ผลของชนิดและความเข้มข้นของไคโทซานที่มีต่อการเติบโตและคุณภาพของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่ปลูกด้วยวิธีไฮโดรพอนิก

นายธเนศ จิระพรประเสริฐ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาพฤกษศาสตร์ ภาควิชาพฤกษศาตร์
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2554

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository(CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the Graduate School.

EFFECTS OF TYPES AND CONCENTRATIONS OF CHITOSAN ON GROWTH AND QUALITY OF 'FRILLICE ICEBERG' LETTUCE CULTIVATED BY HYDROPONIC METHOD

Mr. Tanet Jirapornprasert

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Botany
Department of Botany
Faculty of Science
Chulalongkorn University
Academic Year 2011
Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของชนิดและความเข้มข้นของไคโทซานที่มีต่อการเติบโตและคุณภาพของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่ปลูกด้วยวิธีไฮโดรพอนิก
โดย	นายธเนศ จิระพรประเสริฐ
สาขาวิชา	พฤกษศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร.ศุภจิตรา ชัชวาลย์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	รองศาสตราจารย์ ดร.ปรีดา บุญ-หลง

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิทยาศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.สุพจน์ หารหนองบัว)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชุมพล คุณวาสี)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ ดร.ศุภจิตรา ชัชวาลย์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(รองศาสตราจารย์ ดร.ปรีดา บุญ-หลง)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กนกวรรณ เสรีภาพ)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ พัชรา ลิมปนะเวช)

ธเนศ จิระพรประเสริฐ : ผลของชนิดและความเข้มข้นของไคโทซานที่มีต่อการเติบโตและคุณภาพของผักสลัด'ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก'ที่ปลูกด้วยวิธีไฮโดรพอนิก. (EFFECTS OF TYPES AND CONCENTRATIONS OF CHITOSAN ON GROWTH AND QUALITY OF 'FRILLICE ICEBERG' LETTUCE CULTIVATED BY HYDROPONIC METHOD) อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : รศ.ดร.ศุภจิตรา ชัชวาลย์, อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม: รศ.ดร. ปรีดา บุญ-หลง, 82 หน้า.

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยชิ้นนี้เพื่อศึกษาผลของชนิดและความเข้มข้นของไคโทซานที่มีต่อการเติบโตและคุณภาพของผักสลัด 'ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก' ที่ปลูกด้วยวิธีไฮโดรพอนิก โดยมีการให้ไคโทซาน 2 ชนิด คือ โอลิโกเมอร์และพอลิเมอร์ ที่มี %DD เท่ากับ 80 ที่ความเข้มข้น 0.1 1 และ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยผสมรวมกับสารละลายธาตุอาหารที่ใช้ในการปลูกผักสลัด พบว่า การให้ไคโทซานชนิดโอลิโกเมอร์ที่ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตรมีค่าน้ำหนักสดมากกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในฤดูหนาวและร้อน สำหรับค่าน้ำหนักแห้งนั้นการให้ไคโทซานชนิดโอลิโกเมอร์ที่ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตรเมื่อเทียบกับชุดควบคุมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยทางสถิติในช่วงฤดูร้อน ส่วนการให้ไคโทซานชนิดพอลิเมอร์ทุกความเข้มข้นนั้นไม่มีผลต่อค่าน้ำหนักแห้งในทุกฤดูกาลแต่การให้ไคโทซานชนิดพอลิเมอร์ที่ความเข้มข้น 0.1 และ 1 มิลลิกรัมต่อลิตรในฤดูฝนนั้น จะทำให้มีค่าน้ำหนักสดต่อต้นน้อยกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และการให้ไคโทซานชนิดโอลิโกเมอร์ที่ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตรสามารถเพิ่มจำนวนใบได้มากกว่าชุดควบคุมในทุกฤดูกาล ส่วนคะแนนลักษณะภายนอกที่ปรากฏและการสูญเสียน้ำหนักสด พบว่า ในทุกฤดูกาล การให้ไคโทซานทุกความเข้มข้นของทั้งสองชนิดไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับชุดควบคุม หลังจากนั้นทำการเลือกชุดการทดลองที่ดีที่สุดในแต่ละฤดูของไคโทซานชนิดโอลิโกเมอร์และพอลิเมอร์มาหาค่า ปริมาณกรด ascorbic ปริมาณเส้นใย และปริมาณรงควัตถุเทียบกับชุดควบคุม พบว่า ในช่วงฤดูฝน การให้ไคโทซานทั้งชนิดโอลิโกเมอร์และชนิดพอลิเมอร์มีปริมาณเส้นใยมากกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่พบความแตกต่างกันในฤดูหนาวและร้อน โดยที่การให้ไคโทซานชนิดโอลิโกเมอร์ที่ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตรในฤดูฝนจะมีปริมาณกรด ascorbic มากกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติแต่ไม่พบความแตกต่างกันในฤดูหนาวและร้อน สำหรับการให้ไคโทซานชนิดพอลิเมอร์จะมีปริมาณกรด ascorbic มากกว่าชุดควบคุม ในฤดูร้อนเพียงฤดูกาลเดียว สำหรับการให้ไคโทซานไม่มีผลต่อปริมาณรงควัตถุ เมื่อทำการงด NO_3^- ก่อนการเก็บเกี่ยว 7 วัน จะทำให้ปริมาณไนเตรทลดลง 4.2 เท่าและเมื่อมีเพิ่มไคโทซานชนิดโอลิโกเมอร์ที่ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตรร่วมกับการงด NO_3^- ก่อนการเก็บเกี่ยว 7 วันจะสามารถลดไน เตรทได้ระดับเดียวกันและเพิ่มน้ำหนักสดได้อีก 1.4 เท่า สำหรับการให้น้ำเปล่าทดแทนสารละลายธาตุอาหารก่อนการเก็บเกี่ยว 2 วัน สามารถลดปริมาณไนเตรทลงได้ 1.5 เท่า แต่ไม่มีผลกับน้ำหนักสด ดังนั้น วิธีที่ดีที่สุดในการปลูกเลี้ยงผักสลัด 'ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก' คือ การให้ไคโทซานชนิดโอลิโกเมอร์ที่ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตรร่วมกับการงด NO_3^- ก่อนการเก็บเกี่ยว 7 วัน จะช่วยเพิ่มน้ำหนักสดของผักสลัด 'ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก' และลดปริมาณไนเตรทได้ด้วย

ภาควิชา พฤกษศาสตร์ ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา พฤกษศาสตร์ ลายมือชื่อ อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

ปีการศึกษา 2554 ลายมือชื่อ อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....

5272336323 : MAJOR BOTANY

KEYWORDS : CHITOSAN / LETTUCE / HYDROPONIC

TANET JIRAPORNPRASERT : EFFECTS OF TYPES AND CONCENTRATIONS OF CHITOSAN ON GROWTH AND QUALITY OF 'FRILLICE ICEBERG' LETTUCE CULTIVATED BY HYDROPONIC METHOD. ADVISOR : ASSOC. PROF. SUPACHITRA CHADCHAWAN, Ph.D., CO-ADVISOR : ASSOC. PROF. PREEDA BOON-LONG, Ph.D., 82 pp.

The aim of this research was to investigate the effects of types and concentrations of chitosan on growth and quality of 'Frillice Iceberg' lettuce cultivated by hydroponic method. The effects of polymeric and oligomeric chitosan (with 80% degree of deacetylation), P80 and O80, respectively, at the concentration of 0.1, 1 and 5 mg/l on lettuce growth were determined, when the chitosan was continuously applied to nutrient solution during growing period. It was found that the addition of 1 mg/L O80 to nutrient solution significantly increased fresh weight of the lettuce on the harvest day in winter and summer, and it significantly increased dry weight in summer, when compared with the control (without chitosan). P80 chitosan at all concentrations tested had no effects on dry weight in all seasons, but in the rainy season, addition of 0.1 mg/L and 1 mg/L P80 chitosan did significantly lower fresh weight / plant on the harvest day, compared to the control. 1 mg/L O80 to nutrient solution increased the number of leaves in every season. No effects of chitosan on overall appearance scores and fresh weight loss percentage after 10 days of harvest were detected. The best treatment of O80 and P80 was subjected to determine the effects of chitosan on % fiber, ascorbic acid and photosynthetic pigment contents in the lettuce. Both types of chitosan significantly increased % fiber in the rainy season, but there was no effect in winter and summer. The ascorbic acid content was significantly increased by the application 1 mg/L O80 chitosan in rainy season, but there was no effect in winter and summer. On the other hand, the polymeric chitosan showed the effect on increasing the ascorbic acid content in summer only. No significant effects of chitosan application on the photosynthetic pigment contents were found in all experiments. When the nutrient solution without NO_3^- was applied for 7 days before harvest, 4.2 fold reduction in nitrate content was detected. If the plants were treated with 1 mg/L O80 chitosan and then treated with nutrient solution without NO_3^- 7 days before harvest, the similar level of nitrate content and 1.4 fold increase in fresh weight were detected. Growing the lettuce in water for 2 days before harvest, significantly reduced the nitrate content for 1.5 fold without the significant effect of fresh weight. Therefore, the most appropriate method to grow 'Frillice Iceberg' lettuce is to apply 1 mg/L O80 chitosan to the nutrient solution, then 7 days before harvest, change to the nutrient solution with no NO_3^-. This will result in the high fresh weight of 'Frillice Iceberg' lettuce and low nitrate content.

Department : Botany Student's Signature .....

Field of Study : Botany Advisor's Signature .....

Academic Year : 2011 Co-advisor's Signature .....

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. ศุภจิตรา ชัชวาลย์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร. ปรีดา บุญ-หลง อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่กรุณาให้คำแนะนำ คำปรึกษา และข้อคิดเห็นอันเป็นประโยชน์อย่างยิ่ง ตลอดจนตรวจสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชุมพล คุณวาสี ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กนกวรรณ เสรีภาพ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ พัชรา ลิมปนะเวช ที่กรุณาให้คำแนะนำและตรวจแก้วิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. รัฐ พิชญางกูร ที่ให้ความอนุเคราะห์สารไคโทซานเพื่อใช้ในการทดลองนี้

ขอขอบคุณทุนอุดหนุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) สาขาวิทยาศาสตร์ และบริษัท เอซีเค ไฮโดรฟาร์ม จำกัด ภายใต้โครงการเชื่อมโยงการผลิตกับงานวิจัย ทุนสกว.-อุตสาหกรรม

ขอขอบคุณภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการทำวิจัย และขอขอบคุณสมาชิกในหน่วยปฏิบัติการวิจัยสิ่งแวดล้อมและสรีรวิทยาของพืช และคณาจารย์ทุกท่านในภาคพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สำหรับความช่วยเหลือด้านต่างๆ ตลอดระยะเวลาเรียน และการทำวิทยานิพนธ์

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณ บิดามารดา และสมาชิกในครอบครัว สำหรับกำลังใจที่มีให้สม่ำเสมอ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง..... ฌ

สารบัญภาพ..... ฑ

บทที่

1 บทนำ..... 1

2 การตรวจเอกสาร..... 5

3 วัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดลอง..... 11

วัสดุอุปกรณ์..... 11

วิธีการทดลอง..... 13

4 ผลการทดลอง..... 19

4.1 ศึกษาผลชนิดและความเข้มข้นของไคโทซานที่มีต่อการเติบโตของผักสลัด'ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก'..... 19

4.2 ศึกษาผลชนิดและความเข้มข้นของไคโทซานที่มีต่ออายุหลังการเก็บเกี่ยวและลักษณะภายนอกของผักสลัด'ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก'..... 27

4.3 ศึกษาผลของไคโทซานที่มีต่อปริมาณเส้นใย ปริมาณกรด ascorbic และปริมาณรงควัตถุของผักสลัด'ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก'..... 32

4.4 ศึกษาการลดปริมาณไนเตรทตกค้างในผักสลัด'ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก'..... 44

5 อภิปรายผลการทดลอง..... 47

5.1 ศึกษาผลชนิดและความเข้มข้นของไคโทซานที่มีต่อการเติบโตของผักสลัด'ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก'..... 47

5.2 ศึกษาผลชนิดและความเข้มข้นของไคโทซานที่มีต่ออายุหลังการเก็บเกี่ยวและลักษณะภายนอกของผักสลัด'ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก'..... 48

หน้า

5.3 ศึกษาผลของไคโทซานที่มีต่อปริมาณเส้นใย ปริมาณกรด ascorbic และปริมาณรงควัตถุของผักสลัด'ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก'..... 48
5.4 ศึกษาการลดปริมาณไนเตรทตกค้างในผักสลัด'ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก'..... 49
6 สรุปผลการทดลอง..... 51
6.1 ศึกษาผลชนิดและความเข้มข้นของไคโทซานที่มีต่อการเติบโตของผักสลัด'ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก'..... 51
6.2 ศึกษาผลชนิดและความเข้มข้นของไคโทซานที่มีต่ออายุหลังการเก็บเกี่ยวและลักษณะภายนอกของผักสลัด'ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก..... 51
6.3 ศึกษาผลของไคโทซานที่มีต่อปริมาณเส้นใย ปริมาณกรด ascorbic และปริมาณรงควัตถุของผักสลัด'ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก'..... 51
6.4 ศึกษาการลดปริมาณไนเตรทตกค้างในผักสลัด'ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก'..... 51
รายการอ้างอิง..... 52
ภาคผนวก..... 59
ภาคผนวก ก..... 60
ภาคผนวก ข..... 68
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 82

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	แสดงการแบ่งชนิดของผักตามปริมาณไนเตรท ในหน่วยมิลลิกรัมต่อกิโลกรัมของน้ำหนักสด	9
ก.1	แสดงความเข้มข้นของธาตุอาหารในสารละลายธาตุอาหารซึ่งดัดแปลงจากสารละลายธาตุอาหารสูตร Hoagland	61
ก.2	สารเคมีในปริมาณเข้มข้นสำหรับเตรียมสารละลายธาตุอาหารสูตรดัดแปลง Hoagland	62
ก.3	ปริมาณสารเคมีที่ใช้สำหรับสารละลายธาตุอาหารสูตรดัดแปลง Hoagland	63
ก.4	สารเคมีสำหรับเตรียมสารละลายธาตุอาหารสูตรดัดแปลง Hoagland เพื่อศึกษาการลดไนเตรท	64
ก.5	แสดงค่าการดูดกลืนที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตรของปริมาณกรด ascorbic ที่ความเข้มข้น 0-0.4 มิลลิกรัมต่อลิตร	66
ก.7	แสดงค่าการดูดกลืนที่ความยาวคลื่น 500 นาโนเมตรของปริมาณไนเตรทที่ความเข้มข้น 0-90 mM	67
ข.1	แสดงน้ำหนักสดต่อต้นของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลาย เมื่อปลูกเลี้ยงในฤดูฝน ช่วงกลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม	69
ข.2	แสดงน้ำหนักสดต่อต้นของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลาย เมื่อปลูกเลี้ยงในฤดูหนาว ช่วงกลางเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์	69
ข.3	แสดงน้ำหนักสดต่อต้นของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลาย เมื่อปลูกเลี้ยงในฤดูร้อน ช่วงกลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนพฤษภาคม	70
ข.4	แสดงน้ำหนักแห้งต่อต้นของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลาย เมื่อปลูกเลี้ยงในฤดูฝน ช่วงกลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม	70

ตารางที่ หน้า

ข.5 แสดงน้ำหนักแห้งต่อต้นของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลาย เมื่อปลูกเลี้ยงในฤดูหนาว ช่วงกลางเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์..... 71

ข.6 แสดงน้ำหนักแห้งต่อต้นของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลาย เมื่อปลูกเลี้ยงในฤดูร้อน ช่วงกลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนพฤษภาคม..... 71

ข.7 แสดงจำนวนใบต่อต้นของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลาย เมื่อปลูกเลี้ยงในฤดูฝน ช่วงกลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม..... 72

ข.8 แสดงจำนวนใบต่อต้นของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลาย เมื่อปลูกเลี้ยงในฤดูหนาว ช่วงกลางเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์..... 72

ข.9 แสดงจำนวนใบต่อต้นของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลาย เมื่อปลูกเลี้ยงในฤดูร้อน ช่วงกลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนพฤษภาคม..... 73

ข.10 แสดงคะแนนลักษณะภายนอกที่ปรากฏของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลาย เมื่อปลูกเลี้ยงในฤดูฝน ช่วงกลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม..... 73

ข.11 แสดงคะแนนลักษณะภายนอกที่ปรากฏของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลาย เมื่อปลูกเลี้ยงในฤดูหนาว ช่วงกลางเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์..... 74

ข.12 แสดงคะแนนลักษณะภายนอกที่ปรากฏของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลาย เมื่อปลูกเลี้ยงในฤดูร้อน ช่วงกลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนพฤษภาคม..... 74

ข.13 แสดงการสูญเสียน้ำหนักสดหลังการเก็บเกี่ยวเป็นเวลา 10 วันที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียสของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลาย เมื่อปลูกเลี้ยงในฤดูฝน ช่วงกลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม..... 75

ตารางที่ หน้า

ข.14 แสดงการสูญเสียน้ำหนักสดหลังการเก็บเกี่ยวเป็นเวลา 10 วันที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียสของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลาย เมื่อปลูกเลี้ยงในฤดูหนาว ช่วงกลางเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์..... 75

ข.15 แสดงการสูญเสียน้ำหนักสดหลังการเก็บเกี่ยวเป็นเวลา 10 วันที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียสของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลาย เมื่อปลูกเลี้ยงในฤดูร้อน ช่วงกลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนพฤษภาคม..... 76

ข.16 แสดงปริมาณกรด ascorbic ต่อต้นของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อปลูกเลี้ยงในฤดูฝน ช่วงกลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม..... 76

ข.17 แสดงปริมาณกรด ascorbic ต่อต้นของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อปลูกเลี้ยงในฤดูหนาว ช่วงกลางเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์..... 76

ข.18 แสดงปริมาณกรด ascorbic ต่อต้นของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อปลูกเลี้ยงในฤดูร้อน ช่วงกลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนพฤษภาคม..... 77

ข.19 แสดงปริมาณ caorotenoid ต่อต้นของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อปลูกเลี้ยงในฤดูฝน ช่วงกลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม..... 77

ข.20 แสดงปริมาณ caorotenoid ต่อต้นของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อปลูกเลี้ยงในฤดูหนาว ช่วงกลางเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์..... 77

ข.21 แสดงปริมาณ caorotenoid ต่อต้นของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อปลูกเลี้ยงในฤดูร้อน ช่วงกลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนพฤษภาคม..... 78

ข.22 แสดงปริมาณคลอโรฟิลล์ *เอ* ต่อต้นของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อปลูกเลี้ยงในฤดูฝน ช่วงกลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม..... 78

ตารางที่ หน้า

ข.23 แสดงปริมาณคลอโรฟิลล์ *เอ* ต่อต้นของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อปลูกเลี้ยงในฤดูหนาว ช่วงกลางเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนพฤษภาคม..... 78

ข.24 แสดงปริมาณคลอโรฟิลล์ *เอ* ต่อต้นของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อปลูกเลี้ยงในฤดูร้อน ช่วงกลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนพฤษภาคม..... 79

ข.25 แสดงปริมาณคลอโรฟิลล์ *บี* ต่อต้นของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อปลูกเลี้ยงในฤดูฝน ช่วงกลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม..... 79

ข.26 แสดงปริมาณคลอโรฟิลล์ *บี* ต่อต้นของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อปลูกเลี้ยงในฤดูหนาว ช่วงกลางเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์..... 79

ข.27 แสดงปริมาณคลอโรฟิลล์ *บี* ต่อต้นของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อปลูกเลี้ยงในฤดูร้อน ช่วงกลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนพฤษภาคม..... 80

ข.28 แสดงร้อยละของเส้นใยต่อต้นของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อปลูกเลี้ยงในฤดูฝน ช่วงกลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม..... 80

ข.29 แสดงร้อยละของเส้นใยต่อต้นของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อปลูกเลี้ยงในฤดูหนาว ช่วงกลางเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์..... 80

ข.30 แสดงร้อยละของเส้นใยต่อต้นของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อปลูกเลี้ยงในฤดูร้อน ช่วงกลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนพฤษภาคม..... 81

ข.31 แสดงน้ำหนักสดต่อต้นของผักสลัด‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการปรับลดไนเตรทร่วมกับการให้ไคโทซานชนิดโอลิโกเมอร์ที่ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตรลงในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อปลูกเลี้ยงด้วยวิธีไฮโดรพอนิก ที่ทำการลดปริมาณไนเตรท..... 81

ตารางที่ หน้า

ข.32 แสดงปริมาณไนเตรทต่อต้นของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการปรับลดไนเตรทร่วมกับการให้ไคโทซานชนิดโอลิโกเมอร์ที่ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตรลงในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อปลูกเลี้ยงด้วยวิธีไฮโดรพอนิก..... 81

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	แสดงโครงสร้างโมเลกุลและเส้นทางการเปลี่ยนแอมโมเนียไปเป็นกรดอะมิโน.....	10
2	แสดงน้ำหนักสดต่อต้นของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลาย เมื่อปลูกเลี้ยงในฤดูฝน ช่วงกลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม.....	22
3	แสดงน้ำหนักสดต่อต้นของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลาย เมื่อปลูกเลี้ยงในฤดูหนาว ช่วงกลางเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์.....	23
4	แสดงน้ำหนักสดต่อต้นของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลาย เมื่อปลูกเลี้ยงในฤดูร้อน ช่วงกลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนพฤษภาคม.....	23
5	แสดงน้ำหนักแห้งต่อต้นของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลาย เมื่อปลูกเลี้ยงในฤดูฝน ช่วงกลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม.....	24
6	แสดงน้ำหนักแห้งต่อต้นของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลาย เมื่อปลูกเลี้ยงในฤดูหนาว ช่วงกลางเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์.....	24
7	แสดงน้ำหนักแห้งต่อต้นของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลาย เมื่อปลูกเลี้ยงในฤดูร้อน ช่วงกลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนพฤษภาคม.....	25
8	แสดงจำนวนใบต่อต้นของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลาย เมื่อปลูกเลี้ยงในฤดูฝน ช่วงกลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม.....	25
9	แสดงจำนวนใบต่อต้นของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลาย เมื่อปลูกเลี้ยงในฤดูหนาว ช่วงกลางเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์.....	26

ภาพที่ หน้า

10 แสดงจำนวนใบต่อต้นของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลาย เมื่อปลูกเลี้ยงในฤดูร้อน ช่วงกลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนพฤษภาคม..... 26
11 แสดงคะแนนลักษณะภายนอกที่ปรากฏของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลาย เมื่อปลูกเลี้ยงในฤดูฝน ช่วงกลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม..... 29
12 แสดงคะแนนลักษณะภายนอกที่ปรากฏของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลาย เมื่อปลูกเลี้ยงในฤดูหนาว ช่วงกลางเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์..... 29
13 แสดงคะแนนลักษณะภายนอกที่ปรากฏของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลาย เมื่อปลูกเลี้ยงในฤดูร้อน ช่วงกลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนพฤษภาคม..... 30
14 แสดงการสูญเสียน้ำหนักสดหลังการเก็บเกี่ยวเป็นเวลา 10 วันที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียสของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลาย เมื่อปลูกเลี้ยงในฤดูฝน ช่วงกลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม..... 30
15 แสดงการสูญเสียน้ำหนักสดหลังการเก็บเกี่ยวเป็นเวลา 10 วันที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียสของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลาย เมื่อปลูกเลี้ยงในฤดูหนาว ช่วงกลางเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์..... 31
16 แสดงการสูญเสียน้ำหนักสดหลังการเก็บเกี่ยวเป็นเวลา 10 วันที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียสของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลาย เมื่อปลูกเลี้ยงในฤดูร้อน ช่วงกลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนพฤษภาคม..... 31
17 แสดงปริมาณกรด ascorbic ต่อต้นของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อปลูกเลี้ยงในฤดูฝน ช่วงกลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม..... 36
18 แสดงปริมาณกรด ascorbic ต่อต้นของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อปลูกเลี้ยงในฤดูหนาว ช่วงกลางเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์..... 36

ภาพที่ หน้า

19 แสดงปริมาณกรด ascorbic ต่อต้นของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อปลูกเลี้ยงในฤดูร้อน ช่วงกลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนพฤษภาคม..... 37

20 แสดงปริมาณ caorotenoid ต่อต้นของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆลงในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อปลูกเลี้ยงในฤดูฝน ช่วงกลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม..... 37

21 แสดงปริมาณ caorotenoid ต่อต้นของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อปลูกเลี้ยงในฤดูหนาว ช่วงกลางเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์..... 38

22 แสดงปริมาณ caorotenoid ต่อต้นของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อปลูกเลี้ยงในฤดูร้อน ช่วงกลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนพฤษภาคม..... 38

23 แสดงปริมาณคลอโรฟิลล์ *เอ* ต่อต้นของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อปลูกเลี้ยงในฤดูฝน ช่วงกลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม..... 39

24 แสดงปริมาณคลอโรฟิลล์ *เอ* ต่อต้นของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อปลูกเลี้ยงในฤดูหนาว ช่วงกลางเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนพฤษภาคม..... 39

25 แสดงปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ต่อต้นของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อปลูกเลี้ยงในฤดูร้อน ช่วงกลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนพฤษภาคม..... 40

26 แสดงปริมาณคลอโรฟิลล์ *บี* ต่อต้นของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อปลูกเลี้ยงในฤดูฝน ช่วงกลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม..... 40

27 แสดงปริมาณคลอโรฟิลล์ *บี* ต่อต้นของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อปลูกเลี้ยงในฤดูหนาว ช่วงกลางเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์..... 41

28 แสดงปริมาณคลอโรฟิลล์ *บี* ต่อต้นของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อปลูกเลี้ยงในฤดูร้อน ช่วงกลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนพฤษภาคม..... 41

ภาพที่		หน้า
29	แสดงร้อยละของเส้นใยต่อต้นของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อปลูกเลี้ยงในฤดูฝน ช่วงกลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม.....	42
30	แสดงร้อยละของเส้นใยต่อต้นของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อปลูกเลี้ยงในฤดูหนาว ช่วงกลางเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์.....	42
31	แสดงร้อยละของเส้นใยต่อต้นของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อปลูกเลี้ยงในฤดูร้อน ช่วงกลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนพฤษภาคม.....	43
32	แสดงน้ำหนักสดต่อต้นของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการปรับลดไนเตรทร่วมกับการให้ไคโทซานชนิดโอลิโกเมอร์ที่ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตรลงในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อปลูกเลี้ยงด้วยวิธีไฮโดรพอนิก ที่ทำการลดปริมาณไนเตรท.....	45
33	แสดงปริมาณไนเตรทต่อต้นของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการปรับลดไนเตรทร่วมกับการให้ไคโทซานชนิดโอลิโกเมอร์ที่ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตรลงในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อปลูกเลี้ยงด้วยวิธีไฮโดรพอนิก	46
ก.6	แสดงค่ามาตรฐานของปริมาณกรด Ascorbic.....	66
ก.8	แสดงค่ามาตรฐานของปริมาณไนเตรท.....	67

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

พืชผักเป็นพืชที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง ช่วยบำรุงรักษาสุขภาพและให้พลังงานแก่ร่างกาย เพราะนอกจากประกอบด้วย น้ำ คาร์โบไฮเดรตแล้วยังอุดมด้วยคุณค่าวิตามิน แร่ธาตุ ใช้เป็นสมุนไพรได้ ตัวอย่างเช่น วิตามินซีที่พบมากในผักใบเขียว พริก มะเขือเทศ ช่วยลดความเสี่ยงของการเป็นมะเร็งที่กระเพาะอาหารและคอ บีต้าแคโรทีนในแครอทและฟักทอง เป็นตัวต้านออกซิเดชันช่วยป้องกันมะเร็ง รวมถึงใยอาหารช่วยในการขับถ่าย (เมฆ จันทน์ประยูร, 2548) นอกจากนั้นประโยชน์ในด้านอื่นๆ ได้แก่ ช่วยชะลอความชราและช่วยลดความอ้วน รวมถึงใช้แต่งกลิ่น เพิ่มและเสริมรูปลักษณ์รสชาติให้อาหาร เป็นต้น (Martın-Diana *et al*., 2007) การปลูกผักสลัดนิยมปลูกในสารละลายธาตุอาหาร เนื่องจากทำให้พืชเจริญเติบโตได้เร็วและให้ผลผลิตได้มากกว่าการปลูกพืชแบบลงดิน (ดิเรก ทองอร่าม, 2550) ซึ่งการปลูกพืชในสารละลายธาตุอาหารพืชหรือไฮโดรพอนิกในประเทศไทยนั้นมีการปลูกพืชด้วยวิธีนี้ใช้เชิงพาณิชย์แพร่หลายมากขึ้น แต่ต้องลงทุนในการสร้างโรงเรือน อุปกรณ์และสารละลายที่มีราคาสูง แต่เมื่อเทียบผลตอบแทนระยะยาวนับว่าคุ้มค่า (อานัฐ ตันโช, 2548) อย่างไรก็ตาม พบว่า ผักสลัดที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารมีโอกาสที่จะมีปริมาณไนเตรทตกค้างสูงมาก (มากกว่า 2500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักสด) (Santamaria, 2006) ทั้งนี้การสะสมปริมาณไนเตรทของพืชนั้นจะขึ้นกับชนิดของพืช ฤดูกาลที่ปลูกและวิธีการให้ธาตุอาหาร (ธรรมศักดิ์ ทองเกตุ และคณะ, 2545) หากร่างกายได้รับไนเตรทปริมาณมากอาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ (Ting *et al*., 2007)

