

식용코팅이 미숙 자두의 연화에 미치는 효과

송태희 · 김철재*

숙명여자대학교 식품영양학과

초 록 : 칼슘을 첨가한 메틸셀룰로오스(CaMC)와 하이드록시프로필 메틸셀룰로오스(CaHPMC-15)의 식용코팅을 미숙자두에 처리하여 자두의 연화 현상을 알아보았다. 비코팅 자두는 저장 기간 동안 중량 및 호흡률 감소 현상을 나타내었고, 적정산도는 감소하였으며, pH는 증가하였다. 그러나 CaMC와 CaHPMC-15를 코팅하였을 때 초기의 중량감소와 호흡률감소 효과를 나타내었다. 일반적으로 연화의 지표로 사용되는 수용성 펙틴 함량과 polygalacturonase(PG)의 활성은 저장 중 증가하였으며, pectin esterase(PE)의 존재 또한 확인되나 CaMC와 CaHPMC-15식용코팅에 의하여 연화현상을 억제하였다. 저장 기간 경과에 따라 기계적 경도가 감소되었으나 식용코팅에 의하여 자두의 경도 유지 효과가 있었으며, 관능검사 결과 저장 기간 중 자두 조직의 연화가 감지되었고 코팅자두의 경우 비코팅자두보다 더 단단한 것으로 평가되었다. 결과적으로 미숙자두에 CaMC와 CaHPMC-15를 코팅함으로써 수확 후 연화현상을 억제할 수 있었다. (1999년 7월 31일 접수, 1999년 9월 11일 수리)

서 론

자두(오얏, 李)는 삼국시대 이전부터 복숭아(桃)와 더불어 오랜 역사를 지닌 과수이다. 자두의 용도를 보면 동양계 자두인 *Prunus salicina*는 풍토 적응성이 강한 생식용으로, 유럽계 자두인 *Prunus domestica*, *Pr. insititia*, *Pr. cerasifera* 등은 생食用보다는 건과용으로서 이용되며, *prune*으로 알려진 미국계 자두는 생食用외에 건과용, 주스용으로 이용되고 있다.¹⁾

과일은 일반적으로 수확 후 생리활성, 즉 호흡 활성과 내재 효소 활성의 증가를 수반하여 호흡의 증대, chlorophyll의 분해, 과육의 연화, 휘발성 물질의 생성, 전분의 당화 등이 발생하여 노화, 부패 등의 과정을 거쳐 품질이 저하된다.²⁾ 과일은 모체에서 충분히 완숙시킨 후 수확하는 것이 맞으나 수확 후 급속히 과숙상태로 전환되므로 저장성에 관한 연구가 많이 수행되고 있다. 그 일환으로 Kester와 Fennema³⁾는 다당류를 기초로 한 필름이 후숙과일의 숙성을 지연시킴으로서 혐기적 조건의 형성없이 저장수명을 연장 할 수 있다고 하였다. 이러한 식용코팅은 항산화제를 첨가한 CMC 코팅이 바나나, 망고, 파파야의 숙성을 지연시킨다는 보고⁴⁾등 코팅 단독으로 목적과 더불어 첨가제를 혼합하는 연구도 보고되었다. 한편, 칼슘은 세포벽 구조의 유지에 작용한다는 보고가 되어 있다.⁵⁾ 그러므로 동양계 자두(*Prunus salicina*)인 포모사(후무사) 미숙과에 CaCl₂를 첨가한 methyl cellulose와 hydroxy propyl methyl cellulose 액을 코팅하여 30°C에서 8일간 저장하면서 실험하였다. 이때 후숙과일인 자두를 미숙시기에 수확한 후 저장 기간별로 숙성 실험을 실시하여 미숙에서 적숙까지의 기간 및 적숙상태에서의 가식기간을 합하여 자두의 저장기간이 연장 될 것이라는 가정에서 실시하였으며, 숙성동안 펙틴물질이 불용성에서 수용성으로 변화함에 따라 조직연화를 초래한다⁶⁾는 보고가 있으므로 자

두 숙성의 지표를 연화로 설정하여 식용코팅이 미숙시기에 수확한 자두의 저장 중 연화에 미치는 영향을 고찰하였다.

실험재료 및 방법

실험재료

본 실험에 사용된 자두는 1996년 7월에 충청북도 영동군 용산면 매금리 과수원에서 구입한 포모사(후무사) 품종으로 완전히 덜 익어 거의 녹색이 나는 자두(이하 미숙과)를 실험실로 운송하고 선별하여 시료로 사용하였다. 코팅의 재료인 CaCl₂ (anhydrous)와 99.9% ethanol(EtOH)은 Duksan Pure Chemical 사(Yongin, Kyongkido, Korea)의 것을, methyl cellulose(MC)와 hydroxy propyl methyl cellulose-15 (HPMC-15)는 Dow Chemical사(Midland, MI, U.S.A.)의 Methocel A 15 LV Premium과 Methocel E 15 LV Premium을 각각 사용하였다. Polyethylene glycol 400 (PEG 400)은 Shinyo Chemical사(Osaka, Japan)의 것을 사용하였다.

