21143

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปัญหาพิเศษปริญญาตรี

ภาควิชาปฐพีวิทยา

เรื่อง

วิธีการล้างผักก่อนนำไปปรุงเป็นอาหารที่มีผลต่อปริมาณไนเตรทในผัก

The effect of washing methods on Nitrate content in vegetable

T099658

โดย

นางสาว วิชชุวรรณ ชอบผล

รหัสนักศึกษา 45040068

ปพ.
วิ534ว
2548

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 99658
วัน เดือน ปี .16 JUN 2005

เสนอ

ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต (ปฐพีวิทยา)

ปีการศึกษา 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ ลาดกระบัง

ใบรับรองปัญหาพิเศษปริญญาตรี
ภาควิชาปฐพีวิทยา

เรื่อง

วิธีการล้างผักก่อนนำไปปรุงเป็นอาหารที่มีผลต่อปริมาณไนเตรทในผัก

The effect of washing methods on nitrate content in vegetable

โดย

นางสาว วิชชุวรรณ ชอบผล
รหัสนักศึกษา 45040068

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ไพรัตน์ พิมพ์ศิริกุล)
อาจารย์ที่ปรึกษา
25 / ม.ค. / 49

ภาควิชารับรองแล้ว

.....

(รศ.ดร. สุมิตรา ภู่วโรดม)
หัวหน้าภาควิชาปฐพีวิทยา
25 / 12 / 49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อ

ชื่อเรื่อง	วิธีการล้างผักก่อนนำไปปรุงเป็นอาหารที่มีผลต่อปริมาณไนเตรทในผัก
ชื่อเรื่องภาษาอังกฤษ	The effect of washing methods on Nitrate content in vegetable
โดย	นางสาว วิชชุวรรณ ชอบผล
ชื่อปริญญา	วิทยาศาสตร์บัณฑิต (เกษตรศาสตร์)
ภาควิชา	ปฐพีวิทยา
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ไพรัตน์ พิมพ์ศิริกุล

ทำการเก็บผัก 3 ชนิด (คะน้า, ผักบุ้ง และกวางตุ้งฮ่องเต้) จากฟาร์มที่ปลูกโดยไม่ใช้ดินในระบบ DFT (Deep Flow Technique) ซึ่งปลูกบนโต๊ะปลูกเดียวกัน เพื่อศึกษาผลของวิธีการล้างผักก่อนนำไปปรุงเป็นอาหารที่มีผลต่อปริมาณไนเตรท โดยวางแผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) จำนวน 3 ซ้ำประกอบด้วย 5 ตำรับการทดลอง (Treatment) คือ T1 (ล้างผักด้วยน้ำก๊อก หรือ ตำรับควบคุม), T2 (ล้างด้วยน้ำกรอง), T3 (ล้างด้วยด่างทับทิม), T4 (ล้างด้วยเบกกิ้งโซดา) และ T5 (ล้างด้วยผลิตภัณฑ์ล้างผักและผลไม้) พบว่า การล้างผักด้วยด่างทับทิม (T3) มีผลทำให้ความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลแห้ง และ ความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลสด ของผักชนิดต่างๆ มีค่าลดลงแตกต่างจากการล้างด้วยน้ำก๊อก (ตำรับควบคุม หรือ T1) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้นความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลสดของผักบุ้ง ซึ่งพบว่า มีค่าไม่แตกต่างจากตำรับควบคุมในทางสถิติ ส่วนการล้างผักด้วยวิธีการอื่นๆ พบว่ามีค่าไม่แตกต่างจากตำรับควบคุมในทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนิยม

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ไพรัตน์ พิมพ์ศิริกุล อาจารย์ประจำภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ได้กรุณาเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา และได้เสียสละเวลาในการช่วยเหลือ ให้คำแนะนำ ให้คำปรึกษา ให้ข้อคิดที่เป็นประโยชน์ ตลอดจนวิชาความรู้ต่าง ๆ อีกทั้งยังช่วยจัดหาอุปกรณ์ที่จำเป็นในการทดลองจนกระทั่งปัญหาพิเศษสำเร็จลุล่วงอย่างสมบูรณ์ด้วยดี

ขอขอบพระคุณอาจารย์ สมเกียรติ สีสนอง ที่เอื้อเฟื้อคอมพิวเตอร์ห้องระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ให้สามารถวิเคราะห์ผลการทดลองปัญหาพิเศษในครั้งนี้ได้เสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณท่านอาจารย์ทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทความรู้ในด้านต่าง ๆ ตลอดจนแนวคิด คำปรึกษา คำแนะนำอย่างดีตลอดมา

ขอขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ผู้ให้กำเนิด ผู้ที่ให้การช่วยเหลือทุกสิ่งทุกอย่าง คอยให้กำลังใจในการทำปัญหาพิเศษเรื่อยมา

ขอขอบคุณคุณนุจรี บุญแปลง เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ ภาควิชาปฐพีวิยา และขอขอบคุณคุณสมจิตร มั่งนาคที่ช่วยอำนวยความสะดวกในเรื่องอุปกรณ์ต่างๆ

ขอขอบคุณรุ่นพี่ปริญญาโทที่ช่วยจัดหาอุปกรณ์ที่จำเป็นในการทดลองในการทดลอง และให้คำปรึกษา

ขอขอบคุณเพื่อน ๆ ภาควิชาปฐพีรุ่น 18 และผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังในการทำปัญหาพิเศษให้เสร็จสมบูรณ์ด้วยดี

นางสาว วิชชุวรรณ ชอบผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	I
สารบัญตาราง	II
สารบาญภาพ	III
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
ตรวจเอกสาร	3
อุปกรณ์และวิธีทดลอง	15
ผลการทดลอง	18
วิจารณ์ผลการทดลอง	31
สรุปผล	31
เอกสารอ้างอิง	32
ภาคผนวก	38

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางภาคผนวกที่		หน้า
1	น้ำหนักสด (กรัม /ต้น) ของผักบุ้งที่นำมาล้างด้วยกรรมวิธีการต่างๆ	39
2	เปอร์เซ็นต์มวลแห้ง (%) ของผักบุ้งที่ผ่านการล้างด้วยกรรมวิธีการต่างๆ	39
3	ความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลแห้ง (%) ของผักบุ้งที่ผ่านการล้างด้วยกรรมวิธีการต่างๆ	39
4	ความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลสด (มิลลิกรัมไนเตรท / กิโลกรัมมวลสด) ของผักบุ้งที่ผ่านการล้างด้วยกรรมวิธีการต่างๆ	40
5	น้ำหนักสด (กรัม /ต้น) ของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ที่นำมาล้างด้วยกรรมวิธีการต่างๆ	40
6	เปอร์เซ็นต์มวลแห้ง (%) ของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ที่ผ่านการล้างด้วยกรรมวิธีการต่างๆ	40
7	ความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลแห้ง (%) ของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ที่ผ่านการล้างด้วยกรรมวิธีการต่างๆ	41
8	ความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลสด (มิลลิกรัมไนเตรท /กิโลกรัมมวลสด) ของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ที่ผ่านการล้างด้วยกรรมวิธีการต่างๆ	41
9	น้ำหนักสด (กรัม /ต้น) ของผักคะน้าที่นำมาล้างด้วยกรรมวิธีการต่างๆ	41
10	เปอร์เซ็นต์มวลแห้ง (%) ของผักคะน้าที่ผ่านการล้างด้วยกรรมวิธีการต่างๆ	42
11	ความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลแห้ง (%) ของผักคะน้าที่ผ่านการล้างด้วยกรรมวิธีการต่างๆ	42
12	ความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลสด (มิลลิกรัมไนเตรท / กิโลกรัมมวลสด) ของผักคะน้าที่ผ่านการล้างด้วยกรรมวิธีการต่างๆ	42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	การสังเคราะห์กรดอะมิโน ในพืช	7
2	น้ำหนักสด (กรัม / ต้น) ของผักบุ้งที่นำมาล้างด้วยกรรมวิธีการต่างๆ	19
3	เปอร์เซ็นต์มวลแห้ง (%) ของผักบุ้งที่ผ่านการล้างด้วยกรรมวิธีการต่างๆ	19
4	ความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลแห้ง (%) ของผักบุ้งที่ผ่านการล้างด้วยกรรมวิธีการต่างๆ	20
5	ความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลสด (มิลลิกรัมไนเตรท / กิโลกรัมมวลสด) ของผักบุ้งที่ผ่านการล้างด้วยกรรมวิธีการต่างๆ	20
6	ความเข้มข้นไนเตรท (มิลลิกรัมไนเตรท /กรัมของพืช) ที่มีในผักบุ้ง และในน้ำล้างผัก ที่ผ่านการล้างด้วยกรรมวิธีการต่างๆ เมื่อเทียบกับตำรับควบคุม (T1)	21
7	ร้อยละของปริมาณไนเตรท (%) ที่มีอยู่ในผักบุ้ง และในน้ำล้างผัก ที่ผ่านการล้างด้วยกรรมวิธีการต่างๆ	21
8	น้ำหนักสด (กรัม / ต้น) ของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ที่นำมาล้างด้วยกรรมวิธีการต่างๆ	23
9	เปอร์เซ็นต์มวลแห้ง (%) ของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ที่ผ่านการล้างด้วยกรรมวิธีการต่างๆ	23
10	ความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลแห้ง (%) ของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ที่ผ่านการล้างด้วยกรรมวิธีการต่างๆ	24
11	ความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลสด (มิลลิกรัมไนเตรท / กิโลกรัมมวลสด) ของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ที่ผ่านการล้างด้วยกรรมวิธีการต่างๆ	24
12	ความเข้มข้นไนเตรท (มิลลิกรัมไนเตรท /กรัมของพืช) ที่มีในผักกวางตุ้งฮ่องเต้ และในน้ำล้างผัก ที่ผ่านการล้างด้วยกรรมวิธีการต่างๆ เมื่อเทียบกับตำรับควบคุม (T1)	26
13	ร้อยละของปริมาณไนเตรท (%) ที่มีอยู่ในผักกวางตุ้งฮ่องเต้ และในน้ำล้างผัก ที่ผ่านการล้างด้วยกรรมวิธีการต่างๆ	26
14	น้ำหนักสด (กรัม / ต้น) ของผักคะน้าที่นำมาล้างด้วยกรรมวิธีการต่างๆ	27
15	เปอร์เซ็นต์มวลแห้ง (%) ของผักคะน้าที่ผ่านการล้างด้วยกรรมวิธีการต่างๆ	27
16	ความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลแห้ง (%) ของผักคะน้าที่ผ่านการล้างด้วยกรรมวิธีการต่างๆ	28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
17	ความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลสด (มิลลิกรัมไนเตรท / กิโลกรัมมวลสด) ของผักคะน้าที่ผ่านการล้างด้วยกรรมวิธีการต่างๆ	28
18	ความเข้มข้นไนเตรท (มิลลิกรัมไนเตรท /กรัมของพืช) ที่มีในผักคะน้า และในน้ำล้างผัก ที่ผ่านการล้างด้วยกรรมวิธีการต่างๆ เมื่อเทียบกับตำรับควบคุม (T1)	30
19	ร้อยละของปริมาณไนเตรท (%) ที่มีอยู่ในผักคะน้าและในน้ำล้างผัก ที่ผ่านการล้างด้วยกรรมวิธีการต่างๆ	30

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการล้างผักก่อนนำไปปรุงเป็นอาหารที่มีผลต่อปริมาณไนเตรทในผัก

The effect of washing methods on Nitrate content in vegetable

คำนำ

พืชผักเป็นอาหารที่มีความสำคัญต่อชีวิตมนุษย์มาก เนื่องจากเป็นพืชที่มีคุณค่าทางอาหารสูง คือ เป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรต โปรตีน มีวิตามิน เกลือแร่ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง วิตามินซี วิตามินอี และเบต้าแคโรทีน นอกจากนี้ยังมีแร่ธาตุและเส้นใยอาหาร (Gupta and Waqle, 1988) ป้องกันโรคหัวใจ เบาหวานและช่วยลดความเสี่ยงจากโรคมะเร็ง (Locascio *et al.*, 1984) หากพิจารณาในบรรดาพืชที่ใช้เป็นอาหารนั้น ผักนับว่าเป็นพืชที่มีการสะสมไนเตรทในปริมาณที่ค่อนข้างสูง (Keeney, 1970; Maynard *et al.*, 1972) โดยทั่วไปแล้วไนเตรทมิได้เป็นอันตรายโดยตรง แต่หากไนเตรทเมื่อถูกเปลี่ยนเป็นไนไตรท์ และเข้าสู่ร่างกายของสิ่งมีชีวิตในปริมาณที่มากพอจะก่อให้เกิดโทษขึ้น โดยเฉพาะสำหรับทารก (infants) และสัตว์เคี้ยวเอื้อง (ruminant) ทั้งนี้เนื่องจากไนไตรท์สามารถทำปฏิกิริยาได้รวดเร็วกับฮีโมโกลบิน (hemoglobin) ของเม็ดเลือดแดง แล้วเปลี่ยนเป็น เมทฮีโมโกลบิน (methemoglobin) (Holst *et al.*, 1961; Smith *et al.*, 1962) ทำให้ร่างกายขาดออกซิเจน เกิดโรคที่เรียกว่า เมทฮีโมโกลบิเนเมีย (methemoglobinemia) นอกจากนี้ไนเตรท และไนไตรท์สามารถทำปฏิกิริยากับสารประเภทไดอัลคิลอะมิน (dialkylamine) บางชนิดเกิดเป็นสารประกอบพวกไนโตรซามีน (nitrosamine) ซึ่งเชื่อกันว่าเป็นสารก่อให้เกิดมะเร็งในเนื้อเยื่อและทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในกรรมพันธุ์ขึ้น โทษประการหลังนี้ไม่ได้เกิดในทันที แต่จะค่อยๆสะสมขึ้นทีละเล็กทีละน้อย (cumulative poison) (สมศักดิ์, 2515; Burden, 1961; Cantliffe, 1972a)

โดยปกติแล้วก่อนที่จะนำผักมารับประทานนั้น จะต้องนำผักไปผ่านกระบวนการล้างก่อนเสมอ เพื่อกำจัดสิ่งต่างๆ ที่ติดหรือเกาะอยู่จะได้ออกไปให้หมด เช่น ดิน ตัวแมลง และคราบสารป้องกันและทำลายโรคแมลง (Thompson and Van Middelen, 1955) ทำให้ผักนั้นสะอาดและปลอดภัยต่อการบริโภค อย่างไรก็ตามการล้างผักอาจมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณไนเตรทของผักที่นำมาล้างได้ ดังนั้นจึงต้องการศึกษาว่า กระบวนการล้างผักด้วยวิธีการต่างๆ นั้นมีผลต่อการลดปริมาณไนเตรทในผักได้หรือไม่ และลดได้มากน้อยเพียงใด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาปริมาณการสะสมของไนเตรทในผักใบบางชนิด คือ ผักคะน้า ผักบุ้ง และผักกวางตุ้งฮ่องเต้ ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหาร ในระบบ DFT (Deep Flow Technique)

2. เพื่อศึกษาถึงผลของวิธีการล้างผักด้วยน้ำล้างผักแบบต่างๆ ที่มีต่อปริมาณไนเตรท ในผักคะน้า ผักบุ้ง และผักกวางตุ้งฮ่องเต้ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหาร ในระบบ DFT (Deep Flow Technique)

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตรวจเอกสาร

ในพืชที่ใช้เป็นอาหารนั้น ผักนับว่าเป็นพืชที่มีการสะสมไนเตรทในปริมาณที่ค่อนข้างสูง (Keeney, 1970; Maynard *et al.*, 1972) อาจเนื่องจากผักนั้นเป็นพืชที่มีอายุสั้นและต้องการปุ๋ยไนโตรเจนในปริมาณที่มากเพื่อให้ผลผลิตที่ได้นั้นสูง และมีคุณภาพตามความต้องการของตลาด (จินดารัตน์, 2516) โดยเฉพาะการผลิตพืชที่ปลูกเลี้ยงภายในโรงเรือนกระจกโดยวิธีไม่ใช้ดิน (Soilless culture) มีโอกาสที่พืชผักจะมีการสะสมไนเตรทในปริมาณสูง เนื่องมาจากในการปลูกเลี้ยงพืชในสารละลายอาหารนั้น รากพืชจะแช่อยู่ในสารละลายธาตุอาหารตลอดเวลาทำให้รากพืชสามารถที่จะดูดใช้ธาตุอาหารต่างๆ รวมทั้งไนโตรเจน ในสารละลายที่อยู่ในรูปไนเตรทขึ้นมามากกว่าพืชจะนำไปใช้ได้ หากว่าสารละลายนั้นมีปริมาณความเข้มข้นที่มากเกินไป หรือ มีการปลูกเลี้ยงในสภาพที่ไม่เหมาะสม เช่น ความเข้มของแสงน้อยเกินไป มีการหมุนเวียนถ่ายเทของอากาศไม่ดีพอ สภาพอากาศร้อน หรือปลูกเลี้ยงพืชด้วยน้ำยาที่มีความเข้มข้นสารอาหารไม่สัมพันธ์กับระยะการเจริญเติบโตของพืช เป็นต้น (Burt, 1993)

