

식염 및 지방을 함유한 분쇄돈육의 이화학적 성상 및 최종가열온도 측정을 위한 근장단백질의 이용

강상미* · 진구복*** · 조수현*** · 이종문***

전남대학교 동물자원학부* 및 농업과학기술연구소**, 축산연구소***

Physico-chemical Properties and Utilization of Sarcoplasmic Proteins for the Determination of End-point Cooking Temperatures of Ground Pork Hams Containing Salt and Fat

S. M. Kang*, K. B. Chin***, S. H. Cho*** and J. M. Lee***

Department of Animal Science* and Institute of Agricultural Science and Technology,
Chonnam National University, Gwangju, 500-757 Korea**
National Livestock Research Institute, Suwon, Korea***

ABSTRACT

Processed meats, such as a ground meat and hamburger patty, are required to ensure that no pathogens remain in the final products. However, there was no rapid method available to verify that the recommended end-point cooking temperature(EPT) was reached. Thus, the objective of this study was to rapidly determine EPT of ground pork hams using sodium dodecyl sulfate-polyacrylamide gel electrophoresis(SDS-PAGE), based on the disappearance of sarcoplasmic proteins after cooking. Fresh pork hams were added two levels of salt(0, 2%) and fat(15, 25%) combinations, and stored in refrigerator overnight, and cooked to internal cooking temperatures of 64°C to 74°C with 2°C increments. Cooked pork hams were measured cooking loss(CL, %), protein solubility(PS) and SDS-PAGE. CL(%) was reduced with the addition of 2% salt, as compared to the control, regardless of fat contents. It was also increased with increasing cooking temperature. Protein solubility was affected by the cooking temperature, resulting in reduced PS up to 64°C(P < 0.05), but remained constant higher than 68°C. In SDS-PAGE analysis, protein bands with the molecular weights of 36 and 66 kDa were affected by the addition of salt and fat combinations, regardless of treatments. These protein fractions were decreased gradually with increased cooking temperatures up to 68°C ~ 70°C and might be good indicators for the determination of EPT in ground pork hams.

(Key words : End-point cooking temperature(EPT), SDS-PAGE, Sarcoplasmic protein, Cooking loss, Protein solubility)

I. 서 론

대부분 분쇄한 육제품들은 가열처리한 후 소비되고 있는데, 가열은 조직감, 외관 및 풍미를 변화시키고 결과적으로 식품의 품질을 변화시키는 가공공정으로 알려져 있다. 불완전한 가

열은 햄버거 패티와 같은 육제품에 있어서 *Salmonella* 나 *Listeria* 등과 같은 미생물에 의해 오염되어 사람들의 건강을 위협하는 식중독을 일으킬 수 있으므로 이러한 병원성균을 억제하기 위해서 적합한 온도로 가열할 것을 권고하고 있다(Bean and Griffin, 1990; Parry 등, 1998).

Corresponding author : Koo Bok Chin, Dept. of Animal Science, Chonnam National University, PukGwangju, P.O. Box 205, Gwangju, Korea 500-600, Tel : 062-530-2121, Fax : 062-530-2129, E-mail : kbchin@chonnam.ac.kr

햄버거 패티의 안전한 가열정도를 보장하기 위하여 미국 농무성 식품안전조사국에서는(USDA-FSIS, 1993) 육안 판별법으로 가열정도에 따른 Color index를 이용하는데 이 방법은 일부 고기의 특성에 따라서 충분히 가열되기 전에 metmyoglobin 변성으로 핑크색을 잃게 되는 경우와 고기의 pH가 6.0 이상인 경우 변성되지 않은 myoglobin 때문에 66 ~ 70℃까지 가열해도 여전히 핑크색을 띄게 되는 경우가 있다. 그 외에 병원성 유해균들을 완전히 사멸하기 위하여 66.1℃에서 41초에서부터 71℃에서 즉시 종료하는 방법 등이 있다. 또한 가정에서 디지털 온도계로 분쇄 우육의 내부조리 온도를 매번 측정하도록 권장하고 있다. 그러나 이런 방법들은 우육이 내부까지 충분히 가열되었는지를 확인할 수 없으며 시간이나 노동력이 많이 소요되는 단점이 있으므로 가열조리 후에 고기가 충분히 가열되었는지를 확인할 수 있는 신속성 있고 신속한 방법 개발이 필요하다. 외국의 경우는 가열 우육과 돈육 제품의 최종가열 온도를 측정하기 위하여 단백질 용해성 감소(Davis 등, 1985, 1987; Wang 등, 1995), 전기영동상에서의 단백질 분획의 변화(Steele and Lambe, 1982; Hague 등, 1994; Wang 등, 1995), Near infrared spectroscopy(Isaksson 등, 1989; Ellekjaer and Isaksson, 1992) 및 differential scanning calorimetry(Ellekjaer, 1992) 등을 이용하여 다양한 연구들이 수행되고 있다. 따라서 본 연구는 분쇄돈육의 가열온도에 따른 근장단백질 분획의 변화를 전기영동으로 분석하고, 가공처리 시 첨가되는 식염 및 지방 함량에 따른 가열 감량 및 단백질 용해성을 조사하여 그 결과를 분쇄돈육의 최종가열온도를 신속하게 검사하기 위한 기초 자료로 이용하고자 실시하였다.

