

## 경도가 동일한 한천 및 젤라틴 젤의 이화학적 특성 비교

류지나 · 정준호 · 이수용 · 고상훈\*  
세종대학교 식품공학과

### Comparison of Physicochemical Properties of Agar and Gelatin Gel with Uniform Hardness

Jina Ryu, Junho Jung, Suyong Lee, and Sanghoon Ko\*

Department of Food Science and Technology, Sejong University

#### Abstract

In this study, the physicochemical properties of gelatin and agar gels with similar hardness were compared in order to determine the potential of agar-based gelatin substitute. Gel was prepared by adding 60 g sugar to 150 mL distilled water and subsequently gelatin or agar was added. Gelatin and agar concentrations used were 12 and 2 g/mL, respectively, for uniform hardness. Gelatin and agar gels showed no significant hardness values which were 22.36 and 22.80, respectively. The pH values of gelatin and agar gels formed were 8.17 and 7.05, respectively. Agar gel (14.13°Bx) was slightly higher in sugar content than gelatin gel (12.97°Bx). The brightness of gelatin gel surface was brighter than that of agar gel surface. The adhesiveness, cohesiveness and chewiness of gelatin gel were higher than those of agar gel. Gelatin showed 100% water holding capacity while agar gel possessed relatively low water holding capacity (98.57%) which was likely due to the low concentration of agar for gel preparation compared to the gelatin gel. The stress relaxation time of agar gel was 2.54 s whereas that of gelatin gel was not measurable due to long time constraint. In conclusion, this study is useful in the development of agar-based gelatin substitutes which are preferred for low-calorie and vegetarian food products.

**Key words:** gelatin gel, agar gel, texture, physicochemical properties

## 서 론

비만은 고혈압, 심장병, 당뇨병, 심근경색, 뇌출혈 등 만성질환의 주요 원인으로 식품을 통한 열량섭취의 조절과 적절한 운동을 통하여 비만을 예방하는 것이 최선의 방법으로 알려져 있다(Schutz, 1995; Rhee, 2010). 식품을 통한 열량 섭취를 감소시키기 위하여 식품제조업체들은 설탕, 포화지방 등을 대체한 무설탕, 무지방, 무열량 식품에 대한 연구를 진행해오고 있다(Rhee, 2010). 당과 지방을 대체할 수 있는 식품원료에 대한 연구의 예로 잼에 첨가되는 설탕을 당알콜로 대체(Park, 2007), 스폰지케이크의 버터를 분리유청단백질로 대체(Kim, 2010), 햄버거 패티의 우지방을 난백분말과 식물성 유지로 대체(Park et al., 2005), 쇼트닝을 올리브유로 대체(Lim et al., 2004) 등이 보고되고 있다.

하지만 대체 원료를 이용하여 개발된 식품은 본래의 식품과 상이한 질감과 물성을 갖는 경우가 많은데, 대체 원료의 물성에 대한 정확한 이해를 통하여 동등한 질감의 제품으로 식품을 개발하려는 시도가 주목을 받고 있다.

젤라틴은 동물의 결합 조직을 구성하고 있는 주요 단백질인 콜라겐을 가열한 후 산과 염기로 가수분해시켜 용출시킨 것으로 가역적인 열특성을 보인다. 젤라틴을 응고시킨 젤라틴젤은 용융점이 37°C로 사람의 체온에서 쉽게 녹아 부드러운 질감을 나타내는 소화성 원료로 100 g 당 350-450 kcal의 열량을 갖는다(Stevens, 2009). 젤라틴은 젤리, 과자, 푸딩 등 식품의 주원료 및 부원료로 많이 사용되는데(Bourne, 2002) 최근 젤라틴 대체를 통한 저열량 식품에 대한 관심이 증가하고 있다. 또한 채식주의자나 종교적 이유로 동물성 단백질인 젤라틴에 거부감을 지닌 사람들을 위한 젤라틴 대체 식품에 관한 연구도 주목을 받고 있다. 젤라틴을 대체할 수 있는 물질로는 펙틴, 변성 전분, 밀가루, 젤란검, 카라기난, 한천 등이 보고되고 있다(Karim & Bhat, 2008).

