

Locust Bean Gum으로 제조한 가식성 필름의 물리적 특성

최수진 · 김상용* · 오덕근** · 노봉수

서울여자대학교 식품·미생물공학과, *동양제과(주) 기술개발연구소,
**우석대학교 식품공학과

Physical Properties of Locust Bean Gum-Based Edible Film

Soo-Jin Choi, Sang-Yong Kim*, Deok-Kun Oh** and Bong-Soo Noh

Department of Food and Microbial Technology, Seoul Women's University

*R&D Center, Tong Yang Confectionery Co.

**Department of Food Science and Technology, Woosuk University

Abstract

Locust bean gum (LBG)-based edible film was prepared, and opacity, water vapor permeability (WVP), tensile strength (TS) and elongation (E) of the film were measured. Opacity values of the film was a little higher than that of other transparent films. WVP decreased as LBG concentration decreased. Plasticizers and drying temperature didn't seem to influence WVP. WVP of the film increased greatly at 85% RH as compared to that of 0% RH. WVP of the film seemed to increase linearly with thickness of the film. But WVP of the film was lower those of other edible films. TS increased with increase of LBG concentration, and decreased with increase of glycerol concentration. E decreased with increase of LBG concentration, and increased with increase of sorbitol concentration. LBG-based composite films were prepared by adding agarose, *k*-carrageenan or xanthan gum. TS and E of the composite film with addition of *k*-carrageenan increased.

Key words: locust bean gum, opacity, water vapor permeability, tensile strength, elongation

서 론

식품응용분야에서 식용필름과 코팅의 가장 중요한 기능적 특성은 수분이동에 대한 저해성이다. 이것은 제품에서 최적의 품질과 안전성을 나타내는 지표로서 수분활성도가 유지되어야 하기 때문인데⁽¹⁾, 특히 피자, 파이와 같이 변질되기 쉬운 다양한 상을 이루고 있는 식품에 중요하다^(2,3). 다성분식품에서 수분활성도나 수분함량의 변화는 주변대기와 식품간에, 또 내부 식품 성분간에 일어나게 된다. 전자의 경우 식품전체를 식용필름으로 코팅하므로써 방지할 수 있으나, 후자의 경우 수분이동의 주요 경로인 수증기 분산을 유발하는 수증기압 차이⁽⁴⁾를 감소시키기 위하여 저장온도를 낮추거나 식품구성분의 수분활성도를 비슷한 수준으

로 조절하기도 하고 보습제를 첨가하기도 한다^(2,5). 그러나 이는 저장경비가 많이 요구되며 보습제 첨가의 경우 관능적인 면에서 첨가량에 제한이 있고 수분농도차이, 모세관 힘에 의한 지방분산에 따른 수분이동⁽⁶⁾ 등 다른 이동경로에 의해 수분이 이동할 수 있으므로 이보다 더 효과적인 방법은 식용필름과 코팅을 식품 성분 경계면 사이에 놓이게 하여 수분이동을 방지하는 것이다.

수용성 다당류는 수화되었을 때 점도가 증가하기 때문에 증점제로서 식품응용분야에 널리 이용되고 있고 구조적 응집력으로 인하여 필름형성능력이 우수하다. 다당류의 주요 필름형성기작은 단위체 부분을 파괴하고 필름 매트릭스나 겔로 중합체 사슬을 다시 형성하는 것인데, 이것은 보통 친수성 결합, 수소 결합, 전해와 이온 결합에 의해서 형성된 용매를 증발시킴으로써 이루어진다⁽⁷⁾. 그러나 이들 필름은 친수성의 특성으로 인하여 수증기투과도가 높게 나타나며, 이는 가식성

Corresponding author: Bong-Soo Noh, Department of Food and Microbial Technology, Seoul Women's University, 126 Kongnung 2-dong, Nowon-gu, Seoul 139-774, Korea

필름이나 포장재료로서 바람직하지 않은 단점이 있으나 식품을 완전히 가식성 필름으로 코팅함으로써 수분의 이동을 지연시킬 수 있다⁽²³⁾. 한편, 지방과 기름에 대해서는 투과도가 낮아 지방 성분이 많은 식품에서 지방전이를 지연시켜 영양적, 관능적 품질을 향상시키고, 산소와의 접촉을 저해하여 산패에 의한 식품변질을 방지할 수 있으며, 친수성 특성으로 인하여 가스 이동을 억제하는 효과가 크다고 보고되었다^(2,8).

Locust bean gum은 갈락토만난을 주요 구성분으로 하는 고점도성의 수용성 다당류로서 식품가공분야에서 점착제, 결합제, 칼로리 조정제, 결정 억제제, 유화제, 안정제, 팽윤제, 시네레스 억제제, 증점제, 겔 형성제 등의 목적⁽⁹⁾으로 커피, 초코렛, 코코아 기질과 수프, 샐러드 드레싱, 소오스, 마요네즈, 치즈, 아이스크림, 과자류, 섭식용 식품, 육류 충전제, 우유, 유제품 등에 그 사용이 증가되고 있다⁽¹⁰⁾. 한편, LBG 자체는 겔을 형성하지 않으나 아가로오스⁽¹¹⁾, 카파-카라기난⁽¹²⁾, 잔탄검^(13,14)과 작용하여 겔을 형성하는 것으로 보고된 바 있는데, Dea 등⁽¹¹⁾은 2% LBG에 아가로오스를 0.01%만 첨가하여도 겔 형성력이 뛰어나다고 하였고, Tako 등⁽¹²⁾은 낮은 온도의 경우 LBG와 카파-카라기난의 총 검류 농도가 0.6%에서도 겔이 형성되며, Tako 등⁽¹³⁾과 Rocks 등⁽¹⁴⁾은 상온에서 LBG와 잔탄검의 총 검류 농도가 0.2%의 경우에도 겔이 형성된다고 하였다. 그러므로 LBG를 이용한 필름재료로서의 가능성 및 기존의 가식성 필름재료와의 혼합에 의한 효과가 기대되는 바이나 이에 대한 연구는 아직 이루어지지 않고 있는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 LBG를 이용하여 가식성 필름을 제조한 후 가스제, LBG 농도, 건조온도, 상대습도, 두께의 영향에 따른 필름의 특성 변화와 한천, 카파-카라기난, 잔탄검과 혼합시의 물성 변화에 대해 살펴보고, 이를 바탕으로 LBG를 이용한 필름재료로서의 이용 가능성에 대해 살펴보고자 하였다.

