



คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้
 63 หมู่ 4 ตำบลหนองหาร อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ 50290
 โทรศัพท์ 0 5387 5000 ถึง 15 โทรสาร 0 5387 8113



การประชุมวิชาการ โครงการวิศวกรรมเกษตร แห่งชาติ ครั้งที่ 30

The 30th National Agricultural
 Engineering Project Conference
 วันที่ 1-2 กุมภาพันธ์ 2567

engineer.mju.ac.th



คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร
 มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่





การประชุมวิชาการ โครงการวิศวกรรมเกษตรแห่งชาติ ครั้งที่ 30

The 30th National Agricultural Engineering Project Conference

ระหว่างวันที่ 1-2 กุมภาพันธ์ 2567

อาคารเรียนรวมสาขาวิศวกรรมศาสตร์

คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้

โดย

สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร

คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ทัศนคติและข้อคิดเห็นใดๆ ที่ปรากฏในบทความในเอกสารรายงาน สืบเนื่องจากการประชุมวิชาการโครงการวิศวกรรมแห่งชาติ ครั้งที่ 30 เป็นทัศนคติของผู้เขียน คณะกรรมการจัดการประชุมไม่จำเป็นต้องเห็นพ้องด้วยกับทัศนคติเหล่านั้น และไม่ถือว่าเป็นความรับผิดชอบของคณะกรรมการจัดการประชุม ความรับผิดชอบด้านเนื้อหาและการตรวจร่างบทความแต่ละบทความเป็นของผู้เขียนแต่ละท่าน กรณีมีการฟ้องร้องเรื่องการละเมิดลิขสิทธิ์ ถือเป็นความรับผิดชอบของผู้เขียนแต่เพียงผู้เดียว

คำนำ

การประชุมวิชาการโครงการวิศวกรรมเกษตรแห่งชาติ เป็นการประชุมที่เป็นธรรมเนียมปฏิบัติของสถาบันการศึกษาในระดับอุดมศึกษาที่จัดการเรียนการสอนทางด้านวิศวกรรมเกษตรที่จัดขึ้นทุกปีต่อเนื่องเกือบ 30 ปี โดยมีการเวียนให้สถาบันการศึกษาต่าง ๆ เป็นเจ้าภาพร่วมกับสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย เป็นเวทีหนึ่งที่เกิดขึ้นเพื่อให้นักศึกษาระดับปริญญาตรีสาขาวิศวกรรมเกษตร และสาขาอื่น ๆ ที่ใกล้เคียงได้นำผลงานทางวิชาการมาแลกเปลี่ยนและแสดงความคิดเห็นทางวิชาการ นอกจากนี้ยังมีการแข่งขันทักษะทางด้านวิศวกรรมเกษตรซึ่งต้องอาศัยความมีปฏิภาณไหวพริบในการแก้ไขปัญหาเฉพาะ อันจะส่งผลให้นักศึกษาเกิดความรู้หรือแรงบันดาลใจ เกิดความมุ่งมั่นที่จะศึกษา เสริมสร้างทักษะ ค้นคว้า และผลิตโครงการวิศวกรรมเกษตรให้ได้ผลที่ดี นอกจากนั้นแล้วยังเป็นการสร้างความสัมพันธ์ที่ดีระหว่างคณาจารย์ นิสิต นักศึกษาระหว่างสถาบัน เพื่อนำไปสู่การสร้างเครือข่ายในอนาคต การมีเครือข่ายจะส่งผลให้เกิดความก้าวหน้าและความสำเร็จในวิชาชีพทั้งทางตรงและทางอ้อม

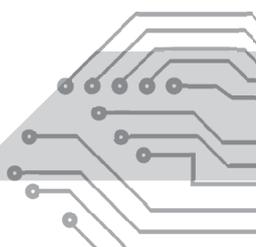
สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ได้รับเกียรติให้เป็นเจ้าภาพจัดการประชุมวิชาการโครงการวิศวกรรมเกษตรแห่งชาติ ครั้งที่ 30 ประจำปี 2567 ระหว่างวันที่ 1-2 กุมภาพันธ์ 2567 ประกอบไปด้วย 3 กิจกรรม ได้แก่ การแข่งขันทางวิชาการด้านการนำเสนอโครงการวิศวกรรมเกษตรภาคบรรยาย การแข่งขันทางวิชาการด้านการนำเสนอโครงการวิศวกรรมเกษตรภาคนิทัศน์หรือโปสเตอร์ และการแข่งขันทักษะทางวิศวกรรมเกษตร โดยมีคณาจารย์ บุคลากร นิสิต นักศึกษาจากสถาบันต่างๆ เข้าร่วมกว่า 370 คน จาก 13 สถาบัน อีกทั้งยังมีการถ่ายทอดสดเพื่อให้บุคคลทั่วไปที่สนใจจากภายนอกสามารถรับชมร่วมได้ด้วย

การจัดงานครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ต้องขอขอบคุณ

- สถาบันการศึกษาทุกแห่งที่เข้าร่วมการประชุมวิชาการนี้
- สมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทยที่ให้การสนับสนุนการจัดงานทั้งในรูปแบบ in kind และ in cash
- ผู้สนับสนุนการประชุมจากภาคเอกชนได้แก่ บริษัท สามารถเกษตรยนต์ จำกัด บริษัท ชันสวีท โฮลดิ้งส์ จำกัด บริษัท สยามคูโบต้าคอร์ปอเรชั่น จำกัด และบริษัท โมเดิร์นอะกรีกเทค เดฟ จำกัด
- สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์และนวัตกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก ที่ส่งมอบเอกสารและเว็บไซต์การประชุมให้มาพัฒนาต่อ

สุดท้าย ขอขอบคุณบุคลากรคณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตรทุกคนที่มีส่วนช่วยให้งานนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี “หมื่นปัญหา แก้ได้ด้วยสามัคคี”

สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร
คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร
มหาวิทยาลัยแม่โจ้





สาส์นจากนายกสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย



การประชุมวิชาการโครงการวิศวกรรมเกษตรแห่งชาติ ประจำปี ๒๕๖๗ เกิดขึ้นเป็นครั้งที่ ๓๐ ในวันนี้ มิได้เป็นสิ่งบังเอิญหรือการดำเนินงานไปตามหน้าที่ของเหล่าคุณจารย์เท่านั้น แต่เป็นสิ่งบังชี้ให้เห็นได้อย่างชัดเจนว่าคุณจารย์และบุคลากรในวิชาชีพวิศวกรรมเกษตรได้ให้คุณค่าของการหล่อหลอมและเกื้อหนุนให้สมาชิกวิศวกรรมเกษตรรุ่นเยาว์ได้มีโอกาสฝึกฝนฝีมือในการคิดวิเคราะห์ ออกแบบ และนำเสนอผลงานที่เป็นฝีมือของเขาเหล่านั้น จึงควรเป็นที่ซาบซึ้ง

ใจและภาคภูมิใจของบรรดานิสิต นักศึกษา ที่มีครูบาอาจารย์ที่คอยบ่มเพาะความรู้ความสามารถให้อย่างเต็มที่ งานประชุมวิชาการโครงการวิศวกรรมเกษตรแห่งชาติที่จัดขึ้นเป็นประจำทุกปี ยังนับเป็นเวทีให้วิศวกรรมเกษตรรุ่นเยาว์ได้เริ่มเข้าสู่สังคมวิชาชีพที่เชื่อมโยงสู่เพื่อนและอาจารย์ต่างสถาบัน รวมถึงบุคคลในวิชาชีพเดียวกันที่อยู่ในหลากหลายรูปแบบของงานอาชีพ การได้มาแข่งขันทักษะในวิชาชีพจากความรู้ความสามารถที่มาจากการศึกษาด้วยความสนุก ทำทาย ในบรรยากาศแปลกใหม่และเป็นมิตรจึงนับเป็นประสบการณ์ที่น่าประทับใจยิ่ง

ดิฉันจึงขอขอบคุณและขอแสดงความยินดีกับคุณจารย์ บุคลากร และนิสิต นักศึกษาที่เกี่ยวข้องทุกท่านจากทุกสถาบันที่ร่วมดำเนินงานทั้ง ๑๓ สถาบัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งสถาบันเจ้าภาพคือมหาวิทยาลัยแม่โจ้ที่ให้ทุ่มเทร่างกาย แรงใจ สติ ปัญญา อย่างเต็มกำลังด้วยความรอบคอบและยึดหยุ่น จนกระทั่งงานประชุมวิชาการโครงการวิศวกรรมเกษตรแห่งชาติ ครั้งที่ ๓๐ ในปี ๒๕๖๗ นี้ได้บรรลุผลสำเร็จอย่างสมบูรณ์อีกครั้ง ขออำนาจพรให้ผู้เกี่ยวข้องทั้งหลายประสบความสำเร็จในหน้าที่การงานอันเป็นอันสงฆ์จากการฝึกฝนและลงมือปฏิบัตินั่นเอง

ในโอกาสนี้ ขอในการสื่อสารถึงทิศทางของงานวิชาชีพวิศวกรรมเกษตรของเราว่าในปัจจุบันงานวิศวกรรมเกษตรมีความหลากหลายและกว้างขวางออกไปมาก การเกษตรไม่มีเพียงแต่การเพาะปลูกข้าว พืชไร่ ไร่ แปลง แต่ยังหมายรวมถึงการปลูก ดูแลรักษา ไม้ผล พืชผัก การเลี้ยงสัตว์ การประมง การปลูกต้นไม้อายุยืน การแปรรูป และการคัดแยกคุณภาพสินค้าเกษตร ทั้งหลายนี้ต้องการเครื่องจักรกลการเกษตรเข้ามาทำงานแทนคนทั้งสิ้น และพบว่าการเกษตรส่วนหลังนี้สามารถให้ผลตอบแทนต่อพื้นที่ได้สูงกว่มาก นอกจากนี้ยังมีเงื่อนไขและเทคโนโลยีใหม่ๆเกิดขึ้นทุกวัน โดยเฉพาะการผสมผสานเทคโนโลยีดิจิทัลเข้ามาควบคุมการทำงานของเครื่องจักรกลการเกษตร ความสำคัญก็คือ เราต้องเร่งสร้างความรู้ความเชี่ยวชาญในการออกแบบและผลิตเครื่องจักรที่จะรองรับความร่วมมือจากสาขาอื่นในผลิตเครื่องจักรกลการเกษตรเพื่อแก้ไขปัญหาและยกระดับคุณภาพสินค้าเกษตรของประเทศให้สูงกว่าคู่แข่งได้อย่างชัดเจน สามารถแก้ปัญหาแก่เกษตรกร ตลาด และอุตสาหกรรมได้อย่างแท้จริง

ดาเรศร์ กิตติโยภาส

นายกสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย

๑ กุมภาพันธ์ ๒๕๖๗

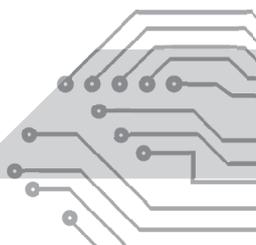
สาส์นจากผู้ทรงคุณวุฒิ



ปัจจุบันประเทศไทยได้เข้าสู่สังคมผู้สูงอายุแล้ว การทำการเกษตรแบบดั้งเดิมที่ต้องใช้แรงงานจำนวนมากจำเป็นต้องปรับเปลี่ยนไป และหนึ่งในองค์ประกอบที่สำคัญก็คือ การมีทักษะอาชีพ สำหรับเกษตรกรยุคใหม่ เพื่อการเรียนรู้และเปิดรับนวัตกรรมเกษตรสมัยใหม่ เทคโนโลยี เครื่องมือทั้งในรูปแบบของเครื่องมือทางดิจิทัลออนไลน์และเครื่องกล ล้วนเป็นอีกปัจจัยสำคัญต่อการทำการเกษตรอัจฉริยะ ยิ่งถ้าเกษตรกรมีทักษะดีๆ มากแค่ไหน ก็ยิ่งช่วยให้มีทรัพยากรในมือมากยิ่งขึ้น เพื่อการสร้างสรรค์ผลิตผลทางการเกษตรของตนเองที่มีคุณภาพและปริมาณที่ตรงกับเป้าหมายที่ตั้งไว้ การนำเทคโนโลยีการเกษตรสมัยใหม่เข้ามาช่วย โดยเทคโนโลยีการเกษตรที่กำลังได้รับความนิยมในการใช้งาน 10 อันดับแรก ได้แก่ Internet of Things, Robotics, Artificial Intelligence, Agri Drones, Precision Agriculture, Agricultural Biotechnology, Big Data & Analytics, Controlled Environment Agriculture, Regenerative Agriculture และ Connectivity Technology ในการจัดประชุมวิชาการโครงการวิศวกรรมเกษตรแห่งชาติ ครั้งที่ 30 ประจำปี พ.ศ. 2567 ภายใต้หัวข้อ “**เกษตรปราดเปรื่อง (Intelligent Agriculture)**” โดยสาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ได้เป็นเจ้าภาพจัดการประชุม ซึ่งสอดคล้องกับแนวโน้มความต้องการใช้เทคโนโลยีการเกษตรในปัจจุบันและในอนาคต ดังนั้นขอให้ผู้เข้าร่วมประชุมในครั้งนี้ได้ใช้โอกาสนี้ เพื่อการพบปะแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกัน และสร้างเสริมองค์ความรู้ ประสบการณ์ด้านวิชาการ และการบริหารจัดการทักษะสำหรับการเกษตรยุคใหม่ที่มีความสำคัญต่อวิถีชีวิตและเศรษฐกิจของประเทศ เพื่อนำไปพัฒนาเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม อันจะเป็นการพัฒนาเกษตรกรรม 4.0 ของประเทศไทยให้ มั่งคั่ง มั่นคง และยั่งยืน ต่อไป

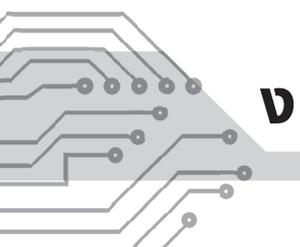
ศาสตราจารย์กิตติคุณ ดร.สุรินทร์ พงศ์ศุภสมิทธิ์

กรรมการสภามหาวิทยาลัยแม่โจ้

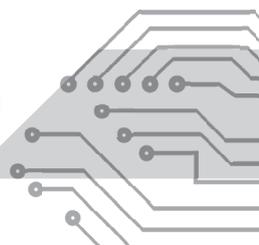


จากอดีต...สู่ปัจจุบัน
ลำดับการจัดงานประชุมโครงการวิศวกรรมเกษตรแห่งชาติ

ครั้งที่	ปี พ.ศ.	จำนวนผลงาน	จำนวนสถาบัน	เจ้าภาพ
1	2538	นำเสนอ 10 เรื่อง	3	ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน
2	2539 (15 ก.พ. 39)	นำเสนอ 10 เรื่อง	3	ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
3	2540 (7 ก.พ. 40)	นำเสนอ 10 เรื่อง	3	คณะวิศวกรรมเกษตรและเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
4	2541 (12 ก.พ. 41)	นำเสนอ 10 เรื่อง	3	ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน
5	2542 (9 ก.พ. 42)	นำเสนอ 10 เรื่อง	3	ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
6	2543 (15 ก.พ. 43)	นำเสนอ 10 เรื่อง	3	คณะวิศวกรรมเกษตรและเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
7	2544 (2 ก.พ. 44)	นำเสนอ 14 เรื่อง	6	ภาควิชาวิศวกรรมเกษตรและอาหาร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้
8	2545 (25 ม.ค. 45)	นำเสนอ 14 เรื่อง	6	ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
9	2546 (17 ม.ค. 46)	นำเสนอ 10 เรื่อง	6	ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน
10	2547 (16 ม.ค. 47)	นำเสนอ 11 เรื่อง	8	ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
11	2548 (4 ก.พ. 48)	นำเสนอ 14 เรื่อง	8	คณะวิศวกรรมเกษตรและเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
12	2549 (10 ก.พ. 49)	นำเสนอ 14 เรื่อง โปสเตอร์ 14 เรื่อง	8	ภาควิชาวิศวกรรมเกษตรและอาหาร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้
13	2550 (9 ก.พ. 50)	นำเสนอ 16 เรื่อง โปสเตอร์ 16 เรื่อง	8	ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



ครั้งที่	ปี พ.ศ.	จำนวนผลงาน	จำนวนสถาบัน	เจ้าภาพ
14	2551 (15 ก.พ. 51)	นำเสนอ 16 เรื่อง โปสเตอร์ 14 เรื่อง	10	ภาควิชาเทคโนโลยีการออกแบบและผลิต เครื่องจักรกลอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีและ การจัดการอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี พระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปราจินบุรี
15	2552 (6 ก.พ. 52)	นำเสนอ 23 เรื่อง โปสเตอร์ 24 เรื่อง	10	ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
16	2553 (29 ม.ค. 53)	นำเสนอ 25 เรื่อง โปสเตอร์ 19 เรื่อง	11	ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
17	2554 (28 ม.ค. 54)	นำเสนอ 23 เรื่อง โปสเตอร์ 22 เรื่อง	14	ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน
18	2555 (10 ก.พ. 55)	นำเสนอ 22 เรื่อง โปสเตอร์ 23 เรื่อง	14	ภาควิชาวิศวกรรมเกษตรและอาหาร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้
19	2556 (8 ก.พ. 56)	นำเสนอ 25 เรื่อง โปสเตอร์ 25 เรื่อง	13	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพร
20	2557 (31 ม.ค. 57)	นำเสนอ 24 เรื่อง โปสเตอร์ 24 เรื่อง	13	คณะวิศวกรรมเกษตรและเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
21	2558 (3 เม.ย. 58)	นำเสนอ 12 เรื่อง โปสเตอร์ 39 เรื่อง	14	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนคร เหนือ ปราจินบุรี
22	2559 (1 เม.ย. 59)	นำเสนอ 14 เรื่อง โปสเตอร์ 26 เรื่อง	14	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
23	2560 (23-24 มี.ค. 60)	นำเสนอ 14 เรื่อง โปสเตอร์ 24 เรื่อง แข่งขันทักษะทาง วิศวกรรมเกษตร	14	คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง
24	2561 (29-30 มี.ค. 61)	นำเสนอ/โปสเตอร์/ แข่งขันทักษะทาง วิศวกรรมเกษตร	15	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
25	2562 (28-29 มี.ค. 62)	นำเสนอ/โปสเตอร์/ แข่งขันทักษะทาง วิศวกรรมเกษตร	15	ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
26	2563 (27-28 ก.พ. 63)	นำเสนอ 14 เรื่อง โปสเตอร์ 26 เรื่อง แข่งขันทักษะทาง วิศวกรรมเกษตร	14	ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

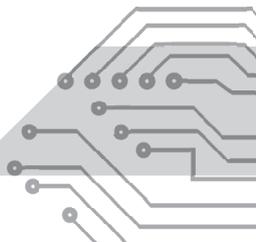


ครั้งที่	ปี พ.ศ.	จำนวนผลงาน	จำนวนสถาบัน	เจ้าภาพ
27	2564 (25-26 มี.ค. 64)	นำเสนอ 12 เรื่อง โปสเตอร์ 23 เรื่อง แข่งขันทักษะทาง วิศวกรรมเกษตร	12	สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตรและชีวภาพ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
28	2565 (24-25 ก.พ. 65)	นำเสนอ 11 เรื่อง โปสเตอร์ 22 เรื่อง แข่งขันทักษะทาง วิศวกรรมเกษตร	13	หลักสูตรวิศวกรรมเกษตร สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์และนวัตกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก
29	2566 (16-17 ก.พ. 66)	นำเสนอ 11 เรื่อง โปสเตอร์ 22 เรื่อง แข่งขันทักษะทาง วิศวกรรมเกษตร	12	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์
30	2567 (1-2 ก.พ. 67)	นำเสนอ 13 เรื่อง โปสเตอร์ 25 เรื่อง แข่งขันทักษะทาง วิศวกรรมเกษตร จำนวน 13 ทีม	13	สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมและ อุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้

กำหนดการประชุม

งานประชุมวิชาการโครงการวิศวกรรมเกษตรแห่งชาติ ครั้งที่ 30
ระหว่างวันที่ 1-2 กุมภาพันธ์ 2567 ณ คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้

- 1 กุมภาพันธ์ 2567** **การนำเสนอผลงานภาคบรรยายและภาคนิทรรศน์**
- 08.30 – 09.00 น. การลงทะเบียนเข้าร่วมประชุม
- 09.00 – 09.45 น. พิธีเปิดการประชุม
โดย อธิการบดีมหาวิทยาลัยแม่โจ้
กล่าวรายงานโดย คณบดีคณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร
การมอบทุนสนับสนุนการจัดงานและทุนการศึกษา
โดย บริษัท สามารถเกษตรยนต์ จำกัด
กล่าวต้อนรับและให้โอวาท
โดย นายกสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย
- 09.45 – 10:00 น. การถ่ายภาพหมู่
- 10:00 – 11:00 น. การบรรยายพิเศษในหัวข้อ “ความรู้ เทคโนโลยี การวิจัยและการสร้างนวัตกรรม :
กรณีนวัตกรรมรถตัดอ้อยของ SMKY” โดย ศ.ดร.สุรินทร์ พงศ์สุภสมิทธิ์ และคุณ
สามารถ ลีธีระนันท์ บริษัท สามารถเกษตรยนต์ จำกัด
- 11:00 – 12:20 การนำเสนอโครงการภาคบรรยายและภาคนิทรรศน์ ช่วงที่ 1
(อาหารว่างในห้องประชุม)
- 12:20 – 13:20 น. พักรับประทานอาหารกลางวัน
- 13:20 – 14:40 น. การนำเสนอโครงการภาคบรรยายและภาคนิทรรศน์ ช่วงที่ 2
- 14:40 – 15:00 น. พักรับประทานอาหารว่าง
- 15:00 – 16.40 น. การนำเสนอโครงการภาคบรรยาย ช่วงที่ 3 และภาคนิทรรศน์ ช่วงที่ 3 & 4
- 16:40 – 18:00 น. การประชุมคณาจารย์จากสถาบันต่าง ๆ เรื่องการจัดประชุมวิชาการโครงการ
วิศวกรรมเกษตรแห่งชาติ ครั้งที่ 31
- 18:00 – 21:00 น. งานเลี้ยงต้อนรับและมอบธงแก่เจ้าภาพการประชุมวิชาการโครงการวิศวกรรมเกษตร
แห่งชาติ ครั้งที่ 31
-
- 2 กุมภาพันธ์ 2567** **การแข่งขันบังคับโดรนทำภารกิจ**
- 08:30 – 09:00 น. การลงทะเบียนเข้าร่วมการแข่งขัน
- 09:00 – 10:00 น. การรายงานตัวของทีมที่เข้าร่วมการแข่งขันและการประชุมกติกากการแข่งขัน
- 10:00 – 11:00 น. จับฉลากเพื่อเลือกโดรนสำหรับการฝึกซ้อมการบังคับโดรนตามภารกิจในการแข่งขัน
- 11:00 – 12:30 น. แข่งขันบังคับโดรนตามภารกิจ
- 12:30 – 13:30 น. พักรับประทานอาหารกลางวัน
- 13:30 – 15:00 น. พิธีมอบรางวัล
- 15:00 – 15.20 น. พักรับประทานอาหารว่าง
- 15:20 – 16:30 น. พิธีปิดการประชุม โดย นายกสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย



กำหนดการภาคบรรยาย

งานประชุมวิชาการโครงการวิศวกรรมเกษตรแห่งชาติ ครั้งที่ 30

วันพฤหัสบดีที่ 1 กุมภาพันธ์ 2567

ช่วงที่ 1 ประธานการประชุม รองศาสตราจารย์เสมอขวัญ ตันติกุล วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้

11:00 – 11:20 น. เครื่องเก็บเกี่ยวลำไยชนิดขับเคลื่อนด้วยตนเอง

มหาวิทยาลัยแม่โจ้

11:20 – 11:40 น. การออกแบบเครื่องหยอดเมล็ดสำหรับใช้งานบนดินเค็ม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

11:40 – 12:00 น. เครื่องคั่วพริกไรควัน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปราจินบุรี

12:00 – 12:20 น. การพัฒนาเครื่องพอกเมล็ดพันธุ์

มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

12:20 – 13:20 น. พักรับประทานอาหารกลางวัน

ช่วงที่ 2 ประธานการประชุม ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิบูลย์ ช่างเรือ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

13:20 – 13:40 น. การศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมในการคัดแยกคุณภาพน้ำตาลด้วยเซนเซอร์วัดค่าสี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก

13:40 – 14:00 น. การศึกษาความเป็นไปได้ในการจำแนกตัวอย่างน้ำมันดิบที่ได้จากโคนมขณะที่เป็นและ
ไม่เป็นสัดโดยใช้ Micro-NIR Spectrometer

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

14:00 – 14:20 น. การพัฒนาหัวคืบติดหุ่นยนต์และระบบตรวจจับผลสตรอว์เบอร์รี่สำหรับหุ่นยนต์เก็บ
เกี่ยวสตรอว์เบอร์รี่

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

14:20 – 14:40 น. การเปรียบเทียบค่าดัชนีพืชพรรณของข้าวพันธุ์ กข.49 จากแผนที่ภาพถ่ายออร์โธโมเสก
และวีดีโอโดยใช้อากาศยานไร้คนขับ

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น

14:40 – 15:00 น. พักรับประทานอาหารว่าง

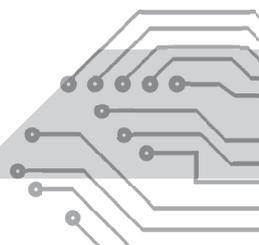
ช

การประชุมวิชาการ โครงการวิศวกรรมเกษตรแห่งชาติ ครั้งที่ 30

The 30th National Agricultural Engineering Project Conference

ช่วงที่ 3 ประธานการประชุม รองศาสตราจารย์ ดร.สุนทร สืบคำ คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร
มหาวิทยาลัยแม่โจ้

- 15:00 – 15:20 น. การพัฒนาระบบตรวจวัดคุณภาพและระบายอากาศในไซโลเก็บผลผลิตทางการเกษตร
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน
- 15:20 – 15:40 น. ศักยภาพการผลิตและการใช้ประโยชน์เซลล์ลูโลสจากเปลือกฝักโกโก้
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
- 15:40 – 16:00 น. โรงเรือนเพาะเห็ดอัญหริยะที่มีเม็ดดินช่วยเก็บรักษาความชื้น
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา
- 16:00 – 16:20 น. ระบบควบคุมสภาพแวดล้อมอัตโนมัติในโรงเรือนผ่านระบบการสื่อสารแบบไร้สาย
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
- 16:20 – 16:40 น. การออกแบบและสร้างเครื่องตัดหญ้าอัตโนมัติ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี



กำหนดการภาคนิทรรศน์

งานประชุมวิชาการโครงการวิศวกรรมเกษตรแห่งชาติ ครั้งที่ 30

วันพฤหัสบดีที่ 1 กุมภาพันธ์ 2567

ช่วงที่ 1 ผลงานเรื่องที่ 1 ของ 7 สถาบัน

11:00 – 12:20 น. **จดหมายเลข 1** อุปกรณ์ต้นแบบสำหรับตรวจสอบเมล็ดพันธุ์ข้าวปนเพื่อใช้ในระดับชุมชน

สาขาวิชาเทคโนโลยีเครื่องจักรกลการเกษตรอัตโนมัติ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตขอนแก่น

จดหมายเลข 2 การใช้ปัญญาประดิษฐ์เพื่อสร้างภาพสวนภูมิทัศน์ร่วมกับการออกแบบระบบให้น้ำ

ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

จดหมายเลข 3 การพัฒนาหัวเตาสำหรับเตาแก๊สซีพีเคชั้นที่สามารถใช้ในการหุงต้มควบคู่กับการผลิตถ่านชีวภาพ

สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตรและชีวภาพ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

จดหมายเลข 4 การศึกษาและพัฒนาระบบปลูกผักไฮโดรโปนิกส์แบบหมุนวน

สาขาวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี นครราชสีมา

จดหมายเลข 5 ออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์กรองติดตั้งกับจอบหมุน

สาขาวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตขอนแก่น

จดหมายเลข 6 การออกแบบและทดสอบสมรรถนะเครื่องปอกและแยกเปลือกกุ้งแห้ง

สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์และนวัตกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก

จดหมายเลข 7 รถตัดหญ้าในสวนผลไม้ควบคุมผ่าน IoT แพลตฟอร์ม

สาขาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ช่วงที่ 2 ผลงานเรื่องที่ 1 ของ 6 สถาบัน

13:20 – 14:40 น. **จดหมายเลข 1** ระบบการให้น้ำอัตโนมัติโดยใช้ค่าการคายระเหยจากสถานีตรวจวัดสภาพอากาศ

ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

จอหมายเลข 2 การศึกษากระบวนการทอดขั้นต้นและคุณลักษณะทางกายภาพของแผ่นถั่วทอดกลอยเพื่อพัฒนากระบวนการผลิตสำหรับเครื่องทอดอัตโนมัติ

ภาควิชาวิศวกรรมเกษตรเพื่ออุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีและการจัดการอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปราจีนบุรี

จอหมายเลข 3 การออกแบบและสร้างอุปกรณ์ใส่ปุ๋ยอัตโนมัติสำหรับหุ่นยนต์เคลื่อนที่ 3 มิติ

ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

จอหมายเลข 4 การพัฒนาต้นกำลังจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบเคลื่อนที่ได้ในตัวสำหรับเครื่องจักรกลเกษตร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

จอหมายเลข 5 โครงการงานศึกษาการปั้นเม็ดปุ๋ยอินทรีย์โดยใช้เครื่องปั้นเม็ดปุ๋ยแบบใบสกรูในแนวตั้ง

สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

จอหมายเลข 6 การศึกษารูปแบบความเป็นไปได้ในการประเมินเนื้อแห้งของทุเรียน โดยใช้เทคนิคอินฟราเรดย่านใกล้

ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ช่วงที่ 3 ผลงานเรื่องที่ 2 ของ 7 สถาบัน

15:00 – 16:00 น. **จอหมายเลข 1** การออกแบบและพัฒนาเครื่องผลิตแผ่นแป้งเหนมเนื่องโดยใช้ความร้อนจากรังสีอินฟราเรด

สาขาวิชาเทคโนโลยีเครื่องจักรกลการเกษตรอัตโนมัติ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตขอนแก่น

จอหมายเลข 2 เครื่องเรียงเส้นใบยาสูบหั่นฝอย

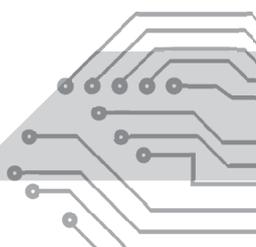
ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

จอหมายเลข 3 การศึกษาเบื้องต้นของการควบคุมวัชพืชด้วยความร้อนโดยประยุกต์ใช้น้ำมันพืช

สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตรและชีวภาพ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

จอหมายเลข 4 การศึกษาตัวแปรที่เหมาะสมในการทำงานของเครื่องกะเทาะเปลือกกุ้งแห้งอัตโนมัติ

สาขาวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี นครราชสีมา



จดหมายเลข 5 การพัฒนาเครื่องนวดทานตะวันแบบไหลตามแกนขนาดเล็ก

สาขาวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น

จดหมายเลข 6 ไม่ส่ง

สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์และนวัตกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก

จดหมายเลข 7 การประยุกต์ใช้พลังงานความร้อนร่วมระหว่างแสงอาทิตย์และแก๊สจากเตาผลิตถ่านชีวภาพ

สาขาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตรมหาวิทยาลัยแม่โจ้

ช่วงที่ 4 ผลงานเรื่องที่ 2 ของ 6 สถาบัน

16:00 – 17:00 น. **จดหมายเลข 1** เว็บแอปพลิเคชันสำหรับการควบคุมการให้น้ำแบบแม่นยำ

ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

จดหมายเลข 2 การประยุกต์ใช้วงจรสแตร์-เดลต้า สำหรับมอเตอร์ 3 เฟส เพื่อการลดพลังงานในกระบวนการอบแห้ง

ภาควิชาวิศวกรรมเกษตรเพื่ออุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีและการจัดการอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปراجินบุรี

จดหมายเลข 3 ประสิทธิภาพการปลูกของกลไกปลูกต้นกล้าอ้อย

ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

จดหมายเลข 4 การพัฒนาระบบควบคุมยานยนต์ไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

จดหมายเลข 5 การหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการทอดกรอบฟักทองด้วยวิธีพื้นผิวตอบสนอง

สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

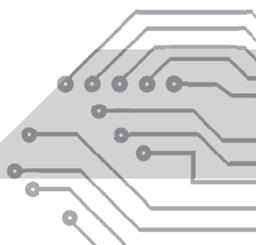
จดหมายเลข 6 การศึกษาค่าดัชนีพืชพรรณ (NDVI) ของอ้อยในแต่ละช่วงการเจริญเติบโตด้วยอากาศยานไร้คนขับ

ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น



สารบัญ

	หน้า
คำนำ	ก
สารสันจากนายกสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย	ข
สารสันจากผู้ทรงคุณวุฒิด้านวิศวกรรมเกษตร	ค
จากอดีต...สู่ปัจจุบัน ลำดับการจัดงานประชุมโครงการงานวิศวกรรมเกษตรแห่งชาติ	ง
กำหนดการประชุม	ช
กำหนดการภาคบรรยาย	ซ
กำหนดการภาคนิทรรศน์	ญ
สารบัญ	ท
การนำเสนอภาคบรรยาย	
เครื่องเก็บเกี่ยวลำไยชนิดขับเคลื่อนด้วยตนเอง	1
กษิดิศ ศิลป์ประกอบ บุญเกิด จินดาประภาพร ภาคิน กองขุนทด อัครชัย ปุดอก สุเนตร สืบคำ โชติพงศ์ กาญจนประโชติ บัณฑิต หิรัญสถิตย์พร สุรินทร์ พงศ์ศุภสมิทธิ์ และ สามารถ ลีธีระนานนท์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้	
การออกแบบเครื่องหยอดเมล็ดสำหรับใช้งานบนดินเค็ม	11
เทพเมธี สุภาพ ชนกร สิวาเล่าเต่า คณิต สุขรัตน์ และ สามารถ บุญอาจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี	
เครื่องคว่ำพริกไร่ควีน	17
ธัชชัย เครือเพ็ง นที ลีอกิจนา และ สกฤตลา วรณปะเข มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ วิทยาเขตปราจีนบุรี	
การพัฒนาเครื่องพอกเมล็ดพันธุ์	22
ชฎาพร เสนาคุณ ดนัยฤทธิ์ บุญสุข อีรารัตน์ หนองหลวง สุพรรณ ยั่งยืน เชิดพงษ์ เขียวชาญวัฒนา ชนัญฐ วิพัทนะพร และ จักรมาส เล้าหวณิช มหาวิทยาลัยมหาสารคาม	
การศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมในการคัดแยกคุณภาพน้ำตาลด้วยเซนเซอร์วัดค่าสี	31
รังสรรค์ ขุนศรี ญัฐพล นภาโชติ ภัสรณ์ชัญ เเชิงเขา กรรณพต แก้วสอน ระวิน สืบคำ คมกฤษ กิตติพร ญาธิปกร อีระภัทรพลชัย และ ชนิดา บุพตา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก	

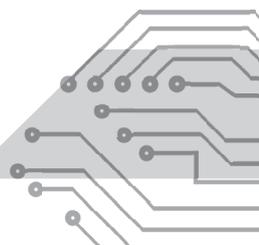


สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
การศึกษาความเป็นไปได้ในการจำแนกตัวอย่างน้ำนมดิบที่ได้จากโคนมขณะที่เป็นและ ไม่เป็นสัด โดยใช้ Micro-NIR Spectrometer	37
บพิตร แสนณรงค์ ออมสิน หงษ์คำเมือง กานติศา ภูมิวารินทร์ จิราวรรณ แสนพล ขวัญตรี แสงประชานารักษ์ เจษฎา โพธิ์สม และ อาทิตย์ ภูผาผุด มหาวิทยาลัยขอนแก่น	
การพัฒนาหัวคิปปิดหุ่นยนต์และระบบตรวจจับผลสตรอว์เบอร์รี่สำหรับหุ่นยนต์เก็บเกี่ยว สตรอว์เบอร์รี่	47
ธนภัทร ชัยมั่ง ธนวัฒน์ บุญตัน พงศุภสร ประพันธ์พัฒน์ จรัสชัย เย็นหยับ และ จิราพร ศรีภิญโญวณิชย์ จงยิ่งเจริญ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	
การเปรียบเทียบค่าดัชนีพืชพรรณของข้าวพันธุ์ กข.49 จากแผนที่ภาพถ่ายออร์โธโมเสกและ วิดีโอโดยใช้อากาศยานไร้คนขับ	60
ภาณุวัฒน์ รสโสภา สุรยุทธ์ ลุนจันทา กมลชนก หงษ์แดง ฐิตินันท์ ป้องนาม บรรลุ เพ็ญชิน ประมัตต์ จันทรโคตร และ ศิโรรัตน์ พิลาวุฒิ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น	
การพัฒนาระบบตรวจวัดคุณภาพและระบายอากาศในไซโลเก็บผลผลิตทางการเกษตร	68
ภูบัติ ธีรเศรษฐ์สวัสดิ์ กฤติยา อนันต์ทรัพย์ยิ่ง เหมสุดา ญัฐพลวัฒน์ สุธิวัฒน์ สิงห์พัฒน์ อาชวิน ทองสง่า พรรณวดี รัตเสนสี และ วัชรพล ชยประเสริฐ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน	
ศักยภาพการผลิตและการใช้ประโยชน์เซลล์ลูโลสจากเปลือกฝักโกโก้	79
จันทร์จิรา กุลสวัสดิ์มงคล สมศักดิ์ เล่ายี่ปา สุทธิดา เขมพงศ์พิสุทธิ์ ชินานาฏ วิทยาประการ และ นิลวรรณ ไชยหนู มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา	
โรงเรือนเพาะเห็ดอัญริยะที่มีเม็ดดินช่วยเก็บรักษาความชื้น	89
อนวรรษ กองการ ธนากร ทองภูธร ขนิษฐา ชัยบรรดิษฐ์ วารี ศรีสอน พีรณัฐ อันสุรีย์ ญัฐพงษ์ ประภากร สาวตรี ประภากร พลเทพ เวงสูงเนิน และ จาริณี จงปลื้มปิติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา	
ระบบควบคุมสภาพแวดล้อมอัตโนมัติในโรงเรือนผ่านระบบการสื่อสารแบบไร้สาย	98
ญัฐศักดิ์ ตรีกุล ญัฐพงศ์ วรวงศ์ สุเมธ ประทุมอ่อน ชนินทร์อุปลัมภ์ และ กันตภณ เปรมประยูร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น	

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
การออกแบบและสร้างเครื่องตัดหญ้าอัตโนมัติ	107
จักริน ทรงจิตต์ จิรายุ นาคน้อย ชิชณพงค์ โพธิ์สก และ วิพุธ ตูยานนท์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี	
การนำเสนอภาคนิทรรศน์	
อุปกรณ์ต้นแบบสำหรับตรวจสอบเมล็ดพันธุ์ข้าวปนเพื่อใช้ในระดับชุมชน	115
พิสิข เจริญสุข กิตติ โคมัยกุล พันธกานต์ ขวัญประกอบ เอกราช ไชยเพ็ญ คุณนิธิ ดั่งผึ้ง และ เจษฎา โพธิ์สม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น	
การใช้ปัญญาประดิษฐ์เพื่อสร้างภาพสวนภูมิทัศน์ร่วมกับการออกแบบระบบให้น้ำ	116
ศิริวัฒน์ จันทร์ขาว และ อภิรัฐ ปิ่นทอง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี	
การพัฒนาหัวเตาสำหรับเตาแก๊สซีพีเคชั่นที่สามารถใช้ในการหุงต้มควบคู่กับการผลิตถ่านชีวภาพ	117
ศุภกิตติ ดอนประดิษฐ์กุล อมรินทร์ หาญประดิษฐ์ อัครพล ศรีฉ่ำ ณัฐพล วิชาญ และ กันยาพร ไชยวงศ์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา	
การศึกษาและพัฒนาระบบปลูกผักไฮโดรโปนิคส์แบบหมุนวน	118
เจนพล นามปัญญา พนิดา จงย่อกกลาง วริญญา มีอชุนทด พลากร วรรมโสภณ วิรัตน์ หวังเชื่อนกลาง ปรเมศวร์ สุทธิประภา และ ทยาวิรี หนูบุญ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา	
ออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์ยกร่องติดตั้งกับจอบหมุน	119
พงศกร แก้วชาญชัย สุทธิชัย เสนามาตย์ อภิวัฒน์ จิตตำนาน พัทธ์ธีรา สิทธิโกชนม์ อัปสรรัชย์ น้ำทรง กัณตภณ เปรมประยูร และ วีรยุทธ จีเพชร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น	
การออกแบบและทดสอบสมรรถนะเครื่องปอกและแยกเปลือกกุ้งแห้ง	120
ปราณชล แซ่ลิ้ม เจษฎา ฤทธิ์บรรเจิด พรชัยมงคล ประคองทรัพย์ เจริญญา พูลเวช วทีญญ รอดประพัฒน์ ศรีมา แจ้คำ ชนิตา บุพตา ภัทราพร สัญชาติเจตน์ และ ระวิน สืบคำ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก	

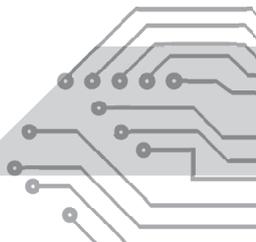


สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
รศตัดหญ้าในสวนผลไม้ควบคุมผ่าน IoT แพลตฟอร์ม	121
พันธุ์ข้าว เทียมเหรียญทอง อมร ธนะโรจน์รุ่งเรือง นครินทร์ อินแสน นราวุฒิ ชินกลาง มณฑล ปั้นเงิน สุนทร สืบคำ บัณฑิต หิรัญสถิตย์พร พิสุทธิ กลิ่นขจร และ โชติพงศ์ กาญจนประโชติ มหาวิทยาลัยแม่โจ้	
ระบบการให้น้ำอัตโนมัติโดยใช้ค่าการคายระเหยจากสถานีตรวจวัดสภาพอากาศ	123
จักรารุช ฉ่ำเพียร ธนโชติ ทิพาลัย วัชรพรรณ น้อยแก้ว วิโรจน์ ตระกาลจันทร์ และ วสุ อุดมเพทยกุล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	
การศึกษากระบวนการทอดชิ้นต้นและคุณลักษณะทางกายภาพของแผ่นถั่วทอดกลอยเพื่อพัฒนา กระบวนการผลิตสำหรับเครื่องทอดอัตโนมัติ	125
ธนกร จันทร์พวง ศักดิ์สกุล สุกุลเดช วริณ กรีโรจน์ย์ จักรพันธ์ เกาทอง และ จิตติมณฑน์ วงศ์ษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ วิทยาเขตปทุมธานี	
การออกแบบและสร้างอุปกรณ์ใส่ปุ๋ยอัตโนมัติสำหรับหุ่นยนต์แคโรน 3 มิติ	126
เดวิช แก้วทอง ชยพล หาแสงศรี และ ชัยยะ จันทร์ธา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน	
การพัฒนาต้นกำลังจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบเคลื่อนที่ได้ในตัวสำหรับเครื่องจักรกลเกษตร	128
อลงกรณ์ ดงแดง จุฑาวิทย์ สีมาทร อภิสิทธิ์ เพิ่มภูเขียว มานพ การมุด อิทธิศักดิ์ ประทุมทา ขจรศักดิ์ อวนศรี กิตติศักดิ์ แสงอรุณ สุพรรณ ยั่งยืน และ เชิดพงษ์ เขียวชาญวัฒนา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม	
โครงการศึกษาการปั้นเม็ดปุ๋ยอินทรีย์โดยใช้เครื่องปั้นเม็ดปุ๋ยแบบใบสกรูในแนวตั้ง	130
นนทพร เพชรสันทัด ฉัตรชัย แก้ววัง โยธิน วรรณสุข ฐิติกร กิจจนศิริ และ พรรษา ลิบลับ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี	
การศึกษารูปแบบความเป็นไปได้ในการประเมินเนื้อแห้งของทุเรียน โดยใช้เทคนิคอินฟราเรด ย่านใกล้	132
จารุณช โคตรรักษา ศุภชัย สุรภักดิ์ และ เจษฎา โพธิ์สม มหาวิทยาลัยขอนแก่น	
การออกแบบและพัฒนาเครื่องผลิตแผ่นแป้งหมื่นเนื่องโดยใช้ความร้อนจากรังสีอินฟราเรด	133
พีระพงษ์ เจริญวรรณ ชนกานต์ บุญรอด ณัฐกิตติ์ ผาบพุกธา กิตติคุณ ปิตุพรหมพันธุ์ และ บรรลุ เพ็ญชิน คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น	

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
เครื่องเรียงเส้นใยยาสูบหั่นฝอย	134
วัฒนชัย แก้วกัน ปารเมศ พิกอินทร์ พละพล แดงทองดี ประภฤษฎ์ ประสิทธิ์เขตกิจ และ จุลพงศ์ พฤกษ์ศรี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี	
การศึกษาเบื้องต้นของการควบคุมวัชพืชด้วยความร้อนโดยประยุกต์ใช้น้ำมันพืช	135
ภัทรานิษฐ์ กันชะ อีรพล เพื่อภผาสุข และ พงษ์ฤทธิ์ เนตรสว่าง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา	
การศึกษาตัวแปรที่เหมาะสมในการทำงานของเครื่องกะเทาะเปลือกกุ้งแห้งอัตโนมัติ	136
เทพนที ทองวิเศษ ศิริสพล พงษ์นิล ชุตติกาญจน์ หาญทงศ์ ปิยพล เชิดฉันท ญัฐพงษ์ ประภาการ วารี ศรีสอน และ สาวิตรี ประภาการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา	
การพัฒนาเครื่องนวดทานตะวันแบบไหลตามแกนขนาดเล็ก	137
ชนชัย คลังกลาง นิรันดร์ แสนตา สุรเดช เหล่าสีคู่ เทพบุตร คะพันธ์ ชนินทร์ อุปลัมภ์ พิศาล หมั่นแก้ว และ กัณตภณ เปรมประยูร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น	
การประยุกต์ใช้พลังงานความร้อนร่วมระหว่างแสงอาทิตย์และแก๊สจากเตาผลิตถ่านชีวภาพ	138
รติมา เอมหล้า สุทธิดา หงษ์ศรี นำพร ปัญญ์ใหญ่ ทิพาพร คำแดง และ ธนศิษฐ์ วงศ์ศิริอำนวย มหาวิทยาลัยแม่โจ้	
เว็บแอปพลิเคชันสำหรับการควบคุมการให้น้ำแบบแม่นยำ	139
กายกาญจน์ จันทรวงศ์ไพศาล วัชรพล นนทะแสง จิราพร ศรีภิญโญวินิชย์ จงยิ่งเจริญ และ ปานมนัส ศิริสมบุรณ์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	
การประยุกต์ใช้วงจรสตาร์-เดลต้า สำหรับมอเตอร์ 3 เฟส เพื่อการลดพลังงานในกระบวนการ อบแห้ง	140
จิรพัฒน์ อยู่หลาย กิตติพงษ์ ภูมิ ชยานิน นิรุติสถานนท์ ชลธาร์ โอสถทอง ปุณณ์วิชัย ประเวส ทรงกลด อาหาร และ กฤษฏากร บุคดาจันทร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ วิทยาเขตปทุมธานี	
ประสิทธิภาพการปลูกของกลไกปลูกต้นกล้าอ้อย	141
ศิริพัฒน์ ศรีเจริญ ธนัช ใจสมบุรณ์ ญัฐพล อยู่ประเสริฐ ธนพล อินทร์ประสิทธิ์ และ ศิริศักดิ์ เชิดเกียรติพล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน	



สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
การพัฒนาระบบควบคุมยานยนต์ไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ	142
จิรเมธ สมศรี ฉัตรวัฒน์ พัฒนะสาร ณิชูชนน มูลโต นนทวัฒน์ เข้มทอง จักรมาส เลหาหวนิช ชณัฐ วิพัทธะพร สุพรรณ ยั่งยืน และ เชิดพงษ์ เชี่ยวชาญวัฒนา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม	
การหาสถานะที่เหมาะสมสำหรับการทอดกรอบฟักทองด้วยวิธีพื้นผิวตอบสนอง	144
วรรณธร จันตา จิรพงษ์ ปุ๊กกระโทก และ เทวรัตน์ ตรีอำรรค มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี	
การศึกษาค่าดัชนีพืชพรรณ (NDVI) ของอ้อยในแต่ละช่วงการเจริญเติบโตด้วยอากาศยานไร้ คนขับ (UAV)	145
วัฒน์ศักดิ์ บุญศรี ณิชฎภัทร มุ่งงาม และ ศุภสิทธิ์ คนใหญ่ มหาวิทยาลัยขอนแก่น	



เครื่องเก็บเกี่ยวลำไยชนิดขับเคลื่อนด้วยตนเอง Self-propelled Longan Harvester

กษิดิศ ศิลป์ประกอบ¹ บุญเกิด จินดาประภาพร¹ ภาคิน กองขุนทด¹ อัครชัย ปุดอก¹ สุเนตร สืบคำ² โชติพงษ์ กาญจน-ประโชติ
² บัณฑิต หิรัญสถิตย์พร^{2*} สุรินทร์ พงศ์ศุภสมิทธิ³ และสามารถ ลีธีระนันน³

Kasidis Silprakob¹, Boonkerd Chindapraphaporn¹, Pakin Kongkhuntod¹, Aukkarachai Pudok¹, Sunate Surbkar², Choatpong Kanjanaphachaoat², Bandit Hirunstitporn^{2*}, Surin Phongsupasamit³ and Samart Leethirananon³

¹นักศึกษาและ ²อาจารย์หลักสูตรวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้
จังหวัดเชียงใหม่

³บริษัท สามารถเกษตรยนต์ จำกัด เลขที่ 184 หมู่ 11 ตำบลหันคา อำเภอดงเจริญ จังหวัดชัยนาท

¹Students and ²Lecturers of Agricultural Engineering Division, Faculty of Engineering and Agro-Industry
Maejo University, Chiang Mai 50290 Thailand

³Samart Kasetyon Co., Ltd. 184 Moo 11 Hankha, Hankha, Chai Nat 17130 Thailand

โทรศัพท์ 0-5387-5019 โทรสาร 0-5387-5011 *e-mail: bandit_h@hotmail.com

บทคัดย่อ

ผลงานเรื่องนี้เป็นของนักศึกษาสหกิจที่แสดงให้เห็นถึง ศักยภาพการนำความรู้ผ่านกระบวนการคิดสร้างสรรค์เป็นแบบเครื่องจักรเพื่อการผลิต นักศึกษาสหกิจ 4 คนได้ลงมือปฏิบัติจริง ได้ใช้ทักษะพัฒนาเครื่องเก็บเกี่ยวลำไยชนิดขับเคลื่อนด้วยตนเองที่ควบคุมด้วยคน ๆ เดียว นักศึกษาใช้เวลาพัฒนาเครื่องนี้ประมาณสามเดือน ลักษณะพิเศษของเครื่องเก็บเกี่ยวลำไยชนิดขับเคลื่อนด้วยตนเองที่นักศึกษาพัฒนาคือ เคลื่อนที่คล่องตัว ขับเคลื่อน 2 ล้อ (ล้อหน้าควบคุมทิศทางเคลื่อนที่) ใช้เครื่องยนต์เบนซินแรงม้าต่ำเป็นต้นกำลัง ระบบถ่ายทอดกำลังที่มีแรงบิดสูงและจำนวนรอบต่ำด้วยการใช้ล้อช่วยแรงในระบบทดรอบเพื่อส่งกำลังไปขับปั๊มไฮดรอลิก เปลี่ยนพลังงานกลเป็นไฮดรอลิก แล้วใช้ระบบไฮดรอลิกควบคุมการทำงานในการยกกระเช้าเก็บเกี่ยว โดยคนที่อยู่ในกระเช้าเป็นผู้ควบคุมเครื่องทั้งหมด การทดสอบเบื้องต้นพบว่า ผู้ปฏิบัติงานที่อยู่ในกระเช้าสามารถเก็บเกี่ยวผลมะยมได้ และสามารถควบคุมเครื่องได้อย่างคล่องแคล่ว ไม่มีปัญหาใด ๆ จึงสามารถสรุปได้ว่า การปฏิบัติงานสหกิจศึกษาที่นักศึกษามีโอกาสพัฒนาชิ้นงานหรือแก้ปัญหาการผลิตให้สถานประกอบการโดยมีวิศวกรและทีมช่างที่ตรงศาสตร์เป็นที่ปรึกษา เป็นกระบวนการที่นำความรู้มาใช้ประโยชน์สู่การปฏิบัติจริง เป็นการรวบรวมความรู้ ความคิด ทักษะเทคนิค ผสมผสานกับการรู้ว่าจะต้องทำอะไร (Know-hows) และการบริหารจัดการตลอดจนการทำงานเป็นทีมผ่านการปฏิบัติจริง ทำให้เกิดทักษะที่ยั่งยืน ประสบการณ์ดังกล่าวจะติดตัวนักศึกษาตลอดไป และจะออกมาชิ้นเรื่อย ๆ ถ้านักศึกษาไม่หยุดที่จะเรียนรู้ สอดคล้องกับนโยบายของกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรมด้านการเรียนรู้ตลอดชีวิต

คำสำคัญ: สหกิจศึกษา, เครื่องจักรกลเกษตร, การเก็บเกี่ยว, ลำไย

ABSTRACT

This project work belongs to the cooperative education students that demonstrates the potential of transferring knowledge through a creative thinking process into a machinery prototype for production. Four cooperative education students actively engaged in practical work, developing a self-propelled longan harvester controlled by a single operator. The students spent approximately 3 months developing this machine. The distinctive feature of the self-propelled longan harvester developed by the students is its agile movement, driven by 2 wheels (with the front wheel controlling the direction of movement). It is powered by a low-horsepower gasoline engine. The power transmission system has high torque and low revolutions, utilizing a flywheel for force assistance in the transmission system to drive the hydraulic pump. The hydraulic system then converts mechanical energy into hydraulic energy. The hydraulic system is used to control the lifting of the harvester basket, with the person in the basket overseeing the entire operation. Preliminary tests revealed that the operator in the basket could effectively harvest gooseberry and control the machine with ease. There were no issues encountered during the testing period. Therefore, it can be concluded that cooperative education provides students with the opportunity to develop and solve production problems for entrepreneurs, guided by senior engineers and skilled technicians as mentors. This process involves applying knowledge to real-world scenarios, collecting knowledge, ideas, skills, and techniques, and combining them with know-hows and management throughout teamwork and practical work. This cultivates sustainable skills and experiences that will stay with the students over time, growing continuously if they continue to embrace learning. This aligns with the policy of the Ministry of Higher Education, Science, Research, and Innovation regarding lifelong learning.

Keywords: Internship, agricultural machinery, harvesting, longan

1. บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมและลำไยจัดเป็นพืชเศรษฐกิจหลัก ในปี พ.ศ. 2563-65 มีจำนวนครัวเรือนที่เพาะปลูกลำไยเฉลี่ยประมาณ 250,000 ครัวเรือน คิดเป็นเนื้อที่ขึ้นต้นเฉลี่ย 1.74 ล้านไร่ เนื้อที่ให้ผลผลิตเฉลี่ย 1.64 ล้านไร่ ผลผลิตเฉลี่ย 1.43 ล้านตัน และผลผลิตต่อไร่เฉลี่ย 872 kg ในปริมาณที่ผลิตได้นี้ บริโภคภายในประเทศคิดเป็นร้อยละ 14 ที่เหลือร้อยละ 86 ส่งออกไปตลาดต่างประเทศในรูปแบบผลผลิตและผลิตภัณฑ์ตามลำดับดังนี้ ในรูปลำไยสดไปยังตลาดหลักคือ สาธารณรัฐประชาชนจีน อินโดนีเซีย มาเลเซีย ลำไยอบแห้งไปยังสาธารณรัฐประชาชนจีน เวียดนาม อินโดนีเซีย ลำไยบรรจุภาชนะอัดลมไปยังสาธารณรัฐมาเลเซีย จีน อินโดนีเซีย และลำไยแช่แข็งไปยังสาธารณรัฐไต้หวัน ญี่ปุ่น และฮ่องกง และ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2566)

ปัจจุบันการเพาะปลูกลำไยสามารถทำได้ตลอดทั้งปี ผลผลิตที่ทำการเก็บเกี่ยวรายเดือนจากเดือนมกราคม กุมภาพันธ์ มีนาคม เมษายน พฤษภาคม มิถุนายน กรกฎาคม สิงหาคม กันยายน ตุลาคม พฤศจิกายน และธันวาคม มีค่าเท่ากับร้อยละ 8.94, 5.57, 2.73, 1.36, 0.59, 3.20, 14.85, 24.96, 9.67, 6.98, 11.22 และ 9.93 ตามลำดับ ซึ่งเห็นว่าช่วงเดือนที่มีการเก็บเกี่ยวผลผลิตมากที่สุดได้แก่เดือนกรกฎาคมและสิงหาคม เนื่องจากเป็นการเพาะปลูกลำไยในฤดูกลาง โดยแหล่งเพาะปลูกสำคัญได้แก่จังหวัดเชียงใหม่ ลำพูน จันทบุรี เชียงราย และพะเยา การผลิตลำไยในประเทศไทยจะมีต้นทุนการผลิตต่อต้นเฉลี่ย 13,690 บาท ในขณะที่ราคาที่เกษตรกรขายได้ต่อต้นสำหรับลำไยเกรด A เฉลี่ย 21,310.00 บาท และเกรด AA เฉลี่ย 27,136.33 บาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2566) ศศิวิมล (2547) รายงานปัญหาส่วนใหญ่ของเกษตรกรผู้ปลูกลำไยในจังหวัดเชียงใหม่คือ ปุ๋ยและสารเคมีมีราคาแพง โรคและแมลงศัตรูพืชลำไยมีมาก ทำให้เกิดความเสียหายแก่ผลผลิตลำไย สภาพอากาศแปรปรวน การขาดแคลนแรงงานขณะเก็บเกี่ยวผลผลิต ขาดความรู้และเทคนิคในการใช้สารเคมีต่าง ๆ เป็นต้น รัชณี (2552) ได้รายงานปัญหาการเก็บเกี่ยวลำไย 6 ประเด็นคือ ค่าจ้างในการเก็บเกี่ยวมีราคาสูง แรงงานในการเก็บเกี่ยวไม่เพียงพอ แรงงานขาดความชำนาญเนื่องจากเป็นแรงงานใหม่ ต้องมีการฝึกฝนทำให้ทำงานล่าช้า ปัญหาการ



เก็บเกี่ยวผลผลิตไม่ทันเนื่องจากผลผลิตมีมาก แรงงานเป็นแรงงานผู้สูงอายุทำให้ทำงานล่าช้า ไม่สามารถใช้แรงงานในครัวเรือนได้เพราะทำงานประจำและไม่มีทักษะ และความไม่ไว้วางใจในต่อความปลอดภัยในชีวิตและทรัพย์สินต่อแรงงานต่างพื้นที่ที่อพยพเข้ามาทำงานชั่วคราว ต่อมา เสมอขวัญ (2546) จึงได้ออกแบบ สร้าง และประเมินผลเครื่องเก็บเกี่ยวลำไยต้นแบบใช้เครื่องยนต์ดีเซล 8.2 kW (11 hp) เป็นต้นกำลัง ใช้ระบบไฮดรอลิกในการขับเคลื่อนและปรับเปลี่ยนตำแหน่งรถกระเช้า และควบคุมการทำงานโดยผู้ปฏิบัติงานบนกระเช้า ความสูงการทำงานสูงสุด 9.15 m (ระยะจากพื้นดินถึงพื้นกระเช้า) ทำให้สามารถเก็บเกี่ยวได้สูงถึง 11 m รัศมีการทำงาน 6.5 m รอบตัวรถ ความเร็วในการยกกระเช้าขึ้นสูง 0.2 m/s ความเร็วในการยกกระเช้าลงต่ำสุด 0.18 m/s จากข้อเสนอแนะในการวิจัย พบว่ามีความเร็วในการขับเคลื่อนค่อนข้างต่ำ (2.75 km/hr) ทำให้ใช้เวลาในการเคลื่อนที่เข้าหาแปลงหรือเคลื่อนย้ายไประยะทางไกล ๆ ค่อนข้างยาก ขนาดโดยรวมมีขนาดใหญ่และเทอะทะ ทำให้เป็นข้อจำกัดในการนำไปใช้กับสวนสมัยใหม่ที่มีระยะปลูกชิดกันมากขึ้น และความสูงของต้นลำไยไม่เกิน 5 m รวมทั้งในกรณีพื้นที่มีมุมเอียงเกิน 30 องศา จะทำให้เสถียรภาพของรถกระเช้าลดลง (อาจเกิดการพลิกคว่ำได้ง่าย)

Kaur, et al. (2023) ได้ทบทวนวิวัฒนาการของเครื่องมือและอุปกรณ์ในการเก็บเกี่ยวไม้ผล เป็นการวิเคราะห์อย่างละเอียดตั้งแต่วิธีการดั้งเดิมไปจนถึงนวัตกรรมที่ทันสมัยด้านเทคโนโลยีการเก็บเกี่ยว ทำให้มองเห็นภาพรวมของการวิวัฒนาการของเครื่องมือและอุปกรณ์ในการเก็บเกี่ยวไม้ผล เค้าพบว่าสถาบันวิจัยเกษตรของประเทศอินเดีย (CIAE) เมืองโฆปอล ได้พัฒนาระบบเก็บเกี่ยวผลไม้ประเภทแพลตฟอร์มที่เคลื่อนที่ด้วยตนเองสำหรับต้นไม้ผลที่มีความสูงปานกลาง เช่น มะม่วง ส้ม และละมุด ระบบนี้มีระยะการเคลื่อนที่ในแนวดิ่งที่ 6 m ความจุบรรทุก 200 kg และทำงานที่ความเร็วสูงสุด 3 km/hr ขนาดของเครื่องคือ 1.89 x 2.20 x 6.32 m (กว้าง x ยาว x สูง) ซึ่งมีแพลตฟอร์มที่ให้ความสะดวกในการเก็บเกี่ยวผลไม้ ต้นกำลังคือเครื่องยนต์เบนซิน 8.7 kW (12 hp) ทำให้สามารถยกขึ้น ยกลง เคลื่อนที่ไปข้างหน้า และถอยหลังได้ และการบังคับเลี้ยวจากแพลตฟอร์มได้อย่างราบรื่น ระบบนี้ใช้งานง่าย ต้องการการบำรุงรักษาต่ำ และสามารถใช้งานได้ปลอดภัยบนพื้นที่ราบและทางลาดที่มีความลาดไม่เกิน 5 องศา ผู้ประกอบการสามารถเก็บเกี่ยวมะม่วงได้ 700-1100 ผลต่อชั่วโมง ขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของผลไม้ เครื่องนี้มีราคาประมาณ 20,990.77 USD (750,094.67 บาท) และใช้น้ำมันเบนซินประมาณ 2 ลิตรต่อชั่วโมงในการเก็บเกี่ยวมะม่วง

พาวิน และวรินทร์ (2549) และพาวิน และคณะ (2549) ศึกษาพบว่า หนึ่งในสาเหตุที่ทำให้ต้นทุนการผลิตที่สูงคือ ต้นลำไยมีทรงพุ่มสูงใหญ่ทำให้เสียค่าใช้จ่ายในด้านค่าแรงงานในการเก็บเกี่ยวมาก การฉีดพ่นสารป้องกันกำจัดโรคและแมลงมีประสิทธิภาพลดลง และยังทำให้ไม่สามารถใช้เทคนิคต่าง ๆ เพื่อเพิ่มขนาดผลและรักษาผิวของผลไว้ได้ จึงได้เริ่มศึกษาเทคนิคการตัดแต่งกิ่งเพื่อควบคุมทรงพุ่มของลำไยให้เตี้ยโดยตัดกิ่งที่อยู่สูงกว่าระดับที่กำหนดออกจนหมด ทำให้ได้รูปทรงคล้ายฝาชิงหยาบ เทียบกับต้นที่ไม่ตัดแต่ง พบว่า การตัดแต่งต้นให้เหลือความสูง 3 m ให้ผลโดยรวมดีที่สุด ดังนั้นความสูงของต้นลำไยที่มีการตัดแต่งและบำรุงเพื่อให้ได้ผลผลิตที่มากขึ้นจัดว่าเป็นสวนสมัยใหม่ที่กำลังมีการส่งเสริมให้ปลูกเพิ่มขึ้น

จากปัญหาการขาดแคลนแรงงานในการเก็บเกี่ยวลำไยของเกษตรกร และการพัฒนาการเก็บเกี่ยวผลลำไยยังอยู่ในระดับที่พัฒนาต่อไปได้ รวมทั้งจากการสืบค้นงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ประกอบกับพื้นที่ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้ที่ตั้งอยู่ในเขตภาคเหนือซึ่งมีการปลูกลำไยจำนวนมาก เมื่อต้องออกปฏิบัติสหกิจศึกษา ณ สถานประกอบการจริง นักศึกษาจึงต้องการแก้ไขปัญหาการเก็บเกี่ยวลำไยที่รับทราบว่ามีปัญหาตลอด โดยการพัฒนาเครื่องเก็บเกี่ยวลำไยหรือไม้ผลขนาดเล็กที่มีลักษณะใกล้เคียงในราคาย่อมเยาที่เกษตรกรเข้าถึงได้ ที่สามารถใช้งานได้ง่ายโดยเกษตรกร การซ่อมแซมและบำรุงรักษาไม่ซับซ้อน สิ่งเหล่านี้จึงเป็นวัตถุประสงค์หลักของผลงานสหกิจเรื่องนี้ โดยมีวัตถุประสงค์เฉพาะคือเพื่อฝึกทักษะการออกแบบ การเขียนแบบด้วยคอมพิวเตอร์ การสร้างและประกอบชิ้นงาน และการทดสอบเบื้องต้น

2. วัสดุและวิธีการ

2.1 สมบัติทางกายภาพของต้นลำไย

พันธุ์ลำไยที่นิยมปลูกได้แก่ พันธุ์อีดอ สีชมพู เบี้ยวเขียว และแห้ว การปลูกลำไยแบบดั้งเดิมจะปลูกระยะห่างระหว่างต้นและแถวตั้งแต่ 8-12 m พืชรา และคณะ (2564) สำรวจเกษตรกรผู้ปลูกลำไยทั่วไปในเขตภาคเหนือ 18,119 ราย เพื่อศึกษากระบวนการผลิตลำไยของเกษตรกร พบว่าเกษตรกรปลูกพันธุ์อีดอ โดยส่วนใหญ่ปลูกลำไย ระยะ 8x8 m และเมื่อศึกษาข้อมูลวิชาการพบพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับต้นลำไยดังแสดงในตารางที่ 1

2.2 แนวคิดในการออกแบบ

จากปัญหาการเก็บเกี่ยวลำไย ทำให้ลำไยเกิดความเสียหาย เกษตรกรได้รับผลตอบแทนลดลง ในขณะที่ปัจจัยการผลิตมีราคาสูงขึ้น คณะผู้ดำเนินงานจึงได้กำหนดเกณฑ์ในการออกแบบเครื่องเก็บเกี่ยวลำไยคร่าว ๆ ดังนี้

1. ใช้งานได้โดยผู้ปฏิบัติงาน 1 คน
2. สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตและตัดแต่งกิ่งลำไยที่ความสูงต้นลำไยสูงสุด 6 เมตร
3. มีระบบขับเคลื่อนด้วยตนเองที่สามารถทำให้เครื่องเก็บเกี่ยวเดินหน้า ถอยหลัง และเคลื่อนที่ไปทางซ้ายขวาได้

อย่างอิสระ

4. สามารถบังคับให้กระเช้ายกขึ้น-ลงได้ในขณะที่ผู้ปฏิบัติงานอยู่ในกระเช้าเก็บเกี่ยว
5. ใช้เครื่องยนต์เบนซินขนาดเล็กเป็นต้นกำลัง ไม่จำเป็นต้องการใช้ความเร็วสูง เนื่องจากการเคลื่อนย้ายเครื่องเก็บเกี่ยวจะต้องใช้รถแทรกเตอร์ขนย้าย ส่วนการเคลื่อนที่ด้วยตนเองจะทำระหว่างต้น หรือสวนไม้ผลบริเวณใกล้เคียงเท่านั้น
6. สามารถเข้าปฏิบัติงานในสวนไม้ผลที่มีทรงพุ่มที่ต้องมีระยะระหว่างต้น x แถวประมาณ 6 x 6 m
7. สามารถเก็บเกี่ยวลำไยได้ทุกฤดูด้วยการใช้ล้อยาง
8. น้ำหนักบรรทุกในกระเช้าประมาณ 400 kg

ตารางที่ 1 สมบัติทางกายภาพของต้นลำไยที่ใช้ประกอบการออกแบบเครื่องเก็บเกี่ยว

ลำดับ	พารามิเตอร์	ข้อมูล	การอ้างอิง
1	ความสูงต้น (m) เมื่อเจริญเต็มที่ กรณีไม่มีการตัดแต่งกิ่ง	10-12	เฉลิมชัย และคณะ, 2553
2	ความสูงต้น (m) เมื่อเจริญเต็มที่ กรณีมีการตัดแต่งกิ่ง	น้อยกว่า 6 เมตรขึ้นกับรูปทรงการตัดแต่งกิ่ง (ทรงเปิดกลางพุ่ม ทรงสี่เหลี่ยม ทรงแบนหรือฝาชีหงาย)	เฉลิมชัย และคณะ, 2553
3	ความกว้างทรงพุ่ม (m)	6-8	เฉลิมชัย และคณะ, 2553
4	ระยะระหว่างต้น x แถว (m)		
	-การปลูกระยะห่าง	8x8, 10x10, 12x12, 8x10, 10x12	สำนักส่งเสริมและฝึกอบรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, ม.ป.ป.
	-การปลูกระยะชิด	4x4, 5x5, 3x6, 4x6	
5	ระยะระหว่างต้น x แถว (m)	8x8	พัชรา และคณะ, 2564

2.3 ขั้นตอนการดำเนินงาน

จากข้อกำหนดจึงได้ดำเนินการออกแบบ สร้าง และทดสอบเครื่องดังนี้

2.3.1 การออกแบบด้วยคอมพิวเตอร์ โปรแกรม SolidWorks เป็นโปรแกรมออกแบบ 3 มิติ สามารถออกแบบชิ้นงานได้ครอบคลุมแทบทุกกลุ่ม การออกแบบเครื่องเก็บเกี่ยวลำไยด้วยโปรแกรม SolidWorks มีลำดับขั้นตอนดังนี้

1. เขียนแบบโครงรถ (Frame)
2. เขียนเสากระโดง (Boom tower)
3. เขียนแขนยึดหลัก (Main boom)
4. เขียนแขนจับกระเช้า (Boom)
5. เขียนกระเช้าเก็บเกี่ยว
6. เขียนชุดขับเคลื่อนหน้า และหลัง
7. เขียนล้อหลัง

เมื่อประกอบส่วนต่าง ๆ เข้าด้วยกันจะได้โครงของเครื่อง (ภาพที่ 1) มีขนาด 2.90 x 4.30 x 2.70 (กว้าง x ยาว x สูง) เมื่อวางกับพื้น โดยจะมีระยะยกกระเช้าเก็บเกี่ยวสูงสุด 6.8 m (ระยะจากพื้นดินถึงขอบบนกระเช้า ความสูงของกระเช้ามีค่าเท่ากับ 1.025 m)



ภาพที่ 1 โครงเครื่องเก็บเกี่ยวที่ออกแบบด้วยโปรแกรม SolidWorks

2.3.2 การสร้างเครื่องต้นแบบ เมื่อได้แบบโครงเครื่องเก็บเกี่ยวเพื่อการสร้างแล้ว จึงมีขั้นตอนในการสร้างดังนี้

1. ตัดเหล็กตามแบบ
2. ประกอบชิ้นส่วนย่อย อาทิ โครงเครื่อง แขนกระเช้า กระเช้าเก็บเกี่ยว เป็นต้น
3. ประกอบชิ้นส่วนย่อยต่าง ๆ เข้าด้วย
4. เดินสายสายไฮดรอลิกแบบแข็งและแบบอ่อน
5. ติดตั้งถังน้ำมันไฮดรอลิกขนาด 30 ลิตร
6. ติดตั้งเครื่องยนต์เบนซินขนาด 4.5 kW (6 hp) ล้อช่วยแรง (Flywheel) ปัมไฮดรอลิก มอเตอร์ไฮดรอลิก และวาล์วควบคุม (Control valves) ตามลำดับ
7. กลึงชิ้นส่วนชุดขับเคลื่อน อาทิ เฟลา ขอบกระชากล้อ หน้าแปลนล้อ เป็นต้น
8. ติดตั้งล้อยาง จะได้รูปเครื่องเก็บเกี่ยวดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ภาพถ่ายเครื่องเก็บเกี่ยวลำไยแบบขับเคลื่อนด้วยตนเอง

2.3.3 การทดสอบเบื้องต้น การออกแบบใช้ล้อเคลื่อนที่ 4 ล้อเพื่อต้องการรักษาเสถียรภาพการทรงตัว เมื่อทดสอบเบื้องต้นพบว่า ใช้กำลังงานสูงมาก และสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงมาก สังเกตได้จากความเร็วรอบของเครื่องยนต์มีค่าสูงขึ้นจนกระทั่งเครื่องยนต์ใกล้ดับ แสดงว่าเข้าสู่สภาวะทำงานเกินภาระ (Overload) นอกจากนี้การเคลื่อนที่ที่ยังไม่มีความคล่องตัว

2.3.4 การปรับปรุงเครื่องต้นแบบ เนื่องจากไม่ต้องการเพิ่มขนาดเครื่องยนต์ต้นกำลัง จึงทำการลดจำนวนล้อเคลื่อนที่จาก 4 ล้อเหลือ 3 ล้อ เพื่อลดภาระเครื่องยนต์ สอดคล้องกับบทความของ Kenneth & Ralph (1996) ที่นำเสนอความสับสนและความเข้าใจผิดเกี่ยวกับการใช้งานและความปลอดภัยของรถบรรทุกที่ทำงานในสนามหญ้า จากการทดลองกับรถบรรทุกหนักที่ทำงานในสนามหญ้า 3 คันยี่ห้อ Cushman® 2 รุ่น และ Toro® 1 รุ่น พบว่ารถรุ่นที่มี 3 ล้อมีข้อได้เปรียบที่ชัดเจนเมื่อเทียบกับรถรุ่นที่มี 4 ล้อในเรื่องความคล่องตัวในพื้นที่จำกัด การวิเคราะห์คุณสมบัติลักษณะความมั่นคงของรถบรรทุกที่ทำงานในสนามหญ้าที่มี 3 ล้อ และ 4 ล้อโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์พบว่า รถบรรทุกที่มี 4 ล้อมีความมั่นคงมากกว่ารถที่มี 3 ล้อเมื่อความกว้างของแทร็คเท่ากัน อย่างไรก็ตามในกรณีที่ยานพาหนะมีรัศมีวงเลี้ยวเท่ากัน รถที่มี 3 ล้อจะมีความมั่นคงสูงกว่ารถที่มี 4 ล้อ

ทั้งนี้การเลือกใช้ล้อเคลื่อนที่ 4 ล้อนั้น นักศึกษาคิดและวิเคราะห์ออกแบบด้วยตนเอง ในขณะที่วิศวกรและทีมช่างที่ปรึกษาได้ทักท้วงว่าการใช้ 3 ล้อจะคล่องตัวกว่า แต่นักศึกษายืนยันที่จะทำ 4 ล้อ สถานประกอบการก็ไม่ได้ปิดกั้นความคิดสร้างสรรค์ จึงเปิดโอกาสให้ทดลองทำ 4 ล้อ เมื่อได้ทดสอบแล้วปรากฏว่าตัวเครื่องใช้กำลังมากและไม่คล่องตัว ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นนี้ก่อให้เกิดการสูญเสียวัสดุประเภทเหล็กจำนวนมาก รวมทั้งเสียเวลามากด้วย แต่นักศึกษาได้เรียนรู้และทดสอบ ซึ่งความผิดพลาดครั้งนี้ก็จะให้ผลสะท้อนกลับ (Feedback) ไปที่ปัจจัยป้อนเข้า (Input) ก่อให้เกิดเป็น know-hows อันมีค่าต่อไป

2.3.5 การทดสอบภายหลังการปรับปรุง การทดสอบดำเนินการ ณ บริษัท สามารถเกษตรยนต์ จำกัด เลขที่ 184 หมู่ 11 ตำบลหันคา อำเภอดงเจริญ จังหวัดชัยนาท ในเดือนมกราคม 2567 มีการศึกษาตัวแปรต้นหรือตัวแปรอิสระ 2 กลุ่มคือ พื้นผิวที่สัมผัสกับล้อเคลื่อนที่ 2 ชนิดคือพื้นคอนกรีตกับพื้นดิน และความเร็วรอบของเพลาส่งกำลังจากเครื่องยนต์ (เครื่องยนต์มีชุดเฟืองทดในตัว) 3 ระดับคือ 1,000 1,400 และ 1,800 rpm วัดตัวแปรตามที่สามารถวัดได้ภายใต้ข้อจำกัดเรื่องวัสดุอุปกรณ์ และเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ จึงทำการวัดความเร็วเดินทาง ความเร็วยกขึ้น ความเร็วยกลง และรัศมีวงเลี้ยว โดยมีตัวแปรควบคุมคือคนบังคับเครื่องเก็บเกี่ยวเป็นคนเดียวกันตลอดการทดสอบ การทดสอบดำเนินการ 3 ซ้ำ รายงานผลเป็นค่าเฉลี่ย \pm ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน หรือ SD (N=3)



2.4 ประมาณการต้นทุนในการสร้างเครื่องต้นแบบ

การสร้างต้นแบบเครื่องเก็บเกี่ยวลำไยดำเนินการระหว่างวันที่ 20 พฤศจิกายน 2566 ถึงมกราคม 2567 ต้นทุนในการสร้างเครื่องต้นแบบต่อหนึ่งเครื่องมีค่าประมาณ 290,435 บาท (ตารางที่ 2) ทั้งนี้ยังไม่รวมค่าพลังงานในการผลิตค่าขนส่งและเดินทาง และค่าแรงงาน เมื่อเปรียบเทียบราคาสารสร้างเครื่องต้นแบบของเสมอขวัญ (2546) ซึ่งมีราคาในปี พ.ศ. 2546 เท่ากับ 175,000 บาท หากคิดเงินเฟ้อของสำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ปี พ.ศ. 2565 เท่ากับ 6.1% จะเป็นราคาปัจจุบัน 571,933.75 บาท ส่วนงานของ Kaur, et al. (2023) ราคาประมาณ 20,990.77 USD คิดเป็นเงินไทย 750,094.67 บาท คาดว่าหากสถานประกอบการจะผลิตเพื่อจำหน่าย จะสามารถกำหนดราคาขายที่ทำให้เกษตรกรสามารถเข้าถึงได้โดยไม่ยากเกินไปนักตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

ตารางที่ 2 ประมาณการต้นทุนในการสร้างเครื่องต้นแบบ 1 เครื่อง

ที่	รายการ	จำนวน	สเปก	ราคาต่อหน่วย (บาท)	ต้นทุนรวม (บาท)	
1	เหล็กกล่อง	1 เส้น	ขนาด 150x150 mm ทหนา 6 mm	2,500 บาท/เส้น (6 m)	2,500.00	
		3 เส้น	ขนาด 125x125 mm ทหนา 4.5 mm	1,800 บาท/เส้น (6 m)	5,400.00	
		2 เส้น	ขนาด 75x75 mm ทหนา 3.2 mm	970 บาท/เส้น (6 m)	1,940.00	
		2 เส้น	ขนาด 38x38 ทหนา 2.7 mm	415 บาท/เส้น (6 m)	830.00	
2	เหล็กแผ่น	3 แผ่น	ขนาด ทหนา 2.0 mm	1,350 บาท /แผ่น	4,050.00	
		1 แผ่น	ขนาด ทหนา 6 mm	3,350 บาท /แผ่น	3,350.00	
		ครึ่งแผ่น	ขนาด ทหนา 9 mm	5,020 บาท /แผ่น	2,510.00	
		ครึ่งแผ่น	ขนาด ทหนา 12 mm	6,690บาท /แผ่น	3,345.00	
3	ล้อยาง	2 ล้อ	405/70-20 (ล้อรวมกระทะ)	25,000.00	50,000.00	
		1 ล้อ	215/70-15 (ล้อรวมกระทะ)	5,000.00	5,000.00	
4	ลูกปืน F206	4 ดับ	ขนาด 30 mm	950.00	3,800.00	
		ลูกปืน F208	2 ดับ	ขนาด 30 mm	620.00	1,240.00
		ลูกปืน F210	4 ดับ	ขนาด 50 mm	1,200.00	4,800.00
5	ปั๊มไฮดรอลิกคู่	1 ลูก	ขนาด 8 cc	20,000.00	20,000.00	
6	มอเตอร์ไฮดรอลิก	2 ลูก	ขนาด 250 cc	25,000.00	50,000.00	
7	กระบอกไฮดรอลิก	2 กระบอก	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 85 mm ยาว 620 mm	9,000.00	18,000.00	
8	สายไฮดรอลิกแบบแข็ง	32 m	ขนาด ¼ นิ้ว	300 บาท/m	9,600.00	
		12 m	ขนาด ½ นิ้ว	500.00	6,000.00	
		6 m	ขนาด ¾ นิ้ว	600.00	3,600.00	
9	สายไฮดรอลิกแบบอ่อน	24 m	ขนาด ¼ นิ้ว	190 บาท/m	4,560.00	
		7 m	ขนาด ½ นิ้ว	280.00	1,960.00	
		3 m	ขนาด ¾ นิ้ว	400.00	1,200.00	
10	วาล์วควบคุม	2 ตัว		17,000.00	34,000.00	
11	สายคั้นแรง	7 m	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 mm	1,100.00	1,100.00	
12	ล้อช่วยแรง	1 ล้อ	30 กิโลกรัม	6,000.00	6,000.00	
13	โซ่	2 m	เบอร์ 80	3500 บาท/m	7,000.00	
14	เครื่องยนต์เบนซิน	1 เครื่อง	6 แรงม้า 182 cc	6,900.00	6,900.00	
15	แบตเตอรี่	1 ลูก	12 โวลต์ 20 แอม	1,650.00	1,650.00	
16	กรองหยาบ	1 อัน	ขนาด 250 mm	2,500.00	2,500.00	

ตารางที่ 2 ประมาณการต้นทุนในการสร้างเครื่องต้นแบบ 1 เครื่อง (ต่อ)

ที่	รายการ	จำนวน	สเปก	ราคาต่อหน่วย (บาท)	ต้นทุนรวม (บาท)
17	สเตอร์	2 อัน	18 ฟัน	2,500.00	5,000.00
		2อัน	36 ฟัน	3,000.00	6,000.00
18	สลัก		เส้นผ่านศูนย์กลาง 45 mm		6,600.00
19	จีปาดะ				10,000.00
รวม					290,435.00

3. ผลและการวิจารณ์ผล

การทดสอบดำเนินการที่ บริษัท สามารถเกษตรยนต์ จำกัด 184 หมู่ 11 ตำบลหันคา อำเภอดอนคา จังหวัดชัยนาท (ภาพที่ 4) ผลการทดสอบเครื่องเก็บเกี่ยวลำไยแสดงในตารางที่ 3 ซึ่งชี้ให้เห็นว่า ความเร็วเดินหน้าของเครื่องเก็บเกี่ยวเมื่อทดสอบบนพื้นคอนกรีตมีค่ามากกว่าพื้นดินในทุกระดับความเร็วรอบเครื่องยนต์ เนื่องจากพื้นคอนกรีตมีแรงเสียดทานน้อยกว่า ทั้งนี้ชนิดของพื้นดินไม่มีผลต่อความเร็วยกขึ้นและความเร็วยกลง ดังนั้นจึงทดสอบกับพื้นคอนกรีตอย่างเดียวพบว่า ความเร็วยกขึ้นแปรผันตรงกับความเร็วรอบเครื่องยนต์ ส่วนความเร็วยกลงมีค่า 0.356 ± 0.008 m/s เนื่องจากการทดสอบความเร็วยกลงใช้วาล์วกันกลับ (Check valve) เพื่อควบคุมอัตราการไหลของน้ำมันไฮดรอลิกให้เท่ากันทุกการทดสอบเพื่อความปลอดภัยของเครื่องยนต์ การทดสอบรัศมีวงเลี้ยวเมื่อเลี้ยวด้วยล้อเดียวมีค่า 3.60 ± 0.045 m (N=3) เปรียบเทียบกับเครื่องของ Kaur, et al. (2023) ซึ่งมีความสูงของกระเช้าสูงสุด 6 m เหมือนกัน และทำงานที่ความเร็วเดินหน้าสูงสุด 3 km/hr แต่ใช้เครื่องยนต์เบนซินขนาดใหญ่กว่าคือ 8.7 kW (12 hp) ในขณะที่มีความจุบรรทุกน้อยกว่าคือ 200 kg และมีราคา 750,094.67 บาท แสดงให้เห็นว่าเครื่องเก็บเกี่ยวลำไยที่พัฒนามีแนวโน้มการทำงานใกล้เคียงกัน แต่ใช้เครื่องยนต์ขนาดเล็กกว่าก็เพียงพอ ทั้งนี้ในขณะที่เก็บเกี่ยวลำไยหรือไม่ผลชนิดอื่น ๆ เราไม่ได้ต้องการเร่งความเร็วเครื่องให้สูงมากนัก จะเป็นการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงโดยใช่เหตุ



ภาพที่ 4 การทดสอบเครื่องเก็บเกี่ยวบนพื้นดิน (บน) และเครื่องภายหลังการทำสี (ล่าง)

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบเครื่องเก็บเกี่ยวลำไยบนพื้น 2 ชนิดและความเร็วรอบเครื่องยนต์ 3 ระดับ

ชนิดพื้นผิว	ความเร็ว (rpm)	ซ้ำที่	ความเร็วเดินหน้า			ความเร็วยกขึ้น			ความเร็วยกลง		
			ระยะ (m)	เวลา (s)	km/hr	ระยะ (m)	เวลา (s)	m/s	ระยะ (m)	เวลา (s)	m/s
คอนกรีต	1000	1	20	53.18	1.35	6	27.06	0.22	6	16.72	0.36
		2	20	51.73	1.39	6	26.81	0.22	6	16.50	0.36
		3	20	52.67	1.37	6	26.29	0.23	6	16.32	0.37
	1400	1	20	44.02	1.64	6	18.58	0.32	6	17.07	0.35
		2	20	44.05	1.63	6	18.61	0.32	6	16.93	0.35
		3	20	44.22	1.63	6	17.96	0.33	6	17.63	0.34
	1800	1	20	33.06	2.18	6	14.22	0.42	6	16.85	0.36
		2	20	33.02	2.18	6	14.06	0.43	6	16.83	0.36
		3	20	32.98	2.18	6	14.08	0.43	6	16.95	0.35
		avg			1.728		0.325			0.356	
		SD			0.358		0.087			0.008	
พื้นดิน	1000	1	20	65.23	1.10						
		2	20	59.94	1.20						
		3	20	61.24	1.18						
	1400	1	20	45.84	1.57						
		2	20	43.96	1.64						
		3	20	44.67	1.61						
	1800	1	20	33.11	2.17						
		2	20	32.83	2.19						
		3	20	33.96	2.12						
		avg			1.643						
		SD			0.436						

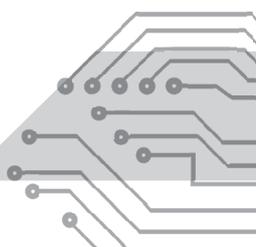
4. งานที่จะทำในอนาคต

เนื่องจากลำไยในฤดูกาลของทุกปีเพาะปลูกในเขตภาคเหนือจะเริ่มเก็บเกี่ยวในเดือนกรกฎาคมถึงเดือนสิงหาคมของทุกปี ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้วางแผนที่จะทดสอบภาคสนาม ซึ่งจะดำเนินการตามวิธีของ RNAM (UNIDO, 1995) โดยตัดแปลงจากการเก็บเกี่ยวพืชเมล็ด เนื่องจากยังไม่มีมาตรฐานการทดสอบไม้ผล และจะมีการศึกษาผลของความลาดชันของพื้นที่เพิ่มเติมอีกด้วย

5. สรุปผลการทดลอง

เครื่องเก็บเกี่ยวลำไยที่ออกแบบสำหรับสวนสมัยใหม่จะมีความเร็วการขับเคลื่อนไปข้างหน้า 1.728 ± 0.358 km/hr เมื่อทดสอบบนพื้นคอนกรีต และ 1.643 ± 0.436 km/hr เมื่อทดสอบบนพื้นดิน ความเร็วยกขึ้นแปรผันตรงกับความเร็วยกขึ้นโดยมีค่า 0.325 ± 0.087 m/s ความเร็วยกลง 0.356 ± 0.008 m/s รัศมีวงเลี้ยวเมื่อเลี้ยวด้วยล้อเดียวมีค่า 3.60 ± 0.045 m ราคาสร้างเครื่องต้นแบบ 290,435 บาท เครื่องเก็บเกี่ยวนี้ยังสามารถใช้เก็บเกี่ยวไม้ผลชนิดอื่น ๆ ได้ด้วย อาทิ ลิ้นจี่ มะม่วง ละมุด เป็นต้น นอกจากนี้ยังสามารถใช้ตัดแต่งทรงพุ่มเพื่อความสะดวกในการปรับเปลี่ยนสวนให้เป็นสวนสมัยใหม่เพื่อเหมาะสำหรับการอารักขาพืชต่อไป

การสอนที่ให้นักศึกษาแสดงออกเป็นผลผลิต (Output) ที่ประกอบด้วย การพูด การเขียน และการปฏิบัติจะทำให้ นักศึกษาคิดถึงภาพที่ได้เคยได้อ่าน ฟัง หรือปฏิบัติบ้างซึ่งเป็นปัจจัยป้อนเข้า (Input) ที่สะสมไว้ออกมาใช้โดยผ่าน กระบวนการคิดและวิเคราะห์ก่อให้เกิดสิ่งสร้างสรรค์ขึ้น และในระหว่างการปฏิบัตินั้นจะเกิดกระบวนการคิดทบทวนย้อนกลับ เพื่อแก้ไขจุดด้อย และพัฒนาสิ่งที่ดีกว่าเรียกว่าการทำ feedback คิดย้อนมาที่ input เป็นวงจรการปรับปรุงและพัฒนา งานต่อไป มิฉะนั้น “ความรู้ที่สะสมอยู่ในของนักศึกษา ถ้าไม่ได้ถูกนำออกมาใช้ให้เกิดประโยชน์ เราจะไม่ทราบศักยภาพของ นักศึกษา และความรู้นั้นก็หาค่ามิได้”



5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณบริษัท สามารถเกษตรยนต์ จำกัด เลขที่ 184 หมู่ 11 ตำบลหันคา อำเภอด่านช้าง จังหวัดชัยนาท ที่อนุเคราะห์สถานที่ฝึกสหกิจเป็นระยะเวลา 4 เดือน สนับสนุนทุนในการพัฒนาเครื่องเก็บเกี่ยวลำไยและทุนในการใช้ชีวิตตลอดเวลา 4 เดือน รวมไปถึงดูแลให้ความรู้และประสบการณ์การทำงานตลอดระยะเวลาที่ฝึกสหกิจ

6. เอกสารอ้างอิง

- เฉลิมชัย แสงอรุณ พาวิน มะโนชัย เสกสันต์ อุตสหทานนท์ มนต์ กัมพูกุล และจิรนนท์ เสนานาญ. 2553. การควบคุมทรงพุ่มลำไยที่ปลูกระยะชิดโดยการตัดแต่งกิ่งและการใช้สารพาคโคลบิวทราโซล. วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร 27(3): 1-10.
- พัชรา แสนสุข เฉลิมศักดิ์ ตุ่มหิรัญ จินดา ขลิบทอง และพาวิน มะโนชัย. 2564. โมเดลการส่งเสริมเทคโนโลยีการผลิตลำไยสู่การพัฒนาที่ยั่งยืนของเกษตรกรผู้ผลิตลำไยในภาคเหนือของประเทศไทย. วารสารสังคมศาสตร์และมานุษยวิทยาเชิงพุทธ 6(5): 95-110.
- พาวิน มะโนชัย และวรินทร์ สุทนต์. (2549). การตัดแต่งเพื่อลดขนาดทรงพุ่มของลำไย: รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ เสนอสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) . 78 หน้า.
- พาวิน มะโนชัย วรินทร์ สุทนต์ สุรัชย์ ศาลิรัศ จิรนนท์ เสนานาญ จำนง ศรีจันทร์ นพดล จรัสสัมฤทธิ์ และเสกสันต์ อุตสหทานนท์. (2549). การตัดแต่งเพื่อลดขนาดทรงพุ่มของลำไย: การศึกษาความสูงที่เหมาะสม. ว.วิจัยส่งเสริมวิชาการเกษตร 23(1): 24-28.
- รัชณี ยานัง. 2552. แนวทางการแก้ปัญหาการเก็บเกี่ยวและการจำหน่ายลำไยสดของเกษตรกร ตำบลข่วง อำเภอสาร์ภี จังหวัดเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรบัณฑิต (เกษตรศาสตร์). มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 68 หน้า.
- ศศิวิมล ภูพวง. 2547. การวิเคราะห์เศรษฐกิจการผลิตลำไยในฤดูและนอกฤดูของเกษตรกรผู้ผลิตลำไยในจังหวัดเชียงใหม่ ปี 2544/45. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเศรษฐศาสตร์เกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 132 หน้า.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2566. สารสนเทศเศรษฐกิจการเกษตรรายสินค้า ปี 2565. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพมหานคร. 103 หน้า.
- สำนักส่งเสริมและฝึกอบรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ม.ป.ป. การปลูกลำไย. 19 หน้า.
- เสมอขวัญ ตันติกุล. 2546. การออกแบบ สร้าง และประเมินผลเครื่องเก็บเกี่ยวลำไยต้นแบบ. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ เสนอสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 47 หน้า.
- Kaur, B., Dimri, S., Singh, J., Mishra, S., Chauhan, N., Kukreti, T., ... & Preet, M. S. 2023. Insights into the harvesting tools and equipment's for horticultural crops: From then to now. Journal of Agriculture and Food Research, 100814.
- Kenneth, L.E. & Ralph, L.B. 1996. Three wheeled vs four wheeled turf work trunk. Triodyne inc. Consultants in safety philosophy and technology. West Touhy Avenue. Retrieved from; Available at: www.tri-odyne.com/safety%20briefs.htm. 15th January, 2024.
- United Nations Industrial development organization (UNIDO). 1995. RNAM test codes & procedures for farm machinery, 2nd Ed. The Philippines, Rajadamnern, Bangkok, Thailand: c/o UN-ESCAP, UN building. 468 pp.



