

돈육에서 추출한 염용성 단백질에 수용성 키토올리고당 및 키토산을 첨가한 혼합액과 가열 겔의 물성특성

박성용 · 왕승현 · 진구복* · 김영대¹

전남대학교 동물자원학부 및 생물공학 연구소, ¹전남대학교 응용화학부

Rheological Properties of the Mixture and Heat-induced Gel Prepared from Pork Salt Soluble Protein in Combined with Water Soluble Chitooligosaccharide and Chitosan

Sung-Yong Park, Seung-Hyun Wang, Koo-Bok Chin*, and Young-Dae Kim¹

Department of Animal Science and Biotechnology Research Institute, Chonnam National University

¹Department of Applied Chemistry, Chonnam National University

Effects of various levels and molecular weights (MWs) of chitooligosaccharides and chitosan with pork salt-soluble protein (SSP) on pH, moisture (%), viscosity, and hardness of protein-chitosan mixtures were determined in a model study. Mixtures of 0.15, 0.3, and 0.45% chitosan at various MWs (Low, 1.5 kDa; Medium, 30-50 kDa; High, 200 kDa) were dissolved in 3% SSP solution for measurement of pH and viscosity at 20°C. pH value increased with addition of 0.45% low MW of chitooligosaccharides into SSP ($p < 0.05$), whereas decreased with addition of 0.45% medium MW and 0.3% or higher level of high MW chitosan. Viscosity increased with addition of more than 0.3% either medium or high MW chitosan ($p < 0.05$), as compared to mixture with low MW chitooligosaccharide and control ($p < 0.05$). No differences in gel pH, moisture, and hardness values were observed among treatments ($p > 0.05$). Further study will be performed to evaluate rheological properties of actual meat products with various levels and MWs of chitosan.

Key words: chitooligosaccharides, chitosan, salt soluble protein (SSP), viscosity, gel hardness

서 론

셀룰로오스와 같은 생체 고분자 물질로서 poly-β(1-4)-N-acetyl-D-glucosamine 구조를 취하는 키틴은 자연에 두루 분포되어 있으며 특히 바다에 있는 부척추동물 즉 갑각류의 껍질을 구성하는 주요한 성분이다(1). 키틴에 의한 유도체로서 키틴을 탈 아세틸화 한 형태인 키토산은 기능성을 갖는 중합체로서 의약품, 화장품 및 공업용에 이르기까지 폭넓은 분야에서 다양하게 사용되고 있으며 풍부한 자원의 이용과 수산가공 폐기물의 효율적 활용이라는 측면에서 중요한 연구대상이 되고 있다. 키토올리고당(chitooligosaccharides)은 키토산을 친한 염산으로 가수분해하여 얻을 수 있는데 가수분해 조건에 따라 다양한 중합도를 갖는 올리고머가 생산되며, 고 중합도의 키토올리고당을 생산하기 위하여 *Bacillus*속이 생산하는 조효소에서 키토산의 분해효과를 분석하였다(2).

식육제품에 대한 키토산의 연구로 Youn 등(3)은 축육 소시지에 분자량이 다른 4 가지 키토산(1, 5, 30 및 120 kDa)과 첨가량(0.20, 0.35 및 0.50%)에 따른 항산화효과를 연구한 결과, 분자량이 클수록 그리고 첨가량이 증가할수록 키토산의 항산화 효과가 크다고 보고하였다. 분자량이 5 kDa인 수용성 키토산을 이용한 돈육 소시지의 품질 특성을 연구한 Jo 등(4)은 키토산이 호기적 상태로 냉장 저장한(4°C) 소시지에서 항산화 효과를 갖는다는 연구결과를 발표하였다. 저장성과 관련된 키토산의 항미생물 효과에서 Park 등(5)은 돈육의 후지부위로 만든 소시지에 분자량이 120 kDa인 고분자 키토산을 첨가하여 첨가량이 증가할수록 부패 미생물의 생육억제효과가 있다고 발표하였고, Sagoo 등(6)은 냉각된 돈육 제품에 42%의 글루타민산 염을 포함하는 키토산을 첨가했을 때 첨가량(0.025 및 0.05%)이 증가할수록 항미생물 효과가 크다는 연구결과를 발표하였다. 최근에 Kook 등(7)은 3.3%의 젯산나트륨과 다양한 분자량을 가진 수용성 키토산(1.5, 30-40 및 200 kDa)을 저지방 기능성 소시지에 약 0.3% 첨가함으로써 냉장 저장 중 미생물의 성장을 지연시켜 저장성을 1-2주간 연장시킬 수 있다고 보고하였다. 또한 키토산의 기능성 검사에서 키틴이나 키토산 자체는 유화를 만들지 못하지만 미세결정화된 키틴의 경우 유화력을 보여주었고 농도가 진해짐에 따라 유화안정성이 증가하였다고