재료 및 방법

재료

가식성 필름의 재료로서 locust bean gum은 System Bio-industry에서 구입하였고, 가스제로 사용되는 글리세롤은 덕산화학에서, 솔비톨은 Difco사에서 구입하여 사용하였다. 복합필름제조시 이용된 아가로오스, 카파-카라기난, 잔탄검은 Sigma사에서 구입하여 사용하였다.

필름제조

1.2~1.6% (w/w) LBG를 100 mL 증류수에 자석 교반기로 저으면서 서서히 첨가 후 85°C로 25분간 가열 교반하면서 가스제로 0.1~0.4% (w/w) 글리세롤과 1.1~1.4% (w/w) 솔비톨을 각각 첨가하여 제조하였다. Oriented polypropylene 필름으로 코팅된 직경 14 cm의 petri-dish에 LBG 용액을 붓고 50±2°C에서 4시간 건조시킨 후 사용하였는데, 이때 필름의 두께를 0.06 mm로 일정하게 조정하였다. 20, 35, 65, 80°C로 건조온도를 달리하여 필름을 제조하였고, LBG 용액의 양을 변화시켜 0.09, 0.12 mm의 두께로 조절된 필름을 제조하였다.

복합필름제조

0.5% (w/w) LBG 용액에 아가로오스, 카파-카라기난, 잔탄검을 각각 0.1~0.4% (w/w)씩 혼합하고, 가스제로서 0.1%와 0.4% (w/w)의 글리세롤을 각각 첨가하여 상기의 방법대로 필름을 제조하였다.

필름두께 측정

필름의 두께는 0.001 mm의 정밀도를 가진 micro-meter (Mitutoyo, Japan)로 중심과 주위부분을 20회씩 측정하여 각 부위의 두께 변이가 5% 이내의 것만을 선택하여 사용하였다.

투명도 측정

필름의 투명도(opacity)는 BSI 표준시험법⁽¹⁵⁾에 따라 필름을 직사각형으로 잘라 분광광도계 cell의 내부에 넣고, 분광광도계(Hitachi U-2000, Japan)로 400 nm에서 800 nm까지 scanning 하면서 흡광도 곡선의 면적(AU·nm)으로 나타냈다. 3회 반복실험한 평균값을 취하였다.

수증기투과도 측정

필름의 수증기투과도(water vapor permeability: WVP)는 일정한 시험조건하에서 평행한 두 표면 사이에 있는 필름의 단위면적을 통과하는 수분의 시간당 속도를 말하는 것으로 cup method를 이용하였다⁽¹⁶⁾. 이때, 필름은 calcium sulfate desiccant를 이용하여 0% RH로 조절된 데시케이터에서 25±2°C, 48시간 보관 후 사용하였다. 증류수를 투습컵 내부에 넣어 100% RH로 조절하고 각각의 필름을 투습컵에 고정시켰는데, 이때 필름과 투습컵 사이의 공기 누출을 방지하기 위하여 silicone sealant (high vacuum grease)를 사용하였다. 장

치된 투습컵을 0% RH로 조절된 데시케이터에 보관하면서 경시적으로 투습컵의 무게 감소를 측정하므로써 필름을 투과하는 수증기의 양을 측정하였고, 투습컵의 무게변화를 0.0001 g 단위까지 측정하였다. 수증기투과곡선의 기울기를 식 (1)에 대입하여 필름의 수증기투과도를 계산하였으며, 4회 반복 실험한 평균값을 취하였다.

$$WVP = \frac{(W \cdot X)}{A \cdot T \cdot (P_1 - P_2)} \quad (1)$$

여기에서, WVP: 수증기투과도($g \cdot m/m^2 \cdot s \cdot Pa$), W: 시간당 필름을 투과하는 수증기의 양(g), X: 필름의 두께(m), A: 필름의 수증기투과 면적(m^2), T: 시간(s), P_1 - P_2 : 필름 양면의 수증기압 차이(Pa)이다.

상대습도의 영향에 따른 수증기투과도를 알아보기 위하여 증류수를 넣은 투습컵(상대습도 100%)을 25°C에서 32, 58 및 85%의 상대습도가 조절된 데시케이터에 넣고 수증기 투과도를 측정하였다. 데시케이터 내의 32, 58 및 85%의 상대습도를 유지하기 위하여 사용된 염들은 magnesium chloride, sodium bromide, potassium chloride를 사용하였으며 컵내부와 컵외부의 상대습도차는 각각 68% (100~32%), 42% (100~58%) 및 85% (100~15%)이다.

인장강도 및 신장율 측정

필름의 인장강도(tensile strength: TS)와 신장율(elongation: E)은 ASTM D 882-88 표준시험법⁽¹⁷⁾에 따라 Texture Analyzer (TX-HD, Stable Micro Systems, UK)를 이용하여 magnesium nitrate 포화용액으로 50±5% RH로 조절된 데시케이터에서 25°C, 48시간 보관하여 필름의 평형수분함량을 일정하게 맞춘 후 측정하였다. 필름의 크기는 2.54(W) cm×10(L) cm로 하여 절단하였고, crosshead speed는 500 mm/min, grip separation은 50 mm로 하였다. 9회 반복 실험하여 평균 및 표준편차를 산출하였고, 측정된 인장강도 값은 MPa로, 신장율은 %로 표시하였다.

