

## 농산물 저장을 위한 키토산코팅 지류 포장재

이진희 · 김익환<sup>1</sup> · 최찬호<sup>2</sup> · 서영범<sup>2</sup> · 송경빈\*

충남대학교 농과대학 식품공학과, <sup>1</sup>고려대학교 생명공학원, <sup>2</sup>충남대학교 농과대학 임산공학과

**초 록 :** 분자량이 다른 3가지 종류의 키토산의 *Escherichia coli*에 대한 항균효과를 측정하였고 이들을 라이너지 코팅에 적용했을 때의 균성장억제 효과와 지류포장재에 적용했을 때 딸기의 저장기간을 증대시키는데 대해 연구했다. 키토산은 그 분자량에 따라 항균효과가 다른 것으로 알려지고 있는데 본 연구에서 사용한 3가지 종류의 키토산은 *E. coli*에 대하여 모두 항균효과를 보였다. 키토산 A에서는 40 ppm 이상에서 항균효과를 보였으며 키토산 B와 C는 10 ppm 이상에서 항균효과를 나타내었다. 라이너지에 3가지 종류의 키토산을 코팅하여 항균효과를 보았는데 라이너지에 코팅된 상태에서도 세 종류의 키토산은 균의 성장을 저해하는 것을 보여주었다. 분자량이 다른 3가지 종류의 키토산에서 가장 큰 항균효과를 보이는 키토산 B를 코팅한 지류포장재로 딸기를 포장하여 저장실험을 행하였다. 딸기의 저장증대 효과는 저온저장이 가장 중요하다는 것을 보여 주었으며 포장방법별 저장증대 효과에서는 키토산을 코팅한 지류포장재가 딸기의 저장기간을 증대시키는 것을 보여주었다.(1998년 9월 22일 접수, 1998년 10월 14일 수리)

### 서 론

현재 국내의 포장재료 사용현황에 따르면 합성수지의 사용이 약 40%로서 높은 비율을 차지하고 있는데 최근 환경문제와 관련하여 폐합성수지의 처리가 심각한 문제로 대두되고 있다. 합성수지는 성형이 우수하며 부식되지 않는 장점을 가지고 있지만 환경적 측면에서 쉽게 분해되지 않는 점이 문제가 되고 있다. 특히 폐합성수지의 대부분이 소각되거나 매립되고 있는 실정으로 인해 유독가스와 잔유물 등이 발생하고 토양을 황폐화하여 농작물의 성장을 저해하는 등의 여러 문제를 일으키고 있다. 따라서 재생·재활용 문제와 환경문제를 고려한 환경친화적인 포장재 개발이 절실한 상황이다. 포장재료로서 종이와 판지는 가공성이 좋고 인쇄적성이 우수하며 인장강도 및 압축강도 등 물성이 비교적 우수하며 원료의 재생성이 좋고 매립지에서도 쉽게 생분해되며 연소시에도 무공해하여 환경적 측면에서 가장 좋은 포장재료로 여겨지고 있다. 최근들어서는 포장재료에 기능성 보조제를 적용하여 기능을 향상시키고 다양화하는 많은 연구들이 진행되고 있다.<sup>1,2)</sup> 키틴은 게, 새우 등 갑각류나 곤충류의 표피, 균류의 세포벽 등에 널리 분포되어 있으며 poly-β(1,4)-N-acetyl-D-glucosamine의 섬유상의 중합체로서 직선상으로 연결된 구조를 가지고 있는데 이러한 키틴을 탈아세틸화 하면 키토산이 된다.<sup>3)</sup> 키토산은 여러 가지 활성이 있는 것으로 밝혀지면서 크게 주목받고 있는데 최근 키토산의 항균활성,<sup>4,5)</sup> 항종양활성,<sup>6)</sup> 콜레스테롤 저하작용 및 고혈압 억제작용<sup>7)</sup> 등의 다양한 생리작용이 알려짐에 따라 의약, 식품과 같은 여러 분야에서 광범위하게 응용되고 있다.<sup>8,9)</sup> 키토산의 항균효과에 대해서는 조<sup>10)</sup>의 저분자

키토산의 항균성에 관한 보고와 Allan과 Hadwiger<sup>11)</sup>의 키토산의 균류의 성장 억제에 관한 보고가 있다. 그리고 Kendra와 Hadwiger<sup>12)</sup>는 *Fusarium solani*에 대한 키토산의 항균실험 결과에서 저분자보다는 고분자 키토산에서 그리고 고농도일 때 항균활성이 강하게 나타났다고 보고하였다. 그러나 국내에서는 키토산의 항균활성에 대한 체계적인 연구가 아직 미흡한 실정이다.

