

## Sodium Alginate, Gum Karaya 및 Gum Arabic Sodium Caseinate의 거품성에 미치는 효과

양승택 · 김미숙 · 박춘옥\*

경성대학교 식품공학과, \*부산여자전문대학 생활교양과

### Effects of Sodium Alginate, Gum Karaya, and Gum Arabic on the Foaming Properties of Sodium Caseinate

Seung-Taek Yang, Mi-Sook Kim and Chun-Og Park\*

Department of Food and Technology, Kyung Sung University

\*Department of Life Culture, Pusan Women's Junior College

#### Abstract

To investigate the effects of sodium alginate, gum karaya and gum arabic on the foaming properties of sodium caseinate, surface tension, specific viscosity, turbidity, foaming ability and foam stability of the caseinate solution with added gums were examined. Surface tensions of the 5%(w/v) protein solutions containing gums at pH 7.0 and 8.0 were 43.7~44.7 dyne/cm and 43.6~44.0 dyne/cm, respectively. Specific viscosities of the solutions with 0.2 and 0.3% sodium alginates were 15.6 and 39.1 at pH 7.0 (control, 2.8), and 12.1 and 8.2 at pH 8.0 (control, 2.6), respectively. Turbidities were 69.5~74.0 at pH 7.0 and 68.0~72.5 at pH 8.0. The optimum conditions for foaming ability of the solutions were 0.1% conc. and 15 min whipping in addition of sodium alginates; 0.2% conc. and 20 min whipping in gum karaya; 0.1% conc. and 10 min whipping in gum arabic. For foam stability optimal concentrations were 0.3% in sodium alginate and gum karaya at pH 7.0 and 0.2% at pH 8.0. Addition of sodium alginates was most effective to increase foam stability of the solution, but was not effective to increase foaming ability. At same pH, surface tensions and turbidity of the solutions were related to foaming ability and specific viscosities were related to foam stability.

Key words: sodium caseinate, gums, surface tension, specific viscosity, foaming properties

#### 서 론

친수성 콜로이드는 점도를 증가시키는 성질을 비롯하여 내열성, 내산성 및 내효소성 등의 특성을 갖고 있으므로 식품공업에서 결합제, 분산제, 유화제, 겔화제 및 증점제 등으로 이용되고 있다. 친수성 콜로이드 중 천연 다당류 고무질은 식품의 거품 안정성을 유지하는데 효과적이며, 특히 carrageenan, sodium alginate 및 locust bean gum 등은 단백질과 반응하여 견고하고 안정한 거품을 형성하게 된다<sup>(1)</sup>.

Graham과 Phillips<sup>(2)</sup>는 단백질의 거품형성능은 공기-물 계면에 흡착된 단백질의 표면장력과 관계가 깊다고 하였으며 표면장력을 급히 감소시키는 성질이 있는 flexible한 단백질 분자들은 높은 거품형성능을 갖는다고 하였다. 단백질이 양호한 거품형성능과 거품안정성을 나타내려면, 우선 단백질 분자들이 공기-물 계면으로의

확산과 흡착, 그리고 표면변성이 용이해야 하며, 단백질 분자들 간의 상호작용을 통하여 계면에 견고하고 안정한 단백질 film을 형성하므로써 가능하다<sup>(3)</sup>.  $\beta$ -casein과 같이 flexible한 단백질들은 lysozyme과 같이 고도로 잘 정렬된 구상 단백질 분자들보다 표면변성이 쉽게 일어나기 때문에 높은 거품형성능을 나타내게 된다<sup>(4)</sup>.

Kinsella<sup>(5)</sup>는 일반적으로 단백질의 용해도는 등전점 부근에서 최소가 되며 sodium caseinate의 경우, 등전점 (pH 3~5) 부근에서는 불용성이나 등전점 이상인 pH 5.4 및 6.0에서는 모두 100%의 용해도를 나타낸다고 하였다. Sodium caseinate의 경우, 점도는 단백질의 농도와 깊은 관계가 있으며, 또한 점도와 용해도는 염류, 온도 및 pH 등을 조절하므로써 변화시킬 수 있다<sup>(6)</sup>.

단백질용액의 용해도, 표면장력 및 비점도 등에 관한 보고는 비교적 많으나 단백질에 고무질을 첨가했을 때의 용액의 특성, 특히 거품특성에 관한 상세한 보고는 찾아보기 힘들다. 따라서 본 실험에서는 고무질의 단백질 거품성에 미치는 영향을 밝힐 목적으로, 우선 sodium caseinate를 단백질 소재로 하여 여기에 천연 다당류 고무질중 sodium alginate, gum karaya 및 gum arabic

Corresponding author: Seung-Taek Yang, Department of Food Science and Technology, Kyung Sung University 110-1, Daeyeon-dong, Namgu, Pusan 608-736, Korea

등 3종의 고무질을 가지고 농도별로 단백질에 각각 첨가하여 조제한 용액의 표면장력, 점도 및 혼탁도를 측정하였으며, 거품형성능 및 거품의 안정성 등 거품특성 실험을 하였기에 보고한다.

## 재료 및 방법

### 재료

본 실험에 사용된 단백질은 sodium caseinate(Milk Protein, Spray Bland, De Melkindustrie Veghel, Holland; 수분 5.2%, 단백질 89.6%, 지방 0.8%, 회분 4.0% 및 탄수화물 0.2%)이었으며, 고무질로서 sodium alginate (high viscosity), gum karaya 및 gum arabic은 미국 Sigma사 제품을 사용하였다.

### 단백질 시료 용액의 조제

Sodium caseinate 용액[5%(w/v)]에 sodium alginate, gum karaya 및 gum arabic 등의 3종 고무질을 모두 0.1, 0.2 및 0.3%(w/v)의 농도별로 각각 첨가한 다음 자석교반기에서 교반하면서 pH를 7.0 및 8.0으로 조절하고 30분 동안 수화하여 시료용액을 조제하였다.

### 표면장력의 측정

조제한 단백질 시료 용액의 표면장력은 du Nuoy ring을 이용한 Fisher tensiometer(Model 20, Fisher Scientific, USA)를 사용하여 25°C (증류수, 72.45 dyne/cm)에서 측정하였다.

