การศึกษาคุณลักษณะของเสียอินทรีย์จากกระบวนการผลิตซูริมิ เพื่อใช้เป็นปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ

The Study Characteristics of Organic Wastes Generated from Surimi Production Utilized as Liquid Bio-Fertilizer

อธิป เมฆพิรุณ

Atip Mekpiroon

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Science in Environmental Management Prince of Songkla University

2562

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

การศึกษาคุณลักษณะของเสียอินทรีย์จากกระบวนการผลิตซูริมิ เพื่อใช้เป็นปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ

The Study Characteristics of Organic Wastes Generated from Surimi Production Utilized as Liquid Bio-Fertilizer

อธิป เมฆพิรุณ

Atip Mekpiroon

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Science in Environmental Management
Prince of Songkla University

2562

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชื่อวิทยานิพนธ์ การศึกษาคุณลักษณะของเสียอินทรีย์จากกระบวนการผลิตซูริมิเพื่อใช้เป็นปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ

ผู้เขียน นายอธิป เมฆพิรุณ

สาขาวิชา การจัดการสิ่งแวดล้อม

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรางคณา จุติดำรงค์พันธ์)

คณะกรรมการสอบ

.....ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุวิทย์ สุวรรณโณ)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรางคณา จุติดำรงค์พันธ์)

.....กรรมการ

(ดร.จักรัตน์ อโณทัย)

.....กรรมการ

(ดร.กัลยา สุนทรวงศ์สกุล)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม

.....

(ศาสตราจารย์ ดร.ดำรงศักดิ์ ฟ้ารุ่งสาง)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้มาจากการศึกษาวิจัยของนักศึกษาเอง และได้แสดงความขอบคุณบุคคลที่มีส่วนช่วยเหลือแล้ว

ลงชื่อ.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรางคณา จุติดำรงค์พันธ์)
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ลงชื่อ.....
(นายอธิป เมฆพิรุณ)
นักศึกษา

ข้าพเจ้าขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้ไม่เคยเป็นส่วนหนึ่งในการอนุมัติปริญญาในระดับใดมาก่อน และไม่ได้ถูกใช้ในการยื่นขออนุมัติปริญญาในขณะนี้

ลงชื่อ.....
(นายอธิป เมฆพิรุณ)
นักศึกษา

ชื่อวิทยานิพนธ์ การศึกษาคุณลักษณะของเสียอินทรีย์จากกระบวนการผลิตซูริมิเพื่อใช้เป็นปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ

ผู้เขียน นายอธิป เมฆพิรุณ

สาขาวิชา การจัดการสิ่งแวดล้อม

ปีการศึกษา 2561

บทคัดย่อ

การศึกษาประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของผักกรีนโอ๊ค (*Lactuca sativa*) ในระบบการปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์ 2 ระบบร่วมกัน คือ Dynamic Root Floating Technique (DRFT) และ Flood and Drain (FAD) ที่ทดสอบโดยปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพของเสียอินทรีย์จากกระบวนการผลิตซูริมิ 3 ชนิด โดยศึกษาถึงคุณลักษณะของเสียอินทรีย์ การผลิตปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพและอัตราการเจริญเติบโตของผักกรีนโอ๊ค โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มมูลค่าให้ของเสียอินทรีย์โดยการผลิตปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ และใช้ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพจากปลาที่มีอัตราการเจริญเติบโตของผักกรีนโอ๊คสูงที่สุด ทดแทนการใช้ปุ๋ยเคมีสำเร็จรูป ผลการศึกษาพบว่า ปลาตาหวาน (*Priacanthus tayenus*) และปลาทรายแดง (*Nemipterus hexodon*) มีคุณลักษณะที่ดีในการผลิตปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพใกล้เคียงกันและดีกว่าปลาเหลน (*Saurida undosquamis*) ซึ่งปลาตาหวานและปลาทรายแดงมีค่าความชื้นที่ 76.45% และ 74.38% ตามลำดับ มีปริมาณส่วนหัวและไส้จากปริมาณของเสียอินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ 79.3% และ 78.0% ตามลำดับ นำไปผลิตปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพโดยกระบวนการหมัก วิเคราะห์ธาตุอาหารหลักในวันที่ 21 ของการหมัก ซึ่งปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพปลาทรายแดง มีปริมาณธาตุอาหารหลัก Total Nitrogen, Total P_2O_5, และ Total K_2O มากที่สุดเท่ากับ 1.32, 0.50 และ 0.45%w/w ตามลำดับ โดยมีค่าใกล้เคียงกับปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพปลาตาหวานเท่ากับ 1.28, 0.47 และ 0.38%w/w ตามลำดับ ผลการทดสอบประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของผักกรีนโอ๊คในระบบไฮโดรโปนิกส์แบบควบคุมสภาพแวดล้อม พบว่า จำนวนใบ, ความสูงต้น, ความกว้างทรงพุ่ม และความยาวราก ของผักกรีนโอ๊คจากปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพปลาตาหวานและปลาทรายแดง มีประสิทธิภาพการเจริญเติบโตที่ใกล้เคียงกันและสูงกว่าน้ำหมักชีวภาพปลาเหลน เท่ากับ จำนวนใบ 7.78±1.79, 7.67±1.58 ใบ ความสูงต้น 9.82±3.18, 9.31±2.56 เซนติเมตร ความกว้างทรงพุ่ม 11.76±4.48, 10.12±3.42 เซนติเมตร และ ความยาวราก 4.28±0.40, 4.27±0.36 เซนติเมตร ตามลำดับ เมื่ออายุผักกรีนโอ๊คครบ 35 วัน ชั่งน้ำหนักแห้งเฉลี่ยผักกรีนโอ๊คจากสารละลายสำหรับปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ (สารละลายปุ๋ย A และ B) ที่ใช้เป็นชุดควบคุม และปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพจากปลา 3 ชนิด ได้เท่ากับ 9.07±0.88,

0.07±0.03, 0.53±0.33 และ 0.49±0.32 กรัม ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพปลาตาหวานและปลาทรายแดง มีประสิทธิภาพต่อการเจริญเติบโตของผักกรีนโอ๊คมากกว่าปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพปลาเหลน แต่ยังไม่สามารถทดแทนการใช้ปุ๋ยเคมีสำเร็จรูปได้เท่าที่ควร ซึ่งสามารถปรับปรุงกระบวนการผลิตปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพเพื่อเพิ่มปริมาณธาตุอาหาร และเพิ่มมูลค่าของเสียอินทรีย์ได้ในอนาคต

Thesis Title	The Study Characteristics of Organic Wastes Generated from Surimi Production Utilized as Liquid Bio-Fertilizer
Author	Mr. Atip mekpiroon
Major Program	Environmental Management
Academic Year	2018

ABSTRACT

Evaluation of growth performance of green oak lettuce (*Lactuca sativa*) in hydroponics cropping dual system, Dynamic Root Floating Technique (DRFT) and Flood and Drain (FAD) tested by 3 types bio-fertilizer from organic waste of surimi production was investigated in terms of characteristics of organic waste, bio-fertilizer production, and the growth rate evaluation of green oak lettuce. The objective of this study is to improve the value of organic waste by producing bio-fertilizer and using bio-fertilizer from fish waste replacing the chemical fertilizers. The study indicated that Purple-spotted big-eye (*Priacanthus tayenus*) and Threadfin Bream fish (*Nemipterus hexodon*) provide a good feature in the production of bio-fertilizer than lizardfish (*Saurida undosquamis*) with humidity at 76.45% and 74.38%, respectively. The bio-fermented fertilizer was produced under fermentation process for 21 days. Threadfin Bream fish fermentation fertilizer presented in key nutrient content in terms of total Nitrogen, total P_2O_5, and total K_2O at the highest component of about 1.32, 0.50 and 0.45%w/w, respectively which is closed to fertilizer from the Purple-spotted big-eye fish fermentation, of about 1.28, 0.47 and 0.38%w/w, respectively. The pilot test of the growth performance of green oak lettuce in the hydroponics kit was operated in a controlled environment system and compared with the chemical fertilizer. It was found that the number of leaves, height, width of bush and root length of green oak lettuce from Purple-spotted big-eye and Threadfin Bream fish fermentation fertilizer after 35 day cultivation showed similar growth rate number of leaves is 7.78±1.79, 7.67±1.58 leaves, height is 9.82±3.18, 9.31±2.56 cm, width of bush is 11.76±4.48, 10.12±3.42 cm and root length

is 4.28±0.40, 4.27±0.36 cm, respectively. The average dry weight of green oak lettuce from A+B chemical fertilizers and the fermentation fertilizer from three fish species was 9.07±0.88, 0.07±0.03, 0.53±0.33 and 0.49±0.32 g, respectively. This finding exhibited that the Purple-spotted bigeye and Threadfin Bream fish fermentation fertilizers are more effective than lizardfish fermentation fertilizer for green oak lettuce growth, however, using bio-fermented fertilizer substituted chemical fertilizer is difficult to provide high performance as same as commercial chemical fertilizer. Therefore, nutrient improvement was required to develop organic fertilizer from fish waste as value added in organic waste management for hydroponics crops for further study.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยการสนับสนุน จากบุคคลและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องหลายฝ่ายให้การช่วยเหลือและแนะนำแนวทางของงานวิจัย รวมไปถึงกำลังใจจากบุคคลรอบตัวและคนใกล้ชิดที่คอยผลักดันให้การทำวิจัยสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ทำให้ผู้วิจัยระลึกเสมอถึงองค์ประกอบของความสำเร็จในครั้งนี้ โอกาสนี้จึงขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรางคณา จุติดำรงพันธ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เป็นอย่างสูง ที่ให้คำปรึกษา แนวคิดในการดำเนินงาน และแรงผลักดันในการทำงานทำให้ผ่านช่วงเวลาที่ยากลำบากในการดำเนินงานมาได้ และขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุวิทย์ สุวรรณโณ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ดร.จักรัตน์ อโณทัย และ ดร.กัลยา สุนทรวงศ์สกุล กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาเสียสละเวลาอันมีค่าเพื่อเป็นคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และให้คำแนะนำในการแก้ข้อบกพร่องเพิ่มเติม เพื่อให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ และ โครงการพัฒนานักวิจัยและงานวิจัยเพื่ออุตสาหกรรม (พวอ.) ระดับปริญญาโท สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ที่ให้ทุนสนับสนุนในการทำวิทยานิพนธ์ ขอขอบพระคุณสถานวิจัยการจัดการสิ่งแวดล้อมและสารอันตราย ที่ให้พื้นที่ในการทำงานและวิจัย ขอขอบพระคุณบุคลากรคณะการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ทุกท่าน ที่อำนวยความสะดวกในด้านต่างๆ

ขอขอบพระคุณ บริษัท แมนเอโฟรสเซนฟูดส์ จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลและตัวอย่างวัตถุดิบในการทำวิจัย

ขอขอบพระคุณ ดร.ธิวาริ โอภิธากร และ คุณอาทิตยา จันทระ สังกัดวิทยาลัยนวัตกรรมและการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา ที่ให้คำแนะนำในการทำเล่มวิทยานิพนธ์

ขอขอบพระคุณเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ นักศึกษาคณะการจัดการสิ่งแวดล้อม ปีการศึกษา 2556 และ 2557 ที่ร่วมศึกษาและช่วยเหลือในทุกๆ ด้านของการศึกษาในครั้งนี้ และขอขอบพระคุณเพื่อนและผู้ใกล้ชิดทุกคน ที่อยู่ข้างกันและให้กำลังใจในทุกช่วงของการทำวิทยานิพนธ์

สุดท้ายนี้ ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา ผู้เป็นที่รักยิ่ง ที่คอยเกื้อหนุนปัจจัยในทุกด้าน และเป็นแรงสนับสนุนที่สำคัญที่สุดเสมอมา

อธิป เมฆพิรุณ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (5)
ABSTRACT (7)
กิตติกรรมประกาศ (9)
สารบัญ (10)
สารบัญตาราง (12)
สารบัญภาพ (13)

บทที่ 1 บทนำ
1.1 ที่มาและความสำคัญของการวิจัย 1
1.2 คำถามการวิจัย 3
1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 3
1.4 ขอบเขตของการวิจัย 3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 4
1.6 กรอบแนวคิดการวิจัย 4
บทที่ 2 การตรวจเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2.1 ซูริมิและกระบวนการผลิตซูริมิ 5
2.2 วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตซูริมิ 9
2.3 ของเสียอินทรีย์จากกระบวนการผลิตซูริมิ 12
2.4 ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพและกระบวนการผลิต 14
2.5 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการย่อยสลายในกระบวนการหมัก 15
2.6 ส่วนประกอบที่ใช้ในการผลิตปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ 17
2.7 องค์ประกอบในปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ 21
2.8 มาตรฐานปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ 27
2.9 ไฮโดรโปนิกส์ 29
2.10 การวิเคราะห์การเจริญเติบโตของพืช 38
2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 39

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 วิธีการวิจัย
3.1 วิธีดำเนินการวิจัย 41
3.2 วัตถุดิบและวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย 42
3.3 รายละเอียดวิธีการวิจัย 43
บทที่ 4 ผลการทดลองและบทวิจารณ์
4.1 การวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของวัตถุดิบที่ใช้ผลิตปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ 50
4.2 การผลิตปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพและการวิเคราะห์ธาตุอาหารหลัก 53
4.3 การควบคุมปัจจัยต่างๆ ในการทดสอบประสิทธิภาพปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพต่อการเจริญเติบโตของผักกรีนโอ๊ค ในระบบไฮโดรโปนิกส์ 67
4.4 ผลการศึกษาประสิทธิภาพปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ ต่อการเจริญเติบโตของผักกรีนโอ๊คในระบบไฮโดรโปนิกส์ 73
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ 84

บรรณานุกรม 88
ภาคผนวก ก 94
ภาคผนวก ข 139
ภาคผนวก ค 142
ประวัติผู้เขียน 144

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 ผลผลิตในแต่ละขั้นตอนการผลิตซูริมิ 12
ตารางที่ 2 ปัจจัยการใช้น้ำและของเสียของกลุ่มอุตสาหกรรมผลิตซูริมิ 13
ตารางที่ 3 องค์ประกอบทางเคมีของกากน้ำตาล 18
ตารางที่ 4 องค์ประกอบทางเคมีของเศษเหลือสับปะรด 20
ตารางที่ 5 ปริมาณธาตุอาหารและคุณสมบัติทางเคมีที่วิเคราะห์ได้จากปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพแต่ละชนิด 24
ตารางที่ 6 ปริมาณฮอร์โมนและกรดฮิวมิกจากปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพแต่ละชนิด 26
ตารางที่ 7 มาตรฐานปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ 28
ตารางที่ 8 ปริมาณธาตุอาหารในปุ๋ยและสารเคมีแต่ละชนิด 31
ตารางที่ 9 ปริมาณปุ๋ยและสารเคมีที่ใช้เป็นส่วนประกอบของสารละลายธาตุอาหาร A และ B 32
ตารางที่ 10 ผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารหลักในสารละลายปุ๋ย A และ B ที่ใช้ในการวิจัย 33
ตารางที่ 11 ค่าความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมสำหรับพืชแต่ละชนิด 34
ตารางที่ 12 ค่าการนำไฟฟ้าที่เหมาะสมสำหรับพืชแต่ละชนิด 35
ตารางที่ 13 คุณค่าทางโภชนาการของผักกาดหอม (ชนิดใบเขียว) 100 กรัม 37
ตารางที่ 14 การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพและเคมีของปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพในสูตรต่างๆ 53
ตารางที่ 15 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพสูตรต่างๆ ทุก 7 วัน 59
ตารางที่ 16 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพสูตรต่างๆ ทุก 7 วัน 60
ตารางที่ 17 ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดในปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพสูตรต่างๆ ทุก 7 วัน 61
ตารางที่ 18 ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพสูตรต่างๆ ทุก 7 วัน 63
ตารางที่ 19 อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนในปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพสูตรต่างๆ ทุก 7 วัน 64
ตารางที่ 20 การเปรียบเทียบค่าต่างๆ จากปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพกับสารละลายปุ๋ย A และ B และค่ามาตรฐาน 65
ตารางที่ 21 ค่าใช้จ่ายในการผลิตปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพต่อ 1 ถัง 66
ตารางที่ 22 ผลการเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของผักกรีนโอ๊ค (ทดสอบครั้งที่ 1) 81
ตารางที่ 23 ผลการเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของผักกรีนโอ๊ค (ทดสอบครั้งที่ 2) 81

สารบัญภาพ

หน้า

รูปที่ 1 พื้นที่การผลิตของอุตสาหกรรมแปรรูปอาหารทะเลของไทย 5
รูปที่ 2 สัดส่วนปริมาณสัตว์น้ำของภาคใต้ 6
รูปที่ 3 ขั้นตอนการผลิตซูริมิ 8
รูปที่ 4 ปลาตาโต (ปลาตาหวาน) 10
รูปที่ 5 ปลาทรายแดงโม่ง (ปลาทรายแดง) 10
รูปที่ 6 ปลาปากคมใหญ่ (ปลาเหลน) 11
รูปที่ 7 ปลาปากคมจุด (ปลาเหลน) 11
รูปที่ 8 กระบวนการเกิดปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ 15
รูปที่ 9 ผักกรีนโอ๊ค (GREEN OAK LETTUCE) 37
รูปที่ 10 วิธีการดำเนินการวิจัย 41
รูปที่ 11 ถังที่ใช้ในการหมัก 44
รูปที่ 12 ส่วนประกอบที่ใช้ผลิตปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ 45
รูปที่ 13 การเก็บตัวอย่างและปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพที่เสร็จสมบูรณ์ 45
รูปที่ 14 โรงเรือนและระบบพ่นหมอกที่ใช้ในการวิจัย 47
รูปที่ 15 วิธีการวัดการเจริญเติบโตของพืชทดสอบ 48
รูปที่ 16 ชนิดและปริมาณวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตซูริมิ 50
รูปที่ 17 จำแนกสัดส่วนองค์ประกอบของวัตถุดิบ 51
รูปที่ 18 ค่าความชื้นของของเสียอินทรีย์ 52
รูปที่ 19 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพในสูตรต่างๆ 55
รูปที่ 20 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่างของปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพในสูตรต่างๆ 56
รูปที่ 21 การเปลี่ยนแปลงค่าการนำไฟฟ้าของปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพในสูตรต่างๆ 57
รูปที่ 22 การเปลี่ยนแปลงค่าการละลายของแข็งทั้งหมดของปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพในสูตรต่างๆ 58
รูปที่ 23 การเปลี่ยนแปลงปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเปรียบเทียบค่ามาตรฐาน 59
รูปที่ 24 การเปลี่ยนแปลงปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดเปรียบเทียบค่ามาตรฐาน 60
รูปที่ 25 การเปลี่ยนแปลงปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดเปรียบเทียบค่ามาตรฐาน 62
รูปที่ 26 การเปลี่ยนแปลงปริมาณอินทรีย์คาร์บอน 63
รูปที่ 27 การเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนเปรียบเทียบค่ามาตรฐาน 64
รูปที่ 28 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงค่าการนำไฟฟ้า (ทดสอบครั้งที่ 1) 68

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 29 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงค่าการนำไฟฟ้า (ทดสอบครั้งที่ 2) 68
รูปที่ 30 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่าง (ทดสอบครั้งที่ 1) 69
รูปที่ 31 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่าง (ทดสอบครั้งที่ 2) 69
รูปที่ 32 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสารละลายปุ๋ยและโรงเรือน (ทดสอบครั้งที่ 1) 70
รูปที่ 33 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสารละลายปุ๋ยและโรงเรือน (ทดสอบครั้งที่ 2) 71
รูปที่ 34 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงค่าความชื้นภายในโรงเรือน (ทดสอบครั้งที่ 1) 72
รูปที่ 35 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงค่าความชื้นภายในโรงเรือน (ทดสอบครั้งที่ 2) 72
รูปที่ 36 จำนวนใบเฉลี่ยของผักกรีนโอ๊ค (ทดสอบครั้งที่ 1) 73
รูปที่ 37 จำนวนใบเฉลี่ยของผักกรีนโอ๊ค (ทดสอบครั้งที่ 2) 74
รูปที่ 38 ความสูงเฉลี่ยของผักกรีนโอ๊ค (ทดสอบครั้งที่ 1) 75
รูปที่ 39 ความสูงเฉลี่ยของผักกรีนโอ๊ค (ทดสอบครั้งที่ 2) 75
รูปที่ 40 ความกว้างทรงพุ่มเฉลี่ยของผักกรีนโอ๊ค (ทดสอบครั้งที่ 1) 76
รูปที่ 41 ความกว้างทรงพุ่มเฉลี่ยของผักกรีนโอ๊ค (ทดสอบครั้งที่ 2) 77
รูปที่ 42 ความยาวรากเฉลี่ยของผักกรีนโอ๊ค (ทดสอบครั้งที่ 1) 78
รูปที่ 43 ความยาวรากเฉลี่ยของผักกรีนโอ๊ค (ทดสอบครั้งที่ 2) 79
รูปที่ 44 น้ำหนักแห้งเฉลี่ยของผักกรีนโอ๊ค (ทดสอบครั้งที่ 1) 80
รูปที่ 45 น้ำหนักแห้งเฉลี่ยของผักกรีนโอ๊ค (ทดสอบครั้งที่ 2) 80

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของการวิจัย

ปัจจุบันอุตสาหกรรมแปรรูปอาหารทะเลของไทย นับว่าเป็นอุตสาหกรรมที่มีศักยภาพสูงที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับประเทศต่างๆ ในอาเซียน ซึ่งอุตสาหกรรมแปรรูปอาหารทะเลของไทย มีการพัฒนาองค์ความรู้ กระบวนการผลิต การรักษาคุณภาพ มาตรฐานด้านอาหารและความปลอดภัยที่ทั่วโลกให้การยอมรับ จึงทำให้สินค้าอาหารทะเลแปรรูปได้มาตรฐานในระดับสากล (สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม, 2558) โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์อาหารทะเลแปรรูปจากเนื้อปลาบดหรือซูริมิ ที่ได้รับความนิยมบริโภคมากขึ้นในประเทศไทย ในอดีตมีการผลิตซูริมิมากถึง 60,000 ตันต่อปี และเพิ่มกำลังการผลิตมากขึ้นตามความต้องการของผู้บริโภค มีทั้งการจำหน่ายทั้งภายในประเทศและส่งออกนอกประเทศ (วรรณวิบูลย์, 2533) โดยในปัจจุบันกำลังการผลิตซูริมิทั้งประเทศไทย มีประมาณ 150,000 ตันต่อปีและเป็นผู้ส่งออกซูริมิเป็นอันดับสองรองจากประเทศสหรัฐอเมริกา (ภัทรานิษฐ์ และคณะ, 2560)

เมื่ออุตสาหกรรมผลิตซูริมิ เติบโตและเพิ่มจำนวนมากขึ้นในปัจจุบัน การผลิตซูริมิจึงจำเป็นต้องใช้วัตถุดิบในปริมาณที่มากขึ้น พร้อมกับของเสียอินทรีย์จากการผลิตที่มากขึ้นไปด้วย ซึ่งในกระบวนการผลิตนั้น จะใช้วิธีการตัดแต่งปลาในส่วนของเนื้อที่นำไปใช้ผลิตซูริมิ ประมาณร้อยละ 60 ของน้ำหนักปลาทั้งตัวเท่านั้น จึงเกิดเป็นของเสียอินทรีย์ที่ไม่สามารถนำไปผลิตเป็นซูริมิได้ ประมาณร้อยละ 40 ของน้ำหนักปลาทั้งตัว โดยของเสียอินทรีย์ดังกล่าว ได้แก่ หัวปลา ไส้ปลา ก้างปลา ครีบปลา และเศษเนื้อปลา เป็นต้น (สุปราณี, 2539) ซึ่งจากการศึกษาของ สุริยา (2542) พบว่า มีของเสียอินทรีย์รวมกันทั้งสิ้น 132,728 ตันต่อปี ประกอบด้วยเหงือก ไส้ และเลือดปลา 23,144 ตัน หัวและก้างปลา 63,066 ตัน การจัดการของเสียอินทรีย์ของโรงงานอุตสาหกรรมผลิตซูริมิในปัจจุบัน จะจำหน่ายให้อุตสาหกรรมปลาป่นและแปรรูปอาหารสัตว์ ซึ่งมีมูลค่าต่อหน่วยที่ต่ำ (ฤทัยรัตน์, 2547) และไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในรูปแบบอื่นได้ จึงทำให้คณะผู้วิจัยมองหาแนวทางที่เหมาะสมและเป็นไปได้ สำหรับผู้ประกอบการในการเพิ่มมูลค่าให้กับของเสียอินทรีย์นี้ เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการกำจัดและขนส่ง เพิ่มมูลค่าและใช้ประโยชน์จากของเสียอินทรีย์ที่ได้จากกระบวนการผลิตให้มากที่สุด โดยบูรณาการองค์ความรู้อื่นๆ ที่ได้จากการศึกษาเป็นผลประจักษ์แล้วว่า สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้อย่างดี และได้รับความนิยมในปัจจุบัน

ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพจากปลา เป็นภูมิปัญญาชาวบ้านที่ได้รับความสนใจและใช้กันอย่างแพร่หลาย ทั้งนี้เพราะ สามารถทำได้ง่าย โดยใช้ปลาเป็นวัสดุหมัก ลงทุนน้อย และมีสรรพคุณหลากหลาย เช่น ใช้เร่งการเจริญเติบโตของพืช ป้องกันกำจัดแมลง อีกทั้งไม่มีผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมเนื่องมาจากเป็นสารสกัดทางชีวภาพ (กรมวิชาการเกษตร, 2547) โดย Koroneos and Nanaki (2012) พบว่า การหมักเศษปลาแบบไม่ใช้ออกซิเจนในกระบวนการ จะทำให้ได้ธาตุอาหารไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ซึ่งเป็นธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช และจากการศึกษาของ กรมพัฒนาที่ดิน (2545) พบว่า ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียมและแคลเซียมในปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพจากปลามีมากกว่าวัสดุหมักชนิดอื่น ซึ่งพบในกระดูกและเกล็ดปลา จึงทำให้วัสดุหมักประเภทปลาได้รับความนิยมในการผลิตปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพเพื่อใช้ในการเกษตร ซึ่งสอดคล้องกับการปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์ในปัจจุบัน ที่เกษตรกรให้ความสนใจในการปลูกมากขึ้น เนื่องด้วยการปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์สามารถควบคุมกระบวนการผลิตได้ ลดการใช้สารเคมีทางการเกษตร สามารถปลูกได้ในทุกพื้นที่โดยไม่ใช้ดิน ทำให้ผลผลิตมีคุณภาพ แต่มีต้นทุนในการปลูกค่อนข้างสูง โดยเฉพาะธาตุอาหารที่ใช้ในระบบปลูก (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2558)

ในการนี้ คณะผู้วิจัยได้ตระหนักและเล็งเห็นถึงแนวทางการจัดการของเสียอินทรีย์จากกระบวนการผลิตซูริมิ ให้มีประสิทธิภาพในการนำกลับมาใช้ประโยชน์ เพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับของเสียอินทรีย์ ทดแทนการใช้สารละลายธาตุอาหารสำเร็จรูปราคาสูง ลดการตกค้างของธาตุอาหารในระบบนิเวศ ส่งผลดีในการรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อมและสังคม ดังนั้นจึงเกิดความร่วมมือในงานวิจัยนี้จากภาคอุตสาหกรรมและภาคการศึกษา เพื่อสร้างกระบวนการการจัดการของเสียอินทรีย์จากอุตสาหกรรมผลิตซูริมิแบบบูรณาการ โดยทางคณะผู้วิจัยจะศึกษาชนิด ปริมาณ และ คุณลักษณะของของเสียอินทรีย์ประเภทเศษปลา ที่ใช้ในกระบวนการผลิตซูริมิมากที่สุด 3 ชนิด และนำไปผลิตปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ เพื่อวิเคราะห์หาธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช และเปรียบเทียบว่าปลาชนิดใดเหมาะสมต่อการนำไปผลิตปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพเพื่อการเกษตรมากที่สุด โดยใช้วิธีการปลูกผักกรีนโอ๊คแบบไฮโดรโปนิกส์ เปรียบเทียบกับการใช้สารละลายสำหรับปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ (สารละลายปุ๋ย A และ B) วิเคราะห์อัตราการเจริญเติบโตของผักกรีนโอ๊คระหว่างการปลูก จากจำนวนใบ ความสูงต้น ความกว้างทรงพุ่ม ความยาวราก และน้ำหนักแห้งในวันสุดท้าย เพื่อนำไปต่อยอดสร้างผลิตภัณฑ์ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพที่ได้จากการหมักของเสียอินทรีย์ หรือสร้างรายได้จากการปลูกผักจากปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ ลดภาระและรายจ่ายในการกำจัดของเสียอินทรีย์ และสามารถนำผลที่ได้จากงานวิจัยนี้ไปประยุกต์ใช้ในภาคอุตสาหกรรมและภาคการเกษตร เพื่อการพัฒนาอย่างมีเป้าหมายและเป็นรูปธรรมต่อไป

1.2 คำถามการวิจัย

1) ของเสียอินทรีย์จากกระบวนการผลิตซูริมิมี ชนิด คุณลักษณะ และปริมาณที่เหมาะสมต่อการนำมาเพิ่มมูลค่าอย่างไรบ้าง

2) ของเสียอินทรีย์จากกระบวนการผลิตซูริมิ สามารถนำมาผลิตปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพได้หรือไม่ ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพที่ได้จากปลาแต่ละชนิดมีความแตกต่างกันอย่างไร และมีธาตุอาหารหลักที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชในปริมาณที่เหมาะสมหรือไม่

3) ผลการวิเคราะห์การเจริญเติบโตของผักกรีนโอ๊ค จากปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพที่ได้จากปลาแต่ละชนิดกับสารละลายสำหรับปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ (สารละลายปุ๋ย A และ B) มีความแตกต่างกันอย่างไร

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1) เพื่อศึกษา ชนิด คุณลักษณะและปริมาณของของเสียอินทรีย์ที่ได้จากกระบวนการผลิตซูริมิสำหรับการผลิตปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ

2) เพื่อเปรียบเทียบปริมาณธาตุอาหารหลักที่ได้จากการผลิตปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพจากปลาทั้ง 3 ชนิด กับมาตรฐานปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ

3) เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของผักกรีนโอ๊ค ที่ทดสอบกับปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพจากปลาทั้ง 3 ชนิด

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

งานวิจัยนี้ ได้ศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพของปลาที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตซูริมิ 3 ชนิด ได้แก่ ปลาเหลน ปลาตาหวาน และปลาทรายแดง โดยลงพื้นที่เก็บข้อมูลปริมาณปลาที่เข้ากระบวนการผลิต ในช่วงเดือนตุลาคม-ธันวาคม พ.ศ.2560 พร้อมกับเก็บตัวอย่างนำมาจำแนกสัดส่วนของเสียอินทรีย์ และนำไปทดสอบหาค่าความชื้น จากนั้นนำไปผลิตปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ ส่งวิเคราะห์ธาตุอาหารหลักและตรวจวัดคุณภาพปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ เปรียบเทียบผลที่ได้จากการวิเคราะห์กับมาตรฐานปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ นำปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพที่ได้ไปทดสอบการเจริญเติบโตของผักกรีนโอ๊ค ในการปลูกแบบไฮโดรโปนิกส์ระบบ Dynamic Root Floating Technique (DRFT) และ Flood and Drain (FAD) เปรียบเทียบกับการใช้สารละลายสำหรับปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ (สารละลายปุ๋ย A และ B) และวิเคราะห์หาความแตกต่างทางสถิติ และอัตราการเจริญเติบโตของผักกรีนโอ๊คระหว่างการปลูกจากจำนวนใบ ความสูงต้น ความกว้างทรงพุ่ม ความยาวราก และน้ำหนักแห้งในวันสุดท้าย

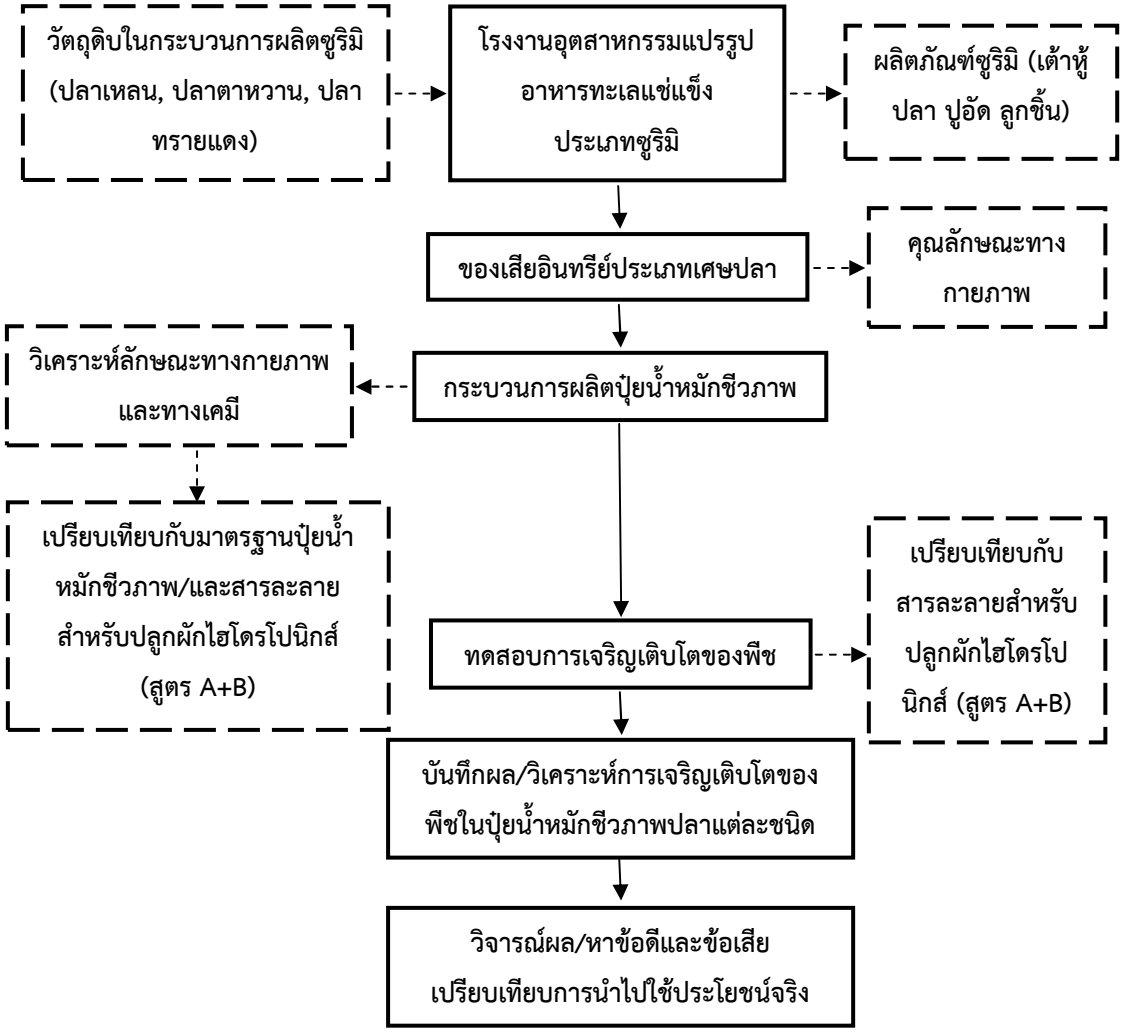
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) ทราบถึงชนิด คุณลักษณะ และปริมาณ ของของเสียอินทรีย์จากกระบวนการผลิตซูริมิ ในการนำมาผลิตปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ

2) ได้ข้อมูลคุณลักษณะทางกายภาพและทางเคมี และปริมาณธาตุอาหารหลักของปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพจากปลาทั้ง 3 ชนิด

3) ทราบผลการเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของผักกรีนโอ๊ค จากปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพจากปลาทั้ง 3 ชนิด และสามารถหาแนวทางที่เหมาะสมต่อการนำไปปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์

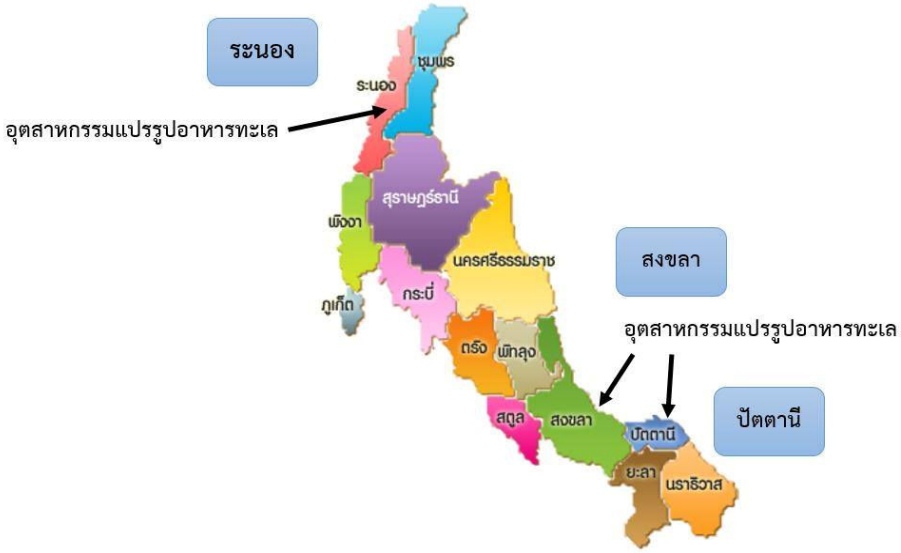
1.6 กรอบแนวคิดการวิจัย



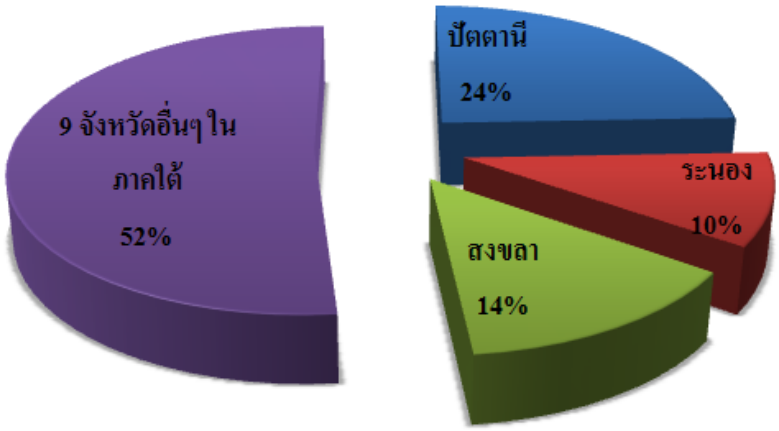
บทที่ 2
การตรวจเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ซูริมิและกระบวนการผลิตซูริมิ

จากข้อมูลกรมประมง พบว่า พื้นที่ที่มีศักยภาพในการทำประมง คือ พื้นที่ภาคใต้ โดยในปี 2555 พบว่า ร้อยละ 61.7 ของประเทศ เป็นสัตว์น้ำจากภาคใต้ และร้อยละ 13.7 ของภาคใต้ เป็นการทำประมงในพื้นที่จังหวัดสงขลา แสดงดังรูปที่ 1 และ 2 (สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม, 2558) จากข้อมูลแสดงให้เห็นว่าจังหวัดสงขลาเป็นพื้นที่ที่มีศักยภาพต่อการผลิตซูริมิเป็นอันดับต้นๆ ของภาคใต้ เนื่องจากวัตถุดิบจากการทำประมงเพียงพอต่ออุตสาหกรรมผลิตซูริมิ



รูปที่ 1 พื้นที่การผลิตของอุตสาหกรรมแปรรูปอาหารทะเลของไทย
ที่มา : ดัดแปลงจาก สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม (2558)



รูปที่ 2 สัดส่วนปริมาณสัตว์น้ำของภาคใต้
ที่มา : ดัดแปลงจาก สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม (2558)

ซูริมิ (surimi) เป็นผลิตภัณฑ์เนื้อปลาบดที่พัฒนาขึ้นในประเทศญี่ปุ่น ซึ่งผ่านกระบวนการล้างด้วยน้ำหลายครั้ง และเติมสารป้องกันการเสียสภาพของโปรตีน จึงทำให้รูปร่าง สีกลิ่น เนื้อสัมผัส และรสชาติของซูริมิแตกต่างไปจากเนื้อปลาปกติ ดังนั้นจึงใช้กระบวนการผลิตซูริมิเพื่อขจัดคุณลักษณะที่ผู้บริโภคไม่ต้องการของปลาบางชนิดที่ต้องการเพิ่มการใช้ประโยชน์ เช่น ปลาที่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจต่ำไม่สามารถนำมาแปรรูปได้เนื่องจากมีก้างเล็กๆ จำนวนมาก มีกลิ่นคาวผิดปกติ มีสีเนื้อเข้ม หรือเนื้อปลาบางชนิดที่สูญเสียเนื้อสัมผัสได้ง่าย (Martin, 1974) ปัจจุบันผลิตภัณฑ์จากซูริมิได้รับความนิยมในการบริโภคสูง โดยซูริมิสามารถใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตภัณฑ์หลายชนิด เช่น ไส้กรอก เต้าหู้ปลา ลูกชิ้น ปูเทียม เป็นต้น (สุทธวัฒน์, 2549)

ประเทศญี่ปุ่นมีการผลิต บริโภคซูริมิ และผลิตภัณฑ์จากซูริมิมากที่สุดในโลก ซึ่งนอกเหนือจากประเทศญี่ปุ่นแล้ว ยังมีอีกหลายประเทศทั่วโลกนิยมผลิตและบริโภคซูริมิจากปลาชนิดต่างๆ เช่น สหรัฐอเมริกาและรัสเซีย (ปลาอลาสกาพอลลอค) นิวซีแลนด์ (ปลาโฮกิ) อาร์เจนตินา (ปลาเซาเทิร์นบลูไวทิง) และไทย (ปลาทรายแดง) (Kano, 1992) ในประเทศไทยเริ่มผลิตซูริมิในปี ค.ศ. 1986 ปัจจุบันไทยได้เป็นผู้ผลิตซูริมิที่สำคัญประเทศหนึ่ง โดยใช้วัตถุดิบที่สำคัญคือ ปลาทรายแดง (Threadfin bream: *Nemipterus spp.*) ส่งออกผลิตภัณฑ์เกือบทั้งหมดไปยังประเทศญี่ปุ่น สิงคโปร์ ฮ่องกง สหรัฐ และออสเตรเลีย จนกระทั่งถึงปี ค.ศ. 1992 ผู้ผลิตให้ความสนใจต่อการพัฒนาการผลิตในประเทศไทยมากขึ้น และปรับปรุงรูปแบบการผลิตจนถึงปัจจุบัน (จักรี, 2544) การขยายตัวของอุตสาหกรรมการผลิตและผลิตภัณฑ์จากซูริมิในปัจจุบัน เป็นผลจากลักษณะเด่น 3 ประการของซูริมิ

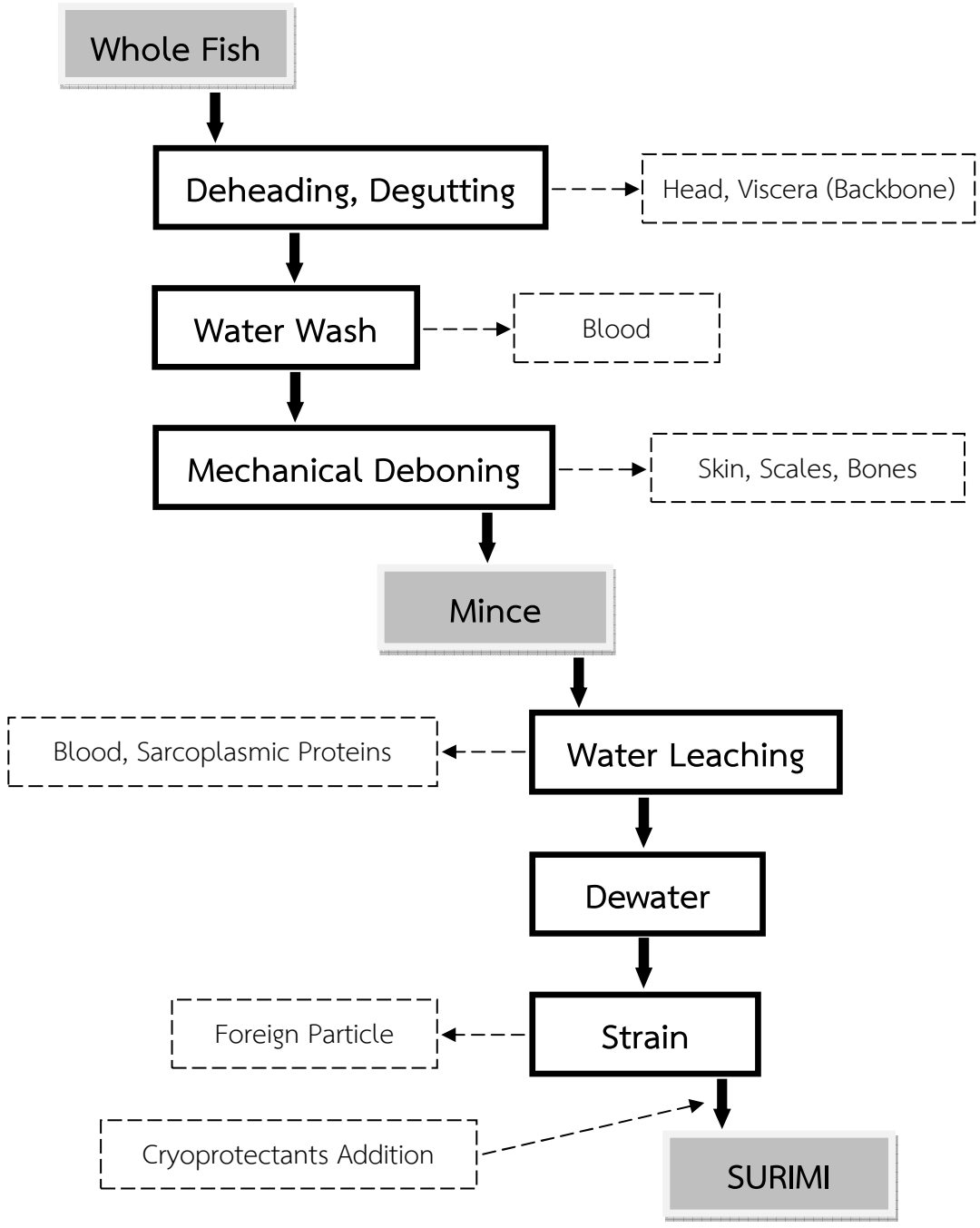
คือ ซูริมิมีสมบัติเชิงหน้าที่ที่ดีที่สามารถใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ได้หลากหลาย สามารถใช้ปลาที่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจต่ำในการผลิตซูริมิ และสามารถเก็บรักษาซูริมิด้วยการแช่เยือกแข็งและการเติมสารป้องกันการเสียสภาพของโปรตีน ซึ่งทำให้สามารถเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานได้ โดยยังคงมีสมบัติเชิงหน้าที่ที่ดี (Parker, 1985) อย่างไรก็ตาม อุตสาหกรรมผลิตซูริมิได้ก่อให้เกิดเศษเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตและน้ำทิ้งในปริมาณสูง เช่นเดียวกับอุตสาหกรรมการผลิตผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำประเภทอื่นๆ จึงต้องได้รับการบำบัดอย่างเหมาะสม (Schaub and Leonard, 1996)

การผลิตซูริมิมีผลิตภัณฑ์และขั้นตอนดังนี้

เนื้อปลาบด (Mince) คือ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำปลาผ่านกระบวนการเบื้องต้น เช่น การตัดหัว ควักไส้ หรือนำชิ้นเนื้อปลาที่แล่ได้ไปล้าง และแยกเอาก้างออกจากเนื้อปลาด้วยเครื่องแยกเนื้อ (Deboner) ดังนั้นผลิตภัณฑ์ที่ได้จึงยังคงมีองค์ประกอบเคมี สี และกลิ่น เช่นเดียวกับเนื้อปลาปกติ (ขั้นตอนการผลิต แสดงดังรูปที่ 3)

ซูริมิ (Surimi) คือ ผลิตภัณฑ์เนื้อปลาบดที่ผ่านการล้างด้วยน้ำหลายครั้ง เพื่อขจัดไขมันและองค์ประกอบที่ละลายน้ำได้และแยกสิ่งปนเปื้อน จากนั้นผ่านการบีบน้ำส่วนเกินออกจากเนื้อปลาบด จึงทำให้องค์ประกอบทางเคมีและคุณลักษณะเปลี่ยนไปจากเดิม เช่น มีสีขาว มีความสามารถในการเกิดเจลที่ดี และไม่มีกลิ่นคาว ด้วยความก้าวหน้าของการเก็บรักษาซูริมิในปัจจุบันจึงมีการเติมสารที่สามารถป้องกันการสูญเสียสภาพธรรมชาติของโปรตีนไมโอไฟบริลลาร์ (Cryoprotectants) ที่มีผลต่อความสามารถในการเกิดเจล ลงในซูริมิก่อนการเก็บรักษาในสภาพแช่เยือกแข็ง (ขั้นตอนการผลิต แสดงดังรูปที่ 3)

ผลิตภัณฑ์จากซูริมิ คือ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำซูริมิแช่เยือกแข็งมาผ่านการละลายอย่างไม่สมบูรณ์ (Tempering) สับผสมกับเกลือเพื่อละลายโปรตีนไมโอไฟบริลลาร์ พร้อมกับการเติมส่วนผสมที่ต้องการเพื่อผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ เช่น แป้ง ไข่ขาว สารให้กลิ่นรส แล้วขึ้นรูปด้วยการใช้ความดัน (Extruded) การทำให้เกิดลักษณะเส้นใย (Fiberized) หรือขึ้นรูปโดยการใช้เบ้าประกอบ (Composite-molded) พร้อมๆ กับการให้ความร้อนเพื่อสร้างเนื้อสัมผัส ความคงตัวของรูปร่าง และลดจุลินทรีย์ (จักรี, 2544)



รูปที่ 3 ขั้นตอนการผลิตซูริมิ

ที่มา : Lanier (1986)

2.2 วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตซูริมิ

วัตถุดิบหลักที่ใช้ในการผลิตซูริมิในต่างประเทศ ได้แก่ ปลาหน้าดินหลากหลายชนิดและสายพันธุ์ ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมทางทะเลและแหล่งที่อยู่ของปลา เช่น อลาสกาพอลล็อก โฮกิ แปซิฟิกไวท์ทิง เซาเทิร์นบลูไวท์ทิง เป็นต้น โดยปัจจุบันความก้าวหน้าทางด้านเทคโนโลยี ทำให้มีการนำปลาหลายชนิดมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเพื่อทดแทนวัตถุดิบหลัก ซึ่งคำนึงถึงคุณสมบัติที่สำคัญ คือ ความสามารถในการเกิดเจล ให้ผลผลิตสูง องค์ประกอบทางเคมี สีและกลิ่น ที่ใกล้เคียงกับวัตถุดิบหลักมากที่สุด (สุทธวัฒน์, 2549) จากการศึกษาของ Min, และคณะ (1987) พบว่า ปลาที่ใช้ผลิตซูริมิในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ส่วนใหญ่เป็นปลาเนื้อขาว ได้แก่ ปลาทรายแดง (*Nemipterus spp.*) ปลาตาหวาน (*Priacanthus spp.*) ปลาเข็ม (*Sphyparena spp.*) ปลาจวด (*Pennahia, Johnius spp.*) โดยประเทศไทยมีการผลิตซูริมิจากปลาหลากหลายชนิด เช่น ปลาทรายแดง ปลาเหลน ปลาตาหวาน ปลาฤาษี ปลาจวด ปลาแป้นยักษ์ เป็นต้น

นอกจากวัตถุดิบหลักที่นำมาผลิตซูริมิข้างต้น สามารถนำปลาที่มีมูลค่าต่ำหรือวัสดุเศษเหลือจากการผลิต มาผลิตเป็นซูริมิได้เช่นเดียวกัน โดยให้คุณภาพเป็นที่ยอมรับได้ยกตัวอย่างเช่น ปลาที่ไม่ได้นำมาใช้ประโยชน์เชิงพาณิชย์ ซึ่งส่วนใหญ่อยู่รวมกับสัตว์น้ำที่ต้องการ เช่น ปลานอร์เธินสควอฟิช (Lin and Morrissey, 1995) ปลาที่ได้จากโรงงานอุตสาหกรรม เป็นปลาที่ใช้ผลิตปลาป่นและน้ำมันปลา มีปริมาณไขมันสูง ทำให้ยากต่อการเก็บรักษา สามารถใช้เป็นวัตถุดิบผลิตซูริมิได้ และปลาที่เหลือใช้จากการแปรรูปเพื่อผลิตเป็นอาหาร เป็นปลาที่ไม่ได้ขนาดหรือมีรอยขูดขีด บอบช้ำ ซึ่งสามารถนำมาคัดแยกเพื่อผลิตเนื้อปลาบดได้ เช่น ปลาแปซิฟิกเฮอร์ริ่ง (Regenstein, 1986) โดยปลาหน้าดินกลุ่มที่พบได้มากที่สุดในเขตจังหวัดสงขลา ได้แก่ ปลาตาหวาน *(Priacanthus tayenus)* และปลาเหลน *(Saurida undosquamis)* ซึ่งเป็นปลาที่ไม่นิยมบริโภคโดยตรงและราคาถูก (ปริญา, 2547) องค์ประกอบทางเคมีของปลาจะขึ้นอยู่กับรูปร่าง อายุ และช่วงเวลาการจับ โดยทั่วไปองค์ประกอบทางเคมีของปลาทั้งตัวจะประกอบด้วย โปรตีน ร้อยละ 15-24 ไขมัน ร้อยละ 0.1-22 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 1-3 สารประกอบอนินทรีย์ ร้อยละ 0.8-2 และน้ำ ร้อยละ 66-84 (ไพรันต์ และพิทยา, 2541) ปริญา (2547) กล่าวว่า องค์ประกอบทางเคมีของปลาเหลน *(Saurida undosquamis)* มีโปรตีน ไขมัน ความชื้น ร้อยละ 17.12-18.37, 0.10-0.17, 80.45-81.72 ตามลำดับ องค์ประกอบทางเคมีของปลาตาหวาน *(Priacanthus tayenus)* มีโปรตีน ไขมัน ความชื้น ร้อยละ 18.9-19.9, 0.2-0.9, 77.6-79.9 ตามลำดับ และ ฤทัยรัตน์ (2547) กล่าวว่า องค์ประกอบทางเคมีของเศษเหลือปลาทรายแดง มีโปรตีน ไขมัน ความชื้น ร้อยละ 14.70, 9.27, 73.54 ตามลำดับ

ตัวอย่างปลาที่ใช้ผลิตซูริมิในงานวิจัย อ้างอิงจาก กรมประมง (2561)

รูปที่ 4 ปลาตาโต (ปลาตาหวาน)

ที่มา : กรมประมง (2561)

