

산 처리된 제올라이트와 결로 방지제를 함유한 MA 필름으로 포장한 감귤의 신선도

박형우* · 류나희

한국식품연구원

Freshness of Satsuma Mandarin Packed in Anti-fogged MA Film with Acid Treated Zeolite

Hyung-Woo Park* and Na-Hee Ryu

Korea Food Research Institute

Abstract This study investigated the effect of functional MA films (FMA) incorporated with zeolite powder treated with 1 N HCL solution and anti-fogging agent on the freshness extension of Satsuma mandarin. Preference, weight loss, total ascorbic acid, sugar content, titratable acidity and gas composition in package of Satsuma mandarin were evaluated during storage at 15°C. After 120 days of storage, the weight loss of mandarin packed with LLDPE film (control, L) was 1%, FMA film (CA) was 1.6%. Total ascorbic acid content of Satsuma mandarin in control was 19.97 mg%, those of CA was 24.25 mg%. The titratable acidity of Satsuma mandarin in CA was higher than that of control, while soluble solids content of CA was lower than that of control after 120 days. Ethylene gas content of control was 89.5 ppm and those of CA was 73.6 ppm after 120 days. Quality of Satsuma mandarin packed with CA was better than that of control. It was verified that shelf-life of Satsuma mandarin in control was 100 days and those of CA film was 130 days. Quality of Satsuma mandarin was few different between treated with anti-fogging agent and non-treated, but commodity of film treated with anti-fogging agent was considered better than that of non-treated.

Keywords Modified atmosphere (MA), Satsuma mandarin, LLDPE, Zeolite, Anti-fogging

서 론

감귤(*Citrus spp.*, Acumen)의 상품성은 외관 및 신선도, 그리고 산과 당 함량에 따라서 좌우된다. 감귤은 수확 후 급격한 생리활성으로 내용성분의 감소, 부패과의 발생과 중량감소가 발생하여 품질유지에 어려움이 있다(Koh 등, 1998). Yang 등(1967)은 감귤 종별 화학성분과 품질변화에 관한 연구로 이들 수확시기에 따른 품질변화와 무기성분을 분석했고, Bhullar 등(1985)은 폴리에틸렌 bag으로 포장된 것은 포장하지 않은 것에 비해 상대적으로 CO₂, O₂ 및 수증기의 투과가 곤란하지만 품질은 잘 유지된다고 보고했다.

수확된 과실류의 저장과 유통과정중의 품질유지를 위해 저온저장(Kim 등, 2002), 냉장, CA저장(controlled atmosphere)(Yang, 2001), modified atmosphere packaging(MAP) 저장(Choi, YH 등, 2002) 다양한 방법이 이용되고 있다. MA포장방법은 포장재내의 가스조성이 저장기간을 통하여 임의로 일정하게 유지되도록 하는 방법이 아닌 포장재내 피포장물인 과실, 채소류의 생리대사로 인하여 발생하는 가스에 의해 포장재내에 가스조성이 변하므로 생리대사가 진행됨에 따라 가스농도가 지속적으로 조절된다. 이러한 MA포장은 부정적인 면과 긍정적인 면을 동시에 갖을 수 있다. El-Goorani 등(1981)은 MA효과 연구에서 MA방법이 과실의 노화를 지연시키고 병원체에 대한 감수성을 둔화시킨다고 하였으나 상처의 회복이 어렵고 생리장해가 유발되는 단점이 있다고 보고했다. 지금까지 연구들에서 과일의 선도유지를 위해 제올라이트 소재를 가공한 다음 마스터 배치 후 필름 제조시 결로방지(수분응축억제) 처리를 병행하여 만

*Corresponding Author : Hyung-Woo Park
Korea Food Research Institute, 1201-62, Anyangpangyo-ro, Bundang-gu, Seongnam-si, Gyeonggi-do, 463-746, Korea
Tel : +82-31-780-9147, Fax : +82-31-780-9144
E-mail : hwpark@kfri.re.kr

든 MA필름으로 연구하여 보고된 것은 거의 미미한 실정이다. Shin(1981) 등은 필름의 흡착특성을 높이기 위해 산, 염기 처리를 한 결과 산처리가 염기처리보다 흡착특성을 높이는 데 더 효과적이었다고 보고했다.