*Corresponding author: Koo-Bok Chin, Department of Animal Science, Chonnam National University, PukGwangju, P.O. Box 205, Gwangju, Korea
Tel: 82-62-530-2121
Fax: 82-62-530-2129
E-mail: kbchin@chonnam.ac.kr

보고하였다(8).

다양한 연구 진행에도 불구하고 키토산이 육제품에 미치는 물성학적 특성에 대한 연구는 아직까지는 미비한 실정이라 할 수 있다. 따라서 본 연구는 키토산이 육제품에 대한 물성학적 특성에 끼치는 영향을 알아보기 위한 모델연구로서 육제품의 조직에 중요한 영향을 끼치는 염용성 단백질을 돈육 후지에서 추출한 뒤 키토올리고당과 키토산의 분자량과 첨가량을 달리 하여 그에 따른 점도를 측정하였으며 가열 겔의 경도를 측정하였다.

재료 및 방법

재료

Choi와 Chin(9)의 방법에 의해서 국내산 돈육의 뒷다리(ham) 부분을 식육도매점에서 구입하여 외부지방과 결체조직을 제거하고 0.32 cm의 만육판이 장착된 분쇄기(M-12s, 한국후지 플랜트(주), 부산, 한국)로 만육시킨 후 시료로 사용되기 전까지 -20°C에서 동결시켰다. 실험에 사용된 키토산은 분자량이 각각 다른 것으로 경북 울진 소재 금호화학에서 구입하였으며, 저분자의 키토올리고당(분자량, 1.5 kDa, 2-10개의 당, 탈염), Lyase로 분해시킨 중분자 키토산(분자량, 30-50 kDa) 그리고 분자량이 200 kDa이고 탈 아세틸화도가 90%인 수용성 고분자 키토산을 첨가량을 달리하여 0.15, 0.30 그리고 0.45%로 각각 첨가하였다.

염용성 단백질 추출

DeFreitas 등(10)의 방법을 이용하여 -20°C로 동결시켰던 돈육을 하루정도 냉장실에서 완만 해동시킨 후 pH 8.3인 완충용액(0.49 M NaCl, 17.8 mM sodium tripolyphosphate $Na_5P_3O_{10}$, 1 mM NaN_3)에 해동시킨 돈육을 2:1의 비율로 믹서기로 30초 동안 2회 교반하였다. 교반한 균질육을 4°C 냉장고에 1시간동안 보관한 후 12,000×g에서 1시간 동안 원심분리하여 염용성 단백질을 추출하였다.

단백질 농도 조정

추출한 염용성 단백질을 Lowry 등(11)의 방법에 의해 BSA (bovine serum albumin)를 standard로 사용하여 정량하였으며 pH 8.3인 완충용액(0.49 M NaCl, 17.8 mM sodium tripolyphosphate $Na_5P_3O_{10}$, 1 mM NaN_3)을 이용하여 단백질 농도를 최종 3%로 조정하였다.

키토산 용해

3%로 단백질의 농도를 조정시킨 염용성 단백질을 10개의 비이커에 30 mL씩 취한 후 3가지 키토산을 각각 0.15, 0.30 그리고 0.45%를 키토산 입자가 보이지 않을 때까지 용해시켰으며, 각 처리구의 20 mL는 점도 측정을 위해 사용하였고, 10 mL는 점도 측정을 위해 사용하였다.