코팅 시료의 제조 및 저장

칼슘을 첨가한 methyl cellulose(이하 CaMC)와 hydroxy propyl methyl cellulose-15(이하 CaHPMC-15)코팅액을 Song과 Kim의 방법⁷⁾에 의하여 제조하였다. 이때 코팅자두를 표본추출하여 코팅을 벗겨 두께를 측정할 결과 평균 0.025±0.004 mm의 두께를 나타내었다. 비코팅자두(이하 대조군)와 CaMC코팅자두, 그리고 CaHPMC-15코팅자두로 분류하여 30°C의 항온실에 8일간 보관하면서 저장기간 별로 채취하여 실험에 사용하였다.

자두코팅의 두께 측정

자두에 씌운 코팅을 벗겨서 micrometer(Peacock, G-6: No. 5, Japan)를 사용하여 10개 자두의 부위별 두께를 20회 측정하여 평균 및 표준편차를 구하였다.

찾는 말 : 자두, 식용코팅, 수용성펙틴, polygalacturonase 활성, pectinesterase, 경도

*연락처

Table 1. Operating condition of gas chromatography for the measurement of respiration rate

Instrument	: Shimadzu GC 14 A(Shimadzu Co., Tokyo, Japan)
Detector	: TCD(Thermal Conductive Detector)
Column	: Alltech CTR I (outer 1/4" OD tube packed with activated molecular sieve, inner 1/8" OD tube packed with porous polymer mixture, 6 ft length, Alltech Associates, Inc., Deerfield, IL, U.S.A.)
Column temp.	: 35°C
Injection temp.	: 60°C
Detector temp.	: 60°C
Carrier gas	: He(60 ml/min)
Injection volume	: 200 μ l

호흡률 측정

호흡률(Respiration rate)은 Hong 등⁸⁾의 포장내 기체조성의 방법을 이용하여 발생하는 이산화탄소의 양을 측정하였다. 즉, 처리를 달리한 세 군의 자두시료를 30°C 항온실에서 일정기간 동안 보관하면서 각 실험시기별로 시료를 취하여 실험하였다. 실험 방법으로는 뚜껑에 실리콘 격막이 장착된 1.9 l의 내부용적을 가진 호흡률용으로 제조한 유리용기에 자두를 약 700 g 정도 넣고 밀폐시킨 후 30°C의 incubator에서 2시간동안 방치 후 용기를 위 아래로 잘 흔들어 기체가 고루 분포되게 한 후 gas-tight syringe를 이용하여 용기내의 기체 200 μ l를 GC에 주입하여 Table 1의 분석 조건으로 실험하여 이산화탄소의 농도를 구하였다. 호흡률은 크로마토그램에서 얻은 이산화탄소의 농도를 다음 식에 의하여 계산하였다.

$$\text{Respiration Rate}(l/kg/hr) = \frac{\text{CO}_2 \text{ concentration} \times \text{Volume}(l)}{\text{Weight}(kg) \times \text{Time}(hr)}$$

중량감소를 측정

중량감소율(Weight loss)은 30°C의 항온실에서 보관하면서 전체 실험기간동안 동일한 자두 10개를 사용하여 각각의 중량을 1일 간격으로 매일 오전 9시에 중량을 칭량하여 다음의 식에 의하여 계산하였다.

$$\text{중량감소율}(\%) = \frac{\text{초기중량}(g) - \text{당일중량}(g)}{\text{초기중량}(g)} \times 100$$

pH 및 적정산도 측정

씨를 제거한 자두 과육을 blender(Model 861-66, Oster, Milwaukee, WI., U.S.A.)로 파쇄한 다음 원심분리기(Model MF300, Hanil Industrial Co., Seoul, Korea)로 3,000 rpm에서 10분간 원심분리한 후 얻은 상등액을 pH meter(Beckman Φ 34 pH meter, Palo Alto, CA, U.S.A.)로 3회 측정하여 평균값으로 하였다. 산도는 pH측정과 동일한 상등액으로 AOAC 방법⁹⁾에 의하여 3회 실험 후 평균값을 구하여 malic acid로 환산하여 표시하였다.

수용성 펙틴 함량 및 효소 활성

자두 30 g씩을 취한 다음 증류수 150 ml를 첨가하여 blender에서 저속으로 1분간 마쇄한 후 90분 동안 저어준다. 그 중 50 ml를 취하여 3,500 rpm에서 3분동안 원심분리(Model H50E-TR, Hanil Industrial Co., Seoul, Korea)한 다음 Whatman No. 2 여과지로 감압여과하여 여과액을 수용성 분획으로 제조하였다.

펙틴의 anhydrogalacturonic acid(AGA, MW = 176)의 함량을 m-hydroxydiphenyl에 의한 Blumenkrantz와 Asboe-Hansen의 방법에 의하여 수용성 펙틴함량을 계산하였다.¹⁰⁾ 이때 사용된 표준 곡선은 galacturonic acid로 시료 제조시와 동일한 방법으로 3회 실시하여 평균값을 구한 후 176/212을 곱하여 anhydrogalacturonic acid로 환산하여 수용성 펙틴 함량을 측정하였다.

Polygalacturonic acid(Sigma Chemical Co. St. Louis, MO, U.S.A., 순도 85-90%)는 순도를 높이기 위하여 Hwang의 방법¹¹⁾으로 정제한 후 polygalacturonase(PG, EC 3.2.1.15)활성 측정을 위한 기질로 사용하였다. PG 활성 측정은 Spectrophotometer(Model UV 120-02, Shimadzu Co., Kyoto, Japan)를 이용하여 276 nm에서 흡광도를 3회 측정하여 표준곡선으로부터 galacturonic acid 양을 계산하였으며, PG 활성은 37°C에서 분당 1 nM의 galacturonic acid를 생성하도록 촉매하는 양을 1 unit로 정의하였다.

