JiTR

Journal of Innovative Technology Research

วารสารวิจัยเทคโนโลยีนวัตกรรม

Journal of Innovative Technology Research

ปีที่ 5 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม - ธันวาคม 2564 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

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

JiTR

Journal of Innovative Technology Research

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

กองบรรณาธิการ
วารสารวิจัยเทคโนโลยีนวัตกรรม

ที่ปรึกษา :

อธิการบดี		มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพพร	พัชรประกิติ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

บรรณาธิการ :

รองศาสตราจารย์ ดร.พานิช	อินต๊ะ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

กองบรรณาธิการ :

ศาสตราจารย์ ดร.ผดุงศักดิ์	รัตนเดโช	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ศาสตราจารย์ ดร.สนอง	เอกสิทธิ์	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ศาสตราจารย์ ดร.นคร	ทิพยาวงศ์	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ศาสตราจารย์ ดร.พญ.อรพรรณ	โพชนุกูล	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ศาสตราจารย์ ดร.ประยุทธ	อัครเอกฒาลิน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ศาสตราจารย์ ดร.พีระพงศ์	ทีฆสกุล	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
ศาสตราจารย์ ดร.กุลเชษฐ์	เพียรทอง	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ศาสตราจารย์ ดร.ธนากร	วงศ์วัฒนาเสถียร	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
รองศาสตราจารย์ ดร.มนตรี	ศิริปรัชญานันท์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
รองศาสตราจารย์ ดร.เศรษฐ์	สัมภัตตะกุล	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
รองศาสตราจารย์ ดร.วรภัทร	ลัคนทินวงศ์	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
รองศาสตราจารย์ ดร.สุมาลี	ชัยเจริญ	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
รองศาสตราจารย์ ดร.ตระกูลพันธ์	พัชรเมธา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จารุณี	ซามาตย์	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ดร.ธันยวัต	สมใจทวีพร	สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์

ฝ่ายจัดทำ :

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

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

Editorial Board
Journal of Innovative Technology Research

Advisor:

President		RMUTL
Assist. Dr. Nopporn	Patcharaprakiti	RMUTL

Editor:

Assoc. Prof. Dr. Panich	Intra	RMUTL

Editorial Board:

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

Coordinators:

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

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

ผู้ทรงคุณวุฒิประเมินบทความ
วารสารวิจัยเทคโนโลยีนวัตกรรม ปีที่ 5 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม - ธันวาคม 2564

ศาสตราจารย์ ดร.ผดุงศักดิ์	รัตนเดโช	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ศาสตราจารย์ ดร.นคร	ทิพยาวงศ์	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ศาสตราจารย์ ดร. ธนากร	วงศ์วัฒนาเสถียร	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ศาสตราจารย์ ดร. สักกมน	เทพหัสดิน ณ อยุธยา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ผู้ช่วยศาตราจารย์ ดร. ณัฐวุฒิ	เดไปวา	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อรสา	เตติวัฒน์	มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปพณ	สะอาดยวง	มหาวิยาลัยราชภัฏเทพสตรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชัยวัฒน์	นันทศรี	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จุฬาลักษณ์	เขมาชีวกุล	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปริญ	คงกระพันธ์	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กาญจนา	นาคประสม	มหาวิทยาลัยแม่โจ้

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

บทบรรณาธิการ

วารสารวิจัยเทคโนโลยีนวัตกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ปีที่ 5 ฉบับที่ 2 เล่มนี้ มีบทความทั้งหมด 4 เรื่อง เป็นบทความที่มาจากงานวิจัยนวัตกรรม และเป็นบทความคัดเลือกจากการประชุมวิชาการวิจัยและนวัตกรรมสร้างสรรค์ ครั้งที่ 6 ประจำปี 2563 โดยบทความแรกเป็นบทความ ของ วิไรวรรณ แสนชะนะ ที่ได้ศึกษาระบบจัดการการเช่าทรัพย์สินของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลก ด้วยเว็บตอบสนอง ได้นำเทคโนโลยีสารสนเทศมาใช้ในการจัดเก็บข้อมูลสมาชิก ข้อมูลการเช่าในรูปแบบอิเล็กทรอนิกส์ และส่งการแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชันไลน์ไปยังเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้อง เพื่อตรวจสอบและอนุมัติการขอเช่าและติดต่อกลับไปยังสมาชิกได้ บทความที่สองเป็นการวิจัยผลของการใช้พลาสมาแรงดันไฟฟ้าสูงร่วมกับเชื้อรา *Trichoderma asperellum* ต่อการเกิดโรครากเน่าในผักคะน้าจากเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* ต่อการเกิดโรครากเน่าของคะน้า โดย ศิริพร อ่ำทอง พบว่ามีความเป็นไปได้ว่าการใช้เชื้อรา *T. asperellum* ร่วมกับพลาสมาแรงดันไฟฟ้าสูงสามารถลดการเกิดโรครากเน่าของต้นคะน้าได้ บทความที่สาม เป็นการนำต้นแบบเครื่องผสมผลิตภัณฑ์ความงามและชำระล้าง นำไปใช้ประโยชน์กับกิจการชุมชนบ้านนาเกี๋ยง อำเภอภูเวียง จังหวัดน่าน ได้อย่างสอดคล้องกับกระบวนการผลิต และทำให้การควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์ทำได้ง่ายขึ้น โดย สิทธิบูรณ์ ศิริพรอัครชัย และบทความสุดท้าย เป็นผลงานการพัฒนาความแปลกใหม่ให้แก่ผลิตภัณฑ์ไก่ยอเสริมแป้งกลัวน้ำและน้ำพริกไส้อั่ว ในการพัฒนาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตไก่ยอรสน้ำพริกไส้อั่ว ซึ่งจะช่วยให้อาหารพื้นบ้านมีเอกลักษณ์ความเป็นไทย และมีคุณค่าทางโภชนาการเพิ่มขึ้น

กองบรรณาธิการวารสารวิจัยเทคโนโลยีนวัตรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ขอขอบคุณผู้ประพันธ์ที่ให้ความสนใจ และไว้วางใจวารสารของเราเป็นอย่างดีตลอดมา และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าบทความที่ได้ตีพิมพ์ลงในวารสารฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้อ่านทุกท่าน กองบรรณาธิการยินดีน้อมรับคำแนะนำเพื่อนำไปสู่การปรับปรุง และพัฒนาคุณภาพให้มีมาตรฐานยิ่งขึ้นต่อไป

รองศาสตราจารย์ ดร.พานิช อินต๊ะ
บรรณาธิการวารสารวิจัยเทคโนโลยีนวัตกรรม

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

สารบัญ

01 **ระบบจัดการการเช่าทรัพย์สินของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลก ด้วยเว็บตอบสนอง** **1 - 10**
สุวรรณชัย แสนคำ, วิไรวรรณ แสนชะนะ* และ คชรัตน์ ทองฟัก

02 **ผลของการใช้พลาสมาแรงดันไฟฟ้าสูงร่วมกับเชื้อรา *Trichoderma asperellum* ต่อการเกิดโรครากเน่าในผักคะน้าจากเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* ต่อการเกิดโรครากเน่าของคะน้า** **11 - 18**
ศิริพร อ่ำทอง*, ลีจู และเซอ, ชิติ ศรีตนทิพย์ และชาญชัย เดชธรรมรงค์

03 **เครื่องผสมผลิตภัณฑ์ความงามและชำระล้าง** **19 - 29**
สิทธิบูรณ์ ศิริพรอัครชัย* และ ธัญทิพย์ ศิริพรอัครชัย

04 **การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไก่ยอเสริมแป้งกล้วยและน้ำพริกไส้อั่ว** **30 - 35**
นภาพร ดีสนาม* และ จารุวรรณ รักษาวงศ์

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

Content

01 **Property Rental Management System Rajamangala University of Technology Lanna, Phitsanulok using Responsive Web** **1 - 10**
Suwannachai Saenkham, Wiraiwan Sanchana* and Kodcharat Thongfak

02 **Effects of High Voltage Plasma (HVP) Combined with *Trichoderma asperellum* on Root Rot Disease of Chinese Kale Caused by *Pythium aphanidermatum*** **11 - 18**
Siriporn Amthong*, Leechu Laecher, Chiti Sritontip and Chanchai Dechthummarong

03 **Mixing Machine for Beauty Product and Liquid Detergents** **19 - 29**
Sittiboon Siripornakarachai* and Thunyatip Siripornakarachai

04 **Development of Chicken Sausages (Kai Yor) Product Supplemented with Banana Flour and Sai Aua Curry Paste** **30 - 35**
Napaporn Deesanam* and Jaruwan Ruksavong

■ Research Article

ระบบจัดการการเช่าทรัพย์สินของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลก ด้วยเว็บตอบสนอง

Property Rental Management System Rajamangala University of Technology Lanna, Phitsanulok using Responsive Web

สุวรรณชัย แสนคำ[1] วิไรวรรณ แสนชะนะ[2*] และ คชรัตน์ ทองฟัก[3]

Suwannachai Saenkham[1] Wiraiwan Sanchana[2*] and Kodcharat Thongfak[3]

[1,2,3] คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลก ตำบลบ้านกร่าง อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก 65000

[1,2,3] Faculty of Agricultural Sciences and Technology, Rajamangala University of Technology Lanna Phitsanulok,Ban Krang, Mueang Phitsanulok District, Phitsanulok 65000

บทคัดย่อ

งานวิจัยมีวัตถุประสงค์ เพื่อออกแบบ พัฒนาและประเมินความพึงพอใจระบบจัดการการเช่าทรัพย์สินของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลก ด้วยเว็บตอบสนอง โดยแบ่งการศึกษาออกเป็น 3 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นตอนการเก็บรวบรวมปัญหาและความต้องการของระบบ โดยสัมภาษณ์จากผู้ใช้เพื่อรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ และความต้องการ สรุปสาระสำคัญด้วยการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา พบว่า ระบบในปัจจุบันจัดเก็บข้อมูลและการทำรายงานที่ใช้การเก็บบันทึกข้อมูลด้วยการใช้เอกสารที่ยากต่อการจัดเก็บ การนำมาค้นหาข้อมูล และสรุปรายงานประจำเดือน และบุคลากรไม่สามารถให้ข้อมูลแก่ผู้ต้องการขอเช่าได้ตลอดเวลา รวมถึงยังขาดช่องทางในการอำนวยความสะดวกในการขอเช่าแก่ผู้ต้องการขอเช่า ดังนั้นบุคลากรที่รับผิดชอบจึงต้องการระบบที่ง่ายต่อการจัดการการเช่าทรัพย์สินของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลก 2) ขั้นตอนการวิเคราะห์ ออกแบบ และพัฒนาระบบ โดยใช้ภาษา PHP และฐานข้อมูล MySQL รวมถึงออกแบบด้วยหลักการ Responsive Web และ 3) ขั้นตอนการประเมินความพึงพอใจโดยใช้แบบสอบถาม จำนวน 30 คน ผลการศึกษาพบว่า ระบบสามารถจัดการข้อมูลสมาชิก ดำเนินการขอเช่า เรียกดูข้อมูลทรัพย์สิน เรียกดูปฏิทินการเช่าทรัพย์สิน และการเรียกดูรายงานสรุปรายรับประจำเดือน หลังจากนั้นทำการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบพบว่า ผู้ใช้ระบบมีความพึงพอใจระดับมาก ($\bar{X}$ = 3.98, S.D. =0.70) ซึ่งบ่งบอกถึงระบบตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ได้ดี

คำสำคัญ: ระบบการจัดการ การเช่าทรัพย์สิน เว็บแบบตอบสนอง

Abstract

This research aimed to design and develop a property rental management system Rajamangala University of Technology Lanna, Phitsanulok using responsive web. The study was divided into three steps, namely 1) collection of problems and system requirements. Interviews from users to gather various information and needs. In summary, the content analysis was found that the current system stores data and reports that use data collection by using hard-to-document documents. Search and monthly report summary, and personnel are not able to provide information at all times to renters Including the lack of a way to facilitate the rental request to those wishing to rent, Therefore, responsible personnel need a system that is easy to manage the rental of Rajamangala University of Technology Lanna, Phitsanulok, 2) system analysis, design and development using PHP and MySQl database and responsive web design, and 3) the process of assessing users'satisfaction using a questionnaire of 30 people. The study revealed that the designed and developed system could manage member information and complete the rental request. It was also able to browse property information, the rental calendar, and the monthly income summary report. The satisfaction evaluation also showed that the users had a high level of satisfaction ($\bar{X}$ = 3.98, S.D. =0.70) toward the use of the system. This indicates that the system responds to the needs of users well.

Keywords: Management System, Property Rental, Responsive Web

Received:
17 August 2020
Revised:
11 November 2021
Accepted:
9 December 2021
Published:
15 December 2021

***Corresponding Author:**
wiraiwans@rmutl.ac.th
+66 89-959-8500

Copyright:
© Rajamangala University of Technology Lanna.
All right reserved

ISSN
Print: 2586-8500
Electronic: 2586-8632

1. บทนำ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลก มีบริการให้เช่าทรัพย์สินของมหาวิทยาลัย เช่น ห้องประชุม ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ อาคารอเนกประสงค์ สนามกีฬากลางแจ้ง หรือพื้นที่เปล่าภายในมหาวิยาลัย แต่ทั้งนี้จากการสัมภาษณ์หัวหน้างานทรัพย์สินของมหาวิทยาลัยฯ พบว่า ในปัจจุบันมหาวิทยาลัยไม่มีระบบให้เช่าทรัพย์สิน เมื่อต้องการเช่า ผู้ที่จะเช่าจำเป็นต้องติดต่อเจ้าหน้าที่โดยการโทรสอบถามหรือมาติดต่อกับเจ้าหน้าที่ที่มหาวิทยาลัยด้วยตนเอง การอนุมัติให้เช่าที่ค่อนข้างมีความล่าช้า การจัดเก็บข้อมูลที่จากเดิมนั้นเป็นการจัดเก็บด้วยเอกสาร รวมถึงเสียเวลากรอกเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการเช่า และใช้เวลานานในส่วนของการตรวจสอบข้อมูลทางการเงิน การทำสรุปในด้านหน่วยงาน จำนวนผู้เช่าทรัพย์สินของมหาวิทยาลัย และสรุปรายรับประจำเดือน

ปัจจุบันความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีได้รับความสนใจเป็นอย่างมากในการนำมาใช้ประกอบธุรกิจทั้งในด้านการอำนวยความสะดวก และช่วยในการบริหารจัดการ ช่วยลดระยะเวลาในการดำเนินการต่าง ๆ ทำให้ผู้ผลิตรวมถึงนักพัฒนาพร้อมใจกันพัฒนาซอฟต์แวร์และอุปกรณ์ต่าง ๆ ให้สามารถใช้งานอินเทอร์เน็ตได้ ไม่ว่าจะเป็นคอมพิวเตอร์ โทรศัพท์ หรือแม้แต่แท็บเล็ตก็สามารถใช้งานอินเทอร์เน็ตได้ นั่นหมายความว่าปัจจุบันมีอุปกรณ์มากมายที่สามารถใช้งานอินเทอร์เน็ต ซึ่งมีคุณสมบัติที่แตกต่างกันออกไป เช่น ความกว้าง ความสูง ความละเอียดหน้าจอ และอื่น ๆ อีกมากมาย (โกวิทย์ แซ่เล้า, 2555) ดังนั้นการออกแบบเว็บไซต์ให้รองรับการเข้าชมผ่านอุปกรณ์ขนาดต่าง ๆ จึงมีความสำคัญเป็นอย่างมาก เพราะจากสถิติแล้ว พบว่า คนไทยในกลุ่มผู้ใหญ่ มีโทรศัพท์มือถือเกือบทุกคน โดยใช้งานอินเทอร์เน็ตผ่านสมาร์ตโฟน 71% และผ่านคอมพิวเตอร์ ไม่ว่าจะเป็นแบบตั้งโต๊ะ หรือโน้ตบุ๊ค 25% และเข้าผ่านแท็บเล็ต 12% (Hootsuite, 2562) ดังนั้นมือถือจึงได้เข้ามาเป็นส่วนหนึ่งในชีวิตประจำวันของคนเรา ไม่ว่าจะด้านธุรกิจ ด้านการศึกษา หรือด้านอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง ทั้งนี้การออกแว็บไซต์ด้วยเว็บแบบตอบสนอง (Responsive Web) จะทำให้เว็บไซต์สามารถรองรับการเข้าชมผ่านอุปกรณ์ทุกชนิด ทุกขนาดหน้าจอ ตั้งแต่คอมที่ขนาดจอแตกต่างกันไปจนถึงสมาร์ตโฟนและแท็บเล็ต

ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะนำความเจริญก้าวหน้าของเทคโนโลยีเว็บมาช่วยแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในระบบจัดการการเช่าทรัพย์สินของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลก ด้วยเว็บตอบสนอง เพื่อช่วยในการจัดเก็บข้อมูลให้เป็นระเบียบและง่ายมากขึ้นต่อการตรวจสอบ เพิ่มความสะดวกรวดเร็วในการติดต่อขอเช่ามากขึ้น อีกทั้งยังมีการออกแบบระบบให้สามารถรองรับการเข้าถึงผ่านอุปกรณ์ทุกชนิด ทุกขนาดหน้าจอ ตั้งแต่คอมพิวเตอร์ที่มีขนาดจอแตกต่างกัน ไปจนถึงสมาร์ตโฟน และแท็บเล็ตอีกด้วย

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาปัญหาและความต้องการระบบระบบเช่าทรัพย์สิน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลก
2. เพื่อพัฒนาระบบเช่าทรัพย์สินมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลก โดยใช้หลักการ Responsive Web
3. เพื่อประเมินความพึงพอใจการใช้งานระบบเช่าทรัพย์สิน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลก โดยใช้หลักการ Responsive Web

2. แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1. แนวคิดเกี่ยวกับระบบเช่า

การออกแบบและพัฒนาระบบเช่าทรัพย์สินมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลก โดยใช้หลักการ Responsive Web ให้กับผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้อง ไม่ว่าจะเป็นผู้เช่า หรือเจ้าหน้าที่ที่รับผิดชอบ สามารถใช้งานได้ง่าย สะดวก ลดขั้นตอนและระยะเวลาในดำเนินการเช่า โดยผ่านเว็บเบราว์เซอร์ และสามารถเข้าถึงผ่านอุปกรณ์ทุกชนิด ทุกขนาดหน้าจอ ตั้งแต่คอมพิวเตอร์ที่มีขนาดจอแตกต่างกัน ไปจนถึงสมาร์ตโฟน และแท็บเล็ตอีกด้วย ทั้งนี้ในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลก มีการประกาศอัตราเช่าทรัพย์สินไว้ มีรายละเอียดดังนี้

1. ห้องประชุม

ห้องประชุม B	ขนาด 280 ที่นั่ง	เช่าวันละ 6,000 บาท
ห้องประชุมราชมงคลบ้านกร่าง	ขนาด 280 ที่นั่ง	เช่าวันละ 3,500 บาท
ห้องประชุม 1628	ขนาด 120 ที่นั่ง	เช่าวันละ 3,500 บาท
ห้องประชุม 1629	ขนาด 120 ที่นั่ง	เช่าวันละ 3,500 บาท
ห้องประชุม 1463 (Smart room)	ขนาด 60 ที่นั่ง	เช่าวันละ 2,500 บาท
ห้องประชุม 1465 (Smart room)	ขนาด 60 ที่นั่ง	เช่าวันละ 2,500 บาท
ห้องประชุม 1423	ขนาด 40 ที่นั่ง	เช่าวันละ 3,000 บาท
ห้องประชุม 742 (Smart room)	ขนาด 30 ที่นั่ง	เช่าวันละ 1,500 บาท
ห้องประชุม 1464	ขนาด 25 ที่นั่ง	เช่าวันละ 1,500 บาท
ห้องประชุม 1226	ขนาด 20 ที่นั่ง	เช่าวันละ 1,500 บาท
ห้องประชุม อาคารอำนวยการ	ขนาด 20 ที่นั่ง	เช่าวันละ 2,000 บาท
ห้องประชุม 16306	ขนาด 20 ที่นั่ง	เช่าวันละ 2,000 บาท

ห้องประชุม 1229	ขนาด 15 ที่นั่ง	เช่าวันละ 1,500 บาท

2. ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์

ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ 1462	ขนาด 30 ที่นั่ง	เช่าวันละ 3,500 บาท
ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ 1466	ขนาด 30 ที่นั่ง	เช่าวันละ 3,500 บาท
ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ 1453	ขนาด 30 ที่นั่ง	เช่าวันละ 3,500 บาท
ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ 734	ขนาด 30 ที่นั่ง	เช่าวันละ 3,500 บาท

3. อาคารอเนกประสงค์ ค่าเช่าวันลละ 10,000 บาท
4. โดมอเนกประสงค์ ค่าเช่าวันละ 500 บาท
5. สนามกีฬากลางแจ้ง

สนามฟุตบอล 1 ค่าเช่าวันละ 2,000 บาท
สนามฟุตบอล 2 ค่าเช่าวันละ 1,000 บาท
สนามกีฬา อื่น ๆ ค่าเช่าวันละ 500 บาท
สนามกีฬากลางแจ้ง กรณีใช้ไฟ คิดค่าไปเพิ่มชั่วโมงละ 500 บาท

6. การเช่าพื้นที่

6.1 การเช่าพื้นที่เปล่าอาคารวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ อาคารปฏิบัติการความเชี่ยวชาญเกษตรปลอดภัย อัตราเช่าวันละ 3,000 บาท

6.2 พื้นที่เปล่า เพื่อจำหน่ายอาหาร เครื่องดื่ม หรือพื้นที่สำหรับประกอบธุรกิจ ไม่รวมค่าน้ำประปา และค่าไฟ ขนาดพื้นที่เปล่า ตารางเมตรละ 100 บาท

6.3 ผู้เช่าพื้นที่จะต้องชำระค่าน้ำประปา และค่าไฟฟ้าตามหน่วยใช้จริง หรือเก็บแบบเหมาจ่ายพร้อมกับค่าเช่านั้นด้วย

