



재구성 햄 제조 시 Transglutaminase 첨가에 의한 텀블링 시간의 단축과 전단력 증진 효과

이 홍철 · 진 구 복*

전남대학교 동물자원학부 식육과학 연구실 및 생물공학연구소

Reduction of Tumbling Time and Improvement of Shear Value for the Manufacture of Restructured Hams using Transglutaminase

Hong C. Lee and Koo B. Chin*

Dept. of Animal Science and Biotechnology Research Institute, Chonnam National University

Abstract

The objective of this study was to reduce the tumbling time with improved binding capacity for the manufacture of restructured hams(RHs) using a transglutaminase(TGase). The RHs had 73.9~75.7% moisture, 3.63~4.18% fat, 16.6~20.6% protein with pH values of 5.95~6.10 and water activity of 0.95~0.96. No differences in hunter color values or functional properties were observed with the addition of 0.3% TGase or increased tumbling time. However, RHs without TGase had lower($p<0.05$) textural profile analysis(TPA) values than those with TGase, regardless of tumbling time. Improved shear values were also observed with increased tumbling time only in RHs without TGase or with the addition of 0.3% TGase as well. This study indicated that 1 hr tumbling with the addition of 0.3% TGase improved the textural characteristics, as compared to the control 1(1 hr tumbling without TGase), resulting in similar shear values of the treatment, which tumbled for 4 hrs without TGase.

Key words : tumbling time, restructured hams, transglutaminase, shear value

서 론

과거에 우리나라는 서구 유럽과 미국 등의 선진국과 달리 가공되어진 육제품보다는 생육 자체를 소비하는 실정으로서, 이는 기존의 식습관이 소비형태에 가장 큰 비중을 차지하는 것으로 나타났다. 그리고 소비된 생육제품의 섭취형태 또한 대부분 로스구이였는데, 이는 고기 덩어리 자체를 굽기 때문에 관능적으로 적절한 조직감을 부여하여 만족감을 준 것으로 보인다(Oh, 1986). 한편, 최근 연구 조사에 따르면 우리나라의 돈육 섭취 형태는 과거와 마찬가지로 roast 즉, 로스구이 형태가 가장 큰 비중(전국 평균, 69%)을 차지하는 것으로

나타났다(Cho et al., 2002). 반면, 과거에 소시지 형태의 육가공 제품이 소비의 주류를 이루었던 것이 최근에는 소시지 형태의 육가공 제품의 생산량이 품목별 감소 또는 유지하는 정도에 머물고, 오히려 햄류 및 베이컨의 생산량이 증가 추세에 있다고 보고되고 있다(Meat Journal, 2002). 그러나 여전히 육가공제품에 대한 소비자의 신뢰도는 저 단가, 저 품질 생산이 주류를 차지하고 있는 현 실정에 의해 저하되는 추세이다(Cho et al., 2002). 또한 육가공 제품 특히, 햄 및 소시지에 대한 소비자의 불만으로는 제품 내에 고기보다는 결착체를 비롯한 다른 첨가제들이 많아서 고기 맛을 거의 느낄 수 없다고 보고되었다(Cho et al., 2003). 이러한 소비자의 의견을 수렴하여 실제 육가공제품 생산에 반영함으로써 소비자의 기호를 만족시키기 위해서는 육가공제품에도 생육을 로스구이 형태로 조리하였을 때 느낄 수 있는 저작성과 같은 조직감을 부여해야 한다. 이는 기존의 원료의 세절에 의한

* **Corresponding author** : Koo Bok Chin, Department of Animal Science, Chonnam National University, PukGwangju, P.O. Box 205, Gwangju 500-600, Korea. Tel: 82-62-530-2121, Fax: 82-62-530-2129, E-mail: kbchin@chonnam.ac.kr

가공이 아닌 고기 자체의 조직감을 살릴 수 있는 최소한의 크기로 가공함으로써 가능해진다.

