

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองปัญหาพิเศษปริญญาตรี
ภาควิชาปฐพีวิทยา

เรื่อง

ผลของการนำผักไปปรุงเป็นอาหารด้วยความร้อนที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงของ
ปริมาณไนเตรทในผัก

The study on cooking process to nitrate content of vegetable



ภาควิชารับรองแล้ว

.....
(รศ.ดร.สมิตรา ภูวโรดม)
หัวหน้าภาควิชาปฐพีวิทยา
วันที่ ๒๔ เดือน ๒.๒. พ.ศ. ๒๕๖๑

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัญหาพิเศษปริญญาตรี

เรื่อง

ผลของการนำผักไปปรุงเป็นอาหารด้วยความร้อนที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงของ
ปริมาณไนเตรทในผัก

The study on cooking process to nitrate content of vegetable



T099857

โดย

นางสาวอมทอง อัครานีก

เสนอ

รฟ.
๐451๗
๕๖48

๑๖ 1

นางทมู.....

เลขทะเบียน ๑๑๘๕๗

รับเดือนปี 10 ๒๕๖๓

ภาควิชาปฐพีวิทยา

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตร (เกษตรศาสตร)

พ.ศ. 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อ

ชื่อเรื่อง ผลของการนำผักไปปรุงเป็นอาหารด้วยความร้อนที่มีต่อการเปลี่ยนแปลง ของปริมาณไนเตรทในผัก

ชื่อเรื่องภาษาอังกฤษ The study on cooking process to nitrate content of vegetable

โดย นางสาวอมทอง อัครสานึก

ชื่อปริญญา วิทยาศาสตร์บัณฑิต (เกษตรศาสตร์)

ภาควิชา ปฐพีวิทยา

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ. ไพรัตน์ พิมพ์ศิริกุล

ทำการเก็บผัก 3 ชนิด (คะน้า, ผักบุ้ง และกวาดั่งฮ่องเต้) จากฟาร์มที่ปลูกโดยไม่ใช้ดิน ในระบบ DFT (Deep Flow Technique) ซึ่งปลูกบนโต๊ะปลูกเดียวกัน เพื่อศึกษาผลของการนำผักไปปรุงเป็นอาหารด้วยความร้อนที่มีต่อการเปลี่ยนแปลง ของปริมาณไนเตรทในผัก โดยวางแผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) จำนวน 3 ซ้ำ ประกอบด้วย 4 ตำรับการทดลอง (Treatment) คือ T1 (ผักสดที่ยังไม่ได้ปรุงเป็นอาหารด้วยความร้อน หรือ ตำรับควบคุม), T2 (ลวกผักด้วยน้ำกลั่น), T3 (ต้มผักด้วยน้ำกลั่น) และ T4 (นึ่งผักด้วยน้ำกลั่น) พบว่า การนำผักไปต้มมีผลทำให้ความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลแห้ง และ ความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลสด ของผักชนิดต่างๆ มีค่าลดลงจากเดิมมากที่สุด ซึ่งแตกต่างจากตำรับควบคุมอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติ รองลงมาคือ วิธีการนำผักไปนึ่ง และนำไปลวก ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนิยม

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณอาจารย์ ผศ. ไพรัตน์ พิมพ์ศิริกุล อาจารย์ประจำภาควิชา ปรุฬหวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่กรุณาเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา และได้เสียสละเวลาในการให้คำแนะนำ ให้คำปรึกษาวิชาความรู้ ต่างๆ ตลอดเวลา และให้ข้อคิดที่เป็นประโยชน์ในการทำปัญหาพิเศษนี้

ขอขอบพระคุณอาจารย์ สมเกียรติ สีสนอง ที่เอื้อเฟื้อคอมพิวเตอร์ห้องระบบสารสนเทศ ภูมิศาสตร์ให้สามารถวิเคราะห์ผลการทดลองปัญหาพิเศษในครั้งนี้ได้เสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณอาจารย์ รศ.ดร. อธิวิสุนทร นันทกิจ และขอขอบพระคุณท่านอาจารย์ ทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทความรู้ในด้านต่างๆ ตลอดจนแนวคิด คำปรึกษา คำแนะนำอย่างดี ตลอดมา

ขอขอบพระคุณ คุณแม่ และครอบครัว ที่คอยให้กำลังใจและกำลังทรัพย์ในการทำ ปัญหาพิเศษให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณ คุณนุจรีย์ บุญแปลง เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ ภาควิชาปรุฬหวิทยา และ ขอขอบคุณคุณคุณสมจิตร มิ่งนาคที่ช่วยอำนวยความสะดวกในเรื่องอุปกรณ์ต่างๆ

ขอขอบคุณเพื่อน ๆ ภาควิชาปรุฬหรุ่น 18 ในการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้ ที่ได้ให้ความ ช่วยเหลือและเป็นกำลังในการทำปัญหาพิเศษให้เสร็จสมบูรณ์ด้วยดี

นางสาวอมทอง อัครสานิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
สารบัญ	I
สารบัญตาราง	II
สารบัญภาพ	III
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
ตรวจเอกสาร	3
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	10
ผลการทดลอง	12
วิจารณ์ผลการทดลอง	23
สรุปผลการทดลอง	25
เอกสารอ้างอิง	26
ภาคผนวก	29



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางภาคผนวกที่	หน้า
1 น้ำหนักสด (กรัม / ต้น) ของผักบุงที่นำมาปรุงเป็นอาหารด้วยความร้อน โดยวิธีการต่างๆ	30
2 เปอร์เซนต์มวลแห้ง (%) ของผักบุงที่ผ่านการปรุงเป็นอาหารด้วยความร้อน โดยวิธีการต่างๆ	30
3 ความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลแห้ง (%) ของผักบุงที่ผ่านการปรุงเป็นอาหารด้วยความร้อน โดยวิธีการต่างๆ	30
4 ความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลสด (มิลลิกรัมไนเตรท / กิโลกรัมมวลสด) ของผักบุงที่ผ่านการปรุงเป็นอาหารด้วยความร้อนโดยวิธีการต่างๆ	31
5 น้ำหนักสด (กรัม / ต้น) ของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ที่นำมาปรุงเป็นอาหารด้วยความร้อนโดยวิธีการต่างๆ	31
6 เปอร์เซนต์มวลแห้ง (%) ของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ที่ผ่านการปรุงเป็นอาหารด้วยความร้อนโดยวิธีการต่างๆ	31
7 ความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลแห้ง (%) ของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ที่ผ่านการปรุงเป็นอาหารด้วยความร้อนโดยวิธีการต่างๆ	32
8 ความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลสด (มิลลิกรัมไนเตรท / กิโลกรัมมวลสด) ของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ที่ผ่านการปรุงเป็นอาหารด้วยความร้อนโดยวิธีการต่างๆ	32
9 น้ำหนักสด (กรัม / ต้น) ของผักคะน้าที่นำมาปรุงเป็นอาหารด้วยความร้อน โดยวิธีการต่างๆ	32
10 เปอร์เซนต์มวลแห้ง (%) ของผักคะน้าที่ผ่านการปรุงเป็นอาหารด้วยความร้อนโดยวิธีการต่างๆ	33
11 ความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลแห้ง (%) ของผักคะน้าที่ผ่านการปรุงเป็นอาหารด้วยความร้อนโดยวิธีการต่างๆ	33
12 ความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลสด (มิลลิกรัมไนเตรท / กิโลกรัมมวลสด) ของผักคะน้าที่ผ่านการปรุงเป็นอาหารด้วยความร้อนโดยวิธีการต่างๆ	33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักสด (กรัม / ต้น) ของผักบุงที่นำมาปรุงเป็นอาหารด้วยความร้อนโดยวิธีการต่างๆ	13
2 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์มวลแห้ง (%) ของผักบุงที่ผ่านการปรุงเป็นอาหารด้วยความร้อนโดยวิธีการต่างๆ	13
3 ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นในเตรทโดยมวลแห้ง (%) ของผักบุงที่ผ่านการปรุงเป็นอาหารด้วยความร้อนโดยวิธีการต่างๆ	14
4 ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นในเตรทโดยมวลสด (มิลลิกรัมในเตรท / กิโลกรัมมวลสด) ของผักบุงที่ผ่านการปรุงเป็นอาหารด้วยความร้อนโดยวิธีการต่างๆ	14
5 ความเข้มข้นในเตรท (มิลลิกรัมในเตรท / กรัมของพืช) ที่มีในผักบุง และในน้ำ ที่ผ่านการปรุงเป็นอาหารด้วยความร้อนโดยวิธีการต่างๆ เมื่อเทียบกับตำรับควบคุม (T1)	16
6 ร้อยละของปริมาณในเตรท (%) ที่มีอยู่ในผักบุง และในน้ำ ที่ผ่านการปรุงเป็นอาหารด้วยความร้อนโดยวิธีการต่างๆ	16
7 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักสด (กรัม / ต้น) ของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ที่นำมาปรุงเป็นอาหารด้วยความร้อนโดยวิธีการต่างๆ	17
8 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์มวลแห้ง (%) ของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ที่ผ่านการปรุงเป็นอาหารด้วยความร้อนโดยวิธีการต่างๆ	17
9 ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นในเตรทโดยมวลแห้ง (%) ของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ที่ผ่านการปรุงเป็นอาหารด้วยความร้อนโดยวิธีการต่างๆ	18
10 ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นในเตรทโดยมวลสด (มิลลิกรัมในเตรท / กิโลกรัมมวลสด) ของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ที่ผ่านการปรุงเป็นอาหารด้วยความร้อนโดยวิธีการต่างๆ	18
11 ความเข้มข้นในเตรท (มิลลิกรัมในเตรท / กรัมของพืช) ที่มีในผักกวางตุ้งฮ่องเต้ และในน้ำ ที่ผ่านการปรุงเป็นอาหารด้วยความร้อนโดยวิธีการต่างๆ เมื่อเทียบกับตำรับควบคุม (T1)	20
12 ร้อยละของปริมาณในเตรท (%) ที่มีอยู่ในผักกวางตุ้งฮ่องเต้ และในน้ำ ที่ผ่านการปรุงเป็นอาหารด้วยความร้อนโดยวิธีการต่างๆ	20
13 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักสด (กรัม / ต้น) ของผักคะน้าที่ผ่านการปรุงเป็นอาหารด้วยความร้อนโดยวิธีการต่างๆ	21
14 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์มวลแห้ง (%) ของผักคะน้าที่ผ่านการปรุงเป็นอาหารด้วยความร้อนโดยวิธีการต่างๆ	21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
15 ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลแห้ง (%) ของผักคะน้าที่ผ่านการปรุงเป็นอาหารด้วยความร้อนโดยวิธีการต่างๆ	22
16 ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลสด (มิลลิกรัมไนเตรท / กิโลกรัมมวลสด) ของผักคะน้าที่ผ่านการปรุงเป็นอาหารด้วยความร้อนโดยวิธีการต่างๆ	22
17 ความเข้มข้นไนเตรท (มิลลิกรัมไนเตรท / กรัมของพืช) ที่มีในผักคะน้า และในน้ำที่ผ่านการปรุงเป็นอาหารด้วยความร้อนโดยวิธีการต่างๆ เมื่อเทียบกับค่ารับควบคุม (T1)	24
18 ร้อยละของปริมาณไนเตรท (%) ที่มีอยู่ในผักคะน้า และในน้ำ ที่ผ่านการปรุงเป็นอาหารด้วยความร้อนโดยวิธีการต่างๆ	24
ภาพผนวกที่	
1 ตัวอย่างผักชนิดต่างๆ (ผักบุ้ง, กวางตุ้งฮ่องเต้ และ คะน้า) ที่ใช้ในการทดลอง	34

ผลของการนำผักไปปรุงเป็นอาหารด้วยความร้อนที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงของ ปริมาณไนเตรทในผัก

The study on cooking process to nitrate content of vegetable

คำนำ

ปัจจุบันคนไทยเริ่มหันมานิยมบริโภคพืชผักกันมากขึ้น โดยดูจากปริมาณความต้องการบริโภคผักภายในประเทศมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตามลำดับ จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะหันมาให้ความสนใจเกี่ยวกับคุณภาพของพืชผักที่นำมาบริโภค โดยเฉพาะการสะสมของไนเตรทใน ผัก ผลผลิต นอกเหนือจากการตระหนักถึงเพียงเฉพาะสารพิษตกค้างจากสารปราบศัตรูพืชเท่านั้น สำหรับผักที่ปลูกโดยระบบแบบไม่ใช้ดินนั้นมีโอกาสที่จะสะสมไนเตรทได้สูงเนื่องจากได้รับไนเตรท โดยตรงจากสารละลายธาตุอาหารที่ให้แก่พืช และหากบริโภคอาหารที่มีไนเตรทเข้าไปสะสมใน ร่างกายเป็นปริมาณมาก อาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ได้ เนื่องจากไนเตรทสามารถถูก รีดิวซ์กลายเป็นไนไตรท์ และอาจเปลี่ยนแปลงไปเป็นสารไนโตรซามีน ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็งได้ (ยงยุทธ, 2543) และอาจก่อให้เกิดโรคเมทีโมโกลบินีเมีย (Methemoglobinemia) ซึ่งขัดขวาง การนำพาออกซิเจนของฮีโมโกลบินในเลือดโดยเฉพาะในเด็กทารก อย่างไรก็ตามการที่มนุษย์จะ ได้รับผลเสียหรืออันตรายจากไนเตรทนั้น จะต้องบริโภคไนเตรทเข้าไปในปริมาณมากจนถึงขีด อันตราย ซึ่งมนุษย์มีโอกาที่จะได้รับไนเตรทจากพืชน้อยกว่าการได้รับจากการบริโภคอาหารที่ใช้ ไนเตรทและไนไตรท์เป็นสารเติมแต่ง เช่น แหนม ไส้กรอก เป็นต้น (ดิเรก, 2547) ปัจจุบันมี ผู้สนใจหันมาศึกษาถึงแนวทางการลดไนเตรทที่สะสมในผัก เช่น การเก็บเกี่ยวผักในช่วงบ่ายของ วันที่มีแสงแดดทำให้ลดการสะสมไนเตรทลง 15-20% ของการเก็บในตอนเช้ามีดหรือวันที่มีเมฆ (Kenneclly, 1995; Schonbeck, 1988) นอกจากนี้การเพิ่มปริมาณน้ำตาล และกระตุ้นให้ผักมีการ สังเคราะห์แสงมากขึ้นทำให้ปริมาณไนเตรทในผักกาดหอมลดลงได้ (Munzinger, 1999) สำหรับ การนำผักที่มีไนเตรทสูงไปผ่านกระบวนการให้ความร้อน อาจเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการลดลงของ ปริมาณไนเตรทที่สะสมในผัก ดังนั้นจึงทำการศึกษาถึงแนวทางในการลดปริมาณไนเตรทในผัก ด้วยวิธีการนำผักไปปรุงเป็นอาหารด้วยความร้อน ที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณไนเตรทใน ผักชนิดต่างๆ

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาปริมาณการสะสมของไนเตรทในผักใบบางชนิด คือ ผักคะน้า ผักบุ้ง และ ผักกวางตุ้งฮ่องเต้ ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารในระบบ DFT (Deep Flow Technique)
2. เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณไนเตรทในผัก ที่ผ่านการปรุงเป็นอาหารด้วยความร้อน โดยวิธีต่างๆ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตรวจเอกสาร

ธาตุไนโตรเจน จัดเป็นธาตุอาหารหลักของพืช ซึ่งพืชต้องการใช้ในปริมาณมาก และมีบทบาทสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืชอย่างเด่นชัด สำหรับรูปของธาตุไนโตรเจนที่พืชใช้ ส่วนใหญ่อยู่ในรูปของสารอนินทรีย์ (inorganic form) เช่นรูปของแอมโมเนียม (NH_4^+) และไนเตรท (NO_3^-) (ไพร์ตัน, 2546) และยูเรีย $[\text{CO}(\text{NH}_2)_2]$ สำหรับรูปของยูเรียนั้น แม้ว่าพืชจะดูดไปใช้โดยตรงแต่สารนี้อยู่ในธรรมชาติน้อย พืชจะดูดใช้มากเฉพาะกรณีที่ใส่ปุ๋ยยูเรียสังเคราะห์เท่านั้น ซึ่งสารประกอบไนโตรเจนที่พบในเนื้อเยื่อพืชมีทั้งที่เพิ่งดูดเข้าไป และยังไม่เปลี่ยนแปลง กับอินทรีย์สาร ซึ่งมีการสังเคราะห์ขึ้นใหม่จากไนเตรท แอมโมเนียม และยูเรีย ที่พืชดูดได้ (ยงยุทธ, 2543) โดยตามธรรมชาติของกระบวนการเจริญเติบโตของพืช ทั้งที่ปลูกบนดินหรือปลูกโดยไม่ใช้ดินนั้น เมื่อได้รับไนเตรทเข้าไปแล้วพืชจะไม่สะสมไนเตรทไว้นาน ไนเตรทเหล่านั้นจะถูกเปลี่ยนแปลงโดยเอ็นไซม์ต่างๆ ในพืชให้เปลี่ยนไปเป็นแอมโมเนียม และกรดอะมิโนต่อไป (ยงยุทธ, 2546) เนื่องจากกระบวนการเปลี่ยนแปลงนี้จะมีแสงแดดเข้ามาเกี่ยวข้อง กล่าวคือ ถ้ามีอากาศร้อนและมีแสงแดดจัด หรือความเข้มของแสงมาก และมีชั่วโมงของแสงที่ยาวนาน จะทำให้กระบวนการเปลี่ยนแปลงดำเนินเป็นไปตามปกติหรือทำให้พืชไม่มีการสะสมของไนเตรท ดังนั้นปัญหาการตกค้างของไนเตรท มักจะเกิดขึ้นกับพืชที่ปลูกในโรงเรือนในประเทศที่มีฤดูหนาวที่หนาวจัดจนมีหิมะตก หรือมีแสงแดดน้อย หรือมีท้องฟ้าที่มีดกริม 2-3 สัปดาห์ติดต่อกัน (Burt, 1993; Radojevic and Bashkin, 1999) ส่วนมากจะเป็นประเทศที่มีภูมิอากาศ 4 ฤดูกาล คือ ฤดูใบไม้ร่วง ฤดูหนาว ฤดูใบไม้ผลิ และฤดูร้อน โดยมักพบว่า ปริมาณของไนเตรทจะมีมากในใบพืชในฤดูหนาวและฤดูใบไม้ร่วง มากกว่าฤดูร้อนและฤดูใบไม้ผลิ (ดิเรก, 2547)

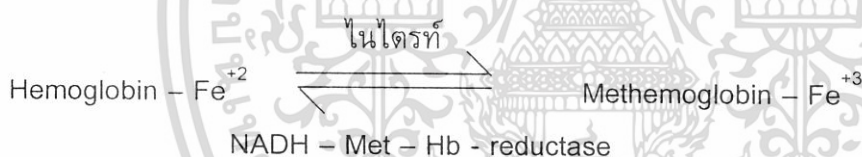
การให้ปุ๋ยไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียม มีผลทำให้สารละลายธาตุอาหารพืชมีความเป็นกรดมากขึ้นได้เช่นกัน (Bergmann, 1992) ดังนั้นการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนอย่างเหมาะสมในแง่ ชนิด อัตรา และเวลาที่ใส่ จะช่วยให้ได้ผลผลิตสูงและคุณภาพดี แต่ถ้าปฏิบัติไม่ถูกต้องจะมีผลเสียตามมาเช่น การใช้ปุ๋ยไนเตรทในระยะที่ใกล้เก็บเกี่ยวพืชมีผลเสีย 2 ประการคือ ลิ่นเปลืองปุ๋ยโดยไม่มีผลตอบแทน และคุณภาพของผลผลิตในเชิงโภชนาการต่ำ (ยงยุทธ, 2543)

อันตรายจากการบริโภคอาหารที่ปนเปื้อนสารไนเตรท

การบริโภคผักหรืออาหารอื่นๆ ที่มีการสะสมของสารไนเตรท (NO_3^-) สามารถทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพและชีวิตของผู้บริโภคได้ (งานสารพิษ, 2531; ดิเรก, 2547) เพราะเมื่อกินไนเตรทเข้าไปสะสมในร่างกายจำนวนมาก แบคทีเรียในลำไส้จะเปลี่ยนไนเตรทเป็นไนไตรท์ ซึ่งไนไตรท์จะเป็นตัวทำให้เกิดปัญหาแก่ผู้ป่วย เช่น 1.) ไปขยายหลอดเลือดให้โตขึ้นทำให้ความดันเลือดต่ำลง ทำให้รู้สึกเหมือนเป็นลมหมดสติ 2.) ทำให้ตับไม่สามารถสะสมวิตามินเอได้ตามปกติ 3.) เป็นอันตรายต่อสุขภาพของเด็กทารก เนื่องจากไนไตรท์ จะขัดขวางการนำพาออกซิเจนของเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฮีโมโกลบินในเลือด กล่าวคือ เมื่อไนไตรท์ถูกดูดซึมเข้ากระแสเลือดแล้วจะเข้าจับกับฮีโมโกลบินในเม็ดเลือดแดงได้ดีกว่าออกซิเจน ทำให้ได้สารประกอบสีน้ำเงินจะทำให้เด็กตัวเขียวคล้ำ ขาดอากาศหายใจ และอาจตายในที่สุด ซึ่งเรียกอาการเช่นนี้ว่า โรคนบลูเบบี้ (Blue baby syndrome) หรือโรคเมทฮีโมโกลบินเนเมีย (Methemoglobinemia) โรคนี้มักเกิดกับเด็กเล็กที่อายุต่ำกว่า 2 เดือน และทารกในช่วงที่อยู่ในครรภ์ของมารดา เพราะว่าที่กระเพาะมีความเป็นกรดที่พอเหมาะกับความต้องการของแบคทีเรีย ประเภทไนเตรทรีดิวซิ่งแบคทีเรีย (Nitrate reducing bacteria) ซึ่งจะเปลี่ยนไนเตรทเป็นไนไตรท์ แล้วไนไตรท์จะเปลี่ยนฮีโมโกลบินให้เป็นกลายเมทฮีโมโกลบิน (Methemoglobin) ซึ่งไม่มีอำนาจหรือความสามารถนำออกซิเจน จากปอดไปสู่ร่างกาย ทำให้สมองขาดออกซิเจน และเป็นลมหมดสติ (ดิเรก, 2547)

ดังนั้นควรคำนึงถึงการเลือกผักที่จะนำมาบริโภค หรือใช้ต้มเป็นซूपให้แก่ทารกที่มีอายุต่ำกว่า 6 เดือน เพราะปริมาณไนเตรทที่ออกมาในน้ำซूप อาจเป็นอันตรายต่อเด็กได้ง่าย ขณะที่ผู้ใหญ่จะมีความต้านทานต่อความเป็นพิษของไนเตรทเมื่อเข้าสู่ร่างกายได้มากกว่าทารก เมื่อได้รับไนเตรทในอัตราส่วนต่อน้ำหนักร่างกายที่เท่ากัน (วุฒิพงษ์, 2546) เนื่องจากในเม็ดเลือดแดงของผู้ใหญ่มีเอนไซม์ชนิดหนึ่ง คือ เอนเอดีเอช-เมทฮีโมโกลบินรีดักเตส (NADH-methemoglobin reductase) ซึ่งสามารถเปลี่ยนเมทฮีโมโกลบินให้กลับคืนมาเป็น ฮีโมโกลบิน อย่างเดิมได้ดังนี้



WHO (1972) ระบุว่า ระหว่างปี 1945 ถึง 1986 มีผู้ป่วยถึง 2,000 ราย และเป็นทารก 160 ราย ที่เสียชีวิตจากการบริโภคน้ำที่มีไนเตรท ความเข้มข้นสูงกว่า 25 มิลลิกรัมไนเตรท/ลิตร จากน้ำขวดที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ เพราะทารกไม่สามารถสร้างเอนไซม์บางชนิด ที่เพียงพอจะไปเปลี่ยนรูปของเมทฮีโมโกลบิน กลับไปเป็นฮีโมโกลบิน ซึ่งต่างจากผู้ใหญ่ที่สามารถเปลี่ยนรูป nitrite กลับไปเป็น nitrate แล้วขับถ่ายออกไปได้ (Burt, 1993) อย่างไรก็ตามแม้ว่าผู้ใหญ่จะมีความต้านทานมากกว่าทารกแต่หากมีการบริโภคติดต่อกันเป็นเวลานาน จะทำให้ร่างกายเกิดความอ่อนแอ เพราะขบวนการ nitrate reduction ที่เกิดขึ้นในกระเพาะนั้นในขณะเดียวกันก็แข่งกับปฏิกิริยาเมตาโบลิซึมอื่นๆที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย เช่น ปฏิกิริยา methanogenesis, end-product formation, และ microbial protein synthesis เป็นต้น ทำให้กระบวนการเจริญเติบโตของร่างกายลดลง มีโอกาสขาดวิตามินเอ และเป็นโรคคอพอก (Phillips, 1971)

การให้ปุ๋ยไนโตรเจนแก่พืชในปริมาณที่มากเกินไป อาจก่อให้เกิดผลเสียแก่พืชได้แก่ คุณภาพของผลผลิตไม่เพิ่มขึ้นตามการเพิ่มปริมาณปุ๋ย คุณภาพทางโภชนาการของพืชจะลดต่ำลง อันเนื่องมาจากไนเตรทอาจถูกรีดิวซ์กลายเป็นไนไตรท์ ซึ่งอาจจะเปลี่ยนแปลงไปเป็นสารไนโตรซามีน เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Nitrosamine) ซึ่งเป็นสารก่อให้เกิดมะเร็งได้ (ยงยุทธ, 2543) เช่น โรคมะเร็งตับ และมะเร็งระบบทางเดินอาหาร สำหรับสารไนโตรซามีนนั้น อาจพบได้ในอาหารเนื้อสัตว์ที่หมัก และอาหารที่มีดินประสิว (ไนเตรท) และไนไตรท์ในปริมาณที่มากเกินไป เช่น ปลาร้า ปลาจ่อม ปลาต้ม แหนม เบคอน ไส้กรอก เนื้อเค็ม เนื้อกระป๋อง เป็นต้น นอกจากนี้การประกอบอาหารโดยใช้ความร้อนสูง เช่น การปิ้งย่าง ทอด และรมควัน จะทำให้เกิดสารก่อกลายพันธุ์และสารก่อมะเร็งหลายชนิด พบมากในส่วนที่ไหม้เกรียมของอาหาร ถึงแม้จะมีปริมาณไม่มาก แต่การได้รับปัจจัยเสี่ยงหลายอย่างร่วมกันจะทำให้เสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็งมากขึ้น ดังนั้นจึงควรรับประทาน อาหารปิ้งย่าง ทอด และ รมควัน ให้น้อยลง

การรับประทานพืชผัก ผลไม้ ที่มีวิตามินซี และ วิตามินอี บ่อยๆ จะช่วยยับยั้งการเกิดไนโตรซามีนได้ และผักที่มีไนเตรทอยู่มากควรถูกเก็บไว้ในตู้เย็น เนื่องจากความร้อนจะทำให้ไนเตรท เปลี่ยนสภาพเป็นไนไตรท์ได้ เมื่อนำผักมาปรุงอาหารควรตัดส่วนก้านแข็งออก และนำส่วนใบไปปรุงอาหาร เนื่องจากสารนี้สะสมอยู่มากในส่วนก้าน และควรนำผักมาหั่นก่อนแล้วนำไปต้มโดยใช้น้ำต้มในปริมาณมาก หลังจากนั้นควรเทน้ำต้มผักทิ้งไป ซึ่งจะช่วยลดปริมาณไนไตรท์ลงได้บ้าง และไม่ควรนำผักมาประกอบอาหารในเตาอบไมโครเวฟ หรือนำอาหารมาอุ่นรับประทานอีกเพราะ ไนไตรท์จะเปลี่ยนรูปเป็นไนเตรท และ ไนโตรซามีนได้ สำหรับเด็กแรกเกิดจนถึงอายุ 4 เดือน ไม่ควรให้เด็กดื่มน้ำที่มีสารไนเตรทเจือปน เพราะจะทำให้เกิดอันตรายจนถึงเสียชีวิตได้ (Mottram et al., 2002)

การสะสมไนเตรทในผัก

ในบรรดาพืชชั้นสูงทั่วไปนั้น ผักนับว่าเป็นพืชที่มีการสะสมไนเตรทมากที่สุด โดยผักแต่ละชนิดมีความสามารถในการสะสมไนเตรทต่างกัน ทั้งนี้อาจเนื่องจากผักแต่ละชนิดมีความสามารถในการดูดไนเตรทจากดิน และประสิทธิภาพของเอนไซม์ที่ใช้ในกระบวนการรีดักชันของไนเตรทก็แตกต่างกัน โดยทั่วไปผักที่ใช้ใบและลำต้นเป็นอาหาร เช่น ผักโขม ผักกาดหอม ผักกาดเขียว ผักคะน้า มะเขือเทศ และพริกชี้ฟ้าสีแดง เช่น หอม มันฝรั่ง และ ผักใช้รากเป็นอาหารบางชนิด เช่น แรดิช และผักกาดหัว สะสมไนเตรทได้ดี

การสะสมไนเตรทตามส่วนต่างๆ ของพืชแตกต่างกันไป กล่าวคือ ส่วนของดอกจะมีความเข้มข้นของไนเตรทต่ำสุด ส่วนก้านใบจะมีมากที่สุด และมากกว่าส่วนของราก ใบ และ ผลตามลำดับ ในพืชต้นเดียวกันส่วนที่แก่กว่าจะมีไนเตรทสะสมมากกว่าส่วนที่อ่อนกว่า (Barker et al., 1971)