II. 재료 및 방법

1. 시료 준비

광주 양산동에 위치한 현대유통에서 신선한 돈육 뒷다리를 구입하여 지방과 결체조직을 제

거하고 정사각형으로(3 cm³) 자른 다음 8 mm 분쇄기 판을 이용하여 분쇄기(M-12S, Meat chopper, 한국후지공업사)로 각각 분쇄하였다. 살코기와 지방의 함량은 피어슨 방법(Pearson's square)에 의해 최종제품의 지방 함량이 각각 15 내지 25%가 되도록 혼합하여 다시 4 mm 분쇄기판을 이용하여 만육하였다. 그리고 여기에 식염(0, 2%)을 각각 증류수에 용해시켜 10%의 염지액으로 만들어 첨가한 후 4℃ 냉장고에서 하룻밤 동안 침지시켰다. 따라서 본 실험의 조건은 식염과 지방의 조합(%%)을 0/0, 0/15, 0/25, 2/0, 2/15, 2/25로 하였다. 50 ml 원심튜브에 40 g씩 주입시킨 시료들은 내부중심가열온도 측정 시 시료의 고기입자간의 밀도가 균일하도록 가열하기 전에 약 200 g 정도의 낮은 회전 속도에서 약 5 ~ 10초간 원심분리시켰다.

2. 일반성분 및 pH 측정

가열하기 전 각 처리구들의 일반성분을 AOAC (1995) 방법에 의하여 실시하였는데 수분 함량은 오븐 건조법(Dry oven)으로 102℃에서 16 ~ 18시간 동안 건조하여 증발된 수분 함량을 측정하였고 조단백질의 함량은 micro-kjeldahl법으로, 조지방은 soxhlet법을 이용하여 측정하였다. pH 측정은 가열하지 않은 시료 10 g과 증류수 90 ml를 균질기를 이용하여 약 30초간 균질한 후 pH meter(Model 340, Mettler-Toledo, Schwarzenbach, Switzerland)를 이용하여 5번씩 측정하여 평균치를 구했다.

3. 가열조건 및 가열감량 측정

가열하지 않은 처리구(22℃)를 제외한 각 처리구(64, 66, 68, 70, 72 및 74℃)들은 항온수조(Model, WB-3070, New Power ENG. Co., LTD)에서 각각의 최종 내부 중심온도에 도달할 때까지 동일한 조건에서 가열했다. 이때 항온수조의 온도는 최종 가열온도 보다 약 4~5℃ 높은 온도를 유지하였고 최종 가열온도 측정은 디지털 온도계(Model, 52II thermometer, Fluke Corporation, USA)를 시료의 중앙에 꽂고 최종

가열온도에 도달하면 즉시 시료를 꺼내어 더 이상의 온도 상승을 막기 위해 얼음 속에 방치한 다음 냉장고에 보관하였다. 가열 후, 냉각한 시료에서 유리되어 나온 수분의 양을 시료의 무게에 대한 퍼센트(%)로 측정하였다.

$$\text{가열감량(Cooking loss, CL \%)} = \frac{\text{유리 수분의 무게} \times 100}{\text{시료의 무게}}$$

4. 수용성 단백질 추출 및 단백질 용해성 측정

돈육의 원료육과 가열육에 대한 단백질 추출은 Wang 등(1992)의 방법에 따라서 실시하였다. 50 ml 원심튜브에서 시료를 꺼내어 시료의 중앙 부위만을 채취한 시료(10 g)와 4배의 0.15 M NaCl, 0.01 M sodium phosphate buffer(PBS, pH 7.2)를 넣고 균질기로 총 90초 동안 균질(30 on, 10 off)한 후 균질한 시료를 30 ml 원심튜브에 넣고 양팔저울로 무게를 맞춘 다음 원심분리기(Model, J-21B, Beckman Instruments, Inc., Palo Alto, CA)를 이용하여 10,500 g에서 30분 동안 4℃에서 원심분리하여 상등액을 추출하였다. 추출한 상등액은 여과지(Whatman No. 2, 15 cm, dia)를 이용하여 지방 부유물을 없앤 후, 4℃에 보관하고 Lowry(1951) 정량법에 따라 bovine serum albumin(BSA)를 표준곡선으로 하여 용해된 단백질을 정량하였다.

