

Multilayer 식용코팅의 레몬 저장성에 대한 효과

최진욱 · 이승주*
동국대학교 식품공학과

Effect of Multilayer Edible Coatings on the Lemon Quality Changes during the Storage

Jin Wook Choi and Seung Ju Lee*

Department of Food Science and Technology, Dongguk University

Abstract

Multilayer edible coatings was applied to lemon with beeswax-hydroxypropyl methylcellulose (BW-HPMC), soybean oil-carboxymethyl cellulose (SBO-CMC), and carnaubawax-shellac-locust bean gum (CW-SL-LBG), respectively. The multilayer was composed of two layers of the same material, but the outer layer only contained vitamins C and E as antioxidants. Coating amounts built on lemon peel were measured to be large in the order of CW-SL-LBG > BW-HPMC > SBO-CMC. The coated lemons were stored at 30°C for 12 days. CW-SL-LBG showed the least change during the storage in weight loss, rotten rate, firmness, and browning. Whereas SBO-CMC had the least change in pH, soluble solid amount, and titratable acidity. In a sensory test, CW-SL-LBG was evaluated to be the best in the attributes such as spoilage, glossiness, color, firmness, and flavor. Overall CW-SL-LBG was judged to be the best for multilayered coating with vitamin C and E on lemon.

Key words: Multilayer edible coating, lemon, quality changes during storage

서 론

레몬(*Citrus limonium*, lemon)은 전 세계적으로 조리, 주스, 제빵 등에 향기를 내는데 많이 사용되는 과일이다. 국내에도 대량으로 수입되어 그 선호도 및 관련 웰빙 식품의 소비량이 증가되고 있다. 이에 따라 국내 농가에도 레몬을 도입의 요구가 증가되어 안정적으로 저장할 수 있는 기술이 필요한 실정이다(Kim & Lee, 2003; Hong et al., 2008). 그러나 국내 레몬에 대한 저장연구는 아직 미미한 실정이다.

과일은 수확 후에도 그 생명 현상을 계속하여 추숙(ripening), 노화(aging) 등을 나타내며, 호흡작용 및 증산작용에 의하여 산소가 소비되고 탄산가스가 생성되며 또한 호흡열이 발생하여 신선도가 저하될 수 있다. 이에 따라 저장 중 과일의 이화학적 품질인 갈변도, pH, 산도, 당도 등이 변하게 된다(No et al., 2009). 호흡작용의 제어를 위

한 저장 기술로 포장 내 공기의 산소-탄산가스의 농도를 조절하여 저장 기간을 증가시키는 MAP(modified atmosphere packaging) 저장방법이 적용된다(No et al., 2009). 또한 포장 대신 식용코팅(edible coating)을 과일 표면에 적용함으로써 공기의 공급을 제한하여 역시 호흡작용을 제어하여 저장 중 중량감소를 방지하고 결과적으로 저장 기간을 증가시킬 수 있다(Kester & Fennema, 1986; Jiang & Li, 2001). 증산작용의 경우 레몬과 유사한 과일인 유자의 저장에서 증산작용에 의한 중량 감소 및 미생물에 의한 부패에 관하여 보고되었다(Kim et al., 1995).

식용코팅은 레몬과 유사한 citrus의 경우 코팅제로 여러 물질이 적용되었다. Wax와 hydrocolloid의 혼합 코팅제인 Beeswax-hydroxypropyl methylcellulose(BW-HPMC)는 citrus의 품질 저하를 방지하며, 중량 및 경도 유지에 효과가 있는 것으로 나타났다(Navarro-Tarazaga et al., 2008). Carboxymethyl cellulose(CMC)가 여러 hydrophobic 물질과 함께 식용코팅으로 사용되었는데 soybean oil이 paraffin wax나 beeswax보다 중량 유지 및 저장기간의 연장에 더 효과적이었다(Togrul & Arslan, 2004). 코팅제의 수분 및 가스 투과성이 carnaubawax-shellac-locust bean gum(CW-SL-LBG)에 대하여 실험 된 바 산소와 탄산가스의 침투성이 특히 우수하였다(Chen & Nussinovitch, 2001). Locust bean gum(LBG)과

Corresponding author: Seung Ju Lee, Professor, Department of Food Science and Technology, Dongguk University, Seoul 100-715, Korea
Tel: +82-2-2260-3372; Fax: +82-2-2260-3372
E-mail: Lseungju@dongguk.edu
Received October 23, 2009; revised 1st January 30, 2010, revised 2nd February 8, 2010, accepted February 4, 2010

3가지 wax계 물질(CW, BW, SL)의 조합에서 BW-SL-LBG 코팅이 중량 유지 및 광택의 면에서 가장 좋은 효과를 나타냈고, 향 관련 에틸알콜 함량에서도 다른 실험군에 비해 우수한 효과를 나타냈다(Rojas-Argudo et al., 2009).

이러한 식용코팅은 유용물질과 혼합하여 특유의 기능성을 추가할 수 있다. 바나나, 망고, 파파야의 경우 항산화제를 첨가한 CMC 코팅을 적용하여 숙성을 지연시킬 수 있다고 보고된 바 있다(Song & Kim, 1999; Nidperos-Carrido & Baldwin, 1993). 식용코팅에 항균성 물질(유기산, 지방산, parabens, bacteriocins, sulfites, sucrose esters, natamycin, lactoferrin, lysozyme, lactoperoxidase)을 첨가하여 과일의 표면에서 자랄 수 있는 미생물의 성장을 억제할 수 있다(Petersen et al., 1999). Lipid-HPMC 코팅에 여러 합성살균제를 처리한 결과 수확 후 부패에 대한 손실을 줄일 수 있었고, 특히 sodium benzoate의 효과가 가장 좋게 나타났다(Valencia-Chamorro et al., 2009).

