KOREAN JOURNAL OF PACKAGING SCIENCE & TECHNOLOGY
Vol. 25, No. 2 51~56 (2019)
https://doi.org/10.20909/kopast.2019.25.2.51

두께별 기능성 MA 필름으로 포장하여 저장한 사과의 품질

홍상태[1] · 박형우[2]* · 박양균[3]

[1]평택대학교 국제물류학과
[2]한국포장학회
[3]국립목포대 식품공학과

Quality of 'Fuji' Apple Packed with Functional MA Film to the Films Thickness

Sang Tai Hong[1], HyungWoo Park[2]*, Yang-Kyun Park[3]

[1]Pyeongtaek University Department of International Logistics,
[2]Korea Society of Packaging Science & Technology,
[3]Mokpo National University Department of Food Engineering.

Abstract The quality of 'Fuji' apple was analyzed the film thickness conditions and packed with functional MA film during 24 weeks storage at 0°C to weight loss, hardness, acidity and SSC, decay ratio, and vitamin C. The weight loss of apple packed functional MA film was higher than that of contro.Value of the weight loss of apple packed in the control and functional MA filmswere 8.2% and 0.4-0.5%, respectively. The change of hardness and titratable acidity was also lower than that of control. The decay ratio of apple packed with functional MA films were 2.4~4.7%, but that of control was 6.8%. The decay ratio of apple was the lowest at 0.025mm functional MA film. Changes of vitamin C also was lower than that of control. Based on the results, we suggested that the functional MA film with 0.025mm thickness is desirable for keeping the quality of the 'Fuji' apple produced at Geochang, Korea.

Keywords Film thickness, *Fuji* apple, quality characteristics, functional MA film.

서 론

사과는 국내에서 가장 많이 생산되는 과일 중의 하나로 2017년 국내에서 생산된 과일류 2,275천 톤이며 사과는 365천 톤으로[1] 전체생산량의 약 16%를 차지하고 있다. 세계적으로 2015년에 생산된 사과는 58,782 천 톤으로 이중 중국에서 35.9%인 21,105 천 톤이 생산되고 있으며, 그 다음으로 미국이 6.6%, 터키, 프랑스 등이 4%미만으로 생산되고[2] 있다. 사과는 세계 4대 과일 중의 하나이며 생과용이나 쥬스 쨈 등 가공용으로도 다양하게 이용되고 있다. 사과 수확 후 품질유지를 위한 연구들로는 박[3] 등이 Expanded Polystyrene Box로 포장한 후지 사과의 신선도, 과일의 예냉 처리[4] 저온저장[5] MA(modified atmosphere) 포장기술 적용[6], 칼슘처리[7] 및 열수처리, 내부온습도나 공기조성 조절을 위한 포장재 적용에 관한 연구[8]가 활발히 진행되고 있다. MA포장방법은 과실의 생리대사로 인하여 발생되는 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[9]. Lau[10]는 사과품종별 CO_2 함량과 O_2 함량에 따라 저장특성에 미치는 영향을 조사한 바 있다. 또한 Kitamura 등[11]이 사과저장 중 에틸렌 생산량에 관하여 조사한 결과 초기 2주일 동안은 4 ppm에 달했고 1개월마다 0.3~0.5 ppm 씩 상승했다고 했다. Knee 등[12]은 저장고내에서 축적된 에틸렌을 제거함으로써 사과의 연화를 줄일 수 있다고 했다. 또 필름에 미세천공을 내서 신선 절단 사과를 MA필름으로 포장한 효과에 대해보고[13]한바 있고, 기능성 MA 필름으로

*Corresponding Author : HyungWoo Park
Korea Society of Packaging Science & Technology
Tel : +82-31-714-6528
E-mail : hwpark10@naver.com

사과를 포장하여 저장 중 품질변화[14]와 MA 저장법이 사과의 품질에 미치는 영향[15] 등이 보고되어 있을 뿐이며 기능성 MA 필름을 두께별로 제조하여 사과를 포장하여 품질변화를 조사한 것은 거의 보고된 바 없으며 본고에서는 이 3종의 기능성 필름들이 저장사과의 품질에 미치는 영향을 조사한 것이다.

