รหัสโครงการ SUT3-302-58-12-11

รายงานการวิจัย

ผลของปัจจัยบางประการต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และการเก็บรักษาไข่น้ำด้วยระบบไฮโดรโปนิกส์

Effect of Some Factors for Growth, Yield and Storage of Water Meal with Hydroponics

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

รหัสโครงการ SUT3-302-58-12-11

รายงานการวิจัย

ผลของปัจจัยบางประการต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และการเก็บรักษาไข่น้ำด้วยระบบไฮโดรโปนิกส์

Effect of Some Factors for Growth, Yield and Storage of Water Meal with Hydroponics

คณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อารักษ์ ธีรอำพน

สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช

สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ 2556

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

2 ตุลาคม 2560

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้ ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ 2558 ในการนี้ ขอขอบคุณฟาร์มมหาวิทยาลัย และศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ได้เอื้อเฟื้อบุคลากร พื้นที่ทำการทดลอง และเครื่องมือวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง และนางสาวชื่นดวงใจ คงบาล นักวิชาการส่งเสริมการเกษตรชำนาญการ ศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาอาชีพการเกษตร จังหวัดนครราชสีมา และขอขอบคุณทีมผู้ช่วยนักวิจัย อันได้แก่ นางวันดี ธีรอำพน นางสาวนัฏฐา นิตย์วัฒนกุล นางสาวจอมขวัญ เฉยกลาง นางสาวศกลวรรณ อำภาคำ นางสาวธิดารัตน์ เริงสนาม นางสาวมิชลิน สมพงษ์ถ้อย และ นายพงศกร เนียมสกุล ที่ได้ปฏิบัติหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายจากหัวหน้าโครงการวิจัยอย่างเต็มกำลังความสามารถ จนทำให้การดำเนินงานของโครงการวิจัยเป็นไปด้วยความเรียบร้อยตามวัตถุประสงค์

อารักษ์ ธีรอำพน

ตุลาคม 2560

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มี 3 การทดลอง คือ 1 ศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมสำหรับการผลิตไข่น้ำ ซึ่งประกอบด้วย ปุ๋ย 2 ชนิด คือ ปุ๋ยเคมี (100 มก./ล.) และปุ๋ยไฮโดรโปนิกส์ (EC 0.5 มิลลิซีเมนต์/ซม.) ระดับความลึกของน้ำ 3 ระดับ คือ 10, 20 และ 30 ซม. การให้ออกซิเจน 2 ระดับ คือ เติมออกซิเจน และไม่เติมออกซิเจน และการพรางแสง 3 ระดับ คือ ไม่พรางแสง พรางแสง 50% 1 ชั้น และพรางแสง 50% 2 ชั้น โดยทำการเพาะเลี้ยงไข่น้ำในอัตราเริ่มต้น 100 กรัม/ตารางเมตร ภายใต้สภาพเรือนทดลอง และเก็บผลผลิตที่ 20 วัน ผลการทดลองพบว่า ชนิดปุ๋ยและระดับความลึกของน้ำไม่ส่งผลต่อปริมาณผลผลิต ปัจจัยที่ทำให้ปริมาณผลผลิตต่างกันคือการให้แสง โดยการเพาะเลี้ยงไข่น้ำแบบพรางแสง 50% 1 ชั้น ให้ปริมาณน้ำหนักสด น้ำหนักแห้งและปริมาณคลอโรฟิลล์รวมไม่แตกต่างกันทางสถิติ เฉลี่ย 1 กิโลกรัม/ตารางเมตร 40 กรัม/ตารางเมตร และ 1.5 มิลลิกรัม/100 กรัมน้ำหนักสดตามลำดับ แต่พบว่าการเพาะเลี้ยงในปุ๋ยไฮโดรโปนิกส์ให้ปริมาณโปรตีนแตกต่างกับปุ๋ยเคมี ดังนั้นในการทดลองที่ 2 การศึกษาอายุการเก็บเกี่ยวต่อรอบปลูกที่เหมาะสม จึงเลือกเพาะเลี้ยงไข่น้ำแบบพรางแสง 50% 1 ชั้นในปุ๋ยไฮโดรโปนิกส์ ที่ระดับน้ำ 20 เซนติเมตร ปริมาณไข่น้ำเริ่มต้น 100 กรัม/ตารางเมตร ทำการเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 5, 10, 15, 20, 25, และ 30 วัน พบว่า การเก็บเกี่ยวไข่น้ำที่ 20 วัน จะให้ปริมาณน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง และปริมาณโปรตีนสูงสุด และผลผลิตจะเริ่มลดลงในวันที่ 25 และ 30 วัน และการทดลองที่ 3 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงหลังการเก็บเกี่ยวไข่น้ำ เมื่อนำไข่น้ำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 10 และ 25 °ซ สามารถเก็บได้นาน 4 5 และ 2 วัน ตามลำดับ

คำสำคัญ : ไข่น้ำ ปุ๋ยไฮโดรโปนิกส์ ความเข้มแสง การพรางแสง การเก็บเกี่ยว อายุการเก็บรักษา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Abstract

There were three experiments in this study. In the first experiment, the effects of various factors to fresh weight, dry weight, chlorophyll and protein contents. Four factors were two fertilizer types (chemical fertilizers (100 mg/l) and hydroponics fertilizer (EC 0.5 ms/cm)), three water depth level (10, 20 and 30 cm.), two oxygen supply (add oxygen and no oxygen) and three light filter levels (no filter, 50 % of light intensity with 1 layer filter and 50 % of light intensity with 2 layers filter). *W. Arrhiza* were cultured at beginning rate 100 g/m² in greenhouse and harvested at 20 days after culturing. It was found that fertilizer types and water depth levels had no significant in all charactors except protein contents was found hydroponics fertilizer gave higher protein contents than chemical fertilizers. While *W. Arrhiza* were cultured with the 50 % of light intensity with 1 layer filter had the highest on fresh weight, dry weight and chlorophyll contents (1 kg/m^2 , 40 g/m^2 and 1.5 mg/100 g/fresh weight respectively). The second experiment, the suitable harvested date of *W.arrhiza* production. *W. Arrhiza* were cultured at beginning rate 100 g/m² with 50 % of light intensity with 1 layer filter in water depth level at 20 cm and harvested at various date; 5, 10, 15, 20, 25 and 30 days after culturing respectively. The results showed highest on fresh weight, dry weight and protein contents which were harvested at 20 days after culturing. And the third experiment, the suitable storage temperature for W. Arrhiza shelf-life that they were storage at 4, 10 and 25 °C respectively, the result showed the storage longest 5 days which was storaged at 4 ° C

Key words: *Wolffia arrhiza*, hydroponics fertilizers, light intensity, light filter, harvest, shelf life

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ

หน้า

กิตติกรรมประกาศ .ก

บทคัดย่อภาษาไทย.....ข

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....ค

สารบัญ ..... ง

สารบัญตาราง.....ช

สารบัญภาพ ..... ญ

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย.....1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....4

1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....4

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย.....5

บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....7

2.1 ลักษณะทั่วไปของไข่น้ำ.....7

2.2 การใช้ประโยชน์ของไข่น้ำ 8

2.3 ปัจจัยและสภาพแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของไข่น้ำ.....10

2.4 ข้อมูลงานวิชาการที่เกี่ยวข้อง.....12

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....17

3.1 วัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง.....17

3.2 วิธีการดำเนินการวิจัย.....18

3.2.1 การทดลองที่ 1 ศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมสำหรับการผลิตไข่น้ำ
ด้วยระบบไฮโดรโปนิกส์…….....18

3.2.2 การทดลองที่ 2 ศึกษาอายุการเก็บเกี่ยวต่อรอบปลูกที่เหมาะสม
ในการผลิตไข่น้ำด้วยระบบไฮโดรโปนิกส์…….....19

3.2.1 การทดลองที่ 3 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงหลังการเก็บเกี่ยว …….....19

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการทดลอง.....22

4.1 การทดลองที่ 1: ศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมสำหรับการผลิตไข่น้ำด้วย
ระบบไฮโดรโปนิกส์.....22

4.1.1 ผลของปัจจัยหลักที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของไข่น้ำ.....22

4.1.1.1 ชนิดปุ๋ย.....22

4.1.1.2 ระดับน้ำ.....23

4.1.1.3 ออกซิเจน.....23

4.1.1.4 การพรางแสง.....24

4.1.2 ผลของอิทธิพลร่วมระหว่างสองปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของไข่น้ำ.....5

4.1.2.1 ชนิดปุ๋ยและระดับน้ำ.....25

4.1.2.2 ชนิดปุ๋ยและการให้ออกซิเจน.....26

4.1.2.3 ชนิดปุ๋ยและการพรางแสง.....27

4.1.2.4 ระดับน้ำและการให้ออกซิเจน.....28

4.1.2.5 ระดับน้ำและการพรางแสง.....29

4.1.2.6 การให้ออกซิเจนและการพรางแสง.....30

4.1.3 ผลของอิทธิพลร่วมระหว่างสามปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของไข่น้ำ.....31

4.1.3.1 ชนิดปุ๋ย ระดับน้ำ และออกซิเจน.....31

4.1.4 ผลของอิทธิพลร่วมระหว่างสี่ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของไข่น้ำ.....33

4.1.5 ผลของชนิดปุ๋ยต่อปริมาณโปรตีนของไข่น้ำ.....36

4.2 การทดลองที่ 2 ศึกษาอายุการเก็บเกี่ยวต่อรอบปลูกที่เหมาะสมในการผลิตไข่น้ำ
ด้วยระบบไฮโดรโปนิกส์.....36

4.3 การทดลองที่ 3 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงหลังการเก็บเกี่ยวไข่น้ำที่ผลิต
ด้วยระบบไฮโดรโปนิกส์.....39

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 5 วิจารณ์ผลการทดลอง.....43

บทที่ 5 บทสรุป.....46

รายการอ้างอิง.....48

ภาคผนวก.....51

ประวัติผู้วิจัย.....64

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	สภาพแวดล้อมในช่วงการเพาะปลูก (ธันวาคม 2559 – มกราคม 2560) ในปุ๋ย 2 ชนิด ความลึก 3 ระดับ แสง 3 ระดับ และปริมาณออกซิเจนที่ต่างกัน	20
2	สภาพแวดล้อมในช่วงการเพาะปลูก (พฤษภาคม 2560 – กรกฎาคม 2560) ในปุ๋ยไฮโดรโปนิกส์ ที่ระดับความลึก 20 ซม.พรางแสง 50 % 1 ชั้น	21
3	ปริมาณน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง คลอโรฟิลล์เอ, คลอโรฟิลล์บี และคลอโรฟิลล์ทั้งหมด เฉลี่ยของไข่น้ำ เลี้ยงในชนิดปุ๋ยต่างกัน เป็นเวลา 20 วัน	22
4	ปริมาณน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง คลอโรฟิลล์เอ, คลอโรฟิลล์บี และคลอโรฟิลล์ทั้งหมด เฉลี่ยของไข่น้ำ เลี้ยงในระดับน้ำต่างกัน เป็นเวลา 20 วัน	23
5	ปริมาณน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง คลอโรฟิลล์เอ, คลอโรฟิลล์บี และคลอโรฟิลล์ทั้งหมด เฉลี่ยของไข่น้ำ เลี้ยงโดยการเติมและไม่เติมออก เป็นเวลา 20 วัน	24
6	ปริมาณน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง คลอโรฟิลล์เอ, คลอโรฟิลล์บี และคลอโรฟิลล์ทั้งหมด เฉลี่ยของไข่น้ำ เลี้ยงในระดับแสงต่างกัน เป็นเวลา 20 วัน	25
7	ปริมาณน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง คลอโรฟิลล์เอ, คลอโรฟิลล์บี และคลอโรฟิลล์ทั้งหมด เฉลี่ยของไข่น้ำ เลี้ยงในชนิดปุ๋ยและระดับน้ำต่างกัน เป็นเวลา 20 วัน	26
8	ปริมาณน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง คลอโรฟิลล์เอ, คลอโรฟิลล์บี และคลอโรฟิลล์ทั้งหมด เฉลี่ยของไข่น้ำ เลี้ยงในชนิดปุ๋ยและการให้ออกซิเจนต่างกัน เป็นเวลา 20 วัน	27
9	ปริมาณน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง คลอโรฟิลล์เอ, คลอโรฟิลล์บี และคลอโรฟิลล์ทั้งหมด เฉลี่ยของไข่น้ำ เลี้ยงในชนิดปุ๋ยและการพรางแสงต่างกัน เป็นเวลา 20 วัน	28
10	ปริมาณน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง คลอโรฟิลล์เอ, คลอโรฟิลล์บี และคลอโรฟิลล์ทั้งหมด เฉลี่ยของไข่น้ำ เลี้ยงในระดับน้ำและการให้ออกซิเจนต่างกัน เป็นเวลา 20 วัน	29
11	ปริมาณน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง คลอโรฟิลล์เอ, คลอโรฟิลล์บี และคลอโรฟิลล์ทั้งหมด เฉลี่ยของไข่น้ำ เลี้ยงในระดับน้ำและการพรางแสงต่างกัน เป็นเวลา 20 วัน	30

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

12 ปริมาณน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง คลอโรฟิลล์เอ, คลอโรฟิลล์บี และคลอโรฟิลล์ทั้งหมด เฉลี่ยของไข่น้ำ เลี้ยงในออกซิเจนและการพรางแสงต่างกัน เป็นเวลา 20 วัน…….31

13 ปริมาณน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง คลอโรฟิลล์เอ, คลอโรฟิลล์บี และคลอโรฟิลล์ทั้งหมด เฉลี่ยของไข่น้ำ เลี้ยงในชนิดปุ๋ย ระดับน้ำ และออกซิเจน ต่างกัน เป็นเวลา 20 วัน ……..32

14 ปริมาณน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง คลอโรฟิลล์เอ, คลอโรฟิลล์บี และคลอโรฟิลล์ทั้งหมด ของไข่น้ำ เลี้ยงในปุ๋ยเคมี ระดับน้ำ และออกซิเจน ต่างกัน เป็นเวลา 20 วัน. 34

15 ปริมาณน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง คลอโรฟิลล์เอ, คลอโรฟิลล์บีและคลอโรฟิลล์ทั้งหมด ของไข่น้ำ เลี้ยงในปุ๋ยไฮโดรโปรนิกส์ ระดับน้ำ และออกซิเจน ต่างกัน เป็นเวลา 20 วัน…....35

16 ปริมาณโปรตีนเฉลี่ยทั้งหมดของไข่น้ำ ที่เพาะเลี้ยงในปุ๋ยเคมีและปุ๋ยไฮโดรโปนิกส์ เป็นเวลา 20 วัน……..…….....36

17 ปริมาณน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง คลอโรฟิลล์เอ, คลอโรฟิลล์บี และคลอโรฟิลล์ทั้งหมด ของไข่น้ำ สี ความชื้น ปริมาณโปรตีน เลี้ยงในชนิดปุ๋ยไฮโดรโปนิกส์ เป็นเวลา 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 วัน…….……..38

18 การสูญเสียน้ำหนักสด ของไข่น้ำ เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4, 10 และ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 5 วัน…….....……..……..40

19 การประเมินสภาพโดยรวมของไข่น้ำ เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4, 10 และ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 5 วัน……..……..40

20 การประเมินกลิ่นโดยรวมของไข่น้ำ เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4, 10 และ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 5 วัน……..……..41

สารบัญภาพ

รูปที่ **หน้า**

1 ลักษณะไข่น้ำที่ ทำการเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 5, 10, 15, 20, 25, และ 30 วัน…….....37

2 ลักษณะไข่น้ำที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 10 และ 25 °ซ นาน วัน 5 นาน……...…….....42

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

ความมั่นคงทางอาหาร เป็นความจำเป็นพื้นฐานของมนุษย์และถือเป็นหนึ่งในดัชนีชี้วัดความมั่นคงของประเทศ แต่ยังถือว่าเป็นภัยเงียบในสังคมไทย เห็นได้จากการสูญเสียพื้นที่ผลิตอาหารซึ่งเกิดขึ้นอยู่ตลอดเวลา กลับยังไม่มีการให้ความสำคัญและสนับสนุนงบประมาณที่จะแก้ไขปัญหาทั้งระบบจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องอย่างชัดเจนเท่าที่ควร อย่างไรก็ตาม ความมั่นคงทางอาหารคงจะได้รับการกล่าวถึงมากขึ้นเมื่อประชาชนต้องเผชิญภาวะอาหารแพงและมีแนวโน้มที่จะแพงมากยิ่งขึ้นเรื่อย ๆ ในอนาคต มีการวิเคราะห์สาเหตุของวิกฤตอาหาร ว่ามาจากปัจจัยหลายประการ เป็นต้นว่า 1) การหดตัวของภาคการเกษตร เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินจากการขยายตัวของเมือง และคนทั่วไปมักทำให้ถูกเชื่อว่าอาหารที่บริโภคอยู่มาจากอุตสาหกรรมการผลิตอาหารขนาดใหญ่ แต่ความจริงพบว่ากว่าร้อยละ 80 เป็นการผลิตอาหารโดยเกษตรกรรายย่อย เมื่อภาพผู้ผลิตรายใหญ่ชัดเจนกว่าทำให้เกษตรกรรายย่อยถูกละเลยและไม่มีมาตรการสนับสนุนที่ชัดเจน เกิดความเสี่ยงในการประกอบอาชีพภาคการเกษตรและผลตอบแทนที่ได้ไม่คุ้มค่าต่อการลงทุน จนอาจจำเป็นต้องขายที่ดินและ/หรือหันไปประกอบอาชีพอื่น 2) ความหลากหลายของพันธุ์พืชที่มีมากกว่า 30,000 ชนิด แต่คนทั่วไปรู้จักและให้ความสำคัญเพียง 105 ชนิดเท่านั้น 3) นโยบายพลังงานของประเทศ ส่งผลให้พื้นที่ปลูกพืชพลังงานขยายตัวเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 34 จากการที่นำพันธุ์พืชไปแปรเป็นพลังงานทำให้เกิดการผลิตที่ไม่สมดุล 4) พื้นที่ผลิตอาหารที่ลดลง โดยเฉพาะพื้นที่ผลิตผักและผลไม้ ส่งผลให้ราคาผลิตผลสูงขึ้น กระทบต่อปริมาณการบริโภคผักและผลไม้ที่ไม่เพียงพอของผู้ชายไทยร้อยละ 81 และผู้หญิงไทยร้อยละ 76 และกลุ่มที่ได้รับผลกระทบมากที่สุด คือ ผู้มีรายได้น้อย 5) เมื่อพื้นที่ผลิตพืชอาหารลดลง จึงมีความจำเป็นต้องเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตต่อหน่วยพื้นที่ ส่งผลให้มีการใช้สารเคมีเพื่อการเกษตรเป็นจำนวนมาก สอดคล้องกับรายงานการนำเข้าสารเคมี ซึ่งระบุว่าประเทศไทยมีอัตราการนำเข้าสารเคมีเป็นลำดับหนึ่งในอาเซียน เป็นเหตุให้เมื่อมีการตรวจวัดเลือดของเกษตรกร จึงพบปริมาณสารเคมีในเลือดสูงกว่ามาตรฐานจำนวนมาก ย่อมส่งผลกระทบต่อผู้บริโภคด้วยอย่างแน่นอน สอดคล้องกับอัตราการเจ็บป่วยด้วยโรคเรื้อรังที่พบได้มากขึ้น (วิลาสินีและเดชรัตน์, 2556; นิศาชล, 2556; ชนิดา, 2552) และ 6) การเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศที่มีผลกระทบต่อปริมาณผลิตผลที่ได้ ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงหลากหลายรูปแบบกับโลกในปัจจุบันโดยหลีกเลี่ยงไม่ได้ เช่น การขยับ

เลื่อนของฤดูกาล การเปลี่ยนแปลงปริมาณฝน การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ เป็นต้น ส่งผลให้ระบบนิเวศ และ/หรือ ระบบสังคมเศรษฐกิจ ระบบการผลิตของภาคการเกษตร ตลอดจนภาคส่วนต่างๆ ได้รับผลกระทบแตกต่างกันไปไม่มากก็น้อย เนื่องจากระบบเหล่านี้มีความสัมพันธ์กับภูมิอากาศแตกต่างกันไปตามแต่ละพื้นที่ การปรับตัวเพื่อให้ระบบและภาคส่วนต่างๆ สามารถดำรงอยู่และสามารถดำเนินกิจกรรมหรือวิถีชีวิตต่อไปได้จึงเป็นเรื่องจำเป็น โดยเฉพาะอย่างยิ่งภาคการเกษตร ดังนั้น การปรับเปลี่ยนการบริหารจัดการความเสี่ยงในภาคการผลิตให้มีน้อยที่สุด และอาจรวมถึงการแสวงหาแนวทางการผลิตใหม่ ๆ ที่จะลด/หลีกเลี่ยงผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศลงจึงเป็นอีกหนึ่งแนวทางที่จะช่วยป้องกันวิกฤตเรื่องความมั่นคงทางอาหารในอนาคตได้ (สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, 2556)

ไข่น้ำเป็นพืชน้ำที่มีขนาดเล็กมาก เจริญเติบโตอยู่บนผิวน้ำตามแหล่งน้ำจืดธรรมชาติ เป็นผักพื้นบ้านที่ชาวชนบทในภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือนิยมใช้เป็นอาหาร มีคุณค่าทางโภชนาการสูง มีสารพฤษเคมี (phytochemical) ที่มีประโยชน์ เช่น เบต้าแคโรทีน และสารประกอบฟีนอลิค เป็นต้น (Bunea et. al., 2008) ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นสารต้านออกซิเดชั่น สามารถทำปฏิกิริยากับอนุมูลอิสระโดยตรง เป็นการกำจัดอนุมูลอิสระให้หมดไปหรือหยุดปฏิกิริยาลูกโซ่ไม่ให้ดำเนินต่อ (โอภา, 2549) ทั้งนี้ ปริมาณเบต้าแคโรทีน ไรโบฟลาวินและสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมด สูงกว่าปวยเล้ง บรอคโคลี่ ฟักทอง และมะเขือเทศ (อุมาพร, 2553) จากคุณค่าโภชนาการดังกล่าวข้างต้น ทำให้ไข่น้ำเหมาะเป็นพืชอาหารทางเลือกสำหรับกลุ่มผู้บริโภคอาหารมังสวิรัติ อาหารชีวจิต อาหารที่ผ่านการแปรรูปน้อยที่สุด หรือกลุ่มผู้บริโภคที่ร่างกายไม่สามารถย่อยโปรตีนจากสัตว์ได้ สอดคล้องกับรายงานของคณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ซึ่งประสบผลสำเร็จในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เสริมอาหารที่มีสารอาหารประเภทโปรตีนและกรดอะมิโนจำเป็นปริมาณสูงจากผำ ในรูปแบบ “เม็ดเคี้ยว” โดยเม็ดเคี้ยวผำ 1 เม็ด มีโปรตีน 231.4 มิลลิกรัม (โดยทั่วไปร่างกายต้องการโปรตีน 50 กรัม/วัน) เพื่อให้สะดวก รับประทานง่าย เหมาะสำหรับผู้ใช้ชีวิตเร่งรีบ โดยเฉพาะนักศึกษา และวัยทำงานที่มีเวลาน้อย เป็นการเพิ่มทางเลือกในการดูแลสุขภาพ อีกทั้งมีรายงานการวิจัยถึงฤทธิ์ทางเภสัชของผำ อาทิ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ รักษาอาการท้องผูก ฤทธิ์ต้านการติดเชื้อ ช่วยปรับสภาพร่างกายให้เป็นด่างในคนที่มีสภาวะเครียดหรือร่างกายมีความเป็นกรดจากอาหาร และช่วยรักษาภาวะซีดในคนที่เป็นโรคโลหิตจาง (พิพัฒน์พงษ์ และคณะ, 2554) นอกจากนั้น ไข่น้ำยังเป็นแหล่งโปรตีนที่ใช้ระยะเวลาเพาะเลี้ยงสั้น สามารถเก็บเกี่ยวได้เร็ว ศัตรูพืชน้อย ขยายพันธุ์ได้เร็ว ทำให้ได้ผลผลิตปริมาณมาก และต้นทุนการผลิตต่ำ แม้ไข่น้ำจะมีข้อดีหลายประการดังกล่าวแล้วข้างต้น แต่ก็ยังไม่เป็นที่นิยมบริโภค

กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน ทั้งนี้เนื่องจากเหตุปัจจัยหลายประการ อาทิ 1) ไข่น้ำที่จำหน่ายในท้องตลาดส่วนใหญ่ยังคงมาจากแหล่งน้ำธรรมชาติ ซึ่งนับวันแหล่งน้ำในธรรมชาติเหล่านี้มีแต่ความสกปรกและเน่าเสียเพิ่มขึ้น ทำให้ไข่น้ำไม่สามารถเจริญเติบโตได้ดีหรือหากเจริญเติบโตได้ก็เกิดมีข้อจำกัดด้านการยอมรับของผู้บริโภคในเรื่องสุขอนามัย ด้วยเกรงว่าไข่น้ำนั้นอาจมาจากแหล่งน้ำธรรมชาติที่มีการปนเปื้อนของสิ่งสกปรก อาจมีสารพิษ สารเคมีตกค้าง เชื้อโรคหรือไข่พยาธิปนเปื้อนและมักมีตัวเบียนอาศัยอยู่ด้วย (ชนกพร, 2542) 2) ไข่น้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติมีปริมาณผลผลิตและปริมาณโปรตีนไม่แน่นอน ขึ้นอยู่กับแหล่งที่อยู่และแปรผันไปตามปัจจัยแวดล้อมที่เจริญเติบโต อาทิ ฤดูกาล สารอาหาร สภาพแสง เป็นต้น สำหรับประเทศไทยมักพบไข่น้ำในช่วงฤดูหนาวต่อกับฤดูร้อน ซึ่งไข่น้ำมักเจริญเติบโตได้ไม่ดีนักในช่วงฤดูฝน เนื่องจากความเข้มข้นของธาตุอาหารในฤดูฝนเจือจางกว่า กอปรกับความเข้มข้นของแสงไม่เพียงพอสำหรับกระบวนการสังเคราะห์แสง เพื่อใช้ในการสร้างอาหารให้แก่เซลล์และเกิดรงควัตถุสีเขียว แม้ต่อมาจะมีการพัฒนารูปแบบจากเดิมที่อาศัยความคุ้นเคยจากการไปเก็บไข่น้ำจากแหล่งน้ำเดิมที่เคยพบมาก่อน ปรับเปลี่ยนมาเป็นการผลิตไข่น้ำในบ่อซีเมนต์หรือบ่อดิน โดยให้ธาตุอาหารแก่ไข่น้ำด้วยปุ๋ยอินทรีย์หรือปุ๋ยเคมีอย่างใดอย่างหนึ่งหรือร่วมกัน แต่คำแนะนำทางวิชาการที่เกี่ยวข้องกับวิธีการเลี้ยง ปริมาณและชนิดปุ๋ยที่แนะนำ ยังคงมีความแตกต่างหลากหลาย โดยเฉพาะการเลี้ยงไข่น้ำด้วยปุ๋ยคอก คุณภาพของมูลสัตว์จะขึ้นอยู่ปัจจัยหลายประการในตัวสัตว์ด้วย เช่น ชนิดของสัตว์ อายุ พันธุ์ สุขภาพ และอาหารของสัตว์ (สัมฤทธิ์, 2524) นอกจากนี้ การเลี้ยงไข่น้ำยังเกี่ยวข้องกับนิเวศวิทยา ธาตุอาหาร และสภาพแวดล้อมอื่น ๆ อีกมากมาย อย่างไรก็ตาม รูปแบบการเลี้ยงไข่น้ำด้วยปุ๋ยอินทรีย์ยังคงมีข้อจำกัดด้านการยอมรับของผู้บริโภคในเรื่องสุขอนามัย 3) สืบเนื่องจากแหล่งที่มาและปัจจัยแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับเจริญเติบโตของไข่น้ำ ซึ่งส่งผลต่อการยอมรับของผู้บริโภคเรื่องสุขอนามัยแล้ว ไข่น้ำยังเป็นพืชที่มีผนังเซลล์บางทำให้เซลล์แตกได้ง่าย ปัจจัยเหล่านี้ล้วนไปเสริมให้ไข่น้ำมีอายุการเก็บรักษาหรืออายุการวางจำหน่ายสั้น นับเป็นข้อจำกัดที่สำคัญยิ่งต่อการทำการตลาดไข่น้ำเชิงพาณิชย์

การปลูกพืชในระบบไฮโดรโปนิกส์เป็นหนึ่งในศาสตร์ด้านการผลิตพืช ซึ่งที่เป็นที่ยอมรับในนานาอารย-ประเทศว่า เป็นวิธีการที่สามารถควบคุมการผลิตพืชได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีความปลอดภัยในการบริโภค และผลผลิตมีคุณภาพตามเกณฑ์มาตรฐานด้านสุขอนามัยที่ทั่วโลกยอมรับ ปัจจุบันหลายประเทศใช้ระบบนี้เพื่อการผลิตพืชเชิงพาณิชย์ จึงอาจกล่าวได้ว่าการปลูกพืชในระบบไฮโดรโปนิกส์เป็นระบบการผลิตที่น่าจะมีศักยภาพและมีบทบาทสำคัญสำหรับการพัฒนาการเกษตรในอนาคต เพราะสามารถปลูกได้ทุกสถานที่ เป็นการใช้พื้นที่ปลูก น้ำ และธาตุอาหารพืชอย่างมี

ประสิทธิภาพ พืชปลูกเจริญเติบโตได้เร็วเพราะสามารถควบคุมสภาพแวดล้อมของการปลูกให้เหมาะสมได้โดยตรง ร่นอายุการเก็บเกี่ยว และสามารถควบคุมโรค-แมลงศัตรูพืชได้ง่ายกว่าเพราะพื้นที่ปลูกมีขอบเขตชัดเจน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จ.นครราชสีมา ได้เริ่มดำเนินการด้านการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินหรือการปลูกพืชด้วยระบบไฮโดรโปนิกส์ มาตั้งแต่ปี 2540 ในรูปแบบของงานวิจัยและการเรียนการสอน และเริ่มให้บริการวิชาการสู่ชุมชนด้วยการจัดหลักสูตรอบรมแก่ผู้สนใจในปี 2543 ปัจจุบัน (2556) ได้ให้บริการอบรมผู้สนใจกว่า 40 รุ่น มีผู้สนใจเข้ารับการอบรมกว่า 2,000 คน เนื่องจากที่ผ่านมายังไม่ปรากฏการนำเอาเทคโนโลยีดังกล่าวไปใช้กับการผลิตไข่น้ำ ดังนั้น โครงการนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการผลิตไข่น้ำปลอดภัย ศึกษากระบวนการเปลี่ยนแปลงหลังการเก็บเกี่ยวและการยืดอายุการเก็บรักษาไข่น้ำ ตลอดจนการพัฒนาชุดปลูกฯ (ต้นแบบ) เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ทั้งเชิงพาณิชย์และเชิงสาธารณะ

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมสำหรับการผลิตไข่น้ำด้วยระบบไฮโดรโปนิกส์

1.2.2 เพื่อศึกษาอายุการเก็บเกี่ยวต่อรอบปลูกที่เหมาะสมในการผลิตไข่น้ำด้วยระบบไฮโดรโปนิกส์

1.2.3 เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงหลังการเก็บเกี่ยว สารสำคัญที่พบของไข่น้ำที่ผลิตด้วยระบบไฮโดรโปนิกส์

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 ไข่น้ำที่ใช้ในการทดลองเป็นไข่น้ำ ชนิด *Woffia arrhiza* และ/หรือ ชนิด *Woffia globosa* นำพันธุ์มาจาก แหล่งน้ำธรรมชาติของเกษตรกรในจังหวัดนครราชสีมา

1.3.2 ศึกษาผลของอิทธิพลร่วมที่เหมาะสมของระบบปลูก ระดับความลึกของสารละลายธาตุอาหารที่ใช้เพาะเลี้ยง อุณหภูมิ-แสง ออกซิเจน สูตรปุ๋ย ต่อการเพิ่มผลผลิตไข่น้ำที่ผลิตด้วยระบบไฮโดรโปนิกส์ ทั้งเชิงปริมาณและคุณภาพ

1.3.3 อุณหภูมิ-แสง ที่เลือกศึกษา คือ อุณหภูมิกลางแจ้ง-ไม่พรางแสง อุณหภูมิกลางแจ้ง-พรางแสงด้วยซาแรนสีดำ 50% 1 ชั้น และ อุณหภูมิกลางแจ้ง-พรางแสงด้วยซาแรนสีดำ 50% 2 ชั้น

1.3.4 ศึกษาระดับความลึกของสารละลายที่ใช้เพาะเลี้ยง 3 ระดับ คือ คือ 10, 20 และ 30 ซม.

1.3.5 ออกซิเจนที่เลือกศึกษา คือ ไม่เพิ่มออกซิเจน และ เพิ่มออกซิเจน ในสารละลายธาตุอาหาร

1.3.6 สูตรปุ๋ยที่เลือกศึกษา คือ สูตรปุ๋ยไฮโดรโปนิกส์ กับ สูตรปุ๋ยเคมีที่หาได้ทั่วไปในท้องตลาดโดยคำนวณอัตราการใช้ให้มีองค์ประกอบของธาตุหลัก ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และ โพแทสเซียม ใกล้เคียงกัน โดยควบคุมระดับความเป็นกรด-ด่างที่ pH 5-6

1.3.7 ศึกษาอายุการเก็บเกี่ยวต่อรอบปลูก 6 ระดับ คือ เก็บเกี่ยวเมื่ออายุ 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 วัน ต่อรอบปลูก

1.3.8 การเปลี่ยนแปลงหลังการเก็บเกี่ยวที่เลือกศึกษา พิจารณาโดยใช้หลักเกณฑ์การยอมรับได้ของผู้บริโภค อาทิ คือ สี กลิ่น และลักษณะทางกายภาพโดยรวม

1.3.9 สารสำคัญที่เลือกวิเคราะห์ เช่น ความชื้น โปรตีน คลอโรฟิลล์ เป็นต้น

1.3.10 อุณหภูมิที่ศึกษาอายุการเก็บรักษา 3 ระดับ คือ อุณหภูมิห้อง อุณหภูมิ 10 และ 4 °ซ.

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ได้ผลงานวิจัยที่สามารถตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสาร อย่างน้อย 1 บทความ

1.4.2 ทราบถึงผลของอิทธิพลร่วมที่เหมาะสมของระบบปลูก ระดับความลึกของน้ำที่ใช้เพาะเลี้ยง อุณหภูมิ-แสง ออกซิเจน สูตรปุ๋ย ต่อการเพิ่มผลผลิตของไข่น้ำที่ผลิตด้วยระบบไฮโดรโปนิกส์ ทั้งเชิงปริมาณและคุณภาพ ข้อสนเทศที่ได้นี้จะก่อให้เกิดรูปแบบและวิธีการผลิตไข่น้ำที่ดีและเหมาะสมสำหรับการผลิตไข่น้ำเพื่อการบริโภคในครัวเรือน และ/หรือการผลิตไข่น้ำเชิงการค้าในระดับอุตสาหกรรม

1.4.3 ทราบถึงอายุการเก็บเกี่ยวต่อรอบปลูกที่เหมาะสมในการผลิตไข่น้ำด้วยระบบไฮโดรโปนิกส์ ข้อสนเทศที่ได้จะทำให้ผู้ผลิตสามารถควบคุมต้นทุนการผลิต วางแผนการผลิต และวางแผนการตลาดได้อย่างถูกต้อง แม่นยำ และคุ้มค่า

1.4.4 ทราบถึงการเปลี่ยนแปลงหลังการเก็บเกี่ยว สารสำคัญที่พบ และอายุการเก็บรักษาของไข่น้ำที่ผลิตด้วยระบบไฮโดรโปนิกส์ ข้อสนเทศที่ได้จะทำให้ผู้ผลิตสามารถวางแผนการผลิต วางแผนการตลาด และเตรียมความพร้อมแก้ปัญหาหากผลผลิตเกินความต้องการของตลาดได้อย่างเหมาะสม

1.4.5 เพื่อส่งเสริมและพัฒนาเครือข่ายความร่วมมืออย่างเป็นรูปธรรมระหว่างภาครัฐ อันได้แก่ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี และศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาอาชีพการเกษตรจังหวัดนครราชสีมา (พืชสวน) กับชุมชน อันได้แก่ เกษตรกร กลุ่มเกษตรกร ผู้ประกอบการด้านการเกษตร และผู้สนใจผลิตไข่น้ำทั่วไป

1.4.6 หน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์ เช่น เกษตรกร กลุ่มเกษตรกร และกลุ่มวิสาหกิจชุมชน (ผลิตสด เป็นอาหารสัตว์ และแปรรูปผลิตภัณฑ์ เพิ่มมูลค่า) นักวิจัยเทคโนโลยีอาหาร (อาหารมนุษย์ อาหารสัตว์น้ำและสัตว์บก) ทั้งภาครัฐและเอกชน ฝ่ายวิจัยและพัฒนาของสถานประกอบการด้านอุตสาหกรรม (วัตถุดิบในการผลิตแอลกอฮอลล์ และ พลาสติก) นักวิจัยด้านสิ่งแวดล้อม (บำบัดน้ำเสีย) ผู้สนใจทั่วไป เพื่อเป็นอาชีพทางเลือกหรืออาชีพเสริม เป็นพืชอาหารทางเลือก และนักเรียน เพื่อเป็นวัตถุดิบในการศึกษาโครงงานด้านวิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 2

ทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ลักษณะทั่วไปของไข่น้ำ

ไข่น้ำ (ภาคกลาง) ไข่แหน (ภาคเหนือ) และไข่ผำ (ภาคอิสาน) มีชื่อสามัญว่า Wolffia หรือ Water meal หรือ Fresh water Algae หรือ Swamp Algae อยู่ในวงศ์ Lemnaceae สกุล Wolffia มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Wolffia arrhiza* (Linn.) Wimm. หรือ *Wolffia globosa* (Roxb.) Wimm. เป็นพืชชั้นสูง เป็นพืชล้มลุก ใบเลี้ยงเดี่ยว พบกระจายอยู่ในประเทศต่าง ๆ ในทวีปยุโรป ทวีปแอฟริกากลางและใต้ ในเกาะมาดากัสการ์และในทวีปเอเชีย โดยเฉพาะบริเวณเขตศูนย์ศูนย์สูตรใต้และตะวันออกเฉียงใต้ นอกจากนี้ยังพบในประเทศบราซิล อินโดนีเซีย และออสเตรเลีย (กำธรและถาวร, 2517) เจริญเติบโตในแหล่งน้ำธรรมชาติหรือบ่อน้ำนิ่งโดยลอยตัวบนผิวน้ำ อาจลอยอยู่เป็นกลุ่มล้วน ๆ หรือลอยปนกับพืชชนิดอื่น ๆ เช่น แหน แหนแดง เป็นต้น มีสีเขียวเข้ม รูปร่างลักษณะคล้ายรูปไข่ ขนาดความยาว 1.5 มิลลิเมตร ความกว้าง 1 มิลลิเมตร (Bhanthumnavin and McGarry, 1971) ต้นประกอบด้วยเซลล์พาเรนไคมาเป็นส่วนใหญ่ มีช่องอากาศแทรกอยู่ระหว่างเซลล์ ทำให้เห็นเป็นฟองน้ำ และช่วยให้ลอยตัวอยู่ในน้ำได้ ไม่มีระบบท่อลำเลียง มีช่องให้อากาศเข้าออกได้อยู่ทางด้านบนของต้น ลักษณะดอกเป็นดอกสมบูรณ์เพศแบบแยกเพศ ประกอบด้วยดอกตัวผู้ 1 ดอก ดอกตัวเมีย 1 ดอก มีขนาดดอกเล็กที่สุดในโลก มีการขยายพันธุ์ได้อย่างรวดเร็ว

ปัจจุบันไข่น้ำที่พบในสกุล Wolffia มีทั้งหมด 16 ชนิด ดังนี้ *W. angusta*, *W. arrhiza*, *W. borealis*, *W. brasiliensis*, *W. columbiana*, *W. denticulate*, *W. gladiata*, *W. globosa*, *W. hyaline*, *W. lingulata*, *W. microsvopica*, *W. netropica*, *W. oblonga*, *W. reanda*, *W. rotunda* และ *W. welwitschii* แต่ที่ปรากฏในประเทศไทยมี 2 ชนิด ได้แก่ *W. arrhiza* (L.) Wimm. และ *W. globosa* (L.) Wimm. (ธวัชชัย และแมกซ์เวล. 2535) ซึ่งมีลักษณะแตกต่างกันดังนี้ ไข่น้ำชนิด *W. arrhiza* จะมีขนาดใหญ่กว่า ผิวด้านบนมีสีเขียวเข้มและต้นมีลักษณะทึบแสง ส่วนไข่น้ำชนิด *W. globosa* มีขนาดเล็กกว่าและเป็นรูปทรงกระบอกมากกว่า และต้นมีลักษณะโปร่งแสงมากกว่า *W. arrhiza* อภิเดช และคณะ (2553) ทำการจำแนกชนิดของไข่น้ำจำนวน 18 ตัวอย่างในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ด้วยการหาลำดับเบสของยีนใน คลอโรพลาสต์ ผลจากการเปรียบเทียบลำดับนิวคลีโอไทด์ที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้กับ

ฐานข้อมูล Gene Bank พบว่าตัวอย่างไข่น้ำจากแหล่งต่าง ๆ มีความคล้ายคลึงกับลำดับนิวคลีโอไทด์ของไข่น้ำสายพันธุ์ *W. globosa* มากที่สุด

การสืบพันธุ์ของไข่น้ำมี 2 แบบ คือ

1) การสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ (Sexual reproduction) ดอกของไข่น้ำจะเจริญเติบโตออกทางช่องข้างบนต้น ดอกไม่มีกลีบดอกและไม่มีกลีบเลี้ยง ดอกตัวผู้จะมีเกสรตัวผู้ 1 อันประกอบด้วยอับละอองเรณู 2 อับ ดอกตัวเมียจะมีรังไข่อยู่ 1 ช่องและมีไข่อยู่ 1 ใบ ก้านเกสรตัวเมียสั้น ยอดเกสรตัวเมียมีลักษณะแบน เมล็ดมีขนาดเล็ก กลมเกลี้ยง ยังไม่ปรากฏว่ามีไข่น้ำชนิดที่มีดอกในประเทศไทย

2) การสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ (Asexual reproduction) โดยการแตกหน่อที่ข้าง ๆ ทัลลัส ดังนั้นจึงมักพบว่าทัลลัสมีลักษณะเป็น 2-3 พู (อำพลและอารีย์ , 2532) มีรายงานว่า ไข่น้ำจะแตกหน่อให้ต้นใหม่ทุก ๆ 5 วัน (สุรีย์พร, 2553) ขณะที่ กันย์สิริ (2552) ระบุว่าไข่น้ำจะมีการเพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็วในช่วงวันที่ 3-6 ของการเลี้ยง โดยลักษณะการแตกหน่อจะแตกออกทางด้านข้างของต้นเดิม

2.2 การใช้ประโยชน์ของไข่น้ำ

ก) เป็นแหล่งโปรตีนในอาหารของมนุษย์ ดังนี้ (นิศาชล, 2548)

ก.1 ประเภทอาหารคาว ได้แก่ แกงคั่วผำ แกงผำใส่ใบส้มซ่า ผัดผำใส่แคบหมู เป็นส่วนผสมของ ไข่เจียวหมูสับ/ต้มยำ ใช้เป็นส่วนประกอบของแกงอ่อมปลา แกงไก่ แกงเนื้อ โดยใส่รวมกับผักชนิดอื่น ๆ

ก.2 ใช้เป็นส่วนผสมของเครื่องจิ้มอาหารชนิดต่าง ๆ เช่น เครื่องจิ้มของมันฝรั่งทอด

ก.3 ผลิตภัณฑ์ขนมอบบางชนิด เช่น มัลเฟิน แซนวิช ใช้ผำตกแต่งหน้าพายแอปเปิล

ก.4 สกัดเอาสารที่เป็นประโยชน์มาทำเป็นอาหารแห้งสำหรับมนุษย์อวกาศ

ก.5 เป็นผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากผำในรูปแบบยาเม็ดเคี้ยว (พิพัฒน์พงษ์และคณะ, 2554 นับเป็นการเพิ่มมูลค่าให้วัตถุดิบในท้องถิ่น และช่วยลดการนำเข้าผลิตภัณฑ์จากต่างประเทศอีกทางหนึ่ง

มีคำแนะนำไว้ว่าใน 1 วันคนไทยจะควรได้รับ ดังนี้ โปรตีน 50 กรัม ไขมันทั้งหมดและไขมันอิ่มตัว 65 และ 20 กรัมตามลำดับ คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด 300 กรัม แคลเซียม 800 มิลลิกรัม ฟอสฟอรัส 800 มิลลิกรัม เหล็ก 15 มิลลิกรัม ใยอาหาร 25 กรัม วิตามินเอ 800 ไมโครกรัม วิตามินบี 1 1.5 มิลลิกรัม วิตามินบี 2 1.7 มิลลิกรัม ไนอาซีน 20 มิลลิกรัม เอ็น อี วิตามินซี 60 มิลลิกรัม (โก

เฟส, ม.ป.ป.) เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณสารอาหารในไข่น้ำของกองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข (2535) ซึ่งรายงานว่า ไข่น้ำ 100 กรัมน้ำหนักสด มีองค์ประกอบของพลังงาน 8.99 กิโลแคลอรี่ โปรตีน 0.60 กรัม ไขมัน 0.1 กรัม คาร์โบไฮเดรต 1.2 กรัม แคลเซียม 59 มิลลิกรัม ฟอสฟอรัส 25 มิลลิกรัม เหล็ก 6.6 มิลลิกรัม วิตามินบี 1 0.03 มิลลิกรัม วิตามินบี 2 0.09 มิลลิกรัม ไนอาซีน 0.4 มิลลิกรัม วิตามินซี 11 มิลลิกรัม และเบต้าแคโรทีน 64.16 ไมโครกรัมเทียบหน่วยเรติ นอล (RE) หรือ 384.96 ไมโคกรัมเบต้าแคโรทีน Landolt and Kandeler (1987) รายงานปริมาณ สารอินทรีย์ในน้ำหนักแห้งในไข่น้ำว่า ประกอบด้วย โปรตีน 6.8-45% ไขมัน 1.8-9.2% คาร์โบไฮเดรต 14.1-43.6% ปริมาณเส้นใย 5.7-16.2% และจากการวิเคราะห์ปริมาณกรดอะมิโนของ ไข่น้ำ พบว่า มีเปอร์เซ็นต์ของลิวซีน ธีโอนีน วาลีน ไอโซลิวซีน และ ฟีนิลอะลานีนสูง แต่มีไซ สตีน เมไธโดนีน และไธโรซีนอยู่ในระดับต่ำ อำพล และอารีย์ (2532) ศึกษาองค์ประกอบทางเคมี พื้นฐานของไข่น้ำแห้ง พบว่า ไข่น้ำแห้งมีความชื้นร้อยละ 20.22 โปรตีนร้อยละ 17.88 ไขมันร้อยละ 0.8 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 38.2 และเถ้าร้อยละ 23.5 ขณะที่ ศิริภาวีและคณะ (2544) ซึ่งศึกษา องค์ประกอบทางเคมีพื้นฐานของไข่น้ำแห้งเช่นเดียวกัน แต่มีวิธีการเลี้ยงไข่น้ำแตกต่างกัน พบว่า ไข่น้ำแห้งมีความชื้นร้อยละ 5.18 โปรตีนร้อยละ 20.32 ไขมันร้อยละ 4.8 เส้นใย ร้อยละ 11.81 และ เถ้าร้อยละ 17.21 จะเห็นได้ว่า องค์ประกอบทางเคมีของงานทดลองแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับสภาวะ แวดล้อมในการเจริญเติบโต

ข) เป็นแหล่งโปรตีนทั้งในอาหารสัตว์น้ำ เช่น ปลานิล ปลาแรด ฯลฯ และสัตว์บก เช่น หมู เป็ด เป็นต้น

ค) เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น การผลิตแอลกอฮอล์ และพลาสติก เป็นต้น (Fujita, Mori and Kodera, 1998 อ้างโดย กันย์สินี, 2552)

ง) ช่วยบำบัดน้ำเสีย มีรายงานว่า ไข่น้ำสามารถสะสมแคดเมี่ยมไว้ได้มากถึง 80.65 มิลลิกรัม ต่อกรัม (เบญจภรณ์, 2542) นอกจากนี้ ยังช่วยให้ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำมีค่าสูงขึ้น ความเป็น กรด-ด่างอยู่ในระดับค่อนข้างเป็นกลาง และค่าความขุ่นของน้ำเสียมีค่าต่ำลง

2.3 ปัจจัยและสภาพแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของไข่น้ำ

2.3.1 แสง

แสงเป็นปัจจัยสำคัญในการดำรงชีพของพืชและสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ พืชได้รับพลังงานรังสีจากดวงอาทิตย์เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในกระบวนการสังเคราะห์แสงและการเจริญเติบโตของพืช ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความเข้มแสง (light intensity) คุณภาพแสง (light quality) และช่วงเวลาที่ได้รับแสง (photoperiod) สมศักดิ์ (2542) รายงานว่า ความเข้มแสงที่มีระดับต่ำกว่าระดับที่เหมาะสม จะทำให้พืชเจริญเติบโตได้ช้า ในขณะที่ความเข้มแสงที่สูงมากเกินไปก็อาจทำให้เกิดภาวะการยับยั้งกระบวนการสังเคราะห์แสง (photo-inhibition) ของพืชได้ สอดคล้องกับ เชาว์และพรรณี (2541) อ้างถึงใน นิศาชล (2548) ซึ่งระบุว่า การสังเคราะห์แสงนั้น จะต้องมีอิทธิพลของแสงสว่างและอุณหภูมิมาเกี่ยวข้อง ถ้าได้รับความเข้มแสงและอุณหภูมิมากเกินไปในระยะเวลาที่ยาวนาน พืชจะมีอัตราการสังเคราะห์แสงที่ต่ำลงตามอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นและความเข้มแสงมากๆ เนื่องจากแสงที่เข้มไปกระตุ้นคลอโรฟิลล์มากเกินไป และออกซิเจนที่เกิดขึ้นจากการสังเคราะห์แสงแทนที่จะออกสู่บรรยากาศภายนอกพืช กลับนำไปออกซิไดซ์ส่วนประกอบต่าง ๆ ของเซลล์ รวมทั้งคลอโรฟิลล์ด้วย ทำให้สีของคลอโรฟิลล์จางลง จากผลการทดลองของ นิศาชล (2548) สรุปว่า ไข่น้ำเจริญเติบโตในที่มีความเข้มแสงอยู่ในช่วง $1.6x10^4$ ลักซ์ Landolt (1986) รายงานว่า ไข่น้ำ 2 ชนิด ได้แก่ *W. arrhiza* และ *W. globosa* เจริญเติบโตได้ดี 56% และ 64% ตามลำดับ ในระดับความเข้มแสง 2,500 ลักซ์ ไข่น้ำเป็นพืชที่มีความชื้นสูงประมาณร้อยละ 95 เจริญเติบโตเร็ว ในสภาพแวดล้อมที่มีปัจจัยเหมาะสม ได้แก่ สารอาหาร แสง และอุณหภูมิ ไข่น้ำจะแตกหน่อเป็นต้นใหม่ใช้ระยะเวลา 16-48 ชั่วโมง (Suppadit et al., 2012; Yan et al., 2013)

2.3.2 อุณหภูมิ

อุณหภูมิมีอิทธิพลในการเร่งการเจริญเติบโตและการสืบพันธุ์ของพืชแทบทุกชนิด ช่วงของอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการดำรงชีวิตแตกต่างกันไปตามชนิดของพืช มีรายงานว่า ไข่น้ำ ชนิด *W. arrhiza* จะตายถ้าเลี้ยงที่อุณหภูมิ 30 °ซ. ในเวลา 14-20 วัน และเลี้ยงที่อุณหภูมิ 35 °ซ. ในเวลา 6-10 วัน (Landolt. 1986 อ้างโดย ชนกพร, 2542) ไข่น้ำจะเจริญได้ดีที่อุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปีประมาณ 32-33 °ซ. ขณะที่จากผลการทดลองของ นิศาชล (2548) สรุปว่าไข่น้ำเจริญเติบโตในอุณหภูมิเฉลี่ย 26.04 °ซ.

2.3.3 ความเป็นกรด-ด่าง (pH)

ความเป็นกรด-ด่างของธาตุอาหารมีอิทธิพลทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อกระบวนการเมตาโบลิซึมในพืช จึงส่งผลต่อการเจริญเติบโตของไข่น้ำเช่นเดียวกัน พืชส่วนใหญ่สามารถเจริญเติบโตได้ดีในน้ำที่มี pH อยู่ช่วง 5.5-7 ซึ่งเป็นสภาวะที่ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชอยู่ในรูปที่รากพืชสามารถดูดนำไปใช้ประโยชน์ได้มากที่สุด จากการสำรวจค่า pH ของแหล่งน้ำที่พบไข่น้ำในจังหวัดมหาสารคามและขอนแก่น พบว่า แหล่งน้ำที่ยังคงให้ผลผลิตไข่น้ำ มีค่า pH อยู่ที่ ≤ 7 แต่แหล่งน้ำที่ไม่ให้ผลผลิตแล้ว มีค่า pH > 7 และพบพืชน้ำชนิดอื่นขึ้นปะปน (กันย์สินี, 2552) ขณะที่ Landolt (1986) รายงานว่า ไข่น้ำเจริญได้ในช่วง pH 3.5-10.4 ส่วน

2.3.4 น้ำ

ไข่น้ำในสภาพธรรมชาติ มักพบในแหล่งน้ำจืด นิ่งและใส (ชนกพร, 2542) การเพาะเลี้ยงไข่น้ำ จำเป็นต้องพิจารณาถึงความกระด้างของน้ำที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงด้วย ความกระด้างของน้ำมี 2 ประเภท คือ ความกระด้างชั่วคราวและความกระด้างถาวร ความกระด้างชั่วคราวเกิดจากโลหะที่มีเวเลนซี 2 ในสารประกอบคาร์บอเนต ถูกกำจัดได้ด้วยการต้มซึ่งจะทำให้เกิดตะกอนของแคลเซียมคาร์บอเนต พืชน้ำส่วนใหญ่เจริญเติบโตได้ดีในแหล่งน้ำประเภทน้ำอ่อน (ความกระด้าง 0-75 mg/l as $CaCO_3$) ถึงน้ำกระด้างปานกลาง (ความกระด้าง 75-150 mg/l as $CaCO_3$) (กันย์สินี, 2552)

2.3.5 ธาตุอาหาร

ปริมาณธาตุอาหารในแหล่งน้ำเป็นหนึ่งในปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของไข่น้ำ การเจริญเติบโตของไข่น้ำขึ้นอยู่กับธาตุอาหารหรือปุ๋ยที่มีอยู่ในน้ำ ธาตุอาหารที่มีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชมีอยู่ 16 ชนิด แบ่งออกเป็นธาตุที่พืชต้องการในปริมาณมาก มี 9 ธาตุ ได้แก่ คาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถัน ส่วนธาตุที่พืชต้องการในปริมาณน้อย มี 7 ธาตุ ได้แก่ โบรอน เหล็ก ทองแดง สังกะสี แมงกานีส โมลิบดินัม และคลอรีน ซึ่งพืชแต่ละชนิดมีความต้องการธาตุอาหารแตกต่างกันทั้งชนิดและปริมาณ Fujita และคณะ (1999) อ้างโดย สุรีย์พร (2553) รายงานว่า ไข่น้ำสามารถเจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็วในสภาพแวดล้อมที่มีธาตุไนโตรเจนและฟอสฟอรัสสูง เมื่อสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต ไข่น้ำจะเปลี่ยนรูปร่างอยู่ในระยะพัก เรียกว่า turion ซึ่งสีของน้ำเข้มขึ้น มีการลดทั้งขนาดและโครงสร้าง ประกอบด้วยแป้งจำนวนมากและจมอยู่บริเวณก้นบ่อ เนื่องจากความหนาแน่นของไข่น้ำมีการเปลี่ยนแปลง จึงมีชีวิตรอดในช่วงฤดูหนาว โดยมีการเจริญเติบโตได้ใน

อุณหภูมิที่ต่ำกว่า 14 องศาเซลเซียส แต่ turion สามารถมีชีวิตรอดอยู่ได้ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลาหลายสัปดาห์แม้ไม่มีการเจริญเติบโต

2.4 ข้อมูลงานวิชาการที่เกี่ยวข้อง

- กำธรและถาวร (2517) ทดลองเลี้ยงแหนเป็ดและไข่น้ำในบ่อซีเมนต์ขนาด 6 ตารางเมตร ซึ่งทดลองเลี้ยงปลาไหลนามาก่อน ความสูงของน้ำ 30 เซนติเมตร ก้นบ่อใส่ดินโคลนและให้อาหารปลาไหล บนผิวน้ำทดลองปลูกแหนเป็ดและไข่น้ำ ปริมาณเริ่มต้น 100 กรัม นาน 2 สัปดาห์ พบว่า ไข่น้ำให้ผลผลิตสูงที่สุด เฉลี่ย 6,483.33 กรัม ผลจากการทดลองโดยเฉลี่ยไข่น้ำให้ผลผลิตสูงกว่าแหนเป็ด ขณะที่แหนเป็ดให้ผลผลิตเฉลี่ย 4,053.33 กรัม
- อำพลและอารีย์ (2532) รายงานว่า การเลี้ยงไข่น้ำ ณ สถานีประมงน้ำจืดจังหวัดสกลนคร ในบ่อซีเมนต์ขนาด 10 ตารางเมตร เติมดินโคลนลงก้นบ่อ ใส่ปุ๋ยเคมี (ปุ๋ยยูเรียกับปุ๋ยฟอสเฟต) อัตรา 10 กรัม/ตารางเมตร เติมน้ำสูง 30 เซนติเมตร ปริมาณไข่น้ำเริ่มต้น 15-20 กรัม/ตารางเมตร เลี้ยงนาน 2 สัปดาห์ พบว่า ผลผลิตไข่น้ำเพิ่มขึ้นจากเดิมเป็น 800-1,000 กรัม/ตารางเมตร ส่วนใหญ่นำไปใช้ประโยชน์เป็นอาหารสัตว์ ไข่น้ำแห้งมีความชื้นร้อยละ 20.22 โปรตีนร้อยละ 17.88 ไขมันร้อยละ 0.8 เถ้าร้อยละ 23.5 และคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 38.2
- อำพลและอารีย์ (2532) ทดลองเลี้ยงไข่น้ำ ณ สถานีประมงน้ำจืดจังหวัดสกลนคร ในบ่อซีเมนต์ขนาดกว้างxยาวxสูง เท่ากับ 3x5x0.8 เมตร เติมดินลงก้นบ่อหนา 10 เซนติเมตร โรยทับด้วยปุ๋ยคอก อัตรา 1 กิโลกรัม/ตารางเมตร (โรยทับด้วยรำละเอียดพอประมาณ รดน้ำให้ชุ่ม) พักบ่อตากแดดไว้ 10-15 วัน จากนั้นเติมน้ำให้ท่วมประมาณ 10 เซนติเมตร ใส่ไข่น้ำลงไปประมาณ 1 กิโลกรัม ทิ้งไว้ 15 วัน เติมน้ำอีก 50-60 เซนติเมตร รวมระดับน้ำทั้งหมด 60-70 เซนติเมตร รักษาระดับน้ำไว้ ไข่น้ำจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ตลอดปี
- อะโน (2539) ศึกษาการเจริญเติบโตของไข่น้ำในสูตรอาหาร 9 ชนิด พบว่า น้ำสกัดจากมูลวัวแห้ง 4 กรัม/ลิตร ผสมปุ๋ยเคมีสูตร 16-16-16 อัตรา 0.6 กรัม/ลิตร และปุ๋ยสูตร 46-0-0 อัตรา 0.18 กรัม/ลิตร ได้ผลผลิตไข่น้ำสูงสุด (เฉลี่ย 4.633 กรัม/ลิตร) ส่วนไข่น้ำที่เลี้ยงที่ความเข้มแสงร้อยละ 50 มีปริมาณโปรตีนสูง เนื่องจากความเข้มแสงร้อยละ 50 มีบทบาทในการเร่งการทำงานของเอนไซม์ที่ชีในการสังเคราะห์โปรตีนมากกว่าที่ความเข้มแสงร้อยละ 100 (อะโน, 2542)

- สมศักดิ์ (2539) ศึกษาการเพาะเลี้ยงไข่น้ำชนิด *Wolffia arrhiza* L. โดยใช้น้ำสกัดจากมูลวัวที่มีความเข้มข้นต่างกัน 4 ระดับ คือ 10 15 20 และ 25 กรัม/ลิตร โดยเพาะเลี้ยงในอ่างซีเมนต์ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 74 เซนติเมตร สูง 50 เซนติเมตร บรรจุน้ำสกัดจากมูลวัว 50 ลิตร ปริมาณไข่น้ำเริ่มต้น 15 กรัม เพาะเลี้ยงในสภาพกลางแจ้ง เป็นเวลา 15 วัน พบว่า ไข่น้ำที่เพาะเลี้ยงในน้ำสกัดมูลวัวเข้มข้น 25 กรัม/ลิตร ให้น้ำหนักแห้งสูงสุด (เฉลี่ย 8.326 กรัม)
- ชนกพร (2542) ศึกษาการเจริญเติบโตและปริมาณโปรตีนของไข่น้ำที่เพาะเลี้ยงในน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง โดยเพาะเลี้ยงในอ่างคอนกรีตขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 80 ซม. ลึก 40 ซม. บรรจุน้ำ 50 ลิตร ในสภาพกลางแจ้ง เป็นเวลา 10 วัน พบว่า ปุ๋ยเคมีสูตร 18-12-6 อัตรา 0.18 กรัมต่อลิตร ที่เลี้ยงในน้ำทิ้งฯ เข้มข้น 30% มีการเจริญเติบโตด้านน้ำหนักแห้ง (เฉลี่ย 3.69 กรัมต่อหน่วยทดลอง) และโปรตีน (เฉลี่ย 37.23กรัมต่อหน่วยทดลอง) สูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง
- ชุตินุชและมาโนช (2542) ศึกษาการใช้ประโยชน์จากไข่น้ำ พบว่า การนำไข่น้ำมาเป็นส่วนผสมในข้าวเกรียบกุ้ง อัตรา ไข่น้ำ : กุ้ง เท่ากับ 50 : 50 ได้รับการยอมรับของสี กลิ่น รสชาติ ความกรอบ และความชอบโดยรวม จากกลุ่มตัวอย่างผู้บริโภคมากที่สุด
- สมศักดิ์ (2542) ศึกษาและเปรียบเทียบการเจริญเติบโตและปริมาณโปรตีนของไข่น้ำที่เพาะเลี้ยงในสูตรอาหารและความเข้มแสงต่างกัน โดยใช้น้ำสกัดจากมูลวัวที่มีความเข้มข้นต่างกัน 3 ระดับ คือ 25 35และ 45 กรัม/ลิตรและใช้น้ำสกัดจากมูลควายที่มีความเข้มข้นต่างกัน 3 ระดับ คือ 25 35 และ 45 กรัม/ลิตร ภายใต้ความเข้มแสง 50% และ 100% โดยเพาะเลี้ยงในอ่างซีเมนต์ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 74 เซนติเมตร สูง 50 เซนติเมตร บรรจุน้ำสกัด 50 ลิตร เป็นเวลา 12 วัน พบว่า ไข่น้ำที่เพาะเลี้ยงในน้ำสกัดมูลวัวเข้มข้น 45 กรัม/ลิตร ในสภาพความเข้มแสง 100% มีการเจริญเติบโต น้ำหนักสด (เฉลี่ย 404.023 กรัม/หน่วยทดลอง) และน้ำหนักแห้ง (เฉลี่ย 8.772 กรัม/หน่วยทดลอง) สูงที่สุด ขณะที่ ไข่น้ำที่เพาะเลี้ยงในน้ำสกัดมูลวัวเข้มข้น 35 กรัม/ลิตร ในสภาพความเข้มแสง 50% มีปริมาณโปรตีน (เฉลี่ย 30.213%) สูงที่สุด
- สุรีย์พร (2553) ศึกษาหาอัตราการเก็บเกี่ยวไข่น้ำที่เหมาะสมและทำการเพาะเลี้ยงไข่น้ำไว้เพื่อการบริโภค โดยเพาะเลี้ยงในถังพลาสติก พบว่า การเก็บเกี่ยวผลผลิตไข่น้ำที่อัตรา 40% จะ

ทำให้ไข่น้ำมีอัตราการเจริญเติบโตทันต่อการเก็บเกี่ยวครั้งต่อไป และยังสามารถทำให้มีการเก็บเกี่ยวอย่างต่อเนื่องได้

- นิศาชล (2548) ศึกษาแสงสว่างที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงไข่น้ำ ณ งานประมง สถาบันวิจัยและฝึกอบรมการเกษตรสกลนคร ทดลองโดยใช้วัสดุพลางแสงควบคุมความเข้มของแสงสว่าง 3 ระดับ คือ สภาพกลางแจ้ง(ไม่พรางแสง) ภายใต้พลาสติกพรางแสง 50% 1 ชั้น และภายใต้พลาสติกพรางแสง 50% 2 ชั้น เลี้ยงในภาชนะพลาสติกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 55 เซนติเมตร บรรจุน้ำเลี้ยงสูง 25 เซนติเมตร ใช้ปุ๋ยคอก 2 กิโลกรัม/ตารางเมตร และรำละเอียด 0.5 กิโลกรัม/ตารางเมตร หมักทิ้งไว้ 3 วัน แล้วกรองส่วนที่เป็นน้ำเลี้ยงเชื้อไปเลี้ยงไข่น้ำปริมาณไข่น้ำเริ่มต้น 100 กรัม/ตารางเมตร พบว่า ในช่วงวันที่ 6-8 ของการเลี้ยงสภาพกลางแจ้ง ให้ผลผลิตไข่น้ำดีกว่าการเลี้ยงภายใต้วัสดุพรางแสงทั้ง 2 แบบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในช่วงวันที่ 8-10 ทุกสภาพการเลี้ยงให้ผลผลิตไข่น้ำไม่แตกต่างกัน ในช่วงวันที่ 12-14 การเลี้ยงภายใต้พลาสติกพรางแสงให้ผลผลิตไข่น้ำไม่แตกต่างกัน แต่สูงกว่าการเลี้ยงในสภาพกลางแจ้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ขณะที่ช่วงการเลี้ยงระหว่างวันที่ 15-20 ยิ่งพบความแตกต่างระหว่างการเลี้ยงในแต่ละหน่วยทดลองที่เด่นชัดมากขึ้น จนเมื่อสิ้นสุดการเลี้ยง 20 วัน พบว่า การพรางแสงด้วยพลาสติก 50% 2 ชั้น ให้ผลผลิตไข่น้ำสูงสุด (230.8 กรัม) รองลงมาคือการเลี้ยงภายใต้พลาสติกพรางแสง 50% 1 ชั้น ให้ผลผลิต 106.9 กรัม และการเลี้ยงกลางแจ้งโดยไม่พรางแสงให้ผลผลิตเฉลี่ยต่ำสุด (56.94 กรัม) และพบว่าการเลี้ยงหลังจากวันที่ 20 ให้ผลผลิตไข่น้ำลดลงทุกหน่วยการทดลอง ปริมาณคลอโรฟิลล์เมื่อเริ่มต้นการเลี้ยงเท่ากับ 1.23 กรัม/100 กรัมของน้ำหนักสด ขณะที่ขนาดเซลล์เมื่อเริ่มต้นการเลี้ยงเท่ากับ 1 มิลลิเมตร เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่า ในสภาพกลางแจ้ง ภายใต้พลาสติกพรางแสง 50% 1 ชั้น และภายใต้พลาสติกพรางแสง 50% 2 ชั้น มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เท่ากับ 0.46 0.83 และ 1.33 กรัม/100 กรัมของน้ำหนักสดตามลำดับ และมีขนาดเซลล์ เท่ากับ 0.5 1.0 และ 1.0 มิลลิเมตรตามลำดับ
- กันย์สินีย์ (2552) ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของไข่น้ำ และวิธีในการเพาะขยายพันธุ์แบบมหมวล ภาควิชาการจัดการประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ทดลองเลี้ยงไข่น้ำใน ห้องปฏิบัติการและอาคารเปิด พบว่า ไข่น้ำมีอัตราการเจริญเติบโตสูงที่สุดเมื่อเลี้ยงในน้ำประปาที่เติมปุ๋ย N-P-K สูตร 16-16-16 ที่ระดับความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร

คุณสมบัติของน้ำเลี้ยงที่เหมาะสมคือ มีค่าความเป็นกรด-ด่างระหว่าง 5-6 และมีค่าความกระด่างต่ำกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตร แคลเซียมคาร์บอเนต สำหรับความเข้มแสงที่เหมาะสมในการเลี้ยง มีค่าอยู่ระหว่าง 5,000-10,000 ลักซ์ และต้นไข่น้ำมีอายุการเจริญเติบโตเฉลี่ยที่ 15 วันเมื่อทดลองเลี้ยงไข่น้ำเป็นระยะเวลา 30 วัน สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิต ไข่น้ำไดประมาณ 2 กิโลกรัมน้ำหนักเปียกต่อตารางเมตร และตรวจวัดปริมาณเบต้าแคโรทีนในไข่น้ำที่มีอายุการเลี้ยง 24 วัน พบเฉลี่ยประมาณ 600 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง การทดลองต่อมาศึกษาการเลี้ยงไข่น้ำแบบแบ่งชั้นเพื่อเพิ่มปริมาณผลผลิตต่อหน่วยพื้นที่ให้มากขึ้น โดยเลี้ยงในถังทดลองซึ่งเรียงตามความสูงสามชั้น แต่ละชั้นได้รับแสงต่างกันเป็นระยะเวลา 28 วัน พบว่าได้ผลผลิตทั้งหมดประมาณ 4.6 กิโลกรัมน้ำหนักเปียกต่อตารางเมตร การทดลองสุดท้ายศึกษาการเพิ่มธาตุแคลเซียมในไข่น้ำ พบว่า ไข่น้ำที่เลี้ยงโดยการเติมเกลือ Calcium di-hydrogen phosphate 500 มิลลิกรัมต่อลิตร และ EDTA 0.5 มิลลิโมล เป็น ระยะเวลา 10 วัน มีปริมาณธาตุ แคลเซียมในต้นไข่น้ำสูงสุดเฉลี่ยที่ 873 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง ซึ่งสูงกว่าในต้นไข่น้ำก่อนการทดลอง ประมาณร้อยละ 40

- กันย์สินีและสุขุม (2552) ยังได้ทดลองปรับปรุงคุณภาพสีปลาทองด้วยรงควัตถุ แคโรทีนอยด์จากไข่น้ำ ชนิด *W. arrhiza* (L.) Wimm. พบว่า ลูกปลาทองที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมไข่น้ำ 15% เป็นเวลา 12 สัปดาห์ มีความเข้มสีมากที่สุด โดยเริ่มปรากฏความแตกต่างในสัปดาห์ที่ 6 ของการเลี้ยง
- อุมาพร (2553) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงหลังการเก็บเกี่ยวขององค์ประกอบและกิจกรรมในการต้านออกซิเดชันของไข่น้ำ สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยขอนแก่น ทำการศึกษา 1) องค์ประกอบทางเคมี กายภาพ และปริมาณจุลินทรีย์ของไข่น้ำสด พบว่าประกอบด้วย โปรตีน (24.31 %) ไขมันร้อยละ (3.04 %) เส้นใยหยาบร้อยละ (12.68 %) และเถ้าร้อยละ (19.97 % น้ำหนักแห้ง) ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด (30.17 มิลลิกรัม/100 กรัม) เบต้าแคโรทีน (3.43 มิลลิกรัม/100 กรัม) ไร โบฟลาวิน (0.40 มิลลิกรัม/100 กรัม) สารฟีนอลิคทั้งหมด (21.14 มิลลิกรัม/กรัม) กิจกรรมในการต้านออกซีเดชั่น (4.39 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ABTS และ 13.91 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร DPPH) เส้นใยที่ไม่ละลายน้ำ (11.05 %) เส้นใยละลายน้ำ (3.82 %) และเส้นใยทั้งหมด (14.87 %) และ 2) ผลของอุณหภูมิในการเก็บรักษาต่อองค์ประกอบทางเคมี กายภาพ และปริมาณจุลินทรีย์ของไข่น้ำสดในระหว่างการเก็บ

