

신선도 유지성분을 포함한 다공성 필름의 성능과 효능

김경이[†] · 이은경¹

서일대학 식품가공과, ¹후레스코 연구소

The Efficiency and Performance of Porous Film Containing Freshness Maintenance Ingredients

Kyeong-Yee Kim[†] and Eun-Kyung Lee¹

[†]Department of Food Science and Technology, Seoul University, Seoul 131-702, Korea

¹Fresco Institute, Kimpo 415-887, Korea

Abstract

To identify effective food packaging compounds that could significantly affect the freshness of stored food, the efficiency and performance of porous polypropylene film containing mustard oil as a freshness maintenance ingredient was studied by GC-MS analysis and storage testing of bread. AITC (allyl-isothiocyanate)-emitting properties of films impregnated with mustard oil were evaluated by GC-MS. AITC was extracted from mustard oil, and used as a vapor as an effective antimicrobial agent. Films were prepared under four different conditions (the film types were abbreviated 25SF1, 25SF2, 50LF, and IAF) and the amounts of AITC inside vinyl packs constructed using the four films were measured. The results showed that the 25SF2 film (width 25 mm, length 20 cm) yielded a greater amount of AITC than did the 50LF film (width 50 mm, length 20 cm). We confirmed that the amount of gas emission showed better between layer and layer of the film side than the internal film. In storage testing using various films at 35°C for 25 days, 25SF2 film provided excellent preservation of bread compared with 50LF film. This was in line with the fact that 25SF2 film yielded the highest amount of AITC. Emission capacities AITC of 2 cm film were measured using bottles various volumes (43 mL, 500 mL, 1000 mL) and both closed and open systems. The AITC content of the film in 43 mL bottle was much higher than that yielded by other films in the closed system, and AITC was rapidly emitted, with relatively low residual gas emission after 4 days in an open system. Mustard oil is a useful freshness maintenance ingredient hence, analysis of AITC emission kinetics from various films were helpful to develop films with optimal antimicrobial effects, and will allow application of such films in food packaging systems.

Key words : antimicrobial, freshness maintenance, mustard oil, AITC, emitting, polypropylene

서 론

식품은 다른 제품과는 달리 저장 중에 물리 화학적 변질과 미생물에 의한 부패를 일으킬 수 있다. 식품의 안정성은 식품의 성분변화와 제조 공정 중의 여러 요인에 의해 다양하게 변화되어질 수 있다. 적절한 포장은 식품의 변질을 막을 수 있을 뿐만 아니라 품질 또한 향상시킬 수 있으며

유통기간을 연장할 수 있다(1,2). 최근 들어 신선편의식품 수요가 급증하면서 식품의 신선도(3,4,5)에 대한 관심이 커지고 있는 가운데 유해 미생물의 발생을 줄이고 식품의 저장성을 연장하기 위한 항균포장(6,7)이 점차 주목을 받고 있다. 포장소재에 관한 안정성에 대하여 관심이 높아지면서 합성 항균 물질보다 천연 항균 물질을 이용하는 방법들(8,9)이 여러 가지 측면에서 시도되고 있다. 천연 휘발성 항균 물질의 하나인 Allyl isothiocyanate(AITC)는 고추냉이, 와사비, 겨자 등에서 발견되는데 낮은 농도에서도 병원성 미생물의 활성을 효과적으로 억제한다(10). 십자화과

[†]Corresponding author. E-mail : kykim@seoil.ac.kr,
Phone : 82-02-490-7360, Fax : 82-02-490-7456

