

콩우유와 우유 혼합유의 단백질 안정성에 미치는 영향인자

정남용 · 김우정

세종대학교 식품공학과

Factors Affecting on Protein Stability of Mixed Cow and Soy Milk

Nam-Yong Chung, Woo-Jung Kim

Dept. of Food Science and Technology, Sejong University, Seoul 133-747, Korea

Abstract

High protein beverage of cow-soy milk was prepared by mixing the soymilk and commercial homogenized cow milk in the various ratios. Effect of heat treatment, pH and addition of calcium and sucrose was studied on the water-soluble nitrogen of cow-soy milk. The heat-treated soymilk at 100°C were centrifuged at the range of 830~29,900×g for 30 min and 11,200×g was found to be proper for determination of the degree of protein denaturation by centrifugal method. When soymilk was heated at 70~100°C for 30~240 min, soluble nitrogen (% SN) in supernatant of protein was decreased to 78.0~56.8% due to protein denaturation. Most of heat denaturation of protein was found to be occurred during initial heating 100°C for all mixed cow-soy milk. The sedimentation of SN was maximum at pH 4.0 in the range of pH 3~8. Addition of sucrose affected little on %SN while calcium addition reduced %SN significantly to approx. 55% for soymilk(100%). The effect of Ca was less as the ratio of cow milk increased.

Key words : cow-soy milk, viscosity, sucrose, sensory

서 론

콩우유는 옛부터 섭취해온 중요한 단백질음료이다. 그러나 콩우유는 불쾌한 냄새와 맛으로 인한 불쾌감과 섭취했을 때 장내 gas를 발생시키는 raffinose와 stachyose등의 flatulence factor등의 문제점 등을 해결하기 위한 가공방법에 대한 연구가 진행되어 왔다^{1, 2)}. 콩우유의 관능적 품질을 향상시키기 위하여 Nelson등³⁾은 0.5% NaHCO₃ 용액으로 30분간 blanching하고 마쇄하여 제조하는 방법을 발표한 바 있으며 Kim등⁴⁾은 콩을 발아시켰을 때 콩우유의 향미가 향상되었을 뿐 아니라 flatulence factor가 현저히 감소되었다고 하였다. 콩에 열처리를 함은 향미를 증진시키고⁵⁾ 영양 저해요소를 감소시키는 장점이 있으나⁶⁾ 단백질 변성의 문제점이 있다. 열에 의한 단백질의 변성은 단백질 구조의 변화로 인한 물리화학적 변화가 일어나⁷⁾ 단백

질의 용해도를 측정하여 콩단백질의 열안정성을 조사한 연구결과^{7, 8)}가 있다. 특히 가열한 콩단백질의 안정성에 영향 주는 인자는 단백질 입자의 크기와 이온강도, pH 및 온도라 하였다^{9, 10)}. 그밖에 우유의 열에 대한 안정성 연구^{11, 12)}도 수행되어 왔으며 Rose^{13, 14)}는 우유의 열안정성에서 pH의 영향을 강조하면서 열안정성과 pH, 우유조성의 상호관계에 대한 연구의 필요성을 언급한 바 있다.

콩우유의 단백질은 lysine이 풍부하고 linolenic, linoleic acid등 필수지방산의 함량이 높을 뿐 아니라 우유에 allergy가 있는 사람에게 유리한 점이 있으며, 우유는 콩우유에 부족한 methionine등이 많고 무기성분 조성이 대단히 우수하지만 lactose의 소화의 문제가 있으므로 콩우유와 우유의 영양상 장단점을 서로 보완할 수 있는 혼합 고단백음료의 개발이 바람직하다고 볼 수 있다. 현재까지의 연구는 콩우유 및 우유를 각각 연구한 보고는 많으나 이들을 혼합한 혼합유에

Corresponding author : Nam-Yong Chung

대한 연구는 거의 발표된 바가 없다.

따라서 본 연구에서는 콩우유와 우유를 혼합하여 혼합유를 제조할 때 혼합비율에 따른 단백질의 열에 대한 안정성을 조사하며 pH와 Ca 및 당의 첨가량이 안정성에 미치는 영향을 조사하였다.