결과 및 고찰

투명도

LBG 필름의 투명도는 76.68~105.78 AU·nm로 측정되었고(Table 1), 이것은 23.48 AU·nm의 LDPE 필름, 41.54 AU·nm의 corn starch 필름과 비교하여 높은 값이나 12.1~93.8 AU·nm의 wheat gluten 필름⁽¹⁸⁾과 유사한 범위에 속하며 다른 필름에 비하여 상대적으로 낮

Table 1. Opacity values of LBG-based film

LBG conc. (% , w/w)	Plasticizer (% , w/w)	Opacity (AU·nm) ¹⁾
1.2	glycerol 0.1	76.6±6.5
	sorbitol 1.1	79.5±7.6
1.4	glycerol 0.1	81.4±8.4
	sorbitol 1.1	92.1±7.4
1.6	glycerol 0.1	84.4±8.6
	sorbitol 1.1	105.7±10.6

¹⁾Opacity was described as peak area (absorbance x wavelength: Au·nm) during scanning.

은 값으로 나타났다. 필름의 투명도는 식품 표면의 코팅에 필름이 사용될 때 특히 중요하며, 투명도의 측정치가 크다는 것은 빛이 흡수된 면적이 넓은 것을 의미하며 투명 정도가 낮은 것이다. LBG 필름은 LBG 농도가 증가함에 따라 투명도가 증가하였으며, 가소제로 글리세롤을 사용한 필름의 투명도가 낮았고 LBG 농도의 영향을 적게 받아 투명도에 있어서는 글리세롤을 사용하는 것이 바람직한 것으로 나타났다.

수증기투과도

LBG 필름의 수증기투과도는 LBG 농도, 가소제 종류 및 농도에 따라 차이가 있는데 $1.40 \sim 1.68 \times 10^{-10} g \cdot m/m^2 \cdot s \cdot Pa$ 의 수증기투과도 범위를 나타내었다. 이는 $6 \times 10^{-13} g \cdot m/m^2 \cdot s \cdot Pa$ 의 LDPE보다 250배 높은 수치이고, $0.84 \sim 1.21 \times 10^{-10} g \cdot m/m^2 \cdot s \cdot Pa$ 의 메틸 셀룰로오스⁽¹⁹⁾ 보다 높은 값이나, $6.8 \sim 7.8 \times 10^{-10} g \cdot m/m^2 \cdot s \cdot Pa$ 의 whey 단백질 필름⁽²⁰⁾이나 $4.2 \sim 6.0 \times 10^{-10} g \cdot m/m^2 \cdot s \cdot Pa$ 의 wheat gluten 필름⁽²¹⁾, $1.79 \sim 3.04 \times 10^{-9} g \cdot m/m^2 \cdot s \cdot Pa$ 의 soy 단백질 필름⁽²²⁾에 비해서 낮은 수치를 보이며, 실질적으로 각종 캔디류 코팅에 이용되고 있는 $1.40 \sim 3.40 \times 10^{-10} g \cdot m/m^2 \cdot s \cdot Pa$ 의 zein 필름⁽²¹⁾과 유사한 정도를 나타내었다.

Fig. 1은 LBG 필름의 수증기투과곡선으로 시간이 경과함에 따라 수증기투과량이 비례적으로 증가하는 전형적인 모습을 나타내었다. 24시간까지 측정된 경우에도 동일한 직선을 나타내었으며, LBG 필름의 수증기투과도는 6시간까지 측정하여 계산하였다.

가소제가 LBG 필름의 수증기투과도에 미치는 영향을 Fig. 2에 나타내었다. 글리세롤과 솔비톨 첨가에 따른 수증기투과도는 큰 차이를 나타내지 않았고, 가소제 농도가 증가함에 따른 수증기투과도의 변화정도는 미약하게 나타났으며, 이는 가소제 첨가량이 과다하지 않는 한 가소제가 LBG 필름의 수증기투과도에 미치는 영향이 적음을 의미한다. 한편, Butler 등⁽⁷⁾은 키토산 필름에서 글리세롤 농도가 증가함에 따라서 수

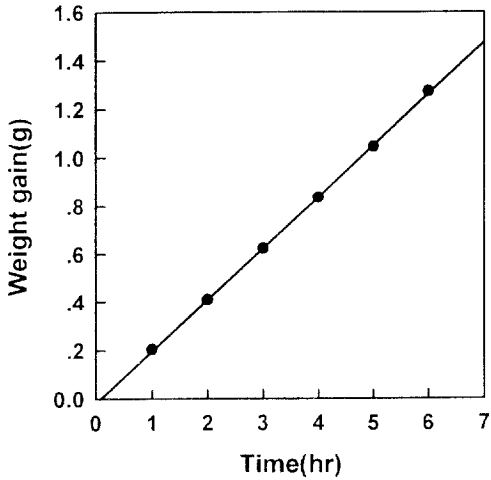


Fig. 1. The curve for determination of water vapor permeability of LBG-based film. Glycerol (0.1%, w/w) was added to LBG (1.2%, w/w) for preparation of the film.

증기투과도가 증가한다고 보고하였고, Herald 등⁽²³⁾과 Gontard 등⁽²⁵⁾은 wheat gluten 필름에서 글리세롤 농도가 증가함에 따라 수분저해특성이 감소한다고 보고한 바 있다. Banker⁽²⁴⁾는 이러한 경향을 가소제가 인접한 중합체 사슬의 분자간 힘을 감소시키는 역할을 하므로 느슨해진 구조 사이로 수증기투과도가 증가하기 때문이라고 설명하였다. 그러나 위의 보고들은 LBG 필름과는 일치하지 않는데 LBG 필름은 가소제를 다량으로 첨가할 경우 self-supporting이 되지 않고, 반대로 소량 첨가시에는 부서짐이 커서 기계적 취급이 어려운 특성이 있으므로 가소제에 따라 조절하였다.