한천은 해조류인 우뚝가사리에서 추출된 것으로 40°C 이하의 온도에서는 단단하고 깨지기 쉬운 젤을 형성하고

\*Corresponding author: Sanghoon Ko, Department of Food Science and Technology, Sejong University, Seoul 143-747, Korea  
Tel: +82-2-3408-3260; Fax: +82-2-3408-4319  
E-mail: sanghoonko@sejong.ac.kr  
Received July 11, 2011; revised February 1, 2012; accepted February 2, 2012

85°C 이상의 온도에서 용융하는 특성을 보인다. 한천은 다당류인 아가로오스와 적은 양의 아밀로펙틴으로 구성되어 있으며(Imeson, 2009) 식이섬유나 저열량 식품 소재로 많이 이용되고 있다(Do et al., 1998). 한천은 우제류에서 추출한 젤라틴에 대하여 소비자가 갖는 거부감을 해소할 수 있으며 저열량, 고식이섬유 식품 소재로 비만이 문제시 되고 있는 현대 사회에 지방 및 단백질 대체제로서 높은 가능성을 인정받고 있다.

기존의 식품 원료를 대체할 시에는 식품의 색, 모양, 광택 등의 외관과 향, 맛, 질감, 영양 등을 고려하여 본래의 식품 특성 중 우수한 측면은 유지하면서 부족한 점을 보완하여야 한다. 이 중 질감은 사람의 촉각뿐만 아니라 청각에도 영향을 미치는 식품의 품질과 종류를 결정 짓는 중요한 요소 중의 하나이다. 식품의 원료 대체 시 동등한 질감을 구현하는 것은 매우 중요한데, 기존 원료와 대체할 원료를 이용한 식품의 질감 동등성은 대체 원료의 적합성을 판단할 수 있는 중요한 특성이다. 대체 원료를 이용한 동등한 질감의 구현은 원료들의 물성에 대한 정확한 이해를 통하여 실현될 수 있는데, 예를 들어 질감의 동등성을 부여하기 위하여 경도를 같게 하였을 때 다른 질감의 지표들 간의 유사성과 상의함을 밝혀 내는 것이 중요하다. 식품의 질감을 측정하는 대표적인 방법에는 식품을 두 번 씹는 행동을 모방하여 부서짐성, 경도, 부착성, 응집성, 탄성, 점착성, 씹힘성, 복원성 등 전반적인 물리적 특성을 측정할 수 있는 texture profile analysis와 일정한 변형을 주었을 때 식품의 힘을 측정하는 응력완화(stress relaxation) 시험과 일정한 힘에 따른 변형률을 측정하는 creep and recovery test가 있다(Bourne, 2002). 이들과 같은 기기측정 방법들은 식품의 질감 및 물성적 특성을 객관적으로 정량화하여 표현할 수 있는 장점이 있으며 관능검사의 결과와도 높은 상관도를 보인다. 질감을 표현하는 요소 중 하나인 경도는 영구 변형에 대한 재료의 저항으로 질감을 나타내는 기본적인 특성이자 다른 특성에 영향을 미치는 가장 중요한 특성이다(Strait, 1997). 특히 젤의 경도는 젤화제 이외의 다른 부재료 첨가량에 많은 영향을 받으므로 동일한 경도에서 이화학적 특성을 비교하면 젤화제의 특성 뿐만 아니라 부재료의 첨가에 따른 영향을 예측하는데 도움이 될 것이다(Jin et al., 2010).

본 연구의 목표는 젤라틴 및 한천을 원료로 동일한 경도의 젤을 만들고 제조된 젤의 질감 및 이화학적 특성을 비교하고 이를 바탕으로 한천으로 젤라틴을 대체 시 나타날 수 있는 질감 및 물성 차이를 연구하는 것이다.

