



## 산처리 공정에 따라 추출한 돈피 젤라틴의 이화학적 특성에 관한 연구

염건웅 · Andrieu J.<sup>1</sup> · 민상기<sup>2\*</sup>

알칸사스대학교 가금학부

<sup>1</sup>리용 제1국립대학교, 공정학연구소

<sup>2</sup>건국대학교 동물자원연구센터

### Effect of Acid Treatment Process on the Physicochemical Properties of Gelatin Extracted from Pork Skin

Geun-Woong Yeom, Julien Andrieu<sup>1</sup>, and Sang-Gi Min<sup>2\*</sup>

Department of Poultry Science, University of Arkansas, USA

<sup>1</sup>C.P.E. LAGEP, University of Lyon 1, Lyon, France

<sup>2</sup>Animal Resources Research Center, Konkuk University

#### Abstract

The objective of this study was to investigate the physicochemical characteristics of gelatin extracted from pork skin under soaking in various acid solutions (lactic acid, acetic acid, and citric acid). Gelatin sol was extracted at 80°C, frozen at -20°C and lyophilized it for 3 days to be completely dried in freeze drying unit. In the evaluation of gelatin quality, gelatin soaked in citric acid showed higher L- and a-values than those of any other gelatin (p<0.05). Gelatin treated by acetic acid showed the highest gel strength, cohesiveness, and brittleness. The content of hydroxyproline amino acid in gelatin treated by acetic acid was larger than one of gelatin treated in lactic and citric acid in order. From the experimental results, the highest quality of gelatin in all of period, which was soaked in acetic acid and lactic acid, has a more good quality than gelatin soaked in citric acid.

**Key words** : gelatin, rheological properties, viscosity, hydroxyproline, pork skin

#### 서 론

Gelatin은 소나 돼지와 같은 가축의 외피나 뼈에서 주로 얻게 되는데 불용성 collagen의 가수분해 작용에 의해 만들어지는 수용성, 친수성의 고분자량의 콜로이드성 단백질을 의미한다(Stainsby, 1987). 이러한 gelatin은 특히 식품산업에 많이 이용하고 있는데 예를 들면 겔화제, 증점제, 피막 형성제, 보호용 콜로이드, 접착제, 안정제, 유화제, 거품 형성제, 청징제 등으로 다양하게 사용되고 있다(Bailey and Light, 1989).

Gelatin 제조에 쓰이는 원료로는 가축부산물과 생선류가

많이 쓰이며, 가축부산물로는 돈피, 우피, 뼈, 내장 등이 이용되는데 그 중 돈피는 수분이 44.24%, 지방이 28.29%, 단백질이 26.47% 정도를 가지며 약 269.67 mg/g 정도의 total collagen을 갖고 있다(Osburn, 1996). 돈피 단백질의 대부분은 collagen 단백질이며 그 구성 원소인 아미노산은 glycine (26~30%)과 proline과 hydroxyproline을 합친(26~29%) residue로 구성되어 있다.

Gelatin의 품질은 여러 가지 요인에 따라 좌우되는데, 특히 gel 형성 능력은 중요한 지표로 활용된다. 여기서 gelatin의 gel 특징과 형태는 단백질의 농도, pH, 염의 종류와 농도에 따라서 영향을 받는다(Mulvihill and Kinsella, 1988). 또한 gelatin 추출 및 제조는 collagen 단백질의 등전점에 따라 type A와 type B로 크게 나눌 수 있다. Type A는 pH 7~9.5사이의 등전점을 갖는 돈피와 같은 원료를 산처리하여 gelatin

\* Corresponding author : Sang-Gi Min, Animal Resources Research Center, Konkuk University, 1 Hwayang-dong, Kwangjin-gu, Seoul 143-701, Korea. Tel: 82-2450-3680, Fax: 82-2-455-5305, E-mail: minsg@konkuk.ac.kr

을 제조하는 것을, Type B는 pH 4.7~5.5 사이의 등전점을 갖는 우피와 같은 원료를 알칼리 처리하여 gelatin을 제조하는 것을 말한다. 이러한 gelatin 제조는 collagen의 결합력을 약하게 하므로서 낮은 온도에서 gelatin을 추출할 수 있을 뿐만 아니라 양질의 gelatin을 추출할 수 있다(Divakaran, 1984; Idson and Braswell, 1957; Jones, 1984). 일반적으로 type B보다 type A가 산업적으로 많이 이용되는데, 그 이유는 type B를 선택하면 공정중 collagen의 교차결합이 대부분 소실되며 공정시간이 type A보다 오래 걸리며 peptide 결합이 파괴되어 손실되는 단점이 있다. 또한 type B는 별도의 중화 공정이 요구되며 type A보다 그 공정이 복잡하다는 단점이 제시되고 있다.