ไนเตรทในสิ่งแวดล้อม

งานสารพิษ (2531) ของกองมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อม สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ได้กล่าวถึงไนเตรทไว้ว่า ไนเตรท เป็นเกลือของกรดไนตริก ซึ่งเป็นกรดแก่ เกลือไนเตรทที่ใช้ในทางเกษตรกรรม และอุตสาหกรรม ได้แก่ เกลือไนเตรทของโซเดียม, โปแตสเซียม, แคลเซียม, แอมโมเนียม, ทองแดง, เหล็ก, อะลูมินัม, โครเมียม, ปรอท และ ตะกั่ว เป็นต้น สำหรับปริมาณไนเตรทที่พบในสภาพแวดล้อมทั่วไป อาจพบไนเตรทได้ทั้งในอากาศ และในน้ำ ตลอดจนปนเปื้อนอยู่ในอาหาร ดังนี้

ในบรรยากาศ จากขั้นตอนสุดท้ายของการออกซิเดชันในบรรยากาศของออกไซด์ของไนโตรเจน คือ Nitrate aerosols และปริมาณของฝุ่นไนเตรทที่เกิดจาก Photochemical pollution อาจเกิดขึ้นในเมือง ความเข้มข้นของไนเตรทในอากาศอยู่ระหว่าง 1-40 $\mu g/m^3$ ขึ้นกับการเก็บตัวอย่าง

ในน้ำ ความเข้มข้นของไนเตรทในน้ำผิวดินและน้ำใต้ดินแตกต่างกันอย่างมาก ทั้งนี้ขึ้นกับลักษณะทางธรณีวิทยา การจัดการเกี่ยวกับของเสียจากมนุษย์และสัตว์ การใช้ปุ๋ย และการปลดปล่อยของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม ปกติน้ำผิวดินมีไนเตรทไม่เกิน 10 mg/l อย่างไรก็ตามไนเตรทในน้ำผิวดิน และน้ำใต้ดินในหลายๆ ประเทศมีแนวโน้มสูงขึ้นตัวอย่างเช่น ไนเตรทในแม่น้ำบางสายที่ผ่านการเกษตรกรรมและแม่น้ำเล็กๆ บางส่วนในสหรัฐอเมริกาพบว่า มีไนเตรทสูงเกินมาตรฐานที่กำหนดไว้คือ 45 mg/l ขณะที่ปริมาณไนเตรทในน้ำใต้ดินที่ทำให้เด็กในเชคโกสโลวาเกียเป็นโรค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

methaemoglobinemia มีค่าระหว่าง 18-257 mg/l สำหรับในประเทศไทยนั้น จากการสำรวจคุณภาพแหล่งน้ำแม่น้ำท่าจีนของสำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ระหว่างกุมภาพันธ์-กันยายน พ.ศ. 2526 พบไนเตรทไม่เกินระดับมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำจืดที่กำหนดไว้คือ 5 mg/l กล่าวคือ ช่วงแม่น้ำตอนบนและตอนกลางมีค่าไนเตรทระหว่าง 0.08-0.14 mg/l และช่วงแม่น้ำตอนกลางมีค่าไนเตรทระหว่าง 0.1-0.5 mg/l และจากการสำรวจคุณภาพแม่น้ำเจ้าพระยาในปี พ.ศ. 2526 พบว่าไนเตรทดังกล่าวไม่เกินระดับมาตรฐาน คุณภาพในแหล่งน้ำจืดเช่นกัน โดยในช่วงน้ำมาก (มกราคม-พฤษภาคม) พบปริมาณเฉลี่ยของไนเตรทโดยทั่วไปมีค่าเท่ากับ 0.1 mg/l

การปนเปื้อนในอาหาร จากการรวบรวมข้อมูลของ National Institute of Environmental Health Science พบว่าปริมาณไนเตรทในพืชผักมีค่าแตกต่างกันมาก เช่น บีท, มะเขือ, ผักกะหล่ำ, ผักโขม มีปริมาณไนเตรทสูง ขณะที่มะเขือเทศ และถั่วมีปริมาณไนเตรทต่ำ สำหรับปริมาณไนเตรทในพืชนั้น นอกจากจะแตกต่างกันระหว่างชนิดของผักแล้ว ในผักชนิดเดียวก็มีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น อุณหภูมิ แสงแดด ความชื้นในดิน ระดับของไนโตรเจนในดิน

ในสหภาพโซเวียต ได้กำหนดปริมาณสูงสุดที่ยอมรับให้มีในผักชนิดต่างๆ ดังนี้ มันฝรั่ง 45 mg/kg กะหล่ำ 160 mg/kg แตงกวา 160 mg/kg บีท 1800 mg/kg แครอท 415 mg/kg เป็นต้น และปริมาณไนเตรทที่ยอมรับได้ใน 1 วัน (maximum allowable) สำหรับมนุษย์ไม่เกิน 200 mg

ไนเตรทกับการนำไปใช้ของพืช

ไนเตรท (NO_3^-) และแอมโมเนียม (NH_4^+) เป็นรูปหนึ่งของไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ในดินที่มีการระบายอากาศดี มีความชื้น อุณหภูมิ และสภาพแวดล้อมอื่นๆ เหมาะสม แอมโมเนียมจะถูกเปลี่ยนให้เป็น ไนไตรท์ และ ไนเตรท ตามลำดับ โดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่เรียกว่า nitrification สารไนเตรทที่พืชดูดขึ้นไปส่วนใหญ่ถูกนำไปสร้างเป็นสารประกอบอินทรีย์หลายชนิด ส่วนที่เหลือจะยังคงเป็นไนเตรทไอออนสะสมอยู่ในเซลล์พืช หากสภาพแวดล้อมเหมาะสมต่อการสะสมไนเตรท เช่น สภาพแสงน้อย พืชจะดูดสารไนเตรทจากดินเข้าไปมาก เนื่องจาก พืชจะมีการกระตุ้นการสะสมไนเตรท เป็นการชดเชยแรงดันออสโมติก (osmotic pressure) ทดแทนความเข้มข้นของอินทรีย์สาร (คาร์โบไฮเดรท) ที่ลดลง ซึ่งเป็นผลมาจากอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงลดลงเมื่อความเข้มข้นแสงลดลง (Seginer *et al.*, 1998) และในขณะเดียวกันถ้าพืชสามารถเปลี่ยนไนเตรทให้เป็นสารอินทรีย์ (กรดอะมิโน) ได้น้อย สภาพแวดล้อมที่มี อุณหภูมิสูง มีผลทำให้เมตาบอลิซึ่มของเอนไซม์ไนเตรทรีดักเทส (nitrate reductase) ที่ใช้ในการเปลี่ยนแปลงสารไนเตรทลดต่ำลง จึงทำให้มีการสะสมสารไนเตรทอยู่ในพืชมากขึ้น (Maynard *et al.*, 1972) สำหรับกระบวนการที่ไนเตรทจะเปลี่ยนไปเป็นแอมโมเนียม และเปลี่ยนไปเป็นกรดอะมิโนในพืชนั้น เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ หลายชนิดด้วยกัน เช่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไนเตรทรีดักเทส (nitrate reductase) และไนไตรท์รีดักเทส (nitrite reductase) (Milflin, 1967) ดังสมการต่อไปนี้

$$NO_3^- + NADPH + H^+ \longrightarrow NO_2^- + NADPH^+ + H_2O \quad (1)$$

$$NO_2^- + 3NADPH + 5H^+ \longrightarrow NH_4^+ + 3NADP^+ + 2H_2O \quad (2)$$

$$NO_3^- + 4NADPH + 6H^+ \longrightarrow NH_4^+ + 4NADP^+ + 3H_2O \quad (\text{net total})$$

ในกระบวนการไนเตรทรีดักชั่น ซึ่งต้องอาศัยเอนไซม์ไนเตรทรีดักเทสนั้น โดยปกติทั่วไปมักจะเกิดขึ้นในรากพืช หรือในส่วนของกิ่งก้านพืช (stem) ส่วนกระบวนการไนไตรท์รีดักชั่น ต้องอาศัยเอนไซม์ไนไตร์ทรีดักเทส จะเกิดใน คลอโรพลาสท์ที่อยู่ในส่วนของใบพืช และใน proplastids ที่อยู่ในรากพืช สำหรับสารไนไตร์ท ที่ถูกเปลี่ยนมาจากไนเตรท โดยกระบวนการไนเตรทรีดักเทส จะเกิดภายใน cytosol ในเซลล์พืช จะถูกส่งต่อเข้าไปในคลอโรพลาสท์ ผ่านกระบวน ไนไตร์ทรีดักชั่นภายในคลอโนพลาสท์ต่อไป (Smith and Wood, 1993) หากการรีดักชั่น ของไนเตรทมาเป็นไนไตร์ทเกิดเร็วกว่าการ รีดักชั่นของไนเตรท์ไปเป็นแอมโมเนี่ยม จะทำให้ไนไตรท์สะสมอยู่ในพืช ซึ่งไนไตร์ทเป็นพิษกับเซลล์พืช แต่โดยปกติจะมีการสะสมในพืชน้อยมาก แต่ถ้าขบวนการรีดักชั่น ของไนเตรทเกิดได้ช้า จะทำให้สารไนเตรทสะสมในพืชเพิ่มมากขึ้น

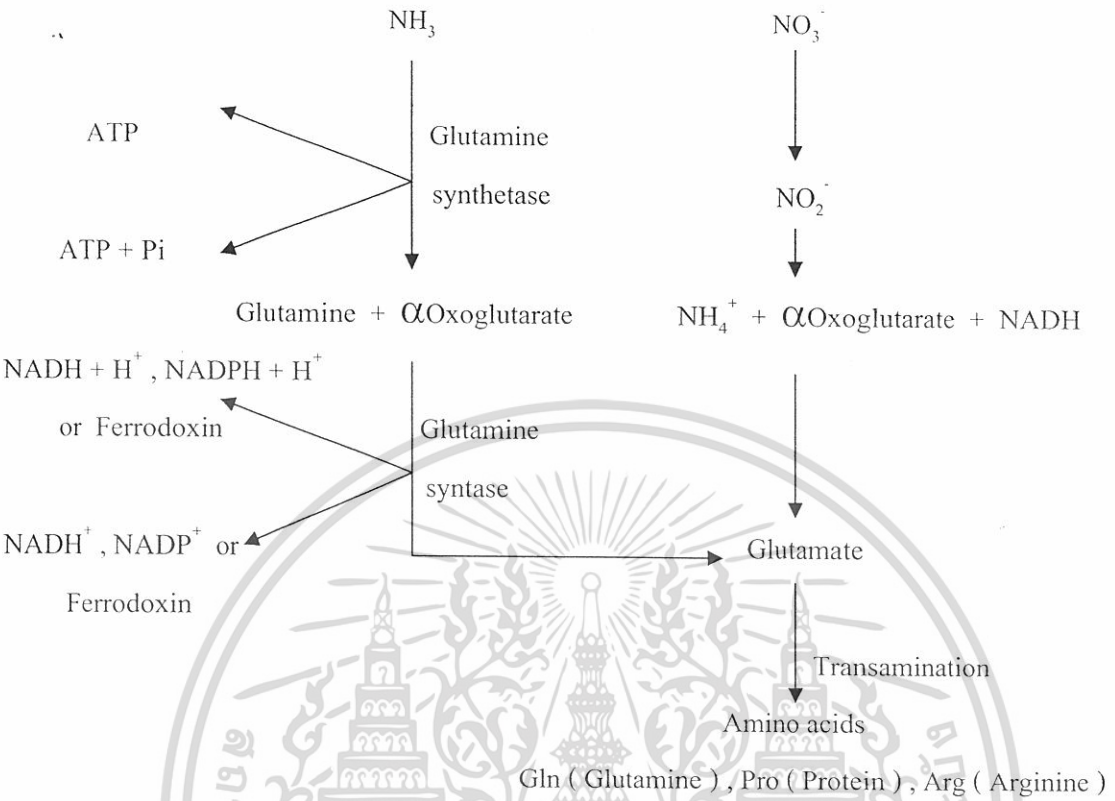
หลังจากนั้น ในการสังเคราะห์ กรดอะมิโน จำเป็นต้องอาศัยกิจกรรมของเอนไซม์ หลายชนิดด้วยกัน ได้แก่ glutamate dehydrogenase, glutamine syntetase และ glutamine synthase ซึ่งผลผลิตหลักของกิจกรรมดังกล่าวคือ glutamate ก่อนที่จะเปลี่ยนไปเป็น กรดอะมิโนต่างๆ ต่อไป (ภาพที่ 1)

สารไนเตรทจะสะสมในส่วนต่างๆของพืชแตกต่างกันไป ในพืชต้นเดียวกันส่วนที่แก่กว่า จะมีการสะสมมากกว่าส่วนที่อ่อนกว่า ดอกจะมีความเข้มข้นของสารไนเตรทน้อยที่สุด รองมาคือ ผล ใบ ราก โดยก้านใบมีการสะสมมากที่สุดตามลำดับ (Maynard and Baker, 1972) ในผักหลายชนิดมีการสะสมไนเตรทค่อนข้างสูง เช่น ปวยเหล็ง (spinach) บีท (beet) ผักกาดเขียว (mustard green) (Committee on Nitrate Accumulation, 1972) ผักบางชนิดมีการสะสมสารไนเตรทได้มากกว่า 3,000 มก./กก. นน. สด เช่น ผักกาดหอม (lettuce) (Wolff and Wasserman, 1972)

ปัจจัยที่มีต่อการสะสมไนเตรทในพืช

ชนิดพืช นอกจากพืชผักแล้ว พืชอาหารสัตว์บางชนิดก็สะสมไนเตรทได้ดี เช่น หญ้าทิโมธี (thimothy) หญ้าไรน์ (ryegrass) (Wright and Davison, 1964) แต่ธัญพืชมีไนเตรทสะสมอยู่ในปริมาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 1 การสังเคราะห์กรดอะมิโน ในพืช
ที่มา: ดัดแปลงจาก Smith and Wood (1993); Water and Michael (1995)

ที่น้อยมาก (McNamara *et al.* , 1971; Viets and Hageman, 1971) ในบรรดาผักด้วยกันพบว่า ผักประเภทที่ใช้ใบและลำต้นเป็นอาหาร เช่น ผักโขม ผักกาดหอม มีปริมาณไนเตรทสะสมมากกว่าผักที่ใช้หัวและรากเป็นอาหาร เช่น แครอท (carrot) หอม (onion) (Brown and Smith, 1966; Maynard and Barker, 1972; Terman *et al.* , 1976) นอกจากนี้ในพืชชนิดเดียวกัน (species)แต่ต่างพันธุ์ (variety) ก็มีการสะสมไนเตรทต่างกัน แม้ว่าจะมีความแตกต่างกันไม่มากนัก (Barker and Maynard, 1972; Maynard and Barker, 1974) Barker *et al* (1974) ทำการทดลอง พบว่า ผักโขม (spinach, *Spinacia oleracea* L.) ประเภท smooth-leaf พันธุ์ Taftegard และ Northland มีปริมาณไนเตรทต่ำกว่าพวก savoy-leaf พันธุ์ Winter Bloomsdale ความแตกต่างในการสะสมไนเตรทนี้จะเห็นได้ชัดเมื่อมีการใส่ปุ๋ยในระดับต่ำ ดังนั้นนักวิจัยจึงใช้พวก savoy-leaf ซึ่งมักจะสะสมไนเตรทต่ำกว่าพวกอื่นในการคัดเลือกพันธุ์ผักโขม เพื่อให้มีการสะสมไนเตรทต่ำ (Barker *et al.*, 1974) สาเหตุที่พืชมีความสามารถในการสะสมไนเตรทในปริมาณที่แตกต่างกันนี้ยังไม่อาจบอกได้อย่างแน่นอน (Maynard *et al.*, 1972) ส่วนหนึ่งอาจมาจากเอนไซม์สำคัญบางตัวที่ร่วมในขบวนการเปลี่ยนไนเตรทจนกลายเป็นโปรตีน เช่น ไนเตรทรีดักเทสในพืชแต่ละชนิดมีกิจกรรม (activity) แตกต่างกัน (Keeney, 1970) นอกจากนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในพืชบางชนิดที่ส่วนของรากมีกิจกรรมของไนเตรทรีดักเทสสูง ไนโตรเจนที่เคลื่อนย้ายจากรากไปยังลำต้นจะอยู่ในรูปของอินทรีย์ไนโตรเจน (organic nitrogen) มากกว่าพืชที่มีกิจกรรมของเอนไซม์ในระดับต่ำ (Maynard and Barker, 1972)

ส่วนของพืช ไนเตรทจะกระจายไปตามส่วนต่างๆของพืชแตกต่างกัน เมื่อเปรียบเทียบระหว่างส่วนต่างๆ ของพืชพบว่า ในลำต้นโดยเฉพาะก้านใบมีไนเตรทมากที่สุด (Pect *et al.* , 1971) รองลงมาคือ ราก และแผ่นใบ ตามลำดับ (Wright and Davison, 1964)

อายุของพืช โดยทั่วไปความเข้มข้นของไนเตรทในพืชจะมีมากในช่วงต้นและช่วงกลางๆ ของการเจริญเติบโต และค่อยๆ ลดต่ำลงเมื่อพืชเจริญเติบโตเต็มที่ (Brown and Smith, 1966) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าในช่วงที่พืชกำลังสร้างเมล็ดและผลนั้น ไนเตรทบางส่วนจะเคลื่อนย้ายจากลำต้นและใบไปยังส่วนของผลเพื่อใช้ในการสร้างเนื้อเยื่อส่วนนั้น และในขณะที่พืชเจริญเติบโตเต็มที่ความสามารถของดินที่จะให้ไนโตรเจนแก่พืชก็จะลดตามไปด้วย ฉะนั้นพืชจึงใช้ไนเตรทจากส่วนที่ตกค้างตามส่วนต่างๆ ของพืชนั้นเอง ทำให้ความเข้มข้นของไนเตรทในขณะที่พืชเจริญเติบโตเต็มที่มีน้อยลงไป (Wright and Davison, 1964 ; George *et al.* , 1971) นอกจากนี้ยังพบว่า ในพืชต้นเดียวกันใบที่อยู่นอกสุดและแก่กว่า จะมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (total nitrogen) ต่ำสุด แต่จะมีไนเตรทในปริมาณสูงที่สุด เพราะส่วนที่แก่กว่านั้นขบวนการเมตาบอลิซึม (metabolism) เป็นไปอย่างช้า ทำให้เหลือไนเตรทตกค้างอยู่มาก(Wright and Davison, 1964)

