

# Effect of natural anti-microbe chemicals, chitosan and stevia, on the growth, yield, and quality of chili peppers

Sang Wan Shim<sup>1</sup>, Hyuk Jin Kim<sup>1</sup>, Jin Young Park<sup>1</sup>, Tae Min Bae<sup>1</sup>, Jeong Ho Min<sup>1</sup>, Jin Su Lee<sup>2</sup>, Sung Joo Kim<sup>1</sup>, Yong Soo Hwang<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Horticultural Science, College of Agriculture and Life Science, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea

<sup>2</sup>Postharvest Research Division, National Institute of Horticultural and Herbal Science, Jeonju 55365, Korea

\*Corresponding author: yshwang@cnu.ac.kr

## Abstract

To study the effect of natural anti-microbial chemicals on the growth and quality of chili peppers, chitosan (100 mg/L<sup>-1</sup>), stevia (250 mg/L<sup>-1</sup>), and the mixture of both chemicals at the same concentration were sprayed after planting at 1-week interval throughout the experimental period. Plant height was measured twice after the 3<sup>rd</sup> and 4<sup>th</sup> applications. Plant height was numerically reduced in all chemical treatments compared to that of untreated control; however, there was no statistical difference between treatments. The fruit quality was examined at commercial maturity, and only minor differences were found in fruit color, length, and dry matter content between the treatments. Although a statistical difference was not present for soluble sugars levels, total phenolics, and capsaicin contents, yield in all chemical treatments significantly increased compared to untreated control. The effect on yield increase was greater at the late harvest season regardless of treatments. Total yield of 4 harvests was higher for the chitosan treatment than other treatments. During the experiment, the entire experimental field was waterlogged for 1 day due to sudden heavy rainfall, which resulted in the occurrence of bacterial browning disease in all treatments. The rate of disease occurrence and the degree of severity, however, were much lower in the chitosan treatment. In conclusion, the potential of chitosan as an alternative antimicrobial agent was confirmed in chili peppers in this study. Further research is required on stevia as an alternative chemical for disease control in chili peppers.

**Keywords:** bacterial browning, capsaicin, dry matter, phenolics, soluble sugars



CrossMark  
click for updates

## OPEN ACCESS

**Citation:** Shim SW, Kim HJ, Park JY, Bae TM, Min JH, Lee JS, Kim SJ, Hwang YS. 2018. Effect of natural anti-microbe chemicals, chitosan and stevia, on the growth, yield, and quality of chili peppers. Korean Journal of Agricultural Science 45:19-27.

**DOI:** <https://doi.org/10.7744/kjoas.20170052>

**Editor:** Jongyun Kim, Korea University, Korea

**Received:** August 25, 2017

**Revised:** October 13, 2017

**Accepted:** October 16, 2017

**Copyright:** © 2018 Korean Journal of Agricultural Science.



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

## Introduction

고추는 세계적으로 널리 이용되고 있는 양념채소로 우리나라에서도 원예적으로 중요한 위치를 차지하고 있지만 생산량이 부족하여 많은 양을 수입에 의존하고 있다. 우수한 품질의 고추를 생산하기 위한 다양한 노력을 기울이고 있지만 우리나라 기후 특성상 여름 장마철을 지나며 폭염에 의한 고온스트레스와 잦은 강우로 인해 다습한 기후가 지속되는 계절에는 여러 가지

병해는 물론 생리적 장애도 급격히 발생하여 해에 따른 생산량에 큰 영향을 준다(RDA, 2017). 따라서 고추가 건실하게 성장할 수 있는 여건을 마련하는 것이 중요하지만 재배현장에서는 피해를 경감시키기 위하여 영양제는 물론 다양한 방제 약제를 살포하는 경우가 종종 있다.

