

การสร้างและหาประสิทธิภาพระบบควบคุมสภาพแวดล้อมของการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์  
แบบอัตโนมัติด้วย Internet of Things  
A Construction and Efficiency Validation of  
Environment Automatic Control System for Hydroponics Vegetables  
by Internet of Things

วิทยา ปัญญาภาศ<sup>1</sup> โสภภาพรรณ ใฝ่นันตา<sup>1</sup>อดุลย์ ชูบาล<sup>3</sup> พิมลพรรณ ไชยตา<sup>4</sup>

Wittaya Panyagad<sup>1</sup> Sopapan Fainunta<sup>2</sup> Adul Chuban<sup>3</sup> Pimonphun chaita<sup>4</sup>

<sup>1</sup>ครูชำนาญการพิเศษ แผนกวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยเทคนิคลำปาง E-mail:wittaya\_lp@hotmail.com

<sup>2</sup>ครูชำนาญการ แผนกวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยเทคนิคลำปาง E-mail:sopapan\_12@hotmail.com

<sup>3</sup>ครูชำนาญการ แผนกวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยเทคนิคลำปาง E-mail:adunban@hotmail.com

<sup>4</sup>ครูพิเศษสอน แผนกวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยเทคนิคลำปาง E-mail:pimolphan.nun@hotmail.com

### บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพของระบบควบคุมสภาพแวดล้อมของการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์แบบอัตโนมัติด้วย Internet of Things ซึ่งมีประชากรและกลุ่มตัวอย่างเป็นเกษตรกรผู้ปลูกผักสลัดไฮโดรโปนิกส์ในเขตพื้นที่จังหวัดลำปาง โดยมีเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือ ระบบควบคุมสภาพแวดล้อมของการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์แบบอัตโนมัติ ด้วย Internet of Things และแบบประเมินคุณภาพของระบบควบคุมที่สร้างขึ้น วิธีดำเนินการเริ่มจากการออกแบบสร้างระบบควบคุมสภาพแวดล้อมของการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์แบบอัตโนมัติด้วย Internet of Things ให้มีความสามารถตามขอบเขตที่กำหนด แล้วจึงนำไปทดสอบการทำงานด้วยการจำลองสถานการณ์การทำงานให้แก่ระบบ จากนั้นจึงนำติดตั้งและทดสอบใช้งานจริงในฟาร์มปลูกของเกษตรกรที่เป็นกลุ่มตัวอย่างเป็นเวลา 1 รอบการผลิตหรือประมาณ 45 วัน จากนั้นให้เกษตรกร ผู้ทดลองใช้ทำการตอบแบบสอบถาม เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ด้วยค่าสถิติที่เป็นค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัยพบว่า ระบบควบคุมสภาพแวดล้อมของการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์แบบอัตโนมัติด้วย Internet of Things ที่สร้างขึ้น สามารถตรวจสอบและควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ของอากาศในโรงเรือน และค่า pH ในสารละลายธาตุอาหารของน้ำในระบบได้อย่างอัตโนมัติด้วยสมองกล้องตัวตามขอบเขตที่กำหนด และจากสมาร์ตโฟนด้วยแอปพลิเคชัน Blynk ซึ่งระบบควบคุมที่สร้างขึ้นนั้นมีคุณภาพทางด้านคุณค่าของสิ่งประดิษฐ์อยู่ในระดับมาก รองลงมาเป็นด้านการออกแบบ และด้านการใช้งานตามลำดับ

คำสำคัญ : ผักไฮโดรโปนิกส์ ระบบสมองกล้องตัว Internet of Things

## Abstract

This research aimed to conduct the Environment Automatic Control System and investigate the effectiveness of its through the use of the Internet of Things device. The population and the samplings of this study were the farmers who farmed the Hydroponics vegetables in Lampang province. The Environment automatic control system for Hydroponics vegetables by the Internet of Things and the evaluation test on the use of this system were utilized as the research instruments. The methods of the study were as follows: 1) design the Environment Automatic Control System according to the rationale of the study., 2) experiment the designed system with the model situations., 3) install and experiment the designed system in the real condition farm of the sampling farmers around forty five days or a cycle of the cultivation., 4) investigate the using result through the farmers' questionnaires., and 5) systematically analyze this collected data as the average and standard deviation.