따라서 본 연구에서는 분말소재를 산 및 겔로방지 처리한 후 제조한 기능성 MA필름(FMA)이 감광의 선도유지에 미치는 영향을 고찰하였다.

재료 및 방법

1. 포장재

기존에 MA용 필름으로 널리 사용하고 있는 두께 30 μm의 LLDPE필름을 포장구 L(control)이라 하였고, 1N HCl 용액으로 처리한 제올라이트 소재로 생산한 후 여기에 수분응축처리를 한 포장구를 CA라 하였다. 개발포장구(CA)의 상세제조공정은 다음과 같다.

1) 제올라이트 가공

제올라이트는 경북 구룡포 대신 7리의 광산에서 채광한 천연 제올라이트를 사용했다. 천연제올라이트(원광) 100 kg을 Jaw crusher (model 59892, Bico)로 조쇄한 후 Roll crusher (Denver model 04-177574-001-1)로 습식마쇄하여 105°C에서 건조 후 채로 쳐서 150 mesh 이하의 것을 사용했다. 여기에 1N HCl 용액으로 100°C에서 1시간 동안 처리한 시료를 HIMS(High Intensity Magnetic Separator)를 통과시켜 가공하였다.

2) 마스터벳지

가공된 제올라이트 분말과 LLDPE Resin (Linear Low Density Polyethylene, Grade No.3120. 한양화학)을 7:3 중량비로 섞어 스티믹 Mixing Roll에 넣고 150°C, 6 min, Air pressure 7 kg/cm²의 조건으로 3~5차례 혼합한 후 펠릿상으로 절단하여 마스터벳지를 만들었다.

3) 필름생산

1)에 가공한 제올라이트 분말의 혼입량이 전체 생산된 필름 중량의 5%가 되도록 LLDPE resin을 추가로 혼입시켜 이를 inflation 필름압출기(Model SE-70, 신화공업주식회사)에 넣고 170°C로 압출 가공하여 제조했다. 이때의 압출조건은 die 온도 170°C, die 직경 200 mm, rotating speed 450 rpm, 필름 폭은 30 cm, 두께 30 μm의 필름을 생산했다.

4) 수분응축억제 처리

유통, 저장 중에도 포장재 내부의 품질이 잘 보이도록 하고자 수분응축 현상이 생기지 않도록 응축억제제(AC 2000, 미립화학공업주식회사)를 이용하여 수분응축억제(겔로방지,

방담) 처리했다. 응축억제제는 중량비로 2% 첨가하였다.

5) 수분투과도(Water vapor permeability) 측정

수분투과도 측정은 KS A 1013에 준하여 박 등(1989)의 방법으로 측정하였다. KS A 1013방법은 8~30 mesh의 무수 염화칼슘을 투습컵에 넣고 측정용 필름을 얹은 다음 왁스와 파라핀 혼합 용액으로 밀봉한 후 무게를 측정하고 항온항습실에 24시간 방치 후 무게를 측정, 그 무게차에 의해 수분투과도를 계산하였다. 항온항습실은 온도 40°C를 일정하게 유지하기 위하여 인큐베이터를 사용하였으며, 습도 유지를 위해서는 deccicator 속에 KNO₃ 포화액을 넣어 습도가 90% RH를 유지하도록 하였다. 풍량은 D.C. 5A. 모터 2개를 사용하여 약 0.5 m/sec 풍속을 유지하도록 하였다. 투습도 측정회수는 실험데이터의 오차를 줄이기 위해 3회의 반복 실험을 하여 평균치를 나타냈다.

6) 가스투과도 측정

필름의 가스투과도는 ASTM D-3985-81법에 의해 가스투과도 측정기(MoCon사의 MoCon Ox-Tran, Model-100)를 사용하여 측정했다. 이 장치는 가스투과도가 5,000 cc/m²·24h 미만의 것에만 사용하도록 되어 있기 때문에 본 실험에 사용한 필름과 같이 가스투과도가 5,000 cc/m²·24h 이상의 것은 장치의 보호를 위해 다음과 같이 측정했다. 시험편의 디스켓(직경 15 cm)에 직경 3 cm의 구멍을 펀치로 뚫은 Al foil 접착 필름 두께 80 μm를 디스켓에 접착시켜 원상태의 면적보다 측정 필름의 면적을 적게 하여 측정장치의 cell로의 가스 투과량을 줄여 측정후 이를 면적비로 환산하였다.

