

Lysozyme, Clupeine, Sucrose 및 Sodium Chloride가 난백 및 분말 우혈장의 거품성에 미치는 영향

양승택[†] · 최정민
경성대학교 식품공학과

Effects of Lysozyme, Clupeine, Sucrose, and Sodium Chloride on the Foaming Properties of Egg Albumen and Powdered Beef Plasma

Seung-Taek Yang[†] and Jeong-Min Choi

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

Abstract

This study was designed to elucidate the effects of lysozyme, clupeine, sucrose, and sodium chloride on the foaming properties of egg albumen and powdered beef plasma. Surface tensions of egg albumen (5%, w/w) and powdered beef plasma (5%, w/w) adding to lysozyme, clupeine, sucrose, and sodium chloride were $46.8 \pm 0.379 \sim 52.4 \pm 0.404$ dyne/cm (control, 51.5 ± 0.416 dyne/cm) and $54.6 \pm 0.231 \sim 60.7 \pm 0.467$ dyne/cm (control, 53.9 ± 0.153 dyne/cm), respectively. Turbidities of the solutions were $77.0 \pm 0.058 \sim 97.9 \pm 0.058$ (control, 91.2 ± 0.153) and $90.3 \pm 0.058 \sim 98.5 \pm 0.115$ (control, 82.7 ± 0.100), respectively. Surface hydrophobicities of the solutions were 524~811 (control, 485) and 5102~7128 (control, 4665), respectively. The solution with high hydrophobicity revealed good foaming properties. Analysis of egg albumen and powdered beef plasma foam by electrophoresis showed that lysozyme was retained for a long time in foam. The optimal concentrations of lysozyme and clupeine for foaming properties were 0.5% and 0.3% in egg albumen (5%, w/w) and 0.5% and 0.5% in powdered beef plasma (5%, w/w), respectively. In case of egg albumen, sodium chloride dominantly enhanced the action of clupeine. The addition of 0.3% clupeine with sodium chloride (2.0M) to egg albumen (5%, w/w) increased overrun and foam stability by 119.5% and 70.9%, respectively. The addition of 0.5% clupeine to powdered beef plasma (5%, w/w) also increased overrun and foam stability by 43.7% and 127.3%, respectively.

Key words : lysozyme, clupeine, egg albumen, powdered beef plasma, foaming properties

서 론

단백질의 거품성에 관한 연구는 단백질의 종류, 농도, pH, 온도, 염류, 당류 및 지방성분 등의 영향인자에 대하여 수행되어 왔다.

기포제로 사용되는 단백질은 물의 표면장력을 감소시키고 기포주위에 응집력이 강한 막을 형성할 수 있는 특성이 있어야 하며¹⁾, 단백질은 계면에 확산, 흡착하여 계면장력을 감소시키고 부분적으로 풀려서 주위의 단백질 분자와 회합함으로써 점착성 막을 형성하게 된다²⁻⁴⁾. 단백질의 기능성은 균일한 단백질계에서 보다는 여

러가지 단백질이 혼합된 불균일한 단백질계에서 더 양호하며⁵⁾, 불균일한 단백질계의 단백질분자간 인력은 수소결합, 소수적 상호작용, 정전기적 상호작용 및 van der Waals의 힘 등에 의하여 나타난다고 알려져 있다.

Poole와 Fry⁶⁾에 의하면 난백과 같은 불균일한 단백질계에서 그 구성 단백질들은 서로 다른 등전점을 가지고 있기 때문에 서로 다른 하전을 띠게 되고 서로 다른 하전을 띤 단백질간에 정전기적 상호작용이 일어남으로써 양호한 거품형성능과 거품안정성을 나타내게 된다고 하였으며, 열기성단백질의 경우 단독으로는 거품성이 거의 없으나 산성단백질과 혼합함으로써 거품성을 증진시킬 수 있다고 하였다.

당류의 첨가는 식품의 살균이나 분무건조시 단백질

[†]To whom all correspondence should be addressed

의 열변성을 막아줌으로써 거품성을 유지하게 하며 물의 구조를 변화시켜 단백질 내부결합의 강도를 높여준다⁵. 한편 염류는 단백질 계면막의 강도를 저하시키기 때문에 거품의 안정성을 감소시키지만 단백질의 용해도를 증진시키기 때문에 거품형성능을 증가시킨다⁶. Phillips 등⁷도 염류는 단백질의 거품형성능 증진효과가 있다고 하였으며 염류가 거품안정성에 미치는 효과의 크기는 Hofmeister 계열순서와 거의 일치한다고 하였다.

단백질-단백질 상호작용의 거품성 증진효과에 관한 보고는 일부 있으나 lysozyme, clupeine과 같은 염기성 단백질을 산성단백질에 작용시켰을 때 이들의 거품성에 미치는 효과에 관한 보고는 흔하지 않다. 따라서 본 연구에서는 난백과 분말 우혈장에 염기성단백질인 lysozyme과 clupeine을 작용시켜 이들이 거품성에 미치는 영향을 실험하였으며 아울러 sucrose 및 sodium chloride의 효과를 검토하였다.

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용된 단백질은 난백 (Henningsen van den Berg, type P-19, Holland ; 수분 2.9%, 단백질 94.1%, 지방 0.1%, 회분 2.8%, 탄수화물 0.1%)과 분말 우혈장 (AMPC Inc., U.S.A. ; 수분 10.4%, 단백질 65%, 지방 3.9%, 회분 16.8%, 탄수화물 3.9%)이었고 lysozyme (L-6876, pi 10.7)과 clupeine (P-4505, pi 12.0)은 Sigma (USA)제를 사용하였으며 sucrose와 sodium chloride는 일반시약 1급을 사용하였다.

단백질 시료용액의 조제

농도가 각각 5%의 난백과 분말 우혈장에 lysozyme, clupeine, sucrose 및 sodium chloride를 농도 및 조합별로 각각 첨가한 다음 자석 교반기에서 교반하면서 0.5 M HCl 및 0.5M NaOH로써 pH를 조절하고 30분 동안 수화하여 시료용액을 조제하였다.

표면장력의 측정

조제한 단백질 시료용액의 표면장력은 du Noüy ring을 이용한 Fisher tensiometer (Model 20, Fisher Scientific, Pittsburg, Pa, USA)를 사용하여 실온에서 측정하였다.

혼탁도의 측정

조제한 단백질 시료용액의 혼탁도는 Phillips 등⁸의

방법에 준하여 측정하였다. 즉, 단백질 시료용액의 응집의 정도는 Spectronic 21 spectrophotometer (Milton Roy, USA)를 이용하여 500nm에서의 투광도에 의하여 측정하였으며 다음 식으로 혼탁도를 계산하였다. 혼탁도 = $(1 - \text{투광도}_{500\text{nm}}) \times 100$ 혼탁도의 값이 100일 때는 완전하게 혼탁한 용액 (투광도 0)에 상당한다.

