

폴리에틸렌 필름을 사용한 '신고'배의 Modified Atmosphere 저장

김영명 · 한대석 · 오태광 · 박관화 · 신현경*

서울대학교 식품공학과 · *한국과학기술원 생물공학부

Modified Atmosphere Storage of 'Shingo' Pears Packaged with Polyethylene Film

Young-Myung Kim, Dae-Suk Han, Tae-Kwang Oh, Kwan-Hwa Park and Hyun-Kyung Shin*

*Department of Food Technology, Seoul National University, Suwon

*Department of Bio-engineering, KAIST, Seoul

Abstract

'Shingo' pears were seal-packaged in polyethylene (PE) film with different thickness of 0.04, 0.06, 0.07, and 0.08mm and stored for five months in an experimental storehouse with the temperature varyine 0 to 7°C and relative humidity varying 86 to 89%. The atmosphere in PE film bags was modified to 5-14% oxygen with 3-5% carbon dioxide depending on the film thickness and the storage period. Packaging of pears with PE film effectively reduced the weight loss, which resulted in good appearance after 5 months' storage, while non-packaged pears showed a slight wilt. Decay occurrence was not significantly different among the treatments, but core browning occurred a little more in packaged lots than in non-packaged lot. The sensory panel rated the pears from 0.07mm-thick bag highest in flavor, texture, and juiciness, which might be due to the high sugar content and low titratable acidity. The firmness of pear flesh decreased with the stogare time and its change was found to be highly correlated with that of cellulase activity (correlation coefficient = -0.946). This result indicated that cellulase might be one of the enzymes responsible for the softening of pear fruit during storage.

서 론

투과성이 제한된 필름으로 과일이나 채소를 포장하면 호흡에 의하여 포장 내부의 산소 함량은 낮아지고 이산화탄소 함량은 높아지는 등 공기조성이 변화함으로써 저장기간 동안 호흡, 숙성, 노화 등의 대사활동이 억제된다고 알려져왔다. 폴리에틸렌(polyethylene) 필름을 사용한 Modified Atmosphere(MA) 저장은 사과^(1,2), 배⁽³⁾, 감귤류⁽⁴⁾ 및 채소⁽⁵⁾의 품질을 유지하는데 효과적이었다는 보고가 있으며, 그 효과는 주로 중량감소를 억제하여 외관이 양호하게 유지되고 부패발생이 억제되는데 기인하는 것으로 알려져있다. 그러나, 이제까지의 CA(Controlled Atmosphere)나 MA 저장은 기체가 투과할 수 없는 밀실을 시설하고, 공기조성을 일정하게 유지시키며, 기계적으로 냉각시키는 방식으로 행해졌기 때문에 비용이 많이 소요 되는 문제가 있다.

한편, 과일의 저장중 발생하는 조직의 연화는 품질을 열화시키는데, 복숭아, 사과, 배 등의 과육연화는 폴리갈락투로나아제(EC 3.1.1.15)⁽⁶⁾와 펙틴에스테르 가수분

해효소(EC 3.1.1.11)⁽⁷⁾의 작용에 의하여 세포벽의 펙틴 성분이 분해되기 때문이라고 보고된 바 있다.

본 실험은 기계적인 냉각장치가 없는 농가수준의 저장고에서 '신고' 배의 MA저장 가능성을 검토하기 위해서 배를 두께가 다른 폴리에틸렌 필름에 포장하여 저장하는 동안 포장내의 공기조성, 과일의 중량감소, 당도 및 적정산도를 조사하고 관능검사를 통하여 품질을 평가하였다. 아울러 배의 저장중 과육의 경도변화를 측정하고 섬유소가수분해효소 및 펙틴옥시다아제(EC 1.11.1.7)의 역가변화를 조사하여 과육에 존재하는 효소와 조직의 연화현상과의 상관관계를 밝혔다.

재료 및 방법

수확 및 포장

배는 신고품종(var. Shingo)으로 경기도 평택 소재의 과수원에서 수확(1981. 10. 25)한 것을 개당 약 400-500g의 것을 선별하여 4개씩 한포장(가로30cm×세로45cm)에 넣어 밀봉하였다. 폴리에틸렌 필름은 저밀도(0.89-

0.91g/cm²의 것으로 두께는 각각 0.04, 0.06, 0.07, 0.08mm이었다.