한편, Fig. 2에서 보면 LBG 농도가 낮을수록 수증기투과도가 높으며 LBG 농도가 증가함에 따라 $1.56 \sim 1.68 \times 10^{-10}$ 로부터 $1.40 \sim 1.50 \times 10^{-10} \text{ g} \cdot \text{m}/\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa}$ 까지 수증기투과도가 감소하는 것으로 나타났다. LBG 농도 증가에 따른 수증기투과도 감소정도는 크지는 않지만 1.2%와 1.4% (w/w)의 농도에서는 그 차이가 미미하나 1.6% (w/w) 이상의 농도에서는 수증기투과도가 낮음을 알 수 있다. 농도가 증가함에 따라 수증기투과도가 감소하는 이유는 분자간 상호작용의 증가로 인하여 필름의 구조가 견고해졌기 때문인 것으로 보인다.

필름형성과정중 환경요인은 필름의 응집력에 결정적 영향을 미치게 되는데, LBG 필름의 건조온도를 $20 \sim 80^\circ\text{C}$ 로 조절하였을 때 Fig. 3에 나타난 바와 같이 수증기투과도가 글리세롤 첨가의 경우 $1.44 \sim 1.52 \times 10^{-10} \text{ g} \cdot \text{m}/\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa}$ 로, 솔비톨 첨가의 경우 $1.46 \sim 1.50 \times$

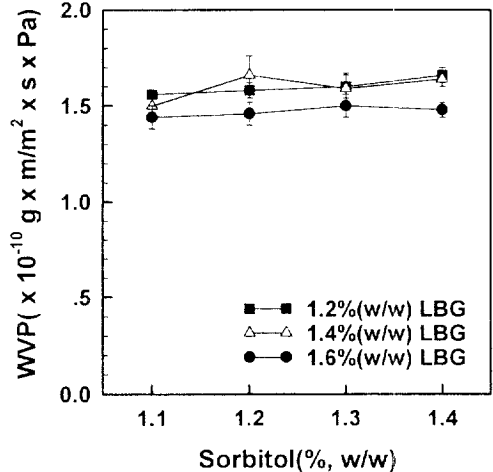
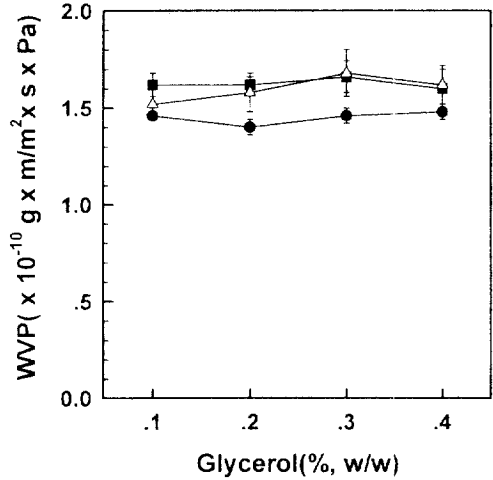


Fig. 2. Effects of glycerol, sorbitol, and LBG on water vapor permeability of the film.

$10^{-10} \text{ g} \cdot \text{m}/\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa}$ 로 그 영향이 미세하였으며, 온도에 대하여 안정한 LBG의 특성을 그대로 반영하고 있었다. 그러나 Banker⁽²⁴⁾에 의하면 지나친 건조온도는 필름의 건조과정동안 용매의 증발속도를 빠르게 하므로 중합체 분자들이 연속적으로 응집력 있는 구조를 형성하기 전에 고정되어 기공(pinhole)이 형성되거나 불균일한 두께를 초래하게 된다고 하였고, 김 등⁽²⁵⁾은 건조속도의 차이에 따라 필름에 잔존하는 기공의 크기와 수가 달라질 수 있으므로 일정한 건조온도를 유지시키는 것이 중요하다고 하였다.

한편, 가식성 필름의 수증기투과도는 친수성 특성으로 인하여 온도나 상대습도와 같은 환경요인에 크게 영향을 받으며^(18,23,26,27), 특히 친수성 특성이 클수록 상대습도에 따라 수증기투과 저해제로서의 특성이 달

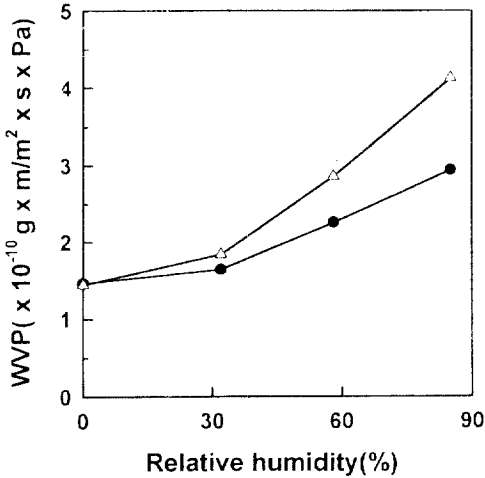
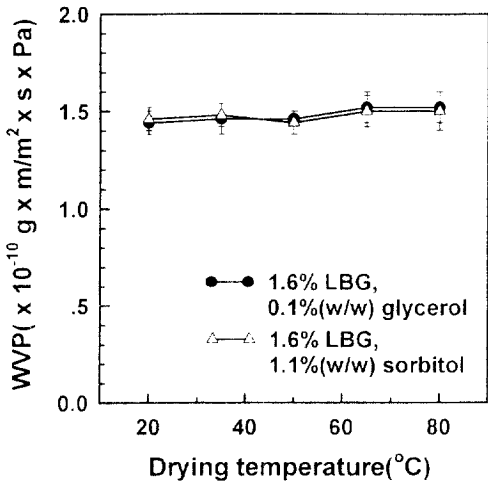


Fig. 3. Effects of drying temperature and relative humidity on water vapor permeability of the film.