키토산과 염용성 단백질 혼합액의 겔화

키토올리고당과 키토산을 용해시킨 염용성 단백질을 각각 culture plate(3 mL, 4×6)에 3 mL씩 여섯 곳에 취한 뒤 새어 나오지 않도록 덮개를 덮고 가열시 불이 스며들지 않게 하기 위해 진공 포장하여 water bath로 75°C에서 45분간 가열시켜 겔을 형성시킨 후 빙수에서 30분 동안 냉각시켰다.

키토산과 염용성 단백질 혼합액의 pH와 점도

키토올리고당과 키토산이 용해된 염용성 단백질의 pH는 pH-meter(Model 340, Mettler-Toledo, Schwarzenbach, Switzerland)로 5번 반복 측정하여 평균치를 구했다. 점도는 Rheometer(RS-300, Thermo Haake, Germany)를 이용하였으며 측정에 사용된 cone and plate sensor는 60 mm 1° titan으로 먼저 plate sensor의 온도를 20°C로 조절하고 시료 3 mL를 plate sensor에 접촉시켜 gap 높이를 0.052 mm로 고정시킨 후 shear rate를 0.01-100 s⁻¹의 범위로 20구간으로 나누어 구간 당 30초의 시간으로 shear rate를 변화시키면서 점도를 측정하였고 결과 값은 shear rate 42.12 s⁻¹ 구간의 값으로 하였다.

가열 겔의 pH, 수분함량 및 경도

가열 겔의 pH는 고체용 pH-meter(Model, MP 120, Mettler-Toledo, Schwarzenbach, Switzerland)로 5회 반복 측정하였고, 수분함량은 AOAC(12) 방법에 의한 dry oven 법을 이용하여 측정하였다. 겔의 경도는 Sakamoto 등(13)의 방법을 변형하여 Texture meter(TA-XT2, stable micro system, Hasemere, England)에 원형 플런저(Plunger, SMS 0.025S, 5 mm diameter)를 부착하여 플런저가 culture plate의 내부를 120 mm/min 속도로 침투하여 겔이 파괴될 때까지의 힘(g)을 구하였다.

실험디자인 및 통계처리

본 실험은 3회 반복하여 실시하였고 실험디자인은 키토올리고당과 키토산의 분자량과 첨가량을 요인으로 하는 이원배치법(two-way analysis of variance, ANOVA)을 이용하였으며, 통계처리는 SPSS(Version, 10.1., SPSS Inc., Chicago, IL, USA)에 의해 실행되었다. 통계분석 후 키토산의 분자량과 첨가량사이의 상호작용(interaction)에서 유의차가 발견되었을 때($p < 0.05$) 각 키토산 분자량내에서 첨가량별로 비교하였고, 또한 각 첨가량내에서 분자량간의 차이를 비교하였다. 상호작용에서 유의차가 발견되지 않았을 때($p > 0.05$), 분자량별로 그리고 첨가량별로 Duncan's multiple range test에 의하여 $\alpha = 0.05$ 유의 수준에서 검정하였다.

결과 및 고찰

키토산과 염용성 단백질 혼합액의 pH와 점도

키토올리고당과 키토산이 염용성 단백질 혼합액의 pH와 점도는 키토산의 분자량과 첨가량사이 상호작용의 유의차를 보였으므로($p < 0.05$) 각 분자량 내에서 첨가량별로, 또한 각 첨가량내에서 분자량별로 분석하였다(Table 1). 각 분자량에 따른 첨가량의 효과로(Table 1. a) 저분자 키토올리고당의 경우 0.45% 첨가 시 pH가 높아졌으나, 중분자 키토산을 0.45% 첨가 시 또는 고분자 키토산 0.3% 이상을 첨가 하였을 경우 pH가 오히려 낮았다($p < 0.05$). 첨가량에 따른 분자량의 효과로(Table 1. b), 0.15% 수준에서는 키토산분자량에 따른 pH의 유의차가 나타나지 않았으며($p > 0.05$), 0.3과 0.45% 첨가수준에서 중분자와 고분자 키토산이 저분자 키토올리고당에 비하여 pH가 낮았고($p < 0.05$), 저분자인 키토올리고당을 첨가할 경우 pH가 가장 높았다.