The results revealed that the designed environment automatic control system for Hydroponics vegetables by the Internet of Things device could measure and control the temperature and relative humidity of the farm's temperature. The pH of the chemical solution in the water supply system was also able to be controlled by this designed system. The embedded computer system and the quality of this invention controlled by the Blynk telephone application was in the high satisfactory level. The design and the usage of the invention were also respectively evaluated as satisfactory.

Keywords : Hydroponics vegetables, embedded computer system, Internet of Things

## 1. บทนำ

ปัจจุบันได้เริ่มมีการนำนวัตกรรมเข้ามามีบทบาทมากขึ้นในด้านการพัฒนาประเทศอย่างยั่งยืน ซึ่งสอดคล้องกับนโยบายของรัฐบาล Thailand 4.0 เน้นเศรษฐกิจขับเคลื่อนด้วยนวัตกรรม (Value-Based Economy) โดยทำให้เห็นความสำคัญการคิดค้นนวัตกรรมใหม่ ๆ เพื่อช่วยขับเคลื่อนเศรษฐกิจในยุค Thailand 4.0 ซึ่งเรื่องที่เป็นจุดเน้นมากที่สุดคือ กลุ่มอาหาร กลุ่มเกษตร และกลุ่มเทคโนโลยีชีวภาพ [2] เกษตรกรไทยยุค Thailand 4.0 มีจุดเริ่มต้นหรือที่มาส่วนหนึ่งของ Smart Farmer คือ การไม่ทำร้ายธรรมชาติ ใช้ทรัพยากรเท่าที่จำเป็น ทำแล้วต้องสบายขึ้นเรื่อย ๆ ไม่ใช่ยิ่งทำยิ่งเหนื่อย เช่น การมีพื้นที่เล็ก ๆ แต่สามารถออกแบบให้ปลูกพืชแบบผสมผสานและเกื้อกูลกันได้ ต้องใช้เทคโนโลยีเป็น ซึ่งก็ถูกต้อง เพราะคนที่จะเป็น Smart Farmer ต้องเชื่อมโยงตัวเอง และต้องเข้าใจตั้งแต่กระบวนการผลิต การบริหารจัดการ เข้าใจธรรมชาติ และเข้าใจเทคโนโลยี [3]

การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินด้วยวิธีไฮโดรโปนิคส์ (Hydroponics) เป็นการปลูกพืชที่ไม่ใช้วัสดุปลูก (Non substance หรือ Water Culture) คือ การทำการปลูกพืชลงบนสารละลายธาตุอาหารพืช โดยให้รากพืชสัมผัสกับสารละลายธาตุอาหาร ดังนั้น การปลูกพืชลักษณะนี้ต้องทำการควบคุมคุณภาพของสารละลายธาตุอาหารพืชให้

เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพืช [1] และการปลูกพืชในโรงเรือนที่สามารถควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ให้มีสภาวะพอเหมาะแก่การเจริญเติบโตของพืชพันธุ์ได้นั้น ก็จะทำให้สามารถเพาะปลูกพืช ผัก ผลไม้ ได้อย่างมีคุณภาพและมีปริมาณตามที่ต้องการ โดยเฉพาะผักไฮโดรโปนิคส์ที่มีอายุเฉลี่ย 45 วัน ผู้ปลูกสามารถประมาณการปริมาณสำหรับบริโภคและจัดจำหน่ายได้อย่างแน่นอน และทำให้มีจำนวนรอบของการปลูกสูงกว่าการปลูกพืชแบบใช้ดิน และยังใช้พื้นที่ในการเพาะปลูกน้อยกว่าอีกด้วย

ดังนั้น การนำระบบควบคุมอัตโนมัติที่ใช้สมองกลฝังตัว (Embedded) ที่มีความสามารถเชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ตหรือที่เรียกว่า “Internet of Things” เข้ามาใช้กับการปลูกผักไฮโดรโปนิคส์ ก็จะช่วยลดความผิดพลาดที่เกิดจากทำงานด้วยคน อีกทั้งก็จะช่วยลดการใช้กำลังคน น้ำ และกระแสไฟฟ้า ซึ่งจะเป็นการประหยัดพลังงานที่ใช้ในโรงเรือนได้

## 2. วัตถุประสงค์การวิจัย

- 2.1 เพื่อสร้างระบบควบคุมสภาพแวดล้อมของการปลูกผักไฮโดรโปนิคส์แบบอัตโนมัติด้วย Internet of Things
- 2.2 เพื่อหาประสิทธิภาพของระบบควบคุมสภาพแวดล้อมของการปลูกผักไฮโดรโปนิคส์แบบอัตโนมัติที่สร้างขึ้น