5. 전기영동(Sodium dodecyl sulfate-polyacrylamide gel electrophoresis, SDS-PAGE)

Mini protein II electrophoresis assay unit(Bio-Rad Laboratories, Richmond, CA)을 이용하여 Laemmli(1970) 방법에 준하여 separation gel과 stacking gel을 각각 12와 4%의 polyacrylamide gel을 이용하여 단백질을 분리하였다. 추출한 단백질은 standard sample buffer와 혼합하고 불용성 단백질을 제거하기 위하여 100℃의 끓는 물에 4분 동안 가열한 후, standard marker(Bio-Rad, Prestained SDS-PAGE Standards Broad

range, 6.4~203 kDa)는 5 µg, 단백질은 10 µg을 injection 하였다. Prestained SDS-PAGE standard marker(Bio-rad, # 161-0318)는 203(myosin), 120(β-galactosidase), 90(bovine serum albumin), 51.7(ovalbumin), 34.1(carbonic anhydrase), 28(soybean trypsin inhibitor), 20(lysozyme) 및 6.4 kDa(aprotinin)을 포함하고 있다. 시료를 loading 한 후 150V에서 약 1시간 30분 동안 분리시킨 후, 겔을 떼어내서 1% Coomassie brilliant blue R-250을 넣은 염색용액에 넣고 Roker(Model RK-1020, New power ENG. Co., LTD)에서 가볍게 진동을 주면서 45분 동안 염색시켰다. 염색된 겔은 증류수로 2번 세척 후 90분 동안 탈색시킨 후 보관용액에 보관하였다.

6. 통계분석

본 실험은 식염과 지방의 혼합첨가구와 여러 가열온도에 따라서 3번 반복 실험하였다. 통계분석은 이원배치 분산분석(ANOVA)으로 첨가물 처리구와 가열온도(6×6) 간의 상호작용의 유의차를 분석하여 유의차가 있으면 각 가열온도 내에서 처리구별 유의 차이 또는 각 처리구별과 가열온도간의 차이를 나타낸다. 만약 상호관계의 유의차가 발생하지 않으면 첨가물과 가열온도 별로 종합하여 나타내었다. 각 처리구별 또는 가열온도별로 분산분석 후 유의차가 발생되었을 때 Duncan의 다중검정법을 이용하여 유의차를 분석하였다.

III. 결과 및 고찰

식염과 지방의 조합에 대한 처리구와 여러 가열온도에 따른 상관관계의 유의차가 없었기 때문에(P > 0.05) 실험 data의 처리는 첨가물 처리구별 또는 가열온도별로 종합하여 나타내었다.

1. 처리구에 따른 일반성분 분석

가열하기 전 식염 및 지방을 첨가한 처리구들에 대한 pH와 일반성분은 Table 1과 같다. 식염 무첨가구의 경우의 pH의 결과를 보면, 지

Table 1. pH and proximate composition(%) of raw pork hams as affected by salt and fat content combinations

Treatments	pH	Proximate composition(%)		
		Mositure	Fat	Protein
no-fat	5.77 ^b	73.40 ^a	4.10 ^c	20.72 ^a
no-salt 15% fat	5.73 ^b	71.74 ^a	11.83 ^b	18.58 ^b
25% fat	5.99 ^a	62.21 ^b	24.72 ^a	15.92 ^c
no-fat	6.04 ^b	74.50 ^a	3.11 ^c	21.25 ^a
2% salt 15% fat	5.86 ^c	69.21 ^b	14.36 ^b	16.20 ^b
25% fat	6.09 ^a	61.78 ^c	24.50 ^a	13.11 ^c

^{a-c} Means with same column having same superscript are not different(P > 0.05).

방 무첨가구와 15% 첨가구에서는 pH값이 각각 5.77, 5.73으로 유의적인 차이가 없었으나(P > 0.05), 25% 지방 첨가구에서는 5.99로 높게 나타났다(P < 0.05). 그러나 2%의 식염을 첨가한 경우는 15%의 지방을 첨가한 경우 오히려 pH가 낮아졌으나 25%의 지방을 첨가한 경우 식염 무첨가구와 같이 증가하는 결과를 보이고 있어서 지방 함량에 따라 pH가 변화하였다. 하지만 이러한 차이는 통계적으로는 유의차를 보였지만 그 차이가 크지 않았으며 Troutt 등 (1992)은 가열하지 않은 우육 패티의 경우 지방을 5 ~ 30%로 증가하여 첨가해도 pH의 값은 차이가 나지 않았다고 보고하였다. 따라서 분쇄육의 pH는 첨가한 원료육과 지방의 pH에 따라 변화한 것으로 판단된다.