근래 소비자들의 농산물 식품안전성에 대한 우려가 커지면서 잔류 독성에 대해 매우 민감하게 반응하여 생산농가에서도 이에 대응하기 위하여 관행적으로 사용하는 살균, 살충제의 사용량을 줄이거나 이를 배제하기 위한 노력을 다각적으로 기울이고 있다. 이러한 노력의 일환으로 다양한 천연물질 중 항균성이 우수한 물질을 선별하여 대체농약으로 사용하여 작물을 건강하게 재배하므로 식품안정성을 확보하고자 시도하고 있다. 여러 천연항균물질 중 키토산은 갑각류 껍질에서 유래한 키틴을 탈아세틸화 과정을 거쳐 제조하여 poly-D-glucosamine으로 구성된 용해가 어려운 키틴과 달리 약산성에서 쉽게 녹는 특징을 지닌다(Pillai et al., 2009). 고분자 키토산을 작물에 살포할 경우 표면에 항균 피막을 형성하므로 병해를 억제하는 효과가 있고 그 자체로 살균작용이 있으며 또한 포자를 피막으로 감싸 발아를 억제하고 작물의 자체 방제 기작을 자극하여 phytoalexin 생산을 촉진하므로 작물의 항균 능력을 높여 주는 효과도 있다(Majeti and Kumar, 2000; Goy et al., 2009; El-Hadrami et al., 2010). 키토산을 농업적으로 활용하기 위한 다양한 기술 개발이 시도되었으나 아직 널리 활용되지 못하고 있는데 이는 시판 중인 키토산의 효과가 제품 특성에 따라 처리 시기, 농도 및 방법이 다르고 제형도 차이가 있어 일괄적인 효과를 얻지 못하기 때문으로 추정된다. 그동안 연구 결과를 살펴 볼 때, 망고에 대한 고농도 키토산 용액 침지(Chauhan et al., 2014)와 수확 전후 저농도 살포 또는 침지를 통한 저장성 증진 효과를 조사한 연구에서 키위 및 다래(Ko, 2015; Shin et al., 2016), 복숭아(Lee et al., 2015), 딸기(El-Ghaouth et al., 1991; Ahn et al., 2014a) 등에서는 키토산 처리가 과실 경도를 증진시키고 부패를 지연시키며 참외에서는 유통 중 흔히 발생하는 골갈변 증상 또한 수확 전 처리로 지연시켜 유통성을 증진시킨다고 하였다(Lee et al., 2017). 한편 재배 중인 딸기에서는 흰가루병 발생 억제 및 키위 저장 중 과피 갈변 장애 억제 등의 효과도 확인되었다(미발표 자료). 키토산의 항균작용은 잣빛곰팡이균에서 균사 생장을 억제할 뿐 아니라 병원균의 세포벽 분해효소 합성을 제어하기 때문인 것으로 추정하였다(El-Ghaouth et al., 1997). 키토산 처리 효과는 대체적으로 수확 후 처리보다 수확 전 처리에서 우수하였는데 그러나 재배기간과 수확기가 긴 작물에서 키토산의 누적 처리가 작물의 성장과 품질에 미치는 영향에 대한 연구는 진행된 바 없고 작물 별로 효과가 일정하게 관찰되지 않은 경우도 있어 이를 보완하기 위한 방안을 모색할 필요가 있다.

스테비아는 국화과 스테비아속에 속하는 다년생 식물로 파라과이 원산으로 근래 설탕을 대신할 감미료로 이용할 수 있는 가능성이 제시되었으며(Brandle et al., 1998) 유해성 여부가 제기되고 있는 인공감미료 비하여 건강에 유해하지 않고 건조한 잎 분말의 경우 설탕보다 10 - 15배 이상, 정제할 경우 최대 300배 이상 감미가 높아 미국을 포함한 여러 국가에서 천연감미료로 사용이 허용되었다(Ceunen and Geuns, 2013; Zlabur et al., 2013). 또한 스테비아가 보이는 우수한 항산화성은 스테비아에 함유된 페놀류 및 플라보노이드 등에서 기인하며(Abou-Arab and Abu-Salem, 2010; Jahan et al., 2010), 그러한 원인으로 항균 및 항암 효과도 있는 것으로 알려져 있다(Jayaraman et al., 2008). 옥수수 생산에서 *Aspergillus flavus* 및 *Fusarium verticillioides*에 의해 생산된 마이코톡신은 옥수수의 식품안전성을 크게 해치는데 쇠뜨기와 스테비아 추출물은 수확전후 수분활성도가 상이한 조건에서도 이들 균류의 증식을 억제하므로 농약대체제로서의 가능성을 보고하였고(Garcia et al., 2011), Xu et al. (2013)은 스테비아 생산지에서 스테비아를 수확 후 남은 잔류물이 토양의 미생물 분포를 다양화하여 스테비아의 품질과 수량을 증진시키는 효과도 얻을 수 있다고 하여 스테비아를 작물 재배에서 활용할 수 있는 가능성을 제시하였다.

본 연구에서는 천연항균성 물질의 농업적 활용가능성을 검토하기 위하여 우리나라에서 널리 재배 중인 고추를 대상으로 재배 중 키토산 및 스테비아 단독 혹은 혼용으로 누적 살포할 때 고추의 품질과 수량에 미치는 영향을 조사하여 농업적 활용 가능성을 검토하고자 수행하였다.

## Materials and Methods

### 식물 재료

어린 묘(품종: 고향산천, 삼성종묘)에 대한 키토산의 약해를 살피기 위하여 30일령의 프리그묘를 대상으로 본 시험에 이용한 약제를 2회 이상 0, 50, 100, 300  $\mu\text{g/L}^{-1}$ 로 각각 살포하고 3일간 묘의 생장을 육안으로 관찰하여 약해 여부를 판단하였다.

포장에 정식한 고추는 프리그묘로 육성한 다음 5월 20일에 정식하였고 실험지의 실험구 분할이 어려워 완전임의배치법으로 처리당 최소 44주에서 57주까지 정식하였다. 생육 조사를 마친 다음 각 처리구별로 생육이 비슷한 12개체를 표시하여 반복당 4주씩 배치하여 3반복으로 실험을 진행하였다. 재배관리는 관행적인 비배관리를 따랐다. 실험은 4회 수확을 마친 8월 19일에 종료하였다.

### 약제 준비 및 살포

키토산(탈아세틸 정도 75% 이상, 정수유통(주))은 분말상의 제품을 구입하여 0.5% 초산에 용해시켜 2.5% 키토산 용액을 준비하였다(Ahn et al., 2014a). 스테비아(Guangzho Deli-Agriculture Technology LTD. > 27%, China)를 구입하여 순량 250  $\text{mg/L}^{-1}$ 로 용해하여 준비하였다. 기존의 연구에서 키토산 단용보다 칼슘을 혼용할 때 유리하였으므로 모든 처리에서 칼슘을 혼용하였다(Ahn et al., 2014a). 칼슘은 염화칼슘을 순량 2.5%로 만들어 사용하였다. 살포용 키토산 용액은 키토산과 칼슘을 각각 100  $\text{mg/L}^{-1}$ 으로 농도를 조절하여 살포하였다. 살포용 스테비아에도 키토산과 마찬가지로 100  $\text{mg/L}^{-1}$ 의 칼슘을 혼용하였다. 혼합액은 키토산 100  $\text{mg/L}^{-1}$ , 스테비아 250  $\text{mg/L}^{-1}$  농도로 조절하고 칼슘도 기타의 처리와 마찬가지로 100  $\text{mg/L}^{-1}$ 의 농도로 조절하여 혼합한 다음 살포하였다. 계면활성제는 모두 tween 80 0.02%를 혼용하고 이를 잘 섞어준 다음 수관 전체에 약액이 흘러내리도록 충분히 살포하였다. 약제 살포는 정식 후 활착된 것을 확인하고 1주일 간격으로 살포하였으며 실험을 종료할 때까지 반복적으로 총 11회 살포하였다.

### 생육 조사 및 분석

약제를 3 - 4회 살포 후 각각 지상부 생육을 조사하였다. 고추 수확은 정식 약 2개월 후인 7월 27일 1차로 수확하였고 그 후 8월 5일, 12일, 19일에 각각 수확기에 도달한 과실을 모두 수확하여 조사하였다. 과실 특성을 조사하기 위하여 각 처리구별로 임의로 60과(20과/반복)를 선별하여 과실 길이, 건물중, 과피 색택을 각각 조사하였다. 건물중 조사는 생육 조사를 마친 과실을 대상으로 70°C에서 5일간 건조한 다음 무게를 조사하여 생체중에 대한 비율로 표시하였다. 과피색은 색도차계(CR-400, Minolta, Japan)로 조사하여 L\*, a\*, b\* 값을 구하였다. 건조한 시료는 반복별 구분없이 처리간 표본을 취합하여 pooled sample을 만들고 이를 분쇄한 다음 100 mesh 체로 걸러 분석 시료로 삼았다. 당과 페놀 분석을 위하여 분말 시료 1 g을 취하여 80% 에탄올 50 mL을 가하여 끓는 수조에서 20분간 용해성 성분을 추출한 다음(2회 반복), 이를 농축하여 여과(Whatman pore size 0.45  $\mu\text{m}$ )한 다음, 유리당과 페놀 분석 시료로 삼았다. 당분석은 HPLC (Acme HPLC, Younglin, Korea)에  $\text{NH}_2$  컬럼을 장착하고 RI 검출기로 측정하였다. 이동상 용매는 75% acetonitrile (HPLC grade, Sigma-Aldrich, USA)을 사용하였다. 포도당, 과당, 자당을 분석 대상으로 삼았으며 각각의 표준 물질과 비교하였다. 페놀은 무수 catechin을 표준 물질로 삼아 folin-ciocalteu phenol reagent (Sigma-Aldrich, USA)를 이용하여 비색 반응을 시킨 다음 720 nm에서 흡광도를 조사하여 정량하였다. 캡사이신은 전술한 무수 acetonitrile 25 mL에 분말 시료 0.5 g을 넣어 vortexing하여 추출한 다음 280 nm에서 흡광도를 측정하였다. 분석에 사용한 모든 표준 물질은 Sigma-Aldrich (USA)에서 구입하여 이용하였다.

실험 중 폭우로 실험구 전체가 1일간 침수되었으며 침수 5일 후 세균성 점무늬병이 발생하여 실험구의 모든 개체를 대상으로 병 발생 정도와 발병율을 조사하였다. 발생 정도는 0(건전), 1(약함), 2(중간), 3(심함) 4단계로 조사하여 지수를 합한 다음 전체 조사개체수로 나누어 발생 지수를 구하였고 발병율은 전체 조사 개체 중 병증을 보인 모든 개체를 전체 조사 개체에 대한 백분율로 조사하였다.