(family cruciferae)에 속한 겨자, 마늘, 정향나무, 바닐라 등의 식물로부터 추출한 정류성분들 중에 겨자유미의 미생물 성장 효과가 가장 크게 나타났다(11). 또한 정유 성분들의 항곰팡이성은 그 적용방법에 따라 다른데 겨자나 레몬에서 얻을 수 있는 AITC는 기체상 접촉을 통한 적용법이 더 효과적이다(12). 십자화과 식물의 세포벽이 손상되었을 때 myrosinase에 의해 glucosinate가 가수분해 되면서 thiocyanate류, isothiocyanate류, nitrile류, glucose류가 생성되는데 AITC는 isothiocyanate류의 한 종류이다(13). 이 물질은 휘발성이며 겨자 특유의 매운 향기와 자극성, 가연성의 특성을 가지며 강한 항균 활성을 나타낸다(14,15). AITC의 항균성 효과의 원인은 단백질 구조를 바꾸고 산소의 이용을 억제해서 필수적인 효소의 활성을 방해한다는 것(16)과 박테리아의 세포막을 불안정화시켜 세포내의 구성성분의 누출을 일으켜서 박테리아의 성장을 억제 및 방지한다는 것(17), 그리고 이황화물의 분해를 통한 외세포질의 효소의 비활성 때문(18)인 것으로 나타나고 있으나 아직 확실하게 밝혀지지 않았다. AITC를 식품 유통을 위한 포장에 적용한 사례는 아세트산의 혼합사용으로 쌀밥의 저장기간 연장(19)과 쇠고기 패티에 겨자 추출물을 적용한 항균성연구(20) 및 식품자체가 아닌 포장기법에 적용한 수용액 제조(21), 겨자를 적용한 신선도 유지제를 부직포에 포장하여 육류포장용기에 투입(22)한 경우 등이 있으나 그 관능적 한계로 인해 적용한 사례가 다양하지 않다. AITC의 포장소재로의 적용은 일본의 Mitsubishi-Kagaku Foods사에서 와사비 및 겨자 향의 주성분을 이용한 시트타입의 필름을 개발하여 도시락 포장에 이용되고 있으나 국내에서는 아직 포장소재로의 적용 사례가 미흡하여 활발한 연구가 기대되고 있는 실정이다. AITC가 다량 함유되어 있는 겨자 추출물을 신선도 유지제로 한 필름을 제조하여 밀폐된 포장 안에 넣어 식빵의 주요 변패 요인인 곰팡이 발생을 줄여 저장기간의 연장 효과를 유도할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 신선도 유지 성분으로 천연 항균성 물질인 겨자유미를 적용하고 다공성 필름을 제조하여 포장소재로의 적용을 용이하게 하는 성능에 대한 조사를 위하여 신선도 유지제가 포함된 포장 소재에서 겨자유미의 방출성을 GC-MSD를 통해 분석하였고 개발된 포장 소재를 식빵 포장에 적용하여 유통기한 연장 효과를 관찰하였다.

재료 및 방법

재료

실험에 사용된 항균층은 후레스코 연구소(필름형 신선도 유지제, 특허등록)에서 에탄올 80% (w/v)와 접착성 물질인 전분(일본번화공업회사, 동경)을 20% (w/v)를 혼합하여 조성된 희석접착제 70% (w/w)에 천연항균성 물질인 겨자

유 (보락주식회사, 한국) 30% (w/w) 를 첨가하여 만들었다.

필름제조

포장용 필름을 제조하기 위해 폴리프로필렌 필름을 사용하였으며 20 μm 의 두께와 40 μm 의 두께를 갖는 필름이 사용되었다. 20 μm 의 필름의 경우에는 음식을 포장하는 내부 면에 사용되며 기공이 형성되어 있어 필름 층 사이에도포되어 있는 천연 항균성 물질이 기공을 통해 음식물로 침투할 수 있도록 하고 40 μm 의 필름의 경우에는 기공이 형성되어 있지 않으므로 천연 도포된 항균성 물질이 외부로 배출되지 않도록 하는 신선도 유지 성분을 포함한 다공성 필름을 제조하였다(23). 이렇게 만든 필름의 폭 25 mm와 길이 20 cm(small size), 폭50 mm와 길이 20 cm(large size)인 두 가지 사이즈를 25SF1(25 mm small film 1개), 25SF2(25 mm small film 2개), 50LF(50 mm large film), IAF(Imported articles film) 4가지 조건으로 실험에 사용하였다.

신선도 유지 성분의 검량곡선 실험

98% 순도의 신선도 유지성분인 겨자유 0.2 g을 ethyl acetate에 녹여서 100 mL로 묽힌 후, 2.0 $\mu\text{g}/\mu\text{L}$ 의 표준용액을 만들었다. 이것을 희석하여 1.0 $\mu\text{g}/\mu\text{L}$, 0.2 $\mu\text{g}/\mu\text{L}$, 0.1 $\mu\text{g}/\mu\text{L}$, 0.02 $\mu\text{g}/\mu\text{L}$, 0.01 $\mu\text{g}/\mu\text{L}$ 의 용액을 만들어서 이 용액을 1 μL 씩 취하여 GC-MSD로 분석하여 검량곡선 작성 실험을 하였고 GC-MSD 분석조건은 Table 1에 나타내었다.

