

## 키토산 처리된 델라웨어 포도의 저장 중 품질 변화

염수진 · 강지훈 · 정승훈 · 송경빈

충남대학교 식품공학과

### Quality Changes in Delaware Grapes Treated with Chitosan during Storage

Su Jin Yum, Ji Hoon Kang, Seung Hun Jung, and Kyung Bin Song

Department of Food Science and Technology, Chungnam National University

**ABSTRACT** To maintain quality of Delaware grapes during storage, grape samples were treated with 0.1% chitosan dissolved in 0.5% acetic acid, packaged with low density polyethylene film, and stored at 4 or 20°C for 12 days. Chitosan treatment reduced initial populations of yeast and molds in grapes by 1.86 log CFU/g compared to that of the control. During storage, oxygen contents in packages of samples decreased, whereas carbon dioxide contents increased. In addition, regardless of storage temperature, changes in oxygen and carbon dioxide concentrations of grapes treated with chitosan were lower than those of the control. Hardness of samples decreased, and Hunter L, a, and b values were not significantly different among treatments. Regarding pH and total soluble content, grapes stored at 4°C maintained pH and had greater total soluble content than those stored at 20°C. These results suggest that chitosan treatment and low temperature storage can be useful for maintaining microbiological safety and quality of Delaware grapes during storage.

**Key words:** Delaware grape, chitosan, acetic acid, storage temperature

## 서 론

포도는 비타민과 유기산을 비롯한 안토시아닌, 카테킨, 레스베라트롤과 같은 다량의 폴리페놀 성분이 함유되어 있어 최근 건강에 대한 소비자의 관심 증대와 함께 웰빙 식품으로 대두되고 있으며, 국내 총 과일 생산량의 12%를 차지할 만큼 많이 생산되는 과일 중 하나이다(1-4). 전 세계적으로 포도의 소비는 포도주 및 포도 주스와 같은 가공품으로 이루어지고 있지만 국내에서는 주로 생과로 소비되고 있고, 국내 생과용 포도는 캠벨엘리 품종이 대략 70%로 가장 많이 재배되나 거봉, 세리단, 델라웨어 등 포도의 기능성과 품종별 풍미에 대한 소비자의 기호 변화에 따라 재배 품종 또한 점차 다양해지고 있는 추세이다(5,6). 그러나 국내 포도 품종의 다양화 및 높은 생산량과는 대조적으로 수확 후 관리 기술은 현재까지 미비한 수준이며, 또한 수확 후 포도는 다양한 원인에 의해 복합적인 품질 저하가 야기되므로 보다 적합하고 실용적인 품질관리 기술 개발이 필요한 실정이다.

수확 후 포도에서 발생 가능한 대표적인 품질 변화는 수분 감소에 의한 외관 손상, 미생물에 의한 부패 및 이층형성에 의한 탈립 현상 등을 들 수 있는데(7,8), 특히 곰팡이에 의한

부패가 수확 후 포도에 있어 가장 큰 문제로 *Botrytis cinerea*, *Aspergillus niger*, *Rhizopus stolonifer*와 같은 곰팡이가 주요 원인균으로 알려져 있다(9). 이와 같은 품질 저하 문제를 해결하고 포도의 저장성을 높이기 위해 현재 적용되고 있는 품질관리 기술에는 저온 저장, plastic film 포장, modified atmosphere packaging(MAP) 저장, sulfur dioxide(SO<sub>2</sub>) 훈증 처리 및 패드 부착 방법 등이 있다(10-12). 이 중 대표적인 포도 품질관리 기술로 알려진 SO<sub>2</sub> 처리는 포도의 부패를 야기하는 회색곰팡이 등을 효과적으로 제거시킨다고 보고된 바 있으나, 현재는 잔류에 의한 인체 피해, 과다 사용 시 갈변 등의 장애를 일으킬 수 있는 문제점이 있어 유럽연합(European Union) 등 많은 국가에서 사용을 금지하고 있기에 이를 대체할 수단이 필요하다(8,13). 특히 포도의 경우 저장성이 낮아지는 주된 요인을 곰팡이 번식에 따른 부패로 볼 수 있으며 이로 인해 장기 저장이 어려울 뿐만 아니라 상품성이 떨어지는 등 여러 문제가 발생할 수 있으므로 저장 중 품질 유지 및 미생물학적 안전성을 동시에 확보할 수 있는 기술이 요구되고 있다.

기존 포도 품질 유지를 위한 처리 방법들의 문제점을 해결하기 위해서 감마선 조사(14,15), 오존(16), 에탄올(9) 등 비가열 처리와 가식성 코팅 물질(edible coating materials)(17)에 관한 연구들이 수행되어진 바 있다. 특히 가식성 코팅 물질 중 키토산은 천연물질로 감각류 껍질의 주성분인 키틴의 탈아세틸화를 통해 생산되는데, 독성이 없어 인체에

Received 27 January 2015; Accepted 12 March 2015

Corresponding author: Kyung Bin Song, Department of Food Science and Technology, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

E-mail: kbsong@cnu.ac.kr, Phone: +82-42-821-6723

무해하고(18) 다양한 생리활성이 최근 밝혀짐에 따라 의약품, 식품첨가물 및 기능성 식품 등으로 사용이 확대되고 있다(19). 키토산의 생리활성은 다가 양이온을 가지는 분자적인 특징에 기인한 것으로 대장균에 대한 항균성을 가지고 있고(20), 또한 피막(edible coating) 형성이 가능하여 수분 및 가스 투과성을 억제함으로써 과채류에 적용 시 표면에서의 증산 작용과 호흡을 제한하여 효과적으로 저장성을 향상시킨다고 보고되었으며(18), 특히 키토산을 초산과 같은 산성 용액에 녹여 포도에 처리하였을 때 젓빛 또는 푸른곰팡이 등을 효과적으로 줄일 수 있다는 연구 결과도 보고된 바 있다(21-24).