## 재료 및 방법

### 젤라틴 젤 및 한천 젤 제조

젤라틴과 한천 젤 제조를 위하여 Kim et al.(2010)의 연

구결과를 참조하였으며, 젤라틴(Ewald Gelatine GmbH, Gelatine Sheet, Bad Sobernheim, Germany) 또는 한천((주) 바이오폴리텍, 한천분말, 청원, 한국)을 물 150 g과 혼합한 후 정백당(CJ제일제당(주), 백설탕, Incheon, Korea) 60 g을 첨가하였다. 경도가 동일한 젤 제조를 위하여 사전 실험을 통하여 젤라틴과 한천의 농도를 결정하였으며 이때 각각 젤라틴 12 g, 한천 2 g을 사용하였다. 혼합된 재료를 증탕하여 용해시킨 후 수분 50 g이 증발할 때까지 증탕을 지속하였다. 젤의 응고를 위하여 농축된 시료를 성형기(265×95 mm)에 넣고 상온에서 1 시간 방냉한 후 4°C에서 냉장 보관하였다.

### pH 측정

제조된 젤 5 g을 10 분간 80°C에서 증탕하여 액화시킨 후 pH meter(PH-200L, (주)이스텍, Seoul, Korea)를 사용하여 3 회 반복 측정하였다.

### 당도 측정

제조된 젤 5 g을 증류수 10 mL에 넣고 10 분간 증탕하여 용해시킨 후 당도계(RHB-32ATC, Huake Instrument Co., Ltd., Ningbo, China)를 사용하여 3 회 반복 측정하였다. 당도의 대조군은 증류수 100 mL에 정백당 60 g을 녹인 시료이며, 대조군의 당도 측정 시 시료 5 g을 증류수 10 mL과 혼합하여 사용하였다.

### 색도 측정

제조된 젤을 높이 15 mm, 지름 30 mm 모양으로 절단한 후 색차계(CR-300, Minolta Co. Ltd., Osaka, Japan)를 이용하여 3 회 반복 측정하였다. 색도는 Hunter 체계로 L(명도), a(적색도), b(황색도) 값으로 나타내었다.

### 질감 분석(Texture profile analysis)

젤라틴젤과 한천젤의 질감 분석을 위하여 texture analyzer(100N load cell, TMS-PRO, Food Technology Co., Sterling, VA, USA)를 사용하여 경도(hardness), 부착성(adhesiveness), 응집성(cohesiveness), 탄성(springiness), 씹힘성(chewiness), 복원성(resilience) 등을 측정하였다. 제조된 젤은 높이 15 mm, 지름 30 mm 크기로 절단한 후 texture analyzer 위에 놓고 probe를 2 회 시료방향으로 반복 운동시켜 실험하였다. TPA에 이용된 probe는 지름 50 mm의 parallel plate 이고, 시료까지 50 mm/min의 속도로 이동하였다. TPA는 3 회 반복 측정하였다(Supavititpatana et al., 2008).

### 보수력 측정

제조된 젤 5 g을 취하여 25°C 원심분리기에서 8,000 rpm으로 15 분 동안 원심분리를 한 후 상층액과 침전된 시료의 무게를 측정하여 아래의 식을 이용하여 계산하였다. 보수력은 3 회 반복 측정하였다(Lee et al., 2003).

