

결로 방지 필름으로 포장한 ‘후지’ 사과의 신선도

박형우* · 류나희

한국식품연구원

Freshness of ‘Fuji’ Apples Packed Anti-fogging Agents Film

Hyung-Woo Park* and Na-Hee Ryu

Korea Food Research Institute

Abstract This study investigated the effect of films treated with anti-fogging (LA) agent 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 apples in control (L), LA was 1.0 to 1.1%. Total ascorbic acid content of apples in control after 150 days was 2.09 mg/100g F.W, that of apple in LA was 2.47 mg/100g F.W. The titratable acidity of apple in LA was lower than that in control, while soluble solids content of LA was higher than that in control after 150 days. Ethylene gas adsorbability in control package was 192.2 ppm and that in LA was 195.7 ppm. It was verified that LA treated with anti-fogging agent are few different compare to control, but commeridity on the display in market was considered higher than that of non-treated anti-fogging agent.

Keywords Fuji, Apple, LLDPE, Anti-fogging

서 론

최근 식생활이 선진화되면서 안전하고 우수한 품질의 농산물에 대한 선호도가 증가하고 있다. ‘후지’ 사과(*Malus domestica* Borkh)는 2011년 국내에서 24만 7천 톤이 생산되었고(농림부, 2012), 9월 말부터 생산되어 11월 초까지 수확하여 단기출하를 하거나 저장을 하여 익년 6월까지 출하된다. 일반적으로 사과 같은 과실은 신선식품으로서 수분함량이 많아 선도가 가장 중요하기 때문에 국내에서는 과실의 수확 후 저장력 증진을 위하여 저온상태의 CA저장(Jayas, D.S와 Jeyamkondan, S. 2002) 예냉처리(Drake, R. S. *et al.*, 1979) 칼슘처리(Chung, H.S와 Chol, J.U. 1999) 및 열수처리, 내부온습도나 공기조성 조절을 위한 포장재 적용에 관한 연구(Kim B.S *et al.*, 1999)가 활발히 진행되고 있다. 또한 유통, 저장 중에도 포장재 내부의 품질이 잘 보이도록 하고자 수분응축 현상이 생기지 않도록 포장재에 수

분응축처리(방담)를 한다. Yang 등(2007)은 캠벨얼리 포도를 0.03 mm LDPE 필름과 방담필름으로 포장할 경우 2개월 동안의 상품성 유지의 변화를 관찰했고 Wagner 등(2001)은 anti-fog의 이점에 관한 보고서에서 농산물 저장 시 방담 유공 필름을 이용할 때 결로 발생에 의한 품질저하 발생의 억제 효과가 있다고 보고했다. 따라서 본 연구에서는 기존 LLDPE 필름에 중량비 2%의 수분응축 억제제를 처리한 포장구가 사과의 선도 유지 및 상품성에 미치는 영향을 고찰하였다.

재료 및 방법

포장재

대조구용 필름으로 기존 유통중인 LLDPE 필름(Linear Low Density Polyethylene, Grade No.3120. 한양화학) 포장구 L(control)과 여기에 수분응축억제 처리를 한 필름을 포장구 LA라 하였다. 필름두께는 30 μ m로 생산하여 사용했다.

수분응축억제 처리

유통, 저장 중에도 포장재 내부의 품질이 잘 보이도록 하고자 수분응축 현상이 생기지 않도록 응축억제제(미립화화

*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

공업주식회사 AC 2000)을 포장구 LA에 처리하였다. 응축 억제제는 중량비로 2% 첨가하였다

사과

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

기호도

부패, 이미취 및 연화, 수분응축현상, 곰팡이 발생, 종합적인 기호도는 관능검사 요원 10명에 의해 채점척도 시험법(이철호 등, 2007)으로 각 항목별로 시행하였다. 기호도는 -, 1포장구당 변화가 거의 없는 정도, +; 약간 변화가 있는 정도, ++; 1포장구당 상품성이 없는 것이 1~2개, +++; 1포장구당 상품성이 없는 (곰팡이 부패과 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.

중량변화

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

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 분쇄하여 원심 분리하여 상층액을 분리하고, 침전물에 다시 메타인산과 초산 혼합액 10 mL 부어서 원심분리 후 얻은 상층액을 먼저 얻은 상층액과 합한 후 50 mL까지 희석하였다. 이 중에서 20 mL를 취하여 2,6-Dichlorophenol indophenol로 적절한 값을 Vitamin C값으로 환산하였다.

