

미세 천공 필름에 의한 신선절단 사과 MA포장 효과

정현식¹ · Peter Toivonen² · 문광덕[†]

¹경북대학교 식품생물산업연구소, ²캐나다 태평양농식품연구센터, 경북대학교 식품공학과

Effect of Modified Atmosphere Packaging in Microperforated Film on Maintenance of the Quality of Fresh-Cut Apples

Hun-Sik Chung¹, Peter Toivonen² and Kwang-Deog Moon[†]

¹Food & Bio-Industry Research Institute, Kyungpook University, Daegu 702-701, Korea

²Agriculture and Agri-Food Canada, Pacific Agri-Food Research Center, 4200 Highway, 97 South, Summerland, BC, Canada V0H 1Z0

Department of Food Science and Technology, Kyungpook University, Daegu 702-701, Korea

Abstract

The effect of microperforated packaging films on fresh-cut apples was studied. Apples (*Malus domestica* Borkh. cv. Red Delicious) were cored and cut, packaged in laser microperforated film or non-microperforated polyolefin film, and stored for 3 weeks at 4°C. The flesh firmness of apples packaged in microperforated film during the storage period was significantly higher than that of apples packaged in non-microperforated film, and the level of soluble solids was also higher. The browning index, titratable acidity, pH, acetaldehyde and ethanol levels were not affected by microperforation. These results show that microperforated films could be used for retention of flesh firmness in fresh-cut apples.

Key words : fresh-cut apples, microperforated films, packaging, flesh firmness

서 론

사과는 중앙 아시아지역이 원산지이며 전 세계적으로 7,500여종이 존재하고 매년 5,500만톤 정도가 생산되어 생과나 가공품의 형태로 소비되고 있다(1). 사과의 구성성분은 섬유소, 비타민 C, 페놀성 물질 등이 대표적이며 이로 인해 암과 심장병 예방, 체중과 콜레스테롤 감소, 신경과 뇌세포 보호 등과 같은 기능성을 가지는 것으로 알려져 있다(2). 최근에는 식생활의 편의화와 건강지향으로 인해 신선절단(fresh-cut) 과실과 채소류의 소비 급증과 함께 사과를 이용한 제품의 소비도 증가하는 추세이다(3).

신선절단 가공기술은 과실과 채소류의 소비 편의화를 위해 세척, 절단, 이화학적 처리 및 포장 등을 포함하는 일련의 조작이다(4). 절단은 조직손상을 일으켜 품질저하

의 원인인 에틸렌 생성과 호흡량 증가, 효소적 갈변, 미생물 번식 등이 빠르게 유발되게 하고, 이화학적 처리와 포장은 품질저하 원인을 제어하는 조작이다(5,6). 신선절단 제품의 유통기한 연장을 위해서는 절단조작의 관리와 절단 후 적절한 이화학적 처리와 포장방법 선택이 이루어져야 하며(7) 이 중 이화학적 처리의 보완과 무첨가 천연식품을 선호하는 소비자 요구에 부응하기 위해서는 포장방법 개선에 관한 연구가 더욱 필요하다고 생각된다. 포장방법은 modified atmosphere packaging(MAP)이 주로 사용되는데 이는 포장내 환경기체조건을 피포장물의 호흡과 포장재의 투과도에 의해 변경시켜 저장기간을 연장시키는 방법이며, 형성된 포장내의 저산소와 고이산화탄소에 의해 호흡, 에틸렌 생합성과 작용, 펙틴질 분해, 효소적 갈변, 호기성 미생물 생육 등을 억제하는 효과가 있는 것으로 알려져 있다(8). 이러한 효과들은 과실의 품종, 재배지, 재배조건 뿐만 아니라 포장재의 산소, 이산화탄소 및 수증기의 투과도에 의존적이어서 이들에 따른 효과 검정이 필수적인 절차이다.

[†]Corresponding author. E-mail : kdmoon@knu.ac.kr,
Phone : 82-53-950-5773 Fax : 82-53-950-6772

신선절단 사과에 관한 연구로는, 사과 품종별 신선절단 가공특성 비교(9,10), 열처리의 효과(11), 가식성 코팅처리의 효과(12,13), 갈변 억제제 처리의 효과(14,15), 고이산화탄소와 저산소에 대한 신선절단 사과의 생리적 반응도(16)와 미생물 안정성(17), diphenylamine (18)과 1-methylcyclopropene (19) 처리의 효과 및 고농도 비타민 C 처리와 질소치환포장의 효과(20) 등과 같이 다수 보고되어 있으나 절단 후 이화학적 처리를 수행하지 않은 포장법에 대한 연구는 물론이고, 포장재가 가지는 물질 투과성의 한계를 극복하고 포장내외의 물질 투과성을 증대시켜 포장내 환경조성을 원하는 범위로 조절할 수 있는 장점을 가지는 것(21)으로 알려져 있는 미세공 플라스틱 포장필름이 신선절단 사과의 품질유지에 미치는 영향에 대한 연구는 미미한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 미세공 필름으로 신선절단 사과를 포장하고 저장기간에 따른 이화학적 품질특성 변화를 조사하여 미세 천공의 MA포장 효과를 확인하였다.

