

## 콩우유의 粘性和 영향인자

金友政 · 金娜美\* · 金東姬\*\*

세종대학 식품과학과 · \*한국인삼연초연구소

\*\*숙명여자대학교 식품영양학과

### Some Factors Affecting the Viscometric Characteristics of Soymilk

Woo Jung Kim, Na Mi Kim\* and Dong Hee Kim\*\*

Department of Food Science, King Sejong University, Seoul

\*Korean Ginseng and Tobacco Research Institute, Choongnam

\*\*Department of Food and Nutrition, Sook Myung Women's University, Seoul

#### Abstract

Changes in viscosity of soymilk were evaluated as affected by solid concentration, temperature, pH and sugar addition. Soybeans were soaked, ground with boiling water, and filtered followed by boiling for 30 min for soymilk preparation. It was found that viscosity increased exponentially as solid concentration increased while the raise of temperature caused exponential decrease in it. A minimum viscosity was observed at pH 6.5 in the range of pH 5.0-8.0. The effects of solid concentration and pH on viscosity were reduced as the measuring temperature increased. Addition of sucrose up to 9% showed little effect on viscosity with showing a tendency of increase.

#### 서 론

콩우유는 최근 高蛋白 牛乳代養飲料로서의 가치를 인정 받게 되면서 우리나라를 비롯한 세계 여러나라의 식품 과학자들이 이의 品質向上을 위한 연구가 많이 진행되어 왔다.<sup>(1)</sup> 콩우유에는 우유에 없는 필수지방산에 많이 함유되어 있고 필수 아미노산의 조성도 methionine 外에는 우유의 것과 유사하며 lactose가 함유되어 있지 않아 우유와 같은 소화장애가 없을 뿐만 아니라 乳兒에 알레르기 현상이 없는 것으로 알려져 있다.<sup>(2)</sup>

이러한 利點이 있는 콩우유를 동양에서는 오래전부터 섭취하여 전통적으로 대두를 침지-마쇄-여과-가열의 방법으로 製造하여 왔다. 이러한 방법은 낮은 收率, 불쾌한 異臭味 그리고 臍內 gas 발생문제와 함께 粘性이 높아 加工食品으로서의 콩우유의 市場性에 阻害요인으로 알려져 있다.<sup>(3)</sup> 콩우유의 粘性에 관한 지식은 기초적인 측면에서 중요할 뿐만 아니라 流體의 流動性을 어

해함으로 해서 가공과정의 적정조건을 확립하는 데에도 重要하다. 콩製品的 粘度特性에 대한 研究는 주로 콩가루나 농축 또는 분리 콩단백에 대한 보고로 많이 되어 있으나, ' 콩우유에 관한 연구는 많이 되어 있지 않다. 그간 밝혀진 바로는 콩껍질이 콩우유에 포함되어 있을 때 높은 纖維質로 인하여 脫皮공으로 製造된 것보다 높은 固有粘度를 나타낸다고 하였으며<sup>(4)</sup> 콩우유의 粘度는 均質化의 정도에 많이 영향받았다고 하였다.<sup>(7)</sup> Forster와 Ferrier<sup>(5)</sup>는 콩우유의 점성에 관한 연구에서 非抽出方法인 Illinois process<sup>(6)</sup>에 의해 제조된 콩우유는 pseudoplastic 性質과 약간의 thixotropic 性質이 가미되었다고 報告하였다. 또한 껍질을 제거시켜 제조된 것은 껍질이 포함된 것보다 겉보기점도(apparent viscosity)가 낮았으며 溫度가 증가하면서 점도가 감소했다고 보고하였다. 이들은 또한 乳化를 더 시킨 콩우유는 Newtonian 流體性質에 근접한 경향을 보여 껍질의 제거와 乳化의 정도가 콩우유 粘度에 큰 영향이 있음을 報告

하였다. 이상의 보고들은 非抽出方法(IIIinois process)<sup>(4)</sup>에 의하여 제조된 콩우유의 粘度를 감소시키고자 함과 콩껍질의 정도에의 영향등을 고찰한 것으로 우리나라의 재래식 방법과 같은 抽出方法에 의하여 제조된 콩우유의 정도에 미치는 영향인자에 관한 연구는 보고된 바가 거의 없다.

