

## 탈지겨자씨와 유청단백질을 재료로 사용한 가식성 적층필름의 개발

김다연 · 박지원 · 노봉수 · 민세철\*  
서울여자대학교 식품공학과

### Development of Edible Laminate-Composite Films Using Defatted Mustard Meal and Whey Protein Isolate

Dayeon Kim, Ji Won Park, Bong-Soo Noh, and Sea Cheol Min\*  
Department of Food Science and Technology, Seoul Women's University

**Abstract** A laminate-composite film was developed using industry co-products of defatted mustard meal (DMM) and whey protein isolate (WPI). An individually prepared DMM-based film (DMM film) and a WPI-based film (WPI film) were thermally laminated at 130°C at a rate of 30 cm/min. Microscopic images exhibited that the DMM film and the WPI film were continuously attached in the laminate without void spaces. The tensile strength, elongation at break, and water vapor permeability for the laminate were 0.7 MPa, 4.0%, and 6.9 g · mm/kPa/h/m<sup>2</sup>, respectively. Stretchability and heat seal strength of the laminate were higher than those of the un-laminated DMM film. The film layers of the laminate were physically overlapped, not forming new biopolymer units induced by molecular interactions. The opportunity for DMM films to be used as food packaging materials for wrapping and sealing could be increased by thermal lamination with WPI films, which improves the stretchability and heat sealability of DMM films.

**Keywords:** edible film, biopolymer film, laminate film, mustard meal, whey protein

## 서 론

가식성필름(edible film)은 주로 생분해가 가능한 천연 생고분자를 통해 제작되며 식품의 표면에 적용되어 외관을 좋게 하고 산소와 수분에 대해 방벽 역할을 하여 식품의 변화 속도를 늦춘다. 또한 목적에 따라 영양성분, 향미성분, 향미생물제, 항산화제 등의 생리활성 물질들을 함유하여 이들을 식품에 전달시키기도 한다(1,2). 하지만 대부분의 생고분자 가식성 필름은 합성 플라스틱 필름보다 인장특성, 신장률, 수증기 투과율 등의 물리적 특성이 열등하여 상업적으로 적용되는 데에 어려움이 있다. 따라서 필름의 물리적 특성들을 향상시키기 위해 순수한 단일 고분자들을 혼합하거나 cross-linker와 같은 물질 개량제를 첨가하기도 하였고(3-9), 필름 형성 용액에 에너지를 가해서 용액 내 입자의 크기를 감소시켜 형성된 필름의 필름 구조를 균일하고 밀도를 높게 하는 방법으로 초음파나 방사선 조사와 같은 고분자 분쇄법(depolymerization)을 이용하기도 하였다(10-14). 한 필름 소재의 물리적 단점을 보완하기 위해 다른 필름과 적층(lamination)하여 필름을 제작해 사용할 수 있는데, 이러한 적층방법을 이용하는 것도 생고분자 필름의 물리적 특성을 개선하는 방법으로 생각될 수 있다.

가식성 필름의 소재로 식품 소재로부터 획득한 콩 단백질, 밀 단백질, 유청 단백질 등이 많이 사용되어왔다(15-18). 최근 식품가공 부산물(예, 탈지겨자씨)로부터 추출이나 정제 없이 그 부산물 자체를 이용해 생고분자 가식성 필름을 제작한 연구가 발표되었다(10,14,19-21). 그러나 탈지겨자씨를 포함한 농산 가공 부산물의 경우 상대적으로 탄수화물 함량이 높으며 친수성을 많이 가지고 있기 때문에 이들로부터 만들어진 필름들은 수분 방벽 능력이 낮다는 문제점을 가지고 있다. 또한 다양한 식품에 적용하기에 신장률을 포함한 인장 특성이 부족하다는 평가를 받고 있다(10).

유청 단백질을 기반으로 제작된 필름은 투명하고 신장률이 높으며 열접합강도가 탈지겨자씨를 이용해 만들어진 필름보다 우수하다(22,23). 본 연구의 가설은 탈지겨자씨 필름에 유청 단백질 필름을 적층하여 필름을 만들면 탈지겨자씨 필름보다 신장률과 열접합 강도가 좋아져 탈지겨자씨 필름의 상업적 적용성을 높일 수 있을 것이라는 것이다. 따라서 본 연구의 목적은 탈지겨자씨 필름과 유청 단백질 필름을 이용한 적층필름을 개발하고, 개발된 적층필름의 신장률과 열접합 강도를 포함한 물리적 특성들을 측정하여 탈지겨자씨 필름의 그 특성들과 비교하는 것이었다.

