จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ทุนวิจัย
กองทุนรัชดาภิเษกสมโภช

รายงานวิจัย

ผลของขนาดพอลิเมอร์และความเข้มข้นของไคโตซาน ต่อการเติบโต ผลผลิต และการรักษาหลังการเก็บเกี่ยว ของกระเจี๊ยบเขียว *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench. การติดเชื้อไวรัสเส้นใบเหลืองและการกัดกินของ หนอนกระทู้หอม *Spodoptera exigua* Hubner, 1808

โดย

พงศ์ธาริน โล่ห์ตระกูล
กนกวรรณ เสรีภาพ
ศุภจิตรา ชัชวาลย์
รัฐ พิชญางกูร

มีนาคม 2549

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ทุนวิจัย
กองทุนรัชดาภิเษกสมโภช

รายงานผลการวิจัย

ผลของขนาดพอลิเมอร์และความเข้มข้นของไคโตซานต่อการเติบโต ผลผลิต และการรักษาหลังการเก็บเกี่ยวของกระเจี๊ยบเขียว *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench. การติดเชื้อไวรัสเส้นใบเหลือง และการกัดกินของหนอนกระทู้หอม *Spodoptera exigua* Hubner, 1808

Effects of Polymer Size and Concentration of Chitosan on Growth, Reproduction, and Postharvest Storage of Okra *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench, Infection of *Okra yellow vein mosaic virus*, and Feeding of Beet Army Worm *Spodoptera exigua* Hubner, 1808

โดย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พงศ์ธาริน โล่ห์ตระกูล
อาจารย์ ดร. กนกวรรณ เสรีภาพ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศุภจิตรา ชัชวาลย์
อาจารย์ ดร. รัฐ พิชญางกูร

31 มีนาคม 2549

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณกองทุนรัชดาภิเษกสมโภช จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่สนันสนุนเงินทุนในการทำวิจัย (ปีงบประมาณ 2547 ครั้งที่ 4) และขอขอบคุณภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ที่ให้ความสนับสนุนสถานที่ สารเคมีและวัสดุบางรายการในการทำวิจัย นอกจากนี้คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์สุวลี จันทร์กระจ่าง รองศาสตราจารย์นันทนา อังกินันทน์ และ คุณอุทัย เกตุนุติ และคณาจารย์ท่านอื่นๆ สำหรับคำแนะนำที่มีประโยชน์อย่างยิ่งในการทำวิจัยเรื่องนี้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ชื่อโครงการวิจัย	**ผลของขนาดพอลิเมอร์และความเข้มข้นของไคโตซานต่อการเติบโต ผลผลิต และการรักษาหลังการเก็บเกี่ยวของกระเจี๊ยบเขียว *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench. การติดเชื้อไวรัสเส้นใบเหลืองและการกัดกินของหนอนกระทู้หอม *Spodoptera exigua* Hubner, 1808**
ชื่อผู้วิจัย	**ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พงศ์ธาริน โล่ห์ตระกูล อาจารย์ ดร. กนกวรรณ เสรีภาพ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศุภจิตรา ชัชวาลย์ และอาจารย์ ดร. รัฐ พิชญางกูร**
เดือนและปีที่ทำวิจัยเสร็จ	**31 มีนาคม 2549**

บทคัดย่อ

สารละลายไคโตซานชนิด 80 % DD สายยาว (P80) และสายสั้น (O80) และไคโตซานที่ไม่ทราบโครงสร้างที่มีจำหน่ายในท้องตลาด (UCC) ถูกนำมาใช้ในการแช่เมล็ดก่อนปลูก และฉีดพ่นทางใบทุก ๆ 3 สัปดาห์ ที่ความเข้มข้น 25 50 และ 100 ppm แก่กระเจี๊ยบเขียว (*Abelmoschus esculentus* (L.) Monech) พันธุ์อินเดีย 9701 และพันธุ์ญี่ปุ่น Yamato Green โดยมีระยะเวลาการทดลอง 8 สัปดาห์ เพื่อศึกษาผลของขนาดพอลิเมอร์ และความเข้มข้นของไคโตซานที่มีต่อการเติบโตและผลผลิตของกระเจี๊ยบเขียว การติดเชื้อไวรัสเส้นใบเหลือง (*Okra yellow vein mosaic virus*) และการกัดกินของหนอนกระทู้หอม (*Spodoptera exigua* Hübner, 1808) จากการศึกษาพบว่าผลที่ได้จากการทดลองที่ทำซ้ำใน 2 ปีมีความแตกต่างกันมาก แสดงให้เห็นถึงผลกระทบที่สำคัญจากสภาวะแวดล้อม และแม้ว่าผลการทดลองส่วนใหญ่จะไม่สามารถสรุปได้แน่ชัด แนวโน้มบางประการของผลของไคโตซานที่มีต่อกระเจี๊ยบเขียวยังสามารถวัดได้ จากการแช่เมล็ดในสารละลายไคโตซาน พบว่าไคโตซานทุกชนิดและทุกความเข้มข้น มีแนวโน้มที่จะทำให้ต้นกล้ากระเจี๊ยบเขียวพันธุ์ญี่ปุ่น Yamato Green สูงกว่าชุดการทดลองควบคุมที่ไม่ได้รับไคโตซาน และเมื่อทำการฉีดพ่นไคโตซานทางใบ พบว่ากระเจี๊ยบเขียวพันธุ์อินเดีย 9701 ที่ได้รับ O80 ที่ 25 ppm และ UCC ที่ 100 ppm มีแนวโน้มที่จะมีความสูงเฉลี่ย จำนวนใบ ดอก และผล เฉลี่ยต่อต้นสูงกว่าชุดการทดลองควบคุม ผลที่คล้ายคลึงกันสามารถพบได้ในกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์ญี่ปุ่น Yamato Green ที่ฉีดพ่นด้วย O80 ที่ 25 ppm นอกจากนี้ยังพบว่าการให้ O80 ที่ 25 ppm และ P80 ที่ 100 ppm ส่งผลกระทบต่อน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์อินเดีย 9701 อย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่การฉีดพ่นไคโตซานเกือบทุกชนิด ยกเว้น O80 ที่ 100 ppm ส่งผลให้กระเจี๊ยบเขียวพันธุ์นี้มีปริมาณน้ำภายในต้นต่อน้ำหนักสดเฉลี่ยต่อต้นน้อยกว่าต้นที่ไม่ได้รับไคโตซาน ในฝักกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์อินเดีย 9701 ที่เก็บจากต้นที่ได้รับ O80 ที่ 25 ppm พบว่ามีแนวโน้มที่จะสูญเสียน้ำหนักสดช้ากว่าชุดการทดลองควบคุม เป็นที่น่าสนใจว่าการให้ O80 ที่ 50 ppm และ UCC ที่ 25 ppm มีแนวโน้มที่จะสามารถช่วยชะลอการติดโรคไวรัสเส้นใบเหลืองในกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์ญี่ปุ่น Yamato Green ได้ สำหรับผลของไคโตซานต่อการกัดกินของหนอนกระทู้หอมไม่สามารถสรุปได้ชัดเจนในการศึกษานี้ อย่างไรก็ดีการฉีดพ่น UCC ที่ 50 ppm สามารถกระตุ้นปริมาณ proteinase inhibitor (PI) activity ในใบกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์ญี่ปุ่น Yamato Green ให้สูงขึ้นได้ภายใน 1 วันแม้ว่าระดับ PI ที่เพิ่มขึ้นนี้จะลดลงภายใน 5 วันหลังการฉีดพ่น จากผลการทดลองที่ได้โดยรวมแสดงให้เห็นว่าไคโตซานที่มีขนาดพอลิเมอร์ และความเข้มข้นต่างกัน มีผลต่อการเติบโตและผลผลิตของกระเจี๊ยบเขียว การติดเชื้อไวรัสเส้นใบเหลือง และการกัดกินของหนอนกระทู้หอมต่างกันด้วย อย่างไรก็ดีการตอบสนองของกระเจี๊ยบเขียวต่อไคโตซานยังขึ้นอยู่กับพันธุกรรม และอิทธิพลของสภาวะแวดล้อม ซึ่งบางครั้งอาจบดบังผลของการให้ไคโตซานได้ สำหรับผลของแคลเซียมคลอไรด์และไคโตซานต่ออายุการเก็บรักษา และคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวฝักกระเจี๊ยบเขียว โดยใช้แคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0 0.10 0.25 0.50 0.75 1.00 2.00 3.00 และ 4.00 และไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 0 5 10 20 50 และ 100 ppm และเก็บรักษาที่ 2 อุณหภูมิ คือ 9 องศาเซลเซียส และ 18 องศาเซลเซียส พบว่า การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 9 องศาเซลเซียส แคลเซียมคลอไรด์ระดับความความเข้มข้นร้อยละ 0.50 สามารถรักษาน้ำหนักของฝัก และลักษณะที่ปรากฏภายนอกได้ ส่วนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส ผลการศึกษาพบว่า แคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.25 ช่วยรักษาความแน่นเนื้อ และสีของฝัก ได้

สำหรับผลของไคโตซานต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของฝักกระเจี๊ยบเขียว พบว่า ที่อุณหภูมิ 9 องศาเซลเซียส ไคโตซานระดับความเข้มข้น 20 ppm ช่วยรักษาความแน่นเนื้อได้ดีที่สุด ส่วนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส ผลการศึกษาพบว่า ไคโตซานสามารถรักษาน้ำหนักของฝักได้ดี และไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 5 และ 10 ppm ไม่พบการเข้าทำลายของโรคตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษา นอกจากนี้ ยังพบว่า การใช้แคลเซียมคลอไรด์เพียงอย่างเดียว หรือ ไคโตซานเพียงอย่างเดียว สามารถรักษาคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของฝักกระเจี๊ยบเขียวทั้งที่อุณหภูมิ 9 องศาเซลเซียส และ 18 องศาเซลเซียส ได้ดีกว่าการใช้แคลเซียมคลอไรด์ร่วมกับไคโตซาน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Project Title	**Effects of Polymer Size and Concentration of Chitosan on Growth, Reproduction, and Postharvest Storage of Okra *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench, Infection of *Okra yellow vein mosaic virus*, and Feeding of Beet Army Worm *Spodoptera exigua* Hubner, 1808**
Name of the Investigators	**Pongtharin Lotrakul, Kanogwan Serypheap, Supachitra Chadchawan, and Rath Pichayangura**
Year	**2006**

Abstract

Polymeric and oligomeric 80 % DD chitosan (P80 and O80) and an uncharacterized commercial chitosan (UCC) were used at 25, 50, and 100 ppm as seed soaking solution and foliar spray on okra (*Abelmoschus esculentus* (L.) Monech) cultivar India 9701 and Yamato Green. The plants were sprayed every 3 weeks during 8-week growth period. The effects of polymer size and concentration of chitosan on okra growth and production, infection of *Okra yellow vein mosaic virus* and feeding of beet army worm (*Spodoptera exigua* Hübner, 1808) were studied. It was found that results from repeated experiments conducted in different years varied tremendously, indicating the major effects of environmental factors. Although most results were inconclusive, some trends could be detected. When applied as seed soaking solution, all tested chitosan could enhance the seedling height of Yamato Green cultivar compared to that of the control. After foliar spray, India 9701 okra treated with O80 at 25 ppm and UCC at 100 ppm showed the tendency to have higher average height and number of leaf, flower, and pod per plant compared to those of the untreated control. Similar results were found only in Yamato Green cultivar treated with O80 at 25 ppm. It was also found that O80 at 25 ppm and P80 at 100 ppm significantly affected the plant fresh and dry weight whereas almost all chitosan tested (except O80 at 100 ppm) significantly lowered percent water content in India 9701 cultivar. Application of O80 at 25 ppm also showed the tendency to prevent weight loss in harvested India 9701 pods. Interestingly, O80 at 50 ppm and UCC at 25 ppm slightly reduced virus infection rate in Yamato Green cultivar. Chitosan spray did not clearly affect the beet army worm feeding in both cultivars. However, at 50 ppm, UCC could significantly enhance the foliar proteinase inhibitor (PI) activity in foliar tissue of Yamato Green cultivar within one day after treatment although this effect did not last and the PI level dropped within 5 days after chitosan spray. Results obtained in this study clearly indicated that chitosans different in polymer size and concentration differentially affected growth and production of okra, viral infection, and PI activity. However, the plant responses to chitosan were also influenced by plant genetics and environmental factors that at times could mask the chitosan effects. The effects of calcium chloride and chitosan on postharvest shelf life and quality of okra pods were also investigated. The okra pods were immersed in calcium chloride solution at 0, 0.10, 0.25, 0.50, 0.75, 1.00, 2.00, 3.00 and 4.00 % (v/w) and chitosan solution at 0, 5, 10, 20, 50 and 100 ppm then stored at 9°C and 18°C. Results showed that 0.50 % $CaCl_2$ could maintain % of initial weight and overall appearance when stored at 9°C. Pods treated with 0.25 % $CaCl_2$ resulted in retained firmness and color. Pods treated with 20 ppm chitosan had the highest firmness during 9°C of storage. Chitosan could also preserve % of initial weight of pods stored at 18°C. In addition, 5 and 10 ppm chitosan exhibited no disease infection throughtout the storage. Moreover, it was found that calcium chloride treatment and chitosan

treatment of okra pods can maintain better postharvest quality of okra pods during 6 days of storage at 9°C and 9 days at 18°C than the combined application of calcium chloride and chitosan.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

กิตติกรรมประกาศ	1
บทคัดย่อ (ภาษาไทย)	2
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ)	4
สารบัญ	6
รายการตารางประกอบ	7
บทนำ	11
วัตถุประสงค์ของโครงการ	11
ผลงานตลอดระยะเวลาวิจัยโดยสังเขป	12
การทดลองในส่วนที่ 1	12
การทดลองในส่วนที่ 2	12
การทดลองในส่วนที่ 3	12
การสำรวจแนวความคิดและการวิจัยที่เกี่ยวข้อง	14
วิธีการวิจัย	28
การทดลองในส่วนที่ 1	28
การทดลองในส่วนที่ 2	29
การทดลองในส่วนที่ 3	30
ผลการวิจัย	32
ผลการทดลองในส่วนที่ 1	32
ผลการทดลองในส่วนที่ 2	47
ผลการทดลองในส่วนที่ 3	49
การอภิปรายผล	79
ข้อสรุป	86
ส่วนอ้างอิง	91

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการตารางประกอบ

ตารางที่		หน้า
1	ความสูงเฉลี่ยต่อต้นของกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์อินเดีย 9701 ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 1 ถึง 8 หลังปลูก ในปี พ.ศ. 2547	32
2	ความสูงเฉลี่ยต่อต้นของกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์อินเดีย 9701 ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 1 ถึง 8 หลังปลูก ในปี พ.ศ. 2548	33
3	ความสูงเฉลี่ยต่อต้นของกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์ญี่ปุ่น Yamato Green ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 1 ถึง 8 หลังปลูก ในปี พ.ศ. 2547	34
4	ความสูงเฉลี่ยต่อต้นของกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์ญี่ปุ่น Yamato Green ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 1 ถึง 8 หลังปลูก ในปี พ.ศ. 2548	34
5	จำนวนใบเฉลี่ยต่อต้นของกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์อินเดีย 9701 ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 1 ถึง 8 หลังปลูก ในปี พ.ศ. 2547	35
6	จำนวนใบเฉลี่ยต่อต้นของกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์อินเดีย 9701 ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 1 ถึง 8 หลังปลูก ในปี พ.ศ. 2548	35
7	จำนวนใบเฉลี่ยต่อต้นของกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์ญี่ปุ่น Yamato Green ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 1 ถึง 8 หลังปลูก ในปี พ.ศ. 2547	36
8	จำนวนใบเฉลี่ยต่อต้นของกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์ญี่ปุ่น Yamato Green ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 1 ถึง 8 หลังปลูก ในปี พ.ศ. 2548	37
9	จำนวนดอกเฉลี่ยต่อต้นของกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์อินเดีย 9701 ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 1 ถึง 8 หลังปลูก ในปี พ.ศ. 2547	38
10	จำนวนดอกเฉลี่ยต่อต้นของกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์อินเดีย 9701 ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 1 ถึง 8 หลังปลูก ในปี พ.ศ. 2548	38
11	จำนวนดอกเฉลี่ยต่อต้นของกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์ญี่ปุ่น Yamato Green ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 1 ถึง 8 หลังปลูก ในปี พ.ศ. 2547	39
12	จำนวนดอกเฉลี่ยต่อต้นของกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์ญี่ปุ่น Yamato Green ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 1 ถึง 8 หลังปลูก ในปี พ.ศ. 2548	39
13	น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งเฉลี่ยต่อต้นของกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์อินเดีย 9701 และ พันธุ์ญี่ปุ่น Yamato Green หลังจากปลูกเป็นเวลา 8 สัปดาห์ ในปี พ.ศ. 2547	40
14	น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งเฉลี่ยต่อต้นของกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์อินเดีย 9701 และ พันธุ์ญี่ปุ่น Yamato Green หลังจากปลูกเป็นเวลา 8 สัปดาห์ ในปี พ.ศ. 2548	41
15	ปริมาณน้ำภายในต้นต่อน้ำหนักสด (เปอร์เซ็นต์) เฉลี่ยต่อต้นของกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์อินเดีย 9701 และ พันธุ์ญี่ปุ่น Yamato Green ในปี พ.ศ. 2547 และ พ.ศ. 2548	42
16	จำนวนฝักเฉลี่ยต่อต้นของกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์อินเดีย 9701 และ พันธุ์ญี่ปุ่น Yamato Green หลังจากปลูกเป็นเวลา 8 สัปดาห์ ในปี พ.ศ. 2547 และ 2548	43
17	น้ำหนักฝักสดและฝักแห้งเฉลี่ยต่อฝักต่อต้นของกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์อินเดีย 9701 และ พันธุ์ญี่ปุ่น Yamato Green หลังจากปลูกเป็นเวลา 8 สัปดาห์ ในปี พ.ศ. 2547	44
18	น้ำหนักฝักสดและฝักแห้งเฉลี่ยต่อฝักต่อต้นของกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์อินเดีย 9701 และ พันธุ์ญี่ปุ่น Yamato Green หลังจากปลูกเป็นเวลา 8 สัปดาห์ ในปี พ.ศ. 2548	44
19	เปอร์เซ็นต์ต้นกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์ญี่ปุ่น Yamato Green ที่ปลอดจากโรคไวรัสเส้นใบเหลืองตั้งแต่เมล็ดเริ่มงอกจนถึงสัปดาห์ที่ 8 (จากจำนวนชุดทดลองละ 60 ต้น) ในปี พ.ศ. 2547	45
20	เปอร์เซ็นต์น้ำหนักสดที่ลดลงของฝักกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์อินเดีย 9701 ที่มีขนาด 8-10 ซ.ม.เมื่อทำการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 9 วัน	46
21	พื้นที่ใบของกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์อินเดีย 9701ที่ถูกกัดกินด้วยหนอนกระทู้หอม หลังได้รับการพ่นไคโตซานทางใบ	47
22	พื้นที่ใบของกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์ญี่ปุ่น Yamato Green ที่ถูกกัดกินด้วยหนอนกระทู้หอม หลังได้รับการพ่นไคโตซานทางใบ	47
23	ปริมาณ Proteinase Inhibitor ที่วัดได้จากใบกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์อินเดีย 9701 หลังได้รับการพ่นไคโตซานทางใบ	48
24	ปริมาณ Proteinase Inhibitor ที่วัดได้จากใบกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์ญี่ปุ่น Yamato Green หลังได้รับการพ่นไคโตซานทางใบ	48
25	น้ำหนักของฝักเมื่อเปรียบเทียบเป็น % ของน้ำหนักเริ่มต้น (% of initial weight) ของกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายไคโตซานที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 9 องศาเซลเซียส	49
26	น้ำหนักของฝักเมื่อเปรียบเทียบเป็น % ของน้ำหนักเริ่มต้น (% of initial weight) ของกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายไคโตซานที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส	50

รายการตารางประกอบ (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
27	เปอร์เซนต์การเกิดโรค (disease infection (%)) ของกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายไคโตซานที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส	50
28	ลักษณะที่ปรากฏภายนอก (overall appearance) ของกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายไคโตซานที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 9 องศาเซลเซียส	51
29	ลักษณะที่ปรากฏภายนอก (overall appearance) ของกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายไคโตซานที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส	52
30	การเปลี่ยนแปลงปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด (total chlorophyll content) ของกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายไคโตซานที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 9 องศาเซลเซียส	52
31	การเปลี่ยนแปลงปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด (total chlorophyll content) ของกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายไคโตซานที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส	53
32	การเปลี่ยนแปลงค่า L (L value) ของฝักกระเจี๊ยบเขียวที่ผ่านการแช่สารละลายไคโตซาน (oligomer 80% DD) ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ และทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 9 องศาเซลเซียส	54
33	การเปลี่ยนแปลงค่า L (L value) ของฝักกระเจี๊ยบเขียวที่ผ่านการแช่สารละลายไคโตซาน (oligomer 80% DD) ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ และทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส	54
34	การเปลี่ยนแปลงค่า a (a value) ของกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายไคโตซาน (oligomer 80% DD) ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ และทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 9 องศาเซลเซียส	55
35	การเปลี่ยนแปลงค่า a (a value) ของกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายไคโตซาน (oligomer 80% DD) ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ และทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส	55
36	การเปลี่ยนแปลงค่า b (b value) ของกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายไคโตซาน (oligomer 80% DD) ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ และทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 9 องศาเซลเซียส	56
37	การเปลี่ยนแปลงค่า b (b value) ของกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายไคโตซาน (oligomer 80% DD) ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ และทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส	56
38	น้ำหนักของฝักเมื่อเปรียบเทียบเป็น % ของน้ำหนักเริ่มต้น (% of initial weight) ของกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ และทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 9 องศาเซลเซียส	57
39	น้ำหนักของฝักเมื่อเปรียบเทียบเป็น % ของน้ำหนักเริ่มต้น (% of initial weight) ของกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ และทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส	58
40	เปอร์เซนต์การเกิดโรคของฝักกระเจี๊ยบเขียวที่ผ่านการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นต่างๆ ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส	59
41	ลักษณะที่ปรากฏภายนอก (overall appearance) ของกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ และทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 9 องศาเซลเซียส	60
42	ลักษณะที่ปรากฏภายนอก (overall appearance) ของกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ และทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส	60
43	การเปลี่ยนแปลงปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด (total chlorophyll content) ของกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ และทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 9 องศาเซลเซียส	61
44	การเปลี่ยนแปลงปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด (total chlorophyll content) ของกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ และทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส	61
45	การเปลี่ยนแปลงค่า L (L value) ของกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ และทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 9 องศาเซลเซียส	62

รายการตารางประกอบ (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
46	การเปลี่ยนแปลงค่า L (L value) ของกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ และทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส	63
47	การเปลี่ยนแปลงค่า a (a value) ของกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ และทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 9 องศาเซลเซียส	63
48	การเปลี่ยนแปลงค่า a (a value) ของกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ และทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส	64
49	การเปลี่ยนแปลงค่า b (b value) ของกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ และทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 9 องศาเซลเซียส	64
50	การเปลี่ยนแปลงค่า b (b value) ของกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ และทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส	65
51	น้ำหนักของฝักเมื่อเปรียบเป็น % ของน้ำหนักเริ่มต้น (% of initial weight) ของกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้น 0.50 % ร่วมกับสารละลายไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 20 ppm และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 9 องศาเซลเซียส	66
52	น้ำหนักของฝักเมื่อเปรียบเป็น % ของน้ำหนักเริ่มต้น (% of initial weight) ของกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้น 0.25 % ร่วมกับสารละลายไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 10 ppm และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส	66
53	เปอร์เซนต์การเกิดโรค (disease infection (%))ของกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้น 0.25 % ร่วมกับสารละลายไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 10 ppm และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส	67
54	ลักษณะที่ปรากฏภายนอก (overall appearance) ของกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้น 0.50 % ร่วมกับสารละลายไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 20 ppm และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 9 องศาเซลเซียส	68
55	ลักษณะที่ปรากฏภายนอก (overall appearance) ของกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้น 0.25 % ร่วมกับสารละลายไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 10 ppm และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส	68
56	การเปลี่ยนแปลงปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด (total chlorophyll content) ของกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้น 0.50 % ร่วมกับสารละลายไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 20 ppm	69
57	การเปลี่ยนแปลงปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด (total chlorophyll content) ของกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้น 0.25 % ร่วมกับสารละลายไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 10 ppm และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส	69
58	การเปลี่ยนแปลงค่า L (L value) ของกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้น 0.50 % ร่วมกับสารละลายไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 20 ppm และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 9 องศาเซลเซียส	70
59	การเปลี่ยนแปลงค่า L (L value) ของกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้น 0.25 % ร่วมกับสารละลายไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 10 ppm และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส	70
60	การเปลี่ยนแปลงค่า a (a value) ของกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้น 0.50 % ร่วมกับสารละลายไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 20 ppm และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 9 องศาเซลเซียส	71
61	การเปลี่ยนแปลงค่า a (a value) ของกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้น 0.25 % ร่วมกับสารละลายไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 10 ppm และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส	71
62	การเปลี่ยนแปลงค่า b (b value) ของกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้น 0.50 % ร่วมกับสารละลายไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 20 ppm และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 9 องศาเซลเซียส	72
63	การเปลี่ยนแปลงค่า b (b value) ของกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้น 0.25 % ร่วมกับสารละลายไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 10 ppm และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส	72

รายการตารางประกอบ (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
64	การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (total soluble solids) ของกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้น 0.50 % ร่วมกับสารละลายไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 20 ppm และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 9 องศาเซลเซียส	73
65	การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (total soluble solids) ของกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้น 0.25 % ร่วมกับสารละลายไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 10 ppm และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส	73
66	การเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินซี (vitamin C content) ของกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้น 0.50 % ร่วมกับสารละลายไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 20 ppm และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 9 องศาเซลเซียส	74
67	การเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินซี (vitamin C content) ของกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้น 0.25 % ร่วมกับสารละลายไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 10 ppm และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส	74
68	การเปลี่ยนแปลงปริมาณเส้นใย (fiber content) ของกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้น 0.50 % ร่วมกับสารละลายไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 20 ppm และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 9 องศาเซลเซียส	75
69	การเปลี่ยนแปลงปริมาณเส้นใย (fiber content) ของกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้น 0.25 % ร่วมกับสารละลายไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 10 ppm และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส	75
70	การเปลี่ยนแปลงปริมาณเพคติน (pectin content) ของกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้น 0.50 % ร่วมกับสารละลายไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 20 ppm และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 9 องศาเซลเซียส	76
71	การเปลี่ยนแปลงปริมาณเพคติน (pectin content) ของกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้น 0.25 % ร่วมกับสารละลายไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 10 ppm และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส	77
72	การเปลี่ยนแปลงอัตราการหายใจ (respiration rate) ของกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้น 0.50 % ร่วมกับสารละลายไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 20 ppm และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 9 องศาเซลเซียส	78
73	การเปลี่ยนแปลงอัตราการหายใจ (respiration rate) ของกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้น 0.25 % ร่วมกับสารละลายไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 10 ppm และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส	78

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายงานโครงการวิจัยฉบับสมบูรณ์

เรื่อง

ผลของขนาดพอลิเมอร์และความเข้มข้นของไคโตซานต่อการเติบโต ผลผลิต และการรักษาหลังการเก็บเกี่ยวของกระเจี๊ยบเขียว *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench. การติดเชื้อไวรัสเส้นใบเหลือง และการกัดกินของหนอนกระทู้หอม *Spodoptera exigua* Hubner, 1808

Effects of Polymer Size and Concentration of Chitosan on Growth, Reproduction, and Postharvest Storage of Okra *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench, Infection of *Okra yellow vein mosaic virus*, and Feeding of Beet Army Worm *Spodoptera exigua* Hubner, 1808

บทนำ

กระเจี๊ยบเขียว (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench.) เป็นพืชเศรษฐกิจส่งออกที่สำคัญที่นำรายได้เข้าสู่ประเทศไทยเฉลี่ยประมาณ 200 ถึง 300 ล้านบาท ต่อปี แต่จากปัญหาคุณภาพของผลผลิตที่ขาดมาตรฐานตามความต้องการของตลาดต่างประเทศ และผลผลิตเสียหายระหว่างการเพาะปลูกเนื่องจากปัญหาโรคและแมลงศัตรูพืช โดยเฉพาะโรคไวรัสเส้นใบเหลือง และหนอนเจาะสมอฝ้าย *(Heliothis armigera* Hubner) ส่งผลให้ปริมาณการผลิตไม่เพียงพอต่อการส่งออก ดังนั้นการส่งเสริมให้มีการผลิตกระเจี๊ยบเขียวให้ได้คุณภาพและมีปริมาณตามที่ตลาดโลกต้องการจึงถือเป็นสิ่งสำคัญที่จะชักนำเงินตราจากต่างประเทศเข้ามาสู่ประเทศไทยและจะทำให้เกษตรกรไทยผู้เพาะปลูกกระเจี๊ยบเขียวมีรายได้เพิ่มมากยิ่งขึ้น

เป็นที่ทราบกันโดยทั่วไปว่าไคติน และไคโตซานเป็นพอลิเมอร์ชีวภาพที่มีสมบัติทางชีวภาพและกายภาพที่ดีหลายประการ และได้ถูกนำไปประยุกต์ใช้อย่างกว้างขวางในด้านต่างๆ ทั้งทางด้านวิทยาศาสตร์การแพทย์ อุตสาหกรรมสิ่งทอ และทางด้านเกษตรกรรม ด้วยเล็งเห็นว่าไคตินเป็นสารที่ได้จากธรรมชาติ ในขณะที่ไคโตซานก็เป็นอนุพันธ์ของสารจากธรรมชาติซึ่งมีความปลอดภัยสูงต่อผู้ใช้ ปัจจุบันมีบริษัทเคมีภัณฑ์การเกษตรหลายบริษัทมีการผลิตและจัดจำหน่ายสารเร่งการเจริญเติบโต โดยระบุว่ามีไคโตซานเป็นองค์ประกอบหลักในการกระตุ้นการเจริญเติบโต และยังช่วยในการกระตุ้นให้พืชมีความสามารถในการต้านทานโรคสูงขึ้นอีกด้วย เพื่อเป็นทางเลือกใหม่สำหรับเกษตรกรนอกเหนือไปจากการใช้สารเคมีสังเคราะห์ที่อาจมีผลต่อสุขภาพของผู้ใช้และสิ่งแวดล้อม อย่างไรก็ดีการศึกษาวิจัยเพื่อแสดงถึงผลของไคติน/ไคโตซานที่มีต่อการเจริญเติบโตของพืชและการให้ผลผลิต รวมถึงกระบวนการทางสรีรวิทยาภายในพืชยังมีน้อยมาก นอกจากนี้ไคโตซานที่มีจำหน่ายในท้องตลาดในปัจจุบัน มีความแตกต่างกันเป็นอย่างมากในแง่ของขนาดพอลิเมอร์และความเข้มข้น ซึ่งผลของปัจจัยดังกล่าวที่มีต่อพืชยังไม่เป็นที่เข้าใจแน่ชัด ดังนั้นในการวิจัยนี้จึงมุ่งทำการศึกษาผลของขนาดพอลิเมอร์และความเข้มข้นของไคโตซานที่มีต่อการเติบโตของต้นกระเจี๊ยบเขียว ปริมาณและคุณภาพของฝักกระเจี๊ยบเขียว ตลอดจนการเก็บรักษาหลังการเก็บเกี่ยว การติดเชื้อไวรัสเส้นใบเหลือง ปริมาณ Proteinase inhibitor และการกัดกินของหนอนศัตรูพืช ซึ่งข้อมูลที่ได้จะสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการเพาะปลูกและผลิตกระเจี๊ยบเขียวเพื่อการส่งออก อีกทั้งอาจนำความรู้ที่ได้นี้ไปประยุกต์ใช้กับพืชชนิดอื่น ๆ ที่ประสบปัญหาคล้ายคลึงกันนี้ได้อีก

วัตถุประสงค์ของโครงการ

เพื่อศึกษาผลของขนาดพอลิเมอร์และความเข้มข้นของไคโตซานต่อการเติบโตของต้นกระเจี๊ยบเขียว จำนวนและคุณภาพของฝักกระเจี๊ยบเขียว ตลอดจนการเก็บรักษาหลังการเก็บเกี่ยว การติดเชื้อของโรคไวรัสเส้นใบเหลืองในกระเจี๊ยบเขียว และการกัดกินของหนอนศัตรูพืชในกระเจี๊ยบเขียว

ผลงานตลอดระยะเวลาวิจัยโดยสังเขป

การทดลองในส่วนที่ 1

คณะผู้วิจัยได้ทำการออกแบบและดำเนินการทดลองเพื่อศึกษาผลของขนาดพอลิเมอร์และความเข้มข้นของไคโตซานที่มีต่อการเติบโตของต้นกระเจี๊ยบเขียว จำนวนและคุณภาพของฝักกระเจี๊ยบเขียว ตลอดจนอายุการเก็บรักษาหลังการเก็บเกี่ยว และการติดเชื้อของโรคไวรัสเส้นใบเหลืองในกระเจี๊ยบเขียว โดยเมื่อเริ่มทำการทดลองได้ออกแบบการทดลองแบบ Random Complete Block Design (RCBD) เพื่อตรวจสอบผลของไคโตซาน 9 รูปแบบ คือ

1. Polymeric chitosan ซึ่งมี 80 % DD ที่ความเข้มข้น 25 ppm
2. Polymeric chitosan ซึ่งมี 80 % DD ที่ความเข้มข้น 50 ppm
3. Polymeric chitosan ซึ่งมี 80 % DD ที่ความเข้มข้น 100 ppm
4. Oligomeric chitosan ซึ่งมี 80% DD ที่ความเข้มข้น 25 ppm
5. Oligomeric chitosan ซึ่งมี 80% DD ที่ความเข้มข้น 50 ppm
6. Oligomeric chitosan ซึ่งมี 80% DD ที่ความเข้มข้น 100 ppm
7. Uncharacterized commercial chitosan ที่ความเข้มข้น 25 ppm
8. Uncharacterized commercial chitosan ที่ความเข้มข้น 50 ppm
9. Uncharacterized commercial chitosan ที่ความเข้มข้น 100 ppm

และการทดลองชุดควบคุมที่ไม่ได้รับไคโตซานอีก 1 ชุดการทดลอง รวมเป็นชุดการทดลองทั้งสิ้น 10 ชุดการทดลอง ทำการทดลองทั้งสิ้น 6 ซ้ำ

เก็บผลการทดลอง เกี่ยวกับการเติบโตของต้นกระเจี๊ยบเขียว จำนวนและคุณภาพของฝักกระเจี๊ยบเขียว (2 ฤดูกาลปลูกในปี พ.ศ. 2547 และ 2548 ตามลำดับ) ตลอดจนอายุการเก็บรักษาหลังการเก็บเกี่ยว และการติดเชื้อของโรคไวรัสเส้นใบเหลืองในกระเจี๊ยบเขียว (เฉพาะปี พ.ศ. 2547) เป็นเวลา 8 สัปดาห์ และทำการวิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติ

การทดลองในส่วนที่ 2

คณะผู้วิจัยได้ทำการออกแบบและดำเนินการทดลองเพื่อศึกษาผลของขนาดพอลิเมอร์ของไคโตซานต่อการกัดกินของหนอนศัตรูพืชในกระเจี๊ยบเขียว และปริมาณของ proteinase inhibitor ในใบ โดยพิจารณา 1 ปัจจัย ได้แก่ ไคโตซานที่มีขนาดของพอลิเมอร์ต่างกัน 2 ขนาด คือ O และ P (80 % DD) และไคโตซานที่มีจำหน่ายเป็นการค้าอีก 1 ตัวอย่าง โดยให้ไคโตซานที่ความเข้มข้น 50 ppm ดังนั้นจึงวางแผนการทดลองแบบ CRD มีชุดการทดลองเป็น 3+1 (ชุดควบคุม) จำนวนซ้ำ 4 ซ้ำ เก็บผลการทดลองและทำการวิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติ

การทดลองในส่วนที่ 3

คณะผู้วิจัยได้ทำการออกแบบและดำเนินการทดลองเพื่อศึกษาผลของขนาดพอลิเมอร์ และความเข้มข้นของไคโตซานและแคลเซียมคลอไรด์ต่อการเก็บรักษาฝักกระเจี๊ยบเขียวหลังการเก็บเกี่ยว โดยเมื่อเริ่มทำการทดลองได้ออกแบบการทดลองแบบ CRD เพื่อตรวจสอบผลของ

ไคโตซาน 5 รูปแบบ คือ

1. Oligomeric chitosan ซึ่งมี 80% DD ที่ความเข้มข้น 5 ppm
2. Oligomeric chitosan ซึ่งมี 80% DD ที่ความเข้มข้น 10 ppm
3. Oligomeric chitosan ซึ่งมี 80% DD ที่ความเข้มข้น 20 ppm

4. Oligomeric chitosan ซึ่งมี 80% DD ที่ความเข้มข้น 50 ppm
5. Oligomeric chitosan ซึ่งมี 80% DD ที่ความเข้มข้น 100 ppm

และแคลเซียมคลอไรด์ 8 รูปแบบ คือ

1. สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ที่ความเข้มข้น 0.1 % (w/v)
2. สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ที่ความเข้มข้น 0.25 % (w/v)
3. สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ที่ความเข้มข้น 0.5 % (w/v)
4. สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ที่ความเข้มข้น 0.75 % (w/v)
5. สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ที่ความเข้มข้น 1 % (w/v)
6. สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ที่ความเข้มข้น 2 % (w/v)
7. สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ที่ความเข้มข้น 3 % (w/v)
8. สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ที่ความเข้มข้น 4 % (w/v)

โดยมีการทดลองชุดควบคุมที่ไม่ได้รับไคโตซานและแคลเซียมคลอไรด์ อีก 1 ชุดการทดลอง ทำการทดลองทั้งสิ้น 4 ซ้ำ เก็บรักษาที่ 2 อุณหภูมิคือ 9 และ 18 องศาเซลเซียส เก็บผลการทดลองและทำการวิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติ จากนั้นจึงคัดเลือกไคโตซานและสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นที่เหมาะสมที่สุดต่อการรักษาคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของกระเจี๊ยบเขียวเพื่อศึกษาอิทธิพลร่วมของไคโตซานและสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ต่อการเก็บรักษาฝักกระเจี๊ยบเขียวหลังการเก็บเกี่ยว ออกแบบการทดลองแบบ CRD เพื่อตรวจสอบผลของ

1. สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นที่เหมาะสมที่สุดจากการทดลองเบื้องต้น

2. Oligomeric chitosan ซึ่งมี 80% DD ความเข้มข้นที่เหมาะสมที่สุดจากการทดลองเบื้องต้น

3. สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นที่เหมาะสมที่สุดจากการทดลองเบื้องต้น ผสมกับ Oligomeric chitosan ซึ่งมี 80% DD ความเข้มข้นที่เหมาะสมที่สุดจากการทดลองเบื้องต้น

4. สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นที่เหมาะสมที่สุดจากการทดลองเบื้องต้น ทิ้งไว้ให้แห้ง แล้วแช่ใน Oligomeric chitosan ซึ่งมี 80% DD ความเข้มข้น ที่เหมาะสมที่สุดจากการทดลองจากการทดลองเบื้องต้น

5. Oligomeric chitosan ซึ่งมี 80% DD ความเข้มข้นที่เหมาะสมที่สุดจากการทดลองจากการทดลองเบื้องต้นทิ้งไว้ให้แห้ง แล้วแช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นที่เหมาะสมที่สุดจากการทดลองเบื้องต้น

โดยมีการทดลองชุดควบคุมที่ไม่ได้รับไคโตซานและแคลเซียมคลอไรด์อีก 1 ชุดการทดลอง ทำการทดลองทั้งสิ้น 4 ซ้ำ เก็บรักษาที่ 2 อุณหภูมิคือ 9 และ 18 องศาเซลเซียส เก็บผลการทดลองและทำการวิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การสำรวจแนวความคิดและการวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. ประวัติความเป็นมาและความสำคัญของไคติน –ไคโตซาน

ไคติน (Chitin) มาจากภาษากรีกแปลว่า เยื่อแผ่นที่ห่อหุ้มอวัยวะ(tunic) หรือเครื่องห่อหุ้มและปกคลุม (envelope) (Muzzarelli, 1976) ไคตินได้รับการกล่าวถึงครั้งแรกในปี ค.ศ.1811 โดย Braconnot นักวิทยาศาสตร์ชาวฝรั่งเศส ที่ได้ทำการทดลองต้มเห็ด *Agaricus volvaceus* Bull และเห็ดชนิดอื่น ๆ ด้วยด่าง เพื่อสกัดไคติน ในอดีตการศึกษาเกี่ยวกับไคตินค่อนข้างมีน้อยเนื่องจากไคตินย่อยสลายได้เองตามธรรมชาติ ต่อมาในปี ค.ศ. 1859 มีการรายงานถึงไคโตซานเป็นครั้งแรกโดย Rouget จากการนำไคตินไปต้มในสารละลาย Potassium hydroxide ที่มีความเข้มข้นสูง ซึ่งทำให้ไคตินดังกล่าว สามารถละลายได้ในกรดอินทรีย์ ซึ่ง Rouget เรียกไคตินลักษณะนี้ว่า Modified chitin ซึ่งต่อมาในปี ค.ศ. 1894 Hoppe-Seyler ได้ทำการศึกษาซ้ำอีกครั้ง และกำหนดชื่อใหม่แก่ Modified chitin ว่า ไคโตซาน (Chitosan) (Muzzarelli, 1976)

ไคติน (Poly(2-acetamino-2-deoxy-D-glucose) หรือ Poly(N-acetylglucosemine)) (Horton et al., 1993) เป็นมวลชีวภาพที่มีปริมาณมากเป็นอันดับสองรองจากเซลลูโลส (Cellulose) ทำหน้าที่เป็นโครงสร้างที่ให้ความแข็งแรงและป้องกันอันตรายให้แก่สิ่งมีชีวิตในกลุ่ม Crustacean เช่น เป็นแกนหมึก เปลือกตัวของกุ้ง และ ปู และยังพบได้ในหอยเปลือกแข็งพวก Mollusca รวมถึงพวกหอยมุก (Gastropoda) ส่วนในกลุ่ม Insecta พบในไหมและโครงสร้างที่เป็นเปลือกของตัวแมลงชนิดต่าง ๆ นอกจากนี้ไคตินยังเป็นองค์ประกอบของเห็ด ยีสต์ ผนังเซลล์ของเชื้อรา และพบในจุลินทรีย์อีกหลายชนิด (สุวลี จันทร์กระจ่าง, 2543) แม้กระทั่งร่างกายของมนุษย์เองก็มีไคตินเช่นกัน (Campbell, Reece, and Mitchell, 1999)

โครงสร้างของไคติน มีความคล้ายคลึงกับเซลลูโลส ต่างกันที่หน่วย อนุพันธ์ย่อย โดยเซลลูโลสจะเป็น D-glucose แต่ของไคตินจะเป็น N-acetylglucosamine จากการ ศึกษาโดยการใช้รังสีเอกซ์เรย์ (X-ray) ทำให้สามารถแบ่งรูปผลึกของไคติน (Polymorphic crystalline chitin conformation) ได้เป็น 3 ลักษณะ คือ ไคตินแบบแอลฟา (α-chitin) เบตา (β-chitin) และแกมมา (γ-chitin) ความแตกต่างของผลึกทั้งสามแบบเกิดจากการเรียงตัวของโมเลกุลที่แตกต่างกัน (Muzzarelli, 1976) โดยการเรียงตัวกันแบบเป็นแผ่นที่ซ้อนทับกัน (pleated sheet) จะเรียงได้สองแบบคือ แบบขนานที่หันไปในทิศทางเดียวกัน (Parallel pattern) เกิดเป็น β-chitin เช่นที่พบในแกนหมึก และแบบขนานที่สวนทางกัน (Anti-parallel pattern) เกิดเป็น α-chitin เช่นที่พบได้ใน ไคตินที่อยู่บนเปลือกของกุ้งและปู สำหรับโครงสร้างที่เรียงสลับกันระหว่างทั้งสองรูปแบบจะเกิดเป็น γ-chitin (สุวลี จันทร์กระจ่าง, 2542) ในธรรมชาติจะพบว่ามีไคตินแบบ α-chitin มากที่สุด ทั้งนี้เพราะโครงสร้างมีเสถียรภาพมากกว่าแบบอื่น ๆ (Muzzarelli, 1976)

การกำจัดหมู่อะซิติล (Deacetylation) ทำให้ไคตินซึ่งละลายน้ำและกรดอินทรีย์ได้ยากเปลี่ยนเป็นไคโตซาน (Poly (2-amino-2deoxy-D-glucose) หรือ Poly (N-glucosamine)) ที่สามารถละลายได้ดีในกรดอินทรีย์ ที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างของสารละลายน้อยกว่า 6 (Li et al., 1997) การลดลงของหมู่อะซิติล (CH_3CO-)ในไคตินจะทำให้จำนวนของหมู่อะมิโน (-NH_2) เพิ่มมากขึ้น ซึ่งเป็นการเพิ่มสมบัติของการเป็นสารที่มีประจุบวก (Polycationic) ให้มีมากขึ้น และมีสมบัติของการเป็นไคโตซานที่เพิ่มขึ้น (Chitosan generation) ซึ่งจะวัดได้จากค่าระดับการกำจัดหมู่อะซิติล (Degree of Deacetylation, DD) โดยคิดเป็นหน่วยร้อยละ (% DD) ซึ่งโดยมากช่วงของ % DD มักอยู่ระหว่าง 70-95 % ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับกรรมวิธีในการแปรรูปไคตินให้เป็นไคโตซาน (ปิยะบุตร วานิชพงษ์พันธุ์ และ สุวลี จันทร์กระจ่าง, 2542) แต่ในรายงานวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่จะนิยามไคโตซานว่าจะต้องมี % DD มากกว่า 70 % ขึ้นไป (Li et al., 1997)

2. ไคติน-ไคโตซานในประเทศไทย

สำหรับในประเทศไทยมีการผลิตไคติน-ไคโตซานมาเป็นเวลาหลายปีแล้ว แต่ยังไม่เป็นที่แพร่หลาย อย่างไรก็ดีในช่วง 3-5 ปีที่ผ่านมา ความสนใจของการใช้ไคติน-ไคโตซานเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากมีการนำเข้าผลิตภัณฑ์จากต่างประเทศที่มี

ส่วนประกอบของไคติน-ไคโตซาน จึงทำให้เกิดความตื่นตัวในการพัฒนาและศึกษาวิจัยไคติน-ไคโตซาน ภายในประเทศมากขึ้น เนื่องจากประเทศไทยค่อนข้างได้เปรียบในด้านวัตถุดิบที่จะนำมาผลิต ซึ่งได้แก่ เศษวัสดุจากอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ เช่น เปลือกกุ้ง และเปลือกปู การนำเศษวัสดุเหล่านี้ไปใช้ในการผลิตไคติน-ไคโตซาน เป็นการใช้ทรัพยากรธรรมชาติเหลือใช้ที่มีอยู่ในประเทศให้เกิดประโยชน์ และคุ้มค่ามากที่สุด และยังเป็นการเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์ อีกทั้งจะนำไปสู่การลดการนำเข้าผลิตภัณฑ์ที่มีไคติน-ไคโตซานเป็นองค์ประกอบจากต่างประเทศได้อีกด้วย ทำให้ช่วยลดการขาดดุลทางการค้าระหว่างประเทศได้ (สุวลี จันทร์กระจ่าง, 2542)

3. การประยุกต์ใช้ ไคติน-ไคโตซาน ในด้านการเกษตร

ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันพบว่าไคติน-ไคโตซานได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในด้านการเกษตรในรูปแบบที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการใช้ อาทิเช่น การนำไปใช้เพื่อในการปกป้องเมล็ดพันธุ์พืชและผลผลิต การนำไปใช้เป็นสารกระตุ้น หรือเร่งเจริญเติบโตของพืช การนำไปใช้ในการป้องกันโรคพืช รวมถึงการนำไปใช้ในรูปแบบของปุ๋ยชีวภาพ เป็นต้น

3.1. ไคโตซานกับการเจริญเติบโตของพืช

ในช่วงเวลา 3-4 ปี ที่ผ่านมา ไคโตซานได้เข้ามามีบทบาทสำคัญในด้านการเกษตรของประเทศไทย โดยเกษตรกรได้ใช้เป็นสารกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืช จากการ ศึกษาทดลองที่ผ่านมาแสดงให้เห็นว่าไคโตซานสามารถเพิ่มอัตราการงอกของเมล็ด การรอดชีวิตของต้นกล้า (Wongchai et al., 2004) ย่นระยะเวลาการงอกของเมล็ดให้สั้นลง เร่งการเจริญเติบโต และเพิ่มปริมาณผลผลิตทำให้เก็บผลผลิตได้เร็วและมากขึ้น (สถิต พูลทรัพย์, 2543) แต่ทั้งนี้การตอบสนองของพืชที่มีต่อไคโตซานในแต่ละกรณีจะแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับชนิดของพืช ชนิดและความเข้มข้นของไคโตซานที่ใช้ รวมถึงวิธีการให้ไคโตซาน และวิธีการเพาะปลูกอีกด้วย

ไคโตซานสามารถกระตุ้นและชักนำให้เกิดการสร้างดอกในพืชได้เมื่อใช้ใน ชนิด รูปแบบ และความเข้มข้นที่เหมาะสม จากการให้ไคโตซานโดยการพ่นทุก 1 สัปดาห์แก่กล้วยไม้สกุลหวาย (*Dendrobium* ‘EISKUL’) ที่ทำการเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 68 สัปดาห์ พบว่าไคโตซานสามารถกระตุ้นให้เกิดการเพิ่มจำนวนช่อดอกต่อต้นในกล้วยไม้ชนิดนี้ได้ ซึ่งไคโตซานที่แสดงผลดังกล่าวมีชนิดและความเข้มข้นต่าง ๆ กันคือ ชนิด 70 % DD Oligomeric chitosan ที่ความเข้มข้น 100 ppm ชนิด 80 % DD Oligomeric chitosan ที่ความเข้มข้น 1 10 50 และ 100 ppm ชนิด 90 % DD polymeric chitosan ที่ความเข้มข้น 10 และ 50 ppm และชนิด 90 % DD Oligomeric chitosan ที่ความเข้มข้น 1 ppm สำหรับไคโตซานชนิด 70 % DD Polymeric chitosan ที่ความเข้มข้น 100 ppm และ 80 % DD Oligomeric chitosan ที่ความเข้มข้น 10 ppm นั้น สามารถกระตุ้นให้กล้วยไม้ชนิดนี้มีจำนวนดอกต่อช่อ เพิ่มมากขึ้นได้ นอกจากนี้ยังพบว่ากล้วยไม้ที่ได้รับ ไคโตซานทุกชนิดและทุกความเข้มข้นที่ทดสอบสามารถออกดอกได้เร็วกว่าต้นในชุดการทดลองควบคุมที่ไม่ได้รับไคโตซานอย่างมีนัยสำคัญ (Limpanavetch et al., 2004) นอกจากนี้ยังพบรายงานการทดลองเบื้องต้นว่า ไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 10-15 ppm มีผลต่อการเพิ่มจำนวนโพรโทคอร์ม ของเอื้องเงินหลวง (*Dendrobium formosum* Roxb. Ex Lindl) และ *Dendrobium* ‘EISKUL’ และมีผลต่อการเติบโตของต้นอ่อนของเอื้องสายสามสี (*Dendrobium crystallinum* Rchb.f.) และรองเท้านารี (*Paphiopedilum sanderianum* (Rchb.f.)) มากไปกว่านั้น ไคโตซานที่ความเข้มข้น 10 ppm ยังมีผลกระตุ้นการเกิดรากของต้นอ่อนกล้วยไม้เอื้องเงินหลวงอีกด้วย ทั้งนี้สูตรอาหารที่ใช้ในการทดลองก็มีผลต่อการตอบสนองของกล้วยไม้ต่อไคโตซานด้วยเช่นกัน (พัชรา ลิมปนะเวช, 2548) สำหรับการแช่ต้นกล้วยไม้รองเท้านารีลูกผสมระหว่าง *P. bellatulum* (Rchb.f) และ *P. angthong* ที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อในไคโตซานที่ความเข้มข้น 2.5 5.0 10.0 20.0 และ 40.0 ppm ก่อนทำการย้ายปลูกร่วมกับการพ่นทางใบทุก ๆ 7 วัน เป็นเวลา 2 เดือน พบว่าไคโตซานสามารถกระตุ้นให้ต้นกล้วยไม้ดังกล่าวงอกราก สร้างใบใหม่ และมีขนาดใบที่ใหญ่และยาวขึ้น อีกทั้งมีการรอดชีวิตสูงกว่ากล้วยไม้ในชุดการทดลองควบคุมที่ไม่ได้รับไคโตซาน (ชนัสพร เกลี้ยงแก้ว สุวลี จันทร์กระจ่าง และพัลภา เศวตศิลา, 2546) และจากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อกล้วยไม้สกุลหวาย *Dendrobium* ด้วยอาหารเหลวสูตร Vacin and Went ที่มีการเติมไคโตซานแบบ Oligomer ที่ความเข้มข้น 5 10 15 20 และ 25 ppm หลังจากทำการเพาะเลี้ยงไป 6 สัปดาห์ พบว่าโพรโทคอร์มของ

กล้วยไม้ที่เลี้ยงในอาหารเหลวที่มีไคโตซานที่ความเข้มข้น 15 ppm จะมีน้ำหนักสดมากที่สุด และจากการให้ไคโตซานที่ความเข้มข้นดังกล่าวแต่มีขนาดโมเลกุลต่างกันพบว่า ไคโตซานที่มีขนาดโมเลกุลแบบ Oligomer สามารถชักนำให้โพรโทคอร์มของกล้วยไม้ มีน้ำหนักสดมากที่สุดเมื่อเลี้ยงได้ 3 และ 6 สัปดาห์ ในขณะที่การให้ไคโตซานที่มีขนาดโมเลกุล 10 kDa และ 100 kDa ให้ผลรองลงมาตามลำดับ สำหรับการทดลองที่เปรียบเทียบเฉพาะการให้ไคโตซานที่มีขนาดโมเลกุล 10 kDa ที่ผลิตจากเปลือกกุ้งและจากเชื้อรา พบว่าน้ำหนักสดของโพรโทคอร์มที่เลี้ยงในอาหารที่เติม ไคโตซานความเข้มข้น 15 ppm ทั้งที่ผลิตจากเปลือกกุ้งและเชื้อรามีน้ำหนักมากขึ้น เมื่อทำการเพาะเลี้ยงผ่านไปได้ 6 สัปดาห์ แต่น้ำหนักสดของโพรโทคอร์มในชุดการทดลองที่เติมไคโตซานที่ผลิตได้จากเปลือกกุ้งไม่ต่างจากชุดการทดลองที่ไม่ได้เติมไคโตซานอย่างมีนัยสำคัญ ตรงกันข้ามกับน้ำหนักสดของโพรโทคอร์มในชุดการทดลองที่เติมไคโตซานที่ผลิตจากเชื้อรา ซึ่งพบว่ามากกว่า ชุดการทดลองที่ได้รับไคโตซานที่ความเข้มข้น 10 และ 20 ppm อย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ในการทดลองที่เปรียบเทียบการใช้ไคโตซานที่ผลิตจากเปลือกกุ้ง เชื้อรา และ Oligomer chitosan ในการเติมลงในอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ที่ความเข้มข้น 15 ppm พบว่าไคโตซานทั้ง 3 แบบมีผลทำให้น้ำหนักสดของโพรโทคอร์มของกล้วยไม้สูงกว่าชุดการทดลองที่ไม่ได้รับไคโตซาน ในสัปดาห์ที่ 6 โดยน้ำหนักสดของโพรโทคอร์มกล้วยไม้ที่ได้รับไคโตซานจากเชื้อราเพิ่มขึ้นมากที่สุด ในขณะที่การให้ไคโตซานจากเปลือกกุ้ง มีผลทำให้น้ำหนักสดของโพรโทคอร์มเพิ่มขึ้นน้อยที่สุด ซึ่งจากการทดลองดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า ความเข้มข้น และขนาดโมเลกุลของไคโตซาน และแหล่งของ ไคโตซานที่แตกต่างกันมีผลต่อน้ำหนักสดของโพรโทคอร์มกล้วยไม้แตกต่างกันออกไป (สุวลี จันทร์กระจ่าง และ คิน เล งี, 2547)