식용코팅에 multilayer가 적용된 바 있다. 이중층의 multilayer의 경우 과일과 닿는 제 일층은 수분투과억제 기능의 wax, 외층은 주로 광택을 내는 wax가 각각 사용되었다(Hagenmaier & Baker, 1995). 또는 내층에는 점착력이 높은 탄수화물계, 외층에는 wax계열의 코팅제가 사용되었다(Phan The et al., 2008). 한편, 제약 분야에서는 multilayer를 적용하여 controlled release를 하는 기법이 적용되고 있는데 이는 특정 층에 유용물질을 함유토록하여 시간에 따라 서서히 유용물질이 방출되도록 하는데 목적이 있다 (Charalambopoulou et al., 2001). 최근 식품분야에도 유용물질이 함유된 multilayer에 대한 연구가 시도되었다. 항균성 물질인 thymol을 zein계 물질에 섞어 multilayer를 구성하여 방출되는 속도를 분석하였다(Mastromatteo et al., 2009).

따라서 본 연구에서는 레몬의 저장성 향상을 위하여 최근 다른 과일에 시도되었던 multilayer 코팅 및 유용물질의 첨가 기술을 적용하였다. Multilayer의 층 물질은 citrus에 성공적으로 적용된 formulation으로부터 선발하였으며 이중층을 구성하여 외층에 유용물질로서 항산화제인 비타민 C 및 E를 첨가하였고 내층은 유용물질을 포함하지 않고 외층과 동일한 물질로 조성하였다. Formulation에 따른 레몬의 저장성을 나타내는 여러 이화학적 성질을 분석하여 최적의 formulation을 탐색하였다.

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용한 레몬은 미국 Sunkist사의 국내 수입지 정업체인 푸룻뱅크에서 구매하여 저장시험에 사용하였다. 본 실험에 사용한 레몬은 수확 후 약 1개월이 지난 레몬으로서, 그 개체 평균중량이 120~140 g 정도인 신선한 것

을 사용하였다.

본 실험에 사용된 식용코팅제는 citrus계에 성공적으로 적용된 바 있는 beeswax-hydroxypropyl methylcellulose (BW-HPMC), soybean oil-carboxymethyl cellulose(SBO-CMC), carnaubawax-shellac-locust bean gum(CW-SL-LBG)으로서 BW-HPMC 코팅제의 구성물질은 beeswax(Sigma-Aldrich Co., Seoul, Korea), hydroxypropyl methylcellulose (Sigma-Aldrich Co., Seoul, Korea), glycerol(Daejung Co., Seoul, Korea), oleic acid(Daejung Co., Seoul, Korea)를 사용하였다. SBO-CMC 코팅제는 soybean oil(Daejung Co., Seoul, Korea), carboxymethyl cellulose(Daejung Co., Seoul, Korea), sodium oleate(Junsei Chemical Co., Tokyo, Japan)을 CW-SL-LBG 코팅제는 Carnaubawax(Sigma-Aldrich Co., Seoul, Korea), Shellac(Sigma-Aldrich, Co., Seoul, Korea), locust bean gum(MSC Co., Seoul, Korea), Morpholine (Junsei Chemical Co., Tokyo, Japan)을 사용하였다. 유용물질은 비타민 C(Samchun Chemicals Co., Seoul, Korea)와 비타민 E(Samchun Chemicals Co., Seoul, Korea)를 사용하였다.

코팅제의 제조

내층의 BW-HPMC 코팅제는 Navarro-Tarazaga et al. (2008)의 방법을 이용하여 제조하였다. HPMC를 90°C의 물에 녹이고 가소제로 glycerol을 넣었다. HPMC/glycerol의 비율은 1:0.5이다. BW를 90°C의 물에 녹이고 유화제로 oleic acid를 넣었다. BW/oleic acid의 비율은 1:0.2이다. BW-HPMC 혼합물을 homogenizer로 25000 rpm에서 3분간 균질화시켰다. 그 후 30°C이하의 항온수조(Nexus technologies Co., Seoul, Korea)에서 냉각시켰다. 외층의 BW-HPMC 코팅제는 HPMC 혼합물에 비타민 C를, BW 혼합물에 비타민 E를 물의 비율을 1% 줄이고 각각 0.5%씩 첨가하여 내층의 BW-HPMC 코팅제와 똑같은 방법으로 제조하였다.

내층의 SBO-CMC 코팅제는 Togrul & Arslan(2004)의 방법에 따라 제조하였다. CMC를 70°C의 물에 용해하였다. 따로 SBO를 70°C의 물에 녹이고 유화제로 sodium oleate를 넣었다. 그리고 혼합한 SBO-CMC 혼합물을 homogenizer로 25000 rpm에서 3분간 균질화시켰다. 그 후 30°C이하의 항온수조에서 냉각시켰다. 외층의 SBO-CMC 코팅제는 CMC 혼합물에 비타민 C를, SBO 혼합물에 비타민 E를 물의 비율을 1% 줄이고 각각 0.5%씩 첨가하여 내층의 SBO-CMC 코팅제와 똑같은 방법으로 제조하였다.

내층의 CW-SL-LBG 코팅제는 Chen & Nussinovitch (2001)의 방법을 이용하여 제조하였다. CW와 SL을 95°C의 물에 녹이고 morpholine과 유화제로 oleic acid를 넣어준 후 homogenizer로 25000 rpm에서 3분간 균질화시켰다. 그리고 LBG를 상온에서 혼합했다. 외층의 CW-SL-LBG 코팅제는 CW-SL 혼합물에 비타민 C를, LBG 혼합물에 비타민 E를

물의 비율을 1% 줄이고 각각 0.5%씩 첨가하여 내층의 SBO-CMC 코팅제와 똑같은 방법으로 만들어 주었다.

Multilayer 코팅 레몬 제조 및 저장 실험

상기 제조된 코팅제를 사용하여 multilayer 코팅 레몬을 다음과 같이 제조하였다. Multilayer는 이중층으로서 레몬과 직접 닿는 내층과 유통물질로서 항산화제인 비타민 C와 E가 함유된 외층으로 구성하였다.