## 재료 및 방법

### 실험 재료

본 연구에 사용된 탈지겨자씨(defatted mustard meal, DMM)는 미국 아이다호 주에서 2010년에 수확된 겨자씨(*Sinapis alba* 'IdoGold')로부터 약 90%의 기름을 짜고 열풍 건조(105°C, 18시간)된 것으로 추가적인 공정 없이 그대로 필름 재료로 사용되었다. DMM은 탄수화물, 단백질, 지방을 각각 45.2, 35.0, 8.7 g/100g을 포함하였다. 성분 분석은 한국식품연구원(Seongnam, Korea)에

\*Corresponding author: Sea Cheol Min, Department of Food Science and Technology, Seoul Women's University, Seoul 139-774, Korea  
Tel 82-2-970-5635  
Fax: 82-2-970-5977  
E-mail: smin@swu.ac.kr  
Received August 6, 2012; revised September 1, 2012;  
accepted September 2, 2012

서 이루어졌다. 유청 단백질(whey protein isolate, WPI)은 Davisco Food International, Inc.(Le Sueur, MN, USA)에서 제공받았으며, 필름형성용액에서 유연제로 사용된 글리세롤은 Samchun Pure Chemical Co., Ltd.(Pyeongtaek, Korea)에서 구입하였다. 필름형성용액 내의 생고분자들의 분산을 향상시키기 위해 유화제로 사용된 Polysorbate-20(hydrophilic-lipophilic balance(HLB) value: 16.7)은 Namyung Commercial Co., Ltd.(Seoul, Korea)에서 제공받았다. 형성된 DMM 필름과 WPI 필름을 고온에서 적층하기 위해 라미네이터(BR-330F, Borami, Seoul, Korea)를 사용하였다.

### 필름 제조

DMM을 기초로 한 필름(DMM 필름)을 제조하기 위해 건조된 DMM을 분쇄기(HMF-345(E), Hanil Electric Co., Ltd., Wonju, Korea)로 분쇄한 후 체질하여 분말( $<300 \mu\text{m}$ )을 얻고 이를 이용해 7%(w/w) 수용액을 만들었다. DMM 수용액에 글리세롤(1%(w/w DMM))과 polysorbate-20(1%(w/w DMM))을 혼합한 후 균질기(Ultra-Turrax Model T25D, Janke & Kunkel GmbH & Co., IKA® Labortechnik, Staufen, Germany)를 사용하여 20,000 rpm에서 5분간 균질화 시켰다. WPI를 기초로 한 필름(WPI 필름)을 제조하기 위해 WPI 분말 20 g을 증류수 200 g에 넣어 혼합한 후 글리세롤 20 g을 용해시켰다. 제조된 DMM 또는 WPI 혼합 용액을 90°C에서 30분간 열처리하고, 상온으로 냉각시킨 후 진공펌프를 이용하여 공기를 빼내어 필름형성용액을 만들었다. 0.1 mm 두께의 필름을 형성하기 위해 평형이 맞춰진 지름 16 cm의 Teflon plate에 DMM 또는 WPI 필름형성용액을 각각 37.0, 17.8 g을 부어  $23 \pm 3^\circ\text{C}$ 에서 48시간 건조시켰다. 적층필름을 제조하기 위해, 건조된 DMM 필름과 WPI 필름을 밀착시킨 뒤 상대습도  $75 \pm 5\%$ 로 조절된 chamber(TTUF-40240, Tenney Engineering, Inc., Union, NJ, USA)에 넣고  $23 \pm 3^\circ\text{C}$ 에서 24시간 동안 저장시켰고, 이 후 밀착된 필름 시료를  $130^\circ\text{C}$ 와 0.003 cm/min로 설정된 라미네이터를 이용해 연속적으로 3번 적층시켰다. 필름들은 magnesium nitrate(Samchun Pure Chemical Co., Ltd., Seoul, Korea) 포화용액으로 상대습도를  $52 \pm 5\%$ 로 조절된 chamber에서 저장되었다.

### 미세구조 관찰

필름을 1 mm×3 mm 크기로 자르고 백금(Pt)으로 코팅한 후 전자 주사 현미경(Field Emission-Scanning Electron Microscopy, EM, FE-SEM, S-4700, Hitachi, Tokyo, Japan)을 이용하여 적층필름의 표면과 단면을 관찰하였다.