한편, 딸기는 대부분 5~6월에 수확하는데 저장기간이 짧고 저장과 수송 중 품질저하나 손실이 많기 때문에 원거리 수송이나 장기저장이 어렵다. 현재 국내에서는 대부분이 생식으로 소비되고 있는데 장기 저장의 어려움으로 인해 그 손실이 많은 실정이다.<sup>20)</sup> 김 등<sup>20)</sup>은 딸기의 저장온도에 따른 품질변화에 있어 과실의 에틸렌 생성량과 호흡량은 저장일수가 경과할수록 증가되는 경향을 나타냈으며 과실의 경도는 높게 유지되었다고 보고하였다. 원예작물은 수확 후 그 품질저하로 인해 많은 손실이 발생하고 있는데 특히 딸기는 저장기간이 2~3일로 손실이 가장 큰 과일 중의 하나이다. 따라서 본 논문에서는 대표적인 농산물의 예로서 딸기를 선택하여 딸기의 저장기간을 증대시키기 위한 방법으로서 기능성 물질인 키토산의 항균활성을 조사하고 이를 지류포장재에 적용하여 새로운 키토산 코팅 지류 포장재를 개발하였으므로 이에 보고하는 바이다.

### 재료 및 방법

#### 실험재료

본 연구에 사용한 키토산은 금호화학에서 구입한 것으로 분자량이 3,000~5,000(키토산 A), 20만~50만(키토산 B)

찾는말 : 키토산, 항균활성, 딸기, 키토산코팅지류포장재  
\*연락처

50만~150만(키토산 C)이었고 이들의 탈아세틸화도는 각각 10%, 90%, 75% 이었다. 실험에 사용된 딸기는 연산에서 1998년에 수확한 수홍을 사용하였다.

**균주 및 배지**

키토산의 항균성 측정에 사용된 액체배지는 키토산과 일관 배지성분과의 coagulation 현상을 고려하여 Glucose-Casamino acid 배지<sup>10)</sup>를 사용하였으며 공시균주는 *Escherichia coli* JM109를 사용하였다.

**키토산 용액의 조제**

분자량이 다른 3가지 종류의 키토산을 1% acetic acid(v/v)로 녹인 후 멸균수로 각각 2, 20, 200, 2000, 그리고 4000 ppm 농도가 되게 용액을 조제한 다음 2배 농축된 상태로 조제한 액체배지와 1:1로 혼합하여 1 ppm부터 2000 ppm 범위의 키토산샘플을 조제하였다. 또한 10 ppm부터 100 ppm 범위의 키토산 샘플조제시에도 같은 방법을 사용하였다.

**키토산 코팅 라이너지 제조**

실험에 사용된 키토산 코팅 종이는 라이너지를 사용하였고 3%의 전분용액을 이용하여 분자량이 다른 3가지 종류의 키토산을 라이너지에 코팅하였다. 이 때 코팅에 사용된 키토산의 양은 코팅에 이용된 전분량에 대해 각각 20%와 50% 이었다.

**키토산 용액의 항균효과 측정**

용액상태에서 키토산의 항균성을 측정하기 위하여 분자량이 다른 3가지 종류의 키토산용액을 준비한 후 Glucose-Casamino acid 배지와 혼합하여 적정 키토산 농도가 되도록 배지를 만든 후 *E. coli*를 2% 농도로 접종한 다음 Bioscreen(Labsystem Co.)을 이용하여 30°C에서 69시간 동안 배양하면서 30분마다 균의 성장속도를 O.D.<sub>600nm</sub>에서 측정하고 비성장속도( $\mu$ )를 다음 식 (1)과 같이 계산하였다.

$$\mu = \frac{1}{t} \ln \frac{X_t}{X_0} \quad (1)$$

여기에서  $\mu$ 는 비성장속도(specific growth rate, 1/hr), t는 균의 성장에 걸리는 시간(hr),  $X_0$ 는 초기 균농도,  $X_t$ 는 t시간이 지난후의 균농도를 가리킨다. 한편 최소저해농도(minimum inhibitory concentration, MIC)는 *E. coli*의 생육을 저해하는 최소의 농도로 정의 하였다.