## 통계분석

통계는 SPSS Software package ver. 21.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)를 이용하여 Duncan 다중검정법으로 분석하였다.

## Results and Discussion

천연항균물질을 대체농약으로 사용하고자 하는 노력이 다양하게 수행되고 있는데 키토산은 갑각류 껍질에서 유래한 풍부한 천연항균물질로 산업적으로 다양하게 활용되고 있다(Shahidi et al., 1999; Majeti and Kumar, 2000). 키토산의 농업적 활용을 검토한 연구에서 키토산은 단독으로 뿐만 아니라 다른 이온과 함께 처리하여 항균작용을 높일 수 있으며 다양한 물질의 공급 수단으로도 활용할 가능성이 제시된 바 있어(Aziz et al., 2006) 본 연구에서는 천연 감미료이며 항산화력이 우수한 스테비아와의 혼용 효과를 비교하였다. 키토산과 스테비아, 단독 혹은 혼용 살포가 고추 생육에 미치는 영향을 조사하기 위하여 실험에 사용한 약액과 동일한 약제를 만들어 육묘 단계에서는 30일령의 묘를 대상으로 3일 간격 2회 살포하고 또한 정식 후에는 1주일 간격 2회 살포한 다음 각각 약해 발생을 조사하였으나 가시적인 약해는 어린 묘에서는 물론 정식 후에도 전혀 관찰되지 않았다(자료 미제시). 정식한 이후 약제를 3 - 4회 누적 살포한 다음 초장을 조사한 결과(Table 1), 무처리구의 초장이 가장 커서 64.5 cm이었고 다음이 스테비아, 키토산 순이었으며 키토산 + 스테비아는 가장 적은 59.2 cm이어서 키토산 + 스테비아 혼용처리에서 가장 낮았고 4회 살포 후에도 경향이 유사하였으나 처리 간 초장 차이는 감소하였다(Table 1). 이러한 결과로 볼 때 키토산 및 스테비아 살포는 고추의 생장을 다소 감소시켰지만 그 정도는 스테비아보다는 키토산의 영향이 다소 큰 것으로 추정되었다. 그러나 초장을 제외하고는 육안으로 관찰한 생육 차이는 뚜렷하지 않았으며 생리적 장애도 발생하지 않았다. Hwang and Ku (2004)도 딸기에서 0.2% 로 4 회 처리했을 시 생리적 장애가 나타나지 않았다는 보고를 고려한다면 본 실험에 사용된 농도의 누적 처리가 고추 작물에도 생리적 피해를 일으키지 않은 것으로 판단된다.

**Table 1.** Effect of chitosan and stevia application on the growth of chili pepper plants.

Number of chemical applications	Plant height (cm)			
	Untreated	Chitosan	Stevia	Chitosan + Stevia
3	64.5a <sup>z</sup>	62.8ab	63.4ab	59.2b
4	77.9a	73.4b	75.0ab	71.7b

<sup>z</sup>a, b: Different letters within a row indicate a significant difference by Duncan's multiple range test ( $p \leq 0.05$ ).

과실 생장을 비교하기 위하여 4회에 걸쳐 수확한 과실의 길이를 각 수확기별로 비교하였을 때(Table 2), 수확시기별 차이는 있었지만 처리 간에는 수확시기별로 일정한 경향을 보여주지 않아 처리간 평균 차이가 처리에 의한 효과이기보다는 개체 간 편차에 따른 영향이었을 것으로 추정되어 키토산, 스테비아 및 이들 혼용처리가 과실 생육에 특이한 영향을 주지 않는 것으로 결론지을 수 있었다.

처리에 관계없이 수량은 재배 일수가 길어질수록 모든 처리에서 증가하였는데 1차 수확기에는 처리간 차이가 없었으나 2차 수확기에는 스테비아 살포에서 가장 우수한 234.2 g/주이었고 다음이 키토산 + 스테비아 처리구로

