

κ/λ 및 κ/ι-carrageenan 혼합 필름의 물성

한윤정 · 김석신*

가톨릭대학교 식품영양학과

Physical Properties of Mixed κ/λ- and κ/ι-carrageenan Films

Youn-Jeong Han and Suk-Shin Kim*

Department of Food Science and Nutrition, The Catholic University of Korea

Abstract The physical properties of κ/λ- and κ/ι-carrageenan films, mixed with λ- or ι-carrageenan (κ:λ or κ:ι = 2:1, 1.5:1.5, 1.2:1.8) and with polyethylene glycol, were compared to those of κ-, λ-, or ι-carrageenan films. The tensile strengths of the κ/λ- and κ/ι-carrageenan films decreased with increasing mixing ratios of κ/λ- or κ/ι-carrageenan, respectively, and were lower than those of the λ- and ι-carrageenan films. The elongations and water vapor permeabilities of the κ/λ- and κ/ι-carrageenan films increased with increasing mixing ratios of λ- and ι-carrageenan, respectively, and were higher than those of the λ- or ι-carrageenan films.

Key words: κ-carrageenan, λ-carrageenan, ι-carrageenan, tensile strengths, elongations, water vapor permeabilities

서 론

가식성 필름 제조에 사용되는 다당류 가운데 carrageenan은 홍조류에서 추출한 필름 형성 능력이 뛰어난 고분자인데, 식품산업에서 많이 이용되는 것으로 κ-carrageenan, ι-carrageenan, λ-carrageenan의 3가지 종류가 있으며, 홍조류의 종류마다 주로 생성하는 carrageenan의 종류가 다르고, 어떤 홍조류는 κ/ι이 혼합된 형태의 carrageenan을 생성하기도 한다(1-3). κ-Carrageenan이 형성하는 젤은 K⁺의 영향을 받으며 강하고 부스러지기 쉽고, ι-carrageenan의 젤은 Ca⁺⁺의 영향을 받으며 약하고 부드러운 특성이 있는 반면, λ-carrageenan은 젤을 형성하는 능력이 없고 점성이 높아 점도증진제로 사용된다(1,2). 이러한 젤 형성 특성의 차이 때문에 식품에 원하는 물성을 얻고자 할 때는 적절한 비율로 혼합하여 사용한다. 특히 κ-carrageenan과 λ-carrageenan을 인위적으로 혼합했을 때의 젤 구조와 천연적으로 κ/ι이 혼합된 형태의 carrageenan의 젤 구조를 비교한 연구들(4-6)이 수행되기도 하였다.

Carrageenan을 이용한 가식성 필름 제조 연구로서 Park 등(7)은 κ-, ι- 및 κ-carrageenan로 제조한 3가지 종류의 필름의 인장강도와 신장률을 염농도의 영향과 함께 비교하였으며, Rhim 등(8)은 κ-carrageenan 필름의 투습도를 보고하였고, Kang 등(9)은 κ-carrageenan 필름의 생분해도를 측정하였으며, Hwang 등(10)은 κ-carrageenan 필름으로 포장한 생선육의 보존성을 연구하였고, 그 밖에 종이포장지예의 κ-, ι- 및 λ-carrageenan의 코팅 연구(11)나 κ-carrageenan에 corn zein 코팅 연구(12), κ-carrageenan과 chitosan의 복합 필름의 물성 연구(13), 최소가공 사과절편예의 κ-

carrageenan 코팅 연구(14), ι-carrageenan 필름의 표면젖음성 연구(15)와 수증기투과도 연구(16), κ-carrageenan 필름과 ι-carrageenan 필름의 인장강도와 인열강도 연구(17) 등이 있다.

Carrageenan의 종류에 따른 젤 형성 특성의 차이는 필름으로 제조하였을 때에도 물성의 차이에 반영되는데, Park 등(7)은 carrageenan 필름의 인장강도는 κ-carrageenan>λ-carrageenan>ι-carrageenan의 순서를 보였으며, 신장률은 λ-carrageenan>ι-carrageenan>κ-carrageenan의 순서를 보였다고 보고하였다. 일반적으로 κ-carrageenan 필름이 강한 물성을 보유하고 있기 때문에 필름이나 코팅 소재로 가장 많이 활용되고 있는데, 이러한 가식성 필름을 실제로 포장에 적용할 때 중요한 유연성(flexibility)을 증가시키기 위해서는 인장강도는 감소하더라도 신장률을 증가시킬 필요가 있다. 이러한 필름의 바람직한 물성은 기본필름(base film)으로 많이 사용되는 κ-carrageenan에 λ-carrageenan이나 ι-carrageenan을 여러 가지 비율로 배합함으로써 젤 성질의 개량과 함께 달성할 수 있으므로 다른 필름 소재에 비해 유리한 측면이 있다. 그러나 현재까지 κ-carrageenan, λ-carrageenan, ι-carrageenan의 3가지 종류 carrageenan의 장단점을 이용한 가식성 필름에 대한 연구는 시도된 바 없다.