재료 및 방법

1. 재 료

사과는 경남 거창에서 생산한 후지사과를 구입하여 크기나 색깔이 비슷하고 수확시기가 같은 것으로 선별하여 사용하였다.

2. 시험방법

기능성 필름제조를 위해서는 먼저 소재를 생산하는데 경북 구룡산 제올라이트를 Jaw Crusher(Model 59892, Bico. Eng. Italy)로 조쇄한 후 Roll crusher(Model 04-177574-001-1, Denver Co., USA)로 습식 마쇄하여 105°C에서 건조 후 채로 쳐서 150 mesh 이하의 것을 사용하였다. 여기에 1 N HCl 용액으로 100°C에서 1시간 동안 처리한 시료를 기능성 소재로 사용하였다. 소재와 LLDPE resin (Grade No. 3120, Hanyang Chemistry, Korea)을 7:3의 중량비로 섞어 스팀식 Mixing roll에 넣고 150°C, 6min, air pressure 7 kg/cm^{2}의 조건으로 3차례 혼합한 후 팰릿 상으로 절단하여 마스터 뱃치를 만들었다. 필름생산은 가공한 기능성 소재 분말의 혼입 량이 생산된 필름중량의 5%가 되도록 LLDPE resin 을 추가 혼입시켜 inflation 필름압출기(Model SE-70, Shinwha Co., Japan)에 넣고 170°C로 압출하여 필름을 제조하였다. 이때의 압출조건은 die 온도 170°C, die 직경 200 mm, rotating speed 450rpm, 필름 폭은 90 cm, 두께 25, 35, 45 μm 3종의 필름을 생산[16]했다. 시험 사용할 필름 크기는 90×90 cm 크기의 기능성 MA(modified atmosphere) 필름에 15 kg 씩 사과를 포장하여 0°C에 24주간 저장하면서 시험용 시료로 사용하였다.

1) 중량 변화율

중량 변화율은 포장 후 초기 값에 대한 중량에서 측정시 중량을 뺀 중량에 대한 백분율(%)로 나타내었다.

2) 과육 경도

과육의 경도는 시료를 중심에서 약 1 cm 정도 위치를 종단면으로 절단한 후 Rheometer (CR-200D, SUN, Japan)를 사용하여 과핵 쪽으로 probe를 50 mm/min 속도로 10 mm 삽입할 때 나타나는 조직의 저항치를 kgf로 나타내었다.

3) pH, 적정산도 및 가용성 고형분 함량

pH와 적정 산도의 측정은 각 처리구당 동일한 조건의 시료 10개를 개당 1/8조각씩 Mixer(Osterizer, Philips Co., USA)로 마쇄, 여과한 후 20 g을 취해 여기에 증류수 30 g을 첨가한 후 stirrer로 교반하면서 pH meter(Metler 340, USA)를 이용하여 pH를 측정하였고, 산도는 0.1N NaOH로 pH 8.1까지 적정하여 소비된 량을 malic acid로 환산하여 나타내었으며, 가용성 고형분(soluble solid contents; SSC)은 마쇄 액의 일부를 5분간 원심분리하고 상등 액을 취하여 굴절당도계(Atago Co., Ltd. Japan)를 사용하여 측정하여 °Brix로 나타내었다. 산도의 계산식은 다음과 같다.

산도(%) = [0.1N NaOH 소비량(m*l*) × 산도계수(0.0067) × 100] / 시료(g) × 100

4) 부패 율

부패 율은 육안으로 보아 식별이 가능한 것을 부패과로 인정하여 전체 조사한 사과에 대한 백분율로 나타내었으며, 저장기간에 따라 누적치로 나타내었다.

5) 비타민 C 함량

2,4-DNP 비색법에 준하여 측정하였다. 일정량의 시료를 동량의 5% metaphosphoric acid 용액과 혼합하여 여과 후 여과액을 2 ml씩 시험관 2개에 취한 후 시험관 1에 indophenol 용액을 첨가하고, 시험관 1, 2에 5% HPO_3-thiourea 용액을 2 ml씩 가하여 시험관 1은 총 Vitamin C, 시험관 2는 blank로 이용하였다. 시험관 1, 2에 DNP 용액을 가하고 osaxone을 형성, 용해, 흡광도 측정의 순서로 조작하여 spectrophotometer (V-530, Jasco, Japan)을 이용하여 540 nm에서 흡광도를 측정하였다.