재구성육제품은 원료육을 세절시키지 않으므로 제품의 정형이 어렵고 가열 후, 부서짐 등 조직학적 및 관능적인 문제가 발생할 수 있어서 첨가물의 보충이나, 제조공정상 처리로 이를 보완해야 한다. 진공 텀블러는 이와 같은 재구성육제품을 생산할 수 있는 기계로서, 그 효과로는 고기 덩어리로 된 원료육을 물리적인 힘을 줌으로써 원료육 속의 단백질 성분이 유출되게 하여 결과적으로 덩어리간의 결합을 유도하게 하는 것을 들 수 있다. 이와 같은 접착제 형식으로 최근에 사용되고 있는 식품첨가물로는 Transglutaminase(TGase)라는 효소를 들 수 있다.

TGase는 공유결합형성에 의해 단백질의 교차결합을 촉매하며, 단백질의 잔기인 lysine과 glutamine 사이에 교차결합을 형성하여 식품의 물성을 증진시킨다(Fig. 1). 특히, 단백질 식품인 육제품에서 이를 활용할 때 그 효과가 더욱 크다 할 수 있다(Kumazawa et al., 1993; Motoki and Seguro, 1998; Sakamoto et al., 1995; Payne, 2000). Sakamoto(1994) 등은 식품에 사용되는 단백질에 겔 특성을 증진시키는 효과가 있다고 하였다. 또한 Kuraishi 등(1997)은 TGase를 첨가함으로써 원래의 제품 특성, 풍미, 정미 등에는 영향을 주지 않고, 오히려 탄력성을 부여하여 슬라이스가 용이해지게 되며, 씹힘성이 증강되어 소비자로부터 기호도가 높은 제품을 만들 수 있게 한다고 보고하였다. Muguruma(1999) 등은 육제품에 사용할 때에 그 결과로 점성학적 특성이 향상된다고 보고하였다. TGase의 물성증진에 대한 구체적인 효과로는 접착성 부여, 전단력을 부여함으로써 갈라짐을 방지, 인산염 대체 효과, 탄력성 증진, 풍미개선 등을 보고하였으며 특히 가열하지 않고 겔화가 형성될 수 있음을 시사하였다(Ajinomoto, 2000). 따라서 본 연구는 이러한 결과들을 기초로 하여 기존의 재구성 햄의 제조에 있어서, TGase 첨가에 의한 텀블링공정상의 개선방향과 조직학적 품질의 향상에 미치는 영향을 알아보고자 실시하였다.

재료 및 방법

공시재료

시료는 광주에 위치한 삼호축산에서 하루 전에 도살한 돈육의 뒷다리 부위를 구입하였다. 제조당일에 구입한 돈육의 결체조직과 지방을 제거하였다. 시료는 2.5 cm 정도 정사각형으로 만들었으며 재구성 햄 제조를 위해 원료육과 첨가물을 잘 혼합하게끔 유도하는 염지액을 준비하였다.

염지액 제조

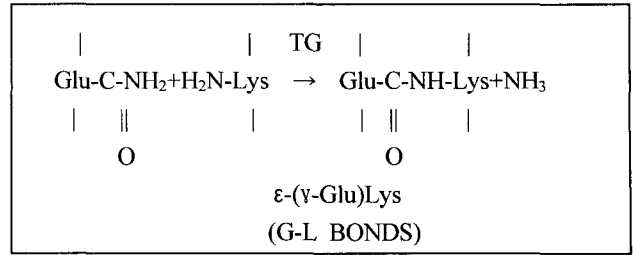


Fig. 1. Reaction catalyzed by TGase(AJINOMOTO, 2000).

염지액은 Table 1에서 보는 바와 같이 첨가물을 혼합하여 만들었다. 특히, sodium erythorbate와 0.3% transglutaminase(TGase)는 초기 염지액 제조 시 첨가하지 않고, 염지액과 돈육을 혼합기로 혼합하기 직전에 첨가하여 육단백질의 발색과 효소반응 효과를 극대화할 수 있도록 하였다.