รักษา โดยนำไข่น้ำสด 150 กรัม บรรจุถุงพอลิโพรพิลีน และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28 10 และ 4 °ซ. จากนั้นวิเคราะห์องค์ประกอบของไข่น้ำทุก 2 วัน พบว่า อุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณความชื้น ความเป็นสีเขียว ความแตกต่างของสีรวม มุมสี และปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดของไข่น้ำในระหว่างการเก็บรักษา ไข่น้ำสดหลังผ่านการล้างมีปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้น เท่ากับ 5.54 log cfu/g และเพิ่มจำนวนเกินกว่า 7 log cfu/g ในวันที่ 4 12 และ 14 ของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28 10 และ 4 °ซ. ตามลำดับ ไข่น้ำมีอายุการเก็บรักษาไม่เกิน 2 วันที่อุณหภูมิ 28 °ซ. และไม่เกิน 6 วัน ที่อุณหภูมิ 10 และ 4 °ซ. ตามลำดับ เนื่องจากมีลักษณะแฉะน้ำ มีสีคล้ำขึ้น และมีกลิ่นผิดปกติ เมื่อนำไข่น้ำสดมาทำแห้งแบบถาดด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 °ซ. นาน 5 ชั่วโมง และการแช่เยือกแข็งด้วยลมเย็น -37 °ซ. นาน 3 ชั่วโมง เพื่อศึกษาผลของกระบวนการทำแห้งและการแช่เยือกแข็งต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางกายภาพ เคมี และปริมาณจุลินทรีย์ของไข่น้ำ พบว่า การทำแห้งและการแช่เยือกแข็งไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณเส้นใยทั้งหมดและปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด แต่มีผลต่อการลดลงของสาร สำคัญ ได้แก่ ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด ไรโบฟลาวิน เบต้าแคโรทีน เส้นใยที่ละลายน้ำ สารฟีนอลิคทั้งหมด อย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตาม ไข่น้ำแช่เยือกแข็งมีปริมาณสารสำคัญคงเหลือสูงกว่าไข่น้ำทำแห้ง และอุณหภูมิในการเก็บรักษามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะทางเคมีของไข่น้ำอย่างมีนัยสำคัญ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

3.1.1 อุปกรณ์ทดลองในแปลง

- รางปลูกไฮโดรโปนิกส์ ขนาด 3.0 x 0.3 ม.
- อ่างพลาสติก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.2 ม.
- ตาข่ายพรางแสง (แสลน) สีดำ การป้องกันแสง 50%
- ถุงตาข่ายสำหรับเพาะเลี้ยงไข่น้ำ
- เครื่องปั๊มลมเพิ่มออกซิเจน
- อุปกรณ์ต่อออกซิเจน
- เครื่องวัดอุณหภูมิ (Thermometer)
- เครื่องวัดแสง (Lux Meter)
- เครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า (EC Meter)
- เครื่องวัดกรด-ด่าง (pH Meter)
- เครื่องวัดออกซิเจน DO
- พันธุ์ไข่น้ำ จากศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาอาชีพการเกษตรจังหวัดนครราชสีมา (พืชสวน) อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา

3.1.2 อุปกรณ์ในห้องทดลอง

- ห้องเย็น
- เครื่องชั่งน้ำหนัก 4 ตำแหน่ง
- เครื่อง spectrophotometer
- ตู้อบลมร้อน (Hot air oven)
- เครื่องย่อยโปรตีน (Digester and Scrubber)
- เครื่องกลั่นโปรตีน (Distillator)
- Digestion tube
- Beaker ขนาด 250, 500 ml
- Erlenmeyer flask 250
- cylinder flask 10, 25, 50 ml

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

- โกร่งบดสาร
- กรวยกรอง (Buncher funnel)
- กระดาษกรอง เบอร์ 1
- หลอดทดลอง
- Cuvette

3.1.3 ธาตุอาหารพืช

- ปุ๋ยเคมี สตรู 16-16-16 (100 มก./ล.)
- ปุ๋ยไฮโดรโปนิกส์ (EC 0.5-0.7 mS/cm)

3.1.4 สารเคมี

- Acetone 80% (v/v)
- $CuSO_4 \cdot 5H_2O$
- K_2SO_4
- 40% NaOH
- 0.1 M HCl
- 4% Boric acid
- Mix Indicator solution (Bromocresol green : Methyl red)

3.2 วิธีการดำเนินการวิจัย

3.2.1 การทดลองที่ 1 ศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมสำหรับการผลิตไข่น้ำด้วยระบบไฮโดรโปนิกส์

วางแผนการทดลองแบบ Split-Split-Split-Split-Plot Design กำหนดให้

ปัจจัยที่ A คือ สูตรปุ๋ยสำหรับสารละลายธาตุอาหารพืช มี 2 ระดับ คือ

1) สูตรปุ๋ยไฮโดรโปนิกส์ 2) สูตรปุ๋ยเคมีทั่วไปที่ขายในท้องตลาด

ปัจจัยที่ B คือ ระดับความลึกของสารละลายธาตุอาหาร 3 ระดับ คือ

1) 10 ซม. 2) 20 ซม. และ 3) 30 ซม.

ปัจจัยที่ C คือ การเพิ่มออกซิเจนในสารละลายธาตุอาหาร มี 2 ระดับ คือ

1) การไม่เพิ่มออกซิเจน และ 2) การเพิ่มออกซิเจน

ปัจจัยที่ D คือ การพรางแสง คือ

1) ไม่พรางแสง 2) พรางแสงด้วยซาแรนสีดำ 50% 1 ชั้น และ 3) พรางแสงด้วยซาแรนสีดำ 50% 2 ชั้น

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

หน่วยทดลอง คือ ระบบการปลูกไฮโดรโปนิกส์ (water culture) ขนาดพื้นที่ เท่ากับ 0.1 ตารางเมตร ปริมาณต้นไข่น้ำที่อัตราเริ่มต้น 100 กรัม/ตารางเมตร จำนวน 3 ซ้ำ และเก็บเกี่ยวที่อายุ 20 วัน

o วัดและบันทึกข้อมูลสภาพแวดล้อม (EC pH อุณหภูมิ ปริมาณออกซิเจน ความเข้มแสง) ข้อมูลปริมณและคุณภาพ (น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง คลอโรฟิลล์ A และ B)

o วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ด้วยโปรแกรม SPSS

3.2.2 การทดลองที่ 2 ศึกษาอายุการเก็บเกี่ยวต่อรอบปลูกที่เหมาะสมในการผลิตไข่น้ำด้วยระบบไฮโดรโปนิกส์

- นำผลการทดลองที่ดีที่สุดจากการทดลองที่ 1 มาศึกษาอายุการเก็บเกี่ยวต่อรอบปลูกที่เหมาะสม

- วางแผนการทดลองแบบ CRD ประกอบด้วย 6 ทรีตเมนต์ ๆ ละ 3 ซ้ำ

ทรีตเมนต์ที่ 1 อายุการเก็บเกี่ยวต่อรอบปลูก 5 วัน

ทรีตเมนต์ที่ 2 อายุการเก็บเกี่ยวต่อรอบปลูก 10 วัน

ทรีตเมนต์ที่ 3 อายุการเก็บเกี่ยวต่อรอบปลูก 15 วัน

ทรีตเมนต์ที่ 4 อายุการเก็บเกี่ยวต่อรอบปลูก 20 วัน

ทรีตเมนต์ที่ 5 อายุการเก็บเกี่ยวต่อรอบปลูก 25 วัน

ทรีตเมนต์ที่ 6 อายุการเก็บเกี่ยวต่อรอบปลูก 30 วัน

หน่วยทดลอง คือ ระบบการปลูกไฮโดรโปนิกส์ (water culture) ขนาดพื้นที่เท่ากับ 0.2 ตารางเมตร ปริมาณต้นไข่น้ำที่อัตราเริ่มต้น 100 กรัม/ตารางเมตร และเก็บเกี่ยวที่อายุ 20 วัน

o วัดและบันทึกข้อมูลสภาพแวดล้อม (EC pH อุณหภูมิ ปริมาณออกซิเจน ความเข้มแสง)

o วิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพ เคมี เช่น ความชื้น โปรตีน คลอโรฟิลล์ เป็นต้น

o วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ด้วยโปรแกรม SPSS

3.2.3 การทดลองที่ 3 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงหลังการเก็บเกี่ยว

<u>ไข่น้ำที่ผลิตด้วยระบบไฮโดรโปนิกส์</u>

- นำผลการทดลองจากการทดลองที่ 2 มาศึกษาการเปลี่ยนแปลงหลังการเก็บเกี่ยวด้วยการเก็บรักษาไข่น้ำที่อุณหภูมิระดับต่าง ๆ

- วางแผนการทดลองแบบ CRD ประกอบด้วย 3 ทรีตเมนต์ ๆ ละ 3 ซ้ำ

ทรีตเมนต์ที่ 1 การเก็บรักษาไข่น้ำที่อุณหภูมิห้อง

ทรีตเมนต์ที่ 2 การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

ทรีตเมนต์ที่ 3 การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส

o บันทึกข้อมูลโดยใช้เกณฑ์จากลักษณะภายนอกของไข่น้ำที่ผู้บริโภคยอมรับได้ อาทิ สีกลิ่น ลักษณะทางกายภาพโดยรวม และการสูญเสียน้ำหนักสด (%) บันทึกผลการทดลองทุกวันจนกว่าจะหมดสภาพในการบริโภค

o วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ด้วยโปรแกรม SPSS หรือ

สถานที่ :

- ฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี และศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา
- ศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาอาชีพการเกษตรจังหวัดนครราชสีมา (พืชสวน) อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา

ตารางที่ 1 สภาพแวดล้อมในช่วงการเพาะปลูก (ธันวาคม 2559 – มกราคม 2560) ในปุ๋ย 2 ชนิด ความลึก 3 ระดับ แสง 3 ระดับ และปริมาณออกซิเจนที่ต่างกัน

ค่าที่ตรวจวัด	ค่าที่วัดได้
ความเข้มของแสง	
นอกโรงเรือน	Mean 41,688 lux
ไม่พรางแสง	Mean 17,226 lux
พราง 50% 1 ชั้น	Mean 6,840 lux
พราง 50% 2 ชั้น	Mean 2,619 lux
Temperature (air)	19.3 - 28.2 C
Temperature (medium)	24.2 C
pH	4.0 – 7.7
EC	0.5 – 0.7 mS/cm
ปริมาณออกซิเจน (ใส่)	8.2 – 8.6 mg/l
ปริมาณออกซิเจน (ไม่ใส่)	7.7 - 8.5 mg/l

ตารางที่ 2 สภาพแวดล้อมในช่วงการเพาะปลูก (พฤษภาคม 2560 – กรกฎาคม 2560)ในปุ๋ยไฮโดรโปนิกส์ ที่ระดับความลึก 20 ซม.พรางแสง 50 % 1 ชั้น

ค่าที่ตรวจวัด	ค่าที่วัดได้
ความเข้มของแสง	
-พราง 50% 1 ชั้น	Mean 3229.16
Temperature (medium)	Mean 29.2 C
pH	Mean 6.25
EC	Mean 0.5 mS/cm
ปริมาณออกซิเจน (ใส่)	Mean 7.5 mg/l

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 การทดลองที่ 1: ศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมสำหรับการผลิตไข่น้ำด้วยระบบไฮโดรโปนิกส์

4.1.1 ผลของปัจจัยหลักที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของไข่น้ำ

4.1.1.1 ชนิดปุ๋ย

จากการศึกษาอิทธิพลของ 4 ปัจจัย ได้แก่ ชนิดปุ๋ย ระดับน้ำ ออกซิเจน และการพรางแสง ต่อปริมาณน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง คลอโรฟิลล์เอคลอโรฟิลล์บี และคลอโรฟิลล์ทั้งหมด โดยใช้ปุ๋ย 2 ชนิด (ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยไฮโดรโปนิกส์) ระดับน้ำ 3 ระดับ (10, 20 และ 30 ซม.) ออกซิเจน 2 ระดับ (เติมออกซิเจนและไม่เติมออกิเจน) และการพรางแสง 3 ระดับ (ไม่พรางแสง พรางแสงร้อยละ 50 1 ชั้น และพรางแสงร้อยละ 50 2 ชั้น) พบว่า ชนิดปุ๋ยมีผลต่อปริมาณน้ำหนักแห้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$; ตารางภาคผนวกที่ 2; ตารางที่ 3) แต่ชนิดปุ๋ยไม่มีผลต่อปริมาณน้ำหนักสด และปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$; ตารางภาคผนวกที่ 1, 3, 4 และ 5; ตารางที่ 3) โดยการเลี้ยงไข่น้ำในปุ๋ยเคมี ให้ปริมาณน้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งเฉลี่ยสูงสุด 535.33 ก./ตร.ม. และ 16.90 ก./ตร.ม. ตามลำดับ และไม่แตกต่างกับการเลี้ยงในปุ๋ยไฮโดรโปนิกส์ ให้ปริมาณน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งเฉลี่ย 483.02 ก./ตร.ม. และ 13.01 ก./ตร.ม. ตามลำดับ และให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดเฉลี่ยสูงสุดถึง 1.23 มก./ 100 ก. ซึ่งไม่แตกต่างกับปุ๋ยไฮโดรโปนิกส์ ให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดเฉลี่ย 1.16 มก./100 ก.

ตารางที่ 3 แสดงปริมาณเฉลี่ยน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง คลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของไข่น้ำ เพาะเลี้ยงในชนิดปุ๋ยต่างกัน เป็นเวลา 20 วัน

ปุ๋ย	น้ำหนักสด (ก./ตรม.)	น้ำหนักแห้ง (ก./ตรม.)	คลอโรฟิลล์ (มก. / 100 ก.)		
			เอ	บี	เอบี
เคมี	535.16	16.84a	0.86	0.36	1.23
ไฮโดรโปนิกส์	489.24	13.19b	0.81	0.35	1.16
SE of Mean	26.18	0.87	0.01	0.00	0.02
Sig.	ns	*	ns	ns	ns
%CV	53.45	59.33	23.86	21.73	22.90

ตัวอักษรที่ต่างกันในแถวแนวตั้งหมายถึงความแตกต่างที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05 โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ Duncan's New Multiple Range Test

4.1.1.2 ระดับน้ำ

จากการศึกษา พบว่า ระดับความลึกไม่มีผลต่อปริมาณน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$; ตารางภาคผนวกที่ 1 และ 2; ตารางที่ 4) โดยการเลี้ยงไข่น้ำในระดับความลึก 30 ซม. ให้ปริมาณน้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งเฉลี่ยสูงสุด 589.19 ก./ตร.ม. และ 16.36 ก./ตร.ม. ตามลำดับ แม้จะไม่แตกต่างทางสถิติ กับการเลี้ยงในระดับความลึก 10 ซม. ให้ปริมาณน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งเฉลี่ย 487.47 ก./ตร.ม. และ 15.98 ก./ตร.ม. ตามลำดับ แต่ในการเลี้ยงไข่น้ำที่ระดับความลึกต่างกันส่งผลต่อปริมาณคลอโรฟิลล์เอ, คลอโรฟิลล์บี และคลอโรฟิลล์ทั้งหมด แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$; ตารางภาคผนวกที่ 3, 4 และ 5; ตารางที่ 4) โดยในระดับความลึกที่ 10 ซม. ให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดเฉลี่ยสูงสุด 1.30 มก./100 ก. ซึ่งไม่แตกต่างกับที่ระดับความลึก 20 ซม. ให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดเฉลี่ย 1.20 มก./100 ก. แต่มีความแตกต่างกับการเลี้ยงไข่น้ำที่ระดับความลึก 30 ซม.

ตารางที่ 4 แสดงปริมาณเฉลี่ยน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง คลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของไข่น้ำ เพาะเลี้ยงในระดับน้ำต่างกัน เป็นเวลา 20 วัน

ระดับน้ำ	น้ำหนักสด (ก./ตรม.)	น้ำหนักแห้ง (ก./ตรม.)	คลอโรฟิลล์ (มก. / 100 ก.)		
			เอ	บี	เอบี
30 เซนติเมตร	589.19	16.36	0.76b	0.33b	1.09b
20 เซนติเมตร	450.86	12.51	0.83a	0.36a	1.20a
10 เซนติเมตร	487.46	15.97	0.94a	0.39ab	1.30a
SE of Mean	26.18	0.87	0.01	0.00	0.02
Sig.	ns	ns	**	**	**
%CV	52.68	59.91	23.15	21.16	22.27

ตัวอักษรที่ต่างกันในแถวแนวตั้งหมายถึงความแตกต่างที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05 โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ Duncan's New Multiple Range Tes

4.1.1.3 ออกซิเจน

จากการศึกษา พบว่า ออกซิเจนมีผลต่อปริมาณน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง ปริมาณคลอโรฟิลล์เอและคลอโรฟิลล์ทั้งหมด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$; ตารางภาคผนวกที่ 1, 2, 3 และ 5; ตารางที่ 5) แต่ไม่มีผลต่อปริมาณคลอโรฟิลล์บีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$; ตารางภาคผนวกที่ 4; ตารางที่ 5) โดยการเลี้ยงไข่น้ำที่ไม่ใส่ออกซิเจน ให้ปริมาณน้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งเฉลี่ยสูงสุด

594.29 ก./ตร.ม. และ 18.07 ก./ตร.ม. ตามลำดับ รองลงมาคือการเลี้ยงโดยการใส่ออกซิเจน ให้ปริมาณน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งเฉลี่ย 424.06 ก./ตร.ม. และ 11.84 ก./ตร.ม. ตามลำดับ และไม่ใส่ออกซิเจน ให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดเฉลี่ยสูงสุดถึง 0.13 มก./100 ก. แตกต่างกับการใส่ออกซิเจน ให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดเฉลี่ย 1.16 มก./100 ก.

ตารางที่ 5 แสดงปริมาณเฉลี่ยน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง คลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของไข่น้ำ เพาะเลี้ยงโดยการเติมและไม่เติมออก เป็นเวลา 20 วัน

ออกซิเจน	น้ำหนักสด (ก./ตรม.)	น้ำหนักแห้ง (ก./ตรม.)	คลอโรฟิลล์ (มก. / 100 ก.)		
			เอ	บี	เอบี
ไม่ใส่ออกซิเจน	594.29a	18.07a	0.86	0.37	1.23
ใส่ออกซิเจน	424.05b	11.83b	0.80	0.35	1.16
SE of Mean	26.18	0.87	0.01	0.00	0.02
Sig.	**	**	*	ns	*
%CV	50.98	56.99	23.77	21.70	22.82

ตัวอักษรที่ต่างกันในแถวแนวตั้งหมายถึงความแตกต่างที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05 โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ Duncan's New Multiple Range Tes

4.1.1.4 การพรางแสง

จากการศึกษา พบว่า การให้แสงมีผลต่อปริมาณน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง คลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และคลอโรฟิลล์ทั้งหมดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$; ตารางภาคผนวกที่ 1, 2, 3, 4 และ5; ตารางที่ 6) โดยการเลี้ยงไข่น้ำไม่พรางแสง ให้ปริมาณน้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งเฉลี่ยสูงสุด 787.95 ก./ตร.ม. และ 23.62 ก./ตร.ม. ตามลำดับ รองลงมาคือการพรางแสง 50% 1 ชั้น ให้ปริมาณน้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งเฉลี่ย 496.34 ก./ตรม. และ 14.34 ก./ตรม. ตามลำดับ แต่ในการเลี้ยงไข่น้ำพรางแสง 50% 2 ชั้น ให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดเฉลี่ยสูงสุด 1.26 มก./100 ก. แม้จะไม่แตกต่างทางสถิติ กับการเลี้ยงไข่น้ำพรางแสง 50% 1 ชั้น ให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดเฉลี่ย 1.23 มก./ก. แต่มีความแตกต่างทางสถิติ กับการเลี้ยงไข่น้ำไม่พรางแสง

ตารางที่ 6 แสดงปริมาณเฉลี่ยน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง คลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของไข่น้ำ เพาะเลี้ยงในระดับแสงต่างกัน เป็นเวลา 20 วัน

การพรางแสง	น้ำหนักสด	น้ำหนักแห้ง	คลอโรฟิลล์ (มก. / 100 ก.)		
	(ก./ตรม.)	(ก./ตรม.)	เอ	บี	เอบี
ไม่พรางแสง	787.95a	23.61a	0.75b	0.33b	1.09b
พรางแสง 50% 1 ชั้น	496.34b	14.33b	0.84ab	0.38ab	1.23ab
พรางแสง 50% 2 ชั้น	243.23c	6.90c	0.89a	0.37a	1.26a
SE of Mean	26.10	0.98	0.01	0.00	0.02
Sig.	**	**	**	**	**
%CV	30.76	39.71	23.13	20.70	22.05

ตัวอักษรที่ต่างกันในแถวแนวตั้งหมายถึงความแตกต่างที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05 โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ Duncan's New Multiple Range Test

4.1.2 ผลของอิทธิพลร่วมระหว่างสองปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของไข่น้ำ

4.1.2.1 ชนิดปุ๋ยและระดับน้ำ

จากการศึกษา พบอิทธิพลร่วมระหว่างชนิดปุ๋ยและระดับน้ำ ส่งผลต่อปริมาณน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และคลอโรฟิลล์ทั้งหมด อย่างมีนัยสำคัญทางยิ่งสถิติ ($p<0.01$; ตารางภาคผนวกที่ 1, 2, 3, 4 และ 5; ตารางที่ 7) โดยการเลี้ยงไข่น้ำในปุ๋ยไฮโดรโปนิกส์ที่ระดับน้ำ 30 ซม. ให้ปริมาณน้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งเฉลี่ยสูงสุด 615.35 ก./ตร.ม. และ 21.52 ก./ตร.ม. ตามลำดับ รองลงมาคือการเลี้ยงการเลี้ยงไข่น้ำในปุ๋ยเคมีที่ระดับน้ำ 10 ซม. ให้ปริมาณน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งเฉลี่ย 579.59 ก./ตร.ม. และ 16.38 ก./ตร.ม. ตามลำดับ และการเลี้ยงไข่น้ำในปุ๋ยไฮโดรโปนิกส์ที่ระดับน้ำ 30 ซม. ให้ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และคลอโรฟิลล์ทั้งหมดสูงสุดคือ 0.96, 0.40 และ 1.36 มก./100 ก. ตามลำดับ

ตารางที่ 7 แสดงปริมาณเฉลี่ยน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง คลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของไข่น้ำ เพาะเลี้ยงในชนิดปุ๋ยและระดับน้ำต่างกัน เป็นเวลา 20 วัน

ปุ๋ย	ระดับน้ำ (ซม.)	น้ำหนักสด (ก./ตรม.)	น้ำหนักแห้ง (ก./ตรม.)	คลอโรฟิลล์ (มก. / 100 ก.)		
				เอ	บี	เอบี
เคมี	30	563.04abc	16.33ab	0.86bc	0.36b	1.23bc
	20	463.35abc	12.85bc	0.88b	0.40a	1.29ab
	10	579.59ab	16.38ab	0.83bc	0.33b	1.17c
ไฮโดรโปนิกส์	30	615.35a	21.52a	0.64d	0.30c	0.95d
	20	438.38bc	12.21bs	0.81c	0.36b	1.17c
	10	395.35c	10.433c	0.96a	0.40a	1.36a
SE of Mean		62.70	0.51	0.02	0.01	0.03
Sig.		**	**	**	**	**

ตัวอักษรที่ต่างกันในแถวแนวตั้งหมายถึงความแตกต่างที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05 โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ Duncan's New Multiple Range Test

4.1.2.2 ชนิดปุ๋ยและการให้ออกซิเจน

จากการศึกษา พบอิทธิพลร่วมระหว่างชนิดปุ๋ยและการให้ออกซิเจน ส่งผลต่อปริมาณน้ำหนักสด ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และคลอโรฟิลล์ทั้งหมด อย่างมีนัยสำคัญทางยิ่งสถิติ ($p<0.01$; ตารางภาคผนวกที่ 1, 3, 4 และ 5; ตารางที่ 8) โดยการเลี้ยงไข่น้ำในปุ๋ยไฮโดรโปนิกส์ที่ไม่เติมออกซิเจน ให้ปริมาณน้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งเฉลี่ยสูงสุด 595.67 ก./ตร.ม. และ 16.07 ก./ตร.ม. ตามลำดับ รองลงมาคือการเลี้ยงการเลี้ยงไข่น้ำในปุ๋ยเคมีที่ไม่เติมออกซิเจน ให้ปริมาณน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งเฉลี่ย 592.92 ก./ตร.ม. และ 20.07 ก./ตร.ม. ตามลำดับ และการเลี้ยงไข่น้ำในปุ๋ยไฮโดรโปนิกส์ที่ไม่เติมออกซิเจน ให้ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และคลอโรฟิลล์ทั้งหมดสูงสุดคือ 0.86, 0.37 และ 1.24 มก./100 ก. ตามลำดับ