원료육과 지방의 혼합으로 최종 지방 함량이 0, 15, 25%로 배합하였으나 실제적인 지방의 함량은 차이를 보이고 있어서 식염 무첨가구의

경우 지방 함량이 각각 4.10, 11.83 및 24.72%를 보였고, 식염 첨가구의 경우 3.11, 14.36 및 24.5%로 나타났다. 수분 함량의 경우 지방 무첨가구(73.4%)와 15% 첨가구(71.74%)에서는 차이가 나타나지 않았으나 지방을 25%로 증가하여 첨가했을 경우는 수분의 함량이 낮게 나타났다(P < 0.05), 식염을 첨가한 경우에는 지방 함량의 증가에 따라 수분 함량이 유의적으로 낮게(P < 0.05) 나타났다. 단백질 함량은 수분의 경우와 마찬가지로 식염 첨가에 상관없이 지방의 함량이 증가할수록 감소하였다. 따라서 지방의 함량이 증가할수록 상대적으로 수분과 단백질의 함량은 낮은 결과를 보여주었다.

2. 처리구에 따른 가열감량과 단백질 용해성의 변화

식염과 지방의 조합에 따른 가열 후 유리된 양을 퍼센트로 계산하여 가열감량 및 단백질 용해성을 측정하였다(Table 2). 식염 무첨가구 (Table 2, T1)에서는 23.5%의 가열감량을 보였으나 식염 첨가구(Table 2, T4)에서는 10.5%로 식염을 첨가한 경우 약 1/2배 정도 가열감량을 낮출 수 있었다. 따라서 식염 첨가는 가열수율을 증대시켜 식육 가공품 생산의 이윤증대 뿐만 아니라 수분을 보유하여 조직감에도 영향을 줄 것으로 기대된다. 한편, 식염 무첨가구는 지방을 첨가했을 때, 지방을 첨가하지 않은 대조구에 비해 가열감량이 낮은 수치를 보였으나 15와 25%를 첨가한 처리구 사이에는 유의적 차이가 나타나지 않았다(P > 0.05). 하지만 식염을 2% 첨가했을 경우 가열감량의 유의차는 나

Table 2. Cooking loss(%) and protein solubility(µg/µℓ) of ground pork hams as affected by various salt and fat combinations

*Para.	**Treatments					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
CL (%)	23.50 ^a	16.53 ^b	12.35 ^{bc}	10.50 ^{cd}	8.63 ^{cd}	7.13 ^d
PS(µg /µℓ)	3.16 ^a	2.48 ^b	2.31 ^b	3.35 ^a	2.50 ^b	2.34 ^b

^{a-d} Means with same row having same superscript are not different(P > 0.05).

*Para.:CL=Cooking loss(%), PS=Protein solubility(µg/mL).

**Treatments: Salt(%)/Fat(%) (T1=0/0, T2=0/15, T3=0/25, T4=2/0, T5=2/15, T6=2/25).

타나지 않았다. 따라서 식염의 첨가는 가열감량을 낮추어 주었으며 지방 첨가로 인해 나타날 수 있는 가열감량의 차이를 상쇄시켜주는 결과를 보여주었다. 한편 Troutt 등(1992)은 우육 햄버거의 경우 5 ~ 20%의 지방을 함유한 경우 가열감량의 차이가 없었으나 25%가 첨가되었을 경우 오히려 증가하는 결과를 보여주었다. 이와 같은 차이는 본 연구의 경우 지방 함량별로 가열온도 전체(64 ~ 74℃)를 종합하였으나 Troutt 등(1992)의 경우는 단지 71과 77℃만을 종합한 결과에 기인된 것으로 사료된다. 이와 같은 결과를 종합하여 보면 가열감량은 식염과 지방을 복합적으로 첨가했을 때 식염과 지방을 단독으로 첨가한 경우에 비하여 감소됨을 알 수 있었다.

첨가물에 따른 단백질 용해성을 살펴보면, 식염 무첨가구(Table 2, T1 - T3)와 첨가구(Table 2, T4 - T6) 사이에는 유의적인 차이가 없었으나 지방이 첨가된 경우 단백질 용해성이 유의적으로 낮았다(P < 0.05). 이는 지방 첨가에 의한 단백질 첨가량의 상대적인 감소에 기인된 것으로 사료된다. 따라서 식염 첨가에 따라서는 단백질 용해성에는 영향을 주지 않았으나 지방 첨가에 의해서는 단백질 용해성이 감소한 결과를 보여주었다.