**Table 1.** Texture of gelatin and agar gel.

Texture Material	Gelatin gel	Agar gel
Hardness (N)	22.36 <sup>a</sup>	22.80 <sup>a</sup>
Adhesiveness (J)	2.49 <sup>a</sup>	0.92 <sup>b</sup>
Cohesiveness	0.93 <sup>a</sup>	0.23 <sup>b</sup>
Springiness	1.26 <sup>a</sup>	0.78 <sup>a</sup>
Chewiness	26.36 <sup>a</sup>	4.35 <sup>b</sup>

a and b superscripts mean that values in each column are significantly different ( $p < 0.05$ ) by Duncan's multiple range test.

$$\text{보수력(\%)} = \frac{\text{시료무게(g)} - \text{상층액(g)}}{\text{시료무게(g)}} \times 100$$

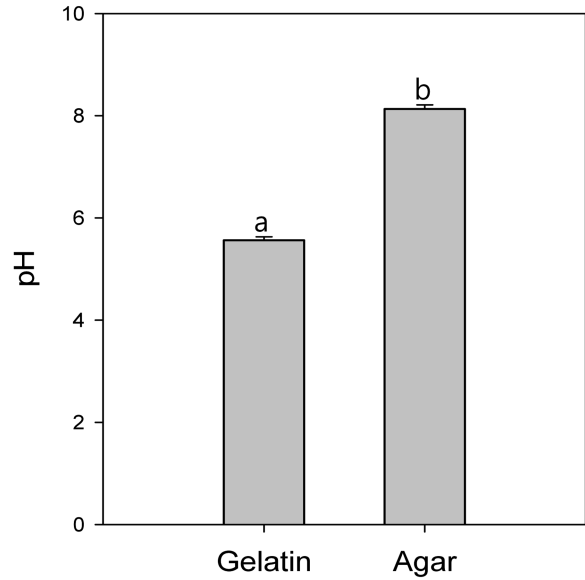
**응력완화(stress relaxation) 측정**

젤라틴젤과 한천젤의 응력완화현상을 측정하기 위해 texture analyzer(100 Load cell, TMS-PRO, Food Technology Co., Sterling, VA, USA)를 이용하였다. 제조된 젤을 지름 30 mm, 높이 15 mm의 형태로 절단한 후 texture analyzer의 시료대에 올려 놓고 지름 50 mm의 parallel plate probe를 사용하여 측정하였다. 10 N Load cell을 이용하여 수직방향으로 시료의 5 mm 까지 50 mm/min의 속도로 변형을 준 후 응력완화특성을 측정하였다(Kim & Rhee, 1985).

**결과 및 고찰**

**질감**

한천과 젤라틴으로 만든 젤의 질감을 측정한 결과는 Table 1에 나타나있다. 젤라틴과 한천 젤의 경도는 각각 22.36, 22.80 N으로 제조 원료의 성분을 조절하여 동일한 경도의 젤을 성공적으로 제조하였다. 응집성, 부착성, 씹힘성은 젤라틴젤이 한천젤보다 유의적으로 높은 값을 나타내었지만 탄성의 경우 유의적 차이가 없었다. 동일한 경도를 구현하기 위해 필요한 젤화제의 양은 젤라틴이 한천에 비해 약 6 배 가량 많았는데 한천 젤과 젤라틴 젤의 구조를 붕괴시키는데 필요한 힘과 에너지 동일하게 하기 위해 사용되는 젤화제의 양을 비교했을 때 젤라틴의 양이 한천보다 더 많이 필요하다는 이전의 연구결과와 유사한 결과를 보였다(Moritaka & Naito, 2002). 본 연구결과에서 젤라틴의 응집성, 부착성, 씹힘성이 한천보다 높은 값을 나타내었는데, 이 결과는 카라기난과 한천으로 제조한 젤의 물리적 특성을 비교한 연구에서 카라기난의 함량이 줄어들고 한천의 함량이 많아질수록 응집성, 씹힘성, 탄성이 감소하는 경향을 보였다는 결과와 유사한 양상을 보였다(Kang, 2004). 또한 젤라틴의 첨가량에 따른 콘밀크(corn milk)의 특성을 비교한 연구에서는 젤라틴의 함량이 많아질수록 부착성, 탄성이 증가하는 경향을 보였다는 연구와 비슷한 결과를



**Fig. 1.** The pH of gelatin or agar gels. (Superscripts, a and b, mean that values in each bar are significantly different ( $p < 0.05$ ) by Duncan's multiple range test.)