จากการศึกษาพบว่าไคโตซานมีผลต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพของดอกของ Lisianthus (*Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn. 'Kairyou Wakamurasaki') ซึ่งจากการแช่เมล็ดของพืชชนิดนี้ในไคโตซานที่ความเข้มข้น 1 % (w/v) เป็นเวลา 1 ชั่วโมงก่อนปลูก และใช้ ไคโตซานผสมในวัสดุปลูกในอัตราส่วน 1 % (w/w) พบว่า การผสมไคโตซานในวัสดุปลูกมีผลทำให้ความยาวของยอด ลำต้น ขนาดของใบ และน้ำหนักแห้งของต้นและรากสูงกว่าชุดการทดลองที่ไม่ได้รับไคโตซานอย่างมีนัยสำคัญ ในสัปดาห์ที่ 8 และ 11 ของการเพาะปลูก แต่การแช่เมล็ดใน ไคโตซานก่อนการปลูกนั้นให้ผลไม่แตกต่างจากชุดการทดลองควบคุม นอกจากนี้ยังพบว่าการใช้ไคโตซานผสมในวัสดุปลูกดังกล่าวมีผลทำให้ Lisianthus ออกดอกเร็วขึ้น มีจำนวนดอก น้ำหนักของดอก และคุณภาพของดอกสูงกว่าชุดการทดลองควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ (Ohta et al., 1999) นอกจากนี้ไคโตซานยังถูกนำไปประยุกต์ใช้ร่วมกับน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวเช่น น้ำตาลกลูโคส (Glucose) กาแลคโตส (Galactose) ฟรุกโตส (Fructose) และ แรมโนส (Rhamnose) เพื่อศึกษาผลที่มีต่อการเติบโตและการสร้างสีในกลีบดอกของ Lisianthus พันธุ์ Asuka no Asa Mickey Rose และ Royal Violet โดยเปรียบเทียบระหว่างตาดอกที่แช่ในไคโตซานและ/หรือน้ำตาลชนิดต่าง ๆ ที่กล่าวมาข้างต้น ในหลอดทดลอง และเปรียบเทียบกับตาดอกที่เติบโตบนต้นซึ่งให้ไคโตซานทางใบ พบว่า ชนิดพันธุ์พืชทดลอง ชนิดของน้ำตาล และวิธีการให้ไคโตซาน มีผลต่อการเจริญเติบโต และการเปลี่ยนแปลงของสีของกลีบดอกแตกต่างกัน เช่น ในการแช่ตาดอก Lisianthus พันธุ์ Asuka no Asa ในน้ำตาลเพียงอย่างเดียวมีตาดอกขนาดใหญ่กว่าตาดอกของชุดการทดลองควบคุม แต่ตาดอกที่แช่ในสารละลายน้ำตาลร่วมกับไคโตซานกลับให้ผลไม่แตกต่างจากชุดการทดลองควบคุม ในขณะที่ตาดอก Lisianthus พันธุ์ Mickey Rose ที่แช่ในน้ำตาลชนิดต่าง ๆ เพียงอย่างเดียว หรือมีการแช่ในไคโตซานร่วมกับน้ำตาลชนิดต่าง ๆ พบว่าขนาดของตาดอกไม่มีความแตกต่างจากชุดการทดลองควบคุม อย่างไรก็ดีตาดอกของ Lisianthus พันธุ์ Asuka no Asa ที่แช่ในน้ำตาลกลูโคส หรือน้ำตาล ฟรุกโตสเพียงอย่างเดียว หรือที่แช่ในน้ำตาลชนิดต่าง ๆ (ยกเว้นน้ำตาลกาแลกโตส) ร่วมกับไคโตซาน มีผลชักนำให้มีการสร้าง Anthocyanin ในกลีบดอกในปริมาณที่สูงกว่าชุดการทดลองควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ในการทดลองครั้งนี้ยังพบว่าในชุดการทดลองที่แช่ตาดอกในไคโตซานเพียงอย่างเดียวไม่มีผลต่อการสร้าง Anthocyanin อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งตรงกันข้ามกับชุดการทดลองที่ให้ไคโตซานทางใบในแปลงทดลอง นอกจากนี้พบว่าการแช่ตาดอกในสารละลายน้ำตาลชนิดต่าง ๆ ร่วมกับไคโตซาน และการให้ไคโตซานเพียงอย่างเดียวแก่ Lisianthus พันธุ์ Royal Violet ที่ปลูกในแปลงทดลอง พบว่ามีปริมาณ Anthocyanin ในกลีบดอกเพิ่มขึ้น (Uddin et al., 2004)

ไคโตซานยังมีผลต่อการเติบโตของเยอบีร่า (*Gerbera jamesonii* Bolus) โดยพบว่าการให้ไคโตซานแก่เยอบีร่าในระยะ vegetative growth จนพืชมีอายุครบ 3 เดือน พบว่าเยอบีร่ามีจำนวนใบ ขนาดใบ ความยาวของก้านดอก และจำนวนช่อดอกเพิ่มขึ้นมากกว่าต้นที่ไม่ได้รับไคโตซานอย่างมีนัยสำคัญ (Wanichpongpan, Suriyachan and Chandkrachang, 2000)

ในการทดลองเบื้องต้น เพื่อศึกษาผลของไคโตซานที่มีต่อการเติบโตของคะน้า (*Brassica alboglabra* Bailey) และพริก (*Capsicum* sp.) โดยการฉีดพ่นไคโตซาน (Biochem-2, บริษัทแมเนจเมนท์ เอ็กซ์เซลเลนท์ กรุ๊ป จำกัด กรุงเทพมหานคร) ที่ความเข้มข้น 3.75 7.50 11.25 และ 15.0 ppm ทุกสัปดาห์ เป็นเวลา 2 เดือน พบว่ามีผลทำให้น้ำหนักสดเฉลี่ยต่อต้นของคะน้าที่เก็บเกี่ยวได้สูงกว่าคะน้าที่ไม่ได้รับไคโตซาน และ สามารถชักนำให้พริกมีลำต้นสูงกว่าชุดการทดลองควบคุมที่ไม่ได้รับไคโตซาน นอกจากนี้ยังพบอีกว่าการให้ไคโตซานที่ความเข้มข้น 3.75 ppm มีแนวโน้มที่จะทำให้น้ำหนักสดของคะน้าและความสูงของพริกที่วัดได้ ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 2 เป็นต้นไปสูงกว่าการให้ไคโตซานที่ความเข้มข้นอื่น ๆ (สุวลี จันทร์กระจ่าง, เพ็ญใจ สมพงษ์ชัยกุล, และสมชาย ต่วนต่าย, 2546)

การใช้ไคโตซานในรูปของไคโตเจล (Chitogel) ที่ความเข้มข้น 1.75 % (v/v) ผสมในอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ Martin et al. medium (1987) เพื่อเพาะเลี้ยงตายอดขององุ่น (*Vitis vinifera* L. cv. Chardonnay clone 7535) พบว่า ไคโตเจลที่ความเข้มข้นดังกล่าวสามารถชักนำให้ยอดองุ่นที่เพาะในหลอดทดลองมีความยาวมากที่สุด โดยต่างจากชุดการทดลองควบคุมที่ไม่ได้รับไคโตซานอย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตามยังพบว่าการให้ไคโตซานที่ระดับความเข้มข้นสูงกว่า 1.75 % (v/v) กลับส่งผลให้ยอดองุ่นเจริญเติบโตได้น้อยกว่าชุดการทดลองควบคุม นอกจากนี้ยังพบว่าไคโตซานที่ความเข้มข้น 1.75 % (v/v) ส่งเสริมให้รากองุ่นเจริญเติบโตดีขึ้น มีการแตกแขนงมากกว่าปกติ และจากการวัดความยาวลำต้น นับจำนวนข้อ วัดน้ำหนักแห้งของยอดและราก รวมถึงมวลชีวภาพทั้งหมด พบว่าองุ่นที่ได้รับไคโตซานมีค่าการเติบโตต่าง ๆ ข้างต้น สูงกว่าองุ่นในชุดการทดลองควบคุมทั้งสิ้น สำหรับการสังเคราะห์แสงพบว่าต้นองุ่นที่ปลูกเลี้ยงในอาหารที่มีไคโตเจลสามารถผลิตก๊าซออกซิเจน (O_2 production (nmol $min^{-1}cm^{-2}$)) และตรึงก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2 fixation (μmol $m^{-2}s^{-1}$)) ได้มากกว่าต้นองุ่นในชุดควบคุม และจากการวัดอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง พบว่า ไคโตเจลสามารถกระตุ้นให้ต้นองุ่นสังเคราะห์แสงได้มากขึ้นอีกด้วย (Barka et al., 2004)

มีรายงานการทดลองที่แสดงให้เห็นว่าการให้ไคโตซานสามารถช่วยลดความเสียหายในพืชที่ได้รับพิษโลหะหนักได้ (วานาเดียม) โดยเมื่อให้ไคโตซานที่ผ่านการฉายรังสีแกมมาขนาด 70-200 kGy ที่ความเข้มข้น 200 μg/ml สามารถลดการสะสมของธาตุวานาเดียมในยอดและรากของต้นกล้าข้าว (*Oryza sativa* L.) ได้ 75 % และ 45 % ตามลำดับ ส่วนในต้นกล้าข้าวสาลี (*Triticum aestivum* L.) ลดได้ 86% และ 21.38% ตามลำดับ อีกทั้งยังพบว่าน้ำหนักแห้งของต้นกล้าพืชทั้งสองชนิดที่ได้รับไคโตซาน มีค่าสูงกว่าชุดการทดลองควบคุม โดยการให้ไคโตซานที่ความเข้มข้น 100 μg/ml ทำให้น้ำหนักแห้งของต้นข้าวและข้าวสาลีเพิ่มขึ้น 8 % และ 41 % ตามลำดับ สำหรับไคโตซานที่ความเข้มข้น 200 μg/ml ทำให้น้ำหนักแห้งต้นของข้าวและข้าวสาลีเพิ่มขึ้นได้ 24 % และ 40 % ตามลำดับ (Tham et al., 2001) และจากการศึกษาการเจริญเติบโตของต้นและผลผลิตของข้าวฟ่าง (*Seteria italica* (L.) P. Beauv.) ที่ได้รับไคโตซานสูตร Elexa™ พบว่าไคโตซานสามารถกระตุ้นให้ข้าวฟ่างมีการเจริญเติบโตและการสร้างผลผลิตที่ดีขึ้น โดยการแช่เมล็ดข้าวฟ่างด้วยไคโตซานที่มีความเข้มข้นประมาณ 2,000 ppm เป็นเวลา 6 ชั่วโมง มีผลทำให้เมล็ดข้าวฟ่างมีอัตราการงอก (% germination) และมีความมีชีวิต (Vigour index) สูงขึ้น นอกจากนี้ไคโตซานที่ระดับความเข้มข้นดังกล่าวยังสามารถชักนำให้ข้าวฟ่างมีความสูงของต้น ขนาดของรวงและน้ำหนักของเมล็ดสูงกว่าข้าวฟ่างในชุดการทดลองควบคุมที่ไม่ได้รับไคโตซาน อย่างมีนัยสำคัญ (Sharathchandra et al., 2004)

3.2. ไคโตซานกับการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของพืช

การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของพืชทั้งภายในและภายนอกนั้นเกิดขึ้นได้จากหลากหลายปัจจัย เช่น การเปลี่ยนแปลงของปัจจัยที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตของพืช เช่น น้ำ ธาตุอาหาร แสง และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ การเปลี่ยนแปลงของสภาพสิ่งแวดล้อมที่พืชนั้นอาศัยอยู่ เช่น สภาพภูมิอากาศ การเปลี่ยนแปลงของระดับฮอร์โมน หรือแม้กระทั่งการได้รับการกระตุ้นจาก

เชื้อโรคหรือสารเคมี เป็นต้น ไคโตซานเป็นสารเคมีชนิดหนึ่งที่สามารถส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางสรีรวิทยาของพืชได้ ซึ่งจากการศึกษาพบว่ารูปแบบ และความเข้มข้นของไคโตซานที่แตกต่างกันส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของพืชที่แตกต่างกันออกไปด้วย เช่น

จำนวนเวลาในการได้รับไคโตซานมีผลต่อการสังเคราะห์แคลโลส (Callose) และอนุพันธ์ของ Coumarin ในเซลล์ของ Parsley (*Petroselinum crispum* (Mill) A.W. Hill) แตกต่างกัน โดยพบว่าเมื่อให้ไคโตซานแบบ 22 % N-acetylation ที่มี Degree of polymeriza - tion (DP) เท่ากับ 3,420 น้ำหนักโมเลกุลเท่ากับ 753,000 kDa ลงในอาหารเลี้ยงเซลล์ ที่ความเข้มข้น 150 µg/ml พบว่าปริมาณของแคลโลสในเซลล์สูงขึ้น หลังจากเลี้ยงเซลล์ไปเป็นเวลา 12 ชั่วโมง และจากนั้นจึงลดลงตามลำดับ ในขณะที่การสะสมของ Coumarins ในเซลล์จะเพิ่มขึ้นเมื่อทำการเพาะเลี้ยงไปได้ 36 ชั่วโมง จากนั้นการสะสม Coumarins ก็จะลดลงเช่นกัน อย่างไรก็ดี พบว่าความเข้มข้นของไคโตซานที่ให้มีผลต่อการสะสมแคลโลส และ Cumsrins เช่นกัน โดยจากการทดลองนี้จะพบว่า การให้ไคโตซานแบบ 0 % N-acetylation และแบบ 22 % N-acetylation ที่ความเข้มข้น 70 µg/ml จะทำให้การสะสมของสารทั้งสองชนิดนี้ในเซลล์เพิ่มขึ้นเมื่อค่า DP ของไคโตซานทั้งสองแบบสูงขึ้นด้วย เมื่อวัดการสร้างแคลโลสในเซลล์ Parsley ที่ให้ไคโตซานแบบ 22 % N-acetylation ที่มี DP เท่ากับ 3,420 เป็นเวลา 4.5 ชั่วโมง พบว่าการสร้างแคลโลสจะเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของไคโตซานดังกล่าวเพิ่มขึ้นเป็นลำดับ ในทางตรงกันข้ามพบว่าการให้ไคโตซานแบบ 0 % N-acetylation ที่มี DP เท่ากับ 2,500 จะส่งผลให้มีการสร้างแคลโลสเพิ่มขึ้นเมื่อให้ไคโตซานที่ความเข้มข้นไม่เกิน 150 µg/ml แต่หากความเข้มข้นของไคโตซานในอาหารเพิ่มขึ้น การสร้างสารดังกล่าวจะมีแนวโน้มลดลง นอกจากนี้การทดลองที่ใช้เซลล์ของ parsley ที่ทำการเพาะเลี้ยงมาแล้ว 7 วัน จากนั้นแยกไปเลี้ยงใน growth medium ที่เตรียมใหม่ ที่เติมไคโตซานแบบ 22 % N-acetylation ที่มี DP เท่ากับ 3,420 ที่ความเข้มข้น 25 µg/ml พบว่าภายหลังให้ไคโตซานไปแล้ว 24 ชั่วโมง การสร้าง Coumarins ภายในเซลล์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และจะลดลงเมื่อความเข้มข้นของไคโตซานที่ให้สูงขึ้น การให้ไคโตซานแก่เซลล์ parsley ที่ความเข้มข้นไม่เกิน 100 µg/ml ร่วมกับ Reduced Glutathione (GSH) ความเข้มข้น 1 mM สามารถชักนำให้เกิดการสร้าง Coumarins ได้ ภายในเวลา 25 ชั่วโมง และยังสามารถชักนำให้เกิดการสร้างแคลโลสได้มากกว่าชุดการทดลองที่ไม่ได้รับ GSH ภายใน 4.5 ชั่วโมงหลังได้รับไคโตซาน ทั้งนี้การสร้างแคลโลสยังคงเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของไคโตซานเพิ่มขึ้นอีกด้วย (Conrath, Domard, and Kauss, 1989)

ในข้าวพบว่าไคโตซานสามารถกระตุ้นให้การทำงานของเอนไซม์ Cyclase ที่มีความสำคัญในการสังเคราะห์สารในกลุ่ม Diterpene ให้สูงขึ้นได้ โดยพบว่าการให้ไคโตซานที่ความเข้มข้น 100 และ 200 µg/ml ในอาหารเลี้ยงเนื้อเยื่อ สามารถชักนำให้การทำงานของเอนไซม์ดังกล่าวสูงขึ้นได้ในแคลลัสของข้าวที่ทำการเพาะเลี้ยงในอาหารเหลวแบบ B5 medium ที่เติม 2,4-D ความเข้มข้น 0.45 µM (Ren and West, 1992)

ไคโตซานจากเปลือกปูที่มีค่าความเป็นกรด-ด่าง 5.7 สามารถกระตุ้นให้ *Plumbago rosea* L. มีการสร้างสาร Plumbagin (5-hydroxy, 2-methyl, 1-4 naphthoquinone) ซึ่งเป็นสารทุติยภูมิในกลุ่ม naphthoquinone ที่พืชผลิตขึ้นได้ Plumbagin ถูกนำไปใช้ประโยชน์ในทาง เภสัชกรรม โดยพบว่าสารดังกล่าวสามารถออกฤทธิ์ต้านมะเร็ง ต้านสารก่อมะเร็งและต้านจุลชีพต่าง ๆ ได้ ทั้งนี้การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเพียงอย่างเดียวยังไม่สามารถผลิตสารดังกล่าวในปริมาณที่มากเพียงพอต่อการนำไปประยุกต์ใช้ในเชิงการค้าได้ อีกทั้งการปลดปล่อยสารดังกล่าวออกจากเซลล์ที่เลี้ยงยังทำได้ยาก ด้วยเหตุนี้จึงทำให้เกิดการคิดค้นวิธีต่าง ๆ ที่จะเพิ่มปริมาณของสาร Plumbagin ที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ การใช้ไคโตซานผสมลงในอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเป็นวิธีหนึ่งที่คาดว่าจะช่วยเพิ่มปริมาณของ Plumbagin ได้ เนื่องจากไคโตซานเป็น Elicitor ที่อาจช่วยกระตุ้นการสร้างสารดังกล่าว ซึ่งจากการทดลองเลี้ยงเซลล์ของ *P. rosea* L. ในอาหารเหลวสูตร MS ที่เพิ่ม $CaCl_2$ ที่ความเข้มข้น 10 mM และเติมไคโตซานที่ผลิตมาจากเปลือกปูที่ความเข้มข้น 200 mg/l พบว่าเซลล์ของพืชชนิดนี้สามารถผลิต Plumbagin ได้มากกว่าเซลล์ที่ไม่ได้รับไคโตซานถึง 8 เท่า และสารดังกล่าวยังถูกปลดปล่อยออกมาจากเซลล์สู่อาหารเพาะเลี้ยงถึง 73.34 % ทำให้การแยกสารดังกล่าวให้บริสุทธิ์ไปใช้เป็นไปได้โดยง่าย (Komaraiah et al., 2003)

นอกจาก Plumbagin ไคโตซานยังสามารถกระตุ้นการสร้างสารทุติยภูมิในกลุ่ม Anthraquinone ในพืชได้เช่นกัน ซึ่งสารดังกล่าวกำลังได้รับความสนใจในการนำไปประยุกต์ใช้ในทางเภสัชกรรม ซึ่งจากการเลี้ยงเซลล์ของ *Rubia tinctorum* ในอาหารเหลวสูตร B5 ที่ผสมไคโตซานที่ความเข้มข้น 200 mg/l พบว่าเซลล์ของพืชดังกล่าวสามารถผลิตสาร Anthra- quinone ได้มากกว่าเซลล์ที่ไม่ได้รับไคโตซานถึง 2 เท่าภายหลังทำการเพาะเลี้ยงไปแล้วเป็นเวลา 24 ชั่วโมง แต่อย่างไรก็ตามพบว่าปริมาณของสารดังกล่าวไม่มีการเปลี่ยนแปลงแม้จะเลี้ยงเซลล์ต่อไปจนครบ 48 ชั่วโมง นอกจากนี้ยังพบว่าไคโตซานที่ความเข้มข้นดังกล่าวสามารถกระตุ้นกลไกการทำงานของ Phospholipase C (PLC) ซึ่งเป็นสารที่ไปกระตุ้นการสร้าง Secondary messengers เช่น Ca^{2+} ที่ทำหน้าที่เป็นตัวส่งสัญญาณกระตุ้นการทำงานของ Protein kinase C (PKC) ได้ อย่างไรก็ตามการเลี้ยงเซลล์ของพืชชนิดนี้ในภาวะที่มีการสร้างสาร Anthraquinone และมีตัวยับยั้งการทำงานของ PLC เช่น Neomycin พบว่าหลังจากเซลล์ได้รับ Neomycin นาน 30 นาที ปริมาณของสาร Anthraquinone จะลดลง แต่หากมีการเติมไคโตซานที่ความเข้มข้น 200 mg/l ลงในอาหารเลี้ยงเซลล์ดังกล่าวจะช่วยชะลอการลดลงของสาร Anthraquinone ให้ช้าลงได้ (Vasconsuelo et al., 2004) และในการเลี้ยงเซลล์ *R. tinctorum* L. แบบแขวนลอยในอาหารเหลวสูตร B5 ที่ผสมไคโตซานจากเปลือกปู พบว่าสามารถกระตุ้นให้เกิดการสร้าง Mitogen Activated Protein Kinase (MAPK) ซึ่งจะทำให้มีการสร้างสาร Anthraquinone มากกว่าปกติ โดยเมื่อทำการสกัดโปรตีนและตรวจสอบด้วยวิธี Western Blot Analysis พบว่าไคโตซานที่ความเข้มข้น 200 mg/l สามารถกระตุ้นการสร้าง MAPK ได้ อย่างไรก็ดีหากมีการเติมสารยับยั้งการทำงานของ MAPK เป็นเวลา 10-15 นาทีก่อนที่จะมีการเติมไคโตซานพบว่า เมื่อเวลาผ่านไป 24 ชั่วโมง การสร้างสาร Anthraquinone ในเซลล์ที่ได้รับไคโตซานจะไม่แตกต่างจากชุดการทดลองควบคุมมากนัก จากการศึกษาทั้งหมดในข้างต้น ทำให้ทราบว่าไคโตซานมีผลชักนำให้เกิดการสร้างสาร Anthraquinone ได้โดยผ่านกลไกของ Ca^{2+} ซึ่งเป็น Secondary messenger โดยผ่านทาง PLC/PKC Pathway และ PKC จะไปกระตุ้นให้เกิดการสร้าง MAPK เพื่อกระตุ้นการสร้าง Anthraquinone ต่อไป (Vasconsuelo, Giulietti and Boland, 2004) นอกจากนี้ยังมีรายงานการศึกษาผลของไคโตซานที่มีต่อการเจริญเติบโตและการสร้างสาร Anthraquinone ของเซลล์ mengkudu kecil (*Morinda elliptica* Ridl.) พืชสมุนไพรพื้นบ้านของประเทศมาเลเซีย โดยได้ทำการเลี้ยงเซลล์แบบแขวนลอยในอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อสูตร G Medium ที่เติมไคโตซานที่ความเข้มข้น 0.01 0.05 0.1 และ 0.25 g/l พบว่าเซลล์ที่เลี้ยงในอาหารที่มีไคโตซาน 0.01 g/l ที่อายุ 13 วัน จะมีน้ำหนักแห้งสูงที่สุด อย่างไรก็ตาม ไม่พบว่ามีความแตกต่างกับชุดการทดลองควบคุมซึ่งไม่ได้รับไคโตซานอย่างมีนัยสำคัญ อีกทั้งความเข้มข้นของไคโตซานที่เพิ่มสูงขึ้นกลับส่งผลให้น้ำหนักแห้งของเซลล์มีแนวโน้มลดลง แต่เป็นที่น่าสนใจว่าในอาหารที่เติมไคโตซานที่ความเข้มข้น 0.25 g/l ซึ่งเซลล์มีน้ำหนักแห้งน้อยที่สุดแต่กลับมีการกระตุ้นให้เกิดการสร้างสาร Anthraquinone ในปริมาณที่สูงมากกว่าชุดการทดลองอื่น (Chong et al., 2005)

ในมะเขือเทศ (*Lycopersicon esculentum* L.) ไคโตซานที่สกัดจากผนังเซลล์ของเชื้อรา สามารถกระตุ้นให้ปากใบปิดแคบลงได้ โดยไคโตซานจะกระตุ้นให้มีการสร้างH_2O_2 มากขึ้นในเซลล์คุม จากการศึกษาด้วยวิธี Microphotography พบว่าหลังจากได้รับไคโตซานเป็นเวลา 30 นาที เซลล์คุมของใบมะเขือเทศ จะมีการสร้าง H_2O_2 ในปริมาณที่มากขึ้นโดยเฉพาะในบริเวณที่มี Chloroplasts หนาแน่นมาก ๆ นอกจากนี้ยังพบอีกว่าเมื่อลอยเนื้อเยื่อผิวใบของมะเขือเทศในสารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้น 100 และ 200 µg/ml เป็นเวลา 120 นาที แล้วทำการวัดขนาดความกว้างของปากใบภายใต้กล้องจุลทรรศน์ด้วย Eyepiece micrometer พบว่าความกว้างของปากใบแคบลงเหลือเพียง 59.0 % และ 62.0 % เมื่อเทียบกับชุดการทดลองที่ไม่ได้รับไคโตซานตามลำดับ (Lee et al., 1999) ซึ่งการเพิ่มขึ้นของ H_2O_2 ในเซลล์คุมของปากใบนี้ ส่งผลกระทบถึงระดับแคลเซียมไอออนภายในที่สูงขึ้นตามไปด้วย จึงทำให้แรงดันเต่ง (turgor pressure) ภายในเซลล์คุมลดลง ดังนั้นปากใบจึงปิดแคบลง (McAinsh et al., 1996) ทั้งนี้มีรายงานถึงผลของไคโตซานที่ให้โดยการฉีดพ่นทางใบ ที่สามารถลดการคายน้ำ (Antitranspiration) ในใบพืชได้ โดยพบว่าเมื่อพ่น ไคโตซานทางใบให้กับพริก (*Capsicum* sp.) สามารถลดการคายน้ำได้ถึง 26-43 % ในขณะที่ยังรักษาน้ำหนักมวลชีวภาพไว้ได้ และอัตราส่วนของมวลชีวภาพต่อปริมาณน้ำของต้นพริกที่ได้รับ ไคโตซานสูงมากกว่าต้นที่ไม่ได้รับไคโตซาน ดังนั้นการให้ไคโตซานแก่พริกอาจช่วยลดปริมาณการใช้น้ำระหว่างการเพาะปลูกได้ (Bittelli et al., 2001) ซึ่งจากการศึกษาผ่านกล้องจุลทรรศน์อิเลกตรอนแบบส่องกราด (SEM) และ

การวิเคราะห์ทาง Histochemical พบว่าไคโตซานจะกระตุ้นการปิดของปากใบ โดยยับยั้งการสะสมของโพแทสเซียม (K) ใน Guard Cells ซึ่งจะทำให้กลไกการควบคุม Osmotic Potential ภายในเปลี่ยนไป ทำให้ปากใบปิดและส่งผลให้การคายน้ำลดลง (Bittelli et al., 2001)

3.3. ไคโตซานกับวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวของพืช

ผลผลิตที่ได้จากการเจริญเติบโตของพืช เช่น ลำต้นและใบ ดอก ฝัก ผล เมล็ด และรากสะสมอาหารของพืชชนิดต่าง ๆ ภายหลังจากเจริญเติบโตเต็มที่ หรือเจริญเติบโตจนได้ขนาดตามความต้องการในการบริโภคแล้ว ต้องรีบทำการเก็บเกี่ยวเพื่อไม่ให้เกิดความสูญเสียของผลผลิตที่จะได้ อย่างไรก็ตามภายหลังการเก็บเกี่ยว เซลล์ของพืชในส่วนต่าง ๆ ของผลผลิตยังคงมีชีวิตและดำเนินเข้าสู่ภาวะเสื่อมถอยซึ่งนำไปสู่การสูญเสียคุณภาพของผลผลิตด้านต่าง ๆ เช่น การสูญเสียน้ำหนัก การสูญเสียความแน่นเนื้อ การการสูญเสียคุณค่าทางโภชนาการ การเปลี่ยนแปลงลักษณะสีของผิว และเนื้อของผลผลิต รวมถึงการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางรูปทรงของผลผลิต ส่งผลให้ผลผลิตพืชที่เก็บมามีอายุในการเก็บรักษาสั้นลง เกิดลักษณะที่ไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค ทำให้ต้องสูญเสียผลผลิตดังกล่าวไปอย่างไร้ประโยชน์ และนำมาซึ่งการสูญเสียทางเศรษฐกิจ ดังนั้นจึงได้มีความพยายามที่จะหาวิธีการชะลอการเสื่อมถอย และลดการสูญเสียคุณภาพของผลผลิต โดยมีรูปแบบ และวิธีการต่าง ๆ รวมถึงการใช้สารเคมีที่สังเคราะห์ขึ้น แต่สารเคมีชนิดต่าง ๆ ซึ่งเป็นที่นิยมใช้สืบต่อกันมาเป็นระยะเวลานาน หลายชนิดมีผลข้างเคียงที่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ ดังนั้นจึงได้มีความพยายามที่จะนำสารชีวภาพ เช่นไคโตซาน มาใช้ทดแทนสารเคมีชนิด ต่าง ๆ ที่เป็นพิษ ในการช่วยเก็บรักษาผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยว เช่น

จากการใช้ไคโตซานร่วมกับสารสกัดจากพืชธรรมชาติพบว่าการใช้ไคโตซานผสมกับสารสกัดจากเมล็ดมะละกอ (*Carica papaya* L.) มีแนวโน้มที่จะทำให้ผลมะละกอสายพันธุ์ Maradol สามารถรักษาความแน่นเนื้อได้ดีกว่าการไม่ใช้ไคโตซาน แต่อย่างไรก็ตามการใช้ ไคโตซานที่ความเข้มข้น 0.5 % (w/v) และ 1.5 % (w/v) ทั้งที่ผสมสารสกัดจากเมล็ดมะละกอและไม่ผสม ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณของของแข็งที่ละลายน้ำได้ และเปอร์เซ็นต์ของการสูญเสียน้ำหนักระหว่างการเก็บรักษา (Bautista-Baños et al., 2003)

จากการศึกษาการใช้ไคโตซานที่ความเข้มข้น 0.5 1.0 หรือ 2.0 g/100 ml ในการเคลือบผิวของแห้วจีน (*Eleocharis tuberose* (Roxb.) Roem. & Schult) พบว่าไคโตซานสามารถลดการเปลี่ยนแปลงสีของเปลือกแห้วจีนได้ โดยวัดได้จากการลดลงของอัตราการเกิดปฏิกิริยาของเอนไซม์ Phenylalanine Ammonia Lyase (PAL) Polyphenol Oxidase (PPO) และ Peroxidase (POD) รวมถึงการลดลงของปริมาณสาร Phenolic compounds นอกจากนั้นไคโตซานยังช่วยชะลอการลดลงของ Titratable acidity วิตามินซี และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (Total Soluble Solid) อีกทั้งช่วยยืดอายุการเก็บรักษาแห้วจีนให้ยาวขึ้น ในขณะที่คุณภาพของผลผลิตยังคงเดิม (Pen and Jing, 2003)

เมื่อนำไคโตซานที่ผลิตได้จากเปลือกกุ้งมาทำการฉีดพ่นให้แก่ต้นสตรอเบอรี่ (*Fragaria* × *ananassa* Duchesne) พันธุ์ Seascape พบว่า การพ่นไคโตซานที่ความเข้มข้น 2.0 4.0 และ 6.0 g/l ให้แก่ต้นสตรอเบอรี่ในระยะที่ผลกำลังเปลี่ยนเป็นสีแดงนั้นสามารถรักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาผลสตรอเบอรี่ได้นานกว่าต้นที่ไม่ได้รับไคโตซาน อีกทั้งยังพบว่าการพ่นไคโตซานช่วยลดความเสียหายของผลที่เกิดจากการเก็บผลผลิตได้ และการใช้ไคโตซานที่ความเข้มข้น 6.0 g/l สามารถป้องกันความสูญเสียและช่วยรักษาคุณภาพของผลสตอเบอรี่ที่เก็บภายหลังการพ่นไคโตซานได้นานถึง 4 สัปดาห์ (Reddy et al., 2000) และจากการศึกษาผลของการใช้ไคโตซานที่มีต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของผลสตรอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน 50 ที่ปลูกบริเวณบ้านห้วยน้ำผัก ต. แสงภา อ. นาแห้ว จ.เลย โดยใช้ผลสตรอเบอรี่ที่มีระดับความสุกแก่ 75 % จุ่มในไคโตซานที่ความเข้มข้น 60 80 และ 100 ppm เป็นเวลา 2 นาที แล้วเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 5 วัน พบว่าผลสตรอเบอรี่ที่จุ่มในไคโตซานที่ความเข้มข้น 100 ppm ได้รับคะแนนการยอมรับโดยรวมสูงที่สุด โดยดูจากลักษณะภายนอกของผลสตรอเบอรี่ และมีจำนวนของผลสตรอเบอรี่ที่เป็นโรคน้อยที่สุด แต่ทั้งนี้ระดับความรุนแรง

ของโรคไม่แตกต่างจากชุดการทดลองอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญ (ปัทมา วิศาลนิตย์ และคณะ, 2546) สำหรับการศึกษาไคโตซานในรูปสารเคลือบผิวที่บริโภคได้ พบว่าสามารถยืดอายุการเก็บรักษา และกระตุ้นการดูดซึมธาตุอาหารในผลของสตรอเบอรี่ และราสเบอรี่ (*Rubus ideaus* L.) ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 ºC ความชื้นสัมพัทธ์ 88 % ได้ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 3 สัปดาห์ สำหรับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ – 23 ºC พบว่าผลไม้ทั้งสองชนิดที่จุ่มในไคโตซาน 2 % (w/v) ในสารละลายกรดอะซิติก ความเข้มข้น 1 % จำนวน 2 ครั้ง ครั้งละ 10 วินาที มีการชะลอการสูญเสียน้ำหนัก การเปลี่ยนแปลงของสีผล ค่าความเป็นกรด-ด่าง และค่า Titratable acidity อีกทั้งยังลดการสูญเสียน้ำในผล และช่วยรักษาคุณภาพของผลผลิตได้ตลอดการเก็บรักษา นอกจากนี้การเคลือบผลสตรอเบอรี่ โดยใช้ไคโตซานที่มีธาตุแคลเซียมและวิตามินอีผสม พบว่าปริมาณของธาตุอาหารทั้งสองชนิดที่พบภายในผลสดและผลที่แช่แข็งเพิ่มสูงขึ้น (Han et al., 2004)

การใช้ไคโตซานจากกระดองปูที่ความเข้มข้น 1 % (w/v) หรือ 2 % (w/v) ในการเคลือบผิวของผลลิ้นจี่ (*Litchi chinensis* Sonn. cv. Huaizhi) แล้วเก็บรักษาผลลิ้นจี่ไว้ที่อุณหภูมิ 4 ºC ภายใต้สภาพที่มีความชื้นสัมพัทธ์ 90 % พบว่าการเคลือบผลด้วยไคโตซานสามารถชะลอการเกิดผิวสีน้ำตาลในลิ้นจี่ได้ ทั้งนี้เนื่องจากไคโตซานสามารถกระตุ้นให้เกิดการชะลอ การสะสมสาร anthocyanin flavonoid และ phenolics อีกทั้งยังชะลอการเพิ่มขึ้นของการทำงานของเอนไซม์ Polyphenol Oxidase (PPO) และยังยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ Peroxidase (POD) ได้ นอกจากนี้การเคลือบผลด้วยไคโตซานยังลดการสูญเสียน้ำหนักสดของลิ้นจี่ได้อีกด้วย อย่างไรก็ตามการเคลือบผลด้วย ไคโตซาน 2 % (w/v) ให้ผลไม่แตกต่างจากไคโตซาน 1 % (w/v) และผลของไคโตซานที่มีต่อการยับยั้งการเน่าเสียของผลลิ้นจี่นั้น ยังไม่สามารถสรุปได้อย่างชัดเจน (Zhang and Quantick, 1997) ในอีกการทดลองที่ใช้ไคโตซานที่ละลายด้วยกรดซิตริกหรือกรดทาร์ทาริกในอัตราส่วน 1 % (w/w) และปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง เป็น 0.8 1.0 หรือ 1.3 สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงสีของเปลือกลิ้นจี่ (*Litchi chinensis* Sonn) พันธุ์ Kwaï Mi ได้ โดยจากการเคลือบผิวผลลิ้นจี่ด้วยไคโตซานดังกล่าวแล้วเก็บรักษาไว้ในกล่องขนาด 60×40 ซ.ม. ที่อุณหภูมิ 10±2 ºC นาน 2 สัปดาห์ พบว่าไคโตซานที่ละลายในกรดทาร์ทาริกที่มีค่าความเป็นกรด-ด่าง 0.8 สามารถชะลอการเกิดเปลือกสีน้ำตาลของลิ้นจี่พันธุ์นี้ได้ดีที่สุด อีกทั้งยังช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักของผลลิ้นจี่ได้ดีอีกด้วย สำหรับการใช้ไคโตซานที่ละลายในกรดซิตริกที่มีค่าความเป็นกรด-ด่าง 0.8 และ 1.0 ให้ผลคล้ายคลึงกัน ในทางตรงข้ามการใช้กรดแต่ละชนิดในการละลายไคโตซานแล้วปรับค่าความเป็นกรดด่างให้เป็น 1.3 เมื่อนำมาเคลือบผลลิ้นจี่แล้ว พบว่าทำให้เปลือกของผลลิ้นจี่เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเร็วขึ้น และมีการสูญเสียน้ำหนักผลมากกว่าปกติ (Joas et al., 2005)

ไคโตซานในรูปแบบของฟิล์มซึ่งใช้ในการบรรจุหีบห่อของผลมะม่วง(*Mangifera indica* L.) สามารถช่วยให้มะม่วงมีอายุการเก็บรักษานานขึ้นถึง 18 วัน ที่อุณหภูมิห้อง (27±1 ºC) และยังคงรักษาคุณภาพของผลมะม่วง เช่น สีของเปลือกผล ปริมาณวิตามินซี ปริมาณแคโรทีน และปริมาณน้ำตาล ให้เกิดการเสื่อมถอยช้าลงกว่าการใช้บรรจุภัณฑ์ชนิดอื่น ๆ (Srinivasa et al., 2002) ในการทดลองเคลือบผิวของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ทะวายเบอร์ 4 ของบริษัทสวนเกษตร จ.ราชบุรี ที่มีความแก่ประมาณ 80 % ด้วยไคโตซานที่ความเข้มข้น 0 % 0.5 % 1 % และ 1.3 % (w/v) พบว่าไคโตซานที่ความเข้มข้น 1 % (w/v) และ 1.3 % (w/v) สามารถลดอัตราการหายใจ การผลิตก๊าซเอทิลีน การสูญเสียน้ำหนักสด และการสูญเสียความแน่นเนื้อได้ อีกทั้งยังสามารถชะลอการสุกของมะม่วงได้นานจนถึงวันที่ 25 ของการเก็บรักษา และที่ระดับความเข้มข้นดังกล่าว ยังช่วยลดอัตราการเกิดโรคและความรุนแรงของการเกิดโรคของผลมะม่วงได้ดีที่สุดอีกด้วย (วิษณุ นิยมเหลา, หะริน รุ่งเรืองวรวัฒน์, และ ศิริชัย กัลยาณรัตน์, 2546) นอกจากนี้การใช้ไคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่าง ๆ กัน เมื่อใช้เป็นสารเคลือบผล ยังส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวและการเก็บรักษาของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้แตกต่างกันอีกด้วย โดยพบว่า ไคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลน้อย และ ปานกลาง (ไม่ระบุขนาดน้ำหนักโมเลกุล) สามารถชะลออัตราการหายใจ การเปลี่ยนแปลงสี และการเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อของมะม่วงได้ ในขณะที่การเคลือบผลด้วยไคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลมาก (ไม่ระบุขนาดน้ำหนักโมเลกุล) จะสามารถชะลอการสูญเสียวิตามินซี และมีการสะสมของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในผลมากที่สุด อย่างไรก็ดีไคโตซานทั้ง 3 ชนิดให้ผลไม่แตกต่างกันในการยืดอายุการเก็บรักษาผลมะม่วง (สุดคนึง พึ่มชัย, วิษณุ นิยมเหลา, และศิริชัย กัลยาณรัตน์, 2546)

ไคโตซานสามารถลดอัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีนของฝรั่ง(*Psidium guajava* L.) พันธุ์กลมสาลี่ได้ โดยเมื่อเคลือบผลฝรั่งพันธุ์กลมสาลี่ จากสวนของเกษตรกรใน อ.สามพราน จ.นครปฐม ที่มีอายุ 150 วันหลังดอกบาน ด้วยไคโตซานที่ความเข้มข้น 1 % (w/v) แล้วผึ่งให้แห้ง เก็บรักษาไว้ที่อุณภูมิ 10 ºC ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 % เป็นเวลานาน 3 ชั่วโมง พบว่า ผลฝรั่งมีอัตราการหายใจ และการผลิตเอทิลีนลดลง อีกทั้งยังพบอีกว่า การเคลือบผลฝรั่งด้วยไคโตซาน 1 % และ 1.5 % (w/v) จะชะลอการสูญเสียความแน่นเนื้อได้ดีกว่าและมีคะแนนคุณภาพการยอมรับของผู้บริโภค (Visual quality) ดีที่สุดเมื่อเทียบกับฝรั่งที่ไม่ได้เคลือบไคโตซาน สำหรับการสูญเสียปริมาณน้ำตาลฟรุกโตส พบว่าการเคลือบด้วยไคโตซานทุกระดับความเข้มข้น ให้ผลไม่แตกต่างกัน แต่สามารถลดการสูญเสียดังกล่าวได้ดีกว่าชุดการทดลองควบคุมที่ไม่ได้เคลือบไคโตซาน (มนตรี กลิ่นระรวย, วิษณุ นิยมเหลา, และ ศิริชัย กัลยาณรัตน์, 2546)

3.4. ไคโตซานกับความต้านทานโรคพืชและการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ชนิดต่าง ๆ

ในธรรมชาติเมื่อพืชถูกรุกรานจากจุลินทรีย์ต่าง ๆ เช่น แบคทีเรีย รา หรือไวรัสที่ก่อให้เกิดโรค พบว่าเชื้อโรคเหล่านี้จะกระตุ้นระบบป้องกันตัวเองของพืช ซึ่งประกอบด้วย การสร้างเอนไซม์และสารเคมีในรูปแบบต่าง ๆ เช่น การสร้างเอนไซม์ phenylalanine ammonia-lyase (PAL) ที่เกี่ยวกับการสร้างสารทุติยภูมิในกลุ่ม phenolic compounds ได้แก่ lignin และphytoalexins (Smith, 1996) เพื่อยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ การสร้างโปรตีนในระบบภูมิคุ้มกันตนเองของพืชแบบ systemic acquired resistance (SAR) ซึ่งได้แก่ pathogenesis-related proteins (PR-proteins) และ proteinase inhibitors รวมถึงการสร้างสารในกลุ่ม reactive oxygen species เพื่อทำลายเชื้อโรคที่เข้ามารุกรานให้อยู่ในวงจำกัดด้วยการป้องกันตนเองแบบ local acquired resistance และการเกิด hypersensitive defense reaction เป็นต้น (Agrios, 1997) มีรายงานการศึกษาหลายฉบับแสดงให้เห็นว่า ไคตินและไคโตซานสามารถกระตุ้นระบบป้องกันตนเองของพืชได้ โดยเซลล์ของพืชที่ได้รับไคติน-ไคโตซาน จะสร้างเอนไซม์ไคติเนส และเอนไซม์ไคโตซานเนส (Hirano et al., 1991; Muzzarelli, 1976) ออกมาย่อยเชื้อราไม่ให้เจริญเติบโตรุกรานเข้าสู่เซลล์ นอกจากนี้ยังสามารถกระตุ้นกลไกการป้องกันตนเองของพืชผ่านทางกระบวนการต่าง ๆ ที่กล่าวข้างต้นได้ สำหรับ Octadecanoid signaling pathway ไคโตซานจะกระตุ้นเซลล์พืชให้เกิดการส่งสัญญาณผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ แล้วชักนำให้เกิดการเพิ่มขึ้นของ linoleic acid ซึ่งมีผลทำให้เกิดการสะสม Jasmonic acid ภายในเซลล์เพิ่มขึ้น โดย jasmonic acid receptor ที่รับสัญญาณต่อจาก jasmonic acid จะทำให้เกิดการกระตุ้นการแสดงออกของยีนภายในนิวเคลียส เกิดการสังเคราะห์ proteinase inhibitors ต่อไป (Doares et al., 1995) ดังนั้นจะเห็นได้ว่าไคตินและไคโตซาน ต่างมีคุณสมบัติเป็น Elicitor ที่สามารถกระตุ้นระบบการป้องกันโรคในพืชได้ ทั้งนี้คุณสมบัติในการเป็น Elicitor ขึ้นอยู่กับชนิด และระดับความเข้มข้นของไคติน-ไคโตซานที่ใช้ ชนิดของพืช อายุของพืช ชนิดของเชื้อโรค และวิธีการประยุกต์ใช้สาร

จากการเพาะเลี้ยงเซลล์ของ Slash pine (*Pinus elliottii* var. *elliottii* Engelm.) โดยให้ไคโตซานที่ความเข้มข้น 60 µg/ml แก่เซลล์พืชชนิดนี้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนทำการสกัด mRNA แล้วนำไปศึกษาด้วยวิธี differential display northern blot analysis และ sequence analysis พบว่าไคโตซานมีผลชักนำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของ mRNA ภายในเซลล์ซึ่งส่วนใหญ่พบว่าเป็น mRNA ของยีนที่มีความเกี่ยวข้องต่อระบบการป้องกันตนเองของพืช (Mason and Davis, 1997)

ในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อยาสูบใบใหญ่ (*Nicotiana tabacum* L.) และ *Eschscholtzia californica* Cham เพื่อศึกษาความสามารถในการสร้างสารทุติยภูมิ โดยทำการเพาะเลี้ยงเซลล์ทั้งสองชนิดในอาหารสูตร MS จากการทดลองพบว่า การเปลี่ยนแปลงของค่า Conductivity ในอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อและภายในเซลล์มีผลต่อการเพิ่มและลดการสร้างสารทุติยภูมิได้ ซึ่งจากการทดลองเติมไคโตซานลงในอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อยาสูบใบใหญ่ พบว่าการให้ไคโตซานที่อัตรา 1.0-3.0 mg ต่อกรัมน้ำหนักสดของเซลล์ มีผลทำให้ค่า Conductivity ของอาหารและภายในเซลล์สูงขึ้น และความสามารถในการเลือกผ่านของเยื่อหุ้มเซลล์มีมากขึ้น ส่งผลต่อการรั่วไหลของไอออนต่าง ๆ สู่นอกเซลล์มากขึ้น ซึ่งไคโตซานที่ระดับความเข้มข้นดังกล่าวยังมีผลทำให้มีการสร้างเอนไซม์ phenylalanine ammonia lyase (PAL) เพิ่มขึ้น แต่เมื่อให้ไคโตซานในอัตราที่มากกว่า 3.0 mg ต่อกรัมน้ำหนักสดของเซลล์ กลับให้ผล

ในทางตรงกันข้าม อย่างไรก็ตามสำหรับเซลล์ของ *E. californica* Cham เมื่อให้ไคโตซานในปริมาณที่สูงกว่า 0.5 mg ต่อกรัมน้ำหนักสดของเซลล์ มีผลต่อการเพิ่มค่า Conductivity ของอาหารและภายในเซลล์พืชให้สูงขึ้นได้อย่างรวดเร็ว แต่กลับพบว่ามีการสร้างสารทุติยภูมิในกลุ่ม benzophenanthridine alkaloids คือ chelerythrine และ macarpine ได้น้อยลง (Brodelius et al., 1989)

จากการศึกษาความสามารถในการเป็น elicitor ของไคตินและไคโตซานชนิดต่าง ๆ ในการกระตุ้นความต้านทานโรคในข้าวสาลี โดยดูผลของการสร้างเอนไซม์ phenylalanine ammonia-lyase (PAL) การทำงานของเอนไซม์ peroxidase (POD) การสะสม lignin และการเปลี่ยนแปลงลักษณะทั้งภายในและภายนอกของใบข้าวสาลี โดยไคตินและไคโตซานที่ใช้คือไคตินแบบ Chitooligosaccharides คือ (1⟶4)-linked 2-acetamido-2-deoxy-Beta-D-glucopy- ranose (GlcNAc) และไคโตซาน คือ (1⟶4)-linked GlcNAc and 2-amino-2-deoxy-Beta-D-glucopyranose (GlcN) ที่มีค่าเฉลี่ยของ degree of polymerization (DPs) ระหว่าง 4-10 และไคโตซานแบบ *N*-Acetylated Chitosan ที่มีค่าเฉลี่ย DPs ระหว่าง 540-1,100 โดยมี % DA (Degree of acetylation) เท่ากับ 1 % 15 % 35 % 49 % และ 60 % เมื่อฉีดไคติน/ไคโตซานเข้าไปในส่วนของ intercellular space ของใบข้าวสาลีที่ปลอดโรคและไม่มีบาดแผล พบว่า 24 ชั่วโมงหลังจากการฉีด GlcNAc ที่ความเข้มข้น 1,000 µg/ml และมีค่า DPs ตั้งแต่ 7 ขึ้นไป สามารถกระตุ้นให้ใบข้าวสาลีมี POD activity สูงขึ้น แต่ไม่มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของ PAL activity สำหรับ GlcN นั้นไม่สามารถชักนำให้เกิดการเพิ่มของเอนไซม์แอคติวิตีทั้งสองชนิดข้างต้นได้ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างการใช้ไคโตซานชนิดต่าง ๆ แล้ว พบว่า ไคโตซานที่มี % DA ต่ำกว่า 20 % ที่ความเข้มข้น 100 µg/ml สามารถชักนำให้ PAL activity เพิ่มสูงกว่า POD activities ส่วนไคโตซานที่มี % DA ที่มากกว่า 35 % ขึ้นไป สามารถชักนำให้การทำงานของทั้งสองเอนไซม์สูงขึ้น แต่ไคโตซานที่มี % DA ที่มากกว่า 50 % ขึ้นไปสามารถเพิ่มการทำงานของเอนไซม์ POD ได้เพียงอย่างเดียว สำหรับไคโตซานที่มี % DA เท่ากับ 35 % ที่ความเข้มข้น 0.1-100 µg/ml สามารถกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ PAL ให้สูงขึ้นได้ แต่ไคโตซานที่มี % DA เท่ากับ 60 % ที่ความเข้มข้น 10-100 µg/ml เท่านั้น ที่สามารถกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ทั้งสองให้เพิ่มขึ้นได้ อย่างไรก็ตามพบว่าทั้งไคโตซานที่มี % DA เท่ากับ 1 % และ 35 % ที่ความเข้มข้นตั้งแต่ 1,000 µg/ml มีผลทำให้การทำงานของเอนไซม์ทั้งสองลดลง และหลังจากได้รับไคโตซานไปแล้ว 12-24 ชั่วโมง เอนไซม์ทั้งสองชนิดจะเพิ่มสูงขึ้น แต่ถ้าเวลาผ่านไป 36 ถึง 48 ชั่วโมง การทำงานของเอนไซม์ POD ยังคงเพิ่มขึ้น แต่การทำงานของเอนไซม์ PAL กลับลดลง และไคโตซานที่มี % DA เท่ากับ 35 % ที่ความเข้มข้น 100 µg/ml ยังสามารถทำให้ PAL activity สูงมากกว่าแบบ 1 % และ 60 % ตามลำดับ แต่กลับมีผลตรงข้ามในการทำงานของเอนไซม์ POD สำหรับการสะสม lignin บริเวณผนังเซลล์ พบว่าการให้ไคโตซานที่มี % DA เท่ากับ 35 % สามารถชักนำให้เกิดการสะสม lignin ได้มากที่สุด (Vander et al., 1998) เช่นเดียวกับการศึกษาผลของไคตินและไคโตซานที่มีต่อการสร้าง lignin หลังจากเนื้อเยื่อใบเกิดบาดแผลในข้าวสาลี พบว่าเมื่อให้ไคตินที่ได้จากเปลือกปูที่อยู่ในรูป Chitooligosaccharides (GlcNAc) ที่ความเข้มข้น 4.0 mg/ml ทั้งแบบ tetramer pentamer และ hexamer สามารถชักนำให้เกิดการสร้าง lignin ตรงบริเวณขอบของรอยแผลบนใบข้าวสาลีได้ถึง 75-80 % แต่ผลเช่นนี้ไม่พบในไคตินสายสั้นกว่าเช่นแบบ monomer และ dimer สำหรับไคโตซาน (GlcN) ทั้งแบบ monomer dimer trimer และ tetramer ไม่พบว่ามีผลต่อการสร้าง lignin บนใบข้าวสาลีที่เกิดบาดแผล อย่างไรก็ตามเมื่อให้ไคโตซานที่มี % DD เท่ากับ 92 % แก่ข้าวสาลีทางใบก่อนที่จะทำให้เกิดบาดแผลกลับพบว่าสามารถชักนำให้มีการสร้าง lignin ได้ถึง 98 % (Barber, Bertram, and Ride, 1989) นอกจาก นี้ไคโตซานยังมีผลต่อการกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ Peroxidase ในเนื้อเยื่อรากของ Horseradish (*Armoracia lapathifolia* Gilibert) ที่เพาะเลี้ยงในอาหารเหลวสูตร MSRT โดยพบว่าการผสมไคโตซานในอาหารเพาะเลี้ยงรากที่ความเข้มข้น 100 mg/l สามารถกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ Peroxidase ที่อยู่ภายในรากให้สูงขึ้นได้ภายใน 48 ชั่วโมง และพบว่าการทำงานของ Peroxidase ร่วมกับอิออนที่ผนังเซลล์จะสูงมากขึ้นถึง 3 เท่าเมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองควบคุมที่ไม่ได้รับไคโตซาน (Flocco, Pitta-Alvarez, and Giulietti, 2001)

ในการศึกษาสมบัติการเป็น Biotic elicitor ของไคโตซาน ในการป้องกันตนเองของ Lodgepole Pine (*Pinus contorta* Dougl. ex Loud. var. *latifolia*) พบว่าไคโตซานที่ความเข้มข้น 0.01-2.0 mg/ml สามารถกระตุ้นให้เกิดการสร้างสารทุติยภูมิในกลุ่ม monoterpenes ซึ่งเป็น defensive chemicals โดยจะพบสารนี้บริเวณเนื้อเยื่อท่อลำเลียงอาหารตรงตำแหน่งที่เชื้อราเข้าทำลาย

นอกจากนี้ยังพบว่า ไคโตซานสามารถกระตุ้นให้ต้นสนต้านทานต่อการเข้าทำลายของแมลงพวก letal bark beetle ได้ (Miller, Berryman, and Ryan, 1986) ขนาดโมเลกุลของไคโตซานยังมีผลต่อการชักนำให้เกิดการสะสมสารพวก phytoalexin และการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราได้ โดยพบว่าไคโตซานแบบ octamer ที่ปลายโครงสร้างประกอบด้วย hydrophobic aglycon ขนาดใหญ่ สามารถชักนำให้เนื้อเยื่อส่วน endocarp ของถั่วลันเตา (*Pisum sativum* L. cv. Alcan.) ให้มีการสะสม Pisatin ได้มากที่สุด รองลงมาคือไคโตซานที่ได้จากเปลือกกุ้ง ไคโตซานแบบ tetramer และ ไคโตซานแบบ hexamer ที่ปลายสายโครงสร้างประกอบด้วย methyl aglycon ตามลำดับ อย่างไรก็ดียังพบว่าไคโตซานที่ความเข้มข้นน้อยกว่า 1.0 mg/g มีแนวโน้มทำให้มีการสะสม Pisatin น้อยลง ในขณะที่ไคโตซานแบบ octamer ที่ปลายโครงสร้างประกอบด้วย hydrophobic aglycon ขนาดใหญ่ และ แบบ native chitosan สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Fusarium solani* f. sp. *phaseoli* ได้ ซึ่งไม่พบในการใช้ไคโตซานแบบ tetramer และ hexamer ดังที่กล่าวมาข้างต้น (Hadwiger, Ogawa, and Kuyama, 1994) สำหรับในการทดลองที่ให้ไคโตซานในการเพาะเลี้ยงแคลลัสจากเซลล์แคมเบียมลำต้นของ Bristly dewberry (*Rubus hispidus* L.) พบว่าอาหารที่ผสมไคโตซานที่ความเข้มข้น 2.0 mg/ml และ 4.0 mg/ml สามารถชักนำให้แคลลัสผลิตเอนไซม์ lysozyme ได้มากกว่าชุดการทดลองที่ไม่ได้รับไคโตซานถึง 1.38 และ 1.87 เท่า ตามลำดับ และช่วยกระตุ้นให้เกิดการผลิตเอนไซม์ Chitinase เพิ่มมากขึ้น 2 และ 3 เท่า ตามลำดับ (Bernasconi, Jolles, and Pilet, 1986)

มีรายงานการศึกษาที่พบว่าไคโตซานจากกระดองปูที่ความเข้มข้น 1,000 ppm (w/v) สามารถยับยั้งการงอกของ uredospore ของราสนิม (*Puccinia arachidis* Speg.) ในต้น ถั่วลิสง (*Arachis hypogaea* L. cv. TMV7) ได้ อีกทั้งการพ่นไคโตซานทางใบให้แก่ถั่วลิสงก่อนที่จะได้รับการปลูกถ่ายเชื้อราดังกล่าว สามารถชะลอการเกิดโรคได้นานถึง 18 วัน อีกทั้งยังช่วยลดการสร้างสปอร์ของราชนิดนี้ได้อีกด้วย ซึ่งภายหลังที่ต้นถั่วลิสงได้รับไคโตซานไปแล้ว 24 ชั่วโมง พบว่าจำนวนของ uredosori และ จำนวน uredospores ต่อ sorus ลดลง ในขณะที่ต้นถั่วลิสงที่ได้รับไคโตซานจะถูกชักนำให้มีปริมาณ กรด salicylic ภายในต้นเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งภายในวันที่ 12 หลังจากได้รับไคโตซาน ในขณะที่ปริมาณของเอนไซม์ chitinase และ beta-1,3 glucanase ใน intercellular washing fluid จะสูงขึ้นในวันที่ 8 หลังได้รับไคโตซานจนถึงวันที่ 10 จึงลดต่ำลง นอกจากนี้การตรวจสอบ isoform ของเอนไซม์ทั้งสองชนิดด้วย วิธี Native Polyacrylamide gel electrophoresis และ Western blot analysis พบว่าเอนไซม์ทั้งสองชนิดมีลักษณะของ isoform ที่ต่างไปจากต้นที่ไม่ได้รับไคโตซาน (Sathiyabama and Balasubramanian, 1998)

