



유청 단백질 가수분해물의 유화특성

양희진·이수원*

성균관대학교 식품·생명자원학과

Emulsifying Properties of Whey Protein Hydrolysates

Hee-Jin Yang and Soo-Won Lee*

Department of Food and Life Science, Sungkyunkwan University

Abstract

This experiment was carried out to study changes in solubility and emulsifying properties of whey protein. Whey protein hydrolysates were obtained from tryptic hydrolysis of whey protein concentrate at pH 8.0 and 37°C for 6 hours. Emulsifying activity of whey protein hydrolysate was highest at 4 hours of hydrolysis and at 5.50% of DH. During hydrolysis of whey protein concentrate with trypsin, α -lactalbumin was not easily broken down. But β -lactoglobulin was hydrolysed rapidly from the early stage of hydrolysis, producing several low molecular weight peptides, which have to participate in increasing emulsifying activity. The solubility of hydrolysates tended to increase depending on hydrolysis time; however, there was a gradual decrease after 5 hours. The hydrolysate had a minimum solubility near the isoelectric point range (pH 4~5). The more hydrolysed the whey protein concentrates, the more soluble they are near the pI. They are also more soluble above pH 6. Emulsifying activity of hydrolysates showed similar results to solubility. Creaming stability gradually increased when hydrolysis increased, increasing rapidly above pH 8 after 4 hours of hydrolysis.

Key words : whey protein concentrates, hydrolysates, emulsifying activity, solubility, creaming stability

서론

물리적, 화학적, 또는 효소 처리에 의한 단백질의 변형화는 단백질의 구조와 형태를 변화시킬 뿐 아니라 물리화학적 성질과 기능 특성도 변화시킨다(Chobert et al., 1988a). 단백질의 기능적, 영양적 특성을 향상시키기 위한 단백질의 변형화에 효소를 이용한 단백질 가수분해방법을 널리 사용하고 있다(Fox et al., 1982).

단백질 가수분해에 의해 생성된 peptide들은 단백질보다 작은 분자량과 2차 구조를 가지고 있으며 등전점 부근에서의 용해도 증가와 점도의 감소, 그리고 원래 단백질과는 다른 foaming, gelling과 emulsifying properties를 기대할 수가 있다. Peptide들은 식품가공 공정에서 다양하게 사용되어질

수 있지만 단백질 가수분해에 의해 생성되는 peptide들의 기능성의 유용함에 대한 정보는 매우 적다(Adler-Nissen, 1976; Adler-Nissen and Olsen, 1979; Olsen and Adler-Nissen, 1979; Adler-Nissen et al., 1983; Shimizu et al., 1986).

효소에 의해 가수분해된 단백질은 점도가 낮아지고, whipping ability가 증가되며 solubility와 같은 기능특성을 갖고 있으므로 많은 식품제조에 이용되기에 적합하며(Adler-Nissen, 1979), 단백질 가수분해효소에 의한 부분적 효소가 수분해는 단백질의 영양가치의 손실 없이 기능성을 변화시킬 수 있는 가장 확실한 방법이다(Adler-Nissen, 1976).

우유단백질은 단백질 가수분해효소에 의해 기질의 특이성이 모든 식품단백질 중 가장 잘 밝혀진 것 중의 하나로서 pepsin, papain, trypsin, chymotrypsin 등의 많은 가수분해효소를 이용하여 casein과 whey를 가수분해한 많은 실험들이 행하여졌다. 그 중 whey는 cheese와 casein 제조시 생산되는 부산물로서 우수한 영양적 가치와 기능적 특성을 가지고 있어 다른 단백질의 보충단백질로 이용되거나 대치단백질로

*Corresponding author : Soo-Won Lee, Department of Food and Life Science, Sungkyunkwan University, 300, Chunchun-dong, Jangan-gu, Suwon, Kyunggi-do, Korea. Tel: 82-31-290-7805, Fax: 82-31-290-7815, E-mail: leesw@skku.edu

사용할 수 있다. 그러나 cheese whey protein은 영양적 관점에서 볼 때 가장 유용한 단백질임에도 불구하고 오랫동안 대부분이 그냥 버려져 환경 오염 문제를 야기시키며 경제적 손실도 가져왔다. 하지만 유가공 기술이 발달함에 따라 whey protein을 선택적으로 분리할 수 있는 기술들이 발달되어 whey protein을 식품산업에서 단백질 강화 또는 기능성의 부여와 같은 분야에 이용하게 되었다. 그러나 whey protein은 단백질 분해효소에 의해서 분해되기 어려운 3차 구조의 구상단백질로서 열처리에 의해서 쉽게 변성되어 불용화되고 (de Wit and Klarenbeek, 1984; Ribadean-Dumas, 1988) 구조적 특성에 의해서 섭취 후에 소화되기 어렵다는 문제 때문에 *in vitro*에서 여러가지 생체내의 소화 효소와 이들 효소 조합에 의한 가수분해에 관하여 많은 연구가 진행되고 있다.