따라서 본 연구에서는 포도의 미생물학적 안전성을 확보하기 위해 기존에 주로 연구되고 있는 거봉, 캠벨얼리 품종 대신 대표적인 국내 주요 재배 품종 중 하나인 텔라웨어 포도(25,26)에 키토산 세척수를 처리하여 저장 중 효모 및 곰팡이 제어 효과를 측정하였으며, 또한 포도 세척 처리 후 4°C 및 20°C에 저장하면서 저장 온도에 따른 미생물 생육 수준 및 품질 변화를 비교 분석하였다.

## 재료 및 방법

### 실험 재료

본 실험에서 사용된 포도는 대전에서 실험 당일(2014년 6월) 수확한 텔라웨어 포도(*Vitis labrusca* L.) 품종으로 외관 상태가 균일하고, 당도 18°Brix, pH 3.6 정도로 숙성도가 일정한 것을 선별하여 사용하였다. 또한 세척 실험에 사용한 키토산 용액은 탈아세틸화 75.6%, 분자량 161,000인 키토산 분말(Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA)을 사용하여 제조하였다.

### 세척 처리 및 저장조건

예비실험 결과(data not shown)를 바탕으로 0.5% 아세트산에 녹인 0.1% 키토산 용액을 최적 세척 조건으로 선정하였다. 세척 용액에 시료를 1:10(w/v) 비율로 5분간 침지한 후 laminar-flow biosafety hood에서 90분간 air-dried 상태로 방치시켜 표면에 남아 있는 수분을 제거하였다. 또한 동일한 방법으로 증류수에 5분간 침지시켜 세척한 것을 water washing 처리구로 하였으며, 세척하지 않은 포도를 대조구로 사용하였다. Low density polyethylene(LDPE) bag(18×20 cm, 60 μm thickness, 4,100 mL O<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>·24 h·atm at 24°C)에 각 처리 시료들을 개별적으로 포장하여 4°C cold chamber와 20°C 항온습기에서 12일 동안 저장하면서 미생물 수 및 품질 변화를 측정하였다. 저장 기간은 기존 연구 결과에 근거하여 12일로 선정하였다(27).

### 미생물 생육 측정

포도 시료 20 g과 0.1% 멸균 펩톤수 180 mL를 멸균 bag

에 넣고 3분 동안 shaking 하여 균질화시켰다. 균질화된 시료들은 0.1% 멸균 펩톤수로 10배수 연속 희석 후 배지에 분주하여 실험하였다. 효모 및 곰팡이 생육 측정을 위해 potato dextrose agar(PDA, Difco Co., Detroit, MI, USA)를 사용하여 25°C에서 72시간 배양 후 형성된 colony를 계수하였다. 검출된 미생물 수는 시료 g당 colony forming unit (CFU)으로 나타내었고 3회 반복하여 측정하였다.

### 포장재 내 기체 조성 분석

본 실험에서 사용된 포장재인 LDPE bag에 20 g의 시료를 넣어 밀봉한 후 4°C와 20°C에서 저장하면서 포장재 내 O<sub>2</sub> 및 CO<sub>2</sub> 조성 변화를 측정하였다. 포장재 내의 가스 조성은 가스분석기(Checkpoint 2, PBI Dansensor, Ringsted, Denmark)를 사용하여 측정하였다.

### 경도 측정

경도는 직경 5.0 mm probe가 장착된 texture analyser(TA/XT2, Stable Microsystem Ltd., Godalming, UK)를 사용하여 상온에서 측정하였다. Texture profile analysis(TPA) test는 pre-test speed 2.0 mm/s, test speed 5.0 mm/s의 속도로 포도 두께의 60% 깊이까지 도달했을 때 얻은 최대값을 hardness(N)로 나타내었다.

### 색도 측정

색도는 색차계(CR-400 Minolta Chroma Meter, Konica Minolta Sensing Inc., Tokyo, Japan)를 사용하여 Hunter L, a, b 값을 각 시료의 표면을 5회 반복 측정하여 평균±표준편차로 나타내었으며, 이때 사용된 표준 백판의 L, a, b 값은 각각 L=96.65, a=-0.14, b=2.09였다.

### pH 및 당도 측정

pH는 시료 5 g과 증류수 45 mL를 멸균 bag에 넣고 3분 동안 Stomacher(MIX 2, AES Laboratoire, Combourg, France)를 사용하여 균질화 및 원심분리 과정(10,000×g, 10분)을 거쳐 pH meter(Corning Inc., Corning, NY, USA)를 이용하여 측정하였다. 당도는 굴절당도계(PR-101a, Atago, Tokyo, Japan)를 사용하여 측정하였으며, °Brix로 각각 표시하였다.

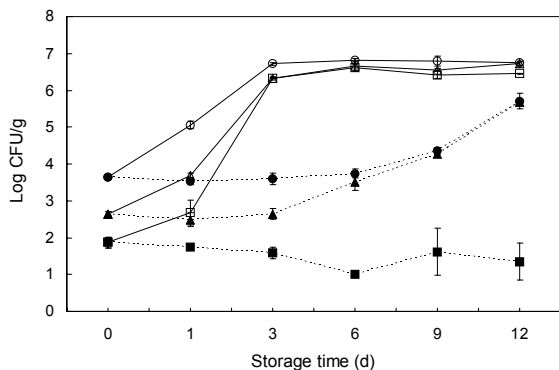
### 통계적 처리 분석

모든 실험은 3회 이상 반복하여 실행하였고, 그 결과는 평균±표준편차로 나타내었다. 본 실험의 통계적 분석은 SAS(Statistical Analysis System, version 8.1, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) 프로그램을 사용하였으며, P<0.05 수준에서 Duncan's multiple range test 방법을 사용하여 통계처리를 하였다.