재료 및 방법

재료

실험용 사과(*Malus domestica* Borkh.)는 Red Delicious 품종을 캐나다 태평양농식품연구센터(Pacific Agri-Food Research center, Summerland, Canada)의 과수원에서 상업적 성숙기에 수확하여 외관과 크기가 균일한 것만 선별한 후 0°C에서 저장하면서 사용하였다.

신선절단 사과의 제조 및 포장

원형 사과를 100 ppm 염소액(pH 6.5)으로 세척한 후 실온에서 송풍건조시킨 다음 제심, 8등분하고 약 300 g씩을 폴리스틸렌 용기(18 cm×15 cm)에 담아 20 µm polyolefin 필름(Cryovac PD-941, Duncan, S.C., U.S.A.) 봉지(24 cm×16 cm)와 레이저로 직경 100 µm의 구멍을 1개 천공한 봉지에 각각 넣어 밀봉포장하였다. 포장된 신선절단 사과는 4°C에서 저장하면서 1주일 간격으로 이화학적 품질특성을 3반복으로 조사하였다.

갈변도 측정

갈변도는 절단사과의 절단면을 chromameter (CR-200, Minolta Co., Japan)로 L, a, b값을 각각 측정하여 CIE 표준색 체계의 삼자극치인 X, Y, Z를 구하고 이를 바탕으로 갈변도(browning index)를 다음과 같은 식으로 계산하였다(13). 갈변도 = $[(x-0.31)/0.172] \times 100$, $x = X/(X+Y+Z)$

과육경도 측정

과육경도는 절단사과의 절단면을 hardness tester (HHP-2001-Fff, Bareiss Prüfgeratebau GmbH, Germany)에 직경 5.0 mm

probe를 부착하여 측정하였다. 측정결과는 Newton (N)으로 나타내었다.

가용성 고형분 측정

가용성 고형분 함량은 절단사과를 착즙하고 여과한 액을 취해 Atago digital refractometer (PR-101, Japan)를 사용하여 측정하였다.

적정산도 및 pH 측정

적정산도는 절단사과를 착즙, 여과한 액 10 mL를 취해 증류수로 10배 희석한 다음 0.1 N NaOH로 pH 8.1까지 적정하여 소비된 양을 malic acid로 환산하여 나타내었다. 그리고 pH는 시료를 착즙, 여과한 액을 pH meter로 측정하였다.

아세트 알데하이드 및 에탄올 측정

아세트 알데하이드와 에탄올 함량은 과육 10 g에 증류수 30 mL를 가하여 증류한 다음 증류액 5 µL 취해 GC(5890A, Hewlett Packard, CA, U.S.A.)로 분석하였다. 이때 분석조건으로 컬럼은 10% carbowax 20 M(Supelco, U.S.A.), 컬럼온도는 105°C, 운반기체는 질소를 그리고 검출기는 FID 각각 사용하였다.

결과 및 고찰

갈변도의 변화

신선절단 사과를 포장하고 시간의 경과에 따른 갈변도를 측정한 결과는 Fig. 1에 나타내었다. 갈변도는 두 종류의 포장구간에 유의적인 차이가 없이 증가하는 경향을 보였으며 저장 1주까지 다소 빠르게 증가한 후 이후부터는 완만하게 증가함을 보였다. 갈변도는 신선절단 과실의 유통기간 결정에 중요한 지표의 하나로 사용되고 있다. 절단과실에

