

콩의 조리과정 중 텍스처, 고형물 및 단백질의 변화

김영옥 · 정해옥* · 이종옥

전남대학교 식품공학과, *동주여자전문대학 가정과

Changes of Texture, Soluble Solids and Protein during Cooking of Soybeans

Young-Ok Kim, Hae-Ok Jung* and Chong-Ouk Rhee

Department of Food Science and Technology, Chon-nam National University, Kwang-ju

*Dong-ju Womens Junior College, Pusan

Abstract

Texture, losses of total solids and proteins of soybeans were studied during cooking at 100-135°C. The textural changes were measured using the puncture probe with an Instron Universal Testing Machine, and changes in microstructure of beans were observed with scanning electron microscopy during the cooking. The major effect observed was a breakdown of the cell walls and appearance of the protein bodies with soaking process. As the cooking time at 100°C is longer, the separation of cells and changes in cell shape could be seen in the sample. The greater amounts of soluble solids were leached out with longer cooking time from the beans.

Key words: soybeans, cooking, soluble solids, texture and microstructure of soybeans

서 론

콩을 콩자반 또는 밥밀콩 등과 같이 원형상태로 가공 조리하여 이용하고자 할 때에는 그들을 먹기 쉽게 하고 또 그 안에 함유된 trypsin inhibitor 등의 항 영양인자들을 불활성화시키기 위해서 침지 및 가열과정을 거쳐야만 된다. 따라서 침지 및 가열에 의한 콩의 물리화학적 특성변화 특히 텍스처의 변화관계를 알아보는 것이 필요하다. 텍스처는 조리된 콩의 중요한 품질특성으로 객관적인 텍스처 측정방법에 대하여 많은 연구가 있어 왔다. Binder 등⁽¹⁾, Voisey 등⁽²⁾은 콩류의 텍스처 측정방법들을 비교하였으며 Quast 등⁽³⁾은 여러 가지 건조콩류의 조리속도에 대한 온도의존성을 보고한 바 있다. 김 등⁽⁴⁾은 rheometer를 사용하여 cutting force를, Bourne⁽⁵⁾은 puncture test 방법을 이용하여 콩류의 텍스처를 측정하였다. 조리하는 동안 콩류의 연화 정도는 종자의 미세구조의 변화에 의해 이루어짐이 보고되었는데 Sefa-Dedeh 등^(6,7), Stanley 등⁽⁸⁾은 그 중요한 변화가 전분의 젤라틴과 자엽에서 발견되는 결합물질인 middle lamella의 파괴라고 하였다. 저자들

은 콩의 침지 및 가열과정 중에 일어나는 일련의 변화들에 대하여 보고한 바 있으며⁽⁹⁻¹²⁾ 본 연구에서는 콩을 조리하는 과정에서 Instron을 이용한 puncture test를 실시하여 콩의 텍스처 변화관계를, 주사전자현미경(SEM)을 이용하여 미세구조의 변화를, 그리고 조리 침출액 중의 고형물 및 수용성 단백질의 변화를 검토하였다.

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용한 시료는 1988년도에 수확한 것으로 황색콩으로 단엽콩과 광교를, 검정콩으로 ES₂의 세품종을 농촌진흥청 작물시험장으로부터 분양받아 정선 후 4°C에서 보관하면서 사용하였다.

시료처리

실온에서 16시간 수화시킨(1:5, w/w) 콩을 열처리하기 위해 원통형의 낫쇠용기(직경 3.8cm×4.6cm)에 담았다. 가열하기 전에 1cm의 head space를 남기고 가능한한 thermal lag time을 일정하게 유지하도록 하기 위하여 80°C의 물을 채운 다음 뚜껑을 닫아 밀폐

Corresponding author: Chong-Ouk Rhee, Department of Food Science and Technology, Chon-nam National University, Kwang-ju, 500-757

하였다. 기름증탕의 온도를 100, 110, 121, 135°C로 조정하여 최장 80분까지 가열하고 가열이 끝난 즉시 흐르는 물로 충분히 냉각시켰다.

