

키토산-아스코베이트를 첨가한 물김치의 품질특성과 고콜레스테롤 식이 흰쥐의 혈청지질에 미치는 영향

신경옥 · 김미정¹ · 백경연 · 김순동[†]

대구가톨릭대학교 식품·외식산업학부 식품공학전공, ¹신성대학 호텔식품계열

Quality Characteristics of *Mul-Kimchi* with Chitosan-Ascorbate and Dietary Effect on Serum Lipids of Rats Fed with High Cholesterol Diet

Kyung-Ok Shin, Mee-Jung Kim¹, Kyung-Yeun Beik and Soon-Dong Kim

Department of Food Science and Technology, Food Industrial Technology,
Catholic University of Daegu, Gyungsan 712-702, Korea

¹Department of Hotel Food Shinsung College, Jungminyun, Dangjingu Choongnam 343-860, Korea

Abstract

This study was to investigate the effect of chitosan-ascorbate (CA) prepared with different molecular weight (223, 746, 1110 and 2025 kDa) on the fermentation and quality of mul-kimchi, and also, the effect of the *mul-kimchi* juice fermented with 0.1% chitosan-ascorbate prepared with 2025 kDa chitosan (CA2025) on the serum lipids of rats fed with high cholesterol diet (HC). The *mul-kimchi* fermented in 0.1% CA2025 has lower turbidity, longer shelf-life, higher glucosamine content and SOD activity than those of control and the other treatments. In the animal experiment, the HC-CA2025 and HC-2CA2025 groups which were administered 0.5 mL per 100 g body weight of *mul-kimchi* juice fermented with 0.1% CA2025 and administered the same volume of the juice concentrated 1/2 per day fed for 5 weeks, respectively. The average body weight of the HC-CA2025 and HC-2CA2025 group was lower 6.9% and 8.4% than that of HC control group, respectively. Total serum cholesterol contents of these groups were 88.33 and 85.00 mg/dL, which were 17.45% and 20.56% lower than HC control group, respectively. While, HDL-cholesterol contents of these groups were 7% and 23%, higher the LDL-cholesterol content were 13% and 26% lower than those of HC control group, respectively. And also, though the atherogenic index, AST and ALT activities were not reached to normal control group, the values were remarkably lower than those of HC control group. This study indicates the possibility of utility for kimchi industry by adding chitosan-ascorbate, especially CA2025 showing not only quality enhancing and shelf-life prolongation but also improving serum lipids and atherogenic index in rats fed with high cholesterol diet.

Key words : kimchi, chitosan, ascorbic acid, high cholesterol diet, serum lipids

서 론

심장순환기계 질환이 지질의 식이와 영향이 있다는 사실이 밝혀지면서 균형있는 식생활의 중요성이 더욱 크게 부각되고 있다(1). 이들 질환은 식이내 콜레스테롤 농도가 그

지표성분으로 과량섭취 할 경우 고혈압과 동맥경화증을 동반할 수 있는 고콜레스테롤혈증을 유발하게 된다(2,3). 체내 콜레스테롤은 생합성에 의한 것과 섭취로 인한 것이 있으며, 섭취량에 따라 생합성량이 조절되어 항상성을 유지한다(4). 그러나 지속적인 과량섭취 시에는 그 항상성이 깨트려져 축적됨으로서 세포의 노화가 촉진되거나 다양한 대사성 질환을 유발하게 된다(5). 체내 콜레스테롤의 축적량은 식이지방의 종류와 양, 총열량, 무기질, 섬유소 등에

[†]Corresponding author. E-mail : kimsd@cu.ac.kr,
Phone : 82-53-850-3216, Fax : 82-53-850-3216

의해 영향을 받는 것으로 알려져 있다(6). 특히, 식이섬유에 의한 고콜레스테롤혈증의 예방과 치료효과에 대한 연구가 많이 진행되고 있다(7,8).

Chitosan은 갑각류 껍질이나 곤충의 표피조직에 존재하는 β(1,4)-2-acetamino-D- glucose 로 구성된 일종의 식이섬유(9)로 혈청 콜레스테롤 수준을 감소시킴으로써 고콜레스테롤혈증과 동맥경화증을 예방하는 효과가 있다(10-14). 이러한 효과는 일반 식물성 식이섬유에 비하여 높은 지질 흡착능에 기인한다(10,13,14). 뿐만 아니라 림프에서도 콜레스테롤과 지방산의 흡수를 저해하며(15), 변으로의 중성 steroid의 배설을 증가(10,16)시키는 것으로 알려져 있다. 그러나 chitosan은 물이나 알코올에는 용해되지 않으며, 유·무기산과 염을 형성하여 용해되나 높은 점성과 신맛 또는 떼은맛이 강하여 사용 가능한 식품의 수가 제한되어 있다(17).

Chitosan-ascorbate (CA)는 chitosan의 amino기와 ascorbic acid가 Schiff 반응에 의하여 생성된 염(18)으로 chitosan의 기능성과 ascorbic acid의 기능성이 접목됨으로서 새로운 기능성이 나타날 가능성이 높다. 이에 관한 연구는 부분적으로 이루어지고 있으며, 체내에서 단백질 대사에는 영향을 주지 않으면서 지질을 흡착하여 배설됨으로서 비만예방(19)과 지방의 과다섭취로 나타나는 Crohn's병의 치유 및 예방에 효과가 있는 것으로 보고되고 있다(7). 또, chitosan은 ascorbic acid의 안정성 향상(20)과 체내 콜레스테롤 저하 효과(21)가 알려져 있으나 이의 활용에 관한 연구는 매우 부족한 실정이다.

