

포장필름의 두께가 청매실의 저장중 펙틴질의 변화에 미치는 영향

차환수 · 정명수*

한국식품개발연구원
*(주)오뚜기 중앙연구소

Changes in Pectic Substances of Mature-Green Mume (*Prunus mume* Sieb. et Zucc) Fruit as Influenced by the Thickness of Packaging Film during Storage

Hwan-Soo Cha and Myong-Soo Chung*

Korea Food Research Institute, Gyunggi 463-746, Korea
*Research Center, Ottogi Corporation, Gyunggi 431-070, Korea

Abstract

Effect of the thickness of packaging film on the ripening of mature-green mume (*Prunus mume* Sieb. et Zucc) fruit was investigated by measuring physicochemical changes of the fruit during storage. Fruits were packaged using low density polyethylene (LDPE) films with thicknesses of 20, 30, and 40 μm and stored at the room temperature. The physicochemical properties such as contents of various pectic substances, molecular weight distribution of soluble pectic substances, and surface image of the fruit were determined during storage of 8 days. In general, regardless of the thickness of the films applied, a content of water-soluble pectin (WSP) in the fruit was increased during storage, but both contents of HCl-soluble pectin (HSP), and Ca and Mg in total alcohol-insoluble solids were decreased. Sephacryl S-300 gel filtration study revealed that fractions of high molecular weight HSP and WSP decomposed into lower molecular weight pectins during storage. The scanning electronic microscope also identified a significant structural change of the fruit skin over the storage time. It could be concluded from the results that fruits packaged with LDPE 30 μm film maintained the highest physicochemical quality of green mume fruit during storage.

Key words: green mume fruit, storage, packaging, LDPE film, pectic substances

서 론

우리나라에서 매실은 삼국시대부터 관상용으로 정원에 심었고, 열매를 이용한 것은 한의학이 도입된 고려중엽 때부터라고 알려져 있다. 매실의 대표적인 약리적 효능인 항균작용과 항알러지작용은 약알칼리성으로 체질을 개선하는데 효과가 있다고 알려져 있을 뿐만 아니라 고혈압, 당뇨 그리고 특히 식이 섬유가 많아 변비 등에 효과가 탁월하여 숙취제거에 좋다고 알려져 있다(1). 또한 본초강목 등에 의하면 만성기침, 하열에 의한 가슴의 열기나 목마름, 오래된 학질, 만성설사, 치질, 혈변 등에도 효과가 있는 것으로 기록되어 있다(2).

매실은 특성상 미숙한 단계에서 수확하는 클라이매트릭형 과실로서 수확 후 후숙이 빠르기 때문에 포장을 하지 않은 채 상온에 두면 2~3일 정도만 지나도 연화되어 상품의 가치를 잃게 된다. 세계에서 청매실에 대한 소비량이 가장 큰 일본의 경우 저장 중 청매실의 품질 변화에 관한 많은 연구가 진행되어 왔는데, 그 중 매실의 연화와 관련된 펙틴질의 변화에 관한 연구도

중요하게 다루어져 왔다. Otoguro 등(3,4)은 수확 후 매실의 경도 변화가 과실의 세포벽의 주요 구성 성분인 다당류의 양적, 질적 변화가 밀접한 연관이 있는 것으로 보고하고 있다. 또한, Kaneko 등(5)에 의하면 셀룰로스, 헤미셀룰로스, 펙틴 등 세포벽의 주성분 중 세포벽의 중엽과 일차세포벽에 존재하는 펙틴과 매실의 경도와는 직접적인 관계가 있다고 하였다. 그들은 성숙과정에 있어서 매실의 경도가 저하되면 수용성펙틴이 증가하고 산가용성펙틴이 감소한다고 하였으며, 펙틴 중의 총 Ca 함량은 경도 및 펙틴질의 변화와 함께 성숙이 진행되면서 감소한다고 하였다.

청매실의 신선도를 유지하면서 수확 후 일정 기간을 저장하기 위하여 일반적으로 저온저장법과 필름포장저장법이 많이 이용되는데, 일본에서는 이에 관한 연구도 폭넓게 수행되어 왔다(6-12). 北野(6)에 의하면 매실을 상온에서는 2~3일 정도가 상품 가치를 유지할 수 있는 적정 기간인 반면, 15°C로만 저장 온도를 낮추어도 이 기간을 6~8일로 연장할 수 있으며 10°C로 낮추면 청매실의 과피색과 경도의 유지 측면에서 가장 이상

*Corresponding author. E-mail: mschung@ottogi.co.kr
Phone: 82-31-421-2137. Fax: 82-31-421-2133

적이라고 하였다. Zhang 등(11)은 청매실을 저밀도폴리에틸렌(LDPE 0.02 mm) 필름 봉투에 포장하여 에틸렌제거제를 넣고 20°C에 저장한 결과, 연화에 의한 품질저하가 현저히 억제되었으며 포장에 의한 climacteric rise의 발생이 지연되고 에틸렌생성량의 증가도 억제된다고 보고하였다. Miyazaki(12)도 수확 후 즉시 저밀도 폴리에틸렌(PE 0.02, 0.03 mm) 필름으로 포장하여 포장내의 산소농도를 4~5% 이하로 하면 선도유지기간이 2일 이상 연장되었으나 산소농도가 0.5% 이하인 경우 과실에 대사 이상과 그것에 수반한 장해를 발생시켜 부적당하다고 하였다. 필름포장저장의 경우 과실의 호흡에 수반하여 포장내의 산소·이산화탄소의 조성변화가 매우 중요하며, 또한 필름의 종류나 두께에 따라서 각각 특유의 가스투과성을 나타내게 되어 최적의 산소·이산화탄소 농도를 동시에 조절하여 유지하는 것은 매우 어려운 일이다. 이것을 극복하기 위해서는 CA 저장이 적합하다고 생각되지만 밀폐된 저장실 내에서는 청매실이 배출하는 다량의 에틸렌의 제거가 문제가 된다.

