

산 및 결로방지 처리한 기능성 MA포장으로 포장한 ‘후지’ 사과의 신선도

박형우* · 류나희

한국식품연구원

Freshness of ‘Fuji’ Apples Packed MA Film Treated with Acid and Anti-fogging Agents

Hyung-Woo Park* and Na-Hee Ryu

Korea Food Research Institute

Abstract This study investigated the effect of functional MA films (FMA) masterbatched by zeolite powder treated with 1 N HCl solution and anti-fogging agent (CA) on the freshness extension of ‘Fuji’ Apples. Preference, weight loss, total ascorbic acid, sugar content, acidity, change of gas composition in package were evaluated during storage at 15°C. After 150 days of storage, the weight loss of LLDPE film (control, L) apples was 0.4%, and that of apple in FMA film (CA) was 1.1%. Total ascorbic acid content of apples in control after 150 days was 2.09 mg%, and those of apple in FMA film was 2.94 mg%. The titratable acidity of apple in FMA film was higher than that in control, while soluble solids content of packages was lower than that in control after 150 days. Ethylene gas adsorbability in control package was 192.2 ppm and those in FMA film was 165.6 ppm. Overall, apples in FMA film was better than that of control. It was verified that apples packed with LLDPE film(control) lasted about 130 days, while those with FMA film lasted about 170 days. Also, FMA film treated with anti-fogging agent achieved no significant effect on freshness extension compared to non-treated film, but quality of ‘Fuji’ Apples was improved by anti-fogging agent when compared to that of non-treated anti-fogging agent.

Keywords Modified atmosphere (MA), Anti-fogging, Fuji, Apple, LLDPE

서 론

후지 사과(*Malus domestica* Borkh.)는 9월 말부터 생산되어 11월 초까지 수확하여 단기출하를 하거나 저장을 하여 익년 6월경까지 출하된다. 최근 농가에서는 최고 품질 과일 생산기술에 많은 관심을 가지고 있다. 그러나 저장 중 품질 저하로 인하여 감도가 생겨 많은 식품자원이 낭비되고 있기 때문에 많은 연구들이 품질저하를 억제하는 방법을 연구하고 있다.

수확 후 신선도 품질 유지 연구로 예냉처리(Echeverria, G et al, 2004) 저온저장(Parvathy, S. et al, 2003), MA(modified atmosphere) 포장기술 적용(Mostofi, Y. et al, 2008), 칼슘처리(Chung, H.S와 Chol, J.U, 1999) 및 열수처리, 내

부온습도나 공기조성 조절을 위한 포장재 적용에 관한 연구(B.S. Kim 등, 1999)가 활발히 진행되고 있다. MA포장 방법은 과실의 생리대사로 인하여 발생하는 가스에 의해 포장재내에 가스조성이 변하므로 생리대사가 진행됨에 따라 가스농도가 지속적으로 조절된다. 그 외에도 방담, 항균, 고차단, 분해성, 원적외선 방사 등의 부가적인 기능을 부여한 기능성 포장재의 효과가 연구되고 있다(Dae-Sung Chung와 YounSuk Lee, 2009). Lau (1983)는 사과품종별 CO₂ 함량과 O₂ 함량에 따라 저장특성에 미치는 영향을 조사한 바 있다. 또한 Kitamura 등(1980)이 사과저장 중 에틸렌 생산량에 관하여 조사한 결과 초기 2주일 동안은 4 ppm에 달했고 1개월마다 0.3~0.5 ppm씩 상승했다고 했다. Knee 등(1981)은 저장고내에서 축적된 에틸렌을 제거함으로써 사과의 연화를 줄일 수 있다고 했다. 따라서 에틸렌가스 농도를 생리

*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

활동을 촉진시킬 수 있는 농도 이하로 유지할 수 있는 처리 방법이 있다면 과실내부의 에틸렌 합성을 최소화시켜 에틸렌 발생을 억제할 수 있을 것이다. 그러나 이상의 연구들에서 포장재 자체가 과실 채소류에서 발생하는 에틸렌가스를 흡착하는 것에 관해 보고한 바는 거의 없다.