Hwang 등의 방법¹²⁾에 의하여 제조한 citrus pectin(Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, U.S.A.) 1% 용액을 투석막에 넣어 3일 동안 투석시켜 78.98%의 degree of esterification (DE)을 가진 순수 pectin을 제조하였다. 제조된 순수 citrus pectin을 0.05 M sodium acetate buffer(pH 4.5)에 녹여 제조한 0.5% 용액 10 ml에 자두에서 얻은 수용성 분획 2 ml를 섞어 주면서 pH의 변화를 측정하여 pectinesterase(PE, EC 3.1.1.11)의 존재 유무를 확인하였다.¹³⁾

경도 및 관능검사

기계적 경도(Firmness)는 자두를 원형 그대로 Rheometer(Model CR-200D, Sun Scientific Co., Ltd., Tokyo, Japan)에 고정시킨 후 pressure sensor rod의 응용 형태인 No. 34 tooth type rod를 이용하여 rod가 표피를 관통할 때 걸리는 피크에서의 힘을 1일 간격으로 측정하였다. 이때 mode 1(Penetration)의 방법으로 10 kg의 maximum load cell을 사용하였으며, chart speed는 60 mm/min, table speed는 100 mm/min로 10회 측정하여 평균값을 구하였다.

또한 관능검사에 의한 경도를 측정하기 위하여 자두를 관능검사 30분전에 항온기에서 꺼내어 실온에서 평가하도록 하였다. 관능검사요원은 숙명여자대학교 학생 10명으로 구성되었으며 흰색의 유리접시에 담아 각군별로 3개씩 원형 그대로 관능검사요원에게 제공하였다. 검사는 오후 4시경에 실시하였으며, 자두의 경도를 7점 평점법¹⁴⁾을 사용하여 가장 무르다를 1점으로 하고 7점으로 갈수록 단단하다고 평가하였다.

통계처리는 SAS¹⁵⁾를 이용하여 분산분석(ANOVA) 후 Duncan's multiple range test에 의하여 분석하였다(p < 0.05).

결과 및 고찰

호흡률

Biale¹⁶⁾은 미숙 과일의 저장 중에 일어나는 호흡률을 조사하여 그 패턴에 따라 후숙(Climacteric)형과 비후숙(Nonclimacteric)형 과일로 구분하고 자두는 후숙형에 속한다고 하였다. 자두의 호흡률 변화는 Fig. 1에 나타난 바와 같이 저장 0일에는 4.5 ml/kg/hr에서 저장기간의 경과에 따라 대조군은 5.07~6.6 ml/kg/hr의 이산화탄소배출량을 나타내어 4일까지는 호흡률이 증가하다가 5일에 약간 감소한 후 6일에 다시 증가하는 전형적인 climacteric rise현상을 나타내었다. CaMC코팅군은 4.90~5.33 ml/kg/hr으로 초기에 감소한 후 7.8 ml/kg/hr까지 증가하였으며, CaHPMC-15코팅군은 4.70~5.27 ml/kg/hr로 초기에 감소하다 7.0 ml/kg/hr까지 증가하는 경향을 나타내어 초기의 호흡률이 감소되었으나 그 후 climacteric rise 현상을 나타내었다. 세 군간을 비교해 보면 초기에는 코팅군의 호흡률이 적었으나 저장 4일 이후부터는 코팅군이 대조군보다 호흡률이 증가하는 것으로 나타났다.

Tsuji 등¹⁷⁾은 Sordum 자두를 30°C에서 저장하면서 호흡률의 경향을 살펴보면 8일까지 감소하고 그 후 약간 증가하다 일정한 경향을 보여 climacteric rise를 나타내지 않는다고 보고하여 본 실험의 결과와는 일치하지 않았으나 20°C 저장에서는 climacteric rise형을 나타낸다고 보고하여 저장온도는 다르지만 본 실험결과와 비슷한 경향을 나타내었다. Kitamura 등¹⁸⁾은 미숙 대석조생 자두는 수확 후 이산화탄소 발생량이 감소하였으며, Beauty 자두는 이산화탄소 발생량이 수확 후 일정하였다고 하여 본 실험과 다른 결과를 나타내었으며, Santa Rosa 자두도 수확 후 이산화탄소의 발생량이 감소하였다가 일정하였다고 하여 본 실험결과와 다른 경향을 나타내었다.

한편 Komiya 등¹⁹⁾은 미숙 대석조생 자두의 이산화탄소 배

출량은 저장초기에 증가하여 저장 8일에 최고치를 나타내었으며, Sordum 자두의 미숙과는 저장 4일에 이산화탄소 배출량이 최대치를 나타내지만 대석조생 자두보다는 이산화탄소 배출량이 적게 나타났다고 보고하였는데 본 연구에서는 대조군은 초기에는 호흡률이 전형적인 climacteric rise현상을 나타내어 Sordum 자두와 유사한 호흡률 유형을 나타내었다. 따라서 미숙 자두는 후숙현상을 나타내는 과일이며 코팅에 의하여 자두의 초기 호흡률만을 감소시킬 수 있음을 알 수 있었다.