한편, 물김치는 한국 고유의 전통발효식품인 김치의 일종으로 열무물김치, 배추물김치(백김치), 나박물김치 등이 있으며, 각각 주재료로 열무, 절임배추, 얇게 썬 무 및 양념류(마늘, 생강, 풋고추 또는 홍고추 등)에 2% 정도의 소금물을 가하여 숙성시킨다. 물김치는 특히 국물을 이용하는 김치로 재료로부터 우려나온 다양한 영양성분과 발효 중에 생성된 유기산을 비롯한 발효산물과 다양한 효소류가 녹아 있으며 시원한 맛을 띠는 전통음료로 국수나 냉면의 육수 대용으로도 사용되고 있다(22).

본 연구는 물김치에서 나타나는 국물의 혼탁으로 가식기간이 짧고 쉽게 변질되는 현상을 막음과 동시에 최근에 급속히 증가하고 있는 생활습관병의 하나인 고지혈증예방에 효과가 있는 기능성 제품을 개발하기 위한 일환으로 다양한 분자량의 chitosan으로 제조한 CA를 첨가한 물김치의 품질특성을 조사함과 동시에 여기서 나타난 가장 우수한 CA로 제조한 물김치가 고콜레스테롤 식이 흰쥐의 혈청지질에 미치는 영향을 조사하였다.

재료 및 방법

재 료

김치 국물은 증류수를 사용하였으며, 담금재료로 배추

(*Brassica campestris* var. *pekinensis* cv. Galacsin No. 1), 무, 대파, 마늘, 생강, 홍고추 및 소금(천일염)을 사용하였으며, chitosan-ascorbate 제조용 재료는 분자량 223, 746, 1110 및 2025 kDa의 chitosan(Kitto Life Co., Seoul, Korea)과 L-ascorbic acid(Sigma-Aldrich Co., Saint Louis, Missouri, USA)를 사용하였다.

Chitosan-ascorbate의 제조

Chitosan-ascorbate의 제조는 각 분자량별 키토산은 1 g 씩을 vortex상에서 0.2%의 ascorbic acid 용액 1 L에 가하여 실온에서 1시간동안 반응하여 조제하였다.

물김치 제조와 숙성

물김치는 사용한 용수에 따라 증류수(C1), 0.2%의 ascorbic acid 용액(C2), 223 kDa의 chitosan-ascorbate용액(CA-223), 746 kDa의 chitosan-ascorbate용액(CA-746), 1110 kDa의 chitosan-ascorbate용액(CA-1110) 및 2025 kDa의 chitosan-ascorbate용액(CA-2025)으로 구분하여 Table 1과 같이 제조하였다. 배추는 4 x 4 cm 크기로 썰고, 무는 두께 3 mm, 4 x 4 cm의 크기로 썰어 재료무게의 7%가 되게 소금을 직접 뿌려 25℃에서 2시간동안 절인 후 1시간 동안 물기를 제거시킨 후 사용하였다. 홍고추는 씨를 빼고 대파와 함께 4~5 mm두께로 어슷썰기를 하였으며, 생강과 마늘은 1 mm두께로 얇게 썰어 넣었다. 물김치의 담금은 1 L들이 유리병에 3 반복으로 담금하여 10℃에서 20일간 숙성시켰다. 최종염도는 담금 3시간 후 Salinity Refractometer (Nippon Optical Works Co. Tokyo, Japan)를 사용하여 2%로 조정하였다.

Table 1. Composition of materials and experimental plots

Materials	C1	C2	<i>Mul-kimchi</i> with chitosan-ascorbate ¹⁾			
			CA223	CA746	CA1110	CA2025
			(g)			
Salted chinese cabbage	87	87	87	87	87	87
Salted radish	50	50	50	50	50	50
Green onion	3	3	3	3	3	3
Garlic	5	5	5	5	5	5
Ginger	3	3	3	3	3	3
Fresh red pepper	2	2	2	2	2	2
CA solution ¹⁾	-	-	500	500	500	500
Ascorbic acid solution(0.2%)	-	500	-	-	-	-
Distilled water	500	-	-	-	-	-
Final salinity (%)	2	2	2	2	2	2

¹⁾CA (chitosan-ascorbate, CAs: CA-223, CA-746, CA-1110 and CA-2025) were prepared by reaction of 0.5 g chitosan with different molecular weight(223, 746, 1110 and 2025 kDa) and 500 mL of 0.2% ascorbic acid.

물김치의 품질특성 분석

물김치의 품질특성은 10,000 × g에서 원심분리한 상정액을 시료로 하여 다음의 항목을 분석하였다. 즉, pH는 pH meter(720P, Istek Inc., Seoul, Korea)로, 산도는 pH 8.2가 될 때까지 소비된 0.1N NaOH mL을 lactic acid %로, 탁도는 620 nm에서의 흡광도를 측정(23)하였다. SOD 활성은 Marklund 등(24)의 방법에 준하여 시액 0.2 mL에 tris-HCl buffer(pH 8.5) 3 mL 및 7.2 mM의 pyrogallol 0.2 mL을 가한 후 25°C에서 10분 동안 반응시켜 420 nm에서 흡광도를 측정하였으며 계산식에 의하여 활성도(%)를 산출하였다. 알코올 불용성 물질(alcohol insoluble substance, AIS)의 함량은 시액 10 mL에 80% ethanol 60 mL을 가한 후 끓는 water bath상에서 20분간 가열하여 생성된 건조 침전물의 중량으로 하였다. Glucosamine 함량은 Morgan-Elson법(25)에 준하여 시액 400 µL에 2,4-pentadione 용액 800 µL을 가하여 100°C에서 60분간 가열한 다음 Ehrlich 시액 800 µL을 가하여 1시간 이내에 530 nm에서 흡광도를 측정 표준품 glucosamine(Sigma-Aldrich St. Louis, USA)의 검량선에 의하여 산출하였다. 관능검사는 식품공학을 전공하는 대학생 및 대학원생으로 구성된 50명의 관능요원에 의하여 종합적인 기호도를 9점 scale법(26)으로 아주 싫다(1점), 싫다(2점), 보통 싫다(3점), 약간 싫다(4점), 좋지도 싫지도 않다(5점), 약간 좋다(6점), 보통 좋다(7점), 좋다(8점), 아주 좋다(9점)로 평가하였다.