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

재료 및 방법

1. 포장재

기준에 MA용 필름으로 널리 사용하고 있는 두께 30 μm 의 LLDPE필름 포장구를 포장구 L(control)이라 하였고, 1 N HCl용액으로 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 1 N HCl 용액으로 100°C에서 1시간 동안 처리한 시료를 HIMS를 통과시켜 가공하였다.

2) 마스터벳치

가공된 제올라이트 분말과 LLDPE resin (Linear Low Density Polyethylene, Grade No. 3120. 한양화학)을 7:3중량비로 섞어 스팀식 mixing roll에 넣고 150°C, 6 min, air pressure 7 kg/cm²의 조건으로 3~5차례 혼합한 후 펠릿상으로 절단하여 마스터벳치를 만들었다.

3) 필름생산

1)에 가공한 제올라이트 분말의 혼입량이 전체 생산된 필름 중량의 5%가 되도록 LLDPE resin을 추가로 혼입시켜 이를 inflation 필름압출기(신화공업주식회사, Model SE-70)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 μm 의 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(겔로방

지, 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 무수염화칼슘을 투습컵에 넣고 측정용 필름을 얹은 다음 왁스와 파라인 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 μm 를 디스켓에 접착시켜 원상태의 면적보다 측정 필름의 면적을 적게 하여 측정장치의 cell로의 가스 투과량을 줄여 측정후 이를 면적비로 환산하였다. 계산식은

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

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 산소반응 셀의 크로닉스(전량) 검지기, 측정용 산소와 캐리어 가스(질소)에 질소를 부여하기 위한 바브라 장치 및 유량계로 구성되어 있다. 이 검지기

는 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.

7) 에틸렌가스 흡착량

상온 상압하에서 개발 필름의 에틸렌가스 흡착 특성을 구명하기 위하여 500 mL 삼각 플라스크에 0.03 mm 두께의 필름(17×50 cm, 850 bcm^2)을 20조각 정도로 세절하고 이것을 플라스크에 넣은 다음 실리코너로 밀전하고 여기에 910 ppm 농도의 에틸렌가스 5 mL를 주입한 후 세이킹하고 gas chromatography (Hewlett Packard, Model-5890)로 측정하였다.

분석조건은 다음과 같다.

Detector : FID

Column : Pora pack (Stainless steel; 2 m × 3 mm)

Carrier gas : N_2

Flow rate of N_2 : 40 mL/min

H_2 : 40 mL/min // Air : 92 mL/min

Column temp. : 120°C

Detector temp. : 132°C

Injection size : 1 mL

2. 사과

사과(후지, *Malus domestica* Borkh.)는 필름 27×40 cm 크기의 film pouch에 20개씩(7,000±200 g) 정도 넣어 열봉 함하여 온도 15°C, 상대습도 67%의 항온 항습실에 150일 동안 저장하였고 저장 후 50, 90, 120 및 150일에 품질을 분석, 조사하였다.

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 초기 값에 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 mL를 부은 후 마쇄하여 원심분리하여 상층액을 분리하고, 침전물에 다시 메타인산과 초산 혼합액 10 mL를 부어서 원심분리 후 얻은 상층액을 먼저 얻은 상층액과 합한 후 50 mL까지 희석하였다. 이중에서 20 mL를 취하여 2,6-Dichlorophenol indophenol로 적정한 값을 Vitamin C값으로 환산하였다.

6. 당도 및 산도 변화

당도는 굴절 당도계(Atago, Model PR-1, Serial No. 824061)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 malic acid로 환산하여 나타내었다. 계산식은 다음과 같다.

$$\text{산도}(\%) = [0.1 \text{ N NaOH 소비량}(\text{mL}) \times \text{산도계수}(0.0067) \times 100] / \text{시료}(\text{g})$$

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 CO_2 와 O_2 가스를 측정하였고, Flame ionization detector (FID)로 C_2H_4 를 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 μL 씩 GC에 주입한 다음 이로부터 얻은 크로마토그램을 면적 비율로 나타내어 기체조성을 분석(Andre *et al.*, 1977)하였다.

