



Digital technology เพื่อการเกษตรที่ยั่งยืน

การประชุมวิชาการ

โครงการวิศวกรรมเกษตรแห่งชาติ ครั้งที่ 29

29th National AE Project Conference

วันที่ 16 - 17 กุมภาพันธ์ 2566



การประชุมวิชาการโครงการวิศวกรรมเกษตรแห่งชาติ ครั้งที่ 29

29th National AE Project Conference

จัดทำโดย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

วันที่ 16-17 กุมภาพันธ์ 2566

ณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

ทักษะและข้อคิดเห็นใดๆ ที่ปรากฏในบทความในเอกสารรายงาน สืบเนื่องจากการประชุมวิชาการโครงการวิศวกรรมเกษตรแห่งชาติ ครั้งที่ 29 เป็นทักษะของผู้เขียน คณะกรรมการจัดการประชุมไม่จำเป็นต้องเห็นพ้องด้วยกับทักษะเหล่านั้น และไม่ถือว่าเป็นความรับผิดชอบของคณะกรรมการจัดการประชุม ความรับผิดชอบด้านเนื้อหาและการตรวจร่างบทความแต่ละบทความของผู้เขียนแต่ละท่าน กรณีมีการฟ้องร้องเรื่องการละเมิดลิขสิทธิ์ถือเป็นความรับผิดชอบของผู้เขียนแต่เพียงผู้เดียว



การประชุมวิชาการโครงการวิศวกรรมเกษตรแห่งชาติ ครั้งที่ 29

วันที่ 16-17 กุมภาพันธ์ 2566

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

จัดโดย

ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร



การประชุมวิชาการ โครงการวิศวกรรมเกษตรแห่งชาติ ครั้งที่ 29
16-17 กุมภาพันธ์ 2566 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

สารจากอธิการบดี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



การเกษตรนับว่ามีความสำคัญต่อเศรษฐกิจและสังคมของประเทศไทยเป็นอย่างมาก ปัจจุบันเทคโนโลยีได้เข้ามามีบทบาทในทุกภาคส่วน รวมถึงการตอบสนองทางภาคการเกษตรกรรม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ ประสิทธิผล และลดการสูญเสีย อีกทั้งยังมีแนวความคิดการเกษตรอย่างยั่งยืนตามหลัก BCG (Bio-Circular-Green Economy) เพื่อการใช้ทรัพยากรอย่างเต็มศักยภาพ ดังนั้น การสร้างนวัตกรรมทางการเกษตรจึงเป็นสิ่งสำคัญและจำเป็น การจัดงานประชุมวิชาการโครงการวิศวกรรมเกษตรแห่งชาติเป็นการส่งเสริมการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ด้านวิศวกรรมเกษตร รวมทั้งนำเสนอความก้าวหน้าทางวิชาการ และเป็นการออกแบบกระบวนการเรียนรู้ โดยเรียนรู้ไปพร้อมกัน ระหว่างนักวิจัย นักวิชาการ คณาจารย์ นิสิต นักศึกษา

ในการนี้ ขอขอบพระคุณสถาบันภาคีเครือข่าย อันประกอบด้วยสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตขอนแก่น (คณะวิศวกรรมศาสตร์ และคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ วิทยาเขตปราจีนบุรี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก มหาวิทยาลัยแม่โจ้ มหาวิทยาลัยขอนแก่น มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี และสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (คณะวิศวกรรมศาสตร์ ลาดกระบัง และวิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์) ในการออกแบบกระบวนการเรียนรู้ให้กับการอุดมศึกษาไทย อันจะเป็นจุดหมายที่สำคัญในการพัฒนาเยาวชนให้เป็นผู้ใฝ่เรียนรู้ตลอดชีวิตภายใต้สังคมแห่งการเรียนรู้

(ศาสตราจารย์ ดร.คมสัน มาลีสี)

อธิการบดี



การประชุมวิชาการ โครงการวิศวกรรมเกษตรแห่งชาติ ครั้งที่ 29
16-17 กุมภาพันธ์ 2566 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

ปาฐกถาพิเศษ

ศาสตราจารย์ ดร.ปานเมงษ์ ศิริสมบูรณ์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง



ศิษยาภิบาล
เทคโนโลยีระบบตรวจวัด
เพื่อสังคมเกษตรดิจิทัล



การประชุมวิชาการ โครงการวิศวกรรมเกษตรแห่งชาติ ครั้งที่ 29
16-17 กุมภาพันธ์ 2566 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

การประชุมวิชาการโครงการวิศวกรรมเกษตรแห่งชาติ ครั้งที่ 1-29

ครั้งที่	ปี	จำนวนผลงาน	จำนวนสถาบัน ที่เข้าร่วม	เจ้าภาพ
1	2538	นำเสนอ 10 เรื่อง	3	ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน
2	2539 (15 ก.พ. 39)	นำเสนอ 10 เรื่อง	3	ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง
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 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง
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 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง



การประชุมวิชาการ โครงการวิศวกรรมเกษตรแห่งชาติ ครั้งที่ 29
16-17 กุมภาพันธ์ 2566 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

การประชุมวิชาการโครงการวิศวกรรมเกษตรแห่งชาติ ครั้งที่ 1-29

ครั้งที่	ปี	จำนวนผลงาน	จำนวนสถาบัน ที่เข้าร่วม	เจ้าภาพ
11	2548 (4 ก.พ. 48)	นำเสนอ 14 เรื่อง	8	คณะวิศวกรรมเกษตรและ เทคโนโลยีการเกษตร 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
14	2551 (15 ก.พ. 51)	นำเสนอ 16 เรื่อง โปสเตอร์ 14 เรื่อง	10	ภาควิชาเทคโนโลยีการออกแบบและ ผลิตเครื่องจักรกลอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีและการจัดการอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า พระนครเหนือ 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



การประชุมวิชาการ โครงการวิศวกรรมเกษตรแห่งชาติ ครั้งที่ 29
16-17 กุมภาพันธ์ 2566 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

การประชุมวิชาการโครงการวิศวกรรมเกษตรแห่งชาติ ครั้งที่ 1-29

ครั้งที่	ปี	จำนวนผลงาน	จำนวนสถาบัน ที่เข้าร่วม	เจ้าภาพ
20	2557 (31 ม.ค.57)	นำเสนอ 24 เรื่อง โปสเตอร์ 24 เรื่อง	13	คณะวิศวกรรมเกษตรและ เทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
21	2558 (3 เม.ย. 58)	นำเสนอ 12 เรื่อง โปสเตอร์ 39 เรื่อง	14	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า พระนครเหนือ ปراجินบุรี
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)	นำเสนอโปสเตอร์ แข่งขันทักษะทาง วิศวกรรมเกษตร	15	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
25	2562 (28-29 มี.ค. 62)	นำเสนอโปสเตอร์ 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
27	2564 (25-26 มี.ค. 64)	นำเสนอ 12 เรื่อง โปสเตอร์ 23 เรื่อง แข่งขันทักษะทาง วิศวกรรมเกษตร	12	สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตรและชีวภาพ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา



การประชุมวิชาการ โครงการวิศวกรรมเกษตรแห่งชาติ ครั้งที่ 29
16-17 กุมภาพันธ์ 2566 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

การประชุมวิชาการโครงการวิศวกรรมเกษตรแห่งชาติ ครั้งที่ 1-29

ครั้งที่	ปี	จำนวนผลงาน	จำนวนสถาบัน ที่เข้าร่วม	เจ้าภาพ
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	ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร



การประชุมวิชาการ โครงการวิศวกรรมเกษตรแห่งชาติ ครั้งที่ 29
16-17 กุมภาพันธ์ 2566 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

คำนำ

กองบรรณาธิการในนามของคณะกรรมการดำเนินการ จัดประชุมวิชาการโครงการวิศวกรรมเกษตรแห่งชาติ ครั้งที่ 29 ขอขอบพระคุณ คณาจารย์ผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่ได้กรุณาสละเวลาอันมีค่าในการตรวจแก้ไข และให้ข้อเสนอแนะ เพื่อปรับปรุงบทความของนิสิตนักศึกษาในระดับปริญญาตรีของแต่ละสถาบันให้มีมาตรฐาน รวมทั้งก่อให้เกิดองค์ความรู้ที่สามารถขยายผลงานวิจัยใหม่ๆ และขอขอบพระคุณคณาจารย์ นักวิจัย นักวิชาการ นิสิต นักศึกษา ทุกท่าน ที่เป็นตัวแทน ในการส่งผลงาน และเข้าร่วมงานประชุมโครงการวิศวกรรมเกษตรแห่งชาติ ครั้งที่ 29 ในการนำเสนอผลงานต่อการประชุม วิชาการในครั้งนี้ กองบรรณาธิการและคณะกรรมการฯ หวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้ร่วมมือกันในการพัฒนาประเทศ ทางด้านวิศวกรรมเกษตรให้มีความเจริญก้าวหน้าในอนาคตต่อไป

ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร



การประชุมวิชาการ โครงการวิศวกรรมเกษตรแห่งชาติ ครั้งที่ 29
16-17 กุมภาพันธ์ 2566 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

กำหนดการ

การประชุมวิชาการโครงการวิศวกรรมเกษตรแห่งชาติ ครั้งที่ 29

หัวข้อ “Digital technology เพื่อการเกษตรที่ยั่งยืน”

ณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

วันและเวลา	กิจกรรม
วันพฤหัสบดีที่ 16 กุมภาพันธ์ 2566	
08.30 น. – 09.00 น.	ลงทะเบียนการแข่งขันทักษะทางวิศวกรรมเกษตร ณ อาคารเฉลิมพระเกียรติ 6 รอบ พระชนมพรรษาฯ ชั้น 3 ห้อง B301
09.00 น. – 09.15 น.	จับฉลากแบ่งสายการแข่งขัน
09.15 น. – 09.30 น.	พักรับประทานอาหารว่าง
09.30 น. – 11.30 น.	ช่วงเวลาสำหรับการประกอบและทดสอบชุดแขนกล
11.30 น. – 12.00 น.	การแข่งขันรอบคัดเลือก
12.00 น. – 13.00 น.	พักรับประทานอาหารกลางวัน
13.00 น. – 14.45 น.	การแข่งขันรอบคัดเลือก (ต่อ)
14.45 น. – 15.00 น.	พักรับประทานอาหารว่าง
15.00 น. – 17.00 น.	การแข่งขันรอบรองชนะเลิศ และรอบชิงชนะเลิศ
18.00 น. – 21.00 น.	พักรับประทานอาหารเย็น (งานเลี้ยงรับรอง ณ บริเวณหาดพระจอม)



วันและเวลา	กิจกรรม
------------	---------

วันศุกร์ที่ 17 กุมภาพันธ์ 2566

- | | |
|---------------------|--|
| 08.30 น. – 09.00 น. | ลงทะเบียน
ณ อาคารเฉลิมพระเกียรติ 6 รอบ พระชนมพรรษาฯ ชั้น 3 ห้อง B301 |
| 09.00 น. – 09.30 น. | พิธีเปิดโดย
รองศาสตราจารย์ ดร.คำรณวิทย์ ทิพย์มณี
รักษาการแทนรองอธิการบดี วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร |
| 09.30 น. – 10.15 น. | ปาฐกถาพิเศษ
หัวข้อ “ทิศทางการพัฒนาเทคโนโลยีระบบตรวจวัดเพื่อสังคมเกษตรดิจิทัล”
โดย ศาสตราจารย์ ดร.ปานมนัส ศิริสมบุรณ์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง |
| 10.15 น. – 10.30 น. | พักรับประทานอาหารว่าง |

การนำเสนอภาคบรรยาย (ณ อาคารเฉลิมพระเกียรติ 6 รอบ พระชนมพรรษาฯ ชั้น 3 ห้อง B301)

ช่วงที่ 1

ประธาน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กระวี ตรีอำนรรค

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

เวลา	รหัส	เรื่อง
10.30 น. – 10.45 น.	O-01	การศึกษาชุดทดสอบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์สำหรับเพาะเห็ดนางฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
10.45 น. – 11.00 น.	O-02	การพัฒนาระบบโรงเรือนเกษตรอัจฉริยะเพื่อการควบคุมอุณหภูมิสำหรับการปลูก มะเขือเทศ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน
11.00 น. – 11.15 น.	O-03	ระบบการต่อเครื่องสูบน้ำทางการเกษตรและวัดค่าด้วยเทคโนโลยี IoT มหาวิทยาลัยแม่โจ้
11.15 น. – 11.30 น.	O-04	เครื่องผลิตไมโครบับเบิ้ลผสมโอโซนเพื่อล้างผลผลิตทางการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ วิทยาเขตปทุมธานี
11.30 น. – 11.45 น.	O-05	การออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบของเครื่องล้างใบโอติเซลด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์
11.45 น. – 13.00 น.		พักรับประทานอาหารกลางวัน



การนำเสนอภาคบรรยาย (ณ อาคารเฉลิมพระเกียรติ 6 รอบ พระชนมพรรษาฯ ชั้น 3 ห้อง B301)

ช่วงที่ 2

ประธาน รองศาสตราจารย์ ดร.ชัยวัฒน์ รัตนมีชัยสกุล

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์

เวลา	รหัส	เรื่อง
13.00 น. – 13.15 น.	O-06	เครื่องหยอดกาวในไลน์ผลิตรถไถเดินตาม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
13.15 น. – 13.30 น.	O-07	ผานไถหัวหมูแบบสองทิศทางพ่วงรถไถเดินตาม 14 แรงม้า สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
13.30 น. – 13.45 น.	O-08	การพัฒนาเครื่องกะเทาะเม็ดมะม่วงหิมพานต์แบบแนวตั้งกึ่งอัตโนมัติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
13.45 น. – 14.00 น.	O-09	การออกแบบเครื่องพาสเจอร์ไรซ์น้ำมะพร้าวโดยให้ความร้อนแบบโอห์มมิก มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตบางพระ
14.00 น. – 14.15 น.	O-10	การอบแห้งมะม่วงน้ำดอกไม้โดยการใช้ลมร้อนเสริมพลังงานแสงอาทิตย์และ อินฟราเรดแบบเป็นช่วง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
14.15 น. – 14.30 น.	O-11	การศึกษาการลดความชื้นใบและลำต้นมันสำปะหลังโดยเครื่องอบลดความชื้นแบบ ถึงหมุนเพื่อเป็นอาหารสัตว์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
14.30 น. – 15.00 น.		พักรับประทานอาหารว่าง
15.00 น. – 15.30 น.		การประกาศรางวัล (ณ อาคารเฉลิมพระเกียรติ 6 รอบ พระชนมพรรษาฯ ชั้น 3 ห้อง B301)
15.30 น. – 16.00 น.		พิธีการส่งมอบธงการประชุมครั้งที่ 30 และพิธีปิดการประชุมฯ (ณ อาคารเฉลิมพระเกียรติ 6 รอบ พระชนมพรรษาฯ ชั้น 3 ห้อง B301)



การนำเสนอภาคนิทรรศน์ (ณ ลานวัฒนธรรม ชั้น 1 อาคารเฉลิมพระเกียรติ 6 รอบ พระชนมพรรษาฯ)

ช่วงที่ 1 ยืนประจำโปสเตอร์

เวลา	รหัส	เรื่อง
10.30 น. – 11.45 น.	P-01	การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพการฉีดพ่นสารด้วยอากาศยานไร้คนขับ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน
	P-03	การศึกษาการแปรรูปผลิตภัณฑ์จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร มหาวิทยาลัยขอนแก่น
	P-05	การศึกษาคุณลักษณะเฉพาะการเป็นแบตเตอรี่ของไบโอชาร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้
	P-07	การปรับปรุงคุณภาพน้ำด้วยเครื่องกลเติมอากาศแบบฟุ้งลอย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก
	P-09	การศึกษาดินถล่มด้วยแบบจำลอง STEP-TRAMM มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
	P-11	ผลกระทบของการใช้คลื่นอัลตราโซนิคต่อปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและปริมาณฟลา โวนอยด์ ทั้งหมดจากหอมใหญ่ (<i>Allium cepa</i> L.) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
	P-13	การประยุกต์ใช้เทคนิคการเรียนรู้เชิงลึกเพื่อแบ่งชั้นคุณภาพมะเขือเทศพันธุ์เพอร์เฟก โกล 111 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
	P-15	การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการอัดเม็ดเชื้อเพลิงชีวมวลจากใบตะไคร้แห้งและแกลบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
	P-17	การออกแบบเครื่องกลึงกึ่งอัตโนมัติสำหรับการกลึงกึ่งแบบกึ่งแกววยาว มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
	P-19	การออกแบบและสร้างเทอร์สเตอร์แบบถอดประกอบได้ของรถไถเดินตาม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
	P-21	การประมาณค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิงโดยใช้ข้อมูลสภาพอากาศร่วมกับอัลกอริทึม การเรียนรู้ของเครื่อง สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์



การนำเสนอภาคนิทรรศน์ (ณ ลานวัฒนธรรม ชั้น 1 อาคารเฉลิมพระเกียรติ 6 รอบ พระชนมพรรษา)

ช่วงที่ 2 ยืนประจำโปสเตอร์

เวลา	รหัส	เรื่อง
13.30 น. – 14.30 น.	P-02	การพัฒนาชุดเครื่องมือผลิตผลิตภัณฑ์จากวัสดุธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน
	P-04	การศึกษาการแปรสภาพชีวมวลเหลือทิ้งจากการเกษตรเพื่อผลิตเป็นเชื้อเพลิงแข็ง มหาวิทยาลัยขอนแก่น
	P-06	การศึกษาการใช้ประโยชน์จากโตรนเกษตรเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการดูแลรักษาสวนลำไย มหาวิทยาลัยแม่โจ้
	P-08	การพัฒนารถตัดหญ้าแบบควบคุมด้วยรีโมท มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตบางพระ
	P-10	ผลของค่าความเป็นกรดต่างของตัวทำละลายและอุณหภูมิต่อปริมาณปริมาณ ฟินอลลิคทั้งหมดจากใบกัญชา (<i>Cannabis sativa</i>) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
	P-12	การเปรียบเทียบความสามารถในการเพิ่มออกซิเจนในน้ำเพื่อการเกษตรระหว่าง น้ำประปาและน้ำที่ผ่านกระบวนการกรองโดยใช้วิธีการสร้างฟองอากาศขนาดเล็ก ด้วยปั๊มขนาด 1 แรงม้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
	P-14	การผลิตเชื้อเพลิงอัดเม็ดชีวมวลจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
	P-16	การพัฒนาเครื่องควบคุมระบบน้ำหยดอัตโนมัติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
	P-18	การศึกษาและปรับปรุงเครื่องหยอดเมล็ดพันธุ์ลงถาดเพาะกล้าอัตโนมัติเพื่อการ หยอดเมล็ดพันธุ์ที่มีความหลากหลาย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
	P-20	เครื่องแหลมปลายไม้ปักชำสำหรับค้ำกล้าไม้ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ วิทยาเขตปทุมธานี
	P-22	การผลิตฟิล์มชีวภาพจากเปลือกทุเรียนร่วมกับสารสกัดจากพืชตระกูลขิง สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์



สารบัญ

สารจากอธิการบดี

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปาฐกถาพิเศษ

ตารางสรุปการประชุมวิชาการโครงการวิศวกรรมเกษตรแห่งชาติ ครั้งที่ 1-29

คำนำ

I

กำหนดการประชุม

II

สารบัญ

VII

ภาคบรรยาย

- O-01 การศึกษาชุดทดสอบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์สำหรับเพาะเห็ดนางฟ้า 1
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตขอนแก่น
- O-02 การพัฒนาระบบโรงเรือนเกษตรอัจฉริยะเพื่อการควบคุมอุณหภูมิสำหรับการปลูกมะเขือเทศ 13
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน
- O-03 ระบบการต่อเครื่องสูบน้ำทางการเกษตรและวัดค่าด้วยเทคโนโลยี IoT 22
มหาวิทยาลัยแม่โจ้
- O-04 เครื่องผลิตไมโครบับเบิ้ลผสมโอโซนเพื่อล้างผลผลิตทางการเกษตร 33
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ วิทยาเขตปทุมธานี
- O-05 การออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบของเครื่องล้างไปโอติเซลด้วยไบโอชาร์ 40
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์
- O-06 เครื่องหยอดกาวในไลน์ผลิตรถไถเดินตาม 49
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
- O-07 ผานไถหัวหมูแบบสองทิศทางพวงรถไถเดินตาม 14 แรงม้า 56
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- O-08 การพัฒนาเครื่องกะเทาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์แบบแนวตั้งกึ่งอัตโนมัติ 61
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
- O-09 การออกแบบเครื่องพาสเจอร์ไรซ์น้ำมะพร้าวโดยการให้ความร้อนแบบโอทมมิก 72
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตบางพระ



O-10	การอบแห้งมะม่วงน้ำดอกไม้โดยการใช้น้ำร้อนเสริมพลังงานแสงอาทิตย์และอินฟราเรดแบบเป็นช่วง	79
	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี	
O-11	การศึกษาการลดความชื้นใบและลำต้นมันสำปะหลังโดยเครื่องอบลดความชื้นแบบถักหมุน	87
	เพื่อเป็นอาหารสัตว์	
	มหาวิทยาลัยขอนแก่น	
ภาคนิเทศน์		
P-01	การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพการฉีดพ่นสารด้วยอากาศยานไร้คนขับ	98
	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน	
P-02	การพัฒนาชุดเครื่องมือผลิตผลิตภัณฑ์จากวัสดุธรรมชาติ	99
	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน	
P-03	การศึกษาการแปรรูปผลิตภัณฑ์จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร	100
	มหาวิทยาลัยขอนแก่น	
P-04	การศึกษาการแปรสภาพชีวมวลเหลือทิ้งจากการเกษตรเพื่อผลิตเป็นเชื้อเพลิงแข็ง	101
	มหาวิทยาลัยขอนแก่น	
P-05	การศึกษาคุณลักษณะเฉพาะการเป็นแบตเตอรี่ของไบโอชาร์	102
	มหาวิทยาลัยแม่โจ้	
P-06	การศึกษาการใช้ประโยชน์จากโตรนเกษตรเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการดูแลรักษาสวนลำไย	103
	มหาวิทยาลัยแม่โจ้	
P-07	การปรับปรุงคุณภาพน้ำด้วยเครื่องกลเติมอากาศแบบทุ่นลอย	104
	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก	
P-08	การพัฒนาชุดตัดหญ้าแบบควบคุมด้วยรีโมท	105
	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตบางพระ	
P-09	การศึกษาดินถล่มด้วยแบบจำลอง STEP-TRAMM	106
	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี	
P-10	ผลของค่าความเป็นกรดต่างของตัวทำละลายและอุณหภูมิต่อปริมาณปริมาณฟินอลิกทั้งหมด	107
	จากใบกัญชา (<i>Cannabis sativa</i>)	
	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา	
P-11	ผลกระทบของการใช้คลื่นอัลตราโซนิกต่อปริมาณฟินอลิกทั้งหมดและ	108
	ปริมาณฟลาโวนอยด์ ทั้งหมดจากหอมใหญ่ (<i>Allium cepa</i> L.)	
	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา	



P-12	การเปรียบเทียบความสามารถในการเพิ่มออกซิเจนในน้ำเพื่อการเกษตรระหว่างน้ำประปาและน้ำที่ผ่านกระบวนการกรองโดยใช้วิธีการสร้างฟองอากาศขนาดเล็กด้วยปั๊มขนาด 1 แรงม้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตขอนแก่น	109
P-13	การประยุกต์ใช้เทคนิคการเรียนรู้เชิงลึกเพื่อแบ่งชั้นคุณภาพมะเขือเทศพันธุ์เพอร์เฟกต์ โกล 111 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตขอนแก่น	110
P-14	การผลิตเชื้อเพลิงอัดเม็ดชีวมวลจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตขอนแก่น	111
P-15	การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการอัดเม็ดเชื้อเพลิงชีวมวลจากใบตะไคร้แห้งและแกลบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตขอนแก่น	112
P-16	การพัฒนาเครื่องควบคุมระบบน้ำหยดอัตโนมัติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี	113
P-17	การออกแบบเครื่องกลับกองปุ๋ยหมักสำหรับการกลับกองปุ๋ยหมักแบบกองแถวยาว มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี	114
P-18	การศึกษาและปรับปรุงเครื่องหยอดเมล็ดพันธุ์ลงถาดเพาะกล้าอัตโนมัติเพื่อการหยอดเมล็ดพันธุ์ที่มีความหลากหลาย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	115
P-19	การออกแบบและสร้างเทอร์เลอร์แบบถอดประกอบได้ของรถไถเดินตาม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	116
P-20	เครื่องแหลมปลายไม้ปักชำสำหรับค้ำกล้าไม้ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ วิทยาเขตปราจีนบุรี	117
P-21	การประมาณค่าการใช้พลังงานของพืชอ้างอิงโดยใช้ข้อมูลสภาพอากาศร่วมกับอัลกอริทึมการเรียนรู้ของเครื่อง สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์	118
P-22	การผลิตฟิล์มชีวภาพจากเปลือกทุเรียนร่วมกับสารสกัดจากพืชตระกูลขิง สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์	119
คณะกรรมการประชุม		120
ผู้สนับสนุนการประชุม		127

ภาคบรรยาย



การประชุมวิชาการ โครงการวิศวกรรมเกษตรแห่งชาติ ครั้งที่ 29
16-17 กุมภาพันธ์ 2566 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

การศึกษาชุดทดสอบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์สำหรับเพาะเห็ดนางฟ้า Study of Temperature and Relative Humidity Test Kit for Grey Oyster Mushrooms Cultivation

นันทวัฒน์ ราศรี¹, สถาพร ต่ออำนาจ¹, สุทธิชัย เกษศิริ¹ และ สุกัญญา ทองโยธี²

Nuntawat Rasri¹ Sathaporn Toramnat¹ Sathaporn Toramnat¹ and Sukanya Thongyothee²

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน

วิทยาเขตขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40000

Agricultural Machinery Engineering Faculty of Engineering Rajamangala University of Technology Isan

Campus KhonKaen, KhonKaen 40000, Thailand

E-mail: Sathaporn.tr@rmuti.com, Nuntawat.ra@rmuti.com, Sutticha_ke@rmuti.com

บทคัดย่อ

การศึกษามีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของเห็ดนางฟ้า เพื่อนำมาวิเคราะห์การออกแบบและสร้าง ตลอดจนประเมินผลชุดทดสอบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์สำหรับเพาะเห็ดนางฟ้า และการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ จากการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของเห็ดนางฟ้ามี 2 คุณสมบัติ ได้แก่ อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ โดยอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเห็ดนางฟ้า คือ 20 – 30°C เห็ดจะเจริญเติบโตได้เร็ว และระยะที่กำลังเจริญเติบโตเป็นดอกเห็ดต้องการความชื้นสัมพัทธ์ 70 – 90% ชุดทดสอบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์สำหรับเพาะเห็ดนางฟ้า ใช้ระบบควบคุมการทำงาน มีอยู่ 2 ส่วนประกอบหลักๆ คือ Digital Temperature Controller และเซนเซอร์ DHT11 ผลการทดสอบและประเมินผลการทำงาน ชุดทดสอบมีขนาดความกว้าง 95 เซนติเมตร ความยาว 95 เซนติเมตร ความสูง 120 เซนติเมตร โดยใช้ก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าจำนวน 130 ก้อน ได้อุณหภูมิเฉลี่ย 28.07°C ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 87.65% และปริมาณการใช้น้ำเฉลี่ย 28.4 ลิตรต่อวัน ผลการเปรียบเทียบผลผลิต พบว่าการเจริญเติบโตของเห็ดนางฟ้าที่เพาะแบบไม่มีชุดทดสอบควบคุม ได้น้ำหนัก 5,067 กรัม และการเจริญเติบโตของเห็ดนางฟ้าที่เพาะแบบมีชุดทดสอบควบคุม ได้น้ำหนัก 10,387 กรัม โดยมีผลผลิตต่างกัน 48.78 % การประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ มีจุดคุ้มทุน 123.4 กิโลกรัมต่อปี และระยะเวลาคืนทุน 2 ปี 3 เดือน

คำสำคัญ: ชุดทดสอบ, ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโต, เห็ดนางฟ้า

ABSTRACT

The purposes of this study were to investigate factors affecting the growth of grey oyster mushrooms in order to analyze the design and building to test evaluate the temperature and relative humidity test kit for cultivating grey oyster mushrooms and analysis of economic value. The study of factors affecting the growth of grey oyster mushroom, there are 2 properties, Temperature and Relative humidity. The optimum temperature for mushroom growth is 20 – 30°C. The mushroom will grow faster and the mushroom growing stage requires a relative humidity of 70 – 90%. Grey oyster mushroom cultivation using a control system, there are two main components: Digital Temperature Controller and Sensor DHT11. The results of testing and evaluating the performance. Indicated that a dimension of the designed test kit was 95 cm wide, 95 cm long, 120 cm high. 130 grey oyster mushroom spores were required with an average temperature of 28.07°C, an average relative humidity of 87.65% and an average water consumption of 28.4



liters per day. The results of comparing the productivity revealed that for the growth of mushrooms cultured without the control unit, the weight was 5,067 g and in case of with the control unit, the weight was 10,387 g, with a difference in yield of 48.78%. Break-even point was 123.4 kg per year and payback period was 2 years and 3 months.

Keywords: Test kit, Factors affecting the growth of grey, Oyster mushroom

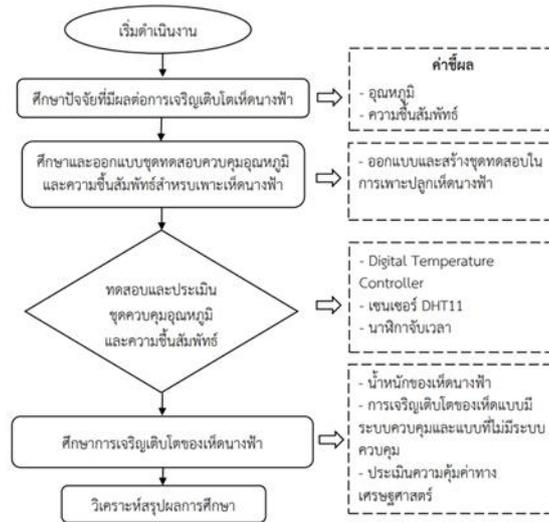
1. บทนำ

เห็ดนางฟ้าเป็นเห็ดเศรษฐกิจชนิดหนึ่งที่อยู่ในสกุลเดียวกันกับเห็ดนางรมและเห็ดเป๋าฮื้อ มีลักษณะคล้ายเห็ดนางรม แต่ดอกมีสีขาวนวลถึงน้ำตาลอ่อน หมวกดอกหนาและเนื้อแน่นกว่าเห็ด นางรม ชื่อ “เห็ดนางฟ้า” เป็นชื่อที่ตั้งขึ้นในเมืองไทย แต่คนไทยบางคนเรียกว่าเห็ดแขก เพราะเห็ด ชนิดนี้มีถิ่นกำเนิดแถบภูเขาหิมาลัย ประเทศอินเดีย ในสภาพธรรมชาตินั้นเห็ดนางฟ้าชอบเจริญอยู่ตามตอไม้ผุๆ ในบริเวณที่มีอากาศชื้นและเย็น แต่เมื่อนำมาเพาะเห็ดนางฟ้าสามารถเจริญเติบโตได้ดีในซีลีเยอไม้เนื้ออ่อน ฟางข้าวสับละเอียด ซังข้าวโพดป่น ใส่นุ่น ใส้ฝ้าย ปุยหมัก หรือแม้แต่เศษฟางที่ใช้เพาะเห็ดฟางไปแล้วยังสามารถนำมาตากให้แห้งและป่นให้ละเอียด แล้วนำไปใช้เพาะเห็ดนางฟ้าได้ เห็ดนางฟ้าถูกนำมาเลี้ยงในอาหารรุ้นเป็นครั้งแรกโดย Jandaik ในปี ค.ศ. 1974 ต่อมา Rangaswami และ Nadu แห่ง Agricultural, University, Coimbatore India เป็นผู้นำเชื้อบริสุทธิ์ของเห็ดนางฟ้า เข้ามาฝากไว้ที่ American type culture collection (ATCC) USA. ในปี ค.ศ. 1975 เห็ดนางฟ้าได้ ถูกนำเข้ามาทดลองเพาะในประเทศไทยเมื่อปี พ.ศ. 2518 โดย ดร.ศิริพงศ์ บุญหลง ได้ทำการทดลอง เพาะเห็ดนางฟ้าที่สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ประยุกต์แห่งประเทศไทย ปรากฏว่าสามารถเจริญได้ดีใน สภาพภูมิอากาศของประเทศไทย ต่อมา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ได้นำมาทดลองเพาะเลี้ยงใน อาหารชนิดต่างๆ ปรากฏว่าเห็ดนางฟ้าสามารถเจริญเติบโตได้ดีในอาหารหลายชนิดคล้ายกับเห็ด นางรม จนกระทั่งเมื่อปี พ.ศ. 2520 กองวิจัยโรคพืช กรมวิชาการเกษตรได้นำเห็ดนางฟ้ามาทดลอง เพาะพบว่าเจริญเติบโตได้ดีสามารถเพาะได้ง่ายและให้ผลผลิตเร็ว ประกอบกับเห็ดนางฟ้าเป็นเห็ดที่มี ขนาดของดอกปานกลาง เนื้อแน่น รสชาติดี อร่อย มีคุณค่าทางอาหารสูง มีไขมันต่ำ ปลอดภัยจาก สารพิษ สามารถเก็บไว้ในตู้เย็นได้หลายวัน และสามารถปรุงอาหารได้หลายอย่างเช่นเดียวกับเห็ดชนิด อื่น จึงนิยมบริโภคกันมากทำให้เห็ดชนิดนี้แพร่หลายและมากขึ้นเรื่อยๆ เนื่องจากตลาดมีความต้องการมาก ประกอบกับประเทศไทยมีสภาพภูมิอากาศเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเห็ด อีกทั้งกรรมวิธีการเพาะก็สามารถทำได้ง่ายไม่ยุ่งยากต่อการ ปฏิบัติใช้ระยะเวลาสั้นและสามารถเพาะได้ตลอดทั้งปี (เต็มพงศ์, 2562)

แต่เนื่องด้วยปัญหาสภาวะโลกร้อนในปัจจุบัน เป็นสาเหตุทำให้สภาพภูมิอากาศแปรปรวน ทำให้เกิดผลกระทบต่อคุณภาพของดอกเห็ดนางฟ้า ซึ่งคุณภาพของเห็ดนางฟ้ามีผลมาจากปัจจัยที่สำคัญหลายประการ ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ แสงสว่าง และอากาศ การควบคุมปัจจัยต่างๆ เหล่านี้ทำได้ยาก จากปัญหาดังกล่าว จึงได้มีการศึกษาชุดควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์สำหรับเพาะเห็ดนางฟ้า ซึ่งควบคุมโดยระบบไฟฟ้า ส่งผลให้ความสะดวกสบายแก่เกษตรกรที่เพาะปลูกเห็ดนางฟ้า สามารถปลูกเห็ดได้ภายในบ้านหรือผู้ที่มีพื้นที่น้อย เพื่อเพิ่มคุณภาพของดอกเห็ดนางฟ้าและผลตอบแทนที่สูงขึ้นแก่ผู้ที่สนใจในการเพาะปลูกเห็ดนางฟ้า

2. วิธีการทดลอง

การศึกษาวิธีควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของเห็ดนางฟ้าโดยการศึกษาและออกแบบชุดควบคุมในการเพาะเห็ดนางฟ้า เพื่อทดสอบวิธีควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของเห็ดนางฟ้าและศึกษาการเจริญเติบโตของเห็ดนางฟ้า โดยมีรายละเอียด ดังรูปที่ 2.1



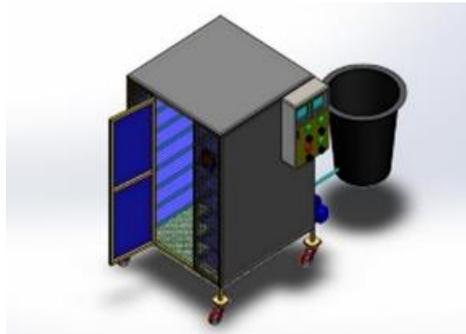
รูปที่ 2.1 แผนการดำเนินงาน

2.1 ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของเห็ดนางฟ้า

ทำการศึกษาค้นคว้าข้อมูลและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของเห็ดนางฟ้า ในบทความหนังสือ วารสาร และอินเทอร์เน็ต โดยใช้คอมพิวเตอร์ในการค้นคว้าและใช้ห้องสมุดมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตขอนแก่น เป็นแหล่งค้นคว้าข้อมูลดังนี้ ศึกษาบทความของอนันต์ กล้ารอด กล่าวว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเห็ดนางฟ้า คือ 20 – 30°C เห็ดจะเจริญเติบโตได้เร็วและระยะที่กำลังเจริญเติบโตเป็นดอกเห็ดต้องการความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ 70 – 90%

2.2 ศึกษาและออกแบบชุดทดสอบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์สำหรับเพาะเห็ดนางฟ้า

ศึกษาการออกแบบชุดทดสอบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์สำหรับเพาะเห็ดนางฟ้า จากการทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในการศึกษา จึงทำการออกแบบชุดทดสอบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์สำหรับเพาะเห็ดนางฟ้า เพื่อให้สามารถควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์และบรรจุก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้ทดสอบได้ ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 ชุดอุปกรณ์ทดสอบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของเห็ดนางฟ้า

2.3 ศึกษาการทดสอบและประเมินชุดทดสอบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์สำหรับเพาะเห็ดนางฟ้า

2.3.1 ทดสอบการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในชุดทดสอบเพาะเห็ดนางฟ้า ทำการเก็บค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในช่วงวันที่ทำการเพาะเห็ด ตลอดการทดสอบในทุกๆ 6 ชั่วโมง โดยการบันทึกค่าภายในชุดทดสอบเพาะเห็ดนางฟ้า ซึ่งมีอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบและวิธีการทดสอบ ดังนี้

1) อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

ก) เครื่อง Digital Temperature Controller จำนวน 1 เครื่อง



- ข) เซนเซอร์ DHT11 วัดค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ จำนวน 1 ตัว
- ค) นาฬิกาจับเวลา จำนวน 1 เครื่อง

2) วิธีการทดสอบ

- ก) นำเซนเซอร์ DHT 11 ไปติดตั้งภายในชุดทดสอบเพาะเห็ดนางฟ้า
- ข) ทำการตั้งค่าควบคุมอุณหภูมิที่ 28°C และความชื้นสัมพัทธ์ที่ 90%
- ค) ตั้งนาฬิกาในการวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในชุดทดสอบ โดยแบ่งเวลาการวัดอุณหภูมิออกเป็น 4 ช่วงเวลา ได้แก่ 06:00, 12:00, 18:00 และ 00:00 น. เนื่องจากต้องการทดสอบในช่วงเวลาต่างๆ เพื่อหาความแม่นยำในการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในชุดทดสอบเพาะเห็ดนางฟ้า
- ง) เก็บบันทึกผลค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์จากหน้าจอที่วัดค่าได้จากเซนเซอร์ DHT11 ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์จากหน้าจอที่วัดค่าได้จากเซนเซอร์ DHT11

2.3.2 ศึกษาการทดสอบหาปริมาณการใช้น้ำต่อวันทำการเก็บผลการทดสอบหาปริมาณน้ำที่ใช้ในช่วงวันที่ทำการเพาะเห็ดนางฟ้าตลอดการทดสอบ โดยการเก็บค่าจากถังบรรจุน้ำที่บอกจำนวนลิตรข้างถัง โดยมีอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบและวิธีการทดสอบ ดังนี้

1) อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

- ก) หัวพ่นหมอกทองเหลือง ความละเอียด 0.3 มิลลิเมตร จำนวน 8 หัว
- ข) ป้อนน้ำรุ่น GREEN-01 แรงดัน 4.8 บาร์ จำนวน 1 ตัว
- ค) ถังบรรจุน้ำ 18 ลิตร จำนวน 1 ถัง

2) วิธีการทดสอบ

- ก) ทำการตั้งค่าควบคุมอุณหภูมิที่ 28°C และความชื้นสัมพัทธ์ที่ 90%
- ข) ทำการเติมน้ำให้เต็มถังบรรจุ เมื่อป้อนน้ำเริ่มทำงานน้ำในถังจะลดลงแล้วจดบันทึกค่าน้ำที่หายไปจากสเกลข้างถัง
- ค) เก็บค่าปริมาณการใช้น้ำจากขีดบอกจำนวนลิตรบริเวณข้างถังบรรจุน้ำ แล้วบันทึกผล ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 ถังบรรจุน้ำ 18 ลิตร

2.4 ศึกษาการเจริญเติบโตของเห็ดนางฟ้าและประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของชุดทดสอบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์สำหรับเพาะเห็ดนางฟ้า

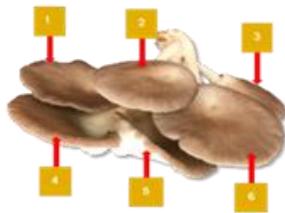
2.4.1 ศึกษาลักษณะทางกายภาพของช่อดอกเห็ดนางฟ้า ทำการเก็บข้อมูลผลการเจริญเติบโตของเห็ดนางฟ้าภายในชุดทดสอบเพาะเห็ดนางฟ้า มีอายุการเก็บเกี่ยวที่ 15 วัน จึงได้ทำการเก็บข้อมูลผลการเจริญเติบโตของเห็ดนางฟ้าในความจุเต็มชุดทดสอบเพาะเห็ดนางฟ้าที่บรรจุได้ จำนวน 130 ก้อน โดยมีเกณฑ์การเก็บตัวอย่างดังนี้

1) อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

- ก) เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ ค่าความละเอียด 0.2 มิลลิเมตร จำนวน 1 อัน
- ข) เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิทัลตลับนิยม 1 ตำแหน่ง รุ่น C305 จำนวน 1 เครื่อง

2) วิธีการทดสอบ

- ก) ทำการนับจำนวนดอกเห็ดนางฟ้าต่อหนึ่งก้อนเชื้อเห็ด ดังรูปที่ 2.5 (ก)
- ข) ทำการชั่งน้ำหนักช่อดอกเห็ดนางฟ้า โดยใช้เครื่องชั่งดิจิทัลในการทดสอบ ดังรูปที่ 2.5 (ข)
- ค) ทำการวัดขนาดความกว้างของช่อดอกเห็ดนางฟ้า โดยใช้เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ วัดขนาดความกว้างของช่อที่กว้างที่สุดจากด้านหนึ่งไปอีกด้านหนึ่ง ดังรูปที่ 2.5 (ค)
- ง) ทำการวัดขนาดความสูงของช่อดอกเห็ดนางฟ้า โดยใช้เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ วัดขนาดความสูงจากบริเวณโคนต้นขึ้นไปถึงยอดสูงสุด ดังรูปที่ 2.5 (ง)



ก) นับจำนวนช่อดอก



ข) ชั่งน้ำหนักช่อ



ค) วัดขนาดความกว้างของช่อ



ง) วัดขนาดความสูงของช่อ

รูปที่ 2.5 การศึกษาลักษณะทางกายภาพของช่อดอกเห็ดนางฟ้า



2.4.2 ศึกษาการเจริญเติบโตของเห็ดนางฟ้าแบบไม่มีชุดทดสอบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ และการเจริญเติบโตของเห็ดนางฟ้าแบบมีชุดทดสอบควบคุมอุณหภูมิที่ 28°C และความชื้นสัมพัทธ์ที่ 90% โดยทำการเก็บข้อมูลผลการเจริญเติบโตของเห็ดนางฟ้าที่เกษตรกรเพาะเป็นอาชีพ จำนวน 130 ตัวอย่าง และเก็บข้อมูลผลการเจริญเติบโตของเห็ดนางฟ้าที่เพาะโดยใช้ชุดทดสอบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ โดยมีเกณฑ์การเก็บตัวอย่างดังนี้

1) อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

- ก) เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิทัลชนิด 1 ตำแหน่ง รุ่น C305 จำนวน 1 เครื่อง
- ข) กล้องถ่ายรูป รุ่น SAMSUNG 1 เครื่อง

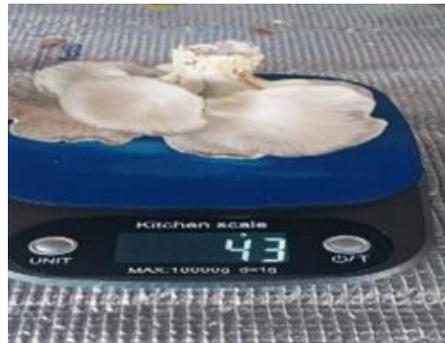
2) วิธีการทดสอบ

ก) เตรียมก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่พร้อมเปิดดอกจำนวน 260 ก้อน นำไปเพาะที่ฟาร์มของเกษตรกรและนำไปเพาะภายในชุดทดสอบ โดยทำการเปิดจุกก้อนเชื้อเห็ดพร้อมกัน การทดสอบเพาะเห็ดนางฟ้ามีอายุการเก็บเกี่ยวอยู่ที่ 15 วัน ดังรูปที่ 2.6 (ก)

ข) ทำการชั่งน้ำหนักช่อดอกเห็ดนางฟ้า โดยใช้เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิทัลในการทดสอบ ดังรูปที่ 2.6 (ข)



ก. การเตรียมเปิดดอกก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าฟาร์มเห็ดและการเตรียมเปิดดอกก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าภายในชุดทดสอบ



ข. ชั่งน้ำหนักเห็ดนางฟ้าที่นำไปเพาะปลูกที่ฟาร์มของเกษตรกรและของชุดทดสอบ

รูปที่ 2.6 ศึกษาการเจริญเติบโตของเห็ดนางฟ้าแบบไม่มีชุดทดสอบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์และแบบมีชุดทดสอบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์

2.4.3 การคำนวณความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของชุดทดสอบเพาะเห็ดนางฟ้า การคำนวณความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ใช้ประเมินจุดคุ้มทุนและระยะคืนทุนเป็นตัวชี้วัด การประเมินนั้นได้จากการคำนวณมูลค่าของเครื่องจักรราคาเครื่อง ค่าเสื่อมราคาค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาต่อปีและค่าดอกเบี้ยว เพื่อนำไปคิดเป็นค่าใช้จ่ายคงที่และค่าใช้จ่ายแปรผันจุดคุ้มทุนและระยะเวลาคืนทุน



3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

จากการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของเห็ดนางฟ้า โดยทำการศึกษาและออกแบบชุดทดสอบในการเพาะปลูกเห็ดนางฟ้า จากนั้นทดสอบและประเมินชุดทดสอบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของเห็ดนางฟ้าและประเมินผลการเจริญเติบโตของเห็ดนางฟ้า โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1 ผลการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของเห็ดนางฟ้า

ผลการศึกษาปัจจัยพื้นฐานของสภาพอากาศที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเห็ดนางฟ้า ศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องจากวารสาร งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และอินเทอร์เน็ต พบว่ามีปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของเห็ดนางฟ้า ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของเห็ดนางฟ้า

ลำดับที่	ปัจจัยที่มีผลต่อการเพาะเห็ดนางฟ้า	ช่วงที่เหมาะสม
1	อุณหภูมิ (°C)	20 - 30
2	ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	70 - 90

ที่มา: อนันท์ กล้ารอด, 2561

จากตารางที่ 3.1 พบว่าปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของเห็ดนางฟ้ามี 2 คุณสมบัติ ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ จากการศึกษพบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของดอกเห็ดนางฟ้าจะอยู่ระหว่าง 20-30°C ซึ่งระยะที่กำลังเจริญเติบโตเป็นดอกเห็ดต้องการความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ 70-90% ถ้าในอากาศมีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ เห็ดจะชะงักการเจริญเติบโต ดอกเห็ดจะมีขนาดเล็กและบาง ผิวแห้งแตก ในการศึกษาได้ทำการทดสอบควบคุมอุณหภูมิไม่เกิน 28°C และความชื้นสัมพัทธ์ไม่เกิน 90% เพื่อศึกษาการเจริญเติบโตของเห็ดนางฟ้าภายในชุดทดสอบเพาะเห็ดนางฟ้า

3.2 ผลการออกแบบและสร้างชุดทดสอบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์สำหรับเพาะเห็ดนางฟ้า

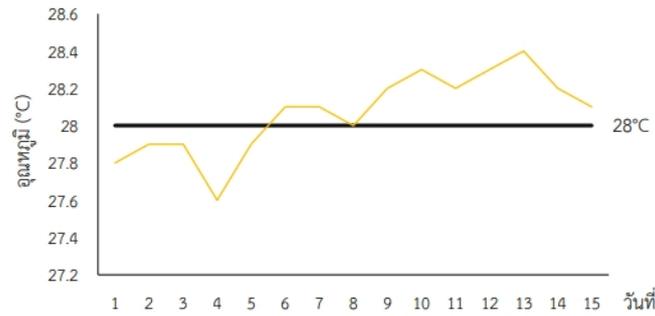
3.2.1 ผลการสร้างชุดทดสอบเพาะเห็ดนางฟ้า สามารถบรรจุก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้ทดสอบได้จำนวน 130 ก้อน ดังต่อไปนี้



รูปที่ 3.1 ผลการสร้างชุดทดสอบเพาะเห็ดนางฟ้า

3.3 ผลการทดสอบและประเมินชุดทดสอบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์สำหรับเพาะเห็ดนางฟ้า

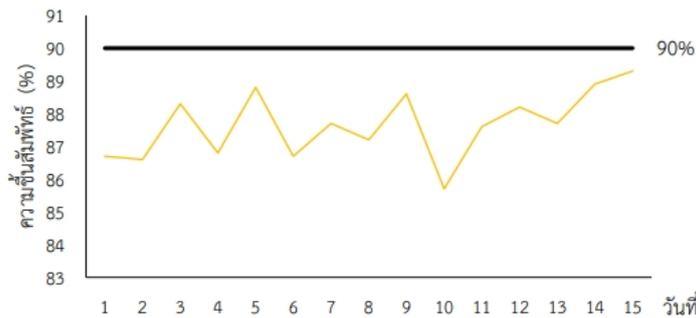
3.3.1 ผลการทดสอบการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ เมื่อหน่วยประมวลผลรับค่าจากเซนเซอร์ DHT11 ภายในชุดทดสอบเพาะเห็ดนางฟ้า ค่าจะแสดงผลบนหน้าจอของเครื่อง Digital Temperature Controller โดยทำการจดบันทึกทุกๆ 6 ชั่วโมง ระยะเวลา 15 วัน ได้ผลการทดสอบ ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 กราฟแสดงอุณหภูมิภายในชุดทดสอบเพาะเห็ดนางฟ้า

จากรูปที่ 3.2 กราฟแสดงอุณหภูมิภายในชุดทดสอบเพาะเห็ดนางฟ้า พบว่าช่วงวันที่ 6 – 15 เป็นช่วงที่มีอุณหภูมิสูง ซึ่งเกิดจากความร้อนระหว่างวัน โดยมีอุณหภูมิสูงสุดอยู่ที่ 28.40°C และช่วงวันที่ 1 – 5 มีค่าอุณหภูมิต่ำสุดอยู่ที่ 27.60°C ซึ่งอาจจะเกิดจากการควบคุมอุณหภูมิ โดยการพ่นหมอกในช่วงเวลานั้นหรืออุณหภูมิภายนอกไม่สูงมากและมีค่าเฉลี่ยอุณหภูมิภายในชุดทดสอบอยู่ที่ 28.07°C

จากข้อมูลข้างต้นมีค่าเฉลี่ยอุณหภูมิสูงกว่าค่ามาตรฐานที่ตั้งเอาไว้ที่ 28°C ซึ่งอาจจะเกิดจากการจัดบันทึกค่าในช่วงระบบกำลังควบคุมอุณหภูมิให้ต่ำกว่าค่ามาตรฐานที่ตั้งเอาไว้

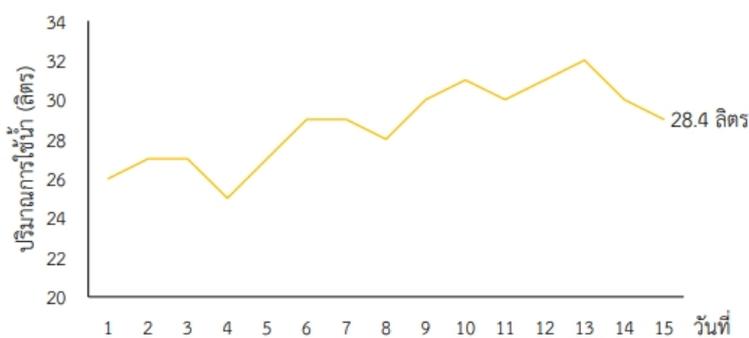


รูปที่ 3.3 กราฟแสดงความชื้นสัมพัทธ์ภายในชุดทดสอบ เพาะเห็ดนางฟ้า

จากรูปที่ 3.3 กราฟแสดงความชื้นสัมพัทธ์ภายในชุดทดสอบเพาะเห็ดนางฟ้า พบว่ามีความชื้นสัมพัทธ์สูงสุดอยู่ที่ 89.3% และมีค่าความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุดอยู่ที่ 85.7% และมีค่าเฉลี่ยความชื้นสัมพัทธ์ภายในชุดทดสอบที่ 87.65%

จากข้อมูลข้างต้น แสดงให้เห็นการทำงานของระบบควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ภายในชุดทดสอบเพาะเห็ดนางฟ้า ว่าสามารถควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ไม่ให้เกินค่ามาตรฐานที่ตั้งเอาไว้ที่ 90% ซึ่งอยู่ในช่วงที่เห็ดนางฟ้าเจริญเติบโตได้ดี

3.3.2 ผลการศึกษาปริมาณการใช้น้ำ โดยการวัดการให้น้ำจากถังที่บอกจำนวนลิตรข้างถัง โดยตั้งอุณหภูมิภายในชุดทดสอบเพาะเห็ดนางฟ้าอยู่ที่ 28°C ทำการทดสอบเป็นระยะเวลา 15 วัน ได้ผลการศึกษาดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 กราฟปริมาณการใช้น้ำต่อวันภายในชุดทดสอบเพาะเห็ดนางฟ้า



จากรูปที่ 3.4 ผลปริมาณการใช้น้ำต่อวันภายในชุดทดสอบเพาะเห็ดนางฟ้า พบว่าปริมาณการใช้น้ำสูงสุดอยู่ที่ 32 ลิตรต่อวัน ปริมาณการใช้น้ำต่ำสุดอยู่ที่ 25 ลิตรต่อวัน และปริมาณการใช้น้ำเฉลี่ยอยู่ที่ 28.4 ลิตรต่อวัน

จากข้อมูลปริมาณการใช้น้ำข้างต้น แสดงปริมาณการใช้น้ำต่อวัน ซึ่งการใช้น้ำขึ้นอยู่กับอุณหภูมิภายในชุดทดสอบเพาะเห็ดนางฟ้า ถ้าอุณหภูมิสูงปริมาณการใช้น้ำก็จะเพิ่มสูง ถ้าอุณหภูมิภายในชุดทดสอบเพาะเห็ดนางฟ้าต่ำกว่าค่าที่ตั้งไว้ที่ 28°C ปริมาณการใช้น้ำก็จะลดลงไปด้วย

3.4 ผลการประเมินการเจริญเติบโตของเห็ดนางฟ้าและประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของชุดทดสอบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์สำหรับเพาะเห็ดนางฟ้า

3.4.1 ผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพของเห็ดนางฟ้าที่เพาะภายในชุดทดสอบโดยมีการควบคุมอุณหภูมิที่ไม่เกิน 28°C และความชื้นสัมพัทธ์ที่ไม่เกิน 90% โดยมีรายละเอียดดังนี้

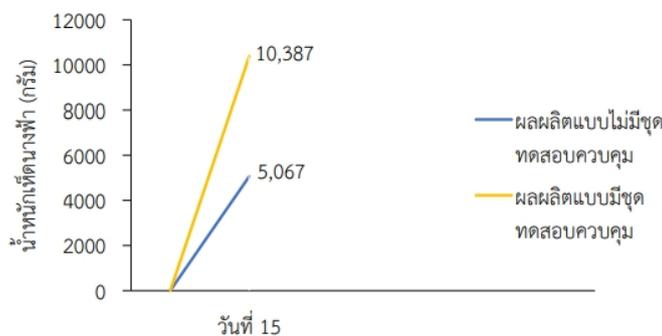
ผลการประเมินการเจริญเติบโตของเห็ดนางฟ้า โดยทำการชั่งน้ำหนักช่อดอกเห็ดนางฟ้า โดยมีรายละเอียด ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 น้ำหนักช่อดอกเห็ดนางฟ้า

ตัวอย่างก้อนเชื้อเห็ด 130 ก้อน	
น้ำหนักต่ำสุด	30 กรัม
น้ำหนักสูงสุด	119 กรัม
น้ำหนักเฉลี่ย	79.81 กรัม

จากตารางที่ 3.2 การชั่งน้ำหนักช่อดอกเห็ดนางฟ้า โดยทำการชั่งน้ำหนักช่อดอกเห็ดนางฟ้าที่เพาะภายในชุดทดสอบแบบมีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ พบว่ามีน้ำหนักต่ำสุดที่ 30 กรัม น้ำหนักสูงสุดที่ 119 กรัม และมีน้ำหนักเฉลี่ยอยู่ที่ 79.81 กรัม จากข้อมูลข้างต้น พบว่ามีน้ำหนักต่ำสุดที่ 30 กรัม อาจเกิดจากการสร้างเส้นใยภายในก้อนเห็ดช้าหรือความชื้นสัมพัทธ์สะสมภายในก้อนเชื้อเห็ดต่ำ จึงทำให้เชื้อเห็ดหยุดชะงักการเจริญเติบโต มีน้ำหนักสูงสุดที่ 119 กรัม และมีน้ำหนักเฉลี่ยอยู่ที่ 79.81 กรัม ซึ่งเป็นค่าที่สูงและสามารถยอมรับได้

3.4.2 ผลการศึกษาการเจริญเติบโตของเห็ดนางฟ้าแบบไม่มีชุดทดสอบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์กับแบบมีชุดทดสอบควบคุมอุณหภูมิที่ 28°C และความชื้นสัมพัทธ์ 90% โดยมีรายละเอียดดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 กราฟเปรียบเทียบผลผลิตเห็ดนางฟ้า

จากรูปที่ 3.5 กราฟเปรียบเทียบผลผลิตเห็ดนางฟ้า พบว่าจากการศึกษาการเจริญเติบโตของเห็ดนางฟ้าที่เพาะแบบไม่มีชุดทดสอบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ได้น้ำหนักทั้งหมดอยู่ที่ 5,067 กรัม และการเจริญเติบโตของเห็ดนางฟ้า



ที่เพาะแบบมีชุดทดสอบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ได้น้ำหนักทั้งหมดอยู่ที่ 10,387 กรัม มีผลผลิตต่างกันอยู่ที่ 5,320 กรัม คิดเป็น 48.78%

3.4.3 ผลการประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของชุดทดสอบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์สำหรับเพาะเห็ดนางฟ้าภายในชุดทดสอบเพาะเห็ดนางฟ้า มีจุดคุ้มทุน 123.4 กิโลกรัมต่อปี และระยะเวลาคืนทุน 2 ปี 3 เดือน

4. สรุป

4.1 สรุปผลการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของเห็ดนางฟ้า ได้แก่ อุณหภูมิ 20 - 30°C ความชื้นสัมพัทธ์ 70 - 90%

4.2 สรุปผลการศึกษาและออกแบบชุดทดสอบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์สำหรับเพาะเห็ดนางฟ้า โดยใช้โปรแกรม Solid Works ในการออกแบบชุดทดสอบ มีขนาดความกว้าง 95 เซนติเมตร ความยาว 95 เซนติเมตร ความสูง 120 เซนติเมตร โดยใช้ตัวควบคุม อุณหภูมิ STC-3028 ดิจิตอลคอนโทรลเลอร์ 1 เครื่อง พัดลมดูดอากาศ จำนวน 3 ตัว และระบบพ่นหมอกจำนวน 8 หัว ชุดทดสอบเพาะเห็ดนางฟ้าสามารถบรรจุก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าได้ จำนวน 130 ก้อน

4.3 สรุปผลการทดสอบและประเมินชุดทดสอบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์สำหรับเพาะเห็ดนางฟ้า โดยใช้เซนเซอร์ DHT 11 เป็นตัววัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ได้อุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ที่ 28.07°C ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยอยู่ที่ 87.65% โดยมีปริมาณการใช้น้ำเฉลี่ย 28.4 ลิตรต่อวัน

4.4 สรุปผลการเจริญเติบโตของเห็ดนางฟ้าภายในชุดทดสอบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์สำหรับเพาะเห็ดนางฟ้า พบว่าช่อเห็ดนางฟ้าที่เพาะภายในชุดทดสอบ มีน้ำหนักต่ำสุดอยู่ที่ 30 กรัม มีน้ำหนักสูงสุดอยู่ที่ 119 กรัม และมีน้ำหนักเฉลี่ยอยู่ที่ 79.81 กรัม

4.5 สรุปผลการเปรียบเทียบผลผลิตของเห็ดนางฟ้า พบว่าจากการศึกษาการเจริญเติบโตของเห็ดนางฟ้าที่เพาะแบบไม่มีชุดทดสอบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ได้น้ำหนักทั้งหมดอยู่ที่ 5,067 กรัม และการเพาะแบบมีชุดทดสอบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ได้น้ำหนักทั้งหมดอยู่ที่ 10,387 กรัม โดยมีผลผลิตต่างกันอยู่ที่ 5,320 กรัม คิดเป็น 48.78%

4.6 สรุปผลการประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของชุดทดสอบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์สำหรับเพาะเห็ดนางฟ้า โดยมีจุดคุ้มทุน 123.4 กิโลกรัมต่อปี และระยะเวลาคืนทุน 2 ปี 3 เดือน

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์สุกัญญา ทองโยธี ที่คอยให้คำปรึกษาและคำแนะนำ ตลอดจนตรวจสอบข้อบกพร่องของโครงการ จนได้รับความสำเร็จเป็นรูปเล่มได้ ทางคณะผู้จัดทำโครงการรู้สึกเป็นเกียรติอย่างยิ่ง

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ ซึ่งเป็นคณะกรรมการสอบปริญญาโท ที่ได้เสียสละเวลาอันมีค่ามาให้ความรู้ คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ในระหว่างการศึกษาโครงการ ตลอดจนช่วยตรวจสอบเอกสารให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณนายอมร มุลสี เจ้าของฟาร์มเห็ดนกแก้วขอนแก่น ที่ให้คำปรึกษาและความรู้เรื่องของการเพาะเห็ดนางฟ้า พร้อมทั้งอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

ขอขอบพระคุณสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีราชมงคล อีสาน วิทยาเขตขอนแก่น ที่ให้ความช่วยเหลือและให้กำลังใจในการทำโครงการ ครั้งนี้ ผู้จัดทำขอขอบคุณทุกท่านมาไว้ ณ โอกาสนี้ด้วย

6. เอกสารอ้างอิง

กฤษณะ ดุลยรัตน์. 2562. โครงการโรงเพาะเห็ดระบบ อัตโนมัติ [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก

URL: <https://fit.ssru.ac.th/useruploads/files/>. (13 สิงหาคม 2563).

กรมแรงงาน. 2563. อัตราค่าจ้าง [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก URL: <https://www.mol.go.th/>. (19 กันยายน 2565).



