2122

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปัญหาพิเศษปริญญาตรี

เรื่อง

ผลของการลดปริมาณไนโตรเจนในสารละลายธาตุอาหารพืช และระยะเวลาในการลด ที่มีต่อการสะสมไนเตรทของผักสลัดที่ปลูกในระบบ Nutrient Film Technique (NFT)

The effect of nitrogen decreasing in nutrient solution and timing before harvested to nitrate accumulation in salad (*Lactuca sativa* L.) as grown on nutrient film technique system.

T099740

โดย

นายวรวงศ์ ตระกูลวิวัฒน์

เสนอ

ปพ.
วว76ศ
2548

เลขหมู่ 99740
เลขทะเบียน
วัน เดือน ปี

ภาควิชาปฐพีวิทยา

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตร์ (เกษตรศาสตร์)

พ.ศ.2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ ลาดกระบัง

ใบรับรองปัญหาพิเศษปริญญาตรี
ภาควิชาปฐพีวิทยา

เรื่อง

ผลของการลดปริมาณไนโตรเจนในสารละลายธาตุอาหารพืช และระยะเวลาในการลด ที่มีต่อการสะสมไนเตรทของผักสลัดที่ปลูกในระบบ Nutrient Film Technique (NFT)

The effect of nitrogen decreasing in nutrient solution and timing before harvested to nitrate accumulation in salad (*Lactuca sativa* L.) as grown on nutrient film technique system.

โดย

นายวรวงศ์ ตระกูลวิวัฒน์

ได้รับพิจารณาเห็นชอบโดย

.....

(ผศ. ไพรัตน์ พิมพ์ศิริกุล)

อาจารย์ที่ปรึกษา

วันที่ 10 เดือน พ.ค. พ.ศ. 49

ภาควิชารับรองแล้ว

.....

(รศ.ดร.สุมิตรา ภู่วโรดม)

หัวหน้าภาควิชาปฐพีวิทยา

วันที่ 15 เดือน พ.ค. พ.ศ. 49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อ

ชื่อเรื่อง	ผลของการลดปริมาณไนโตรเจนในสารละลายธาตุอาหารพืช และระยะเวลาในการลด ที่มีต่อการสะสมไนเตรทของผักสลัดที่ปลูกในระบบ Nutrient Film Technique (NFT)
ชื่อเรื่องภาษาอังกฤษ	The effect of nitrogen decreasing in nutrient solution and timing before harvested to nitrate accumulation in salad (*Lactuca sativa* L.) as grown on nutrient film technique system.
โดย	นายวรวงศ์ ตระกูลวิวัฒน์
ชื่อปริญญา	วิทยาศาสตร์บัณฑิต (เกษตรศาสตร์)
ภาควิชา	ปฐพีวิทยา
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ. ไพรัตน์ พิมพ์ศิริกุล

ทำการปลูกผักสลัด (บัตเตอร์เฮด, คอส, กรีนโอ๊ค และ เรดคอรอล) ในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินแบบ Nutrient Film Technique NFT เพื่อศึกษาผลของการลดปริมาณไนโตรเจนในสารละลายธาตุอาหารพืช และระยะเวลาในการลด ที่มีต่อการสะสมไนเตรทของผัก โดยวางแผนการทดลองแบบ 4x4 แฟคทอเรียล โดยประกอบ ปัจจัยการลดปริมาณไนเตรท 4 ระดับ (0%, 50%, 75%, และ 100%) และปัจจัยระยะเวลาในการลดไนเตรทก่อนเก็บเกี่ยวผลผลิต 4 ระดับ (3, 5, 7 และ 9 วัน) รวม 16 ตำรับการทดลอง จำนวน 3 ซ้ำ พบว่า การลดปริมาณไนเตรทในสารละลายธาตุอาหารพืชจาก 100% เหลือเป็น 75%, 50% และ 0% ตามลำดับ มีผลทำให้ น้ำหนักสดต่อต้น, ความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลแห้ง และความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลสด ของผักสลัดชนิดต่างๆ มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ตามลำดับ ขณะที่เปอร์เซ็นต์มวลแห้งของผักชนิดต่างๆ กลับมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สำหรับระยะเวลาในการลดปริมาณไนเตรทของสารละลาย ก่อนทำการเก็บเกี่ยวผลผลิต พบว่า การลดไนเตรทก่อนเก็บเกี่ยว 3, 5, 7 และ 9 วัน มีผลทำให้น้ำหนักสดต่อต้น, ความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลแห้ง และความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลสด ของผักสลัดชนิดต่างๆ มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ตามลำดับ ขณะที่เปอร์เซ็นต์มวลแห้งของผักชนิดต่างๆ กลับมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม ค่าดังกล่าวไม่แตกต่างกันในทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนิยม

ข้าพเจ้าขอขอพระคุณอาจารย์ ผศ. ไพรัตน์ พิมพ์ศิริกุล อาจารย์ประจำภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่กรุณาเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา และได้เสียสละเวลาในการให้คำแนะนำ ให้คำปรึกษาวิชาความรู้ต่างๆตลอดเวลา และให้ข้อคิดที่เป็นประโยชน์ในการทำปัญหาพิเศษนี้

ขอขอบพระคุณอาจารย์ สมเกียรติ สีสนอง ที่เอื้อเฟื้อคอมพิวเตอร์ห้องระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ให้สามารถวิเคราะห์ผลการทดลองปัญหาพิเศษในครั้งนี้ได้เสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณอาจารย์ รศ.ดร. อิทธิสุนทร นันทกิจ ที่ช่วยจัดหาอุปกรณ์ที่จำเป็นในการทดลองในการทดลอง และ ให้คำปรึกษาจนกระทั่งปัญหาพิเศษสำเร็จลุล่วงสมบูรณ์ และขอขอบพระคุณท่านอาจารย์ทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทความรู้ในด้านต่างๆ ตลอดจนแนวคิด คำปรึกษา คำแนะนำอย่างดีตลอดมา

ขอขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ผู้ให้กำเนิด และเป็นผู้ที่ คอยให้กำลังใจในการทำปัญหาพิเศษเรื่อยมา

ขอขอบคุณ คุณนุจรี บุญแปลง เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ ภาควิชาปฐพีวิยา และขอขอบคุณ คุณสมจิตร มั่งนาคที่ช่วยอำนวยความสะดวกในเรื่องอุปกรณ์ต่างๆ

ขอขอบคุณรุ่นพี่ปริญญาโทที่ช่วยจัดหาอุปกรณ์ที่จำเป็นในการทดลองในการทดลอง และให้คำปรึกษา

ขอขอบคุณเพื่อน ๆ ภาควิชาปฐพีรุ่น 18 ในการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังในการทำปัญหาพิเศษให้เสร็จสมบูรณ์ด้วยดี

นายวรวงศ์ ตระกูลวิวัฒน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
สารบัญ	I
สารบัญตาราง	II
สารบัญภาพ	IV
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
ตรวจเอกสาร	3
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	12
ผลการทดลอง	14
วิจารณ์ผลการทดลอง	19
สรุปผลการทดลอง	20
เอกสารอ้างอิง	21
ภาคผนวก	24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ผลของการลดปริมาณไนเตรทในสารละลายธาตุอาหาร และระยะเวลาในการลดไนเตรทก่อนการเก็บเกี่ยว ที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยของน้ำหนักสด (กรัม / ต้น) ของสลัดบัตเตอร์เฮด	35
2	ผลของการลดปริมาณไนเตรทในสารละลายธาตุอาหาร และระยะเวลาในการลดไนเตรทก่อนการเก็บเกี่ยว ที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยของน้ำหนักสด (กรัม / ต้น) ของสลัดคอส	36
3	ผลของการลดปริมาณไนเตรทในสารละลายธาตุอาหาร และระยะเวลาในการลดไนเตรทก่อนการเก็บเกี่ยว ที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยของน้ำหนักสด (กรัม / ต้น) ของสลัดกรีนโอ๊ค	37
4	ผลของการลดปริมาณไนเตรทในสารละลายธาตุอาหาร และระยะเวลาในการลดไนเตรทก่อนการเก็บเกี่ยว ที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยของน้ำหนักสด (กรัม / ต้น) ของสลัดเรดคอรอล	38
5	ผลของการลดปริมาณไนเตรทในสารละลายธาตุอาหาร และระยะเวลาในการลดไนเตรทก่อนการเก็บเกี่ยว ที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์มวลแห้ง (%) ของสลัดบัตเตอร์เฮด	39
6	ผลของการลดปริมาณไนเตรทในสารละลายธาตุอาหาร และระยะเวลาในการลดไนเตรทก่อนการเก็บเกี่ยว ที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์มวลแห้ง (%) ของสลัดคอส	40
7	ผลของการลดปริมาณไนเตรทในสารละลายธาตุอาหาร และระยะเวลาในการลดไนเตรทก่อนการเก็บเกี่ยว ที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์มวลแห้ง (%) ของ สลัดกรีนโอ๊ค	41
8	ผลของการลดปริมาณไนเตรทในสารละลายธาตุอาหาร และระยะเวลาในการลดไนเตรทก่อนการเก็บเกี่ยว ที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์มวลแห้ง (%) ของสลัดเรดคอรอล	42
9	ผลของการลดปริมาณไนเตรทในสารละลายธาตุอาหาร และระยะเวลาในการลดไนเตรทก่อนการเก็บเกี่ยว ที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลแห้ง (%) ของสลัดบัตเตอร์เฮด	43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

10 ผลของการลดปริมาณไนเตรทในสารละลายธาตุอาหาร และระยะเวลาในการลดไนเตรทก่อนการเก็บเกี่ยว ที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลแห้ง (%) ของสลัดคอส 44

11 ผลของการลดปริมาณไนเตรทในสารละลายธาตุอาหาร และระยะเวลาในการลดไนเตรทก่อนการเก็บเกี่ยว ที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลแห้ง (%) ของ สลัดกรีนโอ๊ค 45

12 ผลของการลดปริมาณไนเตรทในสารละลายธาตุอาหาร และระยะเวลาในการลดไนเตรทก่อนการเก็บเกี่ยว ที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลแห้ง (%) ของสลัดเรดคอรอล 46

13 ผลของการลดปริมาณไนเตรทในสารละลายธาตุอาหาร และระยะเวลาในการลดไนเตรทก่อนการเก็บเกี่ยว ที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลสด (มิลลิกรัม NO_3^-/ กิโลกรัม) ของสลัดบัตเตอร์เฮด 47

14 ผลของการลดปริมาณไนเตรทในสารละลายธาตุอาหาร และระยะเวลาในการลดไนเตรทก่อนการเก็บเกี่ยว ที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลสด (มิลลิกรัม NO_3^-/ กิโลกรัม) ของ สลัดคอส 48

15 ผลของการลดปริมาณไนเตรทในสารละลายธาตุอาหาร และระยะเวลาในการลดไนเตรทก่อนการเก็บเกี่ยว ที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลสด (มิลลิกรัม NO_3^-/ กิโลกรัม) ของ สลัดกรีนโอ๊ค 49

16 ผลของการลดปริมาณไนเตรทในสารละลายธาตุอาหาร และระยะเวลาในการลดไนเตรทก่อนการเก็บเกี่ยว ที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลสด (มิลลิกรัม NO_3^-/ กิโลกรัม) ของ สลัดเรดคอรอล 50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสดเฉลี่ย (กรัม / ต้น) ของสลัดบัตเตอร์เฮด (BH) เมื่อทำการลดปริมาณไนเตรทในสารละลายธาตุอาหาร ในระยะเวลาต่าง ๆ ก่อนการเก็บเกี่ยว	35
2	การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสดเฉลี่ย (กรัม / ต้น) ของสลัดคอส (COS) เมื่อทำการลดปริมาณไนเตรทในสารละลายธาตุอาหาร ในระยะเวลาต่าง ๆ ก่อนการเก็บเกี่ยว	36
3	การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสดเฉลี่ย (กรัม / ต้น) ของสลัดกรีนโอ๊ค (GO) เมื่อทำการลดปริมาณไนเตรทในสารละลายธาตุอาหาร ในระยะเวลาต่าง ๆ ก่อนการเก็บเกี่ยว	37
4	การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสดเฉลี่ย (กรัม / ต้น) ของสลัดเรดคอรอล (RC) เมื่อทำการลดปริมาณไนเตรทในสารละลายธาตุอาหาร ในระยะเวลาต่าง ๆ ก่อนการเก็บเกี่ยว	38
5	การเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์มวลแห้งเฉลี่ย(%) ของสลัดบัตเตอร์เฮด (BH) เมื่อทำการลดปริมาณไนเตรทในสารละลายธาตุอาหาร ในระยะเวลาต่าง ๆ ก่อนการเก็บเกี่ยว	39
6	การเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์มวลแห้งเฉลี่ย(%) ของสลัดคอส (COS) เมื่อทำการลดปริมาณไนเตรทในสารละลายธาตุอาหาร ในระยะเวลาต่าง ๆ ก่อนการเก็บเกี่ยว	40
7	การเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์มวลแห้งเฉลี่ย(%) ของสลัดกรีนโอ๊ค (GO) เมื่อทำการลดปริมาณไนเตรทในสารละลายธาตุอาหาร ในระยะเวลาต่าง ๆ ก่อนการเก็บเกี่ยว	41
8	การเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์มวลแห้งเฉลี่ย(%) ของสลัดเรดคอรอล (RC) เมื่อทำการลดปริมาณไนเตรทในสารละลายธาตุอาหาร ในระยะเวลาต่าง ๆ ก่อนการเก็บเกี่ยว	42
9	การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลแห้งเฉลี่ย (%) ของสลัดบัตเตอร์เฮด (BH) เมื่อทำการลดปริมาณไนเตรทในสารละลายธาตุอาหาร ในระยะเวลาต่าง ๆ ก่อนการเก็บเกี่ยว	43
10	การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลแห้งเฉลี่ย(%) ของสลัดคอส (COS) เมื่อทำการลดปริมาณไนเตรทในสารละลายธาตุอาหาร ในระยะเวลาต่าง ๆ ก่อนการเก็บเกี่ยว	44
11	การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลแห้งเฉลี่ย (%) ของสลัดกรีนโอ๊ค (GO) เมื่อทำการลดปริมาณไนเตรทในสารละลายธาตุอาหาร ในระยะเวลาต่าง ๆ ก่อนการเก็บเกี่ยว	45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

12 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลแห้งเฉลี่ย (%) ของสลัดเรดคอรอล (RC) เมื่อทำการลดปริมาณไนเตรทในสารละลายธาตุอาหาร ในระยะเวลาต่าง ๆ ก่อนการเก็บเกี่ยว 46

13 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลสด (มิลลิกรัม NO_3^-/ กิโลกรัม) ของสลัดบัตเตอร์เฮด (BH) เมื่อทำการลดปริมาณไนเตรทในสารละลายธาตุอาหาร ในระยะเวลาต่าง ๆ ก่อนการเก็บเกี่ยว 47

14 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลสด (มิลลิกรัม NO_3^-/ กิโลกรัม) ของสลัดคอส (COS) เมื่อทำการลดปริมาณไนเตรทในสารละลายธาตุอาหาร ในระยะเวลาต่าง ๆ ก่อนการเก็บเกี่ยว 48

15 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลสด (มิลลิกรัม NO_3^-/ กิโลกรัม) ของสลัดสลัดกรีนโอ๊ค (GO) เมื่อทำการลดปริมาณไนเตรทในสารละลายธาตุอาหาร ในระยะเวลาต่าง ๆ ก่อนการเก็บเกี่ยว 49

16 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลสด (มิลลิกรัม NO_3^-/ กิโลกรัม) ของสลัดสลัดเรดคอรอล (RC) เมื่อทำการลดปริมาณไนเตรทในสารละลายธาตุอาหาร ในระยะเวลาต่าง ๆ ก่อนการเก็บเกี่ยว 50

ตารางภาคผนวกที่ **หน้า**

1 ความเข้มข้น (มิลลิกรัม/ ลิตร) ของธาตุชนิดต่างๆ ในสารละลายธาตุอาหารพืชที่ใช้ในการปลูกผักสลัด (100% NO_3^-) และภายหลังปรับให้มีปริมาณไนเตรทที่ระดับต่างๆ 51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลของการลดปริมาณไนโตรเจนในสารละลายธาตุอาหารพืช และระยะเวลาในการลด ที่มีต่อการสะสมไนเตรทของผักสลัดที่ปลูกในระบบ Nutrient Film Technique (NFT)

The effect of nitrogen decreasing in nutrient solution and timing before harvested to nitrate accumulation in salad (*Lactuca sativa* L.) as grown on nutrient film technique system.