**키토산 코팅 라이너지 항균효과 측정**

분자량이 다른 3종류의 키토산을 전분농도 대비 20%와 50%로 코팅한 라이너지를 지름이 35 mm가 되도록 원형으로 절단한 다음 가운데를 지름이 8 mm가 되도록 원형으로 절단하였다. 코팅된 부분이 고체배지에 접촉되도록 하고 원형으로 절단된 라이너지의 가운데에 *E. coli*를 접종한 후 라이너지 밖으로 균이 성장해 나가는 정도를 조사하였다.

**포장조건에 따른 딸기의 저장기간중 품질변화 측정**

딸기를 키토산 코팅된 지류포장재와 무처리 지류포장재로 포장하여 실온(25°C)과 저온(4°C)에서 저장하면서 품질변화를 측정하였다. 포장의 크기는 4 kg을 내장할 수 있는 것을 사용하였고 딸기의 품질평가는 중량감모율, 부패율과 경도를 측정하였는데 그중 가장 주요한 요소인 부패율은 부패한 딸기의 갯수를 총과수에 대한 백분율로 표시하였다. 중량감모율은 저장중 감소되는 중량을 측정하여 백분율로 표시하였고 경도는 texture analyser를 이용하여 측정하였다.

**결과 및 고찰**

**키토산 용액의 항균효과**

키토산 용액의 항균 효과를 측정하기 위해서 대표적인 박테리아인 *E. coli*의 성장에 미치는 키토산용액의 저해효과를 관찰하였는데 먼저 배지 선정에 있어 Glucose-Casamino acid 배지를 사용하였다. 대표적인 *E. coli*용 배지인 LB 배지는 그 성분 중에서 yeast extract와 tryptone이 키토산과 응집·침전현상을 일으키는 것으로 알려져 있기 때문에 키토산과 상호작용이 없는 성분으로서 질소원으로는 casamino acid, 그리고 탄소원으로는 Glucose를 이용하여 키토산의 항균효과 측정용 배지로 사용하였다.<sup>10)</sup> 또한 *E. coli* 성장 속도를 측정하기 위해 Bioscreen을 이용하여 O.D.를 측정하였는데, *E. coli*를 Bioscreen에 생육시키면서 일정 시간 마다 자동적으로 O.D.를 측정하였는데 이때 분주되는 샘플량은 300  $\mu$ l이었다. *E. coli*의 성장곡선에 있어 최대 O.D. 값이 낮은 이유는 키토산과의 응집, 침전 현상을 방지하기 위해 사용한 배지의 특성과 또한 Bioscreen system에 의한 것으로 판단된다.

키토산 용액의 항균성 실험에서는 이들의 항균효과를 갖는 범위를 찾기 위해서 1~2000 ppm의 넓은 범위에서 분자량이 다른 3가지 종류의 키토산을 용해해서 이들의 항균효과를 30분마다 모두 같은 조건에서 검사하였는데 Table 1에서 보는 것과 같이 저분자인 키토산 A(Mw 3,000~5,000)는 40 ppm 이상에서 균의 성장을 억제하는 효과를 보이고 있으며 키토산 B(Mw 200,000~500,000)와 C(Mw 500,000~1,500,000)는 10 ppm 이상에서 균의 성장을 저해하는 효과를 보이고 있다. 그러나 키토산을 용해하기 위하여 1.0% 초산을 첨가 사용하였기 때문에 먼저 키토산을 용해하는데 사용된 초산이 균의 성장을 저해하는지를 확인하기 위해서 각각의 키토산 샘플에 포함되어 있는 것과 동일한 농도로 초산이 함유된 배지를 조제하여 균의 성장을 저해하는 정도를 살펴 보았다. 그 결과 초산은 10~100 ppm 농도에서는 균의 성장에 영향을 주지 않는 것을 확인하였다. 따라서 초산의 영향을 받지 않고 키토산 용액 자체만이 항균성을 나타내는 범위인 10~100 ppm 농도범위에서 저해정도를 다시 분석하였다. 분자량이 다른 3종류의 모든 키토산이 10~100 ppm 사이에서 균의 성장을 억제하였는데, 저분자량인 키토산 A는 40 ppm 이상의 농도에서 그리고 키토산 B와 C는 10 ppm 이상의 농도에서 균의 성장을 저