Puncture force의 측정

가열시킨 콩의 텍스처 성질은 Bourne⁽¹³⁾의 방법을 응용한 puncture test로서 측정하였으며 Instron Universal Testing Machine Model 1000을 이용하였다. 편평한 면을 갖는 직경 0.254 cm의 강철 probe를 Instron의 load cell에 부착하고 이 probe가 내려오는 곳에 0.5 cm 직경의 구멍이 뚫린 원통형의 강철 반침을 놓아 시료가 움직이지 않도록 하였다. cross head의 속도는 10 cm/min로 조정하였고 full scale load는 10 kg로 하였다. 개개 시료의 변이가 크기 때문에 30개 이상의 시료를 3회 반복 실시하고 그 결과를 통계 처리하였으며 이 때의 결과를 한알의 콩 시료를 관통시키는데 필요한 최대힘(kg-force)으로 나타내었다.

연화속도의 가열온도 의존성

가열온도의 연화속도와와의 관계는 다음의 Arrhenius 식으로 계산하였다.

$$\ln K = -E_a/RT + \ln A$$

여기서 K는 반응(연화) 속도상수(min⁻¹), E_a는 활성화에너지(cal/g-mole), T는 가열온도(°K), A는 상수이다. 콩이 연화되는 정도와 가열온도와의 관계를 나타내는 Z-value는 다음 식에 의하였다.

$$Z = (T_2 - T_1) / \log(\theta_2 - \theta_1)$$

여기에서 θ₂은 가열온도 T₂에서 연화되는데 필요한 시간이고 θ₁은 가열온도 T₁에서 연화되는데 필요한 시간이다. 여기에서 얻어진 Z값을 이용하여 다음 식으로 Q₁₀값을 구하였다.

$$\log Q_{10} = 10/Z$$

관능검사

7명의 관능검사원이 각각의 가열온도에서 시간별로 10개의 시료를 무작위로 채취하여 4회 반복하여 실시하였는데 검사원들은 개개의 콩이 미숙, 적숙, 과숙 되었는지를 조사하였으며 적절한 가열시간은 관능검사원의 50%가 콩이 익었다고 생각되는 시간으로 하였다.

Scanning electron microscopy

pH 6.8의 0.025 M phosphate buffer로 2%

glutaraldehyde의 용액⁽⁶⁾ 만들어 4°C에서 24 hr 동안 고정시킨 콩 시료는 면도날로 얇게 저민 후 에탄올의 농도를 10, 20, 40, 60, 80, 100%로 달리해가며 담구었다가 20분 간격으로 탈수시켰다. 잘 건조시킨 후 주사전자현미경(SEM, JEOL JSM-35)을 사용하여 15 kV 가속전압에서 500배로 관찰하였다.

침출액 중의 고형물 및 단백질 함량측정

각 온도별로 조리 후 침출액 중의 고형물은 105°C에서 건조하여 정량하였으며 가용성 단백질은 Lowry 등⁽¹⁵⁾의 방법에 따라 단백질 정량용 시약인 Folin-Ciocalteu Reagent(Hayashi사 제품)를 standard로 사용하여 750 nm에서 흡광도를 측정하였다.

실험결과의 분석

실험결과는 SPSS package를 이용하여 통계처리하였는데 개개 시료간의 변이 정도와 처리간의 차이를 알기 위해 ANOVA와 LSD 검정을 하였으며 상관분석 및 회귀분석을 통하여 활성화에너지, Z-value 등을 계산하였다.

결과 및 고찰

조리과정 중 텍스처의 변화

100°C에서 조리시킨 콩들의 텍스처를 가열시간에 따라 측정한 결과는 Fig. 1과 같은데 연화속도나 연화 정도는 품종에 따라 차이가 있어서 검정콩이 대체로 빨리 연화되고 단엽콩이나 광교는 비슷한 경향을 나타내었다. 가열온도가 높을 수록 연화진행 정도가 빨랐고(Fig. 2) 이 결과를 반대수 좌표에 그려보면 연화되는 시간은 지수적으로 감소되어 1차반응으로 됨을 알 수 있으며 어느 수준까지 콩이 익어진 후에도 계속 가열하면 힘은 X축에 평행으로 되는 경향을 나타내어 0차반응으로 진행됨을 알 수 있었다^(12,16).