คำนำ

ในช่วงเวลาหลายปีที่ผ่านมา ประชากรในประเทศได้หันมานิยมบริโภคผักกันมากขึ้นกว่าในอดีต และผักสลัด เป็นอีกทางเลือกหนึ่งของการบริโภคผักเพื่อสุขภาพ โดยผักสลัดที่ปลูกในส่วนใหญ่ปลูกในระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน ซึ่งมีรายงานว่า การปลูกผักสลัดในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินนั้น ผักที่ปลูกมีโอกาสที่จะสะสมของไนเตรทสูงกว่าการปลูกผักสลัดในดิน (Schonbeck, 1988) และการบริโภคอาหารหรือน้ำที่มีไนเตรทสูงเข้าไปสะสมในร่างกายของมนุษย์มากเกินไป อาจก่อให้เกิดผลเสียต่อร่างกายได้ เช่น เปลี่ยนไปเป็นสารก่อให้เกิดมะเร็ง (Cassens, 1997) และเกิดโรคเมทาโมโกรบินีเมียได้ (WHO, 1995) อย่างไรก็ตาม ธรรมชาติในกระบวนการเจริญเติบโตของพืช ทั้งที่ปลูกบนดิน หรือปลูกโดยไม่ใช้ดินนั้น เมื่อพืชได้รับไนเตรทเข้าไปแล้ว พืชจะไม่สะสมไนเตรทไว้นาน ไนเตรทจะถูกเปลี่ยนแปลงเปลี่ยนไปเป็นแอมโมเนียและกรดอะมิโนต่อไป (ยงยุทธ, 2546) นอกจากนี้ กระบวนการดังกล่าวถ้ามีแสงแดดเข้ามาเกี่ยวข้อง กล่าวคือ ถ้ามีอากาศร้อนและมีแสงแดดจัดหรือมีความเข้มของแสงมากและมีชั่วโมงของแสงที่ยาวนาน จะทำให้กระบวนการเปลี่ยนแปลงดำเนินตามปกติ หรือทำให้ไม่มีการสะสมไนเตรทในพืช (ดิเรก, 2547) จากปัญหาการสะสมไนเตรทในผักดังที่กล่าวมาข้างต้น จึงมีความจำเป็นต้องหันมาให้ความสนใจกับแนวทางจัดการเพื่อลดไนเตรทที่ตกค้างในพืชด้วยวิธีต่างๆ ซึ่งการลดความเข้มของสารละลายธาตุอาหารไนโตรเจนของพืชลงก่อนทำการเก็บเกี่ยว จึงเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการลดปริมาณการสะสมไนเตรทของพืชก่อนที่จะนำไปบริโภคต่อไป

ดังนั้นจึงทำการศึกษาแนวทางการลดปริมาณไนเตรทของผักสลัด โดยวิธีการลดปริมาณธาตุไนโตรเจนในสารละลายธาตุอาหารที่ระดับต่างๆ ก่อนการเก็บเกี่ยวที่มีระยะเวลาต่างๆกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้ทราบถึงอัตราการลดปริมาณไนเตรทในสารละลายธาตุอาหารที่ระยะเวลาต่างๆ กันก่อนทำการเก็บเกี่ยว ที่มีผลต่อปริมาณการสะสมไนเตรทของผักสลัดที่ปลูกแบบไม่ใช้ดิน ในระบบ NFT

2. เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเพื่อลดการสะสมไนเตรทในผักก่อนนำไปบริโภค

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตรวจเอกสาร

การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน (Hydroponics หรือ Soiless culture) เป็นเทคนิคการปลูกพืชในตัวกลางที่ไม่ใช้ดิน พืชอาจเจริญเติบโตในอากาศ ที่มีการควบคุมความชื้นให้เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของราก หรืออาจจะปลูกในน้ำที่มีสารละลายธาตุอาหารผสมอยู่ ซึ่งมีการไหลเวียนของอากาศเหมาะสม หรือปลูกในวัสดุผสมอื่นที่ไม่มีการปนเปื้อนของดิน ซึ่งระบบนี้สามารถควบคุมสภาพแวดล้อมต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของพืชได้อย่างรวดเร็วและแน่นอน เช่น สามารถควบคุมปริมาณธาตุอาหาร ความเป็นกรด-ด่าง และยังเป็นการป้องกันปัญหาแมลงศัตรูพืชและเชื้อโรคที่ปนมากับดิน (อิทธิสุนทร, 2538; โสระยา, 2544; Schwarz, 1995)

ระบบการปลูกพืชไร้ดิน NFT (Nutrient Film Technique)

เริ่มปลูกเพื่อการค้าได้ไม่นานมานี้และมีแนวโน้มขยายตัวเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง และส่วนใหญ่นิยมปลูกผักสลัดเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค เป็นการให้สารอาหารไหลไปอย่างช้าๆ แบบฟิล์มแผ่นบางๆ ประมาณ 1-3 มิลลิเมตร ผ่านรากพืชที่ปลูกบนรางปลูกตามความลาดชันของรางปลูก สารละลายธาตุอาหารพืชจะถูกนำไปใช้แบบหมุนเวียนกลับโดยมีปั๊มเป็นต้นกำลังทำให้สารละลายเกิดการไหลเวียนในระบบ ข้อดีของการปลูกแบบนี้คือ รากพืชบางส่วนจะได้รับสารอาหารที่ไหลไปอย่างช้าๆ แบบแผ่นฟิล์มบางๆ และรากพืชส่วนที่อยู่เหนือขึ้นมาจะดูดออกซิเจนไปใช้ในการเจริญเติบโต ระบบให้สารละลายแก่พืชไม่ยุ่งยาก และมีประสิทธิภาพสูงสุดสามารถทำการป้องกันและกำจัดเชื้อโรคพืชต่างๆ ในสารละลายได้ง่าย แต่ระบบดังกล่าวมีข้อเสียเช่นกัน คือมีค่าใช้จ่ายในการติดตั้งสูง ถ้ามีโรคระบาดจะแพร่กระจายได้อย่างรวดเร็ว มีปัญหาเกี่ยวกับการสะสมของอุณหภูมิของสารละลายทำให้ การละลายตัวของออกซิเจนในสารละลายลดลง เป็นต้น อย่างไรก็ตามวิธีปลูกแบบนี้เป็นวิธีที่นิยมและใช้ได้ผลในการผลิตเชิงการค้าโดยทั่วไป (อิทธิสุนทร, 2538; ดิเรก, 2547)

ปัจจัยในการเจริญเติบโตของพืชที่ปลูกโดยไม่ใช้ดิน

ลักษณะทางพันธุกรรม เป็นตัวอย่างบ่งบอกว่าพืชมีลักษณะต่างๆ เช่น โต เล็ก สูง เตี้ย ตามแต่ชนิดพันธุ์พืชนั้นๆ จึงจำเป็นต้องมีความรู้เรื่องจำเพาะของพันธุ์ที่จะปลูก และต้องทราบลักษณะพิเศษของพันธุ์ ทราบปัญหาในการผลิต และทราบอายุในการเก็บผลผลิต หรือแม้กระทั่งความเหมาะสมของภูมิอากาศ (มนูญ, 2544)

อุณหภูมิ เป็นปัจจัยที่มีผลอันเนื่องมาจากความเข้มแสงหรือระดับความสูงของพื้นที่ในแต่ละพื้นที่ (มนูญ, 2544) ในสภาพที่อุณหภูมิสูงทำให้อัตราการดูดธาตุอาหารของพืชเพิ่มขึ้น ซึ่งการที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราดูดเพิ่มขึ้นอาจเนื่องจากการเพิ่มขึ้นของอัตราการหายใจ ถ้าอุณหภูมิสูงกว่า 40 องศาเซลเซียส อัตราการดูดกลับช้าลง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากว่าอุณหภูมิที่สูงเกินไปจะทำลายเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการดูดธาตุอาหารหรือไปยับยั้งการหายใจ (นงนุช, 2532)

แสง จำเป็นต่อกระบวนการสังเคราะห์แสงของต้นพืชอย่างมาก ในการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน ตามระเบียงในกรณีที่แสงไม่เพียงพอจะทำให้ต้นพืชยืดและโตช้า หรืออาจไม่โตเลยจึงจำเป็นต้องให้แสงไฟที่ระดับความเข้มสูงเพียงพอที่จะสามารถให้พืชใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสงได้ (มนูญ, 2544) ซึ่งพืชที่ปลูกภายใต้แสงที่มีความเข้มสูงจะสามารถดูดธาตุอาหารได้เร็วกว่าพืชที่ปลูกภายใต้แสงที่มีความเข้มข้นต่ำ ทั้งนี้เนื่องจากกว่าแสงที่มีความเข้มข้นสูงจะทำให้พืชสร้างคาร์โบไฮเดรตได้มากกว่า (นงนุช, 2532)

ออกซิเจน ตามปกติรากพืชได้รับออกซิเจนน้อยกว่าส่วนต่างๆ ของพืชซึ่งอยู่เหนือดิน โดยเฉพาะรากของพืชซึ่งขึ้นอยู่ในน้ำ การที่รากได้รับออกซิเจนน้อยกว่าปกติจะมีผลทำให้การดูดแร่ธาตุลดลง (นงนุช, 2532)

ความเป็นกรดด่าง(pH) ช่วงความเป็นกรด-ด่างที่พอเหมาะสำหรับการเจริญเติบโตของพืชแต่ละชนิดแตกต่างกันออกไป แต่โดยทั่วไปอยู่ระหว่าง 5.0-6.0 เพราะถ้าค่าต่ำกว่า 4 รากพืชจะเกิดอันตราย (มนูญ, 2544) ซึ่งส่วนมากพืชจะขึ้นในที่ที่มีความเป็นกลาง ในสภาพที่เป็นกรดความสามารถของพืชที่จะดูดพวกประจุบวก(cations) จะลดน้อยลง และความสามารถในการดูดประจุลบ (anions) จะน้อยลงเมื่ออยู่ในสภาพที่เป็นด่าง (นงนุช, 2532)

สารละลายธาตุอาหารพืช เป็นสิ่งสำคัญสำหรับการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน เพราะเป็นแหล่งที่ให้ธาตุอาหารแก่พืชเพื่อให้พืชสามารถเจริญเติบโตอย่างต่อเนื่องจนถึงกระบวนเก็บเกี่ยว ความสมดุลของธาตุอาหารมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช และมีผลต่อต้นทุนในเชิงธุรกิจของการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน (ดิเรก , 2547; อิทธิสุนทร, 2549) สารละลายธาตุอาหารที่มีชนิดและปริมาณธาตุอาหารที่เพียงพอต่อความต้องการของพืช ไม่เป็นพิษต่อพืช สัดส่วนระหว่างธาตุอาหารที่เหมาะสมจะทำให้ไม่เกิดการแข่งขันในการดูดใช้ธาตุอาหารประจุเดียวกันในพืช และยังต้องควบคุม pH ของสารละลายให้อยู่ในช่วงที่พอเหมาะต่อการเจริญเติบโของพืช (ดิเรก 2547; อิทธิสุนทร 2549)

ปัจจัยที่มีต่อการสะสมไนเตรทในพืช

ในทวีปยุโรปและประเทศอเมริกาได้มีการศึกษาถึงปัจจัยของการสะสมไนเตรทในผัก พบว่า แสง พันธุ์ของพืช อุณหภูมิ และการให้ปุ๋ยไนโตรเจนมีผลต่อการสะสมไนเตรทในผัก (Schonbeck, 1988; Elia *et. al.*, 1998; Muramoto, 1999) นอกจากนี้ยังขึ้นกับลักษณะภูมิประเทศ และฤดูกาลของการเก็บเกี่ยว (Walters, 1991) Drew, Schonhof and Krumbein (1996) พบว่า ปริมาณไนเตรทที่สะสมใน butterhead ที่ปลูกใน greenhouse จะมีปริมาณไนเตรทสูงกว่าในแปลงปลูกทั่วๆ ไป และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไนเตรทที่สะสมจะลดลงเมื่อมีปริมาณแสงเพิ่มขึ้น และปัจจัยที่มีผลต่อความเข้มของไนเตรท คือ ภูมิอากาศ (อุณหภูมิ, ช่วงแสง) ซึ่งมีส่วนสนับสนุนการเปลี่ยนแปลงถึง 30-40% (Kolbe, 1996)

ชนิดพืช ในบรรดาผักด้วยกันพบว่า ผักประเภทใช้ใบและลำต้นเป็นอาหาร เช่น ผักโขม ผักกาดหอม มีปริมาณไนเตรทสะสมมากกว่าผักที่ใช้รากหรือหัวเป็นอาหาร เช่น แครอท (carrot) หอม (onion) นอกจากนี้ในพืชชนิดเดียวกัน (species) แต่ต่างพันธุ์ (variety) มีการสะสมไนเตรทต่างกัน

ส่วนของพืช ไนเตรทกระจายไปตามส่วนต่างๆ ของพืชแตกต่างกัน เมื่อเปรียบเทียบระหว่างส่วนต่างๆ ของพืชพบว่าในลำต้น โดยเฉพาะก้านใบมีไนเตรทมากที่สุด (Peck et al., 1971) รองลงมาคือแผ่นใบและรากตามลำดับ ส่วนดอกนั้นมีปริมาณต่ำสุด (Wright and Davison, 1964) และพบว่าในพืชต้นเดียวกันใบที่อยู่นอกสุดและแก่กว่าจะมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดต่ำสุด แต่จะมีไนเตรทเป็นปริมาณสูงสุด เพราะส่วนที่แก่กว่านั้น ขบวนการเมทาบอลิซึม (metabolism) เป็นไปอย่างช้าทำให้เหลือไนเตรทตกค้างมาก จากการวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในกะหล่ำปลี และผักกาดขาวปลี พบว่า โดยเฉลี่ยใบที่ไม่ห่อหรือใบนอกสุดจะมีปริมาณไนโตรเจนน้อยกว่าใบที่ห่อเป็นหัวหรือใบที่อยู่ชั้นใน (จินดารัตน์, 2516)

อายุของพืช โดยทั่วไปความเข้มข้นของไนเตรทพืชจะมีมากในช่วงต้นและช่วงกลางๆ ของการเจริญเติบโต และจะค่อยๆ ลดลงเมื่อพืชเจริญเติบโตเต็มที่ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าในช่วงที่พืชกำลังสร้างผลและเมล็ดนั้น ไนเตรทบางส่วนจะเคลื่อนย้ายจากลำต้นและใบไปยังส่วนของผล เพื่อใช้ในการสร้างเนื้อเยื่อในส่วนนั้น

ความแห้งแล้งและอุณหภูมิ ในสภาพแวดล้อมที่แห้งแล้ง (drought) ประกอบกับมีอุณหภูมิสูงจะช่วยให้พืชสะสมไนเตรทได้มากขึ้น (Bassioni, 1991) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าไนเตรทรีดักเทสไม่ทำงานหรือทำงานช้าลง ขบวนการเมทาบอลิซึมของไนเตรทจึงลดลง แต่ในสภาวะที่มีความแห้งแล้งและพืชยังไม่ขาดน้ำก็ยังคงดูดและเคลื่อนย้ายไนเตรทได้มาก เพราะในสภาวะดังกล่าวมักมีความเข้มข้นของไนเตรทสูงกว่าปกติ

ความเข้มของแสง แสงมีผลกระทบโดยทางอ้อมต่อการสะสมไนเตรทของพืช เพราะว่าแสงเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการทำงานของไนเตรทรีดักเทส เอนไซม์นี้จะมีกิจกรรมช้าลงหรือไม่ทำงาน เมื่อพืชอยู่ในที่มืด ประกอบกับถ้าขณะนั้นอุณหภูมิต่ำลงก็ยิ่งทำให้กิจกรรมของเอนไซม์นั้นลดลง โดยการทดลองปลูกผักโขมโดยให้ความเข้มของแสงที่ระดับ 600 1,600 และ 3,500 ft-c ก่อนเก็บเกี่ยว 2 สัปดาห์ ปรากฏว่า พืชที่ได้รับความเข้มข้นของแสง 600ft-c สะสมไนเตรทมากที่สุด (Cantliffe, 1972)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การบังเงา ให้ผลเช่นเดียวกับการลดความเข้มข้นของแสง ทั้งนี้เนื่องจากกิจกรรมของไนเตรทรีดักเทสจะมีความสัมพันธ์ในทางกลับกันกับความเข้มของแสงที่พืชได้รับ ดังนั้นจึงพบว่าปริมาณไนเตรทในพืชมีแนวโน้มสูงในวันที่มีเมฆครึ้มหรือมีความเข้มของแสงต่ำ

เวลาในช่วงวัน ในช่วงวันหนึ่งๆ ตั้งแต่พระอาทิตย์ขึ้นจนกระทั่งพระอาทิตย์ตก ปริมาณไนเตรทในพืชมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ทั้งนี้เพราะว่าอุณหภูมิและความเข้มของแสงในช่วงวันดังกล่าวมีการเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ ในตอนเช้าอุณหภูมิต่ำความเข้มของแสงน้อย ในช่วงนี้จะมีปริมาณไนเตรทในพืชสูง ส่วนในเวลากลางวันรวมทั้งตอนบ่ายความเข้มข้นของไนเตรทจะต่ำกว่าตอนเช้า

บทบาทของไนโตรเจนต่อการเจริญเติบโตของพืช

ไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช โดยทำหน้าที่เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของโปรตีน กรดอะมิโน กรดนิวคลีอิค คลอโรฟิลล์ โพรไพลีน ฮอร์โมนพืชบางชนิด ถ้าพืชเกิดการขาดธาตุไนโตรเจนจะทำให้ใบพืชมีสีเหลืองที่เกิดขึ้นที่ใบล่างก่อน และคุณภาพของผลผลิตลดลง ในขณะที่การปลูกพืชแบบไม่ใช้ดินนั้นส่วนใหญ่นิยมให้ธาตุไนโตรเจนแก่พืชในรูปของไนเตรท (NO_3^-)มากกว่ารูปของแอมโมเนียม (NH_4^+) ถ้าให้ปุ๋ยไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียมมากเกินไปอาจเป็นพิษต่อพืช ทำให้พืชสามารถดูดใช้ธาตุโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมได้น้อยลง และอาจทำให้พืชขาดธาตุอาหารเหล่านี้ได้โดยเกิดอาการ Tip Burn ในพืช (Jones, 1997)

ไนโตรเจนที่พืชดูดขึ้นไปส่วนใหญ่จะนำไปใช้ในการสร้างสารประกอบอินทรีย์หลายชนิด ส่วนที่เหลือยังเป็นไนเตรทไอออนสะสมอยู่ในเซลล์พืชนั้น ถ้าสภาพแวดล้อมในดินเหมาะสมแก่การสะสมไนเตรท พืชจะดูดไนเตรทจากดินเข้าไปมาก และถ้าพืชมีความสามารถในการเปลี่ยนไนเตรทเป็นอินทรีย์สารได้น้อย หรือสภาพแวดล้อมไม่เอื้ออำนวยต่อการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว ก็จะมีไนเตรทสะสมอยู่ในพืชมากขึ้น โดยทั่วไปการสะสมไนเตรทในพืชเกิดขึ้นเพียงชั่วคราว และไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อพืชนั้นโดยที่ปริมาณที่สะสมจะลดลงเมื่อพืชเจริญเติบโตเต็มที่

การสะสมไนเตรทในผัก

ในพืชชั้นสูงทั่วไป ผักนับว่าเป็นพืชที่มีการสะสมไนเตรทมากที่สุด ผักแต่ละชนิดมีความสามารถในการสะสมไนเตรทต่างกัน ทั้งนี้อาจเนื่องจากผักแต่ละชนิดมีความสามารถในการดูดไนเตรทจากดินและประสิทธิภาพของเอนไซม์ที่ใช้ในขบวนการรีดักชั่นไนเตรทก็แตกต่างกัน โดยทั่วไปผักที่ใช้ใบและลำต้นเป็นอาหาร เช่น ผักโขม ผักกาดหอม ผักกาดเขียว ผักคะน้า มะเขือเทศ และพวกลำต้นใต้ดิน เช่น หอม มันฝรั่ง แต่ผักใช้รากเป็นอาหารบางชนิด เช่น แรดิช และผักกาดหัว สะสมไนเตรทได้ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีรายงานการสะสมไนเตรทของผักบางชนิดเช่น หัวบีท (*Beta vulgaris* L.) , คื่นช่าย(*Apium Graucolens* L.var *dulce* (Mill.) Pers.), ผักสลัด (*Lactuca sativa* L.) และผักโขม (*Spinacia oleracea* L.) พบว่าสามารถสะสมไนเตรทได้มากกว่า 2,500 มิลลิกรัมไนเตรทน้ำหนักสดของเนื้อเยื่อใบ (Bloom-Zandstra, 1989) ซึ่งใบผักในฤดูหนาวมีแนวโน้มที่จะสะสมไนเตรทสูงขึ้น (Schonbeck, 1988) สำหรับปริมาณของไนเตรทในผักสลัดตามข้อบังคับของสหภาพยุโรปปี 2536 ในเดือนพฤษภาคม-ตุลาคมต้องไม่เกิน 2,500 มิลลิกรัมไนเตรท/กิโลกรัมน้ำหนักสด และในเดือนพฤศจิกายน-เมษายน ต้องไม่เกิน 3,000 มิลลิกรัมไนเตรท/กิโลรัมน้ำหนักสด (ดิเรก, 2547)