본 연구는 whey protein의 유화특성을 향상시키기 위하여 단백질가수분해효소인 trypsin으로 한정 가수분해시킨 가수분해물의 solubility와 emulsifying properties의 변화를 관찰하여 food emulsion을 안정화시키고, 식품가공에 있어서 이용성이 높은 whey protein hydrolysate를 얻기 위하여 실시하였다.

재료 및 방법

공시재료

본 실험에 사용한 whey protein concentrates(WPC)는 ultrafiltration으로 탈염된 Lacprodan-90(Denmark Protein a.s., Denmark)을 사용하였으며 단백질 함량은 92%, 수분함량은 4%였다. 가수분해효소인 porcine trypsin은 Novo社(Denmark)의 제품을 사용하였고 그 외의 시약은 Sigma社(U.S.A)의 제품을 사용하였다.

Whey protein의 trypsin에 의한 한정 가수분해

Alder-Nissen(1986)의 방법을 변형하여 2% whey protein 용액을 제조하여(pH 8.0) porcine trypsin과 기질의 비율을 1 : 3,000으로 첨가하여 37℃ 항온수조에서 가수분해하였다. pH-stat system으로 일정한 pH 조건을 유지시키면서 6시간동안 가수분해하였고, 시간별로 채취한 시료들은 효소 불활성화를 위해 75℃에서 20분간 열처리한 다음 동결 건조하여 유화활성 실험의 시료로 사용하였다. 단, 가수분해 측정용 시료는 효소첨가 직후를 0시간으로 하고 반응 1시간까지는 10분, 30분 그리고 1시간에 시료를 채취하였고 그 이후로는 1시간 간격으로 6시간까지 시료를 채취하였으며 가수분해도 측정용 시료는 채취한 즉시 1% sodium dodecyl sulfate(SDS)를 첨가한 후 75℃에서 15분 동안 열처리하여 효소를 불활성화 시켰다.

1) 가수분해물의 분해도(degree of hydrolysis : DH) 측정

Adler-Nissen(1979)의 방법에 준하여 실시하였다. 준비된 가수분해도 측정용 시료 250 μ l와 0.2125 M phosphate buffer(pH 8.2) 2 ml를 혼합하고 0.1% trinitrobenzenesulfonic acid(TNBS) 2 ml를 첨가하여 50℃의 항온수조에서 1시간동안 정치시키면서 발색시켰다. 발색 후 4 ml의 0.1 N HCl을 첨가하여 반응을 종료시키고 상온에서 30분간 정치시킨 후 UV-spectrophotometer를 이용하여 340 nm에서 흡광도를 측정하였다.

2) Electrophoresis

Laemli(1970)의 SDS-PAGE 방법에 따라 15% acrylamide gel을 제조하여 사용하였다.

pH에 따른 용해도 측정

Whey protein 가수분해물과 대조구를 0.1%(w/v)의 농도로 각각 pH를 3.0에서 10.0까지 조정한다. pH가 조정된 시료들을 실온에서 30분간 정치 후 5,500 rpm에서 15분간 원심분리 하여 상등액을 취해 Lowry 등(1951)의 방법을 사용하여 단백질 함량을 측정하였다. 표준단백질로 BSA를 사용하였고 용해도는 총단백질 농도의 백분율로 표시하였다.

pH에 따른 유화특성(emulsifying properties) 측정

1) 유화활성의 측정

유화활성(emulsifying activity)은 Pearce와 Kinsella(1978)의 방법에 준하여 측정하였다. 2%(w/v) whey protein 가수분해물 2 g과 soybean oil 0.5 g을 pyrex tube에 넣어 30℃를 유지해 주면서 Polytron PT-3000(Kinematica, Co. Switzerland)을 이용하여 21,000 rpm에서 3분간 유화하였다. 유화 후 즉시 emulsion 중 0.5 ml를 취해서 0.1% SDS용액으로 961배 희석하여 500 nm에서 흡광도를 측정하여 유화활성지표(emulsifying active index : EAI)로 표시하였다.