2. แนวคิดเกี่ยวกับหลักการ Responsive Web

Responsive Web Design คือ การออกแบบเว็บไซต์ให้รองรับการใช้งานบนอุปกรณ์หลายชนิด เช่น หน้าจอคอมพิวเตอร์ สมาร์ตโฟน แท็บเล็ต เพราะอุปกรณ์เหล่านี้มีขนาดหน้าจอที่แตกต่างกัน ดังนั้นจึงไม่สามารถใช้ขนาดการแสดงผลของเว็บไซต์แบบเดียวกันได้ ซึ่งแต่เดิม เว็บไซต์จะแสดงผลบนอุปกรณ์ที่แตกต่างกันได้ต้องมีการใช้ URL คนละ URL เช่น คอมพิวเตอร์เป็น www.abc123.com แต่มือถือจะเป็น m.acb123.com ทำให้ต้องเขียนโค้ดสองชุด Responsive Web Design จึงมีขึ้นเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว โดยใช้ CSS, CSS3 และ JavaScript มาช่วยในการออกแบบ เพื่อให้ข้อมูลบนเว็บไซต์มีการจัดเรียงลำดับและแสดงผลบนหน้าจอที่แตกต่างกันได้โดยอัตโนมัติและมีประสิทธิภาพ (ThaiBussinessSearch, 2562)

3. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากงานวิจัยของ นงเยาว์ สอนจะโปะ และสิทธิพงษ์ พุทธวงษ์ (2562) ทำวิจัยเรื่อง การออกแบบและพัฒนาเว็บไซต์แนะนำสถานที่ท่องเที่ยวในจังหวัดชลบุรีโดยใช้หลักการ Responsive Web Design โดยทำการออกแบบและพัฒนาเว็บไซต์แนะนำสถานที่ท่องเที่ยวในจังหวัดชลบุรี โดยใช้หลักการ Responsive Web Design ที่สามารถแสดงขข้อมูลผ่านเว็บไซต์โดยใช้ URL เดียวกันได้อย่างเหมาะสมบนอุปกรณ์ที่มีหน้าจอแตกต่าง

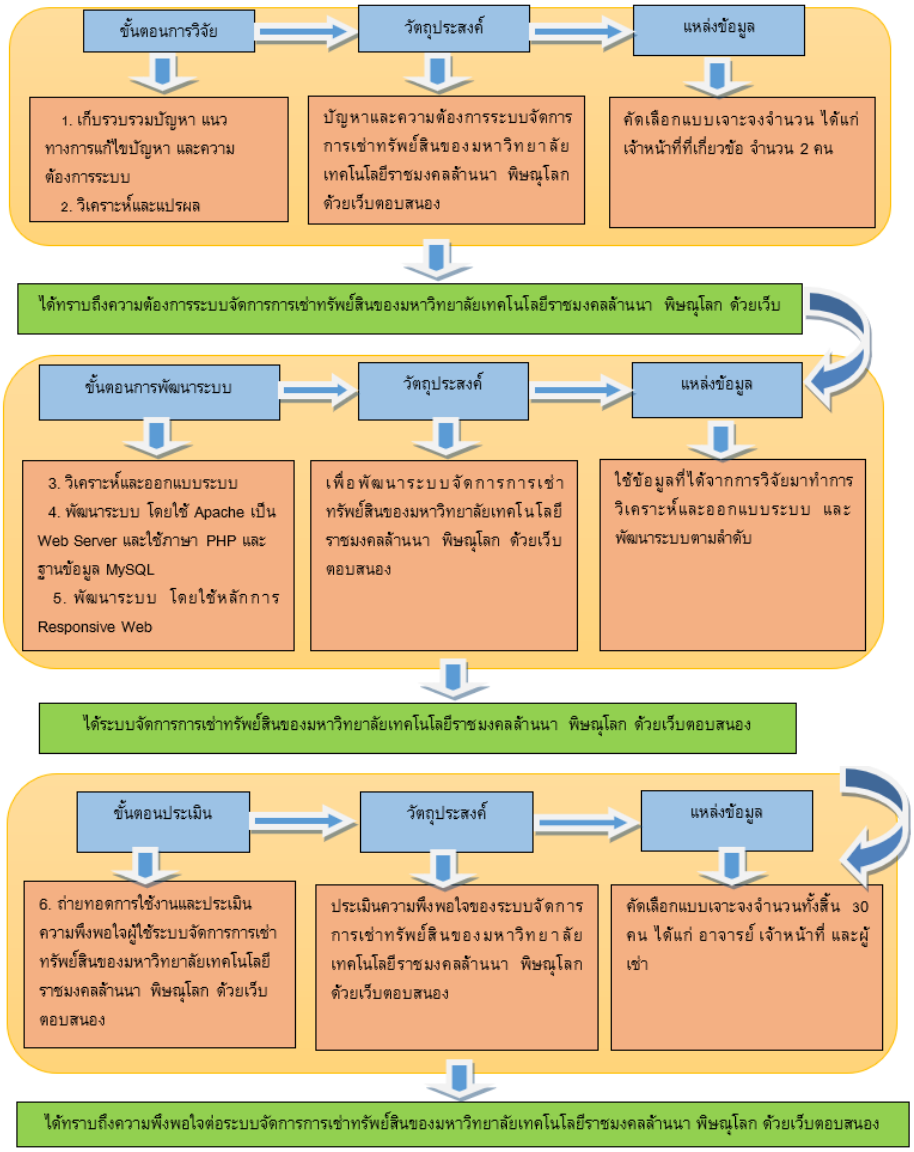
งานวิจัยของ จุติพงษ์ จูมโสดา เอกสิทธิ์ เทียมแก้ว และอรสา เตติวัฒน์ (2560) ทำวิจัยเรื่อง ต้นแบบระบบการจัดการหมู่บ้านเศรษฐกิจพอเพียงผ่านเว็บแบบ Responsive ซึ่งได้พัฒนาต้นแบบระบบการจัดการฯ ด้วยโปรแกรม Sublime Text3 และใช้ภาษา HTML CSS PHP และ JavaScript ซึ่งระบบนี้ใช้งานง่าย สามารถเข้าถึงได้ทั้งสมาร์ตโฟน แท็บเล็ต และเดสก์ท็อป

งานวิจัยของ อิมรอน บินอาแว และ สมชัย หลิมศิโรรัตน์ (2560) ทำวิจัยเรื่อง การพัฒนาโปรเกรสสิพเว็บแอพพลิเคชันเพื่อการจัดการการแบ่งมรดกตามหลักกฎหมายอิสลาม ซึ่งการใช้งานโปรแกรมประยุกต์ได้ง่าย สะดวก และลดระยะเวลาในการค านวณการแบ่งมรดกได้ โดยใช้เทคนิคของ Progressive Web Application ที่สามารถใช้งานในสถานะของการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตที่เชื่อมตรง (Online) และไม่เชื่อมตรง (Offline) ได้ ทั้งยังสามารถแสดงผล Responsive บนอุปกรณ์ต่าง ๆ ได้ และไม่จำเป็นต้องมาจัดการกับฐานข้อมูลให้ยุ่งยากอีกด้วย

ซึ่งจากงานวิจัยข้างต้นคณะผู้วิจัยจึงได้นำแนวคิดของ Responsive Web Design มาใช้ในการออกแบบและพัฒนาเพื่อที่จะสามารถให้ผู้ใช้สามารถใช้งานได้กับทุกอุปกรณ์

งานวิจัยของเจนจิรา แจ่มศิริ และคัชรินทร์ ทองฟัก (2560) ทำวิจัยเรื่องการพัฒนาระบบการจองห้องประชุมออนไลน์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลก ที่ใช้ใช้ภาษา PHP และใช้ MySQL ในการจัดเก็บข้อมูลเกี่ยวกับการจองห้องประชุม งานวิจัยของ ภรณ์ธิพัชร วิมุกตายน (2561) การพัฒนาระบบจองห้องพักและประชาสัมพันธ์ผ่านอินเตอร์เน็ตกรณีศึกษา: เกาะทองเรสซิเดนท์ จังหวัดเชียงราย และงานวิจัยของ ฉัตรทิพย์ สง่า และฆัมภิชา ตันติสันติสม (2560) ทำวิจัยเรื่องการพัฒนาระบบสารสนเทศออนไลน์การเช่าชุดและเครื่องประดับ ซึ่งจากงานวิจัยทั้ง 3 เรื่องข้างต้น ผู้วิจัยได้นำแนวคิดเกี่ยวกับระบบการเช่า ระบบการจอง รวมถึงแนวทางการพัฒนาระบบโดยใช้ภาษา PHP และใช้ MySQL ในการจัดเก็บข้อมูลต่าง ๆ

3. วิธีดำเนินการวิจัย



รูปที่ 1 ขั้นตอนวิธีดำเนินการวิจัย

จากรูปที่ 1 แสดงขั้นตอนวิธีการดำเนินการวิจัย ซึ่งจะมี 3 ขั้นตอน มีรายละเอียดดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การเก็บรวบรวมปัญหาและความต้องการของระบบ โดยสัมภาษณ์จากผู้ใช้ จำนวน 2 คนเพื่อรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ และความต้องการ สรุปสาระสำคัญด้วยการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา

ขั้นตอนที่ 2 การวิเคราะห์ ออกแบบ และพัฒนาระบบ โดยใช้ภาษา PHP และฐานข้อมูล MySQL รวมถึงออกแบบด้วยหลักการ Responsive Web

ขั้นตอนที่ 3 การประเมินความพึงพอใจโดยใช้แบบสอบถาม จำนวน 30 คน ได้แก่ อาจารย์ เจ้าหน้าที่ และผู้เช่า

4. ผลการวิจัย

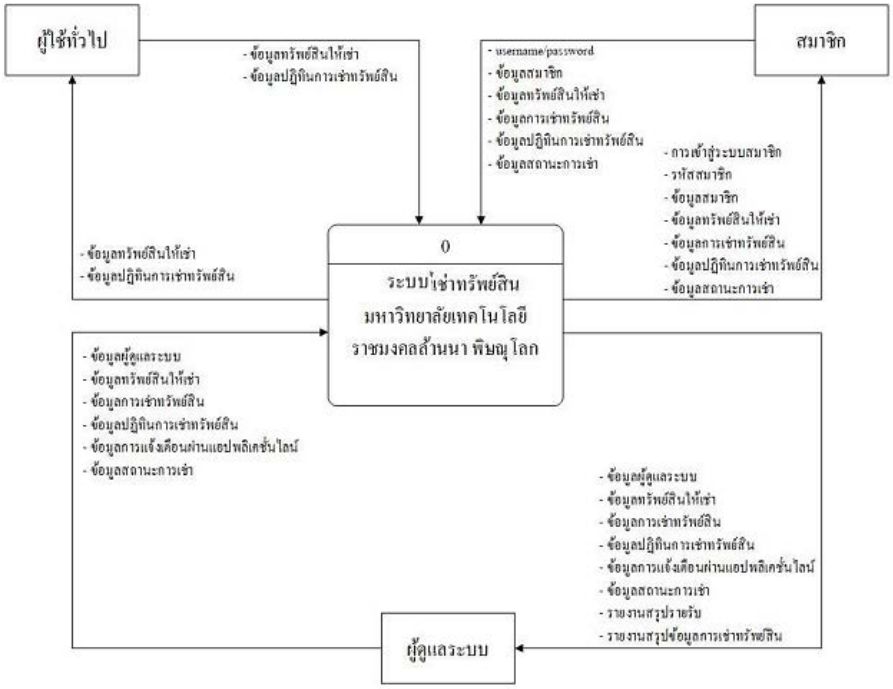
ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยเพื่อพัฒนาระบบเช่าทรัพย์สินมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลก โดยใช้หลักการ Responsive Web ตามขั้นตอนการดำเนินการวิจัยที่ได้กำหนดไว้ตามลำดับ ซึ่งสามารถนำเสนอผลการวิจัยออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ผลการศึกษาปัญหาและความต้องการระบบเช่าทรัพย์สิน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลก ใช้แบบสัมภาษณ์ในการรวบรวมข้อมูล

พบว่า จากการสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่าง พบว่ามีปัญหาไม่มีระบบในการจัดเก็บข้อมูลและการทำรายงานที่ใช้การเก็บบันทึกข้อมูลด้วยการใช้เอกสารที่ยากต่อการจัดเก็บ การนำมาค้นหาข้อมูล และสรุปรายงานประจำเดือน และบุคลากรไม่สามารถให้ข้อมูลแก่ผู้ต้องการขอเช่าได้ตลอดเวลา และไม่มีช่องทางในการอำนวยความสะดวกในการขอเช่าแก่ผู้ต้องการขอเช่า ซึ่งจากปัญหาที่พบจึงมีความต้องการที่จะพัฒนาระบบระบบเช่าทรัพย์สิน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลก เพื่อช่วยในการจัดเก็บข้อมูลให้เป็นระเบียบและง่ายมากขึ้นต่อการตรวจสอบ เพิ่มความสะดวกรวดเร็วในการติดต่อขอเช่ามากขึ้น อีกทั้งยังมีการออกแบบระบบให้สามารถรองรับการเข้าถึงผ่านอุปกรณ์ทุกชนิด ทุกขนาดหน้าจอ ตั้งแต่คอมพิวเตอร์ที่มีขนาดจอแตกต่างกัน ไปจนถึงสมาร์ตโฟน และแท็บเล็ต

ส่วนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ ออกแบบและพัฒนาระบบเช่าทรัพย์สินฯ เมื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลของระบบเสร็จสิ้นได้นำข้อมูลที่วิเคราะห์ได้ นำมาทำการออกแบบระบบ และพัฒนาระบบ ดังนี้

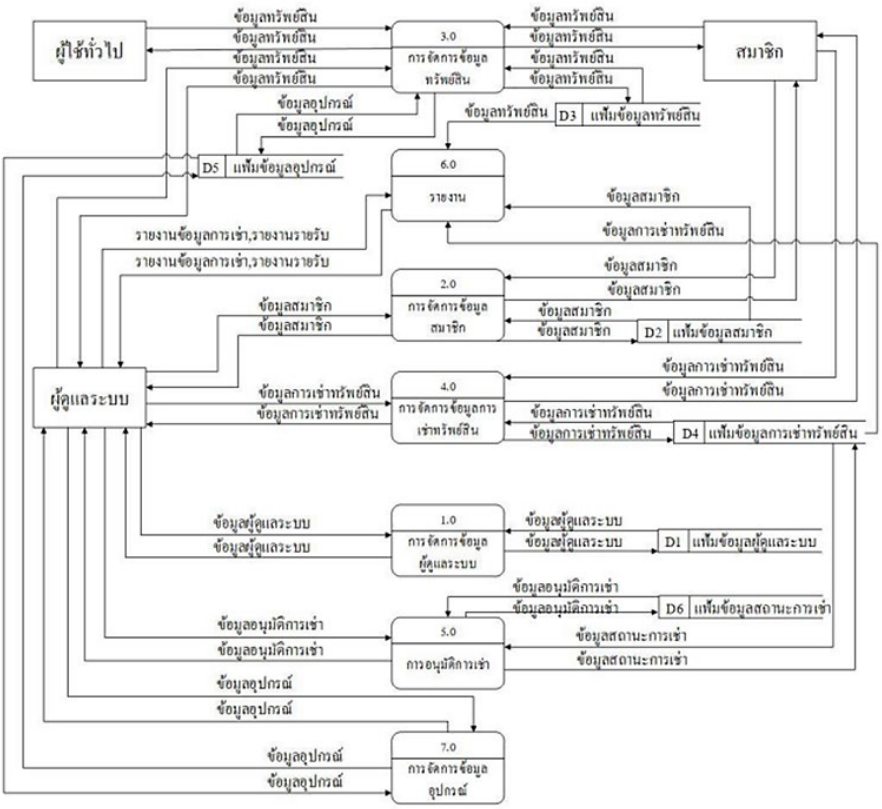
1. ผลการวิเคราะห์และออกแบบระบบ ซึ่งผู้ศึกษาได้สร้างแผนภาพกระแสข้อมูล (Data Flow Diagram) โดยที่ในบทความนี้จะนำเสนอเพียงแค่ 3 แผนภาพ ดังนี้



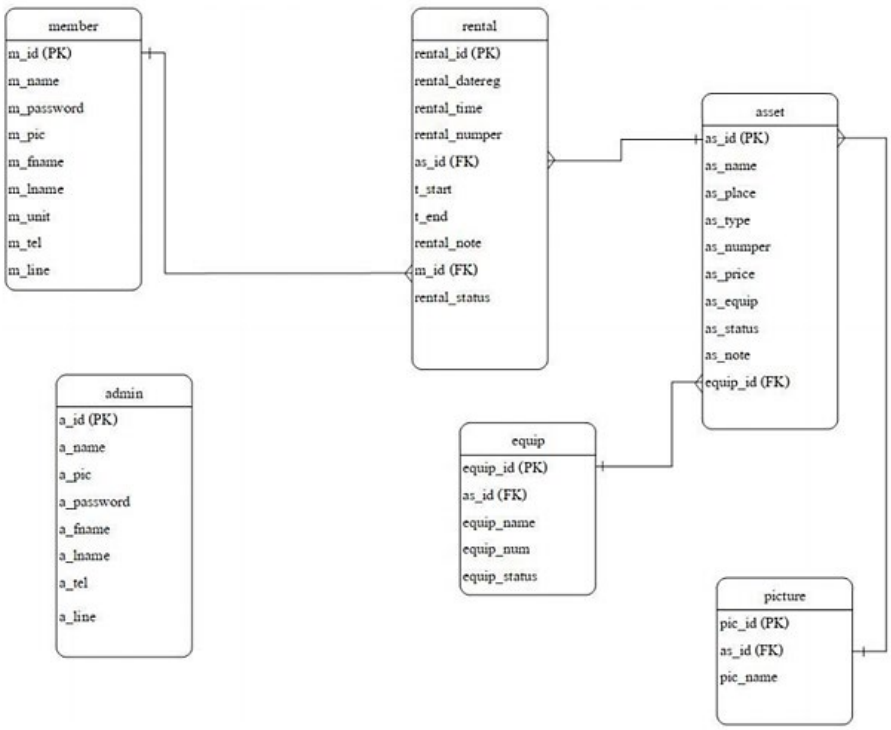
รูปที่ 2 แสดงการออกแบบแผนภาพบริบท (Context Diagram)

จากรูปที่ 2 ประกอบด้วยส่วนของผู้ใช้ทั่วไปมีสิทธิ์ในการ ดูข้อมูลทรัพย์สินให้เช่า และปฏิทินการเช่า ส่วนของสมาชิกมีสิทธิ์ในการสมัครสมาชิก เข้าสู่ระบบ แก้ไขข้อมูลสมาชิก ดูข้อมูลทรัพย์สินให้เช่า ดำเนินการขอเช่า และดูปฏิทินการเช่าทรัพย์สิน ส่วนของผู้ดูแลระบบสมารถ เพิ่ม ลบ แก้ไข ค้นหาข้อมูลของผู้ดูแลระบบ ข้อมูลสมาชิก ข้อมูลทรัพย์สิน ข้อมูลการเช่า รับการแจ้งเตือนผ่านไลน์ และรายงานสรุปรายรับประจำเดือน

จากรูปที่ 3 ประกอบด้วยโปรเซส 7 โปรเซส ได้แก่ โปรเซสการจัดการข้อมูลผู้ดูแลระบบ โปรเซสการจัดการข้อมูลสมาชิก โปรเซสการจัดการข้อมูลทรัพย์สิน โปรเซสการจัดการข้อมูลการเช่าทรัพย์สิน โปรเซสการอนุมัติการเช่า โปรเซสรายงาน และโปรเซสการจัดการข้อมูลอุปกรณ์ โดยมีผู้ใช้ทั่วไปสามารถเรียกดูข้อมูลโปรเซสที่ 4 ได้ สมาชิกสามารถเรียกดูข้อมูลโปรเซสที่ 2,3 และ 4



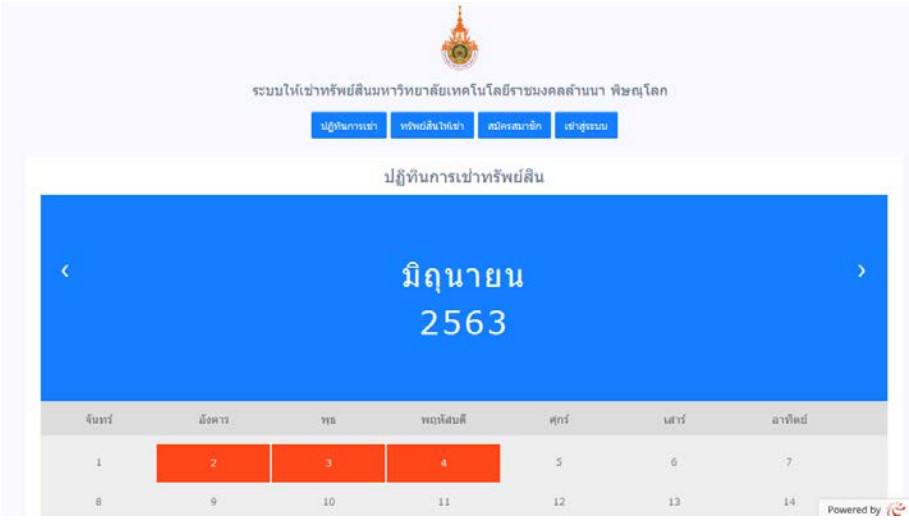
รูปที่ 3 การออกแบบแผนภาพการไหลของข้อมูล (Data Flow Diagram)



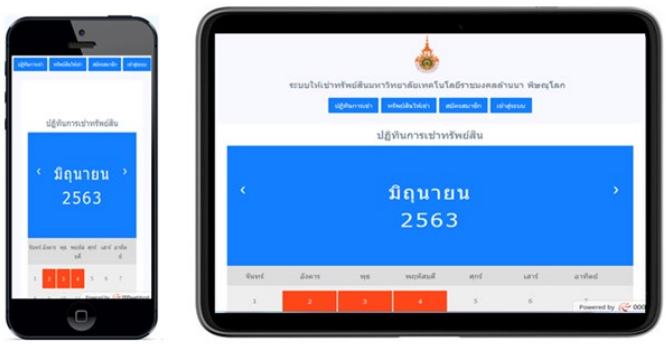
รูปที่ 4 การออกแบบสัมพันธ์และแผนภาพ (ER Diagram)

