

칼슘을 첨가한 셀룰로우스 코팅이 자두의 경도에 미치는 효과

송태희 · 김철재
숙명여자대학교 식품영양학과

Effect of Calcium-Added Cellulose Coatings on the Firmness of Plums

Tae Hee Song and Chul-Jai Kim
Department of Food and Nutrition, Sookmyung Women's University

Abstract

Plums (*Prunus salicina* L.) were coated with calcium-treated methylcellulose (CaMC) and hydroxypropylmethylcellulose-15 (CaHPMC-15). Respiration rate, weight loss, pH and titratable acidity, texture, and sensory characteristics were compared during 8-day storage period at 30°C. Weight loss and respiration rate of plums coated with CaMC and CaHPMC-15 were lower than those of control plums during storage while pH increased and titratable acidity slowly decreased during storage. Mechanical firmness was significantly decreased during storage, in which CaMC- and CaHPMC-15-coated plums were harder than the control. Amount of soluble pectin, and pectin esterase and polygalacturonase activities as the markers of softening commonly increased with storage, but both CaMC and CaHPMC-15-coated plums were not found those increases. Sensory evaluation showed that the flesh softening of plums decreased during storage, and that in the coated plums exhibited the harder flesh. In conclusion, introduction of CaMC and CaHPMC-15 coatings on plums decreased respiration rate and contributed to delay of flesh softening, and the significant difference in postharvest storage quality of the both plums were not found between CaMC and CaHPMC-15 coatings.

Key words: plum, cellulose, coating, calcium, firmness

서 론

과일을 저장하기 위하여 냉장이 주로 사용되었으나 저온은 숙성지연과 품질변화를 방지하기에 충분하지 않아 요즘에는 이산화탄소와 산소의 반투과성을 갖는 식용필름 및 코팅의 적용에 관심을 갖게 되었다. 과일에 식용물질을 직접 씌우는 코팅이 12~13세기에 중국에서 오렌지와 레몬에 사용된 이후⁽¹⁾ sucrose polyester⁽²⁾와 chitosan⁽³⁾ 등 다양한 소재에 관한 연구가 진행되고 있다. 이러한 식용코팅은 GRAS (generally recognized as safe)인 식품재료로서, 셀룰로우스⁽⁴⁾와 단백질 유도체⁽⁵⁾ 및 지질⁽⁶⁾로 제조할 수 있다. 또한 식용 코팅은 코팅 단독으로의 목적뿐만 아니라 BHA, BHT, rosemary 추출액 등의 항산화제를 첨가한 CMC코팅이

바나나, 망고, 파파야에 대한 숙성 지연효과⁽⁷⁾, oleoresin의 돼지고기에 대한 항산화효과⁽⁸⁾ 및 potassium sorbate 첨가에 의한 지방산의 산화방지 효과⁽⁹⁾ 등 첨가제를 혼합하는 방법도 연구되고 있다.

칼슘은 식물의 세포벽, membrane, chromosome 구조와 효소활성에 관여하는 기본적인 생리 과정에 작용한다고 보고되었고⁽¹⁰⁾, Marinos⁽¹¹⁾와 Masuda⁽¹²⁾는 세포막 보존에 있어서 칼슘의 작용을 보고하였으며 사과^(12,13)의 저장성 연장을 위한 칼슘 사용방법도 제안되었다. Siddiqui와 Bangerth⁽¹⁴⁾는 Golden Delicious 사과를 수확하기 전에 1.2%의 CaCl₂로 분무한 후 수확하였을 때 평균 크기의 사과는 유의적으로 높은 경도를 나타내었다고 보고하였다. 따라서 칼슘첨가가 과일의 경도뿐만 아니라 숙성에도 관여한다고 보고되어 있으므로 칼슘을 첨가한 셀룰로우스 필름을 자두(*Prunus salicina* L.)에 적용하였다. 즉, 포모사(후무사) 자두에 CaCl₂를 첨가한 methylcellulose (CaMC)와 hydroxymethylcellulose-15 (CaHPMC-15)액을 코팅하여 건조시킨 후 30°C에

Corresponding author: Chul-Jai Kim, Department of Food and Nutrition, College of Home Economics, Sookmyung Women's University, # 53-12, 2-ka Chungpa-dong, Youngsan-ku, Seoul 140-742, Korea

서 8일간 저장하면서 비코팅군(대조군)과 각각의 기간 별로 비교하여 코팅에 의한 자두의 연화 억제효과에 대하여 알아보려고 한다.

재료 및 방법

실험재료

본 실험에 사용된 자두는 충청북도 영동군 용산면 매곡리 과수원에서 판매용으로 수확한 것으로 포모사(후무사) 품종으로 약간 덜 익어 일부가 붉은 빛인 자두를 딴 후 실험실로 운송하여 선별한 다음 균등하게 3군으로 나누어 시료로 사용하였다. 코팅의 재료인 CaCl₂ (calcium chloride, anhydrous (first grade))와 99.9 % ethanol (EtOH)은 Duksan Pure Chemical Co. Ltd., (Ansan, Korea)의 것을, Methylcellulose (MC)와 hydroxypropylmethylcellulose-15 (HPMC-15)는 The Dow Chemical Co. (Midland, MI, U.S.A.)의 Methocel A 15 LV Premium과 Methocel E 15 LV Premium을, Polyethylene glycol 400 (PEG 400)은 Shinyo Chemical Co., Ltd. (Osaka, Japan)의 것을 사용하였다.