재료 및 방법

1. 실험 재료

본 실험에 사용된 대두는 정·식품으로부터 공급받아 粒은 노란콩의 혼합품종으로 형태와 색이 이상한 것은 제거하여 사용하였다. 혼합유 제조를 위한 우유는 시중에서 판매하는 우유(매일우유, 매일유업(주))를 구입하여 사용하였다.

2. 실험 방법

1) 콩우유와 혼합유의 제조

콩우유의 제조방법은 Fig. 1과 같다. 즉 일정한 양의 선별된 콩을 상온의 증류수에 3시간 동안 침지시킨 다음 건져내어 표면의 물을 흡착시켜 제거시켰다. 콩의 마쇄는 침지한 콩 무게의 1.5배 끓는 증류수(w/w)를 넣고 waring blender로 5분간 마쇄하였으며 마쇄액은 buchner funnel에 cheese cloth 3겹을 깔고 감압여과한 뒤, 잔여물에 다시 끓는 증류수(침지 후 대두:H₂O = 1:1)를 넣고 3분간 갈아 여과하기를 3회 반복하였다. 4회의 여과액을 합하여 100℃에서 30분간 교반하면서 가열한 후 살균된 유리병에 넣고 다음 실험을 위해 4℃의 냉장고에 보관하였다.

콩우유와 우유의 혼합유의 제조방법은 시판우유에 함유된 단백질량과 동일하게 콩우유의 단백질을 조절시킨 후 대두단백질의 양을 제외한 나머지 고형분을 우유의 고형분과 동일하도록 lactose를 첨가하여 조절하였다. 콩우유와 우유의 혼합비율을 100:0, 80:20, 60:40, 40:60, 20:80, 0:100으로 혼합하고 magnetic stirrer로 균일하게 섞어주었다.

2) 일반성분의 분석

고형분 함량은 105℃ 상압건조법¹⁵⁾, 조단백질은 micro Kjeldahl법¹⁶⁾ 조지방은 Roses-Gottlieb법¹⁷⁾,

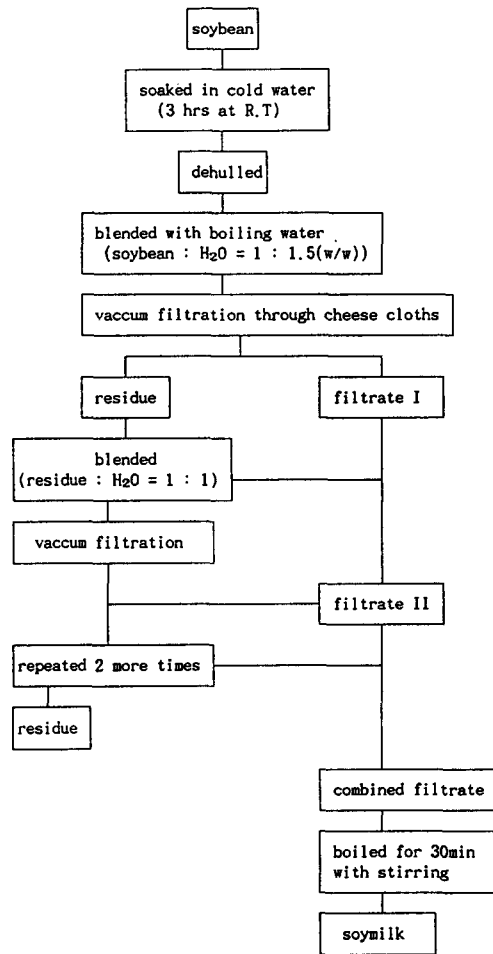


Fig. 1. Flow diagram for preparation of soymilk.

총탄수화물은 Phenol-sulfuric acid법¹⁸⁾, 회분은 dry ashing법¹⁹⁾으로 측정하였으며 모든 분석은 2반복 이상의 시험을 한 후 평균치로 계산하였다.

3) 가용성 질소의 함량측정

단백질의 변성 정도를 측정하기 위한 가용성 질소화합물의 정량은 콩우유와 혼합유의 제조 후 다음 몇가지 방법으로 알아보았다.