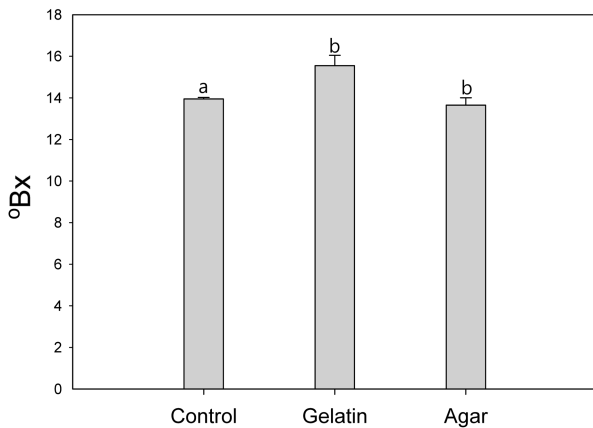
보였다(Supavitpatana et al., 2008).

**pH**

젤라틴과 한천으로 만든 젤의 pH를 측정한 결과는 Fig. 1와 같다. 젤라틴과 한천 젤의 pH는 각각 5.56, 8.13으로 젤라틴 젤은 약산성, 한천은 약염기성으로 유의적 차이를 보였다. 젤라틴 젤의 경우 Kim et al.(2010)와 Kim & Rho (2011)의 연구에서 부재료를 첨가하지 않은 젤라틴젤의 pH는 각각 5.11, 5.58라고 보고하였는데, 이는 본 실험 결과와 유사하였으며 한천젤의 경우 Do et al.(1998)의 보고에 따르면 우뭇가사리로부터 한천 추출을 위해 처리해주는 수산화나트륨의 농도(0-8%)에 따라 pH가 6.85-8.11이 pH가 높을수록 젤 강도가 증가한다고 보고하였는데 pH 8.13인 본 연구의 결과와 수산화나트륨 8%로 처리하여 추출했을 때의 pH와 비슷한 결과를 보였다.

**당도**

젤라틴과 한천으로 만든 젤의 당도를 측정한 결과는 Fig. 2와 같다. 정백당 수용액인 대조군의 당도 13.95°Bx, 젤라틴 젤의 당도 14.43°Bx, 한천 젤의 당도는 13.65°Bx로 대조군과 한천 젤의 당도는 유의적 차이가 없었으나 젤라틴 젤의 당도와 비교하여 유의적으로 낮았다. 두 시료에 첨가한 당의 농도는 젤라틴 젤, 한천 젤이 각각 32.97, 37.04%로 한천 젤이 더 높은 반면 당도는 젤라틴 젤이 더 높은 결과를 보였다. 당도는 가용성 고형분의 굴절률을 측정하는 원리를 사용하기 때문에 젤라틴과 한천 또한 굴절



**Fig. 2.** Brix degree (°Bx) of gelatin or agar gel. (Superscripts, a and b, mean that values in each bar are significantly different ( $p < 0.05$ ) by Duncan's multiple range test.)

**Table 2.** Hunter's color value of gelatin and agar gels.

	L	a	b
Gelatin	54.56 <sup>a</sup>	-1.02 <sup>b</sup>	4.94 <sup>a</sup>
Agar	50.70 <sup>b</sup>	-0.30 <sup>a</sup>	6.02 <sup>b</sup>

a and b superscripts mean that values in each column are significantly different ( $p < 0.05$ ) by Duncan's multiple range test.

를 가져 당도 측정 시에 영향을 끼칠 수 있다. 본 연구에서 젤라틴은 4°Bx, 한천은 0.3°Bx로 겔화제의 굴절률이 당도 측정에 영향을 미쳐 젤라틴 젤의 당도가 한천 젤, 대조군과 비교하여 유의적으로 높았다고 사료된다.