213.9 g/주, 키토산은 171.8 g/주 였으며 대조구의 수량이 가장 낮은 153.5 g/주 였다(Table 3). 3차 수확기에는 키토산 처리구의 수량이 대조구보다 유의하게 증가하였지만 대조구를 제외하고는 처리간 유의차가 없었다. 4차 수확에서도 경향이 유사하여 키토산 처리구의 수량이 다른 처리에 비하여 월등히 높은 412.9 g/주 였으며 다음이 혼용 처리구의 335.6 g/주, 스테비아처리구는 314.0 g/주, 반면에 대조구는 253.5 g/주에 불과하였다. 따라서 4회에 걸쳐 수확한 누적 수확량도 키토산 처리구에서 가장 높았으며 다음이 스테비아, 키토산 + 스테비아 혼용처리구, 대조구 순이었다. 이와 같은 결과를 가지고 천연항균물질 살포가 고추 수량을 증진시킨 결과를 유추해볼 때 처리구에서는 성숙기에 접근한 고추의 낙과를 방지하기 때문으로 추정되었다. 즉, 성숙기에 고추 과실은 무름병에 취약하여 완숙 전에 과육이 물러지며 낙과되는 경우가 흔하다(RDA, 2017). 키토산의 병해 억제 기작에 대한 연구에서 Goy et al. (2009)은 키토산과 미생물 사이의 정전기 발생에 의한 직접적인 살균, 미생물 세포벽과 결합하여 세포 내용물 누출을 유도함으로써 혹은 키토산 아민류가 미생물 세포를 감싸주어 균을 죽게 할 가능성을 제시하였다. 또한 스테비아도 페놀류와 플라보노이드에 의한 항균작용을 제시하였으며(Jayaraman et al., 2008; Abou-Arab and Abu-Salem, 2010; Jahan et al., 2010), Garcia et al. (2011)도 스테비아와 쇄뜨기 추출물의 개별적인 항균 작용은 언급하지 않았지만 이들 물질이 수분활성도가 낮은 상태에서 옥수수에서 *Aspergillus flavus* 및 *Fusarium verticillioides*에 의한 마이코톡신 생산을 억제한다고 하였으므로 이들 항균 물질이 무름병이 발생하는 과실이나 병원성 미생물이 서식하기 쉬운 과실 꼭지와 과실의 결합 부위에 도포되어 병의 발생을 억제하였을 가능성이 있다. 본 연구에서 얻어진 천연항균물질 처리가 고추의 수량 증진에 기여한 것은 천연항균물질의 주기적 살포가 고추의 병해를 억제하므로 낙과를 방지하고 결과적으로 수량을 증진시킨 것으로 추정된다. 처리 간에는 초기 수량은 키토산처리에서 다소 낮았지만 후기로 갈수록 수량이 크게 증진하여 4회 수확한 전체 수량은 키토산이 가장 우수하여 대조구와 비교할 때 약 36% 증수 효과를 보여주었다. 스테비아와 키토산 + 스테비아 복합처리기는 키토산 단독처리보다 낮았으나 두 처리는 유사한 수준이었으며 키토산 단독처리와도 4번의 수확기 모두 통계적 유의차는 보이지 않았다.

**Table 2.** Effect of chitosan and stevia treatments on the growth of chili pepper fruits.

Treatments	Fruit length (cm)				Mean
	Jul. 27	Aug. 5	Aug. 12	Aug. 19	
Untreated	14.1a <sup>2</sup>	14.0a	14.0b	13.1a	13.8
Chitosan	13.6a	14.4a	15.0a	13.2a	14.1
Stevia	14.0a	14.2a	14.1b	13.2a	13.9
Chitosan + Stevia	14.5a	14.4a	14.5ab	12.8a	14.1

<sup>2</sup>a, b: Different letters within a column indicate a significant difference by Duncan's multiple range test ( $p \leq 0.05$ ).

**Table 3.** Effect of chitosan and stevia spray on yield of chili pepper plants.

Treatments	Yield (g/plant)				Sum
	Jul. 27	Aug. 5	Aug. 12	Aug. 19	
Untreated	68.7a <sup>2</sup>	153.5b	239.6b	253.5b	715.3
Chitosan	70.8a	171.8ab	319.7a	412.9a	975.2
Stevia	66.7a	234.2a	304.0ab	314.0ab	918.9
Chitosan + Stevia	73.2a	213.9ab	288.9ab	335.6ab	911.6

<sup>2</sup>a, b: Different letters within a column indicate a significant difference by Duncan's multiple range test ( $p \leq 0.05$ ).

수확 전 키토산 살포가 과실의 성숙을 지연시킨다는 연구 결과에는 상이한 보고 (El-Ghaouth et al., 1991; Ahn et al., 2014a)가 있지만 키토산 처리구에서 생산량이 증가하였음에도(Table 3) 4회에 걸쳐 수확한 과실의 과피색은

모든 수확 시기에서 처리 간 차이가 일정한 경향을 보여주지 않아(Table 4) 이들 차이는 처리간 차이보다 표본 오차에 의한 차이일 가능성을 배제할 수 없으며, 따라서 천연항균물질 살포가 과실 착색에는 큰 영향을 주지 않는 것으로 판단된다. 또한 건물중은 수확시기에 따라 경향이 일정하지 않아 1차 수확에서는 키토산 + 스테비아 혼용처리구에서 가장 높았고 기타의 처리간에는 유의차가 없었으며 2차와 4차 수확에서는 대조구와 키토산 처리구에서 낮았고 스테비아 처리와 키토산 + 스테비아처리에서 높았다(Table 5). 그러나 3 - 4차 수확기에서 키토산 처리의 수량 증가를 고려할 때(Table 3) 키토산의 건물비 감소는 유의미하지 않은 것으로 판단된다. 본 연구에 사용한 항균물질 중 고분자인 키토산은 식물체 표면에 피막을 형성하여 가스의 유출입을 제한할 경우 수체의 광합성 작용에 불리할 가능성을 배제할 수 없지만 과실의 길이 생장(Table 2)과 수량(Table 3)을 더불어 고려할 경우, 이들 처리가 광합성 작용 및 광합성산물의 전류에는 영향을 주지 않는 것으로 해석할 수 있다. 복숭아와 키위과실에서도 키토산 수확