### 비점도의 측정

조제한 단백질 시료 용액의 점도는 25±0.1°C에서 증류수의 flow time이 248초인 Cannon-Fenske Viscometer (No.50, Cannon, USA)로써 측정하였으며 단백질 시료 용액의 비점도( $\eta_{sp}$ )를 다음 식에 의하여 구하였다<sup>(7)</sup>.

$$\eta_{sp} = (t_s - t_0) / t_0$$

$t_0$ : 증류수의 flow time

$t_s$ : 단백질 시료 용액의 flow time

### 혼탁도의 측정

단백질 시료용액의 혼탁도는 Phillips 등<sup>(8)</sup>의 방법에 준하여 측정하였다. 즉, 조제한 단백질 시료용액의 응집의 정도는 spectrophotometer를 이용하여 500 nm에서의 투광도에 의하여 측정하였으며 다음 식에 의하여 혼탁도를 계산하였다. 혼탁도 = (1 - 500 nm에서의 투광도) × 100. 혼탁도 값이 100일 때는 완전하게 혼탁한 용액(투광도 0)에 상당한다.

### 거품형성능의 측정

단백질 시료용액의 거품형성능은 Phillips 등<sup>(9)</sup>의 방법에 준하여 Mixmaster Mixer(No.01400, Sunbeam, USA)로써 측정하였다. 즉 조제한 단백질 시료용액 50

ml를 가지고 1.5 l의 whipping용 용기에 넣어 double beater로써 98 rpm에서 5분 간격(5, 10, 15 및 20분)으로 함께 20분 동안 whipping하였으며 각각의 5분 경과시마다 형성된 거품 100 ml의 무게를 측정하였다. 거품형성능은 다음 식에 의하여 % overrun으로 나타내었다.

$$\% \text{ overrun} =$$

(단백질 시료용액 100 ml의 무게

- 거품 100 ml의 무게)

$$\frac{\quad}{\text{(거품 100 ml의 무게)}} \times 100$$

### 거품안정성의 측정

거품의 안정성, 즉 drainage는 Phillips 등<sup>(9)</sup>의 방법에 준하여 단백질 시료용액을 15분간 whipping한 후 측정하였다. 1.5 l의 whipping용 용기에 직경 0.6 cm의 구멍을 뚫어, 형성된 거품을 실온에 방치하였을 때 시간의 경과에 따라 그 구멍을 통하여 거품에서 분리되어 나온 액체의 무게를 digital balance(PC 400, Mettler, Switzerland)로써 측정하였다. 이 때 흘러 나온 액이 whipping 직후 전체 거품 무게의 50%가 되는데 소요되는 시간을 측정하였다.

### 통계처리

데이터의 분석은 SAS/PC<sup>(10)</sup>으로 GLM(General Linear Model)을 사용하였으며 Duncan의 다중범위검정으로 처리하여 LSD(유의수준 0.05)를 구하였다.

## 결과 및 고찰

### 표면장력, 비점도 및 혼탁도

Table 1은 sodium alginate, gum karaya 및 gum arabic을 0.1, 0.2 및 0.3%의 농도별로 sodium caseinate(5%)에 첨가했을 때 pH 7.0 및 8.0에서 표면장력, 비점도 및 혼탁도를 측정할 결과이다.

표면장력을 보면 pH 7.0의 경우 첨가한 고무질의 종류 및 농도에 따라 43.7~44.7 dyne/cm로써 sodium alginate 0.3%, gum karaya 0.2 및 0.3%, gum arabic 0.3% 첨가의 경우를 제외하면 대조구와 유의차가 없었다( $p > 0.05$ ). pH 8.0에서는 고무질을 종류 및 농도별로 첨가했을 때 43.6~44.0 dyne/cm로써 대조구(42.7 dyne/cm)에서 보다 다소 증가하였다( $p < 0.05$ ).

Table 2는 sodium alginate, gum karaya 및 gum arabic 등 3종 고무질만의 0.1, 0.2 및 0.3%(w/v) 농도에 따른 표면장력, 비점도 및 혼탁도를 나타낸 것이다. 전체적으로 보아 고무질 첨가에 따라 표면장력은 대조구보다 다소 감소하는 경향이며, 비점도와 혼탁도는 다소 증가하는 경향을 보여주고 있다. Table 1과 2를 종합적으로 볼 때 Table 1에서 고무질 첨가시 대조구에 비하여 표면장력의 변화가 없거나 증가하는 추세인데 대하여 Table 2에서 고무질 용액만을 측정하였을 때 대조구보다 다소 감소하는 것으로 나타난 것으로 보아, 이는 첨가한 고무질이

**Table 1. Effects of sodium alginate, gum karaya and gum arabic on the surface tension, specific viscosity and turbidity of 5%(w/v) sodium caseinate solution at pH 7.0 and 8.0**

pH	Treatment <sup>1)</sup>	Surface tension <sup>2)</sup> (dyne/cm)	Specific viscosity	Turbidity <sup>3)</sup>
7.0	Sod cas(control)	43.9±0.26	2.8	69.0
	Sod cas & 0.1% sod alg	44.1±0.38	6.5	69.5
	Sod cas & 0.2% sod alg	44.4±0.44	15.6	71.0
	Sod cas & 0.3% sod alg	44.7±0.15 <sup>4)</sup>	39.1	74.0
	Sod cas & 0.1% gum kar	43.9±0.31	3.3	73.0
	Sod cas & 0.2% gum kar	44.6±0.36 <sup>4)</sup>	8.9	74.0
	Sod cas & 0.3% gum kar	44.6±0.30 <sup>4)</sup>	10.7	73.0
	Sod cas & 0.1% gum ara	43.7±0.38	2.5	70.0
	Sod cas & 0.2% gum ara	44.0±0.40	2.9	71.0
	Sod cas & 0.3% gum ara	44.5±0.46 <sup>4)</sup>	3.0	71.0
8.0	Sod cas(control)	42.7±0.14	2.6	67.0
	Sod cas & 0.1% sod alg	43.6±0.38 <sup>4)</sup>	6.5	68.0
	Sod cas & 0.2% sod alg	44.0±0.36 <sup>4)</sup>	12.1	71.0
	Sod cas & 0.3% sod alg	44.0±0.15 <sup>4)</sup>	18.2	72.5
	Sod cas & 0.1% gum kar	43.8±0.60 <sup>4)</sup>	3.4	71.5
	Sod cas & 0.2% gum kar	43.9±0.15 <sup>4)</sup>	4.2	72.5
	Sod cas & 0.3% gum kar	44.0±0.35 <sup>4)</sup>	4.4	71.0
	Sod cas & 0.1% gum ara	43.7±0.55 <sup>4)</sup>	3.0	67.7
	Sod cas & 0.2% gum ara	43.6±0.31 <sup>4)</sup>	2.7	69.0
	Sod cas & 0.3% gum ara	43.7±0.15 <sup>4)</sup>	3.3	68.7