지금까지 국내의 매실 관련 연구는 주로 매실일기스의 기능적 특성에 관한 연구와 매실주 제조조건의 설정과 관련된 성분 변화에 대한 일부 단편적인 연구가 이루어졌을 뿐 청매실의 저장성 증진을 위한 연구는 거의 보고된 것이 없다. 본 연구에서는 최근 수요가 급증하고 있는 국내산 청매실을 필름포장저장법으로 저장할 때 필름의 두께가 조직연화와 관련된 펙틴질의 변화에 어떻게 영향을 미치는지에 대해 연구 검토하였다.

재료 및 방법

재료

전남 해남군 산이면에 위치한 보해매원에서 개화 후 71일에 채취한 '남고' 품종의 청매실을 사용하였다. 청매실의 1개당 평균무게는 14.5 g이었고, 과실전체에 대해 씨가 차지하는 비율은 평균 17.8%이었다. 필름 두께가 20, 30, 40 μm 인 저밀도폴리에틸렌(LDPE, 한양화학) 필름 봉투(200×300 mm)에 청매실 500±2 g씩을 각각 넣고 밀봉하여 상온(25°C)에서 8일간 저장하면서 조직연화와 관련된 펙틴질의 변화를 조사하였다.

포장재료의 물리적 특성

청매실의 저장 중 필름 두께에 따른 선도유지 효과 확인 실험을 위해 사용된 LDPE 필름의 수분투과도 측정은 Permeatran(Moco, USA)을 이용하여 ASTM F372 방법에 따라 38°C, 100% 상대습도하(100~0% 상대습도차)에서 측정하였으며, 기체투과율은 기체분압차방법(13)을 수정하여 Hong 등(14)의 방법에 따라 25°C, 76%의 상대습도하에서 측정하였다. 즉, 실리콘 격막이 장착된 유리용기(600 mL)에 시험 필름을 부착하여 밀봉한 후 주사바늘을 이용하여 용기 내 산소가 0% 상태가 되도록 CO₂(30%)+N₂(70%) 혼합가스로 치환하였다. 그 후 경시적으로 용기 내 기체조성을 분석하여 대기중의 O₂가 분압차에 의해 필름을 통하여 내부로 확산된 양과 CO₂가 외부로 확산된 양을 측정함으로써 기체투과율을 산출하였다.

$$TR(\text{투과율}) = \frac{P_2 - P_1}{t_2 - t_1} \cdot V/A$$

P₁: t₁(day) 시간의 기체분압(atm), P₂: t₂(day) 시간의 기체분압(atm), V: 용기내 부피(mL), A: 필름의 단면적(m²)

두께, 수분투과도, 기체투과율 등 본 연구에 사용된 LDPE 필름의 물리적 특성은 5회씩 측정하여 평균값을 Table 1에 나타내었다.

칼슘과 마그네슘

생매실, 알콜불용성 고형물 및 가용성 펙틴중 수용성펙틴과 산가용성펙틴의 칼슘과 마그네슘 분석은 AOAC법(15)에 따라 실시하였다. 즉, 미리 항량을 구한 도가니에 시료를 취하고 에탄화시킨 후 560°C의 회화로에서 백색이나 회백색이 될 때까지 회화시켰다. 회화된 회분을 소량의 이온교환수로 재가 흡여지지 않도록 적신 후 염산 용액(염산:이온교환수 = 1:1) 5 mL를 가하여 가열판(hot plate)에서 증발 건조시킨 다음, 다시 5 mL의 염산 용액(염산:이온교환수 = 1:3)을 가하여 5분간 가열 용해한 후 여과하여 100 mL로 정용하였다. 이 액 중 5 mL를 25 mL 메스 플라스크에 취한 후 공존 이온의 영향을 제거하기 위해 5% La₂O₃용액 5 mL를 가한 다음 0.1 N HCl로 정용하여 Inductively Coupled Plasma(Jobin Yvon Co., France)로 정량분석하였다. 이 때의 측정조건은 HF frequency: 27.12 MHz, Forward power: 1.0 kW, Reflected power: < 3W, Torch: Low Ar consumption, demountable torch, Observation height: 14 mm from the induction coil, Solution uptake rate: 1.8 mL/min, Data management: IBM PS2/30 computer system, System wave length: Ca 393.73 nm, Mg 279.55 nm로 분석하였다.

알콜불용성 고형물의 분리 정제

매실의 알콜불용성 고형물(alcohol insoluble solids : AIS)의 조제는 시료에 ethanol을 넣어 마쇄한 후, 마쇄물의 최종농도가 80%가 되도록 매실 중량에 대해 10배의 ethanol을 가하고 85°C에서 환류냉각 장치를 부착시켜 1시간 가운, 추출한 다음 감압여과하였다. 여과하여 얻은 침전물에 다시 80% ethanol을 첨가하여 60°C에서 1시간 방치하고 여과하는 조작을 4~5회 반복하여 여과액에서 당이 검출되지 않을 때까지 침출을 계속한 침전물을 순수 ethanol과 acetone으로 탈수처리하였다. 이

Table 1. Gas transmission rate and water vapor permeability of films

Films	Real thickness (μm)	Gas transmission rate ¹⁾ ($\text{mL}/\text{m}^2 \cdot \text{day} \cdot \text{atm}$)		Water vapor permeability ²⁾ ($\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{day} \cdot \text{atm}$)
		O ₂	CO ₂	
LDPE A	18	2,694	9,776	19.81
LDPE B	27	2,142	6,711	17.68
LDPE C	51	1,568	4,580	12.84

¹⁾RH of 76% @ 25°C.

²⁾RH of 100% (100~0% difference of RH) @ 38°C.

것을 40°C 송풍건조기에서 건조한 다음 분쇄하여 40 mesh로 통과시켜 AIS를 분리·정제하였다(16).