มีการศึกษาการเกิด Hypersensitive Reaction ในถั่วแขก (*Phaseolus vulgaris* L. var. Saxa) โดยทำการพ่นไคโตซานที่ได้จาก Antractic Krill ที่ความเข้มข้น 0.1 % (w/v) ให้แก่ใบของต้นถั่วที่มีอายุ 10-14 วัน ทั้งก่อนและหลังได้รับการปลูกถ่ายเชื้อ *Alfalfa mosaic virus* (ALMV) ด้วยวิธีกล ผลพบว่ามีการเกิด local lesions บนใบถั่วลดลง โดยการพ่นไคโตซานก่อนการได้รับเชื้อ 3 ชั่วโมง ถึง 5 วัน จะสามารถลดการเกิด local lesions ได้เกือบ 100 % และภายหลังจากการปลูกถ่ายเชื้อ ALMV หากมีการพ่นไคโตซานตามมาภายใน 1-4 ชั่วโมงจะช่วยให้ลดการเกิด local lesions ได้ 50-90 % อย่างไรก็ดีการใช้ไคโตซานที่มีความเข้มข้นสูงกว่า 0.25 % (w/v) นั้นเป็นพิษต่อต้นถั่ว ในขณะที่การใช้ไคโตซานที่ความเข้มข้นต่ำกว่า 0.1 % (w/v) จะมีส่วนช่วยในการลดจำนวน local lesions ได้น้อยมาก นอกจากนี้การให้ไคโตซานที่ความเข้มข้น 0.005 % (w/v) และ 0.001 % (w/v) สามารถทำให้ใบถั่วไม่แสดงอาการของการติดเชื้อไวรัสได้ 100 และ 97.2 % จากจำนวนใบถั่วทั้งหมดที่ใช้ในการทดลองตามลำดับ และจากการทดลองเพื่อศึกษาความสามารถในการยับยั้งการเกิด local lesions บนใบบริเวณที่ไม่ได้รับไคโตซาน โดยให้ไคโตซานที่ความเข้มข้น 0.1 % (w/v) ทางใบในตำแหน่งที่ใกล้เคียงกับการปลูกถ่ายเชื้อ พบว่าบริเวณใบที่ไม่ได้รับไคโตซานนั้นมีการลดลงของ local lesions ป้างประมาณ 50-93 % จากจำนวนใบถั่วทั้งหมดที่ใช้ในการทดลอง (Pospieszny and Atabekov, 1989) นอกจากนี้การพ่นหรือการทาไคโตซานที่ความเข้มข้นดังกล่าวบนใบ ยังสามารถยับยั้งการเกิด local และ systemic infection ที่เกิดจากการติดเชื้อไวรัส ต่าง ๆ ได้แก่ ALMV *Tobacco necrosis virus* (TNV) *Tobacco mosaic virus* (TMV) *Peanut stunt virus* (PSV) *Cucumber mosaic virus* (CMV) และ *Potato virus X* (PVX) ที่พบในถั่วแขกพันธุ์อื่น ๆ เช่น cv. Saxa cv. Fana และ cv. Signal รวมไปถึง ถั่วลันเตา (*P. sativum* L.) และพืชในวงศ์ Solanaceae เช่น ยาสูบใบใหญ่ var. Samsun NN และ var. Xanthi nc ยาสูบป่า (*Nicotiana glutinosa* L.) ยาสูบ (*Nicotiana paniculata*

L.) มะเขือเทศ (*L. esculentum* L.) และ *Chenopodium quinoa* Willd ซึ่งประสิทธิภาพในการยับยั้งแตกต่างกันออกไปเป็น 3 ระดับ คือ 25-50 % 50-75 % และ 75-100 % ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับคู่ของชนิดพืชอาศัยและไวรัสที่ใช้ในการทดลอง และยังพบว่าหากทิ้งช่วงระยะเวลาของการให้ไคโตซานแก่ต้นพืชภายหลังทำการปลูกถ่ายเชื้อไวรัสไปนานมากขึ้น ความสามารถในการยับยั้งการเกิด local lesions จะมีแนวโน้มลดลง นอกจากนี้ยังได้มีการทดลองใช้น้ำประปาล้างใบของต้นถั่วนาน 4-5 นาที หลังที่ได้รับการพ่นไคโตซาน จากนั้นอีก 1 วัน จึงทำการปลูกถ่ายเชื้อ ALMV ให้แก่ต้นถั่วดังกล่าว พบว่าต้นถั่วที่ได้รับการพ่นไคโตซานที่ความเข้มข้น 0.01 % (w/v) สามารถยับยั้งการเกิด local lesions ได้มากกว่าต้นถั่วที่ไม่ได้รับไคโตซาน ถึง 78.6 % และหากเพิ่มความเข้มข้นของไคโตซานมากขึ้นเป็น 0.05 0.1 และ 0.25 % (w/v) พบว่าไคโตซานสามารถยับยั้งการเกิด local lesions ได้มากถึง 93.6 95.7 และ 99.9 % ตามลำดับ อีกทั้งยังพบว่าไคโตซานที่ความเข้มข้น 0.1 % (w/v) นั้นยังสามารถลดจำนวนต้นถั่วที่จะเกิด systemic infection จากเชื้อ ALMV ได้ถึง 91.66 % ทั้งนี้เมื่อเปรียบเทียบระหว่างพืชชนิดต่าง ๆ แล้วพบว่า การให้ ไคโตซานสามารถยับยั้งการเกิด local lesions อันเกิดจากการติดเชื้อไวรัสในพืชพวกถั่วชนิดต่าง ๆ ได้มีประสิทธิภาพกว่าพืชชนิดอื่น ๆ (Pospieszny, Chirkov, and Atabekov, 1991) นอกจากการทดลองในถั่วยังมีการทดลองที่แสดงให้เห็นว่าไคโตซานที่ได้จาก Antarctic krill ยังสามารถช่วยลดการเกิดโรคในมันฝรั่ง (*Solanum tuberosum* L.) ได้ โดยพบว่ามันฝรั่งที่ปลูกในประเทศโปแลนด์นั้น ประสบปัญหาการติดเชื้อ *Potato spindle tuber viroid* (PSTV) ซึ่งปนเปื้อนไปตามวัสดุอุปกรณ์ที่เกษตรกรใช้ในการเพาะปลูกและเก็บเกี่ยว ทำให้เกิดการถ่ายเชื้อด้วยวิธีกลและเกิดการแพร่ระบาดของโรค ซึ่งจากการนำมีดที่ปนเปื้อนเชื้อดังกล่าวไปแช่ในไคโตซานที่ความเข้มข้น 0.1 % (w/v) ก่อนนำไปถูกับใบของมันฝรั่ง พบว่าสามารถลดการติดโรคได้ นอกจากนี้ยังพบอีกว่าการพ่นไคโตซานให้แก่มันฝรั่งก่อนที่จะได้รับเชื้อดังกล่าวเป็นเวลา 4 วัน สามารถลดการติดเชื้อได้ 50-75 % และแม้ว่าทำการล้างใบด้วยน้ำเปล่า หลังจากพ่นไคโตซานแล้ว 1 นาที พบว่าไคโตซานยังสามารถกระตุ้นการป้องกันตนเองของพืชได้ ถึง 60 % ของพืชที่ทำการทดลอง ที่สำคัญพบว่าภายหลังได้รับเชื้อ viroid ไปนาน 1-3 ชั่วโมง แล้วทำการพ่นไคโตซานที่ความเข้มข้นดังกล่าวให้แก่ใบของต้นมันฝรั่ง จะมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการติดเชื้อดังกล่าวได้ดีที่สุด แต่ถ้าหากทำการปลูกเชื้อแก่ต้นมันฝรั่งไปนาน 5-24 ชั่วโมง แล้วค่อยทำการพ่นไคโตซานตามพบว่าประสิทธิภาพในการลดการติดเชื้อดังกล่าวจะลดลง (Pospieszny, 1997)

จากการศึกษาเปรียบเทียบการใช้ไคตินแบบ Oligomer 10 % DD และไคโตซานซึ่งมี 92 % DD เพื่อกระตุ้นการสร้าง H_2O_2 ในเซลล์ของข้าวสาลี cv. Prelude-Sr5 ซึ่งเลี้ยงแบบแขวนลอยในอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อสูตร MS พบว่าการเติมไคตินหรือไคโตซานลงไปในอาหารสูตร MS ที่ปรับปรุงโดยการใส่ Morpholinoethane sulfonic acid (MES) ความเข้มข้น 10 mM และน้ำตาลซูโครส 3 % (w/v) สามารถชักนำให้เซลล์ของข้าวสาลีสร้าง H_2O_2 ได้มากกว่าการเลี้ยงในอาหารสูตร MS ธรรมดา และอาหารสูตร MS ที่เพิ่มเพียงไคตินหรือไคโตซาน และยังพบว่าการให้ไคตินและไคโตซานที่ความเข้มข้น 1.0 µg/ml สามารถกระตุ้นให้เกิดการสร้าง H_2O_2 ได้สูงสุดคล้ายคลึงกัน นอกจากนี้ยังพบอีกว่า ขนาดของโมเลกุลไคโตซานมีผลต่อการชักนำการเกิด oxidative burst โดยพบว่าไคตินที่มีโครงสร้างแบบ octamer ที่ความเข้มข้น 1.0 µg/ml สามารถชักนำให้เกิด oxidative burst ได้มากกว่าแบบ pentamer ที่ความเข้มข้นเดียวกัน (Ortmann et al., 2004)

การกระตุ้นกลไกการป้องกันตนเองของพืชโดยไคโตซานอาจเกิดผ่านทาง Octadecanoid pathway ได้ โดยจากการศึกษาในมะเขือเทศ var. Castlemart พบว่าการให้ไคโตซานที่ปริมาณ 5.0 µg ต่อต้น สามารถกระตุ้นให้ใบสดของมะเขือเทศมีปริมาณ Proteinase Inhibitors I สูงขึ้น ในขณะเดียวกันไคโตซานยังกระตุ้นให้เกิดการสร้าง jasmonic acid (JA) ขึ้นภายในเซลล์ในระดับที่สูงกว่าปกติถึง 2-3 เท่า ภายในเวลาเพียง 2 ชั่วโมง ซึ่งคล้ายคลึงกับการให้สาร systemin และพบอีกว่าการทำให้ใบมะเขือเทศเกิดบาดแผล หรือได้รับสารพวก oligouronides ก็สามารถชักนำให้เกิดการสร้าง JA ได้เช่นกัน (Doares et al., 1995) นอกจากนี้ไคโตซานสามารถชักนำให้เกิด systemic resistance ในต้นมะเขือเทศได้ ทั้งนี้มีรายงานการศึกษาผลของไคโตซานที่มีต่อการเกิดโรค *Fusarium* crown และ root rot อันมีสาเหตุมาจากเชื้อรา *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* โดยการใช้ไคโตซานที่ได้จากไคตินของเปลือกปูในการเคลือบเมล็ดและผสมร่วมกับอาหารที่ใช้ทดสอบ พบว่าไคโตซานที่ความเข้มข้น 0.5 และ 1.0 mg/ml

สามารถลดความรุนแรงของการเกิดโรคดังกล่าวได้ โดยวัดได้จากการลดลงของจำนวน root lesions และการมีระบบรากที่สมบูรณ์ดีกว่าต้นมะเขือเทศในชุดการทดลองควบคุมที่ไม่ได้ให้ไคโตซาน สำหรับเมล็ดมะเขือเทศที่ได้รับการเคลือบไคโตซานเพียงอย่างเดียว แต่ไม่ได้รับไคโตซานในอาหารเพาะเลี้ยง พบว่าไคโตซานจะช่วยชะลอการเกิดโรคออกไปเท่านั้น ซึ่งจากการตรวจสอบเนื้อเยื่อของรากบริเวณที่มีการรุกรานของเชื้อรา พบว่าการใช้ไคโตซานที่ความเข้มข้น 1.0 mg/ml มีประสิทธิภาพสูงในการช่วยลดการเจริญเติบโตของเชื้อรา โดยภายหลังจากการทำทดลองไปได้ 4-5 วัน พบว่ารากของมะเขือเทศในชุดการทดลองที่ไม่ได้รับไคโตซานจะมีเส้นใยของเชื้อราเจริญเติบโตกระจายอยู่ทั่วไปในเนื้อเยื่อท่อลำเลียงน้ำและอาหาร แต่ในมะเขือเทศที่ได้รับไคโตซานจะไม่พบการรุกรานของเชื้อราเข้าไปในเนื้อเยื่อรากเลย และพบว่าเซลล์ vascular parenchyma ของรากจะมีการสร้างสารในกลุ่ม phenolics compound ซึ่งอยู่ในรูปของ electron-dense droplets ขึ้นมาภายในเซลล์ และยังพบการสร้างโครงสร้าง electron-lucent layer ขึ้นมาตลอดแนวผิวชั้นในของ cell wall ซึ่งมีผลทำให้เชื้อราไม่สามารถแทงเส้นใยเข้ามาภายในเซลล์ของรากได้ แสดงให้เห็นว่า การได้รับไคโตซานสามารถกระตุ้นกลไกการป้องกันตนเองของรากมะเขือเทศ ซึ่งช่วยปกป้องไม่ให้ได้รับอันตรายจากการรุกรานของเชื้อราที่ก่อโรคดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น (Benhamou, Lafontaine, and Nicole, 1994)

จากการย่อยไคโตซานให้มีขนาดโมเลกุลต่าง ๆ กันด้วยเอนไซม์ แล้วนำมาประยุกต์ใช้กับพืชพบว่า ไคโตซานดังกล่าวสามารถกระตุ้นให้เกิดความต้านทานเชื้อ *Sclerotinia sclerotiorum* (Libert) de Bary ซึ่งเป็นเชื้อราที่ก่อให้เกิดโรคในแครอท (*Daucus carata* L.) ภายหลังการเก็บเกี่ยว โดยจากการใช้ไคโตซานจากเปลือกปู ที่มี 77 % DD ที่ความเข้มข้น 2 % (w/v) เคลือบหัวแครอทก่อนที่จะทำการปลูกเส้นใยของเชื้อราบนผิวของแครอท พบว่าเมื่อเก็บหัวแครอทไว้ที่อุณหภูมิ 22 ºC เป็นเวลา 3 วัน บาดแผลที่เกิดจากเชื้อดังกล่าวบนหัวแครอทที่ได้รับ ไคโตซานจะมีขนาดเล็กกว่าบาดแผลบนหัวแครอทที่ได้รับการล้างด้วยน้ำเปล่าที่ผ่านการฆ่าเชื้อ โดยไม่ได้รับไคโตซาน นอกจากนี้การใช้ Hydrolysed chitosan ที่ความเข้มข้น 0.2 % (w/v) เคลือบหัวแครอทก็สามารถลดขนาดของบาดแผลที่เกิดจากการรุกรานของเชื้อนี้ได้ถึง 50 % อย่างไรก็ตามพบว่าการใช้ไคโตซานที่ไม่ถูกย่อยด้วยเอนไซม์สามารถลดการเกิดโรคและลดขนาดของบาดแผลได้ในวันที่ 1 และวันที่ 3 ส่วนการใช้ Hydrolysed chitosan จะให้ผลลักษณะเช่นเดียวกันนี้ในวันที่ 2 และ 3 และหากทิ้งหัวแครอทที่เคลือบไคโตซานไว้นานถึง 5 วัน ก่อนทำการปลูกถ่ายเชื้อ พบว่าการเคลือบไคโตซานไม่มีผลต่อการเกิดโรคและขนาดของบาดแผล (Molloy, Cheah, and Koolaard, 2004)

ไคโตซานที่อยู่ในรูปของไคโตเจล (Chitogel) สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Botrytis cinerea* Pers.:Fr. ที่ทำให้เกิดโรคในพืชหลายชนิดได้ โดยจากการผสมไคโตเจลลงในอาหารเลี้ยงเชื้อราสูตร PDA ที่ความเข้มข้น 5 % (v/v) สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราในแนวรัศมีได้มากที่สุดถึง 64 % โดยความสามารถในการยับยั้งเชื้อราดังกล่าวจะลดลงเมื่อความเข้มข้นของไคโตซานที่ทดสอบลดลงตามลำดับ จากการวัดน้ำหนักแห้งของเชื้อราชนิดนี้หลังจากเลี้ยงในอาหารเหลวสูตร King B พบว่าอาหารที่เติมไคโตซานลงไป 10 % (v/v) จะยับยั้งการเติบโตของเชื้อราได้ดีที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับการให้ไคโตซานที่ความเข้มข้น อื่น ๆ นอกจากนี้ยังพบว่าโครงสร้างภายในของเส้นใยเชื้อราชนิดนี้เกิดการเปลี่ยนแปลง เมื่อได้รับ ไคโตซาน เช่นเกิด coagulation ของไซโตพลาซึม และพบการเกิด vesicle ที่มีทั้งขนาดเล็กและขนาดใหญ่ จำนวนมากกระจายทั่วเซลล์ และพบว่าบางเซลล์อาจไม่มีไซโตพลาซึมเลย (Barka, et al., 2004) นอกจากนี้ในรายงานการทดลองเดียวกันนี้ยังแสดงให้เห็นว่าการเพาะเลี้ยงองุ่น cv. Chardonnay clone 7535 ใน chitogel สามารถลดอาการต่าง ๆ ที่เกิดจากโรค gray mould ได้ เช่นเดียวกับการพ่นไคโตซานลงบนใบองุ่น ก็สามารถช่วยให้ต้นองุ่นต้านทานต่อเชื้อชนิดนี้ได้ (Barka, et al., 2004)

ไคโตซานมีผลต่อการเจริญเติบโต สัณฐานวิทยา และลักษณะโครงสร้างภายในของเชื้อราที่ทำให้เกิดโรค root rot ในพืชหลายชนิด เช่น *Cylindrocladium floridanum* Sobers & Seymour *Cylindrocarpon destructans* (Zinss.) Scholten *Fusarium acuminatum* Ellis & Everh และ *Fusarium oxysporum* Schlecht โดยพบว่า ไคโตซานที่ความเข้มข้น 1.0 และ 2.0 mg/ml สามารถยับยั้งการเจริญในแนวรัศมีของเชื้อราเหล่านี้ได้ถึง 40-70 % ยกเว้นในเชื้อ *F. acuminatum* Ellis & Everh สำหรับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับเชื้อ *C. floridanum* Sobers & Seymour พบว่า ไคโตซานที่ความเข้มข้น 0.5 mg/mL ทำให้เส้นใยไม่สามารถเจริญต่อไปได้ เกิด

การรวมกันเป็นกลุ่มก้อนของไซโตพลาซึมและจะติดกับผนังของเซลล์ในเซลล์บางบริเวณของเส้นใย มีการเพิ่มจำนวนของแวคิวโอล และที่ความเข้มข้น 2.0 mg/mL จะทำให้เยื่อหุ้มเซลล์แตกหัก ลักษณะดังกล่าวนี้พบใน *C. destructans* (Zinss.) Scholten เช่นกัน โดยยังพบว่า protoplasm เริ่มหายไป และไซโตพลาซึม มีรูปร่างผิดปกติ ซึ่งลักษณะที่คล้ายคลึงกันนี้ยังปรากฏในเชื้อ *F. acuminatum* Ellis & Everh และ *F. oxysporum* Schlecht แต่จะมีลักษณะของเยื่อหุ้มเซลล์ที่ถูกทำลายไปมากกว่า อีกทั้งมีการสร้าง vesicle ต่าง ๆ อยู่ภายในเซลล์ด้วย (Laflamme et al., 1999)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิธีการวิจัย

การทดลองในส่วนที่ 1

1. การเตรียมแปลงปลูกและพืชทดลอง

1. 1 เตรียมแปลงปลูกจำนวน 6 แปลง ในบริเวณหลังบ้านเด็ก จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยแต่ละแปลงแบ่งพื้นที่เป็น 10 แปลงย่อย สำหรับ 10 ชุดการทดลอง

1.2 ปลูกต้นกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์ญี่ปุ่น (Yamato Green) และพันธุ์อินเดีย (9701) จำนวน 10 ต้นต่อแปลงย่อย รวม 600 ต้นต่อพันธุ์

2. การเตรียมไคโตซาน

เตรียม 80 % DD ไคโตซานที่มีขนาดพอลิเมอร์ต่างกัน คือ ไคโตซานที่ยังเป็นพอลิเมอร์ P ซึ่งเป็นไคโตซานที่ไม่ได้ผ่านการย่อยจึงมีโมเลกุลเป็นสายยาว (polymer) และ O ซึ่งเป็นไคโตซานที่ผ่านการย่อยโดยไคติเนสแล้ว เป็นสายสั้นๆ (short chains and/or mixture of oligomers) ซึ่งการย่อยโดยไคติเนสนี้จะเป็นการย่อยอย่างจำเพาะ โดยไคติเนสจะย่อยเฉพาะบริเวณของสายไคโตซานที่ยังคงเป็นน้ำตาล เอ็นอะซิทิล-ดี-กลูโคซามีน อยู่ แต่จะไม่ย่อยส่วนที่เป็น ดี-กลูโคซามีน

หลังจากการเตรียม chitosan แล้ว จะทำการวัดขนาดโมเลกุลโดยวิธี gel permeation chromatography (GPC) ทำให้ทราบน้ำหนักโดยเฉลี่ยของโมเลกุล

3. การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองโดยพิจารณา 2 ปัจจัย ได้แก่

ปัจจัยที่ 1 ขนาดของพอลิเมอร์ มี 3 ขนาด คือ P และ O 80% DD chitosan และ uncharacterized commercial chitosan

ปัจจัยที่ 2 ความเข้มข้นของสารมี 3 ระดับ คือ 25 50 และ 100 ppm และชุดควบคุม (control-ไม่ให้ไคโตซาน)

จึงจัดแผนการทดลองเป็น 10 combinations และใช้แผนการทดลองแบบ RCBD (เนื่องจากพื้นที่ที่ใช้ในการทดลองได้รับแสงไม่สม่ำเสมอเนื่องจากมีเงาของต้นไม้และอาคารข้างเคียงในบางส่วนของพื้นที่ในบางช่วงเวลา) โดยมีจำนวนซ้ำ 6 ซ้ำ (replicate)

4. การศึกษาผลของไคโตซานที่มีต่อการเติบโต จำนวนและคุณภาพของฝักกระเจี๊ยบเขียว ตลอดจนอายุการเก็บรักษาหลังการเก็บเกี่ยว และการติดเชื้อของโรคไวรัสเส้นใบเหลืองในกระเจี๊ยบเขียว

4.1 แช่เมล็ดกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์ญี่ปุ่น (Yamato Green) และพันธุ์อินเดีย (9701) ในไคโตซานแต่ละชนิดและระดับความเข้มข้น (ใช้น้ำกลั่นสำหรับชุดควบคุม) เป็นเวลา 12 ชั่วโมง ก่อนทำการปลูกต้นกระเจี๊ยบเขียว จำนวน 10 ต้นต่อแปลงย่อย โดยในแต่ละแปลงใหญ่มี 10 แปลงย่อย รวมกระเจี๊ยบเขียว 600 ต้นต่อพันธุ์

4.2 ทำการฉีดพ่นสารละลายไคโตซานทุกๆ 3 สัปดาห์ โดยผสมไคโตซานกับ ปุ๋ยสูตรเสมอ 21:21:21 ทำการฉีดพ่นจนเปียกโชกทั่วทั้งต้น

4.3 เก็บผลการทดลองเพื่อศึกษาการเติบโต และจำนวนและคุณภาพของฝักกระเจี๊ยบเขียว ดังนี้

เก็บข้อมูลการเติบโตของต้นกระเจี๊ยบเขียว โดยวัดความสูงของลำต้น นับจำนวนใบ โดยทำการวัดทุกสัปดาห์หลังจากต้นกระเจี๊ยบงอก และนับจำนวนดอกทุกสัปดาห์ โดยเริ่มตั้งแต่ต้นกระเจี๊ยบเริ่มออกดอก จนถึงสัปดาห์ที่ 8 หลังปลูก เมื่อสิ้นสุดการทดลอง วัดน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของทั้งต้นเพื่อศึกษาผลผลิตมวลชีวภาพของกระเจี๊ยบเขียว และศึกษาปริมาณน้ำภายในต้นต่อน้ำหนักสดของต้นกระเจี๊ยบเขียว (% water content) โดยคำนวณจากสมการ [(น้ำหนักสด – น้ำหนักแห้ง)/น้ำหนักสด] x 100

เก็บข้อมูลของจำนวนและคุณภาพของผลผลิต โดยการนับจำนวนฝักต่อต้นของฝักกระเจี๊ยบเขียว (ดัดแปลงจากวิธีของ ญาวดี ศรีเมฆ, 2545)

4.4 เก็บผลการทดลองเพื่อศึกษาการติดเชื้อของโรคไวรัสเส้นใบเหลืองในกระเจี๊ยบเขียว ดังนี้

จดบันทึกการเปลี่ยนแปลงลักษณะอาการของโรคและจำนวนต้นพืชในแต่ละชุดการทดลองที่แสดงอาการของโรค ตลอดระยะเวลาที่ทำการทดลอง (นำต้นกระเจี๊ยบเขียวที่ติดเชื้อไวรัสเส้นใบเหลืองไปปลูกไว้ในแปลงทดลองที่ให้/ไม่ให้สารไคโตซานดังที่ระบุไว้ในข้อ 1 แปลงละ 2 ต้น เพื่อเป็นแหล่งของไวรัส โดยให้เกิดการถ่ายทอดไวรัสชนิดนี้ตามธรรมชาติ ซึ่งมีแมลงหวี่ขาวเป็นพาหะ (เครือพันธุ์ กิตติปกรณ์ อำนวย อรรถลังรอง และพิสสวรรณ เจียมสมบัติ, 2542-2543) โดยนำมาปลูกหลังการให้สารไคโตซานครั้งที่ 2)

สุ่มเก็บตัวอย่างใบกระเจี๊ยบเขียวในแต่ละชุดการทดลอง จำนวน 3 ต้นต่อชุดการทดลองไปตรวจสอบการติดเชื้อไวรัสเส้นใบเหลืองโดยวิธี Southern blot hybridization (Sambrook, Fritsh and Maniatis, 1989) โดยใช้ DNA-A ของ *Dicliptera yellow mottle virus* (Lotrakul, Valverde and Landry, 2000) เป็น probe

4.5 เก็บผลการทดลองเพื่อศึกษาอายุการเก็บรักษาหลังการเก็บเกี่ยวของฝักกระเจี๊ยบเขียว ดังนี้

นำฝักกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์อินเดีย 9701 ที่ไม่เป็นโรค ไม่มีบาดแผลหรือรอยช้ำ ฝักมีสีเขียวสม่ำเสมอ และมีความยาวของฝักใกล้เคียงกัน ซึ่งได้จากการทดลองในข้อ 4.3 (จากต้นที่ไม่ถูกสุ่มเลือกในการวัดการเติบโตและผลผลิต) มาเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เก็บข้อมูลอายุการเก็บรักษาโดยพิจารณาจากการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสดของฝักกระเจี๊ยบเขียวทุกวัน เป็นเวลา 9 วัน

5. การวิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติและสรุปผลการทดลอง

วิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติ ตามแผนการทดลองที่ได้วางไว้ แล้วสรุปผลการทดลอง

การทดลองในส่วนที่ 2

1. การเตรียมพืชทดลอง

ปลูกกระเจี๊ยบเขียว 1 ต้น/กระถาง ชุดการทดลองละ 6 กระถาง มีจำนวนซ้ำ 4 ซ้ำ รวม 24 กระถาง

2. การเตรียมไคโตซาน

เตรียม 80 % DD ไคโตซานที่มีขนาดพอลิเมอร์ต่างกัน ดังการทดลองในส่วนที่ 1

3. การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ CRD เพื่อเปรียบเทียบผลของไคโตซานทั้ง 3 ชนิด ต่อการกัดกินของหนอนศัตรูพืชในกระเจี๊ยบเขียว โดยให้ไคโตซาน 3 ชนิด ที่ความเข้มข้น 50 ppm โดยการฉีดพ่นทางใบทุก 3 สัปดาห์ มีชุดการทดลองเป็น 3+1 (ชุดควบคุมที่ไม่ได้รับไคโตซาน) จำนวนซ้ำ 4 ซ้ำ

4. การศึกษาผลของไคโตซานที่มีต่อการกัดกินของหนอนศัตรูพืชในกระเจี๊ยบเขียว

4.1 แช่เมล็ดกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์ญี่ปุ่น (Yamato Green) และพันธุ์อินเดีย (9701)ในไคโตซานแต่ละชนิดและระดับความเข้มข้น (ใช้น้ำกลั่นสำหรับชุดควบคุม) เป็นเวลา 12 ชั่วโมง ก่อนทำการปลูกต้นกระเจี๊ยบเขียว1 ต้น/กระถาง ชุดการทดลองละ 6 กระถาง มีจำนวนซ้ำ 4 ซ้ำ รวม 24 กระถาง

4.2 ภายหลังจากการปลูกเป็นเวลา 12 สัปดาห์ ทำการฉีดพ่นสารละลายไคโตซานทุกๆ 3 สัปดาห์ โดยผสมไคโตซานกับปุ๋ยสูตรเสมอ 21:21:21 ทำการฉีดพ่นจนเปียกโชกทั่วทั้งต้น

4.3 เก็บผลการทดลองเพื่อศึกษาการการกัดกินของหนอนศัตรูพืชในกระเจี๊ยบเขียว ดังนี้

ทำการเก็บตัวอย่างใบในวันที่ 1 5 9 13 17 และ 21 วัน หลังการฉีดพ่นสารละลายไคโตซานครั้งที่ 1 เพื่อนำมาใช้ในการตรวจสอบการกัดกินใบกระเจี๊ยบเขียวของหนอนศัตรูพืชโดยดัดแปลงจากวิธีของ Underwood และคณะ (2000) โดยใช้หนอนที่สั่งซื้อจากกรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

5. การศึกษาผลของไคโตซานที่มีต่อปริมาณ proteinase inhibitor ในใบกระเจี๊ยบเขียว

นำตัวอย่างใบบางส่วนจากข้อ 4.3 มาตรวจสอบปริมาณ proteinase inhibitor โดยใช้วิธีที่ดัดแปลงจาก Stout และคณะ (1998)

6. การวิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติและสรุปผลการทดลอง

วิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติ ตามแผนการทดลองที่ได้วางไว้ แล้วสรุปผลการทดลอง

การทดลองในส่วนที่ 3

1. การเตรียมฝักกระเจี๊ยบเขียว

คัดเลือกฝักกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์อินเดีย Hit 9701 ฝักอายุ 5 วัน หลังจากดอกบาน จากกลุ่มผู้ปลูกกระเจี๊ยบเขียว (เพื่อการส่งออก) หมู่ที่ 1 บ้านดอนขุนวิเศษ อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม โดยคัดเลือกฝักกระเจี๊ยบเขียวที่ไม่เป็นโรค ไม่มีบาดแผลหรือรอยช้ำ ฝักมีสีเขียวสม่ำเสมอ และมีความยาวของฝักใกล้เคียงกัน ในช่วงความยาว 8-10 ซม. มาใช้ในการทดลอง

2. การวางแผนการทดลอง

ออกแบบการทดลองแบบ CRD เพื่อตรวจสอบผลของ 80 % DDไคโตซาน 5 ความเข้มข้น คือ 5 10 20 50 และ 100 ppm และสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 8 ความเข้มข้นคือ 0.1 0.25 0.5 0.75 1 2 3 และ 4 % (w/v) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 9 และ 18 องศาเซลเซียส และผลของสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้น 0.50 % ร่วมกับ 80 % DDไคโตซาน ที่ระดับความเข้มข้น 20 ppm เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 9 องศาเซลเซียส สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้น 0.25 % ร่วมกับ 80 % DDไคโตซาน ที่ระดับความเข้มข้น 10 ppm เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส

3. การศึกษาผลของไคโตซานและสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่มีต่อการเก็บรักษาหลังการเก็บเกี่ยวของฝักกระเจี๊ยบเขียว

3.1 แช่ฝักกระเจี๊ยบเขียวที่คัดไว้ในสารละลายไคโตซาน และสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ที่ความเข้มข้นต่างๆ (ชุดการทดลองละ 1 ชนิดสารละลาย และ 1 ความเข้มข้น) ระยะเวลาในการแช่ 5 นาที โดยมีกระเจี๊ยบเขียวที่แช่ในน้ำเป็นชุดควบคุม และเก็บรักษาอุณหภูมิที่ 9 และ 18 องศาเซลเซียส

3.2 เก็บข้อมูลอายุการเก็บรักษาโดยพิจารณาจากการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของฝักกระเจี๊ยบเขียวทุก 2 วันในฝักกระเจี๊ยบเขียวที่เก็บรักษาอุณหภูมิ 9 องศาเซลเซียส และทุก 3 วันในฝักกระเจี๊ยบเขียวที่เก็บรักษาอุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส โดยการวัดการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสด การเกิดโรคและการเน่าเสีย ลักษณะที่ปรากฏภายนอก การเปลี่ยนแปลงปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด และการเปลี่ยนสีของฝัก

4. การศึกษาผลของไคโตซานและสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่มีต่อการเก็บรักษาหลังการเก็บเกี่ยวของฝักกระเจี๊ยบเขียว

4.1 แช่ฝักกระเจี๊ยบเขียวที่คัดไว้ในสารละลายไคโตซาน สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ สารละลายไคโตซานร่วมกับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ระยะเวลาในการแช่ 5 นาที โดยมีกระเจี๊ยบเขียวที่แช่ในน้ำเป็นชุดควบคุม และเก็บรักษาอุณหภูมิ 9 และ 18 องศาเซลเซียส

4.2 เก็บข้อมูลอายุการเก็บรักษาโดยพิจารณาจากการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของฝักกระเจี๊ยบเขียวกระเจี๊ยบเขียวทุก 2 วันในฝักกระเจี๊ยบเขียวที่เก็บรักษาอุณหภูมิ 9 องศาเซลเซียส และทุก 3 วันในฝักกระเจี๊ยบเขียวที่เก็บรักษาอุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส โดยการวัดการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสด การเกิดโรคและการเน่าเสีย ลักษณะที่ปรากฏภายนอก การเปลี่ยนแปลงปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด การเปลี่ยนสีของฝัก การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ การเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินซี การเปลี่ยนแปลงปริมาณเส้นใย การเปลี่ยนแปลงปริมาณคลอโรฟิลล์ การเปลี่ยนแปลงปริมาณเพคติน และการเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์จากการหายใจ

5. การวิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติและสรุปผลการทดลอง

วิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติ ตามแผนการทดลองที่ได้วางไว้ แล้วสรุปผลการทดลอง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลการวิจัย

ผลการทดลองในส่วนที่ 1

สมบัติทางกายภาพของไคโตซานที่เตรียมได้

เมื่อนำไคโตซานที่เตรียมได้ไปวิเคราะห์ด้วย Gel Permeation Chromatography โดย ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ พบว่า ไคโตซานที่เตรียมทั้ง 2 ชนิดมีขนาดโมเลกุลแตกต่างกัน โดยที่ ไคโตซานแบบ O (oligomer form) มีขนาดเล็กว่า ไคโตซานแบบ P (polymer form) ที่เตรียมให้มี degree of deacetylation เท่ากัน (80 %) โดยแสดงผลดังนี้

P80 มี M_w = 460,000 O80 มี M_w = 73,000

ผลของไคโตซานที่มีต่อการเติบโตของกระเจี๊ยบเขียว

การเติบโตของกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับไคโตซาน 3 ชนิด คือ P80 O80 และ UCC (Uncharacterized commercial chitosan, Bio Brand) ที่ระดับความเข้มข้น 20 50 และ 100 ppm แสดงในตารางที่ 1-7

จากผลการทดลองพบว่า ในปี พ.ศ. 2547 การแช่เมล็ดและฉีดพ่นไคโตซานมีผลต่อความสูงของต้นกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์อินเดีย 9701 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในบางสัปดาห์ คือในสัปดาห์ที่ 1 และสัปดาห์ที่ 4-8 (ตารางที่ 1) ซึ่งโดยรวมแล้ว ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 4 เป็นต้นไป ต้นกระเจี๊ยบส่วนใหญ่ที่ได้รับไคโตซานมีแนวโน้มที่จะเตี้ยกว่าต้นที่ไม่ได้รับไคโตซาน แต่อย่างไรก็ดีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยที่พบระหว่างชุดควบคุมและชุดการทดลองที่ได้รับไคโตซานยังเห็นได้ไม่ชัดเจน ยกเว้นในสัปดาห์ที่ 4 และ 5 ที่การฉีดพ่นไคโตซาน P80 ที่ 25 ppm มีผลทำให้ต้นกระเจี๊ยบเขียวเตี้ยกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ และการฉีดพ่นไคโตซาน UCC ที่ 50 ppm มีผลทำให้ต้นกระเจี๊ยบเตี้ยกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญในสัปดาห์ที่ 4

ในปี พ.ศ. 2548 การฉีดพ่นไคโตซานมีผลต่อความสูงของต้นกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์อินเดีย 9701 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเฉพาะในสัปดาห์ที่ 5 (ตารางที่ 2)โดยเมื่อเทียบกับชุดควบคุมแล้ว กระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับไคโตซาน P80 ที่ 25 และ 100 ppm O80 ที่ 100 ppm และ UCC ที่ 50 ppm มีแนวโน้มที่จะสูงกว่า ในขณะที่การฉีดพ่นไคโตซาน O80 ที่ 25 ppm มีผลให้ต้นกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์อินเดีย 9701 มีความสูงมากกว่าต้นที่ไม่ได้รับไคโตซานอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 1 ความสูงเฉลี่ยต่อต้นของกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์อินเดีย 9701 ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 1 ถึง 8 หลังปลูก ในปี พ.ศ. 2547

ชุดการทดลอง	ค่าเฉลี่ยความสูงต่อต้น (ซ.ม.) **							
	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4	สัปดาห์ที่ 5	สัปดาห์ที่ 6	สัปดาห์ที่ 7	สัปดาห์ที่ 8
ชุดควบคุม	7.403±1.597^{abc}	12.260±2.151^{ns}	20.183±3.867^{ns}	32.587±7.160^{a}	44.213±11.448^{a}	56.193±18.323^{ab}	68.077±26.666^{ab}	74.853±31.504^{ab}
P80 25 ppm	8.110±1.263^{ab}	12.173±1.138^{ns}	17.972±1.401^{ns}	26.271±2.204^{c}	33.958±5.985^{b}	41.747±9.032^{b}	47.589±12.098^{b}	52.628±13.902^{b}
P80 50 ppm	8.197±1.477^{a}	12.680±1.687^{ns}	19.393±0.961^{ns}	29.837±4.102^{abc}	39.007±8.448^{ab}	53.240±17.957^{ab}	55.477±23.184^{ab}	60.750±27.704^{ab}
P80 100 ppm	7.353±1.698^{abc}	11.930±2.099^{ns}	19.337±3.044^{ns}	28.697±3.259^{abc}	37.627±4.986^{ab}	46.497±9.830^{ab}	54.347±15.396^{ab}	58.303±17.586^{ab}
O80 25 ppm	5.993±0.760^{c}	10.503±1.967^{ns}	17.197±2.731^{ns}	29.177±3.570^{abc}	40.293±5.464^{ab}	53.923±11.758^{ab}	67.193±17.978^{ab}	75.487±22.594^{ab}
O80 50 ppm	7.733±2.638^{abc}	12.147±3.156^{ns}	17.897±4.309^{ns}	28.904±5.226^{abc}	39.250±9.639^{ab}	48.833±15.732^{ab}	56.500±22.089^{ab}	58.510±24.505^{ab}
O80 100 ppm	7.533±0.888^{abc}	12.147±1.341^{ns}	20.177±1.939^{ns}	32.027±3.983^{ab}	43.553±6.566^{ab}	55.017±12.134^{ab}	63.363±19.174^{ab}	68.640±25.097^{ab}
UCC*25 ppm	7.963±1.267^{abc}	12.143±1.855^{ns}	19.367±2.944^{ns}	31.833±6.568^{abc}	42.187±10.328^{ab}	53.003±14.806^{ab}	62.884±20.557^{ab}	67.790±25.604^{ab}
UCC 50 ppm	6.940±1.978^{abc}	10.807±2.426^{ns}	16.658±3.787^{ns}	26.682±4.115^{bc}	36.354±5.769^{ab}	46.550±8.498^{ab}	58.331±11.441^{ab}	65.298±12.882^{ab}
UCC 100ppm	6.100±0.896^{bc}	11.293±1.262^{ns}	19.857±2.832^{ns}	32.953±5.036^{a}	46.243±8.030^{a}	60.107±12.476^{a}	73.340±18.478^{a}	80.707±22.486^{a}

*UCC = Uncharacterized commercial chitosan

**ตัวอักษรภาษาอังกฤษหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวดิ่ง ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % สำหรับ ns แสดงถึงผลที่ได้ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 2 ความสูงเฉลี่ยต่อต้นของกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์อินเดีย 9701 ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 1 ถึง 8 หลังปลูก ในปี พ.ศ. 2548

ชุดการทดลอง	ค่าเฉลี่ยความสูงต่อต้น (ซ.ม.) **							
	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4	สัปดาห์ที่ 5	สัปดาห์ที่ 6	สัปดาห์ที่ 7	สัปดาห์ที่ 8
ชุดควบคุม	9.130±1.080^{ns}	13.293±1.187^{ns}	19.607±1.316^{ns}	33.107±2.809^{ns}	42.897±4.609^{b}	46.377±5.424^{ns}	53.893±7.754^{ns}	55.783±7.604^{ns}
P80 25 ppm	9.433±0.594^{ns}	14.273±0.741^{ns}	21.297±1.264^{ns}	36.880±2.879^{ns}	46.790±3.619^{ab}	53.097±4.022^{ns}	61.127±5.048^{ns}	62.920±5.114^{ns}
P80 50 ppm	10.233±0.908^{ns}	15.443±1.516^{ns}	21.437±1.635^{ns}	34.267±1.478^{ns}	42.853±1.188^{b}	47.180±1.359^{ns}	53.387±2.404^{ns}	54.950±2.414^{ns}
P80 100 ppm	9.287±0.210^{ns}	13.577±0.360^{ns}	21.100±1.094^{ns}	39.497±4.727^{ns}	46.983±6.001^{ab}	57.650±7.106^{ns}	67.267±8.825^{ns}	69.133±8.954^{ns}
O80 25 ppm	8.680±0.364^{ns}	13.493±0.323^{ns}	21.600±0.756^{ns}	40.790±3.549^{ns}	58.867±4.084^{a}	63.247±7.161^{ns}	71.913±8.363^{ns}	73.800±8.424^{ns}
O80 50 ppm	8.873±0.333^{ns}	14.153±1.205^{ns}	19.987±0.874^{ns}	32.403±1.547^{ns}	40.107±2.346^{b}	45.953±3.064^{ns}	52.540±4.445^{ns}	55.180±4.528^{ns}
O80 100 ppm	10.180±0.933^{ns}	15.110±1.045^{ns}	22.140±0.939^{ns}	36.787±2.377^{ns}	48.113±4.433^{ab}	55.563±5.435^{ns}	62.327±5.577^{ns}	64.283±5.553^{ns}
UCC*25 ppm	9.657±0.535^{ns}	14.057±0.648^{ns}	20.720±0.903^{ns}	34.993±2.410^{ns}	44.257±3.286^{b}	50.420±4.180^{ns}	57.673±4.364^{ns}	59.190±4.333^{ns}
UCC 50 ppm	8.817±0.527^{ns}	13.973±1.165^{ns}	20.660±1.528^{ns}	36.550±2.975^{ns}	47.767±4.053^{ab}	54.097±5.452^{ns}	60.503±6.893^{ns}	62.340±7.049^{ns}
UCC 100ppm	8.503±0.586^{ns}	12.907±1.023^{ns}	19.787±1.639^{ns}	33.937±3.561^{ns}	43.813±5.548^{b}	49.290±7.251^{ns}	55.737±8.680^{ns}	57.517±8.610^{ns}

*UCC = Uncharacterized commercial chitosan

**ตัวอักษรภาษาอังกฤษหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวดิ่ง ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % สำหรับ ns แสดงถึงผลที่ได้ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ในปี พ.ศ. 2547ไคโตซานที่ใช้ในการทดลองนี้มีผลต่อความสูงของกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์ญี่ปุ่น Yamato Green อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเกือบตลอดการทดลอง ยกเว้นในสัปดาห์ที่ 2 (ตารางที่ 3) โดยพบว่า ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 4 เป็นต้นไป ไคโตซาน P80 แสดงแนวโน้มที่ทำให้กระเจี๊ยบเขียวพันธุ์ญี่ปุ่นมีความสูงเพิ่มขึ้น เมื่อใช้ที่ระดับความเข้มข้น 25 ppm อย่างไรก็ดีการให้ไคโตซาน P80 ที่ระดับความเข้มข้น 50 และ 100 ppm แสดงแนวโน้มที่จะทำให้ความสูงของกระเจี๊ยบเขียวลดลงเมื่อเทียบกับที่ระดับความเข้มข้น 25 ppm ส่วนผลของไคโตซาน O80 ที่มีต่อกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์ญี่ปุ่น Yamato Green ก็เป็นไปในทำนองเดียวกัน แต่สามารถเห็นความแตกต่างของค่าความสูงเฉลี่ยได้ชัดเจนกว่า โดยพบว่าต้นกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับไคโตซาน O80 ที่ระดับความเข้มข้น 25 ppm มีความสูงมากที่สุดตั้งแต่สัปดาห์ที่ 3 และแสดงความแตกต่างทางสถิติกับชุดควบคุมในสัปดาห์ที่ 6 สำหรับไคโตซาน UCC ทั้ง 3 ระดับความเข้มข้นให้ผลไม่แตกต่างกัน แต่มีผลทำให้ความสูงของกระเจี๊ยบเขียวมีแนวโน้มสูงกว่าชุดควบคุมตลอดระยะเวลา 8 สัปดาห์ โดยที่การให้ไคโตซาน UCC ที่ระดับความเข้มข้น 50 ppm โดยการแช่เมล็ดกระเจี๊ยบเขียว มีผลทำให้ต้นกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์ญี่ปุ่นมีความสูงมากกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในช่วงสัปดาห์ที่ 1 (ตารางที่ 3)

ในปี พ.ศ. 2548 การแช่เมล็ดในไคโตซานทุกชนิดที่ใช้ในการทดลองนี้ มีผลให้กระเจี๊ยบเขียวพันธุ์ญี่ปุ่น Yamato Green มีแนวโน้มที่จะมีความสูงมากกว่าต้นที่ไม่ได้รับไคโตซานในชุดควบคุม ในสัปดาห์ที่ 1 และ 2 (ตารางที่ 4) โดยไคโตซาน P80 และ O80 ที่ 25 และ 100 ppm กระตุ้นให้ต้นกระเจี๊ยบเขียวมีความสูงเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ แต่อย่างไรก็ดี หลังจากสัปดาห์ที่ 2 เป็นต้นไป การให้ไคโตซานในทุกชุดการทดลองไม่มีผลต่อความสูงของต้นกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์ญี่ปุ่น Yamato Green อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 3 ความสูงเฉลี่ยต่อต้นของกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์ญี่ปุ่น Yamato Green ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 1 ถึง 8 หลังปลูก ในปี พ.ศ. 2547

ชุดการทดลอง	ค่าเฉลี่ยความสูงต่อต้น (ซ.ม.)**							
	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4	สัปดาห์ที่ 5	สัปดาห์ที่ 6	สัปดาห์ที่ 7	สัปดาห์ที่ 8
ชุดควบคุม	5.360±0.682^{b}	8.895±0.982^{ns}	16.225±1.546^{ab}	23.553±1.334^{ab}	32.115±1.857^{ab}	34.974±1.439^{b}	37.538±1.533^{ab}	38.016±2.148^{ab}
P80 25 ppm	5.663±0.777^{ab}	8.763±1.127^{ns}	15.920±1.837^{ab}	24.660±4.007^{ab}	34.147±6.425^{ab}	37.170±7.295^{ab}	40.457±7.749^{ab}	40.727±8.295^{ab}
P80 50 ppm	6.270±0.548^{ab}	9.347±0.602^{ns}	16.163±1.038^{ab}	23.650±1.665^{ab}	32.347±2.098^{ab}	34.927±2.601^{b}	37.020±3.084^{b}	37.590±2.676^{ab}
P80 100 ppm	5.787±1.484^{ab}	8.783±2.031^{ns}	15.990±3.901^{ab}	23.860±5.064^{ab}	31.673±6.487^{ab}	34.347±6.485^{b}	35.897±5.828^{b}	36.587±6.018^{b}
O80 25 ppm	6.287±0.860^{ab}	9.520±1.140^{ns}	18.267±2.947^{a}	27.387±4.510^{a}	37.250±5.950^{a}	41.107±6.289^{a}	43.527±6.545^{a}	43.997±7.043^{a}
O80 50 ppm	5.545±1.576^{ab}	8.324±1.857^{ns}	14.674±2.719^{b}	22.293±2.962^{b}	31.272±4.360^{b}	34.368±4.233^{b}	38.277±4.923^{ab}	38.772±5.296^{ab}
O80 100 ppm	5.720±0.972^{ab}	8.767±1.361^{ns}	16.210±3.060^{ab}	22.613±4.892^{b}	31.994±6.951^{ab}	34.620±7.456^{b}	36.700±7.665^{b}	37.180±7.504^{b}
UCC*25 ppm	6.290±0.790^{ab}	9.643±1.086^{ns}	17.060±1.992^{ab}	24.643±2.291^{ab}	33.843±1.876^{ab}	36.440±2.073^{ab}	39.317±1.921^{ab}	39.693±2.472^{ab}
UCC 50 ppm	6.777±0.739^{a}	10.237±0.886^{ns}	17.450±1.483^{ab}	24.503±0.871^{ab}	33.710±1.197^{ab}	36.890±1.401^{ab}	39.257±1.194^{ab}	39.593±1.392^{ab}
UCC 100ppm	6.025±0.977^{ab}	9.017±1.817^{ns}	16.360±1.977^{ab}	23.827±2.357^{ab}	33.186±1.515^{ab}	36.320±2.091^{ab}	39.209±2.808^{ab}	39.787±3.169^{ab}

*UCC = Uncharacterized commercial chitosan

**ตัวอักษรภาษาอังกฤษหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวดิ่ง ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % สำหรับ ns แสดงถึงผลที่ได้ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 4 ความสูงเฉลี่ยต่อต้นของกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์ญี่ปุ่น Yamato Green ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 1 ถึง 8 หลังปลูก ในปี พ.ศ. 2548

ชุดการทดลอง	ค่าเฉลี่ยความสูงต่อต้น (ซ.ม.)**							
	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4	สัปดาห์ที่ 5	สัปดาห์ที่ 6	สัปดาห์ที่ 7	สัปดาห์ที่ 8
ชุดควบคุม	5.693±0.352^{c}	8.633±0.492^{d}	12.977±0.651^{ns}	20.033±0.690^{ns}	30.050±1.027^{ns}	38.817±1.764^{ns}	44.783±2.841^{ns}	45.717±2.811^{ns}
P80 25 ppm	7.300±0.571^{a}	10.023±0.686^{abc}	13.370±1.019^{ns}	20.567±1.089^{ns}	30.297±2.920^{ns}	38.000±3.554^{ns}	44.533±3.952^{ns}	46.029±3.639^{ns}
P80 50 ppm	6.350±0.412^{bc}	9.060±0.599^{bcd}	13.343±0.879^{ns}	20.170±0.889^{ns}	31.757±2.459^{ns}	40.150±2.609^{ns}	44.962±2.973^{ns}	46.102±2.877^{ns}
P80 100 ppm	7.407±o.342^{a}	10.593±0.425^{a}	14.330±0.725^{ns}	21.240±0.722^{ns}	30.900±2.914^{ns}	37.167±4.210^{ns}	41.707±5.374^{ns}	43.417±5.587^{ns}
O80 25 ppm	6.970±0.337^{ab}	9.977±0.415^{abc}	14.357±0.699^{ns}	21.487±0.721^{ns}	33.783±2.178^{ns}	41.733±3.014^{ns}	48.857±2.624^{ns}	50.067±2.521^{ns}
O80 50 ppm	6.203±0.169^{bc}	8.997±0.353^{bcd}	12.973±0.591^{ns}	20.203±0.536^{ns}	30.460±1.017^{ns}	39.963±1.571^{ns}	47.225±3.352^{ns}	48.067±3.316^{ns}
O80 100 ppm	7.353±0.327^{ab}	10.133±0.461^{ab}	13.347±0.786^{ns}	20.293±0.839^{ns}	31.017±3.276^{ns}	40.667±3.141^{ns}	46.472±4.683^{ns}	47.727±4.664^{ns}
UCC*25 ppm	6.300±0.228^{bc}	9.213±0.285^{bcd}	13.240±0.412^{ns}	20.327±0.396^{ns}	30.290±0.673^{ns}	37.783±2.169^{ns}	46.025±2.736^{ns}	47.550±2.517^{ns}
UCC 50 ppm	6.003±0.346^{bc}	8.857±0.597^{cd}	12.820±0.756^{ns}	19.910±0.781^{ns}	29.983±1.705^{ns}	39.533±2.883^{ns}	48.193±3.202^{ns}	49.217±2.984^{ns}
UCC 100ppm	6.583±0.338^{abc}	9.560±0.491^{abd}	14.107±0.590^{ns}	20.700±0.673^{ns}	33.150±2.478^{ns}	42.933±3.297^{ns}	46.055±3.664^{ns}	47.817±3.950^{ns}

*UCC = Uncharacterized commercial chitosan

**ตัวอักษรภาษาอังกฤษหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวดิ่ง ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % สำหรับ ns แสดงถึงผลที่ได้ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

การให้ไคโตซานแก่กระเจี๊ยบเขียวพันธุ์อินเดีย 9701 ในปี พ.ศ. 2547 มีผลต่อจำนวนใบเฉลี่ยต่อต้น โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเกือบตลอดการทดลอง ยกเว้นในสัปดาห์ที่ 4 (ตารางที่ 5) เมื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างชุดการทดลองที่ให้ไคโตซาน พบว่าการให้ไคโตซาน P80 ที่ระดับความเข้มข้น 25 ppm มีผลทำให้ต้นกระเจี๊ยบเขียวจำนวนใบเฉลี่ยต่อต้นน้อยกว่าต้นที่ได้รับไคโตซาน UCC ที่ระดับความเข้มข้น 100 ppm อย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ดีเมื่อเปรียบเทียบจำนวนใบเฉลี่ยต่อต้นระหว่างต้นกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับไคโตซานทุกชนิดและที่ทุกระดับความเข้มข้น กับชุดควบคุมที่ไม่ได้รับไคโตซาน ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และไม่พบแนวโน้มที่ชัดเจนเมื่อเปรียบเทียบผลของความเข้มข้นของไคโตซานแต่ละชนิดที่มีต่อจำนวนใบเฉลี่ยต่อต้นกระเจี๊ยบเขียว

ในปี พ.ศ. 2548 การให้ไคโตซานแก่กระเจี๊ยบเขียวพันธุ์อินเดีย 9701 มีผลต่อต่อจำนวนใบเฉลี่ยต่อต้น โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเพียงในสัปดาห์ที่ 5 (ตารางที่ 6) โดยพบว่า การให้ไคโตซาน O80 ที่ความเข้มข้น 25 ppm ส่งผลให้ต้นกระเจี๊ยบเขียวมีจำนวนใบเพิ่มมากขึ้นกว่าต้นในชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ แต่อย่างไรก็ดีผลดังกล่าวนี้ไม่สามารถตรวจพบได้อีกในสัปดาห์ถัดมา สำหรับไคโตซานชนิดและความเข้มข้นอื่นๆ ที่ใช้ในการศึกษานี้ ไม่มีผลต่อจำนวนใบเฉลี่ยต่อต้นเมื่อเทียบกับชุดควบคุม ตลอดการทดลองในปี พ.ศ. 2548

ตารางที่ 5 จำนวนใบเฉลี่ยต่อต้นของกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์อินเดีย 9701 ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 1 ถึง 8 หลังปลูก ในปี พ.ศ. 2547

ชุดการทดลอง	ค่าเฉลี่ยจำนวนใบต่อต้น (ใบ)**							
	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4	สัปดาห์ที่ 5	สัปดาห์ที่ 6	สัปดาห์ที่ 7	สัปดาห์ที่ 8
ชุดควบคุม	2.667±0.468^{ab}	4.467±0.450^{ab}	6.400±1.339^{ab}	8.400±1.842^{ns}	10.467±2.987^{ab}	11.833±4.412^{ab}	13.200±4.550^{ab}	14.233±4.725^{ab}
P80 25 ppm	2.500±0.276^{ab}	4.100±0.469^{b}	5.208±0.681^{b}	6.908±1.188^{ns}	8.392±1.456^{b}	9.417±1.827^{b}	10.567±1.696^{b}	11.283±2.002^{b}
P80 50 ppm	2.633±0.234^{ab}	4.467±0.350^{ab}	6.033±6.617^{ab}	7.667±2.461^{ns}	9.600±3.210^{ab}	10.200±3.750^{ab}	11.567±4.103^{ab}	12.400±4.288^{ab}
P80 100 ppm	2.533±0.207^{ab}	4.400±0.310^{ab}	5.700±0.678^{ab}	7.233±0.916^{ns}	8.967±1.642^{ab}	10.133±2.007^{ab}	11.200±1.539^{ab}	11.833±1.627^{ab}
O80 25 ppm	2.500±0.374^{ab}	4.300±0.329^{ab}	6.333±0.961^{ab}	8.367±1.293^{ns}	10.600±2.552^{ab}	12.533±3.479^{ab}	13.933±3.466^{ab}	15.300±3.561^{a}
O80 50 ppm	2.333±0.273^{ab}	4.400±0.379^{ab}	5.767±1.612^{ab}	7.767±2.863^{ns}	9.200±3.812^{ab}	9.700±3.659^{ab}	11.000±5.214^{ab}	11.500±4.980^{ab}
O80 100 ppm	2.810±0.287^{a}	4.667±0.273^{ab}	6.400±0.894^{ab}	8.167±1.439^{ns}	10.033±2.888^{ab}	10.933±3.477^{ab}	12.733±3.935^{ab}	13.833±4.146^{ab}
UCC* 25 ppm	2.767±0.427^{ab}	4.633±0.638^{ab}	6.433±1.504^{ab}	8.033±1.786^{ns}	9.767±2.775^{ab}	10.933±3.726^{ab}	12.217±4.429^{ab}	13.167±4.577^{ab}
UCC 50 ppm	2.300±0.276^{b}	4.067±0.575^{b}	5.417±0.722^{ab}	7.275±1.364^{ns}	9.583±1.412^{ab}	11.100±1.696^{ab}	12.633±1.685^{ab}	13.208±1.761^{ab}
UCC 100ppm	2.700±0.562^{ab}	4.733±0.450^{a}	6.733±0.944^{a}	8.633±1.382^{ns}	11.267±2.365^{a}	12.867±3.436^{a}	14.400±3.791^{a}	14.967±3.904^{ab}

* UCC = Uncharacterized commercial chitosan

**ตัวอักษรภาษาอังกฤษหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวดิ่ง ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % สำหรับ ns แสดงถึงผลที่ได้ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 6 จำนวนใบเฉลี่ยต่อต้นของกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์อินเดีย 9701 ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 1 ถึง 8 หลังปลูก ในปี พ.ศ. 2548