Collagen Type에 따라 아미노산 조성이 약간씩 다르지만 일반적으로 glycine이 전체의 1/3정도이며 proline 1/4, hydroxyproline 1/7, 그리고 alanine 1/7 정도를 차지하고 있다(Bailey and Light, 1989). 여기서 hydroxyproline 잔기는 단백질 triple helix 구조를 안정화시키고 그 주변의 triple helical chain과 안정화된 수소결합간의 교차결합(crosslink)을 안정화시킨다고 한다(Ramachandran and Ramakrishnan, 1976). 더욱이 hydroxyproline은 collagen을 구성하는 아미노산 구성중 hydroxyllysine과 함께 일정비(12.5~14%)를 차지하고 있으며(Weiss and Ayad, 1982) 육축의 종류와 연령에 따라 collagen의 구성비는 변화하게 된다(McCormick, 1994).

Gelatin의 gel 특징과 형태는 단백질의 농도, pH, 염의 종류와 농도에 따라서 영향을 받는다(Mulvihill and Kinsella, 1988). 따라서 단단히 조직된 collagen 섬유들이 비중합체인 gelatin으로의 변화는 gelatin 생산에 필수과정이다. Collagen을 gelatin으로 변화시키는 가장 단순한 방법은 수용성 collagen의 변성이다. 열에 대한 변성은 약 40℃의 상태에서 약산 또는 중성의 상태에서 collagen을 가열함으로써 일어날 수 있다. 그러면 collagen 섬유와 섬유소들은 collagen helix를 안정시키는데 도움을 주는 수소와 수소성 결합들의 부족에 의해 tropocollagen 단위들로 분리되며 다음으로 collagen의 가수분해되는 단계는  $\alpha$ -helix 사이의 내부 분자 결합을 끊어 주는 것이 필요하다(Poppe, 1992). 그러나 산 추출 공정을 통해 얻어지는 gelatin의 물성학적 특징은 아직 잘 알려지지 않았고 추출 과정에 사용되는 산의 종류에 따라 gelatin의 성격이 달라질 것으로 예상되고 있다. 따라서 본 실험에서는 돈피를 원료로 하여 gelatin 추출시 산의 종류에 따른 추출율의 최적화를 구하고, 이로부터 얻어지는 gelatin의 물리적 특성을 알아보려고 하였다.

## 재료 및 방법

### Gelatin의 제조

본 실험에 공시재료로 사용된 gelatin은 돼지의 등돈피에서 산처리하여 추출한 것으로 다음과 같은 공정을 통해 추출하였다.

### 원료

Gelatin 제조의 원료로 사용된 돈피는 도살 직후 냉장상태로 보관된 것을 마장동에서 48시간 내에 구입하여 사용하였다. 원피는 하층의 지방부분의 제거한 후 가로×세로 3 cm 크기로 절단하여 각 시료 당 500 g씩 나누어 냉장상태에서 1시간 이상 보관한 후 사용하였다.

### 산침

산침에 사용된 용액은 아래의 3 가지 산을 이용하여 제조하였다. 산침 용액 제조에는 acetic acid(Shinyo Pure Chemicals, Japan), lactic acid(Tedia Company, Japan), citric acid(Shinyo Pure Chemicals, Japan)를 사용하였다. 먼저 일정량의 산 농도를 맞추기 위해 각 산을 0.1 M 농도로 일정하게 맞추어 제조하였다. 최적의 산 용액 부피는 원료 돈피의 4배로 하였다. 조제된 산용액을 돈피 추출을 위해 특별히 고안된 장치 내에 먼저 산 용액 2 L를 넣고 나중에 돈피를 하나 하나 손으로 떼면서 500 g을 모두 산침시켰다. 산침 과정에서 stirrer를 이용하여 20℃에서 약 24 h 계속적으로 교반시켜 주었다.

### 수세 및 추출

산침을 통해 팽윤된 돈피를 약 24 시간 동안 흐르는 물에 깨끗하게 세척하였다. Gelatin의 추출은 80℃에서 2 시간 동안 추출하였다. 추출 과정에 첨가되는 물의 함량은 원피를 기준으로 하여 2배 정도를 넣었다. 열 추출이 끝난 후 gelatin sol을 polyvinyl bag에 수거하여 5℃ 냉장상태에 24 h 이상 보관하여 gel 상태로 만들었다.