3. 가열온도에 따른 가열감량과 단백질 용해성의 변화

가열온도가 증가함에 따라 가열감량은 66℃까지 점진적으로 증가하는 경향을 나타내었으며 68℃보다 높은 가열온도에서는 가열감량이 유의적으로 증가하였다(P < 0.05) (Table 3). 이

와 같은 결과는 77℃로 가열하였을 때 28.6%와 71℃의 경우 25.3%의 가열감량을 보여 가열온도 증가에 따라 가열감량이 증가한다는 이전 연구와 일치한다(Troutt et al., 1992). 또한 가열온도가 증가할수록 단백질 용해성은 감소하였으나 68℃ 이상에서는 유의적인 차이가 없었다(P > 0.05). 이와 동일한 결과를 Wang 등(1993)이 발표하였는데, turkey roll에서 25% 원료육을 68℃로 가열했을 때의 단백질 용해성은 3.8%로 감소하였으며 68℃ 이상의 온도에서는 유의적 차이가 없었다고 보고하였다. 또한 Davis와 Anderson (1983)은 67.5-75℃에서 단백질 용해성에서 약간의 변화가 있었다고 보고하였으며 Davis 등(1987)은 통조림으로 제조된 염지돈육(목심)은 65.6-68.8℃에서 단백질 용해성이 약간 변화가 있었다고 보고하였다. 본 연구에서, 가열하지 않은 원료육의 단백질 용해성은 9.87 µg/µl의 수치를 보였으나 64℃로 가열하였을 경우 2.16 µg/µl로 급격히 감소한 수치를 보여주었다(P < 0.05). 이는 가열온도가 높아짐에 따라 단백질의 열 변성을 일으켜 용해도가 낮아진다는 이전 연구와 일치한다(Collins 등, 1991). McComick(1987)은 수용성 단백질의 가장 큰 손실 범위는 55-65℃ 사이에서 발생한다고 보고하였는데 이는 수용성 단백질의 50% 이상이 이러한 10℃ 온도 범위에서 불용성화 되었기 때문이라고 보고하여 본 실험과 유사한 결과를 보여주었다. 그리고 Hsieh 등(2002)의 연구에서도 마찬가지로 돈육의 경우 50 ~ 70℃ 내에서 90% 이상의 수용성 단백질이 감소되었으며 특히, 70℃에서는 1.15 mg/ml, 80℃에서는 0.33 mg/ml 로 감소하여 약 5% 정도의 손실을 보여주었다. 따라서 가열온도가 증가함에 따라 감

Table 3. Cooking loss(%) and protein solubility(µg/µl) of ground pork hams as affected by various cooking temperatures

*Para.	Cooking temperatures(℃)						
	22℃	64℃	66℃	68℃	70℃	72℃	74℃
CL(%)	0.0 ^g	4.43 ^{fg}	7.68 ^{ef}	11.35 ^d	16.58 ^c	22.10 ^b	29.60 ^a
PS(µg/µl)	9.87 ^a	2.16 ^b	1.80 ^{bc}	1.43 ^{cd}	1.23 ^d	1.20 ^d	1.07 ^d

^{a-g} Means with same row having same superscript are not different(P > 0.05).

*Para.: CL=Cooking loss(%), PS=Protein solubility(µg/µl).

소된 단백질 용해도는 특이적인 단백질 활성이 점차적으로 감소되는 것을 나타내며 이것은 결국 최종가열온도를 측정하는데 잠재적인 지시제(indicator)가 될 수 있음을 시사하였다(Stalder 등, 1991).

4. 전기영동 분석(SDS-PAGE)

Fig. 1은 식염 및 지방을 첨가한 분쇄돈육(후지)을 가열온도에 따른 근장단백질 분획의 변화를 전기영동으로 분석하여 그 결과를 보여주고 있다. 가열 전 원료육(22℃)의 근장 단백질 분획은 대략 10 ~ 12개 정도 나타났다가 내부 중심온도가 64℃까지 가열하였을 경우에는 약 7개였고 감소하였으며 70℃ 이상의 온도에서는 3 ~ 4개로 줄어들었다(Fig. 1, A). 전기영동의 결과에서 특이적인 근장단백질 분획이 2개가 선별되었는데 그 분자량은 각각 36과 66 kDa이었다. 전기영동 상에서 나타난 36 kDa의 분자