### 두께 측정

필름 두께는 정밀도 0.001 mm의 micrometer(Model CR-200, Mitutoyo Co., Kawasaki, Japan)를 사용하여 측정되었다. 시료당 6회 이상 측정하여 얻어진 평균을 시료의 인장 강도와 수분 투과도 결정에 사용하였다.

### 인장특성

필름의 인장 강도(tensile strength, TS)와 신장률(percentage elongation at break, %E), 모듈러스(Young's modulus)는 American Society of Testing and Materials(ASTM) 표준 방법 D882-01(24)에 따라 측정하였다. 인장 특성 측정에 사용된 모든 필름 시료들은 50 mm×8 mm로 준비되어 측정 전  $23 \pm 2^\circ\text{C}$ , 상대습도  $52 \pm 2\%$ 에서 48시간 동안 저장되었다. TS, %E, 그리고 EM을 측정하기 위해 Texture Analyzer(TA-XT2, Stable Micro System Co., Ltd.,

Surrey, UK)를 사용하였고, 이 때 초기의 두 그립(grip) 간 거리는 50 mm였으며, cross-head speed는 0.3 cm/min이었다.

### 수분 투과도 측정

ASTM E96-92를 이용한 Gravimetric Modified Cup 방법(25)을 이용하여 수분 투과도(water vapor permeability, WVP)를 측정하였다. Polymethylmethacrylate(Plexiglas™, Evonik Industries AG, Essen, Germany)로 만들어진 원형 투습컵을 사용했으며, chamber의 내부 상대습도는 anhydrous calcium sulfate(Drierite, W.A. Hammond Drierite Co. Ltd., Xenia, OH, USA)를 이용하여 3-8%로 맞춰졌다. Chamber 내부 온도는  $23 \pm 2^\circ\text{C}$ 로 유지되었으며 팬(fan) 속도는 152 cm/min으로 설정되었다. 상대습도는 습도계(Model THDx, Dickson, Addison, IL, USA)를 이용하여 측정되었다.

### 열접합 강도 측정

열접합 강도는 Texture Analyzer(TA-XT2)를 이용하여 ASTM F-88 방법(26)에 따라 측정되었다. 측정에 사용된 필름 시료들은 2.5 cm×7.5 cm의 크기로 DMM 필름끼리, WPI 필름끼리, 그리고 DMM 필름과 WPI 필름을 각각 2장씩 겹쳐서  $150^\circ\text{C}$ 에서 2초간 열접합시켜 준비되었다. 준비된 필름들은 상대습도 50% chamber에 48시간 저장 후 열접합 강도 측정에 사용되었다. Texture Analyzer의 두 그립(grip) 간 거리는 50 mm이고, cross-head speed는 1.26 cm/min이었다.

### 유리 전이온도 측정

동적기계분석기(Dynamic Mechanical Analyzer(DMA), DMA-8000, PerkinElmer, Waltham, MA, USA)를 이용하여 DMM 필름, WPI 필름, 그리고 적층필름의 온도변화에 따른 elastic modulus와 tan  $\delta$ 의 변화를 측정하였다. DMA에 사용된 필름 시료들(25 mm×8 mm)은 grease(Stabox 9415, Axel, Nol, Sweden) 처리가 되어 준비되었다. 측정은 1 Hz 진동수와 0.02 mm 변위를 이용하여  $-50^\circ\text{C}$ 에서  $180^\circ\text{C}$ 까지  $3^\circ\text{C}/\text{min}$ 의 속도로 높이면서 이루어졌다. 유리 전이온도(glass transition temperature,  $T_g$ )는 elastic modulus가 감소하는 구간에서 tan  $\delta$ 가 peak를 보이는 점으로 지정되었다(27).

### 통계처리

필름의 미세구조 관찰과 열적특성 분석을 제외한 필름 특성 실험은 3회 이상 반복되었다. 매 회 인장특성(인장강도, %E, 모듈러스), 수분투과도, 그리고 열접합강도는 필름 종류 당 각각 5, 3, 그리고 5번 측정되었다. 실험을 통해 얻은 데이터들은 SPSS Inc., Ver. 20(Chicago, IL, USA)을 이용하여 one-way ANOVA를 하였고, 유의차가 있는 경우 least significant difference(LSD)를 이용하여 5% 유의수준에서 다중비교 유의성을 검증하였다.

