



วารสารโครงการวิทยาการคอมพิวเตอร์ และเทคโนโลยีสารสนเทศ

Journal of Project in Computer Science and Information Technology

ปีที่ 4 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม - ธันวาคม 2561 : ISSN **2586-9957**

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม



ศูนย์ดัชนีการอ้างอิงวารสารไทย

Thai-Journal Citation Index Centre

สนับสนุนโดย



และ



[หน้าแรก](#) [เกี่ยวกับ TCI](#) » [ฐานข้อมูล TCI](#) » [ค่า TJIF](#) [การประชุม/อบรม](#) » [งานวิจัยของ TCI](#) » [เกณฑ์คุณภาพวารสาร](#) » [กระดานสนทนา](#) [FAQ](#)

ผลการประเมินคุณภาพวารสารที่อยู่ในฐานข้อมูล TCI

โปรดระบุหมายเลข ISSN หรือชื่อของวารสารที่ต้องการทราบผลประเมิน :

ลำดับ	ชื่อวารสาร	ISSN	เจ้าของ	จัดอยู่ในวารสาร กลุ่มที่	สาขา
1	วารสารโครงการวิทยาการคอมพิวเตอร์และ เทคโนโลยีสารสนเทศ	2586-9957	คณะเทคโนโลยี สารสนเทศ มหาวิทยาลัย ราชภัฏ มหาสารคาม	2	วิทยาศาสตร์และ เทคโนโลยี

[Back to top](#)

Copyright 2005. Thai-Journal Citation Index (TCI) Centre. All rights reserved.

Contact: tci.thai@gmail.com

วารสารวิชาการ โครงการวิทยาการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ

Journal of Project in Computer Science and Information Technology

ปีที่ 4 ฉบับที่ 2 เดือน กรกฎาคม – ธันวาคม 2561

เจ้าของ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รัช อารีราษฎร์

คณบดีคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ

บรรณาธิการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วโรปภา อารีราษฎร์

ผู้ช่วยบรรณาธิการ ดร.อภิชาติ เหล็กดี อาจารย์ธเนศ ยืนสุข อาจารย์วรรณพร สารภักดี

กองบรรณาธิการบริหาร

ศาสตราจารย์ พล.ต.ดร.เกียรติพงษ์ มีเพียร

มหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

ศาสตราจารย์ ดร.มนต์ชัย เทียนทอง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

รองศาสตราจารย์ ดร.สมเจตน์ ภูศรี

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

รองศาสตราจารย์ ดร.สุบรรณ เอี่ยมวิจารณ์

มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ละอองทิพย์ มัทธูรศ

ข้าราชการบำนาญ

บรรณาธิการกลั่นกรองบทความ (ภายใน)

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไชยันต์ สกุลไทย

สาขาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ

ดร.รัชชัย สหพงษ์

สาขาคอมพิวเตอร์ศึกษา

ดร.วีระพน ภาณุรักษ์

สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ

ดร.สุนันทา กลิ่นถาวร

สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์

ดร.อภิชาติ เหล็กดี

สาขาการจัดการเทคโนโลยี

ดร.วณิชา สาคร

สาขาคอมพิวเตอร์ศึกษา

บรรณาธิการกลั่นกรองบทความ (ภายนอก)

ศาสตราจารย์ ดร.มนต์ชัย เทียนทอง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

รองศาสตราจารย์ ดร.สุบรรณ เอี่ยมวิจารณ์

สาขาเศรษฐศาสตร์ธุรกิจ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ละอองทิพย์ มัทธูรศ

สาขาการจัดการเทคโนโลยีข้าราชการบำนาญ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มณเฑียร รัตนศิริวงศ์วุฒิ

สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศักดิ์ชาย ตั้งวรรณวิทย์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิริลักษณ์ งามบุญ

สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิรัฐา ภูบุญ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อัญญาปาร์ย์ ศิลปนิลมาลัย

สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ดร.สมคิด สุทธิธารวัช

สาขาคอมพิวเตอร์ศึกษา มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร

ดร.พีรศุขย์ บุญมาธรรม

ดร.สุขแสง คุณนก

ดร.ลาวัณย์ ดุลชาติ

ดร.วิญญู อุตระ

ดร.เทอดชัย บัวผาย

ดร.ฐิติมา ผ่องแผ้ว

ดร.มงคล แสงอรุณ

ดร.วีรศักดิ์ พองเงิน

สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

สาขาคอมพิวเตอร์ศึกษา ภาคเอกชน

สาขาคอมพิวเตอร์ศึกษา มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

สาขาคอมพิวเตอร์ศึกษา สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา
เขต 24

สาขาคอมพิวเตอร์ศึกษา สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา
ประถมศึกษาขอนแก่น เขต 2

สาขาคอมพิวเตอร์ศึกษา โรงเรียนศึกษาสงเคราะห์วัชรบุรี

สาขาคอมพิวเตอร์ศึกษา วิทยาลัยอาชีวศึกษามหาสารคาม

สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง

พิธีจันอักษร

ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุวรรณ อภัยวงศ์

ข้าราชการบำนาญ

ฝ่ายประสานงานและเผยแพร่

นายจักรี ทำมาน มือถือ 083-677-8589

นายธนกฤต วิชัยวงศ์ มือถือ 081-954-6655

นางสาวศรีวิไล นีราราช มือถือ 080-755-1423

นายพลวัฒน์ อัฐนาค มือถือ 083-146-7222

นายนิรุทธ์ บุญคง มือถือ 080-010-4019

ติดต่อประสานส่งบทความตีพิมพ์หรือขอรับวารสาร

กองบรรณาธิการ วารสารวิชาการ “โครงการวิทยาการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ”

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

ที่อยู่: เลขที่ 80 ถนนนครสวรรค์ ตำบลตลาด อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

โทรศัพท์/โทรสาร : 043-020-227 มือถือ 092-675-5694

อีเมล : itcenter@rmu.ac.th, project.journalr@gmail.com, nirarach.s@gmail.com

URL: <http://it.rmu.ac.th/project-journal/>

สถานที่พิมพ์ โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

ที่อยู่ : มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม เลขที่ 80 ถนนนครสวรรค์ ตำบลตลาด อำเภอเมือง
จังหวัดมหาสารคาม รหัสไปรษณีย์ 44000

โทรศัพท์: 0-4372-2118 ต่อ 141 โทรสาร: 0-4372-5433

กำหนดเผยแพร่

ปีละ 2 ฉบับ (ฉบับที่ 1 มกราคม-มิถุนายน , ฉบับที่ 2 กรกฎาคม-ธันวาคม)