จากการสำรวจเบื้องต้นปริมาณไนเตรทผักใบชนิดต่างๆ ที่ปลูกโดยไม่ใช้ดินและ/หรือผักอนามัย ที่จำหน่ายในตลาด ช่วงเดือนมิถุนายนถึงกันยายน 2546 โดย ไพรัตน์ (2547) พบว่า ผักชนิดต่างๆ (ผักชีโรตติง, กวางตุ้งฮ่องเต้, ผักกาดขาวโกลน, ผักกาดเขียว, คะน้าฮ่องกง, คะน้ายอด, ผักบุ้ง และผักโขม) ที่ปลูกโดยไม่ใช้ดินมีความเข้มข้นไนเตรทเฉลี่ยโดยมวลสดสูงมาก (4,000 – 8,000 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7,000 มิลลิกรัมไนเตรท / กิโลกรัมมวลสด) ในขณะที่กลุ่มผักกอนามัย (ผักบุ้ง และผักคะน้า) ที่ปลูกบนดิน พบว่า มีความเข้มข้นไนเตรทเฉลี่ยใกล้เคียงกัน โดยมีค่าต่ำกว่า 3,000 มิลลิกรัมไนเตรท / กิโลกรัมมวลสด (ซึ่งน้อยกว่าผักชนิดเดียวกัน ที่ปลูกโดยไม่ใช้ดินถึง 2 เท่า)

จากการสุ่มเก็บผักคะน้าจากแหล่งต่างๆ ในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ในช่วงระหว่างเดือนพฤษภาคม ถึง กรกฎาคม ปี พ.ศ. 2544 เพื่อนำมาวิเคราะห์หาปริมาณไนเตรท พบว่า 47 เปอร์เซ็นต์ของตัวอย่างผักคะน้ามีไนเตรทไนโตรเจนสะสมอยู่ถึง 0.6-1.0 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนักแห้ง) นอกจากนี้ ในผักบางชนิดซึ่งแต่เดิมไม่เคยมีการใส่ปุ๋ยมาก และเป็นผักที่คนไทยนิยมรับประทานกันอย่างกว้างขวางเช่น ผักบุ้ง พบว่ามีแนวโน้มของการสะสมไนเตรทในปริมาณค่อนข้างสูงเช่นกัน (Phupaibul *et al.*, 2002)

การปนเปื้อนของไนเตรทในอาหาร

มีรายงานเกี่ยวกับการปรุงอาหารที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณไนเตรท และไนไตรท์ ในมันฝรั่งพบว่า หลังจากนำมันฝรั่งมาผ่านขบวนการเบื้องต้น คือ การล้างน้ำ แล้วนำไปปอกเปลือก และล้างด้วยน้ำสะอาดอีกครั้ง จะเกิดการสูญเสียไนเตรทออกไป และเมื่อนำมันฝรั่งมาผ่านขบวนการความร้อนด้วยวิธีที่แตกต่างกัน เช่น ทอด ต้ม ใส่ไมโครเวฟ พบว่าแต่ละวิธีจะมีการสูญเสียไนเตรท และไนไตรท์ที่แตกต่างกัน (Waclaw and Stefan, 2004) นอกจากนี้ปริมาณการสะสมของไนเตรท และไนไตรท์ ในผักและมันฝรั่ง มีมากน้อยแตกต่างกันไปขึ้นกับ ชนิดของพืช อายุพืช ฤดูกาลปลูก และชนิดของปุ๋ยไนโตรเจนที่ให้กับพืช ฤดูกาลปลูก และชนิดของปุ๋ยไนโตรเจนที่ให้กับพืช ตลอดจนสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมไม่ว่าจะเป็นการขาดน้ำ อุณหภูมิของอากาศสูง หรือแสงแดดที่ไม่เพียงพอ ก็สามารถชักนำให้เกิดการสะสมของสารไนเตรทได้ (Dich *et al.*, 1996; Galler, 1997; Hamouz *et al.*, 1999; Gaballa, 2000; Rembalkowska *et al.*, 2001; Zhong *et al.*, 2002; Chung *et al.*, 2003; Hambridge, 2003; ธรรมศักดิ์ และคณะ, 2544)

Dejonckheere *et al.* (1994) รายงานผลการล้างผักใบชนิดต่างๆ (ผักกาดหอม, lamb's lettuce และ endive) ด้วยน้ำก๊อก (tap water) มีผลทำให้ปริมาณไนเตรทลดลงจากเดิม 10-15% และ ถ้า แยกเอาส่วนแกนกลางต้นของผักกาดหอมออกไป จะมีผลทำให้ปริมาณไนเตรทลดลงจากเดิม 30-35% สำหรับกล้วย และแดงเมลอนที่ปอกเปลือกออก พบว่าทำให้ปริมาณไนเตรทมีค่าลดลงจากเดิม 62% และ 41% ตามลำดับ ส่วนในมันฝรั่งที่มีการปอกเปลือกและนำไปต้มด้วยน้ำร้อนจะมีผลทำให้ไนเตรทลดลงจากเดิมมากกว่า 50% ขณะที่ผักปวยเล้ง และแครอท เมื่อนำไปเคี่ยวทำสตู (stew) พบว่าทำให้ความเข้มข้นไนเตรทเพิ่มมากขึ้นจากเดิม ที่เป็นเช่นนี้เพราะมีการระเหยน้ำออกไปขณะทำสตูนั่นเอง และแนะนำให้มีการแยกเอาส่วนลำต้นและแกนกลางใบของผักปวยเล้งออกไปก่อนทำสตูจะทำให้ลดปริมาณไนเตรทได้ถึง 40% ทั้งนี้เพราะส่วนทั้งสองจะมีปริมาณไนเตรทสูงกว่าส่วนของใบปวยเล้ง 2-3 เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อกำหนดเกี่ยวกับปริมาณไนเตรทในอาหาร

คณะกรรมการวิทยาศาสตร์เพื่ออาหารของสหภาพยุโรป (European Commission's Scientific Committee for food) ได้กำหนดค่าที่ยอมรับได้สำหรับปริมาณไนเตรทว่า ผู้บริโภคสามารถบริโภคไนเตรทได้อย่างปลอดภัย (Acceptable Daily Intake หรือ ADI) อยู่ที่ 3.65 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักของคนเป็นกิโลกรัม หรือประมาณ 2.9 มิลลิกรัมต่อวันต่อคนที่น้ำหนัก 60 กิโลกรัม (ดิเรก, 2547) ขณะที่ Maynard and Baker (1972) กล่าวถึงมาตรฐานความเป็นพิษในผู้ใหญ่ น้ำหนัก 70 กิโลกรัม กำหนดให้รับสารไนเตรทได้ไม่เกิน 0.7-1.0 กรัม

ประเทศไทยมีการกำหนดมาตรการทางกฎหมาย สำหรับปริมาณไนเตรทในน้ำดื่ม คือ น้ำดื่ม (กำหนดมาตรฐานไว้ที่ 4 มก.ไนเตรท-ไนโตรเจน /ลิตร) ในน้ำบาดาลเพื่อการบริโภค (45 มิลลิกรัมไนเตรท /ลิตร) และในน้ำผิวดิน (5 มก.ไนเตรท - ไนโตรเจน /ลิตร) สำหรับปริมาณไนเตรทในอาหารนั้น มีประกาศกระทรวงสาธารณสุข กำหนดให้มีไนเตรทในอาหารได้ไม่เกิน 500 มิลลิกรัม /กิโลกรัม ส่วนไนไตรท์ ไม่เกิน 200 มิลลิกรัม /กิโลกรัม

สหภาพโซเวียต ได้กำหนดปริมาณไนเตรทสูงสุดที่ยอมรับให้มีในผักชนิดต่างๆ ดังนี้ มันฝรั่ง 45 มิลลิกรัม /กิโลกรัม กะหล่ำ 160 มิลลิกรัม /กิโลกรัม แดงกวา 160 มิลลิกรัม /กิโลกรัม บีท 1800 มิลลิกรัม /กิโลกรัม แครอท 415 มิลลิกรัม /กิโลกรัม และปริมาณสูงสุดอาจเพิ่มเป็น 2 เท่าได้ หากมีการต้มผัก เนื่องจากไนเตรทบางส่วนจากพืชไปอยู่ในน้ำที่ต้ม และได้กำหนดปริมาณไนเตรทที่ยอมรับได้ใน 1 วัน (maximun allowable) สำหรับมนุษย์ไม่เกิน 200 มิลลิกรัม ขณะที่ FAO/WHO ได้กำหนดปริมาณโซเดียมไนไตรท์ และปริมาณโปตัสเซียมไนไตรท์ ที่ร่างกายรับได้ในแต่ละวัน (ADI) ไม่ควรเกิน 0.2 มิลลิกรัม ต่อน้ำหนักตัว 1 มิลลิกรัม (งานสารพิษ, 2531)

จากการรวบรวมข้อมูลของ National Institute of Environmental Health Science พบว่าปริมาณไนเตรทในพืชผักแต่ละชนิดมีค่าแตกต่างกันมาก และในผักชนิดเดียวกัน ก็มีความแตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น อุณหภูมิ แสงแดด ความชื้นในดิน ระดับของไนโตรเจนในดิน อย่างไรก็ตามพบว่า ไนเตรทในผักนั้นมีค่าอยู่ในช่วง 0.9 ถึง 2,165 มิลลิกรัม /กิโลกรัม แต่มีไนไตรท์ไม่เกิน 7 มิลลิกรัม /กิโลกรัม และจากการศึกษาผลของอุณหภูมิในการปรุงอาหารที่มีต่อปริมาณไนเตรทของเบคอนที่ผ่านการย่าง พบว่า ปริมาณไนเตรทค่อนข้างคงที่เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น แต่พบสาร nitrosopyrrolidine เพิ่มขึ้น (งานสารพิษ, 2531)

การปลูกพืชระบบ Deep folw technique (DFT)

Deep flow technique (DFT) หมายถึง เทคนิคการปลูกโดยให้รากพืชแช่อยู่ในภาชนะบรรจุสารละลายธาตุอาหาร (ลึก 15-20 เซนติเมตร กว้าง 50-80 เซนติเมตร และยาว 1-10 เมตร) ภาชนะดังกล่าวทำหน้าที่ทั้งภาชนะปลูก และภาชนะใส่สารละลายไปด้วย ทำให้เทคนิคนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไม่ต้องมีภาชนะใส่สารละลายแยกต่างหาก ปริมาตรของสารละลายมีมาก ทำให้ความเข้มข้นของธาตุอาหารเปลี่ยนแปลงช้า วิธีปลูกสามารถทำได้หลายวิธี เช่น

- วางตะแกรงบนปากถังแล้วโรยด้วยวัสดุเพาะต้นกล้า เช่น ขี้เลื่อย พุร่ ฟางข้าว และเพอร์ไลต์ เป็นต้น ปรับระดับสารละลายให้ท่วมวัสดุเพาะเล็กน้อย เพาะต้นกล้าบนวัสดุ เมื่อต้นพืชงอกค่อยๆ ลดระดับสารละลายลงให้สารละลายท่วมรากพืชเพียงบางส่วน วิธีนี้อาจไม่จำเป็นต้องเติมอากาศลงไปในสารละลาย

- วางแผ่นไม้ หรือแผ่นโฟมเจาะรูบนปากถัง ปลูกพืชในกระถางขนาดเล็กที่วางอยู่ในรูอีกทีหนึ่ง ปรับระดับสารละลายให้ท่วมรากเพียงบางส่วน หรือเติมอากาศลงไปในสารละลาย

- ปลูกพืชในกระถางเล็กๆ ซึ่งวางอยู่ในรูแผ่นโฟม หรือวัสดุลอยน้ำอย่างอื่น แล้วปล่อยให้ลอยบนสารละลาย เรียกการปลูกแบบนี้ว่า floating hydroponics วิธีนี้จะต้องเติมอากาศลงไป

จุดเด่นของ DFT

- DFT บรรจุสารละลายธาตุอาหารไว้ภาชนะปลูกทั้งหมด (ระบบดั้งเดิมของ DFT ภายหลังมีผู้ดัดแปลงต่างไปบ้าง) ทำให้ไม่ต้องมีถังเก็บสารละลาย ไม่ต้องมีท่อ ไม่ต้องมีปั๊มหมุนเวียนสารละลาย (อาจต้องใช้ปั๊มในการเปลี่ยนถ่ายสารละลาย) ทำให้สามารถลดต้นทุนในส่วนนี้ลงไปได้

- พืชไม่ขาดน้ำและธาตุอาหาร เนื่องจากรากแช่อยู่ในสารละลายตลอดเวลา

จุดด้อยของ DFT คือ 1.) รากพืชมีโอกาสขาด O_2 ได้ง่าย เนื่องจากรากพืชแช่อยู่ในสารละลายที่ลึก และไม่ไหลเวียน ซึ่งอาจแก้ปัญหาได้ เช่น ลดระดับสารละลายลงเมื่อพืชโตขึ้น เพื่อให้รากแช่อยู่ในสารละลายเพียงบางส่วน สามารถทำให้รากไม่ขาด O_2 ในขณะที่พืชต้นเล็ก แต่เมื่อพืชที่ปลูกโตขึ้น พืชจะใช้ O_2 เพิ่มอย่างรวดเร็ว ทำให้ต้องเติมอากาศลงไปในสารละลายอย่างต่อเนื่อง หรือหมุนเวียนสารละลายเช่นเดียวกับ NFT เป็นต้น 2.) การควบคุมความเข้มข้นของสารละลายทำได้ยากกว่าระบบอื่น ถ้าปลูกพืชปริมาณมาก 3.) สารละลายธาตุอาหารพืชมีองค์ประกอบเปลี่ยนไปตามระยะเวลาที่ใช้ปลูก ผู้ปลูกจำเป็นต้องเปลี่ยนถ่ายสารละลาย โดยเฉพาะถ้าอายุการเก็บเกี่ยวพืชนั้นนานกว่า 4 สัปดาห์ และ 4.) รากพืชที่แช่อยู่ในสารละลายไม่สามารถลำต้นให้ตั้งตรงได้ ถ้าพืชที่ปลูกมีลำต้นสูง ผู้ปลูกจำเป็นต้องสร้างอุปกรณ์พยุงลำต้นถ้าปลูกพืชลำต้นสูง (เรไร, 2548)

ผักที่ใช้ในการทดลอง

ผักกวางตุ้งฮ่องเต้ (Green Stem Pak Choi) อยู่ในวงศ์ Brassicaceae มีชื่อวิทยาศาสตร์ *Brassica campestris* L. var. *Chinesis* Bailey มีราก เป็นระบบรากแก้ว ถ้าดินมีสภาพชื้นและเย็น ลำต้น ตั้งตรง มีสีเขียว ขนาดโตเต็มที่ใช้รับประทานได้ ใบเลี้ยงมี 2 ใบ มีสีเขียว ใบอ่อนมีสีเขียวอ่อน ใบแก่ผิวใบเรียบหรือเป็นคลื่นเล็กน้อย ไม่มีขน ผักกาดกวางตุ้งฮ่องเต้จะออกดอกเมื่อเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อายุประมาณ 55-75 วัน ช่อดอกยาว 50-90 เซนติเมตร ผลมีลักษณะเป็นฝัก รูปร่างเรียวยาว แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนปลายไม่มีเมล็ด และส่วนที่มีเมล็ด การบริโภคใช้ส่วนของใบและก้านใบ เป็นผักที่นิยมบริโภคกันมาก เป็นผักที่มีคุณค่าทางอาหารสูง นำมาประกอบอาหารประเภทผัด แกงจืด ผักจิ้ม เป็นต้น

ผักคะน้า (Chinese Kale) อยู่ในตระกูลกะหล่ำ (Cruciferae) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Brassica oleracea* L. var. *Alboglabra* Bailey ผักคะน้ามีอายุตั้งแต่หว่านหรือหยอดเมล็ดจนถึงเก็บเกี่ยว 45-55 วัน ผักคะน้าสามารถปลูกได้ตลอดปี แต่ช่วงที่ปลูกได้ผลดีที่สุดอยู่ในช่วงเดือน ตุลาคม ถึงเดือนเมษายน สำหรับคะน้าที่นิยมใช้ปลูกในประเทศไทย มีอยู่ 2 ประเภท คือ 1) คะน้าใบ มีลักษณะต้นอวบใหญ่ ก้านเล็ก ใบกลมหนา กรอบ ทนต่อดินฟ้าอากาศได้ดี 2) คะน้า ยอดหรือคะน้าก้าน มีลักษณะลำต้นอวบใหญ่ ดอกขาว ใบแหลม ก้านใหญ่ ต้านทานต่อโรคและทนต่ออากาศร้อนได้ดี ผักคะน้าเป็นผักที่ใช้บริโภคส่วนของใบและลำต้น นิยมบริโภคกันมาก มีถิ่นกำเนิดในทวีปเอเชีย และมีปลูกกันมากในทวีปเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เช่น จีน ฮองกง ไต้หวัน มาเลเซีย และไทย เป็นต้น

ผักบุ้ง (Water convolvulous หรือ Kang kong) อยู่ในวงศ์ Convolvulaceae มีชื่อวิทยาศาสตร์ *Ipomoea aquatica* Forsk. มีชื่อพื้นเมืองว่า ผักทอดยอด (กรุงเทพฯ) กำจ (แม่ฮ่องสอน) มีถิ่นกำเนิดในเขตร้อนแถบทวีปเอเชีย ประเทศไทยสามารถปลูกผักบุ้งจีนได้ตลอดปี และได้ทั่วทุกภาคของประเทศ ผักบุ้งจีนเป็นพืชผักที่สำคัญพืชหนึ่ง ที่มีการเจริญเติบโตเร็ว อายุเก็บเกี่ยวสั้น ประมาณ 20-25 วัน ผักบุ้งหรือผักทอดยอด บางทีถูกเรียกว่า ผักดาหวาน เพราะมีเบต้าแคโรทีน ซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดของวิตามินเอสูง ช่วยบำรุงสายตา ทำให้ดวงตามีน้ำหล่อเลี้ยง เป็นปรกาศสวยงาม ไม่แสบ หรือรู้สึกแห้งในตา นอกจากนี้ยังมีธาตุเหล็กช่วยบำรุงเลือด มีแคลเซียม และฟอสฟอรัส บำรุงกระดูกและฟันให้แข็งแรง มีสารที่ช่วยลดน้ำตาลในเลือดสำหรับผู้ที่ เป็นเบาหวานได้ และบรรเทา อาการร้อนใน เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

อุปกรณ์

1. ตัวอย่างผักที่ปลูกโดยไม่ใช้ดินในระบบ DFT (Deep Flow Technique) จำนวน 3 ชนิด คือ คะน้า (*Brassica oleracea* L. var. *alboglabra* Bailey.) กวางตุ้งฮ่องเต้ (*Brassica chinensis* L. var. *chinensis*) และผักบุ้ง (*Ipomoea aquatica* Forsk.) ซึ่งภาพของตัวอย่างผักชนิดต่างๆ ที่นำมาทดลองแสดงไว้ในภาพผนวกที่ 1
2. กะทะไฟฟ้าสำหรับต้ม ลวก และนึ่งผัก
3. อุปกรณ์ และสารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์พีชทางเคมี

วิธีการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) จำนวน 3 ซ้ำ ประกอบด้วย 4 ตำรับการทดลอง (Treatment) ดังนี้

- T1 = ผักสดที่ยังไม่ได้ปรุงเป็นอาหารด้วยความร้อน (ตำรับควบคุม)
- T2 = ลวกผักด้วยน้ำกลั่น
- T3 = ต้มผักด้วยน้ำกลั่น
- T4 = นึ่งผักด้วยน้ำกลั่น

1. เก็บผัก 3 ชนิด (คะน้า, ผักบุ้ง และกวางตุ้งฮ่องเต้) จากฟาร์มที่ปลูกโดยไม่ใช้ดินในระบบ DFT ซึ่งปลูกบนโต๊ะปลูกเดียวกัน แล้วนำผักแต่ละชนิดมาแบ่งออกเป็น 4 ส่วน (ผักแต่ละชนิดจะมีน้ำหนักใกล้เคียงกัน) แยกใส่ในตะกร้า 4 ใบ โดยตะกร้าใบที่ 1 สำหรับนำไปวิเคราะห์โดยไม่ผ่านความร้อน ตะกร้าใบที่ 2 สำหรับนำไปลวก ตะกร้าใบที่ 3 สำหรับนำไปต้ม และ ตะกร้าใบที่ 4 สำหรับนำไปนึ่ง

2. แบ่งผักในแต่ละตะกร้าออกเป็น 3 ส่วน (จำนวน 3 ซ้ำ) แล้วนำไปชั่งน้ำหนักหั่นสด
3. นำผักแต่ละส่วนไปล้างด้วยน้ำกลั่น
4. นำผักแต่ละส่วนไปปรุงเป็นอาหารด้วยความร้อน ตามตำรับการทดลองต่างๆ ดังนี้ คือ
 - ลวกผักด้วยน้ำกลั่น 1 ลิตร นาน 30 วินาที
 - ต้มผักด้วยน้ำกลั่น 1 ลิตร นาน 5 นาที
 - นึ่งผักด้วยน้ำกลั่น 1 ลิตร นาน 10 นาที

โดยแต่ละวิธีจะเก็บน้ำมาวิเคราะห์หาปริมาณไนเตรท โดยปรับปริมาตรน้ำให้ได้ 1 ลิตร ก่อนนำไปวิเคราะห์

5. นำตัวอย่างผักทั้งหมดไปอบในตู้อบที่ 70 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักแห้งคงที่ แล้วนำตัวอย่างพีชมาชั่งน้ำหนักแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ทำการบดตัวอย่างพืชด้วยเครื่องบด (Thomas Wiley Laboratory Mill Model 4) ผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร และนำตัวอย่างพืชที่ได้ไปวิเคราะห์หาปริมาณไนเตรทต่อไป

7. วิเคราะห์หาไนเตรทในพืช โดยสกัดตัวอย่างพืชด้วยน้ำกลั่นและนำไปเขย่าที่ 180 rpm นาน 1 ชั่วโมง จากนั้นนำไปเหวี่ยงด้วยเครื่อง Centrifuge ที่ 2500 rpm นาน 15 นาที แล้วนำส่วนสารละลายไปวัดหาปริมาณไนเตรทโดยการทำให้เกิดสีตามวิธี Salicylic acid ที่อธิบายไว้โดย Cataldo *et al.* (1975) ซึ่งมีขั้นตอน คร่าวๆ ดังนี้ นำสารละลายที่สกัดได้ไปทำปฏิกิริยากับ 5% Salicylic acid in concentrated H_2SO_4 (w/v) จากนั้นทำให้สารละลายเกิดการพัฒนาของสีโดยปรับสภาพให้เป็นอย่างอื่น โดยการเติม 4 M NaOH แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 410 nm แล้วนำค่าที่ได้ไปคำนวณหาปริมาณไนเตรทเทียบกับ Standard curve ของไนเตรท

8. สำหรับตัวอย่างน้ำที่ได้จากการปรุงอาหารด้วยความร้อนนำมาวิเคราะห์หาปริมาณไนเตรทโดยวิธี Salicylic acid เช่นเดียวกับการวิเคราะห์พืช

9. เก็บข้อมูลพืช ได้แก่ น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง และปริมาณไนเตรทในผักและในน้ำที่ผ่านการปรุงอาหาร

10. นำข้อมูลมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และค่าความแตกต่างของข้อมูลทางสถิติ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS

สถานที่ทำการทดลอง

ห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยาทางดิน ภาควิชาปฐพีวิทยา อาคารเจ้าคุณทหาร
คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

ระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2548 - เดือนกุมภาพันธ์ 2549

ผลการทดลอง

จากการนำผักชนิดต่างๆ (ผักบุง, กวางตุ้งฮ่องเต้ และผักคะน้า) ไปปรุงเป็นอาหารด้วยความร้อน (โดยการลวก ต้ม และนึ่ง) ที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณไนเตรทในผัก ซึ่งผลการทดลองมีดังนี้

ผักบุง

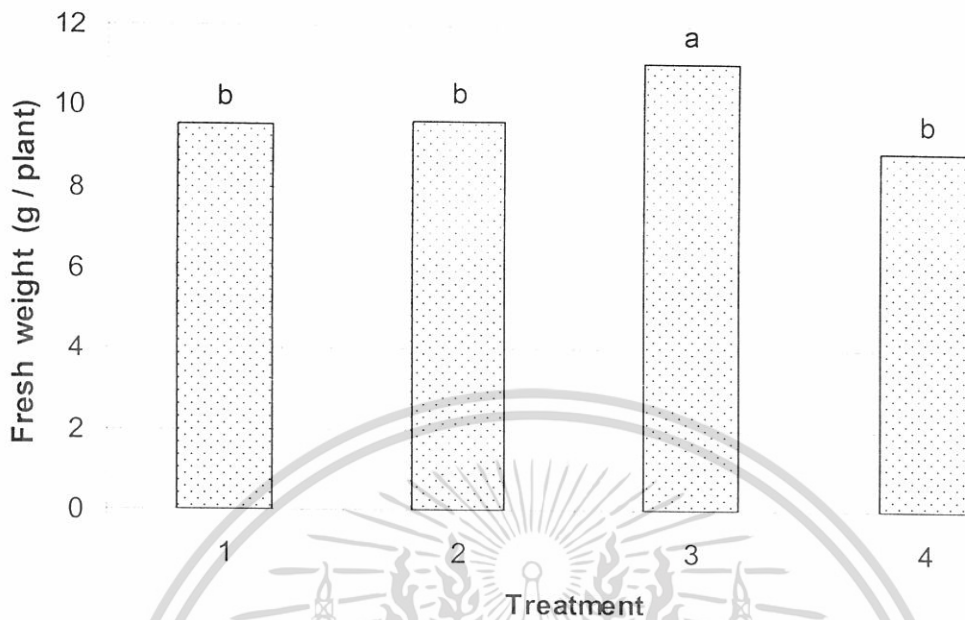
น้ำหนักสดต่อต้น (*Fresh weight*) ของผักบุงที่นำไปปรุงเป็นอาหารด้วยความร้อน ด้วยวิธีต่างๆ แสดงในตารางภาคผนวกที่ 1 และภาพที่ 1 พบว่า น้ำหนักสดเฉลี่ยของผักมีค่าระหว่าง 8.9-11.1 กรัม/ต้น โดยผักในตำรับที่นำไปต้มมีน้ำหนักสดสูงสุดคือ 11.1 กรัม/ต้น รองลงมาคือ ตำรับที่นำผักไปลวกและ ตำรับควบคุม ซึ่งมีน้ำหนักสดเท่ากันคือ 9.6 กรัม/ต้น และตำรับที่นำผักไปนึ่งพบว่ามีน้ำหนักสดต่ำสุดคือ 8.3 กรัม/ต้น

เปอร์เซ็นต์มวลแห้ง (*% Dry matter*) ของผักบุงที่นำไปปรุงเป็นอาหารด้วยความร้อน ด้วยวิธีต่างๆ แสดงในตารางภาคผนวกที่ 2 และภาพที่ 2 พบว่า เปอร์เซ็นต์มวลแห้งของผักมีค่าระหว่าง 4.98-5.88 % โดยผักในตำรับควบคุมมีเปอร์เซ็นต์มวลแห้งสูงสุดคือ 5.88 % รองลงมาคือ ตำรับที่นำผักไปลวก, นึ่ง และต้ม โดยมีค่า 5.82, 5.55 และ 4.98 % ตามลำดับ

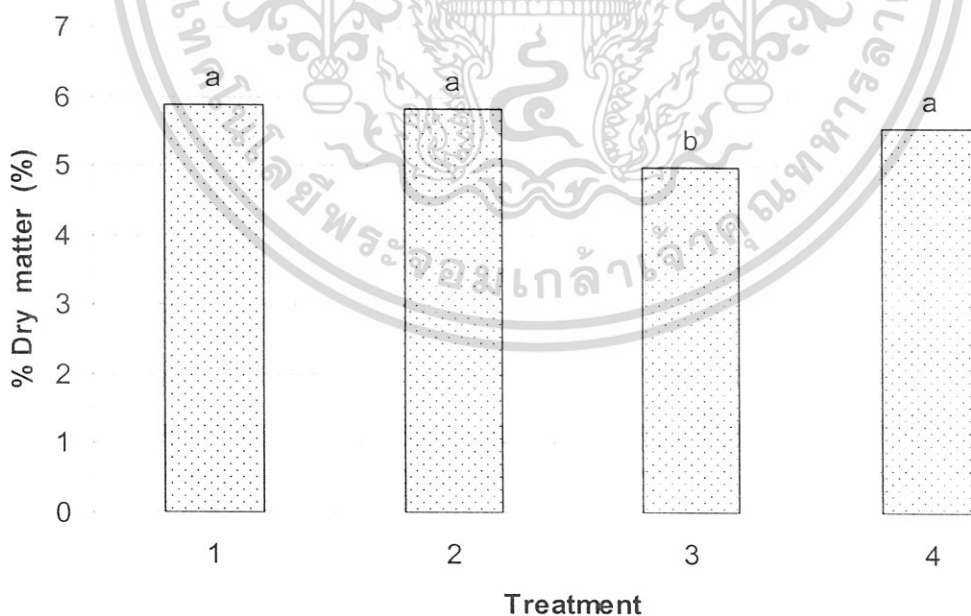
ความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลแห้ง (*NO₃ concentration in matter*) ของผักบุงที่นำไปปรุงเป็นอาหารด้วยความร้อน ด้วยวิธีต่างๆ แสดงในตารางภาคผนวกที่ 3 และภาพที่ 3 พบว่า ตำรับควบคุมมีความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลแห้งสูงสุดคือ 6.66 % รองลงมาคือ ตำรับที่นำผักไปนึ่ง, ลวก และต้ม ซึ่งมีความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลแห้ง คือ 6.65, 6.55 และ 6.12 % ตามลำดับ อย่างไรก็ตามค่าดังกล่าวไม่แตกต่างกันในทาง

ความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลสด (*NO₃ concentration in fresh matter*) ของผักบุงที่นำไปปรุงเป็นอาหารด้วยความร้อนด้วยวิธีต่างๆ แสดงในตารางภาคผนวกที่ 4 และภาพที่ 4 พบว่า ผักในตำรับควบคุมมีความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลสดสูงสุดคือ 3,919 มิลลิกรัมไนเตรท / กิโลกรัมมวลสด รองลงมาคือ ตำรับที่นำผักไปลวก และ นึ่ง คือมีค่า 3,802 และ 3,688 มิลลิกรัมไนเตรท / กิโลกรัมมวลสด ตามลำดับ ส่วนในตำรับที่นำผักไปต้มพบว่า มีความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลสดต่ำสุด คือมีค่า 3,049 มิลลิกรัมไนเตรท / กิโลกรัมมวลสด ซึ่งแตกต่างจากตำรับอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ความเข้มข้นไนเตรทในพืชและในน้ำที่ผ่านการปรุงเป็นอาหารด้วยความร้อน (โดยการลวก ต้ม และนึ่ง) ของผักบุง เมื่อเทียบกับตำรับควบคุม แสดงดังภาพที่ 5 พบว่าเมื่อนำผักไปต้ม มีผลทำให้ปริมาณ ไนเตรทในผักลดลงจากตำรับที่ไม่ได้ปรุงเป็นอาหารด้วยความร้อน (คือ 3.92 มิลลิกรัมไนเตรท / กรัมของผัก) มากกว่าวิธีการอื่นๆ คือมีปริมาณไนเตรทลดลงจากเดิมเหลือเท่ากับ 3.05 มิลลิกรัมไนเตรท / กรัม หรือคิดเป็น 77.8 % ของปริมาณไนเตรททั้งหมดในผัก เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