량을 가진 것은 lactate dehydrogenase(LDH)라고 사료되며 식염과 지방 그리고 가열온도에 따라서 영향을 받았다. 지방 15%만 첨가한 처리구에서는 70℃까지 점차적으로 감소하다가 사라졌으며(Fig. 1, A) 식염 첨가구에서도 단백질 양의 차이만 있었을 뿐 그 경향은 같았다(Fig. 1, C). 그러나 25% 지방 처리구에서는 66℃까지 감소하다 소실되어졌고(Fig. 1, B) 또한 식염과 지방을 첨가한 처리구에서는 64℃까지 약간 감소하다가 66 ~ 70℃까지는 급격하게 감소하였고 72℃ 이상의 온도에서 완전히 소실되었다(Fig. 1, D). 이와 같은 결과를 Wang 등(1995)의 연구에서는 분쇄우육으로부터 추출한 LDH 밴드는 가열온도가 66 ~ 70℃로 증가함에 따라 감소되었으며 결국 이 온도 범위에서 가열온도 측정을 위한 지시제로 사용할 수 있음을 이미 보고한바 있다. 또한 우육 패티의 경우 LDH 밴드가 63 ~ 66℃에서 급격하게 감소하다가 71℃에서 사라졌다고 Wang 등(1996)은 보고하였

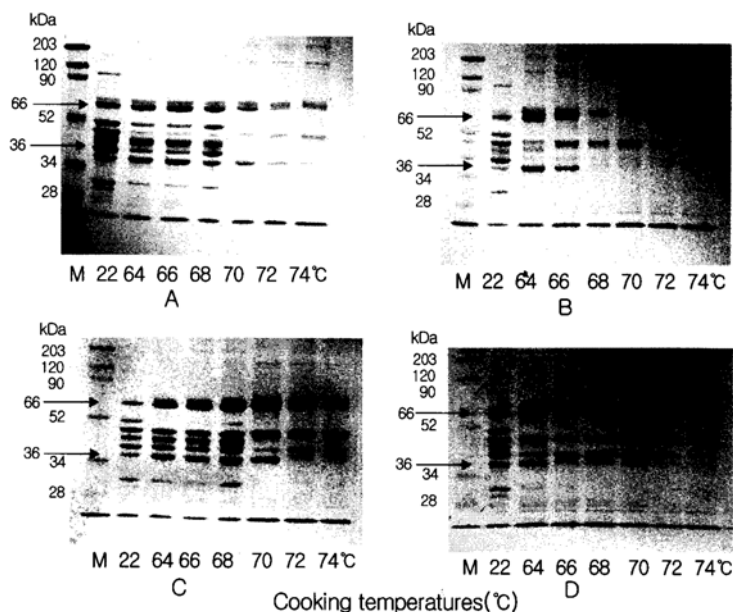


Fig. 1. Changes of protein fractions of ground pork hams as affected by the combinations of salt and fat, and various cooking temperatures(M : Standard marker) (salt/fat combinations(%/%)=A: 0/15, B: 0/25, C: 2/15, D: 2/25).

다. 2년 후 Wang 등(1998)은 그들의 연구에서 식염을 첨가하지 않은 돈육의 LDH가 68 ~ 70 °C 범위에서 급격하게 감소하였기 때문에 이것은 돈육의 최종가열온도를 측정하기 위한 좋은 지시제로서 보고 하였다. 본 연구에서 식염과 지방의 첨가는 햄버거 패티의 필수적인 첨가물이며 이들의 첨가에 따른 단백질 분획에 영향을 미친 것으로 사료된다. 한편 66 kDa의 분자량을 가진 단백질은 지방 15%만 첨가한 처리구에서는 70°C까지 점차적으로 감소하다가 소실되었으며(Fig. 1, A) 식염 2%를 첨가한 처리구 또한 같은 경향을 보였으나 단지 단백질의 양만 감소한 경향이였다(Fig. 1, C). 그러나 지방을 25%로 증가하여 첨가했을 때는 66°C까지 급격히 감소하다가 사라졌고(Fig. 1, B) 2% 식염과 25% 지방 첨가구에서도 유사한 경향을 보였다(Fig. 1, D). Wang 등(1992)은 염지하지 않은 turkey breast와 thigh roll로부터 추출한 단백질의 분획이 68.3 ~ 72.1 °C의 온도에서 급격하게 감소한 단백질을 분석한 결과 66 kDa (turkey serum albumin, IGg)과 35 kDa(LDH)으로 보고하였다. 그리고 Smith 등(1996)의 연구에서는 66 kDa(TSA)의 밴드가 66와 68.3°C의 온도 범위에서 크게 감소하지 않았으나 73.7°C에서는 밴드가 거의 보이지 않았고 35 kDa를 가진 단백질 분획은 66.8°C와 72.2°C의 온도 범위에서 감소하다가 73.7°C에서는 밴드가 소실되었다고 본 실험과 유사한 결과를 보고하였다.