Silva 등⁽¹⁷⁾은 가열된 콩의 텍스처 평가를 관능검사에 의해 실시하였는데 콩의 puncture test 결과와 밀접한 상관관계를 가진다고 보고한 바 있다. 본 실험에서도 관능검사를 통해 분석해본 결과 먹기 좋을 만큼 익었다고 생각되는 텍스처(힘)는 0.15 kgf로써 이 정도까지 가열하는데 100°C에서 단엽콩은 72.8분, 광교는 73.6분, 검정콩은 45.5분이 걸렸다. 121°C의 경우 단엽콩은 23.2분, 광교와 검정콩은 각각 16.3, 19.4분으로써 온도가 높을 수록 연화시간이 단축됨을 알 수 있

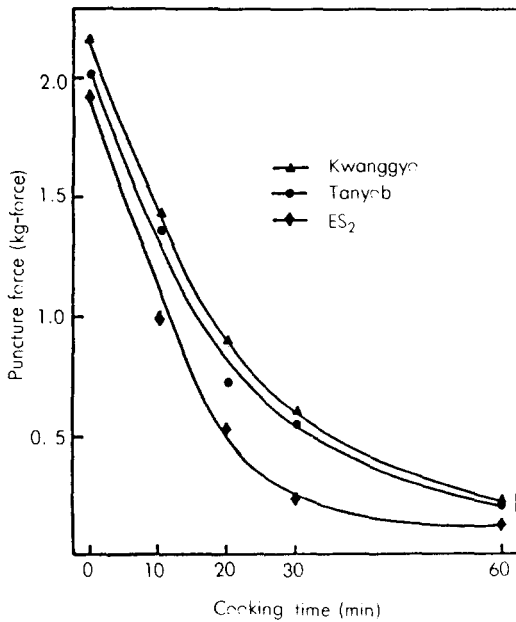


Fig. 1. Puncture force vs. cooking time for soaked soybeans at 100°C

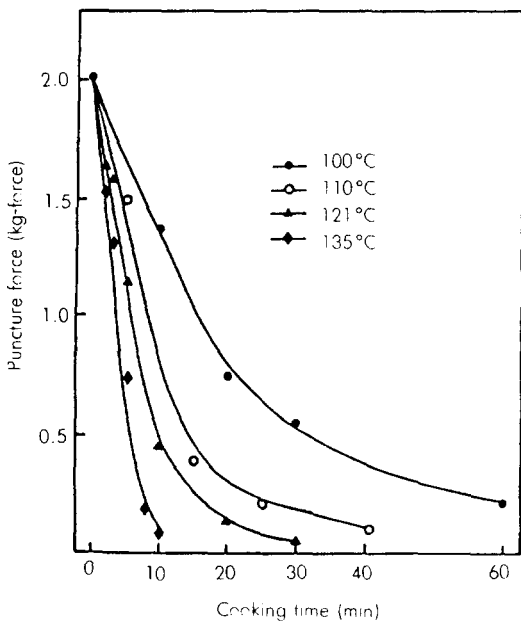


Fig. 2. Puncture force vs. cooking time for soaked soybean (Tanyonb) at different cooking temperatures

다 (Table 1).

연화속도의 가열온도 의존성

반응속도상수와 가열온도와의 관계를 Arrhenius 식

Table 1. Cooking time required to achieve a desired texture (0.15 kgf) of cooked soybeans by puncture test (unit: min)

temperature (°C)	100	110	121	135
soybeans				
Tanyonb	72.8	29.3	23.2	9.5
Kwanggyon	73.6	32.8	16.3	7.7
ES ₂	45.5	26.8	19.4	7.8

Table 2. Temperature dependence of the cooking rate of soybeans

soybeans	Z (°C)	Ea (cal/mole)	Q ₁₀
Tanyonb	42.1	14,540	1.72
Kwanggyon	35.1	23,226	1.93
ES ₂	47.3	11,440	1.62

을 이용하여 계산한 활성화에너지값을 보면 Table 2와 같은데 단엽콩의 경우 14,540 cal/mole, 광교와 검정콩이 각각 23,226, 11,440 cal/mole이다. 만일 활성화에너지값이 70,000 cal/mole이 넘는다면 조직의 분해 정도가 식품가공에서 사용되는 온도범위에서는 별로 의미가 없으며(17) 반응속도에 대한 온도와의 관계가 높다는 것은 식품을 가공할 때 온도조절을 잘해야 됨을 의미한다. 알맞게 익은 정도의 텍스처 (0.15 kgf)를 얻기 위한 가열시간을 1/10로 줄이는데 필요한 온도 상승값이 Z값일 때 광교가 35.1°C로써 텍스처의 반응 정도가 빨라 가열온도를 높이면 더 빨리 익어짐을 알 수 있다 (Table 2).