1) **ชื่อวิทยาศาสตร์***: Priacanthus tayenus*

ชื่อสามัญภาษาอังกฤษ: Purple-spotted bigeye

ชื่อสามัญภาษาไทย: ปลาตาโต

ชื่อท้องถิ่น: ตาหวานจุด, ตาโต, ตาพอง

ลักษณะเด่น: ปลาตาหวานจุดมีรูปร่างส่วนของลำตัวคล้ายใบมีด ด้านข้างแบนจุดเด่นของปลาตัวนี้อยู่ที่ตา ซึ่งมีขนาดใหญ่ จะงอยปากสั้น ปากกว้างและเฉียงขึ้นบน ริมฝีปากบนมีฟันแหลมคมอยู่ 2 -3 แถวมีครีบหางเว้าโค้งปลายบนและปลายล่างเรียวยาวเป็นเส้นรยางค์ ครีบอื่นๆ มีขนาดใหญ่ สีสันของลำตัวเป็นสีแดงปนแสด เกล็ดสีขาวเงินเมื่อถูกแสงสว่างจะเป็นประกาย กินปลาและสัตว์น้ำขนาดเล็กกว่า แสดงดังรูปที่ 4

รูปที่ 5 ปลาทรายแดงโม่ง (ปลาทรายแดง)

ที่มา : กรมประมง (2561)

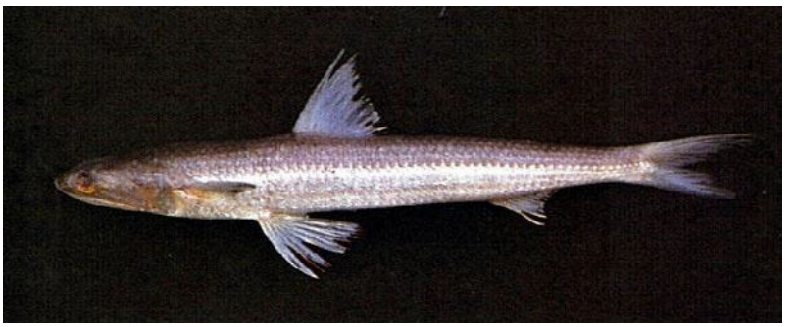
2) **ชื่อวิทยาศาสตร์**: *Nemipterus hexodon*

ชื่อสามัญภาษาอังกฤษ: Threadfin Bream, Ornate threadfin bream

ชื่อสามัญภาษาไทย: ปลาทรายแดงโม่ง

ชื่อท้องถิ่น: ทรายแดง, ทรายแดงขาว, แดง, อั้งโกลี้

ลักษณะเด่น: ลำตัวแบนเล็กน้อย พื้นลำตัวด้านบนเป็นสีชมพูแก่หรือสีแดง ด้านท้องเป็นสีขาวเงินมีรอยแต้มสีแดงเข้มใต้เส้นข้างตัวในแนวระดับเกล็ดอันที่5 หนึ่งรอยมีแถบเล็กๆ สีเหลือง 5-6 แถบกับสีขาวเงิน 3 แถบพาดไปตามยาว ใต้เส้นข้างตัวครีบหลังมีสีชมพูขอบแดง ครีบต่างๆ มีสีชมพูจางๆ ส่วนครีบหางตอนบนเป็นสีแดงตอนล่างเป็นสีขาว มีปากกว้างมีฟันเล็กแหลมอยู่บนขากรรไกร เกล็ดใหญ่ครีบหลังและครีบก้นตอนท้ายมีปลายแหลม ครีบหางแฉกลึกโดยมีแพนหางด้านบนยาวกว่าด้านล่างเล็กน้อย แสดงดังรูปที่ 5



รูปที่ 6 ปลาปากคมใหญ่ (ปลาเหลน)

ที่มา : กรมประมง (2561)

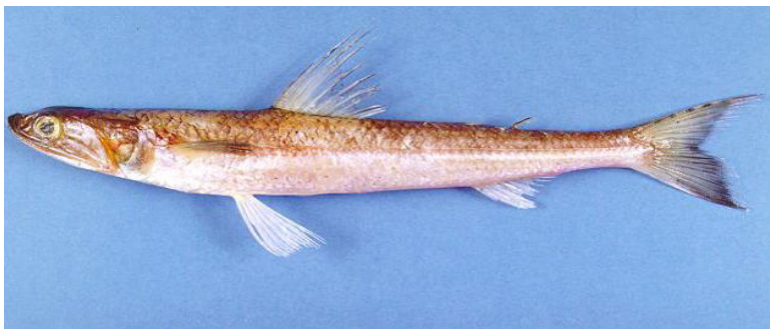
3) **ชื่อวิทยาศาสตร์**: *Saurida elongata*

ชื่อสามัญภาษาอังกฤษ: Slender lizardfish

ชื่อสามัญภาษาไทย: ปลาปากคมใหญ่

ชื่อท้องถิ่น: ไล้กอ, กอ, เหลน, ตุ๊กแก

ลักษณะเด่น: ลำตัวยาวเรียวกลมคล้ายทรงกระบอก ปากมีฟันคม ลักษณะหัวคล้ายหัวตุ๊กแก มีครีบหลัง 2 ครีบ คือ ครีบธรรมดาและครีบไขมันซึ่งเป็นติ่งเล็กๆ ใกล้โคนหาง ก้านครีบอ่อนด้านในของครีบท้องยาวกว่าด้านนอก ครีบหางแฉกลึกเป็นรูปส้อม ลำตัวเป็นสีน้ำตาลหรือสีน้ำตาลอมเทา ครีบต่างๆ เป็นสีเทาหรือขาวเหลือง แสดงดังรูปที่ 6



รูปที่ 7 ปลาปากคมจุด (ปลาเหลน)

ที่มา : กรมประมง (2561)

4) **ชื่อวิทยาศาสตร์**: *Saurida undosquamis*

ชื่อสามัญภาษาอังกฤษ: Lizardfish, Brushtooth Lizardfish

ชื่อสามัญภาษาไทย: ปลาปากคมจุด

ชื่อท้องถิ่น: ปลาปากคมจุด, ปากคม, ไล้กอ, กอ, เหลน

ลักษณะเด่น: ลักษณะคล้ายปลาปากคมชนิดอื่นๆ มีรอยแต้มสีดำแต้มเรียงกันบนด้านข้างลำตัวและมีจุดสีดำเล็กๆ อยู่ที่ตอนหน้าของครีบหลังและครีบหางตอนบน แสดงดังรูปที่ 7

2.3 ของเสียอินทรีย์จากกระบวนการผลิตซูริมิ

จากกระบวนการผลิตซูริมิในรูปที่ 3 แสดงให้เห็นว่าของเสียอินทรีย์ที่ได้จากขั้นตอนการผลิตซูริมิ แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ วัตถุดิบเหลือทิ้งและน้ำเสีย ซึ่งได้จากกระบวนการตัดแต่ง แยกเนื้อปลา และล้างวัตถุดิบ โดยขั้นตอนการตัดหัวควักไส้เป็นขั้นตอนที่มีการสูญเสียผลผลิตมากที่สุดและเกิดน้ำเสียจากการล้างเนื้อปลาบดเป็นปริมาณมาก ตารางที่ 1 แสดงให้เห็นถึงวัตถุดิบแรกเข้า ที่ผ่านกระบวนการผลิตต่างๆ จนได้เป็นซูริมิแช่เยือกแข็ง โดยผลผลิตลดลงเหลือเพียง 1 ใน 4 ของน้ำหนักปลาทั้งหมดเท่านั้น แสดงให้เห็นว่า เกิดการสูญเสียระหว่างผลิตในรูปของเสียอินทรีย์เป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะช่วงต้นของกระบวนการผลิต (สุทธวัฒน์, 2549)

ตารางที่ 1 ผลผลิตในแต่ละขั้นตอนการผลิตซูริมิ

Product Staging	Description	Yield Relationship
Raw material	Freeze with ice cube	100%
Heading/Gutting	Manaual process, dressing	60%
Deboner/Mincing	Rolled type	47%
Washing	3-4 Washed	45%
Refining	Bone & skin removal	20%
Dewatering	Screw press	22%
Mixing	Phosphate acid, Salt, Sugar	24%
Shaping/Packing	Screw type	24%
Frozen storage	Contact freezer type-50 °C	24%

ที่มา : สุทธวัฒน์ (2549)

เศษซากวัตถุดิบหรือวัตถุดิบเหลือทิ้ง ได้แก่ ชิ้นส่วนต่างๆ ของสัตว์น้ำที่ไม่ถูกนำไปใช้ผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ โดยสัตว์จำพวกปลาจะมีวัตถุดิบเหลือทิ้งประมาณ 40% ซึ่งในปัจจุบันวัตถุดิบเหลือทิ้งจากปลาทั้งหมดจะถูกส่งต่อให้แก่โรงงานทำอาหารสัตว์หรือโรงงานผลิตปุ๋ย (กรมควบคุมมลพิษ, 2548)

น้ำเสียส่วนใหญ่เกิดจากกระบวนการล้างวัตถุดิบและเนื้อปลาบดจึงทำให้มีองค์ประกอบของสารอินทรีย์สูง สารอินทรีย์ดังกล่าวมาจากการปนเปื้อนของเศษเนื้อ เลือดปลา และไขมัน ซึ่งมีผลทำให้ค่า Biochemical Oxygen Demand (BOD) และ Chemical Oxygen Demand (COD) สูง กรมโรงงานอุตสาหกรรม (2551) กล่าวว่า กลุ่มที่ผลิตซูริมิมีภาระ BOD และ COD ต่อหน่วยผลิตภัณฑ์สูงที่สุด เมื่อเทียบกับกลุ่มที่ใช้ปลา กุ้ง และปลาหมึกเป็นวัตถุดิบ โดยปริมาณน้ำเสียจะมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับการควบคุมปัจจัยการในการผลิตและการจัดการด้านพลังงานที่ดี น้ำเสียที่เกิดขึ้นจะถูกส่งไปบำบัดในระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงาน ซึ่งระบบอาจแตกต่างกันตามความพร้อมของการลงทุนและลักษณะคุณภาพน้ำเสีย หลังจากการบำบัด ถ้าน้ำที่ผ่านการบำบัดอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน จะถูกถ่ายออกไปยังแหล่งน้ำสาธารณะหรือเก็บไว้ใช้ในพื้นที่โรงงานต่อไป

จากการสำรวจของ กรมโรงงานอุตสาหกรรม (2551) ได้สำรวจปัจจัยการใช้น้ำและของเสียของกลุ่มอุตสาหกรรมผลิตซูริมิ จำนวน 4 แห่งเก็บข้อมูลในช่วงมกราคม – มีนาคม 2551 พบว่า ค่าเฉลี่ยของ BOD และ COD ในอุตสาหกรรมผลิตซูริมิสูงถึง 127.11 kg/ton และ 193.24 kg/ton ตามลำดับ ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ปัจจัยการใช้น้ำและของเสียของกลุ่มอุตสาหกรรมผลิตซูริมิ

ประเด็น	**หน่วย**	**กลุ่มสถานประกอบการประเภทซูริมิ**		
		ค่าต่ำสุด-สูงสุด	**ค่าเฉลี่ย**	**ค่ามัธยฐาน**
การใช้น้ำ	m^3/ton	26.18-53.50	41.07	42.30
การใช้น้ำแข็ง	ton/ton	1.28-3.33	2.17	2.04
BOD	kg/ton	69.05-216.97	127.11	111.21
COD	kg/ton	144.97-280.56	193.24	173.72
จำนวนสถานประกอบการ	แห่ง	4		

ที่มา : กรมโรงงานอุตสาหกรรม (2551)

การหาค่าปัจจัยในการใช้น้ำ อ้างอิงจาก กรมโรงงานอุตสาหกรรม (2551)

$$\text{การใช้น้ำ} = \frac{\text{ปริมาณการใช้น้ำทั้งหมด } (\mathrm{m^3})}{\text{ปริมาณผลิตภัณฑ์ } (\mathrm{ton})}$$

การหาค่าปัจจัยในการใช้น้ำแข็ง อ้างอิงจาก กรมโรงงานอุตสาหกรรม (2551)

$$\text{การใช้น้ำแข็ง} = \frac{\text{ปริมาณการใช้น้ำแข็ง } (\mathrm{ton})}{\text{ปริมาณผลิตภัณฑ์ } (\mathrm{ton})}$$

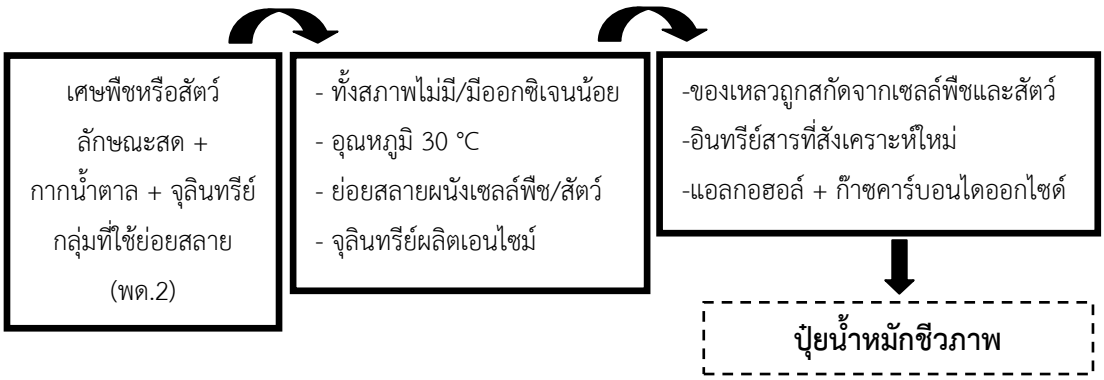
การหาค่าปัจจัยด้านของเสีย (BOD และ COD) อ้างอิงจาก กรมโรงงานอุตสาหกรรม (2551)

$$\mathrm{BOD} = \frac{\text{ความเข้มข้น}\mathrm{BOD}\left(\frac{\mathrm{mg}}{\mathrm{L}}\right) \times \text{ปริมาณน้ำเสีย}\left(\frac{\mathrm{m^3}}{\mathrm{ton}}\right)}{1000}$$

$$\mathrm{COD} = \frac{\text{ความเข้มข้น}\mathrm{COD}\left(\frac{\mathrm{mg}}{\mathrm{L}}\right) \times \text{ปริมาณน้ำเสีย}\left(\frac{\mathrm{m^3}}{\mathrm{ton}}\right)}{1000}$$

2.4 ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพและกระบวนการผลิต

น้ำหมักชีวภาพ ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ ปุ๋ยอินทรีย์น้ำ หรือน้ำสกัดชีวภาพ (Bioextract) เป็นของเหลวสารประกอบอินทรีย์ที่ได้จากการสกัดเซลล์พืชและเซลล์สัตว์ ใช้ประโยชน์เป็นอาหารเสริมเพื่อส่งเสริมการเจริญเติบโตและเพิ่มคุณภาพผลผลิต โดยนำวัสดุหมักทำการหมักร่วมกับกากน้ำตาล (Molasses) ในสภาพที่ไม่ใช้ออกซิเจน ผ่านกระบวนการพลาสโมไลซีส (Plasmolysis) และดำเนินกระบวนการหมักโดยใช้กากน้ำตาลเป็นแหล่งพลังงานของจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ต่อการเกษตรและสิ่งแวดล้อม 4 กลุ่ม ประกอบด้วย 1.กลุ่มแบคทีเรีย ทำหน้าที่สร้างกรดอินทรีย์ชนิดต่างๆ ตรึงไนโตรเจน 2.กลุ่มแอคติโนมัยซีส ทำหน้าที่สร้างสารปฏิชีวนะสำหรับควบคุมเชื้อ 3.กลุ่มรา ทำหน้าที่ย่อยสลายอินทรียวัตถุให้มีโมเลกุลเล็กลงและปลดปล่อยธาตุอาหาร และ 4.กลุ่มยีสต์ มีหน้าที่สร้างวิตามินและแอลกอฮอล์ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2545) โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้เป็นของเหลวสีน้ำตาล ประกอบด้วย สารจำพวกคาร์โบไฮเดรต โปรตีน กรดอะมิโน ฮอร์โมน เอ็นไซม์ และอื่นๆ ซึ่งคุณสมบัติ สี กลิ่น ขึ้นอยู่กับวัสดุที่ใช้ในการหมัก (กรมวิชาการเกษตร, 2548) โดยรูปที่ 8 แสดงกระบวนการหมักเพื่อผลิตเป็นปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ



รูปที่ 8 กระบวนการเกิดปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ
ที่มา : กรมพัฒนาที่ดิน (2545)

การผลิตปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพจากปลา เกิดขึ้นครั้งแรกในประเทศเดนมาร์ก ปี พ.ศ. 2491 โดยใช้กรดฟอร์มิกเข้มข้น 98% ปริมาณร้อยละ 2.5 (ปริมาตรต่อน้ำหนัก) มีความเหมาะสมในการหมักปลาจากส่วนต่างๆ เป็นอย่างดี หรืออาจใช้กรดน้ำส้ม กรดเกลือ กรดกำมะถัน และกรดฟอสฟอริกทดแทนได้ โดยนอกจากกรดแล้วการใช้จุลินทรีย์ในกระบวนการหมักวัสดุที่มีลักษณะสด เช่น เศษปลา หรือเศษผักผลไม้ เป็นอีกหนึ่งทางเลือกเช่นกัน สุริยา (2542) พบว่า มีกลุ่มจุลินทรีย์หลายสายพันธุ์ที่สามารถเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวนเซลล์ทำการย่อยสลายวัสดุได้ดี เช่น กลุ่มของยีสต์ (*Candida sp.*) กลุ่มของแบคทีเรีย (*Lactobacillus sp.*) และกลุ่มของรา (*Aspergillus niger*) จึงทำให้การผลิตปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพจากปลาที่ใช้จุลินทรีย์ร่วมในกระบวนการหมักจะดีกว่าการใช้กรดอินทรีย์หรืออนินทรีย์ เนื่องจากกลิ่นที่เกิดจากการใช้จุลินทรีย์จะมีกลิ่นที่ดีกว่าการใช้กรด ซึ่งในปัจจุบันการใช้จุลินทรีย์ในการหมักปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพมีความสะดวกในการใช้มากขึ้น เนื่องจากหน่วยงานของรัฐได้ทำผงจุลินทรีย์สำเร็จรูป แต่ในบางพื้นที่การแจกจ่ายไม่ทั่วถึง ซึ่งมีวิธีการผลิตหัวเชื้อจุลินทรีย์ได้เอง อุษามาส (2552) ได้ศึกษาการนำโยเกิร์ตมาผลิตหัวเชื้อจุลินทรีย์ในกลุ่มของแบคทีเรียผลิตกรดแลคติก ซึ่งพบได้ในโยเกิร์ตทางการค้าทั่วไป เป็นต้น

2.5 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการย่อยสลายในกระบวนการหมัก

ประสิทธิภาพการผลิตและย่อยสลายวัสดุหมัก สามารถแบ่งออกเป็น 6 ปัจจัย มีดังนี้ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2545)

1) ชนิดและองค์ประกอบของวัสดุหมัก กลุ่มวัสดุจากเศษปลาจะใช้เวลาในการย่อยสลายนานกว่ากลุ่มวัสดุจากพืช เนื่องจากปลามีองค์ประกอบของโปรตีนและกระดูก ซึ่งในขณะเดียวกัน วัสดุหมักจากพืชมีคุณสมบัติที่เอื้อต่อการหมัก เพราะมีองค์ประกอบของน้ำตาลอยู่

มากกว่าวัสดุจากเศษปลา และมีปริมาณเซลลูโลสต่ำ ซึ่งยีสต์จะใช้น้ำตาลที่มีอยู่ในองค์ประกอบของวัสดุหมักถนอมผลิตภัณฑ์ไว้โดยผ่านกระบวนการหมัก และเป็นแหล่งพลังงานของจุลินทรีย์ในการย่อยสลาย

2) ความอวบน้ำของวัสดุหมัก วัสดุหมักที่มีความชื้นสูงจะทำให้กระบวนการในการย่อยสลายมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยเฉพาะวัสดุหมักจากพืช มีความชื้นสูงถึง 70-90% ทำให้สารละลายจากพืชปลดปล่อยออกได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งในวัสดุหมักจากปลามีความชื้นน้อยกว่าวัสดุหมักจากพืช ทำให้สารละลายถูกสกัดออกมาได้ช้า เนื่องจากปลามีองค์ประกอบของโมเลกุลที่ซับซ้อน

3) แหล่งอาหารของจุลินทรีย์ แหล่งคาร์บอนจากน้ำตาลเป็นสิ่งสำคัญในการดำเนินกิจกรรมของจุลินทรีย์ในกระบวนการหมัก โดยความเข้มข้นของน้ำตาลจะช่วยให้เกิดการย่อยสลายและกระบวนการพลาสโมไลซิส มีผลทำให้เซลล์พืชหรือสัตว์แตก และได้สารละลายออกมา ซึ่งวัสดุหมักจากผลไม้มีองค์ประกอบของน้ำตาลในปริมาณมาก จึงสามารถนำมาหมักร่วมกับวัสดุหมักจากสัตว์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการหมักให้ดียิ่งขึ้น

4) การระบายอากาศ กระบวนการหมักวัสดุสดจากจุลินทรีย์ส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นในสภาพที่ไม่ใช้มากกว่าใช้ออกซิเจน และเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในระหว่างการหมัก ดังนั้นจึงต้องมีการระบายออก โดยไม่ควรปิดฝาสนิท หรือกวนวัสดุหมักทุก 7 วัน

5) ค่าความเป็นกรด-ด่าง pH มีความเกี่ยวข้องในกระบวนการหมัก เนื่องจากมีจุลินทรีย์กลุ่มผลิตกรดอะซิติกและกรดแลกติกในกระบวนการหมัก จึงทำให้มีค่า pH หลังจากสิ้นสุดกระบวนการประมาณ 3-4

6) อุณหภูมิ จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องในกระบวนการหมัก เป็นจุลินทรีย์ที่เจริญเติบโตได้ดีในอุณหภูมิปกติหรืออุณหภูมิห้อง หรือระหว่าง 30-35°C โดยไม่มีแสงแดดส่องถึง

ซึ่งในระหว่างทำการหมัก ควรสังเกตการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและกิจกรรมในการหมักของจุลินทรีย์ เพื่อแสดงว่ากระบวนการหมักเป็นไปอย่างต่อเนื่องและสมบูรณ์ เช่น อุณหภูมิระหว่างทำการหมักการเพิ่มขึ้นของจุลินทรีย์ สังเกตได้จาก การเกิดฝ้าขาวหรือโคโลนีย์ของจุลินทรีย์บนวัสดุหมัก การเกิดฟองก๊าซบนผิวหน้าวัสดุหมัก การผลิตแอลกอฮอล์ที่มากขึ้น สีและความใสของสารละลาย เป็นต้น

2.6 ส่วนประกอบที่ใช้ในการผลิตปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ

2.6.1 วัสดุเหลือทิ้งสำหรับผลิตปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ

กรมพัฒนาที่ดิน (2545) อธิบายถึงลักษณะของวัสดุที่ใช้ในการผลิตปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพไว้ว่า วัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตรต้องเป็นวัสดุที่มีลักษณะสดหรืออวบน้ำ ดังนั้นวัสดุหมักสำหรับผลิตปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ

1) วัสดุเหลือทิ้งจากพืช ได้แก่ เศษพืชผักและผลไม้ต่างๆ เช่น ผักคะน้า ผักกาดขาว ผักกาดหอม กะหล่ำปลี บวบ ข้าวโพด พืชตระกูลแตง พืชตระกูลมะเขือ มะละกอ สับปะรด กล้วย เป็นต้น ซึ่งจะมีองค์ประกอบของแร่ธาตุที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช พืชสมุนไพร เช่น ใบสะเดา ตะไคร้หอม สาบเสือ ขมิ้นชัน เป็นต้น สารสกัดจากสมุนไพรจะมีความเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตน้อยกว่าสารเคมี อีกทั้งยังช่วยป้องกันแมลงศัตรูพืชได้ดีอีกด้วย

2) วัสดุเหลือทิ้งจากสัตว์ ได้แก่ เศษปลาที่เหลือทิ้งจากกระบวนการแปรรูปอาหารทะเล ซึ่งแร่ธาตุที่พบในปลาน้ำจืดและน้ำเค็มจะมีไนโตรเจน 2.5-3.0% แคลเซียม 1.2-1.5% พบมากในกระดูกและเกร็ดของปลา ฟอสฟอรัส 0.6-0.8% พบมากในกระดูกและเกร็ดของปลา และกำมะถัน 0.3% เป็นต้น นอกจากเศษปลาแล้ว เศษหอยเชอรี่ก็สามารถนำมาทำปุ๋ยน้ำหมักได้ดี ซึ่งปริมาณธาตุอาหารในหอยเชอรี่ พบว่ามีปริมาณโปรตีนค่อนข้างสูง เช่นเดียวกันกับปลา อยู่ที่ 10.70-56.25%

2.6.2 กากน้ำตาล

กากน้ำตาลเป็นของเหลวที่มีลักษณะเหนียวข้น สีน้ำตาลค่อนไปทางสีดำ ได้จากกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายในขั้นตอนสุดท้าย ซึ่งไม่สามารถนำกลับมาใช้ผลิตน้ำตาลทรายได้เพราะไม่สามารถตกผลึกเป็นเกล็ดน้ำตาลได้อีก มีคุณสมบัติเหมาะสมสำหรับเป็นแหล่งอาหารให้กับจุลินทรีย์ในกระบวนการหมักผลิตปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพได้เป็นอย่างดี (จุไรรัตน์, 2543) เนื่องจากองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญได้แก่ น้ำ และ น้ำตาล (ซูโครส ฟรักโตส รีดิวส์ซิงชูการ์) ที่เป็นแหล่งพลังงานสำคัญต่อกระบวนการหมักและกิจกรรมของจุลินทรีย์ องค์ประกอบของน้ำตาล มีมากถึง 50-60% ของกากน้ำตาล กรมพัฒนาที่ดิน (2545) และ Paturau (1982) ได้วิเคราะห์ส่วนประกอบของกากน้ำตาล ในแต่ละองค์ประกอบที่แตกต่างกัน ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 องค์ประกอบทางเคมีของกากน้ำตาล

องค์ประกอบ	ปริมาณเฉลี่ย (% w/w)[1]	ปริมาณเฉลี่ย (% w/w)[2]
น้ำ	20.65	17 - 25
ซูโครส	36.60	30 - 40
รีดิวส์ซิงชูการ์	13.00	1 - 5
น้ำตาลที่ใช้หมักเชื้อ	50.10	-
ไนโตรเจน	0.95	2 - 6
ฟอสฟอรัส	0.12	-
โพแทสเซียม	4.19	-
แคลเซียม	1.35	-
แมกนีเซียม	1.12	-
ซิลิกา	0.46	-
ขี้ผึ้ง	0.38	-
ยางและแป้ง	3.43	2 - 5
ฟรักโตส	-	5 - 12
เถ้า	-	7 - 15

(-) ไม่มีการวิเคราะห์

ที่มา : กรมพัฒนาที่ดิน (2545)[1], Paturau (1982)[2]

2.6.3 สารเร่งซุปเปอร์ พด.2

สารเร่งซุปเปอร์ พด.2 คือ กลุ่มจุลินทรีย์ที่มีสมบัติในการย่อยสลายวัตถุทางการเกษตรที่มีลักษณะอวบน้ำหรือมีความชื้นสูง เพื่อผลิตปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ โดยจุลินทรีย์ดำเนินกิจกรรมในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจนหรือมีออกซิเจนน้อย ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการย่อยโปรตีน ไขมัน ลดกลิ่นเหม็นระหว่างการหมัก เพิ่มการละลายธาตุอาหารในการหมักก้าง กระดูกสัตว์ในเวลาอันสั้นได้อย่างมีคุณภาพ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2546) ประกอบด้วยจุลินทรีย์ 5 กลุ่ม ตามการจำแนกของกรมพัฒนาที่ดิน (2545) ดังนี้

1) กลุ่มยีสต์ (Yeasts) สามารถสืบพันธุ์ได้โดยการแตกหน่อ (budding) แบบไม่อาศัยเพศ ได้แก่ ยีสต์สกุล *Saccharomyces sp.* และ *Candida sp.* โดยยีสต์จะใช้น้ำตาลเป็นแหล่งอาหารในกระบวนการหมัก ทำหน้าที่เปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นเอทิลแอลกอฮอล์และก๊าซ

คาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งอาจมีผลิตภัณฑ์อื่นๆ ถูกผลิตออกมาในปริมาณน้อย เช่น กลีเซอรอล กรดอะซิติก กรดอะมิโน วิตามิน หรือฮอร์โมน เป็นต้น โดยในกระบวนการหมักจะมีค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำประมาณ 4 - 6.5 ทำให้ยีสต์สามารถเจริญเติบโตได้ดี และสามารถควบคุมคุณภาพของปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพไม่ให้เกิดการเน่าเสียได้

ไม่ต้องการออกซิเจน

$C_6H_{12}O_6 \longrightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2$

(Glucose) (Ethyl-alcohol)

2) กลุ่มแบคทีเรียผลิตกรดแลคติก (Lactic acid bacteria) เป็นแบคทีเรียแกรมบวก รูปร่างเป็นท่อน ไม่มีการสร้างสปอร์ มีการเจริญได้ดีในสภาพไม่มีออกซิเจน ทนต่อสภาพความเป็นกรดสูง ใช้น้ำตาลเป็นแหล่งอาหารและพลังงาน ได้แก่ แบคทีเรียในสกุล *Lactobacillus sp.* โดยแบคทีเรียกลุ่มนี้สามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มย่อย คือ homofermentative จะได้ผลิตภัณฑ์เป็นกรดแลคติกเท่านั้น และ heterofermentative จะได้ผลิตภัณฑ์เป็นกรดแลคติก กรดอะซิติก ฟอร์มิก กลีเซอรอล แอลกอฮอล์ และคาร์บอนไดออกไซด์

ไม่ต้องการออกซิเจน

$C_6H_{12}O_6 \longrightarrow 2CH_3 . CHOH . COOH$

(Glucose) (Lactic acid)

3) กลุ่มแบคทีเรียผลิตกรดอะซิติก (Acetic acid bacteria) เป็นแบคทีเรียแกรมลบ รูปร่างเป็นท่อนหรือรูปร่างรีโค้ง มี flagella เคลื่อนที่ได้ ต้องการออกซิเจน ทนต่อสภาพความเป็นกรดได้ดี ได้แก่ แบคทีเรียในสกุล *Acetobacter sp.* แบคทีเรียกลุ่มนี้จะใช้แอลกอฮอล์ (Ethanol) เป็นอาหารและพลังงาน เปลี่ยนรูปให้เป็นกรดอะซิติกโดยปฏิกิริยา Oxidation

สภาพที่มีออกซิเจน

$C_2H_5OH + O_2 \longrightarrow CH_3COOH + H_2O$

(Ethyl-alcohol) (Acetic acid)

4) กลุ่มจุลินทรีย์ย่อยสลายไนโตรเจน ทำหน้าที่แปรสภาพอินทรีย์ไนโตรเจนเป็นอนินทรีย์ไนโตรเจน ประกอบด้วย แบคทีเรีย รา และแอคติโนไมซิส ส่วนใหญ่ผลิตภัณฑ์จะได้แอมโมเนียม เช่น กลุ่มแบคทีเรียในสกุล *Bacillus sp.* ที่สามารถผลิตเอนไซม์ออกมาภายนอกเซลล์เรียกว่า Proteolytic enzyme หรือ Protease ทำหน้าที่ย่อยโปรตีนให้มีขนาดโมเลกุลเล็กลงเป็นกรดอะมิโน

5) กลุ่มจุลินทรีย์แปรสภาพฟอสฟอรัส ทำหน้าที่แปรสภาพให้ฟอสฟอรัสอยู่ในรูปที่สามารถใช้ประโยชน์ได้ ได้แก่ แบคทีเรียในสกุล *Bacillus sp.* ราในสกุล *Aspergillus sp., Penicillium sp.* และ *Rhizopus sp.* โดยจุลินทรีย์จะผลิตกรดอินทรีย์ละลายฟอสฟอรัสออกมาให้อยู่ในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ ซึ่งในองค์ประกอบของเศษปลา จะพบสารประกอบฟอสฟอรัสทั้งอินทรีย์และอนินทรีย์สารในเนื้อปลาประมาณ 10–15% และอีก 85–90% จะพบมากในส่วนของกระดูกและเกล็ดปลา ดังนั้นสารประกอบฟอสฟอรัสส่วนใหญ่ในเศษปลาจะอยู่ในรูปของแคลเซียมฟอสเฟตและเมื่อผ่านกระบวนการย่อยสลายของจุลินทรีย์ จะได้ทั้งฟอสฟอรัสและแคลเซียมที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้

2.6.4 เศษเหลือผักและผลไม้

ในปัจจุบันประเทศไทยผลิตสับปะรดโดยรวมประมาณ 2.0 – 2.2 ล้านตัน โดยบริโภคผลสดภายในประเทศประมาณ 26% และส่งเข้าสู่โรงงานแปรรูปสับปะรดประมาณ 70% (กระทรวงอุตสาหกรรม, 2546) จึงทำให้เกิดเศษเหลือจากการผลิตสับปะรดกระป๋องและการบริโภคสับปะรดจำพวก ตาและเปลือกด้านข้าง ไส้แกนกลาง จุกส่วนหัวและท้ายเป็นจำนวนมาก ซึ่งในปัจจุบัน สามารถนำเศษเหลือสับปะรดมาใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย เช่น ใช้เป็นอาหารเลี้ยงวัว น้ำเชื่อม น้ำสมสายชู แอลกอฮอล์ หรือแม้กระทั่งใช้เป็นส่วนประกอบในการผลิตปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ เนื่องจากเศษเหลือจากสับปะรดมีเอนไซม์ย่อยโปรตีนชื่อ บรอมีลิน (Bromelin) และ เกลือแร่ วิตามินซีจำนวนมาก (อักษรภัค, 2557) โดยองค์ประกอบทางเคมีของเศษเหลือสับปะรดจากการศึกษาของจินดา (2547) ตามตารางที่ 4 มีดังนี้

ตารางที่ 4 องค์ประกอบทางเคมีของเศษเหลือสับปะรด

องค์ประกอบ	**ร้อยละ (%dry matter basis)**
น้ำ/วัตถุแห้ง	88 - 90% / 10 – 12%
โปรตีน	6%
เถ้า	6.81%
ไขมัน	3.81%
เยื่อใย	14.84%
Total digestible nutrient, TDN	65-74%
Nitrogen free extract, NFE**	68.54%
ซูโครส	70%

ตารางที่ 4 องค์ประกอบทางเคมีของเศษเหลือสับปะรด (ต่อ)

องค์ประกอบ	ร้อยละ (% dry matter basis)
กลูโคส	20%
ฟรักโตส	10%
ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)	3.20 - 3.40

ที่มา : จินดา (2547)

* องค์ประกอบที่ได้อาจมีส่วนใดส่วนหนึ่งมากน้อย ขึ้นอยู่กับการบริโภคและการใช้ประโยชน์จากโรงงาน ซึ่งทำให้ค่าขององค์ประกอบทางเคมีแตกต่างกัน

** คาร์โบไฮเดรตที่ย่อยง่ายเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งได้แก่ แป้ง น้ำตาล (อาจมีเฮมิเซลลูโลสและลิกนินปนอยู่)

จากตารางที่ 4 พบว่า นอกจากเศษสับปะรดจะมีเอนไซม์ที่ช่วยย่อยโปรตีนแล้ว องค์ประกอบทางเคมียังพบน้ำตาลซูโครสสูงถึง 70% กลูโคส 20% และฟรักโตส 10% ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานของจุลินทรีย์ในกระบวนการหมักได้อีกส่วนนอกเหนือจากกากน้ำตาล และมีความชื้นสูงถึง 88-90% ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่ดีของวัสดุหมัก ซึ่งนอกจากเศษสับปะรดแล้ว ณัฐมณ (2556) ได้ศึกษาการนำเศษผักและผลไม้ที่ได้จากตลาดสด มาหมักร่วมกับเศษปลาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการหมักในอัตราส่วนของเศษปลาและเศษผักผลไม้ที่แตกต่างกัน โดย Esteban, และคณะ (2007) ได้ศึกษาองค์ประกอบของเศษผักและผลไม้ที่ใช้ผสมกับเศษปลาเพื่อเพิ่มปริมาณธาตุอาหาร พบว่า มีสารสกัดไนโตรเจน 65% ไฟเบอร์ 13% โปรตีน 12% เถ้า 8% และสารสกัดอื่นๆ 2%

2.7 องค์ประกอบในปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ

2.7.1 ธาตุอาหารในปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ

ธาตุที่มีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชมีทั้งหมด 16 ธาตุ ซึ่งสามารถจำแนกออกได้เป็น ธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง และธาตุอาหารเสริม โดยธาตุคาร์บอนและออกซิเจนได้รับโดยตรงจากอากาศ และธาตุไฮโดรเจนได้รับจากไฮโดรเจนอะตอมที่เป็นส่วนประกอบของน้ำ และอีก 13 ธาตุที่เหลือ ได้รับจากธาตุอาหารที่ละลายอยู่ในดินหรือสารละลายปุ๋ยโดยผ่านทางรากอาหารของพืช (ณัฐมณ, 2556) ซึ่งจากการศึกษาโดยกรมวิชาการเกษตร (2547) ได้จำแนกไว้ ดังนี้

2.7.1.1 ธาตุอาหารหลัก คือ ธาตุที่พืชต้องการในปริมาณมาก ได้แก่

1. ไนโตรเจน (N)

เป็นธาตุอาหารที่จำเป็นมากสำหรับพืช ช่วยในการเจริญเติบโตของใบ ยอด ลำต้น เป็นองค์ประกอบของโปรตีน เอนไซม์ และวิตามินหลายชนิด โดยพืชจะนำไนโตรเจนไปใช้ประโยชน์ในรูปของไนเตรท (NO_3^-) แอมโมเนียม (NH_4^+) และยูเรีย ($CO(NH_2)_2$) (มาโนชญ์, 2553) โดย วุฒิพงศ์ (2546) กล่าวถึงกระบวนการการเปลี่ยนรูปของสารประกอบไนโตรเจน มีดังนี้

1) กระบวนการ Nitrification เป็นกระบวนการที่เกิดการ Oxidation จากกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจน โดยจะใช้แอมโมเนียม (NH_4^+) เป็นแหล่งพลังงาน เปลี่ยนรูปเป็นไนไตรท์ (NO_2^-) และไนเตรท (NO_3^-) ตามลำดับ

2) กระบวนการ Denitrification เป็นปฏิกิริยาย้อนกลับ ในสภาพที่ไม่มีหรือมีออกซิเจนน้อย ซึ่งไนเตรท (NO_3^-) จะถูกเปลี่ยนรูปเป็นไนไตรท์ (NO_2^-) และก๊าซไนโตรเจน (N_2) ตามลำดับ โดยเกิดจากกิจกรรมของแบคทีเรียบางชนิดที่ใช้ออกซิเจนจากไนเตรท และจะเกิดเร็วยิ่งขึ้นเมื่อปฏิกิริยาใช้ไฮโดรเจนไอออนมากขึ้น โดยแบ่งปฏิกิริยาของแบคทีเรียที่ไม่ใช้ออกซิเจนออกเป็นสองกลุ่ม คือ Heterotrophic Denitrification Reaction (HDR) ปฏิกิริยาที่แบคทีเรียในกลุ่ม Heterotrophic สลายไนเตรทโดยการสร้างอาหารจากสารอินทรีย์ เปลี่ยนไนเตรทเป็นก๊าซไนโตรเจน อีกปฏิกิริยา คือ Autotrophic Denitrification Reaction (ADR) ปฏิกิริยาที่แบคทีเรียในกลุ่ม Autotrophic สร้างอาหารจากสารอนินทรีย์ที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ ในน้ำที่มีออกซิเจนน้อยเพื่อสลายไนเตรท

2. ฟอสฟอรัส (P)

ช่วยเร่งการออกดอกและสร้างเมล็ด เป็นองค์ประกอบของกรดนิวคลีอิก เยื่อหุ้มเซลล์ และสารให้พลังงาน (ATP) ซึ่งมีบทบาทต่อกระบวนการ Metabolism ของเซลล์ ฟอสฟอรัสที่พืชสามารถนำมาใช้ได้จะอยู่ในรูปของ Monobasic orthophosphate ($H_2PO_4^-$) และ Dibasic orthophosphate (HPO_4^{2-})

3. โพแทสเซียม (K)

ควบคุมการเปิด-ปิดของปากใบ การเคลื่อนย้ายน้ำตาลไปผล ทำให้ผลเติบโต ทำหน้าที่กระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ในการสร้าง แป้ง น้ำตาล และโปรตีนโพแทสเซียมที่พืชสามารถนำมาใช้ได้จะอยู่ในรูปของโพแทสเซียมไอออน (K^+)

ปริมาณธาตุอาหารหลักในปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ ขึ้นอยู่กับวัสดุอินทรีย์ที่นำมาใช้หมัก จึงทำให้ค่าธาตุอาหารที่ได้แตกต่างกัน โดยส่วนใหญ่พบว่าปริมาณธาตุอาหารไม่เพียงพอต่อความต้องการของพืช ณัฐมณ (2556) อ้างอิงผลการศึกษาจาก ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ พบว่า พืชต้องการธาตุอาหารหลัก N, P, K เท่ากับ 1.5%, 0.2%, 1.0% ตามลำดับ

2.7.1.2 ธาตุอาหารรอง คือ ธาตุที่พืชต้องการในปริมาณน้อย ได้แก่

1. แคลเซียม (Ca)

ช่วยกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ มีความจำเป็นต่อกระบวนการแบ่งเซลล์ เนื่องจากเป็นองค์ประกอบของผนังเซลล์ ช่วยเสริมสร้างความแข็งแรงของผนังเซลล์ แคลเซียมที่พืชสามารถนำมาใช้ได้จะอยู่ในรูปของ แคลเซียมไอออน (Ca^{2+}) ซึ่งมีความสำคัญในการดูดซับธาตุโพแทสเซียมได้มากขึ้น

2. แมกนีเซียม (Mg)

แมกนีเซียมเป็นองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์ ช่วยในการทำงานของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องในการสังเคราะห์แสง การหายใจ และการสังเคราะห์โปรตีน มีส่วนในการเคลื่อนย้ายฟอสฟอรัสในสภาวะที่เป็นกลางและด่าง การใช้ประโยชน์จากแมกนีเซียมจะลดลงเมื่อในสารละลายมีไอออนของ โพแทสเซียม แอมโมเนียม แคลเซียม แมงกานีส และไฮโดรเจนมาก แมกนีเซียมที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้จะอยู่ในรูปของ แมกนีเซียมไอออน (Mg^{2+}) การขาดแมกนีเซียมมีผลต่อการสะสมแป้งในพืชมากขึ้น เนื่องจากมีการสังเคราะห์โปรตีนน้อย

3. กำมะถัน (S)

ช่วยเพิ่มปริมาณน้ำมันในพืช เกี่ยวข้องในการแบ่งเซลล์และการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ เป็นองค์ประกอบของโปรตีน กำมะถันที่พืชสามารถนำไปใช้ได้จะอยู่ในรูปของ ซัลเฟตไอออน (SO_4^{2-})

2.7.1.3 ธาตุอาหารเสริม คือ ธาตุอาหารที่พืชต้องการน้อย แต่มีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโต และการดำรงชีวิต และจะส่งผลต่อการเจริญเติบโตถ้าขาดธาตุเหล่านี้ ในทางกลับกันถ้ามีมากเกินไปจะส่งผลให้พืชแสดงอาการเป็นพิษ ได้แก่

1. เหล็ก (Fe) ช่วยในการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ สังเคราะห์แสง และการหายใจ

2. แมงกานีส (Mn) ช่วยในการสังเคราะห์แสง การทำงานของเอนไซม์บางชนิด

3. ทองแดง (Cu) ช่วยในการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ การหายใจ การทำงานของเอนไซม์บางชนิด

4. สังกะสี (Zn) ช่วยในการสังเคราะห์ฮอร์โมนออกซิน คลอโรฟิลล์ แป้ง

5. โบรอน (B) ช่วยในการออกดอก ติดผล ผสมเกสร เคลื่อนย้ายน้ำตาลไปสู่ผล

6. โมลิบดินัม (Mo) ช่วยในการสังเคราะห์โปรตีน

7. คลอรีน (Cl) ช่วยป้องกันการเหี่ยวง่าย ใบซีดและแห้งตาย

ตารางที่ 5 ปริมาณธาตุอาหารและคุณสมบัติทางเคมีที่วิเคราะห์ได้จากปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพแต่ละชนิด

ธาตุอาหาร (%)	ชนิดปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ								
	ปลา[1]	ผัก[1]	ผลไม้รวม[1]	หอยเชอรี่[1]	พืชพื้นเมือง[1]	น้ำนม[1]	เลือดปลา[1]	หอย[2]	สมุนไพร[2]
N	0.98	0.14	0.27	0.35	0.23	0.49	0.84	0.28-1.29	0.10-1.80
P_2O_5	1.12	0.30	0.05	0.25	0.01	0.31	0.006	0.003-0.35	0.01-0.26
K_2O	1.03	0.40	0.63	0.85	0.39	0.59	0.004	0.04-1.53	0.03-3.38
CaO	1.66	0.68	0.58	1.65	0.059	0.21	0.00	0.02-2.26	0.007-0.87
MgO	0.24	0.26	0.01	0.29	0.034	0.09	0.00	0.01-0.84	0.006-0.33
S	0.20	0.27	0.17	0.15	0.66	0.19	0.00	0.01-0.28	0.01-0.26
pH	4.35	4.30	3.60	4.65	3.80	4.54	5.20	3.4-8.4	3.5-8.8
EC (dS/m)	21.60	15.90	3.78	29.18	2.19	5.45	63	0.24-10.92	0.17-9.85
ธาตุอาหาร (ppm)									
เหล็ก	160	60	46	171	-	-	-	7-980	13-100
แมงกานีส	50	38	52	126	-	-	-	1-750	1-100
ทองแดง	30	16	37	140	-	-	-	4-40	1-32
สังกะสี	12	16	16	180	-	-	-	2-30	1-74
โบรอน	ไม่พบ	ไม่พบ	18	ไม่พบ	-	-	-	3-40	2-95
โมลิบดินัม	-	-	-	-	-	-	-	ไม่พบ	ไม่พบ
คลอรีน(%)	-	-	-	-	-	-	-	0.09-0.58	0.02-1.28

(-) ไม่มีการวิเคราะห์, (ไม่พบ) ไม่มีค่าหรือได้ผลจากการวิเคราะห์

ที่มา : กรมพัฒนาที่ดิน (2545)[(1)] อ้างอิงจาก กรมพัฒนาที่ดิน (2543), กรมส่งเสริมการเกษตร (2544), กรมวิชาการเกษตร (2544), กรมวิชาการเกษตร (2547)[(2)]

ข้อมูลในตารางที่ 5 พบว่า ปริมาณธาตุอาหารหลักในปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพจากปลามีปริมาณมากกว่าปุ๋ยชนิดอื่นๆ ส่วนปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพที่ได้จากผักและผลไม้ มีปริมาณธาตุอาหารที่ใกล้เคียงกัน เช่นเดียวกับปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพที่ได้จากหอยเชอรี ที่มีแค่ค่าแคลเซียมที่ใกล้เคียงกับปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพที่ได้จากปลาเพียงธาตุเดียว แสดงให้เห็นว่า วัสดุหมักที่ต่างกันจะให้ปริมาณธาตุอาหารที่ต่างกัน และเมื่อพิจารณาวัสดุหมักปลา ผัก และผลไม้รวมแล้ว การหมักร่วมกันสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ ณัฐมณ (2556) ที่ศึกษาประสิทธิภาพการหมักร่วมกันของเศษปลาและเศษผักผลไม้ ในอัตราส่วนที่ต่างกัน พบว่า อัตราส่วนของวัสดุหมักดังกล่าว มีผลต่อการเพิ่มของปริมาณธาตุอาหารและฮอร์โมนพืช

2.7.2 ค่าความเป็นกรด-ด่างของปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ

จากข้อมูลในตารางที่ 5 เห็นได้ว่า ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพจากทุกวัสดุการหมักจะให้ค่าความเป็นกรดสูง เนื่องจากในกระบวนการหมัก มีจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการย่อยสลายจะสร้างกรดอินทรีย์ในปริมาณมาก ได้แก่ กรดแลคติกและอะซีติก แสดงถึงความสมบูรณ์ในกระบวนการหมักอีกด้วย โดยสังเกตจากฟองก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นในช่วงต้นและกลางของระยะการหมัก มาโนชญ์ (2553) กล่าวว่า ความเป็นกรด-ด่างมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช เนื่องจากการละลายธาตุอาหารให้อยู่ในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ ควรอยู่ในช่วง 5.8-7.0 ซึ่งค่าความเป็นกรด-ด่างของสารละลายธาตุอาหารสามารถเปลี่ยนแปลงได้ จากการปล่อยไฮโดรเจนไอออนหรือไฮดรอกไซด์ไอออนของรากพืช ยกตัวอย่างเช่น การดูดธาตุอาหารในกลุ่มแอนไอออน รากพืชก็จะปล่อยไฮดรอกไซด์ไอออน ทำให้ค่า pH เพิ่มขึ้น ในทางกลับกันถ้ารากพืชดูดธาตุอาหารในกลุ่มแคตไอออน ก็จะปล่อยไฮโดรเจนไอออน ทำให้ค่า pH ลดลงเช่นกัน และโดยทั่วไป พืชจะดูดแอนไอออนมากกว่าแคตไอออน

2.7.3 ค่าการนำไฟฟ้าของปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ

ค่าการนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity: EC) เป็นค่าที่แสดงให้ทราบถึงปริมาณความเข้มข้นของแร่ธาตุและสารประกอบอนินทรีย์ต่างๆ ที่อยู่ในน้ำหมักชีวภาพ ถ้าการนำไฟฟ้าสูงแสดงว่ามีแร่ธาตุละลายอยู่มาก จากข้อมูลในตารางที่ 5 แสดงให้เห็นว่าปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพจากปลา ผัก และหอยเชอรี่ จะมีค่าใกล้เคียงกัน และมากกว่าปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพที่ได้จากผลไม้และพืชพื้นเมือง ซึ่งจากการศึกษาพบว่าปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพจากปลาและหอยเชอรี่ที่มีค่าการนำไฟฟ้าสูงจะพบคลอรีนและแคลเซียมในปริมาณที่สูงด้วย (มาโนชญ์, 2553)

2.7.4 กรดฮิวมิกในปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ

กรดฮิวมิกมีคุณสมบัติช่วยในการเร่งการเจริญเติบโตของรากและลำต้น โดยปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพที่ได้จากวัสดุหมักที่ต่างกัน จะมีองค์ประกอบของกรดฮิวมิกค่อนข้างแตกต่างกัน เกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการหมักช่วงของการแปรสภาพจากสารอินทรีย์เป็นสารฮิวมิก เป็นสารประกอบที่ซับซ้อน สลายตัวได้ยาก มีสมบัติเป็นคอลลอยด์ประกอบด้วย ฮิวมิน (humin) กรดฟุลวิค (fulvic acid) และกรดฮิวมิก (humic acid) ในตารางที่ 6 แสดงถึงปริมาณกรดฮิวมิกในปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพในกลุ่มต่างๆ โดยกรดฮิวมิกในกลุ่มปลาและหอยเชอรี่ จะมีปริมาณมากกว่ากลุ่มพืชอย่างเห็นได้ชัด

2.7.5 ฮอร์โมนในปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ

ฮอร์โมน หรือ สารควบคุมการเจริญเติบโต มีความสำคัญต่อการพัฒนาสิ่งมีชีวิตทั้งพืช สัตว์ และสิ่งมีชีวิต ฮอร์โมนที่สำคัญมี 3 ชนิด ได้แก่ ออกซิน (auxin) จิบเบอร์เรลลิน (gibberellin) และไซโทไคนิน (cytokinin) จากตารางที่ 6 สังเกตได้ว่า ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพที่ได้จากน้ำผักและผลไม้ มีค่าของฮอร์โมนทั้งสามชนิดมากที่สุด กลุ่มปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพที่ได้จากปลาและหอยเชอรี่จะมีปริมาณจิบเบอร์เรลลินค่อนข้างสูง แต่ออกซินและไซโทไคนินค่อนข้างต่ำ และกลุ่มปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพที่ได้จากสับปะรดจะมีปริมาณออกซินต่ำ แต่มีจิบเบอร์เรลลินและไซโทไคนินเท่าๆ กับกลุ่มพืชผักและผลไม้ ซึ่งการหมักปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพจากปลาและเศษผักและผลไม้ สามารถเพิ่มฮอร์โมนที่จำเป็นของพืชได้มากขึ้น (กรมพัฒนาที่ดิน, 2546)

ตารางที่ 6 ปริมาณฮอร์โมนและกรดฮิวมิกจากปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพแต่ละชนิด

ชนิดปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ	ฮอร์โมน (mg/L)			กรดฮิวมิก (%)
	ออกซิน	จิบเบอร์เรลลิน	ไซโทไคนิน	
ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพจากปลา	4.01	33.07	3.05	3.36
ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพจากหอยเชอรี่	6.85	37.14	13.62	3.07
ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพจากผักประเภทกินใบ	4.43	16.57	22.64	0.95
ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพจากผักประเภทกินผล	0.27	28.93	11.28	0.83
ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพจากน้ำผักและผลไม้	48.04	360.60	25.60	0.87
ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพจากพืชสมุนไพร	1.34	17.40	23.81	1.01
ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพจากสับปะรด	0.26[(1)]	20.75[(1)]	20.40[(1)]	-

(-) ไม่มีการวิเคราะห์

ที่มา : กรมพัฒนาที่ดิน (2550), กรมวิชาการเกษตร (2544)[(1)]

2.7.6 ลักษณะปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพที่เสร็จสมบูรณ์

การนำปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพไปใช้อย่างมีประสิทธิภาพ จะต้องผ่านกระบวนการหมักโดยเสร็จสมบูรณ์สังเกตได้จากลักษณะทางกายภาพ โดย กรมพัฒนาที่ดิน (2545) จำแนกไว้ดังนี้

1) มีการเจริญของจุลินทรีย์น้อยลง บ่งบอกถึงกระบวนการหมักที่สิ้นสุด สังเกตได้จากโคโลนีของจุลินทรีย์บนผิวหน้าของปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ

2) กลิ่นแอลกอฮอล์ลดลง กระบวนการหมักจากยีสต์ลดลง เนื่องจากยีสต์ได้ใช้น้ำตาลผลิตแอลกอฮอล์ และจุลินทรีย์ใช้แอลกอฮอล์ผลิตกรดอินทรีย์

3) มีกลิ่นเปรี้ยวเพิ่มขึ้น จุลินทรีย์ผลิตกรดอินทรีย์มากขึ้น เป็นกรดสูงขึ้น

4) ไม่ปรากฏฟองก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ กิจกรรมจากจุลินทรีย์ลดลง ทำให้ฟองก๊าซเกิดน้อย

5) ได้ของเหลวสีน้ำตาล บ่งบอกถึงการย่อยสลายเสร็จสมบูรณ์

6) การวิเคราะห์มีคุณสมบัติเป็นกรดสูง (pH 3-4) เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่ได้จากจุลินทรีย์ส่วนใหญ่เป็นกรดอินทรีย์ เช่น แลคติก และกรดอะซิติก

การหมักปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพในปัจจุบัน สามารถสังเกตลักษณะทางกายภาพเพื่อบ่งบอกถึงปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพที่เสร็จสมบูรณ์ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวัสดุหมัก โดย วีณารัตน์ (2553) ได้ศึกษาการหมักเศษปลากับน้ำกากส่าเหล้าและกากน้ำตาล ในระยะเวลา 30 วัน เพื่อหาสมบัติทางเคมีและชีวภาพของปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพในแต่ละสูตร ทดสอบการเจริญเติบโตของพืช ณัฐมณ (2556) ได้ศึกษาองค์ประกอบการหมักเศษปลาและเศษพืช ที่มีปริมาณธาตุอาหารและฮอร์โมนดีที่สุด ในระยะเวลา 21 วัน และ กรมพัฒนาที่ดิน (2546) กำหนดระยะเวลาในการหมักปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพจากปลาหรือหอยเชอรี่สำหรับจุลินทรีย์ พด.2 ปริมาณการหมัก 50 ลิตร ไว้ที่ 21 วัน

2.8 มาตรฐานปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ

มาตรฐานปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพอ้างอิงจาก พระราชบัญญัติปุ๋ย พ.ศ. 2518 ซึ่งแก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติปุ๋ย (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 และประกาศกรมวิชาการเกษตร เรื่อง กำหนดเกณฑ์ปุ๋ยอินทรีย์ พ.ศ. 2557 โดยมีใจความสำคัญในการกำหนดลักษณะเกณฑ์ปุ๋ยอินทรีย์เพื่อการควบคุมคุณภาพ กรณีเป็นปุ๋ยอินทรีย์เหลว ตามตารางที่ 7 ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 7 มาตรฐานปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ

ลักษณะ	ค่ามาตรฐาน
ปริมาณธาตุอาหารหลัก - ไนโตรเจนทั้งหมด (Total Nitrogen) - ฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total P_2O_5) - โพแทสเซียมทั้งหมด (Total K_2O)	 ไม่น้อยกว่า 0.5% โดยน้ำหนัก ไม่น้อยกว่า 0.5% โดยน้ำหนัก ไม่น้อยกว่า 0.5% โดยน้ำหนัก หรือมีธาตุอาหารหลักรวมกันไม่ต่ำกว่า 1.5% โดยน้ำหนัก
อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C:N Ratio)	ไม่เกิน 20:1
ปริมาณอินทรียวัตถุ (Organic Matter)	ไม่น้อยกว่า 10% โดยน้ำหนัก
ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)	ไม่เกิน 4.0
ค่าการนำไฟฟ้า (EC)	ไม่เกิน 10 dS/m และ ไม่เกิน 20 dS/m**
ปริมาณโซเดียม (Na)	ไม่เกิน 1% โดยน้ำหนัก
ปริมาณฮอร์โมน - ออกซิน (Auxin) - จิบเบอร์เรลลิน (Gibberellin) - ไซโทไคนิน (Cytokinin)	 ไม่น้อยกว่า 0.1 mg/L ไม่น้อยกว่า 5.0 mg/L ไม่น้อยกว่า 1.0 mg/L
ปริมาณสารสกัดอินทรีย์	ไม่น้อยกว่า 1% โดยน้ำหนัก
สารพิษและธาตุโลหะหนัก - สารหนู (Arsenic: As) - แคดเมียม (Cadmium: Cd) - โครเมียม (Chromium: Cr) - ทองแดง (Copper: Cu) - ตะกั่ว (Lead: Pb) - ปรอท (Mercury: Hg) - สังกะสี (Zinc: Zn)	 ไม่เกิน 0.25 mg/L ไม่เกิน 0.03 mg/L ไม่เกิน 0.50 mg/L ไม่เกิน 1.00 mg/L ไม่เกิน 0.20 mg/L ไม่เกิน 0.005 mg/L ไม่เกิน 5.00 mg/L
ผลวิเคราะห์จุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุโรคมนุษย์ พืช และสัตว์	

ที่มา : กรมวิชาการเกษตร (2557) อ้างอิงจาก พระราชบัญญัติปุ๋ย พ.ศ.2518 แก้ไขเพิ่มเติมโดย พระราชบัญญัติปุ๋ย (ฉบับที่ 2) พ.ศ.2550

** สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน (2547)

2.9 ไฮโดรโปนิกส์

ไฮโดรโปนิกส์ (Hydroponics) มาจากคำว่า “Hydro” ที่แปลว่า น้ำ และ “Ponos” ที่แปลว่า งาน ในภาษากรีก เมื่อรวมกันหมายถึง การทำงานของน้ำ (สารละลายธาตุอาหาร) พืชจะเจริญเติบโตด้วยธาตุอาหารที่เติมลงไปในน้ำ (Water culture) ผ่านรากพืชที่แช่อยู่ในสารละลายธาตุอาหารตลอดเวลา มีทั้งแบบน้ำหมุนเวียนและไม่หมุนเวียน (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2558) นอกจากนี้มีการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดินในรูปแบบอื่นๆ เช่น การปลูกแบบรากแช่อยู่ในอากาศ (Aeroponics) คือ การฉีดพ่นสารละลายธาตุอาหารผ่านหัวฉีด ไปยังรากที่ลอยอยู่ในอากาศเป็นระยะๆ ตามช่วงเวลาที่กำหนด (ถวัลย์, 2534) และอีกรูปแบบหนึ่ง คือ ซับสเตรท คัลเจอร์ (Substrate culture) คือ การปลูกพืชโดยใช้วัสดุปลูกที่ไม่ใช่ดิน ทั้งที่เป็นอินทรีย์สาร เช่น ทราย หิน กรวด ฟางข้าว ขี้เลื่อย กาบมะพร้าว และอนินทรีย์สาร เช่น ฟองน้ำ ใยหิน เพอไลท์ และเวอร์มิคูไลท์ เป็นต้น (ดิเรก, 2547) ซึ่งรูปแบบทั้งหมดที่กล่าวมาข้างต้น เรียกได้อีกอย่างหนึ่งว่า การปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน หรือ ซอยเลส คัลเจอร์ (Soilless culture) ซึ่งปัจจุบันมีการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากรสูงขึ้นในทุกๆ ปี เกิดการใช้ทรัพยากรและการบริโภคที่สูงขึ้น อีกทั้งยังประสบปัญหาขาดแคลนทรัพยากรน้ำและดิน และสภาพภูมิอากาศที่แปรปรวน วิธีการปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์ จึงเป็นอีกทางเลือกในการแก้ปัญหา เพราะสามารถจัดการกับทรัพยากรที่ใช้ปลูกพืชได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถปลูกได้ทุกสภาพอากาศและทุกพื้นที่ เนื่องจากสามารถควบคุมสภาพแวดล้อม ปัญหาโรคพืช และแมลง ทำให้ผลผลิตที่ได้มีคุณภาพ ปลอดจากสารพิษ (สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม, 2540)

ปกติแล้วการเจริญเติบโตของพืชในระบบไฮโดรโปนิกส์ ต้องอาศัยปัจจัยต่างๆ ที่เหมาะสม เช่น แสงแดด อุณหภูมิ น้ำ และธาตุอาหารพืช โดยพืชควรได้รับแสงแดดตลอดทั้งวัน ชิติและคณะ (2558) กล่าวว่า ควรควบคุมอุณหภูมิภายในโรงเรือนไม่ให้เกิน 30°C และความชื้นสัมพัทธ์อยู่ระหว่าง 60-80% ถ้าอุณหภูมิสูงและมีความชื้นมากเกินไป จะทำให้พืชเกิดโรคได้ การที่พืชสามารถนำธาตุอาหารไปใช้ได้ จะต้องคำนึงถึงความเป็นกรด-ด่าง เนื่องจากความเป็นกรด-ด่างมีผลต่อการละลายแตกตัวเป็นไอออนของธาตุอาหาร ให้อยู่ในรูปที่สามารถนำไปใช้ได้ ซึ่งจะสอดคล้องกับค่าการนำไฟฟ้า จึงจำเป็นต้องควบคุมให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชตลอดเวลา (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2558)

2.9.1 ระบบการปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์

การปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์เป็นระบบการให้สารละลายธาตุอาหารแบบปิด ซึ่งเป็นระบบที่หมุนเวียนสารละลายธาตุอาหารที่ผ่านรากพืชไปยังถังพัก แล้วปั๊มกลับมาใช้ใหม่อย่าง

ต่อเนื่อง โดย ดิเรก (2547) และกรมส่งเสริมการเกษตร (2558) สามารถจำแนกออกเป็น 5 ระบบ ดังนี้

1) Nutrient Film Technique (NFT) เป็นเทคนิคการให้สารละลายธาตุอาหารไหลผ่านรากพืชที่ปลูกบนรางที่มีความลาดชันเล็กน้อย โดยสารละลายจะไหลเป็นแผ่นฟิล์มบางๆ มีความหนาประมาณ 2-3 มิลลิเมตร และจะไหลหมุนเวียนผ่านรากตลอดเวลา พืชที่นิยมปลูกในระบบนี้ ได้แก่ ผักกินใบ ผักสลัด เป็นต้น

2) Deep Flow Technique (DFT) เป็นระบบที่รากพืชแช่อยู่ในสารละลายลึกประมาณ 15-20 เซนติเมตร โดยรากจะปล่อยให้เป็นอิสระในสารละลายธาตุอาหาร ระบบนี้ไม่มีความลาดเอียงและใช้ปั้มดูดสารละลายธาตุอาหารพืชกลับมาใช้ในระบบแบบต่อเนื่อง ช่วยเพิ่มออกซิเจนให้กับระบบ สามารถปลูกในที่ที่มีแดดจัดได้ดี พืชที่นิยมปลูกในระบบนี้ ได้แก่ ผักไทย เช่น ผักคะน้า ผักบุ้ง เป็นต้น

3) Dynamic Root Floating Technique (DRFT) ระบบนี้พัฒนามาจากระบบ DFT โดยเพิ่มการไหลเวียนของอากาศและสารละลายธาตุอาหารพืช ซึ่งเน้นการปลูกให้รากพืชส่วนหนึ่งแช่อยู่ในสารละลายธาตุอาหาร อีกส่วนหนึ่งสร้างรากอากาศช่วยในการหายใจ จึงทำให้พืชสามารถเจริญเติบโตได้ในอุณหภูมิของสารละลายปุ๋ยที่สูงกว่าระบบอื่นๆ สามารถปรับเพิ่มลดระดับสารละลายได้และใช้ปั้มดูดเพื่อหมุนเวียนสารละลาย พืชที่นิยมปลูก ได้แก่ ผักไทย

4) Nutrient Flow Technique (NFLT) เป็นระบบที่ให้พืชลอยที่น้ำตื้นอย่างช้าๆ สม่ำเสมอกันที่ระดับความลึกประมาณ 10-15 เซนติเมตร

5) Flood and Drain (FAD) เป็นระบบที่อาศัยหลักการสุญญากาศในการนำสารละลายธาตุอาหารออกจากรางและเติมกลับเข้าสู่ระบบด้วยปั๊ม ดังนั้นจึงเกิดน้ำขึ้นและน้ำลงภายในระบบอย่างต่อเนื่อง ทำให้เกิดการดูดซึมธาตุอาหารและแลกเปลี่ยนแก๊สสลับกัน เป็นการเพิ่มพื้นที่ในการแลกเปลี่ยนแก๊สบริเวณรากของพืชให้มากขึ้น

2.9.2 ปุ๋ยและสารเคมีที่ใช้ผลิตสารละลายธาตุอาหารสำเร็จรูป

ในการปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์ พืชจะได้รับธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตจากสารละลายธาตุอาหาร ที่ได้จากการนำปุ๋ยหรือสารเคมีที่มีส่วนประกอบและปริมาณของธาตุอาหารหลักมาละลายน้ำ ฉะนั้นปุ๋ยหรือสารเคมีดังกล่าวต้องมีสมบัติสามารถละลายน้ำได้ โดยหลักๆ ธาตุที่พืชต้องการ ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม โดยธาตุรองหรือจุลธาตุใช้สารเคมีในปริมาณที่น้อย หรือธาตุหลักบางตัวอาจมีจุลธาตุปะปนอยู่ด้วย จึงไม่จำเป็นต้องเติมธาตุเหล่านั้นอีก (ปริศนา, 2557) ปริมาณธาตุต่างๆ ในปุ๋ยหรือสารเคมีแต่ละชนิด แสดงดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ปริมาณธาตุอาหารในปุ๋ยและสารเคมีแต่ละชนิด

ชนิดของปุ๋ย	N(%)	P_2O_5(%)	K_2O(%)	ธาตุอื่นๆ
แอมโมเนียมซัลเฟต	20			กำมะถัน 28%
แอมโมเนียมไนเตรท	34			
แอมโมเนียมซัลเฟตไนเตรท	26			แคลเซียมออกไซด์14%
แอมโมเนียมคลอไรด์	26			
ยูเรีย	46			
แคลเซียมไนเตรท	10-20			แคลเซียมไฮดรอกไซด์28%
โมโนแอมโมเนียมฟอสเฟส	12	61		
ไดแอมโมเนียมฟอสเฟส	21	53		
แอมโมเนียมฟอสเฟต	-	-	-	
แอมโมฟอสเอ	11	48		
แอมโมฟอสบี	16	20		
โพแทสเซียมไนเตรท	14		44	
โพแทสเซียมแอมโมเนียมไนเตรท	16		28	
โพแทสเซียมออโธฟอสเฟส		32-35	30-50	
โพแทสเซียมเมธาฟอสเฟส		60	40	
โซเดียมโพแทสเซียมไนเตรท	15		15	
ไนโตรฟอสก้า	10-16.5	11-30	12-26.5	
ซุปเปอร์ฟอสเฟส	-	-	-	
ซิงเกิ้ล		15-20		
ดับเบิ้ล		36-42		
ทริปเปิ้ล		45-50		ยิบซั่ม 50% และ เหล็ก อลูมิเนียม ซิลิกา กำมะถัน และ ฟลูออรีน
แคลเซียมเมธาฟอสเฟส		65		ฟลูออรีนเล็กน้อย

ตารางที่ 8 ปริมาณธาตุอาหารในปุ๋ยและสารเคมีแต่ละชนิด (ต่อ)

ชนิดของปุ๋ย	N(%)	P_2O_5(%)	K_2O(%)	ธาตุอื่นๆ
โมโนแคลเซียมฟอสเฟต		48-55		
โพแทสเซียมแมกนีเซียมซัลเฟต			48-53	แมกนีเซียมซัลเฟตไม่ต่ำกว่า 25% และคลอรีนเล็กน้อย
โพแทสเซียมซัลเฟต			42-48	กำมะถันและคลอรีนเล็กน้อย
โมโนโพแทสเซียมฟอสเฟต		52.2	34.6	
โพแทสเซียมแมกนีเซียมคาร์บอเนต			20	แมกนีเซียมประมาณ 20%
โพแทสเซียมซิลิเกต			25	

ที่มา : ถวัลย์ (2534)

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (2553) แสดงปริมาณปุ๋ยและสารเคมีที่ใช้เป็นส่วนประกอบของสารละลายธาตุอาหาร A และ B แสดงดังตารางที่ 9 และการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารหลัก (Total N, P_2O_5, K_2O) ในสารละลายปุ๋ย A และ B ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ โดย สุฑาทิพย์ (2561) แสดงดังตารางที่ 10

ตารางที่ 9 ปริมาณปุ๋ยและสารเคมีที่ใช้เป็นส่วนประกอบของสารละลายธาตุอาหาร A และ B

ชนิดแม่ปุ๋ย A	น้ำหนัก (g)
แมกนีเซียมซัลเฟต ($MgSO_4$)	500
โพแทสเซียมไนเตรท (KNO_3)	800
โมโนแอมโมเนียมฟอสเฟส (MAP)	125
โมโนโพแทสเซียมฟอสเฟต (MKP)	85
แมงกานีส (Mn)	4
จุลธาตุ	8
ชนิดแม่ปุ๋ย B	**น้ำหนัก (g)**
แคลเซียมไนเตรท ($CaNO_3$)	1,000
ธาตุเหล็ก (Fe-EDTA)	30

ที่มา : สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (2553)

ตารางที่ 10 ผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารหลักในสารละลายปุ๋ย A และ B ที่ใช้ในการวิจัย

ตัวอย่างที่ 1 (สารละลายธาตุอาหาร A)	**ผลการทดสอบ**
ไนโตรเจนทั้งหมด (Total N)	1.65%
ตัวอย่างที่ 2 (สารละลายธาตุอาหาร B)	**ผลการทดสอบ**
ไนโตรเจนทั้งหมด (Total N)	0.58%
ฟอสเฟสที่มีประโยชน์ (Available P_2O_5)	1.23%
โพแทสเซียมที่ละลายน้ำได้ (Soluble K_2O)	3.55%

ที่มา : สุฑาทิพย์ (2561)

2.9.3 การควบคุมค่าการนำไฟฟ้าและความเป็นกรด-ด่าง ในการปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์

การควบคุมค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) มีความสำคัญต่อการละลายของธาตุอาหาร เพื่อให้พืชสามารถนำธาตุอาหารที่อยู่ในรูปที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ ไปใช้ให้มากที่สุด ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืชโดยตรง สารละลายที่เหมาะสมควรมีค่า pH อยู่ในช่วง 5.5-6.5 และไม่ควรต่ำกว่า 4 ซึ่งอาจเป็นอันตรายต่อรากพืช และถ้าสูงกว่า 7 เป็นเวลานาน อาจทำให้การดูดธาตุอาหารหยุดชะงัก และส่งผลทำให้การเจริญเติบโตเป็นไปได้ช้าหรือตายได้ ดังนั้นการปรับ pH ระหว่างการปลูกจึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง โดยทั่วไปการปรับลดค่า pH จะใช้สารละลายที่มีความเป็นกรด เช่น กรดซัลฟูริก (H_2SO_4) กรดไนตริก (HNO_3) กรดไฮโรคลอริก (HCl) เป็นต้น ส่วนการปรับเพิ่มค่า pH จะใช้สารละลายที่มีความเป็นด่าง เช่น โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) เป็นต้น ซึ่งการเติมสารละลายดังกล่าวลงไปนั้น จะมีผลต่อการเพิ่มปริมาณธาตุอาหารจากการแตกตัวของไอออนสารประกอบ และทำให้มีผลต่อค่า EC ด้วย โดยพืชแต่ละชนิด มีคุณสมบัติในการดูดธาตุอาหารในแต่ละช่วงของ pH ที่แตกต่างกัน (อาณัฐ, 2552) แสดงดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11 ค่าความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมสำหรับพืชแต่ละชนิด

ชนิดพืช	pH
หน่อไม้ฝรั่ง (asparagus)	6.0-6.8
ถั่วเหลือง (bean common)	6.0
ถั่วแระ (broad bean)	6.0-6.5
บรอคโคลี่ (broccoli)	6.0-6.8
กะหล่ำปลี (cabbage)	6.5-7.0
พริกขี้หนูและพริกชี้ฟ้า (capsicum)	6.0-6.5
แครอท (carrots)	6.5
กะหล่ำดอก (cauliflower)	6.5-7.0
ผักเซลเลอรี่ (ไม้ตระกูลคื่นฉ่ายดอกใช้รับประทาได้)	6.5
แตงกวา (cucumber)	5.5
มะเขือขาวหรือม่วง (eggplant)	6.0
กระเทียม (garlic)	6.0
ผักกาดหอม (lettuces)	6.0-7.0
หัวหอม (onions)	6.0-6.7
ผักฉ่อย (pak choi)	7.0
ถั่วชนิดเล็กเช่น ถั่วลันเตา (pea)	6.0-7.0
มันฝรั่ง (potatoes)	5.0-6.0
ข้าวโพดหวาน (sweet corns)	6.0
มะเขือเทศ (tomatoes)	6.0-6.5
ผักซูคินี่ (zucchini)	6.0
สับปะรด (pineapple)	5.5-6.0
สตรอเบอรี่ (strawberries)	6.0
แตงโม (watermelon)	5.8

ที่มา : ปริศนา (2557) อ้างอิงจาก เหมือนชนก (2551)

การควบคุมค่าการนำไฟฟ้า (EC) เป็นการควบคุมความเข้มข้นของสารละลายให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อชนิดพืชในระบบไฮโดรโปนิกส์ แสดงถึงปริมาณการละลายของธาตุอาหาร โดยทั่วไปค่า EC จะมีหน่วยหลายแบบ เช่น dS/m หรือ mS/cm และ µS/cm โดยในแต่ละช่วงของการเจริญเติบโตของพืชอาจจะใช้ค่า EC ที่แตกต่างกันเพื่อขนาด รูปร่าง หรือรสชาติที่ต้องการ ซึ่งในระหว่างการปลูก ค่า EC อาจลดลงได้เนื่องจากพืชจะดูดธาตุอาหารไปใช้พร้อมกับน้ำในระบบ จึงต้องหมั่นตรวจวัดค่า EC และระดับน้ำสม่ำเสมอ โดยการเติมสารละลายธาตุอาหารเข้มข้น A และ B (อาณัฐ, 2552) โดยพืชที่ยังเล็กมีความต้องการ EC ที่ต่ำ และจะต้องการมากขึ้นเมื่อพืชมีการเจริญเติบโตขึ้น (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2558) พืชแต่ละชนิดจะมีค่า EC ที่เหมาะสมแตกต่างกัน แสดงดังตารางที่ 12

ตารางที่ 12 ค่าการนำไฟฟ้าที่เหมาะสมสำหรับพืชแต่ละชนิด

ชนิดพืช	ค่า EC (dS/m)
ถั่วเหลือง (bean common)	2.0-4.0
ถั่วแระ (broad bean)	1.8-2.2
กะหล่ำปลี (cabbage)	2.5-3.0
พริกขี้หนูและพริกชี้ฟ้า (capsicum)	2.0-2.5
กะหล่ำดอก (cauliflower)	1.5-2.0
แตงกวา (cucumber)	2.0-2.5
มะเขือขาวหรือม่วง (eggplant)	2.5-3.5
ผักกาดหอม (lettuces)	1.0-1.5
หัวหอม (onions)	1.4-1.8
ถั่วชนิดเล็กเช่น ถั่วลันเตา (pea)	1.0-1.8
ข้าวโพดหวาน (sweet corns)	1.5-2.5
มะเขือเทศ (tomatoes)	2.0-5.0
สับปะรด (pineapple)	2.0-2.5
มินท์ (mint, พืชจำพวกสะระแหน่)	2.0-2.5
ผักชี (parsley)	1.0-1.8

ที่มา : ดัดแปลงจาก ปริศนา (2557) อ้างอิงจาก เหมือนชนก (2551)

2.9.4 แสงและอุณหภูมิที่มีผลต่อการปลูกพืชในระบบไฮโดรโปนิกส์

ลักษณะที่สำคัญของแสงที่ส่งผลต่อการพัฒนาและการเจริญเติบโตของพืช ได้แก่ ความเข้มของแสงที่ไม่มากและไม่น้อยจนเกินไป จะทำให้การสังเคราะห์แสงของพืชเป็นไปอย่างเหมาะสม ความยาวของช่วงแสง มีผลต่อพืชที่ไวต่อแสง ซึ่งเกิดจากช่วงระยะเวลาที่พืชได้รับแสงในแต่ละวัน และคุณภาพของแสง ช่วงของแสงที่พืชนำไปสังเคราะห์ได้ คือ ช่วงความยาวคลื่นระหว่าง 390-760 nm (สมบุญ, 2548)

อุณหภูมิเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการปลูกพืชในระบบไฮโดรโปนิกส์เช่นกัน ซึ่งมีผลต่อการหายใจ การดูดธาตุอาหาร การคายน้ำ การสังเคราะห์แสง และกิจกรรมต่างๆ ภายในเซลล์ โดยอุณหภูมิที่สูงเกินไป (>30°C) จะทำให้การละลายออกซิเจนในสารละลายธาตุอาหารลดลง ส่งผลให้อัตราการหายใจลดลงไปด้วยและเกิดการคายน้ำมากขึ้น ซึ่งในทางกลับกัน ถ้าอุณหภูมิลดลงมากเกินไป (<20°C) จะทำให้กระบวนการการดูดธาตุอาหารลดลง โดยเฉพาะ โพแทสเซียม เหล็ก และแมงกานีส (ปริศนา, 2557) อุณหภูมิที่สูงหรือต่ำเกินไป อาจส่งผลต่อความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศได้เช่นกัน ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดโรคในพืชได้ (ธนากร และ อติกร, 2557)

2.9.5 กรีนโอ๊ค (Green Oak Lettuce)

กรีนโอ๊ค จัดอยู่ในกลุ่มผักกาดหอม มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Lactuca sativa* อยู่ในวงศ์ *Asteraceae* มีถิ่นกำเนิดในทวีปยุโรปและเอเชีย (สุนทร, 2540) เป็นผักกาดหอมชนิดผักกาดหอมใบ มีลักษณะเป็นทรงพุ่ม ใบหยักสีเขียวอ่อน นิยมทานสด รสชาติหวานกรอบ (รูปที่ 9) อายุการปลูกอยู่ที่ 40-45 วัน มีสรรพคุณช่วยบำรุงโลหิต บำรุงสมองและระบบประสาท มีวิตามินเค แคลอรีต่ำ มีสารแอนติออกซิแดนซ์หลายชนิด ช่วยป้องกันโรคมะเร็ง และมีคุณค่าทางโภชนาการมากมาย แสดงดังตารางที่ 13 (สิริลักษณ์, 2554) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการจัดการในการผลิต เพื่อให้เกิดอัตราส่วนของธาตุอาหารที่มากขึ้นในผลผลิต ส่งผลต่อมูลค่าและคุณค่าทางโภชนาการของพืช (Suslow., et al., 2003)

ตารางที่ 13 คุณค่าทางโภชนาการของผักกาดหอม (ชนิดใบเขียว) 100 กรัม

พลังงานและสารอาหาร	ปริมาณที่พบ
พลังงาน	24.0[a]/ 15.0[b]kcal
โปรตีน	2.0[a]/ 1.36[b]g
ไขมัน	0.4[a]/ 0.15[b]g
คาร์โบไฮเดรต	3.0[a]/ 2.87[b]g
แคลเซียม	16.0[a]/ 36.0[b]mg
ฟอสฟอรัส	39.0[a]/ 29.0[b]mg
เหล็ก	4.9[a]/ 0.86[b]mg
เบต้าแคโรทีน	173.1[a]/ -µg
เส้นใย	1.8[a]/ 1.3[b]g
วิตามินบี 1	0.06[a]/ -mg
วิตามินบี 2	0.18[a]/ -mg
ไนอะซิน	0.6[a]/ 0.375[b]mg
วิตามินซี	9.0[a]/ 9.2[b]mg

ที่มา : สิริลักษณ์ (2554)[(a)], USDA (2018)[(b)]

ในประเทศไทยนิยมปลูกเพื่อจำหน่ายทั้งในและต่างประเทศ ซึ่งเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญอีกชนิดหนึ่ง เหมาะสำหรับกระแสการบริโภคอาหารเพื่อสุขภาพ โดยน้ำหนักผักกรีนโอ๊คเมื่อถึงอายุเก็บเกี่ยวจะอยู่ที่ 150-200 กรัม ราคาซื้อขายปลีกอยู่ที่กิโลกรัมละ 100 บาท ขึ้นอยู่กับฤดูกาล นับว่าเป็นพืชที่มีมูลค่าทางการตลาดที่สูง (ศรานนท์, 2549)

รูปที่ 9 ผักกรีนโอ๊ค (Green Oak Lettuce)

ที่มา : แปลงทดลองในงานวิจัย

2.10 การวิเคราะห์การเจริญเติบโตของพืช

2.10.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance)

เป็นเทคนิคการวิเคราะห์ข้อมูลที่ใช้ในการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่ม ตั้งแต่ 3 กลุ่มขึ้นไป เรียกว่า การวิเคราะห์ความแปรปรวน หรือ Analysis of variance (ANOVA) โดยผู้คิดค้นการวิเคราะห์ความแปรปรวนคนแรกคือ เซอร์โรนัล ฟิชเชอร์ (Sir Ronald Fisher) ซึ่งเริ่มต้นใช้ครั้งแรกในงานวิจัยด้านการเกษตร ในปัจจุบันนิยมใช้มากในงานวิจัยเชิงทดลอง ซึ่งการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มหลายๆ กลุ่ม จะต้องคำนวณความแปรปรวน 2 ตัว คือ ความแปรปรวนระหว่างกลุ่ม (between-groups variance) แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในกลุ่มต่างๆ และความแปรปรวนภายในกลุ่ม (within-group variance) แสดงให้เห็นถึงการกระจายตัวของค่าภายในกลุ่มแต่ละกลุ่ม ค่าที่คำนวณได้เรียกว่า ความคลาดเคลื่อน (ชูศรี, 2544)

การวิเคราะห์ความแปรปรวนมี 2 ลักษณะที่พบมากในงานวิจัยเชิงทดลอง ได้แก่

1. การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบมี 1 ตัวประกอบ (One-way analysis of variance) ใช้สำหรับทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย (Mean) ตั้งแต่ 3 กลุ่มขึ้นไป โดยจะตรวจสอบว่าตัวแปรอิสระ 1 ตัว ที่แบ่งออกเป็น k ประเภทจะแตกต่างกันหรือไม่ ซึ่งจะมีกลุ่มตัวอย่าง k กลุ่ม สมาชิกในแต่ละกลุ่มควรจะเท่าหรือใกล้เคียงกัน

2. การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบมี 2 ตัวประกอบ (Two-way analysis of variance) ใช้กับงานวิจัยที่ศึกษาตัวแปรอิสระ 2 ตัวพร้อมกัน โดยต้องการศึกษาผลของตัวแปรอิสระแต่ละตัวต่อตัวแปรตาม และความสัมพันธ์ของ 2 ตัวแปรอิสระ ซึ่งนิยมใช้ในงานวิจัยที่มีลักษณะซับซ้อน

2.10.2 การเปรียบเทียบพหุคูณ (Multiple comparison test)

หลังจากทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนทั้งสองแบบข้างต้นแล้ว ถ้าผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่า มีค่าเฉลี่ยอย่างน้อย 1 คู่ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ยังไม่ทราบว่าคู่ใดบ้าง ต้องทำการทดสอบการเปรียบเทียบพหุคูณ เพื่อให้ทราบว่ามีคู่ใดแตกต่างกันและไม่แตกต่างกันหรือแตกต่างกันทุกคู่ ในปัจจุบัน การเปรียบเทียบพหุคูณที่นิยมใช้ เช่น วิธีการทดสอบของเชฟเฟ่ (Scheffe') วิธีการทดสอบแบบ Tukey's HSD และวิธีการทดสอบแบบนิวแมนคูลล์ (Newman keult method) เป็นต้น ซึ่งวิธีการเหล่านี้เรียกว่า "post hoc" ซึ่งสามารถใช้โปรแกรมสำเร็จรูปในการคำนวณค่าดังกล่าวได้ เช่น โปรแกรม spss เป็นต้น (ชูศรี, 2544)

2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Antonio, และคณะ (2013) ศึกษาการย่อยสลายเศษปลาแบบไม่ใช้ออกซิเจน โดยเพิ่มประสิทธิภาพโดยใช้เศษสตรอเบอรี่ พบว่า กระบวนการย่อยสลายเศษปลาและสตรอเบอรี่เป็นทางเลือกที่ดีในการบำบัด ซึ่งมีความเสถียรมากกว่าการบำบัดของเสียชนิดอื่นๆ มีการย่อยสลายสูงถึง 87% vs และยังได้ผลผลิตเป็นมีเทน 121 mL/g vs มีการย่อยสลายสารอินทรีย์ 2.73 kg vs/m^3d อัตราการผลิตมีเทน 13.7 mL/h ถึงแม้จะพบสารยับยั้งกระบวนการเช่น แอมโมเนีย ฟอสฟอรัส และคลอไรด์อยู่บ้าง แต่เป็นกระบวนการที่เหมาะสมและเป็นไปได้

ณัฐมณ (2556) ศึกษาการผลิตปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพจากเศษปลา ในอัตราส่วนวัตถุดิบที่แตกต่างกัน 4 สูตร ได้แก่ เศษปลา:เศษผักและผลไม้ 3:1 (สูตร 1 และ 3) และ 2:2 (สูตร 2 และ 4) สำหรับสูตร 3 และ 4 เติมเศษผักและผลไม้เมื่อเข้าระยะที่สองของการหมักอีก 1 ส่วน พบว่า สูตร 3 มีปริมาณ total N และ total K_2O มากกว่าทุกสูตร ที่ 0.99% และ 0.84% ตามลำดับ และ P_2O_5 เท่ากับ 0.73% ซึ่งสูงกว่าค่ามาตรฐาน สูตร 3 และ 4 มีปริมาณฮอร์โมนพืชมากกว่า สูตร 1 และ 2 โดยสูตร 4 มีปริมาณฮอร์โมน GA3 มากที่สุดเท่ากับ 52.92 mg/L

ชัยอาทิตย์ และ โสระยา (2557) ได้ศึกษาผลของการใช้สารสกัดชีวภาพเป็นแหล่งธาตุอาหารต่อการเจริญเติบโตของผักสลัด ในระบบไฮโดรโปนิกส์ระบบ Dynamics Root Floating (DRF) โดยผลิตสารสกัดชีวภาพ 2 ชนิด ได้แก่ สารสกัดชีวภาพจากพืช และสารสกัดชีวภาพจากสัตว์ อัตราส่วนความเข้มข้น 1:250 1:500 และ 1:1000 พบว่า ผักสลัดจากสารสกัดชีวภาพที่ผลิตจากสัตว์ให้การเจริญเติบโตที่สูงกว่าสารสกัดชีวภาพที่ผลิตจากพืช และอัตราเข้มข้น 1:250 และ 1:500 ให้ผลผลิตในรูปน้ำหนักสดที่สูงกว่า อัตราความเข้มข้นที่ 1:1000 สรุปได้ว่า การให้ผลผลิตของผักสลัดที่สูงที่สุด มาจากสารสกัดชีวภาพจากสัตว์ในอัตราส่วน 1:250 และ 1:500

ธนากร และ อติกร (2557) การควบคุมความชื้นในโรงเรือน ด้วยการสร้างระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือนเพาะปลูกพืชไร้ดิน แบบการทำความเย็นด้วยวิธีการระเหยของน้ำ พบว่า การทำความเย็นด้วยวิธีการระเหยของน้ำและระบบสเปรย์ละอองน้ำทำงานตามเงื่อนไขที่กำหนด โดยอุณหภูมิในโรงเรือนเฉลี่ย 30.45°C ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 80.54 เปอร์เซ็นต์ ระบบสเปรย์ละอองน้ำทำงานเฉลี่ย 10 นาทีต่อวัน การทำความเย็นด้วยวิธีการระเหยของน้ำทำงาน 6.37 ชั่วโมงต่อวัน ขึ้นอยู่กับสภาพอากาศภายนอก

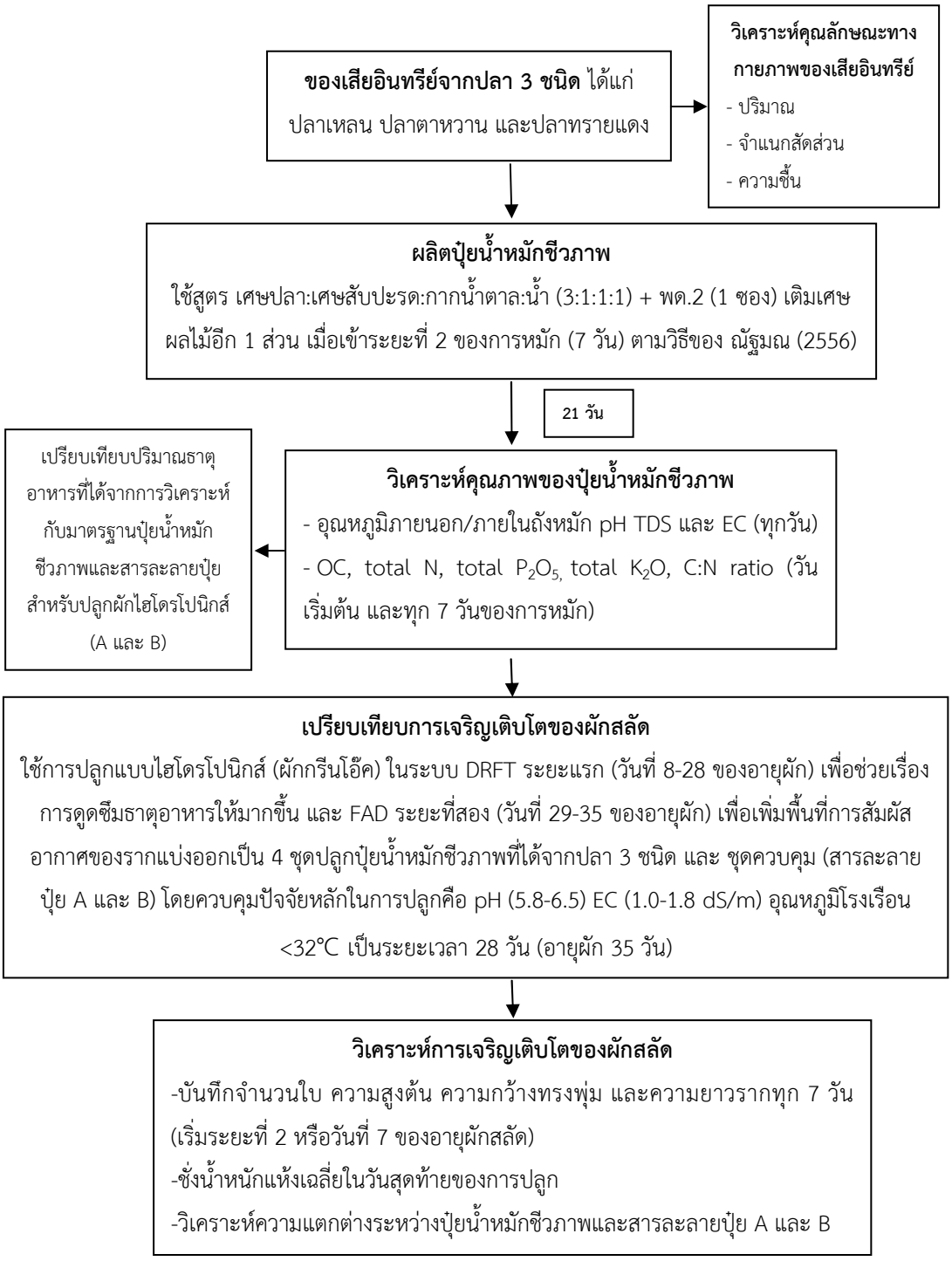
คงเอก และคณะ (2558) ศึกษาการเจริญเติบโตและปริมาณรงควัตถุของผักกาดหอมกรีนโอ๊คด้วยการปลูก 4 แบบ ได้แก่ ดินชัยบาดาล ดินผสมทางการค้าสูตร 1 และ 2 และสารละลายธาตุอาหารสูตรพระนคร 1 พบว่า วิธีการปลูกมีผลต่อการเจริญเติบโตของผักกรีนโอ๊ค โดยผักกรีนโอ๊คที่ปลูกโดยสารละลายธาตุอาหารสูตรพระนคร 1 มีจำนวนใบ ความสูง ความกว้างทรงพุ่ม เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น น้ำหนักสดส่วนต้น น้ำหนักสดส่วนราก น้ำหนักแห้งส่วนต้น และน้ำหนักแห้งส่วนรากมากที่สุด เท่ากับ 22 ใบ 14.62 เซนติเมตร 29.10 เซนติเมตร 16.90 มิลลิเมตร 86.33 มิลลิกรัม 11.39 มิลลิกรัม 3.60 มิลลิกรัม และ 0.46 มิลลิกรัม ตามลำดับ

ทัตพล และคณะ (2559) ศึกษาการเจริญเติบโตของผักกาดหอมกรีนคอส ในระบบไฮโดรโปนิกส์น้ำนิ่งแบบเติมอากาศ 4 ชุดปลูก ได้แก่ สารละลายมาตรฐาน AB สารละลายมูลค้างคาว สารละลายมูลไก่ และสารละลายมูลรวม พบว่า น้ำหนักสดต่อต้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยผักกาดหอมกรีนคอสจากสารละลายมาตรฐาน AB ให้น้ำหนักสดมากที่สุด เท่ากับ 177.47±8.25 กรัมต่อต้นรองลงมาคือ สารละลายมูลไก่และสารละลายมูลรวมที่ 169.42±7.02 และ 43.26±5.91 กรัมต่อต้น

สุภาพร และ ศิรศาธิญากร (2560) ศึกษาการเจริญเติบโตของผักกาดหอมกรีนโอ๊คที่ได้รับน้ำหมักชีวภาพสูตรต่างๆ ได้แก่ สูตรเศษผัก สูตรเศษปลา และสูตรผสม อัตราส่วนต่อสารละลายธาตุอาหารเหลือทิ้ง 1:500 และ 1:1000 พบว่า สูตรผสม 1:1000 มีการเจริญเติบโตมากที่สุด โดยมีความสูงต้นเท่ากับ 21.83 เซนติเมตร พื้นที่ใบรวม 1763.16 ตารางเซนติเมตร น้ำหนักแห้งรวม 7.9556 กรัม ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับสูตรอื่นๆ

บทที่ 3
วิธีการวิจัย

3.1 วิธีดำเนินการวิจัย



รูปที่ 10 วิธีการดำเนินการวิจัย

3.2 วัตถุดิบและวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

ในการดำเนินการวิจัยนี้ แบ่งการทดลองออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

3.2.1 การผลิตปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ

1. วัตถุดิบ ได้แก่ เศษปลาเหลน ปลาตาหวาน และปลาทรายแดง จากบริษัท แมนเอโฟรส เซนฟูดส์ จำกัด

2. เศษผลไม้ ได้แก่ เปลือก ตา และเนื้อสับปะรด ตลาดสด อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา

3. กากน้ำตาล จาก ร้านค้า ต.น้ำน้อย อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา

4. พด.2 จาก กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ อ.นาหม่อม จ.สงขลา

5. น้ำที่ใช้ในการผลิตน้ำหมัก คือ น้ำประปาที่กักเก็บไว้ 1 อาทิตย์ เพื่อให้คลอรีนระเหย

6. ถังขนาด 60 ลิตร เจาะเพื่อติดตั้งบอลวาว์ล สำหรับการเก็บตัวอย่าง และช่องระบายแก๊ส

7. อุปกรณ์อื่นๆ ที่ใช้ทดสอบและควบคุมการผลิตน้ำหมักชีวภาพ

3.2.2 การปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ในระบบ DRFT และ FAD และการวิเคราะห์การเจริญเติบโต

1. ผักสลัด ได้แก่ เมล็ดพันธุ์ผักกาดหอม Green Oak-Kristine RZ (ชื่อทางการค้า RIJK ZWAAN)

2. ชุดปลูกผักสลัดไฮโดรโปนิกส์ แบบ PVC กลม 2.5 นิ้ว 10 หลุมปลูก จำนวน 4 ชุด

3. ชุดควบคุมอุณหภูมิโรงเรือนระบบพ่นหมอก

4. สารละลายปุ๋ย Hydro A และ B จากบริษัท ฟุกเทียนกรุ๊ป จำกัด

5. น้ำที่ใช้ในการปลูก คือ น้ำประปาที่กักเก็บไว้ 1 อาทิตย์ เพื่อให้คลอรีนระเหย

6. ตู้อบลมร้อน และ เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง

7. โรงเรือนดาดฟ้าทางทิศตะวันตก อาคารเรียนคณะการจัดการสิ่งแวดล้อม

8. สารละลายเคมีปรับ pH (KOH 1 M w/v, HNO_3 7% v/v และ H_3PO_4 8.5% v/v)

9. อุปกรณ์อื่นๆ ที่ใช้ทดสอบและควบคุมการปลูกแบบไฮโดรโปนิกส์

******* เครื่องมือที่ใช้วัดค่า อุณหภูมิ pH TDS และ EC ได้แก่ เครื่องวัดคุณภาพน้ำ Lutron WA-2017SD

*******ส่งวิเคราะห์ค่า OC, total N, total P_2O_5, total K_2O โดยหน่วยเครื่องมือกลาง คณะวิทยาศาสตร์ (วิธีทดสอบ *In house method based on AOAC, 20th ed., 2016* และ*OMAF, 1987.*)

3.3 รายละเอียดวิธีการวิจัย

จากรูปที่ 10 สามารถดำเนินการทดลองได้ ดังนี้

3.3.1 การเก็บตัวอย่างเศษปลาและการวิเคราะห์คุณลักษณะ

การเก็บข้อมูลปริมาณวัตถุดิบปลาที่ใช้ในการผลิตซูริมิ จะเก็บในช่วงของการผลิตซูริมิที่ใช้ปลาเหลน ปลาตาหวาน และปลาทรายแดงเป็นวัตถุดิบในช่วงเดือน ตุลาคม – ธันวาคม พ.ศ. 2560 และเก็บตัวอย่างเศษปลาในช่วง พฤศจิกายน พ.ศ.2560 – มีนาคม พ.ศ.2561 โดยเก็บจากสายพานลำเลียงวัตถุดิบเหลือทิ้งที่อยู่ทางด้านหลังของโรงงาน หลังจากนั้นนำมาจำแนกหาสัดส่วนขององค์ประกอบปลาแต่ละชนิด เช่น หัวปลา ไส้ปลา หางปลา ชิ้นเนื้อ หรือปลาทั้งตัวที่ไม่ได้ขนาด โดยวิธีการทำ Quartering 2 ครั้งจนได้น้ำหนักปริมาณ 1 กิโลกรัม แยกองค์ประกอบหาร้อยละของสัดส่วน และนำค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ทั้ง 3 ครั้ง มาเฉลี่ย ใช้สูตรการคำนวณสัดส่วน โดยดัดแปลงวิธีการจาก *AOAC (1990)* ดังนี้

$$\frac{\text{น้ำหนักสัดส่วน}(g) \times 100}{\text{น้ำหนักทั้งหมด}(g)} = \% \text{ สัดส่วน}$$

การหาค่าความชื้นเศษปลา ใช้วิธีการชั่งน้ำหนักเปียกและชั่งน้ำหนักแห้ง ก่อนและหลังเข้าตู้อบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 80℃ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง โดยวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์ของความชื้น ดัดแปลงวิธีการจาก *AOAC (1990)* ดังนี้

$$\frac{(\mathrm{W1} - \mathrm{W2}) \times 100}{\mathrm{W1}} = \% \text{ ความชื้น}$$

***W1 = น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ W2 = น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ

การเก็บตัวอย่างเศษปลาครั้งนี้ ได้เลือกปลา 3 ชนิดที่ทางโรงงานนำไปใช้ผลิตเป็นผลิตภัณฑ์มากที่สุด เพื่อง่ายต่อการหาวัตถุดิบที่นำมาใช้ในการวิจัย โดยจะสำรวจปริมาณของปลาที่โรงงานใช้ในการผลิตย้อนหลัง 3 เดือน เพื่อเป็นข้อมูลในการทำวิจัยต่อไป ทั้งนี้ปริมาณและชนิดของปลาที่พบ อาจขึ้นอยู่กับฤดูกาลและช่วงเวลาในการทำวิจัยด้วย

3.3.2 การผลิตปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ

การวิจัยนี้ได้ศึกษาสูตรการหมักเศษปลาที่ได้ผลดีที่สุด โดยดัดแปลงจากการศึกษาของ ณัฐมณ (2556) ได้วิธีการหมักเศษปลาที่ได้ธาตุอาหารและฮอร์โมนที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชที่ดีที่สุด ดังนี้

1. สูตรปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ

อัตราส่วนวัตถุดิบที่ใช้อ้างอิงจาก กรมพัฒนาที่ดิน (2545) ประกอบด้วย เศษปลา : เศษผลไม้ : กากน้ำตาล : น้ำ : พด.2 ในอัตราส่วน 15 กิโลกรัม : 5 กิโลกรัม : 5 กิโลกรัม : 5 ลิตร : 1 ซอง (25กรัม) บรรจุในถังพลาสติก 60 ลิตรเมื่อเริ่มเข้าสู่ระยะที่ 2 (วันที่ 7 ของการหมัก) เติมเศษผลไม้ 5 กิโลกรัม และทำการหมักต่อจนครบ 21 วัน

2. วิธีการหมักปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ

จากสูตรข้างต้น นำเศษปลาที่ผ่านการล้างด้วยน้ำและเศษสับปะรด มาสับเพื่อลดขนาดให้ได้ประมาณ 0.5-1 นิ้ว และใส่ลงในถังหมักพร้อมกับกากน้ำตาลตามอัตราส่วน จากนั้น นำ พด.2 1 ซอง (25 กรัม) ผสมน้ำ 5 ลิตร คนให้เข้ากันประมาณ 3-5 นาที แล้วเติมสารละลาย พด.2 ลงในถังหมัก กวนให้ส่วนผสมเข้ากัน ปิดฝาถัง ตั้งไว้ในที่ร่มอุณหภูมิห้อง (รูปที่ 12) เมื่อเข้าสู่ระยะที่ 2 (7 วัน) ของการหมัก เติมเศษผักและผลไม้อีก 1 ส่วน (5 กิโลกรัม) เนื่องจากการผลิตน้ำหมักชีวภาพจากผักและผลไม้มีระยะเวลาที่สั้นกว่าการผลิตจากเศษปลา (กรมพัฒนาที่ดิน, 2546)

โดยถังหมักที่ใช้จะมีท่อระบายแก๊สที่เกิดขึ้นจากการหมักและวาล์วสำหรับเก็บตัวอย่าง (รูปที่ 11) ซึ่งก่อนการวัดค่าในแต่ละวันหรือการเก็บตัวอย่างทุก 7 วันเพื่อนำไปวิเคราะห์จะต้องกวนส่วนผสมในถังหมักทุกครั้ง เพื่อระบายแก๊สที่เกิดขึ้นและทำให้ส่วนผสมคลุกเคล้าเข้ากันดียิ่งขึ้น โดยทำวิธีการดังกล่าวเหมือนกันทั้ง 3 ถัง แตกต่างกันแค่ชนิดของปลาเท่านั้น

รูปที่ 11 ถังที่ใช้ในการหมัก

รูปที่ 12 ส่วนประกอบที่ใช้ผลิตปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ

(A: กากน้ำตาล,B: เศษปลาเหลน ปลาตาหวาน และปลาทรายแดง,C: เปลือกสับปะรด,D: พด.2,E: เริ่มหมักส่วนผสม)

3. การเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ

วิธีการเก็บตัวอย่างวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพและทางเคมี อ้างอิงจาก วันวิสาข์ (2545) มีดังนี้

3.1 ทางกายภาพ

สังเกตลักษณะทางกายภาพของปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ วัดอุณหภูมิภายนอกถังหมักและอุณหภูมิปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพที่ตำแหน่งกึ่งกลางถังหมัก ตรวจวัดทุกวันตลอดระยะเวลาในการหมัก บันทึกค่าที่วัดได้เพื่อทำการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่สามารถบ่งบอกถึงกิจกรรมการหมักของจุลินทรีย์ได้

3.2 ทางเคมี

กวนส่วนผสมในถังหมักให้เข้ากัน จากนั้นเปิดวาล์วที่อยู่ตรงก้นถังหมักเพื่อเอาปุ๋ยน้ำหมักที่ค้างในท่อทิ้งกลับไปในถัง และเก็บน้ำหมักที่อยู่จุดกึ่งกลางถังหมัก ใส่ภาชนะให้ได้ปริมาตร 200 มิลลิลิตรเพื่อนำไปวิเคราะห์คุณลักษณะทางเคมี (รูปที่ 13) โดยวัดค่า pH TDS และ EC ทุกวัน และส่งวิเคราะห์ค่า N, P, K, OC, C:N ratio ทุก 7 วันนับจากวันเริ่มต้น บันทึกค่าที่วัดได้เพื่อทำการวิเคราะห์และเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของคุณลักษณะทางเคมีกับค่ามาตรฐาน

รูปที่ 13 การเก็บตัวอย่างและปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพที่เสร็จสมบูรณ์

3.3.3 การวิเคราะห์คุณลักษณะเชิงเปรียบเทียบ

นำผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารหลักของปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพจากปลาทั้ง 3 ชนิด มาเปรียบเทียบกับปริมาณธาตุอาหารหลัก ของสารละลายปุ๋ย A และ B ที่ใช้ในการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ (สูตร A และ B) และมาตรฐานปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพที่ได้จากปลา ของกรมวิชาการเกษตร และกรมพัฒนาที่ดิน เพื่อเปรียบเทียบปริมาณธาตุอาหารหลักที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช ปรับปรุงสูตรเพื่อนำไปประยุกต์ใช้ทดสอบปลูกผักสลัดไฮโดรโปนิกส์ในขั้นตอนต่อไป

3.3.4 การทดสอบประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของผักกรีนโอ๊คจากปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ

แบ่งออกเป็น 4 ชุดปลูก ได้แก่ ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพจากปลาเหลน ปลาตาหวาน ปลาทรายแดง และสารละลายปุ๋ย A และ B ชุดละ 10 ต้น ทดสอบการเจริญเติบโต 2 ครั้ง ในระหว่างเดือน เมษายน-มิถุนายน 2561 เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของผักกรีนโอ๊คต่างช่วงเวลากัน โดยใช้ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพชุดเดียวกัน ในโรงเรือนที่มีอากาศถ่ายเทสะดวกและแสงแดดส่องถึงทั้งวัน โดยใช้การปลูกแบบไฮโดรโปนิกส์ ในระบบ Dynamic Root Floating Technique (DRFT) ระยะแรก (วันที่ 8-28 ของอายุผัก) เนื่องจากระบบดังกล่าว มีระดับของสารละลายธาตุอาหารที่สูงท่วมราก สามารถให้ธาตุอาหารได้อย่างเต็มที่ และ Flood and Drain (FAD) ระยะที่สอง (วันที่ 29-35 ของอายุผัก) เนื่องจากช่วงระยะเวลาสัปดาห์สุดท้ายของการปลูก เป็นช่วงที่พืชต้องการออกซิเจนในการหายใจมาก และมีความหนาแน่นของรากที่มาก ทำให้ต้องเพิ่มอากาศเข้าไปในระบบราง ด้วยวิธีการทำน้ำขึ้นและลง โดยเริ่มจากการเพาะชำต้นกล้าจากเมล็ดพันธุ์ในฟองน้ำ 7 วัน รดหรือสเปรย์น้ำเช้า-เย็น ซึ่งในช่วง 1-2 วันแรกไว้ในที่ร่ม และออกแดดรำไรในวันถัดมา โดยขนาดของต้นกล้าที่สมบูรณ์ไม่ควรยืดเกิน 1 เซนติเมตร จากนั้นนำฟองน้ำที่ต้นอ่อนเจริญสมบูรณ์ย้ายลงถ้วยปลูกและรางตามลำดับ ซึ่งมีการควบคุมปัจจัยและสภาพแวดล้อมในการปลูกดังนี้

- น้ำประปาพักคลอรีนระเหย 7 วัน pH 7.0-7.5 EC 0.13-0.18 dS/m
- ค่า EC ของสารละลายปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพและสารละลายปุ๋ย A และ B อยู่ระหว่าง 1.0-1.8 dS/m
- ค่า pH ของสารละลายปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพและสารละลายปุ๋ย A และ B อยู่ระหว่าง 5.8-6.5 (ปรับ pH โดยใช้ KOH 1 M w/v, HNO_3 7% v/v และ H_3PO_4 8.5% v/v)
- อัตราการไหลของสารละลายปุ๋ย 3 ลิตร/นาที
- ควบคุมอุณหภูมิโรงเรือนไม่เกิน 32°C โดยระบบพ่นหมอกอัตโนมัติ จะตัดการทำงานเมื่ออุณหภูมิในโรงเรือนต่ำกว่า 30°C
- ควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ 60-80% (ใช้วิธีการระเหยของน้ำที่ได้จากการพ่นหมอกลดอุณหภูมิ)

ทำการปลูกต่อ 1 รอบ ระยะเวลา 35 วัน โดยบันทึกผลค่า EC pH อุณหภูมิโรงเรือน อุณหภูมิสารละลายปุ๋ย ความชื้น และอื่นๆ ได้แก่ ความผิดปกติของพืช วันที่ฝนตก การเติมสารละลายปุ๋ย การปรับ pH ระดับน้ำและเวลาในการตรวจวัด ทุกวัน และการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพ ได้แก่ จำนวนใบ ความสูงต้น ความกว้างทรงพุ่ม ความยาวราก ทุก 7 วัน เริ่มจากวันแรกที่ย้ายลงรางปลูก และการหาน้ำหนักแห้งเฉลี่ยในวันสุดท้ายของการปลูก นำข้อมูลมาเปรียบเทียบและวิเคราะห์ผล

3.3.5 ระบบโรงเรือนและไฮโดรโปนิกส์

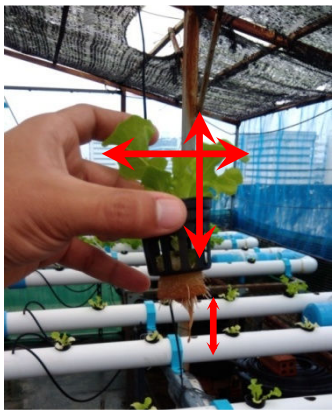
สถานที่ตั้งโรงเรือนในการวิจัยครั้งนี้ คือ ดาดฟ้าทางด้านทิศตะวันตก อาคารเรียนคณะการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ เป็นโรงเรือนขนาดเล็ก พื้นที่ประมาณ 12 ตารางเมตร วัสดุคลุมหลังคาเป็นแผ่นกระเบื้องลอนใสโปร่งแสง มีวัสดุกรองแสงใต้หลังคา โดยรอบเป็นตาข่ายตาเล็กที่ลมสามารถหมุนเวียนได้ตลอดเวลาและสามารถป้องกันแมลงได้ ระบบลดอุณหภูมิโรงเรือนเป็นแบบสเปรย์น้ำหรือพ่นหมอกละเอียดขนาด 0.3 มิลลิเมตร เชื่อมต่อกับปั๊มน้ำแรงดันต่ำ ที่มีเซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิการทำงานของปั๊มน้ำจะทำงานเมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 32°C และจะหยุดทำงานเมื่ออุณหภูมิต่ำกว่า 30°C การควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ใช้วิธีการระเหยน้ำจากการพ่นหมอก (รูปที่ 14) โดยการศึกษาของ ธนากร และ อติกร (2557) พบว่า การระเหยของน้ำและระบบพ่นหมอก สามารถทำหน้าที่ควบคู่ในการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ได้ในเวลาเดียวกัน ซึ่งความชื้นสัมพัทธ์ที่เหมาะสมอยู่ที่ 60-80%

รูปที่ 14 โรงเรือนและระบบพ่นหมอกที่ใช้ในการวิจัย

ระบบการปลูกผักสลัดไฮโดรโปนิกส์แบบ DRFT และ FAD ในงานวิจัยนี้ เป็นการผสมผสานกันระหว่างสองระบบที่มีการทำงานที่แตกต่างกัน ฉะนั้นจึงต้องออกแบบรางปลูกให้สามารถทำงานได้ทั้งสองระบบ โดยตัวรางปลูกทำจากท่อ PVC ขนาด 2.5 นิ้ว ยาว 1.5 เมตร 2 เส้นต่อชุดปลูก 1 ชุด รางปลูกมีสีขาวเพื่อลดอุณหภูมิสะสมในระบบ สามารถเจาะรูเพื่อวางถ้วยปลูกได้ 10 รูต่อชุดปลูก 1 ชุด เส้นผ่านศูนย์กลาง 4 เซนติเมตร โดยสะดือน้ำของรางออกแบบให้ปรับเพิ่ม-ลดระดับน้ำได้ตามความต้องการในระยะแรก (ระบบ DRFT) และเจาะรูท่อ PVC เหนือสะดือน้ำเส้นผ่านศูนย์กลาง 6.5 เซนติเมตร เพื่อครอบตัวทำสุญญากาศหรือไซฟอน (Siphon) ลงไปในระยะที่สอง (ระบบ FAD) ทำให้เกิดน้ำขึ้น-น้ำลงในระบบ เป็นการเพิ่มอากาศให้แก่รากพืช โดยจะควบคุมอัตราการไหลของสารละลายปุ๋ยที่ 3 ลิตร/นาที ด้วยบอลวาล์วท่อน้ำเข้าของรางปลูก

3.3.6 การเก็บรวบรวมและการวิเคราะห์ข้อมูลการเจริญเติบโต

การบันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตของพืชที่ใช้ทดสอบ (ผักกรีนโอ๊ค) เริ่มต้นจากวันแรกที่นำผักกรีนโอ๊คลงรางปลูก ซึ่งเป็นวันที่ 8 ของอายุผัก และบันทึกผลทุก 7 วัน จนถึงวันที่ 35 ของอายุผัก โดยจะบันทึกจำนวนใบ ความสูงต้น ความกว้างทรงพุ่ม และความยาวราก ดังรูปที่ 15 จะแสดงให้เห็นถึงการวัดความสูงต้น วัดจากโคนต้นที่ติดกับฟองน้ำวัสดุปลูกถึงปลายใบที่สูงที่สุดของต้น ความกว้างทรงพุ่มวัดจากปลายใบซ้ายสุดถึงปลายใบขวาสุดของต้น ความยาวรากวัดจากโคนรากที่ติดกับฟองน้ำวัสดุปลูกถึงปลายรากที่ยาวที่สุดของต้น และจำนวนใบนับจากใบทั้งหมดของต้น นำผลที่ได้เปรียบเทียบการเจริญเติบโตในแต่ละสัปดาห์ โดยวันสุดท้ายของการปลูก นำผักกรีนโอ๊คไปอบที่อุณหภูมิ 80°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อหาค่าน้ำหนักแห้งของแต่ละต้น (อัญชลี, 2554)



รูปที่ 15 วิธีการวัดการเจริญเติบโตของพืชทดสอบ

นำผลจำนวนใบ ความสูงต้น ความกว้างทรงพุ่ม ความยาวราก และน้ำหนักแห้งที่บันทึกได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน Analysis of Variance (ANOVA) และเปรียบเทียบพหุคูณด้วยวิธีการทดสอบแบบ Tukey’s HSD ในแต่ละชนิดของปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ เพื่อหาความแตกต่างของการเจริญเติบโตในปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพแต่ละชนิด โดยใช้ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติที่ 95% (ชูศรี, 2544)

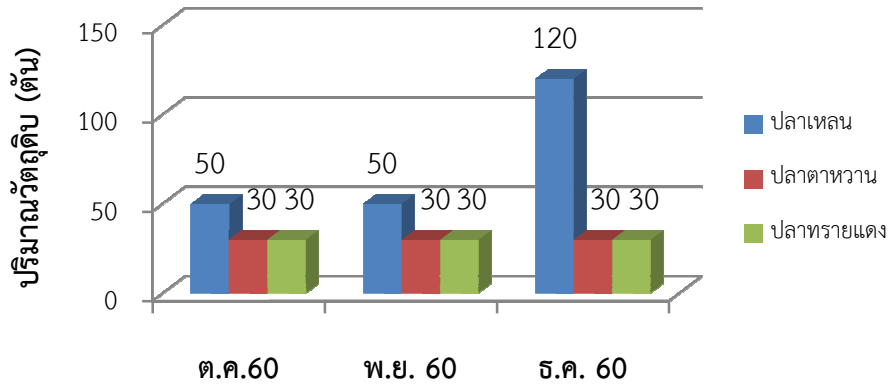
บทที่ 4
ผลการทดลองและบทวิจารณ์

4.1 การวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของวัตถุดิบที่ใช้ผลิตปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ

จากการเก็บข้อมูลวัตถุดิบที่ใช้ในการวิจัยเป็นระยะเวลา 3 เดือน ในช่วงเดือนตุลาคม 2560 – ธันวาคม 2560 ได้ทราบถึงชนิดและปริมาณปลาที่ใช้ในการผลิตซูริมิของบริษัท แมนเอโฟรสเซนฟูดส์ จำกัด พร้อมกับการเก็บตัวอย่างวัตถุดิบมาวิเคราะห์หาสัดส่วนขององค์ประกอบและความชื้น โดยเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ผล 1 ครั้งต่อเดือน เป็นจำนวนทั้งหมด 3 ครั้ง แบ่งผลจากการวิเคราะห์ออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

4.1.1 ชนิดและปริมาณวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตซูริมิ

จากการศึกษาและเก็บข้อมูลในบริษัท แมนเอโฟรสเซนฟูดส์ จำกัด ตลอดระยะเวลา 3 เดือน พบว่าชนิดของปลาที่พบมากที่สุด 3 ลำดับแรก ได้แก่ ปลาเหลน ปลาตาหวาน และปลาทรายแดง โดยปลาเหลนเป็นปลาที่ใช้ในการผลิตซูริมิมากที่สุด (220 ตัน) รองลงมาได้แก่ปลาตาหวานและปลาทรายแดง (90 ตัน) โดยประมาณ แสดงข้อมูลดังรูปที่ 16



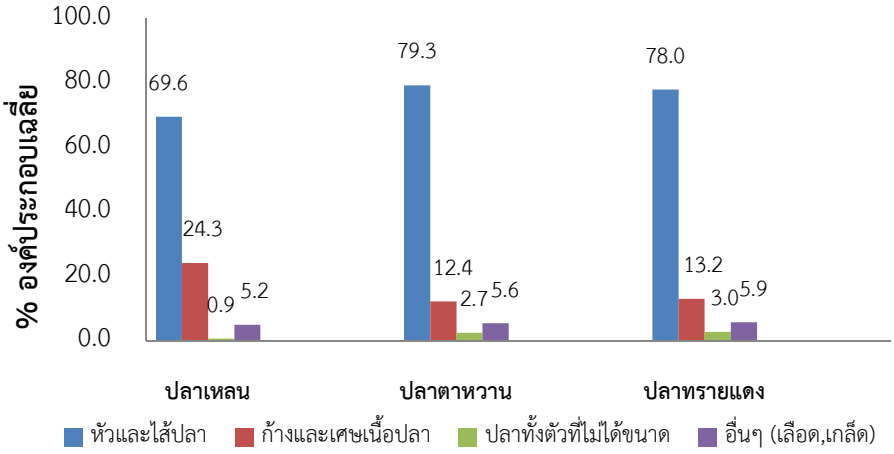
รูปที่ 16 ชนิดและปริมาณวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตซูริมิ
ที่มา : บริษัท แมนเอโฟรสเซนฟูดส์ จำกัด

จากข้อมูลข้างต้นพบว่า ปลา 3 ชนิดที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตซูริมิในแต่ละเดือนมีมากถึง 110-180 ตัน/เดือน โดยประมาณ ดังนั้นจากการศึกษาของ สุปราณี (2539) ที่พบว่าของเสียอินทรีย์ที่ได้จากการผลิตซูริมิ มากถึง 40% โดยน้ำหนัก ทำให้การผลิตซูริมิดังกล่าว มีของเสียอินทรีย์จากกระบวนการผลิตซูริมิมากถึง 44-72 ตัน/เดือน โดยประมาณซึ่งของเสียดังกล่าวจะขายให้กับ

อุตสาหกรรมปลาป่นในราคาต่ำ เกิดค่าใช้จ่ายในการขนส่ง และไม่สามารถใช้ประโยชน์จากของเสียอินทรีย์ได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ และปริมาณของเสียจะขึ้นอยู่กับกำลังการผลิตของ บริษัท แมน เอโฟรสเซนฟูดส์ จำกัด

4.1.2 จำแนกสัดส่วนองค์ประกอบของเสียอินทรีย์

ของเสียอินทรีย์ที่ได้จากการผลิตซูริมิมีองค์ประกอบที่หลากหลาย เช่น ส่วนหัวและไส้ ก้างและเศษเนื้อ ปลาที่ไม่ได้ขนาด และอื่นๆ ซึ่งผลที่ได้จากการเก็บตัวอย่างมาจำแนกหาสัดส่วนขององค์ประกอบ ทำโดยการสุ่มตัวอย่างของเสียอินทรีย์ของปลาแต่ละชนิดโดยวิธีการทำ Quartering 2 ครั้งจนได้น้ำหนักปริมาณ 1 กิโลกรัม แยกองค์ประกอบหาร้อยละของสัดส่วน และนำค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ทั้ง 3 ครั้ง มาเฉลี่ย ผลแสดงดังรูปที่ 17



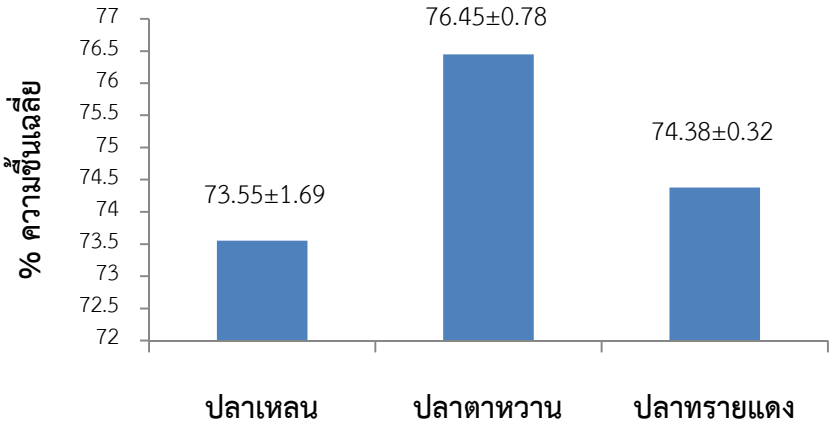
รูปที่ 17 จำแนกสัดส่วนองค์ประกอบของวัตถุดิบ

จากรูปที่ 17 แสดงให้เห็นถึงสัดส่วนหัวและไส้ปลาที่มีปริมาณมากที่สุด ประมาณ 70-80% ของน้ำหนักทั้งหมด โดยปลาตาหวานและปลาทรายแดงมีสัดส่วนของหัวและไส้ปลาที่ใกล้เคียงกันที่ 79.3% และ 78.0% ตามลำดับ และมีสัดส่วนที่รองลงมา ได้แก่ ก้างและเศษเนื้อปลา อื่นๆ (เกล็ด,เลือด) และปลาทั้งตัวที่ไม่ได้ขนาด ตามลำดับ โดยปกติทางโรงงานจะจำหน่ายให้กับอุตสาหกรรมปลาป่น กิโลกรัมละ 2-3 บาท ซึ่งมีมูลค่าต่ำ จากคุณลักษณะสัดส่วนของเสียอินทรีย์ที่วิเคราะห์ได้ สามารถเพิ่มมูลค่าด้วยวิธีการทำปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ เนื่องจากมีองค์ประกอบของโปรตีนเป็นแหล่งของไนโตรเจนสูง สอดคล้องกับผลการศึกษาของ ปริญา (2547) กล่าวว่า องค์ประกอบทางเคมีของปลาเหลน *(Saurida undosquamis)* มีโปรตีน ไขมัน ความชื้น ร้อยละ 17.12-18.37, 0.10-0.17, 80.45-81.72 ตามลำดับ องค์ประกอบทางเคมีของปลาตาหวาน *(Priacanthus tayenus)* มี

โปรตีน ไขมัน ความชื้น ร้อยละ 18.9-19.9, 0.2-0.9, 77.6-79.9 ตามลำดับ ฤทัยรัตน์ (2547) กล่าวว่า องค์ประกอบทางเคมีของเศษเหลือปลาทรายแดง มีโปรตีน ไขมัน ความชื้น ร้อยละ 14.70, 9.27, 73.54 ตามลำดับ ซึ่งความแตกต่างกันทางองค์ประกอบเคมีอาจส่งผลต่อปริมาณธาตุอาหาร และการเจริญเติบโตของพืช เนื่องจากสัดส่วนหัวและไส้ปลามีองค์ประกอบของโปรตีนอยู่มาก โดยเสาวลักษณ์ (2541) กล่าวว่า โปรตีนในส่วนหัวละเครื่องในของปลา มีองค์ประกอบของโปรตีนที่ทัดเทียมกับโปรตีนในกล้ามเนื้อปลา ซึ่งสอดคล้องกับผลการจำแนกสัดส่วนที่ได้

4.1.3 ค่าความชื้นของของเสียอินทรีย์

การหาค่าความชื้นของของเสียอินทรีย์จากปลาทั้ง 3 ชนิด ทำโดยการสุ่มตัวอย่างจากการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 3 โดยปลาแต่ละชนิดจะมี 3 ตัวอย่าง ตัวอย่างละประมาณ 200 กรัม อบที่อุณหภูมิ 80°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักและคำนวณหาค่าความชื้นเฉลี่ย ผลแสดงดังรูปที่ 18



รูปที่ 18 ค่าความชื้นของของเสียอินทรีย์

จากรูปที่ 18 แสดงให้เห็นว่าปลาตาหวานมีความชื้นสูงที่สุด 76.45% รองลงมาเป็นปลาทรายแดงและปลาเหลน 74.38% และ 73.55% ตามลำดับ ซึ่งความชื้นเป็นหนึ่งปัจจัยในการผลิตปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ และการย่อยวัสดุหมักของจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้อง กรมพัฒนาที่ดิน (2545) ระบุว่า ความอวบน้ำของวัสดุหมักและวัสดุหมักที่มีความชื้นสูง จะทำให้กระบวนการในการย่อยสลายมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยความชื้นของวัสดุหมักที่เหมาะสมอยู่ที่ประมาณ 70-90% สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์หาค่าความชื้นข้างต้นโดยองค์ประกอบอื่นๆ ที่ใช้ในการทดลองนี้ มีความชื้นดังนี้ กากน้ำตาล 17-25% เศษสับปะรด 88-90% ซึ่งความชื้นเพิ่มประสิทธิภาพในการหมักให้ดียิ่งขึ้น

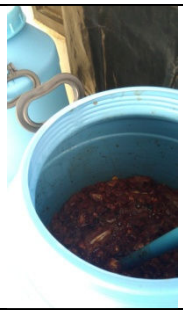
4.2 การผลิตปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพและการวิเคราะห์ธาตุอาหารหลัก

การผลิตปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพของเสียอินทรีย์จากปลาทั้ง 3 ชนิด ดัดแปลงวิธีการจากกรมพัฒนาที่ดิน (2545) อ้างอิงเพื่อเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารจาก ณัฐมณ (2556) และเปรียบเทียบมาตรฐานปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพจาก กรมวิชาการเกษตร (2557) โดยการผลิตปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพจะควบคุมกระบวนการผลิตให้เป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนด ตรวจวัดและจดบันทึกการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและทางเคมี ดังนี้

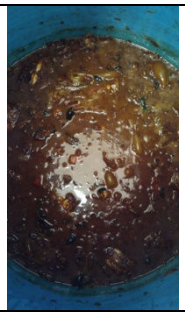
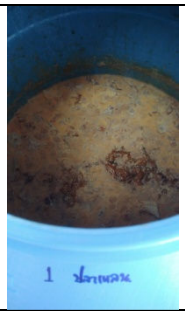
4.2.1 การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพและเคมีปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ

ลักษณะทางกายภาพและเคมีที่เปลี่ยนแปลง สามารถสังเกตได้จากการมองด้วยตาเปล่า การรับกลิ่น และการตรวจวัดค่าทางเคมีของปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ โดยเริ่มจากวันแรกของการหมักจนถึงวันสุดท้าย แบ่งออกเป็น 3 ช่วง ช่วงละ 7 วัน แสดงดังตารางที่ 14

ตารางที่ 14 การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพและเคมีของปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพในสูตรต่างๆ

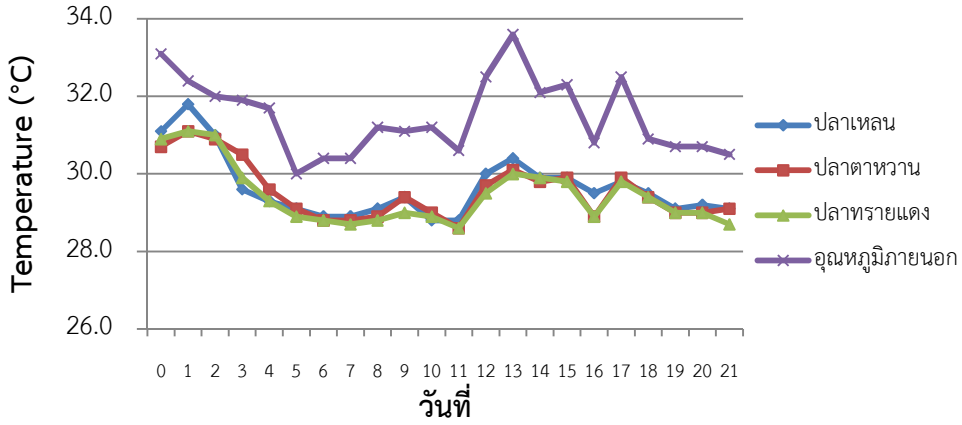
ช่วงวันที่	ปลาเหลน	ปลาตาหวาน	ปลาทรายแดง
0-7	มีฟองแก๊สขนาดใหญ่ค่อนข้างมาก ของเหลวมีสีน้ำตาลเข้มขึ้น มีกลิ่นคล้ายแอลกอฮอล์ เปลือกสับปะรดและปลาย่อยเป็นบางส่วน ตัวถังมีหยดน้ำเกาะเล็กน้อย	มีฟองแก๊สขนาดใหญ่จำนวนมาก ของเหลวมีสีน้ำตาลเข้มขึ้น มีกลิ่นคล้ายแอลกอฮอล์ เปลือกสับปะรดย่อยได้ดี ปลาย่อยเป็นบางส่วนตัวถังมีหยดน้ำเกาะเล็กน้อย	มีฟองแก๊สขนาดใหญ่จำนวนมาก มีกลิ่นหอมหวาน ของเหลวมีสีน้ำตาลเข้มขึ้น เปลือกสับปะรดลดน้อยลง ปลาย่อยได้ดี ตัวถังมีหยดน้ำเกาะเล็กน้อย
	pH 4.26, EC 24.8 dS/m	pH 4.26, EC 24.9 dS/m	pH 4.38, EC 23.1 dS/m
			

ตารางที่ 14 การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพและเคมีของปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพในสูตรต่างๆ (ต่อ)

ช่วงวันที่	ปลาเหลน	ปลาตาหวาน	ปลาทรายแดง
8-14	ฟองแก๊สลดจำนวนลง ของเหลวมีสีน้ำตาลเข้ม มีกลิ่นแอลกอฮอล์ผสมกลิ่นสับปะรด มีฝ้าสีขาวขึ้นบนผิวหน้าเป็นหย่อมๆ เปลือกสับปะรดย่อยจนเกือบหมด ปลาย่อยพอสมควร ตัวถังมีหยดน้ำเกาะจำนวนมาก	ฟองแก๊สลดจำนวนลง ของเหลวมีสีน้ำตาลเข้ม มีกลิ่นแอลกอฮอล์ผสมกลิ่นสับปะรด มีฝ้าสีขาวขึ้นบนผิวหน้าเป็นหย่อมๆ เปลือกสับปะรดย่อยจนเกือบหมด ปลาย่อยพอสมควร ตัวถังมีหยดน้ำเกาะจำนวนมาก	ฟองแก๊สลดจำนวนลง ของเหลวมีสีน้ำตาลอ่อนลง มีกลิ่นหอมหวานจากสับปะรดผสมแอลกอฮอล์ มีฝ้าสีขาวขึ้นบนผิวหน้าเป็นหย่อมๆ เปลือกสับปะรดย่อยจนเกือบหมด ปลาย่อยได้ดี ตัวถังมีหยดน้ำเกาะจำนวนมาก
	pH 4.32, EC 24.4 dS/m	pH 4.33, EC 24.1 dS/m	pH 4.43, EC 22.9 dS/m
			
15-21	ฟองแก๊สมีขนาดเล็กลงและมีเป็นบางส่วน ของเหลวมีสีน้ำตาลเข้ม มีกลิ่นหอมเปรี้ยว เปลือกสับปะรดย่อยได้ดี ปลาย่อยเหลือแต่ส่วนของกระดูก มีฝ้าสีขาวขึ้นเต็มผิวหน้า	ฟองแก๊สมีขนาดเล็กลงและมีน้อยมาก ของเหลวมีสีน้ำตาลอ่อน เปลือกสับปะรดและปลาย่อยได้ดีจนเกือบหมด มีกลิ่นหอมเปรี้ยว มีฝ้าสีขาวขึ้นเต็มผิวหน้า	ฟองแก๊สมีขนาดเล็กลงและมีน้อยมาก ของเหลวมีสีน้ำตาลอ่อน มีกลิ่นหอมหวาน เปลือกสับปะรดและปลาย่อยได้ดีจนเกือบหมด มีฝ้าสีขาวขึ้นเต็มผิวหน้า
	pH 4.39, EC 23.8 dS/m	pH 4.44, EC 23.8 dS/m	pH 4.53, EC 23.4 dS/m
			

4.2.2 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ

การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพจากปลาทั้ง 3 ชนิด และอุณหภูมิภายนอก แสดงดังรูปที่ 19

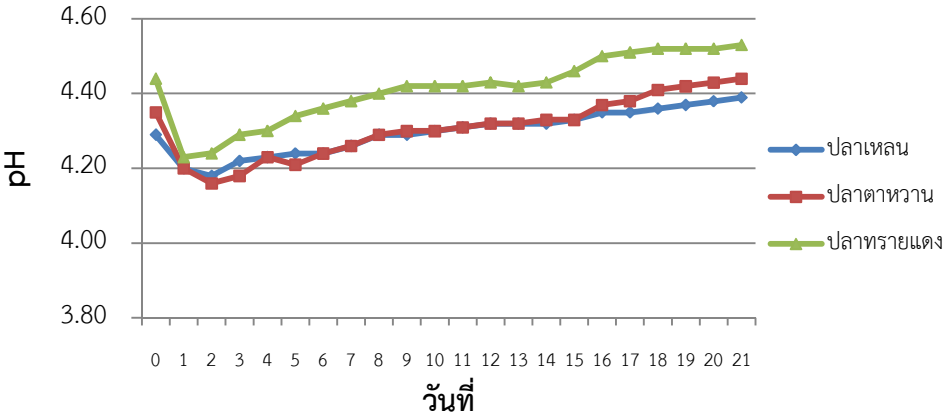


รูปที่ 19 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพในสูตรต่างๆ

จากรูปที่ 19 แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพในถังหมักตลอดระยะเวลา 21 วัน พบว่า ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพในแต่ละสูตรมีอุณหภูมิใกล้เคียงและมีแนวโน้มไปในทางเดียวกันและจะสัมพันธ์กับอุณหภูมิภายนอก โดยสูตรที่ 1 (ปลาเหลน) มีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 28.8-31.8℃ สูตรที่ 2 (ปลาตาหวาน) มีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 28.6-31.1℃ และสูตรที่ 3 (ปลาทรายแดง) มีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 28.6-31.1℃ อุณหภูมิภายนอกอยู่ในช่วง 30.0-33.6℃ โดยวันที่ 5 และ 18 ของการหมักมีฝนตก และวันที่ 13 ของการหมักอุณหภูมิภายนอกสูงที่สุดที่ 33.6℃ ทำให้อุณหภูมิภายในถังหมักมีการเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิภายนอก สอดคล้องกับ กรมพัฒนาที่ดิน (2545) ได้ระบุอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องในกระบวนการหมักที่ 30-35℃ หรืออุณหภูมิห้อง และไม่มีแสงแดดส่องถึง โดยมีช่วงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่สำคัญคือ วันที่ 2-3 ซึ่งเป็นช่วงเริ่มกระบวนการหมัก ความร้อนสูงขึ้นเล็กน้อยเนื่องจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ และวันที่ 8-9 ซึ่งเป็นช่วงเติมเศษสับปะรด ทำให้มีกิจกรรมของจุลินทรีย์สูงขึ้นเช่นกัน

4.2.3 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่างในปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ

การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพจากปลาทั้ง 3 ชนิด แสดงดังรูปที่ 20



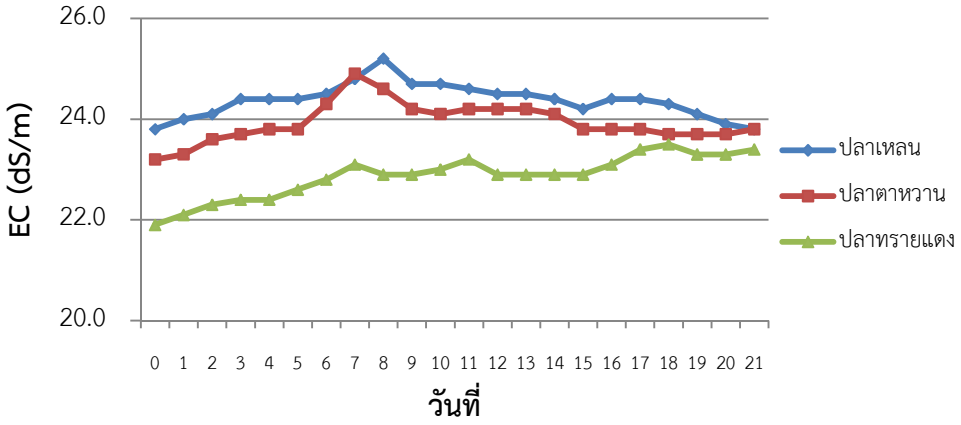
รูปที่ 20 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่างของปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพในสูตรต่างๆ

จากรูปที่ 20 แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพจากปลาทั้ง 3 ชนิด ตลอดระยะเวลาทำการหมัก 21 วัน พบว่าแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของค่า pH มีลักษณะที่คล้ายคลึงกัน โดยการเปลี่ยนแปลงช่วงแรก (วันที่ 1-3) พบว่า ค่า pH ลดต่ำลงจากวันเริ่มต้น เนื่องจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ในกลุ่มแบคทีเรียผลิตกรดแลคติก (Lactic acid bacteria) และแบคทีเรียผลิตกรดอะซิติก (Acetic acid bacteria) ซึ่งมีความทนต่อสภาวะความเป็นกรดสูง และค่า pH จะสูงขึ้นเรื่อยๆ ในวันถัดมา เนื่องจากกิจกรรมการย่อยสลายเซลลูโลสของจุลินทรีย์กลุ่มย่อยสลายไนโตรเจน ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้ส่วนใหญ่เป็นแอมโมเนีย (กรมพัฒนาที่ดิน, 2545) สอดคล้องกับผลการศึกษาของ ศศิธร และคณะ (2557) พบว่า ในช่วงสัปดาห์ที่ 2-3 ของการหมักโดยใช้กากน้ำตาล pH จะสูงขึ้น เนื่องจากปฏิกิริยาการย่อยสลายโปรตีน ทำให้เกิด NH_3 และการใช้กากน้ำตาล ช่วยทำให้การย่อยสลายโปรตีนในเศษปลาเกิดได้มากกว่าน้ำตาลชนิดอื่นๆ

โดยค่า pH ในวันสุดท้ายของการหมัก คือ สูตรที่ 1 (ปลาเหลน) 4.39 สูตรที่ 2 (ปลาตาหวาน) 4.44 สูตรที่ 3 (ปลาทรายแดง) 4.53 ซึ่งใกล้เคียงกับค่าที่ได้จาก กรมพัฒนาที่ดิน (2545) อ้างอิงจาก กรมส่งเสริมการเกษตร (2544) และ กรมวิชาการเกษตร (2544) ที่ 4.35 อย่างไรก็ตาม ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพจากปลาทั้ง 3 ชนิดยังมีค่า pH เกินค่ามาตรฐานตามที่ กรมวิชาการเกษตร (2557) อ้างอิงจาก พระราชบัญญัติปุ๋ย พ.ศ. 2518 ซึ่งแก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติปุ๋ย (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 ที่กำหนดค่า pH ไว้ไม่เกิน 4.0

4.2.4 การเปลี่ยนแปลงค่าการนำไฟฟ้าในปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ

การเปลี่ยนแปลงค่าการนำไฟฟ้า (EC) ของปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพจากปลาทั้ง 3 ชนิด แสดงดังรูปที่ 21



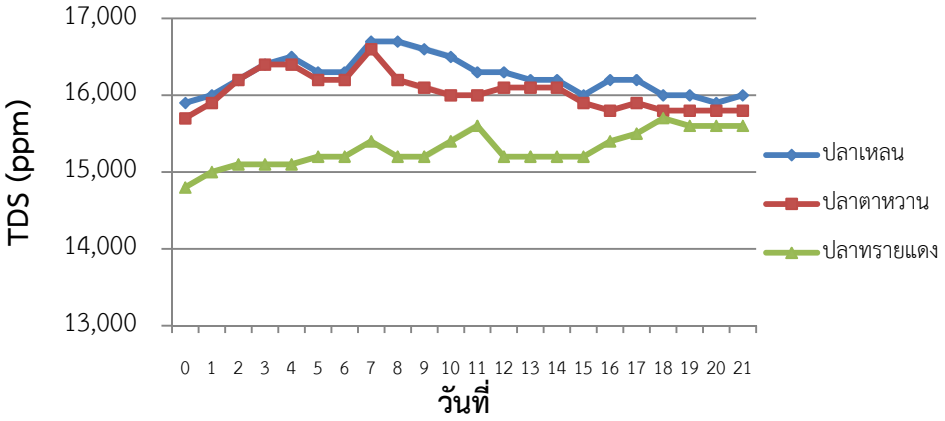
รูปที่ 21 การเปลี่ยนแปลงค่าการนำไฟฟ้าของปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพในสูตรต่างๆ

จากรูปที่ 21 แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของค่าการนำไฟฟ้า (EC) ในปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพจากปลาทั้ง 3 ชนิด ตลอดระยะเวลาทำการหมัก 21 วัน พบว่าการเปลี่ยนแปลงค่าการนำไฟฟ้ามีความแตกต่างกัน โดยในสูตรที่ 1 (ปลาเหลน) มีค่าการนำไฟฟ้าในวันเริ่มต้น 23.8 dS/m สิ้นสุดการหมัก 23.8 dS/m สูตรที่ 2 (ปลาตาหวาน) มีค่าการนำไฟฟ้าในวันเริ่มต้น 23.2 dS/m สิ้นสุดการหมัก 23.8 dS/m และสูตรที่ 3 (ปลาทรายแดง) มีค่าการนำไฟฟ้าในวันเริ่มต้น 21.9 dS/m สิ้นสุดการหมัก 23.4 dS/m โดยสูตรที่ 3 มีแนวโน้มของค่าการนำไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการหมัก ซึ่งแตกต่างจากสูตรที่ 1 และ 2 ที่มีแนวโน้มของค่าการนำไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นในช่วงแรกถึงกลางของการหมัก (วันที่ 0-14) และลดลงในช่วงท้ายของการหมัก โดย ศศิธร และคณะ (2557) กล่าวถึงการเพิ่มขึ้นของค่าการนำไฟฟ้า เกิดจากการย่อยสลายเศษปลา ร่วมกับผลของเกลือในเศษปลาที่ถูกชะออกมา และค่าการนำไฟฟ้าลดลงเนื่องจากกรดอ่อนหรือด่างอ่อนจากปฏิกิริยาการย่อยสลายของจุลินทรีย์มีการแตกตัวลดลง กรมพัฒนาที่ดิน (2545) กล่าวว่า ค่าการนำไฟฟ้าของวัสดุหมักประเภทปลา มีค่าสูงที่สุดเมื่อเทียบกับวัสดุหมักอื่นๆ และจะสูงขึ้นเมื่อหมักร่วมกับวัสดุหมักประเภทอื่น

ค่าการนำไฟฟ้าจากปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพจากปลาทั้ง 3 ชนิดนี้ มีค่าใกล้เคียงกับค่าการนำไฟฟ้าของปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพที่รายงานโดยณัฐมณ (2556) เท่ากับ 21.1-24.1 dS/m อย่างไรก็ตามค่าที่ได้จากการวิจัยข้างต้น มีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐานจากสำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน (2547) เพียงเล็กน้อย จากที่กำหนดไว้ไม่เกิน 20.0 dS/m ทั้งนี้เนื่องจากวัสดุหมักที่ใช้ในการทดลองแตกต่างกับวัสดุหมักจากค่าที่อ้างอิงข้างต้น

4.2.5 การเปลี่ยนแปลงค่าการละลายของแข็งทั้งหมดในปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ

การเปลี่ยนแปลงค่าการละลายของแข็งทั้งหมด (TDS) ของปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพจากปลาทั้ง 3 ชนิด แสดงดังรูปที่ 22



รูปที่ 22 การเปลี่ยนแปลงค่าการละลายของแข็งทั้งหมดของปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพในสูตรต่างๆ

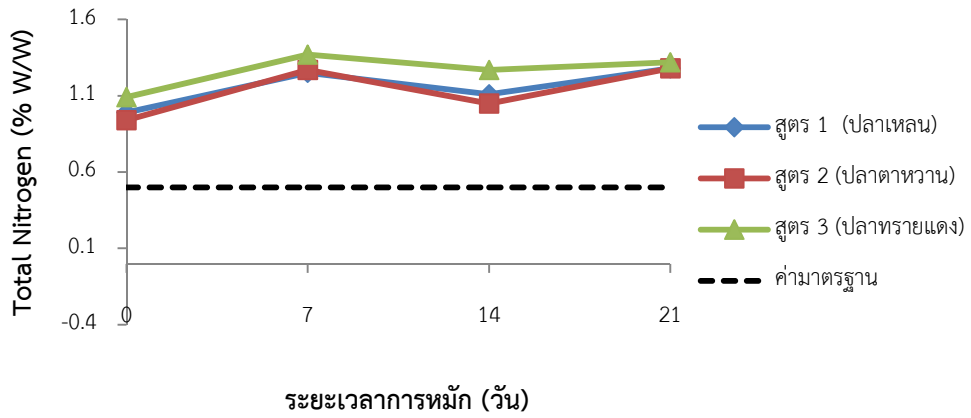
จากรูปที่ 22 แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของค่าการละลายของแข็งทั้งหมด (TDS) ในปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพจากปลาทั้ง 3 ชนิด ตลอดระยะเวลาการหมัก 21 วัน พบว่า การเปลี่ยนแปลงค่าการละลายของแข็งทั้งหมดสอดคล้องกับค่าการนำไฟฟ้าแสดงในรูปที่ 26 ซึ่งในสูตรที่ 1 (ปลาเหลน) มีค่าการละลายของแข็งทั้งหมดอยู่ระหว่าง 15,900-16,700 ppm สูตรที่ 2 (ปลาตาหวาน) มีค่าการละลายของแข็งทั้งหมดอยู่ระหว่าง 15,700-16,600 ppm สูตรที่ 3 (ปลาทรายแดง) มีค่าการละลายของแข็งทั้งหมดอยู่ระหว่าง 14,800-15,700 ppm

4.2.6 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Total Nitrogen) ในปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ

การเปลี่ยนแปลงปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ในปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพจากปลาทั้ง 3 ชนิด ทุก 7 วัน ตลอดระยะเวลาการหมัก 21 วัน แสดงดังตารางที่ 15 และรูปที่ 23 ดังนี้

ตารางที่ 15 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพสูตรต่างๆ ทุก 7 วัน

ระยะเวลาการหมัก (วัน)	ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Total Nitrogen) ในปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ (% W/W)		
	สูตร 1 (ปลาเหลน)	สูตร 2 (ปลาตาหวาน)	สูตร 3 (ปลาทรายแดง)
0	0.99	0.94	1.09
7	1.25	1.27	1.37
14	1.11	1.05	1.27
21	1.28	1.28	1.32
Range	0.99-1.28	0.94-1.28	1.09-1.37



รูปที่ 23 การเปลี่ยนแปลงปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเปรียบเทียบค่ามาตรฐาน

จากตารางที่ 15 แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของปริมาณไนโตรเจน จากการเก็บตัวอย่างส่งวิเคราะห์ในแต่ละช่วง ทุก 7 วัน พบว่า ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพจากปลาทั้ง 3 ชนิด มีปริมาณไนโตรเจนใกล้เคียงในทุกๆ ระยะ โดยสูตร 3 (ปลาทรายแดง) จะมีค่ามากกว่าอีก 2 สูตรเล็กน้อย ปริมาณไนโตรเจนเริ่มต้นเท่ากับ 0.99%, 0.94% และ 1.09% ตามลำดับ โดยทั่วไปแล้วปริมาณไนโตรเจนจะค่อยๆ เพิ่มขึ้น เนื่องจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ในกลุ่ม aerobic และ anaerobic ที่ผลิตกรดแลคติกและกรดอะซิติกเพื่อเป็นแหล่งพลังงานให้แก่จุลินทรีย์ที่มีส่วนในการตรึงไนโตรเจนในอากาศ (ณัฐมณ, 2556) และจุลินทรีย์ย่อยสลายไนโตรเจน ทำหน้าที่แปรสภาพอินทรีย์ไนโตรเจนเป็นอนินทรีย์ไนโตรเจน ประกอบด้วย แบคทีเรีย รา และแอคติโนไมซิส ส่วนใหญ่ผลิตภัณฑ์จะได้แอมโมเนียม (กรมพัฒนาที่ดิน, 2545) ซึ่งเกิดขึ้นในช่วงวันที่ 7 และ 21 ของการหมัก โดยช่วงวันที่ 14 ปริมาณไนโตรเจนที่วิเคราะห์ได้มีค่าลดลงเล็กน้อย

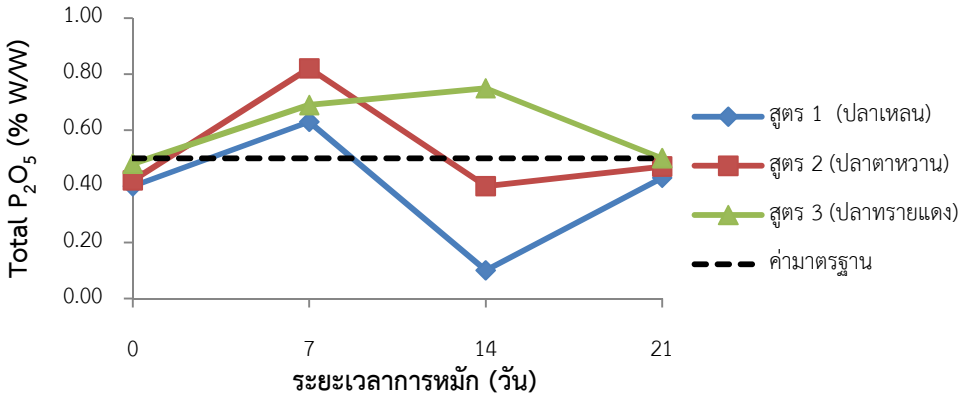
อย่างไรก็ดี ปริมาณไนโตรเจนในวันสุดท้ายของการหมัก (วันที่ 21) มีค่าใกล้เคียงกัน เท่ากับ 1.28%, 1.28% และ 1.32% ตามลำดับ ซึ่งมีค่ามากกว่าค่ามาตรฐานปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ กรมวิชาการเกษตร (2557) ที่มีค่าไม่น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.5% แสดงดังรูปที่ 23 และมีค่ามากกว่าปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพจากปลา กรมพัฒนาที่ดิน (2545) ที่มีค่าเท่ากับ 0.98% ทั้งนี้ปริมาณไนโตรเจนที่ได้จากการหมักขึ้นอยู่กับหลายปัจจัยในกระบวนการหมัก และชนิดของวัตถุดิบเช่นกัน

4.2.7 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total P_2O_5) ในปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ

การเปลี่ยนแปลงปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด ในปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพจากปลาทั้ง 3 ชนิด ทุก 7 วัน ตลอดระยะเวลาการหมัก 21 วัน แสดงดังตารางที่ 16 และรูปที่ 24 ดังนี้

ตารางที่ 16 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพสูตรต่างๆ ทุก 7 วัน

ระยะเวลาการหมัก (วัน)	ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total P_2O_5) ในปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ (% W/W)		
	สูตร 1 (ปลาเหลน)	สูตร 2 (ปลาตาหวาน)	สูตร 3 (ปลาทรายแดง)
0	0.40	0.42	0.48
7	0.63	0.82	0.69
14	0.10	0.40	0.75
21	0.43	0.47	0.50
Range	0.10-0.63	0.40-0.82	0.48-0.75



รูปที่ 24 การเปลี่ยนแปลงปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดเปรียบเทียบค่ามาตรฐาน

จากตารางที่ 16 แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของปริมาณฟอสฟอรัส จากการเก็บตัวอย่างส่งวิเคราะห์ในแต่ละช่วง ทุก 7 วัน พบว่า สูตร 1 และ 2 (ปลาเหลนและปลาตาหวาน) มีแนวโน้มของค่าที่ใกล้เคียงกัน คือ ในช่วงของวันที่ 14 ของการหมัก มีปริมาณฟอสฟอรัสที่ลดลง และเพิ่มขึ้นมาเล็กน้อยในช่วงวันที่ 21 โดยสูตร 3 (ปลาทรายแดง) มีปริมาณฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้นในช่วงวันที่ 14 และลดลงเล็กน้อยในช่วงวันที่ 21 ซึ่งค่าที่เพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการหมัก เกิดจากกิจกรรมของกลุ่มจุลินทรีย์ที่แปรสภาพฟอสฟอรัส จะผลิตกรดอินทรีย์ละลายฟอสฟอรัสออกมาให้อยู่ในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ จากองค์ประกอบของปลา โดยเฉพาะกระดูกและก้าง (กรมพัฒนาที่ดิน, 2545)

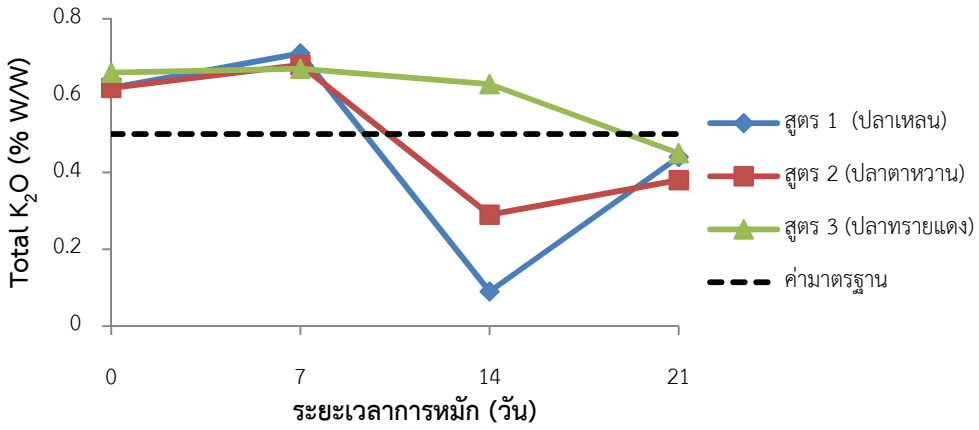
อย่างไรก็ดี ปริมาณฟอสฟอรัสในวันสุดท้ายของการหมัก (วันที่ 21) มีค่าใกล้เคียงกันเท่ากับ 0.43%, 0.47% และ 0.50% ตามลำดับ ซึ่งสูตรที่ 1 และ 2 (ปลาเหลนและปลาตาหวาน) มีค่าน้อยกว่าค่ามาตรฐาน และสูตร 3 (ปลาทรายแดง) มีค่าเท่ากับค่ามาตรฐานปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ กรมวิชาการเกษตร (2557) ที่มีค่าไม่น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.5% แสดงดังรูปที่ 24 และมีค่าน้อยกว่าปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพจากปลา กรมพัฒนาที่ดิน (2545) ที่มีค่าเท่ากับ 1.12%

4.2.8 ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด (Total K_2O) ในปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ

การเปลี่ยนแปลงปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด ในปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพจากปลาทั้ง 3 ชนิด ทุก 7 วัน ตลอดระยะเวลาการหมัก 21 วัน แสดงดังตารางที่ 17 และรูปที่ 25 ดังนี้

ตารางที่ 17 ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดในปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพสูตรต่างๆ ทุก 7 วัน

ระยะเวลาการหมัก (วัน)	ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด (Total K_2O) ในปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ (% W/W)		
	สูตร 1 (ปลาเหลน)	สูตร 2 (ปลาตาหวาน)	สูตร 3 (ปลาทรายแดง)
0	0.62	0.62	0.66
7	0.71	0.68	0.67
14	0.09	0.29	0.63
21	0.44	0.38	0.45
Range	0.09-0.71	0.29-0.68	0.45-0.67



รูปที่ 25 การเปลี่ยนแปลงปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดเปรียบเทียบค่ามาตรฐาน

จากตารางที่ 17 แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของปริมาณโพแทสเซียม จากการเก็บตัวอย่างส่งวิเคราะห์ในแต่ละช่วง ทุก 7 วัน พบว่า สูตร 1 และ 2 (ปลาเหลนและปลาตาหวาน) มีแนวโน้มการลดลงของค่าที่ใกล้เคียงกัน คือ ในช่วงของวันที่ 14 ของการหมัก ปริมาณโพแทสเซียมลดลงจากช่วงวันที่ 7 ค่อนข้างมาก คล้ายคลึงกับผลการวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัส และจะเพิ่มขึ้นในช่วงวันที่ 21 โดยสูตร 3 (ปลาทรายแดง) มีปริมาณโพแทสเซียมในช่วง 2 สัปดาห์แรกค่อนข้างคงที่และจะลดลงเล็กน้อยเมื่อเข้าสู่ช่วงวันที่ 21

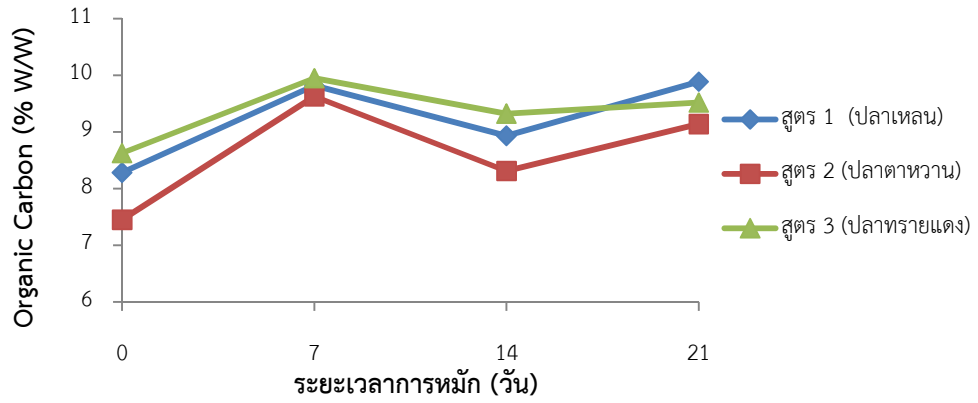
อย่างไรก็ดี ปริมาณโพแทสเซียมในวันสุดท้ายของการหมัก (วันที่ 21) มีค่าใกล้เคียงกันเท่ากับ 0.44%, 0.38% และ 0.45% ตามลำดับ โดยทั้ง 3 สูตร มีค่าน้อยกว่าค่ามาตรฐานปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ กรมวิชาการเกษตร (2557) ที่มีค่าไม่น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.5% แสดงดังรูปที่ 25 และมีค่าน้อยกว่าปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพจากปลา กรมพัฒนาที่ดิน (2545) ที่มีค่าเท่ากับ 1.03%

4.2.9 ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน (Organic Carbon) ในปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ

การเปลี่ยนแปลงปริมาณอินทรีย์คาร์บอน ในปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพจากปลาทั้ง 3 ชนิด ทุก 7 วัน ตลอดระยะเวลาการหมัก 21 วัน แสดงดังตารางที่ 18 และรูปที่ 26 ดังนี้

ตารางที่ 18 ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพสูตรต่างๆ ทุก 7 วัน

ระยะเวลาการหมัก (วัน)	ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน (Organic Carbon) ในปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ (% W/W)		
	สูตร 1 (ปลาเหลน)	สูตร 2 (ปลาตาหวาน)	สูตร 3 (ปลาทรายแดง)
0	8.28	7.45	8.63
7	9.82	9.63	9.95
14	8.93	8.31	9.32
21	9.89	9.14	9.52
Range	8.28-9.89	7.45-9.63	8.63-9.95



รูปที่ 26 การเปลี่ยนแปลงปริมาณอินทรีย์คาร์บอน

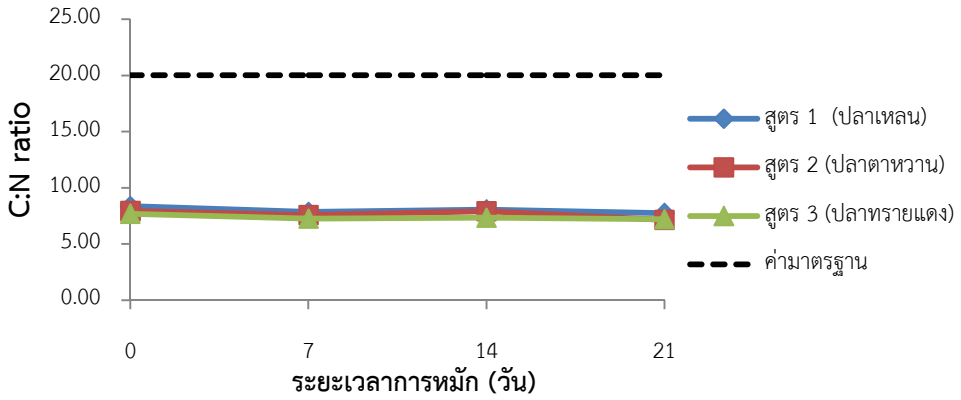
จากตารางที่ 18 แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของปริมาณอินทรีย์คาร์บอน จากการเก็บตัวอย่างส่งวิเคราะห์ในแต่ละช่วง ทุก 7 วัน พบว่า ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพจากปลาทั้ง 3 สูตร มีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในวันเริ่มต้นเท่ากับ 8.28%, 7.45% และ 8.63% ตามลำดับ ซึ่งในระหว่างการหมัก ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนเพิ่มขึ้นในวันที่ 7 ของการหมัก เนื่องจากการเติมเศษสับปะรดที่มีองค์ประกอบของน้ำตาลซูโครส กลูโคส และฟรักโตส (จินดา, 2547) และจุลินทรีย์เปลี่ยนคาร์บอนให้อยู่ในรูปของสารละลาย ซึ่งในทางกลับกันปริมาณอินทรีย์คาร์บอนลดลงในวันที่ 14 ของการหมัก เนื่องจากจากกิจกรรมการใช้คาร์บอนเป็นแหล่งพลังงานของจุลินทรีย์และเปลี่ยนรูปเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และการเปลี่ยนอินทรีย์สารเป็นอนินทรีย์สารในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ (ธันวดี , 2543) และเมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมักปริมาณอินทรีย์คาร์บอนมีค่าใกล้เคียงกัน เท่ากับ 9.89%, 9.14% และ 9.52% ตามลำดับ โดยค่าที่ได้จะนำไปวิเคราะห์อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C:N ratio) ต่อไป

