

## 공정온도와 상대습도가 소시지 쿠킹시간에 미치는 영향 및 쿠킹시간 예측모델

허상선·최용희

경북대학교 식품공학과

## Effects of Processing Temperature and Relative Humidities on the Sausage Cooking Time and Prediction Models of Cooking Time

Sang-Sun Hur and Yong-Hee Choi

Department of Food Engineering, Kyungpook National University, Taegu

### Abstract

The most important factors in the cooking process which is a main process in the sausage manufacture are cooking temperature and relative humidity. In order to design energy efficient processes in cooking, accurate data for the process parameters are necessary. Therefore, texture profiles were analysed and weight losses were measured at different process conditions of the forementioned factors and at different sizes of sausage. The prediction model for the sausage cooking time was then developed by the SPSS computer program. The models were developed as a function of cooking temperature, relative humidity and the diameter of sausage by analyzing the scattergram. Then the model obtained could predict the values within 2.5% error. The higher temperature and relative humidity are the less changes of weight during sausage cooking. As the results of measuring physical properties, the values of hardness and cohesiveness at different temperatures and humidities were so much changed, while the values of elasticity and chewiness had little differences.

Key words: sausage cooking, processing temperature and humidity, prediction model, cooking time

### 서 론

소시지 제품의 소비는 현재 매년 급격히 증가하고 있으나 제품의 생산공정 및 품질향상에는 상당한 문제가 있는 실정이다. 경제성장에 따른 소득 수준의 향상과 식품공업의 발달로 인하여 식육 및 육제품의 소비가 급증하면서 소비자의 육제품에 대한 기대가 아울러 커지고 있는 중이다. 특히 소시지는 육류에 비하여 경제적이고 간편한 식품이면서도 영양분이 풍부하기 때문에 식생활이 간편해져가고 있는 최근의 조립식품 및 간편식품의 개발에 크게 기여할 수 있는 식품이라 생각되어진다. 그러나 우리나라에서 본격적으로 육가공식품이 생산된지는 10년도 채 안되는 실정이며 지금까지 소시지에 대한 연구보고도 단지 국내외 소시지의 영양비교와 저장성에 따

른 제품의 특성에만 그치고 있는 실정이다.

Kramlich<sup>(1)</sup>은 소시지는 제조공정 중 소시지의 특성과 물리적 차이에 근거하여 Coarse ground 소시지와 Emulsion 소시지로 크게 분류하였다. 또한 쿠킹방법은 Dry-Heat 쿠킹과 Moist-Heat 쿠킹 그리고 두 가지를 병행한 쿠킹방법이 현재 행하여지고 있다고 하였다. 또한 Kempster<sup>(2)</sup>와 Wilson 등<sup>(3)</sup>은 소시지의 일반적인 제조공정은 Grinding에서부터 포장에 이르기까지의 12단계를 거치는데 이 중 Smoking과 쿠킹공정이 품질에 가장 많은 영향을 미친다고 하였다. 국내에서의 소시지 공정에 대한 연구는 아직 매우 미흡한 단계이며 우 등<sup>(4)</sup>은 국내시판 소시지와 외국소시지의 영양성분을 비교한 결과 육 함량의 차이로 인해 국내 시판 소시지는 외국 소시지의 품질을 따르지 못한다고 보고하였다. 안 등<sup>(5)</sup>이 육 제품에 대한 소비자의 의식구조를 조사하여 보고한 사항으로는 외국에 비해 아직 소비가 적은 이유는 값이 비싸고 기호성이 없으며 품질이 떨어지기 때문이라고 하였

Corresponding author: Yong-Hee Choi, Department of Food Engineering, College of Agriculture, Kyung-pook National University, Sankyuk-dong, 1370, Pook-gu, Taegu, 702-701