ไคโทซานเป็นสารพอลิเมอร์ที่ได้จากไคทิน พบได้ในผนังเซลล์ของจุลชีพพวกเห็ดรา และในเปลือกแข็งที่หุ้มตัวของสัตว์ที่มีลักษณะเป็นข้อปล้อง ได้แก่ แมลง กุ้ง ปู (Hernandez-Munoz *et al*., 2008) ไคโทซานนั้นมีการนำไปใช้อย่างแพร่หลายในด้านต่างๆ เช่น ด้านการแพทย์ ด้านอาหารและยา รวมทั้งด้านการเกษตร ซึ่งพบว่าไคโทซานช่วยในการต้านทานต่อโรคพืชและกระตุ้นการเจริญเติบโตได้ดี ไคโทซานที่ใช้ได้ผลดีกับพืชแต่ละชนิดอาจมีความแตกต่างกันทั้งขนาดพอลิเมอร์ เปอร์เซ็นต์ของ degree of deacetylation (%DD) และความเข้มข้น (Nge *et al*., 2006; Limpanavech *et al*., 2008; Pornpienpakdee *et al*., 2010)

สำหรับไคโทซาน พบว่า มีคุณสมบัติในการเป็นตัวต้านออกซิเดชัน (Yen *et al*., 2008) และเหนี่ยวนำให้เกิดการป้องกันโรคผ่านทาง H^+-ATPase activity (Amborabe *et al*., 2008)

นอกจากนี้ยังพบว่า ไคโทซานมีส่วนในการเหนี่ยวนำให้เกิดการส่งสัญญาณใน octadecanoid pathway ซึ่งเกี่ยวข้องกับการสร้างกรด jasmonic ผ่านการกระบวนการออกซิเดชันของกรด linolenic โดยจะไปการลดการทำงานของเอนไซม์ proteinase ทำให้ปริมาณกรด jasmonic เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว (Doares *et al.,* 1995) อีกทั้งไคโทซานยังสามารถกระตุ้นให้มี lignin เพิ่มขึ้นทำให้ลดการเข้าทำลายของเชื้อราได้ (Reddy *et al*., 1999) และทำให้ปริมาณ H_2O_2 เพิ่มขึ้นซึ่งกระตุ้นการปิดปากใบ (Lee *et al*., 1999) นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มปริมาณกรด salicylic โดยที่ระดับของกรด salicylic มีความสัมพันธ์กับความต้านทานโรคที่เพิ่มขึ้นและยังช่วยเพิ่มการทำงานของเอนไซม์ chitinase และเอนไซม์ glucanase อีกด้วย (Sathiyabama and Balasubramanian, 1998)

จากการทดลองในพริก (*Capsicum* sp.) พบว่า ไคโทซานสามารถลดการใช้น้ำได้ถึง 25 % ใน growth chamber และ 43 % ในแปลงปลูก (Bitteli *et al*., 2001) ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาในปี 2009 ของ Iriti และคณะ ที่ได้ทดลองในถั่ว *Phaseolus vulgaris* L. 'Borlotto nano lingua di Fuoco' พบว่า ไคโทซานช่วยลดการเปิดของปากใบ ในด้านการต้านทานโรคนั้น ไคโทซานสามารถลดการเกิดโรค gray mould และ blue mould ที่เกิดจากเชื้อ *Botrytis cinerea* และ *Penicillium expansum* ที่อุณหภูมิ 2 และ 25 องศาเซลเซียส (Liu *et al*., 2007) และลดการเจริญเติบโตของเชื้อ *Phytophthora* spp. ที่ก่อให้เกิดโรค crown rot ในสตอเบอรี่ (Eikemo *et al*., 2003) และเชื้อ *Fusarium oxysporum* ที่ก่อให้เกิดโรค Fusarium yellow ใน celery (Bell *et al.,* 1998) รวมถึงช่วยลดการเจริญและความเสียหายที่เกิดจากเชื้อ *Botrytis cinera* ในองุ่น (*Vitis vinifera*) และแตงกวา (*Cucumis sativus* L. cv.Hasan) (Ben-Shalom *et al*., 2003; Romanazzi *et al*., 2007; Xu *et al*., 2007)

นอกจากนี้ ไคโทซานสามารถช่วยเพิ่มจำนวนหัวและน้ำหนักต่อต้นของมันฝรั่ง (*Solanum tuberosum* L.) ทั้งที่เลี้ยงในสภาพปลอดเชื้อและในแปลงปลูก (Kowalski *et al*., 2006) และสามารถลดการสูญเสียน้ำหนักสดในมะม่วง (*Mangifera indica* L.) และสตรอเบอร์รี่ (*Fragaria* × *ananassa*) (Chien *et al*., 2007; Hernandez-Munoz *et al*., 2008) ส่วนการทดลองในเงาะ (*Nephelium lappaceum*) พบว่า ไคโทซานสามารถลดการสูญเสียน้ำหนักสดได้ เมื่อเก็บในอุณหภูมิ 25 และ 10 องศาเซลเซียส (Martınez-Castellanos *et al*., 2009) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Jiang และ Li ในปี 2001 ที่ได้ทดลองในลำไย (*Dimocarpus longan* Lour.) พบว่า ไคโทซานสามารถลดการหายใจและการสูญเสียน้ำหนักสด อีกทั้งช่วยรักษาคุณลักษณะภายนอกไว้ได้ ในการขยายพันธุ์กล้วยไม้ *Dendrobium phalaenopsis* พบว่าไคโทซานช่วยเพิ่มขนาดของ protocorm-like body (PLB) เมื่อได้รับไคโทซานที่ความเข้มข้น 10 และ 15 ppm (Nge *et al*., 2006)

ชนิดของไคโทซานมี 2 แบบ คือ ชนิด Polymer และชนิด Oligomer โดยที่ไคโทซานชนิด Polymer จะมีน้ำหนักโมเลกุลมากกว่าไคโทซานชนิด Oligomer จากการทดลองในกล้วยไม้ *Dendrobium* 'EISKUL' ที่ให้ไคโทซานต่างชนิด แม้จะให้ความเข้มข้นและ %DD เดียวกัน แต่ทำให้จำนวนช่อดอกและจำนวนต่อดอกแตกต่างกัน (Limpanavech *et al*., 2008)

นอกจากนี้การปลูกผักสลัดนั้น จะมีปริมาณไนเตรทตกค้างโดยขึ้นอยู่กับชนิดและฤดูกาลที่เพาะปลูก (ธรรมศักดิ์ ทองเกตุ และคณะ, 2545) ซึ่งผักสลัดจัดอยู่ในจำพวกผักที่มีปริมาณไนเตรทสูงมาก (มากกว่า 2500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักสด) (Santamaria, 2006) โดยที่ทางสหภาพยุโรปได้กำหนดค่าปริมาณไนเตรทตกค้างสูงสุดไว้ที่ 2500-4500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักสด สำหรับผักสลัดทั่วไปและผักสลัดพันธุ์ 'ไอซ์เบิร์ก' จะมีค่าปริมาณไนเตรทตกค้างสูงสุดอยู่ที่ 2000-2500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักสด (Food Standards Agency, 2005) โดยที่ปริมาณไนเตรทที่ได้รับต่อวันไม่ควรเกิน 3.7 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม (European Union SCF, 1995)

กระบวนการเปลี่ยนไนเตรทเป็นไนไตรท์ในพืชจะเกิดใน cytosol โดยมีเอนไซม์ nitrate reductase เป็นตัวกระตุ้นปฏิกิริยา ดังสมการ

$$NO_3^- + NADPH + H^+ + 2\,e^- \xrightarrow{\text{Nitrate reductase}} NO_2^- + NADP^+ + H_2O$$

หลังจากนั้นพืชจะเปลี่ยนไนไตรท์เป็นแอมโมเนีย และเปลี่ยนเป็นกรดอะมิโนด้วยเอนไซม์ nitrite reductase เอนไซม์ glutamine synthase และเอนไซม์ glutamate synthase ตามลำดับ เพื่อให้สามารถนำไปใช้ในกระบวนการต่างๆ ต่อไป (Taiz and Zeiger, 2006) การได้รับสารไนเตรทปริมาณมากจะมีผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ อาจทำให้เกิดเป็นโรค methemoglobinemia มีผลทำให้ออกซิเจนไม่สามารถจับกับเฮโมโกลบินได้ (Taiz and Zeiger, 2006) และมีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคในระบบทางเดินอาหาร (Ting *et al*., 2007)

จากที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นได้ว่า ไคโทซานมีคุณสมบัติที่น่าสนใจอย่างยิ่ง อย่างไรก็ดี ไคโทซานที่แตกต่างกันในขนาดพอลิเมอร์ %DD และความเข้มข้นมีผลต่อพืชแต่ละชนิดแตกต่างกัน ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงมุ่งความสนใจไปยังการศึกษาผลของชนิดและความเข้มข้นของไคโทซานที่มีต่อการเติบโตและคุณภาพของผักสลัด 'ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก' ที่ปลูกด้วยวิธีไฮโดรพอนิกและวิธีการลดไนเตรทตกค้างเพื่อนำความรู้ที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ เพื่อเพิ่มรายได้ให้แก่เกษตรกรและใช้เป็นข้อมูลประกอบในการนำไคโทซานไปประยุกต์ใช้กับพืชชนิดอื่นๆ ต่อไปได้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบชนิดและความเข้มข้นของไคโทซานที่มีผลต่อการเติบโตและคุณภาพของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่ปลูกด้วยวิธีไฮโดรพอนิก
2. เพื่อศึกษาการลดปริมาณไนเตรทตกค้างในผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

การทราบชนิดและความเข้มข้นของไคโทซานที่เหมาะสมกับการปลูกผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่ผลิตด้วยวิธีไฮโดรพอนิกและการลดปริมาณไนเตรทในผักสลัด นำไปสู่การนำไปใช้ในเชิงพาณิชย์ เพื่อเพิ่มมูลค่าของผลผลิตและพัฒนาคุณภาพของผักสลัด

ขอบเขตของการวิจัย

1. การหาชนิดและความเข้มข้นของไคโทซานที่เหมาะสมในการปลูกผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ด้วยวิธีไฮโดรพอนิก
2. การหาวิธีการลดปริมาณไนเตรทตกค้างในผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่ปลูกด้วยวิธีไฮโดรพอนิก

บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

1 ผักสลัด

ผักสลัด (Lettuce) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Lactuca sativa* Linn. จัดอยู่ในตระกูล Compostae ทางภาคเหนือของประเทศไทยเรียกว่าผักกาดยี ทางภาคกลางของประเทศไทยเรียกว่าผักสลัด คนจีนเรียกว่าพังฉ่าย นิยมนำมารับประทานสดรวมไปถึงการนำมาประกอบอาหารหลายชนิด สำหรับการใช้ประโยชน์นอกจากจะนำมารับประทานเป็นผักสดแล้ว ยังถูกนำมาใช้ในการตกแต่งประดับอาหารให้มีสีสันสวยงามน่ารับประทานมากขึ้น สำหรับความต้องการการบริโภคผักสลัดนั้นมีอยู่ตลอดทั้งปี อาจนับได้ว่าผักสลัดเป็นผักที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ โดยที่ความต้องการของผู้บริโภคนั้นนับวันจะทวีเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ (กองบรรณาธิการ ฐานเกษตรกรรม, 2541)

ผักสลัดที่ปลูกเลี้ยงและนำมาใช้บริโภคกัน สามารถแบ่งได้ 3 ประเภท คือ ผักสลัดห่อ ผักสลัดใบ และผักสลัดต้น ซึ่งมีลักษณะดังนี้ (เมฆ จันทน์ประยูร, 2548)

ผักสลัดห่อ (Head lettuce) ลักษณะใบห่อเป็นหัว ใบมีลักษณะเรียงซ้อนกัน ยังสามารถแบ่งได้ 3 ชนิด คือ

1.ชนิดห่อหัวแน่น (Crisp head) ลักษณะของใบมีเส้นกลางใบที่สามารถเห็นได้ชัดเจน ใบบางกรอบ และเปราะง่าย ลักษณะหัวห่อแน่นคล้ายกะหล่ำปลี ในทางการค้าได้รับความนิยมอย่างมาก เนื่องจากสามารถขนส่งได้สะดวก ได้แก่ พันธุ์ Great lake พันธุ์ Progress และพันธุ์ Frillice Iceberg เป็นต้น

2.ชนิดห่อหัวไม่แน่น (Butter head) ใบมีการห่อเป็นหัวหลวม ใบอ่อนนุ่มและผิวของใบมีลักษณะมันเป็นเมือกลื่นๆ ใบซ้อนกันแน่นพอประมาณ ผักชนิดนี้ชอบอากาศหนาวเย็น และไม่ทนทานต่ออากาศร้อน แต่ข้อดีคือ อายุการเก็บเกี่ยวสั้นกว่าชนิดอื่น พันธุ์ที่นิยมปลูก ได้แก่ พันธุ์ White Boston และ พันธุ์ Big Boston เป็นต้น

3.ชนิดห่อหัวหลวมค่อนข้างยาว ใบมีการห่อเป็นรูปกรวย หัวมีลักษณะคล้ายผักกาดขาวปลี ใบยาว แคบและแข็ง สามารถแบ่งได้อีก 2 พวก คือ พันธุ์ที่มีขนาดของหัวใหญ่ ได้แก่ พันธุ์ Paris White และพันธุ์ที่มีขนาดของหัวเล็ก ได้แก่ พันธุ์ Little Gem

ผักสลัดใบ (Leaf lettuce) ลักษณะของต้นเป็นพุ่มเตี้ย ใบไม่มีลักษณะห่อเป็นหัว ใบกว้างใหญ่และหยิก สำหรับประเทศไทยค่อนข้างได้รับความนิยม เนื่องจากสามารถทนต่อสภาพอากาศร้อนของประเทศไทยได้ดีกว่าผักสลัดประเภทอื่น โดยที่แบ่งได้ 2 ชนิด คือ

1.พันธุ์ที่มีสีเขียวทั้งต้น ได้แก่ พันธุ์ Boston Curled พันธุ์ Simpson's Curled และพันธุ์ Slobott เป็นต้น

2.พันธุ์ที่มีสีน้ำตาลทั้งต้น ได้แก่ พันธุ์ Prize Head

ผักสลัดต้น (Stem lettuce) ใช้รับประทานได้เฉพาะส่วนลำต้นเท่านั้น ลักษณะของลำต้นจะสูงและอวบ ใบจะมีลักษณะคล้ายผักสลัดใบ แต่ใบจะมีขนาดเล็ก หนาและสีเข้มกว่า อีกทั้งไม่มีการห่อเป็นหัว จึงไม่ค่อยได้รับความนิยมในการปลูกเลี้ยง

2 ไคโตซาน

ไคโทซาน หรือ poly [β (1,4) *N*-acetyl-D-glucosamine] เป็น พอลิเมอร์ที่ได้จากการกำจัดหมู่อะทิซิลจากไคติน ซึ่งพบมากเป็นอันดับสองรองจากเซลลูโลส สามารถพบได้ในเปลือกหุ้มตัวของสัตว์ที่มีข้อปล้อง เช่น กุ้ง ปู รวมถึงผนังเซล์ของราด้วย (Hernandez-Munoz *et al*., 2008)

การผลิตไคโทซาน (Limpanavech *et al*., 2008)

นำเปลือกกุ้ง กระดองปู มาล้างด้วยกรดไฮโดรคลอริก เป็นเวลา 24 ชม. เพื่อกำจัดโปรตีน (Deproteination) หลังจากนั้นนำมาล้างด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ เป็นเวลา 24 ชม. เพื่อกำจัดเกลือแร่ (Demineralization) และนำมากำจัดหมู่อะซิติล (Deacetylation) ด้วยการใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้น 50 % เป็นเวลา 48 ชม. หลังจากนั้นล้างด้วยน้ำกลั่น จนกระทั่ง pH เป็นกลาง

การใช้ประโยชน์จากไคโทซานในด้านต่างๆ

เนื่องจากไคโทซานมีลักษณะที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ทำให้ในปัจจุบันได้มีการนำไคโทซานมาประยุกต์ใช้กับอุตสาหกรรมในด้านต่างๆ เช่น

ด้านการแพทย์ มีการใช้ไคโทซานมาทำเป็นแผ่นเยื่อ (membrane) ให้มีลักษณะเป็นรูพรุนคล้ายฟองน้ำ เพื่อใช้ปิดบาดแผล ซึ่งลักษณะดังกล่าวทำให้ออกซิเจนสามารถซึมผ่านแผ่นเยื่อได้ดี อีกทั้งยังสามารถป้องกันการอักเสบที่เกิดจากเชื้อแบคทีเรีย (Mi *et al.*, 2001) และจากการที่ไคโทซานมี

โครงสร้างคล้าย glycosaminoglycans (GAGs) ซึ่งพบใน extracellular matrix ในเนื้อเยื่อของมนุษย์ จึงถูกนำไปประยุกต์ในการทำวัสดุทดแทน เช่น กระดูก เป็นต้น (Sechriest *et al*., 2000)

ด้านอาหาร จากการที่ไคโทซานมีสามารถในการต่อต้านเชื้อที่ก่อให้เกิดโรค จึงนิยมนำไปใช้ในการถนอมอาหาร ถึงแม้ว่ากลไกการต่อต้านเชื้อโรคของไคโทซานนั้นยังไม่เป็นที่แน่ชัดแต่มีการคาดการณ์ว่า ไคโทซานมีการทำปฏิกิริยากับประจุลบบริเวณเยื่อหุ้มเซลล์ทำให้เกิดการรั่วไหลของสารภายในเซลล์ (Rabea *et al*., 2003).

ด้านยาและเครื่องสำอาง มีการใช้ไคโทซานในการเป็นส่วนผสมในเครื่องสำอางอย่างแพร่หลาย ทั้งในครีม โลชั่น รวมถึงน้ำยาล้างเล็บ เนื่องมาจากการที่ไคโทซานเป็นสารธรรมชาติที่มีคุณสมบัติในการป้องกันเชื้อโรค และด้วยความสามารถในการจับกับไขมัน จึงถูกนำมาใช้ในการเป็นยาลดความอ้วน เนื่องจากไคโทซานจะเข้าไปจับกับไขมันก่อนจะย่อยและดูดซึมในระบบทางเดินอาหาร ทำให้ร่างกายไม่สามารถนำไขมันดังกล่าวไปใช้ประโยชน์ได้ (Kumar, 2000)

ด้านการบำบัดน้ำเสีย ไคโทซานนั้นมีความสามารถจับกับโลหะหนัก เช่น ปรอท โครเมียม ทองแดง นิเกิล สังกะสี เป็นต้น จึงถูกนำไปใช้ในการบำบัดน้ำเสีย รวมถึงการนำไปใช้ในการกำจัดสีในน้ำเสียในอุตสาหกรรมสิ่งทอ (Kumar, 2000)

ทางด้านการเกษตร มีการทดลองนำไปประยุกต์ใช้ในทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศ เช่น ใช้ในการเคลือบเมล็ดพันธุ์พืช โดยมีการทดลองใช้ไคโทซานเคลือบเมล็ดข้าวโพดภายใต้ภาวะเครียดที่เกิดจากอุณหภูมิต่ำ พบว่า ไคโทซานสามารถช่วยเร่งอัตราการงอกและช่วยเพิ่มการเติบโตของเมล็ดข้าวโพดซึ่งจะมีผลดีต่อการเติบโตของเมล็ดแม้อยู่ในภาวะเครียดที่เกิดจากอุณหภูมิต่ำ (Guan *et al*., 2009) ในการช่วยเพิ่มการเจริญเติบโตของต้นพืช ได้มีการทดลองใช้ไคโทซานในการปลูกเลี้ยงกล้วยไม้ตั้งแต่การให้ไคโทซานลงไปในอาหารเหลวและอาหารแข็งที่ใช้เลี้ยง protocorm-like body ซึ่งช่วยให้ protocorm-like body มีน้ำหนักสดเพิ่มขึ้น และการให้ไคโทซานด้วยการฉีดพ่นให้กับกล้วยไม้ มีผลทำให้กล้วยไม้มีการออกดอกเร็วขึ้นและมีจำนวนช่อดอกเพิ่มขึ้น ทั้งนี้การใช้ไคโทซานนั้นต้องมีการเลือกใช้ชนิดและความเข้มข้นที่เหมาะสมกับชนิดของพืชและระยะการเจริญของพืชชนิดนั้นด้วย เพราะถ้าให้ชนิดและความเข้มข้นของไคโทซานที่ไม่เหมาะสมจะส่งผลด้านลบต่อพืชนั้นด้วย (Nge *et al*., 2006; Limpanavech *et al*., 2008; Pornpienpakdee *et al*., 2010) สำหรับในข้าวได้มีการทดลองให้ไคโทซานด้วยวิธีการจุ่มเมล็ดและให้ไคโทซานทั้งทางดินและทางใบ พบว่า ไคโทซานสามารถเพิ่มผลผลิตและความต้านทานต่อโรคของข้าว (Boonlertnirun *et al*., 2008) ซึ่งให้ผลเช่นเดียวกับการทดลองกับมันฝรั่งที่มีการให้ไคโทซานทั้งในสภาพปลอดเชื้อและแปลงปลูก โดยที่ไคโท

ซานนั้นมีผลทำให้มันฝรั่งมีปริมาณผลผลิตและน้ำหนักของต้นเพิ่มมากขึ้นเมื่อเทียบกับชุดการทดลองที่ไม่ได้ให้ไคโทซาน (Kowalski *et al*., 2006) นอกจากนี้ยังมีการใช้ไคโทซานเพื่อเป็นการกระตุ้นการต้านทานโรคในพืช ซึ่งพบว่า การให้ไคโทซานนั้นสามารถลด germination ของ spore และความยาวของ mycielium ของเชื้อ *Botrytis cinerea* และ *Penicillium expansum* ซึ่งเป็นเชื้อที่ก่อโรค gray mould และ blue mould ในมะเขือเทศและช่วยลดอาการการติดเชื้อที่เกิดจากโรคดังกล่าว (Liu *et al*., 2007) และได้มีการทดลองใช้ไคโทซานร่วมกับ Grapefruit seed extract สามารถช่วยลดการเจริญของเชื้อ *Botrytis cinerea* ที่ก่อโรค gray mould ในองุ่น (*Vitis vinifera* 'Redglobe') (Xu *et al*., 2007) อีกทั้งได้มีการศึกษาความเกี่ยวข้องกับยีนที่เกี่ยวข้องกับ defense/stress response โดยที่หลังจากต้นอ่อนของข้าวได้รับไคโทซาน จะเกิดการกระตุ้นให้เกิดการสร้าง pathogenesis-related (PR) proteins ในใบ (Agrawal *et al*., 2002) และการเพิ่มขึ้นของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับกลไกการป้องกัน เช่น เอนไซม์ phenylalanine ammonia-lyase เอนไซม์ β-1-3-glucanase เอนไซม์ chitinase และเอนไซม์ chitosanase (Rodriguez *et al*., 2007) ไคโทซานยังถูกใช้เป็นสารยืดอายุการเก็บรักษาผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยว มีการศึกษาโดยใช้ไคโทซานเคลือบผิวผลไม้ชนิดต่างๆ เพื่อยืดอายุการเก็บรักษา เช่น ลำไย เมื่อทำการจุ่มไคโทซานและเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส สามารถคงคุณลักษณะภายนอก ลดการสูญเสียน้ำหนักและลดการเกิดโรคเมื่อเทียบกับชุดควบคุม (Jiang and Li, 2001) สำหรับองุ่นนั้นมีการทดลองจุ่มไคโทซานและไคโทซานร่วมกับ Grapefruit seed extract เป็นระยะเวลา 1 นาที พบว่า ชุดการทดลองดังกล่าว ทำให้องุ่นสามารถคงรสชาติไว้ได้ดีกว่าชุดควบคุมที่ไม่ได้จุ่มไคโทซาน เมื่อผ่านการเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 สัปดาห์ (Xu *et al*.,2007) นอกจากนี้มีการทดลองจุ่มเนื้อมะม่วงลงในไคโทซาน พบว่าสามารถคงลักษณะของรสชาติและสีของเนื้อมะม่วงได้ดีกว่าเนื้อมะม่วงที่ไม่ได้รับการจุ่มไคโทซาน เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 6 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 7 วัน (Chien *et al*., 2007) และการทดลองในแห้ว (*Eleocharis tuerosa*) พบว่า เมื่อจุ่มแห้วในไคโทซานเป็นเวลา 1 นาที จะช่วยคงลักษณะสีและรสชาติไว้ได้ อีกทั้งยังรักษาปริมาณกรด ascorbic อีกด้วย (Pen and Jiang, 2003)

3. ไนเตรท

พืชแต่ละชนิดจะมีการสะสมปริมาณสารไนเตรทไม่เท่ากัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของพืชและฤดูกาลที่เพาะปลูก (ธรรมศักดิ์ ทองเกตุ และคณะ, 2545) ซึ่งผักสลัดจัดอยู่ในจำพวกผักที่มีปริมาณไนเตรทสูงมาก คือ มีปริมาณไนเตรทสะสมมากกว่า 2500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักสด ตามที่แสดงไว้ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงการแบ่งชนิดของผักตามปริมาณไนเตรท ในหน่วยมิลลิกรัมต่อกิโลกรัมของน้ำหนักสด (ที่มา: Santamaria, 2006)

Nitrate content (mg/kg FW)	Vegetable varieties
Very low (< 200)	Artichoke, asparagus, broad bean, eggplant, garlic, onion, green bean, melon, mushroom, pea, pepper, potato, summer, squash, sweet potato, tomato, watermelon
Low (200-500)	Broccoli, carrot, cauliflower, cucumber, pumpkin, 'puntarelle' chicory
Middle (500-1000)	Cabbage, broccoli, dill, savoy cabbage, turnip
High (1000-2500)	Celeriac, Chinese cabbage, endive, fennel, kohlrabi, leek, parsley
Very high (> 2500)	Celery, cress, chervil. lettuce, Radish, red beetroot, spinach, rocket

ซึ่งพืชจะดูดซึมไนเตรทผ่านทางรากซึ่งจะเปลี่ยนไปเป็น organic nitrogen compounds ผ่านขั้นตอนต่างๆ เริ่มจากการเปลี่ยนไนเตรทเป็นไนไตรท์ใน cytosol โดยมีเอนไซม์ nitrate reductase ดังสมการ

$$NO_3^- + NADPH + H^+ + 2\,e^- \xrightarrow{\text{nitrate reductase}} NO_2^- + NADP^+ + H_2O$$

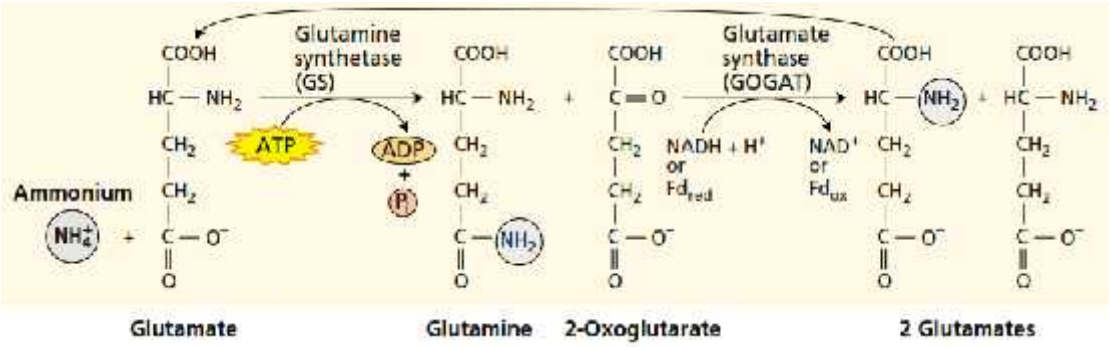
แต่ไนไตรท์เป็นอันตรายต่อเซลล์ เซลล์พืชจึงทำการขนส่งไนไตรท์จาก cytosol ไปยังคลอโรพลาสต์ในใบและพลาสติดในราก เนื่องจากภายในคลอโรพลาสต์และพลาสติด มีเอนไซม์ nitrite reductase เป็นเอนไซม์ที่ทำหน้าที่เปลี่ยน ไนไตรท์เป็นแอมโมเนียม ดังสมการ

$$NO_2^- + 6\,Fd_{red} + 8\,H^+ + 6\,e^- \longrightarrow NH_4^+ + 6\,Fd_{ox} + 2\,H_2O$$

Fd_{red} = reduced ferredoxin

Fd_{ox} = oxidized ferredoxin

หลังจากนั้น เซลล์พืชจะทำการเปลี่ยน แอมโมเนียม ไปเป็น กรดอะมิโน ผ่านเอนไซม์ 2 ชนิด คือ เอนไซม์ Glutamine synthetase ซึ่งจะทำให้แอมโมเนียมจับกับ กลูตาเมต ทำให้กลายเป็นกลูตามีน แต่ปฏิกิริยาดังกล่าวต้องพึ่งพาพลังงาน(ภาพที่ 1) และเอนไซม์ Glutamate synthase ซึ่งเอนไซม์ดังกล่าวจะทำหน้าที่ย้ายหมู่เอไมด์ของกลูตามีน ไปให้ 2-oxoglutarate ผลที่ได้คือ กลูตาเมท 2 โมเลกุล (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 แสดงโครงสร้างโมเลกุลและเส้นทางการเปลี่ยนแอมโมเนียไปเป็นกรดอะมิโน (ที่มา: Taiz and Zeiger, 2006)

เนื่องจากผักสลัดนั้น มีปริมาณไนเตรทตกค้างสูงมาก คือ มากกว่า 2500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักสด (Santamaria, 2006) ทำให้ทางสหภาพยุโรปได้กำหนดค่าปริมาณไนเตรทตกค้างสูงสุดของผักสลัดไว้ที่ 2000-2500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักสด (Food Standards Agency, 2005) และปริมาณไนเตรทที่ได้รับต่อวันไม่ควรเกิน 3.7 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม (European Union SCF, 1995) โดยการได้รับปริมาณไนเตรทเกินกว่าที่กำหนดจะเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็งในระบบทางเดินอาหารและโรค methemoglobinemia (Ting *et al*., 2007)

จากการสำรวจปริมาณไนเตรทตกค้างที่อยู่ในผักสลัดที่ปลูกด้วยวิธีไฮโดรพอนิกที่วางจำหน่ายในห้างสรรพสินค้าในกรุงเทพมหานคร พบว่า ในช่วงฤดูฝนผักสลัดปลูกด้วยวิธีไฮโดรพอนิกที่วางจำหน่ายในห้างสรรพสินค้าในกรุงเทพมหานครนั้น จะมีค่าปริมาณไนเตรทตกค้างต่ำกว่าที่ทางสหภาพยุโรปกำหนดไว้ (มากกว่า 2500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักสด) แต่ในการสำรวจในช่วงฤดูหนาวและฤดูร้อนนั้นกลับพบว่า ผักสลัดปลูกด้วยวิธีไฮโดรพอนิกที่วางจำหน่ายในห้างสรรพสินค้าในกรุงเทพมหานครนั้นมีค่าเกินกว่าที่ทางสหภาพยุโรปกำหนดไว้ (ธรรมศักดิ์ ทองเกตุ และคณะ, 2545)