가용성 펙틴의 분획

가용성 펙틴의 분획은 Fig. 1과 같이 AIS 0.2 g에 증류수 100 mL를 가하여 30°C에서 1시간 추출한 후 감압여과하고 침전물을 다시 100 mL의 증류수에 현탁 용해하여 동일조건하에서 추출한 후 여과한 다음 수용성 펙틴(water soluble pectin: WSP)을 얻었다. 수용성펙틴을 제거한 추출잔사에 0.4% sodium hexametaphosphate 용액 100 mL를 가하여 30°C에서 2시간 교반시켜 추출한 다음 여과하는 조작을 2회 반복하여 염가용성 펙틴(sodium hexametaphosphate soluble pectin: PSP)을 얻었다. 염가용성 펙틴을 제거한 잔사에 다시 0.05 N-HCl 용액 100 mL를 가하여 현탁 용해시킨 후 85°C에서 2시간 2회 추출 후 여과하여 산가용성 펙틴(hydrochloric acid soluble pectin: HSP)을 얻었다. 다시 산가용성 펙틴을 제거한 잔사에 0.05 N-NaOH용액 100 mL를 가하여 30°C에서 2시간 2회 추출 후 여과하여 알칼리가용성 펙틴(sodium hydroxide soluble pectin: SSP)을 얻었다(17).

가용성펙틴의 분자량 분포

수용성펙틴과 산가용성펙틴의 분자량 분포는 다음과 같이 측정하였다. 먼저 동결건조한 시료 0.02 g씩을 0.15 M NaCl

2 mL에 용해한 후, 4000 rpm으로 2분간 원심분리하고 0.45 µm syringe filter를 사용하여 여과된 1 mL의 용액을 Sephacryl S-300 High resolution column(2.6×60 cm)에 주입하였다. 이때 유속은 60 mL/hr의 속도로 하여 튜브당 5 mL씩 fraction collector로 분취하였으며, carbazole-sulfuric acid법(18)에 따라 분취액 1 mL에 0.5 mL carbazole(0.1% carbazole + 95% ethanol) 용액을 가하고 교반한 후, 진한 황산 6 mL를 가하여 85°C에서 5분간 가열하고 실온에서 15분간 방치시켜 발색시킨 후 525 nm에서 흡광도를 측정하여 분자량분포를 조사하였다. 이때 표준곡선은 galacturonic acid monohydrate를 20~100 µg/mL의 농도가 되도록 제조한 용액 1 mL를 취하여 앞서 언급한 carbazole-sulfuric acid법에 따라 작성하였다.

세포벽의 미세구조 관찰

매실 세포벽의 미세구조 관찰은 이중고정법으로 처리한 매실조직을 주사전자현미경을 이용해 조사하였다. 즉, 일정 크기의 매실과육의 조직을 2.5% glutaraldehyde 용액에 24시간 침지하여 1차 고정시킨 다음 0.1 M phosphate buffer(pH 7.2)로 한 번에 20분씩 2~3회 세척한 후 1% osmium tetroxide 용액에 90분 동안 침지하여 2차 고정시켰다. 고정이 끝난 조직을 다시 0.1 M phosphate buffer로 2회 세척한 다음 ethanol 농도를 50%에서 100%까지 단계적으로 높여 가며 각각 15분씩 탈수하여 조직 중의 수분을 제거하였다. 이를 isoamyl acetate에 20분씩 3회 침지시키고 CO₂를 이용한 임계점 건조기로 건조시킨 후 탄소대(carbon stub)에 시료를 고정하여 시료표면에 백금을 20 µm 두께로 도포한 다음 주사전자현미경(ESI-SS130 Scanning Electron Microscope, Akashi Co., Japan)으로 가속전압 15 kV에서 100배 및 300배로 관찰하였다(19).

결과 및 고찰

알콜불용성 고형물의 Ca과 Mg

Fig. 2는 포장재 두께별로 25°C에서 8일간 저장한 매실로부터 추출한 알콜불용성고형물(AIS)에 포함된 Ca과 Mg 함량을 측정한 결과이다. 저장초기에 추출한 매실 AIS 중 Ca와 Mg

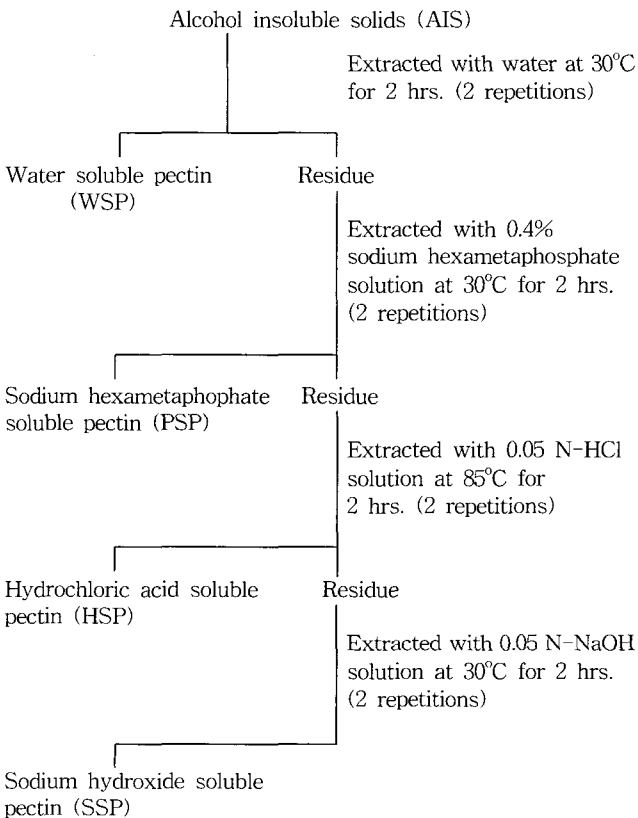


Fig. 1. Fractionation of various soluble pectins extracted from alcohol insoluble solids of Mume fruits.

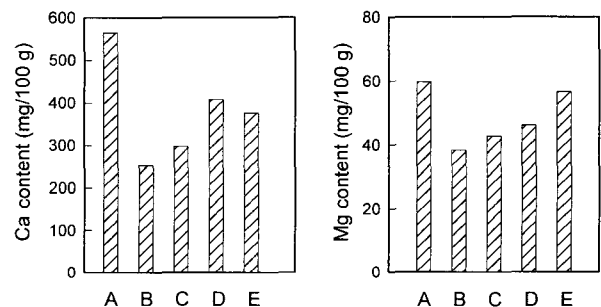


Fig. 2. Changes in Ca and Mg content from alcohol insoluble solids of 'Nanko' Mume fruits packaged in films with different thickness during storage at 25°C. A: Fresh fruit. B: None. C: LDPE 20. D: LDPE 30. E: LDPE 40.