코팅시료의 제조 및 저장

칼슘을 첨가한 methylcellulose (CaMC)와 hydroxypropylmethylcellulose-15 (CaHPMC-15)코팅액은 송의 방법⁽¹⁵⁾에 의하여 제조한 후 자두에 코팅하여 비코팅 자두(대조군)와 함께 자두의 수확 및 소비시기의 일반적인 온도인 30°C의 항온실에 8일간 보관하면서 저장 기간별로 실험에 임하였다.

실험 방법

자두코팅의 두께 측정

자두에 찍은 코팅을 떼어 내어 micrometer (Peacock, G-6: No.5, Japan)를 사용하여 20회 측정하였다.

호흡률 측정

호흡률(respiration rate)은 밀폐시스템⁽¹⁶⁾을 이용하여 발생하는 이산화탄소의 비율로 측정하였으며, GC에 주입하여 얻은 크로마토그램으로부터 CO₂의 양을 아래의 식에 의하여 계산하였다. 이때의 분석조건은 Table 1과 같았다.

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

Table 1. Operating conditions of gas chromatography for respiration rate

Instrument	: Shimadzu GC 14 A (Shimadzu Co. Tokyo, Japan)
Detector	: TCD (Thermal Conductive Detector)
Column	: Alltech CTR I
Column Temp.	: 35°C
Injection Temp.	: 60°C
Detector Temp.	: 60°C
Carrier gas	: He (60 mL/min)
Injection volume	: 200 μ L

중량감소율 측정

중량감소율(weight loss)은 30°C의 항온실에서 보관하면서 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 (Oster, Model 861-66, Milwaukee, WI, U.S.A.)로 파쇄한 후 원심분리기 (Model MF300, Hanil Industrial Co., Seoul, Korea)에서 3,000 rpm으로 10분간 원심분리 후 얻은 상등액을 50 mL의 비이커에 취하여 pH meter (Φ 34 pH meter, Beckman Instruments, Inc., Fullerton, CA, U.S.A.)로 3회 측정하였다. 산도는 AOAC방법⁽¹⁷⁾에 의하여 측정 한 후 malic acid (%)로 환산하여 표시하였다.

경도 측정

경도(firmness)는 자두를 원형 그대로 Rheometer (Model CR-200D, Sun Scientific Co., Ltd., Tokyo, Japan)에 고정시킨 후 Pressure sensor rod의 응용 type 인 No. 34 tooth type rod를 이용하여 rod가 표피를 관통할 때 걸리는 피크에서의 힘을 측정하였다. 이 때 10 kg의 maximum load cell로 1일 간격으로 mode 1 (penetration)의 방법으로 측정하였으며, 이때 chart speed는 60 mm/min, table speed는 100 mm/min였다.

수용성 분획 조제

각 군별로 자두 30 g씩을 취한 다음 증류수를 150 mL씩 첨가하여 blender로 마쇄 한 후, magnetic stirrer를 이용하여 1시간 30분 동안 저어준다. 그 중 50 mL를 취하여 3분 동안 원심분리기 (Model H50E-TR, Hanil Industrial Co., Seoul, Korea)에서 3,500 rpm으로 원심분리 시킨 다음 여과지(Whatman No. 2)를 통해

감압 여과하여 위의 액을 거른 후 여과액을 수용성 분획으로 하였다.

수용성 펙틴측정

펙틴의 anhydrogalacturonic acid (AGA, MW=176)의 함량을 m-hydroxydiphenyl에 의한 Blumenkrantz와 Asboe-Hansen의 방법⁽¹⁸⁾에 의하여 제조한 시료를 520 nm의 spectrophotometer (Model UV 120-02, Shimadzu Co., Kyoto, Japan)에서 흡광도를 측정 한 후 표준곡선에 의하여 수용성 펙틴함량을 계산하였다. 이때, 표준곡선은 galacturonic acid (monohydrate, MW=212, Sigma Chemical Co., Ltd., St. Louis, MO, U.S.A.)를 0~100 µg/mL의 농도로 시료 제조시와 동일한 방법으로 실시하여 구한 후 176/212를 곱하여 anhydrogalacturonic acid로 환산하였다.

Polygalacturonase의 활성

Polygalacturonic acid (Sigma Chemical Co. St. Louis, MO, U.S.A., 순도 85~90%)는 순도를 높이기 위하여 정제한 후 황의 방법⁽¹⁹⁾에 의하여 측정하였다. 이때 276 nm의 Spectrophotometer (Model UV 120-02, Shimadzu Co., Kyoto, Japan)에서 흡광도를 측정하여 표준곡선으로부터 galacturonic acid 양을 계산하였으며, polygalacturonase (PG, EC.3.2.1.15)의 활성은 37°C에서 분당 1nM의 galacturonic acid를 생성하도록 촉매하는 양을 1 unit로 정의하였다.