วัตถุประสงค์ของวารสาร

1. เพื่อนำเสนอบทความทางวิชาการ บทความวิจัยและโครงการวิจัยที่มีคุณภาพ ที่แสดงถึงประโยชน์ทั้งเชิงทฤษฎี (Theoretical Contributions) ที่นักวิจัยหรือผู้ที่สนใจสามารถนำไปพัฒนาต่อยอดหรือสร้างองค์ความรู้ใหม่ และประโยชน์ในเชิงปฏิบัติการ (Managerial Contributions) นักวิจัยหรือผู้สนใจนำไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์หรือต่อยอดการวิจัยที่ครอบคลุมเนื้อหาที่เป็นสหวิทยาการทางด้านวิทยาการคอมพิวเตอร์ วิศวกรรมศาสตร์ เทคโนโลยีสารสนเทศ เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์และการสื่อสารเทคโนโลยีมีเดียและคอมพิวเตอร์ศึกษา การจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศ คอมพิวเตอร์ธุรกิจ ตลอดจนสาขาวิชาอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องด้านคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ
2. เพื่อให้บริการวิชาการแก่สังคมในการเป็นศูนย์กลางเผยแพร่ แลกเปลี่ยนความคิดเห็น ประสบการณ์ การทำวิจัย และการพัฒนาผลงานวิชาการของนักวิจัย นักวิชาการ คณาจารย์ ผู้บริหาร นักศึกษา นักธุรกิจ และประชาชนผู้สนใจในด้านวิทยาการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ

นโยบายพิจารณาการรับบทความ

1. บทความวิจัยจะต้องอยู่ภายใต้เงื่อนไขที่ว่าไม่เคยตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสาร เอกสารการประชุม หรือสิ่งพิมพ์ใดมาก่อน (ยกเว้นรายงานการวิจัยและวิทยานิพนธ์/สารนิพนธ์) และไม่อยู่ในระหว่างการพิจารณาตีพิมพ์ในวารสารอื่น
2. บทความที่รับพิจารณาตีพิมพ์ต้องผ่านการกลั่นกรองจากผู้ทรงคุณวุฒิในสาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง (Peer Review) อย่างน้อย 2 คน และได้รับความเห็นชอบจากกองบรรณาธิการ
3. ผู้เขียนต้องปฏิบัติตามเงื่อนไขที่กองบรรณาธิการวารสารกำหนด และยินยอมให้บรรณาธิการแก้ไขบทความเพื่อความสมบูรณ์ได้ในขั้นตอนสุดท้ายก่อนเผยแพร่

กระบวนการพิจารณาการรับบทความ

บทความที่จะได้รับการพิจารณาตีพิมพ์จะต้องผ่านกระบวนการพิจารณาจากกองบรรณาธิการและผู้ทรงคุณวุฒิในสาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง (Peer Review) ดังนี้

1. กองบรรณาธิการจะแจ้งให้ผู้เขียนทราบ เมื่อกองบรรณาธิการได้รับบทความเรียบร้อยแล้ว
2. กองบรรณาธิการจะตรวจสอบบทความว่าอยู่ในขอบเขตเนื้อหาวารสารหรือไม่ รวมถึงคุณภาพทางวิชาการและประโยชน์ ทั้งในเชิงทฤษฎีและปฏิบัติ โดยใช้เวลาพิจารณาประมาณ 15 วัน
3. ในกรณีที่กองบรรณาธิการพิจารณาเห็นควรรับบทความไว้พิจารณาตีพิมพ์ กองบรรณาธิการจะดำเนินการส่งบทความเพื่อกลั่นกรองต่อไป โดยจะส่งให้ผู้ทรงคุณวุฒิในสาขาวิชาที่เกี่ยวข้องอย่างน้อย 2 คน ประเมินคุณภาพของบทความว่าอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมจะลงตีพิมพ์หรือไม่ ซึ่งกระบวนการกลั่นกรองนี้ทั้งผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เขียนจะไม่ทราบข้อมูลซึ่งกันและกัน (Double-blind peer review) โดยใช้เวลาพิจารณาประมาณ 45 วัน
4. เมื่อผู้ทรงคุณวุฒิประเมินบทความแล้ว กองบรรณาธิการจะตัดสินใจโดยอิงตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิบทความนั้นๆ ควรนำลงตีพิมพ์ หรือควรส่งให้ผู้เขียนแก้ไขก่อนส่งให้ผู้ทรงคุณวุฒิประเมินอีกครั้ง หรือปฏิเสธการตีพิมพ์ และจะแจ้งผลการพิจารณาของผู้ทรงคุณวุฒิให้ผู้เขียนรับทราบ ภายในระยะเวลา 15 วัน นับตั้งแต่วันที่ได้รับการพิจารณา โดยผลการพิจารณาของผู้ทรงคุณวุฒิดังกล่าวถือเป็นที่สุด

บทบรรณาธิการ

วารสารวิชาการ “โครงการวิทยาการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ” (Journal of Project in Computer Science and Information Technology) เป็นวารสารที่ตีพิมพ์เผยแพร่บทความวิจัย บทความวิชาการและโครงการวิจัย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอบทความทางวิชาการ บทความวิจัยและโครงการวิจัยที่มีคุณภาพ แสดงถึงประโยชน์ทั้งเชิงทฤษฎี (Theoretical Contributions) ที่นักวิจัยหรือผู้ที่สนใจสามารถนำไปพัฒนาต่อยอดหรือสร้างองค์ความรู้ใหม่ และประโยชน์ในเชิงปฏิบัติการ (Managerial Contributions) นักวิจัยหรือผู้สนใจนำไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์หรือต่อยอดการวิจัยที่ครอบคลุมเนื้อหาทางด้านวิทยาการคอมพิวเตอร์ วิศวกรรมศาสตร์ เทคโนโลยีสารสนเทศ เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์และการสื่อสาร เทคโนโลยีมัลติมีเดียและคอมพิวเตอร์ศึกษา การจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศ คอมพิวเตอร์ธุรกิจ ตลอดจนสาขาวิชาอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องและสัมพันธ์ และเพื่อให้บริการวิชาการแก่สังคมในการเป็นศูนย์กลางเผยแพร่ แลกเปลี่ยนความคิดเห็น ประสบการณ์ การทำวิจัย และการพัฒนาผลงานวิชาการของนักวิจัย นักวิชาการ คณาจารย์ ผู้บริหาร นักศึกษา นักธุรกิจ และประชาชนผู้สนใจด้านวิทยาการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ

วารสารวิชาการ “โครงการวิทยาการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ” ปีที่ 4 ฉบับที่ 2 กำหนดเผยแพร่เดือนกรกฎาคม ถึง เดือนธันวาคม 2561 มีบทความรวมจำนวน 12 เรื่อง ผลงานที่ได้รับการพิจารณาตีพิมพ์ในวารสาร ได้ผ่านการพิจารณากลั่นกรองจากผู้ทรงคุณวุฒิในสาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง (Peer Review) อย่างน้อย 2 คน และได้รับความเห็นชอบจากกองบรรณาธิการ โดยเจ้าของบทความยินยอมให้บรรณาธิการแก้ไขบทความเพื่อความสมบูรณ์ในขั้นตอนสุดท้ายก่อนเผยแพร่