표면소수성의 측정

조제한 단백질 시료용액의 표면소수성은 1-anilino-8-naphthalene sulfonate (ANS)를 이용한 Kato와 Nakai⁹의 방법에 따라 측정하였다. 먼저 단백질 분산액을 0.001~0.5%로 희석시킨 후 각 용액을 3ml씩 취하고 ANS 용액 (8.0mM in phosphate buffer, pH 8.0) 15 μ l를 첨가한 다음 spectrofluorophotometer (RF-510, Shimadzu)를 사용하여 형광도를 측정하였다 (λ_{ex} , λ_{em} ; 390, 470 nm). 단백질의 형광도는 ANS를 처리하였을 때와 처리하지 않았을 때의 차이값으로 나타내며 이들을 단백질 농도 (%)에 대해 도시하여 구한 초기의 기울기값 (S_0)을 표면소수성으로 하였다.

전기영동

조제한 단백질용액 중에 존재하는 염기성단백질의 이동성과 함량을 측정하기 위해 miniature slab gel electrophoresis unit SE 200 (Hoefer scientific instruments)을 사용하여 Laemmli의 방법¹⁰으로 SDS-polyacrylamide gel electrophoresis (SDS-PAGE)를 행하였으며, 분리 gel의 acrylamide 농도는 12.5%로 하였다.

5% 난백과 5% 분말 우혈장에 각각 0.5% lysozyme을 첨가하여 단백질용액을 조제하고 1) 조제한 단백질용액, 2) 거품안정성 측정 시 처음 흘러나온 액분, 3) 거품안정성 측정 시 흘러나온 액이 전체 거품무게의 50%가 될 때의 마지막 액분 및 4) 거품안정성 측정이 끝나고 남아 있는 거품을 시료 buffer에 현탁한 용액 등 네가지 용액을 시료리 사용하였으며, 전기영동이 끝난 gel을 densitometer (GS-670, Bio-rad)로써 scanning하였다.

거품형성능의 측정

단백질 시료용액의 거품형성능은 Phillips 등¹¹의 방법에 준하여 Sunbeam deluxe mixmaster mixer로써 측정하였다. 즉 조제한 단백질 시료용액 50ml을 가지고 1.5L의 whipping용 용기에 넣어 double beater로써 98 rpm에서 5분 간격 (5, 10, 15 및 20분)으로 합계 20분 동안 whipping하였으며 각각의 5분 경과시 마다 형성된 거품 100ml의 무게를 측정하였다. 거품형성능은 다

음식에 의하여 overrun (%)으로써 나타내었다.

Overrun (%)

$$= \left(\frac{\text{단백질 시료용액 100ml의 무게}}{\text{거품 100ml의 무게}} - 1 \right) \times 100$$

거품안정성의 측정

거품안정성, 즉 drainage는 Phillips 등¹¹⁾의 방법에 준하여 단백질 시료용액을 15분간 whipping한 후 측정하였다. 1.5L의 whipping용 용기의 바닥에 직경 0.6cm의 구멍을 뚫어, 형성된 거품을 실온에 방치하였을 때 시간의 경과에 따라 그 구멍을 통하여 거품에서 흘러나온 액체의 무게를 digital balance (Mettler PC 400)로써 측정하였다. 이 때 흘러나온 액이 whipping 직후 전체 거품무게의 50%가 되는데 소요되는 시간(분)을 측정하였다.

통계처리

실험자료의 분석은 SAS¹²⁾로써 GLM (General Linear Model)을 사용하였으며 Duncan의 다중범위검정으로 처리하여 LSD (유의수준 0.05)를 구하였다.

결과 및 고찰

표면장력, 혼탁도 및 표면소수성

Table 1은 lysozyme, clupeine, sucrose 및 sodium chl-

oride를 5% 난백 및 5% 분말 우혈장용액에 첨가하였을 때의 표면장력, 혼탁도 및 표면소수성을 측정한 결과이다.

표면장력을 보면 난백 시료단백질구는 5% 난백+0.5% lysozyme+2.0M sodium chloride 첨가구 및 5% 난백+0.3% clupeine+2.0M sodium chloride 첨가구에서 각각 47.9 ± 0.306 및 46.8 ± 0.379 dyne/cm (대조구, 51.5 ± 0.416 dyne/cm)로써 전 첨가구 중 가장 낮았으며 분말 우혈장 시료단백질구의 경우는 난백 시료구와는 달리 5% 분말 우혈장+0.5% lysozyme+2.0M sodium chloride 첨가구 및 5% 분말 우혈장+0.5% clupeine+2.0M sodium chloride 첨가구에서 각각 60.7 ± 0.467 및 59.8 ± 0.000 dyne/cm (대조구, 53.9 ± 0.153 dyne/cm)로써 표면장력이 가장 높았다.

일반적으로 낮은 표면장력을 가진 용액은 높은 거품형성능을 나타낸다고 알려져 있으나, Burcik¹³⁾는 표면장력의 절대값 보다는 시간에 따른 표면장력의 변화정도가 거품형성기간 동안의 역학적 표면장력을 나타내는데 더 유효하다고 하였다. 또한 Kitabatake와 Doi¹⁴⁾는 각기 다른 단백질 시료용액의 거품형성능과 표면장력이 반드시 일치하지는 않으므로 표면장력 보다 경과 시간에 따른 표면장력의 감소율이 거품형성능의 지표로 유용하다고 하였다.

혼탁도의 측정결과를 보면, 난백 시료단백질구의 경우 5% 난백+0.5% lysozyme+2.0M sodium chloride 첨가구 및 5% 난백+0.3% clupeine+2.0M sodium chl-

Table 1. Effects of lysozyme, clupeine, sucrose and sodium chloride on the surface tension, turbidity and hydrophobicity of egg albumen solution(5%) and powdered beef plasma solution(5%) at pH 8.0^{a)}

Treatment ^{b)}	Surface tension (dyne/cm)	Turbidity ^{c)} (500nm)	Hydrophobicity ^{d)} (So)
E.A.(Control)	51.5±0.416	91.2±0.153	485
E.A.+0.5% lys.	52.4±0.404	97.9±0.058	524
E.A.+0.5% lys.+10% suc.	52.3±0.416	95.5±0.322	542
E.A.+0.5% lys.+2.0M NaCl	47.9±0.306	77.0±0.058	560
E.A.+0.3% clu.	50.2±0.208	96.1±0.000	671
E.A.+0.3% clu.+10% suc.	49.7±0.321	95.5±0.436	732
E.A.+0.3% clu.+2.0M NaCl	46.8±0.379	83.8±0.208	811
PBP(Control)	53.9±0.153	82.7±0.100	4665
PBP+0.5% lys.	57.4±0.265	96.1±0.058	5102
PBP+0.5% lys.+10% suc.	56.8±0.208	90.3±0.058	5280
PBP+0.5% lys.+2.0M NaCl	60.7±0.467	93.1±0.058	5548
PBP+0.5% clu.	54.6±0.231	98.5±0.115	7128
PBP+0.5% clu.+10% suc.	55.2±0.200	97.0±0.058	6493
PBP+0.5% clu.+2.0M NaCl	59.8±0.000	98.0±0.058	6900