저장조건

상기와 같이 밀봉한 다섯개의 포장을 한개의 목재상자에 넣어 각 처리마다 13 상자씩을 저장고에 격자식으로 쌓아 저장하였고 대조구로는 재래적인 방법과 같이 종이로 포장한 배300개를 10개의 상자에 분할하여 넣은 것을 사용하였다. 저장고는 KAIST에서 개발한 것으로 높이의 1/3이 지하에 있고 각 벽면과 지붕은 스티로폴 단열재를 사용하여 축조되었으며 외기의 온도·습도 변화에 따라 환기시킴으로써 저장고 내의 온도 및 습도가 적정수준으로 유지되도록한 농가용저장고를 사용하였다⁽⁸⁾.

공기조성의 분석

폴리에틸렌 봉지 내의 산소와 이산화탄소의 함량은 1개월 간격으로 측정하였는데 6개의 포장을 측정한 평균치로 표시하였다. 산소농도는 Oxygen Analyzer (Model OM-4B, Komyo, Japan)를 사용하여 측정하였고 이산화탄소의 농도는 Gas-tight 주사기로 포장 내의 공기 50ml를 취하여 Precision Gas Detector Tube (Kitagawa, Japan)에 주입하여 측정하였다.

당도 및 적정산도의 측정

당도는 6개의 배에서 채취한 과육 100g을 waring blender로 마쇄한 후 Whatman No. 2 여과지로 여과한 여액을 압베글절계로 측정하였다. 적정산도는 위와 같은 처리를 거친 여과액 10g을 취하여 0.1N NaOH로 PH 8.1이 될 때까지 적정하여 퍼센트로 표시하였다⁽⁹⁾.

품질평가

과육의 경도는 Instron Universal Test Machine (Model 1140, England)의 plunger (지름 0.78cm)를 과피로부터 과핵쪽으로 100mm/min의 속도로 삽입할 때 나타나는 저항치로 표시하였는데 깊이 1cm에서 2cm까지 조직의 저항치를 Kg-force로 나타냈다. 경도는 8개의 배를 개당 3회 측정한 값의 평균치이다. 저장 5개월 후에는 각 처리마다 8-9 상자를 꺼내어 부패율, 과핵갈변율을 조사하였다. 부패여부는 배의 상품적가치 여부에 따라 육안으로 결정하였고 과핵갈변 여부는 과일을 반으로 절단하여 판정하였다.

과일의 관능검사는 Amerine⁽¹⁰⁾의 방법에 따라 행하였는데 종합평가, 풍미, 조직감, 다즙성을 9점척도(9-point hedonic scale)를 사용하여 평가하였다.

심유소 가수분해효소의 활성측정

과육 100g을 0.1 M citrate 완충용액(PH 4.8) 50ml와 혼합하여 마쇄하고 24시간 정치한 후 천으로 여과하여 6,000×g에서 20분간 원심분리하여 얻은 상등액을 효소추출액으로 사용하였다. 효소추출액 5ml를 1% sodium carboxymethyl cellulose 용액 10ml에 넣고 50°C에서 5분간 반응시킨 후 오스트발트 점도계를 사용하여 점도변화를 측정하고 효소의 역가로 나타내었다.

페르옥시다아제의 활성측정

과육 100g을 0.1M 인산칼륨 용액과 섞어 균질화시킨 후 여과하여 4,000×g에서 20분간 원심분리한 상등액을 효소추출액으로 사용하였다. 5ml의 0.1M 인산완충용액(PH 7.0), 0.4ml의 0.04M 과산화수소 및 0.4ml의 0.3 M p-phenylenediamine을 혼합한 용액에 효소추출액 1.0ml를 첨가하고 상온에서 반응시키면서 420nm에서 흡광도의 변화를 측정하였다. 효소활성 1단위는 반응초기 1분간에 흡광도를 1.0 변화시키는 효소의 양으로 정의하였다.

결과 및 고찰

저장고 내의 온도 및 습도의 변화

5개월 저장기간 동안 저장고 내의 온도는 외기 온도의 변화에 따라 0~7°C 범위에서 변화되었고 상대습도는 86~89%가 유지되었다(Fig. 1)