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. (Kim B.S et al., 1999)

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

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 O₂가스를 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(Andre, P. et al., 1977) 하였다.

통계처리

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

결과 및 고찰

기호도 변화

기호도 변화를 조사한 결과는 Table 1과 같다. 관능검사 측정항목 중 부패 발생이 이미취, 수분응축, 곰팡이 발생의 항목보다 먼저 저장한계에 도달함으로써 품질지표인자로 판단되었다. 선도유지효과를 살펴보면 부패 항목의 경우 모든 포장구에서 저장 50일 및 90일후에도 변화가 거의 없었고 150일 후에 대조구 L은 이미 상품성이 없는 것이 포장구당 6~7개로 나타났고 포장구 LA도 같은 경향을 나타냈다. 이취의 경우 저장 90일까지 모든 포장구에서 이취는 느껴지지 않았으나 저장 120일 후 대조구 L 및 포장구 LA에서 약간의 이취가 나타났고, 150일 후 심해졌는데 부패 과일에서 발생하는 여러가지 부패취에 의한 것으로 판단된다. 필름내부의 수분응축현상은 수분응축억제 처리하지 않은 대조구에서는 저장 120일 후 수분응축현상이 상당히 심했고 저장 150일 후에는 포장구 내부의 과일을 외관상 선명하게 볼 수 없을 만큼 수분응축이 심했다. 그러나 수분응축억제 처리한 포장구 LA는 수분응축이 거의 발생되지 않았다. 사과의 품질 유지기간은 수분응축억제 처리한 것이 사과의 상품성에는 좋을 것으로 판단되었다.

중량변화

저장기간에 따른 중량변화율은 초기중량에 대한 백분율로

Table 1. 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)} | | ++ | +++ |
| | LA | — | — | + | +++ |
| Off flavour | L | — | — | + | +++ |
| | LA | — | — | + | +++ |
| Dew condensation | L | — | + | ++ | +++ |
| | LA | — | — | — | — |
| Mold | L | — | — | — | ++ |
| | LA | — | — | + | ++ |
| Total acceptability | L | — | — | ++ | +++ |
| | LA | — | — | + | +++ |

^{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
 LA: LLDPE film added anti-fogging agent to “L”

Table 2와 같다. 저장 150일 후에 대조구 L과 포장구 LA의 중량감소율은 1.0~1.1%로 변화가 적었고 포장구간 유의적 차이는 없었다. 이는 Chung 등(2010)의 연구에서 산나물을 MAP에 저장했을 시 수분응축처리한 포장구에서 대조구와 비교했을 때 중량변화율이 차이가 없었다는 보고와 일치한다.

Scott 등(1968)의 Jonathan apple을 0°C에서 PE필름으로 포장한 실험결과에 의하면 실험자들의 시험방법, 원료상태, 품종, 저장조건, 포장조건에 따라서 중량의 측정치에 대한 차이가 심한 것으로 보고된다.

Vitamin C 함량변화

저장기간에 따른 포장제간의 총 Vitamin C의 변화를 Table 3에 나타냈다. 사과의 초기 Vitamin C는 5.24 mg/100g이었다. 저장 150일 후 대조구 L은 2.09 mg/100g이었으나 포장구 LA는 2.47 mg/100g으로 대조구 L에 비해 Vitamin C 함량이 18% 정도 더 높게 나타났다. 유의성검정 결과 포장구간에 뚜렷한 유의차가 있었다.

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

당도 변화

사과의 당도는 저장기간 동안 가수분해에 의해 증가되기도 하며 호흡기질로 사용되어 소실되기도 한다. 저장기간에 따른 당도의 변화는 Table 4와 같다. 당도의 초기치는 13.9

Table 2. 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)} |
| LA | 100 ^{a)} | 99.771 ^{a)} | 99.627 ^{a)} | 99.602 ^{a)} | 99.595 ^{a)} |

^{a)}Thickness of films was 30 μm
 L: Linear low density polyethylene(LLDPE) film
 LA: LLDPE film added anti-fogging agent to “L”
¹⁾All data are mean value of triplicate.
²⁾Values followed by the same letter are not significantly different at the 5% level.