라진다. 상대습도에 따른 LBG 필름의 수증기투과도를 Fig. 3에 나타내었는데, LBG 필름은 0% RH에서보다 85% RH에서의 수증기투과도 값이 가스제로 글리세롤 첨가의 경우 $1.46\sim 2.94 \times 10^{-10} \text{ g} \cdot \text{m}/\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa}$ 로, 솔비톨 첨가의 경우 $1.44\sim 4.16 \times 10^{-10} \text{ g} \cdot \text{m}/\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa}$ 로 증가하였고, 가스제로 솔비톨 첨가시 상대습도의 영향을 더 많이 받는 것으로 나타났으며, 이는 솔비톨의 보습력 때문인 것으로 보인다. 글리세롤은 소수성 성질을 가지고 있는데 반해 솔비톨은 친수성 성질을 가지고 있어 상대습도의 영향을 더 많이 받는 것으로 나타났다. 실질적으로 식품이 접하게 되는 환경이 0% RH의 극한 경우는 드물기 때문에 상대습도 증가에 따른 수증기투과도 측정은 중요한 의미를 가지는데, Donhowe와 Fennema⁽⁹⁾는 지질-친수 콜로이드 이중층

필름에서 상대습도가 증가함에 따라 수증기투과도가 증가한다고 보고하여 LBG 필름의 경우와 일치하는 경향을 나타냈다. 이러한 현상은 친수성 필름의 경우 높은 상대습도에서 흡수된 물로 팽윤되면서 물분자의 운동성이 증가되므로 수증기투과도 또한 증가되기 때문이라고 설명하였다. LBG 필름이 비록 상대습도가 증가함에 따라 수증기투과도가 증가하기는 하였으나, 이 역시 식품에 응용하면 수증기투과 저해제로서의 기능을 가진다 할 수 있으며, 보다 상대습도에 안정한 필름의 저장을 위해서는 가스제로서 글리세롤의 첨가가 바람직한 것으로 사료된다.

Fig. 4는 LBG 필름의 수증기투과도와 필름두께의 관계를 나타내었고 그 관계식은 Table 2에 표시하였다. LBG 필름의 수증기투과도는 필름의 두께가 증가할수록 증가하였으며, 솔비톨을 첨가했을 경우 두께 증가에 따른 수증기투과도 증가정도가 크게 나타났고, 이는 솔비톨이 친수성 성질을 가지고 있기 때문인 것으로 보인다. 일반적으로 이상적인 플라스틱 포장재의 수증기투과도는 두께에 무관해야 하나⁽²⁰⁾, 대부분의 가식성 필름은 친수성을 나타내므로 수증기투과도

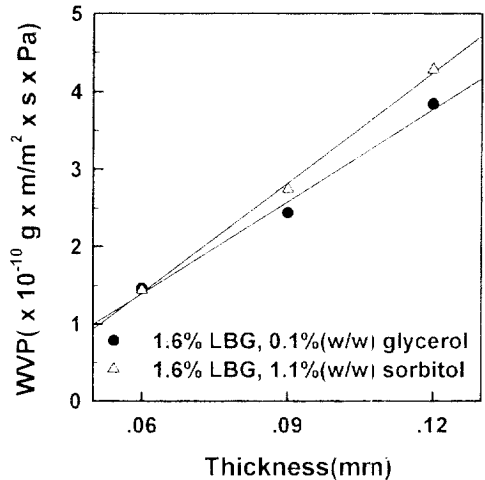


Fig. 4. Relationships between thickness and water vapor permeability of LBG-based film.

Table 2. Relationships between thickness (X) and water vapor permeability (P) of LBG-based film at 1.6% (w/w) LBG

LBG-based film	Linear equation	Correlation coefficient (r)
1.6% LBG, 0.1% (w/w) glycerol	$P = -0.050 + 1.983X$	0.995
1.6% LBG, 1.1% (w/w) sorbitol	$P = -0.072 + 2.367X$	0.999

는 필름의 두께가 증가함에 따라 직선적으로 증가하는 것으로 알려져 있다⁽²⁹⁾. 이러한 사실은 셀룰로오스 필름⁽²⁵⁾, zein 필름과 wheat gluten 필름⁽²¹⁾ 등에서 밝혀진 바 있다. Banker 등⁽²⁴⁾은 이러한 현상은 수분외의한 필름의 팽윤 결과 필름의 구조가 변하기 때문이라 설명하였으며, 즉 팽윤된 구조 사이로 수증기의 이동이 증가되기 때문으로 보인다. LBG 필름의 경우 Fig. 4의 결과는 필름의 두께가 증가함에 따라 수증기투과도가 직선적으로 증가함을 잘 나타내고 있다.

인장강도 및 신장율

LBG 필름의 인장강도는 LBG 농도, 가소제 종류 및 농도를 달리하여 측정된 결과 3.22~12.33 MPa로 측정되었고, 신장율은 0.77~19.73%로 측정되었으나, 87.02 MPa, 49%인 키토산 필름⁽³⁰⁾, 56.06 MPa, 18.5%인 메틸 셀룰로오스 필름⁽¹⁹⁾, 13.92 MPa, 31%인 whey 단백질 필름⁽³¹⁾, 12.97 MPa, 500%인 LDPE 필름⁽³²⁾ 등 기존의 가식성 필름 및 플라스틱 필름에 비하여 약한 것으로 나타났다. Hardenburg⁽³³⁾는 필름의 인장강도는 식품표면에 형성된 필름의 성공적 사용을 위해서 어느 정도의 구조적 견고성이 요구되기 때문에 중요하며, 이 구조적 견고성이 유지되어야 식품의 가공, 저장, 유통과 정동한 식품표면의 손상을 방지할 수 있다고 하였다.