결과 및 고찰

1. 중량 감모율

사과를 비롯한 모든 원예 산물의 중량 감소는 조직 내의 수분이 외부로 증산되거나 원예 산물의 호흡에 따른 유기물의 분해로 기인하는 것으로 알려져 있으며, 청과물의 중량감소가 5%이상 감소하면 외관상 위조(萎凋, wilting)를 인지할 수 있어 상품성이 저하된다. 현지 사과저장 중 품질개선 방안을 확립하기 위해 기능성 필름의 적정 두께 설정 시험결과 저장기간에 따른 사과의 중량변화를 살펴본 것은 Fig. 1과 같다. 기존방법이 기능성 필름 포장구(MA, MB, MC)에 비하여 10배 정도의 중량 감소가 더 일어났다. 대조구는 저장 24주 후 8.2% 감소하였으나 기능성 필름 포장구들은 0.4~0.5% 감소한 것으로 나타났다. 필름 두께간의 중량변화는 유의적인 차이가 나타나지 않았다. Lee 등[17]은 사과를 열처리한 것과 일반 MA포장재로 포장하여 0°C에

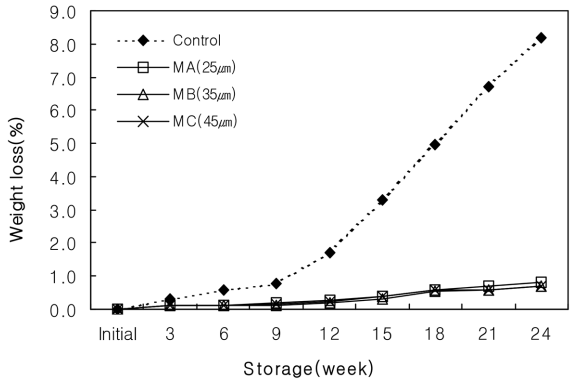

Fig. 1. Changes in the weight loss of 'Fuji' apples by functional MA films thickness during storage at 0°C.

18주간 저장하면서 중량변화를 살펴본 결과 저장 18주후 열수처리는 5%의 중량이 감소했으나 MA 포장구는 1% 중량이 감소하였다고 보고했는데 본고 보다 중량변화가 적은 것은 일반 LDPE 필름을 사용했기 때문에 기능성 필름보다 수분투과율이 적기 때문이라고 판단되었고 Park 등[15]은 30 ㎛ 두께의 LDPE 필름으로 사과를 3개씩 포장하여 8°C에 저장 시 저장 12주 후 중량감소가 1.3%이라고 하였는데 이는 저장온도와 전처리 차이에 기인한 것으로 판단되었다. 기능성 필름들의 두께 간의 중량변화는 유의적인 차이가 나타나지 않았다.

2. 경도

포장재 두께 간에 저장기간에 따른 후지 사과의 경도변화는 Fig. 2와 같다. 저장기간이 지날수록 전반적으로 감소하는 경향을 보였으나, 기간이 길어질수록 포장 두께별 경도감소는 조금씩 차이가 났다. 대조구 보다 기능성 MA 포장구에서 경도는 다소 높게 유지되고 있었다. 특히 0.025와 0.035 mm 두께의 포장구에서 경도가 높게 유지되는 것으로 나타났다. 0.045 mm두께의 포장구는 24주후 경도가 0.77 kgf로 초기치 1.18 kgf에 비해 34%정도 저하되었는데 이는 필름두께가 두꺼워 혐기호흡으로 인한 영향이라고 사료되었으며, 저장 중 경도 변화가 적은 두께의 필름 포장구는 0.025 mm로 나타났다. 정 등[18]도 홍로와 감홍을 상온과 1°C에 저장하면서 경도변화를 조사한 결과 초기치 18.4N이었던 경도가 8주째 8.7N으로 낮아졌으며 대조구에서 0.5 mm 두께의 LDPE 포장구에서 경도 변화가 적었다는 보고와 일치하고 있다.

