



การพัฒนาเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายสำหรับติดตามกระบวนการกะเพาะและขัดขาวในโรงสีข้าว

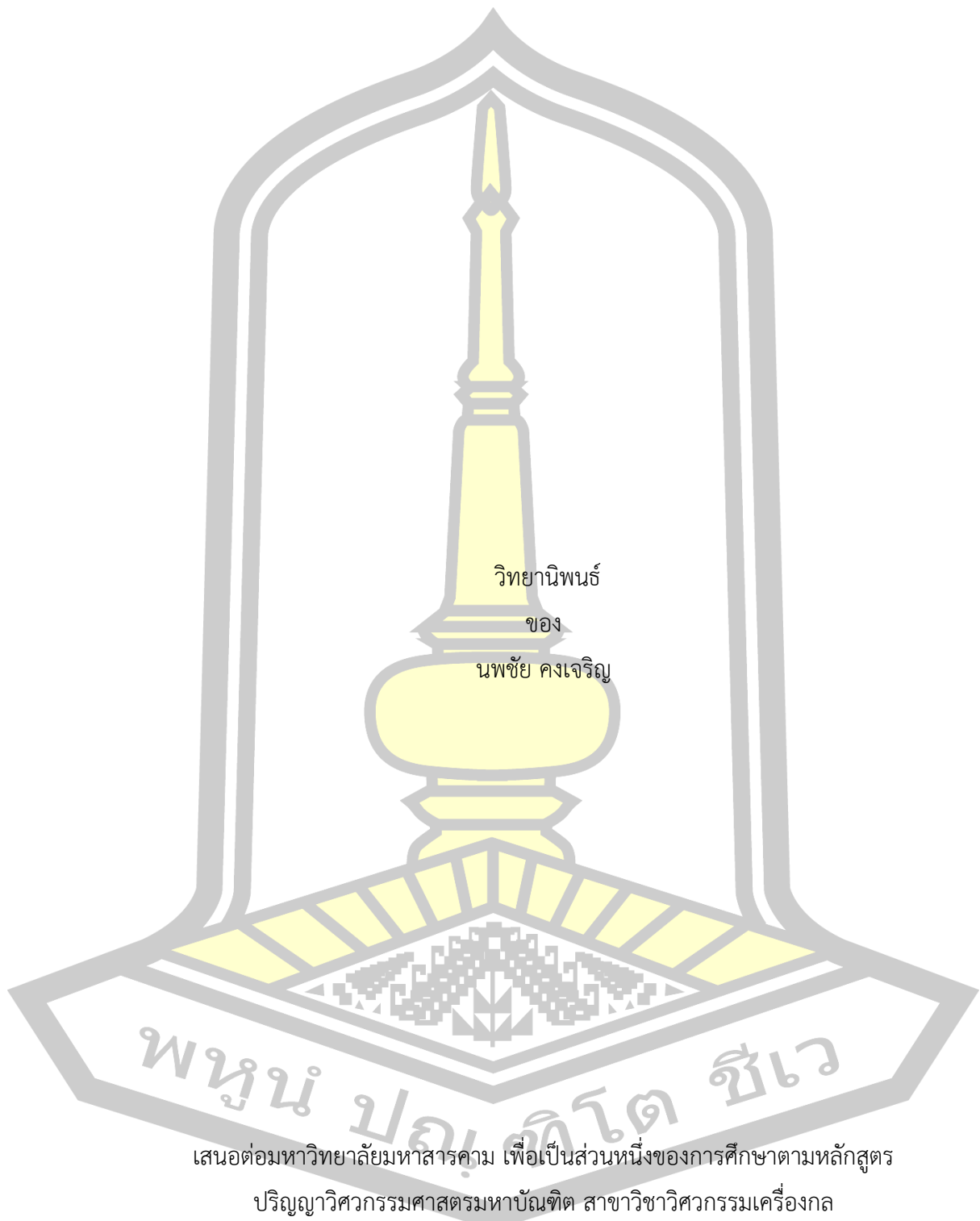
วิทยานิพนธ์
ของ
นพชัย คงเจริญ

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

กันยายน 2562

สงวนลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

การพัฒนาเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายสำหรับติดตามกระบวนการกะเทาะและขัดขาวในโรงสีข้าว



เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

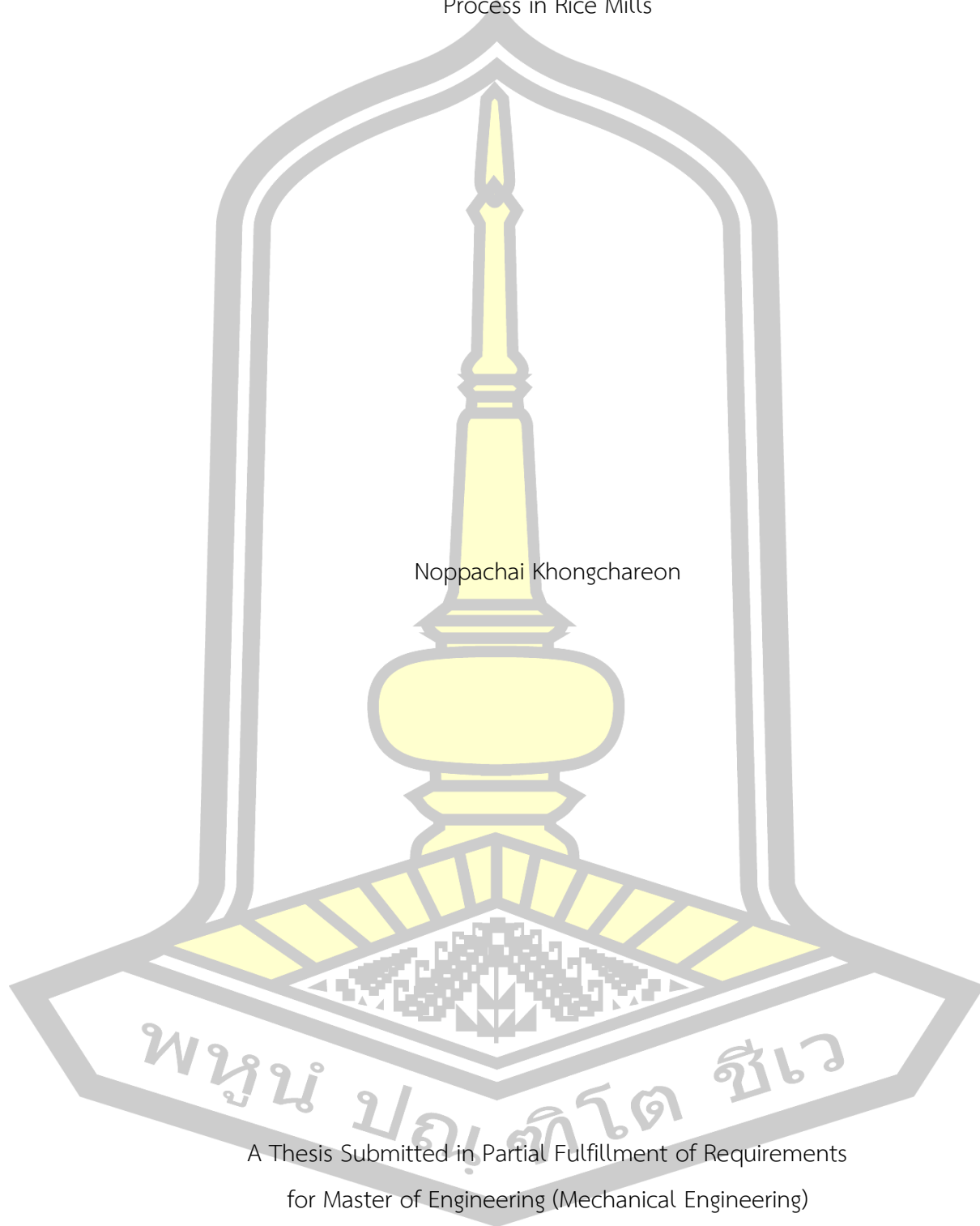
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

กันยายน 2562

สงวนลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

Development of a Wireless Sensor Network for Monitoring Dehusking and Whitening
Process in Rice Mills

Noppachai Khongchareon



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of Requirements
for Master of Engineering (Mechanical Engineering)

September 2019

Copyright of Mahasarakham University



คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของนายณพชัย คงเจริญ แล้ว
เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(รศ. ดร. ขวลิต ถิ่นวงศ์พิทักษ์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผศ. ดร. เกียรติสิน กาญจนวนิชกุล)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(ผศ. ดร. ละมุล วิเศษ)

.....กรรมการ

(ผศ. ดร. ณัฐพล ภูมิสะอาด)

.....กรรมการ

(ผศ. ดร. สุพรรณ ยั่งยืน)

มหาวิทยาลัยอนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

.....
(รศ. ดร. อนงค์ฤทธิ์ แข็งแรง)

คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

.....
(ผศ. ดร. กริสน์ ชัยมูล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อเรื่อง	การพัฒนาเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายสำหรับติดตามกระบวนการกะเทาะและขัดขาวในโรงสีข้าว		
ผู้วิจัย	นพชัย คงเจริญ		
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เกียรติสิน กาญจนวนิชกุล ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ละมุล วิเศษ		
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต	สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องกล
มหาวิทยาลัย	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม	ปีที่พิมพ์	2562

บทคัดย่อ

การสีข้าวประกอบด้วยขั้นตอนที่สำคัญ คือ การกะเทาะและการขัดขาว ปัจจัยที่ส่งผลต่อการทำงานของเครื่องกะเทาะที่สำคัญ คือ ระยะห่างระหว่างลูกยางและอุณหภูมิของลูกยาง ส่วนอุณหภูมิของข้าว และระยะเวลาในการขัดสีเป็นตัวแปรที่ส่งผลต่อการขัดขาว ในปัจจุบันผู้ดูแลเครื่องจักรจะเฝ้าระวังการทำงานของเครื่องโดยสัมผัสข้าวเพื่อตรวจสอบคุณภาพ ซึ่งทำให้แก้ไขเครื่องจักรได้ล่าช้า ดังนั้นวัตถุประสงค์ของโครงการวิจัยนี้ คือ (1) เพื่อสร้างอุปกรณ์ตรวจวัดความขาวและอุณหภูมิของข้าวหลังจากผ่านกระบวนการขัดขาว (2) เพื่อสร้างอุปกรณ์ตรวจวัดการสึกหรอของลูกยาง และ (3) เพื่อติดตั้งเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายสำหรับการเฝ้าติดตามคุณภาพของข้าวในโรงสี ในการวัดการสึกของลูกยางใช้เซ็นเซอร์วัดระยะการสึกจำนวน 7 ตัว ในส่วนเครื่องขัดขาวได้พัฒนากลไกการสัมผัสข้าวในลักษณะของเกลียวลำเลียงเพื่อนำตัวอย่างข้าวมาวัดความขาวและอุณหภูมิ ข้อมูลที่ได้สามารถแสดงผลอยู่บนหน้าจอและสามารถแจ้งเตือนผู้ดูแลถ้าหากค่าต่างๆ อยู่นอกช่วงที่กำหนด โดยข้อมูลต่างๆ เหล่านี้ยังถูกส่งไปยังฐานข้อมูลผ่านทางเครือข่ายไร้สายเพื่อบันทึกค่า ผลการทดลองพบว่าชุดเซ็นเซอร์วัดระยะการสึกของลูกยางมีความผิดพลาดน้อยกว่า 2% เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิมีความผิดพลาดน้อยกว่า 1 องศาเซลเซียส สำหรับเครื่องขัดขาวชุดวัดอุณหภูมิมีความผิดพลาดน้อยกว่า 1 องศาเซลเซียส และชุดวัดความขาวที่ให้ค่าความผิดพลาดน้อยกว่า 2 ระดับความขาว

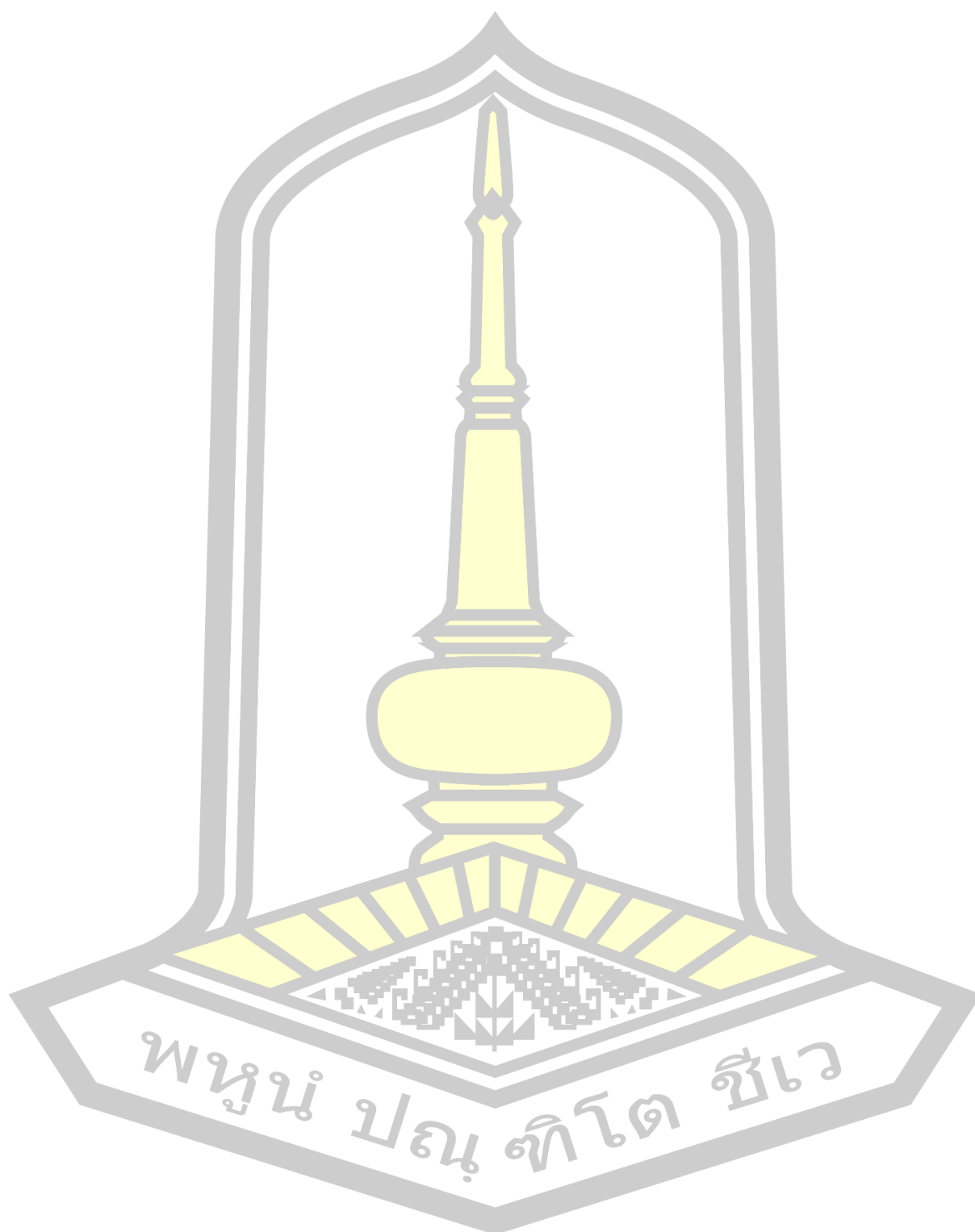
คำสำคัญ : การขัดขาว, ความขาวข้าว, เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย

TITLE	Development of a Wireless Sensor Network for Monitoring Dehusking and Whitening Process in Rice Mills		
AUTHOR	Noppachai Khongchareon		
ADVISORS	Assistant Professor Kiattisin Kanjanawanishkul , Ph.D. Assistant Professor Lamul Wiset , Ph.D.		
DEGREE	Master of Engineering	MAJOR	Mechanical Engineering
UNIVERSITY	Maharakham University	YEAR	2019

ABSTRACT

Rice milling consists of important steps including dehusking and whitening. Main factors affecting the working of dehusker are the clearance between rollers and temperature of rubber rollers. Temperature of rice and polishing time are variable parameters influenced to the whitening process. Machine operator has to sampling the rice for quality inspection. This causes the delay for fixing the machine. Therefore, the objectives of this research project are (1) to build a device which measures whiteness and temperature of rice after whitening, (2) to build a device which measures the wear of the rubber rollers and (3) to install the wireless network for monitoring the rice quality in the rice mill. The seven distance sensors were installed to measure roller wear. Moreover, a sampling mechanism was developed based on a screw conveyor in order to take samples of rice to measure whiteness and temperature. Data from the device were displayed in front of the machine and it was alarmed the machine operator if the data were out of the acceptable range. Besides, these data were transmitted to the database via the wireless network in order to be recorded. The experimental results showed that, the error of the distance sensor was less than 2%. The error of the temperature sensor was less than 1 degree Celsius. For the whitener, the error of the temperature sensor was less than 1 degree Celsius and the error of the whiteness sensor was less than 2 whiteness levels.

Keyword : White polishing, Rice whiteness, Wireless sensor network



กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ ด้วยความกรุณาและความช่วยเหลืออย่างสูงยิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เกียรติสิน กาญจนวนิชกุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ละมุล วิเศษ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่คอยให้คำปรึกษาและ คำชี้แนะในการทำวิทยานิพนธ์ตลอดจนแก้ไขปัญหาดังกล่าว ในการศึกษา จนทำให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้ สำเร็จไปได้ด้วยดี

โดยวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ได้รับทุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) และโรงสีข้าวข้าว อินเตอร์เทรด จำกัด ภายใต้โครงการพัฒนานักวิจัยและงานเพื่ออุตสาหกรรม (พวอ.)

ขอกราบขอบพระคุณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคามและโรงสีข้าวข้าว อินเตอร์เทรด จำกัด ที่เอื้อเฟื้อสถานที่สำหรับการทำวิจัย

นพชัย คงเจริญ

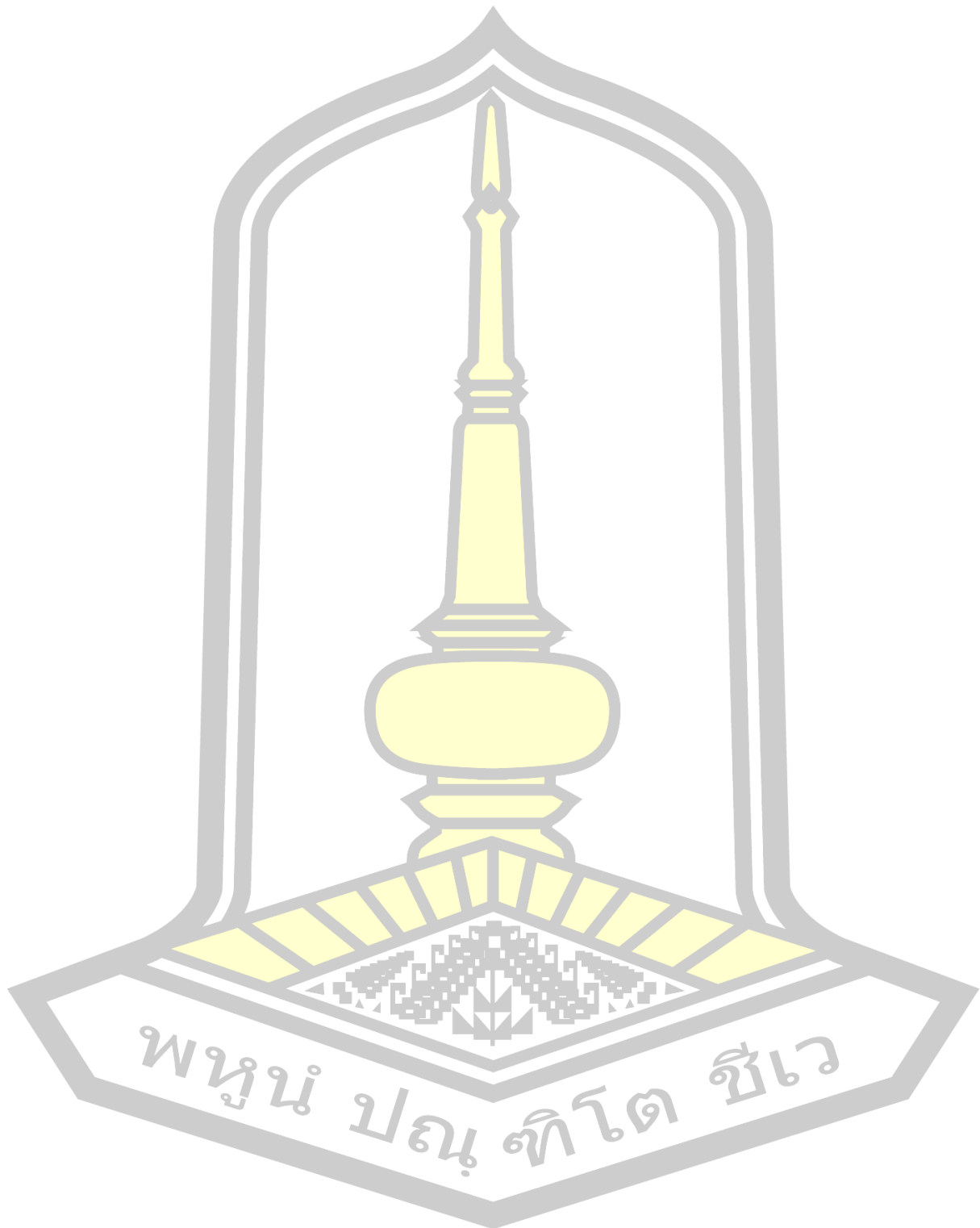


สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ช
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฉ
สารบัญภาพประกอบ.....	ฉ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 หลักการและเหตุผล	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	2
1.3 ขอบเขตการศึกษา.....	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
1.5 สถานที่ดำเนินการศึกษา	3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 กระบวนการสืบค้น.....	4
2.1.1 เครื่องกะเทาะเปลือก.....	5
2.1.2 เครื่องขัดขาว	7
2.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการแตกหักและความขาวของข้าว	9
2.2.1 อุณหภูมิ.....	9
2.2.2 เวลาในการขัดขาว	10
2.2.3 ความเร็วในการขัด	11
2.2.4 ระยะห่างของแกนขัดขาวกับผนังห้องขัดขาว	11