본 연구는 콩우유의 流體性質을 좀더 이해하고자 콩우유의 농도, 온도 및 pH와 糖의 첨가량이 粘度에 어떠한 變化를 주는지 비교 조사하였다.

## 재료 및 방법

### 재료

본 실험에 사용된 콩은 1983년 미국으로 부터 수입된 混合品種 大豆로서 粒의 形態, 色 및 크기가 이상한 것은 除去하여 사용하였다.

### 콩우유의 製造

選別된 콩을 일정한 무게로 採取한 後 물에 3시간동안 상온에서 沈漬시킨 다음 콩을 건져 表面의 물을 여과지로 除去시켜 무게를 測定하였다. 그 무게의 1.5배에 해당하는 양의 끓는 증류수(w/w)를 넣고 와링블렌더로 5분간 磨碎하여 Cheese cloth 3겹을 깔고 감압 여과하였다. 잔여물에는 다시 끓는 증류수(沈漬後 水: 물=1:1)를 넣고 3분간 갈아 여과하기를 3회 反復하였다. 이상 4회의 여과액을 합하여 Whatmann No.4 여과지로 여과한 후 100℃에서 30분간 교반하면서 加熱하여 固形分含量이 10%이상 되게 증발시켰다. 끓인 콩우유는 殺菌된 유리병에 넣고 다음 실험을 위해 4℃의 냉장고에 보관하였다.

### 一般成分의 分析

固形分含量은 105℃ 건조법<sup>(5)</sup>으로, 粗蛋白質은 mic-roKjeldahl法,<sup>(6)</sup> 粗脂肪은 Roese-Gottlieb法,<sup>(7)</sup> 炭水化合物은 phenol-sulfuric法<sup>(8)</sup> 그리고 灰分은 dry ashing法<sup>(9)</sup>으로 測定하였으며 모든 分析은 2반복 이상의 시험을 한 평균치로 定하였다.

### 粘度測定

콩우유의 固形物含量을 1-10%로 조절하여 粘度를 4-90℃의 온도범위에서 측정하였다. 또한 固形分含量을 5%로 조정된 콩우유에 NaOH와 HCl을 첨가하여 pH를 조정하였으며 sucrose를 9%까지 첨가하여 이들의 變化가 콩우유의 粘度에 미치는 영향을 조사하였다. 粘度測定은 Rion viscometer, Model VT-03(Rion

주식회사, 일본)과 4번 및 5번 cup을 사용하였으며 測定된 粘度는 centipoise로 表示하였다. 얻어진 結果는 相關分析과 直線回歸法<sup>(10)</sup>에 의하여 粘度와 이에 영향을 주는 인자들간의 관계를 검토하였다.

## 결과 및 고찰

### 攪拌時間과 粘性

콩우유의 일반성분은 固形分을 기준으로 할 때 蛋白質이 46.4%로 가장 많으며 다음이 脂肪質 27.6%, 炭水化合物 23.1% 그리고 무기물이 5.5%로 콩우유의 粘性은 蛋白質뿐만 아니라 炭水化合物, 脂肪質등 모든 一般成分에 의하여 영향 받음을 알 수 있다. 콩우유의 粘度測定을 위하여 얼마동안 攪拌시키는 것이 적당한지 決定하고자 콩우유의 固形分含量을 5%로 하여 본 실험의 pH범위 중에서 大豆蛋白質의 등전점에 가까우며 攪拌時間에 따른 粘度의 變化가 가장 많이 예상되는 pH 5.0와 pH5.5에서 120분간 magnetic stirrer로 저어주면서 3N HCl로 pH를 일정하게 유지하였고 粘度는 4℃, 20℃ 및 40℃에서 測定하였다. 그 結果 pH조정 전에는 4℃에서 9.0Cp, 20℃에서는 4.5Cp 그리고 40℃에서는 2.5Cp이던 것이 pH가 5.0 및 5.5로 조정되기 시작하면서 5분까지 점도가 빠르게 增加하다가 그후 서서히 減少하였다(Fig. 1). 이러한 현상은 測定溫度가 낮을 수록 현저하였고 pH 5.5보다는 5.0에서 더욱 그 현상이 뚜렷하였다. 또한 攪拌時間이 增加함에 따라