중량감소율

Kader²⁰⁾은 과일의 수분손실이 품질저하의 중요한 요인이며 품질 손상뿐만 아니라 시들거나 주름으로 인한 외관 손상, 연화, 바삭함이나 씹 상실 등 조직감과 영양가 손실을 원인이 된다고 하였으며, 특히 수분손실로 인하여 저장 중 중량이 감소한다고 보고하였다. 미숙과의 중량감소율은 Fig. 2의 결과와 같이 초기의 4%정도에서 저장 8일 후 15~16%까지 증가하였는데 저장 5일까지는 코팅군의 중량감소율이 적었다. 저장 6일과 8일에 CaHPMC-15군은 대조군이나 CaMC군과 유의적인 차이는 없었으나 다소 높은 중량감소율을 나타내어 저장후기에는 코팅에 의한 중량감소 억제효과를 볼 수 없었다. Crisosto 등²¹⁾의 연구 결과 Casselman 자두에 O₃를 처리하였을 때 5일 경과 후 6% 이상의 중량감소율을 나타내어 주름이 나타났다는 보고와 같이 본 실험에서도 저장말기에는 표면에 주름 현상이 나타나기 시작하였다.

pH 및 적정산도

자두의 저장기간 중의 pH 및 적정산도의 결과를 Fig. 3에 나타내었다. pH는 세 군 모두 초기의 3.2~3.3에서 3.5정도로 증가하는 경향을 나타내고 있으며, 적정산도는 세 군 모두 1.9%에서 1.6%로 감소하는 경향을 나타내었는데 이는 숙성 중 유기산의 감소에 기인한 것으로 사료된다.

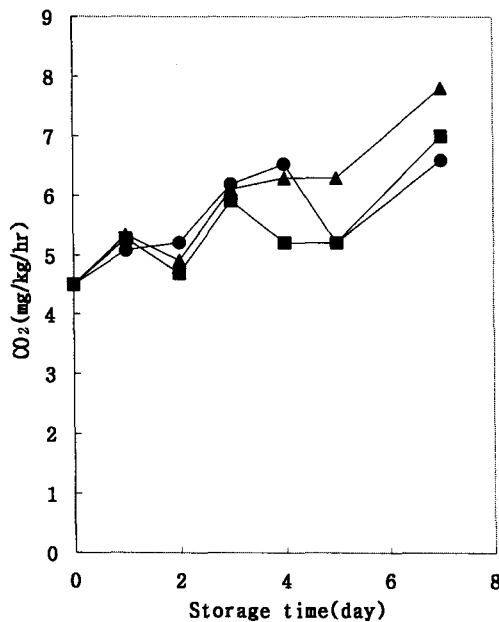


Fig. 1. Changes in the respiration rate of immature plums during storage. ● : Control, ▲ : CaMC, ■ : CaHPMC-15.

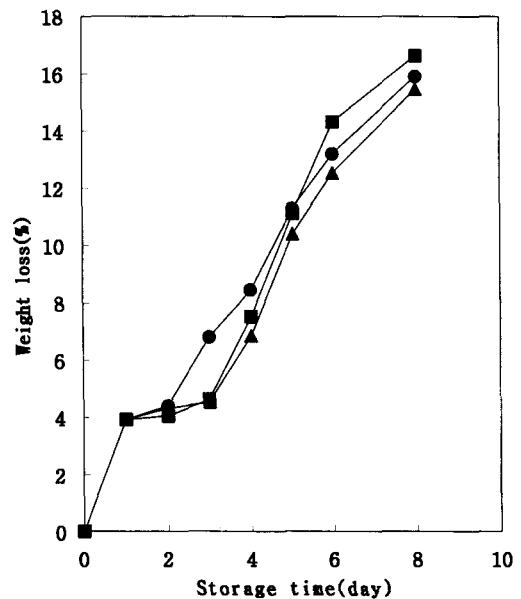


Fig. 2. Changes in the weight loss of immature plums during storage. ● : Control, ▲ : CaMC, ■ : CaHPMC-15.

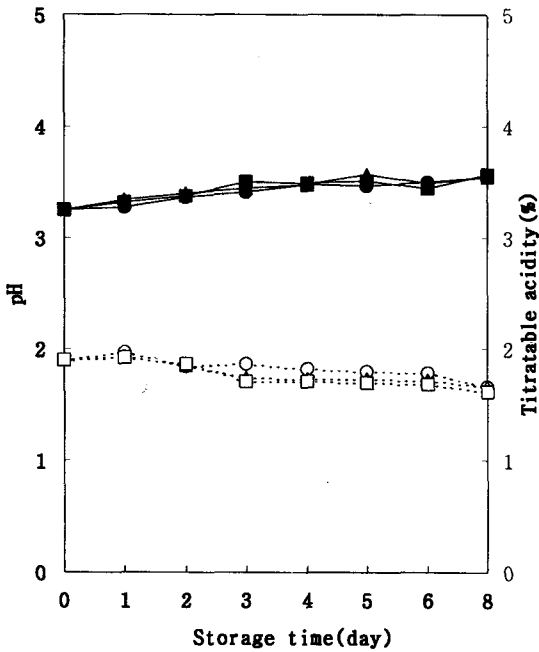


Fig. 3. Changes in pH and titratable acidity of immature plums stored at 30°C. ● : pH of Control, ▲ : pH of CaMC, ■ : pH of CaHPMC-15, ○ : titratable acidity of Control, △ : titratable acidity of CaMC, ■ : titratable acidity of CaHPMC-15.

pH 및 산도는 코팅에 의하여 뚜렷한 효과를 나타내지 않아 Santerre 등²²⁾이 사과에 SemperfreshTM을 코팅한 결과, 숙성은 지연되었으나 pH, 산도 및 고형분의 함량에는 영향을 미치지 않았다고 보고한 것과 일치하는 결과를 나타내었다.