$$\text{가스투과도} = \frac{(E_c - E_o) \times Q}{A \times R_1} \tag{1}$$

E_c, E_o : 각각 정상 상태의 전압 및 질소가스를 흘렸을 때의 전압

A : 시료 면적(m²)

Q : 보정계수(표준 폴리에스터 필름으로 얻은 수치)

R_1 : 부하저항치

시험편의 원래 직경은 15 cm인데, 여기에 직경 3 cm의 구멍을 뚫으므로 면적은 25배가 적어진다. 따라서 측정치에 25배를 곱해서 투과량을 계산하였다. CO₂ 가스의 경우도 같은 방법으로 측정하였다. 이 장치는 투과셀, 고감도 산소반응셀의 크로닉스(전량) 검지기, 측정용 산소와 캐리어 가스(질소)에 질소를 부여하기 위한 바브라 장치 및 유량계로 구성되어 있다. 이 검지기는 니켈, 카드뮴, 그라파이트 전극이 전해액 중에 침적되어 있다. 산소는 캐리어 가스와 같이 검지기에 들어간 산소량에 비례하여 전류가 흐르며 부하 저항을 통하여 전압변화가 수치로 환산되어 투과량이 산출된다.

2. 감귤

본 실험에 사용한 감귤(은주밀감, *Citrus spp.*, *Acrumen*)은 가락시장에서 구입했다. 크기와 모양이 일정한 것으로 선별해서 15개씩(850±15 g) 정도를 27×17 cm 크기의 pouch 필름에 넣어 열봉함한 후 온도 15°C, 상대습도 67%의 항온항습실에 120일동안 저장하였고 저장 후 30일, 60일과 90일 및 120일에 품질을 조사, 분석했다.

3. 기호도

부패, 이미취 및 연화, 수분응축현상, 곰팡이 발생, 종합적인 기호도는 관능검사 요원 10명에 의해 채점척도 시험법(이철호 등, 1982)으로 각 항목별로 시행하였다. 기호도는 -; 1포장구당 변화가 거의 없는 정도, +; 약간 변화가 있는 정도, ++; 1포장구당 상품성이 없는 것이 1~2개, +++; 1포장구당 상품성이 없는(곰팡이 부패와 발생) 것이 4~5개인 것으로, +++을 저장 한계점으로 하였다. 수분응축에 대해서는 -; 포장재 내부에 수분응축이 전혀 없을 때, +; 작은 물방울이 10개 정도 있을 때, ++; 물방울이 30개 정도 보일 때, +++; 내부가 선명하게 보이지 않고 흐린 상태로 보일 때로 나타냈다.

4. 중량변화

저장 중 포장된 과채류의 중량감소를 경시적으로 측정하여 초기값에 대한 변화된 차이를 백분율(%)로 나타냈다.

5. Vitamin C 함량 측정

과채류의 Vitamin C의 변화치는 Ranganna 등(1977)의 방법(2,6-Dichlorophenol indophenol method)으로 측정했다. 시료 100 g에 메타인산과 초산 혼합액을 15 mL 부은 후 마쇄하여 원심 분리하여 상층액을 분리하고, 침전물에 다시 메타인산과 초산 혼합액 10 mL 부어서 원심분리 후 얻은 상층액을 먼저 얻은 상층액과 합한 후 50 mL까지 희석하였다. 이중에서 20 mL을 취하여 2,6-Dichlorophenol indophenol로 적정한 값을 Vitamin C값으로 환산하였다.

6. 당도 및 산도 변화

당도는 굴절 당도계(Model PR-1, Serial No. 824061, Atago)로 측정하였으며, 산도는 시료의 일정량에 50 mL 증류수를 가하고 여기에 다시 1% phenolphthalein 용액 0.3 mL를 가하여 0.1 N NaOH로 적정하여 소비된 양을 citric acid로 환산하여 나타내었다.