3. 적정산도 및 가용성 고형분 함량 변화

포장재 두께별 저장기간에 따른 후지 사과의 산도변화는 Fig. 3과 같다. 저장기간이 지날수록 대조구에서 산도감소는 초기치에 비해 57%가 감소하였으나 기능성 포장구에서는 12.9~12.3%가 감소하는 것으로 나타나 기능성 필름 포장구에서 산도 감소가 현저히 적은 것으로 나타났다. 필름두께 간에는 0.025 mm 포장구에서 산도변화가 가장 적었으며 0.045와 0.035 mm 포장구에서는 대조구 보다는 적었다. 저장 24주후 대조구는 초기치 0.186%에서 0.082%로 66% 감소하였고 0.025 mm 포장구는 0.015%로 17%감소하였고 0.035와 0.045 mm 포장구는 30% 감소하였다. 이상의 결과로부터 산도유지에는 대조구는 물론 필름 두께 간에도 0.025 mm 포장구가 좋은 것으로 나타났다. 최[19]는 1-MCP (1-Methylcyclopropene)에 사과와 복숭아를 처리하여 상온과 저온에 저장 2주후 산도는 대조구는 초기치에 비해 75% 감소되었으나 1-MCP 처리구는 11% 감소하여 대조구에 비해 1-MCP 포장구에서 산도 변화가 적었다는 보고와 일치하였다.

기능성 MA 포장재 두께별 저장기간에 따른 후지 사과의 당도변화는 Fig. 4와 같다. 저장기간 15주 후 포장재 두께 간의 당도 변화가 크게 나타나기 시작했다. 초기 당도는 14.0 Brix였으며 저장 15주후 대조구는 13.4였고 0.045 mm

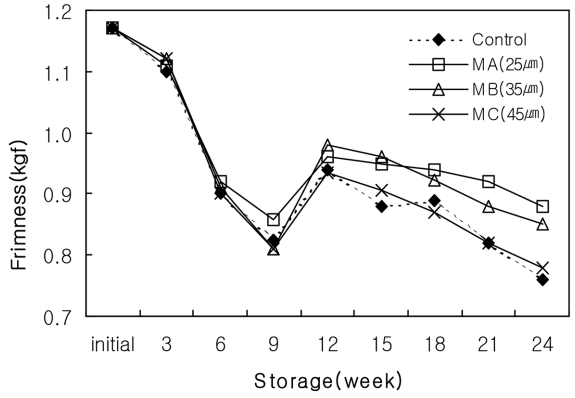

Fig. 2. Changes in the firmness of 'Fuji' apples by functional MA films thickness during storage at 0°C.

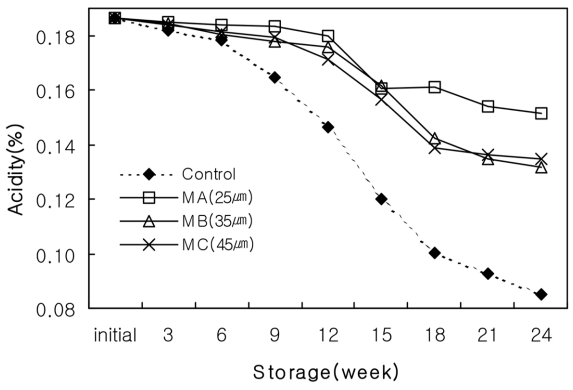

Fig. 3. Changes in the titratable acidity of 'Fuji' apples by functional MA films thickness during storage at 0°C.

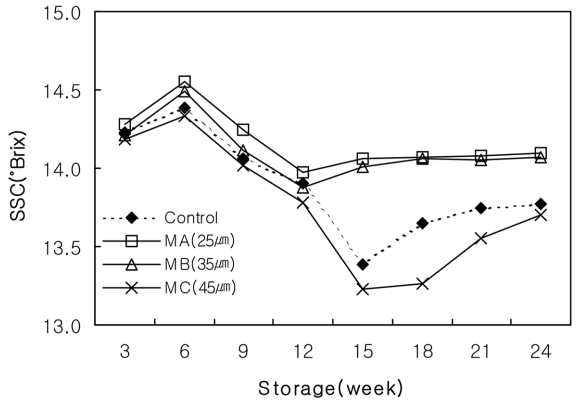

Fig. 4. Changes in the soluble solid acid of 'Fuji' apples by functional MA films thickness during storage at 0°C.