(1) 원심력이 가용성 질소에 미치는 영향

고형분 함량을 8 %로 조정된 콩우유를 100℃에서 시간별로 공냉 유리관을 장치하여 증탕식으로 가열한 다음 원심분리기(Sorvall SS-3, Dupont instrument)에 830×g, 4,520×g, 11,200×g, 20,800×g, 29,900×g에서 각각 30분간 원심분리하고 상등액을 채취하여 micro Kjeldahl법으로 정량하였다.

(2) 가열처리가 콩우유의 가용성 질소에 미치는 영향

고형분 8%의 콩우유를 70℃ ~ 100℃의 온도로 유지한 항온수조에서 4시간까지 공냉 유리관을 장치하여 가열한 후 11,200×g에서 30분간 원심 분리시켰으며, 혼합유는 80℃와 100℃의 온도로 4시간까지 가열한 후 콩우유와 동일한 방법으로 원심분리시켰다. 원심분리된 상등액은 micro Kjeldahl법으로 총질소를 정량하였으며 측정된 질소의 양은 가열전의 표준시료를 원심분리시킨 상등액의 가용성 질소(soluble nitrogen, SN)의 양을 100으로 하여 이와 비교한 백분율(%SN)로 표시하였다.

(3) 혼합비율, pH, Ca, 당의 영향

혼합유의 pH, Ca 및 당이 가용성 질소의 양에 어떠한 영향을 주는지 조사하기 위하여 30분간 끓인 콩우유와 우유를 비율별로 혼합시킨 다음 3N HCl과 3N NaOH로 pH 3.0부터 pH 8.0까지 조정하였고, sucrose를 사용한 당은 혼합유에 최종농도가 3~9%에 해당되도록 첨가시켰으며 충분히 용해될 때까지 교반시켰다. Ca은 calcium citrate와 tricalcium phosphate를 각각 또는 혼합첨가하여 최종농도가 25 mM이 되게 한 후 30분 교반하였다. 제조된 각각의 시료는 11,200×g에서 30분간 원심분리시켜 상등액의 가용성 질소를 정량하였다.

결과 및 고찰

1. 일반성분

콩우유의 성분은 제조한 직후 측정하였고 우유는 제조시일이 다른 시료를 4개 구입하여 잘 혼합한 후 분석하였다. 콩우유와 우유를 일반분석한 결과는 Table 1과 같다. Bourne등²⁰⁾은 콩품종 30종으로 콩우유를 제

조하였을 때 단백질 함량은 고형분에 대해 27.3~36.2%(평균 33.3%)로, Johnson⁵⁾은 28.4~46.2% 함유되어 있다고 보고하였다. 본 실험에서는 46.4%로서 이들의 결과에 비해 다소 높은 수치가 나왔음을 보여 주었다. 지방 함량은 27.6%로 Johnson등²¹⁾이 고형분에 대해 20.5~42.1%, Bourne등²⁰⁾은 14.7~22.6% 함유되어 있다고 하여 본 실험과 유사한 결과를 보였으며, Lo 등²²⁾은 콩을 침지하면 침지하지 않은 것에 비하여 2.5% 정도의 지방이 감소한다고 하였다. 탄수화물은 20.5%로서, Johnson등²¹⁾이 22.1~31.2% 함유되어 있다고 보고한 바와 약간의 차이가 있었으며, 회분은 5.5%로 Johnson등⁵⁾이 보고한 콩우유의 회분 함량 5.2~5.7%와 유사한 것으로 나타났다. 우유의 성분중 지방 및 회분의 함량은 콩우유의 것과 비슷한 범위에 있었으나 단백질은 25.1%, 탄수화물 42.3%로 콩우유와 다소 차이를 보였다.

Table 1. Proximate composition of soymilk and cow milk

	Crude	Crude protein	Carbohydrate lipid	Ash
Soymilk	46.4 %	27.6 %	20.5 %	5.5 %
Cow milk	25.1 %	26.9 %	42.3 %	5.7 %

