



JiTR

Journal of Innovative
Technology Research

วารสารวิจัยเทคโนโลยีนวัตกรรม Journal of Innovative Technology Research

ปีที่ 5 ฉบับที่ 1 มกราคม - มิถุนายน 2564 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

ISSN 2586-8500 (Print)
ISSN 2586-8632 (Online)

กองบรรณาธิการ วารสารวิจัยเทคโนโลยีนวัตกรรม

ที่ปรึกษา :

รองศาสตราจารย์ ศीलศิริ	สง่าจิตกร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
------------------------	-----------	-----------------------------------

บรรณาธิการ :

รองศาสตราจารย์ ดร.พานิช	อินตะ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
-------------------------	-------	-----------------------------------

รองบรรณาธิการ :

ดร.สุรพล	ใจวงศ์ษา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
----------	----------	-----------------------------------

ผู้ช่วยบรรณาธิการ :

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพพร	พัชรประกิติ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
----------------------------	-------------	-----------------------------------

กองบรรณาธิการ :

ศาสตราจารย์ ดร.ผดุงศักดิ์	รัตนเดโช	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ศาสตราจารย์ ดร.สนอง	เอกสิทธิ์	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ศาสตราจารย์ ดร.นคร	ทิพย์วงศ์	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ศาสตราจารย์ ดร.พญ.อรพรรณ	โพชนกุล	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ศาสตราจารย์ ดร.ประยูทธ	อัครเอกผาลิน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
รองศาสตราจารย์ ดร.มนตรี	ศิริปรัชญานันท์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
รองศาสตราจารย์ ดร.เศรษฐ์	สัมภัตตะกุล	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
รองศาสตราจารย์ ดร.พีระพงศ์	ทีฆสกุล	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
รองศาสตราจารย์ ดร.วรภัทร	ลัคนทินวงศ์	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
รองศาสตราจารย์ ดร.สุมาลี	ชัยเจริญ	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
รองศาสตราจารย์ ดร.ตระกูลพันธ์	พัชรเมธา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จารุณี	ชามาตย์	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ดร.ธันยวัต	สมใจทวีพร	สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์

ฝ่ายจัดทำ :

ดร.ตะวัน	วาทกิจ	สถาบันวิจัยและพัฒนา
นางสาวณิคมล	โพธิ์แก้ว	สถาบันวิจัยและพัฒนา
นางสาวสรรค์ศิริกุล	พยอมแย้ม	สถาบันวิจัยและพัฒนา
นางพลอยภิญญา	สุภาพรเหมินทร์	สถาบันวิจัยและพัฒนา

Editorial Board
Journal of Innovative Technology Research

Advisor:

Assoc.Prof.Seensiri	Sangajit	RMUTL
---------------------	----------	-------

Editor:

Assoc.Prof.Panich	Intra	RMUTL
-------------------	-------	-------

Associate Editor:

Dr.Suraphon	Chaiwongsar	RMUTL
-------------	-------------	-------

Assistant Editor:

Assist.Dr.Nopporn	Patcharaprakiti	RMUTL
-------------------	-----------------	-------

Editorial Board:

Prof.Phadungsak	Rattanakecho	TU
Prof.Sanong	Ekgasit	CU
Prof.Nakorn	Tippayawong	CMU
Prof.Orapan	Poachanukoon	TU
Prof.Prayoot	Akkaraekthalin	KMUTNB
Assoc.Prof.Montri	Siripruchyanun	KMUTNB
Assoc.Prof.Sate	Sampattakul	CMU
Assoc.Prof.Perapong	Tekasakul	PSU
Assoc.Prof.Voraphat	Luckantvong	TU
Assoc.Prof.Sumalee	Chaijaroen	KKU
Assoc.Prof.Tragoonphan	Patcharametha	RMUTL
Asst.Prof.Charuni	Samat	KKU
Ph.D.Tunyawat	Somjaitaweeporn	PIM

Coordinators:

Dr.Tawan	Watakit	RMUTL
Miss Nichkamol	Phokaew	RMUTL
Miss Sansirikul	Payomyaem	RMUTL
Mrs. Ploypinya	Supapornhemin	RMUTL

ผู้ทรงคุณวุฒิประเมินบทความ วารสารวิจัยเทคโนโลยีนวัตกรรม
ปีที่ 5 ฉบับที่ 1 มกราคม - มิถุนายน 2564

รองศาสตราจารย์ ดร.พัชรี	ชยากรโศภิต	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก
รองศาสตราจารย์ ดร.กัญธนา	ดิษฐ์แก้ว	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปริญ	คงกระพันซ์	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธเนศ	ไชยชนะ	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทศิยาภรณ์	จิตตะปาโล	มหาวิทยาลัยพายัพ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จุฬาลักษณ์	เขมาชีวะกุล	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พินิจ	เนื่องภิรมย์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

บทบรรณาธิการ

วารสารวิจัยเทคโนโลยีนวัตกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ปีที่ 5 ฉบับที่ 1 เล่มนี้ มีบทความทั้งหมด 5 เรื่อง เป็นบทความที่มาจากงานวิจัยนวัตกรรม และเป็นบทความคัดเลือกจากการประชุมวิชาการวิจัยและนวัตกรรมสร้างสรรค์ ครั้งที่ 6 ประจำปี 2563 โดยบทความแรกเป็นบทความ ของ เบญจวรรณ ปาพันธ์ ที่ได้ศึกษาคุณลักษณะการเจริญเติบโตของแบคทีเรียผลิตกรดแอซิดิกในน้ำมะพร้าวและน้ำสัปปะรด ที่แสดงให้เห็นว่าคุณสมบัติทางเคมีทั้งสองชนิด มีศักยภาพในการเพาะเลี้ยงแบคทีเรียผลิตกรดแอซิดิกเพื่อการเก็บรักษากาล่าเชื้อแบคทีเรียสำหรับผลิตน้ำส้มสายชูได้ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในอุตสาหกรรมการผลิตน้ำส้มสายชู บทความที่สองเป็นการวิจัยเปรียบเทียบคุณลักษณะการหมักถั่วเหลืองด้วย *Aspergillus oryzae* และ *Bacillus subtilis* โดย วรวรรณ สุนันตะ ได้พบว่า คุณสมบัติทางเคมีของผลผลิตที่ได้ เป็นแนวทางในการพัฒนา และเพิ่มความหลากหลายของการใช้ประโยชน์ รวมถึงเพิ่มมูลค่าให้กับผลผลิตทางการเกษตรประเภทถั่วเหลืองอีกด้วย บทความที่สาม การกลั่นเอทานอลโดยใช้คลื่นไมโครเวฟ โดย ญัฐพงษ์ แกมทับทิม ได้ศึกษาทดลองการกลั่นเอทานอลจากน้ำตาลสดหมัก โดยใช้กำลังไฟฟ้าจ่ายให้กับระบบไมโครเวฟ สามารถนำมาใช้เป็นส่วนผสมทำเจลล้างมือสำหรับฆ่าเชื้อโรคได้ บทความที่สี่ เป็นการนำเสนอการควบคุมอุณหภูมิและระบบการให้น้ำในโรงเรือนอัตโนมัติด้วยพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ ในการควบคุมอุณหภูมิและการให้น้ำในโรงเรือนอัตโนมัติ โดย วิชัย นระมาตย์ พบว่า การออกแบบและสร้างระบบพลังงานแสงอาทิตย์ ช่วยให้เกษตรกรลดเวลาในการทำงานได้ และเป็นการนำเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์อัจฉริยะเข้ามาช่วยในการจัดการด้านการเกษตร บทความสุดท้าย เป็นการพัฒนาแพลตฟอร์มระบบประกันชีวิตเฉพาะบุคคลผ่านเว็บไซต์และโทรศัพท์เคลื่อนที่ โดยใช้หลักการของวงจรชีวิตในการพัฒนาซอฟต์แวร์ เพื่อวัดผลความพึงพอใจในการใช้แพลตฟอร์ม เพื่อหาแนวทางในการพัฒนาและให้บริการต่อไป

กองบรรณาธิการวารสารวิจัยเทคโนโลยีนวัตกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ขอขอบคุณผู้ประพันธ์ที่ให้ความสนใจ และไว้วางใจวารสารของเราเป็นอย่างดีตลอดมา และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าบทความที่ได้ตีพิมพ์ลงในวารสารฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้อ่านทุกท่าน กองบรรณาธิการยินดีน้อมรับคำแนะนำเพื่อนำไปสู่การปรับปรุงและพัฒนาคุณภาพให้มีมาตรฐานยิ่งขึ้นต่อไป

รองศาสตราจารย์ ดร.พานิช อินต๊ะ
บรรณาธิการวารสารวิจัยเทคโนโลยีนวัตกรรม

สารบัญ

01	คุณลักษณะการเจริญเติบโตของแบคทีเรียผลิตกรดแอซิดิกในน้ำมะพร้าวและน้ำสับปะรด เบญจวรรณ ปาพันธ์* และ นีอร โฉมศรี	1 - 11
02	การเปรียบเทียบคุณลักษณะการหมักกล้วยเหลือง ด้วย <i>Aspergillus oryzae</i> และ <i>Bacillus subtilis</i> วรวรรณ สุนันตะ, เบญจวรรณ ปาพันธ์, กมลวรรณ มโนวรรณ และนีนอร์ โฉมศรี*	12 - 25
03	การกลั่นเอทานอลโดยใช้คลื่นไมโครเวฟ ณัฐพงษ์ แกมทับทิม* สุเมธ ไชยวงศ์, จิรณัฐ เรืองรัมย์, อรรณพ กรเวช และ ศุภชัย ชุมมนวัฒน์	26 - 33
04	การควบคุมอุณหภูมิและระบบการให้น้ำในโรงเรือนอัตโนมัติด้วยพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ วิชัย นระมาตย์*, ประชุม อุทาพรหม, สรลัญจรัศม์ ทองใส, รุ่งโรจน์ แก้วศรีงาม, จันทิมา หิรัญอ่อน และ จิตราภรณ์ เถรวัตร	34 - 44
05	การพัฒนาแพลตฟอร์มระบบประกันชีวิตเฉพาะบุคคล ณัฐดนัย หวังพระธรรม และ สุวรรณ อัสวกุลชัย*	45 - 53

Content

01	Growth Characteristics of Acetic Bacteria in Coconut and Pineapple Juices	1 - 11
	Benjawan Papun* Ni-orn Chomsri	
02	Comparison of soybean fermentation characteristics	12 - 25
	using <i>Aspergillus oryzae</i> and <i>Bacillus subtilis</i>	
	Worawan Sunanta, Benjawan Papun, Kamonwan Manowan, Ni-orn Chomsri*	
03	Ethanol Distillation Using Microwave	26 - 33
	Natthaphong Kaemthapthim* Sumet Chaiyawong, Jiranat Ruengrasamee	
	Annop Korawet and Suppachai Chumnumwat	
04	Control temperature and watering automation in greenhouse with solar energy	34 - 44
	Wichai Nramat* Prachum Utaom, Saranyarat Tongswai, Rungroj Kaewsringam,	
	Jantima Hiranoon and Jitraporn Therawat	
05	Personal Insurance Platform Development	45 - 53
	Nuthdanai Wangpratham and Suwannee Adsavakulchai*	

คุณลักษณะการเจริญเติบโตของแบคทีเรียผลิตกรดแอซิดิกในน้ำมะพร้าวและน้ำสับปะรด

เบญจวรรณ ปาพันธ์^{1*} และ นิอร โฉมศรี²

¹คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง
200 หมู่ 17 ต.พิชัย อ.เมือง จ.ลำปาง 52000

²สถาบันวิจัยเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
202 หมู่ 17 ต.พิชัย อ.เมือง จ.ลำปาง 52000

รับบทความ 21 สิงหาคม 2563 ตอบรับบทความ 24 มีนาคม 2564 เผยแพร่ออนไลน์ 31 กรกฎาคม 2564

© 2020 Rajamangala University of Technology Lanna. All right reserved.

บทคัดย่อ

แบคทีเรียผลิตกรดแอซิดิกเป็นแบคทีเรียที่มีบทบาทสำคัญเนื่องจากคุณสมบัติที่เป็นประโยชน์ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ โดยเฉพาะอุตสาหกรรมอาหารใช้ในการผลิตน้ำส้มสายชู ทำให้การศึกษาที่เกี่ยวข้องกับแบคทีเรียผลิตกรดแอซิดิกมีเพิ่มมากขึ้นในกระบวนการหมักอาหารหมักหลายประเภท การเตรียมกล้าเชื้อจุลินทรีย์ที่เหมาะสมต่อการนำไปใช้ในการผลิตอาหารเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลกระทบต่อการควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์ งานวิจัยนี้ ศึกษาคุณลักษณะการเจริญเติบโตของแบคทีเรียผลิตกรดแอซิดิกจำนวน 2 สายพันธุ์ ในซัสเซสเตรดน้ำมะพร้าวและน้ำสับปะรดเพื่อเป็นกล้าเชื้อในการหมักน้ำส้มสายชู ผลการตรวจวิเคราะห์ปริมาณแบคทีเรียผลิตกรดแอซิดิกพบว่า น้ำมะพร้าวและน้ำสับปะรดสามารถนำไปใช้เพาะเลี้ยงแบคทีเรียผลิตกรดแอซิดิก *Acetobacter pasteurianus* สายพันธุ์ HB และ TK โดยมีจำนวนเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 6.10-8.68 CFU/mL ผลการศึกษาที่ได้แสดงให้เห็นถึงอิทธิพลของชนิดซัสเซสเตรดต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีและจุลินทรีย์ในระหว่างการเจริญของแบคทีเรียผลิตกรดแอซิดิก โดยสามารถสรุปได้ว่า น้ำมะพร้าวและน้ำสับปะรดสามารถนำไปใช้แหล่งซัสเซสเตรดธรรมชาติที่มีศักยภาพในการเพาะเลี้ยงแบคทีเรียผลิตกรดแอซิดิกเพื่อการเก็บรักษากล้าเชื้อแบคทีเรียสำหรับผลิตน้ำส้มสายชูได้

คำสำคัญ: แบคทีเรียผลิตกรดแอซิดิก น้ำส้มสายชู กล้าเชื้อ น้ำมะพร้าว น้ำสับปะรด

*ผู้ติดต่อ: benjawan.papun@gmail.com

Growth Characteristics of Acetic Bacteria in Coconut and Pineapple Juices

Benjawan Papun^{1*} Ni-orn Chomsri²

¹Faculty of Science and Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Lanna,
202 Moo 17, Pichai District, Amphur Muang, Lampang 52000

²Agricultural Technology Research Institute, Rajamangala University of Technology Lanna,
202 Moo 17, Pichai District, Amphur Muang, Lampang 52000

Received: 21 August 2020 Accepted: 24 March 2021 Published online: 31 July 2021

© 2020 Rajamangala University of Technology Lanna. All right reserved.

Abstract

Acetic acid bacteria play an important role in many industries, particularly food industry due to their beneficial properties. Therefore, various studies involving acetic acid bacteria have been widely examined in fermentation processing of many fermented food types. Proper preparation of microbial starters for the use in food production is a significant factor affecting product quality control. This research aimed to investigate the growth characteristics of two acetic acid bacteria strains in coconut and pineapple juice substrates in order to utilize as a starter for vinegar fermentation. Microbiological analysis revealed that coconut and pineapple juices could be used to cultivate both strains of acetic acid bacteria, i.e. *Acetobacter pasteurianus* HB and TK resulting cell amount between 6.10 - 8.68 CFU/mL. Results showed the influence of substrate types on chemical and microbial changes during bacterial growth. It could be summarized that coconut and pineapple juices were potential natural substrate sources of acetic acid bacteria cultivation as starter preservation for vinegar production

Keywords: Acetic Acid Bacteria, Vinegar, Starter, Coconut Juice, Pineapple Juice

1. บทนำ

น้ำส้มสายชูเป็นของเหลวที่ได้จากกระบวนการหมัก 2 ขั้นตอน (double fermentation) ได้แก่ การหมักให้เกิดแอลกอฮอล์และการหมักให้เกิดกรดแอสติก (Leones et al., 2019) วัตถุดิบที่นำไปใช้ในการหมักน้ำส้มสายชูมีอยู่อย่างหลากหลายทั้งผักและผลไม้ ปัจจุบันพบว่าน้ำส้มสายชูที่หลากหลายเหล่านี้วางจำหน่ายและได้รับความสนใจจากผู้บริโภคเป็นจำนวนมาก ตัวอย่างวัตถุดิบที่สามารถนำมาผลิตน้ำส้มสายชู ได้แก่ ส้ม มะม่วง เซอร์รี กล้วย แอปเปิล ข้าว น้ำผึ้ง ใบพริกไทย สตรอเบอร์รี่ ลูกพลับ บลูเบอร์รี่ และมันเทศ เป็นต้น (Roda et al., 2017; Leones et al., 2019)

แบคทีเรียผลิตกรดแอสติก (Acetic acid bacteria) เป็นแบคทีเรียที่มีบทบาทสำคัญในกระบวนการหมักน้ำส้มสายชูที่ทำหน้าที่ในการเปลี่ยนแอลกอฮอล์ไปเป็นกรดแอสติก (Acetic acid) หรือกรดน้ำส้ม แบคทีเรียผลิตกรดแอสติกเป็นแบคทีเรียแกรมลบ (gram-negative) ต้องการออกซิเจนในการเจริญ (aerobic) จัดอยู่ในแฟมิลี Acetobacteraceae จัดแบ่งออกได้เป็น 14 จินัส ได้แก่ *Acetobacter*, *Gluconobacter*, *Gluconacetobacter*, *Acidomonas*, *Asaia*, *Kozakia*, *Swaminathania*, *Saccharibacter*, *Neoasaia*, *Granulibacter*, *Tanticharoenia*, *Ameyamaea*, *Neokomagataea* และ *Komagataeibacter* (ประมวณ, 2554; Saichana et al., 2015) กล้าเชื้อแบคทีเรียผลิตกรดแอสติกหรือเรียกว่า mother of vinegar มีความสำคัญในการเริ่มต้นหมักน้ำส้มสายชู การศึกษาที่เกี่ยวข้องกับแบคทีเรียผลิตกรดแอสติกมีเพิ่มมากขึ้นเนื่องจากคุณสมบัติที่เป็นประโยชน์ในอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น ความสามารถในการสร้างโพลีแซคคาไรด์ (Ua-Arak et al., 2016)

งานวิจัยนี้มุ่งประเด็นการศึกษาคุณลักษณะการเจริญเติบโตของแบคทีเรียผลิตกรดแอสติกจำนวน 2 ชนิด ในสับปะรดน้ำมะพร้าวและน้ำสับปะรดที่เป็นผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรที่หาง่าย ราคาไม่แพง เพื่อใช้ในกระบวนการเตรียมกล้าเชื้อในการหมักน้ำส้มสายชู

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวคิด

กล้าเชื้อแบคทีเรียผลิตกรดแอสติกทำหน้าที่เปลี่ยนแอลกอฮอล์ซึ่งเป็นข้อแตกต่างหลักให้เป็นการกรดแอสติก ดังนั้น กระบวนการเตรียมกล้าเชื้อในการผลิตน้ำส้มสายชูจึงเป็นขั้นตอนที่สำคัญ การศึกษาแนวทางการใช้สับปะรดจากแหล่งธรรมชาติที่มีศักยภาพเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อในการผลิตกล้าเชื้อแบคทีเรียผลิตกรดแอสติกให้แข็งแรงและมีจำนวนที่มากพอในการเริ่มต้น การหมัก จึงถือได้ว่ามีความน่าสนใจ และก่อให้เกิดประโยชน์ต่ออุตสาหกรรมการผลิตน้ำส้มสายชู โดยเฉพาะอย่างยิ่งในอุตสาหกรรมขนาดเล็กและขนาดย่อม

2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

น้ำส้มสายชูเป็นเครื่องปรุงรสและถนอมอาหารที่เป็นที่รู้จักกันดีทั่วโลกทั้งในทวีปเอเชีย และยุโรปตะวันตก น้ำส้มสายชูเป็นผลิตภัณฑ์อาหารหมักที่อุดมไปด้วยสารอาหาร สารประกอบเชิงหน้าที่ และสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพเป็นจำนวนมาก ที่นอกจากนำไปใช้เป็นเครื่องปรุงรสอาหารแล้วยังมีคุณสมบัติในการป้องกันและรักษาโรคอีกด้วย (Xia et al., 2020) เช่น ควบคุมกระบวนการเมแทบอลิซึมของเซลล์ ควบคุมระบบภูมิคุ้มกัน ด้านการเกิดออกซิเดชัน ควบคุมกระบวนการเมแทบอลิซึมของไขมัน ปกป้องตับ ควบคุมความดันเลือดและน้ำตาล บรรเทาอาการเหนื่อยล้า ป้องกันการเกิดเนื้องอก ด้านการอักเสบและยับยั้งแบคทีเรีย ทั้งนี้ ชนิดและปริมาณของสารประกอบที่พบในน้ำส้มสายชูค่อนข้างสัมพันธ์กับ

วัตถุดิบและเทคโนโลยีที่ใช้ในการหมัก และยังขึ้นกับปฏิกิริยาทางเคมี การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ และจุลินทรีย์ที่ใช้หมักในระหว่างกระบวนการผลิตอีกด้วย (Xia et al., 2020)

กระบวนการหมักน้ำส้มสายชูเป็นของเหลวที่ได้จากกระบวนการหมัก 2 ขั้นตอน (double fermentation) คือ การหมักให้เกิดแอลกอฮอล์และการหมักให้เกิดกรดแอซิดิก ในขั้นตอนของการหมักให้เกิดแอซิดิกเป็นขั้นตอนสำคัญที่มีปัจจัยต่างๆ ที่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการหมัก เช่น ชนิดของวัตถุดิบ อุณหภูมิ และสายพันธุ์ของแบคทีเรีย (Gullo et al., 2014; Kim et al., 2019; Leones et al., 2019; Tang et al., 2019) ทั้งนี้ แบคทีเรียผลิตกรดแอซิดิกเป็นแบคทีเรียที่สำคัญในการหมัก โดยมีการใช้กล้ำเชื้อแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุดิบ กระบวนการทำน้ำส้มสายชูของจีนมีการใช้กล้ำเชื้อที่เรียกว่า แดคู (Daqu) ซึ่งเป็นกล้ำเชื้อที่ทำจากธัญพืช ได้แก่ ข้าวสาลี และข้าวบาร์เลย์ ลูกแบ่งชนิดแดคูสามารถจัดแบ่งตามเกณฑ์อุณหภูมิในการบ่มได้เป็น 3 ชนิด ดังนี้ ชนิดที่ใช้อุณหภูมิต่ำ 40-50 องศาเซลเซียส (low-temperature) อุณหภูมิปานกลาง 50-60 องศาเซลเซียส (medium-temperature) และ อุณหภูมิสูง 60-65 องศาเซลเซียส (Tang et al., 2019)

จุลินทรีย์กล้ำเชื้อ มีความสำคัญต่อกระบวนการหมัก โดยมีปัจจัยสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการเตรียมกล้ำเชื้อที่เหมาะสมอยู่หลายประการ เช่น สายพันธุ์จุลินทรีย์ ความแข็งแรงของจุลินทรีย์ ชนิดของอาหารเพาะเลี้ยงเชื้อเป็นต้น ซึ่งในการศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ในการนำน้ำสับปะรด และน้ำมะพร้าว ซึ่งเป็นผลิตผลทางการเกษตรไปใช้เป็นอาหาร

เพาะเลี้ยงสำหรับผลิตกล้ำเชื้อ น้ำมะพร้าว มีส่วนประกอบของน้ำอยู่ประมาณร้อยละ 95 อุดมไปด้วยสารอาหารที่เป็นประโยชน์ เช่น คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 3.7 โปรตีนร้อยละ 0.7 ไขมันร้อยละ 0.2 รวมถึงแร่ธาตุและวิตามินต่างๆ เช่น แคลเซียม แมกนีเซียม โพแทสเซียม และฟอสฟอรัส วิตามินซี และวิตามินบี เป็นต้น (Shahidi and Alasalvar, 2016) สับปะรด มีองค์ประกอบของน้ำอยู่ร้อยละ 86 และมีสารอาหารต่างๆ อยู่อย่างหลากหลาย เช่น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน และเยื่อใย นอกจากนั้น สับปะรดยังเป็นแหล่งของวิตามิน และแร่ธาตุต่างๆ เช่น วิตามินเอ วิตามินบี วิตามินซี แคลเซียม ฟอสฟอรัส และเหล็ก (นอร์, 2559)

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 จุลินทรีย์

แบคทีเรียผลิตกรดแอซิดิกที่ใช้ในการศึกษามีจำนวน 2 สายพันธุ์ ได้แก่ *Acetobacter pasteurianus* TK และ *Acetobacter pasteurianus* HB จากงานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร สถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ Glucose Yeast Extract Agar (GY agar) ที่ประกอบด้วยกลูโคส 100 กรัมต่อลิตร+/- ยีสต์แอกแทรกซ์ 10 กรัมต่อลิตร แคลเซียมคาร์บอเนต 10 กรัมต่อลิตร และผงวุ้น 20 กรัมต่อลิตร ในการเพาะเลี้ยงแบคทีเรีย

3.2 การเตรียมซบสเตอร์

ใช้สับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียจากตำบลบ้านเสด็จ อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง ที่ปลูกและเก็บเกี่ยวในปี 2019 เป็นวัตถุดิบในการเตรียมซบสเตอร์น้ำสับปะรด และใช้น้ำมะพร้าวสดที่ซื้อจากตลาดอัสวิน อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการ

เตรียมซัสเตรตน้ำมะพร้าว ทำโดยนำน้ำสับปะรด และน้ำมะพร้าวจำนวน 100 มิลลิลิตร ใส่ในขวดทดลองขนาด 250 มิลลิลิตร แล้วนำไปฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส 15 นาที