Table 3. 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)} |
| LA | 5.24 ^{a)} | 3.05 ^{b)} | 2.69 ^{a)} | 2.28 ^{d)} | 2.47 ^{b)} |

^{a)}Thickness of films was 30 μm
 L: Linear low density polyethylene(LLDPE) film
 LA: LLDPE film added anti-fogging agent to “L”
¹⁾All data are mean value of triplicate.
²⁾Values followed by the same letter are not significantly different at the 5% level.

Table 4. 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)} |
| LA | 13.9 ^{a)} | 14.3 ^{a)} | 14.8 ^{ab)} | 14.4 ^{ab)} | 14.0 ^{bc)} |

^{a)}Thickness of films was 30 μm
 L: Linear low density polyethylene(LLDPE) film
 LA: LLDPE film added anti-fogging agent to “L”
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 포장구 LA는 14.0 °Brix로 나타났다. 두 포장구에서 당도는 다소 증가했으나 수분응축제 처리한 포장구 LA가 처리하지 않은 대조구 L에 비해 당도는 다소 낮게 나타났다. 이는 저장기간이 지남에 따라 수분의 감소로 당의 함량이 상대적으로 높아진 것 때문이라고 생각되었다. 저장기간이 지남에 따라 당도가 증가한다고 한 것은 Johnson 등(1983)의 연구결과에서도 보고한 바 있다.

산도 변화

저장기간에 따른 산도의 변화를 살펴보면 Table 5와 같다.

Table 5. Changes in the titratable acid of packed Fuji apple during storage at 15°C (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 |
| LA | 0.39 ^a | 0.27 ^c | 0.24 ^d | 0.21 ^c | 0.16 ^d |

Thickness of films was 30 µm

L: Linear low density polyethylene(LLDPE) film

LA: LLDPE film added anti-fogging agent to "L"

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 C₂H₄, O₂ and CO₂ concentration within modified atmosphere packages of apple during storage at 15°C^{a)}

| Gas | Packages | Storage (day) | | | | |
|--|----------|-------------------|-------------------|--------------------|---------------------|--------------------|
| | | 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 |
| | LA | 75.7 ^a | 94.2 ^a | 136.5 ^a | 157.4 ^{ab} | 195.7 ^a |
| O ₂ (%) | L | 18.7 ^a | 15.9 ^b | 14.5 ^{cb} | 12.7 ^c | 10.1 ^a |
| | LA | 18.0 ^a | 16.4 ^b | 14.2 ^c | 13.3 ^{cb} | 10.5 ^a |
| CO ₂ (%) | L | 1.2 ^a | 3.8 ^a | 4.9 ^a | 5.8 ^a | 8.1 ^a |
| | LA | 1.4 ^a | 3.9 ^a | 4.6 ^a | 5.0 ^b | 8.4 ^a |

^{a)}Thickness of films was 30µm

L: Linear low density polyethylene(LLDPE) film

LA: LLDPE film added anti-fogging agent to "L"

¹⁾All data are mean value of triplicate.

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

산도의 초기치는 0.39 g malic acid/100g이었다. 저장 150일 후 대조구 L은 0.15 g malic acid/100g이었고, 포장구 LA는 0.16 g malic acid/100g으로 나타났다. 유의성검정 결과 유의차는 나타나지 않았다. 수분응축처리 여부에 따른 포장구간 산도변화가 없는 것은 Chung 등(2009), Choi 등(2010)의 결과와 일치한다.

가스조성 변화

과실은 수확 후 저장 및 유통과정에서 체내에 축적된 저장물질의 호흡작용에 의해 이산화탄소 및 에틸렌 발생이 증가된다(Kays, S.J. 1991). 사과와 저장 중 포장재 내의 가스 조성 변화를 조사한 것은 Table 6과 같다. 저장 150일 후 에틸렌가스 변화를 살펴보면 대조구 L과 포장구 LA는 192.2 ppm와 195.7 ppm으로 에틸렌가스 발생이 증가했지만 포장구간 유의차는 없었다. 이는 Chung 등(2009)의 연구에서 무포장구보다 LDPE 필름 밀봉 포장구의 사과에서 에틸렌가스 발생량이 덜 증가한 결과와 일치하지 않는데, 따라서 수분응축처리는 사과의 신선도 유지에는 큰 영향을 주지

않는 것으로 판단된다.