Pectinesterase의 활성

Pectinesterase (PE, EC3.1.1.11)는 citrus pectin (Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, U.S.A.)을 황 등의 방법⁽²⁰⁾으로 정제한 후, Thibault와 Mercier⁽²¹⁾의 방법인 pH변화에 의하여 PE의 존재 유무를 확인하였다.

관능검사

관능검사용 자두는 관능검사 30분전에 항온기에서 꺼내어 실온에서 평가하도록 하였다. 관능검사요원은 숙명여자대학교 식품영양학과 학생과 대학원생 10명으로 구성되었으며, 자두를 1인당 실험군별로 각각 2개씩 원형 그대로 제시하였으며, 자두의 경도가 가장 연한 것을 1점으로 하고 7점으로 갈수록 단단해 지는 7점 평점법⁽²²⁾으로 평가하였다.

통계분석

모든 실험결과와 관능검사의 결과는 SAS⁽²³⁾를 이용하여 분산분석(ANOVA) 후 Duncan's multiple range

test에 의하여 분석하였다.

결과 및 고찰

호흡률

평균 0.025±0.004 mm의 두께로 코팅한 CaMC와 CaHPMC-15 자두와 대조군 자두의 호흡률은 Fig. 1과 같았다. 대조군은 증가하다 일시 감소한 후 다시 증가하는 결과를 나타내는 반면 CaMC와 CaHPMC코팅군은 감소하였다가 서서히 증가하였다. 각 군을 비교해보면 대조군에 비하여 코팅군의 호흡률이 적게 나타났다. Kitamura 등⁽²⁴⁾은 나무에서 적숙상태일 때 채취한 대석조생, Beauty, Santa Rosa 자두의 이산화탄소 발생량은 채취 후 급증하였다고 보고하였는데, 이는 본실험의 대조군의 결과와 대체로 일치하는 결과였다. Smith⁽²⁵⁾의 경우 Monarch 자두는 이산화탄소 발생량이 저장기간의 경과에 따라 증가하다 감소한 후 말기에 다시 소폭의 증가가 있었으며, 산소농도를 감소 시킴에 따라 초기의 이산화탄소 발생량이 억제된다고 하여, 본 실험의 코팅군 결과와 유사하였으며 코팅에 의하여 산소의 투과가 감소됨으로서 초기의 호흡률이 감소됨을 알 수 있었다. 또한 코팅에 의한 호흡률 억제 효과는 Ghaouth 등⁽²⁶⁾이 딸기에 chitosan코팅을 한 결과 저장 4일 이전의 호흡률의 감소가 명백하였다는 보고와도 일치하였다. 이로서 자두에 CaMC와 CaHPMC-

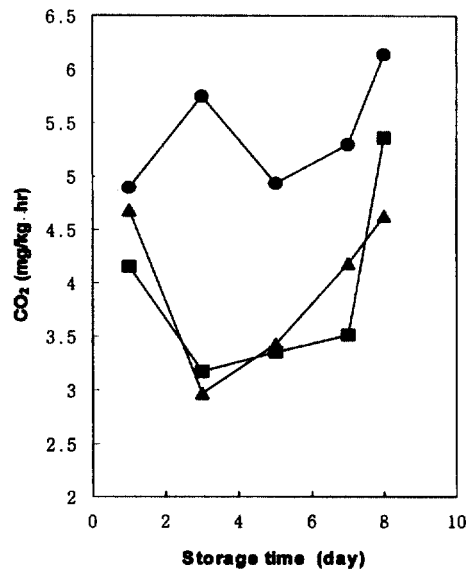


Fig 1. Effect of storage on respiratory rate of plums at 30°C. ●—●: Control, ▲—▲: CaMC, ■—■: CaHPMC-15.

15를 코팅함으로써 호흡률의 감소 특히 초기의 호흡률을 억제함으로써 자두의 수확 후 품질을 좋게 유지시킬 수 있음을 알 수 있었다.

중량감소율

중량감소율은 Fig. 2에서 볼 수 있듯이 저장기간의 경과에 따라 저장 1일 후에는 대조군은 6.58%, CaMC군은 5.27%, CaHPMC군은 5.54%의 중량감소율을 나타내었으며 점점 증가하여 저장 3일 후에는 대조군은 10.47%, CaMC군은 9.25%, CaHPMC군은 6.57%, 저장 5일 후에는 대조군은 13.48%, CaMC군은 12.76%, CaHPMC군은 11.47% 감소하였으며, 저장 8일 후에는 대조군은 19.48%, CaMC군은 16.08%, CaHPMC군은 14.58%의 중량 감소율을 나타내어 전체저장기간을 통하여 CaHPMC-15 코팅군, CaMC 코팅군, 대조군의 순서로 중량감소율이 증가하였다. Ukai 등⁽²⁷⁾과 Smith와 Stow⁽²⁸⁾, 그리고 박 등⁽⁵⁾이 코팅에 의하여 과일의 중량감소율이 감소하였다고 보고한 바와 같이 본 실험에서는 CaMC와 CaHPMC-15코팅에 의하여도 중량 감소억제효과를 볼 수 있었다. 반면에 Crisosto 등⁽²⁹⁾은 30°C, 30% RH에서 O₃을 처리한 후의 Casselman 자두는 5일 경과후 6%이상의 중량감소를 나타내어 주름이 나타나기 시작하였다는 보고와는 달리 표면의 주름현상은 전체기간 동안 볼 수 없었다.