텍스처와 미세구조

콩의 세포구조에 미치는 가공과 조리의 영향을 알아보기 위하여 Saio 등(18,19)은 콩을 저장하는 동안 미세구조 변화에 대해 연구하였는데 물에 수화시킬 경우에는 콩자엽의 원래 세포에 있던 protein body들과 spherosome들의 미세구조에 변화가 일어나지는 않았지만 가열처리나 발효시 protein body들이 파열되고 spherosome들이 커다란 oil droplets 속으로 휩싸이는 양상을 볼 수 있었다고 하였으며 Sefa-Dedeh(6), Rockland(20), Varriano-Marston 등(21)은 조리과정 중 콩들의 연화는 세포들의 분리에 의해 이루어짐을 보고하였고 전분의 젤라틴화와 그로 인한 구형입자들의 변형들을 관찰하였다.

본 실험에서는 조리과정 중 콩의 텍스처 변화관계를 알기 위하여 조직의 미세구조를 주사전자현미경

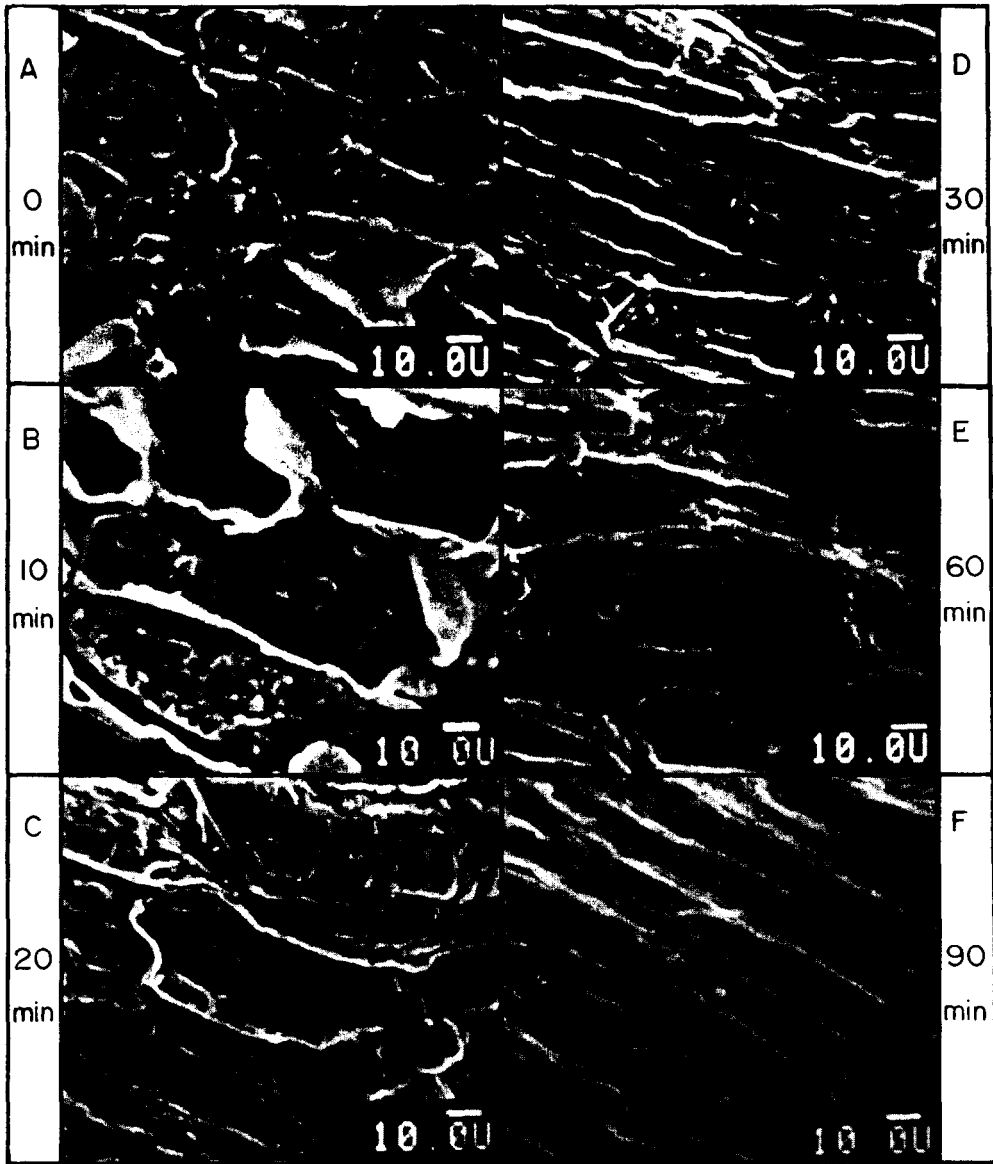


Fig. 3. Changes of microstructure of Tanyeb by scanning electron microscopy during cooking at 100°C