2) 유화 안정성의 측정

유화 안정성(creaming stability)은 Lee와 Kim(1992)의 방법에 준하여 측정하였다.

통계분석

실험 결과 얻어진 data의 통계처리는 SAS(Statistical Analysis Systems, USA) program을 사용하여 ANOVA 분석을 하였으며 Duncan's multiple range test($p < 0.05$)로 각 시료간의 유의성을 검증하였다.

결과 및 고찰

WPC의 trypsin에 의한 가수분해

WPC의 trypsin에 의한 가수분해도(DH)는 가수분해 3시간 까지 꾸준히 증가하는 경향을 나타내었고 그 이후 가수분해 종료시까지 완만하게 증가하는 것으로 측정되었다(Fig. 1).

분해시간에 따른 whey protein의 분해속도를 SDS-PAGE로 확인한 결과(Fig. 2) trypsin의 분해를 받지 않은 0시간에서는 α -lactalbumin과 β -lactoglobulin이 주요한 band로 존재하지만 trypsin 작용 후 β -lactoglobulin은 분해개시 직후인 10분만에 급격히 band의 색깔과 폭이 좁아짐을 나타내며 분자량 9 kDa 정도의 band가 나타나기 시작하였다. 그 상태는 분해 2시간까지 계속 분해가 진행되다가 3시간 이후부터는 β -lactoglobulin band가 거의 사라지고 있다. 분해개시 2시간부터 6~7 kDa 정도 되는 band들이 본격적으로 관찰되었고 분해시간이 증가함에 따라 band가 진해지면서 저 작은 분자량을 가진 물질들이 생성되는 것을 관찰할 수 있었다. Britten 등(1994)도 whey protein isolates의 가수분해시 DH가 5.1%일 때 β -lactoglobulin의 절반 이상이 분해되었지만 α -lactalbumin은 효소의 작용을 받지 않았다고 보고하였다.

반면 α -lactalbumin은 분해시간 30분정도에 약간의 분해 정도를 나타내지만 그 이후 6시간까지 band에 별다른 변화가 나타나지 않았으며 분해시간 전체로 볼 때 β -lactoglobulin보다 분해 정도가 현저히 떨어졌고 이는 Chobert 등(1988a)의 보고와 유사한 경향을 나타내었다.

또한 Bertrand-Harb 등(2002)은 일반적으로 α -lactalbumin은 trypsin에 의해 가수분해가 잘 되지 않는데 이를 85°C 정도로 가열하게 되면 α -lactalbumin이 응집되는 성질을 가지게 되고, 이런 열변성 후에 숨겨져 있던 trypsin에 의해 분해

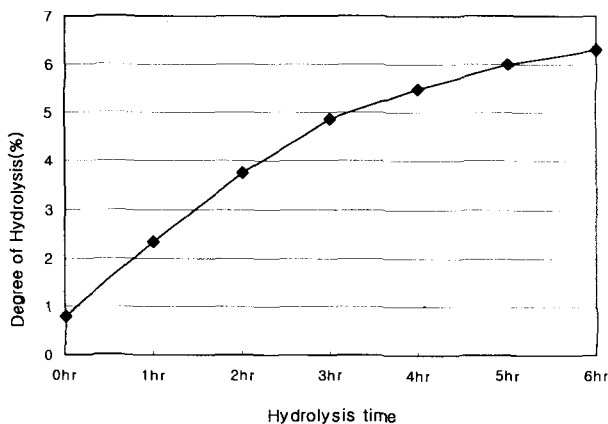


Fig. 1. Time course of hydrolysis of whey protein concentrates by trypsin.

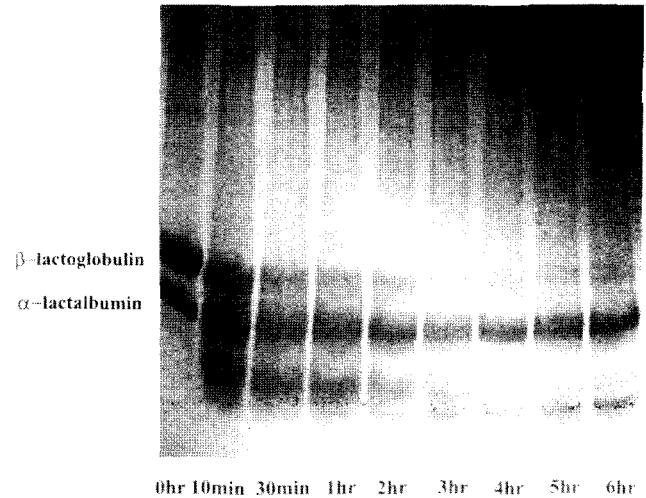


Fig. 2. Electrophoretic patterns of trypsin digests of whey protein concentrates.