단백질의 농도를 3%로 조정시킨 염용성 단백질에 저분자 키토올리고당, 중분자 그리고 고분자 키토산을 0.15, 0.30 그리고 0.45% 첨가하여 20°C에서 점도를 측정한 결과는 Table 1과 같다. 저분자 키토올리고당을 첨가한 염용성단백질 혼합액의 경

Table 1. pH and viscosity of salt soluble protein with various levels within various molecular weights (MW, a) of chitosan and various MWs within various levels of chitosan (b)

(a)												
Parameter	Chitosan ¹⁾											
	Low				Med				High			
	CTL	0.15%	0.30%	0.45%	CTL	0.15%	0.30%	0.45%	CTL	0.15%	0.30%	0.45%
pH	6.64 ^b	6.63 ^b	6.71 ^{ab}	6.81 ^a	6.64 ^a	6.64 ^a	6.59 ^a	6.47 ^b	6.64 ^a	6.52 ^{ab}	6.50 ^b	6.48 ^b
VS ²⁾	0.211 ^a	0.209 ^a	0.208 ^a	0.209 ^a	0.211 ^c	0.216 ^c	0.233 ^b	0.250 ^a	0.211 ^b	0.219 ^{ab}	0.231 ^{ab}	0.238 ^a

(b)												
Parameter	Chitosan ¹⁾											
	0.15%				0.30%				0.45%			
	CTL	Low	Med	High	CTL	Low	Med	High	CTL	Low	Med	High
pH	6.64 ^a	6.63 ^a	6.64 ^a	6.52 ^a	6.64 ^{ab}	6.71 ^a	6.59 ^{bc}	6.50 ^c	6.64 ^b	6.81 ^a	6.47 ^c	6.48 ^c
VS ²⁾	0.211 ^a	0.209 ^a	0.216 ^a	0.219 ^a	0.211 ^b	0.208 ^b	0.233 ^a	0.231 ^a	0.211 ^b	0.209 ^b	0.250 ^a	0.238 ^a

^{a-c}Means with same row having the same superscripts are not different ($p > 0.05$).

¹⁾Chitosan: CTL = salt soluble protein (SSP); Low 0.15% = SSP + Low MW (1.5 kDa) of chitoooligosaccharide (COS, 0.15%); Low 0.30% = SSP + Low MW (1.5 kDa) of COS (0.30%); Low 0.45% = SSP + Low MW (1.5 kDa) of COS (0.45%); Med 0.15% = SSP + Medium MW (30-50 kDa) of chitosan (0.15%); Med 0.30% = SSP + Medium MW (30-50 kDa) of chitosan (0.30%); Med 0.45% = SSP + Medium MW (30-50 kDa) of chitosan (0.45%); High 0.15% = SSP + High MW (200 kDa) of chitosan (0.15%); High 0.30% = SSP + High MW (200 kDa) of chitosan (0.30%); High 0.45% = SSP + High MW (200 kDa) of chitosan (0.45%).

²⁾Viscosity ($\text{pa} \cdot \text{s}$), $\text{pa} \cdot \text{s}$ Shear rate 42.12 s^{-1} .

Table 2. Gel pH, moisture (%), and hardness (g) of salt soluble protein with various molecular weights and levels of chitosan

Parameters	Chitosan								
	Molecular weight ¹⁾				Level ²⁾				
	CTL	Low	Med	High	CTL	0.15%	0.30%	0.45%	
Gel pH	6.61 ^a	6.63 ^a	6.46 ^a	6.50 ^a	6.61 ^a	6.53 ^a	6.51 ^a	6.55 ^a	
Gel Moisture	91.67 ^a	92.12 ^a	92.54 ^a	92.40 ^a	91.67 ^a	92.33 ^a	92.39 ^a	92.34 ^a	
Gel Hardness	6.30 ^a	5.30 ^a	5.93 ^a	5.95 ^a	6.30 ^a	5.57 ^a	5.82 ^a	5.79 ^a	

^aMeans with same row having the same superscript are not different ($p > 0.05$).