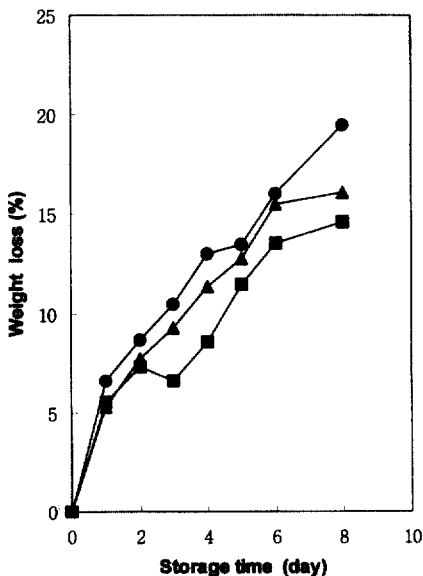


Fig. 2. Changes in weight loss of plums at 30°C. ●—●: Control, ▲—▲: CaMC, ■—■: CaHPMC-15.

pH 및 적정산도

자두의 pH 및 적정산도는 Fig. 3과 같다. 초기의 pH 3.2에서 저장기간의 경과와 더불어 증가하여 저장 8일 후에는 대조군, CaMC, CaHPMC의 pH가 각각 3.40, 3.52, 3.50이 되었으며, 대체로 대조군의 pH가 유의적으로 낮게 나타났으며, 저장 2일은 CaMC코팅군이, 3일과 4일에는 CaHPMC-15코팅군이 유의적으로 높은 pH를 나타내었으며, 저장 5일과 8일에는 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 적정산도는 초기의 적정산도 1.91%에서 저장기간의 경과에 따라 감소하여 저장 8일 후에는 대조군, CaMC군, CaHPMC군의 적정산도가 각각 1.77, 1.54, 1.44%로 각각 감소하였다. Tsuji 등⁽³⁰⁾은 Sordum 자두를 30°C에서 저장한 결과 초기의 적정산도는 급격히 감소한 후 변화를 관찰하지 못했다고 보고하였으나 본 실험에서는 서서히 감소하는 결과를 나타내어 과일의 숙성에 따른 산의 감소 현상이 코팅에 의하여 지연됨을 알 수 있었다.

경도

자두의 경도는 Table 2의 결과에서와 같이 초기의 3.39 kg에서 저장 첫날에는 대조군, CaMC, CaHPMC-15코팅군간에 유의적인 차이를 나타내지 않았으나,

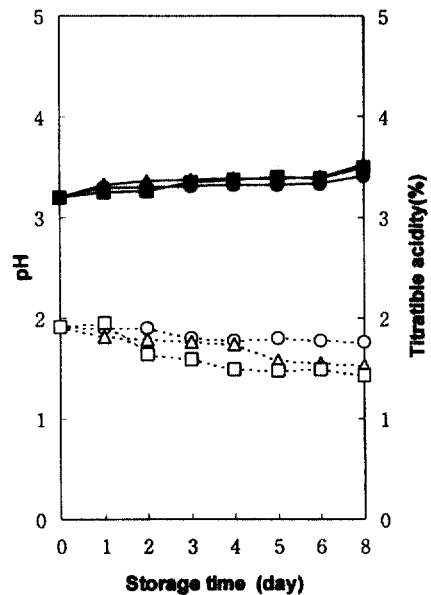


Fig. 3. Changes in pH and titratable acidity of plums stored at 30°C. ●—●: Control, ▲—▲: CaMC, ■—■: CaHPMC-15, ○—○: control, △—△: CaMC, □—□: CaHPMC-15. Filled symbol indicates pH and open symbol indicates titratable acidity.

Table 2. Changes in mechanical firmness (kg) of plums stored at 30°C

Group ¹⁾	Storage time (day)						
	0	1	2	4	5	6	8
Control	3.390 ^{AA2,3)}	3.000 ^{AB}	2.467 ^{BB}	1.967 ^{BC}	1.750 ^{BC}	1.567 ^{AC}	0.700 ^{CD}
CaMC	3.390 ^{AB}	3.323 ^{ABC}	3.200 ^{ABC}	2.467 ^{BCD}	2.167 ^{CD}	1.900 ^{DE}	1.433 ^{BDE}
CaHPMC-15	3.390 ^A	3.333 ^A	3.367 ^A	3.367 ^A	3.083 ^{AB}	2.467 ^B	2.467 ^B

¹⁾Control: Plums with no treatment.