<sup>1)</sup>Sod cas=sodium caseinate; sod alg=sodium alginate; gum kar=gum karaya; gum ara=gum arabic

<sup>2)</sup>Surface tension values are mean±standard deviation

<sup>3)</sup>Turbidity=(1-T<sub>500</sub>)×100

<sup>4)</sup>Statistically significance compared with control (p<0.05).

**Table 2. Surface tension, specific viscosity and turbidity of 0.1, 0.2 and 0.3%(w/v) sodium alginate, gum karaya and gum arabic solutions at pH 7.0 and 8.0**

pH	Gums	Concentration (%)	Surface tension (dyne/cm)	Specific viscosity	Turbidity
7.0	D.W. <sup>1)</sup> (control)		72.5	0.0	0.0
	Sodium alginate	0.1	71.7	7.0	0.9
		0.2	72.0	25.4	2.0
		0.3	71.6	37.9	2.5
	Gum karaya	0.1	72.0	0.2	3.0
		0.2	70.2	0.2	7.8
		0.3	66.3	0.4	11.5
	Gum arabic	0.1	72.2	0.1	0.3
		0.2	66.6	0.1	0.8
0.3		65.8	0.1	0.7	
8.0	D.W. <sup>1)</sup> (control)		72.6	0.0	0.0
	Sodium alginate	0.1	71.6	8.2	0.6
		0.2	71.7	13.9	1.5
		0.3	71.5	22.6	2.9
	Gum karaya	0.1	71.4	0.1	5.5
		0.2	65.0	0.3	8.0
		0.3	61.5	0.3	12.0
	Gum arabic	0.1	71.7	0.1	0.2
		0.2	66.6	0.1	1.0
		0.3	65.3	0.2	0.7

<sup>1)</sup>D.W.=Distilled water

sodium caseinate와 상호작용하므로써 나타나는 결과라고 생각된다.

Kitabatake와 Doi<sup>(11)</sup>는 몇 가지 단백질을 pH 7.0으로 조절하여 표면장력과 거품형성능과의 관계를 조사한 결과, 단백질의 거품형성능은 표면장력 자체보다도 표면장력의 감소율과 상관관계가 있다고 하였으며, Mitchell<sup>(12)</sup>은 단백질 용액의 표면장력이 낮으면 높은 거품형성능을 나타낸다고 하였다.

본 실험결과에서 거품형성능의 측정결과(Table 3)를 보면, pH 7.0 및 8.0의 각 pH 영역별로는 몇 가지 고무질 첨가구에서 대조구보다 다소 높게 나타난 것은 없으나, 전체적으로 보아 대조구에서보다 떨어지는 경향이었던 이는 반대로 표면장력이 대조구에서 보다 고무질 첨가구에서가 다소 높게 나타난 것을 고려해 볼 때 표면장력이 낮으면 거품형성능이 높아지는 경향이던 이는 Kitabatake와 Doi<sup>(11)</sup> 및 Mitchell<sup>(12)</sup>의 결과와 비슷한 경향이였다. 그러나 동일 pH 영역이 아니고 pH 7.0 및 8.0 영역의 경우를 상호비교해 볼 때 거품형성능(Table 3)은 표면장력이 다소 높은 pH 7.0의 경우가 표면장력이 다소 낮은 pH 8.0의 경우보다 다소 높게 나타났다.

비점도의 측정결과를 보면, pH 7.0에서 sodium alginate를 0.1, 0.2 및 0.3% 첨가했을 때 각각 6.5, 15.6 및 39.1로써 대조구(2.8)에서 보다 크게 증가하였으며, gum

**Table 3. Effects of sodium alginate, gum karaya and gum arabic on the foaming properties of 50 ml of 5%(w/v) sodium caseinate solution at pH 7.0 and 8.0**

pH	Treatment <sup>1)</sup>	Overrun(%)				Foam stability (min)
		5 <sup>2)</sup>	10 <sup>3)</sup>	15 <sup>4)</sup>	20 <sup>5)</sup>	
7.0	Sod cas	876.0	1052.3	1087.7	1123.0	26.9
	Sod cas & 0.1% sod alg	548.7	820.0	1038.7	1097.0	28.6
	Sod cas & 0.2% sod alg	481.0	639.7	959.7	1124.3	28.6
	Sod cas & 0.3% sod alg	446.7	549.0	844.7	1074.3	33.5
	Sod cas & 0.1% gum kar	446.7	549.0	844.7	1074.3	33.5
	Sod cas & 0.2% gum kar	834.3	1024.3	1110.0	1207.0	31.8
	Sod cas & 0.3% gum kar	790.0	1009.7	1096.7	1190.7	33.7
	Sod cas & 0.1% gum ara	849.7	1041.3	1077.7	1105.7	23.9
	Sod cas & 0.2% gum ara	879.0	1070.0	1103.5	1143.0	21.7
8.0	Sod cas & 0.3% gum ara	872.7	1067.0	1095.3	1116.3	20.2
	Sod cas	778.0	944.7	981.7	992.0	12.5
	Sod cas & 0.1% sod alg	580.7	837.7	996.3	1039.3	13.5
	Sod cas & 0.2% sod alg	375.7	560.3	715.3	885.7	30.0
	Sod cas & 0.3% sod alg	397.0	520.7	598.0	802.7	23.2
	Sod cas & 0.1% gum kar	823.3	1010.3	1044.3	1086.3	13.3
	Sod cas & 0.2% gum kar	700.0	912.7	962.3	997.3	16.7
	Sod cas & 0.3% gum kar	717.0	908.7	956.3	988.7	13.9
	Sod cas & 0.1% gum ara	756.7	967.3	1019.7	1044.0	13.2
Sod cas & 0.2% gum ara	768.0	961.0	997.0	1015.7	11.6	
Sod cas & 0.3% gum ara	752.0	924.3	967.7	991.7	13.7	