BW-HPMC 코팅제의 레몬 코팅은 BW-HPMC 코팅제에 레몬을 20초 정도 담갔다가 꺼내어 열풍건조기(GHG 630 DCE, BOSCH Co., Seoul, Korea)를 이용하여 60°C에서 방치해 두었다. 건조 후 비타민 C와 E가 함유된 BW-HPMC 코팅제에 다시 20초 정도 담갔다가 꺼내어 똑같은 방법으로 건조시켰다. SBO-CMC, CW-SL-LBG 코팅제의 레몬 코팅도 위와 같은 방법으로 코팅하였다.

상기 코팅된 레몬을 대조군(코팅되지 않은 레몬)과 함께 30°C의 항온기(66×76×180 cm, Labotech Co., Seoul, Korea)에 12일간 보관하면서 저장기간 별로 채취하여 실험에 사용하였다. 저장 온도를 30°C로 정한 이유는 본 연구의 목적이 실제 저장 조건이 아닌 코팅제간 효과 비교에 있었으므로 짧은 기간 내에 가속 저장의 효과를 보기 위함이었다.

코팅 피막의 무게 측정

레몬에 코팅된 피막의 양을 그 무게로 간주하여, 피막 제조 중 시간 경과에 따른 그 무게 변화를 측정하였다. 먼저, 레몬의 껍질을 한 변이 1 cm인 정사각형 모양으로 일정하게 잘라 외피 표면은 코팅제를 도포하고, 내쪽은 수분 증발을 막기 위하여 촛농으로 도포하였다. 코팅 피막의 무게는 먼저 측정된 레몬과 촛농의 무게를, 코팅한 후 시간 경과별 측정된 무게의 변화로부터 빼서 산출하였다. 코팅제의 종류 별로 레몬 껍질을 10조각씩 5분간 60°C의 열풍 건조기(GHG 630 DCE, BOSCH Co.)에서 방치시키면서 1분 간격으로 무게를 측정하였다.

중량감소율 및 부패율 측정

저장 기간에 따른 중량감소율은 동일한 레몬을 10개, 그리고 부패율은 30개를 사용하여 4일 간격으로 오전 9시에 무게를 측정하고, 초기 무게에 대한 무게 변화량을 백분율로 나타내었다.

부패율은 레몬 30개중 부패한 레몬의 개수를 백분율로 나타냈다.

경도 측정

레몬의 기계적 경도는 Jha et al.(2010)의 방법을 일부 수정하여 측정하였다. 원형 그대로의 시료를 Texture Analyser(TA-XT2, Stable Micro System, Godalming, UK)의 시료 받침대에 올려 놓고 pin probe(diameter 2 mm)를

내려오게 하여 껍질 층을 관통할 때 힘을 측정하였다. 이때 TA 측정 mode는 measure force in compression, repeat until count(5회), pre-test speed 3.0 mm/s, test speed 1.0 mm/s, post-test speed 3.0 mm/s, penetration distance 5.0 mm와 같았고, 힘-변형 곡선 상 최대값을 경도로 간주하였다. 저장 중 4일 간격으로 코팅별 시료를 2개씩을 취하여 평균값을 구하였다(5×2=10 반복수).

pH, 가용성 고형분 및 적정산도 측정

pH와 가용성 고형분은 씨를 제거한 레몬 과육을 blender(HR1350/6, Philips Co., Seoul, Korea)로 파쇄한 후 원심분리기(combi-514R, Hanil Science Ins., Seoul, Korea)로 3,000 rpm에서 10분간 원심분리한 후 얻은 상등액을 pH meter(SevenMulti S47-dual meter pH, Mettler-Toledo International Inc., Seoul, Korea)와 refractometer(MASTER-α, ATAGO Co., Tokyo, Japan)로 각각 코팅별로 3개씩을 선별하여 3회 측정하여 평균값을 계산하였다(Song & Kim, 1999). 적정산도는 디지털뷰렛(VITLABcontinuous E/RS, VITLAB Co., Muehlthal, Germany)을 사용하여 측정하였다. 즉, 동일한 상등액으로 20배 희석하고 20 mL를 취하여 0.1 N NaOH로 적정하여 구연산 함량으로 계산하였다.

갈변도 측정

갈변도는 Kim et al.(1995)의 방법을 이용하여 레몬 껍질 10 g을 2 mm 이하로 자른 다음 이를 삼각 플라스크에 담고 증류수 200 mL를 가하여 35°C 항온기에서 2시간 방치 후 여과하였다. 이와 같이 얻은 여과액의 흡광도를 spectrophotometer(OPTIZEN 3220 UV, Mecasys Co., Seoul, Korea)를 사용하여 420 nm에서 측정하였다. 코팅별 시료를 3개씩을 취하여 평균값을 구하였다.

관능검사 및 통계처리

저장 기간별 레몬 원형에 대하여 부패도, 광택, 색, 단단함, 향기에 대하여 5점 차이식별검사를 실시하였다. 참여한 패널은 동국대학교 대학원생 10명으로 구성하여 실시하였다. 각 속성에 대한 코팅제별 평균값과 유의적 차이를 다중비교(Duncan's multiple comparison)에 의하여 산출하였다. 통계처리는 SAS 프로그램을 사용하였다(SAS Institute Inc., 1985).

결과 및 고찰

중량감소율

Fig. 1과 같이 중량감소율은 저장 4일 이후의 구간에서 CW-SL-LBG, BW-HPMC, SBO-CMC의 순으로 낮게 나타났다. 단 SBO-CMC의 경우는 대조군보다 더 큰 중량감소율을 보였다. CW-SL-LBG와 BW-HPMC는 wax 계열의

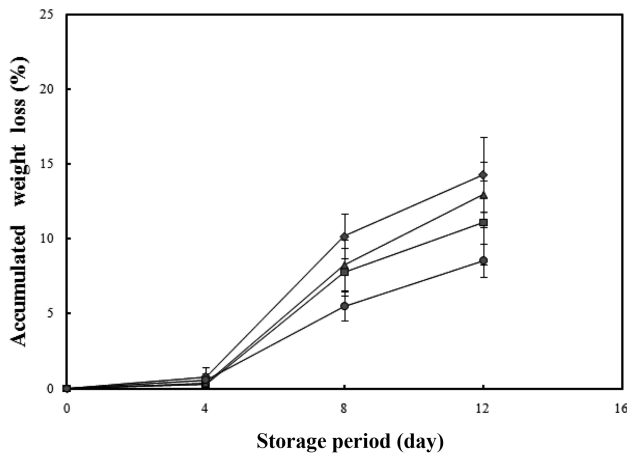


Fig. 1. Changes in the weight loss of multilayer coated lemon with several compounds during storage at 30°C. ◆ : control, ■ : BW-HPMC, ▲ : SBO-CMC, ● : CW-SL-LBG, error bar: standard deviation.