¹⁾Molecular weight: CTL = salt soluble protein (SSP); Low = SSP + Low MW (1.5 kDa) of chitoooligosaccharide; Med = SSP + Medium MW (30-50 kDa) of chitosan.; High = SSP + High MW (200 kDa) of chitosan. Means are pooled over the level of chitosan ($n = 9$).

²⁾Level: 0.15% = SSP + chitosan (0.15%); 0.30% = SSP + chitosan (0.30%); 0.45% = SSP + chitosan (0.45%). Means are pooled over the molecular weight of chitosan ($n = 9$).

우 첨가량에 따른 유의차를 나타내지 않았고($p > 0.05$), 중분자 키토산을 첨가한 용해성 단백질은 키토산의 첨가량이 증가함에 따라 점도 값이 증가하였으나, 고분자 키토산의 경우는 0.45% 이상을 첨가할 때 점도가 증가하였다(Table 1. a)($p < 0.05$). 첨가량에 따른 키토산 분자량의 효과를 살펴보면 0.15% 수준의 키토산 첨가량에서는 대조구와 처리구간의 유의차가 보이지 않았으나($p > 0.05$), 0.30과 0.45% 수준에서는 중분자와 고분자 키토산 첨가구가 대조구나 저분자 키토올리고당 첨가구보다 점성이 높았다(Table 1. b)($p < 0.05$). 따라서 혼합액의 점도는 저분자 키토올리고당의 경우 첨가량에 따른 효과가 미미하였지만 중분자 및 고분자 키토산의 경우 첨가량의 증가에 따라 증가하는 경향을 보였다. 키토산의 점도는 키토산 사슬에 있는 positive charge(NH_3^+)의 수에 따라 그 값이 변화되며, 이들은 키토산을 녹이는 용매의 pH와 이온강도에 의존한다(14-15). 키토산의 단량체인 glucosamine의 NH_2 group은 비공유전자쌍을 가지는 sp^3 혼성궤도의 분자구조를 가지고 있으므로 쉽게 H^+ 를 받아들일 수 있다(16). 즉 키토산을 용해시킨 혼합물의 pH가 높을수록 키토산 chains에서 positive charges(NH_3^+)의 수가 감소하여 실전하가 0에 가깝게 된다. 이는 키토산 chains의 수력학적

부피의 감소를 가져와 인접한 chains 및 용매 분자와의 마찰이 감소하여 결과적으로 점도가 감소하게 되고 이와는 반대로 pH가 낮을수록 점도는 증가하게 된다. 따라서, Table 1(b)에서 볼 수 있듯이 저분자 키토올리고당을 첨가한 염용성 단백질의 pH는 첨가량에 따른 유의차가 없으므로 점도의 유의차가 없었고, 반면 중분자와 고분자 키토산을 첨가한 염용성 단백질의 pH는 키토산의 첨가량이 증가할수록 감소하였고 반면 점도는 증가하였다.

가열 겔의 pH, 수분함량 및 경도

가열 겔의 pH, 수분함량 및 경도는 키토산의 분자량과 첨가량사이의 상호작용에서 유의적 차이를 보이지 않아($p > 0.05$) 분자량별 그리고 첨가량별로 분석하였고 그 결과는 Table 2와 같다. 가열 겔의 pH는 키토산의 분자량이나 함량에 따라 유의적 차이를 보이지 않았다($p > 0.05$). 이처럼 가열 겔의 pH가 차이를 보이지 않은 것은 가열을 통해 겔이 생성되면서 혼합액에서 나타났던 pH의 차이가 미미해졌다는 것을 알 수 있었고 이를 통해 가열 처리를 하는 육제품에 있어서 키토산 첨가가 최종제품의 pH에는 큰 영향을 미치지 않을 것으로 사료된다. 수

분함량은 91.67-92.54% 수준으로 가열 겔의 pH와 마찬가지로 대조구와 모든 처리구들 사이에 유의적인 차이를 보이지 않았다($p > 0.05$)(Table 2).