<sup>1)</sup>Sod cas=sodium caseinate; sod alg=sodium alginate; gum kar=gum karaya; gum ara=gum arabic  
<sup>2),3),4),5)</sup>Whipping time (min)

karaya를 0.1, 0.2 및 0.3%의 농도별로 첨가했을 때 각각 3.3, 8.9 및 10.7로써 sodium alginate 첨가시보다 증가폭은 적으나 대조구(2.6)에서 보다는 크게 증가하였다. 그러나 gum arabic을 첨가했을 때는 거의 증가하지 않았다. pH 8.0의 경우도 sodium alginate를 0.1, 0.2 및 0.3% 첨가시 각각 6.5, 12.1 및 8.2로써 pH 7.0에서 보다는 증가폭이 적으나 대조구(2.6)에서 보다 크게 증가하였다. Gum karaya 첨가시에도 다소 증가하는 것으로 나타났다.

본 실험결과 sodium alginate 첨가시 비점도가 크게 증가한 것은 주로 sodium alginate 자체의 고점도(2% 용액, 14,000 cps) 때문이라고 생각된다.

Bikerman<sup>(13)</sup>은 단백질 용액의 점도와 단백질의 거품 안정성과는 서로 관계가 있다고 하였으며, Konstance와 Strange<sup>(6)</sup>는 sodium caseinate의 경우 농도가 7% 이하일 때, 점도의 자연대수와 단백질의 농도와는 직선적인 상관관계가 있으며, 또한 단백질의 용해도는 점도의 자연대수와 높은 상관관계가 있다고 하였다.

본 실험의 거품안정성 측정결과(Table 3)를 보면 대조구에서 보다 점도가 높게 나타난 sodium alginate 0.1, 0.2 및 0.3% 첨가구의 경우 거품의 안정성은 pH 7.0(대조구, 26.9분)에서 각각 28.6, 28.6 및 33.5분, pH 8.0(대조구, 12.5분)에서 각각 13.5, 30.0 및 23.2분으로써 대조구에서 보다 높게 나타났다. Gum karaya 0.2 및 0.3% 첨가구에서도 pH 7.0에서 각각 31.8 및 33.7분, pH 8.0에서 16.7 및 13.9분으로써 대조구에서 보다 높았다.

이와 같이 점도가 증가하면 거품안정성이 증가하는 경향은 보이나 pH 7.0 영역의 sodium alginate 및 gum karaya 첨가구에서 나타난 바와 같이 점도의 증가에 따라 거품안정성이 반드시 비례적으로 증가하는 것은 아니라는 것을 알 수 있다.

혼탁도의 경우를 보면, pH 7.0에서 0.1, 0.2 및 0.3%의 농도별로 고무질을 첨가했을 때 sodium alginate 첨가구에서 각각 69.5, 71.0 및 74.0, gum karaya 첨가구에서 각각 73.0, 74.0 및 73.0, 그리고 gum arabic 첨가구에서 각각 70.0, 71.0 및 71.0으로써 대조구(69.0)에서 보다 전체적으로 다소 증가하였다. pH 8.0에서도 고무질 첨가구에서 혼탁도가 67.7~72.5로써 역시 대조구(67.0)에서 보다 다소 증가하였다. 고무질의 종류에 따른 뚜렷한 혼탁도의 차이는 나타나지 않았으나 전체적으로 보아 gum arabic 첨가구에서 보다는 sodium alginate 및 gum karaya 첨가구에서가 다소 높은 경향을 보여주고 있다. 이와 같은 결과는 점도가 높은 sodium alginate나 gum karaya 등의 고무질이 단백질-단백질 상호작용에 미치는 영향 및 단백질-고무질 상호작용의 특성이 gum arabic의 경우와 다소 차이가 있기 때문이며, 또한 고무질의 종류에 따라 단백질의 용해도에 미치는 영향이 서로 다르기 때문에 나타나는 결과라고 추정된다.

일반적으로 단백질 용액의 혼탁도가 커질수록 단백질의 용해도는 작아지며 혼탁도를 측정하므로써 단백질 분자간의 상호작용, 단백질 분자들의 응집의 정도 등을

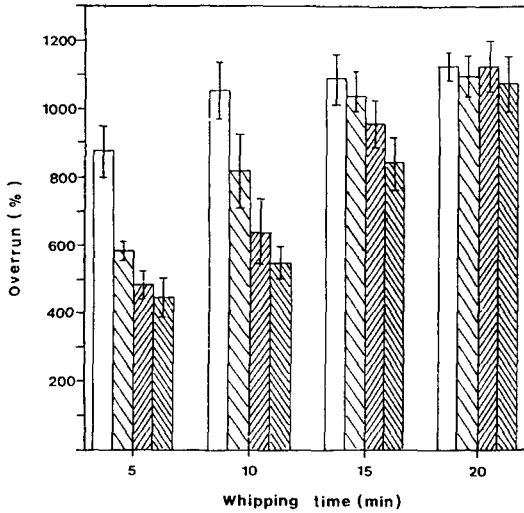


Fig. 1. Effects of sodium alginate on the overrun of 5% sodium caseinate solution whipped for 5~20 min at pH 7.0 (with 95% confidence intervals)

□; control, ▨; 0.1%, ▩; 0.2%, ▪; 0.3%

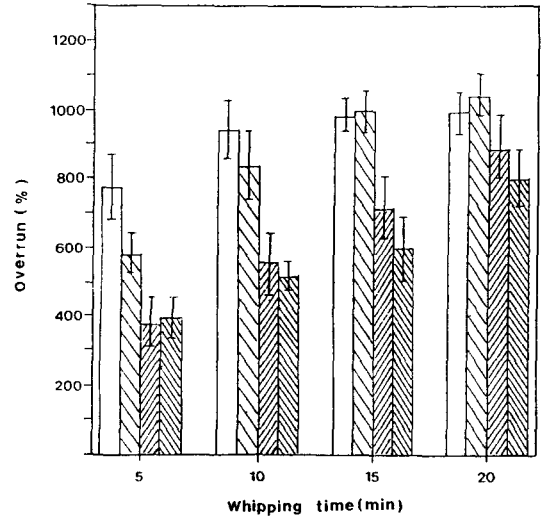


Fig. 2. Effects of sodium alginate on the overrun of 5% sodium caseinate solution whipped for 5~20 min at pH 8.0 (with 95% confidence intervals)