จากรูปที่ 4 ประกอบด้วยข้อมูลของสมาชิก (member) มีความสัมพันธ์กับข้อมูลการเช่าทรัพย์สิน (rental) ข้อมูลทรัพย์สิน (asset) มีความสัมพันธ์กับข้อมูลการเช่าทรัพย์สิน (rental) ข้อมูลอุปกรณ์ (equip) มีความสัมพันธ์กับข้อมูลทรัพย์สิน (asset) และข้อมูลรูปภาพ (picture) มีความสัมพันธ์กับข้อมูล ข้อมูลทรัพย์สิน (asset)

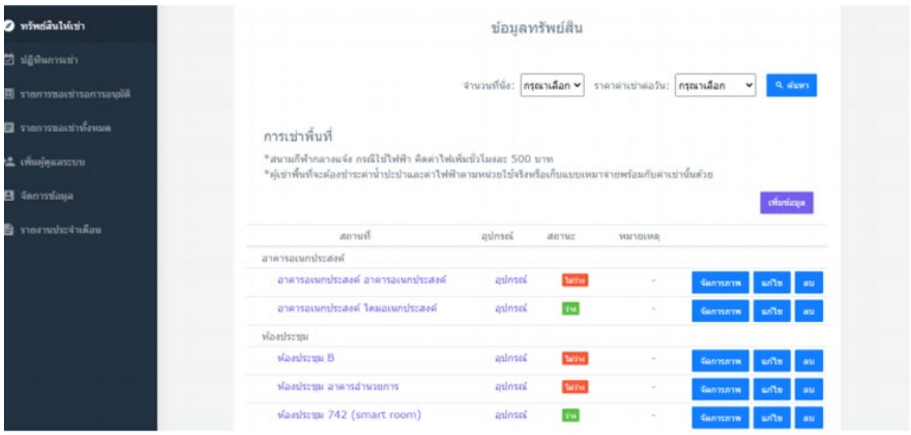
2. ผลการพัฒนาระบบ เมื่อนำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์และออกแบบมาพัฒนาระบบเช่าทรัพย์สินมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลก โดยใช้หลักการ Responsive Web โดยการใช้ภาษา PHP และฐานข้อมูล MySQLi ซึ่งจะมีผู้ใช้งานอยู่ 3 ระดับ คือ 1) ผู้ใช้งานทั่วไป 2) สมาชิก และ 3) ผู้ดูแลระบบ ซึ่งมีหน้าจอการพัฒนาระบบดังแสดงในรูปที่ 5 ถึง รูปที่ 10 ดังนี้



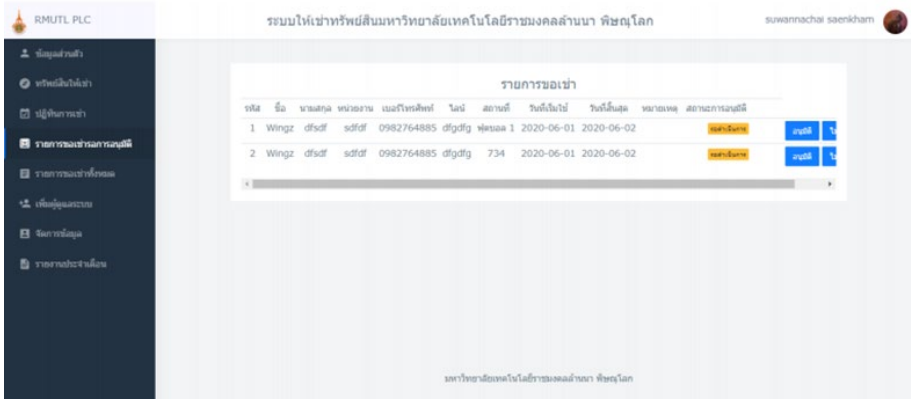
รูปที่ 5 หน้าจอแสดงปฏิทินการเช่าแสดงบน Desktop



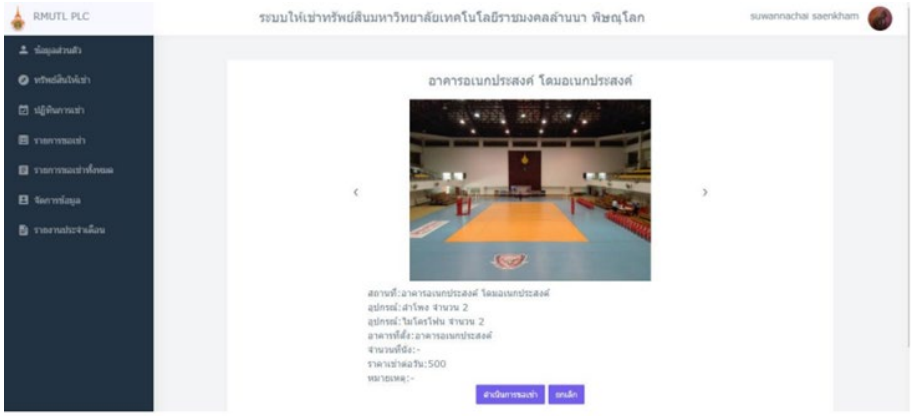
รูปที่ 6 หน้าจอแสดงปฏิทินการเช่าแสดงบนสมาร์ตโฟน และแท็บเล็ต



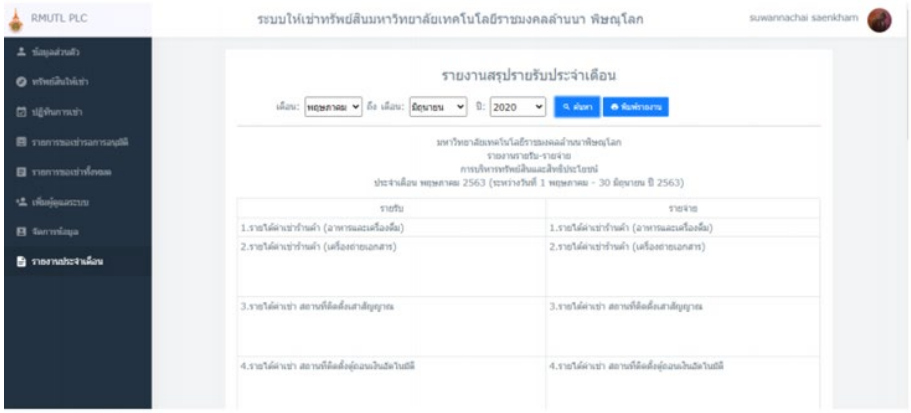
รูปที่ 7 หน้าจอแสดงทรัพย์สินให้เช่า



รูปที่ 8 หน้าจอแสดงรายการขอเช่ารอการอนุมัติ



รูปที่ 9 หน้าจอแสดงข้อมูลทรัพย์สิน



รูปที่ 10 หน้าจอแสดงรายงายสรุปรายรับประจำเดือน

ส่วนที่ 3 ผลการประเมินความพึงพอใจระบบการเช่าทรัพย์สินฯ สามารถสรุปผลดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงความพึงพอใจระบบเช่าทรัพย์สินมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลก โดยใช้หลักการ Responsive Web

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	เกณฑ์ประเมิน
1. ความง่ายต่อการใช้งาน	4.10	0.70	มาก
2. ความสวยงามของระบบ	3.77	0.62	มาก
3. ระบบสามารถเข้าสู่ระบบได้ถูกต้อง	3.87	0.72	มาก
4. ระบบสามารถสมัครสมาชิกง่ายและสะดวก	3.90	0.79	มาก
5. ความสามารถในการจัดการข้อมูลของระบบ	4.00	0.77	มาก
6. รูปแบบการจัดระเบียบหน้าจอง่ายต่อการใช้งาน	4.13	0.67	มาก
7. รูปแบบอักษรในระบบง่ายและเหมาะสม	3.97	0.66	มาก
8. ความถูกต้องในการเชื่อมโยงเว็บเพจ	4.00	0.73	มาก
9. ระบบมีการใช้งานที่ง่าย	4.07	0.68	มาก
รวมทั้งหมด	**3.98**	**0.70**	**มาก**

จากตารางที่ 1 พบว่า ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบโดยภาพรวมความพึงพอใจมีค่าเฉลี่ยที่ 3.98 มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ 0.70 อยู่ในเกณฑ์ประเมินระดับมาก โดยรายการความง่ายต่อการใช้งานระบบ ความสวยงามของระบบ ระบบสามารถเข้าสู่ระบบได้ถูกต้องระบบสามารถสมัครสมาชิกง่ายและสะดวก ความสามารถในการจัดการข้อมูลของระบบรูปแบบการจัดระเบียบหน้าจอง่ายต่อการใช้งาน รูปแบบอักษรภายในระบบง่ายและเหมาะสมความถูกต้องในการเชื่อมโยงเว็บเพจ และระบบมีการใช้งานที่ง่าย อยู่ในเกณฑ์ประเมินเท่ากันที่ระดับมาก

5. การอภิปรายผล

ระบบเช่าทรัพย์สินมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลก โดยใช้หลักการ Responsive Web ผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลโดยใช้แบบสัมภาษณ์ เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับปัญหาและความต้องการของระบบเช่าทรัพย์สินฯ ซึ่งผู้วิจัยได้ใช้ภาษา PHP และใช้ MySQL ในการจัดเก็บข้อมูลต่าง ๆ เช่นเดียวกับงานวิจัยของ เจนจิรา แจ่มศิริ และคัชรินทร์ ทองฟัก (2560) ทำวิจัยเรื่องการพัฒนาระบบการจองห้องประชุมออนไลน์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลก และงานวิจัยของ ภรณ์ธิพัชร วิมุกตายน (2561) การพัฒนาระบบจองห้องพักและประชาสัมพันธ์ผ่านอินเตอร์เน็ตกรณีศึกษา: เกาะทองเรสซิเดนท์ จังหวัดเชียงราย และงานวิจัยของ ฉัตรทิพย์ สง่า และขัมภิชา ตันติสันติสม (2560) ทำวิจัยเรื่องการพัฒนาระบบสารสนเทศออนไลน์การเช่าชุดและเครื่องประดับ

ทั้งนี้เพื่อให้ตอบรับการใช้งานหลาย ๆ อุปกรณ์ได้มากยิ่งขึ้นผู้วิจัยจึงได้ทำการออกแบบโดยใช้หลักการ Responsive Web ที่สามารถแสดงข้อมูลผ่านเว็บไซต์โดยใช้ URL เดียวกันได้อย่างเหมาะสมบนอุปกรณ์ที่มีหน้าจอที่แตกต่างกัน เช่นเดียวกับงานวิจัยของนงเยาว์ สอนจะโปะ และสิทธิพงษ์ พุทธวงษ์ (2562) ทำวิจัยเรื่อง การออกแบบและพัฒนาเว็บไซต์แนะนำสถานที่ท่องเที่ยวในจังหวัดชลบุรีโดยใช้หลักการ Responsive Web Design งานวิจัยของ จุติพงษ์ จูมโสดา เอกสิทธิ์ เทียมแก้ว และอรสา เตติวัฒน์ (2560) ทำวิจัยเรื่อง ต้นแบบระบบการจัดการหมู่บ้านเศรษฐกิจพอเพียงผ่านเว็บแบบ Responsive และงานวิจัยของ อิมรอน บินอาแว และ สมชัย หลิมศิโรรัตน์ (2560) ทำวิจัยเรื่อง การพัฒนาโปรเกรสสิพเว็บแอพพลิเคชันเพื่อการจัดการการแบ่งมรดกตามหลักกฎหมายอิสลาม

6. บทสรุป

จากการพัฒนาระบบจัดการการเช่าทรัพย์สินของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลก ด้วยเว็บตอบสนองได้นำเทคโนโลยีสารสนเทศมาใช้ในการจัดเก็บข้อมูลสมาชิก ข้อมูลการเช่า ในรูปแบบอิเล็กทรอนิกส์ และส่งการแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชันไลน์ไปยังเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้อง เพื่อตรวจสอบและอนุมัติการขอเช่าและติดต่อกลับไปยังสมาชิกได้

การประเมินความพึงพอใจของระบบจัดการการเช่าทรัพย์สินของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลก ด้วยเว็บตอบสนอง พบว่าผู้ใช้งานระบบมีความพึงพอใจในความง่ายต่อการใช้งานระบบความสวยงามของระบบ ระบบสามารถเข้าสู่ระบบได้ถูกต้อง ระบบสามารถสมัครสมาชิกง่ายและสะดวก ความสามารถในการจัดการข้อมูลของระบบ รูปแบบการจัดระเบียบหน้าจอง่ายต่อการใช้งาน รูปแบบอักษรภายในระบบง่ายและเหมาะสม ความถูกต้องในการเชื่อมโยงเว็บเพจและระบบมีการใช้งานที่ง่ายตามลำดับ

เอกสารอ้างอิง

โกวิทย์ แซ่เล้า. (10 กรกฎาคม 2555). แนวทางการพัฒนาเว็บแบบ Responsive Web Design. สืบค้นเมื่อวันที่ 12 กรกฎาคม 2562, จาก http://sysadmin.psu.ac.th/author/govit-s/

Hootsuite. (2562). Global Digital 2019. สืบค้นเมื่อวันที่ 12 กรกฎาคม 2562, จาก https://www.marketingoops.com/reports/global-and-thailand-digital-trend-2019

นงเยาว์ สอนจะโปะ และสิทธิพงษ์ พุทธวงษ์. (2562). การออกแบบและพัฒนาเว็บไซต์แนะนำสถานที่ท่องเที่ยวในจังหวัดชลบุรีโดยใช้หลักการ Responsive Web Design. การประชุมหาดใหญ่วิชาการระดับชาติและนานาชาติครั้งที่ 8 22 มิถุนายน 2560 มหาวิทยาลัยหาดใหญ่, หน้า 355-367.

จุติพงษ์ จูมโสดา เอกสิทธิ์ เทียมแก้ว และอรสา เตติวัฒน์. (2560). ต้นแบบระบบการจัดการหมู่บ้านเศรษฐกิจพอเพียงผ่านเว็บแบบ Responsive. TNI Journal of Engineering and TechnologyVol.5 No.2 July - December 201736, หน้า 36-42.

อิมรอน บินอาแว และ สมชัย หลิมศิโรรัตน์. (2560). การพัฒนาโปรเกรสสิพเว็บแอพพลิเคชันเพื่อการจัดการการแบ่งมรดกตามหลักกฎหมายอิสลาม. วารสารวิชาการศรีปทุม ชลบุรี, ปีที่ 15 ฉบับที่ 4 เดือนเมษายน-มิถุนายน 2562. หน้า 88-99.

เจนจิรา แจ่มศิริ และคัชรินทร์ ทองฟัก. (2559) การพัฒนาระบบการจองห้องประชุมออนไลน์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลก. ในการประชุมสัมนาวิชาการระดับนานาชาติ เครือข่ายบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏภาคเหนือ ครั้งที่ 18 และลำปางวิจัย ครั้งที่ 4 วันที่ 20 กรกฎาคม 2561 มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง, 263-369

ภรณ์ธิพัชร วิมุกตายน. (2561) การพัฒนาระบบจองห้องพักและประชาสัมพันธ์ผ่านอินเตอร์เน็ต กรณีศึกษา: เกาะทองเรสซิเดนท์ จังหวัดเชียงราย. การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ ราชธานวิชาการ ครั้งที่ 3 วันที่ 25 พฤษภาคม 2561มหาวิทยาลัยราชธานี, 1155-1164

ฉัตรทิพย์ สง่า และฆัมภิชา ตันติสันติสม. (2560). การพัฒนาระบบสารสนเทศออนไลน์การเช่าชุดและเครื่องประดับ. ในการประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 4 วันที่ 22 ธันวาคม 2560 สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร, 239-299

ThaiBussinessSearch. (2562). RESPONSIVE WEB DESIGN คืออะไร? สำคัญต่อการออกแบบเว็บไซต์อย่างไร?. สืบค้นเมื่อวันที่ 12 กรกฎาคม 2562, จาก https://www.thaibusinesssearch.com/marketing/responsive-web-design/

■ Research Article

ผลของการใช้พลาสมาแรงดันไฟฟ้าสูงร่วมกับเชื้อรา *Trichoderma asperellum* ต่อการเกิดโรครากเน่าในผักคะน้าจากเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* ต่อการเกิดโรครากเน่าของคะน้า

Effects of High Voltage Plasma (HVP) Combined with *Trichoderma asperellum* on Root Rot Disease of Chinese Kale Caused by *Pythium aphanidermatum*

ศิริพร อ่ำทอง[1*] ลีจู และเซอ[1] ชิติ ศรีตนทิพย์[1] และชาญชัย เดชธรรมรงค์[2]

Siriporn Amthong[1*] Leechu Laecher[1] Chiti Sritontip[1] and Chanchai Dechthummarong[2]

[1]สถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา จังหวัดลำปาง 5200
[2]คณะวิศวกรรมศาตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา จังหวัดเชียงใหม่ 50200
[1]Agricultural Technology Research Institute, Rajamagala University of Technology Lanna, Lampang, Pichai, Muang, Lampang, 52000
[2]Faculty of Engjneering, Rajamagala University of Technology Lanna, Huay kaew, Muang, Chiang mai, 50200

บทคัดย่อ

ผลของพลาสมาแรงดันไฟฟ้าสูงร่วมกับเชื้อรา *T. asperellum* ต่อกำรเกิดโรครากเน่าของ คะน้าในระบบการปลูกแบบไฮโดรโพนิกส์ที่เกิดจากเชื้อรา *P. aphanidermatum* โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 7 กรรมวิธี ๆ ละ 4 ซ้ำ พบว่า กรรมวิธีที่มีการใช้สารละลายธาตุอาหารแบบเดี่ยวๆ และกรรมวิธีที่มีกำรใช้สำรละลายธาตุอาหารร่วมกับ พลาสมาแรงดันไฟฟ้าสูง มีการเจริญเติบโตของต้นคะน้ามากที่สุด คือ มีความสูงของต้น ความยาวราก น้ำหนักสด และ น้ำหนักแห้ง มีดัชนีกำรเกิดโรคต่ำที่สุด คือ ร้อยละ 0 และมีต้นคะน้ารอดตายมากที่สุด คือ ร้อยละ 100 ในกรรมวิธีที่มีการใช้เชื้อรา *T. asperellum* ในสารละลายธาตุอาหาร ต้นคะน้ามีดัชนีการเกิดโรคร้อยละ 10.94 และต้นคะน้ำรอดตายร้อยละ 90.63 ส่วนกรรมวิธีที่มีการใส่เชื้อรา *P. aphanidermatum* ในสารละลายธาตุอาหารที่ผ่านพลาสมาแรงดันไฟฟ้าสูง พบว่า ต้นคะน้ามีดัชนีการเกิดโรคสูงที่สุด คือร้อยละ 56.25 และต้นคะน้ำมีร้อยละการตายต่ำที่สุด คือร้อยละ 43.75 และกรรมวิธีที่มีการใช้เชื้อรา *P. aphanidermatum* ร่วมกับ *T. asperellum* ในสารละลายธาตุอาหารที่ผ่านพลาสมาแรงดันไฟฟ้าสูง พบว่า ต้นคะน้ำมีดัชนีกำรเกิดโรคร้อยละ 21.88 และต้นคะน้ำรอดตายร้อยละ 78.12

คำสำคัญ: พลาสมาแรงดันไฟฟ้าสูง เชื้อรา *Trichoderma asperellum* เชื้อรา *Pythium aphanudermatum* โรครากเน่า ผักคะน้ำ

Abstract

The research was investigated to study the effects of High Voltage Plasma (HVP) and *T. asperellum* on the root rot of Chinese Kale in hydroponics systems caused by *P. aphanidermatum*. The experiment was designed with 7 treatments with 4 replications to evaluate growth, development and disease infected rate of Chinese Kale under different conditions. The results showed that under the treatment with HVP, Plant achieved the highest index in growth and development included plant height, root length, fresh and dry weight, and survival rate (100%). However, since the *P. aphanidermatum* was added to solution treated by HVP, the survival rate was reduced significantly (43.75% of plants survived and 56.25% of plants were infected). In comparison with other treatments, the survival rates were 78.12% and 90.63% in treatment with *P. aphanidermatum, T. asperellum* and HVP and treatment with *T.* asperellum, and the infected rates were 21.88% and 10.94%, respected.