การออกแบบเครื่องหยอดเมล็ดสำหรับใช้งานบนดินเค็ม Design of Seeder for Use on Saline Soils

เทพเมธี สุภาพ^{1*}, ธนกร สิมาลอเต่า¹, คณิต สุขรัตน์¹ และ สามารถ บุญอาจ²
Thepmethee Suphap^{1*}, Thanakorn Simaloutou¹, Kanit Sukarat¹ and Samart Bunart²

¹นักศึกษา, สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

¹Student, School of Agricultural Engineering, Institute of Engineering, Suranaree University of Technology

²อาจารย์ที่ปรึกษา, สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

²Project Advisor, School of Agricultural Engineering, Institute of Engineering,
Suranaree University of Technology

*Corresponding author: Tel: +66-6-31290826, E-mail: b6310844@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการออกแบบจากเครื่องเดิมให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น เครื่องหยอดเมล็ดข้าวและข้าวโพดสำหรับใช้งานบนดินเค็ม ใช้กับรถแทรกเตอร์ขนาด 46 แรงม้า ต่อพวงแบบ 3 จุด เพื่อแก้ปัญหาด้านการปลูกพืชในพื้นที่ดินเค็ม เครื่องจะทำงานให้ลักษณะการยกทรงดิน หยอดเมล็ด และกลบดิน โดยการยกทรงจะสามารถจัดรูปแบบการเดินทางของเกลือในดินได้ โดยเกลือจะไหลขึ้นสู่จุดบนสุดของยอดตามทางเดินของอากาศ ทำให้สามารถลดผลกระทบจากความเค็มต่อเขตรากพืช ตัวเครื่องสามารถยกทรงได้ 3 ร่อง ปลูก 6 แถว และหยอดปุ๋ยได้

ABSTRACT

This research is designed from the original machine to be more efficient. The seed vending machine is used with a 46-horsepower tractor per three-point wheel to solve the problem of growing in salt soil. The machine works by lifting the stalks, seeding and covering soil. The salt will flow to the top of the road. The air can reduce the effect of salinity on plant roots. The machine can lift 3 grooves, plant 6 rows and fertilizer

1. บทนำ

ธัญพืช (cereals) ถือเป็นอาหารหลักของมนุษย์ หรือเป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรม แต่ละประเภทมีธัญพืชหลักที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับภูมิประเทศในการเพาะปลูกธัญพืชนั้นๆ เป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวที่เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญหลายชนิด อาทิ เช่น ข้าว ข้าวโพด ข้าวสาลี เป็นต้น บางชนิดเป็นธัญพืชที่ปลูกกันในท้องถิ่นในปริมาณที่น้อย เช่น ข้าวฟ่าง เดียว ซึ่งธัญพืชรองเหล่านี้สามารถใช้ทดแทนแหล่งธัญพืชหลักในช่วงขาดแคลนอาหารได้ (Grubben and Soetjpto, 1996)

เมล็ดธัญพืชเป็นสิ่งที่มีความสำคัญต่อประชากรส่วนใหญ่ของโลกซึ่งแต่ละประเทศมีการบริโภคเมล็ดธัญพืชที่แตกต่างกันออกไป เช่น ในปี 2561 ประเทศสหรัฐอเมริกาเป็นผู้ผลิตข้าวโพดรายใหญ่ที่สุดในโลกด้วยปริมาณการผลิต 384,777,890 ตันต่อปีประเทศไทยสามารถผลิตได้ 4,812,640 ตันต่อปี อยู่อันดับที่ 26 ของโลก และประเทศไทยมีการประกอบอาชีพทางด้านเกษตรกรรมเป็นจำนวนมากมากถึง 25 ล้านคนหรือคิดเป็นร้อยละ 40 ของประชากรทั้งหมด โดยธัญพืชมีทั้งจำหน่ายภายในประเทศไทยและส่งออกไปจำหน่ายต่างประเทศ (ประเทศไทยการผลิตข้าวโพด, 2018).

ในปี 2565 ไทยส่งออกสินค้าในกลุ่มธัญพืช (ไม่รวมข้าวโพด) และอาหารปรุงแต่งจากธัญพืช เป็นมูลค่ารวม 223.6 ล้านดอลลาร์สหรัฐ เพิ่มขึ้น 8.01% โดยมีประเทศผู้นำเข้าที่สำคัญ เช่น ออสเตรเลีย สหรัฐฯ จีน และเยอรมนี นอกจากนี้ไทยยังส่งออกลูกเดือยซึ่งเป็นธัญพืชสำคัญที่โลกต้องการ และเป็นพืชพื้นเมืองที่ปลูกมากในกลุ่มประเทศเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ โดยไทยมีมูลค่าในการส่งออกลูกเดือย 5.89 ล้านดอลลาร์สหรัฐ เพิ่มขึ้น 1.18% ประเทศผู้นำเข้าลูกเดือยจากไทยที่สำคัญคือ ญี่ปุ่น จีน (ไต้หวัน) และสหรัฐอเมริกา

ประเทศไทยมีพื้นที่ที่ได้รับอิทธิพลจากดินเค็มประมาณ 19.7 ล้านไร่ มีการกระจายอยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ที่ราบภาคกลาง และบริเวณชายฝั่งทะเล โดยพบเป็นบริเวณกว้างขวางถึงประมาณ 17.8 ล้านไร่ ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และมีการกระจายตัวอยู่ในแทบทุกจังหวัดคิดเป็นพื้นที่ถึงประมาณร้อยละ 17 พื้นที่ของภาค โดยบริเวณที่พบการกระจายของดินเค็มในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีอยู่ 3 บริเวณคือ บริเวณแอ่งโคราช แอ่งสกล และที่ลุ่มต่ำทางตอนเหนือของภาค และมีสาเหตุหลักมาจากเกลือในหมวดหินมหาสารคาม ซึ่งเป็นหมวดหินที่รองรับพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นบริเวณกว้างขวาง และส่วนหนึ่งเกิดจากกิจกรรมของมนุษย์เช่น การตัดไม้ทำลายป่า การทำนาเกลือ เป็นต้น (เอิบ เขียวรื่นรมย์, 2550)

ปัญหาดินเค็มเป็นปัญหาสำคัญอย่างหนึ่งที่ทำให้ได้รับผลผลิตข้าวที่ต่ำกว่าปกติ ปลูกพืชไม่ได้ และผลผลิตที่ได้ไม่มีคุณภาพการแก้ปัญหาดินเค็มอาจมีได้หลายวิธีอาทิเช่น การเลือกชนิดพืชทนดินเค็มที่เหมาะสม การใช้สารอินทรีย์วัตถุปรับปรุงบำรุงดินเค็มการเพาะปลูกพืชในพื้นที่ ที่มีการเตรียมดินในรูปแบบที่ลดผลกระทบจากดินเค็ม (พรรณี หงศน้อย และ ประสิทธิ์ ตันประกาส, 2550)

จากปัญหาที่กล่าวมากลุ่มผู้วิจัยจึงเกิดแนวคิดที่จะแก้ไขปัญหในส่วนของการเพาะปลูก โดยการยกร่องในดินนั้นสามารถช่วยลดปัญหาดินเค็มได้ ด้วยการออกแบบเครื่องปลูกข้าวแบบยกร่อง โดยออกแบบให้ทำการยกร่อง และหยอดเมล็ดลงบริเวณไหล่ของร่องที่ยกซึ่งเป็นจุดที่มีความเค็มต่ำกว่าจุดสันร่องเนื่องจากการเคลื่อนที่ของเกลือในดิน และจากนั้นจะมีการกลบดินเพื่อความชุ่มชื้นลดการไหลของเกลือในดินมายังบริเวณจุดเมล็ดอยู่ ตัวเครื่องนั้นจะออกแบบมาสำหรับรถแทรกเตอร์ขนาดกลาง 40-50 แรงม้า ใช้จุดต่อพ่วงแบบ 3 จุด ซึ่งจะอยู่ในลักษณะของเครื่องหยอดเมล็ดพันธุ์ โดยตัวเครื่องจะติดตั้งอุปกรณ์ในการเปิดหน้าดิน ยกร่อง หยอดเมล็ด ถังบรรจุเมล็ด ถังบรรจุปุ๋ย และชุดกลบดิน ซึ่งรับแรงผ่านล้อขับ ตัวเครื่องออกแบบให้ใช้ผู้ปฏิบัติงานในการปลูก 1 คน

2. วัสดุและวิธีการ

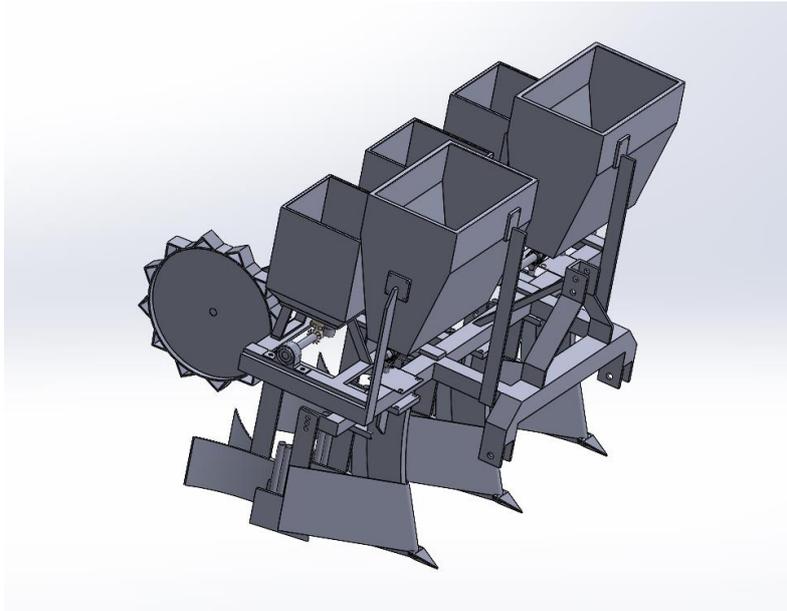
ข้อมูลการออกแบบ

ในการออกแบบเครื่องหยอดเมล็ดข้าวและข้าวโพดสำหรับใช้งานบนดินเค็ม เป็นการนำเครื่องปลูกข้าวแบบยกร่องมาประยุกต์กับชุดหยอดปุ๋ย โดยกำหนดให้มีขั้นตอนการทำงาน ดังนี้

ยกร่องแนวการปลูก เปิดร่องเพื่อเตรียมหยอดเมล็ดตามปริมาณและ ระยะที่กำหนด และกลบดิน ในจุดที่ทำการหยอดเมล็ดพันธุ์จะต้องอยู่บริเวณช่วงไหล่ของสันร่อง จะทำให้ ได้รับผลกระทบจากความเค็มใต้ดินลดลง โดยมีการใช้การกลบอัดดินช่วยให้เกิดการไหลของอากาศต่ำกว่าบริเวณสันร่อง

การออกแบบเครื่องหยอดเมล็ด

ออกแบบต่อยอดจากเครื่องเดิมโดยใช้โปรแกรม Solidworks จะได้เครื่องมีลักษณะตามที่แสดงดังรูปที่ 1 ซึ่ง เป็นชุดปลูกแบบ 3 ถัง แต่ละถังมีหัวหยอดเมล็ด 2 หัว และมีชุดหยอดแบบ 2 ถัง



รูปที่ 1 เครื่องหยอดเมล็ดดอกแบบผ่าน Solidworks

ขนาดเพลลา โดยออกแบบตาม ASME

$$d = \left\{ \frac{16}{\pi \tau_d} [(C_t T)^2 + (C_m M)^2]^{1/2} \right\}^{1/3} \quad (1)$$

โดยที่ d = ขนาดเพลลา

C_m = ตัวประกอบความล้าเนื่องจากการตัด

C_t = ตัวประกอบความล้าเนื่องจากการบิด

M = โมเมนต์ตัด

T = โมเมนต์บิด

จำนวนช่อง

$$n = \frac{\pi D}{ix} \quad (2)$$

โดยที่ n = จำนวนช่อง

D = เส้นผ่านศูนย์กลางของ Ground wheel

X = ระยะห่างการปลูก

i = อัตราทดเกียร์

หน้าตัดเหล็ก

$$A = \frac{R}{\delta_a} \quad \text{เมื่อ} \quad \delta_a = \frac{\delta}{SF} \quad (3)$$

โดยที่ A = หน้าตัดเหล็ก

R = แรงลัพท์ที่กระทำกับโครงสร้าง

δ_a = ความเค้นเฉือนจริง

δ = ความเค้นเฉือน

SF = ค่าความปลอดภัย

จุดศูนย์ถ่วง

$$x = \frac{\sum MX_m}{\sum M}$$

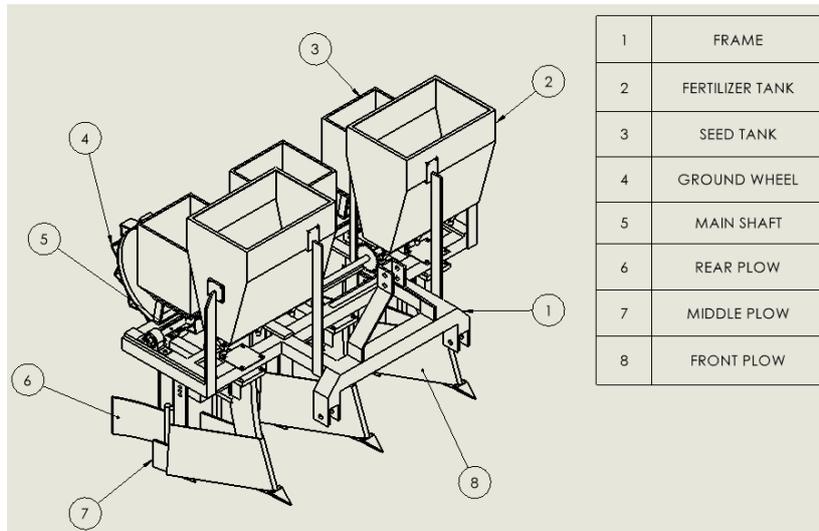
โดยที่ X = ระยะศูนย์ถ่วงจากจุดG

M = น้ำหนักแต่ละจุด

X_m = ระยะจากจุดรับน้ำหนักถึงจุดG

3. ผลและการวิจารณ์ผล

จากรูปที่ 2 เครื่องจะประกอบด้วยถังบรรจุเมล็ด ถังบรรจุปุ๋ย เฟลากรไถหลัก ฝาลเปิดหน้าดินและยกร่อง ชุดกลไกจ่ายเมล็ด ชุดกลไกการหยอดปุ๋ย โครงสร้างเครื่อง ชุดเปิดร่องและท่อนำเมล็ด ฝาลกลบดิน ล้อขับ



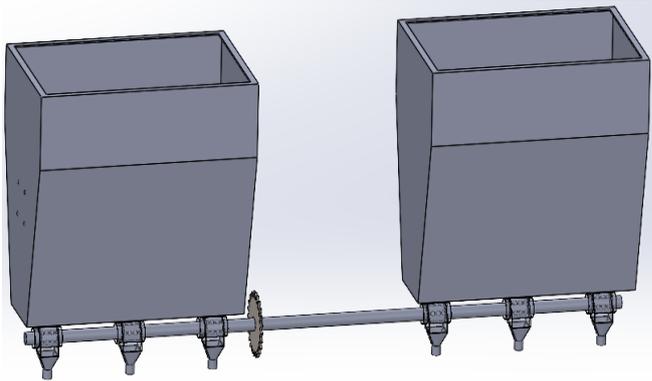
รูปที่ 2 แสดงส่วนประกอบของเครื่องหยอดเมล็ด

2.การออกแบบชุดหยอดปุ๋ย

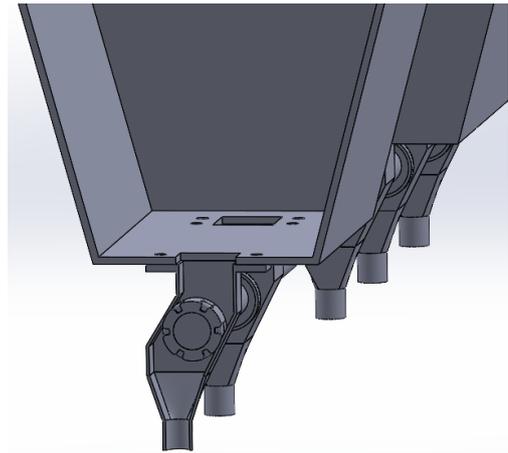
จากงานวิจัยของพงษ์ศิริ มีสิงห์ (2565) ได้ศึกษาองศาแรงเสียดทานของถังปุ๋ยสำหรับปุ๋ยชนิดต่าง ๆ

ชนิดวัสดุ	องศาแรงเสียดทานของปุ๋ย	
	ยูเรีย (องศา)	ปุ๋ยผสม (องศา)
เหล็กสนิม	20.4	21.8

จึงออกแบบให้ถังปุ๋ยมีมุม 75 องศา เนื่องจากมีพื้นที่ในการออกแบบไม่มากและออกแบบให้ปุ๋ยไหลอย่างแน่นอนจากการออกแบบให้กลไกสามารถปรับอัตราการหยอดได้ง่ายกว่าแบบเกลียวลำเลียง



รูปที่ 3 แสดงลักษณะชุดหยอดปุ๋ย

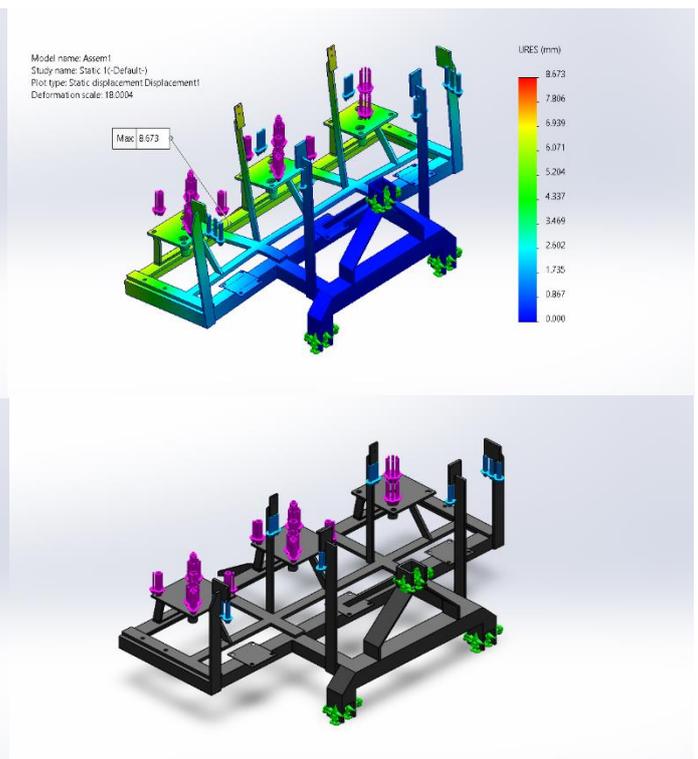
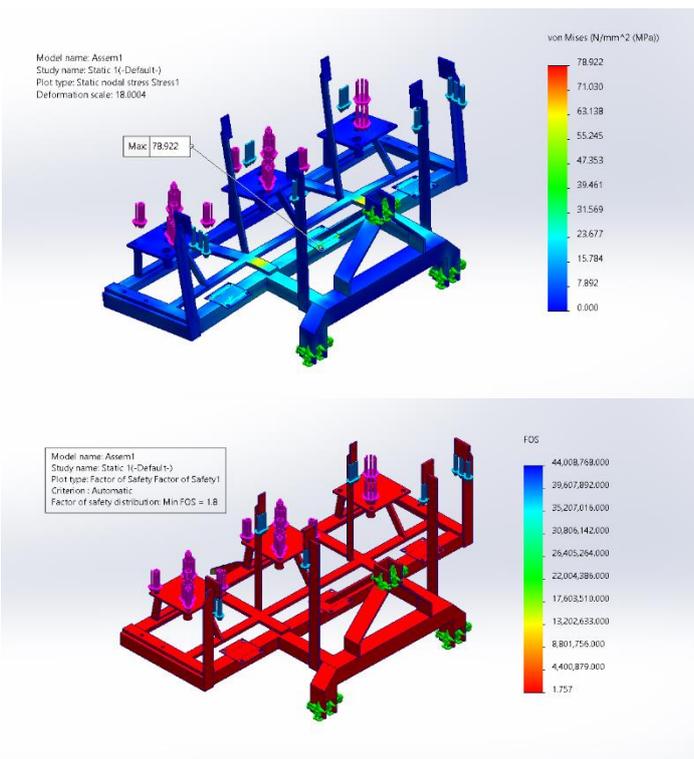


รูปที่ 4 ภาพตัดของกลไกการหยอดปุ๋ย

3. การวิเคราะห์ความแข็งแรงด้วยโปรแกรม Solidworks

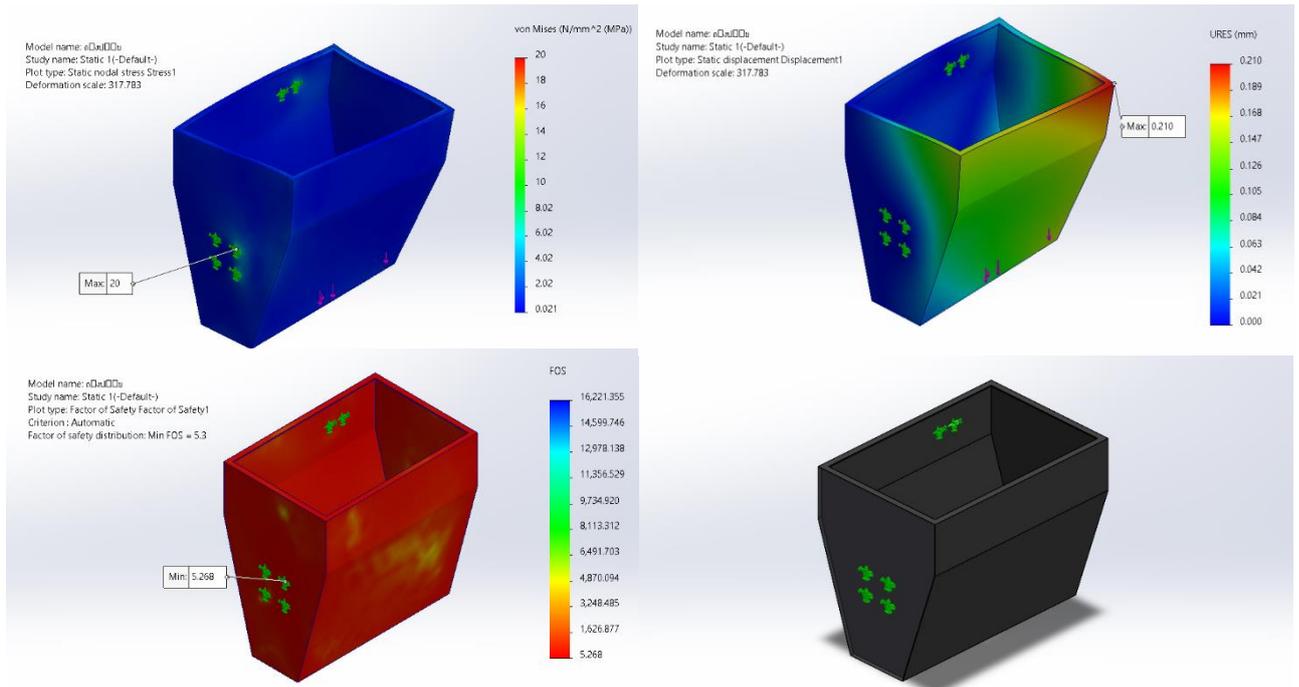
3.1 การวิเคราะห์ค่าความแข็งแรงของโครงสร้าง

จากการวิเคราะห์ค่าความแข็งแรงได้รับความเค้นสูงสุดเท่ากับ 78.92 MPa ระยะยุบตัวเท่ากับ 8.673 mm และค่าความปลอดภัย 1.8



3.2 การวิเคราะห์ค่าความแข็งแรงของถังปุ๋ย

การวิเคราะห์ค่าความแข็งแรงของถังปุ๋ยได้รับความเค้นสูงสุดเท่ากับ 19 MPa ระยะยุบตัวเท่ากับ 0.198 mm และค่าความปลอดภัยมีค่าเท่ากับ 5.521



4. สรุป

การออกแบบเครื่องหยอดเมล็ดและปุ๋ยออกแบบให้ต่อพ่วงกับรถแทรกเตอร์ ด้วยแขนพ่วงสามจุด พบว่ามีค่าความปลอดภัยและระยะของการยุบตัวของเครื่องหยอดเมล็ดและปุ๋ยอยู่ในระดับที่ยอมรับได้สำหรับการใช้งาน

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ คุณภัทรพงศ์ จันทราช สำหรับข้อมูลเครื่องหยอดข้าวที่ใช้ในการอ้างอิงและนำมาพัฒนาต่อจนทำให้สามารถดำเนินการวิจัยได้คล่อง และประสบผลสำเร็จตามที่คาดไว้

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.สามารถ บุญอาจ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่คอยช่วยเหลือด้านต่างๆ ทั้งในด้านการวิจัย ด้านให้คำปรึกษา ให้สามารถดำเนินการวิจัยได้อย่างสะดวก

6. เอกสารอ้างอิง

ประเทศโดยการผลิตข้าวโพด. (2561). ประเทศโดยการผลิตข้าวโพด ข้าวโพดปลูกและผลิตที่ไหน ประเทศใดผลิตข้าวโพดมากที่สุดประเทศไทยผลิตข้าวโพดได้เท่าไรต่อปี.

เข้าถึงได้จาก www.atlasbig.com/th/ประเทศโดยการผลิตข้าวโพด สิงหาคม 2561.

พงษ์ศิริ มีสิงห์. (2565). การปรับปรุงพัฒนาเครื่องผสมปุ๋ยเคมีอัตโนมัติ. รายงานโครงการวิศวกรรมเกษตรของนักศึกษาทดแทนสหกิจศึกษา. สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ภาคการศึกษาที่ 3 ปีการศึกษา 2565.

พุงศักดิ์ จุลยุเสน. (2559). ออกแบบเครื่องจักรกลเกษตร. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. 259 น.

พรณี หงศ์น้อย และประสิทธิ์ ต้นประภาส. (2544). การเพิ่มผลผลิตข้าวในพื้นที่ดินเค็ม. เอกสารคู่มือเจ้าหน้าที่ของรัฐเรื่องดินเค็ม.กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. หน้า 303 - 313.

ภัทรพงศ์ จันทราช. (2539). การออกแบบและพัฒนาเครื่องปลูกข้าวแบบยกร่อง. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. วิศวกรรมเครื่องกลและกระบวนการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

เอิบ เขียวรีนรมย์. (2534). ดินของประเทศไทย : ลักษณะการแจกกระจายและการใช้. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร.

Grubben, G.J.H. and Soetjpto, P (Editors). (1996). ทรัพยากรพืชในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ลำดับที่ 10 ธัญพืช. สหมิตรพรีนติ้ง นนทบุรี. 264 หน้า.



เครื่องคั่วพริกไร้ควัน

Smokeless Chili Roaster Machine

ธัชชัย เครือเพ็ง¹ นที ลือกิจนา¹ และ สุกุลตลา วรณปะพะ²

Tatchai Kherpeng¹, Natee Luekitna¹ and Sakultala Wannapakhe²

หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต คณะเทคโนโลยีและการจัดการอุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ วิทยาเขตปราจีนบุรี จังหวัดปราจีนบุรี 25230

Department of Industrial Agricultural Engineering, Faculty of Industrial Technology and Management,

King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Prachinburi Campus, Prachinburi 25230 Thailand

โทรศัพท์ 03721 7300 ต่อ 7029 โทรสาร 0-3721-7317 e-mail: Sakultala.w@itm.kmutnb.ac.th

บทคัดย่อ

ปัจจุบันการคั่วพริกนั้นจะมีควันที่หลงเหลือจากการคั่ว ซึ่งส่งผลให้เกิดผลอันตรายต่อผู้คั่วโดยตรง ปรินญาณิพนธ์นี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องคั่วพริกไร้ควันที่สามารถคั่วพริกได้ครั้งละ 2 kg เครื่องคั่วพริกไร้ควันประกอบด้วยหม้อคั่ว, ชุดให้ความร้อน และมีชุดดักจับควัน หม้อคั่วมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 29.20 cm ยาว 49.60 cm หนา 0.40 cm ภายในหม้อคั่วมีใบกวนชุดดักจับควันประกอบไปด้วยส่วนควบแน่นควันด้วยละอองน้ำและกรองอากาศก่อนที่อากาศจะออกจากเครื่องคั่วพริกที่ปล่อยทางออกของเครื่องคั่วพริก โดยในเครื่องคั่วพริกไร้ควันนี้ใช้มอเตอร์ 3 เฟส ขนาด 1.5 hp เป็นต้นกำลังในการทดสอบนั้นใช้พริกจินดาในการทดสอบ โดยทดสอบคั่วที่อุณหภูมิ 120 °C จากการทดสอบพบว่าพริกที่ได้มีค่าความแข็ง, ความกรอบ, และสี ใกล้เคียงกับการคั่วโดยคนคั่ว และเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณควันที่ได้ในขณะที่ทำการคั่วพริกพบว่าเครื่องคั่วพริกไร้ควันสามารถลดปริมาณค่า PM 2.5 ได้ถึง 80% เมื่อเปรียบเทียบกับการคั่วโดยกระบวนการคั่วแบบดั้งเดิม (คนคั่ว)

คำสำคัญ: พริก, คั่วพริก, ไร้ควัน

ABSTRACT

Currently, roasting chili will have smoke leftover from the roasting, which results in danger to the health of the roaster. The objectives of this thesis were designed and built a smokeless chili roaster machine. It can roast the chili up to 2 kg at a time. The machine consisted of a roasting pot, a heating set and a smoke detector. The diameter, length and thickness of the roasting pot were 29.20, 49.60, and 0.40 cm, respectively. The stirring leaf was set to the inside of the roasting pot. The smoke detector consisted of the condenser by use the water spray part and air filter part before the air leaf from the flue outlet of the machine. The 3 phase 1.5 hp motor was used for the power of the machine. The Jinda chili was used for testing. The temperature for testing were 120 °C. As a result, it was found that the results of hardness, crispness, and color of roasted chili by use machine were near to the results of roasted chili by using man. The PM 2.5 smoke quantity value by using the machine was decreased by 80% from the traditional roasting process (roaster man).

Keywords: Chili, Roasted Chili, Smokeless

1. บทนำ

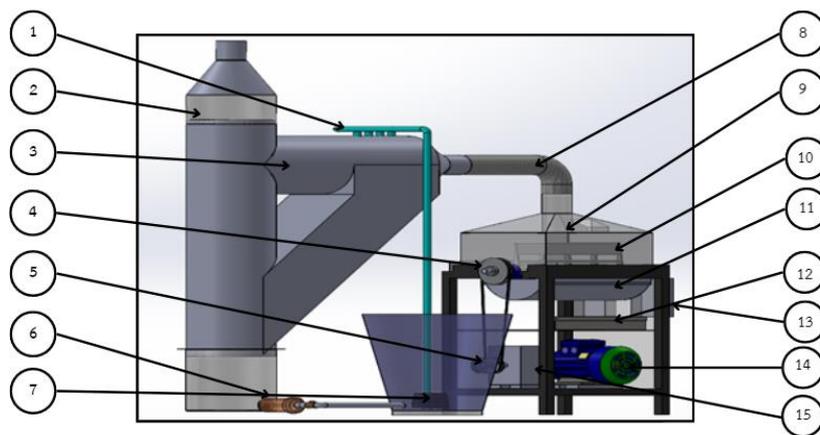
พริกเป็นเครื่องเทศที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่ง และมีความสัมพันธ์ต่อความเป็นอยู่ของชาวไทยเป็นเวลานาน เนื่องจากคนไทยนิยมรับประทานอาหารรสเผ็ด พริกจึงเป็นส่วนประกอบของอาหารไทยหลายๆ ชนิด นอกจากนี้ยังใช้เป็นยาสมุนไพรได้อีกด้วย โดยช่วยรักษาโรคหืด กลาก ลดอาการปวดบวมเนื่องจากถูกความเย็นจัด และพริกก็ยังเป็นพืชผักที่มีความสำคัญทางด้านเศรษฐกิจอย่างหนึ่ง จะเห็นได้จากแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 6 ปี พ.ศ.2530-2534 ระบุให้พืชผักเป็นหนึ่งในบรรดาสินค้าที่ได้รับการเสนอไว้ในแผนพัฒนาระบบการผลิตการตลาดและการสร้างงาน ซึ่งพริก เป็นพืชผักกินผลชนิดหนึ่งในโครงการส่งเสริมการผลิตพืชผักเพื่อการส่งออก และสามารถพัฒนาให้เป็นอุตสาหกรรมเกษตร โดยปัจจุบันในระดับครัวเรือนบางครัวเรือนมีการคั่วพริกใช้ประกอบอาหารเองที่บ้าน โดยการคั่ว (Roasting) เป็นวิธีการทำให้

อาหารสุก (Cooking) โดยใช้ความร้อนแห้ง มักใช้กับอาหารที่มีชิ้นขนาดเล็ก เช่น ถั่วลิสงกาแฟ โกโก้ กา พริก ระหว่างการคั่วมีการกวน คนพลิกกลับอาหารอย่างสม่ำเสมอ เพื่อให้ความร้อนส่งผ่านไปยังอาหารอย่างทั่วถึง อาหารที่ผ่านการคั่วจะมีความชื้นต่ำ เกิดกลิ่นหอม และเกิดสีน้ำตาลจากความร้อน (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนานนท์, 2545) จากนิยามจะเห็นว่าในการออกแบบและสร้างเครื่องคั่วต้องมีการพลิกกลับอาหารอย่างสม่ำเสมอ และหากคำนึงถึงสุขภาพของผู้ใช้งานต้องมีการออกแบบในส่วนของการป้องกันควันเพื่อป้องกันอันตรายจากควันในการคั่วพริกซึ่งควันพริกนั้นส่งผลให้เกิดอาการระคายเคืองตา เกิดอาการจาม ไอจาม เป็นปัญหาให้ผู้คั่วไม่สามารถคั่วเป็นเวลานานๆ ได้ (นิรนาม ก. พริก [Online]) จากการสืบค้นงานวิจัยพบว่าในปี 2558 มนตรี น่วมจิตร, จงกล สุภารัตน์ และ ศิริชัย ต่อสกุล (2558) ได้มีการออกแบบและพัฒนาเครื่องคั่วพริกด้วยระบบกึ่งอัตโนมัติโดยใช้มอเตอร์เป็นตัวควบคุมการหมุนของถังคั่วพริก และมีระบบแก๊สที่ใช้เตาอินฟาเรดมาช่วยในการให้ความร้อนในการคั่วพริก ควบคุมโดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้าที่มีตัวครอบเพื่อไม่ให้รอบเร็วเกินไป ใช้แรงดันไฟฟ้า 220 V เพื่อจ่ายไฟเข้าที่กล่องควบคุมไฟฟ้าแล้วทำการทดสอบโดยจะแบ่งเป็น 3 ครั้งโดยทำการหนดอุณหภูมิ 100, 110 และ 120 °C กำหนดเวลาในการคั่ว 15, 20 และ 25 min เพื่อหาเวลาและอุณหภูมิที่ดีในการคั่วพริก ผลการทดลองพบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมและดีที่สุดในการใช้เครื่องคั่วพริกในการคั่วพริก คือ ที่อุณหภูมิ 120 °C ซึ่งได้คุณภาพพริกและเวลาที่ดียิ่งที่สุด

จากปัญหาและข้อมูลดังกล่าวข้างต้นทำให้ทางกลุ่มผู้จัดทำ ความคิดในการออกแบบและสร้างเครื่องคั่วพริกที่ควบคุมอุณหภูมิในการคั่วและสามารถลดปริมาณควันเพื่อความสะอาดและปลอดภัยต่อสุขภาพของผู้คั่วพริก

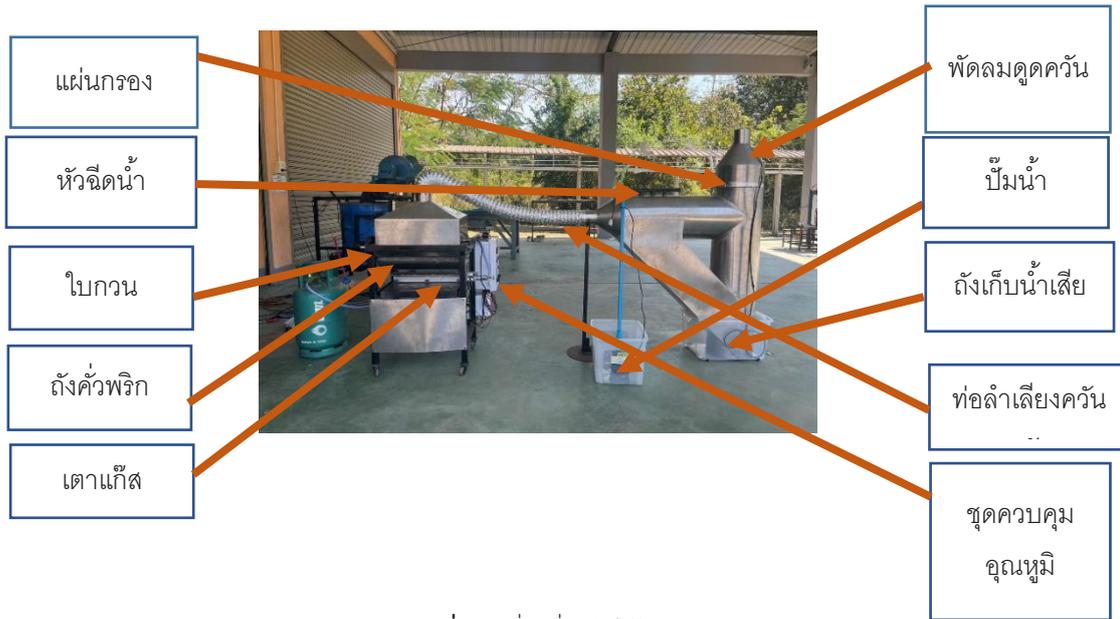
2. วัสดุและวิธีการ

ในการออกแบบมีการศึกษาศึกษาพันธุ์พริก ศึกษาลักษณะการคั่ว ผ่านทางอินเทอร์เน็ต และลงพื้นที่สอบถามกลุ่มแม่บ้าน แล้วนำมาออกแบบโดยในการออกแบบและสร้างจะต้องมีการออกแบบรูปร่าง และขนาดของชิ้นงานต่างๆ การออกแบบและคำนวณยังช่วยให้ประหยัดค่าใช้จ่ายและงบประมาณให้เหมาะสมกับงานและสามารถใช้งานได้จริง โดยเครื่องคั่วพริกไร้ควัน มีส่วนประกอบของเครื่องที่สำคัญ 15 ส่วน ดังภาพ 1 โดยขั้นตอนการเก็บผลการทดลองจากการคั่วด้วยคนและการคั่วด้วยเครื่องคั่วพริกไร้ควัน ใช้พริกจินดาในการทดลองครั้งละ 2 kg นำพริกลงไปคั่ว ในช่วงอุณหภูมิ ที่ 120 °C ใช้ความเร็วรอบของใบกวนในการคั่วพริกที่ 32 rpm (เป็นความเร็วรอบที่วัดจากการนับรอบการกวนโดยคนคั่วปกติ) ในระหว่างการคั่วจะทำการใช้เครื่องวัดควัน วัดปริมาณควัน โดยถือเครื่องวัดควันห่างจากบริเวณการคั่ว 10-15 cm ในทุกการทดลองวัดน้ำหนักพริกก่อนการคั่วและหลังการคั่ว จับเวลาตอนเริ่มคั่วไปจนถึงเวลาที่คั่วพริกเสร็จ หยุดคั่วพริกเมื่อสีของพริกเทียบกับระดับสีของมาตรฐานการวัดสี นำพริกที่ได้จากการคั่วไปทดสอบเพื่อหาลักษณะสัมผัสของพริกและวัดค่าสีของพริก



ภาพที่ 1 แบบเครื่องคั่วพริกไร้ควัน

ส่วนประกอบของเครื่อง : 1. ชุดหัวฉีด, 2. กรองรยนต์, 3. ตัวถังตั้งจับควัน, 4. พูลเลขขนาด 5 in, 5. พูลเลขขนาด 1 in, 6. กรองน้ำ, 7. ป้อน้ำ, 8. ชุดลำเลียงควัน, 9. ฝาครอบหม้อคั่ว, 10. ใบกวน, 11. หม้อคั่ว, 12. หัวแก๊สอินฟาเรด, 13. ชุดควบคุมอุณหภูมิและเวลา, 14. มอเตอร์ไฟฟ้า 220 V 1.5 hp, 15. เกียร์ทดรอบอัตราทด 1/30



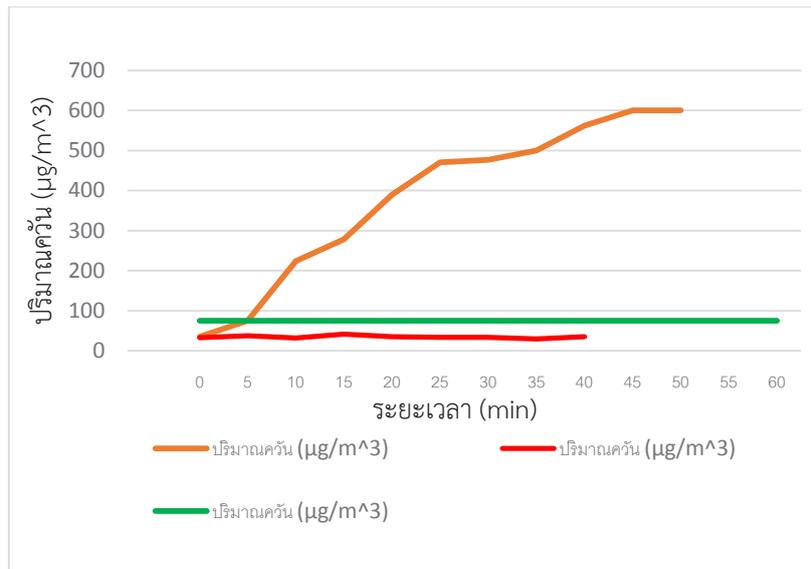
ภาพที่ 2 เครื่องคั่วพริกไรควัน



ภาพที่ 3 ใบกวน

3. ผลและการวิจารณ์ผล

จากการทดสอบคั่วพริกโดยเครื่องคั่วพริกไรควันเปรียบเทียบกับวิธีการคั่วแบบดั้งเดิม ผลของการศึกษาปริมาณควันที่ออกจากการคั่วพริกโดยวัดจากปริมาณควันต่อเวลาทำการวัดปริมาณควันในทุก 5 min จนคั่วเสร็จ ดัชนีภาพ 4 แผนภูมิแสดงผลการเปรียบเทียบปริมาณควันที่เกิดขึ้นในการทดลอง พบว่าการคั่วพริกโดยการใช้เครื่องคั่วพริกไรควัน สามารถลดควันได้ร้อยละ 80 เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการคั่วโดยกระบวนการคั่วแบบดั้งเดิม (คนคั่ว) เนื่องจากเครื่องคั่วพริกไรควันมีการติดตั้งระบบดักจับควัน โดยชุดแรกผ่านกระบวนการควบแน่นควันโดยระบบพ่นละอองน้ำและหากมีควันที่หลงเหลือจากการควบแน่นก็จะถูกกรองโดยแผ่นกรองอากาศ ซึ่งจากผลการทดสอบ (ภาพที่ 4) เป็นการยืนยันได้ว่าเครื่องคั่วพริกที่ออกแบบและสร้างสามารถลดควันที่เกิดจากกระบวนการคั่วได้



ภาพที่ 4 แผนภูมิแสดงผลการเปรียบเทียบปริมาณควันที่เกิดขึ้นในการทดลอง

ผลของการศึกษาลักษณะผิวสัมผัส (Texture Analyzer) ของพริกหลังการคั่ว โดยศึกษาลักษณะผิวสัมผัสของพริกหลังการคั่ว โดยการนำพริกที่ผ่านการคั่วด้วยคนในแต่ละช่วงอุณหภูมิมาวิเคราะห์หาลักษณะผิวสัมผัสของพริกด้วยเครื่องเครื่องวิเคราะห์พื้นผิว (Texture Analyzer) ได้ผลดังตารางที่ 1 ผลการทดลองลักษณะผิวสัมผัส พบว่า ที่อุณหภูมิ 120 °C มีค่าความแข็ง และค่าการแตกหักใกล้เคียงกับการคั่วด้วยคน และเมื่อทำการศึกษาลักษณะสีของพริกหลังการคั่ว มีผลดังตารางที่ 2 ซึ่งจากผลของการวัดค่าสีนั้น หากเปรียบเทียบจากค่า ΔE โดยใช้สีของพริกที่คั่วโดยคนเป็นเกณฑ์ ที่อุณหภูมิ 120 °C สีของพริกที่คั่วโดยเครื่องคั่วพริกมีค่าความแตกต่างของสีใกล้เคียง แต่หากจะเทียบเคียงโทนสีที่ได้จากการคั่วอยู่นั้นอยู่ในโซนสีแดงส้มออกน้ำตาล ดังภาพที่ 5

ตารางที่ 1 ผลลักษณะผิวสัมผัส (Texture Analyzer) ของพริกหลังการคั่ว

วิธีการคั่ว	อุณหภูมิที่ใช้ในการคั่ว (°C)	ความแข็ง (g)	การแตกหัก (g)
คั่วโดยคน	120	108.83 ± 4	100.5 ± 4
เครื่องคั่วพริกไร้ควัน	120	121.50 ± 5	098.3 ± 6

ตารางที่ 2 ผลเปรียบเทียบของลักษณะสีพริกจากการทดลอง

	อุณหภูมิคั่ว (°C)	L*	a*	b*	ΔE	สี
พริกก่อนคั่ว	-	16.07 ± 1.5	39.45 ± 2.0	27.69 ± 1.5	-	#5b0000
พริกหลังคั่วด้วยคน	120	23.19 ± 1.5	33.14 ± 1.0	27.91 ± 1.5	-	#5c0000
พริกหลังการคั่วด้วยเครื่องคั่วพริกไร้ควัน	120	23.2 ± 1.5	33.47 ± 1.5	25.48 ± 1.5	2.95 ± 1.14	#6c2218

หมายเหตุ : ค่า ΔE เปรียบเทียบกับพริกที่คั่วโดยคนคั่ว



ภาพที่ 2 พริกหลังการผ่านการคั่วที่อุณหภูมิ 120 °C

4. สรุป

จากข้อมูลที่ได้ทำการทดลองมานั้นทำให้ผู้จัดทำปริญญาานิพนธ์ได้ทราบว่าเครื่องที่ออกแบบมีประสิทธิภาพในการคั่วพริกได้ดี ได้ลักษณะของ ความกรอบ ที่ใกล้เคียงกับการคั่วด้วยคน และควันทันนั้นมีปริมาณลดลงอย่างชัดเจน โดยผลของการศึกษาปริมาณควันท่อจากการคั่วพริกในแต่ละช่วงอุณหภูมิที่วัดจากปริมาณควันท่อเวลา เครื่องคั่วพริกไร้ควันทันสามารถลดปริมาณค่า PM 2.5 ได้ถึง 80% ของการคั่วโดยปกติ และเมื่อนำพริกที่คั่วไปศึกษาลักษณะผิวสัมผัส พริกที่คั่วโดยเครื่องคั่วพริกไร้ควันทัน มีความแข็ง และค่าการแตกหัก ใกล้เคียงกับการคั่วด้วยคน และผลของการศึกษาลักษณะของสีพริกโดยเครื่องวัดสีระบบ $L^* - a^* - b^*$ ค่าสีที่วัดได้จากพริกที่คั่วโดยเครื่องคั่วพริกไร้ควันทัน มีลักษณะสีอยู่ในโซนสีแดงส้มออกน้ำตาล สีที่ได้ใกล้เคียงกันกับพริกคั่วด้วยคนคั่ว ดังนั้นจึงถือได้ว่า เครื่องคั่วพริกไร้ควันทันที่ออกแบบและสร้างสามารถ คั่วพริกได้จริง

5. กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี คณะผู้จัดทำจึงขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.สกุลตลา วรณปะเช อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.ศุภโชค แสงสว่าง และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิตติมณฑณ์ วงศ์ษา ที่ให้เกียรติมาเป็นกรรมการสอบปริญญาานิพนธ์ ให้คำแนะนำ แก้ไขข้อบกพร่องของงาน และขอขอบคุณ อาจารย์เจ้าหน้าที่ประจำภาควิชาวิศวกรรมเกษตรเพื่ออุตสาหกรรมทุกท่าน ที่ให้คำแนะนำเพื่อเติมการแก้ไขปัญหา การอำนวยความสะดวกในเรื่องสถานที่อุปกรณ์ งานธุรการ ตลอดจนเป็นกำลังใจด้วยเสมอมา และขอบคุณพี่ๆ เพื่อนๆ น้องๆ นักศึกษาที่ให้ความช่วยเหลือ ความร่วมมือในการทำแบบสอบถาม และเป็นกำลังใจในการจัดทำปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้ให้สำเร็จลงได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัว รวมทั้งผู้ที่มีพระคุณทุกท่านที่ไม่ได้กล่าวถึง ณ ที่นี้ สำหรับคำแนะนำและกำลังใจในการทำปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้

6. เอกสารอ้างอิง

กองจัดการคุณภาพอากาศ และ เสี่ยงกรมควบคุมมลพิษ คุณภาพอากาศที่มีผลต่อสุขภาพของมนุษย์

[Online]. แหล่งที่มา: http://air4thai.pcd.go.th/webV2/aqi_bimorphs [มกราคม 2567].

นิรนาม ก. พริก [Online].

แหล่งที่มา: https://www.baanjomayut.com/library_2/extension-3/chilli/index.html [มกราคม 2567].

มนตรี น่วมจิตร, จงกล สุภารัตน์, และศิริชัย ต่อสกุล. (2558, พฤศจิกายน). การออกแบบและพัฒนาเครื่องคั่วพริกด้วยระบบกึ่งอัตโนมัติ.การประชุมสัมมนาเชิงวิชาการ รูปแบบพลังงาน ทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทยครั้งที่ 8, มหาวิทยาลัยราชภัฏวชิรเวศน์บุรี, ปทุมธานี.



การพัฒนาเครื่องพอกเมล็ดพันธุ์

Development of Seed Pelleting Covering Machine

ชฎาพร เสนาคูณ¹ ดนัยฤทธิ์ บุญสุข¹ ธีรารัตน์ หนองหลวง¹ สุพรรณมัย ยั่งยืน² เชิดพงษ์ เขียวชาญวัฒนา² ชณัฐ วิพัทธนะพร²
และ จักรมาส เลหาหวนิช²

Chadaporn Senakun¹, Danairit Boonsuk¹, Theerarat Nongluang¹, Suphan Yangyuen², Cherdpong Chiwchanwattana², Chanat Vipattanaporn² and Juckamas Laohavanich²

หลักสูตรวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม 44150

Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Mahasarakham University, Maha Sarakham 44150 Thailand

โทรศัพท์ 081544 4408 e-mail: jackamas.l@msu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาเครื่องพอกและอบแห้งเมล็ดพันธุ์สำหรับฟาร์มขนาดเล็ก เครื่องต้นแบบที่พัฒนาขึ้นออกแบบให้เมล็ดพันธุ์เกิดการพลิกตัวตลอดเวลาที่อยู่ในกระบวนการพอกโดยถังมีลักษณะเป็นถึงรูปทรงบาตรพระ ส่วนที่กว้างสุดมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 50 เซนติเมตร และที่ส่วนด้านบนปากถังมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 30 เซนติเมตร ความลึกของถังพอกจากปากถังถึงก้นถัง 40 เซนติเมตร ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 1 แรงม้า สามารถปรับความเร็วการหมุนได้ สำหรับขับหมุนถัง ถังพอกจะติดตั้งอยู่กับมอเตอร์ที่ยึดติดกับโครงสร้างหลักขนาดความกว้าง 60 เซนติเมตร ยาว 100 เซนติเมตร และสูง 80 เซนติเมตร ด้านบนของถังติดตั้งหลอดอินฟราเรดสำหรับให้ความร้อนและติดตั้งอุปกรณ์วัดอุณหภูมิเมล็ดภายในถังพอก ด้านข้างของโครงสร้างหลักติดตั้งชุดควบคุมสำหรับควบคุมความเร็วการหมุนถังและอุณหภูมิเมล็ดขณะอบแห้ง จากการทดสอบหาเงื่อนไขในการพอกเมล็ดพันธุ์พืช โดยมีตัวแปรที่ทดสอบประกอบด้วย ระดับอุณหภูมิเมล็ดในถังพอก 40, 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส ใช้เวลาพอก 5, 10, 15 และ 20 นาที พบว่า ช่วงเวลา 20 นาที มีความเหมาะสมในการพอกเมล็ดที่สุดโดยควบคุมอุณหภูมิของเมล็ดไว้ 60 องศาเซลเซียส ตลอดกระบวนการพอก ทำให้ได้เปอร์เซ็นต์การงอกมีค่าสูงมากเมื่อเทียบกับเมล็ดที่ไม่ได้พอกโดยการงอกของเมล็ดพันธุ์ที่ 7 วัน และที่ 14 คือ 88 และ 89 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ความเร็วในการงอก ที่ 7 วัน และที่ 14 อยู่ที่ 48 เปอร์เซ็นต์ และ 89 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ส่วนความยาวของลำต้นที่ 7 วัน และที่ 14 ยาว 17 และ 32 เซนติเมตร ตามลำดับ

คำสำคัญ: เครื่องพอกเมล็ดพันธุ์, เมล็ดพันธุ์, ริงฮีอินฟราเรด

ABSTRACT

The purpose of this project is to design and develop a seed covering and drying machine for a small farm. The developed prototype was designed to allow the seed to turn over during the covering and drying process. The tank is shaped like a monk's bowl. The widest part has a diameter of 50 centimeters and at the top, the mouth of the bucket has a diameter of 30 centimeters. The depth of the bucket from the mouth of the bucket to the bucket is 40 centimeters. Using a 1 horsepower electric motor, the rotation speed can be adjusted for driving the tank. The masking tank is mounted with a motor attached to the main structure with dimensions of 60 cm width, 100 cm length, and 80 cm height. The top of the tank is equipped with an infrared lamp for heating, and a seed temperature measuring device is installed inside the masking tank. The side of the main structure is equipped with a control unit for controlling the drum rotation speed and seed temperature during drying. From the test to determine the conditions for seed covering. The tested variables consisted of the temperature level of the seeds that were applied in the tanks were 40, 50, 60 and 70 °C and the application time was 5, 10, 15 and 20 minutes. It was found that the 20 min period was the most suitable for seed coating with the seed temperature kept at 60 °C throughout the coating process. The germination percentage was very high compared to the non-polished seeds with seed germination at day 7 and day 14 of 88 and 89 percent,

respectively. Germination speeds at day 7 and day 14 were 48 percent and 89 percent, respectively. The length of the stems at day 7 and day 14 were 17 and 32 cm, respectively

Keywords: Seed Pelleting, Seed, Infrared ray

1. บทนำ

เมล็ดพันธุ์พืชถือเป็นสิ่งสำคัญเป็นอย่างมากทั้งในทางบริโภคนิยมและเศรษฐกิจของโลก ซึ่งประเทศไทยมีจำนวนประชากรที่ทำการเกษตรเป็นส่วนใหญ่ เมล็ดพันธุ์พืชจึงจำเป็นในการเพาะปลูกในทางการเกษตรจึงมีกระบวนการผลิตเมล็ดพันธุ์พืชให้มีคุณภาพที่ดี แข็งแรง ต้นทุนต่ำและผลผลิตสูงรวมไปถึงการเก็บรักษา เมล็ดพืชนั้นต้องมีชีวิตอยู่ เมื่อนำไปเพาะปลูกในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมสำหรับการงอกของเมล็ดแล้ว เมล็ดนั้นก็จะเป็นต้นพืชที่สมบูรณ์ในแปลงเพาะปลูกได้และเพื่อการการงอกมีคุณภาพมากขึ้นจึงมีการพอกเมล็ดพันธุ์เพื่อให้มีน้ำหนักและมีอัตราการเกิดที่ตีมากยิ่งขึ้น (จักรพงษ์ และ บุญมี, 2557)

การพอกเมล็ดพันธุ์คือการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของเมล็ดพันธุ์ให้มีรูปร่างที่เหมาะสมในการเพาะปลูกมากขึ้นด้วยการทำให้เมล็ดพันธุ์ห่อหุ้มด้วยวัสดุต่างๆ และยังทำให้น้ำหนักของเมล็ดพันธุ์ให้สูงขึ้น วัสดุเคลือบมีความเหนียวเหนียวและเข้มข้นสูงกว่าปกติ ทำให้เมล็ดพันธุ์มีรูปร่างที่ค่อนข้างกลม ง่ายต่อการนำไปใช้งานกับเครื่องจักรกลเกษตรสำหรับการปลูกด้วยเมล็ด อีกทั้งสารที่เคลือบติดอยู่ที่ผิวเมล็ดยังช่วยทำให้มีประสิทธิภาพการดูดน้ำและอากาศได้รวดเร็วขึ้นจึงเหมาะสมในการนำไปใช้ประโยชน์ในการเพาะปลูก (Hill, 1999)

เทคโนโลยีการพอกเมล็ดพันธุ์ เริ่มเกิดขึ้นในปี ค.ศ. 1940 โดยเริ่มจากการพอกเมล็ดพันธุ์หญ้าที่ใช้ปลูกเลี้ยงสัตว์ โดยเทคโนโลยีนี้ต้องใช้เวลาล่วงหน้านั้นอีก 20 ปีต่อมา กว่าจะเป็นที่รู้จักและแพร่หลายในปัจจุบัน ซึ่งการพอกเมล็ดพันธุ์ เป็นเทคโนโลยีใหม่ที่มีมีการนำมาใช้กับเมล็ดพันธุ์ เป็นการพัฒนาองค์ความรู้ทางเภสัชกรรมจากการพอกเม็ดยา แต่ในการพอกเมล็ดพันธุ์จะต้องมีความละเอียดมากกว่า เนื่องจากการพอกเมล็ดพันธุ์ที่มีชีวิต จึงต้องใช้ความระมัดระวังในกระบวนการพอกมากกว่าในการเลือกวัสดุประสาน วัสดุพอก เครื่องมืออุปกรณ์วิธีการพอกและการควบคุมสภาพแวดล้อมระหว่างกระบวนการพอก ที่สำคัญคุณภาพเมล็ดพันธุ์ต้องไม่ลดลงหลังการพอกนอกจากนี้ยังสามารถผสมสารออกฤทธิ์ร่วมกับวัสดุพอกบนผิวเมล็ดพันธุ์ได้ เช่น สารเคมีป้องกันกำจัดโรคและแมลงหรือธาตุอาหารพืช เป็นต้น (Smith and Miller, 1987)

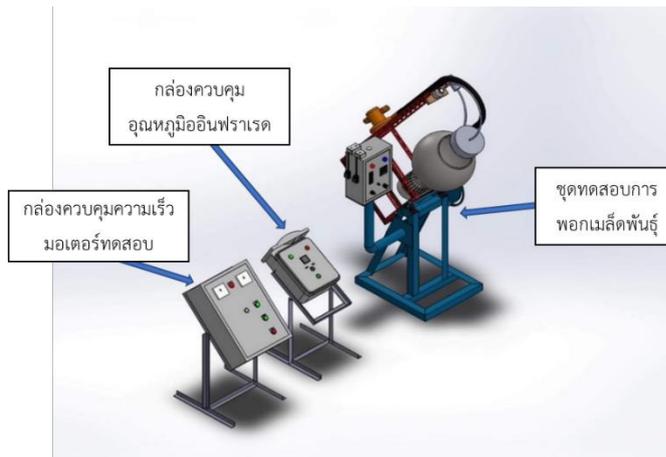
งานวิจัยนี้ผู้วิจัยมีเป้าหมายเพื่อพัฒนาเครื่องพอกเมล็ดพันธุ์ สำหรับใช้งานในระดับเกษตรกรรายย่อยเพื่อเป็นการช่วยเหลือและลดต้นทุนการผลิต รวมถึงการผลิตเมล็ดพันธุ์ใช้เองหรือจำหน่ายต่อไปในอนาคต โดยการพัฒนาเครื่องต้นแบบสำหรับการพอกสารเคลือบเพื่อเกาะติดกับเมล็ดเป็นทรงกลม จากนั้นอบแห้งเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการพอกด้วยการให้ความร้อนจากรังสีอินฟราเรด โดยทั้งสองขั้นตอนจะอยู่ในเครื่องต้นแบบตัวเดียวกัน ทำให้สามารถลดเวลาในการเคลือบเมล็ดพันธุ์ เพื่อที่จะเป็นการทดสอบความสามารถในการทำงานของเครื่องพอกเมล็ดพันธุ์ และปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์ภายหลังจากการเคลือบเพื่อให้ได้รูปแบบการใช้งานที่เหมาะสมสำหรับนำไปพัฒนาเครื่องต้นแบบต่อไป

2. วัสดุและวิธีการ

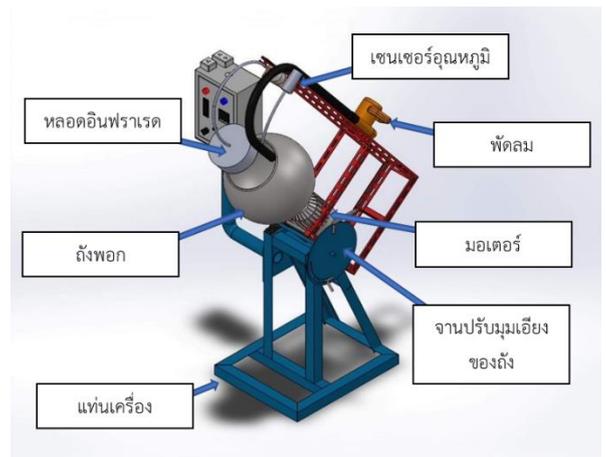
ในงานวิจัยนี้ได้มีการทดสอบเบื้องต้นเพื่อพิจารณาเลือกเงื่อนไขการทดสอบที่เหมาะสมเพื่อกำหนดเงื่อนไขในการทดสอบ โดยมีเงื่อนไขที่เหมาะสมต่างๆ ดังนี้ คุณสมบัติของสารที่เหมาะสม ได้แก่ แคลเซียมคาร์บอเนต ความเร็วรอบที่เหมาะสม ได้แก่ 30 รอบ/นาที ความเร็วรอบที่ใช้ระหว่างการเปิดอินฟราเรด ได้แก่ 10 รอบ/นาที และเลือกใช้เมล็ดพันธุ์ปอเทืองซึ่งมีขนาดเล็กในการทดสอบ โดยมีขั้นตอนการวิจัย ดังต่อไปนี้

2.1 การออกแบบและพัฒนาเครื่องพอกเมล็ดพันธุ์พืช

จากการศึกษาเครื่องพอกเมล็ดพันธุ์พืชจากงานวิจัยต่างๆ ผู้วิจัยได้ออกแบบเครื่องพอกเมล็ดพันธุ์พืชดังภาพประกอบที่ 1.1-1.2 ดังต่อไปนี้



ภาพประกอบ 1.1 ภาพ 3 มิติของเครื่องพอกเมล็ดพันธุ์พืช



ภาพประกอบ 1.2 ภาพ 3 มิติของตัวถังพอกเมล็ดพันธุ์พืช

โดยเงื่อนไขการออกแบบเครื่องพอกเมล็ดพันธุ์ ผู้วิจัยได้ออกแบบเครื่องพอกเมล็ดพันธุ์ให้มีการใช้งานที่สะดวกและประหยัดเวลาในการใช้งานมากขึ้น เพื่ออำนวยความสะดวกของผู้ใช้และประหยัดพื้นที่อีก ภายใต้งาน ได้แก่ มีโครงสร้างที่แข็งแรง ปลอดภัยต่อการใช้งาน ทนความร้อนได้สูง ควบคุมความร้อนได้ ควบคุมความเร็วรอบในการใช้งานได้ และสามารถปรับตั้งให้เอียงได้โดยไม่ต้องสัมผัสกับถัง

2.2 การศึกษาเงื่อนไขในการพอกเมล็ดพันธุ์

2.2.1 ทดสอบด้วยอุณหภูมิเมล็ดภายในถังพอก 4 ระดับ ได้แก่ 40 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส

2.2.2 ระยะเวลาการทดสอบ 4 ระดับ ได้แก่ 5 10 15 และ 20 นาที

2.3 ขั้นตอนการทดสอบ

เตรียมเมล็ดพันธุ์ปอเทือง 20 กรัม วัสดุประสานในอัตราส่วน 50 กรัมต่อน้ำ 50 กรัม ตั้งค่าตู้ควบคุมการทำงานของหลอดอินฟราเรดในการกำหนดอุณหภูมิในการพอกเมล็ด มี 4 ระดับ คือ 40 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส ตั้งค่าความเร็วรอบของถังพอกโดยใช้อินเวอร์เตอร์กำหนดความเร็ว 30 รอบ/นาที นำเมล็ดพันธุ์ 20 กรัม จุ่มลงในพอลิเมอร์ในอัตราส่วน 50 กรัมต่อน้ำ 50 กรัม นำเมล็ดพันธุ์มาโรยด้วยแคลเซียมคาร์บอเนตแล้วนำลงถังพอก พ่นพอลิเมอร์ที่ผสมกับน้ำลงไป ตามด้วยการโรยแคลเซียมคาร์บอเนต 20 กรัม เป่าลมเพื่อให้ผงแคลเซียมคาร์บอเนตที่ตกค้างออกจากตัวถังพอก ลดความเร็วรอบลง 1.5 รอบ/นาที แล้วเปิดอินฟราเรดตามเวลาที่กำหนด แล้วเก็บค่าการ ทดลองนำค่าการทดลองที่ได้ไปคำนวณหาเวลาและอุณหภูมิที่ดีที่สุดในการพอกเมล็ดพันธุ์

2.4 การทดสอบค่าชี้ผล

2.4.1 วัดขนาดก่อนและหลังการพอก

การวัดขนาดของเมล็ดพันธุ์พืชก่อนและหลังการพอกนั้น เพื่อหาการเกาะติดของแคลเซียมคาร์บอเนตที่ติดเมล็ดพันธุ์ มีการทดสอบโดยใช้เมล็ดพันธุ์ปอเทือง โดยมีการทดสอบ คือ สุ่มเมล็ดพันธุ์ 10 เมล็ดมาวัดขนาดด้านกว้าง ยาวและหนา ด้วยเวอร์เนียร์คาลิเปอร์แบบดิจิทัลความละเอียดทศนิยม 2 ตำแหน่ง จากนั้นสุ่มหลังการพอกทุกช่วงอุณหภูมิและเวลาครั้งละ 10 เมล็ดมาวัดอีกรอบ เพื่อหาว่าแคลเซียมคาร์บอเนตติดด้านละมากน้อยเพียงใด

2.4.2 การละลายน้ำของก้อนพอก

การละลายน้ำของก้อนพอก ทดสอบโดยการสุ่มก้อนพอกตัวอย่างละ 10 เมล็ด มาชั่งน้ำหนักแล้วนำเมล็ดที่ชั่งมาจุ่มน้ำ จับเวลาในการละลายน้ำจนกว่าเมล็ดเริ่มละลาย จากนั้นนำมาชั่งน้ำหนักแล้วนำมาคำนวณตามสมการที่ 1

$$\text{การละลายน้ำ (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักที่เหลือ (กรัม)}}{\text{น้ำหนักก่อนชั่ง (กรัม)}} \times 100 \quad (1)$$

2.4.3 ความเร็วในการงอก และความยาวของรากและยอด

ความเร็วในการงอก ทดสอบโดยการเพาะเมล็ดปอเทืองตัวอย่างละ 100 เมล็ด เก็บค่าทุกวันเมื่อถึงวันที่ 7 และ 14 จะนำค่าที่ได้มาคำนวณ

$$\text{ความเร็วในการงอก} = \frac{\text{จำนวนต้นที่งอก}}{\text{จำนวนต้นทั้งหมด}} \times 100 \quad (2)$$

ค่าชี้ผลความยาวต้นและราก เพื่อหาว่าต้นและรากแข็งแรงหรือไม่ โดยจะเก็บค่าทุกๆตัวอย่าง สุ่มตัวอย่างละ 5 ต้น โดยเก็บค่าของความยาวต้นทุกๆ 7 และ 14 วัน ส่วนรากจะวัดความยาววันที่ 14 จากนั้นนำมาหาค่าเฉลี่ย (Mvila et al., 2015)

3. ผลและการวิจารณ์ผล

3.1 ผลการออกแบบและพัฒนาเครื่องพอกเมล็ด

จากการออกแบบเครื่องพอกเมล็ดพันธุ์ได้มีการออกแบบโดยแยกส่วนต่างๆเพื่ออำนวยความสะดวกในการใช้งาน มีกลไกที่ไม่ซับซ้อน สะดวกและปลอดภัยต่อบุคคลที่ใช้งานโดยมีผลจากการออกแบบดังนี้ (ภาพประกอบที่ 1.3)



ภาพประกอบ 1.3 ภาพรวมเครื่องพอกเมล็ดพันธุ์

โดยมีรายละเอียดในแต่ละส่วน ได้แก่ ถังพอกเมล็ดพันธุ์ ตัวถังพอกเมล็ดพันธุ์เป็นส่วนที่สำคัญในการพอก มีลักษณะกลมและแข็ง โดยปากทางเข้าของตัวถังกว้าง 30 เซนติเมตร ความกว้างของตัวถังด้านในมีขนาด 50 เซนติเมตร (ภาพประกอบที่ 1.4-a) ตัวปรับองศาเอียงถัง เพื่อให้สะดวกต่อการทำความสะอาดและใช้งาน ผู้ใช้งานสามารถปรับองศาถังให้เหมาะสมและถนัดในการใช้งานมากขึ้น (ภาพประกอบที่ 1.4-b) หลอดอินฟราเรด สามารถปรับได้ตามต้องการได้ เพื่อความสะดวกและง่ายต่อการใช้งานและมีการออกแบบให้ปิดขอบของหลอดไฟเพื่อความปลอดภัยของผู้ใช้ โดยหลอดอินฟราเรดจะมีกำลังไฟฟ้าอยู่ที่ 1200-1400 W และมีแรงดันไฟฟ้าอยู่ที่ 220-240 V (ภาพประกอบที่ 1.4-c) โครงสร้างเครื่อง มีฐานรองยาว 60 เซนติเมตร กว้าง 50 เซนติเมตร ฐานเหล็กตั้งเอียงที่มุม 45 ยาว 80 เซนติเมตร เหล็กตรงยาว 73 เซนติเมตร ในส่วนของโครงสร้างด้านบนที่เชื่อมต่อออกไปยังหน้าถังยาว 120 เซนติเมตร สูง 50 เซนติเมตร และเหล็กที่ต่อจากมอเตอร์ยาว 45 เซนติเมตร (ภาพประกอบที่ 1.4-d)



a ถังพอก b ตัวป้องกันสะเก็ด c หลอดอินฟราเรด d โครงสร้างส่วนฐาน
1200-1400 W

ภาพประกอบที่ 1.4 รายละเอียดส่วนประกอบของเครื่องพอกเมล็ดพันธุ์

3.2 ผลการศึกษาของการพอกเมล็ดพันธุ์พืช

3.2.1 ผลการศึกษาการวัดขนาดเมล็ดพันธุ์พืชก่อนและหลังการพอก

การวัดขนาดของเมล็ดพันธุ์พืชก่อนและหลังพอก เพื่อทราบขนาดที่เปลี่ยนไปหลังการพอกเมล็ดพันธุ์พืชว่ามีการเปลี่ยนแปลงมากน้อยเพียงใดและมีผลต่อการงอกของเมล็ดพันธุ์พืชหรือไม่ จึงมีการวัดขนาดของเมล็ดพันธุ์พืชเพื่อให้ทราบถึงประสิทธิภาพในการงอกของเมล็ดพันธุ์ต่อไป โดยมีค่าเฉลี่ยจากการวัดขนาดเมล็ดพันธุ์ปอเทือง ดังแสดงในตารางที่ 1 ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยของการวัดขนาดเมล็ดปอเทืองก่อนพอกและหลังพอก

ชื่อปัจจัยทดสอบ	อุณหภูมิ	ครั้งที่	การวัดขนาดปอเทือง								
			ขนาดก่อนทดสอบ			ขนาดหลังทดสอบ			ผลต่าง		
			ความกว้าง (mm)	ความยาว (mm)	หนา (mm)	ความกว้าง (mm)	ความยาว (mm)	หนา (mm)	ความกว้าง (mm)	ความยาว (mm)	หนา (mm)
T1R1	40 °C	1	3.96	5.67	1.76	7.24	8.92	5.51	3.29	3.25	3.75
T1R2	40 °C	2	3.78	5.61	1.63	7.55	8.93	5.88	3.77	3.32	4.25
T1R3	40 °C	3	3.85	5.44	1.74	7.06	8.00	5.42	3.21	2.56	3.68
T1R4	40 °C	4	3.97	5.56	1.87	7.36	8.27	5.72	3.39	2.71	3.84
เฉลี่ย			3.89	5.57	1.75	7.30	8.53	5.63	3.42	2.96	3.88
T2R1	50 °C	1	3.71	5.49	1.70	7.35	9.11	5.61	3.64	3.62	3.91
T2R2	50 °C	2	3.84	5.57	1.66	7.02	8.01	5.62	3.18	2.44	3.96
T2R3	50 °C	3	4.03	5.89	1.75	6.31	7.86	5.38	2.28	1.97	3.63
T2R4	50 °C	4	4.00	5.87	1.86	6.68	8.27	5.64	2.68	2.40	3.78
เฉลี่ย			3.90	5.70	1.74	6.84	8.31	5.56	2.95	2.61	3.82
T3R1	60 °C	1	3.98	5.65	1.76	7.12	8.54	6.02	3.14	2.89	4.26
T3R2	60 °C	2	4.03	5.68	1.68	7.47	8.66	6.06	3.44	2.98	4.37
T3R3	60 °C	3	4.04	5.60	1.79	7.01	8.45	5.94	2.98	2.85	4.15
T3R4	60 °C	4	4.04	5.33	1.74	7.21	8.62	5.71	3.18	3.29	3.97
เฉลี่ย			4.02	5.56	1.74	7.20	8.57	5.93	3.19	3.00	4.19
T4R1	70 °C	1	3.84	5.41	1.68	7.68	8.90	5.95	3.84	3.94	4.27
T4R2	70 °C	2	3.89	5.44	1.61	7.43	8.87	5.81	3.53	3.43	4.20
T4R3	70 °C	3	3.74	5.01	1.63	7.84	9.22	6.23	4.10	4.21	4.61
T4R4	70 °C	4	3.88	5.36	1.65	8.31	9.73	6.99	4.43	4.37	5.34
เฉลี่ย			3.84	5.30	1.64	7.82	9.18	6.25	3.98	3.99	4.61

หมายเหตุ : T1) อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส, T2) อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส, T3) อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส, T4) อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส R1) เวลาที่ 5 นาที, R2) เวลาที่ 10 นาที, R3) เวลาที่ 15 นาที, R4) เวลาที่ 20 นาที

จากตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยของการวัดขนาดเมล็ดปอเทืองก่อนพอกและหลังพอก จะเห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยการวัดขนาดของเมล็ดปอเทืองนั้นจะมีด้านกว้าง ยาว หนา ไม่เท่ากัน ดังนั้นการพอกจึงเกาะติดหนาไม่เท่ากัน จะพบว่า ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส มีผลต่างที่ด้านกว้างอยู่ที่ 3.42 มิลลิเมตร ด้านยาวมีผลต่างที่ 2.96 มิลลิเมตร และด้านหนามีผลต่างที่ 3.88 มิลลิเมตร ส่วนอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส มีผลต่างที่ด้านกว้างอยู่ที่ 2.95 มิลลิเมตร ด้านยาวมีผลต่างที่ 2.61 มิลลิเมตร และด้านหนามีผลต่างที่ 3.82 มิลลิเมตร อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส มีผลต่างที่ด้านกว้างอยู่ที่ 3.19 มิลลิเมตร ด้านยาวมีผลต่างที่ 3.00 มิลลิเมตร และด้านหนามีผลต่างที่ 3.19 มิลลิเมตร และผลต่างที่ด้านกว้างอยู่ที่ 3.98 มิลลิเมตร ด้านยาวมีผลต่างที่ 3.99



มิลลิเมตร และด้านหน้ามีผลต่างที่ 4.61 มิลลิเมตร พบว่าช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดคือ 50 องศาเซลเซียส ช่วงเวลาที่ 15 นาที เนื่องจากมีการเกาะติดที่ไม่นานจนเกินไป ทำให้เมล็ดพันธุ์ที่ซอกได้เร็วกว่าเมล็ดที่พอกจนหนา เนื่องจากลักษณะคุณสมบัติที่ดีของวัสดุพอก ต้องมีความหนืด ของแข็งที่มีความเข้มข้นสูง เป็นสารที่มีน้ำเป็นตัวกลาง สามารถปรับสมดุลได้เมื่อแห้งแล้ว (Copeland and Miller, 1995) และอีกทั้งการศึกษาการพอกเมล็ดพันธุ์ของพืชตระกูลหญ้าด้วยปูนขาวทำให้เมล็ดพอกที่ได้มีรูปร่างและลักษณะที่ดีมาก โดยมีความหนาประมาณ 1 มิลลิเมตร เนื่องจากปูนขาวสามารถเกาะติดกับเมล็ดพันธุ์ได้มากถึง 71% (Hathcock et al. 1984)

3.2.2 ผลการศึกษาการละลายน้ำของก้อนพอก

การละลายน้ำของสารพอกนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่างทั้งเวลา อุณหภูมิและความเร็วรอบของมอเตอร์ ที่ทำให้สารพอกติดกับเมล็ดพันธุ์แน่นหนาและทนขึ้น ทำให้มีผลต่อการละลายน้ำและการงอกของเมล็ดพันธุ์เมื่อนำไปปลูก จึงมีการทดสอบหาเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุดในการทดสอบ โดยมีค่าเฉลี่ยการทดสอบการละลายน้ำของปอเทือง ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยการทดสอบการละลายน้ำของปอเทือง

ชื่อปัจจัยทดสอบ	อุณหภูมิ	ครั้งที่	ค่าการละลายน้ำ											
			5 นาที			10 นาที			15 นาที			20 นาที		
			น้ำหนักก่อนละลาย (กรัม)	น้ำหนักที่สูญเสีย (กรัม)	เฉลี่ยรวม (%)	น้ำหนักก่อนละลาย (กรัม)	น้ำหนักที่สูญเสีย (กรัม)	เฉลี่ยรวม (%)	น้ำหนักก่อนละลาย (กรัม)	น้ำหนักที่สูญเสีย (กรัม)	เฉลี่ยรวม (%)	น้ำหนักก่อนละลาย (กรัม)	น้ำหนักที่สูญเสีย (กรัม)	เฉลี่ยรวม (%)
T1R1	40 °C	1	0.23	0.11	47.53	0.26	0.13	48.97	0.25	0.11	43.61	0.25	0.12	45.44
T1R2	40 °C	2	0.27	0.13	47.20	0.24	0.11	45.02	0.26	0.13	48.88	0.25	0.12	45.48
T1R3	40 °C	3	0.26	0.12	46.72	0.27	0.13	49.71	0.27	0.14	51.43	0.25	0.12	47.52
T1R4	40 °C	4	0.26	0.12	46.56	0.24	0.11	45.79	0.26	0.11	42.80	0.25	0.11	42.36
เฉลี่ย			0.25	0.12	47.00	0.25	0.12	47.37	0.26	0.12	46.68	0.25	0.12	45.20
T2R1	50 °C	1	0.23	0.12	50.17	0.26	0.13	49.93	0.26	0.13	51.02	0.24	0.13	51.43
T2R2	50 °C	2	0.27	0.14	53.34	0.25	0.13	51.31	0.27	0.15	55.73	0.27	0.14	52.86
T2R3	50 °C	3	0.28	0.14	50.39	0.26	0.14	54.36	0.25	0.14	50.45	0.26	0.14	52.52
T2R4	50 °C	4	0.27	0.14	52.83	0.27	0.14	50.61	0.25	0.13	50.81	0.25	0.13	50.53
เฉลี่ย			0.26	0.13	51.68	0.26	0.13	51.55	0.26	0.14	52.00	0.26	0.14	51.84
T3R1	60 °C	1	0.25	0.19	76.97	0.25	0.21	82.24	0.26	0.23	86.14	0.28	0.24	84.01
T3R2	60 °C	2	0.25	0.20	79.10	0.25	0.20	81.05	0.26	0.22	83.39	0.26	0.22	83.39
T3R3	60 °C	3	0.25	0.20	79.97	0.27	0.21	80.74	0.25	0.22	87.29	0.27	0.23	84.22
T3R4	60 °C	4	0.25	0.20	79.32	0.26	0.21	81.04	0.25	0.21	82.11	0.26	0.21	82.94
เฉลี่ย			0.25	0.20	78.84	0.26	0.21	81.26	0.26	0.22	84.73	0.27	0.23	83.64
T4R1	70 °C	1	0.25	0.17	70.50	0.25	0.18	74.16	0.25	0.18	74.43	0.26	0.20	75.51
T4R2	70 °C	2	0.25	0.18	71.45	0.25	0.18	73.87	0.26	0.19	72.71	0.26	0.20	78.58
T4R3	70 °C	3	0.25	0.18	70.22	0.25	0.19	75.53	0.26	0.19	77.21	0.26	0.20	74.87
T4R4	70 °C	4	0.26	0.19	71.99	0.24	0.18	74.03	0.25	0.19	75.90	0.24	0.18	75.51
เฉลี่ย			0.25	0.18	71.04	0.25	0.18	74.40	0.25	0.19	75.06	0.26	0.20	76.12

จากตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยการทดสอบการละลายน้ำของปอเทือง จะเห็นได้ว่าช่วงอุณหภูมิที่ 40 องศาเซลเซียส 10 นาที มีค่าการละลายน้ำสูงสุดที่ 47.37 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิที่ 50 องศาเซลเซียส เวลา 15 นาที มีค่าการละลายน้ำสูงสุดที่ 52.00 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส เวลา 15 นาที มีค่าการละลายน้ำสูงสุดที่ 84.73 เปอร์เซ็นต์ และอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เวลา 20 นาที มีค่าการละลายน้ำสูงสุดที่ 76.12 เปอร์เซ็นต์ จากการทดลองพบว่า การละลายน้ำเร็วมีผลต่อการงอกเช่นกัน ยิ่งละลายเร็วเมล็ดพันธุ์ยิ่งงอกเร็วด้วย ดังนั้นอุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดคือ 60 องศาเซลเซียส ที่เวลา 15 นาที



3.2.3 ผลการศึกษาความเร็วในการงอก และความยาวของรากและยอด

ในส่วนค่าชี้ผลห้วข้อนี้ทำการทดสอบและบันทึกค่าการทดสอบไปพร้อมกัน โดยมีค่าเฉลี่ยจากการบันทึกค่าความเร็วในการงอก และความยาวของรากและยอดเมล็ดพันธุ์ปอเทือง ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยการเพาะเมล็ดคปอเทือง

อุณหภูมิ °C	เวลา (นาที่)	ครั้งที่	การงอก 7 วัน (%)	การงอก 14 วัน (%)	ความเร็วในการงอก 7 วัน	ความเร็วในการงอก 14 วัน	ความยาวต้น 7 วัน	ความยาวต้น 14 วัน	ความยาวราก 14 วัน (cm)
control	-	1	84	86	46	86	16	35	9
		2	91	91	51	91	18	30	8
		3	90	91	49	91	16	33	12
		4	86	88	48	87	18	29	12
		เฉลี่ย	88	89	48	89	17	32	10
40	5	1	77	81	41	80	18	33	13
		2	91	90	50	89	18	36	13
		3	92	74	52	73	16	37	10
		4	86	76	46	75	19	36	11
		เฉลี่ย	87	80	47	79	18	36	12
	10	1	86	92	44	92	20	29	9
		2	79	87	48	87	19	31	8
		3	86	97	49	97	16	36	10
		4	73	88	40	85	13	36	13
		เฉลี่ย	81	91	45	90	17	33	10
	15	1	70	93	38	93	19	28	8
		2	96	92	55	91	20	28	8
		3	91	94	48	94	22	33	12
		4	76	90	31	90	20	35	13
		เฉลี่ย	83	92	43	92	20	31	10
	20	1	71	90	36	89	19	33	10
		2	84	78	46	77	19	27	8
		3	89	80	47	79	21	28	8
		4	73	74	40	74	11	25	7
		เฉลี่ย	79	81	42	80	18	28	9
50	5	1	92	93	52	93	18	37	10
		2	85	89	47	89	17	26	9
		3	92	95	51	95	20	30	8
		4	80	91	44	90	20	38	10
		เฉลี่ย	87	92	48	92	19	33	9
	10	1	87	86	48	86	18	33	11
		2	86	88	47	88	17	31	11
		3	90	85	49	84	15	30	8
		4	79	88	43	88	16	30	7
		เฉลี่ย	86	87	47	86	16	31	9
	15	1	94	93	52	93	17	35	11
		2	83	92	47	91	17	28	9
		3	96	96	54	96	15	25	8
		4	70	85	37	85	21	29	9
		เฉลี่ย	86	92	48	91	17	29	9
	20	1	87	83	49	82	24	38	13
		2	87	79	48	79	15	33	10
		3	83	73	44	72	14	29	10
		4	79	81	41	81	18	31	10
		เฉลี่ย	84	79	45	79	18	33	11

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยการเพาะเมล็ดปอเทือง (ต่อ)

60	5	1	74	76	40	76	18	29	9
		2	80	95	43	95	15	31	9
		3	90	80	50	75	20	29	10
		4	67	83	33	71	23	29	8
		เฉลี่ย	78	84	42	79	19	30	9
	10	1	95	81	52	81	20	28	9
		2	79	80	46	80	18	34	7
		3	77	83	40	83	15	35	8
		4	91	79	51	79	14	27	11
		เฉลี่ย	86	81	47	81	17	31	9
	15	1	78	91	44	91	16	28	9
		2	82	77	46	77	20	29	7
		3	87	88	48	87	21	37	11
		4	95	80	53	80	22	33	12
		เฉลี่ย	86	84	48	84	20	32	10
	20	1	82	69	45	69	16	36	11
		2	78	90	43	92	16	30	9
		3	78	96	42	96	16	30	9
		4	92	94	51	94	18	28	9
		เฉลี่ย	83	87	45	88	16	31	10
70	5	1	69	69	39	69	17	30	8
		2	69	71	39	71	18	32	11
		3	59	69	33	69	19	30	13
		4	73	62	7	62	19	26	10
		เฉลี่ย	68	68	30	68	18	29	10
	10	1	69	70	39	70	19	29	8
		2	71	72	39	72	19	30	7
		3	52	68	28	68	19	35	6
		4	26	69	14	69	16	27	8
		เฉลี่ย	55	70	30	69	19	30	7
	15	1	68	60	39	60	15	30	10
		2	67	53	38	53	20	31	12
		3	57	58	32	88	16	25	9
		4	29	59	16	59	15	32	10
		เฉลี่ย	55	58	31	65	17	30	10
	20	1	62	13	33	13	13	32	10
		2	69	26	38	26	13	31	10
		3	59	29	32	29	19	30	9
		4	71	11	6	11	23	37	13
		เฉลี่ย	65	20	27	20	17	32	11

จากตารางที่ 3 จะเห็นว่าอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส มีค่าเฉลี่ยที่ดีที่สุดคือช่วงเวลา 15 นาที การงอกที่ 7 วัน คือ 83 เปอร์เซ็นต์ 14 วันที่ 92 เปอร์เซ็นต์ ความเร็วในการงอก 7 วันอยู่ที่ 43 เปอร์เซ็นต์ 14 วัน 92 เปอร์เซ็นต์ ความยาวของลำต้น 7 วัน ยาว 20 เซนติเมตร 14 วัน ยาว 31 เซนติเมตร ความยาวราก 10 เซนติเมตร อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ค่าเฉลี่ยที่ดีที่สุดคือช่วงเวลา 15 นาที โดยการงอกที่ 7 วัน คือ 86 เปอร์เซ็นต์ 14 วันที่ 92 เปอร์เซ็นต์ ความเร็วในการงอก 7 วันอยู่ที่ 48 เปอร์เซ็นต์ 14 วัน 91 เปอร์เซ็นต์ ความยาวของลำต้น 7 วัน ยาว 17 เซนติเมตร 14 วัน ยาว 29 เซนติเมตร ความยาวราก 9 เซนติเมตร อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ค่าเฉลี่ยที่ดีที่สุดคือช่วงเวลา 20 นาที โดยการงอกที่ 7 วัน คือ 92 เปอร์เซ็นต์ 14 วันที่ 94 เปอร์เซ็นต์ ความเร็วในการงอก 7 วันอยู่ที่ 51 เปอร์เซ็นต์ 14 วัน 94 เปอร์เซ็นต์ ความยาวของลำต้น 7 วัน ยาว 18 เซนติเมตร 14 วัน ยาว 28 เซนติเมตร ความยาวราก 9 เซนติเมตร ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ค่าเฉลี่ยที่ดีที่สุดคือช่วงเวลา 10 นาที โดยการงอกที่ 7 วัน คือ 55 เปอร์เซ็นต์ 14 วันที่ 70 เปอร์เซ็นต์ ความเร็วในการงอก 7 วันอยู่ที่ 30 เปอร์เซ็นต์ 14 วัน 69 เปอร์เซ็นต์ ความยาวของลำต้น 7 วัน ยาว 19 เซนติเมตร 14 วัน ยาว 30 เซนติเมตร ความยาวราก 7 เซนติเมตร จากการทดสอบพบว่า ช่วงเวลาที่เหมาะสมในการเพาะเมล็ดที่ดีที่สุดคือ 60 องศาเซลเซียสที่เวลา 20 นาที ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์การงอกสูงมาก เมื่อเทียบกับเมล็ดที่ไม่ได้พอกซึ่งมีค่าอยู่ที่ การงอกที่ 7 วัน คือ 88 เปอร์เซ็นต์ 14 วันที่ 89 เปอร์เซ็นต์ ความเร็วในการงอก 7 วันอยู่ที่ 48 เปอร์เซ็นต์ 14 วัน 89 เปอร์เซ็นต์ ความยาวของลำต้น 7 วัน ยาว 17 เซนติเมตร 14 วัน ยาว 32 เซนติเมตร



ความยาวราก 10 เซนติเมตร ดังนั้นที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสใช้เวลา 20 นาที จึงมีประสิทธิภาพในการงอกสูงสุดในการเพาะ เนื่องด้วยการพอกเมล็ดพันธุ์นั้นเป็นการห่อหุ้มเมล็ดด้วยวัสดุพอกเปรียบเสมือนการสวมชุดเกาะให้กับเมล็ดพันธุ์จึงช่วยป้องกันการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมต่างๆ รอบๆ เมล็ด (Gawande et al., 1980)

4. สรุป

เครื่องพอกเมล็ดพันธุ์พืช คือเครื่องที่ใช้ในการพอกสารเคมีต่างๆ เช่น สารเร่งการเจริญเติบโต สารกำจัดแมลงและสารอาหารที่จำเป็นต่อพืช เป็นต้น โดยมีการออกแบบ สร้าง และทำการทดสอบตามเงื่อนไข และปัจจัยที่กำหนดในข้างต้น

จากการทดสอบการพอกเมล็ดพันธุ์ปอเทือง พบว่า ความเร็วรอบและเวลาที่ใช้มีผลต่อการพอกเมล็ดพันธุ์ ดังนั้น การวัดขนาดที่เพิ่มขึ้นของเมล็ดปอเทืองเมื่อผ่านการพอกที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ที่ 15 นาที มีผลต่างด้านกว้าง 2.28 มิลลิเมตร ด้านยาว 1.97 มิลลิเมตร หน้า 3.63 มิลลิเมตร วัดการละลายน้ำของสารพอก 60 องศาเซลเซียส ที่อุณหภูมิ 15 นาที มีการละลายที่ 87.29 เปอร์เซ็นต์ วัดการงอกของเมล็ดพันธุ์ที่ 50 องศาเซลเซียส ที่ 5 นาที 7 และ 14 วัน ที่ 87 และ 92 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ความเร็วในการงอกของเมล็ดพันธุ์ที่ 50 องศาเซลเซียส 5 นาที 7 และ 14 วัน ที่ 48 และ 92 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ความยาวต้นที่ 7 และ 14 วัน 40 องศาเซลเซียส 5 นาที ที่ 18 และ 36 มิลลิเมตร ตามลำดับและความยาวรากที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส 5 นาที มีความยาวรากที่ 12 มิลลิเมตร พบว่าอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการพอกที่ดีที่สุดคือ 60 องศาเซลเซียสตลอดกระบวนการพอก ทำให้ได้เปอร์เซ็นต์การงอกมีค่าสูงมากเมื่อเทียบกับเมล็ดที่ไม่ได้พอก

5. กิตติกรรมประกาศ

เป็นส่วนที่ผู้เขียนแสดงคำขอบคุณแก่บุคคล หรือหน่วยงานที่มีบทบาทสำคัญในการสนับสนุนการดำเนินงานวิจัย ทั้งนี้ ไม่จำเป็นต้องแสดงคำขอบคุณแก่ผู้ร่วมเขียนบทความซึ่งมีชื่อปรากฏในส่วนหัวเรื่องแล้ว ส่วนกิตติกรรมประกาศอาจมีหรือไม่ก็มีได้

6. เอกสารอ้างอิง

- จักรพงษ์ กางโสภา และ บุญมี ศิริ. 2557ข. ผลของชนิดสารพอกเมล็ดต่อความงอก และความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ยาสูบ. แก่นเกษตร. 42(3): 283-292.
- Copeland, O.L, and B.M. Miller. (1995). Principles of Seed Science and Technology. 3rd ed. Chapman, New York.
- Gawande, M., S.C. Mohapatra and W.H. Johnson. (1980). Effect of seed size and pelletization on tobacco seed germination under varying temperature regimes. Tob Sci 24: 49-52.
- Hathcock, A. L., Dernoeden, P. H., Murray, J. J., & Wehner, D. J. (1984). Seed Germination of Tall Fescue and Kentucky Bluegrass as Affected by Adhesives. HortScience, 19(3), 442-443. Retrieved Jan 24, 2024, from <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.19.3.442>
- Hill, H.J. 1999. Advances in seed technology. Original of new seeds. The Haworth Press, Inc., Philadelphia, Pennsylvania.
- Mvila, B.G., M.C. Pilar-Izquierdo, M.D. Busto, M. Perez-Mateos, and N. Ortega. 2015. Synthesis and characterization of a stable humic-urease complex: application to barley seed encapsulation for improving N uptake. J. Sci. Food Agric. 96: 2981-2989.
- Smith, A.E., and R. Miller. 1987. Seed pellets for improved seed distribution of small seeded forages crops. J. Seed Technol. 11: 42-51.



การศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมในการคัดแยกคุณภาพน้ำตาลด้วยเซนเซอร์วัดค่าสี Study of Appropriate Factors for Sorting Sugar Quality with Color Sensors

รังสรรค์ ขุนศรี¹ ณัฐพล นาพาโชติ¹ ภัสรณ์เชษฐ์ เจริญเขา¹ กรรณพต แก้วสอน² ระวิน สืบคำ²
คมกฤษ กิตติพร² ญาธิปกร อีระภัทรพลชัย² และ ชนิตา บุพตา²
Rangsan Khunsri¹, Nattapol Napachot¹, Phatsaran Choengkao¹, Kannapot kaewsorn², Rawin Surbkar²,
Komkrit Kittiporn², Yatipakorn Terapatponchai² and Chanida Bupata²

หลักสูตรวิศวกรรมเกษตร สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์และนวัตกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก
จังหวัดชลบุรี 20110

Division of Agricultural Engineering, School of Engineering and Innovation,
Rajamangala University of Technology Tawan-ok, Chonburi 20110 Thailand
โทรศัพท์ 081 876 4828 โทรสาร - e-mail: Chanida_bu@rmutto.ac.th

บทคัดย่อ

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการคัดแยกคุณภาพน้ำตาลทรายจากสิ่งเจือปนด้วยเซนเซอร์วัดค่าสี โดยองค์ประกอบของชุดคัดแยกน้ำตาลทราย ประกอบด้วย 1.) ถังเก็บวัตถุดิบสร้างจากสแตนเลส 304, 2.) รางลำเลียงน้ำตาลสร้างจากอลูมิเนียมมีลักษณะเป็นร่องรูปตัวยู, 3.) เซนเซอร์วัดค่าสี, 4.) โซลินอยด์วาล์ว และ 5.) ชุดโครงสร้าง โดยมีปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการคัดแยกคุณภาพน้ำตาล และใช้ในการทดลอง คือ มุมเอียงของรางลำเลียง, ตำแหน่งการติดตั้งเซนเซอร์ตรวจวัดค่าสี (17, 20 และ 23 mm) และปริมาณของสิ่งเจือปน (Ratio 1, Ratio 2 และ Ratio 3) ผลการทดสอบพบว่า ทั้ง 3 ปัจจัยมีอิทธิพลต่อการคัดแยก โดยประสิทธิภาพการคัดแยกสูงที่สุดที่สามารถคัดได้ เท่ากับ 96.20% ในสภาวะการทดสอบที่มีมุมเอียงของสายพานลำเลียงเท่ากับ 40 องศา ระยะห่างระหว่างเซนเซอร์กับรางลำเลียง เท่ากับ 20 mm โดยทุกอัตราส่วนเจือปนที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ประสิทธิภาพการคัดแยกเพิ่มขึ้นด้วย และมีความสามารถในการคัดแยกได้ 40.77 kg/hr จากผลดังกล่าวสามารถนำมาเป็นข้อมูลเพื่อใช้ในการออกแบบกระบวนการคัดแยกที่มีประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายได้

คำสำคัญ: น้ำตาลทราย, การคัดแยก, เซนเซอร์สี

ABSTRACT

The objective of this project is to study the factors involved in sorting sugar quality from impurities by color sensors. The composition of the sugar sorting kit consists of 1.) the raw material storage tank constructed of 304 stainless steel, 2.) the sugar conveyor chute constructed of aluminum with a U-shaped groove, 3.) the color sensor, 4.) the solenoid valve, and 5.) the structural set. The factors that influence the separation of sugar quality and used in the experiment are the tilt angle of the conveyor rail, the installation position of the color sensor (17, 20 and 23 mm) and the amount of impurities (Ratio 1, Ratio 2 and Ratio 3). The test results showed that all 3 factors had an effect on the sorting process, with the highest sorting efficiency that could be sorted equal to 96.20% in test conditions where the tilt angle of the conveyor was 40 degrees and the distance between the sensor and the conveyor rail was 20 mm, 40.77 kg/hr. The results can be used as data to design an efficient sorting process in the sugar production process.

Keywords: Sugar, Sorting, Color sensors

1. บทนำ

อุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทรายเป็นอุตสาหกรรมเกษตรประเภทหนึ่งที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศเป็นอย่างมากสามารถนำรายได้จากการจำหน่ายน้ำตาลเข้าสู่ประเทศปีละประมาณ 2.8 พันล้านบาทซึ่งในฤดูกาล 2563 ผลิต

น้ำตาลได้กว่า 2.4 แสนตัน (สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย, 2563) คุณภาพอ้อยเข้าหีบเป็นปัจจัยหลักหนึ่งซึ่งส่งผลต่อประสิทธิภาพการผลิตของโรงงานน้ำตาลหากอ้อยมีการปนเปื้อนจะมีผลทำให้เกิดความสูญเสียปริมาณน้ำตาลที่ควรผลิตได้

น้ำตาลเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากอ้อย โดยผ่านกระบวนการผลิตขั้นต้น ซึ่งประกอบด้วยกระบวนการหีบสกัดน้ำตาลอ้อย, กระบวนการทำใส, การต้อนน้ำตาลอ้อย, การเคี้ยวและทำให้เกิดผลึก ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีคุณภาพไม่สูงมากนัก จากนั้นจะเข้าสู่กระบวนการขัดสี และการกรองด้วยเรซินซึ่งจะช่วยในการกำจัดสิ่งสกปรกและสิ่งปนเปื้อนทั้งขนาดใหญ่และขนาดเล็กออก จึงทำให้น้ำตาลมีความสะอาดและมีความบริสุทธิ์สูง จากนั้นจะทำการบรรจุและจำหน่าย (Waranyu, 2023)

ระวิน, 2558 ได้อธิบายว่า การคัดคุณภาพเป็นการเตรียมวัตถุดิบ เบื้องต้นสำหรับการแปรรูป และการถนอมอาหาร วัตถุประสงค์ของการคัดคุณภาพเพื่อให้วัตถุดิบมีความสม่ำเสมอเหมาะสมกับการแปรรูปอาหารขั้นต่อไปเพื่อให้ได้คุณภาพอาหารที่สม่ำเสมอตรงความต้องการของผู้บริโภคเพื่อลดอันตรายในอาหาร ด้วยการแยกสิ่งแปลกปลอม ซึ่งเป็นอันตรายทางกายภาพ การคัดแยกสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การคัดแยกด้วยสายตา, การร่อนด้วยตะแกรง, การใช้ลมเป่า, การใช้เครื่องตรวจจับโลหะ เป็นต้น

เนื่องจากน้ำตาลเป็นวัตถุดิบที่หาได้ง่ายตามท้องตลาดและมีราคาถูก มีลักษณะเป็นเกล็ดสีขาว ขนาดเล็ก จึงทำให้ต้องมีกระบวนการคัดแยกน้ำตาลเพื่อแยกสิ่งแปลกปลอมที่ปนเปื้อนมาจากกระบวนการผลิตรวมถึงน้ำตาลที่ไม่ได้คุณภาพ เช่น น้ำตาลไหม้ หรือสิ่งแปลกปลอมที่ไม่ใช่ น้ำตาล การคัดแยกน้ำตาลทรายขาวในปัจจุบันนั้นจะใช้แรงงานคนเป็นส่วนใหญ่ในการคัดแยก โดยมีวิธีการคัดแยกโดยใช้การต้อนน้ำตาลทรายขาวที่ถูกปนเปื้อนออก ซึ่งทำให้มีการสูญเสียน้ำตาลทรายขาวออกไปด้วยเป็นการเพิ่มต้นทุน และระยะเวลาในการผลิต หากมีกระบวนการคัดแยกน้ำตาล ที่มีความแม่นยำ จะช่วยให้ได้สินค้าที่มีคุณภาพที่ดี ลดต้นทุนได้

การคัดแยกน้ำตาลอาจจะสามารถทำได้หลายวิธี โดยวิธีที่มีความแม่นยำสูงวิธีการหนึ่งคือ การคัดแยกคุณภาพด้วยเซนเซอร์สี (color sensor) คือ การตรวจจับด้วยสี โดยใช้หลักการของแสงตรวจจับติดตั้งแบบตัวรับตัวส่งในตัว ภายในเป็นเทคโนโลยี RGB (Red-แดง, Green-เขียว และ Blue-น้ำเงิน) เพื่อวิเคราะห์สีเป้าหมายและแยกความแตกต่างระหว่างสีเป้าหมายกับพื้นหลังให้เหมาะสมที่สุด เพื่อให้ได้ข้อมูลที่เรากำลังต้องการทั้งในเชิงคุณภาพและปริมาณ (ขนาด รูปร่าง สี) (ออลเซน เทค จำกัด, 2564) โดยมีการนำเอาหลักการดังกล่าวไปประยุกต์ใช้กันอย่างแพร่หลาย สุนทร และคณะ (2561) ได้อธิบายว่า การออกแบบใช้ชุดทดลองคัดแยกสีวัตถุอัตโนมัติบนสายพานลำเลียงด้วยบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถปฏิบัติงานได้ตามการออกแบบให้แยกชนิดวัตถุที่เป็นสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน แล้วเคลื่อนย้ายวัตถุอัตโนมัติไปยังที่กำหนดไว้โดยอาศัยการควบคุมของ plc Board CFX1N20MT โดยใช้ตัวตรวจจับด้วยโมดูลแยกสี Arduino TCS230 เป็นเซนเซอร์อ่านค่าปริมาณของความเข้ม ของแสงที่กระทบกับวัตถุและสะท้อนกลับมาซึ่งเซนเซอร์แปลผลเป็นสัญญาณที่แตกต่างกันตามแต่ละสี ของวัตถุที่ทำการทดสอบ, ธิตา และคณะ (2563) ได้ใช้หลักการดังกล่าว สำหรับสร้างเครื่องคัดแยกสีและขนาดของลูกมะนาวมีวัตถุประสงค์พัฒนาเครื่องคัดแยกสีและขนาดของมะนาว เพื่อหาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องคัดแยกสีและขนาดของลูกมะนาว และหาความพึงพอใจ ของผู้ที่ใช้งาน เพื่อนามาปรับปรุงแก้ไขเพื่อที่จะได้ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ จากการหาประสิทธิภาพความถูกต้องของการแยกสีของลูกมะนาว คิดเป็นร้อยละ 79.33 ได้ค่าเฉลี่ย 14.80 ลูกต่อนาที เป็นต้น ซึ่งจะเห็นได้ว่าในปัจจุบันได้มีการนำเทคโนโลยีการตรวจสอบค่าสีมาประยุกต์ใช้งานทางการเกษตรเพิ่มขึ้น โดยมีผลการดำเนินงานที่ดี มีประสิทธิภาพในการคัดแยกสูง และสามารถทำงานได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งเหมาะที่จะนำมาทดลองใช้กับวัสดุที่มีขนาดเล็กและมีความละเอียด ซึ่งต้องการเทคโนโลยีที่มีความแม่นยำในการทำงาน

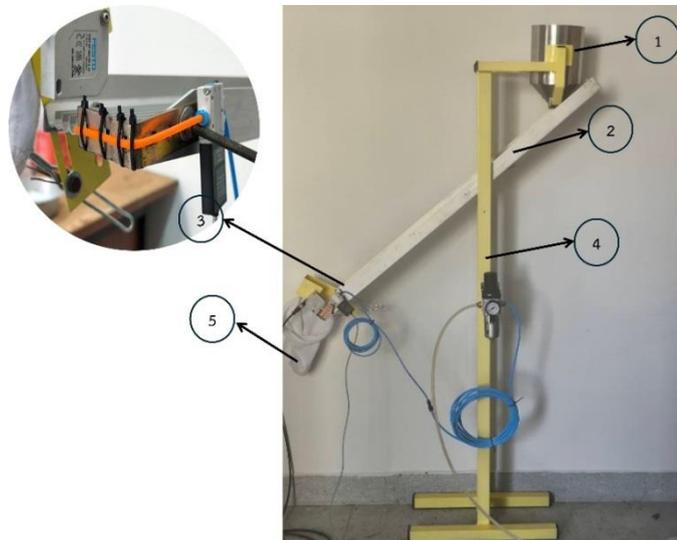
ดังนั้นโครงการนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการคัดแยกคุณภาพน้ำตาลทรายด้วยเซนเซอร์ตรวจวัดค่าสี และทำการทดสอบสมรรถนะการทำงานของชุดตรวจวัดคุณภาพน้ำตาล ซึ่งจะนำผลมาเป็นแนวทางในการออกแบบเครื่องมือ หรือวิธีการในคัดตรวจสอบคุณภาพน้ำตาลทรายมาใช้ในกระบวนการผลิตน้ำตาล โดยมีการคัดแยกน้ำตาลทรายขาวกับสิ่งเจือปนให้มีความแม่นยำและมีประสิทธิภาพ ซึ่งจะช่วยลดการสูญเสียน้ำตาลทรายขาวที่มีคุณภาพ และประหยัดเวลา

2. วัสดุและวิธีการ

2.1 การเตรียมตัวอย่างสำหรับการทดลอง ประกอบด้วย น้ำตาลทรายขาว (มิตรผล) และน้ำตาลกาแฟ (มิตรผล) ซึ่งนำมาใช้เป็นตัวอย่างทดแทนสิ่งเจือปน เนื่องจากมีสีและลักษณะที่ใกล้เคียงกับสิ่งเจือปนที่พบในกระบวนการผลิตน้ำตาลทราย โดยน้ำตาลทรายขาว และน้ำตาลกาแฟมีขนาดเฉลี่ย เท่ากับ 0.35 และ 0.60 mm. ตามลำดับ

2.2 ชุดคัดแยกคุณภาพน้ำตาดด้วยคุณภาพด้านสีมีองค์ประกอบหลัก ดังนี้ 1.) ถังเก็บวัตถุดิบ ทำจากสแตนเลส เกรด 304 โดยติดตั้งอยู่ด้านบนรางลำเลียง 2.) รางลำเลียงน้ำตาด สร้างจากอลูมิเนียม มีลักษณะเป็นร่องตัวยู กว้าง 9 mm และลึก 10 mm 3.) ชุดตรวจสอบคุณภาพสี และชุดโซลินอยด์วาล์ว ประกอบด้วยเซนเซอร์วัดค่าสี (Color sensor ยี่ห้อ Festo รุ่น SOEC-RT-Q50-PS-S-7L) และ โซลินอยด์วาล์ว (Air valve ยี่ห้อ Festo รุ่น MHE2-MS1H-3/2G-QS-4-K 3 Way Solenoid Valve) อุปกรณ์ทั้งสองชิ้นจะถูกติดตั้งบนรางลำเลียง ทำหน้าที่ในการตรวจสอบค่าสีของน้ำตาดและสิ่งเจือปนที่เคลื่อนที่ผ่านในบริเวณดังกล่าว และ 4.) ชุดโครงสร้าง สร้างจากเหล็กกล่องขนาด 1.5×1.5 inch. มีมิติความสูง × ความกว้าง × ความยาว เท่ากับ 141 × 19 × 44 cm.

หลักการการทำงานของชุดคัดแยกคุณภาพน้ำตาดด้วยคุณภาพด้านสีคือ เมื่อทำการปล่อยน้ำตาดและสิ่งเจือปนออกจากถังเก็บวัตถุดิบลงสู่รางลำเลียงเพื่อให้ตัวอย่างเรียงเป็นแถว ไม่ซ้อนทับกัน และง่ายต่อการตรวจสอบคุณภาพ ตัวอย่างจะไหลผ่านชุดเซนเซอร์เพื่อตรวจวัดค่าสีของน้ำตาดและสิ่งเจือปน เมื่อตรวจพบสีของสิ่งเจือปนเซนเซอร์สีจะส่งสัญญาณไปยังชุดควบคุมเพื่อสั่งให้โซลินอยด์วาล์วทำงานด้วยการใช้ลมเป่าสิ่งเจือปนออกไปยังภาชนะรองรับวัตถุเสีย ถ้าหากเป็นน้ำตาดทรายขาวจะถูกปล่อยผ่านและไหลไปยังภาชนะรองรับวัตถุดิบ



ภาพที่ 2.1 ชุดคัดแยกคุณภาพน้ำตาดด้วยเซนเซอร์วัดค่าสี มีส่วนประกอบ ดังนี้ 1. ถังเก็บวัตถุดิบ, 2. รางลำเลียง, 3. เซนเซอร์สี และโซลินอยด์วาล์ว, 4. โครงสร้าง และ 5. ช่องรับวัตถุดิบหลังการคัดแยก

2.3 การทดสอบสมรรถนะการทำงานของชุดคัดแยกคุณภาพน้ำตาด

การทำงานการทดสอบสมรรถนะการทำงานของชุดคัดแยกคุณภาพน้ำตาด มีปัจจัยสำหรับการทดสอบ 3 ปัจจัย คือ มุมเอียงของรางลำเลียงที่ระยะ 40 องศา, ระหว่างเซนเซอร์ตรวจวัดค่าสีกับรางลำเลียง 3 ระดับ คือ 17 , 20 และ 23 mm และตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองอัตราส่วนระหว่างน้ำตาดทราย:สิ่งเจือปน 3 อัตราส่วน ได้แก่ 1000:5, 1000:10 และ 1000:15 w/w ตามลำดับ ซึ่งเรียกแทนด้วยสัญลักษณ์ Ratio 1, Ratio 2, Ratio 3 ตามลำดับ ทำการทดลองตัวอย่างละ 10 ซ้ำ บันทึกค่าระยะเวลาในการคัดแยก และจำนวนวัตถุดิบที่ตกถูกช่อง และตกผิดช่อง เพื่อหาประสิทธิภาพในการคัดแยกและสมรรถนะการทำงาน สามารถคำนวณจากสมการ 2.1 (Peleg, 1985)

$$E_w = \sum_i \left(\frac{P_{gi} G_i}{Q P_i} \right) W_i$$

เมื่อ E_w = ประสิทธิภาพการคัด
 \sum_i = จำนวนวัตถุดิบทั้งหมด



- Pg_i = เศษส่วนของส่วนบริสุทธิ์ที่ตัดได้ในชั้นของ i
 G_i = อัตราการไหลออกของชั้น i (น้ำหนัก/เวลา)
 Q = อัตราการไหลเข้าของวัตถุที่จะตัดขนาดทั้งหมด (น้ำหนัก/เวลา)
 P_i = เศษส่วนของชั้น i ในวัตถุดิบทั้งหมด
 W_i = น้ำหนักรวมของวัตถุดิบที่ตกในชั้นของ i

2.4 การประเมินผลทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป เพื่อวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

3. ผลและการวิจารณ์ผล

3.1 ผลการศึกษาสมรรถนะเครื่องคัดแยก

ผลการทดสอบสมรรถนะ พบว่า จากการทดสอบการคัดแยกน้ำตาลด้วยคุณภาพสี ด้วยตัวอย่างผสมอัตราส่วน Ratio 1, Ratio 2 และ Ratio 3 สามารถคัดแยกได้มากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ โดยปัจจัยที่มีผลต่อการคัดแยกมี 2 ปัจจัย คือ ระยะติดตั้งเซนเซอร์ และ ความลาดเอียงของรางลำเอียง โดยระยะเซนเซอร์ต้องอยู่ในระยะที่เหมาะสมต่อวัตถุดิบที่นำมาทดลอง และความลาดเอียงมีผลต่อการคัดแยก ถ้ารางลำเอียงมีความลาดเอียงน้อย (<40 องศา) จะส่งผลให้วัสดุไม่สามารถไหลได้อย่างต่อเนื่อง และถ้ารางลำเอียงมีมุมเอียงเพิ่มขึ้น (> 40 องศา) อัตราการไหลของวัสดุจะเพิ่มมากขึ้น และส่งผลให้มีวัสดุหลุดออกจากรางลำเอียง ดังนั้น เครื่องคัดแยกน้ำตาลด้วยคุณภาพสีจะมีสมรรถนะที่สูงได้นั้นต้องขึ้นอยู่กับปัจจัยเหล่านี้ จึงจะสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จากผลการทดลองตารางที่ 3.1 พบว่าประสิทธิภาพการคัดแยกมีแนวโน้มสูงขึ้น ในทุกระยะห่างที่ติดตั้งเซนเซอร์ (17, 20 และ 23 mm) และวัตถุดิบที่ใช้ในการทดสอบมีอัตราของสิ่งเจือปนที่เพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพจะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยพบว่า เมื่อพิจารณาที่ระยะการติดตั้งเซนเซอร์ที่ 20 mm จะมีประสิทธิภาพการคัดแยกสูงที่สุดในทุกๆ อัตราส่วนที่ทดลอง คือ 94.55, 95.15 และ 96.20% ตามลำดับ (ภาพที่ 3.1) จากการทดสอบพบว่า เมื่ออัตราส่วนของสิ่งเจือปนเพิ่มขึ้นประสิทธิภาพการคัดแยกจะเพิ่มขึ้นด้วย เนื่องจาก เมื่อน้ำตาลมีปริมาณสิ่งเจือปนที่เพิ่มขึ้น เซนเซอร์จึงมีโอกาสในการตรวจจับค่าสีของสิ่งเจือปนได้ ได้ในขณะเดียวกันโซลินอยด์วาล์วจะทำการเป่าลมเพื่อคัดแยกสิ่งเจือปนออกไปมากขึ้น ส่งผลให้มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน ดังภาพที่ 3.2 ระยะติดตั้งเซนเซอร์ที่ 20 มิลลิเมตร มีค่าประสิทธิภาพการคัดแยกสูงกว่า ระยะติดตั้งเซนเซอร์ที่ 17 และ 23 มิลลิเมตร เนื่องจากเป็นระยะที่เซนเซอร์มีประสิทธิภาพในการตรวจจับสิ่งเจือปนจำลองได้ดีที่สุด

จากตารางที่ 3.2 พบว่า ปริมาณของน้ำตาลทรายที่สูญเสียเนื่องจากการคัดแยก มีปริมาณมากขึ้น เมื่ออัตราส่วนผสมของสิ่งเจือปนสูงขึ้น โดยที่ระยะเซนเซอร์ 20 mm มีปริมาณการสูญเสียมากที่สุด เนื่องจากเป็นระยะการติดตั้งเซนเซอร์สามารถตรวจจับสิ่งเจือปนได้สูง จึงทำให้น้ำตาลทรายถึงเป้าไปตกในช่องของสิ่งเจือปนมากตามไปด้วย และเมื่อพิจารณาสมรรถนะการคัดแยก พบว่าทุกสภาวะการทดสอบมีสมรรถนะที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยมีความสามารถในการคัดแยกได้สูงสุด เท่ากับ 41.00 kg/hr เมื่อเปรียบเทียบการคัดแยกคุณภาพในปัจจุบันที่ใช้แรงงานคนในการคัดแยก ซึ่งสามารถทำการคัดแยกได้ในปริมาณ 100 kg/day (หรือ 4.16 kg/hr) โดยใช้แรงงานคนในการทำงาน 4-6 คน

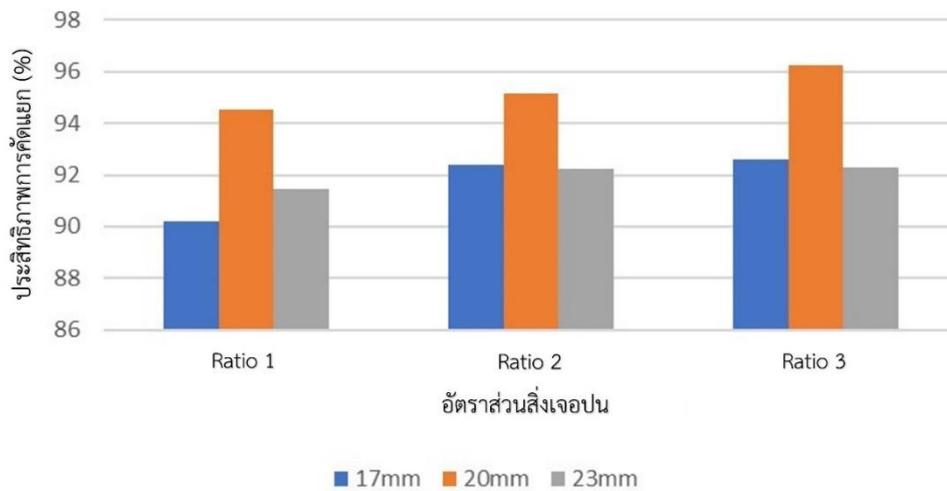
ตารางที่ 3.1 ผลการทดสอบสมรรถนะของชุดคัดแยกน้ำตาลด้วยเซนเซอร์สี

ระยะการติดตั้งเซนเซอร์ (mm)	ประสิทธิภาพในการคัดแยกที่อัตราส่วนผสมต่างๆ (%)		
	Ratio 1	Ratio 2	Ratio 3
17	90.21 ^b	92.38 ^b	92.60 ^b
20	94.55 ^a	95.15 ^a	96.20 ^a
23	91.43 ^b	92.24 ^b	92.31 ^b

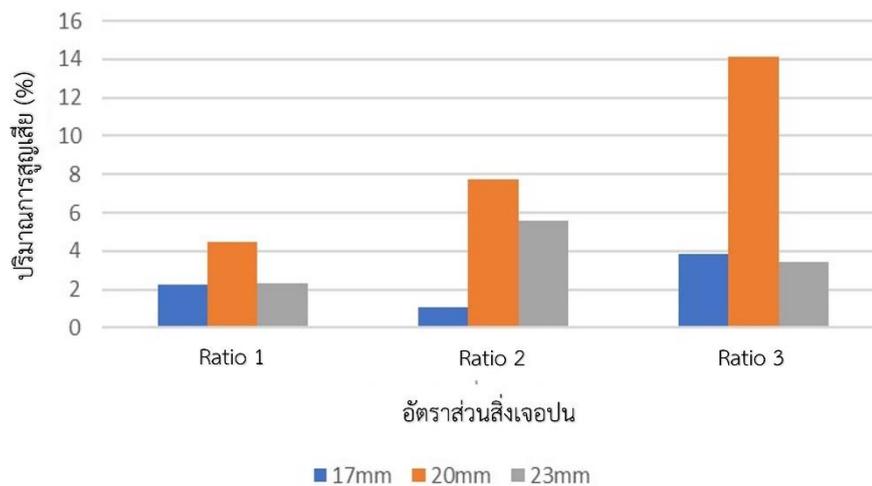
*

ตารางที่ 3.2 สมรรถนะการตัดแยกของชุดตัดแยกน้ำตาลด้วยเซนเซอร์สี

ระยะห่างเซนเซอร์ (mm)	ปริมาณการสูญเสีย (%)			ความสามารถในการทำงาน (kg/hr)		
	Ratio 1	Ratio 2	Ratio 3	Ratio 1	Ratio 2	Ratio 3
17	2.45 ^f	1.68 ^s	3.85 ^{de}	40.37	40.41	40.91
20	4.55 ^d	7.77 ^b	14.15 ^a	40.10	40.42	40.77
23	2.29 ^{fg}	5.61 ^c	3.40 ^{de}	40.37	40.65	41.00
		*			ns	



ภาพที่ 3.1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการตัดแยกที่ระยะห่างเซนเซอร์แตกต่างกัน



ภาพที่ 3.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการตัดแยกที่ระยะห่างเซนเซอร์แตกต่างกัน

4. สรุป

จากการทดสอบการใช้เซนเซอร์วัดค่าสีในการคัดแยกคุณภาพน้ำตาลทราย พบว่า มีปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการคัดแยกทั้งหมด 3 ปัจจัย ประกอบด้วย มุมเอียงของสายพานลำเลียง, ระยะห่างการติดตั้งเซนเซอร์ และปริมาณของสิ่งเจอปน ซึ่งประสิทธิภาพการคัดแยกสูงที่สุดอยู่ที่สภาวะการทดสอบที่ มุมเอียงสายพาน 40 องศา และระยะห่างในการติดตั้งเซนเซอร์ เท่ากับ 20 mm. ทำให้ได้ประสิทธิภาพการคัดแยกสูงสุด 96.20% มีปริมาณการสูญเสีย 14.15% และความสามารถในการทำงาน 40.77 kg/hr

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ดร.สุธิดา ทองนุช ที่เอื้อเฟื้ออุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง และ บริษัทสหการน้ำตาลชลบุรี จำกัด ในการให้ข้อมูลกระบวนการผลิตน้ำตาล และตัวอย่างสำหรับการศึกษา

6. เอกสารอ้างอิง

ระวิน สืบคำ. (2558). วิศวกรรมแปรสภาพทางการเกษตร 1. สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก.

สุธิดา รอดเกษม, สมรักษ์ วงศ์โปทา และธนรัตน์ ยอดดำเนิน. (2563). เครื่องคัดแยกสีและขนาดของลูกมะนาว. การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 4 ด้านนวัตกรรมเพื่อการเรียนรู้ และสิ่งประดิษฐ์ ประจำปี 2563, จัดเมื่อวันที่ 17 ธันวาคม 2563 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี.

สุนทร ก้องสินธุ์, อนุชิต สิงห์จันทร์, สมนึก ดำนุ้ย และณัฐวิรัช สุขสง. (2561). การออกแบบชุดทดลองคัดแยกสีอัตโนมัติบนระบบสายพานลำเลียง โดยโมดูลแยกสีอัตโนมัติ. วารสารวิจัยและนวัตกรรม สถาบันการอาชีวศึกษา กรุงเทพมหานคร. ปีที่ 1 ฉบับที่ 2 (2018). เดือนกรกฎาคม-ธันวาคม 2561.

สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. (2553). การส่งออกน้ำตาลทรายไปจำหน่ายต่างประเทศ จำแนกตามประเทศปลายทาง เดือนธันวาคม 2563. สืบค้น 11 มีนาคม 2565, จาก <http://www.ocsb.go.th/upload/cuntry/fileupload/12207-5587.pdf>

Warunyu Rungcharassaeng. (2023). โรงงานน้ำตาล กระบวนการผลิตน้ำตาล (30 โรงที่ใหญ่ที่สุดในไทย). เดือน พฤษภาคม 2566. สืบค้นเมื่อวันที่ 10 ตุลาคม 2566, จาก โรงงานน้ำตาล กระบวนการผลิตน้ำตาล (30 โรงที่ใหญ่ที่สุดในไทย) - TMS



การศึกษาความเป็นไปได้ในการจำแนกตัวอย่างน้ำนมดิบที่ได้จากโคนมขณะที่เป็นและไม่เป็นสัด
โดยใช้ Micro-NIR Spectrometer

A Feasibility Study of an Identification of Raw Milk Samples Obtained from Estrus and
Non-estrus Dairy Cows Using Micro-NIR Spectrometer

บพิตร แสนณรงค์¹ ออมสิน หงษ์คำเมือง¹ กานติศา ภูมिवารินทร์¹ จีราวรรณ แสนพล¹
ขวัญตรี แสงประชานารักษ์² เจษฎา โพธิ์สม² และ อาทิตย์ ภูผาผุด^{2*}

Bophit Sannarong¹, Ommsin Hongkummueang¹, Kantisa Phoomwarin¹, Chirawan Saenphon¹,

Khwantri Saengprachatanarug², Jetsada Posom² and Arthit Phuphaphud^{2*}

¹นักศึกษาและ ²อาจารย์หลักสูตรวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40002

¹Students and ²Lecturers of Department of Agricultural Engineering, Faculty of Engineering, Khon Kaen
University 40002 Thailand

โทรศัพท์ 091-130-5764 โทรสาร 0-4336-2149 *e-mail: arthphu@kku.ac.th

บทคัดย่อ

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการศึกษาความเป็นไปได้ในการจำแนกตัวอย่างน้ำนมดิบจากโคนมที่เป็นสัดและไม่เป็นสัดโดยใช้ค่าการดูดกลืนคลื่นย่านเนียร์อินฟราเรดและเทคนิคการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก โดยใช้ข้อมูลสเปกตรัมที่วัดได้จากเครื่อง Micro-NIR spectrometer ความยาวคลื่น 950-1650 นาโนเมตร ในปัจจุบันการตรวจการเป็นสัดมีหลากหลายวิธี แต่มีข้อจำกัด เช่น จำเป็นต้องติดตั้งอุปกรณ์กับโคโดยตรง การวิเคราะห์ทางเคมีซึ่งใช้เวลานาน แต่เทคโนโลยีเนียร์อินฟราเรดเป็นวิธีการวัดที่ไม่มีผลกระทบต่อโคและใช้เวลาน้อย ตัวอย่างน้ำนมดิบที่ใช้ในการศึกษามาจากโคนมพันธุ์โฮลสไตล์ จำนวน 4 ตัว ที่ทำการเก็บตัวอย่างในช่วงเช้าและเย็น เป็นเวลา 40 วัน โดยนำตัวอย่างมาเก็บค่าสเปกตรัมผ่านเครื่อง Micro-NIR รวมถึงทำการปรับปรุงสเปกตรัมและนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (PCA) โดยใช้โปรแกรม MATLAB ผลลัพธ์ที่ได้พบว่าการปรับปรุงสเปกตรัมด้วยวิธี Moving Average Smoothing + Standard Normal Variate มีการกระจายตัวกันเป็นสองกลุ่มอย่างชัดเจน คือ 1)ช่วงก่อนเป็นสัด และ 2)ขณะที่เป็นสัดและหลังเป็นสัด จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่ามีความเป็นไปได้ที่จะใช้เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปีในการแบ่งแยกตัวอย่างนมจากโคนมที่เป็นสัดและไม่เป็นสัด อย่างไรก็ตามการศึกษานี้ในอนาคตควรจะมีการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการแบ่งแยกตัวอย่างนมเพิ่มเติม เช่น อัลกอริทึมอื่น ๆ นอกเหนือจากการทำ PCA ที่สามารถนำมาใช้ในการทำโมเดลแบ่งกลุ่ม วิธีการปรับปรุงสเปกตรัมอื่นๆ การทำโมเดลแบ่งกลุ่มโดยวิธีเลือกเฉพาะบางช่วงคลื่น (Wavelength selection) เพื่อให้มีโอกาสได้โมเดลแบ่งกลุ่มที่มีความแม่นยำมากขึ้น

คำสำคัญ: การวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก, โพรเจสโตโรน, ผสมเทียมโค, การจับสัดโค

ABSTRACT

This project is a feasibility study of an identification of raw milk obtained from estrous and non-estrous dairy cows using near-infrared spectroscopy combining with principal component analysis techniques. The samples were measured by a micro-NIR spectrometer (950-1650nm). The use of traditional tools that need to be installed on cow and chemical methods can be challenging. However, using near-infrared spectroscopy had more advantage such as no effect on cows and fast. The raw milk samples used in the study came from four Holstein dairy cows that were sampled in the morning and evening for 40 days. The samples were scanned for collecting NIR spectra and then the principal component analysis (PCA) was used to analyze milk spectra across the MATLAB program. The results showed that the spectral pretreatment by

the Moving Average Smoothing + Standard Normal Variate method was clearly classified into two groups: 1) Proestrus and 2) Estrus and Metestrus. The study shows that it was possible to use NIR spectroscopy to classify milk samples from estrus and non-estrus cows. However, future studies should investigate additional factors may affecting the classification model, such as study more algorithms and create model using important individual. Wavelength, in order to get a more accurate

Keywords: Principal component analysis, Progesterone, Artificial insemination, Golden time

1. บทนำ

ในปี 2560 - 2564 จำนวนโคนมทั้งหมดของไทยเพิ่มขึ้นร้อยละ 3.73 ต่อปี โดยในปี 2564 มีจำนวน 745,871 ตัว เพิ่มขึ้นจาก 724,901 ตัว ในปี 2563 ร้อยละ 2.89 สำหรับ ผลผลิตน้ำนมในช่วงปี 2560-2564 เพิ่มขึ้นร้อยละ 3.06 ต่อปี โดยในปี 2564 มีผลผลิต 1,374,491 ตัน เพิ่มขึ้นจาก 1,342,181 ตัน ในปี 2563 ร้อยละ 2.41 แต่ในปี 63/64 การขยายตัวมูลค่าการส่งออก น้อยลง ร้อยละ 0.95 (สำนักการค้ากรมเจรจาการค้าระหว่างประเทศ, 2565) สาเหตุที่ทำให้การผลิตน้ำนมไม่ได้ตามปริมาณที่ ต้องการสาเหตุหนึ่งมาจากการผสมเทียมไม่สำเร็จ เกิดจากการที่เกษตรกรพลาดช่วงเวลาที่เหมาะสมในการผสมเทียม ส่งผลให้ ปริมาณผลผลิตน้ำนมลดลง

โดยเฉลี่ยแล้วโคนมจะเริ่มวงจรการเป็นสัดเมื่ออายุได้ประมาณ 11 เดือน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ หลังจากเริ่มวงจรการ เป็นสัดจะมีวงรอบที่สม่ำเสมอโดยปกติอยู่ที่ 18-24 วัน หรือเฉลี่ยเป็น 21 วัน ซึ่งการผสมพันธุ์ที่เหมาะสมจะเกิดขึ้นในช่วง ระยะเวลา 8-16 ชั่วโมง ภายในวงจรการเป็นสัด (Parish, 2016) ดังนั้นถ้าหากพลาดในการผสมเทียมจะต้องรออีก 21 วัน จึงต้องมี การระบุการเป็นสัดที่แม่นยำเพื่อที่จะลดค่าใช้จ่ายในการเลี้ยงดูโคนมที่เกิดความผิดพลาดในการผสมเทียม

ในการตรวจจับการเป็นสัดโดยที่ไม่ใช้เทคโนโลยีจะใช้วิธีการสังเกต ซึ่งโคจะแสดงอาการพฤติกรรมหรือมีความ เปลี่ยนแปลงทางกายภาพต่างๆในวันที่เป็นสัด เช่น ยืนนิ่ง(ยอมให้ตัวอื่นผสมพันธุ์) ตื่นเต้น อวัยวะเพศบวมแดง มดลูกด้านมีอ มดลูกขยาย หรือวิธีแต่วิธีการสังเกตพฤติกรรมจะเป็นปัญหา คือ เป็นไปได้ยากที่จะสังเกตได้ทั่วถึงเมื่อโคนมมีจำนวนมาก และความ แม่นยำในการระบุช่วงที่เป็นสัดลดลง(สุดสายใจ, 2549)

เทคโนโลยีที่ถูกนำมาใช้ในการตรวจจับการเป็นสัดมีหลากหลาย เช่น เครื่องนับก้าวเพื่อติดตามกิจกรรมที่เป็นสัด เซ็นเซอร์ความดันที่บริเวณสะโพก เทคโนโลยีที่กล่าวมามีอัตราความแม่นยำมากกว่าการสังเกตพฤติกรรมด้วยสายตา ถึงแม้ว่า เทคโนโลยีที่กล่าวมาจะมีอัตราความแม่นยำมากกว่าการสังเกตพฤติกรรมด้วยสายตา แต่ยังมีข้อจำกัดคือโคบางตัวที่อยู่ในการเป็น สัดแต่ไม่มีพฤติกรรมของอาการการเป็นสัด (Mayo L, 2019) ฮอโมนที่มีการเปลี่ยนแปลงและมีความสัมพันธ์กับการตกไข่และ พฤติกรรมในช่วงหรือขณะเป็นสัดของโคนมที่สำคัญชนิดหนึ่งคือฮอโมนโปรเจสเทอโรน แต่ใช้เวลานานในการวิเคราะห์ในทางเคมี (สุดสายใจ, 2549) ฮอโมนโปรเจสเทอโรนได้ถูกทดสอบว่าสามารถติดตามสถานะการเป็นสัดและการสืบพันธุ์ได้ (Käppel et al., 2007)

เทคโนโลยีที่นำมาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารรวมถึงน้ำนม คือ Near infrared spectroscopy (NIRs) สามารถ นำมาใช้ในกระบวนการผลิตนมเพื่อตรวจสอบคุณภาพ ตั้งแต่ต้นมดที่อยู่ที่ฟาร์ม หรือที่ถูกนำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์ เช่น ซีส โยเกิร์ต อื่นๆ หลายการศึกษาแสดงให้เห็นว่า NIRs ให้ผลลัพธ์ที่แม่นยำในการทำนายพารามิเตอร์นมหลายประการ เช่น ไขมัน โปรตีน ยูเรีย แลคโทส กรดไขมัน และ ฯลฯ (Tsenkova et al., 1999) จากการทดลองใช้NIRs ในโคที่เป็นสัดพบว่าค่า pH และ ไขมัน มีการ แสดงการเปลี่ยนแปลงที่มีนัยสำคัญสูง ซึ่งถูกทดลองโดยวิธี Machine Learning (Hemalatha, 2021)

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการจำแนกน้ำนมดิบจากโคที่เป็นสัดและไม่เป็นสัด โดยใช้เทคนิค เนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโกปี (NIRs) และวิธี PCA โดยใช้โปรแกรม Matlab สร้างแผนภาพการกระจายตัวของข้อมูลและการ ปรับปรุงสเปกตรัมทั้ง 7 วิธี เพื่อหาที่เหมาะสมในการแบ่งกลุ่มตัวอย่างของโคนมขณะที่เป็นสัดและไม่เป็นสัด โดยในการศึกษาครั้งนี้ ใช้โคนมสายพันธุ์โฮลสไตน์ เนื่องจากมีการเลี้ยงมากที่สุดในประเทศไทย

2. วัสดุและวิธีการ

2.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ (Instruments)

- เครื่องมือ Micro-NIR Spectroscopy รุ่น Onsite – W ยี่ห้อ VIAVI Solutions, USA (ดังแสดงในภาพที่ 2.1) โดยรายละเอียดของเครื่องมือดังตารางที่ 2.1

- ระยะเวลาตรวจวัดที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 0 – 3 มม. จากหน้าช่องรับแสง
- ใช้เทคโนโลยี linear variable filter (LVF) เป็นส่วนประกอบหลักในการทำงาน
- ตัวตรวจจับแสง ความละเอียด 128 พิกเซล



ภาพที่ 2.1 Micro-NIR Spectroscopy รุ่น Onsite – W ยี่ห้อ VIAVI Solutions, USA

ตารางที่ 2.1 รายละเอียดตั้งค่าเครื่อง Micro-NIR

Type, model	Micro-NIR Spectroscopy รุ่น Onsite-W ยี่ห้อ VIAVI Solution, USA
Measurement method	Reflectance mode
Wavelength	950 – 1650 nm
Sample scan time	10 scans
Background scan time	10 scans

2.2 ตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา

โคตัวอย่างจากหมวกโคนม คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น สายพันธุ์ที่ใช้เป็นสายพันธุ์โฮลสไตน์ ซึ่งมีการเลี้ยงมากที่สุดในประเทศไทย มีลักษณะเป็นสีขาว-ดำ(ดังแสดงในภาพที่ 2.2) และให้น้ำนมในปริมาณที่สูง



ภาพที่ 2.2 โคตัวอย่างสายพันธุ์โฮลสไตน์จากคณะเกษตรศาสตร์มช.และเครื่องมือรีดนม

2.3 ตัวอย่างน้ำนมดิบจากโคที่เป็นสัตว์และไม่ใช่สัตว์

ช่วง 30 วันแรก เก็บตัวอย่างจากโค 1 ตัว คือหมายเลข 6427 เพื่อให้ได้ช่วงที่เป็นสัตว์และไม่ใช่สัตว์แต่เนื่องจากโคนมหมายเลขดังกล่าวไม่แสดงพฤติกรรมการเป็นสัตว์ จึงทำการเหนี่ยวนำเพื่อให้โคนมเป็นสัตว์ด้วยการฉีดฮอร์โมนและทำการตรวจน้ำนมดิบให้โคนม 4 ตัว ได้แก่หมายเลข 6318, 6427, 6316 และ 6314 (ดังแสดงในภาพที่ 2.3) เป็นเวลา 10 วัน เพื่อที่จะได้ตัวอย่างน้ำนมดิบจากโคนมที่เป็นสัตว์ เก็บใส่ขวด Vial ความจุ 15.5 ml



ภาพที่ 2.3 ตัวอย่างน้ำนมดิบที่บรรจุในขวด Vial

2.4 วิธีการตรวจวัดค่าสเปกตรัม

2.4.1 การเตรียมตัวอย่างน้ำนมดิบ

- รับน้ำนมดิบจากหมวดโคนม คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ช่วงเวลา 08.30-10.00 น. และ 16.00-17.30 น. ซึ่งน้ำนมจะถูกรีดจากโคนม ในเวลา 05.00 น. และ 14.00 น. หลังจากนั้นจะถูกเก็บไว้ในตู้เย็นอุณหภูมิ 13-17 องศาเซลเซียส

- นำน้ำหนักดิบมายังห้องแล็บ และทิ้งไว้จนนมมีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้อง (20 ± 3 องศาเซลเซียส)
- ทำการตรวจวัดค่าสเปกตรัมของตัวอย่าง ในช่วงก่อนการเป็นสัดและหลังเป็นสัดแบ่งน้ำหนักดิบของวัว 1 ตัว แบ่งเป็น 3 ขวด และตรวจ 5 ซ้ำ ในขณะที่เป็นสัดทำการแบ่งน้ำหนักดิบของวัว 1 ตัวอย่าง แบ่งเป็น 2 ขวดและตรวจ 5 ซ้ำ
- หลังจากทำการทดลองในแต่ละครั้ง นำน้ำหนักดิบที่ทำการทดลองไปแช่ไว้ในตู้แช่เย็นที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส เพื่อตรวจซ้ำในรอบถัดไป

2.4.2 การตรวจวัดค่าสเปกตรัมด้วยเครื่อง Micro-NIR

- ตั้งค่าดังตารางที่ 2.1
- ตรวจวัดโดยให้ช่องรับแสงติดกับกันตัวอย่างและกดปุ่มสแกน(ดังแสดงในภาพที่ 2.4)
- ใช้โปรแกรม Micro NIR version Pro 1700 ในการประมวลผล



ภาพที่ 2.4 การวัดสเปกตรัมด้วยเครื่อง Micro-NIR

2.5 การปรับปรุงสเปกตรัมด้วยวิธีต่างๆโดยโปรแกรม Unscramble

ข้อมูลความสัมพันธ์ของสเปกตรัมที่ได้จากการวิจัยนั้นจะมีความคาดเคลื่อนของสเปกตรัมจากปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อแสงเนียร์อินฟราเรด เพื่อให้ข้อมูลที่ได้มีความแม่นยำมากขึ้น การปรับปรุงข้อมูลสเปกตรัมโดยวิธีการทางคณิตศาสตร์ที่ได้จากการวัดด้วยเครื่อง NIR เพื่อเป็นการลดอิทธิพลของความคาดเคลื่อน (อนุพันธ์ เท็ดวงค์วรกุล, 2545)

นำตัวอย่างที่ทำการแบ่งไว้สำหรับวิเคราะห์ไปปรับปรุงสเปกตรัม 7 วิธี ได้แก่

1. First derivative
2. Second derivative
3. Mean normalization(MNL)
4. Standard Normal Variate(SNV)
5. Moving Average Smoothing + Standard Normal Variate
6. Moving Average Smoothing + Baseline offset
7. Baseline offset + Standard Normal Variate

ตารางที่ 2.2 จำนวนตัวอย่างที่เลือกมาวิเคราะห์จากการตรวจผ่านเครื่อง Micro-NIR

สถานะ	รหัสของโคนม	วันที่/เดือน/ปี	จำนวนสแกน	ช่วงเวลา
ก่อนติดสัด	6314	11/09/23	20	เช้า-บ่าย
	6316	11/09/23	20	เช้า-บ่าย
	6318	11,12,13/09/23	69	เช้า-บ่าย
	6427	18,22,24,27,25/08/23	90	เช้า-บ่าย
ติดสัด	6427	11/09/23	20	เช้า-บ่าย
	6314	13/09/23	20	เช้า-บ่าย
	6316	14/09/23	40	เช้า-บ่าย
	6318	18/09/23	50	เช้า-บ่าย
	1789	18/09/23	70	เช้า-บ่าย
หลังติดสัด	6427	15,16,17/09/23	100	เช้า-บ่าย
	6314	16,17/09/23	70	เช้า-บ่าย
	6316	17/09/23	30	เช้า-บ่าย

2.6 การนำตัวอย่างไปวิเคราะห์ด้วยวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (PCA)

2.6.1 เลือกตัวอย่างที่จะนำมาวิเคราะห์

โดยทำการแบ่งตัวอย่างในจำนวนเท่าๆกันของช่วงก่อนเป็นสัด เป็นสัด และหลังเป็นสัด จากการตรวจผ่านเครื่อง Micro-NIR ได้ผลรวมช่วงก่อนเป็นสัด เป็นสัด และหลังเป็นสัด เป็น 199, 199 และ 200 สแกน ตามลำดับ(แสดงในตารางที่ 2.2)

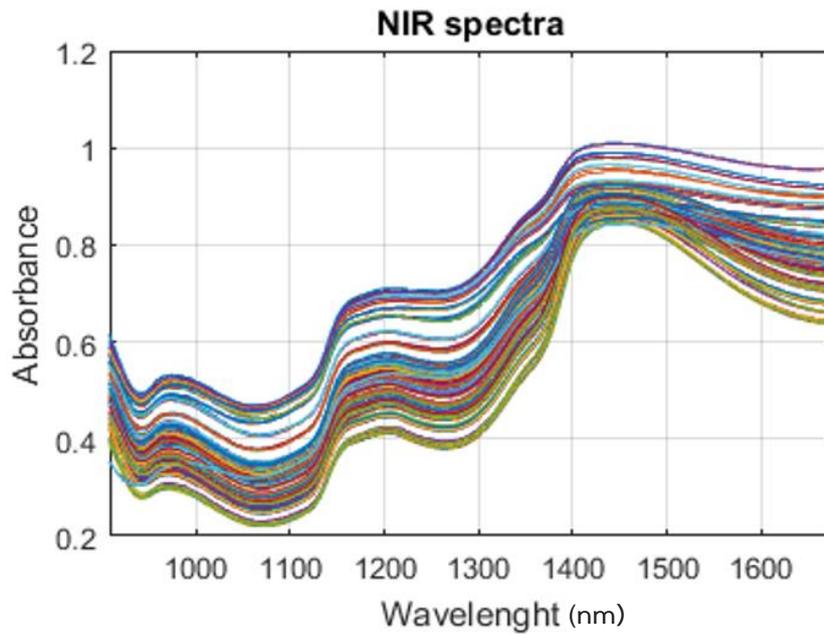
2.6.2 ตรวจสอบความแตกต่างระหว่างตัวอย่างน้ำนมดิบที่เป็นสัดและไม่เป็นสัด

การตรวจสอบความแตกต่างสำหรับค่าสเปกตรัมดำเนินการโดยใช้การวิเคราะห์ค่าองค์ประกอบหลัก (Principle component analysis) เพื่อคำนวณค่าคะแนนองค์ประกอบหลัก(สถาบันวิจัยแสงซินโครตรอน, 2556) ของสเปกตรัมทั้งหมดที่ได้จากการสแกนตัวอย่างน้ำนมดิบในช่วงก่อนเป็นสัด เป็นสัด และหลังเป็นสัด โดยเขียนโค้ดผ่านโปรแกรม Matlab แล้วนำมาพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่าง PC1-PC2 และ PC3 ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่มีค่าความแปรปรวนของข้อมูล ถ้าหากความสัมพันธ์มีการแยกกลุ่มชัดเจน อาจมีความเป็นไปได้ในการ ในการจำแนกตัวอย่างน้ำนมดิบด้วยเนียร์อินฟราเรด

3. ผลและการวิจารณ์ผล

3.1 ค่าสเปกตรัมของกลุ่มตัวอย่าง

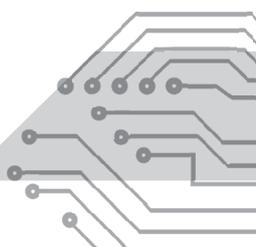
ค่าสเปกตรัมที่ได้จากการตรวจสอบโดยใช้ Micro-NIR อยู่ในช่วงคลื่น 950-1650 ซึ่งมีความแปรปรวนที่สำคัญหลายช่วงคลื่นโดยช่วงพีคของแต่ละช่วงคลื่นที่เด่นชัด บ่งบอกถึงค่าการดูดกลืนของสารเช่น ไขมัน โปรตีน แลคโตส หรืออื่นๆ ที่มีความสามารถในการดูดกลืนสูงในช่วงคลื่นที่ตรวจวัด (Tsenkova et al., 1999)

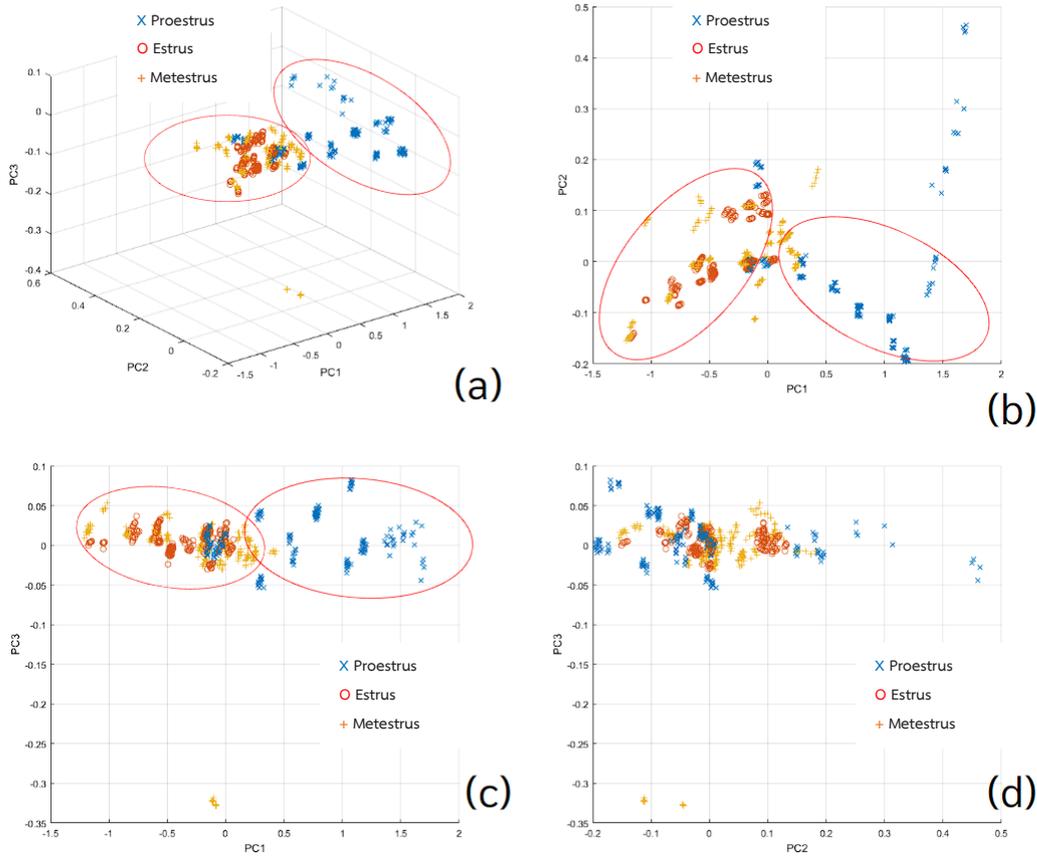


ภาพที่ 3.1 สเปกตรัมของน้ำนมดิบของโคนมทั้งหมด

3.2 การวิเคราะห์สเปกตรัมดั้งเดิมโดยใช้วิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (PCA)

จากการใช้กลุ่มตัวอย่างที่มีความแตกต่างกันของช่วงคลื่นที่มีการดูดกลืนแสงแตกต่างกันอย่างมีนัยยะสำคัญของแต่ละช่วงคลื่น อาจจะทำให้สามารถจำแนกความแตกต่างของกลุ่มตัวอย่างได้โดยการใช้วิธี PCA ซึ่งมีความสามารถในการแบ่งกลุ่มตัวอย่างจำนวนมากโดยอาศัยตัวแปรที่สัมพันธ์ในกลุ่มตัวอย่าง โดยแบ่งตัวอย่างออกเป็นดังนี้ 1) ก่อนเป็นสัด 2) เป็นสัด และ 3) หลังเป็นสัด ซึ่งหลังจากการทำ PCA สามารถแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มตัวอย่างก่อนเป็นสัด กับ กลุ่มตัวอย่างเป็นสัด และหลังเป็นสัด (ดังแสดงในภาพที่ 3.2)

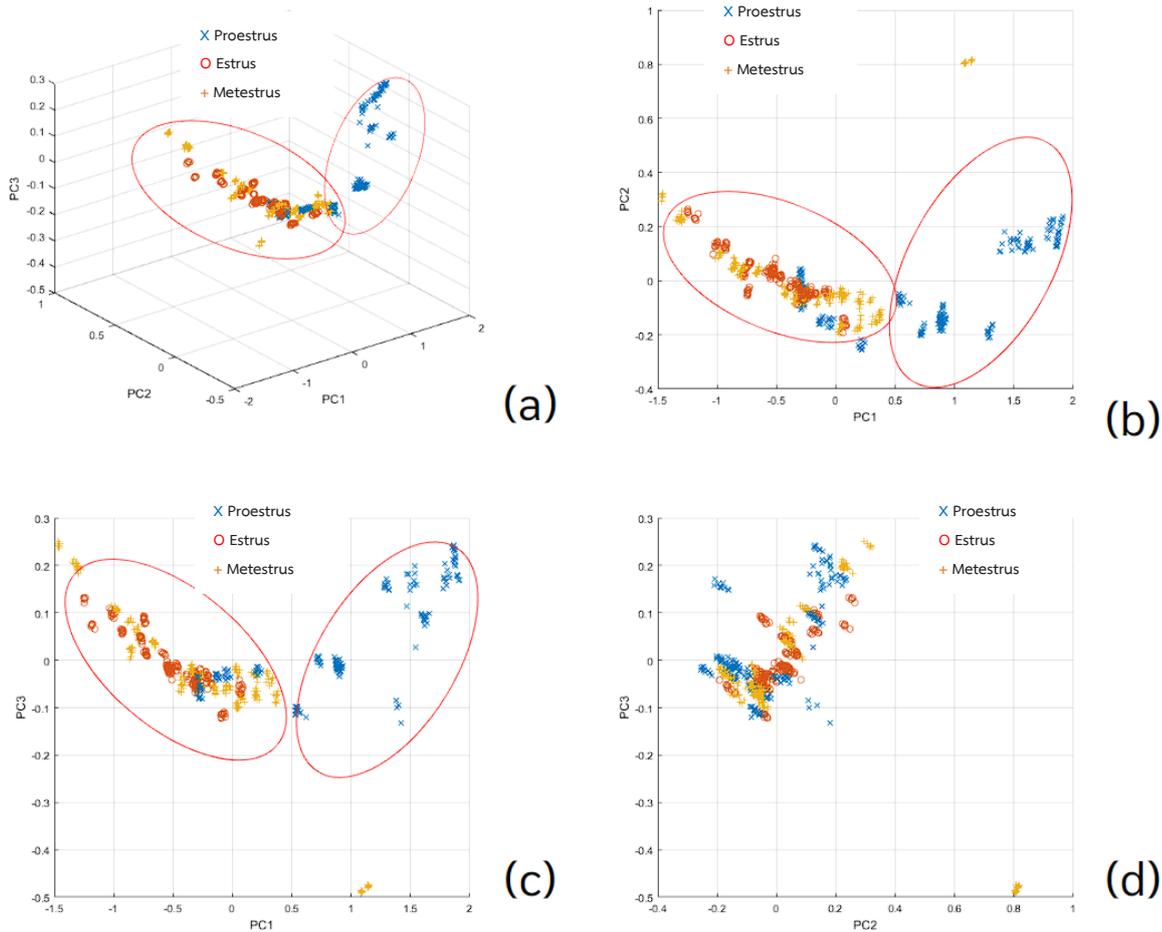




ภาพที่ 3.2 แผนภูมิการกระจายตัวของกลุ่มตัวอย่างสเปกตรัมดั้งเดิม(Raw Spectrum) จากเครื่อง Micro-NIR (a) แผนภูมิการกระจายตัวของตัวอย่าง PC1-PC2-PC3 (b) PC1-PC2 แกน x-y, (c) PC2-PC3 แกน y-z, (d) PC1-PC3 แกน x-z

3.3 สเปกตรัมหลังจากการปรับปรุง (Spectrum pretreated)

เทคนิคการปรับปรุงสเปกตรัมทั้ง 7 วิธี ถูกใช้เพื่อตรวจสอบความเป็นไปได้ในการแยกการติดสัดให้มีความชัดเจนมากยิ่งขึ้น (ดังแสดงในภาพที่ 3.3) แสดงภาพแผนภูมิการกระจายตัวของกลุ่มตัวอย่างจากสเปกตรัมที่ปรับปรุงโดยวิธี Moving Average Smoothing + Standard Normal Variate เป็นวิธีการปรับปรุงสเปกตรัมที่ดีที่สุดเมื่อเทียบกับวิธีอื่น โดยสังเกตได้จากการกระจายตัวของกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่มค่อนข้างชัดเจน การปรับปรุงสเปกตรัมจึงเป็นวิธีที่ช่วยในการแบ่งกลุ่มของตัวอย่างก่อนเป็นสัด และ กลุ่มของตัวอย่างที่เป็นสัดและหลังเป็นสัด อย่างไรก็ตาม การปรับปรุงก็ยังไม่สามารถแก้ไขข้อจำกัดในการจำแนกระหว่างกลุ่มตัวอย่างเป็นสัดและหลังเป็นสัดได้ ดังนั้นการทำ PCA จึงเป็นแนวทางที่จะแสดงให้เห็นว่าการใช้ NIR จะสามารถทำนายเป็นสัดของโคนมได้



ภาพที่ 3.3 แผนภูมิการกระจายตัวของตัวอย่างที่ปรับปรุงสเปกตรัมโดยวิธี Moving Average Smoothing + Standard Normal Variate (a) แผนภูมิการกระจายตัวของตัวอย่าง PC1, PC2 และ PC3 (b) PC1-PC2 แกน x-y, (c) PC2-PC3 แกน y-z, (d) PC1-PC3 แกน x-z ด้วยเครื่อง Micro-NIR

4. สรุป

สรุปผลการศึกษาเทคนิค NIR โดยเครื่อง Micro-NIR Spectrometer มีความเป็นไปได้ในการจำแนกนํ้านมดิบจากโคนมที่เป็นและไม่เป็นสัดโดยใช้วิธี PCA เพื่อจำแนกความแตกต่างของสเปกตรัมในแต่ละช่วงคลื่น ผลลัพธ์คือสามารถแบ่งกลุ่มตัวอย่างจากแผนภาพ PC1-PC2-PC3 ออกเป็น 2 กลุ่ม คือ 1.ก่อนเป็นสัด 2.ช่วงที่ติดสัดและหลังติดสัด

ข้อเสนอแนะ

1) เนื่องจากค่าสเปกตรัมที่นำมาวิเคราะห์เป็นช่วงคลื่นที่นำมาใช้ทั้งหมด จึงอาจจะทำให้ไม่สามารถแยกตัวอย่างในขณะก่อนเป็นสัด เป็นสัด และหลังเป็นสัดได้อย่างชัดเจน หากมีการทำโมเดลแบ่งกลุ่มเลือกเฉพาะบางช่วงคลื่น (Wavelength selection) อาจช่วยเพิ่มโอกาสในการแบ่งกลุ่มได้แม่นยำมากขึ้น

2) การใช้ขวดที่เป็นสีขาวเพื่อเก็บตัวอย่างนํ้านมดิบหลังจากรีดนมอาจจะเพิ่มประสิทธิภาพการรักษาคุณสมบัติขององค์ประกอบภายในนํ้านมดิบ

3) นอกจากนี้ยังมีวิธีในการตรวจวัดอีกหลายวิธีที่มีความซับซ้อนและมีความแม่นยำมากกว่าวิธี PCA อย่างไรก็ตามจากการศึกษาวิธี PCA ก็ยังมีความเป็นไปได้ที่จะใช้จำแนกนํ้านมดิบจากโคนมที่เป็นสัดและไม่มีสัดได้

5. กิตติกรรมประกาศ

รายงานโครงการฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้เนื่องจากด้วยความช่วยเหลือจากบุคคลหลายท่านโดยเฉพาะอย่างยิ่ง อาจารย์ ดร. อาทิตย์ ภูผาผุด อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ และอาจารย์ท่านอื่นที่ร่วมโครงการ ผู้ซึ่งให้คำปรึกษา ความรู้ ประสบการณ์ ตลอดจนให้ความช่วยเหลือด้านต่างๆแก่ผู้ทำโครงการ รวมถึงการตรวจสอบ ให้คำแนะนำและแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ของงานทุกอย่าง รวมทั้งรายงานโครงการฉบับนี้ด้วย ผู้ทำโครงการจึงใคร่ขอกราบขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอขอบคุณคณะเกษตรศาสตร์ หมวดโคนม มหาวิทยาลัยขอนแก่นที่ให้ความอนุเคราะห์โคนมและน้ำนมเพื่อใช้เป็นตัวอย่างในการศึกษา และช่วยสังเกตพฤติกรรมเพื่อที่จะจับการเป็นสัดเป็นระยะเวลา 40 วัน จึงทำให้การทดลองเป็นไปอย่างราบรื่น

ขอขอบคุณสาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรม มหาวิทยาลัยขอนแก่นที่ให้การสนับสนุนสถานที่และเครื่องมืออุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณทุกท่าน ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับความสำเร็จของโครงการนี้ที่ทางทีมงานผู้จัดทำไม่ได้กล่าวถึงหรือตกไป หากปราศจากอนุเคราะห์ของทุกท่าน โครงการนี้คงไม่มีทางสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีอย่างแน่นอน ขอขอบคุณจากใจจริง

6. เอกสารอ้างอิง

- สุดสายใจ กรมาทิตยสุข. (2549). การศึกษาข้อมูลเชิงลึกด้านระบบสืบพันธุ์ของโคนมสาวลูกผสมขาวดำ: การเข้าสู่ระยะเจริญพันธุ์ วงจรการเป็นสัด ลักษณะแสดงออกทางคลินิก การเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างภายในรังไข่ และระดับฮอร์โมนที่เกี่ยวข้อง: รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม.
- สถาบันวิจัยแสงซินโครตรอน. (2556). “การใช้โปรแกรม The Unscrambler X 10.5 ในการทำ Principal component analysis (PCA)”. ค้นเมื่อ 3 ตุลาคม 2566 จาก <https://shorturl.asia/DomVq>
- สำนักงานการค้ากรมเจรจาการค้าระหว่างประเทศ. (2565). สินค้านมและผลิตภัณฑ์นม สืบค้นเมื่อ 13 ธ.ค. 2566 จาก <https://www.dtn.go.th/th/content/category/detail/id/72/cid/983/iid/9513>
- อนุพันธ์ เทอดดวงศ์วรกุล. (2545). การปรับแต่งสเปกตรัมก่อนการวิเคราะห์. ในเอกสารประกอบการอบรมเชิงปฏิบัติการ การควบคุมคุณภาพสินค้าด้วยเทคนิค Near Infrared Spectroscopy เพื่อการแข่งขันในเวทีการค้าโลก, 27-28 พฤศจิกายน 2545
- Käppel, N. D., Pröll, F., & Gauglitz, G. (2007). Development of a TIRF-based biosensor for sensitive detection of progesterone in bovine milk. *Biosensors and Bioelectronics*, 22(9–10), 2295–2300. <https://doi.org/10.1016/j.bios.2006.11.030>
- Parish, J. A. (n.d.). (2016) Publication 2610, “Estrus (Heat) Detection in Cattle.” Information on estrous synchronization appears in Mississippi State University Extension Service
- Tsenkova, R., Atanassova, S., Toyoda, K., Ozaki, Y., Itoh, K., & Fearn, T. (1999). Near-infrared spectroscopy for dairy management: Measurement of unhomogenized milk composition. *Journal of Dairy Science*, 82(11), 2344–2351. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(99\)75484-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(99)75484-6)
- Mayo, L. M., Silvia, W. J., Ray, D. L., Jones, B. W., Stone, A. E., Tsai, I. C., Clark, J. D., Bewley, J. M., & Heersche, G. (2019). Automated estrous detection using multiple commercial precision dairy monitoring technologies in synchronized dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 102(3), 2645–2656. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-14738>
- R.j, H., Sona, S. S., T. R., T., & v Vijayabaskar. (2021, March 25). Detection of Estrus in Bovine Using Machine Learning. Proceedings of 2021 IEEE 7th International Conference on Bio Signals, Images and Instrumentation, ICBSII 2021. <https://doi.org/10.1109/ICBSII51839.2021.9445184>



การพัฒนาหัวคีบติดหุ่นยนต์และระบบตรวจจับผลสตอร์วเบอร์รี่สำหรับหุ่นยนต์เก็บเกี่ยวสตอร์วเบอร์รี่ Development of a Robot Gripper and Strawberry Detection System for Strawberry Harvesting Robot

ธนภัทร ชัยมั่ง¹ ธนวัฒน์ บุญตัน¹ พงศุภสร ประพันธ์พัฒน์¹ จรัสชัย เย็นพยับ² และ จิราพร ศรีภิญโญวณิชย์ จงยั้งเจริญ²
Thanaphat Chaimung¹, Tanawat Boontan¹, Pongsuphasorn Prapanpat¹, Charatchai Yenphayab² and
Jiraporn S. Jongyingcharoen²

หลักสูตรวิศวกรรมเกษตรอัจฉริยะ ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520

Agricultural Intelligence Engineering Program, Department of Agricultural Engineering,
School of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok 10520 Thailand
โทรศัพท์ 02-329-8301#223 e-mail: charatchai.ye@kmitl.ac.th, jiraporn.jo@kmitl.ac.th

บทคัดย่อ

โครงการนี้เป็นกรออกแบบพัฒนากรไกแขนหุ่นยนต์อัตโนมัติสำหรับเก็บผลสตอร์วเบอร์รี่ที่ปลูกในโรงงานพืช
มุ่งเน้นพัฒนากรไกหัวคีบและระบบตรวจจับผลสตอร์วเบอร์รี่ โดยแบ่งงานเป็น 4 ส่วน ได้แก่ 1) การพัฒนาระบบระบุตำแหน่ง
ผลสตอร์วเบอร์รี่โดยใช้อัลกอริทึม YOLOv8 ร่วมกับ Depth Camera 2) การพัฒนาระบบประเมินระดับความสุกแก่ของผล
สตอร์วเบอร์รี่ด้วยการวิเคราะห์สี R,G,B ด้วย OpenCV 3) การเพิ่มความแม่นยำของการระบุตำแหน่งโดยทำงานร่วมกับระบบ
ติดตามผลสตอร์วเบอร์รี่ทำให้สามารถระบุพิกัดของผล (x,y,z) และสามารถระบุความกว้างของผลสตอร์วเบอร์รี่ (d_{max}) และ
4) การพัฒนากรไกหัวคีบที่ถูกรออกแบบให้มีการคีบที่แบบขนาน (parallel gripper) เคลื่อนที่คีบผลสตอร์วเบอร์รี่ด้วยระยะยึด
(z) กำหนดตำแหน่งการคีบที่ระดับความสูง (y) และการออกแบบกรรไกรตัดขั้วผลที่ทำงานหลังจากหัวคีบจับผลสตอร์วเบอร์รี่
แล้ว จากการทดสอบระบบตรวจจับผลสตอร์วเบอร์รี่ พบว่าที่ระยะห่างกล้อง 30 และ 50 เซนติเมตร ความถูกต้องในการ
ตรวจจับผล คือ 88 และ 96.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และความถูกต้องในการประเมินความสุก คือ 88 และ 88.5 เปอร์เซ็นต์
ตามลำดับ ในระบบติดตามผล เปรียบเทียบระหว่างหุ่นยนต์เคลื่อนที่จนกระทั่งผลสตอร์วเบอร์รี่อยู่กึ่งกลางเฟรมภาพกับอยู่ชิด
ขอบซ้ายสุดของเฟรมภาพ การให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่จนชิดขอบซ้ายสุดของเฟรมภาพทำให้เวลาปฏิบัติงานลดลงได้ประมาณ 1
นาที่ จากการทดสอบการคีบและการตัดขั้วพบว่ากรไกหัวคีบสามารถเก็บเกี่ยวผลสตอร์วเบอร์รี่ได้ทุกขนาด โดย d_{max} ของผล
สตอร์วเบอร์รี่ที่ทดลองอยู่ในช่วง 20 ถึง 32 มิลลิเมตร และกรรไกรตัดขั้วสามารถตัดได้
คำสำคัญ: หุ่นยนต์เก็บเกี่ยว, สตอร์วเบอร์รี่, หัวคีบ, ระบบระบุตำแหน่ง, ระบบติดตาม

ABSTRACT

This project is the design and development of an automatic robot arm mechanism for harvesting
strawberries grown in a plant factory, focusing on developing a robot gripper and strawberry fruit
detection system. The work was divided into 4 parts: 1) Developing a system for detecting strawberry
fruits using the YOLOv8 algorithm with Depth Camera, 2) Developing a system for estimating the degree of
ripeness of strawberry fruits by R,G,B color analysis with OpenCV, 3) Increasing the accuracy of tracking by
generating the strawberry tracking system capable to specify the coordinates of the fruit (x,y,z) and to
specify the width of the strawberry fruit (d_{max}), and 4) Developing a robot gripper designed to grab a
strawberry fruit with an extension distance (z) that corresponds to d_{max} of the fruit, determination of the
gripping position at height (y), and design of a scissor that works after the strawberry has been grabbed by
the gripper. It was found from the test of the strawberry fruit detection system that at camera distances
of 30 and 50 centimeters, the accuracy in fruit detection was 88 and 96.5 percent, respectively, and the
accuracy in assessing ripeness was 88 and 88.5 percent, respectively. In the tracking system, comparing
the robot moving until the strawberry is in the center of the frame and at the far-left edge of the frame,

having the latter reduced the operation time by approximately 1 minute. From the gripping and cutting tests, the gripper was able to harvest strawberry fruit of any size. The d_{max} of the strawberry fruits tested was in the range of 20 to 32 millimeters and the cutting scissors were able to cut them.