**Table 4.** Effect of chitosan and stevia application on chili pepper fruit color change between harvest dates.

Treatments	Harvest date				Mean
	Jul. 27	Aug. 5	Aug. 12	Aug. 19	
	L				
Untreated	52.1a <sup>z</sup>	45.9a	48.7a	50.4a	49.3
Chitosan	51.3b	46.3a	47.2b	49.9b	48.7
Stevia	52.3a	46.1a	47.5b	49.2c	48.8
Stevia + Chitosan	51.2b	45.8a	47.8b	49.8b	48.6
	a				
Untreated	31.1a	21.1c	26.3a	30.3a	27.2
Chitosan	30.2b	21.7bc	25.8a	29.9a	26.9
Stevia	31.0a	22.6a	26.5a	29.0b	27.3
Stevia + Chitosan	30.9a	22.4ab	26.6a	29.8ab	27.4
	b				
Untreated	25.8a	17.0b	20.4a	24.2a	21.9
Chitosan	26.2a	17.5ab	19.7a	22.9b	21.6
Stevia	25.6a	18.0a	19.4a	21.8c	21.2
Stevia + Chitosan	24.6b	17.8ab	20.4a	23.8a	21.6
	°hue				
Untreated	24.8a	25.2a	25.4a	23.9a	24.8
Chitosan	26.0ab	25.8ab	25.0a	24.5a	25.3
Stevia	25.3b	24.1b	25.0b	23.6a	24.5
Stevia + Chitosan	26.5b	24.6c	25.8c	23.3a	25.1

<sup>z</sup>a - c: Different letters within a column indicate a significant difference by Duncan's multiple range test ( $p \leq 0.05$ ).

**Table 5.** Effect of chitosan and stevia application on the dry matter of chili peppers between harvest dates.

Treatments	Dry matter (%)				Mean
	Jul. 27	Aug. 5	Aug. 12	Aug. 19	
Untreated	15.6ab <sup>z</sup>	14.4b	14.8a	15.6b	15.1
Chitosan	15.1b	14.3b	15.4a	15.9b	15.2
Stevia	15.6ab	15.4a	16.5a	17.2a	16.2
Chitosan + Stevia	15.7a	15.4a	14.6a	16.9a	15.7

<sup>z</sup>a, b: Different letters within a column indicate a significant difference by Duncan's multiple range test ( $p \leq 0.05$ ).

전 살포가 과실의 탄수화물 축적에 영향을 주지 않은 것으로 조사된 바 있으며(미발표자료) 과실 조직 내에 이산화탄소 농도를 높여주므로 단시간 CO<sub>2</sub>처리에서와 같이 호흡을 억제하여(Ahn et al., 2014b) 수량 증진에 기여할 가능성도 배제할 수 없다. 과실의 용해성 당, 페놀 및 캡사이신 함량을 수확시기별로 조사하였으나 처리간 수확시기에 따른 차이가 뚜렷하지 않아 4회 수확기의 평균을 제시하였다(Table 6). 고추의 당조성은 처리에 관계없이 과당이 가장 많았고 다음이 포도당, 그리고 자당 순이었다. 수확시기별로는 처리 간에 일정한 경향을 보여주지 않았으나 처리에 관계없이 천연항균물질 처리구의 당함량이 다소 높았고 특히 3회 수확기에서는 스테비아 처리구를 제외하고는 모든 처리구에서 sorbitol이 미량 검출되었으며 그 함량은 키토산 + 스테비아 처리구에서 가장 높았다(자료미제시). 수확시기별 각 당성분의 처리 간 차이는 뚜렷하지 않았으나 총괄적으로는 대조구, 키토산, 스테비아, 그리고 키토산 + 스테비아 순으로 조금씩 증가하는 경향이 관찰되었으나(Table 6) 통계적 유의차는 확인할 수 없었다. 특히 키토산 처리구는 다른 처리에 비하여 주당 수량이 높았음에도 내적 구성 성분 함량 차이가 나지 않아 키토산 처리가 내적 성분의 축적에 불리한 영향을 주지 않는 것으로 확인되었다. 따라서 키토산 및 스테비아 누적 처리는 수체의 생장은 물론 과실의 품질에도 유의미한 영향을 미치지 않는 것을 확인할 수 있었다.

**Table 6.** Effect of chitosan and stevia application on soluble sugars, phenolics, and capsaicin contents of chili peppers.