## 결과 및 고찰

### 필름 형성 및 필름 미세구조

DMM 필름과 WPI 필름을 기반으로 제조된 적층필름을 육안으로 관찰한 결과 연속적이고 균일하고 반투명한 필름이 형성된 것을 알 수 있었다(Fig. 1). 제조된 필름의 두께를 측정한 결과 DMM 필름, WPI 필름, 적층필름은 각각 약 0.1, 0.1, 그리고 0.2 mm이었다. 미세 구조 관찰을 통해 WPI 필름과 DMM 필름이 연속적으로 층을 이루어 적층필름이 형성되었음을 알 수 있었다(Fig. 2).



Fig. 1. Photograph of the laminate-composite film.

**인장 특성**

DMM 필름, WPI 필름, 그리고 적층필름의 인장특성 값들을 Table 1에 나타내었다. Wheat gluten 필름, soy protein 필름, 감자 껍질로 만든 필름, 그리고 사과껍질로 만든 필름의 TS는 각각 4.4, 5.2, 9.9, 그리고 4.6 MPa로 보고되었는데(15,16,28,29), 적층 필름은 이러한 생고분자 필름에 비해 낮은 TS를 가졌다. %E은 DMM 필름이 3.5±1.0%, WPI 필름이 52.1±8.7%, 적층필름이 24.0±6.9%이었다. 일반적으로 필름의 인장강도가 증가하게 되면 반대로 신장률이 감소하게 되는데, 이는 필름의 신장률이 좋으면 필름이 잘 늘어나고 그에 따라 필름이 끊어질 때의 강도가 낮아 지기 때문이다(16). TS와 %E은 모두 적층필름이 DMM 필름과 WPI 필름의 중간 값 정도로 측정되었다.

**수분 투과도**

DMM 필름, WPI 필름, 그리고 적층필름의 WVP를 Table 1에 나타내었다. Calcium caseinate 필름, 생선 젤라틴 필름, wheat gluten 필름, 사과껍질 필름, 그리고 감자껍질 필름의 WVP는 각각 7.91, 1.48, 4.52, 4.20-7.56, 그리고 2.99-5.30 g·mm/m<sup>2</sup>/h/kPa 으로 보고되었다(10,14,17,27). DMM 필름은 생선 젤라틴 필름과 감자껍질 필름, WPI 필름은 whey gluten 필름과 사과껍질 필름, 그리고 적층필름은 calcium caseinate 필름과 사과껍질 필름과 비슷한 WVP를 보였다. 각각의 DMM 필름과 WPI 필름 보다 적층 필름의 WVP가 높게 나왔는데, 그 이유는 미세구조 관찰을 통해 볼 수는 없었지만(Fig. 2), 두 필름의 layer 사이에 미세한 공간이

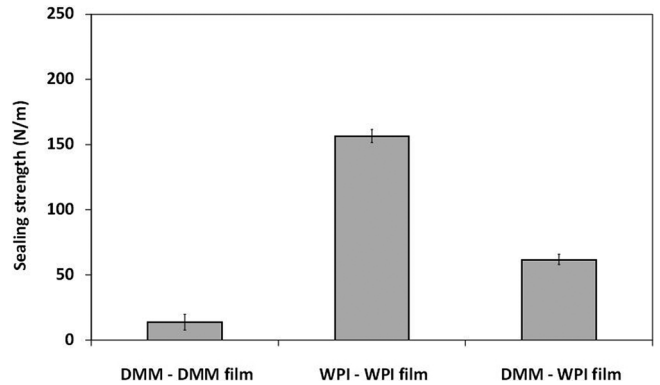


Fig. 3. Heat-seal strength of the films. DMM-DMM film; a laminate with two DMM films, WPI-WPI film; a laminate with two WPI films, DMM-WPI film; a laminate with a DMM film and a WPI film.

존재하여 그 공간으로 수분이 확산되기 때문이라고 사료되었다 (18,30-32).