가열 겔의 경도는 Table 2에서 보는 바와 같이 키토산의 분자량이나 첨가량에 따라 유의차가 나타나지 않았다($p > 0.05$). 이러한 결과는 점도가 중분자와 고분자 키토산의 경우 일정함량 이상일 경우 차이를 보인 것과 대조적으로 키토산은 가열에 의해 polymer 들의 분해가 일어나 고유 분자량이 갖는 물성적인 특성이 변하게 되어 최종생산물에서 그 효과가 감소하게 된 것으로 사료된다(17). 본 실험과 같은 모델시스템과 실제적인 육제품과 그 결과를 비교하면 저분자 키토올리고당과 중분자 키토산을 첨가한 저지방 기능성 소시지의 경도가 고분자 키토산을 첨가한 소시지의 경도보다 높았다는 Kook 등(7)의 결과와 차이가 있었고, Lin과 Chao(18)가 발표한 키토산을 첨가한 Chinese-style 소시지의 조직적 측면에서 대조구와 키토산 첨가한 처리구들 간에 유의차가($p < 0.05$) 있다는 결과와도 차이가 있었다. 뿐만 아니라 키토산의 분자량이 증가할수록 소시지의 경도가 높아졌다는 Youn 등(19)의 결과와도 일치하지 않았다. 본 실험의 결과는 키토산의 첨가가 육제품의 조직적인 측면에 영향을 미친다는 기존의 결과들과는 차이를 보이고 있으며 이와 같은 모델 연구는 실질적으로 제조한 육가공품과는 차이가 있음을 시사하고 있다. 이러한 차이는 일정한 농도를 갖는 염용성 단백질과 키토산 반응에 의한 모델연구결과와 소시지에 첨가되는 원료육 및 복합첨가물과의 상호작용에 의하여 나타난 실제적인 육제품과의 결과와 다를 수 있음을 시사하고 있다. 하지만 혼합액의 점성분석 결과 중분자와 고분자의 키토산을 0.3% 이상 첨가하였을 때 점도가 높아졌다는 결과로 미루어 볼 때 가열전의 고기반죽(meat batter)의 점성이 최종 육제품의 조직감에 영향을 줄 수 있을 것으로 판단된다.

요 약

본 연구는 돈육후지에서 추출한 염용성 단백질을 키토올리고당과 키토산의 분자량과 첨가량을 달리하여 pH와 점도를 측정하였으며, 가열 겔의 pH와 수분함량 및 경도를 측정하여 키토산첨가가 육제품의 물성에 어떤 영향을 주는지 알아보기 위하여 실시하였다. 키토산과 염용성 단백질 혼합물의 pH는 저분자 키토올리고당의 경우 0.45% 첨가 시 pH가 높아졌으나, 중분자 키토산을 0.45% 첨가 시 또는 고분자 키토산을 0.3% 이상을 첨가하였을 경우 pH가 오히려 낮았다($p < 0.05$). 점도는 첨가량이 0.3% 이상의 수준에서 중분자와 고분자 키토산 처리구가 저분자 키토올리고당 처리구나 대조구보다 높은 값을 나타냈다($p < 0.05$). 반면 가열 겔의 pH, 수분함량 및 경도에서는 키토산의 분자량과 첨가량에 따른 효과가 나타나지 않았다($p > 0.05$). 이상의 결과를 종합하면 키토산과 염용성 단백질의 혼합물에서 중분자나 고분자 키토산을 0.3% 이상 첨가 시 증가되었던 점성이 가열처리에 의해 겔이 형성됨으로써 경도의 차이가 미미해졌으나 다양한 첨가물과 가열공정에 의한 실제적인 육제품에서는 그 결과가 달라질 수 있을 것으로 판단된다. 앞으로의 연구에서 키토산을 실질적인 육제품에 첨가했을 때 어떠한 효과를 나타내는지 모델연구와 비교 및 평가가 요구된다.