포장내 공기조성의 변화

저장중 포장 내의 O₂와 CO₂ 농도의 변화는 Fig. 2와

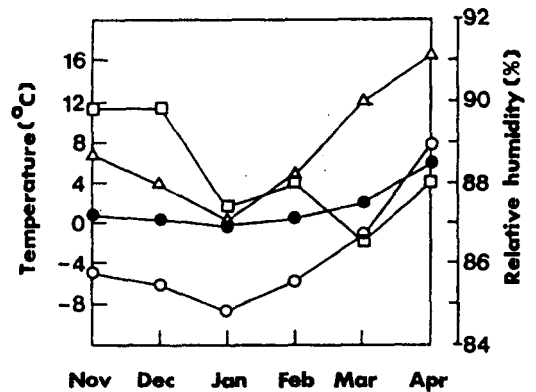


Fig. 1. Monthly mean temperature and relative humidity in the experimental storehouse

- △: Maximum mean temperature of outside
- : Minimum mean temperature of outside
- : Average temperature in the storehouse
- : Average relative humidity in the storehouse.

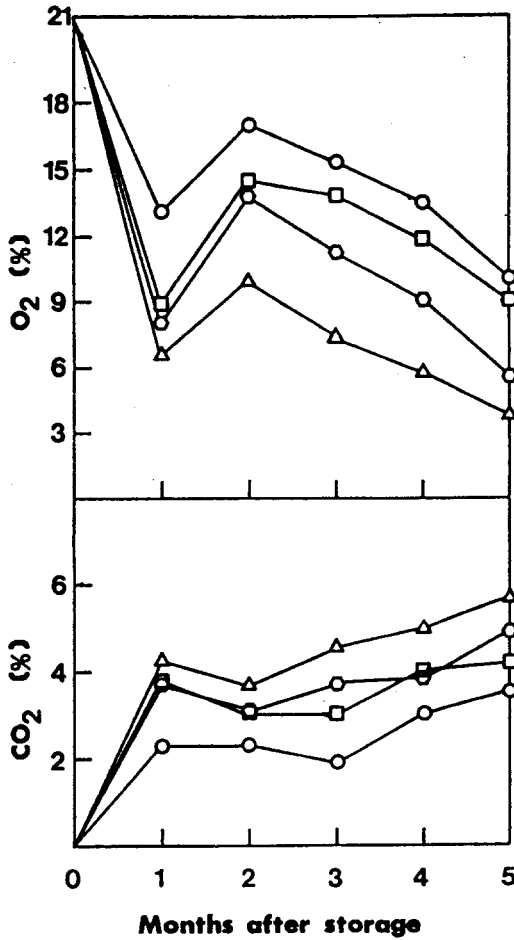


Fig. 2. Oxygen and carbon dioxide contents in polyethylene film (PEF) packages containing 'Shingo' pears

PEF thickness is; ●: 0.04 mm, □: 0.06 mm, ○: 0.07 mm, △: 0.08 mm.

같다. 필름이 두꺼울수록 O₂ 함량은 낮고 CO₂ 함량은 높은 경향을 보였는데 이는 두꺼운 필름에서 기체투과성이 얇은 필름에서보다 더욱 제한되었기 때문이라하겠다. 산소의 농도는 저장 5개월 동안 필름두께에 따라 5-14% 범위에서 변화하였는데 모든 포장구에서 저장 5개월 후까지는 배의 CA 저장 최적 산소농도로 알려진 2~3% 수준에 도달하지는 못하였으며 호흡을 억제할 수 있는 농도는 10% 이하로 알려져 있는데 0.08mm 포장구에서만 이 조건을 만족시켰다. Busse⁽¹⁾등도 PVC 필름에 'Green Bell' 후추를 3개씩 포장했을 때 위와 비슷한 결과를 얻었으며 Ryall⁽²⁾등은 폴리에틸렌 필름박을 씌운 상자(Polyethylene box liner)에 150-160개의 사과를 넣고 밀봉하여 26주간 저장했을 때 산소농도가 5.5-6.0%로 낮아졌다고 보고하였다. 이러한 결과로 미루어 볼 때,

포장내 기체의 조성은 과일무게당 필름면적에 따라 달라질 것으로 추측된다. 따라서, 일정한 두께의 필름에서 과일의 수를 증가시키던가 또는 일정한 과일 수에서 필름 두께를 증가시키면 포장내 산소의 농도를 조절할 수 있으리라고 추측된다.