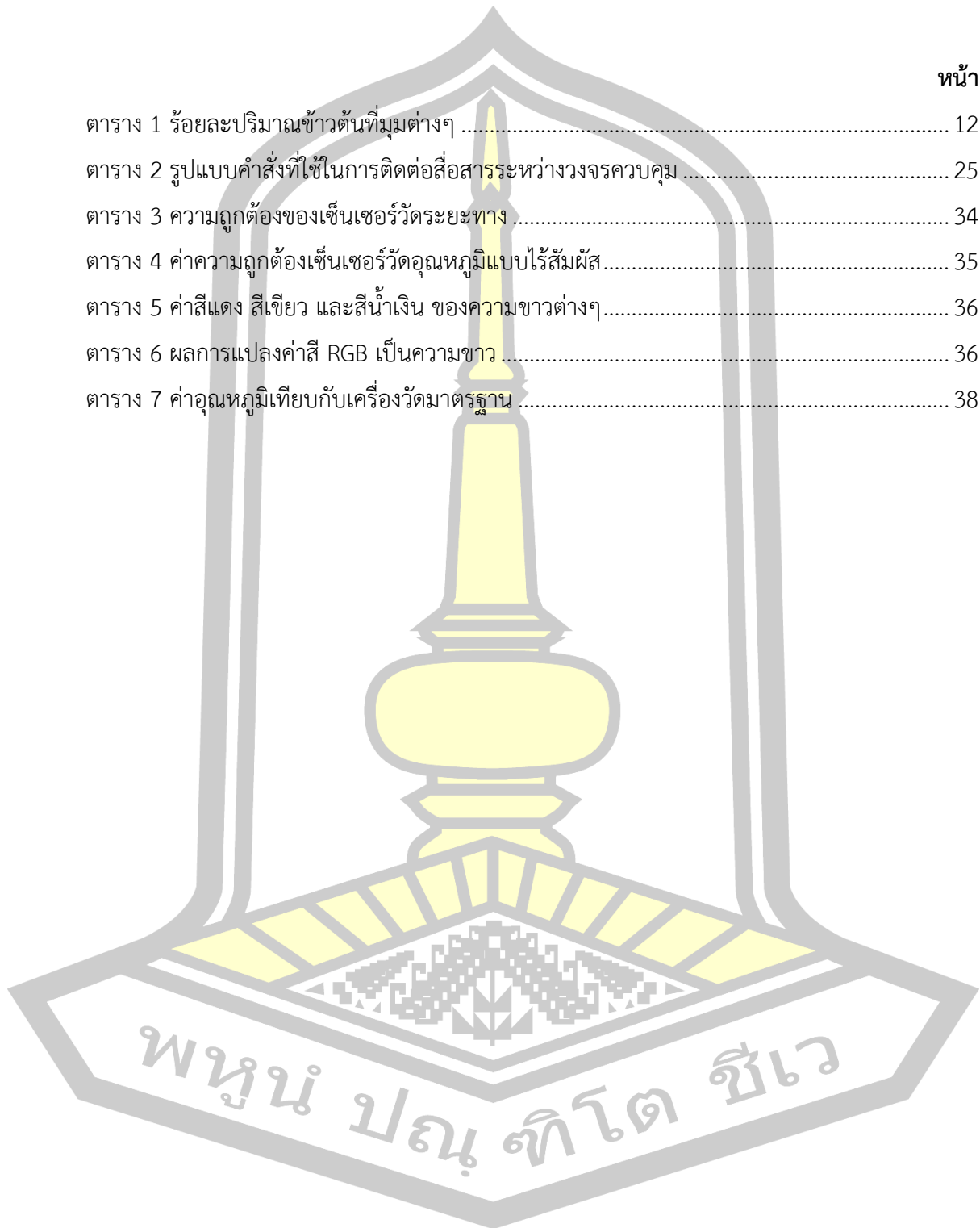
2.2.5 มุมของช่องตะแกรงสีข้าว.....	12
2.3 เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย	13
2.3.1 สถาปัตยกรรมเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย	13
2.3.2 โทโพโลยีของเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย	14
2.3.3 ส่วนประกอบของ Sensor node	15
2.3.4 การใช้งานเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย	16
บทที่ 3 วิธีดำเนินการศึกษา.....	18
3.1 การออกแบบ	19
3.1.1 ชุดกลไกสวมตัวอย่างข้าว	19
3.1.2 ชุด sensor node	20
3.1.4 ระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย	29
3.1.5 gateway และ base station	30
3.2 ขั้นตอนการทดลอง	31
3.2.1 การทดสอบชุดกลไกการสวมตรวจวัดความขาวและอุณหภูมิของข้าวที่เครื่องวัดความขาว	31
3.2.2 การทดสอบชุด sensor node ที่เครื่องกะเทาะเปลือกและเครื่องวัดความขาว	31
3.2.3 การทดสอบ gateway และ base station.....	32
บทที่ 4 ผลการศึกษาวิจัย	33
4.1 ผลการทดลองชุดกลไกสวม	33
4.2 การทดสอบชุด sensor node	34
4.3 การทดสอบ gateway และ base station.....	38
4.4 ผลการทดลองติดตั้งเซ็นเซอร์ที่เครื่องกะเทาะ	39
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง.....	42
บรรณานุกรม.....	43

ประวัติผู้เขียน..... 47



สารบัญตาราง

	หน้า
ตาราง 1 ร้อยละปริมาณข้าวตันที่มูมต่างๆ	12
ตาราง 2 รูปแบบคำสั่งที่ใช้ในการติดต่อสื่อสารระหว่างวงจรควบคุม	25
ตาราง 3 ความถูกต้องของเซ็นเซอร์วัดระยะทาง	34
ตาราง 4 ค่าความถูกต้องเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิแบบไร้สัมผัส	35
ตาราง 5 ค่าสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน ของความขาวต่างๆ	36
ตาราง 6 ผลการแปลงค่าสี RGB เป็นความขาว	36
ตาราง 7 ค่าอุณหภูมิเทียบกับเครื่องวัดมาตรฐาน	38



สารบัญภาพประกอบ

	หน้า
ภาพประกอบ 1 ขั้นตอนการสีข้าว.....	5
ภาพประกอบ 2 เครื่องกะเทาะข้าวเปลือก [3]	6
ภาพประกอบ 3 เครื่องขัดขาว	8
ภาพประกอบ 4 ผลของอุณหภูมิต่อ HRY และค่าความขาว.....	9
ภาพประกอบ 5 ผลของเวลาในการขัดต่อเปอร์เซ็นต์การแตกหักของข้าว	10
ภาพประกอบ 6 ผลของเวลาในการขัดขาวต่อเปอร์เซ็นต์ความขาว.....	10
ภาพประกอบ 7 ผลของความชื้น (a) อัตราการแตกหักของเมล็ดข้าว (b) เปอร์เซ็นต์ความขาว	11
ภาพประกอบ 8 ระยะห่างของแกนขัดขาวกับผนังห้องขัดขาว (a) อัตราการแตกหักของเมล็ดข้าว (b) เปอร์เซ็นต์ความขาว	12
ภาพประกอบ 9 โครงสร้างแบบจำลองเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย.....	14
ภาพประกอบ 10 โทโพโลยีของเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย	15
ภาพประกอบ 11 ส่วนประกอบของ Sensor node.....	16
ภาพประกอบ 12 ลักษณะการใช้งานเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายแบบซิงกลัมและแบบแบ่งงาน	17
ภาพประกอบ 13 Block diagram ของระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายสำหรับการเฝ้าติดตามคุณภาพของข้าวในโรงสีข้าว	18
ภาพประกอบ 14 กลไกการสุมข้าว (a) ตำแหน่งเปิดรับข้าว (b) ตำแหน่งปล่อยข้าวที่วัดเสร็จแล้ว..	19
ภาพประกอบ 15 ข้าวที่ผ่านเครื่องขัดขาวแล้ว	20
ภาพประกอบ 16 บอร์ด NodeMCU V2.....	20
ภาพประกอบ 17 เซนเซอร์วัดอุณหภูมิในตระกูล DS1820.....	21
ภาพประกอบ 18 color sensor รุ่น TCS3200	22
ภาพประกอบ 19 ส่วนประกอบหลักของ sensor node ของเครื่องขัดขาว.....	22
ภาพประกอบ 20 กล่องควบคุมชุด sensor node	23
ภาพประกอบ 21 วงจรไฟฟ้าของชุดวัดความขาว	24
ภาพประกอบ 22 การติดตั้งอุปกรณ์วัดค่าการสีหรือของลูกยางกะเทาะ	26
ภาพประกอบ 23 เซ็นเซอร์วัดระยะทาง	27
ภาพประกอบ 24 เซนเซอร์วัดอุณหภูมิแบบไร้สัมผัส	28
ภาพประกอบ 25 วงจรไฟฟ้าสำหรับตรวจวัดการสีของลูกยางกะเทาะ	29

ภาพประกอบ 26 ตัวอย่างหน้าจอ ที่ติดต่อกับผู้ใช้งาน	30
ภาพประกอบ 27 ตำแหน่งการเคลื่อนที่ของภาตใส่ตัวอย่าง (a) ตำแหน่งในรับข้าวใส่ภาตเก็บตัวอย่าง (b) ตำแหน่งวัดค่าความขาว (c) ตำแหน่งปล่อยข้าวคืนสู่ระบบ.....	31
ภาพประกอบ 28 กลไกกลุ่มตัวอย่างเมล็ดข้าว.....	33
ภาพประกอบ 29 ตำแหน่งของภาตรับตัวอย่างข้าว (a) รับข้าวเข้า (b) วัดค่าความขาว (c) ปล่อยข้าว	34
ภาพประกอบ 30 ค่าจากโปรแกรม MINITAB14.....	35
ภาพประกอบ 31 ค่าความขาวจากชุดวัดความขาว	37
ภาพประกอบ 32 การจัดเก็บข้อมูลและการดึงข้อมูลออกมาแสดงย้อนหลัง.....	38
ภาพประกอบ 33 การแสดงผลที่หน้าจอควบคุม.....	39
ภาพประกอบ 34 ตำแหน่งการติดตั้งเซ็นเซอร์วัดระยะการลือกของลูกยางและวัดอุณหภูมิ.....	39
ภาพประกอบ 35 ตำแหน่งการติดตั้งเซ็นเซอร์วัดระยะของก้านดันลูกยาง	40
ภาพประกอบ 36 ลักษณะการลือกของลูกยางที่เกิดขึ้นที่อ่านได้จากเซ็นเซอร์วัดระยะทาง	40
ภาพประกอบ 37 อุณหภูมิของลูกยางกะเทาะ.....	41



บทที่ 1

บทนำ

1.1 หลักการและเหตุผล

ปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อคุณภาพของข้าวสารมีหลายปัจจัย ได้แก่ การจัดการหลังการเก็บเกี่ยว คุณภาพข้าวเปลือกเริ่มต้น ลักษณะพันธุ์ข้าว ประสิทธิภาพของเครื่องจักรที่ใช้ในการสีข้าวและคนดูแลเครื่องจักร โดยกระบวนการสีข้าวเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพของข้าวขาวที่ได้ การสีข้าวนั้นเป็นกระบวนการแปรรูปข้าวเปลือกให้เป็นข้าวสาร โดยแต่ละขั้นตอนจะใช้เครื่องจักรกลที่มีหน้าที่ต่างๆ ทำงานสัมพันธ์กัน ได้แก่ เครื่องทำความสะอาดข้าวเปลือก เครื่องกะเทาะเปลือก เครื่องขัดขาวและขัดมัน เครื่องคัดแยกขนาด และเครื่องยิงเมล็ดดำ ข้าวสารที่มีคุณภาพดีควรมีปริมาณข้าวตันสูง (เปอร์เซ็นต์ข้าวตัน หมายถึง เมล็ดข้าวที่มีความยาวมากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ของเมล็ด และให้รวมถึงเมล็ดข้าวแตกเป็นซีกที่มีเนื้อที่เหลืออยู่ตั้งแต่ 80 เปอร์เซ็นต์ของเมล็ด) ปัจจัยหนึ่งที่ทำให้ข้าวหักในระหว่างการสีข้าว คือ การปรับตั้งค่าเครื่องกะเทาะเปลือกและเครื่องขัดขาวที่ไม่เหมาะสม มีรายงานการวิจัยโดยเก็บข้อมูลจากโรงสี 56 แห่ง พบว่าทุกโรงสีมีปัญหาในกระบวนการกะเทาะเปลือกและกระบวนการขัดขาว [1]

เครื่องกะเทาะเปลือกแบบใช้ลูกยาง ทำหน้าที่แยกแกลบออกจากข้าวเปลือก โดยมีหลักการทำงานคือ ข้าวเปลือกจะไหลลงสู่ลูกยางกะเทาะ ลูกยางกะเทาะจะทำหน้าที่บีบเปลือกของเมล็ดข้าวเปลือกให้ออกจากกัน โดยใช้หลักการบีบที่ความเร็วรอบของลูกยางที่แตกต่างกัน โดยลูกขบจะหมุนเร็วกว่าลูกตามอยู่ประมาณ 20 - 25 เปอร์เซ็นต์ ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการกะเทาะเปลือกคือ ระยะห่างระหว่างลูกยาง ความเร็วของลูกยางทั้งสองชุด อุณหภูมิของลูกยาง อัตราการป้อน แรงดันของลูกยาง ความแข็งของลูกยาง ผิวหน้าสัมผัสของลูกยางซึ่งเมื่อใช้ไปสักระยะหนึ่งจะเกิดการสึกหรอ หากปรับตั้งค่าสำหรับเครื่องกะเทาะเปลือกไม่เหมาะสม จะให้ข้าวเกิดการแตกหักหรือร้าว ความขาวและเปอร์เซ็นต์ข้าวตันลดลง หรือความสามารถในการกะเทาะลดลง ปัจจุบันในการตรวจสอบประสิทธิภาพของการกะเทาะจะหยุดเครื่อง เพื่อตรวจสอบอุณหภูมิและตรวจดูการสึกหรอซึ่งอาจจะทำทุกๆ 2 ชั่วโมง และใช้เวลาในการตรวจสอบค่อนข้างนาน

เครื่องขัดขาว (whitener) คือ กระบวนการทำให้รำหลุดออกจากข้าวกล้อง ซึ่งจะทำให้เมล็ดข้าวเปลี่ยนสีจากสีน้ำตาลเป็นสีขาวมากขึ้น ผลผลิตที่ได้คือ รำ (bran) (ซึ่งจะประกอบด้วย ฟิล์มที่ห่อหุ้มเมล็ด พร้อมกับเนื้อแป้งบางส่วน รวมถึงจมูกข้าว) และข้าวสาร (milled rice) ซึ่งระดับการขัด

สามารถปรับตั้งได้ ถ้าปรับตั้งให้ขัดข้าวให้ขาวมาก ก็อาจจะส่งผลให้ข้าวหักมีปริมาณมากขึ้น สิ้นเปลืองพลังงานและเวลาเกินกว่าจำเป็น ดังนั้นระดับความขาวของเมล็ดข้าวสารจึงมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง ในปัจจุบันนี้โรงสีส่วนใหญ่จะใช้วิธีการสູ່มเป็นครั้งคราว โดยจะนำเมล็ดข้าวที่ผ่านเครื่องขัดขาว ไปวัดค่าด้วยเครื่องวัดความขาวข้าว (whiteness meter หรือ milling meter) ซึ่งมีราคาค่อนข้างแพง หรือใช้ประสบการณ์ด้วยการใช้มือสัมผัสกับความร้อนของเมล็ดข้าวหลังจากการขัดขาว ซึ่งจะได้ค่าที่ไม่แม่นยำ และที่สำคัญก็คือการสູ່มตรวจนี้ถ้าหากทำซ้ำเกินไปความขาวของข้าวที่ได้อาจจะไม่ได้ตามที่ต้องการ

ด้วยเหตุนี้เพื่อให้ได้ข้าวสารที่มีปริมาณข้าวต้นมากที่สุด งานวิจัยที่นำเสนอนี้จึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาเซ็นเซอร์เพื่อใช้ตรวจวัดคุณภาพของข้าวเมื่อผ่านกระบวนการดังกล่าวอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานทราบสถานการณ์การทำงานของเครื่อง โดยจะแสดงผล ณ ตำแหน่งเครื่องนั้น เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานได้ทราบค่าตลอดเวลา และแสดงผล ณ สำนักงานของโรงสีข้าวผ่านทางเครือข่ายไร้สายในลักษณะหน้าจอคอมพิวเตอร์ เซ็นเซอร์ที่จะพัฒนาขึ้นประกอบด้วย เซ็นเซอร์วัดการทำงานของลูกยางของเครื่องกะเทาะเปลือก และเซ็นเซอร์วัดความขาวและอุณหภูมิของข้าวหลังจากผ่านเครื่องขัดขาว นอกจากนี้ยังมีสัญญาณเตือนถ้าหากคุณภาพของข้าวอยู่นอกช่วงที่กำหนด เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานเข้ามาทำการตรวจสอบและปรับตั้งค่าเครื่องได้อย่างทันท่วงที

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อสร้างอุปกรณ์ตรวจวัดความขาวของเมล็ดข้าว และตรวจวัดอุณหภูมิของเมล็ดข้าวหลังจากผ่านกระบวนการขัดขาวได้
2. เพื่อสร้างอุปกรณ์ตรวจวัดการสึกหรอของลูกยางกะเทาะเปลือก
3. เพื่อออกแบบและติดตั้งเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายสำหรับการเฝ้าติดตามความขาวของเมล็ดข้าว อุณหภูมิของเมล็ดข้าว และส่งค่าไปแสดงผลที่หน้าจอคอมพิวเตอร์

พหุณ ปณ จิต ชีเว

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1. ค่าความคลาดเคลื่อนของความขาวของตัวอย่างเมล็ดข้าวไม่เกิน ± 2 เทียบกับเครื่องวัดความขาวมาตรฐาน
2. ค่าความคลาดเคลื่อนของอุณหภูมิไม่เกิน ± 1 องศาเซลเซียส เทียบกับเครื่องวัดอุณหภูมิมาตรฐาน
3. ใช้ข้าวเปลือกเจ้าพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ในการทดสอบ
4. เก็บข้อมูลจากตัวอย่างข้าวชุดเดียวกัน
5. โรงสีข้าวที่ทำการทดสอบเป็นแบบ multistage milling
6. ระบบแจ้งเตือนเมื่อค่าที่ได้จากเซ็นเซอร์ไม่อยู่ในเกณฑ์ที่ตั้งไว้

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. งานวิจัยนี้เป็นส่วนเสริมที่จะช่วยในการปรับปรุงกระบวนการ ให้สามารถตรวจวัดค่าได้ตลอดเวลา ผลที่คาดว่าจะได้รับคือ คุณภาพของข้าวสารที่สูงขึ้น และต้นทุน เช่น ลูกยาง และพลังงานที่ใช้ลดลง
2. ช่วยให้การบริหารและการเก็บข้อมูลสะดวกมากขึ้น สามารถดูแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงจากข้อมูลที่บ้านทักได้

1.5 สถานที่ดำเนินการศึกษา

1. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ตำบลขามเรียง อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150
2. บริษัท ขวัญข้าวอินเตอร์เทรด จำกัด 202 หมู่ 13 ถนนเลียงเมือง ตำบลแก่งเลิงจาน อำเภอเมืองมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม 44000

พูน ปณ จิโต ชีเว

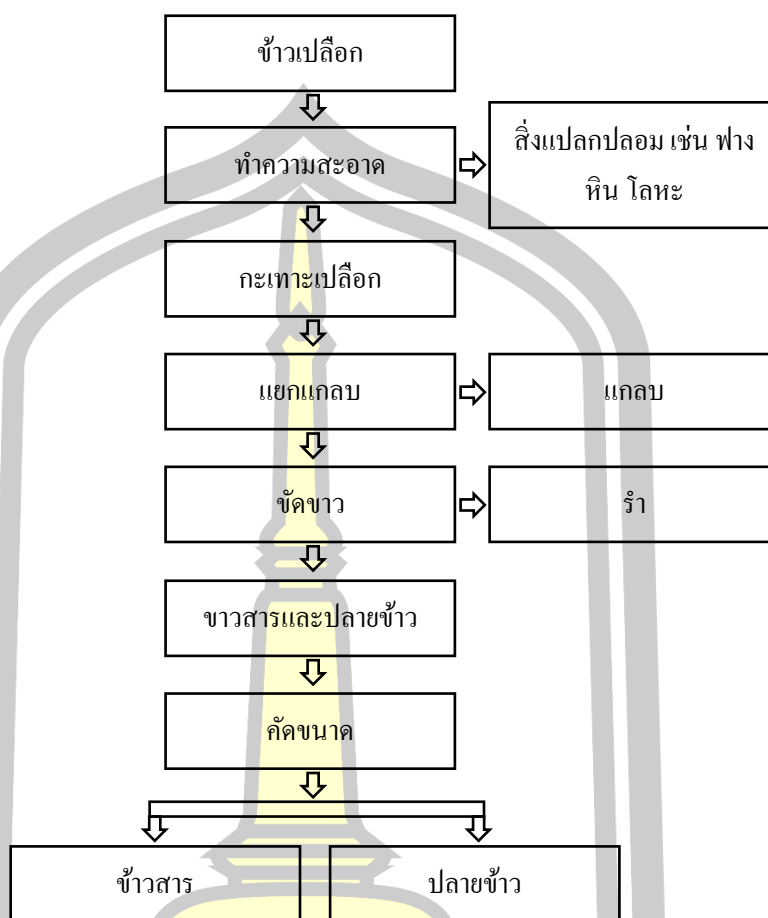
บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องมีด้วยกัน 3 ด้านคือ กระบวนการสีข้าวซึ่งได้ศึกษาเกี่ยวกับขั้นตอนการสีข้าวและปัญหาที่มีผลกระทบต่อคุณภาพของข้าว และเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายซึ่งได้ศึกษาเกี่ยวกับลักษณะของและการประยุกต์ใช้งานเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย

2.1 กระบวนการสีข้าว

โรงสีคือสถานที่แปรรูปข้าวจากข้าวเปลือกเป็นข้าวสารด้วยเครื่องจักรกล ผ่านกระบวนการขัดเพื่อให้เปลือกของเมล็ดข้าวหลุดออกเหลือแต่เนื้อข้าวแล้วทำการขัดสีเพื่อให้ได้ความขาวตามต้องการ วัตถุประสงค์หลักของการสีข้าวคือสีการให้ได้ข้าวที่มีการแตกหักน้อยที่สุดและมีความขาวตามที่ต้องการ [2] โดยทั่วไปแล้วกระบวนการต่างๆจะเริ่มจากการนำข้าวเปลือกมาปรับปรุงความชื้นเพื่อให้ได้ค่าความชื้นที่เหมาะสมก่อนเข้ากระบวนการสีข้าว กระบวนการต่อมาคือการทำความสะอาดข้าวเปลือกเพื่อกำจัดเศษวัสดุปลอมปนที่มากับข้าวเปลือก เมื่อทำความสะอาดเสร็จก็เข้าสู่กระบวนการกะเทาะเปลือกเพื่อให้เมล็ดข้าวหลุดออกจากเปลือกข้าว จากนั้นก็เข้าสู่กระบวนการแยกแกลบ เมื่อเสร็จสิ้นขั้นตอนการแยกแกลบแล้วเมล็ดข้าวที่ผ่านการกะเทาะจะเข้าสู่กระบวนการขัดขาวเพื่อให้ข้าวขาวขึ้นโดยในขั้นตอนนี้จะได้รำหยาบบอกมาด้วย หลังจากกระบวนการขัดขาวเสร็จสิ้นเมล็ดข้าวก็จะถูกนำไปขัดมันเพื่อให้ได้ความมันขาวตามที่โรงสีต้องการ ซึ่งในขั้นตอนขัดมันก็จะทำให้ได้ปลายข้าวและรำละเอียดออกมาด้วยในกระบวนการนี้ ในขั้นตอนต่อมาคือขั้นตอนเพื่อการคัดข้าวให้ได้ตามที่ลูกค้าต้องการคือการคัดขนาดและการยิงสี กระบวนการสีข้าวสามารถแสดงได้ดังภาพประกอบ 1 ซึ่งจากการศึกษาปัญหาของโรงสีของ จินตามณีและอภิชาติ ในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือจำนวน 56 โรงสี ทำให้ทราบว่าเครื่องจักรในกระบวนการสีข้าวที่มีผลกระทบต่อการแตกหักของข้าวคือเครื่องกะเทาะและเครื่องขัดขาว [1]



ภาพประกอบ 1 ขั้นตอนการสีข้าว

2.1.1 เครื่องกะเทาะเปลือก

การปรับตั้งค่าของเครื่องกะเทาะเปลือก ถ้าระยะห่างระหว่างลูกยางน้อยเกินไป อุณหภูมิของลูกยางสูงเกินไป หรือความแข็งของลูกยางมากเกินไป จะทำให้ข้าวเปลือกแตกร้าหรือหักได้ แต่ในทางตรงกันข้าม ถ้าหากระยะห่างมากเกินไป หรือความเร็วของลูกยางทั้งสองใกล้เคียงกัน จะทำให้อัตราการกะเทาะลดลงมีข้าวเปลือกที่ไม่ถูกกะเทาะสูงขึ้น ลักษณะของเครื่องกะเทาะเปลือกแสดงได้ดังภาพประกอบ 2



ภาพประกอบ 2 เครื่องกะเทาะข้าวเปลือก [3]

ที่ผ่านมา มีงานวิจัยที่ได้ทำการทดลองเพื่อค้นหาค่าที่เหมาะสมในการปรับปรุงเครื่องกะเทาะเปลือก เช่น Alizadeh และ Rahmati [4] ทำศึกษาผลของอัตราการกะเทาะที่ผลต่อคุณภาพการสีข้าวของข้าวแต่ละพันธุ์ผลคือข้าวพันธุ์ Binam, Khazar, และ Sepidroud ให้เปอร์เซ็นต์ข้าวตันอยู่ที่ 92.58-89.72, 90.83-86.61 และ 84.83-78.18 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สมนึก และคณะ [5] ศึกษาผลกระทบของการสีลูกยางที่มีต่อการกะเทาะข้าวเปลือกซึ่งผลคือ การสีของลูกยางทำให้เปอร์เซ็นต์การกะเทาะลดลง เปอร์เซ็นต์แตกหักและร้าวเพิ่มขึ้น Baker และคณะ [6] ศึกษาวัสดุของลูกยางที่มีผลต่อการกะเทาะเปลือกผลปรากฏว่าลูกยางที่แรงดันต่ำอัตราเสียดสีสูงมีแนวโน้มที่จะนำไปสู่การแตกหักที่ลดลง สมควรและอภิชาติ [7] ศึกษาผลของการลดอุณหภูมิอากาศในกระบวนการกะเทาะเปลือกเพื่อเพิ่มร้อยละของข้าวตันผลคือ เมื่ออุณหภูมิอากาศในเครื่องขัดขาวลดลงจะส่งผลให้เปอร์เซ็นต์การแตกหักของข้าวในกระบวนการขัดขาวลดลง จินตามณีและอภิชาติ [8] ศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพเครื่องกะเทาะข้าวเปลือก ด้วยการปรับระยะห่างของลูกยาง อัตราการกะเทาะ อิทธิพลของอุณหภูมิ และความแข็งของยางเริ่มต้น พบว่า ระยะห่างที่เหมาะสมของลูกยางที่มีผลต่ออัตราการกะเทาะต้องห่างกัน 5 มิลลิเมตร อัตราการกะเทาะสม่ำเสมอที่ 8:2 หรือ 9:1 อุณหภูมิของลูกยางต้องไม่เกิน 50 องศาเซลเซียส และความแข็งเริ่มต้นของลูกยางที่กะเทาะได้อย่างมีประสิทธิภาพคือ 86

ซอร์ ซึ่งจะเห็นได้ว่าในขณะนี้ม้งงานวิจัยมากมายที่ศึกษาการปรับตั้งค่าต่างๆของเครื่องกะเทาะ แต่ยังไม่เห็นเซอร์ที่ตรวจสอบประสิทธิภาพของเครื่องกะเทาะ

2.1.2 เครื่องขัดขาว

เครื่องขัดขาวเป็นกระบวนการขัดเพื่อกำจัดชั้นของร่าที่เกาะกับเมล็ดข้าวที่ทำให้ข้าวมีสีเหลืองถึงน้ำตาลหลุดออก เครื่องขัดขาวสมัยใหม่สามารถจำแนกออกได้เป็น 2 ประเภทคือ Friction-type machines ที่ใช้แรงเสียดทาน (friction action) และแรงเฉือน (cutting actions) เป็นหลัก ในส่วนอีกประเภทคือ Grinding-type machines ที่ใช้การเจียรและการกระแทกเป็นหลัก [2] เครื่องขัดขาวในโรงสีข้าวส่วนใหญ่มี 4 ลักษณะคือ

1) Milling at low pressure with high peripheral speed ใช้การเจียรและการกระแทกในการขัดข้าว โดยมีวัสดุที่มีพื้นผิวหยาบหมุนบนเพลตรากลางของเครื่องเพื่อทำหน้าที่ขัดเมล็ดข้าวใช้ความเร็วเชิงเส้นในการหมุนมากกว่า 600 เมตรต่อวินาที และมีความดันที่กระทำต่อเมล็ดข้าวน้อยกว่า 5000 นิวตันต่อตารางเมตร

2) Milling at high pressure with low peripheral speed ใช้แรงเสียดทานและแรงเฉือนในการขัดข้าว โดยแกนหมุนตรงกลางเพื่อให้เมล็ดข้าวจะขัดสีกันเองอย่างรุนแรงและมีการขัดกับพื้นผิวของเครื่องขัดทำให้ชั้นของร่าหลุดออก ความเร็วเชิงเส้นในการหมุนจะน้อยกว่า 600 เมตรต่อวินาที และมีความดันที่กระทำต่อเมล็ดข้าวมากกว่า 10,000 นิวตันต่อตารางเมตร

3) Combined abrasive-type and friction-type milling system คือการผสมผสานระหว่างการขัดแบบความเร็วสูงและแบบความเร็วต่ำ โดยการที่ใช้เครื่องขัดแบบความเร็วสูงขัดชั้นของร่าออกก่อนจากนั้นก็เอาเมล็ดข้าวที่ได้ไปขัดที่เครื่องขัดแบบความเร็วต่ำซึ่งวิธีนี้จะทำให้ได้ประสิทธิภาพในการขัดขาวข้าวดียิ่งขึ้น

4) New vertical-milling system คือเครื่องขัดขาวที่ถูกพัฒนาเพื่อแก้ปัญหาของเครื่องขัดขาวแนวนอนที่มีปัญหาเรื่องความสม่ำเสมอของความดันเมล็ดข้าวที่เปลี่ยนไปจากด้านล่างไปหาด้านบนในห้องขัด เครื่องขัดขาวชนิดนี้มี 2 ลักษณะคือ High speed abrasive-type และ Low-speed friction-type โดยการแก้ไข้ปัญหาของเครื่องขัดขาวรุ่นเก่าก็คือออกแบบให้การเคลื่อนที่ของเมล็ดข้าวมีการเคลื่อนที่ในแนวตั้ง โดยเมล็ดข้าวจะเคลื่อนที่จากบนลงล่างหรือจากล่างขึ้นบนผ่านชั้นของจานขัดที่หมุนบนเพลตรากลางเครื่องซึ่งวิธีนี้จะแก้้ปัญหาเรื่องความดันที่ไม่สม่ำเสมอของเครื่องขัดขาวแนวนอนได้ ประสิทธิภาพการสีข้าวที่ดีขึ้นอยู่กับปริมาณข้าวต้นและความขาวของข้าวที่ได้จากกระบวนการสีข้าว ซึ่งเครื่องจักรที่มีผลต่อความขาวของข้าวและปริมาณข้าวต้นมากที่สุดคือเครื่องขัดขาว

ในการปรับตั้งค่าให้เครื่องขัดขาว ถ้าหากทำการขัดขาวมากเกินไปจะทำให้ข้าวหักได้ง่าย แต่ถ้าหากปรับตั้งค่าให้เครื่องขัดขาวทำการขั้ดน้อยลงก็จะทำให้สีของข้าวสารไม่ได้ตามมาตรฐานข้าว

ของประเทศไทย ดังนั้น ร้อยละความขาวของข้าวที่ออกจากเครื่องขัดขาวจึงมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง ในปัจจุบันนี้โรงสีส่วนใหญ่จะใช้วิธีการสู่อาจจะทุกๆ ชั่วโมง โดยจะนำเมล็ดข้าวที่ผ่านเครื่องขัดขาวไปทำการวัดกับเครื่องวัดความขาวข้าว หรือใช้ประสบการณ์ด้วยการใช้มือสัมผัสกับความร้อนของเมล็ดข้าวหลังจากการขัดขาว ซึ่งจะได้ค่าที่ไม่แม่นยำและที่สำคัญก็คือการสู่อาจจะถ้าหากทำซ้ำเกินไป ความขาวของข้าวที่ได้อาจจะไม่ได้ตามที่ต้องการ นอกจากนี้อุณหภูมิของข้าวหลังจากการขัดขาวถ้ามีค่าสูงเกินไปอาจจะผลต่อการหักของเมล็ดข้าวได้ ลักษณะของเครื่องขัดขาวแสดงได้ดังภาพประกอบ 3



ภาพประกอบ 3 เครื่องขัดขาว

ที่มา : ยนต์ผลดี. (2554). เครื่องขัดข้าวขาว. สืบค้นเมื่อ 28 กรกฎาคม 2559, จาก

<http://www.yontpholdee.com/อุปกรณ์-เครื่องจักร/เครื่องขัดข้าวขาว--vertical-whitener.html>

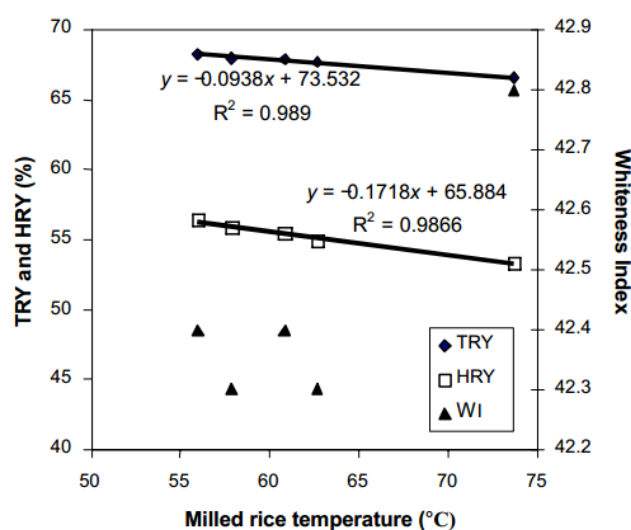
ที่ผ่านมา มีคณะผู้วิจัยได้พยายามพัฒนาเซ็นเซอร์วัดความขาวของเมล็ดข้าว เช่น Kawamura และคณะ [9] ได้พัฒนาระบบตรวจวัดคุณภาพของข้าวโดยอัตโนมัติ โดยมี reflectance sensor สำหรับทำการวัดความขาวของเมล็ดข้าวเพื่อใช้ในการแบ่งเกรดของเมล็ดข้าว แต่ไม่ได้ติดตั้งเพื่อตรวจวัดแบบ online โดยตรง Jangkajit และ Khumboa [10] ทำการศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างความขาวของเมล็ดข้าวและอุณหภูมิของเมล็ดข้าว พร้อมทั้งใช้ image processing เพื่อตรวจวัดค่าความขาวของเมล็ดข้าวอีกด้วย อย่างไรก็ตาม การใช้วิธี Image Processing นั้นจะทำให้ต้นทุนสูงขึ้น การติดตั้งค่อนข้างยุ่งยาก และ การใช้วิธีการวัดอุณหภูมิ อาจจะไม่สามารถบ่งบอกถึงค่า

ความขาวของเมล็ดข้าวได้อย่างแม่นยำนัก เนื่องจากการตรวจวัดทางอ้อม Nascimento และ Galli [11] ได้ออกแบบและสร้างอุปกรณ์ที่ใช้วัดความขาวและความโปร่งแสงของเมล็ดข้าว ด้วยการวัดการสะท้อนของแสงและการดูดซับของแสงตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตามวิธีที่นำเสนอนี้เป็นเครื่องมือวัดที่สร้างขึ้นเพื่อทดแทนเครื่องมือวัดมาตรฐานที่มีราคาแพงเท่านั้น Yadav และ Jindal [12] ใช้ image processing เพื่อคำนวณค่าเฉลี่ยของ gray level ที่ได้จากภาพ แต่ด้วยวิธีนี้จะมีราคาค่อนข้างสูงและติดตั้งยุ่งยาก ต้องใช้อุปกรณ์จำนวนมาก ดังนั้นโครงการวิจัยนี้จึงนำเสนออุปกรณ์ตรวจวัดความขาวและอุณหภูมิของเมล็ดข้าวที่มีราคาถูกและสามารถตรวจวัดได้ตลอดเวลา

2.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการแตกหักและความขาวของข้าว

2.2.1 อุณหภูมิ

การศึกษาอุณหภูมิที่มีผลต่อการแตกหักของเมล็ดข้าวได้มีการศึกษามาเป็นเวลานานแล้ว ดังในงานวิจัยของ Pan และคณะ [13] ได้ทำการทดสอบกับข้าวคุณภาพต่ำ กลาง และคุณภาพสูง โดยการทดสอบการแลกเปลี่ยนความร้อนของเครื่องขัดขาวทำให้ได้เห็นว่าเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจะทำให้อัตราการแตกหักของข้าวสูงมากขึ้น นอกจากนี้อุณหภูมิที่สูงขึ้นยังส่งผลต่อค่าความขาวทำให้ความขาวของข้าวลดลงดังแสดงในภาพประกอบ 4 ซึ่งทำให้เห็นว่าปัจจัยเรื่องอุณหภูมิส่งผลต่อคุณภาพของข้าวที่ออกจากเครื่องขัดขาว

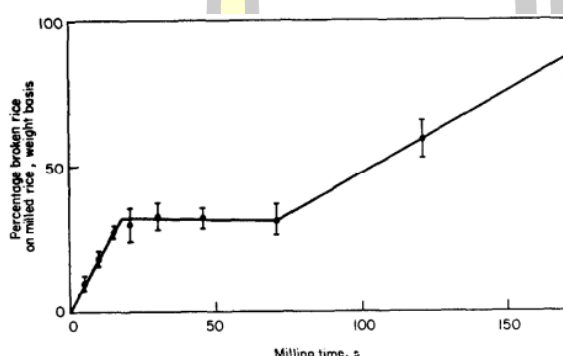


ภาพประกอบ 4 ผลของอุณหภูมิต่อ HRY และค่าความขาว

(TRY = total rice yield, HRY = head rice yield, and WI = whiteness index)

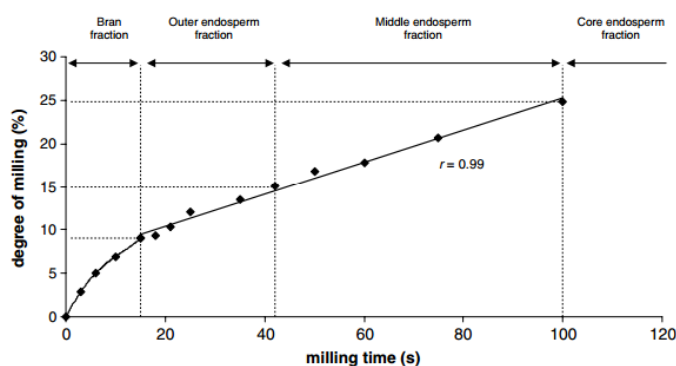
2.2.2 เวลาในการขัดขาว

การศึกษาเรื่องเวลาในการขัดขาวมีการศึกษาที่นานมาแล้วเช่นงานวิจัย Takai และ Barredo [14] ได้ศึกษาเกี่ยวกับเวลาในการขัดขาวโดยทำการทดลองโดยการเพิ่มเวลาในการขัดขาวจาก 5 10 20 30 45 70 120 จนถึง 170 วินาที ทำให้ได้ทราบว่าเมื่อขัดขาวนานจะทำให้อัตราการแตกหักของข้าวสูงขึ้นดังในภาพประกอบ 5 ที่แสดงผลของการเพิ่มเวลาในการขัดข้าวที่ส่งผลต่อการแตกหัก



ภาพประกอบ 5 ผลของเวลาในการขัดต่อเปอร์เซ็นต์การแตกหักของข้าว

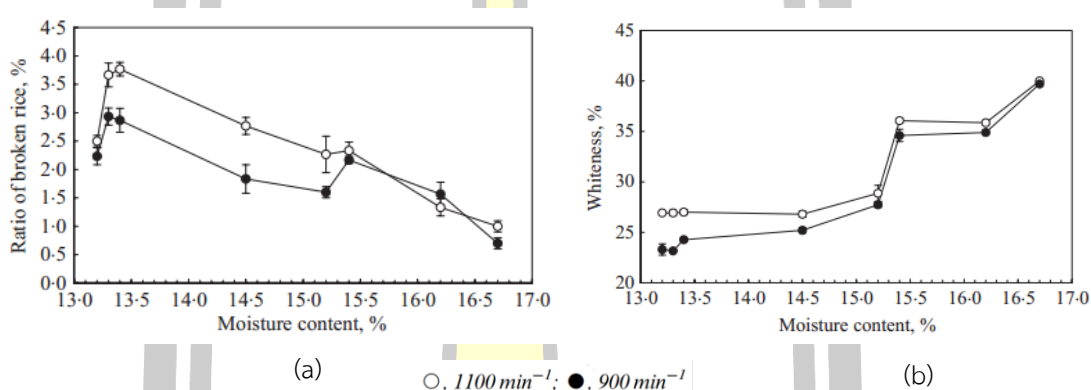
Lamberts และคณะ [15] ได้ทำการศึกษาผลของเวลาในการขัดขาวถึงผลต่อความขาวของข้าวโดยทำการขัดขาวโดยปรับเวลาการขัดจาก 0 – 100 วินาทีเพื่อดูค่าความขาวของข้าวที่ถูกขัด ผลการทดลองแสดงภาพประกอบ 6 ซึ่งจะให้เห็นแนวโน้มความขาวที่เปลี่ยนแปลงไปตามเวลาในการขัด