ซึ่งการลดปริมาณไนเตรทนั้น Santamaria และ Gonnella (2001) ได้มีการเสนอการลดปริมาณไนตรทในผักสลัด ‘Rocket’ ด้วยการลดไนเตรทออกบางส่วนหรือกำจัดไนเตรททั้งหมดออกจากสารละลายธาตุอาหารในช่วงระยะสุดท้ายก่อนเก็บเกี่ยวหรือใช้ เกลือแอมโมเนียม (NH_4-N) ควบคู่กับไนเตรท แทนที่จะใช้ไนเตรทในการเป็นแหล่งไนโตรเจนเพียงอย่างเดียว

บทที่ 3

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดลอง

1 วัสดุอุปกรณ์

1.1 พืชทดลอง

ผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ โดยปลูกทดลองที่โรงเรือนตาข่าย ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.2 อุปกรณ์

กระบะพลาสติกขนาด 49×37×13 เซนติเมตร
ถุงพลาสติกร้อนขนาด 12×18 นิ้ว
ถุงซิบขนาด 8×12 เซนติเมตร
อลูมิเนียมฟอยล์ (aluminium foil)
กระติกน้ำแข็งแบบอลูมิเนียม
กรวยกรอง
นาฬิกาจับเวลา
ขวดบรรจุสารเคมีขนาด 250 500 และ 1,000 มิลลิลิตร
แท่งแก้ว
เครื่องเขย่าผสมสาร (vortex mixer)
แผ่นโฟมหนา 1 นิ้ว
ฟองน้ำ
เครื่องชั่งอย่างละเอียดทศนิยม 3 ตำแหน่ง
เครื่องชั่งอย่างละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง
สายวัด
บีกเกอร์ขนาด 50 500 และ 1,000 มิลลิลิตร
กระบอกตวงขนาด 10 50 100 1,000 และ 2,000 มิลลิลิตร
ขวดรูปชมพู่ขนาด 125 มิลลิลิตร
ตะแกรงทองเหลืองขนาดของช่องตะแกรง 0.18 × 0.18 มิลลิเมตร
แท่นให้ความร้อนและคนสาร (hot plate & stirrer)

ไมโครปิเปตขนาด 200 1,000 และ 5,000 ไมโครลิตร
ไมโครปิเปตทิปขนาด 200 1,000 และ 5,000 ไมโครลิตร
เทอร์โมมิเตอร์
กล้องถ่ายรูปชนิดดิจิตอล
กระดาษกรอง whatman เบอร์ 1
โกร่งและลูกโกร่ง
กระบอกน้ำกลั่น
กรวยแก้ว
กล่องโฟม
หลอดทดลองฝาเกลียวขนาด 15 มิลลิลิตร
หลอดทดลองขนาด 15 มิลลิลิตร
ที่วางหลอดทดลองขนาด 15 มิลลิลิตร
ตู้อบ (hot air oven)
เครื่องวัดค่ากรด-เบส (pH meter)
อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (water bath)
เครื่องปั่นเหวี่ยงตกตะกอนชนิดควบคุมอุณหภูมิ (refrigerated centrifuge)
ตู้เย็น
ตู้แช่ที่อุณหภูมิ -80^{0}C
เครื่องวัดการดูดกลืนแสง DR2000 spectrophotometer, Hach
เครื่องวัดการดูดกลืนแสง G1103A, Agilent Technologies, Germany
เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้น (thermo-hygrometer)
เครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า (Digital conductivity meter)

1.3 สารเคมี

ไคโทซาน

- ชนิด P80 หมายถึง chitosan polymer ที่มี degree of deacetylation 80-90% (MW = 530,000 Da)
- ชนิด O80 หมายถึง chitosan oligomer ที่ได้จากการใช้ chitinase ตัด P80 ซึ่งมี degree of deacetylation 80-90% (MW = 45,000 Da)

ไคโทซานทั้ง 2 แบบได้รับความอนุเคราะห์จาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. รัฐ พิชญางกูร ภาควิชาชีวเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

น้ำกรอง (carbon filtered water)
น้ำกลั่น (double distilled water)
น้ำ deionize
2,6-dichlorophenolindolphenol sodium salt hydrate (DCIP)
acetic acid
acetone
activated charcoal
dinitrophenylhydrazine (DNPH)
ethanol
liquid nitrogen
meta-Phosphoric acid
nitraver 5 nitrate reagent (Hach company world headquarters)
sodium hydroxide (NaOH)
sulfuric acid
thiourea

2 วิธีการทดลอง

2.1 ศึกษาผลของชนิดและความเข้มข้นของไคโทซานที่มีต่อการเติบโตของผักสลัด 'ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก'

2.1.1 นำเมล็ดผักสลัด 'ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก' ที่มีอายุ 10 วัน นับจากเพาะเมล็ด มาวางแผนการทดลองแบบ randomized complete block design (RCBD) โดยมีจำนวนซ้ำ 3 ซ้ำ และมีชุดการทดลองดังนี้
ชุดการทดลองที่ 1 สารละลายธาตุอาหารที่ดัดแปลงจากสูตร Hoagland (Hoagland and Arnon, 1950) (ภาคผนวก ก) เป็นชุดควบคุม
ชุดการทดลองที่ 2 สารละลายธาตุอาหารที่ดัดแปลงจากสูตร Hoagland+ไคโทซาน O80 ความเข้มข้น 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร (O0.1)
ชุดการทดลองที่ 3 สารละลายธาตุอาหารที่ดัดแปลงจากสูตร Hoagland+ไคโทซาน O80 ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร (O1)
ชุดการทดลองที่ 4 สารละลายธาตุอาหารที่ดัดแปลงจากสูตร Hoagland+ไคโทซาน O80 ความเข้มข้น 5 มิลลิกรัมต่อลิตร (O5)

ชุดการทดลองที่ 5 สารละลายธาตุอาหารที่ดัดแปลงจากสูตร Hoagland+ไคโทซาน P80 ความเข้มข้น 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร (P0.1)

ชุดการทดลองที่ 6 สารละลายธาตุอาหารที่ดัดแปลงจากสูตร Hoagland+ไคโทซาน P80 ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร (P1)

ชุดการทดลองที่ 7 สารละลายธาตุอาหารที่ดัดแปลงจากสูตร Hoagland+ไคโทซาน P80 ความเข้มข้น 5 มิลลิกรัมต่อลิตร (P5)

ทำการปลูกเลี้ยงเป็นระยะเวลา 35 วัน และเปลี่ยนสารละลายทุก 7 วัน ทำการทดลองใน 3 ช่วงฤดูกาล คือ

-ฤดูร้อนประมาณช่วงกลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนพฤษภาคม (อุณหภูมิอยู่ในช่วง 25-36 องศาเซลเซียสและความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 66%)

-ฤดูฝนประมาณช่วงกลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม (อุณหภูมิในช่วง 25-35 องศาเซลเซียสและความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 70.5%)

-ฤดูหนาวประมาณช่วงกลางเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์ (อุณหภูมิอยู่ในช่วง 23-34 องศาเซลเซียสและความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 64%) (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2550)

2.1.2 นำผักสลัดที่ได้เพาะปลูกจากข้อ 2.1.1 มาบันทึกน้ำหนักสดและจำนวนใบในวันแรกที่ทำการเก็บเกี่ยว และหลังจากศึกษาคุณภาพผักสลัด 10 วันหลังการเก็บเกี่ยวในข้อ 2.2 จึงนำผักสลัดไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน เพื่อบันทึกค่าน้ำหนักแห้งของผักสลัด

2.2 ศึกษาผลของชนิดและความเข้มข้นของไคโทซานที่มีต่ออายุหลังการเก็บเกี่ยวและลักษณะภายนอกของผักสลัด 'ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก'

นำผักสลัดที่ชั่งน้ำหนักสดแล้วในข้อ 2.1.2 มาบรรจุในถุงพลาสติก 1 หัวต่อถุงเก็บไว้ในอุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 วัน จากนั้นทำการหาค่าการสูญเสียน้ำหนักสด และทำการประเมินตลอดจนบันทึกคะแนนคุณลักษณะภายนอก

การสูญเสียน้ำหนักสด

ทำการชั่งน้ำหนักสดของผักสลัด หลังจากเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 วัน แล้วนำมาเปรียบเทียบน้ำหนักสดในวันแรกที่ทำการเก็บเกี่ยว คำนวณเทียบออกมาในรูปเปอร์เซ็นต์ของการสูญเสียน้ำหนักสด ดังสมการต่อไปนี้

$$\%\text{ของการสูญเสียน้ำหนักสด} = \frac{(\text{น้ำหนักก่อนการเก็บรักษา} - \text{น้ำหนักหลังการเก็บรักษา}) \times 100}{\text{น้ำหนักก่อนเก็บรักษา}}$$

ลักษณะภายนอกที่ปรากฏ

ทำโดยการให้คะแนนตั้งแต่ 9-1 คะแนน โดยอาศัยเกณฑ์ดังต่อไปนี้ (Kader *et al*., 1973)

9 คะแนน สำหรับผักสลัดที่มีลักษณะดีมาก ใบไม่เน่าและเหี่ยวแห้ง

8 คะแนน สำหรับผักสลัดที่มีลักษณะดี ใบมีอาการเน่าหรือเหี่ยว 1 ใบ

7 คะแนน สำหรับผักสลัดที่มีลักษณะดี ใบมีอาการเน่าหรือเหี่ยว 2 ใบ

6 คะแนน สำหรับผักสลัดที่มีลักษณะปานกลาง ใบมีอาการเน่าหรือเหี่ยว 3 ใบ

5 คะแนน สำหรับผักสลัดที่มีลักษณะปานกลาง ใบมีอาการเน่าหรือเหี่ยว 4 ใบ

4 คะแนน สำหรับผักสลัดที่มีลักษณะแย่ ใบมีอาการเน่าหรือเหี่ยว 5 ใบ

3 คะแนน สำหรับผักสลัดที่มีลักษณะแย่ ใบมีอาการเน่าหรือเหี่ยว 6 ใบ

2 คะแนน สำหรับผักสลัดที่มีลักษณะแย่มาก ใบมีอาการเน่าหรือเหี่ยว 7 ใบ

1 คะแนน สำหรับผักสลัดที่มีลักษณะแย่มาก ใบมีอาการเน่าหรือเหี่ยวมากกว่า 8 ใบ

โดยผักสลัดที่มีคะแนนต่ำกว่า 5 คะแนน ถือว่าไม่สามารถยอมรับได้

2.3 ศึกษาผลของไคโทซานที่มีต่อปริมาณเส้นใย ปริมาณกรด ascorbic และปริมาณรงควัตถุของผักสลัด 'ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก'

จากผลการทดลองในข้อ 2.1 เลือกผักสลัดจากชุดการทดลองที่ให้ผลดีที่สุดของไคโทซาน polymer (P) และ oligomer (O) หาปริมาณกรด ascorbic ปริมาณรงควัตถุ และปริมาณเส้นใย โดยเปรียบเทียบกับชุดควบคุม ชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ ซ้ำละ 2 ต้น

ปริมาณเส้นใยทั้งหมด (Gould, 1977 อ้างอิงใน นวลนภา เจริญรวย, 2548)

ชั่งน้ำหนักใบผักสลัดประมาณ 1.5 กรัม ด้วยเครื่องชั่งละเอียด 3 ตำแหน่ง แล้วบดให้ละเอียดด้วยโกร่ง ใส่น้ำเดือด 12 มิลลิลิตร และใส่ 50% NaOH 1.5 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 10 นาที กรองด้วยตะแกรงทองเหลืองมีช่องขนาด 0.18 × 0.18 มิลลิเมตร ฉีดล้างเส้นใยให้เป็นสีขาวด้วยน้ำกลั่น เทเส้นใยลงในกระดาษกรอง whatman เบอร์ 1 ที่อบแห้งและทราบน้ำหนักแล้ว นำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา

3 วัน แล้วนำมาชั่งหาน้ำหนัก คำนวณเทียบออกมาในรูปเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักเส้นใยต่อน้ำหนักสด ดังสมการต่อไปนี้

$$\% \text{ ปริมาณเส้นใย} = \frac{\text{น้ำหนักเส้นใย}}{\text{น้ำหนักสดของตัวอย่างที่ใช้}} \times 100$$

ปริมาณกรด ascorbic (Shin *et al*., 2007)

ชั่งน้ำหนักใบผักสลัดประมาณ 1 กรัม ด้วยเครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง แล้วบดให้ละเอียดด้วยโกร่ง จากนั้นเติม 6% meta-Phosphoric acid ใน 2 M acetic acid ปริมาณ 10 มิลลิลิตร นำไปปั่นด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยง 5000 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที ดูดส่วนใสมา 1 มิลลิลิตร เติม 0.2% DCIP 0.05 มิลลิลิตร นำไปเก็บไว้ในที่มืด เป็นเวลา 1 ชั่วโมง เติม 2% thiourea ใน 5% meta-Phosphoric acid ปริมาณ 1 มิลลิลิตร และ 2% DNPH ใน 4.5 mol sulfuric acid ปริมาณ 0.5 มิลลิลิตร นำไปต้มที่ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำไปแช่เย็นทันที และเติม 90% sulfuric acid ที่เย็น ปริมาณ 2.5 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร นำค่าที่ได้ไปคำนวณหาปริมาณกรด ascorbic จากกราฟมาตราฐานที่ได้จากความเข้มข้นของกรด ascorbic 0-40 mM

ปริมาณรงควัตถุ (ดัดแปลงจาก Devesa *et al*, 2007)

ชั่งน้ำหนักใบผักสลัดประมาณ 0.5 กรัม ด้วยเครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง แล้วบดให้ละเอียดด้วยโกร่ง ใส่ 80% acetone ปริมาณ 15 มิลลิลิตร ทิ้งในที่มืดเป็นเวลา 1 คืน นำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 470 646.8 และ 663.2 นาโนเมตร นำมาคำนวณหาปริมาณรงควัตถุดังสมการต่อไปนี้

คลอโรฟิลล์ *เอ* (C_a) = $12.25(A_{663.2}) - 2.79(A_{646.8})$

คลอโรฟิลล์ *บี* (C_b) = $12.25(A_{646.8}) - 2.79(A_{663.2})$

แคโรทีนอยด์ = $[1000(A_{470}) - 1.82(C_a) - 85 - 0.02(C_b)] / 198$

ค่าที่ได้มีหน่วยเป็น ไมโครกรัมต่อกรัม

2.4 ศึกษาการลดปริมาณไนเตรทตกค้างในผักสลัด 'ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก'

2.4.1 เลือกชุดการทดลองที่ผักสลัดให้ผลผลิตสูงกว่าชุดควบคุมจากผลการทดลองในข้อ 2 (ซึ่งคือชุดการทดลองที่ได้รับไคโทซานชนิด O80 ที่ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร) มาทำการศึกษา เพื่อปรับวิธีการเพาะเลี้ยงเพื่อลดปริมาณไนเตรท มาวางแผนการทดลองแบบ randomized complete block design (RCBD) จำนวน 3 ซ้ำ และมีชุดการทดลองดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 สารละลายธาตุอาหารที่ดัดแปลงจากสูตร Hoagland (ภาคผนวก ก)

ชุดการทดลองที่ 2 สารละลายธาตุอาหารที่ดัดแปลงจากสูตร Hoagland+ไคโทซาน

ชุดการทดลองที่ 3 สารละลายธาตุอาหารที่ดัดแปลงจากสูตร Hoagland และงดใช้ NO_3 ก่อนเก็บเกี่ยวผลผลิต 7 วัน โดยให้ KCl และ $CaCl_2$ ทดแทน KNO_3 และ $Ca(NO_3)_2$ ตามลำดับ (ภาคผนวก ข)

ชุดการทดลองที่ 4 สารละลายธาตุอาหารที่ดัดแปลงจากสูตร Hoagland+ไคโทซาน และงดใช้ NO_3^- ก่อนเก็บเกี่ยวผลผลิต 7 วัน โดยให้ KCl และ $CaCl_2$ ทดแทน KNO_3 และ $Ca(NO_3)_2$ ตามลำดับ

ชุดการทดลองที่ 5 สารละลายธาตุอาหารที่ดัดแปลงจากสูตร Hoagland (ภาคผนวก ก) และเปลี่ยนสารละลายธาตุอาหารเป็นน้ำ ก่อนเก็บเกี่ยวผลผลิต 2 วัน (Santamaria and Gonnella, 2001)

ชุดการทดลองที่ 6 สารละลายธาตุอาหารที่ดัดแปลงจากสูตร Hoagland+ไคโทซาน และเปลี่ยนสารละลายธาตุอาหารเป็นน้ำ ก่อนเก็บเกี่ยวผลผลิต 2 วัน แต่ยังให้ไคโทซานตามปกติ

2.4.2 ทำการเพาะผักสลัดจนมีอายุ 10 วัน จากนั้นย้ายลงในสารละลายธาตุอาหาร แล้วทำการปลูกเลี้ยงเป็นระยะเวลา 35 วัน และเปลี่ยนสารละลายทุก 7 วัน นำผักสลัดที่ได้จากการเพาะปลูก มาบันทึกน้ำหนักสดในวันแรกที่ทำการเก็บเกี่ยว และหาปริมาณไนเตรทที่ตกค้างในใบผักสลัด

ปริมาณไนเตรทตกค้างในใบ

1. ชั่งน้ำหนักใบผักสลัดประมาณ 2.5 กรัม ด้วยเครื่องชั่งละเอียด 3 ตำแหน่ง บดให้ละเอียดในโกร่ง ใส่น้ำ deionize ปริมาณ 100 มิลลิลิตร และเติม activated

charcoal จนสารละลายใสไม่มีสี จากนั้นกรองด้วยกระดาษกรอง whatman เบอร์ 1

2. นำส่วนที่ได้จากการกรอง ปริมาณ 25 มิลลิลิตร ใส่ nitraver 5 nitrate reagent เขย่า 2 นาที ตั้งทิ้งไว้ 5 นาที นำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 500 นาโนเมตร นำค่าที่ได้ไปคำนวณหาปริมาณไนเตรท จากกราฟมาตราฐานที่ได้จาก potassium nitrate 0-90 mM

บทที่ 4

ผลการทดลอง

1. ผลของชนิดและความเข้มข้นของไคโทซานที่มีต่อการเติบโตของผักสลัด 'ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก'

1.1 น้ำหนักสดต่อต้น

จากการทดลองปลูกผักสลัด 'ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก' ด้วยวิธีไฮโดรพอนิกในช่วงฤดูฝน พบว่า ผักสลัดในชุดการทดลองที่ได้รับไคโทซานชนิดโอลิโกเมอร์ที่ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร และในชุดการทดลองที่ได้รับไคโทซานชนิดพอลิเมอร์ที่ความเข้มข้น 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าน้ำหนักสดคือ 78.44 และ 79.43 กรัมต่อต้น ตามลำดับ ซึ่งมีค่ามากกว่าชุดควบคุมที่ไม่ได้รับไคโทซาน คือ 77.78 กรัมต่อต้น (ภาพที่ 2 และตาราง ข.1)

จากการทดลองปลูกผักสลัด 'ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก' ด้วยวิธีไฮโดรพอนิกในช่วงฤดูหนาว พบว่า ชุดการทดลองที่ได้รับไคโทซานชนิดโอลิโกเมอร์ทุกความเข้มข้น และชุดการทดลองที่ได้รับไคโทซานชนิดพอลิเมอร์ที่ความเข้มข้น 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าน้ำหนักสดมากกว่าชุดควบคุม โดยที่น้ำหนักสดของชุดการทดลองที่ได้รับไคโทซานชนิดโอลิโกเมอร์ที่ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตรมีค่ามากที่สุด คือ 97.53 กรัมต่อต้น และมีค่ามากกว่าชุดควบคุม (78.99 กรัมต่อต้น) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 3 และตาราง ข.2)

จากการทดลองปลูกผักสลัด 'ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก' ด้วยวิธีไฮโดรพอนิกในช่วงฤดูร้อน พบว่า ทุกชุดการทดลองที่ได้รับไคโทซานทั้งชนิดโอลิโกเมอร์และชนิดพอลิเมอร์มีค่าน้ำหนักสดที่มากกว่าชุดการทดลองควบคุมที่ไม่ได้รับไคโทซาน โดยที่ชุดการทดลองที่ได้รับไคโทซานชนิดโอลิโกเมอร์ที่ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตรนั้นมีค่าน้ำหนักสดมากที่สุด คือ 63.70 กรัมต่อต้น และมีค่ามากกว่าชุดควบคุม (46.02 กรัมต่อต้น) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 4 และตาราง ข.3)

1.2 น้ำหนักแห้งต่อต้น

จากการทดลองในช่วงฤดูฝน เมื่อนำผักสลัดทำการการทดลองไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน พบว่า ชุดการทดลองที่ไม่ได้รับไคโทซาน มีค่าน้ำหนักแห้ง คือ 2.711 กรัมต่อต้น ซึ่งมีค่ามากกว่าชุดการทดลองที่ได้รับไคโทซาน แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 5 และตาราง ข.4)

จากการทดลองในช่วงฤดูหนาว เมื่อนำผักสลัดที่ทำการการทดลองไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วันพบว่า ชุดการทดลองที่ได้รับไคโทซานชนิดโอลิโกเมอร์ทุกความเข้มข้น และชุดการทดลองที่ได้รับไคโทซานชนิดพอลิเมอร์ที่ความเข้มข้น 0.1 และ 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าน้ำหนักแห้งมากกว่าชุดควบคุม แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยชุดควบคุมมีค่าน้ำหนักแห้งเท่ากับ 2.292 กรัมต่อต้น ส่วนชุดการทดลองที่ได้รับไคโทซานชนิดโอลิโกเมอร์ที่ความเข้มข้น 0.1 1.0 และ 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าน้ำหนักแห้ง เท่ากับ 2.330 2.642 และ 2.645 กรัมต่อต้น ตามลำดับ และชุดการทดลองที่ได้รับไคโทซานชนิดพอลิเมอร์ที่ความเข้มข้น 0.1 และ 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าน้ำหนักแห้ง เท่ากับ 2.342 และ 2.448 กรัมต่อต้น ตามลำดับ (ภาพที่ 6 และตาราง ข.5)

จากการทดลองในช่วงฤดูร้อน เมื่อนำผักสลัดทำการการทดลองไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน พบว่า ชุดการทดลองที่ได้รับไคโทซานชนิดโอลิโกเมอร์ที่ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าน้ำหนักแห้งมากที่สุด คือ 2.525 กรัมต่อต้นและมีค่ามากกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 7 และตาราง ข.6)

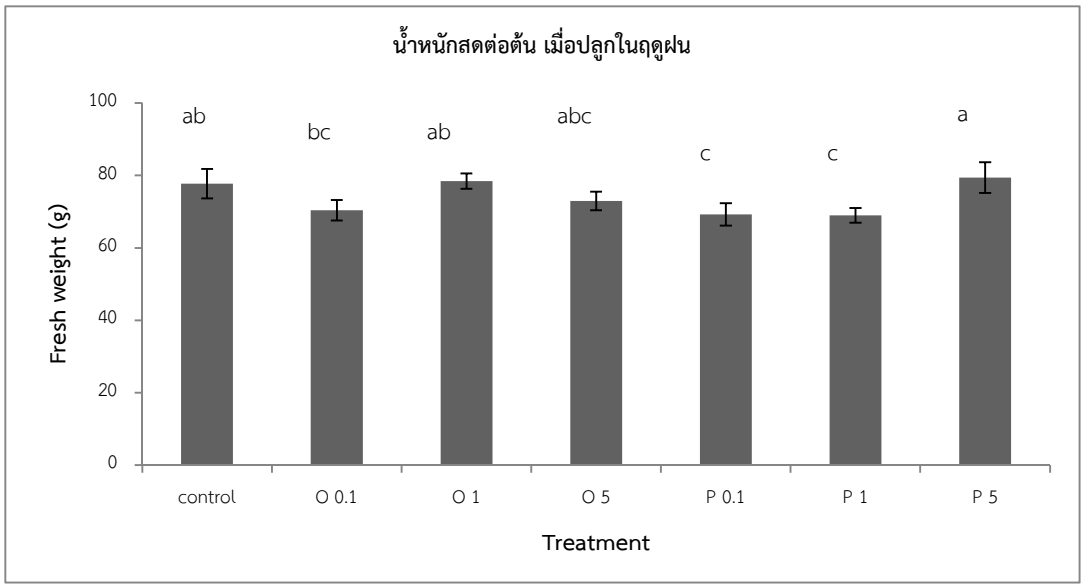
1.3 จำนวนใบต่อต้น

จากการทดลองปลูกผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ด้วยวิธีไฮโดรพอนิกในช่วงฤดูฝน พบว่า ผักสลัดในชุดการทดลองที่ได้รับไคโทซานชนิดโอลิโกเมอร์ที่ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร มีจำนวนใบมากที่สุด คือ 16.83 ใบ ซึ่งมากกว่าชุดควบคุม ที่มีจำนวนใบเท่ากับ 16.42 ใบ และพบว่า ผักสลัดในชุดการทดลองที่ได้รับไคโทซานชนิดพอลิเมอร์ที่ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร จะมีจำนวนใบน้อยที่สุด คือ 15.50 ใบ โดยเมื่อเทียบในทุกชุดการทดลองกลับไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 8 และตาราง ข.7)

จากการทดลองปลูกผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ด้วยวิธีไฮโดรพอนิกในช่วงฤดูหนาว พบว่า ผักสลัดในชุดการทดลองที่ได้รับไคโทซานชนิดโอลิโกเมอร์ที่ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตรและชุดการทดลองที่ได้รับไคโทซานชนิดพอลิเมอร์ที่ความเข้มข้น 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร มีจำนวนใบมากที่สุด คือ 16.22 ใบ ซึ่งมากกว่าชุดควบคุมที่มีจำนวนใบเท่ากับ 15.33 ใบ และชุดการทดลองที่ได้รับไคโทซานชนิดโอลิโกเมอร์ที่ความเข้มข้น 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร จะมีจำนวนใบน้อยที่สุด คือ 14.89 ใบ โดยเมื่อเทียบในทุกชุดการทดลองกลับไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 9 และตาราง ข.8)

จากการทดลองปลูกผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ด้วยวิธีไฮโดรพอนิกในช่วงฤดูร้อน พบว่า ผักสลัดในชุดการทดลองที่ได้รับไคโทซานมีจำนวนใบมากกว่าชุดควบคุมที่มีจำนวนใบ เท่ากับ 13.53 ใบ

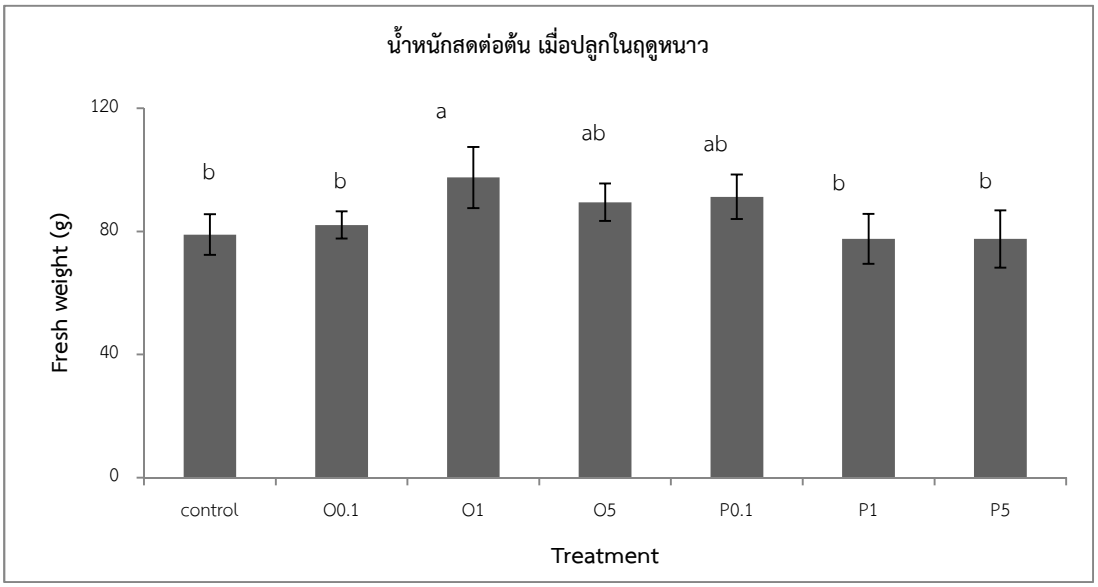
โดยที่ชุดการทดลองที่ได้รับไคโทซานชนิดพอลิเมอร์ที่ความเข้มข้น 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร คือ 15.13 ใบ ซึ่งมากกว่าชุดควบคุมที่มีจำนวนใบเท่ากับ 15.33 ใบ และชุดการทดลองที่ได้รับไคโทซานชนิดโอลิโกเมอร์ที่ความเข้มข้น 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร จะมีจำนวนใบน้อยที่สุด คือ 14.89 ใบ โดยเมื่อเทียบในทุกชุดการทดลองกลับไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 10 และตาราง ข.9)