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธรัช อารีราษฎร์ คณบดีคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ที่สนับสนุนและส่งเสริมการจัดทำวารสารวิชาการ “โครงการวิทยาการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ” ของคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ และให้เกียรติเป็นที่ปรึกษาในการจัดทำวารสารในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ กองบรรณาธิการบริหาร บรรณาธิการกลั่นกรองบทความภายในและภายนอก และผู้ทรงคุณวุฒิในสาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง ที่ให้เกียรติร่วมพิจารณากลั่นกรองบทความในครั้งนี้

ขอขอบคุณผู้วิจัย เจ้าของวารสาร เอกสาร บทความวิจัย ทั้งที่กล่าวถึงและไม่ได้กล่าวถึง รวมทั้งหน่วยงานและองค์กรที่สนับสนุนการจัดทำวารสารวิชาการ “โครงการวิทยาการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ” สำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ มา ณ โอกาสนี้

บรรณาธิการ

สารบัญ

การพัฒนาฉลากผลิตภัณฑ์อัจฉริยะเพื่อส่งเสริมการเพิ่มรายได้ โดยใช้เทคโนโลยีเสมือนจริง 1	1
Development Smart Label to Boost Revenue Using Augmented Reality Technology//ปิยศักดิ์ ถีอาสนา	
การพัฒนาสื่อมัลติมีเดียเพื่อท้องถิ่นโดยการมีส่วนร่วมของชุมชน 7	7
The Development of Multimedia for Local Community by Participation//อภิธา รุณวาทย์	
การพัฒนาระบบสารสนเทศที่ส่งเสริมการยอมรับเทคโนโลยีตามแบบจำลอง TAM เพื่อการวิจัยและบริการวิชาการ ... 17	17
คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม	
The Development Information Systems to Encourage Technology Acceptance by TAM Model for Research and Academic Services Faculty of Information Technology at Rajabhat MahaSarakhm University// จักรี ทำมาน, และมานิตย์ อาษานอก	
การพัฒนาระบบสตาร์ตรถจักรยานยนต์ผ่านแอปพลิเคชันบนมือถือ..... 27	27
Mobile Application Development for Starting Motorcycle Engine// มงคล รอดจันทร์, อวยชัย อินทรสมบัติ, และธานีล ม่วงพูล	
เกมมิฟิเคชันเพื่อการเรียนรู้..... 34	34
Gamification for Learning // เบญจกัค จงหมื่นไวย, กริช กองศรีมา, แสงเพชร พระฉาย, สายสุนีย์ จัปโจร, และอริญ ชุยกะเตื่อง	
การทดสอบระบบควบคุมเครื่องลูกข่ายด้วยซอฟต์แวร์บริหารจัดการเซิร์ฟเวอร์ดีสก์เลสส์..... 44	44
The Testing of Client Controlled System by Diskless Server Management Software//	
ปิติพล พลพูนและ ธานีล ม่วงพูล	
การพัฒนาระบบบริหารจัดการงานเทียบโอนรายวิชาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานในสาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ..... 51	51
คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม	
A Developing the Credit Transfer System in Business Computer Program, Faculty of Management Science, Rajabhat Maha Sarakhm University // ปริญญญา ทองคำ	
แนวทางการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้เทคนิคการใช้ใบงาน (Job Sheet)..... 60	60
รายวิชาโครงสร้างข้อมูลและอัลกอริทึม	
The Development of Learning Achievement on the Data Structures and Algorithms using Techniques of using Job Sheet Method// อรวรรณ แท่งทอง	
ระบบควบคุมตู้อบแห้งด้วยเจลกักเก็บความร้อนแบบอัตโนมัติ..... 66	66
Automatic Control System for Heat Retention Gel Dryers// บุญธง วสุรีย์, จุฑาสิณี พรพุทธศรี, และธานีล ม่วงพูล	
การพัฒนาระบบฐานข้อมูลควบคุมมาตรฐานเกษตรปลอดภัยผักเบอร์ 8 จังหวัดฉะเชิงเทรา 74	74
Safety Agri-food No.8 Standard Control Database System Development in Chachoengsao Province//	
สิทธิศักดิ์ อรรถนันทน์, เพ็ญศรี ปักกะสีนัง, และดาเรศ วีระพันธ์	

การพัฒนารูปแบบการบริหารจัดการห้องปฏิบัติการอินเทอร์เน็ตออฟธิงส์ด้วยเทคโนโลยีสมองกลฝังตัว.....	83
The Development of the Internet of Things Laboratory Management Model with Embedded Technology	
// ณัฐพงศ์ พลสยม, ธรัช อารีราษฎร์, และธวัชชัย สหพงษ์	
การพัฒนาแบบฝึกทักษะคณิตศาสตร์ เรื่อง อัตราส่วนและร้อยละสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2.....	93
Development of Mathematics Textbooks on Ratio and Percentage for Mattayomseuksa 2 Students	
//ชฎาพร ภูกองชัย	

ระบบควบคุมตู้อบแห้งด้วยเจลกักเก็บความร้อนแบบอัตโนมัติ Automatic Control System for Heat Retention Gel Dryers

บุญธง วสุริย์¹, จุฑาสิณี พรพุทธรศรี², และธานีล ม่วงพูล³

Boonthong Wasuri¹, Jutasinee Pornputthasri² and Thanin Muangpool³

สาขาวิชาอุตสาหกรรมศิลป์^{1,2} สาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์³ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

Major of Industrial Arts^{1,2} Major of Computer Technology³ Faculty of Science and Technology

at Nakhon Pathom Rajabhat University

E-mail: Jutasinee@npru.ac.th, signal@npru.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนา ออกแบบ และสร้างระบบควบคุมการอบแห้งด้วยตู้อบแห้งด้วยเจลกักเก็บความร้อนแบบอัตโนมัติ และหาประสิทธิภาพของระบบ องค์ประกอบของระบบควบคุมประกอบด้วย ตู้อบแห้งแนวตั้ง ตัวตรวจวัดอุณหภูมิ เจลกักเก็บความร้อน และตู้ควบคุม ระบบสามารถทำการอบเก็บพลังงานความร้อนและควบคุมการทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ ผลการทดสอบประสิทธิภาพ พบว่า ระดับความร้อนภายในตู้อบ เมื่อเวลาแสงอาทิตย์ ระดับอุณหภูมิเฉลี่ย 38.38 องศาเซลเซียส และระยะเวลาอุณหภูมิของเจลใน 5 ชั่วโมง เมื่อไม่มีแสงอาทิตย์ ระดับอุณหภูมิ 34.40 - 37.40 องศาเซลเซียส การทดสอบคุณภาพทางกายภาพของพริกชี้ฟ้าที่อบแห้งด้วยตู้อบแห้งที่พัฒนาขึ้น พบว่า มีความชื้นมาตรฐานแห้งที่ร้อยละ 43.53 และพริกชี้ฟ้าที่อบแห้งด้วยอบแห้งแบบตากแดดธรรมดา มีความชื้นมาตรฐานแห้งที่ร้อยละ 22.07 ซึ่งเห็นได้ว่าการอบแห้งของพริกชี้ฟ้าที่อบแห้งด้วยตู้อบแห้งที่พัฒนาขึ้นดีกว่าพริกชี้ฟ้าที่อบแห้งด้วยอบแห้งแบบตากแดดธรรมดา