한편, CO₂ 농도는 일반적으로 필름으로 포장한 후 일개월 동안에 2~4% 수준에 도달하여 저장기간 동안 거의 일정한 수준으로 유지되었으나 3개월 제부터는 농도가 약간 높아지는 경향을 나타내었는데 저장고 내의 온도 상승시기와 일치되는 점으로 보아 과일의 호흡이 더욱 왕성해졌던 것으로 추측된다. 배의 CA저장 최적 CO₂ 농도는 0.5~2.0%로 알려져 있는데 0.04mm 포장구를 제외한 여타의 포장구에서 CO₂ 농도는 3~4%로 적정수준보다는 약간 높았다. Table 2에서 볼 수 있듯이 과핵갈변이 비포장구에서 보다 두꺼운 필름으로 포장한 시험구에서 많이 발생한 것은 CO₂ 상해인 것으로 보인다.

배의 증량감소

배의 증량감소는 각 포장별로 무게를 측정하여 초기 값에 대한 감소율을 %로 표시하였는데 처리구와 대조구 모두 저장기간이 길어질수록 계속 무게가 감소되었다 (Fig 3). 감소율은 포장구가 비포장구보다 유의성이 있게 낮았으며 필름두께에 따른 처리 간에도 증량감소의 억제정도는 유의성이 있었다. Fetkenheuer⁽¹²⁾는 과일이

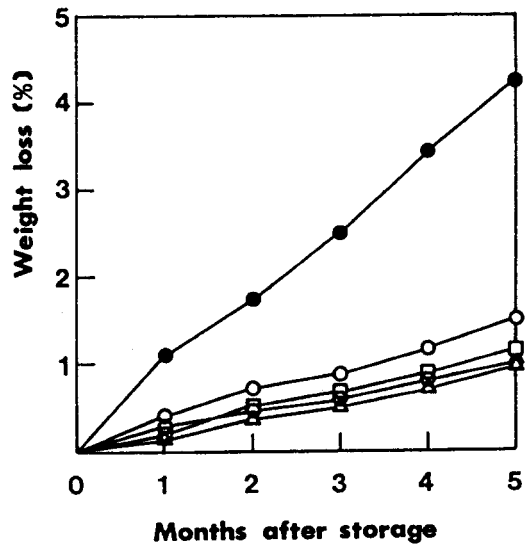


Fig. 3. Effect of polyethylene film-packaging on weight loss of 'Shingo' pears during the five months' storage

PEF thickness is; ○: 0.04 mm, □: 0.06mm, ○: 0.07 mm, △: 0.08 mm, ●: non-packaged lot.

나 채소를 장기간 저장할 때 일어나는 중량감소의 1/5 이 호흡에 기인하며 4/5는 수분증발에 기인한다고 보고 하였다. 본 실험에서 폴리에틸렌 필름 포장이 중량감소를 효과적으로 억제한 것은 포장 내의 상대습도가 높아 파피로부터 수분증발을 억제했기 때문인 것으로 생각된다.

비포장구의 배는 저장 5개월 째에 중량감소율이 4.1%에 도달하여 과피외측의 초기중상을 보임으로써 상품 가치가 떨어지기 시작했으나 포장구의 배는 좋은 외관을 유지함으로써 상품적 가치를 높게 보존할 수 있었다.

과육의 경도변화

배의 경도는 저장기간이 경과함에 따라 포장구와 비포장구에서 모두 서서히 감소하는 경향을 보였다(Fig 4). 즉, 배의 초기경도는 7.35Kg-force 였으나 저장 5개월 후에는 필름두께 0.04, 0.06, 0.07 및 0.08mm에서 경도가 각각 6.27, 6.45, 6.53, 6.35Kg-force로 감소되었고 비포장구에서는 6.25Kg-force로 감소되었다. 대체적으로 포장구의 배는 비포장구의 배보다 연화가 약간 지연되는 경향이였다.

섬유소 가수분해효소 및 페르옥시디아제의 활성변화

섬유소 가수분해효소(Fig 5)의 활성은 저장 후 약 2개월부터 증가하는 추세를 나타냈으며 5개월 후에는 저장 초기보다 약 3배 가량 증가하였다.

섬유소는 식물체에서 펙틴물질과 함께 세포벽 구성의

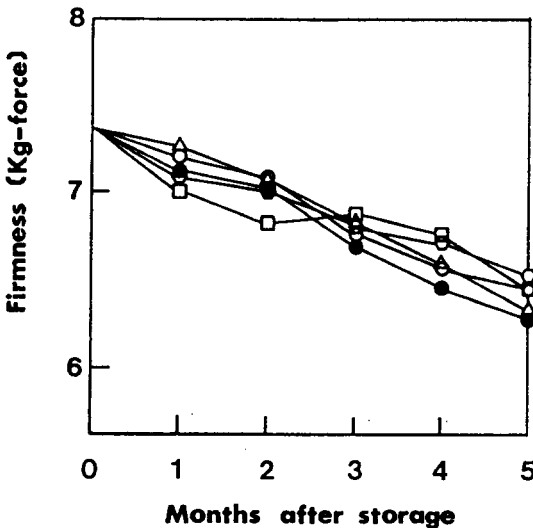


Fig. 4. Changes of firmness of 'Shingo' pears during the five months' storage
PEF thickness is; ○: 0.04 mm, □: 0.06 mm, ◇: 0.07 mm, △: 0.08 mm, ●: non-packaged lot.

골격물질로 알려져 있으며 따라서 섬유소의 분해는 과육의 연화를 수반하게 되리라고 추측할 수 있다. 섬유소 가수분해효소의 활성증가와 경도 감소와의 관계는 회귀분석 결과 밀접한 상관관계를 보이고 있다(상관계수는 -0.946).

한편, 과육의 세포는 저장 초기에는 간격이 거의 없이 밀집되어 있었으나(Fig 6, a) 3개월 후에는 세포간극(Intercellular space)이 넓어져 있었고(Fig 6, b) 저장 5개월 후에는 세포벽이 많이 붕괴되어 있는 것으로 관찰되었다(Fig 6, c). 1968년 Hobsen⁽¹³⁾은 섬유소 가수분해효소가 과육연화에 관여하는지 여부는 불분명하다고 보고하였으나, 그후 Pesis⁽¹⁴⁾와 하⁽¹⁵⁾는 각각 서양배와 사과연화과정 중 섬유소 물질의 점진적인 붕괴를 관찰하였고 서양배의 연화가 섬유소 가수분해효소의 활성변화와 상관관계가 있음을 보고한 바 있다. 따라서 이와 같은 예와 본 실험의 결과로 미루어 볼 때 펙틴에스테르 가수분해효소와 폴리갈락투로나아제 이외에 섬유소 가수분해효소는 과육의 연화에 관여하는 효소라고 추정할 수 있다.

Fig 7은 저장기간 중에 페르옥시디아제의 활성변화를 나타내는데 이 효소의 역가는 저장 1개월 후부터 점차 증가하여 저장 3개월 째에 가장 높았다가 그 후 감소한 후 5개월 째에는 다시 증가하였다. 한편, 비포장구에서의 역가도 포장구와 비슷한 양상으로 변화하였다. Gorin

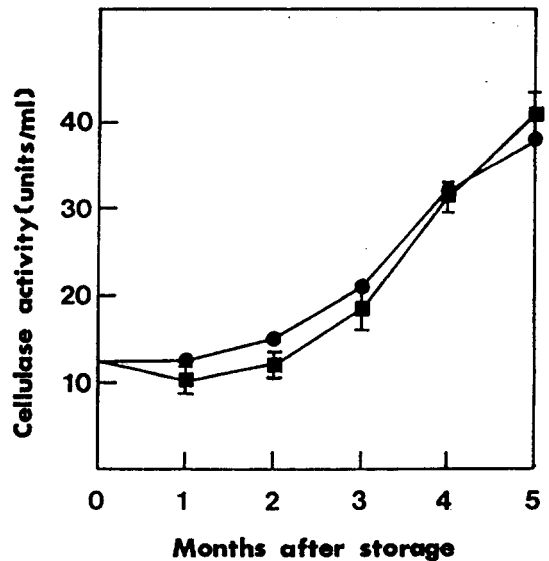
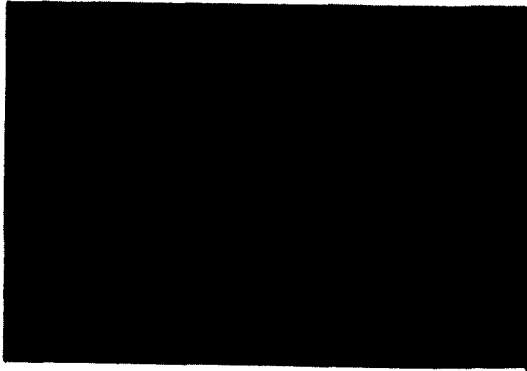