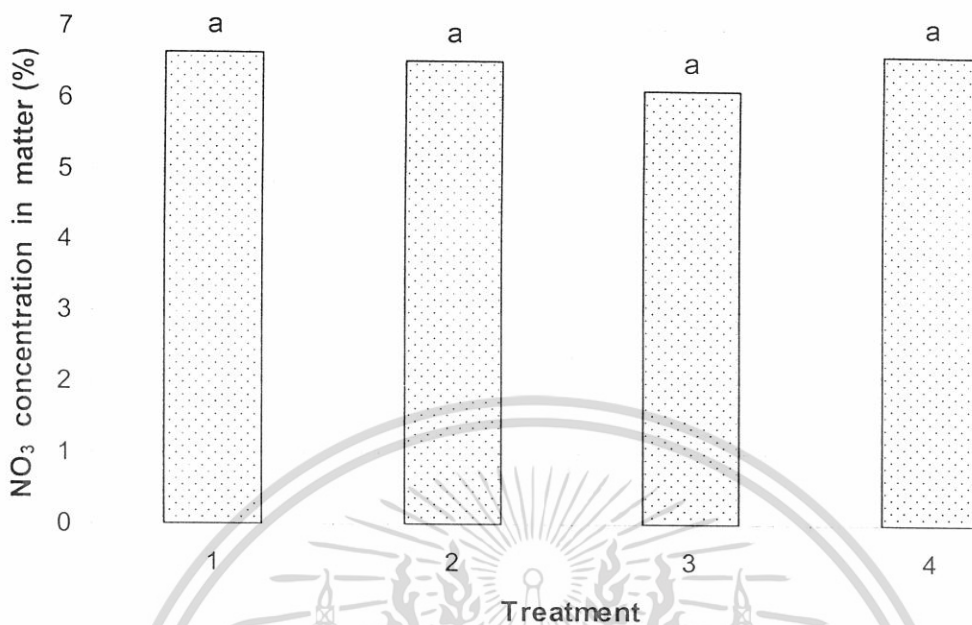


ภาพที่ 1 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักสด (กรัม / ต้น) ของผักบุ้งที่นำมาปรุงเป็นอาหารด้วยความร้อน โดยวิธีการต่างๆ



ภาพที่ 2 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์มวลแห้ง (%) ของผักบุ้งที่ผ่านการปรุงเป็นอาหารด้วยความร้อน โดยวิธีการต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3 ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลแห้ง (%) ของผักบุงที่ผ่านการปรุงเป็นอาหารด้วยความร้อนโดยวิธีการต่างๆ



ภาพที่ 4 ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลสด (มิลลิกรัมไนเตรท / กิโลกรัมมวลสด) ของ

ผักบุง ที่ผ่านการปรุงเป็นอาหารด้วยความร้อนโดยวิธีการต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ภาพที่--6) ขณะที่การลวก และการนึ่ง มีผลทำให้ปริมาณไนเตรทในผักลดลงจากเดิมเหลือ 3.80 มิลลิกรัมไนเตรท /กรัม (97.0 %) และ 3.69 มิลลิกรัมไนเตรท /กรัม (94.1 %) ตามลำดับ และเมื่อวิเคราะห์ปริมาณไนเตรทในน้ำที่นำผักไปผ่านการปรุงเป็นอาหารโดยการต้ม ลวก และนึ่ง พบว่า ปริมาณไนเตรทในน้ำต้มผักมีค่ามากที่สุดคือ 0.75 มิลลิกรัมไนเตรท /กรัม (19.7 %) ขณะที่ น้ำที่นึ่งผัก และ น้ำที่ลวกผัก พบว่ามีปริมาณไนเตรท 0.14 มิลลิกรัมไนเตรท /กรัม (3.7 %) และ 0.11 มิลลิกรัมไนเตรท /กรัม (2.9 %) ตามลำดับ

ผักกวางตุ้งฮ่องเต้

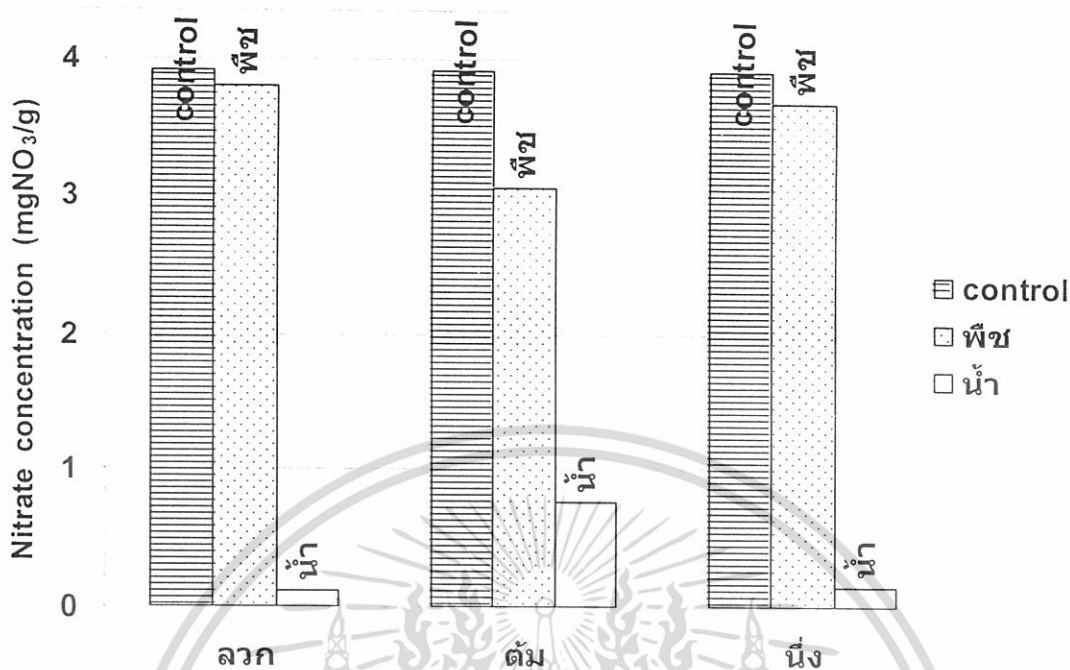
น้ำหนักสดต่อต้น (Fresh weight) ของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ที่นำไปปรุงเป็นอาหารด้วยความร้อน ด้วยวิธีต่างๆ แสดงในตารางภาคผนวกที่ 5 และภาพที่ 7 พบว่า น้ำหนักสดเฉลี่ยของผักมีค่าระหว่าง 18.3-22.8 กรัม/ต้น โดยผักในตำรับควบคุมมีน้ำหนักสดสูงสุดคือ 22.8 กรัม/ต้น รองลงมาคือ ตำรับที่นำผักไป นึ่ง, ลวก และต้ม โดยมีน้ำหนักสด 19.2, 18.6 และ 18.3 กรัม/ต้น ตามลำดับ

เปอร์เซ็นต์มวลแห้ง (% Dry matter) ของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ที่นำไปปรุงเป็นอาหารด้วยความร้อนด้วยวิธีต่างๆ แสดงในตารางภาคผนวกที่ 6 และภาพที่ 8 พบว่า เปอร์เซ็นต์มวลแห้งของผักมีค่าระหว่าง 3.66-5.02 % โดยผักในตำรับควบคุมมีเปอร์เซ็นต์มวลแห้งสูงสุดคือ 5.02 % รองลงมาคือ ตำรับที่นำผักไป ลวก, นึ่ง และต้ม โดยมีค่า 4.37, 3.67 และ 3.66 % ตามลำดับ

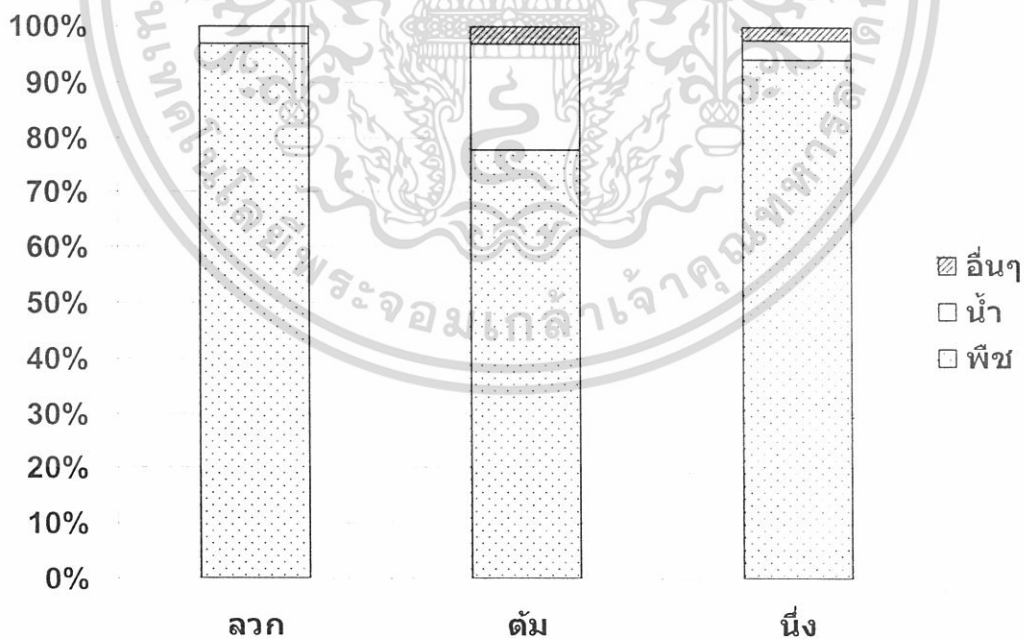
ความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลแห้ง (NO_3 concentration in matter) ของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ที่นำไปปรุงเป็นอาหารด้วยความร้อน ด้วยวิธีต่างๆ แสดงในตารางภาคผนวกที่ 7 และภาพที่ 9 พบว่า ตำรับที่นำผักไปต้มมีความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลแห้งต่ำสุดคือ 7.68 % ซึ่งมีค่าแตกต่างจากตำรับอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนในตำรับที่นำผักไปนึ่ง และลวก พบว่ามีความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลแห้งใกล้เคียงกัน คือมีค่า 11.00 และ 12.15 % ตามลำดับ ขณะที่ตำรับควบคุมนั้น พบว่ามีความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลแห้งสูงสุดคือ 13.90 %

ความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลสด (NO_3 concentration in fresh matter) ของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ที่นำไปปรุงเป็นอาหารด้วยความร้อนด้วยวิธีต่างๆ แสดงในตารางภาคผนวกที่ 8 และภาพที่ 10 พบว่า สอดคล้องกับความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลแห้ง กล่าวคือ ผักในตำรับควบคุมมีความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลสดสูงสุดคือ 6,966 มิลลิกรัมไนเตรท /กิโลกรัมมวลสด ซึ่งมีค่าแตกต่างจากตำรับอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ รองลงมาคือ ตำรับที่นำผักไปลวก และนึ่ง คือมีค่า 5,303 และ 4,049 มิลลิกรัมไนเตรท /กิโลกรัมมวลสด ตามลำดับ ส่วนในตำรับที่นำผักไปต้มพบว่า มีความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลสดต่ำสุด คือมีค่า 2,814 มิลลิกรัมไนเตรท /กิโลกรัมมวลสด ซึ่งแตกต่างจากตำรับอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

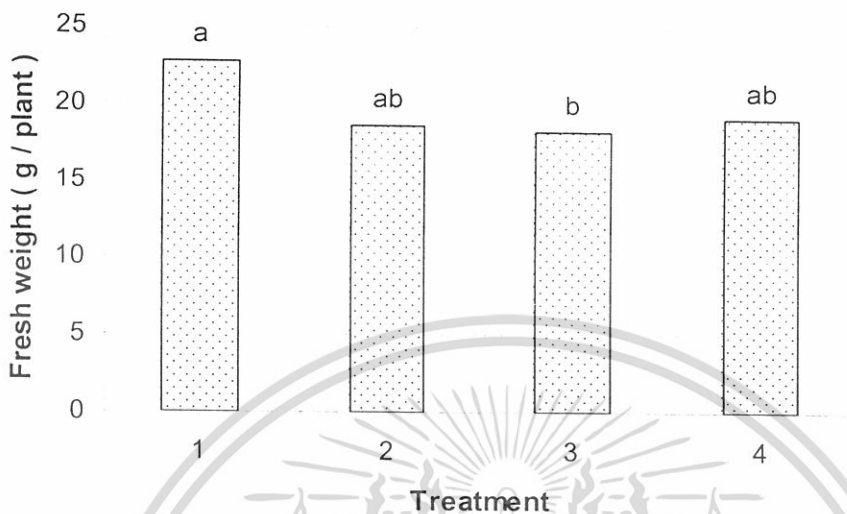


ภาพที่ 5 ความเข้มข้นไนเตรท (มิลลิกรัมไนเตรท /กรัมของพืช) ที่มีในผักบุง และในน้ำ ที่ผ่านการปรุงเป็นอาหารด้วยความร้อนโดยวิธีการต่างๆ เมื่อเทียบกับตำรับควบคุม (T1)

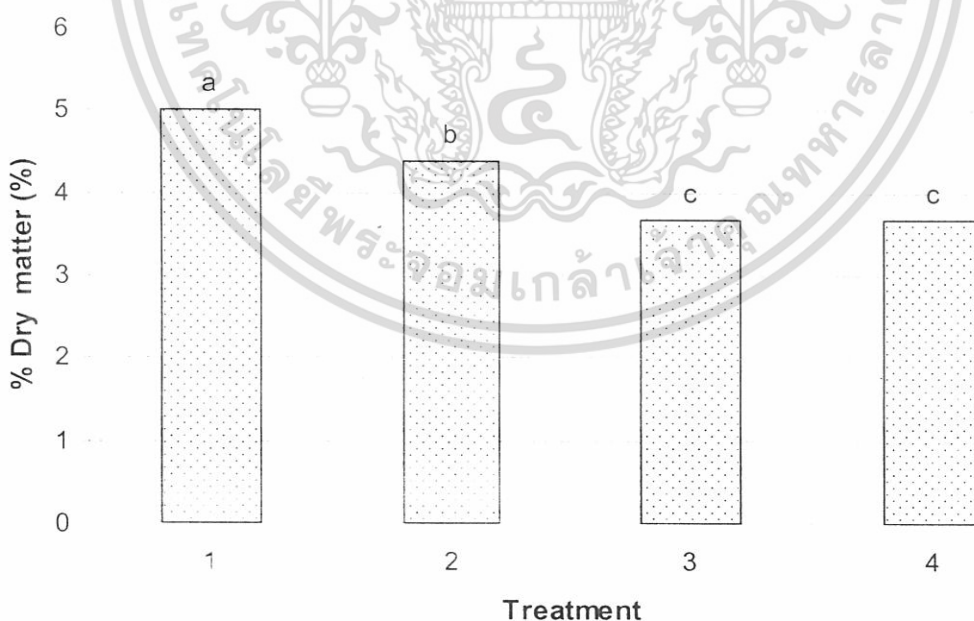


ภาพที่ 6 ร้อยละของปริมาณไนเตรท (%) ที่มีอยู่ในผักบุง และในน้ำ ที่ผ่านการปรุงเป็นอาหารด้วยความร้อนโดยวิธีการต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