คำสำคัญ: ระบบควบคุม, การอบแห้ง, เจลกักเก็บความร้อน

ABSTRACT

This research aims to develop, a design and create a control system for solar and gel dryers The research materials are including a vertical dryer, a solar panel, a thermometer, heat retention gel and semi- automatic control cabinet that can use heat energy. The performance test shows the average heat level of the dryer using solar energy is at 38.38 ° C. When the sun set, the dryer can be operated for 5 hours at 34.40 ° C to 37.40 ° C using heat retention gel in this paper we conduct an experiment on go to peppers. Using our system, the dry basis moisture content of dried go at peppers is 45.33 % by 3 days. Meanwhile, the goat peppers dried by normal sun drying have dry basis moisture content of 22.07 % by 7 days. Accordingly, our system achieves a better drying performance comparing to dry basis moisture content standard of the conventional drying method.

Keyword: Control System, Drying, Gel Retention

บทนำ

การอบแห้งเป็นเทคโนโลยีที่มีบทบาทสำคัญในการแปรรูปผลผลิตเกษตรเพื่อที่ยืดอายุการเก็บรักษาผลผลิตให้ยาวนานขึ้น ซึ่งจะช่วยรองรับปัญหาผลผลิตเกษตรล้นตลาดได้อีกทางหนึ่ง เทคโนโลยีการอบแห้งเป็นกระบวนการให้ความร้อนภายใต้สภาวะควบคุมกับผลผลิตเกษตรที่มีความชื้นสูง เพื่อลดปริมาณน้ำหรือความชื้นด้วยวิธีระเหยน้ำออกไป คุณภาพของผลิตภัณฑ์อบแห้งจะขึ้นอยู่กับกลไกการถ่ายเทความร้อนและการถ่ายเทมวลสารในระหว่างกระบวนการอบแห้ง การวิจัยและพัฒนาเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของกระบวนการอบแห้งจึงเป็นกุญแจสำคัญในการปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์อบแห้ง ที่ยังคงกลิ่น รสและคุณค่าทางโภชนาการไว้ใกล้เคียงกับผลผลิตสด [1], [2] อย่างไรก็ตามการออกแบบระบบการอบแห้งให้เหมาะสมกับเงื่อนไขที่ต้องการจำเป็นต้องคำนึงถึงปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง ทั้งในด้านวิธีการอบแห้ง แหล่งพลังงานที่ใช้ และผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์อบแห้ง

การตากให้แห้งด้วยความร้อนจากดวงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว บางครั้งต้องใช้เวลาประมาณ 1-3 วัน ขึ้นกับสภาวะอากาศและฤดูกาล นอกจากนี้ยังไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ หากใช้ความร้อนจากพลังงานไฟฟ้ามาทดแทนพลังงานจากแสงอาทิตย์ก็จะทำให้เพิ่มต้นทุนการผลิต อย่างไรก็ตามหากมีการพัฒนาวัสดุที่เก็บความร้อนเข้าช่วยการสะสมความร้อนภายในการอบแห้งให้นานขึ้น และมีการพัฒนาระบบควบคุมตู้อบแห้ง เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพให้กับการอบแห้งเพิ่มมากขึ้น ในการช่วยอำนวยความสะดวก และลดเวลาในการอบแห้งให้สอดคล้องกับสภาพอากาศในแต่ละวัน โดยอาศัยวงจรอิเล็กทรอนิกส์เข้ามาช่วยในการควบคุมการทำงาน [3]

ดังนั้นจากความสำคัญข้างต้นการอบแห้งจะช่วยรักษาให้มีคุณภาพดี เก็บได้นาน และช่วยเพิ่มมูลค่าทางเศรษฐกิจของผลผลิตทางการเกษตรได้ จึงนำเสนอระบบควบคุมอัตโนมัติสำหรับตู้อบแห้งแบบใช้พลังงานแสงอาทิตย์และเจลกักเก็บความร้อน โดยนำไมโครคอนโทรลเลอร์เข้ามาทำหน้าที่รับค่าจากเซนเซอร์วัดอุณหภูมิมาประมวลผล เพื่อช่วยควบคุมอุณหภูมิภายในตู้อบ และสามารถกักเก็บพลังงานแสงอาทิตย์ไว้ใช้ได้ในช่วงเวลาในการอบเมื่อไม่มีแสงอาทิตย์ พัฒนาอุปกรณ์สะสมความร้อน โครงสร้างตู้อบให้มีประสิทธิภาพเพิ่มสูงขึ้น และได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดียิ่งขึ้น

1. วัตถุประสงค์การวิจัย

- 1.1 เพื่อพัฒนาระบบควบคุมตู้อบแห้งสำหรับเจลกักเก็บความร้อนแบบอัตโนมัติ
- 1.2 เพื่อหาประสิทธิภาพของระบบควบคุมตู้อบแห้งสำหรับเจลกักเก็บความร้อนแบบอัตโนมัติ

2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 เอกสารทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 การอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์แบ่งได้ 3 ระบบ ดังต่อไปนี้ [4]

1) ระบบ Passive คือ ระบบที่เครื่องอบแห้งทำงานโดยอาศัยพลังงานแสงอาทิตย์และกระแสลมพัดผ่าน เช่น เครื่องตากแห้งโดยธรรมชาติ โดยวางวัตถุในกลางแจ้งอาศัยความร้อนจากแสงอาทิตย์และกระแสลมจากบรรยากาศพัดผ่านและระเหยความชื้นออกจากวัสดุ

2) ระบบ Active คือ ระบบอบแห้งที่มีเครื่องช่วยให้อากาศไหลเวียนในทิศทางที่ต้องการ เช่น จะมีพัดลมติดตั้งในระบบเพื่อบังคับให้มีการไหลของอากาศผ่านระบบ พัดลมจะดูดอากาศจากภายนอกให้ไหลผ่านแผงรับแสงอาทิตย์เพื่อรับความร้อนจากแผงรับแสงอาทิตย์ อากาศร้อนที่ไหลผ่านพัดลมและห้องอบแห้งจะมีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่าความชื้นของพืชผล จึงพาความชื้นจากพืชผลออกสู่ภายนอกทำให้พืชผลที่อบไว้แห้งได้