คณะกรรมการวิทยาศาสตร์เพื่ออาหารของสหภาพยุโรป ได้กำหนดค่าที่ยอมรับว่าผู้บริโภคสามารถบริโภคไนเตรทได้อย่างปลอดภัย อยู่ที่ 3.65 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักของคนเป็นกิโลกรัม หรือปริมาณ 219 มิลลิกรัมต่อวันต่อคนที่มีน้ำหนัก 60 กิโลกรัม สำหรับประเทศไทยกระทรวงสาธารณสุขกำหนดให้มีการใช้ไนเตรทและไนไตรท์ในอาหารได้ไม่เกิน 500 และ 200 มิลลิกรัมต่อ เนื้อสัตว์ 1 กิโลกรัมตามลำดับ

อันตรายจากการบริโภคอาหารที่ปนเปื้อนสารไนเตรท

การบริโภคผักหรืออาหารอื่นๆ ที่มีการสะสมของสารไนเตรท สามารถทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพและชีวิตของผู้บริโภคได้ (งานสารพิษ, 2531) สารไนเตรทเมื่อเข้าสู่กระเพาะอาหาร บางส่วนจะถูกเปลี่ยนให้เป็นสารไนไตรท์ ในขบวนการ Nitrate reduction ที่สามารถเกิดขึ้นเมื่ออยู่ในสภาพอับอากาศ สารไนไตรท์สามารถดูดซึมเข้าสู่กระแสเลือด ไปทำปฏิกิริยากับเม็ดโลหิตโดยกระบวนการ oxidation เปลี่ยนแปลงเม็ดโลหิตจาก Haemoglobin ให้กลายเป็น Methaemoglobin ซึ่งไม่มีคุณสมบัติในการรับและนำพาออกซิเจนไปเลี้ยงเซลล์ต่างๆ ในร่างกายหากมีปริมาณ Methaemoglobin มากกว่า 20 % ของ Haemoglobin ทั้งหมด ผู้ป่วยจะมีอาการไม่สบายเนื่องจากการขาดออกซิเจนอย่างเห็นได้ชัด มีอาการตัวเขียว อ่อนเพลีย หายใจหอบถี่ ปวดศีรษะ หัวใจเต้นแรง และมีจังหวะเร็วกว่าปกติ เป็นต้น โดยเฉพาะในเด็กทารกจะอ่อนแอต่อการขาดออกซิเจนนี้ ทำให้เกิดอาการของโรคที่เรียกว่า Methaemoglobinemia หรือ Blue Baby Syndrome เนื้อตัว ผิวหนัง และปากเปลี่ยนเป็นสีเขียวคล้ำจนถึงเสียชีวิตได้ (Maynard and Barker, 1972)

ผู้ใหญ่จะมีความต้านทานต่อความเป็นพิษของไนเตรทเมื่อเข้าสู่ร่างกายได้มากกว่าทารก เมื่อได้รับไนเตรทในอัตราส่วนน้ำหนักต่อร่างกายที่เท่ากัน (วุฒิพงษ์, 2546) เนื่องจากในเม็ดเลือดแดงของผู้ใหญ่มีเอนไซม์ชนิดหนึ่งคือ เอนเอดีเอช-เมธฮีโมโกลบินรีดักเทส (NADH-Methaemoglobin reductase) ซึ่งสามารถเปลี่ยน Methaemoglobinให้กลับคืนมาเป็น Haemoglobinอย่างเดิมได้ นอกจากนี้ในเด็กทารกมีความเป็นกรดในกระเพาะอาหารต่ำมีผลให้จุลินทรีย์ที่มีเอนไซม์ซึ่งสามารถรีดิวซ์ไนเตรทเป็นไนไตรท์เจริญเติบโตได้ดี (งานสารพิษ, 2531) ซึ่งต่างจากผู้ใหญ่สามารถเปลี่ยนไน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไตรท์กลับเป็นไนเตรท แล้วขับถ่ายออกไปได้ (Burt, 1993) มาตรฐานความเป็นพิษในผู้ใหญ่น้ำหนัก 70 kg กำหนดให้รับสารไนเตรทได้ไม่เกิน 0.7-1.0 g (Maynard and Barker, 1972) อย่างไรก็ตาม แม้ว่าผู้ใหญ่จะมีความต้านทานมากกว่าทารก หากมีการบริโภคติดต่อกันเป็นเวลานาน จะทำให้ร่างกายเกิดความอ่อนแอ กระบวนการเจริญเติบโตของร่างกายลดลง มีโอกาสขาดวิตามินเอ และเป็นโรคคอพอก (Phillips, 1971)

การจัดการเกี่ยวกับการลดการสะสมของไนเตรท

การตกค้างของไนเตรทสามารถเกิดได้ทั้งผักที่ปลูกโดยใช้ดินหรือไม่ใช้ดิน ซึ่งปกติแล้วประเทศที่มีแสงแดดจัดทั้งวัน ไม่น่าจะมีปัญหาเรื่องความเป็นพิษของไนเตรทจากพืชเหมือนจากผลิตภัณฑ์สัตว์ การปฏิบัติเพื่อลดการตกค้างของไนเตรทของผู้ผลิตในประเทศที่มีอากาศหนาวจัดคือ

การลดความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารพืชลง เช่นลดลงเหลือ 1 ใน 4 ของการให้ตามปกติก่อนการเก็บเกี่ยว 1 สัปดาห์

ไม่ให้สารละลายธาตุอาหารพืชขาดธาตุโมลิบดีนัม ให้พืชได้รับธาตุอาหารอื่นๆ อย่างพอเพียงโดยเฉพาะ "โมลิบดีนัม" เนื่องจากโมลิบดีนัมเป็นธาตุที่ช่วย (หรือโคแฟคเตอร์) ในการทำงานของเอนไซม์ไนเตรทรีดักเตรส ดังนั้นอย่าให้พืชขาดธาตุโมลิบดีนัม เพราะจะทำให้ความสามารถในการทำงานเพื่อลดการสะสมของไนเตรทของพืชลดลง

การจัดการแสง ให้พืชได้รับแสงแดดอย่างเต็มที่หรือลดการพลางแสงก่อนการเก็บเกี่ยว 1 สัปดาห์ เพราะเอนไซม์ไนเตรทรีดักเตรสจะถูกกระตุ้นด้วยแสงแดดให้เอนไซม์ทำงาน

การลดความเข้มข้นของสารละลาย และการให้น้ำแทนการให้สารละลายธาตุอาหารพืช ถ้ายังไม่มั่นใจผลจากการปฏิบัติทั้ง 3 ข้อข้างต้นก็อาจ 1) ลดความเข้มข้นของสารละลายลงในสัปดาห์สุดท้ายและ 2) ให้น้ำเปล่าหรือน้ำประปาแทนการให้สารละลายก่อนเก็บเกี่ยว 1-2 วันดังเช่นผู้ผลิตในบางประเทศของยุโรปและในประเทศญี่ปุ่นนิยมปฏิบัติกัน แต่ถ้าใช้หลักการนี้กับการปลูกแคนตาลูปอาจทำให้ความหวานลดลงได้ ดังนั้นการแก้ไขปัญหาจึงเป็นเรื่องที่ต้องอาศัยงานวิจัยรองรับ

การลดปริมาณไนเตรทที่สะสมในพืช

สารอาหารสูตรต่างๆ สำหรับการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน มีการใช้เกลือไนเตรทร้อยละ 80-100 ของไนโตรเจนตลอดการปลูก (ธรรมศักดิ์, 2544) ซึ่งเมื่อพืชเจริญเติบโตเต็มที่แล้วความต้องการไนโตรเจนควรลดลง ดังนั้นในระยะก่อนเก็บเกี่ยว เมื่อพืชได้รับไนเตรทแล้วแต่ยังไม่ใช้ จะเกิดการสะสมในเวคิวโอล จึงเป็นสาเหตุการสะสมไนเตรทในผลผลิตได้ การลดปริมาณไนเตรทตกค้างในผลผลิต ยงยุทธ (2543) แนะนำให้ใช้เกลือคลอไรด์แทนเกลือไนเตรท และการให้ไนโตรเจนแก่พืชควรให้ในอัตราที่พอเหมาะและไม่ให้เมื่อใกล้เก็บเกี่ยว จัดให้พืชได้รับธาตุอาหารอื่นๆ อย่างเพียงพอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยเฉพาะโมลิบดีนัมและกำมะถัน และจัดให้พืชได้รับแสงเต็มที่ สำหรับการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินมีรายงานว่า ในยุโรปใช้การลดความเข้มข้นของสารอาหารลงเหลือหนึ่งในสามในช่วงก่อนการเก็บเกี่ยว และในญี่ปุ่นนิยมให้น้ำเปล่าแทนสารละลายธาตุอาหารก่อนการเก็บเกี่ยว 2 วัน (ดิเรก และ อิทธิสุนทร , มปพ.)

กรีนโรสบุช (Green rose bush) ที่ปลูกด้วยระบบ DFT พบว่า การงดให้สารละลายธาตุอาหาร ก่อนการเก็บเกี่ยว 0, 3, 6 และ 9วัน มีน้ำหนักสด 3.42, 5.87, 3.17 และ 4.79 กรัม ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนปริมาณไนเตรทตกค้างในผลผลิตลดลงอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีปริมาณไนเตรทตกค้าง 5,340, 1,392, 2,975 และ 2,185 mg/Kg Fw ตามลำดับ (มนัชญา และคณะ, 2546)

วอเตอร์เคส (watercress) ที่ปลูกด้วยระบบ DFT พบว่า การงดให้สารละลายธาตุอาหารก่อนการเก็บเกี่ยว 0, 3, 6 และ 9 วัน มีน้ำหนักสด 3.32, 3.83, 3.88 และ 2.47 กรัม ตามลำดับ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ส่วนปริมาณไนเตรทตกค้างในผลผลิตมีแนวโน้มลดลง โดยมีปริมาณไนเตรทตกค้าง 1,222, 919, 748 และ 1,085 mg/Kg Fw ตามลำดับ และไม่แตกต่างกันทางสถิติเช่นกัน (มนัชญา และคณะ, 2546)

การใช้ยูเรีย กรดอะมิโน เช่น ไกลซีน (Glycine) ไอโซลิวซีน (Isoleucine) โพลีน (Proline) ทดแทนไนเตรทบางส่วน (20%) ในสารละลายธาตุอาหาร ก่อนเก็บเกี่ยวผลผลิต 12 วัน พบว่าการใช้ยูเรีย และกรดอะมิโนต่างๆ สามารถลดปริมาณสารไนเตรทตกค้างในใบ และในก้านใบของผักกาดขาว และผักกาดหอมที่ปลูกโดยไม่ใช้ดิน การใช้ไกลซีนสามารถลดปริมาณสารไนเตรทตกค้างได้ผลดีที่สุด และยังทำให้คุณภาพผลผลิตดีขึ้นด้วย เนื่องจากมี soluble sugar ปริมาณโปรตีน และไนโตรเจนทั้งหมดในใบ เพิ่มขึ้นกว่ากรรมวิธีควบคุม (Chen *et.al.*, 2002)

การใช้ยูเรียพ่นทางใบควรใช้ที่ความเข้มข้น 0.4% ทำให้มีปริมาณกรดแอสคอร์บิคเพิ่มขึ้น (Sagawara,1975) และแนะนำให้พ่นยูเรีย 4-5 ครั้งห่างกัน 5 วัน เมื่อปลูกพืชในสารละลายเข้มข้น 50% ของปกติ (Shinohara and Suzuki, 1988)

ต้นหอม (*Allium cepa L.*) ที่ปลูกโดยใช้เพอร์ไลท์ เป็นวัสดุปลูกในระบบ non-reciculating film system สารละลายธาตุอาหารมีความเข้มข้นของไนโตรเจน 20.25 mM N (93.8% NO_3 และ 6.2% NH_4) และมีการใช้ยูเรีย ไกลซีน หรืออะมิโนแอซิด ทดแทนไนเตรทในสูตรอาหาร 20% สามารถลดปริมาณไนเตรทตกค้างในผลผลิตได้โดยไม่มีผลผลต่อผลผลิต (Aydin Gune *et al.*, 1996)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผักที่ใช้ในการทดลอง

ผักกาดหอมเป็นพืชที่อยู่ในตระกูล Compositae มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Lactuca sativa Linn* เป็นพืชพื้นเมืองของยุโรปและเอเชีย ปลูกกันมานานแล้วไม่ต่ำกว่า 2500 ปี กษัตริย์เปอร์เซียปลูกบริโภคราว 500 ปีก่อนคริสตกาลและเกิดพันธุ์ผักกาดหอมชนิดห่อหัวแบบต่างๆ ราวปี 1500 โคลัมบัสเป็นผู้นำผักกาดหอมมาสู่อเมริกา (กลุ่มหนังสือเกษตร, 2525) ผักกาดหอมจัดเป็นผักจำพวกผักสลัด เป็นที่นิยมรับประทานเป็นผักสดกันอย่างกว้างขวาง คนไทยเรานิยมใช้กินกับอาหารจำพวกยำที่รสจัด สาคูไส้หมู หรือข้าวเกรียบปากหม้อก็ขาดผักกาดหอมไม่ได้ ประโยชน์ของผักกาดหอมนอกจากใช้กินเป็นผักสดที่มีคุณค่าทางอาหารสูงแล้ว ยังจัดเป็นอาหารตาด้วยโดยใช้จัดแต่งอาหารให้มีสีสันสวยงามน่ากินขึ้นอีกด้วย ความต้องการใช้ผักกาดหอมของผู้บริโภคมีอยู่ตลอดทั้งปี โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงที่มีเทศกาลงานฉลอง เช่น งานปีใหม่ จะขายดีเป็นพิเศษจึงนับได้ว่าผักกาดหอมเป็นพืชผักที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจมากชนิดหนึ่ง (กองบรรณาธิการฐานเกษตรกรรม, 2531)

พันธุ์ผักกาดหอมสามารถแบ่งเป็น 4 พวกใหญ่ๆ ตามรูปร่างลักษณะดังนี้

1.) พวกคริพเฮด (Crisp head) หรือไอซ์เบิร์ก (Iceburg) คือผักกาดหอมห่อหัว หรือผักกาดแก้ว พวกคริพเฮดมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Lacttuce sativa var. Capitaca* มีลักษณะใบบาง กรอบ และขอบใบหยักไม่เรียบ ปลูกได้ในระหว่างเดือนตุลาคม-มกราคม แต่ปลูกได้ดีในช่วงเดือนพฤศจิกายน-เดือนธันวาคม ช่วงเดือนมิถุนายน-กันยายน พอปลูกได้บ้างในบริเวณที่สูงทางภาคเหนือบางเขต แต่ช่วงที่ปลูกไม่ได้เลยคือ ช่วงเดือนกุมพาพันธ์-พฤษภาคม เพราะต้องการอุณหภูมิในการเจริญเติบโตระหว่าง 15-21 องศาเซลเซียส สำหรับชนิดพันธุ์ของพวกคริพเฮดได้แก่ พันธุ์เกรท เลค 659 (Great lake 659 TARII) ซึ่งเป็นพันธุ์หนักปานกลางใบสีเขียวเข้มหยัก พันธุ์นี้ไม่ค่อยมีปัญหาใบไหม้ (Sun burn) พันธุ์เกรท เลค 366 (Great lake 366 TARII) ซึ่งเป็นพันธุ์ค่อนข้างเบา หัวห่อกลมมีใบสีเขียวรอบนอกใบหยัก มีความต้านทานโรคใบแห้งทิพเบิร์น (Tip burn) และ พันธุ์ซัมเมอร์ เลค (Summer Lake) ซึ่งเป็นพันธุ์เบาหัวห่อกลม สีเขียวอ่อน ใบหยัก

2.) พวกบัทเทอร์เฮด (Butter head) หรือพันธุ์หัวเนย มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Lacttuce sativa var. Capitat)* เป็นพันธุ์ที่ห่อหัวเป็นลักษณะอ่อนนุ่ม ไม่ห่อแน่นแข็งเหมือนพวก Crisp head ใบที่ซ้อนอยู่ข้างในมีลักษณะเหมือนถูกเคลือบด้วยน้ำมันหรือเนย คืออ่อนนุ่มและเป็นเมือกลื่นๆ ใบข้างในซ้อนทับกันแน่นพอประมาณสีเหลืองอ่อนคล้ายเนย เป็นพืชที่ชอบอากาศหนาวเย็น ไม่ทนทานต่ออากาศร้อนแต่เก็บเกี่ยวเร็วกว่าพวก Crisp head พันธุ์ในกลุ่มนี้ได้แก่ White Boston, Deacon, Wayahead, Tom thumb, Continuity และ Bibb

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.) คอส (Cos) หรือ โรเมน (Romaine) มีชื่อวิทยาศาสตร์ *Lacttuce sativa var. longifolia)* เป็นพวกต้นตั้งตรงอาจสูงถึง 25 เซนติเมตร ใบค่อนข้างแคบเรียว ใบนอกมีลักษณะเรียบและมีสีเขียว ส่วนใบข้างในมีสีเขียวอ่อน เช่น Red cos, Green cos ใบมีความกรอบมากกว่าผักกาดหอมพวกที่ห่อเข้าหัว ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ ชนิดหัวใหญ่ ได้แก่ พันธุ์ Paris white "Dark Green" และ "Red Romaine" และ ชนิดหัวเล็ก ได้แก่ พันธุ์ Little Gem