Table 2. Composition of experimental diet

Ingredients	Experimental groups ¹⁾				
	NC	HC	HC-KC	HC-CA2025	HC-2CA2025
Corn starch	15.00	10.00	10.00	10.00	10.00
Sucrose	50.00	48.75	48.75	48.75	48.75
Cellulose	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
Casein	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
Corn oil	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
Lard	-	5.00	5.00	5.00	5.00
DL-methionine	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Vitamin mix	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Mineral mix	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50
choline bitartrate	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Cholesterol	-	1.00	1.00	1.00	1.00
Sodium cholate	-	0.25	0.25	0.25	0.25
Distilled water (mL/100 g of rat)	0.50	0.50	-	-	-
Mul-kimchi juice (mL/100 g of rat)	-	-	0.50	-	-
Mul-kimchi juice with CA-2025 (mL/100 g of rat)	-	-	-	0.50	-
Mul-kimchi juice with 2CA-2025 (mL/100 g of rat)	-	-	-	-	0.50

¹⁾Abbreviation: NC; normal control, HC; high cholesterol diets, HC-KC: high cholesterol diets with *mul-kimchi* juice administration, HC-CA2025; high cholesterol diets with CA-2025 containing *mul-kimchi* juice administration, HC-2CA2025; high cholesterol diets with 1/2 concentrated CA-2025 administration.

동물실험

실험동물은 150±10 g의 Sprague-Dawley계의 수컷 흰쥐를 고형사료로 1주일간 적응시킨 후 고콜레스테롤 식이로 5주간 급여하였다. 실험군은 정상식이군(NC), 고콜레스테롤 식이군(HC), 고콜레스테롤 식이 김치국물(C1) 투여군(KC), 고콜레스테롤 식이 CA 함유 김치국물 투여군(CA-2025), 고콜레스테롤 식이 CA-2025 1/2 농축액 투여군(2CA-2025)으로 구분, 각 군당 10마리씩 난괴법으로 분리하여 wire bottomed cage에 넣어 개별 사육하였다. 실험식이 조성은 Table 2와 같으며, 김치국물은 0.5 mL/100 g-BW 경구 투여하였으며, NC군은 증류수를 0.5 mL/100 g-BW로 경구 투여하였다. 사육실의 온도는 22±2°C, 명암은 12시간 주기로 일정하게 유지시켰고, 물과 식이는 자유롭게 섭취케 하였다.

식이섭취량, 체중증가량 및 식이효율

식이섭취량과 체중증가량은 매일 일정한 시간에 측정하였다. 식이효율은 일정 실험기간의 체중 증가량(g)을 일정 실험기간의 식이섭취량(g)으로 나눈 값으로 나타내었다.

분석시료의 조제

실험식이로 5주간 사육한 흰쥐를 12시간동안 절식시킨 후 ethylether로 마취하여 개복한 후 복부 대동맥으로부터 채혈하였다. 채취한 혈액은 4°C, 3,000 rpm으로 20분간 원심 분리 하여 혈청을 분리한 뒤 -70°C에 보관하면서 분석용 시료로 사용하였다.

혈청지질의 분석

중성지질, 총콜레스테롤, HDL-콜레스테롤 함량은 kit 시약(AM 157S-K, AM 202-K, AM 203-K, Asanpharm Co., Seoul, Korea)으로 측정하였다. 즉, 중성지질의 함량은 혈청 0.02 mL에 효소용액 3.0 mL을 가하여 37°C에서 10분간 반응시킨 후 550 nm에서 흡광도를 측정하였다. 총콜레스테롤함량은 중성지질의 경우와 동일한 용량비로 37°C에서 5분간 반응, 500 nm에서 흡광도를 측정하였다. HDL-콜레스테롤함량은 혈청 0.1 mL에 효소용액 3.0 mL을 가하여 37°C에서 5분간 반응시킨 후 500 nm에서 흡광도를 측정하였으며 LDL-콜레스테롤함량은 Friedewald 등(27)의 방법에 측정하였다. 계산식은 다음과 같다.

$$\text{중성지질, 총콜레스테롤(mg/dL)} = (\text{표준용액의 흡광도/검액의 흡광도}) \times 300$$

$$\text{HDL-콜레스테롤(mg/dL)} = (\text{표준용액의 흡광도/검체용액의 흡광도}) \times 100$$

$$\text{LDL-콜레스테롤(mg/dL)} = \text{총콜레스테롤-HDL-콜레스테롤량-(중성지질/5)}$$

효소활성도

혈청 중의 alanine 및 aspartate aminotransferase의 활성도는 Reitman과 Frankel의 방법(28)에 준하여 조제된 kit(Eiken Chemical Co., Ltd Bunkyo-ku Tokyo, Japan)를 사용하였으며, alanine amino transferase (ALT), aspartate aminotransferase (AST) 각각의 기질액 1.0 mL을 5분간 전 항온 처리한 다음

혈청 0.2 mL을 첨가하고 37°C에서 ALT는 30분, AST는 60분간 반응시킨 다음 정색시약 1.0 mL을 가해 10분간 방치 후 파장 505 nm에서 흡광도를 측정하고 검량선에 의하여 활성도를 산정하였다. 효소의 활성단위는 혈청 1 mL당 1분간 NADH의 흡광도를 0.001 감소시키는 활성능을 단위로 하는 Karmen unit(29)로 나타내었다.