밀폐된 비닐 팩 속의 공기 중에 포함된 신선도 유지성분의 양 측정

비닐팩(26 cm x 28 cm) 속에 사이즈 별로 만들어진 4가지 다른 조건의 film을 20 cm씩 잘라서 넣고 Food Saver사(한국)의 진공포장기로 밀봉하였다. 당일 3시간 후에 비닐 팩 내의 기체를 gas tight syringe로 0.5 mL씩 취하여 GC-MSD로 분석하였다. 2일 후에 기체를 취하여 같은 방법으로 분석하였다. 앞으로 A : 25SF1, B : 25SF2, C : 50LF, D : IAF로 표기하고자 한다.

밀폐용기 및 밀폐되지 않은 용기내 필름에 남아있는 신선도 유지성분의 양 측정

크기가 다른 세 가지 용기(43 mL vial, 500 mL bottle, 1000 mL bottle)에 크기 2 cm의 필름을 잘라서 넣고 밀봉한 후 방치하여 당일 3시간 경과 후에 용기에서 필름을 꺼내어 head space sampler에 넣은 후 80°C로 가열하여 24 mL vial을 채운 기체 중 5 mL를 취하여 GC-MSD로 분석하였다. 같은 방법으로 1일, 2일 경과 후에 용기에서 필름을 꺼내어 분석하였다. 밀폐되지 않은 용기내의 필름에 남아있는 신선도 유지 성분의 양을 측정하기 위하여 24 mL vial에 2 cm 크기의 필름을 잘라 넣고 밀봉한 후 vial에 바늘을 꽂아서 기체가 대기로 휘발되어 빠져나가도록 한 상태로 방치하여 당일

3시간 경과 후에 vial에서 필름을 꺼내어 head space sampler에 넣은 후 80°C로 가열하여 24 mL vial을 채운 기체 중 5 mL를 취하여 GC-MSD로 분석하였다. 같은 방법으로, 1일, 2일, 4일 경과 후에 밀폐되지 않은 상태의 vial에서 필름을 꺼내어 분석하였다.

식빵 저장 실험

대형 할인 매장에서 판매하는 신라명과 식빵을 구입하여 5쪽씩 밀봉 포장 비닐에 넣어 팩을 만들고 4가지 사이즈 조건별 필름을 20 cm씩 잘라 넣은 후 진공 포장기로 밀봉하였다. 조건별 포장을 각각 5조씩 준비하여 35°C 항온기에 넣고 신선도 유지제 필름을 포함하지 않는 blank상태와 곰팡이 발생 유무 날짜로부터 저장기간 연장을 조사하기 위하여 25일간 관찰하였다.

결과 및 고찰

신선도 유지 성분의 검량곡선

2.0 µg/µL, 1.0 µg/µL, 0.2 µg/µL, 0.1 µg/µL, 0.02 µg/µL, 0.01 µg/µL의 용액을 만들어서 GC-MSD로 분석하여 얻은 스펙트럼은 Fig. 1과 같고 이 때 겨자유의 retention time은 4.5 min을 나타내었다. 각 1 µL당 들어있는 신선도 유지 성분의 g수를 x축으로, 피크면적을 y축으로 하여 검량 곡선을 그리고 직선 식을 구하여 Fig. 2에 나타내었다.

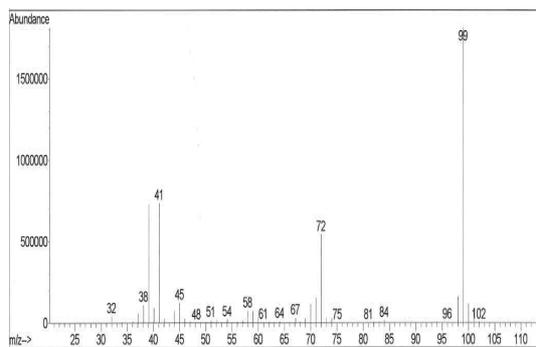


Fig. 1. Mass spectrum of standard solution(retention time: 4.5 min).

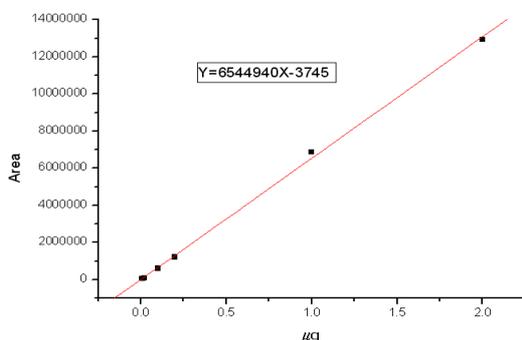


Fig. 2. Calibration curve of standard solution(AITC).