ปุ๋ยไนโตรเจน ปริมาณปุ๋ยไนโตรเจนที่เพิ่มเติมให้แก่ดินนั้น เป็นปัจจัยสำคัญอีกประการหนึ่งต่อการสะสมไนเตรทในพืช (Breniman *et al.* ,1961; Brown and Smith, 1966; Regan *et al.* , 1968; Maynard and Barker, 1972; Canliffe, 1973b) Pect *et al.* (1971) พบว่าการให้ปุ๋ยแอมโมเนียไนเตรทและยูเรียในอัตราที่สูงขึ้น จะทำให้ปริมาณไนเตรทในหัวผักกาดชนิดหนึ่ง (Table beet) สูงขึ้นด้วย

วิธีการใส่ปุ๋ย ก็มีผลต่อการสะสมไนเตรทในพืชด้วย Barker *et al.* (1971) ได้ชี้ให้เห็นว่าการให้ปุ๋ยแก่ผักโขมโดยการหว่านก่อนปลูกมีแนวโน้มทำให้ความเข้มข้นของไนเตรทในใบมีมากกว่าการให้ปุ๋ยในอัตราเดียวกัน โดยการแบ่งใส่ก่อนที่จะมีการปลูกและใส่ในขณะที่พืชนั้นกำลังเจริญเติบโต แต่การใส่ปุ๋ยโดยวิธีหลัง อาจจะทำให้มีการสะสมไนเตรทเพิ่มมากขึ้นได้ตามระยะเวลาที่พืชนั้นยังคงอยู่ในดิน กล่าวคือ พืชที่ปลูกในดินที่มีปริมาณไนเตรทมากพอได้นานเท่าไร โอกาสที่พืชจะสะสมไนเตรทก็มีมากเท่านั้น (Pect *et al.* , 1971)

อิทธิพลของธาตุอื่นๆ ต่อการสะสมไนเตรทในพืช 1.) ปริมาณฟอสฟอรัสในดินไม่มีผลต่อการสะสมไนเตรทในพืช โดยเฉพาะพวกผัก (Brown and Smith, 1966; Barker and Maynard, 1972; Maynard *et al.* , 1972) แต่จากการทดลองของ Hills *et al.*, (1970) พบว่าการขาดธาตุฟอสฟอรัสในหัวผักกาดหวาน (sugar beet) ทำให้พืชดูดไนเตรทในอัตราที่ต่ำลง สำหรับพืชที่ปลูกในน้ำยาที่มีความเข้มข้นของฟอสฟอรัสสูง มีแนวโน้มที่จะดูดไนเตรทได้น้อยลง (Wright and Davison, 1964;

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Osawa and Lorenz, 1976) 2.) การขาดธาตุกำมะถันมีความเกี่ยวข้องกับการสะสมไนเตรทในพืช ทั้งนี้เพราะว่า กำมะถันเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของ เอนไซม์ที่ใช้ในขบวนการรีดักชั่น (reduction) ของไนเตรทในพืช ดังนั้นการขาดธาตุกำมะถันทำให้กิจกรรมของเอนไซม์ดังกล่าวลดลง ผลต่อเนื่องที่ตามมาก็คือ มีการสะสมไนเตรทในเนื้อเยื่อพืชมากขึ้น (Maynard *et al.* , 1972) 3.) เมื่อพืชดูดธาตุโพแทสเซียมมากขึ้น จะส่งเสริมให้มีการดูดไนเตรทในปริมาณที่มากตามไปด้วย Cantiliffe (1973) พบว่านอกจากไนโตรเจนแล้วโพแทสเซียมมีส่วนทำให้พืชสะสมไนเตรทมากขึ้นด้วย ทั้งนี้เพราะว่าเมื่อพืชดูดธาตุโพแทสเซียมมากขึ้นและการดูดไนเตรทของพืชจะสูงขึ้นแล้ว ยังผลให้เกิดความสมดุลของประจุไฟฟ้าในพืชนั้น นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อใช้โพแทสเซียมไนเตรท การเคลื่อนย้ายไนเตรทจากรากไปยังส่วนยอดจะดีกว่าเมื่อใช้แคลเซียมไนเตรท (Minotti *et al.*, 1968) อย่างไรก็ตาม ในผักส่วนใหญ่การขาดโพแทสเซียม ไม่มีผลกระทบต่อการสะสมไนเตรทมากนัก (Brown and Smith, 1966) 4.) แคลเซียมมีอิทธิพลต่อการดูดไนเตรทของรากพืช และอาจมีผลกระทบต่อขบวนการรีดิวส์ไนเตรทด้วย นอกจากนี้รากพืชที่ขาดแคลเซียมมักไม่ค่อยเจริญเติบโตและดูดไนเตรทจากดินได้อย่างจำกัด (Wadleigh and shire , 1939) สำหรับแมกนีเซียมนั้นยังไม่มีหลักฐานที่บ่งชี้ถึงอิทธิพลของธาตุนี้ ต่อระดับไนเตรทของพืช 5.) โมลิบดินัมและแมงกานีส เป็นธาตุที่จำเป็นต่อการทำงานของ nitrate reductase (Evans and Hall, 1955; Hewitt, 1975; Viets and Hageman, 1971; Merkel *et al.* , 1975) พืชที่ขาดโมลิบดินัมอาจสะสมไนเตรทถึง 3% ของน้ำหนังแห้ง 6.) คลอไรด์จัดเป็นอิออนประจุลบ ที่เป็นปฏิปักษ์ต่อการดูดไนเตรทของรากพืช ถ้าหากสารละลายของดินมี คลอไรด์พอประมาณ การดูดไนเตรทก็จะลดน้อยลง (Nightingale, 1948)

ความแห้งแล้งและอุณหภูมิ Cantiliffe (1972a) ทำการศึกษาผลของอุณหภูมิต่อการสะสมของไนเตรทในผักโขม พบว่าในช่วงที่อุณหภูมิเพิ่มขึ้นจาก 5 ^{0} C ถึง 25 ^{0} C ปริมาณไนเตรทในส่วนเหนือดินของผักโขมจะเพิ่มขึ้นตามลำดับไม่ว่าพืชนั้นจะได้รับปุ๋ยไนโตรเจนหรือไม่ก็ตาม เป็นที่น่าสังเกตว่า การสะสมไนเตรทในกรณีที่มีการเพิ่มปุ๋ยจะเกิดขึ้นอย่างเห็นได้ชัดแม้ในอุณหภูมิที่ต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการไม่ใส่ปุ๋ย กล่าวคือพืชที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนเลยมีไนเตรทในเนื้อเยื่อสูงขึ้นหากเพิ่มอุณหภูมิให้สูงกว่า 15 ^{0}C เมื่อใส่ปุ๋ย 50 mgN / ดิน 1 kg พืชที่ได้รับอุณหภูมิสูงกว่า 10 ^{0}C จะสะสมไนเตรทมากขึ้น และเมื่อใส่ปุ๋ย 200 mgN / ดิน 1 kg พืชจะเพิ่มการสะสมไนเตรทเมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 5 ^{0}C เท่านั้น Frota and Tucker (1972) พบว่าการเคลื่อนย้ายของไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียมจากรากไปยังส่วนยอดจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นจาก 8 ^{0}C ถึง 23 ^{0}C แต่สำหรับไนเตรทจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงถึง 18 ^{0}C โดยทั่วไปในสภาพแวดล้อมที่แล้ง (drought) ประกอบกับมีอุณหภูมิสูงจะช่วยให้พืชสะสมไนเตรทมากขึ้น (Bassioni , 1971) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าไนเตรทรีดักเทสไม่ทำงานหรือทำงานช้าลง ขบวนการเมตะบอลิซึมของไนเตรทจึงลดลง (Viets and Hageman, 1971) ถึงแม้ว่าความชื้นจะมีผลอย่างมากต่อการดูดธาตุอาหารและความเข้มข้นของธาตุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาหารในพืช (Bates, 1971) แต่ในสภาวะที่มีความแห้งแล้งเกิดขึ้นหากดินมีธาตุอาหารพอสมควร และพืชยังไม่ขาดน้ำก็ยังคงดูดและเคลื่อนย้ายไนเตรทได้มาก (Viets and Hageman, 1971) เพราะในสภาวะดังกล่าวดินมักมีความเข้มข้นของไนเตรทสูงกว่าปกติ

ความเข้มข้นของแสง แสงมีผลกระทบโดยอ้อมกับการสะสมไนเตรทในพืช เพราะว่าแสงเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการทำงานของไนเตรทรีดักเทส (Viets and Hageman, 1971; Maynard and Barker, 1972) เอนไซม์นี้จะมีกิจกรรมช้าลงหรือไม่ทำงานเมื่อพืชอยู่ในที่มืด (Maynard *et al.*, 1972) ถ้าประกอบกับขณะนั้นอุณหภูมิลดต่ำลงก็ยิ่งทำให้กิจกรรมของเอนไซม์นี้ลดลง ในสภาวะเช่นนี้ไนเตรทในพืชก็จะถูกนำไปใช้น้อยลงด้วย (Bates, 1971; Ryan *et al.* , 1972) Cantiliffe (1972b) ทำการทดลองปลูกผักโขมโดยให้ความเข้มข้นของแสงที่ระดับ 600 1,600 3,500 ft-c ก่อนเก็บเกี่ยว 2 สัปดาห์ ปรากฏว่าพืชที่ได้รับความเข้มแสงเพียง 600 ft-c สะสมไนเตรทมากที่สุด ดังนั้นถ้าต้องการปลูกผักโขมให้มีปริมาณไนเตรทต่ำๆ ควรปลูกในที่ที่มีความเข้มแสงสูง และให้ปุ๋ยในอัตราที่ไม่สูงนักเพียงพอที่จะไม่ทำให้พืชขาดไนโตรเจนเท่านั้น (Denum, 1971) การทดลองกับมะเขือเทศก็เช่นเดียวกัน หากพืชเจริญเติบโตได้ในที่ที่อุณหภูมิสูง ความเข้มของแสงต่ำและได้รับปุ๋ยไนโตรเจนในปริมาณสูง พืชดังกล่าวจะมีไนเตรทสูงขึ้นและไนโตรเจนทั้งหมดก็จะสูงขึ้นด้วย (Hoff and Wilcox, 1970) นอกจากความเข้มของแสงแล้ว ชนิดของแสงก็มีผลกระทบต่อการดูดไนเตรทจากดิน จากการศึกษาของ Sasakawa and Yamamoto (1979) โดยการนำต้นกล้าของข้าวที่เก็บไว้ในที่มืดเป็นเวลา 6 ชั่วโมงมารับแสงสีแดง (red) ฟาร์เรด (farred) และแสงสีน้ำเงิน (blue) ปรากฏว่าใน 5 นาทีแรกหลังจากได้รับแสง การดูดไนเตรทจะไม่เพิ่มขึ้น แต่เมื่อทิ้งไว้ในสภาพดังกล่าวเป็นเวลา 5 ชั่วโมง แสงสีแดงทำให้ต้นกล้าของข้าวมีการดูดไนเตรทสูงขึ้น แต่แสงฟาร์เรดและแสงสีน้ำเงินไม่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงแต่อย่างไร นอกจากนี้การบังเงาให้ผลเช่นเดียวกับการลดความเข้มแสง ทั้งนี้เนื่องจากกิจกรรมของไนเตรทรีดักเทส จะมีความสัมพันธ์ในทางกลับกันกับความเข้มของแสงที่ใบพืชได้รับ ดังนั้นจึงพบว่า ปริมาณไนเตรทในพืชมีแนวโน้มสูงขึ้นในวันที่มีเมฆครึ้มหรือมีความเข้มของแสงต่ำ Hageman and Flesher (1960) กล่าวว่าข้าวโพดที่ปลูกในเรือนทดลองที่มีการบังแสงนั้น กิจกรรมของไนเตรทรีดักเทสในพืชจะลดลงเป็นสัดส่วนกับการเพิ่มการบังเงา นอกจากนี้ข้าวโพดที่ปลูกในที่ที่มีการบังเงา 35% จะมีปริมาณไนเตรทมากกว่ากรณีไม่มีการบังเงาถึงสองเท่า และปริมาณไนเตรทจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เมื่อมีการบังเงาเพิ่มขึ้นถึง 70, 80 หรือ 90% (Knipmeyer *et al.* , 1962)

เวลาในช่วงวัน ในช่วงวันหนึ่ง ๆ ตั้งแต่พระอาทิตย์ขึ้นจนกระทั่งตก ปริมาณไนเตรทในพืชมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา (Maynard and Barker, 1972) ทั้งนี้เพราะว่าอุณหภูมิและความเข้มข้นของแสงในช่วงวันดังกล่าว มีการเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอในตอนเช้าอุณหภูมิต่ำความเข้มของแสงน้อย ในช่วงนี้จะมีปริมาณไนเตรทในพืชสูง ส่วนในเวลากลางวันรวมทั้งตอนบ่ายความเข้มข้นของไนเตรทจะต่ำกว่าตอนเช้า Cantiliffe (1972c) พบว่าในใบของผักโขมที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยในอัตรา 90 kg N / ไร่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะมีความเข้มข้นของไนเตรทลดลงตามลำดับนับจากเวลา 6.00 น ถึง 18.00 น ดังนั้นการควบคุมความเข้มข้นของไนเตรทในผลผลิตที่เก็บเกี่ยวจากไร่นาวิธีหนึ่ง คือ เก็บเกี่ยวผลผลิตในช่วงบ่าย (Maynard and Barker, 1972) นอกจากนี้ช่วงแสงที่พืชได้รับ (photoperiod) ก็ยังมีผลต่อความเข้มข้นของไนเตรทในพืชด้วย (Cantliffe, 1972c)

การสะสมไนเตรทในผัก

ในพืชชั้นสูงทั่วไป ผักนับว่าเป็นพืชที่การสะสมไนเตรทมากที่สุด (Maynard and Baker, 1972; Maynard *et al.* , 1972) อย่างไรก็ตาม ผักแต่ละชนิดมีความสามารถในการสะสมไนเตรทต่างกัน ทั้งนี้อาจเนื่องจากผักแต่ละชนิด มีความสามารถในการดูดไนเตรทจากดินต่างกัน และประสิทธิภาพของเอนไซม์ที่ใช้ในกระบวนการรีดักชันไนเตรทก็ต่างกันด้วย โดยทั่วไปผักที่ใช้ใบและลำต้นเป็นอาหาร เช่น ผักโขม ผักกาดหอม ผักกาดเขียว ผักคะน้า มักจะมีความเข้มข้นของไนเตรทมากกว่าผักที่ใช้ส่วนของรากหรือผลเป็นอาหาร เช่น แครอท มะเขือเทศ และพวกลำต้นใต้ดิน เช่น หอม มันฝรั่ง (Jackson *et al.* , 1967) แต่ผักใช้รากเป็นอาหารบางชนิด เช่น แรดิช และผักกาดหัว สะสมไนเตรทได้ดี Maynard and Barker (1972) ได้วิเคราะห์หาปริมาณไนเตรทในผักสดจากตลาดในเมือง Amherst มลรัฐ Massachusettes ในปี ค.ศ. 1970 ได้ผลดังนี้

แผ่นใบ (leaves)

กะหล่ำปลี (cabbage)	165	ppm (น้ำหนักสด)
ผักกาดหอม (lettuce)	170	ppm (น้ำหนักสด)
ผักโขม (spinach)	524	ppm (น้ำหนักสด)

ก้านใบ (petioles)

คื่นช่าย (celery)	535	ppm (น้ำหนักสด)

ราก (roots)

หัวผักกาด (beets)	600	ppm (น้ำหนักสด)
แครอท (carrot)	32	ppm (น้ำหนักสด)
มันเทศ (sweet potato)	0	ppm (น้ำหนักสด)
แรดิช (radish)	402	ppm (น้ำหนักสด)

ผล (fruits)

ถั่ว (bean)	75	ppm (น้ำหนักสด)
มะเขือเทศ (tomato)	20	ppm (น้ำหนักสด)

ลำต้นใต้ดิน (underground stems)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หอม (onion)	14	ppm (น้ำหนักสด)
มันฝรั่ง (potato)	42	ppm (น้ำหนักสด)

จะเห็นว่าผักที่ใช้ใบ และก้านใบเป็นอาหารจะมีความเข้มข้นของไนเตรทสูงสุด ส่วนผักประเภทผลจะมีต่ำสุด ค่าเหล่านี้อาจมีการเปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับพันธุ์พืช (cultivar) ที่ได้เก็บตัวอย่างมาวิเคราะห์ แหล่งของผัก วิธีการสุ่ม ตลอดจนวิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางเคมี

Wilson (1949) พบว่าการเก็บผักสดนิยมเก็บไว้ในตู้เย็นเพราะทำให้เอนไซม์หยุดทำงานชั่วคราว การรีดิวส์ไนเตรทมีน้อยมาก ส่วนผักที่เก็บในอุณหภูมิธรรมดาไนเตรทจะถูกรีดิวส์ไปเรื่อยๆ (ไมตรี, 2522) ส่วนผักที่นำมาบรรจุกระป๋อง (processed vegetable) โดยทั่วไปจะมีปริมาณไนเตรทต่ำกว่าผักสดเดิม (Maynard *et al.* , 1972) เนื่องจากไนเตรทละลายน้ำได้ดี (Burden, 1961) ดังนั้นอาจมีการสูญเสียไนเตรทจากการชะล้าง (leaching) ในระหว่างกระบวนการถนอมอาหารนี้ (Barnett, 1953) นอกจากนี้ถ้านำผักมาบรรจุกระป๋องจะทำให้คุณภาพของกระป๋องเลวลงและเก็บไว้ได้ไม่นาน (Maynard *et al.* , 1972) เพราะว่าไนเตรทจากผักจะทำปฏิกิริยากับดีบุกที่เคลือบอยู่ภายในกระป๋อง (detinning) ทำให้ดีบุกถูกกัดกร่อนออกมาในสารละลาย เมื่อถูกกัดกร่อนมากๆ เข้าทำให้เหล็กสัมผัสกับสารละลายในกระป๋องโดยตรง เกิดก๊าซไฮโดรเจนทำให้กระป๋องบวม (hydrogen swell) (Smittle and Scott, 1969; Hoff and Wilcox, 1970) Farrow *et al.* (1971) พบว่าปริมาณไนเตรทในน้ำมะเขือเทศเพียง 100 ppm เท่านั้นก็สามารถทำให้ดีบุกที่เคลือบภายในกระป๋องหมดภายใน 12 เดือน ในกระบวนการทำผักกระป๋องนั้นมีกระบวนการหนึ่งที่เรียกว่า blanching ซึ่งเป็นกระบวนการที่ให้ความร้อนเพื่อให้เอนไซม์ต่างๆ ในพืชหยุดทำงาน ทำให้อาหารเก็บไว้ได้นาน พบว่าหากมีการเพิ่มอุณหภูมิจาก 71-77 ^{0}C ไม่ทำให้สีของผักเปลี่ยนแปลง นอกจากนี้ในการทำให้อาหารสุกโดยการทอด การย่าง และการต้ม จะลดปริมาณไนเตรทหรือไนไตรท์ได้ประมาณ 20-90% (Sistrunk and cash, 1975) สำหรับผักโขมที่สุกแล้วจะมีไนเตรทเพียง 30 % ของผักโขมสดเท่านั้น (Phillips, 1968; Maynard and Barker, 1974) แต่ถ้าใช้ภาชนะอลูมิเนียมในการปรุงอาหารจะทำให้ไนเตรทเปลี่ยนเป็นไนไตรท์มากขึ้น (ไมตรี, 2522)

อันตรายจากการบริโภคอาหารที่ปนเปื้อนสารไนเตรท

การบริโภคผักหรืออาหารอื่นๆ ที่มีการสะสมของสารไนเตรท สามารถทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพและชีวิตของผู้บริโภคได้ (งานสารพิษ, 2531) สารไนเตรทเมื่อเข้าสู่กระเพาะอาหาร บางส่วนจะถูกเปลี่ยนให้เป็นสารไนไตรท์ ในขบวนการ Nitrate reduction ที่สามารถเกิดขึ้นเมื่ออยู่ในสภาพอับอากาศ สารไนไตรท์สามารถดูดซึมเข้าสู่กระแสเลือด ไปทำปฏิกิริยากับเม็ดโลหิตโดยกระบวนการ oxidation เปลี่ยนแปลงเม็ดโลหิตจาก Haemoglobin ให้กลายเป็น Methaemoglobin ซึ่งไม่มีคุณสมบัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการรับและนำพาออกซิเจนไปเลี้ยงเซลล์ต่างๆ ในร่างกายหากมีปริมาณ Methaemoglobin มากกว่า 20 % ของ Haemoglobin ทั้งหมด ผู้ป่วยจะมีอาการไม่สบายเนื่องจากการขาดออกซิเจนอย่างเห็นได้ชัด มีอาการตัวเขียว อ่อนเพลีย หายใจหอบถี่ ปวดศีรษะ หัวใจเต้นแรง และมีจังหวะเร็วกว่าปกติ เป็นต้น โดยเฉพาะในเด็กทารกจะอ่อนแอต่อการขาดออกซิเจนนี้ ทำให้เกิดอาการของโรคที่เรียกว่า Methaemoglobinemia หรือ Blue Baby Syndrome เนื้อตัว ผิวหนัง และปากเปลี่ยนเป็นสีเขียวคล้ำ จนถึงเสียชีวิตได้ (Maynard and Barker, 1972)

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

นอกจากนี้ไนเตรทที่เข้าสู่ร่างกายยังสามารถทำให้เกิดอันตรายในรูปแบบอื่นได้อีก คือ สารไนเตรทหรือไนไตรท์ อาจจะทำปฏิกิริยารวมตัวกับอาหาร หรือ เอมีน (amines) เกิดเป็นสารประกอบไนโตรซามีน (nitrosamine) ซึ่งมีรายงานว่าเป็นสารก่อมะเร็ง (carcinogenic) (Archer and Wishnok, 1973)

การล้างผัก (Washing)

การทำความสะอาดพืชผักโดยการล้างน้ำนั้น เพื่อให้ผลผลิตสะอาดชวนมอง น่ารับประทาน คุณค่าของคุณภาพดีขึ้น สิ่งที่ติดหรือเกาะอยู่จะได้ออกไปให้หมด เช่น ดิน ตัวแมลง และคราบยา ป้องกันและทำลายโรคแมลง (Thompson and Van Middelen, 1955) และการล้างผลผลิตนั้นทำให้ระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น (Chiang and Lee, 1963) เพราะพวกเชื้อราถูกกำจัดออกไป (Van De Plasse, 1961) แต่การล้างผลผลิตที่มีบาดแผลนั้น อาจเป็นการช่วยเร่งการเข้าทำลายของโรคได้ง่ายขึ้น (Chiang *et al.*, 1963) ดังนั้นในการทดลองต่างๆทำให้เราได้ทราบว่าการล้างทำความสะอาด ให้ทั้งประโยชน์และโทษกับผลผลิตชนิดนั้นๆ นอกจากนี้การล้างนานๆ ทำให้กลายเป็นการแช่ผลผลิตไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นั้น ส่งผลให้เกิดการเน่าเสียได้มาก การใช้น้ำล้างผลผลิตมากๆ ทำให้น้ำนั้นสกปรกได้ จึงควรใช้ยาฆ่าเชื้อโรคผสมลงไปด้วย (Pantastigo, 1975)

แต่ในปัจจุบันนี้ผู้บริโภคมักประสบปัญหาสารตกค้างในพืชผัก ทำให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพของผู้บริโภค ดังนั้นจึงควรพิจารณาเลือกซื้อผักที่ปลอดภัยจากสารพิษ และนอกจากนี้กรมส่งเสริมการเกษตร (2548) ได้แนะนำวิธีการล้างที่ทำให้สารพิษตกค้างในผักลดลง ก่อนนำไปประกอบอาหาร
ดังนี้

1. ลอกหรือปลอกเปลือกแล้วแช่ในน้ำสะอาดนาน 5 – 10 นาที หลังจากนั้นล้างด้วยน้ำสะอาดอีกครั้ง จะช่วยลดปริมาณสารพิษตกค้างได้ 27 – 72 %

2. แช่น้ำปูนใสนาน 10 นาที และล้างด้วยน้ำสะอาดอีกครั้ง จะช่วยลดปริมาณสารพิษตกค้างได้ 34 - 52 %

3. แช่ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์นาน 10 นาที (ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 1 ช้อนชา ผสมน้ำ 4 ลิตร) และล้างด้วยน้ำสะอาดอีกครั้ง จะช่วยลดปริมาณสารพิษตกค้างได้ 35 - 50 %

4. แช่น้ำด่างทับทิมนาน 10 นาที (ด่างทับทิม 20 – 23 เกล็ด ผสมน้ำ 4 ลิตร) และล้างด้วยน้ำสะอาดอีกครั้ง จะช่วยลดปริมาณสารพิษตกค้างได้ 35 – 43 %

5. ล้างด้วยน้ำไหลจากก๊อกนาน 2 นาที ช่วยลดปริมาณสารพิษตกค้างได้ 25 - 39 %

6. แช่น้ำซาวข้าวนาน 10 นาที และล้างด้วยน้ำสะอาดอีกครั้ง จะช่วยลดปริมาณสารพิษตกค้างได้ 29 - 38 %

7. แช่น้ำเกลือนาน 10 นาที (เกลือป่น 1 ช้อนโต๊ะ ผสมน้ำ 4 ลิตร) และล้างด้วยน้ำสะอาดอีกครั้ง จะช่วยลดปริมาณสารพิษตกค้างได้ 29 - 38 %

8. แช่น้ำส้มสายชูนาน 10 นาที (น้ำส้มสายชู 1 ช้อนโต๊ะ ผสมน้ำ 4 ลิตร) และล้างด้วยน้ำสะอาดอีกครั้ง จะช่วยลดปริมาณสารพิษตกค้างได้ 27 – 36 %

9. แช่น้ำยาล้างผักนาน 10 นาที และล้างด้วยน้ำสะอาดอีกครั้ง จะช่วยลดปริมาณสารพิษตกค้างได้ 22 - 36 %

10. การใช้ความร้อน ลดปริมาณสารพิษตกค้างได้48 – 50 %

11. ล้างด้วยโซเดียมไบคาร์โบเนต (ผงฟู) (ผงฟู 1 ช้อนโต๊ะ ต่อน้ำ 1 อ่าง) แช่ทิ้งไว้ 15 นาที และล้างด้วยน้ำสะอาดอีกครั้ง จะช่วยลดปริมาณสารพิษตกค้างได้ 90 - 95 %

มีรายงานไว้ว่าเทคโนโลยีที่เกี่ยวกับการถนอมผัก เช่น การล้าง การฟอกสี การแช่แข็ง การบรรจุกระป๋อง สามารถทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในคุณค่าทางโภชนาการ รวมถึงส่วนประกอบที่ไม่ต้องการด้วย (Bednar *et al.*, 1991; Ezeaqu and Fafunso, 1995) กระบวนการที่ใช้น้ำ เช่น การล้าง การฟอกสี มักจะช่วยลดส่วนประกอบของ ไนเตรท ไนไตรท์ และออกซาเลต (Sistrunk and Cash,

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1975; Bednar *et al.*, 1991) และการสูญเสียของสารประกอบไนไตรท์ที่เกิดขึ้นหลังจากกระบวนการล้างนั้น จะมีมากกว่าการสูญเสียไนเตรทภายหลังจากผ่านกระบวนการเดียวกัน (Mozolewski and Smoczyński, 2004)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. ตัวอย่างผักที่ปลูกโดยไม่ใช้ดินในระบบ DFT (Deep Flow Technique) 3 ชนิด ดังนี้
   - ผักคะน้า (*Brassica oleracea* L. var *alboglabra* Bailey.)
   - ผักบุ้ง (*Ipomoea aquatica* Forsk.)
   - ผักกวางตุ้งฮ่องเต้ (*Brassica campestris* L. var. *chinensis* Bailey.)
2. กาละมังพลาสติก สำหรับล้างผัก
3. เครื่อง Spectrophotometer
4. สารเคมีที่ใช้ในกระบวนการล้างผัก เช่น ด่างทับทิม ผงโซเดียมไบคาร์โบเนต ผลิตภัณฑ์ล้างผักและผลไม้
5. สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางเคมี คือ 5% salicylic acid in concentrated H_2SO_4 (w/v) และ 4M NaOH

วิธีการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ Completely randomized design (CRD) จำนวน 3 ซ้ำ ประกอบด้วย 5 ตำรับทดลอง ดังนี้

T1 = น้ำก๊อก (ตำรับควบคุม) โดยการปล่อยน้ำไหลจากก๊อกนาน 2 นาที

T2 = น้ำกรอง ใช้น้ำกรอง 3 ลิตร ต่อ 1 กาละมัง

T3 = ด่างทับทิม นำด่างทับทิมมาละลายน้ำในอัตราส่วน 10 เกล็ด ต่อ น้ำ 3 ลิตร

T4 = เบกกิ้งโซดา นำผงโซเดียมไบคาร์โบเนตมาละลายน้ำ ในอัตราส่วน 1 ช้อนโต๊ะ ต่อน้ำ 3 ลิตร

T5 = ผลิตภัณฑ์ล้างผักและผลไม้ นำผลิตภัณฑ์ล้างผักและผลไม้มาละลายน้ำใน อัตราส่วน 1 ช้อนชา ต่อน้ำ 3 ลิตร

1. ก่อนทำการทดลอง ได้นำเอาน้ำล้างผักแต่ละชนิดที่จะใช้ในการทดลอง มาวิเคราะห์เพื่อดูว่าน้ำล้างผักแต่ละชนิดนั้นมีปริมาณไนเตรทอยู่หรือไม่ โดยการทำให้เกิดสีตามวิธี Salicylic acid ที่อธิบายได้โดย Cataldo *et al.* (1975) ซึ่งมีขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้ นำสารละลายที่ได้ไปทำปฏิกิริยากับ 5% salicylic acid in concentrated H_2SO_4 (w/v) จากนั้นทำให้สารละลายเกิดการพัฒนาของสีโดยปรับสภาพให้เป็นด่าง โดยการเติม 4M NaOH แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนของแสงด้วยเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 410 nm และนำค่าที่ได้ไปคำนวณหาปริมาณไนเตรทเทียบกับ Standard curve ของสารละลายมาตรฐานไนเตรท

2. เก็บผัก 3 ชนิด (คะน้า, ผักบุ้ง และกวางตุ้งฮ่องเต้) จากฟาร์มที่ปลูกโดยไม่ใช้ดินในระบบ DFT ซึ่งปลูกบนโต๊ะปลูกเดียวกัน แล้วนำผักแต่ละชนิดมาแบ่งออกเป็น 5 ส่วน (ผักแต่ละชนิดจะมีน้ำหนักใกล้เคียงกัน) แยกใส่ในตะกร้า 5 ใบ โดยตะกร้าใบที่ 1 เป็นตำรับควบคุม ตะกร้าใบที่ 2 สำหรับล้างด้วยน้ำกรอง ตะกร้าใบที่ 3 สำหรับล้างด้วยด่างทับทิม ตะกร้าใบที่ 4 สำหรับล้างด้วยเบกกิ้งโซดา และ ตะกร้าใบที่ 5 สำหรับล้างด้วยผลิตภัณฑ์ล้างผักและผลไม้

3. แบ่งผักในแต่ละตะกร้าออกเป็น 3 ส่วน (จำนวน 3 ซ้ำ) แล้วนำไปชั่งหาน้ำหนักสด

4. นำผักแต่ละส่วนไปล้างตามตำรับทดลองต่าง ๆ ในข้างต้น

5. เก็บตัวอย่างน้ำที่ผ่านการล้างผักแล้วไว้เพื่อทำการวิเคราะห์หาไนเตรทในน้ำต่อไป

6. นำตัวอย่างผักแต่ละส่วนไปอบในตู้อบที่ 70 ^{0}C จนน้ำหนักแห้งคงที่ แล้วนำตัวอย่างพืชมาชั่งน้ำหนักแห้ง

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

8. วิเคราะห์หาไนเตรทในพืชโดย สกัดตัวอย่างพืชด้วยน้ำกลั่น แล้วนำไปเขย่าที่ 180 rpm นาน 1 ชั่วโมง จากนั้นนำไปเหวี่ยงด้วยเครื่อง Centrifuge ที่ 2500 rpm นาน 15 นาที แล้วนำส่วนสารละลายที่ใสไปวัดหาปริมาณไนเตรทโดยการทำให้เกิดสีตามวิธี Salicylic acid ที่อธิบายได้โดย Cataldo *et al.* (1975) ซึ่งมีขั้นตอนคร่าวๆ 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

9. สำหรับตัวอย่างน้ำที่ได้จากการล้างผัก นำมาวิเคราะห์หาปริมาณไนเตรทโดยวิธี Salicylic acid เช่นเดียวกับการวิเคราะห์ตัวอย่างพืช

10. เก็บข้อมูลพืช ได้แก่ น้ำหนักสด, น้ำหนักแห้ง, ปริมาณไนเตรทในพืช และปริมาณไนเตรทในน้ำที่ผ่านการล้างผัก

11. นำข้อมูลมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และค่าความแตกต่างของข้อมูลทางสถิติ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถานที่ทำการทดลอง

ห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยาทางดิน ภาควิชาปฐพีวิทยา อาคารเจ้าคุณทหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัยระหว่าง เดือนพฤศจิกายน 2548 - เดือนมีนาคม 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

99658

ผลการทดลอง

จากการนำผักชนิดต่างๆ (ผักบุ้ง, กวางตุ้งฮ่องเต้ และผักคะน้า) ไปล้างด้วยกรรมวิธีการต่างๆ ก่อนนำไปปรุงเป็นอาหาร ที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณไนเตรทในผัก ซึ่งผลการทดลองมีดังนี้

ผักบุ้ง

น้ำหนักสดต่อต้น (Fresh weigh) ของผักบุ้งที่นำมาล้างด้วยกรรมวิธีการต่างๆ แสดงในตารางภาคผนวกที่ 1 และในภาพที่ 2 พบว่าน้ำหนักสดเฉลี่ยต่อต้นของผักบุ้งในทุกตำรับการทดลองมีค่าใกล้เคียงกัน ไม่แตกต่างกันในทางสถิติ กล่าวคือมีค่าระหว่าง 10.37-11.21 กรัม/ต้น