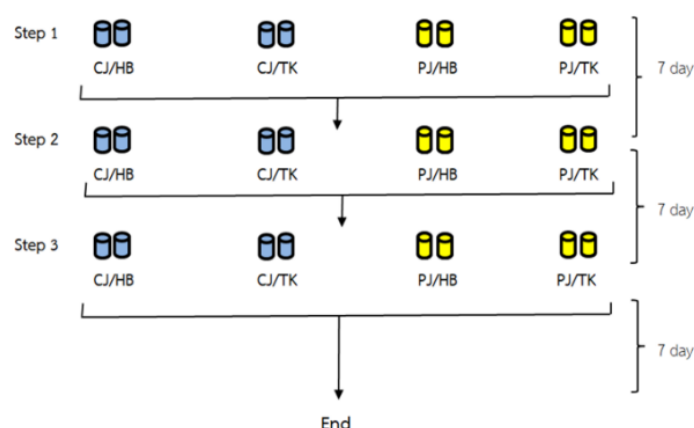
3.3 การเพาะเลี้ยงแบคทีเรีย

เตรียมกล้าเชื้อแบคทีเรียผลิตกรดแอซิก *A. pasteurianus* TK และ *A. pasteurianus* HB ในซัสเตรตน้ำสับปะรด และใช้น้ำมะพร้าว บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส นาน 48 ชั่วโมง แล้วนำไปใช้เป็นกล้าเชื้อในการศึกษาการเจริญเติบโตของแบคทีเรียผลิตกรดแอซิกในซัสเตรตที่แตกต่างกัน 2 ชนิด คือ น้ำสับปะรด และน้ำมะพร้าว (ตารางที่ 1) ทำ

การทดลอง 3 ขั้นตอน ดังนี้ ขั้นที่ 1 เดิมกล้าเชื้อแบคทีเรียผลิตกรดแอซิก *A. pasteurianus* TK และ *A. pasteurianus* HB จำนวน 1 มิลลิลิตร ลงในซัสเตรตจำนวน 100 มิลลิลิตร ที่อยู่ในขวดทดลองขนาด 250 มิลลิลิตร แล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลานาน 7 วัน ขั้นที่ 2 นำผลผลิตที่ได้จากการบ่มขั้นที่ 1 ไปใช้เป็นกล้าเชื้อในการเพาะเลี้ยงแบคทีเรียโดยมีวิธีการตามขั้นที่ 1 ขั้นที่ 3 นำผลผลิตที่ได้จากการบ่มขั้นที่ 2 ไปใช้เป็นกล้าเชื้อในการเพาะเลี้ยงแบคทีเรียโดยมีวิธีการตามขั้นที่ 1 (ภาพที่ 1)

ตารางที่ 1 ชนิดของซัสเตรตและแบคทีเรียที่ใช้ในการศึกษา

No.	Substrates	Acetic acid bacteria	Code
1	Coconut juice	<i>A. pasteurianus</i> HB	CJ/HB
2	Coconut juice	<i>A. pasteurianus</i> TK	CJ/TK
3	Pineapple juice	<i>A. pasteurianus</i> HB	PJ/HB
4	Pineapple juice	<i>A. pasteurianus</i> TK	PJ/TK



ภาพที่ 1 แผนการศึกษาและการสุ่มตัวอย่างวิเคราะห์

3.4 การตรวจวิเคราะห์

สุ่มตัวอย่างจากขั้นตอนที่ 1, 2 และ 3 ที่อุณหภูมิห้องนาน 7 วัน และนำตัวอย่างจากขั้นตอนที่

1 ที่บ่มอุณหภูมิห้องนาน 30 วัน ไปตรวจวิเคราะห์ค่าพีเอช โดยใช้เครื่องวัดพีเอช (pH meter) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด โดยใช้แฮนด์รีเฟรคโตร

มิเตอร์ (hand refractometer) ปริมาณกรดทั้งหมดโดยการไตเตรท (Kirk and Sawyer, 1991) วัดค่าการดูดกลืนแสง (A_{600}) และตรวจนับการเจริญเติบโตของแบคทีเรียผลิตกรดแอซิดิก โดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ Glucose Yeast Extract Agar (GY agar)

4. ผลการวิจัย

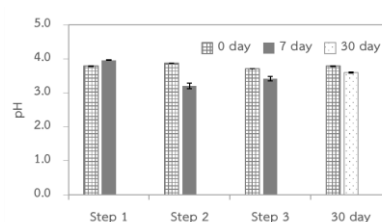
คุณภาพทางเคมีของซัสเตรตที่เตรียมจากวัตถุดิบน้ำมะพร้าวและน้ำสับปะรดมีค่าพีเอช ปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และค่าการดูดกลืนแสงที่ A_{600} นาโนเมตร (ตารางที่ 2) การใช้ซัสเตรตทั้ง 2 ชนิด ในการศึกษาคุณลักษณะการ

เจริญเติบโตของแบคทีเรียผลิตกรดแอซิดิก จำนวน 2 สปีชีส์ ได้แก่ แบคทีเรียผลิตกรดแอซิดิก *A. pasteurianus* HB และ *A. pasteurianus* TK พบว่าแบคทีเรียผลิตกรดแอซิดิกเจริญเติบโตในซัสเตรตน้ำสับปะรดแล้วสร้างกรดทำให้ผลการวิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมดมีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับค่าพีเอชที่มีค่าลดลง (ภาพที่ 2 และ 3) ในขณะที่แบคทีเรียผลิตกรดแอซิดิก ทั้ง 2 สปีชีส์ เจริญเติบโตในซัสเตรตน้ำมะพร้าวแล้วมีแนวโน้มทำให้ค่าพีเอชมีค่าเพิ่มขึ้นและมีปริมาณกรดทั้งหมดลดลง แสดงให้เห็นถึงองค์ประกอบที่แตกต่างกันในซัสเตรตส่งผลต่อกระบวนการเมแทบอลิซึม และการสร้างเมแทบอไลต์ที่แตกต่างกันของแบคทีเรียผลิตกรดแอซิดิกที่ใช้ในการศึกษารั้งนี้

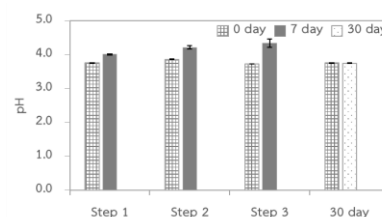
ตารางที่ 2 คุณภาพทางเคมีของซัสเตรตน้ำสับปะรดและน้ำมะพร้าว

Tr.	pH	TA (%)	TSS (Brix)	Abs 600 (nm)
CJ/HB	3.80±0.08	0.17±0.04	3.40±0.00	0.37±0.05
CJ/TK	3.78±0.08	0.17±0.04	3.40±0.00	0.40±0.06
PJ/HB	3.84±0.44	0.34±0.16	10.41±3.22	0.37±0.20
PJ/TK	3.84±0.42	0.34±0.16	10.41±3.22	0.32±0.21

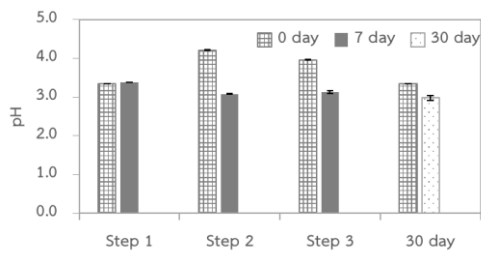
เมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ซึ่งใช้เป็นดัชนีของปริมาณน้ำตาลที่ใช้เป็นแหล่งคาร์บอนในการเจริญของแบคทีเรียผลิตกรดแอซิดิกทำให้ทราบว่าแบคทีเรียผลิตกรดแอซิดิก *A. pasteurianus* TK และ *A. pasteurianus* HB ใช้แหล่งคาร์บอนจากซัสเตรตทั้ง 2 ชนิดคือน้ำมะพร้าวและน้ำสับปะรดในปริมาณเพียงเล็กน้อย (ภาพที่ 4) โดยพบว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในซัสเตรตน้ำมะพร้าวมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง 3.40-4.00 องศาบริกซ์ และในซัสเตรตน้ำสับปะรดมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง 7.40-14.40 องศาบริกซ์



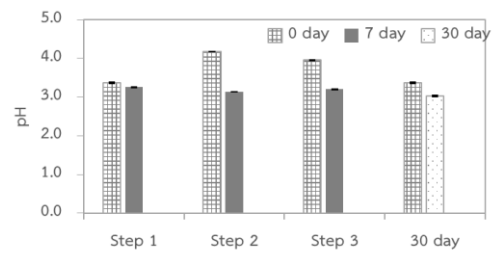
a



b

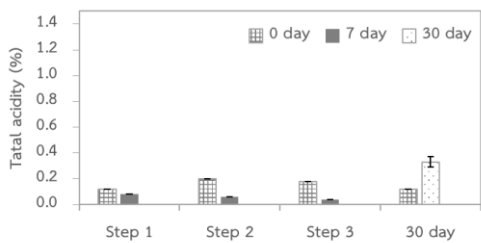


c

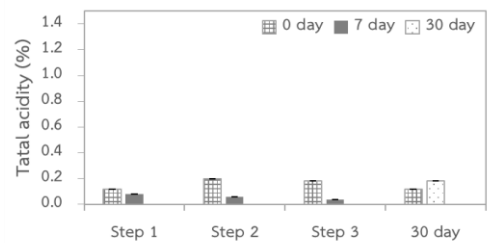


d

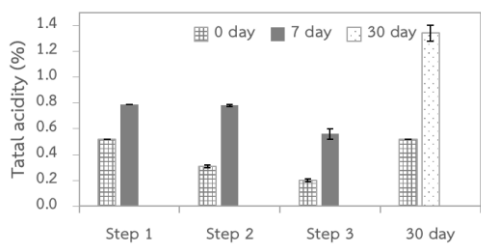
ภาพที่ 2 ค่าพีเอชของซัสเตรตเริ่มต้นและหลังจากการเพาะเลี้ยงแบคทีเรียผลิตกรดแอซิดิก น้ำมะพร้าว/แบคทีเรียผลิตกรดแอซิดิก HB (a), น้ำมะพร้าว/ แบคทีเรียผลิตกรดแอซิดิก TK (b), น้ำสับปะรด/ แบคทีเรียผลิตกรดแอซิดิก HB (c) และน้ำสับปะรด/ แบคทีเรียผลิตกรดแอซิดิก TK (d)



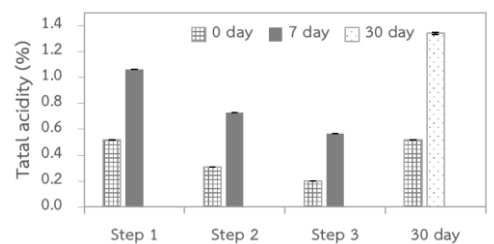
a



b

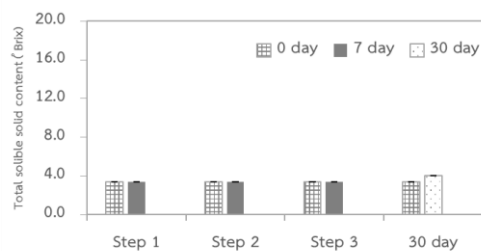


c

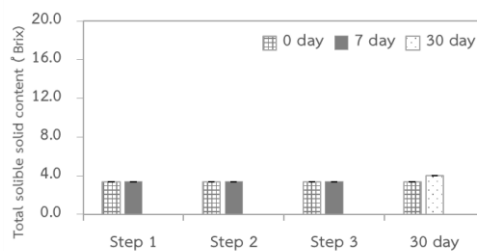


d

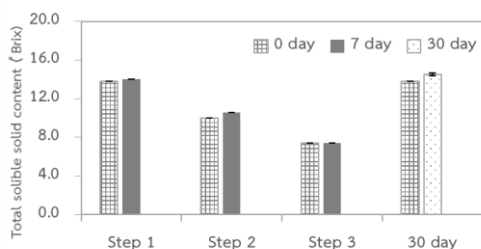
ภาพที่ 3 ปริมาณกรดทั้งหมดของซัสเตรตเริ่มต้นและหลังจากการเพาะเลี้ยงแบคทีเรียผลิตกรดแอซิดิก น้ำมะพร้าว/แบคทีเรียผลิตกรดแอซิดิก HB (a), น้ำมะพร้าว/ แบคทีเรียผลิตกรดแอซิดิก TK (b), น้ำสับปะรด/ แบคทีเรียผลิตกรดแอซิดิก HB (c) และน้ำสับปะรด/ แบคทีเรียผลิตกรดแอซิดิก TK (d)



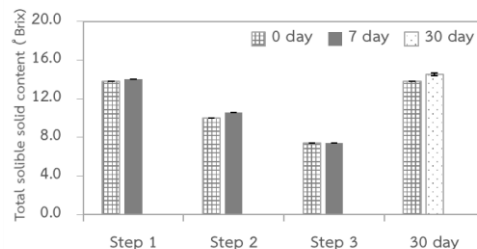
a



b



c



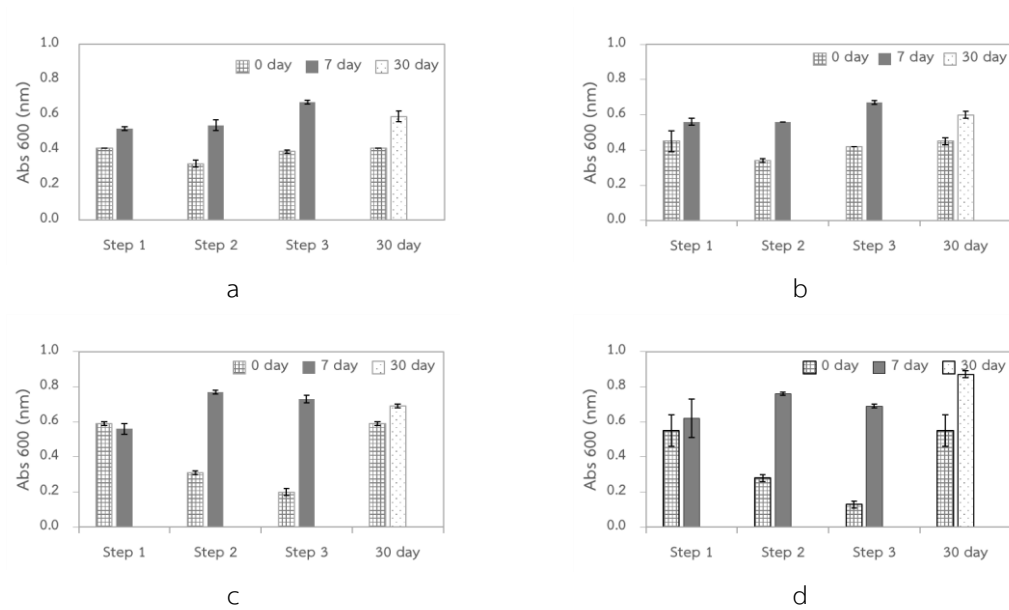
d

ภาพที่ 4 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของซัสเตรตเริ่มต้นและหลังจากการเพาะเลี้ยงแบคทีเรียผลิตกรดแอซิดิกในน้ำมะพร้าว/ แบคทีเรียผลิตกรดแอซิดิก HB (a), น้ำมะพร้าว/ แบคทีเรียผลิตกรดแอซิดิก TK (b), น้ำสับปะรด/ แบคทีเรียผลิตกรดแอซิดิก HB (c) และน้ำสับปะรด/ แบคทีเรียผลิตกรดแอซิดิก TK (d)

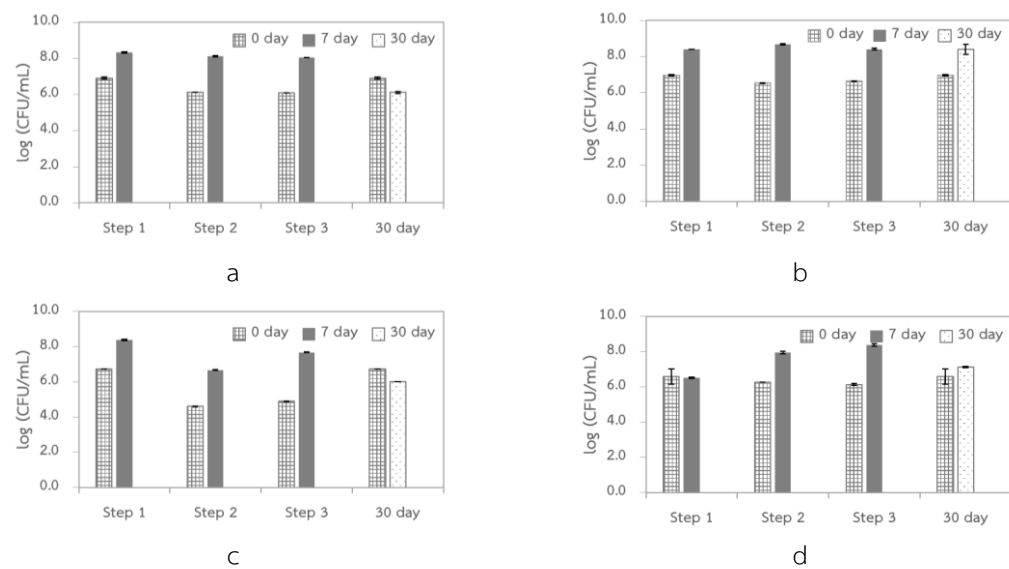
เมื่อพิจารณาผลการตรวจวิเคราะห์ค่า A_{600} และจำนวนแบคทีเรียผลิตกรดแอซิดิก ในการศึกษาการเจริญเติบโตของแบคทีเรียผลิตกรดแอซิดิก *A. pasteurionus* TK และ *A. pasteurionus* HB พบว่าค่าการดูดกลืนแสงมีลักษณะการเปลี่ยนแปลงที่เพิ่มมากขึ้นในทุกสิ่งทดลอง (ภาพที่ 5) ซึ่งสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงการเจริญเติบโตของแบคทีเรียผลิตกรดแอซิดิกที่ตรวจวิเคราะห์ด้วยอาหารเลี้ยงเชื้อ GY agar โดยพบว่า การเจริญเติบโตของแบคทีเรียผลิตกรดแอซิดิก *A. pasteurionus* HB และ *A. pasteurionus* TK ในน้ำมะพร้าวมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 6.10-8.38 CFU/mL และ 6.54-8.68 CFU/mL ตามลำดับ ในขณะที่การเจริญเติบโตของแบคทีเรีย

ผลิตกรดแอซิดิก *A. pasteurionus* HB และ *A. pasteurionus* TK ในน้ำสับปะรดมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 4.60-8.38 CFU/mL และ 6.13-8.41 CFU/mL ตามลำดับ (ภาพที่ 6)

ผลการศึกษาที่ได้แสดงบ่งชี้ถึงความสามารถในการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย *A. pasteurionus* HB และ *A. pasteurionus* TK ในซัสเตรตอย่างน้อย 3 ช่วงอายุของแบคทีเรีย และสามารถมีชีวิตอยู่รอดในซัสเตรตสับปะรดและน้ำมะพร้าวอย่างน้อย 30 วัน ที่อุณหภูมิห้อง ซึ่งแสดงให้เห็นถึงศักยภาพของน้ำมะพร้าวและน้ำสับปะรดในการใช้เป็นซัสเตรตในการเพาะเลี้ยงแบคทีเรียผลิตกรดแอซิดิกที่นำไปใช้ในการเก็บรักษากลิ่นของแบคทีเรียเพื่อใช้ในการผลิตน้ำส้มสายชูได้



ภาพที่ 5 ค่าการดูดกลืนแสงของซัสเตรตเริ่มต้นและหลังจากการเพาะเลี้ยงแบคทีเรียผลิตกรดแอซิดิก น้ำมะพร้าว/แบคทีเรียผลิตกรดแอซิดิก HB (a), น้ำมะพร้าว/แบคทีเรียผลิตกรดแอซิดิก TK (b), น้ำสับปะรด/แบคทีเรียผลิตกรดแอซิดิก HB (c) และน้ำสับปะรด/แบคทีเรียผลิตกรดแอซิดิก TK (d)



ภาพที่ 6 ปริมาณจุลินทรีย์ของซัสเตรตเริ่มต้นและหลังจากการเพาะเลี้ยงแบคทีเรียผลิตกรดแอซิดิก น้ำมะพร้าว/แบคทีเรียผลิตกรดแอซิดิก HB (a), น้ำมะพร้าว/แบคทีเรียผลิตกรดแอซิดิก TK (b), น้ำสับปะรด/แบคทีเรียผลิตกรดแอซิดิก HB (c) และน้ำสับปะรด/แบคทีเรียผลิตกรดแอซิดิก TK (d)

5. สรุปและอภิปรายผล

การนำมะพร้าวและน้ำสับปะรดไปใช้ในการเพาะเลี้ยงแบคทีเรียผลิตกรดแอซิดิก *A. pasteurianus* (Lynch et al., 2019) ในการศึกษาทำให้ทราบว่า แบคทีเรียผลิตกรดแอซิดิกทั้งสองสายพันธุ์สามารถเจริญเติบโตเพิ่มจำนวน และมีชีวิตอยู่รอดได้อย่างน้อย 3 ช่วงอายุของแบคทีเรีย ซึ่งถือได้ว่าเป็นการเตรียมกล้าเชื้อในรูปแบบอาหารเหลว (liquid inoculum) ด้วยกล้าเชื้อบริสุทธ์ (Solieri and Giudici, 2008) การเตรียมกล้าเชื้อแบคทีเรียผลิตกรดแอซิดิกในรูปแบบอาหารเหลวโดยทั่วไปมักเตรียมจากอาหารเลี้ยงเชื้อสังเคราะห์ และอาจมีการเติมเอทานอลร้อยละ 1-2 และกรดแอซิดิกร้อยละ 2-3 เพื่อช่วยปรับสภาวะให้กับแบคทีเรียกล้าเชื้อ ทั้งนี้ การเก็บรักษาแบคทีเรียในรูปแบบการแช่แข็งแห้ง (Freeze drying) สามารถเก็บรักษาได้นานถึง 21 เดือน และยังคงคุณภาพด้านลักษณะการผลิตกรดแอซิดิก (Sokollek and Hammes, 1997; Song et al., 2016)

ผลการศึกษาที่ได้แสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้แหล่งวัตถุดิบธรรมชาติชนิดใหม่ ได้แก่ น้ำมะพร้าว และน้ำสับปะรด สำหรับเป็นแหล่งซีสเตอร์ธรรมชาติที่มีศักยภาพในการเพาะเลี้ยงแบคทีเรียผลิตกรดแอซิดิกเพื่อการเก็บรักษากล้าเชื้อแบคทีเรียสำหรับผลิตน้ำส้มสายชูได้

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ สถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาที่สนับสนุนด้านต่างๆ ในการศึกษาทดลองครั้งนี้

7. เอกสารอ้างอิง

- นิอร โฉมศรี. 2559. สับปะรดสดตัดแต่งพร้อมบริโภค. ศิลปการพิมพ์. ลำปาง. 80 น.
- นิอร โฉมศรี ญัฐภูมิ คำปอก และสุพจน์ อินทรโมฬี. 2558. การเสริมรสสับปะรดเพื่อเป็นสับปะรดพร้อมในการหมักน้ำส้มสายชูแอปเปิ้ล. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 33 (ฉบับพิเศษ 1): 105-111.
- ประมวล ทรายทอง. 2554. บทบาทของแบคทีเรียกรดอะซิติกในอุตสาหกรรมอาหาร. ธุรกิจและอุตสาหกรรมอาหาร. ปีที่ 41 ฉบับที่ 4 ตุลาคม - ธันวาคม 2554.
- Gullo, M., E. Verzelloni and M. Canonico. 2014. Aerobic submerged fermentation by acetic acid bacteria for vinegar production: process and biotechnological aspects. Process Biochemistry. 49: 1571-1579.
- Kim, D.H., J.W. Chon., H. Kim and K.H. Seo. 2019. Development of a novel selective medium for the isolation and enumeration of acetic acid bacteria from various foods. Food Control. 106: 1-5.
- Kirk, R. and Sawyer, R. 1991. Pearson's composition and analysis of foods. Longman Scientific & Technical. Harlow Essex England. 708 p.
- Leones, A., E.D. Guerrero., M.Carbu., J.M.Cantoral., C.G. Barroso and R.Castro. 2019. Development of vinegar obtained from lemon juice: Optimization and chemical characterization of the process. LWT

- Food Science and Technology. 100: 314-321.
- Lynch, K.M., E. Zannini., S. Wilkinson., L. Daenen and E. K. Arendt. 2019. Physiology of Acetic Acid Bacteria and Their Role in Vinegar and Fermented Beverages. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. 18: 587-625.
- Roda, A., L. Lucini., F. Torchio., R. Dordoni and D.M.D. Faveri. 2017. Metabolite profiling and volatiles of pineapple wine and vinegar obtained from pineapple waste. Food Chemistry. 299: 734-742.
- Saichana N, Matsushita K, Adachi O, Frébort I, Frébortova J. 2015. Acetic acid bacteria: A group of bacteria with versatile biotechnological applications. Biotechnol Adv 33(6): 1260-1271.
- Shahidi, F and Alasalvar, C. 2016. Handbook of Functional Beverages and Human Health. CRC Press. Boca Raton. 890 p.
- Sokollek, S.J. and W.P. Hammes. 1997. Description of a Starter Culture Preparation for Vinegar Fermentation. Systematic and Applied Microbiology. 20(3): 481-491.
- Solieri, L. and P. Giudici. 2008. Yeasts associated to Traditional Balsamic Vinegar: ecological and technological features. Int J Food Microbiol. 125(1): 36-45.
- Song, N. E., H. S. Cho and S. H. Baik. 2016. Bacteria isolated from Korean black raspberry vinegar with low biogenic amine production in wine. Brazilian journal of microbiology. 47: 452-460.
- Tang, N., H. Liang., J. Song., W. Lin and L. Luo. 2019. Comparison of microbial community and metabolites in spontaneous fermentation of two types Daqu starter for traditional Chinese vinegar production. Bioscience and Bioengineering. 3: 307-315.
- Ua-Arak, T., F. Jakob and R.F. Vogel. 2016. Characterization of growth and exopolysaccharide production of selected acetic acid bacteria in buckwheat sourdoughs. International Journal of Food Microbiology. 239: 103-112.
- Xia, T., Zhang, B., Duan, W., Zang, J., & Wang, M. 2020. Nutrients and bioactive components from vinegar: A fermented and functional food. Journal of Functional Foods. 64: 1-14.

