

항균성 포장필름이 딸기의 저장성에 미치는 영향

정순경* · 조성환* · 이동선

경남대학교 식품공학과, *경상대학교 식품공학과

Effect of Antimicrobial Packaging Films on the Keeping Quality of Strawberries

Sun Kyung Chung*, Sung Hwan Cho* and Dong Sun Lee

Department of Food Engineering, Kyungnam University

*Department of Food Science and Technology, Gyeongsang National University

Abstract

One percentage antimicrobial agent-impregnated films of low density polyethylene (LDPE) were used to pack the strawberries by wrapping. The packaged strawberries were stored at 5°C for 27 days and their qualities such as microbial counts, decay, texture and chemical attributes were monitored during the storage. The added antimicrobial agents in the films were grapefruit seed extract, Ag-substituted inorganic zirconium matrix, sorbic acid, *Rheum palmatum* extract, *Coptis chinensis* extract. The antimicrobial LDPE films retarded the growth of total aerobic bacteria, lactic acid bacteria and yeasts compared to control LDPE film without any additive. The antimicrobial film suppressed decay of the fruits and improved their firmness retention. The film added with Ag-substituted inorganic zirconium matrix was the best in inhibiting microbial growth and reducing the softening of the fruits. During the storage of the strawberries, their pH increased, titratable acidity decreased and soluble solid content decreased without any consistent difference by the packaging films.

Key words: grapefruit seed extract, Ag-substituted inorganic zirconium matrix, sorbic acid, *Rheum palmatum* extract, *Coptis chinensis* extract

서 론

딸기(*Fragaria ananassa* Duch.)는 육질이 약하고 저장성이 낮아 장기간 신선도를 유지하기 어렵고 저장유통기간이 짧다. 이는 수확후 저장 유통하는 과정에서 생리적 품질변화가 빠르며, 미생물에 의한 부패가 급속히 진행되기 때문이다(Ryall와 Pentzer, 1984). 따라서 딸기의 선도를 유지하기 위해서 수확후 빠른 냉각과 저온 유지가 절대적으로 필요하며(Sommer *et al.*, 1973; Ryall와 Pentzer, 1984; Kotecha와 Madhavi, 1995), 미생물 성장의 억제가 부가적인 저장성 향상을 기할 수 있을 것으로 생각된다. 비교적 최근에 포장 과일류에서 미생물에 의한 변패를 방지하기 위하여 과일류와 접촉하는 포장에 항균제를 첨가하는 시도가 이루어지고 있으며(Miller *et al.*, 1984; Hale *et al.*,

1986), 이러한 시도가 딸기의 저장성 향상에도 도움을 줄 수 있는 가능성을 가진 것으로 판단된다. 이러한 항균포장필름들은 필름에 첨가된 항균제가 접촉하는 과일류의 표면에 지속적으로 작용하여 변패미생물의 증식을 억제하는 것으로 알려져 있다(Hotchkiss, 1995). 따라서 본 연구에서는 항균성 약용식물추출물과 일부 보존제를 첨가하여 가공한 저밀도폴리에틸렌을 이용하여 딸기를 포장하였을 때 나타나는 저장성을 비교함으로써 이러한 항균필름의 이용가능성을 평가하고자 하였다.

재료 및 방법

딸기

1998년 1월 9일 오후에 진주지역의 한 농가에서 수확된 순베리 품종의 딸기를 바로 실험실로 수송하여 하루 저녁 보관후 다음날 아침에 부패가 없는 완숙과를 골라서 포장실험에 사용하였다.

Corresponding author: Dong Sun Lee, Department of Food Engineering, Kyungnam University, 449, Wolyoung-dong, Masan, 651-701 Korea