8. 통계처리

통계처리는 IBM PC 386 기종에 내장된 SAS PC version 6.03의 software AS/BAS/STAT(Stephenie, P. J 1985)를 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 1. Changes in the 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 masterbatched by zeolite powder treated with 1 N HCl solution and added 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 1과 같다. 개발포장구(CA)의 수분투과도는 48.3 g/m²·24h·atm로 대조구(L)의 수분투과도 13.3 g/m²·24h·atm보다 35.0 g/m²·24h·atm 높게 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. 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)는 16,097 cc/m²·24h·atm로 나타났다. 이산화탄소의 투과도는 대조구(L)은 15,872 cc/m²·24h·atm였으며 개발포장구(CA)는 36,242 cc/m²·24h·atm로 나타나 개발포장구(CA)의 가스투과도는 대조구(L)에 비해 높게 나타났다. Isaka 등(1990)은 anti-fogging 처리한 다층필름의 산소 투과량이 3,000~35,000 cc/m²·24h·atm 였고, 이산화탄소는 12,000~130,000 cc/m²·24h·atm 정도 였다고 보고했다.

이상의 결과에서 소재가 혼입된 개발 포장구에서 투과량이 큰 것은 소재와 플라스틱 수지가 닿는 부분은 공간(틈)이 있기 때문에 투과량이 높아졌다고 판단되며 유의성검정

Table 2. Changes in the 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 added anti-fogging agent to "C"

¹⁾All data are mean value of triplicate

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

결과 유의차가 있었다.

3) 에틸렌가스 흡착량

30 μm 두께의 대조구 L과 개발포장구 CA의 에틸렌가스 흡착량을 조사한 것은 Fig. 1과 같다. 초기 C₂H₄ 농도는 6.38 ppm이었고, 대조구 L은 저장 9일 후까지도 거의 변화가 없었으나 개발포장구 CA는 저장 1일 후 5.4 ppm이었으며 9일 후 4.9 ppm으로 나타나 개발포장구 CA의 에틸렌가스 흡착능이 우수한 것으로 나타났다.

측정용 필름들의 크기는 17×50 cm, 두께 30 μm였다. 이때 분말소재가 함유된 개발포장구 CA의 필름 17×50 cm의 무게는 3.66 g이었으며 여기에는 0.183 g의 분말시료가 포함되어 있다. 즉 분말시료들 중 개발포장구 CA의 분말시료 0.183 g이 에틸렌가스를 1일 후에는 1.83 ppm, 9일 후에는 2.88 ppm을 흡착할 수 있다고 추측되었다. 이와 같이 분말시료가 산처리 공정을 통해 제올라이트 분자 구조중에 양이온들이 치환되어 이들이 에틸렌가스와 결합하거나 제올라이트(18.13×20.49×7.52 Å)의 8각 구조 속에 에틸렌가스가 흡착되어 에틸렌가스 농도가 저장기간이 경과함에 따라 낮게 나타난 것으로 생각되었다.

2. 기호도 변화

기호도 변화를 조사한 결과는 Table 3과 같다. 관능검사 측정항목 중 부패 발생이 이미취, 수분응축, 곰팡이 발생의 항목보다 먼저 저장한계에 도달함으로써 부패 발생이 품질 지표 인자로 판단되었다. 선도유지효과를 살펴보면 부패 항목의 경우 대조구 L은 저장 50일 및 90일후에도 변화가 거의 없었고 150일 후에는 이미 상품성이 없는 것이 포장구당 6~7개로 나타났다. 또 개발포장구 CA는 저장 90일까지는 변화가 거의 없었고 저장 150일 후에 1포장구당 부패 사과의 갯수는 4~5개로 나타났다. 이취의 경우 저장 90일까지