Keywords: High Voltage Plasma, *Trichoderma. asperellum, Pythium aphanudermatum,* Root Rot Disease, Chinese Kale

Received:
20 August 2020
Revised:
19 November 2021
Accepted:
9 December 2021
Published:
15 December 2021

***Corresponding Author:**
amthong56@gmail.com
+66 88-290-3171

Copyright:
© Rajamangala University of Technology Lanna.
All right reserved

ISSN
Print: 2586-8500
Electronic: 2586-8632

1. บทนำ

โรครากเน่าที่เกิดจากเชื้อรา *Pythium apahanidermatum* สร้างความเสียหายให้กับพืชที่ปลูกในระบบไฮโดโปรนิกส์เป็นอย่างมาก Stanghellini and Kronland (1986) ได้รายงานถึงการพบเชื้อรา *P. dissotocum* เป็นครั้งแรกในสารละลายธาตุอาหาร มีผลให้ความสามารถในการดูดสารละลายธาตุอาหารลดลง ส่งผลให้ผลผลิตลดลงตามไปด้วย นอกจากนี้ยังพบว่าในสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูงส่งผลให้เกิดความรุนแรงของโรคที่เพิ่มมากขึ้น จากรายงานของ Fortnum et al. (2000) พบว่าสภาพอุณหภูมิมีผลต่อการเข้าทำลายพืช เนื่องจากสภาพที่อุณหภูมิสูงเชื้อราสามารถเจริญเติบโตและเพิ่มปริมาณได้รวดเร็ว และเข้าทำลายพืชอาศัยได้รุนแรงกว่าสภาพอากาศที่เย็น และส่งผลให้พืชแสดงอาการเครียด จากการขาดธาตุอาหาร เซลล์รากตาย ต้นมีอาการแคระแกร็น มีการสะสมฮอร์โมนที่รากของพืช ทำให้เชื้อสามารถเข้าทำลายรากพืชได้ง่าย พรหมมาศ และคณะ, 2540) พบว่าสารละลายธาตุอาหารที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า 20 องศาเซลเซียส มีผลต่อปริมาณของเชื้อราในสารละลายธาตุอาหารที่ลดจำนวนลง และทำให้โอกาสเกิดโรคกับพืชลดลงได้

เชื้อราไตรโคเดอร์มาเป็นเชื้อจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ที่มีคุณสมบัติในการป้องกันกำจัดโรคพืชที่ปลูกในดินและพืชที่ปลูกในระบบไฮโดรโปนิกส์ เป็นเชื้อราชั้งสูงที่พบทั่วไปในดิน และไม่พบการเจริญบนพืชที่มีชีวิต ลักษณะทั่วไปของ Conidiophores มีสีจางหรือไม่มีสี แตกแขนงมาก พบ Phialides เกิดเดี่ยว ๆ หรือเกิดเป็นกลุ่ม รูปร่างของ Conidia เป็นเซลล์เดี่ยวหรือกลุ่มไข่ ไม่มีสี โคโลนีเจริญเร็วบนอาหารเลี้ยงเชื้อและกลุ่มของ Conidia มีสีเขียว (Barnett และ Hunter, 1972) เจริญเติบโตได้ดีในดิน บนเศษซากพืช ซากสิ่งมีชีวิต และซากอินทรียวัตถุตามธรรมชาติ ชอบสภาพดินที่ชื้นแต่ไม่แฉะ สามารถเป็นปรสิต (Parasite) โดยการพันรัด เส้นใยเชื้อราสาเหตุโรคพืชแล้วสร้างเอนไซม์ เช่น ไคติเนส (chitinase) เบต้า-1,3 กลูคาเนส (-1, 3glucanase) และเซลลูเลส (cellulose) ย่อยสลายผนังเส้นใยของเชื้อโรคพืช จากนั้นจึงแทงเส้นใยเข้าไปเจริญอยู่ภายในเส้นใยโรคพืช ทำให้สูญเสียความมีชีวิตลง นอกจากนี้ยังมีความสามารถสูงในการแข่งขันกับเชื้อโรคพืชด้านการใช้อาหาร เจริญเติบโตสร้างเส้นใยและสปอร์ได้อย่างรวดเร็ว บางสายพันธุ์สามารถสร้างปฏิชีวนะสาร (antibiotics) เพื่อยับยั้งหรือทำลายเส้นใยของเชื้อโรคจนเกิดการเหี่ยวสลายและตายได้

การประยุกต์ใช้พลาสมา (Plasma) ทางการเกษตรและอุตสาหกรรมอาหารมีมากขึ้น เพื่อใช้ในการส่งเสริมให้เกิดการทำเกษตรแบบยั่งยืน (Sustainable farming) และช่วยเพิ่มผลผลิต (Productivity) พลาสมาเป็นสถานะที่ 4 ของสสาร โดยเมื่อสสารในสถานะของแข็ง (Solid) ได้รับพลังงานอย่างพอเพียงมากกว่าพลังงานยึดเหนี่ยวของโครงร่างผลึกก็จะเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลว (Liquid) จากนั้นเมื่อของเหลวได้รับพลังงานอย่างพอเพียงมากกว่าพลังงานยึดเหนี่ยวระหว่างพันธะก็จะเปลี่ยนสถานะเป็นก๊าซ (Gas) และเมื่อก๊าซได้รับพลังงานอย่างพอเพียง อะตอมของก๊าซก็จะเคลื่อนที่ชนกันและจนทำให้อิเล็กตรอนหลุดจากอะตอม ก๊าซก็จะเปลี่ยนสถานะเป็นพลาสมา ซึ่งพลาสมาประกอบด้วยกลุ่มของอนุภาคที่มีทั้งประจุบวกและลบ ในสัดส่วนที่เท่าหรือใกล้เคียงกัน พลาสมาที่สร้างขึ้นในห้องปฏิบัติการสามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ พลาสมาอุณหภูมิสูง (High-temperature plasma) หรือพลาสมาที่เกิดภายในเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ฟิวชั่น (Fusion plasma) และอีกกลุ่มคือ พลาสมาอุณหภูมิต่ำ (Low-temperature plasma) หรือก๊าซดิสชาร์จ (Gas discharge) พลาสมาสามารถเกิดได้โดยการให้พลังงานแก่อิเล็กตรอนของก๊าซ เมื่อให้พลังงานกับอะตอมของก๊าซมากพอเกินกว่าค่าศักย์ไฟฟ้าต่ำสุดที่ทำให้ก๊าซแตกตัว (Breakdown Voltage) จะทำให้อะตอมของก๊าซเคลื่อนที่ชนกันและทำให้อิเล็กตรอนหลุดออกจากอะตอมกระบวนการนี้เรียกว่า กระบวนการแตกตัวเป็นไอออน (Ionization) (ทิพวิมล, 2561) จากรายงานของชาญชัย, 2560 ได้ศึกษาเทคโนโลยีพลาสมากับงานวิจัยด้านวัฐจักรพืช เพื่อนำไปประยุกต์ใช้กับงานวิจัยทางด้านการเกษตรของไทย โดยเฉพาะการเสริมสมรรถนะในวัฏจักรพืช ในอดีตพลาสมาถูกนำมาใช้ในการยับยั้งหรือฆ่าจุลชีพขนาดเล็กในก๊าซหรือในน้ำ และในปัจจุบันและอนาคตแนวโน้มการทำวิจัยจะมีการนำเทคโนโลยีพลาสมาไปช่วยในการเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรในพืชได้อย่างครบวงจร ตั้งการการเตรียมเมล็ดพันธุ์พืชก่อนปลูก เพื่อให้มีความงอกที่ดี การทำให้เมล็ดพืชมีสภาพปลอดเชื้อ และมีคุณค่าทางโภชนาการเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่า พลาสมาไม่เพียงแต่ยับยั้งเชื้อโรคขนาดเล็กที่อยู่ในดิน น้ำ และอากาศ ยังมีคุณสมบัติในการเพิ่มปริมาณธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช รวมไปถึงการนำพลาสมามาใช้ในเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว เพื่อคงคุณค่าความสดของผักและผลไม้ได้อีกด้วย

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาผลของพลาสมาแรงดันไฟฟ้าสูงร่วมกับเชื้อรา *T. asperellum* ที่มีผลต่อการเกิดโรครากเน่าของผักคะน้าที่ปลูกในระบบแบบไฮโดรโปนิกส์

2. แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

จารุวรรณ (2556) ทำการทดสอบประสิทธิภาพของชีวภัณฑ์แบคทีเรีย *Bacillus spp.* เพื่อควบคุมโรครากเน่าจากเชื้อรา *P. aphanidermatum* ในผักกาดหอมชนิดบัตเตอร์เฮด พบว่ากรรมวิธีที่ใช้ชีวภัณฑ์แบคทีเรีย Bacillus mycoides FL17 มีดัชนีการเกิดโรคต่ำที่สุด (ร้อยละ91.67) และการใช้ชีวภัณฑ์ *Bacillus sp.* RO15 มีดัชนีการเกิดโรคร้อยละ 35.41 จากผลการทดลองอัตราการใช้ ชีวภัณฑ์ B. mycoides FL17) ต่อสารละลายธาตุหาร 50 ลิตร มีร้อยละการเกิดโรคบนรากลดลงมากที่สุด (ร้อยละ 82.29)

จิระเดช และคณะ (2559) ได้ศึกษาประสิทธิภาพของเชื้อรา *T. asperellum* และโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (KH2PO4) ต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตและการลดโรครากเน่าของผักกาดหอมที่ปลูกในระบบไฮโดรโพนิกส์ พบว่าการเพิ่มปุ๋ย KH2PO4 ร้อยละ 15 และใช้เชื้อรา *T. asperellum* ร่วมด้วย (KP-15+Ta+Pa) สามารถลดการเกิดโรครากเน่าลงร้อยละ 18.33 ร้อยละพื้นที่ใบเพิ่มขึ้น 30.33 ihvp]t พื้นที่หน้าตัดโคนต้นเพิ่มขึ้นร้อยละ 54.32 ปริมาตรรากเพิ่มขึ้นร้อยละ 76.98 น้ำหนักสดทั้งต้นและรากเพิ่มขึ้นสูงที่สุดร้อยละ 62.28

มณีรัตน์ และคณะ (2561) ได้ศึกษาผลของพลาสมาแบบไดอิเล็กทริคแบริเออร์ดิสชาร์จ (DBD plasma) ต่อความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ,ผักกาดหอม (*Lactuca sativa*) ไปฉายด้วย DBD plasmaความต่างศักย์ไฟฟ้า 20 และ 25 กิโลโวลต์ เป็นระยะเวลา 15, 30, 60, 120 และ 240 วินาที พบว่าการฉาย DBD plasma ความต่างศักย์ไฟฟ้าและระยะเวลาต่าง ๆ ไม่สามารถเพิ่มร้อยละความงอกของเมล็ด แต่เพิ่มความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ทั้งสองพันธุ์ โดยพันธุ์ที่ได้รับ DBD plasma ความต่างศักย์ไฟฟ้า 20 กิโลโวลต์ เป็นระยะเวลา 60 วินาที มีระยะเวลาการงอกเฉลี่ยต่ำที่สุดอย่างมีนัยสำคัญเท่ากับ 2.73±0.21 วัน ซึ่งงอกเร็วกว่าการไม่ฉายพลาสมา 1.23 วัน ในขณะที่พันธุ์ Green Salad Bowl การฉาย DBD plasmaที่มีความต่างศักย์ไฟฟ้า 20 กิโลโวลต์ ทุกระยะเวลาจะมีระยะเวลาการงอกเฉลี่ยที่ต่ำที่สุดคือ 3.00±0.00 วัน ซึ่งงอกเร็วกว่าการไม่ฉายพลาสมา 0.73 วัน

อรรถพล (2557) ได้ศึกษาอิทธิพลของวัสดุเพาะกล้าและวัสดุปลูกชีวภาพที่ ผสมด้วยจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ต่อการเจริญเติบโตของ ผักกาดหอม และการควบคุมโรครากเน่าที่ เกิดจากเชื้อรา *P. aphanidermatum* บนกาบมะพร้าวสับขนาดเล็กที่แช่ด้วย เชื้อรา *T. harzianum* CB-Pin-01 หรือชีวภัณฑ์ชนิดเกล็ดของแบคทีเรีย B. mycoides FL 17: สามารถช่วยลดการเกิดโรครากเน่าและส่งเสริมการเจริญเติบโตของผักกาดหอมได้

Sritontip และคณะ (2019) ศึกษาการใช้กระแสไฟฟ้าแรงดันสูงพลาสมาร่วมกับไมโครนาโนบับเบิล ในการแช่เมล็ดคื่นฉ่ายและข้าวโพดหวาน พบว่าสามารถเพิ่มความงอกของเมล็ดคื่นฉ่ายและข้าวโพดหวาน และเพิ่มความยาวของรากข้าวโพดหวานได้ดี

3. วิธีดำเนินการวิจัย

การแยกเชื้อรา *P. aphanidermatum*

เก็บตัวอย่างคะน้าที่แสดงอาการโรครากเน่ามาทำการแยกเชื้อให้บริสุทธิ์ด้วยวิธี Tissue transplanting บนอาหาร PDA และทำการพิสูจน์การเกิดโรคตามวิธีของ Koch (Koch's postulation) เมื่อได้เชื้อที่บริสุทธิ์แล้วทำการเลี้ยงเชื้อรา *P. aphanidermatum* ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 48 ชั่วโมง เพื่อนำเส้นใยของเชื้อราไปใช้ในการทดลอง โดยการปั่นเส้นใยเชื้อรา *P. aphanidermatum* ในน้ำกลั่นที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อจำนวน 1 จานต่อน้ำ 100 มิลลิลิตร ดูดเส้นใยเชื้อราปริมาตร 32 มิลลิลิตรต่อสารละลายธาตุอาหาร 16 ลิตร

การเตรียมเชื้อรา *T. asperellum* ที่ใช้ในการทดลอง

1. เลี้ยงเชื้อรา *T. asperellum* บนอาหาร PDA (Potato dextrose agar) เป็นเวลา 5 วัน จนเชื้อราสร้างสปอร์สีเขียวเข้ม นำน้ำกลั่นที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อล้างสปอร์ของเชื้อราบนผิวหน้าอาหาร PDA และปรับความเข้มข้นของสปอร์เชื้อราที่มีความเข้มข้นในอัตราส่วน 10 ลูกบาสก์เซนติเมตรต่อน้ำ 100 ลิตร และใส่สปอร์แขวนลอยของเชื้อรา *T. asperellum* ปริมาตร 32 มิลลิลิตร ต่อสารละลายธาตุอาหาร 16 ลิตร

2. การศึกษาผลของพลาสมาแรงดันไฟฟ้าสูงร่วมกับเชื้อรา *T. asperellum* ต่อการเกิดโรครากเน่าของคะน้า ในระบบน้ำนิ่ง รูปแบบ DWT (Deep Water Technique) โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ Completely Randomize Design (CRD) มี 7 กรรมวิธี จำนวน 4 ซ้ำ ทำการทดลองกับผักคะน้า ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 สารละลายธาตุอาหารแบบเดี่ยวๆ
กรรมวิธีที่ 2 สารละลายธาตุอาหาร + Pa *(Pythium aphanidermatum)*
กรรมวิธีที่ 3 สารละลายธาตุอาหาร + Ta *(T. asperellum)*
กรรมวิธีที่ 4 สารละลายธาตุอาหาร + HVP (พลาสมาแรงดันไฟฟ้าสูง)
กรรมวิธีที่ 5 สารละลายธาตุอาหาร + Pa + HVP
กรรมวิธีที่ 6 สารละลายธาตุอาหาร + Pa + Ta
กรรมวิธีที่ 7 สารละลายธาตุอาหาร + Pa + HVP + Ta

3. บันทึกการเจริญเติบโตทางลำต้น และผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยว

4. ประเมินพื้นที่การเกิดโรครากเน่าของผักคะน้าโดยวิธีการให้คะแนน 5 ระดับ (0 - 4) ก่อนนำไปคำนวณเป็นค่าดัชนีการเกิดโรค ดังนี้

0 รากผักคะน้ามีสีขาว ไม่แสดงอาการของโรค

1 แสดงอาการของโรคร้อยละ 1 - 25 มีระดับการเปลี่ยนสีของรากผักคะน้าเป็นสีน้ำตาลอ่อนมาก (very light brown color)

2 แสดงอาการของโรคร้อยละ 26 – 50 มีระดับการเปลี่ยนสีของรากผักคะน้าเป็นสีน้ำตาลอ่อน (light brown color)

3 แสดงอาการของโรคร้อยละ 51 - 75 มีระดับการเปลี่ยนสีของรากผักคะน้าเป็นสีน้ำตาลปกติ (normal brown color)

4 แสดงอาการของโรคร้อยละ 76 - 100 มีระดับการเปลี่ยนสีของรากผักคะน้าเป็นสีน้ำตาลเข้ม (dark brown color)

5. นำระดับอาการที่ได้มาคำนวณค่าดัชนีการเกิดโรค (disease index) ตามวิธีของ Cirulii และ Alexander, 1966 ดังนี้

$$\text{ดัชนีการเกิดโรค(\%)} = \frac{\text{ผลรวมของต้นที่แสดงอาการ} \times \text{ระดับอาการ}}{\text{จำนวนต้นทั้งหมด} \times \text{ระดับอาการสูงสุด}} \times 100$$

การตรวจสอบร้อยละต้นรอดตายของคะน้าที่อายุ 42 วัน แต่ละกรรมวิธีคำนวณร้อยละต้นรอดตายโดยคิดค่าเป็นร้อยละจาก

$$\text{ต้นรอดตาย(\%)} = \frac{\text{ต้นที่รอดตาย}}{\text{ต้นคะน้าทั้งหมดที่ปลูก}} \times 100$$

4. ผลการวิจัย

1. ผลของพลาสมาแรงดันไฟฟ้าสูงร่วมกับเชื้อรา *T. asperellum* ต่อการเจริญเติบโตต้นคะน้า จากผลการทดลองทั้ง 7 กรรมวิธี พบว่า การเจริญเติบโตของต้นคะน้า ในช่วงแรก คือ สัปดาห์ที่ 1 และ 2 คะน้ามีการเจริญเติบโตทางลำต้นที่ไม่แตกต่างกัน ในสัปดาห์ที่ 3 กรรมวิธีที่ 1, 2 และ 4 คะน้ามีความสูงของต้นมากที่สุด คือ 9.71 9.31 และ 10.66 เซนติเมตร ในสัปดาห์ที่ 4 กรรมวิธีที่ 1 2 3 และ 4 คะน้ามีความสูง 20.94 21.29 20.77 และ 20.63 เซนติเมตร ในสัปดาห์ที่ 5 กรรมวิธีที่ 1 2 3 และ 4 คะน้ามีความสูง 29.81 29.44 29.90 และ 28.84 เซนติเมตร ค่าเฉลี่ยความยาวราก ในสัปดาห์ที่ 1 ทุกกรรมวิธีมีค่าไม่แตกต่างกัน ในสัปดาห์ที่ 2 และ 3 กรรมวิธีที่ 4 มีค่าเฉลี่ยความยาวรากมากที่สุด คือ 8.39 และ 10.28 เซนติเมตร ในสัปดาห์ที่ 4 กรรมวิธีที่ 1 2 4 6 และ 7 มีค่าเฉลี่ยความยาวรากมากที่สุด คือ 10.70 9.98 11.11 10.54 และ 10.58 เซนติเมตร ในสัปดาห์ที่ 5 กรรมวิธีที่ 1-4 มีค่าเฉลี่ยความยาวรากมากที่สุด คือ 10.78 10.32 8.89 และ 10.70 เซนติเมตร ตามลำดับ (Table 1)

ตารางที่ 1 Effects of High Voltage Plasma (HVP) Combined with *Trichoderma asperellum* on Growth of Plant hight and Root length of Chinese Kale

Treatment	Plant Height (centimeter)	Root length (centimeter)
Ns[1/]	29.81a[5/]	10.78a
Ns +Pa[2/]	29.44a	10.32a
Ns + Ta[3/]	29.90a	8.89a
Ns + HVP[4/]	28.84a	10.70a
Ns + Pa + HVP	4.97d	3.50bc
Ns + Pa + Ta	21.14b	5.42b
Ns + Pa + HVP + Ta	13.93c	3.07c
F-test	**	**
C.V %	17.09	19.53

[1/] Ns (สารละลายธาตุอาหารแบบเดี่ยว ๆ)
[2/] Pa (P. aphanidermatum)
[3/] Ta (T. asperellum)
[4/] HVP (กระแสไฟฟ้าแรงดันสูง)
[5/]ค่าเฉลี่ยตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ จากการวิเคราะห์ด้วย Duncan's New Multiple Range test (P < 0.05)

2. ผลของพลาสมาแรงดันไฟฟ้าสูงร่วมกับเชื้อรา T. asperellum ต่อน้ำหนักของต้นคะน้า จากผลการทดลองทั้ง 7 กรรมวิธี พบว่า ค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดลำต้น กรรมวิธีที่ 1-4 มีค่ามากที่สุด คือ 82.75 75.00 74.84 และ 84.08 กรัม ค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดใบ กรรมวิธีที่ 1 และ 3 มีค่ามากที่สุด คือ 92.55 และ 96.01 กรัม ค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดราก กรรมวิธีที่ 1 2 3 4 6 และ 7 มีค่ามากที่สุด คือ 47.88 49.89 44.78 49.02 37.33 และ 36.72 กรัม (Table 2)

ตารางที่ 2 Effects of High Voltage Plasma (HVP) Combined with *Trichoderma asperellum* on Growth of Fresh weight of Chinese Kale.

Treatment	Fresh weight (gram)		
	Stem	Leaf	Root
Ns[1/]	82.75a[5/]	92.55a	47.88a
Ns +Pa[2/]	75.00a	78.40ab	49.89a
Ns + Ta[3/]	74.84a	96.01a	44.78a
Ns + HVP[4/]	84.08a	87.01ab	49.02a
Ns + Pa + HVP	10.66c	14.96d	14.02b
Ns + Pa + Ta	39.38b	64.86bc	37.33a
Ns + Pa + HVP + Ta	28.40b	47.36c	36.72a
F-test	**	**	**
C.V %	19.14	25.32	21.14

[1/] Ns (สารละลายธาตุอาหารแบบเดี่ยว ๆ)
[2/] Pa (P. aphanidermatum)
[3/] Ta (T. asperellum)
[4/] HVP (กระแสไฟฟ้าแรงดันสูง)
[5/]ค่าเฉลี่ยตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ จากการวิเคราะห์ด้วย Duncan's New Multiple Range test (P < 0.05)

3. ผลของพลาสมาแรงดันไฟฟ้าสูงร่วมกับเชื้อรา T. asperellum ต่อการเกิดโรครากเน่าของต้นคะน้า

จากผลการทดลองทั้ง 7 กรรมวิธี พบว่า กรรมวิธีที่ 5 มีดัชนีการเกิดโรคสูงที่สุด คือร้อยละ 56.25 รองลงมา คือ กรรมวิธีที่ 6 7 2 และ 3 มีดัชนีการเกิดโรค คือร้อยละ 30.47 21.88 18.75 และ 10.9 ในส่วนของกรรมวิธีที่ 1 และ 4 มีดัชนีการเกิดโรคต่ำที่สุด คือร้อยละ 0 ต้นรอดตาย กรรมวิธีที่ 1 และ 4 มีร้อยละต้นรอดตายสูงที่สุด คือ ร้อยละ 100 รองลงมา คือ กรรมวิธีที่ 3 2 7 6 และ 5 มีร้อยละต้นรอดตาย คือร้อยละ 90.63 87.50 78.13 71.88 และ 43.75 (Table 3)

ตารางที่ 3 Effects of High Voltage Plasma (HVP) Combined with *Trichoderma sperellum* on Root Rot Disease of Chinese Kale Caused by *Pythium aphanidermatum*

Treatment	ดัชนีการเกิดโรค (%)	ต้นรอดตาย (%)
Ns[1/]	0.00d[5/]	100a
Ns +Pa[2/]	18.75bc	87.50ab
Ns + Ta[3/]	10.94cd	90.63ab
Ns + HVP[4/]	0.00d	100a
Ns + Pa. + HVP	56.25a	43.75d
Ns + Pa + Ta	30.47b	71.88c
Ns + Pa.+ HVP + Ta	21.88bc	78.13bc
F-test	**	**
C.V %	58.97	10.15

1/ Ns (สารละลายธาตุอาหารแบบเดี่ยว ๆ)
2/ Pa (P. aphanidermatum)
3/ Ta (T. asperellum)
4/ HVP (กระแสไฟฟ้าแรงดันสูง)
5/ค่าเฉลี่ยตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ จากการวิเคราะห์ด้วย Duncan's New Multiple Range test ($P < 0.05$)

5. การอภิปรายผล

การศึกษาผลของพลาสมาแรงดันไฟฟ้าสูงร่วมกับเชื้อรา *T. asperellum* ต่อการเกิดโรครากเน่าของคะน้า จากการทดลองที่ดำเนินการในช่วงเดือน สิงหาคมและกันยายน เป็นช่วงที่มีความผันแปรของอุณหภูมิอยู่ในช่วง 35-40 องศาเซลเซียส ประกอบกับเป็นช่วงฤดูฝน ในการปลูกคะน้ากรรมวิธีที่มีการใช้เชื้อรา *T. asperellum* ในสารละลายธาตุอาหารร่วมกับการปลูกเชื้อรา *P. aphanidermatum* พบว่าสามารถเพิ่มน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้นคะน้าให้เพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ (จิระเดช และคณะ 2559) ที่ทำการทดลองปลูกผักกาดหอม โดยมีการใส่การเชื้อรา *T. asperellum* ในสารละลายธาตุอาหารและปลูกเชื้อรา *P. aphanidermatum* ที่ทำการทดลองในช่วงเดือน เมษายน-พฤษภาคม ที่อุณหภูมิ 36-42 องศาเซลเซียส พบว่า น้ำหนักสดของต้นและรากเพิ่มสูงขึ้น

การเกิดโรครากเน่าของต้นคะน้าในกรรมวิธีที่พบว่าการใช้เชื้อรา *T. asperellum* ร่วมกับพลาสมาแรงดันไฟฟ้าสูงมีดัชนีการเกิดโรคสูงและร้อยละต้นรอดตายต่ำที่มีค่ากรรมวิธีควบคุม (กรรมวิธีที่ 1) นอกจากนี้การใส่เชื้อรา T. asperellum ลงในสารละลายธาตุอาหารที่มีการปลูกเชื้อรา *P. aphanidermatum* พบว่าต้นคะน้ามีดัชนีการเกิดโรครากเน่าที่สูงและร้อยละต้นรอดตายที่ต่ำกว่ากรรมที่มีการปลูกเชื้อ (กรรมวิธีที่ 2) ในส่วนการสารละลายธาตุอาหารที่มีการใส่เชื้อรา *T. asperellum* พบว่าต้นคะน้ามีดัชนีการเกิดโรคที่ต่ำและร้อยละต้นคะน้ารอดตายสูง ซึ่งมีค่าน้อยกว่ากรรมวิธีควบคุม จากการทดลองนี้ผลการทดลองอาจมีความคลาดเคลื่อนซึ่งอาจเป็นไปได้ว่า ในระหว่างที่ทำการทดลองมีความผันแปรของอุณหภูมิ อากาศค่อนข้างร้อน สลับกับมีฝนตกชุก ซึ่งอาจเป็นปัจจัยที่ทำให้การใช้เชื้อรา *T. asperellum* ไม่เกิดประสิทธิภาพเท่าที่ควร สามารถสังเกตได้ว่าประสิทธิภาพของเชื้อ *T. asperellum* สามารถควบคุมการเกิดโรครากเน่าได้ดีในสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิต่ำ เมื่ออุณหภูมิของสารละลายสูงขึ้นมีผลต่อกระบวนการทำงาน กิจกรรมของเอนไซม์ รวมทั้งการสร้างสารปฏิชีวนะของเชื้อรา *T. asperellum* (Howell, 2003) ในการลดการเกิดโรครากเน่าของคะน้าที่เกิดจากเชื้อ *P. aphanidermatum* ให้ได้ประสิทธิภาพนั้น อุณหภูมิของสารละลายมีผลอย่างยิ่ง เนื่องจากในระหว่างทำการทดลองนั้น สารละลายธาตุอาหารที่ใส่เชื้อรา *P. aphanidermatum* และผ่านพลาสมาแรงดันไฟฟ้าสูง (กรรมวิธีที่ 7) มีอุณหภูมิที่สูงกว่า 28 องศาเซลเซียส และเติมสปอร์แขวนลอยเชื้อรา *T. asperellum* ลงในสารละลายโดยที่ไม่ได้พักสารละลายให้มีอุณหภูมิลดต่ำลงก่อนและนำต้นคะน้ามาแช่ในสารละลายธาตุอาหารในทันที จึงส่งผลให้ประสิทธิภาพของเชื้อรา *T. asperellum* .ในการลดการเกิดโรครากเน่าของคะน้าลดลง เนื่องจากสปอร์ของเชื้อรา *T. asperellum* โดยความร้อนจากสารละลายธาตุอาหาร จึงทำให้สูญเสียความสามารถในการควบคุมเชื้อรา *P. aphanidermatum* จึงเป็นผลให้การทดลองในกรรมวิธีที่ 7 ต้นคะน้าเกิดอาการรากเน่าที่มีความรุนแรง ซึ่งมีความสอดคล้องกับรายงานของ Zinnen, 1988 ที่รายงานว่าการควบคุมเชื้อรา *P. aphanidermatum* นั้นต้องมีการควบคุมอุณหภูมิไม่ให้สูงเกินไป จึงจะให้ผลการควบคุมได้ดีเนื่องจากว่าพืชจะเจริญเติบโตได้ดีในสภาพที่อุณหภูมิเหมาะสม และเชื้อรา *P. aphanidermatum* สามารถแพร่กระจายและและเกิดโรคได้ดีในอุณหภูมิที่สูง นอกจากนี้สารที่พืชขับออกมา Root exudate จากรากในขณะที่พืชกำลังเจริญเติบโต และสารละลายธาตุอาหารมีบทบาทอย่างยิ่งต่อการกระตุ้นการงอกของ Zoospores ของเชื้อรา *P. aphanidermatum* ทำให้เชื้อสามารถเข้าทำลายพืชได้อย่างรุนแรง (Zhou and Paulitz, 1993

ในระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินนั้น เชื่อกันว่าสามารถลดปริมาณเชื้อโรคและศัตรูพืชที่อยู่ในดินได้ แต่อย่างไรก็ตาม มีรายงานว่า โรครากเน่าที่เกิดจากเชื้อรา *P. aphanidermatum* เป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของคะน้า ซึ่งสอดคล้องกับ (Gold and Stanghellini, 1985) (Stanghellini and Kronland, 1986) ได้พบการระบาดของเชื้อรา *P. aphanidermatum* ที่รากของผักสลัดจึงมีผลให้ความสามารถในการดูดสารละลายธาตุอาหารของผักสลัดลดลง จึงทำให้ผลผลิตลดลงตามไปด้วย

การป้องกันเชื้อรา *P. aphanidermatum* ทำได้ค่อนข้างยาก เนื่องจากเชื่อราชนิดนี้สามารถระบาดทางสารละลายธาตุอาหารได้ เมื่อเชื้อเข้าสู่ระบบรากพืชสามารถเพิ่มปริมาณโดยการสร้าง zoospore ซึ่งเป็นส่วนขยายพันธุ์ของเชื้อที่อยู่ในสารละลายธาตุอาหาร และสามารถอยู่รอดได้แม้มีอุณหภูมิที่สูง (พรหมมาศ และคณะ, 2540)

6. บทสรุป

จากการทดลองผลของพลาสมาแรงดันไฟฟ้าสูงร่วมกับเชื้อรา *T. asperellum* ต่อการเกิดโรครากเน่าของคะน้า พบว่า การใช้เชื้อรา *T. asperellum* ร่วมกับพลาสมาแรงดันไฟฟ้าสูงในการลดการเกิดโรครากเน่าของคะน้านั้นไม่สามารถลดการเกิดโรครากเน่าของคะน้าที่เกิดจากเชื้อ *P. aphanidermatum* ได้ เพราะอุณหภูมิของสารละลายธาตุอาหารที่สูงเกินกว่า 28 องศาเซลเซียส เป็นอุณหภูมิที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อรา *T. asperellum* แต่เป็นช่วงอุณหภูมิที่ส่งเสริมการเจริญของเชื้อรา *P. aphanidermatum* จึงทำให้ต้นคะน้า เกิดอาการของโรครากเน่า ระบบการปลูกแบบ DWT รากของต้นคะน้าแช่อยู่ในสารละลายธาตุอาหารที่ไม่มีการเติมอากาศลงในระบบ ทำให้รากขาดออกซิเจนเป็นเวลานาน รากอ่อนแอต่อการเข้าทำลายของเชื้อรา หากมีการพักสารละลายธาตุอาหารให้เย็นตัวลงก่อนที่จะใส่ในระบบปลูก อาจจะเป็นไปได้ว่าการใช้เชื้อรา *T. asperellum* ร่วมกับพลาสมาแรงดันไฟฟ้าสูงสามารถลดการเกิดโรครากเน่าของต้นคะน้าได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. จิระเดช แจ่มสว่าง ห้องปฏิบัติการควบคุมโรคพืชด้วยชีววิธี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน รศ.ดร. ชิติ ศรีตนทิพย์ สถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชาญชัย เดชธรรมรงค์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

เอกสารอ้างอิง

จิระเดช แจ่มสว่าง วรรณวิไล อินทนู และวิราพร ชีวะพานิช. 2559. ประสิทธิภาพของเชื้อรา Trichoderma. asperellum และโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต ต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตและการลดโรครากเน่าของผักกาดหอมที่ปลูก ในระบบไฮโดรโพนิกส์ วารสาร วิทย. กษ. 47(3): 363 – 374.

ชิติ ศรีตนทิพย์, วิเชียร ผลแสง, วิษณุ ทองเล็ก, ชาญชัย เดชธรรมรงค์ และคิโยชิ โยชิคาวา. 2561. การประยุกต์ใช้ไมโคร/นาโนบับเบิลส์ต่อการงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้าคะน้า. วารสารวิทยาศาตร์เกษตร 49: 1 (พิเศษ): 37-41 (2561)

ทิพวิมล ไตรกูล, 2561, การพัฒนาเครื่องกำเนิดพลาสมาแบบไดอิเล็กทริคแบริเออร์ดิสชาร์จสำหรับเพิ่มอัตราการงอกของเมล็ดข้าวพันธุ์ปทุมธานี 80 (กข 31) วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, ปทุมธานี, 109 น.

พรหมมาศ คูหากาญจน์ กนิมนันต์ เจนอักษร และศุภชัย รัตโนภาส. 2540. โรคที่พบบนแตงกวายุโรป ที่ปลูกในระบบปลูกพืชไม่ใช้ดิน ในช่วงฤดูหนาว. รายงานการประชุมวิชาการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 35 กุมภาพันธ์ 2540, น. 179-187.

มณีรัตน สิงหวิบูลย์ ภาณุมาศ ฤทธิไชย และเยาวพา จิระเกียรติกุล. 2561. ผลของพลาสมาแบบไดอิเล็กทริคแบริเออร,ดิสชาร์จต่อความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอม. สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร, คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, ปทุมธานี. 12120. 7 น.

อรรถพล แก่นสาร. 2557. อิทธิพลของวัสดุเพาะกล้าและวัสดุปลูกชีวภาพที่ผสมด้วยจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ต่อการเจริญเติบโตของ ผักกาดหอม และการควบคุมโรครากเน่าที่เกิดจากเชื้อรา P. aphanidermatum. สาขาสุขภาพพืช, ภาควิชาโรคพืช, มหาวิทยาลัยเกษตรศาตร์.144 น.

Barnett, H.L. and B.B. Hunter. 1972. Illustrated Genera of Imperfect Fungi. Burgess Publishing Company, Minnesita.

Chiti Sritontip, Chanchai Dechthummarong, Vishnu Thonglek and Wichien Phosaeng. 2017. Effect of High Voltage Plasma and Micro/Nano Bubbles on Seed Germination and Growth of Crop under Hydroponic System. 2nd International Symposium on Application of High-Voltage, Plasma & Micro/Nano Bubbles to Agriculture (ISHPMNB 2 2017)

Chiti Sritontip, C. Dechthummarong, V. Thonglek, Y Khaosumaim and P. Sritontip. 2019. Stimulation of Seed Germination and Physiological Development in Plants by High Voltage Plasma and Fine Bubble. International Journal of Plasma Environment Science & Technology, Vol. 12, No. 2, January.

Chiti Sritontip, P. Sritontip, S. Changieraja, Y. Khaosumain, S. Amthong V. Thonglek and Rungrawan Tana. 2019. Effect of Bubbles on Growth and Yield of Red Oak Lettuce Grown in Nutrient Solution in Summer Season. the 10 th RMUTs International Conference July 24-26, 2019 at Chiang Mai International Exhibition and Convention Center, Chiang Mai, Thailand.

Fortnum, B.A., J. Rideout, S.B. Martin, and D. Gooden. 2000. Nutrient solution temperature affects Pythium root rot of tobacco in Greenhousr float systems. Journal of Plant Disease. 24(3): 289 – 294.

Gold, S.E. and M.E. Stanghellini. 1985. Effect of temperature on Pythium aphanidermatum root rot of spinach grown under hydroponic codition, Journal of Plant Dis. 75 (3): 333-337.

Howell, C.R. 2003. Mechanisms employed by Trichoderma species in the biological control of plant disease: The history and evolution of current concept. Journal of Plant Disease. 87(1): 4 - 10

Stanghellini, M.E. and W.C. Kronland. 1986. Yield loss in hydroponically grown lettuce attributed to subclinical infection of feeder rootlets by Pythium dissotocum. Journal of Plant Disease. 70 (11): 1053-1056

Zhou, T. and T.C. Paulitz. 1993. In vitro and in vivo effects of Pseudomonas spp. On Pythium aphanidermatum: zoospore behavior in exudates and on the rhizoplane of bacteria treated cucumber roots. Journal of Phytopathology. 83: 872 – 876.

Zinnen, T.M. 1988. Assessment of plant diseases in hydroponic culture. Journal of Plant Disease. 72(2): 96 - 99

■ Research Article

เครื่องผสมผลิตภัณฑ์ความงามและชำระล้าง
Mixing Machine for Beauty Product and Liquid Detergents

สิทธิบูรณ์ ศิริพรอัครชัย[1*] และ ธัญทิพย์ ศิริพรอัครชัย[2]
Sittiboon Siripornakarachai[1*] and Thunyatip Siripornakarachai[2]

[1] สาขาวิศวกรรมและเทคโนโลยี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน 59 ม.13 ต.ฝายแก้ว อ.ภูเพียง จ.น่าน 55000
[2] สาขาบริหารธุรกิจ คณะบริหารธุรกิจและศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน 59 ม.13 ต.ฝายแก้ว อ.ภูเพียง จ.น่าน 55000
[1]Department of Engineering and Technology, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna Nan, 59 Moo 13 Fai Kaew Sub-district, Phu Pieng District, Nan, 55000
[2] Department of Business Administration, Faculty of Business Administration and Liberal Arts, Rajamangala University of Technology Lanna Nan, 59 Moo 13 Fai Kaew Sub-district, Phu Pieng District, Nan, 55000

บทคัดย่อ

โครงการนี้จัดทำขึ้นเพื่อ ออกแบบ สร้าง และทดสอบสมรรถนะของเครื่องผสมผลิตภัณฑ์ความงามและชำระล้าง เพื่อนำไปใช้งานในกิจการชุมชนได้อย่างสอดคล้องกับกระบวนการผลิต ทำให้การควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์ทำได้ง่ายขึ้น และสามารถเพิ่มอัตราการผลิตให้เพียงพอแก่ความต้องการของตลาดได้ โดยเครื่องจักรที่ออกแบบจะประกอบไปด้วย กระบอกตวงขนาด 30 ลิตร ถังผสมที่มีความจุ 74 ลิตร มีชุดใบพัดกวนผสมที่สามารถถอดออกจากถังผสมได้สะดวก ที่ก้นถังผสมติดตั้งมอเตอร์เกียร์กระแสสลับขนาด 0.5 แรงม้า ทำหน้าที่หมุนและปรับเปลี่ยนความเร็วใบพัดได้ในช่วง 0-180 รอบ/นาที ใช้ปั๊มไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 12 โวลต์ ทำหน้าที่ดูดวัตถุดิบจากกระบอกตวงส่งเข้าสู่ถังผสมด้วยอัตราการไหล 2.4 ลิตร/นาที เครื่องจักรมีขนาดกว้าง 1.06 เมตร ยาว 0.56 เมตร และสูง 1.22 เมตร ทดสอบใช้งานพบว่าสามารถผลิตน้ำยาชำระล้างได้ในอัตรา 57.85 ลิตร/ชั่วโมง สิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า 180.52 วัตต์ ที่สภาวะนี้เครื่องจักรสามารถเพิ่มอัตราการผลิตได้ประมาณ 64.36 เปอร์เซ็นต์ โดยเปรียบเทียบกับแรงงานมนุษย์ และมีระยะเวลาการคืนทุน 0.6 ปี

คำสำคัญ: เครื่องผสมผลิตภัณฑ์ความงาม เครื่องผสมน้ำยาอเนกประสงค์ เครื่องผสมแชมพู

Abstract

The objective of this project was to develop, construct and test the performances of a mixing machine for beauty product and liquid detergents to be used properly with the production process in community affairs. It makes quality control easier and able to increase production capacity to meet the market demand. The conceptual design of the machine would consist of a 30-liter metering-cylinder, 74-liter mixing-tank and the mixing-vane can be easily removed from mixing-tank. The ½-HP AC electric gear-motor was installed under the mixing-tank for switching speeds the mixing-vane at between 0-180 rpm. The 12VDC electric pump used for pumping materials from metering cylinder to mixing tank with a flow rate of 2.4 liter/minute. The overall dimensions of the machine were 1.06m(width), 0.56m(length) and 1.22m(high). The experimental tested can be found that; the machine can produce liquid detergent of 57.85 liter/hour, the average power consumption of the machine was 180.52 watts. Which this condition, the machine has more capacity than 64.36% of human labor and the payback period of about 0.6 years.