4.2.10 อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C:N ratio) ในปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ

การเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน ในปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพจากปลาทั้ง 3 ชนิด ทุก 7 วัน ตลอดระยะเวลาการหมัก 21 วัน แสดงดังตารางที่ 19 และรูปที่ 27 ดังนี้

ตารางที่ 19 อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนในปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพสูตรต่างๆ ทุก 7 วัน

ระยะเวลาการหมัก (วัน)	อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C:N ratio) ในปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ		
	สูตร 1 (ปลาเหลน)	สูตร 2 (ปลาตาหวาน)	สูตร 3 (ปลาทรายแดง)
0	8.36	7.93	7.67
7	7.86	7.58	7.26
14	8.05	7.91	7.34
21	7.73	7.14	7.21
Range	7.73-8.36	7.14-7.93	7.21-7.67



รูปที่ 27 การเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนเปรียบเทียบค่ามาตรฐาน

จากตารางที่ 19 แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน โดยการวิเคราะห์จากปริมาณไนโตรเจนและปริมาณอินทรีย์คาร์บอน ในแต่ละช่วง ทุก 7 วัน พบว่า อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพจากปลาทั้ง 3 ชนิด ในวันสิ้นสุดกระบวนการหมัก มีค่าใกล้เคียงกัน เท่ากับ 7.73, 7.14และ 7.21 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของ กรมวิชาการเกษตร (2557) ที่ไม่เกิน 20:1 ซึ่งใกล้เคียงกับผลการศึกษาของ ณัฐมณ (2556) ในสูตรการหมักเดียวกันที่ 9.31

4.2.11 เปรียบเทียบค่าต่างๆ จากปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพกับสารละลายปุ๋ย และค่ามาตรฐาน

ตารางที่ 20 การเปรียบเทียบค่าต่างๆ จากปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพกับสารละลายปุ๋ย A และ B และค่ามาตรฐาน

รายการวิเคราะห์	หน่วย	ค่ามาตรฐาน	ปลาเหลน	ปลาตาหวาน	ปลาทรายแดง	A+B[(a)]
ไนโตรเจนทั้งหมด (Total Nitrogen)	% w/w	ไม่น้อยกว่า 0.5	1.28*	1.28*	1.32*	2.23**
ฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total P_2O_5)	% w/w	ไม่น้อยกว่า 0.5	0.43*	0.47*	0.50*	1.23**
โพแทสเซียมทั้งหมด (Total K_2O)	% w/w	ไม่น้อยกว่า 0.5	0.44*	0.38*	0.45*	3.55**
อินทรีย์คาร์บอน (Organic Carbon)	% w/w	-	9.89*	9.14*	9.52*	N/A
อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C:N ratio)	-	ไม่เกิน 20:1	7.73	7.14	7.21	N/A

หมายเหตุ (N/A) หมายถึง ไม่มีการตรวจวิเคราะห์

(*) หมายถึง วิเคราะห์โดยหน่วยเครื่องมือกลาง คณะวิทยาศาสตร์ ม.สงขลานครินทร์ (วิธีทดสอบ *In house method based on AOAC, 20th ed., 2016* และ*OMAF, 1987.*)

(**) หมายถึง วิเคราะห์โดยห้างหุ้นส่วนจำกัด ฟุกเทียน อินโนเวชั่น แลบ (วิธีทดสอบ *In house method based on AOAC, 20th ed., 2016* และ*OMAF, 1987.*)

(a) หมายถึง สารละลายปุ๋ย Hydro.A และ Hydro.B ของบริษัท ฟุกเทียนกรุ๊ปจำกัด

จากตารางที่ 20 นำค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ธาตุอาหารหลักของปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพจากปลาทั้ง 3 ชนิด มาเปรียบเทียบกับผลการวิเคราะห์ค่าธาตุอาหารหลักของสารละลายปุ๋ย A และ B พบว่า ค่าธาตุอาหารหลักจากสารละลายปุ๋ย A และ B มีมากกว่าปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพประมาณ 1-8 เท่า โดยปริมาณธาตุไนโตรเจนทั้งหมดจากปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ 3 ชนิด มีค่าเท่ากับ 1.28, 1.28 และ 1.32% w/w ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าสารละลายปุ๋ย A และ B ที่ 2.23% w/w ปริมาณธาตุฟอสฟอรัสทั้งหมด มีค่าเท่ากับ 0.43, 0.47 และ 0.50% w/w ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าสารละลายปุ๋ย A และ B ที่ 1.23% w/w และปริมาณธาตุโพแทสเซียมทั้งหมด มีค่าเท่ากับ 0.44, 0.38 และ 0.45% w/w ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าสารละลายปุ๋ย A และ B ที่ 3.55% w/w ซึ่งความแตกต่างของปริมาณธาตุอาหาร อาจส่งผลต่อการเจริญเติบโตของผักกรีนโอ๊คในการทดสอบขั้นต่อไป

อย่างไรก็ดี ผลการวิเคราะห์ค่าธาตุอาหารหลักของปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพจากปลาทั้ง 3 ชนิดในวันสิ้นสุดกระบวนการหมัก (วันที่ 21) เปรียบเทียบเฉพาะกลุ่มปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ พบว่า ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพที่ได้จากปลาทรายแดง มีค่าธาตุอาหารหลักสูงกว่าปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพอีกสองชนิดเพียงเล็กน้อย โดยผลการวิเคราะห์ไนโตรเจนทั้งหมด ของปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพจากปลาทั้ง 3 ชนิด พบว่า มีค่า

สูงกว่าค่ามาตรฐานทุกสูตร ผลการวิเคราะห์ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมทั้งหมด พบว่า มีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐานเพียงเล็กน้อยทุกสูตร และอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนมีค่าใกล้เคียงกัน และอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานทุกสูตรแต่เมื่อพิจารณาจากหลักเกณฑ์ของค่ามาตรฐาน กล่าวว่า มีปริมาณธาตุอาหารหลักรวมกันไม่น้อยกว่า 1.5% ซึ่งปริมาณธาตุอาหารหลักของทั้ง 3 สูตร เท่ากับ 2.15%, 2.13% และ 2.27% ตามลำดับ จึงถือว่าโดยรวมผ่านเกณฑ์มาตรฐาน โดยอ้างอิงค่ามาตรฐานปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพจาก กรมวิชาการเกษตร (2557) และจากผลการวิเคราะห์ดังกล่าว สามารถตั้งสมมุติฐานได้ว่า การใช้ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพสูตร 3 (ปลาทรายแดง) ในระบบไฮโดรโปนิกส์ จะทำให้การเจริญเติบโตของผักกรีนโอ๊คดีที่สุด เนื่องจากมีปริมาณธาตุอาหารหลักที่มากกว่าสูตร 1 และ 2 อีกทั้งเมื่อเปรียบเทียบในเชิงปริมาณและราคาต่อหน่วยระหว่างปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพและสารละลายปุ๋ย A และ B ในปริมาณเท่ากัน พบว่า ปริมาณสารละลายปุ๋ย A และ B 1 ลิตร มีราคาต่อขวด 80 บาท ส่วนปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพตามชุมชนมีราคาต่อขวด 1 ลิตร ที่ 20 บาทเท่านั้น ซึ่งการปลูกผักสลัดแบบไฮโดรโปนิกส์ ปริมาณสารละลายปุ๋ย A และ B จะใช้มากกว่าปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพอีกด้วย ค่าใช้จ่ายในการผลิตปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพจากเศษปลาต่อ 1 ถัง แสดงดังตารางที่ 21

ตารางที่ 21 ค่าใช้จ่ายในการผลิตปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพต่อ 1 ถัง

รายการ	หน่วย	ราคาต่อหน่วย (บาท)	จำนวน	รายจ่าย (บาท)	หมายเหตุ
1. ถังหมักและระบบถังหมัก	ถัง	350	1	350	
2. เศษปลา	กก.	3	15	45	ในงานวิจัยไม่มีค่าใช้จ่าย
3. กากน้ำตาล	กก.	11	5	55	
4. เศษสับปะรด	กก.	-	5	-	เศษเหลือตามร้านผลไม้
5. พด.2	ซอง	-	1	-	กรมพัฒนาที่ดิน
รวม				450	ผลิตได้ 40-50 ลิตร

จากตารางที่ 21 แสดงค่าใช้จ่ายในการผลิตปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพต่อ 1 ถัง ประมาณ 450 บาท ซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายเริ่มแรก เนื่องจากมีค่าใช้จ่ายส่วนของถังหมักและระบบถังหมัก โดยการผลิตครั้งต่อไปจะมีค่าใช้จ่ายประมาณ 100 บาท เท่านั้น และยังสามารถผลิตปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพได้ถึง 40-50 ลิตร เมื่อเปรียบเทียบในเชิงปริมาณและราคา ซึ่ง 1 ลิตร สามารถนำไปปลูกผักได้ปริมาณที่มากกว่า ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพจึงมีความคุ้มค่ามากกว่าสารละลายปุ๋ย A และ B ในเชิงปริมาณ

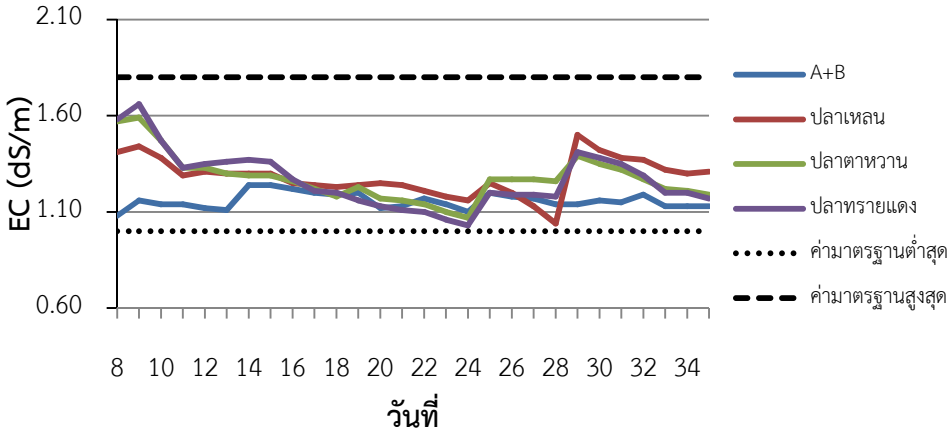
4.3 การควบคุมปัจจัยต่างๆ ในการทดสอบประสิทธิภาพปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพต่อการเจริญเติบโตของผักกรีนโอ๊ค ในระบบไฮโดรโปนิกส์

การทดสอบประสิทธิภาพปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพจากปลาทั้ง 3 ชนิด ต่อการเจริญเติบโตของผักกรีนโอ๊ค ในระบบไฮโดรโปนิกส์ จะเลือกใช้ตัวแปรควบคุมเป็นปุ๋ย Hydro A และ Hydro B ของบริษัท ฟุกเทียนกรุ๊ป จำกัด ซึ่งเป็นปุ๋ยที่นิยมใช้ตามท้องตลาด เป็นตัวเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของผักกรีนโอ๊ค โดยเลือกระบบการปลูกที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพมากที่สุดในงานวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ ระบบ Dynamic Root Floating Technique (DRFT) ในช่วง 8-28 วันของอายุผักและระบบ Flood and Drain (FAD) ในช่วง 29-35 ของอายุผัก (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2558) โดยจะนำจุดเด่นของทั้ง 2 ระบบมาใช้ คือ ระบบ DRFT สามารถปรับเพิ่ม-ลดระดับของสารละลาย พืชสามารถเจริญเติบโตได้ในสารละลายที่อุณหภูมิสูง และไม่เกิดปัญหาเมื่อไฟดับ และระบบ FAD ช่วยเพิ่มพื้นที่แลกเปลี่ยนแก๊สบริเวณรากพืชให้มากขึ้น และลดอุณหภูมิสะสมภายในระบบ ทั้งนี้เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดในการปลูก และลดปัจจัยที่ก่อให้เกิดความผิดพลาดต่างๆ เช่น ปัญหาอุณหภูมิภายนอกสูงในช่วงทำวิจัยและปัญหาไฟดับ เป็นต้น (ดิเรก, 2547) โดยจะทำการทดสอบประสิทธิภาพ 2 ครั้ง ในระยะเวลาใกล้กัน เพื่อลดความแตกต่างของสภาพอากาศระหว่างการปลูก

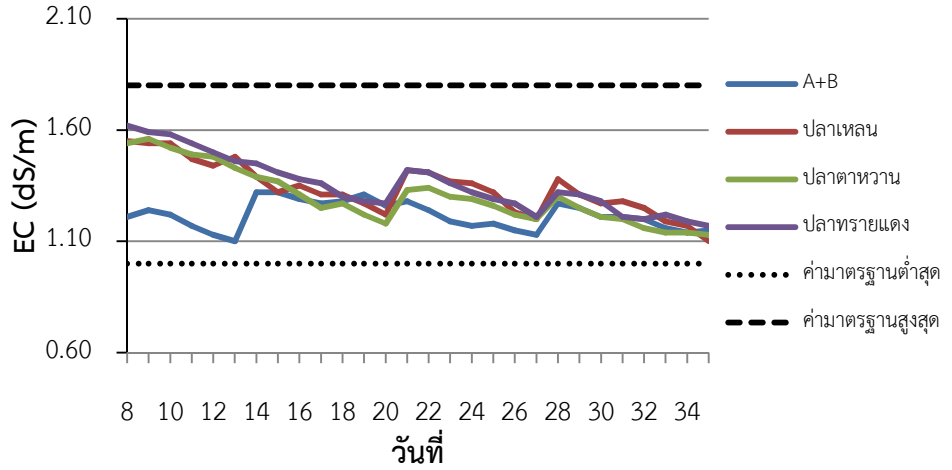
นอกเหนือจากประสิทธิภาพของระบบการปลูก การควบคุมปัจจัยต่างๆ ในการปลูกเพื่อให้ผักกรีนโอ๊คเจริญเติบโตได้ดีเป็นสิ่งสำคัญเช่นกัน โดยการวิจัยนี้ได้สร้างโรงเรือนระบบปิดที่แสงส่องตลอดทั้งวัน และควบคุมปัจจัยในการทดสอบ ดังนี้

4.3.1 การควบคุมค่าการนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity)

การควบคุมค่าการนำไฟฟ้าในชุดทดสอบปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพจากปลาทั้ง 3 ชนิด และสารละลายปุ๋ย A และ B ตลอดระยะเวลาการปลูก ตั้งแต่วันที่ 8-35 ของอายุผักกรีนโอ๊ค แสดงดังรูปที่ 28 และ 29 ดังนี้



รูปที่ 28 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงค่าการนำไฟฟ้า (ทดสอบครั้งที่ 1)

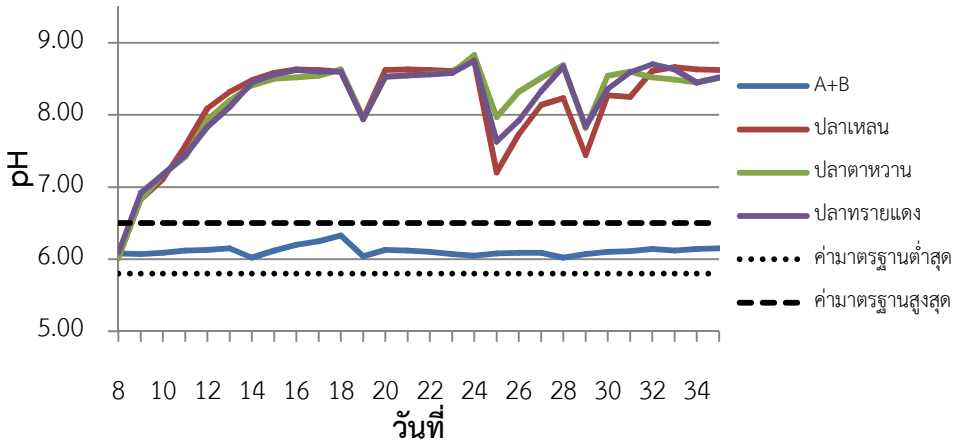


รูปที่ 29 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงค่าการนำไฟฟ้า (ทดสอบครั้งที่ 2)

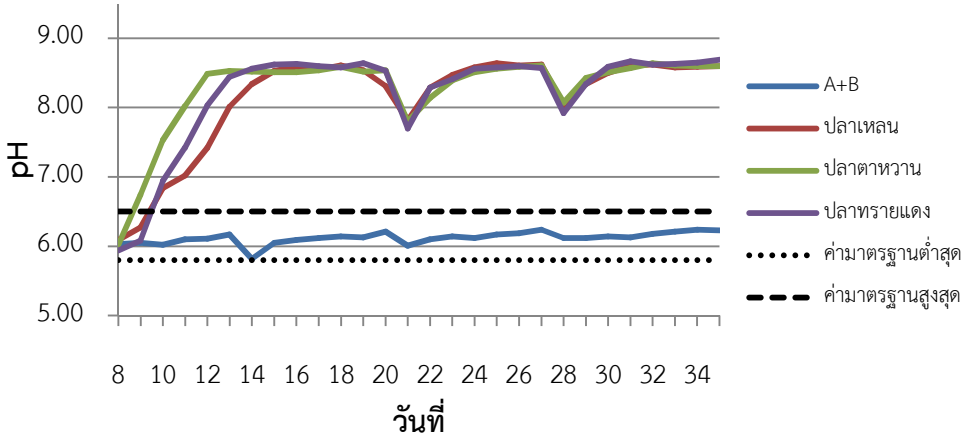
จากรูปที่ 28 และ 29 แสดงให้เห็นถึงการควบคุมค่าการนำไฟฟ้า (EC) จากการทดสอบครั้งที่ 1 และ 2 ให้อยู่ในช่วง 1.0-1.8 dS/m ซึ่งเป็นช่วงที่ผักสามารถนำธาตุอาหารไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2558) โดยตลอดระยะเวลาการปลูก ชุดทดสอบทั้ง 4 ชุด มีค่าการนำไฟฟ้าอยู่ในเกณฑ์ที่ควบคุม และค่าการนำไฟฟ้าจะลดลงอย่างต่อเนื่องเมื่อดำเนินการทดสอบไปได้ระยะหนึ่ง จึงต้องตรวจวัดค่าการนำไฟฟ้าและเติมสารละลายปุ๋ยอย่างสม่ำเสมอ ทั้งนี้อุณหภูมิของสารละลายปุ๋ย มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าการนำไฟฟ้า (อาณัฐ, 2552) เพราะฉะนั้นการตรวจวัดค่าการนำไฟฟ้าในแต่ละวัน จึงเป็นช่วงเวลาที่ใกล้เคียงกัน ข้อมูลเพิ่มเติมภาคผนวก ก (ตารางที่ ก-7 – ก-10 และ ตารางที่ ก-12 – ก-15) จากการศึกษาของ ทัตพล และคณะ (2559) มีค่าการนำไฟฟ้าระหว่างทดสอบปลูกผักกาดหอมคอสอยู่ที่ 1.7-2.2 dS/m และสอดคล้องกับผลการศึกษาของคงเอก และคณะ (2558) ทดสอบการเจริญเติบโตของผักกรีนโอ๊คต่อวิธีการปลูกที่แตกต่างกัน ซึ่งควบคุมค่าการนำไฟฟ้าที่ 1.0 dS/m

4.3.2 การควบคุมค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)

การควบคุมค่าความเป็นกรด-ด่างในชุดทดสอบปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพจากปลาทั้ง 3 ชนิด และสารละลายปุ๋ย A และ B ตลอดระยะเวลาการปลูก ตั้งแต่วันที่ 8-35 ของอายุผักกรีนโอ๊ค แสดงดังรูปที่ 30 และ 31 ดังนี้



รูปที่ 30 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่าง (ทดสอบครั้งที่ 1)



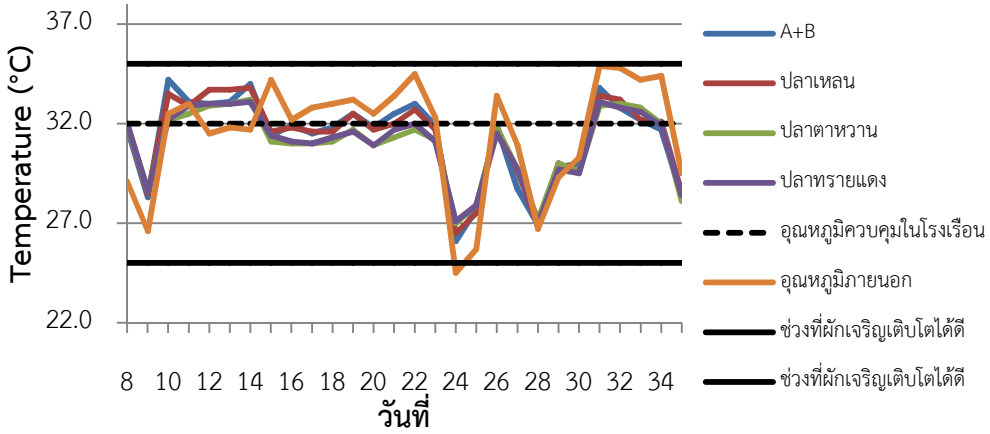
รูปที่ 31 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่าง (ทดสอบครั้งที่ 2)

จากรูปที่ 30 และ 31 แสดงให้เห็นถึงการควบคุมค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) จากการทดสอบครั้งที่ 1 และ 2 ให้อยู่ในช่วง 5.8-6.5 ซึ่งเป็นช่วงที่พืชสามารถดูดซึมสารละลายธาตุอาหารไปใช้ได้ดีที่สุด (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2558) การควบคุมค่าความเป็นกรด-ด่างในการทดสอบนี้ จะใช้สารละลาย KOH 1 M w/v, HNO_3 7% v/vและ H_3PO_4 8.5% v/v เป็นตัวปรับค่าความเป็นกรด-ด่างของสารละลายปุ๋ยขึ้นและลง โดยตลอดระยะเวลาการปลูก ชุดทดสอบที่ 1 (สารละลายปุ๋ย A และ B) สามารถควบคุมค่าความเป็นกรด-ด่างให้อยู่ในเกณฑ์ได้ และชุดทดสอบที่ 2

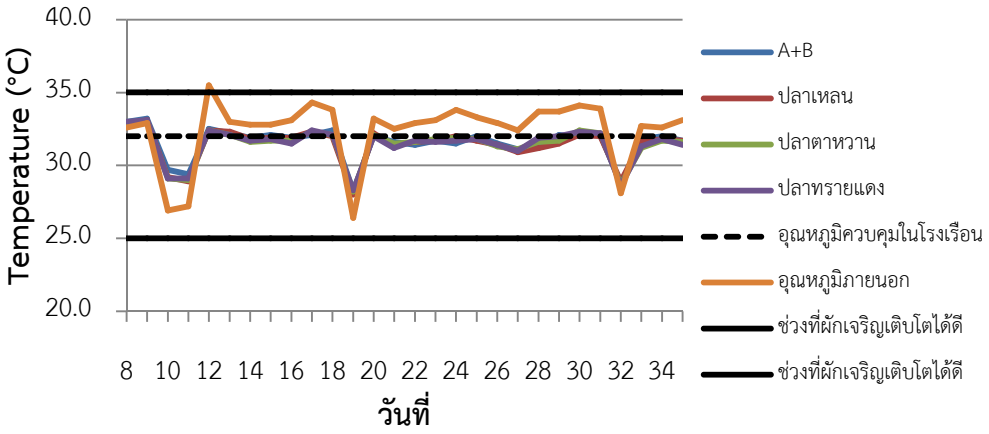
3 และ 4 จะมีค่าความเป็นกรด-ด่างเริ่มต้น (0-2 วันแรก) อยู่ในเกณฑ์ เนื่องจากสารละลายปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพมีความเป็นกรดสูง และเมื่อดำเนินการทดสอบไปได้ระยะหนึ่งค่าความเป็นกรด-ด่างจะสูงขึ้นเรื่อยๆ และคงที่ที่ 8.50-8.90 ซึ่งไม่สามารถควบคุมด้วยสารละลาย H_3PO_4 8.5% v/v และ HNO_3 7% v/v ได้ เนื่องจากปฏิกิริยาของจุลินทรีย์ได้ผลิตภัณฑ์เป็นแอมโมเนียและไฮดรอกไซด์ไอออน สอดคล้องกับผลการศึกษาของ ทัตพล และคณะ (2559) ทดสอบการปลูกผักกาดหอมคอสโดยใช้สารละลายปุ๋ยที่มีความเข้มข้นของไนโตรเจนสูง โดยมีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ที่ 6.03-8.27 ทั้งนี้ ค่าความเป็นกรด-ด่างสูงเป็นเวลานานอาจส่งผลให้การดูดธาตุอาหารของพืชหยุดชะงัก และทำให้การเจริญเติบโตช้าหรือตายได้ (อาณัฐ, 2552) ข้อมูลเพิ่มเติมภาคผนวก ก (ตารางที่ ก-7 – ก-10 และตารางที่ ก-12 – ก-15)

4.3.3 การควบคุมอุณหภูมิสารละลายปุ๋ยและอุณหภูมิภายในโรงเรือน (Temperature)

การควบคุมอุณหภูมิสารละลายปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพจากปลาทั้ง 3 ชนิด สารละลายปุ๋ย A และ B และอุณหภูมิภายในโรงเรือน ตลอดระยะเวลาการปลูก ตั้งแต่วันที่ 8-35 ของอายุผักกรีนโอ๊ค แสดงดังรูปที่ 32 และ 33 ดังนี้



รูปที่ 32 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสารละลายปุ๋ยและโรงเรือน (ทดสอบครั้งที่ 1)

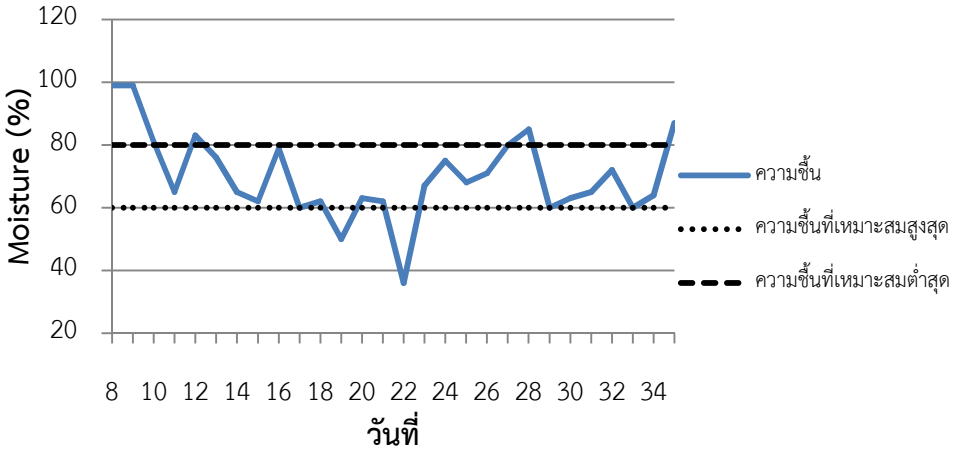


รูปที่ 33 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสารละลายปุ๋ยและโรงเรือน (ทดสอบครั้งที่ 2)

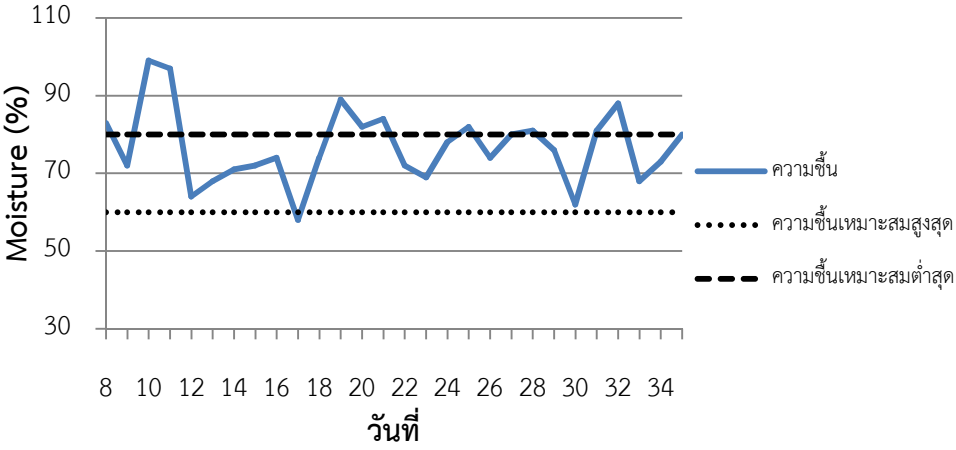
จากรูปที่ 32 และ 33 แสดงให้เห็นถึงการควบคุมอุณหภูมิสารละลายปุ๋ยและอุณหภูมิภายในโรงเรือน จากการทดสอบครั้งที่ 1 และ 2 ควบคุมให้สารละลายปุ๋ยมีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 25-35°C ซึ่งมีความเหมาะสมต่อสภาพอากาศในช่วงของการทดสอบ โดยอุณหภูมิที่สูงเกินไป (มากกว่า 30°C) อาจทำให้การละลายออกซิเจนในสารละลายธาตุอาหารลดลง ส่งผลให้อัตราการหายใจของพืชลดลงและคายน้ำมากขึ้น (ปริศนา, 2557) และควบคุมอุณหภูมิภายในโรงเรือนไม่ให้เกิน 32°C ในช่วงระยะเวลาทำการทดสอบอุณหภูมิภายในโรงเรือนค่อนข้างสูง ส่งผลให้เกิดความร้อนสะสมภายในสารละลายปุ๋ยและระบบรางปลูก มีอัตราการคายน้ำของพืชที่สูงขึ้น จึงควบคุมโดยการติดตั้งระบบพ่นหมอกอัตโนมัติ ซึ่งช่วยในการลดอุณหภูมิภายในโรงเรือนตลอดระยะเวลาการปลูกและควบคุมไม่ให้เกิน 32°C โดยตลอดระยะเวลาในการปลูก ชุดทดสอบทั้ง 4 ชุด มีอุณหภูมิของสารละลายค่อนข้างอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด ซึ่งอาจมีปัจจัยภายนอกที่อาจทำให้อุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไปจากปกติ เช่น วันที่อากาศร้อนจัด และวันที่ฝนตก จากรูปที่ 32 ในวันที่ 8, 9, 24, 28และ 35 และรูปที่ 33 ในวันที่ 10, 11, 19และ 32 เป็นวันที่ฝนตก ทำให้อุณหภูมิสารละลายลดลงแปรผันตามอุณหภูมิภายนอกที่ลดลง ข้อมูลเพิ่มเติมภาคผนวก ก (ตารางที่ ก-7 – ก-10 และ ตารางที่ ก-12 – ก-15)

4.3.4 การควบคุมค่าความชื้นภายในโรงเรือน (Moisture)

การควบคุมค่าความชื้นภายในโรงเรือน ตลอดระยะเวลาการปลูก ตั้งแต่วันที่ 8-35 ของอายุผักกรีนโอ๊ค แสดงดังรูปที่ 34 และ 35 ดังนี้



รูปที่ 34 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงค่าความชื้นภายในโรงเรือน (ทดสอบครั้งที่ 1)



รูปที่ 35 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงค่าความชื้นภายในโรงเรือน (ทดสอบครั้งที่ 2)

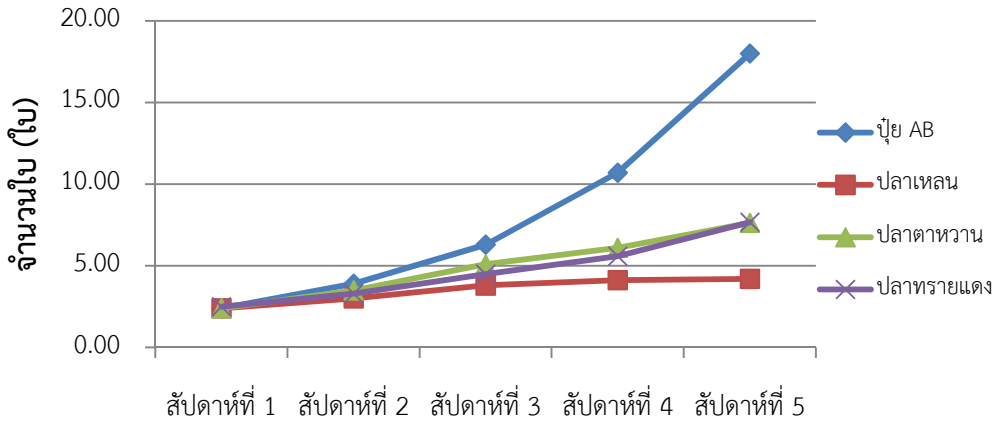
จากรูปที่ 34 และ 35 แสดงให้เห็นถึงการควบคุมค่าความชื้นภายในโรงเรือน จากการทดสอบครั้งที่ 1 และ 2 ควบคุมค่าความชื้นให้อยู่ที่ 60-80% ซึ่งเป็นความชื้นในระดับที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช ลดอัตราการคายน้ำและการเกิดโรคของพืชได้ (ธนากร และ อติกร, 2557) โดยวิธีการเพิ่มความชื้นในช่วงที่อุณหภูมิสูงของวัน อาศัยการระเหยของน้ำในระบบพ่นหมอกที่ใช้ลดอุณหภูมิภายในโรงเรือน โดยตลอดระยะเวลาในการปลูก ค่าความชื้นภายในโรงเรือนค่อนข้างอยู่ในระดับที่กำหนด ซึ่งอาจมีปัจจัยภายนอกที่อาจทำให้ค่าความชื้นเปลี่ยนแปลงไปจากปกติ เช่น วันที่อากาศร้อนจัด และวันที่ฝนตก ข้อมูลเพิ่มเติมภาคผนวก ก (ตารางที่ ก-7 – ก-10 และ ตารางที่ ก-12 – ก-15)

4.4 ผลการศึกษาประสิทธิภาพปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ ต่อการเจริญเติบโตของผักกรีนโอ๊คในระบบไฮโดรโปนิกส์

4.4.1 จำนวนใบของผักกรีนโอ๊ค

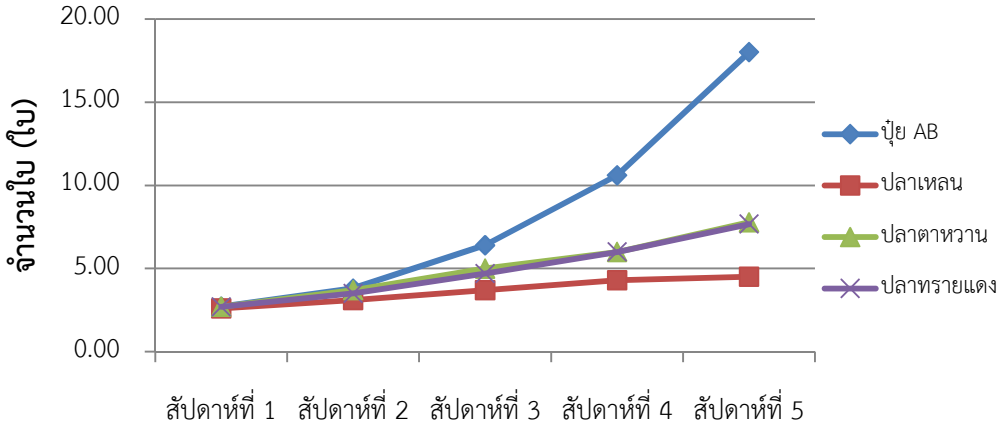
ผักกรีนโอ๊คอายุ 35 วัน ที่ปลูกโดยสารละลายปุ๋ย A และ B และปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพในสูตรต่างๆ ในการทดสอบครั้งที่ 1 และ 2 มีจำนวนใบที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ในการทดสอบครั้งที่ 1 สามารถแบ่งได้เป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มแรก ผักกรีนโอ๊คที่ปลูกโดยใช้สารละลายปุ๋ย A และ B มีจำนวนใบเฉลี่ยต่อต้นสูงสุด ในวันสุดท้ายของการปลูกที่ 18.00±0.82 ใบ กลุ่มที่สอง ผักกรีนโอ๊คที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพปลาตาหวานและปลาทรายแดง มีจำนวนใบเฉลี่ยต่อต้นรองลงมา ในวันสุดท้ายของการปลูกที่ 7.63±2.07 และ 7.67±1.58 ใบ ตามลำดับ และกลุ่มที่สาม ผักกรีนโอ๊คที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพปลาเหลน มีจำนวนใบเฉลี่ยต่อต้นต่ำสุด ในวันสุดท้ายของการปลูกที่ 4.20±0.45 ใบ แสดงดังรูปที่ 36



รูปที่ 36 จำนวนใบเฉลี่ยของผักกรีนโอ๊ค (ทดสอบครั้งที่ 1)

ในการทดสอบครั้งที่ 2 สามารถแบ่งได้เป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มแรก ผักกรีนโอ๊คที่ปลูกโดยใช้สารละลายปุ๋ย A และ B มีจำนวนใบเฉลี่ยต่อต้นสูงสุด ในวันสุดท้ายของการปลูกที่ 18.00±0.67 ใบ กลุ่มที่สอง ผักกรีนโอ๊คที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพปลาตาหวานและปลาทรายแดง มีจำนวนใบเฉลี่ยต่อต้นรองลงมา ในวันสุดท้ายของการปลูกที่ 7.78±1.79 และ 7.67±1.73 ใบ ตามลำดับ และกลุ่มที่สาม ผักกรีนโอ๊คที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพปลาเหลน มีจำนวนใบเฉลี่ยต่อต้นต่ำสุด ในวันสุดท้ายของการปลูกที่ 4.50±0.58 ใบ แสดงดังรูปที่ 37



รูปที่ 37 จำนวนใบเฉลี่ยของผักกรีนโอ๊ค (ทดสอบครั้งที่ 2)

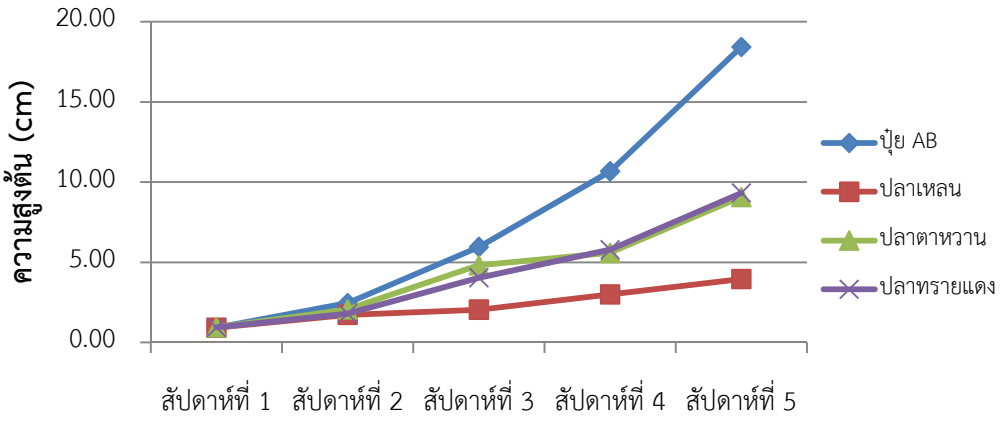
จากการทดสอบประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของจำนวนใบทั้ง 2 ครั้ง พบว่า ผักกรีนโอ๊คจากปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพปลาตาหวานและปลาทรายแดง มีจำนวนใบเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งมากกว่าผักกรีนโอ๊คจากปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพปลาเหลน และมีจำนวนใบน้อยกว่าผักกรีนโอ๊คจากสารละลายปุ๋ย A และ B ทั้ง 3 สูตร เนื่องจากความแตกต่างกันของปริมาณธาตุอาหารหลักและปฏิกิริยาการสลายไปของธาตุไนโตรเจนที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ในระบบ สอดคล้องกับงานวิจัยของฐนียา และ กุลยา (2559) พบว่า ค่า pH ที่ค่อนข้างสูง (pH>8) จะกระตุ้นการสลายไปของไนโตรเจนในรูปก๊าซไนโตรเจน ทำให้ใบมีลักษณะซีดจางและมีจำนวนใบที่น้อย โดยผลการศึกษาของ คงเอก และคณะ (2558) ผักกาดหอมกรีนโอ๊คจากสารละลายธาตุอาหารสูตรพระนคร 1 มีจำนวนใบเฉลี่ยเท่ากับ 22 ใบ ใกล้เคียงกับผลการศึกษาข้างต้น ซึ่งธาตุไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบหลักในการเจริญเติบโตของใบ ยอด และลำต้น (กรมวิชาการเกษตร, 2547)

4.4.2 ความสูงของต้นผักกรีนโอ๊ค

ผักกรีนโอ๊คอายุ 35 วัน ที่ปลูกโดยสารละลายปุ๋ย A และ B และปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพในสูตรต่างๆ ในการทดสอบครั้งที่ 1 และ 2 มีความสูงต้นที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

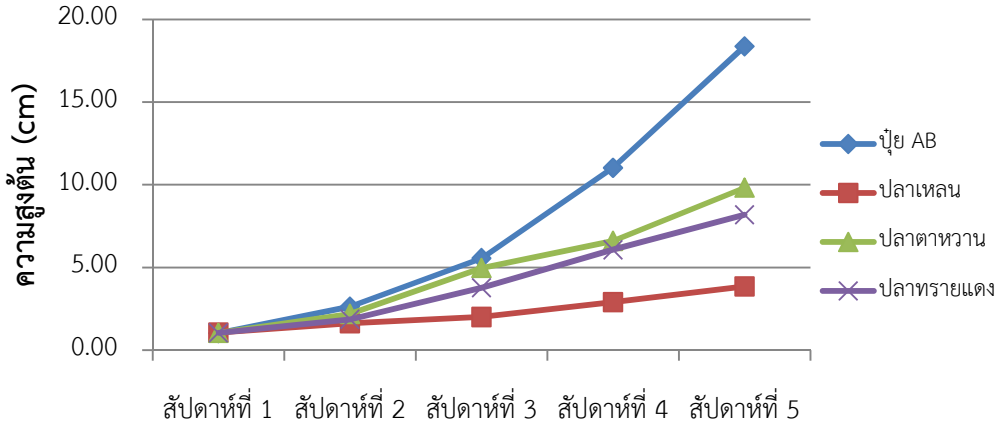
ในการทดสอบครั้งที่ 1 สามารถแบ่งได้เป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มแรก ผักกรีนโอ๊คที่ปลูกโดยใช้สารละลายปุ๋ย A และ B มีความสูงเฉลี่ยต่อต้นสูงสุด ในวันสุดท้ายของการปลูกที่ 18.41±0.59 เซนติเมตร กลุ่มที่สอง ผักกรีนโอ๊คที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพปลาตาหวานและปลาทรายแดง มีความสูงเฉลี่ยต่อต้นรองลงมา ในวันสุดท้ายของการปลูกที่ 9.06±3.34 และ 9.31±2.56

เซนติเมตร ตามลำดับ และกลุ่มที่สาม ผักกรีนโอ๊คที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพปลาเหลน มีความสูงเฉลี่ยต่อต้นต่ำสุด ในวันสุดท้ายของการปลูกที่ 3.94±0.88 เซนติเมตร แสดงดังรูปที่ 38



รูปที่ 38 ความสูงเฉลี่ยของผักกรีนโอ๊ค (ทดสอบครั้งที่ 1)

ในการทดสอบครั้งที่ 2 สามารถแบ่งได้เป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มแรก ผักกรีนโอ๊คที่ปลูกโดยใช้สารละลายปุ๋ย A และ B มีความสูงเฉลี่ยต่อต้นสูงสุด ในวันสุดท้ายของการปลูกที่ 18.36±0.60 เซนติเมตร กลุ่มที่สอง ผักกรีนโอ๊คที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพปลาตาหวานและปลาทรายแดง มีความสูงเฉลี่ยต่อต้นรองลงมา ในวันสุดท้ายของการปลูกที่ 9.82±3.18 และ 8.19±2.78 เซนติเมตร ตามลำดับ และกลุ่มที่สาม ผักกรีนโอ๊คที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพปลาเหลน มีความสูงเฉลี่ยต่อต้นต่ำสุด ในวันสุดท้ายของการปลูกที่ 3.85±0.82 เซนติเมตร แสดงดังรูปที่ 39



รูปที่ 39 ความสูงเฉลี่ยของผักกรีนโอ๊ค (ทดสอบครั้งที่ 2)

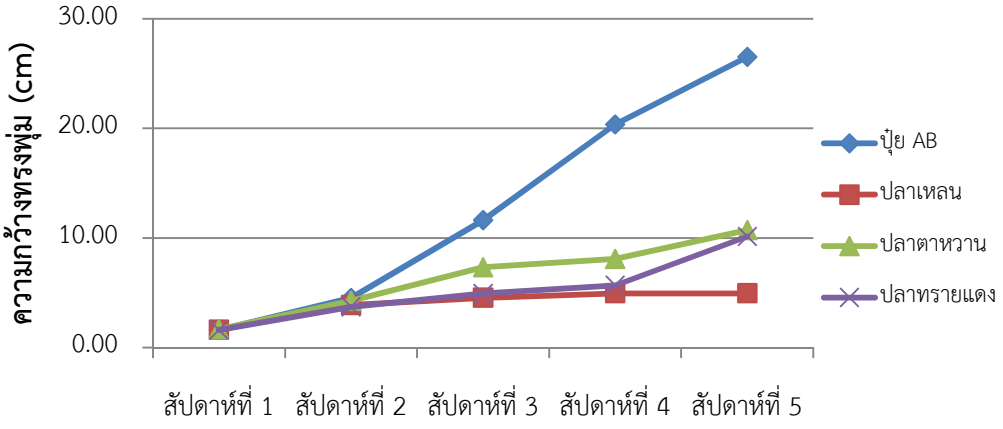
จากการทดสอบประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของความสูงต้นทั้ง 2 ครั้ง พบว่า ผักกรีนโอ๊คจากปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพปลาตาหวานและปลาทรายแดง มีความสูงต้นเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งสูง

กว่าผักกรีนโอ๊คจากปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพปลาเหลน และมีความสูงน้อยกว่าผักกรีนโอ๊คจากสารละลายปุ๋ย A และ B ทั้ง 3 สูตร เนื่องจากความแตกต่างกันของปริมาณธาตุอาหารหลักเช่นเดียวกับจำนวนใบ โดยเฉพาะการขาดธาตุไนโตรเจน สอดคล้องจากผลการศึกษาของ สุภาพร และ ศิรศาธิญากร (2560) กล่าวว่า การให้ธาตุไนโตรเจนเพิ่มขึ้น ทำให้การเจริญเติบโตของความสูงผักสลัดพันธุ์ Iceberg และ Romaine มีค่าเพิ่มขึ้น ดังนั้นปัญหาของการเจริญเติบโตด้านความสูงต้นมีสาเหตุเช่นเดียวกับจำนวนใบ

4.4.3 ความกว้างทรงพุ่มของผักกรีนโอ๊ค

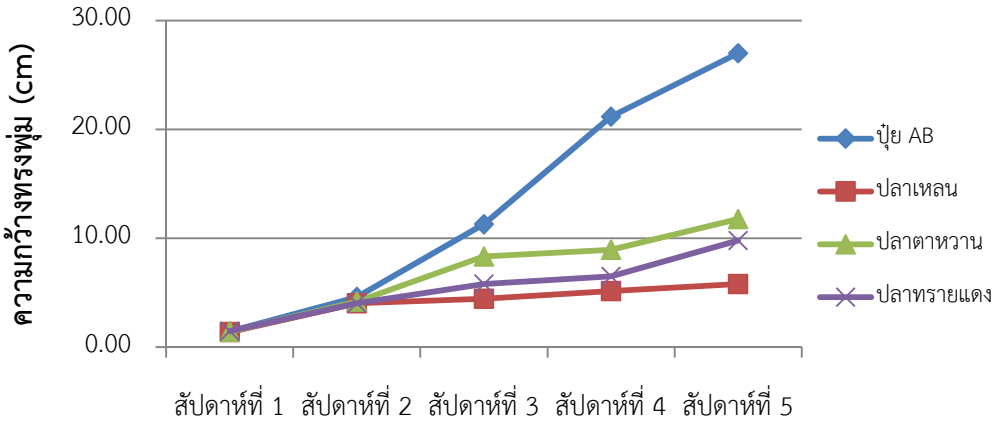
ผักกรีนโอ๊คอายุ 35 วัน ที่ปลูกโดยสารละลายปุ๋ย A และ B และปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพในสูตรต่างๆ ในการทดสอบครั้งที่ 1 และ 2 มีความกว้างทรงพุ่มของต้นที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ในการทดสอบครั้งที่ 1 สามารถแบ่งได้เป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มแรก ผักกรีนโอ๊คที่ปลูกโดยใช้สารละลายปุ๋ย A และ B มีความกว้างทรงพุ่มเฉลี่ยต่อต้นสูงสุด ในวันสุดท้ายของการปลูกที่ 26.51±1.00 เซนติเมตร กลุ่มที่สอง ผักกรีนโอ๊คที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพปลาตาหวานและปลาทรายแดง มีความกว้างทรงพุ่มเฉลี่ยต่อต้นรองลงมา ในวันสุดท้ายของการปลูกที่ 10.70±3.97 และ 10.12±3.42 เซนติเมตร ตามลำดับ และกลุ่มที่สาม ผักกรีนโอ๊คที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพปลาเหลน มีความกว้างทรงพุ่มเฉลี่ยต่อต้นต่ำสุด ในวันสุดท้ายของการปลูกที่ 4.94±0.65 เซนติเมตร แสดงดังรูปที่ 40



รูปที่ 40 ความกว้างทรงพุ่มเฉลี่ยของผักกรีนโอ๊ค (ทดสอบครั้งที่ 1)

ในการทดสอบครั้งที่ 2 สามารถแบ่งได้เป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มแรก ผักกรีนโอ๊คที่ปลูกโดยใช้สารละลายปุ๋ย A และ B มีความกว้างทรงพุ่มเฉลี่ยต่อต้นสูงสุด ในวันสุดท้ายของการปลูกที่ 26.98±0.98 เซนติเมตร กลุ่มที่สอง ผักกรีนโอ๊คที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพปลาตาหวาน มีความกว้างทรงพุ่มเฉลี่ยต่อต้นรองลงมา ในวันสุดท้ายของการปลูกที่ 11.76±4.48 เซนติเมตร กลุ่มที่สาม ผักกรีนโอ๊คที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพปลาเหลน มีความกว้างทรงพุ่มเฉลี่ยต่อต้นต่ำสุด ในวันสุดท้ายของการปลูกที่ 5.80±0.29 เซนติเมตร และกลุ่มที่สี่ ผักกรีนโอ๊คที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพปลาทรายแดง มีความกว้างทรงพุ่มเฉลี่ยต่อต้นอยู่ระหว่างกลุ่ม 2 และ 3 ที่ 9.81±3.63 เซนติเมตร แสดงดังรูปที่ 41



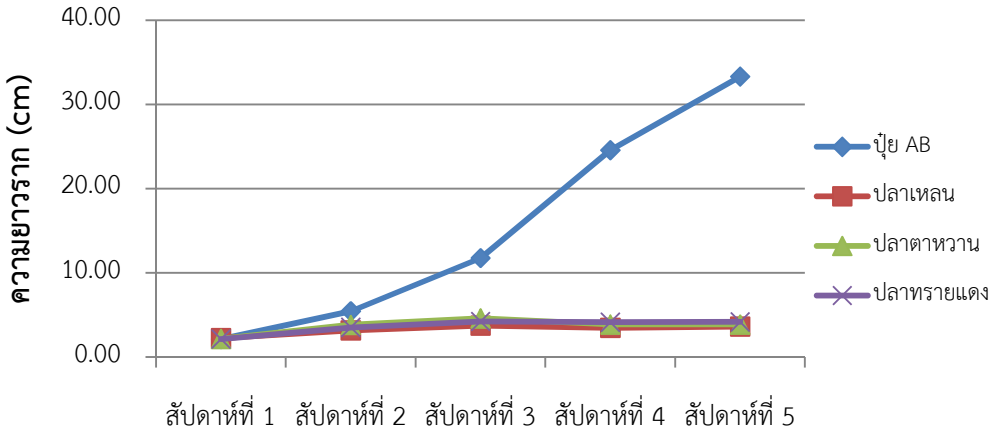
รูปที่ 41 ความกว้างทรงพุ่มเฉลี่ยของผักกรีนโอ๊ค (ทดสอบครั้งที่ 2)

จากการทดสอบประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของความกว้างทรงพุ่มทั้ง 2 ครั้ง พบว่า ผักกรีนโอ๊คจากปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพปลาตาหวานและปลาทรายแดง มีความกว้างทรงพุ่มเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งในการทดสอบครั้งที่ 2 เมื่อคำนวณจากโปรแกรมทางสถิติ ความกว้างทรงพุ่มจากปุ๋ยน้ำหมักทั้ง 2 สูตรข้างต้น มีความแตกต่างกันเล็กน้อย (แสดงดังตารางที่ 24) แต่ยังมีความกว้างทรงพุ่มมากกว่าผักกรีนโอ๊คจากปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพปลาเหลน และมีความกว้างทรงพุ่มน้อยกว่าผักกรีนโอ๊คจากสารละลายปุ๋ย A และ B ทั้ง 3 สูตร ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ คงเอก และคณะ (2558) ผักกาดหอมกรีนโอ๊คจากสารละลายธาตุอาหารสูตรพระนคร 1 มีความกว้างทรงพุ่มเท่ากับ 29.10 เซนติเมตร