ตารางที่ 8 แสดงปริมาณเฉลี่ยน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง คลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของไข่น้ำ เพาะเลี้ยงในชนิดปุ๋ยและการให้ออกซิเจนต่างกัน เป็นเวลา 20 วัน

ปุ๋ย	ออกซิเจน	น้ำหนักสด	น้ำหนักแห้ง	คลอโรฟิลล์ (มก. / 100 ก.)		
		(ก./ตรม.)	(ก./ตรม.)	เอ	บี	เอบี
เคมี	ไม่ใส่	592.92a	20.07	0.86a	0.36a	1.23a
	ใส่	477.73b	13.70	0.85a	0.37a	1.22a
ไฮโดรโป	ไม่ใส่	595.67a	16.07	0.86a	0.37a	1.24a
นิกส์	ใส่	370.38c	9.50	0.74b	0.34b	1.09b
SE of Mean		14.82	0.42	0.01	0.01	0.02
Sig.		**	ns	**	**	**

ตัวอักษรที่ต่างกันในแถวแนวตั้งหมายถึงความแตกต่างที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05 โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ Duncan's New Multiple Range Tes

4.1.2.3 ชนิดปุ๋ยและการพรางแสง

จากการศึกษา พบอิทธิพลร่วมระหว่างชนิดปุ๋ยและการพรางแสง ส่งผลต่อปริมาณน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และคลอโรฟิลล์ทั้งหมด อย่างมีนัยสำคัญทางยิ่งสถิติ ($p<0.01$; ตารางภาคผนวกที่ 1, 2, 3, 4 และ 5; ตารางที่ 9) โดยการเลี้ยงไข่น้ำในปุ๋ยเคมีไม่พรางแสง ให้ปริมาณน้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งเฉลี่ยสูงสุด 843.22 ก./ตร.ม. และ 27.09ก./ตร.ม. ตามลำดับ รองลงมาคือการเลี้ยงการเลี้ยงไข่น้ำในปุ๋ยไฮโดรโปนิกส์ไม่พรางแสง ให้ปริมาณน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งเฉลี่ย732.79 ก./ตร.ม. และ 20.14 ก./ตร.ม. ตามลำดับ และการเลี้ยงไข่น้ำในปุ๋ยเคมีร่วมกับการพรางแสง 50% 2 ชั้น ให้ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และคลอโรฟิลล์ทั้งหมดสูงสุดคือ 0.97, 0.34 และ 1.40 มก./100 ก. ตามลำดับ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 9 แสดงปริมาณเฉลี่ยน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง คลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของไข่น้ำ เพาะเลี้ยงในชนิดปุ๋ยและการพรางแสงต่างกัน เป็นเวลา 20 วัน

ปุ๋ย	การพรางแสง	น้ำหนักสด (ก./ตรม.)	น้ำหนักแห้ง (ก./ตรม.)	คลอโรฟิลล์ (มก. / 100 ก.)		
				เอ	บี	เอบี
เคมี	ไม่พรางแสง	843.22a	27.09a	0.75d	0.32c	1.07d
	พรางแสง 50% 1 ชั้น	517.85c	15.98c	0.85b	0.35b	1.21b
	พรางแสง 50% 2 ชั้น	244.91d	7.60e	0.97a	0.42a	1.40a
ไฮโดรโปนิกส์	ไม่พรางแสง	732.69b	20.14b	0.77cd	0.34bc	1.11cd
	พรางแสง 50% 1 ชั้น	474.83c	12.68d	0.81bcd	0.36b	1.18bc
	พรางแสง 50% 2 ชั้น	241.56d	6.02e	0.83bc	0.36b	1.19bc
SE of Mean		18.15	0.51	0.02	0.01	0.03
Sig.		*	**	**	**	**

ตัวอักษรที่ต่างกันในแถวแนวตั้งหมายถึงความแตกต่างที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05 โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ Duncan's New Multiple Range Test

4.1.2.4 ระดับน้ำและการให้ออกซิเจน

จากการศึกษา พบอิทธิพลร่วมระหว่างระดับน้ำและการให้ออกซิเจน ส่งผลต่อปริมาณปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และคลอโรฟิลล์ทั้งหมด อย่างมีนัยสำคัญทางยิ่งสถิติ ($p<0.01$; ตารางภาคผนวกที่ 3, 4 และ 5; ตารางที่ 10) แต่ไม่ส่งผลต่อปริมาณน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง ($p>0.05$; ตารางภาคผนวกที่ 1 และ 2 ; ตารางที่ 10) โดยการเลี้ยงไข่น้ำในที่ระดับน้ำ 30 ซม.ร่วมกับการไม่ใส่ออกซิเจน ให้ปริมาณน้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งเฉลี่ยสูงสุด 680.03 ก./ตร.ม. และ 19.69 ก./ตร.ม. ตามลำดับ รองลงมาคือการเลี้ยงไข่น้ำในที่ระดับน้ำ 10 ซม.ร่วมกับการไม่ใส่ออกซิเจนให้ปริมาณน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งเฉลี่ย 583.59 ก./ตร.ม. และ 19.59 ก./ตร.ม. ตามลำดับ และการเลี้ยงไข่น้ำในที่ระดับน้ำ 20 ซม.ร่วมกับการไม่ใส่ออกซิเจนให้ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และคลอโรฟิลล์ทั้งหมดสูงสุดคือ 0.93, 0.40 และ 1.34 มก./100 ก. ตามลำดับ

ตารางที่ 10 แสดงปริมาณเฉลี่ยน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง คลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของไข่น้ำ เพาะเลี้ยงในระดับน้ำและการให้ออกซิเจนต่างกัน เป็นเวลา 20 วัน

ระดับน้ำ	ออกซิเจน	น้ำหนักสด	น้ำหนักแห้ง	คลอโรฟิลล์ (มก. / 100 ก.)		
		(ก./ตรม.)	(ก./ตรม.)	เอ	บี	เอบี
30 เซนติเมตร	ไม่ใส่ออกซิเจน	680.03a	19.69a	0.80bc	0.34cd	1.15c
	ใส่ออกซิเจน	498.36c	13.03c	0.71d	0.32d	1.03d
20 เซนติเมตร	ไม่ใส่ออกซิเจน	519.27c	14.93b	0.93a	0.40a	1.34a
	ใส่ออกซิเจน	382.46d	10.10d	0.76cd	0.35bc	1.12cd
10 เซนติเมตร	ไม่ใส่ออกซิเจน	583.59b	19.59a	0.86ab	0.35bc	1.22bc
	ใส่ออกซิเจน	391.35d	12.36c	0.92a	0.38ab	1.31ab
SE of Mean		18.15	0.51	0.02	0.01	0.03
Sig.		ns	ns	**	**	**

ตัวอักษรที่ต่างกันในแถวแนวตั้งหมายถึงความแตกต่างที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05 โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ Duncan's New Multiple Range Test

4.1.2.5 ระดับน้ำและการพรางแสง

จากการศึกษา พบอิทธิพลร่วมระหว่างระดับน้ำและการพรางแสง ส่งผลต่อปริมาณน้ำหนักแห้ง ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และคลอโรฟิลล์ทั้งหมด อย่างมีนัยสำคัญทางยิ่งสถิติ ($p<0.01$; ตารางภาคผนวกที่ 2, 3, 4 และ 5; ตารางที่ 11) โดยการเลี้ยงไข่น้ำในที่ระดับน้ำ 30 ซม. ร่วมกับการไม่พรางแสง ให้ปริมาณน้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งเฉลี่ยสูงสุด 882.81 ก./ตร.ม. และ 24.47 ก./ตร.ม. ตามลำดับ รองลงมาคือการเลี้ยงไข่น้ำในที่ระดับน้ำ 10 ซม.ร่วมกับการไม่พรางแสง ให้ปริมาณน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งเฉลี่ย 757.15 ก./ตร.ม. และ 25.80 ก./ตร.ม. ตามลำดับ และการเลี้ยงไข่น้ำในที่ระดับน้ำ 10 ซม.ร่วมกับการไม่พรางแสง ให้ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และคลอโรฟิลล์ทั้งหมดสูงสุดคือ 1.02, 0.42 และ 1.45 มก./100 ก. ตามลำดับ

ตารางที่ 11 แสดงปริมาณเฉลี่ยน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง คลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของไข่น้ำ เพาะเลี้ยงในระดับน้ำและการพรางแสงต่างกัน เป็นเวลา 20 วัน

ระดับน้ำ (ซม.)	การพรางแสง	น้ำหนักสด (ก./ตรม.)	น้ำหนักแห้ง (ก./ตรม.)	คลอโรฟิลล์ (มก. / 100 ก.)		
				เอ	บี	เอบี
30	ไม่พรางแสง	882.81a	24.47a	0.76c	0.34de	1.11e
	พรางแสง 50% 1 ชั้น	593.50c	16.43c	0.75c	0.33de	1.08e
	พรางแสง 50% 2 ชั้น	291.28e	8.18e	0.75c	0.32e	1.08e
20	ไม่พรางแสง	723.90b	20.57b	0.72c	0.32de	1.05e
	พรางแสง 50% 1 ชั้น	425.87d	11.36d	0.88b	0.39bc	1.28bc
	พรางแสง 50% 2 ชั้น	202.82f	5.61f	0.93b	0.43a	1.36ab
10	ไม่พรางแสง	757.15b	25.80a	0.78c	0.33de	1.11de
	พรางแสง 50% 1 ชั้น	469.66d	15.20c	0.87b	0.36cd	1.23cd
	พรางแสง 50% 2 ชั้น	235.60ef	6.92ef	1.02a	0.42ab	1.45a
SE of Mean		22.23	0.63	1.06	0.01	0.02
Sig.		ns	*	**	**	**

ตัวอักษรที่ต่างกันในแถวแนวตั้งหมายถึงความแตกต่างที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05 โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ Duncan's New Multiple Range Test

4.1.2.6 การให้ออกซิเจนและการพรางแสง

จากการศึกษา พบอิทธิพลร่วมระหว่างการให้ออกซิเจนและการพรางแสง ส่งผลต่อปริมาณน้ำหนักแห้ง ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ อย่างมีนัยสำคัญทางยิ่งสถิติ ($p<0.01$; ตารางภาคผนวกที่ 2 และ 3; ตารางที่ 12) โดยการเลี้ยงไข่น้ำไม่เติมออกซิเจนร่วมกับการไม่พรางแสง ให้ปริมาณน้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งเฉลี่ยสูงสุด 881.50 ก./ตร.ม. และ 27.44 ก./ตร.ม. ตามลำดับ รองลงมาคือการเลี้ยงไข่น้ำw ไม่เติมออกซิเจนร่วมกับการไม่พรางแสง ให้ปริมาณน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งเฉลี่ย 649.40 ก./ตร.ม. และ 19.79 ก./ตร.ม. ตามลำดับ และการเลี้ยงไข่น้ำไม่เติมออกซิเจนร่วมกับการไม่พรางแสง ให้ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และคลอโรฟิลล์ทั้งหมดสูงสุดคือ 0.97, 0.41 และ 1.39 มก./100 ก. ตามลำดับ

ตารางที่ 12 แสดงปริมาณเฉลี่ยน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง คลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของไข่น้ำ เพาะเลี้ยงในออกซิเจนและการพรางแสงต่างกัน เป็นเวลา 20 วัน

ออกซิเจน	การพรางแสง	น้ำหนักสด (ก./ตรม.)	น้ำหนักแห้ง (ก./ตรม.)	คลอโรฟิลล์ (มก. / 100 ก.)		
				เอ	บี	เอบี
ไม่ใส่	ไม่พรางแสง	881.50a	27.44a	0.77cd	0.33c	1.10c
ออกซิเจน	พรางแสง 50% 1 ชั้น	592.18c	17.80c	0.85b	0.36b	1.22b
	พรางแสง 50% 2 ชั้น	309.20e	8.97e	0.97a	0.41a	1.39a
ใส่	ไม่พรางแสง	649.40b	19.79b	0.75d	0.33c	1.08c
ออกซิเจน	พรางแสง 50% 1 ชั้น	400.51d	10.87d	0.82bc	0.35bc	1.18bc
	พรางแสง 50% 2 ชั้น	177.26f	4.84f	0.83bc	0.37b	1.21b
SE of Mean		18.15	0.51	0.02	0.01	0.03
Sig.		ns	**	**	ns	ns

ตัวอักษรที่ต่างกันในแถวแนวตั้งหมายถึงความแตกต่างที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05 โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ Duncan's New Multiple Range Test

4.1.3 ผลของอิทธิพลร่วมระหว่างสามปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของไข่น้ำ

4.1.3.1 ชนิดปุ๋ย ระดับน้ำ และออกซิเจน

จากการศึกษา พบอิทธิพลร่วมระหว่างชนิดปุ๋ย ระดับน้ำ และออกซิเจน ส่งผลต่อปริมาณน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และคลอโรฟิลล์ทั้งหมด อย่างมีนัยสำคัญทางยิ่งสถิติ ($p<0.01$; ตารางภาคผนวกที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 ; ตารางที่ 13) โดยการเลี้ยงไข่น้ำในปุ๋ยไฮโดรโปนิกส์ที่ระดับน้ำ 30 ซม. ไม่ใส่ออกซิเจน ให้ปริมาณน้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งเฉลี่ยสูงสุด 729.79 ก./ตร.ม. และ 27.17 ก./ตร.ม. ตามลำดับ รองลงมาคือการเลี้ยงการเลี้ยงไข่น้ำในปุ๋ยเคมีระดับน้ำ 10 ซม. ไม่ใส่ออกซิเจน ให้ปริมาณน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งเฉลี่ย 669.07 ก./ตร.ม. และ 19.55 ก./ตร.ม. ตามลำดับ และการเลี้ยงไข่น้ำในปุ๋ยเคมีทั้ง 3 ระดับน้ำ ไม่ใส่ออกซิเจน มีแนวโน้มให้ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และคลอโรฟิลล์ทั้งหมดสูง

ตารางที่ 13 ปริมาณเฉลี่ยน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง คลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของไข่น้ำ เพาะเลี้ยงในชนิดปุ๋ย ระดับน้ำ และออกซิเจน ต่างกัน เป็นเวลา 20 วัน

ปุ๋ย	ระดับน้ำ (ซม.)	ออกซิเจน	น้ำหนักสด (ก./ตรม.)	น้ำหนักแห้ง (ก./ตรม.)	คลอโรฟิลล์ (มก. / 100 ก.)		
					เอ	บี	เอบี
เคมี	30	ไม่ใส่	630.26bc	19.82b	0.96a	0.39ab	1.35a
		ใส่	495.82d	12.85d	0.76b	0.33d	1.10b
	20	ไม่ใส่	449.43d	13.21d	0.88a	0.39ab	1.28a
		ใส่	477.27d	12.43d	0.88a	0.41a	1.29a
	10	ไม่ใส่	699.07ab	19.55b	0.75b	0.30d	1.06bc
		ใส่	460.11d	15.87c	0.91a	0.36bc	1.28a
ไฮโดร	30	ไม่ใส่	729.79a	27.17a	0.64c	0.30d	0.94c
โปนิกส์		ใส่	500.91d	13.22d	0.65c	0.31d	0.96c
	20	ไม่ใส่	589.11c	16.65c	0.97a	0.42a	1.39a
		ใส่	287.64e	7.77e	0.65c	0.30d	0.96c
	10	ไม่ใส่	468.10d	12.01d	0.97a	0.40ab	1.38a
		ใส่	322.59e	8.85e	0.94a	0.40ab	1.34a
SE of Mean			25.67	0.73	0.03	0.01	0.04
Sig.			**	**	**	**	**

ตัวอักษรที่ต่างกันในแถวแนวตั้งหมายถึงความแตกต่างที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05 โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ Duncan's New Multiple Range Test

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4.1.4 ผลของอิทธิพลร่วมระหว่างสี่ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของไข่น้ำ

จากการศึกษาอิทธิพลของ 4 ปัจจัย ได้แก่ ชนิดปุ๋ย ระดับน้ำ ออกซิเจน และการพรางแสง ต่อปริมาณน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง คลอโรฟิลล์เอคลอโรฟิลล์บี และคลอโรฟิลล์ทั้งหมด โดยใช้ปุ๋ย 2 ชนิด (ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยไฮโดรโปนิกส์) ระดับน้ำ 3 ระดับ (10, 20 และ 30 ซม.) ออกซิเจน 2 ระดับ (เติมออกซิเจนและไม่เติมออกซิเจน) และการพรางแสง 3 ระดับ (ไม่พรางแสง พรางแสงร้อยละ 50 1 ชั้น และพรางแสงร้อยละ 50 2 ชั้น) พบอิทธิพลร่วมระหว่างสี่ปัจจัย ($p<0.01$; ตารางภาคผนวกที่ 1, 2, 3, 4 และ 5; ตารางที่ 14 และ 15) โดยการเลี้ยงไข่น้ำในปุ๋ยเคมี ที่ระดับน้ำ 10 ซม. ไม่ใส่ออกซิเจน และพรางแสงร้อยละ 50 1 ชั้น ให้ปริมาณน้ำหนักสด น้ำหนักแห้งสูงสุด คือ 1,076.59 ก./ตร.ม. และ 43.19 ก./ตร.ม. ตามลำดับ แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับการเลี้ยงไข่น้ำในปุ๋ยไฮโดรโปนิกส์ ที่ระดับน้ำ 30 ซม. ไม่ใส่ออกซิเจน และ พรางแสงร้อยละ 50 1 ชั้น ให้ปริมาณน้ำหนักสด คือ 1,061.45 ก./ตร.ม.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 14 ปริมาณเฉลี่ยน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง และคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของไข่น้ำ เพาะเลี้ยงในปุ๋ยเคมี ระดับน้ำ และออกซิเจนที่แตกต่างกันเป็นเวลา 20 วัน

ปุ๋ย	ระดับน้ำ (ซม.)	ออกซิเจน	การพรางแสง	น.น. สด (ก./ตรม.)	น.น.แห้ง (ก./ตรม.)	คลอโรฟิลล์ (มก. / 100 ก.)		
						เอ	บี	เอบี
เคมี	30	ไม่ใส่	ไม่พราง	875.97bc	23.07de	0.78e-k	0.33g-k	1.12h-n
			พราง 50% 1 ชั้น	827.82bcd	26.63bc	0.63klm	0.30jkl	0.94nop
			พราง 50% 2 ชั้น	448.82ghi	11.22i-m	1.02abc	0.43a-d	1.45a-e
		ใส่	ไม่พราง	689.52def	21.37ef	0.82d-j	0.34e-k	1.17g-n
			พราง 50% 1 ชั้น	162.67no	4.26opq	1.07ab	0.40a-g	1.48a-d
			พราง 50% 2 ชั้น	373.45h-l	11.48i-l	0.84d-i	0.36d-j	1.21f-l
	20	ไม่ใส่	ไม่พราง	820.93bcd	21.63ef	0.88c-h	0.37c-j	1.25d-k
			พราง 50% 1 ชั้น	702.22def	21.48ef	0.86c-i	0.37c-j	1.23e-k
			พราง 50% 2 ชั้น	426.74hij	10.63k-n	0.83d-j	0.36d-j	1.19f-m
		ใส่	ไม่พราง	422.00hij	11.78ijk	0.89c-g	0.39b-h	1.29c-j
			พราง 50% 1 ชั้น	184.15no	5.04opq	0.95b-e	0.46ab	1.41a-f
			พราง 50% 2 ชั้น	224.07m-o	6.38opq	0.88c-h	0.470a	1.35b-h
	10	ไม่ใส่	ไม่พราง	861.50bc	29.94b	0.59lm	0.24lm	0.84opq
			พราง 50% 1 ชั้น	1,076.59a	43.19a	0.73g-l	0.30jkl	1.03k-o
			พราง 50% 2 ชั้น	444.74hi	14.93hi	0.70i-l	0.28kl	0.99l-o
		ใส่	ไม่พราง	675.30ef	26.00cd	0.86c-i	0.33h-k	1.19f-m
			พราง 50% 1 ชั้น	179.81no	6.15opq	0.95b-e	0.38b-i	1.34b-h
			พราง 50% 2 ชั้น	345.33i-m	12.33h-k	1.14a	0.46a	1.61a

ตัวอักษรที่ต่างกันในแถวแนวตั้งหมายถึงความแตกต่างที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05 โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ Duncan’s New Multiple Range Tes

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 15 ปริมาณเฉลี่ยน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง และคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของไข่น้ำ เพาะเลี้ยงในปุ๋ยเคมี ระดับน้ำ และออกซิเจนที่แตกต่างกันเป็นเวลา 20 วัน

ปุ๋ย	ระดับน้ำ (ซม.)	ออกซิเจน	การพรางแสง	น.น.สด (ก./ตรม.)	น.น.แห้ง (ก./ตรม.)	คลอโรฟิลล์ (มก. / 100 ก.)		
						เอ	บี	เอบี
ไฮโดรโปรนิกส์	30	ไม่ใส่	ไม่พราง	766.00cde	20.08ef	0.91b-f	0.42a-d	1.34b-h
			พราง 50% 1 ชั้น	1061.45a	28.11bc	0.72h-l	0.32i-l	1.04k-o
			พราง 50% 2 ชั้น	506.89gh	13.33 h-k	0.66jkl	0.30jkl	0.97m-p
		ใส่	ไม่พราง	728.78de	19.81ef	0.48mn	0.24lm	0.73pqr
			พราง 50% 1 ชั้น	229.85 i-o	6.26 opq	0.37n	0.20m	0.58r
			พราง 50% 2 ชั้น	399.15h-k	10.74j-n	0.72h-l	0.33f-k	1.06j-o
	20	ไม่ใส่	ไม่พราง	458.52 ghi	12.85 h-k	0.41n	0.20m	0.61qr
			พราง 50% 1 ชั้น	913.93 b	26.33 cd	0.75f-l	0.33h-k	1.09i-n
			พราง 50% 2 ชั้น	279.33 k-n	7.11 n-q	0.74g-l	0.34e-k	1.09i-n
		ใส่	ไม่พราง	575.41 fg	15.96gh	1.08ab	0.47a	1.55ab
			พราง 50% 1 ชั้น	125.07 o	3.37q	0.80d-j	0.36d-j	1.17g-n
			พราง 50% 2 ชั้น	278.00 k-n	7.67 m-p	1.07ab	0.45ab	1.52ab
	10	ไม่ใส่	ไม่พราง	489.22 ghi	14.56 hij	0.94b-e	0.40a-h	1.34b-h
			พราง 50% 1 ชั้น	707.00 def	18.93 fg	0.88c-h	0.36d-j	1.24d-k
			พราง 50% 2 ชั้น	296.52 j-n	8.00 l-o	0.95b-e	0.41a-e	1.36b-g
		ใส่	ไม่พราง	462.07 ghi	11.89 ijk	0.97b-d	0.41a-f	1.38a-g
			พราง 50% 1 ชั้น	182.03 no	4.00 pq	0.93b-e	0.39b-i	1.32b-i
			พราง 50% 2 ชั้น	276.00lmn	6.00 opq	1.07ab	0.44abc	1.52abc
SE of Mean				44.46	1.26	0.05	0.02	0.08
Sig.				**	**	**	**	**
%CV				15.13	14.68	12.39	12.35	12.11

วอักษรที่ต่างกันในแถวแนวตั้งหมายถึงความแตกต่างที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05 โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ Duncan's New Multiple Range Test

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4.1.5 ผลของชนิดปุ๋ยต่อปริมาณโปรตีนของไข่น้ำ

จากการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนของไข่น้ำพบว่าปุ๋ยทั้ง 2 ชนิด มีผลต่อปริมาณโปรตีนแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p< 0.01$;ตารางที่16) ซึ่งในปุ๋ยทั้ง 2 ชนิดมีปริมาณธาตุอาหารแตกต่างกัน โดยในปุ๋ยไฮโดรโปนิกส์ จะมีปริมาณธาตุอาหารสูง สามารถกำหนดธาตุอาหารที่เหมาะสมตามที่พืชต้องการ

ตารางที่ 16 ปริมาณโปรตีนเฉลี่ยทั้งหมดของไข่น้ำ ที่เพาะเลี้ยงในปุ๋ยเคมีและปุ๋ยไฮโดรโปนิกส์ เป็นเวลา 20 วัน