혼합체로서 SBO-CMC의 코팅보다 중량감소율이 낮은 것으로 보아 wax계가 oil계보다 중량감소의 방지에 더 효과적임을 알 수 있다. Petracek et al.(1999)은 식용코팅에 wax 계열 물질의 사용은 과채류의 중량감소를 줄일 수 있는 효과적인 방법으로 보고한 바 있다.

또한 hydrocolloid계인 CW-SL-LBG가 BW-HPMC보다 중량감소율이 낮은 것으로 보아 hydrocolloid계가 셀룰로오스 계열보다 더 효과적인 것으로 보인다. Chen & Nussinovitch(2001)은 hydrocolloid(xanthan, guar, LBG)를 사용함으로써 wax계 물질이 구조가 질서화되는 것을 방해하여 가스 투과성을 적절하게 향상시킨다고 보고하였다. 그러나 셀룰로오스 계열이 혼합된 코팅제인 BW-HPMC도 중량감소를 효과적으로 억제한다는 보고도 있다(Navarro-Tarazaga et al., 2008).

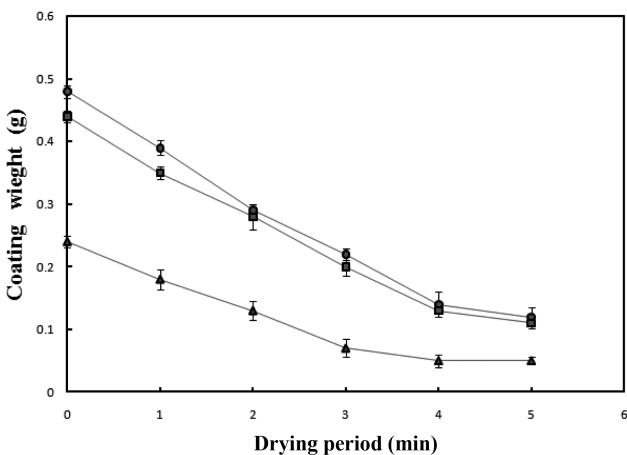


Fig. 2. Changes in the coating weight on lemon peels during drying at 60°C. ■ : BW-HPMC, ▲ : SBO-CMC, ● : CW-SL-LBG, error bar: standard deviation.

한편 Fig. 2에서 보면 코팅 피막의 양은 피막 형성 후 건조의 전 구간에 대하여 CW-SL-LBG, BW-HPMC, SBO-CMC의 순으로 크게 나타났다. 피막의 양은 간접적으로 피막이 레몬의 표면에 잘 형성된 정도를 나타내는 것으로 간주한다면, CW-SL-LBG가 가장 양호하게 코팅된 것이므로 중량감소에도 영향을 준 것으로 생각된다.

부패율

CW-SL-LBG 코팅이 다른 코팅에 비해 부패율이 낮았다 (Fig. 3, 4). 이것은 Chen & Nussinovitch(2001)이 보고한 바와 같이 LBG는 저장시 호흡에 의해 산소가 소비되고 생성되는 탄산가스와 에틸렌가스의 투과를 향상시켜 후숙을 억제하기 때문으로 생각된다. Wax 계열 물질은 산소와 탄산가스의 투과를 억제하여 이취발행의 단점을 가지므로 (Hagenmaier & Shaw, 1992) 그 조직을 느슨하게 만들 수

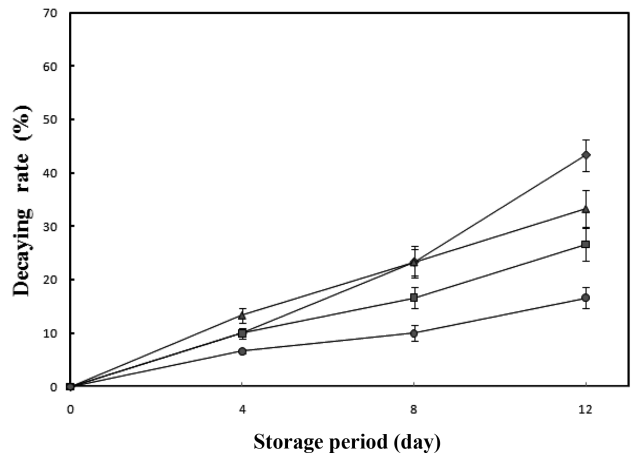


Fig. 3. Changes in the decaying rate of multilayer coated lemon with several compounds during storage at 30°C. ◆ : control, ■ : BW-HPMC, ▲ : SBO-CMC, ● : CW-SL-LBG, error bar: standard deviation.

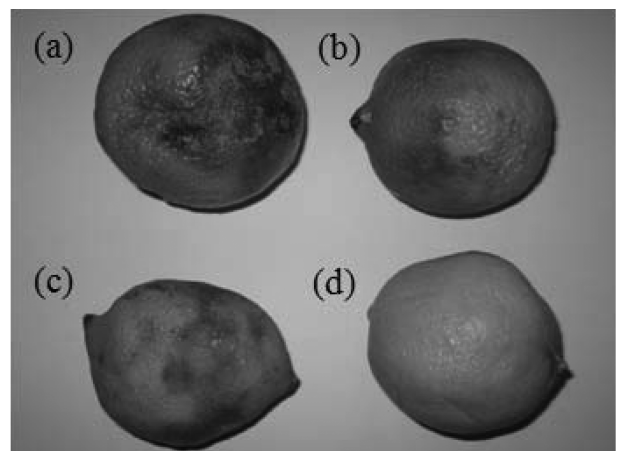


Fig. 4. Photographs of the multilayer coated lemon with several compounds after storage at 30°C for 12 days. (a): control, (b): BW-HPMC, (c): SBO-CMC, (d): CW-SL-LBG.