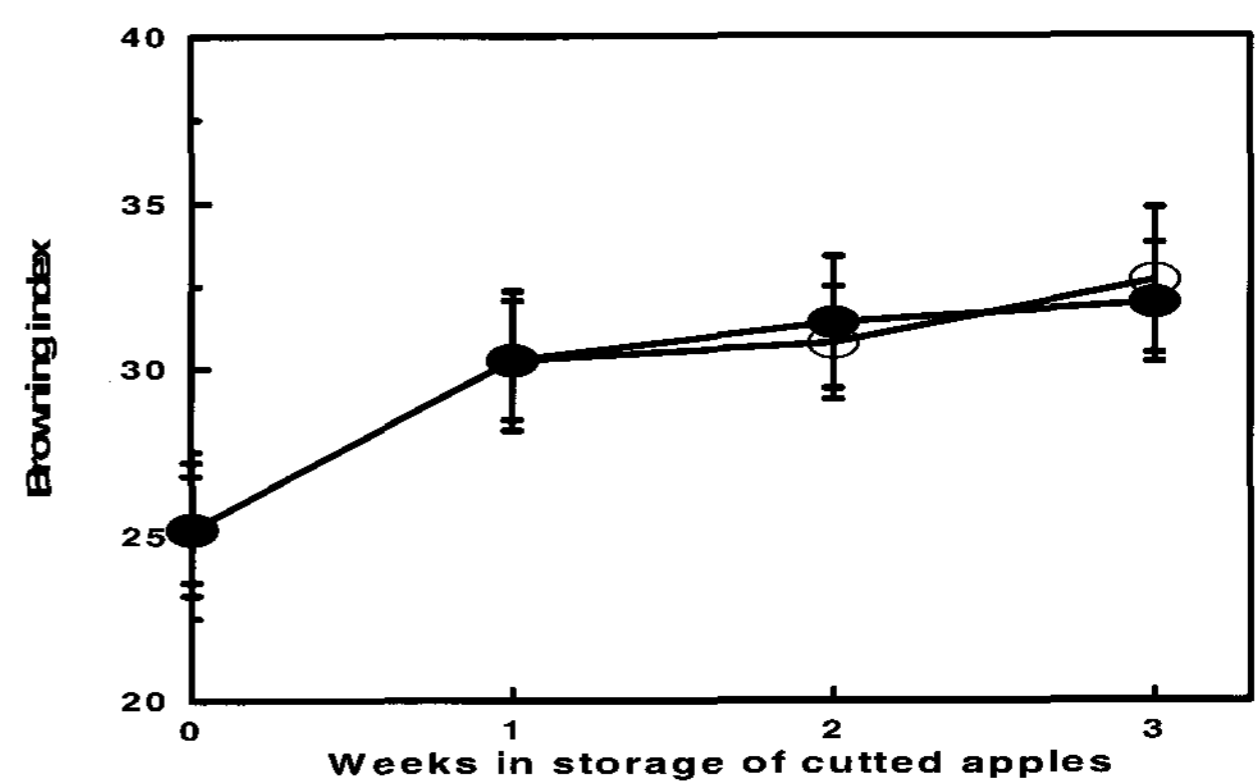


Fig. 1. Browning index in fresh-cut apples packaged with microperforated (○) or non-microperforated (●) films during storage at 4°C.

Values represent the mean±S.E.

서 갈변발생은 효소적 갈변이 주원인인데 이는 세포 속에 존재하던 페놀물질이 조직파괴로 인해 외부로 노출되면서 polyphenoloxidase의 작용을 받아 quinone으로 산화되고 다시 중합반응을 거듭하여 갈색물질을 생성하는 반응으로 알려져 있다(22). 이러한 절단과실의 갈변억제에는 산화방지제 처리(14,15)와 산소제어 포장법(20)이 유효한 방법으로 보고된 바 있다.

과육경도의 변화

신선절단 사과를 포장한 후 저장하면서 과육경도의 변화를 측정한 결과는 Fig. 2에 나타내었다. 과육경도는 두 종류 포장구 모두에서 저장기간이 경과함에 따라 감소하는 경향을 보였으나 그 감소속도는 미세천공 포장구가 느려서 저장 1주 후부터 포장구간에 유의적인 차이를 보였다. 이러한 결과를 볼 때 미세천공 포장재는 신선절단 사과의 과육경도 유지에 우수한 효과를 가지는 것으로 판단된다. 과육경도는 과실의 성숙도와 품질 평가에 사용되는 중요한 지표이며 세포벽 강도, 세포간 결합력, 세포 팽압 등에 의해 결정되는 것으로 알려져 있다(23). 저장 중 이러한 결정요인들의 약화는 세포벽 구성성분과 펙틴질 분해관련 효소의 활성화와 수분손실 등이 원인이며 궁극적으로 과육경도의 감소를 초래하며, 에틸렌 생성과 작용 저해가 가능한 저장조건에서 과육경도 감소가 억제되는 것으로 보고되어 있다(24). 따라서 미세천공 포장구에서 높은 과육경도를 유지한 것은 절단사과에서 생성된 에틸렌이 포장재의 미세공을 통해 배출되어 포장 내 축적이 제한된 것이 하나의 원인으로 생각된다.