**색도**

제조된 젤의 색도를 측정한 결과는 Table 2에 나타나있다. 색의 밝기를 나타내는 L값은 젤라틴 젤은 54.56, 한천 젤은 50.7으로 젤라틴 젤이 더 밝은 색을 나타내었으며 적색도를 나타내는 a값은 각각 -1.02, -0.30이고 황색도를 나타내는 b값은 4.94, 6.02로 두 시료 모두 연한 황색계통으로 젤라틴 젤은 맑은 황색, 한천 젤은 혼탁한 황색으로 각 L, a, b가 유의적 차이를 보였다. Yeom et al.(2004)이 보고한 돈피 젤라틴의 이화학적 특성에 관한 연구에서 젤라틴 젤의 색도를 측정한 결과 L값은 55-58, a값은 -1.2--1.6, b값은 1.5-3으로 a값과 b값은 본 연구와 비슷한 값을 보였다. 한천 젤의 경우 Park & Cho(1998)의 연구에서 한천의 농도가 높아질수록 L, a, b가 감소하는 경향을 보였는데, 본 연구에서 한천은 백색도에 영향을 주요하게 부여하였다고 판단된다.

**보수력**

제조된 젤의 보수력을 측정한 결과는 Table 3에 나타나

**Table 3.** Water holding capacity of the gels prepared with gelatin and agar.

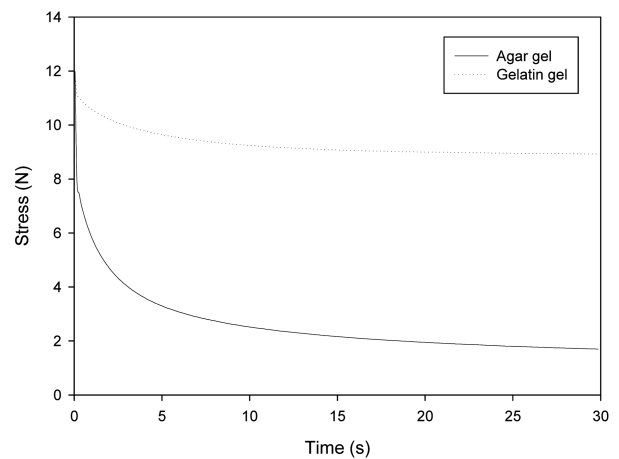
	Gelatin gel	Agar gel
Water holding capacity (%)	100 <sup>a</sup>	98.57 <sup>b</sup>

a and b superscripts mean that values in each column are significantly different ( $p < 0.05$ ) by Duncan's multiple range test.

있다. 젤라틴과 한천 젤의 보수력은 각각 100, 98.57%로 유의적 차이를 보였다. Kim et al.(1988)의 연구에서 해조 가공품인 미역, 다시마, 톳 김, 파래, 한천의 보수력을 비교했을 때 한천의 보수력이 비교적 높은 결과를 보였다. 본 연구에서는 한천의 첨가량이 젤라틴에 비해 현저히 적기 때문에 젤라틴 젤과 비교하여 낮은 보수력을 보였다고 사료된다. 하지만 한천의 양을 젤라틴과 대등하게 사용하여 젤을 제조하면 높은 보수력을 보일 것으로 예상된다.

**응력완화**

젤라틴과 한천 젤의 응력완화를 측정한 결과는 Fig. 3과 같다. 본 연구에서는 5 초 후 한천 젤과 젤라틴 젤의 응력은 각각 3.3, 9.5 N 이었으며 각각 5 초, 1 초 동안에 급격히 응력이 감소된 후 서서히 완화되었으며, 한천 젤의 응력은 초기에 매우 급격히 감소하여 완화시간이 2.54 초로 단시간에 시료의 36.8%만큼 변형되었으나 젤라틴 젤은 초기의 응력 감소가 한천 젤에 비해 매우 적어 완화시간을 측정하는데 제약이 있었다. 응력완화시험은 고형 식품의 점탄성을 측정하는 기계적 방법 중 하나로 응력완화곡선은 응력이 급격히 감소하는 직선 구간, 응력이 감소하는 속도가 점차 줄어드는 곡선구간과 응력의 감소속도가 매우 적어 평행에 점점 가까워지는 구간으로 나눌 수 있다(Tiwari & Bhattacharya, 2011). Tiwari & Bhattacharya(2011)의 연구에서 한천 젤의 응력완화곡선은 초기에 급격히 감소하고 점차 감소하는 속도가 줄어드는 곡선을 보였으며 본 연구