재구성 햄의 제조

재구성 햄의 제조과정은 Chin과 Chung(2003)의 재구성 햄 제조방법에 따라 제조하였다. 돈육 후지부위를 2.5 cm 정사각형으로 자른 뒤, 준비해 놓은 염지액과 함께 섞은 후, 혼합기(EF20, Crypto Peerless Ltd, Birmingham, England)를 이용하여 혼합하였다. 혼합은 20 분 동안 실시하였고, 혼합이 끝나면 바로 진공텀블러에 혼합육을 넣고, 처리구 조건에 따라 1 시간 혹은 4 시간 동안 진공텀블러(Biro, Model VTS-42, Marblehead, USA)에서 텀블링하였고, 텀블링 된 혼합육을 fibrous 케이싱에 충전하였다. 세절한 것과 달리 공기유입이 우려되므로 공기유입이 되지 않도록 유의하여 충전하였다. 충전을 마친 재구성 햄은 텀블링효과와 TGase 첨가에 의한 상호반응을 극대화하기 위해서 냉장고에 2 시간 동안 저장해 두었다. TGase 효소반응 후 훈연기(Smoke chamber, Nu-Vu, ES-13, Menominee, USA)에서 훈연과 가열을 실시하였는데, 가열조건은 내부온도가 72℃가 되도록 하였고, 가열이 끝난 제품들은 냉각수로 냉각하였다(Table 2).

Table 1. Formulation of brine solution

Items	Percentage(%)	Contents(g)
Water	73.21	2196.3
Sodium tripolyphosphate (STPP)	2.4	72
Soy protein isolate(SPI)	6.0	180
Salt	6.0	180
Sodium nitrite	0.9	2.7
Sugar / corn syrup	6.0	180
Transglutaminase (Activa TG-B)	1.8	54
Sodium erythorbate	0.3	9

Table 2. Cooking and smoking conditions for the manufacture of restructured hams

Steps	Time(min)	Temperature(°C)	RH(%) ¹	Smoking
Reddening	30	50	100	off
Drying	30	50	0	off
Smoking	30	55	0	on
Heating 1	30	68	40	off
Heating 2	30	77	45	off
Heating 3	30	82	60	off
Heating 4 ²	30	87	100	off
Shower ³				

RH = relative humidity.

¹ Until product reaches internal temperature of 71°C.

³ Cold shower for 20 min until internal temperature < 40°C.

이 실험에서 재구성 햄은 모두 4 종류의 처리구로 구분하여 제조하였다. 대조구 1(CTL 1 - TGase 무첨가에 텀블링 1시간), 대조구 4(CTL 4 - TGase 무첨가에 텀블링 4시간), 처리구 1(TRT 1 - TGase 첨가에 텀블링 1시간), 처리구 4(TRT4 - TGase 첨가하고 텀블링 4시간)로 구분하여 tumbling 시간과 TGase 첨가 유무에 따라 구분하여 제조하였고, 이화학적 및 조직적인 성상을 비교하였다.

pH와 일반성분 분석

원료육과 재구성 햄 제품의 일반성분은 AOAC(1995) 방법에 의하여 측정하였다. Oven 건조법으로 수분함량을, Kjeldahl 법으로 조단백질 함량을, 그리고 Soxhlet 법으로 조지방 함량을 각각 분석하였다. 원료육과 재구성 햄의 pH 측정은 원료육, 처리구별 시료를 구분하여 모두 10 g씩 취하여 증류수 90 mL와 섞어 믹서기로 30 초간 균질한 뒤, pH-meter (Model 340, Mettler-Toledo, Switzerland)로 5 번 측정하였다.

가열감량(Cooking loss)과 보수력(Water holding capacity) 검사

재구성 햄을 가열하기 전 무게와 가열, 훈연한 후 무게를 비교한 뒤 줄어든 수분의 양을 계산하여 측정하였다.

$$\text{가열감량(Cooking loss, \%)} = \frac{(\text{가열 전 시료무게} - \text{가열 후 시료무게}) \times 100}{\text{가열 전 시료 무게 (g)}}$$

보수력 측정은 Jauregui(1981) 등의 방법을 조금 변형한 원심분리방법으로 검사하였다. Whatman #3 여과지를 4 등분하여 그 중 무게를 잰 3 조각으로 1.5 g의 제품 시료 각각을 산 뒤, 원심튜브에 넣어 원심분리기(Model VS-5500, Vision Scientific Co., Korea)에 넣었고, 3000 rpm에서 20 분간 원심