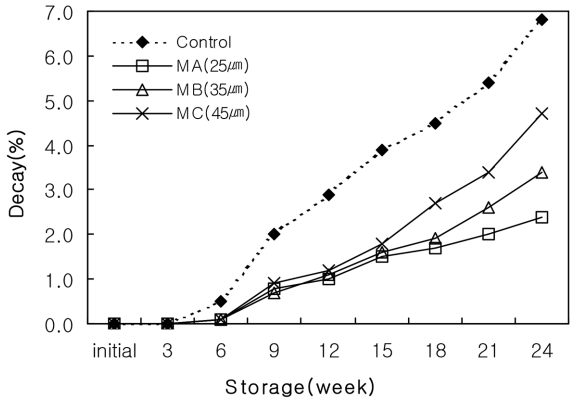

Fig. 5. Changes in the decay ratio of 'Fuji' apples by functional MA films thickness during storage at 0°C.

포장구는 13.2 °Brix로 나타났으며 0.025와 0.035 mm 포장구는 14.0과 14.1 °Brix로 이 두포장구가 당도 변화가 적은 것으로 나타났다. 저장 24주 후 대조구의 당도가 저장 15주보다 다소 올라간 것은 Fig. 1과 같이 중량이 감소되면서 상대적으로 당도는 상승하는 경향을 나타낸 것으로 사료되었다. 이상의 결과로부터 가용성 고형분 함량 및 산도유지에는 대조구는 물론 필름 두께간에도 0.025 mm 포장구가 좋은 것으로 나타났다. 최[19]는 1-MCP 처리는 당도변화에 아무런 영향을 미치지 않았다고 보고했고 강 등[20]은 감마선과 메칠 브로마이드로 사과를 처리하여 0°C에 2개월간 저장하면서 당도변화를 조사한 결과 가용성 고형분 함량의 변화를 모든 시험구간에 뚜렷한 차이를 보이지 않았고, 대조구에서 도리어 감마선 처리구보다 당도가 높게 유지되고 있었다. 이는 대조구는 포장을 하지 않아 수준증산에 의한 중량감소로 인하여 당도가 높게 나온 것이라고 판단되며, 또 Makhlouf 등[21]은 사과의 가용성 고형물은 후숙과정이나 저장기간 동안 생합성 및 가수분해에 의해 증가되기도 하고 호흡기질로 사용되어 감소되기도 하는 것으로 알려져 있다고 보고한 내용과도 일치하고 있다.

4. 부패율

포장재 두께간의 저장기간에 따른 후지 사과의 부패율 변화를 살펴본 것은 Fig. 5와 같다. 저장기간이 지날수록 모든 포장구에서 부패 율은 증가한 것으로 나타났으며, 저장24주 후 대조구는 6.8%, 0.045 mm 포장구는 4.7%, 0.035 mm 포장구는 3.4%, 0.025 mm 포장구는 2.4%로 부패 율이 가장 낮았다. 대조구 보다는 필름 포장구에서 대체로 부패 율이 낮게 나타났으며 필름두께 간에도 0.025 mm 기능성 MA 포장구에서 부패가 적었다. Chung 등[9]도 개당 320g 내외의 크기가 큰 후지사과를 0.05 mm 두께의 LDPE 필름으로 포장하여 5±1°C로 유지되는 저온 저장고 저장하면서 16주 후 부패율을 조사한 결과 6%라고 보고했으며 이는 저장온도 차이에 의한 것이라고 판단되며 저장기간이 지남에 따라 부패율이 증가한다는 보고와는 일치하였다. Shin 등[22]은 후지 사과를 온습도 조건을 달리하여; 25°C RH 70%, 10°C RH 80%, 5°C RH 90%에 120일 동안 저장하면서 저장 중 부패율을 조사한 결과 저장90일 후 부패율은 각기 11.8%, 8.2% 및 5.9%로 나타났으며, 저장 120일 후 25°C에 저장한 시험구는 57.1%가 부패하였으나 10°C에 저장한 시험구는 7.1%가 부패하여 저장기간이 길어짐에 따라 부패율이 증가되었다는 보고와 일치하고 있었다.