이에 따라 본 연구에서는 κ-carrageenan에 λ-carrageenan이나 ι-carrageenan을 일정 비율로 혼합하여 가식성 필름으로 제조한 후 이의 물성을 측정하고자 하였다.

재료 및 방법

재료

κ-Carrageenan, λ-carrageenan, ι-carrageenan은 (주)한국카라겐(Suncheon, Korea)에서 제공받았으며 polyethylene glycol(PEG) 400은 Sigma사(St. Louis, MO, USA)에서 구입하여 실험에 사용하였다.

*Corresponding author: Suk-Shin Kim, Department of Food Science and Nutrition, The Catholic University of Korea, Buchon City, Kyonggi-do 422-743, Korea
Tel: 82-2-2164-4316
Fax: 82-2-2164-4316
E-mail: kimsukshin@catholic.ac.kr

Table 1. Experiments for preparing mixed κ/λ - and κ/ι -carrageenan films

Films	Carrageenans(g)			PEG ¹⁾ (g)	Total weight of final solution(g)
	κ	λ	ι		
κ/λ -carrageenan	2.0	1.0	-	3	300
	1.5	1.5	-		
	1.2	1.8	-		
κ/ι -carrageenan	2.0	-	1.0	3	300
	1.5	-	1.5		
	1.2	-	1.8		
κ -carrageenan	3.0	-	-	3	300
λ -carrageenan	-	3.0	-	3	300
ι -carrageenan	-	-	3.0	3	300

¹⁾PEG stands for polyethylene glycol.

가식성 필름 제조

가식성 필름은 κ/λ -carrageenan 혼합 필름과 κ/ι -carrageenan 혼합 필름으로 나누어 Table 1과 같은 비율로 혼합하여 제조하였다. $\kappa:\lambda$ 또는 $\kappa:\iota$ 의 비율을 2:1, 2:2, 2:3으로 하되 총량은 3 g이 되도록 조절하였고(즉, 2:1, 1.5:1.5, 1.2:1.8), 가소제 PEG의 첨가량은 예비실험 결과를 바탕으로 3 g으로 결정하였으며, 최종 용액의 양은 300 g이 되도록 하였다. κ -Carrageenan, λ -carrageenan, ι -carrageenan 단독 필름을 같은 방법으로 제조하여 물성을 비교하였다. 모든 경우 칼륨염이나 칼슘염을 별도로 첨가하지 않았다. 이렇게 배합된 용액을 hot plate 상에서 85°C까지 가열하여 30분 이상 교반한 다음 30°C incubator에서 식혀 teflon(BYTAC®, Norton Performance Plastic Corporation, Wayne, NJ, USA)으로 코팅한 30 cm×30 cm 크기의 유리판에 균일하게 붓고 수평을 잡아 두께를 일정하게 조절한 다음 실온(약 25°C)에서 24시간 이상 건조한 후 떼어내 필름으로 사용하였다.

두께 측정

필름의 두께는 1 μ m의 정밀도를 가진 micrometer(Mitutoyo Co., Tokyo, Japan)로 중심과 주위부분을 10회씩 측정하였고, 측정결과 각 부위의 상대오차가 5% 이내인 필름만을 물성측정에 사용하였다.

인장강도 및 신장률 측정

필름의 인장강도(tensile strength)와 신장률(elongation)은 ASTM D882-88 표준시험법(18)에 따라 폭 2.54 mm×100 mm로 절단하고 25°C, 50% 상대습도 조건에서 48시간 평형시킨 후 texture analyzer(TX-HD, Stable Micro System, Godalming, UK)를 사용하여 측정하였다. 측정할 때 cross head speed는 8.3 mm/sec(500 mm/min), grip separation은 50 mm로 하였다. 9회 반복 실험하여 평균 및 표준편차를 산출하였고 측정된 인장강도 값은 MPa로, 신장률은 %로 표시하였다.

수증기 투과도 측정

필름의 수증기 투과도(water vapor permeability: WVP)는 투습 컵법(19)을 적용하여 투습컵(내경 46 mm, 외경 87 mm, 깊이 21 mm)으로 25°C, 50% 상대습도에서 측정하였다. 투습도(water vapor transmission rate, WVTR)는 시간에 따른 무게감소 그래프의 기울기를 투습컵의 단면적으로 나누어 구하였다. WVP를 계산할 때 식(1)을 활용하여 WVTR값을 보정하여 구하였다(20). 모든 데이

터는 3회 반복 실험한 평균값을 취하였다.

$$WVP = WVTR \times L/\Delta P \quad (1)$$

여기서 WVP는 수증기 투과도($\text{ng} \cdot \text{m}/\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa}$), WVTR은 투습도($\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$), L은 필름의 두께(m), ΔP 는 필름 양면의 보정된 수증기 분압 차이(Pa)이다.

통계 처리

SigmaPlot 9.0판(SPSS Inc., Chicago, Illinois, USA)을 사용하여 선형회귀분석과 유의차($p < 0.05$) 검정을 행하였다.