### 동결건조

위의 과정을 거쳐 제조된 gelatin은 내부에 95% 이상의 수분을 포함하고 있으므로 장기간 보존할 수 있는 powder 형태로 만들기 위해 동결건조 방법을 사용하였다. Polyvinyl bag에서 gel 상태가 된 gelatin을 가로×세로 3 cm의 크기로 절단하여 -18℃ 이하의 냉동고에서 동결하였다. 동결 후 gelatin을 동결건조장치에 넣어 약 72 시간 동결건조하여 수분을 제거하였다. 동결건조 후 분쇄기(Model Brevete, Moulinette, France)로 곱게 분쇄하여 산침 용액별로 powder 형태로 수집하여 냉동실에 보관하였다.

### 공시재료 제조

Gelatin의 이화학적 특성 검사를 위한 공시재료로 동결건조된 gelatin powder를 7%(w/w) 수용액으로 만들어 사용하였다.

### Gelatin의 이화학적 특성 검사

#### 1) 겔 강도 측정

색도 실험을 위해 제조된 gelatin sample을 0°C에서 Rheometer(NER-2002, Fudoh, Japan)를 이용하여 측정하였다. 시료를 2회 찢어 측정하여 만드는 curve를 岡部巍(1979)의 방법에 의하여 분석 계산하여 각 처리구의 겔 강도(hardness), 응집성(cohesiveness), 탄력성(elasticity), 부서짐성(brittleness) 등을 조사하였다. 이때의 조건은 maximum load: 2 kg, stroke: 10, chart speed: 15 mm/min, table speed: 60 mm/min, 시료높이: 25 mm, adapter No.6(직경 6 mm), 침입거리: 11 mm로 하였다.

#### 2) Gelatin Sol의 Shear Stress 측정

Gelatin의 겔보기 점도 측정은 동결건조한 gelatin powder를 이용하여 7%(w/w) 수용액으로 재 제조하여 점도 측정에 사용하였다. 겔보기 점도는 회전식 점도계(VISCO STAR-L, J. P. SELECTA, Spain)를 사용하였다. 이때 spindle의 회전수는 각각 10, 20, 30, 50, 100, 그리고 200 rpm으로 하여 이때 나타나는 전단속도(shear rate, 1/s)에 따른 전단응력(shear stress, Pa)의 관계를 산출하였다. 또한 온도에 따른 gelatin 점도의 변화를 알아보기 위해서 시료의 온도를 35°C, 45°C, 55°C로 고정 후 각각의 점도를 측정하였다.

#### 3) Color 측정

색도 측정시 사용 할 시료는 동결건조된 gelatin을 7% (w/w)용액으로 40°C에서 stirring하여 sol화시킨 후 직경 7 cm의 polyvinyl casing에 넣어 0°C에서 냉각하여 gel화 한 후 사용하였다. 색도를 측정하는 과정에서 시료 온도를 일정하게 유지시키기 위해 sample의 표면을 0°C로 유지시키면서 Color Meter(Chroma, CR 210, Minolta, Japan)를 사용하여 명도(Whiteness)를 나타내는 L-값, 적색도(Redness)를 나타내는 a-값, 황색도(Yellowness)를 나타내는 b-값을 관찰하였다. 이때의 표준색은 L-값은 97.83, a-값은 -0.43, b-값이 +1.98인 calibration plate를 사용하였다.

#### 4) Hydroxyproline 함량 측정

Hydroxyproline은 식품내의 collagen 함량을 알 수 있는 지표 아미노산 잔기로 본 실험에서는 Spectrometer(Kontron Uvikon 860)를 이용하였다. 돈피내 단백질 정량은 AOAC

(1990)법에 따라 측정하였고 hydroxyproline 함량은 Arneht and Hamm(1970)과 독일식품검사규격(Lebensmittel Mitteilung, 1970)에 따라서 측정하였다. 먼저 시료 4 g을 채취하여 homogenizing 시킨 후 250 mL round flask에 30 mL HCl(6.0 mol/L)을 비등석과 함께 넣어서 120°C에서 8 시간 가열하였다. 500 mL mass flask에 준비된 증류수로 희석하면서 채웠고 이때 에테르 5 mL을 넣어 상층의 지방을 제거한 후 500 mL mass-up시켰다. 가수분해 용액 1 mL 취해서 100 mL mass-flask에 희석시킨 후 여기서 용액 4 mL를 채취하여 16 mL culture tube (Pyrex, 16×250 mm)에 2 mL chloramine-T 용액을 함께 넣어 반응시켰다. 20±2°C water bath에서 20 min 교반시킨 후 2 mL color solution(발색제)을 넣고 60°C water bath에서 15 min 반응시켰다. 반응액을 냉각수에 넣어서 3 min 이상 cooling시킨 후 30 min 방냉 후 558 nm wave length에서 흡광도를 측정하였다. 먼저 실험을 통해 작성된 일정한 hydroxyproline을 나타내는 calibration curve(Fig. 1)와 비교하여 함량을 산출하였다.