7. 포장내부의 기체조성

포장내부의 기체조성 분석은 gas chromatography(GC, Hewlett Packard Model 5890)를 이용하였다. GC에 사용된 컬럼은 Carbonsieve S-II(80/100)를 충전한 Sus-컬럼(ID 1/8×L

10ft)이었고, 검출기는 thermal conductivity detector(TCD)로 CO₂와 O₂ 가스를 측정하였고, Flame ionization detector(FID)로 C₂H₄를 측정하였다. 컬럼 온도는 35°C에서 6분간 유지한 다음 32°C/min의 속도로 가열한 후 225°C에서 6분간 유지시키고, 주입부(injector) 온도는 230°C, 검출기 온도는 250°C로 고정시킨 상태에서 측정하였다. 이동가스(carrier gas)로는 헬륨(He)을 사용하였으며, 유속은 30 mL/min으로 일정하게 유지하였다. Gas-tight 주사기(Hamilton 100IN PT.5)를 이용하여 각 포장시료에서 채취한 공기를 200 µl씩 GC에 주입한 다음 이로부터 얻은 크로마토그램을 면적 비율로 나타내어 기체조성을 분석(Kawada, K. 1982)하였다.

8. 통계처리

통계처리는 IBM PC 386 기종에 내장된 SAS PC version 6.03의 software AS/BAS/STAT (Stephenie, P. J. 1985) 이용하여 Duncan's multiple range test를 하였다.

결과 및 고찰

1. 필름의 특성 조사

1) 수분투과도 측정

대조구(L)과 개발포장구(CA)의 수분투과도를 비교한 것은 Table 1과 같다. 대조구(L)의 수분투과도는 13.3 g/m²·24h·atm이었고, 개발포장구(CA)는 48.3 g/m²·24h·atm로 나타났다.

이는 개발포장구(CA)에 분말시료가 혼입됨으로서 필름과 필름의 분자상의 구조가 다공성으로 바뀐것 때문에 대조구(L)에 비해 수분의 이동과 증발이 용이했기 때문이라고 판단되며 박 등(1970)의 보고와 일치한다. Yang 등(1985)은 Volcan 82라는 첨가제를 필름에 첨가시켜 방수성 필름을 생산하여 그 특성을 조사한 결과 방수성이 증가되었다고 보고한 바 있다. 유의성 결과 뚜렷한 유의차가 있었다.

2) 가스투과도 측정

가스투과도를 조사한 것은 Table 2와 같다. 산소투과도를 살펴보면 대조구(L)은 6,400 cc/m²·24h·atm, 개발포장구(CA)

Table 1. Water vapor permeability of films

Packages	Thickness (mm)	Water vapor permeability (g/m ² ·24h·atm)
L	30	13.3 ^a
CA	30	48.3 ^b

Thickness of films was 30 µm

L: Linear low density polyethylene(LLDPE) film

CA: LLDPE film with zeolite and anti-fogging agent

¹⁾All data are mean value of triplicate.

²⁾Values followed by the same letter are not significantly different at the 5% level.

Table 2. gas transmission rate of film

Packages	Thickness (mm)	Gas transmission rate (cc/m ² ·24h·atm)	
		O ₂	CO ₂
L	30	6,400 ^a	15,872 ^a
CA	30	16,097 ^b	36,242 ^b

Thickness of films was 30 µm

L: Linear low density polyethylene(LLDPE) film

CA: LLDPE film with zeolite and anti-fogging agent

¹⁾All data are mean value of triplicate

²⁾Values followed by the same letter are not significantly different at the 5% level.

는 16,097 c/m²·24h·atm로 나타났다. Hagenmaier 등(1992)은 왁스코팅한 과실의 포장용 필름은 산소투과량이 470에서 22,000 ml/m²·24h 정도가 필요하다고 했다. 이산화탄소의 투과도는 대조구(L)은 15,872 c/m²·24h·atm였으며 개발포장구(CA)는 36,242 c/m²·24h·atm로 나타나 개발포장구(CA)의 가스투과도는 대조구(L)에 비해 높게 나타났다.

이상의 결과에서 소재가 혼합된 개발 포장구에서 투과량이 큰 것은 이미 예측한 바와 같이 20,000배로 확대한 필름 표면에 어떤 동공이나 다공성이 보이지 않았으나 소재와 플라스틱 수지가 닿는 부분은 공간(틈)이 있기 때문에 투과량이 높아졌다고 판단되며 유의성 검정결과 포장재간에는 유의차가 있었다.