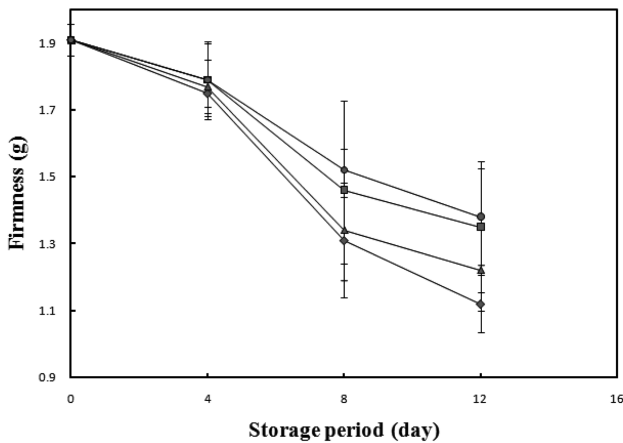


Fig. 5. Changes in the firmness of multilayer coated lemon with several compounds during storage at 30°C. ◆ : control, ■ : BW-HPMC, ▲ : SBO-CMC, ● : CW-SL-LBG, error bar: standard deviation.

있는 LBG와 같은 물질과 혼합하여 사용하는 것이 바람직함을 알 수 있다. 단, 친수계 물질을 쓸 경우에는 수분투과도는 증가할 수 있다는 단점을 고려해야 한다.

BW-HPMC는 저장 4일 이후, SBO-CMC 또한 저장 8일 이후의 구간에서 대조군에 비하여 부패율이 낮은 것으로 나타났는데, 셀룰로오스 계열 물질은 산소 및 향기 투과를 억제하는데 효과적으로 알려져 있다(Navarro-Tarazaga et al., 2008).

또한 Fig. 2에 나타난 피막의 양의 결과와 비교해 볼 때 피막 형성 정도가 부패율과 밀접한 관계가 있는 것으로 판단된다.

경도 측정

Fig. 5에서와 같이 저장기간에 따라 경도는 모두 감소하였다. 그 중 CW-SL-LBG의 경도가 가장 양호하게 유지됨을 보였다. 경도의 변화는 중량감소율의 변화에 반비례하는 성질로서 이에 따라 경도의 감소는 SBO-CMC, BW-HPMC, CW-SL-LBG의 순으로 크게 나타난 것으로 생각된다. Navarro-Tarazaga et al.(2008)은 wax 계열과 함께 셀룰로오스 계열이 혼합된 코팅제인 BW-HPMC의 실험에서 경도는 감소하고 중량 감소는 증가한다는 반비례 관계를 보고하였다.

pH, 가용성 고형분 및 적정산도 측정

pH는 모두 저장 기간에 따라 증가하였다(Fig. 6). 저장 중 pH의 증가는 호흡에 의하여 산 물질(유기산)이 분해되기 때문이다(Sawamura et al., 1991). pH의 변화는 코팅 처리군이 대조군 보다 작게 나타났으며, 특히 SBO-CMC의 pH 변화가 가장 작게 나타났다. 이는 Togrul & Arslan(2004)이 보고한 SBO-CMC에 의하여 pH 증가를 효

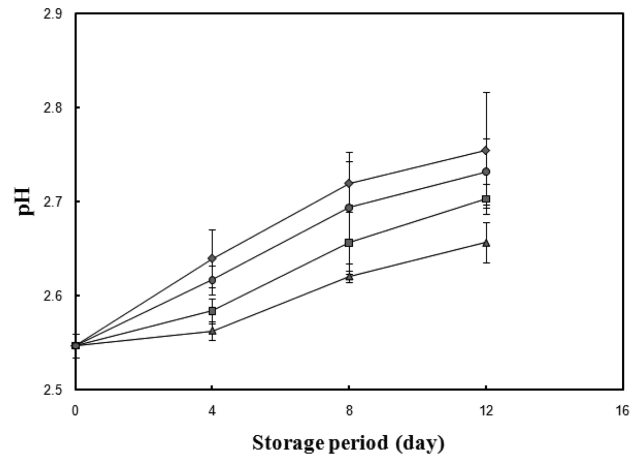


Fig. 6. Changes in the pH of multilayer coated lemon with several compounds during storage at 30°C. ◆ : control, ■ : BW-HPMC, ▲ : SBO-CMC, ● : CW-SL-LBG, error bar: standard deviation.

과적으로 억제할 수 있다는 결과와 일치함을 알 수 있다. 또한 BW-HPMC가 CW-SL-LBG보다 우수한 이유는 LBG에 의하여 산소와 탄산가스의 투과성이 적절히 향상됨에 따른 호흡작용의 차이에 근거한다고 생각된다.