이상의 결과를 종합하여 보면 식염이나 지방을 첨가한 분쇄돈육의 최종가열 온도부분에서(68 ~ 70°C)에서 가장 급속히 소실된 단백질 분획의 분자량은 약 66와 36 kDa으로 나타났다. 따라서 이러한 단백질들을 최종가열온도 지시제로 이용하여 분쇄돈육 가공 시 최종내부중심 가열온도를 신속하고 정확하게 측정할 수 있는 면역학적 kit가 개발한다면 육가공 제품에 대한 소비자들의 안전성 확보에 기여할 수 있을 것으로 사료된다.

IV. 요약

본 연구는 식염과 지방 그리고 여러 가열조건에 의한 pH 및 일반성분, 가열감량 및 단백

질 용해성의 변화에 따른 단백질 분획의 변화에 대해 분석하였다. 처리구에 따른 가열감량(CL, %)은 지방의 첨가에 상관없이 식염을 2% 첨가한 경우 식염을 첨가하지 않은 경우에 비하여 약 1/2배 정도 낮은 가열감량을 보였다. 한편, 식염 무첨가구의 경우 지방을 첨가한 경우 가열감량은 유의적으로 낮았으나, 식염 2% 첨가구는 지방 첨가에 따른 가열감량의 유의적 차이가 나타나지 않았다. 그리고 가열온도에 따른 가열감량은 66°C까지는 점진적으로 증가하다가 68°C 보다 높은 가열온도에서 유의적으로 증가하는 경향을 보였다. 식염 무첨가구와 식염 2% 첨가구 사이에서는 단백질 용해성의 유의적인 차이가 없었으나 지방이 첨가된 경우 상대적인 단백질 함량의 감소로 단백질 용해성이 유의적으로 감소하였다. 가열온도가 높아짐에 따라 용해성의 감소가 현저히 나타났으나 68°C 이상의 가열온도에서는 단백질 용해성이 유의적 차이 없이 일정한 수준을 유지하였다. 추출한 근장 단백질이 각 처리구별 가열온도에 따른 단백질 분획을 분석하기 위해 전기영동을 실시한 결과 식염, 지방 그리고 가열에 따라 특이적으로 반응한 것은 36 과 66 kDa의 분자량을 가진 근장 단백질 분획이었다. 이러한 단백질 분획은 최종가열온도가 66 ~ 70°C가 될 때 급격히 소실되었으며 지방과 식염의 첨가에 의한 약간의 저해를 받아 최종가열온도가 다소 낮아졌다. 결국 이들 근장 단백질들은 분쇄돈육의 최종 가열온도부근(68 ~ 70°C)에서 급격히 소실됨으로써 돈육의 최종 가열온도 측정을 위한 지시제로 사용될 수 있을 것으로 판단된다.

V. 감사의 글

본 연구는 축산기술연구소의 기본과제(2001 ~ 2003; 과제명: 분쇄육제품의 품질 규격 및 햄버거 패티의 안전성 확립기술 연구)를 공동으로 수행한 결과로서 연구비 지원에 감사드립니다.