통계처리

동물실험 결과는 실험동물 10마리의 평균치와 표준편차로 나타내었으며, 관능검사결과는 관능요원 50명의 평균치와 표준편차로 나타내었다. 그 외 모든 결과는 3반복으로 실험하여 평균치와 표준편차로 나타내었다. 유의성 검증은 SPSS(Statistical Package for Social Sciences, SPSS Inc., Chicago, IL, USA) software package program(30)을 이용하여 Duncan's multiple range test를 행하였다.

결과 및 고찰

물김치의 품질특성

물김치 제조시 증류수(C1), 0.2% ascorbic acid 용액(C2), 분자량별 키토산(223, 746, 1110, 2025 kDa)으로 제조한 CA 즉, CA223, CA746, CA1110 및 CA2025를 담금용수로 사용하여 10°C에서 10일간 숙성시킨 후 품질특성을 비교한 결과는 Table 3과 같다. pH는 CA첨가군에서는 키토산의 분자량별에 따른 유의적인 차이를 나타내지 않았으나 대조군으로 사용한 증류수나 0.2% ascorbic acid용액을 사용한 경우보다는 유의적으로 높았으며 산도도 pH의 결과와 일

Table 3. Quality characteristics of mul-kimchi juice with chitosan-ascorbate fermented at 10°C for 10 days

Measurements	C1	C2	Mul-kimchi with chitosan-ascorbate ¹⁾			
			CA223	CA746	CA1110	CA2025
pH	3.31±0.13 ^{c,3)}	3.50±0.05 ^b	4.23±0.03 ^a	4.17±0.04 ^a	4.23±0.02 ^a	4.16±0.05 ^a
Acidity (%)	0.48±0.04 ^a	0.38±0.04 ^b	0.24±0.04 ^c	0.25±0.01 ^c	0.24±0.01 ^c	0.25±0.01 ^c
Turbidity (OD ₆₂₀)	0.42±0.01 ^a	0.35±0.01 ^b	0.08±0.00 ^c	0.05±0.00 ^d	0.04±0.01 ^e	0.04±0.00 ^e
AIS ²⁾ content (% w/v)	1.04±0.06 ^b	0.98±0.32 ^b	1.21±0.02 ^a	1.23±0.04 ^a	1.18±0.31 ^{ab}	1.24±0.06 ^a
Glucosamine (mg%)	21.56±5.56 ^c	28.91±1.50 ^b	61.67±3.55 ^a	59.79±4.98 ^a	62.55±8.19 ^a	53.24±6.46 ^a
SOD activity (%)	0.24±0.01 ^d	50.19±1.38 ^c	59.00±1.01 ^b	60.41±1.17 ^b	59.90±1.73 ^b	64.24±0.96 ^a
Hunter's color value						
L* value	70.18±3.20 ^b	72.31±2.50 ^b	74.76±3.37 ^{ab}	74.58±2.02 ^{ab}	77.74±2.72 ^a	77.89±2.37 ^a
a* value	0.59±0.27 ^a	0.66±0.17 ^a	0.81±0.37 ^a	0.76±0.12 ^a	0.98±0.29 ^a	0.87±0.36 ^a
b* value	-1.55±0.55 ^a	-2.19±0.36 ^{ab}	-2.38±0.30 ^{bc}	-2.69±0.36 ^{bc}	-3.00±0.35 ^c	-2.75±0.12 ^{bc}
Overall acceptability	5.11±0.96 ^a	5.26±1.64 ^a	5.68±1.83 ^a	6.27±1.24 ^a	6.12±0.75 ^a	6.49±1.28 ^a

¹⁾See Table 1.

²⁾Alcohol insoluble substance.

³⁾Each value is mean±SD. Different alphabets in each values show statistically difference at α=0.05 by Duncan's multiple range test.

치하였다.

이러한 결과는 CA의 첨가로 김치의 숙성이 지연됨을 나타내며, 키토산이나 CA가 미생물의 생육을 억제한다는 연구결과(31,32)와 일치 한다. 물김치국물의 탁도는 CA첨가군이 무첨가군(C1, C2)보다 현저하게 낮았으며, CA첨가군에서는 키토산의 분자량이 높을수록 낮아져 국물이 투명하였다. 물김치의 숙성 중에는 배추나 무 조직의 불용성 펙틴질이 가용화되어 국물이 탁해진다(33). 그러나 김치국물을 시료로 하여 측정된 알코올불용성물질(AIS)의 함량은 오히려 CA첨가군에서 높았는데 이러한 현상은 국물에 녹아 있는 CA때문이라 사료된다. 김치국물에 녹아 있는 glucosamine함량은 대조군인 C1 및 C2에 비하여 CA첨가군에서 1.84~2.90배가 높았다. SOD (superoxide dismutase)활성도는 C1가 0.24%, C2는 50.19%이었으나 CA첨가군은 59.00~64.24%로 CA첨가군에서 높았다.

국물의 밝기를 나타내는 L*값은 CA첨가군 특히 분자량이 높은 CA1110 및 CA2025가 대조군(C1, C2)보다 높았다. 이러한 현상은 CA처리 김치국물이 무처리에 비하여 투명하고 탁도가 낮은 현상과 관련이 있는 것으로 사료된다. 그러나 적색도를 나타내는 a*값은 전 구간에서 유의차가 없는 것으로 나타났으며, 황색도를 나타내는 b*값은 CA무첨가가 -1.55, -2.19로 첨가군의 -2.38~-3.0보다 높았다. 종합적 기호도는 CA첨가구가 무첨가에 비하여 전반적으로 높았으나 유의차는 없었다.