□; control, ▨; 0.1%, ▩; 0.2%, ▪; 0.3%

추정할 수 있다고 알려져 있다. Johnson과 Zabik<sup>(14)</sup> 및 Phillips 등<sup>(9)</sup>은 단백질 응집물들이 많이 형성되면 계면에서 거품의 막을 형성하는데 영향을 미치게 되며 단백질의 응집과 불용화는 거품형성능을 감소시킨다고 하였다.

본 실험결과의 거품형성능(Table 3)을 보면 몇 가지 첨가제를 제외하고는, 전체적으로 고무질 첨가구가 대조구보다 거품형성능이 다소 떨어지는 경향이었고, 혼탁도의 경우는 고무질 첨가구에서가 대조구에서 보다 다소 증가하는 것으로 나타났는데 이와 같은 경향은 앞에서의 표면장력의 경우와 유사하였다.

#### 거품형성능

Sodium alginate, gum karaya 및 gum arabic 등 3종의 고무질을 모두 0.1, 0.2 및 0.3%의 농도별로 각각 sodium caseinate의 5%(w/v) 용액에 첨가했을 때 pH 7.0 및 8.0 영역에서 거품형성능을 측정된 결과는 Table 3 및 Fig. 1~6에 나타난 바와 같다.

Fig. 1은 5, 10, 15 및 20분의 whipping 시간에 따라 sodium alginate가 pH 7.0 영역에서 sodium caseinate의 5%(w/v) 용액의 거품형성능에 미치는 영향을 나타낸 것이다. 전체적으로 보아 whipping 시간에 따라 overrun이 차이가 있는 것으로 나타났으며 0.1, 0.2 및 0.3%의 농도별로 sodium alginate를 첨가했을 경우, 5, 10 및 15분 동안 whipping했을 때 모두 농도가 증가할수록 overrun이 감소하는 경향이였다. 그러나 20분 동안 whipping했을 때는 고무질 첨가구와 대조구 사이에 유의적인 차이가 없었으며( $p > 0.05$ ), 또한 첨가농도에 따른 차이도

없는 것으로 나타났다( $p > 0.05$ ).

전체적으로 보아 고무질 첨가구에서가 대조구에서 보다 overrun이 감소하였고 동일 첨가농도에서는 whipping 시간이 길어질수록 대조구에 비하여 overrun의 감소의 폭이 줄어드는 경향이였으며, overrun이 가장 높게 나타난 것은 20분 whipping했을 때의 0.2% 첨가구이었다. 그러나 20분 whipping시의 0.1과 0.2% 첨가구 사이에는 유의차가 인정되지 않았다( $p > 0.05$ ). 한편 15분 및 20분 whipping시의 0.1% 첨가구들 사이에는 유의차가 없는 것으로 보아( $p > 0.05$ ) sodium alginate를 0.1% 첨가할 때는 whipping시간을 15분으로 하는 것이 적당하다는 것을 알 수 있다.

Fig. 2는 pH 8.0에서의 whipping 시간에 따른 sodium alginate의 첨가효과를 나타낸 것이다. pH 7.0에서와 같이 whipping 시간에 따라 overrun의 차이가 있었으며 whipping 시간이 길어짐에 따라 overrun이 증가하는 경향이였다. 한편 고무질 첨가농도가 증가할수록 overrun이 떨어지는 경향을 나타내었다. 전체적으로 보아 overrun이 높게 나타난 것은 15분 및 20분 whipping시의 sodium alginate 0.1% 첨가구들이었다. 그러나 15분 및 20분 whipping시의 0.1% 첨가구들 사이에는 유의차는 인정되지 않았다( $p > 0.05$ ). 따라서 거품형성능을 위해서는 pH 8.0 영역의 경우, sodium alginate를 0.1% 첨가하고 15분 동안 whipping하는 것이 적당하다고 할 수 있다.

pH 7.0 및 8.0 영역의 경우를 상호비교해 보면 전체적으로 보아 pH 7.0 영역에서가 pH 8.0 영역에서 보다 overrun이 높은 것으로 나타났다( $p < 0.05$ ). 그러나 whipping 시간이 길어질수록 overrun이 증가한다는 것과

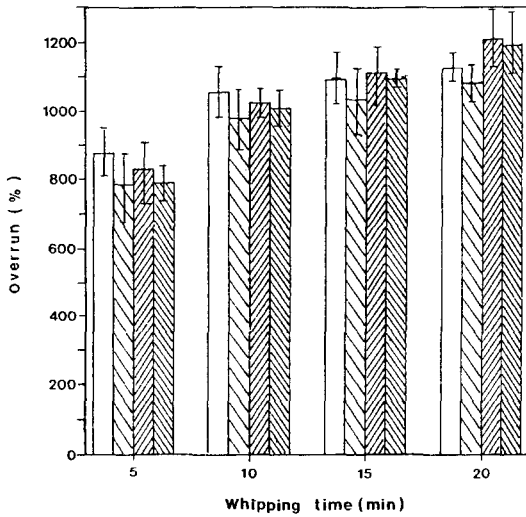


Fig 3. Effects of gum karaya on the overrun of 5% sodium caseinate solution whipped for 5~20 min at pH 7.0 (with 95% confidence intervals)