ภาพประกอบ 6 ผลของเวลาในการขัดขาวต่อเปอร์เซ็นต์ความขาว

2.2.3 ความเร็วในการขัด

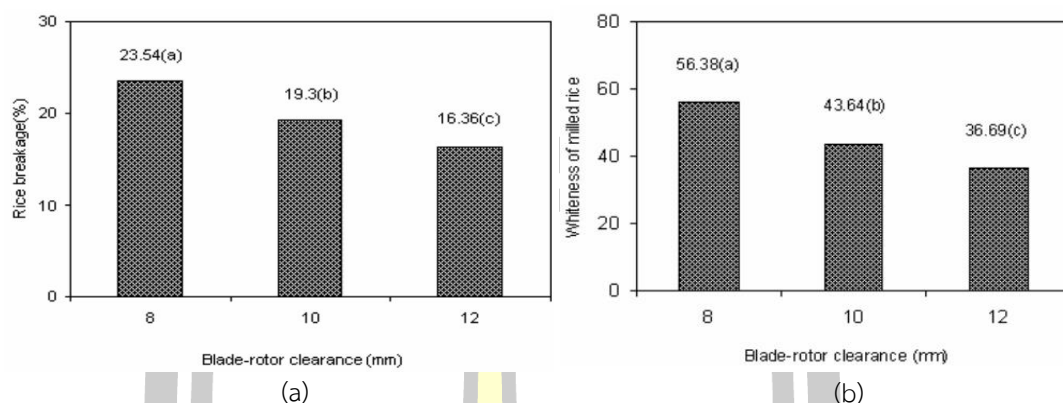
ปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการแตกหักของข้าวและความขาวของข้าวหลังจากผ่านเครื่องขัดข้าวคือ ความเร็วรอบของเครื่องขัดข้าว Yan และคณะ [16] ได้ทำการศึกษาผลกระทบของความชื้นของข้าว ก่อนกระบวนการขัดและความเร็วรอบของเครื่องขัดข้าวต่อชั้นของรำข้าว โดยทำการทดลองที่ ความเร็วรอบการขัด 900 รอบต่อนาทีและความเร็ว 1,100 รอบต่อนาที ที่ความชื้นตั้งแต่ 13.2–16.7 เปอร์เซ็นต์ จากข้อมูลการศึกษาทำให้พอทราบว่าความเร็วรอบในการขัดมีผลต่อการแตกหักและความขาวของเมล็ดข้าวดังผลการทดลองในภาพประกอบ 7



ภาพประกอบ 7 ผลของความชื้น (a) อัตราการแตกหักของเมล็ดข้าว (b) เปอร์เซ็นต์ความขาว

2.2.4 ระยะห่างของแกนขัดข้าวกับผนังห้องขัดข้าว

ระยะห่างของแกนขัดข้าวกับผนังห้องขัดข้าวเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการแตกหักของข้าวและความขาวของข้าวที่สำคัญปัจจัยหนึ่ง โดย Firouzi และคณะ [17] ได้ทำการศึกษาผลกระทบระยะห่างของแกนขัดข้าวกับผนังห้องขัดข้าว โดยทำการทดลองเพื่อศึกษาผลกระทบจากระยะห่าง 3 ระดับคือ 8 10 และ 12 มิลลิเมตร ตามลำดับ ทำให้ทราบว่าที่ระยะห่าง 12 มิลลิเมตรข้าวมีการแตกหักน้อยที่สุดดังภาพประกอบ 8 (a) และที่ระยะห่าง 8 มิลลิเมตร ข้าวมีความขาวมากที่สุด ดังในภาพประกอบ 8 (b)



ภาพประกอบ 8 ระยะห่างของแกนขัดข้าวกับผนังห้องขัดข้าว (a) อัตราการแตกหักของเมล็ดข้าว
(b) เปอร์เซ็นต์ความขาว

2.2.5 มุมของช่องตะแกรงสีข้าว

ปัจจัยด้านมุมของช่องตะแกรงสีข้าวได้มีการศึกษา การใช้รูตะแกรงที่มุม 45 60 และ 75 องศา โดย Ampai และคณะ [18] ซึ่งทำให้ทราบว่ามุมตะแกรงของเครื่องขัดข้าวที่มุม 45 องศา เป็นมุมที่ให้ปริมาณต้นข้าวสูงสุดแต่ไม่ได้มีผลการทดสอบในด้านความขาวของข้าวซึ่งผลการทดลองแสดงได้ดังตาราง 1

ตาราง 1 ร้อยละปริมาณข้าวต้นที่มุมต่างๆ

Angle (degree)	Head Rice Yield (%)
45	44.4
60	44.0
75	43.5

ในปัจจุบัน ยังมีการออกแบบและพัฒนาเซ็นเซอร์ที่ใช้ในกระบวนการสีข้าวจำนวนน้อย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในส่วนของ เครื่องกะเทาะเปลือกและเครื่องขัดข้าว ซึ่งเป็นเครื่องจักรที่สำคัญที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ข้าวต้นที่ได้ ดังนั้นผู้วิจัยมุ่งเน้น 2 ประเด็นคือ

1) เซ็นเซอร์ที่ใช้ในเครื่องกะเทาะเปลือก โดยจะพัฒนาเซ็นเซอร์ที่ใช้วัดลูกยางกะเทาะ ข้อมูลที่ได้จะประกอบด้วย อุณหภูมิ และการสึกหรอของลูกยาง ซึ่งจะนำไปวิเคราะห์ประสิทธิภาพของเครื่องกะเทาะเปลือก

2) เซ็นเซอร์ที่ใช้ในเครื่องขัดขาว โดยจะพัฒนาเซ็นเซอร์วัดความขาว และเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิของข้าว ความขาวของข้าวนั้นจะวัดเป็นร้อยละตามมาตรฐานความขาว Whiteness ค่าร้อยละความขาวของข้าวเป็นตัวบ่งบอกถึงคุณภาพของข้าวในการซื้อขายและส่งออกข้าว เนื่องจากผู้บริโภคยังคงนิยมบริโภคข้าวขาวมากกว่าข้าวกล้อง

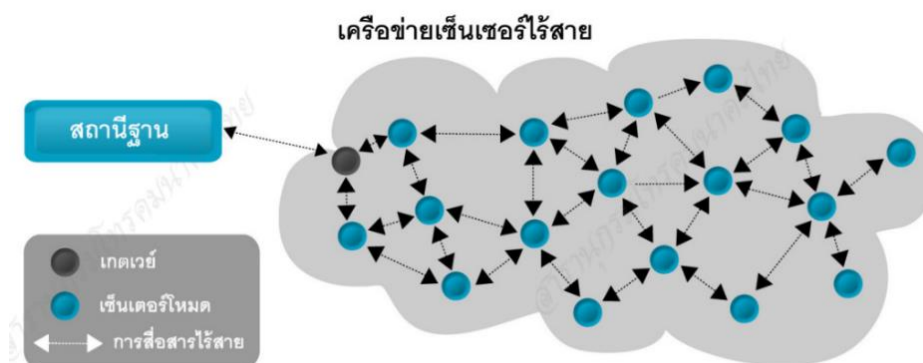
2.3 เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย

ในอดีตที่ผ่านมา ได้นำเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย (wireless sensor network: WSN) มาประยุกต์กับงานด้านต่างๆ มากมาย [19]–[22] เช่น ทางการแพทย์ สิ่งแวดล้อมและเกษตรกรรม ที่อยู่อาศัย ทางการทหาร และการสำรวจ เป็นต้น เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย คือ การใช้อุปกรณ์เซ็นเซอร์จำนวนมากเพื่อตรวจวัดคุณสมบัติต่างๆ ของสิ่งที่สนใจและประมวลผลข้อมูลเหล่านั้นเพื่อสร้างองค์ความรู้ใหม่เกี่ยวกับสิ่งที่สนใจ หรือ สามารถตอบสนองกับการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมได้โดยอัตโนมัติ อย่างไรก็ตามในปัจจุบัน ยังไม่มี WSN สำหรับโรงสีข้าว ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะประยุกต์ใช้ WSN สำหรับการเฝ้าติดตามคุณภาพของเมล็ดข้าวหลังจากผ่านเครื่องกะเทาะข้าวเปลือกและเครื่องขัดขาว ทำให้ลดปัญหาทางด้านสุขภาพของผู้ดูแล เนื่องจากภายในโรงสีนั้นจะมีฝุ่นและรำข้าวฟุ้งกระจายและมีเสียงดัง นอกจากนี้การประยุกต์ใช้ WSN สำหรับโรงสีจะทำให้การบริหารจัดการโรงสีสะดวกมากขึ้น สามารถแสดงผลและบันทึกเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ได้

2.3.1 สถาปัตยกรรมเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย

สถาปัตยกรรมเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายซึ่งประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก ได้แก่ sensor node, gateway และ base station ดังแสดงในภาพประกอบ 9 โดยที่ sensor node จะถูกติดตั้งในบริเวณเครื่องกะเทาะเปลือกและเครื่องขัดขาวเพื่อเก็บข้อมูลที่ได้จากเซ็นเซอร์ แล้วข้อมูลที่ได้นี้ จะถูกส่งแบบไร้สายไปรวมกันที่ gateway ซึ่งจะทำหน้าที่รับส่งข้อมูลระหว่าง base station และ sensor node หลังจากนั้น base station จะทำหน้าที่เก็บข้อมูลที่วัดได้จาก sensor node ใน WSN ควบคุมการทำงานและติดต่อกับผู้ใช้งาน หรืออาจติดต่อกับเครือข่ายอื่นๆ เช่น อินเทอร์เน็ต

พูน ปรณ จิตโต ชีเว

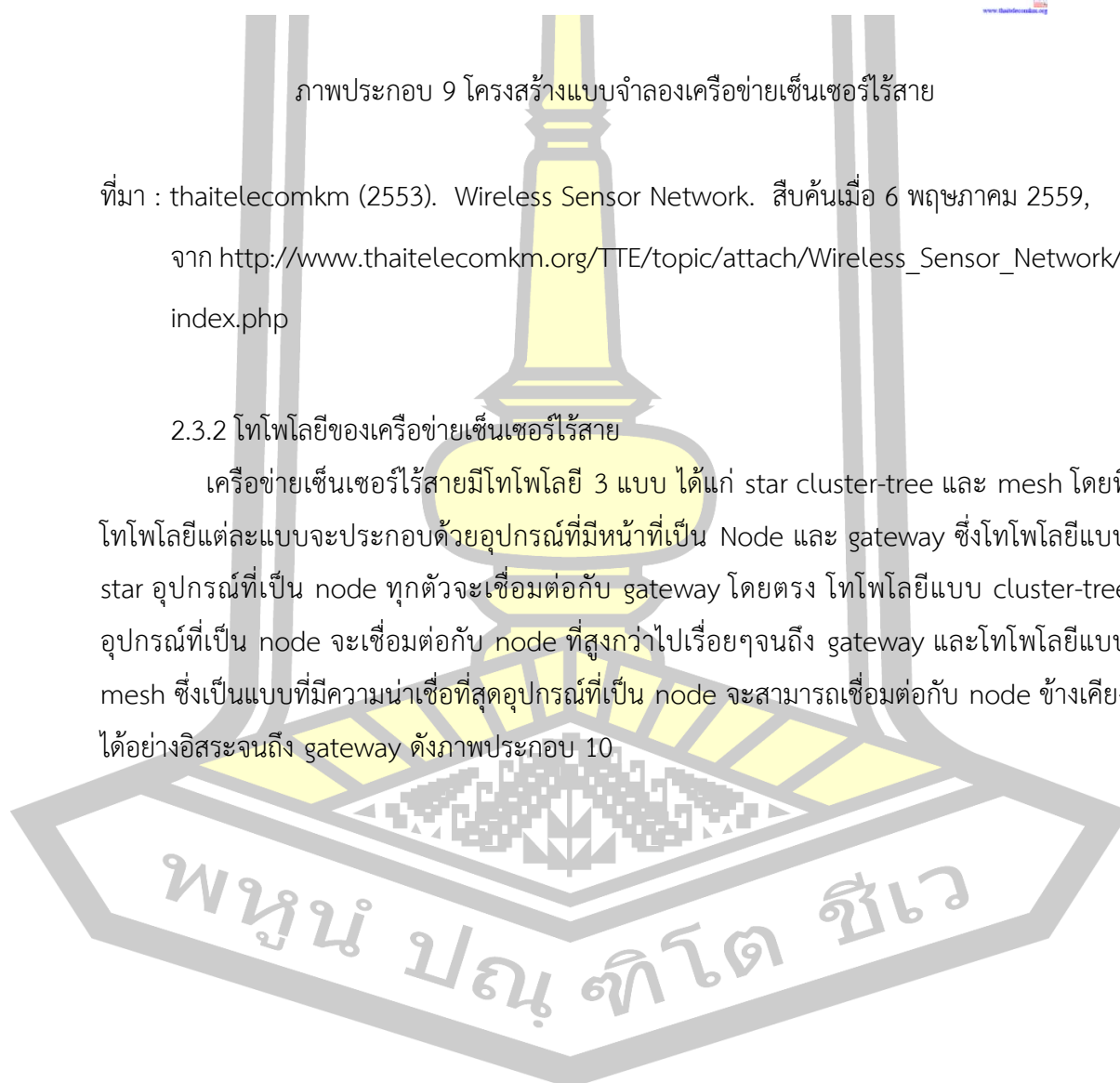


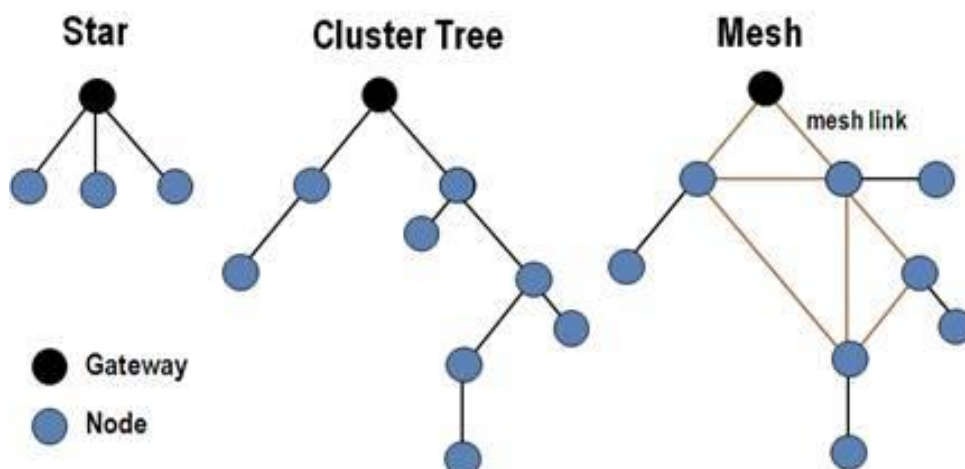
ภาพประกอบ 9 โครงสร้างแบบจำลองเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย

ที่มา : thaitelecomkm (2553). Wireless Sensor Network. สืบค้นเมื่อ 6 พฤษภาคม 2559,
จาก http://www.thaitelecomkm.org/TTE/topic/attach/Wireless_Sensor_Network/index.php

2.3.2 โทโพโลยีของเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย

เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายมีโทโพโลยี 3 แบบ ได้แก่ star cluster-tree และ mesh โดยที่โทโพโลยีแต่ละแบบจะประกอบด้วยอุปกรณ์ที่มีหน้าที่เป็น Node และ gateway ซึ่งโทโพโลยีแบบ star อุปกรณ์ที่เป็น node ทุกตัวจะเชื่อมต่อกับ gateway โดยตรง โทโพโลยีแบบ cluster-tree อุปกรณ์ที่เป็น node จะเชื่อมต่อกับ node ที่สูงกว่าไปเรื่อยๆจนถึง gateway และโทโพโลยีแบบ mesh ซึ่งเป็นแบบที่มีความน่าเชื่อถือที่สุดอุปกรณ์ที่เป็น node จะสามารถเชื่อมต่อกับ node ข้างเคียงได้อย่างอิสระจนถึง gateway ดังภาพประกอบ 10





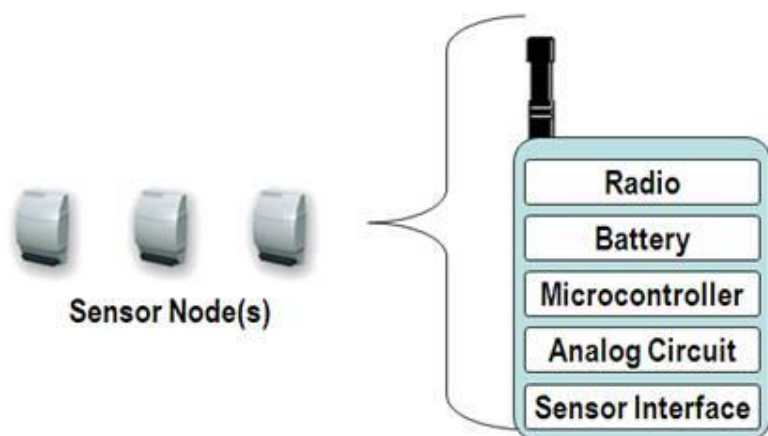
ภาพประกอบ 10 โทโพโลยีของเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย

ที่มา : National Instruments (2557). What Is a Wireless Sensor Network. สืบค้นเมื่อ 8 พฤษภาคม 2559, จาก ftp://ftp.ni.com/pub/devzone/pdf/tut_7142.pdf

2.3.3 ส่วนประกอบของ Sensor node

โครงสร้างอุปกรณ์ของ sensor node มีอยู่มากมายหลายแบบขึ้นอยู่กับการทำงาน แต่ส่วนประกอบที่สำคัญของ sensor node ที่เหมือนกันคือ ชุดรับส่งสัญญาณวิทยุที่ใช้ในการติดต่อสื่อสาร การประยุกต์ใช้งานเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย ชุดแบตเตอรี่ที่ใช้เป็นแหล่งจ่ายพลังงานให้กับ sensor node ชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ทำหน้าที่ประมวลผลและควบคุมการทำงานของ sensor node ชุดแปลงสัญญาณอนาล็อกที่ทำหน้าที่จัดการสัญญาณที่ได้จากเซ็นเซอร์ให้อยู่ในรูปแบบที่เหมาะสม เพื่อส่งให้ชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ และชุดเซ็นเซอร์ที่ใช้ในการตรวจวัดสภาพแวดล้อมที่ต้องการศึกษา ส่วนประกอบต่างๆสามารถแสดงได้ในภาพประกอบ 11 ส่วนประกอบของ sensor node

พูน ปณ จิต ชีเว



ภาพประกอบ 11 ส่วนประกอบของ Sensor node

ที่มา : National Instruments (2557). What Is a Wireless Sensor Network. สืบค้นเมื่อ
8 พฤษภาคม 2559, จาก ftp://ftp.ni.com/pub/devzone/pdf/tut_7142.pdf

2.3.4 การใช้งานเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย

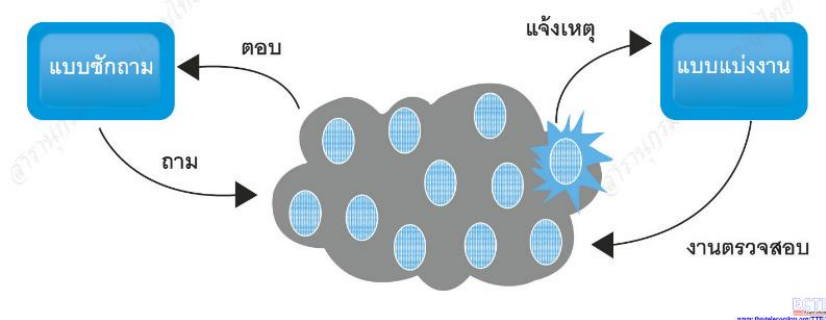
การใช้งานเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายแบ่งออกตามลักษณะการใช้งานได้เป็นสองประเภทคือ ประเภทซักถาม (querying) กับประเภทแบ่งงาน (tasking)

1) แบบซักถาม

เมื่อเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายถูกถามหาข้อมูล sensor node ใดๆที่มีข้อมูลจะตอบกลับผ่านเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย ดังภาพประกอบ 12 ตัวอย่างเช่นในงานการเกษตร sensor node จะถูกถามเมื่อโปรแกรมที่ใช้งานต้องการใช้ข้อมูลความชื้นและอุณหภูมิ sensor node จะตอบด้วยข้อมูลที่ถูเก็บบันทึกไว้ในแต่ละ sensor node

2) แบบแบ่งงาน

เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายรับหน้าการตรวจสอบเหตุการณ์ต่างๆเมื่อเกิดเหตุการณ์ที่ได้รับมอบหมายให้ตรวจสอบ sensor node จะแจ้งข้อมูลผ่านเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายกลับทันทีดังภาพประกอบ 12 ตัวอย่างเช่น ในการเตือนภัยไฟฟ้า เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายได้รับมอบหมายให้เฝ้าวัดความร้อนและควันไฟ sensor node จะแจ้งข้อมูลกลับทันทีเมื่อตรวจวัดความร้อนและควันไฟได้เกินระดับที่ตั้งไว้เท่านั้น



ภาพประกอบ 12 ลักษณะการใช้งานเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายแบบชักถามและแบบแบ่งงาน

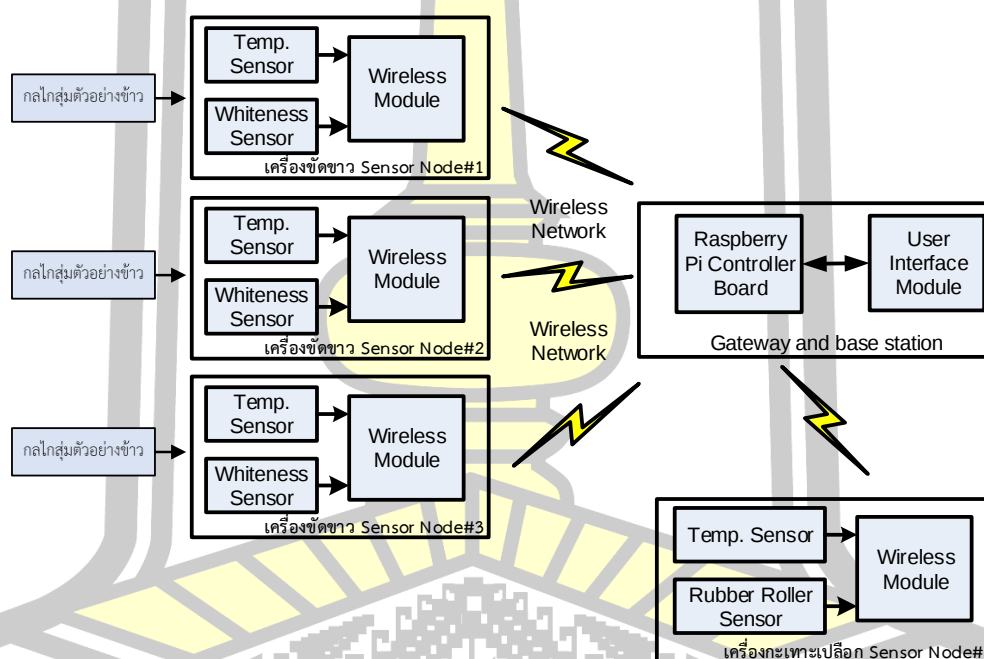
ที่มา : thaitelecomkm (2553). Wireless Sensor Network. สืบค้นเมื่อ 6 พฤษภาคม 2559,
จาก http://www.thaitelecomkm.org/TTE/topic/attach/Wireless_Sensor_Network/index.php



บทที่ 3

วิธีดำเนินการศึกษา

จากวัตถุประสงค์ทั้ง 3 ข้อ ผู้วิจัยจึงได้ออกแบบการส่งข้อมูลของระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายดังที่ได้แสดงในแผนภาพรวมของทั้งระบบภาพประกอบ 13 โดยส่วนประกอบที่สำคัญคือ ชุดกลไกสุ่มตัวอย่างข้าวซึ่งจะทำการเก็บตัวอย่างข้าวที่ไหลออกจากเครื่องขัดขาวมาทำการวัด ชุด sensor node ซึ่งถูกติดตั้งในบริเวณเครื่องกะเทาะข้าวและเครื่องขัดขาว เพื่อเก็บข้อมูลที่ได้จากเครื่องทั้งสองแล้วส่งข้อมูลไปยัง gateway แบบไร้สายเพื่อแสดงผลและวิเคราะห์การทำงานของเครื่อง

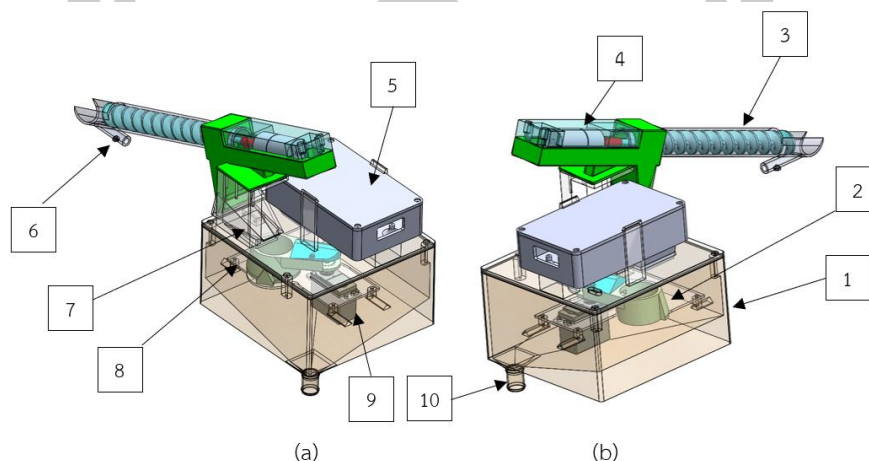


ภาพประกอบ 13 Block diagram ของระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายสำหรับการเฝ้าติดตามคุณภาพของข้าวในโรงสีข้าว

3.1 การออกแบบ

3.1.1 ชุดกลไกส้อมตัวอย่างข้าว

ข้าวที่ไหลออกมาจากเครื่องขัดขาวมีความเร็วค่อนข้างสูง ทำให้เซ็นเซอร์ไม่สามารถตรวจจับได้อย่างถูกต้อง จึงได้ประดิษฐ์กลไกการส้อมโดยใช้เกลียวลำเลียงขนถ่ายระยะพิตสั้น (Short Pitch Conveyor Screws) โครงสร้างจะเป็นแบบทั่วไปแต่ระยะพิตของใบสกรูจะสั้น เหมาะที่จะใช้ขนถ่ายในแนวเอียงมากกว่า 20 องศา ดังตัวอย่างแสดงในภาพประกอบ 14 ผู้ใช้สามารถกำหนดได้ว่าต้องการส้อมวัดทุกๆ กี่นาที่ เมล็ดข้าวจะถูกวัดอุณหภูมิจากนั้นเกลียวลำเลียงจะดึงข้าวเข้าไปยังถาดใส่ตัวอย่างข้าวเพื่อทำการวัดค่าความขาว หลังจากนั้นก็ปล่อยข้าวกลับออกมา โดยภายในชุดกลไกการส้อมจะประกอบด้วย เซ็นเซอร์วัดความขาวของข้าวและเซอร์โวมอเตอร์ทำหน้าที่ขับเคลื่อนให้ตัวอย่างข้าวให้เคลื่อนที่ ภาพประกอบ 15 แสดงการไหลของข้าวหลังจากผ่านเครื่องขัดขาว



ภาพประกอบ 14 กลไกการส้อมข้าว (a) ตำแหน่งเปิดรับข้าว (b) ตำแหน่งปล่อยข้าวที่วัดเสร็จแล้ว

- หมายเลข 1 กล่องห่อหุ้มอุปกรณ์สำหรับชุดกลไกส้อมตัวอย่างข้าว
- หมายเลข 2 ถาดสำหรับใส่ตัวอย่างข้าว
- หมายเลข 3 เกลียวลำเลียงตัวอย่างข้าว
- หมายเลข 4 มอเตอร์ขับเคลื่อนเกลียวลำเลียงตัวอย่างข้าว
- หมายเลข 5 ชุดโมดูลเซ็นเซอร์วัดค่าสี
- หมายเลข 6 เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ
- หมายเลข 7 ช่องสำหรับให้ข้าวไหลลงถาดใส่ตัวอย่างข้าว
- หมายเลข 8 แผ่นอะคริลิกสำหรับรองถาดใส่ตัวอย่างข้าว
- หมายเลข 9 เซอร์โวมอเตอร์สำหรับการขับเคลื่อนถาดใส่ตัวอย่างข้าว
- หมายเลข 10 ช่องสำหรับให้ข้าวไหลออกจากชุดกลไกส้อมตัวอย่าง



ภาพประกอบ 15 ข้าวที่ผ่านเครื่องขัดขาวแล้ว

3.1.2 ชุด sensor node

1) อุปกรณ์สำหรับชุด sensor node ของเครื่องขัดขาว จะมี Node MCU ซึ่งใช้สำหรับเชื่อมต่อเข้าเครือข่ายไร้สายเพื่อส่งไปยัง gateway ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1.1) Wireless module ในการวิจัยนี้จะเลือกใช้ NodeMCU V2 ดังแสดงในภาพประกอบ 16 เพื่อส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายไร้สาย เนื่องจาก NodeMCU V2 ใช้การส่งข้อมูลผ่านระบบไวไฟซึ่งมีโปรโตคอล TCP/IP ในการส่งข้อมูลจึงทำให้ค่าที่ได้ในการส่งข้อมูลมีความน่าเชื่อถือ และ NodeMCU V2 มีไมโครคอนโทรลเลอร์อยู่ในตัวเองจึงสามารถใช้เป็นตัวประมวลผลข้อมูลและควบคุมการทำงานของ sensor node ได้โดยไม่ต้องหาไมโครคอนโทรลเลอร์เพิ่ม

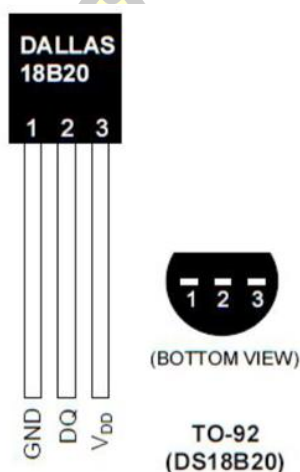


ภาพประกอบ 16 บอร์ด NodeMCU V2

ที่มา : Arduinoall (2559). บอร์ดทดลอง NodeMCU V2. สืบค้นเมื่อ 20 พฤษภาคม 2559,

จาก <https://www.arduinoall.com/product/840/บอร์ดทดลอง-nodemcu-v2-nodemcu-v2-esp8266-development-kit-esp-12f-n>

1.2) เซนเซอร์วัดอุณหภูมิได้เลือกใช้เซนเซอร์วัดอุณหภูมิในตระกูล DS18xx รุ่น 18B20 โดยที่เซนเซอร์วัดอุณหภูมิเป็นเซนเซอร์วัดที่วัดอุณหภูมิและให้ค่าแบบดิจิทัล เชื่อมต่อในรูปแบบของบัสที่เรียกว่า 1-Wire ดังภาพประกอบ 17 สามารถวัดอุณหภูมิได้ในช่วง -55 องศาเซลเซียส ถึง +125 องศาเซลเซียส ความละเอียดของอุณหภูมิที่วัดได้ ± 0.5 องศาเซลเซียส สำหรับอุณหภูมิในช่วง -10 องศาเซลเซียส ถึง +85 องศาเซลเซียส



ภาพประกอบ 17 เซนเซอร์วัดอุณหภูมิในตระกูล DS1820

ที่มา : Mosvath (2559). Temperature With DS18B20. สืบค้นเมื่อ 20 พฤษภาคม 2559,
จาก <https://www.instructables.com/id/Temperature-with-DS18B20/>

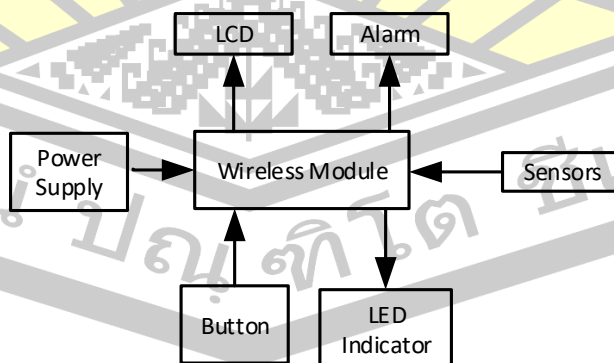
1.3) เซ็นเซอร์สี TCS3200 ดังแสดงในภาพประกอบ 18 เป็นอุปกรณ์ตรวจจับสีที่ใช้ TAOS TCS3200 เป็นเซ็นเซอร์แบบ RGB และมีไฟ LED สีขาว 4 ดวงเพื่อให้แสงสว่าง เซ็นเซอร์ TCS3200 สามารถตรวจจับสีได้อย่างแม่นยำ เซ็นเซอร์อีก 2 ชนิดที่สามารถมาประยุกต์ใช้วัดความขาวของข้าวได้ คือ intensity sensor และ กล้องดิจิทัลขนาดเล็ก ซึ่ง intensity sensor นั้น จะทำการตรวจวัดความสว่าง (intensity) ที่สะท้อนมาจากเมล็ดข้าว เมื่อมีการให้แสงส่องไปยังเมล็ดข้าว ถ้าหากเมล็ดข้าวมีความขาวสูง ก็จะสามารถสะท้อนแสงได้ดี ค่า output ที่ได้จาก sensor ก็จะมีค่าสูง ในขณะที่ ถ้าหากความขาวต่ำ การสะท้อนจะน้อย ทำให้ค่า output ที่ได้ มีค่าต่ำด้วย ส่วนกล้องนั้น จะได้ภาพของกลุ่มเมล็ดข้าว แล้วทำการวิเคราะห์สีของข้าวด้วยกระบวนการประมวลผลภาพ



ภาพประกอบ 18 color sensor รุ่น TCS3200

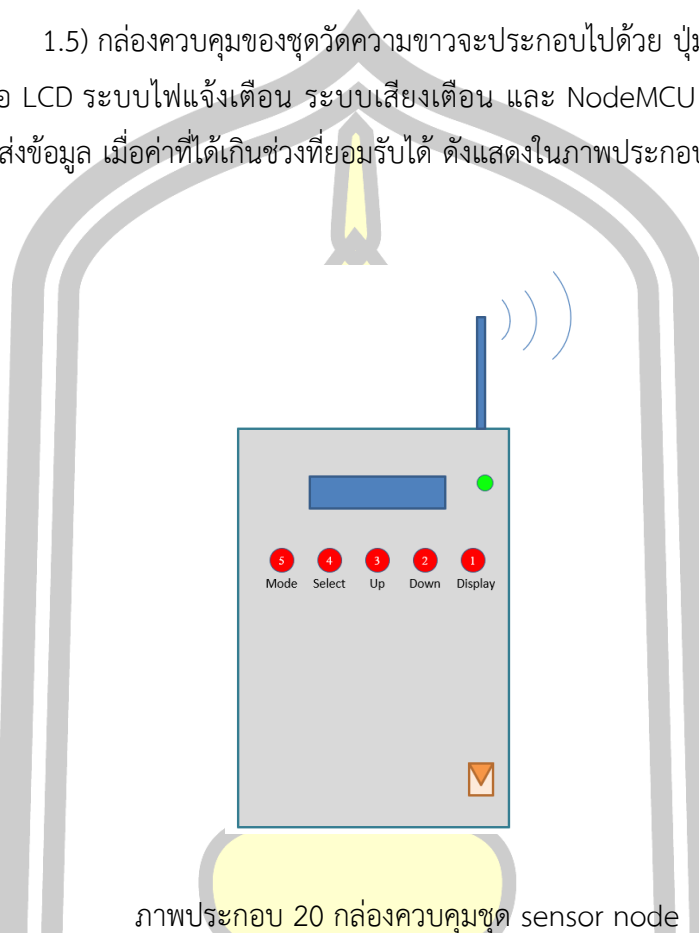
ที่มา : Arduinoall (2557). โมดูลเซนเซอร์สี วัดค่าสี อ่านค่าสี. สืบค้นเมื่อ 20 พฤษภาคม 2559,
จ า ก <https://www.arduinoall.com/product/155/nodemcu-v2-esp8266-โมดูลเซนเซอร์สี-วัดค่าสี-อ่านค่าสี-เซนเซอร์สี-ตรวจจับสี-แยกสี-rgb-colour-sensor-tcs230-tcs3200-สำหรับ>

1.4) การออกของชุด sensor node ของเครื่องขัดขาวจะมีลักษณะดังภาพประกอบ 19 ซึ่งตัวประมวลผลจะเป็น Node MCU V2 ซึ่งจะรับข้อมูลจากเซ็นเซอร์แล้วนำมาประมวลผล พร้อมทั้งแสดงค่าบนหน้า LCD และส่งค่าผ่านเครือข่ายไร้สายไปยัง gateway และมี LED สำหรับบ่งบอกสถานะการทำงาน



ภาพประกอบ 19 ส่วนประกอบหลักของ sensor node ของเครื่องขัดขาว

1.5) กล่องควบคุมของชุดวัดความยาวจะประกอบไปด้วย ปุ่มกดสำหรับตั้งค่า ปุ่มกดตั้งค่า หน้าจอ LCD ระบบไฟแจ้งเตือน ระบบเสียงเตือน และ NodeMCU V2 ที่ใช้ในประมวลผลข้อมูลและรับส่งข้อมูล เมื่อค่าที่ได้เกินช่วงที่ยอมรับได้ ดังแสดงในภาพประกอบ 20



ภาพประกอบ 20 กล่องควบคุมชุด sensor node

1.6) วงจรไฟฟ้าของชุดวัดความยาวจะแบ่งออกเป็น 2 ฝั่ง คือฝั่งวัดความยาวและฝั่งควบคุมหลัก ฝั่งวัดความยาวจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูโนน่าโน ทำหน้าที่ควบคุมเซอร์โมเตอร์ให้หมุนไปยังมุมที่กำหนด วัดค่าอุณหภูมิของข้าวที่ออกจากเครื่องขัดขาว ควบคุมมอเตอร์ที่ขับเคลื่อนลำเลียง วัดค่าความยาวของข้าวและติดต่อสื่อสารกับฝั่งควบคุมหลัก ฝั่งควบคุมหลักใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์คือ NodeMCU V2 ซึ่งจะทำหน้าที่ส่งค่าไปยัง gateway ควบคุมหน้าจอแสดงผล อ่านค่าจากผู้ใช้เพื่อทำการตั้งค่า แจ้งเตือนด้วยเสียงและไฟเมื่อค่าไม่ได้อยู่ในช่วงที่กำหนด สำหรับฝั่งควบคุมหลักจะใช้อุปกรณ์แปลงแรงดันจากไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ มาเป็นไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์ จากนั้นทำการลดระดับแรงดันเป็นไฟฟ้ากระแสตรง 5 โวลต์ วงจรป้องกันใช้ฟิวส์ขนาด 2 แอมป์ เพื่อตัดวงจรหากเกิดไฟฟ้าลัดวงจรใน การเชื่อมต่อระหว่าง 2 ฝั่งจะใช้สาย DB9 เพื่อทำการส่งกำลังไฟฟ้าและสื่อสารกัน วงจรไฟฟ้าทั้ง 2 ฝั่งสามารถแสดงได้ดังแสดงในภาพประกอบ 21

1.7) การติดต่อสื่อสารของชุดวัดความยาว 2 ฟัง เนื่องจากชุดวัดความยาวจะมีวงจรไฟฟ้า 2 ฟังที่มีตัวควบคุมแยกจากกัน โดยฟังวัดความยาวจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูโนน่าโน ทำหน้าที่วัดค่าความยาว หาค่าเฉลี่ย อ่านค่าอุณหภูมิ ควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ และควบคุมมอเตอร์ขับเคลื่อนลำเลียงข้าว ฟังควบคุมหลักจะใช้ NodeMCU ทำหน้าที่สร้างการเชื่อมต่อเข้ากับระบบเครือข่าย เซ็นเซอร์ไร้สาย ควบคุมหน้าจอแสดงผล รับค่าจากผู้ใช้ และควบคุมระบบแจ้งเตือนที่ตู้ควบคุม ดังนั้นผู้วิจัยจึงจำเป็นต้องพัฒนารูปแบบในการสื่อสารขึ้นมาเพื่อใช้ในการรับส่งระหว่างตัวควบคุมทั้ง 2 ฟังซึ่งชุดคำสั่งที่ใช้สามารถแสดงได้ดังตาราง 2

ตาราง 2 รูปแบบคำสั่งที่ใช้ในการติดต่อสื่อสารระหว่างวงจรควบคุม

คำสั่ง	การตอบกลับ	คำอธิบาย
get,tSp,0	time,xxx,0	อ่านค่าเวลาในการสุ่ม (นาทิจ)
get,aTL,0	TL,xxx,0	อ่านค่าอุณหภูมิต่ำสุดที่ตั้งค่าไว้ (องศาเซลเซียส)
get,aTH,0	TH,xxx,0	อ่านค่าอุณหภูมิสูงสุดที่ตั้งค่าไว้ (องศาเซลเซียส)
get,wL,0	wL,xxx,0	อ่านค่าความยาวต่ำสุดที่ตั้งค่าไว้
get,wH,0	wH,xxx,0	อ่านค่าความยาวสูงสุดที่ตั้งค่าไว้
get,lT,0	lT,xxx,0	อ่านค่าอุณหภูมิลำสุดที่บันทึกไว้ (องศาเซลเซียส)
get,lW,0	lW,xxx,0	อ่านค่าความยาวลำสุดที่บันทึกไว้
get,id,0	id,xxx,0	อ่านค่าหมายเลขเครื่อง
set,tSp,xxx	ok,tsp,xxx	ตั้งค่าเวลาในการสุ่ม (นาทิจ)
set,aTL,xxx	ok,aTL,xxx	ตั้งค่าอุณหภูมิต่ำสุด (องศาเซลเซียส)
set,aTH,xxx	ok,aTH,xxx	ตั้งค่าอุณหภูมิสูงสุด (องศาเซลเซียส)
set,wL,xxx	ok,wL,xxx	ตั้งค่าความยาวต่ำสุด
set,wH,xxx	ok,wH,xxx	ตั้งค่าความยาวสูงสุด
set,lT,xxx	ok,lT,xxx	ตั้งค่าอุณหภูมิลำสุด (องศาเซลเซียส)
set,lW,xxx	ok,lW,xxx	ตั้งค่าความยาวลำสุด
set,id,xxx	ok,id,xxx	ตั้งค่าหมายเลขเครื่อง
RUN	ok,RUN,0	สั่งให้ชุดกลไกสุ่มทำงาน