되는 부위가 노출되면서 trypsin 가수분해에 민감해진다고 하였다. 잘 분해되지 않는 α -lactalbumin의 trypsin에 의한 분해가 필요하다면 WPC의 가열 전처리를 고려해 봐야 할 것이다.

가수분해시간 10분에서 α -lactalbumin 아래 부분에서 band들이 생성되는데 시간이 지남에 따라 이보다 더 작은 분자량을 지닌 peptide들이 관찰되며 이렇게 새로 생성된 band들은 주로 β -lactoglobulin의 분해로 생성되는 것이며 이 band들의 생성으로 유화특성의 변화가 일어난다고 생각되어진다.

WPC의 trypsin 분해에 의한 유화특성의 변화

WPC를 trypsin을 이용하여 0~6시간까지 가수분해하였을 때 WPC의 유화활성은 분해개시로부터 1시간까지 빠르게 증가함을 보이며 그 이후 4시간까지 서서히 증가하여 56%의 유화활성 증가를 나타내었다. 가수분해 4시간째에 가장 높은 유화활성을 나타내었으며 4시간 이후에는 감소하는 경향을 보여주었다. 유화 안정성은 유화활성과는 달리 분해 2시간까지는 증가세가 둔화하였으나 3시간 이후부터는 시간이 지남에 따라 현저하게 증가하여 가수분해 6시간째에 가장 높은 유화 안정성을 나타내었으며 약 78%의 유화 안정성 증가를 나타내었다(Table 1).

pH에 따른 용해도

가수분해한 시료들을 시간별로 각각 pH를 조정하여 용해도를 측정하였다(Fig. 3). 효소가 작용하지 않은 0시간에서는 pH 3에서 5까지는 용해도가 급격히 감소하였으나 이후부터는 pH가 증가함에 따라 용해도도 증가하였다. 분해 30분에서는 0시간보다 전반적으로 용해도가 증가하였으며 특히 pH

Table 1. Emulsifying properties of whey protein concentrates(WPC) and its trypsin hydrolysates

Hydrolysis time(hr)	Emulsifying activity index(m ² /g)	Creaming stability(%)
0	11.69±0.50 ^h	29.95±0.45 ^c
10 min	12.65±0.31 ^g	30.25±0.38 ^c
30 min	14.07±0.27 ^f	30.71±0.84 ^c
1	15.09±0.35 ^e	30.83±0.62 ^c
2	16.25±0.33 ^c	31.22±0.31 ^e
3	17.37±0.21 ^b	33.25±0.78 ^d
4	18.19±0.32 ^a	36.79±1.11 ^c
5	15.77±0.22 ^{dc}	42.72±1.02 ^b
6	15.30±0.10 ^{dc}	53.35±0.94 ^a

* All values are expressed as mean±SD of triplicate determinations.

Means with different superscripts in same column are significantly different(p<0.05).

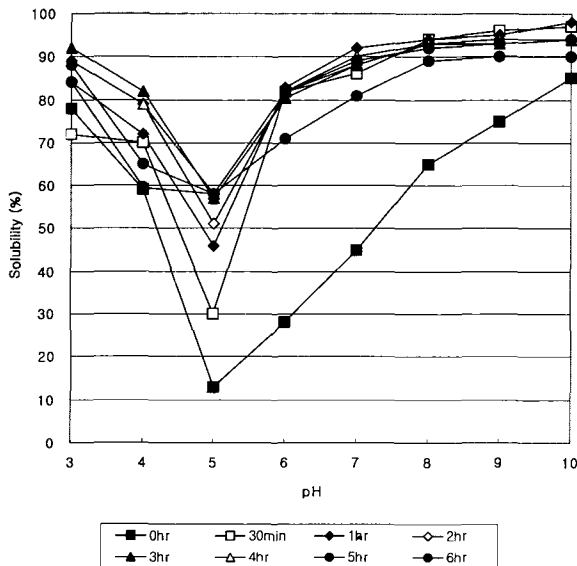


Fig. 3. Solubility of whey protein hydrolysates as a function of pH and hydrolysis time.