다. Saffle 등<sup>(6)</sup>은 소시지의 쿡킹조건을 변화시켰을 때의 품질변화만을 조사하였으며 쿡킹조건의 변화가 소시지 쿡킹시간에 미치는 영향 및 쿡킹시간 예측모델에 관한 보고는 아직 없는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 소시지의 제조공정 중 가장 중요한 쿡킹공정에서 쿡킹온도, 상대습도 및 소시지의 직경의 변화에 따른 품질변화를 조사 관찰함과 동시에 쿡킹조건이 변화됨에 따른 쿡킹시간을 측정, 적절한 쿡킹시간 예측모델식을 수립함으로써 생산공정의 개선 및 최적화, 에너지의 효율성을 높이는 데 기여할 수 있으리라 생각되어진다.

**재료 및 방법**

**재료**

본 실험에 사용한 소시지는 시판되고 있는 D 회사에서 제조한 쿡킹이전 상태의 소시지로 직경이 각각 1.5, 2.5, 3.0cm 이며 길이는 5cm로 Cellulose Casing으로 밀봉 충전된 소시지를 공시재료로 하였다.

**쿡킹 실험**

Fig. 1에 나타난 측정장치를 이용하여 쿡킹 Chamber 내의 상대습도를 30, 40, 50, 60, 80%로 고정시킨 후 온도를 70~90℃까지 5℃ 간격으로 쿡킹하였다. 이 때 각각의 조건하에서 단백질의 응고와 변성 및 미생물의 멸균을 고려하여 소시지 내부의 중심온도가 68℃에 도달하면 쿡킹이 완료된 것으로 간주하여 쿡킹시간을 측정하였다.

**중심온도의 측정**

고체 식품이나 점성이 큰 식품은 주로 열전도에 의해 가열되기 때문에 일정한 시간 후의 온도는 각 위치에 따

라 다르게 된다. 이러한 경우 가장 늦게 도달되는 점을 냉점이라 한다. 일반적으로 실린더 형태 고체식품내의 냉점은 그 중심 혹은 그보다 약간 위쪽에 존재하기 때문에 실험을 통하여 측정해 본 결과 시료의 중심으로부터 약간 위쪽에 중심온도가 존재함을 알 수 있었다. 소시지의 중심온도를 정확하게 측정하기 위하여 소시지의 중심 부분에 홈이 뚫린 지지대를 넣은 후 thermocouple을 정확하게 지지대 중앙홈에 끼워 고정시킨 후 소시지 내부의 중심온도를 측정하였다.

**쿡킹 동안의 물성변화**

가로, 세로, 1.5cm, 두께 0.5cm의 크기로 절단한 육편을 Instron Universal Testing Machine(Model 1140)을 사용하여 얻어지는 Force-Deformation 곡선으로 Bourne<sup>(10)</sup>과 Mohsenin<sup>(11)</sup>의 방법을 이용하여 TPA Parameter 값들을 측정하였다.

경도는 Bourne의 방법에 따라 시료를 정해진 가압율까지 가압하는데 필요한 제일 변형곡선의 최고점 높이로 나타나며 탄성은 Mohsenin의 방법에 따라 Force-Deformation 곡선의 제일 가압에 의해 생긴 곡선의 면적에 대한 탄성변형부분의 면적비로 계산하였다. 응집력은 Kapsalis의 방법에 의하여 제일 변형곡선의 면적에 대한 제 2변형곡선의 면적비로 계산하였으며 저작성(Chewiness)은 경도, 탄성, 응집력의 곱한 값으로 나타난다. 그리고 Force-Deformation의 면적은 면적계로 계산하였다. 이상의 물성 측정조건은 Table 1과 같다.

**쿡킹 동안의 중량변화**

쿡킹 Chamber 내의 온도와 상대습도의 변화에 따른 소시지의 중량변화는 쿡킹이 완료된 소시지를 4℃의 냉각수로 5분간 냉각시킨 후 Top Loading Balance (Model No. 60)을 이용하여 측정하였다.