หมายเหตุ : xxx ของชุดคำสั่ง get คือค่าที่ตอบกลับมา

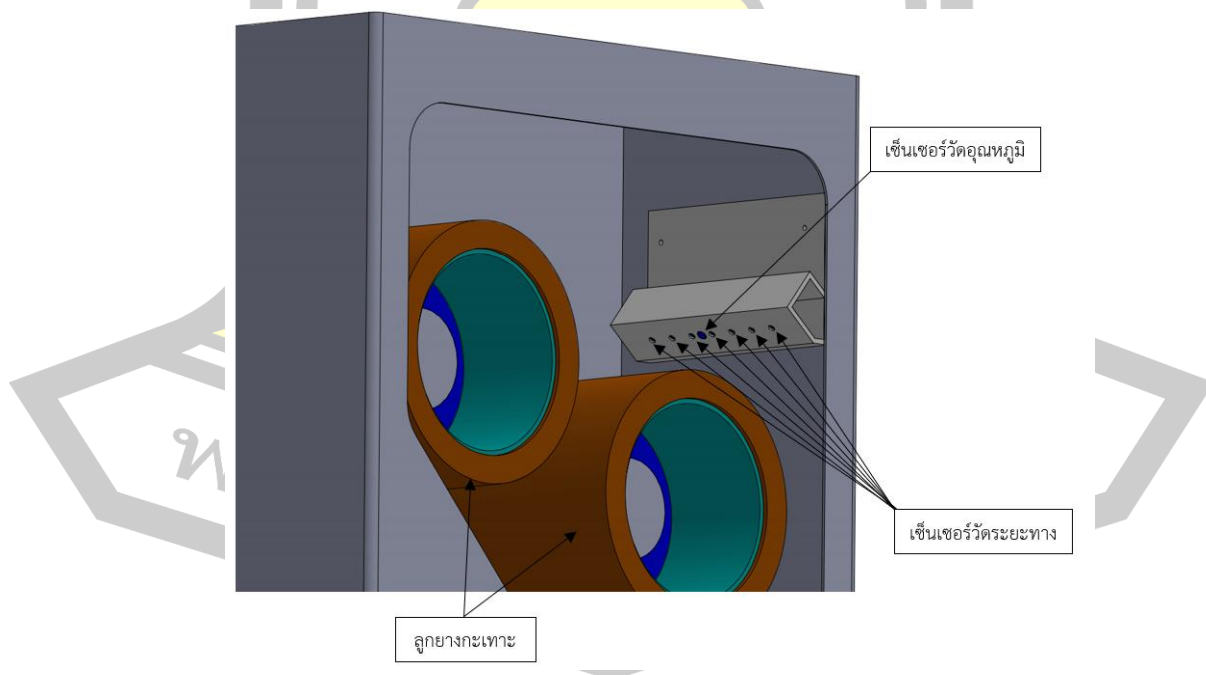
xxx ของชุดคำสั่ง set เป็นค่าที่ต้องการตั้งค่า

1.8) การวิเคราะห์ค่าความยาวที่ได้จากชุดวัดความยาว เนื่องจากค่าความยาวที่ได้จากชุดวัดความยาวมีโอกาสที่ค่าจะมีความผิดพลาด ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ออกแบบวิธีการจัดการกับค่าที่อ่านได้ก่อนที่จะส่งไปยังตัวควบคุมหลัก การกำจัดค่าที่มีโอกาสผิดพลาดสามารถกระทำได้นี้ อันดับแรกอ่านค่าจากเซ็นเซอร์วัดความยาว 20 ครั้ง ลำดับถัดมาจัดเรียงค่าที่อ่านได้จากมากไปหาน้อย จากนั้นตัดข้อมูล 5 อันดับแรกและ 5 อันดับสุดท้ายออก ขั้นตอนสุดท้ายนำข้อมูล 10 ค่าที่เหลือมาหาค่าเฉลี่ย

1.9) การส่งค่าจากฝั่งควบคุมหลักไปยัง gateway และ base station ผู้วิจัยได้กำหนดรูปแบบในการส่งข้อมูลไว้คือ หมายเลขเครื่อง,ค่าความยาว,อุณหภูมิ โดยใช้เครื่องหมายจุลภาคเป็นตัวแบ่งค่าออกเป็น 3 ชุด ตัวอย่างการส่งข้อมูล เช่น เครื่องวัดความยาวเครื่องที่ 1 วัดความยาวได้ 38.2 อ่านค่าอุณหภูมิได้ 36.4 องศาเซลเซียส ค่าที่จะส่งไปยัง gateway และ base station คือ 1,38.2,36.4

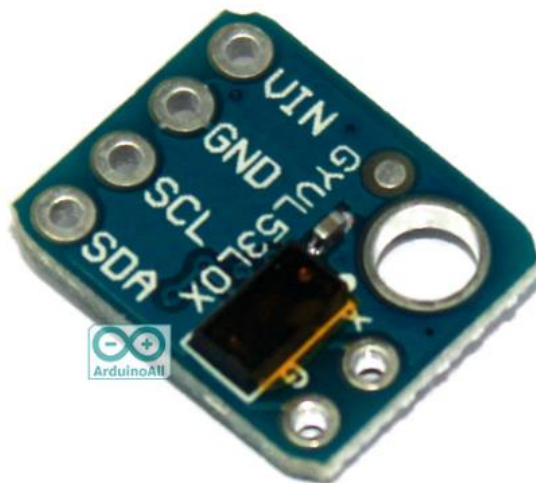
3.1.3 ชุด sensor node เครื่องกะเทาะเปลือก

1) เซ็นเซอร์ที่ออกแบบมาเพื่อวัดการสีกหรือของเครื่องกะเทาะเปลือก จะใช้วิธีวัดระยะการสีกของลูกยาง ซึ่งจะติดไว้ที่ผนังห้องกะเทาะจำนวน 7 ชั้น ระยะห่างเท่าๆกันและมีเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิติดอยู่ตรงกลางลูกยางองกะเทาะดังภาพประกอบ 22



ภาพประกอบ 22 การติดตั้งอุปกรณ์วัดค่าการสีกหรือของลูกยางกะเทาะ

2) เซ็นเซอร์ที่ใช้คือเซ็นเซอร์วัดระยะทางที่ใช้คือ GY-VL53L0X หลักการทำงานของเซ็นเซอร์คือการปล่อยแสงออกไปกระทบกับวัตถุจากนั้นนับเวลาที่แสงเดินทางไป-กลับแล้วคำนวณเป็นระยะทางออกมา เซ็นเซอร์ GY-VL53L0X มีค่าความผิดพลาดน้อยกว่า $\pm 3\%$ ลักษณะของเซ็นเซอร์ ดังแสดงในภาพประกอบ 23



ภาพประกอบ 23 เซ็นเซอร์วัดระยะทาง

ที่มา : Arduinoall (2561). GY-530 VL53L0X Laser ranging and gesture สืบค้นเมื่อ

21 สิงหาคม 2561, จาก <https://www.arduinoall.com/product/1330/gy-vl53l0x-gy-530-vl53l0x-laser-ranging-and-gesture>-เลเซอร์วัดระยะทางและตรวจจับท่าทาง

3) ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อสีหรือของเครื่องกะเทาะเปลือกอีกปัจจัยคืออุณหภูมิ เนื่องจากอุณหภูมิที่สูงขึ้นจะส่งผลให้ข้าวลูกกะเทาะเปลือกน้อยลงเพราะความแข็งของลูกยางจะสูงขึ้น และอุณหภูมิที่สูงขึ้นก็ยังส่งผลทำให้ลูกยางสึกเร็วขึ้น ดังนั้นการทราบอุณหภูมิของลูกยางกะเทาะจึงช่วยให้ช่วยป้องกันการสึกของลูกยางได้ เซ็นเซอร์ที่เลือกใช้ในการวัดอุณหภูมิของลูกยางกะเทาะคือ GY-906 เซนเซอร์วัดอุณหภูมิแบบไร้สัมผัส ดังแสดงในภาพประกอบ 24



ภาพประกอบ 24 เซนเซอร์วัดอุณหภูมิแบบไร้สัมผัส

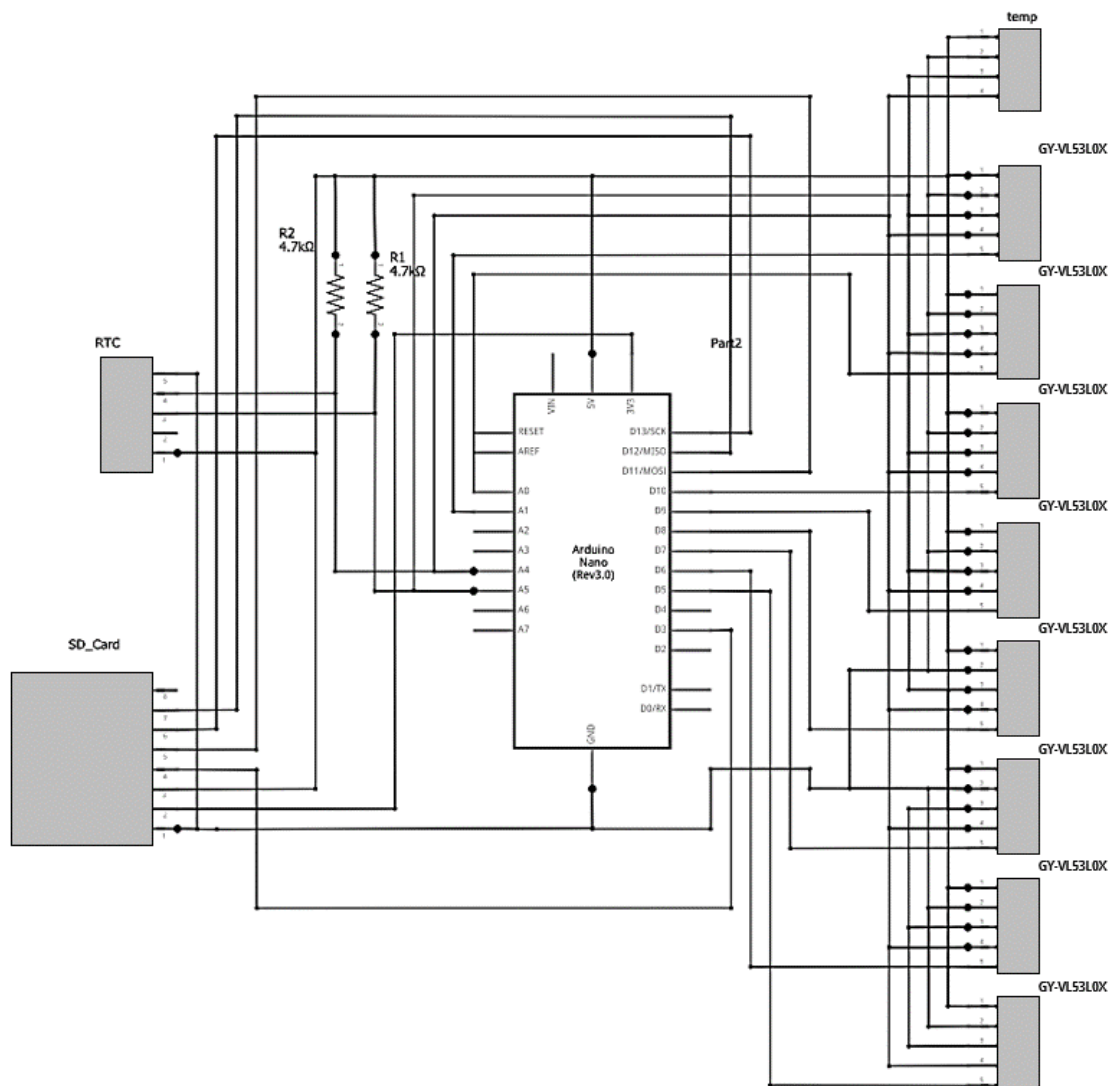
ที่มา : Arduinoall (2561). GY-906 Infrared Temperature Sensor Module สืบค้นเมื่อ

21 สิงหาคม 2561, จาก <https://www.arduinoall.com/product/851/gy-906-infrared-temperature-sensor-module-gy-906-mlx90614esf> -เซนเซอร์อุณหภูมิแบบไร้สัมผัส

4) การวัดค่าของเครื่องกะเทาะเปลือกทำได้โดยการติดตั้งเซ็นเซอร์วัดระยะทางจำนวน 7 ตัวและเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ 1 ตัวภายในห้องกะเทาะ จากนั้นติดตั้งเซ็นเซอร์วัดระยะทางอีก 1 ตัวที่ด้านนอกเครื่องกะเทาะเพื่อวัดระยะของก้านต้นลูกยางกะเทาะ เพื่อจะให้นำค่าระยะตรวจสอบระยะการสีกของลูกยาง ซึ่งวงจรไฟฟ้าสำหรับตรวจวัดการสีกของลูกยางกะเทาะสามารถแสดงได้ดังภาพประกอบ

25

พูน ปณ จิต ชีเว



ภาพประกอบ 25 วงจรไฟฟ้าสำหรับตรวจวัดการลิกของลูกยางกะเทาะ

3.1.4 ระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย

ในการสร้าง WSN นั้น NodeMCU V2 จะถูกใช้เป็นตัวรับค่าจากเซ็นเซอร์ที่ได้พัฒนาขึ้น โดยจะถูกติดตั้งกับเครื่องขัดขาวเพื่อที่จะทำหน้าที่เป็น sensor node ของ WSN การส่งข้อมูลระหว่าง NodeMCU V2 กับ gateway จะคุยกันผ่าน TCP/IP ซึ่งการเชื่อมต่อแบบนี้จะต้องรู้หมายเลข IP Address ของเครื่องที่จะติดต่อ แต่เนื่องจากการเชื่อมต่อผ่านระบบ wifi จะทำให้หมายเลข IP Address เปลี่ยนได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้แก้ปัญหาโดยให้ gateway ส่งสัญญาณในลักษณะ broadcast ผ่าน UDP (User Datagram Protocol) ออกมาทุกๆ 5 วินาที และอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อ wifi แล้วก็จะรับ IP Address ของ gateway ผ่านทาง UDP เมื่อทราบ IP Address ของ gateway แล้วค่าที่ได้จะถูกส่งไปยัง gateway เพื่อทำหน้าที่รวบรวมข้อมูลทั้งหมด

3.1.5 gateway และ base station

gateway และ base station จะทำ 2 หน้าที่ คือ รับข้อมูลจาก WSN เพื่อบันทึกลงในฐานข้อมูล และนำข้อมูลที่ได้นำมาแสดงผลผ่านหน้าจอมอนิเตอร์ ซึ่งจะทำให้ผู้ใช้สามารถนำข้อมูลในอดีตมาทำการวิเคราะห์ได้ และสามารถเฝ้าติดตามค่าที่ได้จากเซ็นเซอร์ได้ตลอดเวลา โดยไม่ต้องตรวจสอบที่เครื่องทั้งสองโดยตรง

ตัวประมวลผลเพื่อทำหน้าที่เป็น gateway และ base station ในงานวิจัยนี้จะเป็น Raspberry PI ซึ่งเป็น Single-board Computer ที่มีความสามารถทำงานได้เหมือนเครื่องคอมพิวเตอร์เครื่องเล็กๆ เครื่องหนึ่ง การแสดงผลบนหน้าจอแสดงได้ดังภาพประกอบ 26 ซึ่งจะทำให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถเฝ้าติดตามประสิทธิภาพของเครื่องจักรและคุณภาพของเมล็ดข้าวได้ตลอดเวลาผ่านทางหน้าจอมอนิเตอร์



ภาพประกอบ 26 ตัวอย่างหน้าจอ ที่ติดต่อกับผู้ใช้งาน

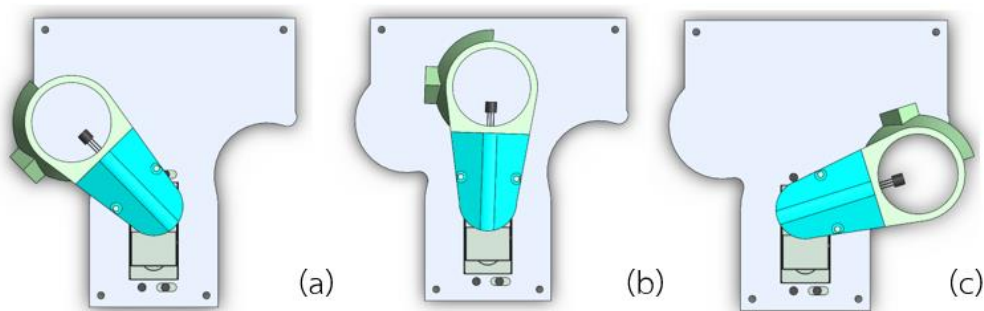
3.1.4 ขั้นตอนการทำงาน

- (1) sensor node ทำการสุ่มเก็บข้อมูลจาก sensor แล้วทำการวิเคราะห์ค่าที่ได้
- (2) ตัวควบคุม sensor node แสดงผลค่าที่ได้บนหน้าจอ LCD และส่งข้อมูลดังกล่าวผ่านระบบสื่อสารแบบไร้สาย ถ้าหากค่าที่ได้เกินช่วงที่กำหนด ระบบเตือนจะดังขึ้น เพื่อแจ้งให้ผู้ดูแลได้ทราบ
- (3) gateway และ base station รับค่าจาก sensor node แล้วบันทึกค่าลงใน Database
- (4) gateway และ base station แสดงผลผ่านทางหน้าจอมอนิเตอร์ของผู้ใช้ โดยจะแสดงค่าต่างๆ ที่ได้จาก sensor node และผลการวิเคราะห์ พร้อมทั้งมีระบบแจ้งเตือน เพื่อเตือน ถ้าหากมีสิ่งผิดปกติเกิดขึ้น

3.2 ขั้นตอนการทดลอง

3.2.1 การทดสอบชุดกลไกการสูบลมวัดความยาวและอุณหภูมิของข้าวที่เครื่องวัดความยาว

- เกลียวลำเลียงตัวอย่างข้าวทำการทดลองใส่ข้าวแล้วสั่งมอเตอร์ให้ทำงาน สังเกตดูข้าวที่ไหลออกมาที่ปลายอีกด้านของท่อลำเลียง
- เซอร์โวมอเตอร์ทำการวัดความถูกต้องของการเคลื่อนที่ของกลไกการสูบลม โดยปรับค่าเซอร์โวมอเตอร์ 3 ตำแหน่ง คือ ตำแหน่งรับข้าวเข้า ตำแหน่งวัดค่าความยาว และตำแหน่งปล่อยข้าวคืนสู่ระบบ ดังแสดงในภาพประกอบ 27



ภาพประกอบ 27 ตำแหน่งการเคลื่อนที่ของกลไกใส่ตัวอย่าง (a) ตำแหน่งในรับข้าวใส่ถาดเก็บตัวอย่าง (b) ตำแหน่งวัดค่าความยาว (c) ตำแหน่งปล่อยข้าวคืนสู่ระบบ

3.2.2 การทดสอบชุด sensor node ที่เครื่องกะเทาะเปลือกและเครื่องวัดความยาว

1) ชุด sensor node ที่เครื่องกะเทาะเปลือก

- ทดสอบความถูกต้องของเซ็นเซอร์วัดระยะทางเทียบกับเครื่องวัดมาตรฐาน โดยวัดความยาวตั้งแต่ 100 มิลลิเมตร จนถึง 300 มิลลิเมตร
- ทดสอบเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิแบบไร้สัมผัสเทียบกับเครื่องวัดมาตรฐาน โดยทำการวัดอุณหภูมิที่ 10 องศาเซลเซียส จนถึง 60 องศาเซลเซียส

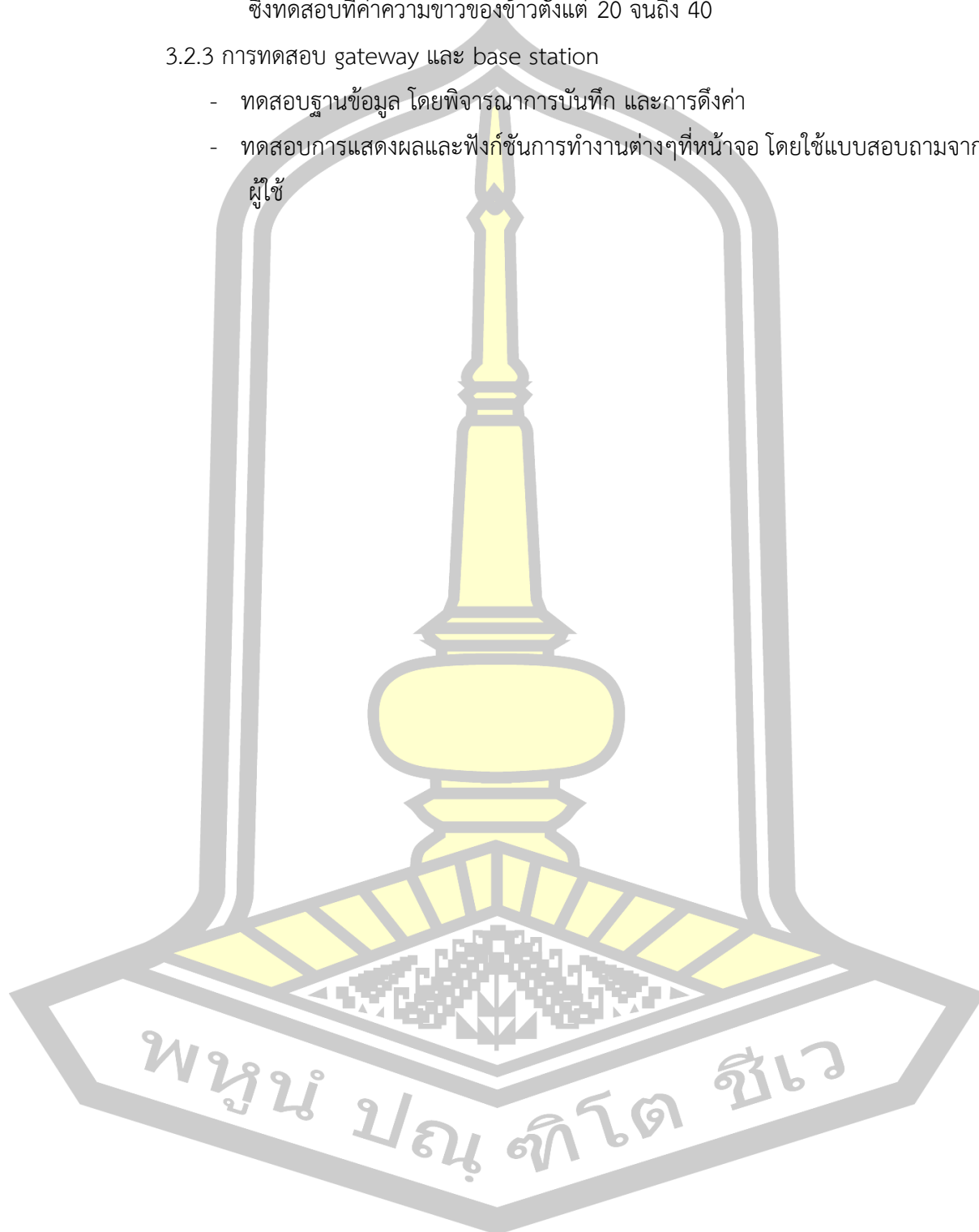
2) ชุด sensor node ที่เครื่องขัดขาว

- ทดสอบความถูกต้องของค่าที่วัดได้จากเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ DS18B20 เทียบกับเครื่องวัดมาตรฐาน ซึ่งเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิจะทำการวัดอุณหภูมิตั้งแต่ 20 องศาเซลเซียส จนถึง 80 องศาเซลเซียส