포장 필름

안덕순 등(1998)과 Lee *et al.* (1998)의 방법에 의해 제조된 저밀도폴리에틸렌(low density polyethylene, LDPE) 필름을 이용하였다. 항균성 소재는 LDPE 수지(Grade 5302, 밀도 0.921 g/cc, 한화화학, 여천)에 1% 농도로 혼입되어 압출되었으며 필름의 두께는 30~50 μm 의 범위에 있었다. 첨가 항균제는 자몽종자추출물(grapefruit seed extract: GFSE), 대황(*Rheum palmatum*) 추출물, 황련(*Coptis chinensis*)추출물, 지르코늄계 은치환무기이온교환체(Ag-substituted inorganic zirconium matrix), sorbic acid 등이었다. 자몽종자추출물은 Lee *et al.* (1998)에 의해 LDPE 포장필름에 흡입시킬 때 항균성을 갖는 것으로 확인된 바 있으며, 대황과 황련의 추출물은 정순경 등(1998)에 의해 변패성 미생물에 대해 항균특성을 갖는 것으로 보고된 바 있다. sorbic acid는 광범위하게 사용되는 식품보존제로서 항균성의 목적으로 필름에 흡입이 시도된 바 있으며(한정훈, 1997; Weng과 Chen, 1997), 은이온 치환 세라믹도 LDPE에 흡입시 항균성을 갖는 것으로 알려져 있다(Ishitani, 1995). 첨가된 1%의 항균제 농도는 식품포장필름에 항균제를 혼입시에 여러 연구자(한정훈, 1997; Ishitani, 1995)에 의해서 가장 일반적으로 사용된 농도로서, 항균제 첨가에 의한 필름의 유효성을 연구하는 본연구의 목적상 이 농도를 사용하였다. 같은 LDPE 수지에 항균제 첨가없이 동일한 조건에서 가공한 필름을 대조구 필름으로 사용하였다.

딸기의 포장 및 저장

폴리스티렌 트레이(18×13 cm) 위에, 같은 넓이로 재단된 포장필름을 간 다음 선별된 딸기 200±5 g을 남았다. 이를 다시 40×30 cm 크기의 포장필름으로, 딸기표면과 밀착되게 덮고 집착 테이프를 폴리스티렌 트레이와 이어 붙여서 포장하였다. 이러한 포장조건은 딸기와 포장필름이 밀착되면서 외부와 충분한 통기성을 가져서 포장내부의 기체조성이 통상 공기와 같도록 한 포장상태이다. 이렇게 포장된 딸기를 5°C 냉장고에서 27일간 저장하면서 포장내 딸기의 품질변화를 측정하였다.

품질변화의 측정

저장 중 각 처리구별로 3개 포장씩을 취하여 미생물수, 경도, pH, 적정산도, 가용성고형분을 측정하였다. 딸기 표면에서의 미생물수를 측정하기 위하여 표피로부터 깊이 5 mm까지의 과육 5 g을 무작위적으로 취하여 무균적으로 10 mL의 멸균수와 혼합하여 homo-

genizer (Model AM-7, Nihonseiki Kaisha LTD., Japan)에서 15,000 rpm으로 3분간 마쇄하였다. 이 마쇄액을 순차적으로 희석하여 영양배지에 도말배양하였다. 호기성 총균수는 Plate Count Agar (Difco Laboratories, Detroit, USA)에 도말하여 25°C에서 3일간 배양하였다. 유산균수는 MRS배지(Difco Laboratories, Detroit, USA)를 사용하여 30°C에서 혐기적조건으로 유지하면서 5일간 배양하였다. 효모수는 시료용액을, chloroamphenicol을 첨가시킨 PDA배지(Difco Laboratories, Detroit, USA)에서 도말하고 25°C에서 5일간 배양하였다.

부패율의 결정에서는 저장 20일째 및 저장27일째에 처리구 포장별로 8~11개의 포장을 취하여 각포장에서 인부현상을 나타내거나 곰팡이가 핀 딸기의 개수를 구하여, 이를 전체갯수에 대한 비율로서 표시하였다.

딸기의 경도(firmness) 측정을 위해서는 Rheometer Compac-100 (Sun Scientific Co., Japan)을 사용하였다. 직경 5 mm의 원통형 probe에 의해서 종방향으로 이등분된 딸기의 표면을 깊이 10 mm까지 60 mm/min의 속도로 관입시킬 때 인어지는 항복력(yield force)을 측정하였다.

pH는 마쇄된 딸기즙액에 대하여 pH meter (Model 230A, Orion Research Inc., Boston, MA, USA)로 측정하였고, 적정산도는 딸기 5 g을 물 100 mL와 합하여 homogenize 시킨 후 0.1 N NaOH로서 pH 8.1이 될 때까지 pH meter로 적정하여 구연산 %로 나타내었다. 가용성 고형분은 굴절당도계(Atago사, Japan)에 의하여 Brix 농도로 측정하였다.