4.) ลี๊ฟ (Leaf) หรือ ลูสลี๊ฟ (Loose Leaf) หรือพันธุ์ใบ ซึ่งเราอาจจะเรียกว่าผักกาดหอมใบหยิกที่มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Lacttuce sativa var. crispa)* นิยมปลูกและนิยมรับประทานกันมากในบ้านเรา พบเห็นกันได้ทั่วไป ใบมีลักษณะหยิกเป็นคลื่น สีของใบมีตั้งแต่สีเขียวอ่อนถึงสีแดง เช่น green oak, red oak และ red coral แต่เราจะพบเป็นใบสีเขียวอ่อนมากกว่า พันธุ์นี้สามารถปลูกได้ตลอดปี และจะปลูกได้ดีที่สุดในช่วงเดือนตุลาคมถึงเดือนเมษายน ชอบอุณหภูมิที่เหมาะสมประมาณ 21-26.6 องศาเซลเซียส สำหรับชนิดพันธุ์ของพวกลี๊ฟได้แก่ พันธุ์แกรนด์ แรปปิด (Grand Rapid) ซึ่งมีใบสีเขียวอ่อน ใบม้วนและหยักอัดกันแน่น ต้นใหญ่เป็นพันธุ์ที่นิยมปลูกมากที่สุด และ พันธุ์แบล็ค ซีดเดด ซิมสัน (Black Seeded Simpson) เมล็ดมีสีดำ มีต้นใหญ่ ใบหยัก ฝอยยู่ยี่อัดกันแน่นมาก เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

อุปกรณ์

1. รางปลูกระบบ NFT
2. ปั๊มน้ำ
3. ถังบรรจุสารละลายธาตุอาหาร
4. เครื่องวัดค่า EC และ pH
5. ถ้วยปลูก
6. Perlite
7. เมล็ดพันธุ์ผักสลัด 4 ชนิด คือ กรีนโอ๊ค (Green Oak, GO), บัตเตอร์เฮด (Butter Head, BH), เรดคอรอล (Red Coral, RC) และ คอส (Cos)
8. สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์พืชทางเคมี
9. สารเคมีที่ใช้ในการเตรียมสารละลายธาตุอาหารพืช

วิธีการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบแฟคทอเรียลโดยประกอบไปด้วย 2 ปัจจัย ได้แก่

ปัจจัย A คือ การลดปริมาณไนเตรทที่ระดับต่างกัน 4 ระดับ ได้แก่

A_1 คือ การลดปริมาณไนเตรทในสารละลายธาตุอาหารที่ระดับ 0 %

A_2 คือ การลดปริมาณไนเตรทในสารละลายธาตุอาหารที่ระดับ 50%

A_3 คือ การลดปริมาณไนเตรทในสารละลายธาตุอาหารที่ระดับ 75%

A_4 คือ การลดปริมาณไนเตรทในสารละลายธาตุอาหารที่ระดับ 100%

ปัจจัย B คือ การเปลี่ยนสารละลายธาตุอาหารก่อนการเก็บเกี่ยวผลผลิตในเวลาต่างกัน 4 ระดับ ได้แก่

B_1 คือ การเปลี่ยนสารละลายธาตุอาหารก่อนการเก็บเกี่ยวผลผลิต 3 วัน

B_2 คือ การเปลี่ยนสารละลายธาตุอาหารก่อนการเก็บเกี่ยวผลผลิต 5 วัน

B_3 คือ การเปลี่ยนสารละลายธาตุอาหารก่อนการเก็บเกี่ยวผลผลิต 7 วัน

B_4 คือ การเปลี่ยนสารละลายธาตุอาหารก่อนการเก็บเกี่ยวผลผลิต 9 วัน

รวมเป็น 16 ตำรับการทดลอง จำนวน 3 ซ้ำ โดยใช้พืชทดสอบจำนวน 4 ชนิด คือ RO, GO, RC และ COS

1. ทำการเพาะเมล็ด และปลูกผักในรางอนุบาล 16 วัน โดยปรับค่า EC ของสารละลายอยู่ที่ 0.8-1.0 mS /cm ในวันที่ 4 หลังจากปลูก และปรับ EC อีกครั้งเป็น 1.2 mS /cm ในวันที่ 12 หลังจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปลูก และควบคุมค่า pH ของสารละลายให้อยู่ที่ 5.6-5.8

2. ในวันที่ 16 หลังจากปลูกผัก ทำการย้ายผักลงรางปลูกในระบบ NFT และทำการปรับสารละลายธาตุอาหารพืชให้มีค่า EC อยู่ที่ 1.4-1.6 mS /cm และ pH 5.6-5.8 จนกระทั่งผักมีอายุ 40 วัน จึงทำการปรับลดปริมาณไนเตรทในสารละลายธาตุอาหารพืชตามตำรับการทดลองต่างๆ ที่กำหนดไว้ (ให้เหลือ 50%, 75%, 100%) ซึ่งความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารพืชที่ปรับลดลงแสดงไว้ในตารางภาคผนวกที่ 1 ส่วนตำหรับที่ปรับให้มีปริมาณไนเตรท 0 % จะเปลี่ยนไปใช้น้ำก๊อกแทน

3. เมื่อครบกำหนดการเก็บเกี่ยว ทำการเก็บเกี่ยวผักแล้วนำมาชั่งน้ำหนักสด จากนั้นนำผักไปล้าง แล้วนำไปอบในตู้อบที่ 70 ^{0}C จนน้ำหนักแห้งคงที่ จึงนำตัวอย่างผักมาชั่งหาน้ำหนักแห้ง

4. ทำการบดพืชด้วยเครื่องบด (Thomas-Wiley Laboratory Mill Model 4) ผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร แล้วนำตัวอย่างพืชไปวิเคราะห์หาไนเตรทต่อไป

5. วิเคราะห์หาไนเตรทในพืชโดย สกัดตัวอย่างพืชด้วยน้ำกลั่น แล้วนำไปเขย่าที่ 180 rpm นาน 1 ชั่วโมง จากนั้นนำไปเหวี่ยงด้วยเครื่อง Centrifuge ที่ 2500 rpm นาน 15 นาที แล้วนำส่วนสารละลายที่ใสไปวัดหาปริมาณไนเตรทโดยการทำให้เกิดสีตามวิธี Salicylic acid ที่อธิบายได้โดย Cataldo et al. (1975) ซึ่งมีขั้นตอน คร่าวๆ ดังนี้ นำสารละลายที่สกัดได้ไปทำปฏิกิริยากับ 5% Salicylic acid in concentrated H_2SO_4 (w/v) จากนั้นทำให้สารละลายเกิดการพัฒนาของสีโดยปรับสภาพให้เป็นด่าง โดยการเติม 4 M NaOH แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Spectrophotomater ที่ความยาวคลื่น 410 nm แล้วนำค่าที่ได้ไปคำนวณหาปริมาณไนเตรทเทียบกับ Standard curve ของไนเตรท

6. เก็บข้อมูลพืช ได้แก่ น้ำหนักสด, น้ำหนักแห้ง, ปริมาณไนเตรทในพืช และปริมาณไนเตรทในน้ำที่ผ่านการล้างผัก

7. นำข้อมูลมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และค่าความแตกต่างของข้อมูลทางสถิติ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS

สถานที่ทำการทดลอง

บริเวณโรงเรือนชั้น 5 และห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยาทางดิน ภาควิชาปฐพีวิทยา อาคารเจ้าคุณทหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย เดือนพฤศจิกายน 2548 - เดือนกุมภาพันธ์ 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง

น้ำหนักสดต่อต้น (Fresh weigh)

-ผักสลัดบัตเตอร์เฮด ผลการลดปริมาณไนเตรทในสารละลายธาตุอาหาร และระยะเวลาในการลดไนเตรทก่อนเก็บเกี่ยว ที่มีต่อน้ำหนักสดต่อต้นของผักสลัดบัตเตอร์เฮด แสดงในตารางที่ 1 และภาพที่ 1 พบว่า น้ำหนักสดต่อต้นของผักในตำรับที่ลดไนเตรทเป็น 0% มีค่าต่ำที่สุดคือ 52.32 กรัม / ต้น ซึ่งแตกต่างจากตำรับที่ลดไนเตรทเหลือ 75% และ 100% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่า 63.57 และ 64.37 กรัม/ต้น ตามลำดับ ส่วนตำรับที่ลดไนเตรทเหลือ 50% พบว่ามีน้ำหนักสดต่อต้น 58.03 กรัม /ต้น สำหรับระยะเวลาในการลดปริมาณไนเตรทของสารละลายก่อนเก็บเกี่ยว พบว่า การลดไนเตรทก่อนเก็บเกี่ยว 9 วัน ทำให้ผักมีน้ำหนักสดต่อต้นต่ำที่สุด คือ 55.00 กรัม /ต้น ซึ่งแตกต่างจากตำรับที่ลดไนเตรทก่อนเก็บเกี่ยว 3 วัน (64.00 กรัม /ต้น) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนการลดปริมาณไนเตรทก่อนเก็บเกี่ยว 5 วัน และ 7 วัน พบว่ามีน้ำหนักสดต่อต้นใกล้เคียงกัน คือ 59.57 และ 59.73 กรัม /ต้น ตามลำดับ

-ผักสลัดคอส ผลการลดปริมาณไนเตรทในสารละลายธาตุอาหาร และระยะเวลาในการลดไนเตรทก่อนเก็บเกี่ยว ที่มีต่อน้ำหนักสดต่อต้นของผักสลัดคอส แสดงในตารางที่ 2 และ ภาพที่ 2 พบว่า น้ำหนักสดต่อต้นของผักในตำรับที่ลดไนเตรทระดับต่างๆ มีค่าไม่แตกต่างกันในทางสถิติ แต่มีแนวโน้มว่า การลดไนเตรทเป็น 100%, 75%, 50% และ 0% ทำให้น้ำหนักสดต่อต้นผักมีค่าลดลง คือมีค่า 101.95, 93.05, 94.15 และ 87.34 กรัม /ต้น ตามลำดับ สำหรับระยะเวลาในการลดปริมาณไนเตรทของสารละลายก่อนเก็บเกี่ยว พบว่า การลดไนเตรทก่อนเก็บเกี่ยว 9 วัน ทำให้ผักมีน้ำหนักสดต่อต้นต่ำที่สุด คือ 82.65 กรัม /ต้น ซึ่งแตกต่างจากตำรับที่ลดไนเตรทก่อนเก็บเกี่ยว 3 วัน (106.38 กรัม /ต้น) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนการลดปริมาณไนเตรทก่อนเก็บเกี่ยว 5 วัน และ 7 วัน พบว่ามีน้ำหนักสดต่อต้นใกล้เคียงกัน คือ 99.97 และ 87.49 กรัม /ต้น ตามลำดับ

-ผักสลัดกรีนโอ๊ค ผลการลดปริมาณไนเตรทในสารละลายธาตุอาหาร และระยะเวลาในการลดไนเตรทก่อนเก็บเกี่ยว ที่มีต่อน้ำหนักสดต่อต้นของผักสลัดกรีนโอ๊ค แสดงในตารางที่ 3 และ ภาพที่ 3 พบว่า น้ำหนักสดต่อต้นของผักในตำรับที่ลดไนเตรทเป็น 0% มีค่าต่ำที่สุดคือ 59.36 กรัม /ต้น ซึ่งแตกต่างจากตำรับอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยตำรับที่ลดไนเตรทเป็น 50%, 75% และ 100% พบว่า มีค่าใกล้เคียงกันคือ 64.77, 68.95 และ 66.99 กรัม /ต้น ตามลำดับ สำหรับระยะเวลาในการลดปริมาณไนเตรทของสารละลายก่อนเก็บเกี่ยว พบว่า การลดไนเตรทก่อนเก็บเกี่ยวที่ระยะ 3 5, 7 และ9 วัน ไม่ทำให้น้ำหนักสดของผักสลัดมีค่าแตกต่างกันในทางสถิติ คือมีค่า 67.3, 63.47, 61.49 และ 62.46 กรัม /ต้น ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-ผักสลัดเรดคอรอล ผลการลดปริมาณไนเตรทในสารละลายธาตุอาหาร และระยะเวลาในการลดไนเตรทก่อนเก็บเกี่ยว ที่มีต่อน้ำหนักสดต่อต้นของผักสลัด*ผัก*สลัดเรดคอรอล แสดงในตารางที่ 4 และ ภาพที่ 4 พบว่า น้ำหนักสดต่อต้นของผักในตำรับที่ลดไนเตรทเป็น 0% มีค่าต่ำที่สุดคือ 43.79 กรัม /ต้น ซึ่งแตกต่างจากตำรับอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ รองลงมาคือ ตำรับที่ลดไนเตรทเป็น 50% (55.25 กรัม /ต้น) ส่วนในตำรับที่ลดไนเตรท 75% และ 100% พบว่าน้ำหนักสดต่อต้นของผักมีค่าสูงใกล้เคียงกันคือ 62.09 และ 63.44 กรัม /ต้น ตามลำดับ สำหรับระยะเวลาในการลดปริมาณไนเตรทของสารละลายก่อนเก็บเกี่ยว พบว่า การลดไนเตรทก่อนเก็บเกี่ยวที่ระยะ 3, 5, 7 และ 9 วัน ไม่ทำให้น้ำหนักสดของผักสลัดมีค่าแตกต่างกันในทางสถิติ แต่มีแนวโน้มทำให้ผักมีน้ำหนักสดต่อต้นลดต่ำลง คือมีค่า 59.90, 55.97, 55.45 และ53.24 กรัม /ต้น ตามลำดับ

เปอร์เซ็นต์มวลแห้ง (% Dry matter)

-สลัดบัตเตอร์เฮด ผลการลดปริมาณไนเตรทในสารละลายธาตุอาหาร และระยะเวลาในการลดไนเตรทก่อนเก็บเกี่ยว ที่มีต่อเปอร์เซ็นต์มวลแห้ง ของผักสลัดบัตเตอร์เฮด แสดงในตารางที่ 5 และภาพที่ 5 พบว่า เปอร์เซ็นต์มวลแห้ง ของผักในตำรับที่ลดไนเตรทเป็น 0% มีค่ามากที่สุดคือ 5.21 % ซึ่งแตกต่างจากตำรับอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนตำรับที่ลดไนเตรทเหลือ 75% และ 100% พบว่า เปอร์เซ็นต์มวลแห้ง ต่ำใกล้เคียงกันคือ มีค่า 4.47 และ 4.23 % ตามลำดับ ขณะที่ตำรับที่ลดไนเตรทเหลือ 50% พบว่ามีเปอร์เซ็นต์มวลแห้ง 4.60 % สำหรับระยะเวลาในการลดปริมาณไนเตรทของสารละลายก่อนเก็บเกี่ยว พบว่า เปอร์เซ็นต์มวลแห้ง ของผักในตำรับที่ลดไนเตรทระดับต่างๆ มีค่าไม่แตกต่างกันในทางสถิติ โดยมีค่าระหว่าง 4.54-4.81 %

-สลัดคอส ผลการลดปริมาณไนเตรทในสารละลายธาตุอาหาร และระยะเวลาในการลดไนเตรทก่อนเก็บเกี่ยว ที่มีต่อเปอร์เซ็นต์มวลแห้ง ของผักสลัดคอส แสดงในตารางที่ 6 และ ภาพที่6 พบว่า เปอร์เซ็นต์มวลแห้ง ของผักในตำรับที่ลดไนเตรทเป็น 0% มีค่ามากที่สุดคือ 4.68 % ซึ่งแตกต่างจากตำรับอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนตำรับที่ลดไนเตรทเหลือ 50% 75% และ 100% พบว่า เปอร์เซ็นต์มวลแห้ง ต่ำใกล้เคียงกันคือ มีค่า 4.09% 4.03% และ 3.93% ตามลำดับ สำหรับระยะเวลาในการลดปริมาณไนเตรทของสารละลายก่อนเก็บเกี่ยว พบว่า เปอร์เซ็นต์มวลแห้ง ของผักในตำรับที่ลดไนเตรทระดับต่างๆ มีค่าไม่แตกต่างกันในทางสถิติ โดยมีค่าระหว่าง 4.06-4.32 %

-สลัดกรีนโอ๊ค ผลการลดปริมาณไนเตรทในสารละลายธาตุอาหาร และระยะเวลาในการลดไนเตรทก่อนเก็บเกี่ยว ที่มีต่อเปอร์เซ็นต์มวลแห้ง ของผักสลัดคอส แสดงในตารางที่ 7 และ ภาพที่ 7 พบว่า เปอร์เซ็นต์มวลแห้ง ของผักในตำรับที่ลดไนเตรทเป็น 0% มีค่ามากที่สุดคือ 5.05 % ซึ่งแตกต่างจากตำรับอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนตำรับที่ลดไนเตรทเหลือ 75% และ 100% พบว่า เปอร์เซ็นต์มวลแห้งต่ำใกล้เคียงกันคือ มีค่า 3.82% และ 3.73% ตามลำดับ ขณะที่ตำรับที่ลดไนเตรท

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหลือ 50% พบว่ามีเปอร์เซ็นต์มวลแห้ง 4.05 % สำหรับระยะเวลาในการลดปริมาณไนเตรทของสารละลายก่อนเก็บเกี่ยว พบว่า เปอร์เซ็นต์มวลแห้ง ของผักในตำรับที่ลดไนเตรทระดับต่างๆ มีค่าไม่แตกต่างกันในทางสถิติ โดยมีค่าระหว่าง 4.02-4.30 %

-สลัดเรดคอรอล ผลการลดปริมาณไนเตรทในสารละลายธาตุอาหาร และระยะเวลาในการลดไนเตรทก่อนเก็บเกี่ยว ที่มีต่อเปอร์เซ็นต์มวลแห้ง ของผักสลัดเรดคอรอล แสดงในตารางที่ 8 และภาพที่ 8 พบว่า เปอร์เซ็นต์มวลแห้ง ของผักในตำรับที่ลดไนเตรทเป็น 0% มีค่ามากที่สุดคือ 4.97 % ซึ่งแตกต่างจากตำรับอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนตำรับที่ลดไนเตรทเหลือ 75% และ 100% พบว่า เปอร์เซ็นต์มวลแห้ง ต่ำใกล้เคียงกันคือ มีค่า 3.71 และ 3.45 % ตามลำดับ ขณะที่ตำรับที่ลดไนเตรทเหลือ 50% พบว่ามีเปอร์เซ็นต์มวลแห้ง 4.01 % สำหรับระยะเวลาในการลดปริมาณไนเตรทของสารละลายก่อนเก็บเกี่ยว พบว่า เปอร์เซ็นต์มวลแห้ง ของผักในตำรับที่ลดไนเตรทระดับต่างๆ มีค่าไม่แตกต่างกันในทางสถิติ โดยมีค่าระหว่าง 3.78-4.16 %

ความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลแห้ง (NO_3^- concentration in dry matter)

