에서가 pH 4.0 및 5.0에서보다 양호하였으며 고무질의 첨가농도는 0.1~0.2%가 적당하였다. 거품안정성은 xanthan gum 첨가구에서 월등하게 양호하였으며 고무질 첨가 농도는 0.3~0.5%가 효과적이었다. 거품의 열안정성은 xanthan gum, MC 및 locust bean gum 첨가구에서 모두 양호하였다. 5종 고무질 중 거품형성능, 거품안정성 및 거품의 열안정성을 모두 증진시킬 수 있는 고무질은 xanthan gum이었다. 또한 표면장력과 혼탁도가 다소 낮은 pH 7.0 및 8.0에서가 다소 높은 pH 4.0 및 5.0에서보다 거품형성성이 양호하였으며, 용액의 점도가 크면 거품안정성 및 거품의 열안정성이 높아지는 경향이 있었다.

## 감사의 글

본 연구는 1992년도 교육부 지원 한국학술진흥재단의 자유공모(지방대학육성) 과제 학술연구조성비에 의하여 수행되었으며 이에 심심한 감사를 드립니다.

## 문 헌

1. Bikerman, J. J. : *Foams*. Springer-Verlag, Berlin (1973)
2. Poole, S., West, S. and Fry, J. : High-performance protein foaming and gelation system. In "Develop-

ments in food proteins-5". Hudson, B. J. F. (ed.), Elsevier Applied Science, p.257 (1987)

3. Stainsby, G. : Foaming and emulsification. In "Functional properties of food macromolecules" Mitchell, J. R. and Ledward, D. A. (eds.), Elsevier Applied Science Publishers, p.315 (1986)
4. Tolstoguzov, V. B. : Functional properties of protein-polysaccharides mixture. In "Functional properties of food macromolecules" Mitchell, J. R. and Ledward, D. A. (eds.), Applied Science Publishers, p.385 (1986)
5. Konstance, R. P. and Strange, E. D. : Solubility and viscous properties of casein and caseinate. *J. Food Sci.*, **56**, 556 (1991)
6. Phillips, L. G., Yang, S. T., Schulman, W. and Kinsella, J. E. : Effects of lysozyme, clupeine, and sucrose on the foaming properties of whey protein isolate and  $\beta$ -lactoglobulin. *J. Food Sci.*, **54**, 743 (1989)
7. SAS : *SAS user's guide*. SAS Institute, Inc., Cary, NC (1985)
8. Mitchell, J. R. : Foaming and emulsifying properties of proteins. In "Development in food proteins-4" Hudson, B. J. F. (ed.), Elsevier Applied Science Publishers, p.291 (1986)
9. Kato, A., Tsutsui, N., Matsudomi, N., Kobayashi, K. and Nakai, S. : Effects of partial denaturation on surface properties of ovalbumin and lysozyme. *Agric. Biol. Chem.*, **45**, 2755 (1981)
10. Kitabatake, N. and Doi, E. : Surface tension and foaming of protein solution. *J. Food Sci.*, **47**, 1218 (1982)
11. Halling, P. J. : Protein-stabilized foams and emulsions. *CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, **13**, 155 (1981)
12. Johnson, T. and Zabik, M. : Egg albumin proteins interaction in an angel food cake system. *J. Food Sci.*, **46**, 1231 (1981)
13. Glikson, M. : Functional properties of hydrocolloids. In "Food hydrocolloids" Glikson, M. (ed.), CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida, Vol.1, p.47 (1982)
14. Poole, S., West, S. and Fry, J. : Effects of basic proteins on the denaturation and heat gelation of acidic proteins. *Food Hydrocolloids*, **1**, 301 (1987)
15. Mita, T., Nikai, K., Hiraoka, T., Matsuo, S. and Matsumoto, H. : Physicochemical studies on wheat protein foams. *J. Colloid Interface Sci.*, **59**, 172 (1977)
16. Sajjan, S. U. and Rao, M. R. R. : Functional properties of native and carboxymethyl guar gum. *J. Sci. Food Agric.*, **48**, 377 (1989)
17. Sharma, S. C. : Gum and hydrocolloids in oil-water emulsion. *Food Technol.*, **35** (1), 59 (1981)

(1993년 8월 4일 접수)