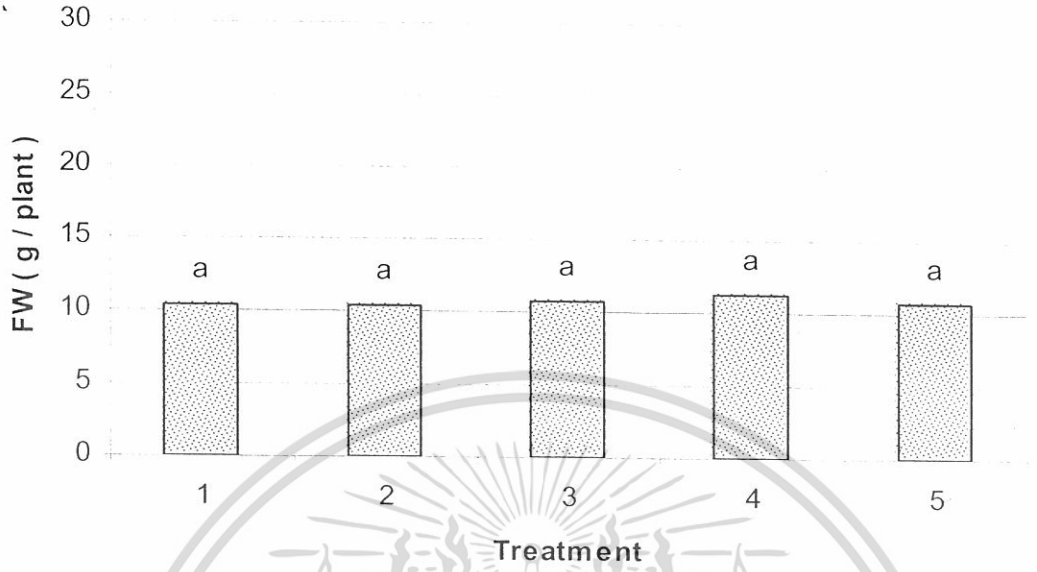
เปอร์เซ็นต์มวลแห้ง (% Dry matter) ของผักบุ้งที่นำมาล้างด้วยกรรมวิธีการต่างๆ แสดงในตารางภาคผนวกที่ 2 และในภาพที่ 3 พบว่าเปอร์เซ็นต์มวลแห้งของผักบุ้งในตำรับการทดลอง T3 มีค่าสูงสุดคือ 6.07 % ซึ่งแตกต่างจากตำรับ T2 (5.70 %) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนตำรับการทดลองอื่นๆ พบว่าเปอร์เซ็นต์มวลแห้งมีค่าใกล้เคียงกัน คือมีค่าระหว่าง 5.77-5.89 %

ความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลแห้ง (NO_3^- concentration in dry matter) ของผักบุ้งที่นำมาล้างด้วยกรรมวิธีการต่างๆ แสดงในตารางภาคผนวกที่ 3 และในภาพที่ 4 พบว่าผักที่นำมาล้างในตำรับ T1 มีความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลแห้งสูงสุด คือ 7.50% ซึ่งแตกต่างจากตำรับ T3 (6.67 %) และ T4 (6.70 %) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนตำรับ T2 และ T5 พบว่ามีความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลแห้ง 6.91 และ 6.89 % ตามลำดับ

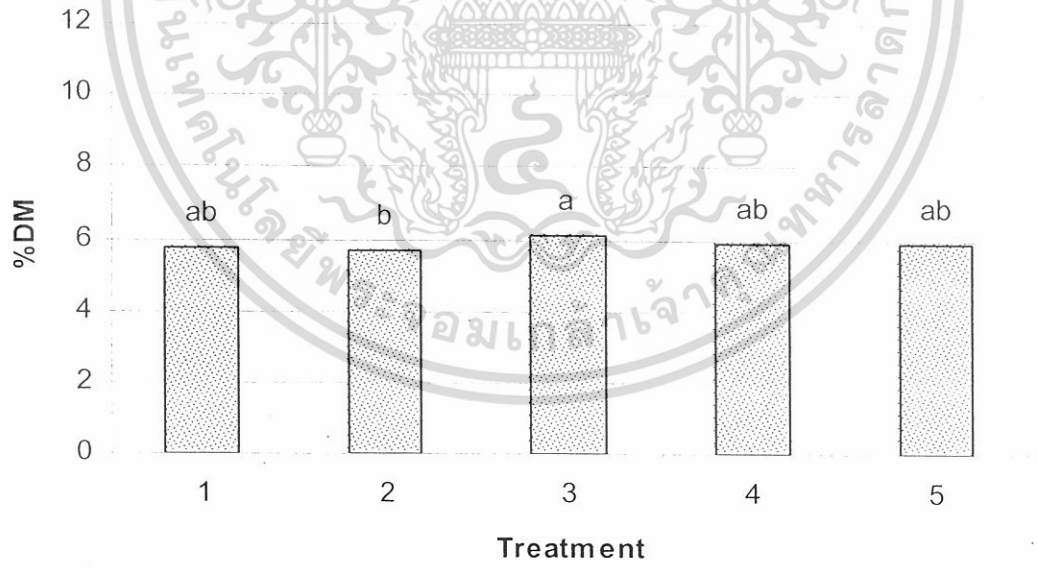
ความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลสด (NO_3^- concentration in fresh matter) ของผักบุ้งที่นำมาล้างด้วยกรรมวิธีการต่างๆ แสดงในตารางภาคผนวกที่ 4 และในภาพที่ 5 พบว่าผักที่นำมาล้างด้วยวิธีการต่างๆ มีความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลสดไม่แตกต่างจากตำรับควบคุมในทางสถิติ แต่มีแนวโน้มว่าตำรับ T2 มีความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลสดต่ำสุด คือ 3,939 มิลลิกรัม NO_3^- /กิโลกรัมมวลสด รองลงมาคือ T4 (3,944), T5 (4,049) และ T3 (4,054) ตามลำดับ ขณะที่ตำรับควบคุม (T1) พบว่ามีความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลสดสูงสุด คือ 4,331 มิลลิกรัม NO_3^- /กิโลกรัมมวลสด

ความเข้มข้นไนเตรทในผัก และในน้ำที่ผ่านการล้าง ในตำรับการทดลองต่างๆ ของผักบุ้ง เมื่อเทียบกับตำรับควบคุม แสดงดังภาพที่ 6 พบว่า เมื่อนำผักไปล้างในตำรับ T5 มีผลทำให้ปริมาณไนเตรทในผักลดลงจากตำรับควบคุม (T1 = 4.33 mg NO_3^-/g ของผัก) มากกว่าการล้างด้วยวิธีการอื่นๆ คือมีปริมาณไนเตรทลดลงจากเดิมเหลือเท่ากับ 3.80 mg NO_3^-/g หรือคิดเป็น 87.77 % ของปริมาณไนเตรททั้งหมดในผัก (ภาพที่ 7) ขณะที่การล้างผักในตำรับ T4 , T3 และ T2 พบว่า มีผลทำให้ปริมาณไนเตรทในผักลดลงจากตำรับควบคุมเหลือ 3.82 mg NO_3^-/g (88.11 %) , 4.05 mg NO_3^-/g

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

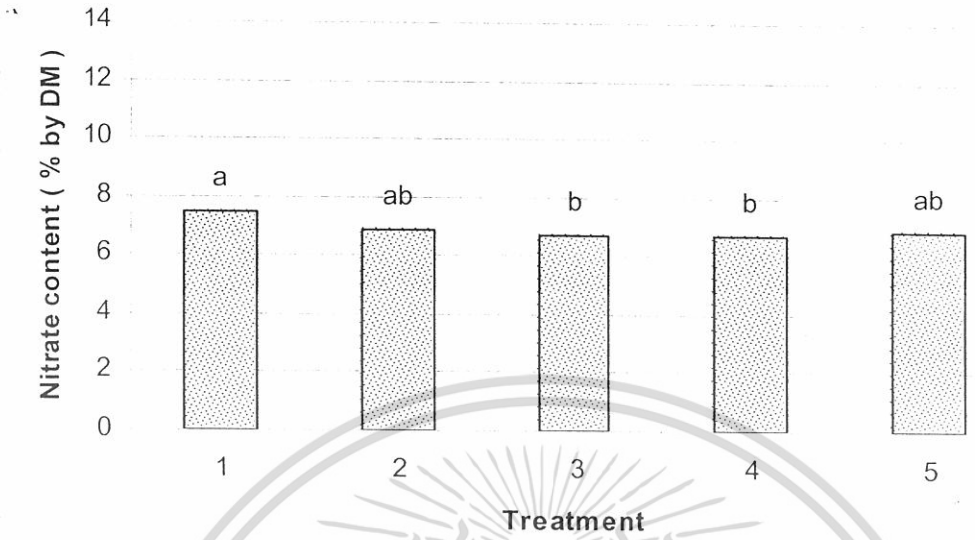


ภาพที่ 2 น้ำหนักสด (กรัม / ต้น) ของผักบุ้งที่นำมาล้างด้วยกรรมวิธีการต่างๆ

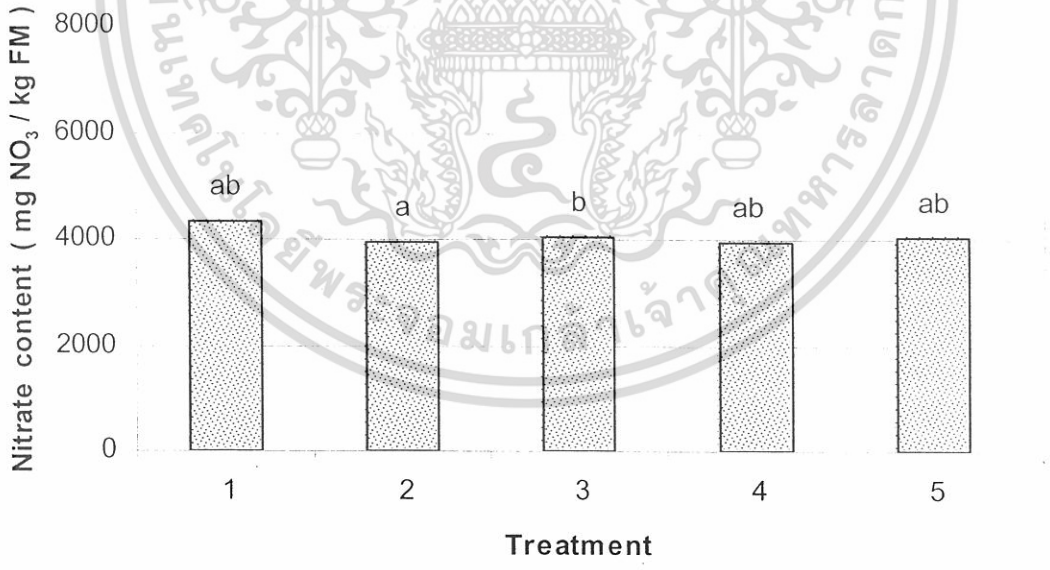


ภาพที่ 3 เปอร์เซ็นต์มวลแห้ง (%) ของผักบุ้งที่ผ่านการล้างด้วยกรรมวิธีการต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



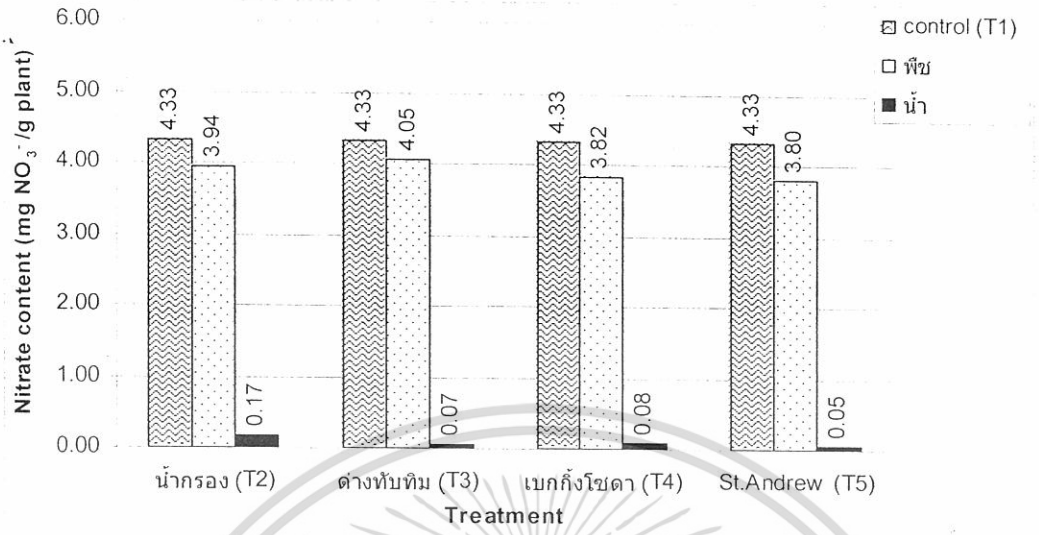
ภาพที่ 4 ความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลแห้ง (%) ของผักบุ้งที่ผ่านการล้างด้วยกรรมวิธีการต่างๆ



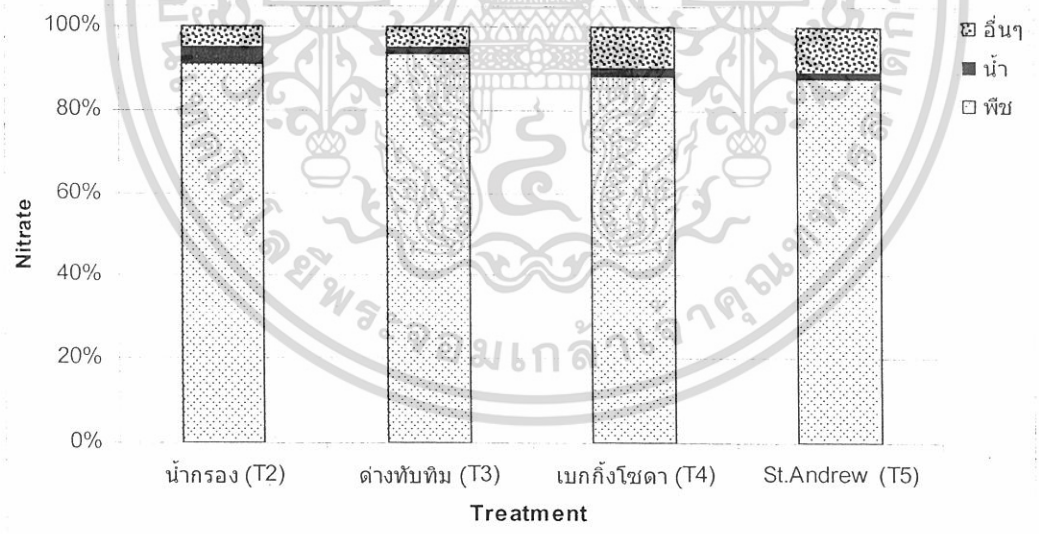
ภาพที่ 5 ความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลสด (มิลลิกรัมไนเตรท / กิโลกรัมมวลสด) ของผักบุ้งที่ผ่านการล้างด้วยกรรมวิธีการต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

21143



ภาพที่ 6 ความเข้มข้นไนเตรท (มิลลิกรัมไนเตรท /กรัมของพืช) ที่มีในผักบุ้ง และในน้ำล้างผัก ที่ผ่านการล้างด้วยกรรมวิธีการต่างๆ เมื่อเทียบกับตำรับควบคุม (T1)



ภาพที่ 7 ร้อยละของปริมาณไนเตรท (%) ที่มีอยู่ในผักบุ้ง และในน้ำล้างผัก ที่ผ่านการล้างด้วยกรรมวิธีการต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(93.62 %) และ 3.94 mg NO_3^-/g (90.98 %) ตามลำดับ และเมื่อวิเคราะห์ปริมาณไนเตรทในน้ำ ที่นำผักไปล้างในตำรับทดลองต่าง ๆ พบว่า ปริมาณไนเตรทในน้ำของตำรับ T2 มีค่ามากสุดคือ 0.17 mg NO_3^-/g (3.98 %) ขณะที่น้ำในตำรับ T4 , T3 และ T5 พบว่ามีปริมาณไนเตรท 0.08 mg NO_3^-/g (1.80 %) , 0.07 mg NO_3^-/g (1.52 %) และ 0.05 mg NO_3^-/g (1.15 %) ตามลำดับ