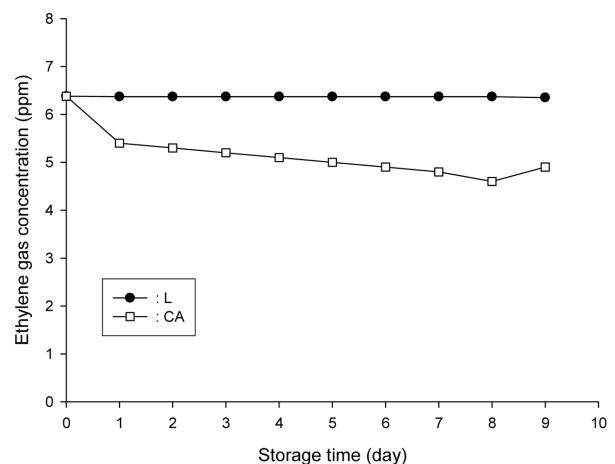
**Fig. 1.** Comparison of ethylene gas adsorptivities of films.

Table 3. Changes in the sensory score of packed Fuji apple during storage at 15°C^{a)}

ITEM	Packages	Storage days			
		Initial	90	120	150
Spoilage	L	_b)		++	+++
	CA	-	-	+	++
Off flavour	L	-	-	+	+++
	CA	-	-	-	++
Dew condensation	L	-	+	++	+++
	CA	-	-	-	-
Mold	L	-	-	-	++
	CA	-	-	-	+
Total acceptability	L	-	-	++	+++
	CA	-	-	+	++

^{a)}-: Very small change/1 pack, +: Small change/1 pack, ++: Unvalued apple as, commodity; 1~2 EA/1 pack, +++: Very unvalued apple as a commodity; 4~5 EA/1 pack

^{b)}Thickness of films was 30 μm

L: Linear low density polyethylene(LLDPE) film

CA: LLDPE film masterbatched by zeolite powder treated with 1 N HCl solution and added anti-fogging agent

이취는 느껴지지 않았으나 저장 120일 후 대조구 L에서 약간의 이취가 나타났고 개발 포장구 CA는 이취가 상당히 느껴졌는데 이는 부패 과일에서 발생하는 여러 가지 부패취에 의한 것으로 판단된다. 필름 내부의 수분응축현상은 대조구 L에서는 저장 120일 후 수분응축현상이 상당히 심했고 저장 150일 후에는 포장구 내부의 과일을 외관상 선명하게 볼 수 없을 만큼 수분응축이 심했다. 그러나 개발포장구 CA는 수분응축이 거의 발생되지 않았다. 사과와 품질유지기간은 수분응축억제 처리한 것이 사과와 상품성에는 좋을 것으로 판단되었다.

3. 중량변화

저장기간에 따른 중량변화율은 초기중량에 대한 백분율로 Table 4와 같다. 전 포장구에서 저장 120일까지 중량변화는 1% 미만이었고 대조구 L은 저장 150일 후에 0.4%, 개발포

Table 4. Changes in the weight of packed Fuji apple during storage at 15°C^{a)} (unit: %)

Packages	Storage days				
	Initial	50	90	120	150
L	100 ^a	99.725 ^{ab}	99.590 ^a	99.589 ^a	99.587 ^a
CA	100 ^a	99.553 ^b	99.463 ^a	99.273 ^b	98.976 ^b

^{a)}Thickness of films was 30 μm

L: Linear low density polyethylene(LLDPE) film

CA: LLDPE film masterbatched by zeolite powder treated with 1 N HCl solution and added 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.

장구 CA는 1.1 % 로 나타났다. 유의성 검정결과 모든 포장구에서 유의차가 있었다. 또 이 수분함량 변화가 품질에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 판단되었다. 이는 Yang 등 (2007)이 ‘캠벨얼리’와 ‘거봉’을 방담필름에 저장했을 때 60 일 저장 중 포장필름에 따른 생체중 변화에서 특이성은 없다고 보고한 결과와 일치한다.