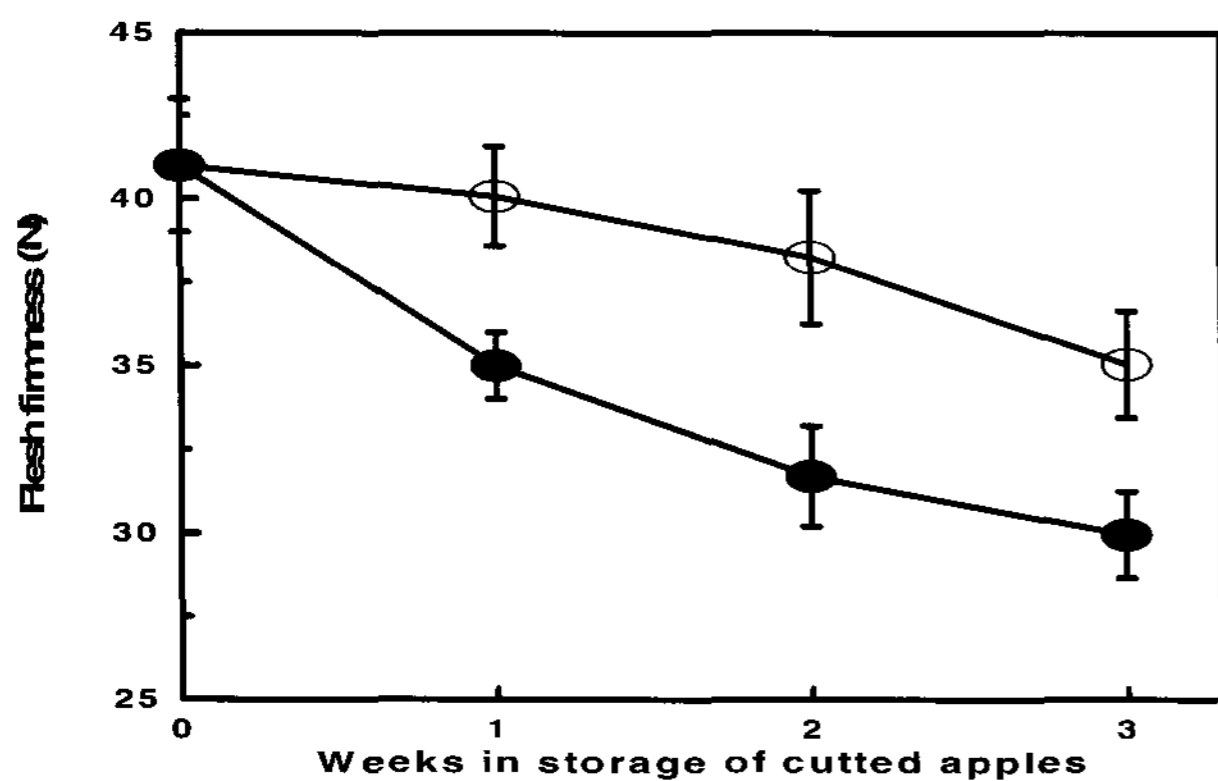


Fig. 2. Flesh firmness in fresh-cut apples packaged with microperforated (O) or non-microperforated(●) films during storage at 4°C. Values represent the mean±S.E.

가용성 고형분의 변화

포장한 신선절단 사과를 저장하면서 가용성 고형분의 함량변화를 측정한 결과는 Fig. 3에 나타내었다. 가용성 고형분 함량은 저장 중 감소하는 경향을 보였으며 저장 2주까지는 두 포장구간에 유의적인 차이를 보이지 않았

나 저장 3주후에는 천공 포장구에서 유의적으로 높은 함량을 나타내었다. 이로써 미세천공 포장재가 신선절단 사과의 비교적 장기 저장시 가용성 고형분 함량 유지에 유효한 것으로 판단된다. 가용성 고형분 함량은 당 함량의 척도이며 사과의 품질 평가에 있어 중요한 지표이다. 사과의 주요 유리당 성분은 sucrose, glucose, fructose 등이며 저장 중 sucrose는 단당류로 분해되고 단당류는 대사기질로 소모되는 것으로 알려져 있다(25).