Keywords: Harvesting robot, Strawberry, Gripper, Detection system, Tracking system

1. บทนำ

การปลูกสตรอว์เบอร์รี่ในโรงงานผลิตพืช (Plant factory) สามารถให้ผลผลิตได้ตลอดทั้งปี เป็นรูปแบบการผลิตที่ยั่งยืน และยังช่วยลดผลกระทบจากปัจจัยต่าง ๆ เช่น สภาพอากาศ โรคพืช ศัตรูพืช เป็นต้น การใช้โรงงานผลิตพืชเพื่อปลูกสตรอว์เบอร์รี่ยังช่วยลดการใช้ทรัพยากรในการเพาะปลูก เช่น พื้นที่ น้ำ และปุ๋ย เมื่อเทียบกับการปลูกธรรมชาติ ทั้งนี้ แนวโน้มในอนาคตจะมีการนำหุ่นยนต์เก็บเกี่ยวผลสตรอว์เบอร์รี่มาใช้ในโรงงานผลิตพืช ซึ่งจะช่วยลดเวลา ลดต้นทุนแรงงาน และลดการสูญเสียที่อาจจะเกิดขึ้นในกระบวนการเก็บเกี่ยวได้ การใช้หุ่นยนต์เก็บเกี่ยวยังเปิดโอกาสในการพัฒนานวัตกรรมใหม่ ๆ ในการทำงานในสวนผลไม้และการทำเกษตรกรรมอื่น ๆ ด้วย

ในการใช้หุ่นยนต์เก็บเกี่ยวผลสตรอว์เบอร์รี่ จำเป็นจะต้องเริ่มต้นด้วยการพัฒนาระบบประกอบของหุ่นยนต์หลายระบบ ส่วนการมองเห็นผล (vision) เพื่อการระบุตำแหน่งของผลแบบเรียลไทม์ โดยจากงานวิจัยก่อนหน้านี้ที่นำเสนอระบบการคัดแยกความสูงของสตรอว์เบอร์รี่ด้วยซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (SVM) แบ่งความสูงของสตรอว์เบอร์รี่เป็นสามระดับ คือ สูงมาก สูง และเริ่มสูง โดยพิจารณาจากค่าองศา สี ถ่ายภาพผลสตรอว์เบอร์รี่ด้วยกล้องกล้องเว็บแคมที่ความละเอียดต่ำขนาด 640×480 พิกเซล และกล้องมีราคาไม่สูงมาก ซึ่งข้อดีคือ มีต้นทุนที่ไม่สูง จึงมีความเหมาะสมที่จะสามารถพัฒนาไปใช้ในการเกษตรได้เป็นอย่างดี แต่ข้อเสียคือ วิธีนี้ยังไม่สามารถใช้งานแบบเรียลไทม์ได้อย่างมีประสิทธิภาพในหุ่นยนต์ที่ต้องการมีการตรวจจับแบบเรียลไทม์ (เทอดศักดิ์ เงินมูล และคณะ, 2561) หุ่นยนต์เก็บเกี่ยวยังต้องมีระบบการติดตามตำแหน่งของผลเมื่อหุ่นยนต์เคลื่อนที่เพื่อช่วยให้การตรวจจับแบบเรียลไทม์ทำได้ดีขึ้น ในการติดตามการจับคู่พื้นที่ การติดตามวัตถุจะดำเนินการโดยจับคู่กรอบของวัตถุที่ทำนายกับวัตถุจริงและอัปเดตตำแหน่งของวัตถุอย่างต่อเนื่อง ดังนั้นการคำนวณจึงลดลงอย่างมากและความเร็วในการดำเนินการระบุกรอบวัตถุจะรวดเร็วขึ้น (Zhao et al., 2015) เมื่อหุ่นยนต์ประมวลผลเรียบร้อยแล้วจะต้องมีส่วนการเก็บผล (harvesting) ซึ่งมีงานวิจัยก่อนหน้านี้แสดงการพัฒนาหัวคิบบนการเก็บเกี่ยวสตรอว์เบอร์รี่ไว้หลายรูปแบบ เช่น แบบกรรไกรตัดข้าว อุปกรณ์ตัดพร้อมอุปกรณ์ดูด อุปกรณ์จับยึดแบบใช้แรงดึงในการเก็บเกี่ยว ปัญหาที่พบในอุปกรณ์ตัดคือในการออกผลกันเป็นกลุ่มของสตรอว์เบอร์รี่ส่งผลให้ยากต่อระบบการมองเห็นและมีโอกาสอย่างมากในการตัดข้าวที่ไม่ได้ต้องการตัดและปัญหาที่พบในอุปกรณ์จับยึดแบบใช้แรงดึงในการเก็บเกี่ยวคือจะทำให้สตรอว์เบอร์รี่เกิดความเสียหายได้ง่ายมาก ดังนั้นการพัฒนากริปเปอร์ที่ช่วยแก้ปัญหาในการเก็บเกี่ยวข้างต้นจึงเป็นเรื่องที่ดี

จากความต้องการในการพัฒนาระบบประกอบของหุ่นยนต์เก็บเกี่ยวผลสตรอว์เบอร์รี่ที่ดียิ่งขึ้น ดังนั้น โครงการนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบระบุตำแหน่ง ระบบติดตามตำแหน่ง และหัวคิบบนการเก็บเกี่ยวสตรอว์เบอร์รี่ ในการระบุตำแหน่งของผล ระบบระบุตำแหน่งต้องสามารถจำแนกผลตามความสูง ระบุจำนวน และระบุพิกัดแกน x, y และ z ของผลได้ ส่วนการติดตามตำแหน่งของผล ระบบติดตามตำแหน่งต้องทำงานร่วมกับการตรวจจับผล โดยทำนายการเคลื่อนที่ของวัตถุ ตรวจสอบความถูกต้องและตั้งชื่อ (Object ID) ให้กับวัตถุ และกำหนดเงื่อนไขการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ใหม่ได้ และในส่วนของหัวคิบบนสตรอว์เบอร์รี่ หัวคิบบนที่พัฒนาขึ้นต้องมีแรงกระทำต่อผลสตรอว์เบอร์รี่ต่ำที่สุดเพื่อป้องกันไม่ให้ผลสตรอว์เบอร์รี่เสียหาย ในขณะที่ยังคงจับผลได้แน่นและตัดก้านผลเพื่อเก็บเกี่ยวได้สำเร็จ โครงการนี้เป็นโครงการสหกิจศึกษาที่ร่วมกับบริษัท สمارท เอไอ โซลูชั่น จำกัด ซึ่งจะต่อยอดผลงานประกอบเป็นหุ่นยนต์เก็บเกี่ยวผลสตรอว์เบอร์รี่ที่มีศักยภาพสูงต่อไป

2. วัสดุและวิธีการ

2.1 ตัวอย่างสตรอว์เบอร์รี่

สตรอว์เบอร์รี่ที่ใช้ในการทดลองแบ่งออกเป็น 5 กลุ่ม ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตารางแสดงตัวอย่างสตรอว์เบอร์รี

ระดับความสุก	คำอธิบาย	รูปภาพตัวอย่าง
Unripe	สตรอว์เบอร์รีที่ไม่สุกมีความสุกน้อยกว่าหรือเท่ากับ 25 เปอร์เซ็นต์	
Turning	สตรอว์เบอร์รีที่อยู่ในช่วงจุดเปลี่ยนมีความสุกน้อยกว่าหรือเท่ากับ 50 เปอร์เซ็นต์ แต่มากกว่า 25 เปอร์เซ็นต์	
Partially ripe	สตรอว์เบอร์รีที่อยู่ในช่วงสุกบางส่วนมีความสุกน้อยกว่าหรือเท่ากับ 75 เปอร์เซ็นต์ แต่มากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์	
Fully ripe	สตรอว์เบอร์รีที่อยู่ในช่วงสุกเต็มที่มีความสุกน้อยกว่าหรือเท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ แต่มากกว่า 75 เปอร์เซ็นต์	
Rotten strawberry	สตรอว์เบอร์รีเสียโดยให้ความสุกเท่ากับ 0 เปอร์เซ็นต์	

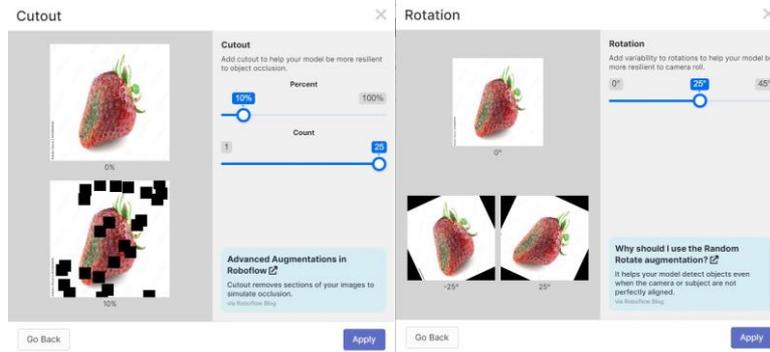
2.2 การพัฒนาระบบการตรวจจับผลสตรอว์เบอร์รี

2.2.1 การสร้างโมเดลและระบบการตรวจจับ

กระบวนการสร้างโมเดลและระบบตรวจจับทำขึ้นเพื่อช่วยให้ระบบการระบุตำแหน่งในหุ่นยนต์เก็บเกี่ยวผลสตรอว์เบอร์รีมีความสามารถในการรู้จำและตรวจจับผลสตรอว์เบอร์รีได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยใช้ความสามารถของ YOLOv8 ที่ถูกออกแบบมาเพื่อตอบสนองต่อความต้องการของระบบการตรวจจับ โดยความหลากหลายของชุดข้อมูลจะคำนึงถึงความหลากหลายของสตรอว์เบอร์รีในแต่ละภาพรวมถึงสภาพแวดล้อมที่หลากหลาย ซึ่งจะเน้นชุดข้อมูลที่ได้จากการปลูกสตรอว์เบอร์รีในโรงงานผลิตพืช (plant factory) หรือปลูกในรูปแบบโรงปลูกเป็นหลัก ทำการเสริมความแม่นยำของโมเดลในการตรวจจับสตรอว์เบอร์รี ด้วยวิธีระบุถึงพิกัดของกล่องขอบเขต (bounding box) ของสตรอว์เบอร์รีในแต่ละภาพใน Roboflow โดยจะมีทั้งหมด 2 Class คือ Stb และ Rotten_Stb

กระบวนการสร้างชุดข้อมูลสามารถแบ่งเป็นขั้นตอน ได้แก่ การแบ่งชุดข้อมูล (data splitting) ทำการแบ่งชุดข้อมูลเป็นสองส่วน โดยกำหนดให้ 80 เปอร์เซ็นต์ เป็นชุดข้อมูลสำหรับการฝึก (training) และ 20 เปอร์เซ็นต์ เป็นชุดข้อมูลสำหรับการทดสอบ (testing) การเสริมข้อมูล (data augmentation, รูปที่ 1) การเพิ่มความยืดหยุ่นให้กับชุดข้อมูลด้วยการใช้เทคนิค Augmentation โดยในโครงการนี้จะใช้การหมุน (rotation), ครอบตัด (crop), คัดเอาท์ (cutout) และอื่น ๆ และการสร้างชุดข้อมูล (dataset generation) สร้างชุดข้อมูลที่ใช้ในการฝึก และทดสอบโมเดล YOLOv8 จำนวนรูปภาพทั้งหมดหลังจากขั้นตอนนี้คือ 15,863 ภาพ

ในการฝึกโมเดลจะเลือกใช้ A100 GPU ที่มีประสิทธิภาพสูง ซึ่งเหมาะสมกับชุดข้อมูลที่มีขนาดใหญ่ (15,863 ภาพ) โดยหลังจากฝึกโมเดล วิเคราะห์ Confusion Matrix เพื่อแสดงความสามารถของโมเดล แล้วจึงสร้างระบบการตรวจจับโดยตรวจจับผลสตรอว์เบอร์รีตาม Class ของโมเดลแล้วทำนายผล โดยให้ผลลัพธ์เป็นกรอบที่บ่งบอกตำแหน่ง และความเชื่อมั่น (Confidence) ของแต่ละ Class



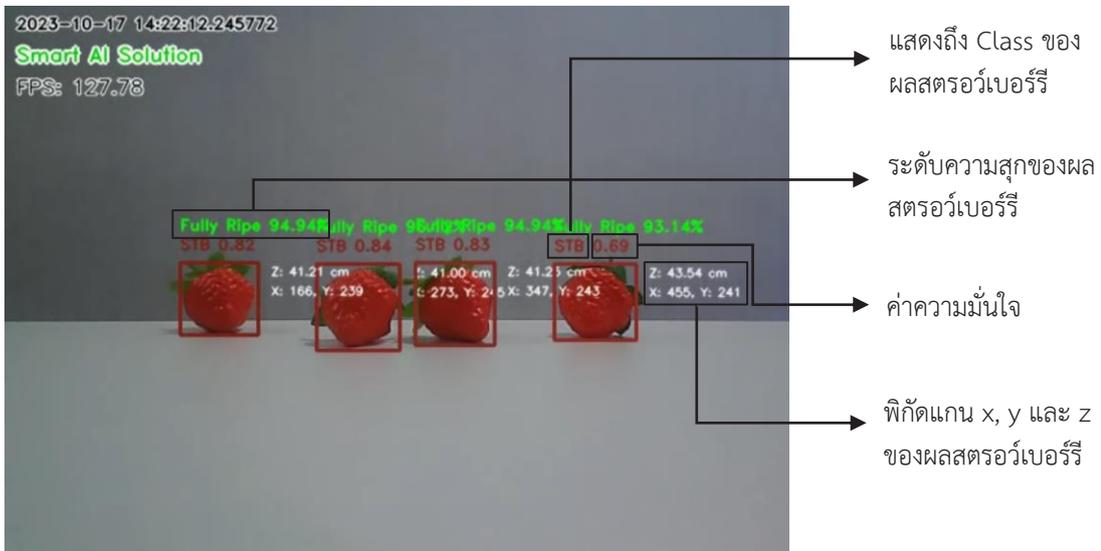
รูปที่ 1 ตัวอย่าง Augmentation

2.2.2 การสร้างระบบการประเมินระดับความสุก

กระบวนการสร้างระบบการประเมินระดับความสุกทำขึ้นเพื่อประเมินระดับความสุกของผลสตรอว์เบอร์รี่ตามช่วงระยะความสุก โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ค่าสี (R, G, B) แล้วจะนำค่าสีของกล่องขอบเขต (bounding Box) เฉลี่ยมาเปรียบเทียบกับช่วงความสุกที่กำหนดไว้เพื่อบอกว่า Bounding Box ของผลสตรอว์เบอร์รี่ผลนั้นอยู่ในช่วงความสุกใด แล้วจึงระบุระดับความสุกเป็นเปอร์เซ็นต์ เนื่องจากผลสตรอว์เบอร์รี่แต่ละสายพันธุ์นั้นมีการเก็บเกี่ยวผลผลิตในช่วงความสุกที่แตกต่างกัน การแสดงค่าความสุกเป็นเปอร์เซ็นต์จะช่วยให้หุ่นยนต์สามารถกำหนดช่วงระยะการเก็บเกี่ยวตามความต้องการของเกษตรกรได้

2.2.3 การสร้างระบบการบอกระยะห่าง

กระบวนการสร้างระบบการบอกระยะห่างทำขึ้นเพื่อช่วยในการควบคุมการทำงานของหัวคีบ (gripper) และแขนกลเพื่อเคลื่อนที่ไปเก็บเกี่ยวผลผลิต โดยใช้กล้องความลึก (depth camera) Astra Pro plus Camera เพื่อวัดระยะห่างจากผลสตรอว์เบอร์รี่ไปยังกล้อง (รูปที่ 2) โดยจะมีพิกัดแกนทั้งหมด 3 แกนคือ x, y และ z จากระยะห่างของผลสตรอว์เบอร์รี่กับกล้องคือ ความลึก (z) และพิกัดกล่องขอบเขตของผลสตรอว์เบอร์รี่คือ x และ y ในงานวิจัยมีการเพิ่มการกำหนดค่าคงที่สำหรับการกรองแบบเรียบ และการกรองแบบชั่วคราวเพื่อลดการรบกวนของกล้องให้ความผิดพลาดน้อยที่สุดไว้ดังนี้ $SMOOTHING_FACTOR = 0.9$ (เพื่อให้ได้ความเรียบที่ต้องการ) และ $TEMPORAL_FACTOR = 0.8$ (เพื่อความแรงของการกรองชั่วคราวที่ต้องการ)

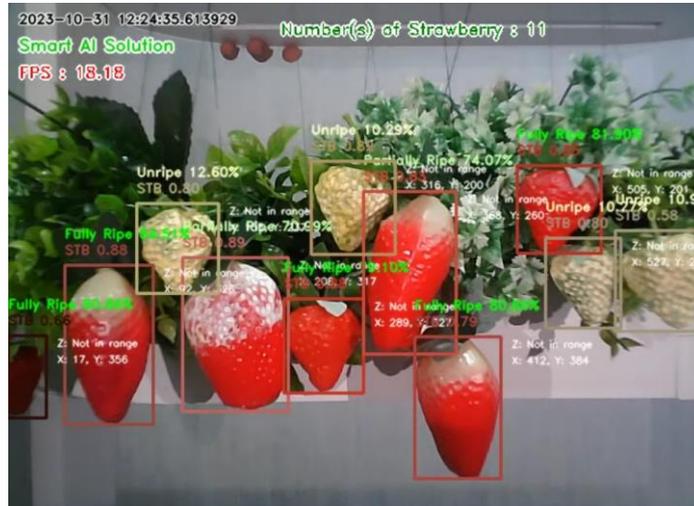


รูปที่ 2 การบอกระยะห่างระหว่างผลสตรอว์เบอร์รี่กับกล้อง

2.2.4 การทดสอบการทำงานของระบบการตรวจจับผลสตรอว์เบอร์รี่กับชุดข้อมูลสตรอว์เบอร์รี่

การทดสอบการทำงานกับชุดข้อมูลสตรอว์เบอร์รี่ที่เหมาะสม ในการทดลองตรวจจับ ประเมินระดับความสุก และบอกพิกัดระยะห่างของผลสตรอว์เบอร์รี่กับกล้อง Depth Camera ในสภาพแวดล้อมที่กำหนดไว้จะแบ่งการทดลองที่ระยะห่าง 30 เซนติเมตร และ 50 เซนติเมตร ระหว่างกล้องกับฉากสำหรับปลูกสตรอว์เบอร์รี่ (รูปที่ 3) ทำการทดลองทั้งหมด

10 ครั้งแล้วหาค่าเฉลี่ย โดยในการทดลองจะใช้กลุ่มตัวอย่าง ผลสตอร์วเบอร์รี่หลากหลายระดับความสุกจำนวน 20 ผล คือ ผลสตอร์วเบอร์รี่สุกจำนวน 10 ผล ผลสตอร์วเบอร์รี่ไม่สุกจำนวน 7 ผล และผลสตอร์วเบอร์รี่ที่สุกบางส่วน 3 ผล เงื่อนไขการเดินรถเช่นเดียวกับระบบติดตามวัตถุ (object tracking) เนื่องจากในการทำงานจริงจะมีการทำงานร่วมกัน โดยมีสมมุติฐาน คือสามารถตรวจจับผลสตอร์วเบอร์รี่ ประเมินระดับความสุก และบอกพิกัดระยะห่างของผลสตอร์วเบอร์รี่ได้ด้วยร้อยละความถูกต้องที่สูง

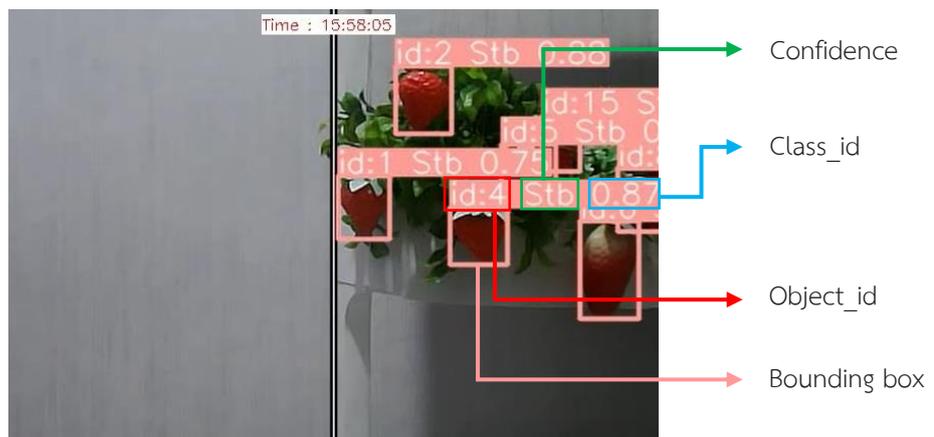


รูปที่ 3 ตัวอย่างการทดลองที่ระยะห่าง 30 เซนติเมตร

2.3 การพัฒนาระบบการติดตามผลสตอร์วเบอร์รี่

2.3.1 ระบบติดตามผลสตอร์วเบอร์รี่

ทำการเขียนโปรแกรมเพื่อนำเอาโมเดลตรวจจับผลสตอร์วเบอร์รี่ที่ถูกฝึกมาด้วย YOLOv8 และใช้ตัวติดตามของ Ultralytics ในการติดตามผลสตอร์วเบอร์รี่ โดยการนำเข้าไลบรารีและแพ็คเกจที่จำเป็น เช่น Ultralytics, Opencv, Pytorch, datetime, os นำเข้าแบบจำลองตรวจจับผลสตอร์วเบอร์รี่ และเรียกใช้ GPU ด้วย Pytorch สามารถอ่านภาพจากกล้อง จากนั้นเรียกใช้ตัวติดตามของ Ultralytics อ่านค่าต่างๆ จากเฟรมภาพตั้งรูปที่ 4 เช่น ค่ากล่องขอบเขต (Bounding box), ชื่อของวัตถุ, ค่าความเชื่อมั่น (confidence), ชนิดของวัตถุ (class_id) ในที่นี้กำหนดให้เป็น “stb” เก็บไว้ในตัวแปร “results” ค่ากล่องขอบเขตที่ได้จากการติดตามมีความแม่นยำมากขึ้น



รูปที่ 4 การติดตามผลสตอร์วเบอร์รี่

2.3.2 การกำหนดเงื่อนไขการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์

การติดตามไม่เพียงแต่ตั้งชื่อให้วัตถุ หรือช่วยให้ค่ากล่องขอบเขตที่ตรวจพบแม่นยำขึ้น ยังสามารถใช้ในการกำหนดเงื่อนไขการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ เงื่อนไขการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ กำหนดให้สถานะการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ คือตัวแปรที่ชื่อ “m_status” (m_status = 1 คือ หุ่นยนต์เคลื่อนที่, m_status = 0 คือ หุ่นยนต์หยุดเคลื่อนที่) เริ่มต้นกำหนดให้ m_status = 1 จนกระทั่งพบผลสตรอว์เบอร์รี่ผลใดผลหนึ่งอยู่ชิดขอบด้านซ้ายของเฟรมภาพ จึงให้ m_status = 0 ดังรูป 5 (ก) และ m_status = 1 ก็ต่อเมื่อ จำนวนผลสตรอว์เบอร์รี่น้อยกว่าหรือเท่ากับ 1 ดังรูป 5 (ข)



(ก) (ข)

รูปที่ 5 ภาพแสดงสถานะการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์

2.3.3 การทดสอบการทำงาน

ทดสอบประสิทธิภาพเพื่อเปรียบเทียบเวลาการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์แบบทั่วไปกับการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์แบบใหม่ จาก “Design and Test of Tomatoes Harvesting Robot” (Feng et al., 2015) พบว่าเวลาเฉลี่ยในการเก็บเกี่ยวมะเขือเทศ 1 ผล คือ 24 วินาที จึงกำหนดให้เวลาในการเก็บสตรอว์เบอร์รี่ 1 ผล คือ 24 วินาที เพื่อเปรียบเทียบเวลาปฏิบัติงานในการเก็บเกี่ยวและเคลื่อนที่ติดตามผลแบบเงื่อนไขที่ 1 กับการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์แบบเงื่อนไขที่ 2 และทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของระบบติดตามผลสตรอว์เบอร์รี่แบบ Real-time จำลองสภาพแวดล้อมคล้ายรางปลูกสตรอว์เบอร์รี่ในโรงงานผลิตพืช ที่มีผลสตรอว์เบอร์รี่สีแดงสุกเต็มที่จำนวน 5, 10 และ 20 ผล ความเร็วเคลื่อนที่ของรางปลูกคือ 10 เซนติเมตร/วินาที โดยการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์แบบเงื่อนไขที่ 1 คือ หุ่นยนต์เคลื่อนที่ จนกระทั่งผลสตรอว์เบอร์รี่ใดๆ อยู่กึ่งกลางเฟรมภาพ ให้หุ่นยนต์หยุดเคลื่อนที่ จั้บเวลา 24 วินาที จากนั้นให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ต่อ ทำซ้ำจนครบทุกผล ดังรูป 6 (ก) และการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์แบบเงื่อนไขที่ 2 คือ หุ่นยนต์เคลื่อนที่ จนกระทั่งพบสตรอว์เบอร์รี่ผลใดๆ อยู่ชิดขอบซ้ายสุดของเฟรมภาพ ให้หุ่นยนต์หยุดเคลื่อนที่ นับจำนวนผลสตรอว์เบอร์รี่ (n) ทั้งหมดในเฟรมภาพ จั้บเวลา $24(n - 1)$ วินาที จึงให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ต่อทำวนซ้ำจนครบทุกผล ดังรูป 6 (ข)



(ก) (ข)

รูปที่ 6 ภาพแสดงเงื่อนไขการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์แต่ละแบบ

2.4 การพัฒนาหัวคิปลำหรับการเก็บเกี่ยวสตรอว์เบอร์รี

การออกแบบหัวคิปลที่มี 2 กลไก คือ กลไกคืบ และกลไกตัด เพื่อใช้ประกอบกับหุ่นยนต์เก็บเกี่ยวสตรอว์เบอร์รีใน plant factory โครงการนี้ทำการทดลองการคืบเพื่อหารูปแบบการคืบที่เหมาะสมและปลอดภัยต่อผลสตรอว์เบอร์รี และเพื่อหาปัจจัยในการควบคุมการคืบโดยใช้ตัวต้านทานตรวจจับแรงใช้ประกอบการควบคุม นอกจากนี้ ทำการทดลองการตัดก้านสตรอว์เบอร์รี รวมถึงการแยกลูกติดกันในขณะที่คืบด้วย

2.4.1 การออกแบบกลไกคืบและตัดผลสตรอว์เบอร์รี

ในส่วนของการออกแบบหัวคืบ ออกแบบเป็นหัวคืบแบบขนาน (parallel gripper) ที่มีการเคลื่อนที่ 2 แกน คือ แกน x และแกน z (รูปที่ 7) ซึ่งแกน x และ z ในการเคลื่อนที่ของหัวคืบสอดคล้องกับพิกัดของระบบระบุตำแหน่ง เพื่อให้การคืบผลสตรอว์เบอร์รีของหัวคืบใช้พื้นที่ในการเข้าไปหาผลสตรอว์เบอร์รีน้อยที่สุด เนื่องจากไม่ต้องการให้หัวคืบ คืบโดนผลอื่นที่ไม่ใช่ผลเป้าหมาย โดยกำหนดระยะยาวสุดไว้ที่ 60 มิลลิเมตร ($a = 30$ มิลลิเมตร) โดยมีสมการระยะตามแนวแกนในการเคลื่อนที่ตามมุม θ ดังนี้

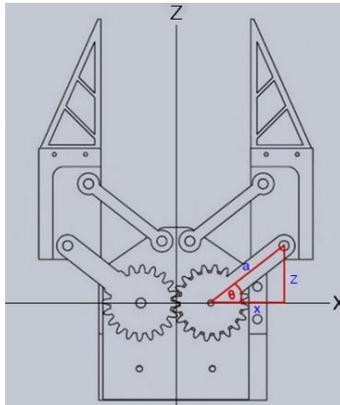
$$x = a \cos \theta \quad (1)$$

$$z = a \sin \theta \quad (2)$$

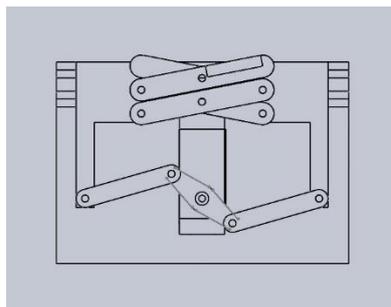
โดยลักษณะเริ่มต้นในการคืบผลสตรอว์เบอร์รีของกลไกคืบ คือเมื่อ θ มีค่าเท่ากับ 0 องศา

มีการใช้ตัวต้านทานตรวจจับแรง รุ่น Force Sensor FSR402 Force Sensitive Resistor รับแรงกดได้ในช่วง 0 – 10 กิโลกรัม นำมาติดกับนิ้วหัวคืบเพื่อใช้วัดแรงบีบขณะคืบ โดยใช้ค่าแรงดันอ้างอิงในการเปรียบเทียบขนาดแรงบีบจากการวัดแรงดันขาออกเมื่อมีน้ำหนักของวัตถุมากกระทำกับตัวต้านทานตรวจจับแรง เพื่อหาช่วงการเปรียบเทียบแรงดันขาออก (V_{out}) กับแรงที่กระทำต่อตัวต้านทานตรวจจับแรงและนำมาใช้เป็นปัจจัยควบคุมการคืบ (อ้า-หุบ) ของหัวคืบ

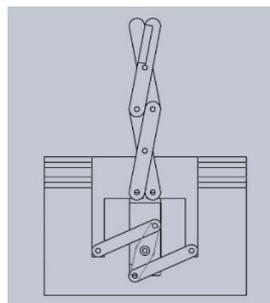
กลไกตัด (รูปที่ 8) ออกแบบเป็นรูปแบบของกรรไกรที่สามารถยืด-หดได้ให้สอดคล้องกับกลไกคืบ มีการเลื่อนไปข้างหน้าเมื่อต้องตัดดังรูปที่ 9 ซึ่งจะไม่ทำความเสียหายกับต้นสตรอว์เบอร์รีโดยไม่พึงประสงค์ ติดตั้งกลไกตัดไว้ด้านบนกลไกคืบเพื่อให้สอดคล้องกับสรีระวิทยาของสตรอว์เบอร์รีที่ก้านจะอยู่เหนือผลในขณะที่ผลสตรอว์เบอร์รียังอยู่บนต้นสตรอว์เบอร์รี รูปที่ 10 แสดงภาพสามมิติของกลไกคืบและกลไกตัดเมื่อประกอบกัน



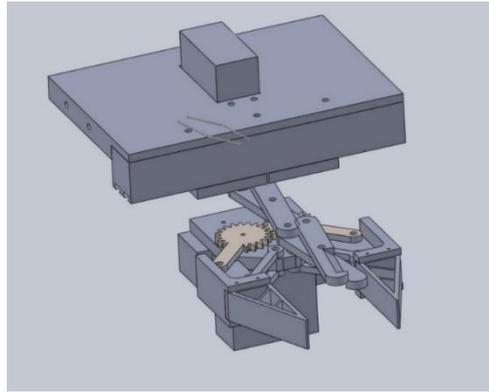
รูปที่ 7 องค์ประกอบการเคลื่อนที่ตามแนวแกนของกลไกคืบ



รูปที่ 8 กลไกตัดขณะยังไม่ยืด



รูปที่ 9 กลไกตัดขณะยืดตัดก้านสตรอว์เบอร์รี



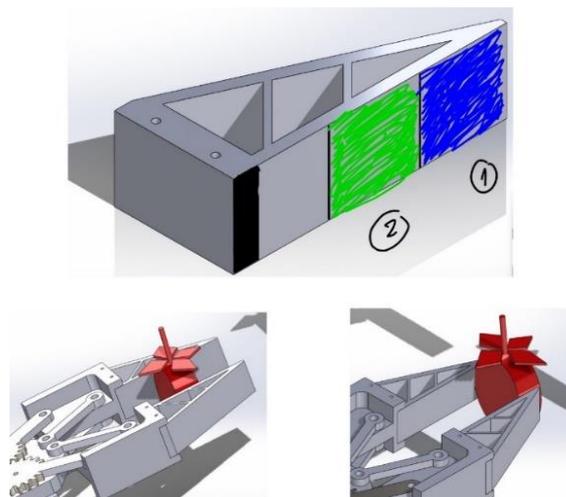
รูปที่ 10 แบบสามมิติการรวมกันของกลไกคีบและกลไกตัด

2.4.2 การทดสอบการคีบของหัวคีบ

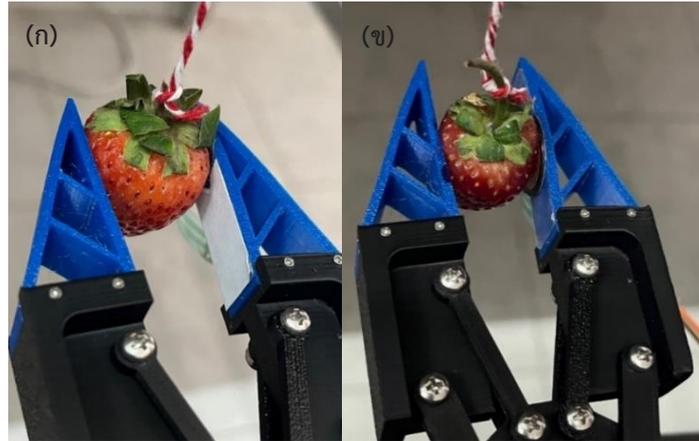
ทดลองโดยใช้ผลสตรอว์เบอร์รี่ตัวอย่าง 3 ขนาดคือ ขนาดเล็ก ขนาดมาตรฐาน ขนาดใหญ่ โดยมีเส้นผ่านศูนย์กลางสูงสุด (d_{max}) เท่ากับ 23.5, 30, 32 มิลลิเมตร ตามลำดับ ในส่วนของตำแหน่งการคีบที่หัวคีบกำหนดไว้ 2 ตำแหน่ง ดังรูปที่ 11 คือ 1. ตำแหน่งปลายหัวคีบ และ 2. ตำแหน่งกลางหัวคีบ

การหาตำแหน่งเริ่มต้นของหัวคีบในการคีบผลเป้าหมาย ในส่วนของการคีบที่ตำแหน่งปลายหัวคีบ ปลายหัวคีบต้องเคลื่อนที่ไปด้านหน้าเข้าไปในระยะผลเท่ากับขนาด d_{max} เพื่อให้ผลสตรอว์เบอร์รี่อยู่บริเวณปลายหัวคีบพอดีหรือมีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด และในการคีบที่ตำแหน่งกลางหัวคีบปลายหัวคีบต้องเคลื่อนที่ไปด้านหน้าเข้าไปในระยะผลเท่ากับขนาด d_{max} บวกกับระยะห่างของตำแหน่งปลายหัวคีบและกลางหัวคีบ คือ 15 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 12 ซึ่งการคำนวณหาตำแหน่งเริ่มต้นของหัวคีบในการคีบผลเป้าหมายของตำแหน่งการคีบที่ปลายหัวคีบคิดจากสมการการเคลื่อนที่ตามแนวแกน Y ของกลไกคีบแล้วบวกจนได้ระยะการเคลื่อนที่ของหัวคีบเข้าไปในระยะผลสตรอว์เบอร์รี่เท่ากับขนาด d_{max} และในตำแหน่งกลางหัวคีบให้บวกระยะเข้าไปในระยะผลอีก 15 มิลลิเมตร การหามุมเริ่มต้นของกลไกคีบ คือ การหามุมน้อยที่สุดในการคีบผลสตรอว์เบอร์รี่ให้อยู่กับหัวคีบโดยไม่เคลื่อนไหวยากหัวคีบมีการเคลื่อนที่หรือมีแรงมากกระทำกับหัวคีบ

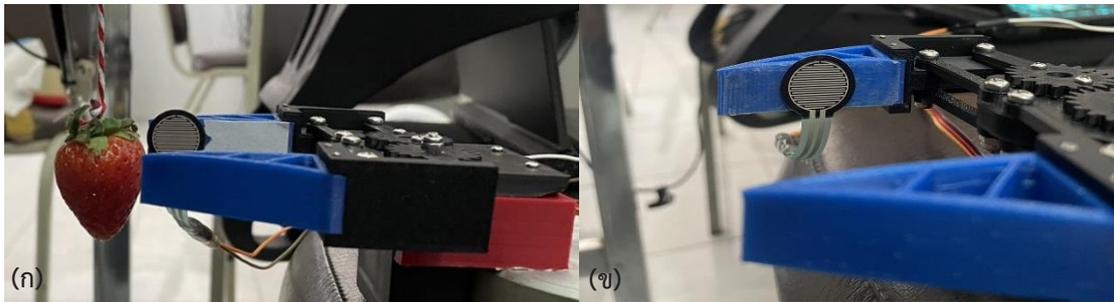
การเก็บค่าแรงคีบผลสตรอว์เบอร์รี่ของการทดลองการคีบขั้นตอนแรกให้ตั้งหัวคีบอยู่ที่ระยะเริ่มต้นจากที่คำนวณมาแล้วบังคับให้กลไกคีบทำมุมน้อยที่สุดที่หาไว้ข้างต้น จากนั้นเก็บค่าแรงดันขาออกที่ตกร้อมตัวด้านทานคงที่ในวงจรแบ่งแรงดันของตัวด้านทานตรวจจับแรง (รูปที่ 13) ขณะมีแรงกดผลสตรอว์เบอร์รี่กระทำแต่ละขนาดทำซ้ำ 3 ซ้ำแล้วเก็บค่าแรงดันขาออกเพื่อไว้ใช้เปรียบเทียบแรงกดจากน้ำหนักวัตถุตัวอย่างที่ทำกรปรับเทียบไว้



รูปที่ 11 การกำหนดตำแหน่งการคีบที่ (1) ปลายหัวคีบ และ (2) กลางหัวคีบ



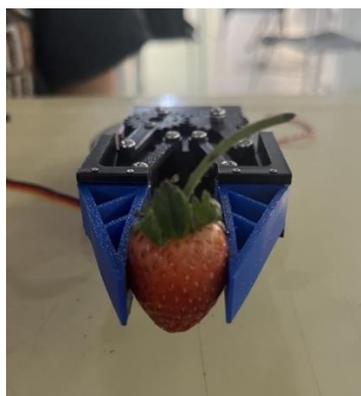
รูปที่ 12 การคีบผลสตรอว์เบอร์รี่ที่ตำแหน่ง (ก) ปลายหัวคีบและ (ข) กลางหัวคีบ



รูปที่ 13 การติดตั้งตัวด้านทานตรวจจับแรงที่ตำแหน่ง (ก) ปลายหัวคีบและ (ข) กลางหัวคีบ

2.4.4 การทดสอบการตัดขั้วสตรอว์เบอร์รี่และการทดลองการแยกลูกติดกัน

การทดลองการตัดขั้วสตรอว์เบอร์รี่ทดลองกับสตรอว์เบอร์รี่ตัวอย่าง 3 ผล เป็นผลขนาดเล็กทั้ง 3 ผล โดยการใช้กลไกคีบทำมุมน้อยที่สุดที่หาไว้จับลูกเพื่อให้มั่นใจว่าสามารถทนแรงตัดได้โดยที่ผลสตรอว์เบอร์รี่ไม่เคลื่อนที่ขณะตัด (รูปที่ 14) และหาระยะการติดตั้งกลไกตัดเข้ากับกลไกคีบโดยให้ปลายกรรไกรพอดีกับปลายหัวคีบขณะคีบผลสตรอว์เบอร์รี่ขนาดเล็กและหาระยะการตัดกันว่าควรห่างจากขั้วเป็นระยะเท่าใดกรรไกรถึงจะไม่ทำลายขั้วสตรอว์เบอร์รี่ (รูปที่ 15)



รูปที่ 14 การคีบผลด้วยกลไกคีบ

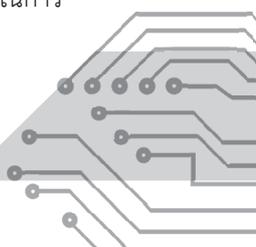


รูปที่ 15 การหาการวางแนวกลไกตัดที่เหมาะสม

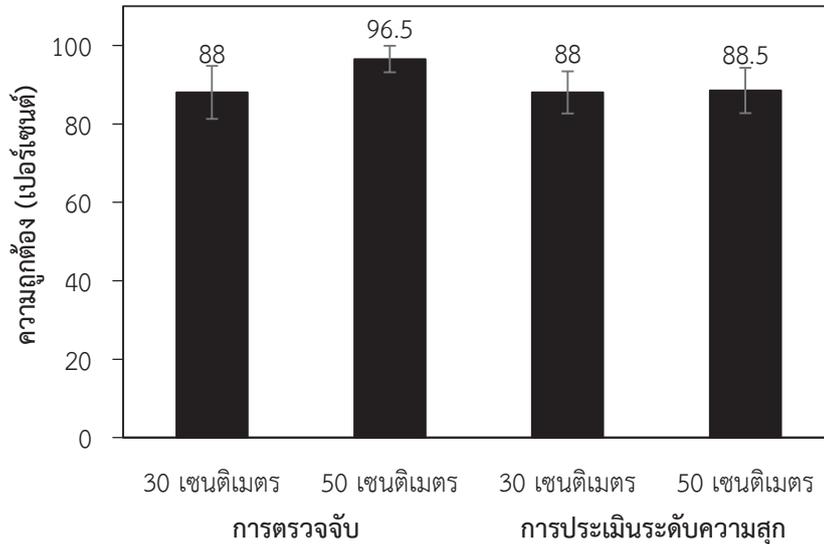
3. ผลและการวิจารณ์ผล

3.1 ระบบการตรวจจับผลสตรอว์เบอร์รี่

จากการทดสอบการทำงานกับชุดข้อมูลสตรอว์เบอร์รี่ที่เหมาะสมในการทดลองตรวจจับ ประเมินระดับความสุก และบอกพิกัดระยะห่างของผลสตรอว์เบอร์รี่ด้วยกล้อง Depth Camera ในสภาพแวดล้อมที่กำหนดไว้ ผลความถูกต้องในการ



ตรวจจับและประเมินระดับความสุกของผลสตรอว์เบอร์รีแสดงดังรูปที่ 16 ซึ่งมีผลอยู่ในช่วง 88 ถึงเกือบ 97 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้ที่ระยะห่างระหว่างกล่องกับฉาก 50 เซนติเมตร ให้ผลการตรวจจับมีความถูกต้องเฉลี่ยมากกว่าที่ระยะห่างระหว่างกล่องกับฉาก 30 เซนติเมตร และในการบอกระยะห่างสามารถบอกระยะห่างของผลสตรอว์เบอร์รีกับกล่องได้จากการกำหนดสภาพแวดล้อม และกล่องวัดความลึกให้เหมาะสม



รูปที่ 16 ความถูกต้องของการตรวจจับผลสตรอว์เบอร์รีและการประเมินระดับความสุกของผลสตรอว์เบอร์รี

3.2 ระบบการติดตามผลสตรอว์เบอร์รี

รูปที่ 17 และ 18 แสดงลักษณะการเคลื่อนที่ติดตามผลสตรอว์เบอร์รีตามเงื่อนไขการทดลอง 2 แบบ คือ เงื่อนไขที่ 1 การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์แบบทั่วไป หุ่นยนต์เคลื่อนที่จนกระทั่งผลสตรอว์เบอร์รีใดๆ อยู่ ณ กึ่งกลางเฟรมภาพ ให้หุ่นยนต์หยุดเคลื่อนที่ จับเวลา 24 วินาที จากนั้นให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ต่อทำซ้ำจนครบทุกผล และเงื่อนไขที่ 2 คือ การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์แบบใหม่ หุ่นยนต์เคลื่อนที่จนกระทั่งพบสตรอว์เบอร์รีใดๆ อยู่ชิดขอบซ้ายสุดของเฟรมภาพ ให้หุ่นยนต์หยุดเคลื่อนที่ นับจำนวนผลสตรอว์เบอร์รี (n) ทั้งหมดในเฟรมภาพ จับเวลา 24(n - 1) วินาที จึงให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ต่อ ทำวนซ้ำจนครบทุกผล ซึ่งจะเห็นว่าเงื่อนไขที่ 2 ทำให้สามารถติดตามผลสตรอว์เบอร์รีในเฟรมภาพได้มากกว่า เมื่อจับเวลาปฏิบัติงานโดยที่จำนวนผลและเงื่อนไขการทดลองแตกต่างกัน ผลแสดงดังรูปที่ 19 ก็ได้ว่าเงื่อนไขที่ 2 ทำให้ใช้เวลาในการปฏิบัติงานน้อยกว่าสำหรับจำนวนผลสตรอว์เบอร์รีในรางปลูกตั้งแต่ 5 ถึง 20 ผล

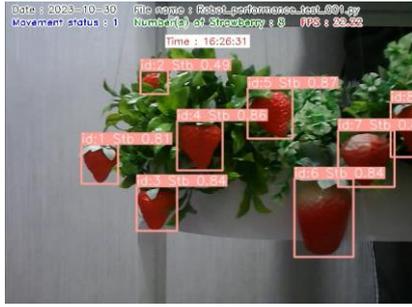


m_status = 1

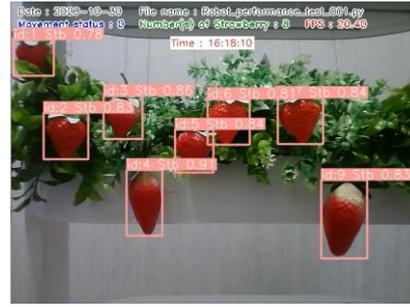


m_status = 0

รูปที่ 17 ลักษณะการเคลื่อนที่ติดตามผลแบบเงื่อนไขที่ 1 การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์แบบทั่วไป

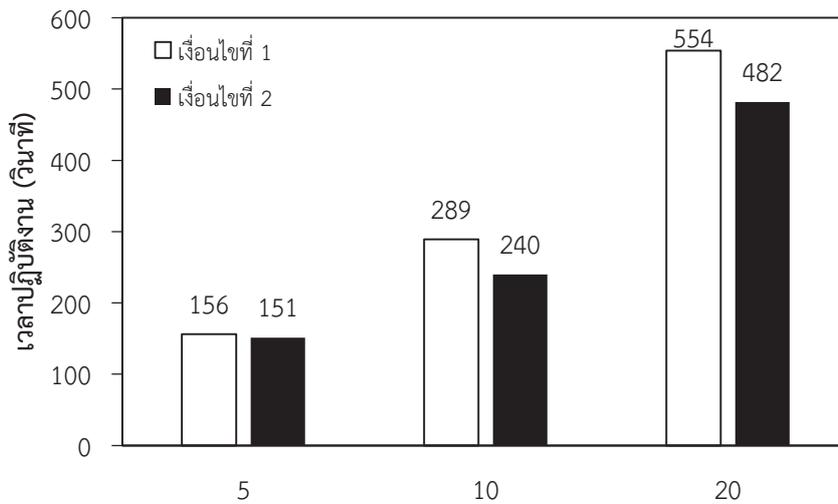


m_status = 1



m_status = 0

รูปที่ 18 ลักษณะการเคลื่อนที่ติดตามผลแบบเงื่อนไขที่ 2 การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์แบบใหม่



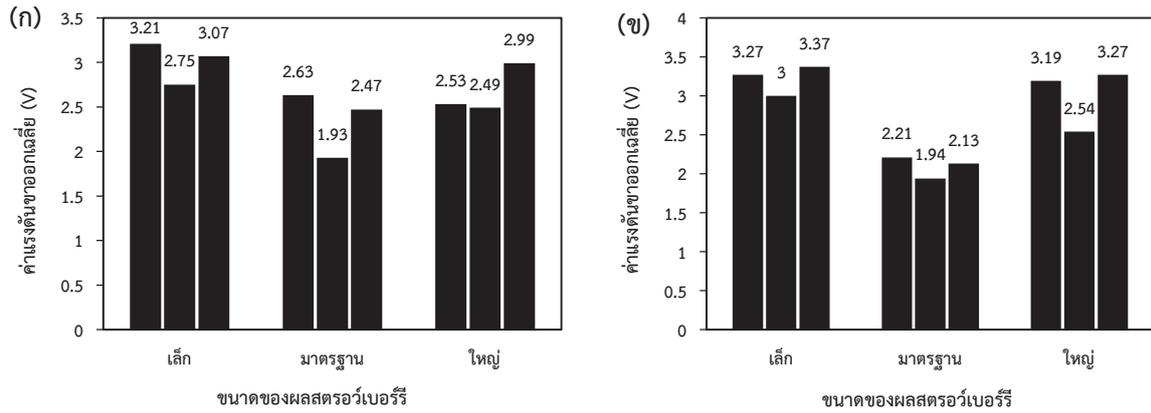
จำนวนผลสตอร์วเบอร์รี่ในรางปลูก (ผล)

รูปที่ 19 เวลาปฏิบัติงานในการเก็บเกี่ยวและเคลื่อนที่ติดตามผลเมื่อจำนวนผลและเงื่อนไขการทดลองแตกต่างกัน

3.3 หัวคีบผลสตอร์วเบอร์รี่

ผลการทดลองการทดลองคีบผลสตอร์วเบอร์รี่ 3 ขนาดคือ 1. ขนาดเล็ก เส้นผ่านศูนย์กลางสูงสุดเท่ากับ 23.5 มิลลิเมตร 2. ขนาดมาตรฐานเส้นผ่านศูนย์กลางสูงสุดเท่ากับ 30 มิลลิเมตร และ 3. ขนาดใหญ่เส้นผ่านศูนย์กลางสูงสุดเท่ากับ 32 มิลลิเมตร เก็บค้ำมุ่มที่น้อยที่สุดที่ใช้ในการคีบ (ตารางที่ 2) และแรงดันขาออกที่วัดได้จากวงจรแบ่งแรงดันของตัวต้านทาน ตรวจจับแรงเมื่อหัวคีบกระทำแรงบีบกับผลสตอร์วเบอร์รี่ (รูปที่ 20) พบว่ามุ่มที่ใช้ในการคีบจะมีค้ำมากกว่ามุ่มที่หัวคีบอ้า เท่ากับขนาดของ d_{max} ประมาณ 3-5 องศา และค่าแรงดันขาออกสูงสุดของตำแหน่งปลายหัวคีบมีค่าเท่ากับ 3.21 โวลต์ และ ตำแหน่งกลางหัวคีบมีค่าเท่ากับ 3.37 โวลต์ ซึ่งมีค้ำน้อยกว่าแรงกดจากน้ำหนักวัตถุตัวอย่าง 121 กรัมหรือเทียบได้ว่ามีค่าแรง บีบน้อยกว่า 1.19 นิวตัน (1 กิโลกรัมมีค่าเท่ากับ 9.81 นิวตัน) ซึ่งอยู่ในช่วงการเปลี่ยนรูปแบบยึดหยุ่นของสตอร์วเบอร์รี่พันธุ์ หงเอียน (An et.al, 2020) ระยะเริ่มต้นของตำแหน่งการคีบปลายหัวคีบเข้าไปในระยะผลสูงสุดเท่ากับ 6 มิลลิเมตร ตำแหน่ง กลางหัวคีบเข้าไปในระยะผลสูงสุด 20.5 มิลลิเมตร ซึ่งแสดงว่าการคีบที่ตำแหน่งปลายหัวคีบมีความเหมาะสมมากกว่าการคีบ ที่ตำแหน่งการหัวคีบเนื่องจากแรงคีบสูงสุดมีค้ำน้อยกว่าและการตอนเริ่มต้นปลายหัวคีบไม่ต้องเข้าไปในระยะผลมาก

การทดลองการตัดก้านสตอร์วเบอร์รี่ขนาดเล็ก 3 ผลพบว่าสามารถตัดสำเร็จได้ทั้ง 3 ผล และระยะปลอดภัยที่ใช้ใน การตัดคือต้องสูงกว่าหัวสตอร์วเบอร์รี่ 10 มิลลิเมตร จากการทดลองพบว่าระยะจากตำแหน่งเส้นผ่านศูนย์กลางสูงสุดของผล สตอร์วเบอร์รี่ถึงหัวสตอร์วเบอร์รี่มีระยะประมาณ 10 มิลลิเมตรจึงต้องติดตั้งกลไกตัดให้จุดตัดใบมีดสูงจากหัวคีบเป็นระยะ 20 มิลลิเมตร และระยะยึดสุดของกรรไกรปลายกรรไกรต้องอยู่พอดีกับปลายหัวคีบในขณะที่ปลายหัวคีบทำมุม 72 องศา



รูปที่ 20 แรงดันขาออกจากการบีบมอเตอร์เบรชเลสจากหัวคิบบนตำแหน่ง (ก) ปลายหัวคิบบและ (ข) กลางหัวคิบบ

ตารางที่ 2 มุมน้อยที่สุดที่ใช้คิบบและมุมที่หัวคิบบอัดเท่ากับขนาด d_{max} เมื่อคิบบมอเตอร์เบรชเลสที่ตำแหน่งปลายและกลางหัวคิบบ

	ขนาด	d_{max} (มิลลิเมตร)	มุมน้อยที่สุดที่ใช้คิบบ	มุมที่หัวคิบบอัดเท่ากับขนาด d_{max} (องศา)
ตำแหน่งปลายหัวคิบบ	เล็ก	23.5	72	66.9
	มาตรฐาน	30	65	60
	ใหญ่	32	60	57.77
ตำแหน่งกลางหัวคิบบ	เล็ก	23.5	71	66.9
	มาตรฐาน	30	65	60
	ใหญ่	32	62	57.77

4. สรุปผลการทดลอง

โครงการนี้พัฒนาหัวคิบบติดตั้งหุ่นยนต์และระบบตรวจจับผลผลิตเบรชเลสสำหรับหุ่นยนต์เก็บเกี่ยวผลผลิตเบรชเลส จากการทดสอบความถูกต้องของการตรวจจับและประเมินระดับความสุกร่วมกับกล้องความลึกเพื่อการประมวลผลภาพที่แม่นยำ สำหรับการพัฒนาแขนกลของหุ่นยนต์เก็บเกี่ยวผลผลิตเบรชเลส พบว่าในการเก็บเกี่ยวผลผลิตเบรชเลสที่ระยะห่างระหว่างกล้องกับฉากที่ระยะ 30 เซนติเมตร ความถูกต้องในการตรวจจับและการประเมินระดับความสุกร คือ 88 เปอร์เซ็นต์ ส่วนที่ระยะห่างระหว่างกล้องกับฉากที่ระยะ 50 เซนติเมตร ความถูกต้องมีค่า 97 และ 89 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนระบบติดตามผลใช้เวลาปฏิบัติงานในการเก็บเกี่ยวและเคลื่อนที่ติดตามผลสำหรับการเคลื่อนที่แบบใหม่เร็วกว่าการเคลื่อนที่แบบทั่วไป ประมาณ 3 ถึง 20 เปอร์เซ็นต์ โดยขึ้นกับจำนวนผลผลิตเบรชเลสในรางปลูก สำหรับการทดลองการคิบบผลผลิตที่ใช้ในการคิบบจะมีค่ามากกว่ามุมที่หัวคิบบอัดเท่ากับขนาดของ d_{max} ประมาณ 3-5 องศา และค่าแรงดันขาออกสูงสุดของตำแหน่งปลายหัวคิบบมีค่าเท่ากับ 3.21 โวลต์ และตำแหน่งกลางหัวคิบบมีค่าเท่ากับ 3.37 โวลต์ ซึ่งมีค่าน้อยกว่าแรงกดจากน้ำหนักวัตถุตัวอย่าง 121 กรัมหรือเทียบได้ว่ามีค่าแรงบีบน้อยกว่า 1.19 นิวตัน ระยะเริ่มต้นของตำแหน่งการคิบบปลายหัวคิบบเข้าไปในระยะผลสูงสุดเท่ากับ 6 มิลลิเมตร ตำแหน่งกลางหัวคิบบเข้าไปในระยะผลสูงสุด 20.5 มิลลิเมตร ซึ่งการคิบบที่ตำแหน่งปลายหัวคิบบมีความเหมาะสมมากกว่าการคิบบที่ตำแหน่งการหัวคิบบเนื่องจากแรงคิบบสูงสุดมีค่าน้อยกว่าและการตอนเริ่มต้นปลายหัวคิบบไม่ต้องเข้าไปในระยะผลมาก ส่วนการตัดข้าว สามารถตัดได้สำเร็จและระยะการติดตั้งกลไกตัดในระยะยึดสุดของกรรไกรปลายกรรไกรจะอยู่พอดีกับปลายหัวคิบบที่กลไกคิบบทำมุม 72 องศา และจุดตัดกรรไกรจะอยู่สูงจากหัวคิบบเป็นระยะ 20 มิลลิเมตร

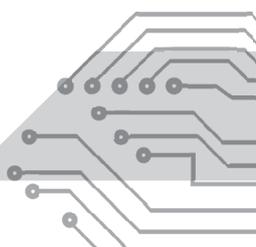


5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณบริษัท สมาร์ท เอไอ โซลูชัน โดยคุณณภัทร พลอยอร่าม กรรมการผู้จัดการบริษัท ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลและอุปกรณ์การทดลอง และให้แนวคิดในการทำโครงงานสหกิจศึกษา

6. เอกสารอ้างอิง

- เทอดศักดิ์ เงินมูล, พิเชษฐ เหมยคำ, วิโรจน์ ปงลังกา และวิวัฒน์ ทิพจร. (2561). การคัดแยกความสุกสตรอเบอรี่ด้วยซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน: Strawberry Ripeness Classification by Support Vector Machine. *Naresuan University Engineering Journal*, 12(2), 55–62. Retrieved from <https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/nuej/article/view/78636>
- An, X., Li, Z., Zude-Sasse, M., Tchenbou-Magaia, F., & Yang, Y. (2020). Characterization of textural failure mechanics of strawberry fruit. *Journal of Food Engineering*, 282, doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2020.110016
- Feng, Q., Wang, X., Wang, G., & Li, Z. (2015). Design and test of tomatoes harvesting robot. *IEEE International Conference on Information and Automation*, Lijiang, China, 2015, pp. 949-952, doi: 10.1109/ICInfA.2015.7279423.
- Zhao, Y., Shi, H., Chen, X., Li, X., & Wang, C. (2015). An overview of object detection and tracking. *IEEE International Conference on Information and Automation*, Lijiang, China, 2015, pp. 280-286, doi: 10.1109/ICInfA.2015.7279299.





การเปรียบเทียบค่าดัชนีพืชพรรณของข้าวพันธุ์ กข.49 จากแผนที่ภาพถ่ายออร์โธโมเสกและวิดีโอโดยใช้ อากาศยานไร้คนขับ

A Comparison to The Vegetation Index of RD 49 Rice Field from Orthomosaic Map and Video by Using Unmanned Aerial Vehicle

ภาณุวัฒน์ รสโสดา¹ สุรยุทธ์ ลุนจันทา¹ กมลชนก หงษ์แดง¹ ธิตินันท์ ป้องนาม^{1*} บรรลุ เพียชิน¹
ปรมัตถ์ จันทรโคตร² และ ศีโรรัตน์ พิลาวุฒิ³

Panuwat Rosoda¹, Surayut Lunchantha¹, Kamonchanok Hongdaeng¹, Thitinan Pongnam^{1*},
Banlu Phiachin¹, Paramust Juntarakod² and Sirorat Pilawut³

¹สาขาวิชาเทคโนโลยีเครื่องจักรกลการเกษตรอัตโนมัติ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
วิทยาเขตขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40000

Department of Automatic Agricultural Machinery Technology, Faculty of Technical Education
Rajamangala University of Technology Isan Khon Kaen Campus, Khon Kaen 40000 Thailand.

²สาขาวิชาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
วิทยาเขตขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40000

Department of Mechatronics Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University Rajamangala
University of Technology Isan Khon Kaen Campus, Khon Kaen 40000 Thailand.

³สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
วิทยาเขตขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40000

Department of Agricultural Machinery Engineering, Faculty of Engineering,
Rajamangala University of Technology Isan Khon Kaen Campus, Khon Kaen 40000 Thailand.

โทรศัพท์ 088-538-8357 e-mail: Thitinan.pn@rmuti.ac.th

บทคัดย่อ

การเปรียบเทียบค่าดัชนีพืชพรรณของข้าวพันธุ์ กข.49 จากแผนที่ภาพถ่ายออร์โธโมเสกและวิดีโอโดยใช้อากาศยานไร้คนขับมีวัตถุประสงค์เพื่อทำการศึกษาความเป็นไปได้ของนำภาพถ่ายและวิดีโอจากอากาศยานไร้คนขับในระยะแตกออก ระยะตั้งท้อง ระยะออกดอก และระยะก่อนเก็บเกี่ยว มาทำการวิเคราะห์ค่าดัชนีสี RGB เพื่อคำนวณดัชนีพืชพรรณ ความแตกต่างของช่วงคลื่นที่มองเห็นได้ในชั้นบรรยากาศ (VARI), ดัชนีความเขียวของพืช (EXG), ผลผลิต และค่าคลอโรฟิลล์ โดยทำการใช้โปรแกรม Agisoft Metashape รวมภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับให้เป็นภาพแบบออร์โธโมเสกจากนั้นนำไปวิเคราะห์ค่าดัชนีสี RGB ด้วยโปรแกรม QGIS และวิเคราะห์ค่าดัชนีสี RGB ท้นที่จากการถ่ายวิดีโอด้วยเทคนิคประมวลผลโดยใช้โปรแกรม MATLAB โดยทำการเปรียบเทียบค่าดัชนีพืชพรรณทั้ง 3 ชนิด ผลการศึกษาพบว่าค่าดัชนีสี RGB ที่ได้จากการวิเคราะห์ที่ 2 วิธีสามารถนำไปทำนายค่าดัชนีพืชพรรณ ผลผลิต และค่าคลอโรฟิลล์ได้แตกต่างกัน โดยผลการเปรียบเทียบค่าดัชนี VARI พบว่าวิธีวิเคราะห์ด้วย MATLAB มีแนวโน้มของกราฟสอดคล้องกับการเจริญเติบโตของข้าวมากกว่าวิธี QGIS ผลการเปรียบเทียบค่าดัชนี EXG วิธีวิเคราะห์จากแผนที่ภาพถ่ายออร์โธโมเสกด้วย QGIS มีแนวโน้มของกราฟสอดคล้องกับการเจริญเติบโตของข้าวมากกว่าวิธี MATLAB ผลการวิเคราะห์ค่าพบว่าวิธีวิเคราะห์ด้วย MATLAB มีแนวโน้มของกราฟสอดคล้องกับการเจริญเติบโตของข้าวมากกว่าวิธี QGIS และผลการเปรียบเทียบค่าผลผลิตพบว่าการวิเคราะห์ด้วยวิธี QGIS ให้ความแม่นยำในการทำนายผลผลิตมากกว่าวิธีวิเคราะห์จากดัชนีสี RGB โดยตรงจากวิดีโอด้วย MATLAB โดยให้ค่าความผิดพลาดในระยะก่อนเก็บเกี่ยว 14 เปอร์เซ็นต์

คำสำคัญ: อากาศยานไร้คนขับ, ดัชนีพืชพรรณ, ประมวลผลภาพ

ABSTRACT

A comparison to the vegetation Index of RD 49 rice field from orthomosaic map and video by using unmanned aerial vehicle (UAV) aim to study a possibility of the RGB color index analysis for calculate the vegetation Index such as VARI, EXG, YIELD and Chlorophyll by using photos and videos from the UAV during the tillering, booting, flowering, and pre-harvesting stages. The RGB color index was analysis by 2 case, Case 1 creating an orthomosaic map from photo (the photos were taken from UAV) by the process of photogrammetry using Agisoft Metashape program then analyze the RGB color index by using QGIS program, Case 2 analysis the RGB color index by using Video processing technique from MATLAB program. The result of the RGB color index from 2 case shown that it can be used to analysis the vegetation index, yield and chlorophyll which different situation. The comparison between 4 parameters shown that, VARI index the MATLAB analysis method has a trend to be consistent with rice growth than the QGIS method, EXG index the QGIS analysis method has a trend to be consistent with rice growth than the MATLAB method, chlorophyll value the MATLAB analysis method has a trend to be consistent with rice growth than the QGIS method and yield shown that, the QGIS analysis method can give precise a rice yield prediction than the MATLAB method which was error 14 percent in the pre-harvest stage.

Keywords: Unmanned aerial vehicle (UAV), Vegetation Index, Image processing

1. บทนำ

ข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทยโดยในช่วง 10 เดือนแรกของปี 2566 (มกราคม – ตุลาคม) มีปริมาณการส่งออกรวม 6,922,649 ตัน ปริมาณข้าวส่งออกขยายตัวร้อยละ 11.4 เมื่อเทียบกับช่วงเดียวกันของปีที่ 2565 คิดเป็นมูลค่า 136,289.84 ล้านบาท ขยายตัวร้อยละ 24.7 (ไทยพีบีเอส, 2566) จะเห็นได้ว่าข้าวไทยจะมีการส่งออกประมาณ 7 ล้านตันในปี 2566 แต่ข้าวไทยยังคงเป็นอันดับ 3 ในการส่งออกเมื่อเทียบกับอินเดียและเวียดนาม เมื่อเทียบกับในอดีตข้าวไทยเคยส่งออกเป็นอันดับที่ 1 ของโลก ดังนั้นหากมีการเร่งพัฒนาทั้งในด้านปริมาณและคุณภาพ เพิ่มขีดความสามารถการแข่งขันในตลาดโลก ข้าวไทยจะสามารถกลับมาส่งออกเป็นอันดับ 1 ได้เช่นในอดีตโดยเฉพาะข้าวขาว ซึ่งข้าวขาวของไทยมีการส่งออกเป็นอันดับ 1 ของประเทศ สถิติช่วงเดือนมกราคม - พฤษภาคม 2566 ประเทศไทยมีการส่งออกข้าวขาว (White Rice) ทั้งหมด 1,890,824 ตัน (กรุงเทพธุรกิจ, 2566) ข้าวขาวของไทยหลากหลายพันธุ์มีการเพาะปลูกกระจายในหลายพื้นที่ โดยเฉพาะในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคเหนือตอนล่าง และภาคกลาง ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีพื้นที่ปลูกข้าวคิดเป็นร้อยละ 57 % ของทั้งประเทศ ในจังหวัดขอนแก่นมีพื้นที่ทั้งหมด 6.8 ล้านไร่ มีพื้นที่ปลูกข้าว 2,385,713 ไร่ คิดเป็น 68% ของพื้นที่ (สำนักงานจังหวัดขอนแก่น, 2565) ซึ่งจากสถิติที่ผ่านมาข้าวยังคงเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญในจังหวัดขอนแก่นจากแผนพัฒนาจังหวัดขอนแก่น (พ.ศ. 2566-2570) ฉบับทบทวน ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2567 พบว่า เมื่อปลายปี พ.ศ. 2562 เกิดสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (COVID-2019) ส่งผลกระทบต่อระบบเศรษฐกิจของประเทศไทย และจังหวัดขอนแก่น โดยเฉพาะรายได้จากการท่องเที่ยวและการจ้างงานที่ลดลง ทำให้สังคมมีความเบาบาง ในการฟื้นฟูและพัฒนา ประกอบกับสภาพปัญหาการพัฒนาด้านเศรษฐกิจของจังหวัดที่มีอยู่เดิมทั้งด้านผลิตภาพ ด้านการเกษตร เนื่องจากขาดการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเพื่อเพิ่มผลผลิต เกษตรกรรุ่นใหม่ขาดโอกาสในการพัฒนาศักยภาพ เพื่อเป็นผู้ประกอบการ การเข้าถึงแหล่งเงินทุน ต้นทุนเกษตรปรับตัวสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องและราคาสินค้าเกษตรมีความผันผวน เนื่องจากขาดการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเพื่อเพิ่มผลผลิต เกษตรกรรุ่นใหม่ขาดโอกาสในการพัฒนาศักยภาพ (สำนักงานจังหวัดขอนแก่น, 2565) โดยลักษณะของพื้นที่ปลูกข้าวเป็นพื้นที่ขนาดใหญ่สามารถเข้าถึงได้ยากเนื่องจากดินมีลักษณะเป็นโคลนตมและน้ำท่วมขัง ทำให้เกษตรกรไม่สามารถเข้าถึงปัญหาที่เกิดขึ้นในแปลงปลูก นอกจากนี้ปัญหาของข้าวไทยยังมีอีกมากมายหลายประการ ตั้งแต่ปัญหาด้านการผลิต ปัญหาประสิทธิภาพทางการผลิต ปัญหาจากข้าวที่ผลิตได้มีคุณภาพต่ำ การใส่ปุ๋ยและปัญหาเกี่ยวกับโรคและแมลงศัตรูพืช เป็นต้น ในอดีตเทคโนโลยียังไม่พัฒนาเข้ามามีส่วนช่วยในด้านการทำการเกษตรมากเท่าใดนัก จึงมีการลงทุนที่สูงและไม่ทราบถึงผลตอบแทนที่ชัดเจน

ปัจจุบันเทคโนโลยีมีส่วนพัฒนาทางด้านการเกษตรเพิ่มมากขึ้นอย่างเห็นได้ชัด หากแต่การทำการเกษตรแบบแม่นยำจำเป็นต้องอาศัยเทคโนโลยีสมัยใหม่เข้ามาช่วยใน การสำรวจการเจริญเติบโตของพืชผลทางการเกษตรอย่างละเอียด ให้ทราบถึงพื้นที่ที่ไม่เจริญเติบโต การสำรวจพื้นที่มุมสูงสมัยก่อนจำเป็นต้องใช้ภาพถ่ายจากดาวเทียมนำมาแปลความหมาย ซึ่งมีความ

ล่าช้าและมีต้นทุนสูง แต่ในยุคปัจจุบันมีการพัฒนาทางด้านเทคโนโลยีการสำรวจระยะไกลด้วยอากาศยานไร้คนขับ ซึ่งเป็นเทคโนโลยีการสำรวจแบบทันท่วงทีเนื่องจากสามารถสำรวจพื้นที่ได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ โดยอากาศยานไร้คนขับนั้นอาศัยหลักการทำงานจากระบบ GPS ทำให้สามารถสำรวจพื้นที่ที่มนุษย์เข้าถึงได้ยาก โดยอาศัยหลักการถ่ายภาพหรือวิดีโอรวมภาพ และนำภาพเหล่านั้นมาวิเคราะห์ความอุดมสมบูรณ์ของพืชพรรณโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปหรือวิเคราะห์ได้ทันทีจากเทคโนโลยีกล้องถ่ายภาพมัลติสเปกตรัมที่ติดตั้งบนอากาศยานไร้คนขับ แต่ข้อจำกัดของโปรแกรมและเทคโนโลยีเหล่านั้นมีต้นทุนที่ค่อนข้างสูง ดังนั้นในการศึกษานี้จึงได้มีการนำภาพถ่ายและวิดีโอจากอากาศยานไร้คนขับมาทำการวิเคราะห์ค่าดัชนีสี RGB เพื่อคำนวณดัชนีพืชพรรณ ความแตกต่างของช่วงคลื่นที่มองเห็นได้ในชั้นบรรยากาศ (VARI), ดัชนีความเขียวของพืช (EXG), ผลผลิต และ ค่าคลอโรฟิลล์ โดยทำการใช้โปรแกรมสำเร็จรูปประมวลผลภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับให้เป็นภาพแบบออร์โธโมเสกจากนั้นนำไปวิเคราะห์ค่าดัชนีสี RGB ด้วยโปรแกรม QGIS และวิเคราะห์ค่าดัชนีสี RGB ทันทีจากการถ่ายภาพวิดีโอด้วยเทคนิคประมวลผลโดยใช้โปรแกรม MATLAB จากนั้นทำการเปรียบเทียบค่าดัชนีพืชพรรณทั้ง 3 ชนิดเพื่อทำการหาความเป็นไปได้ในการวิเคราะห์ค่าดัชนีสี RGB ของทั้ง 2 วิธี

2. วัสดุและวิธีการ

2.1 พื้นที่ศึกษา

การศึกษานี้ได้ดำเนินการที่แปลงปลูกนาข้าวของเกษตรกร ที่ตั้งอยู่ที่บ้านไก่อ่นา ต.สำราญ อ.เมืองขอนแก่น จ.ขอนแก่น ประเทศไทย ตั้งอยู่ที่ ละติจูด $16^{\circ}32'39.5''$ เหนือ ลองจิจูด $102^{\circ}50'58.4''$ ตะวันตก ดังแสดงในภาพที่ 1 โดยลักษณะภูมิประเทศโดยทั่วไป เป็นพื้นที่ราบลูกคลื่น (Rolling Plain) มีความสูงจากระดับน้ำทะเลประมาณ 165 เมตร พื้นดินที่เพาะปลูกเป็นดินร่วนปนทราย สภาพอากาศโดยทั่วไปจะมี ลักษณะฝนตกสลับกับอากาศแห้ง (Wet and dry climate) การศึกษาได้ดำเนินการในฤดูกาลปลูกข้าวนาปี ตั้งแต่เดือน กุมภาพันธ์ ถึง พฤษภาคม พ.ศ. 2566 ของพันธุ์ข้าว กข 49 และทำการปลูกข้าวด้วยวิธีการหว่าน



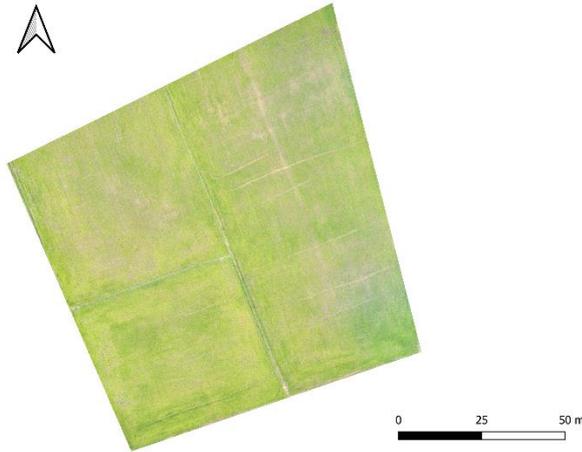
ภาพที่ 1 พื้นที่ศึกษานาบ้านไก่อ่นา ต.สำราญ อ.เมืองขอนแก่น จ.ขอนแก่น

2.2 การประมวลผลภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับ

เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ในการศึกษานี้ผู้ดำเนินการศึกษาได้มีการแบ่งการทดสอบออกเป็น 2 ส่วน คือ การวิเคราะห์ค่าดัชนีสี RGB จากภาพออร์โธโมเสกและการวิเคราะห์ค่าดัชนีสี RGB โดยตรงจากวิดีโอ โดยใช้อากาศยานไร้คนขับ

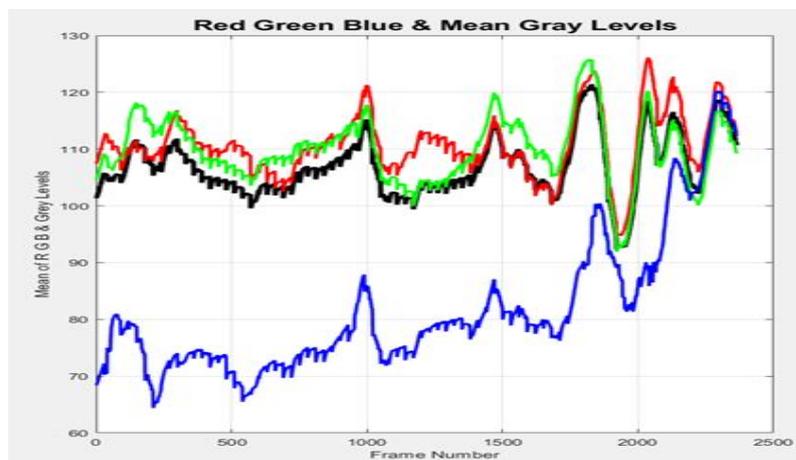
2.2.1 การวิเคราะห์ค่าดัชนีสี RGB จากภาพออร์โธโมเสก ทำการศึกษาโดยวางแผนแนวการบิน (Flight Planning) เหนือพื้นที่เพาะปลูกข้าวนาปีผ่านแอปพลิเคชัน PIX4D Capture เพื่อบันทึกภาพถ่ายและวิดีโอรายละเอียดสูงแบบช่วงคลื่นที่ตามองเห็น ประกอบไปด้วย ช่วงคลื่นสีแดง ช่วงคลื่นสีเขียว และช่วงคลื่นสีน้ำเงิน กำหนดพารามิเตอร์ที่ระดับความสูงบิน (Altitude) 32 เมตร ส่วนซ้อนของภาพ (Overlap) 80% ส่วนเกยของภาพ (Sidelap) 70% ค่า GDS 0.87 cm/pix และผลิตเป็นแผนที่ภาพถ่ายออร์โธโมเสก (Ortho photo map) ด้วยระบบประมวลผลบนโปรแกรม Agisoft

Metashape เริ่มบันทึกข้อมูลตั้งแต่วันที่ 2 มีนาคม 2566 ถึง 1 พฤษภาคม 2566 จำนวน 4 ชุดข้อมูล คือ ระยะที่1 ระยะแตกกอ ระยะที่ 2 ระยะตั้งท้อง ระยะที่ 3 ระยะออกดอก และระยะที่ 4 ระยะก่อนเก็บเกี่ยว จากนั้นนำภาพออร์โธโมเสกที่ได้ นำเข้าไปโปรแกรม QGIS เพื่อวิเคราะห์ค่าดัชนีสี RGB ดังแสดงในภาพที่ 2 และนำไปคำนวณดัชนีความอุดมสมบูรณ์พืชพรรณและผลผลิต โดยใช้คำสั่ง Raster layer unique values report นำตารางข้อมูลออกมาเพื่อทำการเปรียบเทียบ



ภาพที่ 2 ภาพออร์โธโมเสกที่ได้โปรแกรม Agisoft Metashape

2.2.2 การวิเคราะห์ค่าดัชนีสี RGB โดยตรงจากวิดีโอ ทำการศึกษาโดยนำวิดีโอพื้นที่ศึกษาที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับนำเข้าโปรแกรม MATLAB โดยใช้เทคนิคการประมวลผลวิดีโอเพื่อวิเคราะห์ค่าดัชนีสี RGB (อนุสิทธิ์บัตรไทย เลขที่ขอจด 2303002849, 2566) และนำไปคำนวณดัชนีความอุดมสมบูรณ์พืชพรรณและผลผลิต ดังแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ค่าดัชนีสี RGB ที่วิเคราะห์โดยตรงจากวิดีโอด้วย MATLAB

2.3 สมการที่ใช้ในการศึกษา

2.3.1 ความแตกต่างของช่วงคลื่นที่มองเห็นได้ในชั้นบรรยากาศ (VARI) ค่าดัชนีความเขียวของพืชจากผิวใบและพยากรณ์สุขภาพของพืชในบางกรณีมาจากการคำนวณค่าสี RGB ของภาพถ่ายทางอากาศจากอากาศยานไร้คนขับ ดังแสดงในสมการที่ 1 (รัฐพงษ์, 2564)

$$\begin{aligned}
 \text{เมื่อ} \quad \text{VARI} &= (g - r)/(g + r - b) & (1) \\
 g &= G/(R + G + B) \\
 r &= R/(R + G + B) \\
 b &= B/(R + G + B) \\
 R &= \text{ค่าสะท้อนแสงในช่วงคลื่นสีแดง จากภาพ RGB}
 \end{aligned}$$

$$G = \text{ค่าสะท้อนแสงในช่วงคลื่นสีเขียว จากภาพ RGB}$$

$$B = \text{ค่าสะท้อนแสงในช่วงคลื่นสีน้ำเงิน จากภาพ RGB}$$

2.3.2 ดัชนีความเขียวของพืช (EXG) ค่าดัชนีพืชพรรณถูกคำนวณจากภาพถ่าย RGB ของ UAV โดยการใช้การสะท้อนแสงช่วงคลื่นทั้งหมด 3 แบนด์ คือ แบนด์สีน้ำเงิน แบนด์สีเขียว และแบนด์สีแดง สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2 (จิรวัดน์ และคณะ, 2566)

$$EXG = 2(g-r-b) \quad (2)$$

2.3.3 ผลผลิต (Yield) ค่าผลผลิตถูกคำนวณจากดัชนี VARI ดังแสดงในสมการที่ 3 (X. Zhou et al, 2017)

$$YIELD = 6098 \ln(VARI) + 19442 \quad (\text{kg/ha})$$

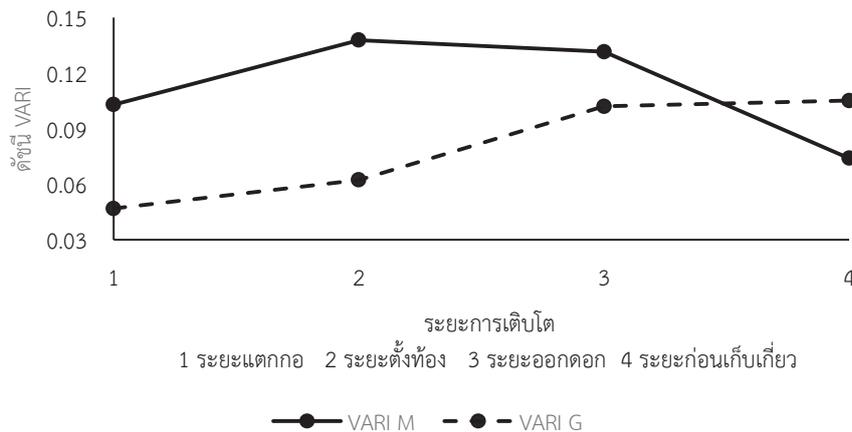
2.3.4 ค่าคลอโรฟิลล์ ค่าคลอโรฟิลล์ถูกพยากรณ์จากค่าเฉลี่ยของภาพถ่ายใบข้าวแบบเต็มใบด้วยการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นพหุ ของค่าเฉลี่ยสีแดง เขียว และน้ำเงิน เทียบกับค่าความสัมพันธ์ที่อ่านได้จากเครื่องวัดคลอโรฟิลล์ (สัตถาภูมิ, 2553)

$$\text{คลอโรฟิลล์} = 53.3 - (0.242 \times R) - (0.138 \times G) + (0.145 \times B)$$

3. ผลและการวิจารณ์ผล

3.1 ผลการเปรียบเทียบค่าดัชนีความแตกต่างของช่วงคลื่นที่มองเห็นได้ในชั้นบรรยากาศ (VARI)

จากการวิเคราะห์ค่าดัชนีสี RGB จากภาพออร์โธโมเสกโดยใช้ QGIS และการวิเคราะห์ค่าดัชนีสี RGB โดยตรงจากวิดีโอด้วย MATLAB โดยใช้อากาศยานไร้คนขับได้ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของดัชนีความแตกต่างของช่วงคลื่นที่มองเห็นได้ในชั้นบรรยากาศ (VARI) ดังแสดงในภาพที่ 4

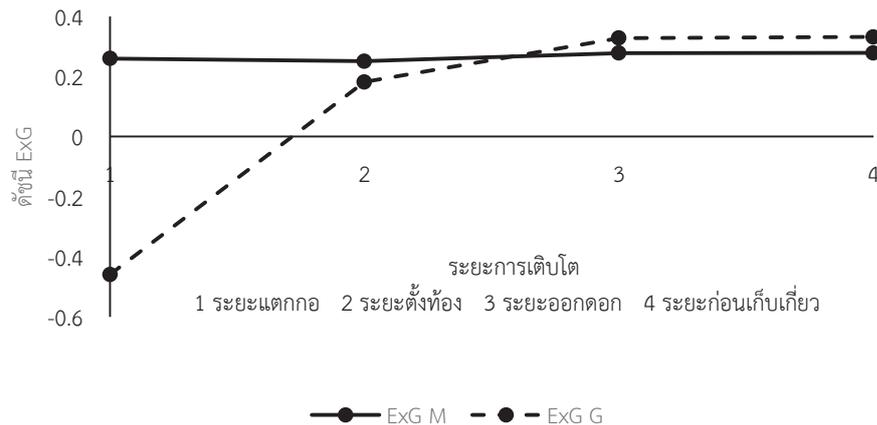


ภาพที่ 4 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยดัชนี VARI ระหว่างวิเคราะห์ด้วย MATLAB และ QGIS

จากภาพที่ 4 พบว่าดัชนีพืชพรรณ VARI ที่ได้จากการวิเคราะห์ทั้ง 2 วิธีมีแนวโน้มความแตกต่างกันในช่วงระยะออกดอกและก่อนเก็บเกี่ยว โดยค่าดัชนี VARI ที่วิเคราะห์โดยใช้ภาพออร์โธโมเสกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะการเจริญเติบโตของข้าว ส่วน VARI ที่วิเคราะห์จากวิดีโอโดยตรงมีแนวโน้มลดลง

3.2 ผลการเปรียบเทียบค่าดัชนีความเขียวของพืช (EXG)

จากการวิเคราะห์ค่าดัชนีสี RGB จากภาพออร์โธโมเสกและการวิเคราะห์ค่าดัชนีสี RGB โดยตรงจากวิดีโอ โดยใช้อากาศยานไร้คนขับได้ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของดัชนีความเขียวของพืช (EXG) ดังแสดงในภาพที่ 5

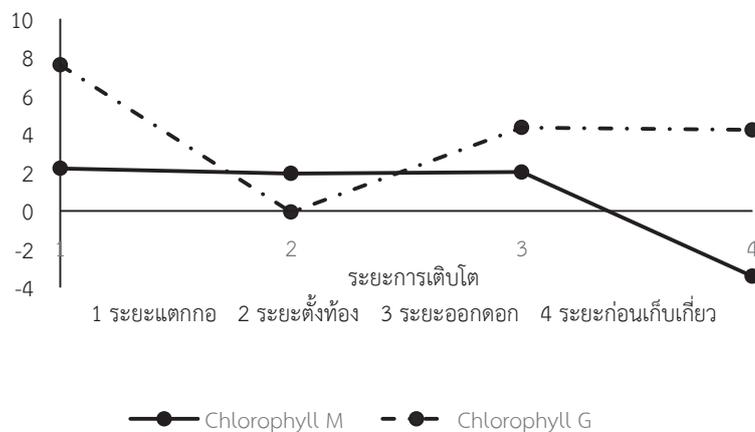


ภาพที่ 5 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยดัชนีความเขียวของพืช (EXG) ระหว่างวิเคราะห์ด้วย MATLAB และ QGIS

จากภาพที่ 5 พบว่าดัชนี EXG ที่ได้จากการวิเคราะห์ทั้ง 2 วิธีมีแนวโน้มแตกต่างกันโดยดัชนี EXG ของการวิเคราะห์ด้วย MATLAB มีแนวโน้มคงที่โดยมีการเพิ่มขึ้นของดัชนี EXG ในช่วงที่ 3 และ 4 เล็กน้อย แต่เมื่อทำการวิเคราะห์ด้วย QGIS พบว่าค่าดัชนี EXG มีแนวโน้มเพิ่มตามระยะการเจริญเติบโต

3.3 ผลการเปรียบเทียบค่าคลอโรฟิลล์

จากการวิเคราะห์ค่าดัชนีสี RGB จากภาพออร์โมเสกและการวิเคราะห์ค่าดัชนีสี RGB โดยตรงจากวิดีโอ โดยใช้อากาศยานไร้คนขับได้ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่าดังแสดงในภาพที่ 6

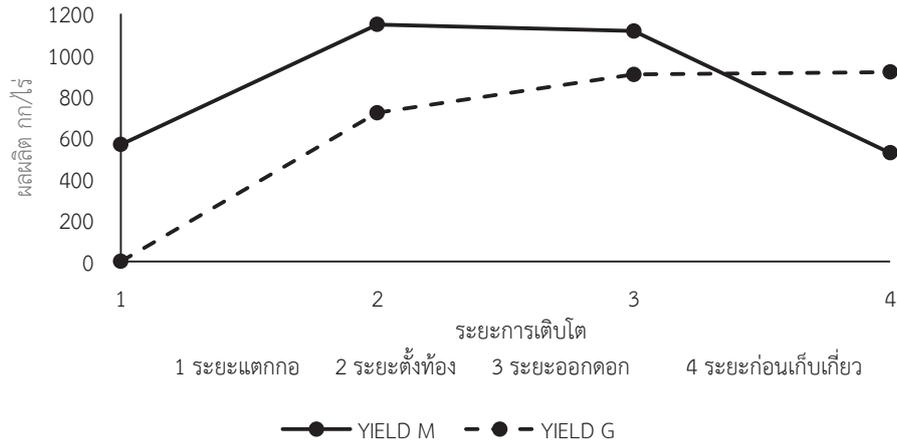


ภาพที่ 6 ผลการเปรียบเทียบค่าคลอโรฟิลล์ระหว่างวิเคราะห์ด้วย MATLAB และ QGIS

จากภาพที่ 6 พบว่าค่าคลอโรฟิลล์ที่ได้จากการวิเคราะห์ทั้ง 2 วิธีมีแนวโน้มแตกต่างกัน โดยค่าคลอโรฟิลล์ควรเพิ่มขึ้นตามระยะการเติบโตในแต่ละช่วงของข้าวและลดลงเมื่อถึงช่วงข้าวออกดอกและเก็บเกี่ยว ซึ่งตรงกับผลการวิเคราะห์ค่าคลอโรฟิลล์จากดัชนีสี RGB โดยตรงจากวิดีโอด้วย MATLAB

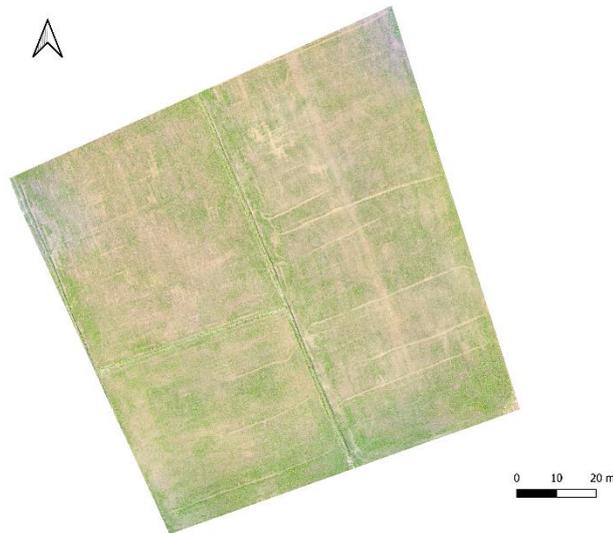
3.4 ผลการเปรียบเทียบค่าผลผลิต (YIELD)

จากการวิเคราะห์ค่าดัชนีสี RGB จากภาพออร์โมเสกและการวิเคราะห์ค่าดัชนีสี RGB โดยตรงจากวิดีโอ โดยใช้อากาศยานไร้คนขับได้ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของผลผลิตดังแสดงในภาพที่ 7



ภาพที่ 7 ผลการเปรียบเทียบค่าผลผลิตระหว่างวิเคราะห์ด้วย MATLAB และ QGIS

จากภาพที่ 7 พบว่าค่าผลผลิตที่ได้จากการวิเคราะห์ทั้ง 2 วิธีมีแนวโน้มแตกต่างกัน โดยเฉพาะในช่วงที่ 3 และ 4 แต่เมื่อเทียบกับผลผลิตที่เกษตรกรเก็บเกี่ยวได้จริงคือ 800 กก./ไร่ ทำให้สามารถวิเคราะห์ได้ว่าการวิเคราะห์ด้วยวิธีการสร้างแผนที่ ออร์โธโมเสกให้ความแม่นยำในการทำนายผลผลิตมากกว่าวิธีวิเคราะห์จากดัชนีสี RGB โดยตรงจากวิดีโอด้วย MATLAB โดยให้ค่าความผิดพลาดในช่วงระยะแตกกอและก่อนเก็บเกี่ยว 13 และ 15 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ส่วนวิธีวิเคราะห์ด้วย MATLAB ให้ค่าความผิดพลาดในช่วงระยะแตกกอและก่อนเก็บเกี่ยว 40 และ 34 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ อีกทั้งหากวิเคราะห์จากช่วงที่ 1 ซึ่งเป็นช่วงแตกกอจะเห็นพื้นที่ในแปลงข้าวเป็นดินส่วนมาก (ภาพที่ 8) ทำให้หากนำมาวิเคราะห์ผลผลิตจะไม่สามารถทำได้ซึ่งสอดคล้องกับวิธีวิเคราะห์จาก QGIS ด้วยวิธีการสร้างแผนที่ออร์โธโมเสก



ภาพที่ 8 พื้นที่ทดสอบช่วงระยะที่ 1

4. สรุป

จากการศึกษาการเปรียบเทียบเพื่อหาความเป็นไปได้ในการวิเคราะห์ค่าดัชนีพืชพรรณของข้าวพันธุ์ กข.49 จากแผนที่ภาพถ่ายออร์โธโมเสกและวิดีโอโดยใช้อากาศยานไร้คนขับพบว่า ค่าดัชนีสี RGB ที่ได้จากการวิเคราะห์ที่ 2 วิธีสามารถนำไปทำนายค่าดัชนีพืชพรรณ การเจริญเติบโต และผลผลิตได้แตกต่างกันโดยจะเห็นได้จากผลการเปรียบเทียบค่าดัชนี VARI พบว่าวิธีวิเคราะห์ด้วย MATLAB มีแนวโน้มของกราฟสอดคล้องกับการเจริญเติบโตของข้าวมากกว่าวิธี QGIS ผลการเปรียบเทียบค่าดัชนี EXG วิเคราะห์จากแผนที่ภาพถ่ายออร์โธโมเสกด้วย QGIS มีแนวโน้มของกราฟสอดคล้องกับการเจริญเติบโตของข้าวมากกว่าวิธี MATLAB โดยแนวโน้มของการเจริญเติบโตของข้าวจะมีการเพิ่มขึ้นเป็นลำดับจนถึงจุดที่มีการเจริญเติบโตสูงสุด



แล้วจึงลดต่ำตามค่าความเขียวของใบข้าวที่จะลดลงเมื่อเข้าใกล้ฤดูการเก็บเกี่ยว (Soontranon et al., (2017) ;Soontranon et al., (2015) อ่างโน พุฒิพงศ์ และภูมิพัฒน์, 2565) ผลการผลการวิเคราะห์ค่าคลอโรฟิลล์พบว่าวิธีวิเคราะห์ด้วย MATLAB มีแนวโน้มของกราฟสอดคล้องกับการเจริญเติบโตของข้าวมากกว่าวิธี QGIS และผลการเปรียบเทียบค่าผลผลิตพบว่า การวิเคราะห์ด้วยวิธี QGIS ให้ความแม่นยำในการทำนายผลผลิตมากกว่าวิธีวิเคราะห์จากดัชนีสี RGB โดยตรงจากวิดีโอด้วย MATLAB

5. กิตติกรรมประกาศ

ในการทำโครงการครั้งนี้ขอขอบคุณคณะกรรมการอุตสาหกรรม และคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ และเวลาในการทำโครงการ ขอคุณอาจารย์ ดร.พันธกานต์ แก้วอาสา ที่เอื้อเฟื้อโค้ด MATLAB ใช้ในการวิเคราะห์ค่า RGB ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งในผลงานยื่นขออนุสิทธิบัตร

6. เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงเกษตร. (4 พฤศจิกายน 2565). ข้อมูลพื้นฐานของจังหวัดขอนแก่น. สืบค้นเมื่อ 20 ธันวาคม 2566, จาก <https://www.opsmoac.go.th/khonkaen-dwl-files-451391791021>
- กรุงเทพธุรกิจออนไลน์.(24 กรกฎาคม 2566). สืบค้นเมื่อ 20 ธันวาคม 2566, จาก <https://www.bangkokbiznews.com>.
- จิรวัดน์ จันทองพูน กนกพร อินทร์รัตน์ สุนทรี ไช้หนู พาริตา นิสัน และ พรนราญณ์ บุญราศรี. (2566). การประยุกต์ใช้อากาศยานไร้คนขับในการติดตามยางพารา กรณีศึกษา ตำบลน้ำน้อย อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา. การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 28, วันที่ 24-26 พฤษภาคม 2566 จ.ภูเก็ต: 1-8.
- ไทยพีบีเอสออนไลน์. (5 ธันวาคม 2566). สืบค้นเมื่อ 20 ธันวาคม 2566, จาก <https://www.thaipbs.or.th/news>.
- ปรมัตต์ จันทโรโคตร และพันธกานต์ แก้วอาสา. (2566). เครื่องตรวจวัดคุณภาพน้ำยางพารา อนุสิทธิบัตร เลขขอจด 2303002849. 2 ตุลาคม 2566.
- พุฒิพงศ์ ชนะวงศ์ และ ภูมิพัฒน์ อุ๋นบ้าน. (2565). การประเมินความสอดคล้องของข้อมูลภาพถ่ายระยะเฝ้าสูงด้วยอากาศยานไร้คนขับและภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2 เพื่อติดตามการเจริญเติบโตของข้าว. วารสารวิชาการเพื่อการพัฒนานวัตกรรมเชิงพื้นที่ (JSID). 3(3): 91-108.
- รัฐพงษ์ ม่วงประโคน. (2564). การติดตามการเจริญเติบโตและการทำนายผลผลิตของข้าวด้วยอากาศยานไร้คนขับ. ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- สำนักงานจังหวัดขอนแก่น. (2566). แผนพัฒนาจังหวัดขอนแก่น พ.ศ. 2566-2570. สืบค้นเมื่อ 20 ธันวาคม 2566, จาก <https://www.khonkaen.go.th/khonkaen6/fileDir/vision/20230430-Plan66-70-1.pdf>.
- สัตถาภูมิ ไทยพานิช. (2553). การพยากรณ์ค่าคลอโรฟิลล์ในใบข้าวโดยใช้วิธีวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นพหุ. ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
- X. Zhou, H.B. Zheng, X.Q. Xu, J.Y. He, X.K. Ge, X. Yao, T. Cheng, Y. Zhu, W.X. Cao, Y.C. Tian. (2017). Predicting grain yield in rice using multi-temporal vegetation indices from UAV-based multispectral and digital imagery. Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. 130 (2017): 246–255.