Keywords: Mixing machine for beauty products, multi-purpose liquid detergents mixing machine, Shampoo mixing machine

Received:
20 August 2020
Revised:
15 November 2021
Accepted:
9 December 2021
Published:
15 December 2021

***Corresponding Author:**
boontisit@hotmail.com
+66 81-716-9072

Copyright: © Rajamangala University of Technology Lanna. All right reserved

ISSN
Print: 2586-8500
Electronic: 2586-8632

1. บทนำ

กลุ่มชีววิถีตำบลน้ำเกี๋ยน อำเภอภูเพียง จังหวัดน่าน ประกอบกิจการวิสาหกิจชุมชน มีสมาชิกทั้งสิ้น 317 คน แปรรูปสมุนไพรผลิตเป็นผลิตภัณฑ์น้ำยาชำระล้างชนิดต่าง ๆ เช่น แชมพู สบู่เหลว ครีมทาผิว น้ำยาชำระล้าง ฯลฯ เป็นผลิตภัณฑ์ชุมชน ได้รับการรับรองมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.) กระทรวงอุตสาหกรรม และเป็นสินค้าหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ (OTOP) ระดับ 5 ดาว [1] ในปี พ.ศ. 2552 ได้รับพระมหากรุณาธิคุณจากสมเด็จพระกนิษฐาธิราชเจ้า กรมสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมาร เสด็จพระราชดำเนินทอดพระเนตรกิจการของกลุ่ม ดังรูปที่ 1(a) และ (b) ต่อมาผลิตภัณฑ์ของกลุ่มเป็นที่นิยมอย่างแพร่หลายมากขึ้น จนเกิดภาวะผลผลิตไม่เพียงพอต่อความต้องการของตลาด ทางกลุ่มต้องการขยายกำลังการผลิตไปพร้อมกับการพัฒนากระบวนการผลิตและการควบคุมคุณภาพให้เข้าสู่ตลาดสากลได้ แต่มีอุปสรรคขาดแคลนเครื่องจักรกลเพื่อทุ่นแรงในการผลิต ประการสำคัญคือผลิตภัณฑ์แทบทุกชนิดของกลุ่มจะต้องเริ่มต้นจากการกวนผสมของเหลวซึ่งเป็นวัตถุดิบหลากหลายชนิดผสมคลุกเคล้ากันได้อย่างเหมาะสมซึ่งต้องอาศัย การลำดับ อัตราส่วน ความเร็วและความต่อเนื่องในการส่งวัตถุดิบแต่ละชนิดเข้าผสม ให้เหมาะสมเป็นไปตามสูตรการทำผลิตภัณฑ์นั้น ๆ จึงจะได้มาซึ่งผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพได้มาตรฐาน ด้วยการขาดแคลนเครื่องจักรในการผลิต ปัจจุบันทางกลุ่มต้องใช้แรงงานมนุษย์ในการกวนผสม โดยการใช้ไม้พายทำการกวนผสมผลิตภัณฑ์ในถังพาสติก เมื่อต้องทำงานเป็นเวลานานย่อมจะเกิดความเมื่อยล้า ทำให้ความเร็วในการกวนผสมไม่คงที่และขาดความต่อเนื่อง อีกทั้งการนำวัตถุดิบแต่ละตัวเข้าผสมกันนั้นใช้วิธีประมาณการด้วยการรินเท ดังรูปที่ 1(c) จึงทำให้ความเร็วและอัตราการผสมไม่คงที่ ส่งผลโดยตรงต่อการทำปฏิกริยาของของผสมที่ทำให้ความหนืด สี กลิ่น ความเป็นกรด-ด่าง และการเกิดฟอง ของผลิตภัณฑ์ในแต่ละครั้งไม่คงที่เท่าเทียมกัน จึงได้ติดต่อมายังผู้วิจัยเพื่อหาแนวทางพัฒนาเครื่องจักรกลที่ทำงานแทนมนุษย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และแก้ปัญหาเหล่านี้ให้ทางกลุ่มได้ [2]

รูปที่ 1 ผลิตภัณฑ์และกิจกรรมการผลิตของกลุ่มชีววิถีตำบลน้ำเกี๋ยน

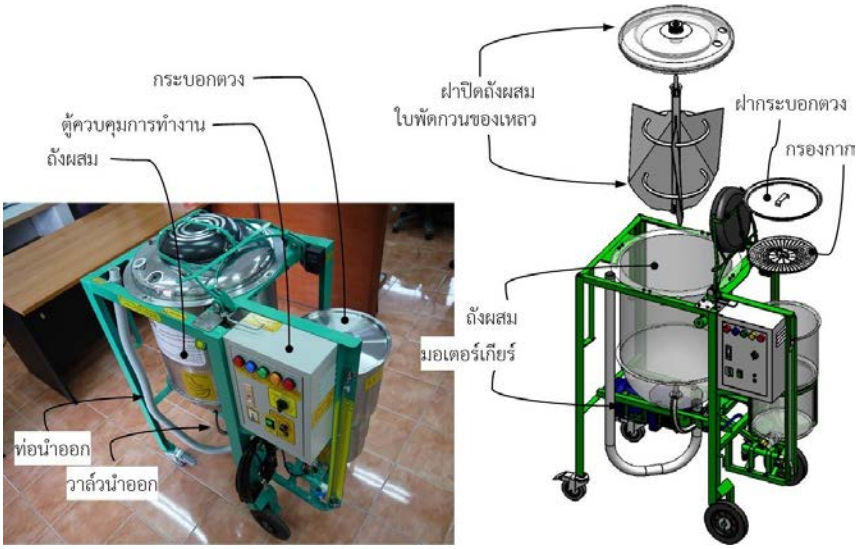
2. วิธีดำเนินการวิจัย

2.1 เก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

ทำการศึกษากระบวนการและกรรมวิธีการผลิตของกลุ่มชุมชนเป้าหมายด้วยการออกสำรวจสังเกตการณ์และสัมภาษณ์บุคลากรของกลุ่ม จดบันทึกปัญหาต่าง ๆ ที่ทางกลุ่มประสบอยู่ และนำมาวิเคราะห์เพื่อคิดค้น ออกแบบ และสร้างนวัตกรรมที่ใช้งานได้อย่างเหมาะสมกับกระบวนการผลิต

2.2 คิดค้น ออกแบบ และสร้างเครื่องจักร

โดยนำข้อมูลที่รวบรวมมาได้มาวิเคราะห์เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องจักร ที่ต้องคำนึงถึงการใช้งานและบำรุงรักษาได้ง่าย มีความแม่นยำ รวดเร็ว ปลอดภัย มีต้นทุนต่ำเพื่อให้สามารถคืนทุนได้รวดเร็ว [3] ชิ้นส่วนต่าง ๆ ของเครื่องจักรจะถูกออกแบบและเลือกใช้วัสดุให้เหมาะสมตามหลักโภชนาการ อาศัยความรู้ตามหลักวิชาการทางด้านวัสดุศาสตร์ [4] การรับแรงและโมเมนต์ตัม [5], [6], [7], [8], [9] การเคลื่อนที่ทางกล [10] ตลอดจนหลักการทางไฟฟ้าและการเลือกใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าควบคุม [11] ที่เหมาะสม ชิ้นส่วนที่สัมผัสโดยตรงกับผลิตภัณฑ์จะสร้างจากสแตนเลสที่ผ่านการรับรองมาตรฐานอุตสาหกรรมให้ใช้กับผลิตภัณฑ์อุปโภคบริโภคได้ ชิ้นส่วนต่าง ๆ ต้องประกอบและทำงานร่วมกันได้อย่างเรียบง่ายและลงตัว ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 ชิ้นส่วนประกอบหลัก ๆ ของเครื่องผสมผลิตภัณฑ์ความงามและชำระล้าง

2.3 ทดสอบและปรับแต่งเครื่องจักร

การทดสอบและปรับแต่งนี้เป็นการทดสอบเพื่อบ่งชี้ให้เห็นถึงสมรรถนะของเครื่องจักรที่มีขีดความสามารถในการผลิตได้ดีกว่าการใช้แรงงานมนุษย์โดยทำการปรับแต่งองค์ประกอบการทำงานบางอย่างของเครื่องจักรให้เหมาะสมกับการผลิตผลิตภัณฑ์ชำระล้าง ซึ่งได้ยกตัวอย่างมาทำการทดสอบผลิตทั้งสิ้น 7 สูตร ที่ซึ่งเป็นสูตรที่นิยมทำการผลิตจำหน่ายโดยทั่วไป ด้วยขั้นตอนการทดสอบดังนี้

2.3.1 ทดสอบเพื่อหาคุณสมบัติทางกายภาพของเครื่องจักร

2.3.1.1 ทดสอบหาความเร็วรอบของใบพัดที่เหมาะสมที่จะทำให้การกวนผสมเกิดการคลุกเคล้าเป็นเนื้อเดียวกันได้เร็วที่สุด โดยใช้หัวเชื้อแชมพู (Sodium Lauryl Ether Sulfate; N70) จำนวน 4 กิโลกรัม ซึ่งนิยมใช้เป็นสารตั้งต้นของการผลิตน้ำยาชำระล้างต่าง ๆ

2.3.1.2 ทดสอบเพื่อหาอัตราการส่งจ่ายวัตถุดิบที่เหมาะสมที่ซึ่งจะไม่ทำให้เกิดปัญหาการจับตัวเป็นก้อนของของเหลวในถังผสม โดยใช้น้ำเกลือจำนวน 26 ลิตร เข้าผสมกับ N70 ต่อจากขั้นตอนที่ 2.3.1.1 ซึ่งนิยมใช้เป็นสารตั้งต้นของการผลิตน้ำยาชำระล้างต่าง ๆภายใต้ความเร็วใบพัดที่เหมาะสมที่ได้จากการทดสอบในข้อ 2.3.1.1

2.3.1.3 ทดสอบเพื่อหาระยะการจมของใบพัดใต้ผิวของเหลวที่น้อยที่สุดที่ไม่ทำให้เกิดปัญหาการกระฉอกและเกิดฟองในขณะเครื่องจักรทำงาน โดยการตัดสันด้านบนของใบพัดออกครั้งละ 10 มิลลิเมตร ซึ่งจะทำให้ใบพัดจมในของเหลวที่ความลึกต่างกัน โดยยกตัวอย่างทำการผลิตน้ำยาอเนกประสงค์ขึ้นมา 1 สูตร ที่ปริมาตรเต็มพิกัดบรรจุ 74 ลิตร และอ้างอิง

สภาวะที่เหมาะสมจากการทดสอบในข้อที่ 2.3.1.1 และ 2.3.1.2 มาใช้เป็นค่าเริ่มต้นในการทดสอบในหัวข้อนี้

2.3.2 ทดสอบหาสมรรถนะของเครื่องจักร

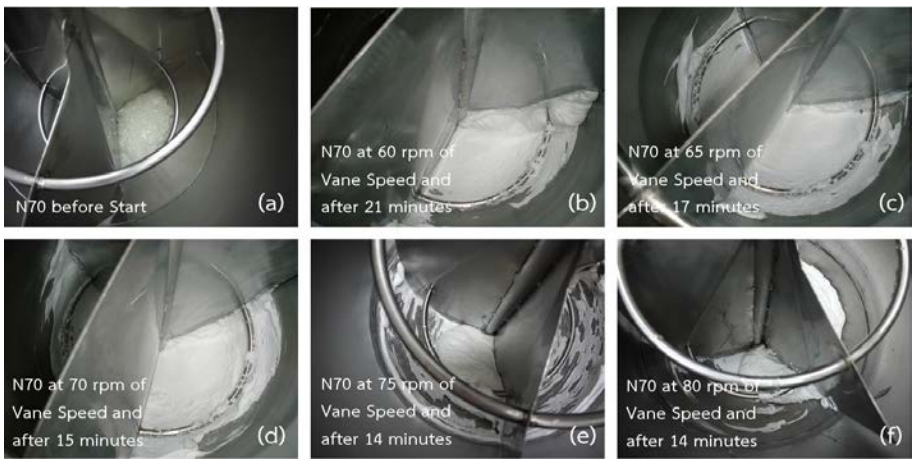
2.3.2.1 ทดสอบเพื่อหาอัตราการผลิต การสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า ระยะเวลารอฟองยุบ และอัตราการนำผลผลิตออกจากเครื่องจักร โดยจะทำการทดลองผลิต ผลิตภัณฑ์ทั้ง 7 สูตร สูตรละ 74 ลิตร และในแต่ละสูตรจะผลิตซ้ำ 3 ครั้ง เปรียบเทียบกันระหว่างการผลิตโดยเครื่องจักรและผลิตโดยแรงงานมนุษย์

2.3.2.2 ทดสอบเพื่อหาลักษณะทางกายภาพของผลผลิต เป็นการนำเอาผลผลิตทุกตัวที่ผลิตได้พร้อมบรรจุภัณฑ์ มาทำการทดสอบเพื่อหาค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ค่าความหนืด และการตกตะกอน เปรียบเทียบกันระหว่างการการผลิตโดยเครื่องจักรและการผลิตโดยแรงงานมนุษย์

3. ผลการวิจัย

3.1 ผลการทดสอบการหาความเร็วใบพัดที่เหมาะสม

ที่ความเร็วใบพัด 75 รอบ/นาที ดังรูปที่ 3(e) จะใช้เวลาน้อยที่สุดในการทำให้ N70 จำนวน 4 กิโลกรัม แตกตัวโดยสมบูรณ์ ที่ความเร็วใบพัดต่ำกว่า 75 รอบ/นาที ดังรูปที่ 3(a, b, c, d) จะต้องใช้เวลามากขึ้นในการทำให้ N70 แตกตัวโดยสมบูรณ์ ในขณะที่ความเร็วใบพัดมากกว่า 75 รอบ/นาที ดังรูปที่ 3(f) ทำให้ N70 บางส่วนถูกเหวี่ยงกระจายไปติดผนังของถังและไม่ถูกตีให้แตกตัว ฉะนั้น จึงถือได้ว่า ที่ความเร็วใบพัด 75 รอบ/นาที เป็นระดับความเร็วที่เหมาะสมที่สุด เพราะจะทำให้ใช้เวลาในกระบวนการผลิตสั้นที่สุด



รูปที่ 3 ผลของการกวน N70 โดยใบพัดเครื่องจักรที่ความเร็วรอบและเวลาแตกต่างกัน

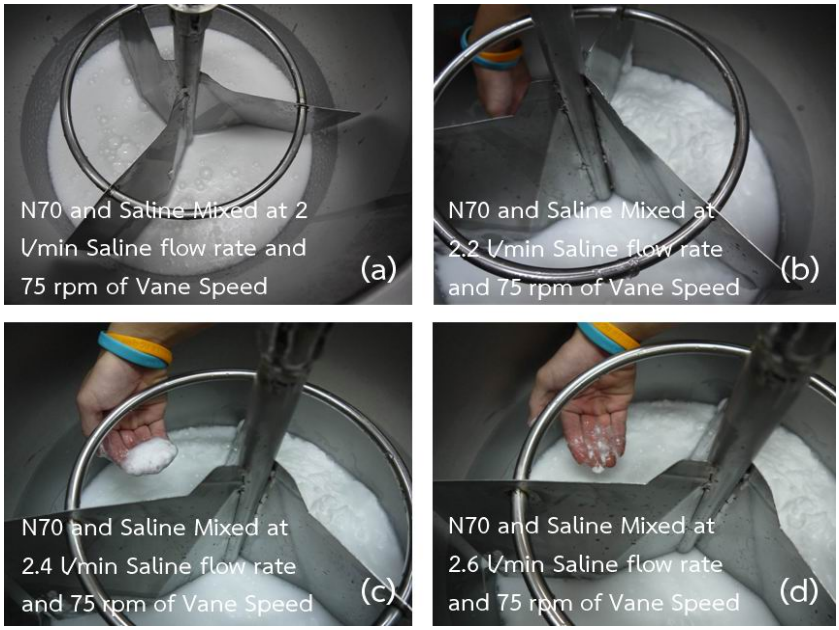
3.2 ผลการทดสอบการหาอัตราการส่งจ่ายวัตถุดิบที่เหมาะสม

ที่อัตราการไหลของน้ำเกลือ 2, 2.2 และ 2.4 ลิตร/นาที ดังรูปที่ 4(a, b, c) น้ำเกลือสามารถผสมกับ N70 จนเป็นเนื้อเดียวกันได้ดี โดยของเหลวที่ผสมได้มีลักษณะข้นสีขาวขุ่นคล้ายนม มีฟองเม็ดเล็กละเอียดปะปนอยู่โดยทั่ว เมื่อสัมผัสด้วยมือไม่พบการจับตัวเป็นก้อนเล็ก ๆ ในเนื้อของผสมนั้นแต่อย่างใด ในขณะที่อัตราการไหล 2.6 ลิตร/นาที ดังรูปที่ 4(d) ของผสมจะมีฟองฟูมากขึ้น และพบการจับตัวเป็นก้อนเล็ก ๆ ปะปนอยู่บ่งบอกถึงการผสมคลุกเคล้าได้ไม่ดี ดังนั้น จึงถือได้ว่า ที่อัตราการไหล 2.4 ลิตร/นาที เหมาะสมที่สุด เพราะจะทำให้ใช้เวลาในการผลิตสั้นที่สุด

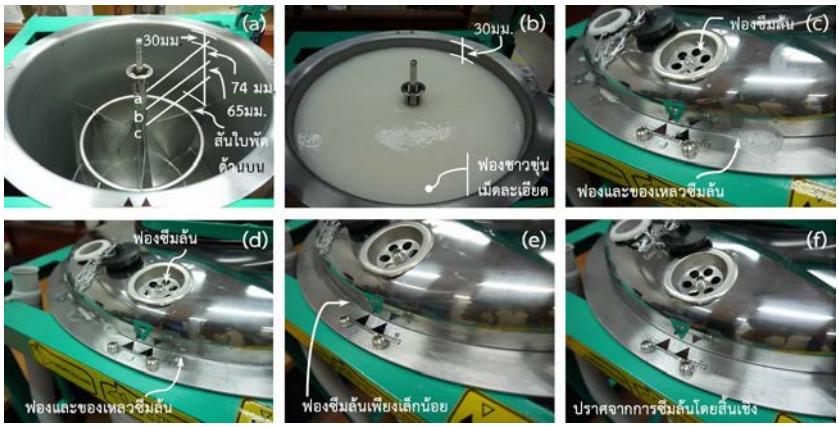
3.3 ผลการทดสอบหาระยะการจมของใบพัดใต้ผิวของเหลวที่น้อยที่สุดที่ซึ่งจะไม่ทำให้เกิดปัญหาการกระฉอกและเกิดฟองในขณะเครื่องจักรทำงาน

จากรูปที่ 5(a) จุด “a” เป็นระดับความสูงของฟองทันทีหลังการผลิตน้ำยาชำระล้างในปริมาณ 74 ลิตร เสร็จสิ้นลง และจุด “b” เป็นระดับสูงสุดของผลิตภัณฑ์เมื่อฟองได้ยุบตัวไปหมดแล้ว จุด “c” เป็นระดับสันของใบพัดด้านบนที่จมลงจากผิวของผลิตภัณฑ์แล้วไม่ทำให้เกิดปัญหาฟองล้นออกมานอกถังในขณะเครื่องจักรทำงาน โดยฟองจะมีลักษณะเป็นเม็ดเล็ก

ๆ ละเอียดสีขาวขุ่นคล้ายนม และอยู่ต่ำกว่าขอบถังผสมเพียง 3 เซนติเมตร ดังรูปที่ 5(b) จากการทดลองตัดสันด้านบนของใบพัดออกครั้งละ 10 มิลลิเมตร เพื่อให้สันใบพัดจมลงใต้ผิวของเหลวในถังผสมเป็นระยะความลึก 35, 45 และ 55 มิลลิเมตร ตามลำดับ พบว่าการเกิดฟองและมีของเหลวบางส่วนในถังผสมซึมล้นออกมาที่บริเวณขอบฝาถังน้อยลงตามลำดับ ดังรูปที่ 5(c, d, e) และเมื่อตัดสันใบพัดด้านบนให้สันใบพัดจมลงในของเหลวมากขึ้นเป็น 65 มิลลิเมตร พบว่า ปราศจากการซึมล้นของฟองออกมาบริเวณขอบถัง ดังรูปที่ 5(f) ดังนั้นจึงถือได้ว่าระยะการจมของสันใบพัดที่ 65 มิลลิเมตร เป็นระยะที่เหมาะสมที่สุดกับความเร็วใบพัดที่ 75 รอบ/นาที



รูปที่ 4 ผลของการผสมคลุกเคล้าน้ำเกลือเข้ากับ N70 ที่อัตราการไหลน้ำเกลือที่แตกต่างกัน

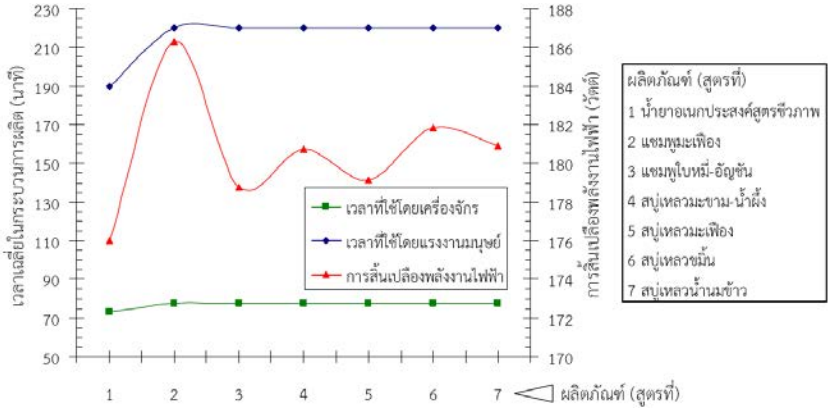


รูปที่ 5 ผลจากการปรับระดับใบพัดให้จมลงในของเหลวในถังผสม

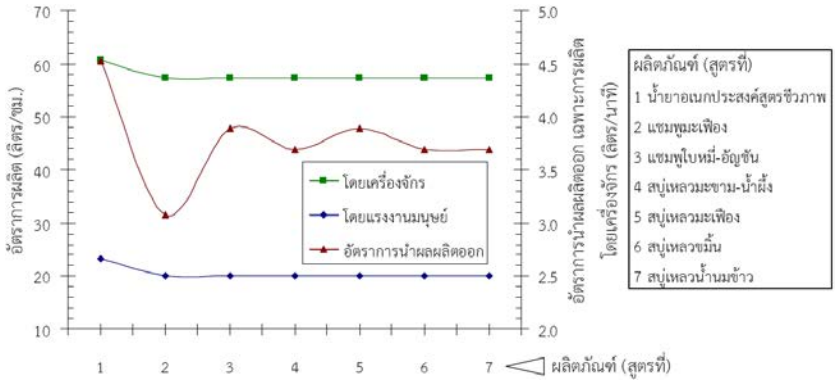
3.4 ผลการทดสอบหาอัตราการผลิต การสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า ระยะเวลารอฟองยุบ และอัตราการนำผลผลิตออกจากเครื่องจักร

จากรูปที่ 6 ผลิตภัณฑ์ต่างสูตรกันย่อมใช้เวลาในการผลิตแตกต่างกัน (ขึ้นอยู่กับจำนวนวัตถุดิบที่ต้องลำดับผสมให้เป็นผลิตภัณฑ์) จากการทดสอบและคำนวนพบว่า การผลิตน้ำยาชำระล้าง 74 ลิตร โดยแรงงานมนุษย์จะต้องใช้เวลาเฉลี่ย 3 ชั่วโมง 36 นาที ในขณะที่ผลิตโดยเครื่องจักรจะใช้เวลาเฉลี่ย 1 ชั่วโมง 17 นาที ประหยัดเวลาลงได้ 2 ชั่วโมง 19 นาที โดยเครื่องจักรจะมีการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 180.52 วัตต์ โดยพลังงานไฟฟ้าที่ใช้จะ

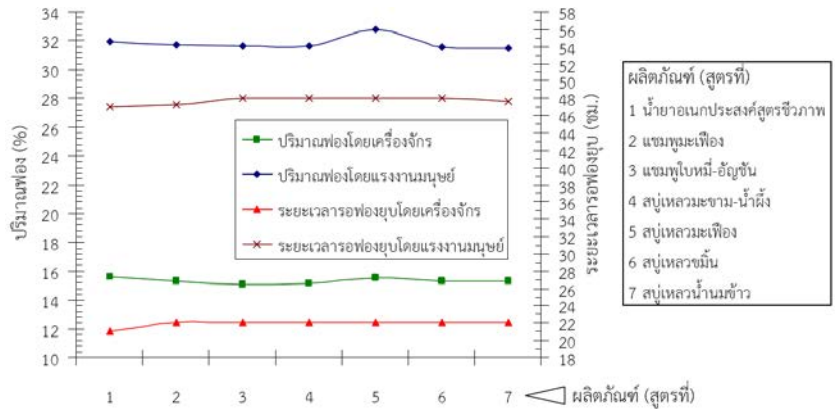
แตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับสูตรของผลิตภัณฑ์ ปริมาณ และความหนืด กล่าวคือ ในขณะที่กระบวนการผสมกำลังเกิดขึ้นในถังผสม ภาระโหลดของใบพัดซึ่งรับกำลังขับหมุนมาจากมอเตอร์ก็จะเปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณของเหลวในถังผสม อีกทั้งของผสมแต่ละสูตรจะมีความหนืดที่แตกต่างกันด้วย