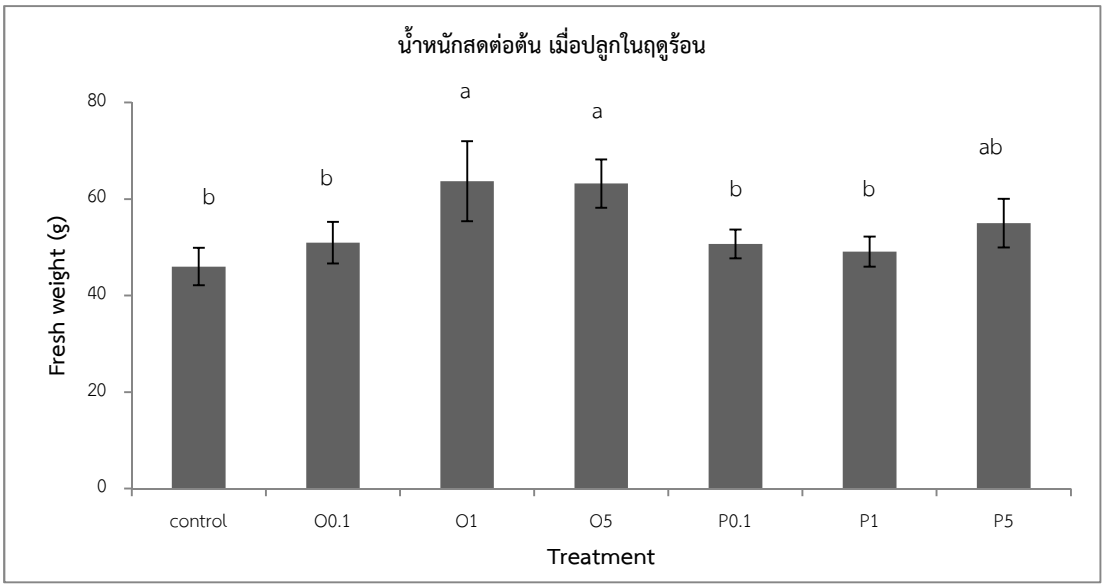
ภาพที่ 2 แสดงน้ำหนักสดต่อต้นของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลาย เมื่อปลูกเลี้ยงในฤดูฝน ช่วงกลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม

* ตัวอักษรที่อยู่เหนือแท่งกราฟที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อวิเคราะห์ด้วยวิธี DMRT ($P \leq 0.05$)

control = สารละลายธาตุอาหารที่ดัดแปลงจากสูตร Hoagland
O0.1 = สารละลายธาตุอาหาร +ไคโทซาน O80 ความเข้มข้น 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร
O1 = สารละลายธาตุอาหาร +ไคโทซาน O80 ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร
O5 = สารละลายธาตุอาหาร +ไคโทซาน O80 ความเข้มข้น 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร
P0.1 = สารละลายธาตุอาหาร +ไคโทซาน P80 ความเข้มข้น 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร
P1 = สารละลายธาตุอาหาร +ไคโทซาน P80 ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร
P5 = สารละลายธาตุอาหาร +ไคโทซาน P80 ความเข้มข้น 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร

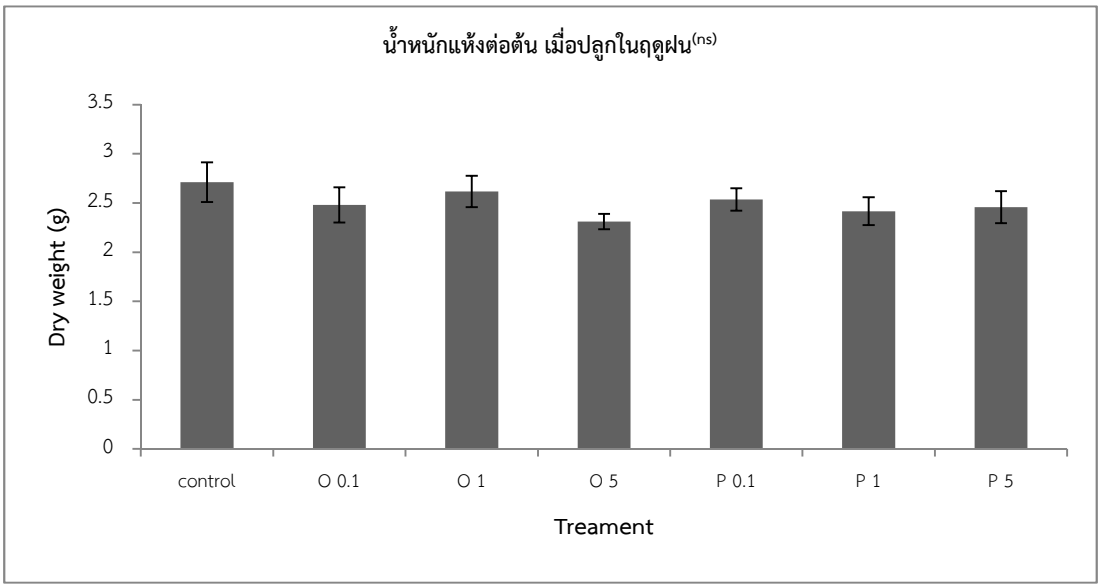


ภาพที่ 3 แสดงน้ำหนักสดต่อต้นของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลาย เมื่อปลูกเลี้ยงในฤดูหนาว ช่วงกลางเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์

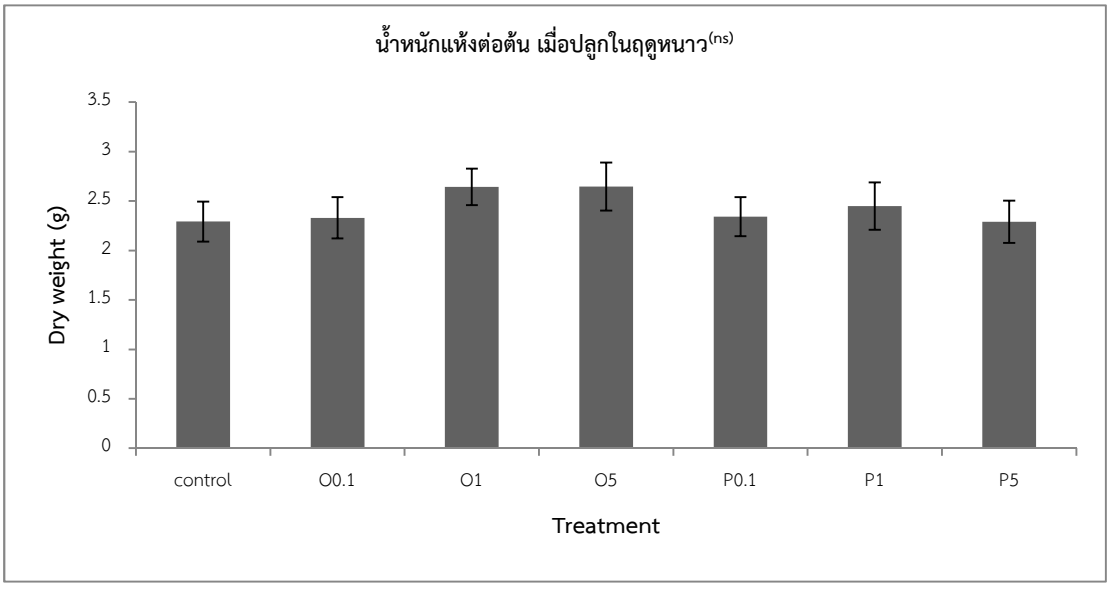


ภาพที่ 4 แสดงน้ำหนักสดต่อต้นของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลาย เมื่อปลูกเลี้ยงในฤดูร้อน ช่วงกลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนพฤษภาคม

* ตัวอักษรที่อยู่เหนือแท่งกราฟที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อวิเคราะห์ด้วยวิธี DMRT ($P \leq 0.05$)

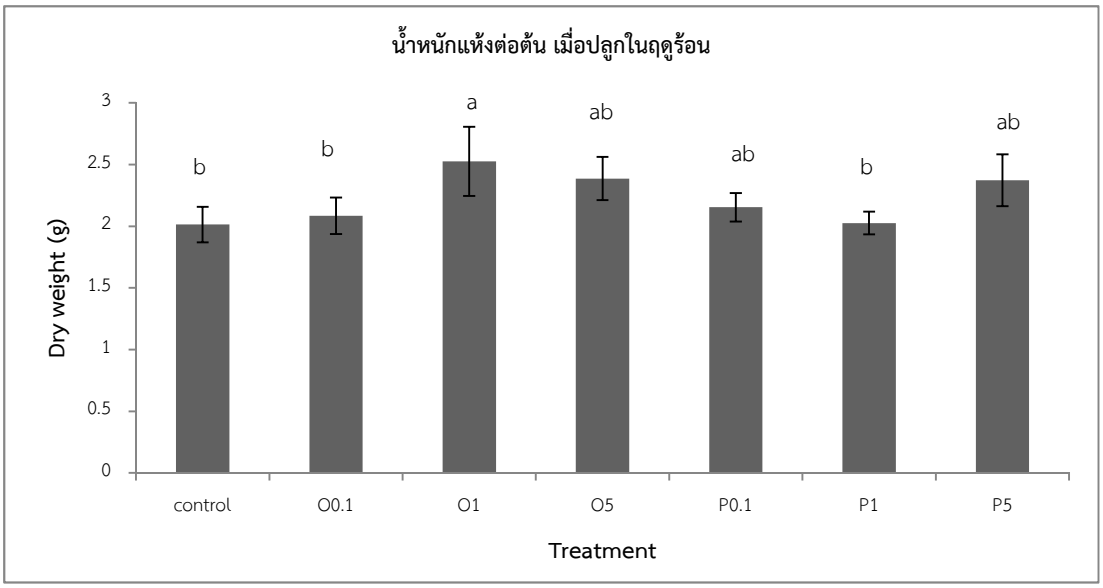


ภาพที่ 5 แสดงน้ำหนักแห้งต่อต้นของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลาย เมื่อปลูกเลี้ยงในฤดูฝน ช่วงกลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม

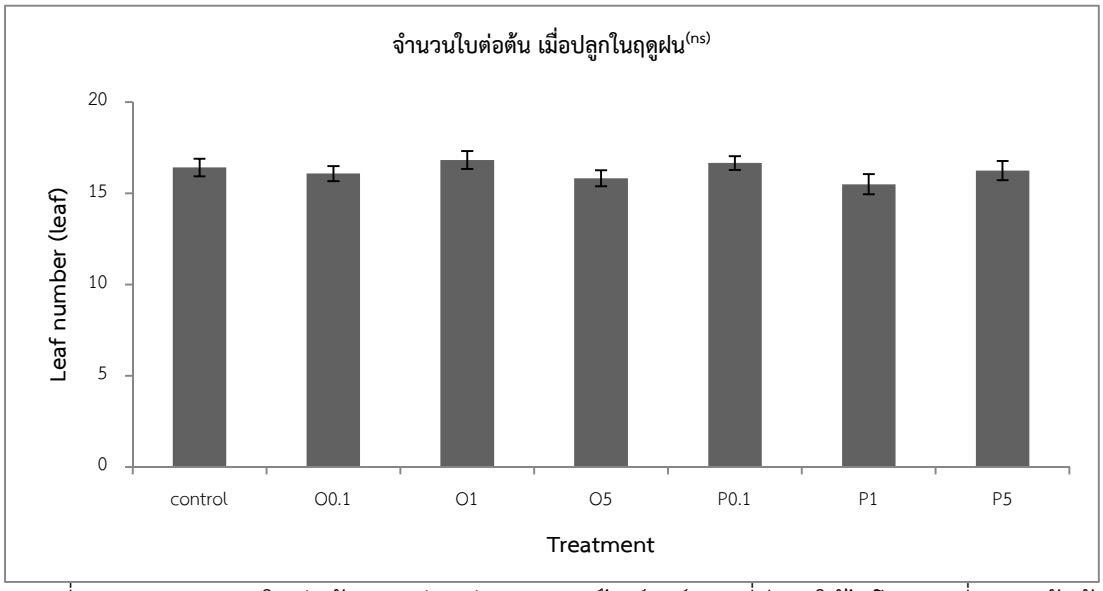


ภาพที่ 6 แสดงน้ำหนักแห้งต่อต้นของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลาย เมื่อปลูกเลี้ยงในฤดูหนาว ช่วงกลางเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์

[ns] หมายถึงค่าเฉลี่ยในชุดการทดลองต่างๆ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ



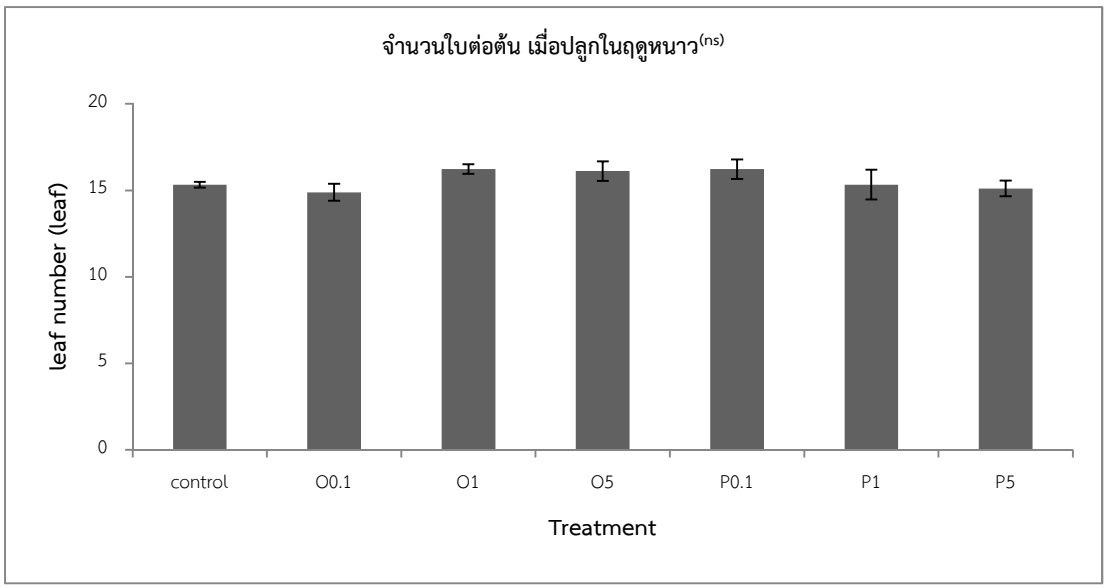
ภาพที่ 7 แสดงน้ำหนักแห้งต่อต้นของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลาย เมื่อปลูกเลี้ยงในฤดูร้อน ช่วงกลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนพฤษภาคม



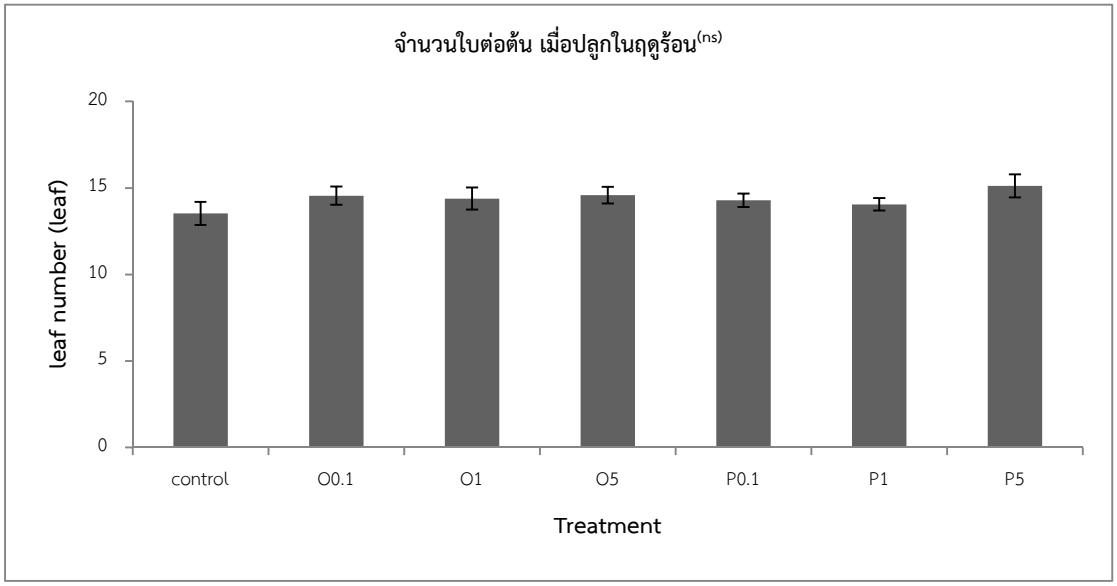
ภาพที่ 8 แสดงจำนวนใบต่อต้นของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลาย เมื่อปลูกเลี้ยงในฤดูฝน ช่วงกลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม

* ตัวอักษรที่อยู่เหนือแท่งกราฟที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อวิเคราะห์ด้วยวิธี DMRT ($P \leq 0.05$)

ns หมายถึงค่าเฉลี่ยในชุดการทดลองต่างๆ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ



ภาพที่ 9 แสดงจำนวนใบต่อต้นของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลาย เมื่อปลูกเลี้ยงในฤดูหนาว ช่วงกลางเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์



ภาพที่ 10 แสดงจำนวนใบต่อต้นของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลาย เมื่อปลูกเลี้ยงในฤดูร้อน ช่วงกลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนพฤษภาคม

[ns] หมายถึงค่าเฉลี่ยในชุดการทดลองต่างๆ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

2. ศึกษาผลของชนิดและความเข้มข้นของไคโทซานที่มีต่ออายุหลังการเก็บเกี่ยวและลักษณะภายนอกของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’

2.1 ลักษณะภายนอกที่ปรากฏ

จากการทดลองปลูกผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ด้วยวิธีไฮโดรพอนิกในช่วงฤดูฝน เมื่อนำมาเก็บไว้ในอุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 วัน พบว่า ชุดการทดลองที่ได้รับไคโทซานชนิดพอลิเมอร์ที่ความเข้มข้น 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร มีคะแนนของลักษณะภายนอกที่ปรากฏมากที่สุด คือ 7.94 และชุดการทดลองที่ได้รับไคโทซานชนิดโอลิโกเมอร์ที่ความเข้มข้น 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร ผักสลัดมีคะแนนของลักษณะภายนอกที่ปรากฏน้อยที่สุด คือ 6.11 โดยที่ทุกชุดการทดลองที่ได้รับไคโทซานกับชุดควบคุม ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 11 และตาราง ข.10)

สำหรับฤดูหนาว เมื่อนำผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่ปลูกได้มาเก็บไว้ในอุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 วัน พบว่า มีเพียงชุดการทดลองที่ได้รับไคโทซานชนิดโอลิโกเมอร์ที่ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่มีคะแนนของลักษณะภายนอกที่ปรากฏมากที่สุด คือ 8.00 โดยที่ทุกชุดการทดลองที่ได้รับไคโทซานไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเทียบกับชุดควบคุม (ภาพที่ 12 และตาราง ข.11)

สำหรับฤดูร้อน เมื่อนำผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่ปลูกได้มาเก็บไว้ในอุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 วัน พบว่า ทุกชุดการทดลองที่ได้รับไคโทซานมีคะแนนของลักษณะภายนอกที่ปรากฏมีแนวโน้มได้คะแนนสูงกว่าชุดควบคุม ยกเว้นชุดการทดลองที่ได้รับไคโทซานชนิดโอลิโกเมอร์ที่ความเข้มข้น 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร

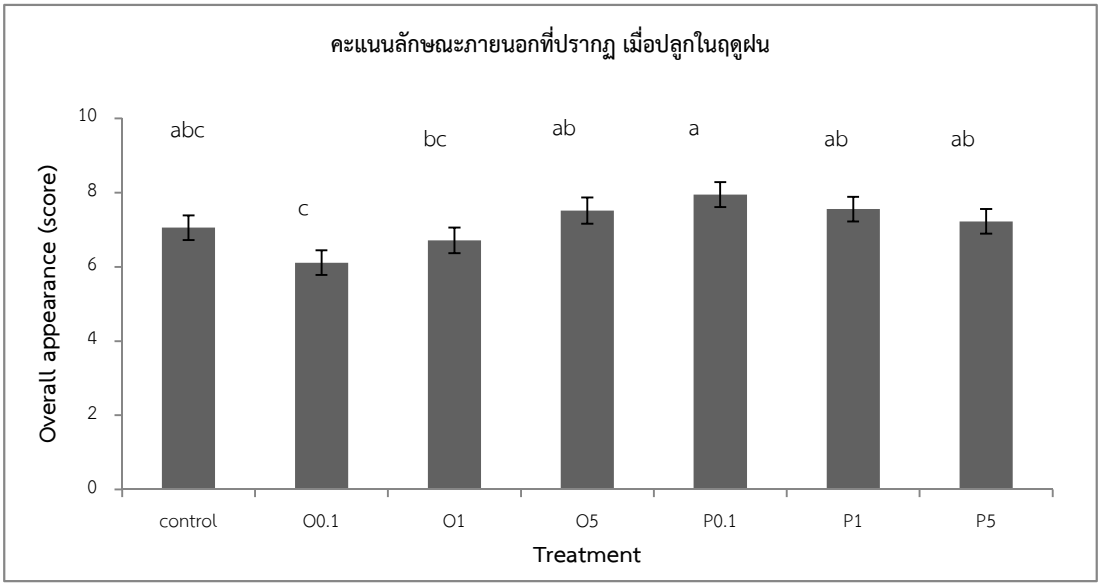
อย่างไรก็ดี ค่าลักษณะภายนอกที่ปรากฏหลังการเก็บรักษาของผักสลัดที่ได้จากแต่ละชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 13 และตาราง ข.12)

2.2 การสูญเสียน้ำหนักสด

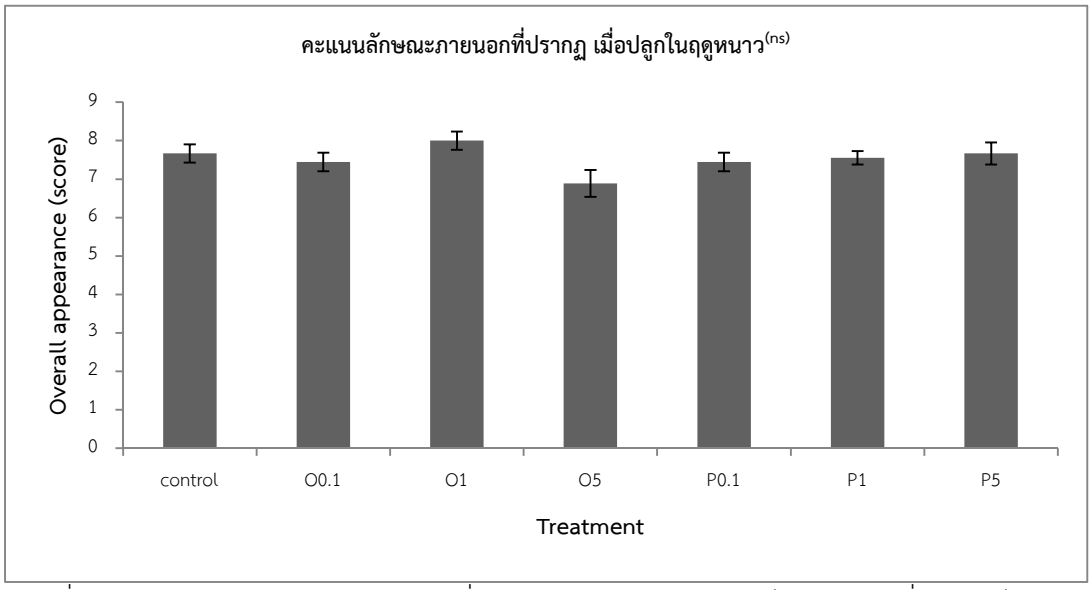
จากการทดลองปลูกผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ด้วยวิธีไฮโดรพอนิกในช่วงฤดูฝน เมื่อนำมาเก็บไว้ในอุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 วัน พบว่า ชุดการทดลองที่ได้รับไคโทซานชนิดพอลิเมอร์ที่ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร มีการสูญเสียน้ำหนักสดน้อยที่สุด คือ 2.80% และมีการสูญเสียน้ำหนักสดน้อยกว่าชุดควบคุม คือ 3.68% และเมื่อเทียบในทุกชุดการทดลองกลับไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 14 และตาราง ข.13)

จากการทดลองปลูกผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ด้วยวิธีไฮโดรพอนิกในช่วงฤดูหนาว เมื่อนำมาเก็บไว้ในอุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 วัน พบว่า ชุดการทดลองที่ได้รับไคโทซาน มีการสูญเสียน้ำหนักสดมากกว่าชุดควบคุม โดยที่ชุดการทดลองที่ได้รับไคโทซานชนิดโอลิโกเมอร์ที่ความเข้มข้น 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร มีการสูญเสียน้ำหนักสดมากที่สุด คือ 3.78% แต่เมื่อเทียบในทุกชุดการทดลองกลับไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 15 และตาราง ข.14)

จากการทดลองปลูกผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ด้วยวิธีไฮโดรพอนิกในช่วงฤดูร้อน เมื่อนำมาเก็บไว้ในอุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 วัน พบว่า ชุดการทดลองที่ได้รับไคโทซานมีการสูญเสียน้ำหนักสดน้อยกว่าชุดควบคุมที่มีการสูญเสียน้ำหนักสด เท่ากับ 7.15% โดยที่ชุดการทดลองที่ได้รับไคโทซานชนิดพอลิเมอร์ที่ความเข้มข้น 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร มีการสูญเสียน้ำหนักสดน้อยที่สุด คือ 3.65% แต่เมื่อเทียบในทุกชุดการทดลองกลับไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 16 และตาราง ข.15)



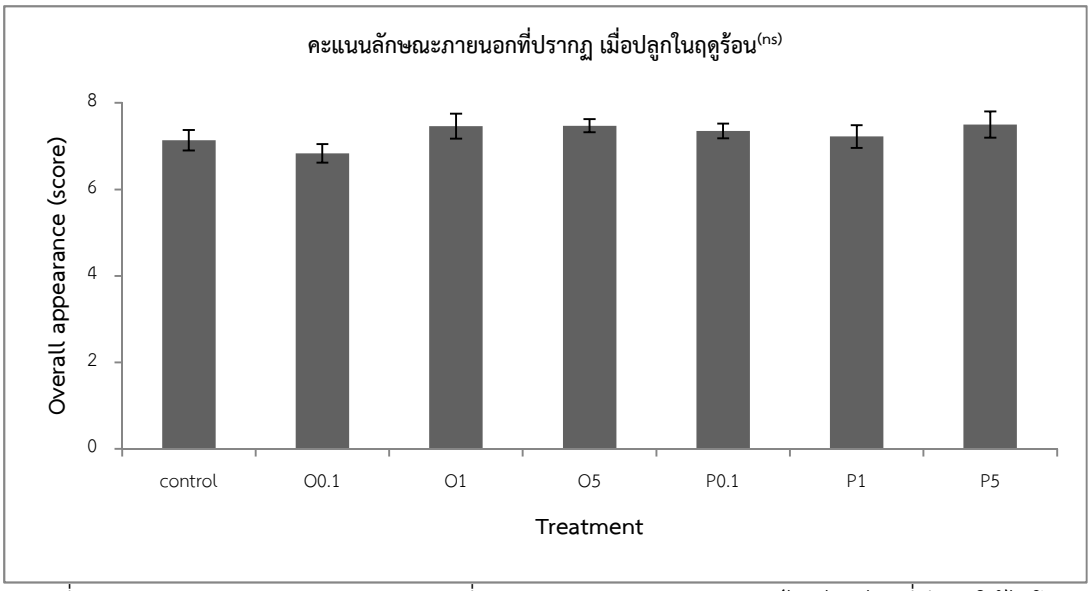
ภาพที่ 11 แสดงคะแนนลักษณะภายนอกที่ปรากฏของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลาย เมื่อปลูกเลี้ยงในฤดูฝน ช่วงกลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม



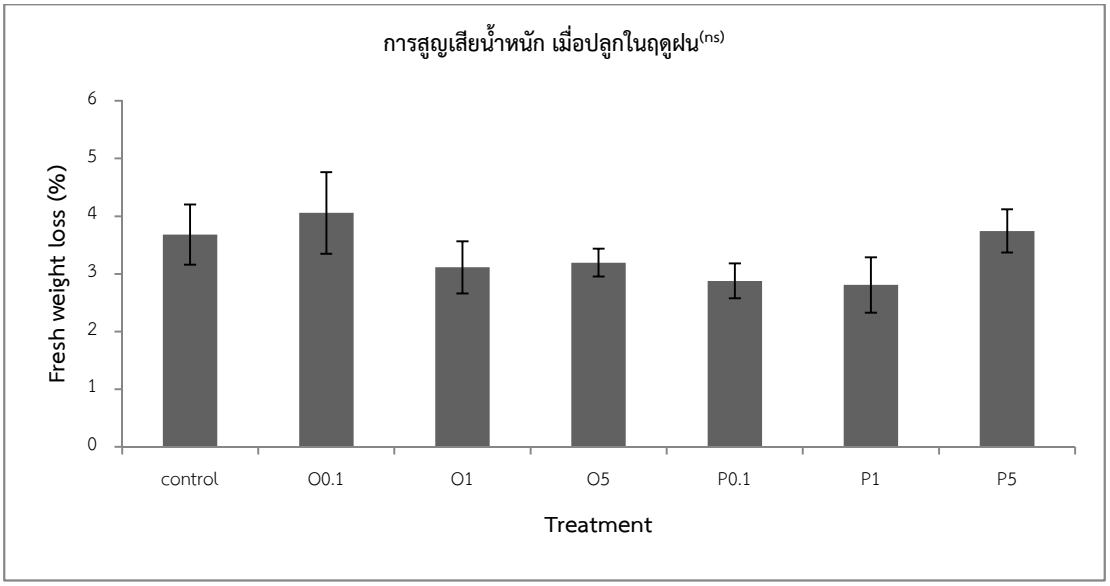
ภาพที่ 12 แสดงคะแนนลักษณะภายนอกที่ปรากฏของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลาย เมื่อปลูกเลี้ยงในฤดูหนาว ช่วงกลางเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์

* ตัวอักษรที่อยู่เหนือแท่งกราฟที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อวิเคราะห์ด้วยวิธี DMRT ($P \leq 0.05$)

ns หมายถึงค่าเฉลี่ยในชุดการทดลองต่างๆ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

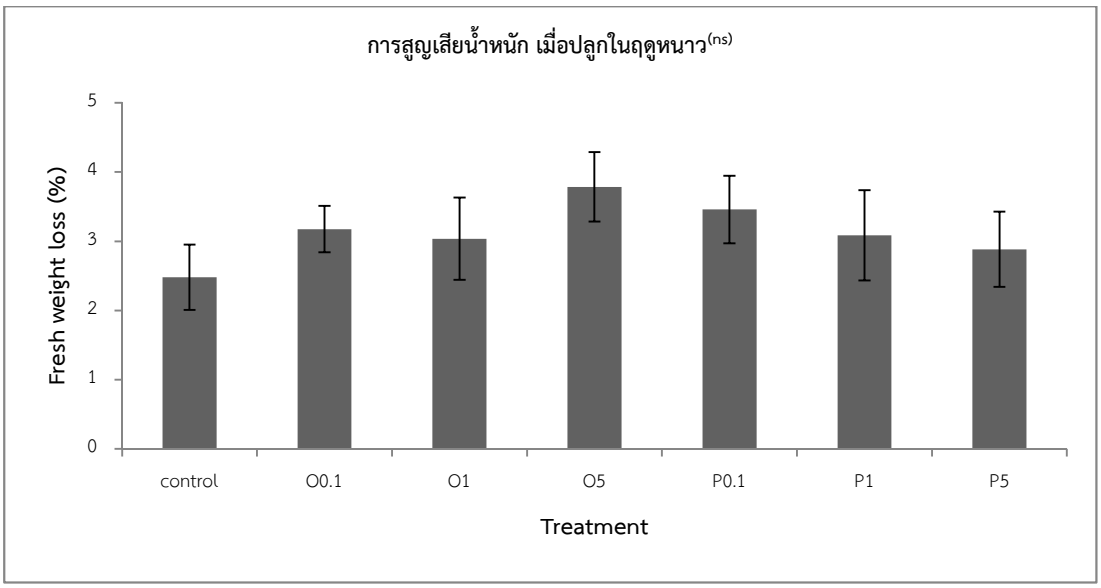


ภาพที่ 13 แสดงคะแนนลักษณะภายนอกที่ปรากฏของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลาย เมื่อปลูกเลี้ยงในฤดูร้อน ช่วงกลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนพฤษภาคม

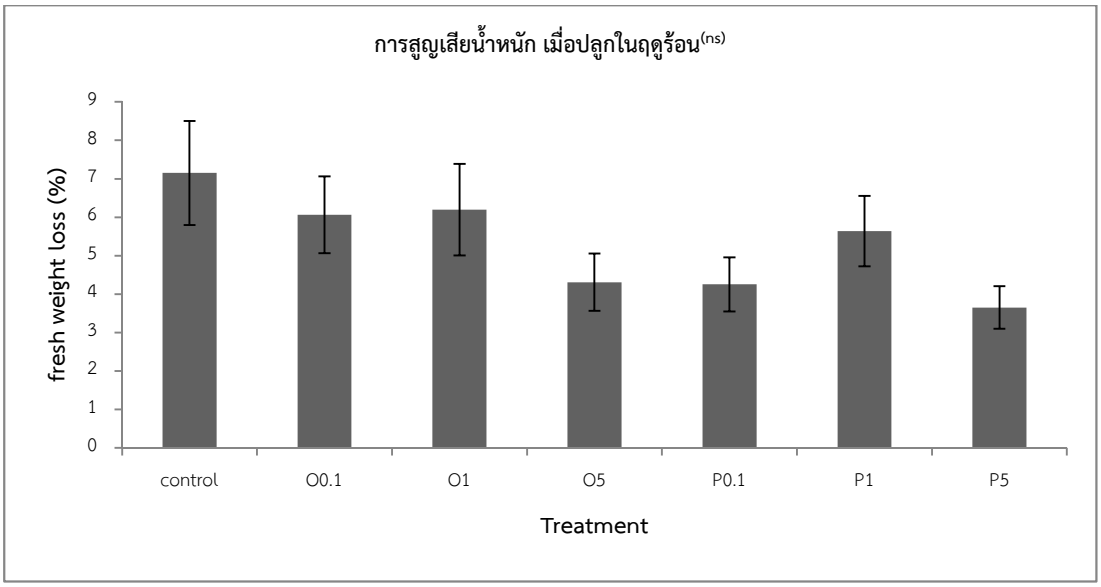


ภาพที่ 14 แสดงการสูญเสียน้ำหนักสดหลังการเก็บเกี่ยวเป็นเวลา 10 วันที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียสของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลาย เมื่อปลูกเลี้ยงในฤดูฝน ช่วงกลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม

ns หมายถึงค่าเฉลี่ยในชุดการทดลองต่างๆ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ



ภาพที่ 15 แสดงการสูญเสียน้ำหนักสดหลังการเก็บเกี่ยวเป็นเวลา 10 วันที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส ของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลาย เมื่อปลูกเลี้ยงในฤดูหนาว ช่วงกลางเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์



ภาพที่ 16 แสดงการสูญเสียน้ำหนักสดหลังการเก็บเกี่ยวเป็นเวลา 10 วันที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส ของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลาย เมื่อปลูกเลี้ยงในฤดูร้อน ช่วงกลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนพฤษภาคม

[ns] หมายถึงค่าเฉลี่ยในชุดการทดลองต่างๆ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

3. ผลของไคโทซานที่มีต่อปริมาณกรด ascorbic ปริมาณเส้นใยและปริมาณรงควัตถุของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’

3.1 ปริมาณกรด ascorbic

จากการทดลองปลูกผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ด้วยวิธีไฮโดรพอนิกในช่วงฤดูฝน ซึ่งชุดการทดลองที่ได้รับไคโทซานชนิดโอลิโกเมอร์และพอลิเมอร์ที่ให้น้ำหนักสดมากที่สุดของผักสลัด คือ ชุดการทดลองที่มีการเติมไคโทซานชนิดโอลิโกเมอร์ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตรและชุดการทดลองที่มีการเติมไคโทซานชนิดพอลิเมอร์ความเข้มข้น 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อทำการทดลองปลูกผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ เปรียบเทียบปริมาณกรด ascorbic ในผักสลัดที่ปลูกในชุดการทดลองที่มีการเติมไคโทซานชนิดโอลิโกเมอร์และชนิดพอลิเมอร์กับชุดการทดลองควบคุมที่ไม่มีการเติมไคโทซาน พบว่า ปริมาณกรด ascorbic ของชุดการทดลองที่ได้รับไคโทซานชนิดโอลิโกเมอร์ คือ 135.20 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักสด ซึ่งมีค่ามากกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนการให้ไคโทซานชนิดพอลิเมอร์ ไม่มีผลต่อปริมาณกรด ascorbic ในผักสลัดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อปลูกในฤดูฝน (ภาพที่ 17 และตาราง ข.16)

สำหรับในช่วงฤดูหนาวนั้น ชุดการทดลองที่ได้รับไคโทซานชนิดโอลิโกเมอร์และพอลิเมอร์ที่ให้น้ำหนักสดมากที่สุดของผักสลัด คือ ชุดการทดลองที่มีการเติมไคโทซานชนิดโอลิโกเมอร์ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตรและชุดการทดลองที่มีการเติมไคโทซานชนิดพอลิเมอร์ความเข้มข้น 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อทำการทดลองปลูกผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ เปรียบเทียบปริมาณกรด ascorbic ในผักสลัดที่ปลูกในชุดการทดลองที่มีการเติมไคโทซานชนิดโอลิโกเมอร์และชนิดพอลิเมอร์กับชุดการทดลองควบคุมที่ไม่มีการเติมไคโทซาน พบว่า ทุกชุดการทดลองทั้งที่ได้รับไคโทซานและไม่ได้รับไคโทซาน มีปริมาณ ascorbic ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 18 และตาราง ข.17)

สำหรับในช่วงฤดูร้อนนั้น ชุดการทดลองที่ได้รับไคโทซานชนิดโอลิโกเมอร์และพอลิเมอร์ที่ให้น้ำหนักสดมากที่สุดของผักสลัด คือ ชุดการทดลองที่มีการเติมไคโทซานชนิดโอลิโกเมอร์ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตรและชุดการทดลองที่มีการเติมไคโทซานชนิดพอลิเมอร์ความเข้มข้น 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อทำการทดลองปลูกผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ เปรียบเทียบปริมาณกรด ascorbic ในผักสลัดที่ปลูกในชุดการทดลองที่มีการเติมไคโทซานชนิดโอลิโกเมอร์และชนิดพอลิเมอร์กับชุดการทดลองควบคุมที่ไม่มีการเติมไคโทซาน พบว่า ปริมาณกรด ascorbic ของชุดการทดลองที่ได้รับไคโทซานชนิดพอลิเมอร์ คือ 177.20 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักสด ซึ่งมีค่ามากกว่าชุดการทดลองอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยที่ผักสลัดที่ปลูกเลี้ยงในภาวะที่มีการให้ไคโทซานชนิดโอลิโกเมอร์มีปริมาณกรด

ascorbic 148.62 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักสด ในขณะที่ผักสลัดที่ได้จากการปลูกในชุดควบคุม มีปริมาณกรด ascorbic 144.47 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักสด (ภาพที่ 19 และตาราง ข.18)

3.2 ปริมาณรงควัตถุ

จากการทดลองปลูกผักสลัด 'ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก' ด้วยวิธีไฮโดรพอนิกในช่วงฤดูฝน ซึ่งชุดการทดลองที่ได้รับไคโทซานชนิดโอลิโกเมอร์และพอลิเมอร์ที่ให้น้ำหนักสดมากที่สุดของผักสลัด คือ ชุดการทดลองที่มีการเติมไคโทซานชนิดโอลิโกเมอร์ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตรและชุดการทดลองที่มีการเติมไคโทซานชนิดพอลิเมอร์ความเข้มข้น 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อทำการทดลองปลูกผักสลัด 'ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก' เปรียบเทียบปริมาณรงควัตถุในผักสลัดที่ปลูกในชุดการทดลองที่มีการเติมไคโทซานชนิดโอลิโกเมอร์และชนิดพอลิเมอร์กับชุดการทดลองควบคุมที่ไม่มีการเติมไคโทซาน พบว่า ปริมาณ carotenoid คลอโรฟิลล์ *เอ* และคลอโรฟิลล์ *บี* ในทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 20 23 26 และตาราง ข.19 ข.22 ข.25)

สำหรับในช่วงฤดูหนาวนั้น ชุดการทดลองที่ได้รับไคโทซานชนิดโอลิโกเมอร์และพอลิเมอร์ที่ให้น้ำหนักสดมากที่สุดของผักสลัด คือ ชุดการทดลองที่มีการเติมไคโทซานชนิดโอลิโกเมอร์ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตรและชุดการทดลองที่มีการเติมไคโทซานชนิดพอลิเมอร์ความเข้มข้น 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อทำการทดลองปลูกผักสลัด 'ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก' เปรียบเทียบปริมาณรงควัตถุในผักสลัดที่ปลูกในชุดการทดลองที่มีการเติมไคโทซานชนิดโอลิโกเมอร์และชนิดพอลิเมอร์กับชุดการทดลองควบคุมที่ไม่มีการเติมไคโทซาน พบว่า ปริมาณ carotenoid ของชุดการทดลองที่ได้รับไคโทซานชนิดโอลิโกเมอร์ คือ 79.23 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักสด ซึ่งมีค่ามากกว่าชุดการทดลองที่เหลือ แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ สำหรับปริมาณคลอโรฟิลล์ *เอ* ของชุดการทดลองที่ได้รับไคโทซานชนิดโอลิโกเมอร์ คือ 262.29 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักสด ซึ่งมีค่ามากที่สุดเมื่อเทียบกับชุดการทดลองอื่นๆ แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ในส่วนของคลอโรฟิลล์ *บี* ของชุดการทดลองที่ได้รับไคโทซานชนิดโอลิโกเมอร์ คือ 66.79 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักสด ซึ่งยังให้ค่ามากที่สุดเมื่อเทียบกับชุดการทดลองอื่นๆ แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 21 24 27 และตาราง ข.20 ข.23 ข.26)

สำหรับในช่วงฤดูร้อนนั้น ชุดการทดลองที่ได้รับไคโทซานชนิดโอลิโกเมอร์และพอลิเมอร์ที่ให้น้ำหนักสดมากที่สุดของผักสลัด คือ ชุดการทดลองที่มีการเติมไคโทซานชนิดโอลิโกเมอร์ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตรและชุดการทดลองที่มีการเติมไคโทซานชนิดพอลิเมอร์ความเข้มข้น 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อทำการทดลองปลูกผักสลัด 'ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก' เปรียบเทียบปริมาณรงควัตถุในผักสลัดที่ปลูกในชุดการทดลองที่มีการเติมไคโทซานชนิดโอลิโกเมอร์และชนิดพอลิเมอร์กับชุดการทดลองควบคุมที่ไม่มีการเติมไคโทซาน พบว่า ปริมาณ carotenoid ของชุดการทดลองที่ได้รับไคโทซานชนิด

โอลิโกเมอร์ คือ 124.21 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักสด ซึ่งมีค่ามากกว่าชุดการทดลองที่เหลือ แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ สำหรับปริมาณคลอโรฟิลล์ *เอ* ของชุดการทดลองที่ได้รับไคโทซานชนิดโอลิโกเมอร์ คือ 376.03 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักสด ซึ่งมีค่ามากที่สุดเมื่อเทียบกับชุดการทดลองอื่นๆ แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ในส่วนของคลอโรฟิลล์ *บี* ของชุดการทดลองที่ได้รับไคโทซานชนิดโอลิโกเมอร์ คือ 92.19 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักสด ซึ่งยังให้ค่ามากที่สุดเมื่อเทียบกับชุดการทดลองอื่นๆ แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 22 25 28 และตาราง ข.21 ข.24 ข.27)

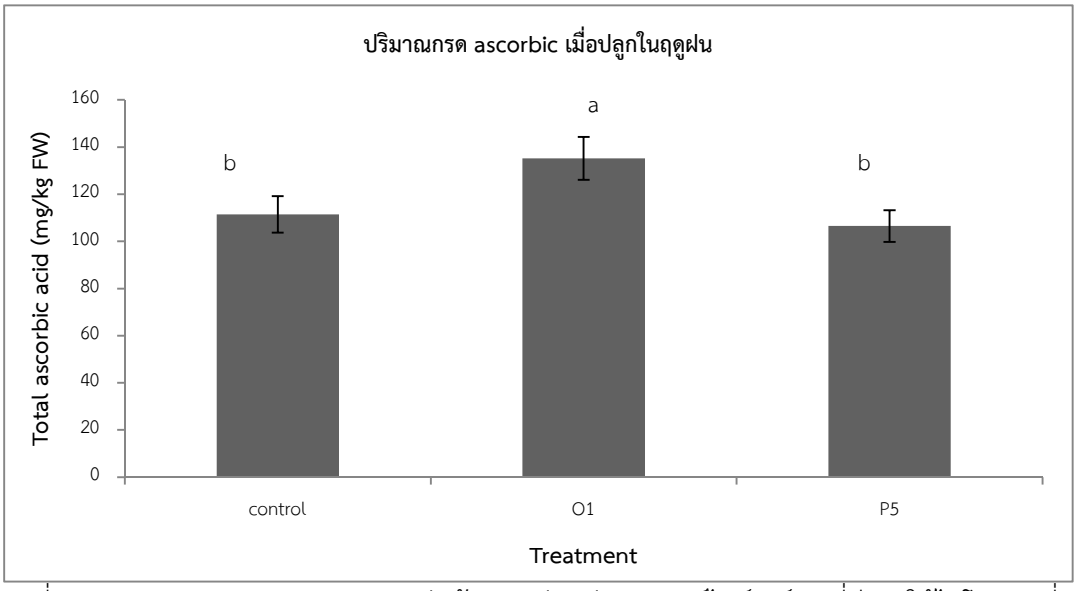
3.3 ปริมาณเส้นใย

จากการทดลองปลูกผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ด้วยวิธีไฮโดรพอนิกในช่วงฤดูฝน ซึ่งชุดการทดลองที่ได้รับไคโทซานชนิดโอลิโกเมอร์และพอลิเมอร์ที่ให้น้ำหนักสดมากที่สุดของผักสลัด คือ ชุดการทดลองที่มีการเติมไคโทซานชนิดโอลิโกเมอร์ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตรและชุดการทดลองที่มีการเติมไคโทซานชนิดพอลิเมอร์ความเข้มข้น 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อทำการทดลองปลูกผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ เปรียบเทียบปริมาณเส้นใยในผักสลัดที่ปลูกในชุดการทดลองที่มีการเติมไคโทซานชนิดโอลิโกเมอร์และชนิดพอลิเมอร์กับชุดการทดลองควบคุมที่ไม่มีการเติมไคโทซาน พบว่า ปริมาณเส้นใยของชุดการทดลองที่ได้รับไคโทซานชนิดโอลิโกเมอร์ คือ 1.0345 และปริมาณเส้นใยของชุดการทดลองที่ได้รับไคโทซานชนิดพอลิเมอร์ คือ 1.0224 ซึ่งมีค่ามากกว่าชุดควบคุมที่ไม่ได้รับไคโทซาน คือ 0.718 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 29 และตาราง ข.28)

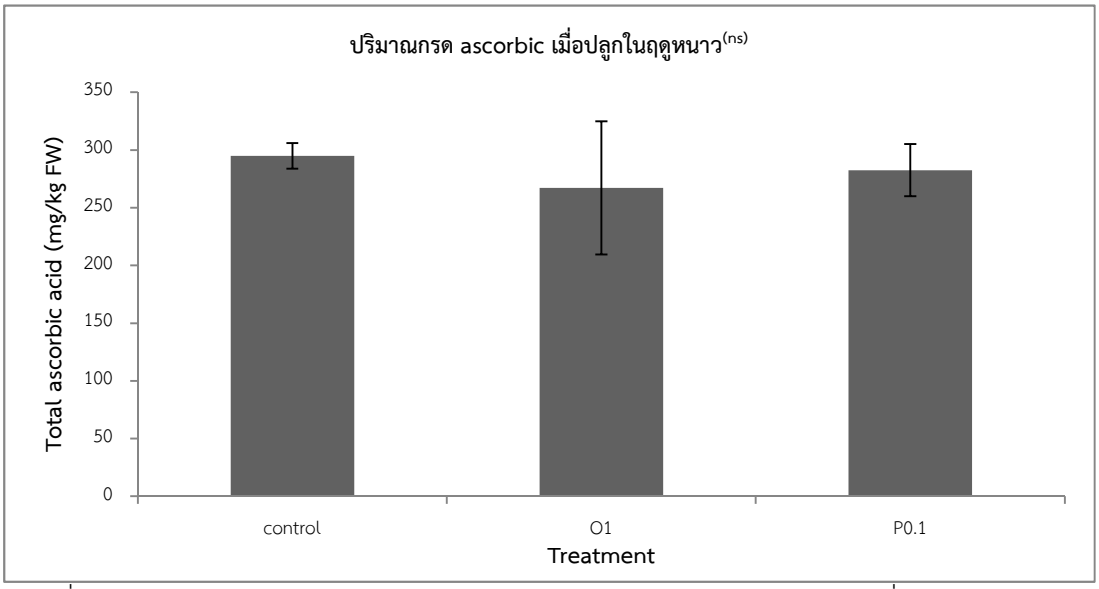
สำหรับในช่วงฤดูหนาวนั้น ชุดการทดลองที่ได้รับไคโทซานชนิดโอลิโกเมอร์และพอลิเมอร์ที่ให้น้ำหนักสดมากที่สุดของผักสลัด คือ ชุดการทดลองที่มีการเติมไคโทซานชนิดโอลิโกเมอร์ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตรและชุดการทดลองที่มีการเติมไคโทซานชนิดพอลิเมอร์ความเข้มข้น 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อทำการทดลองปลูกผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ เปรียบเทียบปริมาณเส้นใยในผักสลัดที่ปลูกในชุดการทดลองที่มีการเติมไคโทซานชนิดโอลิโกเมอร์และชนิดพอลิเมอร์กับชุดการทดลองควบคุมที่ไม่มีการเติมไคโทซาน พบว่า ปริมาณเส้นใยของชุดการทดลองที่ได้รับไคโทซานชนิดโอลิโกเมอร์ คือ 1.0394 และปริมาณเส้นใยของชุดการทดลองที่ได้รับไคโทซานชนิดพอลิเมอร์ คือ 0.9816 ซึ่งชุดการทดลองที่ได้รับไคโทซานทั้งสองชนิดนั้นมีค่าปริมาณเส้นใยมากกว่าชุดควบคุม คือ 0.8258 แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 30 และตาราง ข.29)

สำหรับในช่วงฤดูร้อนนั้น ชุดการทดลองที่ได้รับไคโทซานชนิดโอลิโกเมอร์และพอลิเมอร์ที่ให้น้ำหนักสดมากที่สุดของผักสลัด คือ ชุดการทดลองที่มีการเติมไคโทซานชนิดโอลิโกเมอร์ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตรและชุดการทดลองที่มีการเติมไคโทซานชนิดพอลิเมอร์ความเข้มข้น 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อทำการทดลองปลูกผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ เปรียบเทียบปริมาณเส้นใยในผักสลัดที่ปลูก

ในชุดการทดลองที่มีการเติมไคโทซานชนิดโอลิโกเมอร์และชนิดพอลิเมอร์กับชุดการทดลองควบคุมที่ไม่มีการเติมไคโทซาน พบว่า ปริมาณเส้นใยของชุดการทดลองที่ได้รับไคโทซานและชุดควบคุม ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 31 และตาราง ข.30)



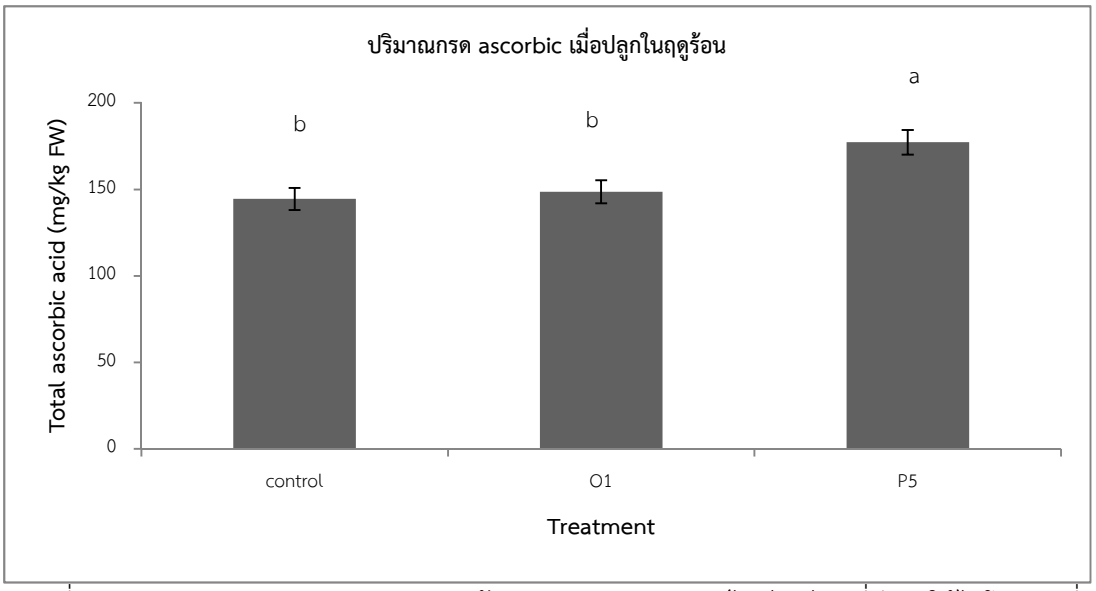
ภาพที่ 17 แสดงปริมาณกรด ascorbic ต่อต้นของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อปลูกเลี้ยงในฤดูฝน ช่วงกลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม



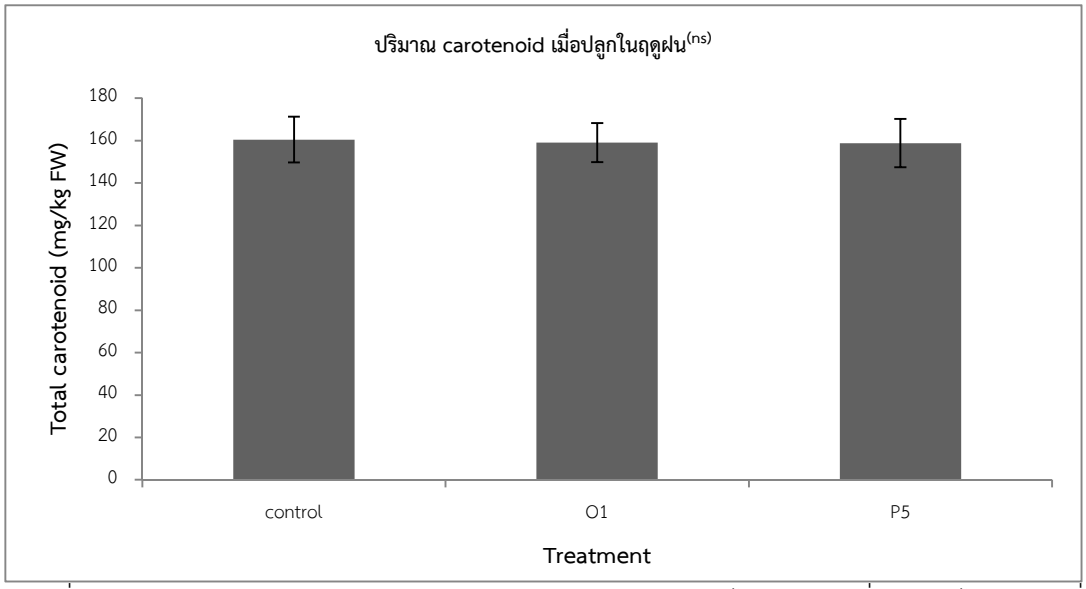
ภาพที่ 18 แสดงปริมาณกรด ascorbic ต่อต้นของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อปลูกเลี้ยงในฤดูหนาว ช่วงกลางเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์

* ตัวอักษรที่อยู่เหนือแท่งกราฟที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อวิเคราะห์ด้วยวิธี DMRT ($P \leq 0.05$)

ns หมายถึงค่าเฉลี่ยในชุดการทดลองต่างๆ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ



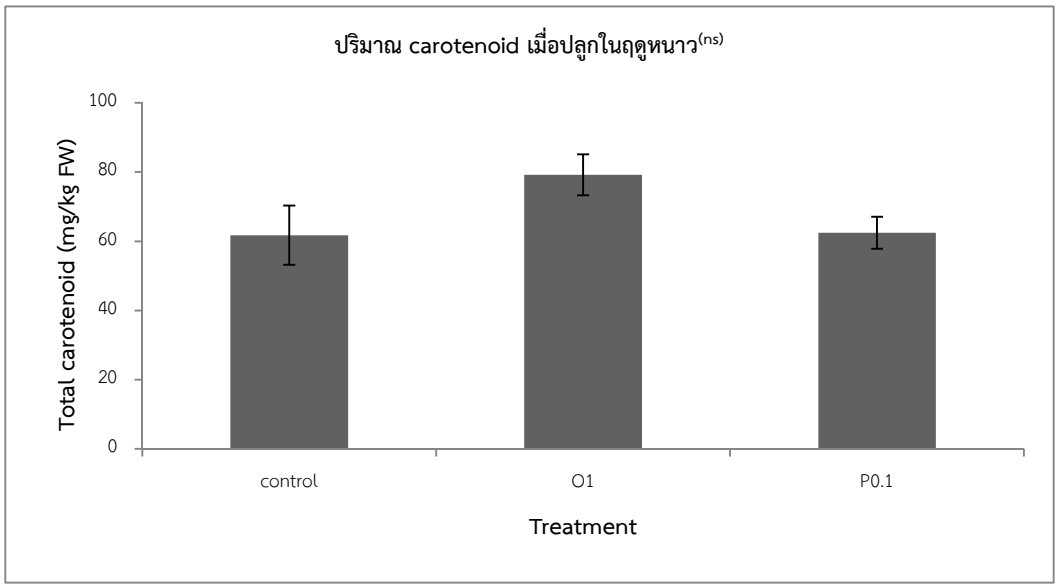
ภาพที่ 19 แสดงปริมาณกรด ascorbic ต่อต้นของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อปลูกเลี้ยงในฤดูร้อน ช่วงกลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนพฤษภาคม



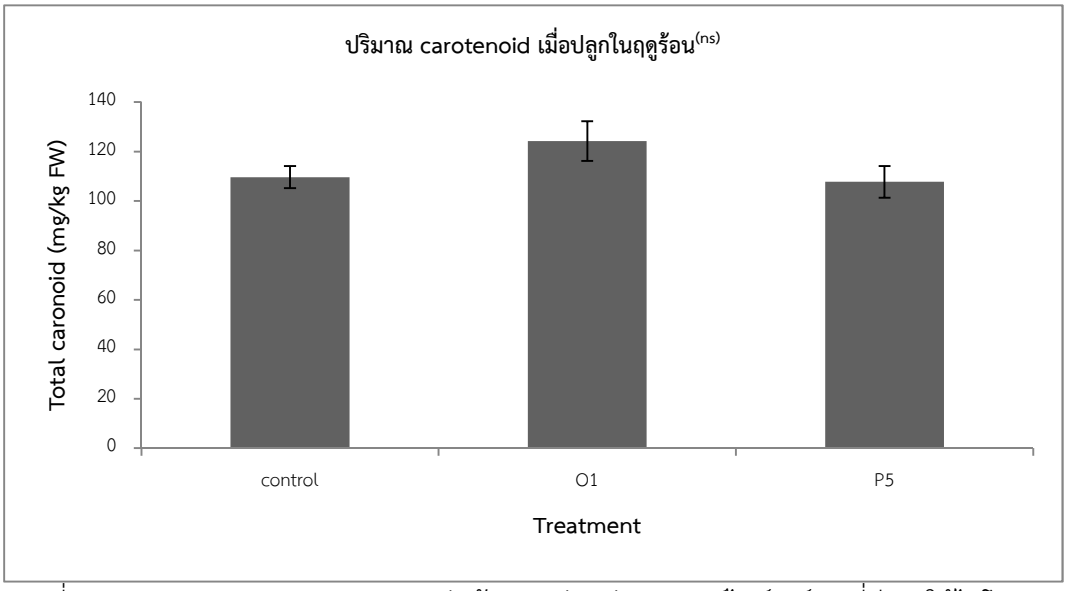
ภาพที่ 20 แสดงปริมาณ caorotenoid ต่อต้นของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆลงในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อปลูกเลี้ยงในฤดูฝน ช่วงกลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม

* ตัวอักษรที่อยู่เหนือแท่งกราฟที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อวิเคราะห์ด้วยวิธี DMRT ($P \leq 0.05$)

ns หมายถึงค่าเฉลี่ยในชุดการทดลองต่างๆ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

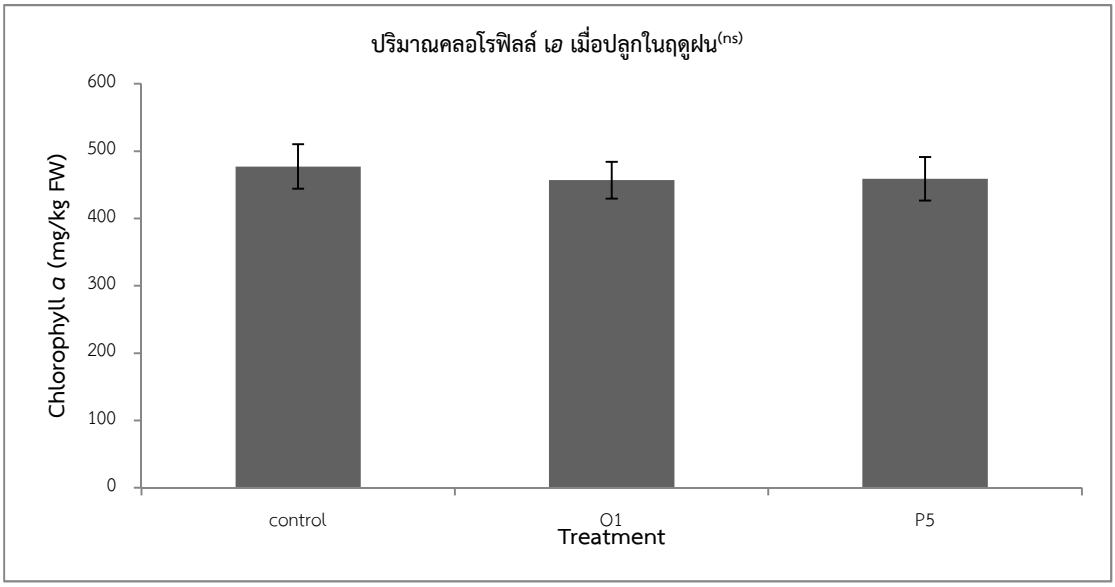


ภาพที่ 21 แสดงปริมาณ caorotenoid ต่อต้นของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อปลูกเลี้ยงในฤดูหนาว ช่วงกลางเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์

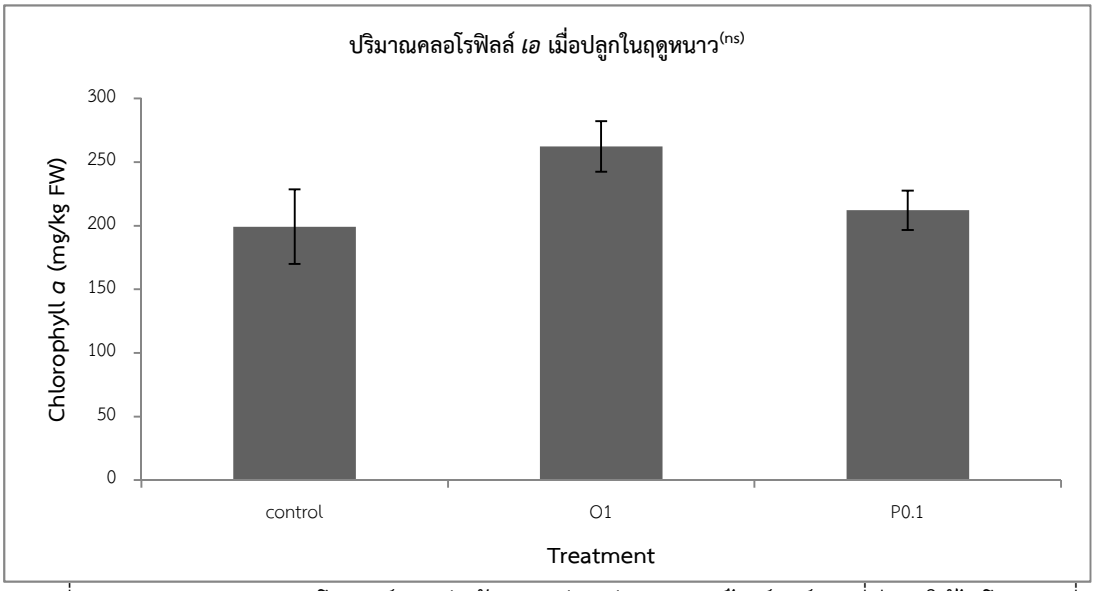


ภาพที่ 22 แสดงปริมาณ caorotenoid ต่อต้นของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อปลูกเลี้ยงในฤดูร้อน ช่วงกลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนพฤษภาคม

[ns] หมายถึงค่าเฉลี่ยในชุดการทดลองต่างๆ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

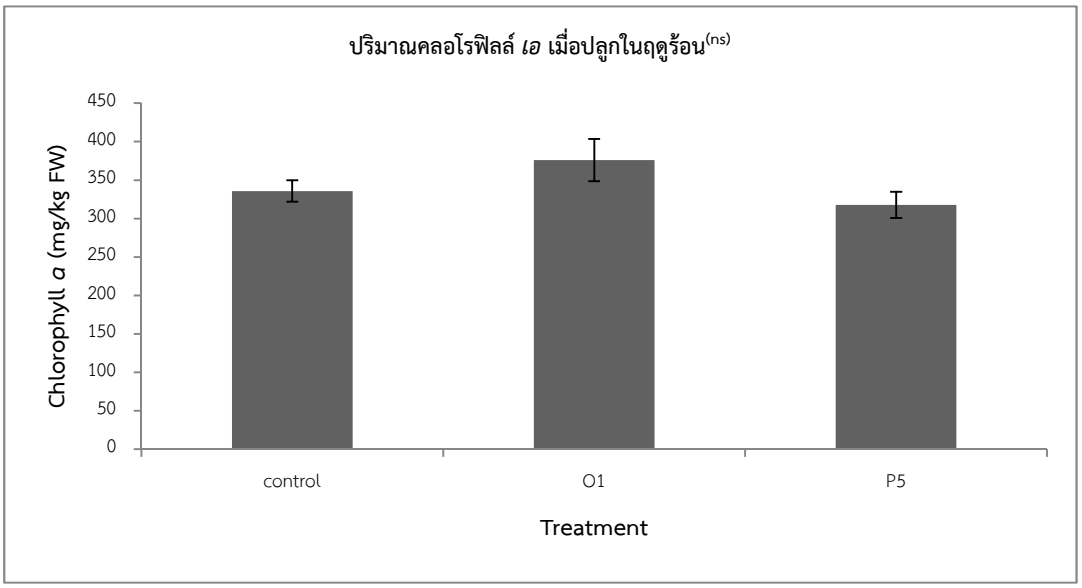


ภาพที่ 23 แสดงปริมาณคลอโรฟิลล์ *เอ* ต่อต้นของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อปลูกเลี้ยงในฤดูฝน ช่วงกลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม

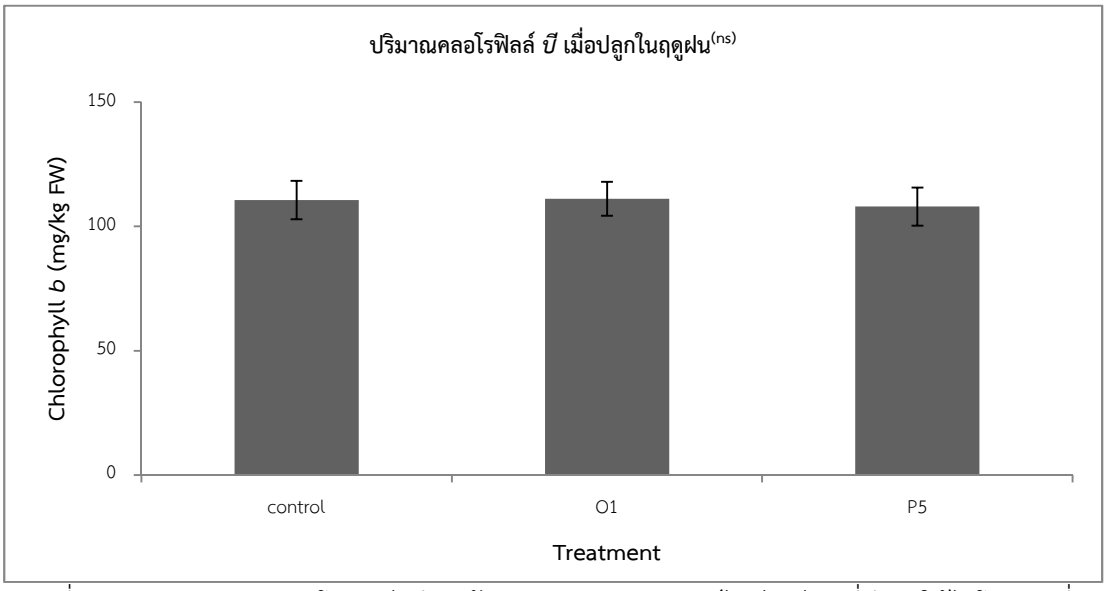


ภาพที่ 24 แสดงปริมาณคลอโรฟิลล์ *เอ* ต่อต้นของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อปลูกเลี้ยงในฤดูหนาว ช่วงกลางเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนพฤษภาคม

[ns] หมายถึงค่าเฉลี่ยในชุดการทดลองต่างๆ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

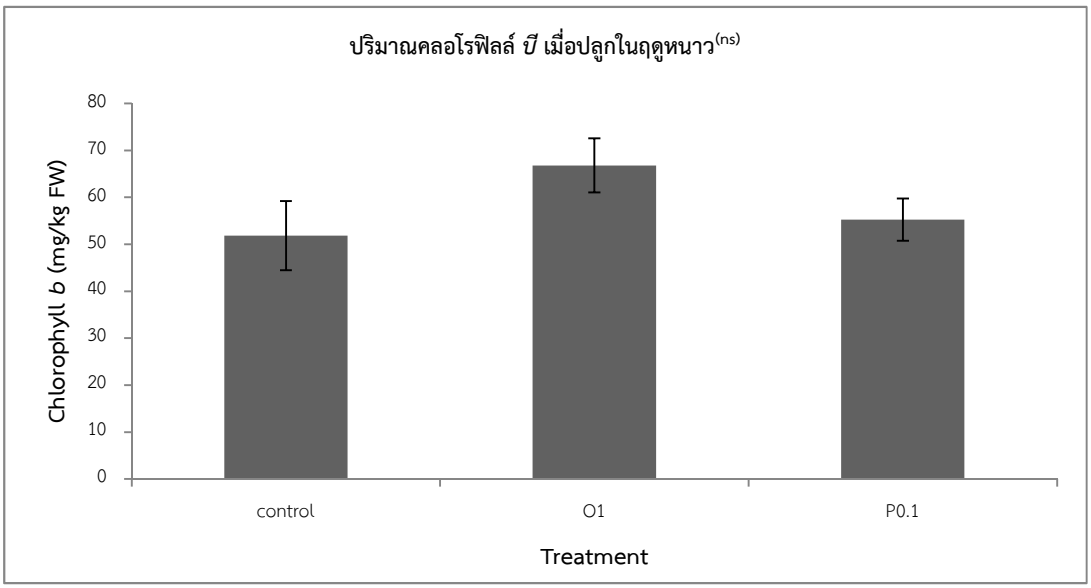


ภาพที่ 25 แสดงปริมาณคลอโรฟิลล์ *เอ* ต่อต้นของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อปลูกเลี้ยงในฤดูร้อน ช่วงกลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนพฤษภาคม

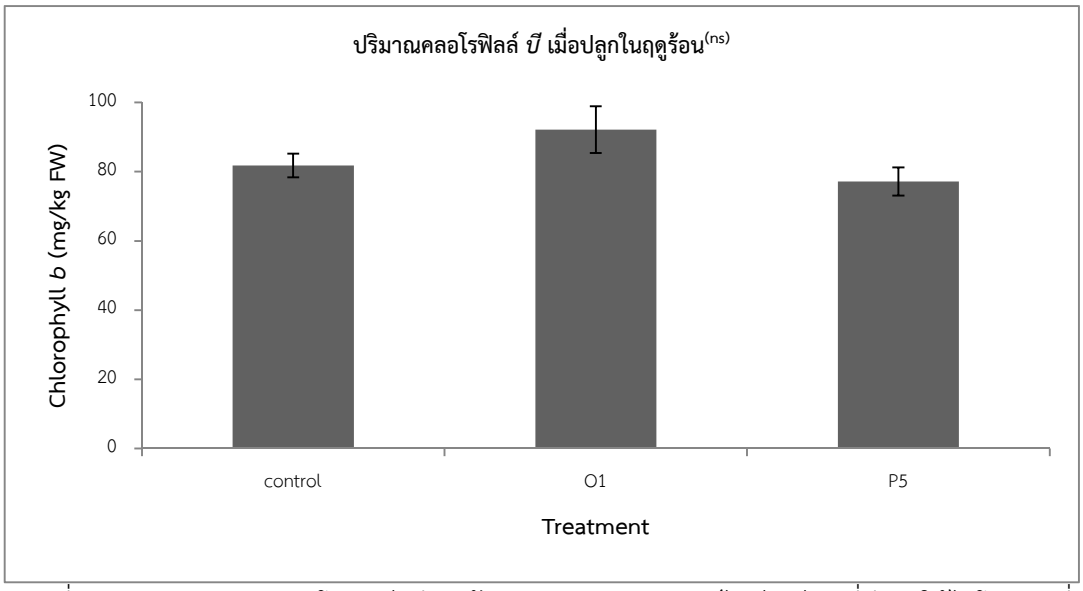


ภาพที่ 26 แสดงปริมาณคลอโรฟิลล์ *บี* ต่อต้นของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อปลูกเลี้ยงในฤดูฝน ช่วงกลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม

[ns] หมายถึงค่าเฉลี่ยในชุดการทดลองต่างๆ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

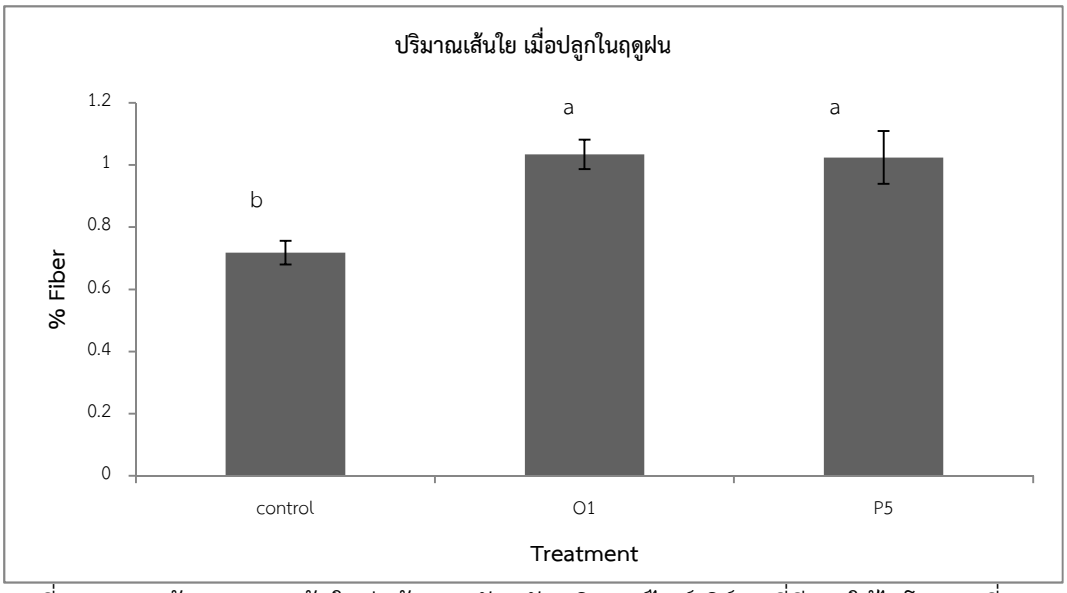


ภาพที่ 27 แสดงปริมาณคลอโรฟิลล์ *บี* ต่อต้นของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อปลูกเลี้ยงในฤดูหนาว ช่วงกลางเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์

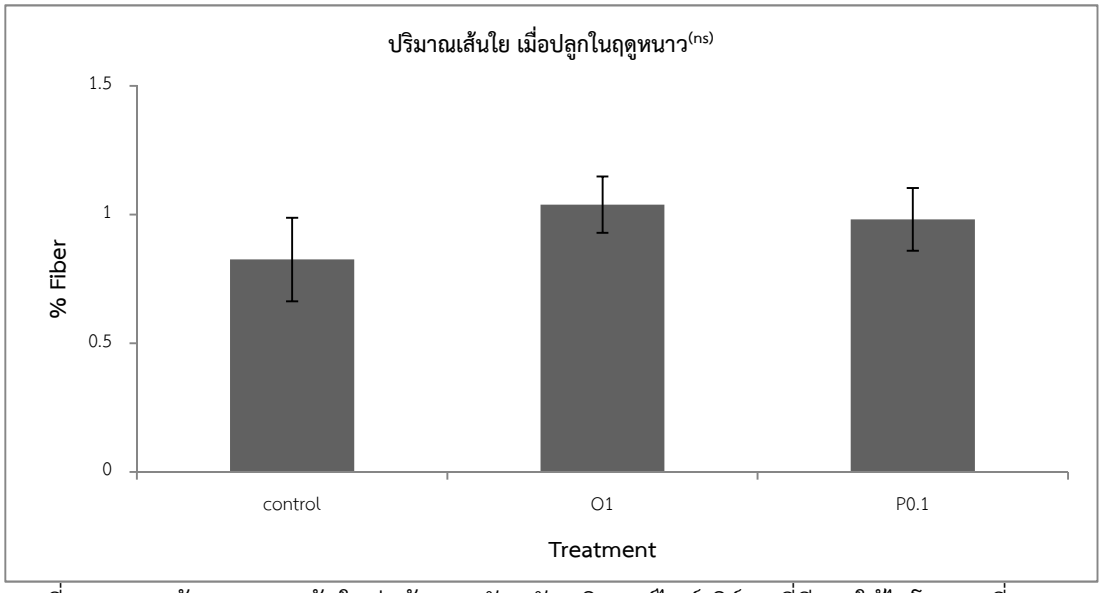


ภาพที่ 28 แสดงปริมาณคลอโรฟิลล์ *บี* ต่อต้นของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อปลูกเลี้ยงในฤดูร้อน ช่วงกลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนพฤษภาคม

ns หมายถึงค่าเฉลี่ยในชุดการทดลองต่างๆ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ



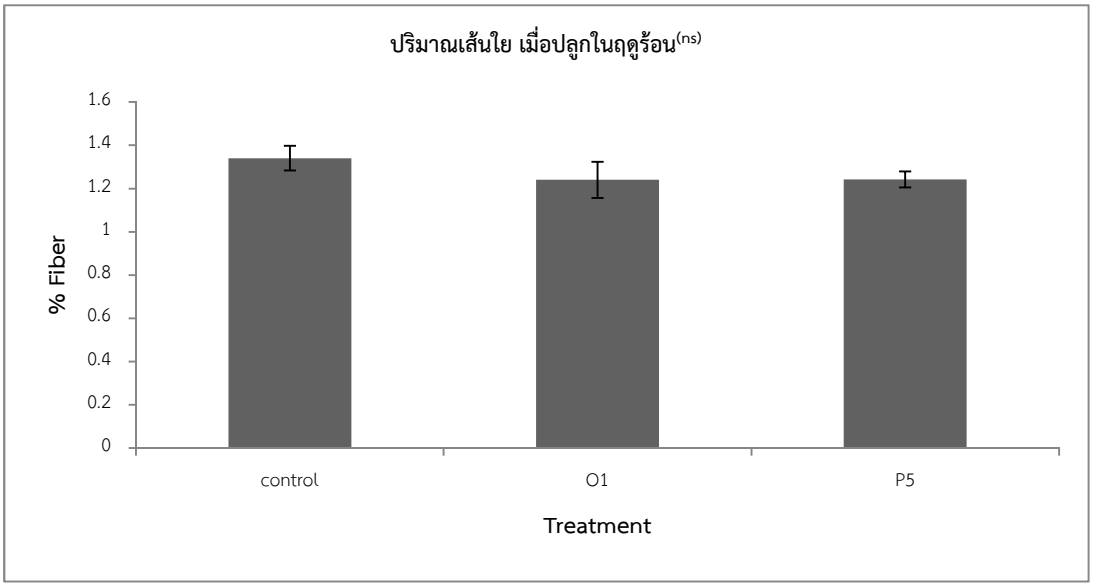
ภาพที่ 29 แสดงร้อยละของเส้นใยต่อต้นของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อปลูกเลี้ยงในฤดูฝน ช่วงกลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม



ภาพที่ 30 แสดงร้อยละของเส้นใยต่อต้นของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อปลูกเลี้ยงในฤดูหนาว ช่วงกลางเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์

* ตัวอักษรที่อยู่เหนือแท่งกราฟที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อวิเคราะห์ด้วยวิธี DMRT ($P \leq 0.05$)

ns หมายถึงค่าเฉลี่ยในชุดการทดลองต่างๆ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ



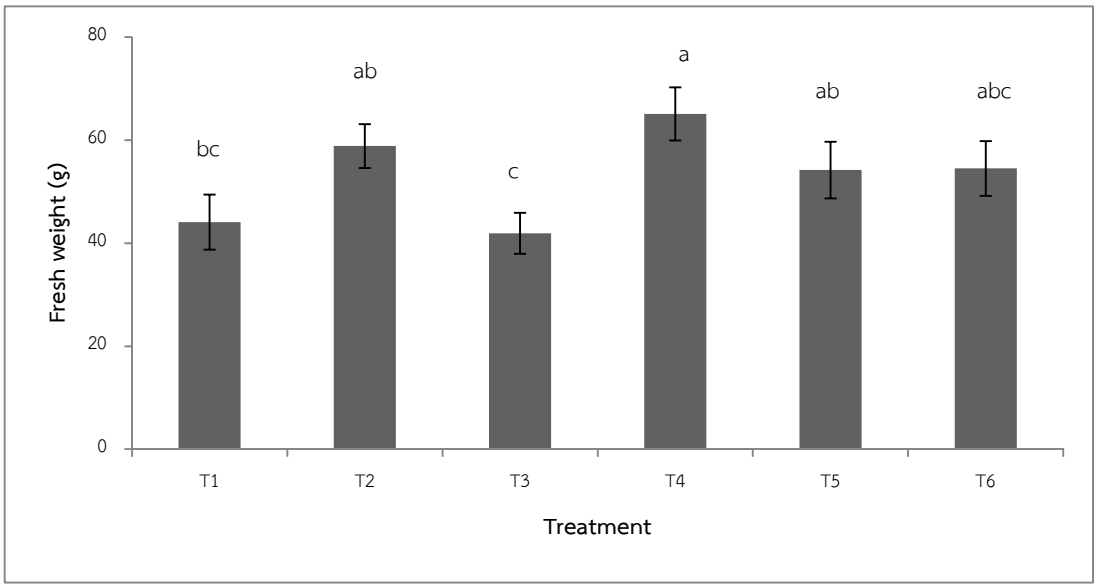
ภาพที่ 31 แสดงร้อยละของเส้นใยต่อต้นของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อปลูกเลี้ยงในฤดูร้อน ช่วงกลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนพฤษภาคม

[ns] หมายถึงค่าเฉลี่ยในชุดการทดลองต่างๆ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

4. ศึกษาการลดปริมาณไนเตรทตกค้างในผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’

จากการทดลองปลูกผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ด้วยวิธีไฮโดรพอนิกในทุกฤดูกาล พบว่า ชุดการทดลองที่ได้รับไคโทซานชนิดโอลิโกเมอร์ที่ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถเพิ่มน้ำหนักสดได้ในทุกฤดู จึงเลือกชุดการทดลองดังกล่าว มาทำการศึกษาวิธีลดปริมาณไนเตรทโดยเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่ได้รับไคโทซาน เมื่อไม่มีการให้ไคโทซาน แต่ปรับเปลี่ยนวิธีการปลูกเลี้ยงก่อนเก็บผลผลิตโดยงดการให้ NO_3^- เป็นเวลา 7 วัน (T3) หรือเปลี่ยนเป็นการปลูกเลี้ยงในน้ำก่อนเก็บเกี่ยวผลผลิตเป็นเวลา 2 วัน (T5) พบว่า ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักสดต่อต้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองควบคุม (T1) แต่เมื่อมีการให้ไคโทซานชนิดโอลิโกเมอร์ที่ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับการปลูกเลี้ยงข้างต้น (T1 T3 และ T5) พบว่า การเติมไคโทซานในสารละลายธาตุอาหารระหว่างปลูกเลี้ยงแล้วงดการให้ NO_3^- เป็นเวลา 7 วัน (T4) มีผลทำให้ผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ มีน้ำหนักสดต่อต้น เป็น 65.09 กรัมต่อต้น ซึ่งสูงกว่าชุดการทดลองที่มีการปลูกเลี้ยงแบบเดียวกันแต่ไม่มีการให้ไคโทซาน (T3) (41.90 กรัมต่อต้น) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่การให้ไคโทซานในสารละลายธาตุอาหาร แต่เปลี่ยนเป็นน้ำก่อนการเก็บเกี่ยวผลผลิต 2 วัน (T6) ให้ค่าน้ำหนักสด 54.50 กรัมต่อต้น ซึ่งไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสดต่อต้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับการปลูกเลี้ยงแบบเดียวกันที่ไม่ได้เติมไคโทซาน (T5) ซึ่งทำให้ผักสลัดมีค่าน้ำหนักสด 54.20 กรัมต่อต้น (ภาพที่ 32 และตาราง ข.31)

และเมื่อทำการหาปริมาณไนเตรทตกค้างพบว่า เมื่อทำการลดปริมาณไนเตรทด้วยวิธีการงดให้ NO_3^- ออกจากสารละลายธาตุอาหารก่อนการเก็บเกี่ยว 7 วันทั้งที่มีการให้ไคโทซาน (T4) และไม่ได้ให้ไคโทซาน (T3) จะมีค่าปริมาณไนเตรทน้อยที่สุด คือ 488.64 และ 537.07 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ ซึ่งมีค่ามากกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อทำการลดปริมาณไนเตรทด้วยวิธีการแทนสารละลายธาตุอาหารด้วยน้ำเปล่าก่อนการเก็บเกี่ยว 2 วัน ทั้งที่มีการให้ไคโทซาน (T6) และไม่ได้ให้ไคโทซาน (T5) จะมีปริมาณไนเตรท คือ 1,436.29 และ 1,255.31 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ ซึ่งมีค่าน้อยกว่าชุดควบคุม แต่ยังมากกว่าชุดการทดลองที่งดการให้ NO_3^- เป็นเวลา 7 วัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 33 และตาราง ข.32)



ภาพที่ 32 แสดงน้ำหนักสดต่อต้นของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการปรับลดไนเตรทร่วมกับการให้ไคโทซานชนิดโอลิโกเมอร์ที่ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตรลงในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อปลูกเลี้ยงด้วยวิธีไฮโดรพอนิก ที่ทำการลดปริมาณไนเตรท

* ตัวอักษรที่อยู่เหนือแท่งกราฟที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อวิเคราะห์ด้วยวิธี DMRT ($P \leq 0.05$)

T1 = สารละลายธาตุอาหารที่ดัดแปลงจากสูตร Hoagland

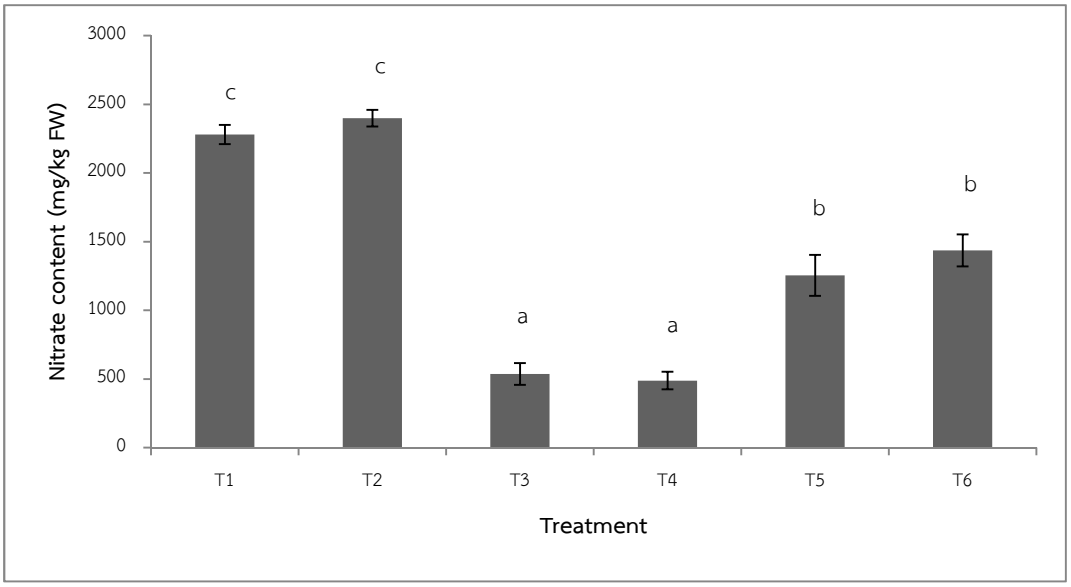
T2 = สารละลายธาตุอาหาร + ไคโทซาน

T3 = สารละลายธาตุอาหาร และงดใช้ NO_3^- ก่อนเก็บเกี่ยวผลผลิต 7 วัน

T4 = สารละลายธาตุอาหาร + ไคโทซาน และงดใช้ NO_3^- ก่อนเก็บเกี่ยวผลผลิต 7 วัน

T5 = สารละลายธาตุอาหาร และเปลี่ยนสารละลายธาตุอาหารเป็นน้ำ ก่อนเก็บเกี่ยวผลผลิต 2 วัน

T6 = สารละลายธาตุอาหารที่ + ไคโทซาน และเปลี่ยนสารละลายธาตุอาหารเป็นน้ำ ก่อนเก็บเกี่ยวผลผลิต 2 วัน