### 결과 및 고찰

#### 저장 중 효모 및 곰팡이 수 측정

포도 시료에 단순 물 세척 또는 키토산 용액 세척 후 저장 온도를 4°C와 20°C로 달리하여 12일 동안 저장하면서 효모 및 곰팡이 수 변화를 측정하였다(Fig. 1). 저장 초기, 저장 온도와 상관없이 대조구의 효모 및 곰팡이 수는 3.64 log CFU/g이었고, 단순 물 침지 처리구는 2.65 log CFU/g, 키토산 처리구는 1.86 log CFU/g으로 단순 물 침지 처리구보다 키토산 처리구가 0.79 log CFU/g 더 높은 미생물 수 감소를 보였다. 이러한 결과는 Romanazzi 등(28)이 *Botrytis cinerea*가 접종된 포도에 아세트산을 비롯한 10종의 산성 용액에 녹인 1% 키토산 용액을 처리하였을 때 부패율이 약 20~70% 이상 감소되었다고 보고한 연구 결과와 유사한 결과이다. Romanazzi 등(28)은 포도에 10종의 산성 용액 단일 처리와 산성 용액에 녹인 1% 키토산 용액의 효과를 비교하였는데, 저장 7일 후 산성 용액 단일 처리의 경우는 대조구와 동일하게 곰팡이 부패가 발생하였으나 키토산 용액 처리구는 곰팡이 부패를 감소시켰다고 보고하였다. 따라서 본 연구에서 사용된 키토산 용액의 곰팡이 저해 효과는 산성 용액에 의한 효과보다는 키토산에 의한 효과라고 판단된다. 또한 이러한 효모 및 곰팡이 감소 효과는 저장 온도 4°C에서 높게 유지되었는데, 저장 3일 후 대조구가 3.59 log CFU/g인 반면 키토산 처리구는 1.59 log CFU/g으로 2.00 log CFU/g의 미생물 수 감소를 보였고, 저장 12일 후에는 대조구가 5.70 log CFU/g, 키토산 처리구는 1.35 log CFU/g으로 대조구와 비교하여 4.35 log CFU/g의 미생물 수 감소를 나타냈다. 반면에 20°C에 저장한 포도의 미생물 수는 키토산 처리구가 다소 낮은 경향을 보이는 하나 처리구에 관계없이 저장 3일 후 6 log CFU/g 이상으로 검출되어 유의적인 차이를 보이지 않았다. 이는 Meng 등(29)이 수확 후 포도에 키토산 무처리 및 키토산 처리를 하여 0°C와 20°C에 각각

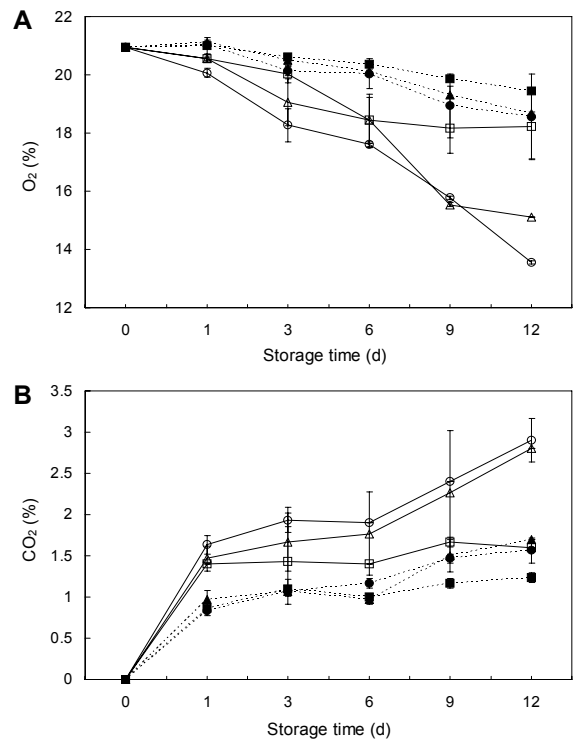


**Fig. 1.** Effect of chitosan treatment on the population of yeast and molds of Delaware grapes packed with low density polyethylene (LDPE) film during storage at 4 and 20°C. ●, 4°C-control; ▲, 4°C-water washing; ■, 4°C-chitosan treatment; ○, 20°C-control; △, 20°C-water washing; □, 20°C-chitosan treatment. Bars represent standard deviation.

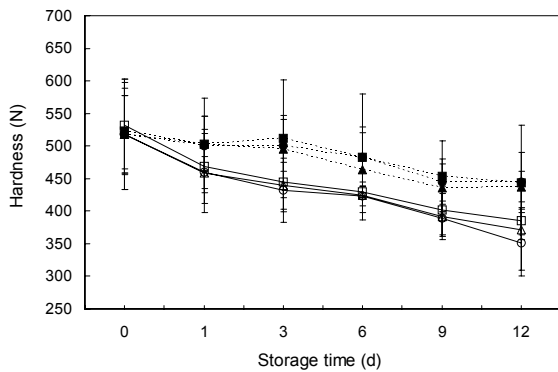
42일, 16일 동안 저장하면서 부패율을 비교하였을 때 0°C에 저장된 키토산 처리 포도가 가장 낮은 부패율을 보였으며, 20°C에 저장된 키토산 처리 포도가 0°C에 저장된 포도보다 약 4배 더 부패되었다고 보고한 결과와 유사하였다. 또한 키토산은 포도에 처리되었을 때 실온과 0~1°C 정도의 저온에서도 *Botrytis cinerea* 등과 같은 곰팡이 감염을 줄일 수 있다고 알려져 있어 저장 온도와 상관없이 포도 저장 중 미생물 제어가 가능한 수확 후 처리 방법이라고 생각되며 (21), 본 연구 결과를 통해서 키토산 처리 후 저온 저장하는 것이 수확 후 포도의 곰팡이 부패를 상온(20°C) 저장보다 더 효과적으로 저해할 수 있다고 판단된다.