(SEM)으로 관찰하여 보았는데 그 결과는 Fig.3, 4와 같다. Sefa-Dedeh 등⁽⁶⁾은 cowpeas와 그 이외의 유사한 콩 품종에 있어서 middle lamella의 파괴가 연화와 중요한 관련을 맺고 있음을 보고한 바 있지만 콩의 경우 주목 할만한 middle lamella의 파괴는 볼 수 없었고 세포들의 분리나 세포모양의 변화 등을 관찰할 수 있었다. 따라서 middle lamella의 파괴가 조리한 콩의 텍스처 변화에 중요한 역할을 할지라도, SEM에 의해 쉽게 관찰되지 않은 protein matrix의 젤라틴화

정도의 차이, 세포 구성성분들의 민감성들이 연화되어 가면서 콩의 전체 텍스처에 영향을 미칠 수 있다고 하였다⁽²²⁾. Mattson⁽²³⁾, Muller⁽²⁴⁾는 콩을 조리하는 동안 phytate와 불용성 Ca/Mg pectate가 작용하여 가용성의 Na/K pectate로 되면서 연화가 일어난다고 보고한 바 있다. 따라서 콩의 텍스처는 종자의 미세구조와 수화나 조리과정 중 일어나는 화학적 및 물리적 변화 또는 그 어느 한쪽 변화들에 의존하고 있을 것이라고 생각한다.

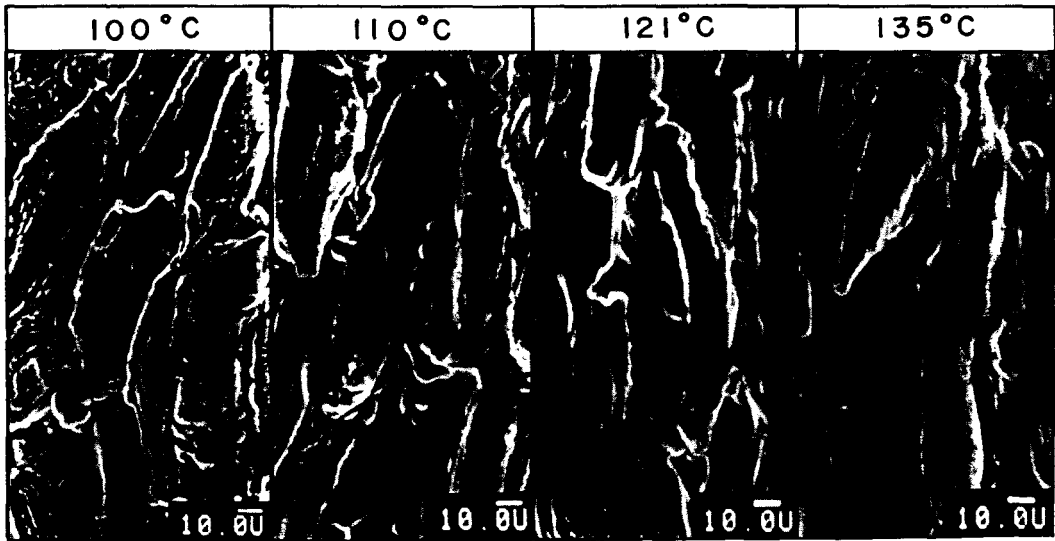


Fig. 4. Effect of cooking temperature on microstructure of Tanyrb for 20 min cooking by scanning electron microscopy

침출액 중 고형물 함량의 변화

각각의 가열온도에서 시간에 따르는 침출액 중의 고형물 함량의 변화를 Table 3에 나타내었다. 가열시간이 길수록, 온도가 높을 수록 고형물의 용출량은 많아지는 경향이어서 가열시간과 온도에 높은 의존성을 보였다. 단엽콩의 경우 조리시간 30분일 때 100°C에서 9.32%, 121°C에서 13.29%의 고형물이 용출되었다. 두 품종간에 약간의 차이는 있지만 거의 같은 양상을 보이고 있으며 100°C에서 80분 조리했을 때 단엽콩은 3.16%, 광교는 11.46%가 용출되어 단엽이 다소 고풍

물 용출량이 많았다. Quast⁽²⁵⁾ 등은 black beans을 16시간 침지 후 최적 텍스처에 이를 때까지 조리한 침출액 중 고형물 양은 대략 10% 정도라고 보고하였는데 위 용출량은 본 실험과 비교해보면 온도와 품종간에 약간의 차이점은 있겠지만 최적 텍스처일 때 10-13%가 용출되어 비슷한 경향을 보임을 알 수 있다.