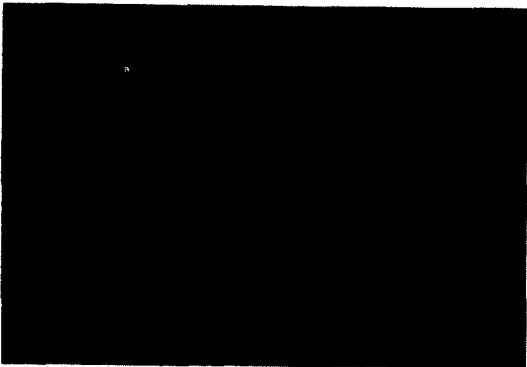
Fig. 5. Changes of cellulase activities of 'Shingo' pears during the five months' storage
●: mean of duplicate determinations for non-packaged pears, ■: mean from PE film bags of thickness of 0.04, 0.06, 0.07, and 0.08 mm. Vertical lines indicate the standard deviation of the mean values.

과 Heiderma⁽¹⁰⁾는 사과를 저장하는 동안 페르옥시디아제의 역가를 측정 한 결과 두개의 역가 peak를 발견하였는데 첫번째 peak는 사과의 숙성, 둘째 peak는 노화와 연관지을 수 있다고 보고하였다. 본 실험에서 저장 3개월 후에 나타난 역가 peak는 배의 숙성과 관련된 것으로

판단되었으며 5개월 के의 역가 증가는 노화와 관련된 것으로 판단된다. 따라서 이 효소는 배의 숙성 및 노화의 지표효소로도 사용될 수 있을 것으로 판단된다.



a) Pear packaged in 0.07 mm PE film, after 1 month (×1000)



b) Pear packaged in 0.07 mm PE film, after 3 months (×1000) a; intercellular space



c) pear packaged in 0.07 mm PE film, after 5 months (×400) a; completely disintegrated cell wall.

Fig. 6. Photomicrograph showing the gradual enlargement of intercellular space of pear tissue

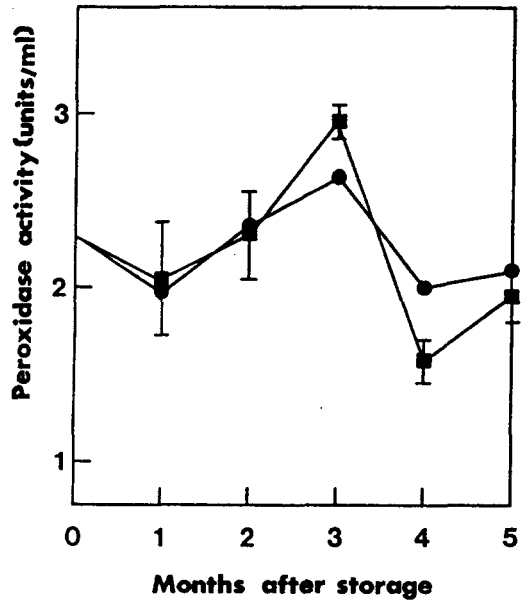


Fig. 7. Changes of peroxidase activities of 'Shingo' pears during the five months' storage

●: mean of duplicate determinations for non-packaged pears, ■: mean from PE film bags of thickness of 0.04, 0.06, 0.07, and 0.08 mm. Vertical lines indicate the standard deviation of the mean values.

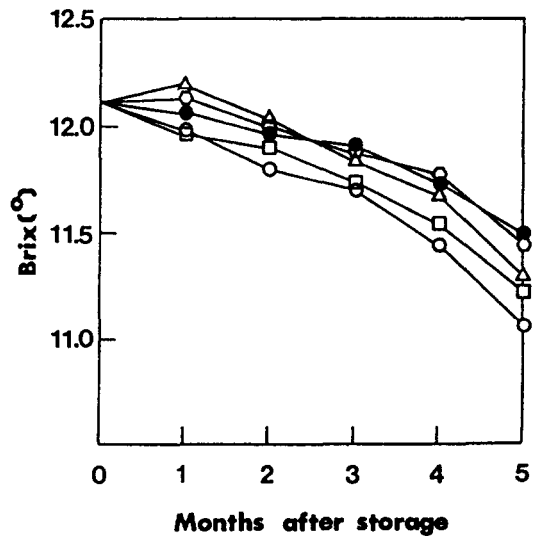


Fig. 8. Changes of Brix of PE film-packaged pears and non-packaged pears during the five months' storage

PEF thickness is; ○: 0.04 mm, □: 0.06 mm, ◇: 0.07 mm, △: 0.08 mm, ●: non-packaged lot.