#### 포장재 내 기체 조성 변화

대조구와 키토산 처리한 델라웨어 포도를 LDPE film 포장재로 각각 포장한 후 4°C와 20°C에 저장하면서 포장재 내의 기체 조성 변화를 측정하였다(Fig. 2). 4°C에 저장한 델라웨어 포도의 경우 저장 12일 후 초기 산소 농도 20.95%에서 대조구는 18.57%, 키토산 처리구는 19.45%로 약 1~2% 감소하였으며, 이산화탄소 농도의 경우는 초기 0.03%에서 대조구와 처리구 모두 1% 이상 증가하는 경향을 보였다. 반면에 20°C에 저장한 델라웨어 포도의 경우는 저장 12일 후 대조구의 산소 농도가 7.35%로 크게 감소하였으며, 이산화탄소 농도 역시 약 3%로 4°C 저장 포도에 비해 많은



**Fig. 2.** Changes in O<sub>2</sub> (A) and CO<sub>2</sub> (B) concentrations in Delaware grapes packed with LDPE film during storage at 4 and 20°C. ●, 4°C-control; ▲, 4°C-water washing; ■, 4°C-chitosan treatment; ○, 20°C-control; △, 20°C-water washing; □, 20°C-chitosan treatment. Bars represent standard deviation.



**Fig. 3.** Changes in hardness of Delaware grapes packed with LDPE film during storage 4 and 20°C. ●, 4°C-control; ▲, 4°C-water washing; ■, 4°C-chitosan treatment; ○, 20°C-control; △, 20°C-water washing; □, 20°C-chitosan treatment. Bars represent standard deviation.

차이를 보였다. 이는 높은 저장 온도에서 호흡률이 증가하여 낮은 저장 온도에 비해 산소를 빨리 소비하고 이산화탄소를 많이 생성하기 때문이라고 판단된다(30). 그러나 20°C에 저장한 키토산 처리구의 경우 저장 12일 후 대조구에 비해 산소 농도는 4.65% 높게 유지시켰으며, 이산화탄소 농도는 약 1.3% 낮게 유지하였다. 이러한 결과는 키토산이 포도 표면에 피막을 형성하여 호흡 및 증산 작용을 억제하였기 때문이라고 생각된다(18).

### 경도 변화

텔라웨어 포도의 경도는 모든 처리구에 있어서 저장 온도와 상관없이 감소하는 경향을 나타내었다(Fig. 3). 4°C의

경우 저장 12일차까지 약 14.9% 감소하였고, 20°C의 경우 28.9%로 더 크게 감소하였지만 대조구와 처리구 간의 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 경도 감소 현상은 저장 중 영양소 및 펙틴의 감소 그리고 수분의 손실로 세포벽의 변화가 일어났기 때문인데, 주요 원인은 숙성 과정 중 불용성 펙틴질이 수용성 펙틴질로의 전환에 의해 세포벽의 칼슘과 펙틴의 methyl 에스테르화 때문이라고 보고된 바 있다(31,32). 또한 이러한 결과는 de Freitas와 Mitcham(33)의 연구에서 pitaya fruit(*Hylocereus undatus*)가 저장 온도 증가에 따라 경도가 유의적으로 감소하였다는 보고와 유사한 결과로, 4°C의 저장 온도가 20°C의 저장 온도보다 저장 기간 동안 펙틴의 수용화를 저해하여 텔라웨어 포도의 경도 유지에 효과적이라고 판단된다.

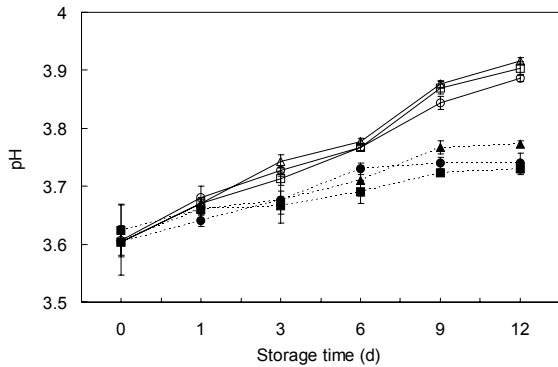
### 색도 변화

포도의 색은 외관적 품질을 결정하는 데 있어서 중요한 지표로 사용되는데, 저장 초기 저장 온도에 상관없이 포도의 Hunter L값은 처리구 간의 유의적 차이는 보이지 않았으며, 4°C와 20°C 저장 처리구 모두 저장 기간이 경과할수록 L값은 유의적으로( $P < 0.05$ ) 감소하였다(Table 1). 그리고 a값은 유의적으로 증가하다 감소하는 경향을 보였고, b값은 저장 기간 동안 숙성이 진행되면서 안토시아닌 함량의 변화로 유의적으로( $P < 0.05$ ) 약간 증가하는 경향을 나타냈으나(34), 대체적으로 저장 온도에 따른 각 처리구 간의 큰 차이를 보이지 않았다. Castillo 등(35)과 Matsumoto 등(25)은 L값의 감소는 총 안토시아닌의 증가와 연관된다고 보고하였으며, 포도의 숙성이 진행됨에 따라 L값이 지속적으로 감소하