ชุดการทดลอง	ค่าเฉลี่ยจำนวนใบต่อต้น (ใบ)**							
	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4	สัปดาห์ที่ 5	สัปดาห์ที่ 6	สัปดาห์ที่ 7	สัปดาห์ที่ 8
ชุดควบคุม	2.700±0.211^{ns}	4.033±0.374^{ns}	6.000±0.589^{ns}	8.100±0.719^{ns}	9.500±0.934^{b}	10.600±1.087^{ns}	11.500±0.919^{ns}	12.633±0.944^{ns}
P80 25 ppm	2.867±0.240^{ns}	4.200±0.354^{ns}	6.367±0.601^{ns}	9.367±0.816^{ns}	10.567±1.232^{b}	11.767±1.741^{ns}	12.667±1.490^{ns}	15.400±2.294^{ns}
P80 50 ppm	2.867±0.099^{ns}	3.900±0.177^{ns}	5.667±0.267^{ns}	7.967±0.356^{ns}	9.433±0.614^{b}	10.067±0.799^{ns}	11.133±0.722^{ns}	12.167±0.782^{ns}
P80 100 ppm	3.133±0.251^{ns}	4.967±0.608^{ns}	7.233±0.971^{ns}	10.800±1.560^{ns}	10.500±1.716^{b}	13.467±1.937^{ns}	15.500±2.288^{ns}	16.800±2.220^{ns}
O80 25 ppm	3.033±0.222^{ns}	4.867±0.513^{ns}	7.600±1.223^{ns}	11.033±1.696^{ns}	14.167±1.561^{a}	14.000±2.228^{ns}	15.600±2.406^{ns}	16.967±2.403^{ns}
O80 50 ppm	2.733±0.152^{ns}	3.833±0.344^{ns}	5.733±0.412^{ns}	9.000±1.005^{ns}	10.267±1.052^{b}	11.733±1.367^{ns}	12.767±1.397^{ns}	14.300±1.500^{ns}
O80 100 ppm	2.867±0.133^{ns}	4.200±0.231^{ns}	6.033±0.451^{ns}	8.767±0.889^{ns}	10.133±0.994^{b}	11.067±0.903^{ns}	12.500±0.894^{ns}	13.533±0.967^{ns}
UCC* 25 ppm	2.733±0.191^{ns}	4.000±0.323^{ns}	5.667±0.389^{ns}	8.467±0.555^{ns}	9.400±0.501^{b}	10.200±0.673^{ns}	11.533±0.588^{ns}	12.533±0.563^{ns}
UCC 50 ppm	2.767±0.182^{ns}	4.233±0.316^{ns}	6.333±0.497^{ns}	9.267±0.819^{ns}	10.500±0.970^{b}	11.567±0.982^{ns}	12.600±1.841^{ns}	13.433±1.006^{ns}
UCC 100ppm	2.767±0.182^{ns}	4.200±0.429^{ns}	5.933±0.593^{ns}	9.133±0.923^{ns}	10.433±1.680^{b}	11.633±1.889^{ns}	11.500±0.919^{ns}	13.967±1.807^{ns}

* UCC = Uncharacterized commercial chitosan

**ตัวอักษรภาษาอังกฤษหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวดิ่ง ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % สำหรับ ns แสดงถึงผลที่ได้ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ในปี พ.ศ. 2547 ผลของไคโตซานที่มีต่อจำนวนใบเฉลี่ยต่อต้นของกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์ญี่ปุ่น Yamato Green สามารถเห็นความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในสัปดาห์ที่ 7 หลังปลูก (ตารางที่ 7) โดยพบว่าการให้ไคโตซาน O80 ที่ระดับความเข้มข้น 25 ppm มีผลทำให้กระเจี๊ยบเขียวพันธุ์ญี่ปุ่นมีจำนวนใบต่อต้นสูงกว่า ต้นที่ได้รับไคโตซานชนิดเดียวกันที่ความเข้มข้น 100 ppm อย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้พบว่าการให้ไคโตซาน P80 และ O80 ที่ระดับความเข้มข้นต่ำ (25 ppm) มีแนวโน้มที่จะทำให้จำนวนใบเฉลี่ยต่อต้นสูงกว่าการให้ไคโตซานที่ความเข้มข้นสูงขึ้น (50 และ 100 ppm) อย่างไรก็ดีแนวโน้มดังกล่าวนี้ไม่พบในการให้ไคโตซาน UCC แต่กลับพบแนวโน้มในทิศทางตรงกันข้าม คือการให้ไคโตซานที่ระดับความเข้มข้นสูง (50 และ 100 ppm) มีผลทำให้จำนวนใบต่อต้นสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการให้ไคโตซานที่ระดับความเข้มข้นต่ำ (25 ppm) ในช่วงสัปดาห์ที่ 6-8

ในปีถัดมา ผลของไคโตซานที่มีต่อจำนวนใบเฉลี่ยต่อต้นของกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์ญี่ปุ่น Yamato Green สามารถเห็นความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในสัปดาห์ที่ 3-6 หลังปลูก (ตารางที่ 8) โดยต้นกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับไคโตซาน P80 ที่ความเข้มข้น 50 ppm มีแนวโน้มที่จะมีจำนวนใบเฉลี่ยต่อต้นมากขึ้นกว่าชุดควบคุมในระหว่างสัปดาห์ที่ 3-5 ในทางตรงกันข้าม การให้ไคโตซาน P80 และ O80 ที่ 100 ppm ส่งผลให้ต้นกระเจี๊ยบเขียวมีแนวโน้มของจำนวนใบเฉลี่ยต่อต้นต่ำกว่าเมื่อเทียบกับต้นที่ไม่ได้รับไคโตซานในระหว่างสัปดาห์ที่ 5-6 และ 3-4 ตามลำดับ

ตารางที่ 7 จำนวนใบเฉลี่ยต่อต้นของกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์ญี่ปุ่น Yamato Green ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 1 ถึง 8 หลังปลูก ในปี พ.ศ. 2547

ชุดการทดลอง	ค่าเฉลี่ยจำนวนใบต่อต้น (ใบ)**							
	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4	สัปดาห์ที่ 5	สัปดาห์ที่ 6	สัปดาห์ที่ 7	สัปดาห์ที่ 8
ชุดควบคุม	2.917±0.240^{ns}	5.742±0.284^{ns}	8.075±0.835^{ns}	9.475±0.794^{ns}	10.517±1.009^{ns}	14.640±9.767^{ns}	12.375±0.980^{ab}	12.692±0.692^{ns}
P80 25 ppm	2.800±0.379^{ns}	5.733±0.516^{ns}	8.333±1.171^{ns}	9.567±1.592^{ns}	10.800±1.720^{ns}	11.467±1.787^{ns}	13.200±2.169^{ab}	13.467±2.422^{ns}
P80 50 ppm	2.733±0.301^{ns}	5.533±0.301^{ns}	7.633±0.480^{ns}	8.900±0.919^{ns}	10.167±1.268^{ns}	10.800±1.333^{ns}	12.167±0.824^{ab}	13.400±2.047^{ns}
P80 100 ppm	2.833±0.266^{ns}	5.400±0.632^{ns}	7.500±1.071^{ns}	8.933±1.171^{ns}	9.967±0.852^{ns}	10.367±0.852^{ns}	11.933±1.366^{ab}	12.800±1.935^{ns}
O80 25 ppm	2.800±0.219^{ns}	5.800±0.420^{ns}	7.767±0.427^{ns}	9.067±0.977^{ns}	10.367±0.612^{ns}	11.133±0.952^{ns}	13.533±1.967^{a}	14.567±2.584^{ns}
O80 50 ppm	2.717±0.313^{ns}	5.392±0.548^{ns}	7.442±0.819^{ns}	8.988±0.770^{ns}	10.288±1.085^{ns}	10.845±1.110^{ns}	12.278±1.974^{ab}	13.167±1.965^{ns}
O80 100 ppm	2.767±0.446^{ns}	5.367±0.720^{ns}	7.367±0.958^{ns}	8.667±1.462^{ns}	10.208±1.698^{ns}	13.293±7.145^{ns}	11.550±1.692^{b}	12.417±1.988^{ns}
UCC*25 ppm	2.867±0.242^{ns}	5.733±0.501^{ns}	7.700±0.303^{ns}	8.900±0.502^{ns}	10.033±0.907^{ns}	14.693±10.433^{ns}	11.867±1.025^{ab}	12.700±1.288^{ns}
UCC 50 ppm	2.867±0.163^{ns}	5.533±0.163^{ns}	7.433±0.320^{ns}	8.650±0.644^{ns}	9.867±0.589^{ns}	14.780±10.933^{ns}	12.333±0.855^{ab}	13.100±1.752^{ns}
UCC 100ppm	2.878±0.290^{ns}	5.433±0.763^{ns}	7.733±1.048^{ns}	9.267±1.553^{ns}	10.467±1.231^{ns}	14.932±9.327^{ns}	13.383±1.721^{ab}	13.842±1.616^{ns}

* UCC = Uncharacterized commercial chitosan

**ตัวอักษรภาษาอังกฤษหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวดิ่ง ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % สำหรับ ns แสดงถึงผลที่ได้ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 8 จำนวนใบเฉลี่ยต่อต้นของกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์ญี่ปุ่น Yamato Green ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 1 ถึง 8 หลังปลูก ในปี พ.ศ. 2548

ชุดการทดลอง	ค่าเฉลี่ยจำนวนใบต่อต้น (ใบ)**							
	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4	สัปดาห์ที่ 5	สัปดาห์ที่ 6	สัปดาห์ที่ 7	สัปดาห์ที่ 8
ชุดควบคุม	2.967±0.062^{ns}	6.233±0.216^{ns}	7.433±0.141^{ab}	8.633±0.096^{ab}	13.200±0.677^{ab}	17.100±0.928^{ab}	21.300±1.469^{ns}	22.133±1.501^{ns}
P80 25 ppm	2.967±0.182^{ns}	5.567±0.405^{ns}	6.767±0.405^{ab}	8.033±0.460^{ab}	14.167±1.712^{ab}	16.700±1.943^{ab}	21.367±1.729^{ns}	22.433±1.745^{ns}
P80 50 ppm	2.867±0.067^{ns}	6.000±0.314^{ns}	7.567±0.411^{a}	8.767±0.436^{a}	15.633±1.522^{a}	19.467±1.140^{ab}	24.717±2.043^{ns}	25.800±1.940^{ns}
P80 100 ppm	2.867±0.223^{ns}	5.767±0.540^{ns}	6.567±0.709^{ab}	7.808±0.641^{ab}	11.300±1.835^{b}	14.500±1.968^{b}	19.183±2.879^{ns}	20.400±3.120^{ns}
O80 25 ppm	3.000±0.000^{ns}	6.200±0.263^{ns}	7.433±0.348^{ab}	8.567±0.363^{ab}	15.067±1.062^{ab}	17.067±1.401^{ab}	23.733±1.493^{ns}	24.967±1.404^{ns}
O80 50 ppm	2.900±0.177^{ns}	5.900±0.134^{ns}	7.400±0.314^{ab}	8.517±0.288^{ab}	13.600±1.145^{ab}	17.367±0.860^{ab}	21.900±1.489^{ns}	22.933±1.590^{ns}
O80 100 ppm	2.833±0.187^{ns}	5.433±0.454^{ns}	6.400±0.549^{b}	7.600±0.493^{b}	12.033±1.249^{ab}	15.567±1.203^{ab}	20.983±2.258^{ns}	22.067±2.328^{ns}
UCC*25 ppm	2.967±0.062^{ns}	5.900±0.218^{ns}	7.200±0.273^{ab}	8.300±0.300^{ab}	13.167±0.761^{ab}	16.933±1.187^{ab}	23.233±1.752^{ns}	22.067±2.328^{ns}
UCC 50 ppm	3.067±0.152^{ns}	6.133±0.152^{ns}	7.467±0.152^{ab}	8.567±0.131^{ab}	13.367±0.920^{ab}	18.033±1.432^{ab}	24.433±2.116^{ns}	25.533±2.079^{ns}
UCC 100ppm	2.900±0.100^{ns}	5.967±0.260^{ns}	7.333±0.428^{ab}	8.433±0.391^{ab}	14.367±0.987^{ab}	18.100±1.638^{ab}	22.067±1.942^{ns}	22.467±1.890^{ns}

* UCC = Uncharacterized commercial chitosan

**ตัวอักษรภาษาอังกฤษหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวดิ่ง ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % สำหรับ ns แสดงถึงผลที่ได้ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

จากผลการทดลองในปี พ.ศ. 2547 ไคโตซานทั้งสามชนิดมีผลทำให้เกิดความแตกต่างของจำนวนดอกต่อต้นของกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์อินเดีย 9701 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในช่วงสัปดาห์ที่ 2-8 หลังการปลูก (ตารางที่ 9) แต่แนวโน้มผลของความเข้มข้นของไคโตซาน P80 และ O80 ไม่สามารถสรุปได้อย่างชัดเจน ส่วนการให้ไคโตซาน UCC ที่ระดับความเข้มข้นต่างกันมีผลทำให้มีจำนวนดอกต่อต้นต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในช่วงแรกของการให้ดอก (สัปดาห์ที่ 2-4) โดยเฉพาะการให้ไคโตซาน UCC ที่ระดับความเข้มข้น 100 ppm มีผลทำให้มีจำนวนดอกต่อต้นสูงที่สุด และต่างจากที่ระดับความเข้มข้น 50 ppm อย่างมีนัยสำคัญ ในช่วงเวลาดังกล่าว อย่างไรก็ดีเมื่อเปรียบเทียบจำนวนดอกต่อต้นระหว่างชุดการทดลองที่ได้รับไคโตซานกับชุดการทดลองควบคุม ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ในปี พ.ศ. 2548 การให้ไคโตซานทั้งสามชนิดมีผลต่อจำนวนดอกเฉลี่ยต่อต้นของกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์อินเดีย 9701 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในช่วงสัปดาห์ที่ 2-6 และสัปดาห์ที่ 8 หลังการปลูก (ตารางที่ 10) โดยผลของไคโตซานที่มีต่อการออกดอกของกระเจี๊ยบเขียวมีแนวโน้มไม่ชัดเจนนักในช่วงสัปดาห์ที่ 2-5 อย่างไรก็ดีในสัปดาห์ที่ 6 และ 8 การให้ไคโตซานทั้ง 3 ชนิด (ยกเว้น P80 ที่ 50 ppm ในสัปดาห์ที่ 8) มีผลทำให้ต้นกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์อินเดีย 9701 มีแนวโน้มที่จะมีจำนวนดอกเฉลี่ยต่อต้นสูงมากขึ้นกว่าชุดควบคุม โดยเฉพาะไคโตซาน O80 ที่ความเข้มข้น 25 ppm สามารถกระตุ้นให้ต้นกระเจี๊ยบเขียวออกดอกมากกว่าต้นที่ไม่ได้รับไคโตซานตลอดระยะเวลาระหว่างสัปดาห์ที่ 2-8 โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในสัปดาห์ที่ 5 6 และ 8

ตารางที่ 9 จำนวนดอกเฉลี่ยต่อต้นของกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์อินเดีย 9701 ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 1 ถึง 8 หลังปลูก ในปี พ.ศ. 2547

ชุดการทดลอง	ค่าเฉลี่ยจำนวนดอกต่อต้น (ดอก)**							
	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4	สัปดาห์ที่ 5	สัปดาห์ที่ 6	สัปดาห์ที่ 7	สัปดาห์ที่ 8
ชุดควบคุม	0.000±0.000 ^{ns}	2.000±0.681 ^{abc}	4.133±1.500 ^{ab}	6.600±2.234 ^{ab}	8.967±3.477 ^{ab}	10.767±4.969 ^{ab}	12.233±5.621 ^{ab}	12.967±5.494 ^{ab}
P80 25 ppm	0.000±0.000 ^{ns}	1.467±0.450 ^{bc}	3.183±0.760 ^{b}	4.917±1.266 ^{b}	6.492±1.509 ^{b}	7.692±1.949 ^{b}	8.842±2.295 ^{b}	9.750±2.614 ^{b}
P80 50 ppm	0.000±0.000 ^{ns}	2.000±0.379 ^{abc}	3.800±0.980 ^{ab}	5.567±1.627 ^{ab}	7.597±3.168 ^{ab}	8.900±4.666 ^{ab}	10.033±5.416 ^{ab}	11.067±4.635 ^{ab}
P80 100 ppm	0.000±0.000 ^{ns}	1.900±0.276 ^{abc}	3.600±0.670 ^{ab}	5.367±1.098 ^{ab}	7.367±1.857 ^{ab}	8.533±2.283 ^{ab}	9.667±2.153 ^{ab}	10.200±1.968 ^{ab}
O80 25 ppm	0.000±0.000 ^{ns}	1.733±0.575 ^{abc}	3.900±0.616 ^{ab}	6.333±1.378 ^{ab}	9.000±2.383 ^{ab}	11.067±3.184 ^{ab}	13.133±4.175 ^{a}	13.667±4.217 ^{ab}
O80 50 ppm	0.000±0.000 ^{ns}	1.833±0.686 ^{abc}	3.667±0.836 ^{ab}	5.633±1.903 ^{ab}	7.700±3.626 ^{ab}	8.767±4.549 ^{ab}	9.633±4.940 ^{ab}	10.133±4.971 ^{ab}
O80 100 ppm	0.000±0.000 ^{ns}	2.133±0.350 ^{abc}	4.300±0.724 ^{ab}	6.167±1.046 ^{ab}	8.200±3.301 ^{ab}	9.633±3.518 ^{ab}	11.050±4.726 ^{ab}	12.133±4.530 ^{ab}
UCC* 25 ppm	0.000±0.000 ^{ns}	1.933±0.797 ^{abc}	3.967±1.445 ^{ab}	5.967±1.874 ^{ab}	8.400±3.380 ^{ab}	9.633±4.251 ^{ab}	11.008±4.603 ^{ab}	11.767±4.622 ^{ab}
UCC 50 ppm	0.000±0.000 ^{ns}	1.367±0.794 ^{c}	3.250±0.731 ^{b}	5.108±0.797 ^{b}	7.375±1.290 ^{ab}	9.292±1.637 ^{ab}	10.675±1.969 ^{ab}	11.558±1.911 ^{ab}
UCC 100ppm	0.000±0.000 ^{ns}	2.400±0.566 ^{a}	4.700±0.978 ^{a}	7.200±1.528 ^{a}	10.067±2.847 ^{a}	11.767±3.687 ^{a}	13.300±4.390 ^{a}	14.067±4.416 ^{a}

*UCC = Uncharacterized commercial chitosan

**ตัวอักษรภาษาอังกฤษหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวดิ่ง ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % สำหรับ ns แสดงถึงผลที่ได้ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 10 จำนวนดอกเฉลี่ยต่อต้นของกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์อินเดีย 9701 ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 1 ถึง 8 หลังปลูก ในปี พ.ศ. 2548

ชุดการทดลอง	ค่าเฉลี่ยจำนวนดอกต่อต้น (ดอก)**							
	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4	สัปดาห์ที่ 5	สัปดาห์ที่ 6	สัปดาห์ที่ 7	สัปดาห์ที่ 8
ชุดควบคุม	0.000±0.000^{ns}	1.933±0.353^{ab}	4.067±0.443^{ab}	5.967±0.715^{ab}	8.033±1.132^{b}	8.567±0.933^{b}	9.600±0.902^{ns}	10.800±0.818^{b}
P80 25 ppm	0.000±0.000^{ns}	2.033±0.433^{ab}	4.500±0.597^{ab}	7.133±0.909^{ab}	9.233±1.153^{b}	10.300±1.368^{ab}	11.633±1.578^{ns}	12.733±1.606^{ab}
P80 50 ppm	0.000±0.000^{ns}	1.633±0.182^{ab}	3.600±0.225^{ab}	5.400±0.225^{b}	7.767±0.472^{b}	8.800±0.635^{ab}	9.533±0.665^{ns}	10.533±0.679^{b}
P80 100 ppm	0.000±0.000^{ns}	2.467±0.516^{ab}	5.300±0.899^{ab}	8.067±1.593^{ab}	9.333±1.823^{b}	11.933±1.885^{ab}	12.767±1.867^{ns}	13.633±1.800^{ab}
O80 25 ppm	0.000±0.000^{ns}	2.533±0.425^{a}	5.333±0.856^{a}	9.267±1.712^{a}	13.167±1.732^{a}	13.133±2.170^{a}	14.000±2.018^{ns}	15.433±2.090^{a}
O80 50 ppm	0.000±0.000^{ns}	1.400±0.292^{b}	3.533±0.291^{b}	6.000±0.602^{ab}	8.100±0.992^{b}	9.467±1.022^{ab}	10.300±1.096^{ns}	11.633±1.038^{ab}
O80 100 ppm	0.000±0.000^{ns}	1.967±0.189^{ab}	4.067±0.501^{ab}	6.667±1.176^{ab}	8.633±1.399^{b}	9.900±1.206^{ab}	11.100±1.144^{ns}	12.100±1.203^{ab}
UCC* 25 ppm	0.000±0.000^{ns}	1.733±0.357^{ab}	4.067±0.434^{ab}	5.767±0.623^{b}	8.233±0.837^{b}	9.167±0.729^{ab}	9.900±0.704^{ns}	10.967±0.707^{ab}
UCC 50 ppm	0.000±0.000^{ns}	2.000±0.179^{ab}	4.333±0.300^{ab}	7.067±0.665^{ab}	9.100±0.988^{b}	10.133±1.091^{ab}	10.733±1.126^{ns}	11.867±1.075^{ab}
UCC 100ppm	0.000±0.000^{ns}	1.800±0.438^{ab}	4.100±0.568^{ab}	6.793±0.976^{ab}	8.767±1.531^{b}	9.600±1.530^{ab}	10.333±1.601^{ns}	11.933±1.620^{ab}

*UCC = Uncharacterized commercial chitosan

**ตัวอักษรภาษาอังกฤษหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวดิ่ง ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % สำหรับ ns แสดงถึงผลที่ได้ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ไคโตซานมีผลต่อจำนวนดอกต่อต้นของกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์ญี่ปุ่น Yamato Green อย่างมีนัยสำคัญในสัปดาห์ที่ 2 และ 7 หลังปลูก ในปี พ.ศ. 2547 (ตารางที่ 11) โดยพบว่ากระเจี๊ยบเขียวพันธุ์ญี่ปุ่นที่ได้รับไคโตซาน O80 ที่ระดับความเข้มข้น 25 ppm ให้จำนวนดอกต่อต้นสูงที่สุดในสัปดาห์ที่ 2 และ P80 ที่ระดับความเข้มข้น 25 ppm ให้จำนวนดอกต่อต้นสูงที่สุดในสัปดาห์ที่ 7 นอกจากนี้ยังมีข้อที่น่าสังเกตอีกประการหนึ่งคือ ไคโตซาน P80 และ O80 ที่ระดับความเข้มข้น 25 ppm มีแนวโน้มที่จะทำให้กระเจี๊ยบเขียวมีจำนวนดอกต่อต้นสูงที่สุด อย่างไรก็ดีไคโตซานชนิดเดียวกันนี้ที่ระดับความเข้มข้นสูงขึ้น คือ 50 และ 100 ppm มีผลทำให้จำนวนดอกต่อต้น

ลดลง แต่แนวโน้มในลักษณะดังกล่าวไม่พบเมื่อใช้ไคโตซาน UCC ที่ทุกระดับความเข้มข้น แต่ทั้งนี้เมื่อเปรียบเทียบจำนวนดอกต่อต้นระหว่างชุดการทดลองที่ได้รับไคโตซานกับชุดการทดลองควบคุมไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ในปี พ.ศ. 2548 การให้โตซานมีผลต่อจำนวนดอกต่อต้นของกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์ญี่ปุ่น Yamato Green อย่างมีนัยสำคัญในสัปดาห์ที่ 2-6 หลังปลูก (ตารางที่ 12) โดยการให้ไคโตซานมีผลต่อต้นกระเจี๊ยบเขียวในเกือบทุกชุดการทดลองให้มีแนวโน้มที่จะออกดอกน้อยกว่าชุดควบคุมในสัปดาห์ที่ 3 และ 4 โดยพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในชุดการทดลองที่ให้ไคโตซาน P80 และ O80 ที่ 100 ppm ในสัปดาห์ที่ 3 และเฉพาะ O80 ที่ 100 ppm ในสัปดาห์ที่ 4 สำหรับการให้ไคโตซาน O80 ที่ 25 ppm ในสัปดาห์ที่ 3 ที่ไม่พบความแตกต่างจากต้นที่ไม่ได้รับไคโตซาน ส่วนในช่วงสัปดาห์ที่ 5-6 มีเพียงต้นกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับไคโตซาน P80 ที่ 50 และ 100 ppm ที่แสดงแนวโน้มที่จะออกดอกเพิ่มมากขึ้น และลดลง ตามลำดับ เมื่อเทียบกับชุดควบคุม

ตารางที่ 11 จำนวนดอกเฉลี่ยต่อต้นของกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์ญี่ปุ่น Yamato Green ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 1 ถึง 8 หลังปลูก ในปี พ.ศ. 2547

ชุดการทดลอง	ค่าเฉลี่ยจำนวนดอกต่อต้น (ดอก)**							
	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4	สัปดาห์ที่ 5	สัปดาห์ที่ 6	สัปดาห์ที่ 7	สัปดาห์ที่ 8
ชุดควบคุม	0.000±0.000^{ns}	2.017±0.560^{ab}	5.225±0.769^{ns}	7.742±1.146^{ns}	9.325±1.333^{ns}	9.833±1.242^{ns}	10.308±1.280^{ab}	10.592±1.103^{ns}
P80 25 ppm	0.000±0.000^{ns}	2.000±0.759^{ab}	5.533±1.033^{ns}	8.067±1.603^{ns}	9.833±2.088^{ns}	10.433±2.144^{ns}	11.533±2.208^{a}	11.567±3.042^{ns}
P80 50 ppm	0.000±0.000^{ns}	2.100±0.329^{ab}	5.300±0.415^{ns}	7.333±1.136^{ns}	9.067±1.588^{ns}	9.267±1.343^{ns}	9.833±0.880^{ab}	11.100±2.157^{ns}
P80 100 ppm	0.000±0.000^{ns}	1.900±0.777^{ab}	4.967±0.967^{ns}	7.133±1.033^{ns}	8.700±1.430^{ns}	8.733±1.164^{ns}	9.566±1.141^{b}	10.500±1.378^{ns}
O80 25 ppm	0.000±0.000^{ns}	2.300±0.486^{a}	5.567±0.967^{ns}	7.967±1.261^{ns}	10.000±1.327^{ns}	10.333±1.506^{ns}	11.333±1.628^{ab}	11.867±2.286^{ns}
O80 50 ppm	0.000±0.000^{ns}	1.625±0.916^{b}	4.683±0.952^{ns}	7.155±0.928^{ns}	9.378±1.519^{ns}	9.845±1.635^{ns}	10.545±1.246^{ab}	10.922±2.284^{ns}
O80 100 ppm	0.000±0.000^{ns}	1.900±0.415^{ab}	5.067±0.969^{ns}	7.567±1.945^{ns}	9.142±2.694^{ns}	9.000±2.456^{ns}	9.633±1.916^{b}	10.192±2.597^{ns}
UCC*25 ppm	0.000±0.000^{ns}	2.067±0.532^{ab}	5.133±0.163^{ns}	7.500±0.415^{ns}	8.800±0.748^{ns}	9.100±0.978^{ns}	9.933±1.017^{ab}	10.667±1.360^{ns}
UCC 50 ppm	0.000±0.000^{ns}	2.067±0.516^{ab}	4.833±0.480^{ns}	7.000±0.885^{ns}	8.533±0.873^{ns}	8.867±0.393^{ns}	9.567±0.612^{b}	10.567±1.293^{ns}
UCC 100 ppm	0.000±0.000^{ns}	1.767±0.753^{ab}	5.000±1.004^{ns}	7.467±1.171^{ns}	9.258±1.038^{ns}	9.942±0.820^{ns}	10.550±0.632^{ab}	11.308±1.157^{ns}

*UCC = Uncharacterized commercial chitosan

**ตัวอักษรภาษาอังกฤษหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวดิ่ง ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % สำหรับ ns แสดงถึงผลที่ได้ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 12 จำนวนดอกเฉลี่ยต่อต้นของกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์ญี่ปุ่น Yamato Green ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 1 ถึง 8 หลังปลูก ในปี พ.ศ. 2548

ชุดการทดลอง	ค่าเฉลี่ยจำนวนดอกต่อต้น (ดอก)**							
	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4	สัปดาห์ที่ 5	สัปดาห์ที่ 6	สัปดาห์ที่ 7	สัปดาห์ที่ 8
ชุดควบคุม	0.000±0.000^{ns}	1.467±0.123^{ab}	4.633±0.228^{a}	6.667±0.240^{ab}	10.633±0.530^{ab}	15.500±1.021^{ab}	18.283±1.149^{ns}	18.967±1.184^{ns}
P80 25 ppm	0.000±0.000^{ns}	1.267±0.240^{ab}	3.967±0.605^{ab}	6.100±0.526^{abc}	10.800±1.578^{ab}	14.033±1.932^{ab}	18.617±1.469^{ns}	19.333±1.530^{ns}
P80 50 ppm	0.000±0.000^{ns}	1.333±0.161^{ab}	4.433±0.585^{ab}	6.467±0.638^{abc}	12.600±1.123^{a}	17.067±1.503^{a}	20.733±1.968^{ns}	21.833±1.877^{ns}
P80 100 ppm	0.000±0.000^{ns}	1.200±0.179^{ab}	3.550±0.671^{b}	5.683±0.682^{bc}	8.633±1.667^{b}	11.600±2.420^{b}	16.400±3.130^{ns}	17.533±3.116^{ns}
O80 25 ppm	0.000±0.000^{ns}	1.600±0.127^{a}	4.700±0.546^{a}	6.767±0.523^{a}	12.033±1.122^{ab}	15.367±1.531^{ab}	20.817±1.548^{ns}	21.800±1.757^{ns}
O80 50 ppm	0.000±0.000^{ns}	1.533±0.143^{a}	4.400±0.403^{ab}	6.433±0.411^{abc}	10.767±0.707^{ab}	15.767±0.932^{ab}	19.467±1.481^{ns}	20.167±1.524^{ns}
O80 100 ppm	0.000±0.000^{ns}	1.000±0.186^{b}	3.467±0.588^{b}	5.533±0.558^{c}	9.467±1.325^{ab}	13.767±1.377^{ab}	18.100±2.211^{ns}	18.667±2.258^{ns}
UCC*25 ppm	0.000±0.000^{ns}	1.267±0.184^{ab}	4.000±0.278^{ab}	6.033±0.270^{abc}	10.200±0.604^{ab}	14.433±1.668^{ab}	21.067±1.322^{ns}	21.667±1.256^{ns}
UCC 50 ppm	0.000±0.000^{ns}	1.500±0.113^{a}	4.300±0.326^{ab}	6.233±0.336^{abc}	10.833±0.827^{ab}	15.933±1.708^{ab}	20.683±1.784^{ns}	19.733±1.751^{ns}
UCC 100 ppm	0.000±0.000^{ns}	1.333±0.200^{ab}	4.267±0.505^{ab}	6.400±0.503^{abc}	11.900±0.949^{ab}	15.633±1.554^{ab}	19.083±1.981^{ns}	18.967±2.080^{ns}

*UCC = Uncharacterized commercial chitosan

**ตัวอักษรภาษาอังกฤษหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวดิ่ง ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % สำหรับ ns แสดงถึงผลที่ได้ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ในปี พ.ศ. 2547 ไคโตซานทั้ง 3 ชนิดในระดับความเข้มข้นที่ทำการศึกษาในครั้งนี้ ไม่มีผลต่อน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้นกระเจี๊ยบเขียวทั้ง 2 พันธุ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 13) แต่มีแนวโน้มบางประการ เช่น ไคโตซาน P80 และ O80 ที่ระดับความเข้มข้น 25 ppm มีแนวโน้มที่จะทำให้กระเจี๊ยบเขียวพันธุ์ญี่ปุ่น มีน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งสูงกว่าต้นที่ได้รับไคโตซานชนิดเดียวกัน ที่ระดับความเข้มข้น 50 และ 100 ppm

อย่างไรก็ดี ในปี พ.ศ. 2548 พบว่าการให้ไคโตซานทุกชนิดที่ใช้ในการศึกษานี้ มีผลต่อน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์อินเดีย 9701 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 14) โดยพบว่าการให้ไคโตซาน P80 ที่ 25 และ 50 ppm O80 ที่ 50 และ 100 ppm และ UCC ที่ทุกความเข้มข้นที่ทดสอบ มีผลให้ต้นกระเจี๊ยบเขียวมีน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งต่ำกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม ในขณะที่ การให้ไคโตซาน P80 ที่ 100 ppm และ O80 ที่ 25 ppm มีผลทำให้ต้นกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์อินเดีย 9701 มีน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่ได้รับไคโตซาน สำหรับกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์ญี่ปุ่น Yamato Green ไม่พบว่าการให้ไคโตซานมีผลต่อน้ำหนักสดอย่างมีนัยสำคัญ แต่เมื่อพิจารณาจากน้ำหนักแห้ง พบว่าการให้ไคโตซาน P80 ที่ 25 ppm และ O80 ที่ 25 และ 100 ppm มีแนวโน้มที่จะทำให้ต้นกระเจี๊ยบเขียวมีน้ำหนักแห้งสูงกว่าชุดควบคุม ในขณะที่การให้ไคโตซาน O80 ที่ 50 ppm แสดงผลในทางตรงกันข้าม คือทำให้ต้นกระเจี๊ยบเขียวมีแนวโน้มที่จะมีน้ำหนักแห้งต่ำกว่าชุดควบคุม แต่แนวโน้มดังกล่าวนี้ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 13 น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งเฉลี่ยต่อต้นของกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์อินเดีย 9701 และ พันธุ์ญี่ปุ่น Yamato Green หลังจากปลูกเป็นเวลา 8 สัปดาห์ ในปี พ.ศ. 2547

ชุดการทดลอง	พันธุ์อินเดีย 9701**		พันธุ์ญี่ปุ่น Yamato Green**	
	น้ำหนักสด/ต้น (กรัม)	น้ำหนักแห้ง/ต้น (กรัม)	น้ำหนักสด/ต้น (กรัม)	น้ำหนักแห้ง/ต้น (กรัม)
ชุดควบคุม	45.920±26.333 ns	2.743±1.026 ns	57.817±11.988 ns	17.393±3.768 ns
P80 25 ppm	61.540±45.160 ns	3.045±0.262 ns	62.827±30.031 ns	17.023±7.478 ns
P80 50 ppm	33.476±9.926 ns	3.522±2.246 ns	62.075±20.343 ns	17.420±5.123 ns
P80 100 ppm	36.870±19.433 ns	3.830±2.704 ns	45.053±17.727 ns	12.644±5.059 ns
O80 25 ppm	61.616±41.634 ns	3.824±1.684 ns	69.973±22.919 ns	19.550±4.864 ns
O80 50 ppm	24.943±8.038 ns	2.225±0.639 ns	54.775±25.748 ns	17.147±9.116 ns
O80 100 ppm	49.248±21.699 ns	3.433±0.794 ns	52.398±29.432 ns	15.640±7.603 ns
UCC*25 ppm	49.046±37.175 ns	3.060±1.217 ns	53.923±19.124 ns	15.765±3.900 ns
UCC 50 ppm	33.128±11.062 ns	2.980±0.962 ns	48.157±4.764 ns	13.730±1.735 ns
UCC 100 ppm	48.947±7.752 ns	4.180±0.511 ns	67.002±25.700 ns	18.498±5.298 ns

*UCC = Uncharacterized commercial chitosan

**ตัวอักษรภาษาอังกฤษหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวดิ่ง ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % สำหรับ ns แสดงถึงผลที่ได้ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 14 น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งเฉลี่ยต่อต้นของกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์อินเดีย 9701 และ พันธุ์ญี่ปุ่น Yamato Green หลังจากปลูกเป็นเวลา 8 สัปดาห์ ในปี พ.ศ. 2548

ชุดการทดลอง	พันธุ์อินเดีย 9701**		พันธุ์ญี่ปุ่น Yamato Green**	
	น้ำหนักสด/ต้น (กรัม)	น้ำหนักแห้ง/ต้น (กรัม)	น้ำหนักสด/ต้น (กรัม)	น้ำหนักแห้ง/ต้น (กรัม)
ชุดควบคุม	117.281±0.516^{c}	22.978±0.134^{c}	90.628±7.461^{ns}	25.979±5.286^{ab}
P80 25 ppm	63.663±0.137^{f}	22.331±0.068^{d}	93.228±14.017^{ns}	35.015±4.280^{a}
P80 50 ppm	56.476±0.310^{g}	14.752±0.055^{h}	100.931±12.971^{ns}	30.955±4.671^{ab}
P80 100 ppm	215.678±0.292^{a}	51.909±0.293^{a}	73.034±16.619^{ns}	20.647±8.508^{ab}
O80 25 ppm	213.059±0.865^{b}	45.088±0.157^{b}	105.030±11.356^{ns}	35.316±6.400^{a}
O80 50 ppm	57.352±0.158^{g}	15.465±0.022^{g}	98.244±27.551^{ns}	18.258±1.368^{b}
O80 100 ppm	67.133±0.630^{e}	11.003±0.044^{i}	91.061±15.681^{ns}	35.255±3.133^{a}
UCC* 25 ppm	90.042±0.287^{d}	20.713±0.093^{e}	95.110±9.107^{ns}	26.091±5.283^{ab}
UCC 50 ppm	54.977±0.290^{h}	18.433±0.061^{f}	106.920±11.102^{ns}	27.411±3.941^{ab}
UCC 100 ppm	26.976±1.412^{i}	9.123±0.084^{i}	91.379±15.202^{ns}	21.773±11.096^{ab}

*UCC = Uncharacterized commercial chitosan

**ตัวอักษรภาษาอังกฤษหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวดิ่ง ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % สำหรับ ns แสดงถึงผลที่ได้ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

เมื่อทำการศึกษาปริมาณน้ำภายในต้นกระเจี๊ยบเขียวโดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักสดต่อต้น พบว่า ในปี พ.ศ. 2547 การให้ไคโตซานทั้ง 3 ชนิดที่ทุกความเข้มข้น มีผลทำให้ต้นกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์อินเดีย 9701 มีแนวโน้มที่จะมีปริมาณน้ำภายในต้นต่อน้ำหนักสดต่ำกว่าชุดควบคุม (ตารางที่ 15) โดยพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในชุดการทดลองที่ให้ไคโตซาน P80 ที่ 25 ppm O80 ที่ 100 ppm และ UCC ที่ 25 ppm ตามลำดับ ซึ่งเมื่อทำการทดลองซ้ำในปี พ.ศ. 2548 ผลที่ได้รับมีความคล้ายคลึงกัน คือต้นกระเจี๊ยบเขียวในเกือบทุกชุดการทดลองมีปริมาณน้ำภายในต้นต่อน้ำหนักสดต่ำกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้นชุดการทดลองที่ให้ไคโตซาน O80 ที่ 100 ppm ที่มีปริมาณน้ำภายในต้นต่อน้ำหนักสดสูงกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ

สำหรับผลของไคโตซานที่มีต่อปริมาณน้ำภายในต้นต่อน้ำหนักสดของกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์ญี่ปุ่น Yamato Green มีความแตกต่างจากผลที่พบในพันธุ์อินเดีย 9701 (ตารางที่ 15) โดยในปี พ.ศ. 2547 ไม่พบความแตกต่างของปริมาณน้ำภายในต้นต่อน้ำหนักสดอย่างมีนัยสำคัญในทุกชุดการทดลอง ส่วนในปี พ.ศ. 2548 พบว่า การให้ไคโตซาน P80 ที่ 100 ppm มีผลทำให้ต้นกระเจี๊ยบเขียวมีปริมาณน้ำภายในต้นต่อน้ำหนักสดสูงกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่การให้ไคโตซาน O80 ที่ 100 ppm ให้ผลตรงกันข้าม คือ ทำให้ต้นกระเจี๊ยบเขียวมีปริมาณน้ำภายในต้นต่อน้ำหนักสดต่ำกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 15 ปริมาณน้ำภายในต้นต่อน้ำหนักสด (เปอร์เซ็นต์) เฉลี่ยต่อต้นของกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์อินเดีย 9701 และ พันธุ์ญี่ปุ่น Yamato Green ในปี พ.ศ. 2547 และ พ.ศ. 2548

ชุดการทดลอง	พันธุ์อินเดีย 9701**		พันธุ์ญี่ปุ่น Yamato Green**	
	ปริมาณน้ำภายในต้นต่อน้ำหนักสด(%)/ต้น พ.ศ. 2547	ปริมาณน้ำภายในต้นต่อน้ำหนักสด(%)/ต้น พ.ศ. 2548	ปริมาณน้ำภายในต้นต่อน้ำหนักสด(%)/ต้น พ.ศ. 2547	ปริมาณน้ำภายในต้นต่อน้ำหนักสด(%)/ต้น พ.ศ. 2548
ชุดควบคุม	91.876±0.210^{a}	80.404±0.178^{b}	69.874±0.877^{ns}	72.210±1.563^{bc}
P80 25 ppm	89.427±1.989^{bc}	64.923±0.103^{i}	72.435±0.625^{ns}	70.551±0.887^{bc}
P80 50 ppm	89.999±1.560^{ab}	73.875±0.152^{f}	71.765±0.979^{ns}	71.766±2.285^{bc}
P80 100 ppm	89.964±1.023^{ab}	75.932±0.157^{e}	70.850±3.819^{ns}	91.718±15.881^{a}
O80 25 ppm	89.958±1.434^{ab}	78.837±0.066^{c}	71.426±1.236^{ns}	72.113±2.604^{bc}
O80 50 ppm	90.968±0.536^{ab}	73.035±0.687^{g}	69.572±1.069^{ns}	77.959±3.924^{b}
O80 100 ppm	89.298±1.124^{bc}	83.605±0.147^{a}	68.852±1.819^{ns}	68.689±2.807^{c}
UCC* 25 ppm	89.067±2.028^{c}	76.997±0.055^{d}	70.038±1.104^{ns}	75.677±1.458^{bc}
UCC 50 ppm	90.831±0.661^{ab}	66.468±0.145^{h}	71.487±0.907^{ns}	74.549±1.682^{bc}
UCC 100 ppm	91.422±0.255^{ab}	66.098±0.815^{h}	71.529±1.921^{ns}	75.757±3.673^{bc}

*UCC = Uncharacterized commercial chitosan

**ตัวอักษรภาษาอังกฤษหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวดิ่ง ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % สำหรับ ns แสดงถึงผลที่ได้ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ผลของไคโตซานที่มีต่อจำนวนและคุณภาพของฝักกระเจี๊ยบเขียว

จำนวนฝักต่อต้น และน้ำหนักสดและแห้งเฉลี่ยของฝักกระเจี๊ยบเขียวทั้งสองพันธุ์ แสดงในตารางที่ 16-18

จากผลการทดลองที่ได้ในปี พ.ศ. 2547 ไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบจำนวนฝักต่อต้นของกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับไคโตซานทุกชนิดและทุกระดับความเข้มข้นกับชุดควบคุม ในกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์อินเดีย 9701 (ตารางที่ 16) แต่ในปี พ.ศ. 2548 พบว่า การให้ไคโตซาน P80 ที่ 50 ppm มีผลให้กระเจี๊ยบเขียวมีแนวโน้วที่จะมีฝักลดลง ในขณะที่ไคโตซาน O80 ที่ 25 ppm มีแนวโน้มที่จะทำให้กระเจี๊ยบเขียวมีจำนวนฝักต่อต้นมากขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม สำหรับกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์ญี่ปุ่น Yamato Green การให้ไคโตซานทั้ง 3 ชนิด ที่ทุกความเข้มข้น ไม่มีผลต่อจำนวนฝักต่อต้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเทียบกับชุดควบคุม ทั้ง 2 ปี

เมื่อพิจารณาถึงผลของไคโตซานที่มีต่อน้ำหนักฝักสดเฉลี่ยต่อฝักต่อต้น พบว่า ในปี พ.ศ. 2547 การให้ไคโตซานในชุดการทดลองส่วนใหญ่มีผลทำให้กระเจี๊ยบเขียวพันธุ์อินเดีย 9701 มีแนวโน้มที่จะมีน้ำหนักฝักสดต่ำกว่าชุดควบคุม (ตารางที่ 17) ยกเว้นการให้ไคโตซาน O80 ที่ 25 ppm ที่มีแนวโน้มสูงขึ้น และ UCC ที่ 100 ppm ที่ไม่ต่างจากชุดควบคุม แต่เมื่อพิจารณาน้ำหนักฝักแห้งเฉลี่ยต่อฝักต่อต้นกลับพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกชุดการทดลอง (ตารางที่ 17) ในปี พ.ศ. 2548 ผลของไคโตซานต่อน้ำหนักฝักสดที่ได้ก็ยังมีความคล้ายคลึงกัน (ตารางที่ 18) คือในชุดการทดลองที่ได้รับไคโตซานส่วนใหญ่มีแนวโน้มของน้ำหนักฝักสดลดลง โดยมีชุดการทดลองที่ได้รับไคโตซาน P80 ที่ 25 และ 50 ppm O80 ที่ 50 และ 100 ppm และ UCC ที่ 50 และ 100 ppm ที่มีน้ำหนักฝักสดเฉลี่ยต่อฝักต่อต้นน้อยกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ในทางตรงกันข้าม ต้นกระเจี๊ยบเขียวในชุดการทดลองที่

ได้รับไคโตซาน P80 ที่ 100 ppm และ O80 ที่ 25 ppm กลับแสดงแนวโน้มที่จะมีน้ำหนักฝักสดเพิ่มมากขึ้น ถึงแม้จะไม่แตกต่างจากชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญก็ตาม ส่วนผลของไคโตซานที่มีต่อน้ำหนักฝักแห้งในปีนี้ (ตารางที่ 18) กลับไม่สามารถสรุปแนวโน้มได้ชัดเจนดังเช่นกรณีของน้ำหนักสด โดยพบว่า การให้ไคโตซาน P80 O80 และ UCC ที่ 50 ppm ทำให้กระเจี๊ยบเขียวแสดงแนวโน้มที่จะมีน้ำหนักฝักแห้งลดลง แต่ไม่ต่างอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่การให้ O80 และ UCC ที่ 100 ppm ให้ผลที่ชัดเจนกว่า โดยมีน้ำหนักสดลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม ส่วนการให้ไคโตซาน P80 ที่ 100 ppm และ O80 ที่ 25 ppm กลับทำให้ต้นกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์อินเดีย 9701 มีน้ำหนักฝักแห้งเพิ่มขึ้นมากกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ

สำหรับผลของไคโตซานที่มีต่อน้ำหนักฝักสดเฉลี่ยต่อฝักต่อต้นของกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์ญี่ปุ่น Yamato Green พบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติในทุกชุดการทดลองทั้ง 2 ปี (ตารางที่ 17 และ 18) และไม่พบความแตกต่างในน้ำหนักฝักแห้งในปี พ.ศ. 2547 ส่วนในปีพ.ศ. 2548 พบว่าการให้ไตโตซาน P80 ที่ 25 ppm ทำให้ฝักกระเจี๊ยบเขียวมีแนวโน้มที่จะมีน้ำหนักแห้งสูงขึ้น ในขณะที่การให้ไคโตซาน UCC ที่ 100 ppm แสดงแนวโน้มในทางตรงกันข้าม และการให้ไคโตซาน P80 ที่ 100 ppm มีผลทำให้ฝักกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์ญี่ปุ่น Yamato Green มีน้ำหนักแห้งลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 18)

ตารางที่ 16 จำนวนฝักเฉลี่ยต่อต้นของกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์อินเดีย 9701 และ พันธุ์ญี่ปุ่น Yamato Green หลังจากปลูกเป็นเวลา 8 สัปดาห์ ในปี พ.ศ. 2547 และ 2548

ชุดการทดลอง	จำนวนฝักเฉลี่ยต่อต้น (ฝัก)**			
	พันธุ์อินเดีย 9701 พ.ศ. 2547	พันธุ์อินเดีย 9701 พ.ศ. 2548	พันธุ์ญี่ปุ่น Yamato Green พ.ศ. 2547	พันธุ์ญี่ปุ่น Yamato Green พ.ศ. 2548
ชุดควบคุม	4.767±3.407 ^{ns}	4.967±0.696 ^{ab}	3.267±0.653 ^{ns}	4.533±0.300 ^{ns}
P80 25 ppm	2.967±2.189 ^{ns}	5.433±0.510 ^{ab}	3.700±1.049 ^{ns}	3.975±0.610 ^{ns}
P80 50 ppm	3.600±3.257 ^{ns}	4.433±0.530 ^{b}	3.100±0.548 ^{ns}	4.433±0.684 ^{ns}
P80 100 ppm	3.100±1.705 ^{ns}	6.233±1.016 ^{ab}	3.000±0.716 ^{ns}	4.000±0.782 ^{ns}
O80 25 ppm	3.600±2.090 ^{ns}	7.233±1.304 ^{a}	3.567±0.612 ^{ns}	4.733±0.437 ^{ns}
O80 50 ppm	4.333±4.200 ^{ns}	4.633±0.567 ^{ab}	3.345±1.063 ^{ns}	4.367±0.601 ^{ns}
O80 100 ppm	4.467±3.477 ^{ns}	5.367±0.789 ^{ab}	3.375±1.108 ^{ns}	3.800±0.637 ^{ns}
UCC*25 ppm	3.700±2.545 ^{ns}	4.967±0.477 ^{ab}	3.267±0.641 ^{ns}	4.267±0.317 ^{ns}
UCC 50 ppm	3.233±1.445 ^{ns}	5.500±0.619 ^{ab}	2.833±0.427 ^{ns}	4.500±0.322 ^{ns}
UCC 100 ppm	5.333 ±2.494 ^{ns}	5.367 ±1.260 ^{ab}	3.458±0.555 ^{ns}	3.967±0.688 ^{ns}

*UCC = Uncharacterized commercial chitosan

**ตัวอักษรภาษาอังกฤษหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวดิ่ง ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % สำหรับ ns แสดงถึงผลที่ได้ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 17 น้ำหนักฝักสดและฝักแห้งเฉลี่ยต่อฝักต่อต้นของกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์อินเดีย 9701 และ พันธุ์ญี่ปุ่น Yamato Green หลังจากปลูกเป็นเวลา 8 สัปดาห์ ในปี พ.ศ. 2547

ชุดการทดลอง	พันธุ์อินเดีย 9701		พันธุ์ญี่ปุ่น Yamato Green	
	น้ำหนักฝักสดเฉลี่ย /ฝัก/ต้น (กรัม)	น้ำหนักฝักแห้งเฉลี่ย /ฝัก/ต้น (กรัม)	น้ำหนักฝักสดเฉลี่ย /ฝัก/ต้น (กรัม)	น้ำหนักฝักแห้งเฉลี่ย /ฝัก/ต้น (กรัม)
ชุดควบคุม	15.848±3.722^{ab}	1.469±0.569^{ns}	14.507±5.470^{ns}	6.649±1.124^{ns}
P80 25 ppm	12.917±3.843^{b}	1.231±0.362^{ns}	15.894±5.449^{ns}	6.348±0.715^{ns}
P80 50 ppm	14.663±4.415^{b}	1.432±0.637^{ns}	16.967±3.754^{ns}	6.235±1.137^{ns}
P80 100 ppm	13.724±3.331^{b}	1.338±0.437^{ns}	18.197±4.856^{ns}	7.659±1.307^{ns}
O80 25 ppm	19.994±8.457^{a}	2.046±1.126^{ns}	16.619±4.255^{ns}	6.264±1.022^{ns}
O80 50 ppm	14.059±4.173^{b}	1.394±0.508^{ns}	16.140±5.401^{ns}	6.534±1.369^{ns}
O80 100 ppm	14.482±3.872^{b}	1.456±0.524^{ns}	16.725±5.519^{ns}	6.179±0.964^{ns}
UCC*25 ppm	14.882±2.999^{b}	1.555±0.468^{ns}	16.829±4.790^{ns}	6.322±1.157^{ns}
UCC 50 ppm	14.479±2.306^{b}	1.400±0.375^{ns}	15.292±5.608^{ns}	6.068±1.589^{ns}
UCC 100 ppm	16.993±3.911^{ab}	1.606±0.620^{ns}	17.999±3.735^{ns}	6.377±1.129^{ns}

*UCC = Uncharacterized commercial chitosan

**ตัวอักษรภาษาอังกฤษหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวดิ่ง ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % สำหรับ ns แสดงถึงผลที่ได้ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 18 น้ำหนักฝักสดและฝักแห้งเฉลี่ยต่อฝักต่อต้นของกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์อินเดีย 9701 และ พันธุ์ญี่ปุ่น Yamato Green หลังจากปลูกเป็นเวลา 8 สัปดาห์ ในปี พ.ศ. 2548

ชุดการทดลอง	พันธุ์อินเดีย 9701		พันธุ์ญี่ปุ่น Yamato Green	
	น้ำหนักฝักสดเฉลี่ย /ฝัก/ต้น (กรัม)	น้ำหนักฝักแห้งเฉลี่ย /ฝัก/ต้น (กรัม)	น้ำหนักฝักสดเฉลี่ย /ฝัก/ต้น (กรัม)	น้ำหนักฝักแห้งเฉลี่ย /ฝัก/ต้น (กรัม)
ชุดควบคุม	12.914±1.754^{ab}	3.388±0.467^{b}	18.102±1.305^{ns}	2.984±0.346^{ab}
P80 25 ppm	4.139±0.381^{d}	2.963±0.275^{b}	18.355±1.817^{ns}	3.762±0.364^{a}
P80 50 ppm	7.039±0.715^{cd}	2.560±0.249^{bc}	18.334±0.759^{ns}	3.090±0.077^{ab}
P80 100 ppm	15.341±1.695^{a}	5.659±0.633^{a}	16.546±2.123^{ns}	1.717±0.897^{c}
O80 25 ppm	16.137±2.909^{a}	4.910±0.888^{a}	17.719±1.289^{ns}	3.117±0.630^{ab}
O80 50 ppm	6.424±0.973^{cd}	2.520±0.398^{bc}	19.701±1.040^{ns}	3.232±0.538^{ab}
O80 100 ppm	6.260±0.850^{cd}	1.266±0.180^{c}	18.842±1.222^{ns}	3.551±0.481^{ab}
UCC*25 ppm	9.868±0.730^{bc}	3.058±0.235^{b}	19.666±1.225^{ns}	2.972±0.310^{ab}
UCC 50 ppm	4.783±0.674^{d}	2.670±0.357^{bc}	19.921±1.388^{ns}	2.963±0.738^{ab}
UCC 100 ppm	3.188±0.407^{d}	1.527±0.284^{c}	17.399±0.623^{ns}	2.544±0.799^{bc}

*UCC = Uncharacterized commercial chitosan

**ตัวอักษรภาษาอังกฤษหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวดิ่ง ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % สำหรับ ns แสดงถึงผลที่ได้ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ผลของไคโตซานที่มีต่อการติดเชื้อไวรัสเส้นใบเหลือง

จำนวนต้นกระเจี๊ยบเขียวที่แสดงอาการของโรคไวรัสเส้นใบเหลืองแสดงในตารางที่ 19

จากผลการทดลองไม่พบว่ากระเจี๊ยบเขียวพันธุ์อินเดีย 9701 แสดงอาการของโรคตลอดการทดลอง เนื่องจากเป็นพันธุ์ต้านทาน สำหรับพันธุ์ญี่ปุ่น Yamato Green พบอาการของโรคในสัปดาห์ที่ 3 หลังปลูก (ตารางที่ 19) และจำนวนต้นที่เป็นโรคเพิ่มมากขึ้นในแต่ละสัปดาห์ เมื่อสิ้นสุดการทดลองในสัปดาห์ที่ 8 พบว่าเหลือจำนวนต้นที่ปลอดโรคในแต่ละชุดการทดลองประมาณ 45-75 % ถึงแม้ว่าผลการทดลองจะไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเทียบกับชุดควบคุม แต่โดยรวมสามารถเห็นแนวโน้มได้ว่าการฉีดพ่นไคโตซาน UCC ที่ระดับความเข้มข้น 25 ppm และ O80 ที่ระดับความเข้มข้น 50 ppm สามารถชะลอเปอร์เซ็นต์การติดเชื้อไวรัสเส้นใบเหลืองในช่วงสัปดาห์ที่ 4-6 และ ช่วงสัปดาห์ที่ 5-8 ตามลำดับ ในทางกลับกันกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์ญี่ปุ่นที่ได้รับการฉีดพ่นไคโตซาน O80 ที่ระดับความเข้มข้น 25 ppm และ UCC ที่ระดับความเข้มข้น 50 ppm แสดงแนวโน้มของจำนวนต้นที่เป็นโรคเพิ่มมากขึ้นในช่วงสัปดาห์ที่ 4-8 และ สัปดาห์ที่ 8 ตามลำดับ

สำหรับในปี พ.ศ. 2548 ไม่พบการแพร่ระบาดของไวรัสเส้นใบเหลืองของกระเจี๊ยบในธรรมชาติบริเวณแปลงทดลอง และในแปลงที่ปลูกเป็นการค้ารอบๆ กรุงเทพฯและปริมณฑล ในช่วงเวลาที่ทำการทดลอง จึงไม่สามารถตรวจสอบผลของไคโตซานที่มีต่อการติดเชื้อไวรัสได้ เนื่องจากขาดพืชที่เป็นแหล่งสะสมของไวรัส

ตารางที่ 19 เปอร์เซ็นต์ต้นกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์ญี่ปุ่น Yamato Green ที่ปลอดจากโรคไวรัสเส้นใบเหลืองตั้งแต่เมล็ดเริ่มงอกจนถึงสัปดาห์ที่ 8 (จากจำนวนชุดทดลองละ 60 ต้น) ในปี พ.ศ. 2547