- การประปาส่วนภูมิภาค. 2565. **อัตราค่าน้ำประปานครหลวง** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก
URL: https://web.mwa.co.th/more_news.php?ci (19 กันยายน 2565).
- การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค. 2564. **ราคาค่าไฟฟ้า** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก URL <https://www.google.com/search?q>.
(10 มกราคม 2564).
- กลุ่มวิจัยและพัฒนาเห็ดส่งเสริมการผลิต. 2562. **สูตรอาหาร ก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้า** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก
URL: <https://ka.mahidol.ac.th>. (13 สิงหาคม 2563).
- เฉลิมชาติ เสาวรัง. 2561. **กระบวนการลดอุณหภูมิและเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก
URL: <https://li01.tcithaijo.org/index.php/TSAEJ>. (20 สิงหาคม 2563).
- ณัฐภูมิ สุดแก้ว. 2562. **เห็ดนางฟ้า** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก <http://uc.thailis.or.th/Catalog/BibItem.aspx>
(10 สิงหาคม 2563).
- ตระการ ก้าวสิกรรม, 2564. **คู่มือฉนวนกันความร้อน. เอ็มแอนด์อี. กรุงเทพฯ.**
ตลาดนัดเกษตรโพธิ์ Kasetprice. 2565. **ราคาซื้อขายเห็ดนางฟ้า** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก
URL: <https://www.kasetprice.com/>. (19 กันยายน 2565).
- เต็มพงศ์ แสงปรณกิจ. 2562. **ความเป็นมาและความสำคัญเห็ดนางฟ้า** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก
<http://it.nation.ac.th/studentresearch/files/>. (10 สิงหาคม 2563).
- ธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร. 2563. **อัตราดอกเบี้ย** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก
URL: <https://www.baac.or.th/th/content>. (10 สิงหาคม 2563).
- บริษัท เทคโนโลยี อีสตรูเมนต์ จำกัด. 2561. **Temperature Controller** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก
URL: <https://shopee.co.th>. (18 สิงหาคม 2563).
- บ้านเห็ดปทุม ัญญบุรี. 2562. **โรงเรียนสำหรับเปิดดอกเห็ดนางฟ้า** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก
URL: <https://th-th.facebook.com/mushroomhome11/>. (14 สิงหาคม 2563).
- บริษัท ที.พี.ทรัพย์เจริญ จำกัด. 2564. **สังกะสีแผ่นเรียบ** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก
URL: <https://www.onestockhome.com/th>. (10 มกราคม 2564).
- ฟาร์มเห็ดนกแก้วขอนแก่น, 2565. **ราคาก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้า. ฟาร์มเห็ดนกแก้ว. จังหวัดขอนแก่น.**
วิบูลย์ บุญยชโลกุล, 2562. **ปัมและระบบสูบน้ำ. ภาควิชาชลประทาน. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.**
สุเทพ ศรีธามผล. 2562. **ลักษณะก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่เหมาะสมสำหรับเปิดดอก** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก
<https://www.gotoknow.org/posts/423736>. (11 สิงหาคม 2563).
- อมร มุลสี, 2563. **ฟาร์มเห็ดนกแก้ว. ขอนแก่น. สัมภาษณ์.**
- อมรรัตน์ คำบุญ, ณัฐดนัย สิงห์ศิวัชรณ, กัลยา ธนาสินธ์, สายัณ พุทธลา. 2562. **งานวิจัยตู้เพาะเห็ดนางฟ้า** [ออนไลน์].
เข้าถึงได้จาก URL: <https://li01.tcithaijo.org/index.php>. (11 สิงหาคม 2563).
- อดิสรณ์ ประทุมถิ่น, 2564. **ออกแบบสร้างโรงเพาะเห็ดระบบอัตโนมัติ. ภาควิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์. มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร วิทยาเขตแม่สอด.**
- อนันท์ กล้ารอด. 2561. **ธรรมชาติและสภาพแวดล้อมเห็ดนางฟ้า** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก
URL: http://klarod.blogspot.com/2009/09/blog-post_8327.html. (11 สิงหาคม 2563).
- อุทัย ผิวพันธ์ุ, สุวลักษณ์ ชัยชูโชติ, รัชฎาภรณ์ ทองเหม. 2561. **การบำรุงรักษาเห็ดนางฟ้า** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก
URL: <http://cddata.cdd.go.th/cddkm/prov>.



การประชุมวิชาการ โครงการวิศวกรรมเกษตรแห่งชาติ ครั้งที่ 29
16-17 กุมภาพันธ์ 2566 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

อัศวรัตน์ พูลกระจ่าง, 2562. การทำความเย็นและระบายอากาศ. พัฒลมุดอากาศ Axial-inline Flow Fan-A Series.
กรุงเทพฯ. ศูนย์ส่งเสริมอาชีพ.

Donnell Hunt., 2018. การคำนวณความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก

URL: <https://gseda.nida.ac.th/academics/database/>. (16 สิงหาคม 2563).

Mountain., 2020. ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสำหรับโรงเรือน [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก

URL: https://eng.kps.ku.ac.th/dblibv2/fileupload/project_IdDoc305_IdPro734.



การประชุมวิชาการ โครงการวิศวกรรมเกษตรแห่งชาติ ครั้งที่ 29
16-17 กุมภาพันธ์ 2566 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

การพัฒนาระบบโรงเรือนเกษตรอัจฉริยะเพื่อการควบคุมอุณหภูมิสำหรับการปลูกมะเขือเทศ

The Development of Smart Agricultural Greenhouse Systems for Temperature Control for Tomatoes Plantation

นภสินธุ์ มหาโกไคย¹, อรรถพล ปิยะชน¹ และ ภวินท์ ธีฎภัทรานนท์²

ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์กำแพงแสน

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม 73140

Faculty of Engineering at Kamphaeng Saen, Department of Agricultural Engineering

Kasetsart University Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140

โทร 034-351897, โทรสาร 034-351896 Email : fengpwt@ku.ac.th

บทคัดย่อ

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในโรงเรือนมะเขือเทศ ที่สามารถควบคุมการทำงานผ่านโทรศัพท์มือถือได้ ระบบการควบคุมอุณหภูมิที่พัฒนาขึ้น มีไมโครคอนโทรลเลอร์อาร์ดูอิโนเป็นส่วนควบคุมการทำงานของพัดลมระบายอากาศขนาด 24 นิ้ว จำนวน 2 เครื่อง และระบบพ่นหมอกจำนวน 8 หัว โดยอาศัยข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นจาก DHT22 เซนเซอร์วัดความชื้นและส่งข้อมูลไปยังโทรศัพท์มือถือผ่านแอปพลิเคชัน Blynk ผลการทดสอบพบว่าระบบการควบคุมอุณหภูมิที่พัฒนาขึ้นสามารถควบคุมอุณหภูมิและความชื้นให้อยู่ในช่วง 26.0-31.2 °C 48 - 58% RH ได้ ซึ่งเป็นช่วงอุณหภูมิและความชื้นที่เหมาะสมสำหรับการปลูกมะเขือเทศ

คำสำคัญ: โรงเรือนเกษตร, ฟาร์มอัจฉริยะ, ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้น, มะเขือเทศ

ABSTRACT

This research aimed to develop a temperature and humidity control system for the tomato greenhouse that can be controlled via mobile phone. The developed system consisted of a microcontroller Arduino, two 24-inch ventilation fans and eight fog spraying systems. Temperature and humidity data were collected by Humidity Sensor DHT22 sensor and sent to mobile phones via the Blynk application. The result shows that the developed system could control the temperature and humidity in the range of 26.0-31.2 °C 48 - 58% RH, which was a suitable condition for tomato plantation.

Keywords: Agricultural Greenhouse, Smart farm, Temperature and humidity control system, Tomato

1. บทนำ

มะเขือเทศสามารถเจริญเติบโตทางด้านลำต้น ใบ และออกดอกได้ดีตลอดทั้งปี แต่การติดผลของมะเขือเทศต้องการสภาพอากาศค่อนข้างเย็น อุณหภูมิกลางวันที่เหมาะสมอยู่ที่ระหว่าง 25 - 30 องศาเซลเซียส อุณหภูมิกลางคืนประมาณ 16 - 20 องศาเซลเซียส มะเขือเทศที่จะใช้ในการทดลองคือ มะเขือเทศราชินี การปลูกมะเขือเทศราชินีโดยมีลักษณะ เป็นพุ่ม มีขนอ่อนๆ ปกคลุมลำต้น ใบ เป็นใบประกอบแบบสลับ ใบย่อยมีขนาดไม่เท่ากัน บางใบเล็กเรียวยาว บางใบกลมใหญ่ ปลายใบแหลม ขอบใบเป็นหยักลึกคล้ายฟันเลื่อยมีขนอ่อนคลุม ดอก เป็นช่อหรือดอกเดี่ยว บริเวณซอกใบ ดอกมีสีเหลือง มีกลีบเลี้ยงสีเขียวผล เป็นผลเดี่ยว มีขนาดรูปร่างและสีต่างกัน รูปร่างมีทั้งกลม หรือกลมรี เปลือกผลบางเป็นมัน ผลดิบมีสีเขียว หรือเขียวอมเทา เมื่อสุกจะมีสีเหลือง สีส้ม หรือสีแดง เนื้อภายในฉ่ำด้วยน้ำมีรสอมเปรี้ยว มีเมล็ดจำนวนมาก



การปลูก ควรใช้ดินร่วนซุย ระบายน้ำได้ดี มีความสมบูรณ์ของดินสูง อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการปลูกมะเขือเทศราชินีอยู่ที่ระหว่าง 15-25 องศาเซลเซียส ซึ่งถ้าหากอุณหภูมิมากกว่า 25 องศาเซลเซียส จะทำให้มะเขือเทศไม่ติดผลหรือติดผลได้น้อยมาก ฝนและความชื้นสูงเป็นสาเหตุสำคัญทำให้เกิดโรคทางใบและทางรากโรคระบาดรุนแรง ดังนั้นฤดูปลูกที่เหมาะสมที่สุดจึงอยู่ในช่วงฤดูหนาวซึ่งนอกจากสภาพอากาศจะเหมาะสมต่อการติดผลโดยพันธุ์

เวียง อากรชี่ และคณะฯ (2561) ได้การพัฒนาโรงเรือนปลูกพริกและพีชผักเศรษฐกิจ โดยการควบคุมสภาวะแวดล้อมภายในโรงเรือน โดยโรงเรือนที่สร้างขึ้นมีขนาดความกว้าง x ยาว x สูง เป็น 14.00 x 30.00 x 3.50 เมตร มีอุปกรณ์สำหรับการพ่นหมอกลดอุณหภูมิพัดลมระบายอากาศ ควบคุมการทำงานตามเงื่อนไข โดยให้พ่นหมอก ถ้าหากอุณหภูมิภายในโรงเรือนสูงกว่า 40 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ข้างในโรงเรือนต่ำกว่า 65% และควบคุมพัดลมระบายอากาศให้ทำงาน ถ้าอุณหภูมิข้างในโรงเรือนสูงกว่า 45 องศาเซลเซียส ผลการทดสอบปลูกพริกชี้หนูพันธุ์ศรีสะเกษ ได้ผลผลิตรวมช่วงทดสอบ 145 กิโลกรัม จากการควบคุมอุณหภูมิโรงเรือนในการเพาะปลูก ซึ่งสามารถนำไปทำเป็นเมล็ดพันธุ์ที่มีคุณภาพด้วยเหตุเช่นนี้ อุณหภูมิที่เหมาะสมมีผลดีต่อการเพาะปลูกพริกชี้

ดังนั้นการพัฒนาระบบควบคุมสภาวะอากาศในโรงเรือนสำหรับการปลูกมะเขือเทศจะช่วยให้สามารถปลูกมะเขือเทศได้อย่างมีประสิทธิภาพและสามารถปลูกได้ตลอดทุกฤดูกาล

2. วิธีการทดลอง

โรงเรือนที่ใช้ในโครงการนี้เป็นโรงเรือนปลูกมะเขือเทศของบริษัท สิงห์ เบเวอเรจ จำกัด มีขนาดกว้าง 6 เมตร x ยาว 12 เมตร x สูง 12 เมตร ติดตั้งถังพักน้ำ PE ขนาด 100 ลิตร เพื่อนำน้ำที่จะใช้ในการพ่นหมอกเข้ามาพักไว้ที่ถังเพื่อลดอุณหภูมิก่อน เพราะท่อน้ำดีสำหรับระบบพ่นหมอกนั้นเดินภายนอก ทำให้ในเวลากลางวันน้ำจากท่อดังกล่าวจะมีอุณหภูมิสูงมาก และยังมีประโยชน์ช่วยลดแรงดันน้ำก่อนต่อเข้าสู่เครื่องสูบน้ำของระบบพ่นหมอกด้วย



ภาพที่ 1 ถังพักน้ำ PE ขนาด 100 ลิตร สำหรับพักน้ำก่อนนำไปใช้ในการพ่นหมอก

เครื่องสูบน้ำ RO 75G ใช้สำหรับส่งน้ำให้หัวพ่นหมอก เครื่องสูบน้ำมีขนาดเล็กและเบา เหมาะสำหรับการใช้กับหัวพ่นหมอกขนาดเล็กโดยเฉพาะ ซึ่งมีความดันสูงสุด 150 psi และอัตราการไหล 0.7 ลิตรต่ออนาที ทำให้ปริมาณน้ำที่ออกจากหัวพ่นหมอกมีปริมาณที่พอดี



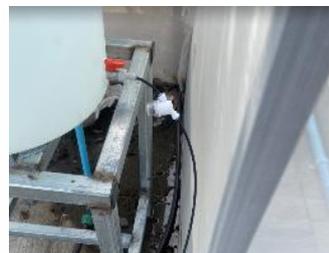
ภาพที่ 2 (ซ้าย) เครื่องสูบน้ำสำหรับระบบพ่นหมอก และ (ขวา) การติดตั้งในโรงเรือน

หัวพ่นหมอกที่เลือกใช้ คือ หัวพ่นหมอกขนาด 0.15 มม. จำนวน 8 หัว นำท่อน้ำมาติดหน้าพัดลมอุตสาหกรรม โดยหัวพ่นหมอกขนาด 0.15 มม. มีขนาดที่เล็กทำให้น้ำที่ออกจากหัวมีขนาดเล็กเป็นละอองฝอย รับเอาความร้อนจากอากาศภายในโรงเรือนและระเหยไปในอากาศก่อนที่จะตกลงบนพื้น หรือมะเขือเทศ



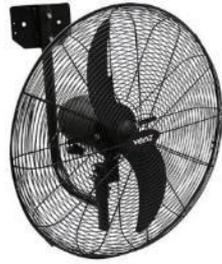
ภาพที่ 3 (ซ้าย) หัวพ่นหมอก และ (ขวา) การติดตั้งบนพัดลมอุตสาหกรรม

กรองน้ำเกษตร ขนาด 6 นิ้ว สำหรับกรองน้ำจากท่อน้ำดื่มที่ถังพักน้ำและ กรองตาข่ายขนาด 2 นิ้ว สำหรับกรองน้ำจากถังพักน้ำไปที่เครื่องสูบน้ำสำหรับหัวพ่นหมอก



ภาพที่ 4 (ซ้าย) กรองน้ำเกษตร และ (ขวา) ตำแหน่งการติดตั้ง

พัดลมอุตสาหกรรม 24 นิ้ว 1400 rpm จำนวน 2 ตัว ใบพัดทำจากอลูมิเนียมหล่อ ติดตั้งที่กึ่งกลางของโรงเรือนสูงจากพื้น 2.4 เมตร หันไปแต่ละด้านของโรงเรือน เพื่อการกระจายอากาศและหมอกภายในโรงเรือนจากตำแหน่งกลางไปทางหัวท้ายของโรงเรือน



ภาพที่ 5 (ซ้าย) พัดลมอุตสาหกรรม 24 นิ้ว และ (ขวา) ตำแหน่งการติดตั้ง

พัดลมระบายอากาศ YUSHI ขนาด 14 นิ้ว จำนวน 2 ตัว โดยตัวพัดลมระบายอากาศ 1 ตัวสามารถระบายอากาศได้ 1300 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง มีตะแกรงบานพับ เปิดปิดเมื่อพัดลมทำงาน ทำให้สามารถป้องกันแมลงได้ โดยการติดตั้งที่จิ่งติดตั้งโดยทำโครงยึดข้างบนที่ความสูง 2.4 เมตร



ภาพที่ 6 พัดลมระบายอากาศที่ติดตั้งบริเวณท้ายโรงเรือน

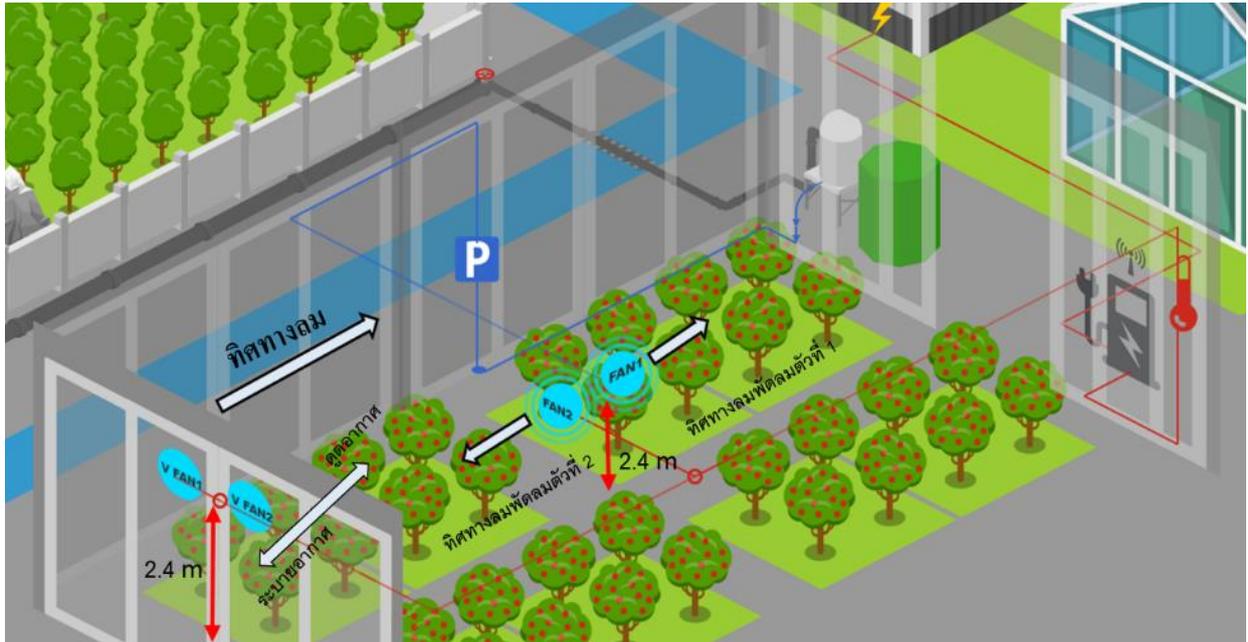
ตู้ควบคุมอุณหภูมิและความชื้น ติดตั้งที่บริเวณหน้าโรงเรือน และ ตู้ใส่ wifi router สำหรับส่งสัญญาณอินเทอร์เน็ตให้ระบบ



ภาพที่ 7 (ซ้าย) ตู้ควบคุม, (กลาง) ตำแหน่งการวางตู้ และ (ขวา) ตู้ wifi router

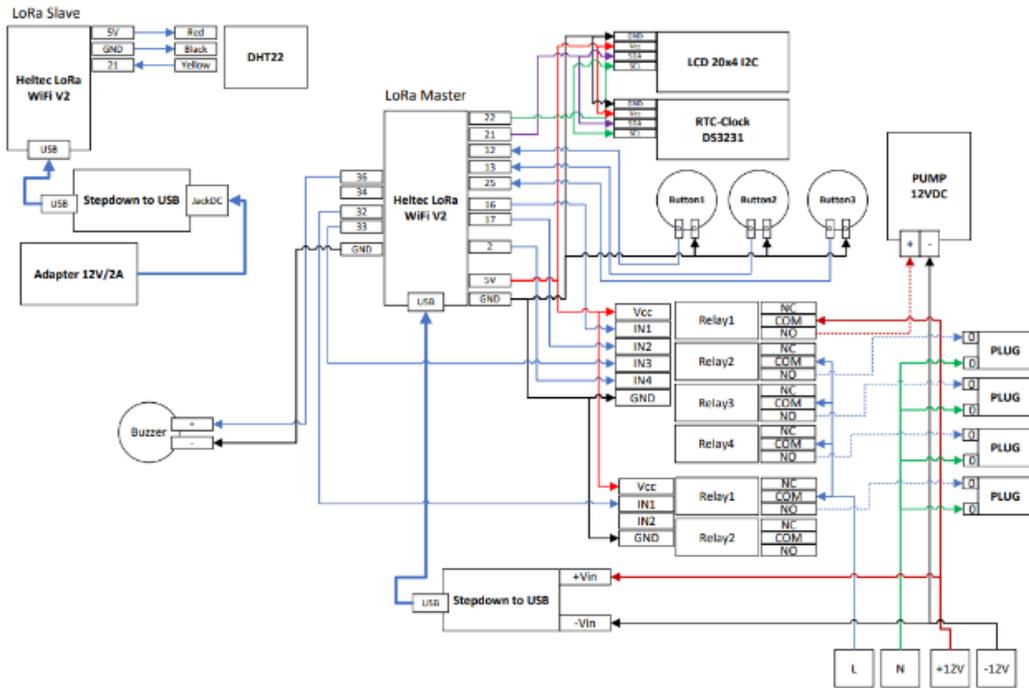


ตำแหน่งและการติดตั้งพัดลมสำหรับหัวพ่นหมอกและพัดลมระบายอากาศ ความสูงจากพื้น 2.4 เมตร ติดตั้งพัดลมระบายอากาศที่บริเวณท้ายโรงเรือน และพัดลมกระจายอากาศที่กึ่งกลางตามความยาวของโรงเรือน หันหลังชนกันเพื่อให้กระจายอากาศจากกึ่งกลางโรงเรือนไปได้ทั่ว สำหรับการติดตั้งระบบน้ำ ใช้ท่อน้ำดีของโรงงานโดยต่อท่อน้ำมาเข้าที่ถังพักน้ำ PE ขนาด 100 ลิตร โดยตั้งถังน้ำสูงกว่าพื้น 1 เมตร เพื่อเพิ่มแรงดันน้ำไปสู่ปั๊ม ระบบไฟฟ้า ใช้การต่อพ่วงไฟฟ้าจากตู้จ่ายไฟของตู้คอนโทรลระบบโรงเรือนอื่นของโรงงานมายังโรงเรือนมะเขือเทศโดยเดินเป็นระบบร้อยท่อฝังดิน และทำการเดินสายไฟจากตู้คอนโทรลไปยังเซ็นเซอร์ พัดลม ปั๊มน้ำ และพัดลมระบายอากาศ



ภาพที่ 8 แผนผังโรงเรือนและทิศทางลม

การต่อไมโครคอนโทรลเลอร์และอุปกรณ์ต่าง ๆ เป็นดังแสดงใน ภาพที่ 9 อุปกรณ์และหน้าจอ LCD สำหรับแสดงผลการทำงานของระบบควบคุมแสดงในภาพที่ 10 โดยมีหลักการทำงานดังนี้ 1) ปุ่ม สีเหลือง (Run Button) เป็นการทำงานเพื่อเข้าสู่หน้าต่างเปิด/ปิด การทำงาน หากต้องการเลือกเมนูคำสั่งต่อไปให้กดปุ่มสีเหลืองอีกครั้ง 2) ปุ่ม สีเขียว (On Button) เพื่อเปิด การทำงานของคำสั่งที่ต้องการเลือกใช้งาน และ 3) ปุ่ม สีแดง (Off Button) ใช้สำหรับต้องการจะปิดการทำงานของคำสั่งที่กำลังใช้งาน ณ ปัจจุบัน ยกตัวอย่าง หากต้องการจะเปิดปั๊ม ขั้นตอนแรกกดปุ่มสีเหลือง (Run Button) เพื่อเข้าหน้าเมนูที่ต้องการจะใช้งาน จากนั้นจะสังเกตว่า มีสัญลักษณ์ * กระพริบอยู่ที่คำสั่งที่ต้องการจะเลือกใช้ จากนั้นกดปุ่มสีเขียว (On Button) เพื่อเปิด การทำงานของคำสั่ง และหากต้องการจะปิดการทำงานให้กดปุ่มสีแดง (Off Button) เพื่อปิดการทำงานของปั๊ม



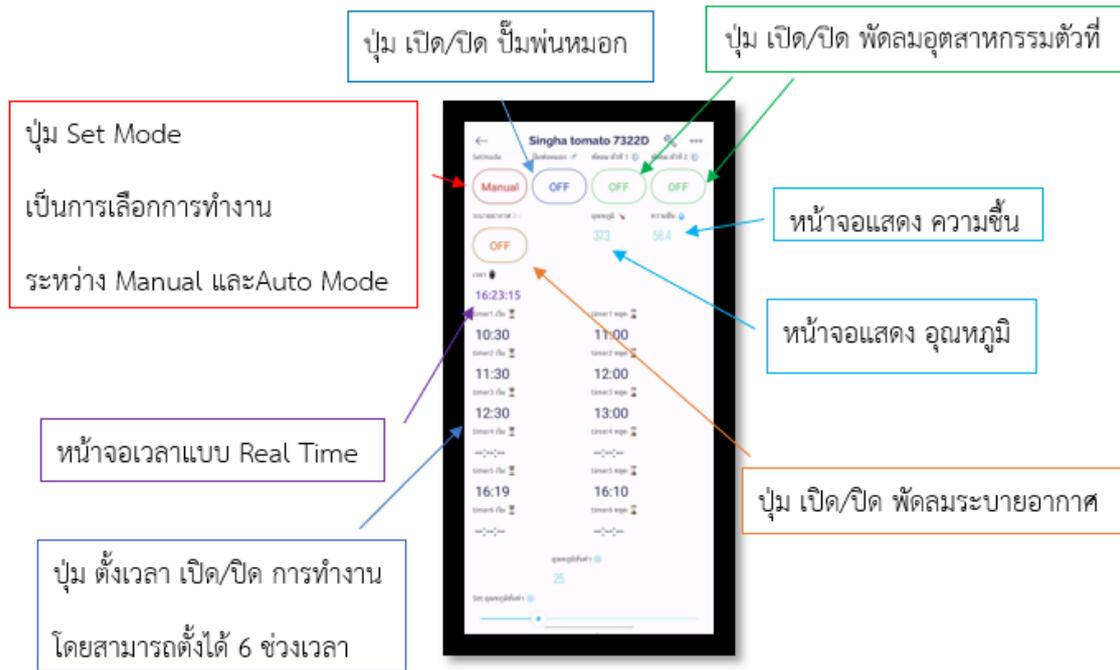
ภาพที่ 9 แบบไฟฟ้าของตู้คอนโทรลและตู้วัดอุณหภูมิ



หน้าจอแสดงผลบอก

- เวลา Real Time
- Mode : Manual / Auto
- อุณหภูมิ
- ความชื้น

ภาพที่ 10 การแสดงผลของหน้าจอตู้คอนโทรล



ภาพที่ 11 ภายในแอปพลิเคชันขณะทำงาน

3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

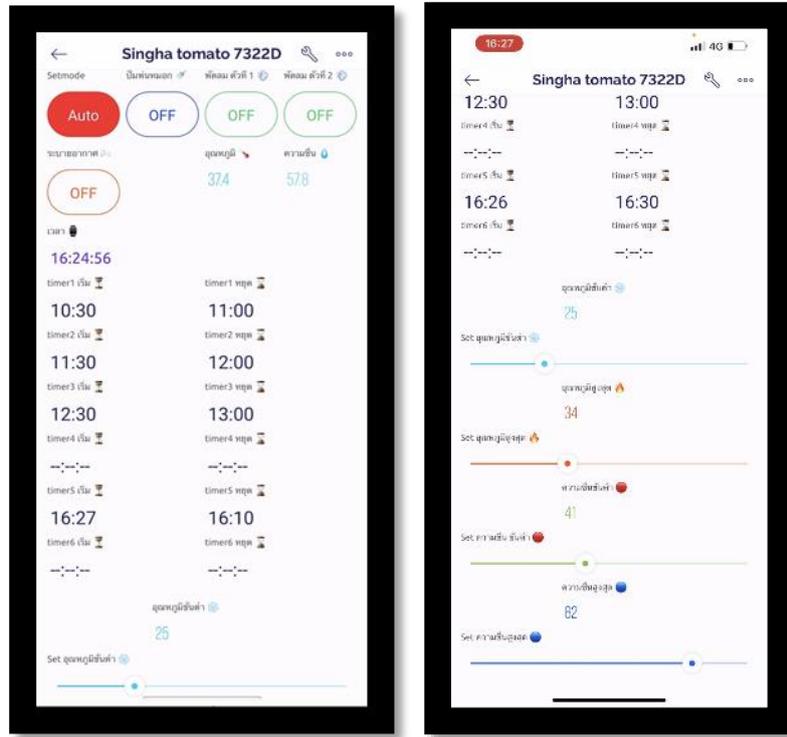
การทดสอบการส่งค่าอุณหภูมิและความชื้นจากโรงเรือน และควบคุมการทำงานของพัดลมและระบบพ่นหมอกผ่าน blynk บนหน้าจอแอปพลิเคชันจะแสดงค่าที่อ่านได้จากเซนเซอร์ต่าง ๆ ที่ติดตั้งภายในโรงเรือน โดยจะแสดงค่าอุณหภูมิขั้นต่ำที่ต้องการ, อุณหภูมิสูงสุด, ความชื้นขั้นต่ำที่ต้องการ และ ความชื้นสูงสุด และสามารถสั่งควบคุมการทำงานของพัดลมและระบบพ่นหมอกได้ แสดงว่าระบบสามารถควบคุมอุณหภูมิ และความชื้นภายในโรงเรือนได้ตามที่ออกแบบไว้

ผู้วิจัยดำเนินการทดลองใช้ระบบควบคุมอุณหภูมิและควบคุมความชื้นโดยใช้สมาร์ทโฟนพบว่ระบบควบคุมอุณหภูมิและควบคุมความชื้นโดยใช้สมาร์ทโฟนสำหรับโรงเรือนมะเขือเทศ สามารถใช้งานได้จริง โดยผลทดสอบสามารถอ่านค่าของเซนเซอร์แต่ละตัว แล้วส่งข้อมูลมาแสดงและรายงานผลผ่านแอปพลิเคชันบนอุปกรณ์สมาร์ทโฟนได้ตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ โดยผลการทดสอบสามารถรายงานผลค่าความชื้นของดินตั้งแต่ 0-100% RH และค่าอุณหภูมิรอบ ๆ ตั้งแต่ 0-100 (°C) และกราฟแสดงผลแบบ Real time monitoring สามารถบันทึกข้อมูล ตั้งแต่ 15 นาที 30 นาที 1 วัน 1 สัปดาห์ และ จนถึง 1 ปี โดยการบันทึกข้อมูลจะอ้างอิงกับสภาพอากาศอุณหภูมิในหลายๆ 1 ชั่วโมง เริ่มบันทึกตอน 9 โมง ถึง 6 โมงเย็นของวันที่กำหนด จากนั้นเก็บข้อมูลอุณหภูมิลงฐานเก็บข้อมูล แล้วนำมาเปรียบเทียบอุณหภูมิภายนอกโรงเรือนกับภายในโรงเรือนเพื่อสังเกตอัตราการลดอุณหภูมิภายในโรงเรือนหลังจากติดตั้งอุปกรณ์ และค่าที่ผ่านการทดสอบได้ดังนี้

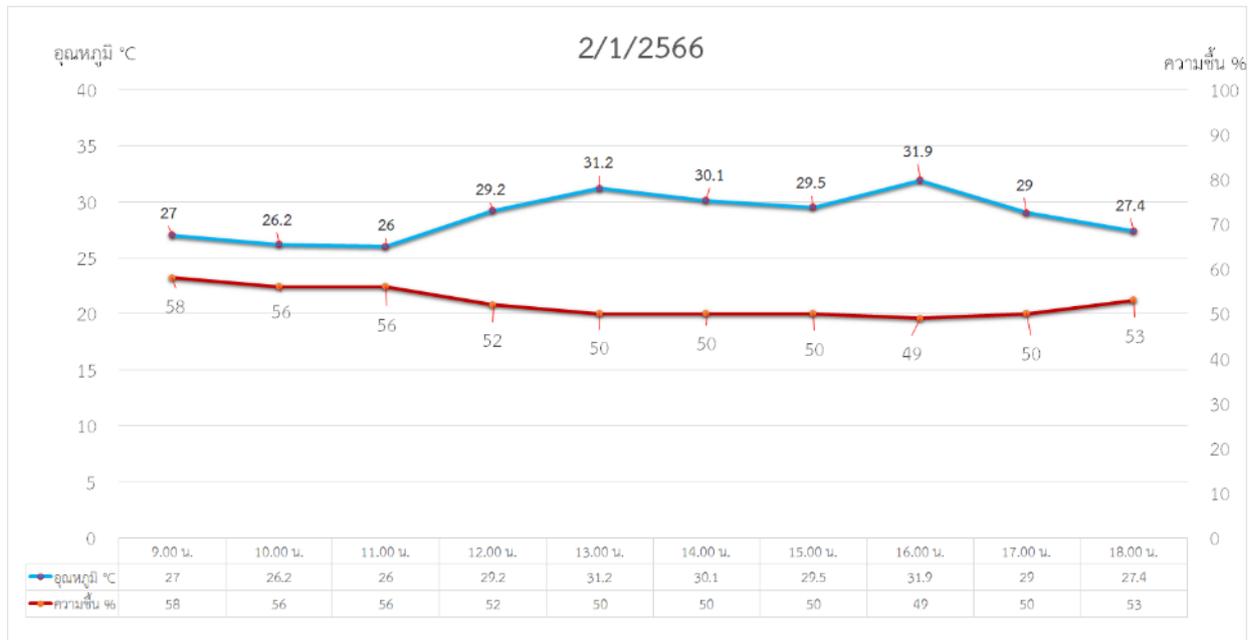
1. อุณหภูมิที่สามารถทำได้หลังติดตั้งอุปกรณ์อยู่ที่ 26-31.2 (°C) ค่าความเหมาะสมอยู่ระหว่าง 25-30 (°C)
2. ค่าความชื้นสามารถวัดได้ตั้งแต่ 48% RH - 58 % RH



การประชุมวิชาการ โครงการงานวิศวกรรมเกษตรแห่งชาติ ครั้งที่ 29
 16-17 กุมภาพันธ์ 2566 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
 วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร



ภาพที่ 12 กราฟิกที่แสดงผลขณะกำลังทำงาน



ภาพที่ 13 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือนที่ใช้ระบบควบคุม



ภาพที่ 14 ผลผลิตที่เก็บเกี่ยวจากภายในโรงเรือน

4. สรุป

การออกแบบและพัฒนาระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในโรงเรือนมะเขือเทศโดยใช้การทำงานรูปแบบ Smart farm โดยมีองค์ประกอบ 3 ส่วน ได้แก่ 1) ส่วนรับค่า 2) ส่วนประมวลผล และ 3) ส่วนรายงานผล มีการออกแบบส่วนติดต่อกับผู้ใช้งาน มีการใช้ภาษาที่เข้าใจง่ายทำให้ผู้ใช้งานสามารถเข้าใจระบบ มีความแม่นยำในการสั่งงานระบบ มีความเสถียรในการใช้งาน และสามารถแสดงข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นผ่านแอปพลิเคชันได้

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณบริษัท สิงห์ เบเวอเรจ จำกัดที่การสนับสนุนพื้นที่โรงเรือนมะเขือเทศในการวิจัยครั้งนี้ และผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านที่ทำงานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

6. เอกสารอ้างอิง

บัณฑิตพงษ์ ศรีอำนวยการ, สรวุฑ แผลงศร, วีระสิทธิ์ ปิติเจริญพรหม และ พิมพีใจ สีหะนาม. 2562. การออกแบบระบบสมาร์ตฟาร์มโดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งสำหรับสวนมะนาว จังหวัดเพชรบุรี. การประชุมวิชาการระดับชาติ วิทยาลัยนครราชสีมา ครั้งที่ 6 ประจำปี พ.ศ. 2562. วิทยาลัยนครราชสีมา

มาโนชญ์ แสงศิริ. 2562. IoT Platform ฝีมือคน. สืบค้นจาก <http://www.scimath.org/article-technology/item/9084-2018-10-18-07-45-35>

เวียง อากรซี, ธนกฤต โยธาฑูล และ วลีรัตน์ วรกาญจนบุญ. 2561. วิจัยและพัฒนาโรงเรือนปลูกพริกและพืชผักเศรษฐกิจโดยควบคุมสภาวะแวดล้อมภายใน. สืบค้นจาก <https://www.doa.go.th/research/attachment.php?aid=2590>



การประชุมวิชาการ โครงการวิศวกรรมเกษตรแห่งชาติ ครั้งที่ 29
16-17 กุมภาพันธ์ 2566 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

ระบบการต่อเครื่องสูบน้ำทางการเกษตรและวัดค่าด้วยเทคโนโลยี IoT

The Water Pump System for Agriculture Measured by IoT Technology

จารุวรรณ ไชยชนะ¹ ทัดเทพ ไพโรพฤกษ์¹ ยอดขวัญ สังสิทธิ์¹ แสนวสันต์ ยอดคำ² สุเนตร สืบคำ²
และโชติพงศ์ กาญจนประโชติ²

Jaruwan Chaichana¹, Tatthep Praipreuk¹, Yodkwan Sangsit¹, Sanwasan Yodkhum²,
Sunate Surbkar² and Choatpong Kanjanaphachot²

สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ 50290

Agricultural Engineering Division, Faculty of Engineering and Agro-industry, Maejo University,

Chiang Mai 50290

โทร 053-875019 โทรสาร 053-875011 Corresponding author: choatpong_k@hotmail.com

บทคัดย่อ

ระบบการให้น้ำทางการเกษตรในปัจจุบัน เครื่องสูบน้ำถือเป็นเครื่องมือที่มีความสำคัญอย่างยิ่งโดยจะทำหน้าที่สร้างอัตราการไหลและแรงดันภายในระบบ ในการศึกษาครั้งนี้เป็นการทดสอบเครื่องสูบรวมทั้งค้นหารูปแบบการต่อใช้งานเครื่องสูบน้ำให้ได้ตามความต้องการใช้งานของเกษตรกร โดยออกแบบระบบเครื่องสูบน้ำเพื่อการเกษตร และพัฒนาอุปกรณ์ IoT เพื่อนำมาใช้บันทึกผลการทดสอบซึ่งมีความสะดวก แม่นยำ และข้อมูลไม่สูญหาย สามารถดูผลการทดสอบย้อนหลังได้ อุปกรณ์ IoT ที่ใช้ในการทดสอบประกอบด้วยเซนเซอร์วัดแรงดัน (Pressure sensor) และเซนเซอร์วัดอัตราการไหล (Water flow sensor) โดยใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP 8266 ในการประมวลผล และรับ - ส่ง ข้อมูลผ่านเครือข่ายไร้สายแสดงผลผ่านแอปพลิเคชัน MQTT และ LINE Notify ทำการทดสอบเปรียบเทียบการใช้ระหว่างเครื่องสูบน้ำแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง 2 แรงม้า จำนวน 1 เครื่อง กับเครื่องสูบน้ำขนาด 0.5 แรงม้า จำนวน 4 เครื่อง โดยการต่อใช้งานในรูปแบบขนาน อนุกรม ผสม 1 (2S 2P) และผสม 2 (3S 1P) ผลการทดสอบพบว่า การต่อใช้งานเครื่องสูบน้ำแบบขนานของเครื่องสูบน้ำขนาด 0.5 แรงม้า จำนวน 4 เครื่องมีอัตราการไหลเหมาะสมกับการให้น้ำแบบหยดและ/หรือมินิสปริงเกอร์ซึ่งมีการจ่ายน้ำโดยตรงเข้ากับระบบกระจายน้ำ นอกจากนี้การต่อเครื่องสูบน้ำแบบนี้ยังมีต้นทุนแรกซื้อ ค่าการใช้พลังงานไฟฟ้า และค่าซ่อมบำรุงรักษาต่ำกว่าเครื่องสูบน้ำขนาด 2 แรงม้า จำนวน 1 เครื่อง ข้อมูลจากงานวิจัยนี้คาดว่าจะเป็นแนวทางประกอบในการตัดสินใจให้กับเกษตรกรเพื่อเลือกซื้อเครื่องสูบน้ำแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางให้เหมาะสมและคุ้มค่าต่อการใช้งาน

คำสำคัญ: เครื่องสูบน้ำแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง, เซนเซอร์วัดแรงดัน, เซนเซอร์วัดอัตราการไหล, อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

ABSTRACT

In today's agricultural irrigation systems, water pumps are very important tools by creating flow rate and pressure within the system. In this study, the water pumps were evaluated to find a proper condition to connect the pumps to meet the needs of farmers. By designing a water pumping system for agriculture and develop IoT devices to be used to record test results, which is convenient, accurate, stable and easy to view a throwback of respective test results, the solution was solved. The IoT technology used in the test consisted of a pressure sensor and a water flow sensor using an ESP 8266 microcontroller board. in processing and receiving-sending data via a wireless network, display results through the MQTT application and LINE Notify. The test was a comparison test between a 2-HP pump and four 0.5-HP pumps by connecting



in the parallel, series, Mix 1 (2S 2P) and Mix 2 (3S 1P) connections. The test results showed that a parallel connection of four 0.5-hp pumps provides a suitable flow rate for drip irrigation and/or mini-sprinklers where water is supplied directly to the water distribution system. In addition, this type of pump connection showed an initial purchase cost, electric energy consumption and repair and maintenance cost lower than that of the one 2-HP conventional pump. The output and outcome from this research are expected to be a guideline for farmers in deciding to purchase centrifugal pump(s) that is suitable and worthwhile for use.

Keyword: Centrifugal pump, Pressure Sensor, Water Flow Sensor, Internet of Things (IoT)

1. บทนำ

การทำเกษตรในปัจจุบันมีรูปแบบหรือวิธีการให้น้ำที่หลากหลาย อาทิ เช่น การใช้สปริงเกอร์ การใช้มินิสปริงเกอร์ การใช้น้ำหยด การปล่อยน้ำแบบร่องคู การให้น้ำแบบปล่อยท่วมผืนแปลง ซึ่งกระบวนการต่าง ๆ ดังกล่าวข้างต้นล้วนแต่ต้องใช้เครื่องสูบน้ำเป็นอุปกรณ์สร้างแรงดัน นอกจากการให้น้ำแล้วยังมีการให้ปุ๋ย และ/หรือแร่ธาตุสารอาหารที่พืชต้องการไปกับน้ำในระบบได้อีกด้วย ถือเป็นขั้นตอนสำคัญสำหรับการออกแบบระบบจ่ายน้ำทางการเกษตร หากเกษตรกรมีระบบสูบน้ำที่มีประสิทธิภาพจะทำให้ระบบการสูบน้ำดีขึ้น ทำงานได้ตามความต้องการของเกษตรกร เครื่องสูบน้ำแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางขนาด 2 แรงม้าเป็นเครื่องสูบน้ำอีกขนาดหนึ่งที่เกษตรกรนิยมนำมาใช้งาน แต่ในบางครั้งพื้นที่ของเกษตรกรมีข้อจำกัดต่าง ๆ อาทิ มีความลาดชัน และ/หรือระยะทางสูบน้ำไกล มีข้อจำกัดเกี่ยวกับแหล่งพลังงานไฟฟ้า (ไม่มีไฟฟ้าหรือมีเฉพาะไฟฟ้ากระแสสลับเฟสเดียว) ซึ่งเป็นปัญหาที่เกษตรกรต้องพบ

เครื่องสูบน้ำที่นำมาทำงานร่วมกันแบบขนานเป็นเครื่องสูบน้ำขนาดเดียวกันที่มีลักษณะเหมือนกันทุกประการ กล่าวคือ มีเฮดและอัตราการไหลเดียวกัน ดังนั้นอัตราการสูบน้ำตามทฤษฎีของระบบผสมจะเพิ่มเป็นสองเท่าในกรณีเฮดเท่าเดิม แต่ความเป็นจริงแล้วอัตราการสูบน้ำจะไม่เป็นสองเท่า ทั้งนี้เพราะว่าเมื่ออัตราการไหลเพิ่มขึ้นการสูญเสียพลังงานในระบบท่อจะเพิ่มตามขึ้นด้วยจนกระทั่งเฮดสูงกว่าเมื่อเครื่องสูบน้ำทำงานเพียงเครื่องเดียว อัตราการสูบน้ำก็จะลดน้อยลงกว่าสองเท่า (วิบูลย์, 2529) ดังงานวิจัยของ Repsa and Kronbergs (2021) ที่ทดสอบการต่อใช้งานเครื่องสูบน้ำแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง 2 เครื่อง ผลการต่อเครื่องสูบน้ำแบบอนุกรมจะได้เฮด 30 m แต่จากการคำนวณจะได้เฮด 36 m และการต่อเครื่องสูบน้ำแบบขนานจะได้อัตราการไหล 1.75 L/s แต่จากการคำนวณจะได้อัตราการไหล 3.20 L/s จึงสรุปได้ว่าเครื่องสูบน้ำจะได้ค่าเฮดหรืออัตราการไหลไม่เป็นสองเท่าตามทฤษฎี เนื่องจากจะมีค่าสัมประสิทธิ์ความต้านทานของระบบท่อ ทำให้ค่าเฮดหรืออัตราการไหลที่ได้จากการทดสอบไม่เป็นไปตามการคำนวณ นอกจากนี้ยังพบงานของ del Risco Moreno, et al. (2021) เปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบน้ำหนึ่งตัวและสองตัวเมื่อต่อใช้งานแบบขนานพบว่า ที่ระดับความสูงเดียวกันอัตราการไหลของท่อส่งของระบบน้ำหนึ่งตัวมีค่า 20 - 25 L/min และอัตราการไหลของระบบน้ำสองตัวมีค่า 40 - 50 L/min แต่อย่างไรก็ตามบางครั้งการต่อเครื่องสูบน้ำเพื่อใช้งานตามเงื่อนไขต่าง ๆ เช่น อัตราการสูบน้ำหรือเฮดมีความแตกต่างกันมาก บางครั้งการใช้เครื่องสูบน้ำเล็กขนาดสองเครื่องหรือมากกว่าทำงานร่วมกันจะสะดวกและประหยัดกว่า ทั้งนี้เพราะว่าเมื่อความต้องการใช้งานลดลง อาจจะไม่เลือกเดินเครื่องเพียงบางตัวที่ให้ประสิทธิภาพสูงในช่วงการทำงานนั้น และใช้เวลาที่หยุดทำงานของเครื่องสูบน้ำที่เหลือนั้นทำการซ่อมบำรุงหรือรักษาให้อยู่ในสภาพดีเสมอ (วิบูลย์, 2529)

อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things, IoT) คือ การที่อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ชนิดต่าง ๆ ที่สามารถเชื่อมโยงหรือส่งข้อมูลถึงกันได้ด้วยอินเทอร์เน็ตโดยไม่ต้องป้อนข้อมูล การเชื่อมโยงนี้ทำให้ผู้ใช้สามารถควบคุมการใช้งานอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ ไปจนถึงการเชื่อมโยงการใช้งานอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ กับการใช้งานอื่น ๆ จนเกิดเป็นเทคโนโลยีในการอำนวยความสะดวกต่าง ๆ ได้แก่ระบบ Smart Farm, Smart Device, Smart Grid, Smart Home, Smart Network, Smart Intelligent Transportation ซึ่งแตกต่างจากในอดีตที่อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เป็นเพียงสื่อกลางในการส่งและแสดง



ข้อมูลเท่านั้น เทคโนโลยี IoT มีประโยชน์ในหลายด้านทั้งเรื่องการเก็บข้อมูลที่แม่นยำและช่วยลดต้นทุนและช่วยเพิ่มผลผลิตของพนักงานหรือผู้ใช้งานได้

จากสาเหตุข้างต้นจึงนำมาสู่การศึกษางานวิจัย โดยการศึกษาและการออกแบบการต่อใช้งานเครื่องสูบน้ำแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง โดยใช้เครื่องสูบน้ำขนาด 0.5 แรงม้า จำนวน 4 เครื่อง แบบไฟฟ้ากระแสสลับมาต่อระบบสูบน้ำในแต่ละรูปแบบตามทฤษฎีเพื่อสร้างแรงดันหรืออัตราการไหลของน้ำที่มากขึ้นเปรียบเทียบกับเครื่องสูบน้ำแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางขนาด 2 แรงม้า จำนวน 1 เครื่องที่เกษตรกรส่วนใหญ่มีใช้งาน โดยใช้อุปกรณ์ IoT Sensor ประกอบด้วยอุปกรณ์วัดแรงดันและอัตราการไหลในการเก็บข้อมูลจากการทดสอบ รวมทั้งเก็บข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า และวิเคราะห์ต้นทุนค่าพลังงานไฟฟ้าในการใช้งานเครื่องสูบน้ำแต่ละชนิด เพื่อเป็นแนวทางหรือตัวเลือกประกอบการตัดสินใจสำหรับการนำไปเลือกใช้งานเครื่องสูบน้ำของเกษตรกรต่อไป

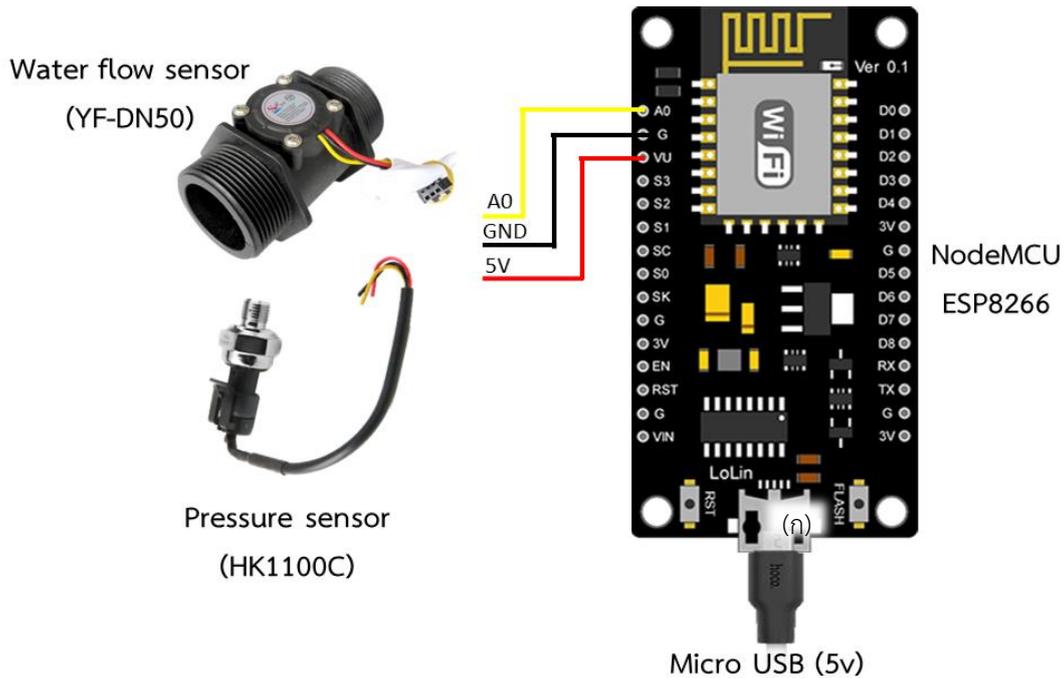
2. วิธีการทดลอง

2.1 การพัฒนาชุดอุปกรณ์ IoT Sensor และการออกแบบโค้ดคำสั่ง

การเลือก IoT เซนเซอร์และออกแบบโค้ดคำสั่งชุดอุปกรณ์ IoT Sensor (ตารางที่ 1) ประกอบด้วยเซนเซอร์วัดอัตราการไหล (Water flow sensor) คือ อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่วัดอัตราการไหลของน้ำการทำงานนั้นอาศัยหลักการทางกล จากนั้นจะส่งสัญญาณออกมาเป็นแรงดันทางไฟฟ้า และเซนเซอร์วัดแรงดัน (Pressure sensor) คือ อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่วัดความดันมีหลักการทำงานโดยที่เซนเซอร์จะส่งสัญญาณทางไฟฟ้าที่มีความสัมพันธ์กับความดัน เซนเซอร์ถูกสร้างให้มีเยื่อบางพิเศษที่สามารถโค้งงอตามความดันที่ผ่านเข้าไปซึ่งระดับความโค้งงอสามารถวัดได้ด้วยการเปลี่ยนแปลงความต้านทาน จากนั้นจะส่งสัญญาณออกมาเป็นแรงดันทางไฟฟ้า ซึ่งจะเชื่อมต่อกับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP 8266 ผ่านช่องรับ - ส่งข้อมูลแบบสัญญาณอนาล็อก (AO) และเชื่อมต่อกับแหล่งพลังงานไฟฟ้าในช่องแรงดันไฟฟ้า 5 โวลต์ (V) และช่องกราวด์ (GND) เพื่อรับ - ส่งข้อมูลการตรวจวัดจากเซนเซอร์ (ภาพที่ 1) จากนั้นจะป้อนคำสั่งโค้ดให้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์

ตารางที่ 1 ข้อมูลจำเพาะ (Specification) ของเซนเซอร์ที่ใช้ในการทดลอง

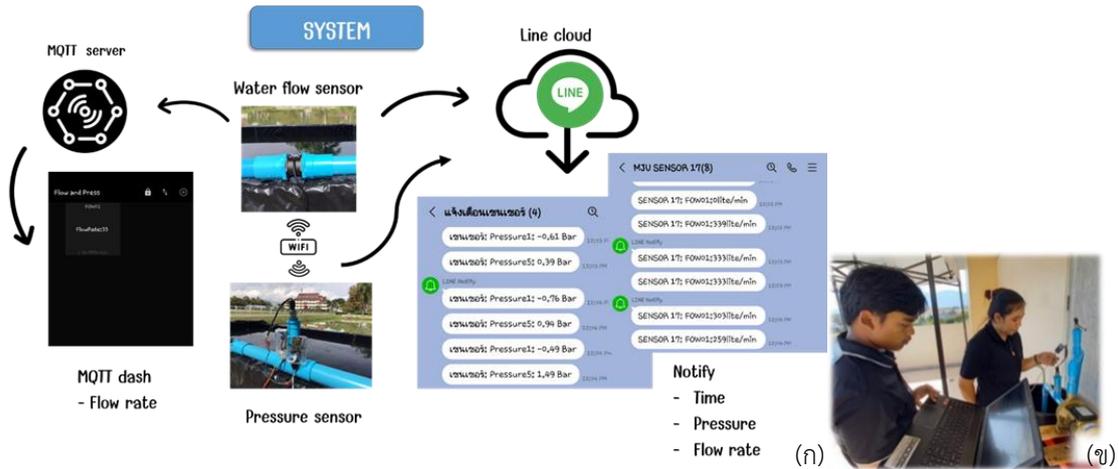
Specifications	Flow Sensor	Pressure Sensor
1. Model	YF-DN50	HK1100C
2. Range	10 - 350 (LPM)	0 - 1.2 (MPa)
3. Working voltage	3.5 - 24 VDC	5 VDC
4. Working current	10 mA	10 mA
5. Output voltage	4.5 - 12 VDC	0.5 - 4.5 VDC
6. Precision	± 1.5 %FSO	± 3%FSO



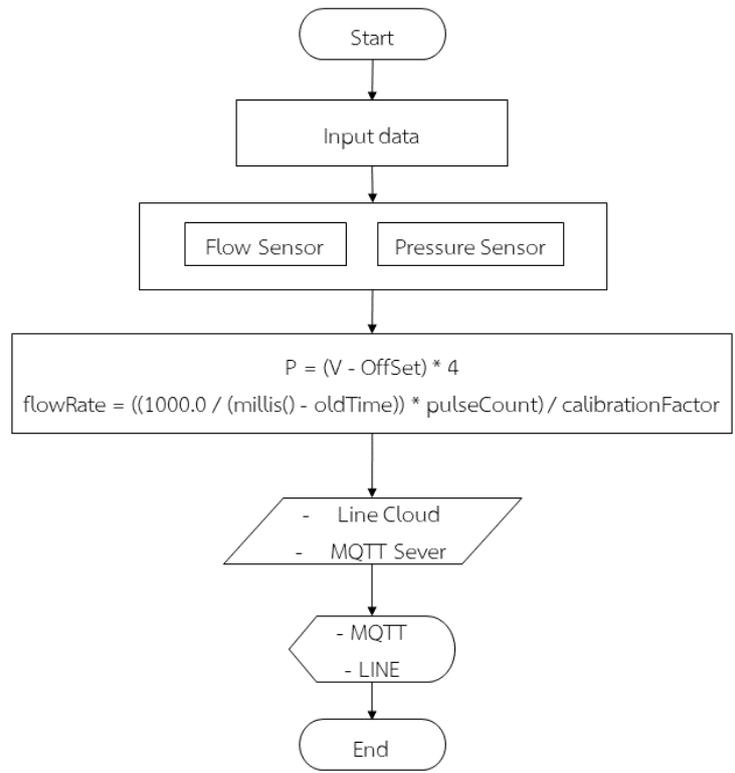
(ก) การเชื่อมต่อช่องสัญญาณของเซนเซอร์กับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ (ข) Pressure Sensor และ (ค) Water Flow Sensor

ภาพที่ 1 ชุดอุปกรณ์ IoT Sensor ที่พัฒนาขึ้น

อัตราการไหลและความดันของน้ำจะถูกส่งไปยัง Line Cloud โดยค่าอัตราการไหลจะถูกส่งไปยัง MQTT Server ซึ่งค่าที่ได้จากการตรวจวัดจะถูกแสดงในมือถือผ่านแอปพลิเคชัน MQTT และ LINE Notify (ภาพที่ 2) ซึ่งก่อนการใช้งาน จะทำการสอบเทียบ (Calibration) เพื่อให้เซนเซอร์ตรวจวัดค่าให้ได้ค่าตามมาตรฐาน โดยใช้สมการสอบเทียบของชุดโค้ดคำสั่งที่ได้ทำการออกแบบไว้ ดังนี้ 1) สมการสอบเทียบของเซนเซอร์วัดแรงดัน คือ $P = (V - \text{Offset}) * 4$ โดยใช้ค่า Offset เป็นค่าในการสอบเทียบ และ 2) สมการสอบเทียบของวัดอัตราการไหล คือ $\text{flowRate} = ((1000.0 / (\text{millis}() - \text{oldTime})) * \text{pulseCount}) / \text{calibrationFactor}$ โดยใช้ค่า calibrationFactor เป็นค่าในการสอบเทียบ



(ก) ระบบอุปกรณ์ IoT สำหรับตรวจวัดค่าแรงดันและอัตราการไหล และ (ข) การสอบเทียบค่าที่ได้จากการตรวจวัด
 ภาพที่ 2 ระบบอุปกรณ์ IoT สำหรับตรวจวัดค่าแรงดันและอัตราการไหล



ภาพที่ 3 ไดอะแกรมการทำงานของระบบ IoT

จากภาพที่ 3 ระบบการทำงานของอุปกรณ์ IoT เริ่มจากการรับข้อมูลโดยใช้ เซนเซอร์วัดอัตราการไหล และเซนเซอร์วัดแรงดัน จากนั้นจะประมวลผลโดยบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ (ESP 8266) ซึ่งข้อมูลที่ได้จะถูกส่งต่อไปยัง MQTT Sever และ Line Cloud จากนั้นจะแสดงผลไว้ในโทรศัพท์มือถือผ่านแอปพลิเคชัน MQTT และ LINE

2.2 การติดตั้งเครื่องสูบลมและเซนเซอร์เพื่อใช้ในการทดสอบ

เครื่องสูบน้ำแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางที่ใช้ในการทดสอบมีคุณลักษณะจำเพาะดังแสดงในตารางที่ 2 ในการทดสอบมีการต่อเครื่องสูบน้ำแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางทั้งหมด 5 รูปแบบดังตารางที่ 3



ตารางที่ 2 ข้อมูลจำเพาะ (Specification) ของเครื่องสูบน้ำแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางที่ใช้ในการศึกษา

ข้อมูลจำเพาะ	ขนาด 2 hp AC	ขนาด 0.5 hp AC
ยี่ห้อ	Areno	Kanto
รุ่น	DS 2 M	KT-CPM-130
ประเทศผู้ผลิต	Italy	China
D ใบพัด (mm)	124	115
N (rpm)	3000	2850
Q (LPM)	180 - 600	85
H (m)	30	20
Mot.	Single Phase	Single Phase
Volt (V)	220	230
ความถี่ (Hz)	50	50
กำลังไฟ (kW)	1.5	0.37
กำลังแรงม้า (hp)	2	0.5
กระแสไฟ (A)	11.5	2.6

ตารางที่ 3 รูปแบบการต่อเครื่องสูบน้ำที่ใช้ในการศึกษา

Treatment	รูปแบบการต่อใช้งาน
Trt1	เครื่องสูบน้ำขนาด 2 hp AC 1 เครื่อง
Trt2	เครื่องสูบน้ำขนาด 0.5 hp AC 4 เครื่องต่อขนาน หรือ P
Trt3	เครื่องสูบน้ำขนาด 0.5 hp AC 4 เครื่องต่ออนุกรม หรือ S
Trt4	เครื่องสูบน้ำขนาด 0.5 hp AC 4 เครื่องต่ออนุกรม 2 เครื่อง และขนาน 2 เครื่อง หรือ 2S 2P
Trt5	เครื่องสูบน้ำขนาด 0.5 hp AC 4 เครื่องต่ออนุกรม 3 เครื่อง และขนาน 1 เครื่อง หรือ 3S 1P

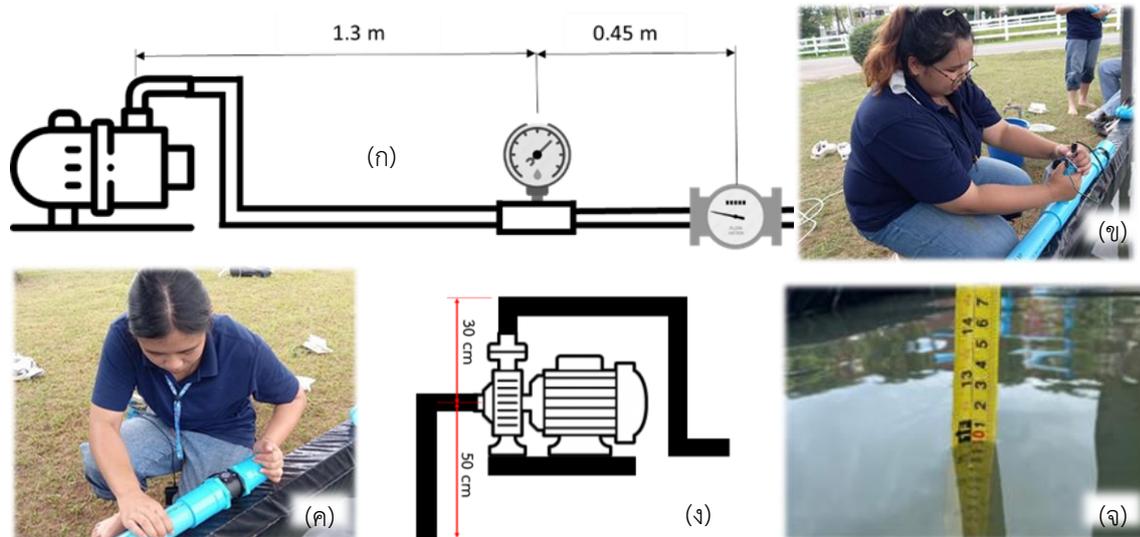


(ก) สูบน้ำเข้าสู่ท่อให้ได้ระดับตามที่กำหนด (ข) การติดตั้งเครื่องสูบน้ำในรูปแบบขนาน (ค) การติดตั้งเครื่องสูบน้ำในรูปแบบอนุกรม
(ง) การติดตั้งเครื่องสูบน้ำในรูปแบบผสม 1 (2S 2P) และ (จ) การติดตั้งเครื่องสูบน้ำในรูปแบบผสม 2 (3S 1P)

ภาพที่ 4 การติดตั้งเครื่องสูบน้ำ



เมื่อติดตั้งเครื่องสูบน้ำตามรูปแบบลักษณะการทดสอบ ทำการติดตั้งเซนเซอร์โดยติดตั้งเซนเซอร์วัดแรงดันที่ท่อฝั่งดูดและฝั่งส่ง รวมทั้งติดตั้งเซนเซอร์วัดอัตราการไหลที่ท่อฝั่งส่ง (ภาพที่ 4) จากนั้นทำการทดสอบเครื่องสูบน้ำโดยแต่ละรูปแบบจะทำการทดสอบทั้งหมด 3 ซ้ำ ซึ่งในการทดสอบจะใช้ท่อขนาด 2 นิ้ว และมีระยะศูดยก (ระยะจากหน้าแปลนเครื่องสูบน้ำถึงฟุตวาล์ว) 50 เซนติเมตร ซึ่งในแต่ละการทดสอบจะมีการบันทึกค่าพารามิเตอร์ซึ่งประกอบด้วยค่าอัตราการไหล ค่าแรงดันค่าการใช้พลังงานไฟฟ้า แล้วคำนวณหาค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ กำลังงานที่เครื่องสูบน้ำให้กับน้ำ เพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรมสำเร็จ SPSS



(ก) ตำแหน่งในการติดตั้งเซนเซอร์ (ข) การติดตั้งเซนเซอร์วัดค่าแรงดัน (ค) การติดตั้งเซนเซอร์วัดค่าอัตราการไหล

(ง) ระยะศูดยกของเครื่องสูบน้ำ และ (จ.) สูบน้ำเข้าสู่บ่อให้ได้ระดับตามที่กำหนด

ภาพที่ 5 การติดตั้งเซนเซอร์และระยะศูดยกของเครื่องสูบน้ำ

3. ผลและการวิจารณ์ผล

3.1 ผลของการต่อเครื่องสูบน้ำต่ออัตราการไหลสูงสุด

การต่อใช้งานเครื่องสูบน้ำในรูปแบบต่าง ๆ แล้ววัดอัตราการไหลด้านจ่ายพบว่า การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ด้วยค่าสถิติ F-test ซึ่งว่ามีรูปแบบการต่อเครื่องสูบน้ำอย่างน้อย 2 ระดับที่ทำให้อัตราการไหลแตกต่างกัน และเมื่อทำการทดสอบต่อเนื่องด้วยวิธีการทดสอบแบบจับคู่พหุคูณ (Multiple comparison test) ด้วยวิธี DUNCAN พบว่าเครื่องสูบน้ำขนาด 2 แรงม้า จำนวน 1 เครื่อง มีค่าอัตราการไหลสูงสุดมากที่สุด (345.00 ± 11.53 LPM) ในบรรดาเครื่องสูบน้ำขนาด 0.5 แรงม้า ซึ่งให้เห็นว่าการต่อเครื่องสูบน้ำแบบขนาน 4 เครื่องให้อัตราการไหลสูงสุดมากที่สุด (217.00 ± 8.54 LPM) สอดคล้องกับ วิบูลย์ (2529) กล่าวว่าเครื่องสูบน้ำที่นำมาทำงานร่วมกันแบบขนานอัตราการสูบของระบบผสม (ขนาน) จะเพิ่มเป็นสองเท่า ค่าจากการทดสอบแสดงให้เห็นว่าการต่อใช้งานเครื่องสูบน้ำ 0.5 แรงม้าในรูปแบบขนาน จะได้ค่าอัตราการไหลมากที่สุดในการทดสอบ รูปแบบการต่อใช้งานในลักษณะนี้จึงเหมาะสมในการใช้งานในพื้นที่การเพาะปลูกที่ไม่มี ความสูงชัน และรูปแบบการให้น้ำที่ใช้แรงดันต่ำ อัตราการไหลสูง อาทิ เช่น การให้น้ำในรูปแบบน้ำหยด เป็นต้น



ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบอัตราการไหลสูงสุดของเครื่องสูบน้ำเมื่อต่อใช้งานในรูปแบบต่าง ๆ

Treatment หรือ Trt	รูปแบบการต่อใช้งาน	Max flow rate (LPM)
Trt 1	เครื่องสูบน้ำขนาด 2 แรงม้า จำนวน 1 เครื่อง	345.00 ± 11.53 ^a
Trt 2	เครื่องสูบน้ำขนาด 0.5 แรงม้า จำนวน 4 เครื่อง ต่อขนาน	217.00 ± 8.54 ^b
Trt 3	เครื่องสูบน้ำขนาด 0.5 แรงม้า จำนวน 4 เครื่อง ต่ออนุกรม	66.00 ± 0.00 ^d
Trt 4	เครื่องสูบน้ำขนาด 0.5 แรงม้า จำนวน 4 เครื่อง ต่ออนุกรม 2 เครื่อง และขนาน 2 เครื่อง	147.00 ± 1.73 ^c
Trt 5	เครื่องสูบน้ำขนาด 0.5 แรงม้า จำนวน 4 เครื่อง ต่ออนุกรม 3 เครื่อง และขนาน 1 เครื่อง	139.33 ± 3.51 ^c

หมายเหตุ - ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± SD จากการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ

- ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับต่างกันแสดงว่ามีความต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

3.2 ผลของการต่อเครื่องสูบน้ำต่อเฮดสถิตย์รวม

จากการทดสอบจะได้ค่าเฮดสถิตย์รวมของเครื่องสูบน้ำที่สามารถสูบน้ำได้ (ตารางที่ 5) มาจากการตรวจวัดค่าจาก Pressure Sensor ผลการทดลองชี้ให้เห็นว่ารูปแบบการต่อใช้งานแบบอนุกรมของเครื่องสูบน้ำขนาด 0.5 แรงม้า จำนวน 4 เครื่อง มีค่าเฮดสถิตย์สูงที่สุด (75.30 ± 2.65 m) ในขณะที่เครื่องสูบน้ำขนาด 2 แรงม้า จำนวน 1 เครื่อง มีค่าเฮดเท่ากับ 30.45 ± 0.15 m สอดคล้องกับ วิบูลย์ (2529) กล่าวว่า เครื่องสูบน้ำสองเครื่องที่ทำงานร่วมกันแบบอนุกรม จะได้เพิ่มเฮดขึ้นเป็นสองเท่าที่ค่าอัตราการไหลค่าเดียวกัน การต่อใช้งานในรูปแบบอนุกรมจึงเหมาะสมสำหรับเกษตรกรที่มีพื้นที่การเพาะปลูกลาดชัน หรือมีความสูงมาก ต้องการเฮดเพื่อสูบน้ำขึ้นที่สูง และใช้กับระบบให้น้ำที่ต้องการแรงดันสูง ซึ่งจากการทดสอบพบว่าเครื่องสูบน้ำขนาดเล็กหลายเครื่องต่อใช้งานแบบอนุกรมให้ค่าเฮดที่สูงกว่าการใช้เครื่องสูบน้ำขนาดใหญ่ การต่อในลักษณะนี้จึงเป็นอีกหนึ่งแนวทางในการเลือกซื้อใช้เครื่องสูบน้ำของเกษตรกร

ตารางที่ 5 การเปรียบเทียบเฮดสถิตย์รวมของเครื่องสูบน้ำ

Treatment หรือ Trt	รูปแบบการต่อใช้งาน	Static head (m)
Trt 1	เครื่องสูบน้ำขนาด 2 แรงม้า จำนวน 1 เครื่อง	30.45 ± 0.15 ^d
Trt 2	เครื่องสูบน้ำขนาด 0.5 แรงม้า จำนวน 4 เครื่อง ต่อขนาน	20.08 ± 0.10 ^e
Trt 3	เครื่องสูบน้ำขนาด 0.5 แรงม้า จำนวน 4 เครื่อง ต่ออนุกรม	75.30 ± 2.65 ^a
Trt 4	เครื่องสูบน้ำขนาด 0.5 แรงม้า จำนวน 4 เครื่อง ต่ออนุกรม 2 เครื่อง และขนาน 2 เครื่อง	35.81 ± 1.47 ^c
Trt 5	เครื่องสูบน้ำขนาด 0.5 แรงม้า จำนวน 4 เครื่อง ต่ออนุกรม 3 เครื่อง และขนาน 1 เครื่อง	50.94 ± 0.06 ^b

หมายเหตุ - ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± SD จากการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ

- ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับต่างกัน แสดงว่ามีความต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)



3.3 ผลของการต่อเครื่องสูบต่อการใช้พลังงานไฟฟ้า

ค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าที่อัตราการไหลสูงสุดชี้ให้เห็นว่า การต่อใช้งานเครื่องสูบในรูปแบบต่าง ๆ จะส่งผลให้มีความการใช้พลังงานที่แตกต่างกัน (ตารางที่ 6) โดยพบว่า เครื่องสูบขนาด 0.5 แรงม้า จำนวน 4 เครื่อง ต่อแบบขนานมีค่าการใช้พลังงานต่ำที่สุด (1.53 ± 0.01 kW-hr) ซึ่งน้อยกว่าเครื่องสูบขนาด 2 แรงม้า จำนวน 1 เครื่อง ที่มีค่าการใช้พลังงานเท่ากับ 2.34 ± 0.02 kW-hr ซึ่งค่าการใช้พลังงานของเครื่องสูบทั้งสองชนิดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จะเห็นได้ว่าการต่อใช้งานเครื่องสูบในแต่ละรูปแบบมีค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าต่างกัน เครื่องสูบขนาดเล็กจะมีค่าการใช้พลังงานที่ต่ำกว่าเครื่องสูบขนาดใหญ่ ซึ่งหากมีระยะเวลาการใช้งานระหว่างเครื่องสูบเท่ากันจะส่งผลทำให้เครื่องสูบขนาดเล็กมีค่าการใช้พลังงานที่น้อยกว่า จะช่วยทำให้เกษตรกรประหยัดค่าใช้จ่ายในระยะยาว

ตารางที่ 6 การเปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าที่อัตราการไหลสูงสุดของเครื่องสูบ

Treatment หรือ Trt	รูปแบบการต่อใช้งาน	พลังงานไฟฟ้า (kW-hr)
Trt 1	เครื่องสูบน้ำขนาด 2 แรงม้า จำนวน 1 เครื่อง	2.34 ± 0.02^a
Trt 2	เครื่องสูบน้ำขนาด 0.5 แรงม้า จำนวน 4 เครื่อง ต่อขนาน	1.53 ± 0.01^c
Trt 3	เครื่องสูบน้ำขนาด 0.5 แรงม้า จำนวน 4 เครื่อง ต่ออนุกรม	1.63 ± 0.11^{bc}
Trt 4	เครื่องสูบน้ำขนาด 0.5 แรงม้า จำนวน 4 เครื่อง ต่ออนุกรม 2 เครื่อง และขนาน 2 เครื่อง	1.70 ± 0.09^b
Trt 5	เครื่องสูบน้ำขนาด 0.5 แรงม้า จำนวน 4 เครื่อง ต่ออนุกรม 3 เครื่อง และขนาน 1 เครื่อง	1.63 ± 0.06^{bc}

หมายเหตุ - ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย \pm SD จากการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ

- ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

3.4 การวิเคราะห์ราคาแรกซื้อเครื่องสูบและค่าใช้จ่ายในการใช้งาน

ราคาแรกซื้อเครื่องสูบของเครื่องสูบขนาด 0.5 แรงม้า จำนวน 4 เครื่อง เท่ากับ 3,440 บาทใช้เป็นตัวแทนของเครื่องสูบขนาดเล็ก และเครื่องสูบขนาด 2 แรงม้า จำนวน 1 เครื่อง เท่ากับ 7,900 บาท ใช้เป็นตัวแทนของเครื่องสูบขนาดใหญ่ จากการเปรียบเทียบพบว่าในกรณีการเลือกใช้เครื่องสูบขนาด 0.5 แรงม้า จำนวน 4 เครื่อง จะทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายได้ 4,460 บาท หรือคิดเป็น 56.46 เปอร์เซ็นต์

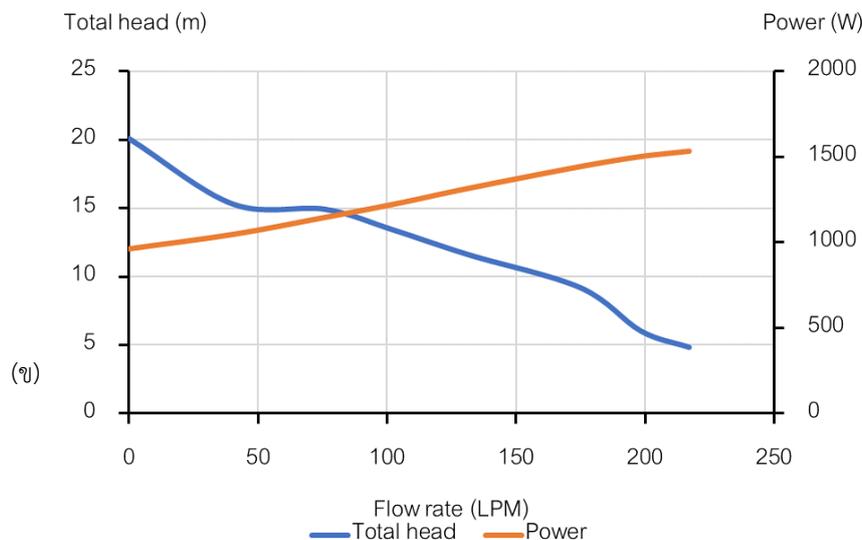
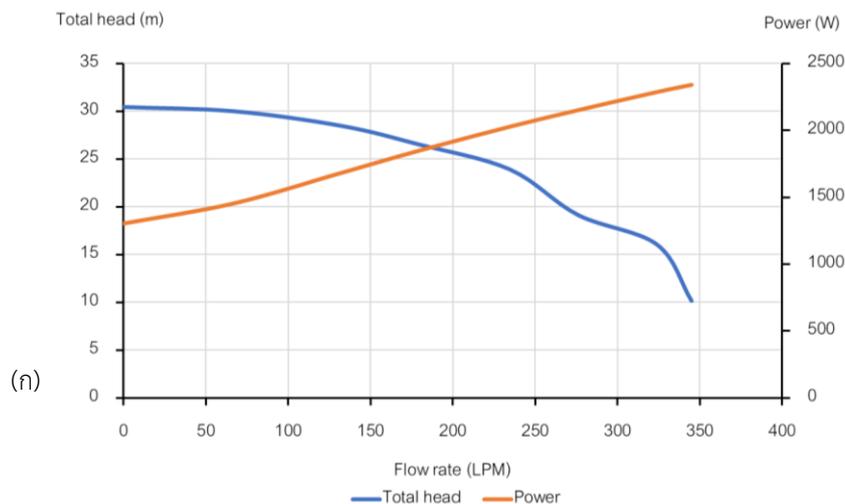
จากข้อมูลในการทดสอบพบว่าเครื่องสูบขนาด 0.5 แรงม้า จำนวน 4 เครื่อง ที่ใช้งานในรูปแบบขนาน ซึ่งจะได้ค่าอัตราการไหลสูงสุดมากที่สุดในกลุ่ม เมื่อเปรียบเทียบการใช้งานกับเครื่องสูบขนาด 2 แรงม้า จำนวน 1 เครื่อง โดยมีกรณีการใช้งานยกตัวอย่าง เช่น ในพื้นที่ 1 ไร่/โชน มีระบบการให้น้ำแบบมินิสปริงเกลอร์จำนวน 100 หัว โดยแต่ละหัวมีปริมาณการจ่ายน้ำ 2 ลิตรต่อนาที ในระบบการให้น้ำจึงต้องการใช้อัตราการไหล 200 ลิตรต่อนาที และจากการทดสอบเครื่องสูบน้ำขนาด 2 แรงม้า 1 เครื่อง มีอัตราการไหล 345 ลิตรต่อนาที เครื่องขนาด 0.5 แรงม้า จำนวน 4 เครื่อง มีอัตราการไหล 217 ลิตรต่อนาที ดังนั้นเครื่องสูบทั้งสองชนิดจึงสามารถนำมาใช้งานกับระบบการให้น้ำในตัวอย่างได้ ซึ่งทำให้มีระยะเวลาการทำงานเท่ากัน เครื่องสูบขนาด 0.5 แรงม้า จำนวน 4 เครื่อง ที่ต่อใช้งานในรูปแบบขนานจึงมีค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยกว่าเครื่องสูบขนาด 2 แรงม้า เท่ากับ ชั่วโมงละ 0.81 หน่วย ซึ่งคิดเป็นอัตราการประหยัดหรือประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ เท่ากับ 34.61 เปอร์เซ็นต์

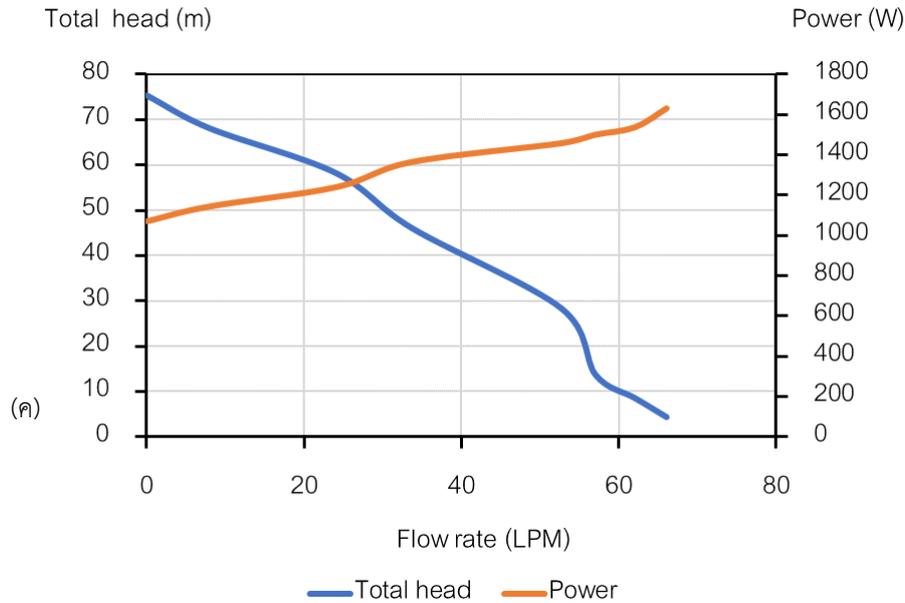


ค่าบำรุงรักษาของเครื่องสูบน้ำ เท่ากับ 0.03 เปอร์เซ็นต์ของราคาซื้อเครื่องสูบน้ำต่อ 1 ชั่วโมงการทำงาน (โยธาไทย, 2563) พบว่าค่าซ่อมแซมและบำรุงรักษาของเครื่องสูบน้ำขนาด 2 แรงม้า จำนวน 1 เครื่อง เท่ากับ 2.37 บาทต่อชั่วโมง และเครื่องสูบน้ำขนาด 0.5 แรงม้า จำนวน 4 เครื่อง เท่ากับ 1.03 บาทต่อชั่วโมง ซึ่งทำให้ประหยัดค่าซ่อมแซมและบำรุงรักษาเครื่องสูบน้ำเท่ากับ 1.34 บาทต่อชั่วโมง หรือ 56.54 เปอร์เซ็นต์

4. สรุป

การต่อใช้งานเครื่องสูบน้ำขนาดเล็กหลายเครื่องในรูปแบบขนานจะทำให้ค่าอัตราการไหลมากขึ้น แต่การต่อใช้งานในรูปแบบอนุกรมจะทำให้ค่าเฮดมากขึ้น และการต่อใช้งานร่วมกันในลักษณะผสมจะทำให้มีค่าอัตราการไหลและเฮดต่างกันตามการต่อใช้งาน และการต่อใช้งานรูปแบบอนุกรมจะได้ค่าเฮดสูงกว่าเครื่องสูบน้ำขนาดใหญ่ การใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องสูบน้ำขนาดเล็กจำนวนหลายเครื่องจะใช้ค่าพลังงานไฟฟ้าน้อยกว่าการใช้เครื่องสูบน้ำขนาดใหญ่ 1 เครื่อง ดังแสดงในภาพที่ 5 (ก) (ข) และ (ค) อีกทั้งยังมีราคาแรกซื้อ รวมทั้งค่าซ่อมบำรุงรักษาต่อชั่วโมงที่น้อยกว่าการใช้เครื่องสูบน้ำขนาดใหญ่ 1 เครื่อง ซึ่งจะเป็นข้อมูลให้เกษตรกรในการเลือกใช้เครื่องสูบน้ำอย่างเหมาะสมและคุ้มค่าต่อการใช้งาน





- (ก) กราฟแสดงลักษณะการทำงานของเครื่องสูบน้ำ ขนาด 2 แรงม้า
(ข.) กราฟแสดงลักษณะการทำงานของเครื่องสูบน้ำ ขนาด 0.5 แรงม้า จำนวน 4 เครื่อง ในรูปแบบขนาน
และ (ค) กราฟแสดงลักษณะการทำงานของเครื่องสูบน้ำ ขนาด 0.5 แรงม้า จำนวน 4 เครื่อง ในรูปแบบอนุกรม

ภาพที่ 6 กราฟแสดงลักษณะการทำงานของเครื่องสูบน้ำ

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากหน่วยวิจัยสมาร์ตฟาร์มและโซลูชันทางการเกษตร และสาขาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์และอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ วิทยาเขตเชียงใหม่

6. เอกสารอ้างอิง

โยธาไทย. 2563. มาตรฐานค่าใช้จ่ายเครื่องจักรกลต่อชั่วโมง โดย กองโรงงานเครื่องจักรกล ปก. (ระบบออนไลน์). แหล่งที่มา:

<https://www.yotathai.com/yotanews/machine-cost-hour2?fbclid=IwAR3->

KA68WrZxz_VxY44nddwFulj_JVfVjN-kpw1rTPZQxmEYrH6LsVFXZ1s. (29 มกราคม 2566)

วิบูลย์ บุญยธโรกุล. 2529. ป้อนและระบบสูบน้ำ. ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

del Risco Moreno, E., Muelas-Hurtado, R. D., & Acosta-Porras, E. A. 2021. Analysis of Two Hydraulic Ram Pumps in Parallel Operating with Single-vertical Supply. In Journal of Physics: Conference Series (Vol. 2022, No. 1, p. 012028). IOP Publishing.

Repsa, E., & Kronbergs, E. 2021. Investigation of Centrifugal Pump Characteristics. Engineering for Rural Development, Jelgava. 26.-28.05.2021: 551-556. DOI: 10.22616/ERDev.2021.20.TF119.



เครื่องผลิตไมโครบับเบิลผสมโอโซนเพื่อล้างผลผลิตทางการเกษตร

Micro Bubble Generator Mixed with Ozone to Clean Agricultural Products

สิริวิชช์ สังข์ทอง¹, ชุตินพณ์ อ่างคำ¹, ลีลาวดี ประยูร¹ และ กฤษฎากร บุตดาจันทร์²

Siravich Sangthong¹, Chutipon Angkham, Lilawadee Prayoon and Krisadakorn buddachan²

ภาควิชาวิศวกรรมเกษตรเพื่ออุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

วิทยาเขตปราจีนบุรี จังหวัดปราจีนบุรี 25230

Department of Agriculture Engineering for Industry,

King Mongkut's University of Technology North Bangkok,

Prachinburi of Campus, Prachinburi 25230

โทร 037 217 300 โทรสาร 037 217 315 Email: Siravich.08@gmail.com

บทคัดย่อ

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อผลิตเครื่องไมโครบับเบิลผสมโอโซนเพื่อผลิตผลทางการเกษตรโดยการเติมโอโซนเข้าไปในฟองอากาศของไมโครบับเบิลเพื่อช่วยในการกำจัดเชื้ออีโคไลที่ติดมากับผัก เครื่องมีส่วนประกอบ คือ บั๊มลอยโขงชนิด 5 ใบพัด 1 แรงม้า 220 โวลต์, กระจกมิกเซอร์ เส้นผ่านศูนย์กลาง 3 นิ้ว ยาว 16 นิ้ว, ชุดผลิตโอโซนได้ 28 กรัมต่อชั่วโมง ทำการล้างผักกะหล่ำปลีและวัดหาปริมาณเชื้ออีโคไลของกะหล่ำปลีก่อนล้างและหลังล้างด้วยน้ำเปล่าจากก๊อก, ด้วยเครื่องผลิตฟองไมโครบับเบิล และด้วยเครื่องผลิตฟองไมโครบับเบิลพร้อมชุดผลิตโอโซน การวัดเชื้ออีโคไลด้วยชุดวัดอีโคไลสำเร็จรูปและเทียบสัดส่วนพื้นที่การเกิดเชื้อต่อพื้นที่ทั้งหมดของชุดวัดเป็นเปอร์เซ็นต์ เพื่อแสดงผลการกำจัดเชื้ออีโคไลจากการล้างกะหล่ำปลี จากผลการทดสอบพบว่าน้ำเปล่าจากก๊อกมีเชื้ออีโคไลเฉลี่ย 31.9 colonies, กะหล่ำปลีที่ไม่ได้ล้างมีเชื้ออีโคไลเฉลี่ย 49.8 colonies, กะหล่ำปลีที่ล้างด้วยน้ำเปล่ามีเชื้ออีโคไลเฉลี่ย 82.3 colonies, กะหล่ำปลีที่ล้างด้วยไมโครบับเบิลมีเชื้ออีโคไลเฉลี่ย 29.5 colonies, และกะหล่ำปลีที่ล้างด้วยไมโครบับเบิลผสมโอโซนเฉลี่ย 1.4 colonies, จากการทำการสรุปได้ว่าเครื่องผลิตไมโครบับเบิลที่ผสมโอโซนสามารถล้างผลผลิตทางการเกษตรพวกกะหล่ำปลีได้ดีกว่าการล้างปกติ 71.4 %

คำสำคัญ: ไมโครบับเบิล, เชื้ออีโคไล, กะหล่ำปลี

ABSTRACT

This project aims to produce an ozone-infused microbubble machine for agricultural products by adding ozone to the microbubble air bubbles to help eliminate E. coli bacteria attached to vegetables. The machine consists of a centrifugal pump, type 5 impeller, 1 horsepower, 220 volts, mixer cylinder. Diameter 3 inches, length 16 inches, ozone generation unit 28 grams per hour Cabbage was washed and the E. coli content of cabbage was measured before and after washing with tap water, using a microbubble machine. and with a microbubble bubble machine with ozone generator set Measurement of E. coli with ready-made E. coli measuring kits and comparing the ratio of the infection area to the total area of the measuring kits as a percentage. To show the results of E. coli elimination from cabbage washing. The results showed that plain tap water contained an average of 31.9 colonies of E. coli, an



average of 49.8 colonies of unwashed cabbage, and an average of 49.8 colonies of unwashed cabbage. average 82.3 colonies, microbubble-washed cabbage had an average of 29.5 colonies of E. coli, and 1.4 colonies of ozone-treated microbubble-washed cabbage, on average. Ozone-infused bubbles can wash agricultural produce like cabbage 71.4% better than normal washing.

Keywords: Micro bubble, E. coli, Cabbage

1. บทนำ

อาหารเป็นหนึ่งในปัจจัยที่จำเป็นในการดำรงชีพของมนุษย์ และเป็นหนึ่งในปัจจัยสี่ของมนุษย์ หากมีการปนเปื้อนของสารเคมีและเชื้อโรคก็จะเกิดโทษและผลเสียต่อสุขภาพร่างกายได้ซึ่งในปัจจุบันการเจริญก้าวหน้าทางเทคโนโลยี การเติบโตของเศรษฐกิจ การแข่งขันทางการค้า วิถีชีวิตที่เปลี่ยนไปจากอดีตจนสู่ปัจจุบัน ความรีบเร่งในการดำเนินชีวิต เกษตรกรและผู้ค้ามีการเร่งผลผลิตทางการเกษตร พืชผัก ผลไม้ ให้เพียงพอกับจำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้มีการใช้สารเร่งการเจริญเติบโตของพืช ธาตุอาหาร ยาฆ่าแมลงศัตรูพืช และสารเคมีต่างๆ เพื่อเพิ่มผลผลิต รวมถึงอันตรายจากสิ่งปนเปื้อนจากจุลินทรีย์ที่มาจากสิ่งแวดล้อมในการเพาะปลูก หากไม่มีการล้างทำความสะอาดที่เหมาะสมผู้วิจัยจึงเล็งเห็นถึงความเสี่ยงต่อการบริโภคพืชผัก ผลไม้ที่อาจมีการปนเปื้อนสารเคมีอันตรายดังกล่าวที่อาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพของผู้บริโภค (พัฒน์สุจันต์, 2526) ยาฆ่าแมลงที่ตกค้างอยู่ในพืชผักผลไม้ บางชนิดสลายตัวช้าคงตัวอยู่นาน เกิดสารพิษตกค้างอยู่กับพืชผักผลไม้ได้ เมื่อบริโภคที่ละน้อยจะไม่ปรากฏอาการทันที แต่จะสะสมอยู่ในร่างกาย เมื่อรับประทานติดต่อกันจึงจะแสดงอาการของพิษ ดังนั้นควรล้างด้วยน้ำสะอาดก่อน หรือปอกเปลือกก่อนบริโภค จะช่วยให้ปลอดภัยยิ่งขึ้น ซึ่งธรรมชาติของผักมักมีการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ต่างๆ ซึ่งจะสามารถก่ออันตรายต่อสุขภาพ ก่อนนำไปรับประทานหรือปรุงประกอบอาหาร จึงต้องล้างผักให้สะอาดเสียก่อน โดยมีวิธีการล้างผักอยู่หลายวิธี เพื่อลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ต่างๆ ที่ปนเปื้อนมากับผักให้ลดน้อยลง (ปรีชา และคณะ, 2553; อัมพิกา, 2556) ซึ่งวิธีที่น่าสนใจในขณะนี้ คือ วิธีการล้างโดยไม่ใช้สารเคมี Clean Technology ได้แก่ โอโซนโอโซนมีคุณสมบัติเป็นตัวออกซิไดซ์สารชีวโมเลกุลอื่นได้ดี และยังช่วยทำลายหรือยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ต่างๆ ได้อย่างดี เพราะโปรตีนที่ห่อหุ้มและหล่อเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ เช่น แบคทีเรีย ไวรัส หรือสปอร์เชื้อราถูกทำลายไป จึงทำให้เชื้อจุลินทรีย์นั้นไม่สามารถเจริญต่อไปได้ (Beuchat et al., 1999)

ในปัจจุบันนี้ได้มีการนำก๊าซโอโซนมาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ในหลายๆด้านด้วยกัน เช่น นำมาใช้ในด้านการแพทย์ ใช้ฆ่าเชื้อในโรงงานอุตสาหกรรม นำมาใช้ในด้านสิ่งแวดล้อม (Aluman, 1995) และมีการนำไปใช้ในการส่งออกผักผลไม้ ซึ่งถือว่ามีความปลอดภัยสูงโดยคุณภาพของอาหารนั้นยังคงอยู่ จากคุณสมบัติที่ดีของโอโซนที่ใช้ในการลดเชื้อจุลินทรีย์ หรือกำจัดสารต่างๆ ได้ดีแล้วจึงน่าจะเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการลดเชื้อจุลินทรีย์

นอกจากนี้ยังมีเทคโนโลยีไมโครบับเบิลที่ยังสามารถช่วยในการล้างผักผลไม้ หรือดอกไม้ และในปัจจุบันได้มีการนำระบบไมโครบับเบิลมาประยุกต์ให้เกิดประโยชน์ในหลายๆด้าน เช่น สปาล้างสำหรับงานสปาเพื่อขจัดคราบสกปรกและฟื้นฟูเซลล์ผิว การใช้เลี้ยวปลาทะเลในน้ำจืด น้ำดื่มมาโนออกซิเจน ระบบบำบัดน้ำเสีย การฉีดไมโครบับเบิลด้วยอากาศที่ใช้กับนาข้าว และการขนส่งทางไกลของปลา เป็นต้น

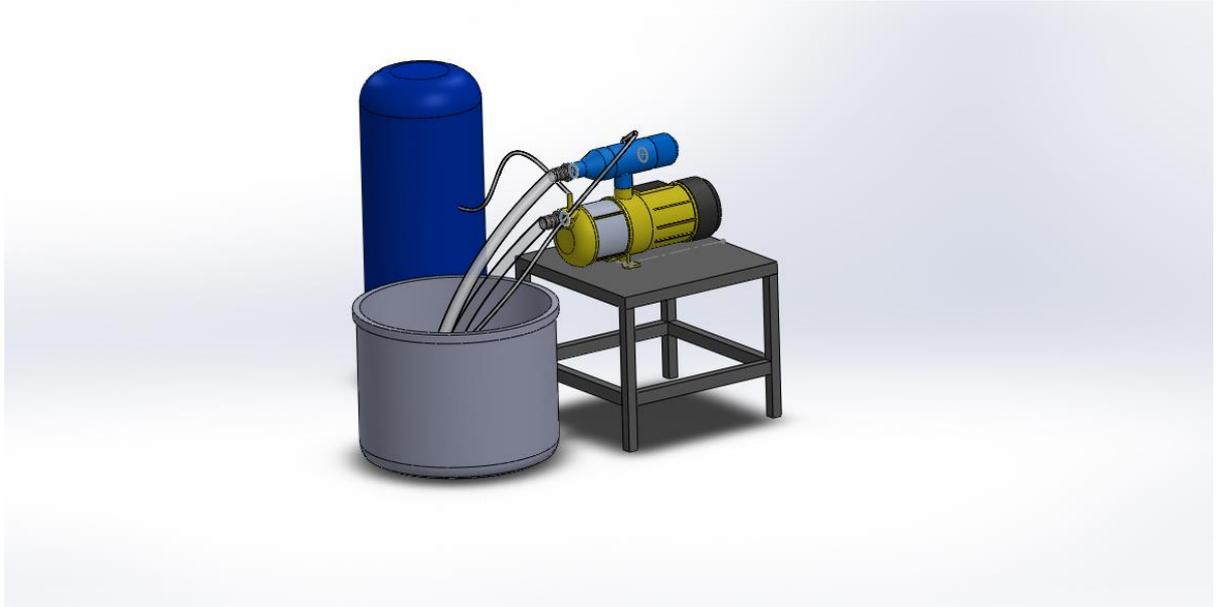
ดังนั้นจึงเล็งเห็นของปัญหา เนื่องด้วยการเพาะปลูกในบางครั้งอาจมีสารเคมีตกค้างฝุ่นละออง ต้องมีการทำความสะอาดให้พร้อมต่อการบริโภคและส่งออก จึงได้ทำการศึกษาล้างผลผลิตทางการเกษตรด้วยน้ำโอโซนและระบบไมโครบับเบิลหลังการเก็บเกี่ยวให้เหมาะสม เพื่อแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น



2. เครื่องที่ออกแบบและทำการทดสอบเครื่อง

2.1 การออกแบบเครื่อง

เครื่องที่ออกแบบมีส่วนประกอบ มอเตอร์ 800 วัตต์ ปัมป์หอยโข่ง 5 ใบพัด 1 แรงม้า 220 โวลต์ และต่อสายยาง 1.5 นิ้วเป็นท่อทางเข้า, กระจบอกมิกเซอร์ เส้นผ่านศูนย์กลาง 3 นิ้ว ความยาว 16 นิ้ว วัสดุทำจาก PVC และต่อสายยาง 1.5 นิ้ว เป็นท่อทางออกฟอง มีอัตราการผลิตฟองเฉลี่ย 20.46 ลิตรต่อนาที วัดด้วยเครื่องวัดอัตราการไหล, ถังสำหรับใส่ล้างผลิตผลทางการเกษตร ขนาด 100 ลิตร, ชุดผลิตโอโซน ความเข้มข้น 28 กรัมต่อชั่วโมง ต่อเข้ากับรูลมเข้า (Air intake) และปัมป์



ภาพที่ 1 เครื่องที่ออกแบบนำมอเตอร์ 30 วัตต์ เพื่อช่วยในการไหลวนน้ำ



ภาพที่ 2 เครื่องผลิตไมโครบับเบิลพร้อมชุดโอโซน



ภาพที่ 3 ภายในกระจบอกมิกเซอร์



ภาพที่ 4 เปรียบเทียบระหว่างน้ำไมโครบับเบิลและน้ำเปล่า

2.2 การทดสอบเครื่องด้วยการล้างผลิตผล

โครงการนี้เลือกใช้กะหล่ำปลีเป็นตัวอย่างในการทดสอบ เพราะ กะหล่ำปลีนั้นถูกปลูกติดอยู่กับดิน การรดน้ำหรือให้ปุ๋ยกะหล่ำปลีนั้นมีโอกาสที่จะได้รับการปนเปื้อน เนื่องจากมีการกระเด็นหรือสิ่งสกปรกปนเปื้อนมากับน้ำหรือปุ๋ยที่ให้ จากบทความวิจัยของคุณนุชรี ภูมิภักดี จากมหาวิทยาลัยนครราชสีมา ที่สำรวจผักสดจากตลาดมะขามเฒ่าได้พบว่ากะหล่ำปลีมีปริมาณเชื้ออีโคไลที่ 460 MPN ซึ่งไม่ได้เยอะที่สุดแต่ก็เลือกใช้ในการทดสอบ

นำตัวอย่างกะหล่ำปลีที่เตรียมไว้มาผ่านการล้างน้ำตัวอย่าง ล้างเป็นเวลา 5 นาที, 10 นาที, 15 นาที มีการทำซ้ำ 10 ซ้ำ แล้วนำไปทดสอบหาเชื้ออีโคไลด้วยชุดตรวจสำเร็จรูป

กลุ่มตัวอย่างที่ 1 หาเชื้ออีโคไลจากจากน้ำเปล่า

กลุ่มตัวอย่างที่ 2 หาเชื้ออีโคไลจากกะหล่ำปลีที่ยังไม่ได้ล้าง

กลุ่มตัวอย่างที่ 3 หาเชื้ออีโคไลจากใบกะหล่ำที่ล้างด้วยน้ำเปล่า

กลุ่มตัวอย่างที่ 4 หาเชื้ออีโคไลจากใบกะหล่ำปลีที่ล้างมาจากเครื่องผลิตไมโครบับเบิล (น้ำชนิดเดียวกัน)

กลุ่มตัวอย่างที่ 5 หาเชื้ออีโคไลจากใบกะหล่ำปลีที่ล้างมาจากเครื่องผลิตไมโครบับเบิลผสมโอโซน (น้ำชนิดเดียวกัน)



ภาพที่ 5 ชุดตรวจอีโคไล

ทำการทดสอบวัดเชื้ออีโคไลโดยใช้ชุดทดสอบสำเร็จรูปที่มีมาตรฐานรับรองจาก AOAC international และ Microval ขั้นตอนการทดสอบ จะต้องนำก้านสำลิจุ่มลงในน้ำยาทดสอบ และนำไปป้ายบนผิวของกะหล่ำปลีให้ทั่วทั้งใบและนำ



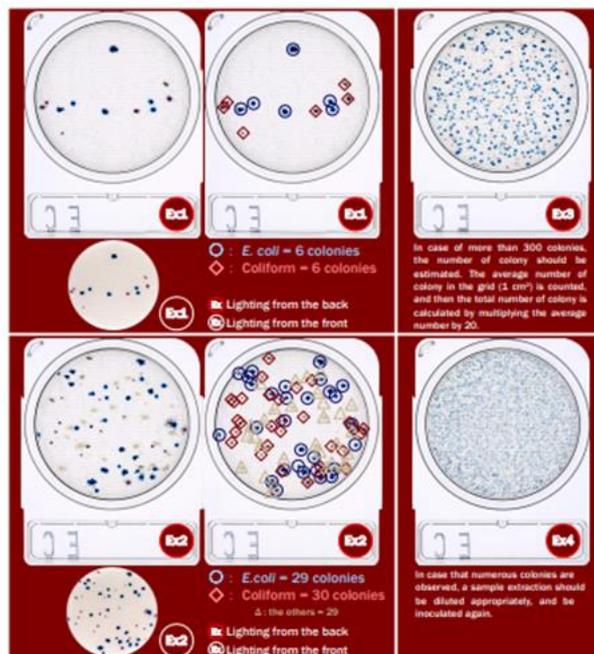
ก้านสำลีลงในขวดน้ำยาทดสอบหมุนไฟมาหลายๆ ครั้งจากนั้นหักก้านสำลีโดยดึงก้านสำลีให้พ้นจากปากขวดประมาณหนึ่งแล้ว
หักไม้ให้เท่ากับปากขวด จากนั้นปิดฝาให้แน่นและเขย่า 15-20 ครั้ง เปิดฝาขวดและใช้หลอดฉีดยาปราศจากเชื้อดูดน้ำยา
ทดสอบขึ้นมา 1 มิลลิลิตร เปิดฝา Compact Dry Plate และหยดน้ำยาทดสอบลงบนกลางแผ่น ทิ้งไว้ให้ตัวอย่างกระจายตัว
ไปทั่วแผ่นประมาณ 2-3 วินาที ปิดฝาและนำ Compact Dry Plate คว่ำแล้วใส่ซองซิบบแล้วจากนั้นเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 33-37
องศาเซลเซียส หรืออุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง



ภาพที่ 6 ขั้นตอนการตรวจเชื้ออีโคไลบนกะหล่ำปลี

2.3 วิธีการวัดประเมินปริมาณเชื้ออีโคไล

นำชุดตรวจมานับจำนวนเชื้ออีโคไล หน่วยเป็น Colonies เชื้ออีโคไลจะมีลักษณะสีฟ้า (Nissui pharmaceutical)



ภาพที่ 7 วิธีการนับจำนวนเชื้ออีโคไล (Nissui pharmaceutical, 2563)



3. ผลการทดสอบและวิจารณ์ผล

ผลการศึกษาเชื้ออีโคไลบนกะหล่ำปลี

หลังจากการล้างกะหล่ำปลีในน้ำตัวอย่างทั้ง 3 ประเภท นาน 5 นาที, 10 นาที และ 15 นาที จำนวน 10 ซ้ำ แล้วนำกะหล่ำปลีมาวิเคราะห์หาเชื้ออีโคไลด้วยวิธี Swab E.coli and Coliform (Compact Dry EC) ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 1 จากผลการศึกษาพบว่ากะหล่ำปลีที่ล้างด้วยน้ำเปล่าจากก๊อกของมหาวิทยาลัย และล้างด้วยน้ำไมโครบับเบิล พบเชื้ออีโคไลทั้งก่อนล้างและหลังล้างกะหล่ำปลี ส่วนกะหล่ำปลีที่ล้างด้วยน้ำไมโครบับเบิลผสมโอโซน พบเชื้อก่อนล้างแต่หลังล้างไม่พบเชื้ออีโคไล จากผลการทดลองพบว่าการล้างกะหล่ำปลีด้วยน้ำไมโครบับเบิลผสมโอโซน นาน 5-15 นาที สามารถยับยั้งเชื้ออีโคไลได้ ดังแสดงในภาพที่ 8



ภาพที่ 8 ก) ลักษณะเชื้ออีโคไลจากน้ำเปล่า ข) ลักษณะเชื้ออีโคไลจากกะหล่ำปลีที่ยังไม่ได้ล้าง ค) ลักษณะเชื้ออีโคไลจากใบกะหล่ำปลีที่ล้างด้วยน้ำเปล่า ง) ลักษณะเชื้ออีโคไลจากใบกะหล่ำปลีที่ล้างจากเครื่องผลิตไมโครบับเบิล และ จ) ลักษณะเชื้ออีโคไลจากใบกะหล่ำปลีที่ล้างจากเครื่องผลิตไมโครบับเบิลผสมโอโซน

ตารางที่ 1 แสดงผลการศึกษาเชื้ออีโคไลจากใบกะหล่ำปลี

เวลาที่ใช้ล้าง (นาที)	จำนวนเชื้ออีโคไล (colonies)				
	น้ำเปล่าจากก๊อก	กะหล่ำปลีก่อนล้าง	กะหล่ำปลีล้างน้ำเปล่าจากก๊อก	กะหล่ำปลีล้างจากไมโครบับเบิล	กะหล่ำปลีล้างจากไมโครบับเบิลผสมโอโซน
5	31.9±7.2	49.8±6.7	82.3±12.4	22.1±6.4	1.7±1.5
10	31.9±7.2	49.8±6.7	78.1±7.8	17.6±4.4	1.4±1.2
15	31.9±7.2	49.8±6.7	69.8±6.5	29.5±6.2	1.4±0.8

4. สรุป

จากประสิทธิภาพของเครื่องผลิตไมโครบับเบิลผสมโอโซน ที่ใช้ปั๊มหอยโข่งชนิด 5 ใบพัด 1 แรงม้า 220 โวลต์ โดยกระบอกมิกเซอร์ มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 นิ้ว ยาว 16 นิ้ว หัวฉีดเชื้อลมีขนาดอยู่ที่ 1 นิ้ว มีหน้าที่ฉีดน้ำทำให้ฟองมีขนาดเล็ก และมีอัตราการผลิตฟองเฉลี่ย 20.46 ลิตรต่ออนาที มีความดันที่ 4.8 บาร์ และชุดผลิตโอโซนที่ผลิตได้ 28 กรัมต่อชั่วโมง เมื่อทำการทดสอบพบว่า การใช้เครื่องผลิตไมโครบับเบิลผสมโอโซนมีเชื้ออีโคไลคงเหลือเฉลี่ย 1.4 colonies, การใช้เครื่องผลิตไมโครบับเบิลมีเชื้ออีโคไลคงเหลือเฉลี่ย 29.5 colonies และการใช้น้ำเปล่าจากก๊อกมีเชื้ออีโคไลคงเหลือเฉลี่ย 82.3 colonies ซึ่งจากกะหล่ำปลีที่ยังไม่ได้ล้างมีเชื้ออีโคไลเฉลี่ย 49.8 colonies



5. กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยเรื่อง เครื่องผลิตไมโครบับเป็ลผสมไอโซนเพื่อล้างผลผลิตทางการเกษตร เพื่อการสำเร็จการศึกษาของ นักศึกษาระดับปริญญาตรี สามารถดำเนินการจนประสบความสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์และ สนับสนุนเป็นอย่างดีจากคณะเทคโนโลยีและการจัดการอุตสาหกรรม ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา ความรู้ ข้อคิด ข้อเสนอแนะ และปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ จนกระทั่งการวิจัยครั้งนี้สำเร็จเรียบร้อยด้วยดี ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

6. เอกสารอ้างอิง

- คอมแพคท์ เวิร์ธ คอร์ปอเรต. 2563. ตลับเพลทตรวจเชื้ออีโคไลและโคลิฟอร์ม. สืบค้น 12 มกราคม 2566, จาก <http://www.unisysth.com/16538831/>
- ชินานานู วิทยาประชากร และคณะ. 2563. เทคโนโลยีไมโครนาโนบับเป็ลในกระบวนการล้างกล้วยหอมทองเพื่อลดการปนเปื้อนของอีโคไล, (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา, หน้า 69-75
- นุชรี ภูมิภักดิ์ และคณะ. 2562. การตรวจหา Escherichia coli ในผักสดจากตลาดมะขามเฒ่า, (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ คณะวิทยาศาสตร์การแพทย์ วิทยาลัยนครราชสีมา), หน้า 1050
- รุ่งระวี ทองดองเอ, เทคโนโลยีไมโคร/นาโนบับเป็ลกับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ, (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา), หน้า 9
- อภิญา พูลทรัพย์. 2560. ไมโครนาโนบับเป็ลเทคโนโลยียืดอายุความสดของอาหารสดของอาหารหนึ่งแนวคิดที่พัฒนาเพื่อสุขภาพของผู้บริโภค. สืบค้น 20 กันยายน 2565, จาก <https://engineering.rmutl.ac.th/news>



การออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบของเครื่องล้างไบโอดีเซลด้วยไบโอชาร์

Design and Creation of Prototype of Biodiesel Washing Machine with Biochar

ชัยธวัช เครือพยัคฆ์¹, ศตวรรษ มีเดช¹, สุรัสวดี ฟองหิรัญศิริ¹, ชิชณูชา สุวรรณ¹,
อรสา ชูละเอียด², วารุณี ลิ้มมัน² และ ธัชพล จุ่งเจริญ²

Chaithawat Khruaphayak¹, Sattawan Medach¹, Surasak Fonghiransiri¹, Chitsanucha Suwan¹,

Orasa Choola-aied², Warunee Limmun² and Thatchapol Chungcharoen²

ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร 86160

Department of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang,

Prince of Chumphon Campus, Chumphon 86160

โทร 077 506 434 โทรสาร 077 506 434 E-mail: thatchapol.ch@kmitl.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้สนใจที่จะนำวิธีการล้างไบโอดีเซลโดยใช้ไบโอชาร์แทนการล้างด้วยน้ำ ซึ่งวิธีการดังกล่าวนี้จะสามารถช่วยแก้ปัญหามลพิษจากน้ำเสียที่เกิดจากการล้างไบโอดีเซลด้วยน้ำได้ นอกจากนี้ยังสามารถช่วยลดการสูญเสียน้ำมันไบโอดีเซลจากกระบวนการล้างได้อีกด้วย งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบของเครื่องล้างไบโอดีเซลด้วยไบโอชาร์ พร้อมทั้งศึกษาผลกระทบของมุมใบพัด และระยะเวลาการกวนผสมต่อความสามารถในการกำจัดสิ่งปนเปื้อนในไบโอดีเซล จากผลการทดลองพบว่า เครื่องต้นแบบของเครื่องล้างไบโอดีเซลด้วยไบโอชาร์ สามารถลดสิ่งปนเปื้อนในไบโอดีเซลได้ดี โดยร้อยละผลผลิตของไบโอดีเซลจะมีค่าลดลง เมื่อมุมของใบพัด และระยะเวลาในการกวนผสมเพิ่มขึ้น แต่ยังคงมีค่าสูงกว่าร้อยละผลผลิตของไบโอดีเซลที่ล้างด้วยน้ำ นอกจากนี้มุมใบพัด และระยะเวลาการกวนผสมที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้สมบัติของไบโอดีเซล ได้แก่ ความหนาแน่น ความหนืด ปริมาณน้ำ ความเป็นกรด มีค่าลดลง ซึ่งเงื่อนไขที่เหมาะสมในการล้างไบโอดีเซลด้วยไบโอชาร์ ได้แก่ มุมของใบพัดที่ 60 องศา เวลาการกวนผสม 40 นาที เงื่อนไขดังกล่าวจะให้สมบัติของไบโอดีเซลมีค่าผ่านเกณฑ์มาตรฐาน นอกจากนี้ยังมีปริมาณกลีเซอรอลอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานอีกด้วย อย่างไรก็ตามปริมาณเมทานอลในไบโอดีเซลยังสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน

คำสำคัญ: เครื่องล้างไบโอดีเซล, ไบโอชาร์, สมบัติของไบโอดีเซล

ABSTRACT

This research was focused on the biodiesel washing method with biochar instead of water washing method. This method can solve the water waste pollution from water washing method. Moreover, the biodiesel washing method also can reduce the biodiesel loss from water washing method. Therefore, this research aimed to design and create the prototype of biodiesel washing machine with biochar. Moreover, the effects of propeller angle and mixing time on the ability of contaminant removal in biodiesel were also investigated. The results showed that the prototype of biodiesel washing machine with biochar could reduce the contaminant in biodiesel. The biodiesel yield was decreased when increasing the propeller angle and mixing time, but it was still higher than biodiesel yield with water washing method. Moreover, the increase in propeller angle and mixing time provided the decreases in biodiesel properties such as



density, viscosity, water content, and acidity. The appropriate conditions for biodiesel washing method with biochar were a propeller angle of 60 degree and a mixing time of 40 minute. These provided the good Properties of biodiesel which were to level acceptable by the standard, as well as glycerol content. However, Methanol content is still over the standard.

Keywords: Biodiesel washing machine, Biochar, Biodiesel properties

1. บทนำ

ไบโอดีเซล (Biodiesel) เป็นเชื้อเพลิงที่ผลิตจากแหล่งทรัพยากรหมุนเวียน เช่น น้ำมันพืช ไขมันสัตว์ สาหร่าย หรือน้ำมันพืชที่ใช้แล้ว ซึ่งนับเป็นเชื้อเพลิงทางเลือกที่มีคุณสมบัติการเผาไหม้เหมือนกับน้ำมันดีเซลและสามารถใช้ทดแทนน้ำมันดีเซลได้ (Ramos et al., 2019) โดยปัจจุบัน ทับวารินทร์ ธีรสารท จ.กระบี่ เป็นหน่วยงานที่มีการผลิตไบโอดีเซลใช้ทดแทนน้ำมันดีเซลอย่างจริงจัง เนื่องจากสถานที่ตั้งของธีรสารทนั้นตั้งอยู่บนเกาะโพธิ์ ซึ่งเป็นแหล่งท่องเที่ยวที่ได้รับความนิยมจากนักท่องเที่ยวเป็นจำนวนมากทั้งชาวไทยและชาวต่างชาติ โดยเกาะโพธิ์นั้นจะไม่มีระบบไฟฟ้า จำเป็นต้องผลิตไฟฟ้าใช้เองโดยใช้เครื่องปั่นไฟซึ่งต้องใช้ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ซึ่งจะต้องซื้อจากชายฝั่งและขนส่งผ่านทางเรือมายังเกาะ ทำให้มีค่าใช้จ่ายที่สูงและมีความลำบากในการขนส่ง ดังนั้นการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลเพื่อใช้เองจึงเป็นทางเลือกที่ดี และมีความคุ้มค่าอย่างยิ่งเมื่อเทียบกับการขนส่งน้ำมันดีเซลมาจากชายฝั่ง

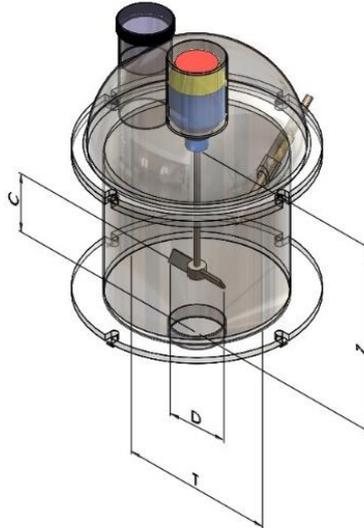
กระบวนการผลิตไบโอดีเซลที่ ทับวารินทร์ ธีรสารท ใช้ในการผลิตไบโอดีเซลนั้นเริ่มจากการนำน้ำมันที่ใช้แล้วมาใส่ถังพักไว้เพื่อให้เกิดการตกตะกอนก่อนนำไปทำปฏิกิริยากับเมทานอลในถังผสมที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส โดยใช้ KOH เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา สิ่งที่ได้จากปฏิกิริยาดังกล่าวคือ ไบโอดีเซล และกลีเซอรอล ซึ่งจะถูกแยกออกจากกันโดยใช้หลักการของแรงโน้มถ่วง หลังจากนั้นไบโอดีเซลที่ได้จะถูกนำไปผ่านกระบวนการล้างเพื่อให้น้ำมันไบโอดีเซลบริสุทธิ์ด้วยน้ำ เพื่อกำจัดกลีเซอรอลที่ยังตกค้างอยู่ รวมถึงสิ่งปนเปื้อนอื่น ๆ โดยอัตราส่วนน้ำต่อไบโอดีเซลที่ใช้คือ 1 : 2 ทำการล้างจำนวน 3 ครั้ง ในขั้นตอนสุดท้ายไบโอดีเซลที่ผ่านกระบวนการล้างจะถูกนำมาผ่านกระบวนการลดความชื้นโดยการต้มที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส จากการลงพื้นที่สำรวจกระบวนการผลิตไบโอดีเซลในเบื้องต้นพบว่า กระบวนการล้างด้วยน้ำในแต่ละครั้ง จะมีการสูญเสียน้ำมันไบโอดีเซลไปกับการปล่อยน้ำทิ้ง 10-15% อีกทั้งน้ำที่ผ่านกระบวนการล้างซึ่งมีสิ่งปนเปื้อนปะปนอยู่ ยังไม่มีการบำบัดก่อนการทิ้ง จึงอาจส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมบนเกาะได้ในอนาคต ดังนั้นโครงการนี้จึงมุ่งเน้นที่จะปรับปรุงกระบวนการล้างไบโอดีเซลให้ดีขึ้น

ปัจจุบันการล้างโดยใช้วัสดุดูดซับกำลังได้รับความสนใจในการนำมาใช้กำจัดสิ่งปนเปื้อนต่างๆ หลายชนิด (ธีรสารท และปิยธิดา, 2560; ชัชวानी และคณะ, 2565) โดยวัสดุดูดซับที่ได้รับความนิยม ได้แก่ ไบโอชาร์ ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคาร์บอนและไฮโดรเจนเป็นองค์ประกอบหลัก ผลิตได้จากสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้เองตามธรรมชาติ รวมไปถึงวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตร (ณรงค์ และคณะ, 2564) ไบโอชาร์นั้นเป็นวัสดุที่มีพื้นที่ผิวสูง และมีความสามารถในการดูดซับ (พิทักษ์, 2559) จึงถูกนำมาใช้ดูดซับสิ่งปนเปื้อนในกระบวนการต่างๆ เช่น การบำบัดปรอทที่ปนเปื้อนในอากาศ (ภุมรินทร์ และศรัณย์, 2561) การดูดซับสีย้อมผ้าในน้ำ (จักรกฤษณ์ และคณะ, 2564) เป็นต้น โครงการนี้จึงสนใจที่จะนำวิธีการล้างโดยใช้ไบโอชาร์เป็นตัวดูดซับมาใช้ในการล้างไบโอดีเซลแทนการล้างด้วยน้ำ ซึ่งวิธีการดังกล่าวนี้จะสามารถช่วยแก้ปัญหาพิษจากน้ำเสียที่เกิดจากการล้างด้วยน้ำได้ อีกทั้งน่าจะสามารถช่วยลดการสูญเสียน้ำมันไบโอดีเซลจากกระบวนการล้างได้ด้วย ดังนั้นโครงการนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะออกแบบ และสร้างเครื่องต้นแบบของเครื่องล้างไบโอดีเซลด้วยไบโอชาร์โดยใช้ใบพัดในการกวนผสม พร้อมทั้งศึกษาผลกระทบของมุมของใบพัด และระยะเวลาในการกวนผสมต่อความสามารถในการกำจัดสิ่งปนเปื้อนในน้ำมันไบโอดีเซล

2. วิธีการทดลอง

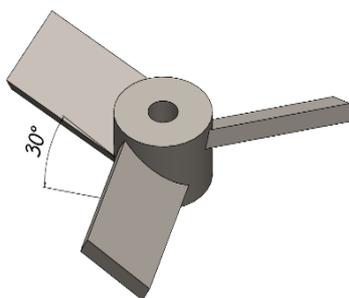
2.1 การออกแบบเครื่องต้นแบบของเครื่องล้างไบโอดีเซลด้วยไบโอซาร์

การออกแบบเครื่องต้นแบบของเครื่องล้างไบโอดีเซลด้วยไบโอซาร์ ประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก คือ ถังกวนผสม ไบพัต กวนผสม และชุดกรองไบโอซาร์ออกจากน้ำมันไบโอดีเซล โดยถังกวนผสมจะออกแบบให้เป็นทรงกระบอกที่สามารถใส่น้ำมันไบโอดีเซลได้ครั้งละ 1.3 ลิตร ภายในถังกวนผสมจะติดตั้งไบพัตเพื่อใช้ในการกวนผสม ซึ่งอัตราส่วนระหว่างถังกวนผสมและไบพัตที่ใช้ในการออกแบบ อ้างอิงจากงานวิจัยของ Márquez-Bañosa et al. (2019) โดยใช้ $C/T = D/T = 0.3848$ and $Z/T = 1.0$ ซึ่งอัตราส่วนดังกล่าวจะมีความสามารถในการกวนผสมที่ดี ตัวแปรต่างๆที่ใช้ในการคำนวณ แสดงดังรูปที่ 1

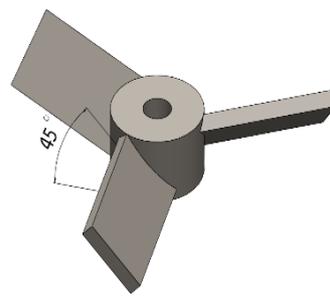


รูปที่ 1 ตัวแปรที่ใช้ในการออกแบบถังกวนผสมและไบพัต

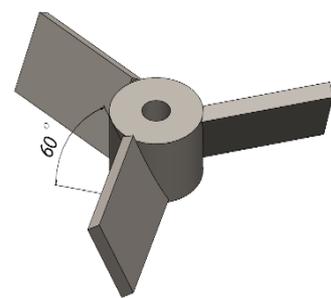
ในส่วนของไบพัต จะใช้ไบพัตแบบ Pitched blade ซึ่งไบพัตชนิดนี้เหมาะสำหรับการกวนผสมของเหลวในแนวแกน (Satjaritanun and Krunatorn, 2014) จำนวนไบพัตที่ใช้คือ 3 ใบ โดยมุมของไบพัตที่ออกแบบมี 3 รูปแบบ คือ 30 องศา และ 60 องศา ตามแนวระนาบ แสดงดังรูปที่ 2 ไบพัตนี้จะถูกควบคุมความเร็วในการหมุนด้วยมอเตอร์ขนาด 12 โวลต์ DC ซึ่งยึดอยู่ด้านบนของแกนไบพัต



ไบพัตทำมุม 30 องศา



ไบพัตทำมุม 45 องศา

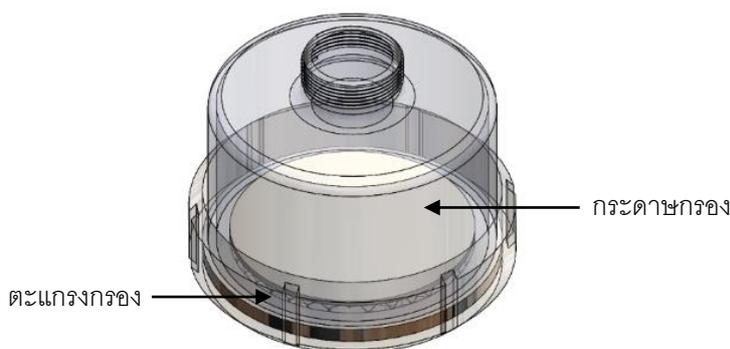


ไบพัตทำมุม 60 องศา

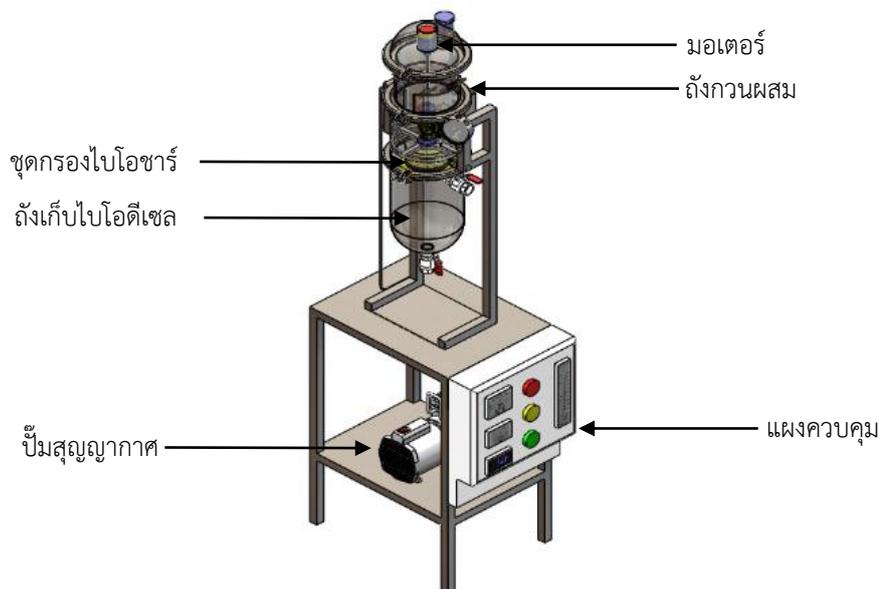
รูปที่ 2 ไบพัตแบบ Pitched blade ที่ใช้ในการทดลอง



ชุดกรองไบโอซาร์ออกจากน้ำมันไบโอดีเซล แสดงดังรูปที่ 3 ประกอบด้วยตะแกรงกรอง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 เซนติเมตร ด้านในจะใส่กระดาษกรองที่มีความละเอียด 2-4 μm เพื่อกรองไบโอซาร์ออกจากน้ำมันไบโอดีเซล ซึ่งสามารถถอดเปลี่ยนได้ โดยในขณะที่กรองไบโอซาร์ออกจากน้ำมันไบโอดีเซล จะใช้ระบบสุญญากาศเข้ามาช่วยเพิ่มความสามารถในการกรองน้ำมัน น้ำมันไบโอดีเซลที่ผ่านการกรองแล้วจะถูกเก็บอยู่ในถังเก็บน้ำมันด้านล่าง ซึ่งเครื่องต้นแบบของเครื่องล้างไบโอดีเซลด้วยไบโอซาร์ แสดงดังรูปที่ 4



รูปที่ 3 ชุดกรองไบโอซาร์ออกจากน้ำมันไบโอดีเซล



รูปที่ 4 เครื่องต้นแบบของเครื่องล้างไบโอดีเซลด้วยไบโอซาร์

2.2 การเตรียมน้ำมันไบโอดีเซล

ในการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลด้วยกระบวนการทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน โดยใช้อัตราส่วนเมทานอลต่อน้ำมันที่ 9:1 โดยโมล และโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ในปริมาณร้อยละ 1 โดยน้ำหนักต่อปริมาตรของเมทานอล เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ให้ความร้อนที่อุณหภูมิคงที่ที่ 60 องศาเซลเซียส ระยะเวลาทำปฏิกิริยา 45 นาที หลังจากทำปฏิกิริยาเสร็จแล้ว นำสารละลาย



ที่ได้ใส่กรวยแยกสารตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นทำการแยกกลีเซอรอลออก และนำไปโอดีเซลที่ได้ไปทำการทดลอง

2.3 วิธีการล้างน้ำมันไบโอดีเซลด้วยไบโอซาร์

นำน้ำมันไบโอดีเซลที่เตรียมไว้ใส่ในถังกวนผสมปริมาณ 1 ลิตร อุณหภูมิที่ 30 องศาเซลเซียส ใส่ไบโอซาร์ 50 กรัม ทำการกวนผสม โดยใช้ใบพัดที่มีมุมต่างกัน 3 รูปแบบคือ 30 45 และ 60 องศา กวนผสมที่ความเร็วรอบของใบพัด 200 รอบต่อนาที เป็นเวลา 20 30 และ 40 นาที หลังจากนั้นปิดมอเตอร์กวนผสมแล้วเปิด Solinoid valve ให้น้ำมันไหลลงสู่ชุดกรองไบโอซาร์ออกจากน้ำมันไบโอดีเซล โดยเปิดปั๊มสุญญากาศเป็นเวลา 45 นาที น้ำมันไบโอดีเซลที่ได้จะถูกนำไปวิเคราะห์ความสามารถในการกำจัดสิ่งปนเปื้อนในน้ำมันไบโอดีเซลต่อไป

2.4 การคำนวณร้อยละผลผลิตของน้ำมันไบโอดีเซลหลังผ่านกระบวนการล้างด้วยเครื่องต้นแบบของเครื่องล้างไบโอดีเซลด้วยไบโอซาร์

ร้อยละผลผลิตของน้ำมันไบโอดีเซล สามารถหาได้จากอัตราส่วนระหว่างปริมาณน้ำมันไบโอดีเซลที่ได้หลังจากผ่านกระบวนการล้างต่อปริมาณปริมาณน้ำมันไบโอดีเซลก่อนล้าง