Fig. 5는 인장강도와 신장율에 미치는 글리세롤과 솔비톨의 영향을 나타내었다. LBG 필름의 인장강도는 글리세롤을 첨가했을 경우가 크게 나타났고, 신장율은 솔비톨을 첨가했을 경우 크게 나타났으며, 가소제의 양이 증가함에 따라 인장강도는 감소하고, 신장율은 증가하는 경향을 보였다. Liberman과 Gilbert⁽³⁴⁾는 이를 가소제가 분자내부의 수소결합을 감소시키고 분자간의 거리를 증가시키므로써 필름의 견고성을 감소시키고 유연성과 확장성을 증가시키기 때문이라고 설명하였으며, 본 연구의 경우 글리세롤과 솔비톨이 가소제로서의 작용뿐만 아니라 보습제로도 작용하므로 보습력으로 인한 필름의 평균수분함량을 증가시키는 효과에서 또한 기인되는 것으로 생각된다. Butler 등⁽⁷⁾은 키토산 필름에서 글리세롤 농도가 증가함에 따라 인장강도가 감소한다고 보고하였고, Herald 등⁽³⁾은 글리세롤이 wheat gluten 필름의 puncture strength를 감소시킨다 보고하였다. 한편, 솔비톨 첨가의 경우 인장강도가 작고 신장율은 크게 측정되었는데, 이는 보습제로서의 작용이 글리세롤보다 솔비톨이 더 크기 때문이며, 필름의 구조적 견고성을 위해서는 가소제로서 글리세롤을 소량 첨가하는 것이 바람직하다.

한편, Fig. 5에서 보면 LBG 농도가 증가함에 따라

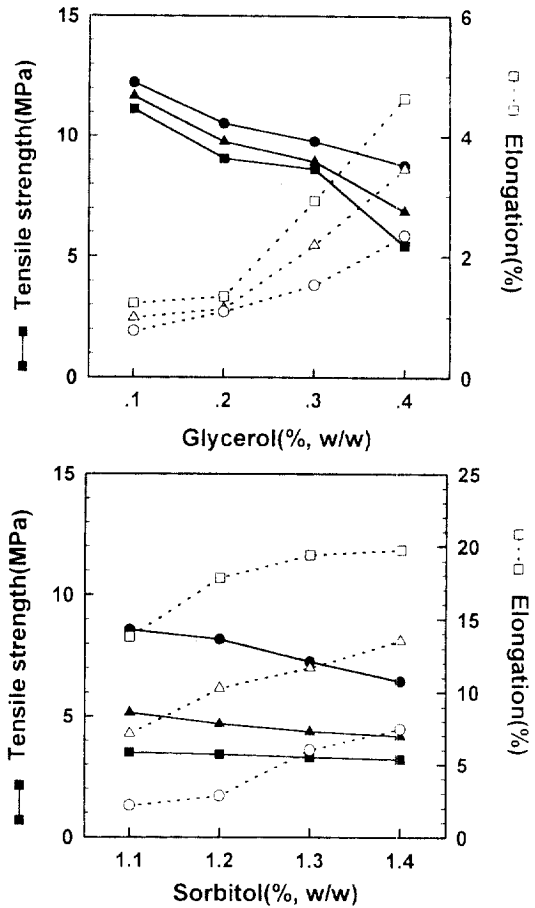


Fig. 5. Effects of glycerol, sorbitol, and LBG on tensile strength and elongation of the film. ■—■, □—□: 1.2% (w/w) LBG, ▲—▲, △—△: 1.4% (w/w) LBG, ●—●, ○—○: 1.6% (w/w) LBG.

인장강도는 증가하였으나 신장율은 감소하였고, 이는 LBG 농도가 증가할수록 필름이 절단되는데 필요한 힘이 더 많이 요구된다는 것을 의미하며, LBG 분자간 상호작용의 증가로 필름구조가 견고해졌기 때문으로 보이며, 농도가 증가할수록 필름이 포함하고 있는 수분함량은 감소하게 되므로 신장율은 감소하게 되는 것으로 보인다. 한편, 솔비톨 첨가의 경우 LBG 농도 증가에 따른 인장강도 증가율과 신장율 감소율이 크게 나타났으며, 이 역시 솔비톨의 강한 보습력 때문으로 생각된다.

아가로오스, 카파-카라기난, 잔탄검 혼합에 따른 영향 비록 LBG 농도가 증가함에 따라 인장강도가 증가하기는 하였으나 LBG 필름의 인장강도 및 신장율은 기존의 가식성 필름에 비하여 약하므로, 이에 대한 보

Table 3. Effects of agarose, *k*-carrageenan, and xanthan gum on opacity, tensile strength and elongation of LBG-based film

LBG (%, w/w)	agarose (%, w/w)	<i>k</i> -carrageenan (%, w/w)	xanthan gum (%, w/w)	glycerol (%, w/w)	opacity (AU·nm)	tensile strength (MPa)	elongation (%)
1.6	—	—	—	0.1	84.4±8.6	12.23±1.71	0.77±0.37
1.6	—	—	—	0.2	83.6±6.5	10.53±1.41	1.09±0.32
1.6	—	—	—	0.3	85.2±9.3	9.77±1.67	1.53±0.44
1.6	—	—	—	0.4	80.1±6.3	8.78±0.93	2.35±0.41
0.5	0.1	—	—	0.4	278.8±29.9	7.41±1.99	0.85±0.35
0.5	0.2	—	—	0.4	298.6±35.3	8.82±3.15	1.00±0.47
0.5	0.3	—	—	0.4	286.3±20.2	10.37±1.97	1.59±0.65
0.5	0.4	—	—	0.4	309.5±25.6	11.79±3.14	2.06±0.49
0.5	—	0.1	—	0.4	54.8±6.1	9.83±2.49	3.68±1.02
0.5	—	0.2	—	0.4	47.5±5.1	11.68±3.26	4.56±1.59
0.5	—	0.3	—	0.4	42.1±6.0	12.45±1.93	6.28±2.57
0.5	—	0.4	—	0.4	35.7±3.3	13.24±1.26	7.13±3.65
0.5	—	—	0.1	0.4	190.3±18.8	8.50±2.80	0.70±0.26
0.5	—	—	0.2	0.4	187.6±13.3	9.62±3.35	0.85±0.49
0.5	—	—	0.3	0.4	201.6±20.2	10.44±2.47	0.96±0.58
0.5	—	—	0.4	0.4	225.6±16.2	10.83±1.80	1.19±0.45