การพัฒนาระบบตรวจวัดคุณภาพและระบายอากาศในไซโลเก็บผลผลิตทางการเกษตร Development of an Air-quality Monitoring and Aeration Control System for Grain Silos

ภูบดี ธีรเศรษฐ์สวัสดิ์ กฤติยา อนันต์ทรัพย์ยิ่ง เหมสุดา ณัฐพลวัฒน์ สุธิวัฒน์ สิงห์พัฒน์ อาชวิน ทองสง่า
พรธรวดี รัตเสนสี และ วัชรพล ชยประเสริฐ

Phubodee Thirasetawat, Krittiya Anansupying, Hemsuda Natthapoolwat, Suthiwat Singphat,
Archawin Thongsanga, Phannawadee Ratsensi and Watcharapol Chayaprasert
ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร, คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม,
73140

Department of Agricultural Engineering, Faculty of Engineering at Kamphaeng Saen, Kasetsart University -
Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom, 73140 Thailand
โทรศัพท์ 039-609652, โทรสาร 039-609652, e-mail: fengwpc@ku.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยการพัฒนาระบบตรวจวัดคุณภาพและระบายอากาศในไซโลเก็บผลผลิตทางการเกษตร มีวัตถุประสงค์ เพื่อพัฒนาต้นแบบระบบระบายอากาศในไซโลเก็บผลผลิตทางการเกษตร โดยตัวบอร์ด Arduino Uno R3 ทำการรับค่าอุณหภูมิ, ความชื้นสัมพัทธ์ของบรรยากาศภายในและภายนอกไซโลมาวิเคราะห์ตามหลักการคำนวณไซโครเมตริก (Psychrometric) และรับค่าความชื้นสมดุลของวัสดุ (Equilibrium Moisture Content) เพื่อประเมินคุณภาพของผลผลิตที่ต้องการเก็บรักษาให้มีความชื้นของผลผลิตอยู่ในค่าที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษา ในงานวิจัยมีการวัดค่าอุณหภูมิระหว่างเมล็ดด้วย Temperature Cable ที่ทางผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาขึ้นเองโดยเพิ่มจำนวนจุดวัดอุณหภูมิเป็น 3 สาย โดยแต่ละสายจะส่งข้อมูลให้ Arduino Uno R3 ในการทดลองผู้วิจัยได้แบ่งการทดสอบเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนการประเมินประสิทธิภาพของโหมดการทำงานของระบบ ทั้ง 3 โหมดคือ โหมดควบคุมด้วยมือบังคับ (Manual), โหมดควบคุมแบบตารางเวลา และโหมดควบคุมโดยใช้หลักไซโครเมตริก ในส่วนการตรวจวัดคุณภาพและระบายอากาศของระบบ ทางผู้วิจัยได้ใช้ถังขนาด 35.5 ลิตร แทนไซโลเก็บผลผลิต ทำการใส่ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลงไปจำนวน 20 kg โดยเฉลี่ย เพิ่มความชื้นข้าวโพดเลี้ยงสัตว์โดยการพ่นน้ำจนกว่าข้าวโพดจะมีความชื้น 20%w.b. ทดลองเปิดระบบเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ในโหมดการทำงานทั้งหมด 2 โหมด ซึ่งในผลการทดสอบระบบพบว่า ความชื้นของเมล็ดในโหมดการควบคุมแบบตารางเวลา ที่เริ่มต้น มีความชื้นเมล็ดอยู่ที่ 26%w.b. ลดลงเหลือ 17.64%w.b. และโหมดการควบคุมโดยใช้หลักไซโครเมตริก ที่เริ่มต้น มีความชื้นเมล็ดอยู่ที่ 21.21%w.b. ลดลงเหลือ 14.03%w.b.

คำสำคัญ: ไซโลเก็บผลผลิตทางการเกษตร, ระบบระบายอากาศ, ไซโครเมตริก

ABSTRACT

The purpose of this research is to develop a prototype aeration system for agricultural silos. The Arduino Uno R3 board collects temperature and relative humidity data from the inside and outside of the silo, and then analyzes it using psychrometric and equilibrium moisture content calculations to assess the quality of the crop to be stored. The research also measures the temperature between the seeds using a temperature cable developed by the researchers, which has three temperature sensors that send data to the Arduino Uno R3. The experiment was divided into two parts: the evaluation of the performance of the three operating modes of the system (manual control mode, psychrometric control mode, and time-based control mode), and the quality monitoring and ventilation of the system. For the quality monitoring and ventilation of the system, the researchers used a 35.5-liter bucket instead of an agricultural silo, and added an average of 20 kg of feed corn. The feed corn was then moistened by spraying water until the moisture content reached 20%w.b. The system was then operated for 24 hours in the two operating modes. The results of the system test showed that the moisture content of the seeds in the psychrometric control mode, which started with a moisture content of 21.21%w.b., decreased to

14.03%w.b. In the time-based control mode, which started with a moisture content of 26%w.b., the moisture content decreased to 17.64%w.b.

Keywords: Agricultural silo, Aeration system, Psychrometric

1. บทนำ

ปัจจุบันพื้นที่ในประเทศไทย มีความเหมาะสมในด้านการเกษตรค่อนข้างมาก ดังนั้น “ พืช ” จึงเป็นสิ่งที่ทำให้คนไทยมีอาหารและสร้างรายได้ให้กับครอบครัว อีกทั้งยังสร้างรายได้ให้กับประเทศ จนกลายเป็น “ พืชเศรษฐกิจ ” ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน มีพืชเศรษฐกิจที่สร้างอาชีพ และทำเงินให้กับคนในประเทศเป็นจำนวนมาก ไม่เพียงแต่การส่งออกผลผลิตเหล่านั้นแบบสดๆ เพียงอย่างเดียว แต่ผลผลิตอีกหลายชนิดยังถูกนำมาเก็บเพื่อรอการนำไปแปรรูปและส่งออก อีกทั้งผลผลิตที่ได้เหล่านั้นไม่ใช่แค่การบริโภคของคนเพียงอย่างเดียว แต่ยังรวมถึงการนำไปเลี้ยงสัตว์และทำประโยชน์ด้านอื่นๆ เพื่อให้เกิดความคุ้มค่ามากที่สุดด้วย (สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร [ARDA], ม.ป.ป.)

การเก็บรักษาผลผลิตในกระบวนการผลิตขนาดใหญ่จะใช้ 3 วิธีหลักคือ 1) วิธี bag stack ซึ่งเป็นการบรรจุผลผลิตทางการเกษตร (แบบเม็ด) ลงในถุงบรรจุภัณฑ์ 2) วิธี indoor bulk ซึ่งนิยมใช้กับข้าวเปลือก ข้าวเปลือกจะถูกเทเป็นกองเปิดไว้บนลานคอนกรีต (concrete) ภายในโรงเก็บ 3) วิธีเก็บรักษาในไซโล ซึ่งนิยมใช้กับผลผลิตทางการเกษตรจำพวกเมล็ดพืช โดยที่ไซโลเก็บรักษาเมล็ดพืชจะถูกสร้างอยู่ภายในโรงเก็บ ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพเสื่อมลงอย่างรวดเร็วคือ อุณหภูมิ (grain temperature) และความชื้น (moisture content) ของผลผลิต ซึ่งปัจจัยทั้ง 2 นี้ มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาตามการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ (ambient temperature) และความชื้นสัมพัทธ์ (relative humidity) ของอากาศ

อุณหภูมิมีบทบาทสำคัญต่อการเกิดปฏิกิริยาทางชีวเคมีภายในเมล็ด การเก็บรักษาในอุณหภูมิสูงจะเร่งกิจกรรมในเมล็ดทำให้มีอัตราการหายใจสูง ผลที่ตามมาคือเมล็ดจะสูญเสียความงอกได้เร็วหรือพืชของอุณหภูมิและความชื้นที่มีต่ออายุในการเก็บรักษาสามารถชดเชยและสนับสนุนซึ่งกันและกัน เช่น เมล็ดที่มีความชื้นต่ำที่เก็บรักษาไว้ในที่อากาศร้อน อาจจะมีชีวิตอยู่ได้นาน พอๆกับเมล็ดที่มีความชื้นสูง แต่เก็บในที่เย็น ในสภาพที่ทั้งร้อนและชื้นนอกจากจะไม่มีผลดีกับเมล็ดแล้ว กรณีที่ความชื้นของเมล็ดสูงถึง 12-14% จะเอื้ออำนวยต่อการเจริญของเชื้อรารวมทั้งการเกิดพิษจากสารเคมีที่ใช้คลุกเมล็ด สภาพที่ดีที่สุดสำหรับการเก็บรักษาคือ พยายามลดความชื้นของเมล็ดให้ต่ำแล้วเก็บในที่อากาศเย็นและแห้ง สภาพเก็บรักษาที่ดีที่สุดควรให้มีผลบวกของความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิ ไม่เกิน 37.78°C

ในระหว่างการเก็บรักษาธัญพืช ผลผลิตเกษตรต้องเผชิญกับความเสียหายจากเชื้อรา หนู สัตว์ฟันแทะอื่นๆ หรือแมลง ดังนั้นเพื่อลดความเสียหาย จำเป็นต้องรักษาอุณหภูมิของไซโลอยู่เสมอ จึงต้องมีระบบตรวจสอบอุณหภูมิสำหรับไซโล (Figure 1) เพื่อช่วยให้สามารถตรวจสอบคุณภาพของเมล็ดธัญพืชได้อย่างใกล้ชิดยิ่งขึ้น โดยที่ temperature cable ที่มีเซ็นเซอร์หลายตัว มีระบบการวัดอุณหภูมิและตรวจสอบความชื้น ที่สามารถวัดบันทึกข้อมูลของอุณหภูมิที่ต่างกันไปตามแต่ละช่วงเวลาได้

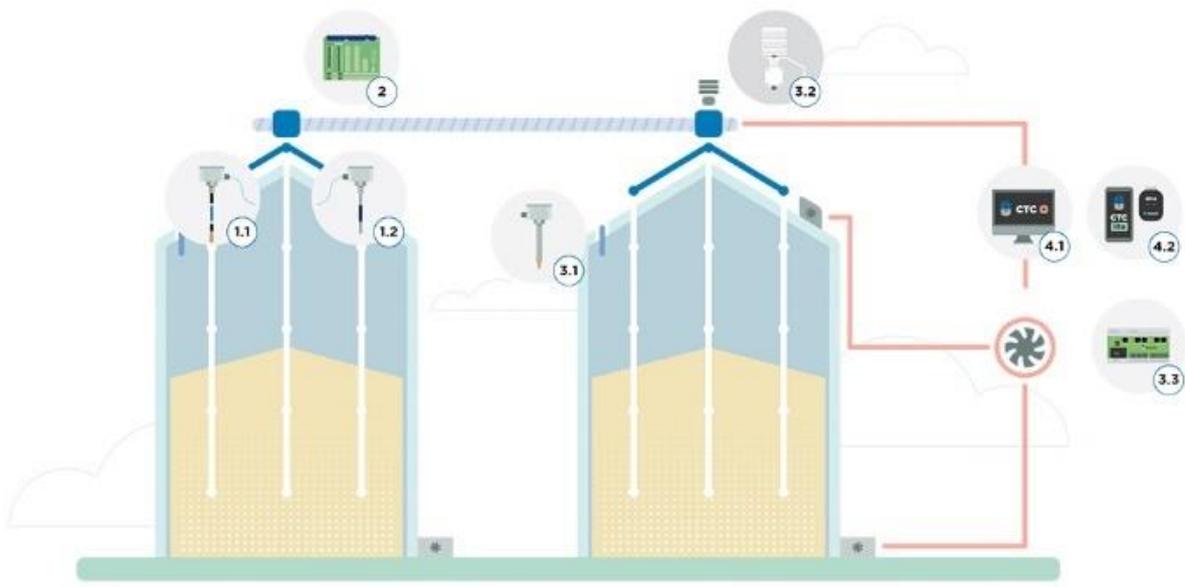


Figure 1 ระบบตรวจสอบอุณหภูมิของไซโล

ที่มา: Prado silos, (n.d.). <https://pradosilos.com/additional-systems-for-grain-silos>

ด้วยเหตุนี้เองจึงเป็นที่มาของการพัฒนาต้นแบบระบบระบายอากาศและการวัดอุณหภูมิของเมล็ดพืชในไซโลแบบเคลื่อนย้าย เพื่อทดสอบประสิทธิภาพการระบายอากาศและการวัดอุณหภูมิของเมล็ดพืชในไซโลของระบบดังกล่าว

2. วัสดุและวิธีการ

2.1 ระบบการวัดอุณหภูมิของเมล็ดพืชในไซโลแบบเคลื่อนย้าย

2.1.1 อุปกรณ์

อุปกรณ์หลักในโครงการวิจัยนี้คือ ชุดบันทึกข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นด้วยเซนเซอร์ DS18B20 และเซนเซอร์ DHT11 และส่งข้อมูลด้วยพอร์ตสื่อสารมาตรฐาน RS485 ซึ่งในส่วนอุปกรณ์จะประกอบไปด้วย 2 ส่วน ดังนี้

2.1.1.1 ส่วน Hardware

1. Arduino Uno R3
2. Breadboard
3. DS18B20 Temperature sensor
4. DHT11 Humidity sensor
5. Temperature Cable

2.1.1.2 ส่วน Software

1. โปรแกรม Arduino IDE

2.1.2 วิธีการทำระบบการวัดอุณหภูมิของเมล็ดพืชในไซโลแบบเคลื่อนย้าย

1. เขียนโค้ดโดยที่โค้ด master จะมีการทำงานที่คอยป้อนคำสั่งข้อมูลต่างๆ ที่ต้องการไปยัง slave และรอรับค่านั้นๆ กลับมาแสดงผลให้ผู้ใช้งาน และโค้ด slave จะมีการทำงาน คอยรับค่า input ต่างๆ เช่น อุณหภูมิและความชื้น และส่งค่าที่ได้ไปให้ master ตามคำสั่ง

2. ทำการนำตัวเซนเซอร์แต่ละตัวมาต่อเข้ากับบอร์ด Arduino slave และเป่าลมร้อน เพื่อดูค่าอุณหภูมิที่ขึ้นบนหน้าจอ monitor จะทำให้สามารถรู้ตำแหน่งของเซนเซอร์แต่ละตัว หลังจากนั้นทำการต่อสายของเซนเซอร์ โดยที่จะทำการบัดกรีเซนเซอร์เข้ากับสายไฟ 6 เส้น (สายไฟ 1 เส้นจะมีเซนเซอร์ 3 ตัววางห่างกันตัวละ 1 เมตร) เมื่อบัดกรีเสร็จนำท่อหุ้มสายไฟไว้เพื่อกันเซนเซอร์หลุด และเป่าลมร้อนเพื่อให้ท่อหุ้มได้เท่ากับขนาดสายไฟ

2.2 แผนผังวงจรภาพรวมของชุดแบบจำลองระบบระบายอากาศ

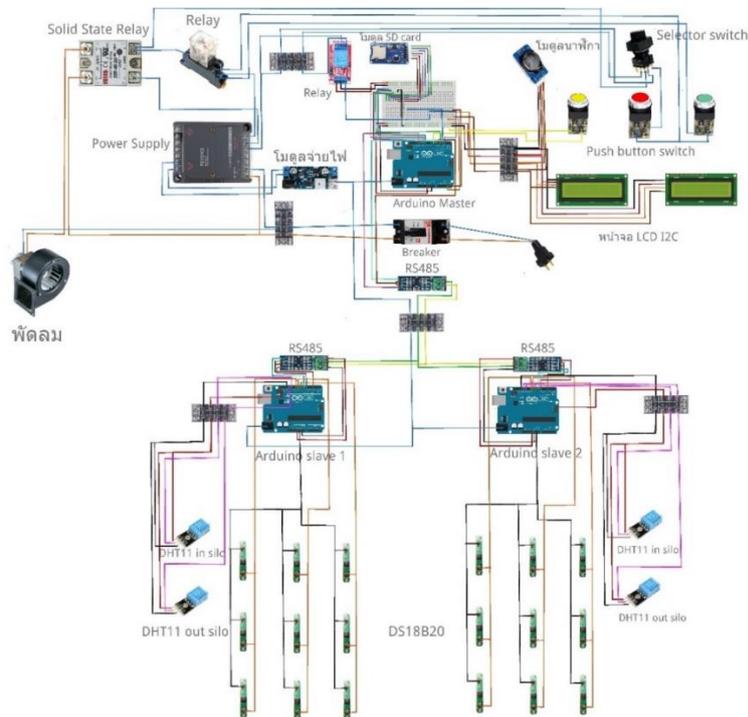


Figure 2 แผนผังวงจรทั้งระบบ

Figure 2 แสดงภาพรวมของระบบที่ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบวงจรขึ้น ซึ่งมีส่วนหลักที่สำคัญ 3 ส่วน คือ ส่วนชุดคอนโทรล หรือกล่องคอนโทรล (Figure 3) ซึ่งประกอบด้วยอุปกรณ์เสริมต่างๆ และ Arduino master ส่วนของชุดเซนเซอร์จะประกอบด้วยเซนเซอร์ DS18B20 และ DHT11 เชื่อมต่อกับ Arduino slave 1 และ Arduino slave 2 และส่วนสุดท้ายจะเป็นส่วนของพัดลมระบายอากาศที่ติดตั้งกับไซโลจำลอง



Figure 3 กล่องคอนโทรล

ในส่วนของ Figure 3 จะประกอบด้วย Breaker ขนาด 30 แอมป์ ต่อกับ Power Supply สำหรับแปลงกระแสสลับแรงดัน 220 โวลต์ จากครีวเรือนไปเป็นไฟฟ้ากระแสตรง 24 โวลต์ เพื่อใช้งานในระบบ โดยมี Step Down สำหรับลดแรงดันไฟฟ้าให้แก่บอร์ด Arduino Uno R3 ตัวบอร์ดทำหน้าที่ควบคุมระบบการทำงาน ซึ่งมีแผนผังการเดินสายไฟทั้งระบบดัง Figure 2

2.3 ชุดแบบจำลองระบบระบายอากาศ

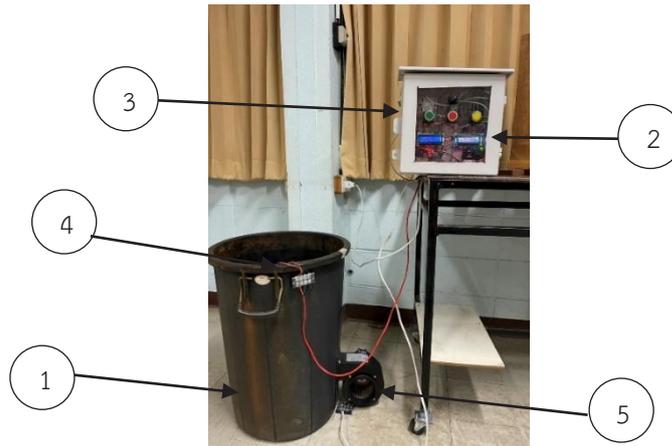


Figure 4 แบบจำลองระบบ

Figure 4 แสดงภาพแบบจำลองของระบบ ซึ่งผู้วิจัยออกแบบโดยมีการใช้อุปกรณ์หลักๆ คือ ถังความจุ 35.5 ลิตร (หมายเลข 1) สำหรับใส่ผลผลิตทางการเกษตร คือ ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ อีกทั้งยังมีชุดอุปกรณ์ที่เป็นส่วนสำคัญของระบบ คือ กล้องคอนโทรล (หมายเลข 2) โดยมีการต่อเซ็นเซอร์ DHT11 (หมายเลข 3) และเซ็นเซอร์ DS18B20 (หมายเลข 4) สำหรับรับค่าและนำค่าที่วัดได้มาประมวลผล เพื่อควบคุมการทำงานทั้งระบบ และมีอุปกรณ์ที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งคือ พัดลมหอยโข่ง อัตราไหล 5 l/min (หมายเลข 5) สำหรับเป่าระบายอากาศ

2.4 การทำงานของระบบระบายอากาศ

การระบายอากาศของงานวิจัยนี้ ทางผู้วิจัยได้ออกแบบระบบให้สามารถเลือกโหมดการควบคุมหลักๆ ได้ทั้งหมด 3 โหมด คือ 1) โหมดการทำงานแบบควบคุมด้วยมือบังคับ 2) โหมดการทำงานแบบตารางเวลา ซึ่งทำงานโดยใช้เวลาในการควบคุมการเปิด-ปิดพัดลมควบคุมอากาศในไซโล และ 3) โหมดการทำงานโดยใช้หลักการควบคุมด้วยหลักไซโครเมตริก (Psychrometric) ในการเปิด-ปิดพัดลมควบคุมอากาศในไซโล ซึ่งในโหมดที่ 2) และ 3) จะจัดอยู่ในโหมดการแบบอัตโนมัติ

2.4.1 โหมดการทำงานแบบควบคุมด้วยมือบังคับ (Manual mode)

หลักการใช้งานทำได้โดยการหมุนสวิตช์ไปด้านซ้าย ซึ่งเป็นโหมดการทำงานแบบ Manual จากนั้นกดปุ่ม push button สีเขียว เพื่อเปิดพัดลมระบายอากาศ และกดปุ่มสีแดง เพื่อปิดพัดลมระบายอากาศ

2.4.2 โหมดการทำงานแบบตารางเวลา

ในส่วนของโหมดการควบคุมโดยใช้ระยะเวลาเป็นเกณฑ์ในการเปิด-ปิดพัดลมระบายอากาศ มีหลักการควบคุมด้วยเวลาจากโมดูลเวลา DS3231 คือ จะทำการเปิดพัดลมระบายอากาศเวลา 6.00 น. ถึง 8.00 น. และ 19.00 น. ถึง 21.00 น. นอกเหนือจากเวลาดังกล่าวระบบจะสั่งให้พัดลมหยุดทำงาน ดัง Figure 5

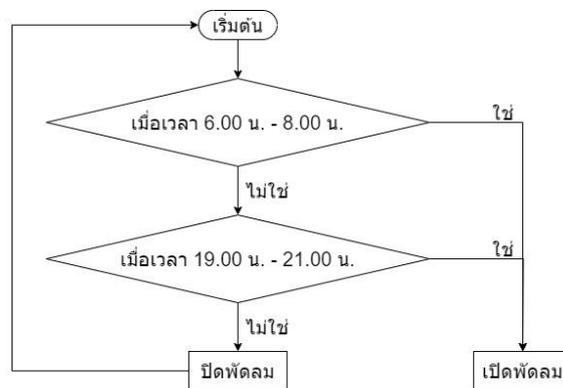


Figure 5 เงื่อนไขการควบคุมการเปิด-ปิดพัดลมระบายอากาศโดยใช้เวลาควบคุม

ซึ่งการเลือกใช้เวลาในการเปิดพัดลม ที่ใช้ช่วงเวลาดังกล่าวเนื่องจาก ผู้วิจัยต้องการใช้ช่วงเวลาที่อากาศมีอุณหภูมิต่ำในการเป่าอากาศเข้าไป เพื่อลดอุณหภูมิระหว่างเมล็ดที่เกิดขึ้นในช่วงเวลากลางวัน

2.4.3 โหมดการทำงานโดยใช้หลักการควบคุมด้วยหลักไซโครเมตริก (Psychrometric)

หลักการใช้งาน ทำได้โดยการหมุนสวิทช์ไปทางด้านขวามือ เพื่อเลือกใช้งานโหมดการทำงานอย่างอัตโนมัติ โดยใช้หลักการไซโครเมตริก (Psychrometric) ซึ่งในหลักการนี้จะแสดงให้เห็นถึงคุณสมบัติต่างๆของอากาศ มีความสัมพันธ์กันทั้งหมด 13 คุณสมบัติ ซึ่งในงานวิจัยนี้ออกแบบมาให้ Arduino Uno R3 มีการการคำนวณคุณสมบัติอากาศแบบตามเวลาจริง ณ เวลาปัจจุบัน เพื่อหาค่าคุณสมบัติดังกล่าว

ในส่วนการทำงานของระบบนี้ จะมีเงื่อนไขในการเปิด-ปิดพัดลมนั้น เป็นไปตาม Figure 6 โดยในเงื่อนไขแรก แสดงให้เห็นถึงอุณหภูมิ Dew point ของอากาศภายนอกที่ ไม่ควรมีมากกว่าอุณหภูมิระหว่างเมล็ด และยังแสดงให้เห็นถึงอุณหภูมิที่ต่ำที่สุด ที่เหมาะสมแก่การใช้ในการระบายอากาศภายในถัง ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 1

$$T_{dp} = \frac{243.12 \times \left(\ln\left(\frac{RH\%}{100}\right) + \frac{17.62 \times T}{243.12 + T} \right)}{17.62 - \left(\ln\left(\frac{RH\%}{100}\right) + \frac{17.62 \times T}{243.12 + T} \right)} \quad (1)$$

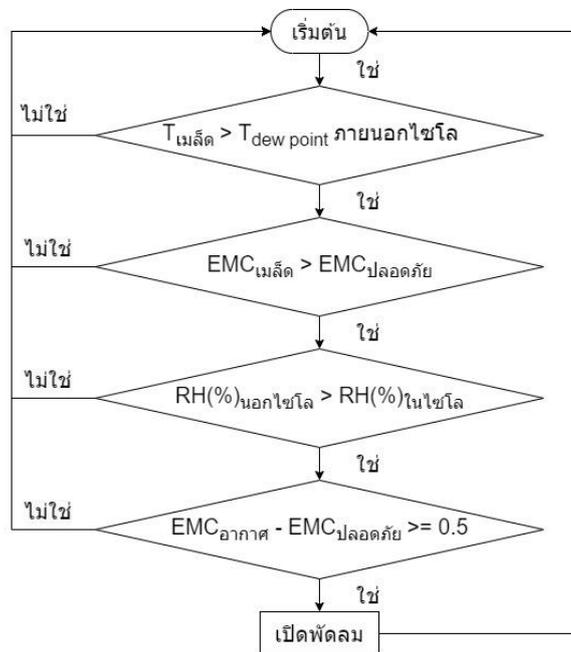


Figure 6 เงื่อนไขการควบคุมการเปิด-ปิดพัดลมระบายอากาศโดยใช้หลักการไซโครเมตริก (Psychrometric)

ระบบจะตรวจสอบว่าสมควรแก่การเปิดพัดลมหรือไม่ ถ้าค่าอุณหภูมิ Dew point มีค่ามากกว่าอุณหภูมิเมล็ด ระบบจะสั่งให้ปิดพัดลม แต่ถ้าน้อยกว่าให้ตรวจสอบเงื่อนไขที่ 2 คือ การตรวจสอบค่าความชื้นสมดุล (Equilibrium Moisture Content) ของข้าวโพด ที่สัมพันธ์ต่อค่าความชื้นสัมพัทธ์สมดุลของอากาศ (Equilibrium Relative Humidity) ภายในถังว่าเมล็ดมีความชื้นสูงกว่าความชื้นที่เหมาะสมแก่การเก็บรักษาหรือไม่ ซึ่งหาได้โดยการคำนวณค่าความชื้นสมดุลของเมล็ด จากสมการที่ 2

$$EHR = 1 - \exp(-A \times (T + C) \times (MC_p) \times B) \quad (2)$$

ในกรณีความชื้นสมดุลของข้าวโพดน้อยกว่า หรืออยู่ในเกณฑ์การเก็บรักษาอยู่แล้ว ระบบจะปิดพัดลม ในกรณีถ้ามากกว่า ระบบจะตรวจสอบเงื่อนไขที่ 3 คือ การตรวจสอบค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่วัดได้จากเซนเซอร์ DHT11 ภายนอกถัง ที่อยู่บริเวณกล่องคอนโทรลว่ามีค่ามากกว่าความชื้นสัมพัทธ์ภายในถังที่วัดได้จากเซนเซอร์ DHT11 บริเวณช่องว่างบนถังหรือไม่ ถ้าภายนอกถังมีความชื้นสัมพัทธ์สูงกว่า ระบบปิดพัดลม แต่ถ้าภายในถังมีความชื้นสัมพัทธ์สูงกว่า ให้ตรวจสอบเงื่อนไขที่ 4 คือ ตรวจสอบค่าความชื้นสมดุลของอากาศ ในกรณีเมื่อเปิดพัดลมระบายอากาศ โดยความชื้นสมดุลของอากาศควรมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่เหมาะสมแก่การเก็บรักษาข้าวโพด ซึ่งในเงื่อนไขนี้ แสดงให้เห็นว่า ถ้าความชื้นภายในถังมีค่า



ความชื้นสัมพัทธ์เท่ากับอากาศที่ถูกพัดเข้าไปหลังจากเปิดพัดลมระบายอากาศ ความชื้นของข้าวโพด จะมีค่าเท่ากับความชื้นสัมพัทธ์ที่เหมาะสมแก่การเก็บรักษา หรือเท่ากับความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศที่พัดเข้าไป ในส่วนของค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศคำนวณได้จากสมการที่ 2 จากนั้นเมื่อระบบทำการตรวจสอบเงื่อนไขครบทั้ง 4 เงื่อนไขและเห็นว่าสมควรเปิดพัดลม ระบบจะเปิดพัดลมจนกว่าจะตรวจสอบได้ว่าอากาศภายในถังเหมาะสมกับการเก็บข้าวโพดถึงจะปิดพัดลม หรือจะเปิดพัดลมจนกว่าจะมีเงื่อนไขอย่างน้อย 1 เงื่อนไขที่ไม่ถูกต้อง เมื่อมีเงื่อนไขที่ไม่ถูกต้องอย่างน้อย 1 เงื่อนไข ระบบจะทำการปิดพัดลมระบายอากาศและตรวจสอบใหม่ซ้ำ

2.5 แผนการทดสอบระบบ

2.5.1 กรอบแนวคิด

เพื่อทดสอบหาความแม่นยำในการทดสอบประสิทธิภาพและการประเมินสมรรถนะของอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบโดยการนำสายท่อหอดที่ภายในมีเซนเซอร์ สายละ 3 ตัวต่อเข้ากับ Arduino slave ทั้งสองตัว อ่านข้อมูลอุณหภูมิที่ส่งผ่าน RS485 ไปยัง Arduino master และเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้จากเซนเซอร์ DS18B20 และ Digital Thermometer เพื่อหาความน่าเชื่อถือ

การประเมินความสามารถในการรักษาความชื้นเมล็ดให้สามารถรักษาคุณภาพให้อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม ผู้วิจัยได้วางแผนการทดสอบระบบอัตโนมัติทั้ง 2 ระบบคือ โหมดการทำงานโดยใช้หลักการควบคุมด้วยหลัก Psychrometric และโหมดการทำงานแบบตารางเวลา โดยจะทำการทดสอบระบบเวลา 24 ชั่วโมง และเก็บค่าตัวแปรต่างๆ คือ อุณหภูมิระหว่างเมล็ด, EMC ของเมล็ด, ความชื้นสัมพัทธ์ภายในถัง, อุณหภูมิภายนอกถัง, ความชื้นสัมพัทธ์ภายนอกถัง, และ EMC ของอากาศที่พัดเข้าไป เพื่อตรวจสอบว่าระบบสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพตรงตามเงื่อนไขที่ผู้วิจัยต้องการ และสามารถรักษาคุณภาพให้อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมได้หรือไม่

2.5.2 ขั้นตอนการทดสอบระบบความแม่นยำในการวัดอุณหภูมิ

1. นำสายท่อหอด ที่ภายในมีเซนเซอร์ สายละ 3 ตัว โดยแต่ละตัวมีระยะห่าง 1 เมตร มาติดตั้งที่ไซโลจำนวน 3 สาย ทำการต่อเข้ากับ Arduino slave 1 ที่อยู่ภายในถังพลาสติก โดยตำแหน่งที่ติดตั้งสาย temperature cable จะติดตั้งไว้รอบๆ บริเวณศูนย์กลางของถังพลาสติก

2. นำ Arduino slave 2 ที่ทำการติดตั้งเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ (DS18B20) จำนวน 9 ตัว ติดตั้งไว้ที่ด้านนอก บริเวณข้างๆ ถังพลาสติก

3. ติดตั้งเซนเซอร์ DHT11 ภายในถัง บริเวณ head space และติดตั้งไว้บริเวณนอกถัง เพื่อนำความชื้นสัมพัทธ์ไปคำนวณหาค่าต่างๆ

4. ต่อสาย RS485 จาก Arduino slave 1 ไปที่ Arduino slave 2 โดยมีความยาว ของสาย 100 cm และต่อพ่วงไปที่ Arduino master โดยความยาวของสาย RS485 ที่ต่อระหว่าง master กับ slave 1&2 มีระยะ 100 เมตร และมีการต่อกันแบบอนุกรม

5. ทำการเปิดพัดลมไอร้อนเข้าไปที่ถังพลาสติกไว้จนความร้อนคงที่จึงเริ่มทำการวัดอุณหภูมิ โดยเราจะวัดอุณหภูมิด้วย Digital Thermometer ก่อน จากนั้นค่อยวัดด้วย sensor วัดอุณหภูมิ (DS18B20) ของ Arduino slave ทั้งสองตัว โดยอุณหภูมิเริ่มต้นที่จะทำการวัดคือ 30°C จากนั้นบันทึกค่าของอุณหภูมิทุกๆ 1 นาที โดยเปลี่ยนอุณหภูมิเป็น 40°C, 50°C และ 60°C ตามลำดับ จากนั้นบันทึกค่าที่ได้ลงในตาราง

6. หาค่า error ระหว่าง Arduino slave 1 ในถังพลาสติก และ Arduino slave 2 ที่อยู่นอกถัง ค่า error ของ sensor วัดอุณหภูมิ (ds18b20) ที่ได้ต้อง $\pm \leq 0.5^{\circ}\text{C}$ โดยค่า error นี้เป็นค่าที่ยอมรับได้โดยอ้างอิงมาจากสินค้า (EST10000-A multi-point temperature sensor จาก บริษัทแสงชัยมิเตอร์จำกัด)

7. นำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบความถูกต้องในการวัดอุณหภูมิของเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ (DS18B20) และ Digital Thermometer

2.5.3 ขั้นตอนการทดสอบระบบตรวจวัดคุณภาพและระบายอากาศ

ในการทดสอบระบบ ใช้ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ 20 kg ทำการวัดความชื้นเมล็ดจากเครื่องวัดความชื้น (kett PM-600) ทั้งหมด 3 ครั้ง เพื่อหาค่าเฉลี่ยของความชื้นที่ได้ จากนั้นทำการจัดแจงตัวเซนเซอร์ให้อยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสมพร้อมกับเทข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลงในถังเพื่อเตรียมการปฏิบัติงานในขั้นตอนถัดไป เพิ่มความชื้นให้เท่ากับ 20%w.b. โดยการฉีดน้ำใส่เมล็ดข้าวโพด ดังนั้นจะสามารถหาปริมาตรของน้ำที่จะนำไปเพิ่มความชื้นได้จากสมการที่ 3

$$\% = \frac{W_{\text{wet}} - W_{\text{dry}}}{W_{\text{wet}}} \times 100 \quad (3)$$

จะได้ $\text{water} = W_{\text{wet}} - W_{\text{corn}}$ (4)

ต้องทำการคำนวณหา W_{dry} จากสมการที่ (4) โดยค่าความชื้นที่นำมาคำนวณคือความชื้นจากการวัด 3 ครั้ง จากนั้นทำการคำนวณหา W_{wet} จากสมการที่ (3) โดยค่าความชื้นที่นำมาคำนวณคือ 20% เมื่อได้ค่า W_{dry} และ W_{wet} เรียบร้อย จึงนำไปแทนในสมการที่ (4) จะทำให้ทราบปริมาณน้ำที่ต้องเพิ่มให้กับข้าวโพด ซึ่งมีการคำนวณดังนี้ น้ำหนักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่นำมาทดสอบ 20.62 kg, ค่าเฉลี่ยความชื้นข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่วัดได้ก่อนนำมาเพิ่มความชื้นมีค่า 14.5% จากสมการที่ (3) จะได้สมการที่ 5

$$\%w. b. = \frac{14.5 - W_d}{14.5} \times 100 \quad ; W_d = 17.63 \text{ kg} \quad (5)$$

ต้องการความชื้น 20%w.b. จะได้สมการที่ 6

$$20\%w. b. = \frac{W_w - 17.63}{W_w} \times 100 \quad ; W_w = 22.03 \text{ kg} \quad (6)$$

ดังนั้นต้องเพิ่มน้ำ $W_w - W_{\text{ปัจจุบัน}} = 22.03 - 20.26 = 1.77 \text{ kg} \approx 2 \text{ kg}$

เมื่อความชื้นสัมพัทธ์มีค่าเท่ากับ 20% ทำการเปิดระบบเพื่อทดสอบในโหมด Psychrometric จากนั้นเก็บผลการทดลอง และทำการทดสอบระบบซ้ำในโหมดตารางเวลา

3. ผลและการวิจารณ์ผล

3.1 ผลอุณหภูมิภายในไซโลและภายนอกไซโลของเซนเซอร์ DS18B20 เปรียบเทียบกับการวัดอุณหภูมิโดยใช้ Digital Thermometer

จากการทดสอบวัดอุณหภูมิภายในไซโลและภายนอกไซโลของเซนเซอร์ DS18B20 เปรียบเทียบกับการวัดอุณหภูมิโดยใช้ Digital Thermometer (Table 1) พบว่ามีค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิที่ 30°C ภายในไซโลเก็บค่าได้ 32.4°C ภายนอกไซโล 29.5°C , อุณหภูมิที่ 40°C ภายในไซโลเก็บค่าได้ 37.4°C ภายนอกไซโล 41.1°C, อุณหภูมิที่ 50°C ภายในไซโลเก็บค่าได้ 52.8°C ภายนอกไซโล 52.5°C และอุณหภูมิที่ 60°C ภายในไซโลเก็บค่าได้ 63.9°C ภายนอกไซโล 63.9°C ซึ่งค่าอุณหภูมิที่เก็บค่าได้จากเซนเซอร์ DS18B20 เกิน $\pm 0.5^\circ\text{C}$ โดยค่า error นี้เป็นค่าที่ยอมรับได้โดยอ้างอิงมาจากสินค้า (รุ่น EST10000-A multi-point temperature sensor จากบริษัทแสงชัยมิเตอร์จำกัด) โดยเซนเซอร์ DS18B20 วัดค่าได้ที่ $\pm 4^\circ\text{C}$ เนื่องจากอุปกรณ์ที่ทำการวัดอุณหภูมิคือถังพลาสติก ทำให้ไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ดี จึงทำให้มีการคลาดเคลื่อนของอุณหภูมิเกินค่า error ที่ยอมรับได้

Table 1 อุณหภูมิของเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ (DS18B20) และ Digital Thermometer

อุปกรณ์	เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ (DS18B20) (°C)	Digital Thermometer (reference) (°C)
ภายในถัง พลาสติก	32.4	29.5
	37.4	41.1
	52.8	52.5
	63.9	63.9
ภายนอกถัง พลาสติก	31.0	30.0
	40.9	40.0
	50.5	50.0
	60.0	60.0

3.2 ผลการทำงานในโหมดการทำงานแบบควบคุมด้วยมือบังคับ (Manual mode)

ทางผู้วิจัยได้มีการทดสอบโหมดการทำงานแบบควบคุมด้วยมือบังคับ (Manual mode) โดยก่อนที่จะทำการทดสอบในโหมดตารางเวลา และโหมดไซโครเมตริก (Psychrometric) การทำงานในโหมดนี้จะต้องมีการทำงานที่สมบูรณ์ก่อน เมื่อผู้วิจัยทำการต่อวงจรทั้งระบบเสร็จสมบูรณ์ ได้มีการทดสอบในโหมดการทำงานแบบควบคุมด้วยมือบังคับ (Manual mode)

ทันที ซึ่งผลการทดสอบในโหมดนี้ระบบมีการทำงานที่สมบูรณ์ คือ เมื่อผู้วิจัยทำการหมุนสวิทช์ไปด้านซ้าย ซึ่งเป็นโหมดการทำงานแบบ Manual จากนั้นกดปุ่ม push button สีเขียว ผลคือพัดลมมีการทำงานตามปกติ และเมื่อกดปุ่ม push button สีแดง ผลคือพัดลมหยุดทำงาน

3.3 การวิเคราะห์ผลการทำงานของระบบในโหมดตารางเวลา

Table 2 แสดงค่าที่เก็บได้จากการทดสอบระบบ เมื่อเริ่มทำการทดสอบระบบ โดยมีเงื่อนไขการเปิดพัดลมคือ เปิดในช่วงเวลา 6.00 น. ถึง 8.00 น. และในช่วงเวลา 19.00 น. ถึง 21.00 น. จาก Table 2 เมื่อเวลาเริ่มต้น 18.30 น. มีค่า EMC ของเมล็ด อยู่ที่ 26.00% และเมื่อทำการเปิดระบบครบ 24 ชั่วโมง ค่า EMC ของเมล็ด มีค่าเท่ากับ 17.64% ซึ่งทางผู้วิจัยสังเกตเห็นว่า ในช่วงเวลาที่ระบบมีการเปิดพัดลมระบายอากาศ ค่า EMC ของเมล็ดจะลดลง แต่เนื่องจากทางผู้วิจัยได้มีการเขียนโปรแกรมลงบอร์ด Arduino ให้ระบบสั่งเปิดพัดลมเพียงแค่ 2 ช่วงเวลาดังกล่าว และมีการเปิดระบบทดสอบเพียงแค่ 24 ชั่วโมง ทำให้การเปิดพัดลมระบายอากาศมีเพียง 2 รอบเท่านั้น จึงทำให้ค่า EMC ของเมล็ดเมื่อสิ้นสุดการทดสอบ ลดลงถึงเพียงแค่ 17.64% ซึ่งหลังจากที่มีการเป่าอากาศผ่านชั้นข้าวโพดทั้ง 2 ช่วงเวลา โดยระยะเวลาที่ระบบสั่งเปิดพัดลม จะเป็นช่วงเวลาที่ผู้วิจัยได้ทำการหาข้อมูลจากพยากรณ์อากาศ ซึ่งทางผู้วิจัยเห็นว่า ในช่วงเวลาประมาณ 6.00 น. ถึง 8.00 น. และ 19.00 น. ถึง 21.00 น. จะเป็นเวลาที่อากาศมีอุณหภูมิต่ำ ทางผู้วิจัยจึงเลือกทั้ง 2 ช่วงเวลานี้ ในการสั่งให้ระบบเปิดพัดลม ดังนั้นถ้าสามารถเป่าอากาศผ่านชั้นข้าวโพดได้อย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลาเพียงพอ ก็จะทำให้สามารถรักษาความชื้นของเมล็ดข้าวโพดให้อยู่ในระดับที่ต่ำกว่า 14% ได้ เพียงแต่ในระยะเวลาที่เพียงพอดังกล่าว นานเกินกว่าที่จะทำการทดสอบให้ได้ผลสำเร็จภายในระยะเวลาของการทำงานวิจัยได้ แต่อย่างไรก็ตาม จาก Table 2 เมื่อเปิดการทำงานระบบนี้แล้ว จะเห็นได้ว่า ข้อมูล EMC ของเมล็ด มีค่าลดลงจากช่วงเริ่มต้นค่อนข้างมาก ทางผู้วิจัยจึงเห็นว่า ระบบระบายอากาศนี้สามารถควบคุมความชื้นเมล็ดให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัยได้

Table 2 ผลการทดสอบระบบในโหมดตารางเวลา

เวลา	ความชื้นสัมพัทธ์ ในถัง (%)	อุณหภูมิระหว่าง เมล็ด (°C)	EMC ของ เมล็ด (%)	ความชื้นสัมพัทธ์ อากาศนอกถัง (%)	อุณหภูมิ อากาศนอกถัง (°C)	EMC ของ อากาศ (%)
18.30	95.00	25.02	26.00	53.00	32.00	12.42
20.30	95.00	29.00	25.26	57.00	31.00	13.22
22.30	88.00	29.79	21.13	59.00	31.00	13.59
0.30	93.00	29.73	23.68	60.00	31.00	13.78
2.30	94.00	29.83	24.34	62.00	30.00	14.26
4.30	93.00	29.96	23.64	63.00	30.00	14.45
6.30	88.00	29.08	21.24	64.00	30.00	14.65
8.30	86.00	29.42	20.40	63.00	30.00	14.45
10.30	87.00	30.12	20.68	57.00	32.00	13.13
12.30	85.00	30.85	19.84	49.00	35.00	11.50
14.30	75.00	30.79	16.97	30.00	32.00	8.54
16.30	76.00	31.46	17.14	36.00	35.00	9.36
18.30	78.00	31.56	17.64	41.00	35.00	10.18

3.4 การวิเคราะห์ผลการทำงานของระบบในโหมดไซโครเมตริก (Psychrometric)

Table 3 แสดงค่าที่ระบบทำการเก็บและคำนวณได้ ในโหมดไซโครเมตริก (Psychrometric) โดยใช้ระยะเวลาในการทดสอบระบบ 24 ชั่วโมง จาก Table 3 มีการแสดงค่าที่เก็บและคำนวณได้ ทุก 2 ชั่วโมง ในส่วนของระบบจริงที่ทำการเขียนโปรแกรมลงบอร์ด Arduino จะทำการเก็บและคำนวณค่า ทุก 1 ชั่วโมง ซึ่งจาก Table 3 ค่าที่สำคัญที่ต้องสังเกตคือ ค่า EMC ของเมล็ด จะเห็นได้ว่า ที่เวลา 18:30 น. มีค่า EMC ของเมล็ด อยู่ที่ 21.21% และมีค่าลดลงเรื่อยๆ จนกระทั่งเวลา 4:30 น. ค่า EMC ของเมล็ด เพิ่มสูงขึ้น จากเวลา 2:30 น. ที่มีค่า EMC ของเมล็ด อยู่ที่ 16.70% เพิ่มเป็น 17.18% และเพิ่มขึ้น



เรื่อยๆ จนถึงเวลา 8.30 น. สาเหตุที่ค่า EMC ของเมล็ดเพิ่มขึ้น อาจเกิดจากในช่วงเวลา 4.30 น. ถึง 8.30 น. เป็นช่วงเวลาที่ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศนอกถ้ำสูง จึงทำให้ช่วงเวลาดังกล่าวมีค่า EMC ของเมล็ด เพิ่มขึ้น จากนั้นค่า EMC ของเมล็ดจึงค่อยๆ ลดลง เมื่อเปิดระบบครบ 24 ชั่วโมง จะมีค่า EMC ของเมล็ด ลดลงเหลือเพียง 14.03% ซึ่งอากาศด้านนอกที่ความชื้นต่ำ หลังจากที่มีการเป่าอากาศผ่านชั้นข้าวโพดแล้ว อากาศที่ไหลผ่านชั้นข้าวโพด จะสามารถดึงความชื้นออกจากข้าวโพดได้ โดยสังเกตได้จาก ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศที่สูงขึ้นบริเวณ Head space และอุณหภูมิระหว่างเมล็ดที่เพิ่มขึ้นเล็กน้อย ดังนั้นถ้าสามารถใช้สภาวะอากาศนอกไซโล ที่มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ และอุณหภูมิสูง เป่าผ่านชั้นข้าวโพดได้อย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลาเพียงพอ ก็จะทำให้สามารถรักษาความชื้นของเมล็ดข้าวโพดให้อยู่ในระดับที่ต่ำกว่า 14% ได้ เพียงแต่ในระยะเวลาที่เพียงพอ ดังกล่าว นานเกินกว่าที่จะทำการทดสอบในระยะเวลาของการทำงานวิจัย อย่างไรก็ตาม ข้อมูล EMC ที่คำนวณจากความชื้นสัมพัทธ์บริเวณ Headspace และข้อมูลอุณหภูมิระหว่างเมล็ด แสดงให้เห็นว่า ระบบระบายอากาศนี้สามารถควบคุมความชื้นเมล็ดให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัยได้

Table 3 ผลการทดสอบระบบในโหมดไซโครเมตริก (Psychrometric)

เวลา	ความชื้นสัมพัทธ์ ในถ้ำ (%)	อุณหภูมิระหว่าง เมล็ด (°C)	EMC ของ เมล็ด (%)	ความชื้นสัมพัทธ์ อากาศนอกถ้ำ (%)	อุณหภูมิ อากาศนอกถ้ำ (°C)	EMC ของ อากาศ (%)
18.30	86.00	24.10	21.21	61.00	29.00	14.16
20.30	76.00	26.12	17.80	70.00	30.00	15.90
22.30	70.00	28.04	16.12	73.00	30.00	16.58
0.30	73.00	28.56	16.75	75.00	30.00	17.06
2.30	73.00	28.96	16.70	76.00	30.00	17.31
4.30	75.00	29.00	17.18	79.00	30.00	18.10
6.30	76.00	29.04	17.43	80.00	29.00	18.51
8.30	76.00	29.17	17.41	80.00	30.00	18.39
10.30	74.00	29.69	16.86	76.00	32.00	17.08
12.30	71.00	29.21	16.21	71.00	33.00	15.80
14.30	66.00	30.40	15.01	61.00	33.00	13.78
16.30	61.00	29.96	14.07	59.00	34.00	13.32
18.30	61.00	30.37	14.03	60.00	33.00	13.59

ซึ่งผลการพัฒนาระบบระบายอากาศ ณ ปัจจุบัน สามารถถูกปรับปรุงให้ระบบมีความสามารถสูงขึ้นไปในอนาคต โดยการเพิ่มคุณสมบัติด้าน Internet of Things เข้าไป เช่น เพิ่มความสามารถในการแสดงผลอุณหภูมิ และความสามารถในการควบคุมพัดลมผ่านเครือข่าย internet

4. สรุป

ผลการศึกษาสภาวะอากาศที่เหมาะสมสำหรับการออกแบบและพัฒนาระบบระบายอากาศ เพื่อรักษาคุณภาพอากาศสำหรับเก็บรักษาผลผลิตทางการเกษตรในไซโลเก็บผลผลิตทางการเกษตร ให้อยู่ในสภาพการเก็บรักษาที่ปลอดภัยต่อผลผลิตนั้น ค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยของเมล็ดที่เหมาะสมสำหรับการเก็บรักษาอยู่ที่ 14%w.b. การออกแบบและพัฒนาระบบระบายอากาศ ทางผู้วิจัยได้สร้างไซโลขนาดทดลอง และมีการติดตั้งพัดลมระบายอากาศ โดยใช้บอร์ด Arduino Uno R3 เพื่อควบคุมการเปิด-ปิดพัดลมระบายอากาศด้วยระบบสั่งการที่เขียนโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ 2 โหมดควบคุม 1.โหมดควบคุมด้วยหลักไซโครเมตริก 2.โหมดควบคุมแบบตารางเวลา จากการทดลอง ผู้วิจัยได้ผลการทดลองดังนี้ ในโหมดการควบคุมแบบตารางเวลา ค่าความชื้นสัมพัทธ์ของเมล็ดลดลงจาก 26%w.b. เหลือ 17.64%w.b. และในโหมดการควบคุมด้วยหลักการไซโครเมตริก (Psychrometric) ค่าความชื้นสัมพัทธ์ของเมล็ดลดลงจาก 21.21%w.b. เหลือ 14.03%w.b. ดังนั้น



ระบบสามารถรักษาคุณภาพอากาศให้อยู่ในสภาพที่เหมาะสม สำหรับการเก็บรักษาผลผลิตทางการเกษตรในไซโล ทั้ง 2 โหมด ที่ทำการทดลอง การใช้การควบคุมแบบตารางเวลา หรือหลักการไซโครเมตริก มีผลทำให้ค่าความชื้นสัมพัทธ์ของเมล็ดลดลงได้

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมเกษตร และคณะวิศวกรรมศาสตร์กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน สำหรับความอนุเคราะห์สถานที่ สาธารณูปโภค อุปกรณ์การทดลอง และความอนุเคราะห์อื่นๆ

6. เอกสารอ้างอิง

กรรณิการ์ เฟ็งคุ่ม, รังสิมา เก่งการพานิช, ใจทิพย์ อุไรชื่น, ดวงสมร สุทธิสุทธิ์, ภาวินี หนูชนะภัย, พนัญญา พบสุข, ณัฐวัฒน์ แยมยิ้ม, พรทิพย์ วิสารทานนท์ และอัจฉรา เพชรโชต. (2558). *การพัฒนาการจัดการศัตรูผลผลิตเกษตรเพื่อรักษาคุณภาพ*. คลังผลงานวิจัย กรมวิชาการเกษตร. <https://www.doa.go.th/research/attachment.php?aid=2233>

จารุรัตน์ พุ่มประเสริฐ และจารุวรรณ บางแว. (2560). *วิธีการลดความชื้นเมล็ดที่เหมาะสมในข้าวโพดเลี้ยงสัตว์*. กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลผลิตเกษตร. <https://www.doa.go.th/plan/wp-content/uploads/2021/05/521.3.pdf>

Geocities. (ม.ป.ป.) .*ผลผลิตทางการเกษตรที่สำคัญของประเทศไทย*. <https://www.geocities.ws/sci123th/science.html>

บริษัท อัลฟา ดิล จำกัด. (ม.ป.ป.) .*กล่องคอนโทรล*. https://www.alphadeal54.com/product_list/PGC-A000327

แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 8. (ม.ป.ป.) .มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา. <http://oservice.skru.ac.th/ebookft/374/chapter8.pdf>

อนุวัฒน์ รัตนชัย และจารุวรรณ บางแว. (2554). *ความชื้นเมล็ดที่เหมาะสมในการเก็บรักษาข้าวโพดเลี้ยงสัตว์*. รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด. <https://www.doa.go.th/plan/wp-content/uploads/2021/05/521.2.pdf>

สาธิต จันทร์เอี่ยม. (2563). *ศึกษาศักยภาพการเพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ กรณีศึกษา. เกษตรกรอำเภอแม่พริก จังหวัดลำปาง*. https://www.agi.nu.ac.th/nred/Document/is-PDF/2563/geo_2563_030_FullPaper.pdf

พืชเศรษฐกิจ สินค้าสร้างรายได้ในครัวเรือนและประเทศ. (ม.ป.ป.) .สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร(องค์การมหาชน). https://www.arda.or.th/knowledge_detail.php?id=40

Grain temperature & Level monitoring transmitter รุ่น EST Series. (ม.ป.ป.)บริษัทแสงชัยมิเตอร์ จำกัด. https://www.sangchaimeter.com/support_detail/digital-pressure-sensor-dp-100-series Gordon, Y. (1981). *in Solar Energy Conversion II*. sciencedirect. <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/equilibrium-moisture-content>,

Krishna, N. (2022). *History of Controlled Environment Horticulture*. Greenhouses. https://www.researchgate.net/figure/Psychrometric-chart-invented-by-Willis-Carrier-The-chart-provides-wet-bulb-temperature_fig4_358267715

Richard, P. B. (1973). *Algorithms for Minimization Without Derivatives*. Google books. <https://books.google.co.th/books>

Ustymczuk, A. & Giner, S.A. (2011, August 19). *Relative humidity errors when measuring dry and wet bulb temperatures*. sciencedirect. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii>



ศักยภาพการผลิตและการใช้ประโยชน์เซลลูโลสจากเปลือกฝักโกโก้ The Potential Production and Utilization of Cellulose From Cocoa Pod Husks

จันทร์จิรา กูลสวัสดิ์มงคล¹ สมศักดิ์ เลายี่ป่า¹ สุทธิดา เขมพงษ์พิสุทธิ์¹ ชินานาฏ วิทยาประภากร² และ นิลวรรณ ไชยหนู²
Chanchira Goolsawadmongkol¹, Somsak Laoyeepa¹, Suttida Kempongpisut¹, Chinanat Witthayaprapakorn²
and Nilawan Chaitanu²

หลักสูตรวิศวกรรมเกษตรและชีวภาพ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา จังหวัดเชียงใหม่
50300

Division of Agricultural and Biological Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University
of Technology Lanna, Chiang Mai 50300 Thailand

โทรศัพท์ 05392 1444 โทรสาร 0-5321-3183 e-mail: saraban@rmutl.ac.th.

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มุ่งศึกษาศักยภาพและการใช้ประโยชน์จากเปลือกฝักโกโก้ชั้นในเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตจากการศึกษาพบว่าผลโกโก้สด 1 ผล แยกเป็นส่วนเมล็ดนำไปหมักเพื่อเข้าสู่กระบวนการผลิตผงโกโก้และช็อกโกแลตร้อยละ 30 และร้อยละ 70 เป็นเปลือกฝัก เกษตรกรส่วนใหญ่มักขูดเปลือกฝักโกโก้ชั้นใน (endocarp) ออกแล้วนำไปตากแห้งทำเป็นภาชนะบรรจุเครื่องดื่มหรืออาหาร ส่วนเปลือกฝักชั้นในที่ถูกขูดทิ้งเมื่อกองทิ้งไว้จะเน่าเสีย ส่งกลิ่นเหม็นเป็นมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อมและชุมชน งานวิจัยนี้มุ่งจัดการและเพิ่มมูลค่าของเสียเหล่านี้ โดยนำมากำจัดไขมันด้วยเอทานอล กำจัดโปรตีนด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ค่า pH 12 ± 0.5 และพอกสีด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ บดให้เป็นผงละเอียด ร่อนด้วยตะแกรงขนาด 100 เมช จากนั้นนำผงเซลลูโลสที่สกัดได้วิเคราะห์หาคุณสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี และศึกษาความเป็นไปได้ในการเตรียมฟิล์มสำหรับห่อหุ้มผักผลไม้ จากการศึกษาพบว่า ร้อยละผลผลิตของผงเซลลูโลสที่สกัดได้ เท่ากับ 25.4 ± 0.29 โดยน้ำหนักแห้ง มีปริมาณเถ้า ความชื้น เยื่อใย เซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส ร้อยละ 2.72 ± 0.03 , 10.63 ± 1.70 , 36.89 ± 0.04 , 32.02 ± 1.12 และ 15.14 ± 1.02 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ และจากผลการวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันด้วยเทคนิค (FTIR) พบว่า โครงสร้างทางเคมีใกล้เคียงกับผงเซลลูโลสทางการค้า ส่วนการศึกษาความเป็นไปได้ในการเตรียมฟิล์มพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (PVA) กับผงเซลลูโลสที่สกัดได้สำหรับห่อหุ้มผักผลไม้เพื่อช่วยยืดอายุการเก็บรักษา ใช้กลีเซอรอลเป็นพลาสติกไซเซอร์ พบว่า สามารถนำไปห่อหุ้มมะเขือเทศพันธุ์ราชินีให้มีระยะเวลาการเก็บรักษาได้นานขึ้นเทียบเท่ากับฟิล์มทางการค้า ทั้งที่อุณหภูมิห้องและในตู้เย็น โดยไม่เสียสภาพได้ประมาณ 2 สัปดาห์ กล่าวได้ว่า เซลลูโลสที่สกัดจากเปลือกฝักโกโก้ชั้นในมีศักยภาพในการใช้ประโยชน์สำหรับทำฟิล์มห่อหุ้มผักผลไม้ร่วมกับพอลิเมอร์และพลาสติกไซเซอร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพและสามารถเป็นแนวทางในการพัฒนาต่อยอดได้ในอนาคต

คำสำคัญ : เปลือกฝักโกโก้ชั้นใน, เซลลูโลส, การสกัด, ฟิล์มห่อหุ้มผักผลไม้

ABSTRACT

This research, aim to study the potential and utilization of the endocarp of Cocoa Pod Husks (CPH) cocoa that left over from the production process. 30 % of a Cocoa Pod is cocoa seeds that step to fermentation before apply to the production process for cocoa powder or chocolate products and 70 % are Cocoa Pod Husk. Most often, farmers scrape off endocarp from Cocoa Pod Husk and dry it, making it into containers for drinks or food. The inner sheath shell that is scraped off when left on the pile will spoil and emit a foul smell, polluting the environment and the community. This research aims to manage and increase the value of these wastes. It is used to remove fat with ethanol. Remove proteins with a pH 12 ± 0.5 solution of sodium hydroxide and bleach with a solution of hydrogen peroxide. Sift with a sieve of 100 mesh and then analyze the extracted cellulose powder for physical, chemical properties and study the feasibility of preparing a film for enveloping fruits and vegetables. Studies have shown that the yield percentage of extracted cellulose powder is equal to 25.4 ± 0.29 by dry weight, with ash, moisture, fiber, cellulose and hemicellulose at 2.72 ± 0.03 , 10.63 ± 1.70 , 36.89 ± 0.04 , 32.02 ± 1.12 and $15.14\pm 1.02\%$ by weight, respectively, and from the analysis results. Functional group analysis using the technique (FTIR) found that the chemical structure was similar to commercial cellulose powder. Film preparation feasibility study section Polyvinyl alcohol (PVA) with extractable cellulose powder for fruit and vegetable wrapping to help extend shelf life. Use glycerol as a plasticizer. It was found that it can be used to encapsulate Cherry tomatoes with a longer shelf period comparable to commercial film. Both at room temperature and in the refrigerator without loss for about 2 weeks. It can be said that cellulose extracted from endocarp of cocoa pod husks (CPHs) has the potential to be effectively utilized for making fruit and vegetable wrapping films together with polymers and plasticizers and can guide further development in the future.

Keywords: Cocoa Pod Husks, Cellulose, Extraction, Fruit and vegetable wrapping films

1. บทนำ

เปลือกโกโก้ (Cocoa Pod Husks, CPH) เป็นวัสดุเหลือใช้อีกชนิดหนึ่งจากการผลิตเมล็ดโกโก้แห้ง เนื่องจากในการผลิตต้องผ่าแล้วแยกเปลือกออกเพื่อนำเมล็ดโกโก้ไปหมัก จึงมีเปลือกเหลือทิ้งจำนวนมาก กลายเป็นปัญหาที่เกษตรกรหรือผู้ประกอบการแปรรูปต้องจัดการทุกครั้งที่มีการผลิต ส่วนใหญ่ก่อนจะนำเปลือกโกโก้ไปตากแห้งเพื่อแปรรูป มักขูดเอาส่วน endocarp ซึ่งเป็นเนื้อสีขาวด้านในสุดที่เคยติดกับส่วนเมล็ดออก เนื่องจากเนื้อเปลือกส่วนนี้ประกอบไปด้วยเส้นใยเพคติน เซลลูโลสและมันในโครงสร้าง หากได้รับเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศจะเกิดกระบวนการหมักขึ้น ดังนั้นเมื่อถูกทิ้งและไม่ถูกใช้งานจะเกิดการเน่าเสีย ส่งกลิ่นเหม็นจนเป็นแหล่งก่อเชื้อโรคได้ ซึ่งเปลือกฝักโกโก้ชั้นในดังกล่าวมีปริมาณเซลลูโลสสูงสามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์โดยแปรรูปเป็นผงเซลลูโลสและพลาสติกชีวภาพได้

เซลลูโลสเป็นองค์ประกอบที่สามารถพบได้ในเซลล์พืชและแบคทีเรียจัดเป็นเส้นใยอาหาร (Dietary fiber) ชนิดที่ไม่ละลายน้ำ และไม่สามารถย่อยได้ด้วยเอนไซม์ในระบบทางเดินอาหารของมนุษย์และสัตว์กระเพาะเดียว

ปัจจุบันเซลลูโลสถูกนำไปใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆอย่างกว้างขวาง เช่น อุตสาหกรรมพลังงาน อุตสาหกรรมวัสดุก่อสร้าง อุตสาหกรรมกระดาษ อุตสาหกรรมสิ่งทอ อุตสาหกรรมอาหาร และอุตสาหกรรมอื่นๆ (โครงการเพิ่มศักยภาพฐานข้อมูลอุตสาหกรรมฐานชีวภาพ, 2566)

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาความเป็นไปได้ในการศึกษาการสกัดเซลลูโลสจากเปลือกฝักโกโก้ชั้นในด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ทำการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ คุณสมบัติทางเคมี ของเซลลูโลสที่สกัดได้ โดยนำหลักการทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและความรู้ทางวิศวกรรมศาสตร์ มาช่วยในกระบวนการสกัดเซลลูโลส การเตรียมฟิล์มรวมทั้งการวิเคราะห์ผลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์และเพิ่มมูลค่าเปลือกโกโก้จากการเหลือทิ้งสู่การนำมาใช้ประโยชน์ โดยคาดหวังการนำเซลลูโลสไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมพลาสติก เป็นส่วนผสมในการทำแผ่นฟิล์มชีวภาพ เช่น ใช้เซลลูโลสปรับปรุงคุณสมบัติของฟิล์มพลาสติก หรือเพื่อพัฒนานวัตกรรมการผลิตบรรจุภัณฑ์ถนอมอาหารที่ย่อยสลายได้และปลอดภัยต่อผู้บริโภค เป็นต้น

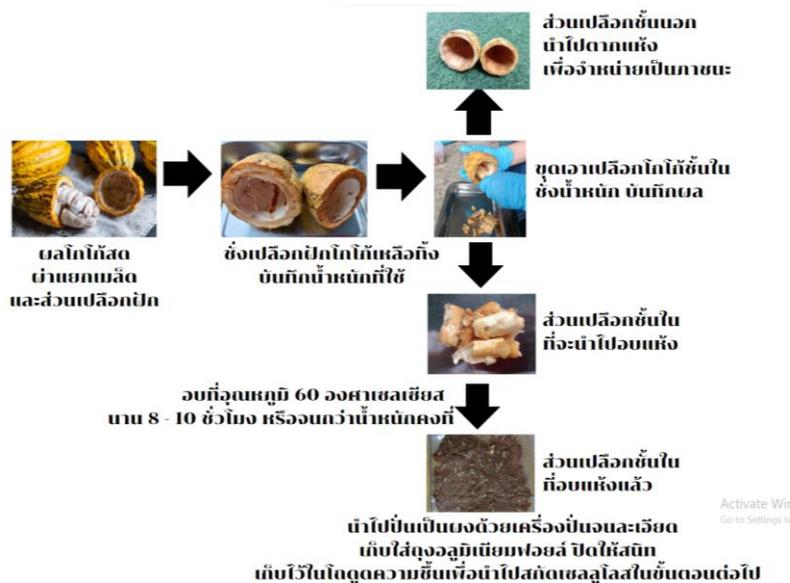
2. วัสดุและวิธีการ

2.1 การเตรียมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium Hydroxide: NaOH)

เตรียมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ค่า pH ประมาณ 12 ± 0.5 โดยชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์ ปริมาณ 0.40 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ ละลายด้วยน้ำกลั่นเล็กน้อย เทใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 1000 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นจนถึงขีดระดับปริมาตร จะได้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้น 0.01 โมลต่อลิตร วัดค่า pH ของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เตรียมได้ บันทึกผล

2.2 การเตรียมตัวอย่างเปลือกฝักโกโก้ชั้นใน

วัตถุดิบหลักที่ใช้เป็นเปลือกฝักโกโก้เหลือทิ้งจากบริษัทฮิลล์ ไทโรบ โกโก้ คอฟ จำกัด อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ ชั่งเปลือกฝักโกโก้ที่เหลือทิ้งจากกระบวนการผลิต ประมาณ 55 กิโลกรัม บันทึกน้ำหนัก ชุดเอาเปลือกฝักโกโก้ชั้นใน ชั่งน้ำหนัก บันทึกผล จากนั้นหั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ นำไปปั่นด้วยเครื่องปั่นให้พวยหยาบ อบแห้งด้วยเครื่องอบลมร้อนแบบถาด ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 8 - 10 ชั่วโมงหรือจนกระทั่งน้ำหนักคงที่ ชั่งและบันทึกน้ำหนักหลังอบ นำไปปั่นเป็นผงด้วยเครื่องปั่นจนละเอียด บรรจุใส่ถุงออลูมิเนียมฟอยล์ ปิดให้สนิท เก็บไว้ในโถดูดความชื้นเพื่อนำไปสกัดเซลล์โลสในขั้นตอนต่อไป



ภาพที่ 2.1 แสดงขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างเปลือกฝักโกโก้ชั้นในสำหรับนำไปสกัดเซลล์โลส

2.3 การสกัดเซลล์โลส

สถานะที่ 1 : สกัดด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

ขั้นที่ 1 การกำจัดไขมัน

นำผงเปลือกฝักโกโก้ชั้นในที่อบแห้งแล้ว (จากข้อ 2.2) 30 กรัม ใส่ลงในบีกเกอร์ เติมน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นจนเต็มบีกเกอร์ ปิดบีกเกอร์ด้วยกระดาษฟอยล์เพื่อป้องกันเอทานอลระเหย นำไปแช่ในอ่างควบคุมอุณหภูมิที่ 50 - 55 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง เพื่อกำจัดไขมัน จากนั้นกรองแยกผงตัวอย่างออกจากเอทานอลด้วยผ้าขาวบาง นำผงตัวอย่างที่กำจัดไขมันแล้วไปแช่ล้างกำจัดเอทานอลตกค้างด้วยน้ำกลั่นครั้งละ 300 มิลลิลิตร 2 ครั้ง จากนั้นกรองด้วยผ้าขาวบาง จะได้ผงเปลือกฝักโกโก้ชั้นในที่ผ่านการกำจัดไขมันเรียบร้อยแล้ว (ดัดแปลงวิธีจากเหรียญทองและจิราภรณ์, 2554)

ขั้นที่ 2 การกำจัดโปรตีน

นำผงตัวอย่างที่กำจัดไขมันแล้วใส่ในบีกเกอร์ เติมน้ำกลั่น 150 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นจนเต็มบีกเกอร์ ปิดบีกเกอร์ด้วยกระดาษฟอยล์เพื่อป้องกันเอทานอลระเหย นำไปแช่ในอ่างควบคุมอุณหภูมิที่ 50 - 55 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง จากนั้นกรองแยกผงตัวอย่างด้วยผ้าขาวบาง นำผงตัวอย่าง

ที่กำจัดไขมันและโปรตีนแล้วไปแช่ล้างกำจัดสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ตกค้างด้วยน้ำกลั่นครั้งละ 300 มิลลิลิตร จนกว่า น้ำล้างมีค่า pH เป็นกลาง (ดัดแปลงวิธีจากเหรียญทองและจิวราภรณ์, 2554) [2]

ขั้นที่ 3 การกำจัดกลิ่น

นำผงตัวอย่างที่ผ่านการกำจัดไขมันและกำจัดโปรตีนมาทำการพอกสี โดยใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้มข้นร้อยละ 15 โดยปริมาตร 100 มิลลิลิตร คนให้เข้ากัน ปิดบีกเกอร์ด้วยกระดาษพอยล์เพื่อป้องกันสารละลายระเหย นำไปต้มให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 70 - 75 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง (ดัดแปลงวิธีจากนพรัตน์, 2540) จากนั้นกรองแยกตัวอย่างด้วยกระดาษกรองเบอร์ 4 และล้างด้วยน้ำกลั่น ครั้งละ 300 มิลลิลิตร จนกว่าน้ำล้างมีค่า pH เป็นกลาง นำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 6 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็น ชั่งน้ำหนัก บันทึกผล จากนั้นนำผงตัวอย่างที่แห้งแล้วไปปั่นให้ละเอียด ร่อนด้วยตะแกรงขนาด 100 เมช ชั่งน้ำหนัก บันทึกผล เก็บใส่ถุงอะลูมิเนียมพอยล์ ปิดให้สนิท

2.4 การวิเคราะห์หาลักษณะเฉพาะของผงเซลลูโลสที่สกัดจากเปลือกฝักโกโก้ชั้นใน

2.4.1. การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ: ค่าสี

นำผงเซลลูโลสที่สกัดได้จากสภาวะที่ 1 และสภาวะที่ 2 ประมาณอย่างละ 1.0 กรัม ตรวจวัดค่าสีด้วยเครื่องวัดสีในระบบของ Hunter เป็น L^* , a^* และ b^* บันทึกผล

2.4.2 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี: ปริมาณความชื้น

นำผงเซลลูโลสที่สกัดได้ 1.0 กรัม ตรวจวัดปริมาณความชื้นด้วยเครื่อง (Moisture analyzer รุ่น DW-110MW) วางตัวอย่างไว้ในถาดตัวอย่างแล้วปิดฝาครอบเพื่อเริ่มการวัด จะได้ผลความชื้นในหน่วย % Moisture Content

2.4.3 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี : ปริมาณเยื่อใย เถ้า เซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส

- การวิเคราะห์หองค์ประกอบปริมาณเถ้าโดยใช้วิธีการของ (AOAC, 2000)
- การวิเคราะห์ปริมาณเยื่อใยโดยวิธีการสกัดด้วยกรด - ต่าง (AOAC, 2000)
- การวิเคราะห์ปริมาณเซลลูโลสโดยใช้วิธีการของ (In - house method based on TAPPI (1999) method)
- การวิเคราะห์ปริมาณเฮมิเซลลูโลสโดยใช้วิธีการของ (In - house method calculation based on TAPPI (1999) method)

2.4.4 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี: ด้วยเทคนิคฟูเรียร์ทรานสฟอร์ม อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี (FTIR)

เตรียมตัวอย่างนำผงเซลลูโลสที่สกัดได้จากสภาวะที่ 1 และสภาวะที่ 2 ปริมาณ 0.2 กรัม ผสม KBr อัดเป็นแผ่นนำไปใส่เครื่อง FTIR เพื่อวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชัน โดยอาศัยหลักการดูดกลืนแสงอินฟราเรดของสารที่เลขคลื่นในช่วง $340 - 4700 \text{ cm}^{-1}$ โดยมีอัตราการสแกนของเครื่อง (Scan rate) เท่ากับ $2 \text{ cm}^{-1}/\text{min}$ จะได้สเปกตรัมที่พล็อตระหว่าง ค่า % Transmittance และ Wavenumber (cm^{-1}) ทำการวิเคราะห์สเปกตรัมที่ได้เทียบกับสเปกตรัมของเซลลูโลสเชิงพาณิชย์

2.5 การเตรียมฟิล์มพอลิเมอร์ผสมผงเซลลูโลสที่สกัดได้

2.5.1 การเตรียมฟิล์ม

เลือกโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ (Polyvinyl Alcohol : PVA) เป็นพอลิเมอร์ตั้งต้นสำหรับการทำ และกลีเซอรอล (Glycerol, Gly) เป็นพลาสติกไซเซอร์ (สารช่วยอุ้มน้ำ) เตรียมแผ่นฟิล์มจากผงเซลลูโลสที่สกัดด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ โดยใช้สัดส่วน PVA ต่อผงเซลลูโลสที่สกัดได้ ที่ 2 สัดส่วน ได้แก่ 0.5 และ 0.2 ละลายในน้ำกลั่นปริมาตร 100 กรัม ใช้เครื่องปั่นกวนแม่เหล็กไฟฟ้าร่วมกับการให้ความร้อนปั่นให้ เข้ากัน นาน 10 นาที จากนั้นเติมกลีเซอรอลควบคุมอุณหภูมิที่ 50 - 55 องศาเซลเซียส ปั่นต่อไปอีก 20 นาที หรือจนกว่าส่วนผสมจะเข้ากัน เทส่วนผสมที่ได้ 30 กรัม ต่อแม่พิมพ์ 1 แผ่น โดยใช้แม่พิมพ์อะคริลิก ขนาด (7 × 7) เซนติเมตร จากนั้นนำไปอบในตู้อบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง พักให้เย็นลงแล้วลอกออกจากจานแม่พิมพ์ เก็บแผ่นฟิล์มในถุงอะลูมิเนียมพอยล์ (ดัดแปลงวิธีจาก คณิตสิทธิ์และคณะ, 2562)

2.6 การวิเคราะห์หาลักษณะเฉพาะของฟิล์มพอลิเมอร์ผสมผงเซลลูโลสที่สกัดได้

2.6.1. การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ : สีของฟิล์มพอลิเมอร์ผสมผงเซลลูโลสที่สกัดได้

นำตัวอย่างฟิล์มไปตรวจวัดด้วยเครื่องวัดสี (colorimeter) และบันทึกค่าของสีที่วัดในระบบของ Hunter เป็น L^* , a^* และ b^*

2.6.2 ศึกษาผลของฟิล์มพอลิเมอร์ผสมผงเซลลูโลสที่สกัดได้ต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษามะเขือเทศพันธุ์ราชินี ที่อุณหภูมิ 4.0±1.0 องศาเซลเซียส และที่อุณหภูมิห้อง 28.0±3.0 องศาเซลเซียส

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ประกอบด้วย 3 สภาวะๆ ละ 3 ซ้ำ โดยกำหนดให้ C01 ไม่เคลือบฟิล์ม T02 เคลือบด้วยฟิล์มทางการค้า SFC012 เคลือบด้วยฟิล์มเซลลูโลสที่สกัดด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

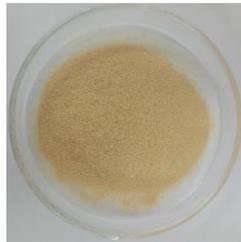
ใช้มะเขือเทศพันธุ์ราชินีผลสุกสีแดง 100 เปอร์เซ็นต์ จากสวนเกษตรกรในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ หลังเก็บเกี่ยวระยะเวลา 48 ชั่วโมง คัดเอาผลที่มีน้ำหนักใกล้เคียงกัน ปราศจากโรคและแมลง โดยเฉลี่ยน้ำหนักผลละ 14 กรัม จากนั้นนำผลมะเขือเทศ 1 ผล ใส่ลงในถาดพลาสติกขนาด 0.5 ออนซ์ แล้วเคลือบด้วยฟิล์มแต่ละสภาวะ ได้แก่ T02 SFC012 ตามลำดับ ชั่งน้ำหนักหลังเคลือบฟิล์ม บันทึกผล ส่วนตัวอย่าง C01 ให้เป็นตัวควบคุม จากนั้นนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4.0±1.0 องศาเซลเซียส และที่อุณหภูมิห้อง 28.0±3.0 องศาเซลเซียส บันทึกข้อมูลทุก ๆ 2 วัน จนกว่าผลมะเขือเทศพันธุ์ราชินีที่อุณหภูมิใดอุณหภูมิหนึ่งจะเสียสภาพ โดยสังเกตจากการเปลี่ยนแปลงของสี ลักษณะทางกายภาพและบันทึกผลการสูญเสีย น้ำหนักจากสมการที่ (1)

$$\text{ผลการสูญเสียน้ำหนัก} = \frac{(\text{น้ำหนักเริ่มต้น} - \text{น้ำหนักหลังการเก็บรักษา})}{\text{น้ำหนักเริ่มต้น}} \times 100 \quad (1)$$

3. ผลและการวิจารณ์ผล

3.1 ผลการสกัดเซลลูโลสจากเปลือกฝักโกโก้ชั้นใน

การสกัดเซลลูโลสจากเปลือกฝักโกโก้ชั้นในด้วยสารละลาย NaOH ที่มีค่า pH 12±0.5 และพอกสีด้วยไฮโดรเจนเปอร์-ออกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 15 โดยมวลต่อปริมาตร เมื่อคำนวณหาค่าร้อยละผลผลิตของเซลลูโลสที่สกัดได้ มีค่า 25.41±0.29 ต่อน้ำหนักแห้งของเปลือกโกโก้ชั้นใน



ภาพที่ 3.1 แสดงลักษณะผงเซลลูโลสจากเปลือกฝักโกโก้ชั้นในที่สกัดด้วยสารละลาย NaOH

3.2 ผลการวิเคราะห์ลักษณะเฉพาะของผงเซลลูโลส

3.2.1 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ: ค่าสี

ผลการวิเคราะห์ค่าสีของผงเซลลูโลสจากเปลือกฝักโกโก้ชั้นในที่สกัดด้วยสารละลาย ด้วยระบบ Hunter LAB โดยผงเซลลูโลสที่สกัดด้วยสารละลาย NaOH มีค่า L* a* และ b* เท่ากับ 69.57±0.29, 7.00±0.13 และ 26.87±0.21 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับผงเซลลูโลสจากงานวิจัยอื่นๆ แสดงผลดังตารางที่ 3.1 พบว่า มีค่า L* (ความสว่าง) ใกล้เคียงกับงานวิจัยของ (นพรัตน์, 2540) และ (จรีพร, 2543)

ตารางที่ 3.1 ผลการวิเคราะห์ค่าสีเปรียบเทียบกับงานวิจัยอื่นๆ

Sample	L*	a*	b*	อ้างอิง
C01	69.57±0.29	7.00±0.13	26.87±0.21	จากการทดลองนี้
C02	74.53±0.25	-2.41±0.59	15.88±0.76	(นพรัตน์, 2540)
C03	67.30±0.12	4.54±0.10	19.74±0.13	(จรีพร, 2543)

หมายเหตุ รายงานผลเป็น (Ave±SD) (ค่าเฉลี่ย 3 ซ้ำ)

3.2.2 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี: ปริมาณเถ้า ความชื้น เยื่อใย เซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส

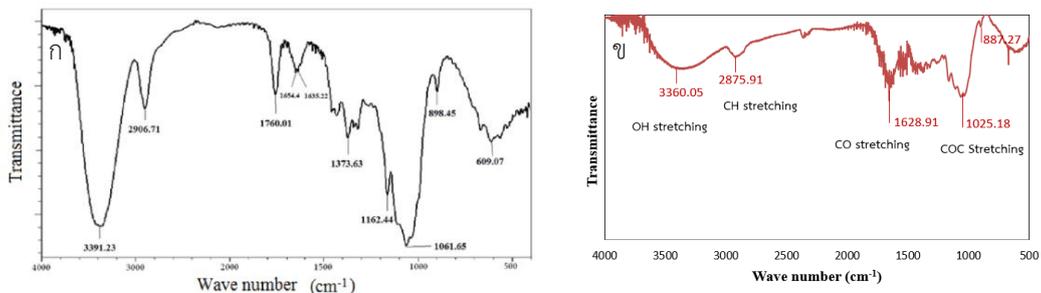
จากการวิเคราะห์ปริมาณเถ้า ความชื้น เยื่อใย เซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลสของผงเซลลูโลสจากเปลือกฝักโกโก้ชั้นใน ที่สกัดด้วยสารละลาย NaOH แสดงผลดังตารางที่ 3.2 พบว่า มีร้อยละ 2.72±0.03, 10.63±1.70, 36.89±0.04, 32.02±1.12 และ 15.14±1.02 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยอื่นที่ทำการสกัดเซลลูโลส พบว่า ผงเซลลูโลสที่สกัด มีความใกล้เคียงกับงานของ (นพรัตน์, 2540) และ (จรีพร, 2543)

ตารางที่ 3.2 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของผงเซลลูโลสเปรียบเทียบกับงานวิจัยอื่นๆ

Sample	องค์ประกอบทางเคมี					อ้างอิง
	เถ้า	ความชื้น	เยื่อใย	เซลลูโลส	เฮมิเซลลูโลส	
C01	2.72±0.03	10.63±1.70	36.89±0.04	32.02±1.12	15.14±1.02	จากการทดลองนี้
C02	8.85±0.14	-	26.12±0.08	23.13±0.32	6.40±0.00	(นพรัตน์, 2540)
C03	4.20±0.13	10.08±0.21	72.90±1.18	45.44±0.48	20.31±1.63	(จรีพร, 2543)

หมายเหตุ รายงานผลเป็น (Ave±SD) (ค่าเฉลี่ย 3 ซ้ำ)

3.2.3 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี: ด้วยเทคนิคฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกโทรสโกปี (FTIR)



ภาพที่ 3.2 (ก) IR spectrum ของ Commercial Cellulose (Abderrahim et al., 2015) และ (ข) ที่สกัดได้จากการทดลอง

จากภาพที่ 3.2 (ข) แสดงผลจากการทดสอบองค์ประกอบทางเคมีด้วย FTIR ของเซลลูโลสที่สกัดจากเปลือกฝักโกโก้ชั้นในโดยสกัดด้วยสารละลาย NaOH พบว่าตำแหน่งเลขคลื่นที่ 3360.05 cm^{-1} สอดคล้องกับการสั่นของหมู่ฟังก์ชัน OH stretching ซึ่งเป็นหมู่ฟังก์ชันของเซลลูโลสหรือน้ำ ตำแหน่งเลขคลื่นที่ 2875.91 cm^{-1} สอดคล้องกับการสั่นของหมู่ฟังก์ชัน C-H ของเซลลูโลสในโหมด stretching ตำแหน่งเลขคลื่นที่ 1628.91 cm^{-1} สอดคล้องกับการสั่นของหมู่ฟังก์ชัน C-O stretching ในหมู่เอซิติลของเฮมิเซลลูโลส ตำแหน่งเลขคลื่นที่ 1025.18 cm^{-1} สอดคล้องกับการสั่นของหมู่ฟังก์ชัน C-O-C Stretching ในเฮมิเซลลูโลสและเซลลูโลส และตำแหน่งเลขคลื่น 887.27 cm^{-1} แสดงถึง β -glycosidic linkage ระหว่างหน่วยย่อยของกลูโคส จากการนำผงเซลลูโลสที่สกัดได้จากการทดลองครั้งนี้ ไปวิเคราะห์หาโครงสร้างทางเคมีด้วยเทคนิค IR Spectroscopy พบว่ามีโครงสร้างทางเคมีใกล้เคียงกับเซลลูโลสทางการค้า (Abderrahim et al., 2015) และเซลลูโลสจากงานวิจัยของ (Bamba et al., 2023) ที่นำมาเปรียบเทียบ แสดงดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 ผลการวิเคราะห์ผงเซลลูโลสที่สกัดได้จากการทดลองเทียบกับงานวิจัยอื่นๆ