밀폐된 비닐 팩 속의 신선도 유지성분 보유량 측정

4가지 다른 조건의 필름을 비닐 팩에 넣어 포장을 하고 밀봉한 후 당일 3시간 후와 2일 후에 AITC양을 측정하기 위하여 GC-MSD로 분석하여 얻은 스펙트럼은 Fig. 3과 같다. 또한 25SF1, 25SF2, 50LF, IAF의 면적을 동시에 비교할 수 있는 그림을 Fig. 4에 나타내었다. 앞에서 얻은 표준용액의 검량곡선식을 이용하여 4가지 다른 조건의 필름에 대해 밀폐된 비닐 팩 속의 신선도 유지성분 보유량을 측정하기 위하여 GC-MS로 측정한 면적으로부터 AITC g수(µg)를 계산하여 Table 2에 나타내었다. 이 자료들을 살펴보면 4가지 다른 조건의 필름 중에서 신선도 유지제가 함유된 항균층 폭이 25 mm인 필름을 2개 사용할 때가 큰 사이즈 50 mm를 사용했을 때보다 AITC성분이 더 많이 나타났다. 이 현상으로 보아 식품과 닿은 안쪽필름의 20 µm의 기공 쪽보다는 옆 단면 층과 층 사이의 기체 확산이 더 잘 일어난 것으로 판단된다. 즉 큰 사이즈 1개 보다는 작은 사이즈 2개의 필름이 총 길이는 같으나 층 사이의 면적이 넓게 되어 확산이 잘 일어나 AITC가 더 많이 얻어지는 것이다. 4개의 다른 조건 필름 중에서 수입품 필름인 IAF의 경우가 전체적으로 작은 양의 값을 보이는 것은 샘플 제조 과정에서의 항균층 농도 차이로 판단된다. 항균층 폭이 작은 사이즈 필름 2개를 사용했을 때가 큰 사이즈 필름 1개를 사용했을 때보다 밀폐된 비닐팩속의 유지성분 보유량이 더 크게 나타나는 현상으로부터 필름의 기체 확산 정도가 식품과 닿은 쪽보다 옆 단면층에서 더 크게 일어난다는 현상을 알게 되었다. 항균물질의 전이속도를 조절함으로써 천연 휘발성 물질의 하나인 AITC의 특유의 자극성을 줄이는 한편 항균성을 높일 수 있다는 연구(24)를 바탕으로 이를 활용하는 실험이 향후 더욱 활발히 진행될 수 있다고 판단된다.

필름에 남아있는 신선도 유지성분의 양

3가지 다른 조건의 필름을 크기가 다른(43 mL, 500 mL, 1000 mL) 밀폐용기 내에 필름을 2 cm 크기로 잘라 넣고 당일 필름에 남아있는 신선도 유지성분의 양을 측정하기 위하여 GC-MSD로 분석하여 얻은 피크면적을 Table 3에 나타내었다. 측정한 면적을 검량곡선에 대입하여 얻은 AITC의 g수(µg)는 Table 4에 있다. 폭이 25 mm인 작은 사이즈와 50 mm인 큰 사이즈 그리고 수입제품의 필름을 부피가 작은 43 mL vial 공간에서 실험한 내용을 분석한 결과가 500 mL, 1000 mL 큰 공간 보다 필름에 남아있는 AITC 성분이 더 많았다. 또한 수입품 제조 농도가 약한 점을 고려하더라도 2일 후 측정된 양을 비교해 보면 역시 국산제품이 기체가 더 빨리 배출되어 수입품에 비해 국산제품 필름에 남아있는 양이 작게 나타났다. 또한 비교적 큰 부피(500 mL, 1000 mL)에서는 공간상의 확대에 인하여 필름에 남아있는 양이 극히 미소량이었다. 기체가 대기