2. 가용성 질소의 함량 측정

1) 원심력이 콩우유의 가용성 질소에 미치는 영향

콩우유의 단백질이 열처리에 의하여 변성되는 정도를 원심분리 방법에 의하여 측정하기 위하여 가열 전의 콩우유와 100℃에서 90분까지 가열한 콩우유를 830×g에서 29,900×g까지의 범위에서 30분간 원심분리시켜서 가용성 질소(%SN)를 비교한 결과는 Fig. 2와 같다. 열처리된 시료에서는 830×g에서 11,200×g까지 50% 이상의 감소를 보이다가 그 이후부터는 완만한 감소를 보였는데 이는 단백질이 원심력이 증가하면서 빠른 속도로 침강되다가 11,200×g부터는 침강되는 단백질의 증가량이 서서히 감소되기 때문인 것으로 보인다. 이로서 콩우유에 열처리가 증가되면서 11,200×g를 중심으로 침강속도의 차이가 뚜렷함을

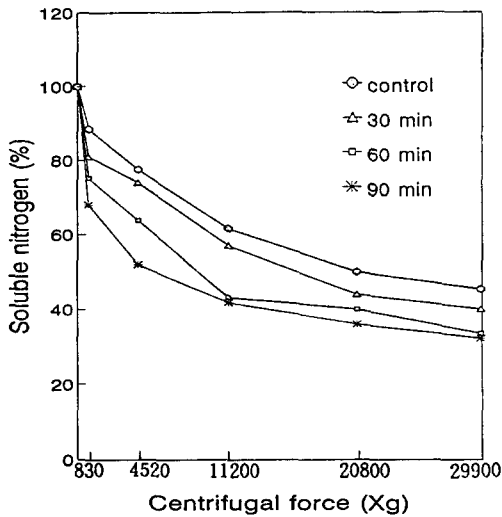


Fig. 2. Effect of boiling time and centrifugal force on the soluble nitrogen content in supernatant of soymilk.

볼 수 있으며, 가용성 질소화합물의 양의 감소로 콩우유의 단백질이 열처리에 의하여 변성이 일어났음을 알 수 있었다. 단백질의 열안정성에서 변성된 응고물의 침강정도를 알아보고 단백질을 정량하기 위하여 Mcwatter등²³⁾은 13,000×g에서 10분간 처리하였고, Hermansson등²⁴⁾은 40,000×g에서 45분간 원심분리하여 단백질을 정량하였으며 Chan²⁵⁾은 27,000×g에서 1시간 처리하여 연구자들에 따라 사용된 원심력이 일정치 않음을 알 수 있었다. 이 실험을 통해 가용성 질소의 %를 측정하기 위한 원심분리의 g 값은 11,200에서 30분으로 선택되었는데 이는 가열 전후의 모든 시료에서 11,200×g 이후로는 질소함량이 완만하게 감소됨이 뚜렷하였기 때문이다.

2) 가열처리가 콩우유와 혼합우유의 가용성 질소에 미치는 영향

열처리가 콩우유의 가용성 질소에 미치는 영향을 조사하기 위해 70℃에서 100℃의 온도로 4시간까지 항온수조에서 가열한 후 원심분리하여 %SN을 측정된 결과는 Fig. 3과 같다. 가열온도와 가열시간이 증가할수록 콩우유에 남아있는 질소화합물의 양이 감소되어

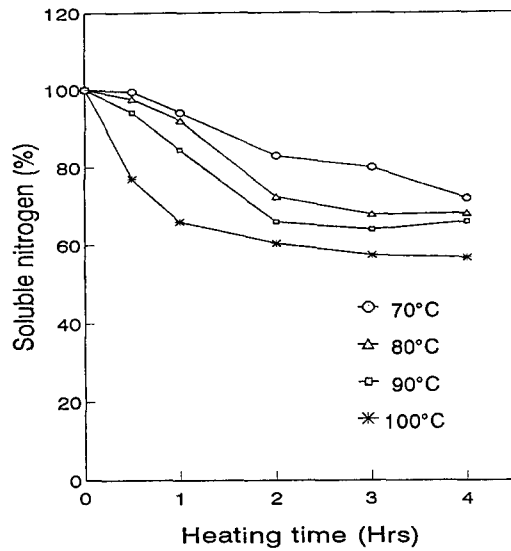


Fig. 3. Effect of heating time and temperature on the soluble nitrogen content in supernatant of soymilk after conetrifugation.