6에서 50% 이상의 향상을 보여주었다. 분해 1시간에서는 분해 30분과 비교해 보면 pH 4~5 사이에서의 용해도를 좀 더 향상시켰으나 pH 6 이상에서는 큰 증가를 보여주지 못했다. 이런 경향은 그 이후 가수분해 시간별로 모두 나타났으며 분해시간이 증가함에 따라 용해도가 조금씩 증가하는 추세를 나타냈지만 분해시간 4시간을 기점으로 하여 5시간부터는 점차로 감소함을 보여주었다.

pH별로 살펴보면 전반적으로 등전점 부근인 pH 4~5에서 용해도가 매우 낮았으나 가수분해시간이 증가함에 따라 이

부근의 용해도를 현저하게 증가시켰고 pH 4와 pH 5 사이의 용해도 차이가 점차로 감소하여 5, 6시간에서는 거의 비슷해짐을 보여주었다. 특히 0시간에서 용해도가 낮게 측정된 것은 본 실험의 가수분해물 제조시 0시간일 때 trypsin의 처리는 받지 않았으나 가수분해물의 효소 불활성화와 동일한 조건으로 처리시 WPC 용액이 열처리로 인해 앞서 언급한 Bertrand-Harb 등(2002)의 보고에서처럼 α -lactalbumin과 β -lactoglobulin 등이 응집하여 용해도가 떨어지지만 trypsin 가수분해로 수용성 peptide들의 생성으로 용해도가 증가하는 것으로 보여진다.

Chobert 등(1988a)의 보고에서는 casein을 trypsin으로 가수분해하였을 때 효소의 작용을 받지않은 대조구의 용해도는 pH 4~5 범위에서 매우 낮았으나 casein 가수분해물은 가수분해도가 증가할수록 이 pH 범위의 용해도 증가의 폭이 크게 나타났다. 그러나 그 이외의 pH 범위에서는 증가세를 나타내지 않았다. *Staphylococcus aureus* V8 protease를 이용하여 casein을 가수분해하였을 경우에도 가수분해도의 증가가 pH 4~5부근의 용해도를 향상시켰지만 pH 5.5~10 사이에서는 용해도가 대조구보다 낮게 나타났다(Chobert et al., 1988b).

그리고 Adler-Nissen과 Olsen(1979)의 보고에서는 soy protein을 pH 8.0에서 Alcalase로 가수분해하여 얻은 DH 3~8%인 가수분해물들의 용해도는 pH 5에서 대조구의 용해도보다 5~20배 정도를 향상시켰다고 하였다. 이러한 일련의 연구 결과들은 효소를 이용한 가수분해가 특히 낮은 용해도를 보이는 등전점 부근의 protein 용해도를 향상시키는데 기여한다고 볼 수 있다.

pH에 따른 유화활성

가수분해 시간별로 채취한 시료들을 각각 pH를 3에서 10으로 조정하여 EAI를 측정하였다(Fig. 4). 이 결과는 용해도와 밀접한 관계를 나타내고 있다. 용해도 측정에서 측정치가 낮았던 pH 4~5 범위에서 유화활성도 낮게 나타났으며 pH 6이후부터는 pH가 높아짐에 따라 EAI도 상승하여 전반적으로 Chobert 등(1988a)의 보고와 비슷한 결과를 나타내었다. 하지만 pH 5에서부터 pH가 증가함에 따라 급격한 EAI 증가를 나타내어 pH 11에서 제일 높은 EAI를 나타낸 Chobert 등(1988a)의 결과와는 달리 본 실험에서는 pH 8~10 사이에서는 큰 EAI의 차이를 보이지 않았다. 용해도가 가수분해시간이 증가함에 따라 증가하듯이 유화활성 역시 증가함을 보여주었다. 그러나 가수분해 4시간까지는 시간에 따라 증가함을 보였으나 5시간째 부터는 앞서 실험한 결과처럼 전체적인 EAI가 떨어지는 경향을 나타내었다.