결과 및 고찰

κ/λ - 및 κ/ι -carrageenan 혼합 필름의 인장강도

Fig. 1에 κ -carrageenan에 λ -carrageenan을 일정 비율($\kappa:\lambda=2:1, 1.5:1.5, 1.2:1.8$)로 가하고 동일한 양의 PEG를 첨가하여 제조한 κ/λ -carrageenan 혼합 필름의 인장강도를 λ -carrageenan($\kappa:\lambda=3:0$)에 PEG를 첨가하여 제조한 단독 필름과 λ -carrageenan ($\kappa:\lambda=0:3$)에 PEG를 첨가하여 제조한 단독 필름의 인장강도와 비교하여 나타내었다. 두께의 경우 $53 \pm 2 \mu\text{m}$ - $55 \pm 4 \mu\text{m}$ 를 보여 λ -carrageenan 혼합비율($\kappa:\lambda=3:0, 2:1, 1.5:1.5, 1.2:1.8, 0:3$)에 따른 유의차가 없는 것으로 나타났다. κ -Carrageenan($\kappa:\lambda=3:0$)에 PEG를 첨가하여 제조한 필름과 λ -carrageenan($\kappa:\lambda=3:0$)에 PEG를 첨가하여 제조한 필름의 인장강도는 각각 $18.75 \pm 0.55 \text{ MPa}$ 과 $13.56 \pm 0.36 \text{ MPa}$ 로서 기존 보고(7, 13, 17)의 범주에 들었으며, 가소제 PEG를 첨가하지 않은 각 필름들의 인장강도 $93.44 \pm 2.84 \text{ MPa}$ 과 $75.12 \pm 3.62 \text{ MPa}$ 의 각각 20%, 18%에 불과한 수준이었다. 하지만 이 인장강도 값들은($18.75 \pm 0.55 \text{ MPa}$ 과 $13.56 \pm 0.36 \text{ MPa}$) LDPE 필름의 인장강도 8.6-17.3 MPa(21)의 범주에 들어 있으며, 오히려 PEG를 첨가하지 않은 경우의 κ -carrageenan 필름과 λ -carrageenan 필름의 인장강도는 유연성 포장재(flexible package)로서 적합하지 못하기 때문에, 실용성을 고려하여 PEG를 동일량 첨가하여 물성 비교실험을 행하였다. Fig. 1에서 κ/λ -carrageenan 혼합 필름의 인장강도는 κ -carrageenan를 기준으로 λ -carrageenan의 혼합비율이 증가할수록 $9.76 \pm 0.24 \text{ MPa}$, $8.28 \pm 0.71 \text{ MPa}$, $7.51 \pm 0.61 \text{ MPa}$ 로 감소하는 경향을 보였으나, 가식성 필름 인장강도에 대한 기존 보고(22)의 범주에 들어 있다. 특히 κ/λ -carrageenan 혼합 필름의 인장강도가 κ -carrageenan 단독필름이나 λ -carrageenan단독 필름의 인

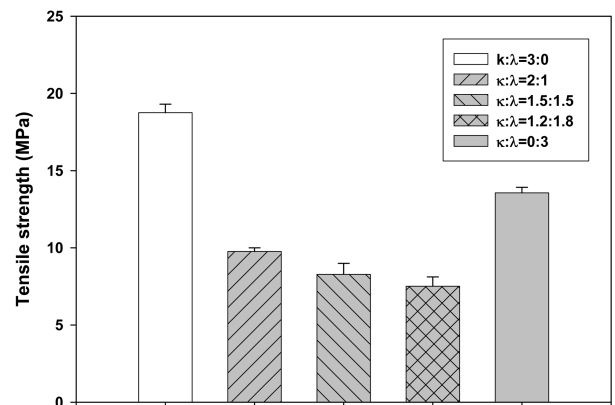


Fig. 1. Tensile strength of edible films of mixed κ/λ -carrageenan films.

장강도의 차이 값을 보이지 않고, 오히려 각각 단독 필름의 인장 강도보다 낮은 이유는 κ -carrageenan helix 사이의 결합이 λ -carrageenan에 의해 방해받고, λ -carrageenan helix 사이의 결합이 오히려 κ -carrageenan에 의해 방해받기 때문이라고 추측되었다. 이것은 κ -carrageenan과 ι -carrageenan이 혼합되어 있을 때 서로 독립적으로 젤화되며 이러한 젤화 mechanism은 상호침투네트워크 모델(interpenetrating network model)로 설명할 수 있다는 Ridout 등(4)의 연구결과에 의해 뒷받침될 수 있다.