4.4.4 ความยาวรากของผักกรีนโอ๊ค

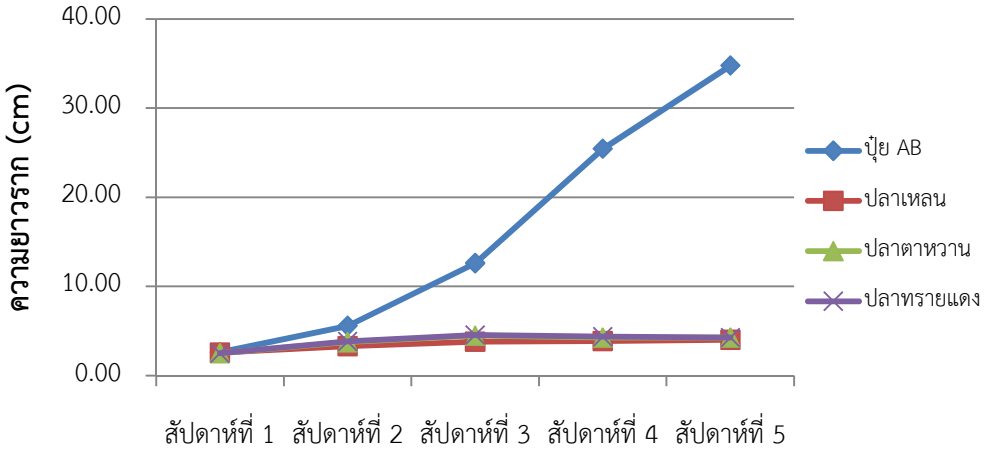
ผักกรีนโอ๊คอายุ 35 วัน ที่ปลูกโดยสารละลายปุ๋ย A และ B และปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพในสูตรต่างๆ ในการทดสอบครั้งที่ 1 และ 2 มีความยาวรากของต้นที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ในการทดสอบครั้งที่ 1 สามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มแรก ผักกรีนโอ๊คที่ปลูกโดยใช้สารละลายปุ๋ย A และ B มีความยาวรากเฉลี่ยต่อต้นสูงสุด ในวันสุดท้ายของการปลูกที่ 33.29±2.37 เซนติเมตร และกลุ่มที่สอง ผักกรีนโอ๊คที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพปลาเหลน ปลาตาหวาน และปลาทรายแดง มีความยาวรากเฉลี่ยต่อต้นใกล้เคียงกัน ในวันสุดท้ายของการปลูกที่ 3.62±0.84, 3.84±0.27 และ 4.16±0.31 เซนติเมตร ตามลำดับ แสดงดังรูปที่ 42



รูปที่ 42 ความยาวรากเฉลี่ยของผักกรีนโอ๊ค (ทดสอบครั้งที่ 1)

ในการทดสอบครั้งที่ 2 สามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มแรก ผักกรีนโอ๊คที่ปลูกโดยใช้สารละลายปุ๋ย A และ B มีความยาวรากเฉลี่ยต่อต้นสูงสุด ในวันสุดท้ายของการปลูกที่ 34.76±1.75 เซนติเมตร และกลุ่มที่สอง ผักกรีนโอ๊คที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพปลาเหลน ปลาตาหวาน และปลาทรายแดง มีความยาวรากเฉลี่ยต่อต้นใกล้เคียงกัน ในวันสุดท้ายของการปลูกที่ 4.03±0.21, 4.28±0.40 และ 4.27±0.36 เซนติเมตร ตามลำดับ แสดงดังรูปที่ 43



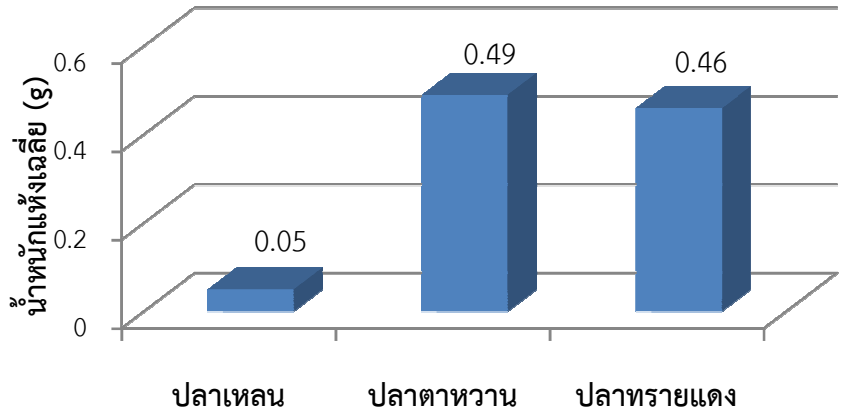
รูปที่ 43 ความยาวรากเฉลี่ยของผักกรีนโอ๊ค (ทดสอบครั้งที่ 2)

จากการทดสอบประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของความยาวรากทั้ง 2 ครั้ง พบว่า ผักกรีนโอ๊คจากปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพปลาเหลน ปลาตาหวาน และปลาทรายแดง มีความยาวรากเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกัน และมีความยาวรากน้อยกว่าผักกรีนโอ๊คจากสารละลายปุ๋ย A และ B ทั้ง 3 สูตร ซึ่งเป็นผลจากค่าความเป็นกรด-ด่างในสารละลายปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพสูงเกินกำหนด ทำให้ผักกรีนโอ๊คมีปัญหาในการดูดซึมธาตุอาหารไปใช้

4.4.5 น้ำหนักแห้งของผักกรีนโอ๊ค

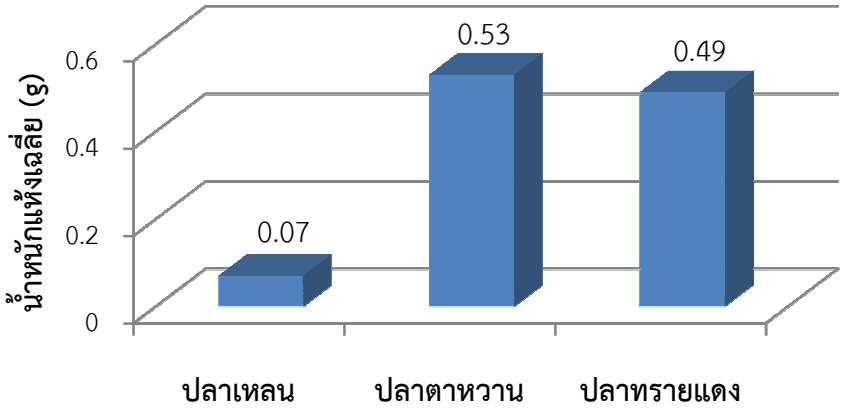
นำผักกรีนโอ๊คอายุ 35 วัน ที่ปลูกโดยสารละลายปุ๋ย A และ B และปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพในสูตรต่างๆ มาชั่งน้ำหนักสดก่อนอบ และอบที่อุณหภูมิ 80°C เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำมาชั่งน้ำหนักแห้งเพื่อหาค่าเฉลี่ย โดยในการทดสอบครั้งที่ 1 และ 2 น้ำหนักแห้งของผลผลิตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ในการทดสอบครั้งที่ 1 สามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มแรก ผักกรีนโอ๊คที่ปลูกโดยใช้สารละลายปุ๋ย A และ B มีน้ำหนักแห้งเฉลี่ยต่อต้นหลังจากการอบสูงสุดที่ 8.71±0.90 กรัม และกลุ่มที่สอง ผักกรีนโอ๊คที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพปลาเหลน ปลาตาหวาน และปลาทรายแดง มีน้ำหนักแห้งเฉลี่ยต่อต้นหลังจากการอบใกล้เคียงกันที่ 0.05±0.29, 0.49±0.36 และ 0.46±0.28 กรัม ตามลำดับ แสดงดังรูปที่ 44



รูปที่ 44 น้ำหนักแห้งเฉลี่ยของผักกรีนโอ๊ค (ทดสอบครั้งที่ 1)

ในการทดสอบครั้งที่ 2 สามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มแรก ผักกรีนโอ๊คที่ปลูกโดยใช้สารละลายปุ๋ย A และ B มีน้ำหนักแห้งเฉลี่ยต่อต้นหลังจากการอบสูงสุดที่ 9.07±0.88 กรัม และกลุ่มที่สอง ผักกรีนโอ๊คที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพปลาเหลน ปลาตาหวาน และปลาทรายแดง มีน้ำหนักแห้งเฉลี่ยต่อต้นหลังจากการอบใกล้เคียงกันที่ 0.07±0.03, 0.53±0.33 และ 0.49±0.32 กรัม ตามลำดับ แสดงดังรูปที่ 45



รูปที่ 45 น้ำหนักแห้งเฉลี่ยของผักกรีนโอ๊ค (ทดสอบครั้งที่ 2)

จากการทดสอบประสิทธิภาพการเจริญเติบโต โดยการชั่งน้ำหนักแห้งผลผลิตทั้ง 2 ครั้ง พบว่า ผักกรีนโอ๊คจากปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพปลาตาหวานและปลาทรายแดง มีน้ำหนักแห้งผลผลิตที่มากกว่าปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพปลาเหลนอย่างชัดเจน และน้ำหนักผลผลิตจากปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพปลาตาหวานมากที่สุดที่ 0.49±0.36 และ 0.53±0.33 กรัม ตามลำดับ

4.4.6 การเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของผักกรีนโอ๊คต่อปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ

ประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของผักกรีนโอ๊ค จากการทดสอบโดยใช้ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพจากปลาทั้ง 3 ชนิด และสารละลายปุ๋ย A และ B สามารถเปรียบเทียบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ในแต่ละตัวชี้วัดการเจริญเติบโต แสดงดังตารางที่ 22 และ 23

ตารางที่ 22 ผลการเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของผักกรีนโอ๊ค (ทดสอบครั้งที่ 1)

ชนิดปุ๋ย	จำนวนใบ (ใบ)	ความสูงต้น (cm)	ความกว้างทรงพุ่ม (cm)	ความยาวราก (cm)	น้ำหนักสด (g)	น้ำหนักแห้ง (g)
A+B	18.00±0.26^{a}	18.41±0.19^{a}	26.51±0.32^{a}	33.29±0.75^{a}	224.05±4.43^{a}	8.71±0.29^{a}
ปลาเหลน	4.20±0.20^{c}	3.94±0.39^{c}	4.94±0.29^{c}	3.62±0.04^{b}	0.51±0.06^{b}	0.05±0.01^{b}
ปลาตาหวาน	7.63±0.73^{b}	9.06±1.18^{b}	10.70±1.40^{b}	3.84±0.09^{b}	8.56±1.74^{b}	0.49±0.13^{b}
ปลาทรายแดง	7.67±0.53^{b}	9.31±0.85^{b}	10.12±1.14^{b}	4.16±0.10^{b}	7.71±1.35^{b}	0.46±0.09^{b}
F-Test	147.97	58.23	95.23	1064.78	1470.77	504.59
Sig	0.00*	0.00*	0.00*	0.00*	0.00*	0.00*

ตารางที่ 23 ผลการเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของผักกรีนโอ๊ค (ทดสอบครั้งที่ 2)

ชนิดปุ๋ย	จำนวนใบ (ใบ)	ความสูงต้น (cm)	ความกว้างทรงพุ่ม (cm)	ความยาวราก (cm)	น้ำหนักสด (g)	น้ำหนักแห้ง (g)
A+B	18.00±0.21^{a}	18.36±0.19^{a}	26.98±0.31^{a}	34.76±0.55^{a}	233.69±2.87^{a}	9.07±0.28^{a}
ปลาเหลน	4.50±0.29^{c}	3.85±0.41^{c}	5.80±0.15^{c}	4.03±0.10^{b}	0.59±0.07^{b}	0.07±0.02^{b}
ปลาตาหวาน	7.78±0.60^{b}	9.82±1.06^{b}	11.76±1.49^{b}	4.28±0.13^{b}	9.22±1.57^{b}	0.53±0.11^{b}
ปลาทรายแดง	7.67±0.58^{b}	8.19±0.93^{b}	9.81±1.21^{bc}	4.27±0.12^{b}	7.88±1.53^{b}	0.49±0.11^{b}
F-Test	144.63	52.20	71.64	1992.24	3028.77	552.42
Sig	0.00*	0.00*	0.00*	0.00*	0.00*	0.00*

หมายเหตุ - (*) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

- ตัวอักษรในแนวตั้งเดียวกัน ถ้าเหมือนกันจะไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

จากตารางที่ 22 และ 23 แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพทั้ง 3 สูตร ได้แก่ น้ำหมักชีวภาพปลาเหลน น้ำหมักชีวภาพปลาตาหวาน น้ำหมักชีวภาพปลาทรายแดง และสารละลายปุ๋ย A และ B ต่อการเจริญเติบโตของผักในด้านต่างๆ ได้แก่ จำนวนใบ ความสูงต้น ความกว้างทรงพุ่ม ความยาวราก น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้ง จากการทดสอบทั้ง 2 ครั้ง พบว่า ผักกรีนโอ๊คที่ทดสอบโดยปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพทั้ง 3 สูตร มีจำนวนใบ ความสูงต้น ความกว้างทรงพุ่ม ความยาวราก น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้ง ต่ำกว่าผักกรีนโอ๊คที่ทดสอบโดยสารละลายปุ๋ย A และ B ซึ่งเป็นผลมาจากปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพทั้ง 3 สูตร มีปริมาณธาตุอาหารจากการหมักต่ำกว่าปริมาณธาตุอาหารอนินทรีย์ในสารละลายปุ๋ย A และ B (ตารางที่20) และเกิดจากค่าความเป็นกรด-ด่างที่สูงเกินเกณฑ์ที่ตั้งไว้ ของชุดทดสอบปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพทั้ง 3 สูตร ทำให้การดูดซึมธาตุอาหารของพืชมีปัญหา (อาณัฐ, 2552) และเมื่อเปรียบเทียบเฉพาะผักกรีนโอ๊คที่ทดสอบโดยปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพทั้ง 3 สูตร พบว่า ผักกรีนโอ๊คจากสูตรปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพปลาตาหวานและปลาทรายแดง เจริญเติบโตได้ดีกว่าผักกรีนโอ๊คจากสูตรปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพปลาเหลน

อย่างไรก็ดี เมื่อเปรียบเทียบกับสารละลายปุ๋ย A และ B ยังมีความแตกต่างกันอยู่มาก เนื่องจากในกระบวนการทดสอบ ยังมีปัจจัยที่ทำให้การเจริญเติบโตของผักกรีนโอ๊คไม่ดีเท่าที่ควร เช่น ค่าความเป็นกรด-ด่างที่สูงเกินไป โดยผลการศึกษาของ ทัตพล และคณะ (2559) แสดงให้เห็นว่าการปลูกพืชในระบบไฮโดรโปนิกส์น้ำนิ่งแบบเติมอากาศ ในสารละลายมูลไก่และค้างคาว ที่มีปริมาณไนโตรเจนสูง สามารถควบคุมค่าความเป็นกรด-ด่างในแต่ละสัปดาห์ได้ดี เฉลี่ยเท่ากับ 6.56±0.40 และ 7.07±1.10 ตามลำดับ ทำให้พืชทดสอบในตระกูลผักกาดหอมเจริญเติบโตได้ดี มีค่าความสูงต้นเท่ากับ 29.75±1.89 และ 17.87±2.06 ตามลำดับ และน้ำหนักแห้งมีค่าเท่ากับ 8.59±0.22 และ 0.99±0.31 ตามลำดับ ดังนั้นการเติมอากาศในสารละลายปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพจากปลาอาจช่วยในเรื่องของปัญหาค่าความเป็นกรด-ด่างสูงได้ ในขณะเดียวกัน ศศิธร และคณะ (2557) ได้ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการทดสอบการเจริญเติบโตของพืชที่ใช้ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพจากปลา พบว่า ความเป็นพิษต่อพืช โดยใช้ดัชนีชี้วัดการงอกของเมล็ด (Germination Index: GI) มีผลต่อการงอกและการเจริญเติบโตของพืช ซึ่งโดยทั่วไปค่า GI มากกว่า 80% ถือว่าไม่มีผลต่อการยับยั้งการงอกของเมล็ด ซึ่งจากการศึกษาพบว่าปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพจากปลาที่ใช้กากน้ำตาลเป็นแหล่งคาร์บอน มีดัชนีชี้วัดที่ต่ำกว่าแหล่งคาร์บอนชนิดอื่น เนื่องจากมีปริมาณกรดอะซิติก กรดบิวทริริค และกรดโพรพิโอนิก เกิดขึ้นในระหว่างการหมักสูงมากกว่าชุดทดลองที่ใช้แหล่งคาร์บอนชนิดอื่น ซึ่งในความเข้มข้นที่สูงอาจยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของพืช ทั้งนี้ สามารถปรับปรุงกระบวนการผลิตปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพจากเศษปลาให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ต่อการนำไปปลูกพืชในระบบไฮโดรโปนิกส์ ทดแทนการใช้สารละลายปุ๋ย A และ B ซึ่งมีราคาแพงและก่อให้เกิดปัญหาธาตุอาหารตกค้างในระบบนิเวศ เป็นปัญหาทางสิ่งแวดล้อม โดย

ในเชิงของการเพิ่มมูลค่าและการใช้ประโยชน์ ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพจากของเสียอินทรีย์ในกระบวนการผลิตซูริมิเป็นทางเลือกที่ดีในการเพิ่มมูลค่า

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

ปลาที่นิยมใช้ในการผลิตซูริมิมากที่สุด 3 ชนิด ได้แก่ ปลาเหลน ปลาตาหวาน ปลาทรายแดง มีปริมาณรวม 3 เดือน เท่ากับ 220, 90 และ 90 ตัน ตามลำดับ ทำให้เกิดของเสียอินทรีย์จากกระบวนการผลิตประมาณ 88, 36 และ 36 ตัน โดยประมาณ ซึ่งเป็นปริมาณที่มากพอต่อการนำมาผลิตปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพในเชิงอุตสาหกรรม โดยคุณลักษณะเด่นของปลาทั้ง 3 ชนิด ที่เหมาะสมต่อการนำมาผลิตปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ ได้แก่ ความชื้น เท่ากับ 73.55, 76.45 และ 74.38% ตามลำดับ และองค์ประกอบหลักที่มีปริมาณไนโตรเจนสูง ได้แก่ หัวและไส้ปลา มีสัดส่วนเท่ากับ 69.6, 79.3 และ 78.0% ตามลำดับ

ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพจากปลาเหลน ปลาตาหวาน และปลาทรายแดง ระยะเวลาการหมัก 21 วัน มีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในวันสุดท้ายของการหมักใกล้เคียงกัน เท่ากับ 4.39, 4.44 และ 4.53 ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าค่าความเป็นกรด-ด่างมาตรฐานตามที่กรมวิชาการเกษตรกำหนดไว้ไม่เกิน 4.0 อย่างไรก็ตาม ค่าความเป็นกรด-ด่างของปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพจากปลา 3 ชนิด มีค่าใกล้เคียงจากรายงานของกรมพัฒนาที่ดินที่ 4.35 ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ในวันสุดท้ายของการหมักใกล้เคียงกัน เท่ากับ 23.8, 23.8 และ 23.4 dS/m ตามลำดับ ซึ่งมีเพียงปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพจากปลาตาหวานและปลาทรายแดง ที่ค่าการนำไฟฟ้าเพิ่มขึ้นจากวันเริ่มต้นการหมัก และทั้ง 3 สูตรมีค่าการนำไฟฟ้าที่สูงกว่าค่ามาตรฐานจากสำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดินที่กำหนดไว้ไม่เกิน 20.0 dS/m

ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Total Nitrogen) ในปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพจากปลาเหลน ปลาตาหวาน และปลาทรายแดง ในวันสุดท้ายของการหมักมีค่าใกล้เคียงกัน เท่ากับ 1.28, 1.28 และ 1.32% w/w ตามลำดับ ซึ่งเพิ่มขึ้นจากวันเริ่มต้นการหมักทุกสูตร โดยปริมาณไนโตรเจนในปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพจากปลาทรายแดงสูงที่สุด และมีค่ามากกว่าค่ามาตรฐานจากกรมวิชาการเกษตรที่กำหนดไว้ไม่น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.50% w/w ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total P_2O_5) ในวันสุดท้ายของการหมักมีค่าใกล้เคียงกัน เท่ากับ 0.43, 0.47 และ 0.50% w/w ตามลำดับ ซึ่งเพิ่มขึ้นจากวันเริ่มต้นการหมักทุกสูตร โดยปริมาณฟอสฟอรัสในปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพจากปลาทรายแดงสูงที่สุด และมีค่าเท่ากับค่ามาตรฐานจากกรมวิชาการเกษตรที่กำหนดไว้ ไม่น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.50% w/w ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด (Total K_2O) ในวันสุดท้ายของการหมักมีค่าใกล้เคียงกัน เท่ากับ 0.44, 0.38 และ 0.45% w/w ตามลำดับ ซึ่งลดลงจากวันเริ่มต้นการหมักทุกสูตร โดยปริมาณโพแทสเซียมในปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพจากปลาทรายแดงสูงที่สุด และมีค่าน้อยกว่าค่ามาตรฐานจากกรมวิชาการเกษตรที่

กำหนดไว้ ไม่น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.50% w/w ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน (Organic Carbon) ในวันสุดท้ายของการหมักมีค่าใกล้เคียงกัน เท่ากับ 9.89, 9.14 และ 9.52% w/w ตามลำดับ ซึ่งเพิ่มขึ้นจากวันเริ่มต้นการหมักทุกสูตร โดยปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพจากปลาเหลนสูงที่สุด และนำไปคำนวณหาอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C:N ratio) ของปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพจากปลา 3 ชนิด พบว่า มีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน เท่ากับ 7.73, 7.14 และ 7.21 ตามลำดับ โดยอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนในปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพจากปลาเหลนสูงที่สุด และมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของกรมวิชาการเกษตรที่กำหนดไว้ไม่เกิน 20:1

ปริมาณธาตุอาหารหลัก (N,P,K) ในปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพจากปลาทรายแดงมีค่ามากที่สุด เท่ากับ 1.32, 0.50 และ 0.45% w/w ตามลำดับ และในปุ๋ย Hydro. A และ B ที่ใช้เป็นตัวควบคุมในการทดสอบการปลูกผักกรีนโอ๊ค มีค่าเท่ากับ 2.23, 1.23 และ 3.55% w/w ตามลำดับ ซึ่งมีค่ามากกว่าปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพจากปลาทั้ง 3 ชนิดประมาณ 1-8 เท่า ซึ่งอาจมีผลต่อการทดสอบการเจริญเติบโตของผักกรีนโอ๊ค

การควบคุมปัจจัยในการทดสอบประสิทธิภาพปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพจากปลา 3 ชนิดต่อการเจริญเติบโตของผักกรีนโอ๊ค ค่าการนำไฟฟ้าในสารละลายปุ๋ย A และ B ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพปลาเหลน ปลาตาหวาน และปลาทรายแดง ในการทดสอบ 2 ครั้ง อยู่ในช่วง 1.08-1.24, 1.04-1.50, 1.07-1.59, 1.03-1.66 dS/m และ 1.10-1.32, 1.10-1.55, 1.13-1.56, 1.17-1.62 dS/m ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในช่วงที่ผักกรีนโอ๊คสามารถนำธาตุอาหารไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพที่ค่าการนำไฟฟ้า 1.0-1.8 dS/m อย่างไรก็ดี ขึ้นอยู่กับค่าความเป็นกรด-ด่างของสารละลายปุ๋ยแต่ละชนิด โดยค่าความเป็นกรด-ด่างของการทดสอบ 2 ครั้ง อยู่ในช่วง 6.02-6.33, 6.03-8.75, 6.01-8.83, 6.09-8.75 และ 5.82-6.24, 6.09-8.64, 6.02-8.64, 5.94-8.69 ตามลำดับ ซึ่งปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพจากปลา 3 ชนิดมีค่าความเป็นด่างค่อนข้างสูง เกินจากช่วงที่ธาตุอาหารในสารละลายปุ๋ยละลายได้ดีซึ่งอยู่ในช่วง 5.8-6.5 ส่งผลต่อการดูดซึมธาตุอาหารและทำให้การเจริญเติบโตของผักกรีนโอ๊คช้าหรือตาย ทั้งนี้ไม่สามารถควบคุมค่าความเป็นกรด-ด่างที่สูงขึ้นนี้ด้วย H_3PO_4 8.5% v/v และ HNO_3 7% v/v ได้เนื่องจากผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่ที่ได้จากกิจกรรมการหมักของจุลินทรีย์ ในกลุ่มย่อยสลายไนโตรเจน คือ แอมโมเนียม (NH_4^+) ที่สามารถเปลี่ยนรูปเป็นไนเตรท (NO_3^-) ในกระบวนการที่ใช้ออกซิเจน (Oxidation) ไม่ได้เกิดขึ้นเนื่องจากสารละลายปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพในถังพักมีปริมาณออกซิเจนไม่เพียงพอต่อการเกิดปฏิกิริยา ส่งผลให้การดูดซึมไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียม (NH_4^+) ของผักกรีนโอ๊คทำได้ยากกว่าในรูปของไนเตรท (NO_3^-) อีกทั้งปฏิกิริยาระหว่างแอมโมเนียม (NH_4^+) และน้ำ (H_2O) ทำให้เกิดปฏิกิริยาย้อนกลับได้เป็นไฮดรอกไซด์ไอออน (OH^-) และแอมโมเนีย (NH_3) ซึ่งมีความเป็นด่าง และยังเป็นพิษต่อจุลินทรีย์

ในระบบและผักกรีนโอ๊ค โดยแอมโมเนียสามารถระเหยสู่ชั้นบรรยากาศได้ที่ pH มากกว่า 8 เพราะฉะนั้นค่าความเป็นกรด-ด่างในสารละลายปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพจากปลาทั้ง 3 ชนิด จึงมีค่าเป็นด่างค่อนข้างสูง ซึ่งไม่เหมาะสมต่อการละลายของธาตุอาหาร และสูญเสียปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจนอย่างต่อเนื่อง สังเกตได้จากอาการของพืชที่มีใบด่างและซีด ในช่วงสัปดาห์ที่ 2 ของการปลูกในระบบรางไฮโดรโปนิกส์และในส่วนสุดท้าย การควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในโรงเรือน ได้กำหนดไว้ที่ ไม่เกิน 32°C และ 60-80% ตามลำดับ

เปรียบเทียบประสิทธิภาพปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพจากปลา 3 ชนิด โดยการวัดการเจริญเติบโตของผักกรีนโอ๊ค มีชุดควบคุมการปลูกเป็นสารละลายปุ๋ย A และ B ในการทดสอบการปลูกครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 แบ่งออกเป็น 4 สูตร ได้แก่ ชุดควบคุม (สารละลายปุ๋ย A และ B) สูตร 1-3 (สารละลายปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพปลาเหลน ปลาตาหวาน ปลาทรายแดง) มีจำนวนใบเฉลี่ยในวันสุดท้ายของการปลูกเท่ากับ 18.00/18.00, 4.20/4.50, 7.63/7.78 และ 7.67/7.67 ใบตามลำดับ ความสูงต้นเฉลี่ยเท่ากับ 18.41/18.36, 3.94/3.85, 9.06/9.82 และ 9.31/8.19 เซนติเมตร ตามลำดับ ความกว้างทรงพุ่มเฉลี่ยเท่ากับ 26.51/26.98, 4.94/5.80, 10.70/11.76 และ 10.12/9.81 เซนติเมตร ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบตัวชี้วัดการเจริญเติบโตข้างต้น สูตร 2 และ 3 เจริญเติบโตได้ดีกว่าสูตร 1 และมีค่าใกล้เคียงกัน และเมื่อเปรียบเทียบความยาวรากเฉลี่ยเท่ากับ 33.29/34.76, 3.62/4.03, 3.84/4.28 และ 4.16/4.27 เซนติเมตร ตามลำดับ พบว่าความยาวรากทั้ง 3 สูตร มีค่าใกล้เคียงกันและมีลักษณะของรากที่แตกต่างจากชุดควบคุม ส่วนของการหาน้ำหนักแห้งเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 8.71/9.07, 0.05/0.07, 0.49/0.53 และ 0.46/0.49 กรัม ตามลำดับ ซึ่งถ้าเปรียบเทียบในกลุ่มสูตรที่ 1-3 พบว่าสูตร 2 และ 3 มีค่าน้ำหนักแห้งที่มากกว่าสูตร 1 แสดงให้เห็นถึงการเจริญเติบโตที่มากกว่า

จากผลการวิจัยนี้แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพจากปลาต่างชนิดกัน ซึ่งปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพจากปลาตาหวานและปลาทรายแดง มีอัตราการเจริญเติบโตที่ดีกว่าปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพจากปลาเหลน เนื่องจากมีคุณลักษณะที่มีองค์ประกอบของโปรตีนอยู่มาก เช่น หัวและไส้ปลา อีกทั้งผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อพืช ในกระบวนผลิตปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพปลาตาหวานและปลาทรายแดงค่อนข้างสูงกว่าปลาเหลน จึงอาจเป็นเหตุผลสำคัญที่ทำให้มีการเจริญเติบโตที่ต่างกัน ทั้งนี้ ปัญหาในการควบคุมค่าความเป็นกรด-ด่างระหว่างการทดสอบปลูกผักกรีนโอ๊คในระบบไฮโดรโปนิกส์ อาจทำให้การเจริญเติบโตของผักกรีนโอ๊คไม่ดีเท่าที่ควรเช่นกัน ถึงอย่างไรก็ดี การใช้ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพในการเกษตรเป็นผลดีต่อสิ่งแวดล้อม ในเรื่องของการลดธาตุอาหารตกค้างในระบบนิเวศ เพิ่มมูลค่าให้กับของเสียอินทรีย์จากกระบวนการผลิตซูริมิ และช่วยลดต้นทุนการใช้สารละลายปุ๋ยเคมีได้เป็นอย่างดี

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยเพิ่มเติม

- ศึกษาหาวิธีควบคุมค่าความเป็นกรด-ด่างในสารละลายปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพจากปลา 3 ชนิด ไม่ให้เกินช่วงที่เหมาะสม และศึกษาปฏิกิริยาที่เกิดจากกิจกรรมของจุลินทรีย์เพิ่มเติม

- ศึกษาทางเลือกในการนำปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพในงานวิจัยนี้ ไปใช้ประโยชน์ในรูปแบบอื่นๆ ประยุกต์ใช้ร่วมกับนวัตกรรมใหม่ๆ

บรรณานุกรม

กรมควบคุมมลพิษ. (2548). *แนวปฏิบัติที่ดีด้านการป้องกันและลดมลพิษ อุตสาหกรรมอาหารทะเลแช่เยือกแข็ง: ประเภทปลา*.

กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (2561). *คู่มือการจำแนกชนิดสัตว์น้ำนำเข้าและส่งออก ศูนย์บริหารจัดการด่านตรวจสัตว์น้ำเขต 3 (สงขลา) กองควบคุมการค้าสัตว์น้ำและปัจจัยการผลิต*.

กรมพัฒนาที่ดิน, ก. (2543). *คู่มือปฏิบัติงานหมอดินอาสา เรื่อง ปุ๋ยน้ำชีวภาพ*.

กรมพัฒนาที่ดิน, ก. (2545). *คู่มือการผลิตและประโยชน์ของปุ๋ยอินทรีย์น้ำ*.

กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (2546). *สารเร่งประเภทจุลินทรีย์ พด.1 พด.2 พด.3 สำหรับเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินและผลผลิตการเกษตร*.

กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (2550). *มีอะไรในปุ๋ยอินทรีย์น้ำ* (ฉบับที่ สนท. 010008-2550).

กรมโรงงานอุตสาหกรรม. (2551). *หลักปฏิบัติเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดอุตสาหกรรมทะเลแช่แข็ง*.

กรมวิชาการเกษตร. (2547). *ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ น้ำหมักชีวภาพ (ตอนที่1)*.

กรมวิชาการเกษตร. (2548). *คู่มือ ปุ๋ยอินทรีย์ (ฉบับเกษตรกร)*.

กรมวิชาการเกษตร. (2557). *ประกาศกรมวิชาการเกษตร เรื่อง กำหนดเกณฑ์ปุ๋ยอินทรีย์*.

กรมส่งเสริมการเกษตร. (2544). *การจัดการหอยเชอรี่*. สถาบันส่งเสริมเกษตรชีวภาพและโรงเรียนเกษตรกร กรุงเทพมหานคร.

กรมส่งเสริมการเกษตร. (2558). *การปลูกผักไฮโดรโปนิกส์*.

กระทรวงอุตสาหกรรม. (2546). *แผนยุทธศาสตร์สับปะรด*. กรุงเทพฯ.

คงเอก ศิริงาม, ปราณีต จิระสุทัศน์ และ วิภาภรณ์ แสวงมี. (2558). ผลของวิธีการปลูกต่อการเจริญเติบโตและปริมาณรงควัตถุของผักกาดหอมใบพันธุ์กรีนโอ๊ค EFFECT OF GROWING METHODS ON GROWTH AND PIGMENT CONCENTRATIONS OF LEAF LETTUCE (LACTUCA SATIVA VAR. CRISPA L.). *วารสารวิจัยราชภัฏพระนคร ปีที่ 10*, *1*, 82.

จักรี ทองเรือง. (2544). *ซูริมิ (SURIMI)*.

จินดา สนิทวงศ์ ณ อยุธยา. (2547). *การใช้เศษเหลือของสับปะรดเป็นอาหารหยาบของสัตว์เคี้ยวเอื้อง*.

จุไรรัตน์ อนันต์นฤการ. (2543). *ผลของ Bulking agent ต่อการทำปุ๋ยหมักร่วมกับน้ำกากส่าจากโรงงานผลิตสุรา*. สาขาวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ชัยอาทิตย์ อิ่นคำ และ โสระยา ร่วมรังษี. (2557). *ผลของการใช้สารสกัดชีวภาพเป็นแหล่งของธาตุอาหาร ต่อการเจริญเติบโตของผักสลัดที่ปลูกในระบบไฮโดรพอนิกส์ (Effects of using liquid bio-extract as mineral source on growth of lettuce grown in hydroponics system)*. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ชิติ ศรีตนทิพย์ และ คณะ. (2558). *การพัฒนาระบบและการจัดการที่เหมาะสมสำหรับการปลูกพืชไร้ดิน ในรูปแบบโรงเรือนต้นทุนต่ำ The Development System and Appropriate Management for Green House Model in Soilless Culture*. สถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา.

ชูศรี วงศ์รัตนะ. (2544). *เทคนิคการใช้สถิติเพื่อการวิจัย* (พิมพ์ครั้งที่ 8). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ฐนียา รังษีสุริยะชัย และ กุลยา สาริชีวิน. (2559). การศึกษาการหมักปุ๋ยจากเศษอินทรียวัตถุด้วยการเติมอากาศ ร่วมกับการใช้ครูดเอมไซม์ Study of Organic Waste Composting with Aeration and Use of Crude Enzyme. *วารสารวิศวกรรมศาสตร์ ราชมงคลธัญบุรี*, *7*.

ณัฐมณ ขวัญไชย. (2556). *การเปรียบเทียบคุณภาพของปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากอัตราส่วนของวัสดุและวิธีการที่ต่างกัน*. มหาวิทยาลัยศิลปากร.

ดิเรก ทองอร่าม. (2547). *การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน หลักการจัดการการผลิตและเทคโนโลยีการผลิตเชิงธุรกิจในประเทศไทย*. สาขาวิชาส่งเสริมการเกษตรและสหกรณ์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมธิราช.

ถวัลย์ พัฒนเสถียรพงศ์. (2534). *ปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน (SOILLESS CULTURE)*. กรุงเทพฯ.

ทัตพล พุ่มดารา, อาคม คิดสง่า และ นิสาชล เทศศรี. (2559). การใช้ปุ๋ยอินทรีย์เพื่อปลูกผักกาดหอมกรีนคอสในระบบไฮโดรโปนิกส์ (The Use of Organic Fertilizers for Green Cos in Hydroponics Culture). *แก่นเกษตร 44*, *1*, 892–897.

ธนากร น้ำหอมจันทร์ และ อติกร เสรีพัฒนานนท์. (2557). ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือนเพาะปลูกพืชไร้ดิน แบบทำความเย็นด้วยวิธีการระเหยของน้ำร่วมกับการสเปรย์ละอองน้ำแบบอัตโนมัติ โดยใช้ระบบควบคุมเชิงตรรกะแบบโปรแกรมได้. *วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ปีที่ 8*, *1*, 98–111.

ธันวดี ศรีธาวิรัตน์. (2543). *การศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ ในกระบวนการทำปุ๋ยน้ำจากขยะเศษอาหาร*. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ปริญา จันทรัตน์. (2547). *ผลของการเก็บรักษาในน้ำแข็งต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติโปรตีนกล้ามเนื้อและคุณภาพไส้กรอกปลาอิมัลชันจากปลาตาหวาน (Priacanthus tayenus) และปลาปากคม (Saurida undosquamis)*. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ปริศนา คล้ายทอง. (2557). *การใช้น้ำสกัดจากปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินทดแทนการใช้ปุ๋ยเคมีในการปลูกพืชไร้ดิน*. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ไพรัน์ต์ โสภโณดร และ พิทยา อดุลยธรรม. (2541). *การผลิตปลาสะเต๊ะจากปลามูลค่าต่ำ (Fish Satay Production from Low Value Fish)*. ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ภัทรานิษฐ์ ฮุนตระกูล และ คณะ. (2560). ผลของการล้างต่อคุณภาพปลายี่สก. *วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ*, *27*, 501–509. https://doi.org/10.14416/j.kmutnb.2017.07.003

มาโนชญ์ ศรีสมบัติ. (2553). *การนำสารละลายธาตุอาหารกลับมาใช้ใหม่ในระบบไฮโดรโปนิกส์*. ภาควิชาเคมีประยุกต์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ฤทัยรัตน์ หวานฉ่ำ. (2547). *ผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซตผงแห้งจากเศษเหลือของโรงงานผลิตซูริมิ: การผลิตในระดับนำร่อง*. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วรรณวิบูลย์ กาญจนกุญชร. (2533). *ซูริมิผลิตภัณฑ์ที่น่าจับตามอง*. *1*, 20–26.

วันวิสาข์ ปั้นศักดิ์. (2545). *การใช้ประโยชน์วัสดุเหลือใช้จากโรงงานแป้งมันสำปะหลังเพื่อผลิตปุ๋ยน้ำชีวภาพ*. มหาวิทยาลัยนเรศวร.

วีณารัตน์ มูลรัตน์. (2553). *ประสิทธิภาพของน้ำหมักชีวภาพจากเศษปลาที่ใช้น้ำกากส่าเหล้าทดแทนกากน้ำตาลต่อการเจริญเติบโตของผักโขม (Amaranthus tricolor) ผักกวางตุ้งฮ่องเต้ (Brassica campestris var. chinensis) และผักบุ้งจีน (Ipomoea aquatica var. reptans)*. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

วุฒิพงศ์ พิมพ์โคตร. (2546). *การเจริญเติบโต การสะสมไนเตรท และการลดไนเตรทก่อนเก็บเกี่ยวในผักกาดหอมที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหาร*. ภาควิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศรานนท์ เจริญสุข. (2549). *ผักสวนครัว*. กรุงเทพฯ.

ศศิธร กู้สุวรรณวิจิตร, สุดารัตน์ ตรีเพชรกุล และ แสงชัย เอกประทุมชัย. (2557). การผลิตน้ำหมักชีวภาพจากน้ำทิ้งในกระบวนการผลิตน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์: อิทธิพลของชนิดน้ำตาล. *วารสารวิจัยและพัฒนา มจธ. ปีที่ 37*, *4*, 447–464.

สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์. (2548). *สรีรวิทยาของพืช* (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. (2553). *การปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ (Hydroponics) "การฟื้นฟูเยียวยา ผู้ประสบภัย ด้วยงานวิจัย วช."*

สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม. (2540). *นโยบายและแผนการส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2540-2559* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ.

สำนักงานพัฒนาชุมชน และ กรมวิชาการเกษตร. (2544). *ระบบเกษตรธรรมชาติน้ำสกัดชีวภาพ*.

สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม. (2558). *โครงการพัฒนาความร่วมมือด้านอุตสาหกรรมกับประเทศเพื่อนบ้าน (ยุทธศาสตร์การพัฒนาความร่วมมือด้านอุตสาหกรรมภายใต้กรอบโครงการพัฒนาเขตเศรษฐกิจสามฝ่าย อินโดนีเซีย-มาเลเซีย-ไทย: IMT-GT)* (น. 5–181). กรุงเทพฯ: สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม.

สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (2547). *มาตรฐานสินค้าประเภทปัจจัยการผลิตทางการเกษตรที่รองรับโดยกรมพัฒนาที่ดิน*.

สิริลักษณ์ แสวงผล. (2554). *ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงคุณภาพกับอัตราการหายใจ ของผักสลัดตัดแต่งพร้อมบริโภคภายใต้สภาวะการเก็บรักษาด้วยบรรจุภัณฑ์ปรับแต่งบรรยากาศ*. สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

สุฑาทิพย์ แก้วอิทฤทธิ์. (2561). *ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างสารละลายธาตุอาหาร A และ B บริษัท ฟุกเทียนกรุ๊ป จำกัด* (ฉบับที่ 267/61). ห้างหุ้นส่วนจำกัด ฟุกเทียน อินโนเวชั่น แลบ.

สุทธวัฒน์ เบญจกุล. (2549). *ซูริมิ: วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเนื้อปลาบด*.

สุนทร เรืองเกษม. (2540). *ผักกินใบ* (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ.

สุปราณี แย้มพราย. (2539). *การผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซตจากของเหลือจากโรงงานผลิตซูริมิเพื่อใช้เป็นสารอิมัลซิไฟเออร์*. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุภาพร ราชา และ ศิรศาธิญากร จันทร์ขศิราพร. (2560). ผลของน้ำหมักชีวภาพจากเศษปลาและผักที่มีต่อการเจริญเติบโตและลักษณะทางสรีรวิทยาของผักกาดหอมพันธุ์กรีนโอ๊กที่ปลูกในระบบไฮโดรโปนิกส์ Effect of Bio-Extract from Fish and Vegetable Residues on Growth and Some Physiological Characteristics of Green Oak (Lactuca sativa var. crispa L.) in Hydroponic Culture. *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา ปีที่ 22 (ฉบับพิเศษ) การประชุมวิชาการระดับชาติ "วิทยาศาสตร์วิจัย ครั้งที่ 9"*.

สุริยา สาสนรักกิจ. (2542). *ปุ๋ยน้ำชีวภาพ*.

เสาวลักษณ์ จิตรบรรเจิดกุล. (2541). *การใช้วัสดุเศษเหลือปลาจากโรงงานแปรรูปสัตว์น้ำเพื่อผลิตโปรตีน (Utilization of Fish Waste from Fishery Factories for Recovery of Proteins)*. ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

เหมือนชนก บุญยเกียรติ. (2551). *ค่า pH และ EC ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชชนิดต่างๆ*.

อักษรภัค เต็งรัง. (2557). *การผลิตไบโอเอทานอลจากเปลือกสับปะรดด้วยยีสต์ขนมปัง*. สาขาวิศวกรรมเคมี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

อัญชลี ใจดี. (2554). *การวัดการเจริญเติบโตของพืช*. กรุงเทพฯ.

อาณัฐ ตันโช. (2552). *คู่มือการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน (ไฮโดรโพนิกส์)* (พิมพ์ครั้งที่ 3). เชียงใหม่.

อุษามาส จริยวรานุกุล. (2552). *ผลของสารให้ความหวานต่อคุณภาพของโยเกิร์ต Effect of Sweeteners on Quality of Yogurt (วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย ปีที่ 29 ฉบับที่ 4 เดือนตุลาคม - ธันวาคม 2552)*. 103–105.

Antonio Serrana และคณะ. (2013). *Agri-food waste valorization through anaerobic co-digestion: fish and strawberry residues*. 5–7.

AOAC, A. of O. C. (1990). *Official Methods of Analysis.* (15).

Kano, I. (1992). Tropical Surimi. *INFOFISH International*, *1/92*, 21.

Koroneos C.j. and Nanaki E.A. (2012). Integrated solid waste management and energy production - a life cycle assessment approach: the case study of the city of Thessaloniki. *Clean Prod.*, *27*, 141–150.

Lanier T.C., A. T. (1986). *Method of retarding denaturation of meat product*. U.S.Patent.

Lin P. and Morrissey M.T. (1995). *Northern Squawfesh (Phychocheilus oregonensis) for Surimi production*.

Martin, R. E. (1974). *Second Tecnical Seminar on Mechanical Recovery and Utilization of Fish Flesh Nat*. Fish Inst, Washington D.C.

M.B. Esteban, A.J. Garcia, P. Ramos, M.C. Marquez. (2007). Evaluation of fruit-vegetable and fish wastes as alternative feedstuffs in pig diets. *Waste Management*, *27*, 193–200. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2006.01.004

Min T.S., Chung N.M., Fujiwara T., Kuang H.K. and Hasegawa H. (1987). *Handbook on the processing of frozen surimi and fish jelly products in Southeast Asia.* Singapore.

Parker, P. (1985). *More surimi and surimi analog plants being built.* (25). Seafood Business Report.

Paturau.J.M. (1982). *By-product of the cane sugar industry.*

Regenstein, J. M. (1986). *the potential for minced fish*.

Schaub S.M. and Leonard J.J. (1996). *Composting: an alternative waste management option for food processing industries.*

Suslow T.V., Oria M.P., Beuchat L.R., & Garrett E.H., Parish M.E., Harris L.J., Farber J.N. and Busta F.F. (2003). *Production practices as risks factors in microbial food safety of fresh and fresh - cut produce.* 38–77.

USDA. (2018). *Lettuce green leaf, raw* (11253). United States Department of Agriculture.

ภาคผนวก ก

ตารางที่ ก-1 จำแนกสัดส่วนวัตถุดิบ

วันที่ 29 พ.ย. 60

ประเภทวัตถุดิบ	ปลาเหลน		ปลาตาหวาน		ปลาทรายแดง	
	ปริมาณ (g)	%	ปริมาณ (g)	%	ปริมาณ (g)	%
หัวปลาและไส้ปลา	688.7	70.2	824.0	78.7	838.7	78.0
ก้างและเศษเนื้อปลา	208.0	21.2	115.2	11.0	145.2	13.5
ปลาทั้งตัวที่ไม่ได้ขนาด	5.9	0.6	42.9	4.1	26.9	2.5
อื่นๆ (เลือด,เกล็ด)	78.5	8.0	64.9	6.2	64.5	6.0
รวม	981.0	100.0	1047.0	100.0	1075.2	100.0

วันที่ 18 ธ.ค. 60

ประเภทวัตถุดิบ	ปลาเหลน		ปลาตาหวาน		ปลาทรายแดง	
	ปริมาณ (g)	%	ปริมาณ (g)	%	ปริมาณ (g)	%
หัวปลาและไส้ปลา	695.0	66.3	815.7	81.2	795.0	77.2
ก้างและเศษเนื้อปลา	283.0	27.0	121.5	12.1	149.3	14.5
ปลาทั้งตัวที่ไม่ได้ขนาด	22.5	2.1	9.0	0.9	25.7	2.5
อื่นๆ (เลือด,เกล็ด)	47.7	4.6	58.3	5.8	59.7	5.8
รวม	1048.2	100.0	1004.5	100.0	1029.8	100.0

วันที่ 3 มี.ค. 61

ประเภทวัตถุดิบ	ปลาเหลน		ปลาตาหวาน		ปลาทรายแดง	
	ปริมาณ (g)	%	ปริมาณ (g)	%	ปริมาณ (g)	%
หัวปลาและไส้ปลา	727.6	72.2	812.0	78.0	853.2	78.8
ก้างและเศษเนื้อปลา	249.9	24.8	147.8	14.2	124.5	11.5
ปลาทั้งตัวที่ไม่ได้ขนาด	0.0	0.0	32.3	3.1	42.2	3.9
อื่นๆ (เลือด,เกล็ด)	30.2	3.0	48.9	4.7	59.7	5.8
รวม	1007.8	100.0	1041.0	100.0	1079.6	100.0

ประเภทวัตถุดิบ	% เฉลี่ย		
	ปลาเหลน	ปลาตาหวาน	ปลาทรายแดง
หัวปลาและไส้ปลา	69.6	79.3	78.0
ก้างและเศษเนื้อปลา	24.3	12.4	13.2
ปลาทั้งตัวที่ไม่ได้ขนาด	0.9	2.7	3.0
อื่นๆ (เลือด,เกล็ด)	5.2	5.6	5.9

ตารางที่ ก-2 ค่าความชื้นวัตถุดิบ (ใช้วัตถุดิบวันที่ 3 มี.ค. 61)

ปลาเหลน

ตย.ที่	นน.ภาชนะ (g)	นน.ก่อนอบ (g)		นน.หลังอบ (g)		% ความชื้น	% ความชื้นเฉลี่ย
		ตัวอย่าง	ภาชนะ+ตัวอย่าง	ภาชนะ+ตัวอย่าง	ตัวอย่าง		
1	2.29	198.67	200.96	58.72	56.43	71.60	73.55
2	3.40	197.84	201.24	53.89	50.49	74.48	
3	3.92	196.93	200.85	54.01	50.09	74.56	

ปลาตาหวาน

ตย.ที่	นน.ภาชนะ (g)	นน.ก่อนอบ (g)		นน.หลังอบ (g)		% ความชื้น	% ความชื้นเฉลี่ย
		ตัวอย่าง	ภาชนะ+ตัวอย่าง	ภาชนะ+ตัวอย่าง	ตัวอย่าง		
1	4.27	181.94	186.21	45.87	41.60	77.14	76.45
2	4.35	250.47	254.82	62.95	58.60	76.60	
3	4.16	206.91	211.07	54.64	50.48	75.60	

ปลาทรายแดง

ตย. ที่	นน. ภาชนะ (g)	นน.ก่อนอบ (g)		นน.หลังอบ (g)		% ความชื้น	% ความชื้นเฉลี่ย
		ตัวอย่าง	ภาชนะ+ ตัวอย่าง	ภาชนะ+ ตัวอย่าง	ตัวอย่าง		
1	3.66	213.65	217.31	58.02	54.36	74.56	74.38
2	3.79	223.53	227.32	61.87	58.08	74.02	
3	3.59	211.79	215.38	57.43	53.84	74.58	

***หมายเหตุ** อบที่อุณหภูมิ 80°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

ตารางที่ ก-3 ปริมาณวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตซูริมิ 3 เดือน ก่อนดำเนินการวิจัย (ค่าประมาณ)

	ตุลาคม 2560	พฤศจิกายน 2560	ธันวาคม 2560
ปลาเหลน	50 ตัน	50 ตัน	120 ตัน
ปลาตาหวาน	30 ตัน	30 ตัน	30 ตัน
ปลาทรายแดง	30 ตัน	30 ตัน	30 ตัน

ตารางที่ ก-4 ตารางบันทึกผลการผลิตน้ำหมักชีวภาพปลาเหลน

การผลิตปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ (ปลาเหลน) 5 มีนาคม 2561 เวลา 13.00 น.

วันที่	ว/ด/ป	pH	EC(ms/cm)	TDS(ppm)	Temp.		เวลา (น.)	หมายเหตุ
					In	Out		
0	5 มี.ค. 61	4.29	23.8	15,900	31.1	33.1	16.30	เก็บตัวอย่างครั้งที่ 1
1	6 มี.ค. 61	4.20	24.0	16,000	31.8	32.4	16.30	ส่งตัวอย่างวิเคราะห์
2	7 มี.ค. 61	4.18	24.1	16,200	31.0	32.0	16.00	
3	8 มี.ค. 61	4.22	24.4	16,400	29.6	31.9	16.30	
4	9 มี.ค. 61	4.23	24.4	16,500	29.3	31.7	16.30	
5	10 มี.ค. 61	4.24	24.4	16,300	29.1	30.0	15.30	**ฝนตก
6	11 มี.ค. 61	4.24	24.5	16,300	28.9	30.4	17.00	
7	12 มี.ค. 61	4.26	24.8	16,700	28.9	30.4	16.30	เติมเปลือกสับปะรด/เก็บตัวอย่างครั้งที่ 2
8	13 มี.ค. 61	4.29	25.2	16,700	29.1	31.2	16.00	ส่งตัวอย่างวิเคราะห์
9	14 มี.ค. 61	4.29	24.7	16,600	29.4	31.1	15.30	
10	15 มี.ค. 61	4.30	24.7	16,500	28.8	31.2	15.30	
11	16 มี.ค. 61	4.31	24.6	16,300	28.8	30.6	15.30	
12	17 มี.ค. 61	4.32	24.5	16,300	30.0	32.5	16.30	
13	18 มี.ค. 61	4.32	24.5	16,200	30.4	33.6	16.00	
14	19 มี.ค. 61	4.32	24.4	16,200	29.9	32.1	16.30	
15	20 มี.ค. 61	4.33	24.2	16,000	29.9	32.3	15.30	เก็บตัวอย่างครั้งที่ 3
16	21 มี.ค. 61	4.35	24.4	16,200	29.5	30.8	16.00	ส่งตัวอย่างวิเคราะห์/**ฝนตก
17	22 มี.ค. 61	4.35	24.4	16,200	29.8	32.5	15.00	
18	23 มี.ค. 61	4.36	24.3	16,000	29.5	30.9	16.00	**ฝนตก
19	24 มี.ค. 61	4.37	24.1	16,000	29.1	30.7	16.30	
20	25 มี.ค. 61	4.38	23.9	15,900	29.2	30.7	16.30	
21	26 มี.ค. 61	4.39	23.8	16,000	29.1	30.5	15.30	เก็บตัวอย่างครั้งที่ 4/ส่งตัวอย่างวิเคราะห์วันที่ 28
Min		4.18	23.8	15,900	28.8	30.0		
Max		4.39	25.2	16,700	31.8	33.6		

*การเก็บตัวอย่างส่งวิเคราะห์อาจมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย เนื่องจากการส่งตัวอย่างต้องเป็นไปตามวันและเวลาการเปิดรับตัวอย่างของห้องปฏิบัติการ

ตารางที่ ก-5 ตารางบันทึกผลการผลิตน้ำหมักชีวภาพปลาตาหวาน

การผลิตปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ (ปลาตาหวาน) 5 มีนาคม 2561 เวลา 13.00 น.

วันที่	ว/ด/ป	pH	EC(ms/cm)	TDS(ppm)	Temp.		เวลา (น.)	หมายเหตุ
					In	Out		
0	5 มี.ค. 61	4.35	23.2	15,700	30.7	33.1	16.30	เก็บตัวอย่างครั้งที่ 1
1	6 มี.ค. 61	4.20	23.3	15,900	31.1	32.4	16.30	ส่งตัวอย่างวิเคราะห์
2	7 มี.ค. 61	4.16	23.6	16,200	30.9	32.0	16.00	
3	8 มี.ค. 61	4.18	23.7	16,400	30.5	31.9	16.30	
4	9 มี.ค. 61	4.23	23.8	16,400	29.6	31.7	16.30	
5	10 มี.ค. 61	4.21	23.8	16,200	29.1	30.0	15.30	**ฝนตก
6	11 มี.ค. 61	4.24	24.3	16,200	28.8	30.4	17.00	
7	12 มี.ค. 61	4.26	24.9	16,600	28.8	30.4	16.30	เติมเปลือกสับปะรด/เก็บตัวอย่างครั้งที่ 2
8	13 มี.ค. 61	4.29	24.6	16,200	28.9	31.2	16.00	ส่งตัวอย่างวิเคราะห์
9	14 มี.ค. 61	4.30	24.2	16,100	29.4	31.1	15.30	
10	15 มี.ค. 61	4.30	24.1	16,000	29.0	31.2	15.30	
11	16 มี.ค. 61	4.31	24.2	16,000	28.6	30.6	15.30	
12	17 มี.ค. 61	4.32	24.2	16,100	29.7	32.5	16.30	
13	18 มี.ค. 61	4.32	24.2	16,100	30.1	33.6	16.00	
14	19 มี.ค. 61	4.33	24.1	16,100	29.8	32.1	16.30	
15	20 มี.ค. 61	4.33	23.8	15,900	29.9	32.3	15.30	เก็บตัวอย่างครั้งที่ 3
16	21 มี.ค. 61	4.37	23.8	15,800	28.9	30.8	16.00	ส่งตัวอย่างวิเคราะห์/**ฝนตก
17	22 มี.ค. 61	4.38	23.8	15,900	29.9	32.5	15.00	
18	23 มี.ค. 61	4.41	23.7	15,800	29.4	30.9	16.00	**ฝนตก
19	24 มี.ค. 61	4.42	23.7	15,800	29.0	30.7	16.30	
20	25 มี.ค. 61	4.43	23.7	15,800	29.0	30.7	16.30	
21	26 มี.ค. 61	4.44	23.8	15,800	29.1	30.5	15.30	เก็บตัวอย่างครั้งที่ 4/ส่งตัวอย่างวิเคราะห์วันที่ 28
Min		4.16	23.2	15,700	28.6	30.0		
Max		4.44	24.9	16,600	31.1	33.6		

*การเก็บตัวอย่างส่งวิเคราะห์อาจมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย เนื่องจากการส่งตัวอย่างต้องเป็นไปตามวันและเวลาการเปิดรับตัวอย่างของห้องปฏิบัติการ

ตารางที่ ก-6 ตารางบันทึกผลการผลิตน้ำหมักชีวภาพปลาทรายแดง

การผลิตปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ (ปลาทรายแดง) 5 มีนาคม 2561 เวลา 13.00 น.