함량은 각각 564 mg%과 60 mg%로서 Ca의 함량이 Mg의 함량보다 약 10배 정도 높게 나타났다. 그러나 두께가 다른 필름에 포장하여 25°C에서 8일간 저장한 매실로부터 추출된 AIS의 Ca과 Mg 함량을 살펴보면 무포장구에서는 Ca 함량은 저장초기에 비해 55%가 감소된 253 mg%를 나타냈으며, Mg 함량은 저장초기에 비하여 37%가 감소된 38 mg%였다. LDPE 20 포장구는 저장 8일째에 Ca 함량이 저장초기에 비해 47%가 감소된 298 mg%이었으며 LDPE 40 포장구는 33%가 감소된 377 mg%를 나타냈으나 LDPE 30 포장구는 27%가 감소한 409 mg%로 포장재 처리구 중 가장 높은 함량을 유지하였다. 또한 포장재 두께가 두꺼워 기체투과도가 낮은 포장구일수록 Mg 함량이 높게 나타났다. 이상의 결과로 볼 때 과실조직의 연화와 함께 AIS 중의 Ca과 Mg 함량이 감소하였는데 이는 Fig. 3에 보여준 경도변화와 밀접한 관계가 있음을 알 수 있다. 즉, 저장 중 과실의 경도가 급격히 연화되는 무포장구에서는 Ca과 Mg 함량이 포장재의 두께에 상관없이 포장구에 비해 감소됨을 알 수 있었고, 경도변화가 가장 작은 LDPE 30 포장구의 Ca과 Mg 함량 변화가 가장 작게 나타남을 알 수 있었다.

가용성펙틴의 함량 및 구성비

Table 2와 3은 포장재 두께별로 25°C에서 저장한 매실로부터 분리, 정제한 AIS의 가용성펙틴의 함량과 총펙틴에 대한 이들 개개 가용성펙틴의 구성비를 조사한 결과이다. 이 결과를 살펴보면 매실 조세포벽의 성분인 AIS의 수율은 저장중 각 처

Table 2. Changes in pectic substances and alcohol insoluble solid (AIS) content of 'Nanko' Mume fruits packaged in films with different thickness during storage at 25°C

Films	Storage days	(mg/100 g, flesh weight)					AIS (%)	TP ⁵⁾ /AIS × 100 (%)
		WSP ¹⁾ (W)	PSP ²⁾ (H)	HSP ³⁾ (H)	SSP ⁴⁾	TP ⁵⁾		
None	0	61	41	438	49	589	3.23	18.24
	2	67	38	440	41	586	3.01	19.46
	4	79	34	414	45	572	2.77	20.65
	6	109	30	356	35	530	2.50	21.20
	8	162	35	276	40	513	2.25	22.80
LDPE 20	0	61	41	438	49	589	3.23	18.24
	2	63	41	430	44	578	3.08	18.77
	4	67	33	426	45	571	2.86	19.96
	6	75	37	381	35	528	2.66	19.85
	8	109	47	309	32	497	2.57	19.34
LDPE 30	0	61	41	438	49	589	3.23	18.24
	2	62	45	439	49	574	3.20	17.93
	4	64	37	427	48	576	3.17	18.17
	6	66	33	423	45	567	3.09	18.35
	8	69	42	411	40	562	2.93	19.18
LDPE 40	0	61	41	438	49	589	3.23	18.24
	2	58	49	422	44	573	3.17	18.08
	4	60	50	419	54	583	2.92	19.96
	6	63	36	418	36	553	2.89	19.13
	8	64	50	416	42	572	2.67	21.42

¹⁾Water soluble pectin.

²⁾0.4% sodium hexametaphosphate soluble pectin.

³⁾0.05 N hydrochloric acid soluble pectin.

⁴⁾0.05 N sodium hydroxide soluble pectin.

⁵⁾Total pectin = WSP+PSP+HSP+SSP.

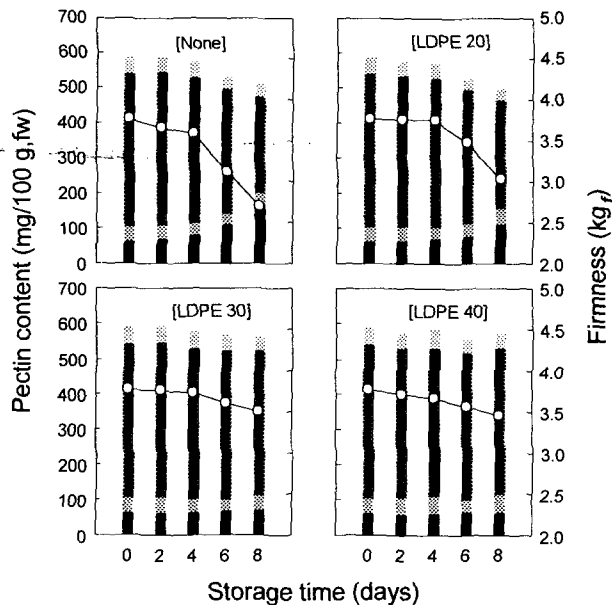


Fig. 3. Changes in pectin content and firmness of 'Nanko' Mume fruits packaged in films with different thickness during storage at 25°C.

■: Water soluble pectin (WSP).
 ▒: 0.4% sodium hexametaphosphate soluble pectin (PSP).
 □: 0.05 N hydrochloric acid soluble pectin (HSP).
 ◻: 0.05 N sodium hydroxy soluble pectin (SSP).
 ○: Firmness.

리구 모두 감소하는 경향을 보였으며 특히 무포장구와 LDPE 20 포장구는 감소율이 높았으나, LDPE 30 포장구는 25°C 저장 8일 후에도 수율이 2.93%로서 저장초기와 거의 비슷하였다. 총 펙틴 함량은 수확 속도에 따른 변화와 마찬가지로 저장 중 감소하는 경향을 보였으며, 수용성펙틴(WSP)은 증가하고 산가용성펙틴(HSP)은 감소하였다. 그러나 염가용성펙틴(PSP)과 알칼리가용성펙틴(SSP)은 저장 중 증감에 대한 변화가 없었다.