2. 기호도 변화

기호도의 변화를 조사한 결과는 Table 3과 같다. 관능검사 측정 항목 중 부패 항목이 품질지표 인자로 판단되었으며, 대조구(L)은 저장 100일 후에 품질 한계점에 도달했으며 개발포장구(CA)는 130일 정도로 나타났다. 대조구(L)은 저장 60일 후부터 부패에 의한 변화가 나타났으며 저장 120일 후

에는 9~10개 정도의 부패과가 발생되었다. 개발포장구(CA)는 저장 90일에 약간의 변화가 나타났으며 저장 120일 후에는 4개씩 부패과가 발생되었다. 필름내부의 수분응축현상은 수분응축억제 처리하지 않은 포장구들에서 저장 60일 후부터 서서히 발생되어 저장 120일 후에는 수분응축현상이 심했으나 수분응축억제 처리한 포장구들은 저장 120일 후에도 수분응축이 발생되지 않았다. 또 연화, 곰팡이 발생 등도 저장 90일 후에 이들의 발생이 나타났으며 저장 120일에 발생 정도가 심하게 일어났다.

3. 중량변화

저장기간에 따른 중량변화율은 Table 4와 같다. 대조구(L)은 저장 120일 후 1%의 중량감소가 있었고, 개발포장구(CA)는 1.6%의 중량감소가 있었는데 수분투과도가 개발포장구(CA)에서 더 컸기 때문에 중량변화율도 큰 것으로 사료된다. 유의성 검정결과 포장구간에는 유의차가 있었다. Bhullar 등(1985)은 구멍 뚫은 PE필름으로 3.3°C에서 85일 저장 후 4.75%의 중량 감소가 발생했다고 보고했는데 Bhullar가 사용한 필름은 macro perforate 필름을 제조하여 수분 투과량이 본 시험에 사용한 것보다 더 커서 중량감소가 더 크게 나타났다고 사료되었다.

4. Vitamin C 함량변화

저장 중 감귤의 총 Vitamin C 함량 변화는 Table 5와 같다. 감귤의 초기 Vitamin C는 38.58 mg/100g이었다. 저장 120일 후 대조구(L)은 19.97 mg/100g을 나타냈고, 개발포장구 CA는 24.25 mg/100g으로 대조구보다 Vitamin C 함량이 17% 정도 높게 유지되고 있었다. 포장재간의 유의성 검정결과 유의차가 있었다. Bhullar 등(1985)의 연구결과에서 구멍 뚫은 LDPE로 포장하여 저장 70일 후에 14.11 mg/100g으로 감소했다고 보고 했는데, 본 실험의 LLDPE

Table 3. Changes in the sensory score of packed Satsuma mandarin during storage at 15°C

ITEM	Packages	Storage days				
		Initial	30	60	90	120
Spoilage	L	- ^{b)}	-	+	++	+++
	CA	-	-	-	++	+++
Dew condensation	L	-	+	+	++	+++
	CA	-	-	-	-	++
Tenderness	L	-	-	+	+	++
	CA	-	-	-	+	++
Mold	L	-	-	-	+	++
	CA	-	-	+	+	++
Total acceptability	L	-	-	-	+	+++
	CA	-	-	-	-	++

note)-: Very small change/1 Pack, +: Small change/1 Pack, ++: Unvalued Satsuma mandarin as a commodity; 1~2 EA/1 Pack, +++: Unvalued Satsuma mandarin as a commodity; 4~5 EA/1 Pack

Table 4. Changes in the weight loss of packed Satsuma mandarin during storage at 15°C (unit: %)

Packages	Storage days				
	Initial	30	60	90	120
L	100 ^a	99.904 ^a	99.686 ^a	99.589 ^a	99.063 ^a
CA	100 ^a	99.899 ^a	99.463 ^a	99.273 ^b	98.375 ^c

Thickness of films was 30 μm

L: Linear low density polyethylene(LLDPE) film

CA: LLDPE film with zeolite and anti-fogging agent

¹⁾All data are mean value of triplicate

²⁾Values followed by the same letter are not significantly different at the 5% level.

Table 5. Changes in the ascorbic acid content of packed Satsuma mandarin during storage at 15°C²⁾ (unit: mg/100g F.W.)