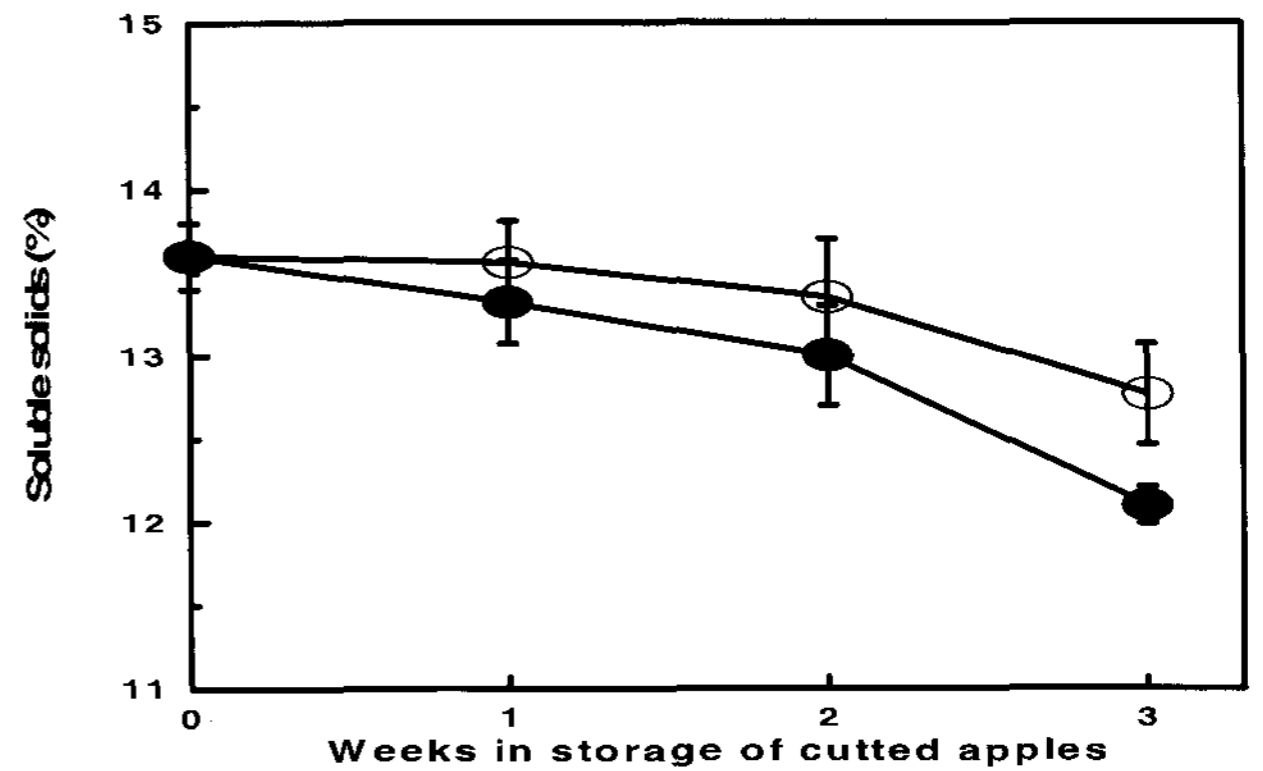


Fig. 3. Soluble solids in fresh-cut apples packaged with microperforated (O) or non-microperforated(●) films during storage at 4°C. Values represent the mean±S.E.

적정산도 및 pH의 변화

신선절단 사과의 적정산도와 pH 변화를 각각 측정한 결과는 Fig. 4에 나타내었다. 적정산도는 저장 중 거의 변화를 보이지 않고 약 0.2% 정도를 나타내었다. pH 역시 유의적인 저장 중 변화와 포장구간에 차이를 보이지 않고 약 pH 4 정도를 나타내었다. 이를 볼 때 포장재 미세천공은 신선절단 사과의 유기산 변화에는 영향을 미치지 않는 것으로 여겨진다. 적정산도는 당도와 더불어 과실의 식미평가에 중요한 척도로 사용하며, 사과의 대표적인 유기산은 malic acid이며(25), 원형 사과의 저장 중 적정산도는 감소하는 경

