

조리된 콩의 텍스처에 미치는 가열 조건의 영향

이종옥 · 김동연 · 정지훈 · 김 관 · 박근형 · 정희종

전남대학교 식품공학과

Effects of Cooking Conditions on the Texture of Cooked Soybeans

Chong-Ouk Rhee, Dong-Youn Kim, Ji-Heun Jung, Kwan Kim,
Keun-Hyung Park and Hee-Jong Chung

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

Abstract

Soaking of soybeans and the subsequent effect on cooking kinetics were investigated by the means of puncture test and shear press with Instron universal testing machine. Soaked soybeans were water cooked at temperatures of 90~135°C adjusted with oil bath. Instron puncture force of 0.15kg and shear force of 1.2kg/g-soybean were appeared as the eating soft texture by sensory evaluation. Softening activation energies of yellow soybeans for puncture and shear force were 14,540cal/g-mole and 21,374cal/g-mole. *z*-values were calculated as 42.1°C and 37.4°C, respectively.

서 론

일반적으로 콩은 수확후 건조된 상태로 저장하는데 건조된 콩은 그 자체가 단단하여 오래 저장할 수 있는 잇점이 있기는 하나 콩자반 또는 콩밥 등으로 가공 또는 조리하여 섭취할 때에는 그들을 먹기 쉽게 하고 또 그 안에 함유된 항 영양인자(anti-nutritional factors)를 불활성화시키기 위해서 침지 및 가열과정을 거쳐야만 된다. 이때 침지는 조직을 연하게 하여 조리시간을 단축해 주는 효과가 있으며, 가열은 trypsin inhibitor와 같은 소화저해 인자를 불활성화시키고, 조직을 연하게 하여 기호성을 증진시켜 준다.

그러나 침지는 수용성 영양분의 손실과^{1,2)} 함께 노력과 시간이 많이 소비되는 불리한 면이 있으며^{3~5)} 너무 오래 가열하면 영양성분이 파괴되기 쉽기 때문에 적당한 정도의 침지와 조리 조건을

확립하는 것이 필요하다⁶⁾.

관습적으로 콩은 9시간 이상 침지(soaking)한 후 1~3시간 가열하여 조리(cooking)하는 것이 일반적이는데 이와 같은 장시간의 침지-조리 방법은 대량으로 처리할 경우 에너지 및 노동력의 소모가 크다. 또한 영양적인 면을 고려할 때 조리시간의 단축은 짧은 가열을⁷⁾ 의미하므로 영양성분의 파괴가 덜하다. 그러나 항 영양성분들이 가열에 의해 불활성화된다는 것은 이미 언급된 바 있지만 이들의 불활성화와 침지 및 조리 조건과의 관계가 아직 명확하지 않고, 그 kinetics에 관한 논문이 거의 없다. 또한 침지와 조리는 별개의 가공 공정이지만 동시에 수행할 수도 있는데, 우리의 식생활에 중요한 콩 가공식품을 만들기 위해서는 침지와 조리과정에 관한 기능적이고 품질적인 특성들, 특히 텍스처(texture) 변화 관계를 알아보는 것이 필요하다.

따라서 본 연구에서는 조리조건이 콩의 품질에 미치는 영향을 텍스처의 측정에 의해 계량화 함으로써 조리된 콩의 텍스처 상관관계 및 그의 cook-

1989년 6월 23일 수리

Corresponding author : C.O. Rhee

ing kinetics를 검토하고자 하였으며 그 수단으로써 콩을 찌르는데 필요한 힘을 나타내는 puncture force^{7,8)}와 콩을 절단하는데 필요한 shear force^{9,10)}를 측정하였다.

재료 및 방법

1. 재 료

본 실험에 사용한 시료는 1988년도에 수확한 황색콩(단엽)과 검정콩(ES2)으로, 농촌진흥청 작물시험장으로부터 분양받았으며, 4°C에 보관하면서 사용하였다.

2. 방 법

1) 수화 및 가열방법

시료를 18°C에서 16시간 동안 수도물을 이용하여 침지시킨 후 가열하기 위하여 솥용기(4.6×3.8cm)에 옮겨 넣고 come up time을 일정하게 해주기 위해 80°C의 물을 head space가 1cm 정도 되게 채웠다. Oil bath의 온도를 90, 100, 110, 121, 135°C로 조정하여 최장 120분까지 가열하고 가열이 끝난 즉시 흐르는 물로 충분히 냉각시켰다.