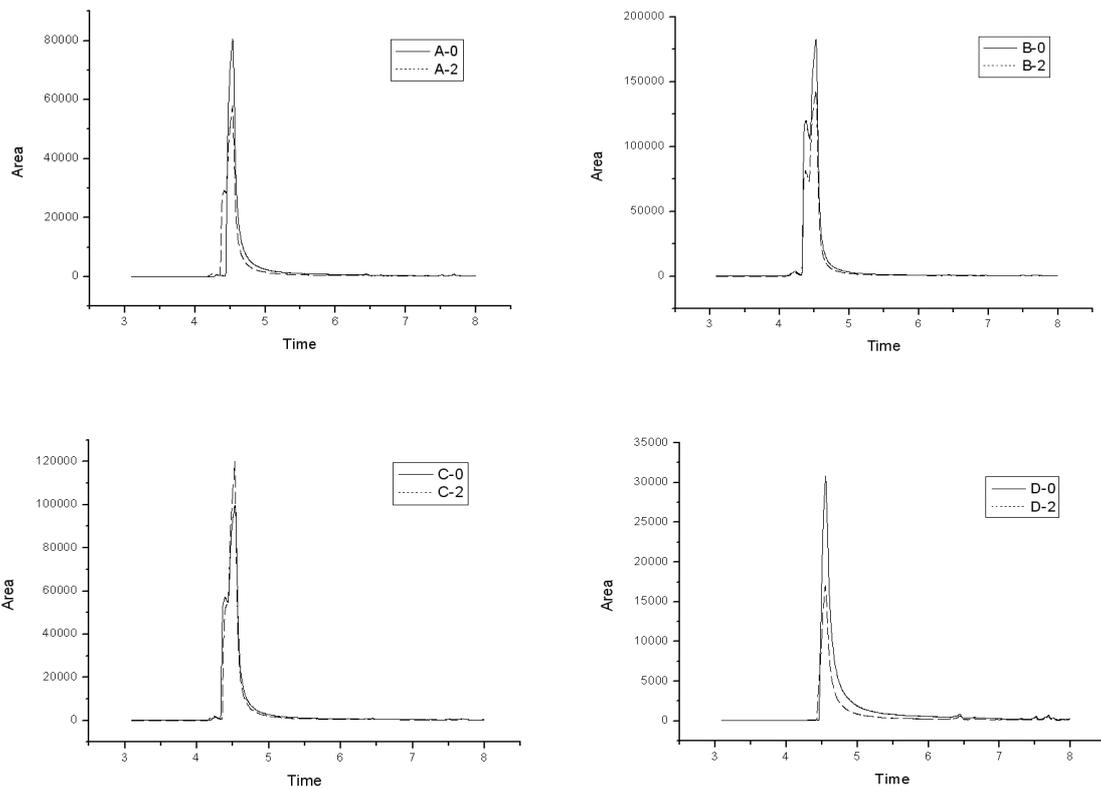


Fig. 3. Peak area of AITC inside closed vinyl pack by four different conditions films(during the day: 0, 2day; 2, A: 25SF1, B: 25SF2, C: 50LF1, D: LAF).

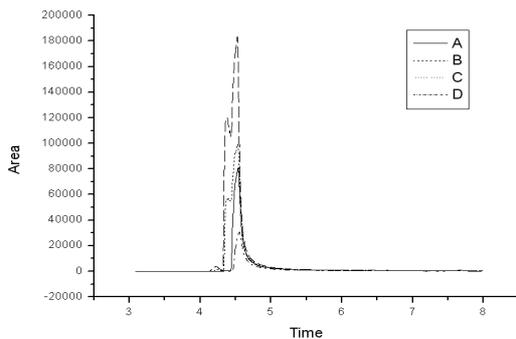


Fig. 4. Comparison area of AITC inside closed vinyl pack by four different conditions films during 1day(A: 25SF1, B: 25SF2, C: 50LF1, D: LAF).

취발되도록 오픈된 밀폐되지 않은 상태에서 당일 필름을 꺼내어 GC-MSD로 관찰한 피크면적을 Table 5에 나타내었고 표준 용액의 검량곡선식에 의하여 얻은 AITC양을 Table 6에 나타내었다. 밀폐되지 않은 용기 내에서의 상태는 vial에 바늘을 꽂아서 대기로 휘발되어 빠져나가도록 방치하였으며 당일 3시간 경과 후에 분석한 양은 밀폐 상태와는 달리 급격하게 작아지는 경향을 보였고 실험결과 4일 후에는 거의 측정되지 않았다. 이러한 실험연구가 다양하게 진행되어 신선도 유지성분을 포함한 필름의 항균성을 연장하기 위한 포장 부피와 밀봉 상태의 조건을 파악하여 저장