가용성 고형분의 변화는 모두 감소함을 보였는데, 코팅 처리군의 감소량이 대조군에 비하여 더 작았다(Fig. 7). 특히 SBO-CMC의 가용성 고형분의 변화가 가장 작았다. 이는 Togrul & Arslan(2004)이 보고한 SBO-CMC에 의하여 가용성 고형분의 감소 효과적으로 억제할 수 있다는 결과와 일치함을 알 수 있다. 가용성 고형분의 감소는 호흡시 탄수화물과 펙틴의 분해, 단백질의 부분가수분해, 배당체(glycosides)의 분해에 기인되는 것으로서(Ball, 1997), 또한 알콜을 생성하는 미생물에 의한 가용성 당의 소비도 그 한

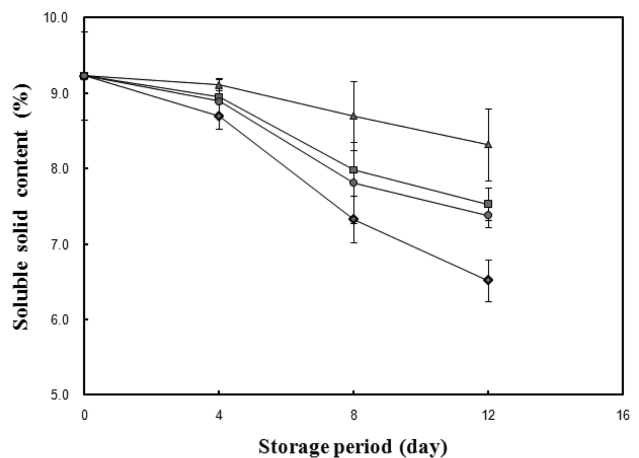


Fig. 7. Changes in the soluble solid content of multilayer coated lemon with several compounds during storage at 30°C. ◆ : control, ■ : BW-HPMC, ▲ : SBO-CMC, ● : CW-SL-LBG, error bar: standard deviation.

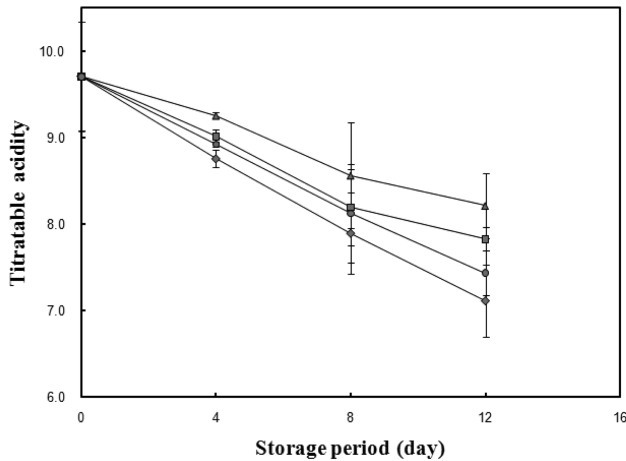


Fig. 8. Changes in the titratable acidity of multilayer coated lemon with several compounds during storage at 30°C. ◆ : control, ■ : BW-HPMC, ▲ : SBO-CMC, ● : CW-SL-LBG, error bar: standard deviation.

원인이 되는 것으로 알려져 있다(Yaw et al., 1998).

적정산도는 모두 감소하였는데 SBO-CMC가 가장 작은 변화량을 보였다(Fig. 8). 적정산도는 pH의 증가와 반비례하는 성질로서(Togrul & Arslan, 2004), 본 연구에서 pH의 결과인 Fig. 6과 비교해 볼 때 역시 반비례하게 나타났다. Ball(1997)은 wax와 CMC의 혼합 코팅제의 실험에서 CMC의 양이 증가할수록 산소 투과도가 낮아지고 글루코스가 혐기상태에서 알콜로 변하기 때문이며 적정산도가 더 감소한다고 보고하였다. 이는 본 실험에서 사용한 셀룰로오스 계열인 SBO-CMC와 BW-HPMC에 대하여 사용된 CMC (8g혼합액-2000 ml) 및 HPMC(27.8g혼합액-2000 ml)의 양과 비교해 볼 때 같은 경향임을 알 수 있다. 한편, Baldwin et al.(1995)은 높은 탄산가스 농도에서는 오히려 carboxylic acid가 형성되어 산도가 증가할 수 있다고 보고하였다.

갈변도 측정

갈변도는 저장 기간에 따라 증가하였는데, CW-SL-LBG, BW-HPMC, SBO-CMC, 대조군의 순으로 갈변도 증가가 작았다(Fig. 9). 과일의 갈변은 산화적 반응으로서(Morton

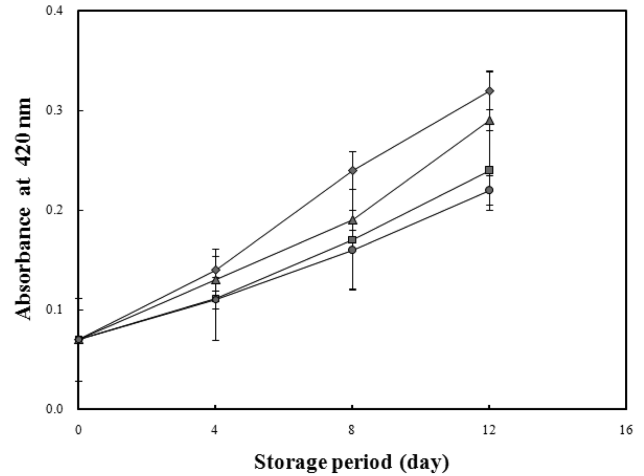


Fig. 9. Changes in the absorbance at 420 nm of multilayer coated lemon with several compounds during storage at 30°C. ◆ : control, ■ : BW-HPMC, ▲ : SBO-CMC, ● : CW-SL-LBG, error bar: standard deviation.

& Macleod, 1982)코팅에 의한 산소의 차단과 본 실험에서 첨가된 유용물질인 비타민 C와 E에 의하여 억제되기 때문이다. 산소 차단 효과의 Fig. 2에서 피막의 양과 연관하여 볼 때는 그 결과가 일치함을 알 수 있다. 이중층의 코팅에서 외층에 함유된 항산화제는 내층을 통하여 레몬의 껍질에 확산되는데 Fig. 9에서 시간 경과에 따른 갈변도 증가율은 SBO-CMC가 크고 CW-SL-LBG와 BW-HPMC는 거의 비슷함을 보였다. Charalambopoulou et al.(2001)의 보고에 따르면 multilayer의 경우 zero-order release의 효과를 볼 수 있는데, 이는 층 내 함유된 유용물질이 초기에는 부착물에 과량 전달되어 단시간에 소진되는 것이 아니라, 초기부터 유용물질이 소량씩 전달되어 오랫동안 유용물질이 공급되는 상태를 의미한다. 이런 관점에서 볼 때 SBO-CMC의 경우 초기에는 항산화물질의 공급에 의하여 갈변이 억제되지만 후기에 갈수록 항산화제의 소진에 따른 갈변이 급속히 증가하며, 이에 비하여 CW-SL-LBG는 보다 항산화제가 지속적으로 공급됨으로서 후기까지도 갈변도가 억제되어 zero-order release의 효과를 볼 수 있음을 추측할 수 있다.