단백질 변성이 지속적으로 증가함을 보여 주었다. 본 실험에서는 4시간 가열하였을 때 70℃에서는 28.0%, 80℃에서는 31.9%, 100℃에서는 43.2%가 침강되어 가열온도와 시간이 증가함에 따라 콩단백질의 안정성이 감소되었으며 100℃에서는 가열초기에 많이 감소하였다가 완만한 감소를 보였다. Buren등²⁶⁾은 콩을 200°F에서 120분까지 가열한 후 %SN이 29%에서 24%로 감소되었음을 보고하여 본 실험의 결과와 큰 차이가 있었는데 이는 이들이 %SN을 측정할 때 원심력을 이용치 않고 가열처리된 콩우유를 여과하여 여액을 측정하였기 때문이라고 생각된다.

또한 열처리가 콩우유와 우유의 혼합비율 혼합우유의 가용성 질소에 미치는 영향을 조사하기 위하여 80℃와 100℃로 유지한 항온수조에서 가열한 후 원심분리시켜 %SN을 측정된 결과는 Table 2 및 3과 같다. 80℃에서의 %SN는 콩우유가 20% 혼합되어 있을 때 다른 혼합유보다 비교적 낮은 수치를 보여 단백질의 변성이 많음을 보였으며 4시간 가열 후에는 83.5%의 %SN을

Table 2. Effect of heating time at 80°C on the soluble nitrogen content in supernatant of the mixed cow-soy milk after centrifugation

Soy milk : Cow milk	Heating time (hrs)				
	0.5	1	2	3	4
100 : 0	99.4	97.0	91.5	87.5	90.0
80 : 20	99.2	99.0	98.0	91.5	88.0
60 : 40	99.2	93.0	92.8	87.0	90.8
40 : 60	97.0	94.8	92.4	88.0	89.5
20 : 80	94.0	87.5	86.5	85.0	83.5
0 : 100	96.8	93.5	95.3	91.8	87.5

Table 3. Effect of heating time at 100°C on the soluble nitrogen content in supernatant of the mixed cow-soy milk after centrifugation

Soy milk : Cow milk	Heating time (hrs)				
	0.5	1	2	3	4
100 : 0	88.7	86.3	83.5	76.8	75.5
80 : 20	91.7	93.9	85.8	83.0	78.9
60 : 40	89.0	83.0	85.0	76.7	74.8
40 : 60	95.8	86.0	88.5	82.5	76.7
20 : 80	90.5	79.5	78.3	78.5	77.0
0 : 100	92.2	88.0	86.0	83.6	79.5

보였다. 또한 100°C에서는 콩우유 20% 첨가구가 가열 초기에 다른 혼합유보다 침강속도가 빠르게 나타났으나 가열 후반에는 다소 완만해짐을 보였다. 가열시간이 동일할 때 가열온도의 증가가 모든 실험구에서 침강속도에 미치는 영향이 큼을 알 수 있었다.

3) 혼합비율, pH, Ca, 당의 영향

콩우유와 우유의 혼합비율을 달리하면서 pH를 변화시켰을 때 단백질의 안정성을 조사하기 위하여 원심분리한 후 %SN을 측정된 결과는 Fig. 4와 같다. pH 4.0 부근에서 최소를 보였고 pH가 8.0까지 높아지면서 계속적인 증가를 보였다. 또한 pH 4.0부근에서는 %SN이 평균 18.3%로 Narayana등²⁷⁾이 pH 4.5에서 winged bean의 %SN이 17% 였다는 결과와 비슷하며 또한 pH 4.0보다 산성 또는 알칼리성 pH로 변화될수록 %SN이 증가한다고 보고한 예와 유사하였다. 또한 Mcwatters등²⁸⁾에 의하면 물에 현탁상태로 있

는 콩우유의 %SN은 pH 4.0과 pH 5.0보다 산성과 알칼리성 pH에서는 증가하다가 pH 2.0과 pH 10.0에 이르러서는 거의 98% 정도의 %SN을 보여준다고 하였다.

당의 첨가에 따른 혼합유에서의 가용성 질소의 함량 변화는 Fig. 5와 같다. 콩우유와 우유의 혼합비율을 60:40, 40:60으로 하였을 때 일반적으로 높은 %SN을 보였으며, 또한 모든 실험구에서 당의 첨가량이 증가하면서 %SN의 변화는 약간씩 증가하였다. 콩우유나 우유에서의 %SN은 혼합유보다 약간 낮았으나 당의 첨가량이 증가하면서 %SN의 증가속도가 혼합유의 경우보다 빠름을 보여주었다.