이상의 결과, 특히 분자량이 높은 키토산으로 제조한 CA-1110 및 CA-2025를 처리한 물김치의 경우가 CA 무첨가 또는 저분자 키토산으로 제조한 CA에 비하여 김치의 숙성이 지연됨으로서 보존성이 높고, 국물의 탁도가 낮으며, SOD의 활성 및 glucosamine의 함량이 높게 나타나 산업적 활용성이 기대되었다. 따라서 이하의 동물실험에서는 CA-2025를 사용하였다.

증체량, 식이섭취량 및 식이효율

5주 동안 고콜레스테롤 식이를 행한 흰쥐의 일일 증체량

Table 4. Body weight, weight gain, feed intake and feed efficiency ratio (FER) of rats fed with high cholesterol diet containing *mul-kimchi* with chitosan-ascorbate for 5 weeks

Groups ¹⁾	Initial weight (g)	Final weight (g)	Weight gain (g/day)	Feed intake (g/day)	FER
NC	162.90±11.81 ^{NS2)}	335.10±23.01 ^{NS}	4.92±0.49 ^{NS}	23.46±2.78 ^{NS}	0.21±0.02 ^{NS}
HC	163.63±11.65	352.63±22.72	5.40±0.32	19.93±3.88	0.24±0.04
HC-KC	165.06±10.91	328.86±21.42	4.68±0.48	23.03±2.24	0.21±0.05
HC-CA2025	162.25± 9.85	328.15±29.97	4.74±0.42	21.41±1.69	0.25±0.04
HC-2CA2025	161.92±10.04	322.92±24.95	4.60±0.40	19.87±1.49	0.24±0.02

¹⁾See Table 2.

²⁾Each value is mean±SD of experimental group, n=10. Different alphabets in each values show statistically difference at $\alpha=0.05$ by Duncan's multiple range test. NS: not significant.

및 일일 식이섭취량과 식이효율에 미치는 CA-2025 첨가 물김치국물의 투여효과를 조사한 결과는 Table 4와 같다. 실험식이 전 실험동물의 평균체중은 161.25~165.06 g으로 실험군 간의 유의차가 없었으며 5주후에도 유의차는 없으나 HC군이 타군에 비하여 8.89~14.81%가 증가하였다. 그러나 5주후 HC-CA2025군과 HC-2CA2025군의 평균체중은 HC군에 비하여 각각 6.9% 및 8.4%가 감소되었다. 이러한 CA첨가군의 체중감소효과는 Kim 등(34)이 고콜레스테롤식이 흰쥐에 키토산올리고당을 급여하였을 때와 Shin 등(35)의 고지방식을 행한 흰쥐에 CA를 첨가한 홍곡을 급여한 경우와 동일한 효과를 나타내었는데 이는 CA가 체내 지방을 흡착하여 배설하는 작용(36)과 관련이 있는 것으로 사료된다. 식이섭취량과 식이효율도 유의적인 차이는 없으나 정상군(NC)에서 가장 많았으며, 식이효율은 HC, HC-CA2025 및 HC-2CA2025에서 높은 반면 HC-KC, NC는 낮은 경향을 보였다.

혈청 총 지질과 중성지질의 농도

Table 5는 혈청지질에 미치는 효과를 나타낸 것으로 총 지질과 triglyceride의 함량은 HC군에서 각각 271.00 mg/dL 및 88.75 mg/dL인데 비하여 CA2025군은 200.50 mg/dL, 2CA2025군은 26.20 mg/dL 로 유의적으로 낮았다. 한국임상병리위원회(The Association of Korean Clinical Pathology) (37)에서는 정상적인 혈중 triglyceride 함량을 27~108 mg/mL 범위로 제시하여 비록 HC군에서의 triglyceride의 함량이 이 범위에 포함되나 이 범위 내에서는 비교적 높은 수준으로 CA2025를 첨가한 물김치국물의 식이로 혈청지질이 개선됨을 나타낸다. 따라서 CA2025를 첨가한 물김치국물은 혈중 cholesterol과 triglyceride의 농도가 높아짐으로서 나타날 수 있는 고지혈증, 동맥경화 및 당뇨병 등(38,39)에도 효과가 있음을 시사한다.

Table 5. Serum lipids content of rats fed with high cholesterol diet containing *mul-kimchi* juice with chitosan-ascorbate for 5 weeks

Groups ¹⁾	Total lipid (mg/dL)	Triglyceride (mg/dL)
NC	189.50±10.6 ^{c2)}	30.33± 3.21 ^b
HC	271.00±37.79 ^a	88.75±11.47 ^a
HC-KC	219.00± 5.66 ^b	27.60± 3.29 ^{bc}
HC-CA2025	200.50±17.10 ^{bc}	26.20± 3.19 ^c
HC-2CA2025	198.25±34.94 ^{bc}	23.67± 5.51 ^c

¹⁾See Table 2.

²⁾Each value is mean±SD of experimental group, n=10. Different alphabets in each values show statistically difference at $\alpha=0.05$ by Duncan's multiple range test.

혈청 cholesterol 함량

혈청 cholesterol 함량은 Table 6에 나타내었다. Total cholesterol 함량은 HC-CA2025 및 HC-2CA2025에서는 각

각 88.33 mg/dL 및 85.00 mg/dL로 HC군의 107.00 mg/dL보다 17.45% 및 20.56%가 각각 감소하였다. HDL-cholesterol의 함량은 HC-CA2025, HC-2CA2025군에서 각각 30.68 mg/dL 및 35.33 mg/dL로 NC군의 42.66 mg/dL에는 미치지 못하였으나 HC군의 28.67 mg/dL에 비하여는 각각 7% 및 23%가 증가되었다. CA 첨가량을 2배로 한 HC-2CA2025군은 HC-CA2025군 보다 약 15%가 증가되었다. LDL-cholesterol 함량은 HC-CA2025, HC-2CA2025군이 HC군에 비해 각각 13% 및 26%가 감소되었다. 동맥경화지수는 HC군이 2.73인데 비하여 HC-CA2025 및 HC-2CA2025군은 각각 1.88 및 1.41로 정상군에 미치지 못하는 현저하게 감소되었다.