CaMC: Plums coated with Ca-added methycellulose film, CaHPMC-15: Plums coated with Ca-added hydroxyproxymethylcellulose film, whose viscosity is 15 cp.

²⁾Values are mean of 6 replications.

³⁾Values in the same vertical columns for each group bearing different small letters differ significantly, and different capital letters in the same horizontal row denote significantly differences ($p < 0.05$).

저장 2일부터 대조군은 급격히 경도가 감소하여 저장 8일에는 0.70 kg까지 감소하였으며, CaMC군은 서서히 감소하여 저장 8일에 1.43 kg까지 감소하였으며, CaHPMC-15군은 저장 8일에 2.47 kg으로 서서히 감소하여 저장 첫날을 제외하고는 전체기간 동안 CaHPMC-15코팅군과 CaMC코팅군이 대조군보다 유의 적으로 높은 경도를 나타내었다($p < 0.05$). Drake 등⁽²⁾의 연구 결과에서도 사과에 polyester코팅을 할 경우 경도가 높게 유지되었다는 보고 및 박 등⁽³⁰⁾의 연구결과 cornzein 코팅에 의하여 토마토의 경도가 유지되었다는 보고와도 일치하였다. 따라서 코팅에 의하여 자두의 경도를 오랫동안 높게 유지하여 연화를 억제함을 알 수 있었다.

수용성 펙틴함량 및 효소활성

수용성 펙틴함량: 코팅이 자두의 경도에 미치는 영향을 알아보기 위하여 자두의 수용성 펙틴함량의 변화를 Fig. 4에 나타내었다. 저장 첫날의 수용성 펙틴 함량은 3.96 mg/mL에서 저장 1일 후에는 대조군, CaMC, CaHPMC-15군이 각각 4.05, 2.51, 3.72 mg/mL로 대조군이 유의적으로 수용성 펙틴을 많이 함유하고 있었으며, 저장 2일 후에는 약간 감소하다가 그 후로 증가 경향을 나타내어 세 실험군 모두 저장 2일 후가 유의적으로 수용성 펙틴함량이 가장 적었으며, 그 후 대체로 증가해 저장 8일 후에 최대의 함량을 나타내었다 ($p < 0.05$). 각 실험군별로 비교해보면 대조군이 코팅군에 비하여 유의적으로 높은 경도를 나타내어 코팅에 의하여 자두의 경도를 높게 유지할 수 있었다. Chang 등⁽³¹⁾의 자두 주스의 펙틴함량은 0.15~0.39 g galacturonic acid/100 mL라는 연구 결과와 비교해 볼 때 초기의 펙틴 함량은 대체로 일치하였다. Komiyama 등⁽³²⁾은 자두의 성숙 중 펙틴함량의 변화를 연구한 결과 대석조생의 경우 수용성 펙틴함량은 초기에는 변화가 거의 없다가 후반기에 거의 2배로 급증하였으며,

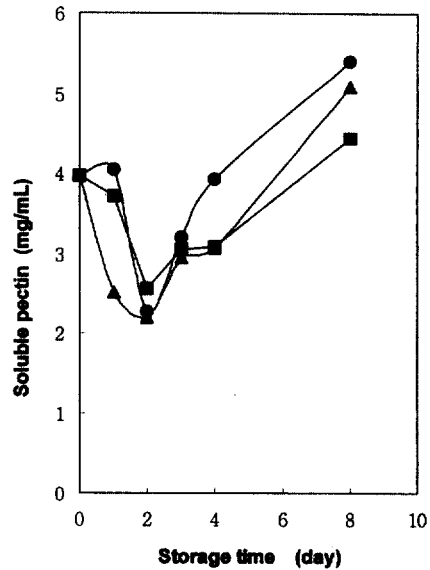


Fig. 4. Changes of soluble pectin content in plums at 30 °C. ●—●: Control, ▲—▲: CaMC, ■—■: CaHPMC-15.

Sordum 자두에서는 변화가 거의 없다고 하여 품종간의 차이를 알 수 있었으나 포모사 자두의 경우 저장 기간의 경과에 따라 수용성펙틴 함량이 증가하였으며, 코팅에 의하여 그 증가율이 감소됨을 알 수 있었다.