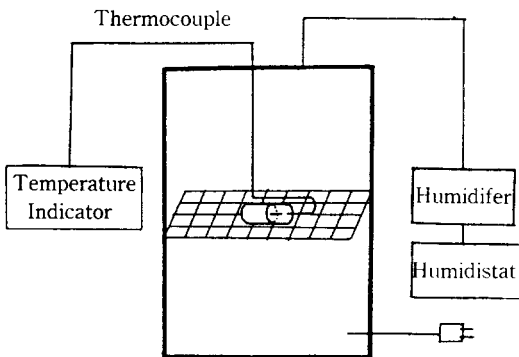


Fig. 1. Schematic of experimental apparatus used for sausage cooking process

Table 1. Conditions employed for texture profiles of sausage using the instron texturemeter

Item	Condition
Sample Size	1.5cm × 1.5cm × 0.5cm(h)
% deformation	73
Crosshead Speed (mm/min)	50
Chart Speed (mm/min)	100
Clearance (mm)	4
Sample height (mm)	15
Plunger Diameter (mm)	5

상대습도의 조절

쿡킹 Chamber 내의 습도조절은 가습기의 한 선을 잘라서 Chamber 내에 부착한 자동습도 조절기(Saginamiya Catalog No. VHS-C1090)에 연결시키고 Chamber 상단에 구멍을 뚫어 습기가 나오는 부분과 밀착시켜 조절하였다.

쿡킹시간 예측 모델

Sink<sup>(7)</sup>와 Simon<sup>(8)</sup>에 의하면 소시지의 쿡킹은 Smokehouse 내에서 행하여지는데 이 때 소시지의 품질에 주로 영향을 미치는 요소로는 쿡킹온도, 상대습도 등이 있다고 보고하였다. 따라서 본 연구에서는 이러한 변수들에 대한 쿡킹시간과의 관계를 다음과 같은 모델식으로 나타내었다.

쿡킹시간=f(쿡킹온도, 상대습도, 시료의 직경)  
이들 각 독립변수들과 종속변수인 시간의 측정치로부터 먼저 그래프를 작성하여 여러 가지 식의 형을 추정한 후 Scattergram을 통하여 상관관계가 가장 높은 식을 각각 택하였다. 다시 이들 각각의 식을 종합한 후 회귀분석을 시켜 가장 오차가 적은 식을 모델식으로 채택하였다. 이들 결과로부터 각각의 상수를 구해 모델값과 실험값 사이의 관련계수를 Standard error와 Standard percent error로 나타냈으며 여기서 Standard error는 Chhinnan 등<sup>(9)</sup>이 사용한 RMSE(Root Mean Square Error)를 사용하였다.

쿡킹 동안의 일반성분 분석

구입한 소시지는 쿡킹 이전과 이후로 나누어 수분은 상압건조법에 의하여 시료 5g을 전기정온기에 넣어 125℃에서 4시간 동안 건조하여 감량을 구하고 단백질은 Kjeldahl 법을 사용하여 측정하며 지방성분은 ether를 용매로 한 Soxhlet 법으로 측정하였다. 이 때 쿡킹이 완료된 소시지는 4℃의 냉각수로 5분간 냉각시킨 후 일반성분을 검사하였으며 이와 같은 성분분석을 통하여 쿡킹 조건에 따른 성분의 변화를 고찰하였다.