ชุดการทดลอง	เปอร์เซ็นต์ต้นกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์ญี่ปุ่น Yamato Green ที่ปลอดจากโรคไวรัสเส้นใบเหลือง**							
	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4	สัปดาห์ที่ 5	สัปดาห์ที่ 6	สัปดาห์ที่ 7	สัปดาห์ที่ 8
ชุดควบคุม	100.0±0.000^{ns}	100.0±0.000^{ns}	91.967±4.083^{ns}	86.667±8.165^{ab}	73.333±8.165^{ab}	68.333±14.720^{ab}	65.000±8.367^{ab}	61.667±19.408^{abc}
P80 25 ppm	100.0±0.000^{ns}	100.0±0.000^{ns}	91.667±9.832^{ns}	81.667±17.224^{ab}	61.667±21.370^{b}	53.333±21.603^{b}	48.333±17.224^{b}	45.000±15.166^{abc}
P80 50 ppm	100.0±0.000^{ns}	100.0±0.000^{ns}	98.333±4.083^{ns}	90.000±15.492^{ab}	78.333±11.691^{ab}	68.333±18.349^{ab}	63.333±17.512^{ab}	60.000±14.142^{abc}
P80 100 ppm	100.0±0.000^{ns}	100.0±0.000^{ns}	95.000±8.367^{ns}	88.333±14.720^{ab}	78.333±21.370^{ab}	71.667±19.408^{ab}	66.667±20.656^{ab}	66.667±20.656^{ab}
O80 25 ppm	100.0±0.000^{ns}	100.0±0.000^{ns}	90.000±10.955^{ns}	76.667±12.111^{b}	70.000±15.492^{ab}	50.000±20.976^{b}	50.000±15.492^{b}	53.333±15.056^{bc}
O80 50 ppm	100.0±0.000^{ns}	100.0±0.000^{ns}	95.00±8.367^{ns}	86.667±13.663^{ab}	85.000±16.432^{a}	83.333±19.664^{a}	73.333±27.325^{a}	76.667±19.664^{a}
O80 100 ppm	100.0±0.000^{ns}	100.0±0.000^{ns}	91.667±7.528^{ns}	88.333±9.832^{ab}	76.667±16.330^{ab}	73.333±17.512^{ab}	70.000±10.955^{ab}	65.000±10.488^{abc}
UCC*25 ppm	100.0±0.000^{ns}	100.0±0.000^{ns}	96.667±5.164^{ns}	91.667±4.083^{a}	85.000±10.488^{a}	80.000±15.492^{a}	70.000±10.955^{ab}	61.667±11.690^{abc}
UCC 50 ppm	100.0±0.000^{ns}	100.0±0.000^{ns}	90.000±15.492^{ns}	90.000±8.944^{ab}	65.000±19.748^{ab}	70.000±18.974^{ab}	70.000±22.804^{ab}	55.000±25.884^{bc}
UCC 100ppm	100.0±0.000^{ns}	100.0±0.000^{ns}	91.967±7.528^{ns}	83.333±10.328^{ab}	70.000±16.733^{ab}	68.333±19.408^{ab}	61.667±19.408^{ab}	66.667±18.619^{ab}

*UCC = Uncharacterized commercial chitosan

**ตัวอักษรภาษาอังกฤษหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวดิ่ง ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % สำหรับ ns แสดงถึงผลที่ได้ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ผลของไคโตซานที่มีต่ออายุการเก็บรักษาหลังการเก็บเกี่ยวของฝักกระเจี๊ยบเขียว

การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสดหลังการเก็บเกี่ยวของฝักกระเจี๊ยบเขียวที่เก็บจากต้นที่ได้รับไคโตซาน แสดงในตารางที่ 20

จากผลการทดลองพบว่าการให้ไคโตซาน P80 ที่ระดับความเข้มข้น 50 ppm มีผลทำให้ฝักกระเจี๊ยบเขียวรักษาน้ำหนักสดไว้ได้ดีที่สุด และต่างจากชุดการทดลองที่ได้รับไคโตซาน UCC ที่ระดับความเข้มข้นเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเวลาผ่านไป 1 วัน (ตารางที่ 20) แต่หลังจากนั้นไม่พบความแตกต่างทางสถิติ และเมื่อครบ 9 วัน พบว่าไคโตซาน P80 ที่ความเข้มข้น 50 ppm และ O80 ที่ความเข้มข้น 25 ppm มีแนวโน้มทำให้ฝักกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์อินเดีย 9701 รักษาน้ำหนักสดไว้ได้ดีที่สุด

ตารางที่ 20 น้ำหนักของฝักเมื่อเปรียบเทียบเป็น % ของน้ำหนักเริ่มต้น (% initial weight) ของกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์อินเดีย 9701 ที่มีขนาด 8-10 ซ.ม.เมื่อทำการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 9 วัน

ชุดการทดลอง	เปอร์เซ็นต์น้ำหนักสด**				
	วันที่ 0	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4
ชุดควบคุม	100.00±000^{ns}	77.875±1.405^{ab}	66.393±2.970^{ns}	57.908±3.753^{ns}	51.205±4.049^{ns}
P80 25 ppm	100.00±000^{ns}	80.988±2.510^{ab}	75.140±4.286^{ns}	67.523±4.011^{ns}	61.670±4.015^{ns}
P80 50 ppm	100.00±000^{ns}	83.283±0.952^{a}	74.883±1.153^{ns}	68.408±1.487^{ns}	63.028±1.836^{ns}
P80 100 ppm	100.00±000^{ns}	82.278±0.659^{ab}	72.318±1.594^{ns}	65.005±1.864^{ns}	58.983±1.931^{ns}
O80 25 ppm	100.00±000^{ns}	80.615±1.172^{ab}	70.698±0.793^{ns}	63.050±0.892^{ns}	57.135±1.250^{ns}
O80 50 ppm	100.00±000^{ns}	80.753±0.793^{ab}	72.110±2.647^{ns}	64.378±2.806^{ns}	58.150±2.939^{ns}
O80 100 ppm	100.00±000^{ns}	79.770±0.432^{ab}	64.090±6.028^{ns}	56.968±5.737^{ns}	51.458±5.444^{ns}
UCC*25 ppm	100.00±000^{ns}	79.785±2.149^{ab}	66.598±5.240^{ns}	58.928±5.944^{ns}	52.608±6.407^{ns}
UCC 50 ppm	100.00±000^{ns}	76.243±3.856^{b}	66.495±4.380^{ns}	59.488±4.760^{ns}	53.818±4.957^{ns}
UCC 100 ppm	100.00±000^{ns}	79.308±2.768^{ab}	68.835±5.145^{ns}	60.880±6.161^{ns}	55.223±6.468^{ns}

ตารางที่ 20 (ต่อ)

ชุดการทดลอง	เปอร์เซ็นต์น้ำหนักสด**				
	วันที่ 5	วันที่ 6	วันที่ 7	วันที่ 8	วันที่ 9
ชุดควบคุม	46.025±4.057^{ns**}	41.548±4.952^{ns}	37.848±3.468^{ns}	33.080±3.214^{ns}	29.450±3.363^{ns}
P80 25 ppm	57.065±4.179^{ns}	53.040±2.428^{ns}	48.830±4.877^{ns}	44.405±5.108^{ns}	40.778±4.841^{ns}
P80 50 ppm	59.035±2.158^{ns}	55.183±4.084^{ns}	51.655±2.405^{ns}	47.508±2.806^{ns}	44.200±2.824^{ns}
P80 100 ppm	57.742±5.080^{ns}	53.285±2.538^{ns}	49.475±3.780^{ns}	44.555±3.151^{ns}	39.988±3.256^{ns}
O80 25 ppm	52.498±1.667^{ns}	48.060±2.662^{ns}	44.083±2.688^{ns}	49.488±4.929^{ns}	42.145±2.345^{ns}
O80 50 ppm	54.210±2.624^{ns}	49.245±4.262^{ns}	45.720±2.689^{ns}	36.645±4.608^{ns}	33.333±4.455^{ns}
O80 100 ppm	47.225±5.152^{ns}	41.993±6.201^{ns}	39.200±4.084^{ns}	35.198±3.682^{ns}	31.803±3.509^{ns}
UCC*25 ppm	47.823±6.552^{ns}	43.505±4.612^{ns}	39.855±6.259^{ns}	35.218±6.110^{ns}	31.638±6.347^{ns}
UCC 50 ppm	49.475±5.038^{ns}	45.288±6.598^{ns}	41.663±4.610^{ns}	37.330±4.353^{ns}	33.948±4.477^{ns}
UCC 100 ppm	48.923±7.043^{ns}	43.500±3.518^{ns}	39.573±6.597^{ns}	34.445±6.309^{ns}	31.113±6.408^{ns}

*UCC = Uncharacterized commercial chitosan

**ตัวอักษรภาษาอังกฤษหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวดิ่ง ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % สำหรับ ns แสดงถึงผลที่ได้ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ผลการทดลองในส่วนที่ 2

ผลของไคโตซานต่อการกัดกินของหนอนศัตรูพืช

พื้นที่ใบของกระเจี๊ยบเขียวที่ถูกกัดกินโดยหนอนกระทู้หอม (*Spodoptera exigua* Hubner, 1808) แสดงในตารางที่ 21 และ 22

จากผลการทดลองพบว่าการกัดกินใบกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์อินเดีย 9701 ของหนอนกระทู้หอมจะต่ำกว่าชุดควบคุมอย่างชัดเจนในวันที่ 9 เป็นต้นไป หลังการพ่นไคโตซาน (ตารางที่ 21) แต่เมื่อทำการวิเคราะห์ผลทางสถิติแล้ว พบว่าการกัดกินใบกระเจี๊ยบเขียวของหนอนจะต่ำกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญในต้นกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับไคโตซานทุกชนิดในวันที่ 13 และเฉพาะ O80 ในวันที่ 21 หลังการพ่น

ตารางที่ 21 พื้นที่ใบของกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์อินเดีย 9701ที่ถูกกัดกินด้วยหนอนกระทู้หอม หลังได้รับการพ่นไคโตซานทางใบ

ชุดการทดลอง	พื้นที่ใบ (ตารางเซนติเมตร) ของกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์อินเดีย 9701ที่ถูกกัดกินด้วยหนอนกระทู้หอม หลังได้รับการพ่นไคโตซานทางใบ**						
	ก่อนพ่น 1 วัน	หลังพ่น 1 วัน	หลังพ่น 5 วัน	หลังพ่น 9 วัน	หลังพ่น 13 วัน	หลังพ่น 17 วัน	หลังพ่น 21 วัน
ชุดควบคุม	0.1195±0.0877 ^{ns}	0.1172±0.0745 ^{ns}	0.1021±0.0783 ^{ns}	0.2428±0.0383 ^{ns}	0.1618±0.0883 ^{a}	0.0995±0.0531 ^{ns}	0.2201±0.0217^{a}
P80 50 ppm	0.1257±0.0250 ^{ns}	0.1212±0.0903 ^{ns}	0.1643±0.1151 ^{ns}	0.1947±0.0760 ^{ns}	0.0807±0.0342 ^{b}	0.0407±0.0275 ^{ns}	0.1215±0.0462^{ab}
O80 50 ppm	0.1322±0.0618 ^{ns}	0.1055±0.0713 ^{ns}	0.1695±0.0961 ^{ns}	0.1898±0.0385 ^{ns}	0.0308±0.0416 ^{b}	0.0566±0.0111 ^{ns}	0.0501±0.0527^{b}
UCC*50ppm	0.1215±0.0917 ^{ns}	0.1764±0.0198 ^{ns}	0.1197±0.0366 ^{ns}	0.1765±0.0429 ^{ns}	0.0481±0.0315 ^{b}	0.0416±0.0502 ^{ns}	0.1529±0.0775^{a}

*UCC = Uncharacterized commercial chitosan

**ตัวอักษรภาษาอังกฤษหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวดิ่ง ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % สำหรับ ns แสดงถึงผลที่ได้ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

สำหรับกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์ญี่ปุ่น Yamato Green พบว่าใบกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับไคโตซาน P80 และ UCC ถูกกัดกินน้อยกว่าใบที่ได้รับ O80 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในวันที่ 17 หลังการฉีดพ่น แต่เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมแล้วไม่พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 22)

ตารางที่ 22 พื้นที่ใบของกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์ญี่ปุ่น Yamato Green ที่ถูกกัดกินด้วยหนอนกระทู้หอม หลังได้รับการพ่นไคโตซานทางใบ

ชุดการทดลอง	พื้นที่ใบ (ตารางเซนติเมตร) ของกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์ญี่ปุ่น Yamato Green ที่ถูกกัดกินด้วยหนอนกระทู้หอม หลังได้รับการพ่นไคโตซานทางใบ**						
	ก่อนพ่น 1 วัน	หลังพ่น 1 วัน	หลังพ่น 5 วัน	หลังพ่น 9 วัน	หลังพ่น 13 วัน	หลังพ่น 17 วัน	หลังพ่น 21 วัน
ชุดควบคุม	0.0796±0.0731 ^{ns}	0.1581±0.0775 ^{ns}	0.0943±0.0769 ^{ns}	0.1910±0.0985 ^{ns}	0.0692±0.0189 ^{ns}	0.1611±0.0319^{ab}	0.0456±0.0400 ^{ns}
P80 50 ppm	0.1057±0.1224 ^{ns}	0.1216±0.0344 ^{ns}	0.0487±0.0728 ^{ns}	0.1754±0.0842 ^{ns}	0.0711±0.0394 ^{ns}	0.1528±0.0231^{b}	0.0849±0.0940 ^{ns}
O80 50 ppm	0.0719±0.0648 ^{ns}	0.1301±0.0220 ^{ns}	0.0617±0.0193 ^{ns}	0.1554±0.0483 ^{ns}	0.0846±0.0444 ^{ns}	0.1938±0.0223^{a}	0.0333±0.0223 ^{ns}
UCC*50ppm	0.0633±0.0559 ^{ns}	0.1190±0.0488 ^{ns}	0.0172±0.0160 ^{ns}	0.2032±0.0500 ^{ns}	0.0711±0.0515 ^{ns}	0.1504±0.0146^{b}	0.0394±0.0361 ^{ns}

*UCC = Uncharacterized commercial chitosan

**ตัวอักษรภาษาอังกฤษหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวดิ่ง ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % สำหรับ ns แสดงถึงผลที่ได้ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ผลของไคโตซานต่อปริมาณ Proteinase Inhibitor ในกระเจี๊ยบเขียว

เมื่อทำการตรวจสอบปริมาณ proteinase inhibitor ในใบกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์อินเดีย 9701 พบว่าการให้ไคโตซานทุกชนิดไม่มีผลต่อปริมาณของ proteinase inhibitor อย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (ตารางที่ 23)

ตารางที่ 23 ปริมาณ Proteinase Inhibitor ที่วัดได้จากใบกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์อินเดีย 9701 หลังได้รับการพ่นไคโตซานทางใบ

ชุดการทดลอง	ปริมาณ Proteinase Inhibitor (%) ที่วัดได้จากใบกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์อินเดีย 9701 หลังได้รับการพ่นไคโตซานทางใบ						
	ก่อนพ่น 1 วัน	หลังพ่น 1 วัน	หลังพ่น 5วัน	หลังพ่น 9วัน	หลังพ่น 13 วัน	หลังพ่น 17 วัน	หลังพ่น 21 วัน
ชุดควบคุม	96.1654±2.0864^{ns}	98.6369±0.7694^{ns}	92.0329±2.0979^{ns}	98.3183±0.5802^{ns}	94.6108±0.6595^{ns}	94.0962±1.3891^{ns}	95.0611±1.0096^{ns}
P80 50 ppm	94.2687±1.1569^{ns}	97.2504±0.2235^{ns}	96.0973±1.4294^{ns}	96.4375±1.9775^{ns}	91.4876±2.3242^{ns}	98.6175±0.8088^{ns}	91.3945±1.7822^{ns}
O80 50 ppm	94.1230±0.7775^{ns}	95.2273±0.4949^{ns}	92.9910±1.5842^{ns}	95.6228±0.7490^{ns}	93.6281±1.9416^{ns}	94.6544±2.9889^{ns}	88.6973±3.2593^{ns}
UCC*50ppm	94.8212±0.7149^{ns}	96.7447±1.6416^{ns}	92.3497±1.4444^{ns}	95.9830±1.2009^{ns}	95.0868±1.0667^{ns}	92.4002±1.7914^{ns}	95.4916±1.4758^{ns}

*UCC = Uncharacterized commercial chitosan

**ตัวอักษรภาษาอังกฤษหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวดิ่ง ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % สำหรับ ns แสดงถึงผลที่ได้ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

เมื่อวัดปริมาณ proteinase inhibitor ในใบกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์ญี่ปุ่น พบว่าการให้ไคโตซานมีผลต่อระดับของ proteinase inhibitor อย่างมีนัยสำคัญหลังจากฉีดพ่นเป็นเวลา 1-5 วัน (ตารางที่ 24) โดยการให้ไคโตซาน UCC ที่ 50 ppm สามารถกระตุ้นให้ใบกระเจี๊ยบเขียวมีปริมาณ poteinase inhibitor สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ 1 วันหลังการฉีดพ่น แต่หลังจากนั้นก็จะลดระดับลงจนต่ำกว่าชุดควบคุมภายใน 5 วันหลังการฉีดพ่น ส่วนการให้ไคโตซาน P80 ที่ 50 ppm มีผลให้ใบกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์ญี่ปุ่นมี proteinase inhibitor ต่ำกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญในวันที่ 5 หลังการฉีดพ่น

ตารางที่ 24 ปริมาณ Proteinase Inhibitor ที่วัดได้จากใบกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์ญี่ปุ่น Yamato Green หลังได้รับการพ่นไคโตซานทางใบ

ชุดการทดลอง	ปริมาณ Proteinase Inhibitor (%) ที่วัดได้จากใบกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์ญี่ปุ่น Yamato Green หลังได้รับการพ่นไคโตซานทางใบ						
	ก่อนพ่น 1 วัน	หลังพ่น 1 วัน	หลังพ่น 5วัน	หลังพ่น 9วัน	หลังพ่น 13 วัน	หลังพ่น 17 วัน	หลังพ่น 21 วัน
ชุดควบคุม	95.9443±3.3898^{ns}	91.0678±3.3173^{b}	95.7931±1.9169^{a}	94.0613±2.7767^{ns}	98.0436±1.1513^{ns}	96.3505±2.0186^{ns}	81.4704±2.8752^{ns}
P80 50 ppm	75.2676±15.295^{ns}	88.1327±1.9967^{b}	79.2136±8.5512^{b}	90.1329±5.1008^{ns}	97.2718±2.7282^{ns}	91.4858±4.5400^{ns}	94.5543±3.5281^{ns}
O80 50 ppm	97.5256±2.4744^{ns}	89.6987±3.2508^{b}	87.9897±4.7812^{ab}	96.0223±1.7657^{ns}	97.7191±1.3176^{ns}	97.5040±0.9878^{ns}	83.4188±9.8908^{ns}
UCC*50ppm	80.9334±9.1694^{ns}	99.1224±0.8776^{a}	89.0607±5.9869^{ab}	94.0598±3.5672^{ns}	97.3512±2.6488^{ns}	99.9398±0.0602^{ns}	90.0890±2.3294^{ns}

*UCC = Uncharacterized commercial chitosan

**ตัวอักษรภาษาอังกฤษหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวดิ่ง ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % สำหรับ ns แสดงถึงผลที่ได้ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ผลการทดลองในส่วนที่ 3

จากการศึกษาผลของสารละลายไคโตซาน O80 ที่ระดับความเข้มข้น 5 10 20 50 และ 100 ppm ต่อการทดลองเก็บรักษาฝักกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์ Hit 9701 ที่อุณหภูมิ 9 องศาเซลเซียส และ 18 องศาเซลเซียส พบว่าฝักกระเจี๊ยบเขียวมีการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษาดังนี้

การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสดของฝักกระเจี๊ยบเขียวที่ผ่านการแช่ในสารละลายไคโตซาน

จากการทดลองเก็บรักษาฝักกระเจี๊ยบเขียวที่อุณหภูมิ 9 องศาเซลเซียส พบว่า ฝักกระเจี๊ยบเขียวทุกชุดการทดลองมีแนวโน้มของน้ำหนักฝักเมื่อเปรียบเทียบเป็น % ของน้ำหนักเริ่มต้นลดลงตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษา (ตารางที่ 25) ในวันที่ 2 ของการเก็บรักษา กระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 10 ppm มีน้ำหนักของฝักเมื่อเปรียบเทียบเป็น % ของน้ำหนักเริ่มต้น สูงกว่าชุดการทดลองอื่น ๆ แต่อย่างไรก็ตาม น้ำหนักของฝักเมื่อเปรียบเทียบเป็น % ของน้ำหนักเริ่มต้น ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

การเก็บรักษาฝักกระเจี๊ยบเขียวที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส พบว่าฝักกระเจี๊ยบเขียวทุกชุดการทดลองมีน้ำหนักสดลดลงเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น (ตารางที่ 26) โดยในวันที่ 3 ของการเก็บรักษา ฝักกระเจี๊ยบเขียวทุกชุดการทดลองที่ผ่านการแช่สารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้นต่างๆ มีน้ำหนักสดสูงกว่าชุดการทดลองควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ และเมื่อสิ้นสุดการทดลองในวันที่ 15 ฝักกระเจี๊ยบเขียวชุดการทดลองที่ผ่านการแช่สารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้น 5 20 50 และ 100 ppm มีน้ำหนักสดคงอยู่สูงกว่าชุดการทดลองควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 25 น้ำหนักของฝักเมื่อเปรียบเทียบเป็น % ของน้ำหนักเริ่มต้น (% of initial weight) ของกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายไคโตซานที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 9 องศาเซลเซียส

Treatment	% of initial weight ± SE*					
	Day after storage					
	0	2	4	6	8	10
Control	100±0.000^{aA}	94.371±0.587^{aB}	89.779±0.491^{aC}	85.258±0.453^{aD}	79.901±0.935^{aE}	75.484±0.854^{aF}
Chitosan 5 ppm	100±0.000^{aA}	94.972±0.147^{aB}	89.894±1.013^{aC}	84.995±1.022^{aD}	80.129±1.328^{aE}	75.784±0.867^{aF}
Chitosan 10 ppm	100±0.000^{aA}	95.808±0.230^{aB}	91.059±0.663^{aC}	86.036±0.986^{aD}	80.171±1.670^{aE}	75.985±2.400^{aF}
Chitosan 20 ppm	100±0.000^{aA}	94.813±0.347^{aB}	90.500±1.539^{aC}	86.088±1.529^{aD}	81.140±1.156^{aE}	76.694±1.171^{aF}
Chitosan 50 ppm	100±0.000^{aA}	94.396±0.960^{aB}	90.248±0.562^{aC}	84.727±1.308^{aD}	80.351±0.569^{aE}	76.598±0.787^{aF}
Chitosan 100 ppm	100±0.000^{aA}	95.251±0.589^{aB}	90.836±0.344^{aC}	86.648±0.418^{aD}	81.577±0.483^{aE}	76.979±0.466^{aF}

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวดิ่งและแนวนอน ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางที่ 26 น้ำหนักของฝักเมื่อเปรียบเทียบเป็น % ของน้ำหนักเริ่มต้น (% of initial weight) ของกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายไคโตซานที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส

Treatment	% of initial weight ± SE*					
	Days after storage					
	0	3	6	9	12	15
Control	100±0.000^{aA}	96.477±0.200^{bAB}	94.306±0.787^{bBC}	90.814±1.186^{bCD}	88.125±2.101^{aDE}	85.275±1.953^{bE}
Chitosan 5 ppm	100±0.000^{aA}	97.361±0.352^{aB}	95.505±0.558^{abBC}	93.258±0.675^{aCD}	91.379±1.403^{aDE}	90.296±1.330^{aF}
Chitosan 10 ppm	100±0.000^{aA}	97.948±0.240^{aB}	94.856±0.688^{abC}	93.125±0.250^{aD}	90.458±0.640^{aE}	88.147±0.598^{abF}
Chitosan 20 ppm	100±0.000^{aA}	97.683±0.311^{aB}	95.029±0.235^{abC}	93.322±0.290^{aD}	89.764±0.112^{aE}	89.006±0.209^{aF}
Chitosan 50 ppm	100±0.000^{aA}	98.046±0.146^{aB}	96.853±0.809^{aB}	93.724±0.721^{aC}	91.356±0.763^{aD}	90.428±0.814^{aD}
Chitosan 100 ppm	100±0.000^{aA}	97.844±0.278^{aB}	95.778±0.716^{abC}	93.495±0.810^{aD}	90.868±0.772^{aE}	89.942±0.539^{aE}

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวดิ่งและแนวนอน ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

การเกิดโรคและการเน่าเสียของฝักกระเจี๊ยบเขียวที่ผ่านการแช่ในสารละลายไคโตซาน

หลังการทดลองเก็บรักษาฝักกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์ Hit 9701 ที่ผ่านการแช่สารละลายไคโตซาน O80 ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 5 นาที ไม่พบการเกิดโรคในฝักกระเจี๊ยบเขียวที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 9 องศาเซลเซียส ตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษา

สำหรับฝักกระเจี๊ยบเขียวเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส พบว่าฝักกระเจี๊ยบเขียวชุดการทดลองที่ผ่านการแช่สารละลายไคโตซานความเข้มข้น 100 ppm แสดงการเกิดโรคตั้งแต่วันที่ 3 ของการเก็บรักษา (ตารางที่ 27) และการเกิดโรคดังกล่าวได้นำไปสู่การเน่าเสียของฝัก ฝักกระเจี๊ยบเขียวชุดการทดลองที่ผ่านการแช่สารละลายไคโตซานความเข้มข้น 20 และ 50 ppm แสดงการเกิดโรคในวันที่ 12 ของการเก็บรักษาเช่นเดียวกับชุดการทดลองควบคุม ส่วนฝักกระเจี๊ยบเขียวชุดการทดลองที่ผ่านการแช่สารละลายไคโตซานความเข้มข้น 5 และ 10 ppm ไม่แสดงอาการของโรคตลอดการเก็บรักษา

ตารางที่ 27 เปอร์เซนต์การเกิดโรค (disease infection (%)) ของกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายไคโตซานที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส

Treatment	Disease infection (%) ± SE*					
	Days after storage					
	0	3	6	9	12	15
Control	0.0±0.000^{aA}	0.0±0.000^{aA}	0.0±0.000^{aA}	0.0±0.000^{aA}	2.5±2.500^{aA}	2.5±2.500^{aA}
Chitosan 5 ppm	0.0±0.000^{aA}	0.0±0.000^{aA}	0.0±0.000^{aA}	0.0±0.000^{aA}	0.0±0.000^{aA}	0.0±0.000^{aA}
Chitosan 10 ppm	0.0±0.000^{aA}	0.0±0.000^{aA}	0.0±0.000^{aA}	0.0±0.000^{aA}	0.0±0.000^{aA}	0.0±0.000^{aA}
Chitosan 20 ppm	0.0±0.000^{aA}	0.0±0.000^{aA}	0.0±0.000^{aA}	0.0±0.000^{aA}	2.5±2.500^{aA}	2.5±2.500^{aA}
Chitosan 50 ppm	0.0±0.000^{aA}	0.0±0.000^{aA}	0.0±0.000^{aA}	0.0±0.000^{aA}	2.5±2.500^{aA}	5.0±2.887^{aA}
Chitosan 100 ppm	0.0±0.000^{aA}	5.0±5.000^{aA}	5.0±5.000^{aA}	5.0±5.000^{aA}	5.0±5.000^{aA}	7.5±4.787^{aA}

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวดิ่งและแนวนอน ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ลักษณะที่ปรากฏภายนอกของฝักกระเจี๊ยบเขียวที่ผ่านการแช่ในสารละลายไคโตซาน

เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงลักษณะที่ปรากฏภายนอกของฝักกระเจี๊ยบเขียว โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

ฝักสีเขียวสดเต่งตึง = 9 คะแนน

ฝักเริ่มเหี่ยวหรือมีรอยเพียงเล็กน้อย = 7 คะแนน

ฝักเริ่มเหี่ยว มีรอยหรือจุดสีน้ำตาลบริเวณผิวและขอบฝัก = 5 คะแนน

ฝักเหี่ยวมีรอยหรือจุดสีน้ำตาลสังเกตเห็นได้ชัดเจน = 3 คะแนน

ฝักมีรอยสีน้ำตาลมาก เปลี่ยนสีหรือเน่า = 1 คะแนน (ญาวดี ศรีเมฆ, 2545)

หลังการทดลองเก็บรักษาฝักกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์ Hit 9701 ที่ผ่านการแช่สารละลายไคโตซาน O80 ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 5 นาที พบว่า ในวันแรกของการทดลองเก็บรักษาฝักกระเจี๊ยบเขียวที่อุณหภูมิ 9 องศาเซลเซียส ฝักกระเจี๊ยบเขียวทุกชุดการทดลองมีคะแนนลักษณะที่ปรากฏภายนอกเท่ากับ 9 (ตารางที่ 28)โดยฝักมีสีเขียวสด ปราศจากโรคและตำหนิ วันที่ 2 ของการเก็บรักษา ฝักกระเจี๊ยบเขียวทุกชุดการทดลองมีคะแนนเฉลี่ยลดลง เพราะฝักเริ่มมีรอยและตำหนิ วันที่ 4 และ 6 ของการเก็บรักษา กระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 5 และ 50 ppm มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากัน และสูงกว่าชุดการทดลองอื่น ๆ คือ 5 คะแนน ซึ่งเป็นคะแนนต่ำกว่าเกณฑ์การยอมรับได้ เพราะฝักเริ่มเหี่ยว เกิดรอย และจุดสีน้ำตาลบริเวณผิวฝัก

ในวันแรกของการทดลองเก็บรักษาฝักกระเจี๊ยบเขียวที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส ฝักกระเจี๊ยบเขียวทุกชุดการทดลองมีคะแนนลักษณะที่ปรากฏภายนอกเท่ากับ 9 (ตารางที่ 29) โดยฝักมีสีเขียวสด ปราศจากโรคและตำหนิ วันที่ 3 และ 6 ของการเก็บรักษา กระเจี๊ยบเขียวทุกชุดการทดลองมีคะแนนเฉลี่ยลดลงเท่ากับ 7 เพราะฝักเริ่มเหี่ยว วันที่ 9 12 และ 15 ของการเก็บรักษา กระเจี๊ยบเขียวทุกชุดการทดลองมีคะแนนเฉลี่ยลดลงเท่ากับ 5 ซึ่งเป็นคะแนนต่ำกว่าเกณฑ์การยอมรับได้

ตารางที่ 28 ลักษณะที่ปรากฏภายนอก (overall appearance) ของกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายไคโตซานที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 9 องศาเซลเซียส

Treatment	Overall appearance (point) ± SE					
	Day after storage					
	0	2	4	6	8	10
Control	9.0±0.000	7.0±0.000	5.0±0.000	3.0±0.000	3.0±0.000	3.0±0.000
Chitosan 5 ppm	9.0±0.000	7.0±0.000	5.0±0.000	5.0±0.000	3.0±0.000	2.5±0.500
Chitosan 10 ppm	9.0±0.000	7.0±0.000	5.0±0.000	3.5±0.500	3.0±0.000	1.5±0.500
Chitosan 20 ppm	9.0±0.000	7.0±0.000	5.0±0.000	3.5±0.500	3.0±0.000	3.0±0.000
Chitosan 50 ppm	9.0±0.000	7.0±0.000	5.0±0.000	5.0±0.000	3.0±0.000	1.5±0.500
Chitosan 100 ppm	9.0±0.000	7.0±0.000	4.5±0.500	4.5±0.500	2.5±0.500	2.5±0.500

ตารางที่ 29 ลักษณะที่ปรากฏภายนอก (overall appearance) ของกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายไคโตซานที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส

Treatment	Overall appearance (point) ± SE					
	Days after storage					
	0	3	6	9	12	15
Control	9±0.000	7±0.000	7±0.000	5±0.000	5±0.000	5±0.000
Chitosan 5 ppm	9±0.000	7±0.000	7±0.000	5±0.000	5±0.000	5±0.000
Chitosan 10 ppm	9±0.000	7±0.000	7±0.000	5±0.000	5±0.000	5±0.000
Chitosan 20 ppm	9±0.000	7±0.000	7±0.000	5±0.000	5±0.000	5±0.000
Chitosan 50 ppm	9±0.000	7±0.000	7±0.000	5±0.000	5±0.000	5±0.000
Chitosan 100 ppm	9±0.000	7±0.000	7±0.000	5±0.000	5±0.000	5±0.000

การเปลี่ยนแปลงปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของฝักกระเจี๊ยบเขียวที่ผ่านการแช่ในสารละลายไคโตซาน

หลังการทดลองเก็บรักษาฝักกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์ Hit 9701 ที่ผ่านการแช่สารละลายไคโตซาน O80 ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 5 นาที พบว่า ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของกระเจี๊ยบเขียวเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 9 องศาเซลเซียส มีการเปลี่ยนแปลงลดลงในวันที่ 4 ของการเก็บรักษา (ตารางที่ 30) โดยกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 100 ppm มีปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดสูงที่สุด ส่วนกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 10 ppm มีปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดต่ำที่สุด อย่างไรก็ตาม ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

การเปลี่ยนแปลงปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของกระเจี๊ยบเขียวเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส มีแนวโน้มลดลงตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษา (ตารางที่ 31) โดยวันที่ 3 ของการเก็บรักษา กระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 10 ppm มีปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดสูงที่สุด ในขณะที่กระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 100 ppm มีปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด ต่ำที่สุด อย่างไรก็ตาม ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 30 การเปลี่ยนแปลงปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด (total chlorophyll content) ของกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายไคโตซานที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 9 องศาเซลเซียส

Treatment	Total chlorophyll content (mg/g fresh weight) ± SE*					
	Day after storage					
	0	2	4	6	8	10
Control	0.05797 ± 0.006^{aA}	0.03999 ± 0.003^{bBC}	0.02755 ± 0.002^{bD}	0.03525 ± 0.003^{aCD}	0.04888 ± 0.005^{aAB}	0.03208 ± 0.002^{abCD}
Chitosan 5 ppm	0.04425 ± 0.009^{abA}	0.03830 ± 0.002^{bA}	0.03090 ± 0.005^{abA}	0.03866 ± 0.003^{aA}	0.04452 ± 0.007^{aA}	0.03849 ± 0.005^{aA}
Chitosan 10 ppm	0.03773 ± 0.003^{bB}	0.04575 ± 0.001^{abA}	0.02585 ± 0.003^{bC}	0.03640 ± 0.002^{aB}	0.04718 ± 0.002^{aA}	0.03264 ± 0.003^{abBC}
Chitosan 20 ppm	0.03775 ± 0.003^{bA}	0.04341 ± 0.003^{abA}	0.03237 ± 0.005^{abA}	0.03215 ± 0.007^{aA}	0.04322 ± 0.005^{aA}	0.03876 ± 0.003^{aA}
Chitosan 50 ppm	0.04711 ± 0.002^{abAB}	0.04999 ± 0.002^{aA}	0.03675 ± 0.006^{abB}	0.03754 ± 0.004^{aB}	0.04178 ± 0.002^{aAB}	0.02398 ± 0.003^{bC}
Chitosan 100 ppm	0.04339 ± 0.002^{abA}	0.04148 ± 0.004^{bA}	0.04195 ± 0.002^{aA}	0.02941 ± 0.003^{aB}	0.04661 ± 0.004^{aA}	0.04040 ± 0.006^{aAB}

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวดิ่งและแนวนอน ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางที่ 31 การเปลี่ยนแปลงปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด (total chlorophyll content) ของกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายไคโตซานที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส

Treatment	Total chlorophyll content (mg/g fresh weight) ± SE*					
	Days after storage					
	0	3	6	9	12	15
Control	0.08493±0.0150 ^{aA}	0.05381±0.0147 ^{aB}	0.04238±0.0044 ^{aB}	0.03434±0.0054 ^{aB}	0.04920±0.0113 ^{aB}	0.02426±0.0015 ^{aB}
Chitosan 5 ppm	0.06033±0.0058 ^{aA}	0.05103±0.0039 ^{aAB}	0.04583±0.0063 ^{aAB}	0.04666±0.0069 ^{aAB}	0.04297±0.0118 ^{aAB}	0.03377±0.0045 ^{aB}
Chitosan 10 ppm	0.06436±0.0073 ^{aA}	0.06403±0.0099 ^{aA}	0.03851±0.0037 ^{aB}	0.04280±0.0086 ^{aB}	0.02630±0.0022 ^{aB}	0.03378±0.0023 ^{aB}
Chitosan 20 ppm	0.06251±0.0048 ^{aA}	0.05663±0.0070 ^{aA}	0.03757±0.0061 ^{aB}	0.03212±0.0042 ^{aB}	0.02773±0.0015 ^{aB}	0.03067±0.0037 ^{aB}
Chitosan 50 ppm	0.07916±0.0077 ^{aA}	0.04819±0.0034 ^{aB}	0.03586±0.0035 ^{aB}	0.04488±0.0018 ^{aB}	0.04995±0.0155 ^{aB}	0.03190±0.0016 ^{aB}
Chitosan 100 ppm	0.07248±0.0062 ^{aA}	0.04000±0.0052 ^{aB}	0.03706±0.0047 ^{aB}	0.04364±0.0078 ^{aB}	0.03676±0.0050 ^{aB}	0.02632±0.0033 ^{aB}

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวดิ่งและแนวนอน ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

การเปลี่ยนสีของฝักกระเจี๊ยบเขียวที่แช่ในสารละลายไคโตซาน

จากการวัดค่าการเปลี่ยนสีของฝักกระเจี๊ยบเขียว โดยวัดสีในระบบ L a b color space ซึ่งค่า L เป็นค่าความสว่าง ส่วนค่า a แสดงถึงปริมาณสีแดงและสีเขียว ถ้าค่า a เป็นบวกมากแสดงว่ามีสีแดงผสมอยู่มาก ถ้าค่า a เป็นลบแสดงว่ามีสีเขียวผสมอยู่ ส่วนค่า b แสดงถึงปริมาณสีเหลืองหรือสีน้ำเงิน ถ้าค่า b เป็นบวกมากแสดงว่ามีสีเหลืองผสมอยู่มาก และถ้าค่า b เป็นลบมากแสดงว่ามีสีน้ำเงินผสมอยู่มาก จากการทดลองพบว่ากระเจี๊ยบเขียวเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 9 องศาเซลเซียส มีการเปลี่ยนแปลงค่าต่างๆ ในระบบ L a b color space ตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษา (ตารางที่ 32, 34, 36) โดยพบว่า การเปลี่ยนแปลงค่า L ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงค่า a ลดลง ตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษา โดยในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา กระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 10 ppm มีค่า a สูงที่สุด โดยการเปลี่ยนแปลงค่า a ในวันที่ 0 และ 6 ของการเก็บรักษา มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนการเปลี่ยนแปลงค่า b ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ส่วนการทดลองเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส พบว่าการเปลี่ยนสีของฝักกระเจี๊ยบเขียวมีรูปแบบการเปลี่ยนแปลงของค่าความสว่างที่คล้ายคลึงกันและมีค่าการเปลี่ยนแปลงที่น้อยมากยกเว้นในวันที่ 6 ของการทดลองที่ค่าความสว่างสูงขึ้นมาก (ตารางที่ 33, 35, 37) สำหรับค่า a มีความเป็นลบมากซึ่งสอดคล้องกับสีเขียวของฝักกระเจี๊ยบเขียว อยู่ ค่า a มีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยตลอดการทดลองเก็บรักษา ส่วนค่า b เป็นบวกสะท้อนถึงสีเหลืองที่ผสมอยู่ โดยเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น ค่า b มีค่าสูงขึ้น แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อสิ้นสุดการทดลองเก็บรักษา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 32 การเปลี่ยนแปลงค่า L (L value) ของฝักกระเจี๊ยบเขียวที่ผ่านการแช่สารละลายไคโตซาน (oligomer 80% DD) ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ และทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 9 องศาเซลเซียส

Treatment	L value ± SE*					
	Days after storage					
	0	2	4	6	8	10
Control	46.71±0.874 ^{aA}	48.07±0.551 ^{aA}	46.91±0.654 ^{aA}	45.88±0.688 ^{aA}	46.50±1.147 ^{aA}	46.14±0.790 ^{aA}
Chitosan 5 ppm	47.83±0.848 ^{aA}	48.69±1.131 ^{aA}	48.45±0.986 ^{aA}	45.93±0.412 ^{aA}	46.72±1.291 ^{aA}	47.15±0.556 ^{aA}
Chitosan 10 ppm	48.96±1.417 ^{aA}	49.40±1.796 ^{aA}	49.09±1.868 ^{aA}	48.14±1.386 ^{aA}	47.86±1.303 ^{aA}	49.02±1.691 ^{aA}
Chitosan 20 ppm	46.39±0.871 ^{aA}	48.40±0.720 ^{aA}	46.84±0.679 ^{aA}	46.89±0.306 ^{aA}	46.40±0.803 ^{aA}	47.21±0.766 ^{aA}
Chitosan 50 ppm	49.64±1.527 ^{aA}	50.47±2.059 ^{aA}	50.57±1.667 ^{aA}	48.32±1.240 ^{aA}	48.44±1.354 ^{aA}	49.32±1.576 ^{aA}
Chitosan 100 ppm	47.44±0.576 ^{aAB}	48.93±0.573 ^{aA}	48.79±0.776 ^{aA}	46.49±0.112 ^{aB}	46.85±0.307 ^{aB}	48.07±0.294 ^{aAB}

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวดิ่งและแนวนอน ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางที่ 33 การเปลี่ยนแปลงค่า L (L value) ของฝักกระเจี๊ยบเขียวที่ผ่านการแช่สารละลายไคโตซาน (oligomer 80% DD) ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ และทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส

Treatment	L value ± SE*					
	Days after storage					
	0	3	6	9	12	15
Control	46.75±0.624 ^{ns}	46.14±0.652 ^{ab}	64.09±0.814 ^{ns}	46.62±0.625 ^{ns}	47.56±0.449 ^{ns}	46.95±0.215 ^{ab}
Chitosan 5 ppm	48.82±1.336 ^{ns}	45.44±0.710 ^{ab}	65.83±1.137 ^{ns}	49.85±1.014 ^{ns}	49.91±0.602 ^{ns}	49.32±1.220 ^{a}
Chitosan 10 ppm	46.18±0.823 ^{ns}	42.91±0.402 ^{b}	63.27±0.825 ^{ns}	47.52±1.046 ^{ns}	48.96±1.293 ^{ns}	47.69±1.269 ^{ab}
Chitosan 20 ppm	45.82±0.275 ^{ns}	44.04±0.846 ^{b}	63.62±0.583 ^{ns}	47.20±0.761 ^{ns}	47.68±0.380 ^{ns}	47.06±0.377 ^{ab}
Chitosan 50 ppm	46.06±1.176 ^{ns}	45.79±0.752 ^{ab}	63.91±0.906 ^{ns}	47.23±1.660 ^{ns}	47.76±1.347 ^{ns}	44.92±1.223 ^{b}
Chitosan 100 ppm	47.09±1.469 ^{ns}	47.37±1.944 ^{a}	64.64±2.014 ^{ns}	48.48±1.841 ^{ns}	49.79±2.029 ^{ns}	48.29±2.192 ^{ab}

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวดิ่ง ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % สำหรับ ns แสดงถึงผลที่ได้ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 34 การเปลี่ยนแปลงค่า a (a value) ของฝักกระเจี๊ยบเขียวที่ผ่านการแช่สารละลายไคโตซาน (oligomer 80% DD)ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ และทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 9 องศาเซลเซียส

Treatment	a value ± SE*					
	Days after storage					
	0	2	4	6	8	10
Control	-14.87±0.341^{bC}	-8.99±0.647^{aAB}	-9.32±0.497^{aB}	-9.25±0.179^{aB}	-9.76±0.499^{aB}	-7.78±0.486^{aA}
Chitosan 5 ppm	-14.37±0.477^{abB}	-9.94±0.592^{aA}	-9.75±0.722^{aA}	-9.43±0.206^{abA}	-9.83±0.821^{aA}	-8.21±0.647^{aA}
Chitosan 10 ppm	-14.28±0.854^{abB}	-10.04±0.868^{aA}	-9.86±0.938^{aA}	-10.52±0.551^{bA}	-9.72±0.950^{aA}	-8.42±0.743^{aA}
Chitosan 20 ppm	-12.75±0.493^{aC}	-9.45±0.415^{aB}	-8.96±0.376^{aAB}	-9.53±0.357^{abB}	-8.79±0.280^{aAB}	-8.15±0.101^{aA}
Chitosan 50 ppm	-13.10±0.728^{abB}	-9.82±0.788^{aA}	-10.00±0.580^{aA}	-9.49±0.430^{abA}	-9.32±0.438^{aA}	-8.41±0.475^{aA}
Chitosan 100 ppm	-12.51±0.438^{aC}	-9.18±0.412^{aB}	-8.85±0.501^{aAB}	-8.65±0.204^{aAB}	-8.11±0.344^{aAB}	-7.70±0.281^{aA}

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวดิ่งและแนวนอน ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางที่ 35 การเปลี่ยนแปลงค่า a (a value) ของฝักกระเจี๊ยบเขียวที่ผ่านการแช่สารละลายไคโตซาน (oligomer 80% DD)ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ และทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส

Treatment	a value ± SE*					
	Days after storage					
	0	3	6	9	12	15
Control	-12.81±0.419^{ab}	-11.22±0.418^{ns}	-12.66±0.648^{ns}	-13.21±0.509^{ab}	-12.43±0.561^{ns}	-15.66±0.293^{c}
Chitosan 5 ppm	-12.11±0.320^{ab}	-12.06±0.189^{ns}	-14.16±0.448^{ns}	-14.17±0.354^{b}	-13.02±0.392^{ns}	-14.54±0.294^{bc}
Chitosan 10 ppm	-11.74±0.673^{ab}	-11.83±1.310^{ns}	-12.68±0.557^{ns}	-12.31±0.457^{a}	-12.50±0.749^{ns}	-12.67±0.614^{a}
Chitosan 20 ppm	-11.60±0.327^{ab}	-12.77±0.421^{ns}	-12.40±0.218^{ns}	-12.00±0.524^{a}	-11.77±0.216^{ns}	-12.79±0.283^{a}
Chitosan 50 ppm	-10.34±0.810^{a}	-12.23±0.721^{ns}	-12.15±0.376^{ns}	-11.61±0.574^{a}	-11.90±0.748^{ns}	-14.39±0.207^{bc}
Chitosan 100 ppm	-13.61±1.558^{b}	-11.47±0.990^{ns}	-13.72±1.142^{ns}	-13.03±0.828^{ab}	-12.44±1.076^{ns}	-13.95±0.716^{ab}

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวดิ่ง ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % สำหรับ ns แสดงถึงผลที่ได้ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 36 การเปลี่ยนแปลงค่า b (b value) ของฝักกระเจี๊ยบเขียวที่ผ่านการแช่สารละลายไคโตซาน (oligomer 80% DD)ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ และทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 9 องศาเซลเซียส

Treatment	a value ± SE*					
	Days after storage					
	0	2	4	6	8	10
Control	21.03±0.987 ^{aA}	13.44±1.025 ^{aB}	13.41±0.740 ^{aB}	13.26±0.169 ^{bB}	14.02±0.880 ^{aB}	12.13±0.873 ^{aB}
Chitosan 5 ppm	20.91±1.240 ^{aA}	14.79±1.105 ^{aB}	14.43±1.357 ^{aB}	13.49±0.418 ^{abB}	14.29±1.422 ^{aB}	13.06±0.949 ^{aB}
Chitosan 10 ppm	21.24±1.907 ^{aA}	15.14±1.854 ^{aB}	14.90±1.855 ^{aB}	15.73±1.164 ^{aB}	14.75±1.830 ^{aB}	14.12±1.775 ^{aB}
Chitosan 20 ppm	18.01±0.886 ^{aA}	13.69±0.784 ^{aB}	12.82±0.642 ^{aB}	13.52±0.782 ^{abB}	12.60±0.621 ^{aB}	12.50±0.335 ^{aB}
Chitosan 50 ppm	19.20±1.527 ^{aA}	15.00±1.648 ^{aB}	15.47±1.238 ^{aAB}	14.10±0.979 ^{abB}	14.16±1.072 ^{aB}	13.82±1.334 ^{aB}
Chitosan 100 ppm	18.17±0.772 ^{aA}	13.77±0.692 ^{aB}	13.12±0.752 ^{aB}	12.53±0.294 ^{bB}	12.13±0.327 ^{aB}	12.73±0.417 ^{aB}

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวดิ่งและแนวนอน ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางที่ 37 การเปลี่ยนแปลงค่า b (b value) ของฝักกระเจี๊ยบเขียวที่ผ่านการแช่สารละลายไคโตซาน (oligomer 80% DD)ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ และทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส

Treatment	a value ± SE*					
	Days after storage					
	0	3	6	9	12	15
Control	+16.64±0.711 ^{ab}	+14.58±0.737 ^{ns}	+19.06±1.156 ^{ns}	+19.75(±1.047 ^{ab}	+18.65±1.145 ^{ns}	+23.62±0.797 ^{ns}
Chitosan 5 ppm	+17.65±0.629 ^{ab}	+16.46±0.486 ^{ns}	+21.94±0.958 ^{ns}	+21.79(±0.896 ^{a}	+20.56±1.161 ^{ns}	+23.61±1.215 ^{ns}
Chitosan 10 ppm	+15.45±1.201 ^{ab}	+14.60±1.725 ^{ns}	+18.35±1.225 ^{ns}	+17.50(±1.057 ^{b}	+18.45±1.540 ^{ns}	+18.44±1.411 ^{ns}
Chitosan 20 ppm	+15.26±0.372 ^{ab}	+15.81±0.540 ^{ns}	+18.49±0.274 ^{ns}	+17.73(±0.792 ^{b}	+16.83±0.413 ^{ns}	+18.43±0.326 ^{ns}
Chitosan 50 ppm	+13.86±1.395 ^{b}	+15.84±1.299 ^{ns}	+18.45±1.035 ^{ns}	+17.30(±1.143 ^{b}	+17.28±1.686 ^{ns}	+20.97±0.933 ^{ns}
Chitosan 100 ppm	+20.03±3.226 ^{a}	+15.98±2.116 ^{ns}	+21.54±2.483 ^{ns}	+20.52(±2.134 ^{ab}	+20.03±3.446 ^{ns}	+23.24±3.188 ^{ns}

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวดิ่ง ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % สำหรับ ns แสดงถึงผลที่ได้ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

จากการศึกษาผลของสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0.1 0.25 0.5 0.75 1 2 3 และ 4% (w/v) ต่อการทดลองเก็บรักษาฝักกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์ Hit 9701 ที่อุณหภูมิ 9 และ 18 องศาเซลเซียส พบว่าฝักกระเจี๊ยบเขียวมีการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษาดังนี้

การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสดของฝักกระเจี๊ยบเขียวที่ผ่านการแช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์

จากการทดลองเก็บรักษาฝักกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์ Hit 9701 หลังการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0.1 0.25 0.5 0.75 1 2 3 และ 4% (w/v) เป็นเวลา 5 นาที พบว่าฝักกระเจี๊ยบเขียวที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 9 องศาเซลเซียส ทุกชุดการทดลองมีแนวโน้มของน้ำหนักฝักเมื่อเปรียบเทียบเป็น % ของน้ำหนักเริ่มต้นลดลงตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษา (ตารางที่ 38) โดยกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ทุกระดับความเข้มข้นมีน้ำหนักของฝักเมื่อเปรียบเทียบเป็น % ของน้ำหนักเริ่มต้นสูงกว่าชุดการทดลองควบคุม ในวันที่ 6 และ 8 ของการเก็บรักษา กระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.50 มีน้ำหนักของฝักสูงกว่าชุดการทดลองอื่น ๆ น้ำหนักของฝักกระเจี๊ยบเขียวเมื่อเปรียบเทียบเป็น % ของน้ำหนักเริ่มต้นในวันที่ 4 6 8 และ 10 ของการเก็บรักษา มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ส่วนการเก็บรักษาฝักกระเจี๊ยบเขียวที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส ฝักกระเจี๊ยบเขียวทุกชุดการทดลองมีน้ำหนักสดลดลงเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น (ตารางที่ 39) โดยในวันที่ 3 6 และ 9 ของการเก็บรักษา ฝักกระเจี๊ยบเขียวชุดการทดลองที่ผ่านการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0.1 และ 3% มีแนวโน้มของน้ำหนักสดสูงกว่าชุดการทดลองอื่น แต่ไม่แตกต่างจากชุดการทดลองควบคุม

ตารางที่ 38 น้ำหนักของฝักเมื่อเปรียบเทียบเป็น % ของน้ำหนักเริ่มต้น (% of initial weight) ของกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ และทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 9 องศาเซลเซียส

Treatment	% of initial weight ± SE*					
	Days after storage					
	0	2	4	6	8	10
Control	100.000±0.000^{aA}	92.541±0.605^{bB}	84.762±0.695^{bC}	78.780±1.332^{bD}	72.641±1.873^{dE}	65.785±2.316^{dF}
$CaCl_2$ 0.10 %	100.000±0.000^{aA}	96.270±2.073^{aAB}	89.847±2.552^{aB}	83.162±2.218^{aC}	77.495±2.501^{bcdCD}	71.366±2.867^{bcdD}
$CaCl_2$ 0.25 %	100.000±0.000^{aA}	94.842±0.507^{abB}	88.191±1.114^{abC}	83.226±0.978^{aD}	76.276±2.058^{cdE}	70.948±2.153^{cdF}
$CaCl_2$ 0.50%	100.000±0.000^{aA}	95.804±0.707^{aB}	91.732±0.908^{aC}	87.370±1.304^{aD}	83.117±0.878^{aE}	77.555±1.381^{abF}
$CaCl_2$ 0.75 %	100.000±0.000^{aA}	95.164±0.767^{abB}	90.748±0.928^{aC}	85.560±1.180^{aD}	80.909±1.555^{abcE}	75.777±1.608^{abcF}
$CaCl_2$ 1.00 %	100.000±0.000^{aA}	95.986±0.397^{aAB}	91.919±0.866^{aB}	86.414±1.446^{aC}	82.421±2.157^{abCD}	78.071±2.430^{aD}
$CaCl_2$ 2.00 %	100.000±0.000^{aA}	95.924±0.345^{aB}	91.469±1.268^{aC}	86.520±1.588^{aD}	80.793±1.137^{abcE}	75.988±0.653^{abcF}
$CaCl_2$ 3.00 %	100.000±0.000^{aA}	95.052±0.552^{abB}	89.975±0.906^{aC}	85.326±1.518^{aD}	81.003±1.384^{abcE}	76.205±2.316^{abcF}
$CaCl_2$ 4.00 %	100.000±0.000^{aA}	94.760±0.455^{abB}	90.469±0.780^{aC}	85.834±1.017^{aD}	80.467±0.471^{abcE}	75.273±0.703^{abcF}

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวดิ่งและแนวนอน ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางที่ 39 น้ำหนักของฝักเมื่อเปรียบเทียบเป็น % ของน้ำหนักเริ่มต้น (% of initial weight) ของกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ และทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส

Treatment	% of initial weight ± SE*					
	Days after storage					
	0	3	6	9	12	15
Control	100 ± 0.000^{aA}	97.802 ± 0.164^{abB}	96.198 ± 0.630^{abBC}	94.687 ± 0.374^{aC}	92.320 ± 1.074^{abD}	91.116 ± 1.069^{abD}
$CaCl_2$ 0.10 %	100 ± 0.000^{aA}	98.013 ± 0.185^{aB}	95.891 ± 0.273^{abC}	94.527 ± 0.443^{aC}	92.004 ± 1.043^{abD}	91.182 ± 0.908^{aD}
$CaCl_2$ 0.25 %	100 ± 0.000^{aA}	96.921 ± 0.307^{bcdB}	94.823 ± 0.257^{bcC}	92.731 ± 0.278^{bcD}	90.228 ± 0.756^{bE}	87.996 ± 0.768^{bF}
$CaCl_2$ 0.50 %	100 ± 0.000^{aA}	95.416 ± 0.400^{cB}	93.262 ± 0.245^{cC}	90.855 ± 0.182^{dD}	89.477 ± 1.119^{bD}	88.823 ± 1.247^{abD}
$CaCl_2$ 0.75 %	100 ± 0.000^{aA}	96.677 ± 0.261^{cdB}	94.270 ± 0.539^{bcC}	92.646 ± 0.429^{bcC}	89.601 ± 0.940^{bD}	88.268 ± 0.778^{abD}
$CaCl_2$ 1.00 %	100 ± 0.000^{aA}	97.441 ± 0.197^{abcB}	95.871 ± 0.789^{abB}	93.429 ± 0.693^{abC}	90.515 ± 0.626^{abD}	89.754 ± 0.573^{abD}
$CaCl_2$ 2.00 %	100 ± 0.000^{aA}	95.612 ± 0.611^{cB}	94.270 ± 0.962^{bcBC}	91.075 ± 1.103^{cdCD}	89.651 ± 1.539^{bD}	88.474 ± 1.557^{abD}
$CaCl_2$ 3.00 %	100 ± 0.000^{aA}	98.333 ± 0.236^{aB}	97.609 ± 0.645^{aB}	95.069 ± 0.456^{aC}	93.552 ± 0.606^{aD}	90.690 ± 0.431^{abE}
$CaCl_2$ 4.00 %	100 ± 0.000^{aA}	96.051 ± 0.403^{deB}	94.147 ± 0.809^{bcC}	91.522 ± 0.551^{cdD}	90.073 ± 0.710^{bDE}	88.651 ± 0.643^{abE}

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวดิ่งและแนวนอน ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

การเกิดโรคและการเน่าเสียของฝักกระเจี๊ยบเขียวที่ผ่านการแช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์

หลังการทดลองเก็บรักษาฝักกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์ Hit 9701 ที่ผ่านการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 5 นาที ไม่พบการเกิดโรคในฝักกระเจี๊ยบเขียวทุกชุดการทดลอง ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 9 องศาเซลเซียส

การเก็บรักษาฝักกระเจี๊ยบเขียวที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส พบว่าฝักกระเจี๊ยบเขียวชุดการทดลองที่ผ่านการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0.5 และ 1% (w/v) แสดงการเกิดโรคตั้งแต่วันที่ 3 ของการเก็บรักษา (ตารางที่ 40) และการเกิดโรคดังกล่าวได้นำไปสู่การเน่าเสียของฝัก ในวันที่ 12 ของการเก็บรักษา ฝักกระเจี๊ยบเขียวชุดการทดลองที่ผ่านการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0.1 0.25 0.75และ 2% แสดงการเกิดโรคเช่นเดียวกับชุดการทดลองควบคุม ฝักกระเจี๊ยบเขียวชุดการทดลองที่ผ่านการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 3% แสดงการเกิดโรคในวันที่ 12 ของการเก็บรักษา ส่วนฝักกระเจี๊ยบเขียวชุดการทดลองที่ผ่านการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 4% ไม่แสดงอาการของโรคตลอดการเก็บรักษา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 40 เปอร์เซนต์การเกิดโรคของฝักกระเจี๊ยบเขียวที่ผ่านการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นต่างๆ ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส

Treatment	Disease infection (%) ± SE*					
	Days after storage					
	0	3	6	9	12	15
Control	0.000±0.000	0.000±0.000	0.000±0.000	0.000±0.000[b]	2.5±2.500	2.5±2.500
$CaCl_2$ 0.10 %	0.000±0.000	0.000±0.000	0.000±0.000	0.000±0.000[b]	2.5±2.500	5.0±2.887
$CaCl_2$ 0.25 %	0.000±0.000	0.000±0.000	0.000±0.000	0.000±0.000[b]	2.5±2.500	2.5±2.500
$CaCl_2$ 0.50%	0.000±0.000	5.0±2.887	5.0±2.887	7.5±2.500[a]	7.5±2.500	7.5±2.500
$CaCl_2$ 0.75 %	0.000±0.000	0.000±0.000	0.000±0.000	0.000±0.000[b]	7.5±4.787	10±7.071
$CaCl_2$ 1.00 %	0.000±0.000	0.000±0.000	0.000±0.000	5.0±5.000[ab]	7.5±4.787	7.5±4.787
$CaCl_2$ 2.00 %	0.000±0.000	0.000±0.000	0.000±0.000	0.000±0.000[b]	2.5±2.500	2.5±2.500
$CaCl_2$ 3.00 %	0.000±0.000	0.000±0.000	0.000±0.000	0.000±0.000[b]	0.000±0.000	5.0±5.000
$CaCl_2$ 4.00 %	0.000±0.000	0.000±0.000	0.000±0.000	0.000±0.000[b]	0.000±0.000	0.000±0.000

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวดิ่ง ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % สำหรับ ns แสดงถึงผลที่ได้ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ลักษณะที่ปรากฏภายนอกของฝักกระเจี๊ยบเขียวที่ผ่านการแช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์

หลังการทดลองเก็บรักษาฝักกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์ Hit 9701 ที่ผ่านการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 5 นาที ในวันแรกของการทดลองเก็บรักษาฝักกระเจี๊ยบเขียวที่อุณหภูมิ 9 องศาเซลเซียส พบว่า ฝักกระเจี๊ยบเขียวทุกชุดการทดลองมีคะแนนลักษณะที่ปรากฏภายนอก เท่ากับ 9 (ตารางที่ 41) โดยฝักมีสีเขียวสด ปราศจากโรคและตำหนิ วันที่ 2 ของการเก็บรักษา ฝักกระเจี๊ยบเขียวทุกชุดการทดลองมีคะแนนเฉลี่ยลดลง ฝักเริ่มมีรอยและตำหนิ ในวันที่ 4 และ 6 ของการเก็บรักษา กระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.5 มีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่าชุดการทดลองอื่น คือ 7 และ 6 คะแนนตามลำดับ

ในวันแรกของการทดลองการเก็บรักษาฝักกระเจี๊ยบเขียวที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส ฝักกระเจี๊ยบเขียวทุกชุดการทดลองมีคะแนนลักษณะที่ปรากฏภายนอก เท่ากับ 9 (ตารางที่ 42) โดยฝักมีสีเขียวสด ปราศจากโรคและตำหนิ ในวันที่ 3 ของการเก็บรักษา กระเจี๊ยบเขียวทุกชุดการทดลองมีคะแนนเฉลี่ยลดลงเท่ากับ 7 เพราะฝักเริ่มเหี่ยว วันที่ 6 ของการเก็บรักษา กระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 2 3 และ 4 มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 5 ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์การยอมรับได้ ส่วนกระเจี๊ยบเขียวในชุดการทดลองควบคุมและในชุดที่ได้รับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.10 0.25 0.5 0.75 และ 1.0 มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 5 ในวันที่ 9 ของการเก็บรักษา ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์การยอมรับได้

ตารางที่ 41 ลักษณะที่ปรากฏภายนอก (overall appearance) ของกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ และทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 9 องศาเซลเซียส

Treatment	0verall appearance (point) ± SE					
	Days after storage					
	0	2	4	6	8	10
Control	9.0±0.000	7.0±0.000	5.5±0.500	4.0±0.577	3.0±0.000	3.0±0.000
$CaCl_2$ 0.10 %	9.0±0.000	7.0±0.000	6.5±0.500	5.0±0.000	4.5±0.500	3.0±0.000
$CaCl_2$ 0.25 %	9.0±0.000	7.0±0.000	6.0±0.577	4.5±0.500	4.0±0.577	3.0±0.000
$CaCl_2$ 0.50%	9.0±0.000	7.0±0.000	7.0±0.000	6.0±0.577	4.5±0.500	4.5±0.500
$CaCl_2$ 0.75 %	9.0±0.000	7.0±0.000	6.5±0.500	5.0±0.000	5.0±0.000	3.5±0.500
$CaCl_2$ 1.00 %	9.0±0.000	7.0±0.000	5.5±0.500	5.0±0.000	3.5±0.500	3.5±0.500
$CaCl_2$ 2.00 %	9.0±0.000	6.5±0.500	5.0±0.000	2.5±0.500	2.0±0.577	2.0±0.577
$CaCl_2$ 3.00 %	9.0±0.000	4.0±1.000	2.5±0.500	2.5±0.500	1.0±0.000	1.0±0.000
$CaCl_2$ 4.00 %	9.0±0.000	5.0±0.000	3.0±0.000	3.0±0.000	1.0±0.000	1.0±0.000

ตารางที่ 42 ลักษณะที่ปรากฏภายนอก (overall appearance) ของกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ และทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส

Treatment	Overall appearance (point) ± SE					
	Days after storage					
	0	3	6	9	12	15
Control	9.0±0.000	7.0±0.000	7.0±0.000	5.0±0.000	5.0±0.000	5.0±0.000
$CaCl_2$ 0.10 %	9.0±0.000	7.0±0.000	7.0±0.000	5.0±0.000	5.0±0.000	5.0±0.000
$CaCl_2$ 0.25 %	9.0±0.000	7.0±0.000	7.0±0.000	5.0±0.000	5.0±0.000	5.0±0.000
$CaCl_2$ 0.50 %	9.0±0.000	7.0±0.000	7.0±0.000	5.0±0.000	5.0±0.000	5.0±0.000
$CaCl_2$ 0.75 %	9.0±0.000	7.0±0.000	7.0±0.000	5.0±0.000	5.0±0.000	3.0±0.000
$CaCl_2$ 1.00 %	9.0±0.000	7.0±0.000	7.0±0.000	5.0±0.000	4.5±0.500	3.0±0.000
$CaCl_2$ 2.00 %	9.0±0.000	7.0±0.000	5.0±0.000	3.0±0.000	3.0±0.000	1.0±0.000
$CaCl_2$ 3.00 %	9.0±0.000	7.0±0.000	5.0±0.000	3.0±0.000	1.0±0.000	1.0±0.000
$CaCl_2$ 4.00 %	9.0±0.000	7.0±0.000	5.0±0.000	3.0±0.000	1.0±0.000	1.0±0.000

การเปลี่ยนแปลงปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดที่ผ่านการแช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์

หลังการทดลองเก็บรักษาฝักกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์ Hit 9701 ที่ผ่านการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 5 นาที ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของฝักกระเจี๊ยบเขียวเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 9 องศาเซลเซียส มีแนวโน้มลดลงในวันที่ 4 ของการเก็บรักษา (ตารางที่) โดยฝักกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 4 มีปริมาณ

คลอโรฟิลล์ทั้งหมดสูงที่สุด ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดในวันที่ 4 8 และ 10 ของการเก็บรักษา มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % (ตารางที่ 43)

การเปลี่ยนแปลงปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด ของฝักกระเจี๊ยบเขียวเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส มีแนวโน้มลดลงในวันที่ 3 ของการเก็บรักษา โดยฝักกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 2 มีปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด สูงที่สุด เมื่อเทียบกับชุดการทดลองควบคุม และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % (ตารางที่ 44)

ตารางที่ 43 การเปลี่ยนแปลงปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด (total chlorophyll content) ของกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ และทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 9 องศาเซลเซียส

Treatment	Total chlorophyll content (mg/g fresh weight) ± SE*					
	Days after storage					
	0	2	4	6	8	10
Control	0.05794±0.004^{aA}	0.04388±0.004^{bB}	0.02519±0.002^{cC}	0.03591±0.004^{aB}	0.05886±0.004^{abA}	0.03663±0.003^{cB}
$CaCl_2$ 0.10 %	0.05360±0.007^{aA}	0.04807±0.003^{abAB}	0.03646±0.005^{abcBC}	0.03286±0.005^{aC}	0.04351±0.001^{bABC}	0.04151±0.002^{bcABC}
$CaCl_2$ 0.25 %	0.05013±0.002^{aA}	0.04307±0.003^{bABC}	0.03302±0.006^{bcCD}	0.02829±0.005^{aD}	0.04750±0.002^{bAB}	0.03785±0.003^{cBCD}
$CaCl_2$ 0.50 %	0.05053±0.002^{aA}	0.04857±0.005^{abA}	0.03416±0.005^{bcB}	0.04190±0.006^{aAB}	0.04883±0.004^{bA}	0.05303±0.004^{aA}
$CaCl_2$ 0.75 %	0.05345±0.005^{aA}	0.04491±0.003^{bA}	0.02273±0.004^{cC}	0.03925±0.006^{aA}	0.04347±0.005^{bA}	0.04642±0.004^{abcA}
$CaCl_2$ 1.00 %	0.05322±0.005^{aA}	0.05431±0.004^{abA}	0.03558±0.004^{bcB}	0.04024±0.007^{aAB}	0.04609±0.008^{bAB}	0.04668±0.002^{abcAB}
$CaCl_2$ 2.00 %	0.06408±0.006^{aA}	0.04594±0.002^{bBC}	0.03887±0.004^{abcC}	0.04245±0.004^{aBC}	0.05764±0.007^{abAB}	0.04997±0.005^{abABC}
$CaCl_2$ 3.00 %	0.05544±0.004^{aAB}	0.05595±0.006^{abAB}	0.04314±0.003^{abB}	0.04043±0.004^{aB}	0.07233±0.011^{aA}	0.05309±0.004^{aB}
$CaCl_2$ 4.00 %	0.06258±0.007^{aA}	0.05908±0.003^{aAB}	0.05247±0.010^{aAB}	0.04195±0.005^{aB}	0.04748±0.003^{bAB}	0.04400±0.003^{abcAB}

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวดิ่งและแนวนอน ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางที่ 44 การเปลี่ยนแปลงปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด (total chlorophyll content) ของกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ และทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส

Treatment	Total chlorophyll content (mg/g fresh weight) ± SE*					
	Days after storage					
	0	3	6	9	12	15
Control	0.03366±0.0041^{dAB}	0.02886±0.0028^{cAB}	0.03038±0.0040^{bAB}	0.04606±0.0136^{abA}	0.02474±0.0024^{aB}	0.02507±0.0028^{aB}
$CaCl_2$ 0.10 %	0.05147±0.0040^{cA}	0.03448±0.0027^{bcB}	0.02541±0.0022^{bB}	0.03046±0.0054^{bB}	0.03341±0.0040^{aB}	0.02547±0.0019^{aB}
$CaCl_2$ 0.25 %	0.04830±0.0039^{cdA}	0.04285±0.0022^{abAB}	0.03344±0.0048^{abB}	0.03436±0.0027^{abAB}	0.02828±0.0013^{aB}	0.03581±0.0083^{aAB}
$CaCl_2$ 0.50 %	0.06063±0.0048^{abcA}	0.04508±0.0038^{abAB}	0.03757±0.0067^{abB}	0.04078±0.0071^{abB}	0.03363±0.0067^{aB}	0.02777±0.0059^{aB}
$CaCl_2$ 0.75 %	0.04628±0.0048^{cdA}	0.04195±0.0035^{abcA}	0.03557±0.0031^{abA}	0.04209±0.0057^{abA}	0.02932±0.0033^{aA}	0.03521±0.0100^{aA}
$CaCl_2$ 1.00 %	0.05572±0.0036^{bcA}	0.04090±0.0039^{abcAB}	0.03647±0.0079^{abB}	0.03892±0.0071^{abAB}	0.03706±0.0059^{aB}	0.02666±0.0049^{aB}
$CaCl_2$ 2.00 %	0.06135±0.0038^{abcA}	0.05201±0.0028^{aB}	0.03787±0.0021^{abC}	0.03102±0.0036^{bCD}	0.03228±0.0037^{aCD}	0.02587±0.0019^{aD}
$CaCl_2$ 3.00 %	0.06872±0.0077^{abA}	0.04836±0.0082^{abA}	0.06026±0.0200^{aA}	0.04393±0.0042^{abA}	0.03580±0.0057^{aA}	0.04618±0.0113^{aA}
$CaCl_2$ 4.00 %	0.07463±0.0086^{aA}	0.04821±0.0057^{abB}	0.05361±0.0090^{abAB}	0.05492±0.0068^{aAB}	0.03627±0.0051^{aB}	0.04000±0.0075^{aB}

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวดิ่งและแนวนอน ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95

การเปลี่ยนสีของฝักกระเจี๊ยบเขียวที่แช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์

หลังการทดลองเก็บรักษาฝักกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์ Hit 9701 ที่ผ่านการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 5 นาที กระเจี๊ยบเขียวเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 9 องศาเซลเซียส มีการเปลี่ยนแปลงค่า L ค่อนข้างคงที่ (ตารางที่ 45) ในวันที่ 6 8 และ 10 ของการเก็บรักษา การเปลี่ยนแปลงค่า L ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนการเปลี่ยนแปลงค่า a มีแนวโน้มลดลง (ตารางที่ 47) โดยในวันที่ 2 ของการเก็บรักษา พบว่า กระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.1 มีค่า a สูงที่สุด ส่วนกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 4 มีค่า a ต่ำที่สุด ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา กระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 3 มีค่า a สูงที่สุด ส่วนกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 4 มีค่า a ต่ำที่สุด โดยค่า a ในวันที่ 2 และ 10 ของการเก็บรักษา มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงค่า b มีค่าลดลงเช่นกัน (ตารางที่ 49) โดยในวันที่ 2 ของการเก็บรักษา พบว่า กระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.25 มีค่า b สูงที่สุด ส่วนกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.75 และ 4 มีค่า b ต่ำที่สุด ซึ่งค่า b มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ส่วนฝักกระเจี๊ยบเขียวที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส จากการวัดค่าการเปลี่ยนสี พบว่าการเปลี่ยนสีของฝักกระเจี๊ยบเขียวมีรูปแบบการเปลี่ยนแปลงของค่าความสว่างที่คล้ายคลึงกันและมีค่าการเปลี่ยนแปลงที่น้อยมากยกเว้นในวันที่ 6 ของการทดลองที่ค่าความสว่างสูงขึ้นมาก (ตารางที่ 46, 48, 50) สำหรับค่า a มีความเป็นลบมากซึ่งสอดคล้องกับสีเขียวของฝักกระเจี๊ยบเขียว อยู่ ค่า a มีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยตลอดการทดลองเก็บรักษา โดยเมื่อสิ้นสุดการทดลองในวันที่15 ของการเก็บรักษา พบว่าฝักกระเจี๊ยบเขียวชุดการทดลองที่ผ่านการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0.75 % (w/v) สามารถคงค่าความเขียวไว้ได้มากที่สุด ไม่แตกต่างจากชุดการทดลองควบคุม ส่วนค่า b เป็นบวกสะท้อนถึงสีเหลืองที่ผสมอยู่ โดยเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น ค่า b มีค่ารักษา โดยเมื่อสิ้นสุดการทดลองในวันที่15 ของการเก็บรักษา พบว่าฝักกระเจี๊ยบเขียวชุดการทดลองที่ผ่านการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 3 % (w/v) มีค่าสีเหลืองเจือปนต่ำที่สุด และต่างจากชุดการทดลองควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 45 การเปลี่ยนแปลงค่า L (L value) ของกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ และทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 9 องศาเซลเซียส

Treatment	L value ± SE*					
	Days after storage					
	0	2	4	6	8	10
Control	46.97±1.255^{aAB}	45.31±1.106^{abAB}	48.24±1.129^{aA}	44.62±1.094^{aB}	44.58±1.132^{abB}	44.36±0.735^{abB}
$CaCl_2$ 0.10 %	46.61±0.417^{aB}	45.30±0.694^{abBC}	48.31±0.483^{aA}	44.44±0.233^{aC}	44.59±0.672^{abC}	43.79±0.500^{bC}
$CaCl_2$ 0.25 %	46.44±1.043^{aAB}	45.76±0.852^{aB}	48.53±0.964^{aA}	45.40±0.952^{aB}	45.40±0.682^{aB}	45.73±0.564^{abB}
$CaCl_2$ 0.50 %	47.25±0.684^{aAB}	46.67±0.720^{aAB}	48.70±0.842^{aA}	45.51±1.001^{aB}	45.51±1.202^{aB}	45.56±1.003^{abB}
$CaCl_2$ 0.75 %	45.14±0.520^{aAB}	43.58±0.411^{bBC}	46.85±0.532^{aA}	44.04±0.705^{aABC}	41.39±1.769^{bC}	44.43±0.561^{abAB}
$CaCl_2$ 1.00 %	46.48±0.611^{aB}	45.40±0.409^{abBC}	48.46±0.663^{aA}	43.59±0.597^{aC}	44.23±0.404^{abCD}	45.41±0.562^{abBC}
$CaCl_2$ 2.00 %	46.34±1.515^{aA}	46.49±0.377^{aA}	47.82±0.590^{aA}	45.43±0.681^{aA}	46.25±0.515^{aA}	46.21±0.610^{aA}
$CaCl_2$ 3.00 %	46.59±0.664^{aA}	46.77±0.632^{aA}	47.67±0.762^{aA}	45.41±0.549^{aA}	46.04±1.700^{aA}	45.74±0.962^{abA}
$CaCl_2$ 4.00 %	45.83±0.390^{aBC}	46.39±0.452^{aAB}	47.40±0.166^{aA}	45.44±0.348^{aBC}	45.24±0.391^{aBC}	44.93±0.520^{abC}

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวดิ่งและแนวนอน ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางที่ 46 การเปลี่ยนแปลงค่า L (L value) ของกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ และทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส

Treatment	L value ± SE*					
	Days after storage					
	0	3	6	9	12	15
Control	49.27±1.156^{aB}	47.77±1.735^{aB}	63.69±1.475^{aA}	48.78±1.294^{aB}	49.08±1.493^{aB}	48.73±1.249^{aB}
$CaCl_2$ 0.10 %	45.55±0.098^{cBC}	44.23±0.640^{aC}	59.25±0.864^{cA}	46.31±0.417^{abB}	46.31±0.517^{aB}	45.67±0.474^{abBC}
$CaCl_2$ 0.25 %	46.99±0.266^{abcBC}	44.49±1.471^{aC}	60.87±0.979^{abcA}	47.33±1.241^{abBC}	48.07±0.278^{aB}	48.83±0.766^{aB}
$CaCl_2$ 0.50 %	47.04±1.002^{abcA}	44.88±0.690^{aA}	62.29±0.902^{abcA}	47.34±1.328^{abA}	47.48±1.316^{aA}	46.72±1.500^{abA}
$CaCl_2$ 0.75 %	47.85±0.728^{abcB}	47.24±1.276^{aB}	62.81±0.868^{abA}	46.92±1.062^{abB}	47.56±1.388^{aB}	47.10±0.627^{abB}
$CaCl_2$ 1.00 %	46.15±0.440^{bcB}	45.82±0.306^{aB}	60.40±0.351^{abcA}	45.17±0.420^{bB}	45.80±0.451^{aB}	46.51±1.070^{abB}
$CaCl_2$ 2.00 %	46.23±0.335^{bcB}	44.61±0.892^{aB}	60.01±0.560^{bcA}	45.54±0.662^{abB}	45.58±0.787^{aB}	44.50±0.782^{bB}
$CaCl_2$ 3.00 %	46.50±0.962^{bcB}	44.51±1.371^{aB}	61.66±1.787^{abcA}	45.53±1.427^{abB}	46.74±1.477^{aB}	45.91±0.967^{abB}
$CaCl_2$ 4.00 %	48.51±0.876^{abB}	45.78±1.188^{aB}	62.15±0.621^{abcA}	46.87±1.091^{abB}	47.61±1.296^{aB}	47.64±1.358^{abB}

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวดิ่งและแนวนอน ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางที่ 47 การเปลี่ยนแปลงค่า a (a value) ของกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ และทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 9 องศาเซลเซียส

Treatment	a value ± SE*					
	Days after storage					
	0	2	4	6	8	10
Control	-13.79±0.795^{aD}	-11.98±0.543^{bcCD}	-10.27±0.767^{bBC}	-10.09±0.631^{abBC}	-9.34±0.679^{abAB}	-7.42±0.539^{abA}
$CaCl_2$ 0.10 %	-14.30±0.192^{aD}	-12.95±0.225^{cC}	-10.12±0.401^{bB}	-10.79±0.278^{abB}	-10.11±0.200^{abB}	-8.66±0.234^{bcA}
$CaCl_2$ 0.25 %	-13.99±0.743^{aC}	-12.81±0.563^{cC}	-10.49±0.583^{bB}	-10.81±0.635^{abB}	-10.14±0.471^{abB}	-8.33±0.410^{abcA}
$CaCl_2$ 0.50 %	-15.00±0.482^{aD}	-12.53±0.498^{cC}	-9.78±0.538^{abB}	-10.80±0.580^{abBC}	-9.96±0.794^{abB}	-7.81±0.793^{abA}
$CaCl_2$ 0.75 %	-13.91±0.326^{aC}	-11.16±0.389^{abB}	-9.17±0.492^{abAB}	-9.86±0.341^{aAB}	-7.55±1.765^{aA}	-7.87±0.287^{abA}
$CaCl_2$ 1.00 %	-14.06±0.263^{aD}	-11.74±0.345^{bcC}	-10.07±0.401^{bB}	-10.22±0.411^{abB}	-9.94±0.543^{abAB}	-8.81±0.306^{bcA}
$CaCl_2$ 2.00 %	-13.92±0.634^{aC}	-12.10±0.361^{bcB}	-9.17±0.350^{abA}	-11.48±0.294^{bB}	-11.22±0.691^{bB}	-8.59±0.624^{abcA}
$CaCl_2$ 3.00 %	-14.39±0.431^{aD}	-12.35±0.443^{bcC}	-9.74±0.463^{abAB}	-11.55±0.620^{bC}	-11.18±0.676^{bBC}	-9.53±0.431^{cA}
$CaCl_2$ 4.00 %	-13.94±0.255^{aE}	-10.42±0.153^{aD}	-8.42±0.216^{aB}	-9.45±0.278^{aC}	-9.18±0.290^{abC}	-7.10±0.202^{aA}

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวดิ่งและแนวนอน ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางที่ 48 การเปลี่ยนแปลงค่า a (a value) ของกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ และทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส

Treatment	a value ± SE*					
	Days after storage					
	0	3	6	9	12	15
Control	-12.29±0.412^{cdA}	-13.44±0.913^{aAB}	-17.66±0.454^{cD}	-15.50±0.290^{bC}	-14.46±0.344^{cBC}	-15.62±0.295^{bC}
$CaCl_2$ 0.10 %	-11.53±0.534^{bcdA}	-12.29±0.308^{aA}	-17.19±0.215^{bcD}	-14.48±0.182^{abBC}	-13.64±0.184^{abcB}	-14.74±0.246^{abC}
$CaCl_2$ 0.25 %	-12.39±0.232^{cdA}	-12.83±0.605^{aA}	-18.00±0.718^{cC}	-14.66±0.217^{abB}	-14.77±0.407^{cB}	-14.99±0.133^{bB}
$CaCl_2$ 0.50 %	-12.83±0.349^{dA}	-12.04±0.301^{aA}	-15.80±0.381^{abcC}	-14.42±0.333^{abB}	-14.51±0.533^{cB}	-14.59±0.214^{abB}
$CaCl_2$ 0.75 %	-12.33±0.502^{cdA}	-13.64±0.604^{aAB}	-15.23±0.801^{abB}	-15.02±0.424^{abB}	-14.76±0.573^{cB}	-15.29±0.621^{bB}
$CaCl_2$ 1.00 %	-11.29±0.386^{bcA}	-12.69±0.297^{aAB}	-15.32±0.771^{abC}	-14.47±0.582^{abC}	-13.83±0.408^{bcBC}	-14.27±0.393^{abC}
$CaCl_2$ 2.00 %	-10.48±0.388^{abA}	-11.89±0.395^{aB}	-15.10±0.561^{abD}	-13.99±0.438^{aCD}	-12.95±0.209^{abBC}	-14.48±0.137^{abD}
$CaCl_2$ 3.00 %	-9.63±0.668^{aA}	-12.19±0.662^{aB}	-13.60±1.272^{aB}	-13.64±0.694^{aB}	-12.24±0.814^{aB}	-13.60±0.747^{aB}
$CaCl_2$ 4.00 %	-11.03±0.473^{bcA}	-11.95±0.878^{aAB}	-14.87±0.893^{abC}	-13.67±0.423^{aBC}	-12.90±0.309^{abABC}	-13.50±0.561^{aBC}

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวดิ่งและแนวนอน ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางที่ 49 การเปลี่ยนแปลงค่า b (b value) ของกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ และทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 9 องศาเซลเซียส

Treatment	b value ± SE*					
	Days after storage					
	0	2	4	6	8	10
Control	20.45±1.505^{aA}	17.84±1.065^{abAB}	15.38±1.200^{aBC}	15.35±1.065^{abcBC}	14.30±1.178^{abBC}	12.12±0.743^{aC}
$CaCl_2$ 0.10 %	20.64±0.258^{aA}	18.36±0.430^{aB}	14.93±0.525^{aC}	15.79±0.279^{abcC}	14.77±0.349^{abC}	13.22±0.355^{aD}
$CaCl_2$ 0.25 %	20.23±1.428^{aA}	18.66±1.147^{aAB}	15.40±1.024^{aC}	15.90±1.134^{abcBC}	14.98±0.815^{abC}	13.13±0.473^{aC}
$CaCl_2$ 0.50 %	22.38±1.035^{aA}	18.12±0.972^{aB}	14.54±1.041^{aBC}	16.19±1.214^{abcBC}	15.04±1.504^{abBC}	12.96±1.388^{aC}
$CaCl_2$ 0.75 %	19.12±0.632^{aA}	15.41±0.521^{bB}	13.08±0.624^{aBC}	13.92±0.502^{cBC}	11.51±2.143^{bC}	12.23±1.387^{aBC}
$CaCl_2$ 1.00 %	19.68±0.640^{aA}	16.63±0.664^{abB}	14.51±0.789^{aC}	14.72±0.660^{abcC}	14.22±0.635^{abC}	13.60±0.390^{aC}
$CaCl_2$ 2.00 %	20.30±1.373^{aA}	18.26±0.743^{aAB}	13.87±0.565^{aC}	17.38±0.620^{aB}	16.83±0.802^{aB}	13.60±0.698^{aC}
$CaCl_2$ 3.00 %	20.33±0.821^{aA}	17.80±1.013^{abAB}	14.22±1.045^{aC}	16.86±1.086^{abBC}	16.10±1.248^{aBC}	14.16±0.773^{aC}
$CaCl_2$ 4.00 %	19.38±0.317^{aA}	15.26±0.166^{bB}	12.70±0.180^{aD}	14.32±0.336^{bcBC}	13.89±0.427^{abC}	12.08±0.423^{aD}

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวดิ่งและแนวนอน ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางที่ 50 การเปลี่ยนแปลงค่า b (b value) ของกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ และทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส

Treatment	b value ± SE*					
	Days after storage					
	0	3	6	9	12	15
Control	20.24±2.213^{aBC}	18.60±1.531^{aC}	26.72±0.966^{abA}	24.66±0.996^{aAB}	23.50±1.238^{abAB}	24.14±0.851^{aAB}
$CaCl_2$ 0.10 %	15.41±0.962^{bcC}	16.42±0.401^{aC}	25.41±0.471^{abA}	21.78±0.590^{abB}	20.68±0.609^{bcdB}	22.16±0.522^{abB}
$CaCl_2$ 0.25 %	16.87±0.485^{bC}	18.19±0.602^{aC}	29.08±1.542^{aA}	23.13±0.516^{abB}	24.17±0.651^{aB}	23.64±0.762^{abB}
$CaCl_2$ 0.50 %	17.09±0.809^{bB}	16.22±0.656^{aB}	23.60±1.089^{bcA}	22.30±1.019^{abA}	22.34±1.237^{abcA}	22.62±0.446^{abA}
$CaCl_2$ 0.75 %	16.25±0.863^{bcB}	18.19±1.140^{aB}	22.20±1.739^{bcA}	23.70±1.063^{abA}	22.90±1.178^{abcA}	23.20±1.514^{abA}
$CaCl_2$ 1.00 %	14.43±0.748^{bcB}	16.26±0.495^{aB}	22.61±1.544^{bcA}	21.61±1.250^{abA}	20.92±0.790^{abcdA}	21.19±0.859^{abA}
$CaCl_2$ 2.00 %	13.13±0.498^{cC}	15.05±0.681^{aC}	22.50±1.307^{bcA}	20.44±0.709^{bAB}	19.59±0.396^{cdB}	21.16±0.549^{abAB}
$CaCl_2$ 3.00 %	12.80±1.113^{cB}	16.32±1.375^{aAB}	19.94±1.830^{cA}	20.32±1.360^{bA}	18.10±1.459^{dA}	20.55±1.325^{bA}
$CaCl_2$ 4.00 %	15.51±1.180^{bcC}	17.26±1.901^{aBC}	23.14±2.506^{bcA}	21.21±1.652^{abAB}	20.46±1.211^{bcdABC}	21.82±1.573^{abAB}

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวดิ่งและแนวนอน ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ผลของสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร่วมกับสารละลายไคโตซานต่อคุณภาพและการตอบสนองทางสรีรวิทยาของกระเจี๊ยบเขียว

จากการศึกษาผลของสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้น 0.50 % ร่วมกับสารละลายไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 20 ppm เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 9 องศาเซลเซียส และผลของสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้น 0.25 % ร่วมกับสารละลายไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 10 ppm เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส พบว่าฝักกระเจี๊ยบเขียวมีการเปลี่ยนแปลงด้านต่าง ๆ ดังนี้

การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสดของฝักกระเจี๊ยบเขียวที่แช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร่วมกับสารละลายไคโตซาน

หลังการทดลองเก็บรักษาฝักกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์ Hit 9701 ที่ผ่านการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร่วมกับสารละลายไคโตซาน เป็นเวลา 5 นาที เก็บรักษากระเจี๊ยบเขียวที่อุณหภูมิ 9 องศาเซลเซียส พบว่า กระเจี๊ยบเขียวทุกชุดการทดลองมีแนวโน้มของน้ำหนักฝักเมื่อเปรียบเทียบเป็น % ของน้ำหนักเริ่มต้นลดลงตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษา (ตารางที่ 51) โดยกระเจี๊ยบเขียวในชุดการทดลองควบคุมและกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์เพียงอย่างเดียว มีน้ำหนักของฝักเมื่อเปรียบเทียบเป็น % ของน้ำหนักเริ่มต้นสูงกว่าชุดการทดลองอื่น ๆ ในวันที่ 4 6 8 และ 10 ของการเก็บรักษา ส่วนกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ก่อนและตามด้วยสารละลายไคโตซาน มีน้ำหนักของฝักเมื่อเปรียบเทียบเป็น % ของน้ำหนักเริ่มต้นต่ำกว่าชุดการทดลองอื่น ๆ ตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษา น้ำหนักของฝักเมื่อเปรียบเทียบเป็น % ของน้ำหนักเริ่มต้นในวันที่ 4 6 8 และ 10 ของการเก็บรักษา มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

การเก็บรักษากระเจี๊ยบเขียวที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส พบว่า กระเจี๊ยบเขียวทุกชุดการทดลองมีแนวโน้มของน้ำหนักฝักเมื่อเปรียบเทียบเป็น % ของน้ำหนักเริ่มต้นลดลงตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษา (ตารางที่ 52) โดยกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์เพียงอย่างเดียว มีน้ำหนักของฝักเมื่อเปรียบเทียบเป็น % ของน้ำหนักเริ่มต้นสูงกว่ากระเจี๊ยบเขียวในชุดการทดลองควบคุมและกระเจี๊ยบเขียวในชุดการทดลองอื่น ๆ ในวันที่ 3 6 และ 9 ของการเก็บรักษา โดยมีค่าเท่ากับ 95.786 93.485 และ 92.411

ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม น้ำหนักของฝักเมื่อเปรียบเทียบเป็น % ของน้ำหนักเริ่มต้นในวันที่ 3 6 9 และ 12 ของการเก็บรักษามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางที่ 51 น้ำหนักของฝักเมื่อเปรียบเป็น % ของน้ำหนักเริ่มต้น (% of initial weight) ของกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้น 0.50 % ร่วมกับสารละลายไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 20 ppm และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 9 องศาเซลเซียส

Treatment	% of initial weight ± SE*					
	Days after storage					
	0	2	4	6	8	10
Control	100.000±0.000^{aA}	95.457±0.696^{aB}	88.080±1.514^{aC}	80.700±1.093^{aD}	74.752±1.576^{aE}	67.095±1.829^{aF}
$CaCl_2$ 0.50%	100.000±0.000^{aA}	95.257±0.411^{aB}	87.146±0.776^{aC}	79.729±0.997^{abD}	74.859±1.362^{aE}	67.463±0.867^{aF}
Chitosan 20 ppm	100.000±0.000^{aA}	94.809±0.451^{aB}	86.947±0.845^{aC}	77.975±0.700^{bcD}	71.276±0.895^{abE}	62.467±1.153^{bF}
$CaCl_2$ 0.50 % + chitosan 20 ppm	100.000±0.000^{aA}	94.247±0.357^{aB}	82.606±1.134^{bC}	76.632±0.611^{cdD}	68.569±1.778^{bE}	60.643±1.564^{bF}
$CaCl_2$0.50 % with chitosan 20 ppm	100.000±0.000^{aA}	94.305±0.296^{aB}	80.287±0.683^{bC}	74.919±0.470^{dD}	66.733±1.055^{bE}	59.948±0.834^{bF}
Chitosan 20 ppm with $CaCl_2$ 0.50 %	100.000±0.000^{aA}	94.379±0.984^{aB}	83.439±1.332^{bC}	76.881±1.103^{cdD}	69.518±1.614^{bE}	62.969±1.638^{bF}

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวดิ่งและแนวนอน ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางที่ 52 น้ำหนักของฝักเมื่อเปรียบเป็น % ของน้ำหนักเริ่มต้น (% of initial weight) ของกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้น 0.25 % ร่วมกับสารละลายไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 10 ppm และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส

Treatment	% of initial weight ± SE*				
	Days after storage				
	0	3	6	9	12
Control	100.000±0.000^{aA}	95.786±0.172^{abB}	93.485±0.194^{abC}	92.411±0.229^{abD}	91.384±0.227^{aE}
$CaCl_2$ 0.25 %	100.000±0.000^{aA}	96.720±0.101^{aAB}	95.138±0.589^{aB}	93.839±0.652^{aBC}	90.855±2.267^{aC}
Chitosan 10 ppm	100.000±0.000^{aA}	95.126±0.580^{bB}	92.231±0.721^{bBC}	90.282±1.245^{bCD}	87.533±1.517^{abD}
$CaCl_2$ 0.25 % + chitosan 10 ppm	100.000±0.000^{aA}	94.599±0.541^{bB}	88.903±0.886^{cC}	87.312±1.039^{cC}	83.756±0.977^{bcD}
$CaCl_2$ 0.25 % with chitosan 10 ppm	100.000±0.000^{aA}	94.947±0.237^{bB}	89.157±0.521^{cC}	86.796±0.807^{cC}	82.757±1.663^{cD}
Chitosan 10 ppm with $CaCl_2$ 0.25 %	100.000±0.000^{aA}	95.298±0.318^{bB}	89.162±0.398^{cC}	86.028±0.432^{cD}	83.094±0.654^{cE}

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวดิ่งและแนวนอน ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

การเกิดโรคและการเน่าเสียของฝักกระเจี๊ยบเขียวที่แช่ใน ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร่วมกับสารละลายไคโตซาน

หลังการทดลองเก็บรักษาฝักกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์ Hit 9701 ที่ผ่านการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร่วมกับสารละลายไคโตซาน เป็นเวลา 5 นาที ไม่พบการเกิดโรคในฝักกระเจี๊ยบเขียวที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 9 องศาเซลเซียส

ส่วนการเก็บรักษากระเจี๊ยบเขียวที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส พบว่า กระเจี๊ยบเขียวทุกชุดการทดลองยกเว้นกระเจี๊ยบเขียวในชุดการทดลองควบคุมและกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายไคโตซานเพียงอย่างเดียวเกิดโรคตั้งแต่วันที่ 2 ของการเก็บรักษา(ตารางที่ 53) ส่วนกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายไคโตซานเพียงอย่างเดียวเกิดโรคตั้งแต่วันที่ 6 ของการเก็บรักษา กระเจี๊ยบเขียวในชุดการทดลองควบคุมเกิดโรคในวันที่ 12 ของการเก็บรักษา และพบว่า กระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายไคโตซานเพียงอย่างเดียว มีเปอร์เซนต์การเกิดโรคสูงกว่าชุดการทดลองอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางที่ 53 เปอร์เซนต์การเกิดโรค (disease infection (%))ของกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้น 0.25 % ร่วมกับสารละลายไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 10 ppm และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส

Treatment	Disease infection (%) ± SE*				
	Days after storage				
	0	3	6	9	12
Control	0.0 ± 0.000^{aB}	0.0 ± 0.000^{bB}	0.0 ± 0.000^{aB}	0.0 ± 0.000^{aB}	20.0 ± 8.165^{bA}
$CaCl_2$ 0.25 %	0.0 ± 0.000^{aB}	2.5 ± 2.500^{abB}	2.5 ± 2.500^{aB}	5.0 ± 2.887^{aB}	17.5 ± 4.787^{bA}
Chitosan 10 ppm	0.0 ± 0.000^{aB}	0.0 ± 0.000^{bB}	5.0 ± 2.887^{aB}	12.5 ± 6.292^{aB}	75.0 ± 13.229^{aA}
$CaCl_2$ 0.25 % + chitosan 10 ppm	0.0 ± 0.000^{aB}	10.0 ± 4.082^{aAB}	10.0 ± 4.082^{aAB}	10.0 ± 4.082^{aAB}	20.0 ± 5.774^{bA}
$CaCl_2$ 0.25 % with chitosan 10 ppm	0.0 ± 0.000^{aB}	7.5 ± 4.787^{abB}	7.5 ± 4.787^{aB}	10.0 ± 5.774^{aB}	42.5 ± 6.292^{bA}
Chitosan 10 ppm with $CaCl_2$0.25 %	0.0 ± 0.000^{aB}	2.5 ± 2.500^{abB}	7.5 ± 2.500^{aB}	12.5 ± 6.292^{aB}	30.0 ± 8.165^{bA}

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวดิ่งและแนวนอน ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ลักษณะที่ปรากฏภายนอกของฝักกระเจี๊ยบเขียวที่แช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร่วมกับสารละลายไคโตซาน

หลังการทดลองเก็บรักษาฝักกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์ Hit 9701 ที่ผ่านการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร่วมกับสารละลายไคโตซาน เป็นเวลา 5 นาที พบว่า ในวันแรกของการทดลองที่อุณหภูมิ 9 องศาเซลเซียส ฝักกระเจี๊ยบเขียวทุกชุดการทดลองมีคะแนนลักษณะที่ปรากฏภายนอกเท่ากับ 9 (ตารางที่ 54) โดยฝักมีสีเขียวสด ปราศจากโรคและตำหนิ วันที่ 2 ของการเก็บรักษา ฝักกระเจี๊ยบเขียวทุกชุดการทดลองมีคะแนนเฉลี่ยลดลง เพราะฝักเริ่มมีรอยและตำหนิ โดยกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ผสมกับสารละลายไคโตซาน มีคะแนนลักษณะที่ปรากฏภายนอกสูงกว่าชุดการทดลองอื่น ๆ ในวันที่ 2 ของการเก็บรักษา โดยมีคะแนนเท่ากับ 7.5 ส่วนกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์เพียงอย่างเดียว มีคะแนนลักษณะที่ปรากฏภายนอกสูงกว่าชุดการทดลองอื่น ๆ ในวันที่ 4 6 8 และ 10 ของการเก็บรักษา วันที่ 6 ของการเก็บรักษา กระเจี๊ยบเขียวในทุกชุดการทดลองมีคะแนนลักษณะที่ปรากฏภายนอกต่ำกว่าเกณฑ์การยอมรับได้

ในวันแรกของการทดลองที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส ฝักกระเจี๊ยบเขียวทุกชุดการทดลองมีคะแนนลักษณะที่ปรากฏภายนอกเท่ากับ 9 (ตารางที่ 55) โดยฝักมีสีเขียวสด ปราศจากโรคและตำหนิ ในวันที่ 3 ของการเก็บรักษา กระเจี๊ยบเขียวทุกชุดการทดลองมีคะแนนเฉลี่ยลดลงเท่ากับ 7 เพราะฝักเริ่มเหี่ยว วันที่ 6 ของการเก็บรักษา กระเจี๊ยบเขียวในชุดการทดลองควบคุมและกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ก่อนและตามด้วยสารละลายไคโตซาน มีคะแนนลักษณะที่ปรากฏภายนอกสูงกว่าชุดการทดลองอื่น ๆ คือ 7 คะแนน กระเจี๊ยบเขียวทุกชุดการทดลองมีคะแนนลักษณะที่ปรากฏภายนอกต่ำกว่าเกณฑ์การยอมรับได้คือ 5 คะแนน ในวันที่ 9 ของการเก็บรักษา

ตารางที่ 54 ลักษณะที่ปรากฏภายนอก (overall appearance) ของกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้น 0.50 % ร่วมกับสารละลายไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 20 ppm และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 9 องศาเซลเซียส

Treatment	Overall appearance (point)					
	Days after storage					
	0	2	4	6	8	10
Control	9.00±0.000	7.00±0.000	6.00±0.577	4.00±0.577	3.00±0.000	1.00±0.000
$CaCl_2$ 0.50%	9.00±0.000	7.00±0.000	6.50±0.500	5.00±0.000	4.00±0.577	2.00±0.577
Chitosan 20 ppm	9.00±0.000	7.00±0.000	6.50±0.500	4.50±0.500	3.00±0.000	1.00±0.000
$CaCl_2$ 0.50 % + chitosan 20 ppm	9.00±0.000	7.50±0.500	5.50±0.500	3.50±0.500	2.00±0.577	1.00±0.000
$CaCl_2$ 0.50 % with chitosan 20 ppm	9.00±0.000	7.00±0.000	5.50±0.500	4.00±0.577	2.00±0.577	1.00±0.000
Chitosan 20 ppm with $CaCl_2$ 0.50 %	9.00±0.000	7.00±0.000	6.50±0.500	4.50±0.500	2.50±0.500	1.00±0.000

ตารางที่ 55 ลักษณะที่ปรากฏภายนอก (overall appearance) ของกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้น 0.25 % ร่วมกับสารละลายไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 10 ppm และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส

Treatment	Overall appearance (point) ± SE*				
	Days after storage				
	0	3	6	9	12
Control	9.0±0.000	7.0±0.000	7.0±0.000	5.0±0.000	2.5±0.957
$CaCl_2$ 0.25 %	9.0±0.000	7.0±0.000	6.5±0.500	4.0±1.000	1.5±0.500
Chitosan 10 ppm	9.0±0.000	7.0±0.000	5.0±0.000	2.5±0.500	1.0±0.000
$CaCl_2$ 0.25 % + chitosan 10 ppm	9.0±0.000	7.0±0.000	6.5±0.500	5.5±0.500	1.5±0.500
$CaCl_2$ 0.25 % with chitosan 10 ppm	9.0±0.000	7.0±0.000	7.0±0.000	4.0±1.000	1.0±0.000
Chitosan 10 ppm with $CaCl_2$ 0.25 %	9.0±0.000	7.0±0.000	6.0±0.577	3.5±0.957	1.5±0.500

การเปลี่ยนแปลงปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของฝักกระเจี๊ยบเขียวที่แช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร่วมกับสารละลายไคโตซาน

หลังการทดลองเก็บรักษาฝักกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์ Hit 9701 ที่ผ่านการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร่วมกับสารละลายไคโตซาน เป็นเวลา 5 นาที พบว่า การเปลี่ยนแปลงปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของกระเจี๊ยบเขียวเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 9 องศาเซลเซียส มีการเปลี่ยนแปลงตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษา (ตารางที่ 56) โดยในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา กระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์เพียงอย่างเดียว มีปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

การเปลี่ยนแปลงปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของกระเจี๊ยบเขียวเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส มีแนวโน้มลดลง โดยกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์เพียงอย่างเดียว มีปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดสูงกว่าชุดการทดลองอื่น ๆ ตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษา (ตารางที่ 57) และการเปลี่ยนแปลงปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 56 การเปลี่ยนแปลงปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด (total chlorophyll content) ของกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้น 0.50 % ร่วมกับสารละลายไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 20 ppm

Treatment	Total chlorophyll content (mg/g fresh weight) ± SE*					
	Days after storage					
	0	2	4	6	8	10
Control	0.05742±0.0050^{aB}	0.10077±0.0123^{aA}	0.05328±0.0062^{aB}	0.05700±0.0054^{abB}	0.11369±0.0174^{aA}	0.08472±0.0087^{aAB}
$CaCl_2$ 0.50%	0.06203±0.0048^{aB}	0.12102±0.0040^{aA}	0.05611±0.0045^{aB}	0.06541±0.0033^{aB}	0.12252±0.0171^{aA}	0.07462±0.0063^{aB}
Chitosan 20 ppm	0.05868±0.0055^{aC}	0.10628±0.0160^{aAB}	0.04639±0.0039^{aC}	0.06191±0.0037^{aC}	0.12007±0.0224^{aA}	0.08296±0.0036^{aBC}
$CaCl_2$ 0.50 % + chitosan 20 ppm	0.05671±0.0042^{aD}	0.12111±0.0034^{aB}	0.04484±0.0011^{aD}	0.05578±0.0035^{abD}	0.14482±0.0074^{aA}	0.08552±0.0056^{aC}
$CaCl_2$ 0.50 % with chitosan 20 ppm	0.06492±0.0062^{aCD}	0.09901±0.0138^{aAB}	0.05019±0.0039^{aD}	0.04551±0.0012^{bcD}	0.12236±0.0179^{aA}	0.08277±0.0076^{aBC}
Chitosan 20 ppm with $CaCl_2$ 0.50 %	0.05589±0.0029^{aBC}	0.12326±0.0034^{aA}	0.05096±0.0020^{aBC}	0.03773±0.0050^{cC}	0.12934±0.0150^{aA}	0.07105±0.0062^{aB}

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวดิ่งและแนวนอน ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางที่ 57 การเปลี่ยนแปลงปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด (total chlorophyll content) ของกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้น 0.25 % ร่วมกับสารละลายไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 10 ppm และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส

Treatment	Total chlorophyll content (mg/g fresh weight) ± SE*				
	Days after storage				
	0	3	6	9	12
Control	0.03582±0.0056^{bA}	0.03385±0.0046^{abA}	0.01964±0.0006^{bB}	0.02107±0.0013^{bB}	0.02167±0.0047^{aB}
$CaCl_2$ 0.25 %	0.05178±0.0042^{aA}	0.04676±0.0064^{aA}	0.04454±0.0062^{aA}	0.03765±0.0031^{aAB}	0.02670±0.0014^{aB}
Chitosan 10 ppm	0.03241±0.0027^{bAB}	0.03884±0.0043^{abA}	0.01907±0.0015^{bC}	0.02381±0.0040^{bBC}	0.02107±0.0025^{aC}
$CaCl_2$ 0.25 % + chitosan 10 ppm	0.03221±0.0020^{bB}	0.04455±0.0014^{aA}	0.02473±0.0033^{bC}	0.02427±0.0015^{bC}	0.02441±0.0028^{aC}
$CaCl_2$ 0.25 % with chitosan 10 ppm	0.04051±0.0087^{abA}	0.03382±0.0020^{abA}	0.02295±0.0040^{bA}	0.03203±0.0070^{abA}	0.02630±0.0033^{aA}
Chitosan 10 ppm wit $CaCl_2$ Ca 0.25 %	0.03040±0.0041^{bA}	0.03025±0.0043^{bA}	0.03074±0.0037^{bA}	0.02618±0.0033^{abA}	0.01759±0.0046^{aA}

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวดิ่งและแนวนอน ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

การเปลี่ยนสีของฝักกระเจี๊ยบเขียวที่แช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร่วมกับสารละลายไคโตซาน

หลังการทดลองเก็บรักษาฝักกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์ Hit 9701 ที่ผ่านการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร่วมกับสารละลายไคโตซาน เป็นเวลา 5 นาที พบว่า ฝักกระเจี๊ยบเขียวเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 9 องศาเซลเซียส มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงค่า L ลดลงตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษา (ตารางที่ 58) โดยการเปลี่ยนแปลงค่า L ตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษาไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนค่า a มีแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงลดลงตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษา (ตารางที่ 60) โดยวันที่ 2 ของการเก็บรักษากระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายไคโตซานเพียงอย่างเดียว มีค่า a สูงที่สุด ส่วนกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายไคโตซานก่อนและตามด้วยสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ มีค่า a ต่ำที่สุด และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ค่า b มีแนวโน้มของการ

เปลี่ยนแปลงลดลงตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษาเช่นกัน (ตารางที่ 62) โดย การเปลี่ยนแปลงค่า b ตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษาไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ฝักกระเจี๊ยบเขียวเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส มีการเปลี่ยนแปลงค่า L ค่อนข้างคงที่ (ตารางที่ 59) โดยในวันที่ 3 ของการเก็บรักษา กระเจี๊ยบเขียวในชุดการทดลองควบคุมมีค่า L สูงที่สุด ส่วนกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ผสมกับสารละลายไคโตซานมีค่า L ต่ำที่สุด กระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายไคโตซานเพียงอย่างเดียวมีค่า L สูงกว่าชุดการทดลองอื่น ๆ ในวันที่ 6 และ 9 ของการเก็บรักษา โดยค่า L ในวันที่ 0 6 และ 9 ของการเก็บรักษา มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนการเปลี่ยนแปลงค่า a ค่อนข้างคงที่ (ตารางที่ 61) โดยกระเจี๊ยบเขียวในชุดการทดลองควบคุมมีค่า a สูงกว่าชุดการทดลองอื่น ๆ ตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษา โดยในวันที่ 0 6 และ 9 ของการเก็บรักษา การเปลี่ยนแปลงค่า a มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ การเปลี่ยนแปลงค่า b ค่อนข้างคงที่เช่นกัน โดย การเปลี่ยนแปลงค่า b ตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษาไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (ตารางที่ 63)

ตารางที่ 58 การเปลี่ยนแปลงค่า L (L value) ของกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้น 0.50 % ร่วมกับสารละลายไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 20 ppm และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 9 องศาเซลเซียส

Treatment	L value ± SE*					
	Days after storage					
	0	2	4	6	8	10
Control	43.31±1.784^{aA}	42.16±1.561^{aA}	40.11±2.072^{aA}	40.92±2.210^{aA}	37.25±2.373^{aA}	39.67±2.137^{aA}
$CaCl_2$ 0.50%	41.91±1.051^{aA}	42.03±0.557^{aA}	40.26±0.324^{aABC}	40.56±0.630^{aAB}	37.91±1.177^{aC}	39.07±0.472^{aBC}
Chitosan 20 ppm	42.45±0.884^{aAB}	43.93±1.183^{aA}	42.06±1.092^{aAB}	41.21±1.250^{aABC}	38.68±0.835^{aC}	39.76±0.380^{aBC}
$CaCl_2$ 0.50 % + chitosan 20 ppm	41.67±0.902^{aAB}	43.13±0.761^{aA}	40.92±0.788^{aABC}	40.22±0.715^{aBC}	38.66±0.283^{aC}	39.14±0.890^{aC}
$CaCl_2$ 0.50 % with chitosan 20 ppm	44.08±1.715^{aAB}	45.84±2.280^{aA}	42.45±2.664^{aAB}	41.35±2.480^{aAB}	38.41±1.154^{aB}	40.22±1.775^{aAB}
Chitosan 20 ppm with $CaCl_2$Ca 0.50 %	40.46±0.325^{aAB}	41.77±0.637^{aA}	39.92±0.287^{aAB}	40.26±0.564^{aAB}	36.89±0.605^{aC}	38.92±1.031^{aB}

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวดิ่งและแนวนอน ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางที่ 59 การเปลี่ยนแปลงค่า L (L value) ของกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้น 0.25 % ร่วมกับสารละลายไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 10 ppm และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส

Treatment	L value ± SE*				
	Days after storage				
	0	3	6	9	12
Control	48.04±1.340^{abA}	47.96±0.354^{aA}	49.32±1.020^{abA}	48.63±0.862^{aA}	48.00±1.160^{abA}
$CaCl_2$ 0.25 %	46.32±1.065^{abcA}	46.49±1.111^{abcA}	48.07±1.874^{abcA}	47.05±0.949^{abA}	46.85±0.614^{abA}
Chitosan 10 ppm	45.24±1.102^{bcA}	44.92±0.863^{bcA}	45.34±0.883^{cA}	43.28±0.771^{bA}	44.52±1.186^{bA}
$CaCl_2$ 0.25 % + chitosan 10 ppm	44.13±0.436^{cA}	44.65±0.758^{cA}	44.81±0.917^{cA}	46.01±2.292^{abA}	47.31±1.991^{abA}
$CaCl_2$ 0.25 % with chitosan 10 ppm	46.42±1.151^{abcA}	46.71±1.250^{abcA}	45.95±1.047^{bcA}	45.45±1.061^{abA}	45.85±0.952^{bA}
Chitosan 10 ppm with $CaCl_2$ 0.25 %	48.93±0.687^{aAB}	47.57±0.408^{abB}	49.91±0.480^{aA}	49.14±0.763^{aAB}	49.87±0.512^{aA}

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวดิ่งและแนวนอน ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางที่ 60 การเปลี่ยนแปลงค่า a (a value) ของกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้น 0.50 % ร่วมกับสารละลายไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 20 ppm และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 9 องศาเซลเซียส

Treatment	a value ± SE*					
	Days after storage					
	0	2	4	6	8	10
Control	-17.30±0.396^{bC}	-17.11±0.463^{bC}	-15.49±0.570^{aBC}	-15.43±0.775^{bBC}	-12.81±0.893^{abA}	-13.68±1.075^{aAB}
$CaCl_2$ 0.50%	-17.04±0.347^{abD}	-16.75±0.213^{bCD}	-15.71±0.169^{aC}	-14.30±0.545^{abB}	-13.92±0.507^{bAB}	-12.98±0.420^{aA}
Chitosan 20 ppm	-17.31±0.063^{bC}	-17.27±0.425^{bC}	-15.73±0.238^{aB}	-15.04±0.490^{abB}	-13.31±0.293^{abA}	-13.23±0.465^{aA}
$CaCl_2$ 0.50 % + chitosan 20 ppm	-16.50±0.412^{abC}	-16.61±0.473^{bC}	-15.22±0.382^{aC}	-13.63±0.591^{abB}	-12.93±0.309^{abAB}	-11.90±0.713^{aA}
$CaCl_2$ 0.50 % with chitosan 20 ppm	-16.60±0.482^{abC}	-16.83±0.602^{bC}	-15.79±0.634^{aBC}	-14.16±0.783^{abB}	-12.22±0.516^{abA}	-12.03±0.838^{aA}
Chitosan 20 ppm with $CaCl_2$ 0.50 %	-16.06±0.328^{aC}	-15.19±0.263^{aC}	-14.44±0.429^{aBC}	-13.15±0.229^{aAB}	-11.86±0.711^{aA}	-11.50±0.903^{aA}

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวดิ่งและแนวนอน ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางที่ 61 การเปลี่ยนแปลงค่า a (a value) ของกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้น 0.25 % ร่วมกับสารละลายไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 10 ppm และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส

Treatment	a value ± SE*				
	Days after storage				
	0	3	6	9	12
Control	-18.52±0.264^{bB}	-17.93±0.363^{bAB}	-18.35±0.424^{bAB}	-17.40±0.445^{bAB}	-17.19±0.410^{aA}
$CaCl_2$ 0.25 %	-18.03±0.611^{abA}	-17.61±0.569^{abA}	-18.10±0.728^{bA}	-17.08±0.484^{bA}	-16.91±0.475^{aA}
Chitosan 10 ppm	-16.79±0.534^{aB}	-16.61±0.435^{aB}	-16.49±0.346^{aB}	-15.00±0.312^{aA}	-15.57±0.573^{aAB}
$CaCl_2$ 0.25 % + chitosan 10 ppm	-16.74±0.212^{aA}	-16.47±0.366^{aA}	-16.40±0.555^{aA}	-16.50±0.752^{abA}	-16.82±0.693^{aA}
$CaCl_2$ 0.25 % with chitosan 10 ppm	-17.25±0.348^{abA}	-17.23±0.325^{abA}	-16.93±0.287^{abA}	-16.39±0.588^{abA}	-16.11±0.583^{aA}
Chitosan 10 ppm with $CaCl_2$ 0.25 %	-18.44±0.271^{bC}	-17.50±0.173^{abAB}	-18.14±0.156^{bBC}	-17.18±0.335^{bA}	-17.13±0.235^{aA}

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวดิ่งและแนวนอน ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางที่ 62 การเปลี่ยนแปลงค่า b (b value) ของกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้น 0.50 % ร่วมกับสารละลายไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 20 ppm และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 9 องศาเซลเซียส

Treatment	b value ± SE*					
	Days after storage					
	0	2	4	6	8	10
Control	26.44±1.827^{aA}	25.45±1.713^{bAB}	22.70±1.940^{aAB}	22.67±2.632^{aAB}	19.06±2.198^{aB}	20.81±2.783^{aAB}
$CaCl_2$ 0.50%	26.26±0.708^{aA}	25.03±0.442^{bAB}	23.12±0.701^{aBC}	21.06±1.151^{aCD}	20.60±1.014^{aD}	19.92±0.410^{aD}
Chitosan 20 ppm	26.86±0.865^{aA}	26.23±1.415^{bA}	24.14±0.636^{aAB}	22.59±1.286^{aBC}	20.30±0.822^{aC}	20.66±0.958^{aC}
$CaCl_2$ 0.50 % + chitosan 20 ppm	25.02±1.168^{aA}	24.93±0.784^{bA}	22.48±0.588^{aAB}	19.84±1.022^{aBC}	19.17±0.887^{aC}	18.60±0.860^{aC}
$CaCl_2$ 0.50 % with chitosan 20 ppm	25.86±1.566^{aA}	25.78±2.123^{bA}	24.25±2.147^{aAB}	20.82±2.190^{aAB}	19.19±1.468^{aB}	19.17±2.154^{aB}
Chitosan 20 ppm with $CaCl_2$ 0.50 %	23.00±1.098^{aA}	20.71±0.544^{aB}	20.82±0.729^{aB}	19.26±0.266^{aBC}	17.69±0.392^{aC}	17.90±0.605^{aC}