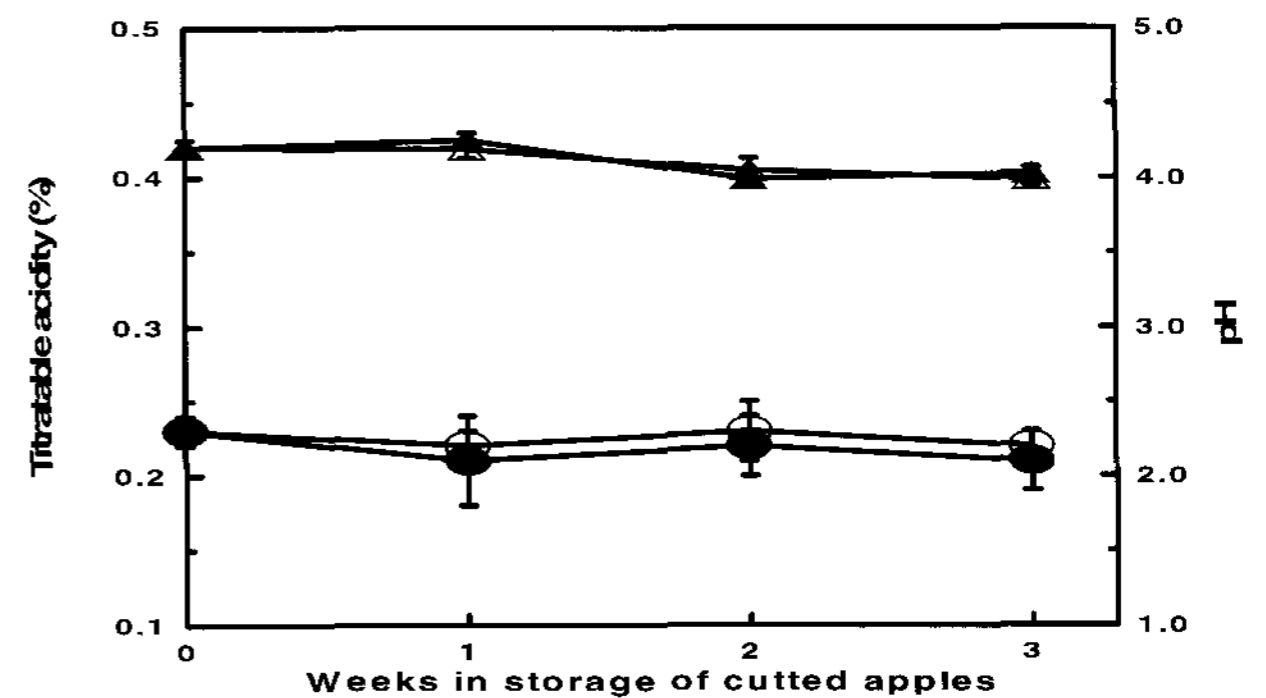


Fig. 4. Titratable acidity(circle) and pH(triangle) in fresh-cut apples packaged with microperforated(O, Δ) or non-microperforated(●, ▲) films during storage at 4°C. Values represent the mean±S.E.

향을 보이며 환경의 저산소에 의해 감소가 억제되는 것으로 알려져 있다(26). 이러한 점을 고려해 볼 때 본 연구에서 포장재 천공에 따른 내부 형성 기체조성의 차이가 적정산도의 변화를 다르게 일으킬 만큼은 되지 않는 것으로 생각된다.

아세트알데하이드 및 에탄올의 변화

신선절단 사과를 포장하여 저장하면서 아세트알데하이드와 에탄올 함량의 변화를 각각 측정 한 결과는 Fig. 5에 나타내었다. 저장 중 아세트알데하이드의 변화 패턴은 두 종류의 포장구간에 뚜렷한 차이를 보이지 않고 저장 1주경까지 증가 후 감소하는 경향을 보였다. 에탄올 함량 역시 포장구간에 유의적인 차이를 보이지 않았고 저장 기간이 길어짐에 따라 약간씩 증가하는 경향을 나타내었다. 아세트알데하이드와 에탄올 함량은 포장물의 저산소나 고이산화탄소 환경에 대한 내성한계 이하 또는 이상에서 급증하며(27), 이들의 과도한 축적은 이취발생의 원인으로 알려져 있다(28). 원형사과의 경우 저농도 산소조건에서 조직내 에탄올이 축적되어 그 함량이 2,000~2,500 mg/L에 달하면 조직의 장해와 이취가 발생한다고 보고(29)된바 있다. 본 연구에서 저장 중 아세트알데하이드와 에탄올의 변화패턴은 포장재의 투과성에 의해 나타난 것이며 미세 천공에 따른 차이는 미미한 것으로 생각된다. 또한 아세트알데하이드와 에탄올의 과도한 축적이 없는 점으로 보아 포장내 기체조성이 신선절단 사과의 저산소와 고이산화탄소에 대한 내성한계 이내인 것으로 여겨진다.

이상의 결과를 종합해 보면, 신선절단 Red Delicious 사과의 포장시 미세천공 포장재의 사용은 갈변도, 적정산도, pH, 아세트알데하이드 및 에탄올 함량 등에는 영향을 미치지 않으나 과육경도와 가용성 고형분 함량에는 감소 억제효과를 가져 산업적 적용의 유효성이 확인되었다. 한편, 신선절단 사과의 포장에 미세천공 기술의 효율적인 적용을 위해서는 사과품종, 절단방법, 포장재 종류, 천공방법 등에 관련된 연구가 더욱 필요하다 하겠다.