Table 1. Operating conditions of GC-MS analysis

Gas Chromatography	• HP7694 Headspace Sampler
-Mass Spectrometer (Agilent, USA)	• HP6890 Gas Chromatography • HP5973 Mass Selective Detector
Headspace sampler	Loop size : 5mL Headspace Oven : 80°C Loop temperature : 90°C Transfer line temperature : 100°C Vial EQ. Time : 5min (80°C, 5min heating)
GC/MSD	Column : 30 m X 0.250 mm X 0.25 µm DB-1 GC Inlet : 100°C, Splitless Carrier gas & Flow : Helium, 1.0 mL/min Oven : Initial temperature & time 50°C, 2min Temperature rate 10°C/min Final temperature, & time 150°C, 0min MSD : SIM mode, m/z 99

Table 2. Amount of AITC inside vinyl pack from GC-MS peak area(A: 25SF1, B: 25SF2, C: 50LF1, D: LAF)

	Observ. date	A	B	C	D
Peak area	Day 1	6,553,914	20,524,029	11,665,631	2,858,759
	Day 2	5,857,684	15,284,775	10,904,381	1,559,656
Amount (µg)	Day 1	1.0019	3.1364	1.7830	0.4374
	Day 2	0.8956	2.3359	1.6667	0.2389

Table 3. Peak area of AITC of the film under the closed system (A: 25SF1, B: Same Size A and Omission, C: 50LF1, D: LAF)

Observ. date		A	C	D
the day		68,995,879	77,958,582	54,440,923
Vial (43 mL)	Day 1	12,452,317	21,115,196	9,286,555
	Day 2	3,282,291	9,445,456	6,083,399
Bottle (500 mL)	Day 1	1,437,251	5,591,456	2,559,569
	Day 2	741,393	1,395,564	2,126,524
Bottle (1000 mL)	Day 1	1,424,838	2,029,776	2,156,578
	Day 2	498,588	823,457	1,897,086

Table 4. AITC amounts of four different films under the closed system (A: 25SF1, B: same size A and omission, C: 50LF1, D: LAF)

Volume		Observ. Date	A	C	D
All case		the day	10.5424	11.9118	8.3186
Vial (43 mL)	Day 1		1.9032	3.2268	1.4195
	Day 2		0.5021	1.4437	0.9301
Bottle (500 mL)	Day 1		0.2202	0.8549	0.3916
	Day 2		0.1138	0.2138	0.3255
Bottle (1000 mL)	Day 1		0.2183	0.3107	0.3301
	Day 2		0.0768	0.1264	0.2904

Table 5. AITC peak area of four different films under the opened system (A: 25SF1, B: same size A and omission, C: 50LF1, D: LAF)

System	Observ. Date	A	C	D
Open	the day	68,995,879	77,958,582	54,440,923
	Day 1	730,215	5,150,504	2,594,886
	Day 2	85,368	144,443	22,9158
	Day 4	47,958	99,532	55,924

Table 6. AITC amount of four different films under the opened system (A: 25SF1, B: same size A and omission, C: 50LF1, D: LAF)

System		Observ. Date	A	C	D
Open		the day	10.5424	11.9118	8.3186
		Day 1	0.1121	0.7875	0.3970
		Day 2	0.0136	0.0226	0.0356
		Day 4	0.0079	0.0158	0.0091

기간 및 신선도 유지 효과를 확대 할 수 있을 것으로 사료 된다.

식빵 저장 곰팡이 실험

식빵을 5쪽씩 포장 비닐에 넣고 필름을 작은 사이즈 1개, 작은 사이즈 2개, 큰 사이즈 1개를 25 cm씩 잘라 넣은 후 각각 5팩씩 만들어 밀봉 후 35℃에서 곰팡이 유무를 25일간 관찰한 결과를 Table 7에 나타내었다. 신선도 유지제 필름이 없을 경우에는 5일 째에 3팩에 점모양의 곰팡이가 발견되었고 6일째에는 5팩 모두에서 작은 사이즈의 곰팡이를 발견하였다. 작은 크기 필름 1개 포장 저장 시에는 7일째에 2팩에 점모양의 곰팡이가 발견되었고 8일째는 모든 팩에 작은 사이즈의 곰팡이가 발견되었다. 큰 사이즈 필름 1개 저장 시는 14일 째에 1팩에서 작은 사이즈의 곰팡이가 발견되었고 15일 째는 3팩에 작은 사이즈의 곰팡이 그리고 17일 째는 모든 팩에 큰 사이즈의 곰팡이가 발생되었다. 폭 25 mm인 작은 크기 필름 2개를 넣어서 저장한 식빵이 가장 늦게 24일 째에 2팩에서 점 사이즈의 곰팡이가 발견되었고 25일째에 3 팩에 작은 사이즈의 곰팡이가 생겼으며 그리고 26일 째는 모든 팩에 작은 사이즈의 곰팡이가 발견되었다. 곰팡이 발생 현상은 GC-MSD 분석 결과 밀폐된 비닐 포장 속의 신선도 유지 성분 보유량 측정된 결과와 같은 현상을 보였다. 앞으로는 식빵뿐만 아니라 신선도 유지가 요구되는 과일 및 야채 등에도 적용하여 곰팡이 발생 실험을 실시 하고 수분과의 관계도 분석해 볼 필요가 있다고 생각한다.