## 3. สมมติฐานของการวิจัย

- 3.1 ระบบควบคุมสภาพแวดล้อมของการปลูกผักไฮโดรโปนิคส์แบบอัตโนมัติด้วย Internet of Things มีประสิทธิภาพตามขอบเขตที่กำหนด
- 3.2 หลังจากทดสอบใช้งานจริงในฟาร์มปลูกของเกษตรกรที่เป็นกลุ่มตัวอย่างเป็นเวลา 1 รอบการผลิตหรือประมาณ 45 วัน เกษตรกรผู้ทดลองใช้มีความพึงพอใจในระดับดี

## 4. วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพระบบควบคุมสภาพแวดล้อมของการปลูกผักไฮโดรโปนิคส์แบบอัตโนมัติด้วย Internet of Things ซึ่งเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการปลูกพืชไร้ดิน โดยมีวิธีการดำเนินการวิจัยดังภาพที่ 1 และรายละเอียดที่สำคัญต่อไปนี้

### 4.1 การศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นเพื่อเตรียมการวิจัย

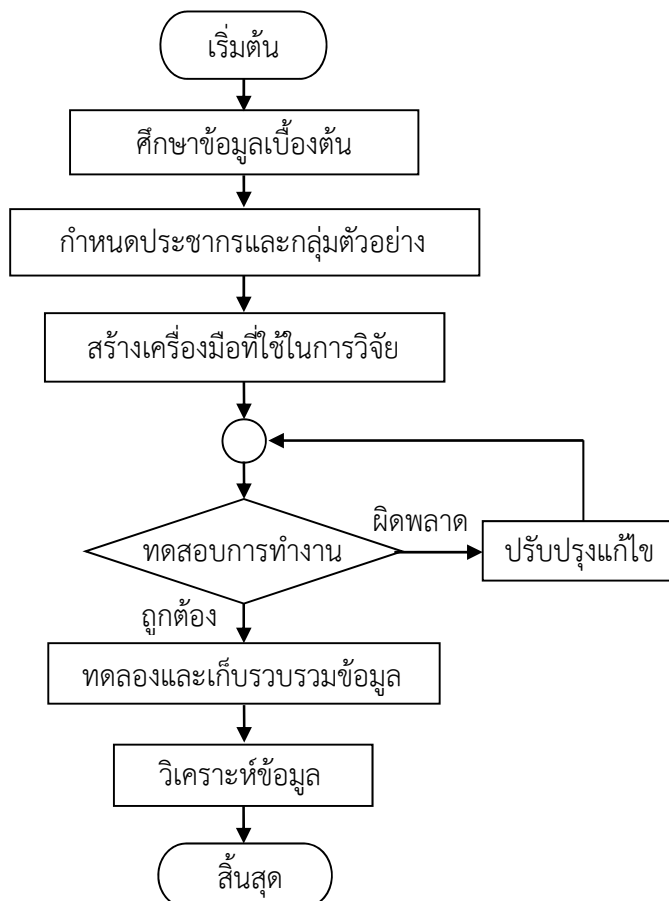
การศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องเพื่อการดำเนินการวิจัยสร้างระบบควบคุมสภาพแวดล้อมของการปลูกผักไฮโดรโปนิคส์แบบอัตโนมัติด้วย Internet of Things นั้น นอกจากจะทำการศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ประกอบด้วย การปลูกพืชไร้ดินในระบบไฮโดรโปนิคส์ Internet of Things ระบบสมองกลฝังตัว เช่น เซอร์วิวดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ เช่น เซอร์วิวดความเป็นกรดเป็นเบสของน้ำ แล้วยังมีการศึกษาจากงานวิจัยโครงการหรือโครงการวิจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นการศึกษา เปรียบเทียบ และนำข้อดีข้อเสีย ข้อเสนอแนะของการวิจัยนำมาเป็นข้อมูล

## 4.2 กำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

การวิจัยได้กำหนดกลุ่มประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ประชากร คือ เกษตรกรผู้ปลูกผักไฮโดรโปนิกส์