수용성 펙틴함량 및 효소활성

과일 세포벽의 주요한 구성다당류는 펙틴, 헤미셀룰로오스와 셀룰로오스이고, 펙틴은 대부분의 과일에서 숙성 동안 분해되어 수용화된다.²³⁾ 일반적으로 미숙과일은 수용성 펙틴을 적게 함유하고 있으나 숙성과 더불어 점차 증가한다고 보고²⁴⁾되어 있으며, 이러한 불용성 펙틴질의 수용성으로의 전환은 숙성과 관련된 과일연화의 중요한 기작으로 여겨지며 펙틴의 수용화에 영향을 미치는 요인으로는 세포벽의 칼슘함량과 펙틴의 methyl 에스테르화라고 하였다.²⁵⁾

포모사 자두의 수용성 펙틴함량은 Fig. 4에서 볼 수 있듯이 저장초기에 4.82 mg/ml에서 감소하다 그 후 서서히 증가하여 대조군은 5.72 mg/ml, CaMC군은 4.85 mg/ml, CaHPMC-15군은 3.55 mg/ml까지 증가하였다. 대조군은 수용성 펙틴이 급격히 증가하였으나 코팅군은 증가율이 적음을 알 수 있었다.

Komiyama 등²⁶⁾은 자두의 성숙 중 펙틴함량변화를 연구한 결과 대석조생 자두의 수용성 펙틴은 초기에는 변화가 거의 없다가 후반기에 거의 2배로 급증하였으며, 그 동안에 연화가 현저히 일어난다고 하였으며, Sordum 자두에서는 변화가 거의 없다고 하여 자두 품종간의 차이가 있음을 보여주고 있으며, 수확전 숙성 중에도 수용성 펙틴함량이 증가함을 알 수 있었다.

본 실험의 시료인 포모사 자두의 수용성 펙틴함량은 초기에 약간 감소한 후 저장기간의 경과에 따라 점점 증가하였으나 CaMC와 CaHPMC-15코팅에 의하여 그 증가율이 감소됨을 알

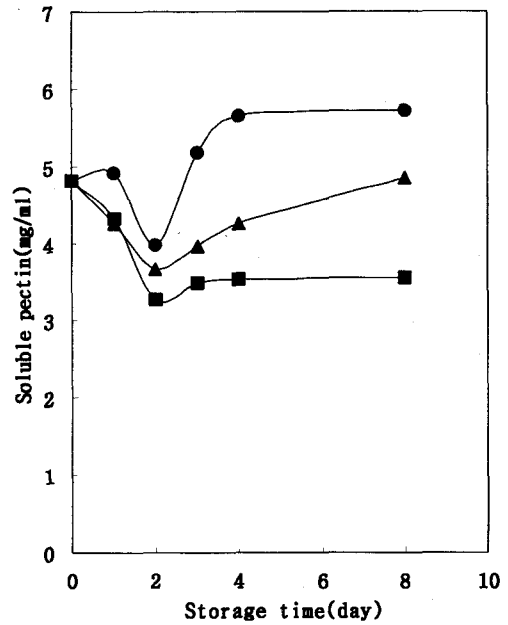


Fig. 4. Changes in the soluble pectin contents of immature plums during storage. ● : pH of Control, ▲ : pH of CaMC, ■ : pH of CaHPMC-15.

수 있었다. 즉, 칼슘을 함유한 코팅액에 침지한 CaMC와 CaHPMC-15 코팅군이 대조군보다 수용성 펙틴의 증가율이 적어 경도 유지효과가 있음을 알 수 있었다.

과일의 연화작용에는 펙틴질의 대사 및 용해와의 관계가 보고^{24,26)}되었으며 이에 관여하는 효소중에서 polygalacturonase (PG)는 펙틴질의 glycosidic linkage의 수해를 촉매하여 과일연화를 일으키는데,²⁷⁾ 이들 세포벽의 중합체는 세포벽에 있는 D-galacturonase 활성증가와 관련되는 것이 명백하며 숙성동안 과일에서 polyuronide의 용해성 증가와 관련되어 있음이 관찰되었다.²⁸⁾ 따라서 Fig. 5에서 PG의 활성을 보면 초기의

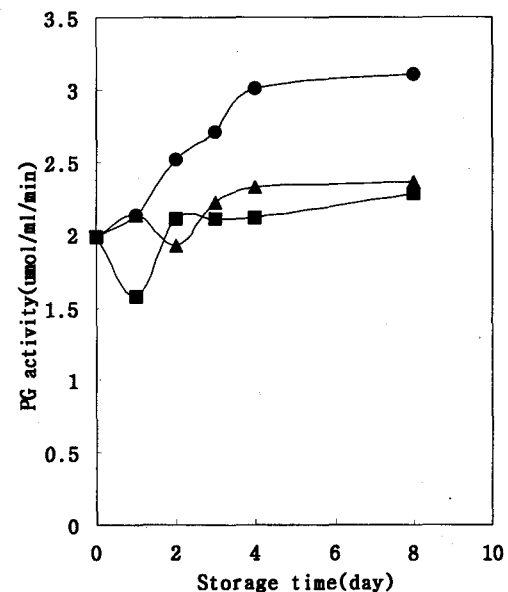


Fig. 5. Changes in the polygalacturonase activity of immature plums. ● : pH of Control, ▲ : pH of CaMC, ■ : pH of CaHPMC-15.