ผักกวางตุ้งฮ่องเต้

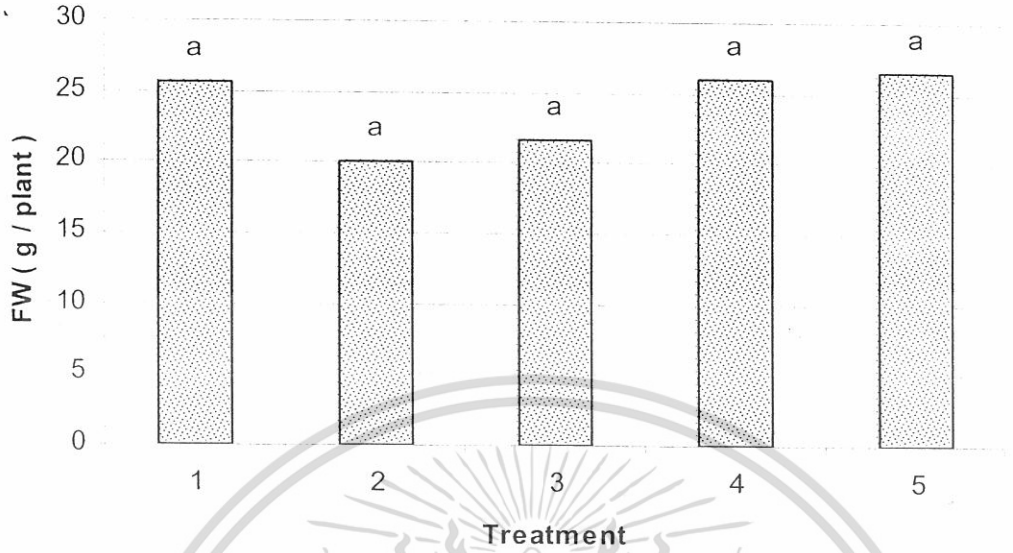
น้ำหนักสดต่อต้น (Fresh weigh) ของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ที่นำมาล้างด้วยกรรมวิธีการต่างๆ แสดงในตารางภาคผนวกที่ 5 และในภาพที่ 8 พบว่าน้ำหนักสดเฉลี่ยต่อต้นของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ในทุกตำรับการทดลองมีค่าใกล้เคียงกัน ไม่แตกต่างกันในทางสถิติ กล่าวคือมีค่าระหว่าง 20.05 - 26.52 กรัม/ต้น

เปอร์เซ็นต์มวลแห้ง (% Dry matter) ของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ที่นำมาล้างด้วยกรรมวิธีการต่างๆ แสดงในตารางภาคผนวกที่ 6 และในภาพที่ 9 พบว่าเปอร์เซ็นต์มวลแห้งของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ในแต่ละตำรับการทดลองมีค่าใกล้เคียงกัน ไม่แตกต่างกันในทางสถิติ กล่าวคือมีค่าระหว่าง 4.60 - 4.90 %

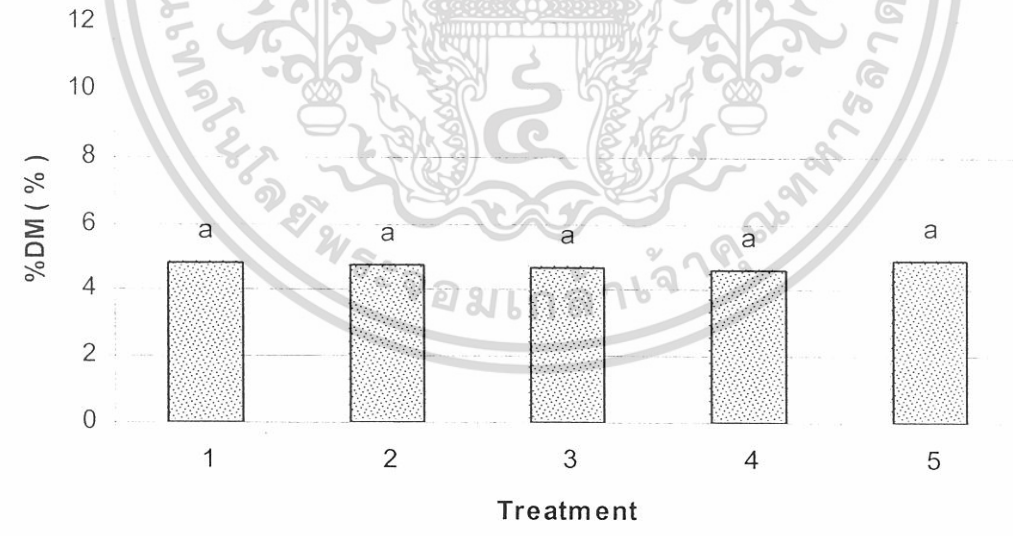
ความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลแห้ง (NO_3^- concentration in dry matter) ของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ที่นำมาล้างด้วยกรรมวิธีการต่างๆ แสดงในตารางภาคผนวกที่ 7 และในภาพที่ 10 พบว่าผักกวางตุ้งฮ่องเต้ที่นำมาล้างในตำรับ T3 มีความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลแห้งต่ำที่สุด คือ 6.92 % ซึ่งแตกต่างจากตำรับอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ขณะที่ตำรับการทดลองอื่นๆ พบว่ามีค่าความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลแห้งไม่แตกต่างจากตำรับควบคุม ในทางสถิติ โดยมีค่าระหว่าง 11.68-11.93 %

ความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลสด (NO_3^- concentration in fresh matter) ของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ที่นำมาล้างด้วยกรรมวิธีการต่างๆ แสดงในตารางภาคผนวกที่ 8 และในภาพที่ 11 พบว่าผักกวางตุ้งฮ่องเต้ที่นำมาล้างในตำรับ T3 มีความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลสดต่ำสุด คือ 3,237 มิลลิกรัม NO_3^- / กิโลกรัมมวลสด ซึ่งแตกต่างจากตำรับอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนตำรับการทดลองอื่นๆ พบว่ามีความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลสดไม่แตกต่างจากตำรับควบคุมในทางสถิติ แต่มีแนวโน้มว่าในตำรับ T4 มีความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลสดต่ำกว่าตำรับควบคุม คือมีค่า 5,450 และ 5,706 มิลลิกรัม NO_3^- /กิโลกรัมมวลสด ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

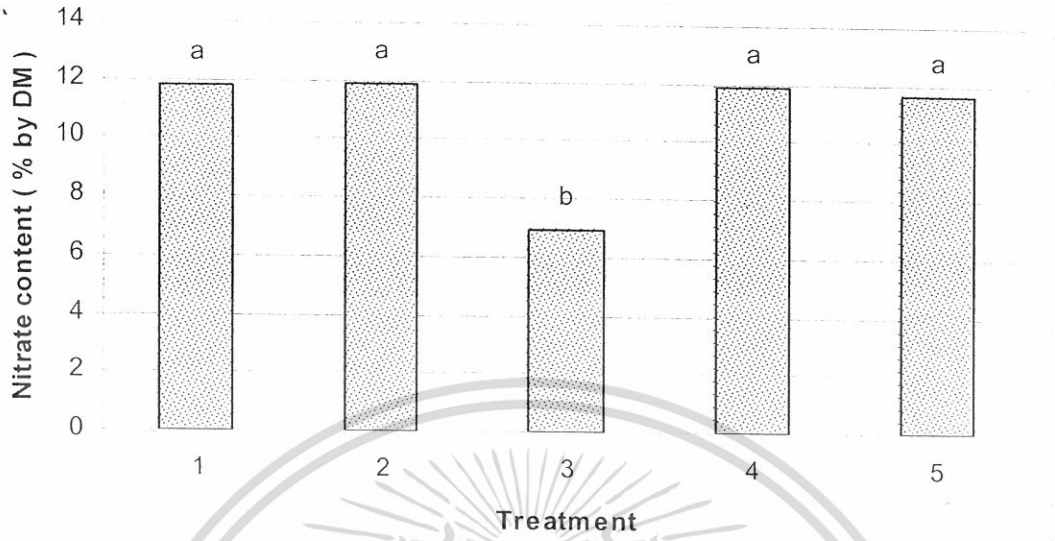


ภาพที่ 8 น้ำหนักสด (กรัม / ต้น) ของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ที่นำมาล้างด้วยกรรมวิธีการต่างๆ

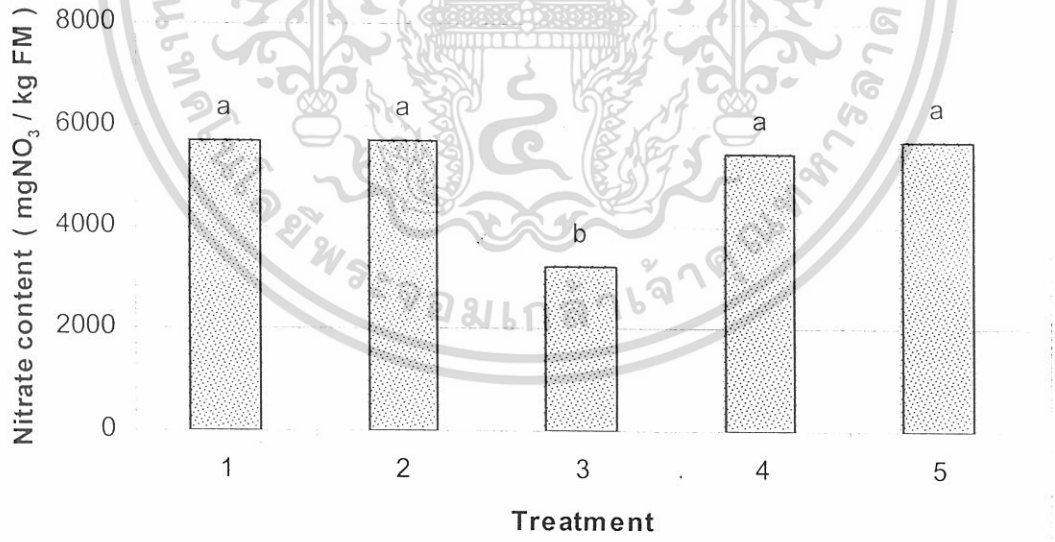


ภาพที่ 9 เปอร์เซ็นต์มวลแห้ง (%) ของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ที่ผ่านการล้างด้วยกรรมวิธีการต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 10 ความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลแห้ง (%) ของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ที่ผ่านการล้างด้วยกรรมวิธีการต่างๆ



ภาพที่ 11 ความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลสด (มิลลิกรัมไนเตรท / กิโลกรัมมวลสด) ของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ที่ผ่านการล้างด้วยกรรมวิธีการต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเข้มข้นไนเตรทในผัก และในน้ำที่ผ่านการล้าง ในตำรับการทดลองต่างๆ ของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ เมื่อเทียบกับตำรับควบคุม แสดงดังภาพที่ 12 พบว่าเมื่อนำผักไปล้างในตำรับ T3 มีผลทำให้ปริมาณไนเตรทในผักลดลงจากตำรับที่ล้างในตำรับ (T1 = 5.71 mg NO_3^-/g ของผัก) มากกว่าวิธีการอื่นๆ คือมีปริมาณไนเตรทลดลงจากเดิมเหลือเท่ากับ 3.24 mg NO_3^-/g หรือคิดเป็น 56.69 % ของปริมาณไนเตรททั้งหมดในผัก (ภาพที่13) และในตำรับ T4 และ T2 มีผลทำให้ปริมาณไนเตรทในผักลดลงจากเดิมเหลือ 5.45 mg NO_3^-/g (95.45 %) และ 5.69 mg NO_3^-/g (99.66 %) ตามลำดับ ขณะที่การล้างในตำรับ T5 มีปริมาณไนเตรทในผักเท่ากับในตำรับ T1 และเมื่อวิเคราะห์ปริมาณไนเตรทในน้ำที่นำผักไปล้างในตำรับทดลองต่าง ๆ พบว่า ปริมาณไนเตรทในน้ำของตำรับ T5 มีค่ามากสุดคือ 0.12 mg NO_3^-/g (2.10 %) ขณะที่น้ำในตำรับ T2 และ T3 พบว่ามีปริมาณไนเตรทเท่ากันคือ 0.1 mg NO_3^-/g (1.78 %) และ ในตำรับ T4 พบว่ามีปริมาณไนเตรท 0.06 mg NO_3^-/g (1.02 %) ตามลำดับ

ผักคะน้า

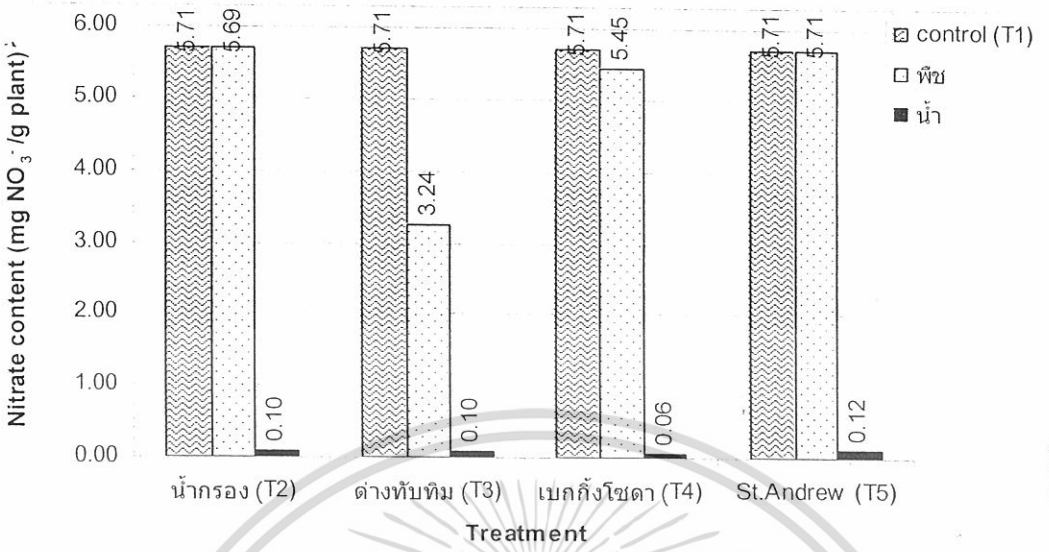
น้ำหนักสดต่อต้น (Fresh weigh) ของผักคะน้าที่นำมาล้างด้วยกรรมวิธีการต่างๆ แสดงในตารางภาคผนวกที่ 9 และในภาพที่ 14 พบว่าน้ำหนักสดเฉลี่ยต่อต้นของผักคะน้าในทุกตำรับการทดลองมีค่าใกล้เคียงกัน ไม่แตกต่างกันในทางสถิติ กล่าวคือมีค่าระหว่าง 16.92 – 24.46 กรัม/ต้น

เปอร์เซ็นต์มวลแห้ง (% Dry matter) ของผักคะน้าที่นำมาล้างด้วยกรรมวิธีการต่างๆ แสดงในตารางภาคผนวกที่ 10 และในภาพที่ 15 พบว่าเปอร์เซ็นต์มวลแห้งของผักคะน้าในตำรับการทดลอง T5 มีค่าสูงสุดคือ 6.81 % ซึ่งแตกต่างจากตำรับ T3 (6.45 %) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนตำรับการทดลองอื่นๆ พบว่าเปอร์เซ็นต์มวลแห้งมีค่าใกล้เคียงกัน คือมีค่าระหว่าง 6.59-6.71 %

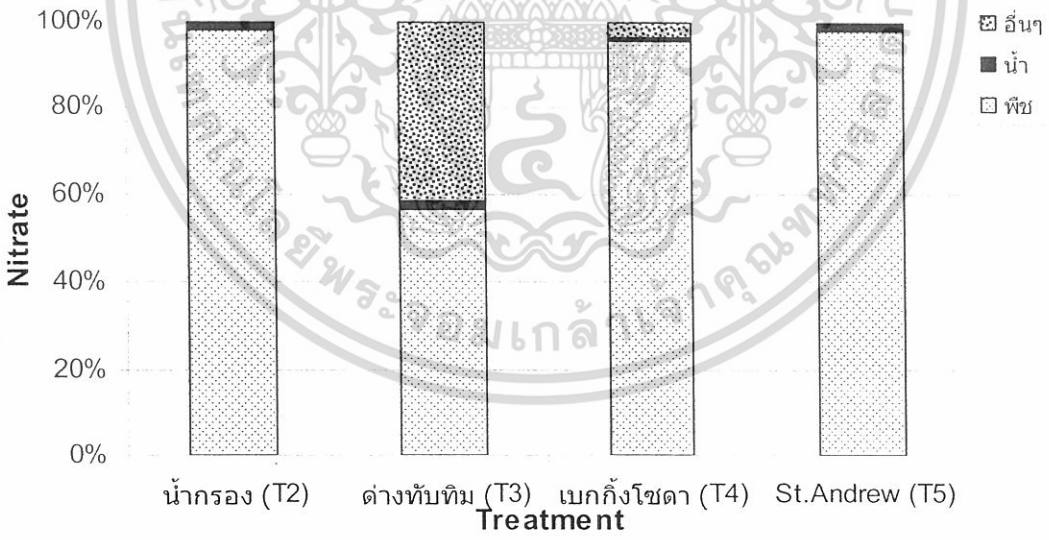
ความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลแห้ง (NO_3^- concentration in dry matter) ของผักคะน้าที่นำมาล้างด้วยกรรมวิธีการต่างๆ แสดงในตารางภาคผนวกที่ 11 และในภาพที่ 16 พบว่าผักคะน้าที่นำมาล้างในตำรับ T3 มีความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลแห้งต่ำสุด คือ 6.34 % ซึ่งแตกต่างจากตำรับอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนในตำรับการทดลองอื่นๆ พบว่ามีความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลแห้งต่ำกว่าตำรับควบคุม (8.47 %) คือมีค่าระหว่าง 7.83-8.26 % อย่างไรก็ตามค่าดังกล่าวไม่แตกต่างกันในทางสถิติ

ความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลสด (NO_3^- concentration in fresh matter) ของผักคะน้าที่นำมาล้างด้วยกรรมวิธีการต่างๆ แสดงในตารางภาคผนวกที่ 12 และในภาพที่ 17 พบว่าผักคะน้าที่นำมาล้างในตำรับ T3 มีความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลสดต่ำสุด คือ 4,089 มิลลิกรัม NO_3^- /กิโลกรัมมวลสด ซึ่งแตกต่างจากตำหรับอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนในตำรับการทดลองอื่นๆ พบว่ามีความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลแห้งต่ำกว่าตำรับควบคุม (5,677) คือมีค่าระหว่าง 5,168-5,488 มิลลิกรัม NO_3^- / กิโลกรัมมวลสด อย่างไรก็ตามค่าดังกล่าวไม่แตกต่างกันในทางสถิติ