품질평가

당도와 적정산도의 변화를 Figs 8과 9에 나타냈다. 배의 당도는 저장울 시작할 시점에서는 12.1 °Brix 였는데 저장기간이 경과함에 따라 전반적으로 감소하여 저장 말기에 포장구에서는 11.06~11.30 °Brix 이었고 비포장구의 당도는 11.5 °Brix로 포장구에 비하여 높았다. 산도 역시 초기의 0.058%에서 계속 감소하는 경향을 보였고 저장 말기에 비포장구의 배는 약 0.05%로 가장 높게 나타났으며 0.07mm 포장구의 배는 0.045%로 가장 낮았다. 비포장구에서 당도와 산도가 모두 높았던 이유는 생리적 현상의 결과 외에도 많은 수분증발에 기인한 농축효과 때문으로 추측된다⁽¹⁷⁾.

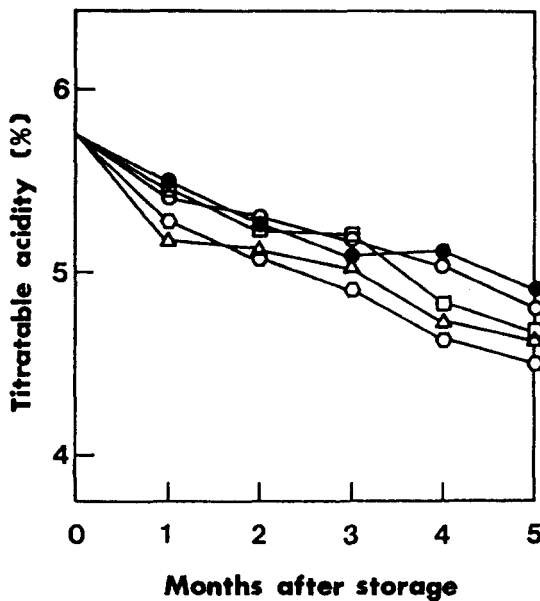


Fig. 9. Changes of titratable acidity of PE film-packaged pears and non-packaged pears during the five months' storage

PEF thickness is; ○: 0.04 mm, □: 0.06 mm, △: 0.07 mm, ◇: 0.08mm, ●: non-packaged lot.

관능검사 결과 0.07mm 두께의 필름에 포장되었던 배가 풍미, 조직감, 다즙성 면에서 가장 좋았고 비포장구의 배는 종합평가, 풍미, 다즙성 면에서 가장 불량하였다(Table 1). 이는 우리나라 국민의 과일에대한 기호도가 일반적으로 단맛이 강하고 신맛은 약한 것에 높은 선호도를 나타내기 때문에 처리구중 당도가 가장 높고 산도는 가장 낮았던 0.07mm 포장구가 관능검사에서 가장 높은 선호도를 나타낸 것으로 생각된다.

부패율과 과핵갈변의 발생율로 표시한 품질평가의 결과를 Table 2에 나타냈다. 배의 부패율은 0.06mm 포장구에서 1.5%가 발생하여 가장 낮았으며 그밖의 처리구에서는 2.9~3.5%가 발생하여 포장구와 비포장구 간에 차이가 없었다. 과핵갈변의 경우 0.06~0.08mm 필름 포장구에서 5.5~6.3%가 발생하여 비포장구의 4.5%보다 약간 많이 발생하였는데 이는 포장내 CO₂ 농도가 적정수준을 초과하여 상해가 일어난 것으로 추정된다(Fig 2).

한편, 일반적으로 과일이나 채소에서 3~6%의 중량감소는 상품가치를 현저히 저하시킨다고 알려져 있는 바⁽¹⁸⁾, 비포장구의 배는 4.1%나 중량감소가 발생하여 종합평가, 풍미, 다즙성 면에서 가장 낮은 선호도를 나

Table 2. Effect of polyethylene film (PEF)-packaging on decay and core browning of 'Shingo' pears examined after five months' storage*

Package	Decay(%)	Core browning(%)
non-packaged	2.9	4.5
0.04 mm PEF	2.9	4.9
0.06 mm PEF	1.5	5.5
0.07 mm PEF	3.5	6.3
0.08 mm PEF	3.5	6.0

* Number of pears examined was 150-180.