Table 6. Serum cholesterol content of rats fed with high cholesterol diet containing mul-kimchi juice with chitosan-ascorbate for 5 weeks

Groups ¹⁾	Total cholesterol (mg/dL)	HDL cholesterol (mg/dL)	LDL cholesterol (mg/dL)	Atherogenic index ²⁾
NC	70.50±8.96 ^{a,3)}	42.66±3.21 ^a	21.77±1.58 ^d	0.65±0.33 ^d
HC	107.00±7.26 ^a	28.67±5.03 ^{bc}	60.58±4.18 ^a	2.73±0.54 ^a
HC-KC	90.25±2.99 ^b	28.50±2.65 ^c	56.23±3.2 ^{ab}	2.17±0.27 ^{ab}
HC-CA2025	88.33±5.51 ^b	30.68±3.51 ^{bc}	52.41±2.51 ^b	1.88±0.21 ^{bc}
HC-2CA2025	85.00±7.62 ^{bc}	35.33±2.52 ^b	44.94±0.71 ^c	1.41±0.35 ^c

¹⁾See Table 2.

²⁾Atherogenic index: (total cholesterol - HDL cholesterol)/HDL cholesterol

³⁾Each value is mean±SD of experimental group, n=10. Different alphabets in each values show statistically difference at $\alpha=0.05$ by Duncan's multiple range test.

CA를 첨가한 김치 또는 물김치가 혈청지질에 미치는 영향에 대한 연구는 없으나 일반 배추김치가 혈중 HDL-cholesterol 함량을 증가시키는 반면 LDL-cholesterol 함량을 감소시킨다는 보고(40, 41)가 있다. HDL-cholesterol은 단백질 획득을 50% 이상 함유하는 지단백으로 심혈관계 질환의 유발위험성을 감소시키거나 예방하는 작용(38,42)이 있으나 LDL-cholesterol은 지방섭취량에 비례하여 chylomicron 잔유물 및 VLDL과 함께 생성되며 심혈관계 질환을 유발에 관여하는 지단백이다(43,44).

혈청 내 AST 및 ALT 활성수준

AST 및 ALT활성을 조사한 결과는 Table 7과 같다. AST활성은 정상식이군(NC)에 비해 HC군에서 증가하는 경향을 보였으나 HC-KC, HC-CA2025, 및 HC-2CA205 군에서는 NC군에 비해 낮은 활성을 나타내었으며, CA의 첨가량에 따른 뚜렷한 영향은 보이지 않았다. AST 및 ALT는 생체 내 아미노산 합성에 관여하는 효소로 약물이나 외부적 스트레스에 의해 간 조직이 손상을 받을 경우 그 활성이 증가하여 간 조직 손상을 측정하는 지표로 알려져 있다(45, 46).

Table 7. Serum aspartate aminotransferase (AST) and alanine aminotransferase (ALT) activities of rats fed with high cholesterol diet containing mul-kimchi with chitosan- ascorbate for 5 weeks

Groups ¹⁾	Aspartate aminotransferase (IU/L)	Alanine aminotransferase (IU/L)
NC	262.67±13.90 ^{b,2)}	28.00±4.76 ^b
HC	311.00±21.36 ^a	39.17±2.02 ^a
HC-KC	227.00±12.90 ^c	28.33±4.93 ^b
HC-CA2025	211.00±12.18 ^c	30.00±2.83 ^b
HC-2CA2025	204.00±11.94 ^d	29.00±1.41 ^b

¹⁾See Table 2.

²⁾Each value is mean±SD of experimental group, n=10. Different alphabets in each values show statistically difference at $\alpha=0.05$ by Duncan's multiple range test.

따라서, 이 같은 결과는 CA를 첨가한 물김치를 일상적으로 섭취할 경우, 외부적인 스트레스로 인하여 받는 간의 부담을 줄여줄 수 있음을 시사한다.

요 약

본 연구는 chitosan-ascorbate (CA) 첨가(0.1%)가 물김치의 숙성에 미치는 영향과 고콜레스테롤식이 흰쥐의 혈청지질에 미치는 효과를 조사하였다. CA첨가 물김치는 무첨가에 비하여 탁도가 낮고, 보존성이 높으며, glucosamine함량이 무첨가에 비하여 1.84~2.90배, SOD활성이 59.00~64.24%로 높았으며 2025 kDa의 chitosan으로 제조한 CA2025가 가장 양호하였다. 동물실험은 SD계 흰쥐로 정상식이군(NC), 고콜레스테롤 식이군(HC), 고콜레스테롤 식이 김치국물 투여군(HC-KC), 고콜레스테롤 식이 CA함유 김치국물 투여군(HC-CA2025), 고콜레스테롤 식이 CA2025 1/2 농축액 투여군(HC-2CA2025)의 5개군으로 구분하여 5주간 사육하였다. 그 결과, HC-CA2025군과 HC-2CA2025군의 평균체중은 HC군에 비하여 각각 6.9%, 및 8.4%가 감소되었다. 혈청 총cholesterol의 함량은 HC-CA2025 및 HC-2CA2025군이 각각 88.33 및 85.00 mg/dL로 HC군보다 17.45 및 20.56%가 감소되었다. HC-CA2025 및 HC-2CA2025군의 HDL-cholesterol 함량은 HC군에 비하여는 각각 7% 및 23%가 증가된 반면 LDL-cholesterol 함량은 각각 13% 및 26%가 감소되었고 동맥경화지수도 정상군에는 미치지 못하는 현저하게 감소되었다. AST 및 ALT활성은 HC군에서 증가하는 경향을 보였으나, HC-KC, HC-CA2025, 및 HC-2CA205 군에서는 낮은 활성을 나타내었다. 따라서 CA2025는 물김치의 보존성과 품질을 향상시킬 뿐만 아니라 혈중지질 개선과 동맥경화지수를 떨어트리는 효과가 있어 산업적 활용성이 기대된다.