การเปรียบเทียบคุณลักษณะการหมักถั่วเหลือง ด้วย *Aspergillus oryzae* และ *Bacillus subtilis*

วรวรรณ สุนันตะ¹ เบญจวรรณ ปาพันธ์² กมลวรรณ มโนวรรณ² และนิอร โฉมศรี*¹

¹สถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา 202 หมู่ 17 ต.พิชัย อ.เมือง จ.ลำปาง 52000

²มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาลำปาง 200 หมู่ 17 ต.พิชัย อ.เมือง จ.ลำปาง 52000

รับบทความ 19 มิถุนายน 2563 ตอรับบทความ 24 มีนาคม 2564 เผยแพร่ออนไลน์ 31 กรกฎาคม 2564

© 2020 Rajamangala University of Technology Lanna. All right reserved.

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ เปรียบเทียบการใช้ *Aspergillus oryzae* และ *Bacillus subtilis* ในการหมักถั่วเหลือง 3 รูปแบบ ได้แก่ ถั่วเหลืองบดหมักจากถั่วเหลือง *A. oryzae* (SA) ถั่วเหลืองบดหมักจากถั่วเหลือง *B. subtilis* (SB) และ ถั่วเหลืองบดหมักจากถั่วเหลือง *A. oryzae* ผสมกับถั่วเหลืองบดหมักจากถั่วเหลือง *B. subtilis* (SAB) ผลการศึกษาพบว่า ถั่วเหลืองบดหมักทั้ง 3 สิ่งทดลอง มีปริมาณไนโตรเจนของกรดแอมิโนอิสระเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการหมักที่เพิ่มขึ้น ส่วนโปรตีนที่ละลายได้ทั้งหมดมีการเปลี่ยนแปลงในลักษณะที่แปรผกผันกับปริมาณไนโตรเจนของกรดแอมิโนอิสระ โดยถั่วเหลืองบดหมักจากถั่วเหลือง *A. oryzae* (SA) นาน 90 วัน ให้ปริมาณไนโตรเจนของกรดแอมิโนอิสระสูงสุด เท่ากับ 8909 ± 249 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ($p < 0.05$) และได้รับการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านคะแนนความชอบโดยรวมเฉลี่ยในระดับชอบปานกลางถึงชอบมาก

คำสำคัญ: ถั่วเหลืองหมัก, *Aspergillus oryzae*, *Bacillus subtilis*

Comparison of soybean fermentation characteristics using *Aspergillus oryzae* and *Bacillus subtilis*

Worawan Sunanta¹, Benjawan Papun², Kamonwan Manowan², Ni-orn Chomsri^{1*}

¹Agricultural Technology Research Institute, Rajamangala University of Technology Lanna,
202 Moo 17, Pichai District, Amphoe Muang, Lampang 52000

²Rajamangala University of Technology Lanna Lampang,
200 Moo 17, Pichai District, Amphoe Muang, Lampang 52000

Received: 19 June 2020 Accepted: 24 March 2021 Published online: 31 July 2021

© 2020 Rajamangala University of Technology Lanna. All right reserved.

Abstract

The objective of this research was to compare soybean fermentation characteristics of *Aspergillus oryzae* and *Bacillus subtilis* in three forms, e.g. ground soybean fermented from *A. oryzae* (SA), ground soybean fermented from *B. subtilis* (SB), and mixed ground soybean from *A. oryzae* and *B. subtilis* (SAB). The three treatments of fermented ground soybean showed an increase of free alpha amino nitrogen (FAN) contents with the fermentation time progress. The inverse relationship between changes of total soluble protein and free α -amino nitrogen (FAN) contents was observed. SA for 30 days exhibited the highest FAN content of 8909 ± 249 mg/kg ($p \leq 0.05$). Organoleptic evaluation revealed that the attribute of overall preference in SA was rated in a level between like moderately and like very much.

Keywords: Fermented soybean, *Aspergillus oryzae*, *Bacillus subtilis*

1. บทนำ

เครื่องปรุงรส เป็นองค์ประกอบสำคัญที่ในการประกอบอาหารที่เพิ่มรสชาติอาหารให้มีความอร่อยเพิ่มมากขึ้น จึงทำให้มีการพัฒนาเครื่องปรุงรสใหม่ๆ ออกมาอย่างต่อเนื่องเพื่อสนองความต้องการของผู้บริโภค ทำให้ปัจจุบันเครื่องปรุงรสมีความหลากหลายมากยิ่งขึ้น ปรับเปลี่ยนรสชาติให้ถูกปากเข้ากับรสชาติของอาหารที่มีการพัฒนาเมนูใหม่ๆ เพื่อให้ทันกับการเปลี่ยนแปลงกับความต้องการของผู้บริโภคในปัจจุบัน รวมถึงการเปลี่ยนแปลงที่ไม่อาจคาดการณ์ได้ เช่น วิกฤตการแพร่ระบาดของไวรัสโควิด-19 ที่เปลี่ยนวิถีชีวิตของผู้คนให้หันมาประกอบอาหารรับประทานเองมากขึ้น สอดคล้องกับสถิติการส่งออกที่ประเทศไทยขยับขึ้นครองตำแหน่งผู้ส่งออกเครื่องปรุงรสอาหารเป็นอันดับที่ 3 ของโลก รองจากสหรัฐอเมริกา และจีน (นิรนาม, 2563) ส่งผลทำให้เครื่องปรุงรสได้รับความนิยมมากขึ้นและเกิดการขยายตลาดทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ ทำให้ตลาดเครื่องปรุงรสในประเทศไทยมีโอกาสดิบโตมากขึ้น

การแปรรูปอาหารด้วยกระบวนการหมักเป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถนำไปใช้ในการผลิตอาหารหมักและเครื่องปรุงรสอาหาร ยกตัวอย่างเช่น ซีอิ๊ว (soy sauce หรือ shoyu) เต้าเจี้ยว (soy paste) มิโซะ (miso) ที่จัดเป็นเครื่องปรุงรสจากถั่วเหลือง (วรารุณ และรุ่งนภา, 2532; วิเชียร, 2534; Steinkraus, 2004; Chomsri et al., 2013; Kim et al., 2020) ที่มีการบริโภคกันอย่างแพร่หลาย จากการศึกษาข้อมูลด้านการหมักถั่วเหลือง พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ถั่วเหลืองเป็นวัตถุดิบหลัก และมีกรรมวิธีการผลิตจากกระบวนการหมักด้วยเทคนิคการหมักแบบการหมักบนอาหารแข็ง Solid-state fermentation (SSF) (Jamaluddin, 2014) ซึ่งการหมักด้วยรา *Aspergillus oryzae* ที่สามารถสร้างเอนไซม์ย่อยสลายองค์ประกอบในถั่วเหลือง (Kaewkrod et al., 2018) ทำให้ได้เป็น

ผลิตภัณฑ์ที่มีกลิ่น รสชาติ และมีคุณค่าทางโภชนาการเพิ่มขึ้น (สุพรรณิ, 2550) นอกจากนั้นกระบวนการหมักถั่วเหลืองด้วยเทคนิคการหมักแบบการหมักบนอาหารแข็งด้วยแบคทีเรีย ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์หมักที่ให้ทั้งรสชาติที่ดี และให้รสชาติความอร่อย เช่น ถั่วเน่า ที่ได้จากการหมักถั่วเหลืองด้วย *Bacillus subtilis* (พัทธินันท์, 2555) การศึกษาวิจัยครั้งนี้ จึงมีวัตถุประสงค์ในการนำเทคนิคการหมักแบบบนอาหารแข็งโดยใช้จุลินทรีย์ *Aspergillus oryzae* และ *Bacillus subtilis* ในการหมักถั่วเหลืองเพื่อใช้เป็นเป็นแนวทางในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์รูปแบบใหม่ และยังเป็นการเพิ่มความหลากหลายของการใช้ประโยชน์ รวมถึงมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรอย่างถั่วเหลืองได้อีกด้วย

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาผลของการใช้กล้าเชื้อ *Aspergillus oryzae* และ *Bacillus subtilis* ที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงทางเคมี ในระหว่างการหมักถั่วเหลือง
2. เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการหมักถั่วเหลืองด้วย *Aspergillus oryzae* และ *Bacillus subtilis*

2. แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การหมัก (Fermentation) หมายถึง การย่อยสลายคาร์โบไฮเดรตโดยจุลินทรีย์ ทำให้เกิดฟองแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ แต่ในปัจจุบันการหมักหมายถึง กิจกรรมการเปลี่ยนแปลงชีวสเตรตอันเนื่องมาจากการเมแทบอลิซึมของจุลินทรีย์ ได้สารเมตาบอไลต์ที่มีกลิ่นและรสชาติพึงประสงค์ และช่วยให้อาหารหมักเก็บไว้ได้นานกว่าอาหารสด (สุเมธนา, 2549) ปัจจัยสำคัญที่ควรคำนึงถึงในการควบคุมการหมักหลายประการ เช่น วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต

จุลินทรีย์ที่ใช้ในการหมัก และสภาวะของการหมัก เป็นต้น (Nguyen et al., 2019)

อาหารหมักเป็นอาหารที่จุลินทรีย์ใช้ขับสเตรตเปลี่ยนเป็นผลิตภัณฑ์ที่มนุษย์บริโภคได้ เป็นผลิตภัณฑ์ไม่เป็นพิษ มีกลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัสที่พึงพอใจของผู้บริโภค การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวเกิดขึ้นจากการที่เอนไซม์จากจุลินทรีย์ ได้แก่ อะไมเลส โปรตีเอส ไลเปส ย่อยโพลีแซคคาไรด์ โปรตีน และไขมันที่เป็นส่วนประกอบอาหารนั่นเอง แต่ถ้าเอนไซม์ย่อยขับสเตรตแล้วเกิดเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีกลิ่นหรือรสชาติไม่เป็นที่พึงประสงค์ ทำให้เกิดผลิตภัณฑ์ที่เป็นพิษก่อให้เกิดโรคกับมนุษย์ อาหารดังกล่าวก็จัดเป็นอาหารที่เน่าเสีย ทั้งนี้ การหมักทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงที่เป็นน่าพึงพอใจในอาหารหมักในด้านต่างๆ เช่น เพิ่มความหลากหลายของกลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัสของอาหาร ช่วยถนอมอาหารและยืดอายุการเก็บรักษาของอาหาร ช่วยเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการของอาหารหมัก ช่วยสร้างคุณสมบัติของการเป็นอาหารเฉพาะทาง ช่วยลดความเป็นพิษของอาหารและลดระยะเวลา/พลังงานในการแปรรูปอาหาร (นิอร, 2555)

ถั่วเหลือง (Soybean) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Glycine max* เป็นพืชที่มีถิ่นกำเนิดในแถบเอเชีย เช่น จีน เกาหลี ญี่ปุ่น ตลอดจนประเทศไทย ถั่วเหลืองเป็นพืชที่มีโปรตีน และไขมันสูง โปรตีนจากถั่วเหลืองประกอบไปด้วยกรดอะมิโนที่จำเป็นอยู่ครบถ้วนทั้ง 8 ชนิด แต่ปริมาณน้อยกว่าโปรตีนที่มาจากสัตว์ นอกจากนี้ยังมีสารไอโซฟลาโวน (Isoflavone) อยู่สูงมาก ซึ่งสารดังกล่าวสามารถช่วยป้องกันโรคมะเร็ง ในถั่วเหลืองดิบยังพบสารที่เป็นพิษบางชนิด เช่น สารยับยั้งเอนไซม์ทริปซิน (Trypsin inhibitor) ที่ไปยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ย่อยโปรตีน และฮีแมกกลูตินิน (Hemagglutinin) ที่ไปจับกับเซลล์เม็ดเลือดแดงทำให้ไม่สามารถทำงานได้ตามปกติ จึงจำเป็นต้องให้ความร้อนแก่ถั่วเหลืองเพื่อทำลายสารพิษเหล่านี้ก่อนนำไป

แปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อบริโภค (พัทธินันท์, 2555; Vagadia et al., 2017; Aviles-Gaxiola et al., 2018; Yue et al., 2021)

ผลิตภัณฑ์อาหารหมักจากถั่วเหลือง เป็นอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการ อุดมไปด้วยโปรตีน และสารอาหารอื่นๆ ที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย เช่น ถั่วเน่าที่ผ่านกระบวนการหมักด้วยแบคทีเรีย *Bacillus* sp. และมีโชนะที่ผ่านกระบวนการหมักด้วย *Aspergillus oryzae* ซึ่งจุลินทรีย์ทั้งสองชนิดมีบทบาทสำคัญในการผลิตเอนไซม์ย่อยสลายสารต่างๆ ในถั่วเหลืองทำให้ได้ผลิตภัณฑ์อาหารหมักที่มีกลิ่นรสที่เป็นเอกลักษณ์ เพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ เพิ่มความสามารถในการย่อยสลายสารอาหารทำให้ร่างกายดูดซึมได้ง่ายขึ้น และยังให้รสอูมามิกับอาหารอีกด้วย (พัทธินันท์, 2555; Abiose et al., 1982; Inoue et al., 2016; An et al., 2020)

ข้อมูลด้านการหมักและอาหารหมักจากถั่วเหลือง สามารถยืนยันคุณสมบัติเชิงบวกของผลิตภัณฑ์อาหารหมักจากถั่วเหลือง ที่สามารถนำไปใช้ในการวางแผนคิดของการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารหมักจากถั่วเหลืองเพื่อนำไปใช้เป็นเครื่องปรุงรสได้

3. วิธีการวิจัย

3.1 การเตรียมจุลินทรีย์

ใช้กล้าเชื้อ *Bacillus subtilis* และ *Aspergillus oryzae* จากห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีชีวภาพอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา นำไปเพาะเลี้ยงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ Nutrient Agar และ Potato Dextrose Agar ตามลำดับ

3.2 การเตรียมวัตถุดิบและการหมัก

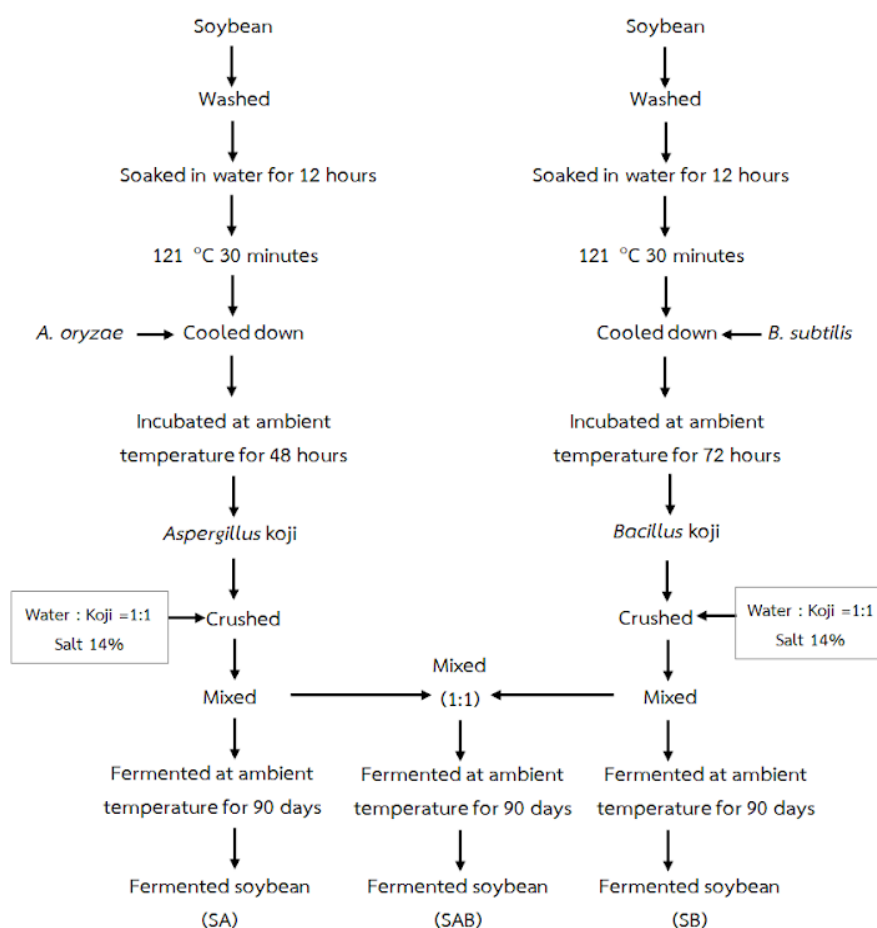
นำถั่วเหลืองไปล้างทำความสะอาด แช่น้ำนาน 12 ชั่วโมง สะเด็ดน้ำ แล้วนำไปนึ่งด้วยหม้อนึ่ง ความดันไอน้ำ 121 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที

รอให้เย็น แล้วเติมกล้าเชื้อรา *B. subtilis* และ *A. oryzae* ผสมให้เข้ากัน นำไปบ่มตามระยะเวลาที่กำหนดได้เป็นโคจิ เติมน้ำ:โคจิ:เกลือที่อัตราส่วน 1: 1: 1 (เกลือร้อยละ 14) แล้วนำส่วนผสมที่ได้ใส่ในขวดหมัก ปิดฝาให้สนิท นำไปหมักที่อุณหภูมิห้องเป็น

เวลานาน 90 วัน กำหนดสิ่งทดลองที่ใช้ในการศึกษาออกเป็น 3 สิ่งทดลอง (ตารางที่ 1) ในระหว่างการหมักเก็บตัวอย่างที่ระยะเวลาการหมัก 0, 30, 60 และ 90 เพื่อนำไปตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพทางเคมี และทางประสาทสัมผัส

ตารางที่ 1 สิ่งทดลองที่ใช้ในการศึกษา

Code	Starter
SA	<i>A. oryzae</i>
SB	<i>B. subtilis</i>
SAB	<i>A. oryzae</i> + <i>B. subtilis</i>



ภาพที่ 1 กระบวนการหมักถั่วเหลือง

3.3 การตรวจวิเคราะห์ทางกายภาพ

ตรวจวิเคราะห์ค่าสี โดยใช้เครื่องวัดค่าสี (Colorimeter, NR 200 3NH Technology Co., Ltd., China)

3.4 การตรวจวิเคราะห์ทางเคมี

ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีในระหว่างการหมักถั่วเหลือง โดยวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี ดังนี้ ค่าพีเอชด้วยเครื่องวัดพีเอช (Model C831, Belgium) ปริมาณกรดทั้งหมดด้วยวิธีไทเทรต โดยคำนวณในรูปของกรดแล็กติก (Intaramoree and Chomsri, 2014) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด โดยใช้ Hand refractometer ปริมาณความชื้น (Kirk and Sawyer, 1991) ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ด้วยวิธี dinitrosalicylic acid (DNS) ตามวิธีดัดแปลงจาก Miller (1972) ปริมาณไนโตรเจนของกรดแอมิโนอิสระตามวิธีดัดแปลงจาก (Wylie and Johnson, 1961) ปริมาณโปรตีนที่ละลายได้ทั้งหมดด้วยวิธี Bradford (Bradford, 1976) ปริมาณเกลือโดยวิธี Mohr method (Nielsen, 2017)

3.5 การตรวจวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัส

นำตัวอย่างหลังจากเสร็จสิ้นการหมักไปทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยใช้แบบทดสอบชิมแบบ 9-point Hedonic scale โดยผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึกฝนแล้วด้านการชิมผลิตภัณฑ์อาหารหมัก จำนวน 8 คน โดยประเมินแบบ 9 point hedonic scaling (Meilgaard and Carr, 2006)

3.6 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติตามแผนการทดลองวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ ANOVA (Analysis of Variance) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติแบบ Duncan's New Multiple Range Test (DNMRT)

4. ผลการวิจัย

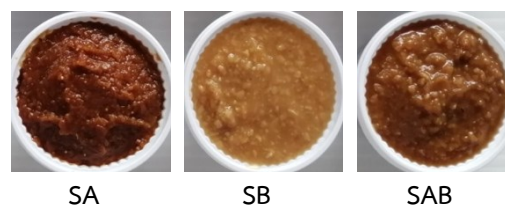
การนำถั่วเหลืองไปหมักด้วยกล้าเชื้อ *Aspergillus oryzae* ที่อุณหภูมิห้อง นาน 2 วัน และหมักด้วยกล้าเชื้อ *Bacillus subtilis* นาน 3 วัน แล้วนำถั่วเหลืองที่ได้จากการหมักไปตรวจคุณภาพทางเคมีพบว่า ถั่วเหลืองที่ผ่านกระบวนการหมักจากกล้าเชื้อ *A. oryzae* และ *B. subtilis* มีคุณภาพที่แตกต่างกันดังแสดงใน (ตารางที่ 2) โดยเฉพาะอย่างยิ่งปริมาณไนโตรเจนของกรดแอมิโนอิสระ (FAN) ที่พบในผลิตภัณฑ์ถั่วหมัก ซึ่งเป็นผลจากเอนไซม์ย่อยโปรตีนที่พบในจุลินทรีย์ทั้งสองชนิด (Rai et al., 2017; Teng et al., 2012) ผลการทดลองที่ได้ทำให้ทราบว่า ถั่วเหลืองที่ใช้ *A. oryzae* ในการหมักให้ปริมาณไนโตรเจนของกรดแอมิโนอิสระสูงกว่าถั่วเหลืองที่ใช้ *B. subtilis* ในการหมักประมาณ 3 เท่า แสดงให้เห็นว่า ในการศึกษา *A. oryzae* สามารถสร้างเอนไซม์ย่อยโปรตีนในถั่วเหลืองให้เป็นโมเลกุลเล็กลงอย่างเปปไทด์ และกรดแอมิโนได้ดีกว่า *B. subtilis*

เมื่อนำถั่วเหลืองที่ได้จากการหมักไปบดผสมกับน้ำและเกลือ แล้วนำไปหมักต่อที่อุณหภูมิห้อง นาน 90 วัน โดยกำหนดแผนการศึกษาเป็น 3 สิ่งทดลอง คือ ถั่วเหลืองบดหมักจากกล้าเชื้อ *A. oryzae* (SA) ถั่วเหลืองบดหมักจากกล้าเชื้อ *B. subtilis* (SB) และถั่วเหลืองบดหมักจากกล้าเชื้อ *A. oryzae* ผสมกับถั่วเหลืองบดหมักจากกล้าเชื้อ *B. subtilis* (SAB) พบว่าในช่วงระยะเวลา 60 วันแรกของการหมัก การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีของถั่วเหลืองบดหมักมีอัตราการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว และสามารถสังเกตเห็นได้ชัดเจน ในขณะที่ระยะเวลา 30 วันต่อมาพบการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย (ภาพที่ 3) ค่าพีเอชของถั่วเหลืองบดหมักของตัวอย่างทั้ง 3 สิ่งทดลอง มีค่าลดลงอย่างเห็นได้ชัด หลังจากนั้นมีความคงที่ไปจนเสร็จสิ้นกระบวนการหมัก โดยมีค่าพีเอชเฉลี่ยเริ่มต้น 6.25 ± 0.06 - 6.75 ± 0.37 แล้วลดลงอยู่ในช่วง

4.91±0.05-5.11±0.02 (ภาพที่ 3) ซึ่งการลดลงของค่าพีเอชในถั่วเหลืองบดหมักสอดคล้องกับปริมาณกรดทั้งหมดที่เพิ่มขึ้น ซึ่งรวมถึงกรดแอมิโนที่ได้จากปฏิกิริยาการย่อยสลายของโปรตีน ในการศึกษาครั้งนี้ตัวอย่างถั่วเหลืองบดหมักมีปริมาณกรดทั้งหมดเริ่มต้นอยู่ในช่วงร้อยละ 0.03±0.04-0.51±0.04 และเมื่อผ่านกระบวนการหมักนาน 90 วัน ปริมาณกรดทั้งหมดมีค่าเพิ่มขึ้นอยู่ในช่วงร้อยละ 1.47±0.08-3.36±0.14 (ภาพที่ 3) ผลการวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดพบว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของตัวอย่างถั่วเหลืองบดหมักจากเชื้อ *A. oryzae* ในช่วงระยะเวลา 60 วันแรกของการหมักมีค่าเพิ่มขึ้น โดยมีอัตราเพิ่มขึ้นที่สูงกว่าถั่วเหลืองบดหมักจาก *B. subtilis* และถั่วเหลืองบดหมัก *A. oryzae* ผสมกับถั่วเหลืองบดหมัก *B. subtilis* ทั้งนี้ถั่วเหลืองบดหมักจำนวน 3 สิ่งทดลอง มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเริ่มต้นอยู่ในช่วง 24.00±0.00-25.50±0.40 องศาบริกซ์ และเมื่อผ่านกระบวนการหมักนาน 90 วัน ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดมีค่าเพิ่มขึ้นอยู่ในช่วง 28.00±0.00-42.00±0.57 องศาบริกซ์ ทั้งนี้ น่าจะอธิบายได้จากการเกิดขึ้นของโมเลกุลขนาดเล็กที่สามารถละลายได้ในน้ำ ซึ่งเป็นผลผลิตของปฏิกิริยาทางชีวเคมีของเอนไซม์ชนิดต่างๆ จาก *A. oryzae* และ *B. subtilis* ยกตัวอย่างเช่น กรดอินทรีย์ น้ำตาล กรดแอมิโน กรดไขมัน (นอร์ และอัมฤทธิ์, 2562; Cui et al., 2020)

ในด้านปริมาณไนโตรเจนของกรดแอมิโนอิสระพบว่า ถั่วเหลืองบดหมักทุกสิ่งทดลองมีปริมาณไนโตรเจนของกรดแอมิโนอิสระเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการหมักที่เพิ่มขึ้น ส่วนโปรตีนที่ละลายได้ทั้งหมดมีการเปลี่ยนแปลงในลักษณะที่แปรผกผันกับปริมาณไนโตรเจนของกรดแอมิโนอิสระ ผลจากการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี แสดงให้เห็นถึงอิทธิพลของรูปแบบการหมักของจุลินทรีย์ที่แตกต่างกันต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีของถั่วเหลืองบดหมัก

ในระหว่างการหมัก โดยพบว่า *A. oryzae* ที่ใช้ในการศึกษานี้สามารถเจริญเติบโตสร้างเอนไซม์ย่อยองค์ประกอบขนาดใหญ่ต่างๆ ในถั่วเหลือง เช่น แป้งและโปรตีน ให้เป็นสารประกอบขนาดเล็กต่างๆ เช่น น้ำตาลกรดอินทรีย์ กรดแอมิโนได้ดีกว่า *B. subtilis* จึงส่งผลให้คุณสมบัติทางเคมีของถั่วเหลืองบดหมักเกิดการเปลี่ยนแปลงที่แตกต่างกันดังกล่าว