2) Puncture force의 측정

가열처리된 시료의 puncture test는 Instron universal testing machine으로 Silva 등⁸⁾과 Bourne¹¹⁾의 방법을 응용하여 실시하였다. 즉 편평한 면을 가진 강철 probe(직경 0.254cm)를 인스트론의 crosshead에 고정하고 10cm/min의 속도로 상하로 이동시켰다. 시료는 원통형 강철받침 가운데에 0.5cm 직경의 구멍을 뚫고 그 위에 올려 놓아 측정하는 도중 시료가 움직이지 않도록 하였다. 개개 시료의 puncture force 값의 변이가 크기 때문에¹¹⁾ 30개 이상의 시료를 3회 반복 실시하고 그 차이를 통계 처리하였다. 이 때의 결과를 한알의 콩 시료를 찌르는데 필요한 최대힘(kg-force)으로 표시하였다.

3) Shear force의 측정

시료를 절단하는데 필요한 shear force는 Kramer shear cell^{9,12,13)}을 puncture test에서 사용했던 Instron universal testing machine에 부착하여 측정하였다. 즉 시료 10g을 0.32cm의 blade가 10개 있는 shear cell에 넣고 crosshead에 부착된 shear press를 20cm/min의 속도로 상하로 이동시켰다. 이때의 최대 shear force를 시료의 무게로

나누어 주어 시료 1g당 kg-force로 표시하였다.

4) Cooking kinetics

가열온도의 연화 속도와의 관계는 다음의 Arrhenius식으로 계산하였다.

$$\ln k = -Ea/RT + \ln A$$

여기에서 k 는 반응(연화)속도상수(min^{-1}), Ea 는 활성화에너지(cal/g-mole), R 은 기체상수($1.987\text{cal/g-mole}\cdot^\circ\text{K}$), T 는 가열온도($^\circ\text{K}$), A 는 상수이다.

콩이 연화되는 정도와 가열온도와의 관계를 나타내는 z -value는 다음 식에 의하였다¹⁰⁾.

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

여기에서 θ_2 은 가열온도 T_2 에서 연화되는데 필요한 시간이고 θ_1 는 가열온도 T_1 에서 연화되는데 필요한 시간이다. 여기에서 얻어진 z 값을 이용하여 다음식으로 Q_{10} 값을 구하였다.

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

5) 관능검사

7명의 관능검사원이 각각의 가열온도에서 시간 별로 10개의 시료를 무작위로 채취하여 4회 반복 실시하였는데 검사원들은 개개의 콩이 undercooked, cooked, overcooked 인지를 조사하였으며 적절한 cooking time은 관능검사원의 50%가 콩이 익었다고 생각되는 시간으로 하였다¹⁴⁾.

6) 실험 결과의 분석

실험결과는 SPSS package를 이용하여 통계처리 하였는데 특히 puncture force와 shear force 측정시 개개 시료간의 변이정도와 처리간의 차이를 알기 위해 ANOVA와 LSD 검정을 하였으며, 상관분석 및 회귀분석을 통하여 연화속도상수, 활성화에너지, z -value 등을 계산하였다.

결과 및 고찰

1. 가열시간 및 온도에 따른 텍스처의 변화

실온에서 16시간 침지시킨 후 100°C에서 10분간 가열하였을 때 인스트론의 기록지에 나타나는 puncture force와 shear force의 변화 모양은 Fig. 1과 같은데 곡선 아래의 면적과 가열시간에 따르는 곡선의 모양에 따라 텍스처 반응의 정도가 달라지겠으나 본 실험에서는 기록지에서의 점정을 최대힘으로 하였다. 따라서 가열시간에 따르는 puncture force의 변화를 Fig. 2와 같이 반대수 좌표에 나타내었는데 같은 온도에서 가열시간이 길어지면 연화가 빨랐으며 가열온도가 높아짐에 따

라 연화되는 시간은 지수적으로 단축되는 양상을 보여주어 1차 반응이라는 것을 제시하여 주고 있으나 어느 수준까지 콩이 익어진 후에도 계속 가열하면 힘은 x축에 평행으로 되는 경향을 나타내어 0차 반응으로 진행됨을 알 수 있다¹⁵⁾.