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

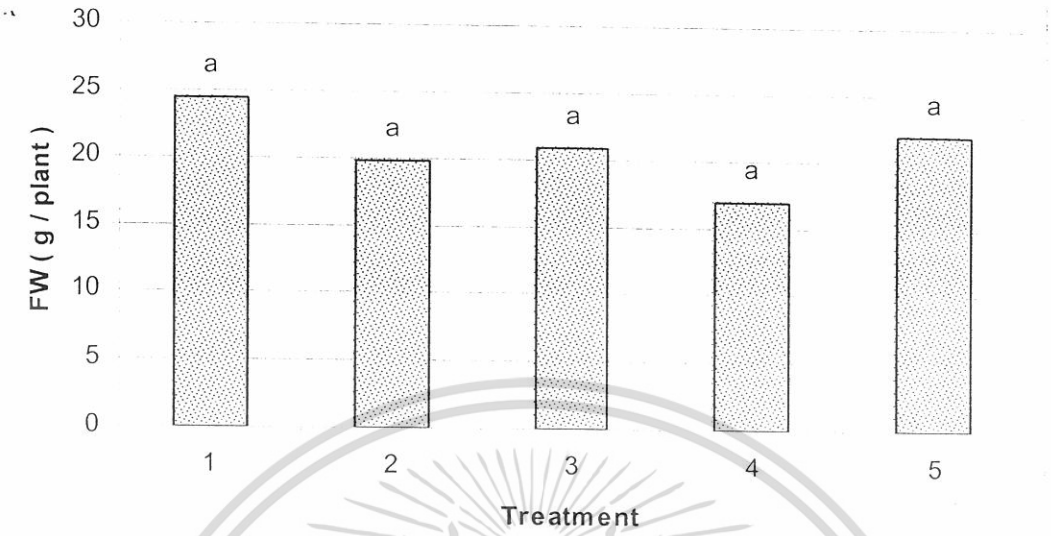


ภาพที่ 12 ความเข้มข้นไนเตรท (มิลลิกรัมไนเตรท /กรัมของพืช) ที่มีในผักกวางตุ้งฮ่องเต้ และในน้ำล้างผัก ที่ผ่านการล้างด้วยกรรมวิธีการต่างๆ เมื่อเทียบกับตำรับควบคุม (T1)

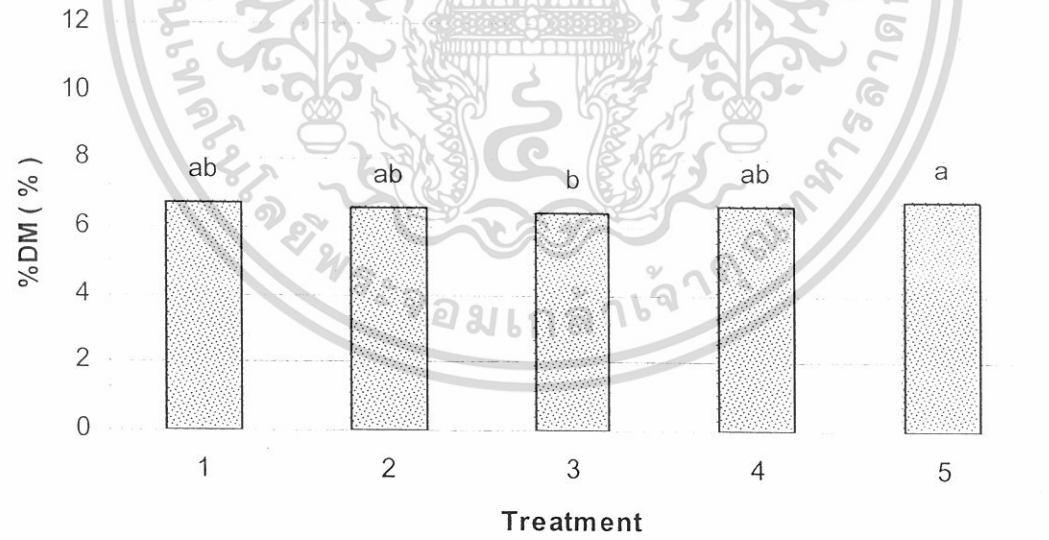


ภาพที่ 13 ร้อยละของปริมาณไนเตรท (%) ที่มีอยู่ในผักกวางตุ้งฮ่องเต้ และในน้ำล้างผัก ที่ผ่านการล้างด้วยกรรมวิธีการต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

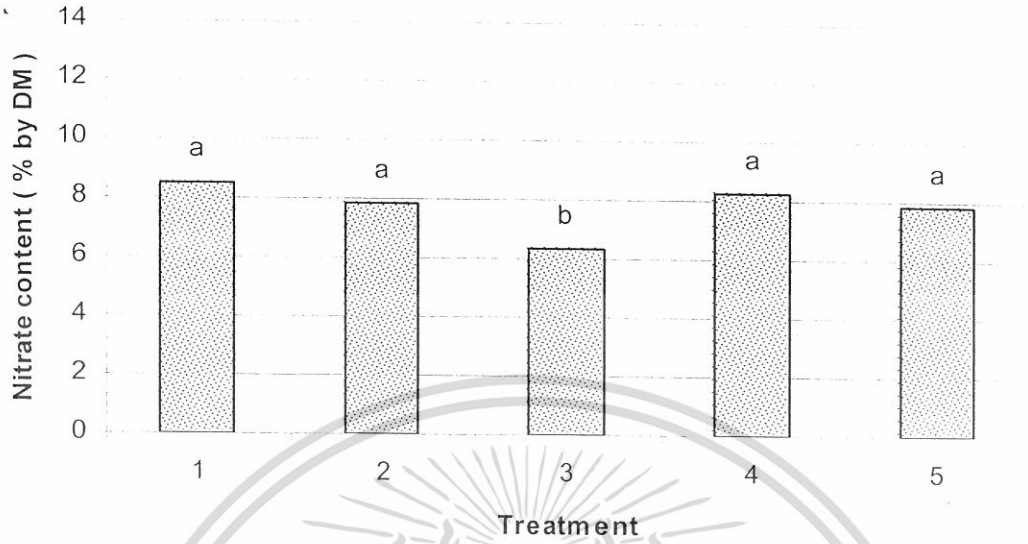


ภาพที่ 14 น้ำหนักสด (กรัม / ต้น) ของผักคะน้าที่นำมาล้างด้วยกรรมวิธีการต่างๆ

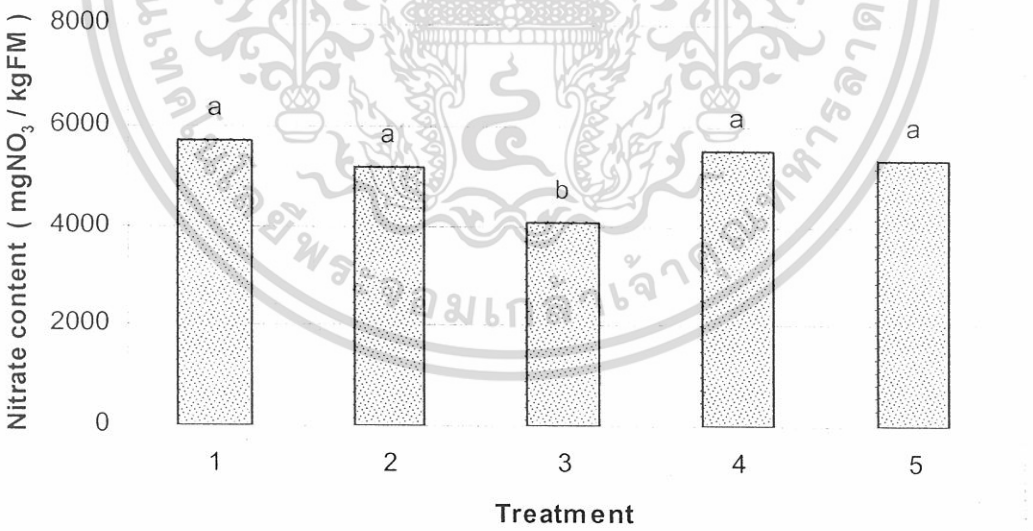


ภาพที่ 15 เปอร์เซ็นต์มวลแห้ง (%) ของผักคะน้าที่ผ่านการล้างด้วยกรรมวิธีการต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 16 ความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลแห้ง (%) ของผักคะน้าที่ผ่านการล้างด้วยกรรมวิธีการต่างๆ

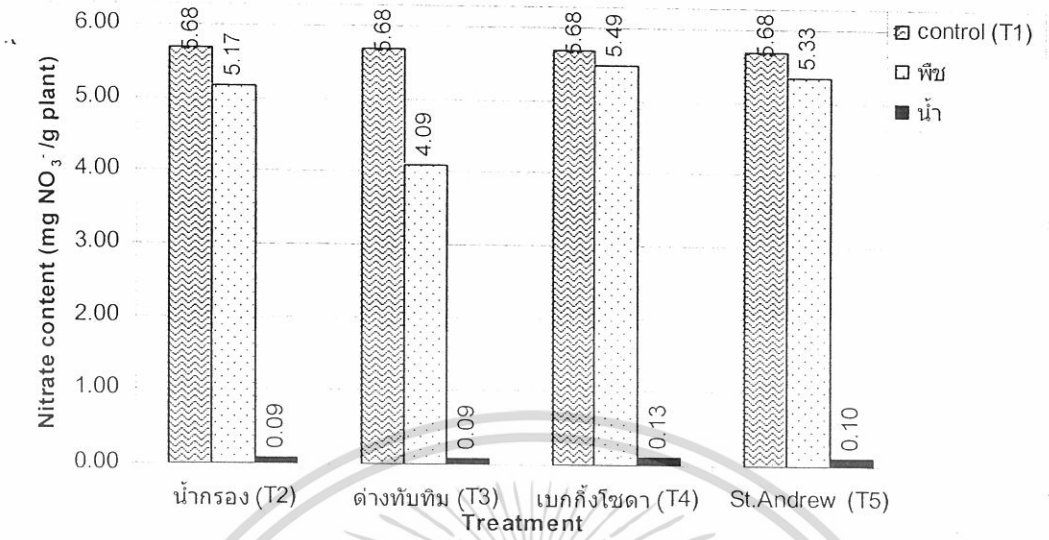


ภาพที่ 17 ความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลสด (มิลลิกรัมไนเตรท / กิโลกรัมมวลสด) ของผักคะน้าที่ผ่านการล้างด้วยกรรมวิธีการต่างๆ

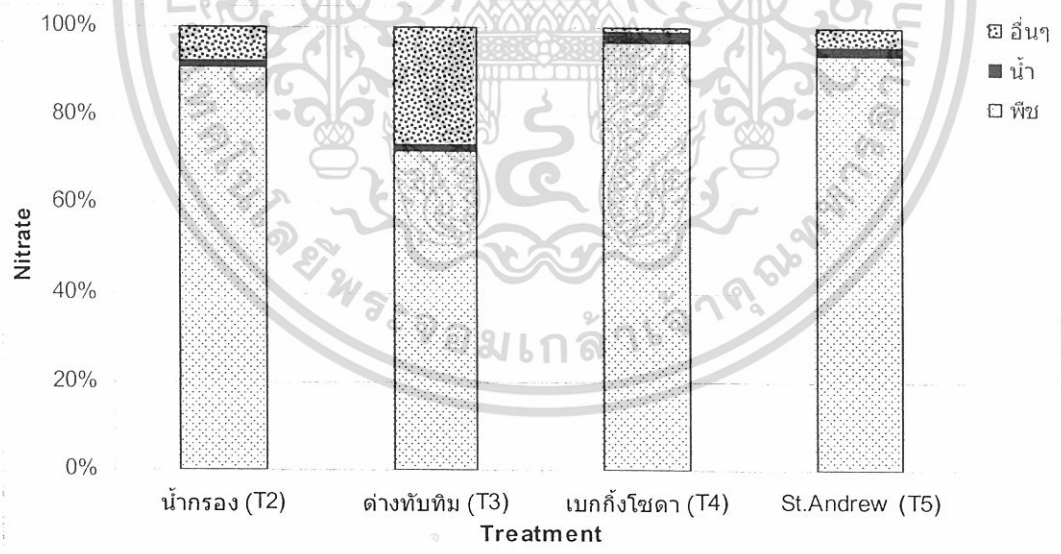
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเข้มข้นไนเตรทในผัก และในน้ำที่ผ่านการล้าง ในตำรับการทดลองต่างๆ ของผักคะน้า เมื่อเทียบกับตำรับควบคุม แสดงดังภาพที่ 18 พบว่าเมื่อนำผักไปล้างในตำรับ T3 มีผลทำให้ปริมาณไนเตรทในผักลดลงจากตำรับที่ล้างในตำรับ (T1 = 5.68 mg NO_3^-/g ของผัก) มากกว่าวิธีการอื่นๆ คือมีปริมาณไนเตรทลดลงจากเดิมเหลือเท่ากับ 4.09 mg NO_3^-/g หรือคิดเป็น 71.99 % ของปริมาณไนเตรททั้งหมดในผัก (ภาพที่ 19) ขณะที่การล้างในตำรับ T4 , T5 และ T2 มีผลทำให้ปริมาณไนเตรทในผักลดลงจากเดิมเหลือ 5.49 mg NO_3^-/g (96.61 %) , 5.33 mg NO_3^-/g (93.87 %) และ 5.17 mg NO_3^-/g (90.98 %) ตามลำดับ และเมื่อวิเคราะห์ปริมาณไนเตรทในน้ำที่นำผักไปล้างในตำรับทดลองต่าง ๆ พบว่า ปริมาณไนเตรทในน้ำของตำรับ T4 มีค่ามากสุดคือ 0.13 mg NO_3^-/g (2.25 %) ขณะที่น้ำในตำรับ T5 พบว่ามีปริมาณไนเตรท 0.10 mg NO_3^-/g (1.80 %) ส่วนน้ำในตำรับ T3 และ T2 พบว่ามีปริมาณไนเตรทเท่ากันคือ 0.09 mg NO_3^-/g

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 18 ความเข้มข้นไนเตรท (มิลลิกรัมไนเตรท /กรัมของพืช) ที่มีในผักคะน้า และในน้ำล้างผัก ที่ผ่านการล้างด้วยกรรมวิธีการต่างๆ เมื่อเทียบกับตำรับควบคุม (T1)



ภาพที่ 19 ร้อยละของปริมาณไนเตรท (%) ที่มีอยู่ในผักคะน้าและในน้ำล้างผัก ที่ผ่านการล้างด้วยกรรมวิธีการต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดลองจะเห็นได้ว่า ปริมาณไนเตรทในน้ำล้างผักแต่ละชนิด ภายหลังจากการล้างผักชนิดต่างๆ แล้ว พบว่ามีปริมาณไนเตรทไม่แตกต่างกันมาก แสดงว่าน้ำล้างผักแต่ละชนิดนั้นไม่มีผลต่อการละลายออกมาของไนเตรท จึงไม่ทำให้ปริมาณไนเตรทในพืชลดต่ำลง ขณะที่ Dejonckheere *et al.* (1994) พบว่าการล้างผักใบโดยการให้น้ำก๊อกไหลผ่านนั้น มีผลให้ความเข้มข้นไนเตรทในตัวผักนั้นลดลงประมาณ 10 – 15 % และเมื่อตัดแยกใบผักออกจากแกนกลางต้นก่อนที่จะทำการล้างก็จะมีผลให้ความเข้มข้นไนเตรทในตัวผักนั้นลดลงถึง 30–35 % ทั้งนี้เนื่องจากไนเตรทสามารถละลายน้ำได้ดี และผู้บริโภคสามารถลดอันตรายจากไนเตรทได้ โดยการชะล้างผักด้วยน้ำ (กุลชลี, 2525) นอกจากนี้กระบวนการปรุงอาหารด้วยความร้อน ด้วยการลวก การต้ม การนึ่ง การผัด สามารถลดไนเตรทได้ 40-60 % (สุวรรณา, 2547) และเมื่อทำการต้มผักควรใช้น้ำต้มในปริมาณมาก หลังจากนั้นควรเทน้ำต้มผักทิ้งไป ซึ่งจะเป็นการลดปริมาณไนไตรท์ในผักลงได้ (Mottram *et al.* , 2002)

สรุปผลการทดลอง

จากผลการนำผักชนิดต่างๆ (ผักบุ้ง, ผักกวางตุ้งฮ่องเต้ และ ผักคะน้า) มาล้างด้วยวิธีการต่าง ๆ ที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณไนเตรท ของผักที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารในระบบ DFT (Deep Flow Technique) พบว่า การล้างผักด้วยด่างทับทิม (T3) มีผลทำให้ความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลแห้ง และ ความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลสด ของผักชนิดต่างๆ มีค่าลดลงแตกต่างจากการล้างด้วยน้ำก๊อก (ตำรับควบคุม หรือ T1) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้นความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลสดของผักบุ้ง ซึ่งพบว่า มีค่าไม่แตกต่างจากตำรับควบคุมในทางสถิติ ส่วนการล้างผักด้วยวิธีการอื่นๆ พบว่ามีค่าไม่แตกต่างจากตำรับควบคุมในทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2547. ฝ่ายตรวจวิเคราะห์สารเคมีและบริการเครื่องมือ กองป้องกันและกำจัดศัตรูพืช กรมส่งเสริมการเกษตร.

กุลชลี งามจี้. 2525. การหาความเข้มข้นของไนเตรทในผักบางชนิดจากตลาด 3 แห่งในกรุงเทพมหานคร, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 95 น.