**Fig. 3.** Stress relaxation curve of gelatin and agar gels.

도 비슷한 결과를 보였다. 본 응력완화실험에서는 TPA 실험의 탄성항목에서 던컨 검증(Duncan test)으로 유의적 차이가 없었던 젤라틴과 한천 젤의 탄성적 성질의 차이를 알 수 있었으며 젤라틴 젤의 탄성적 성질이 한천 젤보다 크다는 것을 알 수 있었다.

#### 한천 및 젤라틴 젤의 이화학적 특성의 종합적 비교

동일한 경도를 발현하기 위해서는 젤라틴 젤이 한천 젤보다 6 배 정도 많은 양이 필요하며 젤라틴의 응집성, 부착성, 씹힘성과 탄성적 성질이 한천 젤에 비해 더 크며 pH는 젤라틴은 약산성, 한천은 약염기성을 보인다. 또한 당도는 각 젤화제의 영향으로 젤라틴이 한천보다 높은 당도를 보이며 젤라틴은 맑은 황색, 한천은 혼탁한 황색을 나타내었다.

## 요 약

최근 비만의 증가로 식품 산업계에서는 열량이 없거나 적은 원료로 고열량의 원료를 대체하려는 시도를 하고 있다. 본 연구에서는 젤라틴과 한천을 원료로 동일한 경도의 젤을 만들고 이들의 이화학적 특성을 비교하였다. 동일한 경도를 갖는 젤의 제조를 위하여 물 150 g에 정백당 60 g과 각각 젤라틴 12 g, 한천 2 g을 첨가하여 물 50 g이 증발할 때까지 증탕하여 성형, 냉각한 후 젤을 제조하였다. 경도는 젤라틴과 한천 젤 각각 22.36, 22.80으로 동등하게 제조하였으며, 이 때 응집성, 부착성, 씹힘성 등은 젤라틴 젤이 더 높았다. 제조된 한천 젤과 젤라틴 젤의 pH는 각각 8.17, 7.05였으며, 당도는 각각 12.97, 14.43°Bx를 나타내었다. 응력완화를 측정된 결과 5 초 후 한천과 젤라틴 젤의 응력은 각각 3.3, 9.5 N 이었으며 각각 5 초, 1 초 동안에 급격히 응력이 감소된 후 서서히 완화되었으며 응력완화시간은 한천 젤은 2.54 초였고 젤라틴 젤은 측정이 불가능 하였다. 보수력은 한천과 젤라틴 젤이 각각 98.83, 100%였으며 이는 사용된 한천의 농도가 낮기 때문인 것으로 생각된다. 본 연구 결과는 젤라틴 대체 시 경도를 동일하게 하였을 경우 질감을 비롯한 다른 요소들이 어떻게 영향을 주는지를 판단하는데 도움이 될 것으로 사료된다.

## 감사의 글

본 연구는 농림수산식품부 농림기술개발사업(관리번호-20083061)의 지원에 의해 이루어진 것으로 이에 감사드립니다.