결과 및 고찰

항균제를 1% 농도로 첨가시킨 LDPE필름이 포장된 딸기의 저장 중 미생물수에 미치는 영향을 Fig. 1에서 보여주고 있다. 총균수, 유산균수, 효모수에서 저장 3일까지는 포장필름간에 차이가 없었다. 그러나 저장 10일째부터는 총균수와 효모수에서 대조구필름에 포장된 딸기에 비해 항균성 필름으로 포장된 딸기는 현저히 낮은 미생물 증식을 보여주었다. 유산균수에 있어서도 저장 10일부터 항균성 포장필름이 대조구 필름에 비해서 혐기성 유산균의 증식을 억제하였다. 전반적으로 지르코늄계 은치환무기이온교환체를 함유한 필름이 가장 미생물 증식 억제에 효과적인 것으로 나타났으나, 각 항균성 필름간의 효과 차이는 그리 크지 않은 것으로 보인다. 이러한 항균성 필름에 의한 미생물 증식의 억제효과는 안덕순 등(1998)이 오이와 상추에 대하여 실험한 결과보다는 월등하였다. 이는

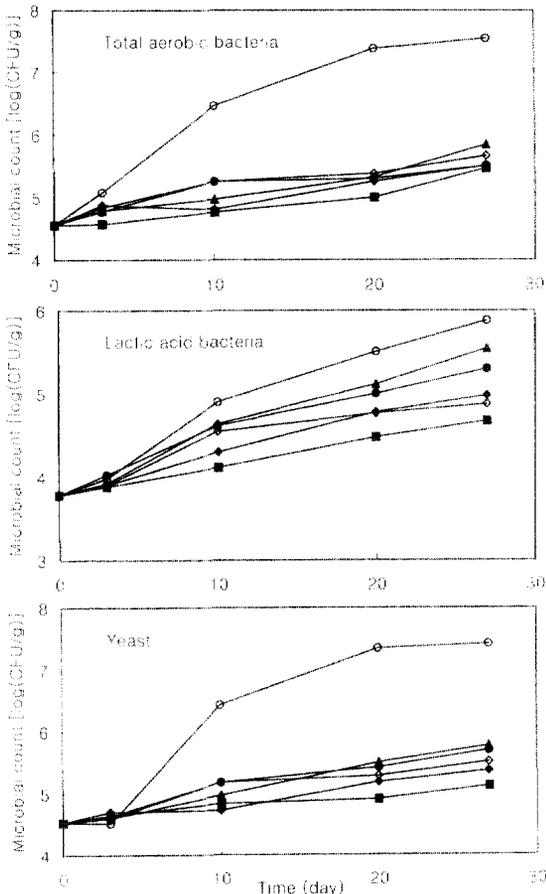


Fig. 1. Changes in microbial counts on the strawberries wrapped with 1% antimicrobial agent-impregnated LDPE films and stored at 5°C. ○—○: Control (no additive, plain LDPE), ●—●: Grapefruit seed extract, ■—■: Ag-substituted inorganic zirconium matrix, ▲—▲: Sorbic acid, ◆—◆: *Rheum palmatum* extract, ◇—◇: *Coptis chinensis* extract.

딸기의 경우가 부패변질이 빠르고 미생물증식이 왕성한 품목으로서, 밀착된 항균성 포장필름이 효과적으로 미생물 생육억제에 작용할 수 있는 특성을 지닌 것으로 판단된다.