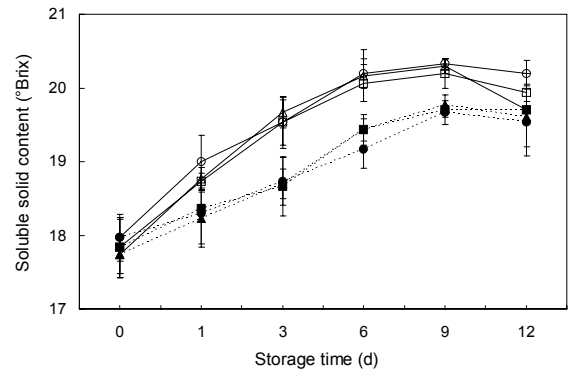
**Table 1.** Changes in Hunter color values of Delaware grapes packed with LDPE film during storage 4 and 20°C

Color parameter	Storage temperature	Treatment	Storage time (d)					
			0	1	3	6	9	12
L	4°C	Control	22.40±0.08 <sup>Aa1)</sup>	22.39±0.09 <sup>Aa</sup>	20.99±0.16 <sup>Ab</sup>	20.99±0.37 <sup>Ab</sup>	21.03±0.18 <sup>Ab</sup>	20.43±0.23 <sup>Ac</sup>
		Water washing	22.47±0.17 <sup>Aa</sup>	22.41±0.14 <sup>Aa</sup>	21.40±0.22 <sup>Ab</sup>	21.05±0.61 <sup>Abc</sup>	21.01±0.58 <sup>Abc</sup>	20.37±0.06 <sup>Ac</sup>
		Chitosan treatment	22.42±0.15 <sup>Aa</sup>	22.25±0.37 <sup>Aa</sup>	21.43±0.27 <sup>Ab</sup>	21.27±0.14 <sup>Ab</sup>	21.10±0.25 <sup>Ab</sup>	20.38±0.99 <sup>Ac</sup>
	20°C	Control	22.43±0.16 <sup>Aa</sup>	22.43±0.10 <sup>Aa</sup>	21.32±0.09 <sup>Ab</sup>	21.17±0.13 <sup>Ab</sup>	21.10±0.33 <sup>Ab</sup>	20.13±0.18 <sup>Bc</sup>
		Water washing	22.46±0.12 <sup>Aa</sup>	22.10±0.06 <sup>Aa</sup>	21.34±0.80 <sup>Ab</sup>	21.14±0.11 <sup>Ab</sup>	21.11±0.13 <sup>Ab</sup>	21.10±0.14 <sup>Ab</sup>
		Chitosan treatment	22.44±0.13 <sup>Aa</sup>	22.14±0.73 <sup>Aa</sup>	21.37±0.26 <sup>Ab</sup>	21.24±0.08 <sup>Ab</sup>	21.11±0.07 <sup>Ab</sup>	20.99±0.21 <sup>Ab</sup>
a	4°C	Control	3.53±0.28 <sup>Ac</sup>	3.70±0.26 <sup>Ac</sup>	5.51±0.25 <sup>Ab</sup>	5.89±0.23 <sup>Ab</sup>	7.10±0.32 <sup>Aa</sup>	7.05±0.08 <sup>Aa</sup>
		Water washing	3.55±0.26 <sup>Ac</sup>	3.67±0.42 <sup>Ac</sup>	5.40±0.13 <sup>Ad</sup>	5.94±0.06 <sup>Ac</sup>	7.05±0.13 <sup>Aa</sup>	6.54±0.48 <sup>Cb</sup>
		Chitosan treatment	3.61±0.04 <sup>Ac</sup>	3.98±0.63 <sup>Ac</sup>	5.52±0.15 <sup>Ab</sup>	5.91±0.46 <sup>Ab</sup>	6.94±0.31 <sup>Aa</sup>	6.82±0.28 <sup>Ba</sup>
	20°C	Control	3.60±0.13 <sup>Ab</sup>	3.78±0.11 <sup>Ab</sup>	5.27±0.06 <sup>Aa</sup>	5.41±0.02 <sup>Aa</sup>	5.63±0.15 <sup>Aa</sup>	5.23±0.56 <sup>Aa</sup>
		Water washing	3.47±0.29 <sup>Ac</sup>	3.65±0.08 <sup>Ac</sup>	5.28±0.11 <sup>Ab</sup>	5.43±0.49 <sup>Ab</sup>	5.80±0.06 <sup>Aa</sup>	5.55±0.17 <sup>Aab</sup>
		Chitosan treatment	3.52±0.18 <sup>Ab</sup>	3.74±0.10 <sup>Ab</sup>	5.53±0.71 <sup>Aa</sup>	5.40±0.06 <sup>Aa</sup>	5.75±0.02 <sup>Aa</sup>	5.65±0.32 <sup>Aa</sup>
b	4°C	Control	1.92±0.01 <sup>Ad</sup>	2.19±0.05 <sup>AcD</sup>	2.46±0.24 <sup>Ab</sup>	2.19±0.05 <sup>Ab</sup>	3.21±0.99 <sup>Aa</sup>	3.45±0.13 <sup>Aa</sup>
		Water washing	1.91±0.04 <sup>Ad</sup>	1.91±0.11 <sup>Bc</sup>	2.36±0.02 <sup>Ac</sup>	2.55±0.12 <sup>Abc</sup>	3.18±0.61 <sup>Ab</sup>	3.38±0.48 <sup>Aa</sup>
		Chitosan treatment	1.91±0.00 <sup>Aa</sup>	2.18±0.09 <sup>Aa</sup>	2.48±0.14 <sup>Aa</sup>	2.71±0.96 <sup>Aa</sup>	3.30±0.08 <sup>Aa</sup>	3.40±1.62 <sup>Aa</sup>
	20°C	Control	1.92±0.00 <sup>Ab</sup>	2.17±0.31 <sup>Aab</sup>	2.38±0.04 <sup>Aa</sup>	2.42±0.11 <sup>Aa</sup>	2.47±0.33 <sup>Aa</sup>	2.55±0.01 <sup>Ba</sup>
		Water washing	1.92±0.06 <sup>Ab</sup>	2.18±0.33 <sup>Aab</sup>	2.23±0.16 <sup>Ab</sup>	2.34±0.40 <sup>Ab</sup>	2.52±0.44 <sup>Ab</sup>	2.69±0.12 <sup>Ba</sup>
		Chitosan treatment	1.90±0.00 <sup>Ab</sup>	1.95±0.50 <sup>Ab</sup>	2.11±0.08 <sup>Ab</sup>	2.41±0.10 <sup>Ab</sup>	2.56±0.28 <sup>Ab</sup>	2.88±0.01 <sup>Aa</sup>