ปุ๋ย	ปริมาณโปรตีน (%)
เคมี	35.09b
ไฮโดรโปนิกส์	39.21a
SE of Mean	0.65
Sig.	**

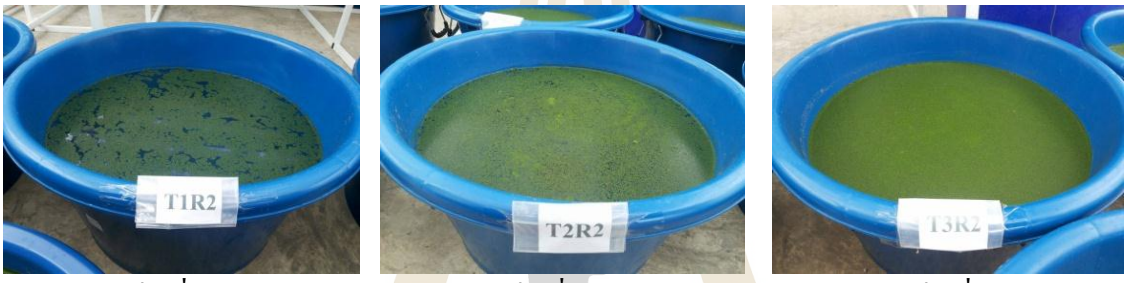
ตัวอักษรที่ต่างกันในแถวแนวตั้งหมายถึงความแตกต่างที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05 โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ Least significant difference

4.2 การทดลองที่ 2 ศึกษาอายุการเก็บเกี่ยวต่อรอบปลูกที่เหมาะสมในการผลิตไข่น้ำด้วยระบบไฮโดรโปนิกส์

จากการศึกษาผลของอายุการเก็บเกี่ยวต่อรอบปลูกที่เหมาะสมในการผลิตไข่น้ำด้วยระบบไฮโดรโปนิกส์ ที่ทำการเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 5, 10, 15, 20, 25, และ 30 วัน ปริมาณน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง คลอโรฟิลล์เอ, คลอโรฟิลล์บี และคลอโรฟิลล์ทั้งหมด สี ความชื้น และปริมาณโปรตีนของไข่น้ำ พบว่า แต่ละอายุการเก็บเกี่ยวให้ปริมาณน้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p< 0.01$;ตารางภาคผนวกที่ 6 ;ตารางที่16) โดยอายุการเก็บเกี่ยว 20 วัน มีปริมาณน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 1,248.18 ก./ตรม. และ 48.00 ก./ตรม. ตามลำดับ รองลงมาคืออายุการเก็บเกี่ยว 15 วัน มีปริมาณน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งเฉลี่ย 1,166.62 ก./ตรม. และ 44.28 ก./ตรม. ตามลำดับ และผลผลิตเริ่มลดลงในวันที่ 25 และ 30 วัน และอายุการเก็บเกี่ยวที่มีปริมาณน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งน้อยที่สุด คือ 5 วัน โดยให้ปริมาณน้ำหนักสดเฉลี่ยเท่ากับ 657.95 ก./ตรม. และ 23.74 ก./ตรม. และพบว่าที่อายุเก็บเกี่ยว 10 วัน ให้ค่าความสว่าง (L) และความเป็นสีเหลือง (b*) สูงกว่าอายุการเก็บเกี่ยวอื่นๆ อย่างมีนัยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p< 0.05$;ตารางภาคผนวกที่ 8 ;ตารางที่

16) โดยให้ค่าความสว่าง (L) และความเป็นสีเหลือง (b*) เท่ากับ 29.87 และ 15.02 ตามลำดับ และอายุการเก็บเกี่ยว 20 วัน ให้ปริมาณความชื้น และ ปริมาณโปรตีน สูงกว่าอายุการเก็บเกี่ยวอื่นๆ อย่างมีนัยอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (p< 0.01;ตารางภาคผนวกที่ 9 ;ตารางที่ 16) โดยให้ให้ปริมาณความชื้นและ ปริมาณโปรตีน เท่ากับ 97.63 และ 39.50 ตามลำดับ แต่อายุการเก็บเกี่ยวไม่พบความแตกต่างในคลอโรฟิลล์เอ, คลอโรฟิลล์บี และคลอโรฟิลล์ทั้งหมด (p> 0.05;ตารางภาคผนวกที่ 7 ;ตารางที่16) แต่มีแนวโน้มให้ค่าสูงขึ้นเมื่ออายุเก็บเกี่ยวเพิ่มขึ้น

T1= อายุเก็บเกี่ยว 5 วัน T2= อายุเก็บเกี่ยว 10 วัน T3= อายุเก็บเกี่ยว 15 วัน



T4= อายุเก็บเกี่ยว 20 วัน T5= อายุเก็บเกี่ยว 25 วัน T6= อายุเก็บเกี่ยว 30 วัน

รูปที่ 1 ลักษณะไข่น้ำที่เพาะเลี้ยงเป็นเวลา 5, 10, 15, 20, 25, และ 30 วัน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 17 แสดงปริมาณเฉลี่ยน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง คลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของไข่น้ำ สี ความชื้น ปริมาณโปรตีน เพาะเลี้ยงในปุ๋ยไฮโดรโปนิกส์เป็นเวลา 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 วัน

อายุเก็บเกี่ยว (วัน)	น้ำหนักสด (ก./ตรม.)	น้ำหนักแห้ง (ก./ตรม.)	การเจริญเติบโต (เท่า)	คลอโรฟิลล์ (มก. / 100 ก.)			ค่าสี			ความชื้น (ร้อยละ)	โปรตีน (ร้อยละ)
				เอ	บี	เอบี	ความสว่าง (L)	สีเขียว (a*)	สีเหลือง (b*)		
5	657.95d	23.74e	5.58d	0.82	0.28	1.11	27.65b	-9.66	13.44b	96.08d	35.91b
10	905.00c	39.33c	8.05c	0.73	0.26	1.08	29.87a	-10.22	15.02a	95.98d	32.77c
15	1,166.62ab	44.28b	10.66ab	0.77	0.27	1.05	27.81b	-9.55	13.32b	96.33cd	35.48a
20	1,248.18a	48.00 a	11.48a	0.93	0.38	1.23	27.10b	-9.59	13.12b	97.63a	39.50a
25	1,067.67b	38.00cd	9.67b	0.95	0.33	1.36	27.16b	-9.75	13.14b	96.89b	38.52a
30	1,024.10bc	37.15 d	9.24bc	1.00	0.36	1.36	27.40b	-9.67	13.21b	96.49c	38.56a
SE of Mean	52.48	0.69	0.52	0.06	0.03	0.08	0.44	0.22	0.33	0.12	0.84
Sig.	**	**	**	ns	ns	ns	**	ns	*	**	**
%CV	8.99	3.13	9.97	12.14	16.47	12.57	2.78	-3.99	4.33	0.23	3.97

ตัวอักษรที่ต่างกันในแถวแนวตั้งหมายถึงความแตกต่างที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05 โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ Duncan's New Multiple Range Test

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4.3 การทดลองที่ 3 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงหลังการเก็บเกี่ยวไข่น้ำที่ผลิตด้วยระบบไฮโดรโปนิกส์

จากการศึกษาผลของอุณหภูมิในการเก็บรักษาไข่น้ำที่อุณหภูมิ 4, 10 และ 25 °ซ ที่การเก็บรักษา 0 - 5 วัน พบว่า ไข่น้ำสดมีอายุการเก็บรักษาเพียง 2 วันเท่านั้นที่อุณหภูมิห้อง (25 °ซ) เนื่องจากไข่น้ำมีการลักษณะแห้ง ดั้งนั้นจึงวิเคราะห์เปรียบเทียบผลของอุณหภูมิ 4, 10 และ 25 °ซ ในวันที่ 1 และ 2 และวิเคราะห์ผลของอุณหภูมิ 4, และ 10 °ซ ในวันที่ 3 และ 4 จากการศึกษาผลของอุณหภูมิต่อเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไข่น้ำสด พบว่า อุณหภูมิ ส่งผลต่อการสูญเสียน้ำหนักสดเพิ่มขึ้นทั้ง 3 อุณหภูมิเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้นแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$; ตารางภาคผนวกที่ 10; ตารางที่ 17) โดยพบว่าไข่น้ำมีลักษณะแห้งเร็วที่สุดในการเก็บที่ 25 °ซ (รูปที่ 1) การสูญเสียน้ำหนักสดของไข่น้ำมากขึ้นเมื่อเก็บรักษาที่ 25 °ซ เป็นเวลา 2 วัน และมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักมากในวันที่ 1 เท่ากับ 58.96 และในวันที่ 2 เท่ากับ 93.17 เปอร์เซ็นต์ และการเก็บรักษาที่ 4และ 10 °ซ ไข่น้ำมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น การเก็บรักษาที่ 10 และ 4 °ซ สามารถเก็บรักษาไข่น้ำได้นาน 4 และ 5 วัน ตามลำดับ การนำไข่น้ำที่มีความสด และความเต่งสูง มาเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่างๆ โดยวางทิ้งไว้โดยไม่มีภาชนะใดห่อหุ้มยังสามารถหายใจและคายน้ำได้ (สมบุญ, 2548) ดวงพร และชำนาญ (2536) กล่าวว่า การสูญเสียน้ำหนักเป็นผลเนื่องจากน้ำมีการระเหยออกทางผนังเซลล์ ของผลิตผลอยู่ตลอดเวลา ซึ่งเกิดจากความชื้นในบรรยากาศรอบ ๆ ผลิตผลต่ำกว่าในผลิตผล ทำให้เกิดความแตกต่างของความชื้น ดังนั้นความชื้นในผลิตผล จะถูกถ่ายเทสู่บรรยากาศรอบ ๆ ผลิตผลจะเริ่มเหี่ยวย่น และมีการสูญเสียน้ำหนัก

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 18 การสูญเสียน้ำหนักสด ของไข่น้ำ เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 10 และ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 5 วัน

วันที่	การสูญเสียน้ำหนักสด (%)			F-Test	%CV
	4 องศาเซลเซียส	10 องศาเซลเซียส	25องศาเซลเซียส		
0	0.00	0.00	0.00	-	-
1	5.64±0.62c	14.12±0.96b	58.96±1.81a	**	19.97
2	17.72±1.26c	25.93±1.55b	93.17±0.99a	**	11.99
3	28.43±1.27b	37.53±1.25a	-	**	16.19
4	36.25±1.20b	47.87±1.31a	-	**	12.68
5	45.42±1.56	-	-	-	-

ตารางที่ 19 การประเมินสภาพโดยรวมของไข่น้ำ เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 10 และ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 5 วัน

วันที่	ระดับคะแนน		
	4 องศาเซลเซียส	10 องศาเซลเซียส	25องศาเซลเซียส
0	7	7	7
1	7	6	2
2	4	3	1
3	3	2	
4	2	1	
5	1		

หมายเหตุ ระดับคะแนนการประเมินลักษณะทางกายภาพโดยรวม

1 = คุณภาพแย่ไม่สามารถบริโภคและขายได้

2 = คุณภาพต่ำไม่สามารถนำมาบริโภคและขายได้

3 = คุณภาพปานกลาง บริโภคได้ขายไม่ได้

4-5 = คุณภาพดี

6-7 = คุณภาพดีเยี่ยมสามารถนำมาบริโภคและขายได้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 20 การกลิ่นโดยรวมของไข่น้ำ เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 10 และ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 5 วัน

วันที่	ระดับคะแนน		
	4 องศาเซลเซียส	10 องศาเซลเซียส	25องศาเซลเซียส
0	7	7	7
1	5	4	3
2	3	3	1
3	3	2	
4	2	1	
5	1		

หมายเหตุ ระดับคะแนนการประเมินลักษณะกลิ่น

1 = มีกลิ่นเหม็นเหมือนใบไม้แห้ง ไข่น้ำแห้งมากกว่า 50% ส่วนที่แห้งมีสีเขียวเข้ม

2 = มีกลิ่นเหม็นเหมือนใบไม้แห้ง ไข่น้ำที่อยู่ผิวหน้าแห้งมีสีเขียวเข้มประมาณ 50% ของไข่น้ำทั้งหมด

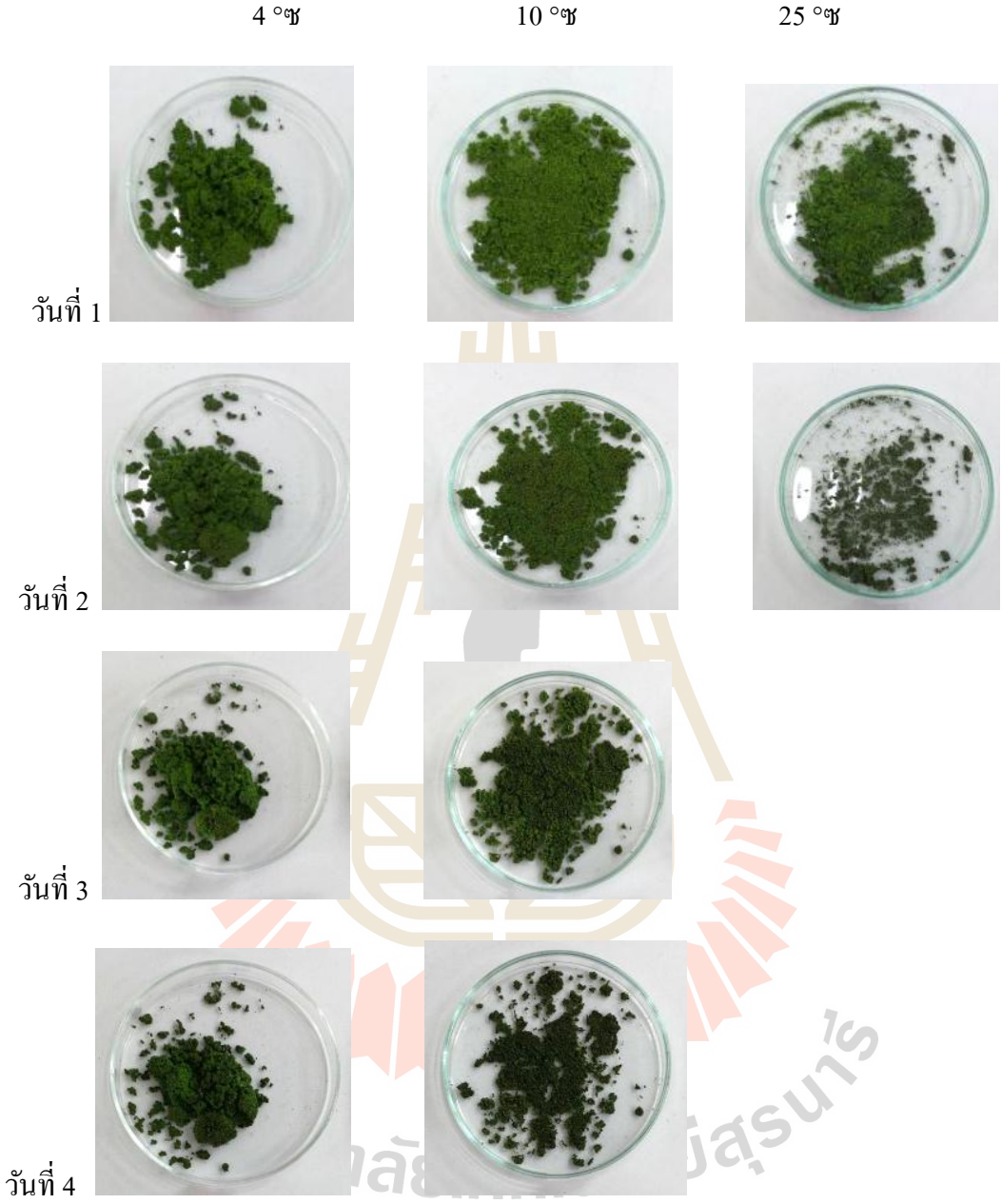
3 = มีกลิ่นเหม็นเขียวของไข่น้ำเล็กน้อย ไข่น้ำที่อยู่ผิวหน้าแห้งมีสีเขียวเข้มประมาณ 30% ของไข่น้ำทั้งหมด

4 = มีกลิ่นเหม็นเขียวของไข่น้ำ ไข่น้ำอยู่ผิวหน้าแห้งเล็กน้อย

5 = มีกลิ่นเหม็นเขียวของไข่น้ำ สียังคงเดิม

6-7 = มีกลิ่นเหม็นเขียวสดของไข่น้ำ และมีกลิ่นคาวของน้ำเลี้ยง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 2 ลักษณะไข่น้ำที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4, 10 และ 25 °ซ นาน วัน 5 นาน (ไม่มีภาพที่ 0 วัน)

บทที่ 5
วิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาอิทธิพลของ 4 ปัจจัย ได้แก่ ชนิดปุ๋ย ระดับน้ำ ออกซิเจน และการพรางแสง ต่อปริมาณน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง คลอโรฟิลล์เอคลอโรฟิลล์บี และคลอโรฟิลล์ทั้งหมด โดยใช้ปุ๋ย 2 ชนิด (ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยไฮโดรโปนิกส์) ระดับน้ำ 3 ระดับ (10, 20 และ 30 ซม.) ออกซิเจน 2 ระดับ (เติมออกซิเจนและไม่เติมออกซิเจน) และการพรางแสง 3 ระดับ (ไม่พรางแสง พรางแสงร้อยละ 50 1 ชั้น และพรางแสงร้อยละ 50 2 ชั้น) ในระบบไฮโดรโปนิกส์ ซึ่งพบว่าการเพาะเลี้ยงไข่น้ำในปุ๋ยเคมี ให้ปริมาณผลผลิตไข่น้ำ และคลอโรฟิลล์ สูงกว่าในปุ๋ยไฮโดรโปนิกส์ แต่ไม่แตกต่างทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับกันย์สินี (2552) รายงานว่า ไข่น้ำมีอัตราการเจริญเติบโตสูงที่สุด เมื่อเลี้ยงในน้ำประปาที่เติมปุ๋ย N-P-K สูตร 16-16-16 ที่ระดับความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร และการเลี้ยงในปุ๋ยไฮโดรโปนิกส์จากผลการทดลองที่ได้ขัดแย้งกับงานทดลองของ นัฏฐา และคณะ (2559) พบว่าการเลี้ยงไข่น้ำในปุ๋ยไฮโดรโปนิกส์ให้ปริมาณน้ำหนักสดสูงสุด (966.38 ก./ตร.ม.) แตกต่างทางสถิติกับปุ๋ยเคมี (732.38 ก./ตร.ม.) เช่นเดียวกันกับปริมาณน้ำหนักแห้ง โดยปุ๋ยไฮโดรโปนิกส์ให้ปริมาณน้ำหนักแห้ง (27.93 ก./ตรม.) ปุ๋ยเคมี (19.57 ก./ตร.ม.) ตามลำดับ

นอกจากชนิดปุ๋ยจะส่งผลต่อปริมาณผลผลิตแล้ว อีกปัจจัยที่สำคัญคือ การให้แสง พบว่า การเพาะเลี้ยงไข่น้ำโดยการไม่พรางแสง ค่าความเข้มแสงเฉลี่ยเท่ากับ 6,000 - 15,000 ลักซ์ ให้ปริมาณผลผลิตไข่น้ำสูงกว่าการพรางแสง ซึ่งสอดคล้องกับ Londolt. (1986) และสุขุม (2550) พบว่า ไข่น้ำสามารถเจริญเติบโตได้ในความเข้มแสงระหว่าง 4,000-15,000 ลักซ์ และที่ความเข้มแสง 2,500 ลักซ์ ไข่น้ำจะเติบโตได้เพียงประมาณร้อยละ 50 ของ การเติบโตปกติ และจากการศึกษาของสมศักดิ์ (2542) พบว่าไข่น้ำที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่ได้รับ ความเข้มข้นแสงร้อยละ 100 จะมีน้ำหนักสดมากกว่าไข่น้ำที่เพาะเลี้ยงในบริเวณที่มีความเข้มข้นแสงร้อยละ 50 อย่างมีนัยสำคัญ และพบว่าการให้แสงส่งผลต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ สอดคล้องกับงานทดลองของ นิศาชล (2548) พบว่า การพรางแสงร้อยละ 50 ให้ปริมาณคลอโรฟิลล์สูงกว่าการเลี้ยงแบบไม่พรางแสง เนื่องจากถ้าพืชรับความเข้มแสงและอุณหภูมิมากเกินไปในระยะเวลาที่ยาวนาน พืชจะมีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงที่ต่ำลงตามอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นและความเข้มแสงมากๆ เนื่องจากแสงที่เข้มไปกระตุ้นคลอโรฟิลล์มากเกินไป และออกซิเจนที่

เกิดขึ้นจากการสังเคราะห์ด้วยแสงแทนที่จะออกสู่บรรยากาศภายนอกพืช อาจจะถูกเปลี่ยนให้ไปอยู่ในรูปอนุมูลอิสระ (free radical O_2) และถูกนำไปออกซิไดซ์ส่วนประกอบต่าง ๆ ของเซลล์ รวมทั้งคลอโรฟิลล์ด้วย ทำให้คลอโรฟิลล์ลดลง

และอีกปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อปริมาณผลผลิตคือ ออกซิเจน พบว่า การเพาะเลี้ยงไข่น้ำโดยการไม่ใส่ออกซิเจน ให้ปริมาณผลผลิตไข่น้ำสูงกว่าการใส่ออกซิเจน ซึ่งมีความแตกต่างกับการใส่ออกซิเจน เนื่องจากการใส่ออกซิเจนทำให้เกิดน้ำกระเพื่อมขึ้น ทำให้ไข่น้ำไม่กระจายและติดอยู่กับขอบถุงตาข่ายสำหรับเพาะเลี้ยงไข่น้ำ จึงส่งผลให้ไข่น้ำได้รับธาตุอาหารน้อยลง ปริมาณผลผลิตจึงลดลงด้วย แต่ไม่มีผลต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ หากมีการเติมออกซิเจนต้องมีการจัดการปัญหาดังกล่าวอาจส่งผลให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นได้ซึ่งจากการทดลองของ Ruekaewma,N., (2015) ศึกษาระบบการเลี้ยงที่เหมาะสมการผลิตไข่น้ำ 5 ระบบคือ (1) ถังน้ำนิ่ง (2) ถังที่มีการพ่นอากาศ (3) ถังที่มีการกวนผสมที่ผิวหน้าน้ำ (4) ถังที่มีการพ่นละอองน้ำที่ผิวหน้าน้ำ และ (5) ถังที่มีการเลี้ยงบนชั้นที่อยู่เหนือน้ำโดยมีการพ่นละอองน้ำตลอดเวลา ใน Hutner' medium ทดลองเลี้ยง 28 วัน พบว่าถังที่มีการกวนผสมที่ผิวหน้าน้ำซึ่งเป็นระบบที่ให้น้ำไหลเวียนในแนวราบ ให้ผลผลิตสูงที่สุด แสดงให้เห็นว่าการเติมออกซิเจนโดยการกวนผสมที่ผิวหน้าน้ำให้ผลผลิตสูงกว่าการเลี้ยงแบบไม่เติมออกซิเจน (น้ำนิ่ง)

จากการทดลองครั้งนี้เห็นได้ว่าทั้ง 4 ปัจจัยที่ทำการศึกษา ชนิดปุ๋ยและระดับความลึกของน้ำไม่มีผลต่อปริมาณผลผลิตไข่น้ำ แต่การให้แสงและออกซิเจนมีผลต่อปริมาณผลผลิตของไข่น้ำ เมื่อพิจารณาปฏิสัมพันธ์ระหว่างปัจจัย พบปฏิสัมพันธ์ใน 2, 3 และ 4 ปัจจัยส่งผลต่อปริมาณน้ำหนักสดน้ำหนักแห้ง และคลอโรฟิลล์ แสดงให้เห็นว่า หากจะทำการเพาะเลี้ยงไข่น้ำต้องคำนึงถึงทั้ง 4 ปัจจัยเพื่อให้ได้สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการผลิตไข่น้ำให้ได้ผลผลิตและคุณภาพสูง โดยคณะผู้วิจัยแนะนำการเพาะเลี้ยงไข่น้ำโดยใช้ปุ๋ยเคมี สามารถเลี้ยงได้ที่ระดับน้ำ 10 ซม. ไม่ใส่ออกซิเจน และพรางแสง 50 % 1 ชั้น และในปุ๋ยไฮโดรโปนิกส์ ที่ระดับน้ำ 30 ซม. ไม่ใส่ออกซิเจน และ พรางแสง 50% 1 ชั้น โดยทั้งสองกรรมวิธีให้ปริมาณผลผลิตไม่แตกต่างกัน ภายใต้โรงเรือนควบคุมสภาพแวดล้อม และทำการเก็บเกี่ยวไข่น้ำที่ 20 วัน เพื่อให้ได้ปริมาณน้ำหนักสดน้ำหนักแห้งและปริมาณโปรตีนสูงสุด โดยผลผลิตเริ่มลดลงในวันที่ 25 และ 30 วัน และการนำไข่น้ำที่มีความสด และความเต่งสูง มาเก็บรักษาไว้ที่อุณภูมิต่างๆ โดยวางทิ้งไว้โดยไม่มีภาชนะใดห่อหุ้ม ไข่น้ำจะมีการลักษณะแห้ง เนื่องจากเกิดการหายใจและคายน้ำ (สมบุญ, 2548) ซึ่งดวงพรและชำนาญ (2536) กล่าว