หมู่ฟังก์ชัน	ตำแหน่งโมเลกุล	ความยาวคลื่นที่ดูดกลืน (cm ⁻¹)		
		Cellulose Commercial* (Abderrahim et al., 2015)	Cellulose สกัดจากเปลือก โกโก้ (Bamba et al., 2023)	Cellulose (การทดลองนี้)
OH stretching	พันธะไกลโคไซด์ ในเซลลูโลส	3391.23	3343.00	3360.05
C-H stretching	2800 – 2900	2906.71	2907.00	2875.91
C-O stretching	ในหมู่เอซิติลของเอมิเซลลูโลส	1640.00	-	1628.91
C-O-C Stretching	ในเอมิเซลลูโลสและเซลลูโลส	1061.65	1030.00	1025.18
B-glycosidic linkage	ในเอมิเซลลูโลสและเซลลูโลส	898.45	895.00	887.27

3.3 ผลของการเตรียมฟิล์มพอลิเมอร์ผสมผงเซลลูโลสที่สกัดได้

จากตารางที่ 3.4 เป็นผลการเตรียมฟิล์มพอลิเมอร์ผสมผงเซลลูโลสที่สกัดด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เพื่อคัดเลือกตัวอย่างที่เหมาะสมไปใช้ในการวิเคราะห์ต่อไป ซึ่งตัวอย่างที่ยืดหยุ่นดี ลอกง่าย ได้แก่ ตัวอย่างของ SFC012 จึงนำตัวอย่างนี้ไปวิเคราะห์หาลักษณะเฉพาะและทำการทดสอบผลของฟิล์มพอลิเมอร์ผสมผงเซลลูโลสที่สกัดได้ต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาเนื้อห่อหุ้มพันธุ์ราชินีที่อุณหภูมิ 4.0±1.0 องศาเซลเซียส และที่อุณหภูมิห้อง 28.0±3.0 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 3.4 ผลของอัตราส่วนสำหรับการเตรียมฟิล์มพอลิเมอร์ผสมผงเซลลูโลสที่สกัดจากเปลือกฝักโกโก้ชั้นใน

Sample	PVA(g)	C01(g)	Gly(g)	ผล
SFC011	0.5	0.5	2.00 (50% w/v)	 ลอกยาก ไม่ยืดหยุ่น
SFC012	0.5	0.2	2.00 (50% w/v)	 ยืดหยุ่นดี ลอกง่าย

*หมายเหตุ Gly: glycerol ,PVA: polyvinyl alcohol , C01: ผงเซลลูโลสที่สกัดด้วย NaOH

3.4 ผลการวิเคราะห์หาลักษณะเฉพาะของฟิล์มพอลิเมอร์ผสมผงเซลลูโลสที่สกัดได้

3.4.1 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ: สีของฟิล์มพอลิเมอร์ผสมผงเซลลูโลสที่สกัดได้

ผลการวิเคราะห์ค่าสีของฟิล์มพอลิเมอร์ผสมผงเซลลูโลสที่สกัดด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ด้วยระบบ Hunter แสดงดังตารางที่ 3.5 พบว่า ค่า L* a* และ b* ของฟิล์มเซลลูโลสที่สกัดได้ มีค่าเท่ากับ 28.57±0.13, 2.61±0.28 และ 7.06±0.37 ตามลำดับ ซึ่งฟิล์มจากผงเซลลูโลสที่สกัดได้ โดยค่า L* ของฟิล์มค่อนข้างมืด ค่า a* มีค่าเป็นสีแดง และค่า b* มีค่าเป็นสีเหลือง เมื่อเทียบกับงานวิจัยของ (พรพรรณ, 2560) [9] การเตรียมฟิล์มเซลลูโลสจาก กานพลู มะกรูด และขมิ้น

พบว่า มีค่า L^* a^* และ b^* น้อยกว่าพืชทั้งสามชนิด แต่มีค่า L^* ใกล้เคียงกับฟิล์มเซลลูโลสจากขมิ้นมากที่สุด ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของพืชที่มีรงควัตถุต่างกันจึงส่งผลให้มีความต่างกัน

ตารางที่ 3.5 การเปรียบเทียบค่าสีฟิล์มจากงานวิจัยอื่น

	ฟิล์มจากผงเซลลูโลสที่สกัดด้วย NaOH (SFC012)	ฟิล์มเซลลูโลสจาก กานพลู	ฟิล์มเซลลูโลสจาก มะกรูด	ฟิล์มเซลลูโลสจาก ขมิ้น
L^*	28.57±0.13	44.61±1.60	39.83±1.05	33.51±0.31
a^*	2.61±0.28	-4.60±0.08	-3.61±0.40	12.30±0.50
b^*	7.06±0.37	10.75±2.00	19.00±0.50	28.81±0.5

หมายเหตุ รายงานผลเป็น (Ave±SD) (ค่าเฉลี่ย 3 ซ้ำ)

3.4.2 ผลของฟิล์มมอลิเมอร์ผสมผงเซลลูโลสที่สกัดได้ต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษามะเขือเทศพันธุ์ราชินี ที่อุณหภูมิ 4.0±1.0 องศาเซลเซียส และที่อุณหภูมิห้อง 28.0±3.0 องศาเซลเซียส

ผลของฟิล์มมอลิเมอร์ผสมผงเซลลูโลสที่สกัดได้ต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษามะเขือเทศพันธุ์ราชินีที่อุณหภูมิ 4.0±1.0 องศาเซลเซียส และที่อุณหภูมิห้อง 28.0±3.0 องศาเซลเซียส โดยกำหนดให้ C01 ไม่เคลือบฟิล์ม T02 เคลือบด้วยฟิล์มทางการค้า และ SFC012 เคลือบด้วยฟิล์มเซลลูโลสที่สกัดด้วย NaOH ได้ผลดังนี้

1. การสูญเสียน้ำหนักของมะเขือเทศพันธุ์ราชินีและการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส

จากตารางที่ 3.6 พบว่า การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของของของแต่ละตัวอย่าง ช่วงระยะเวลาที่ 0 ถึง 12 วัน ไม่มีความแตกต่างกันมาก แต่วันที่ 14 ตัวอย่างที่ไม่เคลือบฟิล์ม มีการเสียสภาพเล็กน้อย ส่วนอีก 2 ตัวอย่างที่เหลือมีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพเพียงเล็กน้อย แต่ยังไม่มีการเสียภาพ

ตารางที่ 3.6 ผลของฟิล์มมอลิเมอร์ผสมผงเซลลูโลสที่สกัดได้ต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษามะเขือเทศพันธุ์ราชินีที่อุณหภูมิ 4.0±1.0 องศาเซลเซียส

Storage time (days)	อุณหภูมิ 4.0±1.0 องศาเซลเซียส		
	C01	T02	SFC012
0			
2			
4			
6			
8			
10			
12			
14			

หมายเหตุ C01: ไม่เคลือบ, T02: เคลือบด้วยฟิล์มทางการค้า, SFC012: เคลือบด้วยฟิล์มจากผงเซลลูโลสที่สกัดด้วยสารละลาย NaOH

ผลการสูญเสียน้ำหนักของตัวอย่าง C01, T02 และ SFC012 มีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา พบว่า ระยะเวลาการเก็บรักษา 14 วัน มีการสูญเสียน้ำหนักเท่ากับร้อยละ 8.82, 2.28 และ 3.05 ตามลำดับ ซึ่ง C01 มีการสูญเสียน้ำหนักมากที่สุด รองลงมา คือ SFC022 ส่วนตัวอย่างที่สูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุด คือ T02

2. การสูญเสียน้ำหนักของมะเขือเทศพันธุ์ราชินีและการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ

28.0±3.0 องศาเซลเซียส

จากตารางที่ 3.7 พบว่า การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของของแต่ละตัวอย่าง ช่วงระยะเวลาที่ 0 ถึง 12 วัน ไม่มีความแตกต่างกันมาก แต่วันที่ 14 ตัวอย่างที่ไม่เคลือบฟิล์ม มีการเน่าเสีย ส่วนอีก 2 ตัวอย่างที่เหลือมีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพเพียงเล็กน้อย แต่ยังไม่มีการเสียภาพ

ตารางที่ 3.7 ผลของฟิล์มมอลิเมอร์ผสมผงเซลลูโลสที่สกัดได้ต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษามะเขือเทศพันธุ์ราชินีที่อุณหภูมิ 28.0±3.0 องศาเซลเซียส

Storage time (days)	อุณหภูมิ 28.0±3.0 องศาเซลเซียส		
	C01	T02	SFC012
0			
2			
4			
6			
8			
10			
12			
14			

หมายเหตุ C01: ไม่เคลือบ, T02: เคลือบด้วยฟิล์มทางการค้า, SFC012: เคลือบด้วยฟิล์มจากผงเซลลูโลสที่สกัดด้วยสารละลาย NaOH

ผลการสูญเสียน้ำหนักของตัวอย่าง C01, T02 และ SFC012 มีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา พบว่า มีการสูญเสียน้ำหนักที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 14 วัน โดยมีการสูญเสียน้ำหนักเท่ากับร้อยละ 9.31, 5.25 และ 5.86 ตามลำดับ ซึ่ง C01 มีการสูญเสียน้ำหนักมากที่สุด รองลงมา คือ SFC012 ส่วนตัวอย่างที่สูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุดคือ T02

จากผลของฟิล์มมอลิเมอร์ผสมผงเซลลูโลสที่สกัดได้ต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษามะเขือเทศพันธุ์ราชินีที่อุณหภูมิ 4.0±1.0 องศาเซลเซียส และที่อุณหภูมิห้อง 28.0±3.0 องศาเซลเซียส พบว่า อายุการเก็บรักษามะเขือเทศพันธุ์ราชินีที่อุณหภูมิ 4.0±1.0 องศาเซลเซียส มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าที่อุณหภูมิห้อง 28.0±3.0 องศาเซลเซียส และเก็บรักษาได้นานกว่า

4. สรุป

การสกัดเซลลูโลสจากเปลือกโกโก้ขึ้นในโดยใช้สารละลาย NaOH ควบคุม ค่า pH 12±0.5 ซึ่งเป็นกระบวนการกำจัดโปรตีน กำจัดไขมันโดยใช้เอทานอลเข้มข้นร้อยละ 99.8 และฟอกขาวด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้มข้นร้อยละ 15 เป็นกระบวนการที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดเฮมิเซลลูโลสและลิกนินออกจากตัวอย่างได้ดีจากการสกัดพบว่า ค่าร้อยละผลผลิตของผงเซลลูโลสที่สกัดด้วยสารละลาย NaOH มีค่า 25.4±0.29 ต่อน้ำหนักแห้ง ค่าความสว่าง (L*) ร้อยละ



69.57±0.29 มีปริมาณเถ้า ความชื้น เยื่อใย เซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส ร้อยละ 2.72±0.03, 10.63±1.70, 36.89±0.04, 32.02±1.12 และ 15.14±1.02 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ และจากผลการวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันด้วยเทคนิค (FTIR) พบว่า โครงสร้างทางเคมีใกล้เคียงกับผงเซลลูโลสทางการค้า และจากผลการศึกษาความเป็นไปได้ในการเตรียมฟิล์มพอลิเมอร์กับผงเซลลูโลสที่สกัดได้สำหรับห่อหุ้มผักผลไม้เพื่อยืดอายุการเก็บรักษา โดยใช้พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (PVA) กับผงเซลลูโลสที่สกัดได้ และใช้กลีเซอรอลเป็น พลาสติกไซเซอร์ พบว่า สามารถนำไปใช้ห่อหุ้มมะเขือเทศให้มีระยะเวลาการเก็บรักษาได้นานขึ้น ทั้งที่อุณหภูมิห้องและในตู้เย็น โดยไม่เสียสภาพได้นานกว่า 2 สัปดาห์ เช่นเดียวกับฟิล์มทางการค้า จึงกล่าวได้ว่า เซลลูโลสที่สกัดจากเปลือกผักโกโก้ชั้นในมีศักยภาพในการใช้ประโยชน์สำหรับทำฟิล์มห่อหุ้มผักผลไม้ร่วมกับพอลิเมอร์และพลาสติกไซเซอร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพและสามารถเป็นแนวทางในการพัฒนาต่อยอดได้ในอนาคต

5. กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์และสนับสนุนเป็นอย่างดี จากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชินานาฏ วิทยาประภากร อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ดร.นิลวรรณ ไชยทนต์ อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ร่วม ดร.อัมพิกา ราชคม ประธานกรรมการสอบ และอาจารย์ รัตนา อระภักดี กรรมการสอบ ที่กรุณาให้คำแนะนำ ปรึกษาตลอดจนปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆด้วยความเอาใจใส่เป็นอย่างดี ผู้วิจัยตระหนักถึงความทุ่มเทของอาจารย์ทุกท่าน และขอกราบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ วาณิช หลิมวานิช ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้บริการเครื่อง Fourier transform infrared spectrometer เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ผลด้วยเทคนิค FTIR รวมทั้งที่กรุณาสอนและแนะนำแนววิธีการใช้เครื่องมือและวิเคราะห์ด้วยเทคนิค FTIR และ คุณจากรุวรรณ กล้าหาญ เจ้าพนักงานห้องปฏิบัติการเคมี ซึ่งเป็นผู้ให้ความอนุเคราะห์ตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย และเตรียมอุปกรณ์เครื่องมือวิจัยจนทำให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ศูนย์วิจัยและกระบวนการผลิตสาขาวิศวกรรมอุตสาหการคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้บริการกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope, SEM) และเครื่องวิเคราะห์การเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ (X-ray diffraction, XRD)

ขอขอบพระคุณ บริษัทฮิลล์ ไทป์ โกโก้ คอฟ จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์ใช้เปลือกโกโก้ในการทำวิจัยในครั้งนี้ สุดท้ายนี้ผู้วิจัยหวังว่า ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้คงเป็นประโยชน์สำหรับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง และผู้ที่สนใจศึกษาต่อไป

6. เอกสารอ้างอิง

- คณิตสิทธิ์ ัญญวดีวิวัฒน์, หยาดรุ้ง สุวรรณรัตน์, และ วริศชนม์ นิลนนท์. (2562). ศึกษาการผลิตฟิล์มเส้นใยเซลลูโลสจาก *Acetobacter xylinum* โดยใช้น้ำเงาะเป็นแหล่งคาร์บอน. การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่3, 120-125.
- โครงการเพิ่มศักยภาพฐานข้อมูลอุตสาหกรรมฐานชีวภาพ. (ม.ป.ป.). รายละเอียดข้อมูลสารเคมีชีวภาพประเภทเซลลูโลส (Cellulos). มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. กรุงเทพมหานคร: โครงการเพิ่มศักยภาพฐานข้อมูลอุตสาหกรรมฐานชีวภาพ.
- จรีพร เชื้อเจ็ดตน. (2543). การใช้ใยอาหารจากเปลือกโกโก้ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแพรงค์เฟอร์เตอร์.
- นพรัตน์ อุทัยพันธ์. (2540). การผลิตจากเส้นใยของเปลือกโกโก้. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. กรุงเทพมหานคร: เทรียทอง สิ่งทอสูงศักดิ์, และ จีรราภรณ์ สอดจิตร์. (2554). การสกัดเซลลูโลสจากเปลือกกล้วย. *วิทย์.เกษตร.*(3).
- Abderrahim, E. Abderrahman, A.Mohamed, T.Fatima, T.Abdesselam and O.Krim, "Kinetic Thermal Degradation of Cellulose, Polybutylene Succinate and a Green Composite: Comparative Study", *World Journal of Environmental Engineering*, 2015, Vol. 3, No. 4, 95-110
- Massé Bamba, Edja Florentin Assanvo, Esafe Kouadio Appiah Kouassi," Doudjo Soro. Leygnima Yaya Ouattara,
- Kouassi Benjamin Yao, Allali Patrick Drogui, and Dayal Rajeshwar Tyagi. (2023). Preparation and Characterization of Cellulose Triacetate from Cocoa Pod Husk. *BioResources* 18(1), 1684 – 1698.



โรงเรือนเพาะเห็ดอัจฉริยะที่มีเม็ดดินช่วยเก็บรักษาความชื้น

Intelligent Mushroom Cultivation House with Fired Clay Balls to Air Humidification

อนนรรช กองการ ธนากกร ทองภูธร ขนิษฐา ชัยบรรดิษฐ วารี ศรีสอน พีรณัฐ อ้นสุรีย์ ณัฐพงษ์ ประภาการ
สาวิตรี ประภาการ พลเทพ เวงสูงเนิน และ จาริณี จงปลื้มปิติ*

Anawat Kongkan, Thanakon Thongphuthon, Khanittha Chaibandit, Watee Srisorn, Peesranat Ansuree,
Natthapong Prapakarn, Sawitree Prapakarn, Ponthep Vengsungnle and Jarinee Jongpluempiti*

วิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา 30000 ประเทศไทย

Agricultural Machinery Engineering, Faculty of Engineering and Technology,

Rajamangala University of Technology Isan University, Nakhon Ratchasima 30000 Thailand

โทรศัพท์ 05387 5019 โทรสาร 0-5387-5011 *e-mail: jarinee.jo@rmuti.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการศึกษาผลของการเปิดดอกเห็ดในโรงเรือนเพาะเห็ดอัจฉริยะที่มีเม็ดดินช่วยเก็บรักษาความชื้นโดยเปรียบเทียบการเปิดดอกเห็ดใน 3 ระบบได้แก่ ระบบที่ 1 ระบบการเปิดดอกในโรงเรือนที่มีการให้น้ำแบบปกติ ระบบที่ 2 ระบบการเปิดดอกในโรงเรือนที่มีเม็ดดินช่วยเก็บรักษาความชื้น และระบบที่ 3 เป็นระบบการเปิดดอกในโรงเรือนที่มีเม็ดดินช่วยเก็บรักษาความชื้นและควบคุมการให้น้ำด้วยระบบควบคุมอัตโนมัติที่ใช้เงื่อนไขเวลา ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าการใช้เม็ดดินเผาสามารถช่วยลดค่าอุณหภูมิเฉลี่ยได้ $0.87\text{ }^{\circ}\text{C}$ และการนำเอาระบบอัตโนมัติมาใช้ร่วมด้วยจะช่วยให้อุณหภูมิเฉลี่ยลดลง $3.69\text{ }^{\circ}\text{C}$ การเพิ่มก้อนดินเข้าไปยังช่วยเพิ่มค่าความชื้นเฉลี่ยได้ $16.15\%\text{RH}$ และระบบใช้อัตโนมัติร่วมกับก้อนดินยังช่วยให้ค่าความชื้นเฉลี่ยเพิ่มขึ้น $19.76\%\text{RH}$ การใช้ก้อนดินไม่มีผลต่อปริมาณการใช้น้ำและการใช้พลังงานไฟฟ้า แต่เมื่อใช้ร่วมกับระบบควบคุมอัตโนมัติจะมีผลเมื่อเทียบกับระบบรดด้วยคนอย่างมีนัยสำคัญ ระบบที่เปิดดอกด้วยการเพิ่มก้อนดินจะมีผลผลิตที่เพิ่มขึ้นจากเดิมมีค่าประมาณ 11.94% และหากใช้ระบบอัตโนมัติร่วมด้วยจะเพิ่ม 22.41% หากเกษตรกรเพาะปลูกเห็ดที่มีจำนวนตั้งแต่ 2,500 ก้อนขึ้น จะมีกำไรต่อวันประมาณ 450 บาท และระยะการคืนทุนเท่ากับ 3.54 เดือน

คำสำคัญ: ก้อนดินเผา, เห็ดนางฟ้า, ระบบควบคุมความชื้นภายในโรงเรือน

ABSTRACT

The objective of this research is to study the effects of mushroom cultivation in a smart mushroom cultivation facility with the fired clay balls that help retain moisture. The study compares the opening of mushroom caps in three systems: system 1, where caps are opened in a greenhouse with regular watering; system 2, where caps are opened in a greenhouse with soil pellets aiding moisture retention; and system 3, which involves caps opening in a greenhouse with soil pellets aiding moisture retention and automated watering controlled by a time-based system. The results of the study indicate that the use of fired clay balls can help reduce the average temperature by $0.87\text{ }^{\circ}\text{C}$. Incorporating an automatic system further decreases the average temperature by $3.69\text{ }^{\circ}\text{C}$. Adding the fired clay balls also increases the average humidity by $16.15\%\text{RH}$, and when combined with the automatic system, it results in a $19.76\%\text{RH}$ increase. The use of the fired clay balls has no significant impact on water consumption and electricity usage. However, when combined with the automated control system, there is a significant reduction compared to manual watering. The system employing the fired clay balls shows an approximately 11.94% increase in yield, and when combined with the automated system, the yield increases by 22.41% . If farmers cultivate mushrooms with a quantity of at least 2,500 capsules, they can expect a daily profit of approximately 450 Baht, and the payback period is estimated to be 3.54 months.

Keywords: Fired Clay Balls, oyster mushrooms, greenhouse humidity control system.



1. บทนำ

การเพาะเห็ดเป็นอาชีพที่สามารถเสริมสร้างรายได้ให้แก่เกษตรกรอย่างยั่งยืน เห็ดเป็นสิ่งมีชีวิตที่อยู่ในกลุ่มแบคทีเรีย (Fungi) ที่ไม่มีใบอ่อน ราก หรือใบเหลือง มีลักษณะเป็นโครงสร้างที่เรียกว่าเส้นใย ที่ทำให้เห็ดสามารถดูดธาตุอาหารจากสิ่งแวดล้อมได้ เห็ดมีความหลากหลายทั้งในรูปร่าง, สี, และขนาด. บางชนิดของเห็ดนั้นมีคุณค่าทางโภชนาการสูงและมีสารสกัดที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ. เห็ดมีหลายประเภทของเห็ดที่นิยมปลูกและบริโภค ได้แก่ เห็ดกระดุม หรือ เห็ดแชมปิญอง (Button Mushroom): เห็ดที่นิยมและมีจำหน่ายมากที่สุดในโลก เป็นเห็ดเมืองหนาว มีถิ่นกำเนิดในประเทศฝรั่งเศส มีรสชาติอ่อนนุ่มและเป็นที่ยอมรับในการใช้ในอาหารต่างๆ. เห็ดชิเมจิ (Shimeji mushrooms) เป็นเห็ดที่มีสีเข้มและมีรสชาติเข้มข้น มักใช้ในอาหารญี่ปุ่นและไทย เห็ดโคน (termite mushrooms): เห็ดที่มีลักษณะเส้นยาว รากน้อย และมีรสชาติหวาน เห็ดนางรม (Oyster Mushroom): เห็ดนางรมหรือที่เรียกว่า *Pleurotus ostreatus* เป็นเห็ดที่ปลูกทั่วไปพบในป่าเขตอบอุ่นและกึ่งเขตร้อนทั่วโลกมีการปลูกในเชิงพาณิชย์ในหลายประเทศและเป็นที่ยอมรับในอาหารจีนญี่ปุ่นและเกาหลี มีเนื้อสัมผัสที่ละเอียดอ่อนและมีรสเผ็ดอ่อน มีฝากรอบกว้างบางรูปหอยนางรมหรือพัดลมที่มีสีขาวสีเทาหรือสีแทนโดยมีเหงือกซบอยู่ด้านล่างฝากรอบ มีขอบหยิกและพบได้เป็นพุ่มหรือแยกกัน เห็ดพอร์โทเบลโล (Portobello Mushroom) เป็นเห็ดที่มีขนาดใหญ่และมีรสชาติเข้มข้น มักนำมาทำเป็นเส้นและนำไปย่างหรือทอด และยังมีอีกหลากหลายชนิดที่ไม่ได้กล่าวมาในที่นี้ การปลูกและบริโภคเห็ดเป็นที่ยอมรับทั่วโลก แต่มีบางภูมิภาคที่มีการปลูกและรับประทานมากมาย เช่น ยุโรปเป็นที่มาของเห็ดหลอดและเห็ดชิเมจิ เอเชียมักจะมีบริโภคเห็ดชิเมจิ เห็ดโคน อเมริกามีมักทานเห็ดโคน และเห็ดกระดุม แอฟริกามีมักทานเห็ดชิเมจิ และเห็ดกระดุมมีความนิยมในอาหารท้องถิ่น จากที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่า การปลูกและบริโภคเห็ดมีทั้งด้านประโยชน์ทางโภชนาการและความหลากหลายในการนำไปใช้ทางด้านอาหาร

การเพาะเห็ดเชิงพาณิชย์ในเอเชียมีส่วนสำคัญในการผลิตเห็ดของโลก เนื่องจากเอเชียเป็นหนึ่งในสามภูมิภาคที่ผลิตเห็ดที่ใหญ่ที่สุดพร้อมกับสหภาพยุโรป บริเตนใหญ่และสหรัฐอเมริกา (Supeni & Wijyantini, 2023) แหล่งปลูกเห็ดในเชิงพาณิชย์ขนาดใหญ่ในเอเชียได้แก่ประเทศจีนและอินเดียซึ่งมีการปลูกเห็ดที่กินได้หลากหลายสายพันธุ์ในเชิงพาณิชย์ (Gopal et al., 2022) ในอินเดียนิยมปลูกเห็ดหลากหลายชนิด ได้แก่ เห็ดกระดุมขาว (*Agaricus bisporus*) เห็ดนางรม (*Pleurotus* spp.) เห็ดฟาง (*Volvariella volvacea*) เห็ดหิมะ (*Calocybe indica*) ภาคเหนือ เรียกว่า เห็ดจั้น ภาคอีสาน เรียกว่า เห็ดตีนแรด (เนื่องจาก มีขนาด ใหญ่) ส่วนภาคกลาง เรียกว่า เห็ดตับเต่าขาว และเห็ดหอม (*Lentinula edodes*) ได้รับการปลูกเชิงพาณิชย์ (Gopal et al., 2022) เห็ดเหล่านี้มีส่วนสำคัญในการผลิตเห็ดทั้งหมดในอินเดีย (Singh et al., 2021) การเพาะปลูกเห็ดในเอเชียให้โอกาสในการผลิตอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการในลักษณะที่ยั่งยืนมีส่วนช่วยในการรักษาความมั่นคงทางอาหารและต่อสู้กับความหิวของประชาชน (Verma et al., 2020) สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมสำหรับการปลูกเห็ดนางฟ้าในเรือนกระจก ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น ปริมาณออกซิเจน และระดับคาร์บอนไดออกไซด์ช่วงอุณหภูมิสำหรับการเจริญเติบโตของเห็ดที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 18° C ถึง 25° C (El Kolaly et al., 2020) ควรรักษาความชื้นสัมพัทธ์ระหว่าง 80% ถึง 95% (Golub et al., 2023) เพื่อให้บรรลุเงื่อนไขเหล่านี้จึงได้มีนักวิจัยหลายคนได้ศึกษาเกี่ยวกับระบบควบคุมอัตโนมัติที่เป็นนวัตกรรมที่สามารถใช้ในโรงเรือนปลูกพืชทางการเกษตรได้ระบบเหล่านี้ช่วยควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสร้างสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมสำหรับการเพาะปลูกเห็ด นอกจากนี้การใช้ระบบระบายอากาศที่เหมาะสมจะช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของเห็ด เช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) เป็นก๊าซที่มีความสำคัญต่อการเพาะปลูกเห็ด โดยก๊าซ CO₂ จะถูกใช้ในการสังเคราะห์แสงของเห็ดนางฟ้าในช่วงระยะการเจริญเติบโตของเส้นใยเห็ด (Mycelium growth) โดยเห็ดนางฟ้าจะดูดซับ CO₂ ไปใช้ในการสร้างเซลล์และเนื้อเยื่อของเส้นใยเห็ดในช่วงบ่ม ซึ่งจะส่งผลให้เส้นใยเห็ดเจริญเติบโตได้ดีและแข็งแรง (Hu et al., 2013) อย่างไรก็ตาม ก๊าซ CO₂ ก็มีผลกระทบต่อเห็ดนางฟ้าในช่วงระยะการเจริญเติบโตของดอกเห็ด (Fruiting stage) โดยหากโรงเรือนเพาะเห็ดมีปริมาณก๊าซ CO₂ สูงเกินไป จะส่งผลให้ดอกเห็ดมีลักษณะผิดปกติ เช่น ดอกเห็ดมีขนาดเล็ก ดอกเห็ดไม่ขยายตัวเต็มที่ ดอกเห็ดมีสีซีด หรือดอกเห็ดมีรูปร่างผิดปกติไปจากปกติ (Jung et al., 2014) ปริมาณก๊าซ CO₂ ที่เหมาะสมสำหรับการเพาะเห็ดนางฟ้าในช่วงระยะการเจริญเติบโตของดอกเห็ด โดยหากปริมาณก๊าซ CO₂ ต่ำก็จะทำให้ดอกเห็ดเจริญเติบโตช้าลง และหากปริมาณก๊าซ CO₂ สูงก็จะทำให้ดอกเห็ดมีลักษณะผิดปกติ ดังนั้นจึงควรควบคุมปริมาณก๊าซ CO₂ ในโรงเรือนให้เหมาะสม โดยอาจใช้วิธีเปิดระบายอากาศในโรงเรือน หรือใช้เครื่องพัดลมดูดอากาศ เพื่อลดปริมาณก๊าซ CO₂ ในโรงเรือนให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม นอกจากนี้ เกษตรกรควรหมั่นตรวจวัดปริมาณก๊าซ CO₂ ในโรงเรือนเป็นประจำ เพื่อให้แน่ใจว่าปริมาณก๊าซ CO₂ อยู่ในระดับที่เหมาะสม ซึ่งจะช่วยให้เพิ่มผลผลิตและคุณภาพของเห็ดนางฟ้าที่ผลิตได้

การรักษาระดับความชื้นในโรงเรือนเพาะปลูกพืชเป็นสิ่งสำคัญสำหรับการเพาะปลูกพืช ความชื้นที่สูงเกินไปอาจนำไปสู่โรคและการเสื่อมสภาพของพืชในขณะที่การรักษาระดับความชื้นที่เหมาะสมจะช่วยเพิ่มผลผลิต (Amani et al.,

2020a) เทคโนโลยีการลดความชื้นต่างๆ มีอยู่ในอุตสาหกรรมเกษตรเพื่อควบคุมความชื้นในโรงเรือนซึ่งรวมถึงการระบายอากาศ การรักษาอุณหภูมิสูง การควบแน่นบนพื้นผิวเย็น และการดูดซับโดยวัสดุดูดซับด้วยความชื้น (Soussi et al., 2022) การระบายอากาศเป็นวิธีที่พบมากที่สุดสำหรับการลดความชื้น แต่อาจทำให้เกิดความร้อนเพิ่มเติมโดยเฉพาะในสภาพอากาศที่อากาศภายนอกร้อนกว่าอากาศภายในระบบ (Rahman et al., 2021) การควบแน่นที่ควบคุมบนพื้นผิวเย็นช่วยให้สามารถจับและใช้พลังงานแฝงที่ปล่อยออกมาในระหว่างการควบแน่นเพื่อลดปัญหาดังกล่าวได้ (S. J. Li et al., 2013; Vanegas-Ayala et al., 2022) การดูดซับไอน้ำโดยใช้วัสดุดูดซับความชื้นจะแปลงความร้อนแฝงของการควบแน่นเป็นความร้อนที่เหมาะสมในการรักษาระดับของความชื้นภายในโรงเรือนและการใช้พลังงาน (Tianning & Ma, 2021) การควบคุมความชื้นในโรงเรือนสามารถทำได้โดยใช้วัสดุและเทคโนโลยีต่างๆ การระบายอากาศเป็นวิธีที่พบมากที่สุดซึ่งเกี่ยวข้องกับการใช้การไหลของอากาศตามธรรมชาติหรือบังคับเพื่อควบคุมระดับความชื้น (Amani et al., 2020b) อีกวิธีหนึ่งคือการควบแน่นบนพื้นผิวเย็น ซึ่งความชื้นจะถูกกำจัดออกโดยการจับและใช้พลังงานแฝงที่ปล่อยออกมาใหม่ระหว่างการควบแน่น (Z. Li et al., 2011) นอกจากนี้ยังใช้การดูดซับโดยวัสดุดูดซับด้วยความชื้นซึ่งไอน้ำถูกดูดซับโดยวัสดุเหล่านี้และความร้อนแฝงของการควบแน่นจะถูกแปลงเป็นความร้อนที่เหมาะสมสำหรับการทำความร้อนในพื้นที่ (Wang et al., 2023) นอกจากนี้บล็อกควบคุมความชื้นที่ทำจากวัสดุชีวภาพและอนินทรีย์สามารถใช้แทนอิฐแบบดั้งเดิมในผนังโรงเรือน ซึ่งสามารถกักเก็บความชื้นและควบคุมความชื้น ส่งผลให้ประหยัดพลังงานและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม (Sultan et al., 2021) นอกจากนี้ระบบการดูดซับความชื้นและระบบจัดเก็บความร้อนเพื่อกักเก็บไอน้ำและลดอุณหภูมิของอากาศในระหว่างการดูดซับ ปล่อยและควบแน่นไอน้ำระหว่างการคายตัว โดยมีความร้อนที่ใช้สำหรับการทำความร้อนในพื้นที่ (Bawadekji et al., 2022) นอกจากนี้ยังมีการใช้วัสดุดูดซับความชื้นเช่นซิลิกาเจล คาร์บอนแอคทีฟและโครงโลหะอินทรีย์สำหรับเครื่องปรับอากาศในโรงเรือนเพาะปลูกพืช

จากข้อมูลที่ได้กล่าวมาแล้วนั้นแสดงให้เห็นว่าหากมีการรักษาความชื้นภายในโรงเรือนในให้คงที่แล้วจะช่วยเพิ่มผลผลิตและคุณภาพของเห็ดภายในโรงเรือนได้ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมีการนำเอาเม็ดดินเผาที่มีรูพรุนสำหรับกักเก็บความชื้นนำมาช่วยรักษาความชื้นภายในโรงเรือนเปิดดอกเห็ด และนำเอาระบบอัตโนมัติมาช่วยในการพิจารณาให้น้ำตามเงื่อนไข เพื่อให้ผลผลิตที่ได้มีค่าสูงที่สุด

2. วัสดุและวิธีการ

ในการเปิดดอกเห็ดมีขั้นตอนคือการเตรียมหัวเชื้อเห็ด (Aditya & Jarial, 2023) การเตรียมวัสดุยัดเกาะ การฆ่าเชื้อ การหยอดเชื้อก้อนเห็ด การบ่ม (Aditya et al., 2022) การเปิดดอก และการเก็บเกี่ยวผลผลิต เป็นขั้นตอนโดยทั่วไปของการเปิดดอกเห็ดทั่วโลก (Rahayu & Martono, 2019) จากนั้นรอเข้าสู่ระบบของการเปิดดอกในโรงเรือนโดยทำการเปรียบเทียบการเปิดดอกเห็ดจำนวน 3 ระบบ ด้วยกัน ได้แก่ ระบบที่ 1 ระบบการเปิดดอกในโรงเรือนที่มีการให้น้ำแบบปกติ ระบบที่ 2 ระบบการเปิดดอกในโรงเรือนที่มีเม็ดดินช่วยเก็บรักษาความชื้น และระบบที่ 3 เป็นระบบการเปิดดอกในโรงเรือนที่มีเม็ดดินช่วยเก็บรักษาความชื้นและควบคุมการให้น้ำด้วยระบบควบคุมอัตโนมัติที่ใช้เงื่อนไขเวลา อุณหภูมิและความชื้นของอากาศในการให้น้ำ ซึ่งเป็นช่วงของเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2566 จำนวน 30 วัน โดยในแต่ละรูปแบบจะมีการเพาะเห็ดโรงเรือนละ 400 ก้อน

ตารางที่ 1 กลุ่มการทดสอบ

ระบบที่	คำอธิบาย	สัญลักษณ์ย่อ
1	ระบบการเปิดดอกในโรงเรือนที่มีการให้น้ำแบบปกติ	NS
2	ระบบการเปิดดอกในโรงเรือนที่มีเม็ดดินช่วยเก็บรักษาความชื้น	HS
3	ระบบการเปิดดอกในโรงเรือนที่มีเม็ดดินช่วยเก็บรักษาความชื้นและควบคุมการให้น้ำด้วยระบบควบคุมอัตโนมัติ	AHS

ภายในโรงเรือนที่มีการเพิ่มก้อนดินจะมีการเพิ่มก้อนดินจำนวน 2,000 ก้อนเข้าไปภายในโรงเรือน โดยก้อนดินเป็นก้อนดินเผาที่มีความหนาแน่นของดินเหนียวที่นำมาใช้ในการศึกษามีค่าเท่ากับ $1.98 \pm 0.213 \text{ kg/m}^3$ โดยใช้เทคนิคในการผสมคือมีการผสมดินเหนียว แกลบและวัสดุทางการเกษตรเข้าไปก่อนการเผาที่อุณหภูมิ $1,200 \text{ }^{\circ}\text{C}$ เพื่อให้เกิดก้อนดินเผาที่มีความพรุนภายใน สามารถอุ้มน้ำได้ดี

2.1 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์

การศึกษาถึงผลกระทบของการใช้โรงเรือนเพาะเห็ดอัญหริยะที่มีเม็ดดินช่วยเก็บรักษาความชื้นนั้นจะมีการเก็บผลของค่าความชื้นและอุณหภูมิของอากาศ ปริมาณน้ำที่ใช้ ปริมาณพลังงานที่ใช้ในการดำเนินกิจกรรม โดยมีการเปรียบเทียบผลผลิตที่ได้จากการเปิดดอกเห็ดเป็นน้ำหนัก แล้วนำมาคำนวณค่าทางสถิติได้แก่ ค่าเฉลี่ย ความแปรปรวน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานโดยมีสมการในการคำนวณดัง (1) (2) และ (3) ตามลำดับ

$$\mu = \frac{\sum x_i}{N} \quad (1)$$

$$\sigma^2 = \frac{\sum(x_i - \mu)^2}{N} \quad (2)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \mu)^2}{N}} \quad (3)$$

โดยที่

μ	หมายถึงค่าเฉลี่ย
x_i	หมายถึงค่าน้ำหนักเห็ดแต่ละก้อนแต่ละวัน
N	หมายถึงจำนวนสมาชิก
σ^2	หมายถึงความแปรปรวน
σ	หมายถึงส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2.2 ระบบควบคุมและตรวจติดตามภายในโรงเรือน

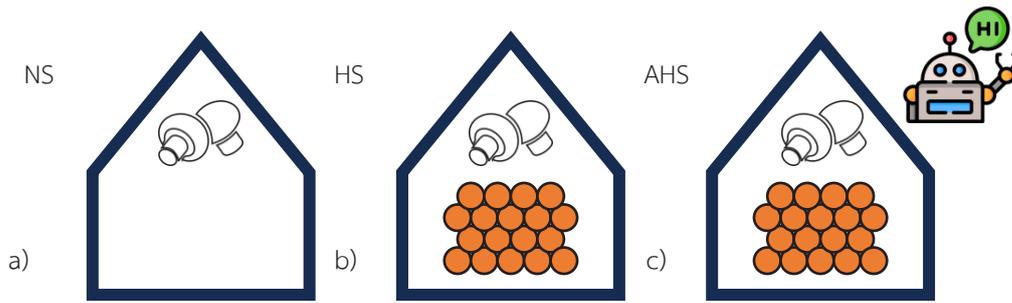
ภายในโรงเรือนจะมีการติดตั้งเซ็นเซอร์ที่ใช้ในการติดตามอุณหภูมิและความชื้นของอากาศ ส่งข้อมูลผ่านระบบโครงข่ายอินเทอร์เน็ต ความถี่ในการบันทึกข้อมูลที่ได้จากเซ็นเซอร์คือทุกๆ 1 นาที แล้วนำมาคำนวณหาค่าเฉลี่ยในแต่ละชุดข้อมูล ภายนอกโรงเรือนมีการติดตั้งเซ็นเซอร์เพื่อติดตามพฤติกรรมอุณหภูมิและความชื้นของอากาศที่เกิดขึ้นในสิ่งแวดล้อม ส่วนภายในโรงเรือนจะมีการติดตั้งเซ็นเซอร์จำนวน 3 ตำแหน่ง เพื่อเก็บข้อมูลของอุณหภูมิและความชื้นของอากาศภายในโรงเรือนในแต่ละระดับว่ามีความแตกต่างกันอย่างไร ระบบควบคุมจะมีการควบคุมอยู่ 2 ส่วนด้วยกันได้แก่ ควบคุมพัดลมเพื่อระบายอากาศที่มีความร้อนสูงกว่าสภาวะแวดล้อม โดยมีการตั้งเงื่อนไขในการควบคุมคือ เมื่ออุณหภูมิภายในโรงเรือนมีค่าสูงกว่าภายนอกมากกว่า 3 °C ให้พัดลมดึงอากาศจากภายนอกเข้าสู่ภายในโรงเรือน ส่วนอีกหนึ่งอุปกรณ์ที่ถูกควบคุมภายในโรงเรือนนี้ได้แก่ปั๊มน้ำ โดยที่ปั๊มน้ำจะมีการควบคุมด้วยเวลา และควบคุมด้วยค่าของอุณหภูมิและความชื้นของอากาศ



รูปที่ 1 ระบบควบคุมและตรวจติดตามภายในโรงเรือน

2.3 ระบบการเปิดดอกของเห็ดภายในโรงเรือน

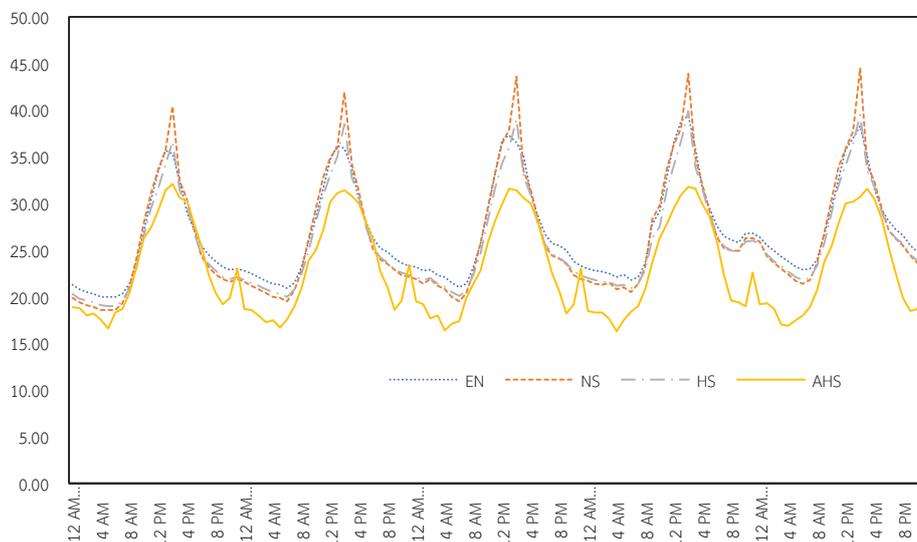
ระบบของการเปิดดอกในโรงเรือนโดยทำการเปรียบเทียบการเปิดดอกเห็ดจำนวน 3 ระบบ ด้วยกัน ได้แก่ ระบบที่ 1 ระบบการเปิดดอกในโรงเรือนที่มีการให้น้ำแบบปกติ (NS) ระบบที่ 2 ระบบการเปิดดอกในโรงเรือนที่มีเม็ดดินช่วยเก็บรักษาความชื้น (HS) และระบบที่ 3 เป็นระบบการเปิดดอกในโรงเรือนที่มีเม็ดดินช่วยเก็บรักษาความชื้นและควบคุมการให้น้ำด้วยระบบควบคุมอัตโนมัติที่ใช้เงื่อนไขเวลา อุณหภูมิและความชื้นของอากาศในการให้น้ำ (AHS) ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 Compare all 3 systems a) NS b) HS and c) AHS

3. ผลและการวิจารณ์ผล

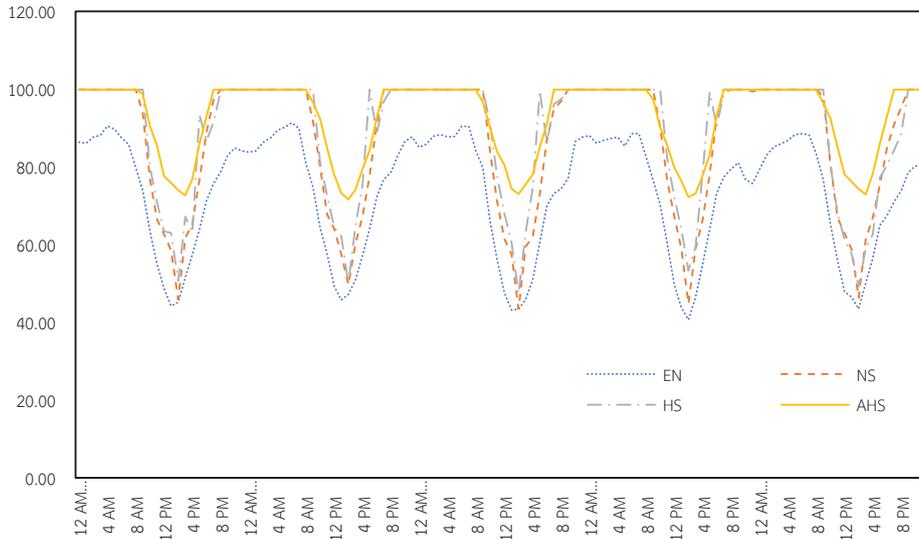
หลังจากการทดสอบการประเมินตรวจติดตามแล้วจะเห็นได้ว่าอุณหภูมิของอากาศในระหว่างการศึกษามีอุณหภูมิที่สูงในช่วงกลางวัน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 26.76 ± 5.11 °C ส่วนอุณหภูมิเฉลี่ยของโรงเรือนที่ใช้ในการศึกษา คือระบบที่ 1 ระบบการเปิดดอกในโรงเรือนที่มีการให้น้ำแบบปกติ (NS) ระบบที่ 2 ระบบการเปิดดอกในโรงเรือนที่มีเม็ดดินช่วยเก็บรักษาความชื้น (HS) และระบบที่ 3 เป็นระบบการเปิดดอกในโรงเรือนที่มีเม็ดดินช่วยเก็บรักษาความชื้นและควบคุมการให้น้ำด้วยระบบควบคุมอัตโนมัติที่ใช้เงื่อนไขเวลา อุณหภูมิและความชื้นของอากาศในการให้น้ำ (AHS) จะมีอุณหภูมิเท่ากับ 26.34 ± 6.25 °C, 25.88 ± 5.26 °C และ 23.06 ± 5.12 °C ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างของอุณหภูมิภายในสิ่งแวดล้อมเท่ากับ 0.41 °C, 0.88 °C และ 3.70 °C ตามลำดับ มีอุณหภูมิภายในสูงสุดเท่ากับ 42.86 °C, 38.70 °C และ 31.48 ตามลำดับ จะเห็นว่าภายในโรงเรือนทั้ง 3 รูปแบบมีอุณหภูมิภายในเฉลี่ยต่ำกว่าอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมโดยมีความแตกต่างสูงสุดเท่ากับ 1.44 °C, 2 °C และ 5.96 °C ตามลำดับ นั้นแสดงให้เห็นว่าการนำเอาก้อนดินเผาใส่ลงในโรงเรือนส่งผลให้อุณหภูมิภายในโรงเรือนต่ำกว่าภายนอกโรงเรือนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% โดยตัวอย่างลักษณะข้อมูลอุณหภูมิที่นำมาใช้ในการคำนวณสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 Air temperature data example

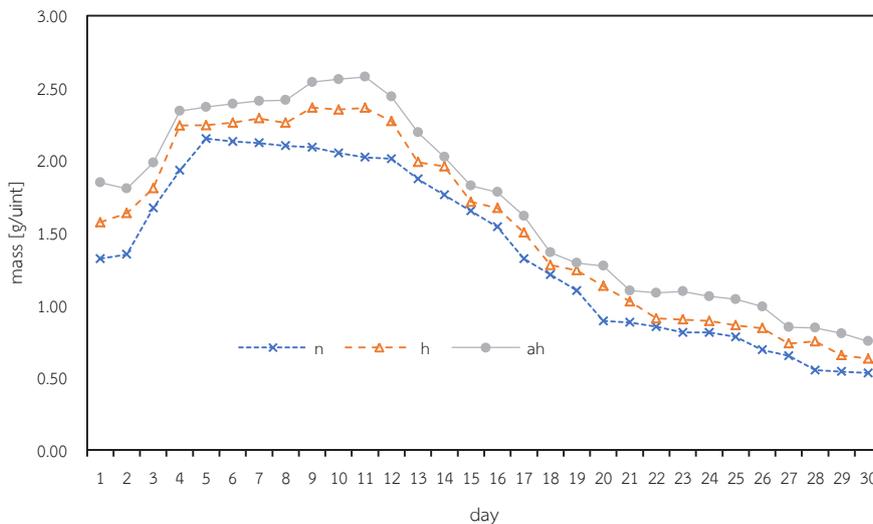
ข้อมูลความชื้นของอากาศภายในและภายนอกโรงเรือนจะสามารถมองเห็นได้ชัดเจนกว่าอุณหภูมิ เนื่องจากมีความแตกต่างทางตัวเลขค่อนข้างเยอะกว่าอุณหภูมิ โดยความชื้นภายนอกมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $73.08 \pm 15.52\%$ RH ส่วนภายในโรงเรือนทั้ง 3 รูปแบบ ได้แก่ NS, HS และ AHS จะมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 87.56 ± 17.39 %RH, 89.23 ± 15.75 %RH และ 92.84 ± 10.06 %RH ตามลำดับ นี้แสดงให้เห็นว่าการพื้กดินเผาเข้ามามีส่วนช่วยให้อุณหภูมิภายในโรงเรือนมีค่าเฉลี่ยสูงขึ้นตามไปด้วย โดยค่าความชื้นต่ำสุดที่เกิดขึ้นในแต่ละรูปแบบมีค่าเท่ากับ 46.04 %RH, 50.12 %RH และ 73.02 %RH โดยมีค่าความแตกต่างระหว่างความชื้นอากาศบริเวณโดยรอบ และภายในโรงเรือนทั้ง 3 รูปแบบเท่ากับ 14.48 %RH, 16.15

%RH และ 19.76 %RH แสดงให้เห็นว่าเมื่อดินส่งผลให้ค่าความชื้นเฉลี่ยเพิ่มมากยิ่งขึ้น และการเพิ่มระบบควบคุมอัตโนมัติด้วยเงื่อนไขของเวลา อุณหภูมิและความชื้นของอากาศจะให้ผู้ประกอบการมีรายได้มากยิ่งขึ้น เมื่อนำเอาข้อมูลดังกล่าวมาสร้างเป็นกราฟแล้วตัวอย่างของข้อมูลทั้ง 5 วัน สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 Air relative humidity data example

ผลผลิตต่อหน่วยที่ได้จากการเพาะเห็ดทุกวันจะมีค่าเฉลี่ยของทั้ง 3 ระดับ ได้แก่ NS, HS และ AHS จะมีค่าเท่ากับ 1.38 ± 0.58 กรัมต่อก้อน, 1.54 ± 0.62 กรัมต่อก้อน และ 1.69 ± 0.63 กรัมต่อก้อน ตามลำดับ แสดงให้เห็นถึงค่าผลผลิตเฉลี่ยต่อหน่วยของการเพาะปลูก จะเห็นได้ว่าเมื่อนำเอาผลผลิตที่ได้จากโรงเรือนแบบ NS เทียบกับแบบ HS แล้วผลผลิตของโรงเรือน HS มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าแบบ NS อย่างมีนัยสำคัญ และเมื่อเทียบผลผลิตที่ได้จากโรงเรือนที่ใช้ระบบควบคุมอัตโนมัติและมีระบบควบคุม จะเห็นได้มีค่าเฉลี่ยของผลผลิตมีค่ามากกว่าแบบธรรมดาอย่างมีนัยสำคัญดังรูปที่ 5 จากการเก็บข้อมูลการใช้น้ำในระดับการให้น้ำทั้ง 3 แบบได้แก่ NS, HS และ AHS จะมีค่าเท่ากับ 18.74 ± 0.615 L/day $18.95 \pm$ L/day และ $20.07 \pm$ L/day ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าการเพิ่มก้อนดินจะช่วยให้ความชื้นเพิ่มขึ้นและอุณหภูมิลดลงอย่างมีนัยสำคัญ แต่ไม่ได้ส่งผลให้ต้องใช้น้ำเพิ่มขึ้นแต่อย่างใด เมื่อพิจารณาถึงการใช้พลังงานแล้วจะเห็นได้ว่าการใช้พลังงานเฉลี่ย 0.17 ± 0.025 kWh, 0.16 ± 0.024 kWh และ 0.21 ± 0.026 kWh ตามลำดับ เมื่อเทียบการใช้พลังงานด้วยค่าทางสถิติแล้วจะเห็นได้ว่าการใช้หรือไม่ใช้ก้อนดินเพื่อเพิ่มความชื้นและลดอุณหภูมิไม่มีผลต่อการใช้พลังงานอย่างมีนัยสำคัญ แต่เมื่อนำเอาระบบอัตโนมัติไปใช้แล้วจะมีผลต่อการใช้พลังงานที่เพิ่มมากขึ้นกว่าระบบเดิมอย่างมีนัยสำคัญ



รูปที่ 5 average mass per unit

เมื่อนำเอาต้นทุนการใช้วัสดุอุปกรณ์มาคำนวณต้นทุนคงที่และต้นทุนแปรผันแล้วนำไปคำนวณ ราคาขายที่ 80 baht/kg แล้วจะเห็นได้ว่าหากเกษตรกรต้องการให้มีกำไรต่อวันประมาณวันละ 450 บาท แล้วเกษตรกรจำเป็นต้องลงทุนในการสร้างโรงเรือนที่สามารถเปิดดอกเห็ดได้ประมาณ 2,500 ก้อนเพื่อหมุนเวียนผลผลิตดอกจำหน่ายให้ได้ทุกวัน และเมื่อมีการคำนวณถึงระยะเวลาในการคืนทุนแล้วเกษตรกรที่ลงทุนจะมีระยะการคืนทุนเท่ากับ 3.54 เดือน

4. สรุป

การศึกษาผลของการเปิดดอกเห็ดในโรงเรือนเพาะเห็ดอัจฉริยะที่มีเม็ดดินช่วยเก็บรักษาความชื้นโดยเปรียบเทียบการเปิดดอกเห็ดใน 3 ระบบได้แก่ ระบบที่ 1 ระบบการเปิดดอกในโรงเรือนที่มีการให้น้ำแบบปกติ ระบบที่ 2 ระบบการเปิดดอกในโรงเรือนที่มีเม็ดดินช่วยเก็บรักษาความชื้น และระบบที่ 3 เป็นระบบการเปิดดอกในโรงเรือนที่มีเม็ดดินช่วยเก็บรักษาความชื้นและควบคุมการให้น้ำด้วยระบบควบคุมอัตโนมัติที่ใช้เงื่อนไขเวลา การสังเกตข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นของอากาศในการให้น้ำของทั้ง 3 ระบบแสดงให้เห็นว่าในการใช้เม็ดดินเผาสามารถช่วยลดค่าอุณหภูมิเฉลี่ยได้ 0.87°C และการนำเอาระบบอัตโนมัติมาใช้ยังช่วยให้อุณหภูมิเฉลี่ยลดลง 3.69°C เมื่อพิจารณาถึงความชื้นของอากาศแล้วจะเห็นได้ว่าระบบที่มีการเพิ่มก้อนดินเข้าไปช่วยเพิ่มค่าความชื้นเฉลี่ยได้ $16.15\%RH$ และการนำเอาระบบอัตโนมัติมาใช้ยังช่วยให้ค่าความชื้นเฉลี่ยเพิ่มขึ้น $19.76\%RH$ การใช้น้ำและพลังงานเมื่อนำเอาระบบที่มีก้อนดินมาใช้ในการเปรียบเทียบกับระบบรดน้ำด้วยคนแล้วจะเห็นได้ว่าการใช้ก้อนดินเข้ามาช่วยปรับปรุงคุณภาพของอากาศภายในโรงเรือนไม่มีผลกระทบต่อปริมาณการใช้น้ำและการใช้พลังงานไฟฟ้า แต่การนำเอาระบบควบคุมอัตโนมัติมาใช้จะมีผลต่อการใช้น้ำและพลังงานเมื่อเทียบกับระบบรดน้ำด้วยคนอย่างมีนัยสำคัญ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าก้อนดินเผาสามารถกักเก็บน้ำไว้ในระบบได้ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยอื่นๆ ที่มีผู้ศึกษาถึงการเตรียมวัสดุ หรือความสามารถในการกักเก็บความชื้นของเครื่องปั้นดินเผาตนเอง (Spitalniak et al., 2021; Wong et al., 2017; Zhang & Wang, 2013) และจากการที่มีการเพิ่มแหล่งกักเก็บน้ำในโรงเรือนนั้นมีส่วนช่วยให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นจากเดิมประมาณ 11.94% และผลผลิตที่เพิ่มได้จากการใช้เม็ดดินเผาพร้อมกับระบบอัตโนมัติจะเพิ่ม 22.41% เมื่อนำเอาต้นทุนเรื่องค่าพลังงานและผลผลิตมาคิดเป็นกำไรจะเห็นได้ว่าเมื่อมีการเพาะปลูกเห็ดที่มีจำนวนตั้งแต่ 2,500 ก้อน เกษตรกรจะมีกำไรต่อวันประมาณ 450 บาท และระยะการคืนทุนเท่ากับ 3.54 เดือน

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี และสถาบันสหบรรพชาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา ที่ให้ความอนุเคราะห์อุปกรณ์เครื่องมือวัด และพื้นที่ที่ใช้ในการทดสอบ

6. เอกสารอ้างอิง

- Aditya, & Jarial, R. S. (2023). Utilization of Agro-Industrial Wastes and Organic Supplements for Cultivation of Blue Oyster Mushroom. *Bangladesh Journal of Botany*, 52(1), 179–185. <https://doi.org/10.3329/BJB.V52I1.65249>
- Aditya, Jarial, R. S., & Jarial, K. (2022). Commercial Cultivation of the Elm Oyster Mushroom *Hypsizygus ulmarius* (Agaricomycetes) on Different Substrates and Its Medicinal Benefits. *International Journal of Medicinal Mushrooms*, 24(12), 87–93. <https://doi.org/10.1615/INTJMEDMUSHROOMS.2022045380>
- Amani, M., Foroushani, S., Sultan, M., & Bahrami, M. (2020a). Comprehensive review on dehumidification strategies for agricultural greenhouse applications. *Applied Thermal Engineering*, 181, 115979. <https://doi.org/10.1016/J.APPLTHERMALENG.2020.115979>
- Amani, M., Foroushani, S., Sultan, M., & Bahrami, M. (2020b). Comprehensive review on dehumidification strategies for agricultural greenhouse applications. *Applied Thermal Engineering*, 181, 115979. <https://doi.org/10.1016/J.APPLTHERMALENG.2020.115979>
- Bawadekji, A., El-Bary, A. A., Becheikh, N., Alassaf, Y., Hassan, G. E., Elewa, M. M., Xu, P., Ghazouani, N., Bawadekji, A., El-Bary, A. A., Becheikh, N., Alassaf, Y., Hassan, G. E., & Elewa, M. M. (2022). Greenhouse



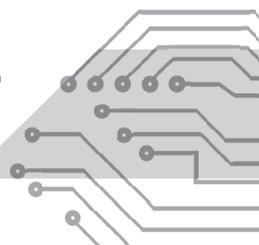
- Desalination by Humidification–Dehumidification Using a Novel Green Packing Material. *Water* 2022, Vol. 14, Page 869, 14(6), 869. <https://doi.org/10.3390/W14060869>
- El Kolaly, W., Ma, W., Li, M., & Darwesh, M. (2020). The investigation of energy production and mushroom yield in greenhouse production based on mono photovoltaic cells effect. *Renewable Energy*, 159, 506–518. <https://doi.org/10.1016/J.RENENE.2020.05.144>
- Golub, G., Kepko, O., Pushka, O., Kovtuniuk, Z., & Kotliar, T. (2023). MODELING OF SUBSTRATE AND AIR TEMPERATURE DYNAMICS IN THE MUSHROOM GREENHOUSE. *INMATEH - Agricultural Engineering*, 69(1), 315–324. <https://doi.org/10.35633/INMATEH-69-29>
- Gopal, J., Sivanesan, I., Muthu, M., & Oh, J. W. (2022). Scrutinizing the Nutritional Aspects of Asian Mushrooms, Its Commercialization and Scope for Value-Added Products. *Nutrients* 2022, Vol. 14, Page 3700, 14(18), 3700. <https://doi.org/10.3390/NU14183700>
- Hu, S. H., Wu, C. Y., Chen, Y. K., Wang, J. C., & Chang, S. J. (2013). Effect of Light and Atmosphere on the Cultivation of the Golden Oyster Culinary-Medicinal Mushroom, *Pleurotus citrinopileatus* (Higher Basidiomycetes). *International Journal of Medicinal Mushrooms*, 15(1), 101–111. <https://doi.org/10.1615/INTJMEDMUSHR.V15.I1.110>
- Jung, D. H., Kim, C. K., Oh, K. H., Lee, D. H., Kim, M., Shin, J. H., & Son, J. E. (2014). Analyses of CO₂ Concentration and Balance in a Closed Production System for King Oyster Mushroom and Lettuce. *Horticultural Science and Technology* 2014 32:5, 32(5), 628–635. <https://doi.org/10.7235/HORT.2014.13192>
- Li, S. J., Wang, C., Ke, X. Y., & Wang, X. D. (2013). The intelligent control of greenhouse environment. *Applied Mechanics and Materials*, 427–429, 533–536. <https://doi.org/10.4028/WWW.SCIENTIFIC.NET/AMM.427-429.533>
- Li, Z., Wei, F., & Liu, W. (2011). Manufacture on building blocks of humidity-controlling composite materials used in greenhouse. *ICMREE2011 - Proceedings 2011 International Conference on Materials for Renewable Energy and Environment*, 2, 1125–1128. <https://doi.org/10.1109/ICMREE.2011.5930537>
- Rahayu, S., & Martono, D. S. (2019). Optimizing Quality of White Oyster Mushroom Seeds Through Plant Propagation. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 347(1), 012027. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/347/1/012027>
- Rahman, M. S., Guo, H., & Han, J. (2021). Dehumidification requirement modelling and control strategy for greenhouses in cold regions. *Computers and Electronics in Agriculture*, 187, 106264. <https://doi.org/10.1016/J.COMPAG.2021.106264>
- Singh, S., Raj, C., Singh, H. K., Avasthe, R. K., Said, P., Balusamy, A., Sharma, S. K., Lepcha, S. C., & Kerketta, V. (2021). Characterization and development of cultivation technology of wild split gill *Schizophyllum commune* mushroom in India. *Scientia Horticulturae*, 289, 110399. <https://doi.org/10.1016/J.SCIENTA.2021.110399>
- Soussi, M., Chaibi, M. T., Buchholz, M., & Saghrouni, Z. (2022). Comprehensive Review on Climate Control and Cooling Systems in Greenhouses under Hot and Arid Conditions. *Agronomy* 2022, Vol. 12, Page 626, 12(3), 626. <https://doi.org/10.3390/AGRONOMY12030626>
- Spitalniak, M., Bogacz, A., & Zieba, Z. (2021). The assessment of water retention efficiency of different soil amendments in comparison to water absorbing geocomposite. *Materials*, 14(21), 6658. <https://doi.org/10.3390/MA14216658/S1>
- Sultan, M., Ashraf, H., Miyazaki, T., Shamshiri, R. R., & Hameed, I. A. (2021). Temperature and Humidity Control for the Next Generation Greenhouses: Overview of Desiccant and Evaporative Cooling



Systems. *Next-Generation Greenhouses for Food Security.*

<https://doi.org/10.5772/INTECHOPEN.97273>

- Supeni, R. E., & Wijyantini, B. (2023). Mushroom Cultivation Business Development Strategy with BMC Model During Pandemic Covid 19. *BASKARA : Journal of Business and Entrepreneurship*, 5(2), 165–175. <https://doi.org/10.54268/BASKARA.V5I2.12409>
- Tianning, Y., & Ma, X. (2021). Cost-effectiveness analysis of greenhouse dehumidification and integrated pest management using air's water holding capacity-a case study of the Trella Greenhouse in Taizhou, China. *E3S Web of Conferences*, 251, 02063. <https://doi.org/10.1051/E3SCONF/202125102063>
- Vanegas-Ayala, S. C., Barón-Velandia, J., & Leal-Lara, D. D. (2022). A Systematic Review of Greenhouse Humidity Prediction and Control Models Using Fuzzy Inference Systems. *Advances in Human-Computer Interaction*, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/8483003>
- Verma, A. K., . S., Sharma, P. C., Kumar, M., & Rani, N. (2020). Processing of mushrooms: a viable option to sustain the growing population of the developing countries. *International Journal of Chemical Studies*, 8(3), 1416–1423. <https://doi.org/10.22271/CHEMI.2020.V8.I3S.9396>
- Wang, C., Zou, H., Du, S., Huang, D., & Wang, R. (2023). Water and heat recovery for greenhouses in cold climates using a solid sorption system. *Energy*, 270, 126919. <https://doi.org/10.1016/J.ENERGY.2023.126919>
- Wong, J. T. F., Chen, Z., Chen, X., Ng, C. W. W., & Wong, M. H. (2017). Soil-water retention behavior of compacted biochar-amended clay: a novel landfill final cover material. *Journal of Soils and Sediments*, 17(3), 590–598. <https://doi.org/10.1007/S11368-016-1401-X/FIGURES/6>
- Zhang, Z., & Wang, B. (2013). Preparation and water retention properties of clay-based sand-fixing and grass-planting materials. *Journal Wuhan University of Technology, Materials Science Edition*, 28(2), 325–328. <https://doi.org/10.1007/S11595-013-0687-4/METRICS>



ระบบควบคุมสภาพแวดล้อมอัตโนมัติในโรงเรือนผ่านระบบการสื่อสารแบบไร้สาย Automatic Control of The Home Environment Through Wireless Communication

ณัฐศักดิ์ ตรีกุล¹ ณัฐพงศ์ วรวงษ์¹ สุเมธ ประทุมอ่อน¹ ชนินทร์ อุปถัมภ์² และ กันตภณ เปรมประยูร²
Natthasak Trikun¹, Natthapong Worawong¹, Sumet Pratoomon¹, Chanin Uppatham² and
Kantaphon Premprayoon²

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
Division of Agricultural Machinery Engineering, Faculty of Engineering Rajamangala University of
Technology Isan, Khon Kaen Campus
โทรศัพท์ 0880589398 e-mail: chanin9398@gmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อออกแบบระบบควบคุมสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมในโรงเรือนปลูกพืชด้วย IOT โดยการตรวจวัดตัวแปรต่าง ๆ ในโรงเรือน ได้แก่ ความชื้นในดิน ความชื้นและอุณหภูมิของบรรยากาศภายในโรงเรือน แสงสว่าง เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการกำหนด เงื่อนไขการควบคุมอุปกรณ์ต่าง ๆ และสั่งให้อุปกรณ์ปลายทางทำงานอัตโนมัติตามเงื่อนไขที่กำหนด

จากศึกษาและออกแบบโรงเรือนแบบปิด สำหรับการปลูกพืชผัก จากการควบคุมผ่านระบบ ไมโครคอนโทรเลอร์รุ่น Arduino MKR WIFI 1010 โดยการตรวจวัดของเซนเซอร์ภายใน โรงเรือนทั้ง 4 ส่วนคือ เซนเซอร์ วัดอุณหภูมิเซนเซอร์ ความชื้นในอากาศ เซนเซอร์วัดค่าความเข้มแสง และเซนเซอร์วัด ความชื้นในดิน โดย อุณหภูมิสั่งเปิดพัดลม ความชื้นในอากาศสั่งเปิดปั๊มพ่นหมอก ความชื้นในดินสั่งเปิดปั๊มน้ำหยด ความเข้มแสงสั่งเปิดหลอดไฟ ผลจากเปรียบเทียบ เซนเซอร์วัด อุณหภูมิค่าความชื้นในอากาศ ค่าความเข้มแสง และ ความชื้นในดิน

จากผลการทดสอบและประเมิน การวัดค่าอุณหภูมิ ค่าความชื้น ในอากาศ และความเข้มแสง เป็นระยะเวลา 6 วัน พบว่า จากผลการวิเคราะห์การทำงาน ของพัดลมระบายอากาศจะทำงานใน ช่วงเวลา 10.50 น. – 14.48 น. การทำงาน ของปั๊มพ่นหมอก จะทำงานในช่วง 08.00 น. – 21.00 น.โดยทำงานเป็นระยะๆ ประมาณ 1-2 นาทีต่อครั้ง ปั๊มน้ำหยดทำงานเฉลี่ยวันละ 2-3 ครั้ง ครั้งละประมาณ 2-3 นาที เนื่องจากโรงเรือนมีขนาดเล็กและขึ้นอยู่กับการใช้ น้ำของต้นสลัด จึงมีเวลาไม่แน่นอน ส่วนหลอดไฟจะเปิดแบบแมนนวล เปิดในช่วงที่มีแสงน้อย สรุปได้ว่า การทำงาน ของระบบควบคุมอัตโนมัติสามารถทำงานได้ตามเงื่อนไข ที่กำหนด ผลของการวัดที่ได้จากเซนเซอร์ อุณหภูมิเซนเซอร์ความชื้นในอากาศ และเซนเซอร์ความเข้มแสงมีความแม่นยำของข้อมูล แต่เซนเซอร์ วัดความชื้นในดินมีความไม่เสถียรเล็กน้อย

คำสำคัญ ควบคุมอัตโนมัติ, IOT, เซนเซอร์

Abstract

The objective of this study is to design an environment control system suitable for plant cultivation greenhouses using the Internet of Things (IOT). The system involves monitoring various parameters within the greenhouse, including soil moisture, air humidity, and temperature. Additionally, it measures ambient light for data used in defining conditions for controlling various devices.

The study aims to automate the operation of endpoint devices based on predefined conditions using the gathered data. This study involves the design of a closed greenhouse system for vegetable cultivation, controlled through the Arduino MKR WIFI 1010 microcontroller. Four sensors were employed within the greenhouse: temperature sensor, air humidity sensor, light intensity sensor, and soil moisture sensor. The microcontroller commands the activation of a fan based on temperature readings, triggers misting pumps in response to air humidity, initiates drip irrigation based on soil moisture levels, and

controls the lighting system according to light intensity. The comparative results demonstrate the accuracy of the sensors in measuring temperature, air humidity, light intensity, and soil moisture.

Based on the results of testing and evaluation over a period of 6 days, the analysis of temperature, air humidity, and light intensity measurements revealed specific operational patterns. The ventilation fan operated between 10:50 AM and 2:48 PM. The misting pump functioned from 8:00 AM to 9:00 PM, operating intermittently for approximately 1-2 minutes each time. The drip irrigation pump operated an average of 2-3 times per day, with each cycle lasting about 2-3 minutes. Due to the small size of the greenhouse and its dependency on lettuce water usage, the timing of water-related activities was uncertain. The light bulbs operated in a dimmed manner, turning on during periods of low light. In conclusion, the automatic control system operated effectively according to the predefined conditions. The sensor measurements for temperature, air humidity, and light intensity demonstrated accuracy, while the soil moisture sensor exhibited slight instability.

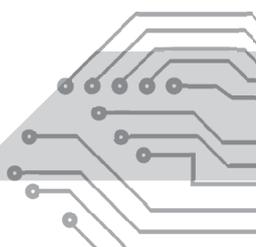
Keywords: Automatic Control, IOT, Sensors

1. บทนำ

เทคโนโลยียุค 4.0 เป็นยุคที่อินเทอร์เน็ตไร้สายได้เข้ามา มีบทบาทสำคัญในการดำเนินชีวิตประจำวันและมีส่วนช่วยในการทำงานหลายด้าน เนื่องจากความเร็วในการแลกเปลี่ยนข้อมูลประกอบกับครอบคลุมพื้นที่มากขึ้นกว่าในอดีต เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things) หรือ IOT จึงสามารถเชื่อมต่อสิ่งของ อุปกรณ์ หรือเครื่องมือที่ใช้ต่างๆ รอบตัวเราเข้าด้วยกันผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตได้ดียิ่งขึ้น ทั้งที่เป็นสิ่งของเครื่องใช้ในชีวิตประจำวันเช่น นาฬิกา โทรศัพท์มือถือ รถยนต์ หลอดไฟ ตู้เย็น ทีวี ฯลฯ เครื่องมือเครื่องจักรกลในโรงงานอุตสาหกรรม อุปกรณ์ด้านการแพทย์ อุปกรณ์อำนวยความสะดวกอื่นๆ เช่น GPS เป็นต้น ทำให้สามารถแสดงสถานการณ์ทำงาน ควบคุมหรือสั่งการอุปกรณ์ต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นการเปิด -ปิดไฟ แอร์ โทรศัพท์ ปั่นน้ำ ฯลฯ ผ่านทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ตด้วยสมาร์ทโฟน คอมพิวเตอร์ หรืออุปกรณ์พกพาอื่น รวมไปถึงเก็บรวบรวมข้อมูลไว้ที่แหล่งเก็บข้อมูลส่วนกลางเพื่อนำมาวิเคราะห์ในภายหลังได้ จากจุดเด่นดังกล่าวทำให้มีการประยุกต์ใช้ IOT ทางเกษตร โดยเฉพาะอย่างยิ่งในงานด้านฟาร์มอัจฉริยะที่เป็นการนำเทคโนโลยี IOT มาใช้ในการตรวจวัดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ เช่น ความชื้นในดิน ปริมาณแสงแดด อุณหภูมิในอากาศ รวบรวมข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ และสามารถสั่งควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ ตามเงื่อนไขที่ต้องการได้ เช่น เพิ่ม-ลดอุณหภูมิในโรงเรือน ควบคุมความชื้นในดิน แจ้งเตือนสถานะของสภาพแวดล้อมในโรงเรือนทั้งพืชและสัตว์ (ปวันพัทธ์ ศรีทรงเมือง, 2563)

สำหรับด้านการเกษตร เนื่องจากต้นทุนการเพาะปลูกสูงขึ้น โดยเฉพาะด้านแรงงานนั้นถือเป็นต้นทุนที่สูงและหายาก เพราะต้องมีความอดทนสูงและมีทักษะเฉพาะพืชแต่ละชนิด ทำให้อาชีพปลูกผักที่ใช้แรงงานคนในปัจจุบันมีรายได้เฉลี่ยต่อเดือนเพียง 12,372.22 บาท เท่านั้น (เลอทีชา เมืองมีศรี, 2564) ซึ่งไม่เพียงพอต่อการดำรงชีวิตในสภาพเศรษฐกิจปัจจุบัน หากต้องการเพิ่มผลผลิตก็ต้องเพิ่มแรงงานคนมากขึ้นตามไปด้วยซึ่งส่งผลให้ต้นทุนการเพาะปลูกสูงขึ้น แต่หากจำนวนแรงงานน้อยก็ จะทำให้การดูแลไม่ทั่วถึงซึ่งส่งผลต่อคุณภาพของผลผลิตอีก การนำระบบควบคุมสภาพแวดล้อมในโรงเรือนด้วย IOT มาใช้จึง น่าจะช่วยลดค่าใช้จ่ายด้านแรงงานลง นอกจากนั้นยังสามารถกำหนดเงื่อนไขเพื่อให้ระบบควบคุมสภาพแวดล้อมทำงานอัตโนมัติ เพิ่มความแม่นยำในการเพาะปลูก และสามารถนำข้อมูลย้อนหลังมาวิเคราะห์เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงคุณภาพของผลผลิตให้ดียิ่งขึ้น

จากข้อมูลดังกล่าวมาข้างต้น จึงได้มีการศึกษาออกแบบระบบควบคุมสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมในโรงเรือนปลูกพืช ด้วย IOT โดยการตรวจวัดตัวแปรต่าง ๆ ในโรงเรือน ได้แก่ ความชื้นในดิน ความชื้นและอุณหภูมิของบรรยากาศภายในโรงเรือน แสงสว่าง เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการกำหนดเงื่อนไขการควบคุมอุปกรณ์ต่าง ๆ และสั่งให้อุปกรณ์ปลายทางทำงานอัตโนมัติตามเงื่อนไขที่กำหนด

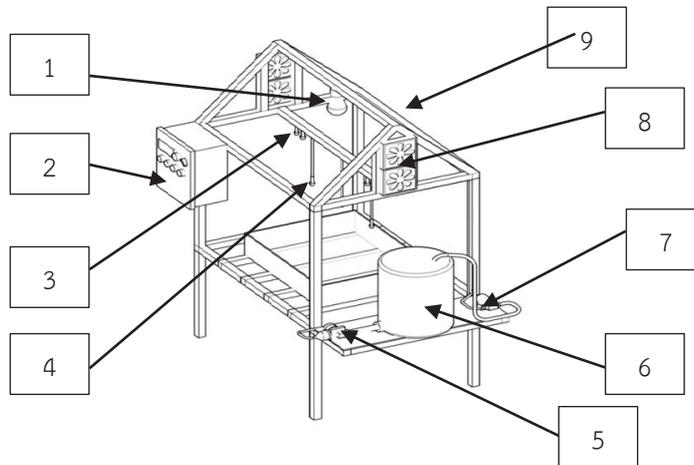


2. วัสดุและวิธีการ

เซ็นเซอร์วัดความชื้นในอากาศ/อุณหภูมิ คือ เซ็นเซอร์วัดหรือตรวจวัดระดับอุณหภูมิในบริเวณที่ต้องการ ใช้สังเกตความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิที่กำหนดไว้กับอุณหภูมิจริงในปัจจุบัน เป็นอุปกรณ์สำคัญในส่วนอินพุต (Input) เพื่อควบคุมกระบวนการทำความร้อนและเย็น

เซ็นเซอร์วัดความชื้นในดิน ในการวัดค่าความชื้นในดินนั้นจะต้องนำ เอาแท่งอิเล็กโทรดปักลงไปในดินที่ต้องการวัด ซึ่งก็จะสามารถอ่านค่าความชื้นของดินได้หลักการ คือการวัดค่าความต้านทานระหว่างอิเล็กโทรด 2 ข้าง ในกรณีที่อ่านค่าความ

ต้านทานได้น้อย ก็แปลว่ามีความชื้นในดินมาก หรือ ดินชุ่มชื้นในกรณีที่อ่านค่าความต้านทานได้มากก็แปลว่ามีความชื้นในดินน้อย หรือ ดินแห้ง เซ็นเซอร์ความชื้นแบบแสง เป็นอุปกรณ์พาสซีฟที่เปลี่ยนพลังงานแสงเป็นเอาต์พุตสัญญาณไฟฟ้า เซ็นเซอร์แสงรู้จัก ในชื่ออุปกรณ์โฟโตอิเล็กทริกหรือโฟโตเซนเซอร์ เนื่องจากการเปลี่ยนพลังงานแสง (โฟตอน) เป็นสัญญาณไฟฟ้า (อิเล็กตรอน) โฟโตทรานซิสเตอร์ โฟโตรีซิสเตอร์ และโฟโตไดโอดคือเซ็นเซอร์วัดความชื้นแบบทั่วไปโฟโตอิเล็กทริกเซนเซอร์จะใช้ลำแสงเพื่อตรวจวัดการมีอยู่ของวัตถุไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino MKR WIFI 1010 Arduino มีจุดเด่นคือเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาดเล็กแต่เพียง พร้อมไปด้วยทรัพยากรพื้นฐานต่างๆ อย่างครบถ้วนจึงมีความเหมาะสมเป็นอย่างยิ่งการใช้งานทั่วไป หรือในการออกแบบแอปพลิเคชัน IoT pico-network การสร้างเครือข่ายเซ็นเซอร์ที่เชื่อมต่อกับสำนักงานหรือเราเตอร์ที่บ้าน หรือ ต้องการสร้างอุปกรณ์ BLE ที่ส่งข้อมูลไปยังโทรศัพท์มือถือ MKR WIFI 1010 คือโซลูชันแบบครบวงจรสำหรับแอปพลิเคชัน IoT พื้นฐานมากมาย รีเลย์ คือ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ทำหน้าที่ตัด และต่อวงจรคล้ายกับสวิตช์ โดยใช้หลัก การหน้าสัมผัส และการที่จะให้มันทำงานก็ต้องจ่ายไฟให้มันตามที่กำหนด เพราะเมื่อจ่ายไฟให้กับตัวรีเลย์จะทำให้หน้าสัมผัสติดกันกลายเป็นวงจรปิด และตรงข้ามทันทีที่ไม่ได้จ่ายไฟให้ก็จะกลายเป็นวงจรเปิดจอแสดงผล LCD เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ซึ่งได้รับความนิยมมาก ซึ่งมีอยู่ 2 ชนิด คือ แบบตัวอักษร และแบบกราฟิก ในการแสดงผลข้อความรูปแบบต่างๆ รูปภาพ และข้อความ ที่กำหนดขึ้นบนจอ จะเกิดจากแสงที่ปล่อยออกมาจากหลอดไฟด้านหลังของจอภาพผ่านชั้นกรองแสงแล้ววิ่งไปยังคริสตัลเหลวที่เรียงตัวอยู่จำนวน 3 เซลล์



รูปที่ 1 โดอะแกรมของระบบควบคุมสภาพแวดล้อมอัตโนมัติในโรงเรือนผ่านระบบการสื่อสารแบบไร้สาย

1. หลอดไส้ร้อนแบบธรรมดา หลอดประเภทนี้ไม่ต้องอาศัยอุปกรณ์ควบคุมภายนอก มีค่าบำรุงรักษาต่ำ และทำงานได้ดีเท่ากันทั้งไฟฟ้ากระแสสลับหรือกระแสตรง ด้วยเหตุนี้ หลอดไส้ร้อนแบบธรรมดาจึงใช้กันอย่างกว้างขวางในครัวเรือนและไฟฟ้าใช้ในเชิงพาณิชย์ ตลอดจนไฟฟ้แบบพกพา

2. ตู้คอนโทรลคือกล่อง หรือตู้ที่เป็นจุดศูนย์รวม ของการควบคุมเป็นอุปกรณ์ที่สำคัญเป็นอย่างมาอย่างหนึ่งในตัวคอนโทรลไฟฟ้าทั้งระบบหรือเครื่องจักรต่าง ๆ มีหน้าที่ควบคุมไฟฟ้าเพื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าไปยังส่วนต่างๆของเครื่องจักรในปัจจุบัน มีให้เลือกหลากหลายชนิด ไม่ว่าจะเป็นชุดขนาดเล็ก ชุดขนาดใหญ่สำหรับอาคาร นอกจากนี้ ตู้คอนโทรลยังจัดการไฟฟ้าไม่ให้เกิดอันตราย ผู้ใช้งานภายในอาคารจะปลอดภัยเมื่อใช้กับอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ อีกด้วย

3. ระบบพ่นหมอกตามความหมาย คือ ระบบที่ให้น้ำละเล็กละเอียดมากจนคล้ายไอหมอก โดยมากจะใช้แรงดันสูงฉีด ผ่านหัวฉีดที่มีรูขนาดเล็ก เพื่อให้ได้ละอองน้ำที่ฝอยละเอียดที่สุด อย่างไรก็ตามด้วยลักษณะของละอองน้ำที่ละเอียดมาก การติดตั้งส่วนมากจึงนิยมติดตั้งในที่ปิดเช่นกัน เช่นใน โรงเรือน เป็นต้น

4. หัวน้ำหยด เป็นอุปกรณ์ที่สำคัญในระบบน้ำหยด ในงานเกษตรนั้นเองค่ะ ซึ่งปัจจุบันมีเกษตรกรไทย นำระบบนี้มาใช้ในการปลูกพืชพันธุ์จนได้ผลผลิตที่ดีตามต้องการ จึงไม่แปลก ที่ระบบนี้จะถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายในปัจจุบัน

5. ปั๊มน้ำ คือ อุปกรณ์ที่ช่วยส่งผ่านพลังงานจากแหล่งต้นกำเนิดไปยังของเหลว เพื่อให้ของเหลวเคลื่อนที่จากตำแหน่งหนึ่ง ไปยังอีกตำแหน่งหนึ่งที่อยู่สูงกว่า ในระยะทางที่ไกลออกไปโดยจุดเริ่มต้นของเครื่องปั๊มน้ำนี้

6. ถังเก็บน้ำทำหน้าที่เป็นจุดพักน้ำ สิ่งแปลกปลอมที่อาจหลุดรอดมากับน้ำจะมีเวลาตกตะกอนก่อนที่น้ำจะประปาจะมาถึงบ้าน และหน้าที่สำคัญอีกอย่างก็คือ หน้าที่สำรองน้ำไว้ให้สมาชิกในบ้านใช้กรณีเกิดเหตุฉุกเฉิน อย่างกรณีท่อส่งประปาแตกเสียหาย อยู่ระหว่างซ่อมแซม

7. เครื่องพ่นหมอก-ละอองน้ำ เป็นเครื่องพ่นหมอกและละอองน้ำแรงดันสูง กินไฟน้อยมากเพียงแค่ 30-90 วัตต์เท่านั้นสามารถใช้พ่นหมอกและละอองน้ำเพื่อลดอุณหภูมิและเพิ่มความชื้นในอากาศ เหมาะเหมาะสำหรับใช้ทั้งภายในและภายนอกอาคาร ลานจอดรถ ร้านอาหาร โรงเรือนเพาะชำ แปลงเพาะพันธุ์ เลี้ยงสัตว์ พ่นจุลินทรีย์บำบัดน้ำเสีย ฯลฯ

8. พัดลมดูดอากาศ การใช้พัดลมดูดอากาศเป็นวิธีที่ดีที่สุด ในการนำอากาศบริสุทธิ์เข้าไปในสถานที่ทำงานได้อย่างต่อเนื่อง ขจัดอากาศที่มีสิ่งปนเปื้อนออกจากสถานที่ทำงาน และเพื่อรักษาระดับออกซิเจนในอากาศ การระบายอากาศที่เหมาะสมจะช่วยเพิ่มความปลอดภัยและประสิทธิภาพของพนักงานพัดลมดูดอากาศทำงานโดยการดูดอากาศจากบริเวณหนึ่ง อัดอากาศและปล่อยเข้าไปในสถานที่ที่อับอากาศภายใต้ความดันและความเร็วลม (ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที) ที่คงที่

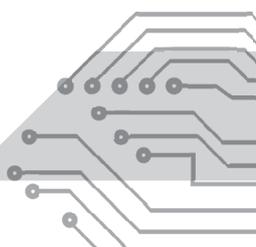
9. โรงเรือนปลูกผัก ช่วยให้สามารถสร้างสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมกับการปลูกพืชชนิดนั้น โดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีอุณหภูมิแตกต่างกันมาก ๆ สภาพอากาศแปรปรวน มีการผันแปรของแสงแดด อุณหภูมิ ลม และปริมาณฝนไม่สม่ำเสมอ โรงเรือนคือตัวช่วยขั้นดีที่เราสามารถปลูกพืชได้โดยไม่ต้องได้รับความเสียหายการสร้างโรงเรือนหลังเล็ก ๆ

2.1 การดำเนินการวิจัย

ในการจัดโครงการนี้ ได้ดำเนินงานตาม ขั้นตอนที่ได้วางแผนไว้ ดังรูปที่ 2 โดยขั้นตอนแรกทำการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับการควบคุมปั๊มน้ำ, ปั๊มพ่นหมอก, พัดลม และหลอดไฟ ศึกษาการเขียนโปรแกรมภาษาซี เพื่อควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ และศึกษาเกี่ยวกับเซนเซอร์วัดความชื้นในดิน สภาพอากาศควบคุมการทำงานด้วยชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ การทดลองการออกแบบวงจร และการออกแบบระบบควบคุมสภาพแวดล้อมอัตโนมัติในโรงเรือน โดยการตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงความชื้น และสภาพอากาศควบคุมการทำงานด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ และมีการปรับปรุงแก้ไขให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ ทางผู้จัดทำทำการวางแผนการทำงานไว้เป็นขั้นตอน เพื่อให้ง่ายสะดวกในการทำงาน โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

2.2 วิธีการทดลอง

ทดลองโดย การวัดค่าเซนเซอร์อุณหภูมิ วัดค่าเซนเซอร์ความชื้นในอากาศ วัดค่าเซนเซอร์ความชื้นในดิน และวัดค่าเซนเซอร์ความเข้มแสง โดยจะวัด ทุกๆ ชั่วโมง ในช่วงเวลาตอนกลางวัน จะใช้การดูข้อมูลย้อนหลังจาก แอปพลิเคชัน Arduino IOT Cloud Remote ใช้เวลาในการทดลอง 6 วัน เพื่อเช็คค่า พัดลมดูดอากาศ ปั๊มพ่นหมอก และปั๊มน้ำหยด ว่าได้ทำงานตามที่เซตไว้





(ก)



(ข)



(ค)

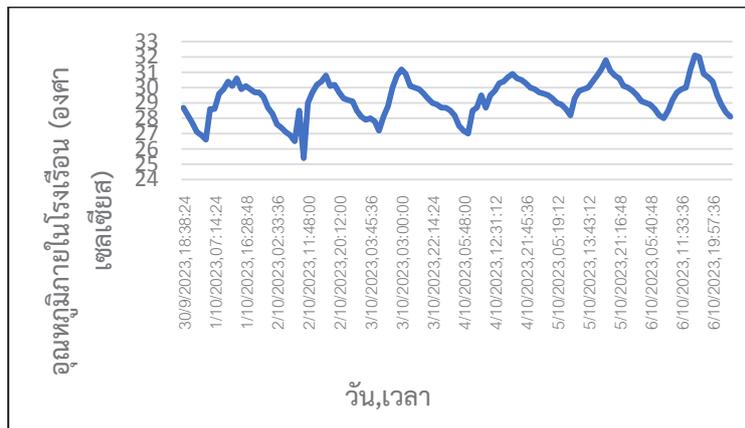


(ง)

รูปที่ 2 (ก) การวัดค่าเซนเซอร์อุณหภูมิภายนอกโรงเรือน (ข) วัดค่าเซนเซอร์ความชื้นในอากาศภายในโรงเรือน (ค) วัดค่าเซนเซอร์ความเข้มแสงภายในโรงเรือน (ง) วัดค่าเซนเซอร์ความชื้นในดิน

3. ผลและการวิจารณ์ผล

การวิเคราะห์การทำงานของระบบ โดยนำค่าจากผลการวัดที่แสดงผลผ่านระบบไวไฟใน โทรศัพท์มือถือ และ Google Sheet มาตรวจสอบเวลาการทำงานของระบบควบคุมของแต่ละหัววัด ตามสภาพของแต่ละวันดังนี้



กราฟที่ 1 อุณหภูมิภายในโรงเรือนในการทำงานของระบบระหว่างวันที่ 30 กันยายน 2566 ถึงวันที่ 6 ตุลาคม พ.ศ. 2566

จากกราฟที่ 1 อุณหภูมิภายในโรงเรือนในการทำงานของระบบ

วันที่ 1 ตุลาคม 2566 พบว่าพัดลมระบายอากาศเริ่มทำงานเวลา 14.48 น. และหยุด ทำงานเวลา 15.38 น. เป็นเวลา 50 นาที มีอุณหภูมิสูงสุดในการทำงาน of ระบบคือ 34.3 °c ใน เวลา 14.52 น.