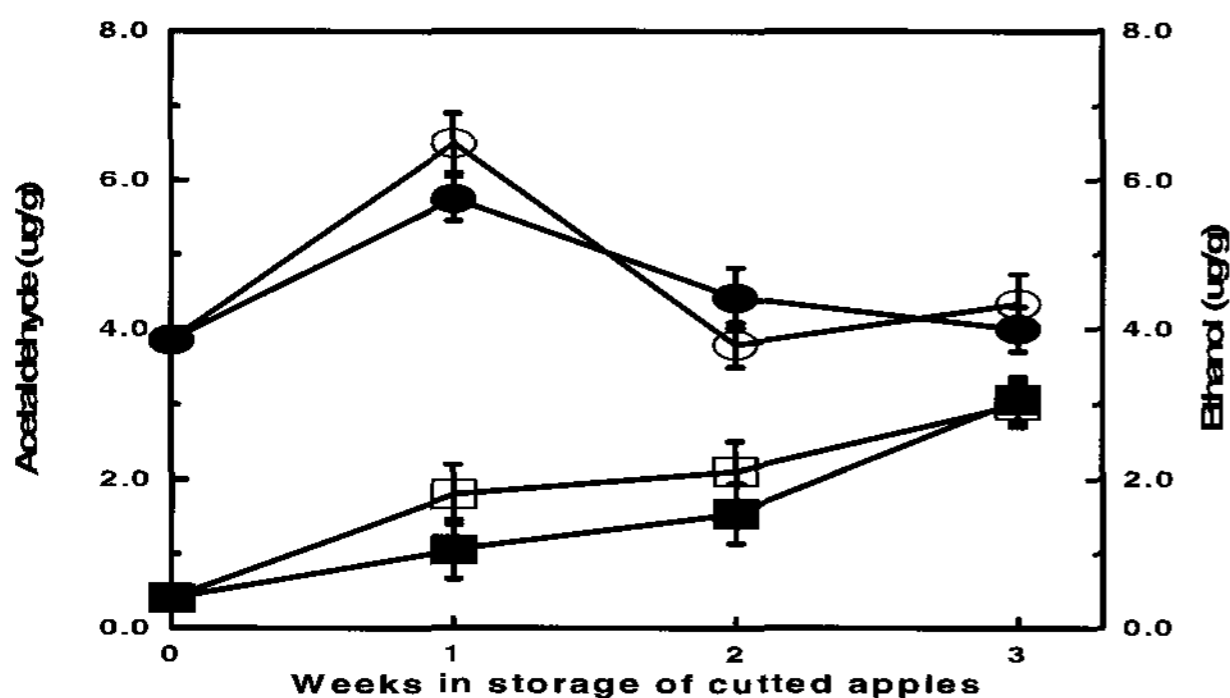


Fig. 5. Acetaldehyde(circle) and ethanol(quadrangle) in fresh-cut apples packaged with microperforated(O, Δ) or non-microperforated(●, ▲) films during storage at 4°C.

Values represent the mean±S.E.

요 약

미세천공 포장재가 신선절단 사과의 품질유지에 미치는 영향을 확인하기 위하여, 원형사과(*Malus domestica* Borkh. cv. Red Delicious)를 제심, 절단한 후 레이저로 미세공을 하나 천공한 것과 천공하지 않은 polyolefin 필름으로 밀봉 포장하고 4°C에서 3주간 저장하면서 이화학적 품질 특성들의 변화를 조사하였다. 절단사과의 과육경도는 저장 1주 후부터 천공포장구에서 유의적으로 높은 값을 보였고, 가용성 고형분 함량은 저장 3주 후에 천공포장구에서 유의적으로 높은 값을 보였다. 절단사과의 절단면 갈변도, 적정산도, pH, 아세트알데하이드 및 에탄올 함량은 두 종류의 포장구간에 유의적인 차이를 보이지 않은 것으로 나타났다. 이로써 미세천공 포장재는 신선절단 사과의 과육경도 유지에 효과적인 방법인 것으로 판단된다.

참고문헌

1. <http://en.wikipedia.org/wiki/Apple>
2. Boyer, J. and Liu, R.H. (2004) Apple phytochemicals and their health benefits. *Nutr. J.*, 3, 1-15
3. Allende, A., Tomas-Barberan, F.A. and Gil, M. (2006) Minimal processing for healthy traditional foods. *Trends Food Sci. Technol.*, 17, 513-519
4. Schlimme, D.V. (1995) Marketing lightly processed fruits and vegetables. *Hort. Sci.*, 30, 15-17
5. Watada, A.E., Abe, K. and Yamauchi, N. (1990) Physiological activities of partially processed fruits and vegetables. *Food Technol.*, 44, 116-122
6. Brecht, J.K. (1995) Physiology of lightly processed fruits and vegetables. *Hort. Sci.*, 30, 18-22
7. Soliva-Fortuny, R. and Martin-Belloso, O. (2003) New advances in extending the shelf-life of fresh-cut fruits. *Trends Food Sci. Technol.*, 14, 341-353
8. Jayas, D.S. and Jeyamkondan, S. (2002) Modified atmosphere storage of grains meats fruits and vegetables. *Biosystems Engineering*, 82, 235-251
9. Kim, D.M., Smith, N.L. and Lee, C.Y. (1993) Quality of minimally processed apple slices from selected cultivars. *J. Food. Sci.*, 58, 1115-1117
10. Abbott, J.A., Saftner, R.A., Gross, K.C., Vinyard, B.T. and Janick, J. (2004) Consumer evaluation and quality measurement of fresh-cut slices of 'Fuji', 'Golden Delicious', 'GoldRush', and 'Granny Smith' apples. *Postharvest Biol. Technol.*, 33, 127-140
11. Kim, D.M., Smith, N.L. and Lee, C.Y. (1993) Apple