กลุ่มตัวอย่าง คือ เกษตรกรผู้ปลูกผักสลัดไฮโดรโปนิกส์ในเขตพื้นที่จังหวัดลำปาง



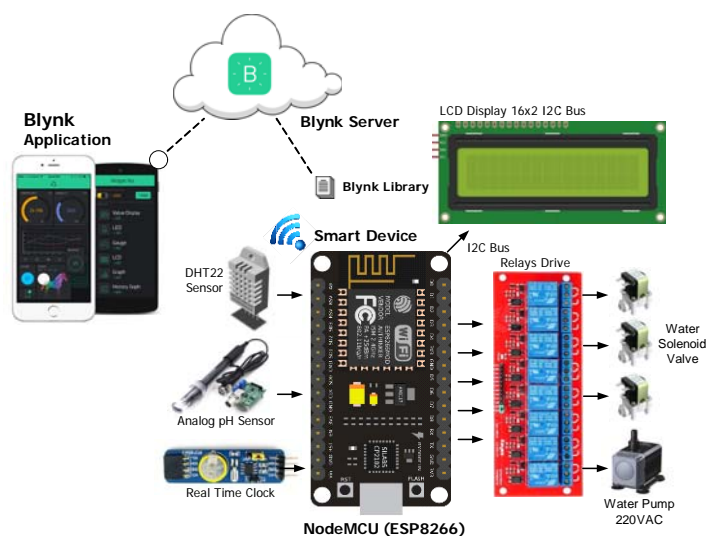
ภาพที่ 1 ขั้นตอนการดำเนินการ

## 4.3 เครื่องมือในการวิจัยและการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย ระบบควบคุมสภาพแวดล้อมของการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์แบบอัตโนมัติด้วย Internet of Things และแบบประเมินคุณภาพของระบบควบคุม ซึ่งมีวิธีการสร้างดังรายละเอียดต่อไปนี้

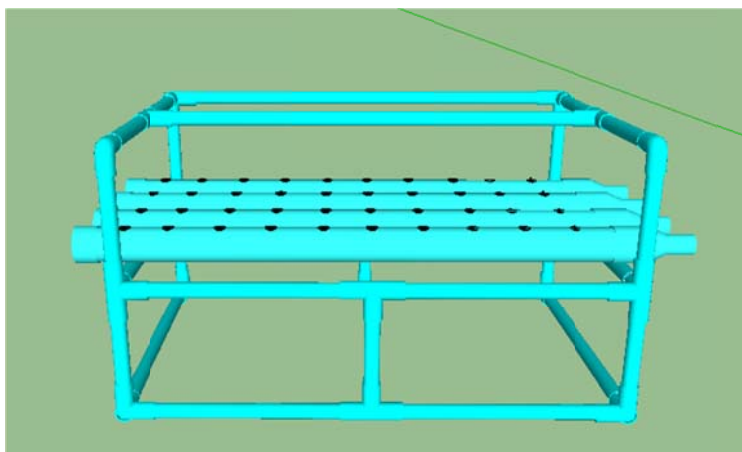
4.3.1 การออกแบบสร้างระบบควบคุมสภาพแวดล้อมของการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์แบบอัตโนมัติด้วย Internet of Things นั้น ได้ออกแบบองค์ประกอบของระบบทั้งหมดดังภาพที่ 2 ซึ่งการทำงานของระบบสามารถสรุปได้ดังนี้คือ

จากภาพที่ 2 หน่วยประมวลผลของระบบ คือ NodeMCU (ESP8266) ที่ถูกเขียนโปรแกรมภาษาซีด้วย Arduino IDE โดยมีเซนเซอร์ตรวจสอบอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ DHT22 และเซนเซอร์วัดความเป็นกรดเป็นเบสของน้ำ (Analog pH Sensor) และอุปกรณ์สร้างฐานเวลาจริง (Real Time Clock) เป็นส่วนอินพุต ทั้งนี้ ตัว NodeMCU ยังทำหน้าที่เชื่อมต่อกับระบบอินเทอร์เน็ตผ่าน WiFi เพื่อรับคำสั่งการควบคุมจากสมาร์ทโฟนด้วย แอปพลิเคชัน Blynk ส่วนภาคเอาต์พุตจะใช้รีเลย์ควบคุมโซลินอยด์วาล์วจ่ายธาตุอาหาร น้ำยาปรับค่า pH และ ป้อนน้ำ



ภาพที่ 2 ไดอะแกรมของระบบควบคุมสภาพแวดล้อมของการปลูกผักไฮโดรโปนิคส์

ส่วนการออกแบบโครงสร้างของการปลูกผักไฮโดรโปนิคส์จะใช้รูปแบบ DFT (Deep Flow Technique) โดยใช้ท่อ PVC ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 นิ้ว ที่มีลักษณะดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 โครงสร้างของการปลูกผักไฮโดรโปนิคส์รูปแบบ DFT (Deep Flow Technique)