Scott와 Roberts (1968)은 이러한 결과는 실험자들의 시험 방법, 원료상태, 품종, 저장조건, 포장조건에 따라서 측정치에 대한 차이가 심한 것으로 판단된다고 보고했다. 따라서 저장 전의 재배조건, 품종, 피 저장물의 선별 등을 잘하면 film으로 저장효과를 더욱 상승시킬 수 있다고 사료된다.

4. Vitamin C 함량변화

저장기간에 따른 포장재간의 총 Vitamin C의 변화를 Table 5에 나타냈다. 사과와 초기 Vitamin C는 5.24 mg/100g이었다. 저장 150일 후 대조구 L은 2.09 mg/100g이었으나 개발포장구 CA는 2.94 mg/100g으로 대조구에 비해 40% 이상 더 높게 나타났다. 유의성 검정결과 포장구간에 뚜렷한 유의차가 있었다.

Cano 등(1989)은 Golden delicious 사과를 상대습도 85%, 2°C에 저장 5개월 후에 Vitamin C 함량이 초기치에 비해 27% 밖에 감소했다고 하였는데 이는 저장 온도 차이 때문이라 사료된다.

5. 당도 변화

사과의 당도는 저장기간 동안 가수분해에 의해 증가되기도 하며 호흡기질로 사용되어 소실되기도 한다. 저장기간에 따른 당도의 변화는 Table 6과 같다. 당도의 초기치는 13.9

Table 5. Changes in the total ascorbic acid of packed Fuji apple during storage at 15°C^{a)} (unit: mg/100g F.W.)

Packages	Storage days				
	Initial	50	90	120	150
L	5.24 ^a	3.14 ^{cd}	2.15 ^b	2.73 ^b	2.09 ^c
CA	5.24 ^a	3.66 ^{ab}	1.67 ^a	2.11 ^d	2.94 ^a

^{a)}Thickness of films was 30 µm

L: Linear low density polyethylene(LLDPE) film

CA: LLDPE film masterbatched by zeolite powder treated with 1 N HCl solution and added 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 6. Changes in the soluble solid content of packed Fuji apple during storage at 15°C^{a)} (unit: °Brix, F.W.)

Packages	Storage days				
	Initial	50	90	120	150
L ²⁾	13.9 ^a	13.0 ^c	15.1 ^a	14.7 ^a	14.3 ^a
CA	13.9 ^a	13.1 ^c	13.7 ^d	13.6 ^c	13.7 ^c

^{a)}Thickness of films was 30µm

L: Linear low density polyethylene(LLDPE) film

CA: LLDPE film masterbatched by zeolite powder treated with 1 N HCl solution and added 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.

°Brix였으며, 저장 150일 후 대조구 L은 14.3 °Brix인 반면 개발포장구 CA는 13.7 °Brix로 나타났다. 즉 대조구 L의 당도는 다소 증가했으나 개발포장구 CA에서는 거의 변화하지 않았다. 이는 저장기간이 지남에 따라 수분의 감소와 당의 함량이 상대적으로 높아진 것 때문이라고 생각되었다. 또 포장구간 유의성 검정결과 유의차가 있었다. 당도는 저장기간이 지남에 따라 증가한다고 한 것은 Johnson와 Ertan (1983)의 연구결과에서도 보고된 바 있다.

6. 산도 변화

저장기간에 따른 산도의 변화를 살펴보면 Table 7과 같다. 산도의 초기치는 0.39 g malic acid/100g이었으며, 저장 150일 후 대조구 L은 0.15 g malic acid/100g이었으나 개발포장구들 CA는 0.21 g malic acid/100g으로 나타났다. 저장 후 사과의 적정산도가 0.2% 이하로 감소되면 식미의 저하가 현격하게 발생하지만(Pietro Rocculi, 2004) MA저장은 더 높은 산도를 유지하고 있는 것으로 나타났다.