Silva 등⁸⁾은 가열된 콩의 품질평가를 관능검사에 의해 실시하였는데 콩의 puncture test 결과와 밀접한 상관관계를 가진다고 보고한 바 있어 본 실험에서도 관능검사를 통해 분석해 본 결과 먹기 좋을 만큼 익어졌다고 생각되는 힘은 puncture

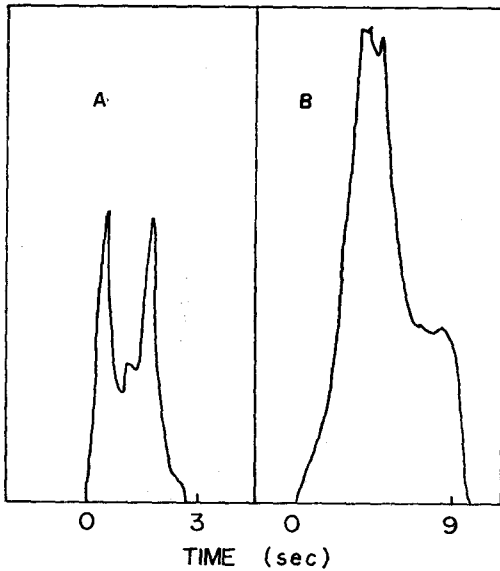


Fig. 1. Typical response curve of puncture(A) and shear (B) force by Instron with cooked soybean(100°C, 10min).

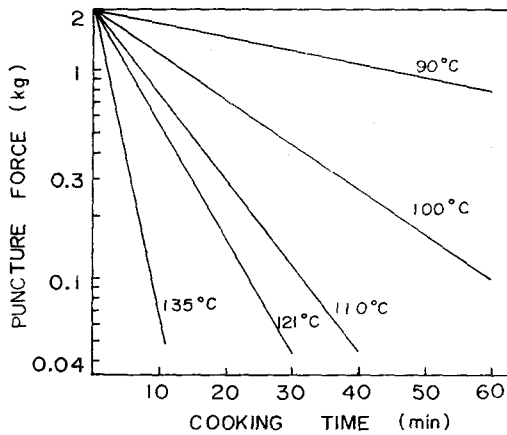


Fig. 2. Puncture force vs. cooking time for soaked black soybean at different cooking temperatures.

force는 0.15kg-force로서, 결정콩의 경우 이 정도까지 가열하는데 100°C에서는 52분이 걸렸으나 135°C에서는 가열시간이 8분으로 단축됨을 보여 주고 있으며 황색콩의 경우에는 가열시간이 더 걸렸다.

Shear force를 측정된 결과는 Fig. 3과 같은데 puncture force와 거의 같은 양상을 보여 주고 있어서 1.2kg-force/g이 적절하게 익어진 것으로 판단되었다. 이 정도까지 가열하는데 100°C에서는 82분이 걸렸으나 135°C에서는 10.5분으로 단축됨을 보여주고 있다.

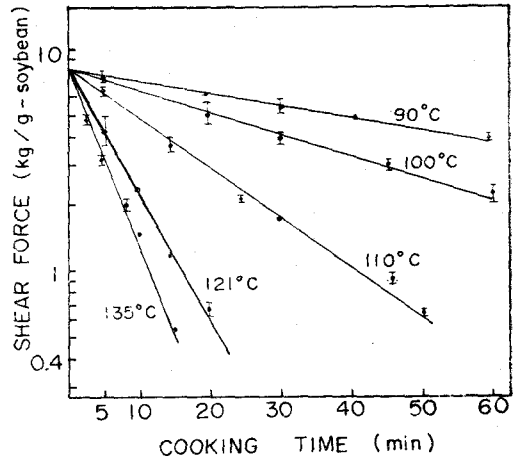


Fig. 3. Shear force vs. cooking time for soaked yellow soybean at different cooking temperatures.

2. 반응(연화)속도 상수와 활성화에너지

가열에 의해 콩이 익혀지는 정도를 가열시간과의 관계로 나타내 보면 다음의 1차 반응식을¹⁶⁾ 따르는 것으로 알려져 있다.

즉, $dx/d\theta = k(a-x)$ 로 나타내는데

여기서 $dx/d\theta$: 기질의 분해속도

a : 기질의 초기농도

x : θ 시간 동안에 분해된 기질의 mole수이다.

위 식을 적분하면 $-\ln(a-x) = k \cdot \theta + c$ 가 되며 $\theta=0$ 일 때 $x=0$ 이므로 $c = -\ln a$ 이다. 그러므로 c 에 이것을 대입하면

$\ln a/(a-x) = k \cdot \theta$ 가 된다.