-สลัดบัตเตอร์เฮด ผลการลดปริมาณไนเตรทในสารละลายธาตุอาหาร และระยะเวลาในการลดไนเตรทก่อนเก็บเกี่ยว ที่มีต่อความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลแห้งของสลัดบัตเตอร์เฮด แสดงในตารางที่ 9 และ ภาพที่ 9 พบว่า ความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลแห้งของผักในตำรับที่ลดไนเตรทเป็น 0% มีค่าน้อยที่สุดคือ 3.61 % ซึ่งแตกต่างจากตำรับอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ รองลงมาคือตำรับที่ลดไนเตรทเหลือ 50% และ 75% ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกันคือ 5.90% และ 6.41% ตามลำดับ ขณะที่ตำรับที่ลดไนเตรทเหลือ100% พบว่ามีความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลแห้งต่ำสุดคือ มีค่า 7.82% สำหรับระยะเวลาในการลดปริมาณไนเตรทของสารละลายก่อนเก็บเกี่ยว พบว่า การลดไนเตรทก่อนเก็บเกี่ยว 3 และ 5 วัน ทำให้ความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลแห้งของผักมีค่าสูงใกล้เคียงกันคือ 6.29% และ 6.43 % ซึ่งมีค่าแตกต่างจากตำรับที่ลดไนเตรทก่อนเก็บเกี่ยว 7 และ 9 วัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือมีค่า 5.67% และ 5.34% ตามลำดับ

-สลัดคอส ผลการลดปริมาณไนเตรทในสารละลายธาตุอาหาร และระยะเวลาในการลดไนเตรทก่อนเก็บเกี่ยว ที่มีต่อความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลแห้งของสลัดคอส แสดงในตารางที่ 10 และ ภาพที่ 10 พบว่า ความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลแห้งของผักในตำรับที่ลดไนเตรทเป็น 0% มีค่าน้อยที่สุดคือ 2.37 % ซึ่งแตกต่างจากตำรับอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนตำรับที่ลดไนเตรทเหลือ 75% และ 100% พบว่า ความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลแห้งของผักใกล้เคียงกันคือ มีค่า 4.18 และ 4.79 % ตามลำดับ ขณะที่ตำรับที่ลดไนเตรทเหลือ 50% พบว่ามีเปอร์เซ็นต์มวลแห้ง 3.76 % โดยค่าความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลแห้งของผักมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อปริมาณไนเตรทในสารละลายเพิ่มขึ้น สำหรับระยะเวลาในการลดปริมาณไนเตรทของสารละลายก่อนเก็บเกี่ยว พบว่า การลดไนเตรทก่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เก็บเกี่ยว 3 และ 5 วัน ทำให้ผักมีความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลแห้งสูงใกล้เคียงกันคือ 4.14% และ 4.11 % ซึ่งมีค่าแตกต่างจากตำรับที่ลดไนเตรทก่อนเก็บเกี่ยว 7 และ 9 วัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือมีค่า 3.43% และ 3.42% ตามลำดับ

-สลัดกรีนโอ๊ค ผลการลดปริมาณไนเตรทในสารละลายธาตุอาหาร และระยะเวลาในการลดไนเตรทก่อนเก็บเกี่ยว ที่มีต่อความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลแห้งของสลัดกรีนโอ๊ค แสดงในตารางที่ 11 และ ภาพที่ 11 พบว่า ความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลแห้งของผักในตำรับที่ลดไนเตรทเป็น 0% มีค่าน้อยที่สุดคือ 3.31 % ซึ่งแตกต่างจากตำรับอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนตำรับที่ลดไนเตรทเหลือ 50%, 75% และ 100% พบว่า ความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลแห้งของผักมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือมีค่า 5.19 5.80 และ 6.90 % ตามลำดับ สำหรับระยะเวลาในการลดปริมาณไนเตรทของสารละลายก่อนเก็บเกี่ยว พบว่า การลดไนเตรทก่อนเก็บเกี่ยว 3 และ 5 วัน ทำให้ผักมีความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลแห้งสูงใกล้เคียงกันคือ 5.73% และ 5.58 % ซึ่งมีค่าแตกต่างจากตำรับที่ลดไนเตรทก่อนเก็บเกี่ยว 7 และ 9 วัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือมีค่า 4.73% และ 4.78% ตามลำดับ

-สลัดเรดคอรอล ผลการลดปริมาณไนเตรทในสารละลายธาตุอาหาร และระยะเวลาในการลดไนเตรทก่อนเก็บเกี่ยว ที่มีต่อความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลแห้งของสลัดเรดคอรอลแสดงในตารางที่ 12 และ ภาพที่ 12 พบว่า ความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลแห้งของผักในตำรับที่ลดไนเตรทเป็น 0% มีค่าน้อยที่สุดคือ 3.45 % ซึ่งแตกต่างจากตำรับอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนตำรับที่ลดไนเตรทเหลือ 50% 75% และ 100% พบว่า ความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลแห้งของผัก มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ มีค่า 6.17, 7.02 และ 7.74 % ตามลำดับ สำหรับระยะเวลาในการลดปริมาณไนเตรทของสารละลายก่อนเก็บเกี่ยว พบว่า การลดไนเตรทก่อนเก็บเกี่ยว 3 และ 5 วัน ทำให้ผักมีความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลแห้งสูงใกล้เคียงกันคือ 6.75% และ 6.33 % ซึ่งมีค่าแตกต่างจากตำรับที่ลดไนเตรทก่อนเก็บเกี่ยว 9 วัน (5.53%) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนตำรับที่ลดไนเตรทก่อนเก็บเกี่ยว 7 วัน พบว่ามีความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลแห้งเท่ากับ 5.77%

ความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลสด (NO_3^- concentration in fresh matter)

-สลัดบัตเตอร์เฮดผลการลดปริมาณไนเตรทในสารละลายธาตุอาหาร และระยะเวลาในการลดไนเตรทก่อนเก็บเกี่ยว ที่มีต่อความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลแห้งของสลัดบัตเตอร์เฮด แสดงในตารางที่ 13 และ ภาพที่ 13 พบว่า ความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลสด ของผักในตำรับที่ลดไนเตรทเป็น 0% มีค่าน้อยที่สุดคือ 1,851 มิลลิกรัม NO_3^- /กิโลกรัมมวลสด ซึ่งแตกต่างจากตำรับอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ รองลงมาคือตำรับที่ลดไนเตรทเหลือ 50% และ 75% ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกันคือ 2,690 และ 2,849 มิลลิกรัม NO_3^- /กิโลกรัมมวลสด ตามลำดับ ส่วนตำรับที่ลดไนเตรทเป็น 100% พบว่ามีความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลสดสูงสุดคือ 3,312 มิลลิกรัม NO_3^- /กิโลกรัมมวลสด สำหรับระยะเวลาในการ

เอกสารนี้ได้รับการสงวนลิขสิทธิ์ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

99740

ลดปริมาณไนเตรทของสารละลายก่อนเก็บเกี่ยว พบว่า ความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลสด ของผักในตำรับที่ลดไนเตรทก่อนเก็บเกี่ยว 3 และ 5 วันก่อนการเก็บเกี่ยว พบว่า ความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลสด สูงใกล้เคียงกันคือ 2,843 และ 2,927 มิลลิกรัม NO_3^-/กิโลกรัมมวลสด ตามลำดับ ซึ่งมีค่าแตกต่างจากตำรับที่ลดไนเตรทก่อนเก็บเกี่ยว 7 และ 9 วัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือมีค่า 2,557 และ 2,376 มิลลิกรัม NO_3^-/กิโลกรัมมวลสด ตามลำดับ

-สลัดคอส ผลการลดปริมาณไนเตรทในสารละลายธาตุอาหาร และระยะเวลาในการลดไนเตรทก่อนเก็บเกี่ยว ที่มีต่อความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลแห้งของสลัดคอส แสดงในตารางที่ 14 และ ภาพที่ 14 พบว่า ความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลสด ของผักในตำรับที่ลดไนเตรทเป็น 0% มีค่าน้อยที่สุดคือ 1,057 มิลลิกรัม NO_3^-/กิโลกรัมมวลสด ซึ่งแตกต่างจากตำรับอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และค่าความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลสดของตำรับที่ลดไนเตรทเป็น 50%, 75% และ 100% มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือมีค่า 1,508 , 1,658 , และ 1,861 มิลลิกรัม NO_3^-/กิโลกรัมมวลสด ตามลำดับ สำหรับระยะเวลาในการลดปริมาณไนเตรทของสารละลายก่อนเก็บเกี่ยว พบว่า ความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลสด ของผักในตำรับที่ลดไนเตรทก่อนเก็บเกี่ยว 3, 5 และ 7 วัน พบว่า ความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลสด มีแนวโน้มลดลง คือ 1,647 , 1,644 และ 1,411 มิลลิกรัม NO_3^-/กิโลกรัมมวลสด อย่างไรก็ตามค่าดังกล่าวไม่แตกต่างกันในทางสถิติ ขณะที่ตำรับที่ลดไนเตรทก่อนเก็บเกี่ยว 9 วัน พบว่ามีความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลสด ต่ำสุดคือ 1381 มิลลิกรัม NO_3^-/กิโลกรัมมวลสด ซึ่งแตกต่างจากตำรับอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

-สลัดกรีนโอ๊ค ผลการลดปริมาณไนเตรทในสารละลายธาตุอาหาร และระยะเวลาในการลดไนเตรทก่อนเก็บเกี่ยว ที่มีต่อความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลแห้งของสลัดกรีนโอ๊ค แสดงในตารางที่ 15 และ ภาพที่ 15 พบว่า ความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลสด ของผักในตำรับที่ลดไนเตรทเป็น 0% มีค่าน้อยที่สุดคือ 1,608 มิลลิกรัม NO_3^-/กิโลกรัมมวลสด ซึ่งแตกต่างจากตำรับอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และค่าความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลสดของตำรับที่ลดไนเตรทเป็น 50%, 75% และ 100% มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือมีค่า 2,101 , 2,218 , และ 2,418 มิลลิกรัม NO_3^-/กิโลกรัมมวลสด ตามลำดับ สำหรับระยะเวลาในการลดปริมาณไนเตรทของสารละลายก่อนเก็บเกี่ยว พบว่า ความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลสด ของผักในตำรับที่ลดไนเตรทก่อนเก็บเกี่ยว 3 และ 5 วัน พบว่า ความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลสด สูงใกล้เคียงกันคือ 2,267 และ 2,226 มิลลิกรัม NO_3^-/กิโลกรัมมวลสด ซึ่งมีค่าแตกต่างจากตำรับที่ลดไนเตรทก่อนเก็บเกี่ยว 7 และ 9 วัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือมีค่า 1,955 และ 1,897 มิลลิกรัม NO_3^-/กิโลกรัมมวลสด ตามลำดับ

-สลัดเรดคอรอล ผลการลดปริมาณไนเตรทในสารละลายธาตุอาหาร และระยะเวลาในการลดไนเตรทก่อนเก็บเกี่ยว ที่มีต่อความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลแห้งของสลัดเรดคอรอล แสดงในตารางที่ 16 และ ภาพที่ 16 พบว่า ความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลสด ของผักในตำรับที่ลดไนเตรทเป็น 0%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีค่าน้อยที่สุดคือ 1,686 มิลลิกรัม NO_3^-/กิโลกรัมมวลสด ซึ่งแตกต่างจากตำรับอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนตำรับที่ลดไนเตรทเป็น50% 75% และ100% พบว่าความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลสดของผัก มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น คือมีค่า 2,458 , 2,592 และ2,669 มิลลิกรัม NO_3^-/กิโลกรัมมวลสด ตามลำดับ อย่างไรก็ตามค่าดังกล่าวไม่แตกต่างกันในทางสถิติ สำหรับระยะเวลาในการลดปริมาณไนเตรทของสารละลายก่อนเก็บเกี่ยว พบว่า ความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลสด ของผักในตำรับที่ลดไนเตรทก่อนเก็บเกี่ยว 3 และ5 วัน พบว่า ความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลสด มีค่าสูงใกล้เคียงกันคือ 2,489 และ 2,490 มิลลิกรัมNO_3^-/กิโลกรัมมวลสด ตามลำดับ ซึ่งมีค่าแตกต่างจากตำรับที่ลดไนเตรทก่อนเก็บเกี่ยว 9 วัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือมีค่า 2,168 มิลลิกรัม NO_3^-/กิโลกรัมมวลสด ส่วนตำรับที่ลดไนเตรทก่อนเก็บเกี่ยว 7 วัน พบว่ามีความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลสดเท่ากับ 2,257 มิลลิกรัม NO_3^-/กิโลกรัมมวลสด

วิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดลองปลูกผักสลัด 4 ชนิด (กรีนโอ๊ค, บัตเตอร์เฮด, เรดคอรอล และ คอส) ในระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินแบบ NFT ที่มีต่อการสะสมปริมาณไนเตรทของผัก โดยทำการการลดปริมาณไนเตรทในสารละลายธาตุอาหารพืชที่ระดับต่างๆ กันคือ (ให้เหลือ 0%, 50%, 75% และ 100%) และช่วงระยะเวลาในการลดไนเตรทก่อนทำการเก็บเกี่ยวในระยะต่าง ๆ กัน (3, 5, 7 และ 9 วัน) พบว่า ปริมาณไนเตรทในพืชนั้น สามารถทำการลดได้โดยการลดปริมาณไนเตรทในสารละลายธาตุอาหาร ก่อนการเก็บเกี่ยวในระยะต่าง ๆ โดยผักจะมีการสะสมไนเตรทมาก หรือ น้อยนั้น ขึ้นอยู่กับปริมาณไนเตรทในสารละลายธาตุอาหาร และระยะเวลาในการลดปริมาณไนเตรทก่อนการเก็บเกี่ยว ถ้าในสารละลายธาตุอาหารพืชมีไนเตรทอยู่มาก ผักก็จะมีไนเตรทสะสมมากขึ้นตามไปด้วย สำหรับระยะเวลาที่ทำการลดปริมาณไนเตรทก่อนทำการเก็บเกี่ยวนั้น ถ้าระยะเวลาในการลดมาก ปริมาณไนเตรทในพืช ก็จะลดลงมาก และใบพืชจะแสดงอาการมีสีเหลือง ต้นแคระแกรน เนื่องจากขาดธาตุไนเตรทเป็นเวลานาน และผลผลิตที่ได้ก็จะน้อยลง เพราะไนเตรทเป็นรูปหนึ่งของธาตุไนโตรเจน ที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช โดยทำหน้าที่เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของโปรตีน กรดอะมิโน กรดนิวคลีอิค คลอโรฟิลล์ โพรไพลีน ฮอร์โมนพืชบางชนิด ถ้าพืชเกิดการขาดธาตุไนโตรเจนขึ้น จะทำให้ใบพืชมีสีเหลืองที่เกิดขึ้นที่ใบล่างก่อน และคุณภาพของผลผลิตลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาผลของการลดปริมาณไนโตรเจนในสารละลายธาตุอาหารพืช และระยะเวลาในการลด ที่มีต่อการสะสมไนเตรทของผักสลัด (บัตเตอร์เฮด, คอส, กรีนโอ๊ค และ เรดคอรอล) ที่ปลูกในระบบ NFT พบว่า การลดปริมาณไนเตรทในสารละลายธาตุอาหารพืชจาก 100% เหลือเป็น 75%, 50% และ 0% ตามลำดับ มีผลทำให้ น้ำหนักสดต่อต้น, ความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลแห้ง และความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลสด ของผักสลัดชนิดต่างๆ มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ตามลำดับ ขณะที่เปอร์เซ็นต์มวลแห้งของผักชนิดต่างๆ กลับมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สำหรับระยะเวลาในการลดปริมาณไนเตรทของสารละลาย ก่อนทำการเก็บเกี่ยวผลผลิต พบว่า การลดไนเตรทก่อนเก็บเกี่ยว 3, 5, 7 และ 9 วัน มีผลทำให้น้ำหนักสดต่อต้น, ความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลแห้ง และความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลสด ของผักสลัดชนิดต่างๆ มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ตามลำดับ ขณะที่เปอร์เซ็นต์มวลแห้งของผักชนิดต่างๆ กลับมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม ค่าดังกล่าวไม่แตกต่างกันในทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

21122

เอกสารอ้างอิง

กลุ่มหนังสือเกษตร (AGRI BOOK GROUP). 2525. พิมพ์ครั้งที่ 1. หน้า 131-133, 234-235.

กองบรรณาธิการ "ฐานเกษตรกรรม". 2529. รวมเรื่องผัก. ฉบับพิเศษอันดับที่ 11. หน้า 33-34.

งานสารพิษ. 2531. ไนเตรท ไนไตรท์และสารประกอบเอ็น- ไนโตรโซ .กองมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อม . สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ.

จินดารัตน์ โพธิมามกะ. 2546. การหาปริมาณความต้องการธาตุอาหารของผักบางชนิดจากปริมาณธาตุอาหารที่สะสมในส่วนต่าง ๆ ของพืช, กรุงเทพมหานคร.

ดิเรก ทองอร่าม. 2547. การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน : หลักการจัดการการผลิตและเทคโนโลยีการผลิตเชิงธุรกิจในประเทศไทย. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. ธรรมรักษ์การพิมพ์, ราชบุรี. 724 น.

ดิเรก ทองอร่าม และ อิทธิสุนทร นันทกิจ มปพ. การปลูกพืชไม่ใช้ดินเชิงธุรกิจในประเทศไทย

ธรรมศักดิ์ ทองเกตุ. อัญชนีย์ อุทัยพัฒนาชีพ และวุฒิพงษ์ พิมพ์โคตร 2544. การสำรวจเบื้องต้นปริมาณสารไนเตรตตกค้างในผักกาดหอมปลูกโดยไม่ใช้ดินในฤดูต่างๆ. น. 67-73. *ใน* การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 4. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.

นงนุช วงศ์สินชวน. 2532. การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน. โปรแกรมเทคนิคการเกษตร วิทยาลัยชุมชนภูเก็ต. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, ภูเก็ต.

มนัชญา รัตนโชติ. 2546. การงดสารละลายธาตุอาหารก่อนการเก็บเกี่ยวต่อปริมาณการสะสมไนเตรทใน Watercress (*Nasturtium officinale*) และ Green rose bush (*Alternanthera lehmannii* "E green") ที่ปลูกโดยระบบ Deep Flow Technique (DFT). วิทยานิพนธ์ปริญญาตรีสาขาเทคโนโลยีการเกษตร ภาควิชาเทคโนโลยีและการอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, ปัตตานี. 39 น.

มนูญ ศิรินุพงศ์. 2544. การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินสู่การปฏิบัติในประเทศไทย. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, ปัตตานี. 90 น.