3) ระบบ Hybrid คือ เครื่องอบแห้งที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์และอาศัยพลังงานรูปอื่นเพิ่ม เช่น พลังงานเชื้อเพลิง พลังงานไฟฟ้า วัสดุอบแห้งจะได้รับความร้อนจากอากาศร้อนที่ผ่านเข้าแผงรับแสงอาทิตย์ การหมุนเวียนทางอากาศอาศัยพัดลม หรือเครื่องดูดอากาศช่วยตู้ อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดใช้แผงรับความร้อน

ระบบเก็บรังสีความร้อนจากแสงอาทิตย์ คือ การนำพลังงานแสงอาทิตย์มาแปรรูปใช้งานเป็นสิ่งที่ได้รับความสนใจมากในปัจจุบัน เนื่องจากเป็นพลังงานที่บริสุทธิ์ เป็นแหล่งพลังงานที่มีขนาดใหญ่และถือว่าไม่มีวันหมดไป วิศวกรและนักวิทยาศาสตร์จึงค้นหาวีธีที่จะสร้างอุปกรณ์ที่สามารถแปรรูปพลังงานแสงอาทิตย์ให้เกิดประโยชน์ในแบบต่างๆ [5]

ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ คือ ประยุกต์ใช้เซนเซอร์อุณหภูมิ และไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล Arduino ในการเชื่อมต่อพร้อมทั้งสั่งการทำงานด้านควบคุม ซึ่งเป็นระบบควบคุมขนาดเล็กที่

สามารถนำมาประยุกต์ใช้งานได้หลากหลาย โดยผ่านการออกแบบวงจรให้เหมาะกับงานต่างๆ และยังสามารถโปรแกรมคำสั่งเพื่อควบคุมขา Input/Output เพื่อสั่งงานให้ไปควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ ได้ โดยต่อพ่วงกับเซนเซอร์อุณหภูมิ (Temperature Sensor) และอุปกรณ์อื่นๆ [6]

2.1.2 การวัดความชื้นเมล็ดพืช คือปริมาณน้ำที่มีอยู่ในเมล็ดพืช ประกอบด้วย 2 ส่วนคือ ส่วนที่เป็นน้ำหนักแห้งกับส่วนที่เป็นน้ำหนักน้ำที่มีอยู่ในเมล็ดพืช การบอกค่าความชื้นในเมล็ดพืชจะบอกเป็นเปอร์เซ็นต์ของอัตราส่วนน้ำหนักน้ำในเมล็ดกับน้ำหนักเมล็ดพืช สามารถคำนวณได้ 2 วิธี [7]

1) คำนวณจากฐานมวลชื้น (Wet Basis) ดังสมการที่ 1

$$MC (\%wb) = \frac{(W_w - W_d)}{W_w} \times 100 \quad (1)$$

2) คำนวณจากฐานมวลแห้ง (Dry Basis) ดังสมการที่ 2

$$MC (\%db) = \frac{(W_w - W_d)}{W_d} \times 100 \quad (2)$$

เมื่อ

$MC (\%db)$	=	เปอร์เซ็นต์ความชื้นฐานมวลแห้ง
$MC (\%wb)$	=	เปอร์เซ็นต์ความชื้นฐานมวลชื้น
W_w	=	น้ำหนักเมล็ดพืชทั้งหมด
W_d	=	น้ำหนักแห้งของเมล็ดพืช

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยนี้ได้มีการค้นคว้างานวิจัยที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับเทคโนโลยีการอบแห้ง วัสดุเก็บความร้อน พร้อมทั้งเทคโนโลยีด้านระบบควบคุมอัตโนมัติในการอบแห้ง โดยมีนักวิชาการหลายท่านได้ศึกษา และพัฒนาด้านนวัตกรรมและเทคโนโลยีการอบแห้งการสะสมความร้อน ดังนี้

อุทัย จันทะเวช [8] ได้ออกแบบและสร้างตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบพาความร้อน ผลการศึกษา พบว่า

- 1) อุณหภูมิเฉลี่ยที่วัดได้ในการทดลองจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นจนกระทั่งเวลา 13.30 น. อุณหภูมิของอากาศมีค่าสูงสุดแล้วจึงลดลง
- 2) พิจารณาตาม ร้อยละ 58.82, 70.42 และ 79.36 ค่า 81.30 สำหรับเนื้อ ถั่วลิสงและพริกที่ได้จากตู้อบแห้งตามลำดับ และค่าความชื้นต่ำสุดร้อยละ 61.72, 70.42 และ 08.00 ความชื้นสูงสุด ร้อยละ 66.66, 72.99 และ 81.96 มีค่าเฉลี่ยของความชื้น ร้อยละ 63.98, 71.94 และ 81.30 สำหรับเนื้อ ถั่วลิสงและพริกที่ได้จากการตากแห้งตามลำดับ

สุพล แนวตัน [9] ได้ศึกษาการนำวัสดุเก็บสะสมความร้อนมาใช้กับเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ผลการศึกษาเปรียบเทียบ พบว่า ประสิทธิภาพแผ่นรับรังสีอาทิตย์ เท่ากับ 16.13%, 12.48%, และ 10.92% wb. ให้เหลือความชื้นสุดท้ายที่ประมาณ 30% wb. ใช้เวลา 32 ชั่วโมง ประสิทธิภาพการอบแห้งเท่ากับ 9.44%, 9.32%, 9.26% เมื่อใช้ทราย ใช้เกลือ และใช้ขี้ผึ้งเป็นวัสดุเก็บสะสมความร้อนตามลำดับ และ 9.49 % เมื่อไม่ใช้วัสดุเก็บสะสมความร้อน สำหรับการประเมินความคุ้มค่าด้านเศรษฐศาสตร์ของเครื่องอบแห้งทั้งสี่แบบ พบว่า สามารถคืนทุนได้ในเวลา 1.15 ปี สำหรับตู้อบแห้งแบบไม่มีวัสดุเก็บสะสมความร้อน และ 1.16 ปี, 1.18 ปี, และ 1.47 ปี สำหรับตู้อบแห้งแบบใช้ทราย ใช้เกลือ และใช้ขี้ผึ้งเป็นวัสดุเก็บสะสมความร้อนตามลำดับ