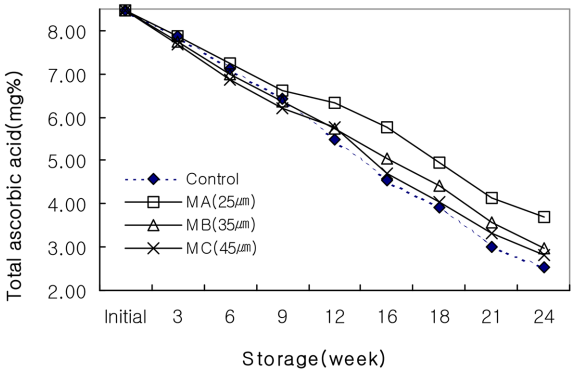

Fig. 6. Changes in the vitamin C content of 'Fuji' apples by functional MA films thickness during storage at 0°C.

6. 비타민 C

비타민 C 함량은 저장기간이 지남에 따라서 모든 시험구에서 낮아졌으며 저장 24주 후 초기치 8.46 mg%에서 대조구는 2.5mg%로 초기치에 비해 70% 감소하였고 기능성 포장구들 간에는 3.9에서 3.0mg% 정도로 유지되고 있었다. Lee 등[23]는 홍로 사과를 edible coating 하여 1±1°C가 유지되는 cold chamber에서 12주간 저장하면서 비타민 C 함량 변호를 조사한 결과 껍질과 과육 모두 감소하는 경향이었

으며 edible coating 코팅구가 대조구 보다 비타민 C 감소가 낮았다는 보고와도 일치하는 경향을 보였다. 비타민 C 함량 변화는 대조구는 초기치에 비해 57%가 감소하였으나 기능성 포장구에서는 12.9~12.3%가 감소하는 것으로 나타나났으며, 필름두께 간에도 0.025 mm 필름 포장구에서 비타민 C 함량의 변화가 가장 적은 것으로 나타났다.

요 약

경남 거창 산 후지사과를 0.025, 0.035, 0.045 mm 두께의 기능성 MA 필름을 생산하여 사과를 24주간 0°C에 저장하면서 중량변화, 경도, 산도, 당도, 부패율 및 비타민 C 등의 품질변화를 조사하였다. 저장24주 후 중량변화는 대조구는 8.2% 감소하였으나 기능성 필름 포장구들은 0.4~0.5% 감소한 것으로 나타났고 경도와 당도변화의 경우도 대조구 보다 기능성 MA 포장구에서 경도는 다소 높게 유지되고 있었다. 부패 율은 저장24주 후 대조구는 6.8%, 0.045 mm 포장구는 4.7%, 0.035 mm 포장구는 3.4%, 0.025 mm 포장구는 2.4%로 0.025 mm 두께의 포장구에서 부패 율이 가장 낮았다. 비타민 C 변화는 저장 24주 후 초기치 8.46mg%에서 대조구는 2.5mg%로 초기치에 비해 70% 감소하였고 기능성 포장구들 간에는 3.9에서 3.0mg% 정도로 유지되고 있었다. 이상의 결과에서 후지사과의 저장용 기능성 MA 포장재의 적정 필름 두께는 0.025 mm가 적합한 것으로 나타났다.