만일 x축에 시간 θ 를 y축에 $\ln a/(a-x)$ 를 좌표로 하여 표시하여 보면 직선이 얻어지며 이 직선의 기울기가 1차반응 속도상수 k 가 된다. 이상

의 관계를 텍스처의 측정에 적용해 보기 위해 콩을 100°C로 가열할 때 조직이 익혀지는 정도가 중간층(middle lamella)의 분해 정도에 달려 있다고 가정해 보면 텍스처의 측정은 중간층의 분해 정도를 간접 측정하는 셈이다.

여기서 a : 초기의 최대힘

$(a-x)$: θ 시간 경과 후의 최대힘

θ : 100°C에서의 가열시간이 된다.

따라서 기율기 k 는 texture의 지표로 사용할 수 있어서 반응속도상수 k (연화 속도상수)의 값이 크면 짧은 조리 시간이 필요하다는 것을 알 수 있다.

따라서 반응(연화)속도 상수 k 를 구하기 위해서 실험결과를 위 식에 따라 Fig. 4, 5에 나타내었으며 여기서 얻어진 반응속도상수와 가열온도와의 관계를 Fig. 6에 나타내었고 이들 결과를 Arrhenius식을 이용하여 계산한 활성화에너지 값과 반응(연화) 속도상수 값은 Table 1과 같다. Puncture force의 경우 점정공과 황색콩이 각각 11,440, 14,540cal/g-mole의 활성화에너지 값을 나타내었고 shear force의 경우는 21,374cal/g-mole로써 puncture force보다 두배 이상의 활성화에너지 값을 보여주고 있다. 만일 활성화에너지 값이 70,000cal/g-mole이 넘는다면 조직의 분해 정도가 식품가공에서 사용되는 온도 범위(90-121°C)에서는 별로 의미가 없음을 의미하며⁸⁾ 반응속도에 대한 온도와의 관계가 높다는 것은 식품을 가공할 때 온도 조절을 잘 해야 됨을 의미한다.

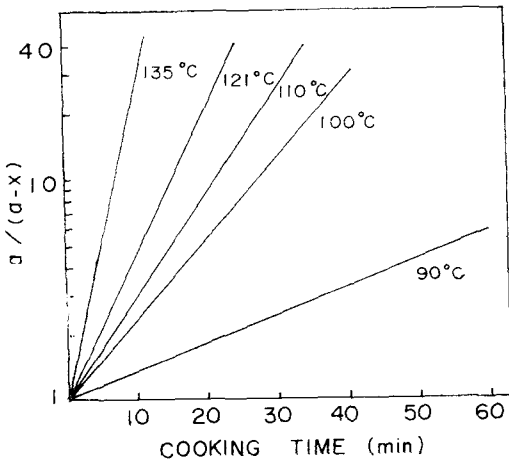


Fig. 4. The thermal softening of black soybean plotted according to the equation $\ln a/(a-x) = k \cdot \theta$.

θ : Time of heating, a : Maximum puncture force at 0 time, $(a-x)$: Maximum puncture force on soybean heated at different temperatures for θ min and k : Softening rate constant.

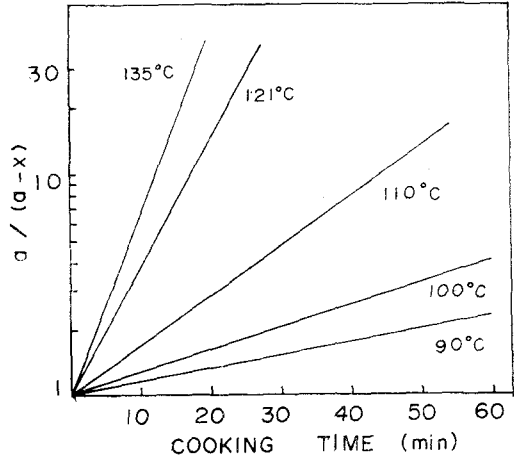


Fig. 5. The thermal softening of yellow soybean plotted according to the equation $\ln a/(a-x) = k \cdot \theta$.

θ : Time of heating, a : Maximum shear force at 0 time, $(a-x)$: Maximum shear force on soybean heated at different temperatures for θ min and k : Softening rate constant.