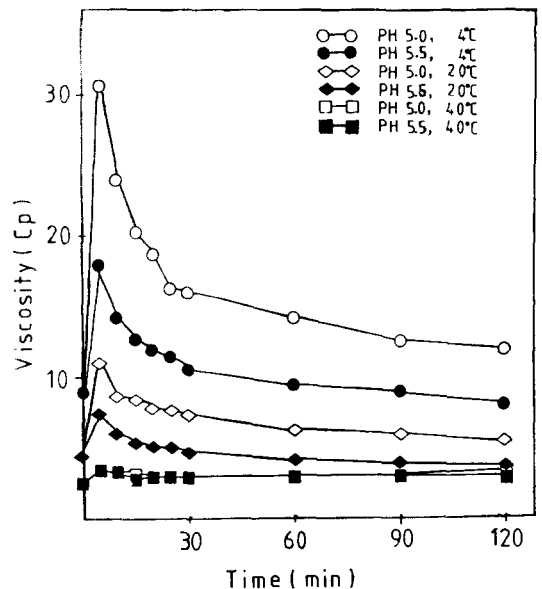


Fig. 1. Changes in viscosity of soymilk during stirring at various pHs

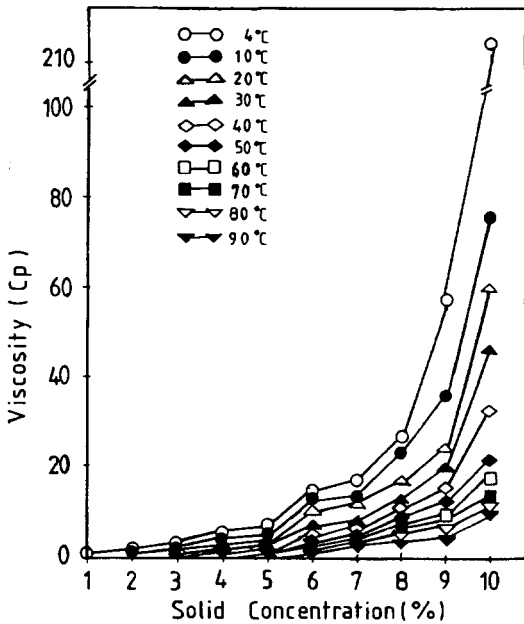


Fig. 2. Effect of solid concentration on viscosity of soymilk at various temperatures

pH조정을 위한 HCl의 添加量도 현저히 減少하여 30분 후에는 그 이상 pH조정이 必要치 않았으며 또한 粘度의 變化도 지극히 완만하여졌다. 이러한 變化는 酸이 添加되면서 蛋白質의 3차구조의 열림이 급격히 일어나 粘度의 增加현상과 함께 분자내부에 있는 active group이 表面에 노출되면서 pH가 변하게 되며 pH의 재조정이 계속 必要하게 되는 것으로 여겨진다. 그리하여 pH가 평형에 도달하게 되면서 새로운 蛋白質의 3차구조가 再形成되며 낮은 pH로 인하여 蛋白質의 크기에 수축이 일어나 粘度에 영향을 주게된다고 믿어진다. 또한

pH의 변화는 糖과 脂肪質의 化学的 性質과 成分 간의 상호작용에도 영향을 주어 콩우유의 粘度는 이들 모든 成分의 變化에 의하여 영향받는 것으로 여겨진다.