**열접합 강도 측정**

식품을 포장할 때 필름을 열접합하는 경우가 많으므로, 열로 접합된 부분이 얼마 만큼의 힘을 가했을 때 끊어지는지 아는 것은 그 필름을 포장 소재에 적용시키는 데에 있어 중요하다(33). 열접합 강도는 WPI film끼리 접합된 시료가 가장 높았고 (156.50±0.1 N/m), DMM film끼리 접합된 시료가 가장 낮았으며 (13.78±0.1 N/m), WPI film과 DMM film을 접합시킨 시료가 각각의 film끼리 접합시킨 시료 값들의 중간 값(62.01±0.1 N/m) 정도 였다(Fig. 3). 적층기술의 사용은 DMM 필름의 낮은 열접합 강도를 높일 수 있는 실효성 있는 방법으로 사료되었다.

**유리 전이온도**

DMM 필름, WPI 필름, 그리고 적층필름의 온도의 변화에 따른 elastic modulus와 tan δ의 변화를 보여주는 DMA 결과들을 Fig. 4에 나타내었다. DMM 필름, WPI 필름, 적층필름 모두 -50 °C에서 20°C까지는 상 변화가 일어나지 않았다. DMM 필름은 90-110°C에서 한 개, WPI 필름은 25-40°C, 90-110°C에서 두 개, 적층필름은 25-40°C, 90-110°C에서 두 개의 T<sub>g</sub> 값을 가졌다. 유리 전이온도 측정 결과 DMM 필름과 WPI 필름의 T<sub>g</sub> 값들이 적층

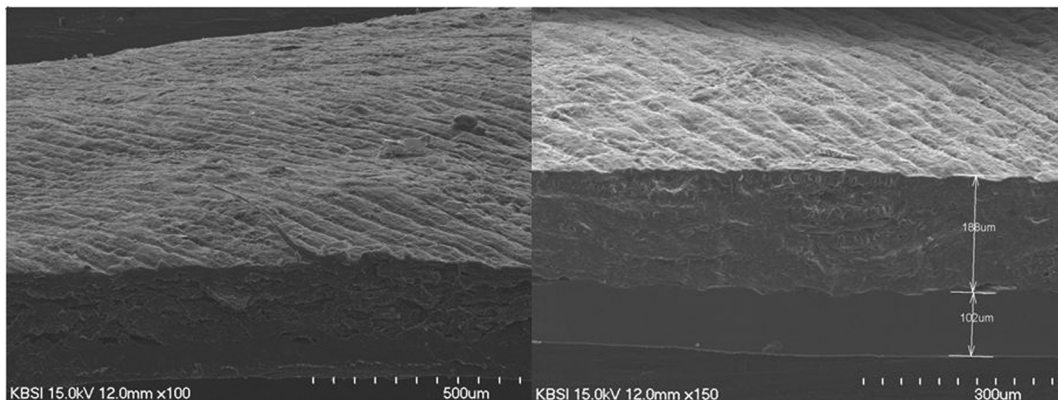
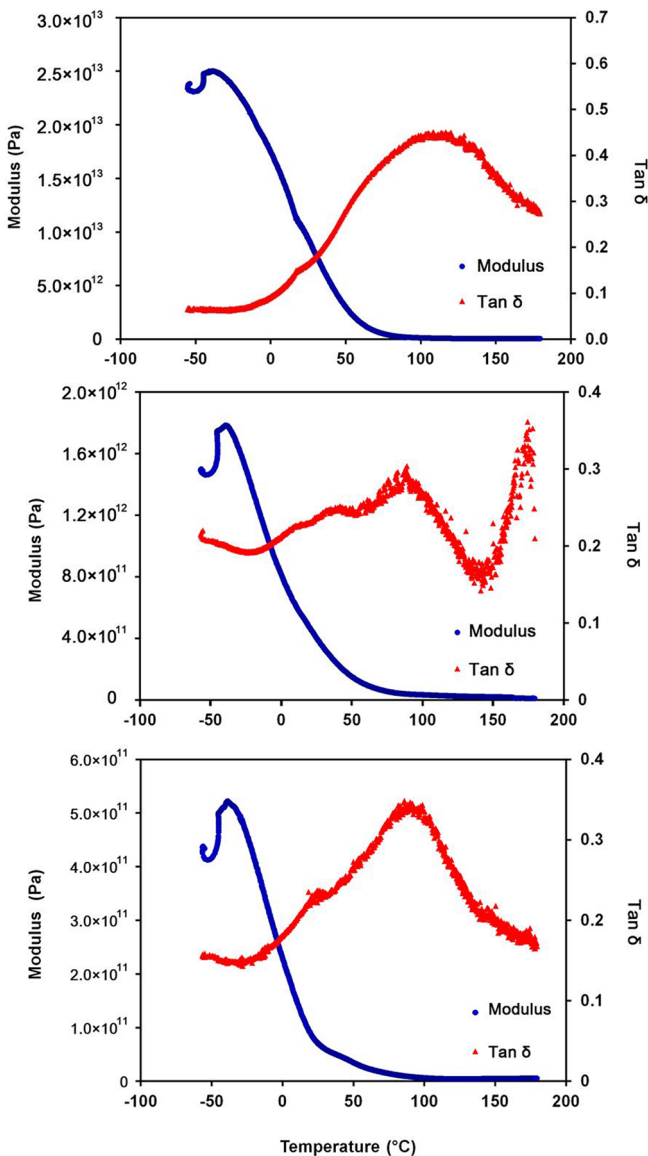