#### 통계처리

각 측정치의 결과분석은 다음과 같이 실시하였다. SAS (Statistics Analytical System, USA, 1989-1996) 프로그램(Ver. 6.12)을 사용하여 Duncan의 multiple range test에 의하여 평균치간의 유의성을 검증하였다.

## 결과 및 고찰

#### Gelatin의 물성 변화

Gelatin의 품질중 겔 강도(gel strength)는 소비자들 gelatin을 이용할 때 가장 직접적으로 품질을 평가하는 요소이다. 산처리 후 추출한 gelatin의 물리적 특징은 Fig. 2와 3에 각

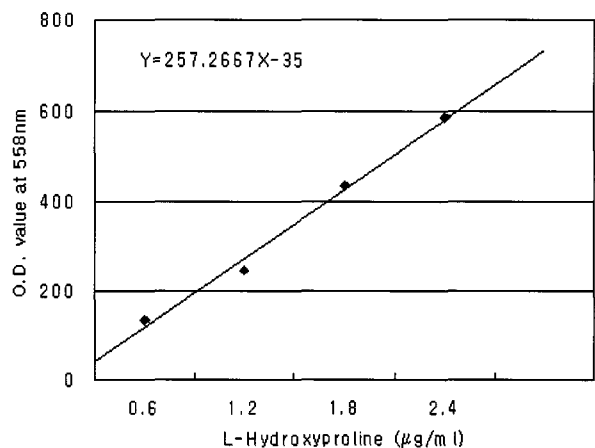


Fig. 1. Calibration curve of O.D. ver hydroxyproline concentration measured at 558 nm.

각 나타내었다. Gelatin gel이 갖는 경도는 citric acid로 산침한 경우 가장 높은 값으로 62.91로 나타났고 가장 낮은 값은 acetic acid로 처리한 경우였다. 그러나 lactic acid와 citric acid로 처리한 gelatin의 정도에는 유의성이 없었다( $p < 0.05$ ). 또한 부서짐성(brittleness)에서도 유사한 결과를 얻었는데 lactic acid를 이용한 산침에서 가장 높았고 acetic acid나 citric acid 간 차이는 발견되지 않았다( $p < 0.05$ ). 겔의 응집성 역시 lactic acid를 이용하여 산침한 경우 0.9902로 가장 높았고 acetic acid와 citric acid로 처리한 gelatin의 응집성에선 차이가 없음을 알 수 있었다. Gelatin gel의 탄력성은 citric acid로 처리한 gelatin이 0.9855로 가장 높았으나 통계검정에서는 산의 종류와 상관없이 5%내에서 유의적인 차이를 발견할 수 없어, 본 실험에서 사용한 유기산을 이용하여 추출한 gelatin gel의 응집성에는 영향을 주지 않는 것으로 나타났다.

**Color의 변화**

Gelatin의 색도는 품질을 평가하는 있어 매우 중요한 요소로 작용하고 있다. 본 실험에서 얻은 gelatin은 유백색에서 황백색에 이르는 탁도가 다양한 결과를 얻었다. Fig. 4~6은 산침 용액에 따라 얻은 최종 gelatin의 색을 L-, a-, b-값으로 나타낸 결과이다. 명도(lightness)를 나타내는 L-값은 citric acid로 추출한 gelatin에서 57.81로 가장 높게 나타났고 acetic acid와 lactic acid 순으로 그 명도는 낮아졌다( $p < 0.05$ ). 적색도(redness)를 나타내는 a-값은 lactic acid와 acetic acid간에는 유의성이 없었으나 상대적으로 citric acid에서 좀더 높게 나타났다. 황색도(yellowness)를 나타내는 b-값은 lactic acid가 높게 나타났으며 acetic acid, citric acid 순으로 낮게 나타나서 lactic acid가 상대적으로 탁도가 높고 명도가 떨어진다는 것을 알 수 있었다. 이와 같이 산의 종류에 따라 명도와 탁도 등이 달라지는 이유는 산에 의해 collagen이 가수분해