Allen 등(1991)의 보고에 의하면 CA에 의한 가스 조절과 저온 7°C에 저장한 것보다 개발한 MA필름으로 고온 15°C에 저장한 사과의 성분변화가 도리어 적다고 했다. 이상의 연구와 본 시험 결과를 살펴보면 포장재내의 에틸렌가스 함

Table 7. Changes in the titratable acid of packed Fuji apple during storage at 15°C^{a)} (unit: g malic acid/100g, F.W.)

Packages	Storage days				
	Initial	50	90	120	150
L ²⁾	0.39 ^a	0.28 ^{bc}	0.25 ^d	0.20 ^c	0.15 ^d
CA	0.39 ^a	0.31 ^{ab}	0.36 ^{bc}	0.29 ^{ab}	0.21 ^c

^{a)}Thickness of films was 30 µm

L: Linear low density polyethylene(LLDPE) film

CA: LLDPE film masterbatched by zeolite powder treated with 1 N HCl solution and added 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 8. Changes in C₂H₄, O₂ and CO₂ concentration within modified atmosphere packages of apple during storage at 15°C^{a)}

Gas	Packages	Storage days				
		10	50	90	120	150
C ₂ H ₄ (ppm)	L	74.9 ^a	95.7 ^a	130.1 ^a	161.1 ^a	192.2 ^a
	CA	71.2 ^a	84.0 ^{bc}	119.7 ^{ab}	139.5 ^c	165.6 ^{ab}
O ₂ (%)	L	18.7 ^a	15.9 ^b	14.5 ^{cb}	12.7 ^c	10.1
	CA	19.6 ^a	18.1 ^a	17.8 ^a	13.9 ^{ab}	12.5
CO ₂ (%)	L	1.2 ^a	3.8 ^a	4.9 ^a	5.8 ^a	8.1 ^a
	CA	1.2 ^a	2.9 ^{bc}	4.0 ^b	4.2 ^d	7.1 ^b

^{a)}Thickness of films was 30 µm

L: Linear low density polyethylene(LLDPE) film

CA: LLDPE film masterbatched by zeolite powder treated with 1 N HCl solution and added 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.

량이 낮게 유지된 개발포장구 CA에서 Vitamin C 및 산도가 높게 유지되었다. 포장구들간의 유의성 검정결과 유의차가 있었다.

7. 가스 조성 변화

사과의 저장 중 포장재 내의 가스 조성 변화를 조사한 결과는 Table 8과 같다. 에틸렌가스 변화를 살펴보면 개발 포장구 CA는 저장 90일 후 119.7 ppm으로 대조구 L보다 약 12%가 낮았고 저장 150일 후는 165.6 ppm으로 약 11% 낮게 나타났다. 이는 D.-S. Chung과 Y.S. Lee (2009)의 연구에서 무포장구보다 LDPE 필름 밀봉 포장구의 사과에서 에틸렌가스 발생량이 덜 증가한 결과와 일치한다.

저장 150일 후 O₂농도는 개발포장구 CA는 12.5%로 대조구에 비해 약 22.8% 높게 나타났다. 이것은 Kajiura (1974)의 Jonathan과 Rall apple을 CA저장 중 O₂와 CO₂ 발생량을 조사한 결과와 비슷한 경향이 있다.

저장 150일 후에 CO₂의 농도는 대조구 L은 8.1%를 나타

냈고, 개발포장구 CA는 7.1%를 나타냈다. 울릉미역취를 polypropylene과 수분응축처리한 필름에 14일 동안 저장하여 관찰한 Choi 등(2008)의 결과에서 극미한 산소농도의 감소와 이산화탄소농도의 증가만을 보였다. 때문에 수분응축 처리가 필름내 가스조성에는 큰 영향을 미치지 않는다고 사료된다. 이상의 결과에서 사과 저장 중 품질유지에는 CO₂ 농도가 높고 O₂ 농도가 낮은 대조구 L보다는 에틸렌가스 농도가 낮은 개발포장구 CA의 선도가 더 좋은 것으로 보아 사과의 선도유지에는 에틸렌가스 농도를 낮추는 것이 가장 중요하다고 판단되었다.