Polygalacturonase 활성

자두의 PG활성도의 변화를 Fig. 5에 나타내었다. 대조군은 저장 중 대체로 PG활성이 증가하는 경향을 나타내었으나 코팅군은 초기에 PG의 활성이 감소하다 저장 2일 이후 증가하기 시작하여 대조군이 유의적으로 높은 PG의 활성을 나타내었다. PG는 펙틴질의 glycosidic linkage의 수화를 촉매하여 과일의 연화를 일으키는 것으로 알려져 있는데⁽³³⁾, avocado⁽³⁴⁾, bartlett (서양배)⁽³⁵⁾에서는 과일의 숙성과 PG의 활성이 정의 상관관계를 나타낸다고 하였다. 또한 Rahman 등⁽³⁶⁾은

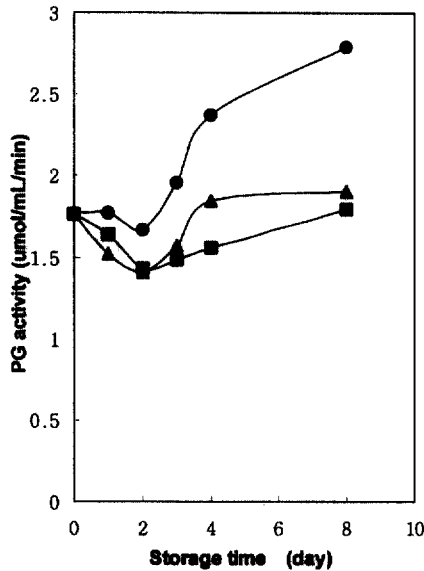


Fig 5. Effect of storage on polygalacturonase activity of plums at 30°C. ●-●: Control, ▲-▲: CaMC, ■-■: CaHPMC-15.

Jackfruit 연구결과 PG의 증가는 펙틴의 다당류손실에 의하여 조직이 손상되기 때문이라고 보고하였다. 이로서 자두는 저장 중 PG의 활성이 대체로 증가하였으며 코팅에 의하여 초기의 PG 활성을 억제시킬 수 있음을 알 수 있었다.

Pectinesterase (PE) 활성

PE를 확인하기 위한 pH의 변화는 Fig. 6에서 보듯이 citrus 펙틴에 자두의 조효소액을 첨가하였을때, 유의적으로 pH의 감소를 나타내었다(p<0.05). 이 결과는 자두에 PG와 PE의 활성이 있다는 보고²⁷⁾와 일치하였다. 그러므로 자두의 저장기간 중 연화는 PG와 PE가 작용 하였으며, 저장초기에는 PE의 작용에 의하여 methyl기가 유리됨으로서 세포벽 내부의 칼슘과 펙틴의 carboxyl기와의 결합에 의하여 수용성 펙틴함량이 감소하였으며, 그 후에는 PG의 작용이 활발하여 펙틴의 탄소 사슬을 끊어줌으로서 펙틴의 수용화가 진행된 것으로 사료된다.

관능검사

대조군과 코팅군 자두를 30°C에서 저장하면서 관능검사를 실시한 결과 Table 3과 같다. 자두는 전체 저장기간동안 정도의 감소가 진행되었으며, 전체 저장기간 동안 코팅군의 정도가 대체로 높게 나타났으나 저장 8일에만 유의적인 차이를 나타내었다. 이상의 결과

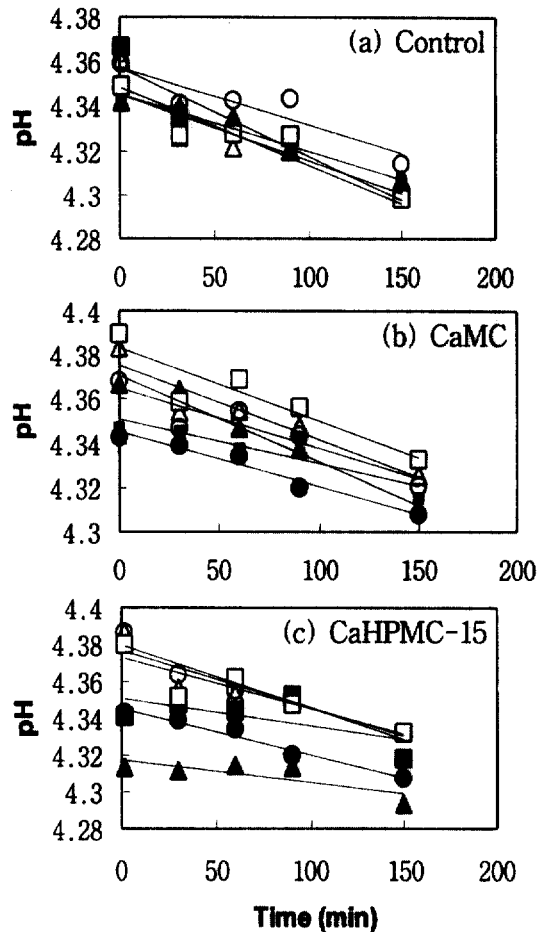


Fig. 6. Effect of pectinesterase activity on pH changes of plums stored at 30°C. Control: Plums with no treatment. CaMC: Plums coated with Ca-added methycellulose film, CaHPMC-15: Plums coated with Ca-added hydroxyproxy-methylcellulose film, ●-●: 0 days, ▲-▲: 2 days, ■-■: 3 days, ○-○: 4 days, △-△: 6 days, and □-□: 8 days.