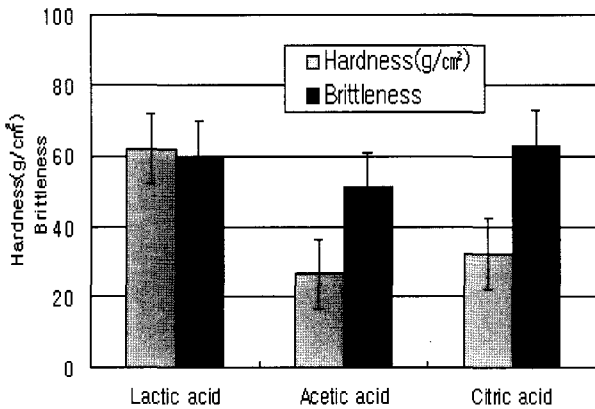


Fig. 2. Changes in hardness and brittleness of the gelatin gel extracted under various acid treatments.

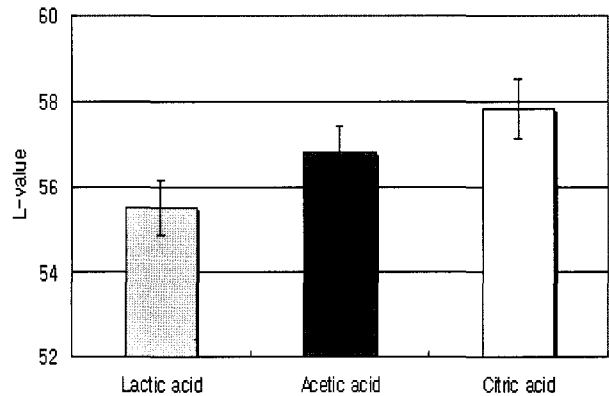


Fig. 4. Changes in L-values of gelatin gel extracted under various acid treatments.

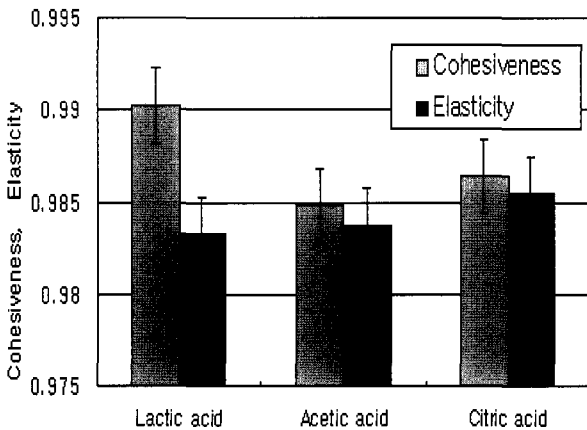


Fig. 3. Changes in cohesiveness and elasticity of gelatin gel extracted under various acid treatments.

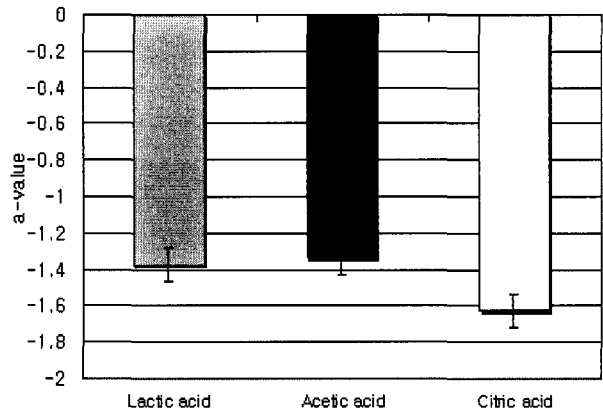


Fig. 5. Changes in a-values of gelatin gel extracted under various acid treatments.

되는 과정에서 단백질의 변성과 구조적인 변화 등에 야기된다는 연구결과(Cole and Roberts; 1997)와 유사하다고 볼 수 있다. 특히 gelatin 추출과정에서 산에 의해 단백질 가수분해가 발생하고 이것에 의해 올리고 펩타이드나 아미노산 등의 용출이 심하게 발생하여 최종 제품에 영향을 주는 것으로 사료된다.