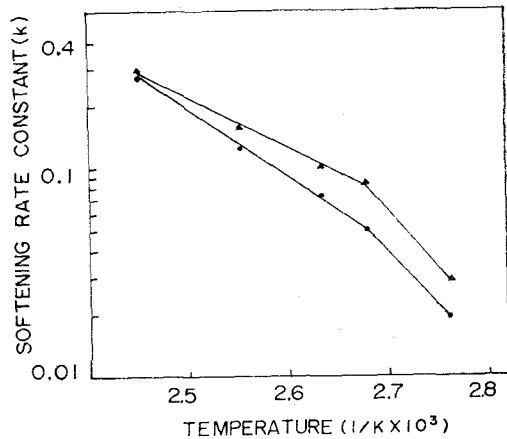


Fig. 6. Arrhenius plot for the softening activation energy of soybeans by puncture force.

▲ : Black soybean and ● : Yellow soybean.

3. 텍스처의 연화와 온도의존성

각각의 가열온도에서 puncture force와 shear force의 측정에 의해 알맞게 익혀졌다고 생각되는 텍스처에 도달하는 시간과의 관계를 Fig. 7에 나타내었고 이 그림으로부터 얻어진 z 값과 Q_{10} 값은 Table 2와 같다. 미생물 살균에서는 z 값은 살균 시간을 1/10로 줄이는데 필요한 온도 상승값을 의미하는데 같은 의미를 콩에 적용해 본다면 알맞게

Table 1. Data for calculation of activation energy(Ea)

		Temp(°C)	k(min ⁻¹) ^a	Regression equation	r ²	Ea(cal/g-mole)
Black soybean	Puncture force	90	0.0289	lnk=-5757.6(1/T)+12.88	0.948	11,440 ^b
		100	0.0861			
		110	0.1078			
		121	0.1517			
		135	0.3267			
Yellow soybean	Puncture force	90	0.0166	lnk=-7317.6(1/T)+16.69	0.982	14,540 ^b
		100	0.0501			
		110	0.1017			
		121	0.1399			
		135	0.2902			
Yellow soybean	Shear force	90	0.0131	lnk=-10757.7(1/T)+25.19	0.986	21,374 ^c
		100	0.0224			
		110	0.0521			
		121	0.1314			
		135	0.1875			

a : k : Softening rate constant (min⁻¹), b : Temperature range (100~135°C) and c : Temperature range (90~121°C).

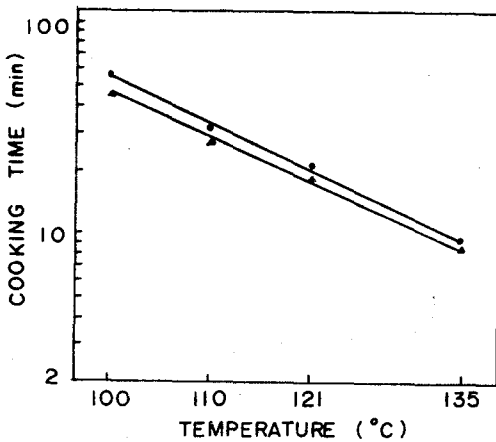


Fig. 7. Effect of cooking temperatures of soybean on the time required to achieve a desired texture(0.15kg-force) by puncture force.

▲ : Black soybean and ● : Yellow soybean.

익혀진 정도의 텍스처를 얻기 위한 가열시간을 1/10로 줄이는데 필요한 온도 상승값이 된다. 따라서 검정콩과 황색콩을 비교하였을 때 α 값이 각각 47.3°C, 42.1°C로써 황색콩이 다른 온도에서 가열할 때 텍스처의 반응 정도가 빨라 가열온도를 높이면 검정콩보다 더 빨리 익어짐을 알 수 있다.

이와 같은 결과는 Quast 등^{9,10)}과 Kim 등^{17,18)}의 결과와 큰 차이를 보이고 있는데 그러한 이유로써 그들은 스팀압력에 의해 가열을 실시하였으나 본 실험에서는 oil bath에서 가열하는 등 가열방법의 차이와 텍스처 측정방법의 차이인 것으로 생각한다. 이들 값을 미생물 살균과 비교하여 보았을 때 *C. botulinum*의 경우 α 값이 보통 10°C 부근으로써 미생물들이 훨씬 더 온도의존성이 크다는 것을 알 수 있으며 상업적으로 무균상태가 되는 온도조건에서 콩이 만드시 익혀지는 것이 아니라는 것을 의미하는 셈이다. 또한 검정콩의 경우 Q_{10} 값이 1.62인데 이것은 가열온도가 10°C 상승하면 가열시간이 1.62배 단축된다는 것을 의미한다.