완으로 상승효과가 있는 아가로오스, 카파-카라기난, 잔탄검 등을 혼합하여 복합필름을 제조하였다. 이때, 혼합비율은 이들 물성측정에 있어서 일반적인 혼합비율인 총 검류 농도가 1.0%가 되지 않는 범위 내에서 혼합하였다⁽⁴⁾. LBG 필름에서 인장강도가 가장 크게 측정된 0.1% (w/w) 글리세롤을 가소제로 사용한 결과 인장강도 측정치의 오차가 크게 나타났고 신장율이 낮았으므로 첨가량이 부족하게 보였다. 0.4% (w/w) 글리세롤을 첨가하여 복합필름을 제조한 후 측정된 투명도, 인장강도와 신장율을 Table 3에 나타내었고, 인장강도가 가장 크게 측정된 글리세롤을 첨가한 1.6% (w/w) LBG 필름과 비교하였다. 인장강도의 경우 아가로오스를 혼합한 필름은 7.41~11.79 MPa, 잔탄검을 혼합한 필름은 8.5~10.83 MPa를 나타내어 8.78~12.23 MPa의 LBG 필름보다 비슷하거나 낮게 측정되었고, 카파-카라기난을 혼합한 필름은 9.83~13.24 MPa를 나타내어 총 검류 농도가 낮음에도 불구하고 LBG 필름의 인장강도보다 조금 강하게 측정되었다. 신장율의 경우 아가로오스를 혼합한 필름은 0.85~2.06%, 잔탄검을 혼합한 필름은 0.70~1.19%를 나타내어 0.77~2.35%의 LBG 필름보다 낮게 측정되었으나, 카파-카라기난을 혼합한 필름은 3.68~7.13%를 나타내어 혼합에 의한 효과가 있는 것으로 보인다. 아가로오스를 혼합한 필름은 투명도의 측정치가 매우 높아서 가식성 필름으로 적합하지 않게 보이고, 잔탄검을 혼합한 필름은 투명도가 우수하지 못하고 급격한 점도증가와 뛰어난 겔 형성능력으로 인하여 필름을 제조하는데 어려움

이 있어서 LBG와 혼합하여 필름을 제조하는 것은 바람직하지 않게 보인다. 그러나 카파-카라기난을 혼합한 경우 그 혼합비율이 증가함에 따라 투명도의 측정치가 낮고 인장강도와 신장율이 개선되었는데, 이는 카파-카라기난의 우수한 필름형성능력 때문인 것으로 사료되며, 실제적으로 이를 재료로 사용한 필름특성에 관한 연구가 많이 이루어지고 있으나 값이 매우 비싼 단점이 있다. 본 연구에서는 총 검류의 농도가 1.0% (w/w) 이하에서만 인장강도와 신장율을 측정하였으나, LBG와 다른 필름재료와의 혼합에 대하여 더 연구되어야 할 것이다.

요 약

Locust bean gum을 이용하여 필름을 제조한 뒤, 투명도, 수증기투과도, 인장강도 및 신장율을 측정하였다. 투명도는 가식성 필름으로 적합하게 보였으며, 수증기투과도는 가소제의 종류 및 첨가량에 크게 영향을 받지 않았고, LBG 농도가 증가함에 따라 감소하였다. 건조온도를 20, 35, 50, 65, 80°C로 달리하였을 때 수증기투과도에 미치는 영향이 미약하게 관찰되었고, 상대습도가 0%에서 32, 58, 85% RH로 증가함에 따라 수증기투과도가 글리세롤 첨가의 경우 2배, 솔비톨 첨가의 경우 3배가 증가하여 저장성에 있어서는 글리세롤이 가소제로 적합하게 나타났다. 필름의 두께가 0.06에서 0.09, 0.12 mm로 증가함에 따라 직선적으로 증가하는 수증기투과곡선의 모습을 보였으나,

전반적으로 LBG 필름의 수증기투과도는 다른 가식성 필름에 비하여 낮게 측정되었다. 인장강도는 LBG 농도 증가에 따라 증가하였고, 가소제 농도 증가에 따라 감소하였으며, 글리세롤을 사용할 경우 더 크게 측정되었다. 반면, 신장율은 LBG 농도 증가에 따라 감소하고, 가소제 농도 증가에 따라 증가하였으며, 솔비톨을 사용할 경우 더 크게 측정되었으나, LBG 필름의 인장강도 및 신장율은 약하게 나타났다. LBG와 아가로오스, 카파-카라기난, 잔탄검을 혼합하여 복합필름을 제조한 결과 카파-카라기난과의 상승효과로서 인장강도와 신장율이 증가하였다.