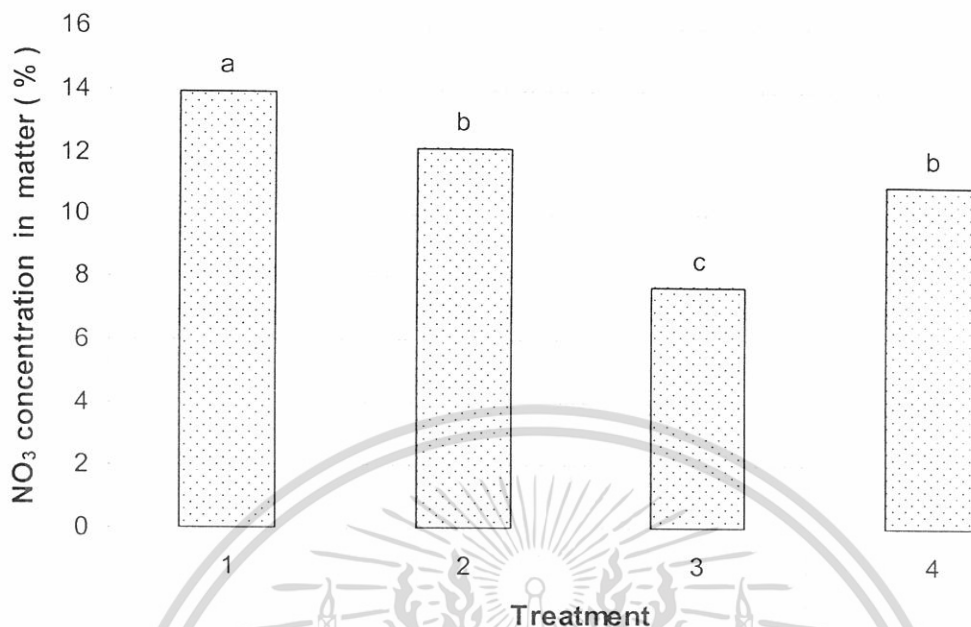


ภาพที่ 7 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักสด (กรัม / ต้น) ของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ที่นำมาปรุงเป็นอาหารด้วยความร้อนโดยวิธีการต่างๆ

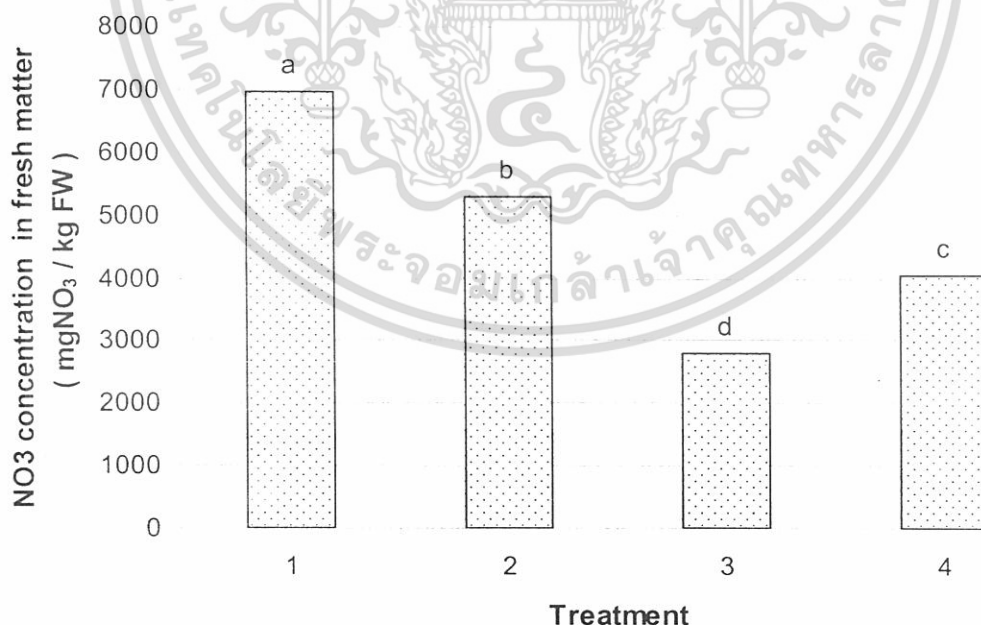


ภาพที่ 8 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์มวลแห้ง (%) ของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ที่ผ่านการปรุงเป็นอาหารด้วยความร้อนโดยวิธีการต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 9 ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลแห้ง (%) ของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ที่ผ่านการปรุงเป็นอาหารด้วยความร้อนโดยวิธีการต่างๆ



ภาพที่ 10 ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลสด (มิลลิกรัมไนเตรท / กิโลกรัมมวลสด) ของ

ผักกวางตุ้งฮ่องเต้ที่ผ่านการปรุงเป็นอาหารด้วยความร้อนโดยวิธีการต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเข้มข้นไนเตรทในพืชและในน้ำที่ผ่านการปรุงเป็นอาหารด้วยความร้อน (โดยการ ลวก ต้ม และนึ่ง) ของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ เมื่อเทียบกับค่าควบคุม แสดงดังภาพที่ 11 พบว่าเมื่อนำผักไปต้ม มีผลทำให้ปริมาณไนเตรทในผักลดลงจากค่ารับที่ไม่ได้ปรุงเป็นอาหารด้วยความร้อน (คือ 6.97 มิลลิกรัม ไนเตรท /กรัม ของผัก) มากกว่าวิธีการอื่นๆ คือมีปริมาณไนเตรทลดลงจากเดิมเหลือเท่ากับ 2.81 มิลลิกรัมไนเตรท /กรัม หรือคิดเป็น 40.4 % ของปริมาณไนเตรททั้งหมดในผัก (ภาพที่ 12) ขณะที่การลวก และ การนึ่ง มีผลทำให้ปริมาณไนเตรทในผักลดลงจากเดิมเหลือ 5.30 มิลลิกรัมไนเตรท /กรัม (76.1 %) และ 4.05 มิลลิกรัมไนเตรท /กรัม (58.1 %) ตามลำดับ และเมื่อวิเคราะห์ปริมาณไนเตรทในน้ำที่นำผักไปผ่านการปรุงเป็นอาหารโดยการต้ม ลวก และนึ่ง พบว่า ปริมาณไนเตรทในน้ำต้มผักมีค่ามากที่สุดคือ 2.98 มิลลิกรัมไนเตรท /กรัม (42.8 %) ขณะที่น้ำที่นึ่งผัก และ น้ำที่ลวกผัก พบว่ามีปริมาณไนเตรทเท่ากันคือ 0.65 มิลลิกรัมไนเตรท /กรัม (9.3 %)

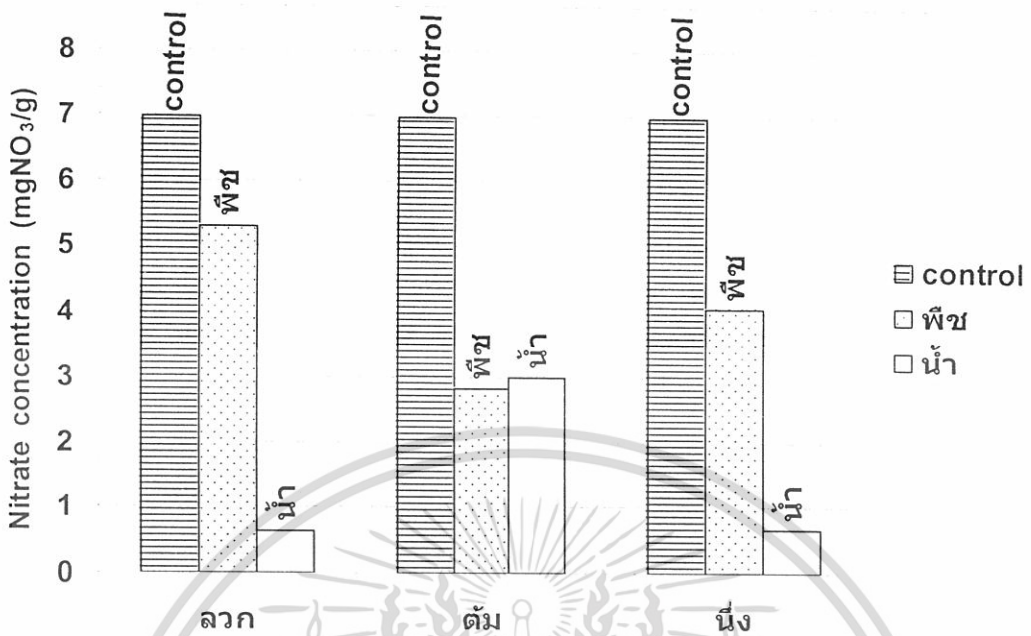
ผักคะน้า

น้ำหนักสดต่อต้น (*Fresh weight*) ของผักคะน้าที่นำไปปรุงเป็นอาหารด้วยความร้อน ด้วยวิธีต่างๆ แสดงในตารางภาคผนวกที่ 9 และภาพที่ 13 พบว่า น้ำหนักสดเฉลี่ยของผักมีค่าระหว่าง 17.8-26.7 กรัม/ต้น โดยค่ารับที่นำผักไปลวกมีน้ำหนักสดสูงสุดคือ 26.7 กรัม/ต้น รองลงมาคือ ค่าควบคุม (22.9 กรัม/ต้น) ส่วนค่ารับที่นำผักไป ต้ม และนึ่ง พบว่ามีน้ำหนักสด 19.9 และ 17.8 กรัม/ต้น ตามลำดับ

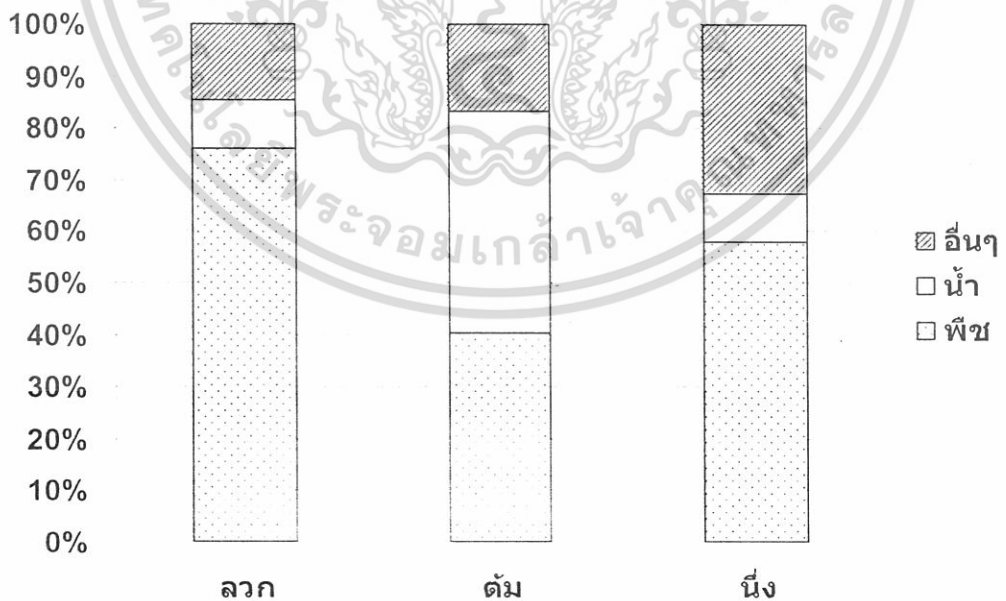
เปอร์เซ็นต์มวลแห้ง (*% Dry matter*) ของผักคะน้าที่นำไปปรุงเป็นอาหารด้วยความร้อน ด้วยวิธีต่างๆ แสดงในตารางภาคผนวกที่ 10 และภาพที่ 14 พบว่า เปอร์เซ็นต์มวลแห้งของผักมีค่าระหว่าง 5.19-6.55 % โดยผักในค่าควบคุมพบว่า มีเปอร์เซ็นต์มวลแห้งสูงสุดคือ 6.55 % รองลงมาคือ ค่ารับที่นำผักไป ลวก, นึ่ง และต้ม โดยมีค่า 6.29, 5.91 และ 5.19 % ตามลำดับ

ความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลแห้ง (*NO₃ concentration in matter*) ของผักคะน้าที่นำไปปรุงเป็นอาหารด้วยความร้อน ด้วยวิธีต่างๆ แสดงในตารางภาคผนวกที่ 11 และภาพที่ 15 พบว่า ค่ารับที่นำผักไปต้มมีความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลแห้งต่ำสุดคือ 5.58 % ซึ่งมีค่าแตกต่างจากค่ารับอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ขณะที่ค่ารับที่นำผักไปนึ่ง และลวก พบว่ามีความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลแห้งใกล้เคียงกัน คือมีค่า 7.18 และ 7.61 % ตามลำดับ ส่วนในค่าควบคุมนั้น พบว่ามีความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลแห้งสูงแตกต่างจากค่ารับอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือมีค่า 8.15 %

ความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลสด (*NO₃ concentration in fresh matter*) ของผักคะน้าที่นำไปปรุงเป็นอาหารด้วยความร้อนด้วยวิธีต่างๆ แสดงในตารางภาคผนวกที่ 12 และภาพที่ 16 พบว่า สอดคล้องกับความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลแห้ง กล่าวคือ ความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลสดของผักในค่าควบคุมมีค่าสูงแตกต่างจากค่ารับอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือมีค่า 5,335 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