분리한 다음 유리수분이 함유된 여과지로 보수력을 측정하였고 그 결과를 유리수분의 함량으로 나타내었다.

$$\text{유리수분(Expressible moisture, EM, \%)} = \frac{\text{유리수분의 양} \times 100}{\text{시료량}}$$

육색측정(Color value)

재구성 햄을 적당한 크기로 슬라이스 하여 옆면과 앞면의 L(명도), a(적색도), b(황색도)값을 Chroma Meter(Model CR-200, Minolta Co., Japan)를 사용하여 측정하였다.

조직검사(Textural profile analysis)

재구성 햄을 두께가 각각 13 mm와 20 mm로 하여 슬라이스 한 후에 직경 1 cm core로 시료를 원통형으로 잘랐다. 그런 다음에 Texture meter(TA-XT2, Stable micro system, England)를 이용하여 Textural Profile Analysis (TPA)와 전단력을 검사하였다. 이때 분석조건은 재구성 햄 시료를 5 kg load cell을 이용하여 2번 물림으로 원래 높이의 약 75%까지 가압하고, 가압속도는 120 mm/min이었다. 검사 평가항목으로는 부서짐성(fracturability), 경노(hardness), 탄력성(springiness), 응집성(cohesiveness), 검성(gumminess) 및 저작성(chewiness)이었고, 각 시료를 10 번씩 측정하여 그 평균값을 구하였다(Bourne, 1978). 동일한 조건으로 Texture meter에 probe만 Shear Probe로 교체한 후 전단력(Warner- Bratzler shear value)를 측정하였다.

실험디자인 및 통계처리(Statistical analysis)

SAS(1989)에 의한 분산분석(Analysis of variance, ANOVA)으로 통계 분석하였고, 유의차(p<0.05)가 있을 때에 Duncan의 다중검정법(multiple range test)으로 각 처리구별 결과와

그 차이를 분석하였다.

결과 및 고찰

Transglutaminase를 첨가한 재구성 햄의 pH, 일반성분 및 기능성 검사

재구성 햄의 일반성분 결과를 살펴보면(Table 3), pH 값은 5.95~6.10, 수분활성도 값은 0.952~0.961, 수분함량은 73.9~75.7%이었다. 또한 지방함량은 3.63~4.18%이고, 단백질함량은 16.6~20.6%이었으며 TGase를 첨가함에 따라 pH와 일반성분에는 유의차를 보이지 않았다($p>0.05$). 이러한 결과는 Mueller와 Chin (2003)이 보고한 결과와 유사하나 수분활성도의 경우 낮게 나타났다.

또한 색도는 명도가 61.1~64.9, 적색도가 11.3~12.9, 황색도가 3.1~3.9 로 나타났고(Table 4), 텀블링시간의 차이나 TGase의 첨가에 따른 발색도의 유의차를 나타내지 않았다($p>0.05$). 또한 본 결과는 이전의 연구결과(Mueller and Chin, 2003)와 명도 값은 유사하나 적색도와 황색도는 다소 낮은 경향을 보여주었다. 유리수분량 값은 29.6~30.5%이었고, 가열감량은 10.1~11.4%로 나타났다. 따라서 텀블링시간의 증가나 TGase의 첨가에 의한 가열감량은 유의차를 보이지 않

았다($p>0.05$). Mueller와 Chin (2003)은 정상육과 PSE 육으로 재구성 햄을 제조하였으며 가열감량은 8~9%를 나타내어 본 연구결과에 비하여 비교적 낮은 수치를 보여주었다.