**Gelatin Sol의 Shear Stress 변화**

동결건조한 gelatin powder를 재수화시킨 후 gelatin sol이 갖는 흐름성을 전단력과 전단속도간에 관계로 나타내었다 (Fig. 7~9). 산침시 각 acid 처리에 따라 나타난 gelatin sol은 전단속도와 전단력간의 관계를 다양하게 나타내는데, 외형적으로 나타난 경향은 전단속도가 증가함에 따라 전단력 또한 증가하였고 이는 뉴턴성 유체의 성격을 잘 나타내고 있었다. 이러한 현상은 모든 산처리 시료 gelatin 뿐만 아니라 각각의 측정온도, 35°C, 45°C, 55°C에서도 유사하게 나타났

다. 단 lactic acid로 처리한 gelatin sol의 경우 55°C에서 전단력과 전단속도간 비례관계가 아닌 비뉴턴성 유체의 흐름성을 보여주었고, 특히 가소성 유체의 흐름성을 나타내었다. 온도가 증가함에 따라 전단력과 전단속도의 기울기는 낮아져 gelatin sol이 갖는 절대적 점도는 낮아지는 결과를 나타내었다. 따라서 전단속도와 전단력의 기울기를 산출하였을 경우, 그 기울기는 acetic acid, lactic acid와 citric acid 순으로 높게 나타났다. 따라서 gelatin sol이 뉴턴성 유체라고 할 경우 acetic acid로 산처리한 gelatin의 절대적 점도가 가장 높았고 citric acid로 처리한 gelatin sol의 점도가 가장 낮은 것으로 산출되었다.

**Hydroxyproline 함량 측정**

총단백질중 hydroxyproline 함량을 각각의 산 처리구에 따라 비교해 보면 Fig. 10에서와 같이 acetic acid(0.186 g/100 g sample)로 산침한 시료에서 가장 높은 수치를 나타내며 다

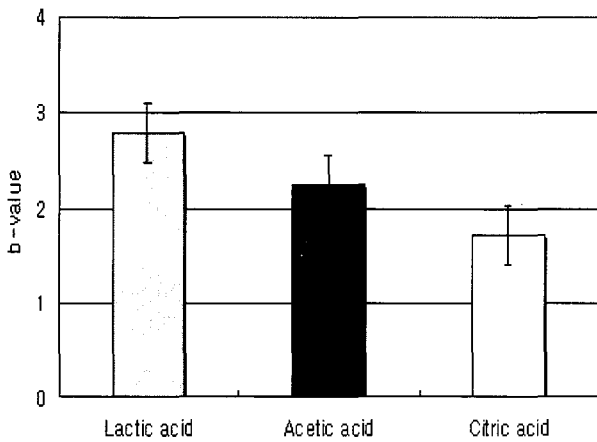


Fig. 6. Changes in b-values of gelatin gel extracted under various acid treatments.

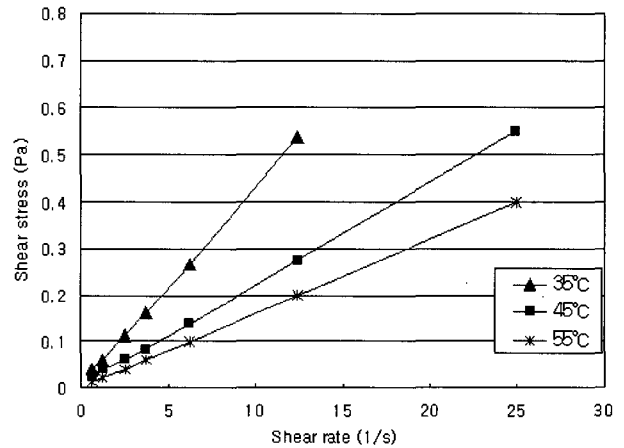


Fig. 8. Changes in shear stress depending on shear rate and temperature for gelatin sol treated by acetic acid.

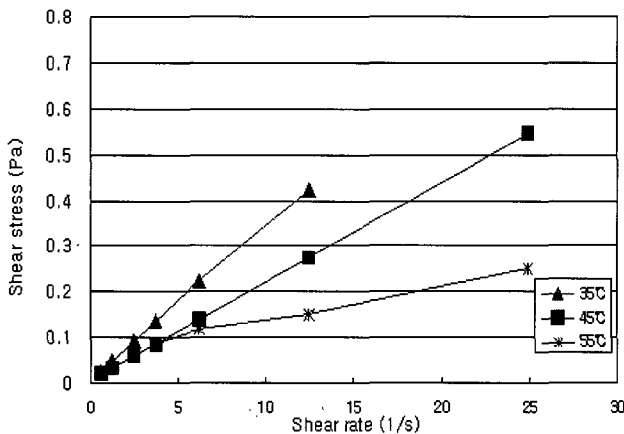


Fig. 7. Changes in shear stress depending on shear rate and temperature for gelatin sol treated by lactic acid.