ภาพที่ 2 ลักษณะของผลิตภัณฑ์ถั่วเหลืองบดหมักนาน 90 วัน SA=ถั่วเหลืองบดหมักจากกล้าเชื้อ *A. oryzae*, SB=ถั่วเหลืองบดหมักจากกล้าเชื้อ *B. subtilis*, SAB=ถั่วเหลืองบดหมักจากกล้าเชื้อ *A. oryzae* ผสมกับถั่วเหลืองบดหมักจากกล้าเชื้อ *B. subtilis*

ถั่วเหลืองบดหมักจากกล้าเชื้อ *A. oryzae* (SA) ถั่วเหลืองบดหมักจากกล้าเชื้อ *B. subtilis* (SB) และถั่วเหลืองบดหมักจากกล้าเชื้อ *A. oryzae* ผสมกับถั่วเหลืองบดหมักจากกล้าเชื้อ *B. subtilis* (SAB) ที่ผ่านการหมักนาน 90 วัน มีลักษณะข้นหนืด (ภาพที่ 1) และมีค่าสีดังนี้ ค่าความสว่าง (L^*) เฉลี่ยอยู่ในช่วง 43.74±0.18-50.97±2.14 ค่าสีแดง-เขียว (a^*) เฉลี่ยอยู่ในช่วง 6.57±0.73-8.14±1.78 และค่าสีเหลือง-น้ำเงิน (b^*) เฉลี่ยอยู่ในช่วง 11.49±2.10-5.23±1.07 (ภาพที่ 4) ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของผลิตผลถั่วเหลืองบดหมักทั้ง 3 สิ่งทดลอง พบว่ามีค่าความชื้นเฉลี่ยอยู่ในช่วง 5.23±1.07-11.49±2.10 (ภาพที่ 3) ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับความชื้นของตัวอย่างมันโต๊ะที่มีค่าร้อยละ 60 (Wei et al., 2001) และมี

โสมมีอยู่ระหว่างร้อยละ 64-68 (Chomsri et al., 2015)

ตารางที่ 3 แสดงคุณภาพทางเคมีของตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการหมักถั่วเหลืองบดหมักทั้ง 3 สิ่งทดลองผลการวิเคราะห์พบว่า ผลผลิตถั่วเหลืองบดหมักจากเชื้อ *A. oryzae* ให้ค่าพีเอช ปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ปริมาณไนโตรเจนของกรดแอมิโนอิสระ ปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ปริมาณโซเดียมคลอไรด์ และปริมาณของแข็งทั้งหมดสูงสุด รองลงมาคือผลิตภัณฑ์ถั่วเหลืองบดหมักจาก *B. subtilis* และผลของถั่วเหลืองบดหมักจาก *A. oryzae* ผสม *B. subtilis* ตามลำดับองค์ประกอบทางเคมีในถั่วเหลืองบดหมักนี้ เกิดจากการย่อยสลายโดยเอนไซม์จากจุลินทรีย์ทั้งสองชนิดที่ใช้ในการศึกษานี้ ซึ่งเป็นคุณสมบัติของ *A. oryzae* และ *B. subtilis* ที่ใช้ในการหมักถั่วเหลืองเพื่อผลิตอาหารหมักจากถั่วเหลืองหลายชนิดของเอเชีย (Park and Kim, 2020; Li and Wang, 2021) การตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสพบว่า ผลผลิตผลของถั่วเหลืองบดที่ผ่านกระบวนการหมักนาน 90 วัน ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมเฉลี่ยอยู่ในช่วงปานกลางถึงชอบมาก โดยถั่วเหลืองบดหมักจาก *A. oryzae* ผสม *B. subtilis* ได้รับการประเมินที่มีแนวโน้มได้รับคะแนนความชอบรวมที่ดีมากที่สุด

ผลการศึกษาี้แสดงถึงความสามารถของ *A. oryzae* ในการเจริญเติบโตในถั่วเหลืองได้ดีกว่า *B. subtilis* ภายใต้สภาวะการทดลองครั้งนี้ กล่าวคือ จุลินทรีย์ต่างชนิดกันย่อมมีความแตกต่างกัน อย่างไรก็ตามยังมีปัจจัยหลายประการที่ส่งผลต่อลักษณะการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ รวมถึงการสร้างเอนไซม์ย่อยสลายประกอบต่างๆ บนซับสเตรต เช่น ชนิดของซับสเตรต ความแข็งแรงของจุลินทรีย์ และสภาวะการหมัก เป็นต้น (Teng et al., 2012, Wang et al., 2018)

5. สรุปและอภิปรายผล

การเปรียบเทียบการหมักถั่วเหลืองด้วย *A. oryzae* และ *B. subtilis* ในการศึกษาี้ ทำให้สามารถสรุปได้ว่า ถั่วเหลืองบดที่หมักด้วย *A. oryzae* ให้คุณลักษณะการหมักที่เร็วกว่าถั่วเหลืองบดที่หมักด้วย *B. subtilis* โดยผลิตผลที่ได้จากการหมักด้วย *A. oryzae* มีองค์ประกอบทางเคมีในด้านปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ปริมาณไนโตรเจนของ กรดแอมิโนอิสระ และปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้สูงกว่าผลิตผลที่ได้จากการหมักด้วย *B. subtilis* และได้รับคะแนนความชอบโดยรวมเฉลี่ยในระดับชอบปานกลางถึงชอบมาก

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ที่ให้การสนับสนุนการดำเนินงานวิจัยนี้

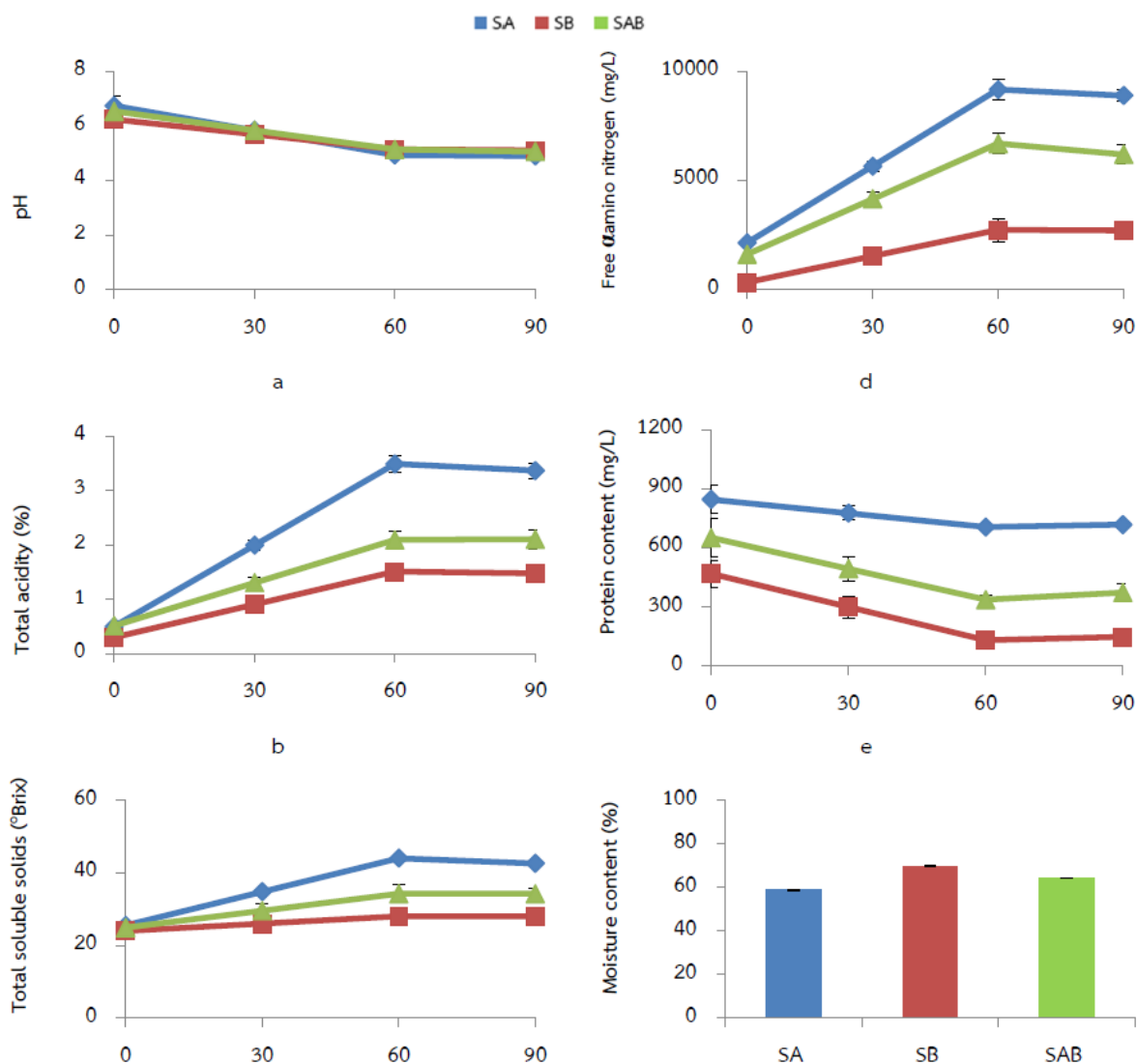
7. เอกสารอ้างอิง

- พัทธนันท์ วาริชนันท์. (2555). ถั่วเน่า ถั่วเหลืองหมัก โภชนาการสูงภูมิปัญญาชาวบ้านทางภาคเหนือของไทย. วารสารอาหาร 42 (4): 281-286.
- นิอร โฉมศรี. 2555. จุลชีววิทยาอาหาร. สำนักพิมพ์ บริษัทเชียงใหม่ปริ้นท์ติ้ง. เชียงใหม่, 170 น.
- นิอร โฉมศรี และอัมฤทธิ์ สีก่อม. 2562. การใช้งาม่อนเป็นซับสเตรตร่วมกับถั่วเหลืองและแป้งสาลีเพื่อการหมักชีอิ้ว. รายงานสืบเนื่องจากการประชุมทางวิชาการระดับชาติ (Proceedings) ราชภัฏเลยวิชาการ ครั้งที่ 5 ประจำปี 2562 “วิจัยและนวัตกรรมเพื่อการพัฒนาท้องถิ่นอย่างยั่งยืน” 22 มีนาคม 2562. มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย จังหวัดเลย. น. 765-771.

- นิรนาม. 2563. เครื่องปรุงรสไทยดาวเด่นยุคโควิด ดัน
ส่งออก 2 เดือน 135 ล้านเหรียญสหรัฐ.
ประชาชาติธุรกิจออนไลน์. แหล่งข้อมูล:
<https://www.prachachat.net/economy/news-450231>, 27 พฤษภาคม 2563.
- วรารุณ ครูสง และรุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต. 2532.
เทคโนโลยีการหมักในอุตสาหกรรม. โอ
เดียนส์ไตร์. กรุงเทพฯ. 209 น.
- วิเชียร ลีลาวัชรมาศ. 2534. ซีอีว. สำนักพิมพ์โอ
เดียนส์ไตร์. กรุงเทพมหานคร. 189 น.
- วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. 2563. การหมักดอง.
แหล่งที่มา:
[https://th.wikipedia.org/wiki/การหมัก
ดอง](https://th.wikipedia.org/wiki/การหมักดอง), 27 กุมภาพันธ์ 2563.
- สมณฑา วัฒนสินธุ์. 2549. จุลชีววิทยาทางอาหาร.
จามจุรีโปรดักส์, กรุงเทพฯ. 436 น.
- สุพรรณิ เทพอรุณรัตน์. 2550. อาหารหมัก. วารสาร
กรมวิทยาศาสตร์บริการ. 55 (175).
- Abiose, S.H., M.C. Allan and B.J. B. Wood,
1982. Microbiology and biochemistry
of miso (soy paste) fermentation.
Advances in Applied Microbiology 28:
239–265.
- An, F. Li, M. Zhao, Y. Zhang, Y., Mu, D. Xinyu
Hu, X., You, S., Wu, J. and Wu, R.
2020. Metatranscriptome-based
investigation of flavor-producing core
microbiota in different fermentation
stages of dajiang, a traditional
fermented soybean paste of
Northeast China. Food Chemistry
343: 1-9 p.
- Aviles-Gaxiola, S., Chuck-Hernandez, C.,
Rocha-Pizana, M. R., Garcia-Lara, S.,
Lopez-Castillo, L. M. and Serna-
- Saldivar, S. O. 2018. Effect of thermal
processing and reducing agents on
trypsin inhibitor activity and
functional properties of soybean and
chickpea protein concentrates. LWT -
Food Science and Technology 98:
629–634.
- Bradford, M.M. 1976. A rapid and sensitive
method for quantitation of
microgram quantities of protein
utilizing the principle of protein-dye-
binding. Analytical Biochemistry 72:
248-254.
- Chomsri, N. Intaramoree, S. and Sunantha, W.
2013. Miso Fermentation by Mixed
Cultures. RMUTP Research Journal,
Special Issue (The 4th Rajamangala
University of Technology
International Conference), 249-257.
- Chomsri, N., Intaramoree, S. and
Wongputtisin, P. 2015. Miso
production using Thai rice as co-
substrate. Proceedings of CRCI. 2015.
The 2nd Conference on Research
and Creative Innovations 2105. 14-15
September 2015. Chiang Mai,
Thailand. pp. 187-192.
- Cui, J., Xia, P. Zhang, L., Hu, Y. Xie, Q. and
Xiang, H. 2020. A novel fermented
soybean, inoculated with selected
Bacillus, *Lactobacillus* and
Hansenula strains, showed strong
antioxidant and anti-fatigue potential
activity. Food Chemistry 333
(127527): 1-10 p.

- Intaramoree, S. and Chomsri, N. 2014. Miso produced from different Thai rice cultivars: physicochemical and sensory characteristics. Proceeding: The Technology and Innovation toward ASEAN, The 5th Rajamangala University of Technology International Conference. Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi, Phranakhon Si Ayutthaya, Thailand, 23-25 July 2014. pp. 487-495 pp.
- Jamaluddin, A., Rashid, N. Y. A., Razak, D. L. A., Sharifudin, S. A. and Long, K. 2014. Effect of fungal fermentation on tyrosinase and elastase inhibition activity in rice bran. Agriculture and Agricultural Science Procedia 2: 252-256.
- Inoue, Y., Kato, S., Saikusa, M., Suzuki C., Otsubo, Y., Tanaka, Y., Watanabe, H. and Hayase, F. 2016. Analysis of the cooked aroma and odorants that contribute to umami aftertaste of soy miso (Japanese soybean paste). Food Chemistry 213: 521-528.
- Kaewkrod, A., Niamsiri, N., Likitwattanasade, T. and Lertsiri, S. 2018. Activities of macerating enzymes are useful for selection of soy sauce koji. LWT - Food Science and Technology 89: 735-739.
- Kim, S. S. Kwak, H. S. and Kim, M. J. 2020. The effect of various salinity levels on metabolomic profiles, antioxidant capacities and sensory attributes of doenjang, a fermented soybean paste. Food Chemistry 328 (127176): 1-10 p.
- Kirk, R. and R. Sawyer. 1991. Pearson's composition and analysis of foods. Longman Scientific & Technical. London. 708 p.
- Li, W. and Wang, T. 2021. Effect of solid-state fermentation with *Bacillus subtilis* two on the proteolysis and the antioxidative properties of chickpeas. International Journal of Food Microbiology 338 (108988): 1-8 p.
- Meilgaard, H., Civille, G.V. and Carr, B.T. 2006. Sensory evaluation techniques. CRC Press. Boca Raton. 464 p.
- Miller, G.L. 1972. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugars. Analytical Chemistry 31: 426-428.
- Nguyen, T. and Nguyen, C. H. 2019. Determination of factors affecting the protease content generated in fermented soybean by *Bacillus subtilis* 1423. Energy Reports 6: 831-836.
- Nielsen, S. S. 2017. Food Analysis Laboratory Manual. Springer. Lafayette, Indiana. 249 p.
- Park, M.K. and Kim, Y. 2020. Comparative metabolic expressions of fermented soybeans according to different microbial starters. Food Chemistry 305: 125461.

- Rai, A. K., Sanjukta, S., Chourasia, R., IBhat, I., Bhardwaj, P. K. and Sahoo, D. 2017. Production of bioactive hydrolysate using protease, b-glucosidase and a-amylase of *Bacillus* spp. isolated from kinema. Bioresource Technology 235: 358–365.
- Steinkraus, K.H. 2004. Industrialization of indigenous fermented foods. Marcel Dekker, Inc. New York. 796 p.
- Teng, D., Gao, M., Yang, Y., Liu, B., Tian, Z. and Wang, J. 2012. Bio-modification of soybean meal with *Bacillus subtilis* or *Aspergillus oryzae* Biocatalysis and Agricultural Biotechnology 1: 32–38.
- Vagadia, B. H., Vanga, S. K. and Raghavan, V. 2017. Inactivation methods of soybean trypsin inhibitor A review. Trends in Food Science & Technology 64: 115-125.
- Wang, L., Luo, Y., Wu, Y. and Zhenqiang Wu, Z. 2018. Impact of fermentation degree on phenolic compositions and bioactivities during the fermentation of guava leaves with *Monascus anka* and *Bacillus* sp. Journal of Functional Foods 41: 183–190.
- Wei, Q., Wolf-Hall, C. and CHANG, K. C. 2001. Natto characteristics as affected by steaming time, *Bacillus* strain, and fermentation time. Journal of food science 66(1): 167-173.
- Wylie, E.B. and Johnson, M. 1961. Effect of penicillin on the cell wall of *Escherichia coli*. Biochimica et Biophysica Acta 59: 450-457.
- Yue, X., Li, M., Liu, Y., Zhang, X. and Zheng, Y. 2021. Microbial diversity and function of soybean paste in East Asia: what we know and what we don't. Current Opinion in Food Science 37: 145–152.

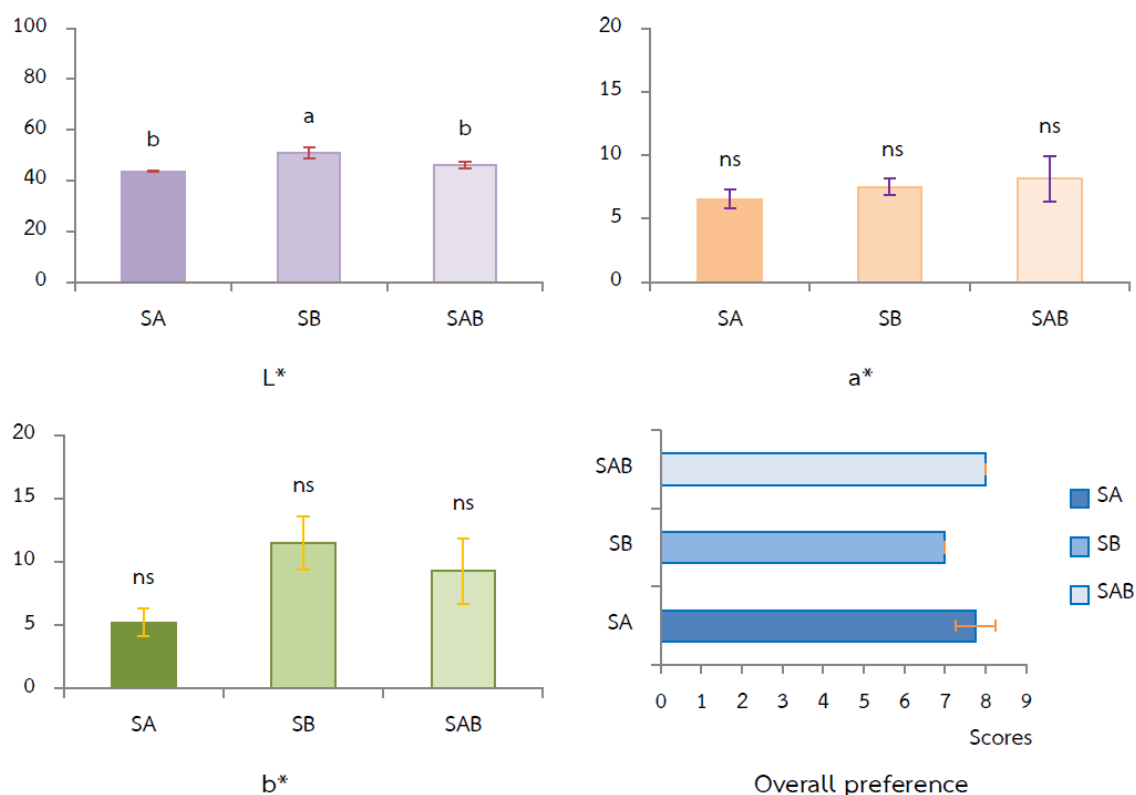


ภาพที่ 3 การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช (a) ปริมาณกรดทั้งหมด (b) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (c) ปริมาณไนโตรเจนของกรดแอมิโนอิสระ (d) และปริมาณโปรตีนที่ละลายได้ (e) ของถั่วเหลืองบดหมักในระหว่างการหมักที่อุณหภูมิห้อง นาน 90 วัน และความชื้นของถั่วเหลืองบดหมัก (f) หลังการหมักนาน 90 วัน; SB = ถั่วเหลืองบดหมักจาก *A. oryzae*, SA = ถั่วเหลืองบดหมักจาก *B. subtilis* และ SAB = ถั่วเหลืองบดหมักจาก *A. oryzae* ผสมกับถั่วเหลืองบดหมักจาก *B. Subtilis*

ตารางที่ 2 คุณภาพของถั่วเหลืองหมัก SA คือถั่วเหลืองหมักด้วย *A. oryzae* นาน 2 วัน และ SB คือถั่วเหลืองหมักด้วย *B. subtilis* นาน 3 วัน

Properties	SA	SB
pH	5.31±0.01	5.67±0.01
Total acidity (%)	192±0.04	1.92±0.04
Total soluble solids (°Brix)	15.00±0.00	15.60±0.00
FAN (mg/kg) ^a	1169±15	349±5
Protein content (mg/kg) ^b	2466±7	2843±95
Moisture content (%)	55.07±1.50	57.75±0.23

^a FAN หมายถึง Free α -amino nitrogen, วิเคราะห์ในรูปแบบของโปรตีนที่ละลายได้ SA = ถั่วเหลืองบดหมักจากถั่วเขียว *A. oryzae* SB = ถั่วเหลืองหมักจากถั่วเขียว *B. subtilis*



ภาพที่ 4 ค่าสีและคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ได้จากการหมักถั่วเหลืองบดหมัก

SA = ถั่วเหลืองบดหมักจาก *A. oryzae* SB = ถั่วเหลืองบดหมักจาก *B. subtilis* และ SAB = ถั่วเหลืองบดหมักจาก *A. oryzae* ผสมกับถั่วเหลืองบดหมักจาก *B. subtilis*

ตารางที่ 3 คุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์ถั่วเหลืองบดหมักนาน 90 วัน

Properties	SA	SB	SAB
pH ^{ns}	4.91±0.02	5.11±0.05	5.06±0.01
Total acidity (%)*	3.36±0.14 ^a	1.47±0.08 ^c	2.10±0.18 ^b
Total soluble solids (°Brix)*	42.60±0.57 ^a	28.00±0.00 ^c	34.20±1.41 ^b
FAN (mg/kg)*	8909±249 ^a	2716±334 ^c	6204±435 ^b
Protein content (mg/kg)*	718±18 ^a	147±31 ^c	373±41 ^b
NaCl (g/kg)*	156±3 ^a	141±4 ^b	165±4 ^a
Total solid content (%)*	41.39±0.09 ^a	30.21±0.06 ^c	35.70±0.09 ^b

FAN หมายถึง Free α -amino nitrogen, วิเคราะห์ในรูปแบบของโปรตีนที่ละลายได้; SA = ถั่วเหลืองบดหมักจากกล้าเชื้อ *A. oryzae* SB = ถั่วเหลืองบดหมักจากกล้าเชื้อ *B. subtilis* SAB = และถั่วเหลืองบดหมักจากกล้าเชื้อ *A. oryzae* ผสมกับถั่วเหลืองบดหมักจากกล้าเชื้อ *B. subtilis*

หมายเหตุ: * ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึงตัวอักษรที่ต่างกันแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

การกลั่นเอทานอลโดยใช้คลื่นไมโครเวฟ

ณัฐพงษ์ แกมทับทิม* สุเมธ ไชยวงศ์, จิรณัฐ เรืองรัมย์ อรรถพร กรเวช และ ศุภชัย ชุมชุมวัฒน์

สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาพิษณุโลก
52 หมู่ 7 ตำบลบ้านกร่าง อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก 65000

รับบทความ 25 สิงหาคม 2563 ตอรับบทความ 27 กรกฎาคม 2564 เผยแพร่ออนไลน์ 30 กรกฎาคม 2564
© 2020 Rajamangala University of Technology Lanna. All right reserved.

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อกลั่นเอทานอลจากน้ำตาลสดหมักปริมาณ 300 ml โดยใช้คลื่นไมโครเวฟ เพื่อใช้เป็นส่วนผสมของเจลล้างมือสำหรับฆ่าเชื้อโรค ผลการทดลองพบว่าการใช้กำลังไฟฟ้า 300 W สามารถทำอุณหภูมิในการกลั่นได้ในช่วง 75 - 90 °C ใช้เวลา 50 min สามารถกลั่นเอทานอลได้ 80 %v/v และนำมาผสมทำเจลล้างมือตามสูตร แอลกอฮอล์ (alcohol 80 %v/v) 150 ml, ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (Hydrogen peroxide 3 %v/v) 8 ml, กลีเซอริน (Glycerin 98 %v/v) 3 ml, เติมน้ำต้มสุก 39 ml และผสมให้เข้ากันสามารถใช้เป็นเจลล้างมือได้ซึ่งเร็วกว่าการกลั่นเอทานอลแบบทั่วไป

คำสำคัญ: การกลั่น, เจลล้างมือ, ไมโครเวฟ, เอทานอล, แอลกอฮอล์

*ผู้ติดต่อ: natthaphong@rmutl.ac.th, เบอร์โทรศัพท์ 081-965-9058

Ethanol Distillation Using Microwave

Natthaphong Kaemthapthim* Sumet Chaipayong, Jiranat Ruengrasamee
Annop Korawet and Suppachai Chumnumwat

Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna Phitsanulok
52 Moo 7, Ban Krang, Muang, Phitsanulok, Thailand, 65000

Received: 25 August 2020 Accepted: 27 July 2021 Published online: 30 July 2021

© 2020 Rajamangala University of Technology Lanna. All right reserved.