2.5 การตรวจสอบความสามารถในการกำจัดสิ่งปนเปื้อนในน้ำมันไบโอดีเซล

ความสามารถในการกำจัดสิ่งปนเปื้อนในน้ำมันไบโอดีเซลของเครื่องต้นแบบของเครื่องล้างไบโอดีเซลด้วยไบโอซาร์ จะวัดจากสมบัติของน้ำมันไบโอดีเซลที่ได้โดยสมบัติที่ใช้ในการตรวจสอบ ได้แก่ ความหนาแน่น ความหนืด ความเป็นกรด ปริมาณน้ำ ปริมาณเมทานอล และปริมาณกลีเซอรอล โดยค่าความหนาแน่น จะใช้เครื่อง Hydrometer ในการตรวจสอบโดยใช้มาตรฐาน ASTM D 1298 ความหนืดใช้เครื่อง Viscometer โดยใช้มาตรฐาน ASTM D 445 ความเป็นกรด จะใช้เครื่อง 916 Ti-Touch with magnetic stirrer โดยใช้มาตรฐาน ASTM D 664 ปริมาณน้ำ จะใช้เครื่อง 703 Ti Stand with stirrer and pump โดยใช้มาตรฐาน EN ISO 12937 ปริมาณเมทานอล และปริมาณกลีเซอรอล จะใช้เครื่อง Gas chromatography with flame ionization detection (GC-FID; 6850, Hewlett Packard, USA) ในการตรวจวัดตามมาตรฐาน EN 14110 และ EN 14105 ตามลำดับ

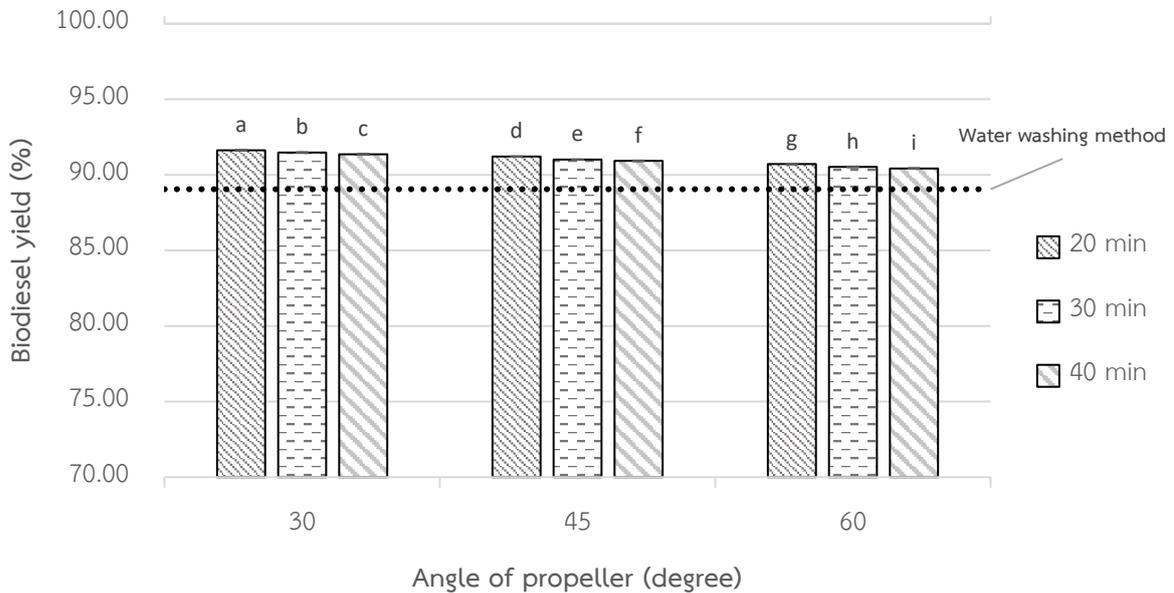
3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

3.1 ร้อยละผลผลิตของไบโอดีเซล

รูปที่ 5 แสดงร้อยละผลผลิตของไบโอดีเซลที่ผ่านกระบวนการล้างด้วยเครื่องต้นแบบของเครื่องล้างไบโอดีเซลด้วยไบโอซาร์ที่เงื่อนไขต่างๆ จากผลการทดลองพบว่า มุมของใบพัด และระยะเวลาในการกวนผสม ส่งผลกระทบบต่อร้อยละผลผลิตของไบโอดีเซลที่ผ่านกระบวนการล้างอย่างมีนัยสำคัญ กล่าวคือ มุมของใบพัด และระยะเวลาในการกวนผสมที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ร้อยละผลผลิตของไบโอดีเซลลดลง โดยร้อยละผลผลิตของไบโอดีเซลที่ผ่านกระบวนการล้างด้วยเครื่องต้นแบบของเครื่องล้างไบโอดีเซลด้วยไบโอซาร์ จะมีค่าอยู่ในช่วง 90.43-91.63 การลดลงของร้อยละผลผลิตของไบโอดีเซล เนื่องมาจากมุมของใบพัด และระยะเวลาในการกวนผสมที่เพิ่มขึ้นนั้น จะเพิ่มความสามารถในการสัมผัสกันระหว่างน้ำมันไบโอดีเซลกับไบโอซาร์ ส่งผลให้โมเลกุลของสารปนเปื้อนถูกดูดซับออกไปได้มากขึ้น (จันทร์เลขา, 2554; วิไลวรรณ, 2557; Özkan et al.,



2562) เป็นผลให้ร้อยละผลผลิตของไบโอดีเซลลดลง อย่างไรก็ตาม ร้อยละผลผลิตของไบโอดีเซลที่ผ่านกระบวนการล้างด้วยเครื่องต้นแบบของเครื่องล้างไบโอดีเซลด้วยไบโอซาร์ยังคงมีค่าสูงกว่าร้อยละผลผลิตของไบโอดีเซลที่ผ่านกระบวนการล้างด้วยน้ำ



Mean with different letters indicate significant differences ($p < 0.05$)

รูปที่ 5 ร้อยละผลผลิตของน้ำมันไบโอดีเซลที่ผ่านกระบวนการล้างด้วยเครื่องต้นแบบของเครื่องล้างไบโอดีเซลด้วยไบโอซาร์

3.2 สมบัติของน้ำมันไบโอดีเซล

ตารางที่ 1 แสดงสมบัติของน้ำมันไบโอดีเซลที่ผ่านกระบวนการล้างด้วยเครื่องต้นแบบของเครื่องล้างไบโอดีเซลด้วยไบโอซาร์ที่เงื่อนไขต่างๆ โดยสมบัติของน้ำมันไบโอดีเซลที่ตรวจวัด ได้แก่ ความหนาแน่น ความหนืด ปริมาณน้ำ และค่าความเป็นกรด จากผลการทดลองพบว่า ความหนาแน่น ความหนืด ปริมาณน้ำ และค่าความเป็นกรด ของน้ำมันไบโอดีเซลก่อนการผ่านกระบวนการล้างมีค่า $910.75 \pm 0.20 \text{ kg/m}^3$, $4.992 \pm 0.001 \text{ cSt}$, $1248.65 \pm 1.95 \text{ ppm}$ และ $0.0762 \pm 0.00791 \text{ mg KOH/g}$ ตามลำดับ หลังจากผ่านกระบวนการล้างด้วยเครื่องต้นแบบของเครื่องล้างไบโอดีเซลด้วยไบโอซาร์ พบว่าสมบัติต่างๆ ของน้ำมันไบโอดีเซลมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากไบโอซาร์จะดูดซับสารปนเปื้อนที่ตกค้างในน้ำมันไบโอดีเซล ส่งผลให้โมเลกุลของสารปนเปื้อนถูกดูดซับออกไปได้มากขึ้น ส่งผลให้สมบัติต่างๆ ของน้ำมันไบโอดีเซลดีขึ้น (Putra et al., 2014; รัตถชล และคณะ, 2560) ผลการทดลองสอดคล้องกับงานวิจัยของ Fadhil et al. (2012) ที่ได้ทำการทดลองปรับปรุงไบโอดีเซลโดยการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากกากชาที่ใช้แล้วและตรวจสอบคุณสมบัติไบโอดีเซลหลังผ่านการดูดซับพบว่าคุณสมบัติของไบโอดีเซล ได้แก่ ความหนาแน่น ความหนืด และค่าความเป็นกรด มีค่าน้อยกว่าไบโอดีเซลที่ยังไม่ผ่านการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ และงานวิจัยของ Putra et al. (2014) ซึ่งได้ตรวจสอบปริมาณน้ำของไบโอดีเซลก่อนและหลังดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ พบว่าปริมาณน้ำในไบโอดีเซลลดลงหลังผ่านการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ นอกจากนี้ยังพบว่ามุมของไบพัดและระยะเวลาในการกวนผสมที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ความหนาแน่น ความหนืด ปริมาณน้ำ และค่าความเป็นกรดลดลง เนื่องจากมุมของไบพัด และระยะเวลาในการกวนผสมที่เพิ่มขึ้นนั้น จะเพิ่มความสามารถในการสัมผัสกันระหว่างน้ำมันไบโอดีเซลกับไบโอซาร์ ส่งผลให้โมเลกุลของสารปนเปื้อนถูกดูดซับออกไปได้มากขึ้นตามที่ได้กล่าวไว้แล้วข้างต้น จากผลการทดลองจะเห็นว่าที่เงื่อนไข A60T30 และ A60T40 จะทำให้น้ำมันไบโอดีเซลที่ได้มีค่าตามเกณฑ์มาตรฐาน โดยค่าความหนาแน่นของ



ไบโอดีเซล ซึ่งจะต้องมีค่าไม่ต่ำกว่า 860 kg/m³ และไม่สูงกว่า 900 kg/m³ ค่าความหนืดของไบโอดีเซลต้องไม่ต่ำกว่า 3.5 cSt และไม่สูงกว่า 5.0 cSt ค่าปริมาณน้ำต้องไม่สูงกว่า 500 ppm และค่าความเป็นกรดจะต้องมีค่าไม่สูงกว่า 0.50 mg KOH/g

ตารางที่ 1 แสดงคุณภาพไบโอดีเซลก่อนและหลังผ่านการล้างด้วยไบโอซาร์

Sample	Properties of biodiesel			
	Density (kg/m ³)	Viscosity (cSt)	Water content (ppm)	Acidity (mg KOH/g)
Biodiesel before washing	910.75 ^a ± 0.20	4.992 ^a ± 0.001	1,248.65 ^a ± 1.95	0.1538 ^a ± 0.0004
A30T20	893.00 ^b ± 0.30	4.437 ^b ± 0.001	848.14 ^b ± 1.56	0.0823 ^b ± 0.0010
A30T30	891.60 ^c ± 0.10	4.428 ^c ± 0.002	751.20 ^c ± 1.90	0.0803 ^c ± 0.0002
A30T40	890.50 ^d ± 0.10	4.418 ^d ± 0.001	692.70 ^d ± 1.40	0.0788 ^d ± 0.0005
A45T20	890.30 ^e ± 0.20	4.400 ^e ± 0.001	634.95 ^e ± 1.75	0.0701 ^e ± 0.0002
A45T30	888.85 ^f ± 0.15	4.389 ^f ± 0.001	592.25 ^f ± 1.05	0.0682 ^f ± 0.0002
A45T40	887.75 ^g ± 0.15	4.386 ^g ± 0.001	526.00 ^g ± 1.40	0.0625 ^g ± 0.0005
A60T20	887.55 ^h ± 0.50	4.382 ^h ± 0.001	502.00 ^h ± 1.80	0.0587 ^h ± 0.0005
A60T30	886.30 ⁱ ± 0.20	4.374 ⁱ ± 0.002	481.35 ⁱ ± 1.75	0.0558 ⁱ ± 0.0002
A60T40	885.50 ^j ± 0.10	4.366 ^j ± 0.001	420.70 ^j ± 1.50	0.0540 ^j ± 0.0005

Mean with different letters indicate significant differences (p<0.05) in the same property

Remark: A = Angle of propeller; T = Time for mixing

3.3 ปริมาณเมทานอลและกลีเซอรอลในน้ำมันไบโอดีเซล

ผลการตรวจวัดปริมาณเมทานอลและกลีเซอรอลในน้ำมันไบโอดีเซลที่ผ่านกระบวนการล้างด้วยเครื่องต้นแบบของเครื่องล้างไบโอดีเซลด้วยไบโอซาร์ แสดงดังตารางที่ 2 โดยเลือกตัวอย่าง A60T40 มาใช้ในการตรวจวัด เนื่องจากตัวอย่างดังกล่าวมีสมบัติของน้ำมันไบโอดีเซลดีที่สุด จากผลการทดลองพบว่า น้ำมันไบโอดีเซลก่อนการล้างจะมีปริมาณเมทานอลและกลีเซอรอลอยู่ที่ 5.65 % wt. และ 0.23 % wt. ตามลำดับ เมื่อนำน้ำมันไบโอดีเซลมาผ่านกระบวนการล้างด้วยไบโอซาร์ ปริมาณเมทานอลและกลีเซอรอลสามารถลดลงเป็น 1.67 % wt. และ 0.07 % wt. ตามลำดับ โดยปริมาณกลีเซอรอลที่ได้มีค่าผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ซึ่งจะต้องมีค่าไม่สูงกว่า 0.25 % wt. ในขณะที่ปริมาณเมทานอลยังคงสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ซึ่งปริมาณเมทานอลตามเกณฑ์มาตรฐาน จะต้องมิต่ำกว่า 0.20 % wt.

ตารางที่ 2 ปริมาณเมทานอลและกลีเซอรอลในน้ำมันไบโอดีเซลที่ผ่านกระบวนการล้างด้วยเครื่องต้นแบบของเครื่องล้างไบโอดีเซลด้วยไบโอซาร์

Sample	Methanol (% wt.)	Glycerol (% wt.)
Biodiesel before washing	5.65 ^a ± 0.02	0.23 ^a ± 0.00
A60T40	1.67 ^b ± 0.01	0.07 ^b ± 0.00

Mean with different letters indicate significant differences (p<0.05) in the same property



4. สรุป

การล้างน้ำมันไบโอดีเซลด้วยเครื่องต้นแบบของเครื่องล้างไบโอดีเซลด้วยไบโอชาร์สามารถช่วยเพิ่มความบริสุทธิ์ให้กับน้ำมันไบโอดีเซลได้ โดยมุมของไบพัต และระยะเวลาในการกวนผสมที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ร้อยละผลผลิตของไบโอดีเซลลดลง แต่ยังคงมีค่าสูงกว่าร้อยละผลผลิตของไบโอดีเซลที่ล้างด้วยน้ำ นอกจากนี้ ความหนาแน่น ความหนืด ปริมาณน้ำ ความเป็นกรด ปริมาณเมทานอล และปริมาณกลีเซอรอลจะมีค่าลดลง เมื่อมุมของไบพัต และเวลาในการกวนผสมเพิ่มขึ้น โดยมุมของไบพัตที่ 60 องศา ใช้เวลาในการกวนผสม 40 นาที จะมีสมบัติของไบโอดีเซลที่ดีที่สุด และมีค่าผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด ยกเว้นปริมาณเมทานอลที่ยังสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ซึ่งแนวทางในการลดปริมาณเมทานอลในน้ำมันไบโอดีเซลที่ผ่านกระบวนการล้างด้วยไบโอชาร์ สามารถทำได้โดยการเพิ่มปริมาณไบโอชาร์ให้สูงขึ้น หรือนำไบโอชาร์ไปปรับปรุงคุณสมบัติ โดยการกระตุ้นเพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวในการดูดซับให้ดียิ่งขึ้น ซึ่งจะดำเนินการทดลองในขั้นตอนต่อไป

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และกองทุนส่งเสริม ววน. ที่ให้โอกาสการทำวิจัยครั้งนี้

6. เอกสารอ้างอิง

- จักรกฤษณ์ อัมพูช, ขวสิต สีโสภาก, พุทธิพล หนองเสนา, จิราธิวัฒน์ ตรงค์เมือง และ ชาญณรงค์ ภูขงควาริน. 2564. การดูดซับสีโรดามีนบีด้วยถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว. วารสารวิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ศึกษา 4 (1) : 22-37
- จันทร์เลขา ภูทองคำ. 2554. การกำจัดกลีเซอรินในกระบวนการทำไบโอดีเซลให้บริสุทธิ์โดยตัวดูดซับจากแกลบ. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิตสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย : 50-58
- ซ์ชวานี อีแต, คณิตา ตังคณาบุรักษ์, ซาลิสสา วิสมหมาย, ซิลล์เบิร์ก และ นพวรรณ เสมวิมล. 2565. การศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับออร์โธฟอสเฟตและแอมโมเนียมในสารละลายและน้ำเสียด้วยกากชาและถ่านกากชา. วิศวกรรมสารฉบับวิจัยและพัฒนา 33 (3) : 81-92
- ณรงค์ ชัยสงเคราะห์, สุธารวดี สุขะวณวัฒน์, เบญจพล เฉลิมสินสุวรรณ และ ศศิธร สรรพอคำ. 2564. การผลิตถ่านกัมมันต์จากกาบมะพร้าวที่อุณหภูมิต่ำภายใต้ภาวะจำกัดอากาศสำหรับการดูดซับเมธิลินบลู 10 (2) : 66-80
- ธีรดิศต์ โพธิ์ตันติมงคล และปิยธิดา อูระชื่น. 2560. การกำจัดตะกั่วในน้ำเสียอุตสาหกรรมโดยใช้ถ่านกัมมันต์ จากไม้มะขามที่ผ่านการกระตุ้นด้วยกรดฟอสฟอริก. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 25 (2) : 191-209
- พิทักษ์ อยู่มี. 2559. การเตรียมถ่านกัมมันต์ที่มีพื้นที่ผิวสูงจากผงถ่านไม้โดยการก่อกัมมันต์ทางเคมีแบบแห้ง. วารสารวิทยาศาสตร์ มช. 43 (4) : 788-798
- ภูมรินทร์ คำเดชศักดิ์ และ ศรีณย์ ยวงจันทร์. 2561. การบำบัดปรอทที่ปนเปื้อนในอากาศ ด้วยถ่านกัมมันต์. วารสารสิ่งแวดล้อม 22 (1) : 44-52
- รัตชล อ่างมณี, กัญจนนรี ช่างฉ่ำ, และ อรรณพ หอมจันทร์. 2560. สมบัติของไบโอชาร์ที่ผลิตจากเศษข้าวโพด และศักยภาพในการใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดิน. วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ : 56-62
- วิไลวรรณ แผงสุภา. 2557. การทำไบโอดีเซลให้บริสุทธิ์โดยการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ที่เตรียมจากเปลือกมังคุด. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิตสาขาวิชาเคมีเทคนิคภาควิชาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย : 38-50
- Fadhil, A.B., Dheyab, M.M. and Abdul-Qader, A.Y. 2012. Purification of biodiesel using activated carbons produced from spent tea waste. Journal of the Association of Arab Universities for Basic and Applied Sciences 11 (1) : 46-49



การประชุมวิชาการ โครงการวิศวกรรมเกษตรแห่งชาติ ครั้งที่ 29
16-17 กุมภาพันธ์ 2566 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

- Márquez-Bañosa, V.E., Concha-Gómezb, A.D.D.L, Valencia-Lópezc, J.J., López-Yáñezb, A. and Ramírez-Muñozb, J. 2019. Shear rate and direct numerical calculation of the metzner-otto constant for a pitched blade turbine. *Journal of food engineering* 257 : 10-18
- Özkan, A., Arzutuğ, M.E. and Yapici, Y. 2019. A new application area of electrochemical limiting diffusion current technique: measurement of mixing time and effect of some parameters. *SN Applied Sciences* 1 (11) : 1:1364
- Putra, S.Y., Julianto, T.S., Hartono, P., Puspitasaria, R.D. and Kurniawan, A. 2014. Pre-treatment of used-cooking oil as feed stocks of biodiesel production by using activated carbon and clay minerals. *International Journal of Renewable Energy Development* 3 (1) : 33-35
- Ramos, M., Dias, A.P.S., Puna, J.F., Gomes, J. and Bordado, J.C. 2019. Biodiesel production processes and sustainable raw materials. *Energies* 2019 (12) : 4408
- Satjaritanun, P. and Krunatorn, Y. 2014. Computational fluid dynamics modeling of anaerobic continuously stirred tank reactor. In: *The 28th conference of mechanical engineering network*, 15- 17 October 2014 : 857-864



เครื่องหยอดกาวในไลน์ผลิตรถไถเดินตาม Glue Injection Machine MMA Line

สันหนัฐ แซ่บุญ¹ วิศรุต มะหะหมัด¹ และ จุลพงษ์ พุกกะศรี²

Sanhanat Saeboon¹ Wisarus Mahamad¹ and Junlaphong Bhucksasri²

ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี

Department of Agricultural Engineering, Faculty of Engineering,

Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Pathum Thani

โทร 0-2549-3580 โทรสาร 0-2549-3581 E-mail: Junlaphong_b@rmutt.ac.th

บทคัดย่อ

เครื่องหยอดกาวออกแบบและสร้าง เพื่อลดระยะเวลาการทำงานและควบคุมปริมาณของเนื้อกาวให้มีความสม่ำเสมอ ซึ่งมีส่วนประกอบหลักดังนี้ 1) ชุดโครงเครื่อง 2) ชุด Cover ป้องกันอันตราย 3) ชุดหยอดกาว 4) ชุดควบคุม PLC อาศัยหลักการทำงานของเครื่องหยอดกาว โดยนำ Interlock Change และ Cover Case Rear วางลงที่ตำแหน่งตั้งชิ้นงาน ซึ่งเซ็นเซอร์ตรวจจับชิ้นงานจะตรวจจับว่าชิ้นงานอยู่ที่ ตำแหน่งที่ 1 หรือ ตำแหน่งที่ 2 เมื่อกดปุ่มเริ่มทำงานก็จะทำการหยอดกาวที่ตำแหน่งตั้งชิ้นงานที่เซ็นเซอร์ตรวจจับ เมื่อทำงานเสร็จจะกลับไปจุดเริ่มต้น จากการทดสอบสมรรถนะเครื่องหยอดกาวโดยใช้ค่าชี้ผลทางการศึกษา คือ ขนาดของเส้นกาวที่หยอด เปอร์เซ็นต์ ปริมาณกาว เปอร์เซ็นต์ระยะเวลาในการทำงาน และ เปอร์เซ็นต์ต้นทุนในการผลิตที่ลดลงได้ ตามลำดับ พบว่าเครื่องหยอดกาวสามารถหยอดกาวได้ตามมาตรฐาน ซึ่งอยู่ที่ขนาด 3 – 4 มิลลิเมตร ซึ่งความสามารถในการทำงานเท่ากับ 115 คันต่อหลอด และยังมียอัตรการทำงานที่ส่งกว่าการใช้แรงงานคนถึง 25 คันต่อหลอด จึงสามารถลดระยะเวลาการทำงานได้ถึง 7.5 วินาที จากการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม พบว่าเมื่อใช้เครื่องหยอดกาวภายในระยะเวลา 1 ปี จะมีค่าใช้จ่ายเฉลี่ยของเครื่องหยอดกาวเท่ากับ 292,320 บาทต่อปี ระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ 1.3 ปี ซึ่งสามารถที่จะพัฒนา เพื่อใช้ทดแทนแรงงานคนได้ต่อไป

คำสำคัญ: รถไถเดินตาม, กาว, การออกแบบ

ABSTRACT

The design and manufacture of glue drip machine aims to shorten the working time, control the quantity of glue and make it uniform. The main components are as follows: 1) Rack group 2) Protective cover group 3) Glue drop group 4) PLC control unit is based on the working principle of the glue drop machine and adopts interlocking the rear of the replacement and cover box is placed at the work piece position. The sensor detects whether the work piece is at position 1 or position 2. After pressing the start button, apply glue to the work piece position detected by the sensor. After the work is completed, it will return to the starting point. Test the performance of the glue dispenser by using the research indicators, namely the size, percentage, glue amount and percentage of working time of the glue line. And the percentage of production cost is reduced respectively. It is found that the glue dispenser can drip according to the standard, and the size is 3-4 mm. The working capacity of 115 vehicles per tube and the labor rate



of 25 vehicles per tube. Therefore, the working time can be reduced to 7.5 seconds. According to the analysis of engineering economics data, it is found that when using glue dropper. The average cost of one year is 292320 Baht per year. The return period is 1.3 years, which can be used to replace labor.

Keywords: Tractor, Glue, Design

1. บทนำ

รถไถเดินตามเป็นเครื่องจักรกลเกษตรที่ใช้เป็นต้นกำลังสำหรับลากและขับเคลื่อนอุปกรณ์ทางการเกษตรต่างๆ ตลอดจนการช่วยเกษตรกรทำงานเกษตรกรรมหลายอย่างได้สะดวกรวดเร็วมากขึ้น พื้นที่ทางการเกษตรของประเทศไทย มีสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน อาทิเช่น สภาพภูมิประเทศ ชนิดและคุณสมบัติดิน ในแต่ละแห่งมีความแตกต่างกัน สภาพแวดล้อมเป็นองค์ประกอบสำคัญหนึ่งในการพิจารณาเลือกใช้เครื่องจักรกลทางการเกษตร และเนื่องจากลักษณะพื้นที่ทางการเกษตรของประเทศไทยโดยส่วนใหญ่มักจะแบ่งเป็นแปลงขนาดเล็ก จึงเหมาะสมที่จะใช้รถไถเดินตามในการทำงาน (วินิต, 2530) อีกทั้งปัจจัยที่ช่วยส่งเสริมให้รถไถเดินตามเป็นที่นิยมอย่างสูงก็คือ ความสามารถในการทำงานได้อย่างเอนกประสงค์ เช่น ใช้ในการสูบน้ำเข้าพื้นที่ ใช้ต่อพ่วงกับอุปกรณ์การเกษตรชนิดอื่น ๆ และใช้ในการขนส่งผลผลิตทางการเกษตร ประกอบกับค่าใช้จ่ายในการจัดหาไม่สูงนัก ดังนั้น เกษตรกรส่วนใหญ่ในประเทศไทยจึงมักจะมีรถไถเดินตามเป็นเครื่องจักรกลเกษตรหลักในครัวเรือน (สามารถ, 2557)

ปัจจุบันแนวโน้มความต้องการรถไถเดินตามในประเทศและต่างประเทศมีความต้องการใช้รถไถเดินตามใกล้เคียงกันและเติบโตสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องโดยเฉพาะประเทศกัมพูชา และพม่าซึ่งมีความนิยมใช้รถไถเดินตามและอุปกรณ์การเกษตรจากประเทศไทยเป็นอย่างมาก เนื่องจากคุณภาพสูงกว่าสินค้าที่ผลิตในประเทศของตนเอง อีกทั้งยังมีการพัฒนาตลาดโดยผู้ผลิตและตัวแทนจำหน่ายในต่างประเทศอย่างต่อเนื่องดังนั้นตลาดในต่างประเทศจึงมีความสำคัญต่อผู้ผลิตรถไถเดินตามในประเทศมากขึ้นเรื่อยๆ โดยเฉพาะกลุ่ม CLMV และในอนาคตความต้องการรถไถเดินตามในต่างประเทศนั้นมีแนวโน้มที่จะเพิ่มมากขึ้นสูงกว่าความต้องการในประเทศ โดยในการส่งออกรถไถเดินตาม ปีพ.ศ. 2557 มีมูลค่าการส่งออกอยู่ที่ 3,953.24 ล้านบาท ขยายตัวร้อยละ 60.76 เมื่อเทียบกับปีก่อนๆ โดยประเทศไทยมีการส่งออกรถไถเดินตามไปยังประเทศในกลุ่มอาเซียน อาทิ กัมพูชา ลาว พม่า และมาเลเซีย เป็นต้นซึ่งมีมูลค่าการส่งออกอยู่ที่ 3,929 ล้านบาท คิดเป็นร้อยละ 99.39 ของมูลค่าของการส่งออกรถไถเดินตามทั้งหมด (สถาบันเหล็กและเหล็กกล้าแห่งประเทศไทย, 2558)

บริษัท สยามคูโบต้า คอร์ปอเรชั่น จำกัด เป็นอีกหนึ่งในผู้ผลิตรถไถเดินตามรายใหญ่ โดยในรายผลิตรถไถเดินตามจะมีขั้นตอนในการประกอบที่จุดประกอบ Cover Case Rear และ Interlock Change เข้ากับ TMC ที่จำเป็นต้องใช้เครื่องหยอดกาวในขั้นตอนดังกล่าว โดยปัจจุบันพบปัญหาจากทางไลน์ผลิตรถไถเดินตามมีแผนที่จะลดเวลา Manual Time ที่จุดประกอบ Cover Case Rear และ Interlock Change เข้ากับ TMC โดยจากเดิมพนักงานหยอดกาวที่ TMC และ Cover Case Rear จะเปลี่ยนแปลงวิธีการทำงานโดยใช้เครื่อง Glue Injection machine หยอดกาวที่ Cover Case Rear และ Interlock Change โดยคาดว่าจะลดเวลาการหยอดกาว 10 วินาที และไม่ส่งผลต่อคุณภาพการประกอบดังแสดงในภาพที่ 1 จึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาเครื่องหยอดกาว ซึ่งวัตถุประสงค์ของงานวิจัย ดังนี้ 1) เพื่อปรับขนาดเส้นกาวให้มีความสม่ำเสมอ 2) ลดปริมาณกาวที่ใช้ในการหยอด 3) ลดเวลาการทำงานของพนักงาน 4) ลดต้นทุนในกระบวนการผลิต และเนื่องจากบริษัท สยามคูโบต้า คอร์ปอเรชั่น จำกัด นิคมอุตสาหกรรมนวนคร ในส่วนการผลิต ฝ่ายวิศวกรรม แผนกพัฒนากระบวนการผลิต (Production Development) เป็นแผนกที่สร้างเครื่องจักร อุปกรณ์เครื่องมือเครื่องมือนานาชนิดที่เข้ามาช่วยในการผลิตให้



ประหยัดต้นทุนการผลิตและรักษาคุณภาพของสินค้า ในไลน์ผลิตเครื่องยนต์ ไลน์ผลิตรถไถเดินตาม และไลน์ผลิตชิ้นส่วนอะไหล่ต่างๆ ได้ทำหน้าที่สอดคล้องความร่วมมือกัน เพื่อการสร้างความร่วมมือทางวิชาการ และการแลกเปลี่ยนความรู้และข้อมูล ที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยและพัฒนาด้านการเกษตร กับคณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร สาขาวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร จึงเกิดเป็นหัวข้อในงานวิจัยดังกล่าว

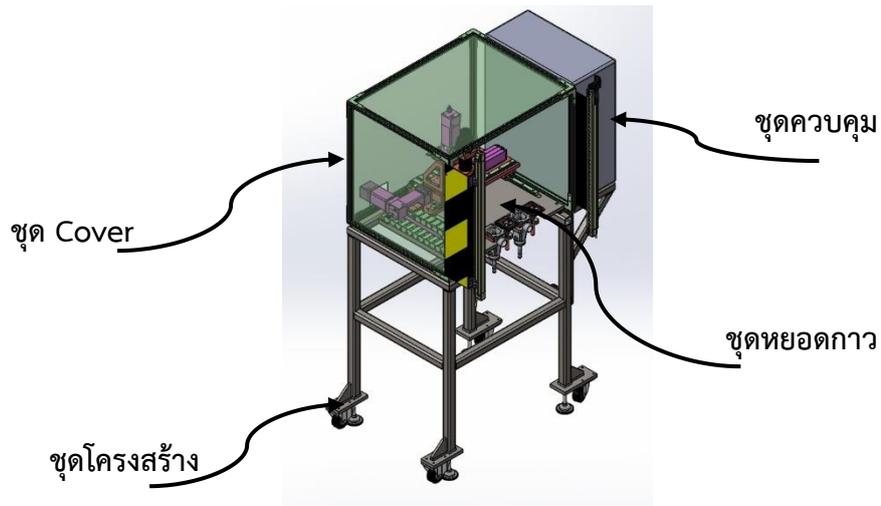


ภาพที่ 1 การหยอดกาวภาพแบบเก่า

2. วิธีการทดลอง

2.1 การออกแบบและสร้างเครื่องหยอดกาว

เครื่องหยอดกาวที่ออกแบบและสร้างขึ้นมามีส่วนประกอบหลักๆดังนี้คือ 1) ชุดโครงเครื่อง 2) ชุด Cover ป้องกันอันตราย 3) ชุดหยอดกาวโดยชุดหยอดกาวประกอบด้วยปืนกาวระบบลมที่ควบคุมการปิดเปิดของลมด้วยโซลินอยด์วาล์วโรโบโซลินอยด์ควบคุมด้วย MSEL contoler ในการเดินเส้นกาวบนตัวที่ Interlock Change และ Cover Case Rear โดยการเขียนคำสั่งควบคุม และ Jigวางชิ้นงานเพื่อกำหนดตำแหน่งชิ้นงานและเส้นกาวให้คงที่พร้อมเซนเซอร์ตรวจจับชิ้นงาน 4) ชุดควบคุม PLC เป็นการควบคุมการทำงานของเครื่องหยอดกาวสั่งการและแสดงผลการทำงานของเซนเซอร์ตรวจจับชิ้นงานผ่านแสงนิรภัย โซลินอยด์วาล์วและโรโบโซลินอยด์แสดงดังภาพที่ 2 และ ภาพที่ 3 โดยหลักการทำงานของเครื่องหยอดกาวนำ Interlock Change และ Cover Case Rear วางลงที่ตำแหน่งตั้งชิ้นงาน ซึ่งเซนเซอร์ตรวจจับชิ้นงานจะตรวจจับว่าชิ้นงานอยู่ที่ ตำแหน่งที่ 1 หรือ ตำแหน่งที่ 2 เมื่อกดปุ่มเริ่มทำงานก็จะทำการหยอดกาวที่ Jig วางชิ้นงานที่เซนเซอร์ตรวจจับเมื่อทำงานเสร็จจะกลับไปจุดเริ่มต้น



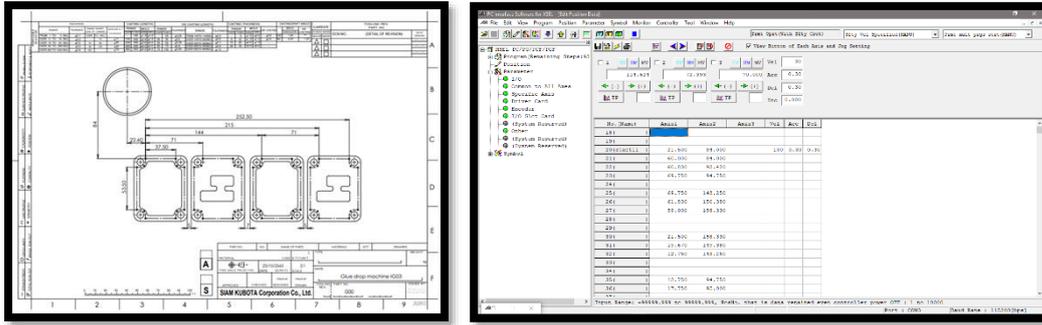
ภาพที่ 2 เครื่องหยุดท้าวที่ออกแบบ



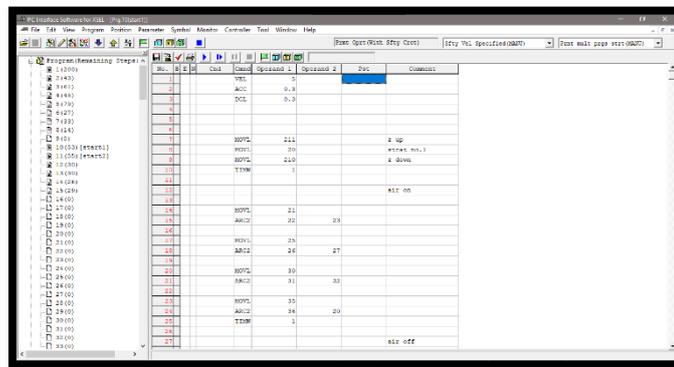
ภาพที่ 3 เครื่องหยุดท้าวที่ได้สร้างขึ้น

2.2 การเขียนคำสั่งโรบอซลินเดอร์

เป็นการเขียนโปรแกรมควบคุมการสั่งการโรบอซลินเดอร์ผ่านตัว Msel contoler โดยเริ่มแรกต้องกำหนดจุด Position โดยอ้างอิงจากแบบ Drawing แสดงดังภาพที่ 4 เมื่อหาจุด Position แต่ละตำแหน่งได้แล้วก็มาเขียนโปรแกรมการเคลื่อนที่แสดงดังภาพที่ 5



ภาพที่ 4 แบบขนาดที่ใช้หา Position



ภาพที่ 5 เขียนโปรแกรมควบคุม

2.3 การทดสอบและประเมินผล

หลังจากการทดสอบเบื้องต้นและแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ แล้ว เครื่องหยอดกาวจะถูกทดสอบและประเมินผลเพื่อหาสมรรถนะในการทำงาน รวมทั้งคุณภาพในการหยอดกาว โดยวัดขนาดมาตรฐานของเส้นกาวที่หยอดทั้ง 4 ด้าน เปอร์เซ็นต์ปริมาณกาวที่ลัดได้ เปอร์เซ็นต์เวลาในการทำงานที่สามารถลัดได้ และเปอร์เซ็นต์ต้นทุนในการผลิตที่ลัดได้ เป็นค่าชี้ผลการศึกษา ซึ่งคำนวณได้จากสมการดังนี้

- 1) ขนาดของเส้นกาว (มิลลิเมตร)

$$\text{ขนาดของเส้นกาว} = \frac{\text{ผลรวมของขนาดเส้นกาวของแต่ละด้าน}}{\text{จำนวนที่ทดสอบทั้งหมด}} \quad (1)$$

- 2) เปอร์เซ็นต์ปริมาณกาวที่ลัดได้

$$\text{เปอร์เซ็นต์ปริมาณกาวที่ลัดได้} = \frac{\text{จำนวนรถที่เพิ่มได้}}{\text{จำนวนรถเริ่มต้น}} \times 100 \quad (2)$$

- 3) เปอร์เซ็นต์เวลาในการทำงานที่สามารถลัดได้

$$\text{เปอร์เซ็นต์เวลาในการทำงาน} = \frac{\text{เวลาที่ทำงานที่ลัดได้}}{\text{เวลาที่ทำงานเริ่มต้น}} \times 100 \quad (3)$$

4).เปอร์เซ็นต์ต้นทุนในการผลิตที่ลดได้

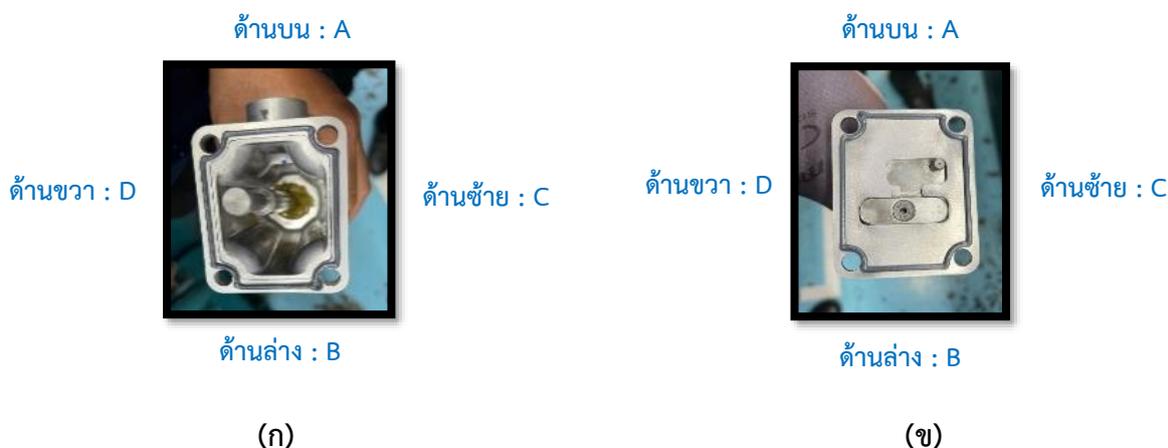
$$\text{เปอร์เซ็นต์ต้นทุนในการผลิต} = \frac{\text{จำนวนเงินที่สามารถลดได้}}{\text{จำนวนเงินเริ่มต้น}} \times 100 \quad (4)$$

ใช้ Cover Case Rear ,Interlock Change และ TMC ตลอดการทดสอบ โดยทดสอบวัดขนาดเส้นกาวที่หยอด ทั้ง 4 ด้าน โดยแต่ละการทดลองจะทำซ้ำ 30 ครั้ง ทดสอบ Water Leak จำนวน 24 ครั้ง ถอดประกอบดูหน้าสัมผัส 6 ครั้ง และบันทึกขนาดของเส้นกาว เวลาที่ใช้ในการทำงานทั้งหมด และจำนวนชิ้นงานที่ใช้กาวปริมาณ 1 หลอด ใช้เป็นข้อมูลในการคำนวณค่าชี้ผลการศึกษา และใช้หลักทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมวิเคราะห์ค่าใช้จ่าย ระยะเวลาต้นทุน และจุดคุ้มทุน เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการพัฒนาเครื่องหยอดกาวให้ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

3.1 ผลทดสอบมาตรฐานเส้นกาว

ผลการทดสอบเครื่องหยอดกาวที่ทดสอบขนาดเส้นกาวที่หยอดทั้ง 4 ด้านคือ ด้าน A B C และ D ตามลำดับ ของ Cover Case Rear และ Interlock Change โดยการทดสอบซ้ำ 30 ครั้งแสดงดังภาพที่ 6 โดยมาตรฐานของเส้นกาวจะอยู่ที่ 3-4 มิลลิเมตร จากการทดสอบวัดขนาดของเส้นกาวได้ค่าเฉลี่ยแต่ละด้านดังตารางที่ 1 การทดสอบ Water Leak และถอดประกอบดูหน้าสัมผัสก็อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานในการผลิต



ภาพที่ 6 (ก) Cover Case Rear (ข) Interlock Change

ตารางที่ 1 ขนาดเส้นกาวที่หยอดทั้ง 4 ด้านของ Cover Case Rear และ Interlock Change

Side	Cover Case Rear (mm)	Interlock Change (mm)
A	3.69	3.52
B	3.48	3.51
C	3.51	3.46
D	3.61	3.73



3.2 ผลทดสอบประสิทธิภาพเครื่องหยอดกาว

จากตารางที่ 2 ในการทดสอบเครื่องหยอดกาวแสดง เปอร์เซ็นต์ปริมาณกาวที่ลดได้ เปอร์เซ็นต์เวลาในการทำงานที่สามารถลดได้ และเปอร์เซ็นต์ต้นทุนในการผลิตที่ลดได้ ซึ่งผลดังกล่าวจะแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพในการทำงานระหว่างการดำเนินงานของเครื่องหยอดกาวกับแรงงานคน

ตารางที่ 2 ผลทดสอบประสิทธิภาพเครื่องหยอดกาว

Works	Manual time (Sec)	ปริมาณการใช้กาว. (คัน/หลอด)	ปริมาณการใช้กาว. (หลอด/ปี)	ค่าใช้จ่ายของกาว (บาท/ปี)
human	14.5	90	667	373,520
Machine	7	115	522	292,320
total	7.5	25	145	81,200
Percent (%)	51.72	27.7	21.7	21.7

*กาว 1 หลอด ราคา 520 บาท

*production 232 Units/day , 60,000 Units/year

4. สรุป

จากการทดสอบสมรรถนะเครื่องหยอดกาว โดยใช้ค่าชี้ผลทางการศึกษา คือ ขนาดของเส้นกาวที่หยอด เปอร์เซ็นต์ปริมาณกาว เปอร์เซ็นต์ระยะเวลาในการทำงาน และเปอร์เซ็นต์ต้นทุนในการผลิตที่ลดลงได้ ตามลำดับ พบว่าเครื่องหยอดกาวสามารถหยอดกาวได้ตามมาตรฐาน ซึ่งอยู่ที่ขนาด 3 – 4 มิลลิเมตร ซึ่งความสามารถในการทำงานเท่ากับ 115 คันต่อหลอด และยังมีอัตราการการทำงานที่ส่งกว่าการใช้แรงงานคนถึง 25 คันต่อหลอด จึงสามารถลดระยะเวลาการทำงานได้ถึง 7.5 วินาที จากการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม พบว่าเมื่อใช้เครื่องหยอดกาวภายในระยะเวลา 1 ปี จะมีค่าใช้จ่ายเฉลี่ยของเครื่องหยอดกาวเท่ากับ 292,320 บาทต่อปี ระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ 1.3 ปี ซึ่งสามารถที่จะพัฒนา เพื่อใช้ทดแทนแรงงานคนได้ต่อไป

5. กิตติกรรมประกาศ

ในการจัดทำโครงการวิศวกรรมเรื่องเครื่องหยอดกาวในไลน์ผลิตรถไถเดินตาม ได้ดำเนินงานสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์จาก บริษัท สยามคูโบต้า คอร์ปอเรชั่น จำกัด ที่สนับสนุนงบประมาณและสถานที่ในการวิจัยครั้งนี้ จึงขอขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่ง รวมไปถึงคณาจารย์และเจ้าหน้าที่ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่ให้คำแนะนำที่ดีเสมอมา

6. เอกสารอ้างอิง

- วินิต ชินสุวรรณ. 2530. เครื่องจักรกลเกษตรและการจัดการเบื้องต้น. มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 220 น.
 สามารถ บุญอาจ. 2557. การทดสอบแรงฉุดลากของรถไถเดินตามที่ใช้ล้อเหล็กและล้อยางสำหรับการทำงานในไร่มัน
 สำปะหลัง. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี:นครราชสีมา.
 สถาบันเหล็กและเหล็กกล้าแห่งประเทศไทย. 2558. การศึกษาความสามารถในการแข่งขันของเครื่องจักรกลการเกษตรของ
 ประเทศผู้ผลิตที่สำคัญในอาเซียน ประจำปีงบประมาณ 2558



การประชุมวิชาการ โครงการงานวิศวกรรมเกษตรแห่งชาติ ครั้งที่ 29
16-17 กุมภาพันธ์ 2566 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

ผานไถหัวหมูแบบสองทิศทางพ่วงรถไถเดินตาม 14 แรงม้า

Bi-directional moldboard plow for a 14 hp two-wheel tractor

ฐมิกมล บุรณสมภพ¹, พงศกร บุญท่วม¹, นฤมล กลิ่นจันทร์¹ และ จิราพร อ่อนมันคง^{2*}

Phumkamol Buranasomphop¹, Pongsakorn Boonthuam¹, Narumon Klinchan¹ and Jiraporn Onmankhong^{2*}

ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

กรุงเทพมหานคร 10520

Department of Agricultural Engineering, School of Engineering,

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok 10520

โทร 095 708 9409 E-mail: jiraporn.on@kmitl.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ดำเนินการออกแบบ สร้างและทดสอบประสิทธิภาพผานไถหัวหมูแบบสองทิศทางพ่วงกับรถไถเดินตาม 14 แรงม้า เพื่อตอบสนองความต้องการของเกษตรกรในพื้นที่จำกัดต่อการไถ ต้องการประหยัดระยะเวลาในการไถและแก้ปัญหารอยไถไม่สม่ำเสมอ ผานไถหัวหมูแบบสองทิศทางมีส่วนประกอบหลัก คือ คานลาก ชุดปรับระดับ ชุดคานหน้า ชุดเพลาสลักหลัง ชุดผานไถซ้าย และชุดผานไถขวา เมื่อดำเนินการออกแบบและทดสอบแรงด้วยโปรแกรม Solidwork พบว่า ผานไถหัวหมูแบบสองทิศทางมีความแข็งแรงเพียงพอต่อการใช้งานจริงซึ่งสามารถทนรับแรงได้ถึง 150 kg จากนั้นได้ดำเนินการสร้างและทดสอบประสิทธิภาพการทำงานความเร็ว 6.67 km/h ความลึกที่ใช้ในการไถดินเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 8 cm ผลการทดสอบพบว่าผานไถหัวหมูแบบสองทิศทางสามารถประหยัดเวลาได้ 7.51 min/rai เมื่อเทียบกับการทำงานของผานไถหัวหมูแบบทิศทางเดียว

คำสำคัญ: ผานไถหัวหมู, รถไถเดินตาม

ABSTRACT

A bi-directional moldboard plow for a 14 hp two-wheel tractor was designed, constructed, and evaluated with the goal of meeting farmers' demands for covering less area and reducing the time needed for plowing the soil. In addition, it solve the problem of the dead furrow and back furrow while ploughing. The main components of the designed bi-directional moldboard plow was the drawbar, adjustable arm, Front beam, quick release clamp, Left moldboard plow, and Right moldboard plow After the design was completed, it was tested with the Solidwork program. It was found that a bi-directional moldboard plow was strong enough for actual use, which could withstand up to 150 kilograms force. After establishing, the a bi-directional moldboard plow was tested for performance at a speed of 6.67 km/h and the average plowing depth was 8 cm. After the building was complete, a bi-directional moldboard plow was tested in an actual plantation at travel speed of 6.67 km/h and the average plowing depth was 8 cm. The test results showed that a bi-directional plow reduces the time by 7.51 min/rai compared to the operation of a one-way moldboard plow.

Keywords: bi-directional moldboard plow, two-wheel tractor

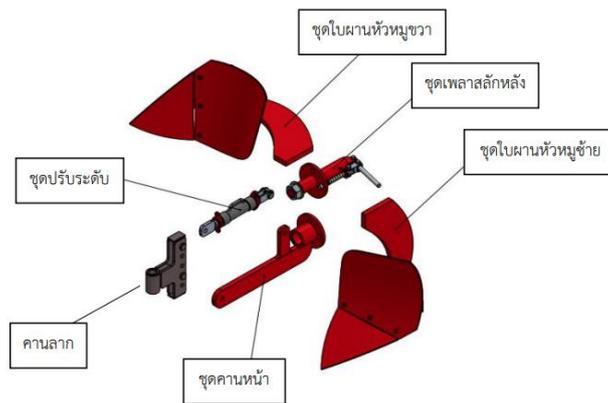
1. บทนำ

ไถหัวหมูเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการเตรียมดิน ไถหัวหมูทำหน้าที่ตัดและแซะหน้าดินออกเป็นส่วนๆ จากนั้นดินที่ถูกตัดและแซะจะถูกพลิกกลับหน้าดินจากบนลงล่าง ทำให้วัชพืชเกิดการหมักเป็นปุ๋ยของพืชต่อไป ไถหัวหมูจะทำงานได้ดีในสภาพพื้นที่ที่ได้รับการปรับปรุงมาก่อนแล้ว ซึ่งต้องไม่มีก้อนหิน รากไม้และตอไม้ขนาดใหญ่ (พยางค์ดี, 2557) การใช้งานไถหัวหมูถูกต้องพ่วงกับรถไถเดินตามขนาดเล็กเป็นที่นิยมถูกใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน เนื่องจากมีคุณลักษณะดีเด่นหลายประการ เช่น สามารถพลิกกลับหน้าดินได้ดีกว่าไถชนิดอื่นๆ ทำให้ดินดีมีคุณสมบัติเหมาะสมแก่การปลูกพืชมากกว่า (วชิราวุธ, 2558) อย่างไรก็ตามในปัจจุบันเป็นการไถพลิกหน้าดินไถวนทางเดียวรอยไถจะไม่สม่ำเสมอและมีร่องตรงกลาง นอกจากนี้ยังใช้เวลานานในการวนกลับอีกด้วย จากปัญหาดังกล่าวผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการออกแบบและสร้างผานไถหัวหมูแบบสองทิศทางพ่วงกับรถไถเดินตามขนาด 14 แรงม้า เพื่อเปรียบเทียบกับประสิทธิภาพกับผานไถหัวหมูแบบทิศทางเดียวซึ่งถูกใช้ในปัจจุบัน

2. วิธีการทดลอง

2.1 การออกแบบผานไถหัวหมูแบบสองทิศทาง

ผานไถหัวหมูแบบสองทิศทางประกอบด้วยชิ้นส่วนหลักได้แก่ คานลาก ชุดปรับระดับ ชุดคานหน้า ชุดเพลาสลักหลัง ชุดโบผานหัวหมูขวา ชุดโบผานหัวหมูซ้าย



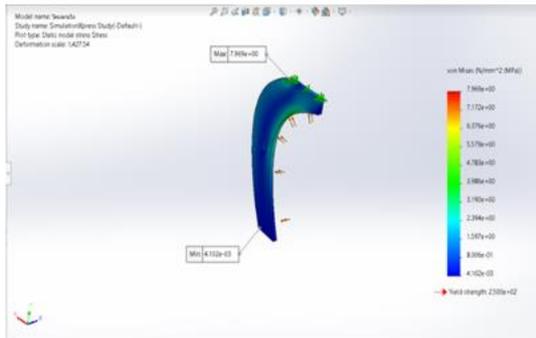
รูปที่ 1 ส่วนประกอบของผานไถหัวหมูแบบสองทิศทาง



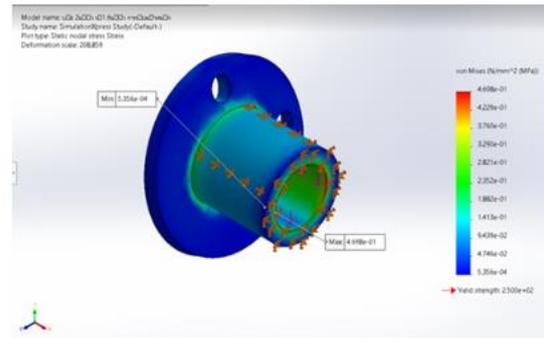
รูปที่ 2 ผานไถหัวหมูแบบสองทิศทาง

2.2 การทดสอบความแข็งแรงและค่าความปลอดภัย

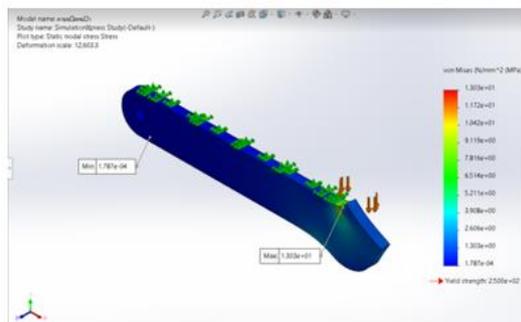
ทดสอบความแข็งแรงของชิ้นส่วนผ่านโปรแกรม Solid Work โดยจำลองการรับน้ำหนักของผานไถหัวหมูแบบสองทิศทาง ซึ่งการทดสอบได้เลือกวัสดุเป็น ASTM A36 และใส่แรง 150 kg ซึ่งชิ้นส่วนที่นำมาทดสอบได้แก่ โครงผานไถเป็นส่วนประกอบของชุดใบผานหัวหมู บูทและคานหน้าเป็นส่วนประกอบของชุดคานหน้า และเพลลาเป็นส่วนประกอบของชุดเพลลา สลักหลัง



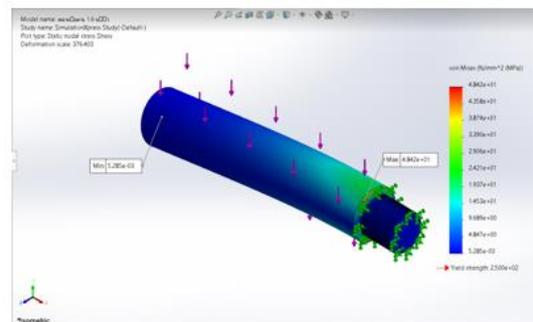
ก)



ข)



ค)



ง)

รูปที่ 3 ชิ้นส่วนในการทดสอบความแข็งแรงและค่าความปลอดภัย

ก) โครงผานไถ ข) บูท ค) คาน ง) เพลลา

2.3 การทดสอบประสิทธิภาพผานไถหัวหมูแบบสองทิศทางในภาคสนาม

ทดสอบประสิทธิภาพของผานไถหัวหมูแบบสองทิศทางเปรียบเทียบกับผานไถหัวหมูแบบทิศทางเดียว ณ อำเภอบ้านโป่ง จังหวัดราชบุรี ทดสอบโดยการจับเวลาการไถโดยใช้ต้นกำลังจากรถไถเดินตามขนาด 14 hp ในการไถนาในพื้นที่ 1 ไร่ ซึ่งจำนวนในการทดสอบเท่ากับ 5 ครั้ง ครั้งละ 1 ไร่ โดยมีขนาดเท่ากับ 70x23 เมตร

3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

3.1 ผลการทดสอบความแข็งแรงและค่าความปลอดภัย

ผลการทดสอบพบว่าความแข็งแรงและค่าความปลอดภัย ชิ้นส่วนทุกชิ้นส่วนที่นำมาทดสอบมีความแข็งแรงเพียงพอต่อการใช้งานจริงที่สามารถรับแรงได้ถึง 150 กิโลกรัม ในทุกชิ้นส่วนที่มีการแบกรับน้ำหนักเป็นส่วนใหญ่ของผานไถ ดังนั้นจึงสามารถใช้งานในการสร้างผานไถหัวหมูสองแบบทิศทางได้



รูปที่ 3 การทดสอบผานไถหัวหมูแบบสองทิศทางในภาคสนาม

3.2 การทดสอบประสิทธิภาพผานไถหัวหมูแบบสองทิศทางในภาคสนาม

ในภาคสนามรถไถเดินตามขนาด 14 hp พ่วงกับไถหัวหมู ความเร็วเฉลี่ยที่ใช้ในการไถมีค่าเท่ากับ 6.67 km/h ความลึกเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 8 cm ซึ่งทำให้ดินมีขนาดก้อนสม่ำเสมอ ตารางที่ 1 และ 2 แสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพของผานไถหัวหมูแบบทิศทางเดียวและแบบสองทิศทางตามลำดับ พบว่าความเร็วและความลึกที่เท่ากัน เมื่อนำเวลาที่ไถมาเปรียบเทียบพบว่าเวลาที่ใช้ในการไถดินด้วยผานไถหัวหมูแบบสองทิศทางใช้เวลาน้อยกว่าผานไถหัวหมูแบบทิศทางเดียว เนื่องจากการทำงานของผานไถหัวหมูแบบสองทิศทางสามารถลดระยะเวลาในการวนรถไถเดินตาม ทำให้เวลาลดน้อยลง

ตารางที่ 1 แสดงเวลาที่ใช้ในการไถดินในแปลงนาโดยใช้ผานไถหัวหมูแบบทิศทางเดียว

ครั้งที่	ความเร็วเฉลี่ย (km/h)	ความลึกเฉลี่ย (cm)	เวลา (min)
1	6.67	8	30.18
2	6.67	8	31.42
3	6.67	8	30.58
4	6.67	8	32.02
5	6.67	8	31.37
เฉลี่ย			31.11

ตารางที่ 2 แสดงเวลาที่ใช้ในการไถดินในแปลงนาโดยใช้ผานไถหัวหมูแบบสองทิศทาง

ครั้งที่	ความเร็วเฉลี่ย (km/h)	ความลึกเฉลี่ย (cm)	เวลา (min)
1	6.67	8	23.50
2	6.67	8	23.12
3	6.67	8	24.05
4	6.67	8	23.00
5	6.67	8	24.37
เฉลี่ย			23.59



4. สรุป

ผลการทดสอบค่าความแข็งแรงและค่าความปลอดภัยของเหล็ก ASTM A36 Steel ของชิ้นส่วนผานไถหัวหมูแบบสองทิศทาง พบว่าชิ้นส่วนแต่ละชิ้นส่วนมีความแข็งแรงมากเพียงพอที่จะใช้ในการสร้างผานไถ เนื่องจากสามารถรับแรงได้มากกว่า 150 kg ในทุกชิ้นส่วนที่มีการรับน้ำหนักเป็นส่วนใหญ่ของผานไถ และจากการทดสอบประสิทธิภาพของผานไถหัวหมูแบบสองทิศทางเปรียบเทียบกับผานไถหัวหมูแบบทิศทางเดียว พบว่าผานไถหัวหมูแบบสองทิศทางลดระยะเวลาการไถดินได้ 7.51 min/rai โดยมีประสิทธิภาพทางไร่ เท่ากับ 2.6 rai/h

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณบริษัท จ.ไทยสยามอุตสาหกรรม จำกัด เป็นอย่างสูงที่สนับสนุน ให้คำแนะนำ ประสพการณ์ทำงาน และเอื้อเฟื้อสถานที่ให้สามารถทำงานได้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

6. เอกสารอ้างอิง

พยุงค์ดี จุลยุเสน. 2557. การศึกษาความต้องการพลังงานสำหรับเครื่องมือไถเตรียมดิน (Study on Energy Requirement for Tillage Implements). สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. 5-6 น.

วิชารัฐ พิศยะไตร. 2558. เอกสารประกอบการสอน: วิชาพื้นฐานงานช่างและเครื่องจักรกลเกษตร. สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี. 142 น.



การประชุมวิชาการ โครงการวิศวกรรมเกษตรแห่งชาติ ครั้งที่ 29
16-17 กุมภาพันธ์ 2566 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

การพัฒนาเครื่องกะเทาะเม็ดมะม่วงหิมพานต์แบบแนวตั้งกึ่งอัตโนมัติ Development of a Vertical Semi-Automatic Cashew Nut Sheller

เกียรติคุณ อุ่นแก้ว¹, นนทวัส จันทร์ตะเคียว¹, นพชัย เตจ๊ะยา¹, วรากร กองเงิน¹ และ อัจฉรา จันทร์ผง²

Kiattikoon Unkaew, Nontawat jantakrua, Noppachai Teajaya, Warakon Kongngoen
and Autchara Junphong

¹ หลักสูตรวิศวกรรมเกษตรและชีวภาพ สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50300

² หน่วยวิจัยและพัฒนาคุณสมบัติวัสดุทางการเกษตรและพลังงานชีวภาพ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา จังหวัดเชียงใหม่ 50300

¹Agricultural and Biological Engineering Major, Faculty of Engineering,
Rajamangala University of Technology Lanna, Chiang Mai 50300

²Research and Development Unit for Agricultural Materials and Bio-Energy Properties,
Rajamangala University of Technology Lanna, Chiang Mai 50300

Tel: 08 9759 8846, E-mail: Autchara11@rmu.ac.th

บทคัดย่อ

การพัฒนาเครื่องกะเทาะเม็ดมะม่วงหิมพานต์แบบแนวตั้งกึ่งอัตโนมัติ ในกระบวนการแปรรูปเม็ดมะม่วงหิมพานต์ มี 2 ส่วน คือ การนึ่ง และการกะเทาะ โดยการนึ่งเป็นการศึกษาอุณหภูมิที่ 60 80 และ 90 องศาเซลเซียส และเวลาที่ 30 45 และ 60 นาที ทำการเปรียบเทียบการกะเทาะเม็ดมะม่วงหิมพานต์จากอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมเพื่อนำมาใช้กับเครื่องกะเทาะเม็ดมะม่วงหิมพานต์แบบแนวตั้งกึ่งอัตโนมัติ ซึ่งสามารถเพิ่มกำลังการผลิตและแก้ปัญหาด้านแรงงานคน และการสัมผัสโดยตรง

ผลการทดลองนึ่งเม็ดมะม่วงหิมพานต์โดยใช้เครื่องกะเทาะเม็ดมะม่วงหิมพานต์แบบแนวตั้งกึ่งอัตโนมัติ ในการกะเทาะพบว่าค่าอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการทดลองใช้เครื่องกะเทาะเม็ดมะม่วงหิมพานต์อยู่ที่ 90 องศาเซลเซียสและเวลาที่ 60 นาที จากผลการทดลองเครื่องกะเทาะเม็ดมะม่วงหิมพานต์แบบแนวตั้ง ในระยะการทำงานของเครื่องกะเทาะเม็ดมะม่วงหิมพานต์ 1 ชั่วโมงต่อวัน พบว่าใบมีดตัววางขนาดของมุมที่ 15 องศา และ ชุดลำเลียงเม็ดมีความกว้างของตัวตักเม็ดอยู่ที่ 3 เซนติเมตร และความกว้างของปากกรวยรับเม็ดที่ความกว้างที่ 2.5 เซนติเมตร สามารถกะเทาะเม็ดมะม่วงหิมพานต์ได้ดีที่สุดในการนำมาสร้างเป็นเครื่องกะเทาะเม็ดมะม่วงหิมพานต์แบบแนวตั้งที่ให้ผลการกะเทาะ เม็ดเต็ม เม็ดซีก เม็ดแตก และเม็ดไม่กะเทาะ คิดเป็นร้อยละ 52, 14, 12 และ 21 ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ต้นทุนในการผลิตจะเห็นได้ว่าการกะเทาะเม็ดมะม่วงหิมพานต์สามารถลดต้นทุนจากการกะเทาะเม็ดมะม่วงหิมพานต์คิดเป็นร้อยละ 69 และสามารถคืนทุนภายใน 30 วัน

ABSTRACT

Development of a vertical semi-automatic cashew nut sheller In the cashew nut processing process, there are 2 parts, steaming and shelling. Steaming was studied at temperatures of 60, 80 and 90 degrees Celsius and at 30, 45 and 60 minutes. For use with semi-automatic vertical cashew nut shellers. which can increase production capacity and worker problems and touch surface.



The results of steaming cashew nuts using a semi-automatic vertical cashew nut sheller. In the shelling, the optimum temperature and time for the cashew nut sheller experiment were 90 °C and 60 min. From the experimental results of the vertical cashew nut sheller. During the working period of the cashew nut sheller 1 hour per day It was found that the Y blade angle of 15 degree and the pellet conveyor had the width of the pellet loader at 3 cm and the width of the pellet cone width at 2.5 cm. In order to create a vertical cashew nut sheller that yields hulling results. Whole grain, half grain, broken and unbroken kernels accounted for 52 percent, 14, 12 and 21, respectively. Respectively, the results of the cost economics analysis show that cashew nut shelling can reduce the cost of shelling cashew nuts by 69% and payback within 30 days.