วันที่ 2 ตุลาคม 2566 พบว่าพัดลมระบายอากาศเริ่มทำงานเวลา 12.38 น. และหยุด ทำงานเวลา 17.40 น. เป็นเวลา 5:02 ชั่วโมง

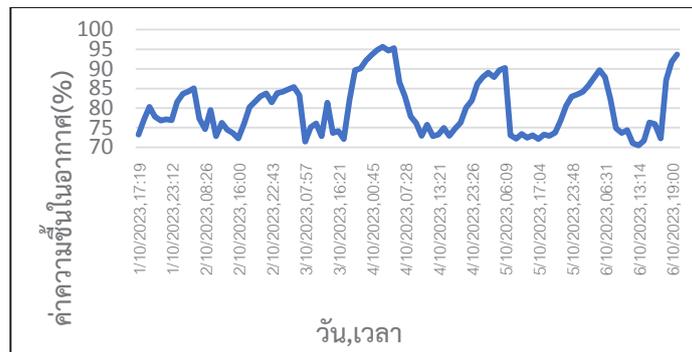
วันที่ 3 ตุลาคม 2566 พบว่าพัดลมระบายอากาศเริ่มทำงานเวลา 11.19 น. และหยุด ทำงานเวลา 18.52 น. เป็น เวลา 7:33 ชั่วโมง

วันที่ 4 ตุลาคม 2566 พบว่าพัดลมระบายอากาศเริ่มทำงานเวลา 10.50 น. และหยุด ทำงานเวลา 21.45 น. เป็น เวลา 10:55 ชั่วโมง

วันที่ 5 ตุลาคม 2566 พบว่าพัดลมระบายอากาศเริ่มทำงานเวลา 11.12 น. และหยุด ทำงานเวลา 22.07 น. เป็น เวลา 10:55 ชั่วโมง

วันที่ 6 ตุลาคม 2566 พบว่าพัดลมระบายอากาศเริ่มทำงานเวลา 11.33 น. และหยุด ทำงานเวลา 18.16 น. เป็น เวลา 6:43 ชั่วโมง

จากผลการวิเคราะห์การทำงานของพัดลมระบายอากาศจะทำงานในช่วงเวลา 10.50 น. – 14.48 น. เนื่องจากมี อุณหภูมิตรงกับเงื่อนไขของระบบ โดยมีเวลาเฉลี่ย 1-10 ชั่วโมง



กราฟที่ 2 ความชื้นในอากาศในโรงเรือนในการทำงานของระบบระหว่างวันที่ 1 ตุลาคม 2566 ถึงวันที่ 6 ตุลาคม พ.ศ. 2566

จากกราฟที่ 2 ความชื้นภายในโรงเรือนในการทำงานของระบบ

วันที่ 1 ตุลาคม 2566 พบว่าพัดลมระบายอากาศเริ่มทำงานเวลา 00.31 น. และหยุดทำงานเวลา 07.14 น. เป็น เวลา 6:43 ชั่วโมง และปั๊มพ่นหมอกเริ่มทำงานเวลา 08.04 น. และหยุดทำงานเวลา 18.09 น. เป็นเวลา 10:05 ชั่วโมง

วันที่ 2 ตุลาคม 2566 พบว่าปั๊มพ่นหมอกเริ่มทำงานเวลา 08.26 น. และหยุดทำงานเวลา 11.48 น. เป็นเวลา 3:22 ชั่วโมง และปั๊มพ่นหมอกเริ่มทำงานเวลา 12.38 น. และหยุดทำงานเวลา 13.28 น. เป็นเวลา 50 นาที และปั๊มพ่นหมอกเริ่ม ทำงานเวลา 16.00 น. และหยุดทำงานเวลา 17.40 น. เป็นเวลา 1:40 ชั่วโมง

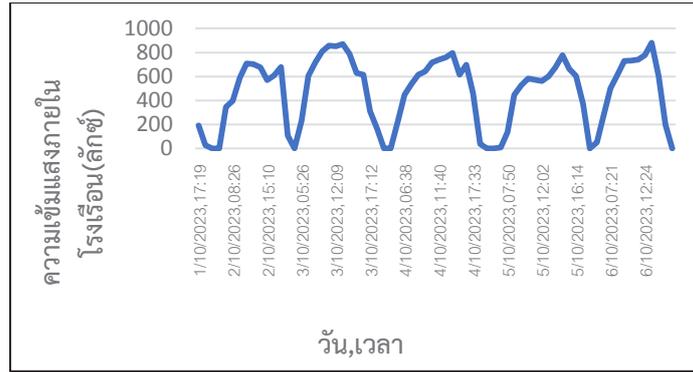
วันที่ 3 ตุลาคม 2566 พบว่าปั๊มพ่นหมอกเริ่มทำงานเวลา 07:57 น. และหยุดทำงานเวลา 11:19 น. เป็นเวลา 3:22 ชั่วโมง และปั๊มพ่นหมอกเริ่มทำงานเวลา 12.09 น. และหยุดทำงานเวลา 13.50 น. เป็นเวลา 1:41 ชั่วโมง และปั๊มพ่นหมอก เริ่มทำงานเวลา 17.12 น. และหยุดทำงานเวลา 18.52 น. เป็นเวลา 1:40 ชั่วโมง

วันที่ 4 ตุลาคม 2566 พบว่าปั๊มพ่นหมอกเริ่มทำงานเวลา 10.50 น. และหยุดทำงานเวลา 20.04 น. เป็นเวลา 9:14 ชั่วโมง

วันที่ 5 ตุลาคม 2566 พบว่าพัดลมระบายอากาศเริ่มทำงานเวลา 06.09 น. และหยุดทำงานเวลา 07.00 น. เป็น เวลา 51 นาที และปั๊มพ่นหมอกเริ่มทำงานเวลา 07.50 น. และหยุดทำงานเวลา 21.16 น. เป็นเวลา 13:26 ชั่วโมง

วันที่ 6 ตุลาคม 2566 พบว่าปั๊มพ่นหมอกเริ่มทำงานเวลา 08.12 น. และหยุดทำงานเวลา 18.16 น. เป็นเวลา 10:04 ชั่วโมง

จากผลการวิเคราะห์การทำงานของพัดลมระบายอากาศจะทำงานในช่วงเวลา 00.31 น. – 07.14 น. เนื่องจากมี ความชื้นตรงกับเงื่อนไขของระบบ โดยมีเวลาเฉลี่ย 6-7 ชั่วโมง และการทำงานของปั๊มพ่นหมอกจะทำงานในช่วงเวลา 08.00น. – 21.00 น. เนื่องจากมีความชื้นตรงกับเงื่อนไขของระบบ โดยมีเวลาเฉลี่ย 14-15 ชั่วโมง



กราฟที่ 3 ความเข้มแสงภายในโรงเรือนในการทำงานของระบบระหว่างวันที่ 1 ตุลาคม 2566 ถึงวันที่ 6 ตุลาคม พ.ศ. 2566

จากกราฟที่ 3 ความเข้มแสงภายในโรงเรือนในการทำงานของระบบ

วันที่ 1 ตุลาคม 2566 พบว่ามีความเข้มแสงภายในโรงเรือนสูงสุดในเวลา 10.36 น. คือ 843 Lux

วันที่ 2 ตุลาคม 2566 พบว่ามีความเข้มแสงภายในโรงเรือนสูงสุดในเวลา 12.38 น. คือ 709 Lux

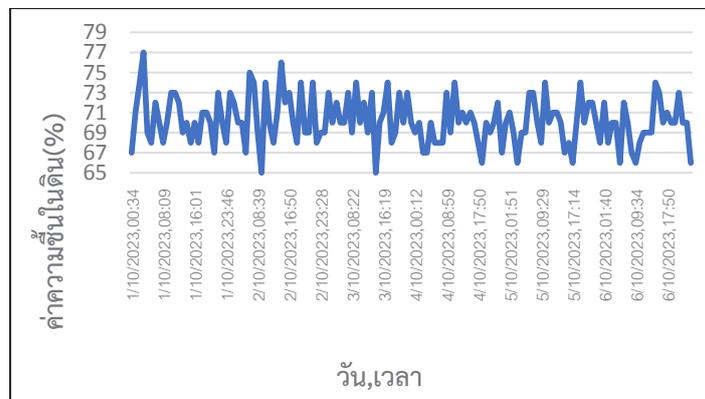
วันที่ 3 ตุลาคม 2566 พบว่ามีความเข้มแสงภายในโรงเรือนสูงสุดในเวลา 13.00 น. คือ 871 Lux

วันที่ 4 ตุลาคม 2566 พบว่ามีความเข้มแสงภายในโรงเรือนสูงสุดในเวลา 13.21 น. คือ 796 Lux

วันที่ 5 ตุลาคม 2566 พบว่ามีความเข้มแสงภายในโรงเรือนสูงสุดในเวลา 14.33 น. คือ 798 Lux

วันที่ 6 ตุลาคม 2566 พบว่ามีความเข้มแสงภายในโรงเรือนสูงสุดในเวลา 14.04 น. คือ 811 Lux

จากผลการวิเคราะห์ความเข้มแสงในการทำงานของระบบจะมีความเข้มแสงภายใน โรงเรือนในช่วง 10.00 - 14.00 น. และมีความแปรปรวนเนื่องจากบางช่วงมีเมฆบดบังหรือฝนตก



กราฟที่ 4 ความชื้นในดินในการทำงานของระบบระหว่างวันที่ 1 ตุลาคม 2566 ถึงวันที่ 6 ตุลาคม พ.ศ. 2566

จากกราฟที่ 4 ความชื้นในดินในโรงเรือนในการทำงานของระบบระหว่าง

วันที่ 1 ตุลาคม 2566 พบว่าปั้มน้ำเริ่มทำงานเวลา 16.07 น. และหยุดทำงานเวลา 16.20 น. เป็นเวลา 13 นาที

วันที่ 2 ตุลาคม 2566 พบว่าปั้มน้ำเริ่มทำงานเวลา 3.05 น. และหยุดทำงานเวลา 3.20 น. เป็นเวลา 15 นาที

วันที่ 3 ตุลาคม 2566 พบว่าปั้มน้ำเริ่มทำงานเวลา 9.18 น. และหยุดทำงานเวลา 9.35 น. เป็นเวลา 17 นาที

วันที่ 4 ตุลาคม 2566 พบว่าปั้มน้ำเริ่มทำงานเวลา 9.02 น. และหยุดทำงานเวลา 9.13 น. เป็นเวลา 11 นาที

วันที่ 5 ตุลาคม 2566 พบว่าปั้มน้ำเริ่มทำงานเวลา 10.59 น. และหยุดทำงานเวลา 11.13 น. เป็นเวลา 12 นาที

วันที่ 6 ตุลาคม 2566 พบว่าปั้มน้ำเริ่มทำงานเวลา 18.02 น. และหยุดทำงานเวลา 18.10 น. เป็นเวลา 8 นาที

จากผลการวิเคราะห์การทำงานของปั๊มจะพบว่าช่วงแรกของการปั๊มจะทำงาน 15-17 นาที เนื่องจากต้นสลัดมีใบที่เล็กจึงทำให้ไม่สามารถรักษาความชื้นในดินได้ และช่วงที่ปั๊มทำงาน 8 -13 นาที เนื่องจากต้นสลัดมีใบขนาดใหญ่สามารถรักษาความชื้นในดินได้ดี

ผลการทดลอง

ค่าอุณหภูมิในวันที่ 1-6 ตุลาคม 2566 พบว่าพัดลมจะทำงานในช่วง 10.50 น. – 14.48 น. ซึ่งเป็นช่วงที่อุณหภูมิสูงกว่าที่ตั้งไว้

ค่าความชื้นในอากาศ ในวันที่ 1-6 ตุลาคม 2566 พบว่าปั๊มพ่นหมอกได้ทำงานในช่วง 08.00 น. – 21.00 น. เพราะมีความชื้นต่ำกว่าที่ตั้งไว้ โดยทำงานเป็นระยะๆ ประมาณ 1-2 นาทีต่อครั้ง

ค่าความชื้นในดิน ในวันที่ 1-6 ตุลาคม 2566 พบว่าปั๊มน้ำหยดทำงานเฉลี่ยวันละ 2-3 ครั้ง ครั้งละประมาณ 2-3 นาที เนื่องจากโรงเรือนมีขนาดเล็กและขึ้นอยู่กับการใช้น้ำของต้นสลัด จึงมีเวลาไม่แน่นอน

4. สรุป

การศึกษาระบบควบคุมสภาพแวดล้อมอัตโนมัติ ในโรงเรือนผ่านระบบสื่อสารแบบไร้สาย การปลูกพืชภายในโรงเรือนสามารถควบคุมสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมกับพืชได้ดีกว่าการปลูกพื้นที่โล่ง ป้องกันแมลง และสัตว์อื่น ๆ ได้เป็นอย่างดี โรงเรือนแบบปิด โครงสร้างทำจากเหล็กกล่อง พลาสติกใส การสอบเทียบเซนเซอร์ ของระบบอัตโนมัติ เซนเซอร์มีความแตกต่างกัน เนื่องจาก เซนเซอร์มีความไม่เสถียร อายุการใช้งานสั้นเพราะเซนเซอร์ ทำจากแผ่นโลหะ การนำไปใช้ในระยะเวลาอันนานทำให้เกิดการสึกกร่อนของแผ่นโลหะ การหาความสัมพันธ์ ของระบบภายนอกและภายใน โรงเรือน โดยการวัดค่าอุณหภูมิ และความชื้นแสง พบว่าอุณหภูมิภายนอกและภายในโรงเรือนมี ความสัมพันธ์กัน ซึ่งอุณหภูมิภายในโรงเรือนจะมีค่าต่ำกว่าอุณหภูมิภายนอก ในเวลากลางคืน และใน เวลากลางวันอุณหภูมิภายในโรงเรือนจะสูงกว่าภายนอกโรงเรือน พัดลมปรับอากาศขนาดเล็ก สามารถถ่ายเทอากาศภายในโรงเรือนได้น้อย ซึ่งมวลอากาศในโรงเรือนระบายออกทั้งหมดใช้เวลาเพียง 33 วินาที ทำให้อากาศภายนอกเข้ามาแทนที่ ส่งผลให้อุณหภูมิสูงขึ้น

ในการทดลองระบบควบคุมอัตโนมัติในโรงเรือนผ่านระบบสื่อสารแบบไร้สาย ในวันที่ 1 -6 ตุลาคม 2566 สรุปได้ว่าระบบควบคุมอัตโนมัติ นั้น ได้ทำงานตามเซนเซอร์ที่ตั้งไว้ แต่ในช่วงฝนตกจะมีการแปรปรวนบ้างเล็กน้อย และโรงเรือนมีขนาดเล็ก จึงทำให้การทำงานของปั๊มพ่นหมอกแต่ละครั้งทำให้ความชื้นในดินจึงเพิ่มขึ้นไปด้วย

5. กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาอย่างสูงจาก ดร.ชรินทร์ อุปลัมภ์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ และ ดร.กันตภณ เปรมประยูร อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการร่วม ที่กรุณา ให้คำปรึกษาแนะนำ ตลอดจนปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่อย่างดียิ่ง คณะผู้จัดทำ โครงการฯ ตระหนักถึง ความ ตั้งใจจริงและความทุ่มเทของอาจารย์

ขอขอบคุณเพื่อน พี่ น้อง ๆ สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร และผู้อันเป็นที่รักของ ผู้ดำเนินโครงการ รวมทั้งผู้ที่ไม่สามารถเอ่ยนามได้ครบ ที่คอยช่วยเหลือและเป็นกำลังใจมาตลอด จนทำ โครงการนี้สำเร็จลงด้วยดี สุดท้าย

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ผู้ที่ให้กำเนิดและอันเป็นที่เคารพ ซึ่งคอยอบรมสั่ง สอน และให้โอกาสลูกได้มีการศึกษาที่ดีจนถึงวันนี้ อีกทั้งยังเป็นแรงสนับสนุน และให้กำลังใจด้วยดีมา ตลอด จนถึงทุกวันนี้วันที่ได้ดำเนินโครงการสำเร็จลงด้วยดี

6. เอกสารอ้างอิง

โชคชัย ศิริหาญอุต, (2552). พาราโบลาหรือสมการกำลังสอง. ค้นเมื่อ 25 สิงหาคม 2566, จาก <http://www.taxthai.com/index.php?lay=show&ac=article&id=538969943>.

นนท์ธวัชจรรย์ชาชาย. (2558). เทคโนโลยีด้านการเกษตร. ค้นเมื่อ 10 สิงหาคม 2566, จาก <https://sites.google.com/a/bumail.net/1580500658/thekhnoyoi-dan-karkestr>.



- บุญยัง สิงห์เจริญ และสันติ สาแก้ว. (2558). ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในโรงเรือนเพาะเห็ด. ใน การประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิครั้งที่1. (176183). สุรินทร์: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์.
- ธีระชัย หล้าเนียม (2558). การออกแบบและประยุกต์สวนอัจฉริยะบนระบบไอโอที. วิทยานิพนธ์ มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.
- พรณวิภา อรุณจิตต์ และคณะ. (2558). เครื่องควบคุมการให้น้ำพืชแบบใช้น้ำน้อยกึ่งอัตโนมัติสำหรับพื้นที่ขนาดเล็ก ทาวน์เฮาส์และอพาร์ทเมนท์ในชุมชนเมือง. ใน การประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิครั้งที่2 และการประชุมวิชาการระดับชาติเครือข่ายสหวิทยาการภาคกลาง สำนักงานราชบัณฑิตยสภา ครั้งที่3. (17-24). ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิศูนย์ทันตรา อโยธยา.
- วีระศักดิ์ ชอมขุดทด. (2558). คู่มือการเขียนโครงการและรายงานวิจัย. เลย: คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย.
- ศูนย์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โลกดาราศาสตร์(ม.ป.ป). กลไกการถ่ายเทความร้อน. ค้นเมื่อ 30 สิงหาคม 2566 จาก <http://www.lesa.biz/earth/atmosphere/heat-transfer>
- สมาร์ทฟาร์มดีไอวาย. (2561). **สมาร์ทฟาร์ม**. ค้นเมื่อ 12 สิงหาคม 2566, จาก <http://www.smartfarmbot.com>
- สันทนา สงครินทร์. (2555). รายงานการสร้างและหาประสิทธิภาพเอกสารประกอบการสอน. ณ วิทยาลัยสารพัดช่างอุดรธานีสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา จังหวัดอุดรธานี.
- อารีรัตน์ ดาวงษา. (2558). เอกสารประกอบการสอน รายวิชาอุณหพลศาสตร์. เลย: คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย.
- ESL-Learning Space (2014). **DHT22 / AM2302 Temperature & Relative Humidity Sensor**. ค้นเมื่อ 20 สิงหาคม 2566, จาก <http://cpre.kmutnb.ac.th/esl/learning>
- ESL-Learning Space (2014). **BH1750 Light Sensor**. ค้นเมื่อ 20 สิงหาคม 2566, จาก <http://cpre.kmutnb.ac.th/esl/learning/index.php?article=bh1750-lightsensor>.
- M-Group (2015). **โรงเรือนเพาะชำ**. ค้นเมื่อ 5 สิงหาคม 2566 <http://www.m-group.in.th/article/%>
- Smart Farm (Thailand). (2017). **ระบบสมาร์ทฟาร์ม**. ค้นเมื่อ 12 สิงหาคม 2566, จาก http://smartfarmthailand.com/precisionfarming/images/Brochure/sf_th_1.ng.



การออกแบบและสร้างเครื่องตัดหญ้าอัตโนมัติ

Design and Fabrication of Automatic Lawn Mower

จักษกร ทรงจิต¹ จิรายุ นาคน้อย¹ ชิตานุพงษ์ โพธิ์สก¹ และ วิพุธ ตูวยานนท์²

Jakkarin trongjit¹, Jirayu naknoy¹, Chitsanuphong phosok¹ and Wiput tuvayanond²

ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี 12110

Agricultural Engineering Department, Faculty of Engineering,

Rajamangala University of Technology Thanyaburi 12110

โทร 02-5493580 โทรสาร 02-5493581 E-mail: wiput_t@mutt.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการออกแบบและสร้างเครื่องตัดหญ้าอัตโนมัติ เพื่อประหยัดเวลาและแรงงานคน ซึ่งตัวเครื่องประกอบด้วย 4 ส่วนหลัก คือ 1) ชุดโครงสร้างเครื่อง และใบมีดตัดหญ้าหน้ากว้าง 56 เซนติเมตร 2) ระบบขับเคลื่อน ล้อยางตีนตะขาบ 3) ระบบส่งกำลังใบมีดซึ่งมีต้นกำลังมาจากเครื่องยนต์เล็ก 4) ระบบวงจรควบคุมการทำงาน เงื่อนไขในการทดสอบที่ความเร็วของเครื่องตัดหญ้าอัตโนมัติ 1.54 2.57 และ 4.32 km/h ทำการทดสอบในสวนทุเรียน ภาคตะวันออกของประเทศไทย ผลการทดสอบพบว่า เงื่อนไขที่เครื่องตัดหญ้าอัตโนมัติ สามารถทำงานได้ดีที่สุด คือ ที่ความเร็วเคลื่อนที่ 4.32 km/h มีอัตราการใช้ไฟฟ้าต่อหน่วย 0.31 0.24 และ 0.49 kWh/rai ตามลำดับ อัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง 4.20 1.90 และ 1.72 ตามลำดับ ความสามารถในการทำงานต่อไร่ 0.57 1.26 และ 1.72 ตามลำดับ จากการทดสอบพบว่า เครื่องตัดหญ้าอัตโนมัติทำให้ลดการต้องใช้แรงงานมนุษย์ในการดูแลรักษาพื้นที่ สามารถลดต้นทุนการจ้างงานและประหยัดเวลาทำงานได้ เนื่องจากผู้ปฏิบัติงานไม่จำเป็นต้องอยู่ในพื้นที่การทำงานตลอดเวลา สามารถไปทำงานอื่นได้ในขณะที่เครื่องตัดหญ้าอัตโนมัติยังทำงานอยู่

คำสำคัญ: เครื่องตัดหญ้าอัตโนมัติ, ล้อยางตีนตะขาบ, เครื่องยนต์เล็ก

ABSTRACT

This research aimed to design and build an automatic lawnmower to save time and labor. The machine consists of four main parts: 1) the machine structure and a 56 cm wide lawnmower blade, 2) the rubber track drive system, 3) the blade transmission system powered by a small engine, and 4) the control circuit system. The testing conditions were the speeds of the automatic lawnmower at 1.54, 2.57, and 4.32 km/h. The tests were conducted in a durian orchard in the eastern region of Thailand. The test results showed that the best working condition for the automatic lawnmower was at a speed of 4.32 km/h. The electricity consumption rate was 0.31, 0.24, and 0.49 kWh/rai, respectively. The fuel consumption rate was 4.20, 1.90, and 1.72 liters/rai, respectively. The working capacity per rai was 0.57, 1.26, and 1.72 rai/hour, respectively. The test results showed that the automatic lawnmower reduced the need for human labor in the maintenance of the area. It can reduce labor costs and save working time. The operator does not need to be in the work area all the time. He or she can do other work while the automatic lawnmower is still working.

Keywords: Automatic lawnmower, rubber track, small engine

1. บทนำ

ประเทศไทยมีลักษณะภูมิประเทศแบบร้อนชื้น เหมาะกับการทำเกษตรกรรม ทำไร่ ทำนา และทำสวน มีพื้นดินอุดมสมบูรณ์ปกคลุมไปด้วยวัชพืช เช่น หญ้า จัดว่ามีส่วนที่ทำให้พื้นดินมีความชุ่มชื้น ในสนามหญ้าบางส่วนต้องการให้หญ้ามี แต่ต้องมีการควบคุม ให้อยู่ในระดับที่พอเหมาะกับสนาม เช่น สนาม ฟุตบอล สนามเด็กเล่น หรือสนามนั่งพักผ่อนบริเวณบ้านที่อยู่อาศัย ซึ่งเมื่อดูแลแล้วจะทำให้เกิดความเย็นตา สบายใจ ในส่วนของหญ้าเมื่อปล่อยทิ้งไว้นานวันก็ยิ่งเพิ่มจำนวนขึ้นอย่าง

รวดเร็ว จึงต้องมีการควบคุมให้หญ้าที่มีความพอดีกับสนามที่ใช้ เนื่องจากสมัยปัจจุบันการพัฒนาทางด้านเทคโนโลยีทางด้าน สิ่งอำนวยความสะดวกได้ถูกพัฒนาขึ้นอย่างรวดเร็วเพื่อเพิ่มความสะดวกรวดเร็วให้กับมนุษย์ โดยเฉพาะรถตัดหญ้าที่มีการผลิต ออกมาใช้กันอย่างแพร่หลายมีรูปแบบที่แตกต่างกันไปตามความเหมาะสมต่อการใช้งานการใช้รถตัดหญ้าแบบเดิม ๆ ที่มีขาย กันอยู่ตามท้องตลาด ผู้ที่ใช้เครื่องต้องใช้วิธีการเข็น และแบบวิธีการสพหายเครื่องตัดหญ้าท่ามกลางแสงแดดที่ร้อน ขึ้นทุกวัน จากผลกระทบจากภาวะโลกร้อน โดย เครื่องตัดหญ้า (Lawn mower) คือ อุปกรณ์ที่ออกแบบมาเพื่อใช้งานสำหรับตัดหญ้า และพืชที่ไม่ต้องการภายในพื้นที่สวน หรือบริเวณสนามหญ้ารอบ ๆ บ้าน ส่วนประกอบของตัวเครื่องมักจะเป็นมีดหรือสายตัด ติดตั้งอยู่บนเครื่อง เมื่อทำงานจะมีการหมุนด้วยความเร็วเพื่อเพิ่มแรงในการตัด ร่วมกับความคมของใบมีด ใช้งานได้รวดเร็ว และมีประสิทธิภาพมากกว่าการใช้กรรไกรตัด แถมยังประหยัดแรง ทุ่นเวลาได้อย่างมาก ในอดีตการใช้งานเครื่องตัดหญ้า จะต้องลงพื้นที่ไปทำงานโดยที่ผู้ปฏิบัติงานจะต้องอยู่ในพื้นที่ตลอดเวลาส่งผลให้เสียเวลาและโอกาสที่จะไปทำงานอื่น โดยในอดีต ชัยณรงค์ และ คณะ (2564) งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการออกแบบและพัฒนาการตัดหญ้าควบคุมด้วยวิทยุ รวมถึงการ ทดสอบสมรรถนะการทำงานของรถตัดหญ้าควบคุมด้วยวิทยุบังคับ ผลการออกแบบและพัฒนาการตัดหญ้าควบคุมด้วยวิทยุ บังคับต้นแบบ โดยมีส่วนประกอบหลัก คือ โครงสร้างรถตัดหญ้า ล้อขับเคลื่อน มอเตอร์เกียร์ ชุดวงจรควบคุม และแบตเตอรี่ ผลการทดสอบสมรรถนะการทำงานของรถตัดหญ้าควบคุมด้วยวิทยุบังคับ โดยใช้ขนาด ความสูงของหญ้า 3 ระดับ คือ 6 9 และ 12 cm พบว่า ขนาดความสูงของหญ้าที่ 6 cm สามารถตัดหญ้าได้มากที่สุด แต่เมื่อเพิ่มขนาดความยาวของหญ้าเป็น 9 และ 12 cm ความสามารถในการตัดหญ้าจะลดลง ตามลำดับ คมกริช และ คณะ (2564) งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนา เครื่องตัดหญ้าเดินตามขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าไร้สายเพื่อช่วยลดภาระการทำงานของผู้ปฏิบัติงาน ซึ่งประกอบด้วย 5 ส่วนหลัก คือ 1) ชุดต้นกำลังจากมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 2) ชุดเฟืองทด และเฟืองโซ่ส่งกำลัง 3) ชุดสไปรอลคลัตช์ และมือบีบ 4) ชุดเพลาล้อหลัง เพลาล้อหน้า และที่ปรับระดับของใบมีดเครื่องตัดหญ้า 5) ชุดโครงเครื่องยนต์ของ เครื่องตัดหญ้า และใบมีดตัดหญ้า หน้ากว้างในการตัด 50 cm เงื่อนไขในการทดสอบที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1,500 2,000 และ 2,500 rpm ทำการทดสอบ ในสนามหญ้า และสวนผลไม้แบบยกร่อง ตามลำดับ ผลการทดสอบพบว่า เงื่อนไขที่เครื่องตัดหญ้าเดินตาม ขับเคลื่อนด้วย ไฟฟ้าไร้สาย สามารถทำงานได้ดีที่สุด คือ ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 2,500 rpm ทั้งในสนามหญ้า และในสวนผลไม้แบบ ยก ร่อง มีความเร็วการเคลื่อนที่ 2.64 และ 1.78 km/h ตามลำดับ อัตราการใช้ไฟฟ้าต่อหน่วย 0.70 และ 1.58 kWh/rai ตามลำดับ อัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง 1.10 และ 1.49 L/rai ตามลำดับ ความสามารถในการทำงานต่อไร่ 0.68 และ 0.46 rai/h ตามลำดับ จากการทดสอบพบว่าเครื่องตัดหญ้าเดินตามขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าไร้สาย ช่วยลดการใช้แรงทางกายของผู้ ปฏิบัติงาน โดยที่ผู้ปฏิบัติงานไม่ต้องออกแรงผลักในขณะที่ตัดหญ้า เนื่องจากมีชุดสไปรอลคลัตช์ ช่วยในการบังคับเลี้ยวทำให้การ บังคับเลี้ยวทำได้ง่ายขึ้นจึงสามารถลดภาระการทำงานของผู้ปฏิบัติงานได้เป็นอย่างดี เกรียงไกร และ คณะ (2560) งานวิจัยนี้มี วัตถุประสงค์เพื่อออกแบบสร้างต้นแบบรถแทรกเตอร์อัตโนมัติไร้คนขับนำทางด้วยระบบ GPS สำหรับเกษตรกรรมสมัยใหม่ และออกแบบอัลกอริทึมตัวควบคุมตำแหน่งการเคลื่อนที่ตามเส้นทางเคลื่อนที่แบบเส้นตรง และเส้นโค้งและสุดท้ายการ ทดสอบหาค่าความสามารถในการทำงานจริงของรถแทรกเตอร์โดยรถแทรกเตอร์จะประกอบด้วย รถแทรกเตอร์ขนาด เครื่องยนต์ เบนซิน 15 Hp ส่วนควบคุมทิศทางและตำแหน่งของตัวรถส่วนระบุตำแหน่งและทิศทางของตัวรถส่วนควบคุมและ ประมวลผลและ สุดท้ายส่วนควบคุมการมองเห็นระยะไกลจากการทดสอบภาคสนามพบว่าระบบควบคุมทิศทางและตำแหน่ง ของตัวรถที่ได้ออกแบบนั้นสามารถควบคุมให้รถแทรกเตอร์ฯ เคลื่อนที่ตามเส้นทางเคลื่อนที่ได้ แต่ขณะที่รถแทรกเตอร์ฯ เคลื่อนที่ติดตามเส้นทางเคลื่อนที่ที่เป็นเส้นตรงในช่วงที่ความเร็วคงที่รถแทรกเตอร์ฯ จะมีค่าความผิดพลาดของตำแหน่ง ค่อนข้างคงที่นั่นแสดงให้เห็นว่าตัวควบคุมที่นำเสนอขึ้นยังมีข้อจำกัดอยู่ นอกจากนี้ การตัดหญ้าด้วยตนเองอาจไม่มีประสิทธิภาพ เท่าที่ควร เนื่องจากผู้ใช้งานอาจตัดหญ้าได้ไม่ทั่วถึงหรืออาจตัดหญ้าให้สั้นเกินไปหรือยาวเกินไป จากปัญหาดังกล่าว จึงได้มีการ คิดค้นเครื่องตัดหญ้าอัตโนมัติขึ้น โดยเครื่องตัดหญ้าอัตโนมัติจะใช้ระบบเซ็นเซอร์และโปรแกรมควบคุมการทำงานในการ ขับเคลื่อนและตัดหญ้า รวมทั้งยังเลือกใช้ล้อยางตีนตะขาบที่จะกระจายแรงกดจากน้ำหนักของเครื่องที่ลงสู่พื้นดินทำให้ลด ความเสียหายที่มีต่อรากต้นไม้ที่เกิดจากแรงกดได้ ดังนั้นเครื่องตัดหญ้าอัตโนมัติจึงสามารถตัดหญ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพและ ประหยัดเวลามากกว่าเครื่องตัดหญ้าแบบดั้งเดิม

2. วัสดุและวิธีการ

2.1 ออกแบบและสร้างเครื่องตัดหญ้าอัตโนมัติ

เครื่องตัดหญ้าอัตโนมัติมีความกว้างที่มีส่วนประกอบ 4 ส่วนหลัก ๆ โดยจะประกอบด้วย (Figure 1)

2.1.1 โครงสร้างเครื่อง (Figure 2) ซึ่งทำจากเหล็กฉากและเหล็กกล่องขนาด กว้าง 1.5 นิ้ว หนา 2 มิลลิเมตร เป็นโครงสร้างเพื่อรองรับระบบส่งกำลังใบตัด และ ระบบขับเคลื่อนล้ออย่างตีนตะขาบ

2.1.2 ระบบขับเคลื่อนล้ออย่างตีนตะขาบ (Figure 3) ที่มีมอเตอร์เกียร์ขนาด 24 โวลต์ 650 วัตต์ ขับผ่านสเตอร์ 10T ไปยังสเตอร์ 32T ซึ่งขับล้อนำรัศมี 9 เซนติเมตร

2.1.3 ระบบส่งกำลังใบตัด (Figure 4) ซึ่งมีต้นกำลังมาจากเครื่องยนต์เล็ก เบนซิน 6.5 แรงม้า ส่งกำลังผ่านสายพาน อัตราทด 6:10 ไปยังชุดเฟือง 90 องศา จากนั้นส่งกำลังผ่านสายพานอัตราทด 13:11 ไปยังชุดใบตัด ซึ่งใบตัดมีความกว้าง 56 เซนติเมตร

2.1.4 ระบบวงจรควบคุมการทำงาน (Figure 5) โดยมีบอร์ด PIXHAWK 2.4.8 เป็นตัวสั่งการไปยังบอร์ดมอเตอร์ ไดรฟ์ EVO24V120 ซึ่งจะไปควบคุมมอเตอร์ให้หมุนในความเร็วและทิศทางที่ต้องการ

2.1.5 ทดสอบหาความเร็วของเครื่องตัดหญ้าจากโปรแกรมควบคุมที่ 3 ระดับความเร็ว โดยจะให้วิ่งเป็นระยะทาง 10 เมตรแล้วจับเวลา จากนั้นนำความเร็วที่ได้ไปใช้ทดสอบตัดหญ้าในพื้นที่สวนทุเรียน ภาคตะวันออก ประเทศไทย โดยจะกำหนดความเร็วรอบเครื่องยนต์อยู่ที่ 2500 rpm เติมน้ำมันเต็มถัง แล้วให้เครื่องทำการตัดหญ้าเป็นระยะทาง 30 เมตร ทำการจับเวลา ทำการวัดประมานน้ำมันที่หายไปเพื่อหาอัตราการใช้พลังงานเชื้อเพลิง และวัดกระแสตอนที่เครื่องทำงานที่ความเร็วต่างๆ เพื่อหาอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้า

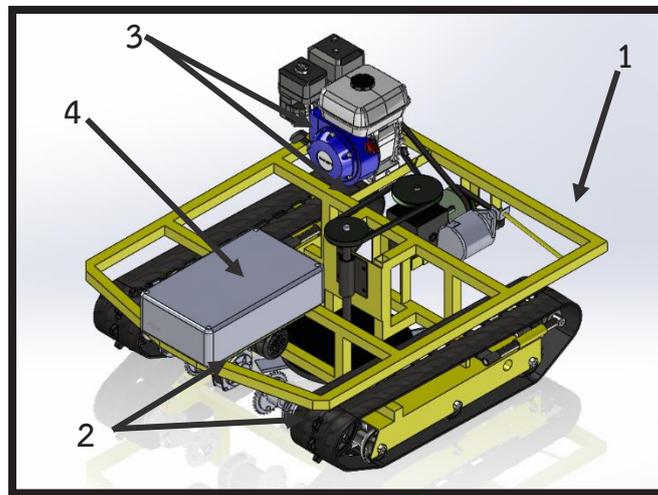


Figure 1 เครื่องตัดหญ้าอัตโนมัติ 1) โครงสร้างเครื่อง 2) ระบบขับเคลื่อนล้ออย่างตีนตะขาบ 3) ระบบส่งกำลังใบตัด
4) ระบบวงจรควบคุมการทำงาน



Figure 2 โครงสร้างเครื่อง



Figure 3 ระบบขับเคลื่อนล้ออย่างตีนตะขาบ



Figure 4 ระบบส่งกำลังใบตัด



Figure 5 ระบบวงจรควบคุมการทำงาน

2.2 ทฤษฎีการออกแบบ

ในการออกแบบอัตราทดอย่างตื้นตะขาบ (I_w) กำหนดให้ ความเร็วรอบของมอเตอร์ที่ขับลื่อนำอยู่ที่ 560 rpm ส่งกำลังผ่านเฟืองโซ่ที่มีเฟืองขับ 10 ฟัน ไปยังเฟืองตามที่มี 32 ฟัน เผลาขับเคลื่อนจะหมุนด้วยความเร็วรอบ 175 rpm ส่งกำลังไปยังลื่อนำซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 18 เซนติเมตร ซึ่งเมื่อลื่อนำ 1 รอบ จะได้ระยะทาง 56.52 เซนติเมตร ห้ออัตราทด (I_w) ได้จากสมการที่ (1)

$$I_w = \frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1} \quad (1)$$

เมื่อ I_w = อัตราทด

d_1 = เส้นผ่านศูนย์กลางเฟืองขับ

d_2 = เส้นผ่านศูนย์กลางเฟืองตาม

n_1 = ความเร็วรอบเฟืองขับ

n_2 = ความเร็วรอบเฟืองตาม

หาความเร็วในการเคลื่อนที่ (V_f) โดยใช้สมการที่ (2)

$$V_f = \frac{s}{t} \quad (2)$$

เมื่อ V_f = ความเร็วในการเคลื่อนที่ (km/h)

s = ระยะทาง (m)

t = เวลา (s)

หากำลังงานการขับเคลื่อน (P_m) ของมอเตอร์ไฟฟ้าจากสมการที่ (3)

$$P_m = \frac{2\pi nT}{60} \quad (3)$$

เมื่อ P_m = กำลังของมอเตอร์ (W)

N = ความเร็วรอบมอเตอร์ (rpm)

T = แรงบิด (Nm)

ในการออกแบบอัตราทดระบบส่งกำลังใบตัด (I_B) กำหนดให้ ความเร็วรอบของเครื่องยนต์เล็ก 2,500 rpm ส่งกำลังผ่านพูล์ขับเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 เซนติเมตร ไปยังพูล์ตามเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตรของชุดเกียร์ 90 องศาที่มีอัตราทดของเฟือง 1:1 จากนั้น พูล์ขับของชุดเกียร์เส้นผ่านศูนย์กลาง 13 เซนติเมตร ส่งกำลังไปยังพูล์เพลลาใบตัดเส้นผ่านศูนย์กลาง 11 เซนติเมตรทำให้ใบตัดหมุนด้วยความเร็วรอบ 1,772.72 rpm หาอัตราทด (I_B) ได้จากสมการที่ (4) และ สมการที่ (5)

$$(I_B) = \left(\frac{d_1}{d_2}\right) \left(\frac{d_3}{d_4}\right) \quad (4)$$

เมื่อ I_B = อัตราทด

d_1 = เส้นผ่านศูนย์กลางพูล์ขับของเครื่องยนต์เล็ก

d_2 = เส้นผ่านศูนย์กลางพูล์ตามของชุดเกียร์ 90

d_3 = เส้นผ่านศูนย์กลางพูล์ขับของชุดเกียร์ 90

d_4 = พูล์ตามเพลลาใบตัด

หาความเร็วรอบ n_4 โดยสมการที่ (5)

$$\frac{n_4}{n_1} = \frac{d_1}{d_4} \quad (5)$$

เมื่อ n_4 = ความเร็วรอบพูล์ตามเพลลาใบตัด

n_1 = ความเร็วรอบพูล์ขับของเครื่องยนต์เล็ก

2.3 การออกแบบระบบควบคุมอัตโนมัติ

ชุดอุปกรณ์ควบคุมอัตโนมัติจะใช้ระบบ open source ของ Ardupilot ซึ่งใช้บอร์ด Pixhawk Px4 2.4.8 เป็นตัวสั่งการโดยใช้ Firmware จาก โปรแกรม Mission Planner มาสั่งการบอร์ดขับเคลื่อน Smile Robotics EVO24V180 ขับมอเตอร์ 2 เครื่อง โดยระบบควบคุมจะมีอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องดังนี้ 1) Pixhawk Px4 2.4.8 2) Smile Robotics EVO24V180 3) GPS NEO-M8N 4) Holybro SiK Telemetry Radio 5) remote Fly sky fsi6x

2.4 การทดสอบสมรรถนะการทำงานของเครื่องตัดหญ้าอัตโนมัติ

ทดสอบหาความเร็วของเครื่องตัดหญ้าจากโปรแกรมควบคุมที่ 3 ระดับความเร็ว โดยจะให้วิ่งเป็นระยะทาง 10 เมตร แล้วจับเวลาซ้ำ 3 ครั้งจะได้ความเร็ว (V_r) ในการทดสอบแต่ละรอบจากสมการที่ (2) จากนั้นนำความเร็วที่ได้ไปใช้ทดสอบตัดหญ้าในพื้นที่สวนทุเรียน โดยจะกำหนดความเร็วรอบเครื่องยนต์อยู่ที่ 2500 rpm เติมน้ำมันเต็มถัง แล้วให้เครื่องทำการตัดหญ้าเป็นระยะทาง 30 เมตร ทำการจับเวลา ทำการวัดปริมาณน้ำมันที่หายไปเพื่อหาอัตราการใช้พลังงานเชื้อเพลิงต่อไร่ (F_C) ของชุดส่งกำลังใบตัด จากสมการที่ (6) และวัดกระแสตอนที่เครื่องทำงานที่ความเร็วต่างๆ เพื่อหาอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้า (E_B) จากสมการที่ (9)

$$F_C = \frac{L}{A} \quad (6)$$

เมื่อ F_C = ปริมาณใช้น้ำมันเชื้อเพลิง ($L/rai-1$)

L = เชื้อเพลิงที่ใช้ไป (L)

A = ขนาดพื้นที่ทำการทดสอบ (rai)

นำผลที่ได้จากการทดสอบมาคำนวณหาความสามารถในการทำงานต่อไร่ (F_w) จากสมการที่ (7)

$$F_w = \frac{V_f \times W}{1.6} (EF) \quad (7)$$

เมื่อ V_f = ความเร็วในการเคลื่อนที่ (km/h)

W = ความกว้างในการตัด (m)

EF = ประสิทธิภาพการทำงาน (%)

กำหนดให้ $EF = 0.8$

วัดอัตราการใช้ไฟฟ้าของมอเตอร์เครื่องตัดหญ้าอัตโนมัติหากำลังไฟฟ้า (P) จากสมการที่ (8)

$$P = E I \quad (8)$$

เมื่อ P = กำลังไฟฟ้า (W)

I = กระแสไฟฟ้า (A)

E = แรงดันไฟฟ้า (V)

หาการใช้หน่วยไฟฟ้า (E_u) จากสมการที่ (9) จากนั้นหาค่าไฟฟ้าที่ใช้ (Baht) จากสมการที่ (10)

$$E_u = P t \quad (9)$$

เมื่อ E_u = หน่วยการใช้ไฟฟ้า (kWh)

P = กำลังไฟฟ้า (W)

t = เวลา (h)

หาค่าไฟฟ้า (E_b) จากสมการที่ (10)

$$E_b = E_u E_c \quad (10)$$

เมื่อ E_b = ค่าไฟฟ้า (bath)

E_u = หน่วยการใช้ไฟฟ้า (kWh)

E_c = ค่าไฟฟ้าต่อหน่วย (bath/kWh)

3. ผลและการวิจารณ์ผล

3.1 ผลการทดสอบหาความเร็วเครื่องตัดหญ้าอัตโนมัติที่ระดับคันโยกวิทยุบังคับ

จากการทดสอบหาความเร็วของรถตัดหญ้าด้วยความเร็ว 3 ระดับเป็นจำนวน 3 ครั้ง พบว่ารถตัดหญ้าอัตโนมัติมีความเร็วเฉลี่ยอยู่ที่ 1.54 2.57 และ 4.32 km/h ตามลำดับ ที่ความเร็ว 1.54 จะเป็นช่วงที่สามารถควบคุมทิศทางของตัวเครื่องได้ดีที่สุดและถ้าเพิ่มความเร็วเครื่องก็จะส่งผลให้บังคับทิศทางได้ยากขึ้นไปด้วย

3.2 ผลการทดสอบหาคุณภาพการตัดหญ้าของตัดหญ้าอัตโนมัติ

จากการทดสอบตัดหญ้าที่ความเร็วต่างกัน 3 ระดับเป็นจำนวน 3 รอบ พบว่าที่ความเร็ว 1.54 และ 2.57 km/h เครื่องสามารถตัดหญ้าได้อย่างละเอียดดี แต่เมื่อใช้ความเร็วที่ 4.32 km/h พบว่าเนื่องจากตัวเครื่องตัดหญ้าเคลื่อนที่เร็วเกินไป

ส่งผลให้การคุณภาพการตัดออกมาไม่ละเอียดเท่าที่ควรนอกจากนี้ยังส่งผลทำให้บอร์ดควบคุมเกิดความร้อนเร็วขึ้นอาจทำให้เกิดการเสียหายในชุดอุปกรณ์ควบคุมได้ ดังนั้นจึงควรใช้งานที่ความเร็วไม่เกิน 2.57 km/h

3.3 ผลการทดสอบหาความสามารถการทำงานของเครื่องตัดหญ้าอัตโนมัติ

จากการทดสอบให้เครื่องตัดหญ้าทำการตัดหญ้าในระยะทาง 30 เมตร แล้วทำการจับเวลาที่ความเร็ว 1.54 2.57 และ 4.32 km/h ตามลำดับ จะได้ค่าความสามารถการทำงานเป็นไร่ต่อชั่วโมงที่ 0.57 1.26 และ 1.72 ไร่/h จะเห็นได้ว่ายิ่งความเร็วเพิ่มขึ้นเครื่องจะมีความสามารถในการทำงานเพิ่มมากขึ้น แต่เนื่องจากที่ความเร็ว 4.32 km/h จะได้คุณภาพการตัดที่ไม่ดีเท่าที่ควร ดังนั้นความเร็วที่มีความสามารถการทำงานดีและได้งานที่มีคุณภาพเครื่องควรทำงานอยู่ที่ความเร็ว 2.57 km/h จากการวัดการบริโภคน้ำมันเชื้อเพลิงพบว่าที่ความเร็ว 1.54 จะสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงมากที่สุดเนื่องจากใช้เวลาในการทำงานมาก โดยได้ค่าอัตราการบริโภคน้ำมันเชื้อเพลิง 4.20 ไร่/h และที่ความเร็ว 4.32 จะสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงน้อยที่สุดเนื่องจากใช้เวลาในการทำงานมาก โดยได้ค่าอัตราการบริโภคน้ำมันเชื้อเพลิง 1.40 ไร่/h จากการวัดอัตราการบริโภคพลังงานไฟฟ้า พบว่าได้ 0.31 0.24 และ 0.49 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าที่ความเร็ว 2.57 จะใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยที่สุด

3.4 ผลการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายของเครื่องตัดหญ้าอัตโนมัติ

จากการนำผลการทดสอบอัตราการบริโภคน้ำมันเชื้อเพลิงมาวิเคราะห์จะได้ค่าใช้จ่ายต่อไร่ 150.39 68.12 และ 50.08 baht/rai ตามลำดับ และจากการนำผลการทดสอบอัตราการบริโภคพลังงานไฟฟ้ามาวิเคราะห์จะได้ค่าใช้จ่ายต่อไร่ 0.99 0.77 และ 1.60 baht/rai ตามลำดับ จากนั้นได้ทำการรวมค่าใช้จ่ายทั้งสองอย่างของแต่ละความเร็วจะได้อยู่ที่ 151.38 688.89 และ 51.68 ตามลำดับ พบว่าที่ความเร็ว 4.32 จะมีค่าใช้จ่ายต่อไร่ต่ำที่สุดแต่ เนื่องจากเหตุผลด้านคุณภาพการตัดดังที่กล่าวมาข้างต้นจึงควรใช้ความเร็วที่ 2.57 ซึ่งมีค่าใช้จ่ายต่อไร่ต่ำแล้วยังได้คุณภาพการตัดที่ดี

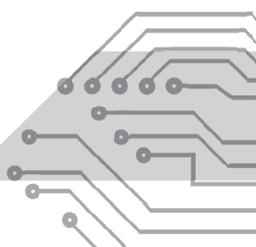
ตารางที่ 1 ทดสอบหาความเร็วเครื่องที่ระดับคันโยกวิทยุบังคับ โดยการจับเวลาการเดินทางเป็นระยะ 10 เมตร ที่ความเร็วต่างกัน

ระดับคันโยก	จับเวลาครั้งที่ 1 (s)	จับเวลาครั้งที่ 2 (s)	จับเวลาครั้งที่ 3 (s)	เวลาเฉลี่ย (s)
ขีดที่ 1	25	21	24	23.33
ขีดที่ 2	12	16	14	14.00
ขีดที่ 3	9	8	8	8.33

ตารางที่ 2 ทดสอบหาคุณภาพการตัดหญ้าที่ความเร็วการเคลื่อนที่ต่างๆ ของเครื่องตัดหญ้าอัตโนมัติ โดยกำหนดให้ความเร็วรอบของเครื่องยนต์เล็กอยู่ที่ 2,500 rpm

ความเร็วเครื่อง (km/h)	ทดลองครั้งที่ 1	ทดลองครั้งที่ 2	ทดลองครั้งที่ 3
1.54	1	1	1
2.57	2	1	1
4.32	2	3	2

Note : แบ่งการให้คะแนนเป็น 3 ระดับดังนี้ (ระดับที่ 1 ตัดได้ดีมาก: ระดับที่ 2 ตัดได้ปานกลาง: ระดับที่ 3 ตัดน้อยมาก)



ตารางที่ 3 การทดสอบหาความสามารถในการทำงานของเครื่องตัดหญ้าอัตโนมัติ ที่ความเร็วต่างๆ

ความเร็ว (km/h)	เวลาการทำงาน (s)	ความสามารถการทำงาน (rai/h)
1.54	66	0.57
2.57	30	1.26
4.32	22	1.72

ตารางที่ 4 การทดสอบการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงและพลังงานไฟฟ้าของเครื่องตัดหญ้าอัตโนมัติ ที่ความเร็วต่างๆ

ความเร็ว (km/h)	การใช้น้ำมันเชื้อเพลิง (L/rai)	การใช้พลังงานไฟฟ้า (kWh/rai)
1.54	4.20	0.31
2.57	1.90	0.24
4.32	1.40	0.49

4. สรุป

เครื่องตัดหญ้าอัตโนมัติสามารถทำงานได้ดีในพื้นที่สวนผลไม้โดยเฉพาะสวนทุเรียน พบว่า ที่ความเร็ว 2.57 km/h สามารถทำงานได้ดีที่สุด ซึ่งความสามารถในการทำงานเท่ากับ 1.26 rai/h มีอัตราการใช้เชื้อเพลิงเท่ากับ 1.9 L/rai มีอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 0.237 kWh/rai และมีค่าใช้จ่ายต่อไร่เท่ากับ 68.89 Baht/rai แต่เนื่องจากเป็นเครื่องต้นแบบ การจับสัญญาณตำแหน่ง GPS อาจเกิดการคาดเคลื่อน ซึ่งโดยรวมเครื่องตัดหญ้าอัตโนมัติสามารถทำงานแทนที่คนได้และช่วยประหยัดเวลาการทำงานของเกษตรกร และยังเพิ่มโอกาสในการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจต่อไป

5. กิตติกรรมประกาศ

เครื่องตัดหญ้าอัตโนมัติสามารถดำเนินโครงการสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์จากคณะอาจารย์วิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรม ขอขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่งสำหรับ ดร.วิพุธ ตูยานนท์ อาจารย์ที่ปรึกษา และ ว่าที่ ร.ต.จุลพงศ์ พลฤกษ์ศรี อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่กรุณาเสียเวลาในการแนะนำที่ดีเสมอมาตลอดระยะเวลาการทำปริญญานิพนธ์ ขอขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่งสำหรับบิดามารดาและทุกคนในครอบครัวของข้าพเจ้าที่คอยดูแลให้กำลังใจและสนับสนุนในทุกๆด้านตลอดเวลาที่ผ่านมา รวมถึงคณะอาจารย์ทุกท่านที่ได้อบรมสั่งสอนและเพื่อนๆในภาควิชาวิศวกรรมเกษตรที่คอยช่วยเหลือตลอดมา คุณงามความดีที่เกิดขึ้นจากโครงการวิศวกรรมฉบับนี้ ผู้ดำเนินโครงการขอมอบให้แต่บิดามารดาอาจารย์ผู้ประสิทธิ์ประสาทวิชาและผู้ที่มีส่วนร่วมในการสนับสนุนในการทำโครงการวิศวกรรมครั้งนี้ให้ลุล่วงไปได้ด้วยดี

6. เอกสารอ้างอิง

เกรียงไกร แซมสีม่วง มนุศักดิ์ งานทอง กระจวี ตรีอำรรค วิชชาอุปถัมภ์, “การพัฒนาารถแทรกเตอร์อัตโนมัติไร้คนขับนำทางด้วยระบบ GPS สำหรับเกษตรกรสมัยใหม่”, วารสารสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย, 2560
คมกริช จิตตา ศิวลักษณ์ ปฐวีรัตน์ สิรินาฏ น้อยพิทักษ์, “การพัฒนาเครื่องตัดหญ้าเดินตามขั้วเคลื่อนด้วยไฟฟ้าไร้สาย”, วารสารสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย, 2564
ชัยณรงค์ หล่มช่างคำ จักรพนธ อุบมา ประสิทธิ์ โสภา, “การออกแบบและพัฒนาารถตัดหญ้าควบคุมด้วยวิทยุบังคับ”, วารสารวิศวกรรมฟาร์มและเทคโนโลยีการควบคุมอัตโนมัติ, 2564
Prappai W, Mawong S, and Wongprasert A. The Lewn Mower Control by Computer. (Bachelor of Engineering, Curriculum). Chonburi: Burapha University; 2011.

อุปกรณ์ต้นแบบสำหรับตรวจสอบเมล็ดพันธุ์ข้าวปนเพื่อใช้ในระดับชุมชน

Innovative Device for Inspecting Contaminated Rice Seeds in Community Settings

พิสิช เจริญสุข¹ กิตติ โคมัยกุล¹ พันธกานต์ ขวัญประกอบ¹ เอกราช ไชยเพี้ย¹ คุณนธิ ดวงผึ้ง^{1*} และ เจษฎา โพธิ์สม²
Pisit Jaroensuk¹, Kitti Komaikul¹, Phanthakan Khwanprakop¹, Eakarach Chaiphia¹,
Khunnithi Doungpueng¹ and Jetsada Posom²

¹สาขาวิชาเทคโนโลยีเครื่องจักรกลการเกษตรอัตโนมัติ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40000

Department of Automatic Agricultural Machinery Technology, Faculty of Technical Education
Rajamangala University of Technology Isan Khon Kaen Campus, Khon Kaen 40000 Thailand.

²สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40000
Department of Agricultural Engineering, Faculty of Engineering, Khon Kaen University,
Khon Kaen 40000 Thailand.

โทรศัพท์ 081-393-2885 e-mail: khunnithi.do@rmuti.ac.th

บทคัดย่อ

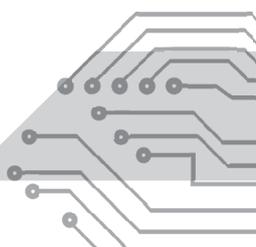
ปัญหาเมล็ดพันธุ์ข้าวปนเป็นปัญหาสำคัญด้านคุณภาพข้าวที่ส่งผลต่อการส่งออกข้าวของประเทศไทย อีกทั้งการตรวจสอบเมล็ดพันธุ์ข้าวปนของเกษตรกรในระดับชุมชนยังไม่สามารถปฏิบัติได้เพราะเนื่องจากยังขาดความรู้และความชำนาญ การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างอุปกรณ์ต้นแบบสำหรับตรวจสอบเมล็ดพันธุ์ข้าวปนเพื่อใช้ในระดับชุมชน โดยมีแนวคิดในการออกแบบคือสร้างอุปกรณ์ต้นแบบที่มีขนาดกระทัดรัดประกอบกับการใช้วัสดุอุปกรณ์ที่มีขายทั่วไปและบำรุงรักษาได้ง่าย อุปกรณ์ต้นแบบมีส่วนประกอบที่สำคัญได้แก่ 1) Multispectral camera 2) Dimmer STK ขนาด 2000 W 3) Halogen Lamp 4) อลูมิเนียมโพรไฟล์ 5) แผ่นอะคริลิกทึบแสง โดยมีหลักการทำงานดังนี้เริ่มจากทำการติดตั้ง Multispectral Camera ที่อุปกรณ์ต้นแบบ จากนั้นเรียงเมล็ดพันธุ์ข้าวลงในถาดวางจำนวน 100 เมล็ดและนำถาดเข้าอุปกรณ์ต้นแบบ ปรับความเข้มแสงผ่าน Dimmer STK และระดับความสูงของ Multispectral Camera ทำการถ่ายภาพเมล็ดพันธุ์ข้าว ภาพถ่ายเมล็ดพันธุ์ข้าวจะถูกนำไปวิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรม FIJI และ MATLAB อุปกรณ์ต้นแบบที่สร้างขึ้นคาดว่าจะช่วยในการตรวจสอบเมล็ดพันธุ์ข้าวปนในระดับชุมชนเพื่อลดปริมาณเมล็ดพันธุ์ข้าวปนและเพิ่มคุณภาพให้แก่เมล็ดพันธุ์ข้าวไทยต่อไป

คำสำคัญ: เมล็ดพันธุ์ข้าวปน อุปกรณ์นวัตกรรมการเกษตร กล้องมัลติสเปกตรัม การปรับปรุงคุณภาพเมล็ดพันธุ์

ABSTRACT

Contaminated rice seeds cause a significant challenge to the quality of rice in Thailand, impacting rice exports. The lack of expertise at the community level hinders the inspection of these seeds by farmers. This study addresses this issue by developing a compact prototype device to assess contaminated rice seeds within communities. The prototype includes essential components like a Multispectral Camera, Dimmer STK (2000 W), Halogen Lamp, Aluminum profile, and Opaque acrylic sheet. The operational procedure involves installing the Multispectral Camera, placing 100 rice seeds in trays, and adjusting light intensity using the Dimmer STK. Images of the rice seeds are captured and analyzed using FIJI and MATLAB. The prototype aims to help monitor contaminated rice seeds at the community level, reducing their prevalence and improving overall seed quality. This initiative aligns with the broader goal of enhancing the quality of Thai rice varieties and promoting sustainable agricultural practices.

Keywords: Contaminated Rice Seeds, Agricultural Innovation Device, Multispectral Camera, Seed Quality Improvement





Using Artificial Intelligence to Generate Landscape Images in Conjunction with Designing Irrigation Systems

การใช้ปัญญาประดิษฐ์เพื่อสร้างภาพสวนภูมิทัศน์ร่วมกับการออกแบบระบบให้น้ำ

ศิริวัฒน์ จันทร์ชาว¹ และ อภิรัฐ ปิ่นทอง²

Siriwat Jankow¹ and Apirat pinthong²

สาขาวิชาวิศวกรรมชลประทานและการจัดการน้ำ ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี 12110

Program in Irrigation Engineering and Water Management, Department of Agricultural Engineering

Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi 12110

โทรศัพท์ 0-2549-3580 โทรสาร 0-2549-3581 E-mail: Siriwat141144@gmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาการใช้ปัญญาประดิษฐ์สร้างภาพสวนภูมิทัศน์ร่วมกับการออกแบบระบบให้น้ำ โดยอาศัยเว็บไซต์ PromeAI ซึ่งเป็นปัญญาประดิษฐ์ (AI) มาช่วยสร้างภาพสวนภูมิทัศน์จากข้อมูลการทำแบบสอบถามในหัวข้อ “แบบบ้านสวนภูมิทัศน์สำหรับวัยรุ่นยุคใหม่” เมื่อได้ข้อสรุปและประเด็นที่สำคัญจากแบบสอบถาม ก็นำมาป้อนคำสั่งในเว็บไซต์ PromeAI เพื่อรังสรรค์ชิ้นงานออกมา พร้อมทั้งพิจารณาภาพสวนภูมิทัศน์ที่เป็นที่ยอมรับจากกลุ่มตัวอย่างในการทำแบบสอบถาม เพื่อใช้สำหรับออกแบบระบบให้น้ำด้วยโปรแกรม RainCad และระบบที่ออกแบบนั้นจะต้องมีประสิทธิภาพและถูกต้องตามหลักวิชาการ ผลการศึกษาพบว่า การใช้ปัญญาประดิษฐ์มาช่วยสร้างภาพสวนภูมิทัศน์ซึ่งเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับออกแบบระบบให้น้ำ สามารถช่วยในการวางแผนท่อเพื่อหลบหลีกแนวรากพืช การวางหัวสปริงเกลอร์มีประสิทธิภาพ ระบบน้ำที่ออกแบบมีความสม่ำเสมอ โดยสัมประสิทธิ์ความสม่ำเสมอในการให้น้ำ (CU) มีค่ามากกว่า 85% และค่าประสิทธิภาพการแผ่กระจายน้ำ (DU) มีค่ามากกว่า 75% จากการศึกษาสามารถสรุปได้ว่า วิธีดังกล่าวเป็นแนวทางหนึ่งที่จะช่วยลดขั้นตอนในการออกแบบ ลดข้อผิดพลาดจากการติดตั้ง สามารถแสดงภาพให้เสมือนจริงทำให้ง่ายต่อการตัดสินใจในการติดตั้งระบบ รวมทั้งวิธีดังกล่าวสามารถนำไปใช้ประยุกต์กับพื้นที่อื่นๆ ได้

คำสำคัญ: ปัญญาประดิษฐ์, สวนภูมิทัศน์, ระบบให้น้ำ

ABSTRACT

The objective of this study is to investigate the use of artificial intelligence (AI) in generating landscape images, in conjunction with designing an irrigation system. The research utilizes the Midjourney website, an AI platform, to create landscape visuals based on survey data collected under the theme "Modern Landscape Designs for the New Generation." After summarizing key insights and crucial points from the survey, the obtained information is input into the Midjourney website to generate synthesized artworks. Additionally, landscape images accepted by the sampled group in the survey are considered for designing an irrigation system using the RainCad program. The designed system is evaluated for efficiency and accuracy according to academic standards. The study findings indicate that utilizing artificial intelligence to generate landscape images, serving as foundational data for irrigation system design, can contribute to more effective design strategies. This includes determining optimal pipe routes to avoid plant roots and efficiently placing sprinkler heads. The designed water system demonstrates effectiveness with a high Uniformity Coefficient (CU) exceeding 85% and Distribution Efficiency (DU) exceeding 75%. From the study, it can be concluded that this approach serves as one method to streamline the design process, reduce errors during installation, and provide realistic visualizations that facilitate decision-making in system installation. Additionally, this methodology can be applied to various other areas.

Keywords: Artificial Intelligence, Landscape, Irrigation systems



การพัฒนาหัวเตาสำหรับเตาแก๊สซิฟิเคชันที่สามารถใช้ในการหุงต้มควบคู่กับการผลิตถ่านชีวภาพ Development of a Gasification-Compatible Stove Head for Simultaneous Cooking and Biomass Char Production

ศุภกิตต์ ดอนประดิษฐกุล อมารินทร์ หาญประดิษฐ์ อัครพล ศรีฉ่ำ ณัฐพล วิชาญ และ กัญญาพร ไชยวงศ์
Suprakip donpradipkun, Amarin hanpradit, Akkaraphon srichum, Nattapon Wichan and Kanyaporn Chaiwong
สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตรและชีวภาพ สาขาวิศวกรรมและเทคโนโลยี คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา จังหวัดน่าน 55000
Division of Agricultural and Biological Engineering, Department of Engineering and Technology,
Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna, Nan 55000 Thailand
โทรศัพท์ 054710259 โทรสาร 054771398 e-mail: kanyaporn@rmutl.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบหัวเตาที่สามารถใช้ในการให้ความร้อนควบคู่กับการผลิตถ่านชีวภาพจากวัสดุของเหลือทิ้งทางการเกษตร และเพื่อทดสอบคุณภาพของถ่านชีวภาพที่ผลิตได้ โดยการออกแบบหัวเตาที่สามารถใช้ในการกระจายความร้อนบนเตาแก๊สซิฟิเคชันแบบชนิดเบดคงที่ ควบคู่กับการผลิตถ่านชีวภาพจากการถ่ายเทความร้อนของเปลวไฟบนปากเตา ทั้งนี้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพหัวเตาให้ใช้พลังงานอย่างคุ้มค่าที่สุด จากการดำเนินงานพบว่าสามารถพัฒนาต้นแบบหัวเตาสำหรับเตาแก๊สซิฟิเคชัน ที่ผลิตถ่านชีวภาพจากความร้อนเหลือทิ้งทางการเกษตร โดยใช้กะลากาแฟเป็นวัสดุชีวภาพทดสอบ ผลการทดสอบพบว่าอุณหภูมิสูงสุดของเปลือกหัวเตาสำหรับเตาแก๊สซิฟิเคชันอยู่ที่ 258 องศาเซลเซียส โดยการทดสอบแต่ละครั้ง จะได้ปริมาณถ่านชีวภาพจากกะลากาแฟประมาณ 32.88 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก เมื่อทำการทดสอบคุณภาพของถ่านชีวภาพจากกะลากาแฟพบว่ามีความร้อน 6,065 แคลอรี/กรัม

คำสำคัญ: หัวเตา ถ่านชีวภาพ แก๊สซิฟิเคชัน กะลากาแฟ

ABSTRACT

The objective of this research was to investigate the quality of biochar generated and to create a burner that could be used for heating when coupled with the production of biochar from agricultural waste materials. By constructing a burner that could be applied to generate heat on a gasification stove with a fixed bed and producing biochar by the transfer of flame heat at the top of this stove. This is for improving the burner's energy efficiency. Coffee shells were used as a test biomaterial in the operation of a prototype burner for a gasification furnace that generates biochar from agricultural waste. The results showed that the burner shell's maximum temperature in the gasification furnace was 258°C. The percentage of biochar produced from coffee husk in each test was approximately 32.88 percent by weight. Biochar made from coffee husk was found to have a calorific value of 6,065 cal/g.

Keywords: Burner, Biochar, Gasification, Coffee husk.



การศึกษาและพัฒนาระบบปลูกผักไฮโดรโปนิคส์แบบหมุนวน Study and Development of Rotation Hydroponics System

เจนพล นามปัญญา¹ พนิดา จงยอกลาง¹ วริญญา มือขุนทด¹ พลากร วรณโสภณ¹ วิรัตน์ หวังเชื่อนกลาง²
ปรเมศวร์ สุทธิประภา² และ ทายาวีร์ หนูบุญ²

Janpon Nampanya¹, Panida Jongyoklang¹, Warinya Muekhunthod¹, Palakorn Wannasopon¹, Virat
Wanguanklang², Paramet Suttiprapa² and Thayawee Nuboon²

สาขาวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน, 30000
Department of Agricultural Machinery, Faculty of Engineering and Technology, Rajamangala University of
Technology Isan, 30000 Thailand

โทรศัพท์ 081669 4177 e-mail: thayawee@rmuti.ac.th

บทคัดย่อ

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระบบปลูกผักไฮโดรโปนิคส์ และพัฒนาระบบปลูกผักไฮโดรโปนิคส์ โดยออกแบบให้การปลูกผักระบบไฮโดรโปนิคส์ใช้พื้นที่อย่างประหยัด และเกิดประสิทธิผลสูงสุด ซึ่งขั้นตอนแรกได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง พันธุ์ผักสลัด ความต้องการน้ำ และปุ๋ยธาตุสารอาหารที่ใช้ในการทดสอบ แล้วนำมาออกแบบและพัฒนาระบบปลูกผักไฮโดรโปนิคส์แบบหมุนวน รูปแบบการออกแบบมีแนวคิดในการปลูกผักระบบไฮโดรโปนิคส์แบบหมุนวน ลักษณะคล้ายกับชิงช้าสวรรค์ โดยมีขนาดความกว้าง 1.16 เมตร ยาว 1.26 เมตร สูง 1.65 เมตร และมีการติดตั้งมอเตอร์กระแสตรงที่สามารถปรับความเร็วรอบ โดยใช้การทดสอบที่ 3 รูปแบบคือ การปลูกลูกน้ำนิ่ง การปลูกแบบหมุนวน 1 รอบต่อนาที และ การปลูกแบบหมุนวน 2 รอบต่อนาที เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบอัตราการคงอยู่ของผักสลัด ผลการศึกษาพบว่า การปลูกผักไฮโดรโปนิคส์แบบหมุนวนโดยใช้ความเร็วรอบ 1 รอบต่อนาที มีอัตราการอยู่รอด 100% มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักเท่ากับ 17.77 กรัม ค่าเฉลี่ยความสูงเท่ากับ 21.11 เซนติเมตร และค่าเฉลี่ยความกว้างเท่ากับ 26.91 เซนติเมตร เนื่องจากผักสลัดกรีนโอ๊คได้รับแสงแดดเพียงพอต่อการเจริญเติบโต และได้รับออกซิเจนจากการหมุนวนทำให้ผักสลัดกรีนโอ๊คเจริญเติบโตได้เร็วกว่าการปลูกผักไฮโดรโปนิคส์แบบน้ำนิ่ง

คำสำคัญ: ผักไฮโดรโปนิคส์แบบหมุนวน, ผักไฮโดรโปนิคส์, ผักสลัดกรีนโอ๊ค

ABSTRACT

The project aims to study hydroponics and develop vegetable-growing systems. hydroponics is designed for hydroponics to use the most economical and effective space. The first step is to study the related theories, vegetable varieties, salads, water requirements, and nutrient fertilizers used in the test and then to design and develop the vortex hydroponics growing system. The design model has the idea of growing vegetables. The vortex hydroponics system is like the Ferris wheel. The width is 1.16 meter, the length is 1.26 meter, the height is 1.65 meter, and a DC motor is installed that can adjust the speed of the cycle. Using the 3 types of tests, which is planting still water, 1 rpm spiral planting and 2 rpm spiral planting to be used in comparison to the constant rate of salad vegetables. The results found that growing hydroponic vegetables using a rotation speed of 1 revolution per minute has a survival rate of 100% with an average weight of 17.77 grams, an average height of 21.11 centimeters, and an average width of 26.91 centimeters because Green Oak lettuce receives enough sunlight to grow. And receives oxygen from the rotation, causing Green Oak salad vegetables to grow faster than growing hydroponic vegetables with still water.

Keywords: Rotation Hydroponics System, Hydroponic Vegetables, Green Oak



ออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์ยกทรงติดตั้งกับจอบหมุน Design and Develop of Bed Tiller with a Rotary Cultivator

พงศกร แก้วชาญชัย¹ สุทธิชัย เสนามาตย์¹ อภิวัฒน์ จิตตำนาน¹ พัทธ์ธีรา สิทธิโภชน¹ อัสสรรัชย์ น้ำทรง²
กันตภณ เปรมประยูร² และ วีรยุทธ จีไพเซอร์²

หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเครื่องจักรกลเกษตรคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
วิทยาเขตขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40000

Division of Agricultural Machinery Engineering, Faculty of Engineering,
Rajamangala University of Technology Isan Khon Kaen Campus, Khon Kaen 40000 Thailand
โทรศัพท์ 04336 370-1 โทรสาร 0-4338-869-70 e-mail: veerayut.je@rmuti.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาข้อมูลของแปลงปลูกพืชแทรกเตอร์ และจอบหมุน ออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์ยกทรงติดตั้งกับจอบหมุนทดสอบและประเมินผลอุปกรณ์ยกทรงติดตั้งกับจอบหมุน วิธีการดำเนินการศึกษาแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน เริ่มจากการศึกษาข้อมูลทั่วไปของแปลงปลูกพืช รถแทรกเตอร์ และจอบหมุน เพื่อนำข้อมูลมาใช้ในการออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์ยกทรงติดตั้งกับจอบหมุน ทดสอบและประเมินผลอุปกรณ์ยกทรงติดตั้งกับจอบหมุน โดยทดสอบความสามารถในการทำงานเชิงพื้นที่ ประสิทธิภาพในการทำงานเชิงพื้นที่ ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ เปอร์เซ็นต์ความชื้นของดิน ความแข็งของดิน และชนิดของดิน ผลการทดลองพบว่า ประสิทธิภาพเชิงพื้นที่ ประสิทธิภาพเชิงเวลา อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง แปรผันตามขนาดแปลงปลูก อุปกรณ์ยกทรงติดตั้งกับจอบหมุนสามารถยกทรงแปลงปลูกพืชได้ตรงตามมาตรฐานความกว้างของแปลงปลูกพืช การศึกษานี้ช่วยลดขั้นตอนการทำงาน ประหยัดค่าใช้จ่ายสามารถทดแทนแรงงานที่ขาดแคลน จึงมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ที่เกษตรกรสามารถนำไปใช้ได้จริง

คำสำคัญ: แทรกเตอร์, ไถพรวน, จอบหมุน, อุปกรณ์ยกทรง

ABSTRACT

This study aims to investigate data related to plant plots, tractors, rotary cultivator. It involves the design and development of bed tiller with a rotary cultivator. Testing and evaluation followed by the performance tractor based. The research methodology comprises three main steps. It begins with a study of general data related to crop plots, tractors, and plows. The results revealed that Spatial efficiency, Time efficiency and Fuel consumption rate varies by the size of the planting. A rotary plow equipment installed with a rotating hoe can raise in planting to meet the width standards of tractor performance. This study can help reduce the work process. Save costs, replace labor shortages Therefore, it has economic value that farmers can actually use.

Keywords: Tractor, Bed Tiller, Rotary Cultivator, plow attachment



การออกแบบและทดสอบสมรรถนะเครื่องปอกและแยกเปลือกกุ้งแห้ง Design and Performance Evaluation of a Dried Shrimp Shells Peeling and Sorting Machine

ปราณชล แซ่ลี้ม¹ เจษฎา ฤทธิบรรเจิด¹ พรชัยมงคล ประคองทรัพย์¹ เจนษฎา พูลเวช¹ วัทธัญญ รอดประพัฒน์²
ศรีมา แจ้คำ² ชนิตา บุพตา² ปัทราพร สัตยชาติเจตน์² และ ระวิน สืบคำ²
Pranchon Saelim¹, Jetsada Ritbanchoed¹, Pornchaimongkol Prakongsab¹, Jansada Pulwet¹, Wathanyoo
Rordprapat², Sririma Jaekhom², Chanida Bupata², Pattaraporn Sanchatjate² and Rawin Surbkar²
หลักสูตรวิศวกรรมเกษตรอัจฉริยะ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์และนวัตกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก
จังหวัดชลบุรี 20110

Division of Smart Agricultural Engineering, School of Engineering and Innovation,
Rajamangala University of Technology Tawan-ok, Chonburi 20110 Thailand
โทรศัพท์ 0 3313 6099 ต่อ 1454 e-mail: rawin_su@rmutto.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและทดสอบสมรรถนะเครื่องปอกและแยกเปลือกกุ้งแห้ง เครื่องที่ออกแบบมีมิติ 1.32×1.90×1.51 ม. (ก×ข×ส) ประกอบด้วยชุดส่งกำลังใช้ต้นกำลังเป็นมอเตอร์ขนาด 2 แรงม้า ชุดถังป้อนวัสดุ ชุดปอกเปลือกกุ้งเป็นซี่สแตนเลสขนาด Ø 18 มม. ยาว 115 มม. ติดตั้งตลอดความยาวเพลาด้านละ 20 ซี่ ชุดแยกเปลือกกุ้งแห้งเป็นตะแกรงและพัดลมขนาด 1 แรงม้า ร่วมกับไซโคลนดักเศษกุ้ง และกล่องชุดควบคุมการทำงาน เมื่อป้อนกุ้งแห้งเข้าสู่เครื่อง กุ้งแห้งจะถูกซี่ตีปอกให้เปลือกหลุดออกและลอดผ่านรูตะแกรงลงไปและถูกลำเลียงโดยลมไปยังไซโคลน ขณะที่ตัวกุ้งจะเคลื่อนที่ไปออกส่วนท้ายเครื่อง ทดสอบสมรรถนะการทำงานโดยใช้ความเร็วชุดซี่ตี 3 ระดับคือ 144, 216 และ 280 รอบต่อนาที เพื่อหาความเร็วรอบและเวลาที่เหมาะสมในการทำงาน ผลการทดสอบพบว่า ความเร็วที่เหมาะสมของชุดซี่ตีคือ 144 รอบต่อนาที และเวลาในการตี 6 นาที จะได้กุ้งแห้งที่สมบูรณ์ที่สุด โดยมีความสามารถในการทำงาน 13.33 กิโลกรัม/ชั่วโมง ใช้กำลังงาน 1.71 kW และเมื่อเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการทำงานระหว่างการใช้เครื่องและใช้แรงงานคนพบว่า 6.55 และ 17.12 บาท/กิโลกรัม ตามลำดับ

คำสำคัญ: การปอกกุ้ง, การคัดแยกกุ้ง, เปลือกกุ้งแห้ง, กุ้งแห้ง

ABSTRACT

The objective of this research is to design and evaluate the performance of a dried shrimp shells peeling and sorting machine. The machine has dimensions of 1.32 x 1.90 x 1.51 meters (length x width x height) and consists of a power transmission system driven by a 2-hp electric motor. It includes a material feeding system, a shrimp peeling set with stainless steel beaters of Ø 18 mm and length 115 mm, installed along a shaft at intervals of 20 in. The dried shrimp shell separation set consists of a retention screen, a 1-hp fan, a cyclone for shrimp fragment trapping, and a control box. When dried shrimp are fed into the machine, they are beaten by the stainless-steel beaters to remove the shells. The peeled shrimp pass through the retention screen and are conveyed by air to the cyclone, while the shrimp bodies move towards the rear of the machine. The performance was tested using 3 beater speed levels: 144, 216, and 280 rpm to determine the suitable beating speed. The test results revealed that the optimal beating speed is 144 rpm, and the peeling time of 6 min yields the most complete and intact dried shrimp. The machine's operational capacity was found to be 13.33 kg/hr, requiring 1.71 kW of power. A cost comparison between machine operation and manual labor showed that the machine incurs costs of 6.55 and 17.12 Baht per kg, respectively.

Keywords: Shrimp peeling, shrimp sorting, dried shrimp shells, dried shrimp



รถตัดหญ้าในสวนผลไม้ควบคุมผ่าน IoT แพลตฟอร์ม

The Lawn Mower for Orchards Controlled via IoT Platform

พันธุ์ชัย เทียมเหรียญทอง¹ อมร ธนะโรจน์รุ่งเรือง¹ นครินทร์ อินแสน¹ นราวุฒิ ชินกลาง¹ มณฑล ปั้นเงิน¹ สุนทร สืบคำ²
บัณฑิต หิรัญสถิตย์พร² พิสุทธิ กลิ่นขจร² และ โชติพงศ์ กาญจนประโชติ^{2*}

Pantach Thiamrianthong¹, Amon Thanarojrungruang¹, Nukarin Insaen¹, Naravut Chinakang¹, Monton Pungein¹, Sunate Surbkar², Bandit Hirunstitporn², Pisuthi Klinkajorn² and Choatpong Kanjanaphachot^{2*}
¹นักศึกษาและ ²อาจารย์หลักสูตรวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ 50290

¹Students and ²Lecturers of Agricultural Engineering Division, Faculty of Engineering and Agro-Industry
Maejo University, Chiang Mai 50290 Thailand

โทรศัพท์ 0-5387-5019 โทรสาร 0-5387-5011 *e-mail: Choatpong_k@hotmail.com

บทคัดย่อ

นวัตกรรมมีความสำคัญมากในการทำเกษตรกรรมสมัยใหม่ เพื่อยกระดับประสิทธิภาพการทำเกษตรกรรมแบบดั้งเดิมที่กำลังเผชิญความท้าทายด้านต้นทุนอุปทานที่เพิ่มขึ้นและการขาดแคลนแรงงาน เทคโนโลยี Agri-Tech ถูกนำมาใช้ในการแก้ปัญหาและเติมเต็มสำหรับการทำเกษตรกรรมสมัยใหม่ การพัฒนาต้นแบบรถตัดหญ้าในสวนผลไม้ที่ควบคุมด้วย IoT แพลตฟอร์ม เพื่อลดปัญหาด้านการขาดแคลนแรงงานและเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานจึงเป็นอีกนวัตกรรมหนึ่งที่สามารถนำไปเพิ่มประสิทธิภาพในการทำสวนผลไม้ได้ องค์ประกอบตัวรถตัดหญ้าประกอบด้วย ชุดอุปกรณ์ IOT สำหรับการรับ-ส่งข้อมูลในรูปแบบ Wi-Fi/Bluetooth จากโมดูล ESP32-CAM เชื่อมต่อกับโมดูลขับเคลื่อนมอเตอร์กระแสตรง (Driver EVO 24 V 120 Brushed DC Motor) มอเตอร์ไฟฟ้า DC 24 โวลต์ จำนวน 4 ชุด และใช้เครื่องยนต์เบนซินขนาด 7.5 แรงม้า เป็นต้นกำลังในการขับเคลื่อนใบตัด ทำการทดลองตัดหญ้าในสวนลำไยขนาด 5 ไร่ เพื่อเก็บข้อมูลสำหรับการประเมินความสามารถในการทำงานเชิงพื้นที่ ระยะทางการตอบสนองของการรับส่งข้อมูล และการใช้พลังงานของตัวรถตัดหญ้า จากผลการทดสอบพบว่าเครื่องตัดหญ้ามีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 0.760 ไร่/ชั่วโมง อัตราสิ้นเปลืองพลังงานเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์เบนซินขนาด 7.5 แรงม้า อัตราการสูญเสียเชื้อเพลิงเฉลี่ยเท่ากับ 1.638 ลิตร/ไร่ และ อัตราสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยอยู่ที่ 1.251 กิโลวัตต์/ชั่วโมง และระยะทางการรับส่งข้อมูลระหว่างตัวรถกับสมาร์ทโฟน จากการตอบสนองของตัวรถ (การเดินหน้า ถอยหลัง เลี้ยวซ้าย เลี้ยวขวา ปรับระดับใบตัดสูงและต่ำ) พบว่าที่ระยะทาง 70 m มีการตอบสนองคำสั่งควบคุมรถตัดหญ้าได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำ

คำสำคัญ: IoT แพลตฟอร์ม, รถตัดหญ้า, สวนผลไม้

ABSTRACT

Innovation is very important in modern agriculture. To improve the efficiency of traditional agriculture which is facing challenges of increasing supply costs and labor shortages, Agri-Tech technology is being used to solve this problem and complement modern agriculture. Developing a prototype of a lawnmower in an orchard controlled by an IoT platform to reduce labor shortages and increase work efficiency is another innovation that can be used to increase efficiency in fruit orchards. The components of the lawnmower include a set of IOT devices for receiving and transmitting data in the form Wi-Fi/Bluetooth from the ESP32-CAM module is connected to the DC motor drive module (Driver EVO 24 V 120 Brushed DC Motor), 4 sets of 24-volt DC electric motors and a 7.5 horsepower gasoline engine as the power to drive the blades. Conducted an experiment in mowing grass in a 5-rai longan orchard. The results show that the working ability of the lawnmower has an average working 0.760 rai/hour. The 7.5



horsepower gasoline engine has a fuel consumption rate of 1.638 liters per rai. The average electrical energy consumption is 1.251 kilowatts per hour. Based on the response of the lawnmower to the smartphone, we found that the data transmission distance between the two is 70 meters, and the lawnmower responds quickly and accurately to commands such as forward, backward, left turn, right turn, and high and low cutting blade level adjustment.

Keywords: IoT platform, lawnmower, orchard



ระบบการให้น้ำอัตโนมัติโดยใช้ค่าการคายระเหยจากสถานีตรวจวัดสภาพอากาศ Automatic Irrigation System using Evapotranspiration Data from Weather Station

จักราวุธ ฉ่ำเพียร¹ ธนโชติ ทิพยาลัย¹ วชิรพรรณ น้อยแก้ว¹ วิโรจน์ ตระกาลจันทร์¹ และ วสุ อุดมเพทายกุล²
Jakrawut Champion¹, Tanachot Tippayalai¹, Wacharapan Noikaew¹, Viroj Trakanjun¹ and
Vasu Udompetaikul²

หลักสูตรวิศวกรรมเกษตรอัจฉริยะ ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520

Agricultural Intelligence Engineering Program, Department of Agricultural Engineering,
Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok 10520 Thailand
โทรศัพท์ 02-329-8301#223 e-mail: vasu.ud@kmitl.ac.th

บทคัดย่อ

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบการให้น้ำอัตโนมัติโดยใช้ค่าการคายระเหย (evapotranspiration, ET) จากสถานีตรวจวัดสภาพอากาศ โดยวัดค่าอุณหภูมิอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม และความเข้มแสงอาทิตย์ จากสถานีตรวจวัดสภาพอากาศในบริเวณแปลงทดลอง บันทึกในระบบคลาวด์ แล้วคำนวณค่า ET โดยใช้สมการ Penman Monteith ในการศึกษา ได้ทดลองปลูกต้นถั่วเขียวในกระบะปลูกจำนวน 3 ซ้ำ มีการให้น้ำตามค่า ET ที่คำนวณได้ร่วมกับค่าสัมประสิทธิ์พืช (crop coefficient, Kc) โดยในแต่ละวันได้ทำการชั่งน้ำหนักกระบะปลูกเพื่อหาปริมาณการระเหยน้ำที่เกิดขึ้นเพื่อเทียบกับที่คำนวณได้ทางทฤษฎี นอกจากนี้ยังทำการวัดและเปรียบเทียบกับการระเหยน้ำบนภาชนะมาตรฐานอีกด้วย ผลการศึกษาพบว่า ค่า ET จากการคำนวณและการวัดด้วยวิธีต่าง ๆ มีความสอดคล้องกัน จึงทำการพัฒนาระบบให้น้ำอัตโนมัติบนกระบะทดลองเป็นระบบน้ำหยด ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 โดยเมื่อถึงเวลาให้น้ำ ระบบจะอ่านข้อมูลปริมาณการคายระเหยที่เกิดขึ้นตั้งแต่รอบการให้น้ำก่อนหน้าจากระบบคลาวด์ เพื่อคำนวณปริมาณการให้น้ำโดยพิจารณาจากอายุของพืช แล้วสั่งงานปั๊มเพื่อให้น้ำตามที่กำหนด จากผลการศึกษา ระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถให้น้ำพืชในแปลงทดลองได้ตรงตามที่กำหนด โดยสามารถปรับปริมาณการให้น้ำให้เหมาะสมกับความต้องการของพืชตามอายุและสภาพอากาศได้ จึงควรมีการศึกษาพัฒนาเพื่อใช้งานในระบบปลูกที่ใหญ่ขึ้น รวมถึงในไม้ผลและพืชเศรษฐกิจอื่น ๆ เพื่อให้พืชเติบโตอย่างเหมาะสม และเป็นการใช้ทรัพยากรน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: ระบบการให้น้ำอัตโนมัติ, การคายระเหย, สถานีตรวจวัดสภาพอากาศ, สมการ Penman Monteith

ABSTRACT

This project aimed to develop an automatic irrigation system using evapotranspiration (ET) values from a weather station. The weather station in the experimental field measured air temperature, relative humidity, wind speed, and solar radiation, which were recorded in the cloud and then used to calculate ET using the Penman-Monteith equation. In the study, three replicates of mung bean plants were grown in experimental plots. The plants were irrigated according to the calculated ET values and crop coefficient (Kc). Each day, the pots were weighed to determine the actual amount of water evaporation, which was then compared to the theoretical value. The evaporation was also measured and compared to that of a standard evaporation pan. The results showed that the ET values calculated and measured by different methods were consistent. Therefore, an automatic irrigation system was developed and installed on the experimental plots. The system is a drip system controlled by an ESP32 microcontroller. When it is time to irrigate, the system reads the evaporation data from the cloud since the previous irrigation cycle. Then, it calculates the amount of irrigation water by considering the plant age and orders the pump to deliver the water as specified. The results showed that the developed system can irrigate plants in the experimental field as specified. The amount of irrigation water can be adjusted to suit the plant's needs according to age and weather conditions. Therefore, further research is needed to apply the system to



larger planting systems, including fruit trees and other economic crops, to ensure the plants grow properly and use water resources efficiently.