이상의 결과에서 분말시료가 에틸렌가스를 흡착함으로써 포장재내의 에틸렌 농도가 감소되는 것보다 포장재의 투과에 의해 더 많은 양이 감소되었음을 알 수 있었다. 사과의 생리대사로 발생하는 에틸렌 가스를 개발포장재가 흡착하고도 남은 양, 즉 포장재에 누적된 에틸렌 가스는 포장재 내부와 외부의 분압차에 의해 포장재 밖으로 투과되었다고 판단되었다.

요 약

국내산 제올라이트 분말소재를 가공하여 개발한 두께 30 μm의 필름에 산 및 결로방지 처리한 후 마스터벳치하여 생산한 기능성 MA필름(FMA)의 사과의 선도유지 효과를 알아보기 위하여 ‘후지’ 사과를 20개씩 포장하여 온도 15°C, 상대습도 67%의 항온 항습실에 150일 동안 저장하였고 저장 후 50, 90, 120 및 150일에 기호도, 중량, Vitamin C, 당도, 산도, 기체조성을 비교 분석하였다. 대조구용 필름으로 기존 유통 중인 LLDPE필름을 L이라 하였고, 1 N HCl용액으로 처리한 제올라이트 소재로 생산한 포장구에 수분응축처리를 한 필름은 개발포장구 CA라 하였다. 품질유지가 가능한 기간은 대조구 L이 130일, 개발포장구 CA는 170일로 나타나 40일 정도 품질유지기간이 대조구보다 길게 나타남을 확인했다. 저장 150일 후 중량 감소는 대조구 L은 0.4%였고 개발포장구 CA는 1.0%의 중량감소가 일어났다. Vitamin C 함량은 초기 5.24 mg/100g F.W.에서 저장 150일 후 대조구 L은 2.09였고 개발포장구 CA는 2.94 mg/100g F.W.을 나타냈는데 개발포장구가 대조구보다 Vitamin C 잔존량이 높게 나타났다. 당도는 저장 150일 후 비슷하게 유지되었으며 산도는 개발포장구에서 더 높게 유지되고 있었으며 에틸렌 가스의 경우 대조구 L은 192.2 ppm였고 개발포장구 CA는 165.6 ppm으로 조사되었다. 개발포장재와 대조구간의 포장재내 가스농도차가 저장 90일후는 21.0 ppm 저장 150일 후는 44.3 ppm으로 나타났다. 이상의 결과에서 개발한 MA 저장용 필름을 사과의 선도유지용 포장재로 활용할 수 있음을 입증하였다. 또한 수분응축현상이 생기지 않도록 수분응축 억제 처리했을 때 사과의 상품성에는 도움이 될 수도 있다.

나 신선도 유지에 큰 영향은 없는 것으로 보여진다.