1. บทนำ

มะม่วงหิมพานต์ หรือ Cashew nut เป็นพืชที่มีคุณค่าทางสารอาหารสูง ประกอบด้วยโปรตีนที่ย่อยง่าย ไขมันที่ส่วนใหญ่เป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัว คาร์โบไฮเดรต วิตามินเอ, บี, อี และเกลือแร่ แคลเซียม ฟอสฟอรัส เหล็ก ลักษณะมะม่วงหิมพานต์ ต้นมะม่วงหิมพานต์เป็นไม้ยืนต้นขนาดกลาง ผลมะม่วงหิมพานต์ มีลักษณะคล้ายผลชมพูหรือลูกแพร์ ผลเป็นพวงห้อยลงมา ผลอ่อนมีสีเขียวหรือ เหลืองอมชมพู แต่เมื่อผลสุกจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองหรือสีส้มแดง ที่ปลายผลมีเมล็ดอยู่ 1 เม็ด มีลักษณะคล้ายรูปไต เปลือกนอกแข็ง ข้างในผลมีเม็ดคล้ายรูปไต เม็ดมะม่วงหิมพานต์มีธาตุแมกนีเซียมในปริมาณมาก จึงช่วยป้องกันการเกิดโรคกระดูกพรุนได้ และยังมีสรรพคุณช่วยลดความเสี่ยงของการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือด ป้องกันโรคมะเร็ง ลดความเสี่ยงของการเกิดโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ การแปรรูปเม็ดมะม่วงหิมพานต์นิยมนำมาเป็นส่วนประกอบของอาหารและขนมหวาน เป็นต้น

วิสาหกิจชุมชนกลุ่มเกษตรกรอินทรีย์ตำบลบัวใหญ่ เป็นหนึ่งชุมชนที่ทำการปลูกเม็ดมะม่วงหิมพานต์ ที่ทำการแปรรูปเม็ดมะม่วงหิมพานต์ โดยรับซื้อจากชุมชนและนำมาแปรรูปตั้งแต่กระบวนการนี้เม็ดเพื่อให้เม็ดอ่อนตัวลง จากนั้นนำเข้าสู่เครื่องกะเทาะเม็ดมะม่วงหิมพานต์เพื่อแยกเปลือกกับเม็ดในออก หลังจากนั้นนำเม็ดในมาอบด้วยลมร้อน และลอกเยื่อออก ในกระบวนการแปรรูปเม็ดมะม่วงหิมพานต์ของชุมชนยังพบปัญหา คือการนึ่งและการกะเทาะเม็ดมะม่วงหิมพานต์ เนื่องจากเม็ดที่ผ่านการกะเทาะจะเกิดความเสียหาย หรือเกิดการแตกหัก ไม่เป็นเม็ดเต็ม ในกระบวนการนี้ ได้ลงสำรวจพื้นที่เห็นได้ว่าควรมีการปรับปรุงตั้งแต่กระบวนการนี้ เพื่อกำหนดค่าอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมสำหรับการกะเทาะเม็ดมะม่วงหิมพานต์ เพื่อให้เม็ดมีความอ่อนตัวลงไม่แข็งหรือสุกจนเกินไป โดยเครื่องที่มีอยู่ปัจจุบันการทำงานต้องใช้แรงงานคนโดยหลักการเหยียบทำให้เกิดความเมื่อยล้าในการทำงาน เมื่อสัมผัสยางเม็ดมะม่วงหิมพานต์ทำให้เกิดการระคายเคืองที่ผิวหนัง การกะเทาะเม็ดเป็นส่วนสำคัญในการแยกเม็ดออกจากเปลือก มีผลต่อเม็ดที่จะเกิดความเสียหายหรือเม็ดที่ได้ไม่สมบูรณ์ ทำให้กำลังการผลิตได้น้อย ไม่เป็นไปตามความต้องการของตลาด อีกทั้งเกิดการซ่อมบำรุงอยู่บ่อยครั้ง ทำให้เกิดความล่าช้าในการผลิต

จากการศึกษางานวิจัยของการออกแบบระบบคัดแยกเมล็ดในและเปลือกของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ หลังการกะเทาะ (อรรถพลและคณะ,2565) สำหรับการพัฒนากระบวนการแปรรูปเม็ดมะม่วงหิมพานต์ในกระบวนการนี้ และกระบวนการกะเทาะเม็ดมะม่วงหิมพานต์นั้นมีความสำคัญเนื่องจากเป็นต้นทางของกระบวนการแปรรูป ดังนั้น จึงลงพื้นที่ในการเก็บข้อมูลและหาค่าอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมของการนึ่งเม็ดมะม่วงหิมพานต์ เพื่อต้องการเม็ดที่มีความอ่อนตัวและสุกแบบสม่ำเสมอก่อนเข้าสู่ กระบวนการ กะเทาะเม็ดมะม่วงหิมพานต์ ในการออกแบบเครื่องกะเทาะเม็ดมะม่วงหิมพานต์ ซึ่งในส่วนของการสร้างเครื่องกะเทาะเม็ดมะม่วงหิมพานต์แบบอัตโนมัติ (อนุพันธ์ และคณะ,2541) ดังนั้นการพัฒนาเครื่องกะเทาะเม็ดมะม่วงหิมพานต์แบบแนวตั้ง โดยเน้นการทำงานของเครื่อง 3 ส่วน คือชุดใบมีดตัววายทำการผ่าเม็ดแยกเม็ด ชุดลำเลียงและชุดตัวตักเม็ดลำเลียงเม็ดขึ้นมาจากถังบรรจุ ชุดกรวยทำหน้าที่ทำให้เม็ดอยู่ในรูปทรงที่พร้อมกะเทาะ

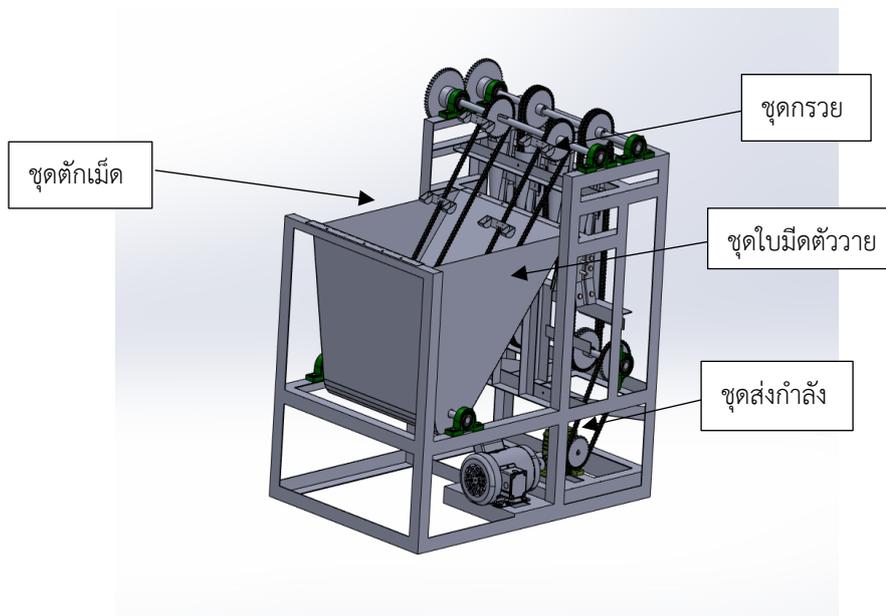


การออกแบบสามารถทำงานด้วยระบบกึ่งอัตโนมัติ โดยใช้การลำเลียงเมล็ดเข้าไปมิดไม่เกิดการสัมผัส และสามารถทำพร้อมกันได้
ได้ในจำนวนมาก ทำให้ลดปัญหาด้านแรงงานคน และเพิ่มกำลังการผลิตได้

2. วิธีการทดลอง

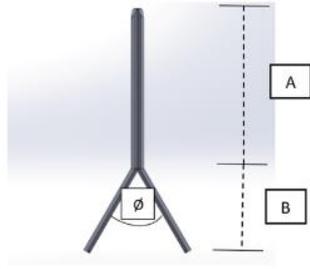
2.1 การออกแบบเครื่องกะเทาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ที่มีส่วนประกอบ

การทำงานของเครื่องกะเทาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์แบบแนวตั้ง มอเตอร์ต่อเข้ากับเกียร์ทดขับเคลื่อนชุดตัวกวาดเมล็ด โดยมีเฟืองขับกับเฟืองชุดลำเลียงเพื่อให้ได้รอบที่สัมพันธ์กัน ขั้นตอนการกะเทาะของเครื่อง จะต้องทำการบรรจุเมล็ดลงไปยังถังบรรจุเมล็ดจากนั้นชุดลำเลียงจะลำเลียงเมล็ดตกลงไปยังกรวยทำให้เมล็ดอยู่ในลักษณะพร้อมกะเทาะ จากนั้นตัวกวาดเมล็ดจะลงมากวาดเมล็ดให้ผ่านใบมีดและกวาดออกจากชุดใบมีดเกิดการกะเทาะจากนั้นเมล็ดที่กะเทาะเสร็จจะตกลงถาดรองเมล็ดของตัวเครื่อง ซึ่งการออกแบบเน้น 3 ส่วนสำคัญ ชุดใบมีดตัวกวาดทำการผ่าเมล็ดแยกเมล็ด ชุดลำเลียงและชุดตัวตักเมล็ดลำเลียงเมล็ดขึ้นมาจากถังบรรจุ ชุดกรวยทำหน้าที่ทำให้เมล็ดอยู่ในรูปทรงที่พร้อมกะเทาะ



รูปที่ 1 ส่วนประกอบของเครื่องกะเทาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์แบบแนวตั้ง

2.1.1 การออกแบบใบมีดแบบตัวกวาดต้องคำนึงถึงการผ่าของใบมีดไม่ให้โดนตัวเนื้อเมล็ดข้างในของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ เมล็ดจะผ่านชุดใบมีดตัวกวาดเพื่อแยกออกเป็นสองส่วน ในส่วนนี้ยังต้องคำนึงถึงองศาในการเปิดปากแผล ถ้าองศาออกไปจะทำให้เกิดความเสียหายแก่เมล็ด เนื่องจากตัวกวาดเมล็ดจะดันเมล็ดไปติดกับใบมีดแยกเปลือกและเมล็ดใน ดังนั้นจึงต้องทำการออกแบบมุมองศาของใบมีดตัวกวาดที่เหมาะสมกับการกะเทาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ โดยทำการศึกษามุมใบมีดตัวกวาด 3 ลักษณะ คือ มุม 15, 30 และ 45 องศาเพื่อเปรียบเทียบลักษณะการเปิดปากแผลของเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ที่แตกต่างกัน (A) ใบมีดเปิดปากแผล (B) ใบมีดแยกเปลือกและเมล็ดใน

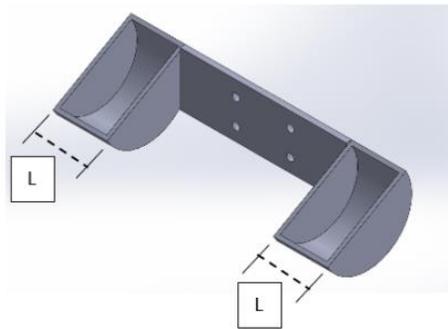


Ø	A	B
15	150mm	86mm
30	150mm	78mm
45	150mm	64mm

รูปที่ 2 พารามิเตอร์ของใบมีดตัววาง

2.1.2 ชุดตัวตัดเม็ดและถังบรรจุ

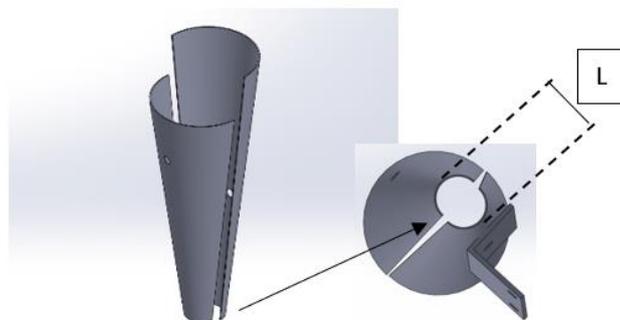
เม็ดในถังบรรจุมีการพลิกตัวของเม็ดอยู่ตลอดเวลาเนื่องจากตัวตัดเม็ดมีการผ่านเม็ดจากก้นถังบรรจุขึ้นมายังบนถังบรรจุ จึงออกแบบชุดตัวตัดเม็ดจากถังบรรจุ ออกแบบโดยปรับความกว้างของตัวตัดเพื่อให้ได้ขนาดที่พอดีกับเม็ดที่ตกขึ้นมา ถ้าขนาดเล็กเกินไปจะทำให้เม็ดไม่สามารถตกขึ้นมาได้ ถ้าขนาดกว้างเกินไปจะทำให้เม็ดไปซ้อนทับกันได้ โดยศึกษาจากรูปร่างของเม็ดที่เป็นรูปไต จึงได้ออกมาอยู่ที่ความกว้าง 2, 2.5 และ 3 เซนติเมตร



รูปที่ 3 กำหนดค่าความกว้างของชุดตัวตัดเม็ด

2.1.3 กรวยรับเม็ด

เม็ดมีการตกแบบอิสระจากบนกรวยรับเม็ดจนถึงปากกรวยรับเม็ด จึงออกแบบกรวยรับเม็ดขนาด 2, 2.5 และ 3 เซนติเมตร จากชุดลำเลียงโดยปากกรวยจะบังคับเม็ดมะม่วงหิมพานต์ให้อยู่ในแนวที่จะกะเทาะ



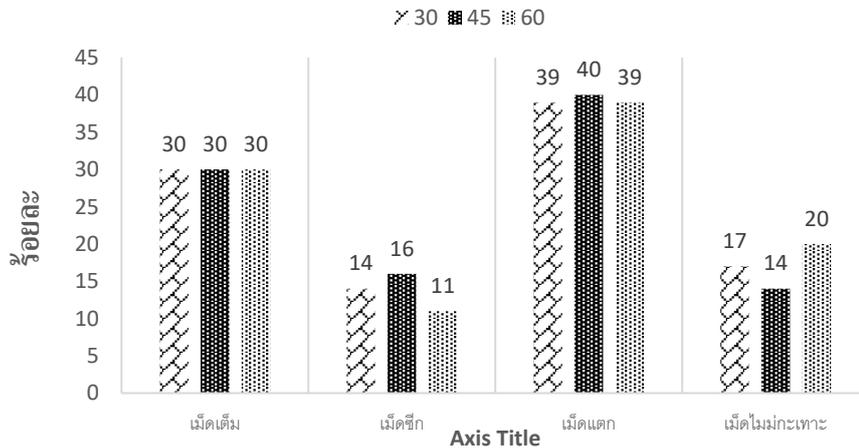
รูปที่ 4 กรวยรับเม็ด



3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

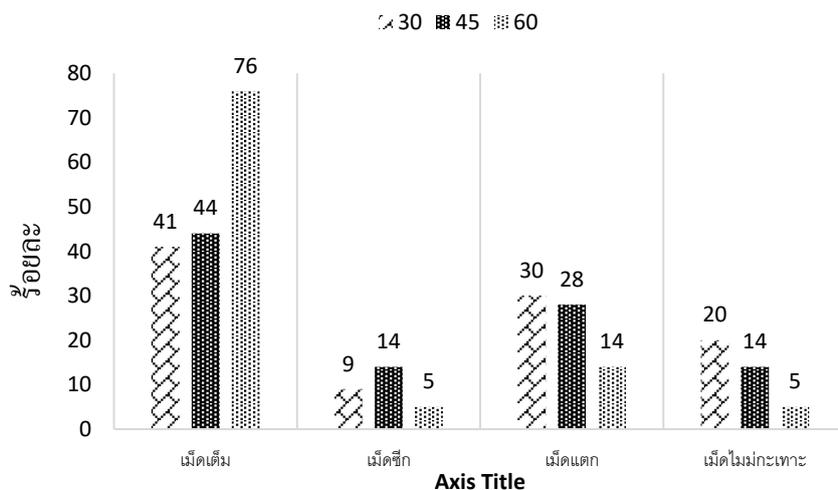
3.1 ผลการทดลองการเตรียมเม็ดมะม่วงหิมพานต์ก่อนการกะเทาะ

การเตรียมเม็ดมะม่วงหิมพานต์ก่อนการกะเทาะ นั้นจะเป็นส่วนของการเตรียมเม็ดให้มีความนิ่มก่อนการกะเทาะนั้น คือกระบวนการนึ่งเม็ดมะม่วงหิมพานต์ โดยศึกษาการนึ่งเม็ดมะม่วงหิมพานต์ที่อุณหภูมิที่ 60 80 และ 90 องศาเซลเซียส และเวลาในการนึ่งแต่ละอุณหภูมิ โดยทำการทดลองที่ 500 กรัม



รูปที่ 5 การเปรียบเทียบการกะเทาะเม็ดมะม่วงหิมพานต์ที่การทดลองการนึ่งอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

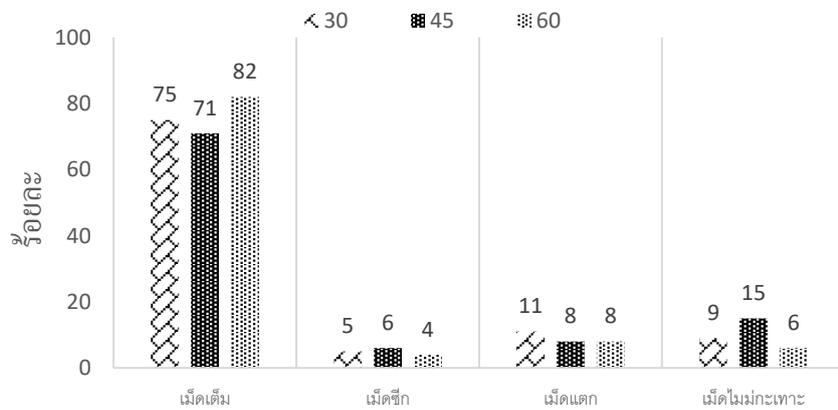
จากรูปที่ 5 การเปรียบเทียบการกะเทาะเม็ดมะม่วงหิมพานต์ที่การทดลองการนึ่งอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ที่ใช้เวลาในการนึ่งที่ 30 45 และ 60 นาที พบว่า การทดลองที่เวลาแตกต่างกันจะมีผลคิดเป็นร้อยละของการกะเทาะเม็ดเต็ม และเม็ดแตก ที่ใกล้เคียงกัน แต่ส่วนของเม็ดซีก จะเห็นความแตกต่างอยู่บ้างซึ่งผลที่ได้ยังถือว่ามีย่าน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับผลการกะเทาะของเม็ดเต็ม เม็ดแตก และเม็ดไม่กะเทาะ จากผลของการทดลองในช่วงอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส สามารถกะเทาะเม็ดมะม่วงหิมพานต์ได้ แต่จะทำให้เม็ดส่วนใหญ่เป็นแบบเม็ดแตก เนื่องจากเปลือกเม็ดมะม่วงหิมพานต์ยังมีความแข็งและลักษณะของเม็ดมะม่วงหิมพานต์ที่มีความแตกต่างกัน



รูปที่ 6 การเปรียบเทียบการกะเทาะเม็ดมะม่วงหิมพานต์ที่การทดลองการนึ่งอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส

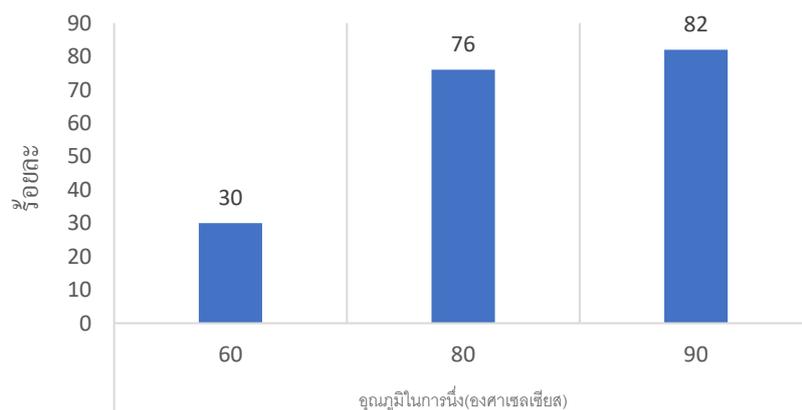


จากรูปที่ 6 การเปรียบเทียบการกะเทาะเม็ดมะม่วงหิมพานต์ที่การทดลองการนึ่งอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ที่ใช้เวลาในการนึ่งที่ 30 45 และ 60 นาที พบว่า การใช้เวลาในการนึ่งที่ 60 นาที จะเห็นได้ว่าสามารถกะเทาะเม็ดมะม่วงที่มีลักษณะเม็ดเต็มได้ดีที่สุดคิดเป็นร้อยละ 76 และได้เม็ดแตก เม็ดซีก และเม็ดไม่กะเทาะ คิดเป็นร้อยละ 14 5 และ 5 ตามลำดับ จากผลของการทดลองที่ช่วงอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส สามารถกะเทาะเม็ดมะม่วงหิมพานต์ได้ เม็ดเต็มมากที่สุดที่เวลาในการนึ่งที่แตกต่างกัน



รูปที่ 7 การเปรียบเทียบการกะเทาะเม็ดมะม่วงหิมพานต์ที่การทดลองการนึ่งอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส

จากตารางที่ 7 จะเห็นได้ว่าการใช้อุณหภูมิที่ 90 องศาเซลเซียส และที่เวลาในการนึ่งต่างกัน จะให้ผลของการกะเทาะเม็ดมะม่วงหิมพานต์ได้เม็ดเต็ม คิดเป็นร้อยละ 70-80 แต่หากเปรียบเทียบเวลาในการนึ่งจะเห็นได้ว่าที่เวลา 60 นาที จะให้ได้เม็ดเต็มคิดเป็นร้อยละ 81.6 ซึ่งถือว่าได้ค่าสูงสุดเมื่อเทียบกับการทดลองอื่น และในการทดลองนี้จะเห็นได้ว่าสามารถใช้เวลาในการกะเทาะเม็ดมะม่วงที่ 500 กรัม แบบไม่แยกเกรด จะใช้เวลาในการกะเทาะรวม 4.5 นาที ในการทดลองร่วมกับชุมชน ชุมชนได้สนใจและเลือกผลการนึ่งที่อุณหภูมิที่ 90 องศาเซลเซียส ในเวลาที่ 60 นาที ที่จะใช้ในกระบวนการแปรรูปเม็ดมะม่วงหิมพานต์



รูปที่ 8 การเปรียบเทียบอุณหภูมิกับเวลาการนึ่งที่ 60 นาที

จากรูปที่ 8 การเปรียบเทียบอุณหภูมิจะเห็นได้ว่าในอุณหภูมิที่ 90 องศาเซลเซียส สามารถให้จำนวนเม็ดเต็มได้ร้อยละ 81.6 ซึ่งถือว่ามากกว่าการนึ่งที่อุณหภูมิที่ 60 และ 80 องศาเซลเซียส และผลการกะเทาะในอุณหภูมิที่ 90 องศาเซลเซียส เป็นอุณหภูมิที่ชุมชนต้องการนำไปใช้ในกระบวนการแปรรูปเม็ดมะม่วงหิมพานต์



3.2 ผลการศึกษาลักษณะมูมใบมีดตัววาย

ตารางเปรียบเทียบมูมของชาวของใบมีด การทดลองโดยนำเม็ดยาทดลองที่อุณหภูมิเท่ากับ 90 องศาเซลเซียส และใช้เวลาในการนึ่ง 60 นาที มาใช้ทดลองครั้งละ 100 เม็ด เพื่อให้สามารถเลือกลักษณะใบมีดที่เหมาะสม โดยนำเม็ดยาที่มูมวงหิมพานต์มาแกะเทาะตามขนาดมูมใบมีด โดยเม็ดยาจะถูกกดผ่านใบมีดตัววาย ผลที่ได้เลือกจากลักษณะ 2 แบบ คือ การแยกเม็ดยาที่แกะเทาะ (เม็ดยาเต็ม เม็ดยาซีก เม็ดยาแตก) กับเม็ดยาที่ไม่แกะเทาะ (เม็ดยาไม่แกะเทาะ)

ตารางที่ 3.1 การทดลองการใช้มูมใบมีดตัววาย

มูมใบมีดตัววาย	A	B	ร้อยละ
15	150 mm	86 mm	80
30	150 mm	78 mm	65
45	150 mm	64 mm	47

จากตารางที่ 3.1 จะเห็นได้ว่าการทดลองการใช้ใบมีดตัววายที่มีมูมองศาแตกต่างกัน พบว่า มูม 45 องศา เกิดการกด จึงทำให้เกิดการเสียหายของเม็ดยาข้างใน และเม็ดยาที่แกะเทาะไม่สมบูรณ์จะถูกดันอัดกับมูมสามเหลี่ยมตรงกลาง ทำให้องศาที่ 45 องศาจึงใช้งานไม่ได้ และเมื่อทำการทดลองที่มูม 30 องศา ยังเกิดการขยายของเม็ดยาที่ยังทำให้เม็ดยาอัดอยู่ที่มูมของใบมีดตัววาย และเม็ดยาถูกพาไปในข้างใดข้างหนึ่งเม็ดยาไม่ถูกแยกออกจากกันเป็นเพราะในองศาที่เม็ดยาไม่ถูกแยกออกจากกันจึงทำให้เม็ดยาไหลลงมูมใดมูมหนึ่ง จึงไม่สามารถแยกเม็ดยาออกได้ ส่วน มูม 15 องศา พบว่า เม็ดยาถูกแยกออกจากกันได้มากที่สุด เพราะว่าในมูมนี้เกิดการแยกออกไม่ห่างกันมากจึงเป็นการแยกออกแบบสมบูรณ์ที่สุด ใบมีดตัววายจะสามารถเนียนเม็ดยาได้จะต้องจัดเรียงเม็ดยาให้เป็นแบบแนวตั้ง

3.3 ผลการศึกษาลักษณะการลำเลียงเม็ดยาจากถังบรรจุ

ศึกษาการทดลองที่อุณหภูมิเท่ากับ 90 องศาเซลเซียส และใช้เวลาในการนึ่ง 60 นาที มาใช้ทดลองความกว้างของตัวตักเม็ดยา ทดลอง 100 เม็ด โดยการปล่อยเม็ดยาลงถึงบรรจุจากนั้นเดินเครื่องเพื่อทดลองตัวตักเม็ดยา

ตารางที่ 3.2 ศึกษาการทดลองความกว้างของตัวตักเม็ดยา

ความกว้าง (L)	จำนวนที่ตักได้ (เม็ด)	ร้อยละ
2 เซนติเมตร	25	25
2.5 เซนติเมตร	57	57
3 เซนติเมตร	87	87

จากตารางที่ 3.2 พบว่าในความกว้างของตัวตักแต่ละขนาดมีการตักเม็ดยาที่ต่างกันไป ความกว้างที่ 2.0 เซนติเมตร มีขนาดความกว้างน้อยเกินไป ทำให้เม็ดยาเข้าไปยังตัวตักได้น้อยคิดเป็นร้อยละ 25 ของเม็ดยาทั้งหมด ส่วนความกว้างที่ 2.5 เซนติเมตร ตัวตักเม็ดยาสามารถตักเม็ดยาได้เพิ่มขึ้น แต่ก็ยังไม่มากพอที่จะทำให้เม็ดยาเข้าไปยังตัวตักได้ คิดเป็นร้อยละ 57 ของเม็ดยาทั้งหมด และความกว้างที่ 3 เซนติเมตร ตัวตักสามารถตักเม็ดยาได้มาก ทำให้เม็ดยาเข้าไปยังตัวตักมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 87 ของเม็ดยาทั้งหมด



3.4 ผลการศึกษาลักษณะกรวยรับเม็ด

การเปรียบเทียบขนาดความกว้างของกรวย การทดลองที่อุณหภูมิเท่ากับ 90 องศาเซลเซียส และใช้เวลาในการนึ่ง 60 นาที มาทดลองโดยนำเม็ดมาทดลอง 100 เม็ด ทดลองโดยการปล่อยเม็ดลงยังกรวยรับเม็ด จากตารางที่ 3.2 พบว่าความกว้างที่ 3.5 เซนติเมตรมีขนาดความกว้างที่ทำให้การตกของเม็ดเป็นลักษณะที่ไม่สามารถกะเทาะได้ เนื่องจากเม็ดที่ตกลงกรวยในความกว้างนี้มีทิศการตกที่มากเกินไปทำให้ตกได้ตามลักษณะได้ไม่มาก และที่ความกว้าง 3 เซนติเมตร ยังมีความกว้างที่ไม่เหมาะสมจึงทำให้เม็ดยังไม่ลงตามลักษณะที่เหมาะสมต่อการกะเทาะทำให้เม็ดยังกะเทาะไม่ได้ ส่วนความกว้างที่ 2.5 เซนติเมตรมีความกว้างตามขนาดและลักษณะของเม็ด เมื่อเม็ดตกลงไปในความกว้างนี้เม็ดจะจัดลักษณะเพื่อผ่านกรวยในความกว้างนี้ แต่มีส่วนที่ยังไม่ลงตามลักษณะเพราะเม็ดมีขนาดเล็กกว่าขนาดปกติบางส่วนเลยทำให้เกิดทิศทางการตกที่มากขึ้นของเม็ด

ตารางที่ 3.3 การศึกษาลักษณะของเม็ดที่ตกลงไปยังกรวยรับเม็ด

ความกว้าง (L)	เม็ดลงตามลักษณะ		เม็ดไม่ลงตามลักษณะ	
	จำนวนเม็ด	ร้อยละ	จำนวนเม็ด	ร้อยละ
2.5 เซนติเมตร	78	78	22	22
3 เซนติเมตร	57	57	43	43
3.5 เซนติเมตร	37	37	63	63

3.5 การศึกษาการกะเทาะเม็ดมะม่วงหิมพานต์โดยใช้เครื่องทำเหยียบของชุมชน

ผลจากการทดลองการนึ่งเม็ดมะม่วงหิมพานต์เม็ดที่อุณหภูมิเท่ากับ 90 องศาเซลเซียส และใช้เวลาในการนึ่ง 60 นาที ให้ผลของการกะเทาะที่ดีที่สุด อีกทั้งชุมชนได้เลือกช่วงอุณหภูมิและเวลานี้เป็นค่าที่เหมาะสมสำหรับการกะเทาะเม็ดมะม่วงหิมพานต์แบบทำเหยียบที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน

ตารางที่ 3.4 ผลของการกะเทาะจากเครื่องกะเทาะเม็ดมะม่วงหิมพานต์แบบทำเหยียบ

คนทดลอง	กำลังการผลิตของการกะเทาะ (kg/hr)	เม็ดเต็ม (kg)	เม็ดซีก (kg)	เม็ดแตก (kg)	เม็ดไม่กะเทาะ (kg)
1	1.457	0.786	0.056	0.068	0.026
2	1.253	0.680	0.054	0.058	0.022
3	1.187	0.700	0.021	0.012	0.042
เฉลี่ย	1.300	0.723	0.044	0.046	0.030
คิดเป็นร้อยละ		85	5	6	4

จากตารางที่ 3.4 เป็นการทดลองการกะเทาะเม็ดมะม่วงหิมพานต์จากการใช้เครื่องแบบทำเหยียบ โดยทำการทดลองในเวลา 60 นาที เพื่อทดลองการกะเทาะเม็ดมะม่วงหิมพานต์ที่อุณหภูมิและเวลาที่ชุมชนได้เลือกไว้ พบว่า การใช้เครื่องกะเทาะเม็ดมะม่วงหิมพานต์แบบทำเหยียบมีกำลังการผลิต 1.3 กิโลกรัมต่อชั่วโมงต่อเครื่อง และสามารถทำให้กะเทาะเม็ดเต็มได้ร้อยละ 85 ซึ่งถือว่าสามารถกะเทาะได้ดี แต่เนื่องด้วยปัญหาจากการขาดของสปริงทำให้เกิดการขาดอยู่บ่อยครั้ง ทำให้ขาด



ความต่อเนื่องของการกะเทาะเม็ดมะม่วง และยังมีกำลังการผลิตน้อย เนื่องด้วยจะต้องปรับปรุงไบโอมิตตลอดของการหยอดเม็ด เพื่อให้มีการกะเทาะที่ละเอียด

3.6 ผลการทดลองเครื่องกะเทาะเม็ดมะม่วงหิมพานต์แบบแนวตั้งกึ่งอัตโนมัติ

การเตรียมเม็ดมะม่วงหิมพานต์ ทำการทดลองหนึ่งที่อุณหภูมิเท่ากับ 90 องศาเซลเซียส และใช้เวลา 60 นาที ลักษณะของเม็ดมะม่วงหิมพานต์จากผลที่ได้จากการทดลองเครื่องกะเทาะเม็ดมะม่วงหิมพานต์แบบแนวตั้งกึ่งอัตโนมัติ ดังแสดงในรูปที่ 9



เม็ดเต็ม

เม็ดซีก

เม็ดแตก

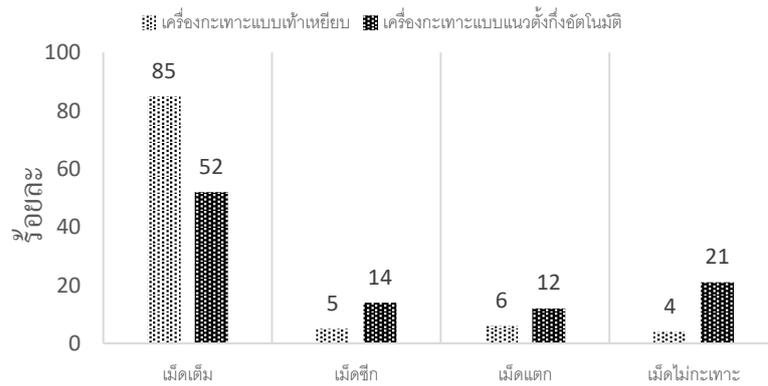
เม็ดไม่กะเทาะ

รูปที่ 9 ลักษณะผ่านเครื่องกะเทาะ

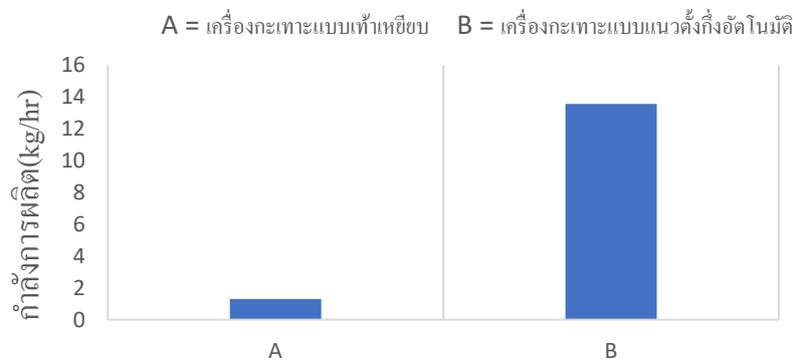
ตารางที่ 3.5 การทดลองผลการเทียบจำนวนเม็ดจากเครื่องกะเทาะเม็ดมะม่วงหิมพานต์แบบแนวตั้งกึ่งอัตโนมัติ

การทดลองครั้งที่	กำลังการผลิตของการกะเทาะ (kg/hr)	เม็ดเต็ม (kg)	เม็ดซีก (kg)	เม็ดแตก (kg)	เม็ดไม่กะเทาะ (kg)
1	13.51	6.77	1.35	2.29	3.10
2	13.57	7.06	2.44	1.5	2.57
3	13.63	7.37	2.04	1.36	2.86
เฉลี่ย	13.57	7.08	1.94	1.71	2.84
คิดเป็นร้อยละ		52	14	12	21

จากตารางที่ 3.5 ผลการกะเทาะเม็ดมะม่วงหิมพานต์ จะเห็นได้ว่า ผลผลิตจากการกะเทาะเม็ดมะม่วงหิมพานต์เม็ดเต็ม ได้ผลผลิตที่มีจำนวนมากที่สุด เม็ดไม่กะเทาะ เม็ดซีก และเม็ดแตก ตามลำดับ เนื่องจากเม็ดมีขนาดเล็กกว่าขนาดปกติหรือมีรูปร่างที่ผิดไปจากรูปร่างปกติ จึงทำให้เกิดเม็ดที่ไม่ถูกกะเทาะมีมากกว่าเม็ดซีกและเม็ดแตก เม็ดเต็มมีจำนวนมากที่สุด 42 เพราะเม็ดที่มีลักษณะสมบูรณ์นั้นจะสามารถไปหาไบโอมิตตัววายในลักษณะที่เหมาะสมได้ดี ทำให้ชุดไบโอมิตตัววายสามารถกะเทาะเปลือกออกได้อย่างสวยงาม



รูปที่ 10 การเปรียบเทียบเครื่องกะเทาะเนื้อมะม่วงหิมพานต์แบบเท้าเหยียบกับเครื่องกะเทาะแนวตั้งกึ่งอัตโนมัติ



รูปที่ 11 การเปรียบเทียบกำลังการผลิตของเครื่องกะเทาะเนื้อมะม่วงหิมพานต์แบบเท้าเหยียบกับเครื่องกะเทาะแนวตั้งกึ่งอัตโนมัติ

จากรูปที่ 10 และ 11 พบว่า เครื่องกะเทาะแบบเท้าเหยียบใช้แรงงานคนเป็นหลักทำการคัดเม็ดและปรับสปริงตามขนาดของเม็ดจากนั้นทำการป้อนเม็ดที่ละเอียดและทำการกะเทาะจึงทำให้กำลังการผลิตที่ได้น้อยเนื่องจากต้องทำงานโดยใช้แรงเหยียบควบคู่กับการคัดขนาดของเม็ด จึงเกิดผลผลิตเม็ดเต็ม ร้อยละ 85 ส่วนเครื่องกะเทาะเนื้อมะม่วงหิมพานต์แบบแนวตั้งกึ่งอัตโนมัติไม่ได้มีการคัดขนาดของเม็ด เป็นการป้อนเม็ดครั้งละจำนวนมาก มีการทำงานแบบต่อเนื่อง จึงทำให้ได้เม็ดเต็มคิดเป็นร้อยละ 52 ของการกะเทาะ ในการพัฒนาเครื่องกะเทาะเนื้อมะม่วงหิมพานต์จะเห็นได้ว่ามีความต่อเนื่องมากกว่าและมีกำลังการผลิตสูงกว่าการใช้แบบเท้าเหยียบ 9.5 เท่า ดังนั้นหากต้องการเพิ่มประสิทธิภาพการกะเทาะเม็ดเต็ม ควรมีการคัดขนาดของเม็ดและปรับตั้งสปริงในแต่ละรอบของการกะเทาะ

ตารางที่ 3.6 ตารางเปรียบเทียบต้นทุนการกะเทาะเนื้อมะม่วงหิมพานต์ 1 กิโลกรัม

ค่าใช้จ่าย	เครื่องกะเทาะแบบเท้าเหยียบ (บาท)	ใช้เครื่องกะเทาะแบบแนวตั้ง(บาท)
ค่าเสื่อมราคาเครื่องจักร/ปี	-	3,500
ค่าแรงงาน	388,800	216,000
ค่าไฟฟ้า	-	2,931
รวมค่าใช้จ่ายทั้งปี	388,800	229,000
ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย/ผลผลิต 1 กิโลกรัม	18	5.57



จากตารางที่ 3.5 ต้นทุนการกะเทาะเม็ดมะม่วงหิมพานต์โดยการใช้แรงงานคน มีค่าแรงงาน 388,800 บาทต่อปี ได้ผลผลิต 21,600 กิโลกรัม คิดเป็นต้นทุนการผลิต 18 บาทต่อกิโลกรัม ส่วนต้นทุนการกะเทาะเม็ดมะม่วงหิมพานต์โดยการใช้เครื่องจักร มีค่าเสื่อมราคาเครื่องจักร 13,300 บาท และค่าไฟฟ้า 2,931 บาท ได้ผลผลิต 13.57 กิโลกรัมต่อชั่วโมง คิดเป็นต้นทุนการผลิต 5.57 บาทต่อกิโลกรัม จะเห็นได้ว่าการกะเทาะเม็ดมะม่วงหิมพานต์โดยการใช้เครื่องจักรมีต้นทุนการผลิตต่ำกว่าและได้ผลผลิตมากกว่าการกะเทาะเม็ดมะม่วงหิมพานต์โดยการใช้เครื่องกะเทาะเม็ดมะม่วงหิมพานต์แบบเท้าเหยียบ เมื่อเทียบการทำงาน 8 ชั่วโมงต่อวัน เครื่องกะเทาะเม็ดมะม่วงหิมพานต์แบบแนวตั้งกึ่งอัตโนมัติ ได้กำลังการผลิตอยู่ที่ 109 กิโลกรัม มากกว่าเครื่องกะเทาะแบบเท้าเหยียบของชุมชนที่ได้กำลังการผลิตอยู่ที่ 30 กิโลกรัมต่อวัน

ดังนั้นจะต้องทำการกะเทาะเม็ดมะม่วงหิมพานต์ทั้งหมด 30 วัน จึงจะคุ้มทุนจากการลงทุนในเครื่องกะเทาะเม็ดมะม่วงหิมพานต์ 70,000 บาท จะเห็นได้ว่าการกะเทาะเม็ดมะม่วงหิมพานต์จะได้กำไร 2,355 บาทต่อวัน โดยจะต้องทำการกะเทาะเม็ดมะม่วงหิมพานต์ประมาณ 30 วัน เพื่อให้ได้กำไรสะสม 70,650 บาท จึงจะคุ้มกับต้นทุนเครื่องจักร 70,000 บาท

4. สรุป

จากวิสาหกิจชุมชนกลุ่มเกษตรกรอินทรีย์ตำบลบัวใหญ่ พบปัญหาการใช้แรงงานคนจำนวนมากและเครื่องกะเทาะเม็ดมะม่วงแบบเท้าเหยียบของชุมชน 1 เครื่อง ได้ผลผลิต 10.8 กิโลกรัมต่อวัน ซึ่งได้ผลผลิตน้อยมาก จึงทำการออกแบบและสร้างเครื่องกะเทาะเม็ดมะม่วงหิมพานต์แบบแนวตั้งใช้งานอุตสาหกรรม เพื่อเพิ่มผลผลิตและลดการใช้แรงงานคน เพื่อแก้ปัญหาการใช้แรงงานคนจำนวนมากในการที่จะได้ผลผลิตตามต้องการ โดยศึกษาตั้งแต่กระบวนการนึ่งเม็ด ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที และส่วนการกะเทาะเม็ดมะม่วงหิมพานต์มี โดยออกแบบ 3 ส่วนสำคัญ ใบมีดตัววายเพื่อกะเทาะเม็ดมะม่วงหิมพานต์ ชุดลำเลียงเพื่อลำเลียงเม็ดมะม่วงหิมพานต์ออกจากถังบรรจุไปหาชุดกรวยรับเม็ด และชุดกรวยรับเม็ด เพื่อปรับลักษณะของเม็ดไปหาใบมีดตัววาย สำหรับการทดลองเครื่องกะเทาะเม็ดมะม่วงหิมพานต์แบบแนวตั้งที่สร้างขึ้น เป็นการทดลองในระยะเวลาการทำงานของเครื่องกะเทาะในเวลา 1 ชั่วโมงต่อวัน

จากผลการทดลองเครื่องกะเทาะเม็ดมะม่วงหิมพานต์แบบแนวตั้ง ในระยะเวลาการทำงานของเครื่องกะเทาะเม็ดมะม่วงหิมพานต์ 1 ชั่วโมงต่อวัน พบว่าใบมีดตัววายขนาดของมุมที่ 15 องศา สามารถกะเทาะเม็ดมะม่วงหิมพานต์ได้ร้อยละ 80 ชุดลำเลียงเม็ดมีความกว้างของตัวตักเม็ดอยู่ที่ 3 เซนติเมตร สามารถตักเม็ดได้ร้อยละ 87 และความกว้างของปากกรวยรับเม็ดที่มีความกว้างที่ 2.5 เซนติเมตร สามารถปรับลักษณะเม็ดมะม่วงหิมพานต์ได้ร้อยละ 78 จากส่วนสำคัญทั้ง 3 ส่วนทำให้เครื่องกะเทาะเม็ดมะม่วงหิมพานต์แบบแนวตั้งได้ผลผลิตลักษณะ เม็ดเต็ม เม็ดซีก เม็ดแตก และเม็ดไม่กะเทาะ คิดเป็นร้อยละ 52, 14, 12 และ 21 ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ต้นทุนในการผลิตจะเห็นได้ว่าการกะเทาะเม็ดมะม่วงหิมพานต์สามารถลดต้นทุนจากการกะเทาะเม็ดมะม่วงหิมพานต์คิดเป็นร้อยละ 69 และสามารถคืนทุนภายใน 30 วัน

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่ ร่วมกับ วิสาหกิจชุมชนกลุ่มเกษตรกรอินทรีย์ตำบลบัวใหญ่ ตลอดจน ผู้ทรงคุณวุฒิบุคลากรทุกท่านที่ให้แนะนำให้ความร่วมมือ และข้อเสนอแนะต่างๆ อันเป็นประโยชน์ต่อการวิจัยเป็น อย่างยิ่ง นอกจากนี้ขอขอบคุณ ที่ให้โอกาสผู้วิจัยได้ศึกษาและทำวิจัยเรื่องนี้จนเสร็จลุล่วงด้วยดี

6. เอกสารอ้างอิง

อรุณพล อุดลย์ฐานานุกิติ, ชัยเยาว์ ตระกูลมหชัย. 2531. การออกแบบระบบคัดแยกเมล็ดในและเปลือกของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ภายหลังการกะเทาะ,มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สืบค้นเมื่อ 1 มีนาคม 2565
อนุพันธ์ เทิดวงศ์วรกุล และประภาศรี สิงห์รัตน์. 2541. ได้สร้างเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์แบบอัตโนมัติ, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สืบค้นเมื่อ 1 มีนาคม 2565



การประชุมวิชาการ วิศวกรรมเกษตรแห่งชาติ ครั้งที่ 29
16-17 กุมภาพันธ์ 2566 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

การออกแบบเครื่องพาสเจอร์ไรซ์น้ำมะพร้าวโดยการให้ความร้อนแบบโอห์มมิก Design of Coconut Water Pasteurizer by Ohmic Heating

รสสุคนธ์ จันท์มาลา¹, ธนชิต อินทร์นิม¹, ณัฐพล เจริญวงศ์¹,
กรรณพต แก้วสอน², ญาธิปกร อีระภัทรพลชัย², ภัทรภาพร สัญชาติเจตน² และ ชนิดา บุปตา²
Rossukhol Janmala¹, Thanachit Innim¹, Natthaphon Charoenwong¹,
Kannapot kaewsorn², Yatipakorn Terapatponchai², Pattaraporn Sanchatjate² and Chanida Bupata²
วิศวกรรมเกษตร สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์และนวัตกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก
วิทยาเขตบางพระ จังหวัดชลบุรี 20110

Agricultural Engineering, School of Engineering and Innovation, Rajamangala University of Technology
Tawan-ok, Bangphra Campus, Chonburi 20110
โทร 0818764828 E-mail: chanida_bu@mutto.ac.th

บทคัดย่อ

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องพาสเจอร์ไรซ์แบบโอห์มมิกแก่น้ำมะพร้าว โดยเครื่องประกอบด้วย 1.) โอห์มมิกเซลล์ที่ทำจากวัสดุเทฟลอนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 cm ยาว 18 cm ภายในติดตั้งแผ่นอิเล็กโทรดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 cm ทำจากแผ่นเหล็กไร้สนิม และ 2.) ชุดควบคุมอุณหภูมิและบันทึกข้อมูลด้วย PLC จากการทดสอบการพาสเจอร์ไรซ์น้ำมะพร้าว โดยมีปัจจัยที่ศึกษา ได้แก่ ความเข้มสนามไฟฟ้า (8, 10, 12 V/cm), อุณหภูมิในการให้ความร้อน 90 °C ระยะเวลา (30, 60 และ 180 S.) ผลการศึกษาพบว่า สภาวะการให้ความร้อนที่ความเข้มสนามไฟฟ้า 12 V/cm ที่อุณหภูมิ 90 °C ระยะเวลา 30 S ส่งผลให้มีคุณภาพใกล้เคียงกับน้ำมะพร้าวสด และน้ำมะพร้าวทางการค้ามากที่สุด

คำสำคัญ: น้ำมะพร้าว, โอห์มมิก, การพาสเจอร์ไรซ์

ABSTRACT

The objective of this project is to design and build an ohmic pasteurizer for coconut water. The machine consists of: 1.) an ohmic cell constructed of Teflon, measuring 9 cm in diameter and 18 cm in length, with a stainless steel electrode measuring 9 cm in diameter fitted within. 2.) The temperature controller unit and PLC data recording for the coconut water pasteurization experiment. The variables examined were electric field intensity (8, 10, and 12 V/cm), heating temperature (90 °C), and heating time (30, 60 and 180 S). Under the conditions of heating at an electric field intensity of 12 V/cm at a temperature of 90 °C for 30 s, the water's quality was comparable to that of fresh coconut water. While most commercial coconut water.

Keywords: Coconut water, Ohmic, Pasteurization



1. บทนำ

มะพร้าวเป็นพืชในตระกูลปาล์ม (Arecaceae) และมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Coco nucifera* Linn. เป็นพืชที่สามารถใช้ประโยชน์ได้หลายด้าน โดยเฉพาะน้ำมันมะพร้าวอ่อนที่นิยมบริโภคเป็นอย่างมาก เป็นเครื่องดื่มจากธรรมชาติที่ทำให้ร่างกายรู้สึกสดชื่น น้ำมันมะพร้าวมีวิตามินและแร่ธาตุที่จำเป็นต่อร่างกายจำนวนมาก อุดมไปด้วยน้ำตาล, กรดอะมิโน, แร่ธาตุ, วิตามิน, โฟโตสอร์โมน และไฟโตเอสโตรเจน (Yong et al., 2009) มะพร้าวน้ำหอมส่วนใหญ่นิยมจะบริโภคภายในประเทศ และส่งออกในรูปแบบผลสด โดยมะพร้าวที่มีขนาดไม่ตรงตามที่ถูกค้ำต้องการจะถูกขายในราคาต่ำ การนำมาแปรรูปเป็นน้ำมันมะพร้าว พาสเจอร์ไรซ์จึงเป็นการช่วยเพิ่มมูลค่าได้ รวมทั้งยังช่วยให้เก็บผลิตภัณฑ์ได้นานยิ่งขึ้น (รมณี และศศิธร, 2554) ในปัจจุบันการแปรรูปอาหารหรือพัฒนาผลิตภัณฑ์ทางด้านอุตสาหกรรมเกษตรมีการนำความรู้ทางด้านวิศวกรรมมาประยุกต์ใช้ในการแปรรูป และการถนอมอาหารด้วยเทคนิคใหม่ๆ เช่น การใช้รังสีอินฟราเรด การให้ความร้อน ซึ่งการใช้เทคนิคใหม่ๆ เหล่านี้จะมีข้อดี และแนวโน้มที่จะใช้กัน อย่างแพร่หลายในอนาคต แม้ว่าในปัจจุบันต้นทุนและกระบวนการเหล่านี้ยังมีราคาแพงอยู่ (รุ่งนภา, 2555)

การพาสเจอร์ไรซ์เป็นกระบวนการแปรรูปโดยใช้ความร้อนอีกวิธีหนึ่ง สามารถทำได้โดยใช้เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดต่างๆ เช่น แบบท่อ แบบแผ่น จากนั้นจึงบรรจุลงในภาชนะบรรจุที่ผ่านการฆ่าเชื้อ อย่างไรก็ตามการใช้เทคนิคการถ่ายเทความร้อนแบบทั่วไปกับผลิตภัณฑ์ที่มีชิ้นอาหารใหญ่ อาจทำให้ของเหลวได้รับความร้อนมากเกินไปเพื่อให้อาหารได้รับการฆ่าเชื้ออย่างเพียงพอทำให้กลิ่นรสและคุณค่าทางโภชนาการเสื่อมเสียได้ ปัจจุบันได้มีการศึกษาเทคนิคที่เรียกว่า โอมิสมิคฮีตติ้ง ซึ่งเป็นกระบวนการที่ทำให้อาหารถูกทำให้ร้อนอย่างรวดเร็ว ทำให้กลิ่นรสของอาหารยังคงอยู่ในระดับสูง เพื่อนำมาทดแทนเทคนิคเดิม (คณาจารย์ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรม เกษตร, 2555) การให้ความร้อนโดยอาศัยความต้านทานทางไฟฟ้าของอาหารหรือการให้ความร้อนแบบโอมิสมิค (ohmic heating) เป็นวิธีการหนึ่งโดยความร้อนจะถูกสร้างขึ้นอย่างต่อเนื่องโดย กระแสไฟฟ้าไหลผ่านโดยตรงไปยังผลิตภัณฑ์อาหาร เมื่ออาหารได้รับกระแสไฟฟ้าผ่านทางอิเล็กโทรดอาหารจะทำหน้าที่เป็นตัวต้านทานต่อการไหลของกระแสไฟฟ้า ทำให้พลังงานไฟฟ้าถูกเปลี่ยนไปเป็นความร้อนทำให้เกิดความร้อนอย่างรวดเร็วและสม่ำเสมอภายในอาหาร การให้ความร้อนแบบโอมิสมิคถือว่าเป็นวิธีการให้ความร้อนที่มีศักยภาพในการให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงในระยะเวลาที่สั้นทำให้ผลิตภัณฑ์อาหารที่ผ่านการให้ความร้อนแบบโอมิสมิค มีกลิ่น รส และคุณค่าทางโภชนาการใกล้เคียงกับอาหารสดด้วย จากประโยชน์ของเทคนิคดังกล่าวจึงมีการศึกษาศึกษาวิจัยต่างๆ เพื่อที่จะนำมาพัฒนาและสร้างเครื่องพาสเจอร์ไรซ์แบบโอมิสมิคแก่น้ำมันมะพร้าว

2. วิธีการทดลอง

2.1 การออกแบบเครื่องพาสเจอร์ไรซ์

เครื่องพาสเจอร์ไรซ์โดยการให้ความร้อนแบบโอมิสมิคมีองค์ประกอบหลัก ประกอบด้วย 1.) โอมิสมิคเซลล์รูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 cm ยาว 18 cm และมีแผ่นอิเล็กโทรดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 cm ติดตั้งไว้บริเวณด้านหัว-ท้ายของทรงกระบอก 2.) ระบบควบคุมการทำงานของเครื่องผ่าน PLC (Programmable Logic Controller) ซึ่งจะควบคุมการทำงานระบบจ่ายแรงดันไฟฟ้า (Voltage Regulator) ที่จะส่งกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าไปยังโอมิสมิคเซลล์ รวมทั้งทำหน้าที่ควบคุมและบันทึกข้อมูลอุณหภูมิ ระยะเวลา และพลังงานไฟฟ้าที่ให้แก่ระบบ ดังภาพที่ 1

หลักการทำงานของเครื่องพาสเจอร์ไรซ์ คือ ชุดควบคุมจ่ายกระแสไฟฟ้าให้แก่ตัวอย่างที่บรรจุอยู่ในโอมิสมิคเซลล์ผ่านทางแผ่นอิเล็กโทรด เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวอย่างจะเกิดการต้านทานการเคลื่อนที่ของไฟฟ้าภายในอาหารจนเกิดเป็นความร้อนขึ้น ซึ่งจะทำให้ตัวอย่างมีอุณหภูมิสูงขึ้นตามที่กำหนด และคงอุณหภูมินั้นไว้ตามระยะเวลาที่ต้องการ



ภาพที่ 1 เครื่องพาสเจอร์ไรซ์น้ำมะพร้าวด้วยโอห์มมิก ประกอบด้วย ถังเก็บวัตถุดิบ, โอห์มมิกเซลล์ และชุดควบคุมอุณหภูมิ แรงดันไฟฟ้าด้วย PLC

2.1 การเตรียมน้ำมะพร้าว

มะพร้าวน้ำหอมพันธุ์ดำเนินสะดวกอายุเก็บเกี่ยว 28 สัปดาห์ น้ำมะพร้าวจะถูกกรองและนำเข้าเก็บภายใต้อุณหภูมิ 4°C และก่อนการทดลองจะนำมาวางไว้ที่อุณหภูมิห้องจนอุณหภูมิเข้าสู่ภาวะปกติ

2.2 การพาสเจอร์ไรซ์น้ำมะพร้าว

การพาสเจอร์ไรซ์น้ำมะพร้าวด้วยเครื่องพาสเจอร์ไรซ์โดยการให้ความร้อนแบบโอห์มมิก ทำการทดสอบให้ความร้อนแก่น้ำมะพร้าวครั้งละ 350 ml ที่อุณหภูมิ 90°C เป็นระยะเวลา 30 S, 60 S และ 180 S ที่ระดับแรงดันไฟฟ้า 80 V, 100 V และ 120 V ตามลำดับ บันทึกค่าแรงดันไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้า

2.3 การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

ตรวจวัดค่าสีของน้ำมะพร้าวพาสเจอร์ไรซ์ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (CM-3500d) วิเคราะห์ค่าสีระบบ CIE LAB ค่าที่วัด ได้แก่ค่าสี L^* , a^* และ b^* (L^* หมายถึง ความสว่าง-มืด, a^* แสดงค่าสีแดง-สีเขียว, b^* แสดงค่าสีเหลือง-สีน้ำเงิน)

2.4 การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-เบส โดยใช้เครื่องดิจิตอล pH meter (Mettler Toledo) ตามวิธีของ AOAC (2000) การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (total soluble solid, TSS) โดยใช้ refractometer (ATAGO Type N1 (0-32%)) รายงานผลเป็นองศาบริกซ์ ($^{\circ}\text{Brix}$) ตามวิธีของ AOAC (2000)

2.5 วิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์

วิเคราะห์ปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดในอาหาร ตามมาตรฐานของสำนักคุณภาพและความปลอดภัยอาหาร กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์

2.6 การประเมินผลทางสถิติ

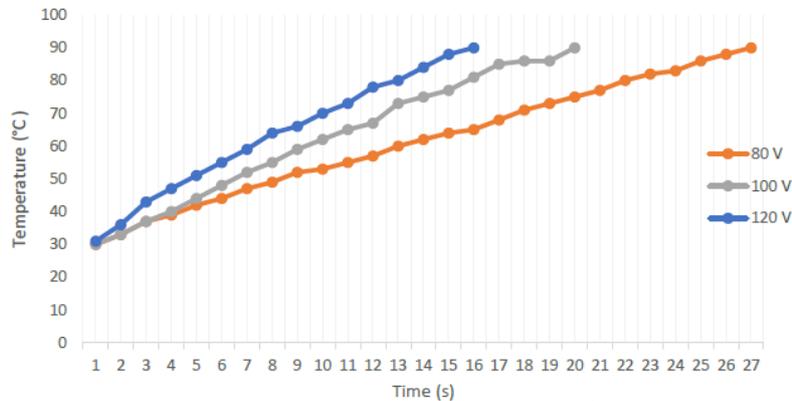
วิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป เพื่อวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

3.1 ผลของแรงดันไฟฟ้าต่ออุณหภูมิของน้ำมะพร้าว

ผลการศึกษาการให้ความร้อนที่ระดับแรงดันไฟฟ้า 3 ระดับ คือ 80, 100 และ 120 V โดยที่แต่ละระดับแรงดันไฟฟ้าที่อุณหภูมิที่ 90 °C โดยทำการบันทึกอุณหภูมิทุก 10 s ได้ผลดังนี้



ภาพที่ 2 ผลของแรงดันไฟฟ้าต่ออุณหภูมิของน้ำมะพร้าว

จากภาพที่ 2 แสดงให้เห็นว่าที่ระดับแรงดันไฟฟ้าที่สูง ระยะเวลาในการเกิดความร้อนสั้นกว่าที่ระดับแรงดันไฟฟ้าต่ำ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าระดับแรงดันไฟฟ้า มีผลต่ออัตราการเกิดความร้อน และการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ โดยที่แรงดันไฟฟ้า 80, 100 และ 120V ใช้ระยะเวลาในการเกิดความร้อนจนกระทั่งถึงอุณหภูมิ 90°C เท่ากับ 4, 3 และ 2.2 นาที ตามลำดับ

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบการพาสเจอร์ไรซ์น้ำมะพร้าวที่ระดับอุณหภูมิ 90 °C

แรงดันไฟฟ้า (V)	เวลา (s)	pH	TSS	ค่าสี		
				L*	a*	b*
ตัวอย่างควบคุม	-	5.60±0.0 ^a	5.50±0.0 ^a	96.40±0.3 ^a	0.16±0.1 ⁱ	2.69±0.1 ^e
ตัวอย่างทางการค้า	-	5.20±0.0 ^e	5.22±0.0 ^b	95.32±0.7 ^b	-0.06±0.1 ^j	5.11±0.3 ^a
80	30	5.50±0.0 ^b	5.50±0.0 ^a	87.58±0.0 ^h	3.27±0.1 ^d	3.06±0.0 ^b
	60	5.40±0.0 ^d	5.50±0.0 ^a	86.10±0.2 ^j	3.26±0.1 ^d	2.86±0.5 ^c
	180	5.46±0.5 ^c	5.50±0.0 ^a	84.89±0.2 ^k	4.40±0.1 ^a	2.08±0.1 ^h
100	30	5.50±0.0 ^b	5.50±0.0 ^a	88.70±0.2 ^g	3.20±0.1 ^e	2.91±0.3 ^c
	60	5.40±0.0 ^d	5.50±0.0 ^a	88.79±0.1 ^f	3.39±0.3 ^c	2.64±0.4 ^e
	180	5.40±0.0 ^d	5.50±0.0 ^a	86.89±0.5 ⁱ	3.85±0.2 ^b	2.39±0.2 ^g
120	30	5.40±0.0 ^d	5.50±0.0 ^a	92.13±0.1 ^c	0.78±0.1 ^h	2.81±0.1 ^d
	60	5.40±0.0 ^d	5.50±0.0 ^a	90.45±0.3 ^d	1.06±0.1 ^g	2.69±0.2 ^e
	180	5.40±0.0 ^d	5.50±0.0 ^a	90.22±0.2 ^e	2.24±0.1 ^f	2.45±0.1 ^f

* * * * *



ผลการทดลองตารางที่ 1 พบว่า ค่า pH ของน้ำมะพร้าวในการทดลองทุกสภาวะมีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยภาพรวมค่า pH ของน้ำมะพร้าวที่ผ่านการให้ความร้อนแบบโอห์มิกจะมีค่า pH ที่ลดลงเล็กน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม (น้ำมะพร้าวที่สด) แต่เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมะพร้าวทางการค้า ค่า pH ของน้ำมะพร้าวที่ผ่านการให้ความร้อนแบบโอห์มิกมีค่าที่มากกว่า จะเห็นได้ว่าค่า pH มีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย

ในขณะที่ค่าความหวานนั้น พบว่า น้ำมะพร้าวที่ผ่านการให้ความร้อนแบบโอห์มิกจะมีค่าความหวาน ที่ไม่แตกต่างจากน้ำมะพร้าวสด มีค่าเท่ากับ 5.50 แต่น้ำมะพร้าวที่ผ่านการให้ความร้อนแบบโอห์มิกมีค่าความหวานมากกว่า น้ำมะพร้าวทางการค้า ส่วนค่าสี (color) ของน้ำมะพร้าวนั้นได้ทำการวัดโดยใช้เครื่องวัดสีแสดงค่า L^* , a^* , b^* จากผลการทดลองพบว่า ค่าความสว่าง (L^*) ของน้ำมะพร้าวที่ผ่านการให้ความร้อนแบบโอห์มิกในทุกสภาวะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม โดยที่ค่าความสว่างจะเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเพิ่มแรงดันไฟฟ้าแต่เมื่อใช้เวลานานในการคงอุณหภูมิขึ้นค่าความสว่างจะลดลง ส่วนค่า a^* นั้นพบว่าน้ำมะพร้าวที่ผ่านการให้ความร้อนแบบโอห์มิกในทุกสภาวะมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุมและน้ำมะพร้าวทางการค้า โดยที่ค่า a^* ของตัวอย่างควบคุมมีค่า +0.16 คือมีลักษณะเป็นน้ำมะพร้าวที่มีสีขาวใส ส่วนน้ำมะพร้าวทางการค้ามีค่า -0.06 คือมีลักษณะเป็นน้ำมะพร้าวที่มีสีขาวใส แต่เมื่อลดแรงดันไฟฟ้าและใช้เวลานานในการคงอุณหภูมิขึ้น พบว่าค่า a^* ของน้ำมะพร้าวที่ผ่านการให้ความร้อนแบบโอห์มิกทุกสภาวะมีค่า a^* สูงขึ้น ส่วนค่า b^* ของน้ำมะพร้าวที่ผ่านการให้ความร้อน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุมและน้ำมะพร้าวทางการค้าโดยตัวอย่างควบคุมจะมีค่า $b^* = 2.69$ ซึ่งมีโทนสีขาวใส ส่วนน้ำมะพร้าวทางการค้าจะมีค่า $b^* = 5.11$ มีโทนสีเหลือง แต่ในน้ำมะพร้าวที่ผ่านการให้ความร้อนแบบโอห์มิกจะมีค่า b^* เพิ่มขึ้นเมื่อใช้เวลานานในการคงอุณหภูมิขึ้น การที่น้ำมะพร้าวที่ผ่านการให้ความร้อนแบบโอห์มิกในทุกสภาวะมีความสว่างลดลงและเกิดการเปลี่ยนสีเป็นสีชมพูที่อุณหภูมิ 90 °C นั้นเนื่องจากว่าสีชมพูที่เกิดขึ้นนั้นอาจเป็นผลของปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารประกอบในกลุ่มฟีนอลิก และมีธาตุแมงกานีสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา และสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงสีได้ด้วยการเติมสารรีดิวซิงเอเจน (รมณี และศศิธร, 2554)

จากการทดสอบประเมินประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อด้วยค่าสี (L^* , a^* , b^*), ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH), ค่าความหวาน พบว่า ค่า pH, ค่าความหวาน และค่าสี (L^* , a^* , b^*) ที่ใกล้เคียงกับน้ำมะพร้าวสดที่สุด คือแรงดันไฟฟ้าที่ 120 V นาน 30 s จะสังเกตเห็นได้ว่า เมื่อใช้แรงดันไฟฟ้าสูงและใช้เวลานานในการคงอุณหภูมิที่น้อย จะทำให้ค่า L^* มีความสว่างมากกว่า การใช้แรงดันไฟฟ้าที่ต่ำและระยะเวลาในการคงอุณหภูมิที่นาน จะทำให้ค่า L^* มีความสว่างน้อยลง ค่า a^* ก็เช่นเดียวกัน ยิ่งใช้แรงดันไฟฟ้าที่ต่ำและระยะเวลาในการคงอุณหภูมินานก็จะทำให้ค่า a^* เพิ่มขึ้น จึงทำให้น้ำมะพร้าวที่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์มาเปลี่ยนสีเป็นสีชมพู (ผลดังภาพที่ 2, 3 และ 4) สรุปได้ว่าเมื่อใช้แรงดันไฟฟ้าสูง ระยะเวลาสั้น สีของน้ำมะพร้าวที่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์จะใกล้เคียงกับตัวอย่างมากที่สุด



ภาพที่ 2 น้ำมะพร้าวที่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์ ด้วยแรงดันไฟฟ้า 80 V



ภาพที่ 3 น้ำมะพร้าวที่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์ ด้วยแรงดันไฟฟ้า 100 V



ภาพที่ 4 น้ำมะพร้าวที่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์ ด้วยแรงดันไฟฟ้า 120 V



ตารางที่ 2 ผลการตรวจนับแบคทีเรียของน้ำมะพร้าวที่ผ่านการให้ความร้อนแบบโอห์มมิกในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 14 °C เป็นเวลา 24 hr และ 7 วัน

แรงดันไฟฟ้า (V)	ระยะเวลา (s)	24 hr		7 วัน	
		พบเชื้อ	ไม่พบเชื้อ	พบเชื้อ	ไม่พบเชื้อ
ตัวอย่างควบคุม		✓		✓	
80	30		✓		✓
	60		✓		✓
	180		✓		✓
100	30		✓		✓
	60		✓		✓
	180		✓		✓
120	30		✓		✓
	60		✓		✓
	180		✓		✓

ผลการตรวจสอบปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดในอาหารตามมาตรฐานของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ของน้ำมะพร้าวสด และน้ำมะพร้าวพาสเจอร์ไรส์ที่ถูกเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 14°C เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง และที่ระยะเวลา 7 วัน พบว่าน้ำมะพร้าวสดจะตรวจพบเชื้อแบคทีเรีย จำนวน 20×10^4 โคโลนี หรือ 20×10^4 ตัวในอาหาร 1 g (ระยะการเก็บ 24 ชั่วโมง) ในขณะที่น้ำมะพร้าวพาสเจอร์ไรส์ทุกสภาวะตรวจสอบไม่พบปริมาณแบคทีเรียปนเปื้อนในตัวอย่างที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วในทั้ง 2 ระยะเวลาการเก็บรักษา ซึ่งเป็นไปตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 222 (พ.ศ. 2544), 265 (พ.ศ. 2545) ซึ่งสามารถบ่งชี้คุณภาพของการให้ความร้อนด้วยเครื่องพาสเจอร์ไรส์แบบโอห์มมิกได้

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

	เครื่องพาสเจอร์ไรส์ทั่วไป	เครื่องให้ความร้อนแบบโอห์มมิก
เงินลงทุนทั้งหมดในการซื้ออุปกรณ์และผลิต	300,000 บาท	15,700 บาท
ต้นทุนการผลิตต่อขวด	15.8 บาท/ขวด	13.3 บาท/ขวด
จุดคุ้มทุนของการผลิต	3 เดือน	1 เดือน

สมรรถนะการทำงานของเครื่องพาสเจอร์ไรส์เมื่อเปรียบเทียบการทำงานของเครื่องทั้ง 3 ระดับแรงดันไฟฟ้า พบว่าที่ระดับแรงดันไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้น ระยะเวลาในการให้ความร้อนแก่น้ำมะพร้าวจะลดลง ซึ่งส่งผลต่อต้นทุนการผลิตน้ำมะพร้าวพาสเจอร์ไรส์ โดยไม่ต้องลงทุนการผลิตของแรงดันไฟฟ้า 80 V, 100 V และ 120V เท่ากับ 0.78, 0.69 และ 0.45 บาท/ขวด (ขวดขนาด 350 ml) เมื่อเปรียบเทียบสมรรถนะของเครื่องพาสเจอร์ไรส์ทั่วไป กับเครื่องให้ความร้อนแบบโอห์มมิก โดยพิจารณาจากการพาสเจอร์ไรส์น้ำมะพร้าวในปริมาณ 315 ขวด จากตารางที่ 3 พบว่าเครื่องพาสเจอร์ไรส์ทั่วไป มีต้นทุนการสร้างอยู่ที่ 300,000 บาท และเครื่องให้ความร้อนแบบโอห์มมิกมีต้นทุนการสร้างเท่ากับ 15,700 บาท จะเห็นได้ว่าต้นทุน



การผลิตน้ำมะพร้าวต่อขวดของเครื่องให้ความร้อนแบบโอท้อมิกนั้น มีต้นทุนต่อขวดที่น้อยกว่าเครื่องพาสเจอร์ไรซ์ทั่วไป และจุดคุ้มทุนของการผลิตเครื่องโอท้อมิกจะใช้เวลาเพียง 1 เดือน ซึ่งมีระยะเวลาน้อยกว่าเครื่องพาสเจอร์ไรซ์ทั่วไปที่ใช้ระยะเวลาถึง 3 เดือน

4. สรุป

เครื่องพาสเจอร์ไรซ์น้ำมะพร้าวด้วยความร้อนแบบโอท้อมิก มีส่วนประกอบหลัก คือ โอท้อมิกเซลล์ที่สามารถบรรจุอาหารได้ขนาด 630 ml ควบคุมแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง อุณหภูมิ และระยะเวลาในการให้ความร้อนแก่น้ำมะพร้าวด้วยระบบ PLC โดยสามารถปรับแรงดันไฟฟ้าได้ในช่วง 40-220V จากการทดสอบสมรรถภาพการฆ่าเชือน้ำมะพร้าว พบว่าสถานะที่ทำให้ได้น้ำมะพร้าวพาสเจอร์ไรซ์ที่เหมาะสมที่สุด คือ การพาสเจอร์ไรซ์ด้วยแรงดันไฟฟ้า 120V เป็นระยะเวลานาน 30 S ตรวจสอบคุณภาพได้ผลดังนี้ pH เท่ากับ 5.40, TSS เท่ากับ 5.50 °Brix, และค่าสี L*, a*, b* เท่ากับ 90.22, 2.24 และ 2.45 ตามลำดับ และผลการตรวจสอบแบกทีเรียพบว่าทุกสถานะไม่พบเชื้อแบกทีเรียในระยะเวลาการเก็บ 7 วัน

5. เอกสารอ้างอิง

- คณาจารย์ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร. 2555. *การพัฒนาผลิตภัณฑ์ในอุตสาหกรรมเกษตร*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- รมณี เขยสุนทร และ ศศิธร ตรงจิตภักดี. 2554. ผลของอายุการเก็บเกี่ยวต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของน้ำมะพร้าวน้ำหอมพาสเจอร์ไรซ์. *เรื่องเติมการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 49: สาขาอุตสาหกรรมเกษตร. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 49.* (หน้า 658-664). สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.
- รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต. 2555. *การพัฒนาผลิตภัณฑ์ในอุตสาหกรรมเกษตร*. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- A.O.A.C. 2000. **Official methods of analysis of AOAC international**. 17th ed. Association of official Analytical Chemists. Gaithersburg, Maryland.
- Yong, J.W.H., L.Ge, Y.F. Ng and S.N. Tan. 2009. The chemical composition and biological properties of coconut (*Cocos nucifera* L.) water. **Molecules**. 14: 5144-5164.