วันที่	ว/ด/ป	pH	EC(ms/cm)	TDS(ppm)	Temp.		เวลา (น.)	หมายเหตุ
					In	Out		
0	5 มี.ค. 61	4.44	21.9	14,800	30.9	33.1	16.30	เก็บตัวอย่างครั้งที่ 1
1	6 มี.ค. 61	4.23	22.1	15,000	31.1	32.4	16.30	ส่งตัวอย่างวิเคราะห์
2	7 มี.ค. 61	4.24	22.3	15,100	31.0	32.0	16.00	
3	8 มี.ค. 61	4.29	22.4	15,100	29.9	31.9	16.30	
4	9 มี.ค. 61	4.30	22.4	15,100	29.3	31.7	16.30	
5	10 มี.ค. 61	4.34	22.6	15,200	28.9	30.0	15.30	**ฝนตก
6	11 มี.ค. 61	4.36	22.8	15,200	28.8	30.4	17.00	
7	12 มี.ค. 61	4.38	23.1	15,400	28.7	30.4	16.30	เติมเปลือกสับปะรด/เก็บตัวอย่างครั้งที่ 2
8	13 มี.ค. 61	4.40	22.9	15,200	28.8	31.2	16.00	ส่งตัวอย่างวิเคราะห์
9	14 มี.ค. 61	4.42	22.9	15,200	29.0	31.1	15.30	
10	15 มี.ค. 61	4.42	23.0	15,400	28.9	31.2	15.30	
11	16 มี.ค. 61	4.42	23.2	15,600	28.6	30.6	15.30	
12	17 มี.ค. 61	4.43	22.9	15,200	29.5	32.5	16.30	
13	18 มี.ค. 61	4.42	22.9	15,200	30.0	33.6	16.00	
14	19 มี.ค. 61	4.43	22.9	15,200	29.9	32.1	16.30	
15	20 มี.ค. 61	4.46	22.9	15,200	29.8	32.3	15.30	เก็บตัวอย่างครั้งที่ 3
16	21 มี.ค. 61	4.50	23.1	15,400	28.9	30.8	16.00	ส่งตัวอย่างวิเคราะห์/**ฝนตก
17	22 มี.ค. 61	4.51	23.4	15,500	29.8	32.5	15.00	
18	23 มี.ค. 61	4.52	23.5	15,700	29.4	30.9	16.00	**ฝนตก
19	24 มี.ค. 61	4.52	23.3	15,600	29.0	30.7	16.30	
20	25 มี.ค. 61	4.52	23.3	15,600	29.0	30.7	16.30	
21	26 มี.ค. 61	4.53	23.4	15,600	28.7	30.5	15.30	เก็บตัวอย่างครั้งที่ 4/ส่งตัวอย่างวิเคราะห์วันที่ 28
Min		4.23	21.9	14,800	28.6	30.0		
Max		4.53	23.5	15,700	31.1	33.6		

*การเก็บตัวอย่างส่งวิเคราะห์อาจมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย เนื่องจากการส่งตัวอย่างต้องเป็นไปตามวันและเวลาการเปิดรับตัวอย่างของห้องปฏิบัติการ

รูปที่ ก-1 ผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารสารละลายปุ๋ย Hydro A ผักสลัด

ห้องปฏิบัติการทดสอบ ห้างหุ้นส่วนจำกัด ฟุกเทียน อินโนเวชัน แลบ

1292 ถ.กาญจนวนิช ต.หาดใหญ่ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90110 โทร.08-9659-2270 แฟกซ์ 0-7422-5499

ใบรับรองผลการทดสอบ

(CERTIFICATION OF ANALYSIS)

หมายเลขรายงาน (Reported No.) : 266/61 **วันที่รายงาน (Reported Date) :** 14 ธ.ค. 61

ชื่อผู้ใช้บริการ (Customer Name) : นาย อธิป เมฆพิรุณ

ที่อยู่ (Address) : 180/200 ซ.ทุ่งรวงทอง

ต.คอหงส์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90110

ผู้ติดต่อ (Contact Name) : นาย อธิป เมฆพิรุณ

ชื่อตัวอย่าง (Sample Reference) : ตัวอย่างที่ 1

วันที่รับตัวอย่าง (Received Date) : 01 ธ.ค. 61

วันที่ทดสอบ(Test Completed Date) : 01 ธ.ค. 61 - 14 ธ.ค. 61

ผลการทดสอบ (Result)

ตัวอย่าง (Sample Reference)	รายการทดสอบ (Test Item)	หน่วย (Unit)	ผลทดสอบ (Result)	ผู้ทดสอบ (Tested By)
ตัวอย่างที่ 1	ไนโตรเจนทั้งหมด (Total N)	%	1.65	ปองภพ

รายงานนี้ -รับรองเฉพาะตัวอย่างที่ส่งมานี้เท่านั้น

-วิธีทดสอบ Inhouse method based on AOAC and OMAF

ห้างหุ้นส่วนจำกัด ฟุกเทียน อินโนเวชั่น แลบ
FOOKTIEN INNOVATION LAB
LIMITED PARTNERSHIP
OFFICIAL LABORATORY

(นางสาวสุทาทิพย์ แก้วอิทฤทธิ์)

ผู้ควบคุมห้องปฏิบัติการ

รูปที่ ก-2 ผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารสารละลายปุ๋ย Hydro B ผักสลัด

ห้องปฏิบัติการทดสอบ ห้างหุ้นส่วนจำกัด ฟุกเทียน อินโนเวชัน แลบ

1292 ถ.กาญจนวนิช ต.หาดใหญ่ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90110 โทร.08-9659-2270 แฟกซ์ 0-7422-5499

ใบรับรองผลการทดสอบ

(CERTIFICATION OF ANALYSIS)

หมายเลขรายงาน (Reported No.) : 267/61 **วันที่รายงาน (Reported Date)** : 14 ธ.ค. 61

ชื่อผู้ใช้บริการ (Customer Name) : นาย อธิป เมฆพิรุณ

ที่อยู่ (Address) : 180/200 ซ.ทุ่งรวงทอง
ต.คอหงส์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90110

ผู้ติดต่อ (Contact Name) : นาย อธิป เมฆพิรุณ

ชื่อตัวอย่าง (Sample Reference) : ตัวอย่างที่2

วันที่รับตัวอย่าง (Received Date) : 01 ธ.ค. 61

วันที่ทดสอบ(Test Completed Date) : 01 ธ.ค. 61 - 14 ธ.ค. 61

ผลการทดสอบ (Result)

ตัวอย่าง (Sample Reference)	รายการทดสอบ (Test Item)	หน่วย (Unit)	ผลทดสอบ (Result)	ผู้ทดสอบ (Tested By)
ตัวอย่างที่2	ไนโตรเจนทั้งหมด (Total N)	%	0.58	ปองภพ
	ฟอสเฟตที่มีประโยชน์ (Available P_2O_5)	%	1.23	สุฑาทิพย์
	โพแทชที่ละลายน้ำได้ (Soluble K2O)	%	3.55	สุฑาทิพย์

รายงานนี้ -รับรองเฉพาะตัวอย่างที่ส่งมานี้เท่านั้น

-วิธีทดสอบ Inhouse method based on AOAC and OMAF

ห้างหุ้นส่วนจำกัด ฟุกเทียน อินโนเวชั่น แลบ
FOOKTIEN INNOVATION LAB
LIMITED PARTNERSHIP
OFFICIAL LABORATORY

(นางสาวสุฑาทิพย์ แก้วอิทฤทธิ์)

ผู้ควบคุมห้องปฏิบัติการ

รูปที่ ก-3 ผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพปลาเหลน (วันเริ่มต้น)

หน่วยเครื่องมือกลาง คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่
ตู้ ปณ.3 คอหงส์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90112.
โทรศัพท์ (074) 288058-9 โทรสาร (074) 558850
http://ced.sci.psu.ac.th

รายงานผลวิเคราะห์/ทดสอบ

หมายเลขรายงานผล	:	0961/61
ชื่อผู้ส่งตัวอย่าง	:	คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม
ที่อยู่	:	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่
ผู้วิเคราะห์/ทดสอบ	:	นายสุนทร ขวัญอ่อน
ประเภทตัวอย่าง	:	ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ จำนวน 1 ตัวอย่าง
ชื่อตัวอย่าง	:	ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ 1
รายละเอียดตัวอย่าง	:	บรรจุในขวดพลาสติก
แบบฟอร์มขอรับบริการเลขที่	:	611054
รหัสปฏิบัติการ	:	61-03955
วันที่รับตัวอย่าง	:	6 มีนาคม 2561
วันที่วิเคราะห์/ทดสอบ	:	6 มีนาคม 2561 - 16 มีนาคม 2561

รายการวิเคราะห์	หน่วย	ปริมาณ
ไนโตรเจนทั้งหมด (Total Nitrogen)	% w/w	0.99
ฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total P_2O_5)	% w/w	0.40
โพแทสเซียมทั้งหมด (Total K_2O)	% w/w	0.62
ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน (Organic Carbon)	% w/w	8.28

หมายเหตุ - รับรองผลเฉพาะกับตัวอย่างที่นำมาทดสอบเท่านั้น
- รายงานผลการวิเคราะห์/ทดสอบ ต้องไม่ถูกทำสำเนาเฉพาะส่วนบางส่วน ยกเว้นทำทั้งฉบับ โดยไม่ได้รับความยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษรจากหน่วยเครื่องมือกลาง
- วิธีทดสอบ : In house method based on AOAC 20th ed., 2016 และ OMAF, 1987

หน่วยเครื่องมือกลาง คณะวิทยาศาสตร์

(นายสุนทร ขวัญอ่อน)
นักวิทยาศาสตร์

(นางสาวผุสดี มุหะหมัด)
หัวหน้าหน่วยเครื่องมือกลาง

16 มีนาคม 2561

F-5.10-1
(11/01/53)

รูปที่ ก-4 ผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพปลาตาหวาน (วันเริ่มต้น)

หน่วยเครื่องมือกลาง คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่
ตู้ ปณ.3 คอหงส์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90112.
โทรศัพท์ (074) 288058-9 โทรสาร (074) 558850
http://ced.sci.psu.ac.th

รายงานผลวิเคราะห์/ทดสอบ

หมายเลขรายงานผล	:	0961/61
ชื่อผู้ส่งตัวอย่าง	:	คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม
ที่อยู่	:	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่
ผู้วิเคราะห์/ทดสอบ	:	นายสุนทร ขวัญอ่อน
ประเภทตัวอย่าง	:	ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ จำนวน 1 ตัวอย่าง
ชื่อตัวอย่าง	:	ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ 2
รายละเอียดตัวอย่าง	:	บรรจุในขวดพลาสติก
แบบฟอร์มขอรับบริการเลขที่	:	611054
รหัสปฏิบัติการ	:	61-03956
วันที่รับตัวอย่าง	:	6 มีนาคม 2561
วันที่วิเคราะห์/ทดสอบ	:	6 มีนาคม 2561 - 16 มีนาคม 2561

รายการวิเคราะห์	หน่วย	ปริมาณ
ไนโตรเจนทั้งหมด (Total Nitrogen)	% w/w	0.94
ฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total P_2O_5)	% w/w	0.42
โพแทสเซียมทั้งหมด (Total K_2O)	% w/w	0.62
ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน (Organic Carbon)	% w/w	7.45

หมายเหตุ - รับรองผลเฉพาะกับตัวอย่างที่นำมาทดสอบเท่านั้น
- รายงานผลการวิเคราะห์/ทดสอบ ต้องไม่ถูกทำสำเนาเฉพาะเพียงบางส่วนหรือแก้ไขทั้งฉบับ โดยไม่ได้รับความยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษรจากหน่วยเครื่องมือกลาง
- วิธีทดสอบ : In house method based on AOAC, 20th ed., 2016 และ OMAF, 1987

หน่วยเครื่องมือกลาง คณะวิทยาศาสตร์

(นายสุนทร ขวัญอ่อน)
นักวิทยาศาสตร์

(นางสาวผุสดี มุหะหมัด)
หัวหน้าหน่วยเครื่องมือกลาง

16 มีนาคม 2561

F-5.10-1
(11/01/53)

รูปที่ ก-5 ผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพปลาทรายแดง (วันเริ่มต้น)

หน่วยเครื่องมือกลาง คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่
ตู้ ปณ.3 คอหงส์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90112.
โทรศัพท์ (074) 288058-9 โทรสาร (074) 558850
http://ced.sci.psu.ac.th

รายงานผลวิเคราะห์/ทดสอบ

หมายเลขรายงานผล	:	0961/61
ชื่อผู้ส่งตัวอย่าง	:	คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม
ที่อยู่	:	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่
ผู้วิเคราะห์/ทดสอบ	:	นายสุนทร ขวัญอ่อน
ประเภทตัวอย่าง	:	ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ จำนวน 1 ตัวอย่าง
ชื่อตัวอย่าง	:	ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ 3
รายละเอียดตัวอย่าง	:	บรรจุในขวดพลาสติก
แบบฟอร์มขอรับบริการเลขที่	:	611054
รหัสปฏิบัติการ	:	61-03957
วันที่รับตัวอย่าง	:	6 มีนาคม 2561
วันที่วิเคราะห์/ทดสอบ	:	6 มีนาคม 2561 - 16 มีนาคม 2561

รายการวิเคราะห์	หน่วย	ปริมาณ
ไนโตรเจนทั้งหมด (Total Nitrogen)	% w/w	1.09
ฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total P_2O_5)	% w/w	0.48
โพแทสเซียมทั้งหมด (Total K_2O)	% w/w	0.66
ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน (Organic Carbon)	% w/w	8.63

หมายเหตุ - *รับรองผลเฉพาะกับตัวอย่างที่นำมาทดสอบเท่านั้น*
- *รายงานผลการวิเคราะห์/ทดสอบ ต้องไม่ถูกทำสำเนาเฉพาะส่วนโดยไม่ได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากหน่วยเครื่องมือกลาง*
- *วิธีทดสอบ : In house method based on AOAC 20th ed., 2016 และ OMAA 1987*

หน่วยเครื่องมือกลาง คณะวิทยาศาสตร์

(นายสุนทร ขวัญอ่อน)
นักวิทยาศาสตร์

(นางสาวผุสดี มุหะหมัด)
หัวหน้าหน่วยเครื่องมือกลาง

16 มีนาคม 2561

F-5.10-1
(11/01/53)

รูปที่ ก-6 ผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพปลาเหลน (วันที่ 7 ของการหมัก)

หน่วยเครื่องมือกลาง คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่
ตู้ ปณ.3 ดอหงส์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90112.
โทรศัพท์ (074) 288058-9 โทรสาร (074) 558850
http://ced.sci.psu.ac.th

รายงานผลวิเคราะห์/ทดสอบ

หมายเลขรายงานผล	:	0972/61
ชื่อผู้ส่งตัวอย่าง	:	คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม
ที่อยู่	:	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่
ผู้วิเคราะห์/ทดสอบ	:	นายสุนทร ขวัญอ่อน
ประเภทตัวอย่าง	:	ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ จำนวน 1 ตัวอย่าง
ชื่อตัวอย่าง	:	ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ 1
รายละเอียดตัวอย่าง	:	บรรจุในขวดพลาสติก
แบบฟอร์มขอรับบริการเลขที่	:	611118
รหัสปฏิบัติการ	:	61-04227
วันที่รับตัวอย่าง	:	13 มีนาคม 2561
วันที่วิเคราะห์/ทดสอบ	:	13 มีนาคม 2561 - 20 มีนาคม 2561

รายการวิเคราะห์	หน่วย	ปริมาณ
ไนโตรเจนทั้งหมด (Total Nitrogen)	% w/w	1.25
ฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total P_2O_5)	% w/w	0.63
โพแทสเซียมทั้งหมด (Total K_2O)	% w/w	0.71
ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน (Organic Carbon)	% w/w	9.82

หมายเหตุ - *รับรองผลเฉพาะกับตัวอย่างที่นำมาทดสอบเท่านั้น*
- *รายงานผลการวิเคราะห์/ทดสอบ ต้องไม่ถูกทำสำเนาเฉพาะเพียงบางส่วน ยกเว้นทำทั้งฉบับ โดยไม่ได้รับความยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษรจากหน่วยเครื่องมือกลาง*
- *วิธีทดสอบ In house method based on AOAC. 20th ed., 2016 และ OMAF. 1987*

(นายสุนทร ขวัญอ่อน)
นักวิทยาศาสตร์

(นางสาวผุสดี มุหะหมัด)
หัวหน้าหน่วยเครื่องมือกลาง
20 มีนาคม 2561

F-5.10-1
(11/01/53)

รูปที่ ก-7 ผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพปลาตาหวาน (วันที่ 7 ของการหมัก)

หน่วยเครื่องมือกลาง คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่
ตู้ ปณ.3 คอหงส์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90112.
โทรศัพท์ (074) 288058-9 โทรสาร (074) 558850
http://ced.sci.psu.ac.th

รายงานผลวิเคราะห์/ทดสอบ

หมายเลขรายงานผล	:	0972/61
ชื่อผู้ส่งตัวอย่าง	:	คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม
ที่อยู่	:	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่
ผู้วิเคราะห์/ทดสอบ	:	นายสุนทร ขวัญอ่อน
ประเภทตัวอย่าง	:	ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ จำนวน 1 ตัวอย่าง
ชื่อตัวอย่าง	:	ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ 2
รายละเอียดตัวอย่าง	:	บรรจุในขวดพลาสติก
แบบฟอร์มขอรับบริการเลขที่	:	611118
รหัสปฏิบัติการ	:	61-04228
วันที่รับตัวอย่าง	:	13 มีนาคม 2561
วันที่วิเคราะห์/ทดสอบ	:	13 มีนาคม 2561 - 20 มีนาคม 2561

รายการวิเคราะห์	หน่วย	ปริมาณ
ไนโตรเจนทั้งหมด (Total Nitrogen)	% w/w	1.27
ฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total P_2O_5)	% w/w	0.82
โพแทสเซียมทั้งหมด (Total K_2O)	% w/w	0.68
ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน (Organic Carbon)	% w/w	9.63

หมายเหตุ - รับรองผลเฉพาะกับตัวอย่างที่นำมาทดสอบเท่านั้น
- รายงานผลการวิเคราะห์/ทดสอบ ต้องไม่ถูกทำสำเนาเฉพาะเพียงบางส่วน ยกเว้นทำทั้งฉบับ โดยไม่ได้รับความยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษรจากหน่วยเครื่องมือกลาง
- วิธีทดสอบ In house method based on AOAC, 20th ed., 2016 และ OMAF, 1987.

(นายสุนทร ขวัญอ่อน)
นักวิทยาศาสตร์

(นางสาวผุสดี มุหะหมัด)
หัวหน้าหน่วยเครื่องมือกลาง
20 มีนาคม 2561

F-5.10-1
(11/01/53)

รูปที่ ก-8 ผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพปลาทรายแดง (วันที่ 7 ของการหมัก)

หน่วยเครื่องมือกลาง คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่
ตู้ ปณ.3 คอหงส์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90112.
โทรศัพท์ (074) 288058-9 โทรสาร (074) 558850
http://ced.sci.psu.ac.th

รายงานผลวิเคราะห์/ทดสอบ

หมายเลขรายงานผล	:	0972/61
ชื่อผู้ส่งตัวอย่าง	:	คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม
ที่อยู่	:	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่
ผู้วิเคราะห์/ทดสอบ	:	นายสุนทร ขวัญอ่อน
ประเภทตัวอย่าง	:	ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ จำนวน 1 ตัวอย่าง
ชื่อตัวอย่าง	:	ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ 3
รายละเอียดตัวอย่าง	:	บรรจุในขวดพลาสติก
แบบฟอร์มขอรับบริการเลขที่	:	611118
รหัสปฏิบัติการ	:	61-04229
วันที่รับตัวอย่าง	:	13 มีนาคม 2561
วันที่วิเคราะห์/ทดสอบ	:	13 มีนาคม 2561 - 20 มีนาคม 2561

รายการวิเคราะห์	หน่วย	ปริมาณ
ไนโตรเจนทั้งหมด (Total Nitrogen)	% w/w	1.37
ฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total P_2O_5)	% w/w	0.69
โพแทสเซียมทั้งหมด (Total K_2O)	% w/w	0.67
ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน (Organic Carbon)	% w/w	9.95

หมายเหตุ - รับรองผลเฉพาะกับตัวอย่างที่นำมาทดสอบเท่านั้น
- รายงานผลการวิเคราะห์/ทดสอบ ต้องไม่ถูกทำสำเนาเฉพาะเพียงบางส่วน ยกเว้นทำทั้งฉบับ โดยไม่ได้รับความยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษรจากหน่วยเครื่องมือกลาง
- วิธีทดสอบ In house method based on AOAC, 20th ed., 2016 และ OMAF, 1987

(นายสุนทร ขวัญอ่อน) (นางสาวผุสดี มุหะหมัด)
นักวิทยาศาสตร์ หัวหน้าหน่วยเครื่องมือกลาง
20 มีนาคม 2561

รูปที่ ก-9 ผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพปลาเหลน (วันที่ 14 ของการหมัก)

หน่วยเครื่องมือกลาง คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่
ตู้ ปณ.3 คอหงส์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90112.
โทรศัพท์ (074) 288058-9 โทรสาร (074) 558850
http://ced.sci.psu.ac.th

รายงานผลวิเคราะห์/ทดสอบ

หมายเลขรายงานผล	:	1060/61
ชื่อผู้ส่งตัวอย่าง	:	คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม
ที่อยู่	:	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่
ผู้วิเคราะห์/ทดสอบ	:	นายสุนทร ขวัญอ่อน
ประเภทตัวอย่าง	:	ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ จำนวน 1 ตัวอย่าง
ชื่อตัวอย่าง	:	ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ 1
รายละเอียดตัวอย่าง	:	บรรจุในขวดพลาสติก
แบบฟอร์มขอรับบริการเลขที่	:	611187
รหัสปฏิบัติการ	:	61-04549
วันที่รับตัวอย่าง	:	21 มีนาคม 2561
วันที่วิเคราะห์/ทดสอบ	:	21 มีนาคม 2561 - 28 มีนาคม 2561

รายการวิเคราะห์	หน่วย	ปริมาณ
ไนโตรเจนทั้งหมด (Total Nitrogen)	% w/w	1.11
ฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total P_2O_5)	% w/w	0.10
โพแทสเซียมทั้งหมด (Total K_2O)	% w/w	0.09
ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน (Organic Carbon)	% w/w	8.93

หมายเหตุ - รับรองผลเฉพาะกับตัวอย่างที่นำมาทดสอบเท่านั้น
- รายงานผลการวิเคราะห์/ทดสอบ ต้องไม่ถูกทำสำเนาเฉพาะเพียงบางส่วน ยกเว้นทำทั้งฉบับ โดยไม่ได้รับความยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษรจากหน่วยเครื่องมือกลาง
- วิธีทดสอบ In house method based on AOAC 20th ed., 2016 และ OMAF, 1987

(นายสุนทร ขวัญอ่อน) (นางสาวมุสดี มุหะหมัด)
นักวิทยาศาสตร์ หัวหน้าหน่วยเครื่องมือกลาง
28 มีนาคม 2561

F-5.10-1
(11/01/53)

รูปที่ ก-10 ผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพปลาตาหวาน (วันที่ 14 ของการหมัก)

หน่วยเครื่องมือกลาง คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่
ตู้ ปณ.3 คอหงส์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90112.
โทรศัพท์ (074) 288058-9 โทรสาร (074) 558850
http://ced.sci.psu.ac.th

รายงานผลวิเคราะห์/ทดสอบ

หมายเลขรายงานผล	:	1060/61
ชื่อผู้ส่งตัวอย่าง	:	คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม
ที่อยู่	:	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่
ผู้วิเคราะห์/ทดสอบ	:	นายสุนทร ขวัญอ่อน
ประเภทตัวอย่าง	:	ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ จำนวน 1 ตัวอย่าง
ชื่อตัวอย่าง	:	ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ 2
รายละเอียดตัวอย่าง	:	บรรจุในขวดพลาสติก
แบบฟอร์มขอรับบริการเลขที่	:	611187
รหัสปฏิบัติการ	:	61-04550
วันที่รับตัวอย่าง	:	21 มีนาคม 2561
วันที่วิเคราะห์/ทดสอบ	:	21 มีนาคม 2561 - 28 มีนาคม 2561

รายการวิเคราะห์	หน่วย	ปริมาณ
ไนโตรเจนทั้งหมด (Total Nitrogen)	% w/w	1.05
ฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total P_2O_5)	% w/w	0.40
โพแทสเซียมทั้งหมด (Total K_2O)	% w/w	0.29
ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน (Organic Carbon)	% w/w	8.31

หมายเหตุ - รับรองผลเฉพาะใบตัวอย่างที่นำมาทดสอบเท่านั้น
- รายงานผลการวิเคราะห์ทดสอบ ต้องไม่ถูกทำสำเนาเฉพาะเพียงบางส่วน ยกเว้นทำทั้งฉบับ โดยไม่ได้รับความยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษรจากหน่วยเครื่องมือกลาง
- วิธีทดสอบ In house method based on AOAC 20th ed. 2016 และ OMAF 1987

(นายสุนทร ขวัญอ่อน)
นักวิทยาศาสตร์

(นางสาวผุสดี มุหะหมัด)
หัวหน้าหน่วยเครื่องมือกลาง
28 มีนาคม 2561

F-5.10-1
(11/01/53)

รูปที่ ก-11 ผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพปลาทรายแดง (วันที่ 14 ของการหมัก)

หน่วยเครื่องมือกลาง คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่
ตู้ ปณ.3 คอหงส์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90112.
โทรศัพท์ (074) 288058-9 โทรสาร (074) 558850
http://ced.sci.psu.ac.th

รายงานผลวิเคราะห์/ทดสอบ

หมายเลขรายงานผล	:	1060/61
ชื่อผู้ส่งตัวอย่าง	:	คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม
ที่อยู่	:	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่
ผู้วิเคราะห์/ทดสอบ	:	นายสุนทร ขวัญอ่อน
ประเภทตัวอย่าง	:	ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ จำนวน 1 ตัวอย่าง
ชื่อตัวอย่าง	:	ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ 3
รายละเอียดตัวอย่าง	:	บรรจุในขวดพลาสติก
แบบฟอร์มขอรับบริการเลขที่	:	611187
รหัสปฏิบัติการ	:	61-04551
วันที่รับตัวอย่าง	:	21 มีนาคม 2561
วันที่วิเคราะห์/ทดสอบ	:	21 มีนาคม 2561 - 28 มีนาคม 2561

รายการวิเคราะห์	หน่วย	ปริมาณ
ไนโตรเจนทั้งหมด (Total Nitrogen)	% w/w	1.27
ฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total P_2O_5)	% w/w	0.75
โพแทสเซียมทั้งหมด (Total K_2O)	% w/w	0.63
ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน (Organic Carbon)	% w/w	9.32

หมายเหตุ
- รับรองผลเฉพาะกับตัวอย่างที่นำมาทดสอบเท่านั้น
- รายงานผลการวิเคราะห์/ทดสอบ ต้องไม่ถูกทำสำเนาเฉพาะเพียงบางส่วน ยกเว้นทำทั้งฉบับ โดยไม่ได้รับความยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษรจากหน่วยเครื่องมือกลาง
- วิธีทดสอบ : In house method based on AOAC, 20th ed., 2016 และ OMAF, 1987

(นายสุนทร ขวัญอ่อน) (นางสาวผุสดี มุหะหมัด)
นักวิทยาศาสตร์ หัวหน้าหน่วยเครื่องมือกลาง
28 มีนาคม 2561

F-5.10-1
(11/01/53)

รูปที่ ก-12 ผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพปลาเหลน (วันที่ 21 ของการหมัก)

หน่วยเครื่องมือกลาง คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่
ตู้ ปณ.3 คอหงส์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90112.
โทรศัพท์ (074) 288058-9 โทรสาร (074) 558850
http://ced.sci.psu.ac.th

รายงานผลวิเคราะห์/ทดสอบ

หมายเลขรายงานผล	:	1119/61
ชื่อผู้ส่งตัวอย่าง	:	คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม
ที่อยู่	:	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่
ผู้วิเคราะห์/ทดสอบ	:	นายสุนทร ชวัญอ่อน
ประเภทตัวอย่าง	:	ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ จำนวน 1 ตัวอย่าง
ชื่อตัวอย่าง	:	ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ 1
รายละเอียดตัวอย่าง	:	บรรจุในขวดพลาสติก
แบบฟอร์มขอรับบริการเลขที่	:	611259
รหัสปฏิบัติการ	:	61-04825
วันที่รับตัวอย่าง	:	28 มีนาคม 2561
วันที่วิเคราะห์/ทดสอบ	:	28 มีนาคม 2561 - 5 เมษายน 2561

รายการวิเคราะห์	หน่วย	ปริมาณ
ไนโตรเจนทั้งหมด (Total Nitrogen)	% w/w	1.28
ฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total P_2O_5)	% w/w	0.43
โพแทสเซียมทั้งหมด (Total K_2O)	% w/w	0.44
ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน (Organic Carbon)	% w/w	9.89

หมายเหตุ - รับรองผลเฉพาะกับตัวอย่างที่นำมาทดสอบเท่านั้น
- รายงานผลการวิเคราะห์ทดสอบ ต้องไม่ถูกทำสำเนาเฉพาะเพียงบางส่วน ยกเว้นทำทั้งฉบับ โดยไม่ได้รับความยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษรจากหน่วยเครื่องมือกลาง
- วิธีทดสอบ : In house method based on AOAC. 20th ed., 2016 และ OMAF. 1987

(นายสุนทร ชวัญอ่อน) (นางสาวผุสดี มุหะหมัด)
นักวิทยาศาสตร์ หัวหน้าหน่วยเครื่องมือกลาง
5 เมษายน 2561

รูปที่ ก-13 ผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพปลาตาหวาน (วันที่ 21 ของการหมัก)

หน่วยเครื่องมือกลาง คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่
ตู้ ปณ.3 คอหงส์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90112.
โทรศัพท์ (074) 288058-9 โทรสาร (074) 558850
http://ced.sci.psu.ac.th

รายงานผลวิเคราะห์/ทดสอบ

หมายเลขรายงานผล	:	1119/61
ชื่อผู้ส่งตัวอย่าง	:	คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม
ที่อยู่	:	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่
ผู้วิเคราะห์/ทดสอบ	:	นายสุนทร ขวัญอ่อน
ประเภทตัวอย่าง	:	ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ จำนวน 1 ตัวอย่าง
ชื่อตัวอย่าง	:	ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ 2
รายละเอียดตัวอย่าง	:	บรรจุในขวดพลาสติก
แบบฟอร์มขอรับบริการเลขที่	:	611259
รหัสปฏิบัติการ	:	61-04826
วันที่รับตัวอย่าง	:	28 มีนาคม 2561
วันที่วิเคราะห์/ทดสอบ	:	28 มีนาคม 2561 - 5 เมษายน 2561

รายการวิเคราะห์	หน่วย	ปริมาณ
ไนโตรเจนทั้งหมด (Total Nitrogen)	% w/w	1.28
ฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total P_2O_5)	% w/w	0.47
โพแทสเซียมทั้งหมด (Total K_2O)	% w/w	0.38
ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน (Organic Carbon)	% w/w	9.14

หมายเหตุ
- *รับรองผลเฉพาะกับตัวอย่างที่นำมาทดสอบเท่านั้น*
- *รายงานผลการวิเคราะห์ทดสอบ ต้องไม่ถูกทำสำเนาเฉพาะเพียงบางส่วน ยกเว้นทำทั้งฉบับ โดยไม่ได้รับความยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษรจากหน่วยเครื่องมือกลาง*
- *วิธีทดสอบ : In house method based on AOAC, 20th ed., 2016 และ OMAF, 1997.*

(นายสุนทร ขวัญอ่อน)
นักวิทยาศาสตร์

(นางสาวผุสดี มุหะหมัด)
หัวหน้าหน่วยเครื่องมือกลาง
5 เมษายน 2561

รูปที่ ก-14 ผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพปลาทรายแดง (วันที่ 21 ของการหมัก)

หน่วยเครื่องมือกลาง คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่
ตู้ ปณ.3 คอหงส์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90112.
โทรศัพท์ (074) 288058-9 โทรสาร (074) 558850
http://ced.sci.psu.ac.th

รายงานผลวิเคราะห์/ทดสอบ

หมายเลขรายงานผล	:	1119/61
ชื่อผู้ส่งตัวอย่าง	:	คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม
ที่อยู่	:	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่
ผู้วิเคราะห์/ทดสอบ	:	นายสุนทร ขวัญอ่อน
ประเภทตัวอย่าง	:	ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ จำนวน 1 ตัวอย่าง
ชื่อตัวอย่าง	:	ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ 3
รายละเอียดตัวอย่าง	:	บรรจุในขวดพลาสติก
แบบฟอร์มขอรับบริการเลขที่	:	611259
รหัสปฏิบัติการ	:	61-04827
วันที่รับตัวอย่าง	:	28 มีนาคม 2561
วันที่วิเคราะห์/ทดสอบ	:	28 มีนาคม 2561 - 5 เมษายน 2561

รายการวิเคราะห์	หน่วย	ปริมาณ
ไนโตรเจนทั้งหมด (Total Nitrogen)	% w/w	1.32
ฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total P_2O_5)	% w/w	0.50
โพแทสเซียมทั้งหมด (Total K_2O)	% w/w	0.45
ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน (Organic Carbon)	% w/w	9.52

หมายเหตุ - *รับรองผลเฉพาะกับตัวอย่างที่นำมาทดสอบเท่านั้น*
- *รายงานผลการวิเคราะห์/ทดสอบ ต้องไม่ถูกทำสำเนาเฉพาะเพียงบางส่วน ยกเว้นทำทั้งฉบับ โดยไม่ได้รับความยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษรจากหน่วยเครื่องมือกลาง*
- *วิธีทดสอบ In house method based on AOAC, 20th ed., 2016 และ OMAF, 1987*

(นายสุนทร ขวัญอ่อน) (นางสาวผุสดี มุหะหมัด)
นักวิทยาศาสตร์ หัวหน้าหน่วยเครื่องมือกลาง
5 เมษายน 2561

ตารางที่ ก-7 ปัจจัยต่างๆ ในการเจริญเติบโตของผักกรีนโอ๊คต่อสารละลายปุ๋ย A และ B ในระบบไฮโดรโปนิกส์ (ครั้งที่ 1)

ตารางบันทึก ครั้งที่ 1

ชนิดปุ๋ย A+B

วันที่	ว/ด/ป	EC (ms/cm)	pH	Temp.ปุ๋ย (°C)	Temp. (°C)	ความชื้น (%)	ระบบ	เวลา	หมายเหตุ
8	9 เม.ย. 61	1.08	6.08	31.8	29.1	99	DRFT	16.30	**ฝนตก/ปรับ pH
9	10 เม.ย. 61	1.16	6.07	28.3	26.6	99	DRFT	17.30	**ฝนตก
10	11 เม.ย. 61	1.14	6.09	34.2	32.5	81	DRFT	17.30	
11	12 เม.ย. 61	1.14	6.12	33.1	33.0	65	DRFT	15.00	
12	13 เม.ย. 61	1.12	6.13	33.0	31.5	83	DRFT	16.00	
13	14 เม.ย. 61	1.11	6.15	33.1	31.8	76	DRFT	16.00	
14	15 เม.ย. 61	1.24	6.02	34.0	31.7	65	DRFT	17.00	เติมปุ๋ย20ml/ปรับ pH
15	16 เม.ย. 61	1.24	6.12	31.4	34.2	62	DRFT	14.00	
16	17 เม.ย. 61	1.22	6.20	31.9	32.2	79	DRFT	17.30	
17	18 เม.ย. 61	1.20	6.25	31.5	32.8	60	DRFT	16.30	
18	19 เม.ย. 61	1.19	6.33	31.8	33.0	62	DRFT	16.00	
19	20 เม.ย. 61	1.20	6.04	32.5	33.2	50	DRFT	16.30	ปรับ pH
20	21 เม.ย. 61	1.12	6.13	31.8	32.5	63	DRFT	17.00	
21	22 เม.ย. 61	1.13	6.12	32.5	33.4	62	DRFT	16.30	
22	23 เม.ย. 61	1.17	6.10	33.0	34.5	36	DRFT	17.00	
23	24 เม.ย. 61	1.14	6.07	31.9	32.3	67	DRFT	16.30	
24	25 เม.ย. 61	1.10	6.05	26.1	24.5	75	DRFT	16.00	**ฝนตก
25	26 เม.ย. 61	1.20	6.08	27.7	25.7	68	DRFT	17.00	เติมปุ๋ย20ml/ปรับ pH/**ฝนตก
26	27 เม.ย. 61	1.18	6.09	31.9	33.4	71	DRFT	17.00	
27	28 เม.ย. 61	1.17	6.09	28.7	30.9	80	DRFT	17.30	
28	29 เม.ย. 61	1.14	6.02	26.9	26.7	85	DRFT	17.00	**ฝนตก
29	30 เม.ย. 61	1.14	6.07	29.8	29.3	60	FAD	17.00	
30	1 พ.ค. 61	1.16	6.10	30.0	30.3	63	FAD	17.30	
31	2 พ.ค. 61	1.15	6.11	33.8	34.9	65	FAD	17.00	
32	3 พ.ค. 61	1.19	6.14	32.8	34.8	72	FAD	17.00	
33	4 พ.ค. 61	1.13	6.12	32.2	34.2	60	FAD	17.00	
34	5 พ.ค. 61	1.13	6.14	31.7	34.4	64	FAD	16.30	
35	6 พ.ค. 61	1.13	6.15	28.4	29.5	87	FAD	15.30	**ฝนตก
Min		1.08	6.02	26.1	24.5	36			
Max		1.24	6.33	34.2	34.9	99			

ตารางที่ ก-8 ปัจจัยต่างๆ ในการเจริญเติบโตของผักกรีนโอ๊คต่อปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพปลาเหลน ในระบบไฮโดรโปนิกส์ (ครั้งที่ 1)

ตารางบันทึก ครั้งที่ 1

ชนิดปุ๋ย ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพปลาเหลน

วันที่	ว/ด/ป	EC (ms/cm)	pH	Temp.ปุ๋ย (°C)	Temp. (°C)	ความชื้น (%)	ระบบ	เวลา	หมายเหตุ
8	9 เม.ย. 61	1.41	6.03	32.0	29.1	99	DRFT	16.30	**ฝนตก/ปรับ pH
9	10 เม.ย. 61	1.44	6.83	28.5	26.6	99	DRFT	17.30	**ฝนตก
10	11 เม.ย. 61	1.38	7.11	33.5	32.5	81	DRFT	17.30	
11	12 เม.ย. 61	1.29	7.57	32.9	33.0	65	DRFT	15.00	
12	13 เม.ย. 61	1.31	8.09	33.7	31.5	83	DRFT	16.00	
13	14 เม.ย. 61	1.30	8.32	33.7	31.8	76	DRFT	16.00	
14	15 เม.ย. 61	1.30	8.48	33.8	31.7	65	DRFT	17.00	เติมน้ำ/ปรับ pH
15	16 เม.ย. 61	1.30	8.58	31.6	34.2	62	DRFT	14.00	
16	17 เม.ย. 61	1.25	8.63	31.8	32.2	79	DRFT	17.30	
17	18 เม.ย. 61	1.24	8.62	31.6	32.8	60	DRFT	16.30	ใบด่างและชี้ด
18	19 เม.ย. 61	1.23	8.60	31.6	33.0	62	DRFT	16.00	
19	20 เม.ย. 61	1.24	7.95	32.5	33.2	50	DRFT	16.30	ปรับ pH
20	21 เม.ย. 61	1.25	8.62	31.7	32.5	63	DRFT	17.00	
21	22 เม.ย. 61	1.24	8.63	32.0	33.4	62	DRFT	16.30	
22	23 เม.ย. 61	1.21	8.62	32.7	34.5	36	DRFT	17.00	
23	24 เม.ย. 61	1.18	8.61	31.7	32.3	67	DRFT	16.30	
24	25 เม.ย. 61	1.16	8.75	26.5	24.5	75	DRFT	16.00	**ฝนตก
25	26 เม.ย. 61	1.25	7.20	27.5	25.7	68	DRFT	17.00	เติมปุ๋ยน้ำหมัก150ml/**ฝนตก
26	27 เม.ย. 61	1.20	7.73	31.8	33.4	71	DRFT	17.00	
27	28 เม.ย. 61	1.13	8.14	29.6	30.9	80	DRFT	17.30	
28	29 เม.ย. 61	1.04	8.23	26.8	26.7	85	DRFT	17.00	**ฝนตก
29	30 เม.ย. 61	1.50	7.44	30.0	29.3	60	FAD	17.00	เติมปุ๋ยน้ำหมัก150ml
30	1 พ.ค. 61	1.42	8.27	29.6	30.3	63	FAD	17.30	
31	2 พ.ค. 61	1.38	8.25	33.4	34.9	65	FAD	17.00	
32	3 พ.ค. 61	1.37	8.61	33.2	34.8	72	FAD	17.00	
33	4 พ.ค. 61	1.32	8.66	32.2	34.2	60	FAD	17.00	
34	5 พ.ค. 61	1.30	8.63	32.1	34.4	64	FAD	16.30	
35	6 พ.ค. 61	1.31	8.62	28.5	29.5	87	FAD	15.30	**ฝนตก
Min		1.04	6.03	26.5	24.5	36			
Max		1.50	8.75	33.8	34.9	99			

ตารางที่ ก-9 ปัจจัยต่างๆ ในการเจริญเติบโตของผักกรีนโอ๊คต่อปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพปลาตาหวาน ในระบบไฮโดรโปนิกส์ (ครั้งที่ 1)

ตารางบันทึก ครั้งที่ 1

ชนิดปุ๋ย ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพปลาตาหวาน

วันที่	ว/ด/ป	EC (ms/cm)	pH	Temp.ปุ๋ย (°C)	Temp. (°C)	ความชื้น (%)	ระบบ	เวลา	หมายเหตุ
8	9 เม.ย. 61	1.57	6.01	31.9	29.1	99	DRFT	16.30	**ฝนตก/ปรับ pH
9	10 เม.ย. 61	1.59	6.83	28.6	26.6	99	DRFT	17.30	**ฝนตก
10	11 เม.ย. 61	1.47	7.17	32.2	32.5	81	DRFT	17.30	
11	12 เม.ย. 61	1.33	7.42	32.5	33.0	65	DRFT	15.00	
12	13 เม.ย. 61	1.33	7.93	32.9	31.5	83	DRFT	16.00	
13	14 เม.ย. 61	1.30	8.20	33.0	31.8	76	DRFT	16.00	
14	15 เม.ย. 61	1.29	8.41	33.2	31.7	65	DRFT	17.00	เติมน้ำ/ปรับ pH
15	16 เม.ย. 61	1.29	8.50	31.1	34.2	62	DRFT	14.00	
16	17 เม.ย. 61	1.26	8.52	31.0	32.2	79	DRFT	17.30	
17	18 เม.ย. 61	1.22	8.54	31.0	32.8	60	DRFT	16.30	
18	19 เม.ย. 61	1.18	8.63	31.1	33.0	62	DRFT	16.00	
19	20 เม.ย. 61	1.23	7.96	31.7	33.2	50	DRFT	16.30	ปรับ pH
20	21 เม.ย. 61	1.17	8.53	30.9	32.5	63	DRFT	17.00	ใบซีด
21	22 เม.ย. 61	1.16	8.54	31.3	33.4	62	DRFT	16.30	
22	23 เม.ย. 61	1.14	8.57	31.7	34.5	36	DRFT	17.00	
23	24 เม.ย. 61	1.10	8.58	31.2	32.3	67	DRFT	16.30	
24	25 เม.ย. 61	1.07	8.83	27.0	24.5	75	DRFT	16.00	**ฝนตก
25	26 เม.ย. 61	1.27	7.97	27.9	25.7	68	DRFT	17.00	เติมปุ๋ยน้ำหมัก150ml/**ฝนตก
26	27 เม.ย. 61	1.27	8.32	31.8	33.4	71	DRFT	17.00	
27	28 เม.ย. 61	1.27	8.51	29.7	30.9	80	DRFT	17.30	
28	29 เม.ย. 61	1.26	8.69	27.2	26.7	85	DRFT	17.00	**ฝนตก
29	30 เม.ย. 61	1.39	7.82	30.0	29.3	60	FAD	17.00	เติมปุ๋ยน้ำหมัก150ml
30	1 พ.ค. 61	1.35	8.54	29.6	30.3	63	FAD	17.30	
31	2 พ.ค. 61	1.32	8.60	32.9	34.9	65	FAD	17.00	
32	3 พ.ค. 61	1.27	8.52	33.0	34.8	72	FAD	17.00	
33	4 พ.ค. 61	1.22	8.49	32.8	34.2	60	FAD	17.00	
34	5 พ.ค. 61	1.21	8.45	32.0	34.4	64	FAD	16.30	
35	6 พ.ค. 61	1.19	8.51	28.1	29.5	87	FAD	15.30	**ฝนตก
Min		1.07	6.01	27.0	24.5	36			
Max		1.59	8.83	33.2	34.9	99			

ตารางที่ ก-10 ปัจจัยต่างๆ ในการเจริญเติบโตของผักกรีนโอ๊คต่อปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพปลาทรายแดง ในระบบไฮโดรโปนิกส์ (ครั้งที่ 1)

ตารางบันทึก ครั้งที่ 1

ชนิดปุ๋ย ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพปลาทรายแดง

วันที่	ว/ด/ป	EC (ms/cm)	pH	Temp.ปุ๋ย (°C)	Temp. (°C)	ความชื้น (%)	ระบบ	เวลา	หมายเหตุ
8	9 เม.ย. 61	1.58	6.09	32.0	29.1	99	DRFT	16.30	**ฝนตก/ปรับ pH
9	10 เม.ย. 61	1.66	6.92	28.6	26.6	99	DRFT	17.30	**ฝนตก
10	11 เม.ย. 61	1.47	7.17	32.2	32.5	81	DRFT	17.30	
11	12 เม.ย. 61	1.33	7.44	32.9	33.0	65	DRFT	15.00	
12	13 เม.ย. 61	1.35	7.83	33.0	31.5	83	DRFT	16.00	
13	14 เม.ย. 61	1.36	8.11	33.0	31.8	76	DRFT	16.00	
14	15 เม.ย. 61	1.37	8.45	33.1	31.7	65	DRFT	17.00	เติมน้ำ/ปรับ pH
15	16 เม.ย. 61	1.36	8.56	31.4	34.2	62	DRFT	14.00	
16	17 เม.ย. 61	1.27	8.62	31.1	32.2	79	DRFT	17.30	
17	18 เม.ย. 61	1.21	8.60	31.0	32.8	60	DRFT	16.30	
18	19 เม.ย. 61	1.20	8.60	31.3	33.0	62	DRFT	16.00	
19	20 เม.ย. 61	1.16	7.94	31.6	33.2	50	DRFT	16.30	ปรับ pH
20	21 เม.ย. 61	1.13	8.53	30.9	32.5	63	DRFT	17.00	
21	22 เม.ย. 61	1.11	8.55	31.7	33.4	62	DRFT	16.30	
22	23 เม.ย. 61	1.10	8.56	32.0	34.5	36	DRFT	17.00	ใบชี้ด
23	24 เม.ย. 61	1.06	8.58	31.1	32.3	67	DRFT	16.30	
24	25 เม.ย. 61	1.03	8.75	27.1	24.5	75	DRFT	16.00	**ฝนตก
25	26 เม.ย. 61	1.20	7.63	27.9	25.7	68	DRFT	17.00	เติมปุ๋ยน้ำหมัก150ml/**ฝนตก
26	27 เม.ย. 61	1.19	7.92	31.5	33.4	71	DRFT	17.00	
27	28 เม.ย. 61	1.19	8.33	29.7	30.9	80	DRFT	17.30	
28	29 เม.ย. 61	1.18	8.67	27.0	26.7	85	DRFT	17.00	**ฝนตก
29	30 เม.ย. 61	1.41	7.84	29.7	29.3	60	FAD	17.00	เติมปุ๋ยน้ำหมัก150ml
30	1 พ.ค. 61	1.38	8.36	29.5	30.3	63	FAD	17.30	
31	2 พ.ค. 61	1.35	8.59	33.1	34.9	65	FAD	17.00	
32	3 พ.ค. 61	1.29	8.70	32.8	34.8	72	FAD	17.00	
33	4 พ.ค. 61	1.20	8.63	32.6	34.2	60	FAD	17.00	
34	5 พ.ค. 61	1.20	8.45	31.9	34.4	64	FAD	16.30	
35	6 พ.ค. 61	1.17	8.52	28.4	29.5	87	FAD	15.30	**ฝนตก
Min		1.03	6.09	27.0	24.5	36			
Max		1.66	8.75	33.1	34.9	99			

ตารางที่ ก-11 ตารางบันทึกผลการเจริญเติบโตผักกรีนโอ๊คทุก 7 วัน ตลอดระยะเวลาการปลูก (ครั้งที่ 1)

ตารางบันทึกผลการเจริญเติบโต ครั้งที่ 1

วันที่ 9 เม.ย. 61

	การเจริญ / ต้นที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ค่าเฉลี่ย
ปุ๋ย A+B	จำนวนใบ	3	3	2	2	3	2	3	2	2	2	2.40
	ความสูงต้น (cm)	0.8	0.9	0.8	0.7	1.0	1.1	1.0	0.9	0.9	1.1	0.92
	ความกว้างทรงพุ่ม (cm)	1.4	1.4	1.5	1.4	1.8	1.7	1.8	1.8	1.4	1.8	1.60
	ความยาวราก (cm)	1.8	1.9	2.4	1.9	1.6	2.1	2.1	2.7	2.5	2.3	2.13
สูตร1	การเจริญ / ต้นที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ค่าเฉลี่ย
	จำนวนใบ	2	3	2	2	2	3	3	2	3	2	2.40
	ความสูงต้น (cm)	0.9	1.0	0.9	0.8	0.7	1.1	1.0	1.0	0.9	0.9	0.92
	ความกว้างทรงพุ่ม (cm)	1.8	1.5	1.9	1.4	1.5	1.5	1.5	1.8	1.4	1.9	1.62
	ความยาวราก (cm)	2.4	2.8	2.3	1.7	1.9	2.3	2.6	2.7	1.7	1.9	2.23
สูตร2	การเจริญ / ต้นที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ค่าเฉลี่ย
	จำนวนใบ	2	2	3	3	2	2	3	2	3	2	2.40
	ความสูงต้น (cm)	0.8	0.8	1.1	1.0	0.9	1.0	1.0	1.1	0.8	0.9	0.94
	ความกว้างทรงพุ่ม (cm)	1.9	1.4	1.8	1.5	1.6	1.6	1.8	1.4	1.9	1.6	1.65
	ความยาวราก (cm)	2.1	2.6	1.9	1.5	2.2	2.4	2.4	1.9	1.8	2.6	2.14
สูตร3	การเจริญ / ต้นที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ค่าเฉลี่ย
	จำนวนใบ	2	3	2	3	3	3	2	2	3	2	2.50
	ความสูงต้น (cm)	0.8	0.9	0.8	1.1	1.0	1.0	1.1	1.1	0.7	0.8	0.93
	ความกว้างทรงพุ่ม (cm)	1.4	1.6	1.7	1.9	1.4	1.5	1.5	1.4	1.8	1.9	1.61
	ความยาวราก (cm)	2.4	2.6	1.9	1.7	2.1	2..1	1.4	2.6	2.7	1.8	2.13

ตารางบันทึกผลการเจริญเติบโต ครั้งที่ 1

วันที่ 15 เม.ย. 61

	การเจริญ / ต้นที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ค่าเฉลี่ย
ปุ๋ย A+B	จำนวนใบ	4	4	3	4	5	4	4	3	4	4	3.90
	ความสูงต้น (cm)	2.4	2.4	2.3	2.3	2.5	2.1	2.4	2.9	2.6	2.6	2.45
	ความกว้างทรงพุ่ม (cm)	4.0	4.3	4.8	4.8	4.9	4.1	4.3	4.9	4.1	4.9	4.51
	ความยาวราก (cm)	4.4	4.7	6.0	5.7	6.1	5.6	5.1	6.8	5.0	4.8	5.42
สูตร1	การเจริญ / ต้นที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ค่าเฉลี่ย
	จำนวนใบ	3	3	3	2	3	4	3	3	3	3	3.00
	ความสูงต้น (cm)	1.6	1.5	1.8	1.8	1.6	2.0	2.1	1.8	1.4	1.6	1.72
	ความกว้างทรงพุ่ม (cm)	3.7	3.7	3.5	3.8	3.9	4.4	4.1	3.8	4.1	3.7	3.87
	ความยาวราก (cm)	3.2	3.1	3.2	2.7	2.7	3.6	3.5	3.6	2.9	3.0	3.15
สูตร2	การเจริญ / ต้นที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ค่าเฉลี่ย
	จำนวนใบ	3	3	4	4	4	3	4	3	4	3	3.50
	ความสูงต้น (cm)	1.8	2.0	2.2	2.0	1.9	1.7	2.2	2.1	2.0	2.6	2.05
	ความกว้างทรงพุ่ม (cm)	3.6	4.0	4.7	4.3	4.7	3.9	4.9	3.9	4.3	4.2	4.25
	ความยาวราก (cm)	3.7	4.2	3.6	3.0	3.6	3.6	4.4	3.9	3.6	4.4	3.80
สูตร3	การเจริญ / ต้นที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ค่าเฉลี่ย
	จำนวนใบ	3	3	3	4	4	4	3	3	3	3	3.30
	ความสูงต้น (cm)	1.6	1.9	1.6	2.1	1.9	1.7	1.8	2.3	1.6	1.4	1.79
	ความกว้างทรงพุ่ม (cm)	3.2	3.7	3.6	4.0	4.0	3.9	3.5	4.1	3.6	3.6	3.72
	ความยาวราก (cm)	4.1	3.7	3.4	2.7	3.7	3.6	2.8	4.2	3.8	3.0	3.50