<sup>1)</sup> Any means in the same column (A-C) or row (a-e) followed by different letters are significantly ( $P < 0.05$ ) different by Duncan's multiple range test.



**Fig. 4.** Changes in pH of Delaware grapes packed with LDPE film during storage at 4 and 20°C. ●, 4°C-control; ▲, 4°C-water washing; ■, 4°C-chitosan treatment; ○, 20°C-control; △, 20°C-water washing; □, 20°C-chitosan treatment. Bars represent standard deviation.



**Fig. 5.** Changes in total soluble content of Delaware grapes packed with LDPE film during storage at 4 and 20°C. ●, 4°C-control; ▲, 4°C-water washing; ■, 4°C-chitosan treatment; ○, 20°C-control; △, 20°C-water washing; □, 20°C-chitosan treatment. Bars represent standard deviation.

었다는 연구 결과는 본 실험의 결과와 유사하였다. 적색계인 델라웨어 포도의 숙성도를 파악할 수 있는 a값은 숙성이 진행됨에 따라 증가하는 경향을 보였는데, 이는 Matsumoto 등(25)의 보고와 일치하는 결과이다. 또한 포도 과립 내 당 축적은 안토시아닌 생합성의 한 요인으로(25), 저장 9일 이후 저장 온도 4°C와 20°C 모두 a값이 유의적으로 감소하였는데, 이는 안토시아닌이 감소하여 적자색을 나타내는 a값이 감소하였다고 생각되며, 저장 온도 20°C의 a값이 저장 6일차부터 4°C의 a값과 비교하여 증가폭이 낮은 경향을 보였다. 이것은 Yun 등(15)이 4°C와 25°C로 저장 온도를 달리 하여 포도 저장 시 안토시아닌 함량이 증가하다가 25°C의 저장 온도에서 더 빠르게 감소하는 경향을 보였다는 연구 결과와 유사한 결과였으며 키토산 처리에 따른 유의적인 차이는 보이지 않았다. 따라서 본 연구에서 사용된 키토산 처리는 델라웨어 포도의 외관적 색도 품질에 큰 영향을 미치지 않으며, 4°C 저온 저장에서 저장하는 것이 색도 유지에 효과적이라고 판단된다.

**pH 및 당도 측정**

수확 후 포도를 키토산 처리한 후 4°C와 20°C에서 저장하면서 pH 변화를 측정된 결과(Fig. 4) 저장 초기 포도의 세척에 따른 pH의 차이는 없었고 저장 기간이 경과할수록 모든 처리구에서 pH가 증가하는 경향을 보였으나 20°C의 저장 온도에서 증가 폭이 더 크게 나타났다. 저장 초기 pH는 3.60이었고, 저장 12일 후 4°C의 경우 모든 처리구가 평균적으로 약 pH 3.75를 나타낸 반면, 20°C의 경우 평균적으로 약 3.90을 나타내었는데, 이와 같은 저장 중 과실의 pH 증가 현상은 호흡 작용에 의한 내부 유기산 소비에 기인한 것으로 기체 조성 변화와 동일하게 20°C 저장 온도에서의 호흡률이 4°C 저장 온도의 호흡률보다 높기 때문에 유기산 소모가 더 발생하였고, 그로 인하여 pH도 더 높게 나타난 것으로 생각된다(30,36). 또한 이러한 결과는 Anthon 등(37)의 연구에서 저장 중 과채류가 성숙되면서 gluconeogenesis에

의해 구연산이 당으로 대사전환 되어 저장 기간이 경과함에 따라 pH가 증가하였다는 보고와도 유사한 결과로, 델라웨어 포도의 경우 주요 유기산인 사과산, 주석산, 구연산 등이 당으로 전환되어 pH가 증가하는 경향을 나타낸 것으로 판단된다(38). 저장 온도에 관계없이 포도의 당도는 저장 중 처리에 따른 유의적인 차이를 보이지 않았는데(Fig. 5) 저장 초기 당도 증가는 과일의 성숙 과정 중 전분 가수분해 현상 때문이라고 보고된 바 있으며(39), pH 변화와 마찬가지로 호흡 작용에 따른 유기산의 당 전환에 의해 4°C와 20°C 저장 온도 모두에서 저장 기간 동안 당도가 증가하였다고 생각되고, 4°C보다 20°C 저장 온도에서의 호흡률이 더 높기 때문에 저장 중 당도가 20°C 온도에서 더 높게 유지되었다고 판단된다. 이와 더불어 높은 저장 온도인 20°C에서는 수분 감소로 인한 중량 감소가 발생하고 이로 인해 당 성분이 추가적인 농축 효과로 상대적으로 다소 높은 수준으로 측정되었다고 생각된다(29). 따라서 이러한 결과들로부터 키토산 처리는 델라웨어 포도의 저장 중 pH 및 당도에 영향을 끼치지 않으면서 미생물학적 안전성을 확보할 수 있는 효과적인 수확 후 품질관리 기술이라고 판단된다.