รูปที่ 6 เปรียบเทียบเวลาเฉลี่ยในกระบวนการผลิต และการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าในการผลิตผลิตภัณฑ์น้ำยาชำระล้างทั้ง 7 สูตร โดยเครื่องจักรและโดยแรงงานมนุษย์



รูปที่ 7 เปรียบเทียบอัตราการผลิตผลิตภัณฑ์น้ำยาชำระล้างทั้ง 7 สูตร ที่ผลิตโดยเครื่องจักรและโดยแรงงานมนุษย์ และอัตราการนำผลผลิตออกจากเครื่องจักร



รูปที่ 8 เปรียบเทียบปริมาณฟองที่เกิดขึ้นทันทีที่กระบวนการผลิตเสร็จสิ้น และระยะเวลาการรอฟองยุบจากกระบวนการผลิตโดยเครื่องจักรและโดยแรงงานมนุษย์

จากรูปที่ 7 อัตราการผลิตน้ำยาชำระล้างทั้ง 7 สูตรที่ผลิตโดยเครื่องจักรและผลิตโดยแรงงานมนุษย์ และอัตราการนำผลผลิตออกจากเครื่องจักร พบว่า การผลิตโดยแรงงานมนุษย์มีอัตราการผลิตเฉลี่ย 20.62 ลิตร/ชั่วโมง ในขณะที่ผลิตโดยเครื่องจักรจะให้อัตราการผลิตเฉลี่ยอยู่ที่ 57.87 ลิตร/ชั่วโมง (เพิ่มขึ้น 64.36 เปอร์เซ็นต์) ทั้งนี้ อัตราการผลิตของแต่ละสูตรผลิตภัณฑ์อาจมีแตกต่างกัน เนื่องจากผลิตภัณฑ์แต่ละสูตรจะมีจำนวนลำดับวัตถุดิบที่ต้องลำเลียงเข้าผสมที่แตกต่างกัน ส่วนอัตราการนำผลผลิตออกจากถังผสมของเครื่องจักรมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3.78 ลิตร/นาที ในทำนองเดียวกัน อัตราการนำผลผลิตออกของผลิตภัณฑ์แต่ละสูตรอาจมีค่าแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับความหนืด

จากรูปที่ 8 เปรียบเทียบปริมาณฟองที่เกิดขึ้นทันทีที่กระบวนการผลิตเสร็จสิ้น และระยะเวลาการรอฟองยุบจากการผลิตโดยเครื่องจักรและโดยแรงงานมนุษย์ พบว่า การผลิตโดยแรงงานมนุษย์จะเกิดฟองเฉลี่ย 31.84 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่การผลิตโดยเครื่องจักรจะเกิดฟองเฉลี่ย 15.30 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาตรผลิตภัณฑ์ทั้งหมดในถังผสม (ลดลง 51.93 เปอร์เซ็นต์) ทั้งนี้ ปริมาณฟองยิ่งมีมากย่อมเป็นอุปสรรคในการขวางกั้นการไหลที่สะดวกของผลิตภัณฑ์บริเวณปากขวดบรรจุภัณฑ์ และทำให้การวัดปริมาณของเหลวที่จะบรรจุขาดความแม่นยำจนอาจไม่สามารถบรรจุภัณฑ์ได้ในทันที ต้องรอนานเพื่อให้ฟองแตกยุบหายไปหมดเสียก่อน ดังนั้น ปริมาณฟองมีผลโดยตรงต่อระยะเวลาการรอฟองยุบ ดังผลจากการทดสอบหาเวลาการรอฟองยุบ พบว่า การผลิตโดยแรงงานมนุษย์จะต้องใช้เวลารอฟองยุบประมาณ 47-48 ชั่วโมง ในขณะที่เมื่อผลิตโดยเครื่องจักรจะใช้เวลารอฟองยุบประมาณ 21-22 ชั่วโมง (ลดลง 54.2 เปอร์เซ็นต์) นอกจากนี้แล้วยังสังเกตเห็นว่า การผลิตโดยแรงงานมนุษย์จะทำให้เกิดฟองที่มีเม็ดใหญ่กว่าการผลิตโดยเครื่องจักร ดังรูปที่ 9(a) และเมื่อฟองบนผิวหน้าผลิตภัณฑ์ยุบหมดไปแล้วจะยังมีฟองเม็ด ๆ จำนวนมากแทรกซึมอยู่ทั่วเนื้อของเหลว ดังรูปที่ 9(b) ต้องรอให้ฟองนั้นลอยขึ้นมาบนผิวของเหลวและแตกจนหมดเสียก่อนจึงจะทำการบรรจุภัณฑ์ได้ ในขณะที่การผลิตโดยเครื่องจักร จะเกิดฟองที่มีเม็ดเล็กและละเอียดกว่ามากจนมองเห็นเป็นสีขาวขุ่นคล้ายนม ดังรูปที่ 9(c) และเมื่อฟองยุบจนเกือบหมดจะไม่หลงเหลือฟองเม็ด ๆ แทรกซึมอยู่ทั่วเนื้อของเหลว ดังรูปที่ 9(d) จึงสามารถนำไปบรรจุภัณฑ์ได้ทันที

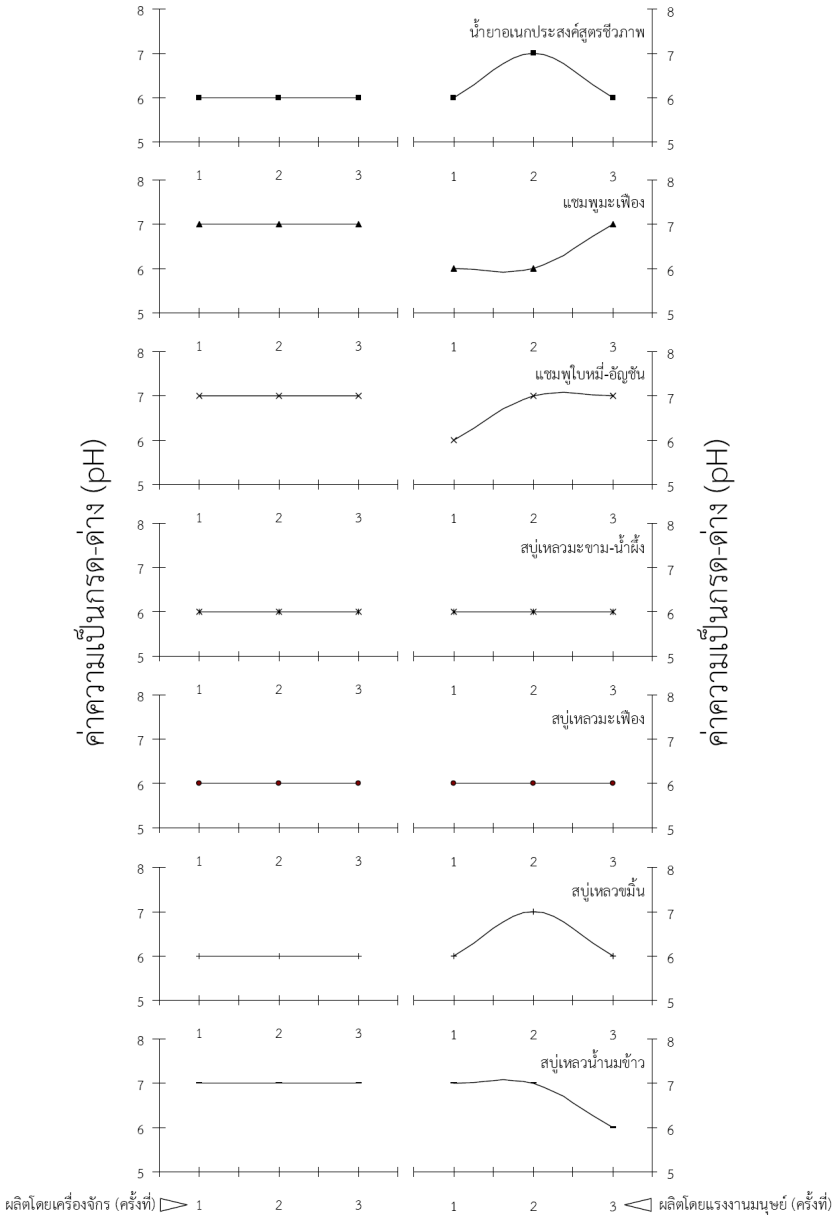
รูปที่ 9 ปรากฏการณ์การเกิดฟองในกระบวนการผลิต

3.5 ผลการทดสอบทางกายภาพของผลผลิต

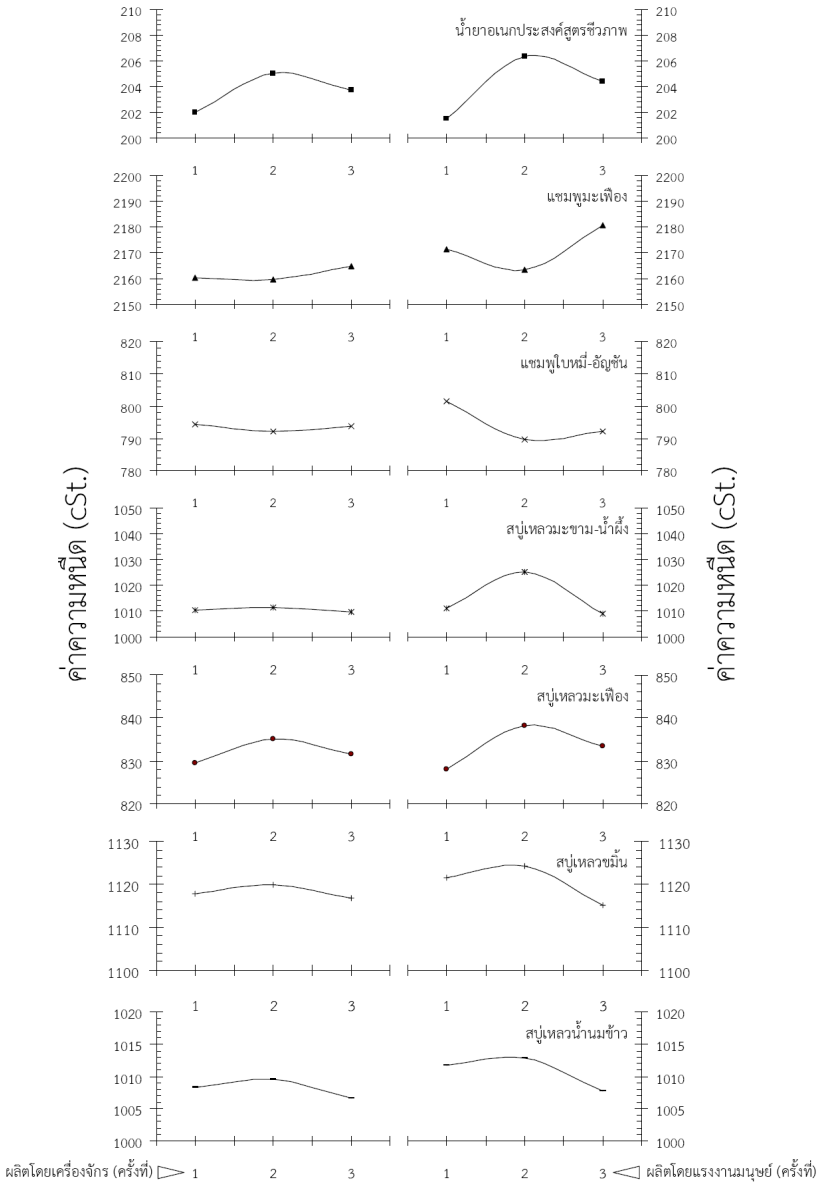
พบการตกตะกอน ในตัวอย่างผลิตภัณฑ์สูตรที่ 2 “แชมพูมะเฟือง” ที่เกิดจากการผลิตโดยแรงงานมนุษย์ แต่ไม่พบตะกอนในทุก ๆ ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตโดยเครื่องจักร โดยลักษณะของตะกอนที่เกิดขึ้น จะมีลักษณะเป็นเมือกลื่มลอยอยู่ก้นขวดบรรจุภัณฑ์เมื่อตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 3 และ 2 วันตามลำดับ ดังรูปที่ 10 ซึ่งตะกอนละลายหายไปอีกครั้งเมื่อเขย่าขวดบรรจุภัณฑ์ โดยสภาพการตกตะกอนจะไม่เป็นผลดีต่อผู้บริโภคในแง่ของค่านิยมอีกทั้งตะกอนยังจะเป็นตัวขัดขวางการไหลและอาจเกิดการอุดตันของท่อทางเดินผลิตภัณฑ์ประเภทบรรจุภัณฑ์แบบหัวปั๊มได้อีกด้วย จึงอาจทำให้ค่านิยมของผู้บริโภคลดน้อยลงได้ และในทุก ๆ ครั้ง และทุก ๆ ผลิตภัณฑ์ที่มาจากการผลิตโดยเครื่องจักรและโดยแรงงานมนุษย์ต่างก็มีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ประเภทผลิตภัณฑ์ชุมชน (pH 5-7) [13] แต่จะสังเกตได้ว่า ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการผลิตโดยเครื่องจักรจะให้ค่า pH ที่มีความคงที่สม่ำเสมอมากกว่าผลิตภัณฑ์ที่ผลิตโดยแรงงานมนุษย์ ดังรูปที่ 11 ในทำนองเดียวกันกับการทดสอบ

ค่าความหนืด ดังรูปที่ 12 พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตโดยเครื่องจักรจะให้ค่าความหนืดที่มีความคงที่สม่ำเสมอมากกว่าผลิตภัณฑ์ที่ผลิตโดยแรงงานมนุษย์

รูปที่ 10 การเกิดตะกอนในผลิตภัณฑ์ที่ทำการทดสอบผลิตโดยแรงงานมนุษย์



รูปที่ 11 เปรียบเทียบลักษณะความคงที่ของค่าความเป็นกรด-ด่าง ของผลิตภัณฑ์น้ำยาชำระล้างทั้ง 7 สูตร ที่ผลิตโดยเครื่องจักรและผลิตโดยแรงงานมนุษย์



รูปที่ 12 เปรียบเทียบลักษณะความคงที่ของค่าความหนืด ของผลิตภัณฑ์น้ำยาชำระล้างทั้ง 7 สูตร ที่ผลิตโดยเครื่องจักรและผลิตโดยแรงงานมนุษย์

4. สรุปผลการวิจัย

เครื่องจักรที่สร้างขึ้นสามารถทำงานได้ตามขั้นตอน มีความแม่นยำตามที่ได้ออกแบบไว้ ภายใต้สภาวะการทำงานที่เหมาะสม ความเร็วใบพัดกวนควรจะอยู่ที่ 75 รอบ/นาที และอัตราการส่งจ่ายวัตถุดิบเข้าผสมในถังผสม 2.4 ลิตร/นาที สร้างผลิตภัณฑ์ให้มีคุณภาพและมีความคงที่ในทุก ๆ ครั้งของการผลิต กล่าวคือ ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้จะมีความเป็นเนื้อเดียวกันไม่จับตัวเป็นก้อนและไม่เกิดการตกตะกอนเมื่อนำไปบรรจุภัณฑ์ทิ้งไว้เป็นเวลานาน ๆ ฟองที่เกิดขึ้นกับผลิตภัณฑ์จะมีลักษณะเป็นเม็ดเล็กละเอียดที่แตกสลายไปได้อย่างรวดเร็ว จึงใช้เวลารอฟองยุบน้อยลงตามไปด้วย ทำให้การบรรจุภัณฑ์ทำได้เร็วขึ้น ให้กำลังการผลิตสูงสุดครั้งละ 74 ลิตร ให้อัตราการผลิต 57.85 ลิตร/ชั่วโมง ในทุก ๆ ผลิตภัณฑ์ที่ทำการทดสอบ (เพิ่มขึ้น 64.36 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับการผลิตโดยแรงงานมนุษย์) ใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 0.18 กิโลวัตต์ อย่างไรก็ตาม การทดสอบนี้เป็นเพียงตัวอย่างการผลิต หากจะทำการผลิตผลิตภัณฑ์ประเภทเดียวกันนี้แต่เป็นสูตรอื่นนอกเหนือจากสูตรที่ทำการทดสอบนี้ ควรที่จะทำการทดสอบการผลิตจริงอีกครั้ง เพื่อให้ได้ความแม่นยำเฉพาะสูตรต่อไป และเมื่ออ้างอิงการผลิตโดยเครื่องจักรวันละ 8 ชั่วโมง ที่มีต้นทุนการผลิตทั้งสิ้น 5,278,979 บาท/ปี จะมีรายได้สุทธิจากการขายผลิตภัณฑ์ได้ทั้งสิ้น 8,716,093 บาท/ปี จึงคืนทุนภายในระยะเวลา 0.6 ปี โดยเครื่องจักรนี้มีขีดจำกัดในการใช้กับของเหลวที่มีค่าความหนืดไม่ควรเกิน 3,000 cSt. (หรือเทียบเคียงกับความหนืดของครีมบำรุงผิวทั่วไป) เพื่อป้องกันไม่ให้

เครื่องจักรรับภาระโหลดมากเกินไป อีกทั้งยังสามารถพัฒนาต่อยอดเครื่องจักรให้ใช้กับของเหลวความหนืดสูงกว่านี้อีกได้ หรือให้ความร้อนร่วมในกระบวนการผลิต จะทำให้เครื่องจักรมีอรรถประโยชน์มากขึ้น

กลุ่มผู้ประกอบการซึ่งนำเครื่องจักรต้นแบบนี้ไปใช้ให้การยอมรับกับเทคนิควิธีของเครื่องจักรและผลผลิตที่ได้โดยเครื่องจักร ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้โดยเครื่องจักรจะมีคุณภาพที่ดีตอบโจทย์ความต้องการของผู้ใช้ เครื่องจักรยังมีรูปร่างลักษณะประณีตสวยงาม ใช้งานและบำรุงรักษาง่าย ทำงานเงียบ ประหยัดไฟ มีขนาดกะทัดรัดและเคลื่อนย้ายง่าย ให้ผลผลิตที่รวดเร็วและมีคุณภาพคงที่มากกว่าการผลิตโดยแรงงานมนุษย์แบบเดิม สามารถแก้ปัญหาความยุ่งยากในกระบวนการผลิตแบบเดิมได้เป็นอย่างดี อีกทั้งยังช่วยลดแรงงานมนุษย์ในการผลิตลงได้ถึง 87.5 เปอร์เซ็นต์ (จาก 8 คน เหลือเพียง 1 คน) ทำให้การปฏิบัติงานเป็นไปด้วยความสะดวกสบายยิ่งขึ้น สร้างความคล่องตัวในการโยกย้ายแรงงานมนุษย์ไปใช้ในกระบวนการผลิตอื่น ๆ ที่สอดรับกับการขยายตลาดได้ดียิ่งขึ้น ดังรูปที่ 13

รูปที่ 13 การสาธิตใช้งานเครื่องจักรโดยผู้ประกอบการและตรวจประเมินผลงานโดยผู้ทรงคุณวุฒิ พร้อมส่งมอบเครื่องจักรให้ผู้ประกอบการโดยผู้สนับสนุนทุนวิจัย

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ สำนักส่งเสริมและถ่ายทอดเทคโนโลยี สำนักงานปลัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ผู้ให้การสนับสนุนงบประมาณ ตลอดจนให้คำแนะนำ และติดตามประเมินผล และขอบคุณ กลุ่มชีววิถีตำบลน้ำเกี๋ยน ผู้ร่วมสนับสนุน เอื้อเฟื้อข้อมูล สถานที่ วัตถุดิบทดสอบ ตลอดจนร่วมทดสอบเครื่องจักรต้นแบบ

เอกสารอ้างอิง

K. Deepromkul, “History of the Nam-Kien Sub-District Biological Group,” presented at the Nam-Kien Sub-District Biological Group, Phupieng, Nan, Feb 6-7, 2011 (in Thai).

S. Saramontee, “The process of making and distributing products for all-purpose liquid of various types of cleansing of the Nam-Kien Sub-District Biological Group,” presented at the Nam-Kien Sub-District Biological Group, Phupieng, Nan, Feb 7-9, 2011 (in Thai).

W. Tia, “Energy analysis of economics and saving study of energy conservation in the industry,” presented at the Faculty of Energy and Inventories, King Mongkut’s University of Technology Thonburi, Bangkok, Mar 2-5, 1997 (in Thai).

B. Sornnin and S. Wattanasriyakul, Manual Table of The Metal Work,” 1st ed., Bangkok, Textbook Production Center, King Mongkut's Institute of Technology North Bangkok, 2006 (in Thai).

W. Ungphakorn and C. Thnad-Ngan, Mechanical Design 1, 3rd ed., Bangkok, SE-EDUCATION, 1984, pp. 29-36 (in Thai).

W. Ungphakorn and C. Thnad-Ngan, Mechanical Design 2, 1st ed., Bangkok, SE-EDUCATION, 1983, pp. 45-51 (in Thai).

C. kasipar, Strength of Material, 9th ed, Bangkok, Chwn Phimph, 1985, pp. 31-38 (in Thai).

S. Rungwattanapong, Solid Mechanics, 10th ed, Bangkok, SE-EDUCATION, 2005, pp. 54-62 (in Thai).

HOPKINS, R. B., Calculating Deflections in Stepped Shafts and Nonuniform Beams, Machine Design, John Wiley&Sons, Inc., New York, 1961, pp. 108-123.

Smith, C. E., Applied Mechanics: Dynamics, 2nd ed., John Wiley&Sons, Inc., New York, 1982, pp. 86-97.

Rashid, M. H., Power electronics; circuit, device, and application, 2nd ed., Inc., Prentice-Hall, New Jersey, 1993, pp. 91-107.