ตารางบันทึกผลการเจริญเติบโต ครั้งที่ 1

วันที่ 22 เม.ย. 61

	การเจริญ / ต้นที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ค่าเฉลี่ย
ปุ๋ย A+B	จำนวนใบ	6	7	6	6	7	6	6	6	7	6	6.30
	ความสูงต้น (cm)	4.9	6.0	5.9	5.2	6.5	6.1	5.2	6.4	6.9	6.4	5.95
	ความกว้างทรงพุ่ม (cm)	9.6	11.4	10.0	11.9	13.6	11.2	12.1	12.7	12.7	11.0	11.62
	ความยาวราก (cm)	9.6	12.4	11.2	11.0	13.6	9.7	10.4	14.6	13.6	11.3	11.74
สูตร1	การเจริญ / ต้นที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ค่าเฉลี่ย
	จำนวนใบ	4	4	3	3	4	4	4	4	4	4	3.80
	ความสูงต้น (cm)	2.1	2.1	2.3	2.0	2.3	2.1	2.3	1.9	1.6	1.7	2.04
	ความกว้างทรงพุ่ม (cm)	4.2	4.6	4.6	4.2	4.5	4.9	4.8	4.2	5.0	4.3	4.53
	ความยาวราก (cm)	4.0	3.6	3.3	3.1	3.2	3.8	4.2	4.4	3.6	4.0	3.72
สูตร2	การเจริญ / ต้นที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ค่าเฉลี่ย
	จำนวนใบ	5	4	6	6	5	5	5	5	6	4	5.10
	ความสูงต้น (cm)	4.1	3.9	6.7	5.7	4.2	4.2	4.8	5.0	4.8	4.7	4.81
	ความกว้างทรงพุ่ม (cm)	6.7	7.1	10.6	9.4	6.4	4.3	6.9	7.2	7.1	7.5	7.32
	ความยาวราก (cm)	4.1	4.4	4.2	4.0	4.9	4.8	5.2	4.4	4.5	5.3	4.58
สูตร3	การเจริญ / ต้นที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ค่าเฉลี่ย
	จำนวนใบ	4	4	4	5	5	5	5	4	4	5	4.50
	ความสูงต้น (cm)	3.5	2.7	2.8	3.1	4.3	3.8	5.6	4.4	4.0	6.1	4.03
	ความกว้างทรงพุ่ม (cm)	4.7	4.8	4.3	5.2	4.9	4.9	5.3	4.8	5.0	5.3	4.92
	ความยาวราก (cm)	4.6	4.4	4.0	3.9	4.4	4.2	3.7	4.6	4.1	4.1	4.20

ตารางบันทึกผลการเจริญเติบโต ครั้งที่ 1

วันที่ 29 เม.ย. 61

	การเจริญ / ต้นที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ค่าเฉลี่ย
ปุ๋ย A+B	จำนวนใบ	10	11	10	10	12	10	11	11	12	10	10.70
	ความสูงต้น (cm)	9.6	10.8	10.1	10.3	11.4	10.9	11.0	11.6	10.7	10.2	10.66
	ความกว้างทรงพุ่ม (cm)	18.2	21.6	20.4	23.1	20.9	20.5	21.4	19.4	20.1	17.9	20.35
	ความยาวราก (cm)	21.1	24.6	24.1	25.8	25.1	23.2	21.7	27.3	26.8	25.9	24.56
สูตร1	การเจริญ / ต้นที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ค่าเฉลี่ย
	จำนวนใบ		4		4	4	4	4	5	4	4	4.13
	ความสูงต้น (cm)		2.5		2.5	3.6	2.9	2.9	3.3	3.8	2.4	2.99
	ความกว้างทรงพุ่ม (cm)		4.6		4.9	5.1	4.9	5.0	5.4	5.3	4.3	4.94
	ความยาวราก (cm)		3.4		2.7	3.1	3.6	3.5	3.9	3.6	3.7	3.44
สูตร2	การเจริญ / ต้นที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ค่าเฉลี่ย
	จำนวนใบ	6	5	7	8	6	7	6	5	6	5	6.10
	ความสูงต้น (cm)	4.9	4.2	7.0	8.4	4.8	6.7	4.8	5.1	4.9	5.0	5.58
	ความกว้างทรงพุ่ม (cm)	7.5	7.2	11.0	10.7	7.6	7.5	7.1	7.4	7.1	7.6	8.07
	ความยาวราก (cm)	4.1	4.3	3.9	3.5	3.9	3.9	3.7	4.0	3.7	3.6	3.86
สูตร3	การเจริญ / ต้นที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ค่าเฉลี่ย
	จำนวนใบ	5	6	6	5	6	6	6	5	5	6	5.60
	ความสูงต้น (cm)	4.4	7.8	8.1	4.1	5.1	5.0	5.7	4.2	5.4	7.9	5.77
	ความกว้างทรงพุ่ม (cm)	5.1	5.7	7.3	5.2	6.0	5.5	5.3	4.8	5.4	6.4	5.67
	ความยาวราก (cm)	4.3	4.3	3.9	4.0	4.2	3.9	3.9	4.5	4.0	4.1	4.11

ตารางบันทึกผลการเจริญเติบโต ครั้งที่ 1

วันที่ 6 พ.ค. 61

	การเจริญ / ต้นที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ค่าเฉลี่ย
ปุ๋ย A+B	จำนวนใบ	18	17	18	17	19	18	18	19	19	17	18.00
	ความสูงต้น (cm)	18.1	18.3	17.6	18.9	19.0	18.5	17.5	19.4	18.4	18.4	18.41
	ความกว้างทรงพุ่ม (cm)	26.4	27.4	26.4	28.3	26.8	27.1	26.7	24.9	25.8	25.3	26.51
	ความยาวราก (cm)	29.8	32.5	34.6	37.2	32.1	33.4	31.0	35.0	31.3	36.0	33.29
สูตร1	การเจริญ / ต้นที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ค่าเฉลี่ย
	จำนวนใบ		4				4	4	5	4		4.20
	ความสูงต้น (cm)		3.7				3.1	4.6	5.1	3.2		3.94
	ความกว้างทรงพุ่ม (cm)		4.6				4.8	5.0	6.0	4.3		4.94
	ความยาวราก (cm)		3.5				3.6	3.6	3.7	3.7		3.62
สูตร2	การเจริญ / ต้นที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ค่าเฉลี่ย
	จำนวนใบ	7	6	9	11	6	10		6		6	7.63
	ความสูงต้น (cm)	7.0	6.1	12.3	14.1	7.4	12.5		5.6		7.5	9.06
	ความกว้างทรงพุ่ม (cm)	9.5	7.2	14.0	17.1	7.9	14.8		7.3		7.8	10.70
	ความยาวราก (cm)	4.1	4.3	4.0	3.6	3.8	3.7		3.6		3.6	3.84
สูตร3	การเจริญ / ต้นที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ค่าเฉลี่ย
	จำนวนใบ	6	7	9	6	8	7	8		7	11	7.67
	ความสูงต้น (cm)	5.5	9.7	11.5	5.4	9.5	9.0	10.1		9.7	13.4	9.31
	ความกว้างทรงพุ่ม (cm)	5.9	10.4	13.5	5.7	8.8	9.3	9.0		12.4	16.1	10.12
	ความยาวราก (cm)	4.2	4.1	4.9	4.0	4.3	4.0	3.9		3.9	4.1	4.16

ตารางที่ ก-12 ปัจจัยต่างๆ ในการเจริญเติบโตของผักกรีนโอ๊คต่อสารละลายปุ๋ย A และ B ในระบบไฮโดรโปนิกส์ (ครั้งที่ 2)

ตารางบันทึก ครั้งที่ 2

ชนิดปุ๋ย A+B

วันที่	ว/ด/ป	EC (ms/cm)	pH	Temp.ปุ๋ย (°C)	Temp. (°C)	ความชื้น (%)	ระบบ	เวลา	หมายเหตุ
8	10 พ.ค. 61	1.21	6.03	33.0	32.6	83	DRFT	16.00	ปรับ pH
9	11 พ.ค. 61	1.24	6.05	33.2	32.9	72	DRFT	16.30	
10	12 พ.ค. 61	1.22	6.02	29.7	26.9	99	DRFT	16.30	**ฝนตก
11	13 พ.ค. 61	1.17	6.10	29.4	27.2	97	DRFT	16.00	**ฝนตก
12	14 พ.ค. 61	1.13	6.11	32.5	35.5	64	DRFT	17.00	
13	15 พ.ค. 61	1.10	6.17	32.2	33.0	68	DRFT	16.00	
14	16 พ.ค. 61	1.32	5.82	31.9	32.8	71	DRFT	16.30	เติมปุ๋ย20ml/ปรับ pH
15	17 พ.ค. 61	1.32	6.05	32.1	32.8	72	DRFT	16.30	
16	18 พ.ค. 61	1.29	6.09	31.9	33.1	74	DRFT	16.30	
17	19 พ.ค. 61	1.27	6.12	32.1	34.3	58	DRFT	15.30	
18	20 พ.ค. 61	1.28	6.14	32.4	33.8	74	DRFT	16.00	
19	21 พ.ค. 61	1.31	6.13	28.3	26.4	89	DRFT	17.30	**ฝนตก
20	22 พ.ค. 61	1.26	6.21	32.0	33.2	82	DRFT	16.00	
21	23 พ.ค. 61	1.28	6.01	31.6	32.5	84	DRFT	16.00	ปรับ pH
22	24 พ.ค. 61	1.24	6.10	31.4	32.9	72	DRFT	16.30	
23	25 พ.ค. 61	1.19	6.14	31.7	33.1	69	DRFT	17.30	
24	26 พ.ค. 61	1.17	6.12	31.5	33.8	78	DRFT	16.00	
25	27 พ.ค. 61	1.18	6.17	32.0	33.3	82	DRFT	16.30	
26	28 พ.ค. 61	1.15	6.19	31.5	32.9	74	DRFT	16.30	
27	29 พ.ค. 61	1.13	6.24	31.1	32.4	80	DRFT	17.00	
28	30 พ.ค. 61	1.27	6.12	31.3	33.7	81	DRFT	15.30	เติมปุ๋ย20ml/ปรับ pH
29	31 พ.ค. 61	1.25	6.12	32.1	33.7	76	FAD	16.00	
30	1 มิ.ย. 61	1.21	6.14	32.0	34.1	62	FAD	16.30	
31	2 มิ.ย. 61	1.21	6.13	32.1	33.9	81	FAD	16.30	
32	3 มิ.ย. 61	1.20	6.18	28.7	28.1	88	FAD	16.30	**ฝนตก
33	4 มิ.ย. 61	1.16	6.21	31.8	32.7	68	FAD	15.30	
34	5 มิ.ย. 61	1.14	6.24	32.0	32.6	73	FAD	16.30	
35	6 มิ.ย. 61	1.15	6.23	31.7	33.1	80	FAD	15.30	
Min		1.10	5.82	28.3	26.4	58			
Max		1.32	6.24	33.2	35.5	99			

ตารางที่ ก-13 ปัจจัยต่างๆ ในการเจริญเติบโตของผักกรีนโอ๊คต่อปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพปลาเหลน ในระบบไฮโดรโปนิกส์ (ครั้งที่ 2)

ตารางบันทึก ครั้งที่ 2

ชนิดปุ๋ย ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพปลาเหลน

วันที่	ว/ด/ป	EC (ms/cm)	pH	Temp.ปุ๋ย (°C)	Temp. (°C)	ความชื้น (%)	ระบบ	เวลา	หมายเหตุ
8	10 พ.ค. 61	1.55	6.09	32.8	32.6	83	DRFT	16.00	ปรับ pH
9	11 พ.ค. 61	1.54	6.27	33.1	32.9	72	DRFT	16.30	
10	12 พ.ค. 61	1.54	6.84	29.2	26.9	99	DRFT	16.30	**ฝนตก
11	13 พ.ค. 61	1.47	7.02	28.9	27.2	97	DRFT	16.00	**ฝนตก
12	14 พ.ค. 61	1.44	7.42	32.4	35.5	64	DRFT	17.00	
13	15 พ.ค. 61	1.48	8.01	32.3	33.0	68	DRFT	16.00	
14	16 พ.ค. 61	1.39	8.34	31.8	32.8	71	DRFT	16.30	
15	17 พ.ค. 61	1.32	8.53	31.9	32.8	72	DRFT	16.30	
16	18 พ.ค. 61	1.35	8.59	31.9	33.1	74	DRFT	16.30	ใบด่างและซีด
17	19 พ.ค. 61	1.31	8.55	32.3	34.3	58	DRFT	15.30	
18	20 พ.ค. 61	1.31	8.61	32.0	33.8	74	DRFT	16.00	
19	21 พ.ค. 61	1.27	8.54	28.0	26.4	89	DRFT	17.30	**ฝนตก
20	22 พ.ค. 61	1.22	8.31	32.2	33.2	82	DRFT	16.00	
21	23 พ.ค. 61	1.42	7.82	31.4	32.5	84	DRFT	16.00	เติมปุ๋ยน้ำหมัก150ml/ปรับ pH
22	24 พ.ค. 61	1.41	8.29	31.6	32.9	72	DRFT	16.30	
23	25 พ.ค. 61	1.37	8.47	31.7	33.1	69	DRFT	17.30	
24	26 พ.ค. 61	1.36	8.58	32.0	33.8	78	DRFT	16.00	
25	27 พ.ค. 61	1.32	8.64	31.7	33.3	82	DRFT	16.30	
26	28 พ.ค. 61	1.23	8.61	31.4	32.9	74	DRFT	16.30	
27	29 พ.ค. 61	1.20	8.62	30.9	32.4	80	DRFT	17.00	
28	30 พ.ค. 61	1.38	8.02	31.2	33.7	81	DRFT	15.30	เติมปุ๋ยน้ำหมัก150ml/ปรับ pH
29	31 พ.ค. 61	1.31	8.34	31.5	33.7	76	FAD	16.00	
30	1 มิ.ย. 61	1.27	8.50	32.1	34.1	62	FAD	16.30	
31	2 มิ.ย. 61	1.28	8.61	32.0	33.9	81	FAD	16.30	
32	3 มิ.ย. 61	1.25	8.62	28.9	28.1	88	FAD	16.30	**ฝนตก
33	4 มิ.ย. 61	1.19	8.58	31.6	32.7	68	FAD	15.30	
34	5 มิ.ย. 61	1.17	8.59	31.8	32.6	73	FAD	16.30	
35	6 มิ.ย. 61	1.10	8.60	31.7	33.1	80	FAD	15.30	
Min		1.10	6.09	28.0	26.4	58			
Max		1.55	8.64	33.1	35.5	99			

ตารางที่ ก-14 ปัจจัยต่างๆ ในการเจริญเติบโตของผักกรีนโอ๊คต่อปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพปลาตาหวาน ในระบบไฮโดรโปนิกส์ (ครั้งที่ 2)

ตารางบันทึก ครั้งที่ 2

ชนิดปุ๋ย ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพปลาตาหวาน

วันที่	ว/ด/ป	EC (ms/cm)	pH	Temp.ปุ๋ย (°C)	Temp. (°C)	ความชื้น (%)	ระบบ	เวลา	หมายเหตุ
8	10 พ.ค. 61	1.54	6.02	32.9	32.6	83	DRFT	16.00	ปรับ pH
9	11 พ.ค. 61	1.56	6.74	33.0	32.9	72	DRFT	16.30	
10	12 พ.ค. 61	1.52	7.53	29.1	26.9	99	DRFT	16.30	**ฝนตก
11	13 พ.ค. 61	1.49	8.02	29.0	27.2	97	DRFT	16.00	**ฝนตก
12	14 พ.ค. 61	1.48	8.49	32.4	35.5	64	DRFT	17.00	
13	15 พ.ค. 61	1.43	8.53	32.1	33.0	68	DRFT	16.00	
14	16 พ.ค. 61	1.39	8.52	31.6	32.8	71	DRFT	16.30	
15	17 พ.ค. 61	1.37	8.51	31.7	32.8	72	DRFT	16.30	
16	18 พ.ค. 61	1.31	8.51	31.7	33.1	74	DRFT	16.30	
17	19 พ.ค. 61	1.25	8.54	32.3	34.3	58	DRFT	15.30	
18	20 พ.ค. 61	1.27	8.59	32.1	33.8	74	DRFT	16.00	
19	21 พ.ค. 61	1.22	8.52	28.2	26.4	89	DRFT	17.30	**ฝนตก/ใบซีด
20	22 พ.ค. 61	1.18	8.54	32.1	33.2	82	DRFT	16.00	
21	23 พ.ค. 61	1.33	7.80	31.5	32.5	84	DRFT	16.00	เติมปุ๋ยน้ำหมัก150ml/ปรับ pH
22	24 พ.ค. 61	1.34	8.14	31.6	32.9	72	DRFT	16.30	
23	25 พ.ค. 61	1.30	8.39	31.8	33.1	69	DRFT	17.30	
24	26 พ.ค. 61	1.29	8.51	31.9	33.8	78	DRFT	16.00	
25	27 พ.ค. 61	1.26	8.56	31.8	33.3	82	DRFT	16.30	
26	28 พ.ค. 61	1.22	8.59	31.3	32.9	74	DRFT	16.30	
27	29 พ.ค. 61	1.20	8.61	31.1	32.4	80	DRFT	17.00	
28	30 พ.ค. 61	1.30	8.07	31.6	33.7	81	DRFT	15.30	เติมปุ๋ยน้ำหมัก150ml/ปรับ pH
29	31 พ.ค. 61	1.25	8.43	31.7	33.7	76	FAD	16.00	
30	1 มิ.ย. 61	1.21	8.51	32.4	34.1	62	FAD	16.30	
31	2 มิ.ย. 61	1.20	8.57	32.2	33.9	81	FAD	16.30	
32	3 มิ.ย. 61	1.16	8.64	28.7	28.1	88	FAD	16.30	**ฝนตก
33	4 มิ.ย. 61	1.14	8.61	31.2	32.7	68	FAD	15.30	
34	5 มิ.ย. 61	1.14	8.60	31.7	32.6	73	FAD	16.30	
35	6 มิ.ย. 61	1.13	8.60	31.6	33.1	80	FAD	15.30	
Min		1.13	6.02	28.2	26.4	58			
Max		1.56	8.64	33.0	35.5	99			

ตารางที่ ก-15 ปัจจัยต่างๆ ในการเจริญเติบโตของผักกรีนโอ๊คต่อปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพปลาทรายแดง ในระบบไฮโดรโปนิกส์ (ครั้งที่ 2)

ตารางบันทึก ครั้งที่ 2

ชนิดปุ๋ย ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพปลาทรายแดง

วันที่	ว/ด/ป	EC (ms/cm)	pH	Temp.ปุ๋ย (°C)	Temp. (°C)	ความชื้น (%)	ระบบ	เวลา	หมายเหตุ
8	10 พ.ค. 61	1.62	5.94	33.0	32.6	83	DRFT	16.00	ปรับ pH
9	11 พ.ค. 61	1.59	6.08	33.1	32.9	72	DRFT	16.30	
10	12 พ.ค. 61	1.58	6.94	29.1	26.9	99	DRFT	16.30	**ฝนตก
11	13 พ.ค. 61	1.54	7.42	29.1	27.2	97	DRFT	16.00	**ฝนตก
12	14 พ.ค. 61	1.50	8.03	32.4	35.5	64	DRFT	17.00	
13	15 พ.ค. 61	1.46	8.44	32.1	33.0	68	DRFT	16.00	
14	16 พ.ค. 61	1.45	8.56	31.7	32.8	71	DRFT	16.30	
15	17 พ.ค. 61	1.41	8.62	31.8	32.8	72	DRFT	16.30	
16	18 พ.ค. 61	1.38	8.63	31.5	33.1	74	DRFT	16.30	
17	19 พ.ค. 61	1.36	8.60	32.4	34.3	58	DRFT	15.30	
18	20 พ.ค. 61	1.30	8.58	32.1	33.8	74	DRFT	16.00	
19	21 พ.ค. 61	1.28	8.64	28.3	26.4	89	DRFT	17.30	**ฝนตก
20	22 พ.ค. 61	1.27	8.53	32.0	33.2	82	DRFT	16.00	ใบชี้ด
21	23 พ.ค. 61	1.42	7.70	31.2	32.5	84	DRFT	16.00	เติมปุ๋ยน้ำหมัก150ml/ปรับ pH
22	24 พ.ค. 61	1.41	8.29	31.7	32.9	72	DRFT	16.30	
23	25 พ.ค. 61	1.36	8.41	31.6	33.1	69	DRFT	17.30	
24	26 พ.ค. 61	1.32	8.56	31.7	33.8	78	DRFT	16.00	
25	27 พ.ค. 61	1.29	8.58	31.8	33.3	82	DRFT	16.30	
26	28 พ.ค. 61	1.27	8.60	31.4	32.9	74	DRFT	16.30	
27	29 พ.ค. 61	1.21	8.57	31.0	32.4	80	DRFT	17.00	
28	30 พ.ค. 61	1.32	7.92	31.9	33.7	81	DRFT	15.30	เติมปุ๋ยน้ำหมัก150ml/ปรับ pH
29	31 พ.ค. 61	1.31	8.34	32.0	33.7	76	FAD	16.00	
30	1 มิ.ย. 61	1.28	8.59	32.3	34.1	62	FAD	16.30	
31	2 มิ.ย. 61	1.21	8.67	32.2	33.9	81	FAD	16.30	
32	3 มิ.ย. 61	1.20	8.62	28.6	28.1	88	FAD	16.30	**ฝนตก
33	4 มิ.ย. 61	1.22	8.63	31.3	32.7	68	FAD	15.30	
34	5 มิ.ย. 61	1.19	8.65	31.8	32.6	73	FAD	16.30	
35	6 มิ.ย. 61	1.17	8.69	31.4	33.1	80	FAD	15.30	
Min		1.17	5.94	28.3	26.4	58			
Max		1.62	8.69	33.1	35.5	99			

ตารางที่ ก-16 ตารางบันทึกผลการเจริญเติบโตผักสัดกรีนโอ๊คทุก 7 วัน ตลอดระยะเวลาการปลูก (ครั้งที่ 2)

ตารางบันทึกผลการเจริญเติบโต ครั้งที่ 2

วันที่ 10 พ.ค. 61

	การเจริญ / ต้นที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ค่าเฉลี่ย
ปุ๋ย A+B	จำนวนใบ	3	3	2	3	3	2	3	3	2	3	2.70
	ความสูงต้น (cm)	0.9	1.3	0.9	0.8	1.2	1.1	1.1	1.0	1.2	0.8	1.03
	ความกว้างทรงพุ่ม (cm)	1.3	1.8	1.4	1.4	1.6	1.6	1.5	1.2	1.4	1.3	1.45
	ความยาวราก (cm)	2.4	3.1	1.9	2.6	2.7	3.0	1.9	2.5	2.7	3.4	2.62
สูตร1	การเจริญ / ต้นที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ค่าเฉลี่ย
	จำนวนใบ	3	2	3	3	2	2	3	3	2	3	2.60
	ความสูงต้น (cm)	1.2	0.9	1.0	1.1	1.0	1.0	1.2	1.1	0.9	1.2	1.06
	ความกว้างทรงพุ่ม (cm)	1.5	1.3	1.3	1.4	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.4	1.39
	ความยาวราก (cm)	2.6	2.7	2.1	3.2	1.7	1.9	2.5	3.1	3.0	3.1	2.59
สูตร2	การเจริญ / ต้นที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ค่าเฉลี่ย
	จำนวนใบ	3	2	3	3	3	3	2	2	3	3	2.70
	ความสูงต้น (cm)	1.1	1.0	1.2	1.3	1.0	1.1	0.9	1.0	0.8	1.0	1.04
	ความกว้างทรงพุ่ม (cm)	1.3	1.2	1.6	1.8	1.4	1.4	1.3	1.4	1.4	1.5	1.43
	ความยาวราก (cm)	2.9	3.0	2.2	1.9	3.4	2.9	1.6	2.1	2.6	2.7	2.53
สูตร3	การเจริญ / ต้นที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ค่าเฉลี่ย
	จำนวนใบ	3	2	3	3	3	2	2	3	3	3	2.70
	ความสูงต้น (cm)	0.9	0.8	1.1	1.1	1.0	0.9	1.1	1.1	1.2	1.2	1.04
	ความกว้างทรงพุ่ม (cm)	1.4	1.4	1.6	1.5	1.3	1.3	1.5	1.6	1.7	1.5	1.48
	ความยาวราก (cm)	2.5	2.5	2.8	3.2	2.4	1.7	2.2	3.0	2.1	2.8	2.52

ตารางบันทึกผลการเจริญเติบโต ครั้งที่ 2

วันที่ 16 พ.ค. 61

	การเจริญ / ต้นที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ค่าเฉลี่ย
ปุ๋ย A+B	จำนวนใบ	4	4	3	4	4	4	4	4	3	4	3.80
	ความสูงต้น (cm)	2.3	3.1	2.5	2.4	2.9	2.8	2.9	2.4	2.6	2.4	2.63
	ความกว้างทรงพุ่ม (cm)	4.5	4.8	4.2	4.2	5.2	4.9	5.0	4.4	4.2	4.6	4.60
	ความยาวราก (cm)	4.8	6.5	4.5	5.5	5.7	6.3	4.9	5.1	5.7	6.8	5.58
สูตร1	การเจริญ / ต้นที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ค่าเฉลี่ย
	จำนวนใบ	3	3	3	4	3	3	3	4	2	3	3.10
	ความสูงต้น (cm)	1.8	1.5	1.5	1.7	1.4	1.5	1.8	1.6	1.6	1.8	1.62
	ความกว้างทรงพุ่ม(cm)	4.0	3.8	3.9	3.8	4.2	4.4	4.2	3.6	4.0	4.5	4.04
	ความยาวราก(cm)	3.5	3.4	3.0	3.6	2.7	2.8	3.2	3.8	3.5	3.5	3.30
สูตร2	การเจริญ / ต้นที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ค่าเฉลี่ย
	จำนวนใบ	4	3	4	4	4	4	3	3	4	4	3.70
	ความสูงต้น (cm)	2.0	2.4	2.1	2.4	1.9	2.4	1.9	2.3	2.0	2.5	2.19
	ความกว้างทรงพุ่ม (cm)	3.9	4.0	4.5	4.4	4.1	4.1	3.8	4.4	4.7	4.0	4.19
	ความยาวราก (cm)	3.8	3.9	3.5	3.3	4.2	4.0	3.5	3.2	4.1	4.1	3.76
สูตร3	การเจริญ / ต้นที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ค่าเฉลี่ย
	จำนวนใบ	3	3	4	4	4	3	3	3	4	4	3.50
	ความสูงต้น (cm)	1.6	1.6	2.1	2.0	2.0	1.5	1.8	1.9	1.9	2.2	1.86
	ความกว้างทรงพุ่ม (cm)	3.5	3.6	4.2	4.5	4.0	4.0	3.9	4.2	4.5	4.1	4.05
	ความยาวราก (cm)	3.8	3.4	3.8	4.8	4.1	3.1	3.2	4.3	4.0	3.8	3.83

ตารางบันทึกผลการเจริญเติบโต ครั้งที่ 2

วันที่ 23 พ.ค. 61

	การเจริญ / ต้นที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ค่าเฉลี่ย
ปุ๋ย A+B	จำนวนใบ	6	7	6	6	7	7	6	7	6	6	6.40
	ความสูงต้น (cm)	4.8	6.2	5.5	5.6	5.9	5.5	6.4	5.1	5.7	4.9	5.56
	ความกว้างทรงพุ่ม (cm)	10.7	10.5	10.1	11.0	11.9	11.2	12.7	10.5	12.6	11.6	11.28
	ความยาวราก (cm)	10.4	14.2	11.4	12.7	12.3	13.0	12.8	11.9	13.4	14.0	12.61
สูตร1	การเจริญ / ต้นที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ค่าเฉลี่ย
	จำนวนใบ	4	3	3	4	4	4	4	4	3	4	3.70
	ความสูงต้น (cm)	2.1	1.9	1.7	2.2	2.0	2.0	2.3	1.9	1.8	2.1	2.00
	ความกว้างทรงพุ่ม (cm)	4.5	4.0	4.1	4.5	4.9	5.0	4.7	3.8	4.1	4.9	4.45
	ความยาวราก (cm)	3.9	3.7	3.6	4.2	3.7	3.4	3.6	4.4	3.6	4.1	3.82
สูตร2	การเจริญ / ต้นที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ค่าเฉลี่ย
	จำนวนใบ	5	4	5	6	6	5	5	4	5	5	5.00
	ความสูงต้น (cm)	3.8	3.5	4.4	6.3	5.5	4.6	4.1	4.5	6.2	6.7	4.96
	ความกว้างทรงพุ่ม (cm)	6.9	7.0	6.8	9.4	9.0	6.5	8.7	7.2	11.1	10.6	8.32
	ความยาวราก (cm)	4.3	4.2	4.3	4.0	4.8	4.3	4.8	3.9	5.3	5.0	4.49
สูตร3	การเจริญ / ต้นที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ค่าเฉลี่ย
	จำนวนใบ	4	4	5	5	4	5	5	4	6	5	4.70
	ความสูงต้น (cm)	2.7	3.9	3.5	3.1	4.8	3.3	3.8	3.0	5.4	4.2	3.77
	ความกว้างทรงพุ่ม (cm)	4.2	6.2	5.3	5.7	7.1	7.0	4.9	5.8	6.3	5.5	5.80
	ความยาวราก (cm)	4.2	4.6	4.3	5.4	4.9	4.4	4.4	4.5	4.9	4.0	4.56

ตารางบันทึกผลการเจริญเติบโต ครั้งที่ 2

วันที่ 30 พ.ค. 61

	การเจริญ / ต้นที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ค่าเฉลี่ย
ปุ๋ย A+B	จำนวนใบ	11	11	10	10	11	11	11	11	10	10	10.60
	ความสูงต้น (cm)	10.2	12.0	11.4	10.8	10.8	10.6	11.5	11.0	11.2	10.7	11.02
	ความกว้างทรงพุ่ม (cm)	19.6	20.7	19.8	22.1	21.4	23.0	22.5	21.0	21.5	20.1	21.17
	ความยาวราก (cm)	22.8	26.9	25.2	26.7	26.0	26.2	24.1	24.4	25.8	26.2	25.43
	การเจริญ / ต้นที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ค่าเฉลี่ย
สูตร1	จำนวนใบ	4			5	4	4	4	5		4	4.29
	ความสูงต้น (cm)	2.7			3.4	3.8	2.6	2.6	2.9		2.3	2.90
	ความกว้างทรงพุ่ม (cm)	4.7			5.2	5.0	4.9	5.3	5.6		5.4	5.16
	ความยาวราก (cm)	3.9			4.3	3.9	3.5	3.4	4.1		4.0	3.87
	การเจริญ / ต้นที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ค่าเฉลี่ย
สูตร2	จำนวนใบ	6	5	5	7	8	5	7	5	6	6	6.00
	ความสูงต้น (cm)	4.5	4.0	4.5	7.6	9.1	4.8	9.8	5.3	8.4	8.0	6.60
	ความกว้างทรงพุ่ม (cm)	7.3	7.6	6.9	9.1	10.4	6.8	10.6	7.7	12.0	11.1	8.95
	ความยาวราก (cm)	4.2	3.9	4.1	3.7	4.5	4.3	4.5	3.9	4.7	4.9	4.27
	การเจริญ / ต้นที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ค่าเฉลี่ย
สูตร3	จำนวนใบ	5	6	5	6	6	7	6	5	8	6	6.00
	ความสูงต้น (cm)	4.4	7.2	4.0	4.9	8.5	7.1	5.1	5.3	8.6	5.6	6.07
	ความกว้างทรงพุ่ม (cm)	4.6	7.3	5.9	5.9	8.6	8.1	5.3	6.0	7.5	5.9	6.51
	ความยาวราก (cm)	4.0	4.5	4.3	4.9	4.7	4.0	3.9	4.5	4.8	4.1	4.37

ตารางบันทึกผลการเจริญเติบโต ครั้งที่ 2

วันที่ 6 มิ.ย. 61

	การเจริญ / ต้นที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ค่าเฉลี่ย
ปุ๋ย A+B	จำนวนใบ	18	19	17	18	18	18	19	18	17	18	18.00
	ความสูงต้น (cm)	17.6	19.5	18.8	18.2	17.9	18.1	18.3	18.3	19.1	17.8	18.36
	ความกว้างทรงพุ่ม (cm)	25.0	27.2	26.5	28.1	27.7	27.6	27.9	26.8	27.2	25.8	26.98
	ความยาวราก (cm)	31.9	35.0	35.2	36.3	32.8	34.6	36.4	34.8	37.5	33.1	34.76
สูตร1	การเจริญ / ต้นที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ค่าเฉลี่ย
	จำนวนใบ				5	4			5		4	4.50
	ความสูงต้น (cm)				3.8	5.0			3.5		3.1	3.85
	ความกว้างทรงพุ่ม (cm)				5.6	6.1			6.0		5.5	5.80
	ความยาวราก (cm)				4.3	3.8			4.0		4.0	4.03
สูตร2	การเจริญ / ต้นที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ค่าเฉลี่ย
	จำนวนใบ	6		6	10	10	6	9	6	9	8	7.78
	ความสูงต้น (cm)	6.2		6.0	11.8	13.4	7.3	14.0	7.1	10.7	11.9	9.82
	ความกว้างทรงพุ่ม (cm)	7.4		7.2	15.3	18.1	8.0	15.7	8.1	16.3	9.7	11.76
	ความยาวราก (cm)	4.3		4.0	3.8	4.2	4.4	4.6	3.7	4.6	4.9	4.28
สูตร3	การเจริญ / ต้นที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ค่าเฉลี่ย
	จำนวนใบ	6	8		6	9	9	7	6	11	7	7.67
	ความสูงต้น (cm)	6.0	9.2		5.3	11.7	10.9	5.7	6.1	12.1	6.7	8.19
	ความกว้างทรงพุ่ม (cm)	8.7	10.6		6.2	13.5	13.7	7.2	6.5	15.5	6.4	9.81
	ความยาวราก (cm)	3.9	4.1		4.7	4.7	4.0	3.8	4.5	4.6	4.1	4.27

ตารางที่ ก-17 ตารางบันทึกน้ำหนักผลผลิตผักกรีนโอ๊ค

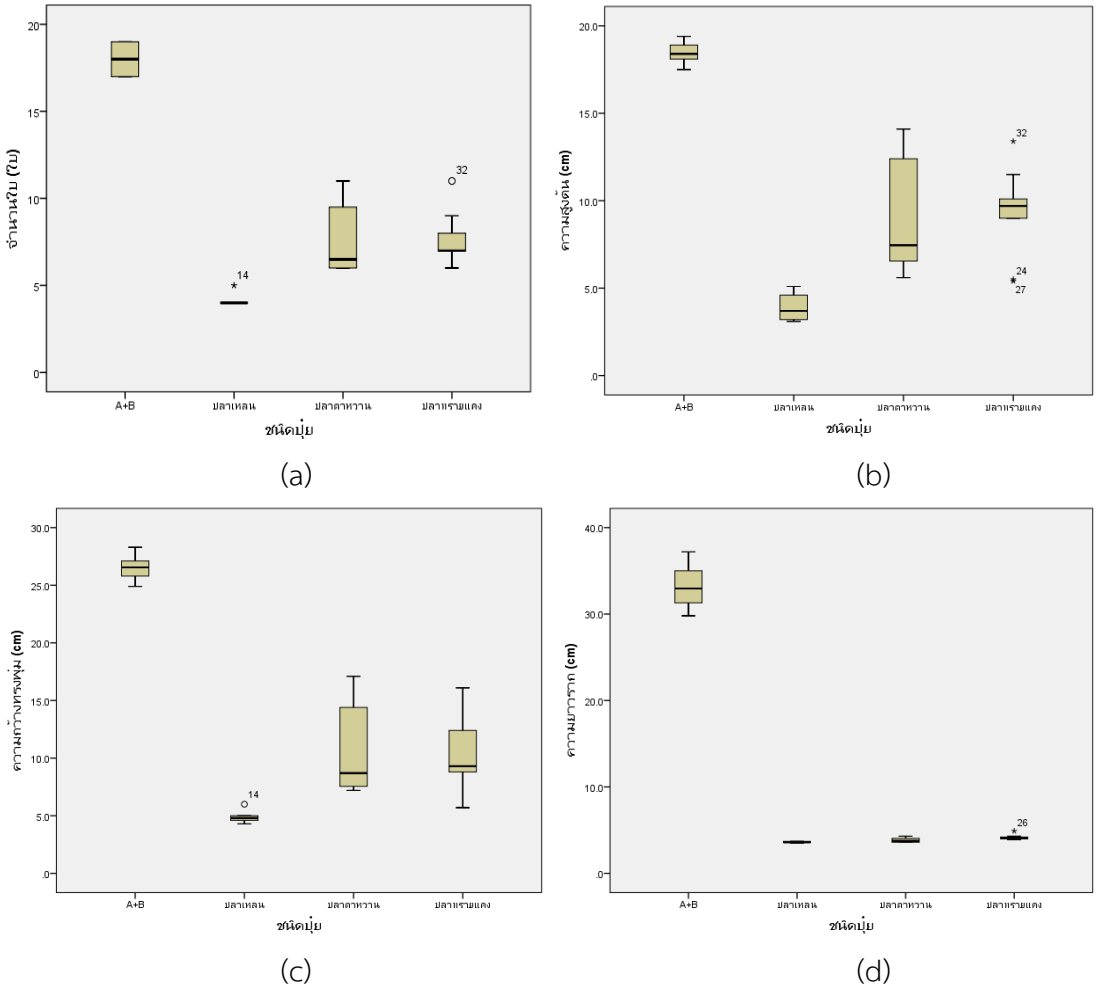
ครั้งที่ 1

ชนิดปุ๋ย		น้ำหนักผลผลิต (g)										น.สดรวม (g)	น.สดเฉลี่ย (g)	น.แห้งรวม (g)	น.แห้งเฉลี่ย (g)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
ปุ๋ย A+B	น.สด	230.11	207.40	225.03	198.42	235.98	219.31	227.74	239.26	241.73	215.50	2240.48	224.05	87.06	8.71
	น.แห้ง	10.08	7.93	8.42	7.76	8.00	9.89	8.43	9.94	8.46	8.15				
สูตร1	น.สด		0.49				0.42	0.51	0.72	0.39		2.53	0.51	0.23	0.05
	น.แห้ง		0.03				0.03	0.06	0.09	0.02					
สูตร2	น.สด	10.64	3.44	12.59	15.27	5.31	13.03		2.10		6.09	68.47	8.56	3.88	0.49
	น.แห้ง	0.61	0.13	0.80	0.97	0.19	0.83		0.08		0.27				
สูตร3	น.สด	3.09	5.85	12.26	3.45	8.19	5.09	10.48		6.20	14.80	69.41	7.71	4.12	0.46
	น.แห้ง	0.18	0.24	0.81	0.19	0.55	0.22	0.62		0.41	0.90				

ครั้งที่ 2

ชนิดปุ๋ย		น้ำหนักผลผลิต (g)										น.สดรวม (g)	น.สดเฉลี่ย (g)	น.แห้งรวม (g)	น.แห้งเฉลี่ย (g)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
ปุ๋ย A+B	น.สด	231.43	240.91	226.14	229.46	232.20	238.37	244.50	248.08	219.07	226.72	2336.88	233.69	90.72	9.07
	น.แห้ง	9.54	9.63	8.42	9.14	9.60	8.36	10.09	10.21	7.81	7.92				
สูตร1	น.สด				0.65	0.62			0.70		0.39	2.36	0.59	0.28	0.07
	น.แห้ง				0.08	0.08			0.10		0.02				
สูตร2	น.สด	3.29		2.54	13.35	15.06	6.18	12.80	5.99	12.17	11.64	83.02	9.22	4.77	0.53
	น.แห้ง	0.14		0.10	0.86	0.93	0.30	0.78	0.26	0.75	0.65				
สูตร3	น.สด	4.14	11.08		3.17	12.60	12.09	5.11	3.63	14.54	4.52	70.88	7.88	4.42	0.49
	น.แห้ง	0.22	0.73		0.17	0.86	0.80	0.28	0.21	0.91	0.24				

รูปที่ ก-15 กราฟผลการวิเคราะห์ทางสถิติการเจริญเติบโตเติบของผักกรีนโอ๊ค (ครั้งที่ 1)



(a) (b)

(c) (d)

***หมายเหตุ**

(a) ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพในสูตรต่างๆ ต่อจำนวนใบ

จำนวนใบ	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	898.544	3	299.515	147.974	.000
Within Groups	56.675	28	2.024		
Total	955.219	31			

(b) ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพในสูตรต่างๆ ต่อความสูงต้น

ความสูงต้น	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	851.951	3	283.984	58.232	.000
Within Groups	136.549	28	4.877		
Total	988.500	31			

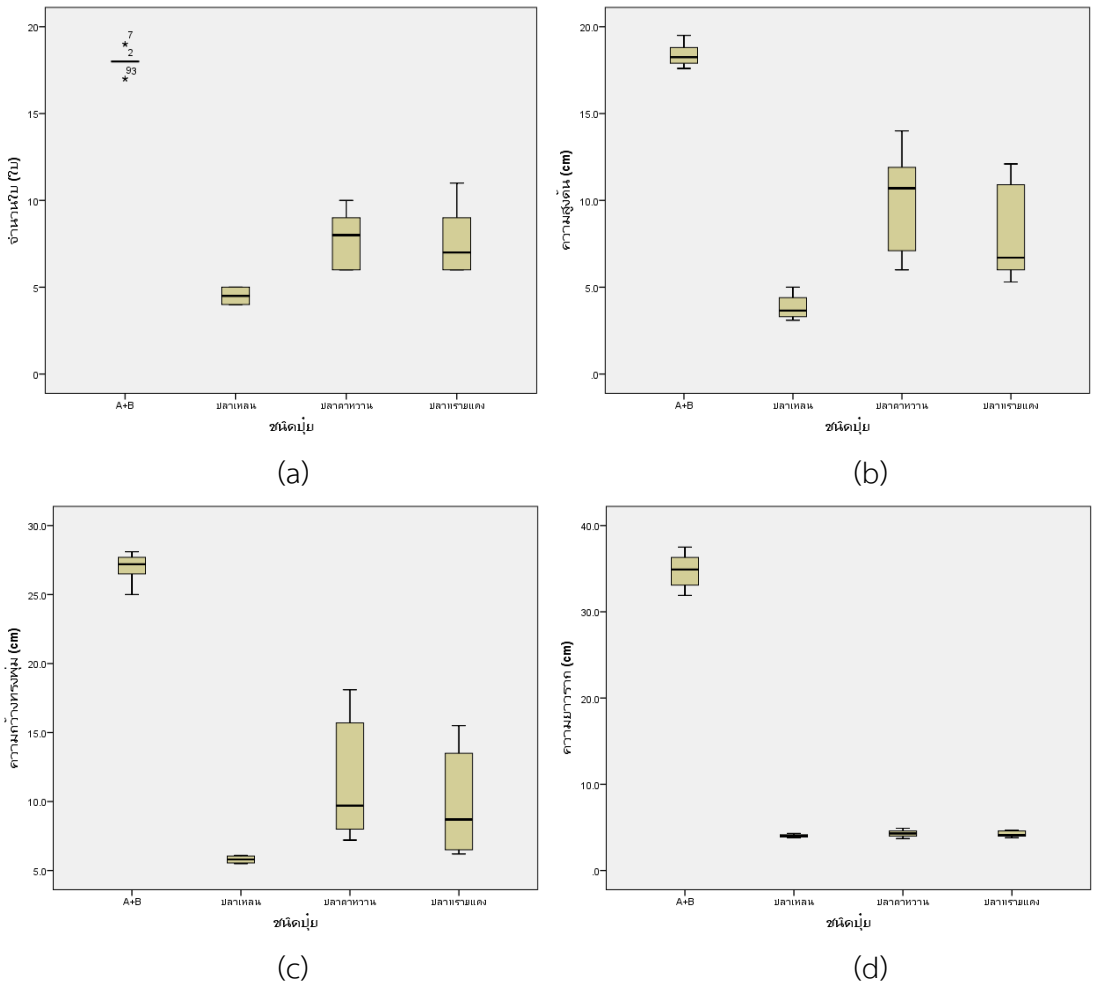
(c) ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพในสูตรต่างๆ ต่อความกว้างทรงพุ่ม

ความกว้างทรงพุ่ม	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2187.178	3	729.059	95.232	.000
Within Groups	214.357	28	7.656		
Total	2401.535	31			

(d) ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพในสูตรต่างๆ ต่อความยาวราก

ความยาวราก	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	5932.092	3	1977.364	1064.776	.000
Within Groups	51.998	28	1.857		
Total	5984.090	31			

รูปที่ ก-16 กราฟผลการวิเคราะห์ทางสถิติการเจริญเติบโตเติบของผักกรีนโอ๊ค (ครั้งที่ 2)



***หมายเหตุ**

(a) ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพในสูตรต่างๆ ต่อจำนวนใบ

จำนวนใบ	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	845.413	3	281.804	144.633	.000
Within Groups	54.556	28	1.948		
Total	899.969	31			

(b) ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพในสูตรต่างๆ ต่อความสูงต้น

ความสูงต้น	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	827.204	3	275.735	52.195	.000
Within Groups	147.918	28	5.283		
Total	975.122	31			

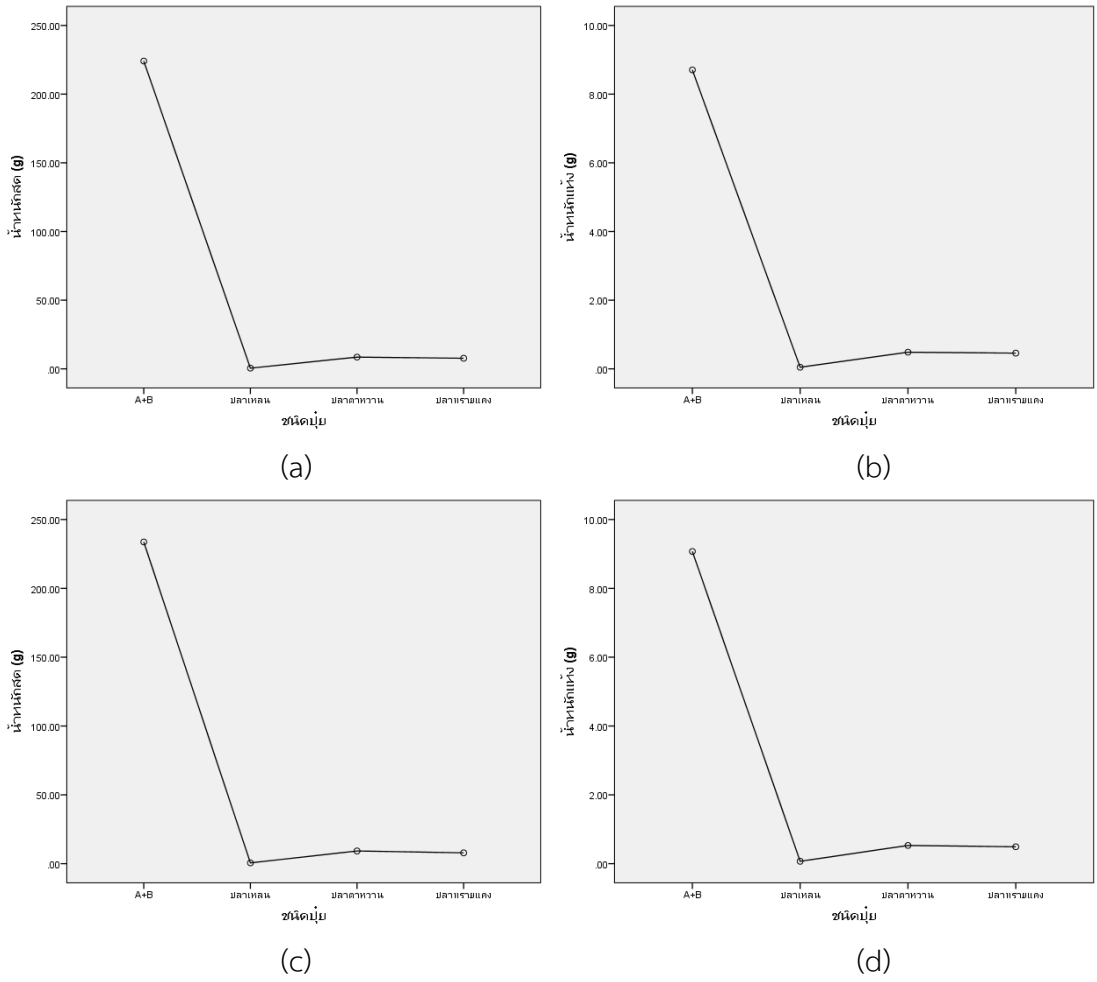
(c) ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพในสูตรต่างๆ ต่อความกว้างทรงพุ่ม

ความกว้างทรงพุ่ม	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2109.248	3	703.083	71.642	.000
Within Groups	274.787	28	9.814		
Total	2384.035	31			

(d) ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพในสูตรต่างๆ ต่อความยาวราก

ความยาวราก	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	6409.402	3	2136.467	1992.239	.000
Within Groups	30.027	28	1.072		
Total	6439.429	31			

รูปที่ ก-17 กราฟผลการวิเคราะห์ทางสถิติเปรียบเทียบน้ำหนักผลผลิต



***หมายเหตุ**

(a) การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดผลผลิต จากปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพในสูตรต่างๆ (ครั้งที่ 1)

	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
				Lower Bound	Upper Bound		
A+B	224.0480	14.01286	4.43125	214.0238	234.0722	198.42	241.73
สูตร 1	.5060	.12934	.05784	.3454	.6666	.39	.72
สูตร 2	8.5588	4.93069	1.74326	4.4366	12.6809	2.10	15.27
สูตร 3	7.7122	4.04614	1.34871	4.6021	10.8224	3.09	14.80
Total	74.4028	102.86559	18.18424	37.3158	111.4898	.39	241.73

(b) การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งผลผลิต จากปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพในสูตรต่างๆ (ครั้งที่ 1)

	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
				Lower Bound	Upper Bound		
A+B	8.7060	.90281	.28549	8.0602	9.3518	7.76	10.08
สูตร 1	.0460	.02881	.01288	.0102	.0818	.02	.09
สูตร 2	.4850	.35705	.12624	.1865	.7835	.08	.97
สูตร 3	.4578	.27603	.09201	.2456	.6700	.18	.90
Total	2.9778	3.96276	.70052	1.5491	4.4065	.02	10.08

(c) การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดผลผลิต จากปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพในสูตรต่างๆ (ครั้งที่ 2)

	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
				Lower Bound	Upper Bound		
A+B	233.6880	9.08300	2.87230	227.1904	240.1856	219.07	248.08
สูตร 1	.5900	.13736	.06868	.3714	.8086	.39	.70
สูตร 2	9.2244	4.71698	1.57233	5.5987	12.8502	2.54	15.06
สูตร 3	7.8756	4.57977	1.52659	4.3552	11.3959	3.17	14.54
Total	77.9106	106.90250	18.89787	39.3682	116.4531	.39	248.08

(d) การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งผลผลิต จากปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพในสูตรต่างๆ (ครั้งที่ 2)

	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
				Lower Bound	Upper Bound		
A+B	9.0720	.88173	.27883	8.4413	9.7027	7.81	10.21
สูตร 1	.0700	.03464	.01732	.0149	.1251	.02	.10
สูตร 2	.5300	.32730	.10910	.2784	.7816	.10	.93
สูตร 3	.4911	.32158	.10719	.2439	.7383	.17	.91
Total	3.1309	4.10635	.72591	1.6504	4.6114	.02	10.21

ภาคผนวก ข

รูปที่ ข-1 ขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบและอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ

(a) ถังหมักขนาด 60 ลิตร

(b) วาล์วสำหรับเก็บตัวอย่าง

(c) กากน้ำตาล

(d) พด.2

(e) เศษปลา

(f) น้ำสะอาด+พด.2

(g) เปลือกสับปะรดสับละเอียด

(h) ตัวอย่างส่งวิเคราะห์

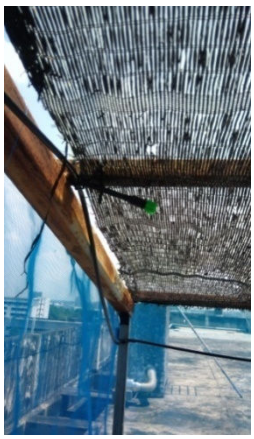
(i) ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ 21 วัน

รูปที่ ข-2 ขั้นตอนการเตรียมวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพในระบบไฮโดรโปนิกส์

(a) โรงเรือน

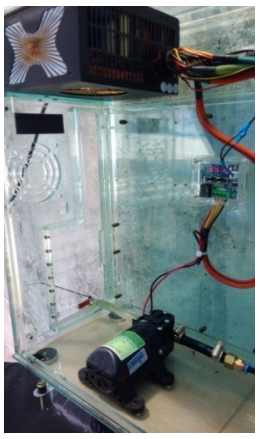
(b) รางปลูกไฮโดรโปนิกส์ 2 ระบบ

(c) ต้นกล้าผัก



(d) หัวพ่นหมอก

(e) สารละลายปุ๋ย



(f) ระบบควบคุมอุณหภูมิ

(g) ความกว้างทรงพุ่มผลผลิต

(h) ความยาวรากผลผลิต

(i) ผักกรีนโอ๊คระหว่างการทดสอบ

ภาคผนวก ค

Paper ID: IA-ICENSCAMB-13076-02

INTERNATIONAL ACADEMY OF SCIENCE, TECHNOLOGY, ENGINEERING AND MANAGEMENT

International Conference on

Environment and Natural Science

Certificate

This is to certify that Atip Mekpiroon has presented a paper entitled "Prespective of Waste Utilization in Seafood Industry" at the International Conference on Environment and Natural Science (ICENS) held in Phnom Penh, Cambodia on 13th July 2016.

IASTEM

Chairman

International Academy of Science, Technology, Engineering and Management

ประวัติผู้เขียน

ชื่อสกุล นายอธิป เมฆพิรุณ

รหัสประจำตัวนักศึกษา 5710920014

วุฒิการศึกษา

วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
วิทยาศาสตรบัณฑิต (เทคโนโลยีชีวภาพ)	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	2554

ทุนการศึกษา (ที่ได้รับในระหว่างการศึกษา)

1. การสนับสนุนแบบ In-kind support จากสถานวิจัยการจัดการสิ่งแวดล้อมและสารอันตราย (Environmental and Hazardous Substance Management Research Center, HSM)
2. เงินอุดหนุน (In-cash budget) จากโครงการพัฒนานักวิจัยและงานวิจัยเพื่ออุตสาหกรรม (พวอ.) : ระดับปริญญาโทประจำปี พ.ศ.2557 สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)
3. เงินอุดหนุนเพื่อวิทยานิพนธ์ บัณฑิตวิทยาลัยปีงบประมาณ พ.ศ.2558

การตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน

Atip Mekpiroon, Warangkana Jutidamrongphan. (2016) Prespective of Waste Utilization in Seafood Industry. IASTEM International Conference on Environmental and Natural Science (ICENS), Phnom Penh, Cambodia, 13th July 2016, pp. 11-14, (Paper ID: IA-ICENSCAMB-13076-02)