Keywords: automatic irrigation system, evapotranspiration, weather station, Penman – Monteith equation



การศึกษากระบวนการทอดขั้นต้นและคุณลักษณะทางกายภาพของแผ่นถั่วทอดกลอย
เพื่อพัฒนากระบวนการผลิตสำหรับเครื่องทอดอัตโนมัติ

Study of Primary Frying Process and Physical Characteristics of Fried Peanut-Wild Yam
to Develop the Production Process for Automatic Frying Machine

ธนกร จันทร์พวง ศักดิ์สกุล สกุลเดช และ วรณ กริโรจน์

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.จักรพันธ์ เกาทอง และ ผศ.ดร.จิตติมนานนท์ วงศ์ษา

ภาควิชาวิศวกรรมเกษตรเพื่ออุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีและการจัดการอุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ วิทยาเขตปทุมธานี 25230

Department of Agricultural Engineering for Industry, Faculty of Industrial Technology and Management,

King Mongkut's University of Technology North Bangkok Prachinburi Campus, 25230

โทรศัพท์ 037-217300 โทรสาร 037-217317 e-mail: chakaphan.n@itm.kmutnb.ac.th

บทคัดย่อ

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการทอดขั้นต้น และคุณลักษณะทางกายภาพของแผ่นถั่วทอดกลอยที่ผลิตด้วยวิธีดั้งเดิมจากวิสาหกิจชุมชนตำบลโคกไม้ลาย จังหวัดปทุมธานี โดยศึกษาข้อมูลดังนี้ 1) อุณหภูมิขณะทอด 2) ระยะเวลาที่แผ่นแป้งสัมผัสกับน้ำมัน 3) ค่าสี 4) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของแผ่นแป้ง 5) ค่าความกลมของแผ่นแป้ง 6) ความหนาของแผ่นแป้ง 7) น้ำหนักของแผ่นแป้ง และ 8) ส่วนประกอบของแผ่นแป้ง ผลการศึกษาพบว่า อุณหภูมิที่เหมาะสมในการทอดคือ 230–250 องศาเซลเซียส ระยะเวลาของแผ่นแป้งที่สัมผัสกับน้ำมันคือ 5–12 วินาที สีของแผ่นแป้งมีค่า L^* 35–60 และค่า b^* 10–25 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10–20 เซนติเมตร ค่าความกลม 0.70–0.85 ค่าความหนา 1–2 มิลลิเมตร น้ำหนัก 15–35 กรัม แผ่นแป้งประกอบด้วยถั่วร้อยละ 10–30 และกลอยร้อยละ 30–50 โดยข้อมูลที่ได้จากการศึกษาจะนำมาพัฒนากระบวนการผลิตสำหรับเครื่องทอดถั่วทอดกลอยอัตโนมัติ เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพและอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม

คำสำคัญ : การทอดขั้นต้น, คุณลักษณะทางกายภาพ, ถั่วทอดกลอย

ABSTRACT

This project aims to study the primary frying process and physical characteristics of the fried peanut-wild yam sheets produced using traditional methods from the Khok Mai Lai Subdistrict Community Enterprise, Prachinburi Province. The study has the following details: 1) frying temperature, 2) Duration of the peanut-wild yam dough sheet touch on hot oil, 3) Color value, 4) Diameter, 5) Roundness, 6) Thickness, 7) Weight, and 8) Components of peanut-wild yam sheet. The results of the study found that the optimum temperature for frying is 230–250°C, the duration of the sheet touch on hot oil was 5–12 s, L^* color value was 35–60 and b^* was 10–25, diameter of sheet was 10–20 cm, roundness value 0.70–0.85, thickness value 1–2 mm and weight 15–35 grams. The peanut-wild yam sheet comprises 10–30% peanut beans and 30–50% wild yams. The information obtained from the study will be used to develop the production process for the automatic frying of fried peanut-wild yam to produce quality products within the appropriate criteria.

Keywords : Primary frying process, Physical characteristics, Fried peanut-wild yam



การออกแบบและสร้างอุปกรณ์ใส่ปุ๋ยอัตโนมัติสำหรับหุ่นยนต์เครน 3 มิติ

Design and Fabrication of an Automatic Fertilizer Applicator for 3D Crane Robot

เตวิช แก้วทอง ชยพล หาแสงศรี และ ชัยยะ จันทรา

Tewit Khewtong, Chayapol Hasangsri and Chaiya Jantra

ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จังหวัดนครปฐม 73140

Department of Agricultural Engineering, Faculty of Engineering at Kamphaeng Saen,

Kasetsart University, Nakhon Pathom 73140 Thailand

โทรศัพท์ 03435 1896 โทรสาร 0-3435-1896 e-mail: fengcyj@ku.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างอุปกรณ์ใส่ปุ๋ยอัตโนมัติสำหรับติดตั้งกับหุ่นยนต์เครน 3 มิติ เพื่อทดแทนแรงงานคนและเพิ่มความแม่นยำในการใส่ปุ๋ยแต่ละต้น อุปกรณ์ที่สร้างขึ้นสามารถใส่ปุ๋ยได้พร้อมกันครั้งละ 4 ตำแหน่ง ประกอบด้วย ถังใส่ปุ๋ยจำนวน 4 ถัง วางอยู่บนโครงสร้างหลัก โดยช่องทางออกปุ๋ยของทุกถังถูกควบคุมการเปิด-ปิดแบบอัตโนมัติด้วยสเต็ปเปอร์มอเตอร์ จำนวน 1 ตัว ที่ถูกควบคุมการทำงานด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ ในการทดสอบอุปกรณ์เพื่อหาปริมาณการใส่ปุ๋ยทั้ง 2 ชนิด ได้แก่ ปุ๋ยยูเรีย(46-0-0) และปุ๋ยสูตรเสมอ (15-15-15) โดยมีพื้นที่ช่องทางออก 3.14 ตารางเซนติเมตร และหน่วงเวลาการเปิดที่ 0, 0.05, 0.1 และ 0.15 วินาที แล้วจึงปิด ผลการทดสอบพบว่าปุ๋ยยูเรียมีปริมาณการใส่ปุ๋ยอยู่ที่ 3.1 ± 0.4 , 4.9 ± 0.5 , 7.3 ± 0.7 และ 9.9 ± 0.8 กรัม ตามลำดับ และปุ๋ยสูตรเสมอมีปริมาณการใส่ปุ๋ยอยู่ที่ 3.8 ± 0.5 , 5.4 ± 0.7 , 8.9 ± 1 และ 11.8 ± 1.2 กรัม ตามลำดับ และได้พัฒนาแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟนสำหรับการเลือกชนิดของปุ๋ยและปริมาณปุ๋ยที่ต้องการใส่เพื่อสั่งให้อุปกรณ์ใส่ปุ๋ยที่สร้างขึ้นทำงานตามที่กำหนด รวมถึงการตรวจสอบปริมาณปุ๋ยที่เหลือในแต่ละถังในขณะนั้นผ่านระบบบลูทูธที่เชื่อมต่อกันระหว่างแอปพลิเคชันกับไมโครคอนโทรลเลอร์

คำสำคัญ: ปุ๋ย, อุปกรณ์ใส่ปุ๋ย, หุ่นยนต์เครน 3 มิติ

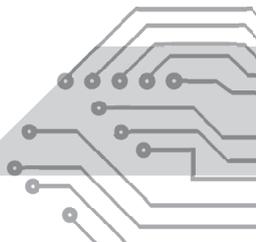
ABSTRACT

The objective of this research is to design and fabricate an automatic fertilizer applicator for installation with a 3D robot crane to replace human labor and increase the accuracy of fertilizing each plant. The applicator can apply fertilizer to 4 locations at a time and consist of 4 fertilizer tanks placed on the main structure. The fertilizer outlet of every tank is controlled to open and close automatically with a stepper motor that is controlled by a microcontroller. In testing of the applicator, two types of fertilizer, 46-0-0 fertilizer and 15-15-15 fertilizer were used to determine the amount of fertilizer applying with an outlet area of 3.14 cm^2 and delayed opening at 0, 0.05, 0.1, and 0.15 seconds and then closing. The result found that fertilizer application amounts of the 46-0-0 fertilizer are 3.1 ± 0.4 , 4.9 ± 0.5 , 7.3 ± 0.7 , and 9.9 ± 0.8 grams, respectively, and the 15-15-15 fertilizer are 3.8 ± 0.5 , 5.4 ± 0.7 , 8.9 ± 1 and 11.8 ± 1.2 grams, respectively. A smartphone application has been developed for use in selecting the type of fertilizer and the amount of



fertilizer applying to set the applicator work as specified. Including checking the amount of fertilizer remaining in each tank at that time via a Bluetooth system connected between the application and the microcontroller.

Keyword: Fertilizer, Fertilizer applicator, 3D crane robot





การพัฒนาต้นกำลังจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบเคลื่อนที่ได้ในตัวสำหรับเครื่องจักรกลเกษตร

Development of Self-Mobile Solar Power Plants

อลงกรณ์ ดงแดง¹ จรุณวิทย์ สีมাত্র¹ อภิสิทธิ์ เพิ่มภูเขียว¹ มานพ การมุข¹ อิทธิศักดิ์ ประทุมทา¹ ขจรศักดิ์ อวนศรี¹
กิตติศักดิ์ แสงอรุณ¹ สุพรรณ ยั่งยืน² และ เชิดพงษ์ เชี่ยวชาญวัฒนา²

Alonggorn Dongdaeng¹, Jarunwit Seemat¹, Apisit Phoemphukhiaw¹, Manop Kanphud¹, Itthisak Prathumta¹,
Kajonsak Ouansri¹, Kittisak Seangarun¹, Juckamas Laohavanich², Chanut Vipattanaporn², Suphan Yanguen²,
and Cherdpong Chiewchanwatana^{2*}

หลักสูตรวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม 44150
Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Mahasarakham University, Maha Sarakham
44150 Thailand

โทรศัพท์ 089187 4946 e-mail: cherdpong.c@msu.ac.th

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ นี้เป็นการพัฒนา ออกแบบ และจัดสร้างต้นกำลังจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบเคลื่อนที่ได้ในตัว สำหรับเครื่องจักรกลเกษตร ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับต้นกำลังจากพลังงานแสงอาทิตย์ (2) ออกแบบและทำการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพจากการประเมินผลของต้นกำลังจากพลังงานแสงอาทิตย์ (3) เพื่อประเมิน ความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ของต้นกำลังจากพลังงานแสงอาทิตย์ วิธีการดำเนินการผู้จัดทำโครงการทำการศึกษาข้อมูล ที่เกี่ยวข้องและศึกษาความเป็นไปได้ ดังนั้นผู้จัดทำโครงการได้เลือกแผงวงจรหลักการทำงานของระบบให้เป็นระบบ 24 โวลต์ และเลือกใช้คุณสมบัติของวัสดุอุปกรณ์หลัก ๆ ที่เกี่ยวข้องกับระบบการทำงานของต้นกำลังจากพลังงานแสงอาทิตย์ ดังนี้ (1) แผงโซลาร์เซลล์ ขนาด 330 วัตต์ (2) แบตเตอรี่ลิเธียม NMC ขนาด 24 โวลต์ 134 แอมป์-ชั่วโมง (3) คอนโทรลเลอร์โซลาร์ เซลล์ (4) มอเตอร์บัสเลส (DC) ขนาด 24 โวลต์ 750 วัตต์ (5) ชุดเกียร์ทด ขนาด 110 ซีซี (6) ชุดเฟืองท้ายและล้อ (7) ปัมป์สูบน้ำหอยโข่ง ต้นกำลังจากพลังงานแสงอาทิตย์ มีความกว้าง 114 เซนติเมตร ความยาว 350 เซนติเมตร และมีขนาดความสูง 148 เซนติเมตร และมีน้ำหนักโดยรวม 433 กิโลกรัม

จากผลการทดสอบต้นกำลังจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบเคลื่อนที่ได้ในตัวสำหรับเครื่องจักรกลเกษตร การขับเคลื่อน แบบทำงาน 1 มอเตอร์ มีความเร็วเฉลี่ยในระยะทาง 10 กิโลเมตร เท่ากับ 5.5 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และความเร็วสูงสุดเฉลี่ยใน ระยะทาง 10 กิโลเมตร เท่ากับ 6.92 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ส่วนการขับเคลื่อนแบบทำงาน 2 มอเตอร์นั้นก็มีความเร็วเฉลี่ยใน ระยะทาง 10 กิโลเมตร เท่ากับ 5.9 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และความเร็วสูงสุดเฉลี่ยในระยะทาง 10 กิโลเมตร เท่ากับ 6.92 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ในส่วนการขับเคลื่อนแบบทำงาน 2 มอเตอร์ มีสมรรถนะความสามารถในการบรรทุกน้ำหนักได้สูงสุดอยู่ที่ 2 ตัน อีกทั้งยังสามารถขับเคลื่อนขึ้นทางลาดชันที่มีความสูงเท่ากับ 3 เมตรและมุมเอียง 6 องศา ดังนั้นจึงเป็นเหตุผลที่ทาง ผู้จัดทำโครงการได้สร้างเป็นระบบขับเคลื่อน 2 มอเตอร์ขึ้นมาเพื่อลากจูงและขึ้นทางลาดชัน เพราะฉะนั้นระบบขับเคลื่อน 2 มอเตอร์จึงขับเคลื่อนในทางลาดชันได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: ต้นกำลังจากพลังงานแสงอาทิตย์, แบบเคลื่อนที่ได้, เครื่องจักรกลเกษตร

ABSTRACT

This thesis is about the development, design and construction of self-mobile solar power plants for agricultural machinery. The objectives are (1) to study information related to solar energy plants; (2) to design and conduct experiments to find efficiency from the evaluation of solar energy plants; Economics of power from solar energy Procedures The project authors study relevant information and feasibility studies. Therefore, the project planner has selected the main circuit board for the system to be 24 volts and selected the main materials and equipment characteristics related to the operation of the solar energy source system as follows: (1) Solar panel 330 watts (2) NMC lithium battery 24 volts 134 amp-hours (3) Solar cell charging controller (4) Busless motor (DC) size 24 Volt 750 watts (5) Reduction gear set, size 110 cc. (6) Differential set and wheels (7) Centrifugal pump The solar power plant has a width of 114

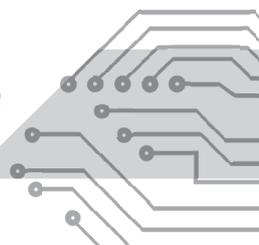


centimeters, a length of 350 centimeters and a height of 148 centimeters and an overall weight of 433 kilograms.

Based on the test results of built-in mobile solar power plants for agricultural machinery. Working drive with 1 motor has an average speed of 10 kilometers, equal to 5.5 kilometers per hour. and the average maximum speed in a distance of 10 kilometers is 6.92 kilometers per hour. As for driving with two motors, the average speed for a distance of 10 kilometers is 5.9 kilometers per hour. and the average maximum speed in a distance of 10 kilometers is 6.92 kilometers per hour.

As for the 2-motor drive part, it has a maximum payload capacity of 2 tons. It can also drive up a slope with a height of 3 meters and an inclination angle of 6 degrees. Create a project to build a 2-motor drive system to tow and climb the steep slope. Therefore, the 2-motor drive system is able to drive in sharp slopes efficiently.

Keywords: Power source from solar energy, Mobile, Agricultural machinery





โครงการศึกษาการปั้นเม็ดปุ๋ยอินทรีย์โดยใช้เครื่องปั้นเม็ดปุ๋ยแบบใบสกรูในแนวตั้ง Study on the Production of Granular Organic Fertilizer using a Vertical Screw Fertilizer Molding Machine

นนทพร เพชรสันทัด¹ ฉัตรชัย แก้ววัง¹ โยธิน Wannasuk¹ จิตติกร กิจจันศิริ¹ และ พรรษา ลิปลับ²
Nontaporn Phetsantad¹, Chatchai Kaewwang¹, Yotin Wannasuk¹, Thitikorn Kijjansiri¹ and Pansa Liplap²
สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา 30000
School of Agricultural Engineering, Institute of Engineering,
Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima 30000 Thailand
โทรศัพท์ 0-4422 42225 e-mail: pansa@sut.ac.th

บทคัดย่อ

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางการปั้นเม็ดปุ๋ยอินทรีย์ โดยใช้เครื่องปั้นเม็ดปุ๋ยอินทรีย์แบบใบสกรูในแนวตั้ง ที่มีความเร็วใบกวนอยู่ที่ 58 rpm ใบกวนมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 550 mm โดยมีขนาดห้องปั้นเม็ดปุ๋ยอยู่ที่ความกว้าง 0.9 m ความยาว 6 m และความสูง 1 m ปุ๋ยอินทรีย์ที่ใช้ได้มาจากเศษขยะอินทรีย์โดยผ่านกระบวนการปรับสภาพด้วยวิธีการทางกลและชีวภาพ (Mechanical and Biological Treatment) ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี หรือ SUT-MBT โดยขั้นตอนเริ่มจากนำปุ๋ยอินทรีย์ที่ผ่านการปรับสภาพเข้าสู่ห้องปั้นเม็ดปุ๋ย ควบคุมความชื้น 3 ระดับ คือ 16%, 18% และ 20% (w.b.) และเปิดการทำงานของใบสกรูปั้นเม็ดปุ๋ยในแนวตั้ง หลังจากนั้นนำเม็ดปุ๋ยที่ได้มาตากแดดลดความชื้น และนำมาคัดแยกขนาดโดยใช้เครื่องร่อนตะแกรงหมุน ขนาดรูตะแกรง 8 mm โดยเม็ดปุ๋ยอินทรีย์ที่ได้จะถูกนำไปวิเคราะห์ค่าความชื้น ค่าความหนาแน่นรวม ค่าความต้านทานน้ำ ประสิทธิภาพการปั้นเม็ดปุ๋ยโดยรวม และเปอร์เซ็นต์ผลผลิตการปั้นเม็ดปุ๋ยอินทรีย์ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1-8 mm โดยผลการทดสอบ พบว่า เครื่องปั้นเม็ดปุ๋ยอินทรีย์มีกำลังการผลิต 260 – 290 kg/hr ประสิทธิภาพการปั้นเม็ดปุ๋ยโดยรวม 47 – 52% เม็ดปุ๋ยอินทรีย์ที่ได้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 – 20 mm ค่าความชื้นเฉลี่ย 3% (d.b.) ค่าความหนาแน่นรวม 1,020 kg/m³ ค่าความต้านทานน้ำอยู่ในช่วง 82 – 83% ซึ่งที่ความชื้น 16% (w.b.) เป็นความชื้นที่เหมาะสมในการปั้นเม็ด เนื่องจากมีค่าเปอร์เซ็นต์ผลผลิตการปั้นเม็ดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1-8 mm สูงที่สุด เท่ากับ 58%

คำสำคัญ: การปั้นเม็ดปุ๋ย, เม็ดปุ๋ยอินทรีย์, ปุ๋ยจากเศษขยะอินทรีย์

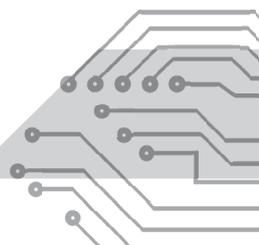
ABSTRACT

This project focuses on investigating methods to produce of granular organic fertilizer utilizing a vertical screw-type organic fertilizer molding machine. The machine was equipped with a blade operating at a speed of 58 rpm, boasting a 550 mm diameter. The fertilizer molding chamber dimensions were 0.9 meters in width, 6 meters in length, and 1 meter in height. The raw material for the organic fertilizer was derived from waste, processed through a mechanical and biological treatment at Suranaree University of Technology. The process was started with introducing the treated organic fertilizer into the molding room, where moisture content was controlled at 16%, 18% and 20% (w.b.). The screw blade was then activated to vertically produce granular organic fertilizer. Subsequently, they underwent a sun-drying process to reduce the moisture content and were further classified based on size using a rotating sieve with an 8 mm sieve hole. The resulting granular organic fertilizer were analyzed comprehensively for their properties, including moisture content, bulk density, water resistance index, overall fertilizer molding efficiency, and the percentage of productivity for fertilizer molding with diameters ranging from 1 to 8 mm. The test results indicated that the organic fertilizer molds machine achieves a production capacity of 260 to 290 kg/hr. The overall efficiency in fertilizer molding production ranged between 47-52%. The produced granular organic fertilizer exhibited diameters ranging from 1 to 20 mm, with an average



moisture content of 3% (d.b.). The bulk density was $1,020 \text{ kg/m}^3$, and the water resistance index was within the range of 82% to 83%. Especially, the moisture content of 16% (w.b.) showed an optimal conditions for fertilizer molding, boasting the highest percentage of production for fertilizer molding with a diameter of 1 to 8 mm, amounting to 58%.

Keywords: Fertilizer molding, granular organic fertilizer, Fertilizer from organic waste





การศึกษารูปแบบความเป็นไปได้ในการประเมินเนื้อแห้งของทุเรียน โดยใช้เทคนิคอินฟราเรดย่านใกล้ Feasibility Format for The Evaluation of Dry Matter of Durian Fruit Using Near Infrared Spectroscopy

จารุนุช โคตรรักษา¹ ศุภชัย สุรภักดิ์¹ และ เจษฎา โพธิ์สม²

Jarunuch khotraksa¹, Suphachai Suraphak¹, and Jetsada posom²

¹นักศึกษาและ ²อาจารย์หลักสูตรวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40002

¹Students and ²Lectures of Department of Agricultural Engineering, Faculty of Engineering,

Khon Kaen University, Khon Kaen 40002 Thailand

โทรศัพท์ 061-773-9618 e-mail: jetspo@kku.ac.th

บทคัดย่อ

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษารูปแบบการวัดที่เหมาะสมในการประเมินเนื้อแห้งทุเรียน โดยใช้เทคนิคอินฟราเรดย่านใกล้ โดยมี 2 ปัจจัยที่ศึกษาได้แก่รูปแบบโหมดการวัด และรูปแบบของตัวอย่าง โดยจะศึกษาตัวอย่างทุเรียนพันธุ์หมอนทอง จำนวน 20 ผล ที่ช่วงอายุแตกต่างกัน สแกนด้วยช่วงคลื่นสั้นที่มีความยาวคลื่น 400 - 1100 นาโนเมตร ที่โหมดการวัดแบบ Reflectance และ Transmittance probe โดยทำการสแกนบริเวณเนื้อ และผลของตัวอย่าง จากนั้นสร้างสมการทำนายโดยใช้วิธี Partial Least Squares regression (PLS) ซึ่งผลการศึกษาพบว่าโหมดการวัดแบบ Reflectance ที่ทำการสแกนบริเวณผลของทุเรียน เป็นรูปแบบการวัดที่เหมาะสมที่สุด โดยปรับแต่งสเปกตรัมด้วยวิธี SNV ที่ค่า R^2 เท่ากับ 0.91 ค่า SEC เท่ากับ 2.30 และค่า r^2 เท่ากับ 0.90 ค่า SEP เท่ากับ 1.78 ค่า RPD เท่ากับ 3.85 และค่า bias เท่ากับ -0.99
คำสำคัญ: อินฟราเรดย่านใกล้, รูปแบบการวัด, ทุเรียน

ABSTRACT

This project aims to study the suitable measurement techniques for assessing the dry matter content of durian using near-infrared (NIR) technology. Two factors were investigated, including measurement techniques and the sample format used for scanning. The study involved 20 samples of Mon Thong durian, scanned in the short-wavelength range of 400-1100 nm. For the reflectance mode and the transmittance probe mode, the scanning was carried out on both the pulp and fruit of the samples. Spectral data was then used to establish a relationship with the dry matter of durian. Subsequently, a prediction model was developed using the Partial Least Squares regression (PLS) method. The study revealed that the reflectance mode for fruit sample was the highest accurate measurement format. By modifying the spectral data with the Standard Normal Variate (SNV) method, the model achieved an R^2 of 0.91, SEC of 2.30, r^2 of 0.90, SEP of 1.78, RPD of 3.85, and a bias of -0.99

Keywords: NIR, measurement, durian



การออกแบบและพัฒนาเครื่องผลิตแผ่นแป้งเหนมเนื่องโดยใช้ความร้อนจากรังสีอินฟราเรด Designing and Developing a Vietnamese Rice Paper Production Machine with Infrared Heat

พีระพงษ์ เจริญวรรณ¹ ชนกานต์ บุญรอด¹ ณัฐกิตติ์ ผาบพุทธา¹ กิตติคุณ ปิตุพรหมพันธุ์¹ และ บรรลุ เพียชิน^{1*}
Peerapong Jaruongwan¹, Chanakarn Boonrod¹, Natthakrit Phabphuttha¹, Kittikhun Pitupromphan¹
and Banlu Phiachin^{1*}

¹สาขาวิชาเทคโนโลยีเครื่องจักรกลการเกษตรอัตโนมัติ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น

Department of Automatic Agricultural Machinery Technology, Faculty of Technical E
Rajamangala University of Technology Isan Khon Kaen Campus.

โทรศัพท์ 087-994-4697 e-mail: Banlu.ph@rmuti.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาเครื่องผลิตแผ่นแป้งเหนมเนื่องโดยใช้ความร้อนจากรังสีอินฟราเรด เครื่องผลิตแผ่นแป้งเหนมเนื่องที่ออกแบบมีขนาดความกว้าง 60 เซนติเมตร ความยาว 120 เซนติเมตร และความสูง 100 เซนติเมตร โดยการทำงานของเครื่องจะใช้มอเตอร์เป็นต้นกำลังและใช้อินฟราเรดในการให้ความร้อน โดยมีแนวคิดในการออกแบบคือพัฒนาจากเครื่องผลิตแผ่นแป้งเหนมเนื่องที่ใช้ไอน้ำให้ความร้อนมาเป็นการใช้ระบบแก๊สให้ความร้อนแทน ส่วนประกอบที่สำคัญได้แก่ มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 1 hp หัวแก๊สอินฟราเรด จำนวน 1 หัว ตัวถังสแตนเลสขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 เซนติเมตร หนา 3 มิลลิเมตร ลูกกลิ้งลำเลียงจำนวน 2 ลูก คัตเตอร์บาร์ยาว 56 เซนติเมตร และถังแก๊ส LPG จำนวน 1 ถัง โดยมีหลักการทำงานคือ เปิดระบบแก๊สให้ได้อุณหภูมิคงที่ที่ต้องการ และเปิดสวิตช์มอเตอร์ส่งกำลังไปยังเพลลาเพื่อทำให้ถังสแตนเลสหมุน จากนั้นเติมน้ำแป้งลงในถังกวนแป้ง และเปิดสวิตช์ปั๊มเพื่อดูดน้ำแป้งไปยังถังรีดแป้ง สุดท้ายนำแผ่นแป้งที่ออกมาจากตัวถังให้ความร้อนส่งเข้าไปยังลูกกลิ้งลำเลียงเพื่อรีดแป้งอีกรอบก่อนที่จะนำแผ่นแป้งไปตาก เครื่องผลิตแผ่นแป้งเหนมเนื่องนี้คาดว่าจะจะเป็นประโยชน์ต่อกลุ่มวิสาหกิจชุมชนและผู้ประกอบการรายย่อยที่ดำเนินธุรกิจเกี่ยวกับการผลิตแผ่นแป้งเหนมเนื่องต่อไป

คำสำคัญ: แผ่นแป้งเหนมเนื่อง, ความร้อนอินฟราเรด, ระบบแก๊ส

ABSTRACT

This study focuses on designing a Vietnamese rice paper production machine using Infrared Heat. The machine, measuring 60x120x100 cm, is powered by a 1 hp electric motor and features key components like a 25 cm diameter, 3 mm thickness infrared gas head, stainless steel body, two conveyor rollers, a 56 cm cutter bar, and a 1 LPG gas tank. The design has transitioned from steam to a more efficient gas system. The operational procedure involves initiating the gas system for a constant temperature, activating the motor switch to rotate the stainless-steel tank, adding flour and water to the stirring tank, switching on the pump to transfer the mixture to the rolling tank, and passing the resulting rice paper through the heated tank to the conveyor roller for additional rolling and drying. This machine aims to benefit community enterprises and small entrepreneurs in Vietnamese rice paper production.

Keywords: Vietnamese Rice Paper, Infrared Heat, Gas system



เครื่องเรียงเส้นใบยาสูบหั่นฝอย Tobacco Leaf Sorting Machine

วัฒนชัย แก้วกัน¹ ปารเมศ ฟักอินทร์¹ พละพล แดงทองดี¹ ประภฤษฎ์ ประสิทธิ์เขตกิจ¹ และ จุลพงษ์ พฤกษ์ศรี²
Wattanachai kaewkan¹, Paramet fugain¹, Palapol dangthongdee¹, Prakrit prasitkhetkit¹ and
Junlaphong bhucksasri²

ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี 12110
Agricultural Engineering Department, Faculty of Engineering,
Rajamangala University of Technology Thanyaburi 12110
โทร 02-5493580 โทรสาร 02-5493581 E-mail: junlaphong_b@rmutt.ac.th

บทคัดย่อ

ยาสูบเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญพืชหนึ่งของประเทศไทย ในปัจจุบันยังมีชาวบ้าน ชาวสวน หรือเกษตรกร ที่ทำยาสูบ โดยการใช้เครื่องหั่นใบยาสูบ ที่มีการจัดเรียงเส้นใบยาสูบด้วยแรงงานคน ซึ่งเครื่องเรียงเส้นใบยาสูบหั่นฝอย มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อเพิ่มความสามารถในการทำงานช่วยประหยัดเวลาและแรงงานคนในขั้นตอนการจัดเรียงเส้นใบยาสูบ มีส่วนประกอบ ได้แก่ โครงสร้างเครื่อง ชุดสายพานลำเลียงแผงเส้นใบยาสูบ ชุดใบมีดตัดเส้นใบยาสูบ และ ชุดส่งกำลัง สำหรับระยะเวลาที่ใช้ในการจัดเรียงเส้นใบยาสูบที่ 4.14 3.30 และ 3.07 นาที ผลการศึกษาพบว่า ความเร็วของมู่เล่ย์ที่เหมาะสมสำหรับการจัดเรียงเส้นใบยาสูบเท่ากับ 23.04 รอบต่อนาที ประสิทธิภาพการทำงานเท่ากับ 92 เปอร์เซ็นต์ ความสามารถในการทำงาน 182 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เมื่อเปรียบเทียบกับแรงงานคน ที่สามารถจัดเรียงเส้นใบยาสูบได้เพียง 49 กิโลกรัมต่อชั่วโมง อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 0.644 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง ผลการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมศาสตร์ พบว่ามีค่าใช้จ่ายในการทำงาน 115 บาทต่อชั่วโมง จุดคุ้มทุนในการทำงาน 204 ชั่วโมงต่อปี จะมีระยะเวลาในการคืนทุนเท่ากับ 1.13 ปี

คำสำคัญ: ใบยาสูบ, ความชื้น, ออกแบบ

ABSTRACT

Tobacco is one of the most important economic crops in Thailand. Currently, there are still locals, farmers, or farmers using tobacco cutters to produce tobacco. The tobacco leaf lines are arranged manually, and the tobacco leaf lines are arranged by slicers. The main purpose is to improve work ability and save time and manpower during the tobacco arrangement process. It includes: Machine structure: belt conveyor, tobacco leaf panel, tobacco leaf cutting line and transmission device, used for 4.14, 3.30, and 3.07 minutes. Research has shown that the flywheel speed suitable for tobacco leaf arrangement is 23.04 rpm. Compared to manual labor, the work efficiency is 92% and the work capacity is 182 kilograms per hour. Only 49 kilograms of tobacco can be arranged per hour, consuming 0.644 kilowatt hours of electricity. Engineering economic analysis found that the cost of work is 115 Thai baht per hour and 204 hours per year. The return period is 1.13 years.

Keywords: Tobacco leaves, Moisture, Design



การศึกษาเบื้องต้นของการควบคุมวัชพืชด้วยความร้อนโดยประยุกต์ใช้น้ำมันพืช The Preliminary Study of Thermal Weed Control Using Vegetable Oil

ภัทรานิชฐ กันธะ ธีรพล เผือกผาสุข และ พฤทธิ เนตรสว่าง

Pattaranit Kanta, Teerapol Phuakphasuk and Prud Netsawang

สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตรและชีวภาพ สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา จังหวัดเชียงใหม่ 50290

Division of Agricultural and Biological Engineering, Department of Mechanical Engineering,
Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna, Chiang mai 50290 Thailand

โทรศัพท์ 053921-444 โทรสาร 053213183 e-mail: prud@rmutl.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการกำจัดวัชพืชด้วยความร้อน (Thermal weed control) โดยการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการกำจัดวัชพืช 3 ปัจจัย ได้แก่ 1) ชนิดของวัชพืชจำนวน 2 ชนิด ได้แก่ หญ้าปากควายและหญ้าปิ่นนกไส้, 2) ระยะการเจริญเติบโตของวัชพืชแต่ละชนิด จำนวน 2 ระยะ, 3) อุณหภูมิของที่ใช้ในการกำจัดวัชพืชที่ 50 และ 70 องศาเซลเซียส โดยทำการศึกษาจำนวน 10 ซ้ำ รวมทั้งสิ้น 80 ตัวอย่าง และทำการประเมินความเสียหายของวัชพืชภายหลังจากทดลองทุกวันเป็นเวลา 7 วัน จากการทดลองพบว่า น้ำมันพืชสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการกำจัดวัชพืชด้วยความร้อน การหยดน้ำมันปริมาณ 1 มิลลิลิตร สามารถกำจัดวัชพืชได้ทั้งสองชนิด ชนิดและระยะการเจริญเติบโตของวัชพืชมีผลต่อการกำจัดวัชพืชด้วยน้ำมันพืช

โดยหญ้าปิ่นนกไส้เกิดความเสียหายได้ง่ายกว่าหญ้าปากควาย ความเสียหายของต้นอ่อนของวัชพืชทั้ง 2 ชนิด พบมากในระยะการเจริญเติบโตที่ BBCH 11 มากกว่า ระยะที่ BBCH 12 เมื่อใช้อุณหภูมิของน้ำมันพืชในระดับเดียวกัน การใช้อุณหภูมิที่ 70 องศาเซลเซียส ส่งผลให้วัชพืชเสื่อมสภาพได้เร็วกว่าการใช้อุณหภูมิที่ 50 องศาเซลเซียส ความเสียหายของวัชพืชสามารถพบความเสียหายของวัชพืชภายหลังจากทดลอง 3-4 วัน และวัชพืชจะเกิดความเสียหายสูงที่สุด (100%)

คำสำคัญ: การกำจัดวัชพืชด้วยความร้อน, น้ำมันพืช

ABSTRACT

This study aimed to investigate in thermal weed control. Three factors were studied for affecting of weed control consist of 1) two types of weed with Beach wiregrass and Spanish needle, 2) Two phenological growth stages of weed and 3) The temperature of oil with 50 and 70 °C. Ten replications were applied in this study with total of 80 experiments. Damage assessment of weed was estimated every day after application about 7 days. From the experiment, there was a possibility to apply vegetable oil on thermal weed control. Deterioration of weed was achieved by dripping 1 ml of hot vegetable oil on both weed types. The type of weed and phenological growth stage had an effect on the weed control. Spanish needle had a higher percentage of damage than Beach wiregrass. The sprout of weed at BBCH 11 had higher damage than at BBCH 12 using a similar temperature of vegetable oil. Applying the temperature of oil at 70 °C resulted in a faster deterioration of weed, compared with 50 °C. The deterioration of weed is found at 3–4 days after application and the highest deterioration of weed (100%) appears at 6 days after application.

Keywords: Removing weeds with heat, vegetable oil



การศึกษาตัวแปรที่เหมาะสมในการทำงานของเครื่องกะเทาะเปลือกกุ้งแห้งอัตโนมัติ Study of Suitable Variables in Operation of Automatic Dried Shrimp Shelling Machine

เทพนที ทองวิเศษ¹ ศิริสพล พงษ์นิล¹ ชุตติกาญ์ หานูทนงค์¹ ปิยพล เชิดฉันท¹ ณัฐพงษ์ ประภากร² วารี ศรีสอน² และ
สาวิตรี ประภากร²

Thepnatee Thongwiset¹, Siratsaphon Phongnin¹, Chutikarn Hantanong¹, Piyaphon Choedchan¹,
Natthaphong Prapakarn², Wree Srison² and Sawitree Prapakarn²

สาขาวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน, 30000
Department of Agricultural Machinery, Faculty of Engineering and Technology, Rajamangala University of
Technology Isan, 30000 Thailand

โทรศัพท์ 093454 7462 e-mail: sawitree.pa@rmuti.ac.th

บทคัดย่อ

โครงการนี้ทำการศึกษากระบวนการผลิตกุ้งแห้งระดับชุมชน พบว่ามีปัญหาในการขาดแคลนแรงงานในการผลิตกุ้งแห้ง ที่จะต้องใช้แรงงานในการกะเทาะเปลือกของกุ้งแห้งและอาจจะทำให้มีค่าใช้จ่ายที่สูงขึ้นในการจ้างแรงงานและได้ผลผลิตที่น้อยลงและใช้เวลาในการผลิตนานมากขึ้นปัญหาในส่วนใหญ่ที่พบเจอของการกะเทาะเปลือกกุ้งแห้งนั้นคือ การที่เปลือกของกุ้งแห้งและส่วนหัวของกุ้งนั้นยังมีบางส่วนติดอยู่กับตัวกุ้งแห้ง จึงเกิดสภาวะจ้างแรงงานเพิ่มขึ้นเพื่อจะคัดแยกเพื่อนำเศษเปลือกกุ้งและเศษหัวกุ้งออกจากตัวของกุ้งแห้ง ผลการศึกษาพบว่าการกะเทาะเปลือกกุ้ง ในการทำงานของเครื่องกะเทาะเปลือกกุ้งแห้งใช้ความเร็วรอบที่ 145, 180 และ 215 รอบต่อนาที ใช้เวลาในแต่ละรอบอยู่ที่ 30, 60 และ 90 วินาทีต่อรอบ ในการทำงานของเครื่อง ประสิทธิภาพในการกะเทาะเปลือกกุ้งแห้งอยู่ที่ 90 เปอร์เซ็นต์ ในความเร็วรอบที่ 180 รอบต่อนาที มีเปอร์เซ็นต์ในการทำงานได้ดีที่สุด

คำสำคัญ: ใบมีด, กุ้งแห้ง, กะเทาะ, ความเร็วรอบ

ABSTRACT

This project studies the process of producing dried shrimp at the community level. It was found that there was a labor shortage problem in the production of dried shrimp. That will require labor to peel the shells of dried shrimp and may result in higher costs in hiring labor, lower yields, and longer production times. Most of the problems encountered in Shrimp peeling is the shell of the shrimp is dry and the head of the shrimp is still partially attached to the shrimp. Therefore, there has been a situation of hiring more workers to sort and remove shrimp shells and shrimp head fragments from the dried shrimp's bodies. The results of the study found that shelling shrimp in the operation of the dry shrimp peeling machine uses speeds of 145, 180 and 215 RPM Each round takes 30, 60 and 90 seconds per round. in the operation of the machine the efficiency in peeling dried shrimp shells is 90 percent. At the speed of 180 RPM, the percentage of work is the best.

Keywords: Blade, Dried shrimp, Crackers, Rotational speed



การพัฒนาเครื่องนวดทานตะวันแบบไหลตามแกนขนาดเล็ก Development of a Small Axial Flow Sunflower Threshing Machine

ชนชัย คลังกลาง¹ นรินทร์ แสนตา¹ สุรเดช เหล่าสีคุ¹ เทพบุตร คะพันธ์¹ ชนินทร์ อุปถัมภ์² พิศาล หมั่นแก้ว² และ
กันตภณ เปรมประยูร²
¹นักศึกษา, ²อาจารย์

หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเครื่องจักรกลเกษตรคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
วิทยาเขตขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40000

Division of Agricultural Machinery Engineering, Faculty of Engineering,
Rajamangala University of Technology Isan Khon Kaen Campus, Khon Kaen 40000 Thailand
โทรศัพท์ 04336 370-1 โทรสาร 0-4338-869-70 g-mail: Chanin9398@gmail.com

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อพัฒนาเครื่องนวดทานตะวันแบบไหลตามแกนขนาดเล็กให้มีสมรรถนะในการนวดสูง โดย 1) ศึกษาการทำงานของชุดนวดทานตะวันแบบไหลตามแกนขนาดเล็ก 2) ศึกษาระยะห่างซี่นวดของลูกนวด 3) ศึกษาระยะห่างระหว่างซี่นวดและตะแกรงนวด และ 4) ประเมินผลชุดนวดทานตะวันแบบไหลตามแกนขนาดเล็ก โครงการวิจัยนี้ทำการศึกษาพัฒนา 2 ส่วนประกอบหลักของชุดนวดคือ ลูกนวดทานตะวัน และระยะห่างปลายซี่นวดและตะแกรงนวด โดยทำการทดสอบการนวดทานตะวัน ที่ความชื้นเฉลี่ย 14.26 เปอร์เซ็นต์ ความเร็วเชิงเส้นปลายซี่นวด 10 เมตรต่อวินาที และอัตราการป้อน 1,200 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ผลการทดสอบพบว่าระยะห่างซี่นวด และระยะห่างระหว่างซี่นวดและตะแกรงนวดมีผลต่อสมรรถนะการนวดทานตะวัน โดยระยะห่างซี่นวดที่เหมาะสมคือ 12.5 เซนติเมตร และระยะห่างระหว่างซี่นวดและตะแกรงนวด 5 มิลลิเมตร ให้ประสิทธิภาพในการนวดเฉลี่ย 99.51 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณเมล็ดแตกหัก เฉลี่ย 1.30 เปอร์เซ็นต์ มีความสูญเสียเฉลี่ย 1.11 เปอร์เซ็นต์ มีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 258.6 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

คำสำคัญ: ชุดนวด ดอกทานตะวัน

ABSTRACT

The main objective of this research project was to develop a high-performance small-axial flow sunflower threshing unit. It consists of 1) studying the operation of the small axial flow sunflower threshing unit; 2) studying the peg-tooth clearance; 3) studying the concave clearance; and 4) evaluating the sunflower threshing efficiency. This research project studied and developed two main components of a threshing unit: the sunflower threshing drum unit and the concave clearance. The testing unit of the sunflower threshing has an average humidity of 14.26 percent, a linear velocity of peg tooth drums of 10 meters per second, and a feed rate of 1,200 kilograms per hour. The results show that peg-tooth clearance and concave clearance affect sunflower threshing efficiency. The optimum peg-tooth clearance was 12.5 centimeters, and the concave clearance was 5 millimeters. The average threshing efficiency is 99.51 percent. The average grain break amount was 1.30 percent. The average loss was 1.11 percent. The average working capacity was 258.6 kilograms per hour.

Keywords: threshing unit, sunflower



การประยุกต์ใช้พลังงานความร้อนร่วมระหว่างแสงอาทิตย์และแก๊สจากเตาผลิตถ่านชีวภาพ Application of Solar Thermal Energy in Conjunction with Biogas from Charcoal Production Kiln

รัตติมา เอมหล้า¹ สุทธิดา หงษ์ศรี¹ นำพร ปัญโญใหญ่² ทิพาพร คำแดง² และธนศิษฐ์ วงศ์ศิริอำนวย^{2*}
Ratima Emlam¹, Sutthida Hongsri¹, Numpon Punyoyai², Tipapon Khamdaeng² and
Thanasit Wongsiriamnuay^{2*}

¹นักศึกษา และ ²อาจารย์หลักสูตรวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัด
เชียงใหม่ 50290

¹Students and ²Lecturers of Agricultural Engineering Division, Faculty of Engineering and Agro-Industry
Maejo University, Chiang Mai 50290 Thailand

โทรศัพท์ 0-5387-5019 โทรสาร 0-5387-5011 *e-mail: t.wongsiriamnuay@gmail.com

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้เพื่อศึกษาประสิทธิภาพความร้อนและเอ็กเซอร์ยีของระบบการผลิตไบโอชาร์ร่วมกับโดมอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ชีวมวลที่ใช้ในการผลิตไบโอชาร์คือ เปลือกกล้วย การวิจัยนี้จะใช้สารทำงานคือ น้ำผสมเอทิลีนไกลคอลที่อัตราส่วน 70:30 ควบคุมอัตราการไหลสารทำงานที่ 2 ลิตรต่อนาที และความเร็วลมที่ 1 เมตรต่อวินาที ในการเติมเชื้อเพลิงที่เตาเผาจะควบคุมอัตราการเติมเชื้อเพลิงที่ 7 กิโลกรัมต่อ 15 นาที และควบคุมเชื้อเพลิงที่ใช้ในการให้ความร้อนที่เตาเผาไบโอชาร์ที่ 12 กิโลกรัมต่อเตาเผาไบโอชาร์ ผลการศึกษาพบว่าปริมาณการกลายเป็นไบโอชาร์คือ 73 กิโลกรัม ในโดมอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับระบบการผลิตไบโอชาร์พบว่ามอดุณหภูมิสูงกว่าโดมอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบดั้งเดิมเฉลี่ยที่ 3 องศาเซลเซียส และมีผลต่างสูงสุดที่ 5 องศาเซลเซียส ส่งผลให้ประสิทธิภาพความร้อนของระบบการผลิตไบโอชาร์ร่วมกับโดมอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์คือ 40 เปอร์เซ็นต์ และประสิทธิภาพเอ็กเซอร์ยีของเตาเผาไบโอชาร์ คือ 54 เปอร์เซ็นต์
คำสำคัญ: ประสิทธิภาพพลังงาน, เอ็กเซอร์ยี, ไบโอชาร์, โดมอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

ABSTRACT

The objective of this research is to study the thermal efficiency and exergy of a biochar production system with a solar drying dome. The biomass used in the biochar production is longan shells. In this research, the working fluid used is a 70:30 ethylene glycol-water mixture, with a flow rate of 2 liters per minute and air velocity of 1 meter per second. The fuel rate of 7 kg per 15 minutes is controlled in the re-burning kiln. The fuel used for heating the biochar kiln is controlled at a rate of 12 kg per biochar kiln. The result of the study showed that the amount of biochar produced was 71 kg. The solar drying dome with the biochar production system had a higher temperature than the traditional solar drying dome, with an average temperature of 3 °C higher and a maximum difference of 5 °C. The results show that the thermal efficiency of the biochar production system with solar drying dome is 40%, and the exergy efficiencies of the biochar kilns are 54%.

Keywords: Energy Efficiency, Exergy, Biochar, Solar Drying Dome



เว็บแอปพลิเคชันสำหรับการควบคุมการให้น้ำแบบแม่นยำ Web Application for Precision Irrigation

กายกาญจน์ จันทรวงศ์ไพศาล¹ วัชรพล นนทะแสง¹ จิราพร ศรีภิญโญวนิชย์ จงยิ่งเจริญ² และ ปานมนัส ศิริสมบุญ²
Guygan Chantrawongphasal¹, Watcharaphon Nonthasaeng¹, Jiraporn Sripinyowanich Jongyingcharoen² and
Panmanas Sirisomboon²

หลักสูตรวิศวกรรมเกษตรอัจฉริยะ ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520

Agricultural Intelligence Engineering Program, Department of Agricultural Engineering,
Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok 10520 Thailand
โทรศัพท์ 02-329-8301#223 e-mail: panmanas.si@kmitl.ac.th, jiraporn.jo@kmitl.ac.th

บทคัดย่อ

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างเว็บแอปพลิเคชันสำหรับการควบคุมการให้น้ำแบบแม่นยำเพื่อแก้ปัญหาการใช้ทรัพยากรน้ำที่มากเกินไปในการทำเกษตรกรรม มีการใช้ภาษา HTML, CSS และ JavaScript ในการทำเว็บแอปพลิเคชัน ปริมาณการให้น้ำคำนวณจากค่าความต้องการน้ำของพืช (ETc) ด้วยสมการ Penman-monteith ข้อมูลของผู้ใช้ที่เก็บไว้บน NETPIE และข้อมูลสภาพภูมิอากาศรายชั่วโมงจากกรมอุตุนิยมวิทยา ในการใช้งานเว็บแอปพลิเคชันสำหรับการควบคุมการให้น้ำแบบแม่นยำ ผู้ใช้ต้องเข้าระบบการลงทะเบียนและเข้าสู่ระบบ ต้องระบุข้อมูล Device name (จาก NETPIE), Client ID (จาก NETPIE), Token (จาก NETPIE), ที่อยู่อีเมล และรหัสผ่านเพื่อเข้าถึงข้อมูล NETPIE ของผู้ใช้ ในระบบผู้ใช้งานหลัก ข้อมูลที่ผู้ใช้ต้องป้อนเข้าประกอบด้วยชนิดของพืช อัตราการจ่ายน้ำ (ลิตร/นาที่) ขนาดพื้นที่เพาะปลูก (ตารางเมตร) อายุของพืช (เดือน) สถานที่ปลูก-จังหวัด และชนิดของดิน และข้อมูลส่งออกที่ได้รับ คือ ปริมาณความต้องการน้ำของพืช (มิลลิเมตร/วัน) ระยะเวลาที่ควรให้น้ำ (นาที่) และเวลาที่แนะนำในการให้น้ำแก่พืช ซึ่งผู้ใช้สามารถนำไปเป็นข้อมูลในการให้น้ำพืชได้

คำสำคัญ: ค่าความต้องการน้ำของพืช (ETc), Penman-monteith, NETPIE, เว็บแอปพลิเคชัน

ABSTRACT

The objective of this project is to develop a web application for precision irrigation to solve the problem of overusing water resources for agriculture. HTML, CSS, and JavaScript were used for generating the web application. The amount of irrigation was calculated from crop evapotranspiration (ETc) using the Penman-monteith equation, user data collected on NETPIE, and hourly climate data from the Thai Meteorological Department. To use the web application for precision irrigation, user must register and log in the system, and enter Device name (from NETPIE), Client ID (from NETPIE), Token (from NETPIE), email address, and password to access the user's NETPIE data. On the main webpage, the input data required includes the type of plant, water flow rate (L/min), size of planting area (m²), age of plants (month), planting location - province, and type of soil. The output data received is the water demand of plant (mm/day), irrigation duration (min), and recommended irrigation schedule, which users can use them as information for watering plants.

Keywords: Crop evapotranspiration (ETc), Penman-monteith, NETPIE, Web application



การประยุกต์ใช้วงจรสตาร์-เดลต้า สำหรับมอเตอร์ 3 เฟส เพื่อการลดพลังงานในกระบวนการอบแห้ง Application of Star-Delta for 3-phase Motor to Reduce Energy in Drying Process

จิรพัฒน์ อยู่หลาย กิตติพงษ์ ภูมิ ชญาณิน นิรุตติสถานนท์ ชลธาร โอสถทอง ปิรุณวิชัย ประเวส และ ทรงกวด อาท
อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร. กฤษฎากร บุคดาจันทร์

ภาควิชาวิศวกรรมเกษตรเพื่ออุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีและการจัดการอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ วิทยาเขตปราจีนบุรี 25230

Department of Agricultural Engineering for Industry, Faculty of Industrial Technology and Management,
King Mongkut's University of Technology North Bangkok Prachinburi Campus, 25230
โทรศัพท์ 037-217300 โทรสาร 037-217317 e-mail: khridsadakhon.b@itm.kmutnb.ac.th

บทคัดย่อ

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการประยุกต์ใช้วงจรสตาร์-เดลต้า สำหรับพัดลมโบลเวอร์ส่งลมโดยใช้ต้นกำลังเป็นมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส 20 แรงม้า เพื่อลดพลังงานในกระบวนการอบแห้งวัสดุเกษตร การทดลองได้ทดสอบวงจรสตาร์-เดลต้าที่ระดับ 0%, 25%, 50%, 75% และ 100% ควบคุมการทำงานด้วยพีแอลซี โดยทดสอบการใช้งานสำหรับมอเตอร์และทดสอบการอบแห้งโดยตัวอย่างกระสอบป่าน จากผลการทดลองพบว่าวงจรสตาร์-เดลต้า สามารถควบคุมการทำงานของมอเตอร์ให้ทำงานตามโปรแกรมพีแอลซีได้อย่างถูกต้อง การทดสอบการทำงานของมอเตอร์พบว่า วงจรสตาร์ที่ 75% ลดการใช้พลังงานได้ดีที่สุด และวงจรสตาร์ที่ 50% สามารถอบแห้งกระสอบป่านให้มีความชื้น 12% โดยใช้เวลาอบแห้ง 4 ชั่วโมง และสามารถลดพลังงานในกระบวนการอบแห้งได้ประมาณ 40%

คำสำคัญ: การลดพลังงาน, การอบแห้ง, มอเตอร์ 3 เฟส, วงจรสตาร์-เดลต้า

ABSTRACT

This project aims to study the application of the Star-Delta for an air blower fan using a 20-horsepower 3-phase electric motor to reduce energy in the drying process of agricultural materials. The experiment tested the Star-Delta at 0%, 25%, 50%, 75% and 100%, controlled using a PLC, a motor, and a drying test using a hemp sack sample. The experimental results found that the Star-Delta could control the motor's operation to work according to the PLC program correctly. Testing the motor's operation found that a 75% start cycle significantly reduced energy consumption. The star cycle at 50% can dry hemp sacks to a moisture content of 12% using a drying time of 4 hours and can reduce energy in the drying process by approximately 40%.

Keywords: Energy reduction, Drying, 3-phase motor, Star-Delta circuit



ประสิทธิภาพการปลูกของกลไกปลูกต้นกล้าอ้อย Transplanting Efficiency of Cane Seedling Mechanism

ศิริพุด สรีเจริญ¹ ธนัช ใจสมบุญ¹ ณัฐพล อยู่ประเสริฐ¹ ธนพล อินทร์ประสิทธิ์¹ และ ศิริศักดิ์ เชิดเกียรติพล²
Siriput Srijaroen¹, Tanat Jaisomboon¹, Nattapon Yuprasoet¹, Thanapon Inprasit¹ and Sirsak Chertkiattipol²
ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จังหวัดนครปฐม 73140
Department of Agricultural Engineering, Faculty of Engineering at Kamphaeng Saen,
Kasetsart University, Nakhon Pathom 73140 Thailand
โทรศัพท์ 03435 1896 โทรสาร 0-3435-1896 e-mail: fengsrcp@ku.ac.th

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันการปลูกอ้อยแบบใช้ต้นกล้าที่เพาะจากข้อตาอ้อยเป็นวิธีการปลูกอ้อยวิธีหนึ่งเพื่อการผลิตพันธุ์อ้อยสะอาด อุปกรณ์ปลูกอ้อยแบบใช้ต้นกล้าอ้อยจึงถูกพัฒนาขึ้นเพื่อเป็นการปลูกอ้อยแนวทางเลือกใหม่ให้แก่เกษตรกร ประหยัดเวลาในการปลูกอ้อยแบบใช้ต้นกล้า ลดแรงงานคน ลดต้นทุนในขั้นตอนการปลูกอ้อย

โครงการวิศวกรรมนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาการปลูกอ้อยแบบใช้ต้นกล้าและประเมินประสิทธิภาพการปลูก กลไกปลูกต้นกล้าอ้อยประกอบด้วยแผ่นงานเหล็กที่ติดตั้งกรวยปลูกจำนวน 8 ชุด กลไกการปลูกถูกพัฒนาเพื่อการต่อพ่วงกับรถแทรกเตอร์ category II ในระหว่างที่รถแทรกเตอร์เคลื่อนที่กลไกจะหมุนปลูกอ้อยแบบต่อเนื่องโดยใช้กำลังขับเคลื่อนจากล้อขับ ระยะปลูกอ้อย 49.5 เซนติเมตร ทดลองที่ความเร็วการเดินทางของรถแทรกเตอร์ 1.1 1.3 และ 1.6 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ผลการศึกษาพบว่ากลไกที่พัฒนาปลูกอ้อยที่ระยะปลูก 37.1 40.5 และ 46.8 เซนติเมตร ตามลำดับ และอัตราการปลูกสำเร็จ 68.3% 64.6% และ 56.4% ตามลำดับ ประสิทธิภาพการทำงานของกลไกปลูกต้นกล้าอ้อยโดยเฉลี่ย 80.42%

คำสำคัญ: ต้นกล้าอ้อย, การปลูกอ้อยแบบใช้ต้นกล้า, ประสิทธิภาพการปลูก

ABSTRACT

Nowadays, cane-seedling transplanting technique has been applied for good quality sugarcane seedling. Sugarcane transplanting was developed and recommended as an alternative planting method for farmers to save seed quantity, labor power and total costs of sugarcane production.

This agricultural engineering project aimed to develop and evaluated the efficiency of a cane seedling transplanter. It was developed to attach behind tractor in category II. The seedling metering mechanism was installed with eight funnels. The diameter of seedling mechanism is 126 cm. the seedling metering mechanism was rotated by a ground wheel. The designing seedling space is 49.5 cm. The experiments were carried out at tractor speeds of 1.1, 1.3 and 1.6 km/h. The results showed that the plant spacing as operating were 37.1, 40.5 and 46.8 cm, respectively. And transplanting success of the seedling mechanism were 68.3%, 64.6% and 56.4%, respectively. The average working efficiency of a seedling mechanism was 80.42%.

Keywords: Cane Seedling, Sugarcane Transplanter, Seedling-Transplant Efficiency



การพัฒนาระบบควบคุมยานยนต์ไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ Development of Automatic Electric Vehicle Control System

จิระเมธ สมศรี¹ ฉัตรวิวัฒน์ พัฒนสาระ¹ ณัฐชนน มุลโต¹ นนทวัฒน์ เข้มทอง¹ จักรมาส เลหาวิช² ชณัฐ วิพัชนะพร²
สุพรรณ ยั่งยืน² และ เชิดพงษ์ เชี่ยวชาญวัฒนา²

Jiramet Somsri¹, Chattawat Pattanasan¹, Nuchanon Moontoe¹, Nontawat Kametong¹, Juckamas Laohavanich², Chant Vipattanaporn², Suphan Yanguen² and Cherdpong Chiewchanwatana^{2*}

หลักสูตรวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม 44150

Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Mahasarakham University, Maha Sarakham
44150 Thailand

โทรศัพท์ 089187 4946 e-mail: cherdpong.c@msu.ac.th

บทคัดย่อ

การพัฒนาระบบควบคุมอัตโนมัติเพื่อใช้ในการควบคุมการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้าของยานยนต์ไฟฟ้าต้นแบบ ระบบขับเคลื่อน 4 ล้อ เป็นการพัฒนาจากต้นแบบเดิมที่เป็นยานยนต์ไฟฟ้าขับเคลื่อน 2 ล้อหลัง โดยได้ดำเนินการออกแบบและสร้างชุดขับเคลื่อนล้อหน้าขึ้น มีเป้าหมายเพื่อใช้งานทางด้านเกษตรกรรม ถูกใช้งานบนถนนที่มีความขรุขระซึ่งเป็นอุปสรรคต่อการเคลื่อนที่ จึงได้พัฒนาระบบควบคุมอัตโนมัติเพื่อควบคุมการทำงานของมอเตอร์ระหว่างการขับเคลื่อน โดยใช้พีแอลซีทำงานร่วมกับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์หรืออาδυโน ใช้เซ็นเซอร์ชนิดตรวจจับโลหะติดตั้งไว้ที่ล้อหลังและล้อหน้าเพื่อวัดความเร็วรอบ และติดตั้งเซ็นเซอร์ตรวจจับกระแสไฟฟ้าของมอเตอร์ล้อหลังและล้อหน้า โดยที่ระบบควบคุมจะสั่งการให้มอเตอร์ล้อหน้าทำงานแบบอัตโนมัติเมื่ออยู่ในเงื่อนไขดังต่อไปนี้ การขับออกตัวจากหยุดนิ่ง การขับขึ้นทางลาดชัน และล้อหลังมีการหมุนฟรี สุดท้ายจะหยุดการทำงานแบบอัตโนมัติเมื่อพ้นจากเงื่อนไขดังกล่าว

จากการทดสอบพบว่าระบบควบคุมอัตโนมัติที่ได้ทำการออกแบบ ทำงานได้ตามเงื่อนไขที่กำหนดขึ้น โดยยานยนต์ไฟฟ้าต้นแบบ ระบบขับเคลื่อน 4 ล้อ ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าชนิดไร้แปรงถ่าน พิกัดกำลังไฟฟ้า 1,000 วัตต์ จำนวน 2 ตัว แบตเตอรี่ชนิดลิเทียมฟอสเฟต แรงดันไฟฟ้า 48 โวลต์ ความจุ 50 แอมป์ชั่วโมง และการทดสอบขับใช้งานในสภาพถนนเรียบสามารถขับได้ระยะทางสูงสุด 21.9 กิโลเมตร ต่อการชาร์จแบตเตอรี่ 1 ครั้ง โดยทำความเร็วสูงสุดได้ 45 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และสามารถใช้งานในสภาพถนนขรุขระ สภาพแปลงทดสอบที่ยานยนต์ปกติไม่สามารถเข้าถึงได้

คำสำคัญ: มอเตอร์ไร้แปรงถ่าน, โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์, ยานยนต์เพื่อการเกษตร, เซ็นเซอร์

ABSTRACT

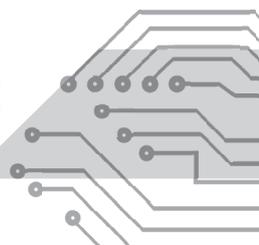
Development of an automatic control system for the control of the electric motor of the prototype electric vehicle. The 4-wheel drive system is a development from the original prototype, which is a 2-wheel electric vehicle, with the design and construction of the front wheel drive. up with the goal of agricultural applications is used on rough roads that hinder movement Therefore have developed an automatic control system to control the motor operation during driving. By using PLC working with microcontrollers or Arduino boards use proximity sensors installed on the rear and front wheels to measure the speed and install the electric current sensor of the rear and front wheel motors With the control system ordering the front wheel motor to operate automatically when in the following conditions Expulsion from stationary driving up the steep slope and the rear wheels have free rotation Finally, will stop working automatically when it is free the from above conditions.

The test found that the automatic control system that was designed work according to the conditions specified by the prototype electric vehicle 4-wheel drive system uses 2 brushless electric motor 1,000 watts electric power rating, lithium phosphate battery, voltage 48 volts Capacity 50 amp hours and driving tests on smooth roads can drive up to a maximum distance of 21.9 kilometers per 1



battery charge, with a maximum speed of 45 kilometers per hour. Can be used in rough road conditions test conversion conditions that normal vehicles cannot access.

Keywords: Brushless electric motors, Programmable logic controller, Agricultural vehicles, Sensors





การหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการทอดกรอบฟักทองด้วยวิธีพื้นผิวตอบสนอง Optimization of Pumpkin Frying Using the Response Surface Methodology

วรันธร จันตา¹ จีรพงษ์ ปุกกระโทก¹ และ เทวรัตน์ ตรีอำนรรค²

Waranton Chanta¹, Jirapong Pukkrathok¹ and Tawarat Treeamnuak²

สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา 30000

School of Agricultural Engineering, Institute of Engineering, Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima, 30000 Thailand

โทรศัพท์ 0846942933 e-mail: tawarat@sut.ac.th

บทคัดย่อ

โครงการวิศวกรรมเกษตรนี้เป็นการศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมของการทอดกรอบฟักทองด้วยเครื่องทอดสุญญากาศวิธีพื้นผิวตอบสนองจากการออกแบบการทดลองแบบ Central Composite Design (CCD) โดยปัจจัยที่ทำการการศึกษาประกอบด้วยอุณหภูมิในการทอด เวลาในการทอดและ การปฏิบัติก่อนการทอด 2 แบบคือแช่เยือกแข็งและไม่แช่เยือกแข็ง ผลจากการวิเคราะห์พบว่าสภาวะที่เหมาะสมต่อการทอดกรอบฟักทองด้วยเครื่องทอดสุญญากาศคือ ทำการทอดฟักทองที่ผ่านการแช่เยือกแข็ง ด้วยอุณหภูมิ 98.805 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 62.21 นาที จะได้ค่าความชื้น 3.05 %wb ค่าปริมาณน้ำอิสระ 0.282 ค่าความกรอบ 15 และ พารามิเตอร์สี L* a* และ b* มีค่า 63.58 11.00 และ 40.60 ตามลำดับ
คำสำคัญ: ฟักทอง, การทอดสุญญากาศ, สภาวะที่เหมาะสม, พื้นผิวตอบสนอง

ABSTRACT

This agricultural engineering project is a study to evaluate the optimum conditions for frying pumpkin crisps using a vacuum fryer. The response surface methodology with Central Composite Design (CCD) was used for experimentation. The studied factors include frying temperature, frying time and two types of treatment before frying: freezing and not freezing. The results of the analysis found that the optimum conditions for frying pumpkin crisps using a vacuum fryer are: Frying frozen pumpkin at a temperature of 98.805 degrees Celsius for a period of 62.21 minutes will result in a moisture value of 3.05 %wb., water activity of 0.282, a crispness value of 15 and color parameters L* a* and b*. of 63.58, 11.00, and 40.60, respectively.

Keywords: Pumkin, Vacuum frying, Optimization, Response surface methodology



การศึกษาค่าดัชนีพืชพรรณ (NDVI) ของอ้อยในแต่ละช่วงการเจริญเติบโตด้วยอากาศยานไร้คนขับ (UAV) A Study of Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) of Sugarcane at Each Growth Stage by Unmanned Aerial Vehicle (UAV)

วัฒนศักดิ์ บุญศรี¹ ณัฐภัทร มุ่งงาม¹ และ ศุภสิทธิ์ คนใหญ่²

Wattanasak Boonsi¹, Nuttapat Mungngam¹ and Supasit Konyai²

¹นักศึกษาและ ²อาจารย์หลักสูตรวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40002

¹Students and ²Lecturers of Department of Agricultural Engineering, Faculty of Engineering,

Khon Kaen University, Khon Kaen 40002 Thailand

โทรศัพท์ 081-661-9611 e-mail: supako@kku.ac.th

บทคัดย่อ

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาค่าดัชนีความแตกต่างพืชพรรณ (NDVI) ของอ้อยในแต่ละช่วงการเจริญเติบโตด้วยอากาศยานไร้คนขับ (UAV) โดยมีปัจจัยศึกษาคือค่าดัชนีความแตกต่างพืชพรรณ (NDVI) ของอ้อยในแต่ละช่วงการเจริญเติบโต โดยจะศึกษาอ้อยที่ช่วงอายุ 1 - 3 เดือน, 4 - 6 เดือน, 7 - 9 เดือน ด้วยภาพถ่ายทางอากาศโดยอากาศยานไร้คนขับที่ติดตั้งกล้องกล้องมัลติสเปกตรัม จากนั้นนำภาพถ่ายทางอากาศที่ได้จากกล้องมัลติสเปกตรัมนำมาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม ArcGIS ซึ่งผลการศึกษาพบว่าในช่วง 1 - 3 เดือน ค่าที่เหมาะสมคือ 0.112 ถึง 0.766 โดยมีพื้นที่ 9.34% หรือคิดเป็นพื้นที่ 1,311.15 ตร.ม. ช่วง 4 - 6 เดือน ค่าที่เหมาะสมคือ 0.296 ถึง 0.825 โดยมีพื้นที่ 9.68% หรือคิดเป็นพื้นที่ 1,359.07 ตร.ม. ช่วง 7 - 9 เดือน ค่าที่เหมาะสมคือ 0.800 ถึง 0.954 โดยมีพื้นที่ 33.46% หรือคิดเป็นพื้นที่ 4,696.96 ตร.ม.
คำสำคัญ: ดัชนีความต่างพืชพรรณ, อากาศยานไร้คนขับ, อ้อย

ABSTRACT

This project aims to study the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) of sugarcane at each growth stage using an unmanned aerial vehicle (UAV). The study factor is the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) of sugarcane. In each growth period, Study sugarcane at the ages of 1 - 3 months, 4 - 6 months, and 7 - 9 months with aerial photographs taken by an unmanned aerial vehicle equipped with a multispectral camera. Then the aerial photographs obtained from the multispectral camera were analyzed with the ArcGIS program. The results found that in 1 - 3 months, the appropriate values were between 0.112 to 0.766 with an area of 9.34 percent or an area of 1,311.15 sq m. During 4 - 6 months, the appropriate values were between 0.296 and 0.825 with an area of 9.68 percent or an area of 1,359.07 sq m. During 7 - 9 months, the appropriate value was between 0.800 and 0.954, with an area of 33.46 percent or an area of 4,696.96 sq m.

Keywords: Normalized Difference Vegetation Index, Unmanned Aerial Vehicle, sugar cane



คำสั่งคณะกรรมการและอุตสาหกรรมเกษตร

ที่ ๖๕๒ /๒๕๖๖

เรื่อง แต่งตั้งคณะกรรมการประชุมวิชาการโครงการงานวิศวกรรมเกษตรแห่งชาติ
ครั้งที่ ๓๐ ประจำปี ๒๕๖๗

ด้วยคณะกรรมการและอุตสาหกรรมเกษตร ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการจัดการประชุมวิชาการโครงการงานวิศวกรรมเกษตรแห่งชาติ ครั้งที่ ๓๐ ประจำปี ๒๕๖๗ ระหว่างวันที่ ๑-๒ กุมภาพันธ์ ๒๕๖๗ ณ อาคารเรียนรวมสาขาวิศวกรรมศาสตร์ คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร เพื่อให้นักศึกษาและคณาจารย์ได้แลกเปลี่ยนความรู้และประสบการณ์ สร้างความร่วมมือในการสร้างสรรค์เทคโนโลยีและนวัตกรรมทางวิศวกรรมเกษตรเพื่อพัฒนาการเกษตรของประเทศต่อไป

เพื่อให้การดำเนินการดังกล่าวเป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ อาศัยอำนาจตามความในมาตรา ๔๒ แห่งพระราชบัญญัติมหาวิทยาลัยแม่โจ้ พ.ศ. ๒๕๖๐ จึงแต่งตั้งคณะกรรมการประชุมวิชาการโครงการงานวิศวกรรมเกษตรแห่งชาติ ครั้งที่ ๓๐ ประจำปี ๒๕๖๗ ดังนี้

๑. คณะกรรมการฝ่ายอำนวยการ

- | | |
|-------------------------------------------------|----------------------------|
| ๑.๑ รองศาสตราจารย์บัณฑิต หิรัญสถิตย์พร | ประธานกรรมการ |
| ๑.๒ รองศาสตราจารย์ ดร.สุนทร สืบคำ | รองประธานกรรมการ |
| ๑.๓ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นำพร ปัญญาใหญ่ | กรรมการ |
| ๑.๔ อาจารย์พิสุทธิ์ กลิ่นขจร | กรรมการ |
| ๑.๕ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.โชติพงศ์ กาญจนประโชติ | กรรมการ |
| ๑.๖ อาจารย์ ดร.แสนวสันต์ ยอดคำ | กรรมการ |
| ๑.๗ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนศิษฐ์ วงศ์ศิริอำนวย | กรรมการและเลขานุการ |
| ๑.๘ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทิพาพร คำแดง | กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ |

มีหน้าที่

๑. วางนโยบายการดำเนินงาน
๒. ดูแลบริหารการดำเนินงานให้เป็นไปด้วยความเรียบร้อย
๓. ให้คำปรึกษาแนะนำแก่คณะกรรมการฝ่ายต่าง ๆ ให้สามารถจัดประชุมได้สำเร็จลุล่วง
๔. ติดตามผลการดำเนินงานเพื่อพัฒนาการดำเนินงานให้มีประสิทธิภาพ

๒. คณะกรรมการฝ่ายวิชาการและเกณฑ์รางวัล

- | | |
|----------------------------------------|------------------|
| ๒.๑ รองศาสตราจารย์ ดร.สุนทร สืบคำ | ประธานกรรมการ |
| ๒.๒ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทิพาพร คำแดง | รองประธานกรรมการ |
| ๒.๓ รองศาสตราจารย์บัณฑิต หิรัญสถิตย์พร | กรรมการ |

๒.๔ ผู้ช่วยศาสตราจารย์...

๒.๔ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นำพร ปัญญาใหญ่	กรรมการ
๒.๕ อาจารย์พิสุทธิ์ กลิ่นขจร	กรรมการ
๒.๖ อาจารย์ ดร.แสนวสันต์ ยอดคำ	กรรมการ
๒.๗ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนศิษฏ์ วงศ์ศิริอำนวย	กรรมการ
๒.๘ นางสาวจิราพร ทิพย์เนตร	กรรมการและเลขานุการ
๒.๙ นางสุนทรี หาญพรหม	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

มีหน้าที่

๑. กำหนดแนวทางและเกณฑ์ของการเตรียมต้นฉบับของบทความ และบทความฉบับเต็มพร้อมตัวอย่าง (โปสเตอร์/บรรยาย)

๒. กำหนดแบบฟอร์มและคำแนะนำการส่งบทความ และบทความฉบับเต็ม (โปสเตอร์/บรรยาย)

๓. สรุปและรวบรวมบทความและบทความฉบับเต็ม (จากเครือข่ายมหาวิทยาลัย)

๔. สรุปรายละเอียดของผู้นำเสนอผลงาน และจัดส่งข้อมูลให้ฝ่ายต่าง ๆ

๕. พิจารณาตรวจสอบความถูกต้องของบทความและบทความฉบับเต็ม (โปสเตอร์/บรรยาย)

๖. กำหนดประเภทรางวัล และเกณฑ์การตัดสิน/การนำเสนอภาคบรรยาย และภาคโปสเตอร์

๗. สรุปผลการพิจารณาตัดสินผลคะแนน และผลรางวัล

๘. ประสานงานกับฝ่ายอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

๓. คณะกรรมการฝ่ายด้านเอกสารและรับลงทะเบียน พิธีการ และบันทึกภาพ

๓.๑ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นำพร ปัญญาใหญ่	ประธานกรรมการ
๓.๒ รองศาสตราจารย์บัณฑิต หิริยสถิตพร	รองประธานกรรมการ
๓.๓ อาจารย์พิสุทธิ์ กลิ่นขจร	กรรมการ
๓.๔ นางวิภาวรรณ ผาภูมิ	กรรมการ
๓.๕ นางอัจฉรี นาคะเสถียร	กรรมการ
๓.๖ นางสาวยุริวรรณ นนทวาสี	กรรมการ
๓.๗ นางสินีลักษณ์ เครือปัญญา	กรรมการ
๓.๘ นางสาวเบญจมาศ ปานดี	กรรมการ
๓.๙ นางสาวอริษฐาน มีแสงแก้ว	กรรมการ
๓.๑๐ นางสาวปวีรศา ศรีสง่า	กรรมการ
๓.๑๑ นางเยาวลักษณ์ ลิลิต	กรรมการ
๓.๑๒ นายเอกชัย บุญธรรม	กรรมการ
๓.๑๓ นางสุนทรี หาญพรหม	กรรมการและเลขานุการ
๓.๑๔ นางสาวจิราพร ทิพย์เนตร	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

มีหน้าที่

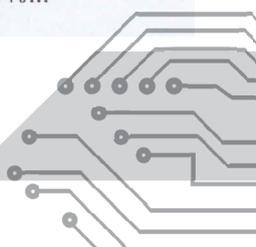
๑. ดูแลการรับลงทะเบียน

๒. จัดเตรียมเอกสารต่าง ในการประชุม

๓. วางแผนและดำเนินการจัดเลี้ยงอาหารว่าง อาหารกลางวัน อาหารเย็น

๔. ประสานงานฝ่ายอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

๔. คณะกรรมการ...



๔. คณะกรรมการฝ่ายแข่งขันทักษะ

- ๔.๑ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.โชติพงศ์ กาญจนประโชติ ประธานกรรมการ
- ๔.๒ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นำพร ปัญญโญใหญ่ รองประธานกรรมการ
- ๔.๓ รองศาสตราจารย์บัณฑิต หิรัญสถิตย์พร กรรมการ
- ๔.๔ อาจารย์พิสุทธิ์ กลิ่นขจร กรรมการ
- ๔.๕ อาจารย์ ดร.แสนวสันต์ ยอดคำ กรรมการ
- ๔.๖ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนศิษฐ์ วงศ์ศิริอำนวย กรรมการและเลขานุการ
- ๔.๗ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทิพาพร คำแดง กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

มีหน้าที่

- ๑. ประชุมและตั้งโจทย์การแข่งขันทักษะทางวิศวกรรมเกษตร
- ๒. กำหนดเงื่อนไข กติกา ของการแข่งขันทักษะทางวิศวกรรมเกษตร
- ๓. จัดหาวัสดุ อุปกรณ์ รวมถึงสิ่งอำนวยความสะดวกที่ใช้ในการแข่งขันทักษะทางวิศวกรรมเกษตร
- ๔. กำหนด รูปแบบ เกณฑ์การตัดสิน ประเภท และจำนวนของรางวัลการแข่งขันทักษะทางวิศวกรรมเกษตร
- ๕. สรุปรายละเอียดของทีมตัวแทนจากมหาวิทยาลัยต่าง ๆ ทั้งรายชื่อและจำนวนนักศึกษา และจัดส่งข้อมูลให้ฝ่ายต่าง ๆ
- ๖. สรุปรายผลการพิจารณาตัดสินผลคะแนน และผลรางวัล
- ๗. ประสานงานกับฝ่ายอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

๕. คณะกรรมการฝ่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและระบบอินเทอร์เน็ต

- ๕.๑ อาจารย์ ดร.แสนวสันต์ ยอดคำ ประธานกรรมการ
- ๕.๒ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นำพร ปัญญโญใหญ่ รองประธานกรรมการ
- ๕.๓ ว่าที่ ร.ต.ประถม พิชัย กรรมการและเลขานุการ
- ๕.๔ นายเอกชัย บุญธรรม กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

มีหน้าที่

- ๑. จัดเตรียม และดูแลความเรียบร้อยระบบอินเทอร์เน็ตให้สถานที่จัดประชุม
- ๒. ประสานข้อมูลกับฝ่ายอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

๖. คณะกรรมการฝ่ายสถานที่

- ๖.๑ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นำพร ปัญญโญใหญ่ ประธานกรรมการ
- ๖.๒ อาจารย์ ดร.แสนวสันต์ ยอดคำ รองประธานกรรมการ
- ๖.๓ ว่าที่ ร.ต.ประถม พิชัย กรรมการ
- ๖.๔ นายเอกชัย บุญธรรม กรรมการ
- ๖.๕ นายประพันธ์ จิโน กรรมการ
- ๖.๖ นายพงศ์นรินทร์ จอมใจป้อ กรรมการ
- ๖.๗ นายสมบูรณ์ แซ่จ๋วย กรรมการ

๖.๘ นางสาวสุนทรี...

๖.๘ นางสาวสุนทรี หาญพรหม

กรรมการและเลขานุการ

๖.๙ นางสาวจิราพร ทิพย์เนตร

กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

มีหน้าที่

๑. ดูแลและอำนวยความสะดวกเรื่องการจัดเตรียมสถานที่ในการประชุม

๒. ประสานข้อมูลกับฝ่ายอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

๗. คณะกรรมการฝ่ายการเงินและพัสดุ

๗.๑ นายอดุลย์ โปธิ

ประธานกรรมการ

๗.๒ นางสาวนภสร บุญเรือง

รองประธานกรรมการ

๗.๓ นางสาวดวงดาว อุตระสัก

กรรมการและเลขานุการ

๗.๔ นางสาวสุนทรี หาญพรหม

กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

มีหน้าที่

๑. ดูแลการชำระค่าลงทะเบียนและให้ข้อมูล/อำนวยความสะดวกแก่ผู้เข้าร่วมประชุมวิชาการ

๒. ตรวจสอบยอดการชำระเงินค่าลงทะเบียน และจัดส่งรายรับ

๓. ออกหลักฐานใบเสร็จรับเงินให้แก่มหาวิทยาลัยเครือข่าย และผู้สนับสนุน

๔. รับผิดชอบเบิกจ่ายเงินให้เป็นไปด้วยความเรียบร้อย

๕. ประสานงานการจัดซื้อวัสดุต่าง ๆ และควบคุมดูแลการจัดซื้อให้เป็นไปด้วยความเรียบร้อย

ทั้งนี้ ตั้งแต่วันที่ ๘ ธันวาคม พ.ศ. ๒๕๖๖ เป็นต้นไปจนกว่าการดำเนินการจะแล้วเสร็จ

สั่ง ณ วันที่ ๘ ธันวาคม พ.ศ. ๒๕๖๖

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กาญจนา นาคประสม)

คณบดีคณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร



ประกาศมหาวิทยาลัยแม่โจ้
เรื่อง แต่งตั้งคณะกรรมการตัดสินผลงาน
การประชุมวิชาการโครงการวิศวกรรมเกษตรแห่งชาติ ครั้งที่ ๓๐ ประจำปี ๒๕๖๗

ด้วย คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ร่วมกับสมาคมวิศวกรรมแห่งประเทศไทย และสถาบันการศึกษาภาคีเครือข่าย ที่เปิดสอนในหลักสูตรวิศวกรรมเกษตรและสาขาที่เกี่ยวข้องกำหนดจัดการการประชุมวิชาการโครงการวิศวกรรมเกษตรแห่งชาติ ครั้งที่ ๓๐ ประจำปี ๒๕๖๗ ในระหว่างวันที่ ๑-๒ กุมภาพันธ์ ๒๕๖๗ ณ อาคารเรียนรวมสาขาวิศวกรรมศาสตร์ คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้

เพื่อให้การดำเนินการดังกล่าวเป็นไปด้วยความเรียบร้อยและมีประสิทธิภาพ จึงขอประกาศ แต่งตั้งคณะกรรมการตัดสินผลงาน การประชุมวิชาการโครงการวิศวกรรมเกษตรแห่งชาติ ครั้งที่ ๓๐ ประจำปี ๒๕๖๗ ดังนี้

คณะกรรมการตัดสินภาคบรรยาย ประกอบด้วย

- | | |
|--------------------------------------------|---------------|
| ๑. รองศาสตราจารย์บัณฑิต หิรัญสถิตย์พร | ประธานกรรมการ |
| ๒. อาจารย์ ดร.คุณนิตี ด้วงผึ้ง | กรรมการ |
| ๓. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธิดาพร จุลยุเสณ | กรรมการ |
| ๔. อาจารย์ ดร.วิพุธ ตูยานนท์ | กรรมการ |
| ๕. อาจารย์ ดร.นิลวรรณ ไชยทนต์ | กรรมการ |
| ๖. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิตติมณฑน์ วงศ์ษา | กรรมการ |
| ๗. อาจารย์ ดร.วารี ศรีสอน | กรรมการ |
| ๘. อาจารย์ ดร.กันตภณ เปรมประยูร | กรรมการ |
| ๙. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ระวิน สีบคำ | กรรมการ |
| ๑๐. รองศาสตราจารย์ ดร.วัชรพล ชยประเสริฐ | กรรมการ |
| ๑๑. ผู้ช่วยศาสตราจารย์จรัสชัย เย็นพยัค | กรรมการ |
| ๑๒. รองศาสตราจารย์ ดร.เจษฎา โพธิ์สม | กรรมการ |
| ๑๓. รองศาสตราจารย์ ดร.จักรมาส เลหาทนต์ | กรรมการ |

คณะกรรมการตัดสินภาคนิทรรศน์ ประกอบด้วย

- | | |
|------------------------------------------------|---------------|
| ๑. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนศิษฐ์ วงศ์ศิริอำนวย | ประธานกรรมการ |
| ๒. อาจารย์กิตติคุณ ปิตุพรหมพันธุ์ | กรรมการ |
| ๓. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เทวรัตน์ ตรีอำรรค | กรรมการ |
| ๔. อาจารย์ธีระพงษ์ ควรคำนวณ | กรรมการ |

๕. อาจารย์อัจฉรา...

๕. อาจารย์อัจฉรา จันทร์ผง	กรรมการ
๖. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิระชา ทางดี	กรรมการ
๗. อาจารย์ ดร.ชนิษฐา ชัยบรรดิษฐ์	กรรมการ
๘. อาจารย์ ดร.ชนินทร์ อุปถัมภ์	กรรมการ
๙. อาจารย์ ดร.ชนิดา บุพตา	กรรมการ
๑๐. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วันรัฐ อับดุลลาฮาซิม	กรรมการ
๑๑. รองศาสตราจารย์ ดร.ประสันต์ ชุ่มใจหาญ	กรรมการ
๑๒. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมบูรณ์ สุขพรรณเจริญ	กรรมการ
๑๓. อาจารย์ ดร.ชนัญ วิพัทนะพร	กรรมการ

คณะกรรมการตัดสินการแข่งขันทักษะ ประกอบด้วย

๑. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.โชติพงศ์ กาญจนประโชติ	ประธานกรรมการ
๒. อาจารย์ ว่าที่ร้อยตรี ดร.เอกราช ไชยเพ็ญ	กรรมการ
๓. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศธา วาทกิจ	กรรมการ
๔. อาจารย์ ว่าที่ร้อยตรีจุลพงศ์ พฤกษ์ศรี	กรรมการ
๕. อาจารย์ ดร.พฤทธิ เนตรสว่าง	กรรมการ
๖. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดนุวัต ทางดี	กรรมการ
๗. อาจารย์ ดร.ณัฐพงษ์ ประภาการ	กรรมการ
๘. อาจารย์ ดร.กัณฑภณ เปรมประยูร	กรรมการ
๙. อาจารย์ภัทรพร สัญชาติเจตน	กรรมการ
๑๐. อาจารย์ ดร.ชัยยะ จันทร์า	กรรมการ
๑๑. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จีรายุทธ หงส์เวียงจันทร์	กรรมการ
๑๒. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิตติพงษ์ ลาลูน	กรรมการ
๑๓. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เชิดพงษ์ เชี่ยวชาญวัฒนา	กรรมการ

ตั้งแต่วันที่ ๘ ธันวาคม พ.ศ. ๒๕๖๖ เป็นต้นไปจนกว่าการจัดงานจะแล้วเสร็จ

ประกาศ ณ วันที่ ๒๖ ธันวาคม พ.ศ. ๒๕๖๖

(รองศาสตราจารย์ ดร.เกรียงศักดิ์ ศรีเงินยวง)

รองอธิการบดี ปฏิบัติการแทน
อธิการบดีมหาวิทยาลัยแม่โจ้

รายนามผู้สนับสนุน

การประชุมวิชาการโครงการวิศวกรรมเกษตรแห่งชาติ ครั้งที่ 30

	<p>สมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย สมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย อาคาร 5 ชั้น 5 กรมส่งเสริมการเกษตร 2143/1 ถนนพหลโยธิน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900 โทร : 0-2940-6183 https://tsae.asia/2022/</p>
	<p>บริษัท สามารถเกษตรยนต์ จำกัด 184 หมู่ 11 ตำบลหันคา อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดชัยนาท 17130 โทร: 0-5645-2222 โทรสาร : 0-5645-2221 มือถือ : 097-391-6982 www.samartkaseyion.com</p>
	<p>บริษัท ชันสวีท จำกัด (มหาชน) เลขที่ 9 หมู่ 1 ต.ทุ่งสะโตก อ.สันป่าตอง จ.เชียงใหม่ 50120 โทร : 053-106538 www.sunsweetthai.com</p>
	<p>บริษัท ชันสวีท โฮลดิ้งส์ จำกัด เลขที่ 2/12 หมู่ 1 ตำบลช้างเผือก อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50300</p>

 <p>นวัตกรรมเกษตรเพื่ออนาคต</p>	<p>บริษัท สยามคูโบต้าคอร์ปอเรชั่น จำกัด 101/19-24 หมู่ที่ 20 นิคมอุตสาหกรรมนวนคร ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120 โทร: 0-2079-8199 โทรสาร : 0-2909-1698 https://www.siamkubota.co.th/</p>
	<p>หจก. เอ็น. อี. ซี. เทคโนโลยี 111/136 หมู่ที่ 8 ตำบลหางดง อำเภอหางดง จังหวัดเชียงใหม่ 50230 มือถือ : 089-951-6223, 088-268-1499 Email: nectech.cm@gmail.com (ฉัตรมงคล คำต๋อย)</p>
	<p>บริษัท โมเดิร์นอะกริเทค เดฟ จำกัด (MATD) 29/6 หมู่ที่ 4 ตำบลต้นเปา อำเภอสันกำแพง จังหวัดเชียงใหม่ 50130 มือถือ : 081-881-3334 https://www.facebook.com/modernagritechdev</p>
	<p>บริษัท คิว แม็กซ์ อะโกรเทค จำกัด 555/52 หมู่ที่ 13 ตำบลบางภาษี อำเภอบางเลน จังหวัดนครปฐม 73130 โทร: 034-109621 https://www.qmaxagrotech.com/</p>
	<p>บริษัท บริษัท เอฟดีจีเอพี จำกัด 555/169-170 หมู่ 2 ตำบลไผ่ล้อม อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์ 53210 มือถือ : 098-562-9295</p>