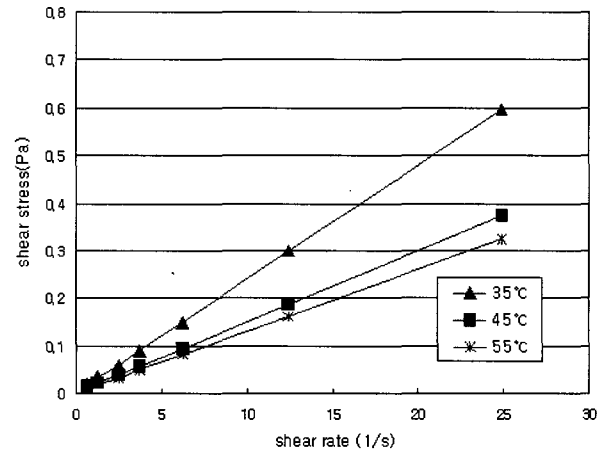


Fig. 9. Changes in shear stress depending on shear rate and temperature for gelatin sol treated by citric acid.

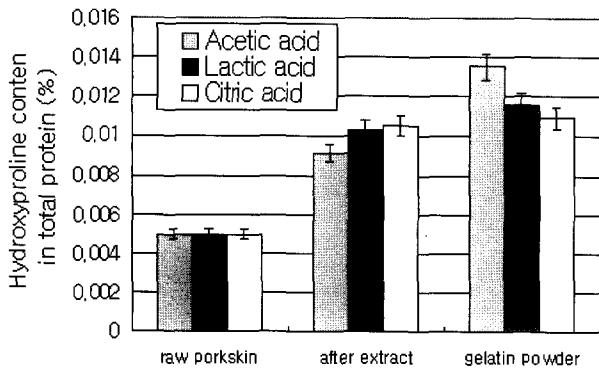


Fig. 10. Changes in hydroxyproline content per crude protein of pork skin and gelatin treated by various acid treatment.

음으로 lactic acid, citric acid 순으로 나타났다. 그러나, sample중 crude protein 함량을 비교하면 acetic acid(68.74%), lactic acid(80.08%)와 citric acid(85.47%)로 나타났다. 이것은 gelatin의 열수 추출시 가장 작게 용출된 acetic acid가 가장 높은 collagenous connective tissue 함량(1.35 g/100 g)을 나타내는 것으로 해석할 수 있었다. 또한 gelatin 처리 단계별로 hydroxyproline의 양을 보면 열수 추출 후의 hydroxyproline 함량과 역전된 것을 알 수 있었다. 즉 열수 추출 후 남은 돈피 내에 hydroxyproline이 가수된 물에 결합하여 gelatin sol의 형태로 빠져나갔다는 것을 알 수 있었다. 즉 추출이 끝난 후 남게 되는 돈피내의 hydroxyproline 함량이 작을수록 sol 상태인 gelatin 속에 더 많은 양의 hydroxyproline이 용출되어 나아갔다는 것을 알 수 있었다. 이러한 결과는 단백질의 용출은 단백질 용출과정에 미치는 요인에 영향을 미친다는 Idson and Braswell(1957)의 이론과 부합하는 것으로 나타났다. 특히 단백질 농도는 pH 및 염의 농도에 따라 좌우된다고 밝힌 Mulvihill and Kinsella(1988)의 연구 내용과 유사하였다. 그러나 본 연구에서는 동일한 농도의 산이라고 하여도 수소이온이 해리된 정도에 따라 pH가 달라짐에 따라 추출의 정도 또한 달라짐을 알 수 있었다. 즉, acetic acid로 추출한 gelatin powder 속에 더 많은 양의 hydroxyproline이 함유되어 높은 O.D. 값을 나타내게 된 것이다. 이로서 acetic acid로 산침시킨 gelatin이 돈피내의 collagenous connective tissue의 분해를 촉진시켜 최종 gelatin powder에 높은 hydroxyproline 함량이 존재하게 한다는 것을 알 수 있었다.