- cultivar variations in response to heat treatment and minimal processing. *J. Food Sci.*, 58, 1111-1114
12. Wong, D.W.S., Tillin, S.J. Hudson, J.S. and Pavlath, A.E. (1994) Gas exchange in cut apples with bilayer coatings. *J. Agric. Food Chem.*, 42, 2278-2285
 13. Perez-Gago, M.B., Serra, M. and Del Rio, M.A. (2006) Color change of fresh-cut apples coated with whey protein concentrate-based edible coatings. *Postharvest Biol. Technol.*, 39, 84-92
 14. Sapers, G.M. Garzarella, L. and Pilizota, V. (1990) Application of browning inhibitors to cut apple and potato by vacuum and pressure infiltration. *J. Food Sci.*, 55, 1049-1053
 15. Cocci, E., Rocculi, P., Romani, S. and Rosa, M.D. (2006) Changes in nutritional properties of minimally processed apples during storage. *Postharvest Biol. Technol.*, 39, 265-271
 16. Gunes, G., Watkins, C.B. and Hotchkiss, J.H. (2001) Physiological responses of fresh-cut apple slices under high CO₂ and low O₂ partial pressures. *Postharvest Biol. Technol.*, 22, 197-204
 17. Soliva-Fortuny, R.C., Elez-Martinez, P. and Martin-Belloso, O. (2004) Microbiological and biochemical stability of fresh-cut apples preserved by modified atmosphere packaging. *Innovative Food Sci. Emerging Technol.*, 5, 215-224
 18. Amissah, J.G.N., Hotchkiss, J.H. and Watkins, C.B. (2006) Diphenylamine and pre-slicing storage effects on the responses of apple slices to elevated CO₂ atmospheres. *Postharvest Biol. Technol.*, 39, 178-184
 19. Jiang, Y. and Joyce, D.C. (2002) 1-Methylcyclopropene treatment effects on intact and fresh-cut apple. *J. Hort. Sci. Biotechnol.*, 77, 19-21
 20. Chung, H.S., Moon, K.D. and Choi, J.U. (1999) Processing and modified atmosphere packaging of fresh-cut apples using CA stored apples. *Korean J. Postharvest Sci. Technol.*, 6, 351-356
 21. Emond, J.P., Castaigne, F., Toupin, C.J. and Desilets, D. (1991) Mathematical modelling of gas exchange in modified atmosphere packaging, *Trans. ASAE* 34, 239-245
 22. Zocca, A. and Ryugo, K. (1975) Changes in polyphenoloxidase activity and substrate levels in maturing 'Golden Delicious' apple and other cultivars. *HortScience*, 10, 586-587
 23. Harker, F.R., Redgwell, R.J., Hallet, I.C., Murray, S.H., and Carter, G. (1997) Texture of fresh fruit. *Hort. Rev.*, 20, 121-124
 24. Kader, A.A. (1986) Biochemical and physiological basis for effects of controlled and modified atmospheres on fruits and vegetables. *Food Technol.*, 40, 99-104
 25. Ackermann, J., Fischer, M. and Amado, R. (1992) Changes in sugars, acids, and amino acids during ripening and storage of apples. *J. Agric. Food Chem.*, 40, 1131-1134
 26. Chen, P.M., Olsen, K.L. and Meheriuk, M. (1985) Effect of low oxygen atmosphere on storage scald and quality preservation of 'Delicious' apples. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 110, 16-20
 27. Lau, O.L. (1990) Tolerance of three apple cultivars to ultra-low levels of oxygen. *HortScience*, 25, 1412-1414
 28. Li, C. and Kader, A.A. (1989) Residual effects of controlled atmospheres on postharvest physiology and quality. *J. Am. Soc. Hort. Sci.*, 114, 629-634
 29. Fidler, J.C. and North, C.J. (1971) The effect of periods of anaerobiosis on the storage of apples. *J. Hort. Sci.*, 46, 213-221

(접수 2008년 2월 11일, 채택 2008년 5월 9일)