□; control, ▨; 0.1%, ▩; 0.2%, ▪; 0.3%

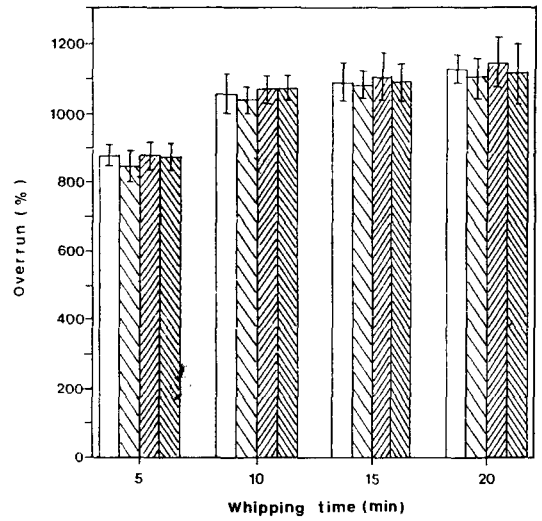


Fig 4. Effects of gum karaya on the overrun of 5% sodium caseinate solution whipped for 5~20 min at pH 8.0 (with 95% confidence intervals)

□; control, ▨; 0.1%, ▩; 0.2%, ▪; 0.3%

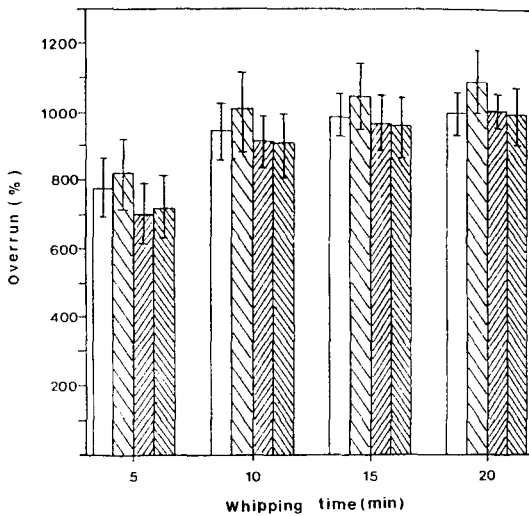


Fig 5. Effects of gum arabic on the overrun of 5% sodium caseinate solution whipped for 5~20 min at pH 7.0 (with 95% confidence intervals)

□; control, ▨; 0.1%, ▩; 0.2%, ▪; 0.3%

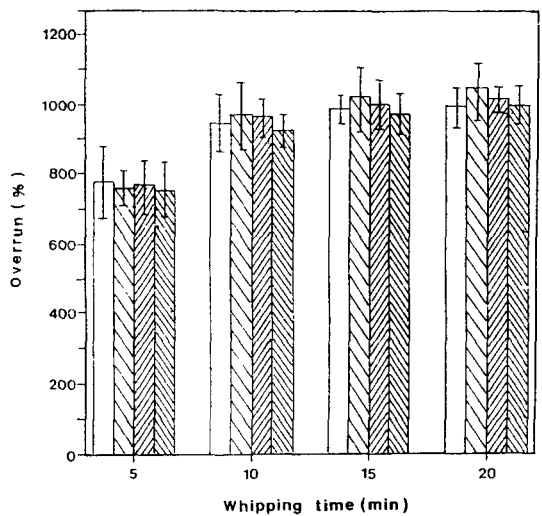


Fig 6. Effects of gum arabic on the overrun of 5% sodium caseinate solution whipped for 5~20 min at pH 8.0 (with 95% confidence intervals)

□; control, ▨; 0.1%, ▩; 0.2%, ▪; 0.3%

고무질 첨가농도의 증가에 따라 overrun이 감소한다는 것은 두 pH 영역에서 서로 경향이 비슷하였다.

Fig. 3 및 4는 각각 pH 7.0 및 8.0 영역에서 gum karaya가 sodium caseinate(5%)의 거품형성능에 미치는 영향을 나타낸 것이다. 전체적으로 보아 sodium alginate와 같이 pH 7.0 영역의 경우가 pH 8.0에서 보다 overrun이 높은 경향이었으며, whipping 시간이 길어짐에

따라 overrun이 증가하는 경향이였다. 그러나 각 whipping 시간에서 고무질의 농도 차이에 따른 overrun의 차이는 인정되지 않았다( $p > 0.05$ ). pH 7.0 영역에서는 whipping 시간이 길어짐에 따라 overrun이 점차 증가하는 경향이였으며, 0.2% 고무질을 첨가하여 whipping 하였을 때가 가장 높은 것으로 나타났다. pH 8.0 영역에서는 동일 첨가농도의 경우, 5분 whipping 시간을 제외한 10,

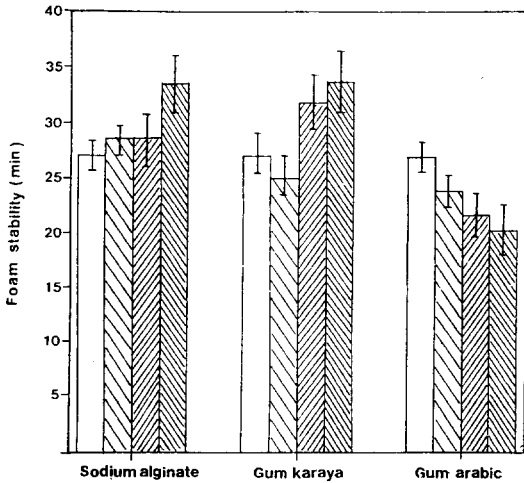


Fig 7. Effects of sodium alginate, gum karaya, and gum arabic on the foam stability of 5% sodium caseinate solution whipped for 15 min at pH 7.0 (with 95% confidence intervals)

□; control, ▨; 0.1%, ▩; 0.2%, ▪; 0.3%

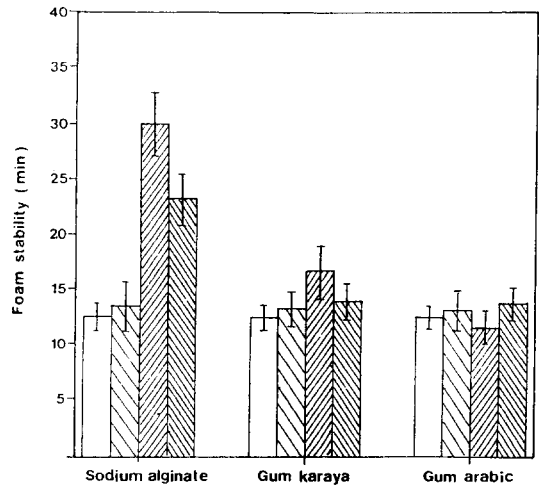


Fig 8. Effects of sodium alginate, gum karaya, and gum arabic on the foam stability of 5% sodium caseinate solution whipped for 15 min at pH 8.0 (with 95% confidence intervals)

□; control, ▨; 0.1%, ▩; 0.2%, ▪; 0.3%

15 및 20분 whipping에서는 시간의 경과에 따라 다소 증가하는 경향은 보이나 서로 유의차는 인정되지 않았다 ( $p>0.05$ ). 따라서 pH 7.0 영역에서는 gum karaya를 0.2% 첨가하여 20분 동안 whipping하는 것이, pH 8.0에서는 0.1% 첨가하여 10분 whipping하는 것이 거품형성능을 위해서 적당하다고 할 수 있다.