Fig. 2. Surface and cross-sectional scanning electron micrographs of the laminate-composite film. Left, surface view. Right, cross-sectional view.



**Fig. 4. Temperature dependence of the dynamic mechanical behaviors of (A) the DMM film, (B) the WPI film, and (C) the lamination-composite film.**

필름의  $T_g$  값 범위에서 모두 보여졌으므로 적층필름의 matrix가 DMM과 WPI 분자간 용화와 상호작용으로 단일 고분자 형성에 의해 형성된 것이 아니고, 각각의 고분자 소재들이 물리적으로 합쳐진 상태로 형성된 것임을 알 수 있었다(34).

## 요 약

생고분자를 이용한 포장 소재에 관한 연구는 많이 이루어지고 있으나 그 것의 상업적 식품 적용은 순수 생고분자의 비용과 생고분자 소재의 불충분한 물리적 성질에 의해 많은 제한을 받고 있다. 본 연구에서는 식품 가공 부산물인 DMM과 WPI를 이용하여 가식성 적층필름을 개발하였다. WPI 필름과의 적층을 통해 DMM 필름의 신장성과 열접합강도를 높일 수 있었고, 이로써 적층기술이 DMM 필름의 식품 포장에서의 적용 가능성을 높이는 방법으로 제시될 수 있었다. DMM 외 다른 식품 가공 부산물을 기초로 한 생고분자 필름들 개발에 있어서도 그들의 식품 적용

성 향상의 방법으로 적층방법을 제안할 수 있으리라 사료된다.

## 감사의 글

이 연구는 2009년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업(No. 2009-0077723).

## 문 헌

1. Kester JJ, Fennema OR. Edible films and coatings: A review. *Food Technol.* 12: 47-59 (1986)
2. Krochta JM, Mulder-Johnston CD. Edible and biodegradable polymer films. *Food Technol.* 51: 61-74 (1997)
3. Choi SJ, Kim SY, Oh DK, Noh BS. Physical properties of locust bean gum-based edible film. *Korean J. Food Sci. Technol.* 30: 363-371 (1998)
4. Han TJ, Kim SS. Physical properties of mixed k/λ and k/ι-carrageenan films. *Korean J. Food Sci. Technol.* 40: 42-46 (2008)
5. Han YH, Kim SS. Physical properties of methyl cellulose and hydroxypropylated methyl cellulose films. *Korean J. Food Sci. Technol.* 39: 521-526 (2007)
6. Han YJ, Roh HJ, Kim SS. Preparation and physical properties of curdlan composite edible films. *Korean J. Food Sci. Technol.* 39: 158-163 (2007)
7. Min SC, Janjarasskul T, Krochta JM. Tensile and moisture barrier properties of whey protein-beeswax layered composite films. *J. Sci. Food Agr.* 89: 251-257 (2009)
8. Peterson M, Stading M. Water vapour permeability and mechanical properties of mixed starch-mono-glyceride films and effect of film forming conditions. *Food Hydrocolloids* 19: 123-132 (2005)
9. Shellhammer TH, Krochta JM. Whey protein emulsion film performance as affected by lipid type and amount. *J. Food Sci.* 62: 390-394 (1997)
10. Sablani SS, Dasse F, Bastarrachea L, Dhawan S, Hendrix KM, Min SC. Apple peel-based edible film development using a high-pressure homogenization. *J. Food Sci.* 74: 372-381 (2009)
11. Ahmadi E, Sareminzhad S, Azizi MH. The effect of ultrasound treatment on some properties of methylcellulose films. *Food Hydrocolloids* 25: 1399-1401 (2010)
12. Banerjee R, Chen H, Wu J. Milk protein-based edible film mechanical strength changes due to ultrasound process. *J. Food Sci.* 61: 824-828 (1996)
13. Cheng W, Chen J, Liu D, Ye X, Ke F. Impact of ultrasonic treatment on properties of starch film-forming dispersion and the resulting films. *Carbohydr. Polym.* 81: 707-711 (2010)
14. Kang HJ, Min SC. Potato peel-based biopolymer film development using high-pressure homogenization, irradiation, and ultrasound. *Food Sci. Technol.* 43: 903-909 (2010)
15. Gennadios A, Weller CL, Testin RF. Property modification of wheat, gluten-based films. *Trans. ASAE* 36: 465-470 (1993)
16. Rhim JW. Modification of soy protein film by formaldehyde. *Korean J. Food Sci. Technol.* 30: 372-378 (1998)
17. Chick J, Ustunol Z. Mechanical and barrier properties of lactic acid and rennet precipitated casein-based edible films. *J. Food Sci.* 63: 1024-1027 (1998)
18. Abdorreza MN, Cheng LH, Karim AA. Effects of plasticizers on thermal properties and heat sealability of sago starch films. *Food Hydrocolloids* 25: 56-60 (2011)
19. Hendrix KM, Morra MJ, Lee HB, Min SC. Defatted mustard seed meal-based biopolymer film development. *Food Hydrocolloids* 26: 118-125 (2012)
20. Kim IH, Yang HJ, Noh BS, Chung SJ, Min SC. Development of a defatted mustard meal-based composite film and its application to smoked salmon to retard lipid oxidation. *Food Chem.* 133: 1501-1509 (2012)
21. Lee H, Paek HJ, Min SC. Defatted soybean meal-based edible film development. *Food Eng. Prog.* 15: 305-310 (2011)
22. McHugh TH, Krochta JM. Sorbitol- vs. glycerol-plasticized whey protein edible films: Integrated oxygen permeability and tensile