การอบแห้งมะม่วงน้ำดอกไม้โดยใช้ลมร้อนเสริมพลังงานแสงอาทิตย์และอินฟราเรดแบบเป็นช่วง Nam Dok Mai Mango Drying by Solar Assisted Hot-air Drying and Pulse Infrared

ภาณุวัฒน์ พริงพะระ¹, ภิรมย์ลักษณ์ คำจันทร์¹, วิลาวรรณ จันทะนาม¹, เทวรัตน์ ตรีอำนรรค^{2*}

Phanuwat Phingpho¹, Piromlak Khomchan¹, Wilaiwan Chantanam¹, Tawarat Treeamnuk^{2*}

สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา

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

*Corresponding author: โทร +66-8-4694-2933, E-mail: tawarat@sut.ac.th

บทคัดย่อ

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการอบแห้งมะม่วงน้ำดอกไม้ด้วยลมร้อนอุณหภูมิซึ่งผลิตจากฮีตเตอร์ไฟฟ้าร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์และการอบแห้งด้วยอินฟราเรดแบบเป็นช่วง ทำการทดลองโดยนำมะม่วงน้ำดอกไม้สุกที่มีความชื้นเริ่มต้น 81.56% (w.b) หั่นมะม่วงขนาด $3 \times 7 \times 1 \text{ cm}^3$ ปรับสภาพก่อนการอบแห้งด้วยวิธีการลวกด้วยน้ำร้อน 1 นาที เรียงใส่ถาดทั้งหมด 4 ถาด ถาดละ 1 kg อบแห้งโดยใช้ลมร้อนอุณหภูมิ 60, 70 และ 80°C และใช้รังสีอินฟราเรดแบบเป็นช่วง (เปิด 5 นาที – ปิด 3 นาที) จนมะม่วงมีปริมาณความชื้นต่ำกว่า 18 % (w.b) ประเมินสมรรถนะการทำงานของระบบอบแห้งจากอัตราการอบแห้ง และค่าความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าจำเพาะ (SEEC) ประเมินสมบัติทางเคมีกายภาพของมะม่วงอบแห้ง ด้านสี เนื้อสัมผัส สารประกอบฟีนอลิก และสารต้านอนุมูลอิสระ ผลการทดลองพบว่า การอบแห้งด้วยอินฟราเรดแบบเป็นช่วงมีอัตราการอบแห้งที่สูงกว่าการอบแห้งด้วยลมร้อน และมีค่าความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าจำเพาะต่ำกว่าการอบแห้งด้วยลมร้อนในด้านสมบัติทางเคมีกายภาพของมะม่วงอบแห้งพบว่า การอบแห้งด้วยอินฟราเรดแบบเป็นช่วงมีคุณภาพด้านสี สารประกอบฟีนอลิก และสารต้านอนุมูลอิสระที่ดีกว่าการอบแห้งด้วยลมร้อน แต่การอบแห้งด้วยลมร้อนมีคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสโดยรวมที่ดีกว่า

คำสำคัญ: การอบแห้งด้วยลมร้อน, มะม่วงน้ำดอกไม้, การอบแห้งด้วยอินฟราเรดแบบเป็นช่วง

ABSTRACT

The objective of this project is to study the drying of Nam Dok Mai mango by hot air produced by electric heater combined with solar energy and pulse infrared drying. The experiment was performed by taking ripe Nam Dok Mai mangoes with initial moisture content of 81.56% (w.b), cutting with dimensions of $3 \times 7 \times 1 \text{ cm}^3$, pre-treated by blanching in hot water for 1 min, placed in 4 trays of 1 kg per tray. Hot air with temperature of 60, 70 and 80°C and pulse infrared radiation drying (5 min. on – 3 min. off) were used to dry the mangoes sample until the moisture content less than 18% (w.b). The performance of the drying system was evaluated from the drying rate and the specific electrical energy consumption (SEEC). Evaluate the physicochemical properties of dried mango in terms of color, texture, total phenolic compounds (TPC), and antioxidants. The results showed that the pulse infrared drying has drying rate higher than hot air drying and it has lower SEEC than hot air drying. In terms of physicochemical properties of dried mango, it was found that pulse infrared drying had color quality, phenolic compounds and antioxidants are better than hot air drying, but hot air drying had better overall texture quality.

Keywords: Hot air drying, Nam Dok Mai mango, Pulse infrared drying



1. บทนำ

มะม่วงน้ำดอกไม้ (*Mangifera indica* L. 'Nam Dork Mai') เป็นผลไม้เมืองร้อนที่มีการเพาะปลูก และการค้ามา ยาวนานโดยส่วนใหญ่มีแหล่งเพาะปลูกในพื้นที่แถบประเทศในเอเชีย เช่น ไทย เมียนมาร์ เวียดนาม อินเดีย และฟิลิปปินส์ เป็นต้น ซึ่งมะม่วงน้ำดอกไม้ถือเป็นผลไม้ที่มีคุณประโยชน์และสรรพคุณที่หลากหลาย เช่น สามารถช่วยสร้างภูมิคุ้มกันให้กับ ร่างกาย ดีต่อตับและไต และยังสามารถช่วยลดอาการคลื่นไส้เวียนศีรษะได้ (วีระ, 2564) ประเทศไทยเป็นผู้ส่งออกมะม่วง อันดับ 3 ของโลก รองจากประเทศอินเดียและจีน ในปี 2564 ประเทศไทยมีปริมาณการส่งออกมะม่วงให้กับประเทศจีน 917 ตัน เพิ่มขึ้นร้อยละ 78.92 มีมูลค่าการนำเข้า 2.02 ล้านเหรียญสหรัฐฯ เพิ่มขึ้นร้อยละ 15.22 เมื่อเทียบกับช่วงเวลา เดียวกันปี 2563 แต่ในปี 2565 สภาพอากาศและปริมาณน้ำฝนเหมาะสม ส่งผลให้มะม่วงมีผลผลิตออกมาก่อนข้างมาก แต่เนื่องด้วยปัญหาเศรษฐกิจทำให้กำลังซื้อของผู้บริโภคลดลง และการส่งออกที่ประสบปัญหาเรื่องการแพร่ระบาดของเชื้อไวรัส โควิด-19 ทำให้การส่งออกไปยังต่างประเทศชะงักงัน โดยที่มะม่วงส่งออกส่วนมากเป็นมะม่วงสดซึ่งมีปัญหาเกี่ยวกับระยะเวลา ในการเก็บรักษาและฤดูเก็บเกี่ยวมะม่วงไทยที่มีระยะเวลาที่สั้นการแปรรูปจึงเป็นวิธีการเพิ่มมูลค่าที่ดีที่สุด แต่เนื่องจากผลไม้ ไทยมีน้ำตาลเป็นองค์ประกอบในปริมาณมากซึ่งมีผลต่อคุณภาพของผลไม้แปรรูป (ศรีปาน และคณะ, 2555)

การอบแห้งเป็นการแปรรูปที่เป็นที่นิยมอย่างมากในปัจจุบัน โดยการอบแห้งเป็นกระบวนการแปรรูปอาหารที่มีความสำคัญมากที่สุดกระบวนการหนึ่งในการรักษาคุณภาพ ลดการสูญเสียและยืดระยะเวลาการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ทำให้ ผลิตภัณฑ์แปรรูปทางการเกษตรมีมูลค่าเพิ่มขึ้น ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรอบแห้งเป็นที่ต้องการอย่างมากทั้งภายในและ ต่างประเทศ เนื่องจากการอบแห้งจะทำให้จุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ ผลิตภัณฑ์อบแห้งจึงสามารถเก็บรักษาไว้ได้เป็น อย่างดี (ศรีปาน และคณะ, 2555) การอบแห้งโดยทั่วไปใช้หลักการถ่ายเทความร้อนไปยังวัสดุ เพื่อไล่ความชื้นออกโดยการ ระเหย โดยทั่วไปสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การอบแห้งด้วยอากาศร้อน การอบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง การอบแห้งด้วย ไมโครเวฟ การอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรด การอบแห้งด้วยสุญญากาศ และการอบแห้งด้วยบีมความร้อน ซึ่งการอบแห้งในแต่ ละวิธีมีข้อดีข้อเสียที่แตกต่างกัน อบแห้งด้วยลมร้อนได้รับความนิยมมากที่สุด แต่การควบคุมคุณภาพของผลไม้อบแห้งทำได้ ยาก การอบแห้งที่อุณหภูมิสูงกับผลไม้ไทยที่มีน้ำตาลสูงอย่างมะม่วง ความร้อนที่สูงจะไปทำลายรสชาติ สี ธาตุอาหาร และลด ความหนาแน่นของเนื้อผลไม้ (วีระ, 2564) อีกทั้งการอบแห้งด้วยลมร้อนซึ่งมีถ่ายเทความร้อนจากผิวด้านนอกเข้าสู่ด้านในจึงทำ ให้การอบแห้งใช้เวลานานส่งผลให้สิ้นเปลืองพลังงานมาก นักวิจัยจึงได้ทำการหาวิธีการอบแห้งที่ช่วยลดระยะเวลาและประหยัด พลังงาน ซึ่งวิธีการหนึ่งที่ได้รับนิยมนิยมคือการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรด

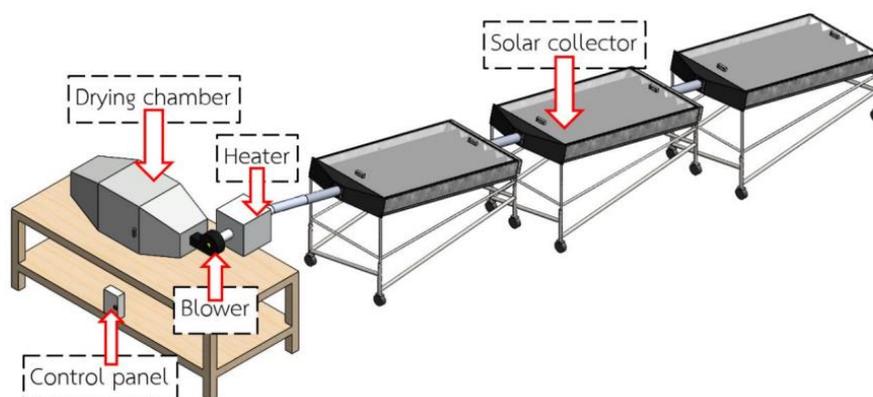
รังสีอินฟราเรดถูกใช้ในการอบแห้งผลิตผลทางการเกษตรหลากหลายชนิด เช่น เมล็ดธัญพืช ข้าวเปลือก ถั่วลิสง และเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ เนื่องจากประหยัดพลังงาน โดยพลังงานจากการแผ่รังสีอินฟราเรดจะทำให้โมเลกุลของน้ำที่อยู่ใน ผลิตภัณฑ์เกิดการสั่นสะเทือน ซึ่งการสั่นสะเทือนดังกล่าวจะเกิดขึ้นในช่วง 25-100 μm ความร้อนจะให้กับอาหารโดยการแผ่ รังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าผ่านทางอากาศและถูกดูดกลืนโดยอาหาร คุณลักษณะเด่นของความร้อนจากรังสีอินฟราเรดได้แก่ ถ่าย ความร้อนสู่อาหารอย่างมีประสิทธิภาพจึงสามารถช่วยลดเวลาของกระบวนการและค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน (วัชรินทร์, 2556) การอบแห้งโดยอาศัยความร้อนจากรังสีอินฟราเรดประสบความสำเร็จอย่างมากเพราะว่าสามารถควบคุมคุณภาพด้านสีหลัง การอบแห้งได้ดี ในปัจจุบันรังสีอินฟราเรดถูกนำมาใช้ร่วมกับการให้ความร้อนแบบอื่น เช่นการนำรังสีอินฟราเรดมาใช้ร่วมกับการ อบด้วยลมร้อนเพื่อลดระยะเวลาในการอบแห้งและเพิ่มประสิทธิภาพการอบแห้ง (ณัฐพล, 2560)

ดังนั้นโครงการนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการศึกษาการอบแห้งมะม่วงน้ำดอกไม้ด้วยลมร้อนซึ่งผลิตจากฮีตเตอร์ไฟฟ้า ร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์ และการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดแบบเป็นช่วงพร้อมทั้งประเมินลักษณะคุณภาพด้านสี เนื้อสัมผัส และคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของผลิตภัณฑ์มะม่วงอบแห้ง

2. วิธีการทดลอง

ระบบอบแห้งซึ่งประกอบด้วยห้องอบแห้งแหล่งที่ติดตั้งหลอดรังสีอินฟราเรดไว้ด้านใน และต่อกับแหล่งความร้อนจากฮีตเตอร์ไฟฟ้าและพลังงานแสงอาทิตย์ดังแสดงใน ภาพที่ 1 โดยระบบอบแห้งนี้มีส่วนประกอบหลักคือ โบลเวอร์สำหรับใช้ระบายความชื้นออกจากห้องอบแห้งและควบคุมอัตราการไหลของอากาศ ห้องผลิตลมร้อนที่ติดตั้งฮีตเตอร์พร้อมครีบน้ำมัน 1500 W จำนวน 2 ตัว มีท่อลมเชื่อมต่อกับ ตัวเก็บรังสีอาทิตย์ (solar collector) แบบแผ่นราบร่องรูปตัววีชนิด 60° ทำมุมเอียง 14° กับแนวระดับ ขนาด 2x1 m² จำนวน 3 ชุด จัดวางแบบอนุกรม ภายในห้องอบแห้งมีชั้น 4 ชั้น แต่ละชั้นติดตั้งหลอดรังสีอินฟราเรด และติดตั้งเซ็นเซอร์ DHT22 ในห้องอบแห้งบนชั้น ชั้นละ 1 จุด ทางออกของห้องอบแห้ง 1 จุด และทางออกห้องฮีตเตอร์ 1 จุด ดังแสดงใน ภาพที่ 1 โดยอากาศจะไหลเข้าสู่ตัวเก็บรังสีอาทิตย์ เมื่อรังสีอาทิตย์กระทบกับแผงรับแสงจะทำให้อากาศอุ่นขึ้น อากาศถูกดูดมายังห้องผลิตลมร้อนซึ่งฮีตเตอร์จะทำงานถ้าหากอากาศมีอุณหภูมิไม่ถึงค่าที่กำหนด ในส่วนการทำงานของหลอดรังสีอินฟราเรดจะทำงานแบบเปิด-ปิดตามที่กำหนด

วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลองคือมะม่วงน้ำดอกไม้สุกจากตลาดท้องถิ่นในจังหวัดนครราชสีมา ประเทศไทย ที่มีความชื้นเริ่มต้น 81.56%(w.b) และมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ 16-20°Brix โดยใช้มะม่วงหนัก 10 kg หั่นมะม่วงขนาด 3x7x1 cm³ นำไปปรับสภาพก่อนการอบแห้งด้วยวิธีการลวกด้วยน้ำร้อน 1 นาที (จันทนา, 2564) นำมะม่วงที่ได้ไปทำการเรียงใส่ถาดทั้งหมด 4 ถาด การอบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 60, 70 และ 80°C ใช้ความเร็วลมอากาศ 3.6 ms⁻¹ และบันทึกค่าในทุก 1 ชั่วโมง โดยจะทำการวัดอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ วัดความเร็วลมที่ทางออก บันทึกน้ำหนักและค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในระบบอบแห้ง จนมะม่วงมีปริมาณความชื้นต่ำกว่า 18%(w.b) และมีค่า Water Activity ไม่เกิน 0.65 ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมผลไม้อบแห้ง (มอก.919-2563) และทำการทดลองอบแห้งด้วยพลังงานความร้อนจากรังสีอินฟราเรดแบบเป็นช่วงโดยทำการเปิด 5 นาที ปิด 3 นาที ทำการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำของแต่ละตัวอย่าง โดยนำมาหาค่าความชื้นด้วยการวิเคราะห์ค่าความชื้นตามวิธีของ AOAC (2000) ค่าปริมาณน้ำอิสระ (water activity, aw) โดยใช้เครื่อง Aqualab รุ่น 4TV DUO วัดค่าสี L*, a* และ b* ของมะม่วง โดยใช้เครื่อง HunterLab รุ่น MiniScan EZ 45/0 S A V (MSEZ, Hunter Associates Laboratory, Inc., VA, USA) การวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของมะม่วงอบแห้งแบบ texture profile analysis (TPA) ด้วยเครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (TA.XTPlus, texture technologies corp. and stable micro systems, ltd., MA, USA) ใช้หัวกดแบบแบนทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 mm โดยกดตัวอย่างลง 70% ของความสูงด้วยความเร็วในการกดระหว่าง และหลังการทดสอบ คือ 1 mms⁻¹ และนำมาหาปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระใช้วิธี DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl radical) และปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในสารสกัดมะม่วงน้ำดอกไม้โดยใช้วิธี Folin Ciocalteu นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-way ANOVA) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยใช้โปรแกรม Minitab®

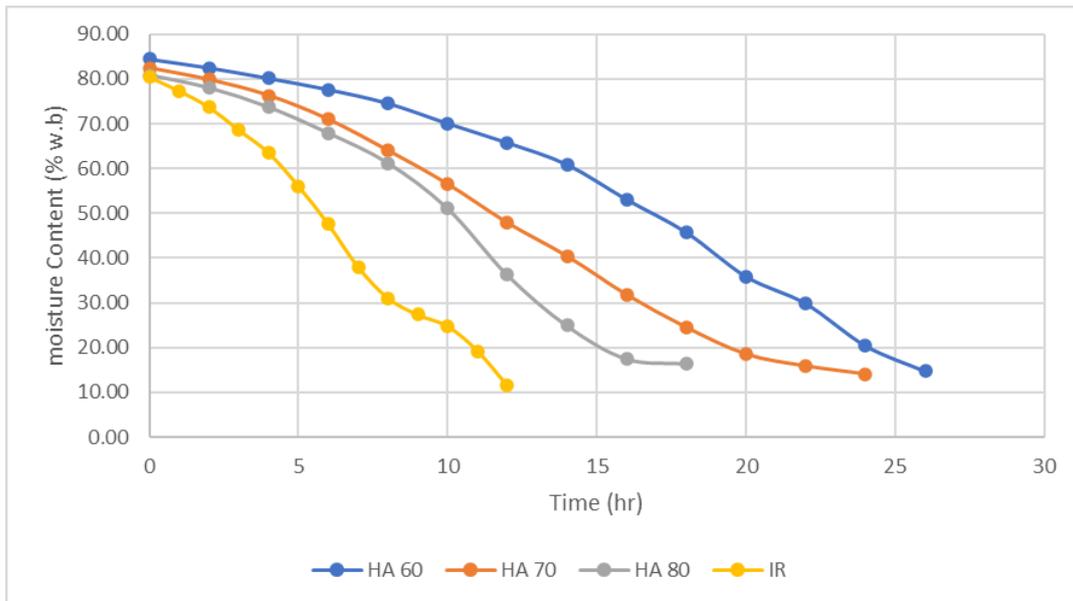


ภาพที่ 1 ระบบอบแห้งที่ใช้ในการศึกษา



3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

ผลการทดสอบการอบแห้งมะม่วงน้ำดอกไม้ด้วยพลังงานความร้อนจากรังสีอินฟราเรดและการอบแห้งด้วยลมร้อนพบว่า เมื่อเวลาผ่านไปความชื้น (Moisture Content) มีการลดลงตามเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง โดยช่วงแรกจะเป็นช่วงการปรับสถานะเบื้องต้นและอัตราการอบแห้งค่อยๆ เพิ่มขึ้น จนถึงช่วงอัตราอบแห้งคงที่แสดงดัง ภาพที่ 2 ความชื้นเฉลี่ยของวัสดุจะลดลงเป็นสัดส่วนกับเวลาในการอบแห้ง จุดสุดท้ายของช่วงการอบแห้งคงที่ อัตราเร็วในการอบแห้งจะเริ่มลดลง เป็นช่วงที่ความชื้นในมะม่วงเหลือน้อย อุณหภูมิที่ผิวของมะม่วงเพิ่มขึ้น อัตราการระเหยความชื้นจะลดลง



ภาพที่ 2 พฤติกรรมการอบแห้งของมะม่วงน้ำดอกไม้ที่อบแห้งด้วยลมร้อนและอินฟราเรดแบบเป็นช่วง

อัตราการอบแห้งมะม่วงน้ำดอกไม้ด้วยสภาวะการอบแห้งต่าง ๆ แสดงใน ตารางที่ 1 ซึ่งพบว่าเมื่อใช้รังสีอินฟราเรดในการอบแห้งจะทำให้ความชื้นลดลงเร็ว ซึ่งจะมีค่าความชื้นสุดท้ายเฉลี่ย $13.45 \pm 1.79\% (w.b)$ ค่า a_w 0.52 ± 0.05 และใช้เวลาในการอบแห้งสั้นสุดที่ 12.67 ± 3.06 hr เมื่อเปรียบเทียบกับการอบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 60, 70 และ $80^\circ C$ ที่ใช้เวลาการอบแห้ง 23.33 ± 2.31 , 22.00 ± 2.00 และ 20.67 ± 3.06 hr ได้ค่าความชื้นสุดท้ายเฉลี่ย 14.77 ± 2.46 , 13.67 ± 1.30 และ 14.47 ± 2.46 $\% (w.b)$ มีค่า a_w คือ 0.59 ± 0.07 , 0.58 ± 0.07 และ 0.54 ± 0.04 ค่าความชื้นสุดท้ายและค่าปริมาณน้ำอิสระที่ได้จากการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดและการอบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 60, 70 และ $80^\circ C$ พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เนื่องจากได้ทำการตรวจสอบน้ำหนักของมะม่วงที่อบแห้งทุกชั่วโมงจนมะม่วงอบแห้งมีความชื้นต่ำกว่า $18\% (w.b)$ และมีค่าปริมาณน้ำอิสระไม่เกิน 0.65 ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมผลไม้อบแห้ง ในการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดมีการถ่ายเทความร้อนไปยังวัสดุมากกว่า เนื่องจาก ความเข้มของรังสีอินฟราเรดมีผลต่อความชื้นของวัสดุและประสิทธิภาพร่วม ส่งผลให้เกิดความต่างของอุณหภูมิที่ผิวของวัสดุและภายในเนื้อวัสดุจะมีความร้อนสะสมภายในมากขึ้น(ภราดล และคณะ, 2557) โดยอัตราการอบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 60, 70 และ $80^\circ C$ มีค่า 0.13 ± 0.01 , 0.15 ± 0.02 และ 0.15 ± 0.01 $kg\ hr^{-1}$ ต่ำลงจากการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดที่ 0.25 ± 0.05 $kg\ hr^{-1}$ จากการถ่ายเทความร้อนไปยังวัสดุเพื่อไล่ความชื้นโดยการระเหย ความชื้นของอากาศร้อนจะส่งผลให้การระเหยของความชื้นออกจากวัสดุได้ยาก (วิเชียร, 2555) จึงทำให้ใช้เวลาในการอบแห้งเพิ่มมากขึ้น



ตารางที่ 1 ผลของสภาวะการอบแห้งที่มีต่อค่าความชื้นสุดท้าย (M_f) ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) อัตราการอบแห้ง (DR) เวลาในการอบแห้ง (Time) และค่า SEEC

Drying condition	M_f %(w.b)	a_w	DR (kg/hr)	Time (hr)	SEEC (MJ kg ⁻¹)
IR	13.45±1.79 ^a	0.52±0.05 ^a	0.25±0.05 ^a	12.67±3.06 ^a	10.56±1.40 ^a
HA 60	14.77±2.46 ^a	0.59±0.07 ^a	0.13±0.01 ^b	23.33±2.31 ^b	15.39±1.05 ^b
HA 70	13.67±1.30 ^a	0.58±0.07 ^a	0.15±0.02 ^b	22.00±2.00 ^b	16.11±1.35 ^b
HA 80	14.47±2.46 ^a	0.54±0.04 ^a	0.15±0.01 ^b	20.67±3.06 ^b	17.33±0.64 ^b

^aSuperscripts in different rows of each column show significantly difference at $p < 0.05$

ความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าจำเพาะสำหรับสภาวะการอบแห้งที่แตกต่างกัน (Specific electrical energy consumption, SEEC) เมื่อพิจารณาพลังงานที่ป้อนให้แก่ระบบพบว่า การอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดมีค่าความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าจำเพาะ 10.56±1.40 MJ kg⁻¹ ซึ่งมีค่าต่ำกว่าในการอบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 60, 70 และ 80°C ที่มากกว่าคือ 15.39±1.05, 16.11±1.35 และ 17.33±0.64 MJ kg⁻¹ ตามลำดับ เนื่องจากการถ่ายเทความร้อนไปยังวัสดุเพื่อไล่ความชื้นออกโดยการระเหย ความชื้นของอากาศร้อนจะมีผลให้การเคลื่อนที่ของน้ำและการระเหยของความชื้นออกจากเนื้อวัสดุได้ยาก จึงใช้เวลาอบแห้งนานขึ้น ส่งผลให้การอบแห้งด้วยลมร้อนมีการสิ้นเปลืองพลังงานมากกว่านอกจากนี้การอบแห้งด้วยลมร้อนร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์เป็นการช่วยลดค่าความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าจำเพาะลงได้ถึง 27.15 เปอร์เซ็นต์เมื่อเทียบกับการใช้ความร้อนจากฮีตเตอร์ไฟฟ้าเพียงอย่างเดียว

ตัวอย่างมะม่วงน้ำดอกไม้สดและมะม่วงน้ำดอกไม้ที่ผ่านการอบแห้งด้วยพลังงานความร้อนจากรังสีอินฟราเรดและการอบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 60, 70 และ 80°C ถูกนำมาวัดคุณภาพด้านสีซึ่งได้ค่าพารามิเตอร์ของสีดังนี้ ค่าสี L* หมายถึง ค่าความสว่าง (Lightness) มีค่าตั้งแต่ 0 (ดำ) ถึง 100 (ขาว) ค่าสี L* ของมะม่วงสดและมะม่วงที่ผ่านการอบแห้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยค่าสี L* มะม่วงที่ผ่านการอบแห้งจะมีค่าที่ลดลงจากมะม่วงสด คือมีค่าความสว่างที่ลดลงอาจเป็นผลจากการสร้างเม็ดสีน้ำตาลระหว่างการอบแห้ง (Arslan and Özcan, 2011) มะม่วงที่อบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 60°C มีค่าสี L* ที่มากกว่ามะม่วงที่อบแห้งด้วยพลังงานความร้อนร่วมจากรังสีอินฟราเรดและมะม่วงที่อบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 และ 80°C ส่วน ค่าสี a* หมายถึงค่าความเป็นสีแดงและสีเขียว ซึ่งค่าสี a* เป็นลบแสดงค่าความเป็นสีเขียว ค่าสี a* เป็นบวกแสดงค่าความเป็นสีแดง ค่าสี a* ของมะม่วงสดและมะม่วงที่ผ่านการอบแห้งนั้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยจะพบว่าค่าสี a* ของมะม่วงอบแห้งจะเพิ่มขึ้นจากผลสด แสดงถึงปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลเพิ่มขึ้นหลังการอบแห้ง และค่าสี a* ของมะม่วงที่อบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดและการอบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 60, 70 และ 80°C นั้นไม่มีค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) และค่าสี b* หมายถึงค่าความเป็นสีเหลืองและสีน้ำเงิน ซึ่งค่าสี b* เป็นลบจะแสดงค่าความเป็นสีน้ำเงิน ค่าสี b* เป็นบวกแสดงค่าความเป็นสีเหลือง ของมะม่วงสดและมะม่วงที่ผ่านการอบแห้งจะพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยค่าสี b* ของมะม่วงที่ผ่านการอบแห้งจะมีค่าลดลงจากมะม่วงสด และมะม่วงที่ผ่านการอบแห้งจากรังสีอินฟราเรดและการอบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 60, 70 และ 80°C นั้น มีค่าไม่แตกต่างกัน และจากการคำนวณค่าความแตกต่างสี (Total color difference ; ΔE) ของมะม่วงอบแห้ง จะพบว่ามะม่วงที่อบแห้งด้วยพลังงานความร้อนร่วมจากรังสีอินฟราเรดและการอบแห้งด้วยลมร้อนที่ 80°C นั้น แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) และพบว่าค่าความแตกต่างสีของมะม่วงที่อบแห้งด้วยลมร้อนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิการอบแห้งที่เพิ่มขึ้นดังแสดงในตารางที่ 2 และลักษณะปรากฏแสดงอยู่ในภาพที่ 3

ตารางที่ 2 ค่าสีของมะม่วงสดและมะม่วงอบแห้งที่ได้จากการอบแห้งที่สภาวะการอบแห้งต่าง ๆ

Drying conditions	L*	a*	b*	ΔE
Fresh	63.64±1.67 ^a	10.83±2.60 ^a	59.81±2.09 ^a	–
IR	55.48±2.81 ^{bc}	17.65±2.35 ^b	47.79±4.43 ^b	10.60±1.55 ^a
HA 60	58.22±3.23 ^b	17.05±1.38 ^b	52.12±1.27 ^b	10.89±1.62 ^{ab}
HA 70	54.26±3.87 ^c	17.17±2.09 ^b	49.77±5.14 ^b	11.48±1.44 ^{ab}
HA 80	52.89±5.39 ^c	16.01±5.21 ^b	47.25±8.78 ^b	12.53±4.14 ^b

^aSuperscripts in different rows of each column show significantly difference at $p < 0.05$



ภาพที่ 3 ลักษณะปรากฏของมะม่วงน้ำดอกไม้สดและมะม่วงอบแห้งที่ได้จากสภาวะการอบแห้งต่าง ๆ

ตารางที่ 3 แสดงการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของมะม่วงน้ำดอกไม้อบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดและการอบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 60, 70 และ 80°C ที่ทำการทดลองหาค่า Hardness, Springiness, Cohesiveness และ Chewiness ของมะม่วงอบแห้ง พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยค่า Hardness เป็นตัวแปรสำคัญที่ใช้ในการตรวจสอบการเกิดเปลือกแข็งของผลไม้อบแห้ง ยิ่งมีค่าน้อยแสดงว่าผลิตภัณฑ์มีคุณภาพที่ดี จากการวิเคราะห์ค่า Hardness พบว่ามะม่วงอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรด มีค่า Hardness ที่ 17.06 ± 7.32 N เมื่อมะม่วงได้รับความร้อนสูงจากรังสีอินฟราเรดทำให้มะม่วงคายน้ำอย่างรวดเร็วเกิดการหดตัวที่ชั้นผิวด้านนอกทำให้มีค่า Hardness มากกว่าการอบแห้งด้วยลมร้อนที่ใช้เวลาในการอบแห้งเป็นเวลานาน เมื่อทำการเปรียบเทียบค่า Hardness กับงานของ วีระ (2564) และ อติศักดิ์ และคณะ (2563) พบว่าค่า Hardness ที่ได้จากการอบแห้งของโครงการนี้มีค่ามากกว่าของวีระ (2564) ซึ่งมีค่า Hardness ของมะม่วงอบแห้งอยู่ในช่วง 3.46 – 12.89 N แต่ต่ำกว่าของอติศักดิ์ และคณะ (2563) ที่มีค่าอยู่ในช่วง 64.54 – 149.59 N ทั้งนี้เนื่องจากเป็นการอบแห้งด้วยแสงอาทิตย์ซึ่งใช้เวลาในการอบแห้งที่นานมาก ค่า Springiness บ่งบอกถึงความยืดหยุ่นของเนื้อมะม่วง ยิ่งมีค่ามากยิ่งมีความยืดหยุ่นมาก จากการวิเคราะห์พบว่าค่าการอบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 60, 70 และ 80°C มีค่า 0.111 ± 0.028 , 0.113 ± 0.027 และ 0.11 ± 0.02 ตามลำดับ แต่การอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดมีค่า Springiness ต่ำสุดมีค่า 0.06 ± 0.05 ซึ่งอาจเกิดจากรังสีอินฟราเรดที่มีความร้อนสูงไปทำลายให้โครงสร้างของมะม่วง ทำให้เกิดการคายน้ำได้มาก ค่า Springiness ลดลงมากกว่าการอบแห้งด้วยลมร้อน ในส่วนของค่า Cohesiveness ของมะม่วงอบแห้ง พบว่ามะม่วงอบแห้งด้วยลมร้อนมีค่ายึดเกาะของเนื้ออาหารภายในหรือความเหนียวน้อยกว่าการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรด โดยการอบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 60, 70 และ 80°C มีค่าอยู่ที่ 0.11 ± 0.03 , 0.10 ± 0.03 และ 0.10 ± 0.01 ตามลำดับ ส่วนการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดมีค่า



Cohesiveness ที่ 0.14 ± 0.01 เป็นเพราะโครงสร้างเยื่อหุ้มเซลล์ของมะม่วงที่อบแห้งด้วยลมร้อนเปลี่ยนแปลงไประหว่างการอบแห้ง ทำให้สารแพคตินกระจายตัวได้ดีกว่าการอบด้วยรังสีอินฟราเรด และค่า Chewiness เป็นค่าพลังงานที่ใช้ในการบดอาหารที่มีสถานะของแข็ง ใช้ในการพิจารณาถึงความรู้สึกในช่องปากของผู้บริโภค จากการวิเคราะห์พบว่ามะม่วงอบแห้งที่มีค่า Chewiness น้อยที่สุดคือมะม่วงอบแห้งด้วยลมร้อน มีค่าอยู่ที่ 1.00 ± 0.37 โดยวิเคราะห์ได้จากค่า Hardness, Springiness และ Cohesiveness เมื่อค่า Hardness และ Cohesiveness มีค่าน้อย Springiness มีค่ามาก เนื้อสัมผัสที่นุ่มและยืดหยุ่นมากกว่าจะทำให้ใช้ค่า Chewiness น้อยกว่า

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ค่าเนื้อสัมผัสของมะม่วงอบแห้งที่ได้จากสภาวะการอบแห้งต่าง ๆ

Drying conditions	Hardness (N)	Springiness	Cohesiveness	Chewiness(N)
IR	17.06 ± 7.32^a	0.06 ± 0.05^b	0.14 ± 0.01^b	1.55 ± 0.68^b
HA 60	15.83 ± 3.17^a	0.111 ± 0.028^a	0.11 ± 0.03^a	1.21 ± 0.68^{ab}
HA 70	13.87 ± 3.65^{ab}	0.113 ± 0.027^a	0.10 ± 0.03^a	1.14 ± 0.47^{ab}
HA 80	9.77 ± 1.70^b	0.11 ± 0.02^a	0.10 ± 0.01^a	1.00 ± 0.37^a

^aSuperscripts in different rows of each column show significantly difference at $p < 0.05$

ตารางที่ 4 แสดงผลการวิเคราะห์หาปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระโดยใช้วิธี DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) และปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดจากสารสกัดมะม่วงน้ำดอกไม้ผลสดและมะม่วงดอกไม้อบแห้งโดยใช้วิธี Folin Ciocalteu พบว่ามะม่วงน้ำดอกไม้ผลสดมีค่าปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระและปริมาณสารประกอบฟีนอลิกแตกต่างจากมะม่วงที่อบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดและการอบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 60, 70 และ 80°C อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) เห็นได้ว่าอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระและสารประกอบฟีนอลิกจะมีแนวโน้มลดลง และเมื่อเปรียบเทียบค่าปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระและปริมาณสารประกอบฟีนอลิกของมะม่วงที่อบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดและการอบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 และ 70°C พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) แต่เมื่อเปรียบเทียบการอบด้วยรังสีอินฟราเรดและการอบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 80°C ค่าของมะม่วงที่อบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดมีค่าที่ดีกว่า

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ค่าสารประกอบฟีนอลิกและสารต้านอนุมูลอิสระของมะม่วงสดและมะม่วงอบแห้ง

Drying conditions	TPC (mgGA/L)	Antioxidant (mgTrolox/L)
Fresh	82.01 ± 4.53^a	306.80 ± 18.50^a
IR	44.27 ± 4.52^b	156.70 ± 18.00^b
HA 60	43.84 ± 2.04^b	158.92 ± 14.84^b
HA 70	43.37 ± 4.13^b	150.70 ± 24.50^b
HA 80	32.94 ± 3.65^c	52.60 ± 19.10^c

^aSuperscripts in different rows of each column show significantly difference at $p < 0.05$

4. สรุป

การอบแห้งมะม่วงน้ำดอกไม้อบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดแบบเป็นช่วงเมื่อเทียบกับการอบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 60, 70 และ 80°C พบว่าสามารถเพิ่มอัตราการอบแห้งมะม่วงได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติคือมีค่าอัตราการอบแห้งสูงกว่าการอบแห้งด้วยลมร้อนทุกอุณหภูมิ สามารถลดระยะเวลาในการอบแห้ง และค่าความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าจำเพาะในการอบแห้ง



ได้ เมื่อพิจารณาด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์มะม่วงอบแห้งที่ได้พบว่ามีคุณภาพด้านสีที่ดีกว่าการอบแห้งด้วยลมร้อน แต่คุณภาพด้านเนื้อสัมผัสของมะม่วงที่อบแห้งด้วยลมร้อนทั้งสามระดับมีค่าเนื้อสัมผัสที่ดีกว่าการอบแห้งด้วยอินฟราเรด คุณภาพด้านเคมี การอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดสามารถรักษาปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระได้ดี

5. เอกสารอ้างอิง

- จันทนา สีลาน้ำเตี้ยง, เทวรัตน์ ตริอำนาจ, กระจวี ตริอำนาจ. 2564. ผลของการปรับสภาพด้วยวิธีการลวกต่อสมบัติทางกายภาพและเนื้อสัมผัสของมะม่วงโชคอนันต์อบแห้ง. รายงานการประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 22 ประจำปี 2564. ขอนแก่น: คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ณัฐพล กระจ่าง. 2560. การอบแห้งมันชั้นด้วยเครื่องอบแห้งด้วยลมร้อนร่วมกับรังสีอินฟราเรด. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา ภาควิชา หนุทอง, ไพรัชต์ ดิฐคุณารักษ์กุล, รัชตวรรณ เอมโอช, อนุชา พรหมสิทธิ์. 2557. การวิเคราะห์คุณสมบัติทางความร้อนของเครื่องอบแห้งอินฟราเรดร่วมกับลมร้อน. บทความวิจัย วารสารวิชาการ วิศวกรรมศาสตร์ ม.อบ., 7(2), 73-75.
- วัชรินทร์ ดงบัง. 2556. รังสีอินฟราเรดและการประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา 18(2), 299-304
- วิเชียร ดวงสีเสน. 2555. การศึกษาการอบแห้งกากมันสำปะหลังโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบตะแกรงหมุน. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโท) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี: นครราชสีมา.
- วีระ ศรีอริยะกุล. 2564. การอบแห้งมะม่วงน้ำดอกไม้โดยใช้การแผ่รังสีอินฟราเรดไกลร่วมกับอากาศร้อน. วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม 17(3), 169 – 182.
- ศรียาน เขยกลิ่นเทศ, กลอยใจ เขยกลิ่นเทศ, ทศพร นามโอง. 2555. การอบแห้งเนื้อผลลำไย ลื่นจีและเงาะด้วยไมโครเวฟร่วมกับอินฟราเรด. งานวิจัยคณะเทคโนโลยีการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ.
- อดิศักดิ์ นาทกรณกุล, นริส ประทินทอง, กฤษณ์ อภิญาวิศิษฐ์ และสุวิทย์ แพงกันยา. 2563. การอบแห้งมะม่วงสุกด้วยเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์แบบพีวีไฮบริดจ์. ว.วิทย์. มช. 48(3) 432-439.
- AOAC. 2000. Official Methods of AOAC Internation. 17th ed. The Association of Official Analytical Chemists, Inc. USA.
- Arslan, D. and M.M. Özcan. 2011. Dehydration of red bell-pepper (*Capsicum annuum* L.): Change in drying behavior, color and antioxidant content. Food Bioproducts Processing 89(4), 504 - 513.



การประชุมวิชาการ โครงการวิศวกรรมเกษตรแห่งชาติ ครั้งที่ 29
16-17 กุมภาพันธ์ 2566 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

การศึกษาการลดความชื้นใบและลำต้นมันสำปะหลังโดยเครื่องอบลดความชื้นแบบถ่วงหมุน เพื่อเป็นอาหารสัตว์

A Study of Dehumidifying Cassava Leaf and Trunk by Rotary Dryer for Processed Animal Feed

ยศวดี อาจหาญ¹, เอมวารินทร์ แสงวิเศษ¹, กิตติพงษ์ ลาลูน² และ ชัยยันต์ จันทศิริ²

Yodsawadee Arthan¹, Emwarin Sangwiset¹, Kittipong Laloon² and Chaiyan Junsiri²

ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40002

Department of Agricultural Engineering, Faculty of Engineering Khon Kaen University, Khon Kaen 40002

โทร 061-0208222 E-mail: yosawadee@kkumail.com

บทคัดย่อ

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการลดความชื้นใบและลำต้นมันสำปะหลังโดยเครื่องอบลดความชื้นแบบถ่วงหมุนเพื่อเป็นอาหารสัตว์ โดยทำการศึกษาคูณสมบัติทางกายภาพของใบและลำต้นมันสำปะหลัง และศึกษาการลดความชื้นโดยแสงแดดเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพกับการลดความชื้นโดยเครื่องอบลดความชื้นแบบถ่วงหมุน ปัจจัยควบคุม คือ ความเร็วถ่วงหมุน 4 rpm อัตราการป้อน 120 kg/hr อุณหภูมิลมร้อน 140°C และเวลาในการอบ 3 ชั่วโมง ปัจจัยที่ศึกษา คือ ความเร็วลมร้อน 3 ระดับ คือ 2.0 m/s 2.5 m/s และ 3.0 m/s ผลการศึกษาพบว่า คูณสมบัติทางกายภาพของใบและลำต้นมันสำปะหลังมีความชื้นเริ่มต้นเฉลี่ยอยู่ที่ 60.42%wb ขนาดของใบและลำต้นมันสำปะหลังสับที่ขนาดตะแกรง 4.75 mm มีวัสดุตกค้างมากที่สุดคิดเป็น 53.12% และมีขนาดเฉลี่ยของอนุภาคอยู่ที่ 16.08 mm จากการศึกษาเปรียบเทียบการลดความชื้นโดยแสงแดดและเครื่องอบลดความชื้นแบบถ่วงหมุน พบว่าการลดความชื้นโดยเครื่องอบลดความชื้นแบบถ่วงหมุนมีประสิทธิภาพมากกว่าการใช้แสงแดด ที่ความเร็วลมร้อนระดับ 2.0 m/s ค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ 31.40 MJ/kg_{water} และมีอัตราการอบแห้ง 25 kg/hr จากการศึกษาวิเคราะห์ทางสถิติแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมร้อน และอัตราการอบแห้ง พบว่าความเร็วลมร้อนที่ต่างกันมีผลทำให้อัตราการอบแห้งแตกต่างกันที่ความเชื่อมั่น 95%

คำสำคัญ: เครื่องลดความชื้นแบบถ่วงหมุน, ใบและลำต้นมันสำปะหลัง, การลดความชื้น

ABSTRACT

The purpose of this project was to study the dehumidification of cassava leaves and trunks by rotary dryer for animal feed processing. The physical properties of cassava leaves and trunks and the dehumidification of cassava leaves and trunks using sunlight were studied to compare the results of dehumidification by a rotary dryer. In the process of rotary dryer dehumidification, the control factors were a drum speed of 4 rpm, feed rate 120 kg/hr and hot air temperature of 140°C, and 3 hr of drying time. The study factors were three levels of hot air speed: 2.0 m/s, 2.5 m/s, and 3.0 m/s. According to a study of the physical properties of cassava leaves and trunks, the average initial humidity was 60.42%wb. Also, the size of the chopped cassava leaves and trunks by the sieve shaker in the sieve size of 4.75 mm had the highest residue, 53.12% and had an average particle size at 16.08 mm. Compared to sunlight method, the study of dehumidification of cassava leaves and trunk by rotary dryer revealed that a rotary method dryer was more effective than sunlight method. The rotary dryer's optimal setting was a hot air speed of 2.0 m/s, specific



energy consumption (SEC) of 31.40 MJ/kg_{water} and drying rate (DR) of 25 kg/hr. The statistical analysis shows the relationship between hot air speed and drying rate. It's shows that different hot air speed to different drying rate at 95% confidence.

Keywords: Rotary Dryer, Cassava Leaf and Trunk, Dehumidifying

1. บทนำ

มันสำปะหลัง (cassava) เป็นพืชหัวชนิดหนึ่งที่เป็นพืชเศรษฐกิจของไทย เป็นพืชที่ต้องการ น้ำน้อย ปลูกง่าย และทนแล้ง จึงเป็นที่นิยมอย่างแพร่หลายในหลายๆ ประเทศ มันสำปะหลังเป็นพืชที่มีความสำคัญเป็นอันดับ 5 ของโลก รองจากข้าวสาลี ข้าวโพด ข้าว และมันฝรั่ง (สุภัทร, 2561) ปัจจุบันนับว่ามันสำปะหลังเป็นแหล่งรายได้ที่สำคัญของเกษตรกรไทย โดยเฉพาะพื้นที่บริเวณภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคกลางตามลำดับ ในประเทศไทยมีพื้นที่เพาะปลูกประมาณ 9.5 ล้านไร่ และมีผลผลิตภายในประเทศอยู่ที่ประมาณ 31.6 ล้านตัน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2564) ประเทศไทยเป็นผู้ผลิตและส่งออกมันสำปะหลังลำดับต้นของโลก และมีแนวโน้มที่จะเติบโตขึ้นอีกในปีถัดไป

ใบและลำต้นมันสำปะหลังนับว่าเป็นผลพลอยได้ทางการเกษตรที่ไม่ได้นำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ เนื่องจากมีเพียงส่วนหัวของมันสำปะหลังที่ถูกนำไปแปรรูปในอุตสาหกรรม และมีเพียงส่วนลำต้นมันสำปะหลังที่สมบูรณ์เท่านั้นที่ถูกนำไปใช้ เป็นท่อนพันธุ์สำหรับการปลูกในครั้งถัดไป ส่วนอื่นของลำต้นก็จะไม่มีมูลค่าทำให้ถูกทิ้งและทำลายไป (ผกาภาศ, 2559) ใบและลำต้นมันสำปะหลังจะถูกทิ้งไว้ในแปลงประมาณ 500-1000 กิโลกรัมต่อไร่ ขึ้นอยู่กับความสมบูรณ์สายพันธุ์ และอายุการเก็บเกี่ยว โดยที่ใบมันสำปะหลังโปรตีนเฉลี่ยอยู่ที่ 23.7% (สุกัญญา, 2552)

ปัจจุบันอุตสาหกรรมการผลิตอาหารสัตว์ต้องการเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลังโดยใช้ผลพลอยได้จากการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังมาผลิตเป็นอาหารสัตว์ (เทคโนโลยีชาวบ้าน, 2562) เนื่องจากปัจจุบันอาหารสัตว์มีต้นทุนในการผลิตค่อนข้างสูง เช่น อาหารวัวมีราคาประมาณ 11-23 บาทต่อกิโลกรัม ทว่าราคาใบและลำต้นมันสำปะหลังตากแห้งขายในราคา 4-6 บาทต่อกิโลกรัม อย่างไรก็ตามจากการศึกษาพบว่าใบและลำต้นมันสำปะหลังมีระดับความเป็นพิษของกรดไฮโดรไซยานิกสูง (Hydrocyanic acid) ซึ่งมีความเป็นพิษต่อสัตว์ จึงต้องทำการลดปริมาณกรดไฮโดรไซยานิกให้อยู่ในปริมาณที่ไม่เป็นพิษต่อสัตว์ (สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2558) ซึ่งการลดปริมาณกรดไฮโดรไซยานิกในใบและลำต้นมันสำปะหลังเพื่อเป็นอาหารสัตว์สามารถทำได้โดยการให้ความร้อนและการหมัก ทว่าการตากแห้งโดยใช้แสงแดดและการหมักใบและลำต้นมันสำปะหลังมีข้อจำกัดอยู่มาก เช่น ระยะเวลา แรงงานคน พื้นที่ เป็นต้น (นิลกุล, 2558)

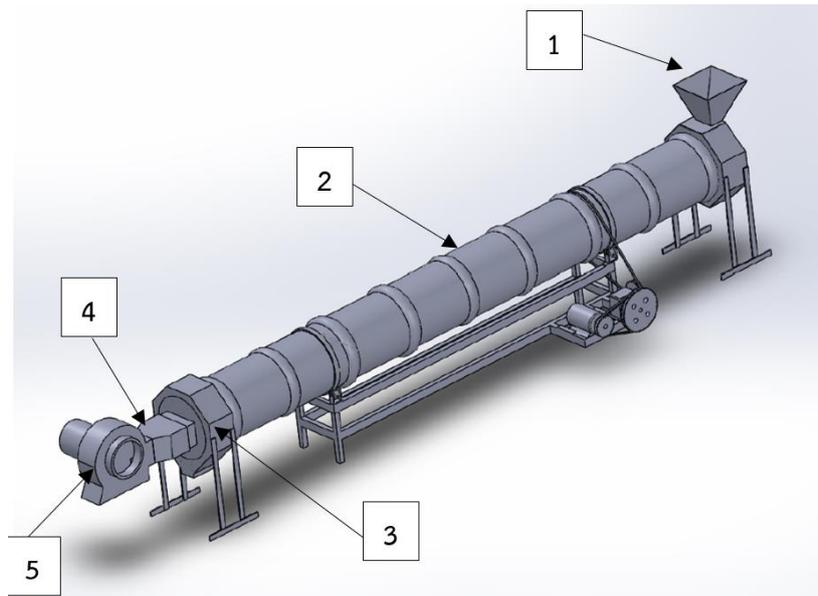
จากการศึกษางานวิจัยการทดสอบเครื่องอบแห้งแบบโรตารีแบบหมุนเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับกาแฟเชอร์รี่ งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษารทดสอบเครื่องอบแห้งแบบถ่วงหมุนที่ใช้สำหรับอบแห้งกาแฟเชอร์รี่ และวิธีการใช้แสงแดดที่ความชื้นเริ่มต้น 62%wb ผลการทดลองพบว่าวิธีการแสงแดดใช้เวลา 16 วัน ส่วนการใช้เครื่องอบแห้งแบบถ่วงหมุนใช้เวลาเฉลี่ยอยู่ที่ 28 ชั่วโมง สรุปได้ว่าประสิทธิภาพการอบแห้งของเครื่องอบแห้งแบบถ่วงหมุนมีประสิทธิภาพดีกว่าการใช้แสงแดด (Susana and Alit, 2023)

กลุ่มผู้วิจัยจึงได้คิดแก้ปัญหาโดยทำการศึกษารลดความชื้นใบและต้นมันสำปะหลังด้วยเครื่องอบลดความชื้นแบบถ่วงหมุน (Rotary Dryer) เพื่อเป็นอาหารสัตว์โดยศึกษาเกี่ยวกับลักษณะทางกายภาพของใบและลำต้นมันสำปะหลัง วิธีการลดความชื้นปัจจุบันด้วยการใช้แสงแดด และความเร็วลมร้อนของเครื่องอบลดความชื้นแบบถ่วงหมุน ที่ใช้ในการลดความชื้นใบและลำต้นมันสำปะหลัง โดยงานวิจัยนี้จัดทำขึ้นเพื่อให้ทราบถึงวิธีการที่ดีที่สุดในการลดความชื้นใบและลำต้นมันสำปะหลัง การลดปัญหาการเหลือทิ้งของใบและลำต้นมันสำปะหลัง และเป็นการเพิ่มมูลค่าให้แก่ใบและลำต้นมันสำปะหลัง

2. วิธีการทดลอง

2.1 เครื่องอบลดความชื้น

เครื่องอบลดความชื้นแบบถังหมุน (Rotary Dryer) (ภาพที่ 1) มีลักษณะเป็นถังทรงกระบอกขนาดความยาว 6 m ความกว้างปากกระบอก 60 cm ถูกขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า (Mitsubishi) โดยป้อนใบและลำต้นมันสำปะหลังผ่านปากป้อน (Hopper) ด้านป้อนวัสดุและจะออกที่ปลายถังอบลดความชื้นอีกฝั่งโดยมีลมร้อนเป่าสวนทาง ปรับความเร็วรอบถังหมุนด้วยอินเวอร์เตอร์ (Jaden Inverter) และป้อนลมร้อนเข้าภายในถังอบลดความชื้นด้วยพัดลมโบลเวอร์ (Blower) ที่ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า (Mitsubishi) ความร้อนที่เกิดจากฮีตเตอร์ที่ใช้ไฟฟ้า โดยส่วนประกอบหลักของเครื่องอบลดความชื้นแบบถังหมุน (Rotary Dryer) มีดังนี้



ภาพที่ 1 เครื่องอบลดความชื้นแบบถังหมุน

(ที่มา: กิตติพงษ์ ลาลูน, ศูนย์วิจัยเครื่องจักรกลเกษตรและวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2563)

- 1) Hopper และ ช่องป้อนวัสดุ เป็นช่องป้อนวัสดุเข้าถังอบเนื่องจากการป้อนเข้าทางด้านข้างของถังอบ
- 2) ถังอบเป็นถังขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 60 cm ความยาว 610 cm ปริมาตร 1.7 ลูกบาศก์เมตร ขับด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า (Mitsubishi) และชุดเกียร์ทดรอบที่อัตราทด 1:60 ปรับความเร็วรอบด้วยอินเวอร์เตอร์ (Jaden Inverter, 2.2 kW) เป็นส่วนที่บรรจุและลำเลียงสำหรับอบแห้งโดยเกลิวยครีบบวงเดือน โดยถังอบทรงกระบอกนี้มีช่องป้อนและช่องปล่อยวัสดุที่ด้านข้างถังอบ
- 3) Hopper รับวัตถุดิบหลังอบลดความชื้น เมื่อวัตถุดิบถูกลำเลียงออกจากถังอบ วัตถุดิบจะตกลงด้านล่างโดยมี Hopper เป็นตัวรองรับ
- 4) Heater ไฟฟ้า เป็นแหล่งพลังงานความร้อนแก่อากาศ โดยมี Thermocouple Type K 0-800°C เพื่อวัดอุณหภูมิภายในถังอบที่ใช้ลดความชื้นของวัสดุ
- 5) Blower ขับด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า (Mitsubishi, 3 phase, 1.5 kW) ลมร้อนที่เกิดจากความร้อน Heater ไฟฟ้า ผสมกับอากาศภายนอกโดยในปลายทางออกของลมร้อนมี Thermocouple Type K 0-800°C



2.2 เครื่องคัดแยกขนาด

ชุดตะแกรงทดสอบ Sieve Shaker ใช้ตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 4 (4.75 mm), 8 (2.36 mm), 16 (1.18 mm), 30 (600µm), 50 (300µm), 100 (150µm), 200 (75µm), 400 (38µm) และ pan

2.3 วิธีการทดสอบ

1) วิธีการทดสอบหาคุณสมบัติทางกายภาพ

1.1) การหาค่าความชื้น สามารถทำได้โดยการนำใบและลำต้นมันสำปะหลังสับเข้าตู้อบลดความชื้นที่อุณหภูมิ 105°C (ค่ามาตรฐาน AOAC2000) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นทำการหาค่าความชื้นของใบและลำต้นมันสำปะหลังดังสมการหาค่าความชื้น (2)

1.2) การหาขนาดของใบและลำต้นมันสำปะหลังสับ นำตัวอย่างใบและลำต้นมันสำปะหลังที่ผ่านกระบวนการอบแห้งมาทำการหาขนาดโดยวิธีการร่อนผ่านตะแกรงของเครื่องเขย่าตะแกรงร่อน (Sieve Shaker) ที่มีช่องขนาดต่างกัน โดยจัดให้ตะแกรงขนาดใหญ่อยู่ด้านบน และขนาดเล็กอยู่ด้านล่าง

1. เตรียมตัวอย่างใบและลำต้นมันสำปะหลังอบแห้ง 100 กรัม

2. นำตัวอย่างที่เตรียมไว้เทลงบนตะแกรงชั้นบนสุด แล้วนำเข้าเครื่องเขย่าตะแกรงร่อน (Sieve Shaker) ที่สั่นด้วย amplitude 2.0 mm/g เป็นเวลา 15 นาที

3. เมื่อครบเวลานำตัวอย่างที่ค้างอยู่บนตะแกรงขนาดต่างๆ ซึ่งหาน้ำหนักที่ค้างอยู่บนตะแกรง และหาค่าขนาดเฉลี่ยของอนุภาค

2) การศึกษาการลดความชื้นใบและลำต้นมันสำปะหลังโดยการใช้แสงแดด

2.1) นำใบและลำต้นมันสำปะหลังที่ผ่านการสับ บนถาดอลูมิเนียมจำนวน 5 ถาด และทำการเกลี่ยวัสดุให้มีความหนา 1.5 cm

2.2) นำถาดอลูมิเนียมที่มีใบและลำต้นมันสำปะหลังสับ วางบนผ้าใบเพื่อรองตากแห้ง โดยทำการตากให้วัสดุโดนแดดตลอดเวลา โดยเริ่มทำการตากแดดที่เวลา 9:00 น.-17:00 น.

