

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
Abstract	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ญ
<b>บทที่ 1 บทนำ</b>	<b>1</b>
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตของการศึกษา	2
1.4 กรอบแนวคิด	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
1.6 นิยามศัพท์	4
1.7 คำสำคัญ	4
1.8 ระยะเวลาในการวิจัย	4
<b>บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง</b>	<b>5</b>
2.1 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	5
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	21
<b>บทที่ 3 วิธีดำเนินการ</b>	<b>23</b>
3.1 การออกแบบต้นแบบชุดเพาะปลูกในน้ำแบบประหยัดพลังงาน	23
3.2 วิธีดำเนินการทดลอง	29
3.3 การวิเคราะห์สารละลายธาตุอาหาร	37

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
<b>บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและอภิปราย</b>	38
4.1 ประสิทธิภาพการทำงานของชุดเพาะปลูกในน้ำแบบประหยัดพลังงาน	38
4.2 ผลการวิเคราะห์และเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของผักสลัดกรีนคอส	40
4.3 ผลการวิเคราะห์สารละลายธาตุอาหาร	47
4.4 เปรียบเทียบการทำงานของชุดเพาะปลูกในน้ำแบบประหยัดพลังงาน	51
<b>บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ</b>	53
5.1 สรุปผลการวิจัย	53
5.2 ข้อเสนอแนะ	54
เอกสารอ้างอิง	55
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก ข้อมูลการเจริญเติบโตของผักสลัดกรีนคอส	58
ภาคผนวก ข ข้อมูลการวิเคราะห์สารละลายธาตุอาหาร	71
ภาคผนวก ค ข้อมูลการวิเคราะห์ทางสถิติ (T-Test)	74
ภาคผนวก ง ข้อมูลการคำนวณค่าไฟฟ้าและค่าแรงงาน	92
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	95

## สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
2.1 รูปของธาตุอาหารที่พืชนำไปใช้	12
2.2 สารที่ใช้ปรับ pH ของสารละลายธาตุอาหาร	20
3.1 วัสดุอุปกรณ์สำหรับโครงสร้างชุดเพาะปลูกในน้ำ	26
3.2 วัสดุอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์	27
3.3 การเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์สารละลายธาตุอาหารที่เติมเข้าระบบ	37
4.1 การทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของชุดเพาะปลูกในน้ำแบบประหยัดพลังงาน	38
4.2 ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของชุดเพาะปลูกในน้ำที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าจากบ้านเรือน	51
4.3 ปริมาณค่าไฟฟ้าที่ใช้ในการเดินระบบ	52
ภาคผนวก ก.1 การเจริญเติบโตของผักสลัดกรีนคอสในชุดการทดลองที่ 1	59
ภาคผนวก ก.2 การเจริญเติบโตของผักสลัดกรีนคอสในชุดการทดลองที่ 1	60
ภาคผนวก ก.3 การเจริญเติบโตของผักสลัดกรีนคอสในชุดการทดลองที่ 1	61
ภาคผนวก ก.4 การเจริญเติบโตของผักสลัดกรีนคอสในชุดการทดลองที่ 2	62
ภาคผนวก ก.5 การเจริญเติบโตของผักสลัดกรีนคอสในชุดการทดลองที่ 2	63
ภาคผนวก ก.6 การเจริญเติบโตของผักสลัดกรีนคอสในชุดการทดลองที่ 2	64
ภาคผนวก ก.7 การเจริญเติบโตของผักสลัดกรีนคอสในชุดการทดลองที่ 3	65
ภาคผนวก ก.8 การเจริญเติบโตของผักสลัดกรีนคอสในชุดการทดลองที่ 3	66
ภาคผนวก ก.9 การเจริญเติบโตของผักสลัดกรีนคอสในชุดการทดลองที่ 3	67
ภาคผนวก ก.10 การเจริญเติบโตของผักสลัดกรีนคอสในชุดการทดลองที่ 4	68
ภาคผนวก ก.11 การเจริญเติบโตของผักสลัดกรีนคอสในชุดการทดลองที่ 4	69
ภาคผนวก ก.12 การเจริญเติบโตของผักสลัดกรีนคอสในชุดการทดลองที่ 4	70
ภาคผนวก ข.1 การวิเคราะห์สารละลายธาตุอาหารของผักสลัดกรีนคอส	72
ภาคผนวก ข.2 การวิเคราะห์สารละลายธาตุอาหารของผักสลัดกรีนคอส	73
ภาคผนวก ค.1 วิเคราะห์ค่า T-Test ของการเจริญเติบโตของความยาวใบ ของผักสลัดกรีนคอส ชุดการทดลองที่ 1 และ 2	75
ภาคผนวก ค.2 วิเคราะห์ค่า T-Test ของการเจริญเติบโตของความยาวใบ ของผักสลัดกรีนคอส ชุดการทดลองที่ 1 และ 3	75





## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
ภาคผนวก ค.29 วิเคราะห์ค่า T-Test ของการเจริญเติบโตของความยาวราก ของผักสลัดกรีนคอส ชุดการทดลองที่ 3 และ 4	89
ภาคผนวก ค.30 วิเคราะห์ค่า T-Test ของค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายธาตุอาหาร	89
ภาคผนวก ค.31 วิเคราะห์ค่า T-Test ของค่าความเป็นกรด - ด่างของสารละลายธาตุ อาหาร	90
ภาคผนวก ค.32 วิเคราะห์ค่า T-Test ของค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมดของสารละลาย ธาตุอาหาร	90
ภาคผนวก ค.33 วิเคราะห์ค่า T-Test ของอุณหภูมิของสารละลายธาตุอาหาร	91

## สารบัญญภาพ

ภาพ	หน้า
1.1 กรอบแนวคิด	3
3.1 แบบจำลองชุดเพาะปลูกในน้ำแบบประหยัดพลังงานชุดที่ 1 และ 2	24
3.2 แบบจำลองชุดเพาะปลูกในน้ำแบบประหยัดพลังงานชุดที่ 3 และ 4	25
3.3 โครงสร้างชุดเพาะปลูกในน้ำแบบประหยัดพลังงาน	29
3.4 โค้ดคำสั่งการเชื่อมต่อกับแอปพลิเคชัน Blynk	30
3.5 โค้ดเชื่อมต่อแม่ข่ายเวลา	31
3.6 โค้ดเชื่อมต่อแม่ข่ายเวลา	32
3.7 โค้ดคำสั่งการทำงานของเซนเซอร์	33
3.8 โค้ดคำสั่งการทำงานของเซนเซอร์	34
3.9 แผนผังคำสั่งการทำงานของระบบ	35
3.10 แผนผังคำสั่งย่อยการอ่านค่าความเข้มแสง	36
4.1 อัตราการไหลของน้ำ	39
4.2 การทำงานของเซนเซอร์วัดค่าความเข้มแสง	40
4.3 ความยาวและความกว้างใบของผักสลัดกรีนคอส	41
4.4 ความยาวรากของผักสลัดกรีนคอส	43
4.5 จำนวนใบของผักสลัดกรีนคอส	44
4.6 ความสูงของผักสลัดกรีนคอส	46
4.7 ค่าการนำไฟฟ้าของปุ๋ย AB และฮอริโมนนมถั่วเหลือง	47
4.8 ค่าความเป็นกรด – ด่างของปุ๋ย AB และฮอริโมนนมถั่วเหลือง	48
4.9 ค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมดของปุ๋ย AB และฮอริโมนนมถั่วเหลือง	49
4.10 ค่าอุณหภูมิของปุ๋ย AB และฮอริโมนนมถั่วเหลือง	50