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวดิ่งและแนวนอน ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางที่ 63 การเปลี่ยนแปลงค่า b (b value) ของกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้น 0.25 % ร่วมกับสารละลายไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 10 ppm และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส

Treatment	b value ± SE*				
	Days after storage				
	0	3	6	9	12
Control	30.11±1.077^{aA}	29.04±0.757^{abA}	30.10±1.043^{abA}	30.33±0.834^{aA}	30.60±1.029^{abA}
$CaCl_2$ 0.25 %	27.91±1.777^{abA}	27.56±1.436^{abA}	28.88±2.443^{abA}	27.89±1.470^{abA}	28.80±1.120^{abA}
Chitosan 10 ppm	25.24±1.486^{bA}	25.44±1.434^{abA}	26.01±1.431^{bA}	25.35±1.067^{bA}	27.52±1.375^{bA}
$CaCl_2$ 0.25 % + chitosan 10 ppm	25.30±1.113^{bA}	25.27±1.349^{bA}	25.53±1.108^{bA}	27.14±2.592^{abA}	29.07±2.328^{abA}
$CaCl_2$0.25 % with chitosan 10 ppm	27.22±1.171^{abA}	27.22±1.569^{abA}	27.78±1.463^{abA}	27.52±1.137^{abA}	29.06±1.108^{abA}
Chitosan 10 ppm with $CaCl_2$ 0.25 %	31.03±1.103^{aAB}	29.38±0.363^{aB}	31.50±0.477^{aAB}	31.28±0.569^{aAB}	32.54±0.485^{aA}

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวดิ่งและแนวนอน ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของฝักกระเจี๊ยบเขียวที่แช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร่วมกับสารละลายไคโตซาน

หลังการทดลองเก็บรักษาฝักกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์ Hit 9701 ที่ผ่านการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร่วมกับสารละลายไคโตซาน เป็นเวลา 5 นาที พบว่า การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของกระเจี๊ยบเขียวเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 9 องศาเซลเซียส มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 64) โดยในวันที่ 4 6 และ 10 ของการเก็บรักษา กระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์เพียงอย่างเดียว มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้สูงกว่าชุดการทดลองอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของกระเจี๊ยบเขียวเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียสมีแนวโน้มลดลง (ตารางที่ 65) โดยในวันที่ 3 ของการเก็บรักษา กระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ก่อนและตามด้วยสารละลายไคโตซาน มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้สูงกว่าชุดการทดลองอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 64 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (total soluble solids) ของกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้น 0.50 % ร่วมกับสารละลายไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 20 ppm และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 9 องศาเซลเซียส

Treatment	Total soluble solids (°Brix) ± SE*					
	Days after storage					
	0	2	4	6	8	10
Control	3.0 ± 0.000^{aB}	3.2 ± 0.150^{aB}	3.5 ± 0.287^{bAB}	4.4 ± 0.377^{aA}	3.6 ± 0.346^{aAB}	3.9 ± 0.387^{abAB}
$CaCl_2$ 0.50%	2.9 ± 0.150^{abB}	2.7 ± 0.387^{aB}	4.4 ± 0.287^{aA}	4.4 ± 0.150^{aA}	3.2 ± 0.150^{aB}	4.4 ± 0.150^{aA}
Chitosan 20 ppm	2.4 ± 0.245^{abcC}	3.0 ± 0.000^{aBC}	3.5 ± 0.150^{bABC}	4.2 ± 0.548^{abA}	3.5 ± 0.287^{aABC}	3.9 ± 0.574^{abAB}
$CaCl_2$ 0.50 % + chitosan 20 ppm	2.1 ± 0.173^{cC}	2.6 ± 0.287^{aBC}	3.0 ± 0.245^{bAB}	3.5 ± 0.287^{abA}	3.3 ± 0.387^{aAB}	2.7 ± 0.173^{cABC}
$CaCl_2$ 0.50 % with chitosan 20 ppm	2.3 ± 0.287^{bcC}	2.7 ± 0.300^{aBC}	2.9 ± 0.150^{bBC}	3.3 ± 0.300^{abAB}	3.8 ± 0.287^{aA}	3.2 ± 0.150^{bcAB}
Chitosan 20 ppm with $CaCl_2$ 0.50 %	2.9 ± 0.287^{abA}	3.0 ± 0.245^{aA}	2.9 ± 0.150^{bA}	3.2 ± 0.150^{bA}	3.3 ± 0.173^{aA}	3.0 ± 0.000^{bcA}

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวดิ่งและแนวนอน ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางที่ 65 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (total soluble solids) ของกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้น 0.25 % ร่วมกับสารละลายไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 10 ppm และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส

Treatment	Total soluble solids (°Brix) ± SE*				
	Days after storage				
	0	3	6	9	12
Control	3.2 ± 0.150^{abA}	3.0 ± 0.000^{bA}	2.9 ± 0.150^{aA}	2.1 ± 0.173^{aB}	2.6 ± 0.450^{aAB}
$CaCl_2$ 0.25 %	3.0 ± 0.000^{abA}	3.0 ± 0.000^{bA}	2.7 ± 0.300^{aA}	2.1 ± 0.173^{aB}	1.5 ± 0.173^{bC}
Chitosan 10 ppm	3.0 ± 0.245^{abA}	2.3 ± 0.150^{cAB}	2.1 ± 0.387^{aAB}	2.0 ± 0.287^{aB}	1.8 ± 0.424^{abB}
$CaCl_2$ 0.25 % + chitosan 10 ppm	3.6 ± 0.245^{aA}	3.2 ± 0.150^{abAB}	3.0 ± 0.000^{aAB}	2.6 ± 0.287^{aB}	2.7 ± 0.173^{aB}
$CaCl_2$ 0.25 % with chitosan 10 ppm	2.7 ± 0.300^{bAB}	3.6 ± 0.245^{aA}	2.6 ± 0.287^{aB}	2.1 ± 0.387^{aB}	2.6 ± 0.287^{aB}
Chitosan 10 ppm with $CaCl_2$ 0.25 %	3.3 ± 0.173^{abA}	3.2 ± 0.150^{abA}	2.6 ± 0.450^{aAB}	2.1 ± 0.300^{aB}	2.4 ± 0.245^{abAB}

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวดิ่งและแนวนอน ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

การเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินซีของฝักกระเจี๊ยบเขียวที่แช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร่วมกับสารละลายไคโตซาน

หลังการทดลองเก็บรักษาฝักกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์ Hit 9701 ที่ผ่านการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร่วมกับสารละลายไคโตซาน เป็นเวลา 5 นาที พบว่า กระเจี๊ยบเขียวเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 9 องศาเซลเซียส มีการเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินซีตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษา (ตารางที่ 66) โดย วันที่ 10 ของการเก็บรักษา กระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายไคโตซานก่อนและตามด้วยสารละลายแคลเซียมคลอไรด์มีปริมาณวิตามินซีสูงที่สุด ส่วนกระเจี๊ยบเขียวในชุดการทดลองควบคุมมีปริมาณวิตามินซีต่ำที่สุด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

กระเจี๊ยบเขียวเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส มีการเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินซีเพิ่มขึ้นในวันที่ 3 ของการเก็บรักษา (ตารางที่ 67) และลดลงในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา อย่างไรก็ตาม ปริมาณวิตามินซีตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ตารางที่ 66 การเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินซี (vitamin C content) ของกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้น 0.50 % ร่วมกับสารละลายไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 20 ppm และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 9 องศาเซลเซียส

Treatment	Vitamin C content (mg/100g) ± SE*					
	Days after storage					
	0	2	4	6	8	10
Control	7.666±0.239^{aA}	6.727±0.455^{aAB}	5.134±0.321^{aCD}	4.202±0.540^{bD}	5.940±0.276^{aBC}	4.816±0.283^{bCD}
$CaCl_2$ 0.50%	5.397±0.291^{bAB}	5.053±0.330^{bB}	4.865±0.558^{aB}	4.759±0.284^{abB}	5.113±0.327^{aB}	6.262±0.325^{aA}
Chitosan 20 ppm	5.933±0.707^{abA}	4.503±0.465^{bcA}	5.712±0.016^{aA}	5.587±0.648^{abA}	5.659±0.448^{aA}	5.675±0.464^{abA}
$CaCl_2$ 0.50 % + chitosan 20 ppm	5.105±0.733^{bA}	4.766±0.282^{bcA}	4.848±0.540^{aA}	5.574±0.459^{abA}	5.958±0.712^{aA}	5.955±0.540^{abA}
$CaCl_2$ 0.50 % with chitosan 20 ppm	5.686±0.814^{bA}	3.636±0.276^{cB}	5.402±0.536^{aAB}	5.307±0.702^{abAB}	5.957±0.712^{aA}	6.246±0.336^{aA}
Chitosan 20 ppm with $CaCl_2$ 0.50 %	6.239±0.333^{abAB}	5.334±0.547^{bB}	5.678±0.462^{aAB}	6.407±0.270^{aAB}	6.776±0.459^{aA}	6.786±0.014^{aA}

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวดิ่งและแนวนอน ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางที่ 67 การเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินซี (vitamin C content) ของกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้น 0.25 % ร่วมกับสารละลายไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 10 ppm และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส

Treatment	Vitamin C content (mg/100ml) ± SE*				
	Days after storage				
	0	3	6	9	12
Control	3.549±0.526^{cB}	5.336±0.337^{aA}	4.365±0.448^{aAB}	4.194±0.349^{bAB}	4.449±0.571^{aAB}
$CaCl_2$ 0.25 %	4.353±0.007^{abcA}	5.345±0.348^{aA}	4.359±0.449^{aA}	4.461±0.302^{abA}	5.051±0.296^{aA}
Chitosan 10 ppm	4.085±0.270^{bcB}	5.680±0.307^{aA}	3.816±0.313^{aB}	4.773±0.492^{abAB}	4.475±0.297^{aB}
$CaCl_2$ 0.25 % + chitosan 10 ppm	5.180±0.276^{aAB}	5.967±0.840^{aA}	4.094±0.274^{aB}	5.657±0.572^{aAB}	5.078±0.303^{aAB}
$CaCl_2$ 0.25 % with chitosan 10 ppm	4.913±0.322^{abBC}	6.238±0.299^{aA}	3.816±0.314^{aC}	4.762±0.486^{abBC}	5.341±0.327^{aAB}
Chitosan 10 ppm with $CaCl_2$ 0.25 %	4.648±0.268^{abBC}	6.217±0.288^{aA}	4.085±0.511^{aC}	5.351±0.349^{abAB}	4.474±0.309^{aBC}

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวดิ่งและแนวนอน ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

การเปลี่ยนแปลงปริมาณเส้นใยของฝักกระเจี๊ยบเขียวที่แช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร่วมกับสารละลายไคโตซาน

หลังการทดลองเก็บรักษาฝักกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์ Hit 9701 ที่ผ่านการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร่วมกับสารละลายไคโตซาน เป็นเวลา 5 นาที พบว่า กระเจี๊ยบเขียวเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 9 องศาเซลเซียส มีแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงปริมาณเส้นใยเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษา (ตารางที่ 68) โดยในวันที่ 2 ของการเก็บรักษา กระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายไคโตซาน

ก่อนและตามด้วยสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ มีปริมาณเส้นใยสูงกว่าชุดการทดลองอื่น ๆ ในวันที่ 4 ของการเก็บรักษา กระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ผสมกับสารละลายไคโตซาน มีปริมาณเส้นใยสูงกว่าชุดการทดลองอื่น ๆ การเปลี่ยนแปลงปริมาณเส้นใยในวันที่ 2 และ 4 ของการเก็บรักษามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ฝักกระเจี๊ยบเขียวเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส มีการเปลี่ยนแปลงปริมาณเส้นใยตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษา (ตารางที่ 69) โดยในวันที่ 3 ของการเก็บรักษา กระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายไคโตซานเพียงอย่างเดียวมีปริมาณเส้นใยสูงที่สุด ในขณะที่กระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ผสมกับสารละลายไคโตซานมีปริมาณเส้นใยต่ำที่สุด ในวันที่ 12 ของการเก็บรักษากระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายไคโตซานก่อนและตามด้วยสารละลายแคลเซียมคลอไรด์มีปริมาณเส้นใยสูงที่สุด ในขณะที่กระเจี๊ยบเขียวในชุดการทดลองควบคุมมีปริมาณเส้นใยต่ำที่สุด ปริมาณเส้นใยในวันที่ 3 และ 12 ของการเก็บรักษา มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 68 การเปลี่ยนแปลงปริมาณเส้นใย (fiber content) ของกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้น 0.50 % ร่วมกับสารละลายไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 20 ppm และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 9 องศาเซลเซียส

Treatment	Fiber content (%) ± SE*					
	Days after storage					
	0	2	4	6	8	10
Control	0.4326±0.071^{cC}	1.0880±0.077^{cB}	0.9975±0.067^{bB}	1.2939±0.117^{bB}	1.7772±0.158^{aA}	2.1831±0.309^{aA}
$CaCl_2$ 0.50%	0.6506±0.027^{bC}	1.3306±0.117^{abcB}	1.5046±0.101^{abB}	1.3335±0.150^{bB}	2.0813±0.122^{aA}	2.2841±0.103^{aA}
Chitosan 20 ppm	0.8848±0.033^{aC}	1.2874±0.059^{bcBC}	1.4158±0.141^{abBC}	1.4149±0.051^{abBC}	1.8936±0.060^{aAB}	2.3242±0.450^{aA}
$CaCl_2$ 0.50 % + chitosan 20 ppm	0.9108±0.019^{aD}	1.3870±0.116^{abC}	1.8675±0.309^{aB}	1.5919±0.036^{abBC}	1.9189±0.168^{aB}	2.4622±0.039^{aA}
$CaCl_2$ 0.50 % with chitosan 20 ppm	1.0218±0.023^{aD}	1.3922±0.048^{abC}	1.7833±0.187^{aB}	1.6360±0.072^{aBC}	1.7739±0.131^{aB}	2.5239±0.166^{aA}
Chitosan 20 ppm with $CaCl_2$ 0.50 %	0.9318±0.098^{aE}	1.5837±0.033^{aCD}	1.8006±0.059^{aBC}	1.4660±0.070^{abD}	1.9154±0.136^{aB}	2.7571±0.112^{aA}

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวดิ่งและแนวนอน ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางที่ 69 การเปลี่ยนแปลงปริมาณเส้นใย (fiber content) ของกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้น 0.25 % ร่วมกับสารละลายไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 10 ppm และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส

Treatment	Fiber content (%) ± SE*				
	Days after storage				
	0	3	6	9	12
Control	1.0782±0.055^{cB}	1.4560±0.072^{abA}	1.3127±0.042^{abA}	1.3888±0.076^{abA}	1.3230±0.060^{bA}
$CaCl_2$ 0.25 %	1.2718±0.090^{bcB}	1.5328±0.021^{abA}	1.2799±0.034^{bB}	1.4945±0.043^{aA}	1.4161±0.070^{bAB}
Chitosan 10 ppm	1.3271±0.086^{bB}	1.6131±0.031^{aA}	1.3764±0.086^{abB}	1.4480±0.058^{aAB}	1.3564±0.067^{bB}
$CaCl_2$ 0.25 % + chitosan 10 ppm	1.5980±0.078^{aA}	1.1700±0.026^{cC}	1.5155±0.083^{aAB}	1.3735±0.045^{abB}	1.4511±0.012^{bAB}
$CaCl_2$ 0.25 % with chitosan 10 ppm	1.3768±0.024^{bAB}	1.4201±0.100^{bAB}	1.2889±0.058^{bB}	1.2366±0.071^{bB}	1.4944±0.024^{bA}
Chitosan 10 ppm with $CaCl_2$ 0.25 %	1.4816±0.038^{abB}	1.4591±0.023^{abB}	1.2408±0.077^{bC}	1.3822±0.023^{abBC}	1.6559±0.056^{aA}

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวดิ่งและแนวนอน ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

การเปลี่ยนแปลงปริมาณเพคตินของฝักกระเจี๊ยบเขียวที่แช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร่วมกับสารละลายไคโตซาน

หลังการทดลองเก็บรักษาฝักกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์ Hit 9701 ที่ผ่านการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร่วมกับสารละลายไคโตซาน เป็นเวลา 5 นาที พบว่า กระเจี๊ยบเขียวเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 9 องศาเซลเซียส มีการเปลี่ยนแปลงปริมาณเพคตินตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษา (ตารางที่ 70) โดยในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา กระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายไคโตซานก่อนและตามด้วยสารละลายแคลเซียมคลอไรด์มีปริมาณเพคตินสูงที่สุด ในขณะที่กระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์เพียงอย่างเดียวมีปริมาณเพคตินต่ำที่สุด ในวันที่ 10 ของการเก็บรักษา กระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายไคโตซานเพียงอย่างเดียวมีปริมาณเพคตินสูงที่สุดในขณะที่กระเจี๊ยบเขียวในชุดการทดลองควบคุมมีปริมาณเพคตินต่ำที่สุด อย่างไรก็ตาม ปริมาณเพคตินในวันที่ 6 และ 10 ของการเก็บรักษา มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ฝักกระเจี๊ยบเขียวเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส มีการเปลี่ยนแปลงปริมาณเพคตินค่อนข้างคงที่ (ตารางที่ 71) โดยในวันที่ 12 ของการเก็บรักษา กระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายไคโตซานก่อนและตามด้วยสารละลายแคลเซียมคลอไรด์มีปริมาณเพคตินสูงกว่าชุดการทดลองอื่น ๆ ในขณะที่กระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์เพียงอย่างเดียวมีปริมาณเพคตินต่ำกว่าชุดการทดลองอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

อย่างไรก็ตาม พบว่า ในวันที่ 0 ฝักกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้น 0.50 % ร่วมกับสารละลายไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 20 ppm เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 9 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส มีแนวโน้มปริมาณเพคตินสูงกว่าชุดการทดลองอื่นๆ แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 70 การเปลี่ยนแปลงปริมาณเพคติน (pectin content) ของกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้น 0.50 % ร่วมกับสารละลายไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 20 ppm และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 9 องศาเซลเซียส

Treatment	Pectin content (%) ± SE*					
	Days after storage					
	0	2	4	6	8	10
Control	1.1817 ± 0.207^{cCD}	1.0726 ± 0.127^{bCD}	2.2491 ± 0.119^{aA}	1.8557 ± 0.243^{abAB}	1.5796 ± 0.186^{aBC}	1.0294 ± 0.028^{dD}
$CaCl_2$ 0.50%	1.3664 ± 0.026^{bcBC}	1.2653 ± 0.157^{abC}	2.4533 ± 0.672^{aA}	1.3384 ± 0.168^{bBC}	2.3603 ± 0.312^{aAB}	1.8392 ± 0.199^{cABC}
Chitosan 20 ppm	1.7960 ± 0.301^{abcC}	1.5484 ± 0.191^{abC}	2.5727 ± 0.286^{aAB}	1.5381 ± 0.047^{bC}	2.1561 ± 0.169^{aBC}	2.8929 ± 0.122^{aA}
$CaCl_2$ 0.50 % + chitosan 20 ppm	1.7061 ± 0.223^{abcB}	1.6161 ± 0.121^{aB}	2.4006 ± 0.265^{aA}	1.6540 ± 0.169^{bB}	1.7314 ± 0.197^{aB}	1.7322 ± 0.087^{cB}
$CaCl_2$ 0.50 % with chitosan 20 ppm	1.9524 ± 0.042^{abAB}	1.2881 ± 0.089^{abB}	1.9772 ± 0.311^{aAB}	1.5892 ± 0.200^{bAB}	1.7460 ± 0.392^{aAB}	2.2771 ± 0.139^{bA}
Chitosan 20 ppm with $CaCl_2$ .50 %	2.3198 ± 0.120^{aA}	1.4672 ± 0.179^{abC}	2.0396 ± 0.304^{aAB}	2.2121 ± 0.167^{aAB}	1.6395 ± 0.121^{aBC}	2.0992 ± 0.139^{bcAB}

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวดิ่งและแนวนอน ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 71 การเปลี่ยนแปลงปริมาณเพคติน (pectin content) ของกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้น 0.25 % ร่วมกับสารละลายไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 10 ppm และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส

Treatment	Pectin content (%) ± SE*				
	Days after storage				
	0	3	6	9	12
Control	1.9152±0.168^{aA}	1.7596±0.090^{aA}	0.8488±0.135^{aA}	2.4140±1.103^{aA}	1.1527±0.055^{cA}
$CaCl_2$ 0.25 %	1.8355±0.211^{aA}	1.4959±0.118^{abAB}	0.9613±0.137^{aB}	2.2756±0.530^{aA}	0.9351±0.071^{dB}
Chitosan 10 ppm	1.7896±0.098^{aA}	1.2610±0.078^{bBC}	0.9128±0.268^{aC}	1.4377±0.059^{aAB}	1.1770±0.033^{bcBC}
$CaCl_2$ 0.25 % + chitosan 10 ppm	1.7370±0.160^{aA}	1.4825±0.204^{abA}	1.0409±0.135^{aA}	1.6013±0.120^{aA}	1.3827±0.039^{abA}
$CaCl_2$ 0.25 % with chitosan 10 ppm	1.6976±0.174^{aA}	1.3099±0.103^{bAB}	0.9427±0.168^{aB}	1.5240±0.151^{aA}	1.4694±0.114^{aA}
Chitosan 10 ppm with $CaCl_2$ 0.25 %	3.4379±1.492^{aA}	1.3403±0.162^{abA}	1.2622±0.071^{aA}	1.5306±0.145^{aA}	1.5559±0.080^{aA}

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวดิ่งและแนวนอน ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

การเปลี่ยนแปลงอัตราการหายใจของฝักกระเจี๊ยบเขียวที่แช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร่วมกับสารละลายไคโตซาน

หลังการทดลองเก็บรักษาฝักกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์ Hit 9701 ที่ผ่านการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร่วมกับสารละลายไคโตซาน เป็นเวลา 5 นาที พบว่า กระเจี๊ยบเขียวเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 9 องศาเซลเซียส มีแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงอัตราการหายใจเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษา (ตารางที่ 72)โดยในวันที่ 2 ของการเก็บรักษา กระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายไคโตซานก่อนและตามด้วยสารละลายแคลเซียมคลอไรด์มีอัตราการหายใจสูงที่สุด ในขณะที่กระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ก่อนและตามด้วยสารละลายไคโตซานมีอัตราการหายใจต่ำที่สุด และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ฝักกระเจี๊ยบเขียวเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส มีการเปลี่ยนแปลงอัตราการหายใจตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษา (ตารางที่ 73) โดยในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา กระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ก่อนและตามด้วยสารละลายไคโตซานมีอัตราการหายใจสูงที่สุด ในขณะที่กระเจี๊ยบเขียวในชุดการทดลองควบคุมมีอัตราการหายใจต่ำที่สุด ในวันที่ 9 ของการเก็บรักษา กระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายไคโตซานเพียงอย่างเดียวมีอัตราการหายใจสูงที่สุดคือ ในขณะที่กระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ก่อนและตามด้วยสารละลายไคโตซานมีอัตราการหายใจต่ำที่สุดคือ อย่างไรก็ตาม อัตราการหายใจของกระเจี๊ยบเขียวในวันที่ 6 และ 9 ของการเก็บรักษามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 72 การเปลี่ยนแปลงอัตราการหายใจ (respiration rate) ของกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้น 0.50 % ร่วมกับสารละลายไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 20 ppm และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 9 องศาเซลเซียส

Treatment	Respiration rate (mg CO_2/kg.hr) ± SE*					
	Days after storage					
	0	2	4	6	8	10
Control	158.462±24.148^{bD}	170.585±4.568^{bD}	337.994±11.355^{aC}	433.555±55.962^{aB}	498.013±26.230^{abAB}	581.590±23.034^{aA}
$CaCl_2$ 0.50%	228.705±30.972^{aD}	224.534±19.518^{aD}	366.124±48.205^{aC}	394.017±33.169^{aBC}	506.772±26.222^{abB}	803.087±71.801^{aA}
Chitosan 20 ppm	233.519±22.763^{aD}	218.228±13.129^{aD}	430.223±14.555^{aC}	440.007±37.461^{aC}	555.203±39.813^{aB}	732.165±48.992^{aA}
$CaCl_2$ 0.50 % + chitosan 20 ppm	227.554±9.413^{aD}	193.749±12.489^{abD}	423.101±58.369^{aC}	476.733±32.180^{aBC}	571.177±42.000^{aB}	708.412±14.680^{aA}
$CaCl_2$ 0.50 % with chitosan 20 ppm	193.511±13.031^{abC}	164.424±2.547^{bC}	396.430±32.877^{aB}	418.921±12.584^{aB}	361.167±91.053^{bB}	691.618±65.864^{aA}
Chitosan 20 ppm with $CaCl_2$ .50 %	236.783±4.533^{aC}	231.545±12.804^{aC}	426.734±37.621^{aAB}	460.744±31.550^{aAB}	528.470±50.649^{aA}	626.676±173.591^{aA}

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวดิ่งและแนวนอน ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางที่ 73 การเปลี่ยนแปลงอัตราการหายใจ (respiration rate) ของกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้น 0.25 % ร่วมกับสารละลายไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 10 ppm และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส

Treatment	Respiration rate (mg CO_2 /kg.hr) ± SE*				
	Days after storage				
	0	3	6	9	12
Control	155.315±10.186^{aA}	179.504±20.221^{abA}	143.117±9.823^{bA}	152.090±16.664^{bA}	158.405±6.351^{abA}
$CaCl_2$ 0.25 %	162.156±19.809^{aA}	195.381±17.368^{abA}	231.568±45.281^{aA}	196.525±23.726^{bA}	186.120±19.809^{abA}
Chitosan 10 ppm	153.538±23.972^{aA}	238.597±33.101^{aA}	254.906±33.877^{aA}	256.311±25.676^{aA}	241.892±48.382^{aA}
$CaCl_2$ 0.25 % + chitosan 10 ppm	148.829±19.195^{aB}	203.777±11.432^{abA}	241.711±23.471^{aA}	199.234±11.369^{bA}	124.337±12.305^{bB}
$CaCl_2$ 0.25 % with chitosan 10 ppm	166.084±23.150^{aB}	216.619±33.342^{abB}	310.439±17.066^{aA}	148.465±8.876^{bB}	217.359±41.349^{abB}
Chitosan 10 ppm with $CaCl_2$ 0.25 %	128.666±14.960^{aB}	160.821±1.743^{bAB}	231.608±34.084^{aA}	187.100±21.126^{bAB}	146.476±41.232^{abAB}

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษหลังตัวเลขที่เหมือนกันในแนวดิ่งและแนวนอน ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การอภิปรายผล

1. ผลของไคโตซานที่มีต่อการเติบโตทางด้าน vegetative growth ได้แก่ ความสูง จำนวนใบ น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งต้น ของกระเจี๊ยบเขียว

จากการศึกษาพบว่าไคโตซานมีผลต่อการเติบโตด้าน vegetative growth โดยแสดงให้เห็นผลของไคโตซานในด้านความสูงและจำนวนใบ อย่างไรก็ดีผลของไคโตซานที่มีต่อกระเจี๊ยบเขียวทั้ง 2 พันธุ์ เมื่อพิจารณาจากน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของส่วนต้นไม่มีความชัดเจน โดยเฉพาะในปีพ.ศ. 2547 ทั้งนี้อาจเป็นเพราะผลของไคโตซานที่มีต่อการเติบโตของกระเจี๊ยบเขียวมีไม่มากนัก (minor effects) นอกจากนี้การพิจารณาผลโดยดูจากน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง ซึ่งเป็นค่าการเติบโตในภาพรวม อาจไม่สามารถใช้ตรวจสอบผลของไคโตซานที่มีต่อกระเจี๊ยบเขียวได้อย่างชัดเจน แต่หากพิจารณาในแต่ละลักษณะที่เป็นส่วนประกอบด้านการเจริญเติบโต เช่น ความสูง หรือจำนวนใบ จึงจะสามารถเห็นผลของไคโตซานได้

ในปี พ. ศ. 2547 ผลของไคโตซานที่มีต่อความสูงของกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์อินเดีย 9701 ที่พบความแตกต่างทางสถิติครั้งแรกในสัปดาห์ที่ 1 หลังการปลูก แสดงถึงผลของไคโตซานแต่ละชนิดที่อาจมีผลต่อการเติบโต ซึ่งกระเจี๊ยบเขียวได้รับจากการแช่เมล็ดในไคโตซาน แต่ผลดังกล่าวสามารถพบได้ในช่วงเวลาที่ไม่นานนัก ดังจะเห็นได้จากค่าความสูงของกระเจี๊ยบในแต่ละชุดการทดลอง ในสัปดาห์ที่ 2 และ 3 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่เมื่อต้นกระเจี๊ยบเขียวได้รับไคโตซานจากการฉีดพ่นทางใบอีกครั้งในสัปดาห์ที่ 3 จึงแสดงผลให้เห็นความแตกต่างของความสูงอีกครั้งหนึ่ง โดยพบว่าไคโตซาน P80 และ O80 มีแนวโน้มจะยับยั้งกระเจี๊ยบเขียวด้านความสูง ในขณะที่ UCC ที่ความเข้มข้น 100 ppm แสดงแนวโน้มที่กระตุ้นให้กระเจี๊ยบเขียวพันธุ์อินเดีย 9701 มีความสูงเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ดีการตอบสนองของกระเจี๊ยบเขียวที่มีต่อไคโตซาน P80 และ O80 เป็นไปในลักษณะที่ไม่สัมพันธ์กับความเข้มข้นที่ระดับต่างๆ จึงเป็นไปได้ว่าผลที่พบนั้นเป็นผลของความแปรปรวนทางพันธุกรรมที่มีอยู่ในกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์อินเดีย 9701 ลักษณะการตอบสนองและความแปรปรวนในการตอบสนองต่อไคโตซานในด้านจำนวนใบก็เป็นไปในทำนองเดียวกันกับความสูงต้น โดยมีแนวโน้มที่คล้ายคลึงกันประการหนึ่งคือ UCC ที่ระดับความเข้มข้น 100 ppm มีแนวโน้มที่จะส่งเสริมให้กระเจี๊ยบเขียวมีใบเพิ่มมากขึ้นกว่าในชุดการทดลองอื่นๆ

สำหรับในปี พ. ศ. 2548 ผลของไคซานที่มีต่อความสูงของกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์อินเดีย 9701 ไม่ชัดเจน เมื่อเทียบกับผลของปีก่อนหน้านั้น เนื่องจากพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเฉพาะในสัปดาห์ที่ 5 ซึ่งรูปแบบของการตอบสนองที่พบก็ต่างจากปี พ. ศ. 2547 โดยกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับไคซานมีแนวโน้มที่จะสูงกว่าต้นที่ไม่ได้รับไคโตซาน สำหรับจำนวนใบเฉลี่ยต่อต้นก็เช่นกัน โดยพบว่าการให้ไคโตซานทุกชนิดที่แทบทุกความเข้มข้นไม่มีผลต่อจำนวนใบของกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์อินเดีย 9701ตลอดระยะเวลาของการศึกษา

สำหรับผลของไคโตซานที่มีต่อกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์ญี่ปุ่น Yamato Green พบว่าผลของไคโตซานที่ใช้ในการแช่เมล็ดมีผลต่อความสูง แต่ไม่มีผลต่อจำนวนใบ ดังจะสังเกตได้จากความแตกต่างทางสถิติของความสูงในช่วงสัปดาห์แรกหลังการปลูก แต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในจำนวนใบในช่วงเวลาเดียวกันของปี พ. ศ. 2547 และภายหลังการฉีดพ่นไคโตซานทางใบในสัปดาห์ที่ 3 และ 6 จะพบว่า O80 ที่ระดับความเข้มข้น 25 ppm จะให้ผลในการส่งเสริมด้านความสูงมากที่สุด (สัปดาห์ที่ 4-8) นอกจากนี้ ยังเป็นที่น่าสังเกตว่า ในสัปดาห์ที่ 7 และ 8 ไคโตซานทั้ง 3 ชนิด ที่ระดับความเข้มข้นต่ำ (25 ppm) จะมีผลในการส่งเสริมความสูงของต้นกระเจี๊ยบเขียวมากกว่าที่ระดับความเข้มข้นที่สูงขึ้น ซึ่งแนวโน้มที่คล้ายคลึงกันนี้ก็สามารถสังเกตได้จากจำนวนใบต่อต้น เช่นกัน โดยจะพบว่าไคโตซาน P80 และ O80 ที่ระดับความเข้มข้นสูงจะมีผลให้จำนวนใบเฉลี่ยต่อต้นลดลง ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในสัปดาห์ที่ 7 โดยกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์ญี่ปุ่น Yamato Green ที่ได้รับไคโตซาน O80 ที่ 25 ppm มีจำนวนใบเฉลี่ยต่อต้นสูงกว่าต้นที่ได้รับไคโตซานชนิดเดียวกันที่ความเข้มข้น 100 ppm อย่างมีนัยสำคัญ แต่สำหรับไคโตซาน UCC นั้น พบว่าการให้ที่ระดับความ

เข้มข้นสูง (100 ppm) จะส่งเสริมให้กระเจี๊ยบเขียวพันธุ์ญี่ปุ่นมีจำนวนใบเฉลี่ยต่อต้นสูงกว่าที่ระดับความเข้มข้นที่ต่ำกว่า (50 และ 25 ppm ตามลำดับ)

ในปีพ. ศ. 2548 การให้ไคโตซานแก่กระเจี๊ยบเขียวพันธุ์ญี่ปุ่น Yamato Green มีผลต่อความสูงชัดเจนน้อยกว่าในปีแรก โดยเฉพาะตั้งแต่สัปดาห์ที่ 3 เป็นต้นไป อย่างไรก็ดีการแช่เมล็ดในไคโตซานก่อนทำการปลูกยังคงส่งผลให้กระเจี๊ยบเขียวพันธุ์นี้มีแนวโน้มที่จะสูงกว่าชุดการทดลองควบคุมในสัปดาห์ที่ 1 และ 2

แม้ว่าการให้ไคโตซานแก่กระเจี๊ยบเขียวทั้ง 2 พันธุ์ จะมีผลไม่ชัดเจนในแง่ของการเติบโตโดยรวม แต่เมื่อพิจารณาถึงปริมาณน้ำภายในต้นต่อน้ำหนักสด พบว่าการให้ไคโตซานทุกชนิดที่แทบทุกความเข้มข้นมีผลทำให้กระเจี๊ยบเขียวพันธุ์อินเดีย 9701 มีปริมาณน้ำภายในต้นต่อน้ำหนักสดมีแนวโน้มลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับต้นที่ไม่ได้รับไคโตซาน ในทั้ง 2 ปีที่ทำการศึกษา ซึ่งอาจเป็นตัวบ่งชี้ว่าการได้รับไคโตซานทำให้กระเจี๊ยบเขียวพันธุ์อินเดีย 9701 สามารถใช้น้ำเพื่อการเติบโตได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น เนื่องจากแม้ว่าจะมีปริมาณน้ำในต้นลดลงแต่ก็ยังรักษาระดับอัตราการเติบโตได้ไม่ต่างจากต้นที่ไม่ได้รับไคโตซาน จากการค้นคว้าไม่พบว่ามีรายงานวิจัยใดทำการศึกษาผลของไคโตซานต่อปริมาณน้ำภายในต้นพืชต่อน้ำหนักสดโดยตรง มีเพียงรายงานการวิจัยการให้ไคโตซานแก่มะเขือเทศและผักปราบ (*Commelina communis*) ที่พบว่ามีผลทำให้ปากใบปิดแคบเข้า (McAinsh et al., 1996; Lee et al., 1999.) ซึ่งเป็นการช่วยลดอัตราการคายน้ำ และอาจมีผลต่อปริมาณน้ำภายในต้น อันจะทำให้พืชเจริญได้ดีขึ้นในภาวะแล้ง อย่างไรก็ดีคงต้องมีการศึกษาถึงผลของการให้ไคโตซานแก่กระเจี๊ยบเขียวพันธุ์อินเดียนี้ที่ปลูกในภาวะที่มีน้ำจำกัด หรือภาวะแล้ง ว่าจะยังสามารถช่วยรักษาอัตราการเติบโตไม่ให้ลดลงได้หรือไม่ ต่อไป สำหรับในกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์ญี่ปุ่น Yamato Green ไม่พบว่าการให้ไคโตซานมีผลต่อปริมาณน้ำภายในต้นแต่อย่างใดในปี พ. ศ. 2547 ส่วนในปีถัดมา ในต้นกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับไคโตซานส่วนใหญ่ก็ยังมีปริมาณน้ำภายในต้นไม่ต่างจากชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

การที่กระเจี๊ยบเขียวทั้ง 2 พันธุ์มีรูปแบบการตอบสนองต่อไคโตซานแตกต่างกันไปในแต่ละชุดการทดลองนั้น แสดงให้เห็นว่าในการตอบสนองต่อไคโตซานของกระเจี๊ยบเขียว นอกจากชนิดและขนาดโมเลกุลของไคโตซานที่ให้แล้ว ลักษณะทางพันธุกรรมที่แตกต่างกันก็มีบทบาทที่สำคัญต่อการตอบสนองของกระเจี๊ยบเขียวเช่นกัน นอกจากนี้เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบผลของไคโตซานที่มีต่อการเติบโตของกระเจี๊ยบเขียวทั้ง 2 พันธุ์ระหว่าง 2 ปีที่ทำการทดลอง พบว่ามีความแตกต่างกันค่อนข้างมาก แสดงให้เห็นว่าสิ่งแวดล้อมก็เป็นปัจจัยหลักอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการตอบสนองของกระเจี๊ยบเขียวต่อไคโตซานนอกเหนือจาก genotype ดังนั้นการควบคุมสภาวะแวดล้อมให้สม่ำเสมอตลอดการทดลองอาจจะช่วยให้เห็นรูปแบบการตอบสนองของกระเจี๊ยบเขียวแต่ละพันธุ์ต่อชนิดและความเข้มข้นของไคโตซานได้ชัดเจนยิ่งขึ้น อย่างไรก็ดีการทดลองในรูปแบบดังกล่าวอาจมีข้อจำกัดในแง่ของการประยุกต์ใช้ในแปลงปลูกของเกษตรกรซึ่งสภาวะแวดล้อมมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาเหมือนดังเช่นในการศึกษานี้

2. ผลของไคโตซานที่มีต่อจำนวนดอกต่อต้นของกระเจี๊ยบเขียว

จากผลของไคโตซานที่มีต่อจำนวนดอกต่อต้น พบว่าการแช่เมล็ดในไคโตซานและการฉีดพ่นไคโตซานต่างชนิดที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ กัน ส่งผลต่อจำนวนดอกต่อต้นในกระเจี๊ยบทั้งสองพันธุ์ โดยพบว่า ในปี พ. ศ. 2547 ไคโตซาน UCC ที่ระดับความเข้มข้น 100 ppm จะส่งเสริมให้มีจำนวนดอกต่อต้นมากกว่า UCC ที่ระดับความเข้มข้น 50 ppm และ P80 ที่ 25 ppm อย่างมีนัยสำคัญในกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์อินเดีย 9701 แต่สำหรับที่ระดับความเข้มข้นอื่นๆ นั้น ยังไม่พบความแตกต่างที่ชัดเจน นอกจากนั้นรูปแบบการตอบสนองที่มีต่อไคโตซานแต่ละชนิดก็ไม่แสดงความสัมพันธ์ที่ชัดเจนกับระดับความเข้มข้นอีกด้วย

ในปี พ. ศ. 2548 การฉีดพ่นไคโตซานในแทบทุกชุดการทดลองกลับมีแนวโน้มที่จะทำให้กระเจี๊ยบเขียวพันธุ์อินเดีย 9701 ออกดอกมากกว่าต้นที่ไม่ได้รับไคโตซานในช่วงสัปดาห์ที่ 6 และ 8 อย่างไรก็ดี เมื่อดูผลโดยรวมก็ยังไม่พบความสัมพันธ์ที่ชัดเจนระหว่างจำนวนดอกกับชนิดและระดับความเข้มข้นของไคโตซานที่ให้

สำหรับกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์ญี่ปุ่น Yamato Green พบว่า ในปีแรกการแช่เมล็ดในไคโตซาน O80 ที่ 25 ppm ส่งผลต่อการเพิ่มจำนวนดอกต่อต้นในสัปดาห์ที่ 2 แต่แนวโน้มดังกล่าวไม่พบในสัปดาห์ที่ 3 เมื่อให้ไคโตซานโดยการฉีดพ่นก็ยังไม่พบความแตกต่างที่ชัดเจนนัก ยกเว้นในสัปดาห์ที่ 7 ที่พบว่า P80 ที่ระดับความเข้มข้น 25 ppm มีผลให้กระเจี๊ยบมีจำนวนดอกต่อต้นสูงกว่าต้นที่ฉีดด้วยไคโตซานชนิดเดียวกันที่ความเข้มข้น 100 ppm การพ่นไคโตซานทั้ง 3 ชนิดในกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์ญี่ปุ่นแสดงแนวโน้มว่า ความเข้มข้นที่สูงขึ้นมีผลทำให้จำนวนดอกต่อต้นลดลง อย่างไรก็ดีในปีถัดมาพบว่าการแช่เมล็ดและฉีดพ่นไคโตซานส่วนใหญ่มีแนวโน้มที่จะทำให้กระเจี๊ยบเขียวพันธุ์ญี่ปุ่น Yamato Green ออกดอกน้อยลง โดยเฉพาะในสัปดาห์ที่ 3 และ 4 และความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนดอกกับความเข้มข้นของไคโตซานที่ใช้ก็ยังคงไม่ชัดเจน

จากผลการทดลองจะเห็นว่าผลของการให้ไคโตซานต่อการออกดอกของกระเจี๊ยบเขียวทั้ง 2 พันธุ์ก็คล้ายคลึงกับผลที่มีต่อการเติบโต กล่าวคือ ลักษณะทางพันธุกรรมของกระเจี๊ยบเขียว ชนิดและความเข้มข้นของไคโตซาน และสิ่งแวดล้อมล้วนมีผลต่อรูปแบบการตอบสนองของกระเจี๊ยบเขียวทั้งสิ้น

3. ผลของไคโตซานที่มีต่อจำนวนฝักเฉลี่ยต่อต้น และน้ำหนักสดและแห้งของฝักกระเจี๊ยบเขียว

จากการทดลองโดยรวมพบว่าการให้ไคโตซานไม่ส่งผลต่อจำนวนฝักเฉลี่ยต่อต้นของกระเจี๊ยบเขียวทั้ง 2 พันธุ์ ในทั้ง 2 ปีที่ศึกษา ซึ่งเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกับจำนวนดอกต่อต้นในช่วง 4 สัปดาห์สุดท้าย จะเห็นว่าการให้ไคโตซานแก่กระเจี๊ยบเขียวไม่ได้ส่งผลให้มีการติดฝักดีขึ้นหรือลดการหลุดร่วงของฝักแต่อย่างใด

สำหรับผลของไคโตซานที่มีต่อน้ำหนักสดของฝักกระเจี๊ยบเขียว พบว่าการให้ไคโตซานส่วนใหญ่มีแนวโน้มที่จะทำให้น้ำหนักสดของฝักกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์อินเดีย 9701 ลดลงในทั้ง 2 ปี ในขณะที่การให้ไคโตซานแก่กระเจี๊ยบเขียวพันธุ์ญี่ปุ่น Yamato Green ไม่มีผลต่อน้ำหนักสดของฝักทั้ง 2 ปี

เมื่อทำการวัดน้ำหนักแห้งของฝักพบว่าในปี พ. ศ. 2547 ไคโตซานไม่มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อน้ำหนักแห้งของฝักกระเจี๊ยบเขียวทั้ง 2 พันธุ์ แต่ในปีถัดมาพบว่าการให้ไคโตซาน P80 ที่ 100 ppm และ O80 ที่ 25 ppm ส่งผลให้น้ำหนักแห้งของฝักกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์อินเดีย 9701 เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่การให้ O80 และ UCC ที่ 100 ppm กลับส่งผลในทางตรงกันข้าม สำหรับกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์ญี่ปุ่น Yamato Green การให้ไคโตซานในปีนี้มีผลไม่ชัดเจนเท่าพันธุ์อินเดีย โดยพบว่าการให้ P80 ที่ 100 ppm ส่งผลให้ฝักมีน้ำหนักแห้งลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนในชุดการทดลองอื่นๆ ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเทียบกับชุดควบคุม

4. ผลของไคโตซานที่มีต่อการติดโรคไวรัสเส้นใบเหลือง

ผลของไคโตซานที่มีต่อการติดโรคไวรัสเส้นใบเหลืองของกระเจี๊ยบเขียวยังไม่ชัดเจนนัก แต่จากผลการทดลองพบว่าไคโตซาน UCC บางความเข้มข้นมีแนวโน้มที่จะช่วยชะลอการติดโรค ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการชักนำความต้านทานต่อโรค (disease resistance) ในต้นกระเจี๊ยบเขียวให้สูงขึ้น หรืออาจเพราะลดการเข้าดูดกินน้ำเลี้ยงใบกระเจี๊ยบเขียวของแมลงหวี่ขาว (*Bemisia tabaci*) ซึ่งเป็นพาหะของไวรัสเส้นใบเหลือง แต่ทั้งนี้ข้อมูลที่ได้ยังมีความแปรปรวนสูง จึงควรต้องมีการทดลองเพิ่มเติมต่อไป

5. ผลของไคโตซานที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสดของฝักกระเจี๊ยบ

จากผลการศึกษาพบว่าไคโตซานมีผลต่อการรักษาน้ำหนักสดของฝักกระเจี๊ยบเขียวหลังการเก็บเกี่ยว โดยสามารถเห็นได้ชัดเจนในวันที่ 1 หลังการเก็บเกี่ยว ซึ่งแสดงความแตกต่างทางสถิติในกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์อินเดีย 9701 โดยพบว่า P80 และ O80 มีแนวโน้มที่จะให้ผลในการรักษาน้ำหนักสดหลังการเก็บเกี่ยวได้ดีกว่า UCC นอกจากนี้ฝักกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์อินเดีย 9701 ที่เก็บจากต้นที่ได้รับ O80 ที่ 25 ppm พบว่ามีแนวโน้มที่จะสูญเสียน้ำหนักสดช้ากว่าชุดการทดลองควบคุม และสำหรับพันธุ์ญี่ปุ่นนั้น แม้ไม่พบความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ แต่ไคโตซาน P80 ก็แสดงแนวโน้มว่าจะมีผลให้ฝักกระเจี๊ยบเขียวสูญเสียน้ำหนักสดช้าลงกว่า

ชุดควบคุม และไคโตซานอีก 2 ชนิด คือ O80 และ UCCก็มีแนวโน้มที่ทำให้กระเจี๊ยบเขียวรักษาน้ำหนักสดฝักได้ดีขึ้นกว่าต้นที่ไม่ได้รับไคโตซาน

6. ผลของไคโตซานที่มีต่อการกัดกินของหนอนศัตรูพืช

ในการวางแผนการทดลองเพื่อศึกษาผลของไคโตซานที่มีต่อการกัดกินของหนอนศัตรูพืชนั้น ในครั้งแรกเลือกศึกษาในหนอนเจาะสมอฝ้าย (Cotton Ballworm, *Heliothis armigera* Hubner, 1808) ซึ่งได้สั่งซื้อจากกรมวิชาการเกษตร แต่ทางกรมวิชาการเกษตรประสบปัญหาการติดเชื้อจุลินทรีย์ ทำให้สูญเสียไข่ที่จะนำมาเพาะและไม่สามารถผลิตหนอนเจาะสมอฝ้ายให้ได้ เมื่อทำการปรึกษากับนักกีฏวิทยาแล้ว ได้รับคำแนะนำให้ทำการทดลองโดยใช้หนอนกระทู้หอม (*Spodoptera exigua* Hubner, 1808) แทน ซึ่งเป็นหนอนศัตรูพืชอีกชนิดหนึ่งที่พบระบาดในแปลงกระเจี๊ยบเขียวของเกษตรกร (กรมวิชาการเกษตร, 2546) จึงได้ทำการทดลองศึกษาผลของไคโตซานที่มีต่อการกัดกินของหนอนกระทู้หอม ดังแสดงในผลการทดลองข้างต้น ในส่วนของผลการทดลองที่ได้นั้น เมื่อดูในแต่ละชุดการทดลองจะเห็นแนวโน้มการลดลงของการกัดกินใบกระเจี๊ยบเขียวอย่างชัดเจนในวันที่ 13 หลังการพ่นไคโตซานทุกชนิด และวันที่ 21 หลังการพ่นไคโตซาน O80 ในกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์อินเดีย สำหรับในกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์ญี่ปุ่น พบแนวโน้มการกัดกินลดลงในวันที่ 17 แต่อย่างไรก็เมื่อทำการวิเคราะห์ผลทางสถิติเทียบแต่ละชุดการทดลองกับชุดควบคุม พบความแตกต่างกันในแนวโน้มของการกัดกินใบกระเจี๊ยบเขียวของหนอนในกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์อินเดียเท่านั้น ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าความสามารถในการชักนำให้กระเจี๊ยบเขียวมีความต้านทานต่อการกัดกินของหนอนศัตรูพืชอาจขึ้นอยู่กับ genotype ของกระเจี๊ยบเขียวด้วยส่วนหนึ่ง ทั้งนี้การที่จะสามารถสรุปได้ชัดเจนยิ่งขึ้นจะต้องทำการทดลองซ้ำอีกครั้ง และทำการวิเคราะห์ผลร่วมกับผลการศึกษาปริมาณ proteinase inhibitor ในใบกระเจี๊ยบเขียว ต่อไป

7. ผลของไคโตซานต่อปริมาณ Proteinase Inhibitor ในกระเจี๊ยบเขียว

เมื่อวัดปริมาณ proteinase inhibitor ในใบกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์อินเดีย 9701 ไม่พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับชุดการทดลองควบคุมที่ไม่ได้รับไคโตซาน ในขณะที่ในกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์ญี่ปุ่น พบว่าการให้ไคโตซานมีผลต่อระดับของ proteinase inhibitor อย่างมีนัยสำคัญหลังจากฉีดพ่นเป็นเวลา 1-5 วัน โดยการให้ไคโตซาน UCC ที่ 50 ppm สามารถกระตุ้นให้ใบกระเจี๊ยบเขียวมีปริมาณ poteinase inhibitor สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ 1 วันหลังการฉีดพ่น แต่หลังจากนั้นก็จะลดระดับลงจนต่ำกว่าชุดควบคุมภายใน 5 วันหลังการฉีดพ่น ส่วนการให้ไคโตซาน P80 ที่ 50 ppm มีผลให้ใบกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์ญี่ปุ่นมี proteinase inhibitor ต่ำกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญในวันที่ 5 หลังการฉีดพ่น ทั้งนี้การเก็บตัวอย่างมาศึกษาทิ้งช่วงค่อนข้างห่าง ทำให้ไม่เห็นความเปลี่ยนแปลงในช่วง 12 ชั่วโมงแรก และวันที่ 2 ถึง 4 ดังนั้นการทำการทดลองซ้ำโดยออกแบบการทดลองให้มีการเก็บตัวอย่างถี่ขึ้น และมีการวัดการแสดงออกในระดับยีนด้วย northern blot hybridization ร่วมกับการวัด proteinase inhibitor อาจช่วยให้เห็นรูปแบบของการตอบสนองได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

สำหรับปริมาณ proteinase inhibitor ที่เพิ่มสูงขึ้นในกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์อินเดีย 9701 หลังจากได้รับไคโตซานในการศึกษานี้อาจแสดงให้เห็นถึงบทบาทของไคโตซานในการกระตุ้นระบบป้องกันตัวเองของพืช ดังที่มีรายงานมาก่อนหน้านี้ในพืชหลายชนิด เช่น ข้าว (*Oryza sativa* japonica type) (Agrawal et al. 2002) ถั่วลิสง (*Arachis hypogaea*) (Sathiyabama and Balasubaramanian, 1998) และถั่วเขียว (*Phaseolus aureus*) (Chi and Kanaus, 1997) เป็นต้น

8. ผลของไคโตซานและสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่มีต่อการเก็บรักษาฝักกระเจี๊ยบเขียวหลังการเก็บเกี่ยว

ในการทดลองศึกษาผลของขนาดพอลิเมอร์ และความเข้มข้นของไคโตซานและแคลเซียมคลอไรด์ต่อการเก็บรักษาฝักกระเจี๊ยบเขียว ได้วางแผนการทดลองไว้ว่าจะทำการศึกษาในพันธุ์อินเดีย (Hit 9701) และพันธุ์ญี่ปุ่น แต่เนื่องจาก เกษตรกรกลุ่มผู้ปลูก

กระเจี๊ยบเขียว (เพื่อการส่งออก) ประสบปัญหาในการปลูกกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์ญี่ปุ่นและหยุดปลูกกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์ดังกล่าว ทำให้ไม่มีฝักกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์ญี่ปุ่นคุณภาพเทียบเท่ากับคุณภาพเพื่อการส่งออกมาใช้ในการทดลอง อย่างไรก็ตาม ผู้วิจัยได้เพิ่มการทดลองในส่วนของเก็บรักษาฝักกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์อินเดีย (Hit 9701) ที่อุณหภูมิ 9 องศาเซลเซียส ควบคู่กับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส

8.1 ผลของสารละลายไคโตซานที่มีต่อการเก็บรักษาฝักกระเจี๊ยบเขียวหลังการเก็บเกี่ยว

กระเจี๊ยบเขียวทุกชุดการทดลองมีน้ำหนักของฝักลดลงตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษาที่ทั้ง 2 อุณหภูมิ เช่นเดียวกับการทดลองที่ให้แคลเซียมคลอไรด์ก่อนการเก็บรักษา อย่างไรก็ตาม พบว่า เมื่อเก็บรักษากระเจี๊ยบเขียวที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส กระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับไคโตซานที่ความเข้มข้นต่าง ๆ มีน้ำหนักของฝักสูงกว่ากระเจี๊ยบเขียวในชุดการทดลองควบคุมตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษา ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาใน สตรอเบอร์รี่ และราสเบอร์รี่ (Hen et al., 2004) มังคุด (ชัยรัตน์ นันทภัทร์ และคณะ , 2543) มะม่วง (วิษณุ นิยมเหลา และคณะ 2546; วิเชียร เลี่ยมนาค, 2541) ลิ้นจี่ (Dong et al., 2004) ลำไย (Jiang and Li, 2001) แตง และพริกยักษ์ (El Ghaouth et al., 1991) ซึ่งพบว่า ไคโตซานสามารถชะลอการสูญเสียน้ำหนักสดได้ เนื่องจากไคโตซานมีหมู่ฟังก์ชันที่มีความว่องไวในการเกิดปฏิกิริยา คือหมู่อะมิโน ($-NH_3$) ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 2 (C-2) หมู่ primary alcohol ($-CH_2OH$) ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 6 (C-6) และ secondary alcohol ($-CH_2OH$) ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 3 (C-3) ทำให้หมู่ฟังก์ชันทั้ง 3 หมู่นี้ สามารถก่อรูปเป็นฟิล์มบาง ๆ โดยฟิล์มดังกล่าวมีสมบัติในการที่ยอมให้อากาศและน้ำผ่านเข้าออกได้ (semi-permeable) (Zhang and Quantick, 1998) ฟิล์มดังกล่าวจะไปช่วยลดอัตราการหายใจ อัตราการคายน้ำ การแลกเปลี่ยนก๊าซระหว่างภายในฝักกับบรรยากาศนอกน้อยลง จึงทำให้ผลผลิตมีการสูญเสียน้ำหนักน้อยลง แต่จากการศึกษา ไคโตซานที่ใช้ในการทดลองเป็นความเข้มข้นในระดับที่ต่ำ ซึ่งน่าจะสามารถซึมผ่านเข้าไปเกิดปฏิกิริยาภายในได้มากกว่าที่จะมีคุณสมบัติเป็นฟิล์ม โดยมีรายงานว่า ไคโตซานเป็น elicitor ที่สามารถยับยั้งการเปิดของปากใบมะเขือเทศได้ (Lee et al., 1999) ดังนั้นอาจเป็นไปได้ว่า ไคโตซานอาจจะไปมีผลในการยับยั้งการเปิดของปากใบในฝักกระเจี๊ยบเขียว จึงมีผลทำให้กระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับไคโตซานสามารถรักษาน้ำหนักของฝักได้

นอกจากนี้ยังพบว่า กระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 5 ppm และ 10 ppm เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส ไม่พบการเกิดโรคตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษา ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาใน มะม่วง (วิษณุ นิยมเหลา และคณะ 2546; วิเชียร เลี่ยมนาค, 2541) ลำไย (Jiang and Li, 2001) พีช (Li and Yu, 2000) แตงและพริกยักษ์ (El Ghaouth et al., 1991) มะเขือเทศ (El Ghaouth et al., 1992) โดยพบว่า ไคโตซานสามารถลดการเกิดโรคและการเน่าเสียระหว่างการเก็บรักษาได้ เนื่องจากไคโตซานมีสมบัติเป็น elicitor ในการกระตุ้นให้พืชเกิดการป้องกันตัวเอง โดยไปชักนำการทำงานของเอนไซม์ chitinase, chitosanase หรือ β, 1-3 glucanase (El Ghaouth et al., 1992; Hirano and Nagao, 1989; Zhang and Quantick, 1997; Zhang and Quantick, 1998) ซึ่งเอนไซม์ดังกล่าวจะเข้าไปยับยั้งการเจริญและเข้าทำลายผนังเซลล์ของเชื้อจุลินทรีย์ จึงช่วยลดการเข้าทำลายของเชื้อจุลินทรีย์และลดการเกิดโรคได้