- ทดสอบความถูกต้องของค่าที่วัดได้จาก color sensor เทียบกับเครื่องวัดมาตรฐาน ซึ่งทดสอบที่ค่าความขาวของข้าวตั้งแต่ 20 จนถึง 40

3.2.3 การทดสอบ gateway และ base station

- ทดสอบฐานข้อมูล โดยพิจารณาการบันทึก และการดึงค่า
- ทดสอบการแสดงผลและฟังก์ชันการทำงานต่างๆที่หน้าจอ โดยใช้แบบสอบถามจากผู้
ผู้ใช้



บทที่ 4

ผลการศึกษาวิจัย

จากแผนการทดลองในบทที่ 3 ซึ่งได้แบ่งการทดลองออกเป็น การทดลองชุดกลไกสู่ม การทดลองของชุด sensor node การทดลองระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย และการทดลองในส่วน gateway and base station ทำให้ได้ผลการทดลองดังนี้

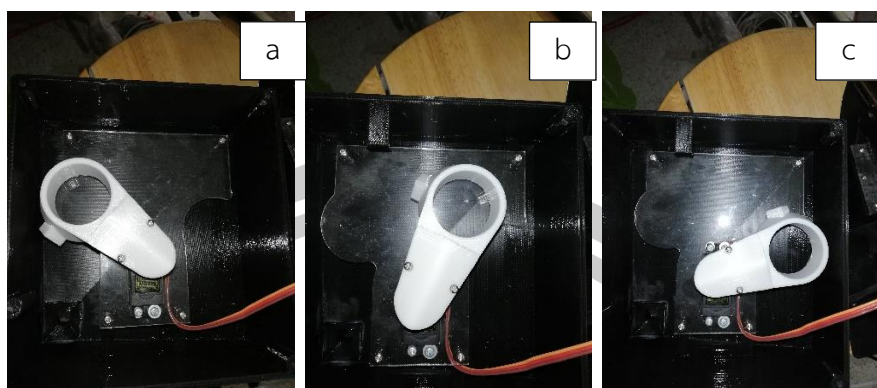
4.1 ผลการทดลองชุดกลไกสู่ม

เนื่องจากลักษณะของข้าวที่ไหลออกมาจากเครื่องขัดขาวมีปริมาณค่อนข้างเยอะแต่การตรวจวัดความขาวของข้าวผู้วิจัยต้องการแค่ตัวอย่างข้าวบางส่วน ดังนั้นจึงได้สร้างอุปกรณ์ที่เป็นในลักษณะสกรูลำเลียงขนาดเล็กเพื่อสู่มตัวอย่างข้าวที่ออกมาจากเครื่องขัดขาว ดังแสดงในภาพประกอบ 28



ภาพประกอบ 28 กลไกสู่มตัวอย่างเมล็ดข้าว

ข้าวที่ได้จากการสู่มตัวอย่างจะไหลผ่านช่องลำเลียงไปยังถาดรับตัวอย่างข้าวที่ใช้เซอร์ไวโมเตอร์ควบคุมการเคลื่อนที่ ผลการทดลองส่งเซอร์ไวเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งรับข้าวเข้า ตำแหน่งวัดค่าความขาว และ ตำแหน่งปล่อยข้าวคืนสู่ระบบ ดังแสดงในภาพประกอบ 29



ภาพประกอบ 29 ตำแหน่งของถาดรับตัวอย่างข้าว (a) รับข้าวเข้า (b) วัดค่าความขาว (c) ปล่องข้าว
คืนสู่ระบบ

4.2 การทดสอบชุด sensor node

เซ็นเซอร์วัดระยะทางที่ใช้ในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้คือ GY-VL53L0X ซึ่งมีข้อดีคือสามารถวัดค่าระยะทางได้อย่างละเอียดมีความผิดพลาดน้อย สามารถอ่านค่าจากเซ็นเซอร์ได้เลยโดยไม่ต้องมีวงจรไฟฟ้าหรือการคำนวณค่าเพื่อแปลงเป็นระยะทาง ผลการทดลองความถูกต้องของเซ็นเซอร์วัดระยะทางสามารถแสดงได้ดังตาราง 3

ตาราง 3 ความถูกต้องของเซ็นเซอร์วัดระยะทาง

ระยะ (มิลลิเมตร.)	GY-VL53L0X					Error (%)
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	SD	
50	49	49	50	49	0.6	1.3
100	99	99	100	99	0.6	0.7
150	149	148	148	148	0.6	1.1
200	199	200	198	199	1.0	0.5
250	250	250	250	250	0.0	0.0
300	301	300	299	300	1.0	0.0

เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิสำหรับลูกยางกะเทาะใช้เป็นแบบเซ็นเซอร์ไร้สัมผัสเนื่องจากลูกยางกะเทาะหมุนอยู่ตลอดเวลาตั้งนั้นจึงไม่สามารถแตะที่ผิววัสดุเพื่อวัดอุณหภูมิได้ เซ็นเซอร์ที่เลือกใช้เป็นลักษณะการวัดรังสีอินฟราเรดที่แผ่ออกมาจากวัสดุ ค่าความถูกต้องสามารถแสดงได้ดังตาราง 4

ตาราง 4 ค่าความถูกต้องเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิแบบไร้สัมผัส

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	GY-906					Error(%)
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	SD	
10	10.23	10.71	10.63	10.5	0.3	5.2
20	20.39	20.61	20.09	20.4	0.3	1.8
30	29.23	30.53	30.87	30.2	0.9	0.7
40	40.17	39.55	40.25	40.0	0.4	0.0
50	50.49	50.59	50.75	50.6	0.1	1.2
60	59.97	60.55	59.63	60.1	0.5	0.1

เซ็นเซอร์วัดความขาวที่ใช้ในการทดลองนี้คือ tcs3200 color sensor ซึ่งจะให้ค่าของสีทั้งค่าสีแดง สีเขียว สีน้ำเงิน ซึ่งค่าสีแดง สีเขียว สีน้ำเงินที่ความขาวต่างๆแสดงได้ดังตาราง 5 จากนั้นทำการทดสอบอ่านค่าที่ความขาวแตกต่างกันซึ่งจะนำไปหาสมการความสัมพันธ์โดยใช้โปรแกรม MINITAB14 ซึ่งได้สมการดังแสดงในสมการที่ 1 ซึ่งสมการที่ได้จะให้ค่า $R^2(\text{adj})$ อยู่ที่ 89% ดังแสดงในภาพประกอบ 30

Regression Analysis: Whiteness versus R, G, B

The regression equation is

$$\text{Whiteness} = 67.3 - 1.96 R + 3.04 G - 1.80 B$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	67.33	10.77	6.25	0.101
R	-1.963	1.347	-1.46	0.383
G	3.041	1.440	2.11	0.282
B	-1.7976	0.5265	-3.41	0.181

$$S = 0.839570 \quad R\text{-Sq} = 97.2\% \quad R\text{-Sq}(\text{adj}) = 89.0\%$$

ภาพประกอบ 30 ค่าจากโปรแกรม MINITAB14

ตาราง 5 ค่าสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน ของความขาวต่างๆ

kett c300-3	ค่าสี		
	แดง	เขียว	น้ำเงิน
34.6	64	82	87
37.9	51	64	69
39.6	54	66	68
40.4	56	70	72
40.8	57	71	73

สมการความสัมพันธ์ของค่าความขาวกับค่าสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน จากเซ็นเซอร์วัดความเข้มสี

$$Y = 67.33 - R(1.963) + G(3.041) - B(1.7976) \dots \dots \dots (1)$$

โดยที่ Y คือ ค่าความขาว

R คือ ค่าความเข้มสีแดง

G คือ ค่าความเข้มสีเขียว

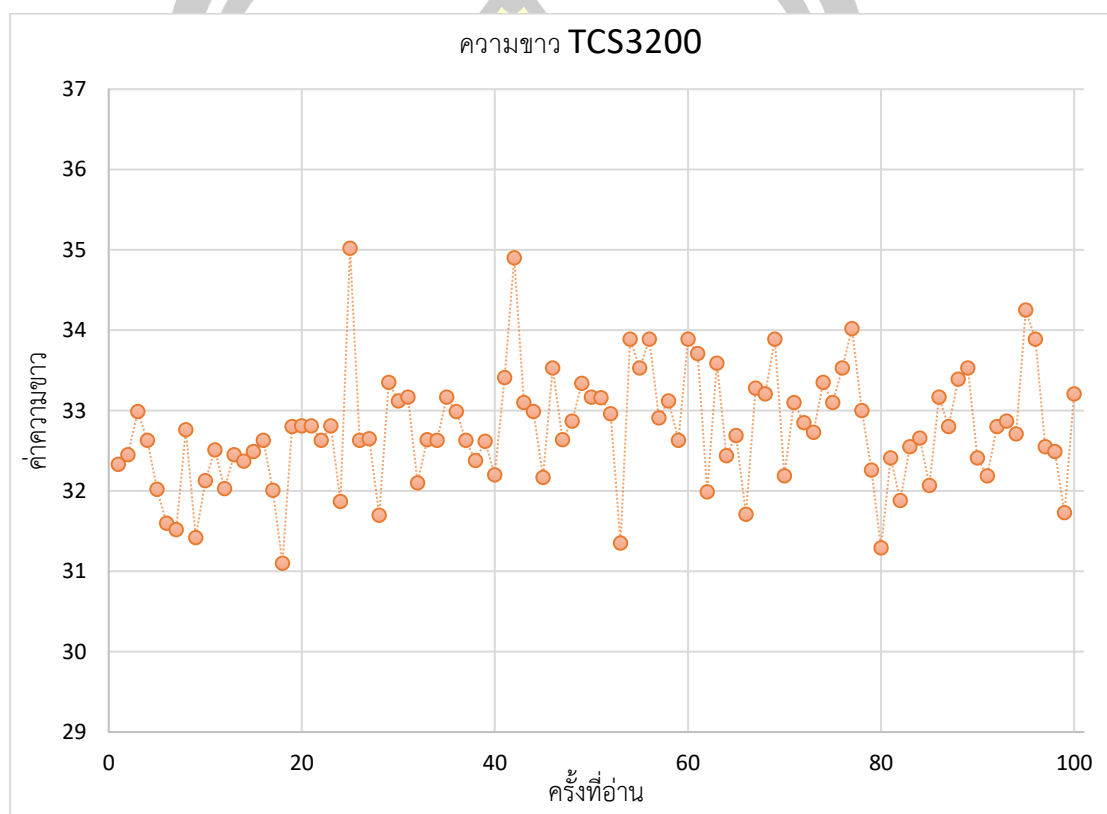
B คือ ค่าความเข้มสีน้ำเงิน

นำสมการที่ได้ไปใช้ในการเขียนโปรแกรมเพื่อนำค่าสี RGB มาคำนวณความขาวให้ได้ค่าความขาวของข้าวเทียบกับเครื่องวัดความขาวมาตรฐาน kett c300-3 ดังแสดงในตาราง 6

ตาราง 6 ผลการแปลงค่าสี RGB เป็นความขาว

kett c300-3	ค่าที่อ่านได้					ผลต่าง ระดับความขาว
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	SD	
37.2	38.2	37.4	38.3	38.0	0.5	0.8
39.6	36.8	40.2	40.9	39.3	2.2	0.3
40.2	38.9	38.0	38.2	38.4	0.5	1.8
41.1	39.3	38.3	41.1	39.5	1.4	1.6

การทดสอบความแม่นยำของชุดวัดความขาวที่สร้างจาก tcs3200 color sensor ผู้วิจัยได้ทำการนำตัวอย่างข้าวไปวัดความขาวที่เครื่องวัดความขาวมาตรฐาน kett c300-3 ได้ความขาวเฉลี่ยอยู่ที่ 32.33 จากนั้นนำชุดวัดความขาวที่สร้างขึ้นไปวัดความขาวจากข้าวชุดเดียวกันแบบต่อเนื่อง 100 ครั้ง ค่าความขาวเฉลี่ยที่อ่านได้คือ 32.8 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 0.72 ค่าที่อ่านได้สามารถแสดงได้ดังภาพประกอบ 31



ภาพประกอบ 31 ค่าความขาวจากชุดวัดความขาว

เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิที่ใช้คือ 18B20 ซึ่งสามารถอ่านค่าเป็นค่าดิจิตอลออกมาโดยไม่ต้องทำการเทียบค่า ผลการทดสอบอ่านค่าเทียบกับเครื่องวัดมาตรฐาน แสดงได้ดังตาราง 7

ตาราง 7 ค่าอุณหภูมิเทียบกับเครื่องวัดมาตรฐาน

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	DS18B20					ผลต่าง อุณหภูมิ
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	SD	
9.0	7.9	7.9	7.8	7.9	0.1	1.1
20.5	19.5	19.6	19.6	19.5	0.0	1.0
30.0	29.8	29.8	29.8	29.8	0.0	0.2
41.0	40.6	40.8	40.8	40.7	0.1	0.3
51.0	51.4	51.4	51.3	51.4	0.0	0.4
58.5	58.9	58.8	58.8	58.8	0.1	0.3
68.0	69.4	69.4	69.4	69.4	0.0	1.4

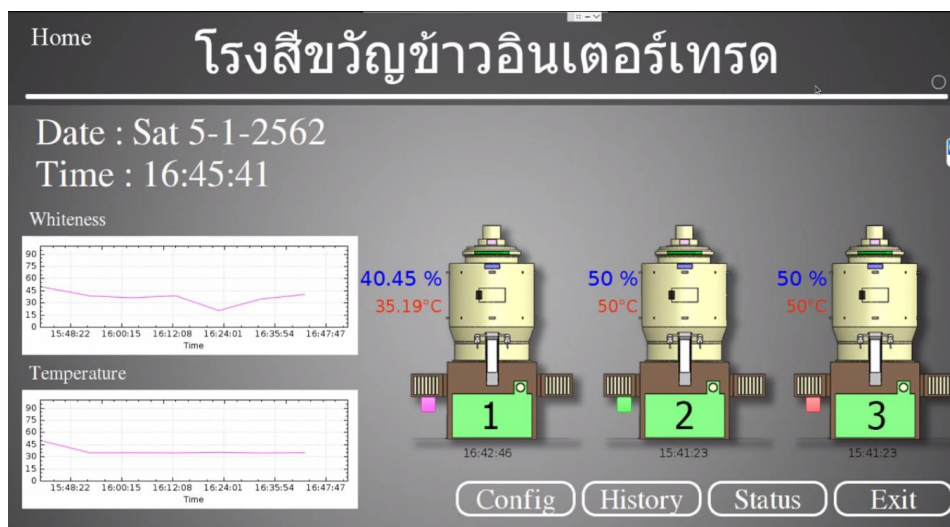
4.3 การทดสอบ gateway and base station

การทดสอบ gateway and base station ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบการจับเก็บข้อมูลลงฐานข้อมูล การดึงข้อมูลออกมาแสดงผลย้อนหลัง และการแสดงผลที่หน้าจอควบคุม ซึ่งผลการจับเก็บข้อมูลและการดึงข้อมูลออกมาแสดงย้อนหลังดังแสดงในภาพประกอบ 32 การแสดงผลที่หน้าจอควบคุมดังแสดงในภาพประกอบ 33

The screenshot shows a web interface titled "History". It features two filter sections: "From" and "To". The "From" filter has a date of "2019-01-04" and a time of "00:00:00". The "To" filter has a date of "2019-01-05" and a time of "17:00:00". Below the filters is a table with the following columns: "Date", "Time", "ID_WT", "Whiteness", and "Temp". The table contains 9 rows of data. To the right of the table are three buttons: "Graph", "Table", and "Home".

	Date	Time	ID_WT	Whiteness	Temp
1	2019-01-05	16:52:46	1	28.04	34.69
2	2019-01-05	16:42:46	1	40.45	35.19
3	2019-01-05	16:32:45	1	35.01	34.75
4	2019-01-05	16:22:45	1	20.64	35.5
5	2019-01-05	16:12:45	1	38.92	34.88
6	2019-01-05	16:02:45	1	36.46	35.06
7	2019-01-05	15:52:45	1	38.69	34.94
8	2019-01-05	15:24:36	1	39.37	-127
9	2019-01-05	15:14:36	1	38.61	35.13

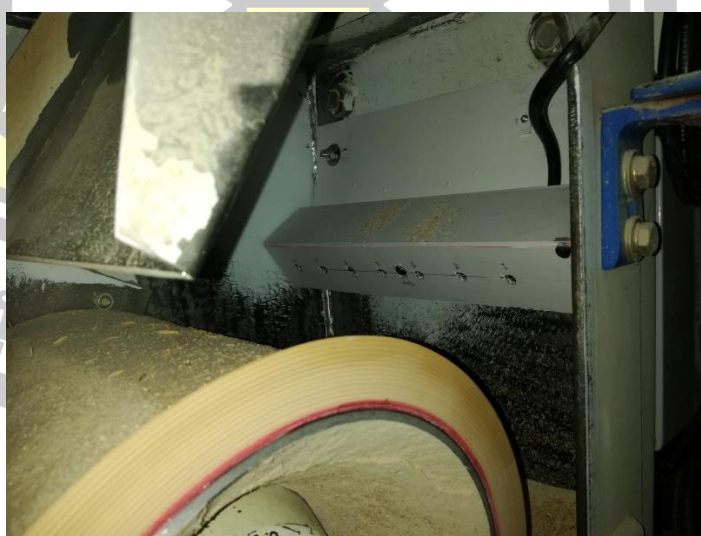
ภาพประกอบ 32 การจัดเก็บข้อมูลและการดึงข้อมูลออกมาแสดงย้อนหลัง



ภาพประกอบ 33 การแสดงผลที่หน้าจอควบคุม

4.4 ผลการทดลองติดตั้งเซ็นเซอร์ที่เครื่องกะเทาะ

อุปกรณ์ที่ได้สร้างขึ้นสำหรับเครื่องกะเทาะเป็นลักษณะของเซ็นเซอร์วัดระยะทางหลายตัวทำงานร่วมกันพร้อมกับเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิแบบไร้สัมผัสซึ่งได้ทำการติดตั้งภายในเครื่องกะเทาะเพื่อวัดระยะการสีกของลูกยางและวัดอุณหภูมิของลูกยางกะเทาะ ดังแสดงในภาพประกอบ 34 นอกจากนี้ยังได้ติดตั้งบริเวณก้านดันลูกยางกะเทาะด้านนอกเครื่องกะเทาะอีก 1 ตัว เพื่อวัดระยะการสีกของลูกยางกะเทาะอีกฝั่ง ตำแหน่งการติดตั้งสามารถแสดงได้ดังภาพประกอบ 35