Abstract

This research aims were to ethanol distiller from 300 ml of fermented sugar using microwaves to use as a mixture of hand sanitizer for disinfection. The findings indicated that power consumption 300 W at a distillation temperature of 75 - 90 °C at 50 min resulted in 80 %v/v ethanol and bring mixed to make hand sanitizer according to the formula. alcohol (80 %v/v) 150 ml, Hydrogen peroxide (3 %v/v) 8 ml, glycerin (98 %v/v) 3 ml, add 39 ml of boiled water and mix together to produce hand sanitizer. This is faster than the conventional distillation of ethanol.

Keywords: alcohol, distillation, ethanol, hand gel, microwave

1. บทนำ

ปัจจุบันเอทานอลมีบทบาทสำคัญและเกี่ยวข้องกับการดำเนินชีวิตประจำวันของมนุษย์ในทุกด้าน โดยเข้าไปเป็นองค์ประกอบหลักในสินค้า และผลิตภัณฑ์หลายชนิด ทั้งด้านอาหาร และยา นอกจากนี้เอทานอลยังมีบทบาทสำคัญในกลุ่มธุรกิจพลังงาน โดยเป็นส่วนหนึ่งของน้ำมันเชื้อเพลิง ได้แก่ E10 E20 และ E85 เป็นต้น [1] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.) ได้กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.) ของเอทานอล สำหรับใช้ในด้านต่างๆ ออกเป็น 3 กลุ่ม ดังนี้ กลุ่มที่ 1 เอทานอลใช้ทางด้านเภสัชกรรม (มอก. 640-2553 เล่ม 1) เป็นมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่ครอบคลุมเฉพาะแอลกอฮอล์ใช้ทางเภสัชกรรมเท่านั้น ซึ่งแอลกอฮอล์ในกลุ่มนี้มีความบริสุทธิ์สูง มีปริมาณสารปนเปื้อนต่ำ วัตถุประสงค์เพื่อใช้เป็นส่วนประกอบของการผลิตยา และเวชภัณฑ์ โดยแอลกอฮอล์มีคุณสมบัติเป็นตัวทำละลายที่ดี ละลายน้ำได้ดี สามารถสกัดหรือดึงสารสำคัญออกจากวัตถุดิบเพื่อใช้เป็นสารออกฤทธิ์ในยาบางชนิด นอกจากนี้แอลกอฮอล์ยังมีคุณสมบัติในการฆ่าเชื้อโรค เหมาะสำหรับการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ฆ่าเชื้อโรค เช่น แอลกอฮอล์ 70% กลุ่มที่ 2 เอทานอลใช้ทางด้านอุตสาหกรรม (มอก. 640-2553 เล่ม 2) เป็นมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่ครอบคลุมเฉพาะแอลกอฮอล์ใช้ทางอุตสาหกรรม ซึ่งแอลกอฮอล์ในกลุ่มนี้มีความบริสุทธิ์ ใช้เป็นวัตถุดิบตั้งต้นสำหรับผลิตสินค้า เช่น น้ำส้มสายชู ซอสปรุงรส เครื่องดื่มแอลกอฮอล์ และเป็นส่วนประกอบของเครื่องสำอางอย่างเช่น น้ำหอม สบู่ เป็นต้น กลุ่มที่ 3 เอทานอลใช้ทางด้านเชื้อเพลิง (มอก. 640-2553 เล่ม 3) เป็นมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่ครอบคลุมเฉพาะแอลกอฮอล์ใช้ทางด้านเชื้อเพลิง ซึ่งแอลกอฮอล์ในกลุ่มนี้ให้ความสำคัญในเรื่องของปริมาณความเข้มข้นแอลกอฮอล์เป็นหลัก (ดีกรี) เนื่องจากปริมาณความ

เข้มข้นของแอลกอฮอล์มีส่วนสำคัญในการนำมาผลิตเป็นเชื้อเพลิง แอลกอฮอล์กลุ่มนี้จะมีสารปนเปื้อนจำนวนมาก ไม่เหมาะสมกับการนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหารและยา

เทคโนโลยีที่ใช้กลั่นแยกน้ำออกจากแอลกอฮอล์มีหลายวิธี เช่น [2] การกลั่นด้วยอะซีโอโทรป (Azeotropic distillation) กระบวนการกลั่นเอทานอลแบบนี้จะให้ความบริสุทธิ์ของแอลกอฮอล์ 95 - 96% ที่ความดันและอุณหภูมิค่าหนึ่งๆ ขึ้นอยู่กับการออกแบบหอกลั่น การให้ความร้อน และที่สำคัญ คือ อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานของระบบการกลั่นนั้นๆ ตามหลักการอาจจะออกแบบหอกลั่นให้กลั่นในสถานะเป็นสุญญากาศ หรือให้มีการกลั่นซ้ำหลายๆ ครั้ง หรือการเติมสารประกอบเร่งการกลั่นเพื่อแยกสารผสมออกจากกัน เรียกสารเหล่านี้ว่าสารช่วยกลั่น ซึ่งส่วนใหญ่เป็นอันตรายต่อร่างกายมนุษย์ ควรหลีกเลี่ยงผลผลิตที่ใช้สารเหล่านี้กลั่นในการนำไปใช้เพื่อบริโภค และจะเป็นการสิ้นเปลืองพลังงานมากในการกลั่นให้บริสุทธิ์ [3] ส่วนการกลั่นเอทานอลด้วยกระบวนการรีฟลักซ์จะใช้เวลาในการกลั่นนาน ส่วนการกลั่นเอทานอลด้วยคลื่นไมโครเวฟ [4] มีปัจจัยที่ต้องพิจารณาหลายประการ ซึ่งต้องมีการหาค่าที่เหมาะสมของปัจจัยเหล่านั้น เพื่อให้การสกัดเอทานอลได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด การเพิ่มกำลังไมโครเวฟจะช่วยเพิ่มปริมาณผลผลิตจากการกลั่น และลดระยะเวลาการกลั่นได้แต่อย่างไรก็ตามการเพิ่มกำลังไมโครเวฟอาจทำให้สารสำคัญบางชนิดสลายตัวได้

จากข้อมูลดังที่ได้กล่าวมาแล้วทางผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการกลั่นเอทานอล โดยเน้นการศึกษาในขั้นตอนการกลั่นเอทานอลโดยใช้คลื่นไมโครเวฟ เพื่อนำผลผลิตที่ได้มาใช้เป็นส่วนประกอบผลิตภัณฑ์ตามมาตรฐานอุตสาหกรรมต่างๆ ต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาและพัฒนาเครื่องกลั่นเอทานอลโดยใช้คลื่นไมโครเวฟ และทดลองหาค่ากำลังวัตต์ของคลื่นไมโครเวฟที่เหมาะสมต่อการกลั่นเอทานอลจากน้ำตาลสดหมักปริมาณ 300 ml

2. แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ไมโครเวฟ

ไมโครเวฟเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามีความถี่อยู่ระหว่างคลื่นวิทยุกับคลื่นอินฟราเรดซึ่งคลื่นไมโครเวฟเป็นคลื่นที่มีความถี่สูงอยู่ระหว่าง 915 - 2,450 MHz อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ในการสร้างคลื่นไมโครเวฟมีชื่อเรียกว่าแมกนีตรอน (Magnetron) ซึ่งทำหน้าที่เปลี่ยนกระแสไฟฟ้าเป็นคลื่นไมโครเวฟ จากนั้นคลื่นไมโครเวฟจะถูกส่งผ่านช่องในผนังเตาที่ทำจากโลหะ เข้ามายังภายในเตา คลื่นไมโครเวฟจะสะท้อนไปมาภายในเตาและสะท้อนเข้าไปในอาหารหรือของเหลวทำให้โมเลกุลของอาหารหรือของเหลวเกิดการสั่นจึงทำให้เกิดการเสียดสีของโมเลกุล ทำให้เกิดความร้อนและอุณหภูมิจะสูงขึ้น ทำให้อาหารสุกและของเหลวเกิดการเดือดอย่างรวดเร็ว ลักษณะเฉพาะและประโยชน์ของไมโครเวฟ คือ เตาไมโครเวฟอาศัยการกระตุ้นให้โมเลกุลของน้ำในอาหารเกิดการสั่นสะเทือนซึ่งจะสร้างความร้อนขึ้น ข้อดีของการให้ความร้อนแบบนี้ คือความร้อนจะเกิดภายในเนื้อของอาหารซึ่งจะต่างจากการให้ความร้อนโดยการนำความร้อนหรือการพาความร้อนทั่วไป [5]

2.2 การผลิตแอลกอฮอล์

แอลกอฮอล์ (Alcohol) เป็นสารอินทรีย์ที่รู้จักอย่างแพร่หลาย เช่น เอทิลแอลกอฮอล์ (แอลกอฮอล์จาก ข้าว) พบในเครื่องดื่มประเภทแอลกอฮอล์ เครื่องสำอาง และในการเตรียมยารักษาโรค ส่วนเมทิลแอลกอฮอล์ (แอลกอฮอล์จากไม้) ใช้สำหรับทำเป็นเชื้อเพลิงและตัวทำละลาย นอกจากนี้

ยังมีไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์หรือเรียกว่าแอลกอฮอล์สำหรับนวด ใช้เป็นยารักษาความสะอาดของผิวหนังขณะฉีดยาและการผ่าตัดเล็ก การสังเคราะห์แอลกอฮอล์ทำได้หลายวิธี และแอลกอฮอล์ก็สามารถเปลี่ยนไปเป็นสารอื่นได้ง่ายด้วย จึงเป็นเหตุผลหนึ่งที่นักเคมีใช้แอลกอฮอล์เป็นตัวจำแนกชนิดของสารอินทรีย์ต่างๆ [6] สมบัติทางกายภาพของแอลกอฮอล์ส่วนใหญ่มีลักษณะเหลวที่อุณหภูมิห้อง เอทานอลเป็นแอลกอฮอล์ที่ระเหยง่าย มีกลิ่นฉุน แอลกอฮอล์ที่มีขนาดใหญ่ขึ้น (คาร์บอน 4 - 10 อะตอม) และมีโครงสร้างเป็นกิ่ง (branched isomer) บางชนิดมีสถานะเป็นของแข็งที่อุณหภูมิห้อง เช่น นีโอเพนทิลแอลกอฮอล์ เป็นต้น

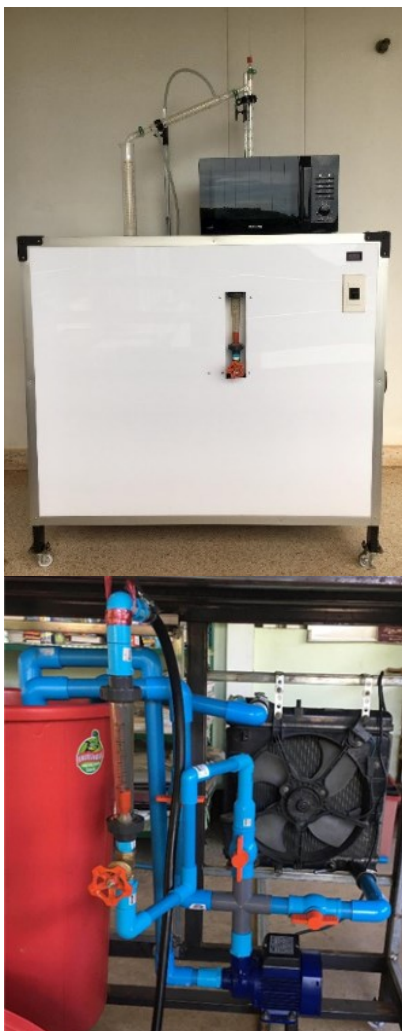
เอทานอล (ethanol) เป็นแอลกอฮอล์ที่ได้จากการหมักแป้งด้วยยีสต์ ซึ่งในยีสต์จะมีเอนไซม์ไซเมส (zymase) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาการเปลี่ยนน้ำตาลไปเป็นเอทานอลและคาร์บอนไดออกไซด์ แป้งจะถูกเปลี่ยนไปเป็นน้ำตาล และน้ำตาลที่ได้จะถูกหมักต่อไปจนแปรสภาพเป็นเอทานอล เมื่อแอลกอฮอล์เกิดขึ้น 12 %v/v ในสารละลายหมักแล้วยีสต์จะหยุดการทำงาน ดังนั้นไวท์หรือสุราหมัก จะมีความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ประมาณ 12 %v/v เมื่อนำสารละลายดังกล่าวไปกลั่นจะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ในช่วง 40 - 50 %v/v [7]

3. วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการกลั่นเอทานอลจากน้ำตาลสดหมักโดยใช้คลื่นไมโครเวฟเพื่อศึกษาผลของ อุณหภูมิ เวลา และกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับระบบไมโครเวฟที่เหมาะสมต่อปริมาณเอทานอลที่กลั่นได้เพื่อนำไปใช้เป็นส่วนผสมของเจลล้างมือสำหรับฆ่าเชื้อโรค

3.1 ข้อมูลการทดลอง

การทดลองกลั่นเอทานอลด้วยคลื่นไมโครเวฟ ใช้ตัวอย่างน้ำตาลสดหมักปริมาณ 300 ml ใช้กำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับระบบไมโครเวฟเท่ากับ 300 450 600 850 และ 1,000 W เวลาในการทดลอง 10 20 30 40 และ 50 min อุณหภูมิการกลั่นระหว่าง 75 - 90 °C อัตราการไหลของน้ำควบแน่น 4 l/min ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 เครื่องกลั่นเอทานอลโดยใช้คลื่นไมโครเวฟ

3.2 อุปกรณ์กลั่นและตำแหน่งวัตถุดิบ

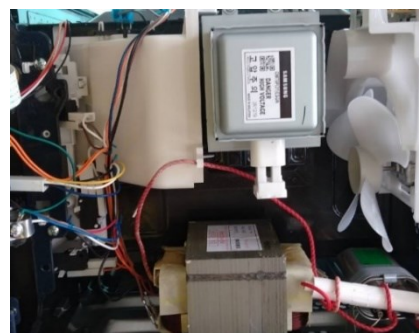
อุปกรณ์กลั่นลำดับส่วนประกอบด้วย ขวดก้นกลมขนาด 1,000 ml และ 500 ml คอลัมน์กลั่นลำดับส่วนแนวดังยาว 40 cm เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 2.4 cm คอนเดนเซอร์ไส้เกลียวยาว 30 cm เส้นผ่านศูนย์กลาง 2.4 cm และข้อต่อระบบท่อควบแน่นเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.4 cm และ 2.9 cm ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 อุปกรณ์กลั่นลำดับส่วน

3.3 ระบบไมโครเวฟ

ประกอบด้วยห้องอบความจุ 28 liter แรงดันไฟฟ้า 220 V 50 Hz กำลังไฟฟ้าสูงสุด 1,000 W และความถี่คลื่นไมโครเวฟ 2,450 MHz แสดงดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 ระบบไมโครเวฟ

3.4 ขั้นตอนการทดลอง

การทดลองกลั่นเอทานอลโดยใช้คลื่นไมโครเวฟ เริ่มจากขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างการทดลอง ก่อนทดลองนำตัวอย่างการทดลองวัดปริมาณเอทานอล และจัดบันทึก จากนั้นนำตัวอย่างการทดลองตวงปริมาณ 300 ml กำหนดกำลังไฟฟ้า 300 450 600 850 และ 1,000 W ตั้งเวลาการทดลอง 10 20 30 40 และ 50 min เปิดระบบระบายความร้อน และปรับอัตราการไหลของน้ำเพื่อใช้ในการควบแน่นของไอเอทานอล เริ่มบันทึกข้อมูล กำลังไฟฟ้า เวลา อุณหภูมิและปริมาณเอทานอลที่ได้หลังจากการกลั่นครบตามเวลาที่กำหนด นำผลมาวิเคราะห์เปรียบเทียบการกลั่นเอทานอลทั้งปริมาณและความเข้มข้นของเอทานอล และทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้งต่อการทดลอง เพื่อให้ได้ความเข้มข้นของเอทานอล 75 %v/v ขึ้นไป จึงจะนำมาใช้เป็นส่วนผสมของเจลล้างมือ [3] โดยมีอัตราส่วนดังนี้ แอลกอฮอล์ (alcohol 75 %v/v) 751.5 ml ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (Hydrogen peroxide 3 %v/v) 41.7 ml และกลีเซอริน (Glycerin 98 %v/v) 14.5 ml ผสมให้เข้ากันในภาชนะที่มีปริมาณบอกขนาด 1,000 ml แล้วเติมน้ำต้มสุกที่ทิ้งให้เย็นแล้ว จนครบ 1,000 ml และผสมให้เข้ากัน

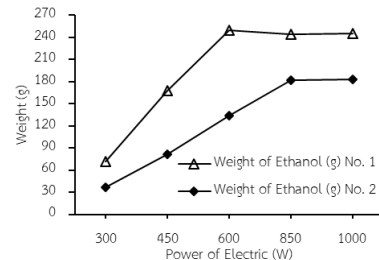
4. สรุปผลการวิจัย

พิจารณาผลการทดลองจากการกำหนดเงื่อนไข และวิเคราะห์ความสามารถในการกลั่นเอทานอลที่กำลังไฟฟ้า 300 450 600 850 และ 1,000 W ปริมาณ และความเข้มข้นของเอทานอลที่ได้หลังการกลั่น

4.1 ผลการวิจัย

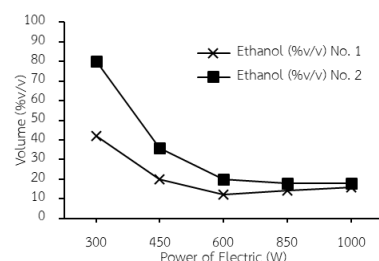
พิจารณาจากการทดลองพบว่า การกลั่นเอทานอลครั้งที่ 1 ปริมาณตัวอย่างการทดลอง 300 ml ใช้เวลา 50 min กำลังไฟฟ้า 300 450 600 850 และ

1,000 W สามารถกลั่นเอทานอลได้ 72 168 250 244 และ 244 g ตามลำดับ เมื่อทำการกลั่นซ้ำครั้งที่ 2 ปริมาณเอทานอลลดลงเหลือ 32 81 133 181 และ 182 g ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 น้ำหนักเอทานอลหลังการกลั่นที่กำลังไฟฟ้า 300 450 600 850 และ 1,000 W ครั้งที่ 1 และ 2

เมื่อวัดค่าความเข้มข้นของเอทานอลหลังการกลั่นที่กำลังไฟฟ้า 300 450 600 850 และ 1,000 W พบว่า การกลั่นเอทานอลครั้งที่ 1 จะได้เอทานอลที่มีความเข้มข้น 42 20 12 14 และ 16 %v/v ตามลำดับ เมื่อทำการกลั่นซ้ำครั้งที่ 2 ความเข้มข้นของเอทานอลเพิ่มขึ้นเป็น 80 36 20 18 และ 18 %v/v ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 5 ความเข้มข้นของเอทานอลหลังการกลั่น กำลังไฟฟ้า 300 450 600 850 และ 1,000 W ครั้งที่ 1 และ 2

ผลจากการวิจัยพบว่าที่กำลังไฟฟ้า 300 W สามารถกลั่นเอทานอลได้ปริมาณความเข้มข้น 80 %v/v จากการทดลองซ้ำครั้งที่ 2 สามารถนำมาผสมทำเจลล้างมือตามสูตร 2 ของกรมอนามัยโลก โดยปรับลดอัตราส่วนตามปริมาตรเอทานอลที่กลั่นได้เพื่อผสมเป็นตัวอย่างในการทดลอง โดยมีอัตราส่วนดังนี้ แอลกอฮอล์ (alcohol 80 %v/v) 150 ml ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (Hydrogen peroxide 3 %v/v) 8 ml และกลีเซอริน (Glycerin 98 %v/v) 3 ml เติมน้ำต้มสุก 39 ml ผสมให้เข้ากันในภาชนะที่มีปริมาตรบอกขนาด 200 ml และบรรจุขวดปั๊มเพื่อสะดวกในการใช้งาน ดังแสดงในรูปที่ 6



รูปที่ 6 ตัวอย่างเจลล้างมือบรรจุขวดปั๊ม

5. อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

ในการศึกษาวิธีการกลั่นเอทานอลโดยใช้คลื่นไมโครเวฟ ขอบเขตของการวิจัยได้กำหนดให้ปริมาณของน้ำตาลสดหมักตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองมีค่าเท่ากับ 300 ml กำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับระบบไมโครเวฟเท่ากับ 300 450 600 850 และ 1,000 W เวลาในการทดลอง 10 20 30 40 และ 50 min ทำ

การควบคุมอุณหภูมิการกลั่นให้อยู่ในช่วง 75 - 90 °C และกำหนดอัตราการไหลของน้ำควบแน่น 4 l/min จากผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่ากำลังไฟฟ้าและเวลา มีผลต่ออุณหภูมิ ปริมาณ และความเข้มข้นของเอทานอลอย่างมีนัยสำคัญ โดยเมื่อเพิ่มกำลังไฟฟ้าจะส่งผลต่ออุณหภูมิภายในตัวอย่างการทดลองทำให้ความเข้มข้นของเอทานอลลดลงเนื่องจากการกลายเป็นไอน้ำของน้ำเข้าไปผสมบางส่วน ทำให้อัตราส่วนความเข้มข้นของเอทานอลลดลง แต่ในทางกลับกันเมื่อกำหนดกำลังไฟฟ้าต่ำส่งผลต่อความเข้มข้นของเอทานอลเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ

ในการศึกษาครั้งนี้สามารถสรุปประเด็นสำคัญจากการทดลองดังนี้ การกลั่นเอทานอลจากตัวอย่างน้ำตาลสดหมักปริมาณ 300 ml โดยใช้กำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับระบบไมโครเวฟเท่ากับ 300 W เป็นระยะเวลา 50 min โดยควบคุมอุณหภูมิการกลั่นให้อยู่ในช่วง 75 - 90 °C และกำหนดอัตราการไหลของน้ำควบแน่นเท่ากับ 4 l/min ซ้ำสองครั้งสามารถผลิตเอทานอลที่มีความเข้มข้นเท่ากับ 80 %v/v ได้ในปริมาณ 32 ml ซึ่งสามารถนำมาใช้เป็นส่วนผสมทำเจลล้างมือตามสูตร 2 ของกรมอนามัยโลกได้ในปริมาณ 160 ml

6. กิตติกรรมประกาศ

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา สถาบันวิจัยและพัฒนา ซึ่งได้ให้ทุนสนับสนุนการวิจัยประเภททุนสำหรับอาจารย์นักวิจัยใหม่ ภายใต้โครงการวิจัยเพื่อบูรณาการการเรียนการสอนร่วมกับงานวิจัยและบริการวิชาการของนักศึกษาปฏิบัติงานวิจัยร่วมกับอาจารย์ต่อผลผลิตงานวิจัย มทร.ล้านนา ประจำปี 2563 จนกระทั่งงานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

7. เอกสารอ้างอิง

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2553).

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 604

เล่ม 1. สืบค้น 6 กุมภาพันธ์ 2563, จาก

<https://www.liquor.or.th/assets/images/Law/มอก.640%20เล่ม%201-2553.pdf>

ชนิดพล. (2553). Ethanol Energy of Thailand.

สืบค้น 14 กุมภาพันธ์ 2563, จาก

https://www.tpa.or.th/writer/read_this_book_topic.php?bookID=1619&pageid=4&read=true&count=true

ณัฐกานต์ ยี่มวารี, และกิตติชัย ไตรรัตน์ศิริชัย.

(2554). การกลั่นเอทานอลจากข้าวฟ่างหวาน

ด้วยกระบวนการรีฟลักซ์. วารสารวิจัย มข,

11(4), 19-28.

สิรินาฏ จงคง, และอุเบศร์ พงศ์สุวรรณ. (2557). การ

ประยุกต์ใช้คลื่นไมโครเวฟเพื่อการผลิตเอทานอลจากเปลือกสับปะรด (วิทยานิพนธ์

ปริญญาโทบริหารธุรกิจ). สงขลา:

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

บัณฑิต ไรจน์อารยานนท์. (2559). วิศวกรรม

ไมโครเวฟ. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่ง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สมพงศ์ จันทรีโพธิ์ศรี. (2552). เคมีอินทรีย์.

กรุงเทพฯ: วิทยพัฒน์.

ประเสริฐ ศรีไพโรจน์. (2553). เคมีอินทรีย์พื้นฐาน.

กรุงเทพฯ: เอ.ซี.ที การพิมพ์.

การควบคุมอุณหภูมิและระบบการให้น้ำในโรงเรือนอัตโนมัติด้วยพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์

วิชัย นระมาตย์*, ประชุม อุทาพรหม, สรัลญารัตน์ ทองใส,
รุ่งโรจน์ แก้วศรีงาม, จันทิมา หิรัญอ่อน และ จิตราภรณ์ เกรว้ตร

สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ถนน สุพรรณบุรี – ชัยนาท
450 หมู่ 6 ตำบลย่านยาว อำเภอสามชูก จังหวัดสุพรรณบุรี 72130

รับบทความ 25 สิงหาคม 2563 ตอรับบทความ 27 กรกฎาคม 2564 เผยแพร่ออนไลน์ 31 กรกฎาคม 2564
© 2020 Rajamangala University of Technology Lanna. All right reserved.