#### 4.3.2 การสร้างและหาประสิทธิภาพแบบประเมินคุณภาพ

แบบประเมินคุณภาพในครั้งนี้เป็นแบบสอบถามความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่างผู้ใช้ ระบบควบคุมสภาพแวดล้อมของการปลูกผักไฮโดรโปนิคส์แบบอัตโนมัติด้วย Internet of Things เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า ซึ่งข้อคำถามได้จากการวิเคราะห์ลักษณะของข้อมูลที่ต้องการนำไปกำหนดรูปแบบของคำถามและนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญประเมิน เพื่อวิเคราะห์ความเที่ยงตรงที่ใช้อัตราส่วนความตรงตามเนื้อหา เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและความเหมาะสมของข้อคำถาม

#### 4.4 การวิจัยและวิธีเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง หลังจากที่ได้เครื่องมือของการวิจัยที่มีความสามารถและคุณภาพตามขอบเขตที่กำหนดแล้ว จึงนำไปทดสอบการทำงานและให้กลุ่มตัวอย่างทดลองใช้ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.4.1 การทดสอบการทำงานของระบบด้วยการจำลองสถานการณ์ทำงานให้แก่ระบบ ด้วยการเพิ่มลดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ การเปลี่ยนแปลงค่า pH ในสารละลายธาตุอาหาร และการควบคุมการทำงานผ่านมาร์ทโฟนด้วยแอปพลิเคชัน Blynk

4.4.2 การหาคุณภาพของระบบควบคุมสภาพแวดล้อมของการปลูกผักไฮโดรโปนิคส์ แบบอัตโนมัติ ด้วย Internet of Things ด้วยการติดตั้งและทดสอบใช้งานจริงในฟาร์มปลูกของเกษตรกรที่เป็นกลุ่มตัวอย่างเป็นเวลา 1 รอบการผลิตหรือประมาณ 45 วัน แล้วให้เกษตรกรผู้ทดลองใช้ทำการตอบแบบสอบถามเพื่อนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ต่อไป

### 5. ผลการวิจัย

จากการสร้างระบบควบคุมสภาพแวดล้อมของการปลูกผักไฮโดรโปนิคส์แบบอัตโนมัติด้วย Internet of Things และได้ทำการทดลองทดสอบปรับปรุงแก้ไขจนมีความสามารถในการทำงานเป็นไปตามวัตถุประสงค์และขอบเขตที่กำหนดไปแล้วนั้น จึงดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลนำมาวิเคราะห์หาประสิทธิภาพการทำงาน ซึ่งสามารถนำเสนอแบ่งเป็นหัวข้อดังต่อไปนี้

#### 5.1 ระบบควบคุมสภาพแวดล้อมของการปลูกผักไฮโดรโปนิคส์แบบอัตโนมัติด้วย Internet of Things



ภาพที่ 4 ลักษณะของระบบควบคุมสภาพแวดล้อมของการปลูกผักไฮโดรโปนิคส์



ภาพที่ 5 การติดตั้งระบบควบคุมที่สร้างขึ้นไปทดสอบใช้งานจริง



(ก) ลักษณะของหน้าจอที่ออกแบบ

(ข) ลักษณะของหน้าจอที่กำลังทำงาน

ภาพที่ 6 การแสดงผลบนสมาร์ทโฟนด้วยแอปพลิเคชัน Blynk

## 5.2 ประสิทธิภาพการทำงานของระบบ

จากการทดสอบการทำงานของระบบด้วยการจำลองสถานการณ์ทำงานให้แก่ระบบ ด้วยการเพิ่มลด อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ การเปลี่ยนแปลงค่า pH ในสารละลายธาตุอาหาร และการควบคุมการทำงานผ่านมาร์ทโฟนด้วยแอปพลิเคชัน Blynk มีผลการทดสอบดังต่อไปนี้

ตารางที่ 1 ผลการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์

เงื่อนไข	อุณหภูมิ (°C)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	การทำงานของหัวพ่น
1	อุณหภูมิ > 35	50 < RH < 80	ทำงาน
2	อุณหภูมิ > 35	50 < RH < 80	ทำงาน
3	อุณหภูมิ < 35	50 < RH < 80	ไม่ทำงาน
4	อุณหภูมิ < 35	RH > 80	ไม่ทำงาน
5	อุณหภูมิ < 35	RH < 50	ทำงาน