Table 3. Changes in sensory scores of plums stored at 30°C

Characteristics	Group ¹⁾	Storage time (day)			F-value
		2	4	8	
Firmness	Control	4.33 ^{aa2)}	3.85 ^{ab}	2.11 ^{bb}	3.01*
	CaMC	4.66 ^{aa}	4.16 ^{aa}	3.77 ^{aa}	1.00
	CaHPMC-15	4.16 ^{aa}	4.00 ^{aa}	3.88 ^{aa}	0.11

¹⁾See Table 2, footnote 1.

²⁾Values are mean scores of 8 panels. Values in the same vertical columns for each group bearing different small letters differ significantly, and capital letters not in common for plums among storage days denote significant differences (p<0.05).

로서 자두에 CaMC와 CaHPMC-15를 코팅할 경우 중량 및 호흡률 감소를 억제시키고 과육의 연화를 방지

하는 효과를 나타내었으며 관능검사 결과 대조군에 비하여 코팅군이 단단하게 평가되어 저장기간 중 8일 이상까지도 우수한 품질을 유지할 수 있었으나 두 코팅군간의 유의적인 차이는 나타나지 않았다.

요 약

포도사 자두에 칼슘을 첨가한 methylcellulose (CaMC) 와 hydroxypropylmethylcellulose-15 (CaHPMC-15)액을 코팅하여 30°C에서 8일간 저장하면서 호흡률, 중량감소율, pH 및 산도, 물리적 및 기계적 정도, 관능검사를 실시하여 코팅의 효과를 관찰한 결과 다음과 같았다.

자두는 수확 후 시간의 경과에 따라 호흡량이 증대하는 climacteric rise 현상을 갖고 있었으며, CaMC와 CaHPMC-15 코팅 자두의 중량감소율과 호흡률은 대조군에 비하여 낮게 나타났다. 기계적 측정치인 경도는 장기간 유의적으로 감소하였으며, 코팅 자두가 대조군 자두에 비하여 단단하게 평가되었다. 자두는 연화의 지표가 되는 pectinesterase도 존재하였고, 저장 기간동안 수용성펙틴의 함량과 polygalacturonase의 활성이 증가하였으나 CaMC와 CaHPMC의 코팅에 의하여 증가 억제 효과를 나타내었다. 또한 관능검사 결과에서도 저장 기간의 경과에 따라 자두의 연화가 발견되었으나 코팅 자두군은 높은 경도를 나타내었다.

이상의 결과로서 자두에 CaMC와 CaHPMC-15의 코팅시 호흡률 및 중량감소율을 억제하고 수확후의 연화를 억제함을 알 수 있었으나 두 코팅군간의 차이는 나타나지 않았다.

문 헌

1. Hardenberg, 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., U.S.A. (1967)
2. Drake, S.R., Fellman, J.K. and Nelson, J.W.: Postharvest use of sucrose polyesters for extending the shelf-life of stored Golden Delicious apples. *J. Food Sci.*, **52**(5), 1283-1285 (1987)
3. Ghaouth, A.E., Ponnampalam, R., Castaigne, F. and Arul, J.: Chitosan coating to extend the storage life of tomatoes. *HortScience*, **27**(9), 1016-1018 (1992)
4. Vojdani, F. and Torres, J.A.: Potassium sorbate permeability of methylcellulose and hydroxypropylmethylcellulose coatings: effect of fatty acid. *J. Food Sci.*, **55**(3), 841-846 (1990)
5. Park, H.J., Chinnan, M.S. and Shewfelt, R.L.: Edible corn-zein film coating to extend storage life of tomatoes. *J. Food Process. Preserv.*, **18**, 317-331 (1994)
6. Hardenberg, R.E.: Wax and related coating for horticultural