그러므로 본 실험의 粘度의 測定은 최소한도 30분간 magnetic stirrer로 섞어줌이 적당한 것으로 밝혀졌다. 이와 유사한 실험으로는 Forster와 Ferrier(6)가 행한 콩우유 자체의 pH(6.7~6.8)에서 一定한 速度로 저어줄 때 처음 10분간은 粘度가 減少하다가 그 후는 그 이상의 變化가 없어 콩우유가 틱스토트로픽 性質을 갖고 있으며 이러한 性質은 콩우유의 침전을 억제하는 효과가 있어 현탁액의 安定성과 마실 때의 입안의 촉감을 향상시켜준다고 하였다.

固形分濃度の 影響

一定한 회전속도에서 30분간 攪拌시킨 후 콩우유의 固形分濃度を 1%에서 부터 10%까지 增加시키면서 溫度別로 測定한 粘度變化는 Fig. 2와 같다. 콩우유의 濃도가 增加하면서 粘度는 처음에 완만히 增加하다가 濃도가 7%이상 이 되면서 그 증가폭이 급격하여졌다. 4°C의 경우 7%일 때 약 17Cp이던 것이 10%에서는 215 Cp로 增加하여 3%의 濃度增加로 粘度는 12배 이상 增加하는 특이한 性質을 나타내었다. 그러나 이러한 粘度의 증가현상은 測定溫度의 증가와 함께 완만 하여져서 90°C에서는 거의 變化가 없었다. 그러므로 소비자가 콩우유를 마실 때의 溫度의 선택은 시음온도에 대한 기호성뿐만 아니라 粘性과도 깊은 관계가 있음을 의미한다고 하겠다. 이러한 結果는 分離大豆蛋白質이 濃度の 증가와 함께 指數함수적으로 증가한다는 보고(13,14)와도 유사한 경향이나 콩우유의 점성은 단백질뿐만 아니라 탄수화물 및 지방질 그리고 이들의 상호작용에 의한 것

Table 1. Data calculated by linear regression between concentration of soymilk and viscosity at various temperatures

Temp. (°C)	a*	-b**	Correlation coeff. (r)	Regression equation
4	0.229	0.235	0.983	$\log \mu = -0.235 + 0.229C$
10	0.199	0.195	0.992	$\log \mu = -0.199 + 0.199C$
20	0.206	0.361	0.988	$\log \mu = -0.361 + 0.206C$
30	0.201	0.444	0.988	$\log \mu = -0.444 + 0.201C$
40	0.207	0.594	0.994	$\log \mu = -0.594 + 0.207C$
50	0.194	0.617	0.989	$\log \mu = -0.617 + 0.194C$
60	0.206	0.795	0.992	$\log \mu = -0.795 + 0.206C$
70	0.214	0.940	0.977	$\log \mu = -0.940 + 0.214C$
80	0.175	0.672	0.999	$\log \mu = -0.672 + 0.175C$
90	0.180	0.808	0.957	$\log \mu = -0.808 + 0.180C$

\* Slope of linear regression equation  
 \*\*Intercept of linear regression equation

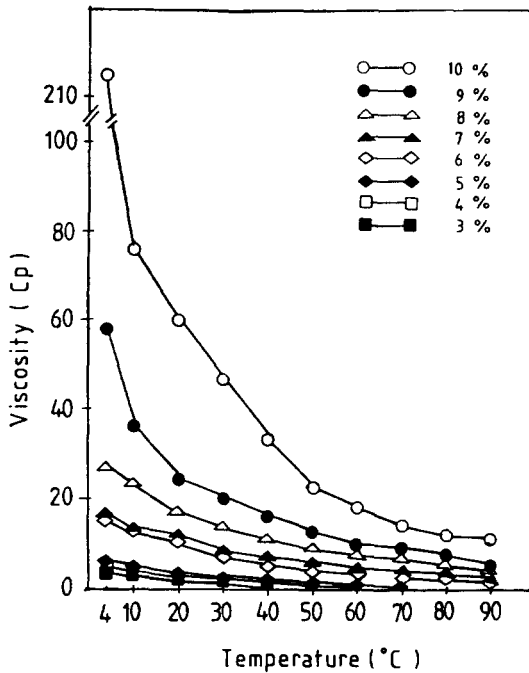


Fig. 3. Changes in viscosity of soymilk at various temperatures

임이 이들 실험과 다른 점이라 하겠다.