2.3) นำถาดมาทำการชั่งน้ำหนักทุกๆ 1 ชั่วโมง เพื่อทำการหาค่าความชื้น ณ เวลานั้นๆ และทำการวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ไปด้วย

3) วิธีการทดสอบปัจจัยการอบลดความชื้นใบและลำต้นมันสำปะหลังโดยใช้เครื่องอบลดความชื้นแบบถึงหมุ่น โดยปัจจัยที่ต้องการศึกษาคือ ความเร็วลมร้อน 3 ระดับ (2.0 m/s, 2.5 m/s และ 3.0 m/s) โดยมีขั้นตอนการทดสอบดังนี้

3.1) เตรียมใบและลำต้นมันสำปะหลัง

3.2) ทำการวัดความชื้นวัสดุเริ่มต้น การหาความชื้นทำได้โดยใช้วิธีอบไล่ความชื้นด้วยตู้อบที่อุณหภูมิ 105°C (ค่ามาตรฐาน AOAC2000) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

3.3) เปิดเครื่องอบลดความชื้นแบบถึงหมุ่นตามปัจจัยที่กำหนด โดยเปิดโบลเวอร์ตามปัจจัยที่ความเร็วลมร้อน (2.0 m/s, 2.5 m/s และ 3.0 m/s) เปิดมอเตอร์ถึงหมุ่นโดยตั้งความเร็วรอบที่อินเวอร์เตอร์ที่ 4 rpm เปิดฮีตเตอร์ให้มีอุณหภูมิร้อนที่ 140°C จากนั้นจึงทำการป้อนใบและลำต้นมันสำปะหลังที่อัตราการป้อน 120 kg/hr เมื่อใบและลำต้นมันสำปะหลังเริ่มออกจากถึงหมุ่นให้นำกลับเข้าทางช่องทางเดิมทุกๆ 5 นาที

3.4) สุ่มตัวอย่างใบและลำต้นมันสำปะหลังทุกๆ 30 นาที นำไปหาความชื้นโดยวิธีอบไล่ความชื้นที่อุณหภูมิ 105°C (ค่ามาตรฐาน AOAC2000) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วเก็บข้อมูลและบันทึกผลในวันถัดไป

3.5) อบจนครบเวลา 3 ชั่วโมง ทำซ้ำเป็นจำนวน 3 ครั้ง และเปลี่ยนระดับปัจจัยตามแผนการทดสอบ เพื่อนำค่าความชื้นที่ได้จากความเร็วลมร้อนแต่ละระดับมาทำการเปรียบเทียบ



2.4 ค่าประเมินสมรรถนะในการทดสอบ

การประเมินสมรรถนะในการทดสอบจะนำข้อมูลที่ได้ใช้เป็นข้อมูลในการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของอนุภาค ค่าความชื้นของวัสดุ ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ อัตราการอบแห้ง และการวิเคราะห์ความแปรปรวน

1) ขนาดเฉลี่ยของอนุภาค

$$D = 0.0041(2)^{FM} \quad (1)$$

เมื่อ FM คือ โมดูลัสความละเอียด (Fineness Modulus)

2) ค่าความชื้นของวัสดุ (Moisture content)

$$MC = \frac{(M_w - W_d)}{M_w} \times 100 \quad (2)$$

เมื่อ Mc คือ ค่าความชื้นฐานเปียก (%wb), Md คือ น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ (g), Mw คือ น้ำหนักตัวอย่าง ก่อนอบ (g)

3) ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (Specific energy consumption, SEC)

$$SEC = \frac{P_e \times t \times 3.6}{W_t - W_f} \quad (3)$$

เมื่อ SEC คือ ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (MJ/kg_{water}), Pe คือ พลังงานที่รวมเข้าระบบ (kW), T คือ เวลาที่ใช้ในการอบแห้ง (hr), W_i คือ มวลวัสดุก่อนอบแห้ง (kg), W_f คือ มวลวัสดุหลังอบแห้ง (kg)

4) อัตราการอบแห้ง (Drying Rate, DR) อัตราการอบแห้ง คือ ปริมาณน้ำที่ระเหยออกจากวัสดุต่อระยะเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง

$$DR = \frac{M_i - M_f}{t} \quad (4)$$

เมื่อ DR คือ อัตราการอบแห้ง (kg/hr), M_i คือ น้ำหนักเริ่มต้น (kg), M_f คือ น้ำหนักสุดท้าย (kg), T คือ เวลาที่ใช้ในการอบแห้ง (hr)

5) การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA)

การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ 2 ตัวประกอบ (Two – way analysis of variance) แบบแผนการทดลองสุ่มแบบสมบูรณ์ภายในบล็อก (Randomized Completely Block Design, RCBD) และการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทริทเมนต์แบบ (Least significant difference, LSD) กำหนดความเชื่อมั่นที่ 95%

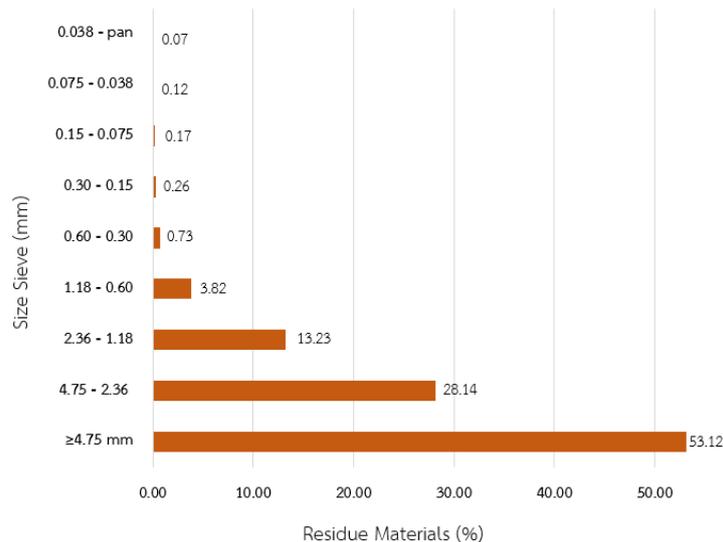
3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

3.1 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของใบและลำต้นมันสำปะหลัง

1) ผลการหาค่าความชื้น

จากการสุ่มเก็บตัวอย่างใบและลำต้นมันสำปะหลังจำนวน 27 ตัวอย่าง เพื่อทำการหาค่าความชื้นเฉลี่ยของใบและลำต้นมันสำปะหลัง พบว่าใบและลำต้นมันสำปะหลังสับมีค่าความชื้นเฉลี่ย 60.42%wb ซึ่งค่าความชื้นที่เหมาะสมสำหรับการผลิตอาหารสัตว์ต้องมีความชื้นไม่เกิน 14%wb จึงจะสามารถเก็บไว้ได้โดยไม่เกิดปัญหาจากเชื้อรา

2) ผลการหาขนาดของใบและลำต้นมันสำปะหลังสับ (ภาพที่ 2) การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพโดยการสุ่มเก็บตัวอย่างใบและลำต้นมันสำปะหลังสับที่ผ่านการอบแห้งจำนวน 20 ตัวอย่าง เพื่อหาขนาดของวัสดุโดยวิธีการร่อนผ่านตะแกรงของเครื่องเขย่าตะแกรงร่อน (Sieve Shaker) (ภาพที่ 3) พบว่า ที่ตะแกรงขนาด 4.75 mm มีวัสดุตกค้างมากที่สุดคิดเป็น 53.12% รองลงมาคือ ตะแกรงขนาด 2.36 mm, 1.18 mm, 0.6 mm, 0.15 mm, 0.075 mm, 0.38 mm และ pan มีวัสดุตกค้างคิดเป็น 28.14%, 13.23%, 3.82%, 0.73%, 0.16%, 0.11% และ 0.07% ตามลำดับ และขนาดเฉลี่ยของอนุภาคเท่ากับ 16.08 mm



ภาพที่ 2 แผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักวัสดุที่ค้างและขนาดตะแกรง

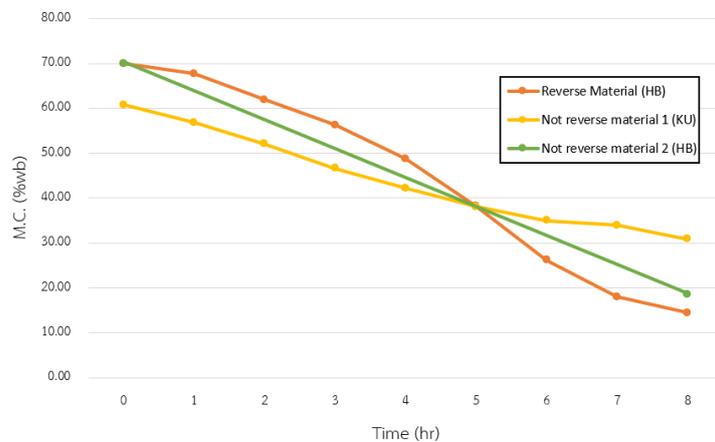


ภาพที่ 3 วัสดุที่ตกค้างบนตะแกรงแต่ละขนาดจากวิธีการร่อนผ่านตะแกรง

3.2 ผลการศึกษาการลดความชื้นใบและลำต้นมันสำปะหลังโดยการใช้แสงแดด

จากการนำตัวอย่างใบและลำต้นมันสำปะหลังไปลดความชื้นโดยการใช้แสงแดด เพื่อทำการหาค่าความชื้นเฉลี่ย โดยมีข้อมูลอุณหภูมิอากาศและความชื้นสัมพัทธ์ (ภาพที่ 4)

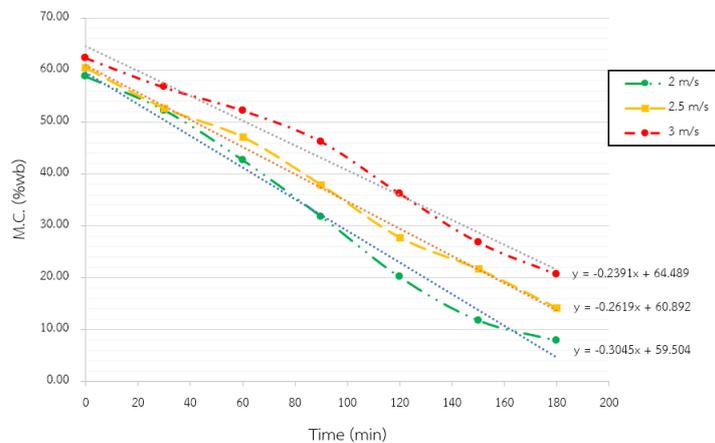
กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นกับเวลาในการตากแห้ง กรณีการลดความชื้นโดยการใช้แสงแดด พบว่าการลดความชื้นโดยใช้แสงแดดในเวลา 8 ชั่วโมง พบว่าการตากแดดแบบพลิกกลับมีประสิทธิภาพมากกว่าแบบไม่พลิกกลับ โดยการตากแบบพลิกกลับที่มีความหนาในการตากวัสดุ 1.5 cm อุณหภูมิอากาศเฉลี่ย 32.67°C และความชื้นสัมพัทธ์ 60.39% ส่วนการตากแดดแบบไม่พลิกกลับครั้งที่ 1 ความหนาในการตากวัสดุ 1.5 cm อุณหภูมิอากาศเฉลี่ย 32.56°C และความชื้นสัมพัทธ์ 51.7% การตากแดดแบบไม่พลิกกลับครั้งที่ 2 ความหนาในการตากวัสดุ 1.5 cm อุณหภูมิอากาศเฉลี่ย 32.67°C และความชื้นสัมพัทธ์ 60.39%



ภาพที่ 4 การแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นและเวลา ของวิธีการลดความชื้นโดยการใช้แสงแดด

3.3 ผลการศึกษาการลดความชื้นใบและลำต้นมันสำปะหลังโดยเครื่องอบลดความชื้นแบบถังหมุน (Rotary Dryer)

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นและเวลาที่อุณหภูมิ 140°C ความเร็วรอบถังหมุน 4 rpm และความเร็วลมร้อน 2 m/s, 2.5 m/s และ 3 m/s พบว่าที่ความเร็ว 2 m/s สามารถลดความชื้นได้ดีที่สุด สามารถลดจากความชื้นเริ่มต้น 58.63%wb เหลือค่าความชื้นสุดท้าย 7.83 %wb ในระยะเวลา 3 ชั่วโมง (ภาพที่ 5) โดยความชื้นที่เหมาะสมในการเก็บรักษา คือ 14%wb ซึ่งที่ความเร็วลมร้อน 2 m/s ใช้เวลาลดความชื้น 2.49 ชั่วโมง



ภาพที่ 5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นและเวลา ที่ความเร็วลมร้อน 3 ระดับ



ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนระหว่างความเร็วลมร้อน เวลา และอัตราการอบแห้ง (Drying rate, DR) (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนระหว่างความเร็วลมร้อน เวลา และอัตราการอบแห้ง (Drying rate, DR)

Source of Variation	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	P-value
Time	5417.74	6	902.96	119.60	5.39E-10 *
Hot air speed	438.73	2	219.37	29.06	2.51E-05 *
Total	5947.07	20			

* หมายเหตุ ns : Non – Significance difference (ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ)

* : Significance difference (แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ)

กรณีทดสอบความเร็วลมร้อนแต่ละระดับมีผลต่ออัตราการอบแห้งแตกต่างกันหรือไม่
 กำหนดสมมติฐาน

H_0 : ความเร็วลมร้อนต่ออัตราการอบแห้ง (Drying rate, DR) ทั้ง 3 ระดับไม่แตกต่างกัน

H_1 : ความเร็วลมร้อนต่ออัตราการอบแห้ง (Drying rate, DR) แตกต่างกันอย่างน้อย 1 คู่

เนื่องจาก $F = 29.06$ อยู่ในบริเวณปฏิเสธ H_0 หมายความว่าความเร็วลมร้อนต่ออัตราการอบแห้งแต่ละระดับแตกต่างกันอย่างน้อย 1 คู่ หรือความเร็วลมร้อนมีผลทำให้อัตราการอบแห้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยความเร็วลมร้อนแต่ละระดับ (ตารางที่ 2)

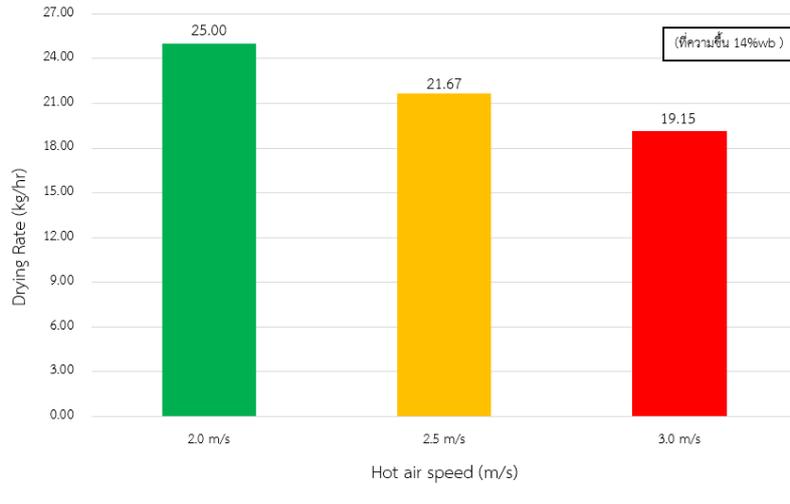
ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความเร็วลมร้อน

Hot air speed	Avg
2.0 m/s	32.10 ^c
2.5 m/s	37.31 ^b
3.0 m/s	43.29 ^a

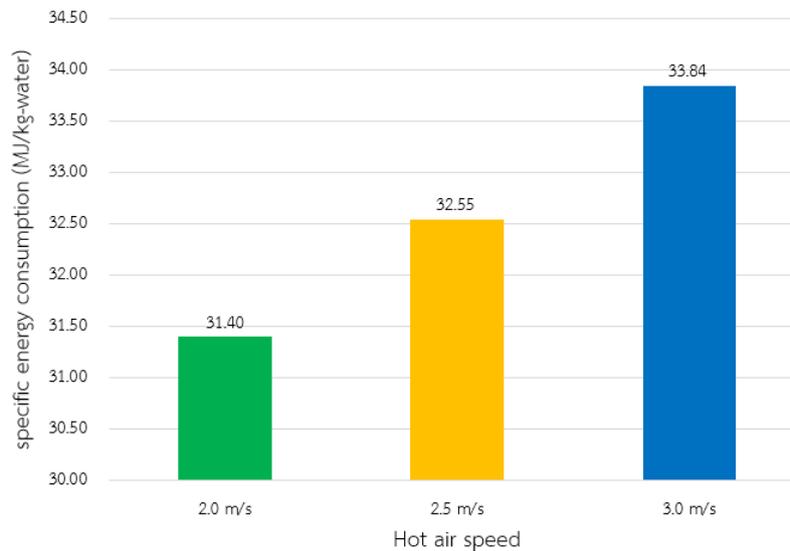
* หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรแตกต่างกันในแนวสดมภ์ความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P \leq 0.05$)

แผนภูมิอัตราการอบแห้งและความเร็วลมร้อน 3 ระดับที่ความชื้น 14%wb พบว่า ที่ความเร็วลมร้อน 2.0 m/s มีค่าอัตราการอบแห้งสูงสุด โดยมีค่าเท่ากับ 25 kg/hr และที่ความเร็วลม 3.0 m/s มีอัตราการอบแห้งน้อยที่สุดอยู่ที่ 19.15 kg/hr (ภาพที่ 6)

แผนภูมิต่ำค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะและความเร็วลมร้อน 3 ระดับ พบว่าที่ความเร็วลมร้อน 2 m/s มีค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะในการอบแห้งน้อยที่สุด คือ 31.40 MJ/kg_{water} และที่ความเร็วลม 3 m/s มีค่าความสิ้นเปลืองพลังงานอบแห้งมากที่สุด คือ 33.84 MJ/kg_{water} (ภาพที่ 7)



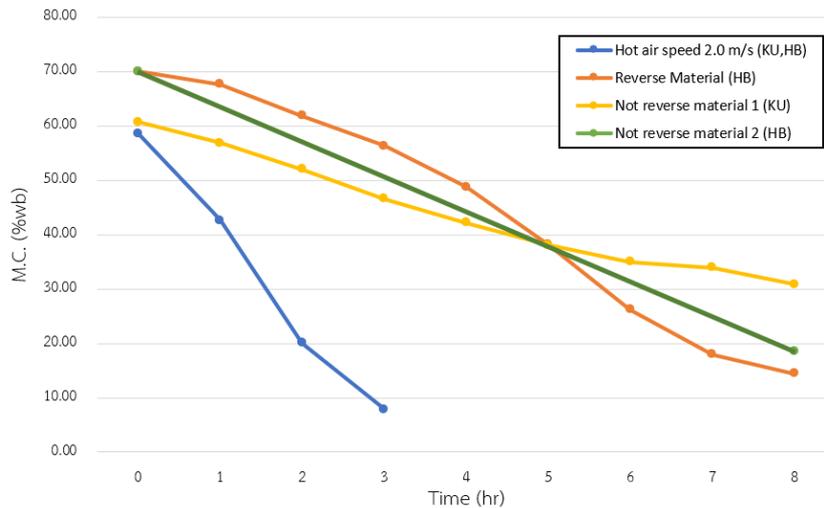
ภาพที่ 6 แผนภูมิอัตราการอบแห้งและความเร็วลมร้อน 3 ระดับ



ภาพที่ 7 แผนภูมิค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะและความเร็วลมร้อน 3 ระดับ

3.4 ผลการทดสอบการลดความชื้นวิธีการลดความชื้นโดยเครื่องอบลดความชื้นแบบถ่วงหมุน (Rotary Dryer) และวิธีการลดความชื้นโดยใช้แสงแดด

จากการศึกษาเปรียบเทียบการลดความชื้นโดยเครื่องอบลดความชื้นแบบถ่วงหมุนและการลดความชื้นโดยใช้แสงแดด พบว่าการลดความชื้นโดยเครื่องอบลดความชื้นแบบถ่วงหมุนมีประสิทธิภาพมากกว่าการลดความชื้นโดยใช้แสงแดด ที่ความเร็วลมร้อน 2 m/s การลดความชื้นโดยเครื่องอบลดความชื้นแบบถ่วงหมุนใช้เวลาในการลดความชื้นให้ได้ค่าที่เหมาะสม (ภาพที่ 8)



ภาพที่ 8 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นและเวลา ของวิธีการลดความชื้นโดยเครื่องอบลดความชื้นแบบถ่วงหมุนและวิธีการใช้แสงแดด

4. สรุป

ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของใบและลำต้นมันสำปะหลัง พบว่าใบและลำต้นมันสำปะหลังมีความชื้นเฉลี่ยอยู่ที่ 60.4%wb ใบและลำต้นมันสำปะหลังสับที่ผ่านกระบวนการลดความชื้นมาแล้ว พบว่า ขนาดเฉลี่ยของใบและลำต้นมันสำปะหลังมีค่าเท่ากับ 16.08 mm และที่ตะแกรงขนาด 4.75 mm มีวัสดุตกค้างมากที่สุดคิดเป็น 53.12% รองลงมาคือ ตะแกรงขนาด 2.36 mm, 1.18 mm, 0.6 mm, 0.15 mm, 0.075 mm, 0.38 mm และ pan มีวัสดุตกค้างคิดเป็น 28.14%, 13.23%, 3.82%, 0.73%, 0.16%, 0.11% และ 0.07% ตามลำดับ

ผลการศึกษาการลดความชื้นใบและลำต้นมันสำปะหลังโดยเครื่องอบลดความชื้นแบบถ่วงหมุน (Rotary Dryer) พบว่าที่ความเร็วลมร้อน 2.0 m/s อุณหภูมิ 140°C และความเร็วถ่วงหมุน 4 rpm ในเวลา 3 ชั่วโมง สามารถลดความชื้นได้มากที่สุด และมีค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะอยู่ที่ 31.88 MJ/kg_{water} และมีอัตราอบแห้งสูงสุดอยู่ที่ 25 kg/hr ความเร็วลมที่ต่างกันมีผลทำให้อัตราการอบแห้งแตกต่างกันทางสถิติ

ผลการศึกษาการลดความชื้นโดยเครื่องอบลดความชื้นแบบถ่วงหมุนเปรียบเทียบกับวิธีการลดความชื้นโดยใช้แสงแดด พบว่า การลดความชื้นโดยเครื่องอบลดความชื้นแบบถ่วงหมุนให้ได้ค่าความชื้น 14%wb ใช้เวลา 2.49 ชั่วโมง ที่ความเร็วลมร้อน 2.0 m/s ส่วนการลดความชื้นโดยใช้แสงแดดให้ได้ค่าความชื้น 14%wb ใช้เวลาถึง 8 ชั่วโมงหรืออาจมากกว่าขึ้นอยู่กับสภาพอากาศ อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ สรุปได้ว่าการลดความชื้นโดยเครื่องอบลดความชื้นแบบถ่วงหมุนมีประสิทธิภาพมากกว่าการลดความชื้นโดยใช้แสงแดด โดยสามารถลดพื้นที่ในการลดความชื้น ระยะเวลา แร่งงาน เป็นต้น

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณภาคีวิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ศูนย์วิจัยเครื่องจักรกลเกษตร และวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว และศูนย์เรียนรู้ยางนาบูรณาการ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ให้การสนับสนุนโครงการให้สำเร็จลุล่วง



6. เอกสารอ้างอิง

- จุฑารักษ์ กิตติยานุภาพ และคณะ. 2564. ผลของการใช้ไขมันสำปะหลังรวมยอดอัดเม็ดทดแทนกากถั่วเหลืองในอาหารชั้นต่อ ปริมาณการกินได้การย่อยได้ และเมตาบอลิซึมในเลือดในโครีดนม. สืบค้นจาก:
<https://li01.tci-thaijo.org/index.php/agkasetkaj/article/view/251401/172177>
- เทวรัตน์ ตรีอานรรค. 2556. การศึกษาต้นแบบการลดความชื้นกากมันสำปะหลังโดยใช้ระบบอบแห้งแบบโรตารี. สืบค้น
จาก: <http://sutir.sut.ac.th:8080/sutir/bitstream/123456789/5414/2/Fulltext.pdf>
- นิลุบล ทวีกุล และคณะ. 2559. การพัฒนารูปแบบการใช้ประโยชน์จากไขมันสำปะหลังเพื่อเป็นอาหารสัตว์.
สืบค้นจาก: <https://www.doa.go.th/research/attachment.php?aid=1706>
- วราพันธ์ จินตณวิวัฒน์ และสุกัญญา จัตตุพรพงษ์. 2552. การใช้ประโยชน์เศษเหลือจากมันสำปะหลัง. สืบค้นจาก:
<https://shorturl.asia/67Qrn>
- สัจชัย ยอดมณี. 2554. การวิเคราะห์ความชื้น. สืบค้นจาก: <https://kb.psu.ac.th/psukb/bitstream/2010/7717/11/Appendix.pdf>
- อัครพล หนูน้อย, ธีรภานต์ อาษาธง และมงคลชัย บุญสวัสดิ์. 2565. ผลของการใช้ไขมันสำปะหลังตากแห้งเป็นแหล่งโปรตีน
ในสูตรอาหารผสมสำเร็จต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตของแกะเนื้อลูกผสม. สืบค้นจาก:
<https://li01.tci-thaijo.org/index.php/atj/article/view/254271/173917>
- Bui Huy Nha Phuc, B. Ogle and J.E. Lindberg. 2000. Effect of replacing soybean protein with cassava leaf
protein in cassava root meal based diets for growing pigs on digestibility and N retention.
[https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(99\)00136-4](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(99)00136-4)
- Gede Bawa Susana and Ida Bagus Alit. 2023. Rice husk energy rotary dryer experiment for improved solar
drying thermal performance on cherry coffee. <https://doi.org/10.1016/j.csite.2022.102616>
- Hanlin, z. et al. 2019. Effect of cassava foliage on the performance, carcass characteristics and
gastrointestinal tract development of geese. <https://doi.org/10.3382/ps/pey567>
- Mao, L. et al. 2020. Effects of cassava foliage on feed digestion, meat quality, and antioxidative status of
geese. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32416827>
- Oni, A.O. et al. 2010. Effects of feeding different levels of dried cassava leaves (Manihot esculenta, Crantz)
based concentrates with Panicum maximum basal on the performance of growing West African
Dwarf goats. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2009.12.007>

ภาคนี้ทัศน์



การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพการฉีดพ่นสารด้วยอากาศยานไร้คนขับ

A Study on the Factors Affecting Spraying Quality of an Unmanned Aerial Vehicle

ชลิดา เดสันเทียะ¹, พัชรา นิธิวรรณ¹, ฤดีพร ดอนบุญไทย¹, วราภรณ์ ทองขาว¹ และ วันรัฐ อับดุลลาซิม²
Chalida Desuntea¹, Phatthacha Nithiwatthana¹, Radeeporn Donboonthai¹, Waraporn Thongkhaw¹ and
Wanrat Abdullakasim²

ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน
จังหวัดนครปฐม 73140

Department of Agricultural Engineering, Faculty of Engineering at Kamphaeng Saen, Kasetsart University,
Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140

โทร 034 351 896 โทรสาร 034351896 E-mail: fengwra@ku.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของกระแสลมใต้ใบพัด ความเร็วลมในสภาพแวดล้อม และทรงพุ่มของพืช ที่มีต่อเปอร์เซ็นต์ความครอบคลุมและความหนาแน่นของละออง การทดลองทำโดยใช้อากาศยานไร้คนขับแบบ 8 ใบพัด สำหรับฉีดพ่นสารทางการเกษตร ขนาดบรรจุ 10 ลิตร ติดตั้งหัวฉีดรูปพัดจำนวน 4 หัว แต่ละหัวมีอัตราการไหล 0.45 ลิตร/นาที่ บินฉีดพ่นน้ำในอัตรา 60 ลิตร/เฮกตาร์ ที่ระดับความสูง 3 เมตรเหนือยอดต้นข้าวอายุ 3 เดือน การทดสอบการตกของละอองทำโดยใช้กระดาษทดสอบละอองติดตั้งที่ระดับยอดต้นข้าวและระดับกึ่งกลางลำต้นใต้ทรงพุ่ม นำมาหาเปอร์เซ็นต์ความครอบคลุม และความหนาแน่นของละอองด้วยเทคนิคการวิเคราะห์ภาพ ก่อนทำการบินได้วัดความเร็วกระแสลมใต้ใบพัดที่ตำแหน่งทุกระยะแนวตั้ง 20 เซนติเมตร ตั้งแต่ตำแหน่งใต้หัวฉีดจนถึงระยะ 200 เซนติเมตร และทำการวัดความเร็วลมในสภาพแวดล้อมระหว่างการทดลอง ผลการทดลองพบว่า ความเร็วกระแสลมใต้ใบพัดที่วัดได้มีค่าสูงสุดที่ตำแหน่งใต้หัวฉีดเท่ากับ 12.07 เมตร/วินาที และความเร็วลมจะลดลงเป็นอย่างเป็นเส้นตรง ($R^2=0.7717$) เมื่อระยะในแนวตั้งใต้หัวฉีดเพิ่มขึ้น ความเร็วลมต่ำสุดเท่ากับ 2.09 เมตร/วินาที ผลการทดสอบการตกของละอองพบว่าเปอร์เซ็นต์ความครอบคลุมที่ตำแหน่งยอดต้นข้าวมีค่าเฉลี่ย 10.51% และที่ตำแหน่งใต้ทรงพุ่มมีค่าเฉลี่ย 3.93% ส่วนความหนาแน่นละอองที่ตำแหน่งยอดต้นข้าวและใต้ทรงพุ่มมีค่าเฉลี่ย 52.43 และ 30.99 ละออง/ตร.ซม. ตามลำดับ

คำสำคัญ: อากาศยานไร้คนขับ, การฉีดพ่น, การตกของละอองสาร, กระแสลมใต้ใบพัด, ทรงพุ่ม

ABSTRACT

The objective of this research was to study the effects of the downwash airflow, ambient wind velocity, and plant canopy on the coverage percentage and the droplet density were observed. The experiment has been carried out using an eight-rotor unmanned aerial vehicle for agricultural spraying with a capacity of 10 L mouted with 4 nozzles, and each nozzle delivered a flowrate of 0.45 L/min. The spraying was conducted at an altitude of 3 m over the rice crop with an age of 3 months, using an application rate of 60 L/ha. The droplet deposition has been observed by attaching water sensitive papers on top and at the middle of the stalk height underneath the rice canopy. The coverage percentage and the droplet density were determined using an image analysis technique. The downwash air velocity was measured prior to the flight, at every 20-cm incremental positions from the nozzle to a vertical distance of 200 cm. The ambient wind speed was also recorded. The results showed that the highest downwash air velocity of 12.07 m/s was observed at the nozzle, the air velocity then linearly ($R^2=0.7717$) decreased with vertical distance, giving the lowest value of 2.09 m/s. The coverage percentage on top of the canopy was averagely 10.51%, while that beneath the canopy was 3.93%. The droplet densities at the top and underneath the canopy were 52.43 and 30.99 drop/cm² respectively.

Keywords: Unmanned aerial vehicle, Spraying, Droplet deposition, Downwash airflow, Canopy



การพัฒนาชุดเครื่องมือผลิตผลิตภัณฑ์จากวัสดุธรรมชาติ

A Development of Machine Set for Making Products from Natural Material

ภุริช ตันธารัตน์¹, อดิเทพ คุ่มศักดิ์¹, เทียนมงคล พวงประทุม¹, ณัฐวุฒิ ศรีมาราช¹ และ นงลักษณ์ เล็กรุ่งเรืองกิจ²
Bhurich Tantharat¹, Adithep Khumsak¹, Thianmongkon Phungpratum¹, Nattawut Srimarat¹ and
Nonglak Lekrunroenggid²

ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม 73140

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

Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140

โทร 034 351 896 โทรสาร 034 351 896 E-mail: fengnllg@ku.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อพัฒนาชุดเครื่องมือผลิตผลิตภัณฑ์จากวัสดุธรรมชาติที่มีความสะดวก และใช้งานง่าย เช่น ภาชนะที่ใช้ในครัวเรือน และวัสดุตกแต่งทั่วไป มีเครื่องมือหลักที่ใช้คือ เครื่องเตรียมวัสดุและเครื่องขึ้นรูปผลิตภัณฑ์จากการทดสอบใช้กากกล้วยเป็นวัตถุดิบในการผลิตช้อน ชุดเครื่องมือที่ใช้ได้แก่ เครื่องลอกกากกล้วยแบบมือหมุน ซึ่งประกอบด้วย ลูกกลิ้งลำเลียงกากกล้วย และชุดใบมีดลอกกากกล้วยที่สามารถปรับความหนาของกากกล้วยได้ และเครื่องขึ้นรูปช้อนแบบมือโยก ซึ่งประกอบด้วยแท่นแม่พิมพ์ ชุดให้ความร้อน และชุดควบคุมการให้ความร้อน จากการทดสอบลอกกากกล้วยด้วยเครื่อง พบว่า เครื่องสามารถลอกกากกล้วยได้ 80 กาบต่อชั่วโมง ซึ่งจะได้วัตถุดิบสำหรับผลิตจำนวน 160 แผ่น คิดเป็น 2 แผ่นต่อกาก หากใช้แรงงานคนมีอัตราการลอกกากประมาณ 12-30 กาบต่อชั่วโมงขึ้นอยู่กับวิธีการลอก และได้วัตถุดิบเพียงจำนวน 1 แผ่นต่อกาก เมื่อนำไปสร้างผลิตภัณฑ์ด้วยเครื่องขึ้นรูปช้อน ที่อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 50 วินาที สามารถขึ้นรูปช้อนได้ 60 คันต่อชั่วโมง ซึ่งถ้าเพิ่มแม่พิมพ์เต็มความสามารถจะได้ช้อน 120 คันต่อชั่วโมง

คำสำคัญ: กากกล้วย, เครื่องลอกกากกล้วย, วัสดุธรรมชาติ, เครื่องขึ้นรูป

ABSTRACT

The purpose of this research is to develop machine set to making products from natural materials that are convenient and easy to use, such as kitchen utensils and general decoration materials. The main machine are material preparation and product forming machines. From the test using banana bark as a raw material for spoon production. The machines used include hand-cranked banana bark peeler which consists of banana bark conveyor roller and banana bark peeling blade that can adjust the thickness of the banana bark and a hand-pressed spoon forming machine which consists of a mold and heat set with control unit. From the banana bark peeling test with the machine, it was found that the machine could peel 80 banana barks/hour, equivalent to raw materials for the production of 160 sheets/hour (2 sheets/ bark). In case of manual labor, the peeling rate is about 12-30 bark/hour, depending on the peeling methods and get only 1 sheet of raw material per a bark. When making products with a spoon forming machine at a temperature of 170 degrees celsius for 50 seconds, the production capacity is 60 spoons/hour. If making at full capacity of the mold, it will get 120 spoons/hour.

Keywords: banana bark, peeling machine, natural material, forming machine



การศึกษาการแปรรูปผลิตภัณฑ์จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร A study Products Processing from Agricultural Residues

ภัทรสุดา ใจจิตร¹ ลดาวัลย์ สิงห์เงิน² กิตติพงษ์ ลาลูน^{1*} และ ชัยยันต์ จันทศิริ^{2*}

Pattarasuda Jajit¹, Ladavan Singngern², Kittipong Laloon^{1*} and Chaiyan Junsiri^{2*}

ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40002

Department of Agricultural Engineering Faculty of Engineering Khon Kaen University, Khon Kaen 40002

โทร 043 009 700 E-mail: pattarasuda.ja@kkumail.com

บทคัดย่อ

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการแปรรูปผลิตภัณฑ์จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร โดยมีปัจจัยที่ศึกษา คือ อุณหภูมิการขึ้นรูปของฟางข้าว และผักตบชวา ที่อุณหภูมิ 65 70 และ 75 °C จำนวนชั้นของใบสักที่ 7 – 10 ชั้น และตัวประสานการขึ้นรูปของใบสัก จากผลการทดสอบการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์จากฟางข้าว พบว่า อุณหภูมิที่ต้านทานแรงได้ดีที่สุด คือ 65 °C แรงดึงเฉลี่ย คือ 43.78 N แรงอัดเฉลี่ย คือ 46.14 N ผลการทดสอบการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์จากผักตบชวา พบว่า อุณหภูมิที่ต้านทานแรงได้ดีที่สุด คือ 75 °C แรงดึงเฉลี่ย คือ 120.38 N แรงอัดเฉลี่ย คือ 107.52 N ผลการทดสอบการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์จากใบสักแบบไม่มีตัวประสานเหมาะสมกว่าแบบมีตัวประสาน โดยผลการทดสอบการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์จากใบสักไม่มีตัวประสาน พบว่าความต้านทานแรงได้ดีที่สุดคือ 7 ชั้น แรงดึงเฉลี่ย คือ 88.37 N แรงอัดเฉลี่ย คือ 86.96 N ผลทดสอบตรวจสอบปนเปื้อนของภาชนะเบื้องต้นจากชุดทดสอบเชื้อโคลิฟอร์ม แบคทีเรีย พบว่า ภาชนะจากฟางข้าว ผักตบชวา และใบสักแบบไม่มีตัวประสานผลเป็นลบ แสดงว่าไม่มีการปนเปื้อนเชื้อโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ผลการสำรวจความพึงพอใจของผู้บริโภคโดยรวม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.64 แสดงให้เห็นว่าผู้บริโภคมีความพึงพอใจระดับมากต่อผลิตภัณฑ์จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร และผลิตภัณฑ์สามารถนำไปใช้ได้จริง

คำสำคัญ: การแปรรูปผลิตภัณฑ์, วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร, ลดขยะ

Abstract

The purpose of this project is to study the processing of agricultural residue products. The factors studied were rice straw and water hyacinth forming temperatures at 65, 70, and 75 °C, the number of teak leaf layers at 7-10 layers, and the forming binder of the teak leaf. According to the studies, in the forming test of rice straw products, the best resistance temperature, the average tensile force, and the average compressive strength is 65 °C, 43.78 N, and 46.14 N in order. The forming test of water hyacinth products, the best resistance temperature, the average tensile force, and the average compressive strength is 75 °C, 120.38 N, and 107.52 N in order. And the forming of teak leaf products shows that the binder less type was more suitable than the binder type, the best resistance temperature, the average tensile force, and the average compressive strength is 7 layers, 88.37 N and 86.96 N by order. The results of the coliform detection kit on the product contaminant showed that the products of rice straw, water hyacinth, and teak leaves were without binder. The test shows a negative result indicating no contamination with coliform bacteria. The average result of the consumer satisfaction survey for agricultural residue products was 3.64, indicating a high level of satisfaction among consumers and the practical usability of the products.

Keywords: Products processing, Agricultural residues, Reduce garbage



การประชุมวิชาการ โครงการวิศวกรรมเกษตรแห่งชาติ ครั้งที่ 29
16-17 กุมภาพันธ์ 2566 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

การศึกษาการแปรสภาพชีวมวลเหลือทิ้งจากการเกษตรเพื่อผลิตเป็นเชื้อเพลิงแข็ง

A study on converting agricultural waste biomass to produce solid fuel

บรรยวัฐ สุขุณา¹ เอกเปรม แก้วคำแสน² กิตติพงษ์ ลาลูน^{1*}

Bunyawat Sukhuna¹, Akprem Kaewkamsan², Kittipong Laloon^{1*}

ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40002

Department of Agricultural Engineering, Faculty of Engineering Khon Kaen University, Khon Kaen 40002

โทร 043 009 700 E-mail: su_bunyawat@kkumail.com

บทคัดย่อ

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและหาประสิทธิภาพของถ่านชีวมวล 3 ชนิด ได้แก่ เหง้ามันสำปะหลัง กะลามะพร้าว และไม้กระถินยักษ์ โดยใช้กระบวนการให้ความร้อนจากการเผาไหม้ 2 รูปแบบ ได้แก่ กระบวนการเผาไหม้แบบไพโรไลซิส และกระบวนการเผาไหม้แบบแก๊สซิไฟเออร์ การศึกษานี้วัดค่า อุณหภูมิสูงสุดของเตาเผา ผลผลิตถ่านที่ได้ ระยะเวลาในการเผา และค่าชี้วัดถ่าน (Proximate Analysis, Ultimate Analysis, SEM) จากผลการทดลอง พบว่า การเผาไหม้ด้วยกระบวนการไพโรไลซิส ของถ่านจากเหง้ามันสำปะหลัง กะลามะพร้าว และไม้กระถินยักษ์ มีประสิทธิภาพการใช้งานถ่านจริงอยู่ที่ 76.59% 74.09% และ 69.22% ตามลำดับ และอัตราการเผาไหม้ของถ่านอยู่ที่ 4.39 กรัม/นาที 3.86 กรัม/นาที และ 3.82 กรัม/นาที ตามลำดับ และการเผาไหม้ด้วยกระบวนการแก๊สซิไฟเออร์ มีประสิทธิภาพการใช้งานถ่านจริงอยู่ที่ 93.13% 81.07% และ 83.92% ตามลำดับ และอัตราการเผาไหม้ของถ่านอยู่ที่ 3.57 กรัม/นาที 3.86 กรัม/นาที และ 3.91 กรัม/นาที ตามลำดับ

คำสำคัญ: ถ่าน, เหง้ามันสำปะหลัง, กะลามะพร้าว, ไม้กระถินยักษ์

ABSTRACT

This project objective is study and find the efficiency of biomass solid fuel such as cassava rhizome, coconut shell and giant acacia. Given 2 forms of combustions such as indirect combustion pyrolysis and direct combustion gasifier. Studies the highest temperature of furnace, product amount, combustion periods and solid fuel index (Proximate Analysis, Ultimate Analysis, SEM). From the experimental results shown that pyrolysis combustion from cassava rhizome, coconut shell and giant acacia have actual efficiencies at 76.59% 74.09% and 69.22% respectively, and combustion rate at 4.39 grams/minutes 3.86 grams/minutes and 3.82 grams/minutes respectively. Gasifier combustion have actual efficiencies at 93.13% 81.07% and 83.92% respectively, and combustion rate at 3.57 grams/minutes 3.86 grams/minutes and 3.91 grams/minutes respectively.

Keywords: charcoal, rhizome cassava, coconut shell, giant acacia



การประชุมวิชาการ โครงการงานวิศวกรรมเกษตรแห่งชาติ ครั้งที่ 29
16-17 กุมภาพันธ์ 2566 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

การศึกษาคุณลักษณะเฉพาะการเป็นแบตเตอรี่ของไบโอชาร์ Study of Battery Characteristic of Biochar

ธนวัฒน์ โสภาบุต¹ ธนศิษฐ์ วงศ์ศิริอานวย² ทิพาพร คำแดง² อมร ธนะโรจน์รุ่งเรือง¹ และ นำพร ปัญญุใหญ่²
Thanawat Sophabut¹, Thanasit Wongsiriamnuay², Tipapon Khamdaeng² Amon Thanarojrungruang¹ and
Numpon Panyoyai²

หลักสูตรวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้
จังหวัดเชียงใหม่ 50290

Agricultural Engineering Program, Engineering and Agro-Industry Faculty, Maejo University,
Chiang Mai 50290

โทร 053 875 000 โทรสาร 053 875 010 E-mail: n.panyoyai@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบคุณสมบัติด้านแบตเตอรี่ของไบโอชาร์ โดยศึกษาจากแบตเตอรี่ที่ทำจากไบโอชาร์ 5 ชนิด ได้แก่ แกลบ ฟางข้าว ชังข้าวโพด ก้านยาสูบ และเปลือกลำไย ที่ผ่านกระบวนการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิ 300 500 และ 700 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ใช้พอลิเมอร์เจลเป็นวัสดุอิเล็กโทรดและอิเล็กโทรไลต์เพื่อเก็บประจุไฟฟ้าในการทดลองเพื่อเปรียบเทียบวัสดุไบโอชาร์ที่มีคุณสมบัติทางไฟฟ้ามากที่สุด จำกัดปริมาณส่วนผสมที่ใช้ทำพอลิเมอร์เจลโดยใช้โพลีไวนิลแอลกอฮอล์ (PolyVinyl Alcohol : PVA, PVOH or PVAI) 10 กรัม และโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (Potassium hydroxide : KOH) 20 กรัม รวมถึงน้ำหนักเจลพอลิเมอร์ในแบตเตอรี่โดยเฉลี่ย 8.5 กรัม และปริมาณไบโอชาร์ในแบตเตอรี่โดยเฉลี่ย 5 กรัม จากการทดลองพบว่า ไบโอชาร์ที่ผ่านกระบวนการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส มีค่าการนำไฟฟ้าเฉลี่ยสูงสุด รองลงมาคือไบโอชาร์ที่ผ่านกระบวนการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส ส่วนไบโอชาร์ที่ผ่านกระบวนการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส มีค่าการนำไฟฟ้าเฉลี่ยน้อยที่สุด และพบว่าค่าการนำไฟฟ้าเฉลี่ยของไบโอชาร์จากแกลบมีค่ามากที่สุดที่ 0.83 V ที่ 300 องศาเซลเซียส ค่าการนำไฟฟ้าเฉลี่ยของไบโอชาร์จากฟางข้าวมีค่ามากที่สุดที่ 0.92 V ที่ 500 องศาเซลเซียส และค่าการนำไฟฟ้าเฉลี่ยของไบโอชาร์จากชังข้าวโพดมีค่ามากที่สุดที่ 0.69 V ที่ 700 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

คำสำคัญ: คุณสมบัติด้านแบตเตอรี่, ไบโอชาร์, ไพโรไลซิส

ABSTRACT

The objective of this research was to investigate the battery characteristics of biochar made from five types of agricultural residue: rice husk, rice straw, corn cobs, tobacco stalks and longan peels. The residues were pyrolysed at temperatures of 300, 500 and 700 degrees Celsius, respectively. Polymer gel was used as electrode and electrolyte materials to store electrical charges. In experiments in order to compare biochar materials by the greatest electrical properties, the amount of ingredients used to make polymer gels, polyvinyl alcohol (PVA, PVOH or PVAI), was limited by 10 grams and potassium hydroxide (KOH) by 20 grams, including an average battery polymer gel weight of 8.5 grams and an average battery biochar content of 5 grams. From the results, it was shown that biochar pyrolysed at 300 degrees Celsius had the highest average conductivity. The lowest average conductivity was biochar pyrolysed at 700 degrees Celsius. The average conductivity of biochar made from rice husk had a maximum of 0.83 V at 300 degrees Celsius. The average conductivity of biochar made from rice straw had a maximum of 0.92 V at 500 degrees Celsius, and the average conductivity of biochar made from corn cobs had a maximum of 0.69 V at 700 degrees Celsius, respectively.

Keywords: Battery characteristics, Biochar, Pyrolysis



การศึกษาการใช้ประโยชน์จากโดรนเกษตรเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการดูแลรักษาสวนลำไย

Study on the Utilization of Agricultural Drones for Increasing Efficiency of Longan Plant Protection

ธนเดช ศิลารักษ์¹ ภูทกต เชื้อประดิษฐ์¹ ปัทราพงษ์ การะเวก¹ แสนวสันต์ ยอดคำ² สุเนตร สืบคำ² และโชติพงศ์ กาญจนประโชติ²

Thanadet Silarak¹ Phutakrit Chueapradit¹ Pattarapong Karawek¹ Sanwasan Yodkhum² Sunate Surbkar² and
Choatpong Kanjanaphachaoat²

สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ 50290
Division of Agricultural Engineering, Faculty of Engineering and Agro-industry Maejo University,
Chiang Mai 50290

โทร 053 875 019 โทรสาร 053 875 011 E-mail: choatpong_k@hotmail.com

บทคัดย่อ

การฉีดพ่นสารเคมีในสวนลำไยนั้น เกษตรกรในประเทศไทยเริ่มมีการนำอากาศยานไร้คนขับหรือโดรนเกษตรเข้ามาใช้เพื่อทดแทนแรงงานคนและช่วยลดเวลาในการฉีดพ่น แต่ในปัจจุบันยังไม่มีค่าเชิงตัวเลขเกี่ยวกับเทคนิคการบินที่แน่นอนในการใช้โดรนเกษตร โครงการนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระดับความสูงที่เหมาะสมในการบินโดรนเกษตรเพื่อฉีดพ่นสารในสวนลำไยที่มีอายุ 25 ปี ความสูงต้น 3.5 ± 0.1 m ระยะห่างระหว่างต้นและแถว 6×6 m ปลูกที่สำนักฟาร์มมหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ (ละติจูด $18^{\circ}91'77''$ ลองจิจูด $99^{\circ}05'21''$ ความสูง 372 m MSL) โดรนเกษตรความจุ 10 L โรเตอร์จำนวน 8 ตัว 8 ใบพัดคู่ หัวฉีด 4 หัว ทดสอบความสูงการบิน 2 ระดับ คือ 5.5 และ 6.5 m เหนือพื้นดินต่อการกระจายตัวของละอองสาร พบว่าค่าการกระจายตัวของละอองไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่การบินที่ความสูง 5.5 m เหนือพื้นดินจะทำให้มีอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานแบตเตอรี่จากการทำงานของโรเตอร์ที่น้อยกว่า จึงนำระดับความสูงนี้ไปทดสอบอัตราส่วนผสมระหว่างสารชักนำช่อดอกต่อน้ำ 3 อัตราส่วนคือส่วนผสมที่เกษตรกรใช้ทั่วไป (50g/10L) เปรียบเทียบกับส่วนผสมที่มีความเข้มข้นเป็นสองเท่าของส่วนผสมทั่วไป (50g/5 L) และอัตราส่วนผสมที่มีความเข้มข้นเท่ากันแต่ลดปริมาณสารละลายลงเป็นครึ่งเท่าของอัตราส่วนทั่วไป (25g/5L) ต่อจำนวนการแทงช่อดอกลำไย ณ วันที่ 45 หลังจากฉีดพ่น โดยฉีดพ่นในช่วง 3-5 พฤศจิกายน 2565 พบว่าอัตราการผสมสารที่ลดลงครึ่งหนึ่งมีจำนวนการแทงช่อดอกสูงสุด 21 ± 2.15 ช่อดอก/ตร.ม. จึงสรุปได้ว่าควรใช้ความสูงในการบิน 5.5 m เหนือพื้นดินและอัตราการผสมสารชักนำช่อดอกต่อน้ำเป็นครึ่งเท่าของอัตราส่วนทั่วไป ซึ่งจะช่วยประหยัดสารชักนำช่อดอกและแบตเตอรี่ที่โดรนจะต้องใช้ถึงร้อยละ 50

คำสำคัญ: โดรนเกษตร, อากาศยานไร้คนขับ, สวนลำไย, ละอองจากการฉีดพ่น, ช่อดอกลำไย

ABSTRACT

A chemical spraying in longan orchard, farmers in Thailand have initially introduced unmanned aerial vehicle (UAV) or agricultural drones to replace human labor and reduce spraying time. However, there is currently no numerical value on the exact flight techniques used by agricultural drones. This project aimed to investigate the appropriate height of agricultural drones spraying in longan orchard; 25-year-old longan orchard, 3.5 ± 0.1 m in height, spaced at 6 m with a 6 m row separation, planted at Maejo University Farm Bureau, Chiang Mai, Thailand (Latitude $18^{\circ}55'05.1''N$, Longitude $99^{\circ}03'07.7''E$, Elevation 372 m MSL). Agriculture drone used a capacity of 10 liters, 8 rotors, 8 pairs of propellers, 4 nozzles. The effect of 2 heights from the ground (5.5 and 6.5 m) on the droplet coverage was examined, it was found that the aerosol dispersion values were not statistically different. However, flight height at 5.5 m above the ground results in lower battery consumption from the rotor operation. The following test was on the effect of 3 levels of aerosol/water ratios (50g/10L, 50g/5L and 25g/5L) on longan inflorescence at day 45 after spraying done during November 3-5, 2022, it was found that the 25g/5L gave the highest longan inflorescence of 21 ± 2.15 inflorescence /m² significantly. Therefore, it was concluded that the flight height should be 5.5 m above the ground and the aerosol/water ratios of 25g/5L. This will save up to 50% of the aerosol and battery consumption by drone.

Keywords: Agricultural drones, UAV, longan orchard, droplet coverage, longan inflorescence



การประชุมวิชาการ โครงการวิศวกรรมเกษตรแห่งชาติ ครั้งที่ 29
16-17 กุมภาพันธ์ 2566 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

การปรับปรุงคุณภาพน้ำด้วยเครื่องกลเติมอากาศแบบฟลุตลอย Water Quality Improvement by Float Aerator

หัตถกร ขาวเรือง¹, ธนัษพร พ่วงพันธ์¹, พรวิษณุ ทรายทอก¹, บุญชนิด ผาหยาด¹,
ระวิน สืบคำ², ชนิตา บุปตา² และ ศุภสิทธิ์ ประเสริฐลาภ²

Hattakorn Khawrueang¹, Tanatchaporn Phuangpan¹, Pornwisanu Saythok¹, Bunchanit Pahyad¹,
Rawin Surbkar², Chanida Bupata² and Supasit Prasertlarp²

หลักสูตรวิศวกรรมเกษตร สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์และนวัตกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก จังหวัดชลบุรี 20110

Program of Agricultural Engineering, School of Engineering and Innovation,
Rajamangala University of Technology Tawan-ok, Chonburi 20110
โทร 033 136 099 ต่อ 1454 E-mail: sei@rmutto.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องกลเติมอากาศแบบฟลุตลอย สำหรับนำไปใช้ปรับปรุงคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำขนาดเล็ก เครื่องกลเติมอากาศแบบฟลุตลอยมีขนาด 130x170x100 เซนติเมตร (กว้างxยาวxสูง) มีส่วนประกอบที่สำคัญได้แก่ ชุดโครงก้าน ชุดฟลุตลอย ชุดก้านน้ำ และชุดส่งกำลัง โดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 2 แรงม้า ต่อกับเกียร์ทดอัตราทด 100 : 1 ส่งกำลังผ่านโซ่และจานโซ่ไปขับเคลื่อนเพลาก้านน้ำซึ่งมีของตักน้ำจำนวน 6 ของให้หมุนที่ความเร็วรอบ 6 รอบต่อนาที การทดสอบประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่องกลเติมอากาศแบบฟลุตลอยทำโดยให้เครื่องทำงานต่อเนื่อง 1 ชั่วโมงแล้วพักเครื่อง 10 นาทีในช่วงเวลา 09.00 - 16.00 นาฬิกา คิดเป็นเวลารวม 7 ชั่วโมง นาน 5 วัน ในแหล่งน้ำขนาด 15x20x1 เมตร (กว้างxยาวxลึก) หลังจากนั้น ตรวจวัดคุณภาพน้ำด้วยการหาปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำ (Dissolved Oxygen, DO) ที่เวลา 09.00, 12.00 และ 16.00 นาฬิกา ในวันที่ 1, 3 และ 5 ของการทดลอง ในแต่ละคาบเวลาเก็บตัวอย่างน้ำ 3 จุด ผลการทดลองพบว่าเครื่องกลเติมอากาศแบบฟลุตลอยสามารถเพิ่มปริมาณออกซิเจนในน้ำได้จาก 1.31 เป็น 5.41 มิลลิกรัมต่อลิตร ในวันแรก และสามารถเพิ่มปริมาณออกซิเจนได้สูงสุดถึง 7.50 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งอยู่ในเกณฑ์คุณภาพน้ำที่ดีสามารถเลี้ยงสัตว์น้ำได้
คำสำคัญ: เครื่องกลเติมอากาศ, ก้านน้ำ, คุณภาพน้ำ

ABSTRACT

This study aims to design and fabricate a float surface aerator to improve water quality in small water resources. The small aerial floating machine with a size of 130x170x100 cm (width x length x height) consisted of important components; turbine structure set, floating set, water turbine set and transmission set. By using a 2-horsepower electric motor with a 100:1 ratio gearbox, power was transmitted through the chain and sprocket to the turbine shaft, which has 6 water beackets rotated at a speed of 6 rpm. The performance test of the aerator was performed for a 1-hr operation and then a 10-min break from 9 am to 4 pm for a total of 7 hrs for 5 days in a 15x20x1 m water source (width x length x depth). After that, water quality was measured by determining the Dissolved Oxygen (DO) at 09.00, 12.00 and 16.00 hrs on days 1, 3 and 5 of the test in each water sampling period. The results showed that the float surface aerator could increase oxygen content in water up from 1.31 to 5.41 mg/L in the first day and could increase oxygen up to 7.50 mg/L which was in the criteria of good water quality for aquaculture.

Keywords: Aerator, Hydraulic turbine, Water quality



การประชุมวิชาการ โครงการวิศวกรรมเกษตรแห่งชาติ ครั้งที่ 29
16-17 กุมภาพันธ์ 2566 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

การพัฒนารถตัดหญ้าแบบควบคุมด้วยรีโมท

Development of a remote controlled lawn mower

วัชร บุนรอด¹, ธิติวุฒิ ชนะงาม¹, มนัสวี ศรีภูทอง¹, อัฐกิจ รื่นรมย์¹, เรมรัตน์ บุตรดี¹, คมกฤษ กิตติพร², ระวิน สืบคำ² และ
ชนิดา บุพตา²

Watchara Bunrot¹, Thitiwut Chanangam¹, Manaswee Sriphuthong¹, Atthakit Ruenrom¹, Roemrat Butdee¹,
Komkrit Kittiporn², Rawin Surbkar² and Chanida Bupata²

วิศวกรรมเกษตร สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์และนวัตกรรม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตบางพระ จังหวัดชลบุรี 20110

Agricultural Engineering, School of Engineering and Innovation,

Rajamangala University of Technology Tawan-ok, Bangphra Campus, Chonburi 20110

โทร 081 876 4828 E-mail: chanida_bu@rmutto.ac.th

บทคัดย่อ

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและพัฒนารถตัดหญ้าแบบควบคุมระยะไกล มีส่วนประกอบด้วย 5 ส่วนหลัก
1.) โครงสร้างรถสร้างจากเหล็กกล่อง 2.) ชุดเฟืองท้ายและระบบบังคับเลี้ยวแบบจุดเดียว 3.) แบตเตอรี่และระบบชาร์จไฟ
4.) ระบบควบคุมเครื่องรับและส่งสัญญาณรีโมท 5.) ชุดตัดหญ้าหลักด้วยเครื่องยนต์แก๊สโซลีนพร้อมใบตัดหญ้าแบบใบมีดเหล็ก
แข็ง มีหน้ากว้างในการตัดหญ้า 50 cm เงื่อนไขในการทดสอบที่ความเร็วรอบของใบตัดหญ้าที่ 2500, 3000 และ 3500 rpm
และให้รถเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 55 m/min โดยทำการทดสอบในสนามหญ้า ผลการทดสอบพบว่า ความเร็วรอบของใบมีดตัด
หญ้าที่เหมาะสม คือ 2500 rpm และความเร็วในการเคลื่อนที่ของรถ คือ 55 m/min ซึ่งมีสมรรถนะในการทำงาน 0.50
ไร่ต่อชั่วโมง อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง 2.25 ลิตรต่อไร่ โดยมีระยะเวลาการคืนทุนที่ 118 วัน

คำสำคัญ: รถตัดหญ้า, เครื่องยนต์, ควบคุมระยะไกล

ABSTRACT

This project aims to research and develop a remote-controlled lawn mower. It consists of five major sections. 1.) The automobile's frame is built of carbon steel square pipe. 2.) Differential system with single-point steering 3.) Battery and charging system 4.) Wireless remote control system with transmitter and receiver modules 5.) The main cutting machine with a gasoline engine and a blade made of hard iron has a 50 cm cutting width. On the grass field, conditions for testing at speeds of 2500, 3000, and 3500 rpm for the mowing blades and 55 m/minute for the vehicle were evaluated. According to the findings of the tests, the optimal speed of the mowing blade is 2500 revolutions per minute, and the optimal speed of the vehicle is 55 m / minute, yielding a working capacity of 0.50 rai per hour. Fuel usage per rai is 2.25 liters, and the payback period is 118 days.

Keywords: Lawnmower, Engine, Remote control



การประชุมวิชาการ โครงการวิศวกรรมเกษตรแห่งชาติ ครั้งที่ 29
16-17 กุมภาพันธ์ 2566 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

การศึกษาดินถล่มด้วยแบบจำลอง STEP-TRAMM

The Study of Landslide by STEP-TRAMM Model

กวิสรา อินทรโม¹ โชติกา ดวงงาม¹ กฤษณา บริเอก¹ และ อภิรัฐ ปิ่นทอง²

Kawitsara Intharamo¹, Chotika Duangngam¹, Kiedsana Boriaek¹ and Apirat Pintyong²

สาขาวิชาวิศวกรรมชลประทานและการจัดการน้ำ ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี 12110

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

Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Pathum Thani 12110

โทร 025 493 580 โทรสาร 025 493 581 E-mail: Kawitsara2663@gmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษาดินถล่มด้วยแบบจำลอง STEP-TRAMM พื้นที่ศึกษา ตำบลบ่อเกลือเหนือ อำเภอบ่อเกลือ จังหวัดน่าน อาศัยข้อมูลดิน ความลึกของชั้นดิน ข้อมูลป่าไม้ ข้อมูลปริมาณน้ำฝนและข้อมูลระดับความสูงในพื้นที่ ทำการประมวลผลและเปรียบเทียบความถูกต้องของแบบจำลองกับเหตุการณ์ดินถล่ม 2 พื้นที่ด้วยภาพถ่ายดาวเทียมในช่วงเวลาเดียวกัน ผลการศึกษาแบบจำลองสามารถจำลองพื้นที่เกิดดินถล่มตรงกับพื้นที่จริงร้อยละ 70 ของพื้นที่ เมื่อเปรียบเทียบกับภาพถ่ายดาวเทียม จากศึกษาสามารถสรุปได้ว่า แบบจำลอง STEP-TRAMM สามารถจำลองการเกิดดินถล่มและนำไปใช้ประยุกต์กับพื้นที่อื่นๆ เพื่อใช้ในการวางแผนและป้องกันภัยที่เกิดจากดินถล่มได้

คำสำคัญ: ดินถล่ม, แบบจำลอง, STEP-TRAMM

ABSTRACT

Study of landslides using STEP-TRAMM model in study area, North Bo Kluea Subdistrict, Bo Kluea District, Nan Province, based on soil data, soil depth, forest data, rainfall data and elevation data in the area. Computed and calibrated the accuracy of the model for landslide events in 2 areas with satellite images at the same time. The results of the simulation study can simulate the landslide area corresponding to the actual area of 70 percent of the area when compared with satellite images. From the study, it can be concluded that the STEP-TRAMM model can simulate landslides and can be applied to other areas. for use in planning and preventing disasters caused by landslides.

Keywords: Landslide, Model, STEP-TRAMM



การประชุมวิชาการ โครงการวิศวกรรมเกษตรแห่งชาติ ครั้งที่ 29
16-17 กุมภาพันธ์ 2566 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

ผลของค่าความเป็นกรดต่างของตัวทำละลายและอุณหภูมิต่อปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดจากใบกัญชา (*Cannabis sativa*)

Effect of solvent pH on total phenolic content in cannabis (*Cannabis sativa*) leaves

มานัส สารณาด¹ และ จรรย์วรรธน ต. วุฒิจำนงค์²

Manas Saranard¹ and Janyawat T Vuthijumnonk²

สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตรและชีวภาพ คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา จังหวัดเชียงใหม่ 50300

Agricultural and Biological Engineering Major, Department of Engineering,

Rajamangala University of Technology Lanna, Chiang Mai 50300

E-mail: vjanyawat@rmutl.ac.th

บทคัดย่อ

ใบกัญชาเป็นของเหลือทิ้งทางการเกษตรเนื่องจากมีสารออกฤทธิ์ในกลุ่มแคนนาบินอยด์ต่ำ อย่างไรก็ตาม ใบกัญชายังมีสารพฤกษเคมีในกลุ่มฟีนอลิกซึ่งมีความคงตัวที่ค่าความเป็นกรดต่างและอุณหภูมิต่างกัน งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาอุณหภูมิและความเป็นกรดต่างของตัวทำละลายที่เหมาะสมในการสกัดสารในกลุ่มฟีนอลิกจากใบกัญชา ด้วยการสกัดด้วยความร้อนแบบต่อเนื่องที่อุณหภูมิ 150 และ 300 องศาเซลเซียส โดยใช้สารละลายที่มีค่าความเป็นกรดต่าง 4 8 และ 10 จากการทดลองพบว่าการเพิ่มอุณหภูมิส่งผลให้ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดลดลงอย่างมีนัยสำคัญในทุกค่าความเป็นกรดต่างที่ศึกษา เมื่อสกัดด้วยตัวทำละลาย pH 4 ปริมาณฟีนอลิกลดลงจาก 74 เป็น 27 $\mu\text{gGAE/g DW}$ เมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการสกัดจาก 150 °C เป็น 300 °C เมื่อพิจารณาค่าความเป็นกรดต่างของตัวทำละลายพบว่า เมื่อค่าความเป็นกรดต่างเพิ่มขึ้น ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดที่วัดได้จะลดลงอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อใช้อุณหภูมิ 150 °C ในการสกัดพบว่า สารละลาย pH 4, 8 และ 10 ได้ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด 74, 32.38 และ 34.29 $\mu\text{gGAE/g DW}$ ตามลำดับ นอกจากนี้ พบว่าปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดในตัวทำละลายที่มีค่า pH ต่างกันนั้นแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ เมื่อสกัดโดยอุณหภูมิที่สูงมาก (300 °C)

คำสำคัญ: กัญชา, ความเป็นกรดต่าง, ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด

ABSTRACT

Due to their low cannabinoid content, cannabis leaves (*Cannabis sativa*) are regarded as agricultural waste; nonetheless, they contain phytochemicals within the phenolic group, which have different stabilities depending on pH and temperature. With soxhlet extraction at 150 °C and 300 °C utilizing pH 4, 8, and 10 solvents, this study aims to determine the ideal pH and temperature for phenolic extraction from cannabis leaves. The findings demonstrated that as temperature rose, total phenolic content (TPC) dramatically decreased. At 150 °C and 300 °C, TPC at pH 4 reduced from 74 to 27 $\mu\text{gGAE/g DW}$, respectively. When the solvent pH was investigated, it was discovered that a rise in solvent pH led to a fall in TPC. When utilizing solvent pH 4, 8, or 10, the TPCs at 150 °C extraction temperature were 74, 32.38, and 34.29 $\mu\text{gGAE/g DW}$, respectively. Furthermore, the TPC values did not alter considerably when the high temperature (300 °C) was applied.