- products. A Bibliography. *Agricultural Research Service Bulletin* 51-15, United States Department of Agriculture, Washington D.C., U.S.A. (1967)
7. Nisperos-Carriedo, M.O. and Baldwin, E.A.: Composition and method of increasing stability of fruits, vegetables or fungi. *U.S. Patent*, 5,198,254 (1993)
8. Liu, H. F., Booren, A. M., Gray, J. I. and Crackel, R. L.: Antioxidant efficacy of oleoresin rosemary and sodium tripolyphosphate in reduced pork steak. *J. Food Sci.*, **57**(4), 803-806 (1992)
9. Jones, R.G.W. and Lunt, O.R.: The function of calcium in plants. *Bot. Rev.*, **33**, 407-426 (1967)
10. Marinos, N.G.: Studies on submicroscopic aspects of mineral deficiencies. I. Calcium deficiency in the shoot apex of barley. *Amer. J. Bot.*, **49**, 834-841 (1962)
11. Masuda, Y.: Role of cellular ribonucleic acid in the growth response of avena coleoptile to auxin. *Physiol. Plant.*, **12**, 324-335 (1959)
12. Batts, A.H. and Bramlage, W.J.: Uptake of calcium by apples from postharvest dips in calcium chloride solutions. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, **102**(6), 785-788 (1977)
13. Drake, S.R. and Spayd, S.E.: Influence of calcium treatment on Golden Delicious apple quality. *J. Food Sci.*, **48**, 403-405 (1983)
14. Siddiqui, S. and Bangerth, F.: Effect of pre-harvest application of calcium on flesh firmness and cell-wall composition of apples -influence of fruit size. *J. Hort. Sci.*, **70**(2), 263-269 (1995)
15. Song T.H.: Preparation and functional properties of cellulose-based films with calcium, and the coating effects on postharvest storage qualities of plums. Ph.D. Thesis, Sookmyung Women's Univ., Seoul, Korea (1995)
16. Lee, J.: The design of controlled or modified packaging system for fresh produce. In *Food-Product Package Compatibility, Proceedings*. Gary, J.I., Harte, B.R., and Miltz, J. (ed.), Technomic Publishing Co. Inc., Lancaster, PA, U.S.A., p. 157 (1987)
17. A.O.A.C.: *Official Methods of Analysis*, 16th ed., Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C., U.S.A. (1995)
18. Blumenkrantz, N. and Asboe-Hansen, G.: A new method for quantitative determination of uronic acids. *Anal. Biochem.*, **54**, 484-489 (1973)
19. Hwang, J.K.: 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. (1991)
20. Hwang, J., Roshdy, T.H., Kontominas, M. and Kokini, J.L.: Comparison of the effects of dialysis and metal precipitation on the physicochemical properties of apple pectins. *J. Food Sci.*, **57**(5), 1180-1184 (1992)
21. Thibault, J.F. and Mercier, C.: *Aspergillus niger* endopolygalacturonase : 2. Characterization and some properties. *J. Food Biochem.*, **2**, 379-393 (1978)
22. Jellinek, G.: *Sensory Evaluation of Food Theory and Practice*. VCH, Weinheim, Germany, p.347-387 (1985)
23. SAS Institute Inc.: *SAS User's Guide: Statistics*, 5th ed. SAS Institute Inc., Cary, NC, U.S.A. (1985)
24. Kitamura, Y.T., Itamura, H. and Fukushima, E.: Ripening changes in respiration, ethylene emanation and ascorbic

- acid content of plum fruit (in Japanese). *J. Japan. Soc. Hort. Sci.*, **52**(3), 325-331 (1983)
25. Smith, W.H.: The gas storage of Monarch plums. *Report of the Food Investigation Board for the Year 1938*. p.161-165 (1939)
 26. Ghaouth, A.E., Arul, J., Ponnampalam, R. and Boulet, M.: Chitosan coating effect on stability and quality of fresh strawberries. *J. Food Sci.*, **56**(6), 1618-1621 (1991)
 27. Ukai, N.Y., Ishibachi, S., Tsutsumi, T. and Marakami, K.: Preservation of agricultural products (in Japanese). *U.S. Patent*, 3,997,674 (1976)
 28. Smith, S.M. and Stow, J.R.: The potential of sucrose ester coating material for improving the storage and shelf-life qualities of Cox's Oranges pippin Apples. *Ann. Appl. Biol.*, **104**, 383-391 (1984)
 29. Crisosto, C.H., Retzlaff, W.A., Williams, L.E., DeJong, T.M. and Zoffoli, J.P.: Postharvest performance evaluation of plum (*Prunus salicina* Lindel., Casselman) fruit grown under three ozone concentrations. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, **118**(4), 497-501 (1993)
 30. Park, H.J., Chinnan, M.S. and Shewfelt, R.L.: Edible coating effects on storage life and quality of tomatoes. *J. Food Sci.*, **59**(3), 568-570 (1994)
 31. Chang, T.S., Siddiq, M., Sinha, N.K. and Cash, J.N.: Plum juice quality affected by enzyme treatment and
fining. *J. Food Sci.*, **59**(5), 1065-1069 (1994)
 32. Komiyama, Y., Harakawa, M. and Ozawa, S.: Changes in physical and chemical compositions of plums during maturation (in Japanese). *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, **26**(7), 305-310 (1979)
 33. Dilley, D.R.: Enzymes in the Biochemistry of Fruits and their Products, Hulme, A.C. (ed.), Academic Press, NY, U.S.A. (1970)
 34. Raymond, D. and Phaff, H.: Purification and certain properties of avocado polygalacturonase. *J. Food Sci.*, **30**, 266-273 (1965)
 35. Ahmed, A. and Labavitch, J.M.: Cell wall metabolism in ripening fruit. II. Changes in carbohydrate degrading enzymes in ripening Bartlett pears. *Plant Physiol.*, **65**, 1014-1016 (1980)
 36. Mator Rahman, A.K.M., Huq, E., Mian, A.J. and Chesson, A.: Microscopic and chemical changes occurring during the ripening of two forms of jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* L.). *Food Chemistry*, **52**, 405-410 (1995)
 37. Pilnik, W. and Voragen, A.G.J.: Pectic enzymes in fruit and vegetable juice manufacture. In *Enzymes in Food Processing*. Nagodawithana, T. and Reed, G. (ed.), Academic Press, NY, U.S.A. p.366 (1993)

(1998년 8월 19일 접수)