固形分の 농도와 콩우유의 점도간의 관계를 밝히고자 점도( $\mu$ )의 값에 처數값을 取하여  $\log \mu = a(c) + b$ 의 관계식을 이용하여 계산하였다. 절편(b)과 기울기(a) 그리고 相關係數(r)를 粘度( $\mu$ )와 濃度(c)와의 관계로 계산한 값은 Table 1과 같다. 그 결과 粘度의 대수함수 값과 大豆乳의 固形分濃도와는 높은 상관관계가 있음을 보여주었으며 그 직선이 측정치들을 대표할 수 있는 適合度(r')는 최소한도 91%이상으로 대단히 높은 확률을 보였다. 一般的으로 測定溫度가 높아지면서 절편의

값이 減少되어 낮은 濃度에서는 그 粘度가 지극히 적음을 알 수 있었으며 반면 기울기에서는 一定한 경향이 없이 비슷한 수치를 보여 주어 濃度의 增加에 따른 粘度의 增加폭은 대수함수적으로 비슷함을 알 수 있다.

溫度의 影響

Fig. 3은 콩우유의 溫度가 粘度에 미치는 영향을 나타낸 것으로 溫度가 4°C에서 90°C로 높아지면서 粘度는 급격한 減少의 경향을 보이다가 50°C 이상에서는 차츰 완만해지는 경향이였다. 이러한 경향은 固形分の 濃度가 높을수록 더욱 뚜렷하여 一般的으로 濃度和 粘度의 관계에 반대되는 현상을 보여주었다. Forster 와 Ferrier<sup>1\*)</sup>는 콩우유의 溫度가 10°C에서 60°C로 增加할 때 consistency coefficient가 減少함으로 해서 粘度가 減少하며 높은 濃度에서의 콩우유는 pseudoplastic流體性質을 나타낸다고 하였다. 그러나 본 결과는 大豆蛋白質의 溫度가 85°C까지 增加하면서 粘度도 서서히 增加하다가 90°C 이상에서는 급격히 떨어진다는 報告<sup>15)</sup>와는 일치하지 않아 콩우유의 蛋白質外 다른 성분이 粘度에 영향을 끼침을 제시한다 하겠다. 그러므로 溫度和 粘度間의 관계는 (r)의 관계로서 直線回歸法에 의하여  $\log \mu = aT + b$ (T: 온도) 관계식을 계산한 것은 Table 2와 같다. Log  $\mu$ 와 溫度間의 상관관계는 10%의 濃度外에는 0.98이상의 높은 관계를 보여주었으며 log  $\mu$ 의 절편은 농도가 높아가면서 현저히 增加하여 測定溫度가 낮을 수록 粘度의 增加가 급격함을 알 수 있었다. 한편 기울기에는 뚜렷한 경향이 없었으나 濃度가 낮은 범위에서는 비교적 높은 값을 보여주었다.

pH와 糖의 影響

pH의 變化가 콩우유粘度에 어떤 영향을 주는지 알기

Table 2. Data calculated by linear regression between temperature and viscosity at various concentrations

Solids Conc. (%)	a*	b**	Correlation coeff. (r)	Regression equation
2	0.016	0.333	0.997	$\log \mu = 0.333 - 0.016T$
3	0.014	0.600	0.992	$\log \mu = 0.600 - 0.014T$
4	0.020	0.767	0.986	$\log \mu = 0.767 - 0.020T$
5	0.011	0.818	0.995	$\log \mu = 0.818 - 0.011T$
6	0.011	1.202	0.993	$\log \mu = 1.202 - 0.011T$
7	0.008	1.212	0.986	$\log \mu = 1.212 - 0.008T$
8	0.009	1.418	0.992	$\log \mu = 1.418 - 0.009T$
9	0.011	1.677	0.982	$\log \mu = 1.677 - 0.011T$
10	0.013	2.110	0.957	$\log \mu = 2.110 - 0.013T$