결과 및 고찰

Table 2. Values of R-square in each function at various temperatures

Function	R-square
f(T)	.87591
f(ln(T))	.87881
f(1/T)	.87928

온도와 쿡킹시간과의 관계

시료의 쿡킹온도를 일정 상대습도하에서 70~90℃까지 5℃ 간격으로 변화시키면서 쿡킹시간을 측정한 후 각각의 상대습도와 직경의 크기가 다른 각각의 소시지에서 측정된 실험치로부터 온도와 쿡킹시간과의 상관관계를 도출해 내기 위해 다음과 같은 쿡킹시간에 대한 함수관계로 나타내어 Scattergram을 작성하여 R-square 값을 구하여 본 결과 Table 2에 나타난 바와 같이 온도의 변화에 따른 쿡킹시간과의 관계는 ln(t)의 값이 온도의 역수에 비례하는 함수관계가 가장 높은 상관관계를 갖고 있음을 알 수 있었다.

$$\ln(t) = f(T), f(\ln(T)), f(1/T)$$

이들 함수들 중에서 R-square 값이 가장 높은 함수를 취하여 모델식을 다음과 같은 수식으로 표현하였다.

$$\ln(t) = A_1 \left( \frac{1}{T} \right) + A_4 \tag{1}$$

where

T : Temperature of cooking chamber (°C)

t : Cooking time(min)

A<sub>1</sub>, A<sub>4</sub> : Coefficient values

(1)식을 회귀분석시켜 각 상대습도와 직경에 대한 모델식의 계수 및 standard error와 standard % error를 구하여 Table 3에 나타내었다. 실험값과 모델값을 상대습도 30% RH에서 Plot 한 결과는 Fig. 2와 같다.

상대온도와 쿡킹시간과의 관계

일정온도하에서 쿡킹 Chamber 내의 상대습도를 30, 40, 50, 60, 80%로 변화시키면서 각각의 온도와 직경의 크기가 다른 각각의 소시지에 대해서 쿡킹시간을 측정하였다. 상대습도가 높을 수록 열의 이동이나 열의 화

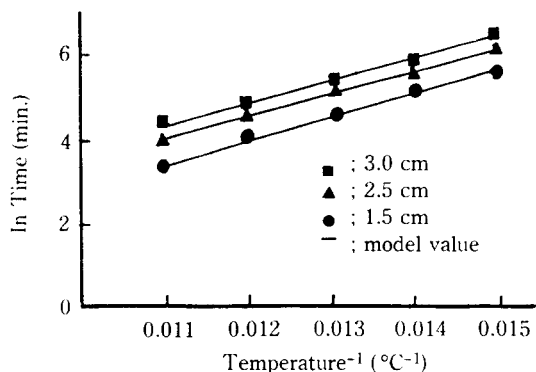


Fig. 2. Comparison of predicted and observed effects of temperature on cooking time of sausage at 30% RH

산운동이 활발하게 일어나 상대습도가 낮은 상태에서 보다 온도의 영향이 크게 작용되어 쿡킹시간이 적게 소요되었다. 이들 실험치로부터 상대습도와 쿡킹시간과의 관계를 함수식으로 나타내어 Scattergram을 분석해본 결과 함수  $f(\ln(RH))$ 가 가장 높은 R-square를 나타내었다. 이 함수를 채택하여 다음과 같은 수식으로 나타내었다.

$$\ln(t) = A_2 \ln(R) + A_4 \quad (2)$$

where

R : Relative humidity of cooking chamber  $\left(\frac{RH(\%)}{100}\right)$

t : Cooking time (min)

$A_2, A_4$  : Coefficient values

(2)식을 회귀분석시켜 각 온도와 직경에 대한 모델식의 계수 및 standard error와 standard % error를 구하여 Table 4에 나타내었다. 실험값과 모델값을 쿡킹온도 70°C에서 Plot 한 결과는 Fig. 3과 같다.