감사의 글

본 연구는 2001년 보건 의료기술진흥사업(01-PJ1-PG3-22000-

0062)의 연구비 지원에 의하여 수행되었으며 이에 감사드립니다.

문 헌

1. Austin PR, Brine CJ, Castle JE, Zikakis JP. Chitin: New facets of research. *Science* 212: 749-753 (1981)
2. Jung M, Jo Y, Chi Y, Park R. Development of microbial chitosanases for the production of high DP Chitooligosaccharides. *J. Chitin Chitosan* 3: 6-18 (1998)
3. Youn SK, Kim YJ, Ahn DH. Antioxidative effects of chitosan in meat sausage. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 30: 477-481 (2001)
4. Jo C, Lee JW, Lee KH, Byun MW. Quality properties of pork sausage prepared with water-soluble chitosan oligomer. *Meat Sci.* 59: 369-375 (2001)
5. Park SM, Youn SK, Kim HJ, Ahn DH. Studies on the improvement of storage property in meat sausage using chitosan- I. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 28: 167-171 (1999)
6. Sagoo S, Board R, Roller S. Chitosan inhibits growth of spoilage microorganisms in chilled pork products. *Food Microbiol.* 19: 175-182 (2002)
7. Kook SH, Choi SH, Kang SM, Park SY, Chin KB. Product quality and extension of shelf-life of low-fat functional sausages manufactured with sodium lactate and chitosans during refrigerated storage. *Korean J. Food Sci. Anim. Resour.* 23: 128-136 (2003)
8. Knorr D. Functional properties of chitin and chitosan. *J. Food Sci.* 47: 593-595 (1982)
9. Choi SH, Chin KB. Development of low-fat comminuted sausage manufactured with various fat replacer similar textural characteristics to those with a regular fat counterpart. *Korean J. Food Sci. Technol.* 34: 577-582 (2002)
10. DeFreitas Z, Sebranek JG, Olson DG, Carr JM. Carrageenan effects on salt soluble meat proteins in model systems. *J. Food Sci.* 62: 539-543 (1997)
11. Lowry OH, Rosebrough JM, Farr AL, Randall RJ. Protein measurement with the folin phenol reagent. *J. Biol. Chem.* 193: 266-275 (1951)
12. AOAC. Official Methods of Analysis. 16th ed. Association of Official Analytical Chemists International, Washington, DC, USA (1995)
13. Sakamoto H, Kumazawa Y, Motoki M. Strength of protein gels prepared with microbial transglutaminase as related to reaction conditions. *J. Food Sci.* 59: 866-871 (1994)
14. Kasaai MR, Arul J, Charlet G. Viscometric constants for chitosan in various solvents. pp. 107-110. In: *Chitin and Chitosan (Chitin and Chitosan in Life Science)*. Kodansha Scientific Ltd., Tokyo, Japan (2001)
15. Kim SB, Han BK, Rhee BO, Lee WJ, Jo DH. Effects of solvents on the viscosity of chitosan solution. pp. 105-106. In: *Chitin and Chitosan (Chitin and Chitosan in Life Science)*. Kodansha Scientific Ltd., Tokyo, Japan (2001)
16. Lee KT, Park SM, Balk OD. Preparation and rheological properties of chitin and chitosan. 2. Effects of shear rate, temperature, concentration and salts on the viscosity of chitosan solution. *J. Korean Fish. Soc.* 28: 397-400 (1995)
17. No HK, Kim SD, Kim DS, Kim SJ, Meyers SP. Effect of physical and chemical treatments on chitosan viscosity. *J. Chitin Chitosan* 4: 177-183 (1999)
18. Lin KW, Chao JY. Quality characteristics of reduced-fat chinese-style sausage as related to chitosan's molecular weight. *Meat Sci.* 59: 343-351 (2001)
19. Youn SK, Park SM, Kim YJ, Ahn DH. Effect on storage property and quality in meat sausage by added chitosan. *J. Chitin Chitosan* 4: 189-195 (1999)

(2003년 12월 4일 접수; 2004년 8월 9일 채택)