Table 1. Compositions of formulations (Unit: percent dry basis)

Compounds	Formulations
BW-HPMC ¹⁾	HPMC (34.7), BW (40), Glycerol (17.3), Oleic acid (8.0)
SBO-CMC ²⁾	CMC (0.4), SBO (9.0), Sodium oleate (0.7), Water (89.9)
CW-SL-LBG ³⁾	LBG (0.5), CW (10.0), SL (20.0), Oleic acid (1.8), Morpholine (2.4), Water (82.9)

¹⁾HPMC, hydroxypropyl methylcellulose; BW, beeswax. Solid contents (4 %).

²⁾CMC, carboxymethyl cellulose; SBO, soybean oil.

³⁾LBG, locust bean gum; CW, carnaubawax; SL, shellac.

관능검사 결과

부패도는 코팅군이 대조군에 비해 낮게 평가되었으며 코팅균기리 비교해 볼 때 CW-SL-LBG가 SBO-CMC에 비해 덜 부패하였다고 평가되었다(Table 2). 이 결과는 Fig. 3의 부패율과도 유사하였다. 광택은 BW-HPMC와 CW-SL-LBG가 대조군과 SBO-CMC보다 광택 유지에 효과가 있다고 평가되었다. Wax 계열 물질이 Oil 계열보다 광택 유지에 효과를 나타냄을 알 수 있었다. 단단한 정도와 명도에서는 CW-SL-LBG, BW-HPMC, SBO-CMC, 대조군의 순으로 평가되었는데 이것은 Fig. 5에 나타난 경도에 대한 결

Table 2. Changes in the sensory scores of multilayer coated lemon with several compounds

Characteristics	Group	Storage time (day)			
		0	4	8	12
Decaying degree	Control	0.0	0.8 ^{b*}	2.7 ^a	3.8 ^a
	BW-HPMC	0.0	0.7 ^b	1.9 ^b	2.9 ^b
	SBO-CMC	0.0	1.0 ^a	2.2 ^b	3.5 ^a
	CW-SL-LBG	0.0	0.7 ^b	1.8 ^b	2.6 ^b
Gloss	Control	3.0	2.7 ^a	2.1 ^b	1.8 ^b
	BW-HPMC	3.0	2.9 ^a	2.5 ^a	2.3 ^a
	SBO-CMC	3.0	2.8 ^a	1.9 ^b	1.6 ^b
	CW-SL-LBG	3.0	2.9 ^a	2.4 ^a	2.1 ^a
Firmness	Control	3.0	2.8 ^a	2.4 ^b	2.0 ^c
	BW-HPMC	3.0	2.9 ^a	2.7 ^a	2.4 ^b
	SBO-CMC	3.0	2.9 ^a	2.6 ^b	2.3 ^b
	CW-SL-LBG	3.0	2.9 ^a	2.8 ^a	2.6 ^a
Brightness	Control	3.0	3.4 ^a	3.9 ^a	4.3 ^a
	BW-HPMC	3.0	3.1 ^b	3.3 ^b	3.6 ^b
	SBO-CMC	3.0	3.2 ^b	3.5 ^b	4.1 ^a
	CW-SL-LBG	3.0	3.1 ^b	3.3 ^b	3.5 ^b
Flavor	Control	3.0	2.9 ^a	2.3 ^a	2.1 ^a
	BW-HPMC	3.0	2.9 ^a	2.5 ^a	2.2 ^a
	SBO-CMC	3.0	2.7 ^b	2.1 ^b	1.6 ^b
	CW-SL-LBG	3.0	2.5 ^b	2.1 ^b	1.7 ^b

*Means in the same column followed by the same letter are not significantly different at $\alpha = 5\%$.

과와 유사하였다. Grant & Burns(1994)는 wax 계열의 물질은 외관향상에 효과적이라고 보고하였다. 레몬의 향에 대한 관능평가에서는 BW-HPMC를 제외 한 코팅군이 대조군에 비해 떨어진다고 평가되었다. 이는 wax 특유의 향기 때문으로 생각되어 진다.

요 약

Citrus계 식용 코팅제인 beeswax-hydroxypropyl methylcellulose(BW-HPMC), soybean oil-carboxymethyl cellulose(SBO-CMC), carnaubawax-shellac-locust bean gum (CW-SL-LBG)를 각각 사용하여 레몬에 먼저 1차 코팅하고 항산화제인 비타민 C와 E를 섞어 그 위에 제 2차 코팅하여 이중층의 multilayered 레몬을 제조하였다. 레몬 껍질 위에 형성된 막의 양은 CW-SL-LBG, BW-HPMC, SBO-CMC의 순으로 높게 나타났다. 가속 저장 실험 조건으로 30°C의 항온기에 12일 동안 저장하면서 유자의 중량감소율, 부패율, 경도, pH, 가용성 고형분, 적정산도, 갈변도의 변화를 측정하고 관능검사를 실시하였다. 중량감소율, 부패율, 경도, 갈변도는 CW-SL-LBG가 가장 작은 변화를 보였고, pH, 가용성 고형분, 적정산도의 변화는 SBO-CMC가 가장 작게 나타났다. 저장성의 관능검사에서는 CW-SL-LBG가 가장 양호하게 나타났다. 결과적으로 CW-SL-LBG가 비타

민 C와 E를 함유한 multilayer 코팅에 가장 적합한 물질로 평가되었다.