พิภพ แซ่ตั้ง [10] ได้ศึกษาสมรรถนะของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ลมโดยใช้หินภูเขาไฟเป็นตัวสะสมความร้อน พบว่า อบพริกชี้ฟ้าสด 20 กิโลกรัม อุณหภูมิอากาศในเครื่องอบแห้งในช่วง 08.00-18.00 น. แปรค่าในช่วง 27-52 องศาเซลเซียส ผลการทดลอง พบว่า เครื่องอบแห้งสามารถอบพริกชี้ฟ้าสด 20 กิโลกรัม ที่มีความชื้นเริ่มต้น 69 เปอร์เซ็นต์ แห้งได้ภายใน 3 วัน มีน้ำหนักของพริกเหลือ 8.7 กิโลกรัมและความชื้นสุดท้ายของผลผลิตแห้งที่ได้มีคุณลักษณะที่ดีกว่าการตากแดดโดยทั่วไป

สำรวจ ภูบาล และวลัยรัตน์ จันทรวงศ์ [11] ได้ศึกษาการอบแห้งปลาหมึกกะตอยโดยใช้แสงอาทิตย์เป็นพลังงานความร้อนร่วม ผลการศึกษา พบว่า หลังการตากแดดกลางแจ้งกับการตากในตูบที่มีอากาศร้อนจากตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบแผ่นราบ ผลผลิตกันที่มีความชื้นเหลือ 170 และ 70 เปอร์เซ็นต์ มาตรฐานแห้งโดยมีอัตราการลดความชื้นต่อชั่วโมงเป็น 23.4 และ 35.1 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อนำปลาหมึกไปอบต่อในตูบอบด้วยความร้อนจากแก๊สเชื้อเพลิง จึงสามารถลดเวลาการอบแห้งจนได้ผลผลิตกันที่มีความชื้นตามที่ต้องการ ทำให้การใช้พลังงานแก๊สเชื้อเพลิงลดลงโดยเฉลี่ยประมาณ 22.5 เปอร์เซ็นต์ จากการศึกษาประสิทธิภาพการอบแห้งผลผลิตกันเป็นรายชั่วโมงพบว่าประสิทธิภาพการอบแห้งลดลงเมื่อค่าความเข้มข้นรังสีอาทิตย์สูงขึ้น แสดงว่าอัตราการอบแห้งมีค่าสม่ำเสมอ และงานวิจัยนี้มีค่าประสิทธิภาพการอบแห้ง โดยเฉลี่ย 31.0 เปอร์เซ็นต์

Kant shukla, Sharma, Kymar & Jain [12] ได้พัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้วัสดุเก็บพลังงานความร้อนมีประสิทธิภาพสำหรับการทำการเกษตรอย่างต่อเนื่องและผลผลิตอาหารที่อุณหภูมิคงที่ (40 °C - 60 °C) เครื่องอบแห้งดังกล่าว ซึ่งวัสดุเก็บข้อมูลที่ใช้ในเครื่องอบแห้งเหล่านี้สามารถจัดเก็บพลังงานได้ในช่วงเวลาแดดและส่งพลังงานที่เก็บไว้ในระหว่างแสงแดด จะช่วยลดภาระที่มีอยู่ในช่องว่างระหว่างความต้องการพลังงาน จึงมีบทบาทสำคัญในการพัฒนาพลังงานอย่างยั่งยืน สำหรับการอบแห้งอาหารการเกษตรและผลผลิตอาหารด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้แนวคิดการเก็บรักษาพลังงานความร้อน

กล่าวโดยสรุป จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาเครื่องอบแห้ง การกักเก็บความร้อนจากเจล และการควบคุมแบบกึ่งอัตโนมัติ สามารถนำมาเป็นฐานองค์ความรู้ในการพัฒนาตูบอบแห้งแนวตั้งแบบใช้เจลกักเก็บความร้อนสำหรับอบผลผลิตกันการเกษตรได้

วิธีดำเนินการวิจัย

1. เครื่องมือการวิจัย

- 1.1 ระบบควบคุมตูบอบแห้งด้วยเจลกักเก็บความร้อนแบบอัตโนมัติ
- 1.2 แบบบันทึกอุณหภูมิความร้อนจากแสงอาทิตย์และจากเจลที่ไม่มีแสงอาทิตย์

2. ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ คณะผู้วิจัยได้แบ่งลำดับขั้นตอน ดังนี้

2.1 ศึกษาข้อมูลเบื้องต้น เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูล ศึกษาความเป็นไปได้ และกำหนดปัญหาของระบบ เป็นการศึกษาวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย เช่น ตำรา เอกสาร การค้นคว้าจากอินเทอร์เน็ต บทความวิจัยทั้งในและต่างประเทศ

2.2 การออกแบบระบบควบคุมการอบแห้งด้วยเจลกักเก็บความร้อน โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล Arduino มาทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางควบคุม เพื่อรับส่งค่าข้อมูลจากอุปกรณ์อื่นมาทำการประมวลผล การเขียนคำสั่งระบบควบคุมสั่งงานอุปกรณ์ภายในตูบอบแห้งที่พัฒนาขึ้น เพื่อวัดอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ด้วยตัวเซ็นเซอร์ แล้วส่งข้อมูลที่ประมวลผลได้มาแสดงที่หน้าจอ LCD

2.3 การออกแบบและสร้างเจลกักเก็บความร้อน การสร้างเจลกักเก็บความร้อน ทำจากเจลของผ้าอ้อมเด็ก ขนาด Size M น้ำหนัก 31 กรัม เติมน้ำร้อน 600 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 80-90 องศาเซลเซียส ให้ทั่วแผ่นผ้าอ้อม ซึ่งจะเกิดการพองตัวของเจลในผ้าอ้อม แล้วจึงทำการบรรจุใส่ถุง ดังภาพที่ 1



(ก) การผสมเจลกับน้ำร้อนเทใส่ในผ้าอ้อมเด็ก



(ข) การบรรจุเจลใส่ถุง

ภาพที่ 1 ขั้นตอนการสร้างเจลกักเก็บความร้อน

จากภาพที่ 1 เป็นขั้นตอนการสร้างเจลกักเก็บความร้อน โดยการผสมเจลกับน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 80-90 องศาเซลเซียส จำนวน 600 มิลลิลิตร จากนั้นเทลงในผ้าอ้อมเด็กที่มีขนาด Size M รอจนกว่าเจลจะพองตัวเต็มที่ (ภาพ ก) ทำการตรวจสอบอุณหภูมิเพื่อบรรจุใส่ถุง (ภาพ ข) เพื่อนำไปทดสอบการกักเก็บความร้อนของเจลต่อไป

2.4 การทดสอบระบบ คณะผู้วิจัยได้ทดสอบระบบควบคุมการอบแห้งด้วยเจลกักเก็บความร้อนที่พัฒนาขึ้น โดยเก็บข้อมูลเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในตู้อบแห้งและเจลกักเก็บความร้อนในช่วงเวลา 09.00-16.00 น. และช่วงเวลา 16.00-20.00 น. จำนวน 3 วัน และบันทึกผลการทดสอบทุกๆ 1 ชั่วโมง เพื่อหาค่าความต่างของอุณหภูมิ