Fig. 2에 κ -carrageenan에 ι -carrageenan을 일정 비율($\kappa:\iota=2:1, 1.5:1.5, 1.2:1.8$)로 가하고 동일량의 PEG를 첨가하여 제조한 κ/ι -carrageenan 혼합 필름의 인장강도를 κ -carrageenan($\kappa:\iota=3:0$)에 PEG를 첨가하여 제조한 단독 필름과 ι -carrageenan ($\kappa:\iota=0:3$)에 PEG를 첨가하여 제조한 단독 필름의 인장강도와 비교하여 나타내었다. 두께의 경우 $54 \pm 3 \mu\text{m}$ - $56 \pm 2 \mu\text{m}$ 를 보여 ι -carrageenan 혼합비율($\kappa:\iota=3:0, 2:1, 1.5:1.5, 1.2:1.8, 0:3$)에 따른 유의차가 없는 것으로 나타났다. κ -Carrageenan($\kappa:\iota=3:0$)에 PEG를 첨가하여 제조한 필름과 ι -carrageenan($\kappa:\iota=0:3$)에 PEG를 첨가하여 제조한 필름의 인장강도는 각각 $18.75 \pm 0.55 \text{ MPa}$ 과 $12.45 \pm 0.48 \text{ MPa}$ 로서 기존 보고(7,13,17)의 범주에 들었으며, 가소제 PEG를 첨가하지 않은 각 필름들의 인장강도 $93.44 \pm 2.84 \text{ MPa}$ 과 $45.86 \pm 1.14 \text{ MPa}$ 의 각각 20%, 27% 수준이었다. 하지만 이 인장강도 값들($18.75 \pm 0.55 \text{ MPa}$ 과 $12.45 \pm 0.48 \text{ MPa}$) 역시 전술한 바와 같은 이유로 LDPE 필름의 인장강도 8.6 - 17.3 MPa (21)의 범주이기 때문에 PEG를 동일량 첨가한 필름들을 기준으로 물성 비교실험을 행하였다. Fig. 2에서 κ/ι -carrageenan 혼합 필름의 인장강도는 κ -carrageenan을 기준으로 ι -carrageenan의 혼합비율이 증가할수록 $8.26 \pm 0.14 \text{ MPa}$, $6.51 \pm 0.40 \text{ MPa}$, $6.42 \pm 0.14 \text{ MPa}$ 로 감소하는 경향을 보였으나, 가식성 필름 인장강도에 대한 기존 보고(22)의 범주에 들어 있다. 특히 κ/ι -carrageenan 혼합 필름의 인장강도도 κ -carrageenan 단독 필름이나 ι -carrageenan 단독 필름의 인장강도의 차이 값을 보이지 않고, 오히려 각각 단독 필름의 인장강도보다 낮았다. 그 이유 역시 Ridout 등(4)이 보고한 상호침투네트워크 모델(interpenetrating network model)을 기본으로 κ -carrageenan helix 사이의 결합이 ι -carrageenan에 의해 방해받고, ι -carrageenan helix 사이의 결합이 오히려 κ -carrageenan에 의해 방해받기 때문이라고 추측되었다. 전반적으로 κ/λ -carrageenan 혼합 필름의 인장강도가 κ/ι -carrageenan 혼합 필름의 인장강도보다 높았는데 이것은 λ -carrageenan 단독 필름의 인장강도가 ι -carrageenan 단독 필름의 인장강도보다 높기 때문인 것으로 추측되었다.

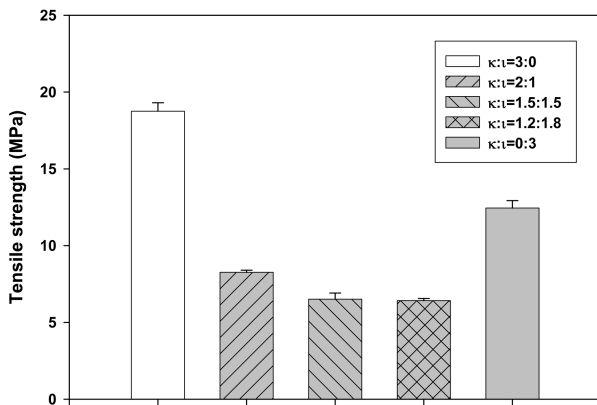


Fig. 2. Tensile strength of edible films of mixed κ/ι -carrageenan films.