Packages	Storage days				
	Initial	30	60	90	120
L	38.58 ^a	28.36 ^c	23.44 ^c	20.57 ^b	19.97 ^c
CA	38.58 ^a	30.04 ^{ab}	24.87 ^{ab}	23.56 ^{ab}	24.25 ^a

²⁾Thickness of films was 30 μm

L: Linear low density polyethylene(LLDPE) film

CA: LLDPE film with zeolite and anti-fogging agent

¹⁾All data are mean value of triplicate

²⁾Values followed by the same letter are not significantly different at the 5% level.

포장구에서 Vitamin C값보다 더 낮은 것은 포장재에 구멍을 뚫었기 때문에 호흡증가 등에 의해서 Vitamin C의 감소가 크게 일어났다고 판단되었다. 본 연구에서 대조구(L)보다 포장구(CA)에서 Vitamin C의 변화율이 적은 것은 개발포장구(CA)는 에틸렌가스를 흡착하기 때문에 에틸렌농도가 낮아 과채류의 호흡과 생리대사를 억제함으로써 비타민 파괴도 적어진 것으로 예측된다.

5. 당도 변화

감귤의 저장기간 중 포장재별 당도 변화를 조사한 것은 Table 6과 같다. 초기 당도는 11.3 °Brix였고 저장 120일 후 대조구(L)은 13.5 °Brix로 나타났으며 개발포장구(CA)는 12.5 °Brix로 나타나 수분응축억제 처리한 개발포장구(CA)에서 당도가 높게 나타났다. 이들의 포장재간 유의성 검정결과 유의차가 있었다. 이는 저장기간이 지남에 따라 수분의 감소와 당의 함량이 상대적으로 높아진 것으로 사료된다. Yagi(1980)는 Baladi 오렌지를 구멍 뚫은 LLDPE 및 무포장구에 저장 중 산도, 당도는 크게 변하지 않았다고 했는데 이는 본 실험의 결과와도 거의 일치하고 있었다.

6. 산도 변화

저장기간 중 산도의 변화를 조사한 것은 Table 7과 같다. 산도의 초기치는 1.03 g malic acid/100g F.W.였으며 저장

Table 6. Changes in the soluble solid content of packed Satsuma mandarin during storage at 15°C²⁾ (unit: °Brix)

Packages	Storage days				
	Initial	30	60	90	120
L ²⁾	11.3 ^a	11.4 ^{ab}	11.7 ^{bc}	12.5 ^a	13.5 ^a
CA	11.3 ^a	11.7 ^a	11.7 ^{ab}	12.2 ^{bc}	12.5 ^{bc}

²⁾Thickness of films was 30 μm

L: Linear low density polyethylene(LLDPE) film

CA: LLDPE film with zeolite and anti-fogging agent

¹⁾All data are mean value of triplicate

²⁾Values followed by the same letter are not significantly different at the 5% level.

Table 7. Changes in the titratable acid of packed Satsuma mandarin during storage at 15°C²⁾ (unit: g malic acid/100g)

Packages	Storage days				
	Initial	30	60	90	120
L ²⁾	1.03 ^a	0.85 ^{ab}	0.79 ^b	0.70 ^b	0.60 ^b
CA	1.03 ^a	0.90 ^a	0.82 ^{ab}	0.74 ^{ab}	0.69 ^a

²⁾Thickness of films was 30 μm

L: Linear low density polyethylene(LLDPE) film

CA: LLDPE film with zeolite and anti-fogging agent

¹⁾All data are mean value of triplicate

²⁾Values followed by the same letter are not significantly different at the 5% level.

120일 후 대조구 (L)은 0.60 g malic acid/100g F.W, 개발포장구 CA는 0.69 g malic acid/100g F.W.으로 나타났다. 유의성 검정결과 포장재간에 유의차가 있었다. 또 Bhullar 등(1985) 산도의 초기치가 1.02였고 저장 85일 후 LDPE 필름 포장구에서 0.81로 나타났다고 보고한 바 있는데 본 연구결과의 산도 보다 다소 높은 수치를 나타낸 것은 품종간의 차이와 본 실험에서보다 저온인 0~3.3°C에 저장하여 생리대사가 억제되어 나타난 것으로 생각되었다.