Table 7. Observation of mold amount and size in the 5 packs bread under different film conditions packaging during storage days

Storage days	Film Conditions			
	Blank	25SF1	25SF2	50LF
5 day	3 packs/dot			
6 day	all packs/small			
7 day		2 packs/dot		
8 day		all packs/small		
14 day				1 pack/small
15 day				3 packs/small
17 day				all packs/large
24 day			2 packs/dot	
25 day			3 packs/small	
26 day			all packs/ small	

요 약

식품의 신선도를 유지하기 위한 효과적인 식품 포장 물 질로서 항균성질을 갖는 신선도 유지 성분인 겨자 유를 적용한 다공성 필름의 성능과 효능을 알아보기 위하여 GC-MSD 분석과 식빵에 대한 곰팡이 실험을 하였다. 겨자 유에서 얻을 수 있는 AITC와 같은 물질은 기체상 접촉을

통한 적용법이 항곰팡이성 효과가 크게 나타나므로 GC-MSD 분석을 통해 겨자 유를 함유한 포장 소재에서의 항곰팡이 효과와 식품의 저장기간의 효과를 최대화 할 수 있는 조건을 찾고자 하였다. 필름 크기와 포장 조건을 찾기 위해 4가지 다른 조건으로 실험하여 당일과 2일 후의 AITC를 측정하였다. 그 결과 항균층 폭이 25 mm, 길이 20 cm인 필름 2개를 사용했을 때가 항균층 50 mm 필름 1개를 사용했을 때보다 밀폐된 포장 용기에 AITC가 더 많이 보유하고 있음을 알 수 있었다. 이 결과는 필름제조 시 안쪽 필름의 20 µm의 기공 쪽보다 옆 단면 층과 층 사이의 기체 확산이 더 크게 일어난다는 것을 보여주었다. 식빵 저장 실험에서 곰팡이 유무를 확인한 결과 작은 사이즈 2개를 넣었을 때가 저장 일이 25일로 가장 길게 나타났다. 또한 필름에 남아있는 AITC 양을 측정하기 위하여 크기가 다른 밀폐 용기에서 실험한 결과 부피가 43 mL 공간에서 많이 측정되었고 반면 500 mL, 1000 mL는 공간이 다름에도 불구하고 AITC는 그다지 차이가 없게 나타났다. 오픈한 상태에서 당일 1일, 2일, 4일 후에 AITC량을 측정한 결과 초기에 급격하게 기체가 배출되어 4일 후에는 거의 남아있지 않았고 특히 국산 제품이 수입품보다 더 빨리 기체가 배출됨을 나타내었다. 신선도 유지성분인 겨자유의 방출 특성과 조건을 분석함으로써 항곰팡이성 효과를 극대화 할 수 있는 필름조건을 조사하여 식품에 대한 적용 확대가 기대 된다.

감사의 글

본 연구는 2008년 서일대학 학술 연구비로 수행되었으며, 그 지원에 감사드립니다.