VI. 인용 문헌

1. AOAC. 1995. Official method of analysis. 16th

- edition. AOAC International, Washington DC.
2. Bean, N. H. and Griffin, P. M. 1990. Food-borne disease outbreak in the United-States, 1973~1987: pathogens, vehicles, and trends. *J. Food Prot.* 53: 804-817.
 3. Collins, S. S., Keeton, J. T. and Smith, S. B. 1991. Lactate dehydrogenase activity in bovine muscle as a potential heating endpoint indicator. *J. Agric. Food Chem.* 39:1291-1293.
 4. Davis, C. E. and Anderson, J. B. 1983. Effect of heat on biuret-positive water extractable porcine muscle proteins. *J. Food Prot.* 46:947-949.
 5. Davis, C. E., Bracewell, A. J., Anderson, J. B. and Reagan, J. O. 1985. Time temperature heating effect on biuret-positive water-extractable porcine and bovine muscle proteins. *J. Food Prot.* 48:215-220.
 6. Davis, C. E., Lyon, B. G., Reagan, J. O. and Townsend, W. E. 1987. Effect of heating on water soluble biuret-positive compounds of canned cured pork picnic shoulder. *J. Food Prot.* 51:773-777.
 7. Ellekjaer, M. R. 1992. Assessment of maximum cooking temperatures of previously heat treated beef. Part 2: Differential scanning calorimetry. *J. Sci. Food Agric.* 60:255-261.
 8. Ellekjaer, M. R. and Isaksson, T. 1992. Assessment of maximum cooking temperatures in previously heat-treated beef. Near infrared spectroscopy. *J. Sci. Food Agric.* 19:335-343.
 9. Giese, J. 1996. Olestra; properties, regulatory concerns, and applications. *Food Technol.* 50(3):130-131.
 10. Hague, M. A., Warren, K. E., Hunt, M. C., Kropf, D. H., Kastner, C. L., Stroda, S. L. and Johnson, D. E. 1994. Endpoint temperature, internal cooked color, and expressible juice color relationships in ground beef patties. *J. Food Sci.* 59(3):465-470.
 11. Hsieh, Y. H. P., Zhang, S., Chen, F. C. and Sheu, S. C. 2002. Monoclonal antibody-based ELISA for assessment of endpoint heating temperature of ground pork and beef. *J. Food Sci.* 67(3):1149-1154.
 12. Isaksson, T., Ellekjaer, M. H. R. and Hildrum, K. I. 1989. Determination of the previous maximum temperature of heat-treated minced meat by near infrared reflectance spectroscopy. *J. Sci. Food Agric.* 49:385-387.
 13. Laemmli, U. K. 1970. Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4. *Nature(London)*. 227:680-685.
 14. Lowry, O. H., Rosebrough, J. M., Farr, A. L. and Randall, R. j. 1951. Protein measurement with the folin phenol reagent. *J. Biol. Chem.* 193:265-275.
 15. McCormick, R. J., Kropf, D. H., Hunt, G. R. and Kastner, C. L. 1987. Effect of heating temperature and muscle type on porcine muscle extracts and determined by reverse phase high performance liquid chromatography. *J. Food Sci.* 52:1481-1485.
 16. Parry, S. M., Salmon, R. L., Willshaw, G. A. and Cheasty, T. 1998. Risk factors for and prevention of sporadic infections with vero cytotoxin(shiga toxin) producing *Escherichia coli* 0157. *Lancet* 351:1019-1022.
 17. Smith, D. M., Desrocher, A. M., Booren, C. H., Wang, C. H., Abouzieed, M. M., Pestka, J. J. and Veeramuti, G. J. 1996. Cooking temperature of turkey ham affects lactate dehydrogenase, serum albumin and immunoglobulin G as determined by ELISA. *J. Food Sci.* 61:209-212, 234.
 18. Stalder, J. W., Smith, G. L., Keeton, J. T. and Smith, S. B. 1991. Lactate dehydrogenase activity in a muscle as a means of determining heating endpoint. *J. Food Sci.* 56:895-898.
 19. Steele, P. and Lambe, W. J. 1982. SDS-gradient gel electrophoretic separation of muscle polypeptides for the estimation of maximum cooking temperatures in meat. *J. Food Sci.* 45:59-62.
 20. Trout, E. S., Hunt, M. C., Johnson, D. E., Claus, J. R., Kastner, C. L., Kropf, D. H. and Stroda, S. 1992. Chemical, physical and sensory characteristics of ground beef containing 5 to 30% fat. *J. Food Sci.* 57:25-29.
 21. USDA-FSIS. 1993. Heating requirements for comminuted, uncured meat products in patty form that are heat processed. U. S. Dept. of Agriculture. Federal Register, August 2. Office of the Federal Register, National Archives and Records, Washington, DC.
 22. Wang, C. H., Abouzieed, M. M., Peskta, J. J. and Smith, D. M. 1992. Antibody development and enzyme-linked immunosorbent assay for the protein marker lactate dehydrogenase to determine safe cooking endpoint temperature of turkey rolls. *J. Food Chem.* 40:1671-1676.
 23. Wang, C. H., Booren, A. M., Abouzieed, M. M., Peskta, J. J. and Smith, D. M. 1993. ELISA determination of turkey roll endpoint temperature: effects of formulation, storage, and processing. *J. Food Sci.* 58:1258-1261, 1264.
 24. Wang, C. H., Abouzieed, M. M., Peskta, J. J. and Smith, D. M. 1995. Lactate dehydrogenase polyclonal antibody sandwich ELISA for determination of end-point temperatures of ground beef. *J. Food Sci.* 253-256.
 25. Wang, C. H., Abouzieed, M. M. and Smith, D. M. 1996. Proteins as potential endpoint temperature indicators for ground beef patties. *J. Food Sci.* 61(1):5-7.
 26. Wang, C. H., Lin, S. H. and Chen, H. L. 1998. Lactate dehydrogenase sandwich ELISA for determination of endpoint temperatures of porcine muscle. IFT Abstract #59F-17
- (접수일자 : 2003. 10. 20. / 채택일자 : 2003. 12. 24.)