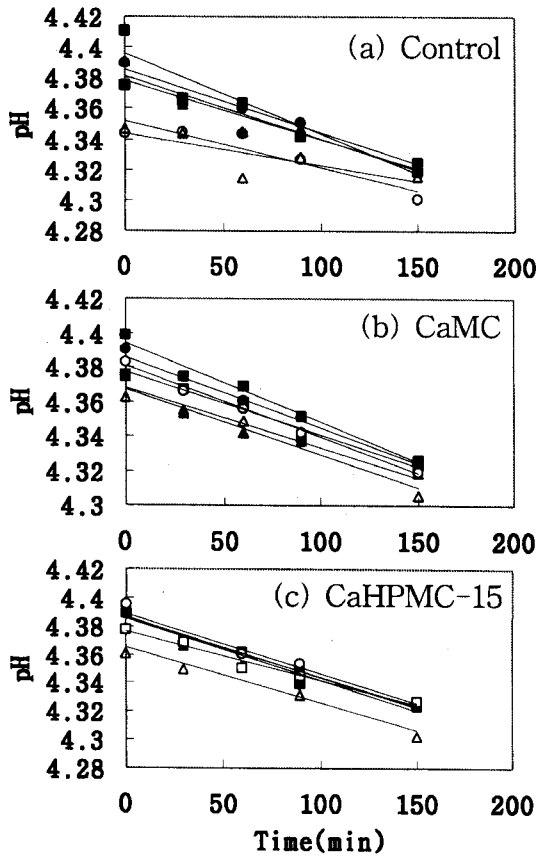


Fig. 6. Effect of pectinesterase activity on pH changes of immature plums. ● : 0, ▲ : 2, ■ : 3, ○ : 4, △ : 6, and □ : 8 days stored.

1.99 $\mu\text{mol}/\text{m}/\text{min}$ 에서 저장말기에 대조군은 3.11, CaMC군은 2.36, CaHPMC-15군은 2.28 $\mu\text{mol}/\text{m}/\text{min}$ 이었다. 대조군은 기간의 경과에 따라 유의적으로 증가하였으나 CaMC와 CaHPMC-15군은 초기에는 유의적으로 감소하다 그 후 증가하는 경향을 나타내었다($p < 0.05$). 전반적인 실험기간동안 대조군이 CaMC와 CaHPMC-15 코팅군에 비하여 유의적으로 높은 PG 활성을 나타내었다($p < 0.05$). 이는 Avocado^{29,30}와 Bartlett 배³¹에서 숙성과 PG의 활성이 정의 상관관계를 보여준 보고와 일치하는 결과이다. Fig. 5에서 볼 수 있듯이 미숙자두에 있어서 PG의 존재가 확인되었으며 대조군에서는 숙성과 더불어 PG의 활성이 증가하였으나 본 실험에 사용한 코팅에 의하여 PG의 활성증가가 억제되어 과육의 연화를 늦출 수 있음을 알 수

있었다.

펙틴은 세포에 cementing 또는 binding agent의 작용을 하며 용해성 물질의 이동도 조절하는 역할을 한다.³² Pectinesterase (PE)는 펙틴의 C6에서 methyl기를 유리하는 효소로 대부분의 고등식물에서 발견되며 특히 과일의 숙성동안 조직의 연화에 중요한 역할을 한다.³³

Citrus 펙틴에 조효소액을 첨가하면 PE가 존재할 경우 citrus pectin의 methyl기를 유리하므로 수소이온이 방출되어 pH를 감소시키는데, 포모사 자두 조효소액에 citrus pectin을 넣어 pH의 변화를 관찰한 결과 Fig. 6에서와 같이 pH의 유의적인 감소를 나타내어 본 실험 자두에 PE가 존재함이 확인되었다. 이 결과는 자두에 PG와 PE가 존재한다는 Pilnik와 Voragen의 보고³⁴와 일치하는 결과이다. Proctor와 Peng²³은 blueberry의 숙성동안 수용성 펙틴함량이 증가하는데, 이는 과일의 수용화 후에 pectin methyl esterase(PME)와 PG가 작용하고 특히 PME의 분해에 의해 carboxyl기의 증가로 PG의 활성도 및 양이온과의 작용을 용이하게 한 결과로 분석하였다. 본 실험의 결과도 초기에는 PE의 작용에 의하여 유리 carboxyl기가 유리칼슘과 작용하였으며, 그 후 PG가 펙틴을 수용화하는데 코팅군은 수용성 펙틴의 증가율이 저하되어 경도가 높게 유지됨을 알 수 있었다.