문 헌

- Labuza, T.P.: Moisture gain and loss in packaged foods. *Food Technol.*, **36**, 92-98 (1982)
- Kester, J.J. and Fennema, O.R.: Edible films and coatings; a review. *Food Technol.*, **40**, 47-59 (1986)
- Herald, T.J., Gnanasambandam, R., McGuire, B.H. and Hachmeister, K.A.: Degradable wheat gluten films; preparation, properties, and application. *J. Food Sci.*, **60**, 1147-1150 (1995)
- Labuza, T.P.: *Moisture Sorption; Practical aspects of isotherm measurement and use*. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN. (1984)
- Donhowe, I.G. and Fennema, O.: The effect of relative humidity gradient on water vapor permeance of lipid and lipid-hydrocolloid bilayer films. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **69**, 1081-1087 (1992)
- Chinnan, M.S. and Young, J.H.: A study of diffusion equations describing moisture movement in peanut pods. I. comparison of vapor and liquid diffusion equations. *Trans. ASAE*, **20**, 539-542 (1977)
- Butler, B.L., Vergano, P.T., Testin, R.F., Bunn, J.M. and Wiles, J.L.: Mechanical and barrier properties of edible chitosan films as affected by composition and storage. *J. Food Sci.*, **61**, 953-955 (1996)
- Andres, C.: Natural edible coating has excellent moisture and grease barrier properties. *Food Proc.*, **45**, 48-51 (1984)
- Figueiredo, A.A.: Mesquite: history, composition, and food uses. *Food Technol.*, **44**, 118-128 (1990)
- Dea, I.C.M. and Morrison, A.: Chemistry and interactions of seed galactomannan. *Adv. Carbohydr. Chem. Biochem.*, **31**, 241-312 (1979)
- Dea, I.C.M., McKinnon, A.A. and Rees, D.A.: Tertiary and quaternary structure in aqueous polysaccharide systems which model cell wall cohesion; reversible changes in conformation and association of agarose, carrageenan and galactomannans. *J. Mol. Biol.*, **68**, 153-172 (1972)
- Tako, M. and Nakamura, S.: Synergistic interaction between kappa-carrageenan and locust-bean gum in aqueous media. *Agric. Biol. Chem.*, **50**, 2817-2822 (1986)
- Tako, M., Asato, A. and Nakamura, S.: Rheological aspects of the intermolecular interaction between xanthan and locust bean gum in aqueous media. *Agric. Biol. Chem.*, **48**, 2995-3000 (1984)
- Rocks, J.K.: Unusual rheological properties and heat, acid, and salt stabilities make glucose-derived hydrocolloid a versatile food additive; xanthan gum. *Food Technol.*, **25**, 476-485 (1971)
- BSI. *Opticals Methods for Measuring Brightness, Whiteness, Reflectance and Opacity for Paper*. B.S.4432. British Standards Institution, London (1968)
- ASTM. Standard methods for water vapor transmission of materials (E 96-80). *Annual Book of ASTM Standards*, American Society for Testing and Materials, Philadelphia, PA. (1987)
- ASTM. Standard methods for tensile properties of thin plastic sheeting (D 882-88). *Annual Book of ASTM Standards*, American Society for Testing and Materials, Philadelphia, PA. (1989)
- Gontard, N., Guilbert, S. and Cuq, J.-L.: Edible wheat gluten films; Influence of the main process variables on film properties using response surface methodology. *J. Food Sci.*, **57**, 190-195 (1992)
- Park, H.J., Weller, C.L., Vergano, P.J. and Testin, R.F.: Permeability and mechanical properties of cellulose-based edible films. *J. Food Sci.*, **58**, 1361-1364 (1993)
- McHugh, T.H., Aujard, J.-F. and Krochta, J.M.: Plasticized whey protein edible films; Water vapor permeability properties. *J. Food Sci.*, **59**, 416-419 (1994)
- Kim, Y.H., Kim, D.M. and Kim, K.H.: Permeability and mechanical properties of zein and gluten-based films (in Korean). *Korean J. Food Sci. Technol.*, **26**, 138-140 (1994)
- Brandenburg, A.H., Weller, C.L. and Testin, R.F.: Edible film and coatings from soy protein. *J. Food Sci.*, **58**, 1086-1089 (1993)
- Gontard, N., Guilbert, S. and Cuq, J.-L.: Water and glycerol as plasticizers affect mechanical and water vapor barrier properties of an edible wheat gluten film. *J. Food Sci.*, **58**, 206-211 (1993)
- Banker, G.S.: Film coating theory and practice. *J. Pharm. Sci.*, **55**, 81-89 (1966)
- Kim, Y.H., Park, H.J., Kim, D.M. and Kim, K.H.: Functional properties of cellulose-based films (in Korean). *Korean J. Food Sci. Technol.*, **26**, 133-137 (1994)
- Kamper, S.L. and Fennema, O.R.: Water vapor permeability of edible bilayer films. *J. Food Sci.*, **49**, 1478-1482 (1984)
- Biquet, B. and Labuza, T.P.: Evaluation of the moisture permeability of chocolate films as an edible moisture barriers. *J. Food Sci.*, **53**, 989-998 (1988)
- Crank, W.M.: *The mathematics of diffusion*. Oxford University Press, London (1975)
- Banker, G.S., Gore, A.Y. and Swaebrick, J.: Water vapor transmission properties of free polymer films. *J. Pharm. Pharmacol.*, **18**, 457-466 (1966)
- Cho, J.S., Han, J.J. and Lee, C.H.: Physical properties of chitosan film made from crab shell (in Korean). *Korean*

- J. Food Sci. Technol.*, **24**, 574-580 (1992)
31. McHugh, T.H. and Krochta, M.: Sorbitol-vs glycerol-plasticized whey protein edible films; integrated oxygen permeability and tensile property evaluation. *J. Agric. Food Chem.*, **42**, 841-845 (1994)
32. Briston, J.H.: *Plastic Films*, 3rd ed. Wiley, New York (1988)
33. Hardenburg, R.E.: Wax and related coatings for horticultural products. A bibliography. Agricultural Research Service Bulletin 51-15, United States Department of Agriculture, Washington, D.C. (1967)
34. Lieberman, E.R. and Gilbert, S.G.: Gas permeation of collagen films as affected by cross-linkage, moisture, and plasticizer content. *J. Polymer. Sci.*, **41**, 33-43 (1973)

(1997년 11월 29일 접수)