Moiseeva 등(1970)은 사과를 LDPE 필름에 포장하여 저장 중 가스 조성을 조사한 결과 O₂ 농도를 14% 이하로 낮추면 호흡이 억제되지만 O₂ 농도를 2% 이하로 하고 CO₂ 농도를 10% 이상으로 하면 바람직하지 않으며 O₂는 2~5%, CO₂ 3~6%가 적당하다고 주장한 바 있다. 저장 150일 후 O₂ 농도는 대조구 L은 10.1%, 포장구 LA는 10.5%로 나타났고 CO₂의 농도는 각각 8.1과 8.4%를 나타냈다. 포장구간 유의적 차이는 나타나지 않았다.

요 약

결로 방지 처리한 필름의 사과의 선도유지효과를 조사하고자 '후지' 사과를 온도 15°C, 상대습도 67%에 150일 동안 저장하면서 품질변화를 살펴보았다. 대조구용 필름으로 기존 유통중인 LLDPE 필름 L과 여기에 수분응축억제 처리한 필름을 포장구 LA라 하였다. 저장 150일 후 대조구에서는 포장구 내부의 과일을 선명하게 볼 수 없을 만큼 수분응축이 심했고, 포장구 LA는 수분응축이 거의 발생되지 않았다. 중량 감소는 두 포장구 모두 1.0~1.1 % 내외의 중량감소가 일어났다. Vitamin C 함량은 두 포장구 모두 감소하였지만 포장구 LA가 대조구보다 Vitamin C 잔존량이 높게 나타났다. 당도는 저장 150일 후 포장구에서 더 높게 유지되었으며 산도는 두 포장구간 유의차가 나타나지 않았다. 에틸렌 가스의 경우 저장 150일 후 대조구 L은 192.2 ppm였고 포장구 LA는 195.7 ppm으로 조사되었다. 이상의 결과에서 수분응축억제 처리한 필름을 처리하지 않은 포장구와 비교해 보았을 때, 여러 분석 항목에서 큰 차이가 발생하지 않았다. 따라서 수분응축억제 처리시 사과의 상품성에는 도움이 될 수도 있으나 신선도 유지에 큰 영향은 없는 것으로 보여진다.

감사의 글

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

참고문헌

1. 농림부. 2012. 농림수산물식품 주요통계 2012, 대한민국, p. 320.
2. 이철호, 채수규, 이진근, 박봉상. 1982. 식품공업 품질 관리론, 유림문화사, 대한민국, 제5장, 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. 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.
5. 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.
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, H.-S., Choi, M.-G and Moon, K.-D. 2010. Maintaining Quality of Wild Vegetables (*Aster glehni* and *Aruncus dioicus* var. *kamtschaticus*) from Ulleungdo (Island), Korea by Modified Atmosphere Packaging, *Food Sci. Biotechnol.* 19(1): 193-199.
8. Drake, R.S., Nelson, W.J. and Powers, R.J. 1979. The influence of controlled atmosphere storage and processing conditions on the quality of apple sauce from Golden Delicious apples, *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 104: 68.
9. Jayas, D.S. and Jeyamkondan, S. 2002. Modified atmosphere storage of grains meats fruits and vegetables, *Biosystems Engineering*, 82: 235-251.
10. Joshn, D.S. and Ertan, U. 1983. Interaction of temperature and oxygen level on the respiration rate and storage quality of Idared apples, *J. of Horticultural Science*, 58: 527.
11. Kays, S.J. 1991. Postharvest physiology of perishable plant products. AVI, New York, p. 75-94.
12. 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.
13. Moiseeva, N.A. and Golenishcheva kutuzova AA. 1970. Gas storage of apples packed in polyethylene, *Kholodill'naya Tekhnika*, 47: 12.
14. Rangana, S. 1977. Manual of analysis of fruits and vegetables products, Tata McGraw Hill Ltd.
15. 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.
16. Stephenie, P.J. 1985. SAS/STAT guide for personal computers, version 6 edition, SAS Institute Inc., Chap 1.
17. Wagner, P. 2001. Anti-fog additives give clear advantage. *Plastics, Additives and Compounding* 3: 18-21.
18. Yang, Y.-J., Hwang, 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.