경도 및 관능검사

자두의 기계적 경도는 Table 2의 결과와 같이 3.33 kg의 초기 경도에서 저장 1일후 대조군과 코팅군간에는 유의적인 차이가 없었다. 그러나 저장 3일후에 대조군은 2.10 kg, CaMC군은 2.90 kg, CaHPMC-15군은 2.67 kg으로 코팅군이 유의적으로 높은 경도를 나타내었으며, 저장기간의 경과와 더불어 점차 감소하여 저장 8일후에는 대조군은 0.57 kg, CaMC군은 1.60 kg, CaHPMC-15군은 1.63 kg으로 코팅군이 유의적으로 높은 경도를 나타내었다($p < 0.05$). Tsuji 등¹⁷)은 Sordum 자두과육의 경도 변화를 관찰한 결과 20°C에서는 저장 3일후부터 급격히 연화되었으나 30°C에서는 서서히 연화되었다고 보고하여 자두의 경도 변화양상은 품종 및 저장 온도와 채취시기에 따라 다를 수 있었다. 자두의 저장기간에 따른 경도에 대한 관능검사 결과를 Table 3에 나타내었다. 단단함을 평가하는 경도는 세 실험군을 비교해 볼 때 대조군이 코팅군보다 대체로 무르다고 평가되었으며, 저장기간의 경과로 세 실험군 모두 유의적으로 무르다고 평가되었다($p < 0.05$). 따라서 자두의 경도는 저장 중 계

Table 2. Changes in the firmness of immature plums during storage¹⁾

Group	Storage time(day)							
	0	1	2	3	4	5	6	8
Control	3.33 ^{aA2,3)}	3.30 ^{aAB}	2.67 ^{aBC}	2.10 ^{aCD}	1.60 ^{bDE}	1.47 ^{bDE}	0.93 ^{bFG}	0.57 ^{bEG}
CaMC ⁴⁾	3.33 ^{aA}	3.20 ^{aA}	3.03 ^{aA}	2.90 ^{aA}	2.93 ^{bA}	2.37 ^{aB}	1.60 ^{aC}	1.60 ^{aC}
CaHPMC-15 ⁵⁾	3.33 ^{aA}	3.13 ^{aA}	2.77 ^{aAB}	2.67 ^{aBC}	2.70 ^{aBC}	2.43 ^{aC}	1.80 ^{aD}	1.63 ^{aD}

¹⁾Unit is kg.

²⁾Values are means of 6 replications.

³⁾Values in the same columns bearing different small letters differ significantly, and different capital letters for plums among storage times denote significantly differences($p < 0.05$).

⁴⁾CaMC means coated plums with Ca-added methyl cellulose.

⁵⁾CaHPMC-15 means coated plums with Ca-added hydroxy propyl methyl cellulose.

Table 3. Changes in the sensory scores of immature plums during storage¹⁾

Characteristics	Group	Storage time(day)		
		1	4	8
Firmness	Control	3.44 ^{bA}	2.87 ^{aA}	1.40 ^{bB}
	CaMC	5.00 ^{aA}	3.62 ^{aB}	3.40 ^{aB}
	CaHPMC-15	5.33 ^{aA}	03.55 ^{aB}	4.00 ^{aB}

¹⁾Values are mean scores of 10 panels.

²⁾Values in the same columns for each group bearing different small letters differ significantly, and different capital letters for plums among storage times denote significantly differences(p<0.05).

속 감소하며 CaMC와 CaHPMC-15코팅에 의하여 정도의 유지 효과를 나타냄을 알 수 있었다.