\* Slope of regression equation  
 \*\*Intercept of regression equation

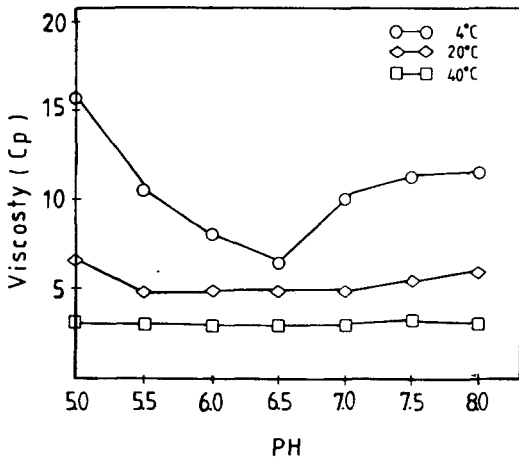


Fig. 4. Effect of pH on viscosity of soymilk measured at various temperatures

위하여 5% 固形分을 含有한 콩우유의 pH를 5.0 부터 8.0 까지 조절하여 4, 20, 40°C에서 粘度를 測定한 결과는 Fig.4 와 같다. 測定溫度 40°C에서의 粘度는 pH 變化에 따른 뚜렷한 차이를 볼 수 없었으나 4°C에서는 pH 6.5에서 최소치를 보이고 그 이하나 그 이상에서는 增加하여 pH 5.0에서는 15.75Cp로서 높은 값을 보였다. 20°C에서도 미약하지만 4°C에서와 같은 비슷한 경향이어서 pH의 영향은 낮은 온도일수록 뚜렷함을 알 수 있었다. 그러므로 본 결과는 pH변화에 따른 蛋白質, 炭水化合物, 脂肪質등 主要成分의 化学的 구조의 변화가 높은 溫度가 주는 熱 energy에 의하여 상대적으로 減少하여 40°C에서는 pH변화에 따른 콩우유 粘度의 變化가 거의 없던 것으로 추측된다. 그러나 순수한 大豆蛋白質(soy protein isolate)의 경우는 pH가 증가하면서 粘度가 감소하고 soy protein concentrate에서는 오히려 증가한다는 보고<sup>(1)</sup>와 본 결과를 비교할 때 콩우유의 粘度는 모든 主要成分이 關係함을 뚜렷이 제시한다 하겠다.

糖의 添加量에 따른 콩우유의 粘度變化는 Fig. 5 에 나타난 바와 같다. Sucrose의 含量이 0%에서 9%로 증가하면서 4°C와 20°C에서 약간의 점도증가가 있었으나 큰 유의성이 보이지 않았다. Ehninger 등<sup>(4)</sup>에 의하면 分離大豆蛋白質에 sucrose를 5%와 10%로 添加하여 pH 6.5에서 測定된 粘度는 無加糖試料보다 5%添加가 약간의 粘度減少가 있었고 10%添加時에는 많은 減少를 보였다고 하여 본 結果와 차이가 있었다. 이는 測定된 試料間의 차이가 있었기 때문으로 사료되며 流体食品의 粘度는 成分의 組成에 따라 많은 영향이 있음을 발견하였다.