수용성펙틴 함량은 무포장구에서는 저장 2일 후, LDPE 20 포장구에서는 4일부터 증가하기 시작하여 저장 8일에는 초기에 비하여 각각 2.6배와 1.8배에 달했으나 LDPE 30 포장구와 40 포장구에서는 그 증가가 현저히 억제되었다. 또한 산가용성 펙틴 함량은 LDPE 30 포장구와 40 포장구간에 거의 차이가 보이지 않았지만 무포장구와 LDPE 20 포장구에서는 그 감소량이 많았다. 이것에 비해 염가용성펙틴과 알칼리가용성펙틴은 저장 중 어느 것도 그 절대량이 WSP와 HSP에 비해 상당히 낮은 수준이었다.

Table 3의 총펙틴 함량에 대한 각 분획 펙틴의 구성비를 보면 저장초기에는 WSP분획이 약 10.4%, PSP분획이 약 6.7%, HSP 분획이 74.3%, SSP분획이 약 8.3%로서 HSP의 구성비가 가장 높았다. 그러나 저장 중 WSP의 비율은 무포장구와 LDPE 20 포장구에서 저장 8일에 31.58%, 21.93%로 초기에 비해 2~3배로 증가하였으며 반대로 HSP의 비율은 각각 54%와 62%로

Table 3. Changes in pectin composition of 'Nanko' Mume fruits packaged in films with different thickness during storage at 25°C (%)

Films	Storage days	WSP ¹⁾	PSP ²⁾	HSP ³⁾	SSP ⁴⁾	TP ⁵⁾
None	0	10.36	6.96	74.36	8.32	100
	2	11.43	6.48	75.08	7.01	100
	4	11.81	5.94	72.38	9.87	100
	6	20.57	5.66	67.17	6.60	100
	8	31.58	6.82	53.80	7.80	100
LDPE 20	0	10.36	6.96	74.36	8.32	100
	2	8.62	6.80	77.28	7.30	100
	4	9.89	6.16	75.56	8.39	100
	6	14.20	7.01	72.16	6.63	100
	8	21.93	9.46	62.17	6.44	100
LDPE 30	0	10.36	6.96	74.36	8.32	100
	2	10.42	7.56	73.78	8.64	100
	4	11.11	6.42	74.13	8.33	100
	6	11.64	5.82	74.60	7.94	100
	8	12.28	7.47	73.13	7.12	100
LDPE 40	0	10.36	6.96	74.36	8.32	100
	2	10.12	8.55	73.65	7.68	100
	4	10.29	8.58	71.87	9.26	100
	6	11.39	6.51	75.59	6.51	100
	8	11.19	8.74	72.73	7.34	100

¹⁾Water soluble pectin.

²⁾0.4% sodium hexametaphosphate soluble pectin.

³⁾0.05 N hydrochloric acid soluble pectin.

⁴⁾0.05 N sodium hydroxide soluble pectin.

⁵⁾Total pectin = WSP+PSP+HSP+SSP.

감소하였다. 이는 청매실 '앵숙'을 폴리에틸렌 필름(0.02 mm)에 포장한 후 20°C에 저장했을 때 총펙틴 함량이 저장 중 변화가 적었지만 과실의 연화와 더불어 WSP의 증가와 HSP의 감소가 현저히 나타났다고 한 Zhang 등(11)의 결과와 유사한 경향을 보였다. 그러나 PSP와 SSP는 전 처리구 모두 증감의 경향이 뚜렷하지 않았다.

이와 같은 가용성펙틴질의 변화를 Fig. 3의 정도와 관련해서 보면 무포장구와 LDPE 20 포장구의 경우 과육경도가 급격히 저하되는 6일째에 가용성펙틴의 WSP도 증가하여 이들 시점이 일치함을 알 수 있다. 또한 HSP의 감소현상도 경도저하와 유사한 경향을 나타냈으나 PSP와 SSP는 저장 중 증감에 변화가 나타나지 않아 정도와의 관계가 뚜렷하지 않았다. 이상의 결과로 볼 때 경도저하에 대한 펙틴질 변화의 비율에는 일정한 경향이 인지되었으나, 각 처리구에 있어서 펙틴질의 절대량이 서로 다르게 나타나 과실조직의 변화와 펙틴질량 변화와의 관계가 충분하지 않은 것으로 판단된다.

Fig. 4는 저장 중 HSP에 대한 WSP 함량의 비율을 나타낸 것으로 무포장구의 경우 H/W 비율이 저장 2일 경과 후부터 급격히 감소하였으며 LDPE 20 포장구는 저장 4일 경과 후부터 감소하기 시작하였다. 그러나 LDPE 30과 40 포장구는 H/W 비율이 저장 8일까지 거의 일정하게 평형을 유지하고 있어 다른 처리구에 비해 매실 펙틴질의 변화가 크지 않음을 알 수 있었다. 이러한 과실의 저장 중 발생하는 연화현상은 middle lamella를 구성하고 있는 protopectin의 분해와 펙틴의 저분자화

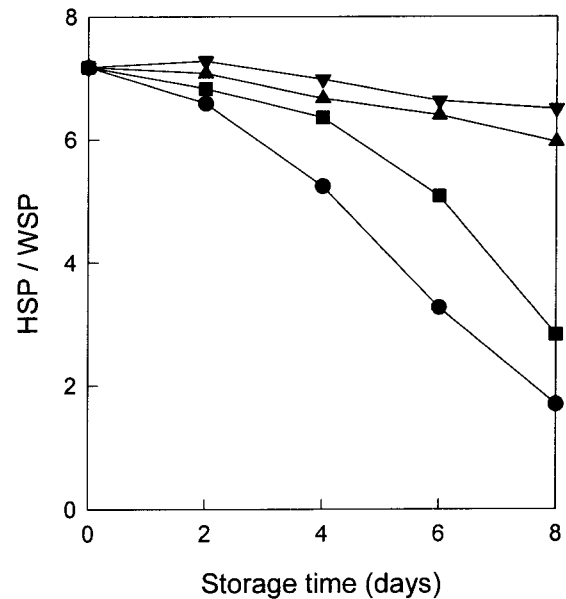


Fig. 4. Changes in ratio of HSP/WSP of 'Nanko' Mume fruits packaged in films with different thickness during storage at 25°C.