Keywords: Cannabis leaves, pH, phenolic compounds



การประชุมวิชาการ วิศวกรรมเกษตรแห่งชาติ ครั้งที่ 29
16-17 กุมภาพันธ์ 2566 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

ผลกระทบของการใช้คลื่นอัลตราโซนิกต่อปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด จากหอมใหญ่ (*Allium cepa* L.)

Effect of ultrasonication on total flavonoid content and total phenolic content of onion (*Allium cepa* L.)

สุพิชญา สะอาด¹ และ จรรย์วรรธน ต. วุฒิจำนงค์²

Supichaya Sa-ard¹ and Janyawat T Vuthijumnonk²

สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตรและชีวภาพ คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา จังหวัดเชียงใหม่ 50300

Agricultural and Biological Engineering Major, Department of Engineering,

Rajamangala University of Technology Lanna, Chiang Mai 50300

E-mail: vjanyawat@rmutl.ac.th

บทคัดย่อ

หอมหัวใหญ่เป็นพืชที่ประกอบด้วยสารพฤกษเคมีในกลุ่มฟีนอลิกหลายชนิด การใช้คลื่นอัลตราโซนิกช่วยให้สามารถสกัดสารพฤกษเคมีได้ในปริมาณที่สูงขึ้น งานวิจัยนี้จึงเป็นการประยุกต์ใช้คลื่นอัลตราโซนิกเพื่อปรับสภาพหอมหัวใหญ่ก่อนการสกัดด้วยไอน้ำ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการปรับสภาพหอมใหญ่โดยใช้คลื่นอัลตราโซนิก และศึกษาผลกระทบของการใช้คลื่นอัลตราโซนิกต่อปริมาณฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ทั้งหมด จากการทดลองพบว่า การเพิ่มอุณหภูมิควบคู่กับการใช้คลื่นอัลตราโซนิกส่งผลให้ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดสูงขึ้น เมื่อเพิ่มอุณหภูมิจาก 30 °C เป็น 80°C พบว่า ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดเพิ่มขึ้น จาก 3.77 เป็น 25.02 mgGAE/ g FW และ ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดเพิ่มขึ้นจาก 18.82 เป็น 46.72 mg QE/g ตามลำดับ

คำสำคัญ: หอมใหญ่, อัลตราโซนิก, สารพฤกษเคมี

ABSTRACT

The onion (*Allium cepa* L.) includes a variety of phytochemicals that are phenolic in nature. Ultrasonication has been used to assist the extraction of phytochemicals and enhance yields. This study utilized the ultrasonication technique to prepare onions for steam extraction. The goal of the study was to determine the ideal temperature for pre-treating onions and determine how ultrasonication affected the amounts of total phenolic content (TPC) and total flavonoid content (TFC). The results showed that increasing onion temperature along with ultrasonic pre-treatment increased the amount of phenolic and flavonoid compounds that were extracted from the onion. TPC changed from 3.77 to 25.02 mgGAE/g FW and TFC climbed from 18.82 to 46.72 mg QE/g, respectively, when the temperature increased from 30 °C to 80 °C.

Keywords: onion, ultraconication, phytochemicals



การเปรียบเทียบความสามารถในการเพิ่มออกซิเจนในน้ำเพื่อการเกษตรระหว่างน้ำประปาและน้ำที่ผ่าน
กระบวนการกรองโดยใช้วิธีการสร้างฟองอากาศขนาดเล็กด้วยปั๊มขนาด 1 แรงม้า

Comparison of Ability to Increased Oxygen Into the Water for Agriculture Between
Water Supply and Filtered Water by Using a Centrifugal Pump 1 Hp for Formation
Small Bubbles

บัวทิพย์ คำวัลย์¹ รัตติภาค ปรีดาภิรัตน์¹ ทวีวัฒน์ แสนสม¹ ฐิตินันท์ ปองงาม^{2*} กิตติคุณ ปิตุพรหมพันธ์² และบรรลุ เพี้ยชิน²
Buathip Khamwan¹ Rattipak Preedapirat¹ Thaweewat Saensom¹ Thitinun Pongnam² Kittikun Pituprompan²
and Banlu Phiachin²

หลักสูตรเทคโนโลยีเครื่องจักรกลการเกษตรอัตโนมัติ (ต่อเนื่อง) คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40000

Program in Automatic Agricultural Machinery Technology, Faculty of Technical Education,

Rajamangala University of Technology Isan, Khonkaen Campus, Khonkaen 40000

โทร 043 283 700 E-mail: Beeronze@gamil.com*

บทคัดย่อ

การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบความสามารถในการเปลี่ยนแปลงค่า ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ การนำไฟฟ้า และความเป็นกรดต่างในน้ำระหว่างน้ำประปาและน้ำที่ผ่านกระบวนการกรองให้สะอาดเพื่อใช้บริโภค โดยใช้กระบวนการเพิ่มฟองอากาศขนาดเล็กลงไปในน้ำด้วยปั๊มหอยโข่งขนาด 1 แรงม้า เพื่อนำไปใช้ในการเพิ่มประสิทธิภาพของน้ำในการเกษตรเช่น การปลูกพืช การเลี้ยงสัตว์น้ำ และการปรับปรุงคุณภาพของน้ำ ซึ่งการศึกษาในครั้งนี้ได้ทำการเปรียบเทียบความสามารถในการเพิ่มปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ค่าการนำไฟฟ้า และค่าความเป็นกรดต่างระหว่างน้ำทั้ง 2 ประเภท ที่เวลา 10 - 120 นาที และเก็บน้ำไว้ 7 วัน ผลการศึกษาพบว่าที่ 10 - 120 นาที เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำของน้ำประปาและน้ำกรองมีแนวโน้มคงที่โดยมีร้อยละของการเพิ่มขึ้นที่ 31 - 38 และ 19 - 23 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยน้ำประปาที่ 70 นาที ให้ค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำสูงสุด 8.52 มิลลิกรัมต่อลิตรหรือเพิ่มขึ้น 38.6 เปอร์เซ็นต์ และที่ 7 วัน ค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำของน้ำประปาและน้ำกรองมีแนวโน้มคงที่ที่ 6.37 - 6.78 และ 7.12 - 7.74 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ซึ่งน้ำที่ผ่านกระบวนการกรองมีแนวโน้มของการลดลงของออกซิเจนที่ละลายในน้ำน้อยกว่าน้ำประปา ผลของค่าความปั่นกรดต่างของน้ำทั้ง 2 ประเภทไม่มีการเปลี่ยนแปลงโดยอยู่ในช่วง 7-8 และผลของค่าการนำไฟฟ้าของน้ำทั้ง 2 ประเภท มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามเวลาหมุนเวียนน้ำที่เพิ่มขึ้น โดยน้ำที่ผ่านการกรองที่ 120 นาที ให้ค่าการนำไฟฟ้าสูงสุดคือ 207 ไมโครซีเมนส์ต่อเซนติเมตร

คำสำคัญ: ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ, ประสิทธิภาพของน้ำเพื่อการเกษตร, ฟองอากาศขนาดเล็ก, คุณภาพของน้ำ

ABSTRACT

This study aim to study and compare ability to change Dissolved Oxygen (DO), Electrical Conductivity (EC) and Potential of Hydrogen ion (pH) of 2 type of water, water supply and filtered water which formation of a small bubbles into water by using centrifugal Pump 1 Hp, for increase the efficiency of agricultural irrigation such as planting, aquaculture and improving water quality. A study was compared ability of DO, EC and pH between 2 type of water at 10 – 120 minute and 7 days. The result shown that at 10 – 120 minute was changed percent in DO of water supply and filtered water tends to constant which increased 31 – 38 and 19 -23 %, respectively. water supply at 70 minute have a maximum of DO, 8.52 mg/l or increased 38.6 %, at 7 days was changed percent in DO of water supply and filtered water tends to constant which was 6.37 – 6.78 and 7.12 – 7.74 mg/l, respectively, a filtered water have tends to decrease of DO lower than water supply. The pH result between 2 type of water was no changed in the range 7-8 and the EC tends to increase with times which the filtered water at 120 minutes have the highest EC was 207 μ S/Cm

Keywords: Dissolved Oxygen, the efficiency of agricultural irrigation, small bubbles, water quality



การประยุกต์ใช้เทคนิคการเรียนรู้เชิงลึกเพื่อแบ่งชั้นคุณภาพมะเขือเทศพันธุ์เพอร์เฟกต์โกลด์ 111 The Application of Deep Learning Techniques for Quality Classification of the Perfect Gold-111 Tomato Variety

นัตยา ขานพิช¹ นิตธาดา วรอรอส¹ ตินณภพ ทองเหง้า¹ เอกราช ไชยเพี้ย¹ เจษฎา โพธิ์สม² คุณนิธิ ดั่งผึ้ง^{1*}
Nattaya Khanpis¹ Nitithada Warorost¹ Tinnaphob Thonangao¹ Eakarach Chaiphia¹ Jetsada Posom²
and Khunnithi Doungpueng^{1*}

¹สาขาวิชาเทคโนโลยีเครื่องจักรกลการเกษตรอัตโนมัติ (ต่อเนื่อง) คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40000

²สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40000

¹Department of Automatic Agricultural Machinery Technology, Faculty of Technical Education,
Rajamangala University of Technology Isan, Khonkaen Campus, Khonkaen 40000

²Department of Agricultural Engineering, Faculty of Engineering, Khon Kaen University, Khon Kaen 4000
โทร 081 393 2885 E-mail: khunnithi.do@rmuti.ac.th

บทคัดย่อ

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างแบบจำลองสำหรับแบ่งชั้นคุณภาพมะเขือเทศพันธุ์เพอร์เฟกต์โกลด์ 111 โดยใช้เทคนิคการเรียนรู้เชิงลึก โดยใช้ตัวอย่างมะเขือเทศพันธุ์เพอร์เฟกต์โกลด์ 111 จำนวน 220 ลูก (Dataset) โดยเริ่มทำการบันทึกลักษณะทางกายภาพเพื่อแบ่งชั้นคุณภาพของมะเขือเทศตามมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (มกอช. 1503-2550) ซึ่งสามารถแบ่งชั้นคุณภาพของมะเขือเทศได้เป็น 4 ชั้น ได้แก่ ชั้นพิเศษ (ชั้น A) ชั้นหนึ่ง (ชั้น B) ชั้นสอง (ชั้น C) และชั้นสาม (ชั้น F) จากนั้นทำการแบ่งมะเขือเทศออกเป็นชุดข้อมูลเรียนรู้ (Training dataset) จำนวน 165 ลูก (75%) และข้อมูลสำหรับการทดสอบ (Test dataset) จำนวน 55 ลูก (25%) และสร้างแบบจำลองเพื่อจำแนกภาพด้วยเทคนิคโครงข่ายประสาทเทียม การเรียนรู้เชิงลึก โดยมีค่าชี้ผลการศึกษาดังนี้ ค่า F-Score และ Accuracy ผลการศึกษพบว่า แบบจำลองที่สร้างขึ้นมีค่า F-Score ในการแบ่งชั้นคุณภาพชั้น A B C และ F ได้เท่ากับ 75.86, 83.87, 76.92 และ 66.67% และมีค่า Accuracy เท่ากับ 80.00% ในขณะที่การแบ่งชั้นคุณภาพโดยเกษตรกรมีค่า Accuracy เท่ากับ 52.73%

คำสำคัญ: การเรียนรู้เชิงลึก, การจัดประเภทมะเขือเทศ, ชั้นคุณภาพ

ABSTRACT

This project aims to develop a model for classifying the quality class of the Perfect Gold-111 tomato variety using deep learning techniques. A sample of 220 tomatoes was used as the dataset. The physical properties were recorded and used to classify the tomatoes according to the Thai Agricultural Commodity and Food Standard (TACFS 1503-2007). The quality class was divided into 4 classes: Extra class (class A), First class (class B), Second class (class C), and Third class (class F). The samples were divided into a training dataset of 165 tomatoes (75%) and a test dataset of 55 tomatoes (25%). A model was developed to classify images using deep learning neural network techniques. The model's performance was evaluated using F-Score and Accuracy as indicators. The model achieved an F-Score of 75.86% for class A, 83.87% for class B, 76.92% for class C, and 66.67% for class F, and an accuracy of 80.00%. In contrast, the classification of the quality class by farmers had an accuracy of 52.73%.

Keywords: Deep learning, Tomato classification, Quality class



การประชุมวิชาการ โครงการงานวิศวกรรมเกษตรแห่งชาติ ครั้งที่ 29
16-17 กุมภาพันธ์ 2566 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

การผลิตเชื้อเพลิงอัดเม็ดชีวมวลจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร Production of Biomass Pellets from Agricultural Waste

กรกฎ วงษ์คำหาร¹ พงศกร แสงพุทธา¹ สุตธนู ชินภักดี¹ ชนินทร์ อูปถัมภ์² และ กัณตภณ เปรมประยูร²
Kourakod Wongkhamhan¹ Pongsakorn Sangputta¹ SutThanoo Chinphakdee¹ Chanin Oupathum²
and Kantapon Prempragoon²

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40000
Department of Agricultural Machinery Engineering, Faculty of Engineering,
Rajamangala University of Technology Isan, Khon Kaen Campus, Khon Kaen 40000
โทร 043 283 707 โทรสาร 043 338 869 E-mail: Chanin9398@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ครั้งนี้มีจุดประสงค์ เพื่อศึกษาคุณสมบัติบางประการของ ลำมันสำปะหลัง และต้นกระถิน ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการขึ้นรูป และวิเคราะห์คุณสมบัติของเชื้อเพลิงอัดเม็ดจากลำมันสำปะหลัง และต้นกระถิน ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของต้นกระถินมีความยาวเฉลี่ย 146.96 เซนติเมตร มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 14.10 มิลลิเมตร และน้ำหนัก 80.75 กรัม มีค่าความหนาแน่น 182.76 kg/m³ และคุณสมบัติทางกายภาพของลำต้นมันสำปะหลัง มีความยาวเฉลี่ย 123.43 เซนติเมตร มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 18.63 มิลลิเมตร และน้ำหนัก 114.74 กรัม มีค่าความหนาแน่น 193.76 kg/m³ ซึ่งทุกๆ ค่าผ่านเกณฑ์มาตรฐานของเชื้อเพลิงอัดเม็ดภายหลังที่ทำการผสม ต้นกระถินและลำมันสำปะหลังที่อัตราส่วน (1:1, 1:0.8, 1:0.6) พบว่าเมื่อนำมาอัดเม็ดมีความหนาแน่นเฉลี่ย 627.88 kg/m³ ค่าความคงทนที่อัตราส่วน 1:1 ที่ความชื้น 10 เปอร์เซ็นต์ เท่ากับ 97.70 เปอร์เซ็นต์ อัตราส่วน 1:0.8 ที่ความชื้น 15 เปอร์เซ็นต์ เท่ากับ 98.55 เปอร์เซ็นต์ และอัตราส่วน 1:0.6 ในความชื้น 10 เปอร์เซ็นต์ เท่ากับ 99.31 เปอร์เซ็นต์ การศึกษาเปอร์เซ็นต์การขึ้นรูปเชื้อเพลิงชีวมวลอัดเม็ดที่อัตราส่วน 1:0.8 ในความชื้น 20 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเปอร์เซ็นต์การขึ้นรูปมากที่สุดคือ 98.96 เปอร์เซ็นต์ และที่อัตราส่วน 1:1 ในความชื้น 10 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเปอร์เซ็นต์การขึ้นรูปต่ำสุดคือ 86.95 เปอร์เซ็นต์

คำสำคัญ: เชื้อเพลิงอัดเม็ด, ลำมันสำปะหลัง, กระถิน

ABSTRACT

The purpose of this thesis is to study some properties of cassava stems and acacia trees. Factors affecting forming were studied. and to analyze the properties of fuel pellets from cassava trunks and acacia trees. The results of physical properties of cassava were 146.96 cm. in length, 14.10 mm. in diameter, and 80.75 g. in weight, with a density of 182.76 kg/m³ and physical properties of cassava stems. The average length was 123.43 cm., the average diameter was 18.63 mm., and the weight was 114.74 grams. The density was 193.76 kg/m³, all of which passed the standard of fuel pellets after mixing. Acacia and cassava stems at the ratio (1:1, 1:0.8, 1:0.6) found that when pelleted, the average density was 627.88 kg/m³, and the durability at 1:1 ratio at 10 percent moisture. was 97.70 percent, the ratio of 1:0.8 at 15 percent moisture was 98.55 percent and the ratio 1:0.6 at 10 percent moisture was 99.31 percent. The highest formability was 98.96 percent and at a ratio of 1:1 in 10 percent moisture the lowest percentage of formability was 86.95 percent.

Keywords: pellets, Cassava stems, acacia trees



การประชุมวิชาการ โครงการงานวิศวกรรมเกษตรแห่งชาติ ครั้งที่ 29
16-17 กุมภาพันธ์ 2566 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการอัดเม็ดเชื้อเพลิงชีวมวลจากใบตะไคร้แห้งและแกลบ

Study of Factors Affecting Biomass Fuel Pelleting from Dried Lemongrass and Rice Husk

นครินทร์ แสนคำ¹ วรพจน์ กรมหมื่น¹ อภิลักษณ์ โนนศรี¹ และ สิริธร คีสาลัง²

Nakarin Saenkam¹ Woraphot Krommuen¹ Aphirak Nonsri¹ and Sirithon Kisalung²

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน

วิทยาเขตขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40000

Department of Agricultural Machinery Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of

Technology Isan, Khon Kaen Campus, Khon Kaen 40000

โทร 043 283 707 โทรสาร 043 338 869 E-mail: sirithon.su@rmuti.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษานี้ศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของใบตะไคร้แห้งและแกลบ ทดสอบอัดเม็ดชีวมวล และศึกษาลักษณะทางกายภาพและคุณสมบัติทางเคมีของเม็ดเชื้อเพลิงชีวมวล พบว่า ใบตะไคร้แห้งมีความชื้น 14.33 % ค่าความร้อน 4,009.34 cal/g และแกลบมีความชื้น 7.35 % ค่าความร้อน 3,485.32 cal/g ทำการทดลองอัดเม็ดเชื้อเพลิงชีวมวลจากใบตะไคร้แห้งและแกลบ โดยใช้ความเร็วรอบ 420 รอบต่อนาที พบว่า ใบตะไคร้แห้ง 200 กรัม แกลบ 200 กรัม และตัวประสาน 600 กรัม เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมในการอัดเม็ดเชื้อเพลิงชีวมวล โดยเม็ดเชื้อเพลิงชีวมวลมีลักษณะผิวเรียบ รูปร่างตรง ไม่มีรอยแตกร้าว มีค่าความร้อนเฉลี่ย 3,443.68 cal/g มีค่าความทนแรงอัด 11.67 เมกะปาสคาล และมีระยะเวลาการเผาไหม้สูงสุด 14.12 นาที

คำสำคัญ: อัดเม็ดเชื้อเพลิงชีวมวล ใบตะไคร้แห้ง แกลบ

ABSTRACT

This study investigated the chemical properties of dried lemongrass leaves and rice husks, testing and the physical and chemical properties of biomass fuel pellets were studied. It was found that dried lemongrass leaves had a moisture content of 14.33%, a calorific value of 4,009.34 cal/g and rice husks had a moisture content of 7.35% and a calorific value of 3,485.32 cal/g. from dried lemongrass leaves and rice husks The speed of 420 rpm was found that 200 g of dry lemongrass leaves, 200 g of rice husk, and 600 g of the binder were suitable ratios for biomass fuel pellets. The biomass fuel pellets have a smooth surface, a straight shape without cracks. It has an average heat value of 3,443.68 cal/g, a compressive strength of 11.67 MPa, and a maximum burning time of 14.12 minutes.

Keywords: biomass fuel pellets, dried lemongrass leaves, husk



การประชุมวิชาการ โครงการวิศวกรรมเกษตรแห่งชาติ ครั้งที่ 29
16-17 กุมภาพันธ์ 2566 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

การพัฒนาเครื่องควบคุมระบบน้ำหยดอัตโนมัติ

Development of Automatic Drip Irrigation Controller

สุธาริณีย์ กำปู้¹, ชุตินา ขวัญสวัสดิ์¹, ธนวัฒน์ สังข์ทอง¹ และ สามารถ บุญอาจ²

Sutharinee Kumpoo¹, Chutima Kwansawat¹, Tanawat Sangtong¹ and Samart Bun-art²

สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา, 30000

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

โทร 044 224 225 โทรสาร 044 224 610 E-mail: agri_eng@gs.sut.ac.th

บทคัดย่อ

โครงการครั้งนี้เป็นโครงการวิจัยเชิงวิเคราะห์และพัฒนา ที่ได้พบปัญหาจากการสำรวจพื้นที่ในตำบลโพหนอง จังหวัดชัยภูมิ พบว่าเกษตรกรยังใช้การรดน้ำด้วยกำลังคนอยู่ ทางผู้จัดทำจึงทำการศึกษาระบบน้ำหยดอัตโนมัติเพื่อช่วยทุ่นแรงเกษตรกร แทนการรดน้ำด้วยกำลังคนและทำให้เกษตรกรมีประสิทธิภาพมากขึ้น รวมถึงสร้างความเชื่อมั่นในการใช้เครื่อง ด้วยข้อมูลจากการทดลอง โดยทางผู้จัดทำเลือกใช้ Arduino board ในการสร้างและศึกษาการทำงานของเครื่องน้ำหยดอัตโนมัติ โดยมีการเก็บข้อมูลเพื่อใช้ในการวิเคราะห์และเปรียบเทียบระหว่างการรดน้ำด้วยกำลังคนและการใช้ระบบน้ำหยดอัตโนมัติ โดยมีตัวแปรต้นคือการรดน้ำโดยใช้กำลังคนและแบบใช้เครื่องน้ำหยดอัตโนมัติ ที่มีตัวแปรควบคุมคือดินที่มาจากแหล่งเดียวกัน จากข้อมูลพบว่าเครื่องน้ำหยดอัตโนมัติที่มีการควบคุมความชื้นให้คงที่มากกว่าการรดน้ำด้วยกำลังคนที่มีความแปรปรวนของค่าความชื้นมาก อีกทั้งยังสามารถรดน้ำได้อย่างแม่นยำในเวลาที่ดินขาดความชื้น แตกต่างจากการรดน้ำด้วยกำลังคนที่มีการคาดคะเนด้วยสายตาหรือประสบการณ์ของเกษตรกร

คำสำคัญ: Arduino Board, ระบบน้ำหยดอัตโนมัติ

ABSTRACT

This project is an analysis, research and development project. Problems were found in the survey of Phontong District in Chaiyaphom Province. The survey found that farmers were still using manpower to watering. The project management team studied automatic drip irrigation systems to help farmers. Instead of using manpower to watering, improve agricultural efficiency, and build confidence in using machines through experimental data. The project management team chose to use Arduino board to create and study the function of automatic drip irrigation machine. With collect data to analyze and compare between manual watering and automatic drip irrigation systems. The first variable is manual watering and automatic drip irrigation. The control variable is soil from the same source. According to the data, the automatic drip irrigation machine can control the humidity more stably than the manual watering, and the humidity changes greatly. It can also accurately water the soil when it is short of water. It is different from using manpower to watering that using eyes or farmers' experience to predict.

Keywords: Arduino Board, Automatic drip irrigation system



การออกแบบเครื่องกลับกองปุ๋ยหมักสำหรับการกลับกองปุ๋ยหมักแบบกองแถวยาว Design of a compost turner for windrow composting

สุทธิดา โปทุมทา¹, สิรินทรา สายสามพราน¹, สาธิดา โคตรโนนกก¹ และ พยุงศักดิ์ จุลยุเสน²
Sutthida Phothumtha¹, Sirintra Saisamphan¹, Sathida Khotnonkok¹ and Payungsak Junyusen²
สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
จังหวัดนครราชสีมา 30000
School of Agricultural Engineering, Institute of Engineering, Suranaree University of Technology,
Nakhon Ratchasima 30000

โทร 044 224 225 โทรสาร 044 224 610 E-mail:payungs@sut.ac.th

บทคัดย่อ

ปุ๋ยหมักช่วยปรับปรุงสมบัติของดิน เพิ่มการเจริญเติบโตและสุขภาพที่ดีของพืช และลดความต้องการใช้ปุ๋ยเคมี การกลับกองปุ๋ยเป็นขั้นตอนที่สำคัญในการหมักปุ๋ยเพื่อเพิ่มออกซิเจนให้แก่จุลินทรีย์แต่เป็นงานที่หนัก ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบเครื่องกลับกองปุ๋ยหมักสำหรับการกลับกองปุ๋ยหมักแบบกองแถวยาว รูปแบบที่เหมาะสมของเครื่องกลับกองปุ๋ยหมักถูกเลือกด้วยกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ ผลการวิเคราะห์พบว่าเครื่องกลับกองปุ๋ยหมักแบบต่อพ่วงกับแขนพวงแบบ 3 จุด เหมาะสมสำหรับการใช้งานของเกษตรกร เมื่อกำหนดค่าความหนาแน่นของปุ๋ยหมักประมาณ 700 kg/m^3 และอัตราการขนถ่ายปุ๋ยหมักเท่ากับ 100 kg/h ดังนั้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของแกนหมุนกลับกองและเพลาชัปมีค่าเท่ากับ 500 mm และ 60 mm ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ความแข็งแรงของแกนหมุนกลับกองด้วยโปรแกรม Solidworks 2020 พบว่า แกนหมุนกลับกองมีความแข็งแรงที่เพียงพอต่อการใช้งานโดยมีค่าความปลอดภัยเท่ากับ 8

คำสำคัญ: ปุ๋ยหมัก, เครื่องกลับกองปุ๋ยหมัก, แกนหมุนกลับกอง

ABSTRACT

Compost helps in improving soil properties, increasing plant growth and health, and eliminating the need for chemical fertilizers. Compost turning is an important process to increase oxygen for microorganisms, but it is very hard work. Therefore, the objective of this study was to design a compost turner for windrow composting. Suitable type of the turner was chosen using the analytic hierarchy process. The results of analysis showed that 3-point hitch compost turner was suitable for farmer's use. When the bulk density and flow rate of compost were assumed to be 700 kg/m^3 and 100 kg/h , respectively, blade diameter and shaft diameter of turning drum were 500 mm and 60 mm , respectively. The results of strength analysis of the turning drum using Solidworks 2020 showed that the turning drum had adequate strength with the factor of safety of 8.

Keywords: compost, compost turner, turning drum



การประชุมวิชาการ โครงการวิศวกรรมเกษตรแห่งชาติ ครั้งที่ 29
16-17 กุมภาพันธ์ 2566 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
วิทยาเขตชุมชนพระนครอุตสาหกรรม จังหวัดชุมพร

การศึกษาและปรับปรุงเครื่องหยอดเมล็ดพันธุ์ลงถาดเพาะกล้าอัตโนมัติเพื่อการหยอดเมล็ดพันธุ์ ที่มีความหลากหลาย

Study and Improve the Automatic Plug Tray Seeder to Achieve Drilling of Variety Vegetable Seeds

ธนาพร ฤทธิวิจา¹, ภัทรธร ภูมิบัลลังก์¹, สุภัทรชัย พ่วงรอด¹ และ จรัสชัย เย็นพยัพ²

Thanaporn Ridhthivaja¹, Phattarathorn Phumballang¹, Suphattharachai Paungrod¹ and
Charatchai Yenphayab²

ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520

Department of Agricultural Engineering, School of Engineering,

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok 10520

โทร 098 830 2032 E-mail: charatchai.ye@kmitl.ac.th

บทคัดย่อ

เครื่องหยอดเมล็ดพันธุ์ฝักลงถาดเพาะกล้าอัตโนมัติถูกออกแบบมาให้ใช้หยอดเมล็ดพันธุ์ลงถาดเพาะแบบ 200 หลุม ทำการหยอดเมล็ดพร้อมกัน 200 หลุมในคราวเดียวโดยใช้เครื่องดูดฝุ่นสร้างลมดูดในกลไกการหยอดและควบคุมจังหวะการทำงานแบบอัตโนมัติด้วยระบบควบคุมแบบพีแอลซี โครงการนี้มีเป้าหมายเพื่อศึกษาความสามารถของเครื่องต้นแบบในการหยอดกับเมล็ดพันธุ์ที่มีลักษณะทางกายภาพที่ความแตกต่างกันได้แก่ คენห่า, ต้นหอม, ผักชีล้อม และหญ้าแอลฟาฟ้า โดยเมล็ดพันธุ์แต่ละชนิดมีลักษณะทางกายภาพที่แตกต่างกันได้แก่ รูปร่าง, น้ำหนัก, ขนาด, ความหนาแน่น, พื้นที่ผิวฉายและความเป็นทรงกลม ความแตกต่างดังกล่าวส่งผลต่อความแม่นยำในการทำงานของเครื่องต้นแบบอย่างไร โดยทำการเปรียบเทียบค่าความแม่นยำในการหยอด เมื่อกำหนดให้ใช้แรงดันลมในการดูดเมล็ดแต่ละชนิดคงที่และทดสอบโดยใช้หัวดูดสองแบบคือหัวดูดแบบเข็มขนาดใหญ่ และหัวดูดแบบเข็มขนาดกลาง ทำการหยอดเมล็ดอย่างต่อเนื่องจำนวน 5 ถาด เพื่อเก็บผลความแม่นยำโดยทำซ้ำ 3 ครั้งในแต่ละเมล็ด และจดบันทึกจำนวนเมล็ดในแต่ละหลุมเพาะกล้าและนำค่าที่ได้มาคำนวณหาความแม่นยำในการหยอด

คำสำคัญ: เครื่องหยอด, ความแม่นยำ, เมล็ดพันธุ์

ABSTRACT

The automatic plug tray seeder is a prototype model for sowing seeds into the 200 plugs tray at the same time. It applies the vacuum cleaner to provide the high volume suction air at the suction head and utilizes the PLC for automatic movement control. This study aims to validate the precision of the drilling mechanism when sowing different seed varieties such as Chinese kale, green onion, fennel, and alfalfa seed. The different seeds present a diversity of physical characteristics such as shape, weight, size, particle density, projected area, and sphericity. Then, how does the diversity of physical characteristics affect the precision of the seed drilling prototype? The experiments were done by comparing the accuracy when adjusting the suction air pressure constant and operating with two types of suction nozzles including a large needle suction nozzle, and a medium needle suction nozzle. The test was done by drilling the seeds continuously for 5 trays and done for 3 replications of each seed. Subsequently, recorded the number of seeds in each plug on the tray and calculated the precision index to estimate the accuracy of the sowing.

Keywords: Seed drill, Precision sowing, Seed



การออกแบบและสร้างเทรลเลอร์แบบถอดประกอบได้ของรถไถเดินตาม

Design and Fabrication of Knock-Down Trailer for Pedestrian Controlled Tractor

จิรพันธ์ ต้นแข็ง¹, ธนพงษ์ ทิวทอง¹, สลักจิตร์ กองเพชร¹ และ จิราพร ศรีภิญโญวิชย์ จงยิ่งเจริญ²

Geerapan Tankhaeng¹, Thanapong Thiewthong¹, Salakjit Kongphet¹ and Jiraporn S. Jongyingcharoen²

ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520

Department of Agricultural Engineering, School of Engineering,

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok 10520

โทร 02 329 8301 ต่อ 223 E-mail: jiraporn.jo@kmitl.ac.th

บทคัดย่อ

โครงการนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อออกแบบและสร้างเทรลเลอร์แบบถอดประกอบได้ของรถไถเดินตาม เนื่องจากบริษัทต้องการขยายการตลาดเพื่อส่งออกเทรลเลอร์สู่ต่างประเทศ โดยเป้าหมายของเทรลเลอร์แบบถอดประกอบได้ที่พัฒนาขึ้นจะต้องสามารถประกอบและถอดได้ง่ายโดยผู้ใช้ มีปริมาตรบรรจุเพื่อจำหน่ายน้อยที่สุด และสามารถบรรทุกน้ำหนักได้เทียบเท่ากับเทรลเลอร์ปกติ ในการออกแบบเทรลเลอร์แบบถอดประกอบได้โดยใช้โปรแกรม SolidWorks เพื่อทำการจำลองการรับแรงในอุปกรณ์โครงสร้างด้วยเกณฑ์ความแข็งแรงที่สามารถรับน้ำหนักได้มากกว่า 1 ตัน เมื่อทดสอบด้วยการให้น้ำหนักกดลงที่เหล็กเพลาดัน 1.2 ตัน ค่าความแข็งแรงครากไม่เกิน 2.5 MPa จากนั้นได้นำแบบมาสร้างเทรลเลอร์แบบถอดประกอบได้ และทำการทดสอบความแข็งแรงของชิ้นงานจริง ซึ่งเทรลเลอร์สามารถรองรับน้ำหนักได้ 1.2 ตัน และสามารถเคลื่อนที่ได้จากการทดสอบวิ่งระยะทาง 3 เมตร โดยไม่มีปัญหาการเบรค และการวิเคราะห์หาปริมาตรที่น้อยที่สุดสำหรับบรรจุกล่องพบว่าควรแบ่งบรรจุภัณฑ์เป็น 3 กล่อง บรรจุส่วนล้อ ส่วนเพลและคานหูลาก และส่วนโครงและชิ้นส่วนที่เหลือ

คำสำคัญ: เทรลเลอร์, รถไถเดินตาม, เทรลเลอร์แบบถอดประกอบได้

ABSTRACT

The purpose of this project is to design and fabricate a knock-down trailer for a pedestrian controlled tractor. Because the company wants to expand the market to export the trailers to foreign countries, the goal of the knock-down trailer includes: it shall be easily assembled and disassembled by the user; it has the least packaging volume for distribution; and it can carry weight equivalent to normal trailers. In designing a knock-down trailer using SolidWorks program to simulate the load in the structural equipment with the strength criteria of more than 1 ton load, when tested with a weight of 1.2 tons, the yield strength was not more than 2.5 MPa. Then the design was used to create a knock-down trailer. From the strength testing of the actual work piece, the trailer can support a weight of 1.2 tons and can be moved from a 3-meter test run without braking problem. It was found from the determination of the minimum volume for packaging that the packaging should be divided into 3 boxes containing the wheels, the axles and tow bars, and the rest of the frame and parts.

Keywords: Trailer, Pedestrian controlled tractor, Knock-down trailer



การประชุมวิชาการ โครงการวิศวกรรมเกษตรแห่งชาติ ครั้งที่ 29
16-17 กุมภาพันธ์ 2566 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

เครื่องแหลมปลายไม้ปักชำสำหรับค้ำกล้าไม้

Sharpening Machine for Seedling Crutches

สุรศักดิ์ สรวมศิริ¹ ฉัตรเทพ มิกขุนทด¹ และ นิพนธ์ ภูวเกียรติกำจร²

Surasak Sruamsiri¹ Chattep Mickhunthod¹ and Nipon Bhuwakietkumjohn²

ภาควิชาวิศวกรรมเกษตรเพื่ออุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีและการจัดการอุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ วิทยาเขตปราจีนบุรี จังหวัดปราจีนบุรี 25230

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

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

โทร 037 217 300 โทรสาร 037 217 317 E-mail: nipon.b@itm.kmutnb.ac.th

บทคัดย่อ

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบสร้างและทดสอบเครื่องแหลมปลายไม้ปักชำสำหรับค้ำกล้าไม้ เครื่องต้นแบบประกอบด้วย 3 ส่วนหลักคือ (1) ชุดโครงสร้างเครื่องและต้นกำลังโดยใช้มอเตอร์ขนาด 2 แรงม้า (2) ชุดใบมีดมุมเอียงทำมุม 45 องศา เส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้ว และ (3) ชุดเพลาส่งกำลังขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 นิ้ว ความยาว 120 เซนติเมตร ส่งกำลังจากมอเตอร์ผ่านเพลามูเลย์ ตัวอย่างไม้ที่ใช้ในการทดสอบยาว 100 เซนติเมตร ทดสอบแหลมปลายไม้ปักชำที่ความเร็วรอบ 3 ระดับ คือ 2,000 2,500 และ 2,800 รอบต่อนาที ผลการทดลองพบว่าที่ความเร็วรอบ 2,800 รอบต่อนาที เครื่องต้นแบบสามารถทำงานได้ดีที่สุด มีกำลังการผลิตสูงกว่าแรงงานคน 1.625 เท่า โดยสามารถแหลมปลายไม้ปักชำได้เฉลี่ย 780 ชิ้นต่อชั่วโมง เมื่อเปรียบเทียบกับแรงงานคนที่สามารถผลิตได้เฉลี่ย 480 ชิ้นต่อชั่วโมง เครื่องแหลมปลายไม้ปักชำสำหรับค้ำกล้าไม้ต้นแบบสามารถแหลมคมปลายไม้ได้ตามที่ผู้ประกอบการต้องการ ลดแรงงานคน ลดเวลาการทำงาน ลดปัญหาการบาดเจ็บและความเมื่อยล้าจากการทำงานได้

คำสำคัญ: กล้าไม้, เครื่องแหลมปลายไม้, ไม้ปักชำ

ABSTRACT

This project aims to design, build, and test a sharpening machine for seedling crutches. The prototype consisted of three main parts: (1) the structure and power unit using a two-horsepower motor; (2) a 4-inch-diameter blade set at a 45-degree angle; and (3) a 1-inch-diameter, 120-cm-long shaft that transmits power from the motor via a pulley. The bamboo used in the test was 100 cm long. The sharpening machine was tested at three speeds of 2,000, 2,500, and 2,800 rpm. The results showed that at the speed of 2,800 rpm, the sharpening machine could operate at the highest efficiency with a production capacity 1.625 times higher than human labor. The sharpening machine could sharpen an average of 780 pieces per hour, compared to human workers, who can produce an average of 480 pieces per hour. The sharpening machine can be sharpened as operators require, reducing labor costs and working time and reducing injuries and fatigue.

Keywords: Crutches, Seedling, Sharpening machine



การประชุมวิชาการ โครงการวิศวกรรมเกษตรแห่งชาติ ครั้งที่ 29
16-17 กุมภาพันธ์ 2566 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

การประมาณค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิงโดยใช้ข้อมูลสภาพอากาศร่วมกับอัลกอริทึมการเรียนรู้ของเครื่อง

Estimating Reference Crop Evapotranspiration using Climatic Data Combined with Machine Learning Algorithms

ยงยุทธ ชูสิน¹ ภาณุวัฒน์ วรณวุฒาศ¹ ภัทรภณ สหะที¹ รัฐพงษ์ สุวลักษณ์² และ กิตติศักดิ์ เพ็ชรพันธ์²

Yongyut Chusin¹ Panuwat Wannuwat¹ Phattharaphon Sahi¹ Rattapong Suwalak² and Kittisak Phetpan²

ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร 86160

Department of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang,

Prince of Chumphon Campus, Chumphon 86160

E-mail: kittisak.ph@kmitl.ac.th

บทคัดย่อ

การบริหารจัดการน้ำสำหรับสวนทุเรียนเป็นหนึ่งในปัจจัยที่สำคัญมากที่ส่งผลโดยตรงต่อทั้งปริมาณผลผลิตและคุณภาพของทุเรียน การจัดการน้ำอย่างมีประสิทธิภาพนั้นเกษตรกรต้องคำนึงถึงปริมาณความต้องการน้ำของต้นทุเรียน ซึ่งสามารถหาได้โดยการพิจารณาจากค่าปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงร่วมกับสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของต้นทุเรียน อย่างไรก็ตาม ความยากและซับซ้อนในการหาค่าปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงซึ่งขึ้นอยู่กับการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ ส่งผลให้เกษตรกรส่วนใหญ่ไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้ และเพื่อให้เกษตรกรสามารถเข้าถึงและใช้ประโยชน์จากข้อมูลเหล่านี้ จึงมีความจำเป็นต้องสร้างระบบการประเมินความต้องการใช้น้ำของต้นทุเรียนแบบอัตโนมัติและตามเวลาจริง ดังนั้นวัตถุประสงค์ของโครงการนี้คือการประยุกต์ใช้อัลกอริทึมการเรียนรู้ของเครื่องเพื่อประมวลผลข้อมูลสภาพอากาศสำหรับประมาณค่าปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงเทียบกับวิธีการมาตรฐานที่ถูกแนะนำโดยองค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO) หรือวิธี Penman Monteith ตัวแปรสภาพอากาศทั้งหมดรวม 7 ตัวแปร ประกอบด้วย อุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด ความชื้นสัมพัทธ์สูงสุด-ต่ำสุด ชั่วโมงแสงแดด ความเร็วลม และปริมาณน้ำฝน ถูกใช้เป็นตัวแปรต้น และใช้ค่าปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงที่คำนวณด้วยวิธี Penman Monteith เป็นตัวแปรตามสำหรับการสร้างแบบจำลองการเรียนรู้ของเครื่อง การศึกษานี้ยังได้ทำการเปรียบเทียบรูปแบบสมการเชิงเส้นและไม่เชิงเส้นเพื่อค้นหาอัลกอริทึมที่มีความเหมาะสมสำหรับการทำนายค่าปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง

คำสำคัญ: ปริมาณการใช้น้ำของพืช, ทุเรียน, การเรียนรู้ของเครื่อง, ปัญญาประดิษฐ์, ข้อมูลสภาพอากาศ

ABSTRACT

Effective water management is one of the important factors for durian orchard. It directly affects to productivity and quality of durian fruits. The best way for the effective management is to apply water according to the crop (durian tree) requirements, determined by multiplying reference crop evapotranspiration (ET_o) with crop coefficient of durian tree (K_c). However, with very difficult and complicated determination of the ET_o, varied according to the climatic changes, causes it difficult to access. Hence, a real-time and automatic evaluating system of crop water requirements (ET_c) is required. The objectives of this project are to apply machine learning algorithms to process climatic data for estimating the ET_o. The estimated ET_o values are compared with the corresponding values determined from the reference method (Penman Monteith approach) recommended by the Food and Agriculture Organization of the United Nations. Seven climatic variables, including minimum and maximum temperatures, minimum and maximum relative humidities, wind speed, sunshine hours, and rainfall, are used as the set of predictors, whereas the Penman Monteith-based ET_o is used as a target variable for machine learning model developments. In this study, the ET_o prediction performance of both linear and non-linear based machine learning algorithms are also compared to explore the optimum one.

Keywords: Crop evapotranspiration, Durian, Machine Learning, Artificial Intelligence, Climatic Data



การผลิตฟิล์มชีวภาพจากเปลือกทุเรียนร่วมกับสารสกัดของพืชตระกูลขิง

Biofilm Production from Durian Peel Combined with Extract of Zingiberaceae Family

สุกัญญา จันทกาญจน์¹, ญานิกา ศักดา¹, วราภรณ์ ฤทธิรงค์¹, ไชยรัตน์ เพชรศิริ², ชยพล พลนาการ²,
นพดล เกตุพิมล², ศิริวรรณ ศรีสังข์², และ นฤบดี ศรีสังข์^{2*}

Sukanya Jantakan¹, Yanika Sakda¹, Waraporn Ritthirong¹, Chairat Phetkeri², Chayaphon Polnakam²,
Nopadol Katpimol², Siriwan Srisang², and Naruebodee Srisang^{2*}

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร 86160
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang Prince of Chumphon Campus, Chumphon 86160

*Corresponding author: naruebodee.sr@kmitl.ac.th

บทคัดย่อ

ฟิล์มชีวภาพถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายในการเก็บรักษาและถนอมอาหารเนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่สามารถย่อยสลายได้ในธรรมชาติ งานวิจัยนี้จึงศึกษาการผลิตฟิล์มชีวภาพจากเปลือกทุเรียนผสมกับสารสกัดจากพืชตระกูลขิง (ขิง ข่า กระชาย และขมิ้นขาว) เปลือกทุเรียนถูกนำมาสกัดและสังเคราะห์เป็นผงคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (ผงซีเอ็มซี) ปริมาณผงซีเอ็มซีประมาณ 10 20 30 และ 40 g ถูกนำมาผสมกับสารสกัดในปริมาณ 100 200 และ 300 ml ส่วนผสมถูกนำมาเทในแม่พิมพ์และนำมาอบแห้งด้วย Hot air oven ที่อุณหภูมิ 55°C เป็นเวลา 24 hr แผ่นฟิล์มชีวภาพถูกนำมาทดสอบคุณภาพ ผลการศึกษาพบว่า การเพิ่มปริมาณสารสกัดส่งผลให้ค่าการต้านทานแรงดึงลดลงในขณะที่ค่าการยืดตัวเพิ่มขึ้นเนื่องจากภายในพืชตระกูลขิงมีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบค่อนข้างมาก ทำให้ออกซิเจนเข้าไปแทรกภายในโครงสร้าง อัตราการส่งผ่านไอน้ำมีค่าลดลงกับการเพิ่มปริมาณสารสกัดเมื่อใช้ปริมาณผงซีเอ็มซีมากกว่า 20 g การเพิ่มปริมาณผงซีเอ็มซีส่งผลให้ค่าการต้านทานแรงดึงและค่าอัตราการส่งผ่านไอน้ำเพิ่มขึ้นยกเว้นที่ปริมาณสารสกัด 300 ml ค่าการยืดตัวของแผ่นฟิล์มลดลงกับการเพิ่มปริมาณผงซีเอ็มซี แผ่นฟิล์มชีวภาพในทุกเงื่อนไขสามารถย่อยสลายได้ภายใน 1 ชั่วโมง

คำสำคัญ: เปลือกทุเรียน, สารสกัดจากพืชตระกูลขิง, ฟิล์มชีวภาพ, ผงซีเอ็มซี, คุณภาพแผ่นฟิล์มชีวภาพ

ABSTRACT

Biofilm is popularly used to storage and preserve food because it is product which can degradation in environment. This research studied biofilm production from durian peel mixed with the extract of Zingiberaceae family (ginger, galangal, galingale, and white turmeric). The durian peel was brought to extract and synthesize into carboxymethyl cellulose powder (CMC). The CMC amounts of 10, 20, 30, and 40 g were mixed with the extract quantities of 100, 200, and 300 ml. These mixtures were poured in mold and dried using hot air oven at 55°C for 24 hr. The biofilms were examined the qualities. Studied results found that the increased extract content caused the decrease of tensile strength while the elongation augmented due to the inside of Zingiberaceae family had the most component of oxygen and resulted in the oxygen penetration into structure. The water vapor transmission rate (WVTR) reduced with the enhanced extract content when the CMC amount used more than 20 g. The elevated CMC content caused the augmentation of tensile strength and WVTR, except at the extract content of 300 ml. The biofilm elongation diminished with the increased CMC content. Biofilm from every condition could degrade within 1 hr.

Keywords: Durian peel, Extract from Zingiberaceae family, Biofilm, CMC, Biofilm qualities



คณะกรรมการประชุมวิชาการโครงการวิศวกรรมเกษตรแห่งชาติ ครั้งที่ 29

ระหว่างวันที่ 16-17 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2566

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

คณะกรรมการฝ่ายอำนวยการ

1. รองศาสตราจารย์ ดร.คำรณวิทย์	ทิพย์มณี	ประธานกรรมการ
2. รองศาสตราจารย์ ดร.นฤปดี	ศรีสังข์	รองประธานกรรมการ
3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อาทิตย์	เพชรศศิธร	กรรมการ
4. อาจารย์จักรพงษ์	ศรีพนมยม	กรรมการ
5. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิริวรรณ	ศรีสังข์	กรรมการ
6. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพงศ์	รัตนเดช	กรรมการ
7. รองศาสตราจารย์ ดร.พรประพา	คงตระกูล	กรรมการ
8. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จงจิตร	จันทร์รา	กรรมการ
9. นางสาวกนกวรรณ	ร่วมยอด	กรรมการ
10. ดร.รัชนีวรรณ	แดงวิไลลักษณ์	กรรมการ
11. ผู้ช่วยศาสตราจารย์วัชรินทร์	รัตนพันธ์	กรรมการ
12. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ว่าที่ร้อยตรี ดร.กิตติศักดิ์	เพ็ชรพันธ์	กรรมการและเลขานุการ
13. นางสาวนัยนา	เหล็กแก้ว	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
14. นางสาวระวีวรรณ	อินทระโสโก	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

คณะกรรมการฝ่ายวิชาการและเกณฑ์รางวัล

1. รองศาสตราจารย์ ดร.ธัชพล	จึ้งเจริญ	ประธานกรรมการ
2. รองศาสตราจารย์ ดร.พรธนิภา	ย้วยล	รองประธานกรรมการ
3. รองศาสตราจารย์ ดร.ชัยวัฒน์	รัตนมีชัยสกุล	กรรมการ
4. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อัญจนา	จันทร์ปะทิว อาสุจา	กรรมการ
5. ผู้ช่วยศาสตราจารย์วรัรชชล	วัฒน์นะ	กรรมการ
6. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เพชรภรณ์	ชัชวาลชาญชนกิจ	กรรมการ
7. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เกษมสุข	เสพศิริสุข	กรรมการ
8. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นารถระพี	นาคะวัจนะ	กรรมการและเลขานุการ
9. นางสาวนัยนา	เหล็กแก้ว	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ



คณะกรรมการฝ่ายแข่งขันทักษะ

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ว่าที่ร้อยตรี ดร.กิตติศักดิ์	เพชรพันธ์	ประธานกรรมการ
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อดิเรก	สุริยะวงศ์	รองประธานกรรมการ
3. อาจารย์ ดร.วิสิทธิ์	เอกวาณิช	กรรมการ
4. ว่าที่ร้อยตรี ศิลา	ศิริมาสกุล	กรรมการ
5. นายนพดล	เกตุพิมพ์ล	กรรมการ
6. นายไชยรัตน์	เพชรศิริ	กรรมการ
7. นายสิทธิพร	ทองภูเบศร์	กรรมการ
8. นายปฏิพัฒน์	ศรีสงคราม	กรรมการ
9. อาจารย์ ดร.ศักรินทร์	ชินกุลพิทักษ์	กรรมการและเลขานุการ
10. นางสาวจิราพร	สอนสังเสน	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

คณะกรรมการฝ่ายจัดการประชุม

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพงศ์	รัตนเดช	ประธานกรรมการ
2. รองศาสตราจารย์ ดร.ปัญญา	แดงวิไลลักษณ์	รองประธานกรรมการ
3. รองศาสตราจารย์วชร	กาลาสี	กรรมการ
4. รองศาสตราจารย์ ดร.วินัย	กล้าจริง	กรรมการ
5. รองศาสตราจารย์ทวี	เทศเจริญ	กรรมการ
6. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภาสภณ	มโนสุกฤตกุล	กรรมการ
7. อาจารย์สักกะพันธ์	คล้ายดอกจันทร์	กรรมการ
8. รองศาสตราจารย์ ดร.ปยุณวีร์	จามจรีกุลกาญจน์	กรรมการ
9. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศรัณู	ดวงสุวรรณ	กรรมการ
10. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปยุณภัทร	ภูมิภาค	กรรมการ
11. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จงจิตร	จันตรา	กรรมการ
12. รองศาสตราจารย์ ดร.ร่วมจิตร	นกเขา	กรรมการ
13. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กนกพร	บุญญะอดิชาติ	กรรมการ
14. นางสาวระวีวรรณ	อินทระโสโก	กรรมการ
15. นางศรีสุดา	บรรยงคิด	กรรมการ
16. นางสาวสิริพร	อินทสิน	กรรมการ
17. รองศาสตราจารย์ ดร.พรประพา	คงตระกูล	กรรมการและเลขานุการ
18. นางสาวนาราร	สว่างวงศ์	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ



คณะกรรมการฝ่ายรางวัลและเกียรติบัตร

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิยะดา	ทวิชศรี	ประธานกรรมการ
2. อาจารย์ ดร.รัตติกร	สมบัติแก้ว	รองประธานกรรมการ
3. อาจารย์นภัสรพี	สิทธิวิจน์	กรรมการ
4. อาจารย์แสวลี	วิบูลย์กิจ	กรรมการ
5. นางสาวกนกวรรณ	ร่วมยอด	กรรมการ
6. นางสาวอรสา	ชุลละเอียด	กรรมการ
7. นางสาวกาญจนา	ม่วงทองคำ	กรรมการและเลขานุการ

คณะกรรมการฝ่ายเทคโนโลยีสารสนเทศและระบบอินเทอร์เน็ต

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รัฐพงษ์	สุวลักษณ์	ประธานกรรมการ
2. อาจารย์นภัสรพี	สิทธิวิจน์	รองประธานกรรมการ
3. นายอัคริช	จันทร์ทับ	กรรมการ
4. นายอุดมสิทธิ์	ตั้งตระกูลไพศาล	กรรมการและเลขานุการ

คณะกรรมการฝ่ายสิ่งพิมพ์ดิจิทัล

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชมพูนุช	กุลเกตุวงศ์	ประธานกรรมการ
2. อาจารย์อรรถศาสตร์	นาคเทวีญ	รองประธานกรรมการ
3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มนตรี	ไชยชาญยุทธ์	กรรมการ
4. นางสาวฮาบี๊ะ	สตอหลง	กรรมการ
5. นายสรารุช	สวัสดี	กรรมการ
6. นางสาวนารอร	สว่างวงศ์	กรรมการ
7. นางสาวอุมาวดี	รักชื้อ	กรรมการ
8. นางสาวศศิดาราร	เจริญศิริ	กรรมการ
9. นางสาวชญนาถ	ศรีสรนัย	กรรมการ
10. นางสาวศิริขวัญ	สุดวัตแก้ว	กรรมการ
11. นายอุดมสิทธิ์	ตั้งตระกูลไพศาล	กรรมการ
12. นางสาวนารี	พันธุ์จินดาวรรณ	กรรมการ
13. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดิษฐพร	ตุงโสธานนท์	กรรมการและเลขานุการ



คณะกรรมการฝ่ายประชาสัมพันธ์/โสตทัศนูปกรณ์

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศรรัตน์	ช่วยบุญ	ประธานกรรมการ
2. ดร.รัชนีวรรณ	แดงวิไลลักษณ์	รองประธานกรรมการ
3. รองศาสตราจารย์ ดร.ศิระ	สายศร	กรรมการ
4. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วารุณี	ลิ้มมัน	กรรมการ
5. นางสาวอุมาพร	รัตนพันธ์	กรรมการ
6. นายสรารุช	สวัสดี	กรรมการ
7. นายอุดมสิทธิ์	ตั้งตระกูลไพศาล	กรรมการ
8. นายอัคริช	จันทร์ทับ	กรรมการ
9. นางวรรณนิดา	นพเก้า	กรรมการ
10. นางสาวจิราภรณ์	ใจเอื้อ	กรรมการและเลขานุการ
11. นางสาวศศิคารา	เจริญศิริ	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

คณะกรรมการฝ่ายต้อนรับ/พิธีการ/ลงทะเบียน

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิริวรรณ	ศรีสังข์	ประธานกรรมการ
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มัลลิกา	สุบงกฏ	รองประธานกรรมการ
3. รองศาสตราจารย์ ดร.พรณิภา	ย้วยล	กรรมการ
4. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พัชราภรณ์	นาศเทวีญ	กรรมการ
5. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วัลย์พร	ทองประดับ	กรรมการ
6. นางณัฐกฤตา	สายธนู	กรรมการ
7. นางสาวจินตนา	อมรามร	กรรมการ
8. นางนภพร	แสนสุขกะโต	กรรมการ
9. นางสาวสุภาพร	ใสสะอาด	กรรมการ
10. นางอัญชลิ	แก้วรักษ์	กรรมการและเลขานุการ
11. นางพิมพ์ชนก	ตั้งตระกูลไพศาล	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ



คณะกรรมการฝ่ายสถานที่

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปราโมทย์	กุศล	ประธานกรรมการ
2. นายชยพล	พลนาการ	รองประธานกรรมการ
3. นายถาวรณ	สุบรรณรัตน์	กรรมการ
4. นางสาววิพร	จันทสิงห์	กรรมการ
5. นายบอย	ทรัพย์ปานา	กรรมการ
6. นายเอกชัย	เพ็ยมมาก	กรรมการ
7. นายเกรียงไกร	ชาวสมบูรณ์	กรรมการ
8. นายอนุชา	จันทเณร	กรรมการ
9. นายณัฐพงศ์	เทียมสุวรรณ	กรรมการ
10. นายสุนทร	ทองชะฎา	กรรมการ
11. นายสายันต์	ศักดิ์ปฐิฐา	กรรมการ
12. นายสายันต์	อสิอุโค	กรรมการ
13. นายसानนท์	จันทเณร	กรรมการ
14. นายชูศักดิ์	มั่งมี	กรรมการ
15. นางวรัญญา	ไชยชาญยุทธ์	กรรมการ
16. ดร.จิราพร	หาญกลับ	กรรมการและเลขานุการ
17. นางณัฐกฤตา	สายธนู	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

คณะกรรมการฝ่ายการเงินและพัสดุ

1. นางน้ำฝน	สุริยะธรรม	ประธานกรรมการ
2. นางสาวนิตินันท์	มั่งมี	รองประธานกรรมการ
3. นางพรรณทิพา	กำลังใบ	กรรมการ
4. นางจิระนัย	กาลพัฒน์	กรรมการ
5. นางธิดาพร	จิตรภิมมย์	กรรมการ
6. นางสาวจวีร์รัตน์	ขอบสอน	กรรมการ
7. นางเจนจิรา	หนุงษ์	กรรมการ
8. นางพิมพ์ชนก	ตั้งตระกูลไพศาล	กรรมการและเลขานุการ



คณะกรรมการตัดสินภาคบรรยาย

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นารถระพี	นาคะวัจนะ	ประธานกรรมการ
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วันรัฐ	อับดุลลาగాซิม	กรรมการ
3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.คนูวัศ	ทางดี	กรรมการ
4. อาจารย์ ดร.คุณนิตี	ดวงผึ้ง	กรรมการ
5. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ระวิน	สีบคำ	กรรมการ
6. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จาริณี	จงปลื้มปิติ	กรรมการ
7. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รวภิทร	ลาภเจริญสุข	กรรมการ
8. รองศาสตราจารย์ ดร.สุนทร	สีบคำ	กรรมการ
9. รองศาสตราจารย์ ดร.เจษฎา	โพธิ์สม	กรรมการ
10. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ อนุวัตร	ศรีนวล	กรรมการ
11. อาจารย์ ดร.วิพุธ	ตวยานนท์	กรรมการ
12. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เทวรัตน์	ตรีอำนาจ	กรรมการ

คณะกรรมการตัดสินภาคนิทรรศน์

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์วรัชชล	วัฒนะ	ประธานกรรมการ
2. อาจารย์ ดร.วัชรชาญ	สุขเจริญวิภารัตน์	กรรมการ
3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิตติมณฑน์	วงศ์ษา	กรรมการ
4. อาจารย์กิตติคุณ	ปิตุพรหมพันธุ์	กรรมการ
5. อาจารย์ ดร.ชนิตา	บุพตา	กรรมการ
6. อาจารย์ ดร.ชนิษฐา	ชัยบรรดิษฐ์	กรรมการ
7. ศาสตราจารย์ ดร.ปานมนัส	ศิริสมบูรณ์	กรรมการ
8. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.โชติพงศ์	กาญจนประโชติ	กรรมการ
9. อาจารย์ ดร.อาทิตย์	ภูผาผุด	กรรมการ
10. อาจารย์ ดร.พฤทธิ	เนตรสว่าง	กรรมการ
11. อาจารย์ธีระพงษ์	ควรรักษา	กรรมการ
12. อาจารย์พรพิมล	มูลแก้ว	กรรมการ



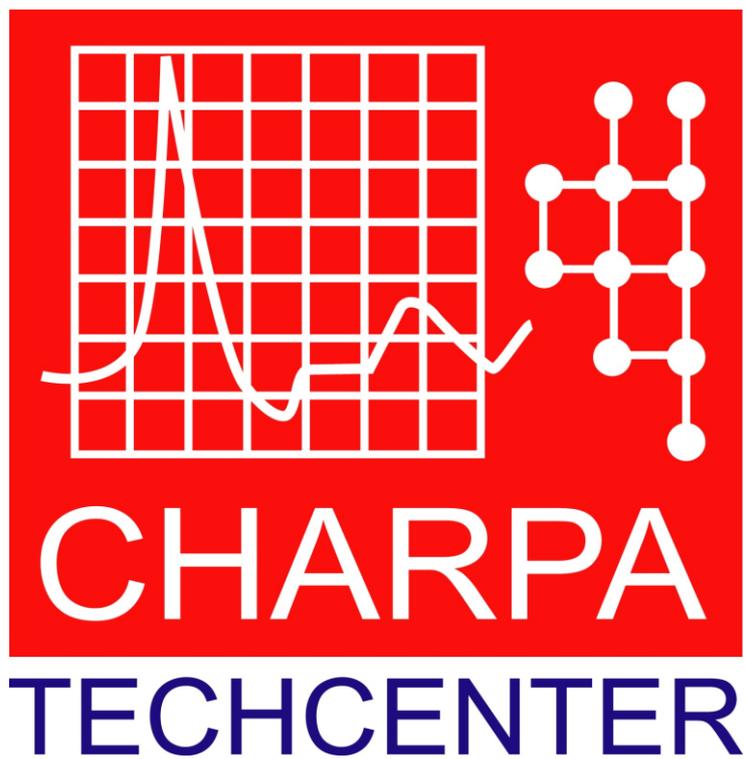
คณะกรรมการตัดสินการแข่งขันทักษะ

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ว่าที่ ร.ต. ดร.กิตติศักดิ์	เพชรพันธ์	ประธานกรรมการ
2. อาจารย์ ดร.ชัยยะ	จันทรา	กรรมการ
3. อาจารย์ ดร.นฤมล	สัมฤทธิ์	กรรมการ
4. อาจารย์ ว่าที่ ร.ต. ดร.เอกราช	ไชยเพ็ญ	กรรมการ
5. อาจารย์ภัทราพร	สัญชาติเจตน์	กรรมการ
6. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พลเทพ	เวงสูงเนิน	กรรมการ
7. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รวภิทร	ลาภเจริญสุข	กรรมการ
8. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.โชติพงศ์	กาญจนประโชติ	กรรมการ
9. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมบูรณ์	สุขพรรณเจริญ	กรรมการ
10. อาจารย์อัจฉรา	จันทร์ผง	กรรมการ
11. อาจารย์ ว่าที่ ร.ต.จุลพงศ์	พฤษะศรี	กรรมการ
12. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศธา	วาทกิจ	กรรมการ



การประชุมวิชาการ โครงการวิศวกรรมเกษตรแห่งชาติ ครั้งที่ 29
16-17 กุมภาพันธ์ 2566 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

ผู้สนับสนุนการประชุมโครงการวิศวกรรมเกษตรแห่งชาติ ครั้งที่ 29



บริษัท จาร์พา เทคโนโลยี จำกัด

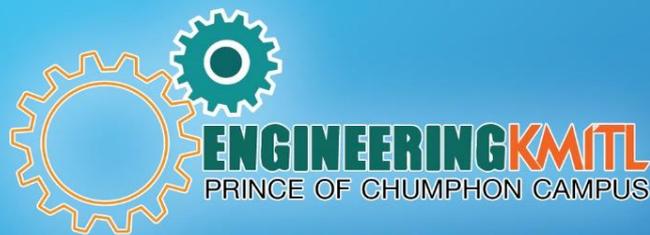


การประชุมวิชาการ โครงการวิศวกรรมเกษตรแห่งชาติ ครั้งที่ 29
16-17 กุมภาพันธ์ 2566 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

ผู้สนับสนุนการประชุมโครงการวิศวกรรมเกษตรแห่งชาติ ครั้งที่ 29



บริษัท เจริญโภคภัณฑ์อาหาร จำกัด (มหาชน)
(ศูนย์ปรับปรุงพันธุกรรมกุ้งปะทิว)



ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร
17/1 หมู่ 6 ตำบลชุมโค อำเภอปะทิว จังหวัดชุมพร 86160
โทรศัพท์ : 0-7750-6410
Facebook : KMITL Prince of Chumphon
Website : www.pcc.kmitl.ac.th