유화활성을 향상시키기 위해서는 적절한 가수분해도가 필

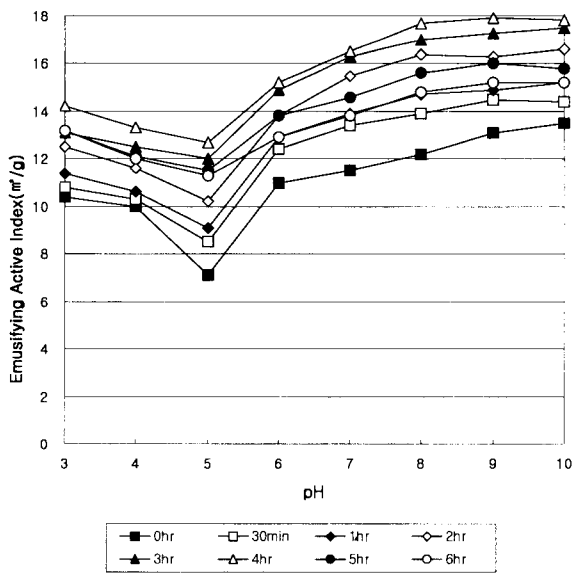


Fig. 4. Emulsifying activity index of whey protein hydrolysates as a function of pH and hydrolysis time.

요하며 과도한 가수분해는 비양친매성 peptide의 생성을 야기시켜 유화활성을 감소시킨다(Chobert et al., 1988a).

실험 결과에서 EAI가 용해도가 떨어짐에 따라 감소하기는 하지만 그 폭은 용해도가 감소하는 정도에는 미치지 못한다. 용해도 실험에서는 원심분리로 수층과 단백질층의 분리가 명확히 되어 침전된 단백질이 제거되어지기 때문에 용해도 측정시 단백질 함량이 확실히 차이가 나지만 EAI 측정시는 polytron의 물리적인 힘이 가해진 상태에서 빠른 시간 내에 측정이 되기 때문에 용해도에 비해 EAI 감소의 폭이 좁은 것이라 생각되어진다.

pH에 따른 유화 안정성

가수분해시간에 따른 시료의 pH를 조정하여 유화 안정성을 측정한 결과(Table 2) 가수분해시간이 증가함에 따라 유화 안정성이 증가하였지만 0시간부터 3시간까지는 증가경향이 둔하였고 4시간 이후부터 유의적으로 증가함을 보여주었다.

pH별로 살펴보면 pH 3과 4에서는 별다른 차이를 나타내지 않았으며 pH 5에서는 모든 시료들의 유화가 깨어져 유화 안정성 측정이 불가능하였다. 이러한 결과는 pH 5에서 용해도가 가장 낮은 것과 연관시켜 볼 수 있는데 불용성 단백질이 가장 많은 것으로 나타난 pH 5에서 유화 안정성에 영

Table 2. Creaming stability of whey protein hydrolysates as a function of pH and hydrolysis time

Time \ pH	3	4	5	6	7	8	9	10
0 hr	29.27 ^{ED} ±0.54 ^b	29.31 ^{CD} ±0.75 ^b	—	29.63 ^{CB} ±1.05 ^b	30.00 ^{ED} ±0.65 ^b	30.14 ^E ±0.86 ^{ab}	31.58 ^{ED} ±1.22 ^a	29.05 ^F ±0.73 ^b
30 min	29.54 ^{ED} ±0.57 ^{cd}	28.57 ^D ±0.88 ^d	—	29.21 ^C ±0.68 ^d	29.27 ^E ±0.58 ^d	30.82 ^E ±0.23 ^{ab}	30.43 ^{ED} ±0.47 ^{bc}	31.82 ^{ED} ±0.42 ^a
1 hr	29.01 ^E ±0.61 ^c	29.27 ^{CD} ±0.83 ^{bc}	—	28.61 ^C ±0.52 ^c	30.43 ^{ED} ±0.64 ^{ab}	30.95 ^E ±0.68 ^a	30.23 ^E ±0.23 ^{ab}	31.11 ^E ±0.74 ^a
2 hr	29.47 ^{ED} ±0.32 ^d	28.92 ^{CD} ±0.56 ^d	—	29.69 ^{CB} ±0.37 ^{cd}	30.62 ^D ±0.85 ^{bc}	30.98 ^E ±0.46 ^{ab}	31.72 ^{ED} ±0.53 ^a	31.61 ^E ±0.49 ^a
3 hr	30.44 ^{CD} ±0.82 ^b	29.91 ^{CD} ±0.44 ^b	—	30.27 ^{CB} ±0.74 ^b	30.61 ^D ±0.55 ^b	33.68 ^D ±0.94 ^a	32.42 ^D ±1.12 ^a	33.45 ^D ±0.87 ^a
4 hr	31.29 ^{BC} ±0.74 ^{cd}	30.09 ^C ±0.69 ^c	—	31.11 ^B ±1.32 ^{cd}	32.85 ^C ±0.71 ^d	35.76 ^C ±0.56 ^c	38.56 ^C ±1.57 ^b	41.72 ^C ±0.94 ^a
5 hr	31.82 ^B ±0.94 ^c	31.58 ^B ±1.04 ^c	—	30.26 ^{CB} ±0.81 ^c	36.77 ^B ±0.62 ^d	44.95 ^B ±0.89 ^c	52.56 ^B ±1.46 ^b	65.82 ^B ±1.60 ^a
6 hr	34.88 ^A ±0.37 ^c	34.06 ^A ±0.63 ^c	—	34.86 ^A ±1.48 ^c	38.25 ^A ±0.83 ^c	54.43 ^A ±0.67 ^b	56.37 ^A ±1.19 ^b	68.42 ^A ±1.26 ^a