Table 3. Coefficient values and standard error for the model of cooking time when temperature is assumed to be a independent variable

Relative humidity (%)	Diameter (cm)	Coefficient values		Standard error	Standard % error (%)
		$A_1$	$A_4$		
30	1.5	605.35183	-3.0935299	2.71	2.32
	2.5	599.26203	-2.6730169	1.30	0.79
	3.0	589.02128	-2.3340341	7.00	3.46
40	1.5	616.11858	-3.4652191	2.30	2.48
	2.5	608.80304	-3.0164488	1.94	1.47
	3.0	624.41958	-3.0149891	1.29	0.79
50	1.5	588.65766	-3.2610805	1.22	1.54
	2.5	615.12621	-3.2904570	2.19	2.01
	3.0	623.05906	-3.1706195	2.43	1.77
60	1.5	574.22714	-3.1884454	1.20	0.34
	2.5	626.31095	-3.6123517	3.87	4.22
	3.0	611.65440	-3.1893703	0.78	0.67
80	1.5	584.25338	-3.5593606	1.77	0.64
	2.5	605.79129	-3.5297522	1.61	2.21
	3.0	608.10124	-3.3367414	3.66	3.83

Table 4. Coefficient values and standard error for the model of cooking time when relative humidity is assumed to be a independent variable

Temperature (°C)	Diameter (cm)	Coefficient values		Standard error	Standard % error (%)
		$A_2$	$A_4$		
70	1.5	-0.7566323	4.6237993	0.01	0.01
	2.5	-0.80651044	4.9228683	3.64	1.44
	3.0	-0.76731417	5.1902201	4.46	1.39
75	1.5	-0.79028391	4.0380163	1.29	1.25
	2.5	-0.77503167	4.3748744	2.45	1.72
	3.0	-0.79081627	4.5647059	3.88	2.23
80	1.5	-0.68804451	3.653196	1.28	1.98
	2.5	-0.82436384	3.8377861	1.70	1.96
	3.0	-0.77371006	4.0767666	2.08	1.97
85	1.5	-0.77653182	3.0992622	1.73	4.36
	2.5	-0.77553808	3.4286531	1.62	2.93
	3.0	-0.77354815	3.6458345	1.81	2.64
90	1.5	-0.62207735	2.8405712	0.91	3.34
	2.5	-0.84885400	2.9385500	1.33	3.70
	3.0	-0.66543318	3.3392852	3.64	7.97

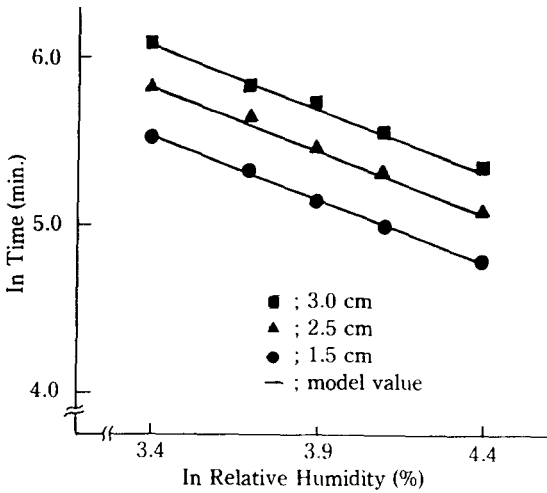


Fig. 3. Comparison of predicted and observed effects of relative humidity on cooking time of sausage at 70 °C

직경과 쿡킹시간과의 관계

직경과 쿡킹시간과의 상호관계를 검토하기 위해 먼저 Fig. 4와 같이 Graph를 작성하였다. 그림에서 보는 바와 같이 각 직경에 대한 온도구간별 간격의 차가 일정하게 나타나지 않으므로 다음과 같이 쿡킹시간에 대한 함수관계로 나타내어 Scattergram을 작성하여 R-square 값을 가장 높은 함수인  $f(D^2/T)$ 를 취하여 다음과 같은 식으로 표현하였다.

$$\ln(t) = A_4(D^2/T) + A_4 \quad (3)$$

where

T : Temperature of cooking chamber (°C)

D : Diameters of Sausage (cm)

t : Cooking time (min)

쿡킹시간 예측모델

종속변수 시간에 대한 각 독립변수와의 관계를 종합적으로 다음과 같은 모델식으로 나타내었으며 이 때의 상관계수는  $R=0.9998$ 로서 아주 높은 값을 나타내었다.