ภาพที่ 33 แสดงปริมาณไนเตรทต่อต้นของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการปรับลดไนเตรทร่วมกับการให้ไคโทซานชนิดโอลิโกเมอร์ที่ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตรลงในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อปลูกเลี้ยงด้วยวิธีไฮโดรพอนิก

* ตัวอักษรที่อยู่เหนือแท่งกราฟที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อวิเคราะห์ด้วยวิธี DMRT ($P \leq 0.05$)

บทที่ 5

อภิปรายผลการทดลอง

1. ศึกษาผลของชนิดและความเข้มข้นของไคโทซานที่มีต่อการเติบโตของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’

ไคโทซานชนิดและความเข้มข้นที่เหมาะสมที่สุดในการส่งเสริมการเพิ่มน้ำหนักสดของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ คือ ไคโทซานชนิดโอลิโกเมอร์ที่ระดับความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งมีผลทำให้ผักสลัดมีน้ำหนักสดสูงกว่าผักสลัดที่ปลูกในชุดการทดลองควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในฤดูหนาวและฤดูร้อน โดยมีน้ำหนักเพิ่มขึ้น 23.47 และ 38.41 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สำหรับในฤดูฝนการให้ไคโทซานชนิดโอลิโกเมอร์ที่ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสดต่อต้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และสามารถเพิ่มจำนวนใบมากกว่าชุดควบคุมในทุกฤดูกาล

จากการทดลองจะเห็นได้ว่า ไคโทซานมีผลช่วยในการเจริญเติบโตให้กับผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ซึ่งมีงานวิจัยที่ใช้ไคโทซานในการช่วยเพิ่มการเติบโตของพืช อย่างเช่น ในต้นสตรอเบอรี่ ที่มีการให้ไคโทซานทางใบ ความเข้มข้น 1-4 cm^3/l โดยที่ความเข้มข้น 2 cm^3/l สามารถเพิ่มความสูงของต้น จำนวนใบ น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของใบได้มากที่สุด (Abdel-Mawgoud *et al*., 2010) สำหรับต้น *Eustoma grandiflorum* มีการให้ไคโทซาน 1% (โดยน้ำหนัก) ผสมกับดิน มีผลทำให้มีความยาวยอดมากกว่าชุดควบคุม รวมถึงขนาดใบที่ใหญ่ขึ้น และน้ำหนักแห้งของส่วนต้นและส่วนรากเพิ่มขึ้นด้วย (Ohta *et al*., 1999) การให้ไคโทซานในมันฝรั่ง (*Solanum tuberosum* cv. Désirée) ตั้งแต่เริ่มเพาะเลี้ยงจนถึงในแปลงทดลอง พบว่า ไคโทซานจะช่วยเพิ่มน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง จำนวน tuber ต่อต้น และผลผลิตต่อต้น ของมันฝรั่งให้มีค่ามากกว่าชุดควบคุม (Kowalski *et al*., 2006) ไคโทซานนั้นมีขายในรูปแบบทางการค้ามากมายซึ่งสามารถช่วยเพิ่มการเติบโตได้ เช่น มีการให้ Biochikol 020 PC (ไคโทซาน) ซึ่งสามารถเพิ่มความสูงและผลผลิตของต้นมะเขือเทศ (Borkowski *et al*., 2007) Sharathchandra และคณะ (2004) ได้ทดลองโดยให้ Elexa ซึ่งเป็นไคโทซานที่มีขายเป็นการค้า สามารถเพิ่มการเติบโตให้กับ pearl millet (*Pennisetum glaucum*)

ในชุดการทดลองที่ทำในฤดูฝน ยังพบว่า การให้ไคโทซานชนิดพอลิเมอร์ที่ความเข้มข้น 0.1 และ 1 มิลลิกรัมต่อลิตร มีผลในเชิงลบต่อการเติบโตของผักสลัด คือ ทำให้มีน้ำหนักสดต่อต้นน้อยกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งงานวิจัยนี้สอดคล้องกับงานทดลองที่ใช้ไคโทซานในการเลี้ยง protocorm-like body ของกล้วยไม้ โดยที่มีการให้ชนิด ขนาดโมเลกุล แหล่งที่มา %DD และความเข้มข้นของไคโทซานที่แตกต่างกัน พบว่า น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของ protocorm-like body มี

ความแตกต่างกัน และให้ผลในเชิงลบเมื่อให้ชนิด ขนาดโมเลกุล แหล่งที่มา %DD และความเข้มข้นของไคโทซานที่ไม่เหมาะสมกับพืชชนิดนั้น (Nge *et al*., 2006; Pornpienpakdee *et al*., 2010) ซึ่งการใช้ประโยชน์จากไคโทซานนั้นจำเป็นที่จะต้องคำนึงถึงความเหมาะสมกับพืชชนิดนั้น ไม่จำเป็นที่จะต้องให้ความเข้มข้นของไคโทซานที่มากจนเกินไปเพื่อหวังว่าจะช่วยเพิ่มการเติบโตของพืช

เมื่อพิจารณาผลของไคโทซานที่มีต่อน้ำหนักสดต่อต้นและน้ำหนักแห้งต่อต้น พบว่า ในฤดูหนาว ไคโทซานมีผลต่อน้ำหนักสดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่มีผลต่อน้ำหนักแห้งอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งข้อมูลนี้ชี้ให้เห็นว่า ในฤดูกาลดังกล่าว ไคโทซานอาจมีผลต่อเปอร์เซ็นต์น้ำในต้นมากกว่าผลต่อการสร้างเนื้อเยื่อที่เป็นสารอินทรีย์โดยตรง ซึ่งแตกต่างจากผลการทดลองในฤดูร้อนที่พบว่า ไคโทซานมีผลต่อน้ำหนักแห้งต่อต้นและน้ำหนักสดต่อต้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากมีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้น 1 กรัมต่อลิตร มีผลทำให้การใช้น้ำของต้นพริกลดลง จากการที่ปากใบปิดแต่ไม่มีผลต่อมวลชีวภาพและผลผลิตของต้นพริก (Bittelli *et al*., 2001)

2. ศึกษาผลของชนิดและความเข้มข้นของไคโทซานที่มีต่ออายุหลังการเก็บเกี่ยวและลักษณะภายนอกของผักสลัด 'ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก'

จากผลการทดลองทั้ง 3 ฤดูกาลจะเห็นว่า การให้ไคโทซานในการปลูกเลี้ยงผักสลัด 'ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก' ไม่มีผลต่อลักษณะภายนอกที่ปรากฏอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองควบคุมที่ไม่ได้รับไคโทซาน รวมถึงไม่มีผลต่อการสูญเสียน้ำหนักสดหลังการเก็บเกี่ยว ที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส เป็น 10 วัน ซึ่งมีการทดลองฉีดพ่นไคโทซานให้กับกล้วยไม้สกุลหวายพันธุ์ 'ขาวสนาน' และ 'BOM 17 K' สามารถยืดอายุการปักแจกันของกล้วยไม้ทั้งสองชนิดได้ (ไพบูลย์ หมุ่ยมาศ, 2550) รวมทั้งมีการฉีดพ่นไคโทซานความเข้มข้น 2 4 และ 6 กรัมต่อลิตร ให้กับสตรอเบอรี่สามารถลดการเกิดโรค fungal rot ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ รวมถึงสามารถรักษาคุณภาพให้กับผลของสตรอเบอรี่ได้ดีกว่าชุดควบคุมที่ไม่ได้ฉีดพ่น

3. ศึกษาผลของไคโทซานที่มีต่อปริมาณเส้นใย ปริมาณกรด ascorbic และปริมาณรงควัตถุของผักสลัด 'ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก'

จากผลการทดลอง จะพบว่า ผลของไคโทซานที่มีต่อปริมาณกรด ascorbic ในผักสลัดขึ้นกับฤดูกาล กล่าวคือ ในฤดูฝน ไคโทซานชนิดโอลิโกเมอร์ที่ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร จะทำให้ผักสลัดมีปริมาณกรด ascorbic สูงขึ้น ในขณะที่ในฤดูร้อน การให้ไคโทซานชนิดพอลิเมอร์ที่ความเข้มข้น 5 มิลลิกรัมต่อลิตรให้ผลที่ดีกว่า เป็นต้น

เนื่องจากมีการทดลองให้ไคโทซานกับต้นมะเขือเทศ ส่งผลทำให้มีการเพิ่มขึ้นของ H_2O_2 (Lee *et al*., 1999) ทำให้พืชมีการสร้างตัวต้านออกซิเดชันเพื่อขจัดอนุมูลอิสระ เช่น catalase (Srivastava *et al*., 2009) รวมถึงกรด ascorbic ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของขบวนการกำจัด Reactive oxygen species (ROS) ของ ascorbate-glutathione pathway (Agrawal *et al*., 2002)

การให้ไคโทซานลงในสารละลายธาตุอาหารไม่มีผลแตกต่างกันทางสถิติ ในการเพิ่มปริมาณรงควัตถุ อันได้แก่ ปริมาณ carotenoid ปริมาณคลอโรฟิลล์ *เอ* และ ปริมาณคลอโรฟิลล์ *บี* เมื่อเทียบชุดการทดลองที่ไม่ได้มีการเติมไคโทซานลงในสารละลายธาตุอาหาร แต่มีรายงานว่าไคโทซานสามารถเพิ่มขนาดของคลอโรพลาสต์ได้ (Limpanavech *et al*., 2008) และการสังเคราะห์แสงที่เพิ่มขึ้นส่งผลทำให้การเติบโตเพิ่มขึ้นด้วย (Barka *et al*., 2004) และไคโทซานสามารถคงปริมาณ carotenoid และปริมาณคลอโรฟิลล์เมื่อใช้ไคโทซานมาเคลือบผิว (Simões *et al*., 2009; Xing *et al*., 2011) แต่ในฤดูหนาวและฤดูร้อน การให้ไคโทซานชนิดโอลิโกเมอร์ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตรมีผลให้ ปริมาณ carotenoid ปริมาณคลอโรฟิลล์ *เอ* และ ปริมาณคลอโรฟิลล์ *บี* สูงกว่าชุดควบคุม

สำหรับการให้ไคโทซานลงในสารละลายธาตุอาหารจะส่งให้ปริมาณเส้นใยเพิ่มขึ้น โดยที่ในช่วงฤดูฝนจะพบว่า การให้ไคโทซานเพิ่มปริมาณเส้นใยได้มากกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ในอีก 2 ฤดูกาล ปริมาณเส้นใยของทุกชุดการทดลองไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งคล้ายกับการทดลองในข้าวที่มีการให้ไคโทซานสามารถช่วยเพิ่มปริมาณเส้นใยให้กับใบข้าวได้ (Boonlertnirun *et al*., 2008) การเพิ่มขึ้นของเส้นใยน่าจะมีผลเชื่อมโยงกับการป้องกันตัวของพืช ซึ่งไคโทซานมีลักษณะคล้ายกับผนังเซลล์ของเชื้อรา จึงคล้ายกับเกิดการเข้าโจมตีของเชื้อทำให้เกิดการส่งสัญญาณทำให้ผนังเซลล์หนาขึ้น และทำให้ vessels มีลักษณะ bubble-like structure และทำให้บริเวณผิวหนาขึ้น (Benhamou and Theriault, 1992; Lafontaine and Benhamou, 1996) รวมถึงการเพิ่มขึ้นของ phenolic acid เช่น *p*-coumaric caffeic ferulic benzoic protocatechuic และ gallic ซึ่งเกี่ยวกับการสร้างและการสะสม lignin ทำให้มีปริมาณ lignin เพิ่มขึ้น โดยที่ lignin เป็นส่วนประกอบของ secondary wall ในเซลล์พืช อย่างเช่น vessel หรือ fiber เป็นต้น (Reddy *et al*., 1999)

4. ศึกษาการลดปริมาณไนเตรทตกค้างในผักสลัด 'ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก'

การให้ไคโทซานชนิดโอลิโกเมอร์ที่ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตรลงในสารละลายธาตุอาหารจะช่วยเพิ่มน้ำหนักสดให้กับผักสลัด 'ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก' โดยที่การให้ไคโทซานลงในสารละลายธาตุอาหารและงดให้ NO_3^- ก่อนการเก็บเกี่ยว 7 วันนั้นสามารถให้น้ำหนักสดที่มากที่สุดและสามารถ

ลดปริมาณไนเตรทลง 78.6% เมื่อเทียบกับชุดควบคุม ซึ่งให้ผลที่ดีกว่าเมื่อเทียบการปลูกผักสลัดพันธุ์ Elvira และ Daguan ที่ทำการลดไนเตรทด้วยวิธีการงดให้ ไนโตรเจน ในสารละลายธาตุอาหาร ในช่วงสัปดาห์สุดท้ายก่อนการเก็บเกี่ยว โดยที่ค่าน้ำหนักสดของชุดการทดลองที่ให้สารละลายธาตุอาหารครบถ้วนและชุดการทดลองที่งดให้ ไนโตรเจน ในสารละลายธาตุอาหาร ในช่วงสัปดาห์สุดท้ายก่อนการเก็บเกี่ยว ไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยที่ชุดการทดลองที่งดให้ ไนโตรเจน ในสารละลายธาตุอาหาร ในช่วงสัปดาห์สุดท้ายก่อนการเก็บเกี่ยวในผักพันธุ์ Elvira สามารถลดปริมาณไนเตรทลงได้ 27.73% เมื่อเทียบกับชุดการทดลองที่ให้สารละลายธาตุอาหารครบถ้วน และชุดการทดลองที่งดให้ ไนโตรเจน ในสารละลายธาตุอาหาร ในช่วงสัปดาห์สุดท้ายก่อนการเก็บเกี่ยวในผักพันธุ์ Daguan สามารถลดปริมาณไนเตรทลงได้ 46.40% เมื่อเทียบกับชุดการทดลองที่ให้สารละลายธาตุอาหารครบถ้วน (Urrestarazu *et al*., 1998)

ส่วนค่าน้ำหนักสดของชุดการทดลองที่เปลี่ยนสารละลายธาตุอาหารเป็นน้ำเปล่าก่อนการเก็บเกี่ยว 2 วัน ทั้งที่มีการให้ไคโทซานและไม่ได้ให้ไคโทซาน มีค่ามากกว่าชุดควบคุม และสามารถลดปริมาณไนเตรทลง 37.01% และ 44.94% ตามลำดับเมื่อเทียบกับชุดควบคุม ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับการทดลองของ Santamaria และ Gonnella (2001) ที่ได้ทดลองลดไนเตรท โดยการเปลี่ยนสารละลายธาตุเป็นน้ำเปล่าก่อนการเก็บเกี่ยว 48 ชั่วโมง ซึ่งสามารถลดปริมาณไนเตรทลงได้ครึ่งหนึ่ง คือ จาก 4919 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เหลือ 2785 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยไม่ส่งผลกระทบต่อผลผลิต หรือการลดการให้ ไนโตรเจน ในสารละลายธาตุอาหาร ลงเหลือหนึ่งส่วนในสี่ส่วน ก่อนการเก็บเกี่ยว 5 วัน สามารถลดปริมาณไนเตรทได้ถึง 70% โดยไม่ส่งผลกระทบต่อผลผลิต

ซึ่ง Santamaria และ Gonnella (2001) ได้อธิบายว่า ไนเตรทจะถูกสะสมใน vacuoles ซึ่งเมื่อทำการงดการให้ไนโตรเจน ทำให้มีการดึงไนเตรทที่สะสมออกมาจาก vacuoles ทำให้ปริมาณไนเตรทที่สะสมอยู่ลดลง

จากผลการทดลอง จะเห็นได้ว่า ในการผลิตผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีคุณภาพดีและให้ผลผลิตสูง ควรทำการปลูกเลี้ยงในสารละลายธาตุอาหารที่มีการเติมไคโทซานชนิดโอลิโกเมอร์ที่ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร แล้วเปลี่ยนสารละลายให้ไม่มี NO_3^- ในช่วงก่อนการเก็บเกี่ยวผลผลิต 7 วัน จะทำให้ได้ผลผลิตที่มีน้ำหนักสด (น้ำหนักเพิ่มขึ้น 47.59%) และคุณค่าทางอาหารสูง และมีปริมาณไนเตรทต่ำกว่าการปลูกแบบปกติถึง 76.6%

บทที่ 6

สรุปผลการทดลอง

1. ศึกษาผลของชนิดและความเข้มข้นของไคโทซานที่มีต่อการเติบโตของผักสลัด 'ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก'

การเติมไคโทซานชนิดโอลิโกเมอร์ ที่ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถเพิ่มน้ำหนักสดและจำนวนใบให้มากกว่าการปลูกเลี้ยงผักสลัด 'ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก' ที่ไม่ได้เติมไคโทซาน ในทุกฤดูกาล และให้ค่าน้ำหนักแห้งมากกว่าการให้ไคโทซานในแบบอื่นๆ

ดังนั้น การเติมไคโทซานชนิดโอลิโกเมอร์ที่ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร นั้นจึงมีความเหมาะสมต่อนำไปใช้ในการปลูกผักสลัด 'ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก' ด้วยวิธีไฮโดรพอนิก

2. ศึกษาผลของชนิดและความเข้มข้นของไคโทซานที่มีต่ออายุหลังการเก็บเกี่ยวและลักษณะภายนอกของผักสลัด 'ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก'

การเติมไคโทซานลงในสารละลายธาตุอาหาร จะช่วยคงลักษณะคุณภาพภายนอกของผักสลัด 'ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก' ได้ โดยที่การเติมไคโทซานชนิดโอลิโกเมอร์ที่ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร จะช่วยรักษาคะแนนลักษณะภายนอกหลังการเก็บเกี่ยวได้ดีกว่าชุดควบคุม รวมถึงสามารถลดการสูญเสียน้ำหนักสดหลังจากเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 วัน แม้ว่าจะไม่พบค่าความต่างกันอย่างนัยสำคัญทางสถิติในทุกฤดูกาล

3. ศึกษาผลของไคโทซานที่มีต่อปริมาณเส้นใย ปริมาณกรด ascorbic และปริมาณรงควัตถุของผักสลัด 'ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก'

ชุดการทดลองที่ได้รับไคโทซานชนิดโอลิโกเมอร์ที่ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตรจะให้ค่าปริมาณกรด ascorbic ปริมาณเส้นใย และปริมาณรงควัตถุที่ดีที่สุด แม้ว่าจะไม่พบค่าความต่างกันอย่างนัยสำคัญทางสถิติ

4. ศึกษาการลดปริมาณไนเตรทตกค้างในผักสลัด 'ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก'

การเติมไคโทซานชนิดโอลิโกเมอร์ที่ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตรและทำการงดให้ NO_3^- ก่อนการเก็บเกี่ยว 7 วัน จะทำให้มีน้ำหนักสดมากที่สุดและสามารถลดไนเตรทตกค้างลงได้มากที่สุด (76.6% เทียบกับชุดควบคุม) เมื่อเทียบกับวิธีการลดไนเตรทในแบบอื่นๆ

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กรมอุตุนิยมวิทยา. 2550. ฤดูกาลของประเทศไทย. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.tmd.go.th/info/info.php?FileID=53 [20 เมษายน 2553]

กองบรรณาธิการ ฐานเกษตรกรรม. 2541. รวมเรื่องผัก, พิมพ์ครั้งที่ 5. นนทบุรี : ฐานเกษตรกรรม.

ดิเรก ทองอร่าม. 2550. การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน : หลักการจัดการการผลิตและเทคโนโลยีการผลิตเชิงธุรกิจในประเทศไทย, พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

ธรรมศักดิ์ ทองเกตุ, อัญชนีย์ อุทัยพัฒนาชีพ และวัฒิพงษ์ พิมพ์โคตร. 2545. การสำรวจเบื้องต้นปริมาณสารไนเตรทตกค้างในผักกาดหอมปลูกโดยไม่ใช้ดินในฤดูกาลต่างๆ ใน การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. หน้า 67-73. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร.

นวลนภา เจริญรวย. 2548. ผลของแคลเซียมคลอไรด์และไคโตซานต่ออายุการเก็บรักษาและคุณภาพภายหลังการเก็บเกี่ยวฝักกระเจี๊ยบเขียว *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาพฤกษศาสตร์ ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เพทาย จรูญนารถ. 2550. การใช้ไคโตซานเพื่อชะลอภาวะเสื่อมถอยและยืดอายุการเก็บรักษาหลังการเก็บเกี่ยวของหน่อไม้ฝรั่ง *Asparagus officinalis*. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ไพบูลย์ หมุ่ยมาศ. 2550. ผลของไคโตซานที่มต่อการออกดอกและคุณภาพของดอกกล้วยไม้สกุลหวาย *Dendrobium* ‘ขาวสนาน’ และ *Dendrobium* ‘BOM 17 K’. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาพฤกษศาสตร์ ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เมฆ จันทน์ประยูร. 2548. ผักสวนครัว, พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพมหานคร: มิติใหม่.

อานัฐ ตันโช. 2548. การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน. กรุงเทพมหานคร: Trio Advertising & Media.

ภาษาอังกฤษ

Abdel-Mawgoud, A.M.R., Tantawy, A.S., El-Nemr, M.A. and Sassine, Y.N. 2010. Growth and yield responses of strawberry plants to chitosan application. European Journal of Scientific Research. 39: 161-168.

Agrawal, G.K., Rakwal, R., Tamogami, 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.

Amborabe, B., Bonmort, J., Fleurat-Lessard, P. and Roblin, G. 2008. Early events induced by chitosan on plant cells. Journal of Experimental Botany. 59: 2317-2324.

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

Bell, A.A., Hubbard, J.C., Liu, L., Davis, R.H. and Subbarao, K.V. 1998. Effects of chitin and chitosan on the incidence and severity of fusarium yellows of celery. Plant Disease. 82: 322-328.

Benhamou, N. and Theriault, G. 1992. Treatment with chitosan enhances resistance of tomato plants to the crown and root rot pathogen *Fusarium oxysporum* f.sp. *radicis-lycopersici*. Physiological and Molecular Plant Pathology. 4: 33-52.

Ben-Shalom, N., Ardi, R., Pinto, R., Aki, C. and Fallik, E. 2003. Controlling gray mould caused by *Botrytis cinerea* in cucumber plants by means of chitosan. Crop Protection. 22: 285-290.

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.

Boonlertnirun, S., Boonraung, C. and Suvanasara, R. 2008. Application of Chitosan in Rice Production. Journal of Metals, Materials and Minerals. 18: 47-52.

Borkowski, J., Dyki, B., Felczynska, A. and Kowalczyk, W. 2007. Effect of BIOCHIKOL 020 PC (chitosan) on the plant growth, fruit yield and healthiness of tomato plant roots and stems. Polish Chitin Society. 217-223.

Chien, P., Sheu, F. and Yang, F. 2007. Effects of edible chitosan coating on quality and shelf life of sliced mango fruit. Journal of Food Engineering. 78: 225-229.

Devesa, R., Moldes, A., Diaz-Fierros, F. and Barral, M.T. 2007. Extraction study of algal pigments in river bed sediments by applying factorial designs. Talanta. 72: 1546–1551.

Doares, S.H., Syrovets, 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. 92: 4095-4098.

Eikemo, H., Stensvand, A. and Tronsmo, A.M. 2003. Induced resistance as a possible means to control diseases of strawberry caused by *Phytophthora* spp. Plant Disease. 87: 345-350.

European Union Scientific Committee for Food (SCF). 1995. Opinion on Nitrate and Nitrite. Expressed on 22 September 1995. Brussels (Belgium): European Commission DG III. Annex 4 to document III/56/95, CS/CNTM/NO3/20-FINAL.

Food Standards Agency. 2005. 2004 UK Monitoring Programme for Nitrate in Lettuce and Spinach. Food Survey Information Sheet. 70.

Guan, Y.J., HU, J., Wang, X.J. and Shao, C.X. 2009. Seed priming with chitosan improves maize germination and seedling growth in relation to physiological changes under low temperature stress. Journal of Zhejiang University Science B. 10(6): 427-433.

Hernandez-Munoz, P., Almenar, E., Valle, V., Velez, D. and Gavara, R. 2008. Effect of chitosan coating combined with postharvest calcium treatment on strawberry (*Fragaria x ananassa*) quality during refrigerated storage. Food Chemistry. 110: 428–435.

Hoagland, D.R. and Arnon, D.I. 1950. The water-culture method for growing plants without soil. California Agricultural Experiment Station Circular. 34: 1-32.

Iriti, M., Picchi, V., Rossoni, M., Gomarasca, S., Ludwig, N., Gargano, M. and Faoro, F. 2009. Chitosan antitranspirant activity is due to abscisic acid-dependent stomatal closure. Environmental and Experimental Botany. 66: 493-500.

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

Kader, A.A., Lipton, W.J. and Morris, L.L. 1973. Systems for scoring quality of harvested lettuce. HortScience. 8: 408-409.

Kowalski, B., Terry, F.J., Herrera, L. and Peñalver, D.A. 2006. Application of soluble chitosan in vitro and in the greenhouse to increase yield and seed quality of potato minitubers. Potato Research. 49: 167-176.

Kumar, M.N.V.R. 2000. A review of chitin and chitosan applications. Reactive & Functional Polymers. 46: 1–27.

Lafontaine, P.J. AND Benhamou, N. 1996. Chitosan Treatment: An Emerging Strategy for Enhancing Resistance of Greenhouse Tomato Plants to Infection by *Fusarium oxysporum* f.sp. *radicis-lycopersici*. Biocontrol Science and Technology. 6: 111-124.

Lee, S., Choi, H., Suh, S., Doo, I., Oh, K., Choi, E., Taylor, A.S., 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.

Limpanavech, P., Chaiyasuta, S., Vongpromek, R., Pichyangkura, R., Khunwasi, C., Chadchawan, S., Lotrakul, P., Bunjongrat, R., Chaidee, A. and Bangyeekhun, T. 2008. Chitosan effects on floral production, gene expression and anatomical changes in the *Dendrobium* orchid. Scientia Horticulturae. 116: 65-72.

Liu, J., Tian, S., Meng, X. and Xu, Y. 2007. Effects of chitosan on control of postharvest diseases and physiological responses of tomato fruit. Postharvest Biology and Technology. 44: 300-306.

Martın-Diana, A.B., Rico, D., Barry-Ryan, C., Frias, J.M., Henehan, G.T.M. and Barat, J.M. 2007. Efficacy of steamer jet-injection as alternative to chlorine in fresh-cut lettuce. Postharvest Biology and Technology. 45: 97-107.

Martinez-Castellanos, G., Shirai, K., Pelayo-Zaldivar, C., Perez-Flores, L.J. and Sepulveda-Sanchez, J.D. 2009. Effect of *Lactobacillus plantarum* and chitosan in the reduction of browning of pericarp Rambutan (*Nephelium lappaceum*). Food Microbiology. 26: 444-449.

Mi, F.L., Shyu, S.S., Wu, Y.B., Lee, S.T., Shyong, J.Y. and Huang, R.N. 2001. Fabrication and characterization of a sponge-like asymmetric chitosan membrane as a wound dressing. Biomaterials. 22: 165-173.

Nge, K., Nwe, N., Chandrkrachang, S. and Stevens, W. 2006. Chitosan as a growth stimulator in orchid tissue culture. Plant Science. 170: 1185-1190.

Ohta, K., Taniguchi, A., Konishi, N. and Hosoki, T. 1999. Chitosan Treatment Affects Plant Growth and Flower Quality in *Eustoma grandiflorum*. HortScience. 34(2): 233–234.

Pen, L.T. and Jiang, Y.M. 2003. Effects of chitosan coating on shelf life and quality of fresh-cut Chinese water chestnut. Lebensm.-Wiss. U.-Technol. 36: 359–364.

Pornpienpakdee, P., Singhasurasak, R., Chaiyasap, P., Pichyangkura, R., Bunjongrat, R., Chadchawan, S. and Limpanavech, P. 2010. Improving the micropropagation efficiency of hybrid *Dendrobium* orchids with chitosan. Scientia Horticulturae. 124: 490-499.

Rabea, E.I., Badawy, M.E.T., Stevens, C.V., Smagghe, G. and Steurbaut, W. 2003. Chitosan as antimicrobial agent: Applications and mode of action. Biomacromolecules. 4: 1457–1465.

Reddy, M.V.B., Arul, J., Angers, P. and Couture, L. 1999. Chitosan treatment of wheat seeds induces resistance to *Fusarium graminearum* and improves seed quality. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 47: 1208-1216.

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.

Rodriguez, A.T., Ramirez, M.A., Cardenas, R.M., Hernandez, A.N., Velazquez, M.G. and Bautista, S. 2007. Induction of defense response of *Oryza sativa* L. against *Pyricularia grisea* (Cooke) Sacc. by treating seeds with chitosan and hydrolyzed chitosan. Pesticide Biochemistry and Physiology. 89: 206–215.

Romanazzi, G., Karabulut, O. and Smilanick, J.L. 2007. Combination of chitosan and ethanol to control postharvest gray mold of table grapes. Postharvest Biology and Technology. 45: 134-140.

Santamaria, P. 2006. Nitrate in vegetables: toxicity, content, intake and EC regulation. Journal of the Science of Food and Agriculture. 86: 10-17.

Santamaria, P. and Gonnella, M. 2001. Ways of reducing rocket salad nitrate content. Acta Horticulturae. 548: 529-536.

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.

Sechriest, V.F., Miao, Y.J., Niyibizi, C., Larson, A.W., Matthew, H.W., Evans, C.H., Fu, F.H. and Suh, J.K. 2000. GAG-augmented polysaccharide hydrogel: A novel biocompatible and biodegradable material to support chondrogenesis. Journal of Biomedical Materials Research. 49: 534-541.

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

Shin, Y., Liu, R.H., Nock, J.F., Holliday, D. and Watkins, C.B. 2007. Temperature and relative humidity effects on quality, total ascorbic acid, phenolics and flavonoid concentrations, and antioxidant activity of strawberry. Postharvest Biology and Technology. 45: 349-357.

Simões, A.D.N., Tudela, J.A., Allende, A., Puschmann, R. and Gil, M.I. 2009. Edible coatings containing chitosan and moderate modified atmospheres maintain quality and enhance phytochemicals of carrot sticks. Postharvest Biology and Technology. 51: 364–370.

Srivastava, N., Gonugunta V.K., Puli, M.R. and Raghavendra, A.S. 2009. Nitric oxide production occurs downstream of reactive oxygen species in guard cells during stomatal closure induced by chitosan in abaxial epidermis of *Pisum sativum*. Planta. 229: 757–765.