침출액 중의 단백질 함량변화

조리과정 중 침출액 중의 단백질 함량변화는 Table 4와 같다. 단백질 용출량은 최적 텍스처의 조리시간까

Table 3. Soluble solids in cooked liquid as affected by cooking temperature

(unit: %)

temp.(°C) time(min)	100						121					
	0	10	20	30	60	80	0	3	5	10	20	30
Tanyrb	1.55	6.05	8.26	9.32	12.25	13.16	1.39	3.31	4.78	6.59	9.00	13.29
Kwanggyn	1.27	6.84	8.18	8.80	9.31	11.46	1.32	1.40	2.26	6.01	8.60	10.75

Table 4. Soluble proteins in cooked liquid as affected by cooking temperature

(unit: %)

temp.(°C) time(min)	100						121					
	0	10	20	30	60	80	0	3	5	10	20	30
Tanyrb	0.19	0.90	1.20	1.21	1.60	1.97	0.19	0.48	0.80	1.10	1.45	2.83
Kwanggyn	0.15	0.80	1.01	1.10	1.43	1.87	0.16	0.19	0.30	0.80	1.23	1.84
soluble protein/total solids												
Tanyrb	12.3	14.9	14.5	13.0	13.1	15.0	13.7	14.5	16.7	16.7	16.1	21.3
Kwanggyn	11.8	11.7	12.4	12.5	15.4	16.3	12.1	13.6	13.3	13.3	14.3	17.1

문 헌

Table 5. Effect of degree of hydration on the cooking rate of Tanyob at 121°C

Hydration time at 25°C (hr)	Moisture content (g H ₂ O/100g dry matter)	Cooking time (min)	Degree of cooking (kgf)	Total solids in the liquid after cooking (g/100g dry beans)
0	8	10	0.94	—
0	8	20	0.61	—
0	8	30	0.42	9.13
16	132	3	1.58	—
16	132	5	1.20	—
16	132	10	0.52	—
16	132	20	0.15	—
16	132	30	0.13	13.29

지 거의 직선적으로 증가함을 보이고 있다. 100°C에서 80분 조리 후 단엽콩이 1.97%, 광교가 1.87%로써 단엽콩이 약간 더 용출되었으며 121°C에서도 같은 경향을 나타내었다. 한편, 조리과정 중 용출된 총 고형물 중 단백질은 대체로 11-21%로 조리시간과 온도에 따라 증가함을 보였다.

조리속도에 미치는 침지의 영향

고형물 용출속도와 연화에 미치는 침지의 영향을 실험하여 본 결과는 Table 5와 같은데 30분 가열의 경우 침지하지 않은 것은 puncture force가 0.42 kgf이었으나 16시간 침지 후 가열한 것은 0.13 kgf로써 연화시간이 훨씬 단축됨을 알 수 있다. 그러나 고형물 용출의 경우 침지 후 조리한 것은 13.29%로써 침지하지 않고 열처리한 것보다 용출량이 더 많았다.

요 약

콩(단엽콩, 광교, ES₂)을 조리(100-135°C)하는 과정에서 일어나는 텍스처, 고형물 및 단백질의 변화를 분석하였다. 콩의 텍스처는 Instron을 이용하는 puncture test로써 측정하였으며 조직의 변화과정을 주사전자현미경(SEM)을 이용하여 미세구조를 관찰한 결과 수화가 되면서 세포벽이 허물어지고 protein body가 드러남을 관찰할 수 있었고 일정온도에서 조리시간이 길어짐에 따라 세포벽이 서로 분리되고 그 구조가 흐트러짐을 알 수 있었다. 침출액 중의 고형물은 조리시간이 길어질 수록 많이 용출되었으며 100°C, 80분에서는 11.5-13.2% 정도가 되었다. 용출된 총 고형물 중 11-21%는 단백질이었으며 단백질 용출 비율은 조리시간에 따라 증가하였다.