참고문헌

1. MAFRA. 2018. Agriculture, Food and Rural Affairs Statistics Yearbook.
2. FAO. 2017. Production of Fruits & Vegetables, FAO Statistics.
3. Park, H.W., Parkm J.D., Lim, D.M. and Choi, J. Freshness Extension of ‘Fuji’ Apple packed with EPS Box. Korean Journal of Packaging Science & Technology. v.6 no.1, pp. 47-52, 2000, 1226-0207.
4. 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.
5. 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.
6. Mostofi, Y., Hajizadeh, H.S., Talaie, A. and Mousavi, E.Z. 2008. Modified atmosphere packaging (MAP) effects on quality maintenance and storage life extension of local Iranian apple ‘olab Kohanz’ Acta. Hort. 768: 103-109.
7. 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.
8. Kim, B.S., Hyun, N.U. and Nahmgoong, B. 1999. Effect of Pressure Cooling for Quality of ‘sugaru’ Apple during Storage at different Temperatures. Korean J. Postharvest Sci. Technol. 6(4): 371-375.
9. Chung, D.-S. and Lee, Y.S. 2009. Applications of Functional Tray Form Packaging to Extend the Freshness of High-Quality ‘uji’ Apples, Korean J. Food Preserv. 16(6): 817-823.
10. Lau, L.O. 1983. Effects of storage procedures and low oxygen and caron dioxide atmospheres on storage quality of Spartan apples. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 108: 955-959.
11. 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: 227-229.
12. Knee, M. and Hatfield, S.G.S. 1981. Benefits of ethylene removal during apple storage. Ann. Appl. Biol. 98: 157-161.
13. Park H.W., Ryu N.H. 2013. Effect of Chemical and Anti-fogging Agent Treated MA Packaging Film on Freshness Extension of ‘Fuji’ Apples. Korean Journal of Packaging Science & Technology. 19(2):87-94 .
13. Chung, H.S., Peter, T., Moon, K.D 2008. Effrct of MA Packaging in Microperforated Film on Maintenance of the Quality of Fresh-Cut Apples. Korean J. Food Preserv. 15(3): 347-351.
14. Park H.W., Yoon, J.Y., Kim, Y.H., Lee, S.A., Cha, H.S. 2007. Customer Preference for ‘Fuji’ Apples Stored Using Functional MA Film. Korea . Food Preserv. 14(1): 105-108.
15. Park, H.W., Kim, S.H.,Cha, H.S., Kim, Y.H., Kim, M.R. 2004. Effet of MA Packaging on Quality of ‘Fuji’ Apple. Korean J. Food Preserv. 11(4): 468-471.
16. Park H.W. 1994. Studies on the Development of Modified Atmosphere Packaging Films for Fruits and vegetables. Ph.D. Korea University, ROK.
17. Lee, S.A., Park, H.W., Kim, S.H., Park, J.D., Kim, Y.H. 2007. Hot Water Treatment and MA Packaging Affect the Freshness Extension of ‘Fuji’ Apples. Korean J. Food Preserv. 14(1): 42-46.
18. Chung D.S., Hong, Y.P., Choi, J.W., Lee, J.S., Lee, Y.S. 2005. Effects of packaging Film Application and CA Storage on Change of Quality Characteristics in ‘Hongro’ and ‘Gamhong’ Apples. Korean J. Food Preserv. 12(5): 424-431.
19. Choi, S.J. 2005. Comparision of the Change in Quality and Ethylene production between Apple and Peach fruits Treate with 1-methylcyclopropene. Korean J. Food Preserv. 12(6): 511-515.
20. Kang, H.J., Chung, H.S., Jo, D.J., Byun, M.W., Choi, S.J. 2003. Effects of Gamma Radiation and Methyl Bromide Fumigation on Physiological and Chemical Quality of Apples. Korean J. food Preserv. 10(3): 381-387.

21. Makhlouf, J., Willemot, C., Arul, J., Castaigne, F., Emond, J.P. 1989. Regulation of Ethylene Biosynthesis in Broccoli Flower Buds in CA. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 114: 955-958.
22. Shin, Y.H., Cho, S.H. 2001. Effect of Storage Temperature and Humudity on the Quality of Apples and Pears Harvested in Gyeongnam, Korea. Korean J. Postharvest Sci. Tech. 8(3): 269-273.
23. Lee, J.Y., Min, S.C., Song, K.B. 2015. Effect of Edible Coating on the Quality Change in ‘Hongro’ Apple during Storrage. J. Appl. Bio Chem. 58(1): 61-64.

투고: 2019.08.01 / 심사완료: 2019.08.02 / 게재확정: 2019.08.09