ยงยุทธ เจียมไชยศรี. 2546. การใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มา (*Trichoderma* spp.) กับการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน. *อ้างโดย* ดิเรก ทองอร่าม. 2547. การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน : หลักการจัดการการผลิตและเทคโนโลยีการผลิตเชิงธุรกิจในประเทศไทย. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. ธรรมรักษ์การพิมพ์, ราชบุรี. 724 น.

ยงยุทธ โอสถสภา 2543. ธาตุอาหารพืช. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร. 424 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ ลาดกระบัง

วุฒิพงษ์ พิมพ์โครต. 2546. การเจริญเติบโต การสะสมไนเตรท และการลดไนเตรทก่อนการเก็บเกี่ยวในผักกาดหอมที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหาร. กรุงเทพฯ. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, ภาควิชาพืชสวน, สาขาพืชสวน, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

โสระยา ร่วมรังสี 2544. การผลิตพืชสวนแบบไม่ใช้ดิน. โครงการตำรามหาวิทยาลัยเชียงใหม่. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพมหานคร.

อิทธิสุนทร นันทกิจ 2538. การปลูกพืชไม่ใช้ดิน Hydroponic. คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.

อิทธิสุนทร นันทกิจ. 2549. การปลูกพืชในระบบ NFT (Nutrient Film Technique). น. 1-33. ในเอกสารประกอบการอบรมหลักสูตร การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน รุ่นที่ 7 .กรุงเทพฯ : ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 25-27 มกราคม 2549.

Aydin Gune Ali Nal and Mehmet Akta. 1996. Reducing nitrate content of NFT grown winter onion plants (Allium cepa L.) by partial replacement of NO_3 with amino acid in nutrient solution. Scientia Horticulturae. 65 : 203-208

Bassioni, N.H. and B.B., Tucker. 1971. Temperature amd Ph interactionin nitrate uptake. Plant and Soil. 35:445-448.

Bloom-Zandstra, M.1989. Nitrate accumulation in vegetables and its relationship to quality. Ann.Appl. Biol. 115:553-561.

Burt , T.P. 1993 . Nitrate process , Patterns and Management . National Academy of Sciences , Washington , D.C., USA.

Cantliffe, J.R. 1973. Nitrate accumulation in table beets and spinach as affected by nitrogen phosphorus and potassium nutrition and light intensity. Agronomy J. 65(4): 563-565.

Cataldo, D.A., N. Haroon, L.E. Scharder and V.L. Youngs. 1975 Rapid Colorimetric Determination of Nitrate in Plant Tissue by Nitration of Salicylic Acid Commun. SoilScience and Plant Analysis 6(1):71-80.

Cassens, R. 1997. Residual nitrite in cured meats. *Food Technol.* 51(2):53-55.

Chen GuiLin, Gao XuiRui and Zhang XianBin. 2002. Effect of partial replacement of nitrate by amino acid and urea on nitrate content of non-heading Chinese cabbage and lettuce in hydroponic condition. Agricultural Sciences in China 1(4) : 444-449.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Drews, Schonhof and Krumbein. 1996. Nitrate, vitamin C and sugar content of lettuce (Lactuca sativa) depending on cultivar and stage of head development. Gartenbauwissenschaft. 61:3, 122-129;26 ref.

Elia, A., P. Santamaria and F. Serio. 1998. Nitrogen nutrition, yield and quality of spinach. J .Sci. Food Agr. 76:341-346.

Jones, J. B., Jr. 1997. Hydroponics : A practical guide for the soilles grower. St. Lucie Press. Boca Raton, Florida.

Kolbe. 1996. Factors influenceing the composition of potatoes. Part 4 Nitrate. Kartoffelbau. 47(7): 259-264.

Maynard , D.N. and Baker , A.V. 1972. Nitrate content of vegetable crops . Hort. Science 7(3): 224-246.

Muramoto, J. 1999. Comparison of Nitrate Content in Leafy Vegetables from Organic and Conventional Farms in California. Center for Agroecology and Sustainable Food Systems University of California, Santa Cruz.

Peck, N.H.; A. V. Barker; G.E. Mcdonald and R.S. Shallenbaker. 1971. Nitrate accumulation in vegetables. II. Table beets grown in upland soils. Agron.J. 63:130-132.

Phillips W.E. 1971. Nutural occuring nitrate and nitrite in foods in relation to infat Methaemoglobinemia . Fd . Cosmet . Toxical . 9:219-228.

Schonbeck, M. 1998. Nitrate in Winter Greenhouse Leafy vegetable. Article No. 33. New Alchemy Quarterly Institute Inc.,MA.

Schwarz, M. 1995. Soiless Culture Management Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Germany.

Sugawara, T. 1975. Lettuce, Endive and Chicory. CABI Publishing. Wallingford. UK.

Shinohara, Y. and Y. Suzuki. 1988. Quality improvement of hydroponically grown leaf vegetables. Acta Horticultural. 230: 279-286.

Walters, C. 1991. Nitrate and nitrite in foods. pp. 93-107. *In* Nitrate and Nitrite in Food and Water (M. Hill. Ed.). Ellis Harwood, Newyork.

Wright, M.J. and K.L., Davison. 1964. Nitrate accumulation in crops and nitrate poisioning in animals. Adv. Agron. 16:197-247.

World Health Organization (WHO). 1995. 44-Report of Joint FAO-WTO Expert Committee on Food Additives (JECFA). pp. 29-35. *In* WHO Techinical Report No.159. WHO, Geneva.

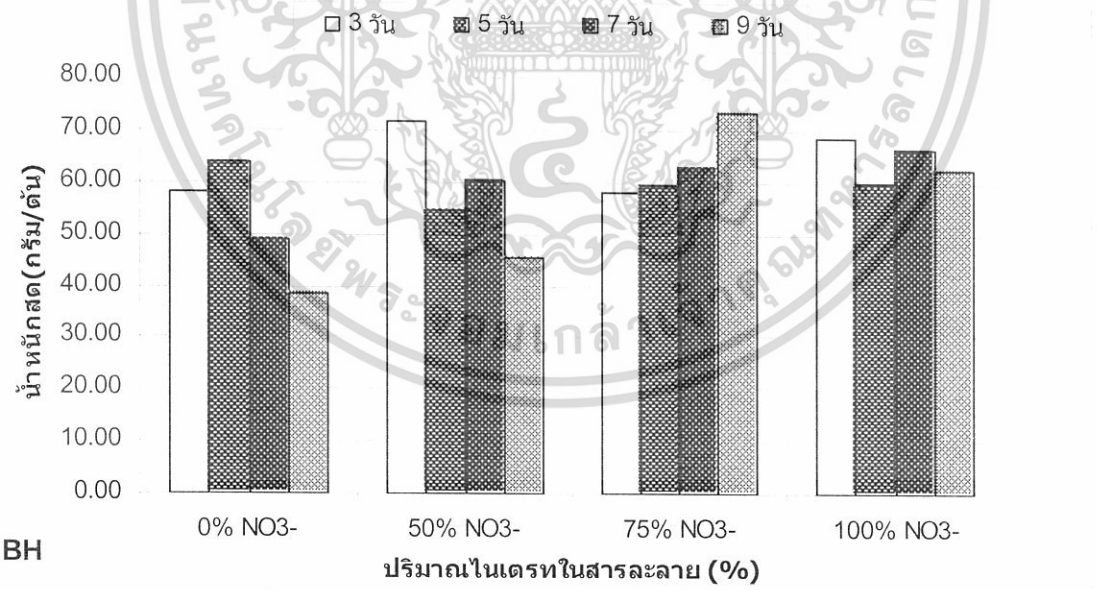
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 ผลของการลดปริมาณไนเตรทในสารละลายธาตุอาหาร และระยะเวลาในการลดไนเตรทก่อนการเก็บเกี่ยว ที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยของน้ำหนักสด (กรัม / ต้น) ของสลัดบัตเตอร์เฮด

	สลัดบัตเตอร์เฮด				
ปริมาณ NO_3^-	ระยะเวลาลดไนเตรทก่อนเก็บเกี่ยว (วัน)				
ในสารละลาย	3	5	7	9	เฉลี่ย
0% NO_3^-	57.95	63.93	48.94	38.45	52.32 c
50% NO_3^-	71.57	54.73	60.29	45.54	58.03 bc
75% NO_3^-	58.00	59.57	63.10	73.61	63.57 ab
100% NO_3^-	68.46	60.03	66.59	62.40	64.37 a
เฉลี่ย	64.00 a	59.57 ab	59.73 ab	55.00 b	

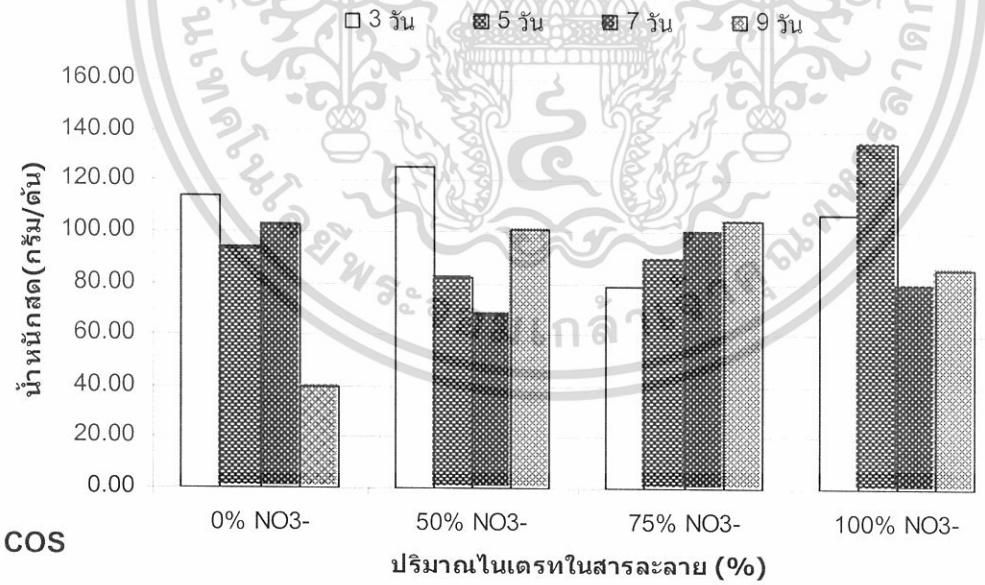


ภาพที่ 1 การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสดเฉลี่ย (กรัม / ต้น) ของสลัดบัตเตอร์เฮด (BH) เมื่อทำการลดปริมาณไนเตรทในสารละลายธาตุอาหาร ในระยะเวลาต่าง ๆ ก่อนการเก็บเกี่ยว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 ผลของการลดปริมาณไนเตรทในสารละลายธาตุอาหาร และระยะเวลาในการลดไนเตรท ก่อนการเก็บเกี่ยว ที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยของน้ำหนักสด (กรัม / ต้น) ของสลัดคอส

	สลัดคอส				
ปริมาณ NO_3^-	ระยะเวลาลดไนเตรทก่อนเก็บเกี่ยว (วัน)				
ในสารละลาย	3	5	7	9	เฉลี่ย
0% NO_3^-	114.24	93.56	102.14	39.40	87.34 a
50% NO_3^-	125.79	81.96	68.37	100.47	94.15 a
75% NO_3^-	78.41	89.43	99.70	104.67	93.05 a
100% NO_3^-	107.07	134.93	79.73	86.08	101.95 a
เฉลี่ย	106.38 a	99.97 ab	87.49 bc	82.65 c	

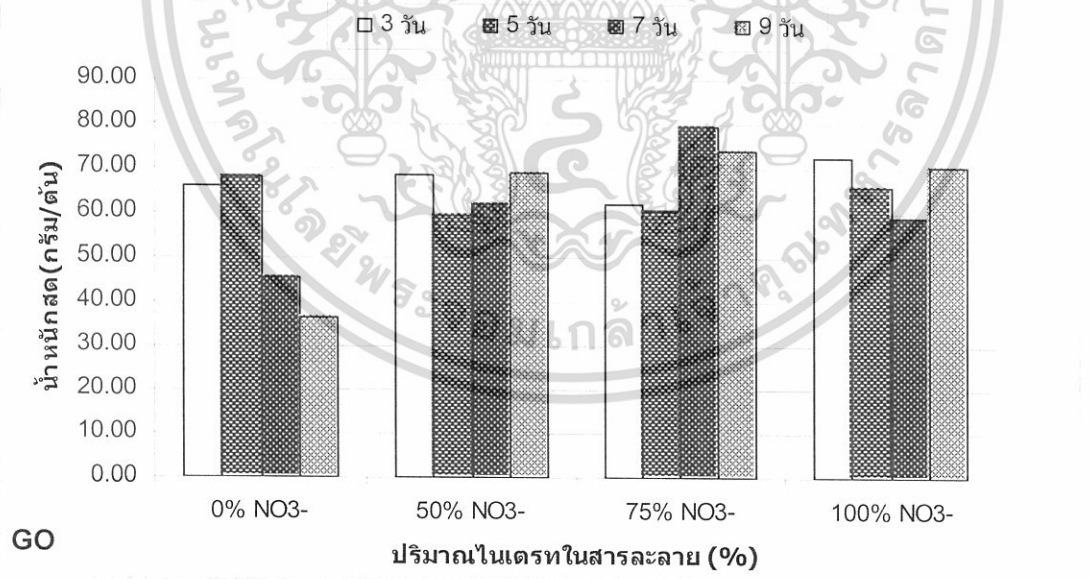


ภาพที่ 2 การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสดเฉลี่ย (กรัม / ต้น) ของสลัดคอส (COS) เมื่อทำการลดปริมาณไนเตรทในสารละลายธาตุอาหาร ในระยะเวลาต่าง ๆ ก่อนการเก็บเกี่ยว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 ผลของการลดปริมาณไนเตรทในสารละลายธาตุอาหาร และระยะเวลาในการลดไนเตรทก่อนการเก็บเกี่ยว ที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยของน้ำหนักสด (กรัม / ต้น) ของสลัดกรีนโอ๊ค

	สลัดกรีนโอ๊ค				
ปริมาณ NO_3^-	ระยะเวลาลดไนเตรทก่อนเก็บเกี่ยว (วัน)				
ในสารละลาย	3	5	7	9	เฉลี่ย
0% NO_3^-	65.86	68.17	45.37	36.42	53.96 b
50% NO_3^-	68.63	59.44	62.12	68.88	64.77 a
75% NO_3^-	62.15	60.26	79.40	73.98	68.95 a
100% NO_3^-	72.30	66.01	59.08	70.57	66.99 a
เฉลี่ย	67.23 a	63.47 a	61.49 a	62.46 a	

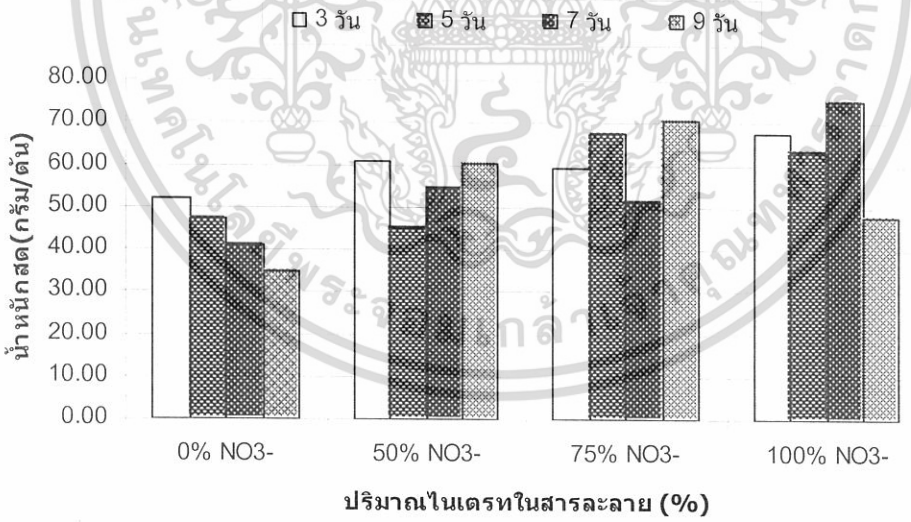


ภาพที่ 3 การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสดเฉลี่ย (กรัม / ต้น) ของสลัดกรีนโอ๊ค (GO) เมื่อทำการลดปริมาณไนเตรทในสารละลายธาตุอาหาร ในระยะเวลาต่าง ๆ ก่อนการเก็บเกี่ยว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4 ผลของการลดปริมาณไนเตรทในสารละลายธาตุอาหาร และระยะเวลาในการลดไนเตรทก่อนการเก็บเกี่ยว ที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยของน้ำหนักสด (กรัม / ต้น) ของสลัดเรดคอรอล

	สลัดเรดคอรอล				
ปริมาณ NO_3^-	ระยะเวลาลดไนเตรทก่อนเก็บเกี่ยว (วัน)				
ในสารละลาย	3	5	7	9	เฉลี่ย
0% NO_3^-	51.95	47.50	40.83	34.88	43.79 c
50% NO_3^-	60.83	45.39	54.66	60.10	55.25 b
75% NO_3^-	59.13	67.62	51.19	70.40	62.09 a
100% NO_3^-	67.68	63.38	75.12	47.59	63.44 a
เฉลี่ย	59.90 a	55.97 a	55.45 a	53.24 a	



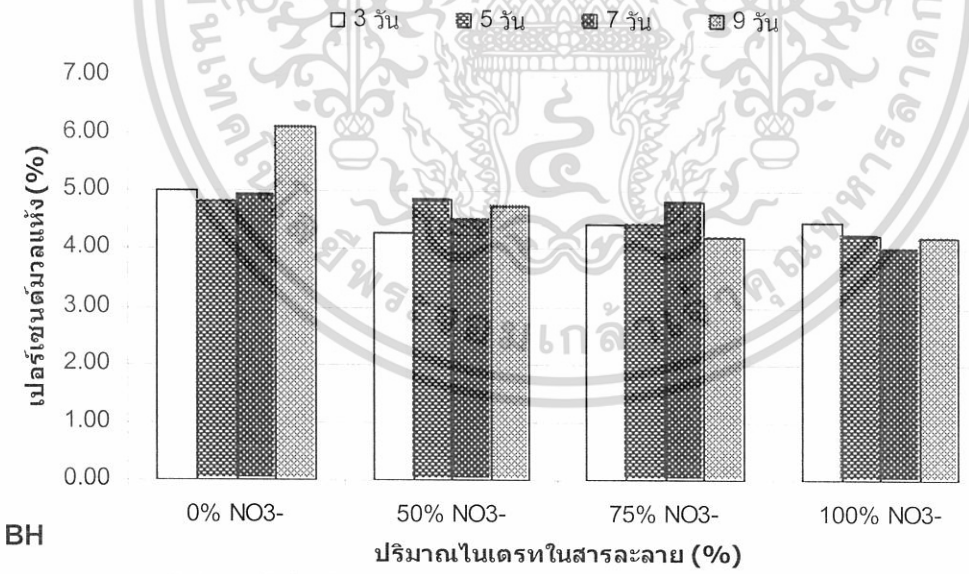
RC

ภาพที่ 4 การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสดเฉลี่ย (กรัม / ต้น) ของสลัดเรดคอรอล (RC) เมื่อทำการลดปริมาณไนเตรทในสารละลายธาตุอาหาร ในระยะเวลาต่าง ๆ ก่อนการเก็บเกี่ยว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5 ผลของการลดปริมาณไนเตรทในสารละลายธาตุอาหาร และระยะเวลาในการลดไนเตรทก่อนการเก็บเกี่ยว ที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์มวลแห้ง (%) ของสลัดบัตเตอร์เฮด