งานสารพิษ. 2531. ไนเตรท ไนไตรท์ และสารประกอบเอ็น-ไนโตรโซ. กองมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อม. สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ.

จินดารัตน์ โพธิมามกะ. 2516. การหาปริมาณความต้องการธาตุอาหารของผักบางชนิดจากปริมาณธาตุอาหารที่สะสมในส่วนต่างๆของพืช. กรุงเทพฯ: วิทยานิพนธ์ปริญญาโท , มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ไมตรี สุทธจิตต์. 2522. สารพิษในสิ่งแวดล้อมและการเกิดมะเร็ง. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

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

สมศักดิ์ วังใน. 2515. ปุ๋ยไนโตรเจนเป็นพิษได้อย่างไร. วารสารวิทยาศาสตร์การเกษตร.5(6):545-548.

Archer, M. C. and S. R. Tannenbaum. 1973. Nitrosation in environment: Can it occur. Science. 179:97.

Barker, A. V. and D. N. Maynard. 1972. Cation and nitrate accumulation in pea and cucumber plants as influenced by nitrogen nutrition. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 97:27-30.

Barker, A. V. , N. H. Pect and G. E. McDonald. 1971. Nitrate accumulation in vegetables. I. Spinach grown in upland soils. Agron. J. 63:126-129.

Barker, A. V. , D. N. Maynard and H. A. Mills. 1974. Variation in nitrate accumulation among spinach cultivars. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 99:132-134.

Barnett, A. J. G. 1953. The reduction of nitrate in mixtures of minced grass and water. J. Sci. Food Agric. 4: 92-96.

Bassioni, N. H. 1971. Factors affecting critical nutrient concentration in plants and their evaluation: A review. Soil Science. 112: 116-130.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Bate, T. E. 1971. Factors affecting critical nutrient concentration in plant and their evaluation: A Review. Soil Science. 112: 116-130.

Bednar, C. M. , C. Kies. and M. Calson. 1991 . Nitrate-Nitrite levels in commercially processd and home processed beets and spinach. Plant Foods of Human Nutrition, 41: 261-268.

Breniman, G. W. , A. L. Neumann, G. S. Smith and H. A. Jordan. 1961. Nitrate and nitrite contents of corn forages and silages as influenced by nitrogen fertility, seeding rate, and various silage additives. J. Anim. Sci. 20:684.

Brown, J. R. and G. E. Smith. 1966. Soil fertilization and nitrate accumulation in vegetables. Agron. J. 58: 209-212.

Burden, E. H. J. 1961. The toxicology of nitrate and nitrite with particular reference to the potability of water supplies. Analyst. 86: 429-433.

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

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

Cantilffe, D. J. 1972a. Nitrate accumulation in spinach grown at difference temperatures. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 97: 152-154.

_____. 1972b. Nitrate accumulation in spinach grown at difference light intensities. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 97: 152-154.

_____. 1972c. Nitrate accumulation in vegetables crobs as affected by photoperiod and light duration. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 97: 414-418.

_____. 1973. Nitrate accumulation in table beets and spinach as affected by nitrogen, phosphorus, and potassium nutrition and light intensity. Agron. J. 65: 563-565.

Chiang, N. , N. Lee. , C. Chen and C. Yeh. 1963. The effect of postharvest treatment or decay in loose skin. Nat'l. Taiwan Univ. Coll. Agri. Spec. Publ. No.11.

Chiang, N. and N. Lee. 1963. The effect of washing and chemical treatment upon the rates of respiration and decay of detached bananas. Nat'l. Taiwan Univ. Coll. Agri. Spec. Publ. No. 13.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Dejonckheere, W., W. Steurbaut., S. Drieghe., R. Verstraeten. and H. Braeckman. 1994. Nitrate in food commodities of vegetable origin and the total diet in Belgium (1992-1993). Microbiologie Aliments Nutriton 12: 359-370.

Denum, B. 1971. Climate, nitrogen and grass. 3. Some effects of light intensity on nitrogen metabolism. Neth. J. Agric. Sci. 19: 184-188.

Evans, H. J. and N. S. Hall. 1955. Association of molybdenum with nitrate reduction from soybean leaves. Science. 122: 922-923.

Ezeagu, I. E. and M. A. Fafunso. 1995 . Effect of wilting and processing on nitrate and nitrite contents of Some Nigerian leaf vegetable. Nutrition and health, 10(3): 269-275.

Farrow, R. P. , J. H. Johnson , W. A. Gould and J. E. Charbonneau. 1971. Detinning in canned tomatoes caused by accumulations of nitrate in fruits. J. Food Sci. 36: 341-345.

Frota, J. N. E. and T. C. Tucker. 1972. Temperature influence on ammonium and nitrate absorption by lettuce. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 36: 97-100.

George, J. R. , C. L. Rhykerd and C. H. Noller. 1971. Effect of light intensity, temperature, nitrogen, and stage of growth on nitrate accumulation and dry matter production of sorghum sudangrass hybrid. Agro. J. 63: 413-415.

Gupta, K. and D. S. Wagle. 1988 . Nutritional and antinutritional factors of green leafy vegetables. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 36: 472-474.

Hageman, R. H. and D. Flasher. 1960. Nitrate reductase activity in corn seedlings as affected by light and nitrate content of nutrient media. Plant Physiol. 35: 700-708.

Hewitt, E. J. 1975. Assimilatory nitrate-nitrite reduction. Ann. Rev. Plant Physiol. 26: 73-100.

Hills, F. J. , R. L. Sailsbery, A. Ulrich and K. M. Sipitanos. 1970. Effect of phosphorus on nitrate in sugar beet (*Belta vulgaric* L.). Agron. J. 62: 91-93.

Hoff, J. E.and G. E. Wilcox. 1970. Accumulation of nitrate in tomato fruit and its effect on detinning. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 95: 92-94.

Holst, W. O. , D. R. Cornelius. and A. Ulrich. 1970. Nitrogen nutrition and growth relation of tall and intermediate wheat grasses. Agron. J. 90: 349-352.

Jackson, W. A. , J. S. Steel and V. R. Boswell. 1967. Nitrates in edible vegetables and vegetable product. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 90: 349-352.

Keeney, D. R. 1970. Nitrate in plant and water. J. of Milk and Food Teachnology. 33:425-432.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Knipmeyer, J. W. , R. H. Hageman, E. B. Early and R. D. Seif. 1962. Effect of light intensity on certain metabolites of the corn plant (*Zea mays* L.). Crop. Sci. 2: 1-5.

Locascio, S. J. , W. J. Wiltbank. , D. D. Gull. and D. N. Maynard. 1984. Fruit and vegetable quality as effected by Nitrogen nutritional. pp. 617-626. *In* Roland D. Hauck (editor) Nitrogen in Crop Production. American Society of Agronomy Inc. , Madison.

Maynard, D. N. , A. V. Barker, P. L. Minotti and N.H. Pect. 1972. Nitrate accumulation in vegetables. Adv. Agron. 28: 71-118.

Maynard, D. N. and A. V. Barker. 1972. Nitrate content of vegetable crops. HortScience. 7:224-226.

_____. 1974. Nitrate accumulation in spinach as influenced by leaf type. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 99: 135-138.

Mcnamara, A. S. , L. A. Klepper and R. H. Hageman. 1971. Nitrate content of seeds of certain crop plants, vegetables, and weeds. J. Agr. Food Chem. 19: 540-542.

Merkel, D. , H. H. Witt and A. Jungk. 1975. Effect of molybdenum on the cation-anion balance of tomato plant at different nitrogen nutrition. Plant and Soil. 42: 131-143.

Miflin, B. J. 1967. Distribution of nitrate and nitrite Reductase in Barley. Nature. 214: 1133-1134.

Minotti, P. L. , D. C. Williams and W. A. Jackson. 1968. Nitrate uptake and reduction as effect by calcium and potassium. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 26: 1081-1082.

Mottram,Ds.,Brownislaw, L.W., O. Dodson, A.T. 2002. Acrylamide is formed in the maillard reaction-Nature 419.
http://www.pantown.com/content.php?id=3696&name=content9

Mozolewski, W. and S. Smoczyński. 2004. Effect of Culinary processes on the content of Nitrate and Nitrite in Potato. Pakistan Journal of Nutririon 3(6) :357-361.

Nightingale, G. T. 1948. The nitrogen nutrition of green plants. II. Bot. Rev. 15: 185-221.

Osawa, T. and O. A. Lorenz. 1967. Effect of nitrate and phosphorus level in nutrient solution on growth of vegetables crops. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 92: 595-602.

Pantastico, Er. B. 1975. Postharvest physiology, handling and utilization of tropical and subtropical fruits and vegetables. Westport. CT : AVI. 560p.

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Phillips, W. E. J. 1968. Changes in the nitrate and nitrite content of fresh and spinach during storage. J. Agric. Food Chem. 16: 88-91.

_____. 1971. Natural occurring nitrate and nitrite in foods in relation to infant Methemoglobinemia. Fd. Cosmet. Toxical. 9:219-228.

Regan, W. S. , V. N. Lambeth, J. R. Brown and D. G. Blevins. 1968. Fertilization interrelationships on yield, nitrate and oxsalic acid content of spinach. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 93: 485-492.

Ryan, M. , W. F. Wedin and W. B. Bryan. 1972. Nitrate-N levels of perennial grasses as affected by time and level of nitrogen application. Agron. J. 64: 165-168.

Sasakawa, H. amd Y. Yamamoto. 1979. Effect of red, far red. And blue light on enhancement of nitrate reductase activity and on nitrate uptake in etiolate rice seedling. Plant Physiol. 63: 1098-1101.

Seginer, I. 1998. Nitrate concentration in greenhouse lettuce : A Modeling Study. Acta Hort. Vol. 456: 189-197.

Sistrunk, W. A. and J. N. Cash. 1975. Spinach quality attributes and nitrate-nitrate levels as relate to processing and storage. Journal of the American Society for Horticutural Science. 100(3): 307-309.

Smith and Wood. 1993. Molecular and Cell Biochemistry: Biosynthesis. Cassell. London. UK.

Smith, G. S. , E. E. Hatfield. , W. M. Durdle. and A. L. Neumann. 1962. Vitamin A status of cattle and sheep as affected by nitrate added to rations of hay or silage and by some supplementation with carotene or preformed vitamin A. J. Anim. Sci. 21:1013.

Smittle, D. A. and L. E. Scott. 1969. Internal can corrosion by processed sweet potatoes as affected by phenolase activity and nitrate concentration. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 94: 694-654.

Terman, G. L. , J. C. Noggle and C. M. Hunt. 1976. Nitrate-N and total N concentration relationships in several plant species. Agron. J. 68: 556-560.

Thompson, B. D. and C. H. Van Middelen. 1955. The removal of Toxaplane and Parathion residues from tomatoes, green beens, celery and mustard with detergent. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 65: 357.

Van De Plasse, J. B. 1961. Washing apples. Fruitteett. 51: 399.

Viets, F. G. , Jr. and R. H. Hageman. 1971. Factors affecting the accumulation of nitrate in soil, water, and plants. Agricultural Handbook No. 413. U. S. Dept. of Agriculture. Washington, D. C.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Wadleigh. C. H. and J. W. Shire. 1939. Base content of complaints as ifluenced by pH of substrate And from of N supply. Soil Science 47:273-283.

Water, X. B. and M. W. King. 1995. Examination and Board review biochemistry.

Wilson, J. K. 1949. Nitrate in food and its relation to health. Agron. J. 41: 20-22.

Wolff, I. A. and A. E. Wasserman. 1972. Nitrates, nitrites, and nitrosamines. Science. 177: 15-21.

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 1 น้ำหนักสด (กรัม /ต้น) ของผักบุ้งที่นำมาล้างด้วยกรรมวิธีการต่างๆ

	Replication			
Treatment	**R1**	**R2**	**R3**	**Mean**
T1	9.4	11.1	10.6	10.4 a
T2	9.7	11.1	10.4	10.4 a
T3	11.3	11.4	9.3	10.7 a
T4	10.5	13.0	10.1	11.2 a
T5	11.5	11.4	9.2	10.7 a

ตารางภาคผนวกที่ 2 เปอร์เซ็นต์มวลแห้ง (%) ของผักบุ้งที่ผ่านการล้างด้วยกรรมวิธีการต่างๆ

	Replication			
Treatment	**R1**	**R2**	**R3**	**Mean**
T1	5.76	5.97	5.57	5.77 ab
T2	5.72	5.50	5.88	5.70 b
T3	6.03	6.00	6.19	6.07 a
T4	5.93	5.94	5.80	5.89 ab
T5	5.70	6.06	5.86	5.87 ab

ตารางภาคผนวกที่ 3 ความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลแห้ง (%) ของผักบุ้งที่ผ่านการล้างด้วยกรรมวิธีการต่างๆ

	Replication			
Treatment	**R1**	**R2**	**R3**	**Mean**
T1	7.97	7.18	7.36	7.50 a
T2	6.42	7.24	7.07	6.91 ab
T3	6.19	6.63	7.19	6.67 b
T4	6.47	6.85	6.77	6.70 b
T5	7.26	6.95	6.47	6.89 ab

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 4 ความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลสด (มิลลิกรัมไนเตรท / กิโลกรัมมวลสด) ของผักบุ้งที่ผ่านการล้างด้วยกรรมวิธีการต่างๆ

	Replication			
Treatment	**R1**	**R2**	**R3**	**Mean**
T1	4589	4285	4120	4331 a
T2	3674	3983	4161	3939 a
T3	3736	3976	4449	4054 a
T4	3839	4068	3925	3944 a
T5	4145	4210	3793	4049 a

ตารางภาคผนวกที่ 5 น้ำหนักสด (กรัม /ต้น) ของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ที่นำมาล้างด้วยกรรมวิธีการต่างๆ

	Replication			
Treatment	**R1**	**R2**	**R3**	**Mean**
T1	18.39	31.61	26.94	25.65 a
T2	17.05	25.28	17.82	20.05 a
T3	19.25	17.03	28.61	21.63 a
T4	17.90	34.19	25.66	25.92 a
T5	26.90	26.29	26.37	26.52 a

ตารางภาคผนวกที่ 6 เปอร์เซ็นต์มวลแห้ง (%) ของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ที่ผ่านการล้างด้วยกรรมวิธีการต่างๆ

	Replication			
Treatment	**R1**	**R2**	**R3**	**Mean**
T1	4.57	5.03	4.9	4.83 a
T2	4.81	4.57	4.94	4.77 a
T3	4.74	4.62	4.67	4.68 a
T4	4.64	4.47	4.68	4.60 a
T5	4.91	4.53	5.27	4.90 a

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 7 ความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลแห้ง (%) ของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ที่ผ่านการล้างด้วยกรรมวิธีการต่างๆ

Treatment	Replication			Mean
	R1	R2	R3	
T1	13.11	10.47	11.96	11.85 a
T2	11.69	12.41	11.69	11.93 a
T3	7.52	6.54	6.69	6.92 b
T4	11.67	12.22	11.69	11.86 a
T5	11.45	12.34	11.25	11.68 a

ตารางภาคผนวกที่ 8 ความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลสด (มิลลิกรัมไนเตรท /กิโลกรัมมวลสด) ของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ที่ผ่านการล้างด้วยกรรมวิธีการต่างๆ

Treatment	Replication			Mean
	R1	R2	R3	
T1	5989	5265	5863	5706 a
T2	5624	5672	5775	5690 a
T3	3566	3021	3123	3237 b
T4	5411	5470	5469	5450 a
T5	5623	5589	5929	5714 a

ตารางภาคผนวกที่ 9 น้ำหนักสด (กรัม /ต้น) ของผักคะน้าที่นำมาล้างด้วยกรรมวิธีการต่างๆ

Treatment	Replication			Mean
	R1	R2	R3	
T1	25.53	19.47	28.37	24.46 a
T2	19.91	20.01	19.62	19.85 a
T3	27.37	14.10	21.04	20.84 a
T4	17.10	14.61	19.04	16.92 a
T5	20.02	20.40	25.47	21.96 a

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 10 เปอร์เซ็นต์มวลแห้ง (%) ของผักคะน้าที่ผ่านการล้างด้วยกรรมวิธีการต่างๆ

	Replication			
Treatment	**R1**	**R2**	**R3**	**Mean**
T1	6.91	6.37	6.84	6.71 ab
T2	6.60	6.61	6.57	6.59 ab
T3	6.49	6.40	6.45	6.45 b
T4	6.65	6.72	6.56	6.64 ab
T5	6.93	6.81	6.68	6.81 a

ตารางภาคผนวกที่ 11 ความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลแห้ง (%) ของผักคะน้าที่ผ่านการล้างด้วยกรรมวิธีการต่างๆ

	Replication			
Treatment	**R1**	**R2**	**R3**	**Mean**
T1	8.18	8.8	8.44	8.47 a
T2	7.46	8.27	7.78	7.84 a
T3	6.82	6.52	5.69	6.34 b
T4	7.85	7.71	9.23	8.26 a
T5	7.80	8.02	7.67	7.83 a

ตารางภาคผนวกที่ 12 ความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลสด (มิลลิกรัมไนเตรท / กิโลกรัมมวลสด) ของผักคะน้าที่ผ่านการล้างด้วยกรรมวิธีการต่างๆ

	Replication			
Treatment	**R1**	**R2**	**R3**	**Mean**
T1	5653	5605	5773	5677 a
T2	4924	5470	5109	5168 a
T3	4426	4172	3669	4089 b
T4	5216	5188	6059	5488 a
T5	5405	5469	5122	5332 a

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้