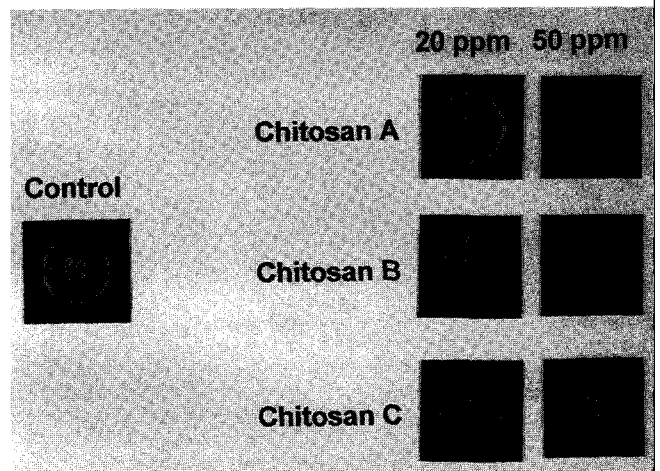
**Table 1. The Effect of Chitosan on the Growth of *Escherichia coli* JM109**

Solution	Concentration (ppm)	$\mu$ (1/hr)	Maximum O.D.
Control		0.68	0.205
Acetic acid	10	0.66	0.193
	20	0.68	0.214
	40	0.68	0.215
	60	0.64	0.227
	80	0.63	0.231
Chitosan A	100	0.65	0.228
	1	0.67	0.263
	10	0.28	0.261
	20	0.21	0.112
	40	.	0.006
Chitosan B	60	.	0.005
	1	0.53	0.164
	10	.	0.002
	20	.	0.002
	40	.	0.003
Chitosan C	60	.	0.002
	1	0.54	0.124
	10	.	0.003
	20	.	0.003
	40	.	0.004
	60	.	0.005

해하는 것을 보여주었는데 이것은 같은 조건 하에서는 저분자량 키토산 보다 중, 고분자량 키토산이 항균활성이 더 높다는 것을 시사한다. 또한 이러한 결과는 조<sup>10)</sup>의 저분자 키토산(Mw 35,000)이 50 ppm 이상에서 *E. coli*에 대하여 항균효과가 있다는 보고와 김과 조<sup>11)</sup>의 키토산 200 ppm 이상에서의 항균효과 있음과 비교가 되는데, 이들의 *E. coli*에 대한 MIC 값이 본 연구결과와 다소 다른 것은 사용된 키토산의 분자량 차이, 항균 활성 측정시 사용된 배지 조성, 그리고 측정 방법의 차이에 기인하는 것으로 판단된다. 그리고 본 연구결과는 Kendra와 Hadwiger<sup>9)</sup>의 *Fusarium solani*에 대한 키토산의 항균실험 결과에서 저분자 보다는 고분자 키토산에서 항균활성이 강하게 나타났다는 보고와 키토산의 특성면에서 일치한다.

**키토산 코팅 라이너지의 항균효과**

분자량이 다른 3가지 종류의 키토산을 코팅한 라이너지



**Fig. 1. Effect of Chitosan-coated paper sheets on the growth of *Escherichia coli* JM109.**

를 *E. coli*를 접종하여 항균효과를 검색한 결과는 Fig. 1과 같다. Fig. 1에서 원형으로 절단된 라이너지 바깥에 백색으로 보이는 부분이 성장한 *E. coli*이다. 37°C에서 48 시간이 경과 후에 키토산 코팅 라이너지 밖으로 성장한 균의 면적을 대조구와 비교하여 보면 분자량이 다른 3가지 종류의 키토산이 모두 대조구보다 균의 성장면적이 작은 것을 보여 주고 있다. 특히 키토산 A에 비해 키토산 B, C의 경우 20 ppm 농도에서도 뚜렷한 차이를 보이는 것은 액체배지에서의 항균 효과 실험 결과와 일치함을 보여 준다. 이와 같은 결과는 라이너지에 코팅된 키토산이 배지면을 따라 성장하는 균의 생육을 저해하였기 때문인 것으로 보여진다.

**포장조건에 따른 딸기의 저장기간중 품질변화**

원에 작물의 품질평가에서 내부 품질 변화는 외부 품질 변화와 밀접한 관계를 갖는데 특히 딸기는 연화현상이 품질저하에 가장 큰 영향을 미치기 때문에 외관적 품질 평가가 딸기의 품질을 평가하는 데 주요한 요소가 된다. 상온저장 결과는 저장시작 2일 후에는 모두 부패되거나 관능적으로 부적합하게 되어 실험을 더 이상 진행하지 않았다. 딸기를 상온과 저온으로 저장하면서 저장기간중 품질변화를 보았는데 중량감모는 온도가 높고 저장일수가 경과할수록 증가되었으며 경도의 경우는 상온저장시 시간 경과에 따라 감소하였고 저온저장에서는 저장 직전보다 약간 증가하다가 감소되는 경향을 보였는데 딸기 저장 중 가장 중요한 요소인 부패율의 경우는 Table 2에서 보듯이 저온저장하에서 코팅처리한 지류포장재가 무처리 지류포장재보다 부패율이 22.5%가 낮은 것을 보여주었다. 이러한 실험 결과는 키토산