Table 1. Sensory evaluation of 'Shingo' pears after five months' storage in polyethylene film (PEF)

Package	Overall acceptability	Flavor	Texture	Juiciness
non-packaged	5.4* a**	4.8 b	5.9 ab	5.5 a
0.04 mm PEF	5.4 a	5.3 ab	5.8 ab	6.2 b
0.06 mm PEF	5.9 ab	5.5 ab	6.2 ab	6.3 b
0.07 mm PEF	6.0 ab	6.1 a	6.6 a	6.6 b
0.08 mm PEF	6.5 c	5.6 ab	5.2 c	6.6 b

* Each value represents the mean of ratings by 11 judges using a 9-point hedonic scale where 9 was 'like extremely' and 1 'dislike extremely'.

** Means in a column followed by the same letter are not significantly different (P<0.05) by Duncan's test.

다낸 것 같다.

요 약

‘신고’ 품종의 배를 두께가 다른(0.04~0.08mm) 폴리 에틸렌 필름으로 밀봉하여 KAIST 제작 농가용 저장고 에서 MA 저장 가능성을 검토하였다. 저장 5개월 동안에 저장고 내의 온도는 0~7°C 범위에서 상대습도는 86~89%가 유지되었다. 저장기간중 포장 내의 산소농도는 5~14%, 이산화탄소 농도는 3~5% 범위에서 변화되었다. 배의 부패율은 1.5~3.0%로 포장구와 ‘비포장구’에 차이가 별로 없었으나 중량감소의 경우 비포장구는 저장 5개월 만에 4.1%까지 중량이 감소되어 위조현상이 나타났고 필름 포장구의 배는 중량감소가 약 1%밖에 발생하지 않아서 외관상 좋은 품질이 유지되었다.

한편, 관능검사 결과 0.07mm 두께의 필름으로 포장되었던 배가 풍미, 조직감, 다즙성 면에서 가장 높은 선호도를 나타냈는데 이는 당도가 가장 높고 산도가 가장 낮았던데 기인한 듯하다.

저장기간이 경과함에 따라 과육의 경도는 계속 감소하는 경향을 보였으며 섬유소 가수분해효소의 활성은 증가되었는데 과일 경도의 감소와는 밀접한 상관관계(상관계수는 -0.946)를 나타내었다. 과일의 세포벽은 점차적인 붕괴현상을 나타내었는데 이는 섬유소 가수분해효소가 작용한 것으로 판단된다.

문 헌

- Han, D., Hwang, I.Y., Park, K.H., and Shin, H.K.: *Lebensm.-Wiss. u.-Technol.*, (1986)
- Ryall, A.L. and Uota, M.: *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.*, **65**, 203 (1956)
- Bernal, A.A., Martinez, J.M., and Reig, A.: *Bull. Inst. int. Froid.*, **3**, 271 (1970)
- Ben-Yehosua, S., Shapiro, B., Chen, Z.E., and Lurie, S.: *Plant Physiol.*, **73**, 87 (1983)
- Bussel, J. and Kenigsberger, Z.: *J. Food Sci.*, **46**, 1300 (1975)
- Roe, B. and Bruemmer, J.H.: *J. Food Sci.*, **46**, 186 (1981)
- Ben-Arie, R. and Sonego, L.: *J. Am. Soc. Hort. Sci.*, **104**, 500 (1979)
- Shin, H.K., Kim, D.M., and Kim, K.H.: *The second interim report on integrated research programme for rural development technology*, KAIST No. A/C 6J01860, p. 37 (1982)
- AOAC (Horwitz, W., Ed., Association of Official Analytical Chemists, Washington, 1980) p. 366
- Amerine, M.A., Pangborn, R.M., and Roessler, E.B.: *Principles of sensory evaluation of food*, Academic Press, New York and London, p. 245 (1965)
- Purvis, A.C.: *J. Am. Soc. Hort. Sci.*, **108**, 562 (1983)
- Fetkenheuer, W.: *Gartenbau*, **25**, 308 (1978)
- Hobsen, G.E.: *J. Food Sci.*, **33**, 588 (1968)
- Pesis, E., Fuchs, Y., and Zauberman, G.: *Plant Physiol.*, **61**, 416 (1978)
- 하영선, 경북대학교 박사학위논문 (1980)
- Gorin, N. and Heiderma, F.T.: *J. Agric. Food Chem.*, **24**, 200 (1976)
- Anzueto, C.R. and Rizvi, S.S.H.: *J. Food Sci.*, **50**, 897 (1985)
- Hardenberg, R.E. and Kendall, T.W.: *ASHRAE guide and data handbook-application 1971*, American society of heating, refrigeration and air conditioning engineers, New York, p. 381 (1971)

(1985년도 1월 15일 접수)