이러한 미생물 증식의 억제효과는 딸기의 부패율 억제에 기여하는 것으로 나타났다(Fig. 2). 5°C에서 10일간의 저장 중에는 부패도가 관찰되지 않았고, 20일에 측정된 부패율에서는 항균성 포장필름이, 26%의 부패율을 갖는 대조구 필름포장에 비해서 유의하게 부패의 진행을 낮추어준 것으로 나타났으며, 항균성 포장 필름간에는 6% 수준의 비슷한 부패 진행을 보였다. 27일째는 대조구 LDPE 필름을 사용한 딸기 포장에서는 80%정도의 높은 부패를 보인 반면, 항균

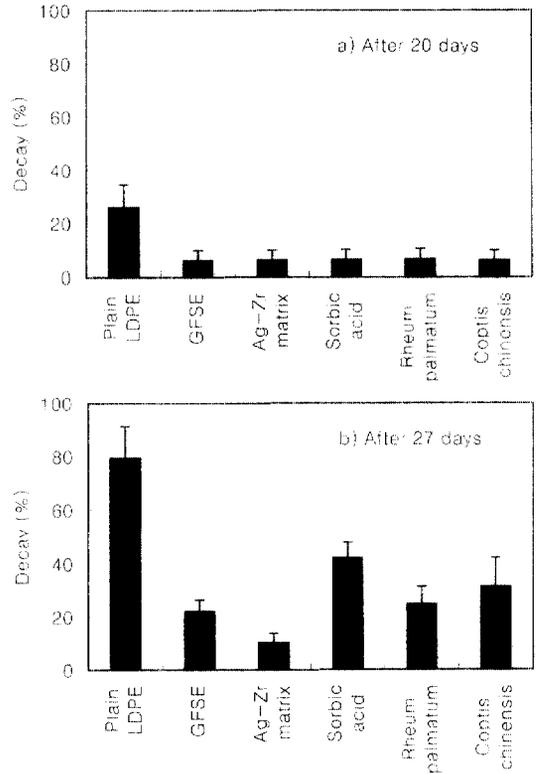


Fig. 2. Decay of the strawberries wrapped with 1% antimicrobial agent-impregnated LDPE films and stored at 5°C. Bars indicate standard deviations of the data.

성 포장 필름은 유의하게 낮은 부패율을 보였다. 특히 지르코늄계 은치환무기이온교환체를 함유한 필름에 의한 포장에서 10% 수준의 가장 낮은 부패율을 얻을 수 있었다. 이는 Fig. 1에서의 미생물 증식의 결과와 비교적 일치하는 것으로서 항균성 필름에 의하여 딸기와 밀착시킨 형태로 포장하면 저온에서의 저장유동중 미생물 성장을 억제하고 이는 부패를 현저하게 낮추어 줄 수 있다는 것을 확인하는 것이다. 그리고 이러한 면에서 항균성 필름중에는 지르코늄계 은치환무기이온교환체를 함유시킨 경우가 가장 효과적이었다.

딸기의 조직은 저장에 따라 딸기 자체의 자가분해효소와 미생물성장에 따른 세포벽 분해효소의 작용에 의하여 연화를 나타내게 된다(김동만 등, 1986a). Fig. 3은 포장된 딸기의 저장 중 경도변화를 나타낸 것으로 저장기간이 경과함에 따라 완만한 감소를 보여주고 있으며, 미생물 성장이 가장 낮았던 지르코늄계 은치환무기이온교환체를 함유시킨 필름으로 포장된 딸기에서 가장 경도의 유지가 우수한 것으로 나타났다. 그리고 전반적으로 항균성 소재를 첨가시킨

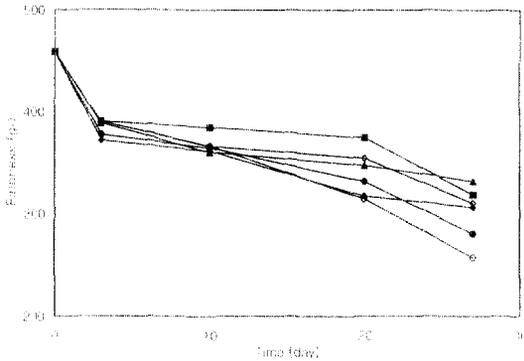


Fig. 3. Changes in firmness of the strawberries wrapped with 1% antimicrobial agent-impregnated LDPE films and stored at 5°C. ○—○: Control (no additive, plain LDPE), ●—●: Grapefruit seed extract, ■—■: Ag-substituted inorganic zirconium matrix, ▲—▲: Sorbic acid, ◆—◆: *Rheum palmatum* extract, ◇—◇: *Coptis chinensis* extract.

LDPE 필름으로 포장된 딸기의 경도가 무첨가 대조 필름의 딸기보다는 양호한 경도의 보존을 보여주고 있다. 본 연구에서의 포장은 통기성이 원활한 포장으로 포장내 기체조성은 일반 공기와 같으므로, 딸기의 호흡속도와 같은 생리적인 변화는 모든 포장구에서 비교적 같을 것으로 추측된다. 따라서 Fig. 3의 결과는 필름에 첨가된 향균물질이 미생물성장을 억제함에 의하여 과육의 연화를 방지하는 데 기여하는 것으로 해석할 수 있다.

포장된 딸기의 저장중 pH, 적정산도 그리고 가용성 고형분의 변화를 Table 1에서 보여주고 있다. 딸기를 27일간 저장하는 동안 pH는 3.9에서 4.1부근으로 상승하고, 적정산도는 초기 0.88%에서 0.62~0.70%로 감소하였다. 또한 가용성 고형분은 9.0°Brix에서 6.6~7.3°Brix로 감소하는 경향을 보였다. 이는 김동만 등(1986b)과 박경인 등(1994)의 보고와 같은 경향이였다. 포장 처리구간에는 유의하고 일관성있는 차이와 특징을 발견할 수 없었다.

결론적으로 향균성 소재를 1% 농도로 포함시킨 LDPE 필름은 딸기와 접촉되는 포장조건에서 미생물의 증식을 억제하고 이로 인하여 부패를 낮추어주었다. 향균성 LDPE 필름은 또한 과육의 경도를 유지시키주는 데 기여하였다. 사용된 향균성 필름중에서는 시르코니움계 은치환무기이온교환체를 포함한 필름이 가장 효과적이었다. 포장필름으로 인한 딸기의 화학적 품질에서의 뚜렷한 차이를 발견할 수 없었다.

요 약

1% 농도로 향균성 소재를 첨가시킨 저밀도 폴리에틸렌(LDPE) 필름에 의하여 딸기를 싸서 포장하고 5°C에서 27일간 저장하면서 미생물 성장, 부패율, 텍스처, 화학적 품질을 측정하였다. 필름에 첨가된 향균성 소재는 자몽종자추출물, 지르코니움계 은치환무기

Table 1. Changes in pH, titratable acidity and soluble solid of the strawberries packaged with 1% antimicrobial agent-added LDPE film and stored at 5°C

Antimicrobial agent in the film	Quality attribute	Storage time (day)				
		0	3	10	20	27
Control (no additive)	pH	3.90	3.92	3.98	4.06	4.07
	Acidity (%)	0.88	0.87	0.77	0.72	0.70
	Soluble solid (°Bx)	9.0	8.2	7.6	7.4	7.3
Grapefruit seed extract	pH	3.90	3.96	4.03	4.10	4.12
	Acidity (%)	0.88	0.80	0.67	0.64	0.62
	Soluble solid (°Bx)	9.0	8.2	7.4	7.2	6.9
Ag-substituted inorganic zirconium matrix	pH	3.90	3.91	4.01	4.03	4.08
	Acidity (%)	0.88	0.84	0.73	0.68	0.66
	Soluble solid (°Bx)	9.0	7.9	7.3	7.0	6.8
Sorbic acid	pH	3.90	3.91	4.02	4.05	4.06
	Acidity (%)	0.88	0.86	0.71	0.71	0.66
	Soluble solid (°Bx)	9.0	8.2	7.6	7.2	7.0
<i>Rheum palmatum</i> extract	pH	3.90	3.94	4.02	4.05	4.06
	Acidity (%)	0.88	0.86	0.72	0.71	0.68
	Soluble solid (°Bx)	9.0	8.5	7.2	7.0	6.7
<i>Coptis chinensis</i> extract	pH	3.90	3.90	4.01	4.05	4.07
	Acidity (%)	0.88	0.88	0.69	0.65	0.63
	Soluble solid (°Bx)	9.0	8.0	7.6	7.3	7.1

이온교환계, sorbic acid, 대황추출물, 황련추출물이었다. 항균성 소재를 포함시킨 LDPE 필름은 무첨가 대조 필름에 비해 호기성 총균수, 유산균수, 효모수로 측정된 미생물의 증식을 억제하는 것으로 나타났다. 이러한 미생물 증식억제의 효과로 인하여 항균성 필름은 포장된 딸기의 부패율을 낮추어 주고, 연화를 억제하였다. 첨가된 항균성 소재 중에서는 지르코늄계 은치환무기이온교환계가 미생물 증식과 부패의 억제 면에서 가장 우수하였다. 딸기의 저장 중 pH는 상승하고 적정산도는 감소하였으며, 가용성 고형분은 감소하는 경향을 보였으나, 포장 처리구간에는 유의하고 일관성있는 차이를 발견할 수 없었다.