บทคัดย่อ

บทความนี้เป็นคำแนะนำ การควบคุมอุณหภูมิและระบบการให้น้ำในโรงเรือนอัตโนมัติด้วยพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ ในการควบคุมอุณหภูมิและการให้น้ำในโรงเรือนอัตโนมัติ โดยมีวัตถุประสงค์ 1.เพื่อออกแบบและสร้างระบบพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ ในการควบคุมอุณหภูมิและการให้น้ำในโรงเรือนอัตโนมัติ 2.เพื่อทดสอบประสิทธิภาพการทำงาน 3.เพื่อหาค่าความพึงพอใจของเกษตรกรผู้ใช้งานจริงต่อระบบ การทำงานของระบบควบคุมจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ 1.ระบบตั้งเวลา 2.ระบบเปิด – ปิด ด้วยสวิตช์ สำหรับควบคุมการทำงานของโซลินอยด์วาล์วไฟฟ้า 24 V เพื่อการให้น้ำด้วยการพ่นหมอกและสปริงเกอร์ ในโรงเรือน ขนาด 3x6x21 เมตร ของ นายอลงกรณ์ บุญสังข์ แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้ขนาด 300 วัตต์ ประสิทธิภาพสูงสุด 6 ชั่วโมง แรงสูงสุด 39 โวลต์ กระแส 9.5 แอมป์ การทำงานของระบบพ่นหมอกสามารถปรับอุณหภูมิภายในโรงเรือน 3-5 องศา ภายใน 7-10 นาที ระบบสปริงเกอร์สามารถทำงานได้ทั้งระบบตั้งเวลาและระบบเปิด – ปิด ด้วยสวิตช์ ทำให้เกษตรกรจัดการตารางการทำงานได้ลดเวลาการอยู่ในโรงเรือนให้ลดลง 2-3 ชั่วโมงต่อวัน เกษตรกรบริหารจัดการเวลาในการทำกิจกรรมอื่นได้ ความพึงพอใจของเกษตรกรผู้ใช้งานที่มีต่อระบบ อยู่ในระดับความพึงพอใจมาก ค่าเฉลี่ย 4.42 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน S.D. 0.55)

คำสำคัญ: พลังงานแสงอาทิตย์,ระบบควบคุมอัตโนมัติ,ระบบโรงเรือน

*ผู้ติดต่อ: *tingkmitl@hotmail.com, เบอร์โทรศัพท์ 0864413754

Control temperature and watering automation in greenhouse with solar energy

Wichai Nramat* Prachum Utaprom, Saranyarat Tongsawai,
Rungroj Kaewsringam, Jantima Hiranoon and Jittraporn Therawat

1Department of Electronics and Telecommunication Engineering, Faculty of
Industrial Education, Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi

Received: 25 August 2020 Accepted: 29 July 2021 Published online: 31 July 2021

© 2020 Rajamangala University of Technology Lanna. All right reserved.

Abstract

The article presents Control temperature and watering automation in greenhouse with solar energy. Aimed to 1. Design and create solar energy using automation control temperature and watering 2.test efficiency systems 3.the satisfaction of farmer with systems. Systems control is divided into 2 parts. Firsts is timer systems and the second part manual systems control solenoid valve fogging and watering. The results application solar energy using automation control temperature and watering greenhouse is 6 meters wide 21-meter length and 3 meter high of Mr. Alongkorn Bunsang farmer, using solar energy 300 watts efficiency 6 hour,39 volts and 9.5 amps, fogging systems can control temperature in the greenhouse of 3-5 degrees run of 7-10 minutes, watering systems easy to using and famer are satisfied with systems very good level which was 4.42 and the standard deviation was 0.55.

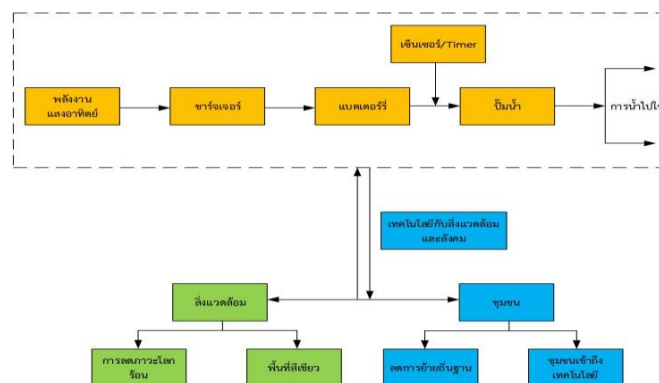
Keywords: solar energy, automation, greenhouse.

1. บทนำ

ประเทศไทยถือเป็นประเทศที่มีการทำการเกษตรมาอย่างยาวนาน เนื่องจากเป็นประเทศที่ตั้งอยู่ในเขตร้อนชื้นเอเซียตะวันออกเฉียงใต้ มีความเหมาะสมในการทำการเกษตรเป็นอย่างมากซึ่งเป็นอาชีพที่ทำมาากที่สุดในประเทศ[1] ในปัจจุบันการทำเกษตรได้มีการพัฒนาไปอย่างมากโดยการนำเทคโนโลยีสารสนเทศ ระบบอัตโนมัติ เกิดเป็นเกษตรแม่นยำทำให้การบริหารจัดการพื้นที่แปลง ได้อย่างแม่นยำลดการสูญเสีย ที่เกิดจากสภาพแวดล้อม [2]จังหวัดสุพรรณบุรี กำหนดวิสัยทัศน์ ปี ๒๕๖๑-๒๕๖๔ คือ “สุพรรณบุรีเป็นแหล่งผลิตสินค้าเกษตรและอาหารปลอดภัยชั้นนำ ท่องเที่ยวเชิงสร้างสรรค์ บ้านเมืองสะอาด ธรรมชาติสมบูรณ์ ศูนย์การศึกษาและการกีฬาประชาชนคุณภาพชีวิตดี ” โดยมีเป้าประสงค์ ที่สำคัญ คือ เพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ สินค้าเกษตร และเกษตรอุตสาหกรรม เพื่อการบริโภคและการส่งออก และเพิ่มมูลค่าทางเศรษฐกิจจังหวัด เน้นการผลิตและเพิ่มมูลค่าสินค้าอาหารปลอดภัย โดยพัฒนาระบบตลาดสินค้าอาหารปลอดภัย และเพิ่มรายได้จากการท่องเที่ยวและการจำหน่ายผลิตภัณฑ์ สินค้าท้องถิ่น ได้กำหนดแผนยุทธศาสตร์เกษตรอินทรีย์จังหวัดสุพรรณบุรี [3]

ในการลงพื้นที่ชุมชน อำเภอศรีประจันต์ จังหวัดสุพรรณบุรี พบว่าเกษตรกรมีการปลูกผักปลอดภัยและอินทรีย์ เพื่อลดการใช้สารเคมีและลดต้นทุนในการผลิต ส่งเสริมให้ผู้บริโภคมีสุขภาพที่ปลอดภัยและแข็งแรง โดยได้รับการส่งเสริมจากจังหวัดสุพรรณบุรี และได้รับการสนับสนุนโรงเรือนที่ใช้ในการปลูกผักปลอดภัยและอินทรีย์ แต่ปัญหาที่พบคือสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนที่มีอุณหภูมิสูง ไม่มีความเหมาะสมในการปลูกผักปลอดภัยและอินทรีย์ เกษตรกรไม่สามารถควบคุมสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนได้

การปลูกผักในโรงเรือนมีข้อดีคือป้องกันแมลงศัตรูพืชมาทำลายผลผลิต ลดการใช้สารเคมี การนำเทคโนโลยีมาใช้ทำให้เกษตรกรสามารถเก็บรวบรวมข้อมูลสภาพแวดล้อมในโรงเรือนได้ งานวิจัยนี้เป็นการนำเทคโนโลยีพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์มาประยุกต์ในการควบคุมอุณหภูมิและการให้น้ำในโรงเรือนอัตโนมัติ เนื่องจากพลังงานที่นำมาทดแทนพลังงานที่ได้มาจากพลังงานฟอสซิลที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม และนำพลังงานนี้มาช่วยแก้ไขปัญหาสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนที่มีอุณหภูมิส่งผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตที่ได้รับ ลดภาระการทำงานของเกษตรกร และช่วยในการบริหารจัดการน้ำในสภาวะที่เกษตรกรได้รับผลกระทบจากภัยแล้ง [4]



ภาพที่ 1 รูปแบบการนำพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์มาประยุกต์ใช้

จากภาพที่ 1 เป็นรูปแบบของการนำพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้ในภาคการเกษตร พลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานแสงแดดเป็นพลังงานไฟฟ้าแล้วจ่ายเข้าไปที่เครื่องควบคุมการชาร์จแล้วชาร์จพลังงานไฟฟ้าเข้าแบตเตอรี่และอีกส่วนจะถูกนำมาใช้งานกับโหลด DC การเข้าถึงเทคโนโลยีของคนในชุมชนทำให้ชุมชนได้รับการพัฒนาทางด้านอาชีพเกษตรกรรม ซึ่งเป็นอาชีพหลักของคนในชุมชน ทำให้ลดการย้ายถิ่นฐานของคนในชุมชนลง ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงนำระบบควบคุมอุณหภูมิและระบบการให้น้ำในโรงเรือนอัตโนมัติด้วยพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ มาแก้ไขปัญหาสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนที่มีอุณหภูมิสูง ไม่มีความเหมาะสมในการปลูกผักปลอดภัยและอินทรีย์ เกษตรกรไม่สามารถควบคุมสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนได้

วัตถุประสงค์

จากความเป็นมาและปัญหาดังกล่าว คณะผู้วิจัยมีแนวคิด 1. เพื่อออกแบบและสร้างระบบพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ในการควบคุมอุณหภูมิและการให้น้ำในโรงเรือนอัตโนมัติ 2. เพื่อทดสอบประสิทธิภาพการทำงาน 3. เพื่อหาค่าความพึงพอใจของเกษตรกรผู้ใช้งานจริงต่อระบบ

2. แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในการดำเนินการวิจัยครั้งนี้ เป็นการนำพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์มาเป็นแหล่งพลังงานที่ใช้ในระบบการควบคุมในการควบคุมอุณหภูมิและการให้น้ำในโรงเรือนอัตโนมัติ ในการปรับอุณหภูมิภายในโรงเรือนปลูกผักให้มีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของผัก

ฟาร์มอัจฉริยะ (Smart agriculture) เป็นการนำเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์อัจฉริยะเข้ามาช่วยในการจัดการ ซึ่งปัจจุบันกำลังได้รับความนิยมและยอมรับ ในคำว่าเกษตรแม่นยำ เป็นลักษณะของการให้ปุ๋ย ให้น้ำกับพืชผักที่เหมาะสมและสม่ำเสมอ [5] (Thongpan N. 2016.) การบริหารจัดการให้มีความเหมาะสม ถูกต้องตามเวลา เพิ่มประสิทธิภาพในการจัดฟาร์ม การนำอินเทอร์เน็ตต่อฟาร์ม Internet of things (IoT) และเซ็นเซอร์มาช่วยในการจัดการและควบคุมการทำงานภายในฟาร์มเป็นสิ่งที่ช่วยลดการสูญเสียในการผลิตได้ อีกทั้งนำพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้เป็นแหล่งพลังงาน ยังเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานภายในฟาร์มโดยไม่ต้องอาศัยพลังงานจากแหล่งพลังงานอื่นๆ [6] ระบบให้น้ำอัตโนมัติโดยใช้พลังงานเซลล์แสงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานเพื่อให้น้ำแบบอัตโนมัติ ทดลองใช้ลำไย จำนวน 2 ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ ทำการประมวลผลสัญญาณสั่งให้มอเตอร์กระแสตรงหมุนแผ่นเซลล์แสงอาทิตย์ ทั้ง 2 แนวแกนไปยังจุดที่มีความเข้มแสงสูงสุด และวัดความชื้นดินด้วยเซ็นเซอร์ ECHO2-20 ทำการประมวลผลสัญญาณผ่านชุดควบคุมการให้น้ำด้วยและแสดงผลด้วยคอมพิวเตอร์แบบเวลาจริง ผลการทดสอบพบว่าแบบที่มีการเคลื่อนที่ตามตำแหน่งดวงอาทิตย์สามารถเก็บพลังงานได้มากกว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งอยู่กับที่ คิดเป็นร้อยละ 17.72 และการให้น้ำจุดความชื้นดินที่เหมาะสมของลำไยอยู่ที่ร้อยละ 12 และหยุดให้น้ำที่จุดความชื้นดินร้อยละ 25 ส่งผลให้ดูแลสวนประหยัดเวลาและแรงงาน [7]



ภาพที่ 2 ภาพโรงเรือนเพาะปลูกขนาด 3x6x21 เมตร ของ นายอลงกรณ์ บุญสังข์

3. วิธีดำเนินการวิจัย

การประยุกต์ใช้พลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ ในการควบคุมอุณหภูมิและการให้น้ำในโรงเรือนอัตโนมัติ ในโรงเรือนเพาะปลูกของเกษตรกร โดยใช้วิธีเลือกแบบเจาะจงเกษตรกร คือ นายอลงกรณ์ บุญสังข์ Smart Farmer และเป็นเกษตรกรผู้ปลูกผักปลอดภัยและอินทรีย์ ตำบลบ้านกร่าง อำเภอศรีประจันต์ จังหวัดสุพรรณบุรี ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินงาน 4 ขั้นตอน ดังนี้

3.1 การลงพื้นที่เก็บข้อมูลเพื่อนำมาออกแบบระบบ

จากภาพที่ 2 เป็นการลงพื้นที่สัมภาษณ์เกษตรกร พบปัญหาคือเกษตรกรต้องใช้เวลาส่วนใหญ่อยู่ในโรงเรือน และถ้าหากเป็นช่วงฤดูร้อนอุณหภูมิในโรงเรือนจะสูงมากทำให้เกษตรกรทำงานภายในโรงเรือนได้ไม่นาน การส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืช ด้วยสภาพแวดล้อมในโรงเรือนที่ไม่มีความเหมาะสมในการปลูกผักเกษตรกรไม่สามารถควบคุมสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนได้ ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงนำพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ ในการควบคุมอุณหภูมิและการให้น้ำในโรงเรือนอัตโนมัติ ที่มีความง่ายต่อการใช้งาน มาแก้ปัญหาในเรื่องของการควบคุมสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนช่วยให้เกษตรกรที่ปลูกผักปลอดภัยและอินทรีย์สามารถควบคุมคุณภาพและ

ปริมาณการผลิตได้ ลดปัญหาของเกษตรกรในเรื่องของการให้น้ำได้

3.2 ออกแบบระบบ

การออกแบบระบบพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ ในการควบคุมอุณหภูมิและการให้น้ำในโรงเรือนอัตโนมัติ คณะผู้วิจัยได้ทำการออกแบบระบบในส่วนของพลังงานที่นำมาใช้ ระบบการควบคุมการทำงานและระบบการให้น้ำแบบสปริงเกอร์ และการพ่นหมอก ดังนี้

3.2.1 การออกแบบระบบพลังงานโซล่าเซลล์ ที่นำมาใช้ในโรงเรือนที่มีขนาด 3x6x21 เมตร คณะผู้วิจัยได้กำหนดมอเตอร์ปั้มน้ำ DC 24V ที่มีค่ากำลังงาน 0.5Hp หรือ 311W เกษตรกรมีค่าเฉลี่ยในการรดน้ำผักในแต่ละวันอยู่ที่ 4 ชั่วโมง ดังนั้นค่าพลังงานของมอเตอร์ปั้มน้ำสามารถหาได้ดังนี้

ค่าพลังงานรวมที่ใช้ทั้งหมด (P) พลังงานที่โหลด(Load) xจำนวนชั่วโมงการใช้งาน(h)/ชั่วโมงปริมาณแสงแดดที่ได้รับสูงสุดต่อวัน (PSH)

$$P = (\text{Load} \times h \times \text{PSH}) \quad \text{สมการที่ 1}$$

$$(311 \times 4 / 5) = 248.8 \text{ Wh}$$

ค่าพลังแผงโซล่าเซลล์ 248.8 ในความเป็นจริงไม่มีดังนั้นจึงได้ขยับขึ้นไปเป็น 300 W Wh ซึ่งได้รับแรงดันไฟฟ้า DC 24 V กระแสเท่ากับ 8.50 A

-แบตเตอรี่ที่ใช้เก็บพลังงาน (B) = ค่าพลังงาน
รวมที่ใช้ทั้งหมด (P) / แรงดันที่ใช้งาน (V) x
ประสิทธิภาพการใช้งานกระแสแบตเตอรี่ (%)

$B = (P \times V \times \%)$ สมการที่ 2
 $(311 \times 4 / 24 \times 0.6) = 31.1 \text{ A}$

ดังนั้นแบตเตอรี่ที่ใช้เท่ากับ 31.1 A จากการ
หาค่ากำลังไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์ที่ได้ 300 W และ
แรงดันของมอเตอร์ปั้มน้ำ DC 24V ต้องนำแบตเตอรี่
ขนาด 12 V 45 A ต่ออนุกรมเพื่อได้แรงดันเท่ากับ DC
24 V (แบตเตอรี่ 31.1 A ความเป็นจริงไม่มีการผลิต
ขาย ดังเพื่อให้เพียงพอต่อการใช้งานจริงเลือกใช้ 45 A

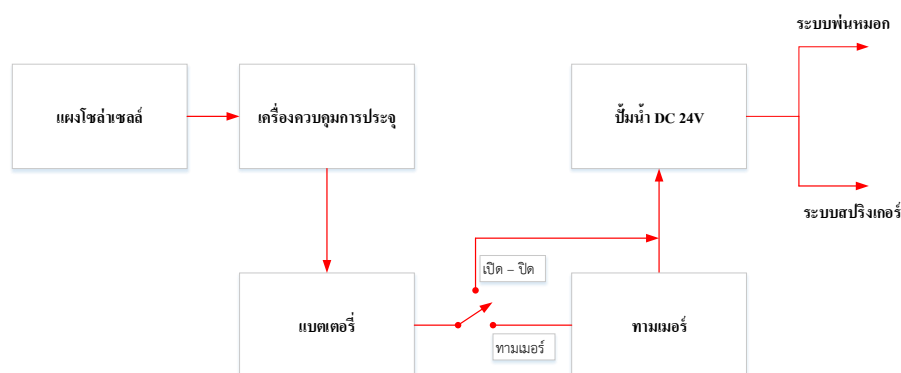
-เครื่องควบคุมประจุกระแสไฟฟ้า ทำหน้าที่ในการควบคุมการระจุไฟฟ้าและตัดการประจุเมื่อมีการประจุแบตเตอรี่เต็มประจุ และเพื่อยืดอายุการใช้งานควรเลือกขนาดที่เท่ากับ หรือมากกว่ากระแสที่ไหลจากแผงโซล่าเซลล์ ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงเลือกเครื่องควบคุมประจุขนาด 12/24 V กระแส 10 A

3.3 สร้างและทดสอบระบบ

ในการสร้างระบบควบคุมอุณหภูมิและระบบ
การให้น้ำในโรงเรือนอัตโนมัติด้วยพลังงานเซลล์

แสงอาทิตย์ ได้ออกแบบระบบออกเป็น 2 ส่วนคือ 1. ระบบตั้งเวลา 2.ระบบเปิด - ปิด ด้วยสวิตช์ ควบคุมการทำงานของโซลีนอยด์วาล์วไฟฟ้า 24 V ในการให้น้ำ ด้วยการพ่นหมอกและสปริงเกอร์ การทำงานของระบบจะแบ่งออกเป็น 4 โซน ประกอบด้วยระบบให้น้ำแบบพ่นหมอก 1 โซน และระบบสปริงเกอร์ 3 โซน ภาพที่ 3 เป็นการแสดงภาพรวมทั้งหมดของการควบคุมอุณหภูมิและระบบการให้น้ำในโรงเรือนอัตโนมัติด้วยพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ เริ่มจากการทำงานของเซลล์อาทิตย์ที่ทำหน้าเป็นพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้า และทำการส่งพลังงานไปที่เครื่องควบคุมประจุกระแสไฟฟ้า ทำการชาร์จประจุเก็บไว้ในแบตเตอรี่ และเมื่อมีการสั่งให้โซลีนอยด์วาล์วทำงาน ปุ่มนี้ DC 24V ก็จะทำงาน

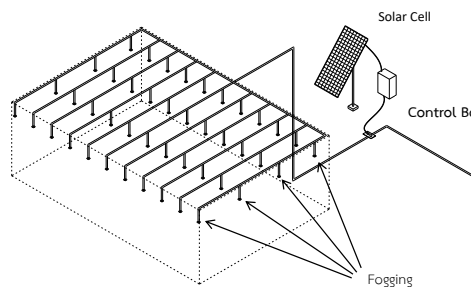
เพื่อปรับสภาพอุณหภูมิภายในโรงเรือนที่มีอุณหภูมิที่สูงให้ลดลง โดยการตั้งทามเมอร์สามารถตั้งค่าการทำงานได้ 17 โปรแกรม ในกรณีที่ทามเมอร์มีปัญหาสามารถปรับใช้แบบการ ปิด – เปิด ด้วยสวิตช์ภาพที่ 4 แสดงการติดตั้งหัวพ่นหมอกซึ่งคณะผู้วิจัยได้ทำการติดตั้งหัวพ่นหมอก 11 แถว แถวละ 8 หัว รวมทั้งหมด 88 หัวเพื่อปรับสภาพอุณหภูมิภายในโรงเรือน



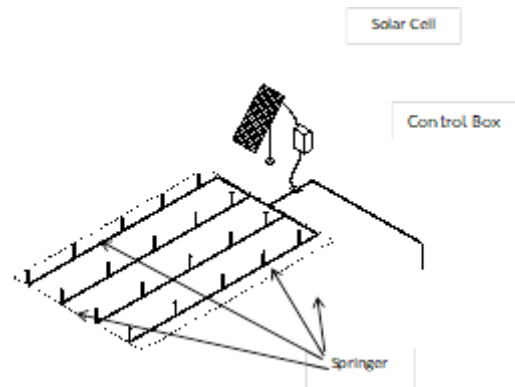
ภาพที่ 3 การทำงานของระบบและการควบคุมการทำงาน

1) ระบบให้น้ำแบบพ่นหมอก

การทำงานของระบบพ่นหมอกจะทำงานในช่วงที่มีอุณหภูมิสูง ขึ้นอยู่กับสภาพของอุณหภูมิของในแต่ละวัน



ภาพที่ 4 ระบบให้น้ำแบบพ่นหมอก



ภาพที่ 5 ระบบให้น้ำแบบสปริงเกอร์

การทำงานของระบบสปริงเกอร์ ขึ้นอยู่กับสภาพความต้องการของพืชที่ปลูกในแต่ละช่วงฤดูกาลว่าพืชมีความต้องการมากน้อยเพียงใด โดยการตั้งตามเมอร์สามารถตั้งค่าการทำงานได้ 17 โปรแกรม ในกรณีที่ตามเมอร์มีปัญหาสามารถปรับใช้แบบการ ปิด - เปิด ด้วยสวิทช์ ภาพที่ 5 แสดงการติดตั้งระบบสปริงเกอร์ ซึ่งคณะผู้วิจัยได้ทำการติดตั้งหัวมินิสปริงเกอร์ 6 แถว แถวละ 42 หัวเพื่อสำหรับรดน้ำผัก

3.4 ประเมินความพึงพอใจของเกษตรกรผู้ใช้งานจริงต่อระบบ

หลังจากการออกแบบระบบพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ ในการควบคุมอุณหภูมิและการให้น้ำในโรงเรือนอัตโนมัติ คณะผู้วิจัยได้จัดทำแบบสอบถามความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ ในการควบคุมอุณหภูมิและการให้น้ำในโรงเรือนอัตโนมัติ ที่คณะผู้วิจัยสร้างขึ้น และนำสถิติที่ใช้ในการวิจัย คือ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

มาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้เกณฑ์ในการแปลงค่าความหมายของความพึงพอใจ [8] ดังนี้

ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.50-5.00 หมายความว่าพึงพอใจมากที่สุด

ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.50-4.49 หมายความว่าพึงพอใจมาก

ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.50-3.49 หมายความว่าพึงพอใจปานกลาง

ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.50-2.49 หมายความว่าพึงพอใจน้อย

ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.00-1.49 หมายความว่าพึงพอใจน้อยที่สุด

4. ผลการวิจัย

การออกแบบระบบควบคุมอุณหภูมิและระบบการให้น้ำในโรงเรือนอัตโนมัติด้วยพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ เพื่อออกแบบและสร้างระบบพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ ในการควบคุมอุณหภูมิและการให้น้ำ

ในโรงเรือนอัตโนมัติ ทดสอบประสิทธิภาพการทำงาน และหาค่าความพึงพอใจของเกษตรกรผู้ใช้งานจริงต่อระบบ โดยระบบมีการทำงาน 2 ส่วน 1.ระบบทามเมอร์ 2.ระบบเปิด – ปิด ด้วยสวิตช์ ควบคุมการทำงาน

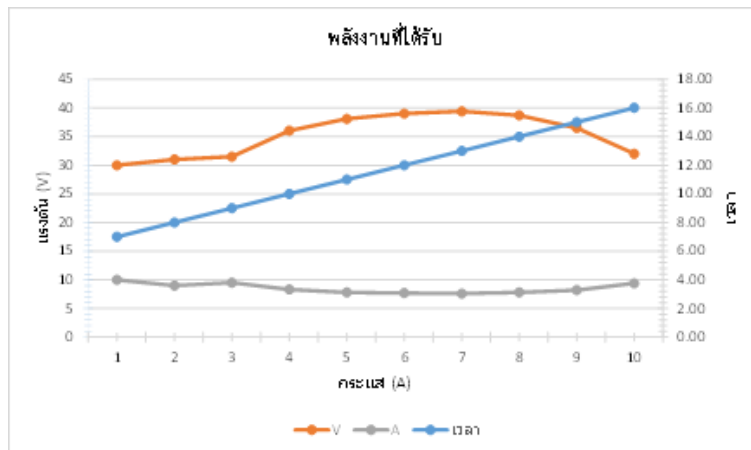
ของโซลีนอยด์วาล์วไฟฟ้า 24 v ในการให้น้ำด้วยการพ่นหมอกและสปริงเกอร์ แสดงในภาพที่ 6



ภาพที่ 6 การควบคุมอุณหภูมิและระบบการให้น้ำในโรงเรือนอัตโนมัติด้วยพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์

จากการออกแบบระบบพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ ในการควบคุมอุณหภูมิและการให้น้ำในโรงเรือนอัตโนมัติ ผลจากการออกแบบระบบพลังงานขนาดของแผงโซลาร์เซลล์ 300 วัตต์ ทำการทดสอบค่าพลังงานที่แผงโซลาร์เซลล์ผลิตในแต่ละวัน ทำการวัดค่าพลังงานทุก ๆ 1 ชั่วโมง เริ่มที่เวลา 7.00 น. ถึง 16.00 น. ผลการทดสอบพบว่าการประจุพลังงานของ