Ca의 첨가에 따른 혼합유에서의 가용성 질소의 변화를 측정된 결과는 Fig. 6과 같다. Ca를 첨가하지 않은 시료보다 calcium citrate나 tricalcium phosphate를 각각 또는 혼합첨가하였을 때 %SN이 감소되는 경향을 보였다. Townend등²⁹⁾과 Morr³⁰⁾은 Ca

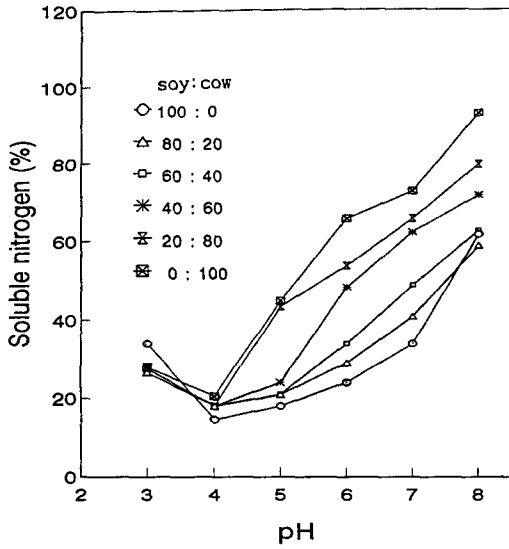


Fig. 4. Effect of pH on the soluble nitrogen content in supernatant of the mixtures of soymilk and cow milk after centrifugation.

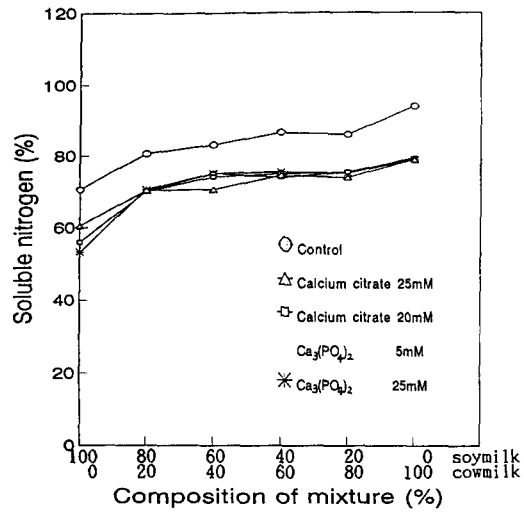


Fig. 6. Effect of calcium on the soluble nitrogen content in supernatant of the mixtures of soymilk and cow milk after centrifugation.

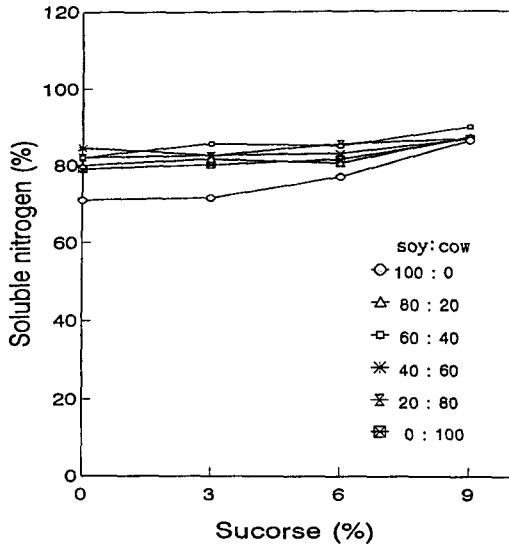


Fig. 5. Effect of sucrose on the soluble nitrogen content in supernatant of the mixtures of soymilk and cow milk after centrifugation.