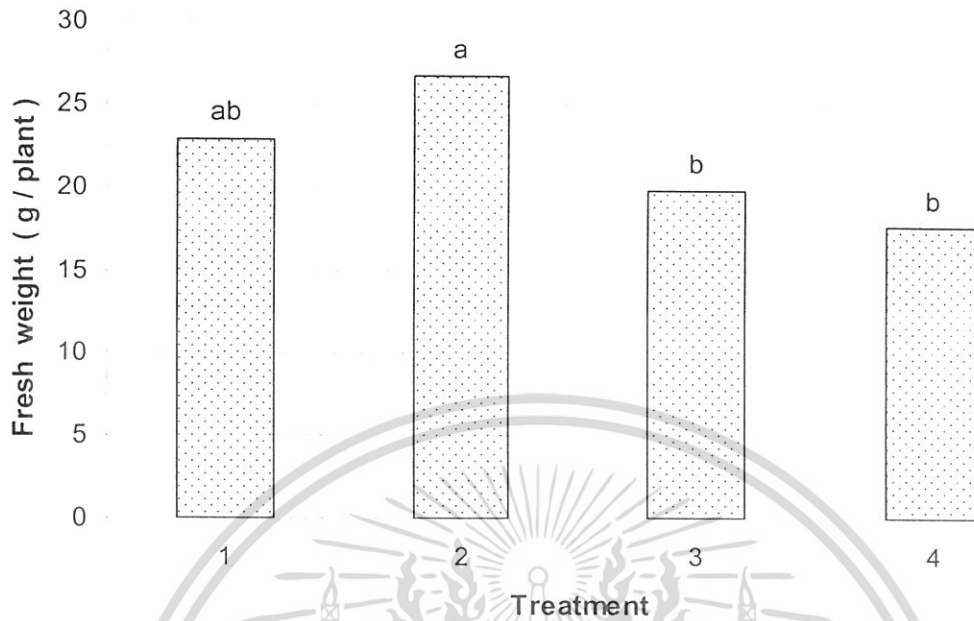


ภาพที่ 11 ความเข้มข้นไนเตรท (มิลลิกรัมไนเตรท /กรัมของพืช) ที่มีในผักกวางตุ้งฮ่องเต้ และในน้ำ ที่ผ่านการปรุงเป็นอาหารด้วยความร้อนโดยวิธีการต่างๆ เมื่อเทียบกับค่าควบคุม (T1)

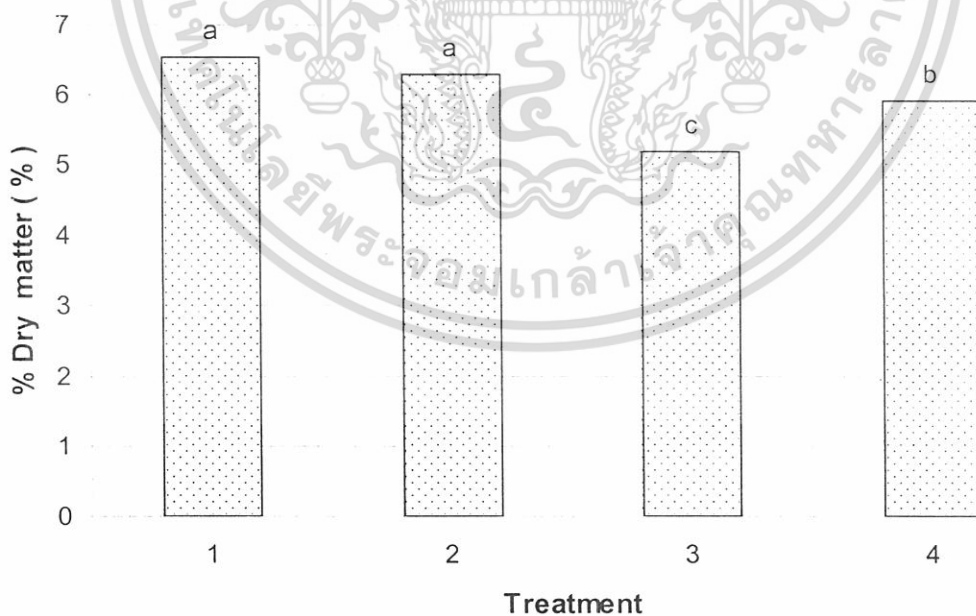


ภาพที่ 12 ร้อยละของปริมาณไนเตรท (%) ที่มีอยู่ในผักกวางตุ้งฮ่องเต้ และในน้ำ ที่ผ่านการปรุงเป็นอาหารด้วยความร้อนโดยวิธีการต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

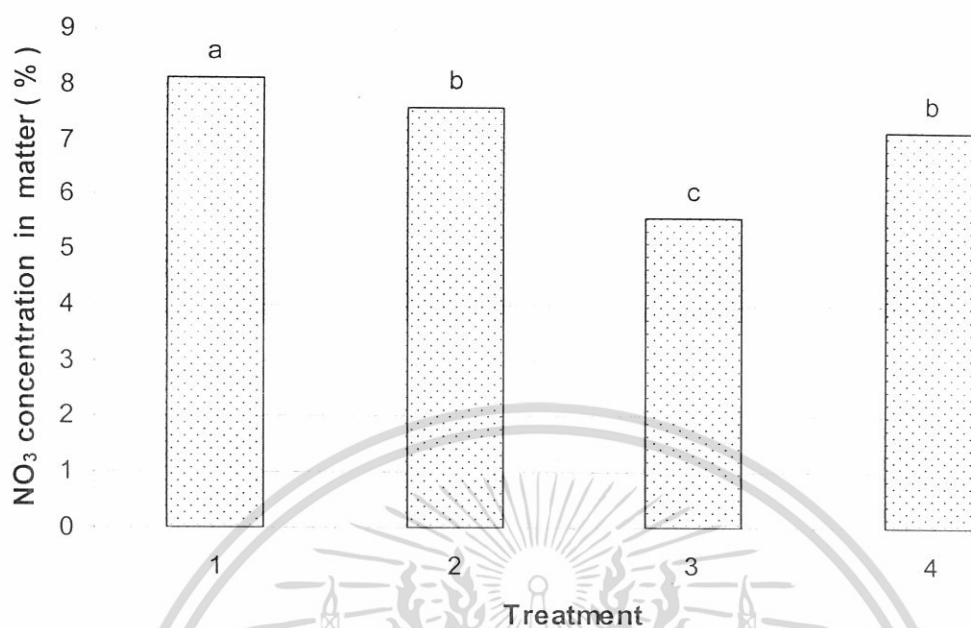


ภาพที่ 13 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักสด (กรัม / ต้น) ของผักคะน้าที่ผ่านการปรุงเป็นอาหารด้วยความร้อนโดยวิธีการต่างๆ

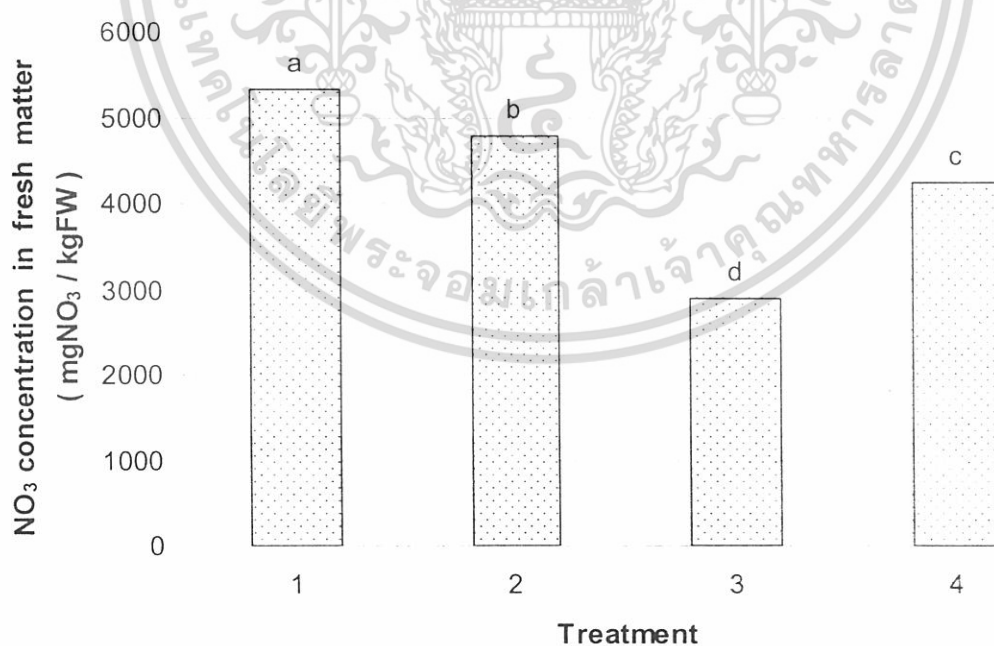


ภาพที่ 14 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์มวลแห้ง (%) ของผักคะน้าที่ผ่านการปรุงเป็นอาหารด้วยความร้อนโดยวิธีการต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 15 ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลแห้ง (%) ของผักคะน้าที่ผ่านการปรุงเป็นอาหารด้วยความร้อนโดยวิธีการต่างๆ



ภาพที่ 16 ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลสด (มิลลิกรัมไนเตรท / กิโลกรัมมวลสด) ของผักคะน้าที่ผ่านการปรุงเป็นอาหารด้วยความร้อนโดยวิธีการต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

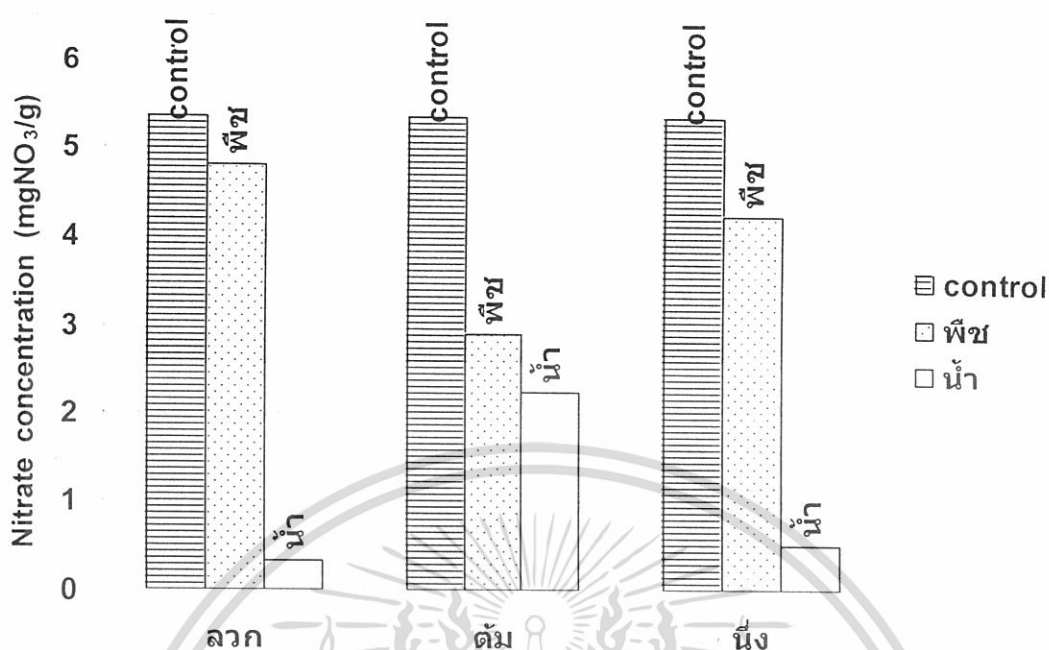
มิลลิกรัมไนเตรท / กิโลกรัมมวลสด ขณะที่ตำรับที่นำผักไปต้มพบว่า มีความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลสดต่ำสุด คือมีค่า 2,898 มิลลิกรัมไนเตรท / กิโลกรัมมวลสด ซึ่งแตกต่างจากตำรับอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนตำรับที่นำผักไป ลวก และหนึ่งนั้น พบว่า มีความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลสด 4,793 และ 4,240 มิลลิกรัมไนเตรท / กิโลกรัมมวลสด ตามลำดับ

ความเข้มข้นไนเตรทในพืชและในน้ำที่ผ่านการปรุงเป็นอาหารด้วยความร้อน (โดยการลวก ต้ม และนึ่ง) ของผักคะน้า เมื่อเทียบกับตำรับควบคุม แสดงดังภาพที่ 17 พบว่าเมื่อนำผักไปต้ม มีผลทำให้ปริมาณไนเตรทในผักลดลงจากตำรับที่ไม่ได้ปรุงเป็นอาหารด้วยความร้อน (คือ 5.33 มิลลิกรัมไนเตรท / กรัม ของผัก) มากกว่าวิธีการอื่นๆ คือมีปริมาณไนเตรทลดลงจากเดิมเหลือเท่ากับ 2.90 มิลลิกรัมไนเตรท / กรัม หรือคิดเป็น 54.4 % ของปริมาณไนเตรททั้งหมดในผัก (ภาพที่18) ขณะที่การลวก และ การนึ่ง มีผลทำให้ปริมาณไนเตรทในผักลดลงจากเดิมเหลือ 4.79 มิลลิกรัมไนเตรท / กรัม (89.9%) และ 4.24 มิลลิกรัมไนเตรท / กรัม (79.5 %) ตามลำดับ และเมื่อวิเคราะห์ปริมาณไนเตรทในน้ำที่นำผักไปผ่านการปรุงเป็นอาหารโดยการต้ม ลวก และนึ่ง พบว่า ปริมาณไนเตรทในน้ำต้มผักมีค่ามากที่สุดคือ 2.24 มิลลิกรัมไนเตรท / กรัม (42.0 %) ขณะที่น้ำที่นึ่งผัก และ น้ำที่ลวกผัก พบว่ามีปริมาณไนเตรท 0.51 มิลลิกรัมไนเตรท / กรัม (9.6 %) และ 0.33 มิลลิกรัมไนเตรท / กรัม (6.1 %) ตามลำดับ

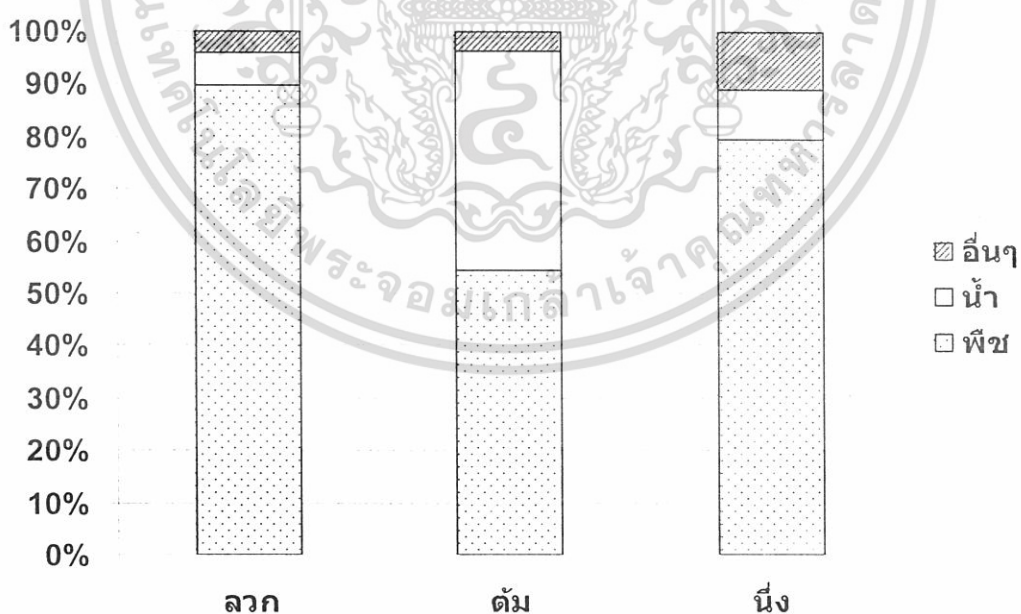
วิจารณ์ผลการทดลอง

จากผลการทดลอง พบว่าการนำผักไปต้มมีผลทำให้ความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลแห้ง และ ความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลสด ของผักชนิดต่างๆ (ผักบุ้ง, ผักกวางตุ้งฮ่องเต้ และ ผักคะน้า) มีค่าลดลงแตกต่างจากตำรับควบคุมอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติ รองลงมาคือ วิธีการนำผักไปนึ่ง และนำไปลวก ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Dejonckheere *et al.* (1994) พบว่า การปอกเปลือกมันฝรั่งและนำไปต้มในน้ำ มีผลทำให้ปริมาณไนเตรทลดลงจากเดิมมากกว่า 50% โดยไนเตรทส่วนใหญ่จะอยู่ในน้ำ และควรจระรินน้ำออกหลังจากขบวนการปรุงอาหาร เช่นเดียวกับ รายงานของ Mottram *et al.* (2002) กล่าวไว้ว่า เมื่อนำผักมาปรุงเป็นอาหาร ควรใช้น้ำต้มในปริมาณมาก หลังจากนั้นควรเทน้ำต้มผักทิ้งไป ซึ่งจะเป็นการลดปริมาณไนเตรท ลงได้ และจาก ผลการศึกษาของ สุวรรณ (2547) รายงานว่า การปรุงอาหารโดยใช้ความร้อน ด้วยการลวก การต้ม การนึ่ง การผัด สามารถลดไนเตรทได้ 40-60 % ทั้งนี้เพราะไนเตรทสามารถละลายน้ำได้ดี ทำให้ลดปริมาณไนเตรทลงได้ ดังนั้นผู้บริโภคสามารถลดอันตรายไนเตรทได้ โดยการชะล้างด้วยน้ำ (กุลชลี, 2525) นอกจากนี้ Waclaw and Stefan (2004) ได้ศึกษาผลการนำมันฝรั่งมาผ่าน ขบวนการความร้อนวิธีที่แตกต่างกัน เช่น ทอด ต้ม นึ่ง ที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงของไนเตรทและไนไตรท์ พบว่า แต่ละวิธีการจะทำให้เกิดการสูญเสียไนเตรท และไนไตรท์ แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 17 ความเข้มข้นไนเตรท (มิลลิกรัมไนเตรท / กรัมของพืช) ที่มีในผักคะน้า และในน้ำที่ผ่านการปรุงเป็นอาหารด้วยความร้อนโดยวิธีการต่างๆ เมื่อเทียบกับตัวรับควบคุม (T1)