$$\ln(t) = A_1\left(\frac{1}{T}\right) + A_2 \ln(R) + A_3\left(\frac{D^2}{T}\right) + A_4 \quad (4)$$

상기의 식을 다음과 같이 변형시켜 이들에 대한 각각의 계수와 Standard error 및 Standard % error를

Table 6. Coefficient values and standard error for the final model

Coefficient values of a model				Standard error	Standard % error (%)
A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>		
569.49476	-0.77450298	6.1486578	-3.7319146	2.63	2.49

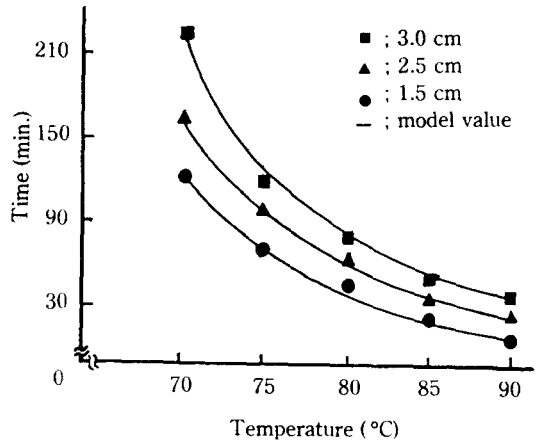


Fig. 4. Relationship of temperature and time in cooking for each diameter at 80% RH

구하여 Table 6에 나타내었다.

$$t = \text{Exp} \left[ \frac{(A_1 + A_2 D^2)}{T + A_4} \right] \times R^{A_3} \quad (5)$$

물성치의 측정결과

물성치를 직경 1.5 cm에 대하여 측정해 본 결과는 Table 7에서 보는 바와 같다. 온도와 상대습도의 변화에 따라 경도와 응집력의 값은 크게 변화가 일어났으나 반면에 탄성과 저작성의 값은 그 변화가 다소 적게 일어남을 알 수 있었다. 쿡킹 동안의 중량변화에 대한 영향은 Table 8에서 나타난 바와 같이 온도와 상대습도가 높을 수록 쿡킹시간이 적게 소모되어 소시지의 중량변화가 적게 일어남을 알 수 있었다.

요 약

소시지의 제조공정 중의 주 공정인 쿡킹공정에서 가장 영향을 많이 미치는 인자는 쿡킹온도와 상대습도이다. Table 5. Values of R-square in each function at various diameters

Function	R-square
$f(D/T)$	.87628
$f(D^2/T)$	.87928
$f(D^3/T)$	.86882

Table 7. Texture profile analysis values on sausage at different temperatures and relative humidities

T.P.A		Hardness (N)	Cohesiveness (-)	Elasticity (m)	Chewiness (J)
Temp (°C)	RH (%)				
70	30	5.34	0.424	0.023	0.052
75		5.64	0.434	0.022	0.054
80		5.75	0.392	0.019	0.043
85		5.17	0.351	0.019	0.034
90		5.36	0.359	0.019	0.037
70	40	5.56	0.422	0.020	0.047
75		5.16	0.399	0.021	0.043
80		4.75	0.412	0.021	0.041
85		4.78	0.371	0.021	0.037
90		6.72	0.382	0.022	0.056
70	50	5.94	0.345	0.019	0.041
75		6.15	0.347	0.022	0.040
80		6.36	0.416	0.022	0.058
85		4.06	0.420	0.019	0.037
90		4.14	0.430	0.020	0.034
70	60	5.81	0.332	0.022	0.042
75		4.31	0.384	0.021	0.033
80		5.82	0.422	0.021	0.052
85		6.24	0.439	0.021	0.058
90		4.12	0.383	0.022	0.035
70	80	5.10	0.387	0.022	0.040
75		4.96	0.352	0.022	0.037
80		5.28	0.404	0.020	0.043
85		5.37	0.345	0.021	0.041
90		4.27	0.349	0.020	0.033