Treatments	Soluble sugars (mg/g DW <sup>-1</sup> )				Phenolics (mg/g/DW <sup>-1</sup> )	Capsaicin (µg/g/DW <sup>-1</sup> )
	Glucose	Fructose	Sucrose	Total		
Untreated	31.0 <sup>2</sup>	63.1	15.1	109.2	6.72	5.63
Chitosan	32.5	65.0	12.8	110.3	5.70	5.35
Stevia	32.4	65.9	13.8	112.1	6.64	5.70
Stevia + Chitosan	34.3	66.6	12.7	113.6	6.22	5.56

<sup>2</sup>Results were obtained from pooled data of 4 harvests with 3 replications for each harvest. No statistical differences in sugars, phenolics, and capsaicin content were found between treatments by Duncan's multiple range test ( $p \leq 0.05$ ).

실험을 진행하던 중 7월 폭우로 인하여 실험 포장 전체가 일시적인 침수 피해를 받았다. 침수 피해 5일 후 세균성 반점병이 모든 처리구에서 관찰되어 병의 발생율과 병해 증상을 조사하였는데(Table 7) 처리 간에 뚜렷한 차이를 보여주었다. 즉, 스테비아 처리구의 발병율은 53.1%이었으며 다음이 대조구로 49.1%, 키토산 + 스테비아처리구는 34.1%이었던 것에 비하여 키토산 처리구의 발병율은 17.0%에 불과하여 다른 처리에 비하여 발병율에서 큰 차이를 보였다. 증상의 발생 정도를 비교하였을 때에도 심한 피해 증상을 보인 처리는 키토산 + 스테비아 혼용처리구로 1.05로 가장 심하였고 다음이 스테비아 0.73, 대조구 0.68의 순이었으며 키토산 처리구는 다른 처리에 비하여 0.15로 현저하게 낮아 키토산의 병해 억제 효과가 스테비아에 비하여 뚜렷하게 높은 것으로 확인되었다. 기존의 연구(Jayaraman et al., 2008; Abou-Arab and Abu-Salem, 2010; Jahan et al., 2010)와 달리 스테비아 처리에서는 병 발생 억제 효과가 뚜렷하지 않았지만 키토산 단독 처리에서는 발병 억제 효과가 뚜렷하여 기존의 보고(El-Ghaouth et al., 1991; Ahn et al., 2014a; Lee et al., 2015)와 유사한 결과를 얻었다. 반면에 키토산 + 스테비아 혼용처리구는 두 약제의 혼용으로 고추 자체가 스트레스를 받은 것으로 보이는데 수체의 생장이 다소 적었던 결과(Table 1)가 이를 뒷받침하는 것으로 추정할 수 있다.

본 연구결과를 종합적으로 고려할 때, 저농도의 누적적 키토산 살포는 고추의 생육과 품질에 불리한 영향을 주지 않으며 수량을 증진시킬 수 있는 것으로 판단되며 또한 병해를 억제시키는 효과도 얻을 수 있는 것으로 기대되어 농약대체제로서의 가능성을 보여주었다. 한편 스테비아 또한 고추의 생육과 품질을 저해하지 않고 수량 증진에 기여하지만 병 발생 억제 효과는 기대하기 어려울 것으로 평가되어 스테비아의 농업적 활용을 위해서는 보다 구체적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

**Table 7.** Effect of chitosan and stevia application on the incidence of bacterial browning in chili pepper plants.

Treatments	Occurrence <sup>y</sup> (%)	Severity <sup>z</sup> (Index)	Sample Number (n)
Untreated	49.1	0.68	57
Chitosan	17.0	0.15	53
Stevia	53.1	0.73	49
Chitosan + Stevia	34.1	1.05	44

<sup>y</sup>Data were the average of total experimental plants for each treatment without replication.

<sup>z</sup>Severity was examined in the range of 0 (none) to 4 (severe) and the index was determined as the sum of severity/total examined plant number.

## Acknowledgements

본 연구는 충남대학교 학술연구비에 의해 지원되었으며 이에 감사드립니다.