κ/λ 및 κ/ι -carrageenan 혼합 필름의 신장률

Fig. 3에 κ -carrageenan에 λ -carrageenan을 일정 비율($\kappa:\lambda=2:1, 1.5:1.5, 1.2:1.8$)로 가하고 동일한 양의 PEG를 첨가하여 제조한 κ/λ -carrageenan 혼합 필름의 신장률을 κ -carrageenan($\kappa:\lambda=3:0$)에 PEG를 첨가한 단독 필름과 λ -carrageenan($\kappa:\lambda=0:3$)에 PEG를 첨가한 단독 필름의 신장률과 비교하였다. κ -carrageenan($\kappa:\lambda=3:0$)에 PEG를 첨가하여 제조한 필름과 λ -carrageenan($\kappa:\lambda=0:3$)에 PEG를 첨가하여 제조한 필름의 신장률은 각각 $23.78 \pm 1.38\%$ 와 $36.19 \pm 0.85\%$ 로서 기존 보고(7,13,17)의 범주에 들었으며, 가소제 PEG를 첨가하지 않은 각 필름들의 신장률 $1.69 \pm 0.3\%$ 와 $2.29 \pm 0.19\%$ 의 각각 14배, 16배 수준이었다. 하지만 이 신장률은 LDPE 필름의 신장률 500%(21)에 크게 미치지 못하기 때문에 PEG를 일정량 첨가하여 물성 비교실험을 행하였다. Fig. 3에서 κ/λ -carrageenan 혼합 필름의 신장률은 κ -carrageenan을 기준으로 λ -carrageenan의 혼합비율이 증가할수록 $30.87 \pm 2.48\%$, $48.58 \pm 0.33\%$, $70.49 \pm 3.07\%$ 로 증가하는 경향을 보였으나, 가식성 필름들의 신장률에 대한 기존 보고(22)의 범주에 들어 있다. 특히 κ/λ -carrageenan 혼합 필름의 신장률이 κ -carrageenan 단독 필름이나 λ -carrageenan 단독 필름의 신장률의 차이 값을 보이지 않고, 오히려 각각의 단독 필름의 인장강도보다 높은 이유 역시 Ridout 등(4)의 보고에 근거하여 κ -carrageenan helix 사이의 결합이 λ -carrageenan에 의해 방해받고, λ -carrageenan helix 사이의 결합이 오히려 κ -carrageenan에 의해 방해받기 때문이라고 추측되었다.

Fig. 4에 κ -carrageenan에 λ -carrageenan을 일정 비율($\kappa:\lambda=2:1, 1.5:1.5, 1.2:1.8$)로 가하고 동일량의 PEG를 첨가하여 제조한 κ/λ -carrageenan 혼합 필름의 신장률을 κ -carrageenan($\kappa:\lambda=3:0$)에 일정량의 PEG를 첨가하여 제조한 단독 필름과 λ -carrageenan ($\kappa:\lambda=0:3$)에 일정량의 PEG를 첨가하여 제조한 단독 필름의 신장률과 비교하였다. κ -Carrageenan($\kappa:\lambda=3:0$)에 PEG를 첨가하여 제조한 필름과 ι -carrageenan($\kappa:\lambda=0:3$)에 PEG를 첨가하여 제조한 필름의 신장률은 각각 $23.78 \pm 1.38\%$ 와 $26.12 \pm 0.85\%$ 로서 기존 보고(7, 13, 17)의 범주에 들었으며, 가소제 PEG를 첨가하지 않은 각 필름들의 신장률 $1.69 \pm 0.31\%$ 와 $1.92 \pm 0.00\%$ 의 각각 14배씩의 수준이었다. 하지만 이 신장률도 LDPE 필름의 신장률 500%(21)에 크게 미치지 못하기 때문에, 실용성을 고려하여 PEG를 동일량씩 첨가하여 물성 비교실험을 행하였다. Fig. 4에서 κ/λ -carrageenan 혼합 필름의 신장률은 κ -carrageenan을 기준으로 ι -carrageenan의 혼합비율이 증가할수록 $31.31 \pm 1.67\%$, $37.24 \pm 1.18\%$, $56.37 \pm$

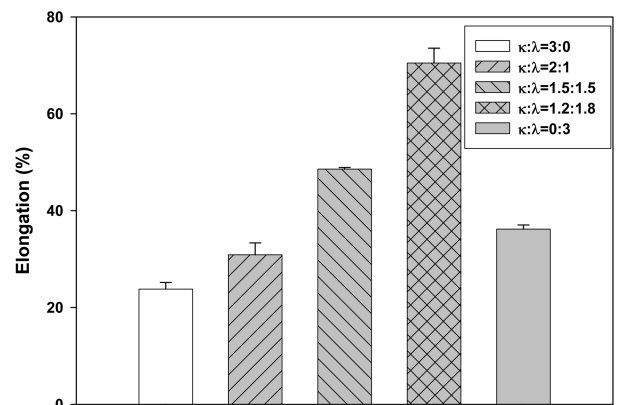


Fig. 3. Elongation of edible films of mixed κ/λ -carrageenan films.

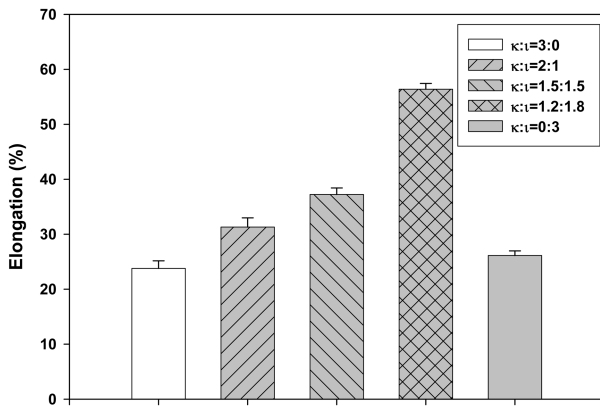


Fig. 4. Elongation of edible films of mixed κ/λ -carrageenan films.