ว่า การสูญเสียน้ำหนัก เป็นผลเนื่องจากน้ำมีการระเหยออกทางผนังเซลล์ ของผลิตผลอยู่ตลอดเวลา ซึ่งเกิดจากความชื้นใน บรรยากาศรอบ ๆ ผลิตผลต่ำกว่าในผลิตผล ทำให้เกิดความแตกต่างของความชื้น ดังนั้นความชื้นในผลิตผล จะถูกถ่ายเทสู่บรรยากาศรอบ ๆ ผลิตผลจะเริ่มเหี่ยวย่น และมีการสูญเสียน้ำหนัก แต่หากเก็บไข่น้ำภาชนะที่ปิดมิดชิดในระยะเวลาที่นานขึ้นจะมีผลต่อลักษณะที่ปรากฏ คือ ไข่น้ำจะมีลักษณะฉ่ำน้ำ ไข่น้ำมีสีคล้ำขึ้น และมีกลิ่นผิดปกติ โดยไข่น้ำสดมีอายุการเก็บรักษาเพียง 2 วันเท่านั้นที่อุณหภูมิห้อง (25 °ซ)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 6

สรุปผลการวิจัย

5.1 การทดลองที่ 1 ศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมสำหรับการผลิตไข่น้ำด้วยระบบไฮโดรโปนิกส์

การเลี้ยงไข่น้ำในปุ๋ยเคมี ที่ระดับน้ำ 10 ซม. ไม่ใส่ออกซิเจน ร่วมกับการไม่พรางแสง มีแนวโน้มให้น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งสูงสุดคือ 1,076.59 ก./ตร.ม. และ 43.19 ก./ตร.ม. ตามลำดับ ในขณะที่การเลี้ยงไข่น้ำในปุ๋ยไฮโดรโปนิกส์ ที่ระดับน้ำ 30 ซม. ไม่ใส่ออกซิเจน ร่วมกับการไม่พรางแสง ให้ปริมาณน้ำหนักสดสูงในลำดับถัดมา คือ 1,061.45 ก./ตร.ม. ซึ่งจากการทดลองพบว่า ชนิดปุ๋ยและระดับความลึกไม่มีผลต่อปริมาณผลผลิต ปัจจัยที่ทำให้ปริมาณผลผลิตต่างกันคือการให้แสงและออกซิเจน (ภายใต้การเพาะเลี้ยงในโรงเรือน) โดยการเพาะเลี้ยงไข่น้ำแบบไม่พรางแสงและไม่ใส่ออกซิเจน มีแนวโน้มส่งผลให้ปริมาณน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งสูงสุด ชนิดปุ๋ยและออกซิเจนไม่มีผลต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด ปัจจัยที่มีแนวโน้มส่งผลให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดต่างกันคือระดับน้ำและการให้แสง

5.2 การทดลองที่ 2 ศึกษาอายุการเก็บเกี่ยวต่อรอบปลูกที่เหมาะสมในการผลิตไข่น้ำด้วยระบบไฮโดรโปนิกส์

อายุการเก็บเกี่ยวไข่น้ำที่ 20 วัน ให้ปริมาณน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง ความชื้น และปริมาณโปรตีนสูงสุด คือ 1,248.18 ก./ตร.ม., 48.00 ก./ตร.ม., 97.63 และ 39.50 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ และผลผลิตเริ่มลดลงในวันที่ 25 และ 30 วัน และพบว่าที่อายุเก็บเกี่ยว 10 วัน ให้ค่าความสว่าง (L) และความเป็นสีเหลือง (b*) สูงกว่าอายุการเก็บเกี่ยวอื่นๆ และปริมาณคลอโรฟิลล์เอ, คลอโรฟิลล์บี และคลอโรฟิลล์ทั้งหมด แต่มีแนวโน้มให้ค่าสูงขึ้นเมื่ออายุเก็บเกี่ยวเพิ่มขึ้น

5.3 การทดลองที่ 3 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงหลังการเก็บเกี่ยวไข่น้ำที่ผลิตด้วยระบบไฮโดรโปนิกส์

จากการศึกษา พบว่า อุณหภูมิ ส่งผลต่อการสูญเสียน้ำหนักสดเพิ่มขึ้นทั้ง 3 อุณหภูมิเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น โดยพบว่าไข่น้ำมีลักษณะแห้งเร็วที่สุดในการเก็บที่ 25 °ซ การสูญเสียน้ำหนักสดของไข่น้ำมากขึ้นเมื่อเก็บรักษาที่ 25 °ซ เป็นเวลา 2 วัน และมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักมากในวันที่ 1 เท่ากับ 58.96 และในวันที่ 2 เท่ากับ 93.17 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และการเก็บรักษาที่ 4 และ 10 °ซ ไข่น้ำมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น การเก็บรักษาที่ 10 และ 4 °ซ สามารถเก็บรักษาไข่น้ำได้นาน 4 และ 5 วัน ตามลำดับ

เอกสารอ้างอิง

กำธร โพธิ์ทองคำ และ ถาวร ชละเอม. (2517). การทดลองเลี้ยงลูกปลาบู่ทรายวัยอ่อน, หน้า 25-28. รายงานประจำปี 2517. แผนกทดลองและเพาะเลี้ยง, กรมประมง, กรุงเทพฯ.

กันย์สินีย์ พันธ์วนิชดำรง. (2550). การปรับปรุงคุณภาพสีปลาทองโดยใช้รงควัตถุแคโรทีนอยด์จากไข่น้ำ (*Wolffia arrhiza* (Linn.) Wimm.).ปัญหาพิเศษระดับวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

กันย์สินีย์ พันธ์วนิชดำรง. (2552). การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของไข่น้ำ (*Wolffia arrhiza* (Linn.) Wimm.) และวิธีเพาะขยายพันธุ์แบบมหมวล.วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการประมง) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 97 หน้า.

กันย์สินีย์ พันธ์วนิชดำรง และ สุขุม เร้าใจ. (2552). การศึกษาการเพาะเลี้ยงไข่น้ำ (*Wolffia arrhiza* (Linn.) Wimm.) และการนำไปใช้ปรับปรุงคุณภาพสีปลาทอง. *ใน* การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 47: สาขาประมง หน้า 162-169. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

โกเฟซ. (ม.ป.ป.). สารอาหารใน 1 วันและพลังงานที่ได้รับอาหารและโภชนาการสำหรับคนทำงาน. แหล่งที่มา: http://www.goface.in.th/article.

ชนกพร จุฑาสงฆ์. (2542). การเจริญเติบโตและปริมาณโปรตีนของไข่น้ำ (*Wolffia arrhiza* (L.) Wimm) ที่เพาะเลี้ยงในน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. 66 หน้า.

ชนิดา จรรยาเพศ แบมฟอร์ด. (2552). ตัวชี้วัดความมั่นคงด้านอาหารระดับชุมชน. สำนักพิมพ์มูลนิธิชีววิถี. 192 หน้า.

ชุตินุช สุจริต และ มาโนช ขำเจริญ. (2542). การศึกษาการใช้ประโยชน์จากไข่น้ำ. รายงานการวิจัย ปี 2552. สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล.

เชาวน์ ชิโนรักษ์ และ พรรณี ชิโนรักษ์. (2541). ชีววิทยา 3. โอเดียร์สโตร์. กรุงเทพฯ.

นัฏฐา ดำนา, วัลวิภา สายแก้ว และ อารักษ์ ธีรอำพน. (2559). อิทธิพลของชนิดปุ๋ยและการพรางแสงต่อผลผลิตและคุณภาพของไข่น้ำ (*Wolffia arrhiza* (L.) Wimm.). วพืชศาสตร์สงขลานครินทร์ 4(3): หน้า

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

นิศาชล ฤาแก้วมา. (2548). การศึกษาความต้องการแสงสว่างที่มีผลต่อการเพาะเลี้ยงไข่น้ำ. สถาบันวิจัยและฝึกอบรมการเกษตรสกลนคร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน.

นิศาชล ฤาแก้วมา. (2556). พบความมั่นคงทางอาหารไทยวิกฤติ. แหล่งที่มา www.thairath.co.th/content/edu/351337 .

เบญจภรณ์ บุณยพุกณะ. (2542). การทดสอบความเป็นพิษและการดูดซับโลหะโครเมี่ยมและแคดเมี่ยมโดยไข่น้ำ. วิทยานิพนธ์มหาวิทยาลัยมหิดล. 193 หน้า.

ดวงพร อมัติรัตนะ และชำนาญ ทองกลัด. (2536). การยืดอายุการเก็บรักษามะระจีนด้วยถุงพลาสติกชนิดต่างๆ. ในรายงานผลการวิจัยประจำปี2536 ศูนย์วิจัยพืชสวนพิจิตร กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. พิจิตร. 439 หน้า.

วิลาสินี อดุลยานนท์ และเดชรัตน์ สุขกำเนิด. 2556. พบความมั่นคงทางอาหารไทยวิกฤติ. แหล่งที่มา: www.thairath.co.th/content/edu/351337.

พิพัฒน์พงษ์ วงศ์ใหญ่ และ ศศิธร ชาววัลจันทึก. (2554). เภสัช มช.วิจัย "ผำ" ชี้สุดยอดแหล่งโปรตีนเพื่อสุขภาพ.แหล่งที่มา:http://www.manager.co.th/campus/viewnews.aspx?NewsID=9540000146844

วินัย ดะห์ลัน. (2542). ผลิตภัณฑ์โปรตีน. เนชั่นสุดสัปดาห์ (วารสารออนไลน์):8(389). 18-24 พฤศจิกายน 2542. แหล่งที่มา: http://www.elib-online.com/doctors/food_protein01.html.

ศิริภาวี ศรีเจริญ, นำชัย เจริญเทศประสิทธิ์, วิรัช จิ๋วแหยม พีระพงษ์ แพงไพรี และ รัศมี ชูชีพ. (2544). การเพาะเลี้ยงไข่น้ำ (*Wolffia arrhiza*) สำหรับการลดต้นทุนค่าอาหารปลา. วารสารวิจัย มข. 6(2) : กรกฎาคม – ธันวาคม 2544.

สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์. (2548). สรีรวิทยาพืช. กรุงเทพฯ:จามจุรีโปรดัก. หน้า 216-227.

สมศักดิ์ สันวิลาส. (2542). การเจริญเติบโตและปริมาณโปรตีนของไข่น้ำ (*Wolffia arrhiza* (Linn.) Wimm) ที่เพาะเลี้ยงด้วยสูตรอาหารและระดับความเข้มของแสงต่างกันในสภาพกลางแจ้ง. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. 80 หน้า.

สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย. (2556). การปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในประเทศไทย. แหล่งที่มา: http://www.thailandadaptation.net/. ค้นเมื่อ 30 สิงหาคม 2556.

สุขุม เร้าใจ และสุทิน สมบูรณ์. (2551). การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของไข่น้ำ (*Wolffia arrhiza* (L.) Wimm.). วารสารการประมง 60 (5): 405-413.

สุรีย์พร ธรรมิกพงษ์. (2553). ชีววิทยาของไข่น้ำและการเพาะขยายพันธุ์โดยใช้น้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม. รายงานวิจัย. มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์. 57 หน้า.

สัมฤทธิ์ เฟื่องจันทร์ และ ทวีเกียรติ ยิ้มสวัสดิ์. (2524). การทำสวนผลไม้แบบประหยัด.แก่นเกษตร. 9(1): 1-3.

อภิเดช แสงดี, เบญจรงค์ วังคะฮาด, อุดมลักษณ์ มณีโชติ, ปิยะเนตร จันทร์ถิระติกุล และ อาณัติ จันทร์ถิระติกุล. (2553). การจำแนกชนิดของไข่น้ำโดยการหาลำดับเบสของยีนในคลอโรพลาสต์. วารสารวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. หน้า 259-265.

อะโน สุขเจริญ. (2542). การเจริญเติบโตและปริมาณโปรตีนของไข่น้ำ (*Wolffia arrhiza* (Linn.) Wimm) ที่เพาะเลี้ยงในชนิดอาหารและระดับความเข้มแสงต่างกันในสภาพกลางแจ้ง. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. 146 หน้า.

อุมาพร นิยะนุช. (2553). การเปลี่ยนแปลงหลังการเก็บเกี่ยวขององค์ประกอบและกิจกรรมในการต้านออกซิเดชั่นของไข่น้ำ. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 174 หน้า.

อำพล พงศ์สุวรรณ์ และ อารีย์ สิทธิมังค์. (2532). คู่มือการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์สยามรัฐ

อำพรรณ ชัยกุลเสรีวัฒน์ และ ปิยมาภรณ์ เอมเสม. (2550). การผลิตโยเกิร์ตเสริมไข่น้ำ. วารสารเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม 3(1) มิถุนายน 2549-พฤษภาคม 2550.

โอภา วัชระคุปต์. (2549). ภาวะถูกออกซิไดซ์เกินสมดุลโดยอนุมูลอิสระและดัชนีชีวัด. *ใน* โอภา วัชระคุปต์, ปรีชา บุญจูง, จันทนา บุณยะรัตน์, มาลีรักษ์ อัตต์สินทอง. สารต้านอนุมูลอิสระ. กรุงเทพฯ : พี.เอส.พริ้นท์. หน้า 44-74.

Bunea, A., Andjelkovic, M., Socaciu, C., Bobis, O., Neacsu, M., Verhe, R., Van Camp, J. (2008). Total and individual carotenoids and phenolic acids content in fresh, refrigerated and processed spinach (*Spinach oleracea* L.). Food Chem 108:649-656.

Bhanthumnavin, K. and McGarry, M.G. (1971). *Wolffia arrhiza* as a Possible Source of Inexpensive Protein. Nature 232(8):495.

Landolt, E., and Kandeler, R. (1987). Biosystematic investigations in the family of duckweed (Lemnaceae). Vol.2. Veroff. Geobot. Inst. ETH, Zurich.

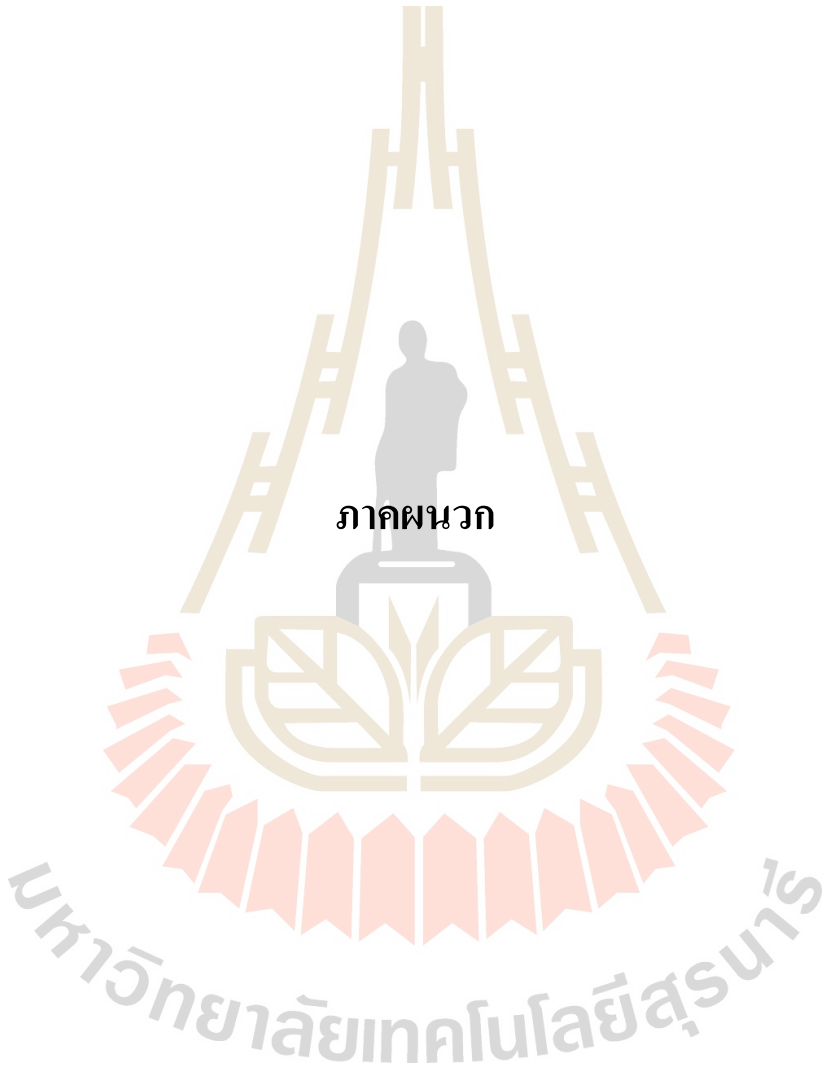
Ruekaewma,N., Piyatiratitivorakul,S. and Powtongsook,S. 2015. Culture system for Wolffia globosa L.(Lemnaceae) for hygiene human food. Journal of science and technology, Songklanakarin University. 37(5): 575-580.

Suppadit,T., Jaturasitha,S., Sunthorn,N., and Poungsuk,P. 2012. Dietary Wolffia arrhiza meal as a substitute for soybean meal: its effects on the productive performance and egg quality of laying Japanese quails. Tropical Animal Health and Production. 44(7): 1479-86.

Yan,Y., Candreva,J., Shi,H., Ernst,E., Martienssen,R., Schwender,J., and Shanklin,J. 2013. Survay of the total fatty acid and triacylglycerol composition and content of 30 duckweed species and cloning 37 of a [Delta] 6-desaturase responsible for the production of [Gamma]-linolenic and stearidonic acids in Lemna gibba. Bio Med Central Plant Biology. 13: 201.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก



ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

<u>การทดลองที่ 1 ศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมสำหรับการผลิตไข่น้ำด้วยระบบไฮโดรโปนิกส์</u>

ตารางภาคผนวกที่ 1 แสดงผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ของน้ำหนักสด ซึ่งทำการเลี้ยงในน้ำที่มีชนิดปุ๋ย ระดับน้ำ ออกซิเจน และการพรางแสงเป็นเวลา 20 วัน โดยวิเคราะห์แบบ Split-Split-Split-Split-Plot Design

Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F	%CV
A	1	73860.675	73860.675	12.450**	14.278
Error (a)	4	21141.526	5285.382		
B	2	369887.421	184943.710	31.174**	19.389
AB	2	261905.525	130952.762	22.074**	
Error (b)	8	77979.900	9747.487		
C	1	782475.815	782475.815	131.895**	10.903
AC	1	81816.411	81816.411	13.791**	
BC	2	15583.512	7791.756	1.313^{ns}	
ABC	2	201900.860	100950.430	17.016**	
Error (c)	12	36985.033	3082.086		
D	2	5349797.609	2674898.805	450.885**	15.292
AD	2	52849.917	26424.959	4.454*	
BD	4	28116.512	7029.128	1.185^{ns}	
CD	2	19894.499	9947.250	1.677^{ns}	
ABCD	14	259799.494	18557.107	3.128**	
Error (d)	48	291037.523	6063.282		
Total	107	7925032.230			

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ * = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และ ** = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางภาคผนวกที่ 2 แสดงผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ของน้ำหนักแห้ง ซึ่งทำการเลี้ยงในน้ำที่มีชนิดปุ๋ย ระดับน้ำ ออกซิเจน และการพรางแสงเป็นเวลา 20 วัน โดยวิเคราะห์แบบ Split-Split-Split-Split-Plot Design

Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F	%CV
A	1	407.090	407.090	84.450**	16.688
Error (a)	4	24.895	6.224		
B	2	322.951	161.476	33.498**	19.758
AB	2	703.470	351.735	72.966**	
Error (b)	8	69.802	8.725		
C	1	1050.192	1050.192	217.859**	11.191
AC	1	.345	0.345	0.071^{ns}	
BC	2	28.330	14.165	2.938^{ns}	
ABC	2	297.165	148.582	30.823**	
Error (c)	12	33.584	2.799		
D	2	5046.445	2523.222	523.435**	14.281
AD	2	143.350	71.675	14.869**	
BD	4	61.732	15.433	3.202*	
CD	2	62.542	31.271	6.487**	
ABCD	14	278.876	19.920	4.132**	
Error (d)	48	218.795	4.558		
Total	107	8749.564			

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ * = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และ ** = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางภาคผนวกที่ 3 แสดงผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ของคลอโรฟิลล์ A ซึ่งทำการเลี้ยงในน้ำที่มีชนิดปุ๋ย ระดับน้ำ ออกซิเจน และการพรางแสงเป็นเวลา 20 วัน โดยวิเคราะห์แบบ Split-Split-Split-Split-Plot Design

Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F	%CV
A	1	0.079	0.079	6.069^{ns}	14.755
Error (a)	4	0.058	0.015		
B	2	0.362	0.181	13.910**	9.332
AB	2	0.536	0.268	20.556**	
Error (b)	8	0.045	0.006		
C	1	0.112	0.112	8.579*	6.599
AC	1	0.073	0.073	5.581*	
BC	2	0.241	0.121	9.264**	
ABC	2	0.321	0.161	12.339**	
Error (c)	12	0.042	0.003		
D	2	0.370	0.185	14.211**	13.737
AD	2	0.128	0.064	4.932*	
BD	4	0.257	0.064	4.931**	
CD	2	0.084	0.042	3.228*	
ABCD	14	0.952	0.068	5.222**	
Error (d)	48	0.625	0.013		
Total	107	4.287			

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ * = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และ ** = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางภาคผนวกที่ 4 แสดงผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ของคลอโรฟิลล์ B ซึ่งทำการเลี้ยงในน้ำที่มีชนิดปุ๋ย ระดับน้ำ ออกซิเจน และการพรางแสงเป็นเวลา 20 วัน โดยวิเคราะห์แบบ Split-Split-Split-Split-Plot Design

Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F	%CV
A	1	0.003	0.003	1.301^{ns}	12.422
Error (a)	4	0.008	0.002		
B	2	0.044	0.022	9.339**	8.784
AB	2	0.083	0.041	17.602**	
Error (b)	8	0.009	0.001		
C	1	0.005	0.005	2.302ns	8.784
AC	1	0.011	0.011	4.873*	
BC	2	0.028	0.014	5.916*	
ABC	2	0.043	0.021	9.035**	
Error (c)	12	0.016	0.001		
D	2	0.071	0.035	14.998**	12.422
AD	2	0.034	0.017	7.133**	
BD	4	0.065	0.016	6.907**	
CD	2	0.009	0.005	2.016ns	
ABCD	14	0.126	0.009	3.831**	
Error (d)	48	0.113	0.002		
Total	107	0.668			

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ * = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และ ** = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางภาคผนวกที่ 5 แสดงผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ของคลอโรฟิลล์ AB ซึ่งทำการเลี้ยงในน้ำที่มีชนิดปุ๋ย ระดับน้ำ ออกซิเจน และการพรางแสงเป็นเวลา 20 วัน โดยวิเคราะห์แบบ Split-Split-Split-Split-Plot Design

Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F	%CV
A	1	0.113	0.113	4.449ns	13.437
Error (a)	4	0.105	0.026		
B	2	0.615	0.307	12.064**	9.128
AB	2	1.018	0.509	19.968**	
Error (b)	8	0.094	0.012		
C	1	0.167	0.167	6.536*	7.453
AC	1	0.143	0.143	5.598*	
BC	2	0.433	0.216	8.496**	
ABC	2	0.596	0.298	11.690**	
Error (c)	12	0.098	0.008		
D	2	0.764	0.382	14.990**	13.176
AD	2	0.289	0.145	5.679**	
BD	4	0.568	0.142	5.572**	
CD	2	0.146	0.073	2.867ns	
ABCD	14	1.737	0.124	4.870**	
Error (d)	48	1.223	0.025		
Total	107	8.108			

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ * = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และ ** = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

<u>การทดลองที่ 2 ศึกษาอายุการเก็บเกี่ยวต่อรอบปลูกที่เหมาะสมในการผลิตไข่น้ำด้วยระบบไฮโดรโปนิกส์</u>

ตารางภาคผนวกที่ 6 แสดงผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ของน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งไข่น้ำ ซึ่งทำการเลี้ยงเป็นเวลา 20 วัน โดยวิเคราะห์ Treatment combination แบบ CRD