Taiz, L. and Zeiger, E. 2006. Plant Physiology. 4th ed. Massachusetts: Sinaure Associate.

Ting, D.S., Song, Z.Y. and Yong, L.X. 2007. Accumulation of Nitrate in Vegetables and Its Possible Implications to Human Health. Agricultural Sciences in China. 6(10): 1246-1255.

Urrestarazu, M., Postigo, A., Salas, M., Sánchez, A. and Carrasco, G. 1998. Nitrate Accumulation Reduction Using Chloride in the Nutrient Solution on Lettuce Growing by NFT in Semiarid Climate Conditions. Journal of Plant Nutrition. 21(8): 1705-1714.

Xing, Y., Li, X., Xu, Q., Yun, J., Lu, Y. and Tang, Y. 2011. Effects of chitosan coating enriched with cinnamon oil on qualitative properties of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.). Food Chemistry. 124: 1443–1450.

Xu, W., Huang, K., Guo, F., Qua, W., Yang, J., Liang, Z. and Luo, Y. 2007. Postharvest grapefruit seed extract and chitosan treatments of table grapes to control *Botrytis cinerea*. Postharvest Biology and Technology. 46: 86-94.

Yen, M., Yang, J. and Mau, J. 2008. Antioxidant properties of chitosan from crab shells. Carbohydrate Polymers. 74: 840-844.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ตาราง ก.1 แสดงความเข้มข้นของธาตุอาหารในสารละลายธาตุอาหารซึ่งดัดแปลงจากสารละลายธาตุอาหารสูตร Hoagland

ธาตุอาหาร	**ปริมาณสาร(มิลลิกรัมต่อลิตร)**
ไนโตรเจน(N)	150-160
ฟอสฟอรัส(P)	35-40
โพแทสเซียม(K)	200-230
แคลเซียม(Ca)	110-130
ซัลเฟต(S)	40-50
แมกนีเซียม(Mg)	25-30
เหล็ก(Fe)	1.5-2.5
แมงกานีส(Mn)	0.8-1.2
สังกะสี(Zn)	0.3-0.5
ทองแดง(Cu)	0.2
โบรอน(B)	1-1.5
โมลิบดีนัม(Mo)	0.1-0.2

ตาราง ก.2 สารเคมีในปริมาณเข้มข้นสำหรับเตรียมสารละลายธาตุอาหารสูตรดัดแปลง Hoagland

ชื่อสารเคมี	ปริมาณสารที่ละลายในน้ำ 1 ลิตร (กรัม)
Macronutrient	
Calcium nitrate tetrahydrate ($Ca(NO_3)_2 . 4 H_2O$)	236
Magnesium sulphate ($MgSO_4 . 7 H_2O$)	246
Potassium dihydrogen phosphate (KH_2PO_4)	136
Potassium nitrate (KNO_3)	101
Calcium chloride dihydrate ($CaCl_2 . 2 H_2O$)*	147
Potassium chloride (KCl)*	75
Fe-EDTA**	25
Micronutreint	
Boric acid (H_3BO_3)	2.86
Cupric chloride ($CuCl_2 . 2 H_2O$)	0.25
Manganese (II) chloride tetrahydrate ($MnCl_2 . 4 H_2O$)	1.81
Sodium molybdate, dehydrate($Na_2MoO_4 . 2 H_2O$)	0.125
Zinc chloride ($ZnCl_2$)	0.55

*สารเคมีสำหรับเตรียมสารละลายธาตุอาหารสูตรดัดแปลง Hoagland เพื่อศึกษาการลดไนเตรท

**การเตรียม Fe-EDTA (5 มิลลิกรัมต่อมิลลิตร)

1.ชั่ง $FeCl_3 . 6H_2O$ ปริมาณ 27 กรัม ในน้ำ 728 มิลลิลิตร

2.ชั่ง EDTA disodium salt ปริมาณ 22.4 กรัม ในน้ำ 372 มิลลิลิตร

3.เทสารละลายทั้งสองผสมกันทีละน้อย จนกระทั่งเป็นเนื้อเดียวกัน

ตาราง ก.3 ปริมาณสารเคมีที่ใช้สำหรับสารละลายธาตุอาหารสูตรดัดแปลง Hoagland

ชื่อสารเคมี	ปริมาณสารที่ละลายในน้ำ 1 ลิตร (มิลลิลิตร)
Macronutrient	
Calcium nitrate tetrahydrate ($Ca(NO_3)_2 . 4 H_2O$)	3.2
Magnesium sulphate ($MgSO_4 . 7 H_2O$)	1.2
Potassium dihydrogen phosphate (KH_2PO_4)	1.2
Potassium nitrate (KNO_3)	4.5
Fe-EDTA	0.5
Micronutreint	2
Boric acid (H_3BO_3)	
Cupric chloride ($CuCl_2 . 2 H_2O$)	
Manganese (II) chloride tetrahydrate ($MnCl_2 . 4 H_2O$)	
Sodium molybdate, dehydrate($Na_2MoO_4 . 2 H_2O$)	
Zinc chloride ($ZnCl_2$)	

ตาราง ก.4 สารเคมีสำหรับเตรียมสารละลายธาตุอาหารสูตรดัดแปลง Hoagland เพื่อศึกษาการลดไนเตรท

ชื่อสารเคมี	ปริมาณสาร (มิลลิลิตร)
Macronutrient	
Magnesium sulphate ($MgSO_4$. 7 H_2O)	1.2
Potassium dihydrogen phosphate (KH_2PO_4)	1.2
Calcium chloride dihydrate ($CaCl_2$. 2 H_2O)	3.2
Potassium chloride (KCl)	4.5
Fe-EDTA	0.5
Micronutreint	2
Boric acid (H_3BO_3)	
Cupric chloride ($CuCl_2$. 2 H_2O)	
Manganese (II) chloride tetrahydrate ($MnCl_2$. 4 H_2O)	
Sodium molybdate, dehydrate(Na_2MoO_4 . 2 H_2O)	
Zinc chloride ($ZnCl_2$)	

การเตรียมสารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณ Ascorbic acid

-6% meta-Phosphoric acid ใน 2 M Acetic acid

1.เท Acetic acid ปริมาตร 57 มิลลิลิตร ลงในน้ำกลั่นปริมาตร 443 มิลลิลิตร

2.ชั่ง meta-Phosphoric acid 30 กรัม เทลงใน 2 M Acetic acid ที่เตรียมไว้ข้างต้น

-0.2% DCIP

ชั่ง DCIP 0.02 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร

-2% thiourea ใน 5% Metaphosphoric acid

ชั่ง meta-Phosphoric acid 5 กรัม และ Thiourea 2 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

-2% DNPH ใน 4.5 mol Sulfuric acid

1.ตวง Sulfuric acid ปริมาตร 24 มิลลิลิตร ลงในน้ำกลั่น 76 มิลลิลิตร

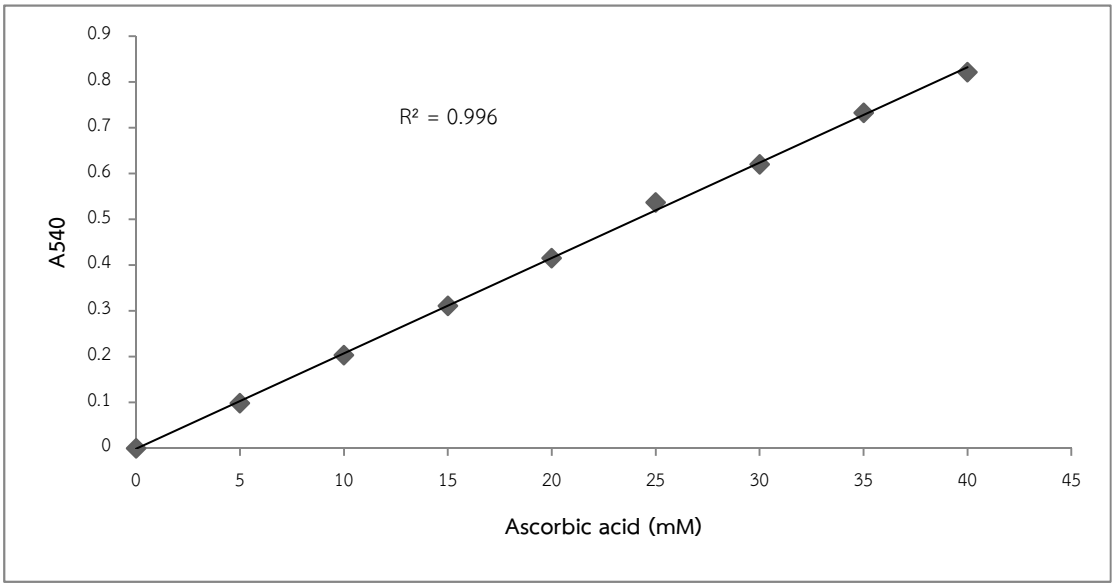
2.ชั่ง DNPH ปริมาณ 2 กรัม เทลง Sulfuric acid ที่เตรียมไว้ข้างต้น

การสร้างกราฟแสดงค่ามาตราฐาน

เตรียมกรด ascorbic ให้มีความเข้มข้นตั้งแต่ 0-0.4 mM ดังตารางที่ ก.5 โดยใช้ 6% meta-Phosphoric acid ใน 2 M acetic acid ปริมาณ 1 มิลลิลิตรเป็นตัวทำละลาย จากนั้นเติม 0.2% DCIP 0.05 มิลลิลิตร นำไปเก็บไว้ในที่มืด เป็นเวลา 1 ชั่วโมง เติม 2% thiourea ใน 5% meta-Phosphoric acid ปริมาณ 1 มิลลิลิตร และ 2% DNPH ใน 4.5 mol sulfuric acid ปริมาณ 0.5 มิลลิลิตร นำไปต้มที่ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำไปแช่เย็นทันที และเติม 90% sulfuric acid ที่เย็น ปริมาณ 2.5 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร

ตารางที่ ก.5 แสดงค่าการดูดกลืนที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตรของปริมาณกรด ascorbic ที่ความเข้มข้น 0-0.4 มิลลิกรัมต่อลิตร

ความเข้มข้นของ Ascorbic acid (mM)	**A540**
0	0
5	9.86E-02
10	0.20355
15	0.311
20	0.41563
25	0.53665
30	0.62046
35	0.7327
40	0.82162



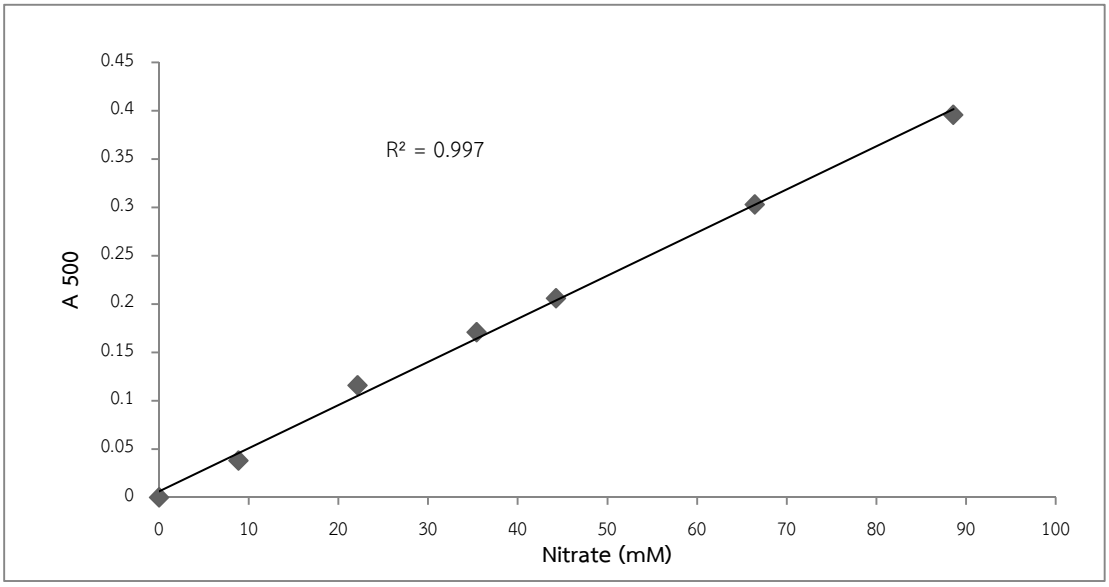
ภาพที่ ก.6 แสดงค่ามาตรฐานของปริมาณกรด Ascorbic

การสร้างกราฟแสดงค่ามาตราฐาน

เตรียม potassium nitrate ให้มีความเข้มข้นของไนเตรทตั้งแต่ 0-90 mM ดังตารางที่ ก.7 ปริมาณ 25 มิลลิลิตร จากนั้นใส่ nitraver 5 nitrate reagent เขย่า 2 นาที และตั้งทิ้งไว้ 5 นาที นำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 500 นาโนเมตร

ตารางที่ ก.7 แสดงค่าการดูดกลืนที่ความยาวคลื่น 500 นาโนเมตรของปริมาณไนเตรทที่ความเข้มข้น 0-90 mM

ความเข้มข้นของ Nitrate (mM)	**A500**
0	0
8.86	0.038
22.15	0.116
35.44	0.171
44.3	0.206
66.45	0.303
88.6	0.396



ภาพที่ ก.8 แสดงค่ามาตรฐานของปริมาณไนเตรท

ภาคผนวก ข

ตาราง ข.1 แสดงน้ำหนักสดต่อต้นของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลาย เมื่อปลูกเลี้ยงในฤดูฝน ช่วงกลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม

Treatment	Fresh weight, g± SE
control	77.78 ± 4.064 [ab]
O80 0.1 mg/L	70.43 ± 2.845 [bc]
O80 1 mg/L	78.44 ± 2.106 [ab]
O80 5 mg/L	72.98 ± 2.540 [abc]
P80 0.1 mg/L	69.25 ± 3.081 [c]
P80 1 mg/L	68.95 ± 2.026 [c]
P80 5 mg/L	79.43 ± 4.247 [a]

ตาราง ข.2 แสดงน้ำหนักสดต่อต้นของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลาย เมื่อปลูกเลี้ยงในฤดูหนาว ช่วงกลางเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์

Treatment	Fresh weight, g± SE
control	78.99 ± 6.601 [b]
O80 0.1 mg/L	82.10 ± 4.424 [b]
O80 1 mg/L	97.53 ± 9.960 [a]
O80 5 mg/L	89.49 ± 6.108 [ab]
P80 0.1 mg/L	91.23 ± 7.232 [ab]
P80 1 mg/L	77.56 ± 8.111 [b]
P80 5 mg/L	77.56 ± 9.328 [b]

ตาราง ข.3 แสดงน้ำหนักสดต่อต้นของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลาย เมื่อปลูกเลี้ยงในฤดูร้อน ช่วงกลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนพฤษภาคม

Treatment	Fresh weight, g± SE
control	46.02 ± 3.892 [b]
O80 0.1 mg/L	50.97 ± 4.293 [b]
O80 1 mg/L	63.70 ± 8.263 [a]
O80 5 mg/L	63.21 ± 4.989 [a]
P80 0.1 mg/L	50.71 ± 2.980 [b]
P80 1 mg/L	49.11 ± 3.095 [b]
P80 5 mg/L	55.01 ± 5.063 [ab]

ตาราง ข.4 แสดงน้ำหนักแห้งต่อต้นของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลาย เมื่อปลูกเลี้ยงในฤดูฝน ช่วงกลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม

Treatment	Dry weight, g ± SE
control	2.711 ± 0.2015
O80 0.1 mg/L	2.480 ± 0.1775
O80 1 mg/L	2.618 ± 0.1592
O80 5 mg/L	2.311 ± 0.0769
P80 0.1 mg/L	2.534 ± 0.1138
P80 1 mg/L	2.416 ± 0.1408
P80 5 mg/L	2.457 ± 0.1633

ตาราง ข.5 แสดงน้ำหนักแห้งต่อต้นของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลาย เมื่อปลูกเลี้ยงในฤดูหนาว ช่วงกลางเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์

Treatment	Dry weight, g ± SE
control	2.292 ± 0.2024
O80 0.1 mg/L	2.330 ± 0.2095
O80 1 mg/L	2.642 ± 0.1843
O80 5 mg/L	2.645 ± 0.2430
P80 0.1 mg/L	2.342 ± 0.1987
P80 1 mg/L	2.448 ± 0.2396
P80 5 mg/L	2.289 ± 0.2124

ตาราง ข.6 แสดงน้ำหนักแห้งต่อต้นของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลาย เมื่อปลูกเลี้ยงในฤดูร้อน ช่วงกลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนพฤษภาคม

Treatment	Dry weight, g ± SE
control	2.013 ± 0.1448 [b]
O80 0.1 mg/L	2.084 ± 0.1484 [b]
O80 1 mg/L	2.525 ± 0.2804 [a]
O80 5 mg/L	2.386 ± 0.1753 [ab]
P80 0.1 mg/L	2.154 ± 0.1152 [ab]
P80 1 mg/L	2.025 ± 0.0920 [b]
P80 5 mg/L	2.371 ± 0.2102 [ab]

ตาราง ข.7 แสดงจำนวนใบต่อต้นของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลาย เมื่อปลูกเลี้ยงในฤดูฝน ช่วงกลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม

Treatment	Leaf number, leaf± SE
control	16.42 ± 0.484
O80 0.1 mg/L	16.08 ± 0.417
O80 1 mg/L	16.83 ± 0.490
O80 5 mg/L	15.83 ± 0.441
P80 0.1 mg/L	16.67 ± 0.376
P80 1 mg/L	15.50 ± 0.557
P80 5 mg/L	16.25 ± 0.524

ตาราง ข.8 แสดงจำนวนใบต่อต้นของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลาย เมื่อปลูกเลี้ยงในฤดูหนาว ช่วงกลางเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์

Treatment	Leaf number, leaf± SE
control	15.33 ± 0.167
O80 0.1 mg/L	14.89 ± 0.484
O80 1 mg/L	16.22 ± 0.278
O80 5 mg/L	16.11 ± 0.564
P80 0.1 mg/L	16.22 ± 0.572
P80 1 mg/L	15.33 ± 0.866
P80 5 mg/L	15.11 ± 0.455

ตาราง ข.9 แสดงจำนวนใบต่อต้นของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลาย เมื่อปลูกเลี้ยงในฤดูร้อน ช่วงกลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนพฤษภาคม

Treatment	Leaf number, leaf± SE
control	13.53 ± 0.668
O80 0.1 mg/L	14.56 ± 0.532
O80 1 mg/L	14.38 ± 0.636
O80 5 mg/L	14.59 ± 0.478
P80 0.1 mg/L	14.29 ± 0.391
P80 1 mg/L	14.06 ± 0.357
P80 5 mg/L	15.13 ± 0.670

ตาราง ข.10 แสดงคะแนนลักษณะภายนอกที่ปรากฏของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลาย เมื่อปลูกเลี้ยงในฤดูฝน ช่วงกลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม

Treatment	Overall appearance, score ± SE
control	7.05 ± 0.332 ^{abc}
O80 0.1 mg/L	6.11 ± 0.332 ^{c}
O80 1 mg/L	6.71 ± 0.342 ^{bc}
O80 5 mg/L	7.51 ± 0.353 ^{ab}
P80 0.1 mg/L	7.94 ± 0.332 ^{a}
P80 1 mg/L	7.55 ± 0.332 ^{ab}
P80 5 mg/L	7.22 ± 0.332 ^{ab}

ตาราง ข.11 แสดงคะแนนลักษณะภายนอกที่ปรากฏของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลาย เมื่อปลูกเลี้ยงในฤดูหนาว ช่วงกลางเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์

Treatment	Overall appearance, score ± SE
control	7.66 ± 0.235
O80 0.1 mg/L	7.44 ± 0.242
O80 1 mg/L	8.00 ± 0.235
O80 5 mg/L	6.88 ± 0.351
P80 0.1 mg/L	7.44 ± 0.242
P80 1 mg/L	7.55 ± 0.175
P80 5 mg/L	7.66 ± 0.288

ตาราง ข.12 แสดงคะแนนลักษณะภายนอกที่ปรากฏของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลาย เมื่อปลูกเลี้ยงในฤดูร้อน ช่วงกลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนพฤษภาคม

Treatment	Overall appearance, score ± SE
control	7.13 ± 0.236
O80 0.1 mg/L	6.83 ± 0.218
O80 1 mg/L	7.46 ± 0.291
O80 5 mg/L	7.47 ± 0.151
P80 0.1 mg/L	7.35 ± 0.170
P80 1 mg/L	7.22 ± 0.263
P80 5 mg/L	7.50 ± 0.303

ตาราง ข.13 แสดงการสูญเสียน้ำหนักสดหลังการเก็บเกี่ยวเป็นเวลา 10 วันที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียสของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลาย เมื่อปลูกเลี้ยงในฤดูฝน ช่วงกลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม

Treatment	Fresh weight loss, %± SE
control	3.68 ± 0.523
O80 0.1 mg/L	4.05 ± 0.707
O80 1 mg/L	3.11 ± 0.451
O80 5 mg/L	3.19 ± 0.241
P80 0.1 mg/L	2.87 ± 0.302
P80 1 mg/L	2.80 ± 0.479
P80 5 mg/L	3.74 ± 0.374

ตาราง ข.14 แสดงการสูญเสียน้ำหนักสดหลังการเก็บเกี่ยวเป็นเวลา 10 วันที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียสของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลาย เมื่อปลูกเลี้ยงในฤดูหนาว ช่วงกลางเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์

Treatment	Fresh weight loss, %± SE
control	2.48 ± 0.471
O80 0.1 mg/L	3.17 ± 0.336
O80 1 mg/L	3.03 ± 0.594
O80 5 mg/L	3.78 ± 0.500
P80 0.1 mg/L	3.45 ± 0.487
P80 1 mg/L	3.08 ± 0.652
P80 5 mg/L	2.88 ± 0.544

ตาราง ข.15 แสดงการสูญเสียน้ำหนักสดหลังการเก็บเกี่ยวเป็นเวลา 10 วันที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียสของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลาย เมื่อปลูกเลี้ยงในฤดูร้อน ช่วงกลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนพฤษภาคม

Treatment	Fresh weight loss, %± SE
control	7.15 ± 1.353
O80 0.1 mg/L	6.06 ± 0.999
O80 1 mg/L	6.19 ± 1.190
O80 5 mg/L	4.31 ± 0.748
P80 0.1 mg/L	4.25 ± 0.702
P80 1 mg/L	5.63 ± 0.914
P80 5 mg/L	3.65 ± 0.550

ตาราง ข.16 แสดงปริมาณกรด ascorbic ต่อต้นของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อปลูกเลี้ยงในฤดูฝน ช่วงกลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม

Treatment	Total ascorbic acid, mg/kg FW ± SE
control	111.46 ± 7.744 [b]
O80 1 mg/L	135.20 ± 9.099 [a]
P80 5 mg/L	106.47 ± 6.684 [b]

ตาราง ข.17 แสดงปริมาณกรด ascorbic ต่อต้นของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อปลูกเลี้ยงในฤดูหนาว ช่วงกลางเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์

Treatment	Total ascorbic acid, mg/kg FW ± SE
control	294.93 ± 11.065
O80 1 mg/L	267.22 ± 57.610
P80 0.1 mg/L	282.54 ± 22.574

ตาราง ข.18 แสดงปริมาณกรด ascorbic ต่อต้นของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อปลูกเลี้ยงในฤดูร้อน ช่วงกลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนพฤษภาคม

Treatment	Total ascorbic acid, mg/kg FW ± SE
control	144.47 ± 6.355 [b]
O80 1 mg/L	148.62 ± 6.616 [b]
P80 5 mg/L	177.20 ± 7.132 [a]

ตาราง ข.19 แสดงปริมาณ caorotenoid ต่อต้นของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อปลูกเลี้ยงในฤดูฝน ช่วงกลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม

Treatment	Total carotenoid, mg/kg FW ± SE
control	160.47 ± 10.748
O80 1 mg/L	159.04 ± 9.232
P80 5 mg/L	158.82 ± 11.388

ตาราง ข.20 แสดงปริมาณ caorotenoid ต่อต้นของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อปลูกเลี้ยงในฤดูหนาว ช่วงกลางเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์

Treatment	Total carotenoid, mg/kg FW ± SE
control	61.75 ± 8.532
O80 1 mg/L	79.23 ± 5.897
P80 0.1 mg/L	62.47 ± 4.634

ตาราง ข.21 แสดงปริมาณ caorotenoid ต่อต้นของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อปลูกเลี้ยงในฤดูร้อน ช่วงกลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนพฤษภาคม

Treatment	Total carotenoid, mg/kg FW ± SE
control	109.61 ± 4.477
O80 1 mg/L	124.21 ± 7.990
P80 5 mg/L	107.73 ± 6.434

ตาราง ข.22 แสดงปริมาณคลอโรฟิลล์ *เอ* ต่อต้นของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อปลูกเลี้ยงในฤดูฝน ช่วงกลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม

Treatment	Chlorophyll *a*, mg/kg FW ± SE
control	477.21 ± 32.955
O80 1 mg/L	456.80 ± 27.136
P80 5 mg/L	458.73 ± 32.340

ตาราง ข.23 แสดงปริมาณคลอโรฟิลล์ *เอ* ต่อต้นของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อปลูกเลี้ยงในฤดูหนาว ช่วงกลางเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนพฤษภาคม

Treatment	Chlorophyll *a*, mg/kg FW ± SE
control	199.28 ± 29.315
O80 1 mg/L	262.29 ± 19.903
P80 0.1 mg/L	212.18 ± 15.509

ตาราง ข.24 แสดงปริมาณคลอโรฟิลล์ *เอ* ต่อต้นของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อปลูกเลี้ยงในฤดูร้อน ช่วงกลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนพฤษภาคม

Treatment	Chlorophyll *a*, mg/kg FW ± SE
control	335.82 ± 14.073
O80 1 mg/L	376.03 ± 27.479
P80 5 mg/L	317.81 ± 17.048

ตาราง ข.25 แสดงปริมาณคลอโรฟิลล์ *บี* ต่อต้นของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อปลูกเลี้ยงในฤดูฝน ช่วงกลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม

Treatment	Chlorophyll *b*, mg/kg FW ± SE
control	110.63 ± 7.742
O80 1 mg/L	111.08 ± 6.824
P80 5 mg/L	107.98 ± 7.723

ตาราง ข.26 แสดงปริมาณคลอโรฟิลล์ *บี* ต่อต้นของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อปลูกเลี้ยงในฤดูหนาว ช่วงกลางเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์

Treatment	Chlorophyll *b*, mg/kg FW ± SE
control	51.84 ± 7.345
O80 1 mg/L	66.79 ± 5.775
P80 0.1 mg/L	55.23 ± 4.494

ตาราง ข.27 แสดงปริมาณคลอโรฟิลล์ *บี* ต่อต้นของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อปลูกเลี้ยงในฤดูร้อน ช่วงกลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนพฤษภาคม

Treatment	Chlorophyll *b*, mg/kg FW ± SE
control	81.81 ± 3.409
O80 1 mg/L	92.19 ± 6.746
P80 5 mg/L	77.18 ± 4.070

ตาราง ข.28 แสดงร้อยละของเส้นใยต่อต้นของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อปลูกเลี้ยงในฤดูฝน ช่วงกลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม

Treatment	% Fiber ± SE
control	0.7180 ± 0.03838 [b]
O80 1 mg/L	1.0345 ± 0.04726 [a]
P80 5 mg/L	1.0244 ± 0.08502 [a]

ตาราง ข.29 แสดงร้อยละของเส้นใยต่อต้นของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อปลูกเลี้ยงในฤดูหนาว ช่วงกลางเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์

Treatment	% Fiber ± SE
control	0.8258 ± 0.16252
O80 1 mg/L	1.0394 ± 0.10941
P80 0.1 mg/L	0.981 ± 0.12200

ตาราง ข.30 แสดงร้อยละของเส้นใยต่อต้นของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อปลูกเลี้ยงในฤดูร้อน ช่วงกลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนพฤษภาคม

Treatment	% Fiber± SE
control	1.3403 ± 0.05688
O80 1 mg/L	1.2404 ± 0.08370
P80 5 mg/L	1.2425 ± 0.03743

ตาราง ข.31 แสดงน้ำหนักสดต่อต้นของผักสลัด‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการปรับลดไนเตรทร่วมกับการให้ไคโทซานชนิดโอลิโกเมอร์ที่ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตรลงในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อปลูกเลี้ยงด้วยวิธีไฮโดรพอนิก ที่ทำการลดปริมาณไนเตรท

Treatment	Fresh weight, g± SE
T1	44.10 ± 5.364 ^{bc}
T2	58.85 ± 4.246 ^{ab}
T3	41.90 ± 3.973 ^{c}
T4	65.09 ± 5.168 ^{a}
T5	54.20 ± 5.490 ^{abc}
T6	54.50 ± 5.320 ^{abc}

ตาราง ข.32 แสดงปริมาณไนเตรทต่อต้นของผักสลัด ‘ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก’ ที่มีการปรับลดไนเตรทร่วมกับการให้ไคโทซานชนิดโอลิโกเมอร์ที่ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตรลงในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อปลูกเลี้ยงด้วยวิธีไฮโดรพอนิก

Treatment	Nitrate content, mg/kg F.W. ± SE
T1	2280.21 ± 70.441 ^{a}
T2	2399.85 ± 61.021 ^{a}
T3	537.07 ± 79.973 ^{c}
T4	488.64 ± 64.174 ^{c}
T5	1255.31 ± 148.954 ^{b}
T6	1436.29 ± 116.693 ^{b}

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายธเนศ จิระพรประเสริฐ เกิดเมื่อวันที่ 21 พฤษภาคม พ.ศ.2527 ที่กรุงเทพมหานคร จบการศึกษาชั้นประถมปีที่ 6 จากโรงเรียนมหาวีรานุวัตร จบการศึกษาชั้นมัธยมต้นและมัธยมปลายจากโรงเรียนเทศิรินทร์ และจบการศึกษาในระดับปริญญาตรี สาขาวิชาพันธุศาสตร์ ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เข้าศึกษาต่อระดับปริญญาโท ในหลักสูตรพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปี 2552