2.5 การทดลองใช้งานระบบควบคุมตู้อบแห้งด้วยเจลกักเก็บข้อมูลแบบอัตโนมัติ คณะผู้วิจัยได้นำระบบไปทดลองใช้งาน กับพริกชี้ฟ้า จำนวน 500 กรัม อบแห้งในตู้อบแห้งอัตโนมัติที่พัฒนาขึ้น และอบแห้งด้วยการผึ่งแดดธรรมดา และเปรียบเทียบค่าที่ได้

ผลการวิจัย

1. ผลการพัฒนาระบบควบคุมการอบแห้งด้วยเจลกักเก็บความร้อน

คณะผู้วิจัยได้พัฒนาระบบควบคุมการอบแห้งด้วยเจลกักเก็บความร้อน ตามที่ได้ออกแบบไว้ครบสมบูรณ์ตามขอบเขตของการวิจัยที่ได้กำหนดไว้ ระบบสามารถส่งงานอุปกรณ์ภายในตู้อบแห้งเพื่อวัดอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ โดยเชื่อมต่อกับตัวเซ็นเซอร์วัดค่าต่างๆ ดังกล่าว แล้วส่งข้อมูลที่ประมวลผลแสดงที่หน้าจอ LCD ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ระบบควบคุมการอบแห้งด้วยเจลกักเก็บความร้อน

2. ผลการหาประสิทธิภาพของระบบควบคุมการอบแห้งด้วยเจลกักเก็บความร้อน

คณะผู้วิจัยได้ทดสอบระบบควบคุมการอบแห้งด้วยเจลกักเก็บความร้อนที่พัฒนาขึ้น โดยเก็บข้อมูลเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในตู้อบแห้ง และเจลกักเก็บความร้อนในช่วงเวลา 09.00 – 16.00 น. เป็นจำนวน 3 วัน จากนั้นบันทึกผลการทดสอบทุกๆ 1 ชั่วโมง เพื่อหาค่าความต่างของอุณหภูมิ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในตู้อบแห้งและเจลกักเก็บพลังงานความร้อนช่วงเวลา 09.00-16.00 น.

ทดลองที่	วันที่/เดือน/ปี	อุณหภูมิเฉลี่ยภายในตู้อบแห้ง (องศาเซลเซียส °C)	อุณหภูมิเฉลี่ยในชั้นวางเจลกักเก็บความร้อน (องศาเซลเซียส °C)	ค่าความต่างเฉลี่ย (องศาเซลเซียส °C)
1	12/12/60	39.21	35.00	4.21
2	13/12/60	46.85	43.88	2.97
3	14/12/60	42.80	42.60	0.20
ค่าเฉลี่ย (X̄)		42.95	40.49	2.46

จากตารางที่ 1 จากการทดสอบค่าอุณหภูมิภายในตู้อบแห้ง และเจลกักเก็บความร้อนในช่วงเวลา 09.00 – 16.00 น. เป็นจำนวน 3 วัน เพื่อหาค่าความต่างของอุณหภูมิ พบว่า อุณหภูมิภายในตู้อบแห้งอยู่ที่อุณหภูมิเฉลี่ย 42.95 องศาเซลเซียส ส่วนอุณหภูมิภายในชั้นวางเจลกักเก็บความร้อนอุณหภูมิเฉลี่ย 40.49 องศาเซลเซียส และค่าความต่างของอุณหภูมิภายในตู้ชั้นวางเจลกักเก็บพลังงานความร้อนอยู่ที่อุณหภูมิเฉลี่ย 2.46 องศาเซลเซียส และตารางที่ 2 เป็นการทดสอบระบบควบคุมการอบแห้งด้วยเจลกักเก็บความร้อนที่พัฒนาขึ้น โดยเก็บข้อมูลเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในตู้อบแห้ง และเจลกักเก็บความร้อนในช่วงเวลา 16.00 – 20.00 น. เป็นจำนวน 3 วัน จากนั้นบันทึกผลการทดสอบทุกๆ 1 ชั่วโมง เพื่อหาค่าความต่างของอุณหภูมิ ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในตู้อบแห้งและเจลกักเก็บพลังงานความร้อนช่วงเวลา 16.00-20.00 น.

เวลา	อุณหภูมิเฉลี่ยภายในตู้อบแห้ง (องศาเซลเซียส °C)	อุณหภูมิเฉลี่ยในชั้นวางเจลกักเก็บความร้อน (องศาเซลเซียส °C)	ค่าความต่างของอุณหภูมิ (องศาเซลเซียส °C)
16.00 น.	38.50	44.00	5.50
17.00 น.	35.50	40.00	4.50
18.00 น.	34.50	36.00	1.50
19.00 น.	32.50	34.00	1.50
20.00 น.	31.50	33.00	2.00
ค่าเฉลี่ย (X̄)	34.40	37.40	3.00

จากตารางที่ 2 ผลการทดสอบระบบควบคุมการอบแห้งด้วยเจลกักเก็บความร้อนที่พัฒนาขึ้น โดยเก็บข้อมูลเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในตู้อบแห้ง และเจลกักเก็บความร้อนในช่วงเวลา 16.00 – 20.00 น. เป็นจำนวน 3 วัน จากนั้นบันทึกผลการทดสอบทุกๆ 1 ชั่วโมง เพื่อหาค่าความต่างของอุณหภูมิ พบว่า เวลาตั้งแต่ 16.00 - 20.00 น. จำนวน 5 ชั่วโมง อุณหภูมิภายในตู้อบแห้งอยู่ที่อุณหภูมิเฉลี่ย 34.40 องศาเซลเซียส ส่วนอุณหภูมิเจลกักเก็บพลังงานความร้อนอยู่ที่อุณหภูมิเฉลี่ย 37.40 องศาเซลเซียส และค่าความต่างของอุณหภูมิภายในตู้อบแห้งต่ออุณหภูมิเจลกักเก็บพลังงานความร้อนอยู่ที่อุณหภูมิเฉลี่ย 3.00 องศาเซลเซียส

3. ผลการเปรียบเทียบความชื้นมาตรฐานเปียกและความชื้นมาตรฐานแห้งของพริกชี้ฟ้าที่อบแห้งด้วยตู้อบแห้งที่พัฒนาขึ้นกับอบแห้งแบบตากแดดธรรมดา

คณะผู้วิจัยได้นำระบบไปทดลองใช้งาน โดยใช้พริกชี้ฟ้า จำนวน 500 กรัม อบแห้งในตู้อบแห้งอัตโนมัติที่พัฒนาขึ้น และอบแห้งด้วยการผึ่งแดดธรรมดา จากนั้นคำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์ค่าความชื้นมวลเปียก ตามสมการที่ (1) และคำนวณหา ค่าเปอร์เซ็นต์ค่าความชื้นมวลแห้ง ตามสมการที่ (2) นำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบ ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบความชื้นมาตรฐานเปียกและความชื้นมาตรฐานแห้งของพริกชี้ฟ้าที่อบแห้งด้วยตู้อบแห้งที่พัฒนาขึ้นกับอบแห้งแบบตากแดดธรรมดา