Transglutaminase 첨가에 의한 전단력과 조직감 검사

Table 5의 조직학적 측정 결과를 살펴보면, CTL 1(텀블링 1시간)과 TRT 1(TGase 첨가 후 텀블링 1시간)을 비교했을 때, TGase를 첨가한 TRT 1이 TGase를 첨가하지 않은 CTL 1의 조직학적 성상보다 높은 수치를 나타내어 부서짐성과 견고성, 탄력성과 검성, 그리고 저작성에서 유의차를 보여주었다($p<0.05$). 따라서 텀블링 시간이 동일하게 1시간이었음에도 불구하고 조직감이 높게 나타난 것은 재구성육에 TGase를 첨가함으로써 조직학적 성상이 향상된 것으로 사료되며, 이러한 결과는 앞서 언급한 여러 보고들과 일치한 결과라 하겠다. 예를 들면, Sakamoto(1994) 등은 TGase의 첨가가 식품 단백질의 겔 특성을 증진시키는 효과가 있다고 발표하였는데, 이러한 효과로 견고성과 탄력성 등이 향상된 것으로 보인다. 또한 CTL 4(Tumbling 4시간)와 TRT 4(TGase 첨가 후 텀블링 4시간)를 비교하면, 역시 TGase를 첨가한 처리구가 그렇지 않은 처리구보다 몇몇 경우를 제외하고 조직학적 성상이 우수하게 나타나 견고성과 탄력성, 검성과 씹힘성

Table 3. Mean values for pH, water activity and proximate compositions(%) of restructured ham manufactured with or without TGase under the different tumbling times

Treatments ¹	pH	Aw	Moisture	Fat	Protein
CTL 1	6.10±0.09	0.952±0.001	75.2±0.42	3.69±0.31	16.6±3.26
CTL 4	6.08±0.17	0.959±0.008	75.7±1.48	3.63±1.75	17.1±3.04
TRT 1	6.01±0.13	0.956±0.008	75.1±1.37	3.69±1.54	20.1±1.66
TRT 4	5.95±0.15	0.961±0.007	73.9±2.76	4.18±2.23	20.6±1.44

¹Treatments ; CTL 1 : 1 hr tumbling without TGase; CTL 4 : 4 hrs tumbling without TGase; TRT 1 : 1 hr tumbling with TGase(0.3%); TRT 4 : 4 hrs tumbling with TGase(0.3%).

Table 4. Mean values of Hunter color and functional properties of restructured ham manufactured with or without TGase under the different tumbling time

Treatments ¹	Hunter color values ²			Functional Properties ³	
	L	a	b	EM	CL
CTL 1	62.9±4.06	11.3±1.20	3.9±0.90	29.6±1.96	10.1±2.84
CTL 4	60.6±7.11	12.9±0.98	3.1±0.49	30.4±1.37	11.1±2.96
TRT 1	61.1±7.36	12.2±2.07	3.4±0.42	29.7±3.59	10.1±2.13
TRT 4	64.9±5.40	11.8±1.32	3.6±0.51	30.5±2.12	11.4±1.55

¹ Treatments : Same as Table 3.

² Hunter color values : L* = lightness; a* = redness; b* = yellowness.

³ Functional properties : EM = expressible moisture(%); CL = cooking loss(%).

Table 5. Textural properties of restructured ham manufactured with or without TGase under the different tumbling times

Treatments ¹	CTL 1	CTL 4	TRT 1	TRT 4
Shear values (kg/g)	1.599 ^b ±0.14	2.028 ^a ±0.31	2.225 ^a ±0.24	1.988 ^a ±0.22
Fracturability (g)	6116±2220 ^b	6112±1861 ^b	9221±1616 ^a	8841±1155 ^{ab}
Hardness (g)	9632±735 ^b	10063±510 ^b	12397±543 ^a	12476±625 ^a
Springiness (cm)	0.33±0.03 ^b	0.33±0.01 ^b	0.42±0.02 ^a	0.42±0.03 ^a
Cohesiveness	0.30±0.03 ^b	0.31±0.02 ^{ab}	0.33±0.02 ^{ab}	0.34±0.02 ^a
Gumminess	2862±416 ^b	3248±564 ^b	4081±394 ^a	4173±269 ^a
Chewiness	1045±162 ^b	1115±252 ^b	1696±155 ^a	1783±160 ^a

¹ Treatments : same as Table 3.