영양적으로 볼 때 가열시간이 단축되었다고 해서 영양성분의 파괴가 덜한 것으로는 생각될 수 없다. 왜냐하면 콩을 수확시키는 과정에서 일부 수용성물질이 녹아나오고 가열과정에서 trypsin inhibitor나 hemagglutinin 등의 불활성화가 촉진된다고 하지만 그들에 관한 정량적인 실험결과가 아직은 없어 본 실험결과와 연결하여 비교하기가 어렵다. Elias 등¹⁹⁾은 위의 두 효소들이 121°C에서 20분간 가열함으로써 거의 파괴되었다고 하였다. 앞으로 여러 저장조건에서 저장된 콩류의 cooking

Table 2. Data for calculation of z value and Q_{10}

		kg-force	Regression equation	r^2	z(°C)	Q_{10}
Puncture force	Black soybean	0.15	$\log \theta = -0.0211T + 3.779$	0.981	47.3	1.62
	Yellow soybean	0.15	$\log \theta = -0.0237T + 4.181$	0.958	42.1	1.72
Shear force	Yellow soybean	1.2	$\log \theta = -0.0267T + 4.498$	0.954	37.4	1.85

θ : Cooking time required to reach a desired texture and T : Cooking temperature.

kinetics를 검토하여 보는 것이 필요하다고 생각되며 텍스처가 조리된 콩의 품질특성에 있어서 한 요소에 불과하기 때문에 풍미, 영양가, 항영양인 자들에 관한 종합적인 검토가 필요할 것이라고 생각한다.

초 록

조리조건이 익혀진 콩의 품질에 미치는 영향을 알아보고저 인스트론을 사용하여 텍스처의 변화를 측정하였고 puncture force와 shear force의 측정 결과를 사용하여 조리온도를 달리하였을 때의 cooking kinetics를 검토하였다. 관능검사에 의해 알맞게 익혀졌을 때 황색콩의 puncture force는 0.15kg, shear force는 1.2kg/g-soybean으로 나타났다. 활성화에너지 값은 각각 14,540, 21,374 cal/g-mole이었고 z값은 42.1, 37.4°C이었다. 이러한 결과로 조리된 콩의 텍스처는 침지와 조리 조건에 따라 크게 영향받음을 알 수 있었다.

사 사

이 논문은 1988년도 문교부 학술연구조성비에 의해 수행된 연구결과로서 이에 감사드리며 대학원생 김영옥 양의 노고를 고맙게 생각합니다.

참 고 문 헌

1. 이영현, 이종욱 : 한국식품과학회지, 18 : 497 (1986)
2. 이영현, 정해옥, 이종욱 : 한국식품과학회지, 19 : 492(1987)

3. Burr, H.K., Kon, S. and Morris, H.J.: J. Food Sci. Technol., 22 : 336(1968)
4. Molina, M.R., Baten, M.A., Gomez-Brenes, R.A., King, K.W. and Bressani, R.: J. Food Sci., 41 : 661(1976)
5. Kon, S.: J. Food Sci., 44 : 1329(1979)
6. Molina, M.R., DeLaFuente, G. and Bressani, R.: J. Food Sci., 40 : 587(1975)
7. Silva, C.A.B., Bates, R.P. and Deng, J.C.: J. Food Sci., 46 : 1721(1981)
8. Silva, C.A.B., Bates, R.P. and Deng, J.C.: J. Food Sci., 46 : 1716(1981)
9. Quast, D.G. and da Silva, S.D.: J. Food Sci., 42 : 370(1977)
10. Quast, D.G. and da Silva, S.D.: J. Food Sci., 42 : 1299(1977)
11. Bourne, M.C.: J. Food Sci., 37 : 751(1972)
12. Binder, L.J. and Rockland, L.B.: Food Technol., 18 : 127(1964)
13. Bourne, M.C.: Food Texture and Viscosity, p.136, Academic Press, N.Y. (1982)
14. Muneta, P.: Food Technol., 18 : 1240(1964)
15. Huang, Y.T. and Bourne, M.C.: J. Texture Studies, 14 : 1(1983)
16. Sefa-Dedeh, S., Stanley, D.W. and Voisey, P.W.: J. Food Sci., 43 : 1832(1978)
17. Kim, S.K., Cho, K.H. and Kim, J.G.: Kor. J. Food Sci. and Technol., 18 : 372(1986)
18. Kim, S.K. and Kim, J.G.: Kor. J. Food Sci. and Technol., 20 : 699(1988)
19. Elias, L.G., Fernandez, D.G. and Bressani, R.: J. Food Sci., 44 : 524(1979)