감사의 글

본 연구는 농림수산식품부의 지원에 의하여 이루어진 바, 이에 감사드립니다.

참고문헌

- Baldwin EA, Nisperos MO, Shaw PE, Burns JK. 1995. Effect of coatings and prolonged storage conditions on fresh orange flavor volatiles, degrees Brix, and ascorbic acid levels. *J. Agr. Food Chem.* 43: 1321-1331.
- Ball JA. 1997. Evaluation of Two Lipid-Based Edible Coatings For Their Ability to Preserve Post Harvest Quality of Green Bell Peppers. MS thesis, Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, VA, USA.
- Charalambopoulou GCh, Kikkinidesa ES, Papadokostakia KG, Stubos AK, Papaioannou ATH. 2001. Numerical and experimental investigation of the diffusional release of a dispersed solute from polymeric multilaminar matrices. *J. Control. Release* 70: 309-319.
- Chen S, Nussinovitch A. 2001. Permeability and roughness determinations of wax-hydrocolloid coatings, and their limitations in determining citrus fruit overall quality. *Food Hydrocolloid.* 15: 127-137.
- Grant LA, Burns J. 1994. Application of coating. In: *Edible Coatings and Films to Improve Food Quality*. Krochta LA, Baldwin EA, Nisperos-Carriedo M (eds). Technomic, Lancaster, PA, USA, p. 190.
- Hagenmaier RD, Baker RA. 1995. Layered coatings to control weight loss and preserve gloss of citrus fruit. *HortScience* 30: 186-193.
- Hagenmaier RD, Shaw PE. 1992. Permeability of coatings made with emulsified polyethylene wax. *J. Agr. Food Chem.* 39: 1705-1708.
- Hong JS, Park HW, Park RS, Myong CO, Sin MH, Choi YJ, Jyong HJ. 2008. *Food Materials*. Kyomoon Publishing Co., Seoul, Korea, pp. 126-130.
- Jha SK, Sethi S, Srivastav M, Dubey AK, Sharma RR, Samuel DVK, Singh AK. 2010. Firmness characteristics of mango hybrids under ambient storage. *J. Food Eng.* 97: 208-212.
- Jiang Y, Li Y. 2001. Effects of chitosan coating on postharvest life and quality of longan fruit. *Food Chem.* 73: 139-143.
- Kester JJ, Fennema OR. 1986. Edible films and coatings: a review. *Food Technol.* 40: 47-58.
- Kim EM, Lee HG. 2003. Development of lemon pyun by the addition of various gelling agents. *Korean J. Soc. Food Cookery Sci.* 19: 772-776.
- Kim HG, Park MH, Lee YC, Kim HM, Jang HG. 1995. Effects of storage temperature and blanching treatment on the storage stability of citron. *Korean J. Food Sci. Technol.* 27: 342-347.
- Navarro-Tarazaga ML, Del Rio MA, Krochta JM, Perez-Gago MB. 2008. Fatty acid effect on hydroxypropyl methylcellulose-beeswax edible film properties and postharvest quality of coated

- 'Ortanique' mandarins. *J. Agr. Food Chem.* 56: 10689-10696.
- Mastromatteo M, Barbuzzi G, Conte A, Del Nobile MA. 2009. Controlled release of thymol from zein based film. *Innov. Food Sci. Emerg.* 10: 222-227.
- Morton ID, Macleod AJ. 1982. *Food Flavours*. Elsevier Scientific Publishing Co., NY, USA, p. 399.
- Nidperos-Carriedo NO, Baldwin EA. 1993. Composition and method of increasing stability of fruits, vegetables or fungi. US Patent 5: 198-254.
- No BS, Kim SS, Jang PS, Lee HK, Park WJ, Song KB, Lee HS, Lee SB, Hwang KK. 2009. *Food Processing & Preservation*. Soohak Publishing Co., Seoul, Korea, p. 10-61.
- Petersen K, Nielsen PV, Lawther M, Olsen MB, Nilsson NH, Mortensen G. 1999. Potential of biobased materials for food packaging. *Trends Food Sci. Technol.* 10: 52-68.
- Petracek PD, Hagenmaier RD, Dou H. 1999. Waxing effects on citrus fruit physiology. In: *Advances in Postharvest Diseases and Disorders Control of Citrus Fruit*. Schirra M (ed). Research Signpost, Trivandrum, India, pp. 73-74.
- Phan The D, Debeaufort F, Luu D, Voilley A. 2008. Moisture barrier, wetting and mechanical properties of shellac/agar or shellac/cassava starch bilayer bio-membrane for food applications. *J. Membrane Sci.* 325: 277-283.
- Rojas-Argudo C, Rio MA, Perez-Gago MB. Development and optimization of locust bean gum (LBG)-based edible coatings for postharvest storage of 'Fortune' mandarins. *Postharvest Biol. Technol.* 52: 227-234.
- SAS Institute Inc. (1985) *SAS/STAT guide for personal computer*. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
- Sawamura M, Li ZF, Takemoto K, Kusunose H. 1991. Oxygen and temperature dependence on the browning of yuzu juice. *Nippon Nogei Kagaku Kaishi* 65: 45-47.
- Song TH, Kim CJ. 1999. Effect of edible coatings on softening of the stored immature plums. *J. Korean Soc. Agr. Chem. Biotechnol.* 42: 317-323.
- Togrul H, Arslan N. 2004. Carboxymethyl cellulose from sugar beet pulp cellulose as a hydrophilic polymer in coating of mandarin. *J. Food Eng.* 62: 271-279.
- Valencia-Chamorro SA, Perez-Gago MB, Del Rio MA, Palou L. 2009. Curative and preventive activity of hydroxypropyl methylcellulose-lipid edible composite coatings containing antifungal food additives to control citrus postharvest green and blue molds. *J. Agr. Food Chem.* 57: 2770-2777.
- Yaw JO, Marshall MR, Koburger JA, Wei CI. 1998. Low pH inactivation of pectinesterase in single strength orange juice. *J. Food Sci.* 53: 504-507.