^{a-b} Means within the same row having different superscript were significantly different(p<0.05)

에서 유의차를 보여주었다(p<0.05). 이 결과 또한 Kurai-shi(1997) 등이 TGase를 첨가함으로써 제품에 탄력성을 부여하여 씹힘성이 증가된다는 결과와 일치하였다. 결과적으로 텀블링시간을 배제하고도 TGase를 첨가한 처리구가 그렇지 않은 처리구보다 조직학적 성상이 전체적으로 높게 나타났고, 특히 견고성과 탄력성, 검성과 씹힘성에서는 유의차를 보여 주었다(p<0.05). 따라서 이와 같은 결과는 텀블링 시간이 길어져도 조직감에는 큰 변화가 없었지만 TGase의 첨가에 의해서는 다소 조직감이 향상된 것을 알 수 있었다. 종합적으로 TGase 첨가로 이상과 같은 결과는 Kurai-shi(1997) 등이 TGase를 첨가한 재구성육은 강한 결합력을 갖게 된다고 보고하였다는 결과와도 일치한 것이라 할 수 있다. 한편 전단력은 텀블링 시간을 증가시킴으로써 향상되었고, 반면에 텀블링 시간을 증가시키지 않고, TGase만 첨가한 처리구 또한 전단력이 향상되어 텀블링 시간을 증가시킨 대조구와 유사한 값으로 나타났다(p>0.05). 이러한 결과는 TGase를 첨가하면 점착성이 부여되고, 전단력이 향상되는 효과를 보인다는 이전의 연구결과(Ajinomoto, 2000)와 일치한 것으로 텀블링 시간을 늘리지 않고도 TGase를 첨가함으로써 유사한 전단력을 가진 재구성 육제품 제조가 가능할 것으로 사료된다. 결론적으로 육가공 제품, 특히 재구성육 제품제조에 있어서 TGase 첨가는 텀블링시간을 단축시킬 뿐만 아니라 동일한 시간을 텀블링한 경우에 비하여 조직감의 향상을 보여주었다. 이러한 결과를 토대로 TGase의 단가를 절감하여 상업화하고 다양한 육제품에 응용하기 위해서는 더 많은 연구가 수행되어야 할 것으로 사료된다.

요 약

본 연구는 TGase를 사용함으로써 재구성육 햄의 결합력과 텀블링시간에 미치는 영향을 조사하기 위하여 실시하였

다. 재구성 햄은 73.9~75.7% 수분, 3.63~4.18% 지방, 16.6~20.6% 단백질로 구성되었고, pH는 5.95~6.10 그리고 0.95~0.96의 수분활성도를 보였다. 텀블링시간의 증가나 TGase 첨가에 의한 발색과 기능성에는 유의차를 보이지 않았으나 TGase 무첨가구는 첨가구에 비해 텀블링시간에 관계없이 조직학적 성상이 낮게 나타났다. 전단력은 재구성육 햄에서 TGase를 첨가하지 않은 경우 텀블링시간을 길게 하거나 또는 TGase의 첨가시 전단력이 향상되었다. 즉, TGase의 첨가는 1시간으로 텀블링시간을 줄인 대조구가 텀블링시간이 4시간인 대조구에 비해 조직학적 성상이나 전단력이 유의적 차이를 보여 저하된 것에 반하여, 유의차 없는 조직학적 성상과 전단력을 보여줌으로써 텀블링시간의 감소에 대한 보완적 효과를 나타내었고, 반면에 TGase를 첨가하고 4시간 동안 텀블링하였던 처리구 TRT 4는 4시간 동안 텀블링만을 한 CTL 4와 조직학적 성상과 전단력의 향상을 보여주지 못하였다. 즉, TGase 첨가에 의한 효과와 텀블링 시간의 증가로 인한 효과는 각각 나타났으나, 두 요인의 복합에 의한 상승효과는 나타나지 않았다. 결론적으로 재구성육 햄의 제조에 있어서 0.3% TGase의 첨가는 전단력을 증가시킴으로써 상대적으로 텀블링 시간을 줄이는 효과를 나타냈고, 대조구(CTL 1)에 대해서는 조직감과 전단력의 보완적 효과를 보여 준 것으로 사료되어진다.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(R08-2003-000-10568-0)지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. Ajinomoto Co., Inc. (2000) Activa-TG in Meat Pro-