- Binder, L.J. and Rockland, L.B. : Use of the automatic recording shear press in cooking studies of large dry Lima beans(Phaseolus lunatus). *Food Technol.*, **18**, 127(1964)
- Voisey, P.W. and Larmond, E. : Texture of baked beans-A comparison of several methods of measurement. *J. Texture Studies*, **2**, 96(1971)
- Quast, D.G. and da Silva, S.D. : Temperature dependence of the cooking rate of dry legumes. *J. Food Sci.*, **42**, 370(1977)
- Kim, S.K. and Kim, J.G. : Cooking properties of some Korean soybeans. *한국식품과학회지*, **20**, 699 (1988)
- Bourne, M.C., Moyer, J.C. and Hand, D.B. : Measurement of food texture by a Universal Testing Machine. *Food Technol.*, **20**, 170(1966)
- Sefa-Dedeh, S., Stanley, D.W. and Voisey, P.W. : Effects of soaking time and cooking conditions on texture and microstructure of cowpeas(Vigna unguiculata). *J. Food Sci.*, **43**, 1832(1978)
- Sefa-Dedeh, S., Stanley, D.W. and Voisey, P.W. : Effect of storage time and cooking conditions on the hard-to-cook defect in cowpeas(Vigna unguiculata). *J. Food Sci.*, **44**, 790(1979)
- Stanley, D.W. and Tung, M.A. : Microstructure of foods and its relation to texture. "Rheology and Texture in Food Quality." ed., J.M. deMan, P.W. Voisey, V.F. Rasper and D.W. Stanley. AVI, Conn. U.S.A.(1976)
- 이영현, 이종욱 : 대두의 침지과정 중 고형물의 용출속도에 미치는 침지온도의 영향. *한국식품과학회지*, **18**, 497(1986)
- 이영현, 정해욱, 이종욱 : 대두의 침지과정 중 침출액의 성분변화. *한국식품과학회지*, **19**, 492(1987)
- 김동연, 서인숙, 이종욱 : 대두의 수화속도에 미치는 침지온도의 영향. *한국농화학회지*, **31**, 46(1988)
- 이종욱, 김동연, 정지훈, 김 관, 박근형, 정희종 : 조리된 콩의 텍스처에 미치는 가열조건의 영향. *한국농화학회지*, **32**, 216(1989)
- Bourne, M.C. : Texture measurement of individual cooked dry beans by the puncture test. *J. Food Sci.*, **37**, 751(1972)
- Muneta, P. : The cooking time of drybeans after extended storage. *Food Technol.*, **18**, 1240(1964)
- Lowry, O.H., Rosebrough, N.J., Farr, A.C. and

- Randall, R.J. : Protein measurement with the Folin phenol reagent. *J. Biol Chem.*, **193**, 265(1951)
16. Huang, Y.T. and Bourne, M.C. : Kinetics of thermal softening of vegetables. *J. Texture Studies*, **14**, 1 (1983)
 17. Silva, C.A.B., Bates, R.P. and Deng, J.C. : Influence of soaking and cooking upon the softening and eating quality of black beans. *J. Food Sci.*, **46**, 1716 (1981)
 18. Saio, K. and Watanabe, T. : Observation of soybean foods under electron microscope. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, **15**, 290(1968)
 19. Saio, K. and Baba, K. : Microscopic observation on soybean structural changes in storage. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, **27**, 343(1980)
 20. Rockland, L.B. and Jones, F.T. : Scanning electron microscope studies on dry beans. *J. Food Sci.*, **39**, 342 (1974)
 21. Varriano-Marston, E. and Omana, E. : Effects of sodium salt solutions on the chemical composition and morphology of black beans. *J. Food Sci.*, **44**, 531 (1979)
 22. Sefa-Dedeh, S. and Stanley, D.W. : Textural implications of the microstructure of legumes. *Food Technol.*, **33**, 77(1979)
 23. Mattson, S. : The cookability of yellow peas. A colloid-chemical and biochemical study. *Acta. Agr. Suecona.*, **2**, 185(1946)
 24. Muller, F. : Cooking quality of pulses. *J. Sci. Food Agr.*, **18**, 292(1967)
 25. Quast, D.G. and da Silva, S.D. : Temperature dependence of hydration rate and effect of hydration on the cooking rate of dry legumens. *J. Food Sci.*, **42**, 1299(1977)
-
- (1990년 1월 17일 접수)