^{a)} Means and standard deviation values were calculated from triplicate determinations

^{b)} E.A.=egg albumen, PBP=powdered beef plasma, lys.=lysozyme, clu.=clupeine, suc.=sucrose, NaCl=sodium chloride

^{c)} Turbidity=(1-T₅₀₀)×100

^{d)} Hydrophobicity=initial slope(S₀)

ride 첨가구에서 각각 77.0 ± 0.058 및 83.8 ± 0.208 로써 대조구 (91.2 ± 0.153) 보다 감소하였으며 ($p < 0.05$) 그 외의 5% 난백+0.5% lysozyme, 5% 난백+0.5% lysozyme+10% sucrose, 5% 난백+0.3% clupeine 및 5% 난백+0.3% clupeine+10% sucrose 첨가구에서는 전체적으로 $95.5 \pm 0.322 \sim 97.9 \pm 0.058$ 로써 모두 대조구 보다 증가하였다 ($p < 0.05$). 또한 분말 우혈장 시료단백질구의 경우 전체적으로 $90.3 \pm 0.058 \sim 98.5 \pm 0.115$ 로써 모두 대조구 (82.7 ± 0.100) 보다 증가하였으며 ($p < 0.05$) 그 중 5% 분말 우혈장+0.5% clupeine 첨가구가 98.5 ± 0.115 로써 가장 높은 값을 나타내었다.

난백 시료단백질구의 경우 5% 난백+0.5% lysozyme+2.0M sodium chloride와 5% 난백+0.3% clupeine+2.0M sodium chloride의 두 첨가구가 다른 첨가구 보다 혼탁도가 감소하였는데 이는 sodium chloride의 첨가로 인해 응집체의 형성이 저해되어 용해도가 증가함으로써 혼탁도가 낮아진 것으로 추정된다. 그러나 분말 우혈장의 경우는 sodium chloride로 인한 혼탁도의 감소현상은 보이지 않았는데 이는 각 시료단백질의 내적특성의 차이가 염기성단백질과의 상호작용에서 서로 다르게 영향을 미치고 또한 당 및 염과의 복합적인 효과가 서로 다르기 때문이라 생각된다. 산성단백질 용액에 염기성단백질을 첨가하면 정전기적인 상호작용에 의해 응집현상이 일어나며 용해성이 떨어지기 때문에 침전물을 형성하는데 sodium chloride는 이러한 응집체의 형성을 저해하는 것으로 알려져있다¹⁵.

표면소수성의 측정결과를 보면, 난백 시료단백질구의 경우 전체적으로 524~811로 대조구 (485) 보다 증가하였으며 clupeine 첨가구가 lysozyme 첨가구 보다 더 증가하였다. 또한 sucrose를 첨가하였을 때 보다 sodium chloride를 함께 첨가하였을 때가 더 큰 값을 나타내었다. 분말 우혈장 시료단백질구의 경우 전체적으로 5102~7128로써 대조구 (4665) 보다 증가하였고 clupeine 첨가구가 lysozyme 첨가구 보다 더 증가하였으며 sucrose 보다 sodium chloride를 함께 첨가하였을 때가 더 큰 값을 나타내었다.

Townsend와 Nakai¹⁶에 의하면 표면소수성은 거품형성능과 거품안정성에 밀접한 관계가 있다고 하였으며 소수성이 클수록 거품형성능 및 거품안정성이 높아진다고 하였다. 본 실험의 각 시료단백질에서 표면소수성의 증감을 보면 거품형성능 및 거품안정성의 증감과 비슷한 경향이였다. Mattarella와 Richardson¹⁷에 의하면 ANS (1-anilino-8-naphthalene sulfonate)의 형광 방출량에 영향을 미치는 요소로서 분자간 결합의 유연도

가 분자의 극성 보다 더 중요하다고 하였으며 양(+)하전을 많이 띤 단백질은 소수성 때문이 아니라 ANS와의 정전기적인 결합에 의해 형광도가 증가될 수 있다고 하였다. 따라서 본 실험에서 분말 우혈장 시료단백질구의 표면소수성이 난백 시료단백질구 보다 훨씬 높은 것은 시료단백질의 내부구조적 특성 및 시료조성의 차이 때문에 나타나는 결과라 추측된다.

전기영동

Fig. 1은 난백+lysozyme 첨가구 및 분말 우혈장+lysozyme 첨가구의 전기영동이 끝난 염색된 gel을 densitometer로 scanning한 것으로써 이들 각 peak의 면적을 구하여 그 면적비로써 lysozyme의 이동성과 함량을 비교하였다. 난백과 lysozyme의 peak 면적비율은 시료용액에서 약 3.3 : 1, 처음 액분에서 약 3.7 : 1, 마지막 액분에서 약 3.3 : 1 및 잔류거품 현탁액에서 약 2.6 : 1로써 lysozyme의 함량은 시료용액과 비교해 볼 때 처음 액분에서는 조금 감소하였고 마지막 액분에서는 비슷하였으며 잔류거품 현탁액에서는 그 함량이 증가하였다. 또한 분말 우혈장과 lysozyme의 peak 면적비율은 시료용액에서 약 3.4 : 1, 처음 액분에서 약 3.1 : 1, 마지막 액분에서 약 3.0 : 1 및 잔류거품 현탁액에서 약 3.0 : 1로써 시료용액에 비해 처음 액분과 마지막 액분에서 lysozyme 함량이 증가하였고 잔류거품 현탁액에서는 처음 액분 및 마지막 액분과 비슷하였다.

이상의 결과를 보면 난백+lysozyme 첨가구에서는 염기성단백질인 lysozyme이 난백과 상호작용에 의해 분자간의 안정성이 높게 되고 또한 계면에 머무르는 시간이 길기 때문에 거품안정성 측정시 lysozyme 함량은 처음 액분에서 감소하고 시간이 흐름에 따라 증가하여 그 함량이 잔류거품 현탁액에 더 많은 것으로 추정된다. 분말 우혈장+lysozyme 첨가구의 경우 lysozyme은 분말 우혈장과 상호작용에 의한 분자간의 안정성이 낮아서 계면에 머무르는 함량과 거품이 깨어져 용액으로 되는 함량이 비슷하기 때문에 거품안정성 측정시 그 함량이 처음 액분, 마지막 액분 및 잔류거품 현탁액에서 모두 비슷하게 나타난 것으로 추정된다. 또한 잔류거품 현탁액에서의 lysozyme 함량은 두 첨가구에서 모두 시료용액 보다 증가하였고 난백+lysozyme 첨가구가 분말 우혈장+lysozyme 첨가구 보다 그 함량이 높았으며 거품안정성도 난백+lysozyme 첨가구가 분말 우혈장+lysozyme 첨가구 보다 양호하였다.

Stainsby¹⁸는 단백질이 양호한 거품안정성을 나타내려면 단백질 분자들이 공기-물 계면으로의 확산과 흡

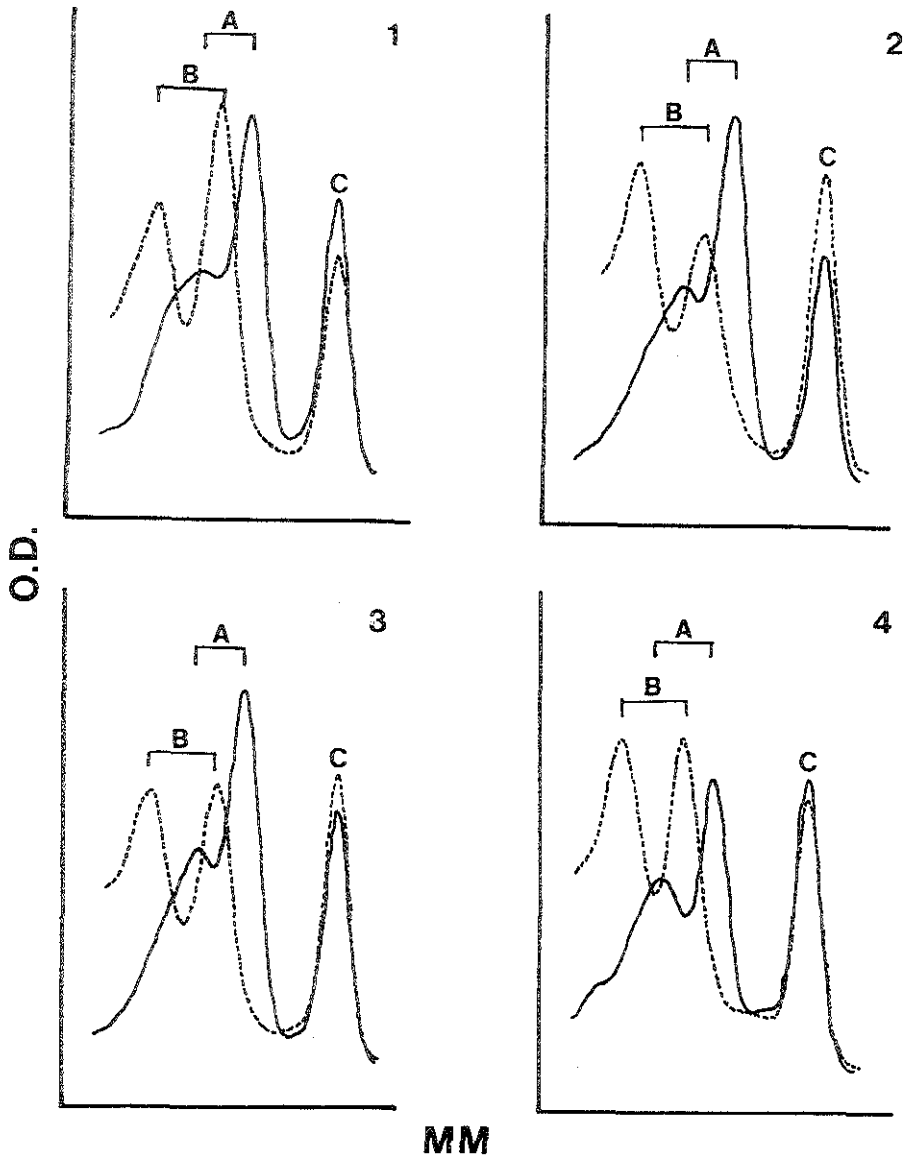


Fig. 1. Densitograms of SDS-PAGE gel of egg albumen foam, powdered beef plasma foam and drained liquid.

1, original solution ; 2, initial drained liquid fraction ; 3, final drained liquid fraction ; 4, material retained in foam ; A, egg albumen ; B, powdered beef plasma ; C, lysozyme ; —, egg albumen + lysozyme ; ---, powdered beef plasma + lysozyme

착, 그리고 표면변성이 용이해야 하며, 단백질 분자들 간의 상호작용을 통하여 계면에 견고하고 안정한 단백질 막을 형성해야 한다고 하였다. 따라서 산성인 시료 단백질에 염기성단백질인 lysozyme을 첨가할 경우 lysozyme이 계면에 머무르는 함량이 많을수록 거품안정성이 양호한 것으로 생각된다.

Lysozyme이 난백 및 분말 우혈장의 거품성에 미치는 영향

Table 2는 pH 8.0에서 lysozyme의 농도를 각각 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 및 0.5%로 하여 난백 (5%) 및 분말 우혈장 (5%)에 각각 첨가하였을 때의 거품형성능 및 거품안정

Table 2. Effects of lysozyme on the foaming properties of egg albumen solution (5%) and powdered beef plasma solution (5%) at pH 8.0^{a)}

Treatment ^{b)}	Overrun(%)				Foam stability (min.)
	5 ^{c)}	10 ^{b)}	15 ^{a)}	20 ^{a)}	
E.A. (Control)	622.1±26.0	683.8±26.9	853.1±13.4	1726.0±10.0	33.3±4.5
E.A.+0.1% lys.	562.1± 1.0	614.8± 6.8	687.0± 2.6	768.3±11.9	40.4±1.3
E.A.+0.2% lys.	608.3± 7.0	653.2± 1.2	768.3±11.9	1627.4±14.1	44.5±0.1
E.A.+0.3% lys.	567.7± 2.8	623.6± 3.4	731.0±13.2	1289.2±35.4	46.2±0.8
E.A.+0.4% lys.	557.3± 0.0	616.0±28.0	737.5±20.5	1362.0±51.0	48.0±1.2
E.A.+0.5% lys.	579.7±15.7	668.0±10.0	865.6± 8.3	1835.3±34.9	48.9±0.5
PBP(Control)	486.0± 5.3	496.5± 4.1	519.4± 4.4	553.3± 9.2	13.2±0.1
PBP+0.1% lys.	483.9± 8.4	497.7±10.5	530.4± 1.7	562.6± 1.0	18.6±0.6
PBP+0.2% lys.	488.5± 5.2	506.4± 5.9	528.3± 2.9	559.3±10.7	18.8±0.1
PBP+0.3% lys.	509.4± 8.0	524.6±15.1	557.4±13.4	595.7± 3.5	19.1±0.3
PBP+0.4% lys.	519.0± 8.3	549.7± 6.1	564.0± 3.7	618.0± 2.8	19.4±0.5
PBP+0.5% lys.	496.4± 7.5	523.8±10.5	589.6± 4.5	642.2± 7.2	21.2±0.2

^{a)}Means and standard deviation values were calculated from triplicate determinations

^{b)}E.A.=egg albumen, PBP=powdered beef plasma, lys.=lysozyme

^{c)}Whipping time (min.)

성을 측정 한 결과이다.

난백 시료단백질구의 경우 whipping 시간이 15분일 때 거품형성능은 0.5% lysozyme 첨가구에서 865.6±8.3%로써 대조구(853.1±13.4%)에 비해 1.5% 증가하였으며 ($p < 0.05$) lysozyme 농도의 증가에 따라 거품형성능이 점차 증가한 것으로 나타났다. 그러나 0.5% lysozyme 첨가구를 제외한 0.1, 0.2, 0.3 및 0.4% lysozyme 첨가구에서는 각각 687.0±2.6, 707.8±11.9, 731.0±13.2 및 737.5±20.5%로써 대조구 보다 낮은 거품형성능을 나타내었다. 거품안정성은 거품형성능이 최대인 0.5% lysozyme 첨가구에서 48.9±0.5분으로 대조구(33.3±4.5분) 보다 46.8% 증가하였으며 lysozyme 농도의 증가에 따라 거품안정성이 증가하는 경향이 있었다.

분말 우혈장 시료단백질구의 경우 거품형성능은 0.5% lysozyme 첨가구에서 589.6±4.5%로써 대조구(519.4±4.4%) 보다 13.5% 증가하였고 첨가구 전영역에서 lysozyme 농도의 증가에 따라 거품형성능이 증가한 것으로 나타났다. 거품안정성은 0.5% lysozyme 첨가구에서 21.2±0.2분으로 대조구(13.2±0.1분) 보다 60.6% 증가하였으며 lysozyme 농도의 증가에 따라 거품안정성이 증가하였다.

Fig. 2는 15분 whipping 하였을 때 pH에 따라 lysozyme(0.5%) 및 clupeine(0.3%)이 난백(5%)의 거품형성능 및 거품안정성에 미치는 효과를 나타낸 것이다. Lysozyme을 첨가한 경우 거품형성능 및 거품안정성이 모두 pH 5.0에서 가장 양호하였으며 clupeine 첨가의 경우 거품형성능은 pH 8.0에서, 거품안정성은 pH 5.0에서 가장 양호하였다. Mita 등¹⁹⁾ 및 Mita 등²⁰⁾은 단백질

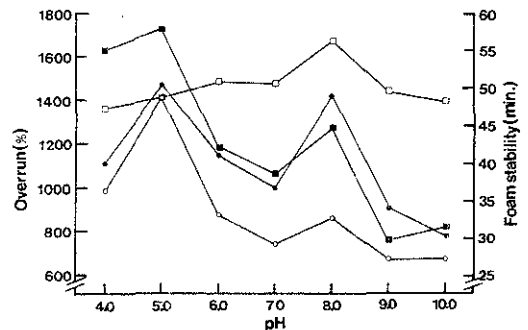


Fig. 2. Effects of lysozyme (0.5%) and clupeine (0.3%) on the overrun (15min.) and foam stability of egg albumen solution (5%).

○—○, egg albumen + lysozyme (overrun); □—□, egg albumen + clupeine (overrun); ●—●, egg albumen + lysozyme (foam stability); ■—■, egg albumen + clupeine (foam stability)

의 등전점에서 정전기적 인력이 최대가 되고 표면장력이 최소가 되 등 표면의 유동학적 성질이 최대가 되어 응집현상이 일어나지 않는 한 거품형성능과 거품안정성이 최대가 된다고 하였다. 본 실험의 시료단백질 용액의 조제농도에서 난백과 lysozyme의 함량 비율이 10 : 1인 것을 감안해 보면 난백의 함량이 훨씬 많기 때문에 난백의 등전점 부근인 pH 5.0에서 높은 거품형성능 및 거품안정성을 나타낸 것이라 생각되며 pH 8.0에서 거품형성능이 높게 나타난 것은 이 영역에서 난백과 lysozyme이 서로 반대의 하전을 띠게 되어 강한 정전기적 상호작용이 일어나기 때문이라 생각된다.

Clupeine이 난백 및 분말 우혈장의 거품성에 미치는 영향

Table 3은 pH 8.0에서 clupeine의 농도를 각각 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 및 0.5%로 달리하여 난백(5%) 및 분말 우혈장(5%)에 첨가하였을 때의 거품형성능 및 거품안정성을 측정된 결과이다.

난백 시료단백질구의 경우 15분 whipping시 거품형성능은 0.1% 및 0.2% clupeine 첨가구에서는 대조구(853.1±13.4%) 보다 감소하였으나 0.3% 이상의 clupeine 첨가구에서는 대조구 보다 증가하였고 0.3% clupeine 첨가구의 경우 1674.0±16.5%로써 가장 양호하였으며 대조구에 비해 약 96.2% 증가하였다. 거품안정성은 거품형성능이 최대인 0.3% clupeine 첨가구에서 44.8±1.7분으로 역시 가장 양호하였으며 대조구(33.3±4.5분) 보다 약 34.5% 증가하였다.

분말 우혈장 시료단백질구의 경우 거품형성능은 0.5% clupeine 첨가구에서 746.2±8.1%로써 가장 양호하였고 대조구(519.4±4.4%) 보다 약 43.7% 증가하였으며 clupeine 농도의 증가에 따라 거품형성능이 증가하는 경향이었다. 거품안정성도 clupeine 농도의 증가에 따라 증가하였으며 0.4% 및 0.5% clupeine 첨가구에서 각각 30.0±0.4 및 30.0±0.2분으로써 대조구(13.2±0.1분) 보다 모두 약 127.3% 증가하였다.

Table 2 및 3에서 난백의 거품형성능에 미치는 효과는 lysozyme 보다 clupeine이 훨씬 큰 것으로 나타났으며 0.3% clupeine 첨가시 가장 양호한 증진효과를 나타내었다. 그러나 lysozyme 및 clupeine이 거품안정성

에 미치는 효과는 clupeine 보다 lysozyme이 더 큰 것으로 나타났다. 분말 우혈장의 거품형성능에 미치는 lysozyme 및 clupeine의 효과는 난백의 경우와 같이 lysozyme의 첨가시 보다 clupeine의 첨가시가 훨씬 크게 나타났으며 lysozyme과 clupeine 농도의 증가에 따라 거품형성능이 증가하는 경향이었다. 거품안정성은 lysozyme 및 clupeine을 각각 0.1% 첨가시에는 별 차이가 없었으나 첨가농도가 증가할수록 두 첨가구 사이에 큰 차이가 있었으며 lysozyme 첨가구 보다 clupeine 첨가구가 더 큰 증진효과를 나타내었다.

Poole 등¹⁸⁾은 clupeine의 등전점(pI 12.0)이 lysozyme의 등전점(pI 10.7) 보다 높으므로 clupeine이 더 많은 양(+) 하전을 띠게 되고 산성단백질의 상호작용이 더 효과적으로 일어나기 때문에 clupeine이 lysozyme 보다 거품성 증진효과가 더 양호하다고 하였으며 염기성단백질의 양(+) 하전량이 거품성 증진효과에 중요한 인자라고 하였다. 한편 Poole 등¹⁹⁾은 등전점이 lysozyme 보다 낮은 β -lactoglobulin(pI 9.9)의 경우 같은 농도에서 clupeine과 비슷한 거품성 증진효과를 나타낸다고 하였으며 거품성은 염기성단백질의 하전량 외에도 표면활성, 분자 구조 및 분자의 크기 등과 같은 요인에 의하여 나타난다고 하였다.

본 실험에서 난백 및 분말 우혈장의 거품형성능에 대한 lysozyme 및 clupeine의 증진효과는 clupeine이 더 크게 나타났고 거품안정성 증진효과는 분말 우혈장 시료단백질구의 경우 clupeine이, 난백의 경우 lysozyme이 더 효과가 큰 것으로 나타났다.

Table 3. Effects of clupeine on the foaming properties of egg albumen solution (5%) and powdered beef plasma solution (5%) at pH 8.0^{a)}

Treatment ^{b)}	Overrun(%)				Foam stability (min.)
	5 ^{c)}	10 ^{c)}	15 ^{c)}	20 ^{c)}	
E.A. (Control)	622.1±26.0	683.8±26.9	853.1±13.4	1726.0±10.0	33.3±4.5
E.A.+0.1% clu.	630.4± 5.0	668.2±26.0	748.9±16.6	903.2±13.1	35.5±0.5
E.A.+0.2% clu.	606.1± 1.0	659.3±25.1	771.0±10.9	1157.3±12.3	35.9±0.6
E.A.+0.3% clu.	601.7±17.7	847.1± 5.1	1674.0±16.5	1502.9±12.0	44.8±1.7
E.A.+0.4% clu.	647.1± 7.4	1240.4± 9.6	1487.2± 7.8	1379.2±50.2	41.8±1.2
E.A.+0.5% clu.	672.6± 2.0	1012.4± 0.9	1241.9±13.2	1487.3± 3.8	41.8±1.3
PBP (Control)	486.0± 5.3	496.5± 4.1	519.4± 4.4	553.3± 9.2	13.2±0.1
PBP+0.1% clu.	501.6± 2.6	535.5± 0.8	587.3± 1.7	640.7± 4.3	18.8±0.1
PBP+0.2% clu.	510.9± 4.3	553.9±10.5	620.9± 9.1	708.1±10.3	19.7±0.3
PBP+0.3% clu.	516.4±14.3	577.1±13.4	674.9± 2.6	795.9±12.5	26.1±1.0
PBP+0.4% clu.	524.4±14.4	622.5± 9.8	716.7± 6.3	897.4± 7.4	30.0±0.4
PBP+0.5% clu.	506.8± 6.7	593.4±11.3	746.2± 8.1	1073.8± 9.5	30.0±0.2

^{a)} Means and standard deviation values were calculated from triplicate determinations

^{b)} E.A.=egg albumen, PBP=powdered beef plasma, clu.=clupeine

^{c)} Whipping time (min.)

Sucrose 및 sodium chloride가 난백 및 분말 우혈장의 거품성에 미치는 영향

Table 4는 sucrose의 농도를 1, 5 및 10%로, sodium chloride의 농도를 0.1, 0.5, 1.0 및 2.0M로 달리하여 난백(5%) 및 분말 우혈장(5%)에 첨가시 거품형성능 및 거품안정성을 측정한 결과이다.

난백 시료단백질구의 sucrose 첨가구에서 15분 whipping하였을 때 거품형성능이 $757.8 \pm 15.6 \sim 788.6 \pm 7.9\%$ 로써 대조구($853.1 \pm 13.4\%$) 보다 감소하였으며 농도에 따른 유의차는 인정되지 않았다($p > 0.05$). 거품안정성은 sucrose의 첨가농도에 따라 전체적으로 $34.7 \pm 0.5 \sim 40.4 \pm 0.1$ 분으로 대조구(33.3 ± 4.5 분) 보다 양호하였으며 sucrose 농도의 증가에 따라 증가하는 경향이였다.

분말 우혈장 시료단백질구의 경우 1% sucrose 첨가구에서 거품형성능이 $481.2 \pm 0.8\%$ 로 대조구($519.4 \pm 4.4\%$)에 비해 감소하였고 5% sucrose 첨가구에서는 $523.8 \pm 3.2\%$ 로 대조구와 유의차가 없었으며($p > 0.05$) 10% sucrose 첨가시는 $546.6 \pm 8.2\%$ 로 약간 증가하였다. 거품안정성은 sucrose 농도에 따라 $15.0 \pm 0.5 \sim 19.1 \pm 0.4$ 분으로써 대조구(13.2 ± 0.1 분) 보다 양호하였고 sucrose 농도의 증가에 따라 증가하는 경향이였다.

Sodium chloride 첨가구에서 15분 whipping하였을 때 난백 시료단백질구의 경우 0.1 및 0.5M sodium chlo-

ride 첨가구에서 거품형성능이 각각 793.3 ± 10.0 및 $813.7 \pm 15.4\%$ 로써 대조구($853.1 \pm 13.4\%$) 보다 약간 감소하였으나 1.0 및 2.0M sodium chloride 첨가구에서는 각각 1126.2 ± 12.2 및 $1425.6 \pm 10.0\%$ 로써 증가하였다. 거품안정성은 0.1, 0.5 및 1.0M sodium chloride 첨가구에서 $21.0 \pm 0.4 \sim 26.8 \pm 0.4$ 분으로써 대조구(33.3 ± 4.5 분)에 비해 감소하였으나 2.0M sodium chloride 첨가구에서는 38.7 ± 1.1 분으로 약간 증가하였다.

분말 우혈장 시료단백질구의 경우 0.1 및 0.5M sodium chloride 첨가구에서 거품형성능이 각각 519.9 ± 9.4 및 $537.4 \pm 10.2\%$ 로써 대조구($519.4 \pm 4.4\%$)에 비해 차이가 없는 것으로 나타났으며($p > 0.05$) 1.0 및 2.0M sodium chloride 첨가구에서는 각각 589.8 ± 0.6 및 $768.6 \pm 10.6\%$ 로써 증가하였다. 거품안정성은 sodium chloride 0.1, 0.5, 1.0 및 2.0M 첨가구에서 전체적으로 $15.3 \pm 0.2 \sim 25.2 \pm 0.0$ 분으로써 대조구(13.2 ± 0.1 분) 보다 증가하였고 sodium chloride 농도의 증가에 따라 거품안정성이 증가하는 경향이였다.

Kinsella⁶⁾ 및 Poole과 Fry⁹⁾에 의하면 sucrose는 단백질의 거품형성능은 감소시키지만 계면막의 점도를 증가시킴으로써 거품의 안정성은 증가시킨다고 하였다. 한편, Damodaran과 Kinsella²¹⁾는 열류이온이 단백질의 형태 및 기능에 미치는 효과는 열류이온이 단백질의 하전된 group과 극성 group과의 정전기적 상호작용 및

Table 4. Effects of sucrose and sodium chloride on the foaming properties of egg albumen solution (5%) and powdered beef plasma solution (5%) at pH 8.0^{a)}

Treatment ^{b)}	Overrun(%)				Foam stability (min.)
	5 ^{c)}	10 ^{b)}	15 ^{a)}	20 ^{b)}	
E.A. (Control)	622.1±26.0	683.8±26.9	853.1±13.4	1726.0±10.0	33.3±4.5
E.A. +1% suc.	606.8± 6.5	670.8± 3.9	788.6± 7.9	1538.1±30.1	34.7±0.5
E.A. +5% suc.	577.3±11.5	622.5±22.7	757.8±15.6	1246.6±15.3	36.4±0.6
E.A. +10% suc.	593.2±11.5	675.7± 0.2	773.0±14.3	1555.7± 6.2	40.4±0.1
PBP (Control)	486.0± 5.3	496.5± 4.1	519.4± 4.4	553.3± 9.2	13.2±0.1
PBP+1% suc.	463.1± 7.0	474.2± 7.7	481.2± 0.8	521.6± 1.8	15.0±0.5
PBP+5% suc.	480.3± 9.7	511.0± 1.4	523.8± 3.2	556.9± 3.6	17.4±1.4
PBP+10% suc.	427.4± 9.5	467.0± 1.4	546.6± 8.2	554.7± 5.9	19.1±0.4
E.A.+0.1M NaCl	611.0± 0.7	662.5±51.0	793.3±10.0	1319.3±10.0	26.8±0.4
E.A.+0.5M NaCl	619.0±22.1	672.0±12.4	813.7±15.4	1943.4±33.6	21.0±0.4
E.A.+1.0M NaCl	605.5± 5.0	674.4±21.1	1126.2±12.2	1765.2±20.2	21.5±0.3
E.A.+2.0M NaCl	623.9±10.0	1162.2±32.2	1425.6±10.0	1359.5±19.4	38.7±1.1
PBP+0.1M NaCl	477.3± 9.9	502.0± 4.6	519.9± 9.4	540.2± 5.7	15.3±0.2
PBP+0.5M NaCl	476.8± 9.6	503.8± 0.3	537.4±10.2	567.8± 9.3	17.6±0.5
PBP+1.0M NaCl	483.3± 8.3	537.8± 4.9	589.8± 0.6	675.3±12.8	18.6±0.7
PBP+2.0M NaCl	473.4± 7.6	586.7± 9.2	768.6± 0.6	675.3± 8.7	25.2±0

^{a)}Means and standard deviation values were calculated from triplicate determinations

^{b)}E.A.=egg albumen, PBP=powdered beef plasma, clu.=clupeine

^{c)}Whipping time (min.)

염류이온이 물의 구조에 미치는 영향에 따른 단백질의 소수적 힘의 변화에 의해서 나타난다고 하였다. 본 실험에서 전체적으로 보아 두 단백질 시료 모두 sodium chloride의 첨가로 거품형성능은 향상되었으며, 거품안정성은 난백 시료의 경우 1.0M 첨가시 까지는 대조구 보다 감소하다가 2.0M 첨가시는 대조구 보다 증가하였고 분말 우혈장 시료에서는 sodium chloride 농도의 증가에 따라 점차 증가하는 경향이였다.

Lysozyme, clupeine, sucrose 및 sodium chloride의 혼합첨가가 난백 및 분말 우혈장의 거품성에 미치는 영향

Table 5는 lysozyme, clupeine, sucrose 및 sodium chloride를 난백(5%) 및 분말 우혈장(5%) 시료단백질에 각각 단독 또는 혼합첨가하였을 때의 거품형성능 및 거품안정성을 측정된 결과이다.

Table 5의 난백 시료의 경우 0.3% clupeine과 2.0M sodium chloride를 혼합 첨가하여 15분간 whipping하였을 때 거품형성능은 1872.4±32.1%로써 대조구(853.1±13.4%)에 비해 119.5% 증가하였고 거품안정성은 56.9±0.8분으로 대조구(33.3±4.5분)에 비해 70.9% 증가하였으며 전체의 첨가구 중 거품형성능과 거품안정성이 가장 양호하였다.

분말 우혈장 시료의 경우에는 0.5% clupeine을 단독으로 첨가하였을 때 거품형성능 및 거품안정성이 각각 746.2±8.1% 및 30.0±0.2분으로써 대조구(각각 519.

4±4.4% 및 13.2±0.1분)에 비해 각각 43.7% 및 127.3% 증가하였으며 거품성이 가장 양호하였다.

요 약

표면장력은 난백 시료단백질구에서 전체적으로 46.8±0.379~52.4±0.404dyne/cm(대조구, 51.5±0.416 dyne/cm), 분말 우혈장 시료단백질구에서 54.6±0.231~60.7±0.467dyne/cm(대조구, 53.9±0.153 dyne/cm)이었고 혼탁도는 두 시료단백질구에서 각각 77.0±0.058~97.9±0.058(대조구, 91.2±0.153) 및 90.3±0.058~98.5±0.115(대조구, 82.7±0.100)이었으며 표면소수성은 두 시료단백질구에서 각각 524~811(대조구, 485) 및 5102~7128(대조구, 4665)이었다. 전기영동 실험결과 lysozyme이 두 시료단백질구의 거품에 머무는 시간은 분말 우혈장 단백질구에서 보다 난백 단백질구에서 더 길었다. Lysozyme이 두 시료단백질의 거품형성능 및 거품안정성 증진효과는 분말 우혈장 시료가 난백 시료 보다 모두 양호하였으며 clupeine의 거품형성능 증진효과는 분말 우혈장 시료 보다 난백 시료가, 그리고 거품안정성 증진효과는 난백 시료 보다 분말 우혈장 시료가 양호하였다. 거품형성능 및 거품안정성 증진에 가장 효과적인 lysozyme 및 clupeine의 농도는 난백 시료구에서 각각 0.5% 및 0.3% 이었으며 분말 우혈장 시료구에서는 모두 0.5%이었다. 두 단백질시료 모두 sucrose의 첨가에 따라 거품안정

Table 5. Effects of lysozyme and clupeine on the foaming properties of egg albumen solution (5%) and powdered beef plasma solution (5%) with and without sucrose and sodium chloride at pH 8.0^a

Treatment ^b	Overrun(%)				Foam stability (min.)
	5 ^c	10 ^c	15 ^c	20 ^c	
E.A. (Control)	622.1±26.0	683.8±26.9	853.1±13.4	1726.0±10.0	33.3±4.5
E.A.+0.5% lys.	579.7±15.7	668.0±10.0	865.6± 8.3	1835.3±34.9	48.9±0.5
E.A.+0.5% lys.+10% suc.	563.4±28.9	644.2±20.0	1522.6±23.1	1329.6± 5.1	53.9±0.7
E.A.+0.5% lys.+2.0M NaCl	655.3±11.2	691.8±20.2	1593.0±29.6	1398.6±10.8	45.8±0.3
E.A.+0.3% clu.	601.7±17.7	847.1± 5.1	1674.0±16.5	1502.9±12.0	44.8±1.7
E.A.+0.3% clu.+10% suc.	600.5±10.0	881.1±20.1	1434.6±32.6	1327.6±19.5	48.1±0.5
E.A.+0.3% clu.+2.0M NaCl	600.0± 5.9	716.7± 6.0	1872.4±32.1	1230.0±16.3	56.9±0.8
PBP(Control)	486.0± 5.3	496.5± 4.1	519.4± 4.4	553.3± 9.2	13.2±0.1
PBP+0.5% lys.	496.4± 7.5	523.8±10.5	589.6± 4.5	642.2± 7.2	21.2±0.2
PBP+0.5% lys.+10% suc.	466.6±10.3	523.1± 1.1	579.2± 7.2	648.8± 8.1	21.4±0.5
PBP+0.5% lys.+2.0M NaCl	494.4± 7.1	498.3± 3.8	622.5± 2.3	803.8± 6.7	25.1±0.3
PBP+0.5% clu.	506.8± 6.7	593.4±11.3	746.2± 8.1	1073.8± 9.5	30.0±0.2
PBP+0.5% clu.+10% suc.	488.8± 7.3	537.6± 7.3	622.3± 3.2	712.7± 2.3	28.6±0.3
PBP+0.5% clu.+2.0M NaCl	496.8± 7.7	524.4± 9.5	625.2± 3.6	809.5± 9.2	24.9±0.3

^aMeans and standard deviation values were calculated from triplicate determinations

^bE.A.=egg albumen, PBP=powdered beef plasma, lys.=lysozyme, clu.=clupeine, suc.=sucrose, NaCl=sodium chloride

^c=Whipping time (min.)

성이 증진되었으며 첨가농도가 증가할수록 점차 증가하였다. Sodium chloride 첨가시는 전체적으로 첨가농도의 증가에 따라 거품형성능이 점차 증진되었으며 거품안정성의 경우 2.0M 첨가시 두 시료단백질에서 모두 대조구 보다 증가하였다. 혼합첨가의 효과를 보면 난백 시료구에서는 0.3% clupeine과 2.0M sodium chloride를 첨가한 구가 거품형성능 및 거품안정성이 가장 양호하였으며 대조구에 비하여 각각 119.5% 및 70.9% 증가하였다. 분말 우혈장 시료구의 경우는 0.5% clupeine만을 첨가시 거품형성능 및 거품안정성이 가장 양호하였으며 대조구에 비하여 각각 43.7% 및 127.3% 증가하였다.

문 헌

- 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 and San Francisco, p. 237(1976)
- Cumper, C. : The stabilization of foams by proteins. *Sci. Am.*, **256**, 74 (1953)
- Halling, P. J. : Protein-stabilized foams and emulsions. *CRC Critical Reviews. Food Sci. Nutr.*, **13**, 155 (1981)
- Graham, C. and Phillips, M. : The conformation of proteins at interfaces and their role in stabilizing emulsions. In "Theory and Practice of Emulsion Technology" Smith, A. (ed.), Academic Press, New York, p.75 (1976)
- Poole, S. and Fry, J. C. : High-performance protein foaming and gelation system. In "Developments in food proteins-5" Hudson, B. J. F. (ed.), Elsevier Applied Science, p.257 (1987)
- Kinsella, J. E. : Functional properties of proteins ; Possible relationships between structure and function in foams. In "Food Chemistry" Applied Science Publishers Ltd., England, p.273 (1981)
- Phillips, L. G., Yang, S. T. and Kinsella, J. E. : Neutral salt effects on stability of whey protein isolate foams. *J. Food Sci.*, **56**, 588 (1991)
- 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 β -lactoglobulin. *J. Food Sci.*, **54**, 743 (1989)
- Kato, A. and Nakai, S. : Hydrophobicity determined by a fluorescence probe method and its correlation with surface properties of proteins. *Biochim. Biophys. Acta*, **623**, 13 (1980)
- Laemmli, U. K. : Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4. *Nature*, **227**, 680 (1970)
- 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)
- SAS : *SAS User's Guide*. SAS Institute, Inc., Cary, NC (1985)
- Burcik, E. J. : The rate of surface tension lowering and its role in foaming. *J. Colloid Sci.*, **5**, 421 (1950)
- Kitabatake, N. and Doi, E. : Surface tension and foaming of protein solutions. *J. Food Sci.*, **47**, 1218 (1982)
- Poole, S., West, S. and Walters, C. : Protein-protein interactions ; Their importance in the foaming of heterogeneous protein systems. *J. Sci. Food Agric.*, **35**, 701 (1984)
- Townsend, A.-A. and Nakai, S. : Relationships between hydrophobicity and foaming characteristics of food proteins. *J. Food Sci.*, **48**, 588 (1983)
- Mattarella, N. L. and Richardson, T. : Physicochemical and functional properties of positively charged derivatives of bovine β -lactoglobulin. *J. Agric. Food Chem.*, **31**, 972 (1983)
- Stainsby, G. : Foaming and emulsification. In "Functional properties of food macromolecules" Michell, J. R. and Ledward, D. A. (eds.), Elsevier Applied Science publishers, p.315 (1986)
- Mita, T., Nikai, K., Hiraoka, T., Matsuo, S. and Matsumoto, H. : Physicochemical studies on wheat protein foams. *J. Colloid Interface Sci.*, **59**, 172 (1977)
- Mita, T., Ishida, E. and Matsumoto, H. : Physicochemical studies on wheat protein foams II. Relationship between bubble size and stability of foams prepared with gluten and gluten components. *J. Colloid Interface Sci.*, **64**, 143 (1978)
- Damodaran, S. and Kinsella, J. E. : Effects of ions on protein conformation and functionality. In "Food Protein Deterioration Mechanisms and Functionality" Cherry, J. (ed.), American Chemical Society, Columbus, OH., p. 27 (1982)

(1994년 12월 6일 접수)