7. 가스 조성

감귤을 15°C에 저장하면서 포장재간에 가스조성 변화를 조사한 것은 Table 8과 같다. 에틸렌가스의 농도변화를 살펴보면 저장 120일 후 대조구(L)은 89.5 ppm을 나타냈고, 개발포장구(CA)는 73.6 ppm을 나타냈다. 이와 같이 대조구(L)보다 기능성 소재가 혼합된 개발 포장구들 CA에서 에틸렌 가스 농도가 낮게 나타난 것은 개발 필름의 가스 투과도가 대조구(L)보다 크고 에틸렌가스도 흡착하였기 때문이라고 생각되었다. 이들의 유의성 검정결과 유의차가 있었다.

O₂ 가스의 농도변화를 보면 저장 120일 후 대조구(L)은 9.5%를 나타냈고, 개발포장구(CA)는 10.9%를 나타내 대조구(L)에 비해 개발포장구(CA)에서 O₂함량이 더 높게 나타났다. 포장재간 유의성 검정결과 유의차가 있었다.

CO₂ 가스 농도 변화는 저장 120일 후 포장구 L은 7.5%

Table 8. Changes in C₂H₄, O₂ and CO₂ concentrations within modified atmosphere packages of Satsuma mandarin during storage at 15°C²⁾

Gas	Packages	Storage (day)				
		10	30	60	90	120
C ₂ H ₄ (ppm)	L	28.5 ^a	47.1 ^b	59.7 ^a	70.3 ^a	89.5 ^a
	CA	23.5 ^{cd}	38.9 ^c	45.7 ^b	56.3 ^c	73.6 ^b
O ₂ (%)	L	18.1 ^a	13.7 ^d	11.7 ^d	10.9 ^{dc}	9.5 ^c
	CA	19.1 ^a	14.7 ^{bc}	13.8 ^b	13.0 ^a	10.9 ^b
CO ₂ (%)	L	1.9 ^a	3.2 ^b	4.4 ^a	5.3 ^a	7.5 ^a
	CA	2.5 ^a	3.9 ^a	4.2 ^{ab}	4.9 ^b	6.5 ^b

²⁾Thickness of films was 30 μm

L: Linear low density polyethylene(LLDPE) film

CA: LLDPE film with zeolite and anti-fogging agent

¹⁾All data are mean value of triplicate

²⁾Values followed by the same letter are not significantly different at the 5% level.

를 나타냈다. 개발포장구(CA)는 저장 120일 후 6.5%을 나타내 수분응축억제 처리한 개발포장구(CA)에서 CO₂의 농도가 다소 낮게 나타났다. Suzuki 등(1981)은 Satsuma mandarin을 O₂ 농도 5%, CO₂ 농도 0.5~6.5%에서 4°C에 저장시 품질유지 기간이 165일이었다고 보고했는데 본 실험의 결과보다 저장기간이 긴 것은 온도가 11°C 더 낮은 온도에 저장하였고 재배조건에 의한 차이로 판단되었다. 본 실험 결과에서 감귤의 저장은 O₂와 CO₂ 농도보다는 에틸렌 가스 농도를 조절하는 것이 더 바람직하다고 판단되었다.

요 약

본 연구에서는 국내산(경북 포항 영일만) 제올라이트 분말 소재를 산 처리하여 MA필름을 제조시 수분억제제(결로방지, 방담처리)를 병행 처리하여 생산한 개발포장구(CA)로 포장한 감귤과의 신선도유지 효과를 조사하고자 기존의 LLDPE 필름과 개발포장구(CA)에 감귤을 포장하여 온도 15°C, 상대습도 67%의 항온항습실에 120일 동안 저장하면서 기호도, 중량, Vitamin C, 당도, 산도와 기체조성을 비교 분석하였다. 품질유지기간은 대조구(L)은 100일 개발포장구(CA)는 130일로 예측되었으며 30일 정도 품질유지기간이 대조구보다 길게 나타남을 확인했다. 저장 중 중량 감소는 저장 120일 후에 대조구(L)은 1% 내외였고 개발포장구(CA)는 1.6%였다. Vitamin C함량은 개발포장구(CA)에서 Vitamin C 잔존량이 17% 정도 더 높게 유지되고 있었다. 당도는 개발포장구(CA)보다 대조구(L)에서 더 높게 나타났고 산도는 대조구(L)보다 개발포장구(CA)에서 더 높게 나타났다. 포장재 내의 에틸렌 가스 농도는 저장 120일 후에는 대조구(L)은 89.5 ppm을 개발포장구(CA)는 73.6 ppm으로 대조구(L)보다 개발포장구(CA)