**Table 2. Changes in decay rates of strawberry during chilling storage**

	Storage days							
	1	2	3	4	6	8	10	15
Plain corrugated paper Packaging	1.9	13.2	16.1	20.8	22.6	28.3	43.4	71.7
Chitosan-coated paper packaging	0	8.2	11.5	12.5	14.8	23	34.4	49.2

코팅한 지류포장재가 딸기의 저장시 부패 미생물의 생육을 억제함으로써 딸기의 선도를 유지시키는데 효과적인 방법으로 사용될 수 있다는 것을 보여 준다. 딸기에 관한 연구 보고에 따르면 딸기의 저장 시 저장온도가 낮을수록 감모율과 부패율이 낮았으며 기능성 물질을 적용한 포장재에 딸기를 포장하여 저장한 경우에 중량감모율과 부패율이 낮은 것을 보여주어<sup>27)</sup> 딸기의 저장기간이 증대된 것을 보이고 있는데 본 연구에서도 저온에서 키토산을 코팅한 지류포장재가 딸기의 저장 기간을 증대시킴으로써 키토산 코팅 지류포장재가 농산물 선도유지에 효과적인 것으로 보인다.

참고문헌

1. Kim, D. W. (1994) The Situation and Prospect of Food Packaging Materials and Its Products in Korea Since 1990, *Korean J. Food & Nutrition*, **7**, 64-81.
2. Masashi, N. (1996) Biogradable Plastics Derived from Homgenized Cellulose and Chitosan, *Food Science and Industry*, **29**(2), 38-41.
3. Kim, Y. H., H. J. Park, D. M. Kim and K. H. Kim (1994) Funtional Properties of Cellulose-Based Films, *Korean J. Food Sci. Technol.*, **26**(2), 133-137.
4. Allan, C. R. and L. A. Hadwiger (1979) The Fungicidal Effect of Chitosan on Fungi of Varing Cell Wall Composition, *Experimental Mycology*, **3**, 285-287.
5. Kendra, D. F. and L. A. Hadwiger (1984) Characterization of the Smallest Chitosan Oligomer That is Maximally Antifungal to *Fusarium solani* and Elicits Pisatin Formation in *Pisum sativum*, *Experimental Mycology*, **8**, 276-281.
6. Young, D. H., H. Köhle, and H. Kauss (1982) Effect of chitosan on membrane Permeability of suspension cultured *Glycine max* and *Phaseolus vulgaris* Cells, *Plant Physiol.*, **70**, 1449-1454.
7. Young, D. H. and H. Kauss (1983) Release of Calcium from Suspension-Glycine max Cells by Chitosan, Other Polycations, and Polyamines in Relation to Effects on Membrane Permeability, *Plant Physiol.*, **73**, 98-702.
8. Hirano, S. and N. Nagao (1989) Effects of Chitosan, Pectic Acid, Lysozyme, and Chitinase on the Growth of Several Phytopathogens, *Agric. Biol. Chem.*, **53**(11), 3065-3066.
9. Yamauchi, N. and K. Kakinuma (1989) Short Synthesis of (±)-Chokol G, the Simplest Congenor of the Chokol Group of Fungitoxic Sesquiterpenoids, *Agric. Biol. Chem.*, **53**(11), 3067-3069.
10. Cho, H. R. (1989) Antimicrobial Activity and Food Preservative Funtion of a Low Molecular Weight Chitosan, Ph.D. Thesis, National Fisheries University of Busan, Busan, Korea.
11. Kim, G. E. and M. G. Cho (1994) Chitin Content and Antibacterial Activity of Chitosan Extracted from Biomass, *Kor. J. Appl. Microbiol. Biotechnol.* **22**(6), 643-645.
12. Kim, H. K., H. S. Kim, M. I. Kang, H. B. Koh, J. R. Kim and E. H. Lee (1997) Antibacterial Effect of Chitosan-oligosaccharides to *Escherichia coli* Causing Diarrhea of Piglets, *Korean J. Chitin and Chitosan*, **2**(1), 34-44.
13. Choe, C. H. (1997) Effect of Chitosan Surface Treatment on the Antibacterial Properties of Paper, M.S. Thesis, Chungnam National University, TaeJon, Korea.
14. Kim, S. K. and Y. J. Jeon (1997) Antitumor Activities by Immunological Function of Chitin, Chitosan and Their Oligosaccharides, *Kor. J. Chitin and Chitosan*, **2**(1), 3-14.
15. Okuda, H., H. Kato and T. Tsujita (1997) Antihypertensive and Antihyperlipemic Actions of Chitosan, *Kor. J. Chitin and Chitosan*, **2**(3), 45-49.
16. Yang, R. , J. H. Hyon and Y. H. Whang (1992) A Basic Study on Chitin from Krill and Kruma Prawn for Industrial Use, *Korean J. Food Sci. Technol.*, **24**(1), 12-24.
17. No, H. K. and S. P. Meyers (1989) Crawfish Chitosan as a Coagulant in Recovery of organic Compounds from Seafood Processing Streams, *J. Agric. Food Chem.*, **37**, 580-583.
18. Soto-Peralta, N. V., M. Horst and K. Dietrich (1989) Effects of Chitosan Treatments on the Clarity and Color of Apple Juice, *J. Food Science*, **54**(2), 495-496.
19. Sapers, G. M. (1992) Chitosan Enhances Control of Enzymatic Browning in Apple and Pear Juice by Filtration, *J. Food Science*, **57**(5), 1192-1193.
20. Austin, P. R., C. J. Brine, J. E. Castle and J. P. Zikakis (1981) Chitin: New Facets of Research, *Science*, **212**(15), 749-753.
21. Tom, R. A. and P. A. Carroad (1981) Effect of Reaction Conditions on Hydrolysis of Chitin by *Serratia marcescens* QMB1466 chitinase, *J. Food Science*, **46**, 646-647.
22. Weng, Y. M. and J. H. Hotchkiss (1991) Headspace Gas Composition and Chitin Content as Measures of *Rhizopus stolonifer* Growth, *J. Food Science*. **56**(1), 274-275.
23. Yang, T. and R. R. Zall (1984) Chitosan Membranes for Reverse Osmosis Application, *J. Food Science*, **49**, 91-93.
24. Knorr, D. (1982) Functional Properties of Chitin and Chitosan, *J. Food Science*, **47**, 593-595.
25. Kim, S. K. and Y. J. Jeon (1997) Safety of Chitin and Chitosan for Food and Pharmcetititusal Uses, *Korean J. Chitin and Chitosan*, **2**(2), 3-14.
26. Kim, Y. B., Y. Kubo, A. Inaba and R. Nakamura (1996) Effect of Storage Temperature on Keeping Quality of Tomato and Strawberry, *J. Kor. Soc. Hort. Sci.*, **37**(4), 526-532.
27. Kim, Y. B. (1994) Effect of Temperature, Gas Condition and Packaging Materials on the Market Quality of Tomato and Strawberry Fruits during Storage, Ph.D. Thesis, Geyongsang National University, Korea.

---

**Chitosan-coated Packaging Papers for Storage of Agricultural Products**

Jin-hee Yi, Ik-hwan Kim<sup>1</sup>, Chan-Ho Choe<sup>2</sup>, Yung-Bum Seo<sup>2</sup> and Kyung Bin Song\*(*Department of Food Science and Technology, Chungnam National University, <sup>1</sup>Graduate School of Biotechnology, Korea University and <sup>2</sup>Department of Forest Product Technology, Chungnam National University*)

**Abstract** : Chitosan has been known to have an antimicrobial activity. Chitosan samples having different molecular weights were tested for the antimicrobial activity against *Escherichia coli* in a liquid medium and on the paper sheets coated with different types of chitosan samples. In a liquid medium, Chitosan A (Mw 3,000~5,000) and B (Mw 200,000~500,000) showed minimal inhibitory concentration (MIC) of 40 and 10 µg/ml, respectively. The MIC of chitosan C (Mw 500,000~1,500,000) was similar to that of chitosan B. The paper sheets coated with chitosan A, B, and C also showed growth inhibition against *E. coli*. As a typical agricultural product, strawberry was tested for the extension of shelf life by using the chitosan-coated packaging papers. Storage experiments showed that chitosan-coated packaging papers extended the shelf life of strawberry at the chilling temperature of 4°C.

---

**Key words** : chitosan, antimicrobial activity, strawberry, chitosan-coated packaging paper

\*Corresponding author