1.08%로 증가하는 경향을 보였으며 이 값들은 가식성 필름 신장률에 대한 기존 보고(22)의 범주에 들어 있다. 특히 κ/λ -carrageenan 혼합 필름의 신장률이 κ -carrageenan 단독 필름이나 λ -carrageenan 단독 필름의 신장률의 사이 값을 보이지 않고, 오히려 각각 단독 필름의 신장률보다 낮은 이유 역시 κ -carrageenan helix 사이의 결합이 λ -carrageenan에 의해 방해받고, λ -carrageenan helix 사이의 결합이 오히려 κ -carrageenan에 의해 방해받기 때문이라고 추측되었다. 전반적으로 κ/λ -carrageenan 혼합 필름의 신장률이 κ/λ -carrageenan 혼합 필름의 신장률보다 높았는데 이것은 λ -carrageenan 단독 필름의 신장률이 λ -carrageenan 단독 필름의 신장률보다 높기 때문인 것으로 추측되었다.

Fig. 5에 κ -carrageenan에 λ -carrageenan을 일정 비율($\kappa:\lambda=2:1, 1.5:1.5, 1.2:1.8$)로 가하고 동일량의 PEG를 첨가하여 제조한 κ/λ -carrageenan 혼합 필름의 수증기투과도를 κ -carrageenan($\kappa:\lambda=3:0$)에 일정량의 PEG를 첨가하여 제조한 단독 필름과 λ -carrageenan($\kappa:\lambda=0:3$)에 일정량의 PEG를 첨가하여 제조한 단독 필름의 수증기투과도와 비교하여 나타내었다. κ -Carrageenan($\kappa:\lambda=3:0$)에 PEG를 첨가하여 제조한 필름과 λ -carrageenan($\kappa:\lambda=0:3$)에 PEG를 첨가하여 제조한 필름의 수증기투과도는 $0.17 \pm 1.85 \times 10^{-3} \text{ ng} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa}$, $0.16 \pm 2.31 \times 10^{-3} \text{ ng} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa}$ 로서 기존 보고(7,13,17)의 범주에 들었으며, 가소제 PEG를 첨가하지 않은 각 필름들의 수증기투과도 $0.08 \pm 2.00 \times 10^{-3} \text{ ng} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa}$ 와 $0.07 \pm 13.10 \times 10^{-3} \text{ ng} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa}$ 의 각각 2배씩의 수준이었다. 하지만 이 수

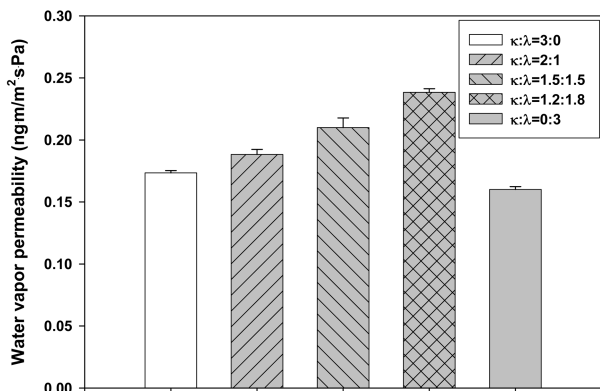


Fig. 5. Water vapor permeability of edible films of mixed κ/λ -carrageenan films.

증기투과도는 LDPE 필름의 수증기투과도(21) $0.001 \text{ ng} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa}$ 보다 크기 때문에, 방습성을 고려한다면 지질소재의 첨가가 필요하지만 동일하면서도 단순한 조건에서 물성을 비교하기 위한 본 실험의 목적상 PEG만을 일정량 첨가하여 필름을 제조하였다. Fig. 5에서 κ/λ -carrageenan 혼합 필름의 수증기투과도는 κ -carrageenan를 기준으로 λ -carrageenan의 혼합비율이 증가할수록 $0.19 \pm 4.05 \times 10^{-3} \text{ ng} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa}$, $0.21 \pm 7.75 \times 10^{-3} \text{ ng} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa}$, $0.24 \pm 3.00 \times 10^{-3} \text{ ng} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa}$ 로 증가하는 경향을 보였으나, 가식성 필름들의 수증기투과도에 대한 기존 보고(22)의 범주에 들어 있다. 특히 κ/λ -carrageenan 혼합 필름의 수증기투과도가 κ -carrageenan 단독 필름이나 λ -carrageenan 단독 필름의 수증기투과도의 사이 값을 보이지 않고, 오히려 각각 단독 필름의 수증기투과도보다 높은 이유 역시 κ -carrageenan helix 사이의 결합이 λ -carrageenan에 의해 방해받고, λ -carrageenan helix 사이의 결합이 오히려 κ -carrageenan에 의해 방해받기 때문이라고 추측되었다.