에서 15.9 ppm 낮게 나타났다. O₂ 가스의 경우 저장 120일 후 대조구(L)은 9.5%였고 개발포장구(CA)는 10.9%로 나타나 대조구보다 1.4% 높게 유지되고 있었다. CO₂ 가스의 경우 저장 120일후 대조구(L)은 7.5%였고 개발포장구 C는 6.5%를 나타내 대조구(L)보다 개발포장구(CA)에서 1% 더 낮게 유지되고 있었다. 이상의 결과에서 개발한 MA필름을 감귤의 선도유지용 포장재로 활용할 수 있음이 입증되었다. 또한 수분응축현상이 생기지 않도록 수분응축억제 처리한 필름을 처리하지 않은 필름과 비교해 보았을 때, 신선도에는 큰 영향이 없지만 상품성유지에는 도움이 될 것으로 판단되었다.

감사의 글

본 논문이 나오기까지 지도해 주셨던 덕산 고 양한철 교수님과 김영배 교수님 및 박권우 교수님께 진심으로 감사를 표합니다.

참고문헌

1. 박형우, 고하영, 강통삼, 신동화, 1989, 플라스틱 필름류의 투습도 측정방법, 한국식품과학회지, 21: 235.
2. 이철호, 채수규, 이진근, 박봉상. 1982. 식품공업 품질 관리론, 유럽문화사, 제5장, 128.
3. Bhullar, S.J., Dhillon, S.B. and Randhawa, S.J. 1985. Effect of wrappers on the storage of Kinnow mandarin, J. Res. Punjab Agric. Univ., 22: 663.
4. Choi, Y.H. et al. 2002. Influence of modified atmosphere packaging on fruit quality of 'Tsunokaori' tangor during cold storage. Korean J. Hort. Sci. Technol., 20: 340-344.
5. EL-Goorani, M.A. and Sommer, N.F. 1981. Effect of modified atmosphere on postharvest pathogens of fruits and vegetables, Hort. Rev., 3: 412.
6. Hagenmaier, R.D. and Shaw, P.E. 1992. Gas permeability of fruit coating waxes, J. Amer. Soc. Hort. Sci., 117: 105.
7. Kawada, K. 1982. Use of polymeric films to extend postharvest life and improve marketability of fruits and vegetables, T. P. A. C., 87.
8. Kim, J.H., Lim, J.H. and Koh, J.S. 2002. Quality changes of satsuma mandarin during storage warehouse. Korean J. Food Preserv., 9: 131-136.
9. Koh, J.S. et al. 1998. Effects on storage life of Satsuma mandarin as affected by wax-coating, paper packaging and film packaging. Korean J. Postharvest Sci. Technol., 5: 141-146.
10. Park, N.P. 1970. Studies on the preservation of apples by plastics film coating, J. of the Korean Agricultural Chemical Society, 13: 131.
11. Rangana, S. 1977. Manual of analysis of fruits and vegetables products, Tata McGraw Hill Ltd.
12. Shin, B.S., Han, N.W., Lee, W.T., Kim, J.H. and Oh, J.G. 1981. Adsorption properties of domestic natural zeolite, J.

- Res. Institute for Catalysis, 3: 23.
13. Stephenie, P.J. 1985. SAS/STAT guide for personal computers, version 6 edition, SAS Institute Inc., Chap 1.
 14. Suzuki, T., Kubo, N., Haginuma, S. and Tamura, S. 1981. Changes in free amino acid content during controlled atmosphere storage of Satsuma mandarin, Report Nat. Food Res. Ins., 37: 90.
 15. Yagi, M.I. 1980. Storage behavior of Baladi mandarins in the Sudan, Hort Science, 15: 300.
 16. Yang, C.B., Park, H. and Kim, Z.U. 1967. Studies on the chemical composition of citrus fruits in Korea (1). Korean Agri. Chem. Soc., 8: 29.
 17. Yang, C.Q. and Zhou, Q.S. 1985. Interfacial diffusion of chromium (III) fumarate coordination compound in the formation of aluminium - polyethylene composite film, Appl. Surf. Sci, 24: 213.
 18. Yang, Y.J. 2001. Postharvest quality of satsuma mandarin fruit affected by controlled atmosphere. Korean J. Hort. Sci. Technol., 19: 145-148.