## References

- Abou-Arab EA, Abu-Salem, FM. 2010. Evaluation of bioactive compounds of *Stevia rebaudiana* leaves and callus. African Journal of Food Science 4:627-634.
- Ahn SE, Lee AY, Wang MH, Hwang YS. 2014a. Increase of strawberry fruit shelf-life through preharvest spray of calcium-chitosan and post-harvest treatment with high pressure CO<sub>2</sub>. Korean Journal of Horticultural Science and Technology 32:636-644.
- Ahn SE, Wang MH, Lee AH, Hwang YS. 2014b. Effects on short-term treatment of high pressure CO<sub>2</sub> on the changes in fruit quality during the storage of 'Maehyang' Strawberries. Korean Journal of Agricultural Science 41:9-16.
- Aziz A, Trotel-Aziz P, Dhucq L, Jeandet P, Couderchet M, Vernet G. 2006. Chitosan oligomers and copper sulfate induce grapevine defense reactions and resistance to gray mold and downy mildew. Phytopathology 96:1188-1194.
- Brandle JE, Starratt AN, Gijzen, M. 1998. *Stevia rebaudiana*: Its agricultural, biological, and chemical properties. Canadian Journal of Plant Science 78:527-536.
- Ceunen S, Geuns JMC. 2013. Steviol glycosides: Chemical diversity, metabolism, and function. Journal of Natural Products 76:1201-1228.
- Chauhan S, Gupta KC, Agrawal M. 2014. Efficacy of chitosan and calcium chloride on postharvest storage period of mango with the application of hurdle technology. International Journal of Current Microbiology Applied Science 3:731-740.
- El-Ghaouth A, Arul J, Ponnampalam R, Boulet M. 1991. Chitosan coating effect on storability and quality of fresh strawberries. Journal of Food Science 56:1618-1620.
- El-Ghaouth A, Arul J, Wilson C, Benhamou N. 1997. Biochemical and cytochemical aspects of the interactions of chitosan and *Botrytis cinerea* in bell pepper fruit. Postharvest Biology and Technology 12:183-194.
- El-Hadrami A, Adam LR, Hadrami IE, Daayf F. 2010. Chitosan in plant protection. Marine Drugs 8:968-987.
- García D, Ramos AJ, Sanchis V, Marín S. 2011. Effect of *Equisetum arvense* and *Stevia rebaudiana* extracts on growth and mycotoxin production by *Aspergillus flavus* and *Fusarium verticillioides* in maize seeds as affected by water activity. International Journal of Food Microbiology 153:21-27.
- Goy RC, Britto D, Assis OBG. 2009. A review of the antimicrobial activity of chitosan. Polímeros: Ciência e Tecnologia 19:241-247.
- Hwang YS, Ku JH. 2004. Effect of high molecular weight chitosan on the quality and decay of strawberry fruits.



- Korean Journal of Agricultural Science 31:77-86.
- Jahan IA, Mostafa M, Hossain H, Nimmi I, Sattar A, Alim A, Moeiz SMI. 2010. Antioxidant activity of *Stevia rebaudiana* Bert. leaves from Bangladesh. *Bangladesh Pharmaceutical Journal* 13:67-75.
- Jayaraman S, Manoharan MS, Illanchezian S. 2008. In-vitro antimicrobial and antitumor activities of *Stevia Rebaudiana* (Asteraceae) leaf extracts. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research* 7:1143-1149.
- Ko YJ. 2015. High quality production and technical development for commercialization of home-bred kiwifruits. Final report (PJ009326), Rural Development Administration, Korea.
- Lee JS, Lim BS, Choi YH, Hwang YS. 2015. Postharvest short-term high CO<sub>2</sub> treatment for delayed softening in peach fruits. *Horticulturae* 1, Proc. QMOH2015-First Symposium Quality Management Organic Horticultural Product 478-484.
- Lee SH, Min JH, Lee JS, Hwang YS. 2017. Effect of pre-harvest and post-harvest treatment of chitosan and high pressure CO<sub>2</sub> on the shelf-life of oriental melons. *Journal of Agriculture & Life Science* 51:91-102.
- Majeti NV, Kumar R. 2000. A review of chitin and chitosan applications. *Reactive and Functional Polymers* 46:1-27.
- Pillai CKS, Willi P, Sharma CP. 2009. Chitin and chitosan polymer: Chemistry, solubility and fiber formation. *Progress in Polymer Science* 34:641-678.
- RDA (Rural Development Administration). 2017. Nongsaro (farming technology). Accessed in <http://www.nongsaro.go.kr/portal/ps/psb/psbk/kidoContentsFileView.ps?kidoofcomdyNo=16193> on 19 Aug 2017. [in Korean]
- Shahidi F, Arachichi JKV, Jeon YJ. 1999. Food applications of chitin and chitosans. *Trends in Food Science & Technology* 10:37-51.
- Shin MH, Park Y, Kwang DI, Kim CW, Kim SH, Hwang YS, Kim JG. 2016. Effect of pre- or post-harvest treatment of calcium-chitosan on fruit quality of hardy kiwifruit. *Journal of Agriculture & Life Science* 50:61-68.
- Xu J, Feng Y, Wang Y, Wang J, He X, Lin X. 2013. Soil microbial mechanisms of *Stevia rebaudiana* (Bertoni) residue returning increasing crop yield and quality. *Biology and Fertility of Soils* 49:839-846. DOI 10.1007/s00374-013-0777-7.
- Zlabur JS, Voca S, Dobricevic N, Jezek D, Bosiljkov T, Brncic M. 2013. *Stevia rebaudiana* Bertoni - A review of nutritional and biochemical properties of natural sweetener. *Agriculturae Conspectus Scientificus* 78:25-30.