	สลัดบัตเตอร์เฮด				
ปริมาณ NO_3^-	ระยะเวลาลดไนเตรทก่อนเก็บเกี่ยว (วัน)				
ในสารละลาย	3	5	7	9	เฉลี่ย
0% NO_3^-	5.00	4.80	4.92	6.10	5.21 a
50% NO_3^-	4.30	4.85	4.50	4.75	4.60 b
75% NO_3^-	4.42	4.45	4.80	4.20	4.47 bc
100% NO_3^-	4.46	4.23	4.02	4.19	4.23 c
เฉลี่ย	4.54 a	4.58 a	4.56 a	4.81 a	

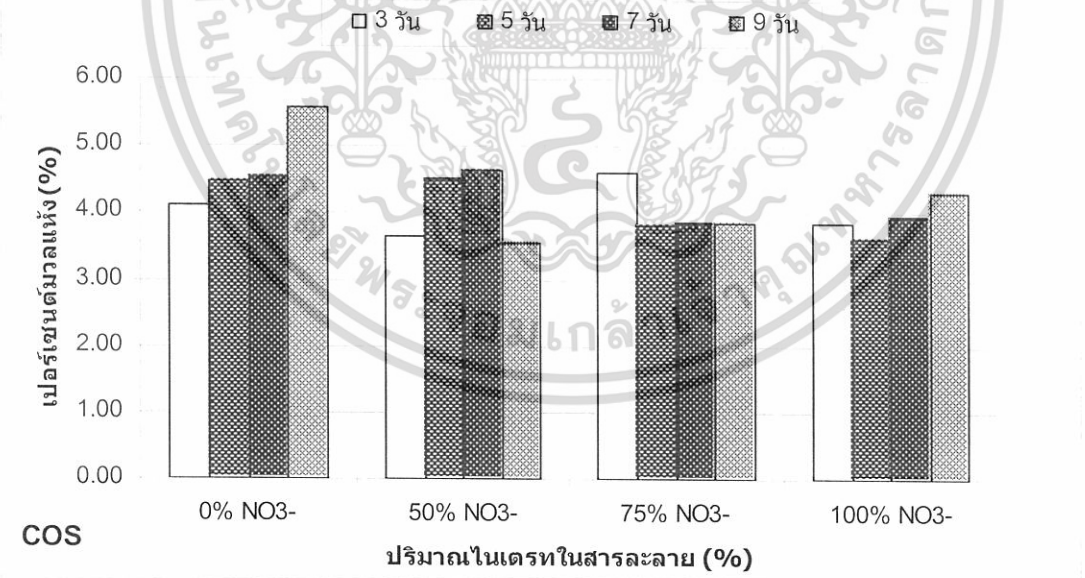


ภาพที่ 5 การเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์มวลแห้งเฉลี่ย(%) ของสลัดบัตเตอร์เฮด (BH) เมื่อทำการลดปริมาณไนเตรทในสารละลายธาตุอาหาร ในระยะเวลาต่าง ๆ ก่อนการเก็บเกี่ยว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6 ผลของการลดปริมาณไนเตรทในสารละลายธาตุอาหาร และระยะเวลาในการลดไนเตรทก่อนการเก็บเกี่ยว ที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์มวลแห้ง (%) ของสลัดคอส

	สลัดคอส				
ปริมาณ NO_3^-	ระยะเวลาลดไนเตรทก่อนเก็บเกี่ยว (วัน)				
ในสารละลาย	3	5	7	9	เฉลี่ย
0% NO_3^-	4.12	4.48	4.55	5.56	4.68 a
50% NO_3^-	3.66	4.50	4.63	3.55	4.09 b
75% NO_3^-	4.62	3.81	3.84	3.84	4.03 b
100% NO_3^-	3.84	3.60	3.95	4.32	3.93 b
เฉลี่ย	4.06 a	4.10 a	4.24 a	4.32 a	

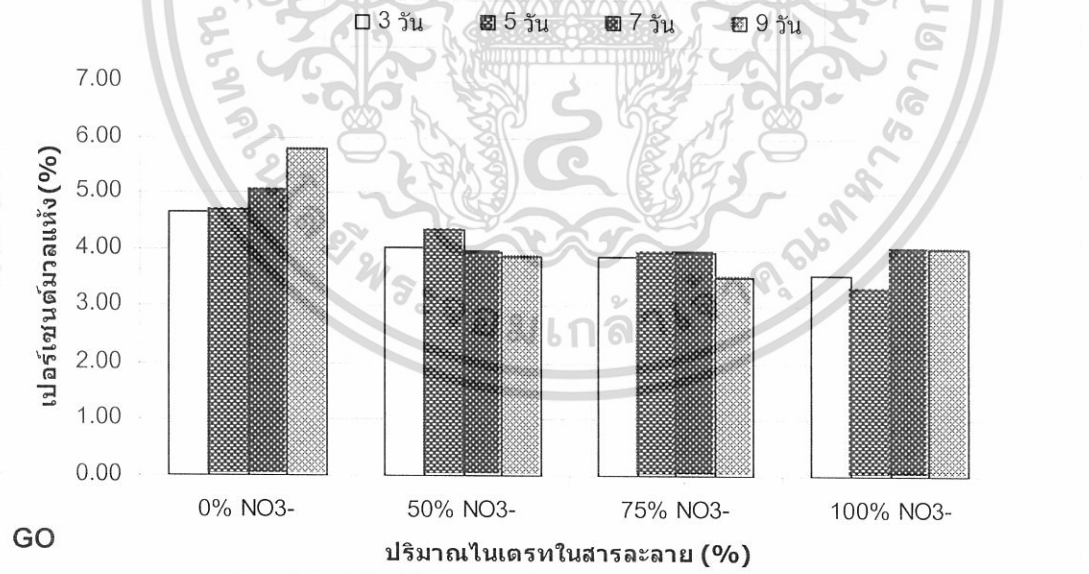


ภาพที่ 6 การเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์มวลแห้งเฉลี่ย(%) ของสลัดคอส (COS) เมื่อทำการลดปริมาณไนเตรทในสารละลายธาตุอาหาร ในระยะเวลาต่าง ๆ ก่อนการเก็บเกี่ยว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7 ผลของการลดปริมาณไนเตรทในสารละลายธาตุอาหาร และระยะเวลาในการลดไนเตรทก่อนการเก็บเกี่ยว ที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์มวลแห้ง (%) ของ สลัดกรีนโอ๊ค

	สลัดกรีนโอ๊ค				
ปริมาณ NO_3^-	ระยะเวลาลดไนเตรทก่อนเก็บเกี่ยว (วัน)				
ในสารละลาย	3	5	7	9	เฉลี่ย
0% NO_3^-	4.67	4.70	5.06	5.78	5.05 a
50% NO_3^-	4.02	4.36	3.95	3.87	4.05 b
75% NO_3^-	3.87	3.96	3.96	3.50	3.82 bc
100% NO_3^-	3.54	3.34	4.01	4.04	3.73 c
เฉลี่ย	4.02 a	4.09 a	4.25 a	4.30 a	

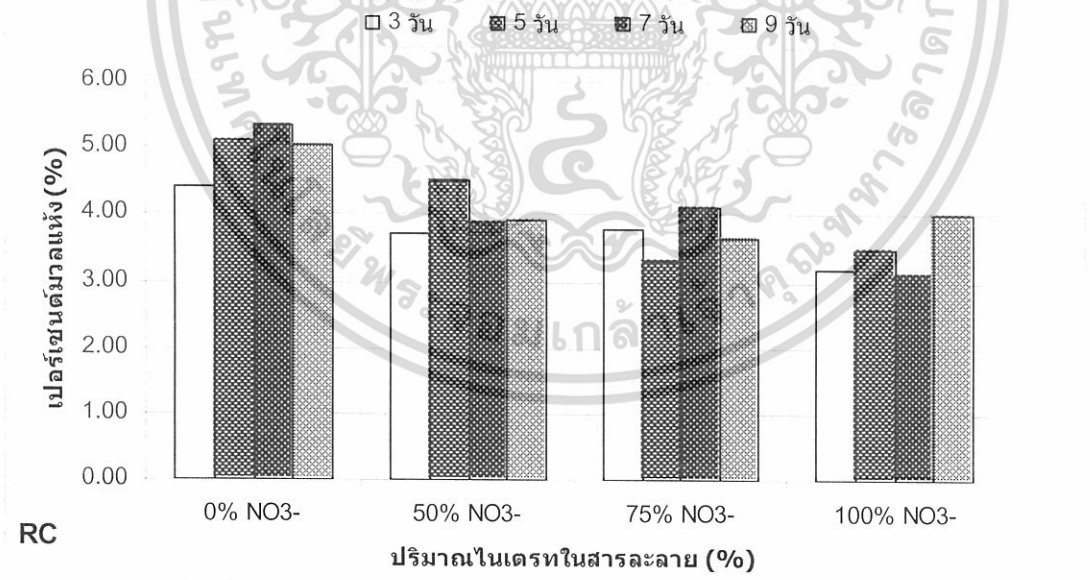


ภาพที่ 7 การเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์มวลแห้งเฉลี่ย(%) ของสลัดกรีนโอ๊ค (GO) เมื่อทำการลดปริมาณไนเตรทในสารละลายธาตุอาหาร ในระยะเวลาต่าง ๆ ก่อนการเก็บเกี่ยว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 8 ผลของการลดปริมาณไนเตรทในสารละลายธาตุอาหาร และระยะเวลาในการลดไนเตรทก่อนการเก็บเกี่ยว ที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์มวลแห้ง (%) ของสลัดเรดคอรอล

	สลัดเรดคอรอล				
ปริมาณ NO_3^-	ระยะเวลาลดไนเตรทก่อนเก็บเกี่ยว (วัน)				
ในสารละลาย	3	5	7	9	เฉลี่ย
0% NO_3^-	4.40	5.10	5.34	5.04	4.97 a
50% NO_3^-	3.72	4.50	3.88	3.93	4.01 b
75% NO_3^-	3.78	3.30	4.11	3.66	3.71 bc
100% NO_3^-	3.19	3.48	3.11	4.02	3.45 c
เฉลี่ย	3.78 b	4.09 a	4.11 a	4.16 a	

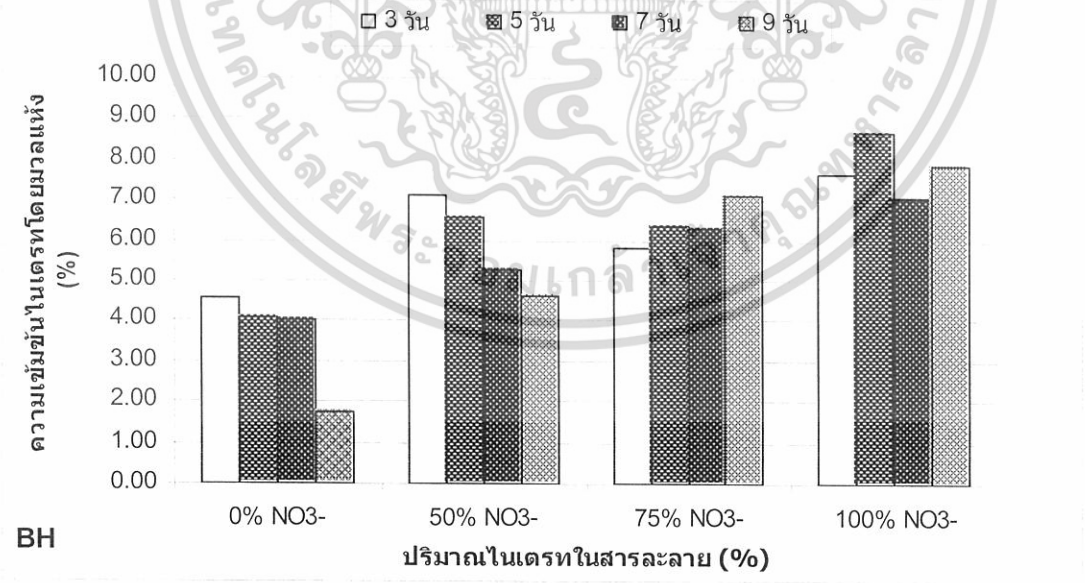


ภาพที่ 8 การเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์มวลแห้งเฉลี่ย(%) ของสลัดเรดคอรอล (RC) เมื่อทำการลดปริมาณไนเตรทในสารละลายธาตุอาหาร ในระยะเวลาต่าง ๆ ก่อนการเก็บเกี่ยว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 9 ผลของการลดปริมาณไนเตรทในสารละลายธาตุอาหาร และระยะเวลาในการลดไนเตรทก่อนการเก็บเกี่ยว ที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลแห้ง (%) ของสลัดบัตเตอร์เฮด

	สลัดบัตเตอร์เฮด				
ปริมาณ NO_3^-	ระยะเวลาลดไนเตรทก่อนเก็บเกี่ยว (วัน)				
ในสารละลาย	3	5	7	9	เฉลี่ย
0% NO_3^-	4.57	4.07	4.04	1.75	3.61 c
50% NO_3^-	7.10	6.59	5.29	4.61	5.90 b
75% NO_3^-	5.80	6.36	6.31	7.15	6.41 b
100% NO_3^-	7.68	8.70	7.05	7.86	7.82 a
เฉลี่ย	6.29 a	6.43 a	5.67 b	5.34 b	

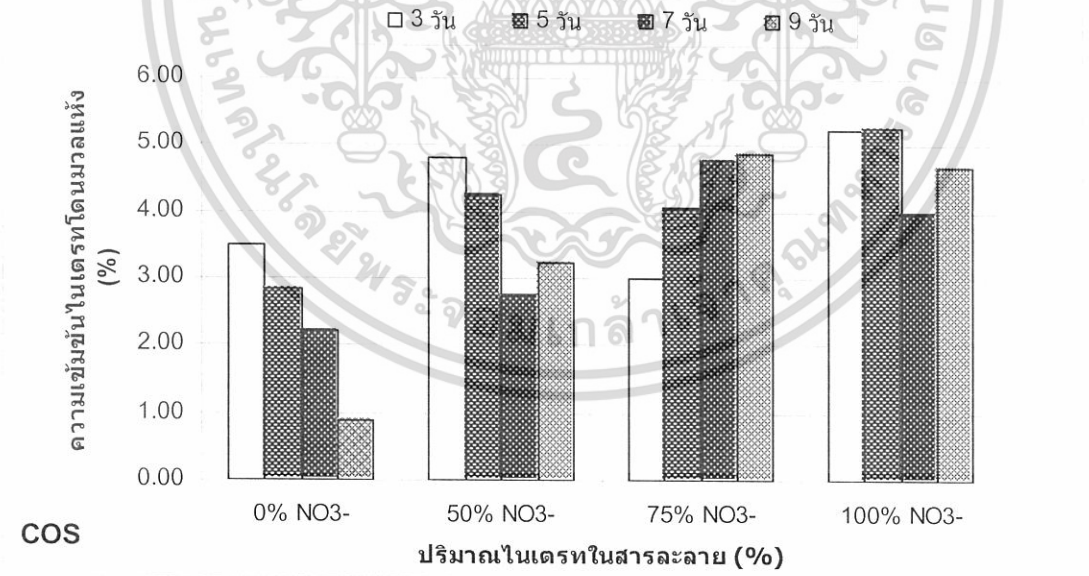


ภาพที่ 9 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลแห้งเฉลี่ย (%) ของสลัดบัตเตอร์เฮด (BH) เมื่อทำการลดปริมาณไนเตรทในสารละลายธาตุอาหาร ในระยะเวลาต่าง ๆ ก่อนการเก็บเกี่ยว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 10 ผลของการลดปริมาณไนเตรทในสารละลายธาตุอาหาร และระยะเวลาในการลดไนเตรทก่อนการเก็บเกี่ยว ที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลแห้ง (%) ของสลัดคอส

	สลัดคอส				
ปริมาณ NO_3^-	ระยะเวลาลดไนเตรทก่อนเก็บเกี่ยว (วัน)				
ในสารละลาย	3	5	7	9	เฉลี่ย
0% NO_3^-	3.51	2.84	2.22	0.89	2.37 c
50% NO_3^-	4.82	4.25	2.74	3.22	3.76 b
75% NO_3^-	2.99	4.07	4.78	4.88	4.18 ab
100% NO_3^-	5.24	5.27	3.98	4.68	4.79 a
เฉลี่ย	4.14 a	4.11 a	3.43 b	3.42 b	

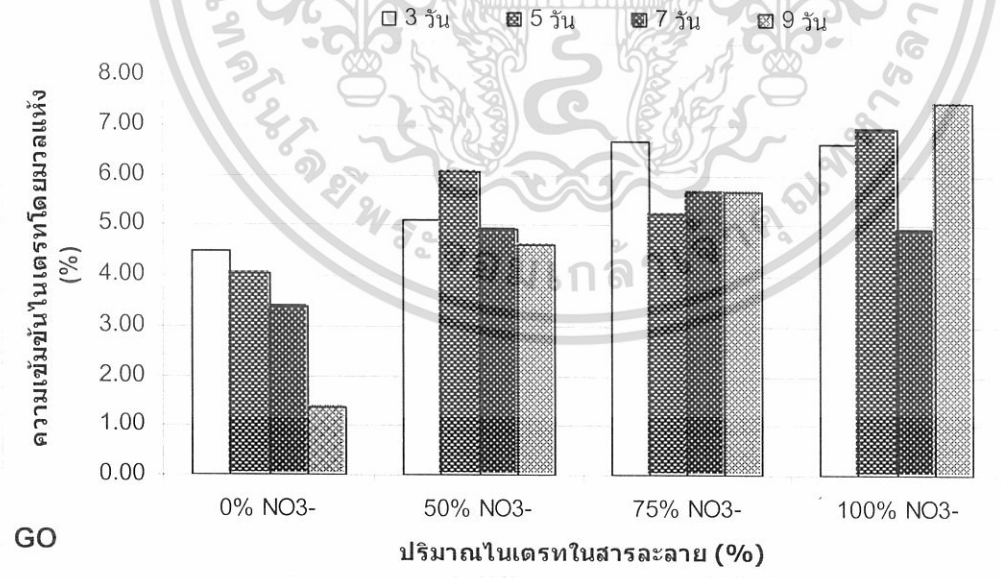


ภาพที่ 10 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลแห้งเฉลี่ย(%) ของสลัดคอส (COS) เมื่อทำการลดปริมาณไนเตรทในสารละลายธาตุอาหาร ในระยะเวลาต่าง ๆ ก่อนการเก็บเกี่ยว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 11 ผลของการลดปริมาณไนเตรทในสารละลายธาตุอาหาร และระยะเวลาในการลดไนเตรทก่อนการเก็บเกี่ยว ที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลแห้ง (%) ของ สลัดกรีนโอ๊ค