●: None. ■: LDPE 20. ▲: LDPE 30. ▼: LDPE 40.

및 H/W 비율의 저하와 깊은 관계가 있다고 한다(3-5).

가용성펙틴 분획의 Ca과 Mg

Fig. 5는 매실의 연화와 관련이 깊은 가용성펙틴 중 저장 기간 중에 함량 변화가 특히 심한 수가용성 및 염산가용성펙틴의 Ca과 Mg 함량을 측정된 결과이다. 저장초기 WSP분획의 Ca과 Mg는 각각 2,118 mg%와 638 mg%이었고, HSP분획은 각각 589 mg%와 109 mg%로서 WSP분획의 약 1/4~1/6 수준이었다. 저장 8일에 측정된 WSP와 HSP분획 중의 Ca과 Mg 함량은 무포장구의 경우 포장구에 비해 그 함량이 낮게 나타났으며, LDPE 30 포장구가 다른 포장구보다 WSP분획의 Ca 함량이 1,979 mg%로 가장 높았고, Mg 함량도 LDPE 40 포장구와 함께 높은 수준(584~592 mg%)을 나타내었다. 그러나 HSP분

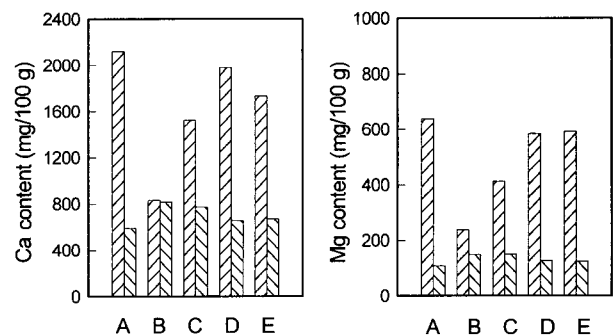


Fig. 5. Changes in Ca and Mg content from pectin fraction of 'Nanko' Mume fruits packaged in films with different thickness after storage at 25°C.

A: Fresh fruit. B: None. C: LDPE 20. D: LDPE 30. E: LDPE 40. ▨: Water soluble pectin. ▩: 0.05 N hydrochloric acid soluble pectin.

획 중의 Ca과 Mg 함량은 처리구별로 그 증감이 뚜렷하지 않았다. Otaguro 등(3,4)도 저장 중 PSP 및 WSP분획의 단위 펙틴 당 Ca과 Mg 함량의 감소는 매실 조직의 연화현상과 밀접한 관계가 있으며, 이들 Ca과 Mg 함량이 감소하면 펙틴의 가용화 및 경도저하가 일어난다고 하였다. 본 연구의 결과를 종합해 보면 저장 중 매실의 연화와 관련된 경도와 펙틴질의 감소 및 가용성펙틴 중 Ca 함량의 감소는 서로 밀접한 관계가 있음을 알 수 있다.

가용성펙틴의 분자량 분포

Fig. 6은 저장 전후 청매실의 WSP와 HSP를 Sephacryl S-300으로 겔여과하여 분자량분포를 조사한 것으로서 저장 전의 WSP는 fraction number 17~38번 사이에서 단일의 피크를 형성하고 20번에서 흡광도가 0.75로 최고피크를 형성하고 있다. 또한 HSP는 18~46까지 WSP보다 약간 넓게 분포되어 있으며 WSP와 같은 20번에서 0.64의 최고 흡광도를 나타내어 저장 전의 WSP와 HSP의 분자량 분포는 비슷한 것으로 나타났다.

저장 8일 경과 후 무포장구의 경우 WSP와 HSP분획이 저장

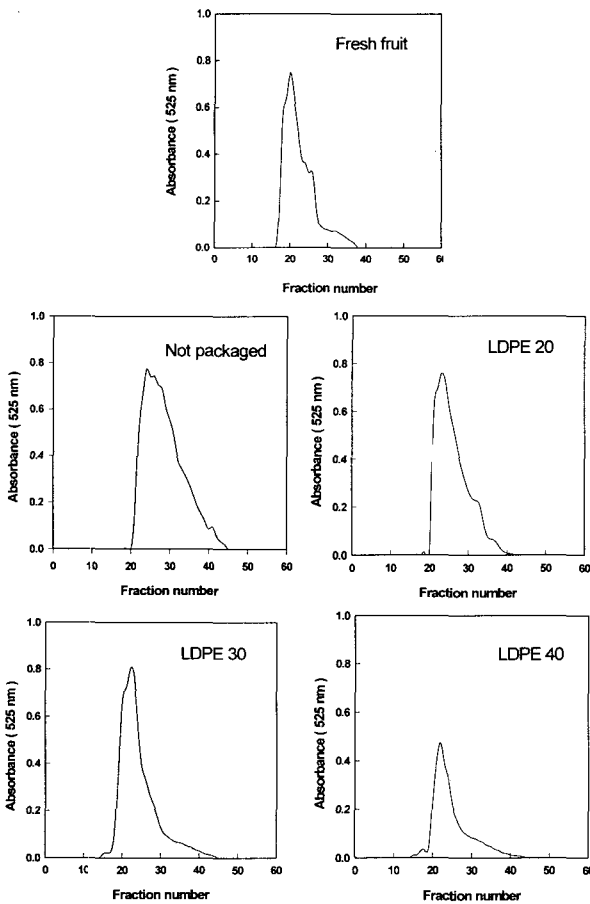


Fig. 6. Elution pattern through Sephacryl S-300 of pectic substances from 'Nanko' Mume fruits packaged in the LDPE films with different thickness after 8 day storage at 25°C.

—: Water soluble pectin.
: 0.05 N hydrochloric acid soluble pectin.