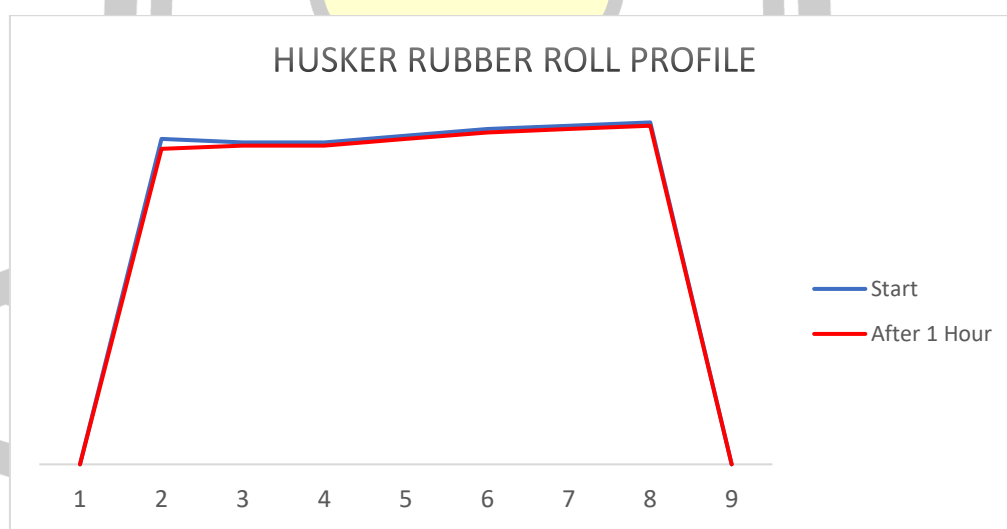


ภาพประกอบ 34 ตำแหน่งการติดตั้งเซ็นเซอร์วัดระยะการสีกของลูกยางและวัดอุณหภูมิ



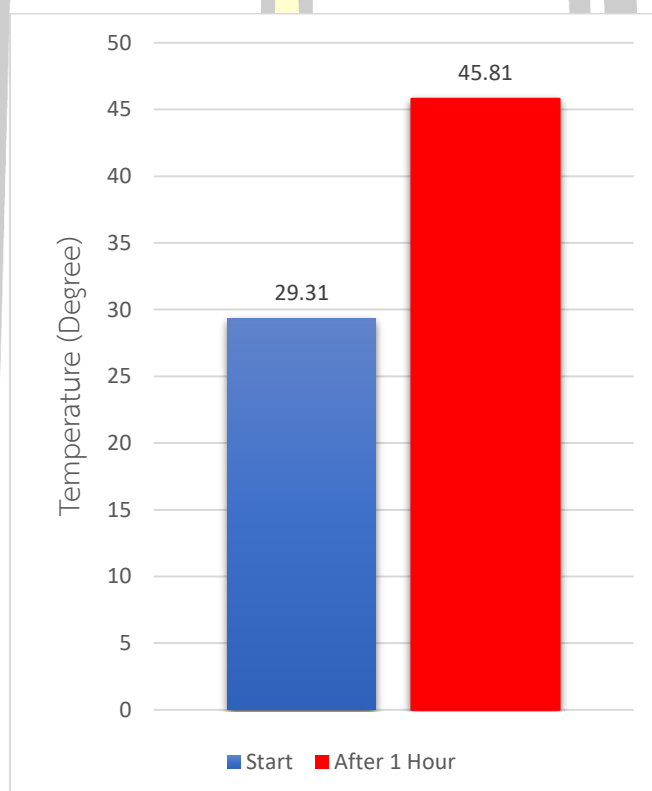
ภาพประกอบ 35 ตำแหน่งการติดตั้งเซ็นเซอร์วัดระยะของก้านดันลูกยาง

เมื่อนำค่าระยะที่อ่านได้มาวาดกราฟแล้วจะทำให้เห็นลักษณะการสึกของลูกยางที่เกิดขึ้น โดยเส้นสีน้ำเงินคือกราฟที่เกิดจากการนำค่าระยะห่างจากตัวเซ็นเซอร์กับผิวลูกยางกะเทาะตอนเปิดเครื่องมาวาด และเส้นสีแดงคือกราฟที่เกิดจากการนำค่าระยะห่างจากตัวเซ็นเซอร์กับผิวลูกยางกะเทาะมาวาดหลังจากที่ใช้งานเครื่องกะเทาะเปลือกไปแล้ว 1 ชั่วโมง ดังภาพประกอบ 36



ภาพประกอบ 36 ลักษณะการสึกของลูกยางที่เกิดขึ้นที่อ่านได้จากเซ็นเซอร์วัดระยะทาง

เมื่อนำค่าอุณหภูมิที่อ่านได้จากตอนเริ่มเปิดเครื่องจนเวลาผ่านไป 1 ชั่วโมง มาวาดเป็นแผนภูมิแท่งแล้วจะได้ลักษณะของแผนภูมิแท่ง ดังภาพประกอบ 37 ซึ่งแผนภูมิแท่งสีน้ำเงินคืออุณหภูมิของผิวลูกยางตอนเริ่มเปิดเครื่องยังไม่ได้มีการกะเทาะ และสีแดงคืออุณหภูมิของผิวลูกยางตอนผ่านการกะเทาะเปลือกข้าวไปแล้ว 1 ชั่วโมง ซึ่งจะทำให้เห็นถึงการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิของผิวลูกยางกะเทาะภายในห้องกะเทาะ



ภาพประกอบ 37 อุณหภูมิของลูกยางกะเทาะ

พูน ปณ จิต ชีเว

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

การวัดค่าความขาวและอุณหภูมิของข้าวที่ออกมาจากเครื่องขัดขาว และการวัดระยะห่างของลูกยางกะเทาะและอุณหภูมิของลูกยางกะเทาะ จะช่วยให้สามารถควบคุมคุณภาพการสีข้าวได้ เนื่องจากปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการสีข้าวส่วนใหญ่อยู่ที่ 2 กระบวนการนี้ ผลการศึกษาทดลองของอุปกรณ์แต่ละส่วนที่ได้ทำในงานวิจัยนี้สามารถสรุปได้ดังนี้

1. ชุดวัดความขาวและอุณหภูมิข้าวใช้กลไกสุ่มตัวอย่างข้าวที่ไหลออกมาจากเครื่องขัดขาว โดยใช้เกลียวลำเลียงตัวอย่างข้าวไปยังถาดใส่ตัวอย่างข้าว จากนั้นใช้เซอร์โวมอเตอร์ในการขับเคลื่อนตัวอย่างข้าวเพื่อวัดความขาวของข้าว ผลปรากฏว่าค่าความขาวผิดพลาดต่ำสุดอยู่ที่ 0.32 และมีค่าความผิดพลาดสูงสุดอยู่ที่ 1.79 และในการวัดอุณหภูมิ ผลปรากฏว่าค่าอุณหภูมิที่วัดได้มีค่าความผิดพลาดต่ำสุดอยู่ที่ 0.2 องศาเซลเซียส และมีค่าความผิดพลาดสูงสุดอยู่ที่ 1.4 องศาเซลเซียส

2. ชุดวัดการสึกหรอของลูกยางกะเทาะใช้เซ็นเซอร์วัดระยะทางและเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิติดไว้ภายในห้องกะเทาะเพื่อวัดระยะการสึกและอุณหภูมิของลูกยางกะเทาะ ผลการทดลองชุดเซ็นเซอร์วัดระยะทางมีความผิดพลาดน้อยกว่า 2% การวัดอุณหภูมิของลูกยางกะเทาะผลการทดลองปรากฏว่ามีค่าที่วัดได้มีค่าความผิดพลาดน้อยกว่า 1 องศาเซลเซียส

3. ระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายที่สร้างขึ้นสามารถรับส่งค่าแบบไร้สายไปยัง base station เพื่อทำการบันทึกข้อมูลและแสดงผลที่หน้าจอควบคุม ผลการทดลองในส่วนบันทึกผลข้อมูล ผลปรากฏว่าสามารถบันทึกและแสดงผลข้อมูลได้อย่างถูกต้อง พร้อมกับสามารถแจ้งเตือนให้กับผู้ควบคุมเมื่อค่าความขาวและอุณหภูมิไม่ได้อยู่ในช่วงที่กำหนดได้อย่างถูกต้อง

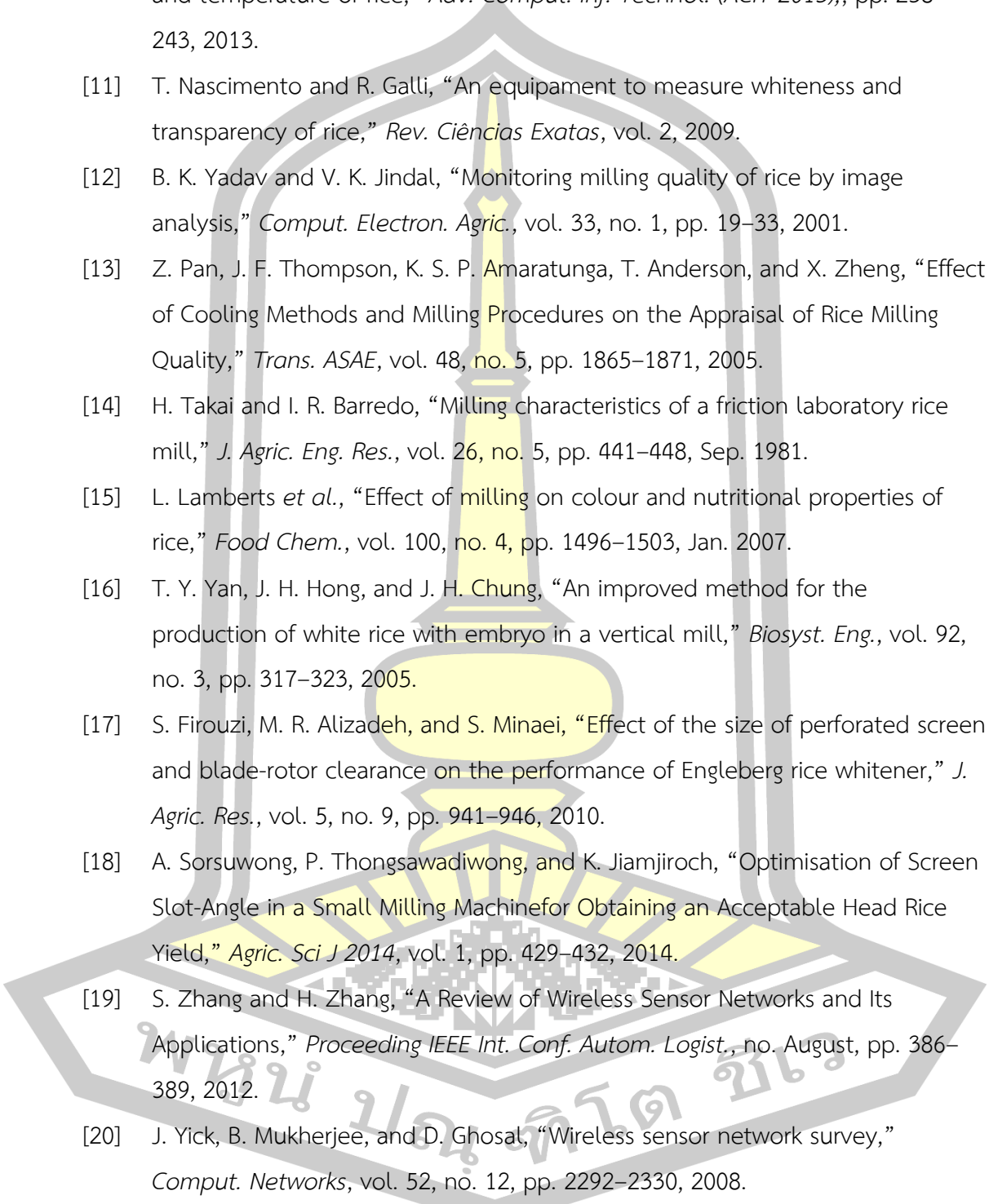
พูน ปณ จิโต ชีเว

บรรณานุกรม

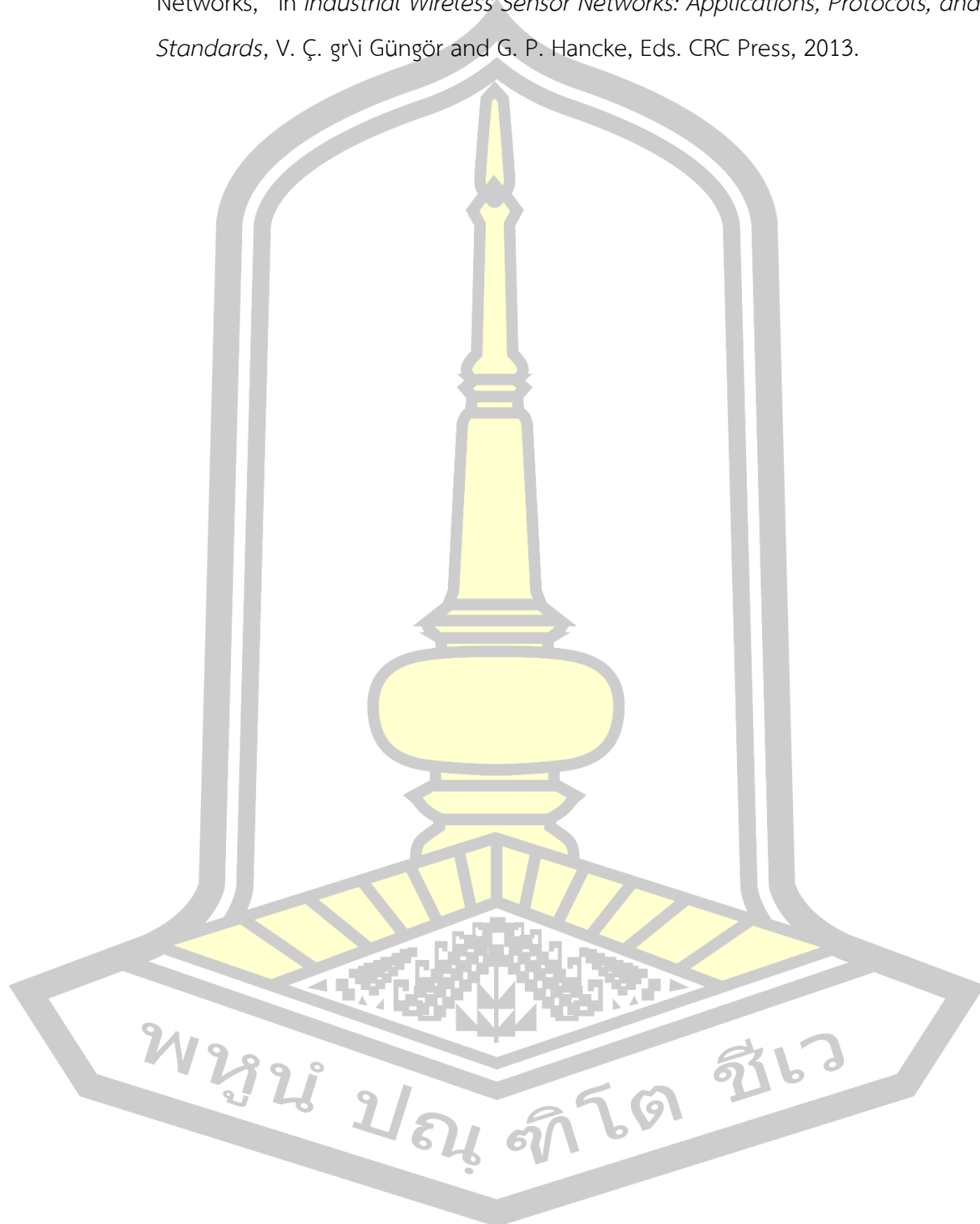


บรรณานุกรม

- [1] จินตามณี นิสัยนต์ และ อภิชาติ อางนาเสียว, “การเพิ่มประสิทธิภาพโรงสีข้าวหอมมะลิ,” *การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัย ระดับบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ 12; 28 มกราคม 2554; มหาวิทยาลัยขอนแก่น.*, 2554.
- [2] R. S. SATAKE, “Rice Milling and Processing”. *Handbook of Postharvest Technology*, NA. Marcel Dekker: New York, 2003.
- [3] N. Tangpinijkul, “Rice milling system,” *Train. Course Grain Post-harvest Technol. 2010, Post-harvest Eng. Res. Group, Agric. Eng. Res. Institute, Dep. Agric. 14 Novemb. - 4 December 2010; Manhattan Klongluang Hotel. Pathum Thani, Thail.*, no. December, pp. 1–27, 2010.
- [4] M. R. Alizadeh and M. H. Rahmati, “Effect of paddy dehulling rate in rubber roll sheller on the milling quality of different rice varieties,” *vol. 39*, pp. 4880–4883, 2011.
- [5] สมนึก ชุติลป์, สมโภชน์ สุตาจันทร์, พัฒนา พึ่งพันธุ์ และ จรัญ มงคลวัย, “การศึกษาผลกระทบของการสีกลูกลูกที่มีต่อการกะเทาะข้าวเปลือก,” *ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว*, 2551.
- [6] A. Baker, R. Dwyer-Joyce, C. Briggs, and B. Moris, “Effect of different rubber materials on husking dynamics of paddy rice,” *roceedings Inst. Mech. Eng. J. Eng. Tribol. 2012*, vol. 6, no. 226, pp. 516–528, 2012.
- [7] สมควร แววดี และ อภิชาติ อางนาเสียว, “การลดอุณหภูมิอากาศในกระบวนการกะเทาะเปลือกเพื่อเพิ่มร้อยละของข้าวตัน,” *การประชุมวิชาการช่างงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม ประจำปี 2554*, pp. 1319–1324, 2554.
- [8] จินตามณี นิสัยนต์ และ อภิชาติ อางนาเสียว, “การเพิ่มประสิทธิภาพเครื่องกะเทาะ,” *การประชุมวิชาการนานาชาติวิศวกรรมเคมีและเคมีประยุกต์แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 21; 10–11 พฤศจิกายน 2554; หาดใหญ่, สงขลา, ประเทศไทย.*, pp. 5–8, 2554.
- [9] S. Kawamura, M. Natsuga, K. Takekura, and K. Itoh, “Development of an automatic rice-quality inspection system,” *Comput. Electron. Agric.*, vol. 40, no. 1–3, pp. 115–126, 2003.

- 
- [10] C. Jangkajit and C. Khunboa, "The study of relationship between whiteness and temperature of rice," *Adv. Comput. Inf. Technol. (ACIT 2013)*, pp. 238–243, 2013.
 - [11] T. Nascimento and R. Galli, "An equipament to measure whiteness and transparency of rice," *Rev. Ciências Exatas*, vol. 2, 2009.
 - [12] B. K. Yadav and V. K. Jindal, "Monitoring milling quality of rice by image analysis," *Comput. Electron. Agric.*, vol. 33, no. 1, pp. 19–33, 2001.
 - [13] Z. Pan, J. F. Thompson, K. S. P. Amaratunga, T. Anderson, and X. Zheng, "Effect of Cooling Methods and Milling Procedures on the Appraisal of Rice Milling Quality," *Trans. ASAE*, vol. 48, no. 5, pp. 1865–1871, 2005.
 - [14] H. Takai and I. R. Barredo, "Milling characteristics of a friction laboratory rice mill," *J. Agric. Eng. Res.*, vol. 26, no. 5, pp. 441–448, Sep. 1981.
 - [15] L. Lamberts *et al.*, "Effect of milling on colour and nutritional properties of rice," *Food Chem.*, vol. 100, no. 4, pp. 1496–1503, Jan. 2007.
 - [16] T. Y. Yan, J. H. Hong, and J. H. Chung, "An improved method for the production of white rice with embryo in a vertical mill," *Biosyst. Eng.*, vol. 92, no. 3, pp. 317–323, 2005.
 - [17] S. Firouzi, M. R. Alizadeh, and S. Minaei, "Effect of the size of perforated screen and blade-rotor clearance on the performance of Engleberg rice whitener," *J. Agric. Res.*, vol. 5, no. 9, pp. 941–946, 2010.
 - [18] A. Sorsuwong, P. Thongsawadiwong, and K. Jiamjiroch, "Optimisation of Screen Slot-Angle in a Small Milling Machine for Obtaining an Acceptable Head Rice Yield," *Agric. Sci J 2014*, vol. 1, pp. 429–432, 2014.
 - [19] S. Zhang and H. Zhang, "A Review of Wireless Sensor Networks and Its Applications," *Proceeding IEEE Int. Conf. Autom. Logist.*, no. August, pp. 386–389, 2012.
 - [20] J. Yick, B. Mukherjee, and D. Ghosal, "Wireless sensor network survey," *Comput. Networks*, vol. 52, no. 12, pp. 2292–2330, 2008.
 - [21] J. A. Stankovic, A. D. Wood, and T. He, "Realistic Applications for Wireless Sensor Networks," *Theor. Asp. Distrib. Comput. Sens. Networks, Sotiris Nikolettseas, José D P Rolim 2010*, pp. 835–863, 2010.

- [22] M. Erdelj, N. Mitton, and E. Natalizio, “Applications of Industrial Wireless Sensor Networks,” in *Industrial Wireless Sensor Networks: Applications, Protocols, and Standards*, V. Ç. gür Güngör and G. P. Hancke, Eds. CRC Press, 2013.



ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นายณพชัย คงเจริญ
วันเกิด	วันที่ 16 กรกฎาคม พ.ศ. 2535
สถานที่เกิด	อำเภอหนองพอก จังหวัดร้อยเอ็ด
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 10 หมู่ 5 บ้านบึงโจ้ง ตำบลกกโพธิ์ อำเภอหนองพอก จังหวัดร้อยเอ็ด รหัสไปรษณีย์ 45210
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2553 มัธยมศึกษา โรงเรียนโพธิ์แก้วประชาสรรค์ จังหวัดร้อยเอ็ด พ.ศ. 2557 ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วศ.บ.) สาขาวิชาวิศวกรรมเมคาทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พ.ศ. 2562 ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วศ.ม.) สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ทุนวิจัย	สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ภายใต้โครงการพัฒนานักวิจัยและงานวิจัยเพื่ออุตสาหกรรม (พวอ.)
ผลงานวิจัย	เกียรติสิน กาญจนวนิชกุล, ณพชัย คงเจริญ, พิชิต เคนาพิมพ์ และ ศิวณัทร ศรีโลหื้อ. (2558). เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายสำหรับระบบประปาหมู่บ้านแบบผิวดิน. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, ฉบับพิเศษ, 290-298.

พณฺณ ปณฺ ทิโต ชีเว