감사의 글

본 연구는 산업자원부 지정 대구가톨릭대학교 해양바이오산업연구센터의 지원에 의한 것입니다.

참고문헌

- Casteli, W.P., Garrison, R.J., Wilson, P.W.F., Ahhott, R.D., Kalousdian, S. and Kannel, W.B. (1986) Incidence of coronary heart disease and lipoprotein cholesterol levels. The framingham study. *JAMA.*, 256, 2835-2845
- Sacks, F.M. (2002) The role of high-density lipoprotein (HDL) cholesterol in the prevention and treatment of coronary heart disease: expert group recommendations. *Am J. Cardiol.*, 90, 139-143
- Park, M.Y., Sung, N.J., Shin, J.H., Lee, S.J. and Park, P.S. (1998) Effects of *Gastrodia rhizoma* on lipid components of serum in hypercholesterolemic rats. *J. East Asian Soc. Dietary Life*, 8, 1-8
- Trudy, Mckee, James, R. and Mckee. (1999) *Biochemistry*. 2nd ed., WCB, McGraw Hill, AM., p.277
- Yang, J.L., Suh, M.J. and Song, Y.S. (1996) Effects of dietary fibers on cholesterol metabolism in cholesterol-fed rats. *J. Korean Soc. Food Nutr.*, 25, 392-398
- Hegsted, D.M., McGandy, R.B., Myers, M.L. and Stare, F.J. (1965) Quantitative effects of dietary fat on serum cholesterol in man. *Am J. Clin Nutr.*, 17, 281-286
- Tsujikawa, T., Kanauchi, O., Andoh, A., Saotome, T., Sasaki, M., Fujiyama, Y. and Bamba, T. (2003) Supplement of a chitosan and ascorbic acid mixture for Crohn's disease. A pilot study. *Nutrition*, 19, 137-139
- Kanauchi, O., Deuchi, K., Imasato, Y., Shizukuishi, M. and Kobayashi, E. (1994) Mechanism for the inhibition of fat digestion by chitosan and for the synergistic effect ascorbate. *Biosci. Biotech Biochem.*, 59, 786-790
- Arvanitoyamis, IS., Nakayama, A. and Aiba, S. (1998) Chitosan and gelatin based edible films: state diagrams, mechanical and permeation properties. *Carbohydr. Polym.*, 37, 371-382
- Sugano, M., Fujikawa, T., Hiratsuji, Y., Nakashima, K. and Hasegawa, Y. (1980) A novel use of chitosan as a hypocholesterolemic agent in rats. *Am J. Clin Nutr.*, 33, 787-793
- Maezaki, Y., Tsuji, K., Nakagawa, Y., Kawai, Y., Akimoto, M., Tsugita, T., Takekawa, W., Terada, A., Hara, H. and Mitsuoka, T. (1993) Hypocholesterolemic effect of chitosan in adult males. *Biosci. Biotech. Biochem.*, 57, 1439-1444
- Razdan, A. and Prttersson, D. (1994) Effect of chitosan on nutrient digestibility and plasma lipid concentration in broiler chickens. *Br. J. Nutr.*, 72, 277-288
- Sugano, M., Watanabe, S., Kishi, A., Izume, M. and Ohtakara, A. (1998) Hypocholesterolemic action of chitosans with different viscosity in rats. *Lipids*, 23, 187-191
- Ebihara, K. and Schneeman, B.O. (1989) Interaction of bile acids, phospholipids, cholesterol and triglyceride with dietary fibers in the small intestine of rats. *J. Nutr.*, 119, 1100-1106
- Vahonuny, G.V., Satchithanandam, S., Cassidy, M.M., Lightfoot, F.B. and Furda, I. (1983) Comparative effects of chitosan and cholestyramine on lymphatic absorption of lipids in the rat. *Am. J. Clin Nutr.*, 38, 278-284
- Ikeda, I., Sugano, M., Yoshida, K., Sasaki, E., Iwamoto, Y. and Hatano, K. (1993) Effects of chitosan hydrolysates on lipid absorption and on serum and liver lipid concentration in rats. *J. Agric. Food Chem.*, 41, 431-435
- Sanford, P.A. (1988) *Chitosan, Commercial Uses and Potential Applications*. Proc. The 4th International Conference on chito/chitosan held in Trondheim, Norway. p.51-69
- Muzzarelli, R.A.A., Tanfani, F. and Emanuelli, M. (1984) Chelating derivatives of chitosan obtained by reaction with ascorbic acid. *Carbohydr. Polym.*, 4, 137-151
- Kanauchi, O., Deuchi, K., Imasato, Y., Shizukuishi, M. and Kobayashi, E. (1994) Mechanism for the inhibition of fat digestion by chitosan and for the synergistic effect ascorbate. *Biosci. Biotech. Biochem.*, 59, 786-790
- Zoldners, J., Kiseleva, T. and Kaiminsh, I. (2005) Influence of ascorbic acid on the stability of chitosan solutions. *Carbohydr. Polymer.*, 60, 215-218
- Brown, M.S. and Goldstein, J.L. (1991) Drugs used in the treatment of hyperlipoproteinemias. In *The Pharmacological Basis of Therapeutics*. Hardman JG, Limbird LE, Gilman AG eds. Pergamon Press, New York. p.888
- Choi, S.Y., Oh, J.Y., Yoo, J.W. and Hahn, Y.S. (1998) Fermentation properties of *Yulmoo Mul-kimchi* according to the ratio of water to *Yulmoo*. *Korean J. Soc. Food Sci.*, 14, 327-332
- Choi, M.Y., Choi, E.J., Lee, E., Rhim, T.J., Cha, B.C., and Park, H.J. (1997) Antimicrobial activities of pine needle (*Pinus densiflora* Seib et Zucc) extract. *Kor. J. Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 25, 293-297

24. Marklund, S. and Marklund, G. (1974) Involvement of superoxide anion radical in the oxidation of pyrogallol and a convenient assay for superoxide dismutase. *Eur. J. Biochem.*, 47, 468-474
25. Wrolstad, R.E., Acree, T.E., Decker, E.A., Penner, M.H., Reid, D.S., Schwartz, S.J., Shoemaker, C.F., Smith, D.M. and Sporns, P. (2003) *Handbook of Food Analytical Chemistry*. John Wiley & Sons, Inc Hoboken New Jersey, USA., p.656-657
26. Meilgaard, M., Civille, G.V. and Carr, B.T. (1987) *Sensory Evaluation Techniques*. CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida, USA., p.39-112
27. Fridwald, W.T., Levy, R.I. and Fredrickson, D.S. (1972) Estimation of the concentration of the low-density lipoprotein cholesterol in plasma without use of the preparative ultra centrifuge. *Clin. Chem.*, 18, 499-502
28. Reitman, S. and Frankel, S. (1957) A colorimetric method for the determination of serum glutamic oxaloacetic pyruvic transaminase. *Am. J. Clin. Pathol.*, 28, 56-63
29. La Due, J.S., Wröblewski, F. and Karmen, A. (1954) Transaminase activity in human blood. *Science.*, 120, 474
30. Chae, S.I. and Kim, B.J. (1995) *Statistical Analysis for SPSS/PC*. Bubmoon Publishing Co., Seoul, Korea. p.66-75
31. Lee, Y.K., Shin, K.O., No, H.K. and Kim, S.D. (2005) Quality characteristics of *Mul-kimchi* prepared using eastern deep seawater added with chitosan-ascorbate. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 34, 1450-1458
32. Seo, J.S., Bang, B.H. and Jeong, E.J. (2004) Studies on the prolonging of *kimchi* fermentation by adding chitosan. *Korean J. Food Nutr.*, 17, 60-65
33. Kim, S.D. (1985) Effect of pH adjuster on the fermentation of *kimchi*. *J. Korean Soc. Food Nutr.*, 14, 259-264
34. Kim, K.N., Joo, E.S., Kim, K.I., Kim, S.K., Yang, H.P. and Jeon, Y.J. (2005) Effect of chitosan oligosaccharides on cholesterol level and antioxidant enzyme activities in hypercholesterolemic rat. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 34, 36-41
35. Shin, J.G., Lee, S.I., Kwon, J.H. and Kim, S.D. (2005) Effect of beni-koji with chitosan-ascorbate on serum lipid profile of rats fed a high fat diet. *J. East Asian Soc. Dietary Life*, 15, 524-530
36. Kanauchi, O., Deuchi, K., Imasato, Y. and Kobayashi, E. (1994) Increasing effect of a chitosan and ascorbic acid mixture on fecal dietary fat excretion. *Biotechnol Biochem.*, 58, 1617-1620
37. The Association of Korean Clinical Pathology. (1994) *The Clinical Pathology*. Korea Medicine Co, Seoul, p.40-79
38. Anderson, J.T., Grand, F. and Keys, A. (1976) Independence of effects of cholesterol and degree of saturation the fat in the diet on serum cholesterol in man. *Am. J. Clin. Nutr.*, 29, 1184-1189
39. Mattson, F.H., Hollenbath, E.J. and Kligman, A.M. (1975) Effect of hydrogenated fat on the plasma cholesterol and triglyceride levels of man. *Am. J. Clin. Nutr.*, 28, 726-731
40. Choi, S.H., Kim, H.J., Kwon, M.J., Baek, Y.H. and Song, Y.O. (2001) The effect of *kimchi* pill supplementation in plasma lipid concentration in healthy people. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 30, 913-920
41. Kwon, M.J., Chun, J.H., Song, Y.S. and Song, Y.O. (1999) Daily *kimchi* consumption and its hypolipidemic effect in middle-aged men. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 28, 1144-1150
42. Ortho Clinical Diagnostics. (2001) *The Reference Intervals in Biochemical Analyt of Laboratory Animal*. Johnson-Johnson Co., New York., p.13
43. Myant, N.B. (1990) *Cholesterol Metabolism, LDL, and The LDL Receptor*. Academic Press Inc., New York., p.407
44. Wilson, J.N., Wilson, S.P. and Eator, R.P. (1984) Dietary fiber and lipoprotein metabolism in the genetically obese Zucker rat. *Arteriosclerosis.*, 4, 147-153
45. Yu, M.H., Lee, H.J., Im, H.G., Hwangbo, M.H., Kim, H.J. and Lee, I.S. (2005) The effects of *kimchi* with *Monascus purpureus* on the body weight gain and lipid metabolism in rats fed high fat diet. *J. Life Sci.*, 15, 536-541
46. Jung, S.H., Kim, J.H., Jeong, Y.J., and Choi, M.J. (1999) Effect of persimmon vinegar on serum lipid profile in rats with high cholesterol diet. *J. East Asian Soc. Dietary Life*, 9, 421-426

(접수 2006년 8월 23일, 채택 2006년 11월 24일)