จากลักษณะที่ปรากฏภายนอกของฝักกระเจี๊ยบเขียวเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 9 องศาเซลเซียส พบว่า กระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 5 ppm และ 50 ppm สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงลักษณะของฝักได้ดีที่สุด โดยมีคะแนนลักษณะที่ปรากฏภายนอกยังอยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้ถึงวันที่ 4 ของการเก็บรักษา อย่างไรก็ตามพบว่า การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 9 องศาเซลเซียส ฝักเกิด chilling injury โดยฝักมีลักษณะฉ่ำน้ำ จึงทำให้คะแนนลักษณะที่ปรากฏภายนอกไม่อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ส่วนกระเจี๊ยบเขียวเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส พบว่า ทุกชุดการทดลอง กระเจี๊ยบเขียวมีคะแนนลักษณะที่ปรากฏภายนอกอยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้ถึงวันที่ 9 ของการเก็บรักษา โดยไม่มีความแตกต่างระหว่างชุดการทดลอง นอกจากนี้ยังพบอีกว่า กระเจี๊ยบเขียวมีการเข้าทำลายของโรค ซึ่งทำให้คะแนนลักษณะที่ปรากฏภายนอกไม่อยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้

การเปลี่ยนแปลงสีของฝักกระเจี๊ยบเขียวเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 9 องศาเซลเซียส พบว่า กระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 10 ppm สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงสีฝัก (ค่า a) ได้ ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาใน สตรอเบอร์รี่ และราสเบอร์รี่ (Hen et al., 2004) มังคุด (ชัยรัตน์ นันทภัทร์ และคณะ, 2543) มะม่วง (วิษณุ นิยมเหลา และคณะ, 2546; วิเชียร เลี่ยมนาค, 2541) ลิ้นจี่ (Jiang et al., 2005) ลำไย (Jiang and Li, 2001) มะนาว (ไพรัตน์ โสภโณดร และคณะ, 2536) แตงและพริกยักษ์ (El Ghaouth et al, 1991) มะเขือเทศ (El Ghaouth et al, 1992) พบว่า ไคโตซานสามารถชะลอการเปลี่ยนสีของผลิตผลได้

8.2 ผลของสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ต่อที่มีต่อการเก็บรักษาฝักกระเจี๊ยบเขียวหลังการเก็บเกี่ยว

ผลผลิตที่เก็บเกี่ยวมาแล้วจะเกิดการสูญเสียน้ำได้ตลอดเวลา ซึ่งอาจสูญเสียถึง 70 % และการสูญเสียน้ำนี้จะทำให้คุณภาพต่าง ๆ ของผลผลิตลดลง เช่น ทำให้รูปร่าง ลักษณะ และรสชาติของผลผลิตเปลี่ยนแปลงไป การสูญเสียน้ำออกจากผลขึ้นกับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ขนาดของผล (sizing) จำนวนปากใบ lenticel trichome ชั้นของสารเคลือบผิว (boundary layer cuticle) และบาดแผลต่าง ๆ เมื่อเกิดการสูญเสียน้ำ ฝักกระเจี๊ยบเขียวจะเหี่ยว เกิดรอยจีบบริเวณผิวฝัก เนื่องจากฝักกระเจี๊ยบเขียวมีปากใบ (ญาวดี ศรีเมฆ, 2545) ซึ่งเป็นทางที่น้ำจากภายในฝักระเหยออกสู่บรรยากาศรอบนอกได้ จากการศึกษาพบว่า กระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์หลังการเก็บเกี่ยวสามารถรักษาน้ำหนักของฝักระหว่างการเก็บรักษาได้ โดยการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 9 องศาเซลเซียส กระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ทุกความเข้มข้น มีน้ำหนักของฝักสูงกว่าชุดการทดลองควบคุมตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษา โดยเฉพาะสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.50 มีน้ำหนักของฝักสูงที่สุด ส่วนที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส พบว่า กระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 3 มีน้ำหนักของฝักสูงที่สุดเมื่อเทียบกับชุดการทดลองควบคุม ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาในผลเงาะ (รุ่งนภา อินทปิ่น, 2547) และผลฝรั่ง (มนตรี กลิ่นระรวย, 2543) พบว่า การให้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์มีผลทำให้มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยลง มีรายงานว่า แคลเซียมมีบทบาทสำคัญในการควบคุม guard cell turgor และ stomatal aperture (Ward et al., 1995) โดยการเพิ่มขึ้นของแคลเซียมอิออน สามารถชักนำให้เกิดการปิดของปากใบได้ (Lee et al., 1999) หรือแคลเซียมไปมีผลให้แรงดันเต่งสูงขึ้น ทำให้ช่องว่างระหว่างเซลล์มีขนาดเล็กลง และแคลเซียมยังมีผลทำให้ osmotic potential มีค่าลดลง จึงส่งผลให้ water permeability ลดลง (Robson et al., 1989; Saftner and Conway, 1998) หรืออาจเกิดจาก แคลเซียมช่วยลดการผ่านเข้าออกของน้ำออกจากเซลล์ (Garcia et al, 1996) ดังนั้น กระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ จึงมีการสูญเสียน้ำหนักน้อยลง

จากผลการศึกษาพบว่า กระเจี๊ยบเขียวเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 9 องศาเซลเซียส มีคะแนนลักษณะที่ปรากฏภายนอกอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้จนถึงวันที่ 6 ของการเก็บรักษา โดยกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.50 มีคะแนนลักษณะที่ปรากฏภายนอกสูงที่สุด ส่วนที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส พบว่า มีคะแนนลักษณะที่ปรากฏภายนอกอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ถึงวันที่ 9 ของการเก็บรักษา ยังไม่มีรายงานโดยตรงถึงผลของการใช้แคลเซียมคลอไรด์ต่อคะแนนลักษณะที่ปรากฏภายนอก แต่จากการศึกษาพบว่า ความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์ยิ่งสูง มีผลทำให้คะแนนลักษณะที่ปรากฏภายนอกยิ่งต่ำ อาจเป็นเพราะว่าความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์ที่สูงเกินไป จะก่อให้เกิดอันตรายกับเซลล์ ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับการเกิด salt stress มีผลไปเร่งให้เกิดการเสื่อมสภาพของเซลล์ขึ้นได้ (Lester, 1996) จากผลการศึกษาพบว่า แคลเซียมคลอไรด์ที่มีความเข้มข้นมากกว่า 1 % ขึ้นไป จะทำให้บริเวณผิวฝักของกระเจี๊ยบเขียวเกิดรอยไหม้สีดำขึ้นกระจายทั่วทั้งฝัก จึงมีผลให้คะแนนลักษณะที่ปรากฏภายนอกลดลงมากกว่ากระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับแคลเซียมคลอไรด์ที่มีความเข้มข้นน้อยกว่า 1 %

แคลเซียมคลอไรด์มีผลต่อการเน่าเสียของผักและผลไม้ เมื่อใช้แคลเซียมคลอไรด์ก่อนหรือหลังการเก็บเกี่ยว มีผลทำให้ระดับของแคลเซียมในเนื้อเยื่อเพิ่มมากขึ้น และพบว่าผลผลิตมีความต้านทานโรคได้ดีขึ้น ในผลสตรอเบอร์รี่ที่ได้รับแคลเซียมคลอไรด์สามารถควบคุมการเน่าเสีย และยืดอายุการเก็บรักษาจาก 3 วันเป็น 21 วัน โดยปราศจากการเข้าทำลายของโรค (Garcia et al., 1996) จากผลการศึกษาพบว่า ที่อุณหภูมิ 9 องศาเซลเซียส ไม่พบการเข้าทำลายของโรค ส่วนที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส พบว่า กระเจี๊ยบ

เขียวทุกชุดการทดลอง ยกเว้นกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 4 มีการเข้าทำลายของโรค ทั้งนี้อาจเนื่องจากที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส เป็นอุณหภูมิที่ไม่สามารถยับยั้งการเกิดโรคได้

การเปลี่ยนแปลงสีของฝักกระเจี๊ยบเขียวเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 9 และ18 องศาเซลเซียส สอดคล้องกับปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษาที่ทั้ง 2 อุณหภูมิ ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Ferguson (1984) และ Lester (1996) ที่พบว่า ถ้าปริมาณของแคลเซียมในผักและผลไม้มีปริมาณเพิ่มขึ้น จะมีผลทำให้สามารถลดการเปลี่ยนแปลงการเสื่อมสลายของคลอโรฟิลล์ เนื่องจาก แคลเซียมสามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ chlorophyllase ได้

8.3 อิทธิพลร่วมของแคลเซียมคลอไรด์และไคโตซานต่อที่มีต่อการเก็บรักษาฝักกระเจี๊ยบเขียวหลังการเก็บเกี่ยว

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างผลของแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.50 ร่วมกับไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 20 ppm และผลของแคลเซียมคลอไรด์หรือไคโตซานอย่างเดียว เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 9 องศาเซลเซียส พบว่า กระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับแคลเซียมคลอไรด์เพียงอย่างเดียวสามารถรักษาคุณภาพของฝักกระเจี๊ยบเขียวได้ดีที่สุด โดยสามารถรักษาน้ำหนักสดของฝัก สอดคล้องกับผลการศึกษาในผลเงาะ (รุ่งนภา อินทปิ่น, 2547) และผลฝรั่ง (มนตรี กลิ่นระรวย, 2543) ซึ่งพบว่า การให้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์มีผลทำให้มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยลง รักษาปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด รวมทั้งลักษณะที่ปรากฏภายนอกได้ นอกจากนี้ยังมีปริมาณเพคตินในปริมาณที่ต่ำ อาจเป็นเพราะว่าแคลเซียมที่ให้จากภายนอกสามารถเข้าไปทำปฏิกิริยากับ pectic acid ในผนังเซลล์ กลายเป็น calcium-pectate ยึดเกาะกันแข็งแรงมากขึ้น (Fry, 2001; Conway et al., 1997) จึงทำให้สกัดได้เพคตินในปริมาณน้อย

การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส พบว่า กระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับแคลเซียมคลอไรด์เพียงอย่างเดียว เมื่อเปรียบเทียบกับผลของแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.25 ร่วมกับไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 10 ppm สามารถรักษาคุณภาพของฝักกระเจี๊ยบเขียวได้ดีที่สุด โดยสามารถรักษาน้ำหนักสดของฝัก คลอโรฟิลล์ทั้งหมด และมีเปอร์เซนต์การเข้าทำลายของโรคต่ำ

จากผลการศึกษาที่ทั้ง 2 อุณหภูมิ พบว่า การใช้แคลเซียมคลอไรด์เพียงอย่างเดียวสามารถรักษาคุณภาพของฝักกระเจี๊ยบเขียวได้ดีที่สุด สำหรับการใช้แคลเซียมคลอไรด์ร่วมกับไคโตซาน เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้แคลเซียมคลอไรด์อย่างเดียว หรือใช้ไคโตซานอย่างเดียว ไม่มีผลต่อการเพิ่มคุณภาพภายหลังการเก็บเกี่ยวของฝักกระเจี๊ยบเขียว นั่นแสดงว่า แคลเซียมคลอไรด์และไคโตซาน อาจจะไม่มีอิทธิพลร่วมกันในการรักษาคุณภาพภายหลังการเก็บเกี่ยวของฝักกระเจี๊ยบเขียว ซึ่งแตกต่างจากในผลไม้ ที่มีรายงานว่า การใช้แคลเซียมคลอไรด์ร่วมกับไคโตซาน มีผลในการยับยั้ง polyphynol oxidase peroxidase และ ascorbic acid oxidase activity และช่วยชะลอการชราภาพของผล peach ได้ (Kang and Yu, 2003) นอกจากนี้ ในผลเงาะ การใช้แคลเซียมคลอไรด์ร่วมกับไคโตซาน สามารถชะลอการสูญเสียน้ำหนักสด การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำในเปลือก การเปลี่ยนแปลงสีเปลือกและสีขนไปเป็นสีน้ำตาล และยังช่วยลดอัตราการหายใจของผลเงาะได้อีกด้วย (รุ่งนภา อินทปิ่น, 2547)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข้อสรุป

1. ผลของไคโตซานที่มีต่อการเติบโตทางด้าน vegetative growth ได้แก่ ความสูง จำนวนใบ น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งต้น ของกระเจี๊ยบเขียว

จากการศึกษาพบว่าไคโตซานมีผลต่อการเติบโตด้าน vegetative growth โดยแสดงให้เห็นผลของไคโตซานในด้านความสูงและจำนวนใบ อย่างไรก็ดีผลของไคโตซานที่มีต่อกระเจี๊ยบเขียวทั้ง 2 พันธุ์ เมื่อพิจารณาจากน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของส่วนต้นยังไม่สามารถสรุปได้ชัดเจน

ในปี พ. ศ. 2547 ผลของไคโตซานที่มีต่อความสูงของกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์อินเดีย 9701 ที่พบความแตกต่างทางสถิติครั้งแรกในสัปดาห์ที่ 1 หลังการปลูก แต่ผลดังกล่าวสามารถพบได้ในช่วงเวลาที่ไม่นานนัก ดังจะเห็นได้จากค่าความสูงของกระเจี๊ยบในแต่ละชุดการทดลอง ในสัปดาห์ที่ 2 และ 3 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่เมื่อต้นกระเจี๊ยบเขียวได้รับไคโตซานจากการฉีดพ่นทางใบอีกครั้งในสัปดาห์ที่ 3 จึงแสดงผลให้เห็นความแตกต่างของความสูงอีกครั้งหนึ่ง โดยพบว่าไคโตซาน P80 และ O80 มีแนวโน้มจะยับยั้งกระเจี๊ยบเขียวด้านความสูง ในขณะที่ UCC ที่ความเข้มข้น 100 ppm แสดงแนวโน้มที่กระตุ้นให้กระเจี๊ยบเขียวพันธุ์อินเดีย 9701 มีความสูงเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ดีการตอบสนองของกระเจี๊ยบเขียวที่มีต่อไคโตซาน P80 และ O80 เป็นไปในลักษณะที่ไม่สัมพันธ์กับความเข้มข้นที่ระดับต่างๆ ลักษณะการตอบสนองและความแปรปรวนในการตอบสนองต่อไคโตซานในด้านจำนวนใบก็เป็นไปในทำนองเดียวกันกับความสูงต้น โดยมีแนวโน้มที่คล้ายคลึงกันประการหนึ่งคือ UCC ที่ระดับความเข้มข้น 100 ppm มีแนวโน้มที่จะส่งเสริมให้กระเจี๊ยบเขียวมีใบเพิ่มมากขึ้นกว่าในชุดการทดลองอื่นๆ

สำหรับในปี พ. ศ. 2548 ผลของไคซานที่มีต่อความสูงของกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์อินเดีย 9701 ไม่ชัดเจน เมื่อเทียบกับผลของปีก่อนหน้านั้น เนื่องจากพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเฉพาะในสัปดาห์ที่ 5 ซึ่งรูปแบบของการตอบสนองที่พบก็ต่างจากปี พ. ศ. 2547 โดยกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับไคซานมีแนวโน้มที่จะสูงกว่าต้นที่ไม่ได้รับไคโตซาน สำหรับจำนวนใบเฉลี่ยต่อต้นก็เช่นกัน โดยพบว่าการให้ไคโตซานทุกชนิดที่แทบทุกความเข้มข้นไม่มีผลต่อจำนวนใบของกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์อินเดีย 9701ตลอดระยะเวลาของการศึกษา

สำหรับผลของไคโตซานที่มีต่อกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์ญี่ปุ่น Yamato Green พบว่าผลของไคโตซานที่ใช้ในการแช่เมล็ดมีผลต่อความสูง แต่ไม่มีผลต่อจำนวนใบ ดังจะสังเกตได้จากความแตกต่างทางสถิติของความสูงในช่วงสัปดาห์แรกหลังการปลูก แต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในจำนวนใบในช่วงเวลาเดียวกันของปี พ. ศ. 2547 และภายหลังการฉีดพ่นไคโตซานทางใบในสัปดาห์ที่ 3 และ 6 จะพบว่า O80 ที่ระดับความเข้มข้น 25 ppm จะให้ผลในการส่งเสริมด้านความสูงมากที่สุด (สัปดาห์ที่ 4-8) นอกจากนี้ ในสัปดาห์ที่ 7 และ 8 ไคโตซานทั้ง 3 ชนิด ที่ระดับความเข้มข้นต่ำ (25 ppm) จะมีผลในการส่งเสริมความสูงของต้นกระเจี๊ยบเขียวมากกว่าที่ระดับความเข้มข้นที่สูงขึ้น ซึ่งแนวโน้มที่คล้ายคลึงกันนี้ก็สามารถสังเกตได้จากจำนวนใบต่อต้น เช่นกัน โดยจะพบว่าไคโตซาน P80 และ O80 ที่ระดับความเข้มข้นสูงจะมีผลให้จำนวนใบเฉลี่ยต่อต้นลดลง ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในสัปดาห์ที่ 7 โดยกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์ญี่ปุ่น Yamato Green ที่ได้รับไคโตซาน O80 ที่ 25 ppm มีจำนวนใบเฉลี่ยต่อต้นสูงกว่าต้นที่ได้รับไคโตซานชนิดเดียวกันที่ความเข้มข้น 100 ppm อย่างมีนัยสำคัญ แต่สำหรับไคโตซาน UCC นั้น พบว่าการให้ที่ระดับความเข้มข้นสูง (100 ppm) จะส่งเสริมให้กระเจี๊ยบเขียวพันธุ์ญี่ปุ่นมีจำนวนใบเฉลี่ยต่อต้นสูงกว่าที่ระดับความเข้มข้นที่ต่ำกว่า (50 และ 25 ppm ตามลำดับ)

ในปีพ. ศ. 2548 การให้ไคโตซานแก่กระเจี๊ยบเขียวพันธุ์ญี่ปุ่น Yamato Green มีผลต่อความสูงชัดเจนน้อยกว่าในปีแรก โดยเฉพาะตั้งแต่สัปดาห์ที่ 3 เป็นต้นไป อย่างไรก็ดีการแช่เมล็ดในไคโตซานก่อนทำการปลูกยังคงส่งผลให้กระเจี๊ยบเขียวพันธุ์นี้มีแนวโน้มที่จะสูงกว่าชุดการทดลองควบคุมในสัปดาห์ที่ 1 และ 2

แม้ว่าการให้ไคโตซานแก่กระเจี๊ยบเขียวทั้ง 2 พันธุ์ จะมีผลไม่ชัดเจนในแง่ของการเติบโตโดยรวม แต่เมื่อพิจารณาถึงปริมาณน้ำภายในต้นต่อน้ำหนักสด พบว่าการให้ไคโตซานทุกชนิดที่แทบทุกความเข้มข้นมีผลทำให้กระเจี๊ยบเขียวพันธุ์อินเดีย 9701 มีปริมาณน้ำภายในต้นต่อน้ำหนักสดมีแนวโน้มลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับต้นที่ไม่ได้รับไคโตซาน ในทั้ง 2 ปีที่ทำการศึกษา สำหรับในกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์ญี่ปุ่น Yamato Green ไม่พบว่าการให้ไคโตซานมีผลต่อปริมาณน้ำภายในต้นแต่อย่างใดในปี พ. ศ. 2547 ส่วนในปีถัดมา ในต้นกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับไคโตซานส่วนใหญ่ก็ยังมีปริมาณน้ำภายในต้นไม่ต่างจากชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

2. ผลของไคโตซานที่มีต่อจำนวนดอกต่อต้นของกระเจี๊ยบเขียว

จากผลของไคโตซานที่มีต่อจำนวนดอกต่อต้น พบว่าการแช่เมล็ดในไคโตซานและการฉีดพ่นไคโตซานต่างชนิดที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ กัน ส่งผลต่อจำนวนดอกต่อต้นในกระเจี๊ยบทั้งสองพันธุ์ โดยพบว่า ในปี พ. ศ. 2547 ไคโตซาน UCC ที่ระดับความเข้มข้น 100 ppm จะส่งเสริมให้มีจำนวนดอกต่อต้นมากกว่า UCC ที่ระดับความเข้มข้น 50 ppm และ P80 ที่ 25 ppm อย่างมีนัยสำคัญในกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์อินเดีย 9701 แต่สำหรับที่ระดับความเข้มข้นอื่นๆ นั้น ยังไม่พบความแตกต่างที่ชัดเจน นอกจากนั้นรูปแบบการตอบสนองที่มีต่อไคโตซานแต่ละชนิดก็ไม่แสดงความสัมพันธ์ที่ชัดเจนกับระดับความเข้มข้นอีกด้วย

ในปี พ. ศ. 2548 การฉีดพ่นไคโตซานในแทบทุกชุดการทดลองกลับมีแนวโน้มที่จะทำให้กระเจี๊ยบเขียวพันธุ์อินเดีย 9701 ออกดอกมากกว่าต้นที่ไม่ได้รับไคโตซานในช่วงสัปดาห์ที่ 6 และ 8 อย่างไรก็ดี เมื่อดูผลโดยรวมก็ยังไม่พบความสัมพันธ์ที่ชัดเจนระหว่างจำนวนดอกกับชนิดและระดับความเข้มข้นของไคโตซานที่ให้

สำหรับกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์ญี่ปุ่น Yamato Green พบว่า ในปีแรกการแช่เมล็ดในไคโตซาน O80 ที่ 25 ppm ส่งผลต่อการเพิ่มจำนวนดอกต่อต้นในสัปดาห์ที่ 2 แต่แนวโน้มดังกล่าวไม่พบในสัปดาห์ที่ 3 เมื่อให้ไคโตซานโดยการฉีดพ่นก็ยังไม่พบความแตกต่างที่ชัดเจนนัก ยกเว้นในสัปดาห์ที่ 7 ที่พบว่า P80 ที่ระดับความเข้มข้น 25 ppm มีผลให้กระเจี๊ยบมีจำนวนดอกต่อต้นสูงกว่าต้นที่ฉีดด้วยไคโตซานชนิดเดียวกันที่ความเข้มข้น 100 ppm การพ่นไคโตซานทั้ง 3 ชนิดในกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์ญี่ปุ่นแสดงแนวโน้มว่า ความเข้มข้นที่สูงขึ้นมีผลทำให้จำนวนดอกต่อต้นลดลง อย่างไรก็ดีในปีถัดมาพบว่าการแช่เมล็ดและฉีดพ่นไคโตซานส่วนใหญ่มีแนวโน้มที่จะทำให้กระเจี๊ยบเขียวพันธุ์ญี่ปุ่น Yamato Green ออกดอกน้อยลง โดยเฉพาะในสัปดาห์ที่ 3 และ 4 และความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนดอกกับความเข้มข้นของไคโตซานที่ใช้ก็ยังคงไม่ชัดเจน

3. ผลของไคโตซานที่มีต่อจำนวนฝักเฉลี่ยต่อต้น และน้ำหนักสดและแห้งของฝักกระเจี๊ยบเขียว

จากการทดลองโดยรวมพบว่าการให้ไคโตซานไม่ส่งผลต่อจำนวนฝักเฉลี่ยต่อต้นของกระเจี๊ยบเขียวทั้ง 2 พันธุ์ ในทั้ง 2 ปีที่ศึกษา

สำหรับผลของไคโตซานที่มีต่อน้ำหนักสดของฝักกระเจี๊ยบเขียว พบว่าการให้ไคโตซานส่วนใหญ่มีแนวโน้มที่จะทำให้น้ำหนักสดของฝักกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์อินเดีย 9701 ลดลงในทั้ง 2 ปี ในขณะที่การให้ไคโตซานแก่กระเจี๊ยบเขียวพันธุ์ญี่ปุ่น Yamato Green ไม่มีผลต่อน้ำหนักสดของฝักทั้ง 2 ปี

เมื่อทำการวัดน้ำหนักแห้งของฝักพบว่าในปี พ. ศ. 2547 ไคโตซานไม่มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อน้ำหนักแห้งของฝักกระเจี๊ยบเขียวทั้ง 2 พันธุ์ แต่ในปีถัดมาพบว่าการให้ไคโตซาน P80 ที่ 100 ppm และ O80 ที่ 25 ppm ส่งผลให้น้ำหนักแห้งของฝักกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์อินเดีย 9701 เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่การให้ O80 และ UCC ที่ 100 ppm กลับส่งผลในทางตรงกันข้าม สำหรับกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์ญี่ปุ่น Yamato Green การให้ไคโตซานในปีนี้มีผลไม่ชัดเจนเท่าพันธุ์อินเดีย โดยพบว่าการให้ P80 ที่ 100 ppm ส่งผลให้ฝักมีน้ำหนักแห้งลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนในชุดการทดลองอื่นๆ ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเทียบกับชุดควบคุม

4. ผลของไคโตซานที่มีต่อการติดโรคไวรัสเส้นใบเหลือง

ผลของไคโตซานที่มีต่อการติดโรคไวรัสเส้นใบเหลืองของกระเจี๊ยบเขียวยังไม่สามารถสรุปได้ชัดเจน แต่จากผลการทดลองพบว่าไคโตซาน UCC บางความเข้มข้นมีแนวโน้มที่จะช่วยชะลอการติดโรคได้

5. ผลของไคโตซานที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสดของฝักกระเจี๊ยบ

จากผลการศึกษาพบว่าไคโตซานมีผลต่อการรักษาน้ำหนักสดของฝักกระเจี๊ยบเขียวหลังการเก็บเกี่ยว โดยสามารถเห็นได้ชัดเจนในวันที่ 1 หลังการเก็บเกี่ยว ซึ่งแสดงความแตกต่างทางสถิติในกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์อินเดีย 9701 โดยพบว่า P80 และ O80 มีแนวโน้มที่จะให้ผลในการรักษาน้ำหนักสดหลังการเก็บเกี่ยวได้ดีกว่า UCC และสำหรับพันธุ์ญี่ปุ่นนั้น แม้ไม่พบความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ แต่ไคโตซาน P80 ก็แสดงแนวโน้มว่าจะมีผลให้ฝักกระเจี๊ยบเขียวสูญเสียน้ำหนักสดช้าลงกว่าชุดควบคุม และไคโตซานอีก 2 ชนิด คือ O80 และ UCCก็มีแนวโน้มที่ทำให้กระเจี๊ยบเขียวรักษาน้ำหนักสดฝักได้ดีขึ้นกว่าต้นที่ไม่ได้รับไคโตซาน

6. ผลของไคโตซานที่มีต่อการกัดกินของหนอนศัตรูพืช

เมื่อดูผลของไคโตซานที่มีต่อการกัดกินของหนอนกระทู้หอม (*Spodoptera exigua* Hubner, 1808) ในแต่ละชุดการทดลองจะเห็นแนวโน้มการลดลงของการกัดกินใบกระเจี๊ยบเขียวอย่างชัดเจนในวันที่ 13 หลังการพ่นไคโตซานทุกชนิด และวันที่ 21 หลังการพ่นไคโตซาน O80 ในกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์อินเดีย สำหรับในกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์ญี่ปุ่น พบแนวโน้มการกัดกินลดลงในวันที่ 17 แต่อย่างไรก็เมื่อทำการวิเคราะห์ผลทางสถิติเทียบแต่ละชุดการทดลองกับชุดควบคุม พบความแตกต่างกันในแนวโน้มของการกัดกินใบกระเจี๊ยบเขียวของหนอนในกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์อินเดียเท่านั้น

7. ผลของไคโตซานต่อปริมาณ Proteinase Inhibitor ในกระเจี๊ยบเขียว

เมื่อวัดปริมาณ proteinase inhibitor ในใบกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์อินเดีย 9701 ไม่พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับชุดการทดลองควบคุมที่ไม่ได้รับไคโตซาน ในขณะที่ในกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์ญี่ปุ่น พบว่าการให้ไคโตซานมีผลต่อระดับของ proteinase inhibitor อย่างมีนัยสำคัญหลังจากฉีดพ่นเป็นเวลา 1-5 วัน โดยการให้ไคโตซาน UCC ที่ 50 ppm สามารถกระตุ้นให้ใบกระเจี๊ยบเขียวมีปริมาณ poteinase inhibitor สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ 1 วันหลังการฉีดพ่น แต่หลังจากนั้นก็จะลดระดับลงจนต่ำกว่าชุดควบคุมภายใน 5 วันหลังการฉีดพ่น ส่วนการให้ไคโตซาน P80 ที่ 50 ppm มีผลให้ใบกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์ญี่ปุ่นมี proteinase inhibitor ต่ำกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญในวันที่ 5 หลังการฉีดพ่น

8. ผลของไคโตซานและสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่มีต่อการเก็บรักษาฝักกระเจี๊ยบเขียวหลังการเก็บเกี่ยว

8.1 ผลของสารละลายไคโตซานที่มีต่อการเก็บรักษาฝักกระเจี๊ยบเขียวหลังการเก็บเกี่ยว

กระเจี๊ยบเขียวทุกชุดการทดลองมีน้ำหนักของฝักลดลงตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษาที่ทั้ง 2 อุณหภูมิ เช่นเดียวกับการทดลองที่ให้แคลเซียมคลอไรด์ก่อนการเก็บรักษา อย่างไรก็ตาม พบว่า เมื่อเก็บรักษากระเจี๊ยบเขียวที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส กระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับไคโตซานที่ความเข้มข้นต่าง ๆ มีน้ำหนักของฝักสูงกว่ากระเจี๊ยบเขียวในชุดการทดลองควบคุมตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษา นอกจากนี้ยังพบว่า กระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 5 ppm และ 10 ppm เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส ไม่พบการเกิดโรคตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษา

จากลักษณะที่ปรากฏภายนอกของฝักกระเจี๊ยบเขียวเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 9 องศาเซลเซียส พบว่า กระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 5 ppm และ 50 ppm สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงลักษณะของฝักได้ดีที่สุด โดยมีคะแนนลักษณะที่ปรากฏ

ภายนอกยังอยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้ถึงวันที่ 4 ของการเก็บรักษา อย่างไรก็ตามพบว่า การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 9 องศาเซลเซียส ฝักเกิด chilling injury โดยฝักมีลักษณะฉ่ำน้ำ จึงทำให้คะแนนลักษณะที่ปรากฏภายนอกไม่อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ส่วนกระเจี๊ยบเขียวเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส พบว่า ทุกชุดการทดลอง กระเจี๊ยบเขียวมีคะแนนลักษณะที่ปรากฏภายนอกอยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้ถึงวันที่ 9 ของการเก็บรักษา โดยไม่มีความแตกต่างระหว่างชุดการทดลอง นอกจากนี้ยังพบอีกว่า กระเจี๊ยบเขียวมีการเข้าทำลายของโรค ซึ่งทำให้คะแนนลักษณะที่ปรากฏภายนอกไม่อยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้

การเปลี่ยนแปลงสีของฝักกระเจี๊ยบเขียวเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 9 องศาเซลเซียส พบว่า กระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 10 ppm สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงสีฝัก (ค่า a) ได้

8.2 ผลของสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ต่อที่มีต่อการเก็บรักษาฝักกระเจี๊ยบเขียวหลังการเก็บเกี่ยว

จากการศึกษาพบว่า กระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์หลังการเก็บเกี่ยวสามารถรักษาน้ำหนักของฝักระหว่างการเก็บรักษาได้ โดยการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 9 องศาเซลเซียส กระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ทุกความเข้มข้น มีน้ำหนักของฝักสูงกว่าชุดการทดลองควบคุมตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษา โดยเฉพาะสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.50 มีน้ำหนักของฝักสูงที่สุด ส่วนที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส พบว่า กระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 3 มีน้ำหนักของฝักสูงที่สุดเมื่อเทียบกับชุดการทดลองควบคุม

จากผลการศึกษาพบว่า กระเจี๊ยบเขียวเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 9 องศาเซลเซียส มีคะแนนลักษณะที่ปรากฏภายนอกอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้จนถึงวันที่ 6 ของการเก็บรักษา โดยกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.50 มีคะแนนลักษณะที่ปรากฏภายนอกสูงที่สุด ส่วนที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส พบว่า มีคะแนนลักษณะที่ปรากฏภายนอกอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ถึงวันที่ 9 ของการเก็บรักษา นอกจากนี้พบว่า ความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์ยิ่งสูง มีผลทำให้คะแนนลักษณะที่ปรากฏภายนอกยิ่งต่ำ โดยแคลเซียมคลอไรด์ที่มีความเข้มข้นมากกว่า 1 % ขึ้นไป จะทำให้บริเวณผิวฝักของกระเจี๊ยบเขียวเกิดรอยไหม้สีดำขึ้นกระจายทั่วทั้งฝัก จึงมีผลให้คะแนนลักษณะที่ปรากฏภายนอกลดลงมากกว่ากระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับแคลเซียมคลอไรด์ที่มีความเข้มข้นน้อยกว่า 1 %

จากผลการศึกษาพบว่า ที่อุณหภูมิ 9 องศาเซลเซียส ไม่พบการเข้าทำลายของโรค ส่วนที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส พบว่ากระเจี๊ยบเขียวทุกชุดการทดลอง ยกเว้นกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 4 มีการเข้าทำลายของโรค ทั้งนี้อาจเนื่องจากที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส เป็นอุณหภูมิที่ไม่สามารถยับยั้งการเกิดโรคได้

การเปลี่ยนแปลงสีของฝักกระเจี๊ยบเขียวเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 9 และ18 องศาเซลเซียส สอดคล้องกับปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษาที่ทั้ง 2 อุณหภูมิ

8.3 อิทธิพลร่วมของแคลเซียมคลอไรด์และไคโตซานต่อที่มีต่อการเก็บรักษาฝักกระเจี๊ยบเขียวหลังการเก็บเกี่ยว

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างผลของแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.50 ร่วมกับไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 20 ppm และผลของแคลเซียมคลอไรด์หรือไคโตซานอย่างเดียว เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 9 องศาเซลเซียส พบว่า กระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับแคลเซียมคลอไรด์เพียงอย่างเดียวสามารถรักษาคุณภาพของฝักกระเจี๊ยบเขียวได้ดีที่สุด โดยสามารถรักษาน้ำหนักสดของฝักได้ดีที่สุด

การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส พบว่า กระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับแคลเซียมคลอไรด์เพียงอย่างเดียว เมื่อเปรียบเทียบกับผลของแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.25 ร่วมกับไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 10 ppm สามารถรักษาคุณภาพของฝักกระเจี๊ยบเขียวได้ดีที่สุด โดยสามารถรักษาน้ำหนักสดของฝัก คลอโรฟิลล์ทั้งหมด และมีเปอร์เซนต์การเข้าทำลายของโรคต่ำ

จากผลการศึกษาที่ทั้ง 2 อุณหภูมิ พบว่า การใช้แคลเซียมคลอไรด์เพียงอย่างเดียวสามารถรักษาคุณภาพของฝักกระเจี๊ยบเขียวได้ดีที่สุด สำหรับการใช้แคลเซียมคลอไรด์ร่วมกับไคโตซาน เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้แคลเซียมคลอไรด์อย่างเดียว หรือใช้ไคโตซานอย่างเดียว ไม่มีผลต่อการเพิ่มคุณภาพภายหลังการเก็บเกี่ยวของฝักกระเจี๊ยบเขียว

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ส่วนอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2546. เกษตรดีที่เหมาะสมกับกระเจี๊ยบเขียว. เกษตรดีที่เหมาะสม ลำดับที่ 31. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. หน้าที่ 7

เครือพันธุ์ กิตติปกรณ์ อำนวย อรรถลังรองและ พิสสวรรณ เจียมสมบัติ. 2542-2543. โรคเส้นใบเหลืองของกระเจี๊ยบเขียว. วารสารโรคพืช . ปีที่ 14-15 . ฉบับที่ 1-2.หน้า 16-30.

ชนัสพร เกลี้ยงแก้ว สุวลี จันทร์กระจ่าง และ พัลภา เศวตศิลา. 2546. การศึกษาผลของไคโตซานที่มีต่อการย้ายปลูกและการเจริญเติบโตของกล้วยไม้สกุลรองเท้านารีลูกผสม *Paphiopedilum bellatulum* × *PAPH. Angthong* ที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ. การประชุมไคติน-ไคโตซานแห่งประเทศไทย, หน้า 65-68. 17-18 กรกฎาคม 2546. ณ อาคารสถาบัน 3 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย.

ชัยรัตน์ นันทภัทร์, ดวงพร สาระมาศ และอนุรดี วิทยาปัญญานนท์. 2543. การเคลือบผิวมังคุดด้วยไคโตซาน. ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ญาวดี ศรีเมฆ.2545. ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะฝักการเปลี่ยนแปลงคุณภาพกับการใช้ฟิล์มพลาสติกชนิดต่างๆในการเก็บรักษาฝักกระเจี๊ยบเขียว *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench. วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพฤกษศาสตร์ ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ปัทมา วิศาลนิตย์ ทศพร ทองเที่ยง ปิยทัศน์ ทองไตรภพ และ ณรงค์ชัย พิพัฒน์ธนวงศ์. 2546. การประชุมไคติน-ไคโตซานแห่งประเทศไทย, หน้า 155-157. 17-18 กรกฎาคม 2546. ณ อาคารสถาบัน 3 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย.

ปิยะบุตร วานิชพงษ์พันธุ์ และ สุวลี จันทร์กระจ่าง. 2542. การพัฒนาแผ่นเยื่อบางไคโตซานเพื่อการกรองแยกชีวสาร. การสัมมนาทางวิชาการเรื่องความร่วมมือของภาครัฐและเอกชนในการพัฒนาการผลิตและการใช้สารไคติน-ไคโตซานแบบครบวงจร, หน้า 34-36. 2-3 เมษายน2542 ณ โรงแรมไอเฟิล จังหวัดระนอง.

พัชรา ลิมปนะเวช. 2548. การใช้ไคโตซานในการเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชบางชนิด. การอบรมเรื่องการใช้ ไคโตซานในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช, หน้า 1-9. 7 กรกฎาคม 2548. ณ สถาบันวิจัยโลหะและวัสดุ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร.

ไพรัตน์ โสภโณดร, สุทธวัฒน์ เบญจกุล และวิคเนตร พระพุทธ. 2536. การใช้ไคโตซานเป็นสารเคลือบผิวเพื่อยืดอายุการเก็บรักษามะนาว. วารสารสงขลานครินทร์. 15:259-265.

มนตรี กลิ่นระรวย. 2543. ผลของสารเคลือบผิวและสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ต่อคุณภาพการ เก็บรักษาของฝรั่งพันธุ์กลมสาลี่. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สายวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

มนตรี กลิ่นระรวย วิษณุนิยมเหลา และ ศิริชัย กัลยาณรัตน์. 2546. ผลของสารเคลือบ Chitosan ต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาหลังการเก็บเกี่ยวและคุณภาพการเก็บรักษาฝรั่งพันธุ์กลมสาลี่. การประชุมไคติน-ไคโตซานแห่งประเทศไทย, หน้า 152-154. 17-18 กรกฎาคม 2546. ณ อาคารสถาบัน 3 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย.

รุ่งนภา อินทปิ่น. 2547. การใช้แคลเซียมคลอไรด์และไคโตซานรักษาคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของเงาะพันธุ์โรงเรียน *Nephelium Iappaceum* L. cv. RONGRIAN. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วิเชียร เลี่ยมนาค. 2541. ผลของสารเคลือบผิวด้วยไคโตซานต่อการควบคุมโรคและคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้และเขียวเสวย. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สายวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

วิษณุ นิยมเหลา, หะริน รุ่งเรืองวรวัฒน์ และศิริชัย กัลยาณรัตน์. 2546. อิทธิพลของสารเคลือบ chitosan ต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษามะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้. เอกสารประกอบการประชุม ไคติน-ไคโตซานแห่งประเทศไทย 17-18 กรกฎาคม ณ ห้องประชุม อาคารสถาบัน 3 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สถิต พูลทรัพย์. 2543. การใช้ไคติน-ไคโตซานในการเกษตร :เพื่อชีวิตที่ดีกว่าของชาวเกษตร เพื่อชีวิตที่มีค่าของประชาชนกับการใช้ไคโตซาน. การประชุมสัมมนาพร้อมนิทรรศการเรื่องเกษตรยุคใหม่กับไคติน-ไคโตซาน, หน้า 5-13. 18 กุมภาพันธ์ 2543 ณ ห้องสุธรรมอารีกุล อาคาร 50 ปี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน.

สุดคนึง พึ่มชัย วิษณุ นิยมเหลา และ ศิริชัย กัลยาณรัตน์. 2546. อิทธิพลของสารเคลือบ Chitosan น้ำหนักโมเลกุลต่าง ๆ ต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาหลังการเก็บเกี่ยวและคุณภาพการเก็บรักษามะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้. การประชุมไคติน-ไคโตซานแห่งประเทศไทย, หน้า146-148. 17-18 กรกฎาคม 2546. ณ อาคารสถาบัน 3 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย.

สุวลี จันทร์กระจ่าง. 2542. สารไคตินและไคโตซาน ผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติ และการประยุกต์ใช้ประโยชน์. การสัมมนาทางวิชาการเรื่องความร่วมมือของภาครัฐและเอกชนในการพัฒนา การผลิตและการใช้สารไคติน-ไคโตซานแบบครบวงจร, หน้า 1-21. 2-3 เมษายน 2542 ณ โรงแรมไอเฟิล จังหวัดระนอง.

สุวลี จันทร์กระจ่าง. 2543. ภาพรวมการใช้สารไคติน/ไคโตซานในประเทศไทย. การประชุมสัมมนาพร้อมนิทรรศการเรื่องเกษตรยุคใหม่กับไคติน-ไคโตซาน, หน้า 1-4. 18 กุมภาพันธ์ 2543 ณ ห้องสุธรรมอารีกุล อาคาร 50 ปี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน.

สุวลี จันทร์กระจ่าง เพ็ญใจ สมพงษ์ชัยกุล และ สมชาย ต่วนต่าย. 2546. ผลของการใช้ไคโตซานในการปลูกพืชผักสวนครัวแบบผสมผสาน. การประชุมไคติน-ไคโตซานแห่งประเทศไทย, หน้า158-160. 17-18 กรกฎาคม 2546. ณ อาคารสถาบัน 3 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย.

สุวลี จันทร์กระจ่าง และ คิน เล งี. 2547. ผลของไคโตซานในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อกล้วยไม้. การสัมนาการใช้ไคโตซานในไม้ดอก, หน้า 1-10. 29-30 เมษายน 2547. ณ อาคารสถาบันวิจัยโลหะและวัสดุ ศูนย์วัสดุชีวภาพไคติน-ไคโตซาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Agrawal, G. K., Rakwal, R., Tomogami, S., Yonekura, M., Kubo, A., and Saji, H. 2002. Chitosan activates defense/stress response(s) in the leaves of Oryza sativa seedlings. Plant Physiology and Biochemistry. 40:1061-1069.

Agrios, G. N. 1997. Plant Pathology. 4th ed. Academic Press. U.S.A.

Barber, M.S., Bertram, R.E., and Ride, J.P. 1989. Chitin oligosaccharides elicit lignification in wounded wheat leaves. Physiological and Molecular Plant Pathology 34:3-12.

Barka, E.A., Eullaffroy, P. Clément, C., and Vernet, G. 2004. Chitosan improves development, and protects *Vitis vinifera* L. against *Botrytis cinerea*. Plant Cell Reports 22:608-614.

Bautista-Baños, S., Hernández-López, M., Bosquez-Molina, E. and Wilson, C.L. 2003. Effect of chitosan and plant extracts on growth of *Colletotrichum gloeosporioides*, anthracnose levels and quality of papaya fruit. Crop Protection. 22: 1087-1092.

Benhamou, N., Lafontaine, P.J., and Nicole, M. 1994. Induction of systemic resistance to fusarium crown and root rot in tomato plant by seed treatment with chitosan. Phytopathology 84:1432-1444.

Bernasconi, P., Jolles, P. and Pilet, P.E. 1986. Increase of lysozyme and chitinase in *Rubus* calli caused by infection and some polymers. Plant Science. 44:79-83.

Bittelli, M., Flury, M., Campbell, G.S., and Nichols, E.J. 2001. Reduction of transpiration through foliar application of chitosan. Agricultural and Forest Meteorology. 107: 167-175.

Brodelius, P., Funk, C., Haner, A., and Villegas, M. 1989. A procedure for the determination of optimal chitosan concentrations for elicitation of cultured plant cells. Phytochemistry. 28:2651-2654.

Campbell, N.A., Reece, J.B., and Mitchell, L.G. 1999. Biology. 5th ed. USA:Addison Wesley Longman, Inc.

Chi, E., and Kanaus, E. 1997. Pathogen Control Strategies for Crop Plants in Space. 1997 Summer REU Program at Colorado State University. [online]. Richard Stoner, Pres., Aeroponics International, Berthoud, Co. (Patent Pending) Available from: http://www.biocontrols.com/aero91.htm [2003, July 9]

Chong, T.M., Abdullah, M.A., Lai, O.M., Nor'Aini, F.M., and Lajis, N.H. 2005. Effective elicitation factors in *Morinda elliptica* cell suspension culture. Process Biochemistry. 40: 3397-3405.

Conrath, U., Domard, A., and Kauss, H. 1989. Chitosan-elicited synthesis of callose and of coumarin derivatives in parsley cell suspension cultures. Plant Cell Reports. 8: 152-155.

Conway, W.S., Sams, C.E., and Watada, A.E. 1997. Relationships between total and cell wall bound calcium in apples following postharvest infiltration of calcium chloride. Acta Horticulturae. 398:31-39.

Doares, S.H., Syrovests, T., Weiler, E.W., and Ryan, C.A. 1995. Oligogalacturonides and chitosan activate plant defensive genes through the octadecanoid pathway. Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA. 92: 4095-4098.

Dong, H., Cheng, L., Tan, J., Zheng, K., and Jiang, Y. 2004. Effects of chitosan coating on quality and shelf life of peeled litchi fruit. Journal of Food Engineering. 64:355-358.

El Ghaouth, A., Arul, J., Grenier, J., and Asselin, A. 1992. Antifungal activity of chitosan on two postharvest pathogens of strawberry fruits. Postharvest Phytopathology. 82:398-402.

El Ghaouth, A., Arul, J., and Ponnampalam, R. 1991. Use of chitosan coating to reduce water loss and maintain quality of cucumber and bell pepper fruits. Journal of Food Processing and Preservation. 15:359-368.

El Ghaouth, A., Arul, J., Ponnampalam, R., and Boulet, M. 1991. Chitosan coating effect on storability and quality of fresh strawberries. Journal of Food Science. 56:1618-1620.

El Ghaouth, A., Ponnampalam, R., Castaigne, F., and Arul, J. 1992. Chitosan coating to extend the storage life of tomatoes. HortScience. 27:1016-1018.

Ferguson, I.B. 1984. Calcium in plant senescence and fruit ripening. Plant Cell and Environment. 7:477-489.

Flocco, C.G., Pitta-Alvarez, S., and Giulietti, A.M. 2001. Effect of chitosan and acetic acid on the peroxidase component of hairy root cultures of *Armoracia lapathifolia*. [online]. Available from: http://www.redbio.org/port/encuentros/enc_2001/Poster/02/02 pdf./02-051.pdf.

Fry, S.C. 2001. Plant Cell Walls. In Nature Encyclopedia of life science. Nature Publishing Group, London, http : //www.els.net/.

Garcia, J.M., Herrera, S., and Morilla, A. 1996. Effects of postharvest dips in calcium chloride on strawberry. Journal of Agriculture and Food Chemistry. 44:30-33.

Hadwiger, L.A., Ogawa, T., and Kuyama, H. 1994. Chitosan polymer size effective in inducing phytoalexin accumulation and fungal suppression are verified with synthesized oligomers. Molecular Plant-Microbe Interactions. 7: 531-533.

Han, W.W.T, Hein, S., Chandrkrachang, S., and Stevens, W.F. 2003. *In Vitro* Evaluation of a chitosan transdermal patch. The National Chitin-Chitosan Conference, pp. 89-91. 17-18 July 2003 At Institute Building III, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand.

Hen, C., Zhao, Y., Leonard, S.W., and Traber, M.G. 2004. Edible coatings to improve storability and enhance nutritional value of fresh and frozen strawberries (*Fagaria x ananassa*) and raspberries (*Rubus ideaus*). Postharvest Biology and Technology. 33: 67-78.

Hirano, S., Koishibara, Y., Kitaura, S., Taneko, T., Tsuchida, H., Murae, K., and Yamamoto, T. 1991. Chitin biodegradation in sand dunes. Biochemical Systematics and Ecology. 19: 379-384.

Hirano, S., and Nagao, N. 1989. Effect of chitosan, pectic acid, lysozome and chitinase on the growth of several phytopathogens. Agricultural Biochemistry. 53:3056-3066.

Horton, H.R., Moran, L.A., Ochs, R.S. Rawn, J.D., and Scrimgeour, K.G. 1993. Principles of Biochemistry. USA.

Jiang, Y., and Li, Y. 2001. Effects of chitosan coating on postharvest life and quality of longan fruit. Food Chemistry. 73:139-143.

Jiang, Y., Li, J., and Jiang, W. 2005. Effects of chitosan coating on shelf life of cold-stored litchi fruit at ambient temperature. Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie. 38:757-761.

Joas, J., Caro, Y., Ducamp., M.N., and Reynes, M. 2005. Postharvest control of pericarp browning of litchi fruit (*Litchi chinensis* Sonn cv. Kwaï Mi) by treatment with chitosan and organic acids I. Effect of pH and pericarp dehydration. Postharvest Biology and Technology. 38:128-136.

Kang, R.Y., and Yu, Z.F. 2003. Effects of chitosan and calcium chloride coating treatments on the enzyme activity of Yangshan peach during refrigerate storage. Changjiang Fruits. 1:12-14.

Komaraiah, P., Ramakrishna, S.V., Reddanna, P., and Kavi Kishor, P.B. 2003. Enhanced production of plumbagin in immobilized cells of *Plumbago rosea* by elicitation and in situ adsorption. Journal of Biotechnology. 101:181-187.

Laflamme, P., Benhamou, N., Bussières, G. and Dessureault, M. 1999. Differential effect of chitosan on root rot fungal pathogens in for forest nurseries. The Canadian Journal of Botany. 77:1460-1468.

Lee, S., Choi, H., Suh, S., Doo, I.-S., Oh, K.-Y. Choi, E. J., Taylor, A. T. A., Low, P. S., and Lee, Y. 1999. Oligogalacturonic acid and chitosan reduce stomatal aperture by inducing the evolution of reactive oxygen species from guard cells of tomato and *Commelina communis*. Plant Physiology. 121:147-152.

Lester, G. 1996. Calcium alters senescence rate of postharvest muskmelon fruit disks. Postharvest Biology and Technology. 7:91-96.

Li, Q., Dunn, E.T., Grandmaison, E.W. and Goosen, M.F.A. 1997. Applications and Properties of chitosan. In Mattheus F.A. Goosen(ed). Applications of Chitin and Chitosan, pp.3-29. PA. USA: Technomic Publishing.

Li, H., and Yu, T. 2000. Effect of chitosan on incidence of brown rot, quality and physiological attributes at postharvest peach fruit. Journal of the Science of Food and Agriculture. 81:269-274.

Limpanavech, P., Pichayangkura, R., Khunwasi C., Chadchawan, S., Lotrakul, P., Banjongrat, R.,and Akaraeakpanya, T. 2004. Chitosan effects on vegetative growth of *Dendrobium* 'EISKUL'. Utilization of Chitosan in Flora , pp. 1-8. 29-30 April 2004 at Metallurgy and Materials Science Research Institute Building Chulalongkorn University. Bangkok Thailand.

Lotrakul, P., Valverde, R.A. and Landry, A.D. 2000. Biological and molecular properties of a begomovirus from *Dicliptera sexangularis*. Phytopathology. 90:723-729.

Mason, M.E. and Davis, J.M. 1997. Defense response in Slash Pine: Chitosan treatment alters the abundance of specific mRNAs. Molecular Plant-Microp Interactions. 10: 135-137.

McAinsh, M. R., Clayton, H., Mansfield, T. A., and Hetherington, A. M. 1996. Changes in stomatal behavior and guard cell cytosolic free calcium in response to oxidative stress. Plant Physiology. 111:1031-1042.

Miller, R.H., Berryman, A.A., and Ryan, C.A. 1986. Biotic elicitors of defense reactions in Lodgepole Pine. Phytochemistry. 25:611-612.

Molloy, C., Cheah, L.H., and Koolaard, J.P. 2004. Induced resistance against *Sclerotinia sclerotiorum* in carrots treated with enzymatically hydrolysed chitosan. Postharvest Biology and Technology. 33:61-65.

Muzzarelli, R.A.A. 1976. Chitin., pp. 1-50. Italy

Ohta, K., Taniguchi, A., Konishi, N., and Hosoki, T. 1999. Chitosan treatment affects plant growth and flower quality in *Eustoma grandiflorum*. Hortscience. 34: 233-234

Ortmann, I., Sumowski, G., Bauknecht, H., and Moerschbacher, B.M. 2004. Establishment of a reliable protocol for the quantification of an oxidative burst in suspension-cultured wheat cells upon elicitation. Physiological Molecular and Plant Pathology. 64:227-232.

Pen, L.T. and Jiang, Y.M. 2003. Effects of chitosan coating on shelf life and quality of fresh-cut Chinese water chestnut. Lebensmittel-Wissenchaft und-Technologie. 36: 359-364.

Pospieszny, H. 1997. Antiviroid activity of chitosan. Crop Protection. 16: 105-106.

Pospieszny, H. and Atabekov, J.G. 1989. Effect of chitosan on the hypersensitive reaction of bean to alfafa mosaic virus. Plant Science. 62:29-31.

Pospieszny, H., Chirkov, S., and Atabekov, J.G. 1991. Induction of antiviral in plants by chitosan. Plant Science. 79:63-68.

Reddy, M.V.B., Belkacemi, K., Corcuff, R., Castaigne, F. and Arul, J. 2000. Effect of pre-harvest chitosan sprays on post-harvest infection by *Botrytis cinerea* and quality of strawberry fruit. Postharvest Biology and Technology. 20: 39-51.

Ren, Y.Y. and West, C.A. 1992. Elicitation of diterpene biosynthesis in rice (*Oryza sativa* L.) by Chitin. Plant Physiology. 99: 1169-1178.

Robson, M.G., Hopfinger, J.A., and Eok, P. 1989. Postharvest sensory of calcium treated peach fruit. Acta Horticulturae. 254:173-177.

Saftner, R.A., and Conway, W.S. 1998. Effect of postharvest calcium chloride treatments on tissue water relations, cell wall calcium levels and postharvest life of "Golden Delicious" apples. Journal of the American Society for Horticultural Science. 123: 893-897.

Sambrook, J., Fritsh, E.F. and Maniatis, T. 1989. Molecular Cloning A Laboratory Manual. Second edition. USA. Cold Spring Harbor Laboratory Press. 9.31-9.57.

Sathiyabama, M., and Balasubramanian, R. 1998. Chitosan induces resistance components in *Arachis hypogaea* against leaf rust caused by Puccinia arachidis Speg. Crop Protection. 17:307-313.

Sharathchandra, R.G., Raj, S.N., Shetty, N.P., Amruthesh, K.N. and Shetty, H.S. 2004. A chito -san formulation Elexa™ induces downy mildew disease resistance and growth promotion in pearl millet. Crop Protection. 23:881-888

Srinivasa, P.C., Baskaram, R., Ramesh, M.N., Harish Prashanth, K.V. and Tharanathan, R.N. 2002. Storage studies of mango packed using biodegradable chitosan film. European Food Research and Technology. 215: 1438-2377.

Stout, M. J., Workman, K. V., Bostock, R. M., and Duffey, S. S. 1998. Specificity of induced resistance in tomato, *Lycopersicon esculentum*. Oecologia. 113:74-81.

Tham, L.X., Nagasawa, N., Matsuhashi, S., Ishioka, N.S., Ito, T., and Kume, T. 2001. Effect of radiation-degraded chitosan on plants stressed with vanadium. Radiation Physics and Chemistry. 61:171-175.

Uddin, A.F.M.J., Hashimoto, F., Shimizu, K. and Sakata, Y. 2004. Monosaccharides and chitosan sensing in bud growth and petal pigmentation in *Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn. Scientia Horticulturae. 100: 127-138.

Underwood, N., Morris, W., Gross, K., and Lockwood III, J. R. 2000. Induced resistance to Mexican bean beetles in soybean: variation among genotypes and lack of correlation with constitutive resistance. Oecologia. 122:83-89.

Vander, P., Vårum, K.M., Domard, A., El Gueddari, N.E., and Moerschbacher, B.M. 1998. Comparison of the ability of partially *N*-acetylated chitosans and chitooligosaccharide to elicit resistance reaction in wheat leaves. Plant Physiology. 118:1353-1359.

Vasconsuelo, A.A., Giuletti, A.M., and Boland, R. 2004. Signal transduction events mediating chitosan stimulation of anthraquinone synthesis in *Rubia tinctorum*. Plant Science. 166: 405-413.

Vasconsuelo, A.A., Giuletti, A.M., Picotto, G., Rodriguez-Talou, J., and Boland, R. 2004. Involvement of the PLC/PKC pathway in Chitosan-induced antharquinone production by *Rubia tinctorum* L. cell cultures. Plant Science. 165: 429-436.

Wanichpongpan, P., Suriyachan, K., and Chandrkrachang, S. 2000. Effects of chitosan on the growth of gerbera flower plant (*Gerbera jamesonii*). The 8th International Chitin and Chitosan Conference and 4th Asia Pacific Chitin and Chitosan Symposium. 21-23 September 2000, Yamaguchi, Japan.

Ward, J.M., Pei, Z-M., and Schroeder, J.I. 1995. Roles of ion channels in initiation of signal transduction in higher plants. Plant Cell. 7: 833-844.

Wongchai, C., Lotrakul, P., Chadchawal, S., and Pichayangkura, R. 2004. Effect of polymer size and concentration of chitosan on germination, survival, and growth of cowpea, okra, rice, and soybean seedlings. Biology in Asia International Conference 2004, pp. 98. 7-10 December 2004 At National Institute of Education, Nanyang Technological University, Nanyang, Singapore.

Zhang, D., and Quantick, P.C. 1997. Effects of chitosan coating on enzymatic browning and decay during postharvest storage of litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) fruit. Postharvest Biology and Technology. 12:195-202.

Zhang, D., and Quantick, P.C. 1998. Antifungal effects of chitosan coating on fresh strawberries and raspberries during storage. Journal of Horticultural Science and Biotechnology. 73:763-767.