**요 약**

수확 후 델라웨어 포도의 미생물학적 안전성 확보와 품질 유지를 위해 키토산 처리 후 low density polyethylene film에 포장하여 4°C와 20°C에 각각 저장하면서 저장 기간에 따른 효모 및 곰팡이 수와 품질 변화를 측정하였다. 저장 온도에 상관없이 키토산 처리 후 델라웨어 포도의 초기 효모 및 곰팡이 수는 1.88 log CFU/g의 감소를 나타냈으며, 저장 12일 후 4°C에 저장한 키토산 처리구는 1.35 log CFU/g으로 대조구와 비교하여 4.35 log CFU/g의 미생물 수 감소를 보여 20°C 저장보다 미생물 저감화 효과가 높게 유지되었다. 포장재 내 O<sub>2</sub> 농도는 저장 중 모든 처리구가 감소하는 추세를 보였고, CO<sub>2</sub> 농도는 모든 처리구에서 증가하는 경향

을 나타냈으며 전반적으로 4°C 저장 시 적은 변화를 보였다. 그리고 키토산 처리구의 O<sub>2</sub> 및 CO<sub>2</sub> 농도가 모든 저장 온도에서 낮은 변화 경향을 나타냈다. 경도에 있어서는 모든 처리구가 감소하는 추세를 보였으나 4°C 저장이 더 낮게 감소하였으며, pH와 당도는 4°C 저장에 비해 20°C에서 높은 증가 추이를 보였다. 또한 키토산 처리는 대조구와 비교하여 저장 중 텔라웨어 포도의 Hunter 색도 값에도 부정적인 영향을 미치지 않았다. 따라서 본 연구 결과 수확 후 텔라웨어 포도에 키토산 처리 후 4°C에서의 저온 저장이 텔라웨어 포도의 품질 변화를 최소화하면서 미생물학적 안전성을 확보할 수 있는 효과적인 품질관리 기술이라고 판단된다.

## REFERENCES

1. Stojanović S, Sprinz H, Brede O. 2001. Efficiency and mechanism of the antioxidant action of trans-resveratrol and its analogues in the radical liposome oxidation. *Arch Biochem Biophys* 391: 79-89.
2. Brito P, Almeida LM, Dinis TC. 2002. The interaction of resveratrol with ferrylmyoglobin and peroxynitrite; protection against LDL oxidation. *Free Radic Res* 36: 621-631.
3. Kim HW, Chu SM, Lee DJ. 2006. Determination of resveratrol content in grapes and wines. *Korean J Crop Sci* 51: 259-263.
4. Lee HH, Hong SI, Kim D. 2012. Storage quality of ready-to-eat Campbell table grapes as affected by active modified atmosphere packaging. *Korean J Food Sci Technol* 44: 559-567.
5. Yook C, Seo MH, Lee JW, Kim YH, Lee KY. 2008. Quality properties of wines fermented with domestic new different grapes. *Korean J Food Sci Technol* 40: 633-642.
6. Chang SW, Kim HJ, Song JH, Lee KY, Kim IH, Rho YT. 2011. Determination of several phenolic compounds in cultivars of grape in Korea. *Korean J Food Preserv* 18: 328-334.
7. Carvajal-Millán E, Carvallo T, Orozco JA, Martínez MA, Tapia I, Guerrero VM, Rascón-Chu A, Llamas J, Gardea AA. 2001. Polyphenol oxidase activity, color changes, and dehydration in table grape rachis during development and storage as affected by n-(2-chloro-4-pyridyl)-n-phenylurea. *J Agric Food Chem* 49: 946-951.
8. Kim CW, Jeong MC, Choi JH. 2009. Effect of high CO<sub>2</sub> MA packaging on the quality of 'Campbell Early' grapes during marketing simulation at ambient temperature. *Kor J Hort Sci Technol* 27: 612-617.
9. Lichter A, Zutkhy Y, Sonogo L, Dvir O, Kaplunov T, Sarig P, Ben-Arie R. 2002. Ethanol controls postharvest decay of table grapes. *Postharvest Biol Technol* 24: 301-308.
10. Crisosto CH, Garner D, Crisosto G. 2002. Carbon dioxide-enriched atmospheres during cold storage limit losses from Botrytis but accelerate rachis browning of 'Redglobe' table grapes. *Postharvest Biol Technol* 26: 181-189.
11. Del Nobile MA, Conte A, Scrocco C, Brescia I, Speranza B, Sinigaglia M, Perniola R, Antonacci D. 2009. A study on quality loss of minimally processed grapes as affected by film packaging. *Postharvest Biol Technol* 51: 21-26.
12. Costa C, Lucera A, Conte A, Mastromatteo M, Speranza B, Antonacci A, Del Nobile MA. 2011. Effects of passive and active modified atmosphere packaging conditions on ready-to-eat table grape. *J Food Eng* 102: 115-121.
13. Artés-Hernández F, Aguayo E, Artés F. 2004. Alternative atmosphere treatments for keeping quality of 'Autumn seedless' table grapes during long-term cold storage. *Postharvest Biol Technol* 31: 59-67.
14. Al-Bachir M. 1999. Effect of gamma irradiation on storability of two cultivars of Syrian grapes (*Vitis vinifera*). *Radiat Phys Chem* 55: 81-85.
15. Yun HJ, Joe MH, Kwon JH, Lim BL, Kim DH. 2008. Quality characteristics of grapes during post-irradiation storage at different temperatures. *Korean J Food Preserv* 15: 648-655.
16. Palou L, Crisosto CH, Smilanick JL, Adaskaveg JE, Zoffoli JP. 2002. Effects of continuous 0.3 ppm ozone exposure on decay development and physiological responses of peaches and table grapes in cold storage. *Postharvest Biol Technol* 24: 39-48.
17. Kim JY, Han MR, Chang MJ, Kim BY, Kim MH. 2002. Study on the extending storage life of grape by applying edible coating materials. *J Korean Soc Agric Chem Biotechnol* 45: 207-211.
18. Bautista-Bañosa S, Hernández-Lauzardo AN, Velázquez-del Valle MG, Hernández-López M, Barka EA, Bosquez-Molina E, Wilson CL. 2006. Chitosan as a potential natural compound to control pre and postharvest diseases of horticultural commodities. *Crop Prot* 25: 108-118.
19. Kumar MNVR. 2000. A review of chitin and chitosan application. *React Funct Polym* 46: 1-27.
20. Liu H, Du Y, Wang X, Sun L. 2004. Chitosan kills bacteria through cell membrane damage. *Int J Food Microbiol* 95: 147-155.
21. Romanazzi G, Nigro F, Ippolito A, Di Venere D, Salerno M. 2002. Effects of pre- and postharvest chitosan treatments to control storage grey mold of table grapes. *J Food Sci* 67: 1862-1867.
22. Romanazzi G, Mlikota Gabler F, Smilanick JL. 2006. Preharvest chitosan and postharvest UV irradiation treatments suppress gray mold of table grapes. *Plant Dis* 90: 445-450.
23. Camili EC, Benato EA, Pascholati SF, Cia P. 2007. Evaluation of chitosan on postharvest protection of 'Italia' grapes against *Botrytis cinerea*. *Summa Phytopathol* 33: 215-221.
24. Xu WT, Huang KL, Guo F, Qu W, Yang JJ, Liang ZH, Luo YB. 2007. Postharvest grapefruit seed extract and chitosan treatments of table grapes to control *Botrytis cinerea*. *Postharvest Biol Technol* 46: 86-94.
25. Matsumoto K, Kim BK, Oahn VTK, Seo JH, Yoon HK, Park MK, Hwang YS, Chun JP. 2007. Comparison of sugar compositions and quality parameters during berry ripening between grape cultivars. *Kor J Hort Sci Technol* 25: 230-234.
26. Heo JC, Woo SU, Kweon MA, Kim BB, Lee SH, Lee JM, Choi JU, Chung SK, Lee SH. 2007. Analysis of immunomodulating activities in methanol extracts from several kinds of grapes. *Korean J Food Preserv* 14: 419-424.
27. Yang YJ, Hwang YS, Park YM. 2007. Modified atmosphere packaging extends freshness of grapes 'Campbell Early' and 'Kyoho'. *Kor J Hort Sci Technol* 25: 138-144.
28. Romanazzi G, Gabler FM, Margosan D, Mackey BE, Smilanick JL. 2009. Effect of chitosan dissolved in different acids on its ability to control postharvest gray mold of table grape. *Phytopathology* 99: 1028-1036.
29. Meng X, Li B, Liu J, Tian S. 2008. Physiological responses and quality attributes of table grape fruit to chitosan preharvest spray and postharvest coating during storage. *Food Chem* 106: 501-508.
30. Mori K, Saito H, Goto-Yamamoto N, Kitayama M, Kobaya-