## 요 약

본 연구는 gelatin의 생산공정에서 각종 산 처리가 최종 gelatin의 품질에 어떤 영향을 주는지를 평가함으로써 양질의 gelatin을 생산하는데 기초를 제공하고자 하였다. Gelatin

의 물성은 lactic acid로 처리한 gelatin이 높은 hardness, cohesiveness, brittleness를 나타내었고 다음으로는 citric acid, acetic acid 순으로 나타났다. Gelatin의 색도는 citric acid로 처리한 gelatin이 acetic acid나 lactic acid로 산침한 젤라틴 보다 높은 명도를 나타냈다. a-value는 acetic acid로 산침한 gelatin이 가장 높게 나타났으며 황색도를 나타내는 b-value는 lactic > acetic acid > citric acid 순으로 높게 나타났다. Gelatin의 점도를 측정된 결과 전단속도(shear rate)에 대한 전단응력(shear stress)의 관계는 모두 전단속도가 증가함에 따라 전단응력이 증가하는 Newton성 유체로 판단되었다. 그 기울기는 acetic acid로 산침한 것이 가장 높게 나타났으며 lactic acid, citric acid 순으로 높게 나타났다. Gelatin내의 hydroxyproline 함량을 살펴보면 acetic acid(0.186 g/100 g sample)로 가장 높은 수치를 나타내며 다음으로 lactic acid, citric acid 순으로 나타났다. 그러나, sample중 crude protein 함량을 비교하면 acetic acid(68.74%), lactic acid(80.08%), citric acid(85.47%)로 나타났다. 이것은 gelatin의 열수 추출시 가장 작게 용출된 acetic acid가 가장 높은 collagenous connective tissue 함량(1.35 g/100 g)을 나타내었다.

## 참고문헌

1. AOAC (1990) Official methods of analysis. 16th ed, Association of Official Analytical Chemists, Washington, Washington, DC, Chapter 39, pp. 13-15.
2. Arneht, W. und Hamm, R. (1970) Ueber die Hydroxyproline-bestimmung zur Ermittlung des kollagenen Bindegewebes in Fleisch und Fleischerzeugnissen. *Z. Lebensmittel-Untersuch. u. -Forsch.*, Band 143, Heft 3, 161.
3. Bailey, A. J. and Light, N. D. (1989) Connective tissue in meat and meat products. Elsevier Science Publishers LTD, NY.
4. Cole, C. G. B. and Roberts, J. J. (1997) Gelatine colour measurement. *Meat Science* 45, 23-31.
5. Divakaran, S. (1984) Handbook of mammalian collagen and gelatin. *Biochemistry* 61, 589-585.
6. Idson, B. and Braswell, E. (1975) Gelatin. *Advanced in Food Research* 7, 235-246, 280-285.
7. Jones, K. W. (1984) Collagen properties in processed meats. Proc. Meat ind. Res. Conference, American Meat Institute, Washington, DC, pp. 18-28.
8. Lebensmittel Mitteilung (1970). Ueber die hydroxyprolinbestimmung zur Ermittlung des kollagenen Bindegewebes in Fleisch und Fleischerzeugnissen. *Z. Lebensmittel-*

- Untersuch. u. -Forsch.*, Band 143, Heft 3, 161-166.
9. McCormick, R. J. (1994) Structure and properties of tissues. In: Muscle foods, meat poultry and seafood technology. Kinsman, D. M. Kotula, A. W., and Breidenstein, B. C. (eds.), Chapman and Hall, NY, pp. 25-62.
  10. Mulvihill, D. M. and Kinsella, J. E. (1988) Gelation of  $\beta$ -lactoglobulin: Effects of sodium chloride and calcium chloride on the rheological and structural properties of gels. *J. Food Sci.* 53, 231-236.
  11. Osburn, W. N. (1996) Improving the functionality of recovered tissue protein. Ph. D. Dissertation. University of Nebraska, Lincoln, NE.
  12. Poppe, J. (1992) Gelatin. In: Thickening and gelling agents for food. Imeson, A. (ed.), Blackie Academic and Professional, Glasgow, UK, pp. 98-123.
  13. Ramachandran, G. N. and Ramakrishnan, C. (1976) Molecular structure. In: Biochemistry of collagen. Ramachandran, G. N. and Reddi, A. H. (eds.), Plenum Press, NY, pp. 45-84.
  14. SAS (1991) SAS/STAT Software for PC. Release 6.12, SAS institute Inc., Cary, NC, USA.
  15. Stainsby, G. (1987) Gelatin gels. In: Advances in meat research. Volume 4, Collagen as a food, Pearson, A. M., Dutson, T. R., and Bailey, A. J. (eds.), Van Nostrand Reinhold Company, NY, pp. 209-222.
  16. Weiss, J. B. and Ayad, S. (1982) An introduction to collagen. In: Collagen in health and disease. Weiss, J. B. and Jayson, M. I. V. (eds.), Ch 1, Churchill Livingstone, NY, pp. 1-17.
  17. 岡部巍 (1979) 日本食品工業. Vol. 22, No. 24.

---

(2004. 7. 13. 접수 ; 2004. 9. 15. 채택)