เซลล์แสงอาทิตย์ที่มีประสิทธิภาพสูงสุด (Peak Sun Hour) 6 ชั่วโมงอยู่ที่ช่วงเวลา 10.00 น. – 15.00 น แรงดันสูงสุด OPEN CIRCUIT VOLTAGE (V_{oc}) 39 v และกระแส SHORT CIRCUIT CURRENT (I_{sc}) 9.5 A แสดงดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 ค่าพลังงานที่ได้รับจากเซลล์แสงอาทิตย์

4.1 ผลการทำงานของระบบการพ่นหมอก

การทำงานของระบบพ่นหมอก เป็นการปรับสภาพอุณหภูมิภายในโรงเรือน ด้วยการสั่งการทำงานด้วย ระบบทามเมอร์ และการ เปิด – ปิด ด้วย สวิตช์ อุณหภูมิภายในโรงเรือนจะสูงกว่าภายนอก โรงเรือนประมาณ 3-5 องศา ในช่วงฤดูร้อนอุณหภูมิ สูงถึง 44 องศา ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของผัก ภายในโรงเรือน ผลจากการทำงานของระบบพ่นหมอก สามารถปรับอุณหภูมิภายในโรงเรือนได้ 3-5 องศา ภายในเวลา 7-10 นาที ทำให้ผักภายในโรงเรือนไม่เกิดความเครียดได้ผลผลิตตามต้องการ แสดงในภาพที่ 8

4.2 ผลการทำงานของระบบการสปริงเกอร์

จากการให้น้ำผักด้วยระบบสปริงเกอร์ การทำงานด้วย ระบบทามเมอร์ และการ เปิด – ปิด ด้วย สวิตช์ ซึ่งสามารถเลือกเวลาการทำงานได้เพิ่มความ สะดวนในการทำงานของเกษตรกร หรือเป็นการสั่ง การด้วยสวิตช์ เปิด – ปิด ทำให้ผักเจริญเติบโตตาม ต้องการเกษตรกร สามารถจัดตารางการทำงานได้ลด เวลา 2-3 ชั่วโมงต่อวัน และบริหารจัดการเวลาในการ ทำกิจกรรมอื่นได้ แสดงในภาพที่ 9



ภาพที่ 8 แสดงอุณหภูมิภายในโรงเรือน



ภาพที่ 9 การทำงานของระบบสปริงเกอร์

4.3 ประเมินความพึงพอใจของเกษตรกรผู้ใช้งานจริงต่อระบบ

ตารางที่ 1 ความพึงพอใจของเกษตรกรผู้ใช้งานจริงต่อระบบ

รายการประเมิน	N=1		ระดับ คุณภาพ
	$\bar{X}$	S.D.	
1.เกษตรกรมีความเข้าระบบพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ ในการควบคุมอุณหภูมิและการให้น้ำในโรงเรือนอัตโนมัติมาก่อนมากน้อยเพียงใด	4.03	0.49	ดี
2.ระบบพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ ในการควบคุมอุณหภูมิและการให้น้ำในโรงเรือนอัตโนมัติ ช่วยลดต้นทุนของค่าใช้จ่ายและเวลาของเกษตรกรในแต่ละวัน เกษตรกรมีเวลาทำงานอื่นๆได้มากขึ้น	4.33	0.47	ดี
3.ระบบพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ ในการควบคุมอุณหภูมิและการให้น้ำในโรงเรือนอัตโนมัติ ช่วยให้เกษตรกรทำงานอย่างเป็นขั้นตอน	4.36	0.57	ดี
4.มีการทำงานอย่างเป็นระบบ	4.37	0.61	ดี
5.ระบบพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ ในการควบคุมอุณหภูมิและการให้น้ำในโรงเรือนอัตโนมัติปรับให้อยู่ในสภาวะที่เหมาะสม	4.53	0.62	ดีมาก
6.ระบบพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ ในการควบคุมอุณหภูมิและการให้น้ำในโรงเรือนอัตโนมัติสามารถควบคุมง่ายต่อการใช้งาน	4.53	0.57	ดีมาก
7.คู่มือการใช้งานระบบพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ ในการควบคุมอุณหภูมิและการให้น้ำในโรงเรือนอัตโนมัติ มีความเข้าใจง่ายต่อการใช้งาน	4.37	0.56	ดี
8.เกษตรกรยอมรับการใช้งานระบบพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ ในการควบคุมอุณหภูมิและการให้น้ำในโรงเรือนอัตโนมัติมากน้อยเพียงใด	4.7	0.47	ดีมาก
9.เกษตรกรยอมรับการลงทุนในระบบ ราคา 15,000-20,000 บาท	4.53	0.62	ดีมาก
โดยรวม	4.42	0.55	ดี

จากตารางที่ 1 พบว่า เกษตรกรมีความพึงพอใจต่อระบบพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ ในการควบคุมอุณหภูมิและการให้น้ำในโรงเรือนอัตโนมัติ ความพึงพอใจอยู่ในระดับพึงพอใจมาก ($=4.42$, S.D. 0.55)

5. สรุปและอภิปรายผล

การควบคุมอุณหภูมิและระบบการให้น้ำในโรงเรือนอัตโนมัติด้วยพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ โดยทดสอบค่าพลังงานที่ได้รับเซลล์แสงอาทิตย์ ต่อวันมีประสิทธิภาพสูงสุด (PSH) 6 ชั่วโมงอยู่ที่ช่วงเวลา 10.00 น. – 15.00 น แรงดันสูงสุด(Voc) 39 v กระแส (Isc) 9.5 A ขนาดของแผงโซลาร์เซลล์ 300 วัตต์ การทำงานของระบบทั้งหมดสามารถปรับอุณหภูมิภายในโรงเรือนได้ 3-5 องศา ภายในเวลา 7-10 นาที ทำให้พักภายในโรงเรือนไม่เกิดความเครียดได้ผลผลิตตามต้องการ การให้น้ำผักด้วยระบบสปริงเกอร์ การทำงานด้วย ระบบทามเมอร์ และการ เปิด – ปิด ด้วย สวิตซ์ ซึ่งสามารถเลือกเวลาการทำงานได้เพิ่มความสะดวกในการทำงานของเกษตรกร หรือเป็นการสั่งการด้วยสวิตซ์ เปิด – ปิด ทำให้ผักเจริญเติบโตตามต้องการเกษตรกร สามารถจัดตารางการทำงานได้ลดเวลา 2-3 ชั่วโมงต่อวัน และเกษตรกรมีความพึงพอใจต่อระบบพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ ในการควบคุมอุณหภูมิและการให้น้ำในโรงเรือนอัตโนมัติ ความพึงพอใจอยู่ในระดับพึงพอใจมาก ($=4.42$, S.D. 0.55)

จากปัญหาสภาพแวดล้อมในโรงเรือน ของเกษตรกรที่มีความไม่เหมาะสมในการปลูกผักปลอดภัยและอินทรีย์เนื่องจากเกษตรกรไม่สามารถควบคุมสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนได้ การปลูกผักในโรงเรือนมีข้อดีคือป้องกันแมลงศัตรูพืชมาทำลายผลผลิต ลดการใช้สารเคมี การนำเทคโนโลยีมาช่วยให้เกษตรกรสามารถเก็บรวบรวมข้อมูลสภาพแวดล้อมในโรงเรือนได้ และหลักจากการใช้ระบบควบคุมอุณหภูมิและระบบการให้น้ำในโรงเรือนอัตโนมัติด้วย

พลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ ของ นายอลงกรณ์ บุญสังข์ Smart Farmer ผู้ใช้งานระบบ ทำให้สามารถปรับอุณหภูมิภายในโรงเรือนได้ 3-5 องศา ภายในเวลา 7-10 นาที ซึ่งสอดคล้องกับ [1,9] ที่ได้ออกแบบโรงเรือนแบบไฮโดรโปนิคส์ที่มีระบบการควบคุมแบบอัตโนมัติ โดยใช้พลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ เพื่อปรับสภาพอุณหภูมิให้เหมาะสมกับพืชโดยทำให้ อีกทั้งระบบพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ ในการควบคุมอุณหภูมิและการให้น้ำในโรงเรือนและระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือนเพาะปลูกพืชไร้ดินแบบทำความเย็นด้วยวิธีการระเหยของน้ำร่วมกับการสเปรย์ละอองน้ำ แบบอัตโนมัติ โดยใช้ระบบควบคุมเชิงตรรกะแบบโปรแกรมได้ ทำให้พักภายในโรงเรือนไม่เกิดความเครียดได้ผลผลิตตามต้องการ เกษตรกรสามารถจัดตารางการทำงานได้ลดเวลา 2-3 ชั่วโมงต่อวัน และมีความพึงพอใจอยู่ในระดับพึงพอใจมาก ($=4.42$, S.D. 0.55) การนำพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้ในภาคการเกษตร ตามแนวคิดและงานวิจัยของคณะผู้วิจัย ที่มีการหันมาใช้พลังงานทดแทน เป็นวิธีและแนวทางในการแก้ไขปัญหาในการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจก ด้านการพัฒนาสังคมสิ่งแวดล้อมพลังงานทดแทนเป็นพลังงานที่สะอาดไม่ทำลายสิ่งแวดล้อม

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยการควบคุมอุณหภูมิและระบบการให้น้ำในโรงเรือนอัตโนมัติด้วยพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ ได้รับการส่งเสริมและสนับสนุนทุนวิจัยจาก หน่วยวิจัยนวัตกรรมเพื่อสังคมและชุมชน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ประจำปีงบประมาณ 2562 คณะผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์ และขอขอบคุณเกษตรกร หัวหน้าหน่วยงาน ชุมชนในพื้นที่ อำเภอสรีประจันต์ จังหวัดสุพรรณบุรี เป็นอย่างสูงที่ความร่วมมือในการทำวิจัยครั้งนี้

และขอขอบคุณสาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และ
โทรคมนาคม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัย
เทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ที่อื้อเพื่อสถานที่ใน
การทำการทดลองงานวิจัยจนสำเร็จด้วยดี

7. เอกสารอ้างอิง

ขจรศักดิ์ พงศ์ธนา,ชัยวัฒน์ สากุล.(2562).โรงเรือน
แบบไฮโดรโปนิกส์ที่มีระบบการควบคุมแบบ
อัตโนมัติโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์.วารสาร
ราชมงคลกรุงเทพ,12(3),65-77.

ศูนย์ข้อมูลและการคาดการณ์เทคโนโลยี,สำนักงาน
คณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์
เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ (สวทน.)
กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

องค์การบริหารส่วนจังหวัดสุพรรณบุรี. 2556.ข้อมูล
สังคมและเศรษฐกิจ จังหวัดสุพรรณบุรี. หน้า
1-54.

ชัชชนันท์ ถนอมวรสิน.(2562).ปัจจัยและผลลัพธ์ของ
การนำระบบสูบน้ำบาดาลด้วยโซลาร์เซลล์มา
ใช้ในการเกษตร.วารสารสันติศึกษา
ปริทรรศน์,7(6),1677-1687.

Namhormchan T. 2014. PLC-Based Automatic
Control System of Temperature and
Relative Humidity in Soilless Culture
Greenhouse with an Evaporative
Cooling System and Fogging System.
EAU Heritage Journal Science and
Technology, Vol. 8 No 1. 98-111. in
Thai.

Jirapond Muangprathub.2019.IoT and
agriculture data analysis for smart
farm. Computers and Electronics in
Agriculture.,Vol.156.467-474

ปรีชา มหาไม้.(2557).ระบบให้น้ำแบบอัตโนมัติใช้
เซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตามดวงอาทิตย์เป็น

แหล่งพลังงาน.วารสารวิชาการและวิจัย มท
ร.พระนคร,8(2).

พิสุทธา อารีราษฎร์.(2458).การพัฒนารูปแบบ
กระบวนการเรียนรู้โดยอาศัยคอมพิวเตอร์.
วิทยานิพนธ์ ปรัช.(คอมพิวเตอร์) กรุงเทพฯ :
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนคร
เหนือ.

ธนากร น้ำหอมจันทร์.(2557). ระบบควบคุมอุณหภูมิ
และความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือนเพาะปลูก
พืชไร่ดินแบบทำความเย็นด้วยวิธีการระเหย
ของน้ำร่วมกับการสเปรย์ละอองน้ำแบบ
อัตโนมัติ โดยใช้ระบบควบคุมเชิงตรรกะ
แบบโปรแกรมได้, EAU Heritage Journal
Science and Technology, Vol. 8 No. 1
January-June 2014, น.98-111

การพัฒนาแพลตฟอร์มระบบประกันชีวิตเฉพาะบุคคล

ณัฐดนัย หวังพระธรรม และ สุวรรณีย์ อัครกุลชัย*

หลักสูตรวิศวกรรมคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีทางการเงิน คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย ถนนวิภาวดีรังสิต แขวงรัชดาภิเษก เขตดินแดง กรุงเทพมหานคร 10400

รับบทความ 19 มิถุนายน 2563 ตอรับบทความ 29 กรกฎาคม 2564 เผยแพร่ออนไลน์ 31 กรกฎาคม 2564

© 2020 Rajamangala University of Technology Lanna. All right reserved.

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อพัฒนาแพลตฟอร์มระบบประกันชีวิตเฉพาะบุคคลผ่านเว็บไซต์ และโทรศัพท์เคลื่อนที่ ที่ตอบสนองความต้องการและความจำเป็นทางการเงินของแต่ละบุคคล สำหรับการพัฒนาใช้ software service ประกอบด้วย HTTP server เป็น Apache 2.4.25 ส่วน FTP server ใช้ Pure-FTPd 1.0.43 ระบบการจัดการฐานข้อมูล ใช้ MySQL 5.7.27 และ SSL ในการ encrypt ข้อมูล มีระบบ back-up server ใช้ Google drive unlimited ในการศึกษาครั้งนี้ พัฒนารายได้กรอบของวงจรชีวิตในการพัฒนาซอฟต์แวร์ มี 6 ขั้นตอนหลัก ได้แก่ การวิเคราะห์ปัญหา ความต้องการของผู้ใช้ การวิเคราะห์และออกแบบระบบ การพัฒนาแพลตฟอร์ม การทดสอบระบบ การใช้งานระบบ และการบำรุงรักษาระบบ ส่วนรักษาความปลอดภัยข้อมูลเป็น CIA คือการรักษาความลับ (Confidentiality) ความถูกต้อง (Integrity) และความสามารถพร้อมใช้ (Availability) ผลการศึกษาความต้องการของผู้ใช้ จากการสนทนากลุ่ม (focus group) จากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 120 คน เพศหญิง 65 คน เพศชาย 55 คน อายุ 25 – 35 ปี จำนวน 75 คน และอายุ 36 – 50 ปี จำนวน 45 คน เป็นเจ้าของกิจการ 30 คน เป็นพนักงานบริษัทเอกชน 89 คน และ รับราชการ 1 คน พบว่า กลุ่มที่เหมาะสมกับระบบประกันเฉพาะบุคคล คือ กลุ่มที่มีรายได้มากกว่า 80,000 บาทต่อปี 95.7 ส่วนตัวแทนประกันชีวิต สนใจประกันชีวิตเฉพาะบุคคลร้อยละ 97.1 ประกันสุขภาพร้อยละ 88.2 วางแผนเกษียณร้อยละ 73.5 แผนการศึกษาบุตรร้อยละ 55.9 ผลการทดสอบระบบ เมื่อลูกค้ากรอกข้อมูล อายุ เพศ รายได้ จำนวนบุตร อายุบุตร จำนวนเงินที่ต้องจ่าย จำนวนปีที่จ่าย และจำนวนเงินหลังเสียชีวิต แพลตฟอร์มจะแสดงแบบประกันเฉพาะบุคคล ซึ่งลูกค้าปรับเปลี่ยนได้ทุกหัวข้อ เมื่อตัดสินใจซื้อ แพลตฟอร์มจะแสดงช่องทางการชำระเงิน prompt pay โอนผ่านธนาคาร QR code หรือ บัตรเครดิต เมื่อชำระเงินและแพลตฟอร์มยืนยัน ลูกค้าจะได้กรมธรรม์โดยอัตโนมัติผ่านอีเมลล์ หรือพิมพ์จากระบบ กรมธรรม์มีผลบังคับใช้ทันที ยังมีระบบแจ้งเตือนในการจ่ายเงิน และการเคลมต่างๆ จากการประเมินประสิทธิภาพและความพึงพอใจของแพลตฟอร์มจากลูกค้า 32 คน พบว่า ลูกค้าพอใจกับการใช้งานง่ายสูงสุด ค่าเฉลี่ย 4.34 รองลงมา แพลตฟอร์มให้ข้อมูลถูกต้องครบถ้วน ค่าเฉลี่ย 4.25 และแบบประกันสอดคล้องกับความต้องการ ค่าเฉลี่ย 4.20 สรุปผลประเมินประสิทธิภาพและความพึงพอใจแพลตฟอร์ม โดยรวมเฉลี่ย 4.26

คำสำคัญ: แพลตฟอร์ม , ระบบประกันชีวิต

ผู้ติดต่อ: 1820731303004@live4.utcc.ac.th และ suwannee_ads@utcc.ac.th

Personal Insurance Platform Development

Nuthdanai Wangpratham and Suwannee Adsavakulchai*

Program in Computer Engineering and Financial Technology, Faculty of Engineering
University of the Thai Chamber of Commerce, Vibavadi Rangsit Road, Bangkok 10400

Received: 19 June 2020 Accepted: 29 July 2021 Published online: 31 July 2021

© 2020 Rajamangala University of Technology Lanna. All right reserved.

Abstract

The main objective of this study is to develop “Personal Insurance Platform” via website and mobile application that meet the user requirement individually. The platform is developed by using software service including HTTP Server, Apache 2.4.25, FTP Server, Pure-FTPD 1.0.43, MySQL 5.7.27 and SSL. Back-up server is Google Drive Unlimited as tools. In this study, the platform developed under software development life cycle concept. There are 6 steps that are problem definition, user requirement, system analysis and design, implementation, testing and maintenance. The security based on C I A that stands for Confidentiality, Integrity and Availability. The user requirements from 120 persons consist of 45 females, 55 males, 75 persons under age 25-35 years old and 45 persons under age 36 – 50 years old and also 45 company owners, 89 officers and 1 government officer. The results from this study using focus group found that the appropriate persons for the personal insurance are their income is over 80,000 baht/month. In addition, the Insurance agents are interested in “Personal Insurance Platform” 97.1% and focusing on health insurance 88.2%, retirement 73.5% education 55.9%. The platform testing result after input data as following age, gender, number of kids, money paid, year paid, and amount of money require after insurance then returns the personal insurance form. Before payment, the user can change all parameters until making decision. The payment channel consists of bank transfer, credit card or prompt pay or QR code. When the payment completion, the personal insurance form automatically sends directly to the email and can print directly from platform. The platform is not only payment but also claim and alert for renewal payment. The appraisal of performance and satisfaction of personal insurance platform from interviewing 32 persons that the platform processes ease to use, the complete information and personal insurance form meets the requirement with score 4.34, 4.25, 4.20 from total 5, respectively. In summary, the overall performance and satisfaction of the users are good with score 4.26 from total 5.

Keywords: platform, life insurance system

1. บทนำ

ประกันชีวิต เป็นเครื่องมือในการวางแผนการเงินส่วนบุคคลที่สำคัญในการบริหารความเสี่ยงส่วนบุคคล ซึ่งสามารถแบ่งเบาภาระความรับผิดชอบหากเกิดเหตุการณ์ไม่คาดฝันต่างๆ ซึ่งจะช่วยบรรเทาความเดือดร้อนของครอบครัว หรือค่าใช้จ่ายในการรักษาพยาบาล เมื่อเกิดการเจ็บป่วย ค่าใช้จ่ายในการรักษาพยาบาลเป็นผลให้เงินออมที่มีอยู่ต้องลดลง หากการเจ็บป่วยยืดเยื้อเป็นเวลานาน อาจส่งผลกระทบต่อรายได้ของครอบครัว หรือถึงขั้นวิกฤตทางการเงินก็ได้ การประกันสุขภาพจึงเป็นวิธีการหนึ่ง ที่สามารถลดความกังวลในเรื่องค่าใช้จ่ายในการรักษาพยาบาลได้ในระดับหนึ่ง [1] การวางแผนการประกันส่วนบุคคลจึงมีความสำคัญ ทั้งนี้ การวางแผนประกันภัยส่วนบุคคลหมายถึง กระบวนการในการวิเคราะห์ ความเสี่ยงเพื่อออกแบบจัดการ หรือลดความเสี่ยงของบุคคล โดยพิจารณาจากปัจจัยแวดล้อม เฉพาะบุคคล ที่นำมาซึ่งความเสี่ยงที่แตกต่างกันไป โดยหลักการพิจารณาในการวางแผนประกันภัยส่วนบุคคล ต้องพิจารณาในประเด็นดังต่อไปนี้ 1. ความครอบคลุมครบถ้วน รวมถึงความเสี่ยงในทุกด้านที่มีโอกาสจะเกิดขึ้นกับบุคคลนั้น 2. ความมีประสิทธิภาพ การประกันภัยแต่ละประเภทจะต้องมีวงเงินการคุ้มครองที่เพียงพอ 3. ความเหมาะสมกับสถานการณ์ของบุคคล เพื่อให้ผู้วางแผนได้รับแผนเฉพาะบุคคล 4. ความสามารถทางการเงิน คำนึงถึงต้นทุนทางการเงินและความสามารถในการชำระเบี้ยประกันของผู้เอาประกัน [2] จากความสำคัญข้างต้น ทำให้บริษัทประกันหลายแห่งมีการประยุกต์เทคโนโลยีมาใช้ในการประกันภัย เรียกว่า เทคโนโลยีในการประกันภัย (InsurTech) เป็นการนำเทคโนโลยีดิจิทัลมาใช้ในการทำธุรกิจประกันภัย เพื่อสร้างความสัมพันธ์ที่ดีกับลูกค้า ผ่านการนำเสนอผลิตภัณฑ์และบริการที่ตอบโจทย์ความต้องการ และการดำเนินชีวิตของคนรุ่นใหม่

InsurTech ช่วยเพิ่มโอกาสทางธุรกิจให้กับผู้ประกอบการ โดยการนำเทคโนโลยีมาช่วยอำนวยความสะดวกและเพิ่มช่องทางในการให้บริการในหลากหลายมิติ บริษัทประกันมีแนวโน้มพัฒนาช่องทางการให้บริการผ่านทางดิจิทัลมากขึ้น ซึ่งแนวโน้มเหมือนกับผลิตภัณฑ์ทางการเงินต่าง ๆ [3] ตัวอย่างเช่น แพลตฟอร์มของ Sunday พัฒนาตามความต้องการของลูกค้าเป็นหลัก วิเคราะห์ข้อมูลลูกค้าเชิงลึกและฐานข้อมูลสถิติด้านอื่นๆ เพื่อสร้างสรรค์นวัตกรรมให้แก่ผลิตภัณฑ์และบริการที่ตอบสนองความพึงพอใจสูงสุดของลูกค้าทั้งรายย่อย และลูกค้าองค์กร มีการนำเทคโนโลยี Machine Learning มาช่วยประมวลผลบน AWS Cloud Services ผสานกับแนวคิดการบริการประกันภัย [4] อีกหนึ่งตัวอย่างคือ TQM Life Insurance Platform คือ ระบบผู้ช่วยค้นหาประกันชีวิตอัจฉริยะ และ noon ทำหน้าที่ให้คำปรึกษาแนะนำให้ข้อมูล (Advisory) เป็นแพลตฟอร์มแรกที่สามารถเปรียบเทียบเบี้ยประกันตามความต้องการได้มากที่สุด เป็นการนำเทคโนโลยีและนวัตกรรมประกันภัย Insurtech มีการจัดอันดับแบบกรรมธรรม์ให้เหมาะสมกับผู้บริโภคเพื่อนำข้อมูลไปประกอบการตัดสินใจในการเลือกซื้อประกัน [5]

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษากรอบการพัฒนาแพลตฟอร์มระบบประกันชีวิตเฉพาะบุคคล ที่สามารถตอบสนองความต้องการและความจำเป็นทางการเงินที่แตกต่างกันได้

3. วิธีดำเนินการวิจัย

การพัฒนาแพลตฟอร์มระบบประกันชีวิตเฉพาะบุคคล ใช้หลักการของวงจรชีวิตในการพัฒนาซอฟต์แวร์ (Software development life cycle) มี 6 ขั้นตอน ดังนี้

3.1 การวิเคราะห์ปัญหาหารบบประกันชีวิตเฉพาะบุคคล และศึกษาข้อกฎหมายจากสำนักงานคณะกรรมการกำกับและส่งเสริมการประกอบธุรกิจประกันภัย (คปภ.)