- cessing. Seasoning & Related Product Dept. and Tae Kyung Ltd. Kyungyi. Province, Korea.
2. AOAC (1995) Official Methods of Analysis. 16th ed., AOAC International, Washington, DC.
 3. Bourne, M. C. (1978) Texture profile analysis. *Food Technol.* **32**(7), 62-66, 72.
 4. Chin, K. B. and Chung, B. K. (2003) Utilization of transglutaminase for the development of low-fat, low-salt sausages and restructured meat products manufactured with pork ham and loins. *Asian-Aust. J. Animal Sci.* **16**(2), 261-265.
 5. Cho, S. H., Park, B. Y., Chin, K. B., Yoo, Y. M., Chae, H. S., Ahn, J. N., Lee, J. M., and Yoon, S. G. (2003) Consumer perception, purchase behavior and demand on ham and sausage products. *J. Anim. Sci. & Technol.(Kor)* **45**(2), 273-282.
 6. Cho, S. H., Park, B. Y., Kim, J. H., Hwang, I. H., and Ahn, C. N. (2002) Quality investigation of ham and sausage products in the domestic market. *Abstract P-157*, 30th Korean Society for Food Sci. of Animal Resour., Seoul, Korea.
 7. Jauregui, C. A., Regenstein, J. N., and Baker, R. C. (1981) A simple centrifugal method for measuring expressible moisture, a water-binding property of muscle foods. *J. Food Sci.* **46**, 271-273.
 8. Kumazawa, Y., Seguro, K., Takamura, M., and Motoki, M. (1993) Formation of glutamyl-lysine cross-link in cured horse mackerel meat induced by drying. *J. Food Sci.* **58**(5), 1062-1064, 1083.
 9. Kurashi, C., Sakamoto, J., Yamazaki, K., Susa, Y., Kuhara, C., and Soeda, T. (1997) Production of restructured meat using microbial transglutaminase without salt or cooking. *J. Food Sci.* **62**(3), 488-515.
 10. Meat Journal (2002) Statistical data for meat consumption. December, pp. 158-160.
 11. Motoki, M. and Seguro, K. (1998) Transglutaminase and its use for food processing. *Trends in Food Sci. & Technol.* **9**, 204-210.
 12. Mueller, W.-D. and Chin, K. B. (2003) Characterization of restructured meat products manufactured with PSE pork hams as compared to those with normal pork counterparts. *Kor. J. Food Sci. Ani. Resour.* **23**(4), 321-326.
 13. Muguruma, M., Tsuruoka, K., Fujino, H., Kawahara, S., Yamauchi, K., Matsumura, S., and Soeda, T. (1999) Gel strength enhancement of sausages by treating with microbial transglutaminase. *Proceed. 45th Int. Cong. Meat Sci. Technol.*, Yokohama, Japan, pp. 138-139.
 14. Oh, D. H. (1986) The study on quality and propensity to consume of meat and meat products in the country. *Kor. J. Anim. Sci.* **28**(7), 504-511.
 15. Payne, T. (2000) Non-thermal gelation. *Proceed. 53rd Annual Recipr. Meat Conf.*, Columbus, Ohio, USA, pp. 25-26.
 16. Sakamoto, H., Kumazawa, Y., Kawajiri, H., and Motoki, M. (1995) ϵ -(ν -Glutamyl) Lysine crosslink distribution in food as determined by improved method. *J. Food Sci.* **60**(2), 416-419.
 17. Sakamoto, H., Kumazawa, Y., and Motoki, M. (1994) Strength of protein gels prepared with microbial transglutaminase as related to reaction conditions. *J. Food Sci.* **59**(4), 866-871.
 18. SAS Institute Inc. (1989) *SAS User's Guide*; Statistical Analysis System, Cary, NC.

(2003. 12. 4. 접수 ; 2004. 3. 9. 채택)