Fig. 6에 κ -carrageenan에 λ -carrageenan을 일정 비율($\kappa:\lambda=2:1, 1.5:1.5, 1.2:1.8$)로 가하고 일정량의 PEG를 첨가하여 제조한 κ/λ -carrageenan 혼합 필름의 수증기투과도를 κ -carrageenan($\kappa:\lambda=3:0$)에 PEG를 첨가한 단독 필름과 λ -carrageenan($\kappa:\lambda=0:3$)에 PEG를 첨가한 단독 필름의 수증기투과도와 비교하여 나타내었다. κ -Carrageenan($\kappa:\lambda=3:0$)에 PEG를 첨가한 필름과 λ -carrageenan($\kappa:\lambda=0:3$)에 PEG를 첨가한 필름의 수증기투과도는 $0.17 \pm 1.85 \times 10^{-3} \text{ ng} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa}$, $0.12 \pm 3.13 \times 10^{-3} \text{ ng} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa}$ 로서 기존 보고(7,13,17)의 범주에 들었으며, 가소제 PEG를 첨가하지 않은 각 필름들의 신장률 $0.08 \pm 2.00 \times 10^{-3} \text{ ng} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa}$ 와 $0.08 \pm 3.30 \times 10^{-3} \text{ ng} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa}$ 의 각각 2배, 1.5배 수준이었다. 하지만 이 수증기투과도는 LDPE 필름(21)의 수증기투과도 $0.001 \text{ ng} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa}$ 보다 크기 때문에, 방습성을 고려한다면 지질소재의 첨가가 필요하지만 물성의 비교를 위한 본 실험의 목적상 PEG만을 동일량 첨가하여 필름을 제조하였다. Fig. 6에서 κ/λ -carrageenan 혼합 필름의 수증기투과도는 κ -carrageenan를 기준으로 λ -carrageenan의 혼합비율이 증가할수록 $0.18 \pm 5.90 \times 10^{-3} \text{ ng} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa}$, $0.20 \pm 2.31 \times 10^{-3} \text{ ng} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa}$, $0.22 \pm 0.01 \times 10^{-3} \text{ ng} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa}$ 로 증가하는 경향을 보였으나, 가식성 필름들의 수증기투과도에 대한 기존 보고(22)의 범주에 들어 있다. 특히 κ/λ -carrageenan 혼합 필름의 수증기투과도가 κ -carrageenan 단독 필름이나 λ -carrageenan 단독 필름의 수증기투과도의 사이 값을 보이지 않고, 오히려 각각 단독 필름의 수증기투과도보다 높은 이유는 κ -carrageenan helix

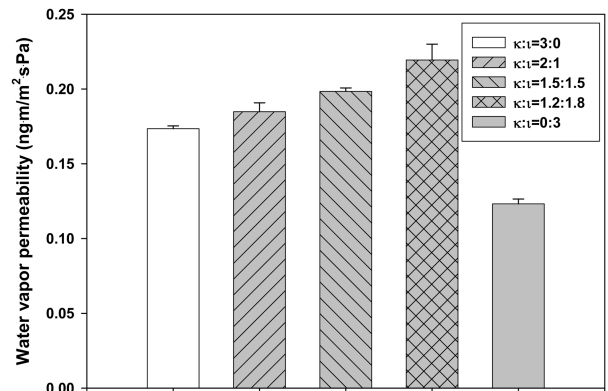


Fig. 6. Water vapor permeability of edible films of mixed κ/λ -carrageenan films.

사이의 결합이 ι -carrageenan에 의해 방해받고, λ -carrageenan helix 사이의 결합이 오히려 κ -carrageenan에 의해 방해받기 때문이라고 추측되었다. 전반적으로 κ/λ -carrageenan 혼합 필름의 수증기 투과도가 κ/ι -carrageenan 혼합 필름의 수증기 투과도보다 높았는데 이것은 λ -carrageenan 단독 필름의 수증기 투과도가 ι -carrageenan 단독 필름의 수증기 투과도보다 높기 때문인 것으로 추측되었다.

요 약

κ -Carrageenan에 λ -carrageenan 또는 ι -carrageenan을 일정 비율 ($\kappa:\lambda$ 또는 $\kappa:\iota = 2:1, 1.5:1.5, 1.2:1.8$)로 가하고 동일한 양의 PEG를 첨가하여 제조한 κ/λ -carrageenan 혼합 필름과 κ/ι -carrageenan 혼합 필름의 물성을 κ -carrageenan, λ -carrageenan 또는 ι -carrageenan에 PEG를 첨가하여 제조한 단독 필름들의 물성과 비교하였다. κ/λ -Carrageenan 혼합 필름 또는 κ/ι -carrageenan 혼합 필름의 인장강도는 λ -carrageenan 또는 ι -carrageenan의 혼합비율이 증가할수록 감소하였으며, 혼합 필름의 인장강도는 각각의 단독 필름들의 인장강도보다 낮았으며, κ/λ -carrageenan 혼합 필름의 인장강도가 κ/ι -carrageenan 혼합 필름의 인장강도보다 높았다. κ/λ -Carrageenan 혼합 필름 또는 κ/ι -carrageenan 혼합 필름의 신장률과 수증기 투과도는 λ -carrageenan 또는 ι -carrageenan의 혼합비율이 증가할수록 증가하였으며, 혼합 필름의 신장률과 수증기 투과도는 각각의 단독 필름들의 신장률과 수증기 투과도보다 높았으며, κ/λ -carrageenan 혼합 필름의 신장률과 수증기 투과도가 κ/ι -carrageenan 혼합 필름의 신장률과 수증기 투과도보다 높았다.