3.2 ศึกษาความต้องการของผู้ใช้ระบบประกันชีวิตเฉพาะบุคคล ด้วยการสัมภาษณ์กลุ่ม (focus group) จากกลุ่มตัวอย่างที่คาดว่าจะเป้าหมายของแพลตฟอร์ม จำนวน 120 คน โดยเป็นเพศหญิง 65 คน เพศชาย 55 คน โดยแบ่งเป็นช่วงอายุ 25 – 35 ปี จำนวน 75 คน มีค่าเฉลี่ยของอายุที่ 30 ปี และอายุ 36 – 50 ปี จำนวน 45 คน มีค่าเฉลี่ยของอายุที่ 40 ปี ในจำนวนนี้พบว่าเป็นเจ้าของกิจการ 30 คน เป็นพนักงานบริษัทเอกชน 89 คน และ รับราชการ 1 คน

3.3 การวิเคราะห์และออกแบบระบบระบบประกันชีวิตเฉพาะบุคคล ใช้หลักการของ UML

3.4 การพัฒนาแพลตฟอร์มระบบประกันชีวิตเฉพาะบุคคล ผ่านการพัฒนาเว็บไซต์ ใช้ software service ประกอบด้วย HTTP server เป็น Apache 2.4.25 ส่วน FTP server ใช้ Pure-FTPd 1.0.43 ระบบการจัดการฐานข้อมูลใช้ MySQL 5.7.27 และ SSL ในการ encrypt ข้อมูล มีระบบ back-up server ใช้ Google drive unlimited

3.5 การทดสอบระบบประกันชีวิตเฉพาะบุคคล

3.6 การปรับปรุงและพัฒนาระบบประกันชีวิตเฉพาะบุคคล

4. ผลการวิจัย

4.1 ผลการวิเคราะห์ปัญหา

การวางแผนประกันภัยส่วนบุคคล ต้องพิจารณาในประเด็นดังต่อไปนี้ 1. ความครอบคลุมครบถ้วน รวมถึงความเสี่ยงในทุกด้านที่มีโอกาสจะเกิดขึ้นกับบุคคลนั้น 2. ความมีประสิทธิภาพ วงเงินการคุ้มครองไม่ซ้ำซ้อน ไร้ประโยชน์ 3. ความเหมาะสมกับ

สถานการณ์ของบุคคล ความต้องการเป้าหมายชีวิต สอดคล้องกับแต่ละบุคคล 4. ความสามารถทางการเงิน ในการวางแผนประกันภัยยังต้องคำนึงถึงต้นทุนทางการเงินและความสามารถในการชำระเบี้ยประกันของผู้เอาประกันตัว [6]

เทคโนโลยีในการประกันภัย (InsurTech) ทางสำนักงานคณะกรรมการกำกับและส่งเสริมการประกอบธุรกิจประกันภัย (คปภ.) เดิมที่ไม่อนุญาตให้ดำเนินการ ขณะนี้เปิดกว้างแต่ก็ต้องอยู่ภายใต้ คปภ. ทำให้แบบประกันเฉพาะบุคคลต่างๆ ต้องผ่านการรับรองจาก คปภ. [7]

4.2 ผลการศึกษาความต้องการของผู้ใช้ระบบประกันชีวิตเฉพาะบุคคล

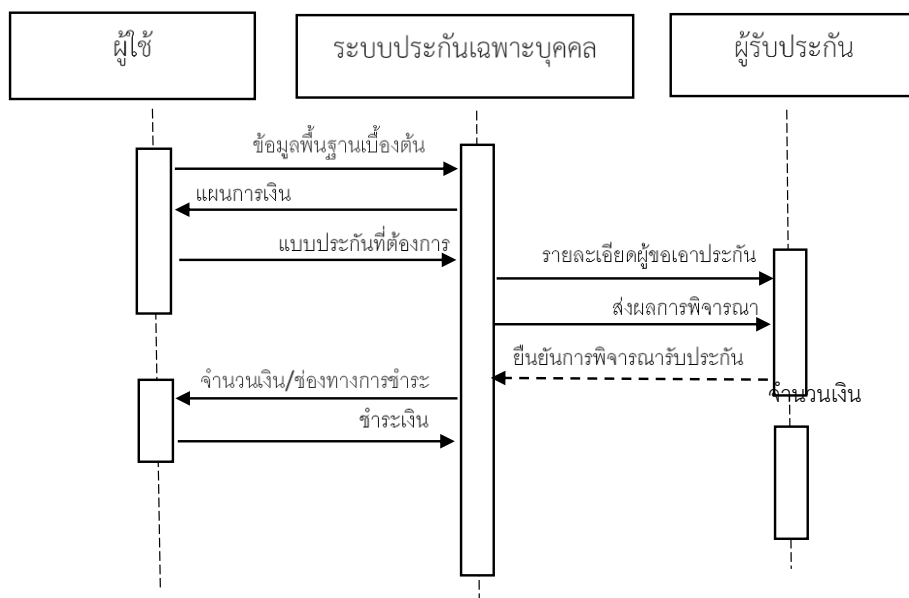
ผลการรวบรวมปัญหาและความต้องการของผู้ใช้ระบบประกันชีวิตเฉพาะบุคคล จากการสนทนากลุ่ม (focus group) จำนวน 120 คน เป็นเพศหญิง 65 คน เพศชาย 55 คน โดยแบ่งเป็นช่วงอายุ 25 – 35 ปี จำนวน 75 คน มีค่าเฉลี่ยของอายุที่ 30 ปี และอายุ 36 – 50 ปี จำนวน 45 คน มีค่าเฉลี่ยของอายุที่ 40 ปี ในจำนวนนี้พบว่าเจ้าของกิจการ 30 คน เป็นพนักงานบริษัทเอกชน 89 คน และ รับราชการ 1 คน แบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มลูกค้าผู้ใช้ผลิตภัณฑ์ประกันชีวิต ส่วนอีกกลุ่มหนึ่ง คือ ผู้ใช้ที่ไม่ใช่ลูกค้า ได้แก่ ผู้ที่เกี่ยวข้องกันผลิตภัณฑ์ประกันชีวิต ได้แก่ ผู้ออกแบบผลิตภัณฑ์ นักคณิตศาสตร์ประกันภัย และตัวแทนประกันชีวิต โดยสอบถามความคิดเห็นต่อประกันชีวิตเฉพาะบุคคล ภายใต้โครงสร้างแบบประกันชีวิตขั้นพื้นฐานแบ่งได้เป็น 4 ส่วนย่อย ได้แก่ ผู้เอาประกันเสียชีวิต (pure life) ผู้เอาประกันมีชีวิต (pure endowment) การออมแบบการันตี (saving) การลงทุน (investment) ทั้งนี้การพัฒนาแพลตฟอร์มระบบประกันชีวิตเฉพาะบุคคลผ่านเว็บไซต์ และใช้งานผ่านโทรศัพท์เคลื่อนที่ จากนั้นสอบถามปัจจัย ด้านรายได้และมีบุตร แบ่งเป็น 4 กลุ่ม รายได้มากกว่า 80,000 และมีบุตร รายได้ต่ำกว่า 80,000 และมีบุตร

รายได้มากกว่า 80,000 และไม่มีบุตร รายได้ต่ำกว่า 80,000 และไม่มีบุตร สรุปได้ว่ากลุ่มผู้ใช้หลักคือกลุ่มที่รายได้มากกว่า 80,000 และมีบุตร และ รายได้มากกว่า 80,000 และไม่มีบุตร มีความต้องการประกันชีวิตและไม่ต้องการผู้ดูแล โดยสรุป คือ ต้องการได้

แบบยืดหยุ่น สามารถออกแบบเฉพาะบุคคล แสดงแบบประกันแนะนำ และสามารถปรับเปลี่ยนเองได้

4.3 ผลการวิเคราะห์และออกแบบระบบ (System Analysis and Design)

ในการศึกษารั้งนี้ใช้ sequence diagram แสดงระบบประกันชีวิตเฉพาะบุคคล ในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 sequence diagram แพลตฟอร์มระบบประกันชีวิตเฉพาะบุคคล

จากภาพที่ 1 ลำดับขั้นตอนของระบบประกันชีวิตเฉพาะบุคคล เมื่อลูกค้า กรอกข้อมูลพื้นฐานเบื้องต้น แพลตฟอร์มจะแสดงแผนการเงินในรูปแบบประกันเฉพาะบุคคล ซึ่งสามารถปรับเปลี่ยนเงื่อนไขตามความต้องการ ข้อมูลรายละเอียดของผู้ขอเอาประกันถูกส่งไปพิจารณา และระบบยืนยันตามความต้องการ จากนั้นแพลตฟอร์มจะแสดงช่องทางการชำระเงิน โอนผ่านธนาคาร prompt pay QR code หรือ บัตรเครดิต เมื่อชำระเงินและแพลตฟอร์ม

ยืนยัน ลูกค้าจะได้กรมธรรม์โดยอัตโนมัติผ่านอีเมลล์หรือพิมพ์จากระบบ ทั้งนี้กรมธรรม์มีผลบังคับใช้ทันที

4.4 ผลการพัฒนาแพลตฟอร์มระบบประกันชีวิตเฉพาะบุคคล ผ่านการพัฒนาเว็บไซต์

ภาพรวมของสถาปัตยกรรมซอฟต์แวร์และโครงสร้างระบบประกันชีวิตเฉพาะบุคคล แบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน คือ การกรอกรายละเอียดส่วนบุคคล แสดงในภาพที่ 2 เลือกแผนการเงินที่ต้องการ แสดงในภาพที่ 3 กรอกรายละเอียดเป้าหมายทางการเงิน แสดงใน

ภาพที่ 4 และระบบแสดงมูลค่ากรมธรรม์ในแต่ละปี
แสดงในภาพที่ 5

ภาพที่ 2 การกรอกรายละเอียดส่วนบุคคล

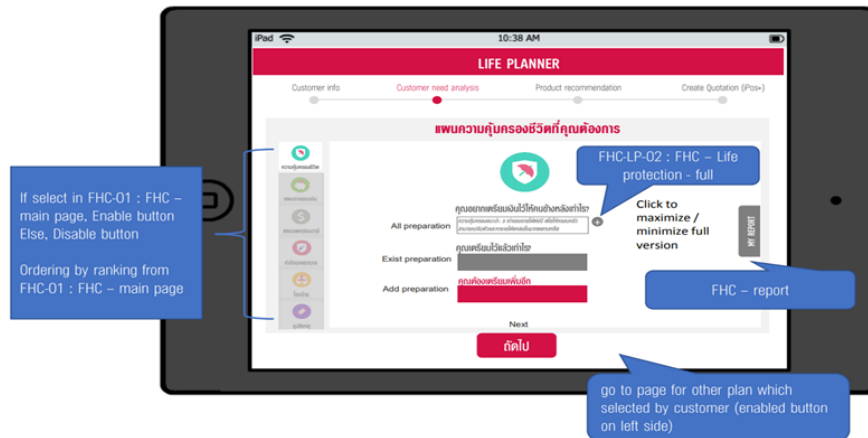
จากภาพที่ 2 ระบบจะให้ผู้ใช้กรอกข้อมูล
ส่วนบุคคลเบื้องต้น ได้แก่ ชื่อ นามสกุล เบอร์โทร
อีเมล เพศ วันเดือนปีเกิด อาชีพ รายได้ หลังจากผู้ใช้

กรอกข้อมูลเรียบร้อยแล้ว ระบบจะให้ผู้ใช้เลือก
แผนการเงินที่ต้องการ แสดงในภาพที่ 3

ภาพที่ 3 หน้าหลักของแผนการเงิน

จากภาพที่ 3 แสดงแผนการเงินที่ผู้ใช้เลือก
ตามที่ ต้องการ เมื่อเลือกแล้ว ผู้ใช้ต้องกรอก
รายละเอียดต่างๆ ได้แก่ ทุนประกันที่ต้องการ จำนวน
เงินที่ต้องการถอน อายุที่ถึงเป้าหมายทางการเงิน

ระยะเวลาที่ต้องการชำระเบี้ยประกัน หลังจากนั้น
ระบบจะคำนวณเบี้ยประกันชีวิตที่ลูกค้าต้องจ่าย
ระบบจะให้ผู้ใช้กรอกทุนประกันชีวิตที่ต้องการ และ
ทุนประกันที่เตรียมไว้ แสดงในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 รายละเอียดเป้าหมายทางการเงิน

จากภาพที่ 4 ผู้ใช้สามารถกรอกค่าใช้จ่ายต่อเดือน จำนวนปีที่ต้องการ เงินเพื่อการชำระหนี้ เงินเพื่อการกุศล ค่าใช้จ่ายครั้งสุดท้าย และเงินสำรอง

เพิ่มเติม จำนวนบุตร อายุบุตร โดยที่จำนวนทุนประกันชีวิตที่ได้ และแสดงมูลค่ากรมธรรม์ในแต่ละปี แสดงในภาพที่ 5



ภาพที่ 5 มูลค่ากรมธรรม์ในแต่ละปี

จากรูปที่ 5 หากผู้ใช้ต้องการดูข้อมูลในรูปแบบของตาราง สามารถเลือกที่ “ดูตารางผลประโยชน์อย่างละเอียด” ระบบจะแสดงข้อมูล

ต่างๆ ทั้งความคุ้มครอง เบี้ยประกันภัย ค่าใช้จ่ายต่างๆ แสดงในภาพที่ 6

AIA Innovative Saving Prestige										
5 กรอกข้อมูล แสดงผลประโยชน์ สรุป										
อายุ 35 ปี อายุที่คาดว่าจะสิ้นสุดสัญญา 60 ปี (25 ปี) เพศ ชาย										
อายุ	ปี	จำนวนกรมธรรม์	เบี้ย RP	เบี้ย STB	ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ-เบี้ย STB	รวมค่าธรรมเนียมกรมธรรม์	จำนวนเงินที่คาดว่าจะถอน	มูลค่าเงินที่เก็บแบ่งเบงกน	มูลค่าเงินที่เก็บแบ่งเบงกน อัตราผลตอบแทน 2%	ค่า
35	1	7,000,000	160,000.00	0.00	0.00	95,153.12	0.00	68,439.36	66,319.36	7.
36	2	7,000,000	160,000.00	0.00	0.00	80,397.68	0.00	155,823.64	149,020.91	7.
37	3	7,000,000	160,000.00	0.00	0.00	58,015.82	0.00	271,109.77	256,162.77	7.
38	4	7,000,000	160,000.00	0.00	0.00	35,903.04	0.00	415,436.21	388,332.38	7.
39	5	7,000,000	160,000.00	0.00	0.00	21,945.04	0.00	581,733.72	537,338.22	7.
40	6	7,000,000	160,000.00	0.00	0.00	24,178.02	0.00	753,983.51	687,115.35	7.
41	7	7,000,000	160,000.00	0.00	0.00	26,523.54	0.00	932,442.39	838,013.80	7.
42	8	7,000,000	160,000.00	0.00	0.00	29,052.99	0.00	1,117,264.24	989,229.58	8.
43	9	7,000,000	160,000.00	0.00	0.00	31,766.87	0.00	1,308,441.05	1,141,194.96	8.
44	10	7,000,000	160,000.00	0.00	0.00	34,617.48	0.00	1,509,705.83	1,296,921.93	8.
45	11	7,000,000	160,000.00	0.00	0.00	37,797.92	0.00	1,717,690.00	1,452,453.13	8.
46	12	7,000,000	160,000.00	0.00	0.00	41,096.59	0.00	1,932,823.94	1,608,916.33	8.
47	13	7,000,000	160,000.00	0.00	0.00	44,724.25	0.00	2,154,901.39	1,764,618.41	9.
48	14	7,000,000	160,000.00	0.00	0.00	48,541.65	0.00	2,384,054.77	1,920,484.37	9.
49	15	7,000,000	160,000.00	0.00	0.00	52,549.70	0.00	2,620,660.18	2,075,787.86	9.
50	16	7,000,000	160,000.00	0.00	0.00	56,888.89	0.00	2,864,573.32	2,230,199.24	9.
51	17	7,000,000	160,000.00	0.00	0.00	61,420.52	0.00	3,116,170.13	2,384,225.47	10.
52	18	7,000,000	160,000.00	0.00	0.00	66,216.02	0.00	3,375,340.42	2,536,581.03	10.
53	19	4,000,000	0.00	0.00	0.00	50,479.03	384,856.26	3,107,369.15	2,158,127.51	7.
54	20	4,000,000	0.00	0.00	0.00	50,400.39	407,947.63	2,802,771.19	1,748,888.34	6.
			2,880,000	0	0					

ภาพที่ 6 ตารางผลประโยชน์อย่างละเอียด

จากภาพที่ 6 แสดงตารางผลประโยชน์อย่างละเอียด ซึ่งผู้ใช้สามารถปรับเปลี่ยนได้ทุกหัวข้อ และเมื่อตัดสินใจซื้อ แพลตฟอร์มจะแสดงช่องทางการชำระเงิน โอนผ่านธนาคาร prompt pay QR code หรือ บัตรเครดิต

4.5 ผลการทดสอบระบบ

ผลการประเมินประสิทธิภาพและความพึงพอใจของแพลตฟอร์มจากจำนวนลูกค้า 32 คน แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการประเมินประสิทธิภาพและความพึงพอใจของแพลตฟอร์ม

รายการประเมิน	$\bar{X}$	SD
ระบบช่วยออกแบบแบบประกันได้สอดคล้องกับความต้องการ	4.2	1.08
ข้อมูลของระบบถูกต้องครบถ้วน	4.25	1.11
ความง่ายในการใช้งาน	4.34	1.10

จากตารางที่ 1 แสดงให้เห็นถึงความพึงพอใจในการใช้ระบบโดยแบ่งออกเป็นสามด้านในด้านที่หนึ่ง ระบบช่วยออกแบบแบบประกันได้สอดคล้อง

กับความต้องการ มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.2 มีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 1.08 ด้านที่สอง ข้อมูลของระบบถูกต้องครบถ้วน มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.25 มีค่าส่วนเบี่ยง

เบนมาตรฐานอยู่ที่ 1.11 ด้านสุดท้าย ความง่ายในการใช้งานครบถ้วน มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.34 มีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 1.10

5. สรุป และอภิปรายผล

ผลสัมฤทธิ์จากการทดลองใช้แพลตฟอร์มระบบประกันชีวิตเฉพาะบุคคล ได้รับความสนใจและคำแนะนำในการพัฒนาระบบ กลุ่มที่เหมาะสมกับระบบประกันเฉพาะบุคคล คือ กลุ่มที่มีรายได้มากกว่า 80,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 95.7 ส่วนตัวแทนประกันชีวิต สนใจประกันชีวิตเฉพาะบุคคลร้อยละ 97.1 ประกันสุขภาพร้อยละ 88.2 วางแผนเกษียณร้อยละ 73.5 แผนการศึกษาบุตรร้อยละ 55.9 สำหรับการรักษาความปลอดภัยข้อมูลตามหลักของ CIA คือ การรักษาความลับ (Confidentiality) การกำหนดผู้มีสิทธิเท่านั้น ความถูกต้อง (Integrity) มีการป้องกันข้อมูลให้ถูกต้องครบถ้วนสมบูรณ์ และความสามารถพร้อมใช้เสมอ (Availability) ควบคุมให้ระบบมีสมรรถภาพทำงานอย่างต่อเนื่อง จากการประเมินประสิทธิภาพและความพึงพอใจของแพลตฟอร์มจากจำนวนลูกค้า 32 คน พบว่า ลูกค้าพอใจกับการใช้งานง่ายสูงสุด ค่าเฉลี่ย 4.34 รองลงมา แพลตฟอร์มให้ข้อมูลถูกต้อง ครบถ้วนค่าเฉลี่ย 4.25 และแบบประกันสอดคล้องกับความต้องการ ค่าเฉลี่ย 4.20 สรุปผลการประเมินประสิทธิภาพและความพึงพอใจแพลตฟอร์มโดยรวมเฉลี่ย 4.26

6. เอกสารอ้างอิง

- กฤษฎา เสกตระกูล, 2553, “การวางแผนการเงินส่วนบุคคล”, วารสารสถาบันวิชาการป้องกันประเทศ ฉบับเดือนกุมภาพันธ์ - พฤษภาคม 2553.
- DIGITAL VENTURES, 2560. “ประกันภัยยุค Digital กับ การเปลี่ยนแปลงทั้ง Value Chain ด้วย เทคโนโลยี” [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: <http://dv.co.th/blog-th/digitizing-Ins-Chain/> เมื่อวันที่ 30 กันยายน 2562
- สายชล สันสมบูรณ์ทอง, 2660. “สถิติประกันชีวิต (Actuarial Statistics)” กรุงเทพฯ : จามจุรีโปรดักส์, 2560
- Rehan Akbar และ Sohail Safdar, 2556. “A short review of Global Software Development (GSD)”, [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: https://www.researchgate.net/publication/283872705_A_short_review_of_Global_Software_Development_GSD เมื่อวันที่ 10 เมษายน 2563
- ธนาวัฒน์ สิริวัฒนธกุล, 2560. “รู้มัยว่าเมื่ออาชีพเขา วางแผนการเงินกันอย่างไร” [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: <https://www.thaipfa.co.th/article/view/33/รู้มัยว่าเมื่ออาชีพเขาวางแผนการเงินกันอย่างไร> เมื่อวันที่ 3 มีนาคม 2563
- Techsauce Team, 2561. “Sunday ร่วมมือกับ AWS รุกตลาด InsurTech ด้วย Cloud Computing และ Machine Learning” [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: <https://techsauce.co/news/sunday-partners-aws-with-cloud-computing-and-machine-learning> เมื่อวันที่ 15 มกราคม 2563
- Just222, 2562. “ทีคิวเอ็ม คอร์ปอเรชั่น เปิด 2 แพลตฟอร์มประกันอัจฉริยะพร้อมบุกตลาด ประกันชีวิตอย่างเต็มรูปแบบ” [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: <https://marketeeronline.co/archives/135813> เมื่อวันที่ 10 มกราคม 2563

คำแนะนำสำหรับผู้เขียน

วารสารวิจัยเทคโนโลยีนวัตกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

Journal of Innovative Technology Research (JITR)

วารสารวิจัยเทคโนโลยีนวัตกรรมเป็นวารสารพิมพ์เผยแพร่ผลงานทางวิชาการทางด้านเทคโนโลยีและนวัตกรรมของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา รวมทั้งสถาบันและหน่วยงานอื่น ๆ ทั่วประเทศ

วัตถุประสงค์ :

เพื่อเผยแพร่ผลงานทางวิชาการทางด้านเทคโนโลยีและนวัตกรรม ขอบเขตเนื้อหา ประกอบด้วย : 1. เทคโนโลยี นวัตกรรม ด้านอาหาร เกษตร และเทคโนโลยีชีวภาพ 2. เทคโนโลยีนวัตกรรม ด้านเทคโนโลยีทางการแพทย์และ สุขภาพ 3. เทคโนโลยีนวัตกรรม ด้านวิศวกรรม พลังงานและสิ่งแวดล้อม 4. เทคโนโลยีนวัตกรรม ด้านศิลปกรรมและ สถาปัตยกรรมศาสตร์

กำหนดตีพิมพ์เผยแพร่ :

ปีละ 2 ฉบับ ดังนี้ ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน และฉบับที่ 2 กรกฎาคม - ธันวาคม

ISSN: 2586-8500 (Print), ISSN: 2586-8632 (Online)

นโยบายการพิจารณาตีพิมพ์ผลงาน

ข้อแนะนำทั่วไป :

- บทความในวารสารวิจัยนี้ต้องไม่เคยเผยแพร่ในวารสาร รายงานหรือ สิ่งพิมพ์อื่นใดมาก่อน และไม่อยู่ในระหว่างการพิจารณาตีพิมพ์ในวารสารอื่น
- ต้นฉบับจะต้องได้รับการกลั่นกรอง ตรวจสอบเชิงวิชาการจากผู้ทรงคุณวุฒิก่อนการตีพิมพ์
- ส่งทางระบบวารสารออนไลน์ วารสารวิจัยเทคโนโลยีนวัตกรรม

ประเภทของบทความที่ตีพิมพ์ :

- บทความวิจัย (Research Article) เป็นบทความที่ได้จากงานวิจัย
- บทความวิชาการ (Academic Articles) เป็นบทความที่มีลักษณะ ดังนี้
 - Literature Review เป็นบทความจากการทบทวนเอกสาร ซึ่งเป็นผลมาจากการวิจัยหลาย ๆ ครั้ง ถือเป็นบทความที่มีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง
 - Technical Paper เป็นบทความนำเสนอกระบวนการในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ การทดสอบ ภาควิชา รวมถึงเทคนิคการวิเคราะห์ใหม่ๆ
 - Professional Practice เป็นบทความที่มาจากประสบการณ์ หรือความชำนาญของผู้เขียน
 - Policy Paper เป็นบทความเกี่ยวกับนโยบายด้านต่างๆ ของหน่วยงาน

ขั้นตอนการดำเนินงานภายหลังรับต้นฉบับ :

1. ขอความยินยอมการได้รับบทความหรือสิ่งตีพิมพ์ (ต้นฉบับ) ทางอีเมล
2. กองบรรณาธิการวารสารวิจัยเทคโนโลยีนวัตกรรม ตรวจสอบบทความเบื้องต้น และให้ผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบบทความแล้วหากพบว่าเนื้อหายังไม่สมบูรณ์ ไม่ผ่านการพิจารณาของผู้ทรงคุณวุฒิทางวารสารฯ จะแจ้งทางอีเมล ส่วนบทความที่สามารถปรับปรุงแก้ไขได้ ทางวารสารฯ จะแจ้งสิ่งที่ต้องปรับ แก้ไขให้เจ้าของบทความทราบเพื่อทำการแก้ไขต่อไป การแก้ไขนี้อาจทำถึง 2 ครั้ง จนกว่าบทความจะมีความสมบูรณ์ได้มาตรฐานและผู้ทรงคุณวุฒิยินยอมให้ลงตีพิมพ์ได้
3. บทความที่ผ่านผู้ทรงคุณวุฒิ ที่ยืนยันให้ตีพิมพ์ได้แล้ว จะเข้าสู่การพิจารณาโดยกองบรรณาธิการวารสารฯ เป็นขั้นสุดท้าย บทความบางเรื่องอาจไม่ได้รับการพิจารณาในขั้นตอนสุดท้าย ซึ่งผลการพิจารณาของกองบรรณาธิการวารสารฯ ถือเป็นขั้นสุดท้าย
4. แจ้งกำหนดการตีพิมพ์ให้เจ้าของผลงานทราบทางอีเมล

การส่งต้นฉบับ : ทางระบบออนไลน์ <https://so04.tci-thaijo.org/index.php/JIT/user/register>

ติดต่อสอบถาม

กองบรรณาธิการวารสารวิจัยเทคโนโลยีนวัตกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

98 หมู่8 ตำบลป่าป้อง อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ 50220

โทรศัพท์ : 08 7079 0797 Email: jitr.rmutl@gmail.com

บรรณาธิการ

รองศาสตราจารย์ ดร.พานิช อินต๊ะ โทร. (+66) 89 755 1985

Email: panich.intra@gmail.com

ผู้ประสานงาน

นางสาวณิคมล โพธิ์แก้ว โทร. 08 7079 0797

Email: ph.nichkamol@gmail.com



R : Responsibility - รับผิดชอบต่อการกิจชุมชนสังคมประเทศชาติ
M : Morality - ยึดมั่นในคุณธรรมความดีงาม
U : Unity - ความเป็นหนึ่งเดียว
T : Technology - วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นฐานการพัฒนา
L : Learning Society - สังคมแห่งการเรียนรู้



สถาบันวิจัยและพัฒนา
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

98 หมู่ 8 ต.ป่าป๋อง อ.ดอยสะเก็ด จ.เชียงใหม่ 50220
<https://so04.tci-thaijo.org/index.php/JIT/index>