따라서 쿠키공정에서 에너지의 효율성을 높이기 위해 상기 인자와 소시지 직경의 변화에 따른 쿠키시간을 측정하여 쿠키시간 예측모델식을 수립하였다. 또한 쿠키 전후의 일반성분 분석과 중량변화 및 각 온도와 상대습도에서의 TPA 분석을 하였다. 쿠키시간 예측모델식을 SPSS computer program 을 이용하여 가장 오차가 적은 범위에서의 예측모델식을 얻었다. 쿠키시간 예측모델식을 쿠키온도와 상대습도와 소시지 직경에 대한 각각의 함수관계를 Scattergram 을 작성하여 R-square 값을 가장 높은 함수를 취하여 각각의 모델식을 수립한 후 독립변수와의 관계를 종합하여 예측값을 구할 수 있는 최종적인 예측모델식을 수립하였다. 또한 소시지 직경 1.5 cm 에 대한 쿠키 동안 중량변화는 온도와 상대습도가 적게 소모되어 소시지의 중량변화가 적게 일어남을 알 수 있었다. 물성치를 측정해 본 결과 온도와 상대습도의 변화에 따른 경도와 응집력의 값은 크게 변화가 일어났으나 반면에 탄성과 저작성의 값은 그 변화가 다소 적게 일어남을 알 수 있었다.

## 감사의 말

본 연구는 1989년도 한국과학재단 연구지원에 의하여 수행된 것이다. 연구비를 지원하여 준 한국과학재단에 깊은 사의를 표하는 바이다.

## 문헌

1. Kramlich, W.E.: *Processed Meats*. The Avi Publishing Company, INC.(1973)
2. Kempster, A.J.: *Meat Science*, W.H. Freeman and Company San Francisco(1979)
3. Wilson, N.R.O.: *Meat and Meat products*. Applied Science Pub.(1981)
4. 유순자, 이해준: 한국산 소시지에 관한 연구, 한국식품과학회지, 10, 173(1978)

Table 8. Effect of temperature and relative humidity on cooked sausage weight

Temperature (°C)	Relative Humidity (%)	Cooked Sausage Weight (g)
70	30	7.03
	40	7.13
	50	7.80
	60	8.30
	80	8.21
75	30	7.36
	40	7.20
	50	8.61
	60	8.80
	80	8.52
80	30	8.42
	40	9.03
	50	8.80
	60	9.31
	80	9.36
85	30	9.13
	40	9.07
	50	9.01
	60	9.42
	80	9.87
90	30	10.11
	40	10.25
	50	10.29
	60	10.66
	80	10.88

5. 안병운, 김종원, 이유방: 신선육 및 육가공 제품에 대한 소비자의 인식도 및 소비실태조사, 한국축산학회지, 23 (1), 62(1981)
6. Saffle, R.L., Christion, J.A., Carpenter, J.A. and Zirtle, S.B.: Rapid method to determine stability of sausage emulsions and effects of processing temperatures and humidities, *Food Technol.*, 21, 784(1967)
7. Sink, J.D.: Effect of smoke processing on muscle food product characteristic, *Food Technol.*, 33, 72(1979)
8. Simon, S.: Continuous processing systems for skinless frankfurters, *Food Technol.*, 26, 50(1972)
9. Chinnan, M.S., McWatlers, K.H. and V.N.M. Rao, V. N.M.: Rheological characterization of grain regume pastes and effect of hydration time and water level on apparent viscosisty, *J. of Food Sci.*, 50, 1167(1985)
10. Bourne, M.C.: Texture profile analysis, *Food Technol.*, 32, 60(1978)
11. Mohsenin, N.N.: *Physical properties of plant and animal materials*, Gordon and Breach Sci. Pub., N.Y. (1970)

(1990년 3월 22일 접수)