Fig. 5 및 6은 각각 pH 7.0 및 8.0 영역에서 gum arabic이 5% sodium caseinate 용액의 거품형성능에 미치는 영향을 나타낸 것이다. 전체적으로 보아 pH 7.0의 경우가 pH 8.0의 경우보다 역시 overrun이 높은 것으로 나타났다( $p>0.05$ ). pH 7.0 및 8.0의 경우 모두 고무질 첨가농도에 따른 overrun의 차이는 인정되지 않았다( $p>0.05$ ). 또한 pH 7.0 및 8.0에서 모두 5분 whipping시간의 경우를 제외한 10, 15 및 20분 whipping했을 때를 보면 평균치에서는 whipping시간의 경과에 따라 약간 증가하는 경향은 보이나 동일 첨가농도에서는 whipping 시간에 따른 유의차는 없는 것으로 나타났다( $p>0.05$ ). 따라서 gum arabic은 pH 7.0 및 8.0 영역에서 모두 0.1%를 첨가하고 10분간 whipping하는 것이 적당하다고 할 수 있다.

Fig. 1~6을 전체적으로 볼 때 고무질을 첨가하므로써 overrun이 증가하는 경우는 거의 없었고 오히려 감소하는 경향을 나타내었다. 이것은 주로 고무질을 첨가하므로써 고무질의 하전이 단백질을 응집시키기 때문에 나타나는 현상이라 생각된다. 또한 pH 7.0의 경우와 8.0의 경우가 서로 다른 것은 pH에 따라 고무질 하전에 의한 단백질의 응집, 표면변성, 혼탁도 및 표면장력 등이 서로 다르기 때문이라 추정된다.

Halling<sup>(15)</sup>은 단백질-단백질 상호작용과 표면의 유동학

적 성질은 단백질의 등전점 부근에서 최대이지만 등전점 부근에서 응고현상이 일어나므로 오히려 거품형성능이 감소하게 된다고 하였다. 한편 Townsend와 Nakai<sup>(16)</sup>는 단백질의 거품형성능은 점도 및 hydrophobicity의 증가와 더불어 증가하게 된다고 하였다.

본 실험에서는 sodium caseinate의 등전점(pH 4.6) 부근인 pH 4.0~5.0 영역에서는 물론이고 pH 6.0에서도 응고현상이 일어나서 비점도, 표면장력, 혼탁도 등 용액의 특성을 측정할 수 없었으며, sodium caseinate가 pH 5.4 및 6.0에서 100%의 용해도를 나타낸다고 하는 Kinsella<sup>(5)</sup>의 보고와는 다른 것으로 나타났는데 이는 주로 시료 및 농도의 차이에서 오는 결과라고 추정되며 본 실험의 pH 4.0, 5.0 및 6.0 영역에서의 단백질의 가용화에 관한 연구는 앞으로 수행되어야 할 것으로 생각된다.

#### 거품안정성

Fig. 7은 sodium alginate, gum karaya 및 gum arabic 등 3종의 고무질을 0.1, 0.2 및 0.3%의 농도별로 sodium caseinate(5%)에 첨가했을 때 pH 7.0에서의 거품안정성을 나타낸 것이다.

Sodium alginate 첨가구의 경우, 0.1 및 0.2% 첨가시는 대조구와 유의차가 없었으나( $p>0.05$ ) 0.3% 첨가시 증가하는 것으로 나타났다( $p<0.05$ ). Gum karaya 첨가구에서는 0.1% 첨가시 다소 감소하였으나 0.2 및 0.3% 첨가구에서는 증가하는 것으로 나타났다( $p<0.05$ ). 한편 gum arabic을 첨가했을 경우는 대조구에 비해서 감소하였으며( $p<0.05$ ), 첨가농도의 증가에 따라 점차 감소하는 경향을 나타내었다. sodium alginate 및 gum karaya를 각각 0.3% 첨가했을 때 양 시료 간에는 유의차가

없었으며( $p>0.05$ ) 안정성이 가장 양호한 것으로 나타났다.

Fig. 8은 3종의 고무질을 농도별로 sodium caseinate(5%)에 첨가하였을 때 pH 8.0에서의 거품안정성을 나타낸 것이다.

Sodium alginate를 첨가했을 때 거품안정성이 대조구에 비해 증진되었으며, 특히 0.2% 첨가시 그 효과가 가장 현저하여 대조구에서 보다 140% 증가하였다( $p<0.05$ ). Gum karaya 첨가구의 경우, 0.1 및 0.3% 첨가구에서는 대조구와 유의차가 없었으나( $p>0.05$ ) 0.2% 첨가구에서 증진효과가 있었다( $p<0.05$ ). 그러나 gum arabic의 경우 0.1, 0.2 및 0.3% 첨가구 모두 각각 대조구와 유의차가 없었다( $p>0.05$ ).

pH 7.0 영역과 pH 8.0 영역을 상호비교해 보면 두 pH 영역에서 sodium alginate 0.2% 첨가구가 서로 비슷한 것을 제외하고는 고무질 전체를 통하여 pH 7.0 영역의 경우가 pH 8.0 영역의 경우보다 훨씬 그 안정성이 양호한 것으로 나타났다. 따라서 sodium caseinate(5%)의 거품안정성을 위한 고무질의 첨가농도는 sodium alginate의 경우 pH 7.0에서 0.3%, pH 8.0에서 0.2%, gum karaya는 pH 7.0 및 pH 8.0에서 모두 0.2% 첨가하는 것이 적절하다고 할 수 있다. 그러나 gum arabic의 경우는 거품안정성 증진효과가 전혀 나타나지 않았다( $p>0.05$ ).