## 참고문헌

- Bourne M. 2002. Food Texture and Viscosity: Concept and Measurement. Academic Press, London, UK, pp.2-4
- Do JR, Park JH, Jo KS. 1998. A manufacturing technique of agar with strong gelling ability from *Gelidium amansii*. J. Korean Fish. Soc. 31: 673-676.
- Imeson A. 2009. Food Stabilisers, Thickeners and Gelling Agents. John Wiley and Sons. Ames, USA, pp. 31-49.
- Jin TY, Quan WR, Wang MH. 2010. Manufacturing characteristics and physicochemical component analysis of *Bokbunja* (*Rubus coreanus miquel*) jelly. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 39: 554-559.
- Kang MH. 2004. Sensory evaluation and mechanical properties of jellies made by adding different jelling agent ratio in *Spyjeondaebo* extracts. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 33: 1685-1688.
- Karim AA, Bhat R. 2008. Gelatin alternatives for the food industry: recent developments, challenges and prospects. Trends Food Sci. Tech. 19: 644-656.
- Kim AJ, Rho JO. 2011. The quality characteristics of jelly added with black garlic concentrate. Korean J. Hum. Ecol. 20: 467-473.
- Kim CH. 2010. Quality characteristics of low-fat butter sponge cakes prepared with whey protein isolate. Korean J. Food Sci. Technol. 42: 165-174.
- Kim KH, Lee KH, Kim SH, Kim NY, Yook HS. 2010. Quality characteristics of jelly prepared with flowering cherry (*purmus serrulata* L. var. *spontanea* Max. wils.) fruit powder. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 39: 110-115.
- Kim SH, Park HY, Park WK. 1988. Determination and physical properties of dietary fiber in seaweed products. J. Korean Soc. Food Nutr. 17: 320-325.
- Kim YA, Rhee HS. 1985. Theological properties of acorn flour gels by stress relaxation test. Korean J. Soc. Food Sci. 1: 53-56.
- Lee KY, Shim J, Bae IY, Cha J, Park CS, Lee HG. 2003. Characterization of gellan/gelatin mixed solutions and gels. Lebensm. Wiss. Technol. 36: 795-802.
- Lim SH, Kim SY, Lee NW, Lee CH, Lee Sk. 2004. Rheological properties of the wheat flour dough with olive oil. Korean J. Food Sci. Technol. 36: 749-753.
- Moritaka H, Naito S. 2002. Agar and gelatin gel flavor release. J. Texture Stud. 33: 201-214.
- Park GS, Cho JW. 1998. The effects of addition of agar on the texture characteristics of peach jelly. Korean J. Food Nutr. 11: 61-67.
- Park JC, Jeong JY, Lee ES, Choi JH, Choi YS, Yu LH, Paik HD, Kim CJ. 2005. Effects of replaced plant oils on the quality properties in low-fat hamburger patties. Korean J. Food Sci. Technol. 37: 412-417.
- Park MK. 2007. Quality characteristics of strawberry jam containing sugar alcohols. Korean J. Food Sci. Technol. 39: 44-49.
- Rhee SK. 2010. Trends in market for sugarless, low calorie foods and ingredients for reducing the obesity incidence. J. Korean Prof. Eng. Assoc. 43: 50-53.
- Schutz Y. 1995. Macronutrients and energy balance in obesity.

- Metabolis. 44: 7-11.
- Stevens P. 2009. Food Stabilisers, Thickeners and Gelling Agents. John Wiley and Sons. Ames, USA, pp. 116-144.
- Strait SG. 1997. Tooth use and the physical properties of food. *Evol. Anthropol.* 5: 199-211.
- Supavititpatana P, Wirjantoro TI, Apichartsrangkoon A, Raviyan P. 2008. Addition of gelatin enhanced gelation of corn-milk yogurt. *Food Chem.* 106: 211-216.
- Tiwari S, Bhattacharya S. 2011. Aeration of model gels: Rheological characteristics of gellan and agar gels. *J. Food Eng.* (In Press).
- Yeom GW, Andrieu J, Min SG. 2004. Effect of acid treatment process on the physicochemical properties of gelatin extracted from pork skin. *Korean J. Food Sci. Ani. Resour.* 24: 266-272.