เงื่อนไขการทดลอง	จำนวนวันที่อบแห้ง	จำนวนน้ำหนักหลังอบแห้ง (กรัม)	ค่าเปอร์เซ็นต์ร้อยละ	
			ความชื้นมาตรฐานเปียก (M_w)	ความชื้นมาตรฐานแห้ง (M_d)
ตู้อบแห้งที่พัฒนาขึ้น	1	350	30	43
	2	250	29	40
	3	163	35	53
ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$)		254.33	31.33	45.33
อบแห้งแบบผึ่งแดดธรรมดา	1	480	4	4.17
	2	460	8	8.70
	3	440	12	13.64
	4	410	18	21.95
	5	400	20	25
	6	310	23	29
	7	204	34	52
ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$)		386	14.43	22.07

จากตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบความชื้นมาตรฐานเปียกและความชื้นมาตรฐานแห้งของพริกชี้ฟ้าที่อบแห้งด้วยตู้อบแห้งที่พัฒนาขึ้นกับอบแห้งแบบตากแดดธรรมดา พบว่า น้ำหนักหลังอบแห้งของพริกชี้ฟ้าด้วยตู้อบแห้งที่พัฒนาขึ้นจำนวน 3 วัน น้ำหนักเฉลี่ยอยู่ที่ 254.33 กรัม ความชื้นมาตรฐานเปียก ร้อยละ 31.33 ความชื้นมาตรฐานแห้ง ร้อยละ 45.33 และน้ำหนักหลังอบแห้งของพริกชี้ฟ้าด้วยอบแห้งแบบตากแดดธรรมดา จำนวน 7 วัน น้ำหนักเฉลี่ยอยู่ที่ 386 กรัม ความชื้นมาตรฐานเปียก ร้อยละ 14.43 ความชื้นมาตรฐานแห้ง ร้อยละ 22.07

อภิปรายผลการวิจัย

จากการพัฒนาระบบควบคุมการอบแห้งด้วยเจลกักเก็บความร้อน ประกอบด้วย ตู้อบแห้งแนวตั้ง ตัวตรวจวัดอุณหภูมิ เจลกักเก็บความร้อน และตู้ควบคุม ระบบสามารถทำการอบเก็บพลังงานความร้อนและควบคุมการทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ และสามารถกักเก็บความร้อนด้วยเจลภายในตู้อบได้ 5 ชั่วโมง เมื่อไม่มีแสงอาทิตย์ที่ระดับอุณหภูมิ 34.40 - 37.40 องศาเซลเซียส ได้ความชื้นตามมาตรฐานแห้ง ร้อยละ 45.33 ในเวลา 3 วัน ในขณะที่การอบแบบใช้แสงอาทิตย์ธรรมดา ได้ความชื้นตามมาตรฐานแห้ง ร้อยละ 22.07 ในเวลา 7 วัน จะเห็นได้ว่าระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถลดปริมาณน้ำในเนื้อพริกชี้ฟ้าได้ดีกว่า และยังทำให้สีของพริกชี้ฟ้าที่อบแห้งด้วยตู้อบแห้งที่พัฒนาขึ้นดีกว่าพริกชี้ฟ้าที่อบแห้งด้วยอบแห้งแบบตากแดดธรรมดา

ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ควรมีการนำไปพัฒนาต่อยอดในเชิงด้านอุตสาหกรรมการแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรต่อไป และมีการพัฒนาตัวเก็บพลังงานแสงอาทิตย์ให้มีประสิทธิภาพดีขึ้นกว่าเดิมเพื่อใช้เป็นแหล่งสะสมความร้อนในงานด้านต่างๆ ที่เกี่ยวข้องได้ต่อไปในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

- [1] อรรถพล นุ่มหอม และฤทธิชัย อัครราชันย์. (2551). กระบวนการอบแห้งในอุตสาหกรรมอาหาร. **Food Focus Thailand Magazine**. 3(25), 21- 25.
- [2] Janjai, S., Chantaraksa, W., Hirunlabh, J., Esper, A. Lauer, M. & Muehlbauer, W. (2001). Performance of a solar dryer for lemongrass. In **Proceeding of a Symposium on Food Security**. (pp. 1-3). Chaingmai. Thailand.
- [3] วรณัฐ แจ่มสว่าง. (2554). การพัฒนาตู้อบแห้งแสงอาทิตย์เพื่อใช้ในการแปรรูปผลิตภัณฑ์อาหารจากเนื้อสัตว์ (รายงานการวิจัย). กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา.
- [4] เสริม จันทร์ฉาย. (2560). เทคโนโลยีการอบแห้งด้วยพลังงานรังสีอาทิตย์ ตำราประกอบการสอนวิชา 514 524 เทคโนโลยีการอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์. กรุงเทพฯ: ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- [5] วรณัฐ แจ่มสว่าง. (2556). ตู้อบแห้งแสงอาทิตย์ชนิดอากาศร้อนไหลลงแบบกะทัดรัด. **วิศวกรรมสารฉบับวิจัยและพัฒนา**, 24(1), 37-41.
- [6] ธาณิล ม่วงพูล และอวยไชย อินทรสมบัติ. (2560). การพัฒนาระบบระบายความร้อนด้วยท่อทำความเย็นแบบท่อทองแดงร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์. **วารสารการจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรม**, 4(2), 47-56.
- [7] วิบูลย์ เทเพนทร์. (ม.ป.ป.). การวัดความชื้นเมล็ดพืช. สืบค้นจาก <http://www.doa.go.th/aeri/files/KM/moisture%202.pdf>
- [8] อุทัย จันทะเวช. (2553). การออกแบบและสร้างตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบพาความร้อน. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ), มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี, อุบลราชธานี.
- [9] สุพล แนวตัน. (2555). การศึกษาความเป็นไปได้ของการใช้วัสดุเก็บสะสมความร้อนเพื่อใช้กับเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.
- [10] พิภพ แซ่ตั้ง. (2555). เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ลมที่ใช้หินภูเขาไฟเป็นตัวสะสมความร้อนเพื่ออบพริก. ลำปาง: สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง.
- [11] สำรวย ภูบาล, และวลัยรัตน์ จันทร์วงศ์. (2558). การอบแห้งปลาหมึกกะตอยโดยใช้แสงอาทิตย์เป็นพลังงานความร้อนร่วม **วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม**, 11(1), 78-87.
- [12] Kant, Karunesh, Shukla, A, Shama, Atul, Kumar} Anil & Jain, An and. (2016). Thermal energy storage based solar drying systems: A review. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**. 34 (2016) 86–99.