참고문헌

- Komiyama, Y., Ootoguro, C. and Ozawa, S. (1977) Physical and chemical compositions of juices and purees from several varieties of plums. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi* **24**(11), 559-564.
- 兵藤 宏 (1978) 果實の成熟(追熟)と エチレン. *化學と生物* **16**, 217-227.
- Kester, J. and Fennema, O. (1986) Edible films and coatings: A review, *Food Technol.* **40**(12), 47-59.
- Nisperos-Carriedo, N. O. and Baldwin, E. A. (1993) Composition and method of increasing stability of fruits, vegetables or fungi, US Patent No. 5,198,254.
- Baker, G. L. (1948) High-polymer pectins and their deesterification, *Adv. Food Res.* **1**, 395-427.
- Komiyama, Y., Harakawa, M. and Ozawa, S. (1979) Changes in physical compositions of plums during maturation. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi* **26**(7), 305-310.
- Song, T. H. and Kim, C. J. (1996) Preparation of cellulose-based edible film and its physical characteristics. *Kor. J. Food Sci. Technol.* **28**(1), 1-7.
- Hong, S. I., Park, J. S. and Park, N. H. (1995) Quality changes of commercial kimchi products by different packaging methods. *Kor. J. Food Sci. Technol.* **27**(1), 112-118.
- AOAC (1995) Official Methods of Analysis, 16th, Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C., U.S.A.
- Blumenkrantz, N. and Asboe-Hansen, G. (1973) A new method for quantitative determination of uronic acids. *Anal. Biochem.* **54**, 484-489.
- Hwang, J. K. (1991) Contribution of side branches of apples and tomato pectins to their rheological properties. *Ph. D. thesis*, New Jersey Rutgers Univ., New Brunswick, New Jersey, U.S.A.
- Hwang, J., Roshdy, T. H., Kontominas, M. and Kokini, J. L. (1992) Comparison of the effects of dialysis and metal precipitation on the physicochemical properties of apple pectins. *J. Food Sci.* **57**, 1180-1184.
- Thibault, J. F. and Mercier, C. (1978) *Aspergillus niger* endopoly galacturonase: 2. Characterization and some properties. *J. Food Biochem.* **2**, 379-393.
- Meilgaard, M., Civille, G. V. and Carr, B. T. (1987) Sensory evaluation techniques. CRC Press. Inc., Boca Raton, FL, U. S. A.
- SAS Institute Inc. (1985) *SAS/STAT guide for personal computer*. SAS Institute Inc., Cary, NC, U.S.A.
- Biale, J. B. (1960) The post-harvest biochemistry of tropical and subtropical fruits. *Adv Food Res.* **10**, 293-354.
- Tsuji, M., Harakawa, M. and Komiyama, Y. (1984) Changes in shelf life and quality of plum fruit during storage at high temperatures. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* **52**(4), 469-475.
- Kitamura, Y. T., Itamura, H. and Fukushima, E. (1983) Ripening changes in respiration, ethylene emanation and ascorbic acid content of plum fruit. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* **52**(3), 325-331.
- Komiyama, Y., Harakawa, M. and Tsuji, M. (1982) The after ripening characteristics of plum fruits and ethephon on their after ripening. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* **51**(1), 115-123.
- Kader, A. A. (1986) Biochemical and physiological basis for effects of controlled and modified atmospheres on fruits and vegetables. *Food Technol.* **40**(5), 99-100, 102-104.
- Crisosto, C. H., Retzlaff, W. A., Williams, L. E., DeJong, T. M. and Zoffoli, J. P. (1993) Postharvest performance evaluation of plum (*Prunus salicina* Lindel., Casselman) fruit grown under three ozone concentrations. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* **118**(4), 497-502.
- Santerre, C. R., Leach, T. F. and Cash, J. N. (1989) The influence of the sucrose polyester, SemprefreshTM, on the storage of Michigan grown McIntosh and Golden Delicious apples. *J. Food Process Preserv.* **13**, 293-305.
- Proctor, A. and Peng, L. C. (1989) Pectin transitions during blueberry fruit development and ripening. *J. Food Sci.* **54**(2), 385-387.
- Huber, D. J. (1993) The role of cell wall hydrolases in fruit softening. *Hort. Reviews* **5**, 169-219.
- Bartley, I. M. (1978) Exo-polygalacturonase of apple. *Phytochem.* **17**, 213-216.
- Temmen, A. P., Ucker, G. A. and Grierson, D. (1982) Degradation of isolated tomato cell walls by purified polygalacturonase *in vitro*. *Plant Physiol.* **69**, 122-124.
- Dilley, D. R. (1970) Enzymes in the Biochemistry of Fruits and their Products, Hulme, A. C. (ed.), Academic Press, NY, U.S.A.
- Pressy, R. (1977) Enzymes involved in fruit softening., In Enzymes in Food and Beverage Processing. Ory, R. L. and St. Angeleo, A. J. (eds.), American Chemical Society, ACS Symposium Series, No. 47, Washington D.C., U.S.A. pp.172-191.
- McCready, R. M. and McComb, E. A. (1955) Pectin constituents in ripe and unripe fruit. *Food Res.* **19**, 530-535.
- Raymond, D. and Phaff, H. (1965) Purification and certain properties of avocado polygalacturonase. *J. Food Sci.* **30**, 266-273.
- Ahmed, A. and Labavitch, J. M. (1980) Cell wall metabolism in ripening fruit. II. Changes in carbohydrate degrading enzymes in ripening Bartlett pears. *Plant Physiol.* **65**, 1014-1016.
- Northcote, D. H. (1972) Chemistry of the plant cell wall. *Ann. Review Plant Physiol.* **23**, 113-132.

33. Castaldo, D., Quagliuolo, L., Servillo, L., Balestrieri, C. and Giovane, A. (1989) Isolation and characterization of pectin methylesterase from apple fruit. *J. Food Sci.* **54**(3), 653-655.
34. Pilnik, W. and Voragen, A. G. J. (1993) Pectic enzymes in fruit and vegetable juice manufacture. In *Enzymes in Food Processing*. Nagodawithana, T. and Reed, G. (eds.), Academic Press, NY, U.S.A. p.366.

Effect of Edible Coatings on Softening of the Stored Immature Plums

Tae Hee Song and Chul-Jai Kim*(*Department of Food and Nutrition, College of Home Economics, Sookmyung Women's University, Chungpa-dong 2-ga, Yongsan-gu, Seoul, 140-742, Korea.*)

Abstract : Immature plums(*Prunus salicina* L.) were coated with edible coatings, calcium-added methyl cellulose(CaMC) and hydroxy propyl methyl cellulose-15(CaHPMC-15). Weight loss and respiration rate of immature plums coated with CaMC and CaHPMC-15 were lower only at the earlier storage period. The titratable acidity of plums was decreased and pH was increased during storage. Soluble pectin, pectinesterase, and polygalacturonase activity as the marker of softening were commonly increased with storage time, but those increases were lower in CaMC and CaHPMC-15-coated plums. Mechanical firmness became significantly soft during storage, while the coated plums were remained harder. As a result of sensory evaluation, softening of plum tissue was found during storage, but the coated plums had the harder texture. These data suggest that the application of CaMC or CaHPMC-15 coatings into immature plums can reduce the postharvest softening during storage.

Key words : plum, edible coatings, soluble pectin, polygalacturonase activity, pectinesterase, firmness

*Corresponding author