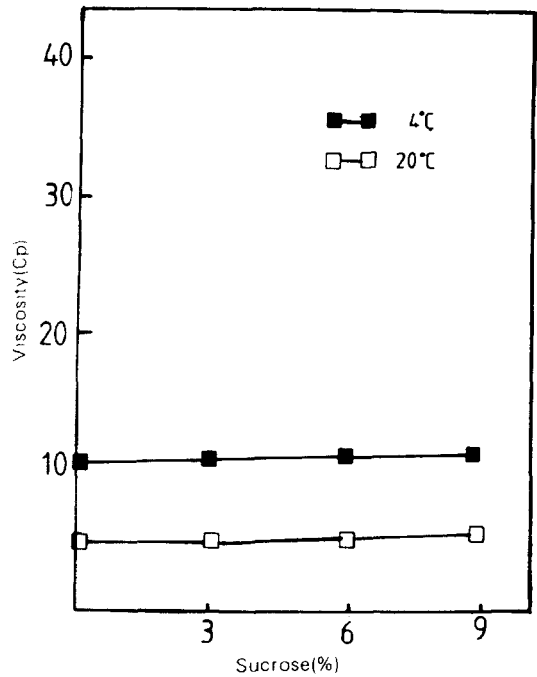


Fig. 5. Effect of sucrose on the viscosity of soymilk

요 약

콩우유의 粘度特性을 조사하고자 콩을 침지-끓는물로 마쇄-여과-끓임의 방법으로 콩우유를 제조한 후 교반시간, 온도, pH 및 糖의 첨가가 糖도에 미치는 영향을 조사하였다. 콩우유의 점도측정은 최소한 30분간 교반시킨 후 측정함이 적절하였으며 콩우유의 고형분 농도증가는 粘度를 对数函数的으로 증가시켰다. 그러나 이러한 점도의 증가는 온도가 높아지면서 농도의 영향이 감소되어 같은 농도에서 온도가 4°C에서 90°C로 증가할 때 점도는 반대로 대수함수적으로 감소됨을 나타내었다. pH의 변화(pH 5.0-8.0)에 따른 粘度는 4°C에서 측정하였을 때 가장 낮은 점도를 pH 6.5에서 보여 주었으나 측정온도가 상승하면서 점도에의 pH영향은 감소하였고 콩우유에 糖의 첨가(9%까지)는 큰 영향이 없었다.

문 헌

1. 김우정 : 식봉과학, 17(2), 4 (1984)
2. Smith, A.K. and Circle, S.J.: *Soybeans: Chemistry and Technology*, AVI Publishing Co., Inc., Chap. 3, Westport, CT. U.S.A. (1978)
3. Fleming, S.E., Sosulski, F.W., Kilara, A. and Hum-

- bert, E.S.: *J. Food Sci.*, **39**, 188 (1974)
4. Ehninger, J.N. and Pratt, D.E.: *J. Food Sci.*, **39**, 892 (1974)
  5. Rha, C.K.: *Food Technol.*, **32**, 77 (1978)
  6. Forster, L.L. and Ferrier, L.K.: *J. Food Sci.*, **44**, 583 (1979)
  7. Prieplke, P.E., Wei, L.S., Nelson, A.I. and Steinberg, M.P.: *J. Food Sci.*, **45**, 242 (1980)
  8. Nelson, A.I., Steinberg, M.P. and Wei, L.S.: *J. Food Sci.*, **41**, 57 (1976)
  9. AOAC: *Official Methods of Analysis* (13th ed.) (1980)
  10. Osborne, D.R. and Voogt, P.: *The Analysis of Nutrients in Foods*, Academic Press Inc., London (1981)
  11. Dubois, M., Gilles, K.A., Hamilton, J.K., Rebers, P.A. and Smith, F.: *Anal. Chem.*, **28**, 350 (1956)
  12. 김우철 · 김재주, 박성현 · 박홍래 · 송문섭 · 전종우 · 정한영 · 최지훈 : 현대통계학(1983)
  13. Lee, C. and Rha, C.: *J. Texture Studies*, **7**, 441 (1977)
  14. Kuntz, D.A., Nelson, A.I., Steinberg, M.P. and Wei, L.S.: *J. Food Sci.*, **43**, 1279 (1978)
  15. Hermansson, A.M.: *Labensmitt. Wiss. u. Tech.*, **5**, 24 (1972)
  16. Hutton, C.W. and Campbell, A.M.: *J. Food Sci.*, **42**, 454 (1977)
- 
- (1984년 8 월 17 일 접수)