감사의 글

본 연구는 2007년도 2차 가톨릭대학교 교비연구비의 지원으로 이루어졌음.

문 헌

- Te Nijenhuis K. Carrageenans. Thermoreversible Networks: Viscoelastic Properties and Structure of Gels. Vol. 129, pp. 203-218. In: Advances in Polymer Science. Springer-Verlag, Berlin, Geknang (1997)
- De Ruiter GA, Rudolph B. Carrageenan biotechnology. Trends Food Sci. Technol. 8: 389-395 (1997)
- Falshaw R, Furneaux RH, Stevenson DE. Structural analysis of carrageenan from red alga, *Callophyllis hombroniana* Mont. Kutz (Kallymeniaceae, Rhodophyta). Carbohydr. Res. 340: 1149-1158 (2005)
- Ridout MJ, Garza S, Brownsey GJ, Morris VJ. Mixed iota-kappa carrageenan gels. Int. J. Biol. Macromol. 18: 5-8 (1996)
- Villanueva RD, Mendoza WG, Rodriguez MRC, Romero JB, Montano MNE. Structure and functional performance of gigartinean kappa-iota hybrid carrageenan and solieriacean kappa-iota carrageenan blends. Food Hydrocolloid 18: 283-329 (2004)
- Wang Q, Rademacher B, Sedlmeyer F, Kulozik U. Gelation behaviour of aqueous solutions of different types of carrageenan investigated by low-intensity-ultrasound measurements and comparison to rheological measurements. Innov. Food Sci. Emerg. 6: 465-472 (2005)
- Park HJ, Rhim JW, Jung ST, Kang SG, Hwang KT, Park YK. Mechanical properties of carrageenan-based biopolymer films. J. KOPAST 1: 38-50 (1995)
- Rhim JW, Hwang KT, Park HJ, Jung ST. Water-vapor transfer characteristics of carrageenan-based edible film. Korean J. Food Sci. Technol. 28: 545-551 (1996)
- Kang SG, Jung ST, Park HJ, Rhim JW. The biodegradability of carrageenan-based film by microorganisms. Korean J. Appl. Microbiol. Biotechnol. 23: 702-709 (1995)
- Hwang KT, Rhim JW, Park HJ. Effects of κ -carrageenan-based film packaging on moisture loss and lipid oxidation of mackerel mince. Korean J. Food Sci. Technol. 29: 390-393 (1997)
- Rhim JW, Hwang KT, Park HJ, Kang SG, Jung ST. Lipid penetration characteristics of carrageenan-based edible films. Korean J. Food Sci. Technol. 30: 379-384 (1998)
- Rhim JW, Park JW, Jung ST, Park HJ. Formation and properties of corn zein coated -carrageenan films. Korean J. Food Sci. Technol. 29: 1184-1190 (1997)
- Park SY, Park HJ. Mechanical properties of κ -carrageenan and chitosan film composite. Korean J. Food Sci. Technol. 30: 855-861 (1998)
- Lee JY, Park HJ, Lee CY, Choi WY. Extending shelf-life of minimally processed apples with edible coatings and antibrowning agents. Lebensm.-Wiss. Technol. 36: 323-329 (2003)
- Karbowiak T, Debeaufort F, Champion D, Voilley A. Wetting properties at the surface of iota-carrageenan-based edible films. J. Colloid Inter. Sci. 294: 400-410 (2006)
- Karbowiak T, Debeaufort F, Voilley A. Influence of thermal process on structure and functional properties of emulsion-based edible films. Food Hydrocolloid 21: 879-888 (2007)
- Briones AV, Ambal WO, Estrella RR, Pangilinan R, De Vera CJ, Pacis RL, Rodriguez N, Villanueva MA. Tensile and tear strength of carrageenan film from Philippine *Eucheuma* species. Marine Biotechnol. 6: 148-151 (2004)
- ASTM. Annual Book of ASTM Standards, American Society for Testing and Materials, Philadelphia, PA, USA (1989)
- ASTM, Standard Test Methods for Water Vapor Transmission of Materials. Annual Book of ASTM Standards. Destination E96-80, American Society for Testing and Materials, Philadelphia, PA, USA (1989)
- Gennadios A, Weller CL, Gooding CH. Measurement errors in water vapor permeability of highly permeable, hydrophilic edible films. J. Food Eng. 21: 395-409 (1994)
- Salame M. Barrier polymers. pp. 48-54. In: The Wiley Encyclopedia of Packaging Technology, Bakker M (ed.), John Wiley and Sons, New York, NY, USA (1986)
- Olivas GL, Barbosa-Canovas GV. Edible coating for fresh-cut fruits. Crit. Rev. Food Sci. Nutr. 45: 657-670 (2005)