전에 비하여 WSP의 분자량 분포영역이 보다 저분자측으로 넓게 분포되어 있음을 알 수 있으며, HSP분획의 경우는 오히려 감소하는 경향을 보였다. 또한 LDPE 20 포장구도 저장초기에 비하여 저분자영역이 약간 증가하였다. 그러나 LDPE 30 포장구의 경우 다른 것에 비해 저장초기와 거의 유사한 분자량 분포를 나타내었다. 한편, LDPE 40 포장구는 저장초기에 비하여 분자량분포 영역이 전체적으로 감소하였으며 WSP분획보다 HSP분획이 고분자영역에서 먼저 용출되었고, 특히 다른 처리구에 비하여 최고 흡광도 peak가 WSP, HSP 모두 낮은 것으로 나타나고 있다. 이와 같이 수가용성 및 염산가용성펙틴의 겔여과 패턴의 변화 시기는 경도저하와 밀접한 관계가 있는데, HSP의 고분자측의 감소와 함께 WSP의 고분자측의 증가가 관찰되지 않는 것은 HSP의 분해로 인하여 저분자의 펙틴질로 되어 WSP에 이행함을 의미하며, 특히 저장일수 증가에 따른 WSP, HSP의 용출위치는 저분자 측으로 이동되고 이러한 저분자화가 과육의 연화를 일으키는 하나의 원인으로 판단된다.

세포벽의 미세구조 관찰

Fig. 7~9는 포장재 처리구별로 25°C에서 8일간 저장한 후 세포벽 구조의 변화를 주사전자현미경(scanning electron microscope : SEM)으로 관찰한 결과이다. Fig. 7은 저장초기 청매실 상태의 세포벽의 미세구조를 살펴본 것으로서 세포벽이 middle lamella에 의해 완전하게 결합되어 있고 벽면과 벽면의

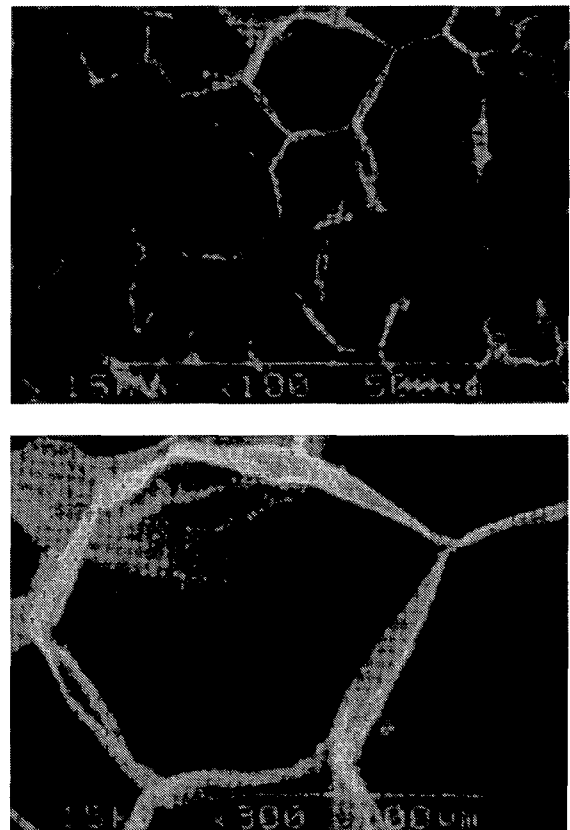


Fig. 7. Scanning electron microscopic photographs of 'Nanko' Mume fresh fruits just harvested.

내부각이 뚜렷한 다면체의 모양을 이루고 있다. Fig. 8과 9에서 보는 바와 같이 저장 8일 후에 무포장구는 세포벽과 세포벽을 연결하는 middle lamella의 분해와 함께 세포벽 세포조직이 완전히 일그러진 형상을 보이고 있다. LDPE 30 포장구는 다른 포장 처리구보다 세포조직이 뚜렷하고 저장초기 청매실의 세포구조와 비슷한 형상을 유지하고 있음이 관찰되었다. LDPE 20 포장구도 세포벽의 기본 골격을 그대로 유지하고 있으나 미세하게 세포벽의 형태가 변화되고 있음을 알 수 있다. 또한 호흡장애로 인하여 갈변이 발생된 LDPE 40 포장구의 경우 middle lamella가 분해되어 세포벽의 내부각이 없어지고 조직의 형태가 일그러지고 있음이 관찰되었다. 이것을 식물 세포조직의 1차 세포벽(primary cell wall)이나 middle lamella에 존재하는 가용성펙틴과의 관계를 살펴볼 때 세포조직의 분해와 함께 세포조직내에서 유리 상태로 존재하는 WSP가 증가하고,

세포벽을 구성하며 조직의 선도를 유지하는 것으로 알려져 있어 protopectin으로 간주되는 HSP가 감소하여 이들 상호간에 밀접한 관계가 있음을 알 수 있다. 이상의 결과 저장중 청매실의 경도가 가장 높은 LDPE 30 포장구의 경우 세포벽 구조가 저장초기 청매실의 그것에 가장 비슷한 형태로 유지하고 있음을 알 수 있었다.

요 약

청매실을 수확한 후 LDPE 필름 포장재에 넣어 상온에서 일정 기간 보관할 때 포장재의 두께가 청매실의 조직 연화에 미치는 영향을 조사하기 위하여, 20, 30, 40 μm 두께의 포장재에 청매실 500 g씩을 각각 넣고 8일간 보존하면서 경도의 변화 및 무기성분과 펙틴질 성분의 함량 변화를 정기적으로 측정하여 무포장구의 경우와 비교하였고, 세포벽의 미세구조의 변화를 주사전자현미경으로 관찰하였다. 저장 중 매실의 연화와 관련된 경도와 펙틴질의 감소 및 가용성펙틴 중 Ca 함량의 감소는 서로 밀접한 관계가 있음을 알 수 있었고, LDPE 30 포장재에 저장된 시료가 8일 동안 무포장구나 다른 포장재에 저장된 시료에 비해 각종 펙틴질 성분 및 무기 성분의 변화와 그에 따르는 경도 변화가 가장 적었고 가용성펙틴의 분자량 분포도 초기 상태와 가장 유사하였으며 주사전자현미경에 의하여 관찰된 외형적인 상태도 LDPE 30 포장재에 저장된 시료가 저장 전의 상태를 가장 잘 유지함을 확인할 수 있었다.