Source	Dependent	df	Sum of Squares	Mean Square	F	%CV
Treatment	Fresh weight	5	659193	131839	16.0**	8.99
	Dry weight	5	1032.20	206.439	143**	3.13
	GR	5	65.8898	13.1780	15.9**	9.97
Error	Fresh weight	12	99142	8262		
	Dry weight	12	17.33	1.444		
	GR	12	9.9192	0.8266		
Total	Fresh weight	17	758334			
	Dry weight	17	1049.53			
	GR	17	75.8090			

หมายเหตุ ** = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 7 แสดงผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ของคลอโรฟิลล์ A, B และ AB ในไข่น้ำ ซึ่งทำการเลี้ยงเป็นเวลา 20 วัน โดยวิเคราะห์ Treatment combination แบบ CRD

Source	Dependent	df	Sum of Squares	Mean Square	F	%CV
Treatment	CHA	5	0.17184	0.03437	3.07ns	12.14
	CHB	5	0.03789	0.00758	2.74ns	16.47
	CHAB	5	0.28544	0.05709	2.52ns	12.57
Error	CHA	12	0.13413	0.01118		
	CHB	12	0.03320	0.00277		
	CHAB	12	0.27233	0.02269		
Total	CHA	17	0.30598			
	CHB	17	0.07109			
	CHAB	5	0.17184			

หมายเหตุ ** = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางภาคผนวกที่ 8 แสดงผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ของค่าสีไข่น้ำ ซึ่งทำการเลี้ยงเป็นเวลา 20 วัน โดยวิเคราะห์ Treatment combination แบบ CRD

Source	Dependent	df	Sum of Squares	Mean Square	F	%CV
Treatment	L	5	16.0488	3.20977	5.35**	2.78
	A	5	0.89596	0.17919	1.19ns	3.99
	B	5	8.1046	1.62091	4.72*	4.33
Error	L	12	7.2005	0.60004		
	A	12	1.81253	0.15104		
	B	12	4.1210	0.34342		
Total	L	17	23.2494			
	A	17	2.70849			
	B	17	12.2256			

หมายเหตุ ** = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 9 แสดงผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ความชื้นและโปรตีน ในไข่น้ำ ซึ่งทำการเลี้ยงเป็นเวลา 20 วัน โดยวิเคราะห์ Treatment combination แบบ CRD

Source	Dependent	df	Sum of Squares	Mean Square	F	%CV
Treatment	MC	5	5.64232	1.12846	23.8**	0.23
	Protein	5	96.451	19.2903	9.03**	3.97
Error	MC	12	0.56853	0.04738		
	Protein	12	25.643	2.1369		
Total	MC	17	6.21085			
	Protein	17	122.094			

หมายเหตุ ** = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

<u>การทดลองที่ 3 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงหลังการเก็บเกี่ยวไข่น้ำที่ผลิตด้วยระบบไฮโดรโปนิกส์</u>

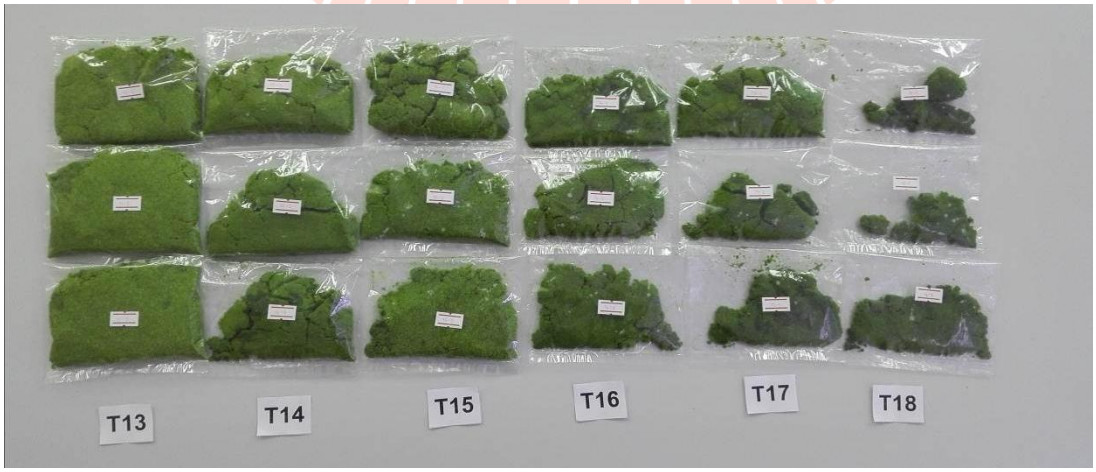
ตารางภาคผนวกที่ 10 แสดงผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์การสูญเสียน้ำหนักสด (%)ไข่น้ำ โดยวิเคราะห์ Treatment combination แบบ CRD

Source	Dependent	df	Sum of Squares	Mean Square	F	%CV
Treatment	Day1	2	29546.3	14773.1	538**	19.97
	Day2	2	61683.2	30841.6	1031**	11.99
	Day3	1	745.29	745.290	26.1 **	16.19
	Day4	1	1214.52	1214.52	42.7**	12.68
Error	Day1	51	1400.0	27.5		
	Day2	51	1525.4	29.9		
	Day3	34	969.71	28.521		
	Day4	51	966.62	28.43		
Total	Day1	53	30946.2			
	Day2	53	63208.7			
	Day3	35	1715.00			
	Day4	35	2181.15			

หมายเหตุ ** = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาพแสดงลักษณะไข่น้ำ น้ำหนักสด หลังเก็บเกี่ยวในระยะเวลา 20 วัน



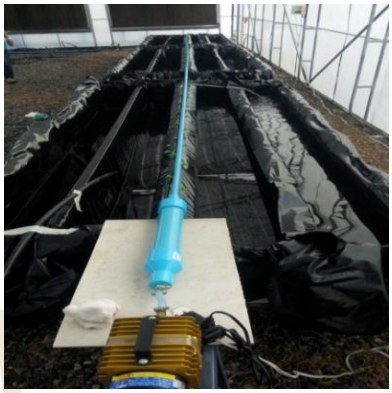
T19
T20
T21
T22
T23
T24

T25
T26
T27
T28
T29
T30

T31
T32
T33
T34
T35
T36

ภาพแสดงด้านต่างๆ ของแปลงทดลอง

รางเพาะเลี้ยงไข่น้ำ



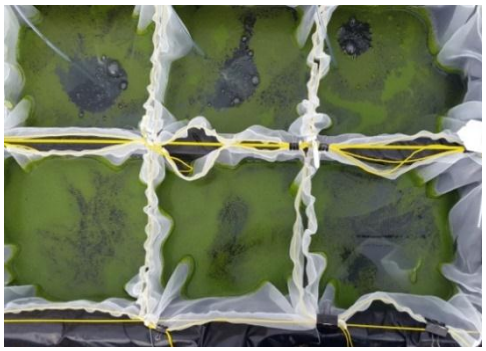
การต่อปั๊มลมออกซิเจน

ตาข่ายสำหรับเพาะเลี้ยงไข่น้ำ

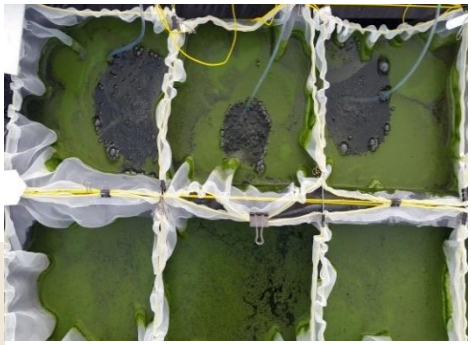
ปล่อยไข่น้ำ 10 กรัมต่อช่องตาข่าย

ภาพแสดงลักษณะแม่พันธุ์ไข่น้ำ

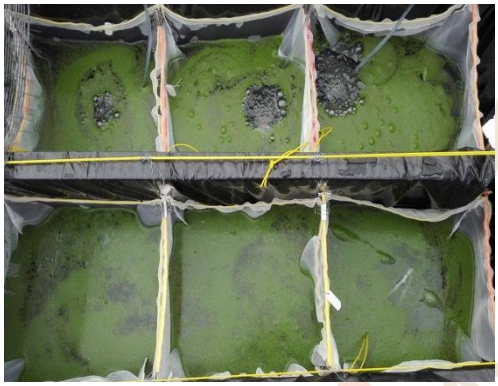
ลักษณะไข่น้ำหลังปล่อยเพาะเลี้ยง



ปุ๋ยเคมีอายุ 9 วันหลังเพาะเลี้ยง



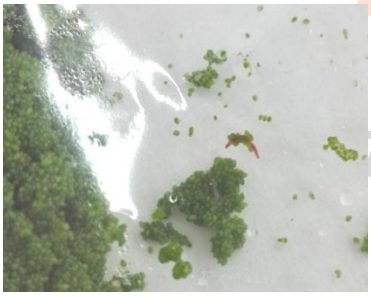
ปุ๋ยไฮโดรโปนิกส์อายุ 9 วันหลังเพาะเลี้ยง



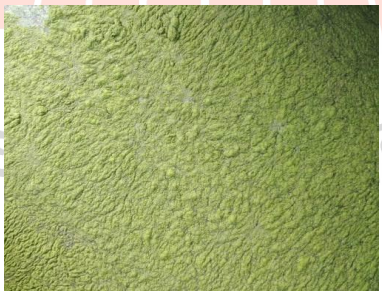
ปุ๋ยเคมีอายุ 20 วันหลังเพาะเลี้ยง

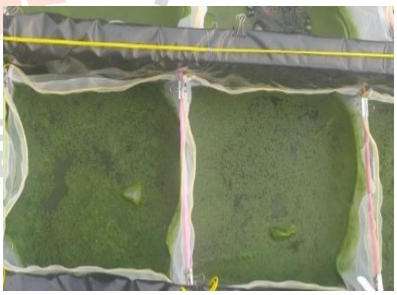
ปุ๋ยไฮโดรโปนิกส์อายุ 20 วันหลังเพาะเลี้ยง

ปัญหาที่พบ



หนอน





ตะไคร่น้ำ

ประวัตินักวิจัย

<u>หัวหน้าโครงการวิจัย</u>

1. ชื่อ (ภาษาไทย) นาย อารักษ์ ธีรอำพน

(ภาษาอังกฤษ) Mr. Arak Tira-umphon

2. หมายเลขบัตรประจำตัวประชาชน 3 4098 00086 xx x

3. ตำแหน่งปัจจุบัน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.

4. หน่วยงาน สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตพืช สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา
โทรศัพท์ 0-4422-4358,-4204 โทรสาร 0-4422-4281
E-mail address:
arak@sut.ac.th, arakkorat@gmail.com,

5. ประวัติการศึกษา

2548 – 2551 ระดับปริญญาเอก จาก มหาวิทยาลัยตูลูส ประเทศฝรั่งเศส (INP/ENSAT, Toulouse, France) หัวข้อวิทยานิพนธ์ <<Influence of the ethylene on the grape berry development and related-genes expression >>

2547 ระดับประกาศนียบัตร จาก มหาวิทยาลัยตูลูส (INP/ENSAT, Toulouse, France) หัวข้อรายงาน << Role of the Ethylene in the Expression of the Glucose-Flavonoid UDP 3 ô-Glucosyltransferase (UFGT) of the Grape Tissues >>

2534 - 2538 ระดับปริญญาโท (เกษตรศาสตร์) วิชาเอก การปรับปรุงพันธุ์พืชสวน
วิชารอง พันธุศาสตร์ จาก มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
หัวข้อวิทยานิพนธ์ << Genetic Variation in Growth and Yield of Crosses between Broccoli and Chinese Kale >>

2530 – 2533 ระดับปริญญาตรี (เกษตรศาสตร์) วิชาเอก พืชสวน มหาวิทยาลัยขอนแก่น

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ

การปรับปรุงพันธุ์พืช (plant breeding), สรีรวิทยาและเทคโนโลยีชีวภาพพืช (plant physiology and biotechnology), เทคโนโลยีการผลิตผักและเมล็ดพันธุ์ผัก (vegetable crop and seed production technology), เทคโนโลยีการผลิตพืชสวน(horticultural crop production technology)

7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ

7.1 หัวหน้าโครงการวิจัย – งานวิจัยที่แล้วเสร็จ

- การทดสอบพันธุ์ถั่วเหลืองฝักสดที่เหมาะสมสำหรับการปลูกในจังหวัดนครราชสีมา. วช.2540.
- การทดสอบระบบการปลูกและสูตรอาหารที่เหมาะสมสำหรับการผลิตแตงเทศโดยไม่ใช้ดิน ระยะ 1-2. วช.2542-2543.
- การผลิตผักคะน้าจีนอนามัยเชิงธุรกิจโดยวิธีผสมผสาน. วช.2544.
- ระบบการปลูก สูตรสารละลายธาตุอาหาร ภาชนะปลูกและวัสดุปลูกที่เหมาะสมสำหรับการปลูกผักกาดหอมโดยไม่ใช้ดิน. วช.2545.
- ความปรวนแปรทางพันธุกรรมของการเจริญเติบโตและผลผลิตในการผสมระหว่างแตงไทยกับแตงแคนตาลูป. วช.2553.
- คลินิกเทคโนโลยี โครงการการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน: เทคโนโลยีทางเลือก. สกอ. 2553.
- คลินิกเทคโนโลยี โครงการการแก้ไข ฟื้นฟู และบริหารจัดการพื้นที่เกษตรกรรมหลังน้ำลด. กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 2555.
- คลินิกเทคโนโลยี โครงการการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน. กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 2555.
- ความแปรปรวนทางพันธุกรรมในกล้วยไม้ลูกผสมสกุล *Doritaenopsis* ที่ถูกชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์ในสภาพปลอดเชื้อ. วช.2555-2556.
- ความสัมพันธ์ระหว่างความปรวนแปรทางพันธุกรรมกับลักษณะทางสัณฐานวิทยาของแตงเทศและแตงไทย จากเทคนิค ISSR. วช.2555.
- สถานภาพและปัญหาในระบบการผลิต การปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวและการตลาดของผักเศรษฐกิจในเขตจังหวัดนครราชสีมา. วช.2556. (หัวหน้าโครงการ) – อยู่ระหว่างดำเนินการ

- ระบบผู้เชี่ยวชาญเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับการปลูกแตงเทศเป็นการค้า. วช.2557.
- คลินิกเทคโนโลยี โครงการ การผลิตเมล็ดพันธุ์ผักอินทรีย์. กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 2557.

7.2 ผู้ร่วมโครงการวิจัย – งานวิจัยที่แล้วเสร็จ

- ศักยภาพในการนำวัสดุพลอยได้จากโรงงานอุตสาหกรรม และวัสดุธรรมชาติมาใช้เป็นวัสดุปรับปรุงบำรุงดิน. สกว. 2550.
- การปรับปรุงระบบปลูกพืชในโรงเรือน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและลดต้นทุนการผลิต. ITAP. กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2553.
- การฟื้นฟูและเยียวยาผู้ประสบอุทกภัยหลังน้ำลดด้วยงานวิจัยของ วช. 2554.

7.3 งานวิจัยที่กำลังทำ (หัวหน้าโครงการ)

- ความแปรปรวนทางพันธุกรรมของการเจริญเติบโตและผลผลิตในการผสมระหว่างแตงไทยกับแตงแคนตาลูป ระยะที่ 2. วช.2557. (อยู่ระหว่างการเขียนรายงานวิจัย)
- ผลของปัจจัยบางประการต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และการเก็บรักษาไข่น้ำด้วยระบบไฮโดรโปนิกส์. วช.2588. (หัวหน้าโครงการ) (อยู่ระหว่างการเขียนรายงานวิจัย)
- การพัฒนาป่าชุมชนในเขตเทศบาลตำบลสุรนารี อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา เพื่อการอนุรักษ์และฟื้นฟูฐานทรัพยากรสมุนไพรอย่างยั่งยืน. วช.2558. (อยู่ระหว่างดำเนินการ)
- ความเข้มข้นของฮอร์โมนกลุ่มไซโตรไคนินที่เหมาะสมสำหรับการเพิ่มปริมาณต้นกล้วยไม้สกุล *Doritaenopsis* ที่ได้จากการกลายพันธุ์. วช.2558. (อยู่ระหว่างดำเนินการ)
- การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อกล้วยไม้เหลืองโคราชเพื่อการต่อยอดเชิงพาณิชย์. กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2558. (อยู่ระหว่างดำเนินการ)
- โครงการ หมู่บ้านเมล็ดพันธุ์ผักสลัดอินทรีย์วังน้ำเขียว. 2558-2560. (อยู่ระหว่างดำเนินการ)

7.4 เอกสารตีพิมพ์

<u>วารสารระดับนานาชาติ (International Journal)</u>

1) Tira-umphon A, Chervin, C., El-Kereamy, A., Roustan, J,P., Lamon, J., Latche, A.,

Kanellis, A., and Bouzayen, M. (2005). Ethylene is required for the ripening of grape. Acta Horticulturae (689): 251-256.

2) Tira-umphon A, Roustan, J.P. and Chervin, C. (2007). The stimulation by ethylene of the UDP glucose-flavonoid 3-*O*-glucosyltransferase (UFGT) in grape tissues is independent from the MybA transcription factors. Vitis 46(4): 210-211.

3) Chervin C, Tira-umphon A., Terrier, N., Zouine, M., Severac, D. and Roustan, J.P. (2008). Stimulation of the grape berry expansion by ethylene and affects on related gene transcripts over the ripening phase. Physiol. Plant. (134): 534–546.

4) Chervin C, Tira-umphon A, Chatelet, P, Jauneau, A, Boss, PK and Tesniere C (2009) Ethylene and other stimuli affect expression of the UDP glucose-flavonoid 3-O-glucosyltransferase in a non-climacteric fruit. Vitis (48): 11-16.

5) Sukkaew, P. and Tira-umphon, A. (2013). Effects of Storage Conditions on Allicin Content in Garlic (Allium sativum). Acta Horticulturae (969): 209-212.

6) Jiaju, L., Tira-umphon, A., Zhengxue, Z., Shifu, L. and Lan, Y. (2014). Effect of Bacteriostat (Qianxing No.1) on Open Tissue Culture of Sugarcane. Agricultural Science & Technology. 15(9): 1478-1481.

<u>การประชุมสัมมนาวิชาการระดับนานาชาติ (International Conference)</u>

1) Tira-umphon A, C Chervin, N Terrier, Roustan JP. (2006). The ethylene effect on the berry diameter and related gene expression in grape. *In* Europe-Asia symposium on Quality Management in Postharvest Systems, 3 – 6 December 2007, Bangkok, Thailand.

2) Tira-umphon A, Chervin C, PK Boss, Chatelet P, Jauneau A, Tesniere C, El-Kereamy A, Torregrosa L, Thomas MR, Roustan JP, Bouzayen M. (2006). Roles for ethylene in the expression of the UDP glucose-flavonoid 3-O-glucoslyltransferase in grape tissues. *In* XIIIéme Forum des Jeunes Chercheurs,
5 - 8 September 2006, Ciermont-Ferrand, France.

3) Jaidee S., Wonprasaid S., Wongkeaw, S., Tira-umphon, A. and Boonkerd, N. (2010). Effects of Ethephon Application on Grape Fruit Quality and Yield. In 16th Asian

Agricultural Symposium and 1st International Symposium on Agricultural Technology Proceedings “Sufficiency Agriculture”. 25-27 August 2010, Bangkok, Thailand.

4) Sukkaew, P. and Tira-umphon, A. (2012). Effects of storage conditions on allicin content in garlic (Allium sativum). *In* the 6th International Symposium on Edible Alliaceae. 21-24 May 2012, Fukuoka, Japan.

5) Dedboon, J. and Tira-umphon, A. (2014). Genetic Variation Induction in *Doritaenopsis* Hybrid by Gamma Irradiation in vitro. *In* the 11th Asia Pacific Orchid Conference. 2-11 February 2013, Okinawa, Japan.

6) Tira-umphon A. and Sibponkrung, S. (2014). Generation Mean Analysis of Fruit Characteristics in Crosses between Thai melon (*Cucumis melo* L. var. conomon) and Cantaloupe (*Cucumis melo* L. var. recticularis). In the 29th International Horticultural Congress 2014. 17-22 August 2014, Brisbane, Australia.

7) Tira-umphon A. and Sripongprapai, S. (2015). Gene Effect Evaluation of Fruit Characters and Their Related to Shelf Life in A Cross between Thai melon and Cantaloupe, *In* the V International Symposium on Cucurbits 2015. 22-26 June 2015, Murcia, Spain.

8) 8).Tongdeenok T. and Tira-Umphon, A. (2016). Intraspecific classification of Cantaloupe (*Cucumis melo* L. var. recticularis Naudin.) and Thai Melon (*Cucimis melo* L. var. conomon) in molecular variation. *In* the 3rd International Conference Agriculture and Forestry (ICOAF 2016). 1–3 June 2016, Manila, Philippines.

9) Jiaju L., Tira-umphon A., Guoqiong Y., Shifu L., Erqi H., and Chaoyun L. (2016). Application of CO_2 Gas Fertilizer in Sugar-free Tissue Culture for Sugarcane. *In* the 7th International Crop Science Congress. 14-19 August 2016. Beijing, China.

<u>วารสารระดับชาติ (National Journal)</u>

1) Tira-umphon, A. (1998). Vegetable Soybean Variety Trial in Nakhon Ratchasima. Suranaree Journal Science Technology 7:232-241.

2) Tira-umphon, A. and Kumthong U. (2001). Soilless Culture System of Melon Testing between NFT and DWT. Agricultural Science Journal 32 (1-4):77-85.

3) Tira-umphon, A. and Kumthong U. (2001). Comparison of Melon Cultivars in Greenhouse and Field in Rainy Season. Agricultural Science Journal

32(1-4):147- 50.

4) Sukkaew, P. and Tira-umphon, A. (2013). Effects of Nitrogen and Sulfur on Allicin Content in Garlic (Allium sativum L.). Khon Kaen Agri. J. 41 Suppl. 1.:273-277.

5) Sibponkrung, S. and Tira-umphon, A. (2010). Genetic Variability of Fruit Characteristics between Thai Melon (*Cucumis melo* var. conomon), and Cantaloupe (*Cucumis melo* L. var. cantalupensis) Hybrids. Agricultural Sci. J.
42 3/1 (Suppl):211-214.

6) Sripongprapai, S. and Tira-umphon, A. (2015). Genetic variation of fruit of shelf-life in a cross between Thai melon (*Cucumis melo* var. conomon) and Cantaloupe (*Cucumis melo* L. var. cantaloupensis). Khon Kaen Agr. J. 43(2):353-358.

<u>การประชุมสัมมนาวิชาการระดับชาติ (National Conference)</u>

1) Tira-umphon, A. and Leonorasae, K. (2001). Suitable of Soilless culture system for melon Production. *In* Proceeding of the 5th Khon Kaen University Annual Agriculture Seminar, 26-27 January 2001, Khon Kaen.

2) Tira-umphon, A. and Kumthong, U. (2001) Comparison of suitable melon cultivars for the greenhouse production. *In* Proceeding of the 39th Kasetsart University Annual Conference, 5 -7 February 2001, Bangkok.

3) Tira-umphon, A. and Srimunvai, P. (2009). The Comparison of Melon Varieties in Hydroponic System. *In* Proceeding of the 8th National Horticultural Congress, 6-9 May 2009, Chiang Mai.

4) Sibponkrung, S. and Tira-umphon, A. (2010). Genetic Variability of Fruit Characteristics between Thai Melon (*Cucumis melo* var. conomon), and Cantaloupe (*Cucumis melo* L. var. cantalupensis) Hybrids. *In* Proceeding of the 10th National Horticultural Congress, 18-20 May 2010, Bangkok.

5) Sukkaew, P. and Tira-umphon, A. (2013). Effects of Nitrogen and Sulfur on Allicin Content in Garlic (Allium sativum L.). *In* Proceeding of the 14th Khon Kaen University Annual Agriculture Seminar, 28-29 January 2013, Khon Kaen.

6) Sripongprapai, S. and Tira-umphon, A. (2014). Genetic variation of correlated characters of shelf-life in a cross between Thai melon (*Cucumis melo* var. conomon) and Cantaloupe

(*Cucumis melo* L. var. cantaloupensis). *In* Proceeding of the 52nd Kasetsart University Annual Conference, 4-7 February 2014, Bangkok.

7) Tira-umphon A., Lohanut P., Yenwaree S. and Nakmai A. (2016). Situation of Organic Lettuce Seed Handling of Sufficiency Economy Settlements, Wang Nam Khiao District, Nakhon Ratchasima. *In* Proceedings of the 13th National Seed Conference, 21-25 June 2016, Surin.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี