

키토산 첨가에 의한 식빵의 저장성 증진효과

이현영 · 김성미 · 김진영 · 윤선경 · 최정수 · 박선미 · 안동현[†]

부경대학교 식품생명공학부 · 수산식품연구소

Effect of Addition of Chitosan on Improvement for Shelf Life of Bread

Hyun-Young Lee, Seong-Mi Kim, Jin-Young Kim, Sun-Kyoung Youn,
Jung-Su Choi, Sun-Mee Park and Dong-Hyun Ahn[†]

Faculty of Food Science & Biotechnology/Institute of Sea Food Science,
Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

Abstract

This study was performed to evaluate the effect of chitosan addition on shelf life of bread. Four different molecular weights (MW) of chitosan, 1 kDa, 5 kDa, 30 kDa, and 120 kDa were used. The growth of spoilage bacteria was inhibited depending on MW and concentration of chitosan, and most inhibited conditions were 0.1% of 30 kDa and 120 kDa of chitosans. But the growth of yeast and mold showed very weak inhibition. This showed that yeast would grow normally in the fermentation process of bread. Shelf-life of bread was improved depending on concentration of chitosans at MW 30 kDa and 120 kDa. Antioxidative effect of chitosan was increased with the larger molecular weight and the higher concentration during storage. The preservation of bread by adding chitosan was improved.

Key words: chitosan, bread, antimicrobial, antioxidative, preservation

서 론

키토산은 게, 새우 등과 같은 갑각류 껍질, 곤충류의 cuticle 층, 연체 동물의 골격과 껍질, 미생물의 세포벽에 널리 존재하며, 이를 산, 알칼리 처리하여 탈 아세틸화시키면 키토산이 생성된다(1-3). 이러한 키토산은 poly-β(1,4)-D-glucosamine의 천연 다당류로서 반응성이 높은 아미노기를 가지고 있어 많은 유리 양이온을 지닐 수 있기 때문에(4) 콜레스테롤 조절 효과(5), 유당소화불량 억제 작용(6), 항균 작용(7-11) 및 항곰팡이 작용(12), 보습성 및 유허안전성(13,14) 등을 가지고 있다. 뿐만 아니라 최근에는 키토산이 항산화성(15)을 나타낸다는 연구 결과도 보고되고 있다. 특히 식품 분야에서 키토산을 사용하였을 때, 김치(16-19), 두부(20) 등의 저장성 향상, 축육 소시지의 보존성 개선(21) 및 항산화 효과(22) 등의 연구가 보고되고 있어 고부가가치 기능성 식품 첨가물로서의 키토산 이용가능성이 점차 확대되고 있다.

한편 최근 급격한 사회, 경제적 발전과 문화 수준이 향상됨에 따라 식생활의 양상은 큰 변화를 가져왔으며, 이와 더불어 빵의 이용은 주식의 대용으로서 큰 비중을 차지하고 있다(23). 그 중 식빵은 다른 일반 빵에 비해 설탕과 유지의 사용량

이 적기 때문에 실온에 방치하였을 때 균의 증식 및 빵의 노화가 빨리 일어나며 이로 인해서 유통기간이 짧아져 경제적 손실을 초래하게 된다. 이러한 빵의 단점을 보완하기 위하여 최근 국내에서는 쌀, 보리, 옥수수(24,25), 메밀(26-28), 고구마(29), 흑백 히토키티올 추출물(30) 등을 이용하여 제빵 특성에 관한 연구가 활발히 진행 중이며, 국외에서도 이미 완두, 해바라기 껍질 등을 이용하여 빵의 품질을 향상(31)시키고자 하는 연구가 이루어졌다.

따라서 본 연구에서는 식빵의 저장성을 증진시키기 위한 목적으로 식빵 제조시 식품 첨가물로서 키토산을 이용하여 저장기간 중 식빵에 첨가된 키토산의 항균 및 항산화 효과에 대하여 보고하고자 한다.

재료 및 방법

재료

강력분과 인스턴트 효모를 식빵 제조시 주원료로 사용하였으며, 키토산은 분자량 약 1 kDa, 5 kDa, 30 kDa 그리고 120 kDa의 것을 사용하였다. 분자량 약 1 kDa과 5 kDa의 키토산은 탈 아세틸화도 95% 이상, 중금속 및 비소 미검출의

[†]Corresponding author. E-mail: dhahn@pknu.ac.kr
Phone: 82-51-620-6429, Fax: 82-51-622-9248

(주)키토라이프의 제품을 사용하였고, 분자량 약 30 kDa의 키토산은 탈 아세틸화도 92% 이상, 중금속 및 비소 미검출의 (주)Biotech의 제품을 사용하였으며, 분자량 약 120 kDa의 키토산은 탈 아세틸화도 85% 이상, 중금속 20 ppm 이하, 비소 미검출의 신영키토산의 제품을 사용하였다.

식빵의 제조

강력분(대한제분, 1등급, 회분함량 0.45%, 표백밀가루) 100%를 기준으로 활성건조효모(프랑스, (주)제니코) 2%, 설탕(제일제당) 5%, 쇼트닝(서울하인즈) 4%, S-500(조흥화학) 1%, 물 63%를 직접반죽법으로 제조하였다. 반죽을 온도 27°C, 상대습도 80%에서 90분간 1차 발효시킨 다음 발효가 끝난 반죽을 75 g씩 등글리기하였다. 온도 38°C, 상대습도 90%에서 40분간 2차 발효를 하고 오븐의 상부온도 210°C, 하부온도 150°C에서 11분간 굽기하여 2시간 동안 실온에서 방냉시켰다. 완성된 식빵을 포장한 후 실온(온도 27°C±2, 습도 75%±10)에서 8일간 저장하면서 실험하였다.

키토산의 첨가

식빵 제조시 첨가된 분자량 약 1 kDa, 5 kDa의 키토산은 증류수에 용해하여 사용했고, 분자량 약 30 kDa, 120 kDa의 키토산은 0.3% 젖산에 용해한 후 pH를 5.5로 조절해서 사용했다. 식빵에 첨가한 키토산의 최종농도는 0.01%, 0.10%, 0.30%, 0.50%로 했으며, 식빵에 첨가되는 물의 양은 키토산 수용액의 양을 뺀 후 최종 수분함량이 일정하게 되도록 했다.

미생물 생육억제효과

Saccharomyces cerevisiae KCTC7905는 YPD broth에, 식빵의 부패에 관여하는 세균인 *Bacillus licheniformis* KCTC 1026, *Bacillus subtilis* KCTC9372, *Serratia marcescens* KCTC2216는 Mueller Hinton broth(Difco)에 각 분자량의 키토산을 첨가하고 이들 균주를 접종하여 30°C와 37°C에서 배양하면서, 600 nm에서 흡광도를 측정하여 균에 대한 생육억제효과를 측정하였다. *Aspergillus niger* KCTC6906과 *Penicillium expansum* KCTC6434는 potato dextrose broth(Difco) 1.5 mL와 각 분자량의 키토산 용액에 300 µL($10^3 \sim 10^4$ CFU/mL)를 접종하여 25°C, 24시간 진탕 배양하였다. 균 배양액을 멸균한 phosphate buffered saline(PBS) 용액으로 희석하여 potato dextrose agar(PDA) broth에 도말한 다음 25°C에서 48시간 동안 배양하여 생균수(CFU)를 세어 균 감소율을 관찰하였다(9).

저장성 증진효과

완성된 식빵을 포장한 후 실온(온도 27°C±2, 습도 75%±10)에서 8일간 저장하면서 생균수(CFU)를 측정하였다. 식빵의 내·외부를 무균적으로 2.5 g 취해 멸균한 PBS 용액(pH 7.4)에 넣어 10,000 rpm에서 1분간 균질화(AM-7, Ace homogenizer, Nihonseiki, Japan)한 다음 10배 희석법으로 희석하여 nutrient agar broth에 도말 후, 37°C에서 48시간 배양하

여 생균수(CFU)를 관찰하였다.

항산화 효과

분쇄한 식빵 5 g에 3배의 초순수를 가해 3000 rpm에서 1분간 균질화한 다음 여과하였다. 이 여액 0.5 mL에 초순수 0.5 mL와 7.2% butylated hydroxytoluene(BHT) 50 µL, 2-thio-barbituric acid(TBA)/trichloro acetic acid(TCA)용액 2 mL를 첨가한 후 100°C에서 15분간 중탕 및 냉각한다. 이를 4°C, 3000 rpm으로 10분간 원심분리하고, 그 상정액을 531 nm에서 흡광도를 측정하여 TBARS(thiobarbituric acid reactive substances) 함량, 즉 식빵 kg당 malonaldehyde양(mg)으로 나타내었다.

결과 및 고찰

미생물 생육에 미치는 영향

키토산이 저장 중 식빵의 부패에 관여하는 세균 및 곰팡이와 빵의 발효에 관여하는 효모의 생육에 미치는 영향을 조사하였다. 키토산을 분자량 별로 약 1 kDa, 5 kDa, 30 kDa 및 120 kDa과 0.001~0.500%까지 농도별로 첨가하여 생육억제효과를 측정하였다(Table 1). 그 결과, *S. cerevisiae*에 대한 생육억제효과는 3시간 배양 후 약 30 kDa의 키토산을 0.010% 이상 첨가구부터 나타나기 시작했고, 약 120 kDa의 키토산은 0.001% 이상 첨가한 경우에 생육억제효과가 나타났으나 그 정도는 75% 이하로 낮았다. 6시간 배양 후에는 약 5 kDa의 키토산을 0.200% 이상 첨가한 경우 생육억제효과가 18.7% 이하로 약하게 나타났고, 12시간 배양 후에는 약 1 kDa의 키토산을 0.100% 이상, 약 5 kDa의 키토산을 0.010% 이상 첨가한 경우 생육억제효과를 보였다. 또한 약 30 kDa의 키토산은 0.010% 이상에서부터 50.4% 이상, 약 120 kDa 키토산에서는 67.2% 이상의 생육억제효과를 나타냈다. 따라서 키토산은 실제 빵 발효에 소요되는 시간에 효모의 생육을 크게 억제하지 않을 것으로 사료된다.

*B. licheniformis*는 12시간 배양 후 약 1 kDa 키토산의 경우 0.350%, 약 5 kDa 키토산의 경우 0.100%, 약 30 kDa 키토산의 경우 0.010%에서 각각 90% 이상의 강한 생육억제효과를 보였다.

*S. marcescens*는 모든 분자량 및 첨가량의 키토산에서 생육억제효과가 나타났으나, 특히 약 30 kDa과 120 kDa 키토산이 0.100% 이상의 농도에서 62.1%와 87.5%로 강한 생육억제효과를 나타냈다.

*B. subtilis*는 약 30 kDa 키토산을 0.010% 첨가했을 때 89.2%의 생육억제효과를 보였다. 결과적으로 식빵의 부패에 관여하는 세균들은 분자량 약 30 kDa과 120 kDa 키토산이 0.100% 이상 농도에서 강하게 생육이 억제되었다.

*Aspergillus niger*는 약 1 kDa의 키토산에서 생육억제효과가 전혀 나타나지 않았고, 5 kDa 키토산에서도 0.350%까지는 그 효과가 전혀 나타나지 않다가 0.500%에서 37%의 낮

Table 1. Growth inhibition of chitosans against yeast and spoilage bacteria on bread

		<i>Saccharomyces cerevisiae</i>			<i>Serratia marcescens</i>		<i>Bacillus licheniformis</i>		<i>Bacillus subtilis</i>	
		3 hr	6 hr	12 hr	12 hr	24 hr	12 hr	24 hr	24 hr	48 hr
1 kDa	0.001%	-	-	-	4.4	-	-	-	-	-
	0.010%	-	-	-	6.3	-	-	-	-	-
	0.100%	-	-	7.2	17.7	-	-	-	-	-
	0.200%	-	-	26.7	19.6	0.2	14.2	-	-	-
	0.350%	-	-	40.9	18.9	6.1	96.0	63.3	-	-
	0.500%	-	-	47.5	25.2	7.5	98.1	97.1	-	-
5 kDa	0.001%	-	-	-	8.5	-	-	-	-	-
	0.010%	-	-	7.3	9.4	-	2.0	-	-	-
	0.100%	-	-	36	16.0	-	93.8	35.6	-	-
	0.200%	-	0.6	44.4	22.4	8.0	98.6	98.1	9.0	-
	0.350%	-	1.5	47.2	37.8	28.2	98.7	98.1	70.6	29.2
	0.500%	-	18.7	56.3	45.3	29.5	99.4	98.6	91.0	92.9
30 kDa	0.001%	-	-	-	11.5	-	3.3	-	32.9	-
	0.010%	10.0	47.8	50.4	26.7	14.1	97.2	97.0	88.8	89.2
	0.100%	28.3	52.9	79.4	62.1	60.5	98.3	98.5	92.5	92.8
	0.200%	28.3	62.2	77.8	91.9	78.4	99.3	99.2	91.6	92.3
	0.350%	36.7	73.3	80.8	96.5	79.5	99.4	97.9	91.8	92.7
	0.500%	55.0	83.7	84.5	98.2	79.9	99.6	98.6	91.8	92.6
120 kDa	0.001%	16.7	17.4	-	15.3	11.0	-	0.8	6.2	-
	0.010%	26.7	42.9	67.2	54.2	37.4	83.2	87.8	92.1	92.0
	0.100%	35.0	71.8	77.8	87.5	78.3	99.4	98.9	92.7	93.5
	0.200%	55.0	88.5	82.3	96.0	78.7	99.5	99.2	92.7	93.6
	0.350%	58.3	83.5	82.6	97.4	79.4	99.3	98.5	92.4	93.2
	0.500%	75.0	86.5	88.9	96.8	80.3	99.5	98.6	92.4	93.0

Inhibition rate was indicated by percentage as follow. % = [1-culture of chitosan (OD600)/control (OD600)]×100
 -: Not detected growth inhibition.

은 생육억제효과를 나타내었다. 약 30 kDa, 120 kDa 키토산에서는 0.500% 이상의 농도에서 80%의 생육억제효과를 나타내었으나 그 이하의 농도에서는 50% 이하로 낮은 생육억제효과를 나타내었다.

*Penicillium expansum*은 약 1 kDa과 5 kDa 키토산에 의해 25% 이하의 약한 생육억제효과를 나타내었고, 0.500%약 30 kDa과 120 kDa의 키토산에 의해 70% 이하의 낮은 생육억제효과를 나타냈다(Table 2). 이와 같이 각각의 미생물에 대한 생육억제정도의 차이는 이들 미생물의 세포벽 성분에 차이가 있기 때문으로 사료된다. 즉 효모와 곰팡이는 세균과는 달리 모두 진핵 미생물이고 곰팡이인 *Aspergillus* sp.에는 약 42%, *Penicillium* sp.에는 약 20%, 효모인 *S. cerevisiae*는 약 3%의 키틴이 함유되어(6,32) 있어 키틴분해효소를 가지고 있기 때문에(33) 첨가된 키토산에 의한 미생물 생육억제효과에 차이가 생긴 것으로 생각된다.

저장성 증진효과

각각의 분자량의 키토산을 첨가하여 제조한 식빵을 실온에서 8일간 저장하면서 총균수의 변화를 측정하였다. 분자량 약 1 kDa과 5 kDa의 키토산을 0.10% 첨가한 식빵의 경우는 키토산을 첨가하지 않았거나 0.30% 젖산용액을 첨가한 경우의 균수와 큰 차이가 없었다. 분자량 약 30 kDa과 120 kDa의 키토산을 0.10% 첨가한 식빵의 경우에는 저장 4일 후까지 균이 측정되지 않았고, 저장 8일 후에도 10³ CFU/mL의 균수가

Table 2. Growth inhibition of chitosans against mold

Chitosan	<i>Aspergillus niger</i>	<i>Penicillium expansum</i>
1 kDa	0.01%	-
	0.10%	-
	0.35%	-
	0.50%	14.2
5 kDa	0.01%	-
	0.10%	-
	0.35%	16.4
	0.50%	37.0
30 kDa	0.01%	12.2
	0.10%	34.5
	0.35%	50.4
	0.50%	80.8
120 kDa	0.01%	21.4
	0.10%	36.8
	0.35%	41.7
	0.50%	81.0

Inhibition rate was indicated by percentage as follow.
 % = [control-culture of chitosan/control]×100
 -: Not detected growth inhibitor.

측정되어 보존 효과를 나타내었다(Fig. 1). 이는 식빵의 부패에 관여하는 미생물에 대한 키토산의 생육억제 효과에서 분자량 약 1 kDa과 5 kDa보다 분자량 약 30 kDa과 120 kDa에서 강한 효과를 보인 결과와 일치한다(21). 분자량 약 5 kDa, 30 kDa, 120 kDa 키토산을 0.01~0.50%로 첨가량을 달리하

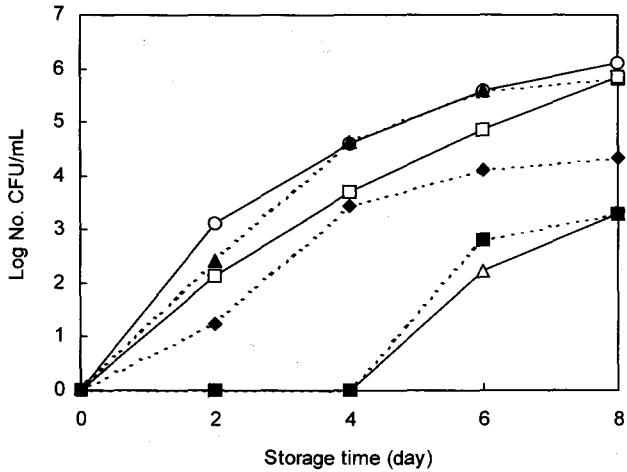


Fig. 1. Changes in total bacterial cell count of the bread by adding various molecular weights of chitosan (0.1%).
 -○- Chitosan 0% (Standard), -▲- Chitosan 0% + Lactic acid 0.30% (Control), -□- 1 kDa Chitosan, -◆- 5 kDa Chitosan, -△- 30 kDa Chitosan, -■- 120 kDa Chitosan.

여 균수를 측정하였다. 분자량 약 5 kDa의 키토산을 첨가한 경우에는 0.10% 이상의 농도로 첨가한 식빵에서 균수가 약간 감소하였으나 큰 효과는 없었다(Fig. 2). 이에 비해 분자량 약 30 kDa, 120 kDa의 키토산을 첨가한 식빵에서는 0.01% 이상 첨가한 경우에서부터 균수의 감소효과가 나타났는데, 특히 0.10% 이상 첨가시 저장 4일 후까지 균이 전혀 측정되지 않았고 저장 8일 후에도 $10^1 \sim 10^3$ CFU/mL의 균수만 측정되어 보존효과가 있는 것으로 나타났다(Fig. 3, Fig. 4). 이상의 결과는 키토산의 첨가량이 많아질수록 보존 효과가 향상되었다고 보고한 다른 연구 결과들과도 일치한다(21,34,35).

항산화 효과

Xue 등(15)은 몇몇 수용성 키토산 유도체를 이용하여 항산화 효과를 측정한 결과 대부분 항산화 효과를 가지고 있다

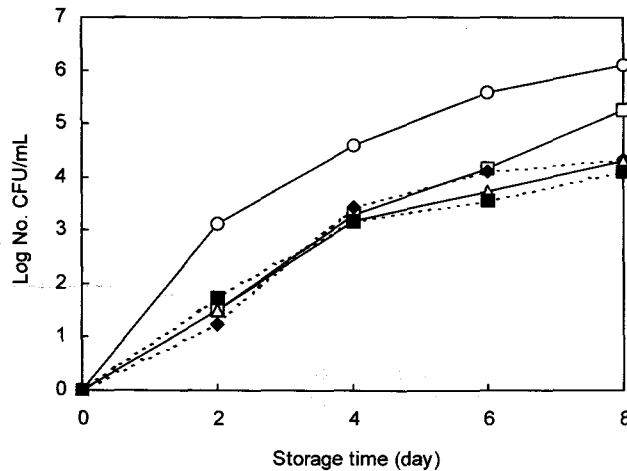


Fig. 2. Changes in total bacterial cell count of the bread by adding various concentrations of chitosan (5 kDa).
 -○- Chitosan 0% (Standard), -□- Chitosan 0.01%, -◆- Chitosan 0.10%, -△- Chitosan 0.30%, -■- Chitosan 0.50%.

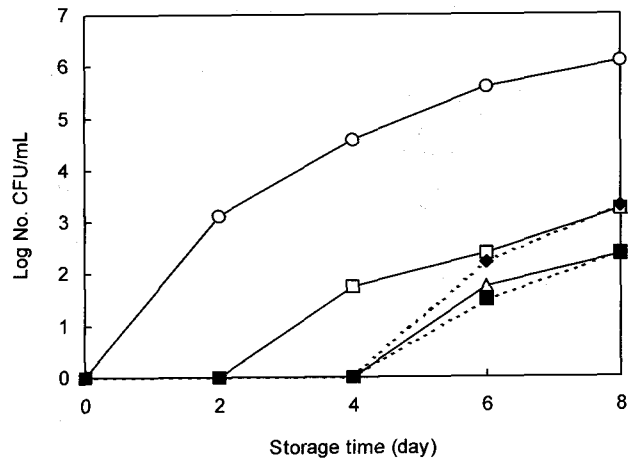


Fig. 3. Changes in total bacterial cell count of the bread by adding various concentrations of chitosan (30 kDa).
 -○- Chitosan 0% (Standard), -□- Chitosan 0.01%, -◆- Chitosan 0.10%, -△- Chitosan 0.30%, -■- Chitosan 0.50%.

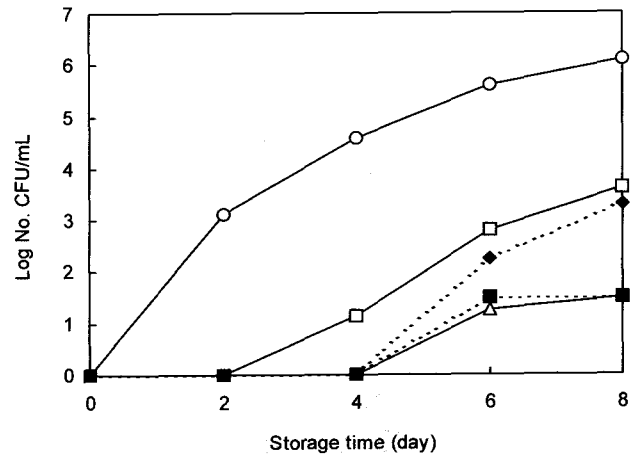


Fig. 4. Changes in total bacterial cell count of the bread by adding various concentrations of chitosan (120 kDa).
 -○- Chitosan 0% (Standard), -□- Chitosan 0.01%, -◆- Chitosan 0.10%, -△- Chitosan 0.30%, -■- Chitosan 0.50%.

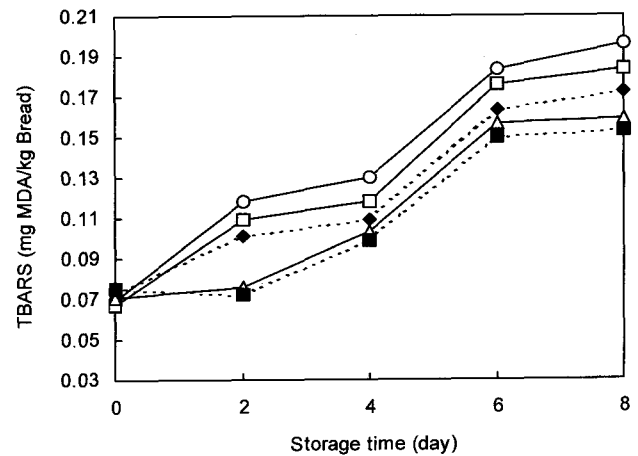


Fig. 5. TBARS value of the bread by addition of chitosan (5 kDa).
 -○- Chitosan 0% (Standard), -□- Chitosan 0.01%, -◆- Chitosan 0.10%, -△- Chitosan 0.30%, -■- Chitosan 0.50%.

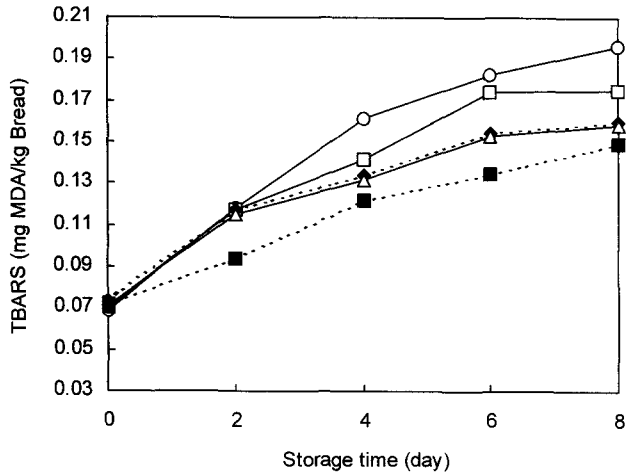


Fig. 6. TBARS value of the bread by addition of chitosan (120 kDa).
 —○— Chitosan 0% (Standard), —□— Chitosan 0.01%, —◆— Chitosan 0.10%, —△— Chitosan 0.30%, —■— Chitosan 0.50%.

는 연구결과를 보고하였다. 또한 Youn 등(22)은 축육 소시지에 키토산을 첨가하였을 때 분자량 및 첨가량이 증가할수록 항산화 효과가 높았다고 보고하였다. 분자량 약 5 kDa과 120 kDa의 키토산을 첨가·제조한 식빵을 실온에 8일간 저장하면서 산화의 정도를 측정하였다. 분자량 약 5 kDa 키토산을 0.01% 첨가한 식빵의 경우에는 키토산을 첨가하지 않은 식빵의 경우와 산화도가 거의 비슷하게 나타났으나 첨가량이 증가할수록 항산화 효과가 더 높게 나타났다(Fig. 5). 분자량 약 120 kDa의 키토산을 첨가한 식빵의 경우에서도 첨가량이 증가할수록 항산화 효과가 높았고, 5 kDa의 키토산을 첨가한 경우보다 항산화 효과가 더 높게 나타났다(Fig. 6). 이는 축육 소시지에서의 Youn 등(22)의 결과와도 일치하며, 키토산의 첨가로 저장 중 식빵의 산화가 지연됨을 알 수 있었다.

요 약

효모, 곰팡이 및 빵의 부패에 관여하는 세균에 대한 키토산의 생육억제효과를 측정한 결과, 키토산의 분자량이 약 120 kDa 이하, 키토산 첨가량 0.50%까지의 범위에서는 분자량과 첨가량이 높을수록 생육억제효과가 높게 나타났다. 그러나 전반적으로 키토산에 의한 효모의 생육억제효과는 낮게 나타났으며, 특히 실제 발효시간에 해당하는 조건에서는 생육억제효과가 아주 낮았다. 또한 곰팡이에 대한 생육억제효과도 아주 낮게 나타났으나, 부패 세균들은 키토산 분자량 약 30 kDa과 120 kDa에서 강하게 생육이 억제되었다. 키토산을 첨가한 식빵의 보존 효과는 분자량 약 5 kDa의 키토산을 첨가한 경우에서보다 분자량 약 30 kDa과 120 kDa의 키토산을 첨가한 경우에 더 컸고, 또한 첨가량이 많아질수록 보존 효과는 큰 것으로 나타났다. 키토산에 의한 저장 중 항산화 효과는 분자량 약 5 kDa의 키토산을 첨가한 식빵보다 분자량 약 120 kDa의 키토산을 첨가한 식빵에서 그 첨가량이 증가할수

록 그 효과는 높았다. 이상의 결과를 종합해 볼 때 식빵 제조 시 반죽에 키토산을 첨가하면 저장성 증진효과가 있었다.

문 헌

1. Skjak BG, Anthonen T, Sandford P. 1989. *Chitin and chitosan*. Elsevier Applied Science, London. p 560.
2. Goosen MFA. 1997. *Applications of chitin and chitosan*. Technomic Publishing, Lancaster, USA. p 320
3. Lee KH, Lee YC. 1997. Effect of carboxymethyl chitosan on quality of fermented pan bread. *Korean J Food Sci Technol* 29: 96-100.
4. Knorr D. 1982. Functional properties of chitin and chitosan. *J Food Sci* 47: 593-595.
5. Yamaguchi H. 1986. Application of chitin-chitosan to food and medicine fields. *Shokuhin to Kaihatsu* 21: 20-23.
6. Knorr D. 1984. Use of chitinous polymers in food-A challenge for food research and development. *Food Technol* 38: 85-97.
7. Sanford PA. 1988. Chitosan, commercial uses and potential applications. Proc. the 4th Inter. Conf. on Chitin/chitosan held in Trondheim, Norway. p 51-69.
8. Jung BO, Lee YM, Kim JJ, Choi YJ, Jung KJ, Kim JJ, Chung SJ. 1999. The antimicrobial effect of water soluble chitosan. *J Korean Ind Eng Chem* 10: 660-665.
9. Yun YS, Kim KS, Lee YN. 1999. Antibacterial and antifungal effect of chitosan. *J Chitin Chitosan* 4: 8-14.
10. Jung BO, Kang ST, Chung SJ. 1998. The antimicrobial activity of modified chitosan. *Kor J Appl Microbiol Biotechnol* 26: 338-344.
11. Kim GE, Cho MG. 1994. Chitin contents and antibacterial activity of chitosan extracted from biomass. *Kor J Appl Microbiol Biotechnol* 22: 643-645.
12. Allan CR, Hadwier LA. 1979. The fungicidal effect of chitosan on fungi of varying cell wall composition. *Exp Mycol* 3: 285-287.
13. Fang SW, Li CF, Shin YC. 1994. Antifungal activity of chitosan and its preservative effect on low-sugar candied *Kumauat*. *J Food Prot* 57: 136-140.
14. Shin DH, Kim MS, Bae KS, Kho YH. 1992. Identification of putrefactive bacteria related to soybean curd. *Korean J Food Sci Technol* 24: 29-30.
15. Xue C, Guangli Y, Takashi H, Junji T, Hong L. 1998. Antioxidative activities of several marine polysaccharides evaluated in a phosphatidylcholine-liposomal suspension and organic solvents. *Biosci Biotechnol Biochem* 62: 206-209.
16. Kim KO, Moon HA, Jeon DW. 1995. The effect of low molecular weight chitosans on the characteristics of *kimchi* during fermentation. *Korean J Food Sci Technol* 27: 420-427.
17. No HK, Park IK, Kim SD. 1995. Extension of shelf-life of *kimchi* by addition of chitosan during salting. *J Korean Soc Food Nutr* 24: 11-15.
18. Son YM, Kim KO, Jeon DW, Kyung KH. 1996. The effect of low molecular weight chitosan with and without other preservatives on the characteristics of *kimchi* during fermentation. *Korean J Food Sci Technol* 28: 888-896.
19. Hur EY, Lee MH, No HK. 1997. Verification of conventional *kimchi* preservation methods. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 26: 807-813.
20. Chun KH, Kim BY, Son TI, Hahm YT. 1997. The extension of *tofu* shelf-life with water-soluble degraded chitosan as immersion solution. *Korean J Food Sci Technol* 29: 476-481.
21. Youn SK, Park SM, Ahn DH. 2000. Studies on the improve-

- ment of storage property in meat sausage using chitosan-II. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 29: 849-853.
22. Youn SK, Kim YJ, Ahn DH. 2001. Antioxidative effects of chitosan in meat sausage. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 30: 477-481.
 23. 보건복지부. 1998. 국민영양조사. p 141.
 24. Cho MK, Lee WJ. 1996. Preparation of high-fiber bread with barley flour. *Korean J Food Sci Technol* 28: 702-706.
 25. Kwon HR, Ahn MS. 1995. A study on rheological and general baking properties of breads and their rusks prepared of various cereal flours (1). *Korean J Soc Food Sci* 11: 479-486.
 26. Kim BR, Choi YS, Lee SY. 2000. Study on bread-making quality with mixture of buckwheat-wheat flour. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 29: 241-247.
 27. Chung JY, Kim CS. 1998. Development of buckwheat bread: 2. Effects of vital gluten and water soluble gums on dough rheological properties. *Korean J Soc Food Sci* 14: 140-147.
 28. Chung JY, Kim CS. 1998. Development of buckwheat bread: 2. Effects of vital wheat gluten and water soluble gums on baking and sensory properties. *Korean J Soc Food Sci* 14: 168-176.
 29. Kim SY, Rhu CH. 1997. Effect of certain additives on bread-making quality of wheat-purple sweet potato flours. *Korean J Soc Food Sci* 13: 492-499.
 30. Kang KJ, Kim JS. 2000. Effect of hinokitiol extract of *Tunja orientalis* on shelf-life of bread. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 29: 624-628.
 31. Cadden AM, Sosulski FW, Olson JP. 1983. Physiological response of rats to high fiber bread diets containing several sources of hulls or bran. *J Food Sci* 48: 1151-1156.
 32. Arcidiacono S, Kaplan DL. 1992. Molecular weight distribution of chitosan isolate from *Mucor rouxii* under different culture and processing conditions. *Biotechnol Bioeng* 39: 281-286.
 33. Nicoles EJ, Beckman JM, Hadwiger LA. 1980. Glycosidic enzyme activity in pea tissue and pea-*Fusarium solani* interactions. *Plant Physiol* 66: 199-204.
 34. Lee JW, Lee YC. 2000. The physico-chemical and sensory properties of milk with water soluble chitosan. *J Food Sci Technol* 32: 806-812.
 35. Cho HR, Chang DS, Lee WD, Jeong ET, Lee EW. 1998. Utilization of chitosan hydrolysate as a natural food preservative for fish meat paste products. *Korean J Food Sci Technol* 30: 817-822.

(2002년 4월 9일 접수; 2002년 6월 3일 채택)