본 실험에서 점도의 측정결과(Table 1) sodium alginate를 첨가했을 때가 다른 첨가구에서 보다 비점도가 높게 나타났으며, 특히 pH 7.0에서 0.3% 첨가시에, pH 8.0에서는 0.2% 첨가시에 비점도가 크게 증가하는 것으로 나타났는데 이것은 점도의 증가에 따라 거품안정성의 증진효과가 있다는 것을 의미하고 있다.

Halling<sup>(15)</sup>은 거품의 안정성은 부피밀도와 용액의 점도에 따라 영향을 받기 때문에 염류나 sucrose와 같이 밀도를 감소시키거나 점도를 증가시키는 물질들은 거품의 안정성을 증가시키는 경향이 있다고 하였다.

본 실험에서도 sodium caseinate에 고무질을 첨가하므로써 점도가 증가하게 되어 거품의 안정성이 증진되는 것으로 나타났다.

## 요 약

친수성 콜로이드를 식품에 유효하게 이용하기 위한 기초자료를 얻기 위하여 sodium alginate, gum karaya 및 gum arabic 등 3종의 고무질을 sodium caseinate에 첨가하였을 때 이들이 거품성에 미치는 영향을 검토하였다.

표면장력은 pH 7.0(대조구, 43.9 dyne/cm)에서 고무질의 종류 및 농도에 따라 43.7~44.7 dyne/cm이었으며 pH 8.0(대조구, 42.7 dyne/cm)에서는 43.6~44.0 dyne/cm이었다.

비점도는 sodium alginate 첨가시 pH 7.0에서 0.2 및 0.3% 첨가하였을 때 각각 15.6 및 39.1로써 대조구(2.8)

에서 보다 크게 증가하였으며 pH 8.0에서도 12.1 및 8.2로써 대조구(2.6)에서 보다 증가하였다. Gum karaya 첨가시는 pH 7.0에서 0.1, 0.2 및 0.3%의 첨가농도에 따라 3.3~10.7로써 대조구(2.6)에서 보다 증가하였으며 pH 8.0에서도 농도에 따라 3.4~4.4로써 다소 증가하였다.

혼탁도는 pH 7.0(대조구, 69.0)에서 고무질의 종류 및 농도에 따라 69.5~74.0, pH 8.0(대조구, 67.0)에서 68.0~72.5이었다.

거품형성능은 전체적으로 고무질 첨가구가 대조구에서 보다 떨어졌으며, 전체적으로 보아 pH 8.0에서 보다 pH 7.0에서가 다소 양호하였다. 거품형성을 위한 고무질의 첨가농도 및 whipping 시간을 보면, 전체적으로 보아 sodium alginate의 경우 0.1% 및 15분, gum karaya는 0.2% 및 20분, 그리고 gum arabic은 0.1% 및 10분이 비교적 양호한 조건임을 알 수 있었다.

거품안정성은 pH 7.0에서 sodium alginate 및 gum karaya가 0.3%, pH 8.0에서는 0.2%가 적절한 첨가농도이었으며 pH 8.0보다 pH 7.0에서가 더 양호하였다.

전체적으로 보아, 표면장력, 점도 및 혼탁도의 증감에 따른 거품형성능 및 안정성의 뚜렷한 증감은 보이지 않았으나, 동일 pH 영역에서는 표면장력과 혼탁도가 낮으면 거품형성능이 높아지고, 점도가 높으면 거품안정성이 증진되는 경향이 있었다.

## 문 헌

- Glicksman, M.: Functional properties of hydrocolloid. In *Food Hydrocolloids* Vol.I. Glicksman, M.(ed), CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida, p.47(1982)
- Graham, D.E. and Phillips, M.C.: The conformation of protein at the air-water interface and their role in stabilizing foams. In *Foams*. Akers, R.J.(ed), Academic Press, London, New York & San Francisco, p.237 (1976)
- Pools, S. and Fry, J.: High-performance protein foaming and gelation systems. In *Developments in Food Proteins-5*. Hudson, B.J.F.(ed), Elsevier Applied Science, p.257(1987)
- Phillips, M.: Protein conformation at liquid interfaces and its role in stabilizing emulsions and foams. *Food Tech.*, 35(1), 50(1981)
- Kinsella, J.E.: Milk protein-physicochemical and functional properties. *CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 21, 197(1984)
- Konstance, R.P. and Strange, E.D.: Solubility and viscous properties of casein and caseinates. *J. Food Sci.*, 56, 556(1991)
- Badbury, J.H.: Viscosity. In *Physical Principles and Technique of Protein Chemistry*. Leach, S.J.(ed), Academic Press, New York Part B, p.204(1970)
- 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)
- Phillips, L.G., Haque, Z. and Kinsella, J.E.: A method



- for the measurement of foam formation and stability. *J. Food Sci.*, **52**, 1074(1987)
10. SAS: *SAS User's Guide*. SAS Institute, Inc., Cary, NC (1985)
  11. Kitabatake, N. and Doi, E.: Surface tension and foaming of protein solutions. *J. Food Sci.*, **47**, 1218(1982)
  12. Mitchell, J.R.: Foaming and emulsifying properties of proteins. In *Developments in Food Proteins-4*. Hudson, B.J.F.(ed), Elsevier Applied Science Publishers, p.291 (1986)
  13. Bikerman, J.J.: *Foams*. Springer-Verlag, Berlin, p.86 (1973)
  14. Johnson, T. and Zabik, M.: Egg albumin proteins interactions in an angel food cake system. *J. Food Sci.*, **46**, 1231(1981)
  15. Halling, P.J.: Protein-stabilized foams and emulsions. *CRC Critical Reviews. Food Science and Nutrition*. **13**, 155(1981)
  16. Townsend, A.A. and Nakai, S.: Relationships between hydrophobicity and foaming characteristics of food proteins. *J. Food Sci.*, **48**, 588(1983)
- 
- (1992년 8월 8일 접수)