또는 Ca염은 단백질의 응고를 조장한다고 하였으며, Rose³¹⁾는 콜로이드상의 $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ 를 산성화에 의하여 제거 또는 재결정함은 우유에서 열안정성을 증가시킨다고 하였다. Zittle등³²⁾에 의하면 Ca^{2+} 결합은 유청단백질의 등전점에서의 침전원인이 된다고 하였다. 이 실험에서는 콩우유가 100%일 때 Ca를 첨가하지 않은 시료의 %SN은 약 70.5%이며, Ca를 첨가한 시료는 53.2%에서 60.5% 정도의 SN%를 나타내었고, 콩우유와 우유를 혼합하였을 때도 Ca를 첨가하지 않은 시료보다 10%에서 15%로 %SN이 낮게 나타났는데 여기에서 Ca이 단백질의 침강을 약간 증가시킬 수 있었다. 또한 우유의 혼합비율이 증가하면서 %SN이 증가되어 콩우유(100%)의 %SN은 약 55%로 가장 많은 단백질 침강을 보였으며 우유의 혼합비율이 증가하면서 침강단백질의 양이 감소하여 Ca이 첨가되었을 때 콩우유의 단백질이 우유의 단백질보다 안정성이 낮음을 보여주었다.

요 약

콩우유와 우유를 혼합한 고단백음료의 제조를 위하여 콩우유 단백질의 열처리에 대한 안정성을 밝히고 혼합비율을 달리하여 제조된 혼합유의 가용성 단백질에 가열온도, pH, 당과 Ca의 첨가량이 미치는 영향을 조사하였다.

100℃에서 시간별로 열처리시킨 콩우유를 830×g~29,900×g의 범위에서 30분간 원심분리시킨 상등액의 가용성 질소를 정량한 결과 11,200×g가 적절한 조건으로 선택되었다. 콩우유를 70~100℃에서 4시간까지 가열시켜 위의 원심분리조건으로 가용성 질소를 측정 한 결과, 70℃에서는 28.0%, 100℃에서는 43.2%가 열에 의한 변성으로 침강되었음이 밝혀졌다.

혼합비율별 콩우유 및 우유의 혼합유를 80℃ 및 100℃에서 가열하였을 때 20%의 콩우유 첨가구가 15% 내외의 변성이 일어나 다른 혼합유보다 변성이 많았으며 1시간 가열로 대부분의 변성이 일어났다. 또한 혼합유의 pH를 3~8의 범위로 100℃에서 30분간 가열하였을 때 pH 4.0에서 14.6~20.5%의 %SN이 측정되어 가장 많은 침강을 보였으며 pH 8.0까지 증가하면서 침강된 변성단백질의 양은 지속적으로 감소하였다. 당의 첨가영향은 sucrose를 9%까지 증가시켰을 때 혼합유의 %SN에 큰 영향을 주지는 않았으나 콩우유(100%)는 단백질의 침강정도가 약간 증가하는 경향을 보였다. Ca의 첨가에 의한 콩우유(100%)의 %SN은 약 55%로 가장 많은 단백질의 침강을 보였으며 우유의 혼합비율이 많아지면서 침강단백질이 감소하였다.

참고문헌

1. Wilkens, W. F., Mattick, L. R. and Hand, D. B. : Effect of processing method on oxidative off-flavors of soybean milk. *Food Tech.* 21, 1630(1967)
2. Aminlari, M., Ferrier, L. K. and Nelson, A. I. : Protein dispersibility of spray-dried whole soybean milk base. Effect of processing variables. *J. Food Sci.* 42(2), 985(1977)
3. Nelson, A. I., Steinberg, M. P. and Wei, L. S. : Illinois process for preparation of soy-milk. *J. Food Sci.* 41, 57(1976)
4. 김우정, 오훈일, 오명원, 변시명 : 대두 발아가 대두유의 품질 및 아미노산 조성에 미치는 영향. 한국식품과학회지. 15(1), 12(1983)
5. Johnson, K. W. and Synder, H. E. : Soy-milk: A comparison of processing methods on yields and composition. *J. Food Sci.* 43, 349(1978)
6. Rakosky, J. : Soy products for the meat industry. *J. Agr. Food Chem.* 18(6), 1005(1970)
7. Victor, Wu. Y. and George, E. I. : Denaturation of plant proteins related to functionality and food application, a review. *J. Food Sci.* 39, 218(1974)
8. Nakai, S. and Powrie, W. D. : Modification of proteins for functional and nutritional improvements. In "Cereal: a renewable resource" Ed. Y. Romeranz and L. Munck, *Am. Assoc. Cereal Chem. St. Paul MN.* (1981)
9. Johnson, D. W. : Functional properties of oil-seed protein. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 47, 402(1970)
10. Anderson, R. L. Wolf, W. J. and Glover, D. : Extraction of soybean meal proteins with salt solutions at pH 4.5. *J. Agr. Food Chem.* 21, 251(1973)
11. Holm, G. E., Deysner, E. F. and Evans, F. R. : The relationship of concentration and time to the temperature of coagulation of evaporated skim and whole milk. *J. Dairy Sci.* 6(6), 556(1923)
12. Webb, B. H. and Holm, G. E. : The heat coagulation of milk. II. The influence of various added salts upon the heat stabilities of milk of different concentrations. *J. Dairy Sci.* 15(5), 345(1932)