ภาพที่ 18 ร้อยละของปริมาณไนเตรท (%) ที่มีอยู่ในผักคะน้า และในน้ำ ที่ผ่านการปรุงเป็นอาหารด้วยความร้อนโดยวิธีการต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง

จากผลการนำผักชนิดต่างๆ (ผักบุ้ง, ผักกวางตุ้งฮ่องเต้ และ ผักคะน้า) ไปปรุงเป็นอาหารด้วยความร้อน (ลวก, ต้ม และ นึ่ง) ที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณไนเตรทในผักที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารในระบบ DFT (Deep Flow Technique) พบว่า การนำผักไปต้มมีผลทำให้ความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลแห้ง และ ความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลสด ของผักชนิดต่างๆ มีค่าลดลงจากเดิมมากที่สุด ซึ่งแตกต่างจากตำรับควบคุมอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติ รองลงมาคือวิธีการนำผักไปนึ่ง และนำไปลวก ตามลำดับ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- กุลชลี งามจี. 2525. การหาความเข้มข้นของไนเตรทในผักบางชนิดจากตลาด 3 แห่งใน กรุงเทพมหานคร, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 95 น.
- งานสารพิมพ์. 2531. ไนเตรทไนไตรท์และสารประกอบเอ็น-ไนโตรโซ .กองมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อม . สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ.
- ดิเรก ทองอร่าม. 2547. การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน : หลักการจัดการการผลิตและเทคโนโลยีการผลิตเชิงธุรกิจในประเทศไทย. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช. ธรรมรักษ์การพิมพ์, ราชบุรี. 724 น.
- ธรรมศักดิ์ ทองเกตุ, อัญชนีย์ อุทัยพัฒนาชีพ และวุฒิพงษ์ พิมพ์โคตร. 2544. การสำรวจเบื้องต้นปริมาณสารไนเตรตตกค้างในผักกาดหอมปลูกโดยไม่ใช้ดินในฤดูต่างๆ. น.67-73. ใน การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 40. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ไพรัตน์ พิมพ์ศิริกุล. 2546. เอกสารประกอบการสอนวิชา จุลชีววิทยาทางดิน. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.151 น.
- ไพรัตน์ พิมพ์ศิริกุล. 2547. การสำรวจเบื้องต้นปริมาณไนเตรทในผักที่ปลูกโดยไม่ใช้ดินและ/หรือผักอนามัยที่จำหน่ายในตลาด. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. ชุดโครงการวิจัยดินและปุ๋ยพืชสวน, สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย. 55 น.
- ยงยุทธ เขียมไชยศรี. 2546. การใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มา (*Trichoderma spp.*) กับการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน. อ้างโดย ดิเรก ทองอร่าม. 2547. การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน : หลักการจัดการการผลิตและเทคโนโลยีการผลิตเชิงธุรกิจในประเทศไทย. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช. ธรรมรักษ์การพิมพ์, ราชบุรี. 724 น.
- ยงยุทธ โอสถสภา. 2543. ธาตุอาหารพืช. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 424 น.
- เรไร นันทนาวัฒน์. 2548. การปลูกพืชระบบ Deep folw technique (DFT) ในถาดโฟม. ใน เอกสารประกอบการบรรยาย การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน รุ่นที่ 6. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.
- วุฒิพงษ์ พิมพ์โคตร. 2546. การเจริญเติบโต การสะสมไนเตรท และการลดไนเตรทก่อนการเก็บเกี่ยวในผักกาดหอมที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหาร. กรุงเทพฯ. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, ภาควิชาพืชสวน, สาขาพืชสวน, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 80 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- สุวรรณภา เหลืองชลธาร. 2547. สารเคมีเจือปนในอาหาร. ภาควิชาเภสัชเคมี, คณะเภสัชศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
http://www.pharm.chula.ac.th/clinic101_5/bp1.htm
- Barker, J. M. and B. B. Tucker. 1971. Effects of rates of N and P on the accumulation of $\text{NO}_3\text{-N}$ in wheat, oats, rye and barley on different sampling dates. *Agron. J.* 63:204-207
- Bergmann W. 1992. Nutritional disorders of plants development, visual and analytical diagnosis. Fischer Verlag, Jena.
- 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.
- Chung, S.Y., J.S. Kim, M.K. Hon, J.O. Lee, C.M. Kim. and I.S. Song, 2003. Survey of nitrate and nitrite contents of vegetables grown in Korea. *Food Additives and Contaminants* 20: 621-628.
- 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 Nutrition* 12: 359-370.
- Dich, J., R. Jarvinen, P. Knekt and P.L. Penttila. 1996. Dietary intakes of nitrate, nitrite and NDMA in the Finnish Mobile Clinic Health Examination Survey. *Food Additives and Contaminants* 13: 541-552.
- Gaballa, A.A., 2000, Changes in nitrate and nitrite content of some vegetables during processing. *Annals Agri. Sci., Cairo.*, 45: 531-539.
- Galler, J., 1997, Nitrates in foodstuffs and their effects on the human organism. *Forderungdienst* 45: 53-56.
- Hambridge, T., 2003. Nitrate and nitrite. Intake assessment. INCHEM. WHO Food Additives. Series: 50.
<http://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v50je07.htm>
- Hamouz, K., J. Cepi, B. Vokal and J. Lachman. 1999. Influence of locality and way of cultivation on the nitrate and glycoalkaloid content in potato tuber. *Rostlinna Vyroba* 45: 495-501.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Kennedy, D. 1995. Leafy vegetables and nitrates. Leaf for Life. Web, KY, USA.
<http://www.leafforallife.com/PAGES/LEAFVEG.HTM>, April 2002.
- Maynard, D.N. and Baker, A.V. 1972. Nitrate content of vegetable crops. Hort. Science 7(3): 224-246.
- Mottram, Ds., Brownlaw, 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 nitrates and nitrites in potatoe. Pakistan Journal of Nutrition 3(6):357-361.
- Munzinger, A. 1999. Optimal control of nitrate accumulation in greenhouse Lettuce and other leafy vegetables. FAIR-CT98-4362, European Commission, Brussels, Belgium.
http://europa.eu.int/comm/research/agro/fair/en/nl_4362.html. May 2002.
- Phillips W.E. 1971. Natural occurring nitrate and nitrite in foods in relation to infant Methaemoglobinemia. Fd. Cosmet. Toxicol. 9:219-228.
- Phupaibul P., N. Chinoim and T. Match. 2002. Nitrate Concentration in Chinese Kale Sold at Markets Around Bangkok, Thailand. Thai J. of Agric. Sci. 35(3):295-302.
- Radojevic M. and V. Bashkin. 1999. Practical environmental analysis. The Royal Society of Chemistry, Thomas Graham House, Science Park, Milton Road. Cambridge UK.
- Rembialkowska, E., H. Kacprzak. and J. Sokolowska, 2001. Jakosc zdrowotna warzyw ekologicznych i konwencjonalnych z dawnego woj. kieleckiego. Bromat. Chem. Toksykol. 34: 49-57.
- Schonbeck M. 1998. Nitrate in Winter Greenhouse Leafy vegetable. Article No.33, New Alchemy Quarterly Institute, Inc., MA.
- WHO. 1972. Environment Health Criteria 5 – Nitrates, Nitrites and N-nitroso compounds, 107p.
- Zhong, W., Hu c. and M. Wang, 2002. Nitrate and nitrite content in vegetables in China. Food Addit. Contam, 19: 1125-1129.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 1 น้ำหนักสด (กรัม / ต้น) ของผักบั้งที่นำมาปรุงเป็นอาหารด้วยความร้อน โดยวิธีการต่างๆ

Treatment	Replication			Mean	
	R1	R2	R3		
T1	9.5	9.9	9.3	9.6	b
T2	9.8	9.1	10.0	9.6	b
T3	10.8	11.1	11.4	11.1	a
T4	8.4	9.0	9.4	8.9	b

ตารางภาคผนวกที่ 2 เปอร์เซนต์มวลแห้ง (%) ของผักบั้งที่ผ่านการปรุงเป็นอาหารด้วยความร้อน โดยวิธีการต่างๆ

Treatment	Replication			Mean	
	R1	R2	R3		
T1	5.93	5.76	5.96	5.88	a
T2	5.64	6.12	5.70	5.82	a
T3	4.86	5.01	5.06	4.98	b
T4	5.74	5.49	5.41	5.55	a

ตารางภาคผนวกที่ 3 ความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลแห้ง (%) ของผักบั้งที่ผ่านการปรุงเป็นอาหารด้วยความร้อน โดยวิธีการต่างๆ

Treatment	Replication			Mean	
	R1	R2	R3		
T1	6.84	6.77	6.37	6.66	a
T2	6.76	5.98	6.90	6.55	a
T3	6.10	6.27	6.00	6.12	a
T4	6.24	6.67	7.05	6.65	a

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 4 ความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลสด (มิลลิกรัมไนเตรท / กิโลกรัมมวลสด)
ของผักบั้งที่ผ่านการปรุงเป็นอาหารด้วยความร้อนโดยวิธีการต่างๆ

Treatment	Replication			Mean	
	R1	R2	R3		
T1	4057	3901	3799	3919	a
T2	3813	3658	3934	3802	a
T3	2967	3143	3036	3049	b
T4	3583	3663	3817	3688	a

ตารางภาคผนวกที่ 5 น้ำหนักสด (กรัม / ต้น) ของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ที่นำมาปรุงเป็นอาหารด้วยความร้อนโดยวิธีการต่างๆ

Treatment	Replication			Mean	
	R1	R2	R3		
T1	18.0	25.2	25.1	22.8	a
T2	18.5	18.2	19.1	18.6	ab
T3	19.0	17.7	18.2	18.3	b
T4	19.9	19.5	18.1	19.2	ab

ตารางภาคผนวกที่ 6 เปอร์เซนต์มวลแห้ง (%) ของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ที่ผ่านการปรุงเป็นอาหารด้วยความร้อนโดยวิธีการต่างๆ

Treatment	Replication			Mean	
	R1	R2	R3		
T1	4.80	5.06	5.19	5.02	a
T2	4.11	4.79	4.22	4.37	b
T3	3.79	3.81	3.39	3.66	c
T4	3.72	3.46	3.82	3.67	c

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 7 ความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลแห้ง (%) ของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ที่ผ่านการปรุงเป็นอาหารด้วยความร้อนโดยวิธีการต่างๆ

Treatment	Replication			Mean	
	R1	R2	R3		
T1	14.28	13.80	13.61	13.90	a
T2	11.91	11.55	13.00	12.15	b
T3	8.67	6.79	7.59	7.68	c
T4	11.74	9.45	11.82	11.00	b

ตารางภาคผนวกที่ 8 ความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลสด (มิลลิกรัมไนเตรท / กิโลกรัมมวลสด) ของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ที่ผ่านการปรุงเป็นอาหารด้วยความร้อนโดยวิธีการต่างๆ

Treatment	Replication			Mean	
	R1	R2	R3		
T1	6849	6985	7064	6966	a
T2	4893	5533	5484	5303	b
T3	3286	2586	2569	2814	d
T4	4365	3268	4513	4049	c

ตารางภาคผนวกที่ 9 น้ำหนักสด (กรัม / ต้น) ของผักคะน้าที่นำมาปรุงเป็นอาหารด้วยความร้อนโดยวิธีการต่างๆ

Treatment	Replication			Mean	
	R1	R2	R3		
T1	25.4	25.2	18.1	22.9	ab
T2	27.3	25.7	27.2	26.7	a
T3	16.9	26.2	16.7	19.9	b
T4	17.8	17.8	17.7	17.8	b

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 10 เปอร์เซนต์มวลงแห้ง (%) ของผักคะน้าที่ผ่านการปรุงเป็นอาหารด้วยความร้อนโดยวิธีการต่างๆ

Treatment	Replication			Mean	
	R1	R2	R3		
T1	6.51	6.42	6.72	6.55	a
T2	6.48	6.25	6.15	6.29	a
T3	5.18	5.03	5.37	5.19	c
T4	6.08	5.97	5.67	5.91	b

ตารางภาคผนวกที่ 11 ความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลงแห้ง (%) ของผักคะน้าที่ผ่านการปรุงเป็นอาหารด้วยความร้อนโดยวิธีการต่างๆ

Treatment	Replication			Mean	
	R1	R2	R3		
T1	7.80	8.52	8.12	8.15	a
T2	7.60	7.73	7.50	7.61	b
T3	5.75	5.87	5.13	5.58	c
T4	7.09	7.15	7.31	7.18	b

ตารางภาคผนวกที่ 12 ความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลงสด (มิลลิกรัมไนเตรท / กิโลกรัมมวลงสด) ของผักคะน้าที่ผ่านการปรุงเป็นอาหารด้วยความร้อนโดยวิธีการต่างๆ

Treatment	Replication			Mean	
	R1	R2	R3		
T1	5072	5472	5460	5335	a
T2	4931	4834	4613	4793	b
T3	2979	2955	2760	2898	d
T4	4310	4267	4142	4240	c

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพผนวกที่ 1 ตัวอย่างผักชนิดต่างๆ (ผักบุ้ง, กวาดุ้งฮ่องเต้ และ คะน้า) ที่ใช้ในการทดลอง เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้