- property evaluation. *J. Agr. Food Chem.* 42: 841-845 (1994)
23. McHugh TH, Krochta JM. Water vapor permeability properties of edible whey protein-lipid emulsion films. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 71: 307-312 (1994)
24. ASTM. Standard test method for tensile properties of thin plastic sheeting. D822-01. American Society for Testing and Materials, Philadelphia, PA, USA (1997)
25. McHugh TH, Avena-Bustillos R, Krochta JM. Hydrophilic edible films: Modified procedure for water vapor permeability and explanation of thickness effects. *J. Food Sci.* 58: 899-903 (1993)
26. ASTM. Standard test method for seal strength of flexible barrier materials. F88. American Society for Testing and Materials, Philadelphia, PA, USA (2005)
27. Chiou BS, Avena-Bustillos RJ, Shey J, Yee E, Bechtel PJ, Imam SH, Glenn GM, Orts WJ. Rheological and mechanical properties of cross-linked fish gelatins. *Polymer* 47: 6379-6386 (2006)
28. Brandenburg AH, Weller CL, Testin RF. Edible films and coatings from soy protein. *J. Food Sci.* 58: 1086-1089 (1993)
29. Yang HJ, Noh BS, Kim JH, Min SC. Effects of a carbohydrase mixture, ultrasound, and irradiation treatments on the physical properties of defatted mustard meal-based edible films. *Korean J. Food Sci. Technol.* 43: 30-38 (2011)
30. Overberger, Menges G, Kroschwitz J (eds.). *Encyclopedia of Polymer Science and Technology*, Vol. 2, Wiley, New York, NY, USA p. 180 (2003)
31. Barrie JA, Crank J, Park GS (eds.). *Diffusion in Polymers*. Academic Press, London, UK. pp. 259-308 (1968)
32. Andrianaivo M, Rakotonirainy, Graciela W. Effects of lamination and coating with drying oils on tensile and barrier properties of zein films. *J. Agr. Food Chem.* 49: 2860-2863 (2001)
33. Lee HB, Yang HJ, Ahn JB, Lee YS, Min SC. *Zizyphus jujube*-based edible film development by the depolymerization processes. *Korean J. Food Sci. Technol.* 43: 321-328 (2011)
34. Rhim JW, Mohanty Ka, Singh SP, Ng PKW. Preparation and properties of biodegradable multilayer films based on soy protein isolate and poly(lactide). *Ind. Eng. Chem. Res.* 45: 3059-3066 (2006)