13. Rose, D. : Variations in the heat stability and composition of milk from individual cows during lactation. *J. Dairy Sci.* **44**, 430 (1960)
14. Rose, D. : Factors affecting the pH-sensitivity of the heat stability of milk from individual cows. *J. Dairy Sci.* **44**, 1405(1961)
15. 정동효, 장현기: 식품분석, 진로연구소.
16. A. A. C. C. : Approved methods of the American Association of Cereal Chemists. *American Association of cereal chemists. St. Paul. Minn.* (1969)
17. Osborne, D. R. : The analysis of nutrients in foods. (1969)
18. Meloan, C. E. : Food analysis laboratory experiments. (1973)
19. Meloan, C. E. : Food analysis ; Theory and practice. (1977)
20. Bourne, M. C., Clements, M. G. and Banzon, J. : Survey of suitability of thirty cultivars of soybeans for soymilk manufacture. *J. Food Sci.* **44**, 1204(1976)
21. Johnson, L. A., Deyoe, C. W. and Hoover, W. J. : Yield and quality of soymilk prepared by steam-infusion cooking. *J. Food Sci.* **46**, 239(1981)
22. Winston Yaw Lai Lo., Hackler, L. R., Stienkraus, K. H., Hand, D. B and Wilkens, W. F. : Soaking soybeans before extraction as it affects chemical composition and yield of soymilk. *Food Tech.* **22**, 1188(1968)
23. Mcwatters, K. H. and Holms, M. R. : Influence of moist heat on solubility and emulsion properties of soy and peanut flours. *J. Food Sci.* **44**(3), 774(1979)
24. Hermansson, A. M. and Akesson, C. : Functional properties of added proteins correlated with properties of meat systems. Effects of salt on water-stabilizing capacity of protein meal additives. *Food Tech.* **23**, 103(1975)
25. Chan, E. L. : Heat-induced changes in the proteins of whey protein concentrate. *J. Food Sci.* **48**, 47(1983)
26. Van Buren, J. P., Steinkraus, K. H., Hackler, L. R. Rawl, I. E. and Hand, D. E. : Indices of protein quality in dried soymilks. *J. Agr. Food Chem.* **12**, 524(1964)
27. Narayana, K. and Narasinga, R. : Functional properties of raw and heat processed winged bean (*Psophocarpus tetragonolobus*) flour. *J. Food Sci.* **47**, 1534(1982)
28. Mcwatters, K. H. and Holms, M. R. : Influence of pH and salt concentration on nitrogen solubility and emulsification properties of soy flour. *J. Food Sci.* **44**, 770(1979)
29. Townend, R., Gyuricsek, D. M. : Heat denaturation of whey and model protein systems. *J. Dairy Sci.* **57**, 1152(1974)
30. Morr, C. V. : Effect of heat upon size and composition of proteins sedimented from normal and concentrated skim milk. *J. Dairy Sci.* **48**, 29(1965)
31. Rose, D. : Factors affecting the heat stability of milk. Division of App. Bio., National Res. Council, Ottawa 2, Canada, 1305(1962)
32. Zittle, C. A., Della Monica, E. S., Rudd, R. K. and Custer, J. H. : The binding of calcium ions by lactoglobulin both before and after aggregation by heating in the presence of calcium ions. *J. Am. Chem. Soc.* **48**, 42 (1983)

(1994년 11월 28일 수리)