참고문헌

1. 박형우, 고하영, 강통삼, 신동화. 1989. 플라스틱 필름류의 투습도 측정방법. 한국식품과학회지. 21: 235.
2. 이철호, 채수규, 이진근, 박봉상. 1982. 식품공업 품질 관리론. 유럽문화사, 대한민국, 5: 128.
3. Andre, P., Buret, M., Chambroy, Y., Dauple, P., Flanzly, C. and Pelisse, C. 1977. Possibilities provided by combined use of vacuum pre-cooling and controlled atmosphere. *Revue Generale-du-Froid*. 68: 295.
4. Kim, B.S., Hyun, N.U. and Nahmgoong, B. 1999. Effect of Pressure Cooling for Quality of ‘Tsugaru’ Apple during Storage at different Temperatures. *Korean J. Postharvest Sci. Technol.* 6(4): 371-375.
5. Cano, M.P., De la Plaza, J.L. and Delgado, M.L. 1989. Effects of several postharvest fungicide treatments on the quality and ripeness of cold-stored apples. *J. Agri. Food Chem.* 37: 330.
6. Chung, H.S. and Chol, J.U. 1999. Suitability judgment of storage conditions by internal gas concentration of ‘Fuji’ apples under CA storage. *J. Korean Food Sci. Technol.* 31: 1295-1299.
7. Chung, D.-S. and Lee, Y.S. 2009. Applications of Functional Tray Form Packaging to Extend the Freshness of High-Quality ‘Fuji’ Apples, *Korean J. Food Preserv.* 16(6): 817-823.
8. Echeverria, G., Fuentes, T., Graell, J., Lara, I. and Lopez, M. L. 2004. Aroma volatile compounds of ‘Fuji’ apples in relation to harvest date and cold storage technology: A comparison of two seasons. *Postharvest Biol. Technol.* 32: 29-44.
9. Isaka, T. and Ohta, S. 1990. Anti-fogging multilayered film and bag produced therefrom for packaging vegetables and fruits. U.S. patent. US 4 956 209.
10. Johnson, D.S. and Ertan, U. 1983. Interaction of temperature and oxygen level on the respiration rate and storage quality of Idared apples. *J. Horticultural Science.* 58: 527.
11. Kajiura, I. 1974. Effects of gas concentration on fruits, Effects of carbon dioxide and oxygen level on Jonathan and Ralls apples in CA Storage. *J. Japan Soc. Hort. Sci.* 43: 97.
12. Kitamura, T., Iwata, T., Ochiai, T. and Fukushima, T. 1980. The changes in respiration, ethylene examination and internal ethylene concentration and the several maturation criteria with reference to apple cultivars. *J. Japan Soc. Hort. Sci.*, 49: 227.
13. Knee, M. and Hatfield, S.G.S. 1981. Benefits of ethylene removal during apple storage. *Ann. Appl. Biol.* 98: 157.
14. Lau, L.O. 1983. Effects of storage procedures and low oxygen and carbon dioxide atmospheres on storage quality of Spartan apples. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 108: 955.
15. Choi, M.-G., Chung, H.-S. and Moon, K.-D. 2008. Effects of Storage Temperature and Materials on Maintenance of Quality of *Solidago Virgaurea* spp. *gigantea* in Modified Atmosphere Packaging, *Korean J. Food Preserv.* 15(6): 804-809.
16. Mostofi, Y., Hajizadeh, H.S., Talaie, A. and Mousavi, M.A.

- E.Z. 2008. Modified atmosphere packaging (MAP) effects on quality maintenance and storage life extension of local Iranian apple 'Golab Kohanz'. *Acta. Hort.* 768: 103-109.
17. Parvathy, S., Abdullah, H., Latifah, M.N. and Tarmizi, S. 2003. Effect of packaging system on the quality of wax apple (*Eugenia javanica* syn. *Samarangense*) stored at low temperature. *J. Food Sci. Technol.* 40: 177-182.
18. Pietro Rocculi. 2004. Evaluation of physico-chemical parameters of minimally processed apples packed in non-conventional modified atmosphere. *Food Research International.* 37: 329-335.
19. Rangana, S. 1977. *Manual of analysis of fruits and vegetables products*, Tata McGraw Hill Ltd, USA.
20. Scott, K.J. and Roberts, E.A. 1968. The importance of weight loss in reducing breakdown of Jonathan apples, *Austral. J. Expt. Agr. Ani. Husr.* 8: 377.
21. Stephenie, P.J. 1985. *SAS/STAT guide for personal computers. version 6 edition*, SAS Institute Inc., USA.
22. Yang, Y.-J., Hwnag, Y.S. and Park, Y.-M. 2007. Modified Atmosphere Packaging Extends Freshness of Grapes 'Campbell Early' and 'Kyoho', *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 25(2): 138-144.
- : 2013.03.22. / : 2013.03.30 / : 2013.04.11