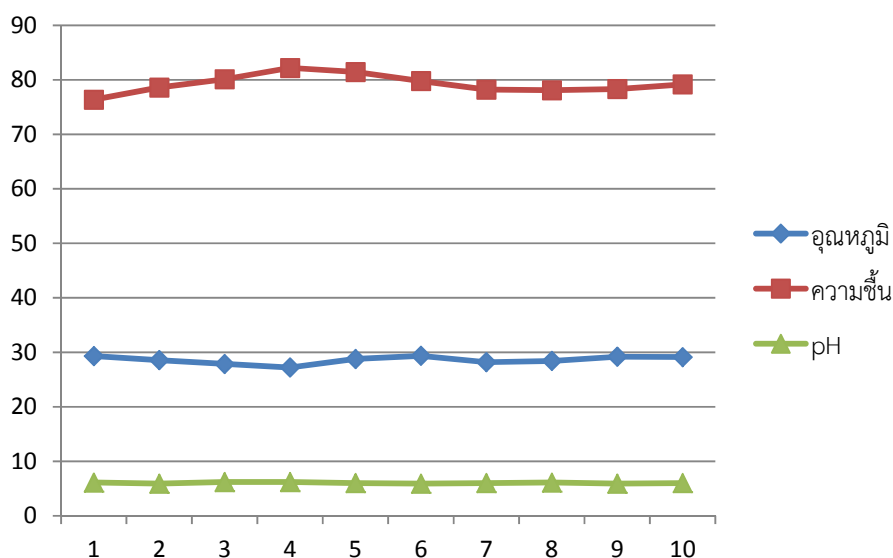
จากตารางที่ 1 จะเห็นได้ว่าระบบควบคุมสามารถทำงานได้ตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้อย่างอัตโนมัติ เพื่อปรับปรุงสภาพแวดล้อมหรืออุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือนที่กำหนดให้เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของ ผักไฮโดรโปนิคส์ที่ปลูกได้ด้วยการสั่งเปิดหรือปิดปั๊มน้ำสำหรับจ่ายให้แก่หัวพ่นหมอก เพื่อควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือน

ตารางที่ 2 ผลการควบคุมความเป็นกรดเป็นเบส

เงื่อนไข	ค่า pH	ระยะเวลา (นาที)	ระยะเวลาการทำงานของโซลินอยด์วาล์ว (วินาที)		
			ธาตุอาหาร A	ธาตุอาหาร B	น้ำยาปรับค่า pH
1	pH>6.5	30	OFF	OFF	ON
2	pH<5.8	30	ON	OFF	OFF
		60	OFF	ON	OFF

จากตารางที่ 2 ถ้าค่าความเป็นกรดเป็นเบสหรือค่า pH มีค่ามากกว่า 6.5 เป็นเวลานาน 30 นาที ระบบก็จะกำหนดให้จ่ายน้ำยาปรับค่า pH ด้วยการสั่งให้โซลินอยด์วาล์วจ่ายน้ำยาปรับค่า pH ออกไปยังถังบรรจุสารละลายธาตุอาหาร และถ้าค่า pH มีค่าน้อยกว่า 5.8 เป็นเวลานาน 30 นาทีเช่นกัน ระบบก็จะกำหนดให้จ่ายธาตุอาหาร A ออกไปยังถังบรรจุสารละลายธาตุอาหาร และอีก 30 นาทีถัดไปก็จะจ่ายธาตุอาหาร A ออกไปยังถังบรรจุสารละลายธาตุอาหาร เพื่อเป็นการปรับปรุงคุณภาพของสารละลายธาตุอาหารได้ตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้

สำหรับการตรวจสอบและควบคุมการทำงานของระบบผ่านสมาร์ตโฟนด้วยแอปพลิเคชัน Blynk นั้นสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ จากการวัดและตรวจสอบดังกล่าวในหนึ่งรอบของการปลูกผักไฮโดรโปนิคส์สามารถแสดงเป็นกราฟดังภาพที่ 7



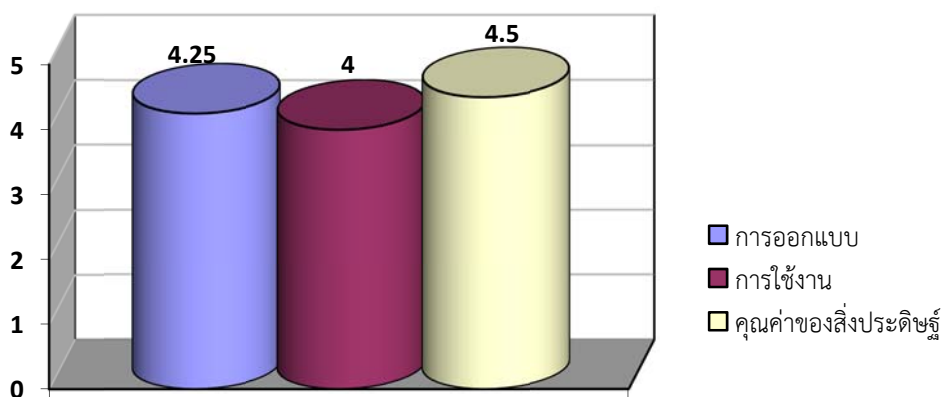
ภาพที่ 7 กราฟแสดงอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์และค่า pH เฉลี่ยทั้งวันในรอบเวลาการปลูก



จากภาพที่ 7 จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ และค่า pH เฉลี่ยทั้งวันนั้นมีค่าอยู่ในช่วงของการควบคุม คือ อุณหภูมิมีค่าระหว่าง 25-35 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์มีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 60-80 และค่าอยู่ระหว่าง pH 5.8-6.5 สำหรับผักไฮโดรโปนิิกส์ชนิดที่ปลูก

### 5.3 ผลการประเมินคุณภาพ

จากการนำระบบควบคุมสภาพแวดล้อมของการปลูกผักไฮโดรโปนิิกส์แบบอัตโนมัติ ด้วย Internet of Things ไปติดตั้งและทดสอบใช้งานจริงในฟาร์มปลูกของเกษตรกรที่เป็นกลุ่มตัวอย่างเป็นเวลา 1 รอบการผลิตหรือประมาณ 45 วัน แล้วให้เกษตรกรผู้ทดลองใช้ทำการตอบแบบสอบถามความคิดเห็นในด้านการออกแบบ ใช้งาน และด้านคุณค่าของสิ่งประดิษฐ์นั้น มีผลการวิเคราะห์ดังนี้



ภาพที่ 8 กราฟความคิดเห็นของเกษตรกรผู้ปลูกผักไฮโดรโปนิิกส์หลังจากทดลองใช้งาน

จากภาพที่ 8 ค่าเฉลี่ยผลการประเมินความคิดเห็นของเกษตรกรผู้ใช้งานระบบควบคุมสภาพแวดล้อมของการปลูกผักไฮโดรโปนิิกส์แบบอัตโนมัติด้วย Internet of Things ในด้านคุณค่าของสิ่งประดิษฐ์ที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด (4.5) รองลงมาคือ ด้านการออกแบบ (4.25) และด้านการใช้งาน (4.00) ตามลำดับ ซึ่งกลุ่มตัวอย่างผู้ใช้งานมีความคิดเห็นอยู่ในระดับมากในทุกด้านของการประเมิน

### 6. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง เพื่อออกแบบสร้างและหาประสิทธิภาพของระบบควบคุมสภาพแวดล้อมของการปลูกผักไฮโดรโปนิิกส์แบบอัตโนมัติด้วย Internet of Things ที่สามารถควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ และค่า pH ในสารละลายธาตุอาหารของน้ำในระบบแบบอัตโนมัติ และผ่านสมาร์ตโฟนด้วยแอปพลิเคชัน Blynk รวมทั้งประเมินคุณภาพของระบบควบคุมที่สร้างขึ้นด้วยการติดตั้งและทดสอบใช้งานจริงในฟาร์มปลูกของเกษตรกรที่เป็นกลุ่มตัวอย่างเป็นเวลา 1 รอบการผลิตหรือประมาณ 45 วัน แล้วให้เกษตรกรผู้ทดลองใช้ทำการตอบแบบสอบถามที่เป็นแบบประเมินคุณภาพ ซึ่งสามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

## 6.1 สรุปผลการวิจัย

6.1.1 ระบบควบคุมสภาพแวดล้อมของการปลูกผักไฮโดรโปนิคส์แบบอัตโนมัติด้วย Internet of Things ที่สร้างขึ้น สามารถควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ และค่า pH ในสารละลายธาตุอาหาร ของน้ำในระบบได้อย่างอัตโนมัติ ตามขอบเขตที่กำหนด