- shi S, Sugaya S, Gemma H, Hashizume K. 2005. Effects of abscisic acid treatment and night temperatures on anthocyanin composition in Pinot noir grapes. *Vitis* 44: 161-165.
31. Bartley IM. 1978. Exo-polygalacturonase of apple. *Phytochemistry* 17: 213-216.
  32. Xu W, Li D, Fu Y, Liu Z, Wang Y, Yu X, Shang W. 2012. Extending the shelf life of victoria table grapes by high permeability and fungicide packaging at room temperature. *Packag Technol Sci* 26: 43-50.
  33. de Freitas ST, Mitcham EJ. 2013. Quality of pitaya fruit (*Hylocereus undatus*) as influenced by storage temperature and packaging. *Sci Agric* 70: 257-262.
  34. Valero D, Valverde JM, Martínez-Romero D, Guillén F, Castillo S, Serrano M. 2006. The combination of modified atmosphere packaging with eugenol or thymol to maintain quality, safety and functional properties of table grapes. *Postharvest Biol Technol* 41: 317-327.
  35. Castillo S, Navarro D, Zapata PJ, Guillén F, Valero D, Serrano M, Martínez-Romero D. 2010. Antifungal efficacy of *Aloevera in vitro* and its use as a preharvest treatment to maintain postharvest table grape quality. *Postharvest Biol Technol* 57: 183-188.
  36. Lee JO, Lee SA, Kim MS, Hwang HR, Kim KH, Chun JP, Yook HS. 2008. The effects of low-dose electron beam irradiation on quality characteristics of stored apricots. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 37: 934-941.
  37. Anthon GE, LeStrange M, Barrett DM. 2010. Changes in pH, acids, sugars and other quality parameters during extended vine holding of ripe processing tomatoes. *J Sci Food Agric* 91: 1175-1181.
  38. Muñoz-Robredo P, Robledo P, Manríquez D, Molina R, Defilippi BG. 2011. Characterization of sugars and organic acids in commercial varieties of table grapes. *Chilean J Agric Res* 71: 452-458.
  39. Zarei M, Azizi M, Bashir-Sadr Z. 2011. Evaluation of physicochemical characteristics of pomegranate (*Punica granatum* L.) fruit during ripening. *Fruits* 66: 121-129.