감사의 글

본 연구는 1997년도 교육부 학술연구조성비(농업과학연구)에 이루어진 연구결과이며, 연구비 지원에 감사드립니다.

문헌

- 김동만, 장훈승, 김길환. 1986a. 공기중에 혼합된 탄산가스 농도에 따른 딸기의 저장성에 관하여. 한국식품과학회지, **18**: 66-70.
- 김동만, 김길환, 김창식. 1986b. 공기중에 혼합된 탄산가스 농도에 따른 저장딸기의 유기산 변화에 관하여. 한국식품과학회지, **18**: 71-76.
- 박경인, 장경숙, 김미경, 김순동. 1994. 딸기의 유통실태와 성숙중의 품질변화. 농산물저장유통학회지, **1**: 45-53.
- 안덕순, 황용일, 조성환, 이동선. 1998. 항균소재를 함유시킨 저밀도폴리에틸렌 필름에 의한 상추와 오이의 포장. 한국식품영양과학회지, 인쇄중.
- 정순경, 이숙지, 정윤정, 박우포, 이동선, 조성환. 1998. 시설채소산물의 선도유지를 위한 한국산 약용식물추출물의 항균특성. 농산물저장유통학회지, **5**(1): 13-21.
- 한정훈. 1997. 기능성 포장과 방출조절용 항균성 식품포장재의 개발. 산업식품공학, **1**(1): 71-80.
- Ben-Yehoshua, S. 1989. Individual seal-packaging of fruit and vegetables in plastic film. In: *Controlled/Modified Atmosphere/Vacuum Packaging of Foods*, A.L. Brody (ed). Food & Nutrition Press, Trumbull, CT, USA, pp.101-117.
- Hotchkiss, J.H. 1995. Safety considerations in active packaging. In: *Active Food Packaging* M.L. Rooney (ed). Blackie Academic & Professional, London, UK, pp.238-255.
- Halc, P.W., W.R. Miller and J.J. Smoot. 1986. Evaluation of a heat-shrinkable copolymer film coated with imazalil for decay control of Florida grapefruit. *Trop. Sci.* **26**: 67-71.
- Ishitani, T. 1995. Active packaging for food quality preservation in Japan. In: *Foods and Packaging Materials - Chemical Interactions*, P. Ackermann, M. Jagerstad and T. Ohlsson (ed.). The Royal Society of Chemistry, Cambridge, UK, pp.177-188.
- Kotecha, P.M. and D.L. Madhavi. 1995. Berries. In: *Handbook of Fruit Science and Technology*, D.K. Salunke and S.S. Kadam (ed). Marcel Dekker, New York, USA, pp. 315-334.
- Lee, D.S., Y.I. Hwang and S.H. Cho. 1998. Developing antimicrobial packaging film for curled lettuce and soybean sprouts. *Food Sci. & Biotechnol.* **7**(2): 117-121.
- Miller, W.R., D.H. Spalding, L.A. Risse and V. Chew. 1984. The effects of an imazalil-impregnated film with chlorine and imazalil to control decay of bell peppers. *Proc. Fla. State Hort. Soc.*, **97**: 108-111.
- Ryall, A.L. and W.T. Pentzer. 1984. *Handling, transportation and storage of fruits and vegetables*. Vol. 2. AVI Publishing, Westport, CT, USA, pp.255-257.
- Sommer, N.F., R.J. Fortlage, E.G. Mitchell and E.C. Maxie. 1973. Reduction of postharvest losses of strawberry fruits from gray mold. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, **98**: 285-288.
- Weng, Y.M. and M.J. Chen. 1997. Sorbic anhydride as antimycotic additive in polyethylene food packaging films. *Lebensm.-Wiss. u.-Technol.*, **30**: 485-487.