6.1.2 ระบบควบคุมสภาพแวดล้อมของการปลูกผักไฮโดรโปนิคส์แบบอัตโนมัติด้วย Internet of Things ที่สร้างขึ้น สามารถตรวจสอบและควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือน และค่า pH ของสารละลายธาตุอาหาร จากสมาร์ตโฟนด้วยแอปพลิเคชัน Blynk

6.1.3 ระบบควบคุมสภาพแวดล้อมของการปลูกผักไฮโดรโปนิคส์แบบอัตโนมัติด้วย Internet of Things ที่สร้างขึ้น มีคุณภาพของด้านคุณค่าของสิ่งประดิษฐ์อยู่ในระดับมาก รองลงมาเป็นด้านการออกแบบและ การใช้งาน ตามลำดับ

## 6.2 อภิปรายผลการวิจัย

จากการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของระบบควบคุมสภาพแวดล้อมของการปลูกผักไฮโดรโปนิคส์แบบอัตโนมัติด้วย Internet of Things ที่สร้างขึ้น สามารถทำงานได้ตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ และจากผลการทดสอบพบว่าค่าความชื้นสัมพัทธ์มีค่าเฉลี่ยค่อนข้างสูงตลอดระยะเวลาของรอบการปลูก เนื่องจากเป็นการเพาะปลูกในช่วงฤดูฝน ส่วนค่าอุณหภูมินั้นจะขึ้นอยู่กับสภาพอากาศหรืออุณหภูมิภายนอกโรงเรือน เนื่องจากโรงเรือนที่จัดทำขึ้นเป็นระบบเปิด

ส่วนการควบคุมค่า pH ของสารละลายธาตุอาหาร สามารถทำงานได้ตามเงื่อนไขที่กำหนด แต่ยังคงขาดระบบตรวจสอบปริมาณธาตุอาหารและน้ำยาปรับค่า pH ที่บรรจุในถังเก็บ เป็นผลทำให้น้ำยาหมดแล้วทำให้สารละลายธาตุอาหารไม่ได้คุณภาพตามที่กำหนดในบางครั้ง

ส่วนการตรวจสอบและควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือน และค่า pH ของสารละลายธาตุอาหาร จากสมาร์ตโฟนด้วยแอปพลิเคชัน Blynk ก็มีความสามารถตามที่กำหนด ทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตที่ใช้งาน

## 6.3 ข้อเสนอแนะ

### 6.3.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

การนำระบบควบคุมสภาพแวดล้อมของการปลูกผักไฮโดรโปนิคส์แบบอัตโนมัติด้วย Internet of Things ไปใช้ในแปลงเพาะปลูกขนาดใหญ่ จะต้องเพิ่มปริมาณธาตุอาหารและน้ำยาปรับค่า pH ที่ใช้กับระบบให้มีขนาดเหมาะสมกับระบบที่ใช้งาน รวมถึงขนาดของปั้มน้ำและปั้มน้ำพ่นหมอกที่เลือกใช้งานก็ต้องมีขนาดที่เหมาะสมเช่นเดียวกัน

### 6.3.2 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

ควรเพิ่มการวัดและควบคุมค่า EC ให้แก่ระบบร่วมกับการปรับค่า pH ของสารละลายธาตุอาหารที่มีอยู่แล้ว และควรออกแบบให้ระบบทำงานอยู่ในโรงเรือนระบบปิด เพื่อให้สามารถควบคุมค่าอุณหภูมิและความชื้นได้ดียิ่งขึ้น

## 7. เอกสารอ้างอิง

- [1] ดิเรก ทองอร่าม. (2550). การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน : หลักการจัดการ การผลิตและเทคโนโลยีการผลิตเชิงธุรกิจในประเทศไทย. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด (มหาชน).
- [2] สำนักวิชาการ, สำนักงานเลขาธิการสภาผู้แทนราษฎร. (2559). ประเทศไทย 4.0. สำนักงานเลขาธิการสภาผู้แทนราษฎร.
- [3] สุमित แชมป์ประสิทธิ์. (2559). เกษตรกรไทยยุค THAILAND 4.0. [ออนไลน์] ค้นหาค่าเมื่อ วันที่ 29 ธันวาคม พ.ศ. 2559 จาก <http://www.qmlcorp.com/content/เกษตรกรไทยยุค-thailand-4.0>