* Results are expressed as percentage.

** All values are expressed as mean±SD of triplicate determinations.

^{a-c} Means with different superscripts in same row are significantly different(p<0.05).

^{A-F} Means with different superscripts in same column are significantly different(p<0.05).

— : not determined because of emulsion collapse.

향을 미치는 protein과 peptide들이 용액상태에서 불용성 상태로 soybean oil과 제대로 작용을 하지 못하는데 기인한다고 여겨진다. pH 6에서 부터는 pH가 높아짐에 따라 유화 안정성도 증가하였지만 3시간까지는 증가가 미미하였고, 가수분해 4시간 이후부터 현격히 증가세를 나타내었다.

전반적으로 가수분해물의 유화활성과 용해도 실험 결과와 유사하였으나 크게 다른 점은 이들은 가수분해 5시간째부터는 측정값이 감소하는 추세를 보여주었으나 유화 안정성은 5~6시간에서 더욱 더 큰 증가세를 보여주었다는 것이다.

본 실험과 유사한 조건이지만 가수분해물의 유화 안정성을 creaming stability로 측정하지 않고 EAI값으로 측정한 Chobert 등(1988a)의 연구 결과는 가수분해도가 2.5%일 때 가수분해하지 않은 대조구보다 emulsion stability가 향상하였으나 가수분해가 더 진행될수록 낮아지는 경향을 보였으며, 또 산성과 알칼리의 pH 쪽으로 갈수록 안정성이 감소함을 나타내었다.

하지만 본 실험에서의 유화 안정성 측정치는 30℃ 항온수조에서 60분이라는 한정된 시간 안에 측정된 것으로 emulsion의 정치시간이 1시간 이상 지나게 되면 높은 유화 안정성을 나타낸 5~6시간의 emulsion도 다른 emulsion과 마찬가지로 유화 안정성이 약 30% 정도로 낮아진다. 이러한 결과로 미루어 볼 때 분해시간이 긴 5, 6시간의 가수분해물은 emulsion을 안정화시키다기 보다는 유화 지속력이 다른 가수분해물에 비해 조금 길다고 할 수 있을 것이며 좀 더 정확한 유화 안정성의 측정을 위해서는 별도의 측정방법이 필요하다고 생각된다. 그리고 좀 더 자세한 연구를 위해서는 여러 peptide들이 혼재되어 있는 가수분해물이 아닌 유화특성에 영향을 미치는 peptide들을 개별적으로 분리하는 작업이 차후에 이루어져야 할 것으로 여겨진다.

요 약

본 연구는 단백질분해효소로 whey protein을 가수분해하여 얻은 가수분해물의 용해도와 유화특성의 변화를 측정하기 위해 실시하였다. Whey protein concentrates를 porcine trypsin(E : S=1 : 3,000)으로 pH 8.0, 37℃에서 6시간 동안 가수분해한 whey protein 가수분해물의 유화활성은 분해 4시간째에 가장 높게 나타났으며, 이 때 가수분해도는 5.50%이었다. whey protein의 효소가수분해로 whey protein 중의 α -lactalbumin은 분해가 잘 일어나지 않으나 β -lactoglobulin은 분해 초기부터 급속히 분해되며 유화력 상승에 관여하는 여러개의 저분자량 peptide를 생성하였다. 가수분해물의 용해도는 가수분해시간이 지남에 따라 증가세를 보이다가 5시간부터 조금씩 감소 추세를 보였으며, pH에 따라서는 등전점

부근인 pH 4~5에서 용해도가 가장 낮았으나 가수분해시간이 증가함에 따라 이 부근의 용해도가 현저히 증가하였으며 pH 6이상에서는 pH가 증가함에 따라 용해도도 증가하였다. 유화활성은 용해도의 결과와 거의 비슷한 결과를 나타내었다. 유화 안정성은 분해시간이 지남에 따라 조금씩 증가함을 보여주었으나, 가수분해 4시간부터 pH 8 이상의 pH에서 급격한 증가를 나타내었다.

참고문헌

1. Adler-Nissen, J. (1976) Enzymatic hydrolysis of proteins for increased solubility. *J. Agric. Food Chem.* **24**, 1090-1093.
2. Alder-Nissen, J. (1979) Determination of hydrolysis of food protein hydrolysates by trinitrobenzenesulfonic acid. *J. Agric. Food Chem.* **27**, 1256-1261.
3. Adler-Nissen, J. and Olsen, H. S. (1979) In *Functionality and protein structure*. Pour-El. (ed). Advances in Chemistry Series 92, American Chemical Society, Washington D.C., pp. 125-146.
4. Adler-Nissen, J., Eriksen, S., and Olsen, H. S. (1983) Improvement of the functionality of vegetable proteins by controlled enzymatic hydrolysis. In *Plant proteins for human food*; Bodwell, C. E. and Petit, L., Nijhoff, M., and Junk, W. (eds.), The Hague., pp. 207-219.
5. Alder-Nissen, J. (1986) Enzymic hydrolysis of food proteins. Elsevier Applied Science Publishers. New York.
6. Bertrand-Harb, C., Baday, A., Dalgallarrondo, M., Chobert, J. M., and Haertle, T. (2002) Thermal modifications of structure and co-denaturation of α -lactalbumin and β -lactoglobulin induce changes of solubility and susceptibility to proteases. *Nahrung.* **46**, 283-289.
7. Britten, M., Giroux, H. J., and Gaudin, V. (1994) Effect of pH during heat processing of partially hydrolyzed whey protein. *J. Dairy Sci.* **77**, 676-84.
8. Chobert, J. M., Bertrand-Herb, C., and Nicolas, M. G. (1988a) Solubility and emulsifying properties of caseins and whey proteins modified enzymatically by trypsin. *J. Agric. Food Chem.* **36**, 883-892.
9. Chobert, J. M., Sitohy, M. Z., and Whitaker, J. R. (1988b) Solubility and emulsifying properties of caseins modified enzymatically by *Staphylococcus aureus* V8 protease. *J. Agric. Food Chem.* **36**, 220-224.
10. De Wit, J. N. and Klarenbeek, G. (1984) Effect of various heat treatments of structure and solubility of whey proteins. *J. Dairy Sci.* **67**, 2701-2711.
11. Fox, P. F., Morrissey, P. A., and Mulvihill, D. M. (1982) Chemical and enzymatic modification of food proteins. In *Developments in Food Proteins-1*. Hudson, B. J. F.(ed.), Applied Science, London, pp. 1-60.
12. Laemmli, U. K. (1970) Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4, *Nature* **227**, 680-685.
13. Lee, S. W. and Kim, J. W. (1992) Effect of enzymatic hydrolysis on emulsifying properties of casein. *Korean J. Dairy Sci.* **14**,

- 184-191.
14. Lowry, O. H., Rosebrough, N. J., Farr, A. L., and Randall, R. S. (1951) Protein measurement with the folin phenol reagent. *J. Biol. Chem.* **193**, 265-275.
15. Olsen, H. S. and Adler-Nissen, J. (1979) Industrial production and applications of a soluble enzymatic hydrolyzate of soya protein. *Process Biochem.* **14**, 6-11.
16. Pearce, N. K. and Kinsella, J. E. (1978) Emulsifying properties of proteins : Evaluation of a turbidimetric technique. *J. Agric. Food Chem.* **26**, 716-723.
17. Ribadeau-Dumas, B. (1988) Structure and variability of milk proteins. In *Milk proteins: nutritional, clinical, functional and technological aspects*. Barth, C. A. and Schilme, E.(ed.), Springer Verlag, New York.
18. Shimizu, M., Lee, S. W., Kaminogawa, S., and Yamauch, K. (1986) Functional properties of a peptide of α_{s1} -casein : changes in the emulsifying activity during purification of the peptide. *J. Food Sci.* **51**, 1248-1252.
-
- (2002. 12. 12 접수 ; 2003. 2. 28 채택)