참고문헌

1. Chung, S.K. and Cho, S.H. (2001) Effect of natural antimicrobial agent dipping and antimicrobial packaging films on the keeping quality of green chilli peppers. *Korean J. Postharvest Sci. Technol.*, 8, 264-268
2. Kim, H.S., Seong, L. S. and Lee, I.S. (2002) Antimicrobial activity and food storage of LDPE silica film containing antimicrobial compounds. *Korean J. Bioechnol. Bioeng.*, 17, 350-356
3. Chun, B.C., Lee, S.J., Chung, M.H. and Park, J.H. (2004) Freshness maintenance of polyethylene film containing surface-modified zeolite. *Korean J. Food Preserv.*, 11, 478-484
4. Chung, S.K. and Cho, S.H. (2001) Effect of antimicrobial packaging system on the freshness-preserving of

- zucchinis. *Korean J. Postharvest Sci. Technol.*, 8, 274-278
5. Kim, B.S., Chang, M.S., Park, S.Y., Cha, H.S., Kyon, K.H. and Kim, G.H. (2008) Effect of water temperature and packing type on quality of fresh-cut pak-choi. *Korean J. Food Preserv.* 15, 1-8
6. Chung, S.K., Lee, D.S. and Cho, S.H. (1999) Antimicrobial packaging films for the preservation of harvested grapes. *Korean J. Postharvest Sci. Technol.*, 6, 43-47
7. Cha, D.S., Kweon D.K. and Park, H.J. (2005) The antimicrobial food packaging: application of antimicrobial agents in food packaging. *Korean J. Packaging Sci. Technol.*, 11, 101-107
8. Son, M.H., Lee, J.Y. (2006) Standardization of processing conditions of mustard powder and mustard oil for quality improvement. *Korean J. Culinary Res.*, 12, 131-139
9. Lim, G.O., Hong, Y.H. and Song, K.B. (2009) Preparation of gelatin film containing grapefruit seed extract and its antimicrobial effect. *Korean J. Food Preserv.*, 16, 134-137
10. Nadarajah, D., Han, J.H. and Holley, R.A., (2005a) Inactivation of escherichia coli O157:H7 in packaged ground beef by allyl iso-thiocyanate. *Int. J. Food Microbiol.*, 99, 257-267
11. Nielsen, P.V. and Rios, R. (2000) Inhibition of fungal growth on bread by volatile components from spices and herbs, and the possible application in active packaging, with special emphasis on mustard essential oil. *Int. J. Food Microbiol.*, 60, 219-229
12. Suhr, K.I. and Nielsen, P.V. (2003) Antifungal activity of essential oils evaluated by two different application techniques against rye bread spoilage fungi. *J. Appl. Microbiol.*, 94, 665-674
13. Sofos, J.N., Beuchat, L.R., Davidson, P.M. and Johnson, E.A. (1998) Naturally occurring antimicrobials in food. *Council for Agricultural Science and Technol.*, 132, 31
14. Cejpek, K. Urban, J., Velisek, J. and Hrabcova, H. (1997) Effect of sulphite treatment on allyl isothiocyanate in mustard paste. *Food Chemistry*, 62, 53-57
15. Shofran, B.G., Purrington, S.T., Bredit, F. and Fleming H.P. (1998) Antimicrobial properties of sinigrin and its hydrolysis products. *J. Food Sci.*, 63, 621-624
16. Kojima, M. and Ogawa, K. (1971) Studis on the effects of isothiocyanate and their analogues on microorganism. *Fermentation Technol.*, 49, 740-746.
17. Lin, C.M., Preston III, J.P. and Wei, C.I. (2000) Antibacterial mechanism of allyl isothiocyanate. *J. Food Protec.*, 63, 727-734
18. Dalaquis, P.J. and Mazza, G. (1995) Antimicrobial

- properties of isothiocyanates in food preservation, *Food Technol.*, 49, 73-84
19. Kim, Y.S., Ahn, E.S. and Shin, D.H. (2002) Extension of shelf life by treatment with allyl isothiocyanate in combination with acetic acid on cooked rice. *J. Food Sci.*, 67, 274-279
20. Nadarajah, D., Han, J.H. and Holley, R.A. (2005b) Use of mustard flour to inactivate escherichia coli O157:H7 in ground beef under nitrogen flushed packaging. *Int. J. Food Microbiol.*, 99, 257-267
21. Lee, J.G. (2007) Grain quality preservatives containing stabilized mustard and/or horseradish extracts and package containing the same. GN. 10-0767915
22. Park, Y.S., Jang, G.S., Lee, G.H., Jung, H.S. and Kim, D.G. (2002) Fresh degree conservation materials and its method for preparing. AN. 10-2002-0014003
23. Choi, M. H. (2007) Freshness preservatives of film-type. GN. 10-0755346
24. Park, J.Y. (2008) Development of antimicrobial/antifungal packaging materials using mustard oil. Master Thesis, The Graduate School, Yonsei University

(접수 2009년 6월 24일, 채택 2009년 11월 6일)