	สลัดกรีนโอ๊ค				
ปริมาณ NO_3^-	ระยะเวลาลดไนเตรทก่อนเก็บเกี่ยว (วัน)				
ในสารละลาย	3	5	7	9	เฉลี่ย
0% NO_3^-	4.47	4.06	3.38	1.35	3.31 d
50% NO_3^-	5.12	6.08	4.94	4.63	5.19 c
75% NO_3^-	6.69	5.22	5.65	5.65	5.80 b
100% NO_3^-	6.63	6.95	4.93	7.47	6.50 a
เฉลี่ย	5.73 a	5.58 a	4.73 b	4.78 b	

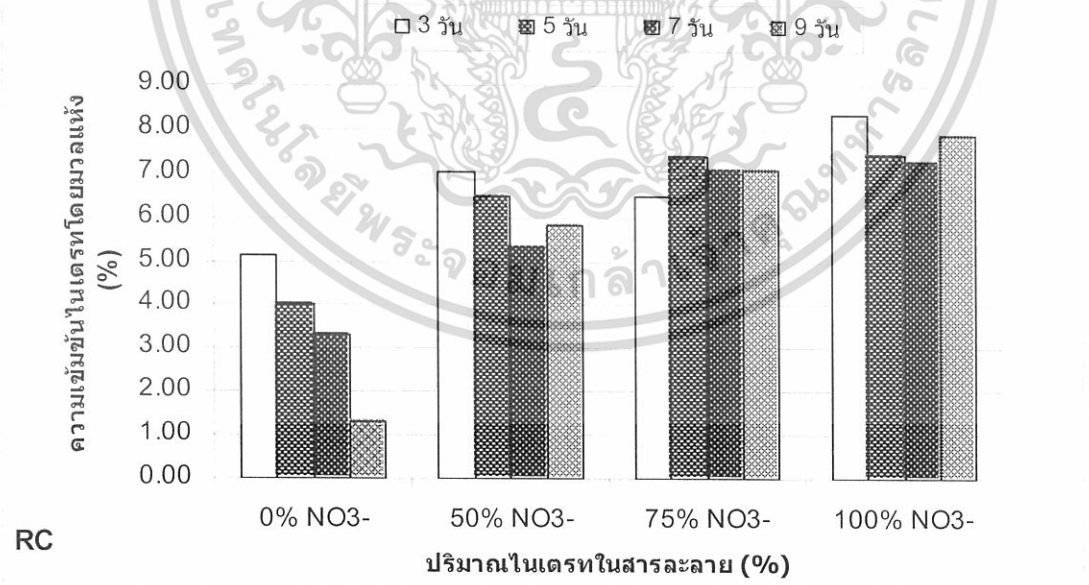


ภาพที่ 11 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลแห้งเฉลี่ย (%) ของสลัดกรีนโอ๊ค (GO) เมื่อทำการลดปริมาณไนเตรทในสารละลายธาตุอาหาร ในระยะเวลาต่าง ๆ ก่อนการเก็บเกี่ยว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 12 ผลของการลดปริมาณไนเตรทในสารละลายธาตุอาหาร และระยะเวลาในการลดไนเตรทก่อนการเก็บเกี่ยว ที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลแห้ง (%) ของสลัดเรดคอรอล

	สลัดเรดคอรอล				
ปริมาณ NO_3^-	ระยะเวลาลดไนเตรทก่อนเก็บเกี่ยว (วัน)				
ในสารละลาย	3	5	7	9	เฉลี่ย
0% NO_3^-	5.14	4.02	3.32	1.32	3.45 d
50% NO_3^-	7.04	6.48	5.34	5.81	6.17 c
75% NO_3^-	6.48	7.38	7.11	7.10	7.02 b
100% NO_3^-	8.33	7.45	7.28	7.90	7.74 a
เฉลี่ย	6.75 a	6.33 ab	5.77 bc	5.53 c	

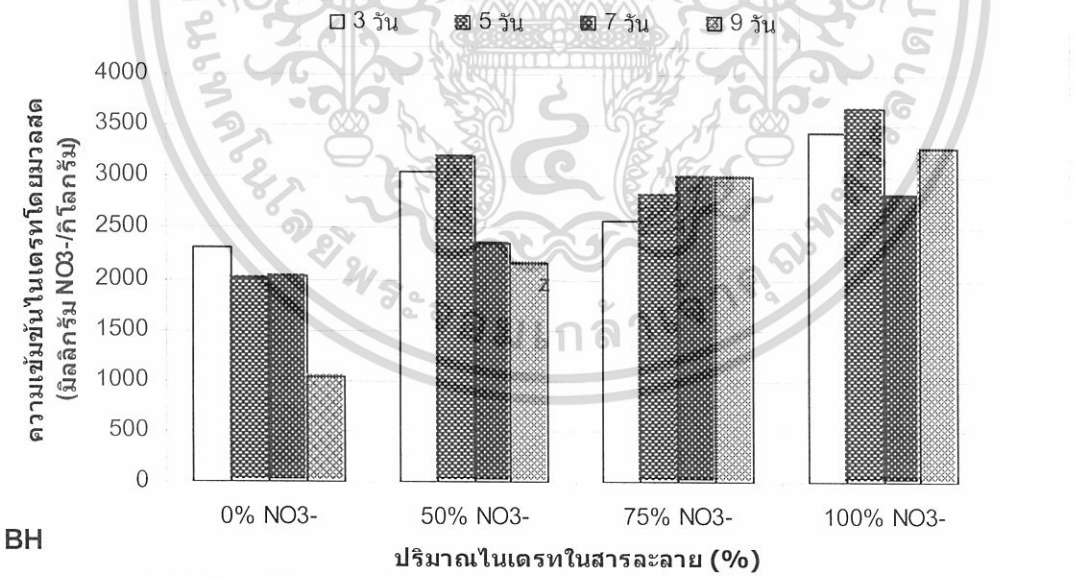


ภาพที่ 12 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลแห้งเฉลี่ย (%) ของสลัดเรดคอรอล(RC) เมื่อทำการลดปริมาณไนเตรทในสารละลายธาตุอาหาร ในระยะเวลาต่าง ๆ ก่อนการเก็บเกี่ยว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 13 ผลของการลดปริมาณไนเตรทในสารละลายธาตุอาหาร และระยะเวลาในการลดไนเตรทก่อนการเก็บเกี่ยว ที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลสด (มิลลิกรัม NO_3^-/กิโลกรัม) ของสลัดบัตเตอร์เฮด

	สลัดบัตเตอร์เฮด				
ปริมาณ NO_3^-	ระยะเวลาลดไนเตรทก่อนเก็บเกี่ยว (วัน)				
ในสารละลาย	3	5	7	9	เฉลี่ย
0% NO_3^-	2313	2004	2040	1048	1851 c
50% NO_3^-	3049	3192	2360	2161	2690 b
75% NO_3^-	2563	2833	2999	3002	2849 b
100% NO_3^-	3448	3679	2828	3292	3312 a
เฉลี่ย	2843 a	2927 a	2557 b	2376 b	

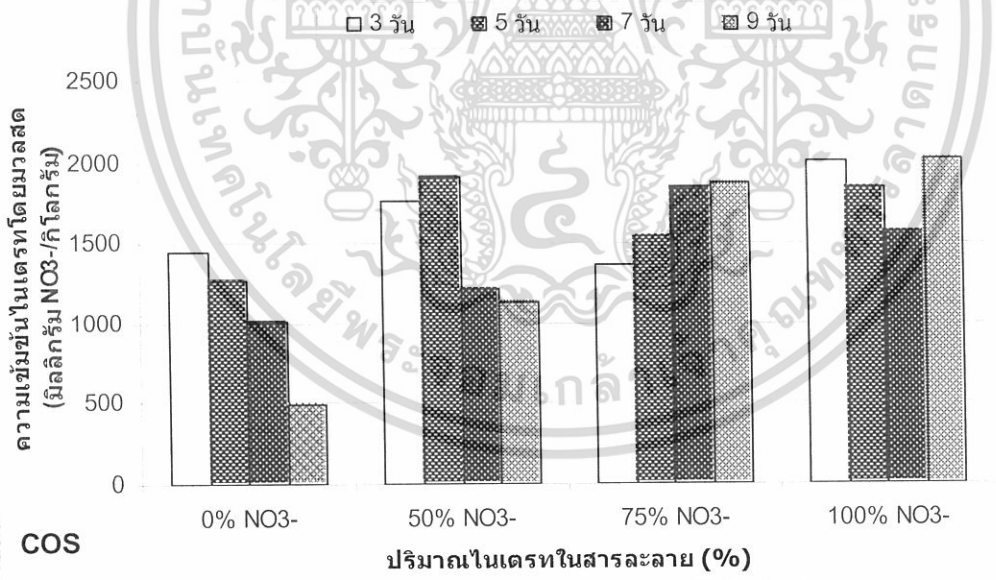


ภาพที่ 13 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลสด (มิลลิกรัม NO_3^-/กิโลกรัม) ของสลัดบัตเตอร์เฮด (BH) เมื่อทำการลดปริมาณไนเตรทในสารละลายธาตุอาหาร ในระยะเวลาต่าง ๆ ก่อนการเก็บเกี่ยว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 14 ผลของการลดปริมาณไนเตรทในสารละลายธาตุอาหาร และระยะเวลาในการลดไนเตรทก่อนการเก็บเกี่ยว ที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลสด (มิลลิกรัม NO_3^-/ กิโลกรัม) ของ สลัดคอส

	สลัดคอส				
ปริมาณ NO_3^-	ระยะเวลาลดไนเตรทก่อนเก็บเกี่ยว (วัน)				
ในสารละลาย	3	5	7	9	เฉลี่ย
0% NO_3^-	1452	1275	1007	493	1057 c
50% NO_3^-	1760	1917	1221	1135	1508 b
75% NO_3^-	1372	1547	1841	1874	1658 ab
100% NO_3^-	2006	1839	1574	2023	1861 a
เฉลี่ย	1647 a	1644 a	1411 a	1381 b	

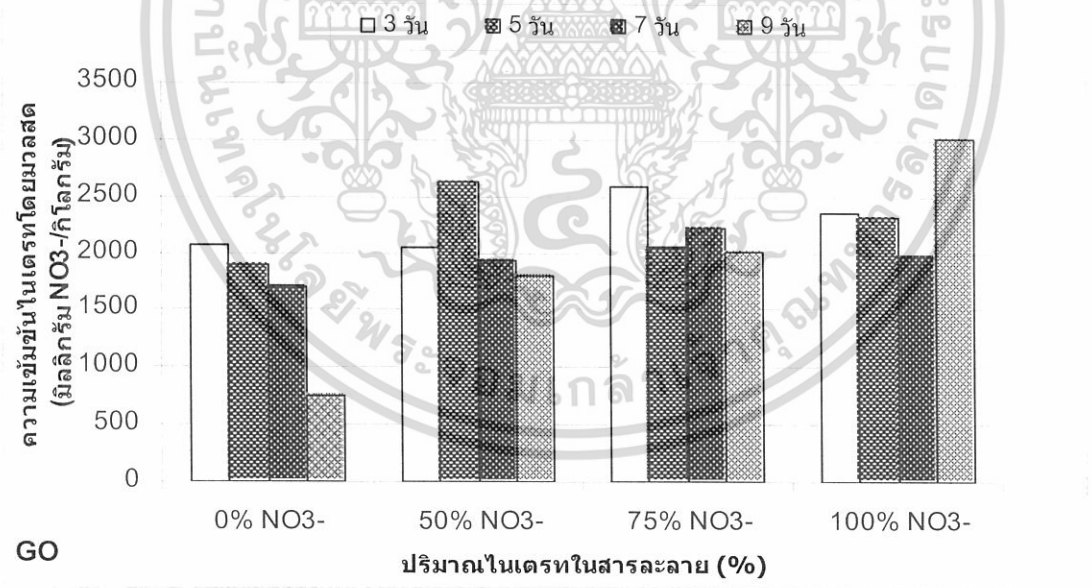


ภาพที่ 14 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลสด (มิลลิกรัม NO_3^-/ กิโลกรัม) ของสลัดคอส (COS) เมื่อทำการลดปริมาณไนเตรทในสารละลายธาตุอาหาร ในระยะเวลาต่าง ๆ ก่อนการเก็บเกี่ยว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 15 ผลของการลดปริมาณไนเตรทในสารละลายธาตุอาหาร และระยะเวลาในการลดไนเตรทก่อนการเก็บเกี่ยว ที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลสด (มิลลิกรัม NO_3^-/ กิโลกรัม) ของ สลัดกรีนโอ๊ค

	สลัดกรีนโอ๊ค				
ปริมาณ NO_3^-	ระยะเวลาลดไนเตรทก่อนเก็บเกี่ยว (วัน)				
ในสารละลาย	3	5	7	9	เฉลี่ย
0% NO_3^-	2076	1904	1694	759	1608 c
50% NO_3^-	2052	2633	1929	1789	2101 b
75% NO_3^-	2587	2049	2218	2019	2218 ab
100% NO_3^-	2354	2319	1978	3020	2418 a
เฉลี่ย	2267 a	2226 a	1955 b	1897 b	

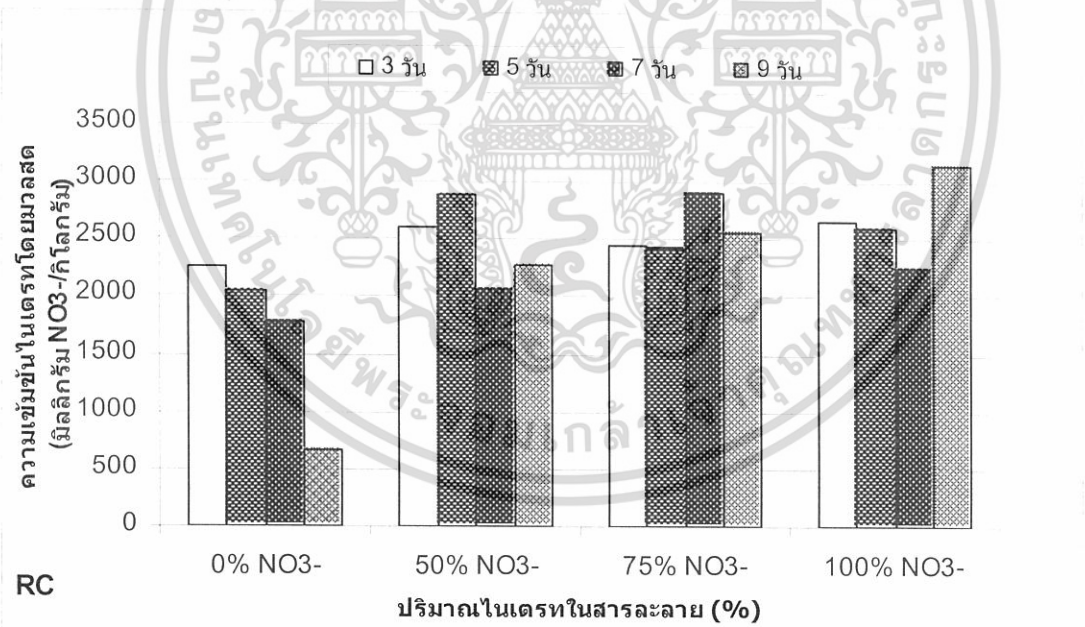


ภาพที่ 15 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลสด (มิลลิกรัม NO_3^-/ กิโลกรัม) ของสลัดสลัดกรีนโอ๊ค (GO) เมื่อทำการลดปริมาณไนเตรทในสารละลายธาตุอาหาร ในระยะเวลาต่าง ๆ ก่อนการเก็บเกี่ยว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 16 ผลของการลดปริมาณไนเตรทในสารละลายธาตุอาหาร และระยะเวลาในการลดไนเตรทก่อนการเก็บเกี่ยว ที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลสด (มิลลิกรัม NO_3^-/ กิโลกรัม) ของ สลัดเรดคอรอล

	สลัดเรดคอรอล				
ปริมาณ NO_3^-	ระยะเวลาลดไนเตรทก่อนเก็บเกี่ยว (วัน)				
ในสารละลาย	3	5	7	9	เฉลี่ย
0% NO_3^-	2254	2045	1782	663	1686 b
50% NO_3^-	2595	2887	2075	2276	2458 a
75% NO_3^-	2448	2434	2916	2568	2592 a
100% NO_3^-	2659	2595	2257	3164	2669 a
เฉลี่ย	2489 a	2490 a	2257 ab	2168 b	



ภาพที่ 16 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลสด (มิลลิกรัม NO_3^-/ กิโลกรัม) ของสลัดสลัดเรดคอรอล (RC) เมื่อทำการลดปริมาณไนเตรทในสารละลายธาตุอาหาร ในระยะเวลาต่าง ๆ ก่อนการเก็บเกี่ยว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 1 ความเข้มข้น (มิลลิกรัม/ ลิตร) ของธาตุชนิดต่างๆ ในสารละลายธาตุอาหารพืชที่ใช้ในการปลูกผักสลัด (100% NO_3^-) และภายหลังปรับให้มีปริมาณไนเตรทที่ระดับต่างๆ

ชนิดธาตุอาหารพืช	ความเข้มข้น (มิลลิกรัม/ ลิตร)		
	100% NO_3^-	**75% NO_3^-**	**50% NO_3^-**
NO_3^-	744.00	558.00	372.00
$H_2PO_4^-$	126.10	126.10	123.10
SO_4^{2-}	67.20	67.20	67.20
NH_4^+	-	-	-
K^+	280.80	210.60	120.90
Ca^{2+}	124.00	93.20	62.00
Mg^{2+}	16.80	16.80	16.80
Zn	4.00	4.00	4.00
Cu	0.80	0.80	0.80
Mn	10.00	10.00	10.00
B	30.00	30.00	30.00
Mo	0.50	0.50	0.50
Fe	40.00	40.00	40.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้