문 헌

1. 松本紘劑. 1933. 梅の健康法. 文理書院. p 53-58.
2. 박무현. 1995. 월간 상업농경영 5월호. p 82-96.
3. Otoguro C, Odake S, Kaneko K, Amano Y. 1995. Animo acid composition of protein bound to wall polysaccharides of fresh and salted Mume fruit. *J Japanese Soc for Cold Preservation of Food* 21: 25-29.
4. Otoguro C, Odake S, Kaneko K, Amano Y. 1995. The relationship between the constituents of cell wall polysaccharides and hardness of brined Ume fruit. *Nippon Shokuhin Kagaku Kaishi* 42: 692-699.
5. Kaneko K, Kurosaka M, Maeda Y. 1983. Relationship between pectic substance fractions and hardness of picked Ume. *Nippon Shokuhin Kagaku Kaishi* 30: 605-609.
6. 北野 炊信. 1985. 青うめの鮮度保持技術の體系化 “青うめの鮮度と豫冷法”. *日本食品定温流通* 14: 51-56.
7. Takashi I, Kuniyasu O. 1976. Studies on storage and chilling injury of Japanese apricot fruits, I. General aspects of external and internal changes during storage. *J Japan Soc Hort Sci* 44: 422-428.
8. Masahiro G, Takahisa M, Takashi I. 1988. Change in chilling sensitivity in Mume fruits depending on harvest maturity and its relationship to phospholipid composition and membrane permeability. *J Japan Soc Hort Sci* 56: 479-485.
9. Takashi I, Mitsuko K. 1978. Studies on storage and chilling injury of Japanese apricot fruits, II. Chilling Injury in relation to storage temperature, cultivar, maturity, and polyethylene packaging. *J Japan Soc Hort Sci* 47: 97-104.
10. Masahiro G, Takahisa M, Masahiro F, Takashi I. 1984. Pre-

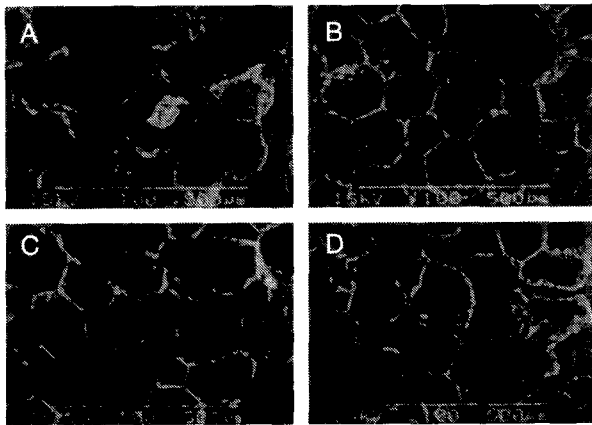


Fig. 8. Scanning electron microscopic photographs of 'Nanko' Mume fruits packaged in different thickness films after 8 day storage at 25°C ($\times 100$).

A: Not packaged. B: Packaged in LDPE 20 μm .

C: Packaged in LDPE 30 μm . D: Packaged in LDPE 40 μm .

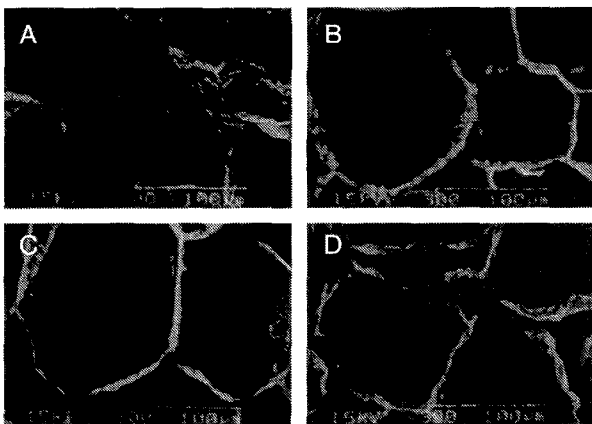


Fig. 9. Scanning electron microscopic photographs of 'Nanko' Mume fruits packaged in different thickness films after 8 day storage at 25°C ($\times 300$).

A: Not packaged. B: Packaged in LDPE 20 μm .

C: Packaged in LDPE 30 μm . D: Packaged in LDPE 40 μm .

- ventive effect of cold-shock on chilling injury of Mume fruits in relation to changes of permeability and fatty acid composition of membrane. *J Japan Soc Hort Sci* 53: 210-218.
11. Zhang S, Chachin K, Ueda Y, Iwata T. 1993. Firmness and pectic substances of mature-green Mume fruits packaged with polyethylene bags and ethylene absorbent. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi* 40: 163-169.
 12. Miyazaki T. 1983. Effects of seal-packaging and ethylene removal in the sealed bags on the shelf life of mature-green Japanese apricot fruits. *J Japan Soc Hort Sci* 52: 85-92.
 13. Landrock AH, Proctor BE. 1952. The simultaneous measurement of oxygen and carbon dioxide permeabilities of packaging materials. *TAPPI* 35: 241-248.
 14. Hong SI, Kim YJ, Park NH. 1994. Changes of gas composition in package of fresh peeled garlic by packing materials. *Kor J Food Sci Technol* 26: 713-717.
 15. AOAC. 1995. *Official Methods of Analysis*. 16th ed. Association of official analytical chemists, Virginia, USA. Vol 1, p 8.
 16. Kaneko K, Sato C, Watanabe T, Maeda Y. 1984. Changes of cation contents and solubilities of pectic substances during brining of various vegetables. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi* 31: 379-385.
 17. Manabe M, Naohara J. 1986. Properties of pectin in satsuma mandarin fruits (*Citrus unshiu* Marc.). *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi* 33: 602-608.
 18. McComb EA, McCready RM. 1952. Colorimetric determination of pectic substances. *Anal Chem* 24: 1630-1635.
 19. Luft JH. 1961. Improvements in epoxy resin embedding methods. *J Biophys Biochem Cytol* 9: 409-413.

(2002년 5월 7일 접수; 2002년 8월 8일 채택)