C. Sittisombat, W. Weerawong and A. Chit-aree, "Multipurpose Mixing Machine," B.S. thesis, Department of Mechanical Technology, faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna Nan, 2009 (in Thai).

T. Srichandee, "The Formulars of Liquid Detergents, Shampoos and Liquid Soaps of the Nam-Kien Sub-District Biological Group," presented at the Nam-Kien Sub-District Biological Group, Phupieng, Nan, May 10-11, 2011 (in Thai).

■ Research Article

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไก่ยอเสริมแป้งกล้วยและน้ำพริกไส้อั่ว
Development of Chicken Sausages (Kai Yor) Product Supplemented with Banana Flour and Sai Aua Curry Paste

นภาพร ดีสนาม*[1] จารุวรรณ รักษาวงศ์[2]
Napaporn Deesanam*[1], Jaruwan Ruksavong[2]

*[1] สาขาอุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง 200 หมู่ 17 ตำบลพิชัย จังหวัดลำปาง 52000
[2] สาขาอุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง 200 หมู่ 17 ตำบลพิชัย จังหวัดลำปาง 52000
*[1] Department of Food Science and Technology, Faculty of Science and Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Lanna (RMUTL), 200 Moo 17, Pichai District, Amphur Muang, Lampang 52000 THAILAND
[2] Department of Food Science and Technology, Faculty of Science and Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Lanna (RMUTL), 200 Moo 17, Pichai District, Amphur Muang, Lampang 52000 THAILAND

บทคัดย่อ

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไก่ยอในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มความแปลกใหม่ให้แก่ผลิตภัณฑ์ โดยศึกษาอัตราส่วนของเนื้อไก่ต่อมันไก่ร้อยละ 80:0, 70:10 และ 60:20 วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) ศึกษาการเติมแป้งกล้วยร้อยละ 0 และ 7 ร่วมกับการเติมน้ำพริกไส้อั่วร้อยละ 10 และ 20 วางแผนการทดลองแบบ 2x2 Factorial design in CRD วิเคราะห์คุณภาพผลิตภัณฑ์ทางเคมีกายภาพและทางประสาทสัมผัส จากการทดลองพบว่าเนื้อไก่ต่อมันไก่ร้อยละ 60:20 ได้รับคะแนนความชอบรวมมากที่สุด (7.7 คะแนน) โดยมีค่าความยืดหยุ่น (0.37) และการเชื่อมติด (0.76) มากที่สุด ($p \leq 0.05$) การเติมแป้งกล้วยร้อยละ 7 และน้ำพริกไส้อั่วร้อยละ 10 ได้รับคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสและมีปริมาณเส้นใยหยาบทั้งหมด (ร้อยละ 3.24) มากกว่าสูตรควบคุม (ร้อยละ 0.13)

คำสำคัญ: ไก่ยอ, แป้งกล้วย, น้ำพริกไส้อั่ว

Abstract

The purpose of chicken sausage development was to increase the degree of product novelty. The experimental design of completely randomized design (CRD) was used to study ratios of chicken meat and chicken fat at 80:0, 70:10 and 60:20. Banana flour contents of 0 and 7% with addition of Sai-Aua curry paste contents of 10 and 20% were carried out using the experimental design of 2x2 factorial in CRD. Physicochemical and sensory analyses were performed. The results showed that the highest scores of overall acceptances (7.7 scores) were rated for the sausage obtained from chicken meat and chicken fat at 60:20 with the highest of springiness (0.37) and cohesiveness (0.76) values ($p<0.05$). Addition of 7% banana four and 10% Sai-Aua curry paste gave higher sensory hedonic scores and crude fiber content (3.24%) than a control formula (0.13%).

Keywords: Chicken Sausages, Banana flour, Curry Paste (Sai Aua)

Received:
30 August 2020
Revised:
15 November 2021
Accepted:
9 December 2021
Published:
15 December 2021

***Corresponding Author:**
mamnapadee@rmutl.ac.th

Copyright:
© Rajamangala University of Technology Lanna.
All right reserved

ISSN
Print: 2586-8500
Electronic: 2586-8632

1. บทนำ

ไส้อั่วและหมูยอเป็นอาหารพร้อมรับประทานพื้นบ้านทางภาคเหนือพร้อมรับประทานที่ได้รับความนิยมกันแพร่หลายในปัจจุบันผลิตภัณฑ์ไส้อั่วและหมูยอนิยมทำจากเนื้อหมูเป็นส่วนใหญ่ ปัจจุบันเนื้อหมูมีราคาแพงขึ้น เนื่องจากสถานการณ์โควิด-19 ที่มีผลกระทบต่อเศรษฐกิจทั่วโลก ส่งผลให้วัตถุดิบทางการเกษตรมีราคาแพงขึ้น ผู้วิจัยจึงมีแนวความคิดที่จะผสมผสานคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์อาหารล้านนาสองชนิดเข้าด้วยกันโดยการพัฒนาไก่ยอให้มีรสชาติและกลิ่นรสที่แปลกใหม่ และใช้วัตถุดิบเนื้อไก่ที่มีราคาถูกกว่าแทนวัตถุดิบเนื้อหมู เสริมด้วยน้ำพริกไส้อั่วและมันไก่เช่นเดียวกับลักษณะผลิตภัณฑ์ไส้อั่ว และเป็นผลิตภัณฑ์บดละเอียดเช่นเดียวกับลักษณะของหมูยอที่มีเนื้อที่เรียบเนียน มีความยืดหยุ่น และฉ่ำน้ำ รวมถึงการเสริมแป้งกล้วยซึ่งทำมาจากวัตถุดิบที่หาได้ง่ายในท้องถิ่น ช่วยเสริมเส้นใยอาหารให้แก่ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ได้เพิ่มขึ้น และมีประโยชน์ต่อสุขภาพของผู้บริโภค ดังนั้นการศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไก่ยอเสริมแป้งกล้วยและน้ำพริกไส้อั่วจึงเหมาะสำหรับผู้บริโภคที่แสวงหาอาหารที่แปลกใหม่ และเป็นแนวทางสำหรับประกอบอาชีพได้

2. แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

หมูยอ หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากเนื้อหมู มันหมู และเครื่องปรุงรส อาจมีส่วนประกอบอื่น เช่น โปรตีนนม โปรตีนจากถั่วเหลืองชนิดเข้มข้น และแป้งมันสำปะหลัง นำมาผสมและบดให้ละเอียดเป็นเนื้อเดียวกัน อาจมีส่วนผสมที่เติมลงไปเพื่อให้เกิดลักษณะเฉพาะ เช่น หนังหมู เห็ดหอม พริกไทยดำ และสาหร่าย นำมาคลุกผสมให้กระจายโดยทั่ว แล้วบรรจุในวัสดุห่อหุ้มให้แน่น นำไปต้มหรือนึ่ง (steaming) ให้สุก ส่วนที่เป็นเนื้อต้องละเอียดเป็นเนื้อเดียวกัน อาจมีโพรงอากาศได้เล็กน้อย ส่วนไส้อั่ว หมายถึง ผลิตภัณฑ์ทำจากเนื้อหมูมันหมู ปรุงรสด้วยเครื่องปรุงรสและเครื่องเทศ หรือสมุนไพร เช่น เกลือ น้ำตาล ซีอิ๊วขาว พริกแห้ง ตะไคร้ กระเทียม หอม ใบมะกรูด ขมิ้น บดหรือโขลก อาจเติมกระดูกหมูอ่อนด้วยก็ได้ ผสมให้เข้ากัน บรรจุในไส้หมูที่ล้างสะอาดแล้วหรือไส้ชนิดอื่นที่บริโภคได้ แล้วนำไปทำให้สุก [1] ในการทำไก่ยอผลิตภัณฑ์ที่ได้จะต้องมีสีตามธรรมชาติ ลักษณะเนื้อละเอียด สามารถมีโพรง อากาศได้บ้างเล็กน้อยและต้องมีการกระจายตัวของส่วนผสมที่ใช้อย่างสม่ำเสมอ โดยเมื่อผ่าออกแล้ว ต้องไม่พบส่วนที่ไม่สุก รวมถึงมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่เหนียวนุ่ม ไม่เละ และต้องมีกลิ่นรสที่ดี ปราศจาก กลิ่นอับ กลิ่นเหม็นเปรี้ยว และกลิ่นหืน [2]

จากการศึกษา [3] การพัฒนาหมูยอรสพะแนง หมูยอที่พัฒนาขึ้นมีปริมาณใยอาหาร วิตามินบีหนึ่ง วิตามินเอ แคลเซียม และมีปริมาณโซเดียมมากกว่าเมื่อเทียบกับหมูยอที่มีขายอยู่ทั่วไป โดยปริมาณสารอาหารที่เพิ่มมากขึ้นเนื่องมาจากปริมาณพริกแกงพะแนงที่ใส่ลงไป และผู้บริโภคยอมรับผลิตภัณฑ์หมูยอรสพะแนง

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 การศึกษาอัตราส่วนของเนื้ออกไก่ต่อมันไก่ร้อยละ 80:00 70:10 และ 60:20 ที่เหมาะสม ในการผลิตไก่ยอแต่ละสูตรการทดลองโดยเครื่องสับผสม (Rewebo Food Machinery, C6W ELE.) สับผสมเนื้ออกไก่และมันไก่ประมาณ 3 นาที เติมผงหมูยอ (บริษัท สเปเชียลฟู้ด จำกัด) ร้อยละ 9 กับน้ำแข็งร้อยละ 11 สับผสมนาน 3 นาที จึงตักบรรจุใส่พิมพ์ขนมปังขนาด 13.5×6.5 เซนติเมตร ปริมาณ 350±5 กรัม อบในเตาอบที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส นาน 40 นาที [4] ทำ 3 ซ้ำการทดลอง วิเคราะห์คุณภาพผลิตภัณฑ์ โดยการวัดค่าเนื้อสัมผัส (Texture Analyzer) (Stable Micro Systems; T.A.XT; U.S.A) ใช้หัววัดชนิด 3 point bend (HDP/3PB) (condition; Pretest speed: 2.0 mm/s, Test speed: 10 mm/s, Posttest speed: 10.0 mm/s, Distance: 30 mm) หาปริมาณความชื้น [5] วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD, Completely Randomized Design) และทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัสแบบ 9 Point hedonic scale ด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม (1 หมายถึงไม่ชอบมากที่สุดและ 9 หมายถึงชอบมากที่สุด) โดยผู้ทดสอบระดับห้องปฏิบัติการจำนวน 30 คน ซึ่งรู้จักผลิตภัณฑ์แต่ไม่ได้รับการฝึกฝน วางแผนการทดลองแบบในบล็อกสมบูรณ์ (RCBD, Randomized Complete Block Design) วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMNRT) วิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 19

3.2 การศึกษาปริมาณการเติมแป้งกล้วย จากวิธีการผลิตแป้งกล้วย [6] ร้อยละ 0 และ 7 ร่วมกับการเติมน้ำพริกไส้อั่วร้อยละ 10 และ 20 ทดแทนส่วนผสมของเนื้ออกไก่ เติมในขั้นตอนหลังการสับผสมเนื้อไก่และมันไก่ ซึ่งน้ำพริกไส้อั่วประกอบด้วยพริกแห้งใหญ่ หอมแดง กระเทียม พริกไทยป่น เม็ดผักชีป่น ขมิ้น ตะไคร้ และข่าร้อยละ 7.5 18 14 4 4 2.5 48 และ 2 ตามลำดับ วางแผนการทดลองแบบ 2x2 Factorial design in CRD ทำ 3 ซ้ำการทดลอง วิเคราะห์คุณภาพผลิตภัณฑ์ทางเคมี กายภาพ และทางประสาทสัมผัส ดังข้อ 3.1

3.3 การศึกษาคุณภาพผลิตภัณฑ์สุดท้ายเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม (ประกอบด้วยเนื้ออกไก่ร้อยละ 80 ผงหมูยอ ร้อยละ 9 และน้ำแข็งร้อยละ 11) โดยวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น โปรตีน เส้นใย และเถ้า วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้วยการทดสอบ T-test วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ

(ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMNRT) วิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป และทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคทั่วไป จำนวน 100 ในพื้นที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปางและบริเวณใกล้เคียง โดยมีเพศหญิงร้อยละ 64 เพศชายร้อยละ 36 อยู่ในช่วงอายุ 21-30 ปีร้อยละ 94 การศึกษาระดับปริญญาตรีร้อยละ 95 อาชีพนักศึกษาร้อยละ 93 ทดสอบแบบ Central Location CLT

4. ผลการวิจัย

4.1 ผลการศึกษาอัตราส่วนของเนื้ออกไก่ต่อมันไก่ที่เหมาะสม ผลิตภัณฑ์ไก่ยอทั้งสามสูตรมีลักษณะปรากฏ สี รสชาติ กลิ่นรส ความเหนียว (Gumminess) และการเคี้ยว (Chewiness) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ซึ่งทั้งสามสูตรมีค่า Gumminess อยู่ในช่วง 29.43-32.63 N และค่า Chewiness อยู่ในช่วง 9.76-11.97 N สูตรที่ใช้เนื้อไก่ต่อมันไก่ร้อยละ 60:20 และ 70:10 มีคะแนนความชอบรวมมากกว่าสูตรเนื้อไก่ต่อมันไก่ร้อยละ 80:00 ($p<0.05$) โดยสูตรเนื้อไก่ต่อมันไก่ร้อยละ 80:00 มีปริมาณความชื้น คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัส ความชอบรวม ค่า Cohesiveness น้อยกว่าทุกสูตร และมีค่าความแข็ง (Hardness) มากที่สุด ($p<0.05$) ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การเติมอัตราส่วนของเนื้อไก่ต่อมันไก่ต่อปริมาณความชื้นและองค์ประกอบของเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไก่ยอ

เนื้อไก่: มันไก่ (ร้อยละ)	ความชื้น (ร้อยละ)	เนื้อสัมผัส	ความชอบรวม	ความแข็ง (N)	ความยืดหยุ่น	การเชื่อมติด
80:00	$40.61^{c}\pm0.19$	$5.9^{b}\pm1.6$	$6.8^{b}\pm1.1$	$49.43^{a}\pm4.57$	$0.37^{a}\pm0.03$	$0.66^{b}\pm0.05$
70:10	$49.07^{b}\pm0.60$	$7.1^{b}\pm1.6$	$7.4^{a}\pm1.2$	$41.95^{b}\pm5.97$	$0.32^{b}\pm0.04$	$0.72^{a}\pm0.04$
60:20	$58.08^{a}\pm0.29$	$7.7^{a}\pm0.8$	$7.7^{a}\pm1.1$	$39.08^{b}\pm7.20$	$0.37^{a}\pm0.04$	$0.76^{a}\pm0.03$

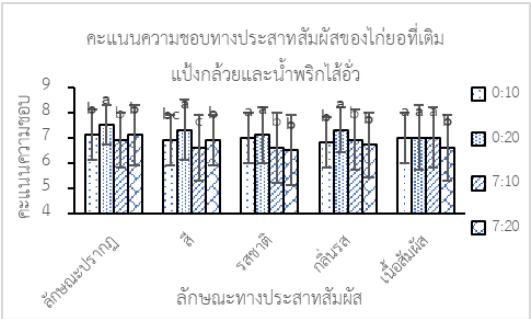
หมายเหตุ:
ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)
a,b... อักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้ง หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

สูตรไก่ยอที่เติมปริมาณมันไก่เพิ่มขึ้นมีแนวโน้มทำให้ผลิตภัณฑ์มีปริมาณความชื้นและการเชื่อมติดมากขึ้น โดยมีค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์ลดลง ส่งผลให้ได้รับคะแนนความชอบจากผู้ทดสอบชิมด้านเนื้อสัมผัสและความชอบรวมเพิ่มขึ้น

สูตรเนื้อไก่ร้อยละ 60 ต่อมันไก่ร้อยละ 20 มีค่าความแข็งน้อย มีค่าการเชื่อมติดและค่าความยืดหยุ่นมาก และมีคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสและความชอบรวมมากที่สุด ($p\leq0.05$) จึงนำไปพัฒนาในขั้นตอนต่อไป นอกจากนี้การเติมน้ำพริก ร้อยละ 10 และ 20 มีคะแนนความชอบรวมทางประสาทสัมผัสและองค์ประกอบเนื้อสัมผัสไม่แตกต่างกัน จึงได้ศึกษาปริมาณน้ำพริกทั้งสองระดับร่วมกับการเติมแป้งกล้วยในการทดลองต่อไป

4.2 ผลการศึกษาปริมาณการเติมแป้งกล้วยร่วมกับการเติมน้ำพริกไส้อั่ว

สูตรที่เติมแป้งกล้วยร่วมกับน้ำพริกไส้อั่วร้อยละ 0:20 ได้รับคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ สี และกลิ่นรส มากที่สุด ($p<0.05$) และได้รับคะแนนความชอบด้านรสชาติ เนื้อสัมผัสไม่แตกต่างกับสิ่งทดลอง 0:10 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ส่วนคะแนนความชอบรวมทั้ง 4 สิ่งทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ดังรูปภาพที่ 1



รูปภาพที่ 1 คะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสของไก่ยอที่เติมอัตราส่วนของแป้งกล้วยต่อน้ำพริกไส้อั่วต่างกัน

การเติมแป้งกล้วยร้อยละ 7 มีผลต่อปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) การเติมน้ำพริกไส้อั่วไม่มีผลต่อปริมาณความชื้น ($p>0.05$) สิ่งทดลองที่เติมแป้งกล้วยต่อน้ำพริกไส้อั่วร้อยละ 7:10 มีปริมาณความชื้นมากกว่าสิ่งทดลองที่เติมแป้งกล้วยต่อน้ำพริกไส้อั่วร้อยละ 7:20 ($p \leq 0.05$) ส่วนสิ่งทดลองที่ไม่เติมแป้งกล้วยและเติมน้ำพริกไส้อั่วร้อยละ 10 และ 20 มีปริมาณความชื้นน้อยกว่าสิ่งทดลองอื่นและไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

การเติมแป้งกล้วยในระดับที่ต่างกันไม่มีผลต่อค่าความแข็ง (Hardness) และความยืดหยุ่น (Springiness) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีค่า Hardness อยู่ในช่วง 17.94-20.63 N และค่า Springiness อยู่ในช่วง 0.40-0.43 การเติมแป้งกล้วยร้อยละ 7 มีผลต่อค่าการเชื่อมติด (Cohesiveness) ความเหนียว (Gumminess) การเคี้ยว (Chewiness) มากที่สุด ($p \leq 0.05$) การเติมน้ำพริกไส้อั่วร้อยละ 20 มีผลต่อค่า Cohesiveness และ Chewiness มากกว่าการเติมร้อยละ 10 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) การเติมแป้งกล้วยร่วมกับน้ำพริกไส้อั่วไม่มีผลต่อทุกองค์ประกอบเนื้อสัมผัสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่มีผลต่อปริมาณความชื้นที่เพิ่มขึ้นเมื่อเติมแป้งกล้วยต่อน้ำพริกไส้อั่วที่มากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 2 การเติมแป้งกล้วยต่อน้ำพริกไส้อั่วต่อปริมาณความชื้นและองค์ประกอบของเนื้อสัมผัสผลิตภัณฑ์ไก่ยอ

สิ่งทดลอง (ร้อยละ)	ความชื้น (ร้อยละ)	การเชื่อมติด	ความเหนียว (N)	การเคี้ยว (N)
แป้งกล้วย				
0	$58.74^{b}\pm2.86$	$0.68^{b}\pm0.07$	$11.98^{b}\pm2.75$	$5.11^{b}\pm1.79$
7	$63.76^{a}\pm1.43$	$0.71^{a}\pm0.05$	$13.79^{a}\pm3.10$	$5.87^{a}\pm2.13$
น้ำพริกไส้อั่ว				
10	$61.05^{ns}\pm2.55$	$0.68^{b}\pm0.06$	$12.37^{ns}\pm2.12$	$5.10^{b}\pm1.36$
20	61.45 ± 4.12	$0.70^{a}\pm0.06$	13.39 ± 3.72	$5.88^{a}\pm2.43$
แป้งกล้วย:น้ำพริกไส้อั่ว				
0:10	$57.96^{c}\pm2.88$	$0.69^{ns}\pm0.06$	$12.32^{ns}\pm3.24$	$5.27^{ns}\pm1.96$
0:20	$59.52^{c}\pm2.79$	0.66 ± 0.07	11.63 ± 2.15	4.95 ± 1.62
7:10	$64.94^{a}\pm0.68$	0.70 ± 0.04	13.12 ± 1.85	5.25 ± 1.05
7:20	$62.58^{b}\pm0.86$	0.71 ± 0.07	14.47 ± 3.90	6.49 ± 2.71

หมายเหตุ:
ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)
a,b...อักษรที่แตกต่างกันในแต่ละปัจจัย หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 3 ผลการศึกษาคุณภาพสุดท้ายของผลิตภัณฑ์ไก่ยอเสริมแป้งกล้วยและน้ำพริกไส้อั่วและสูตรควบคุม

องค์ประกอบทางเคมี	สูตรควบคุม	ผลิตภัณฑ์สุดท้าย
ความชื้น (ร้อยละ)	$37.40^{b}\pm1.55$	$64.80^{a}\pm2.22$
โปรตีน (ร้อยละ)	$17.28^{a}\pm1.42$	$12.18^{b}\pm0.91$
เส้นใยทั้งหมด (ร้อยละ)	$0.13^{b}\pm0.15$	$3.24^{a}\pm1.98$
เถ้า^{ns} (ร้อยละ)	2.21 ± 0.10	2.22 ± 0.10

หมายเหตุ:
ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)
a,b...อักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้ง หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

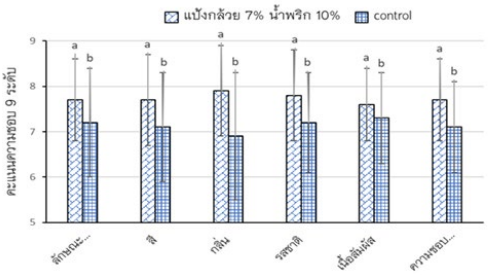
การเติมแป้งกล้วยมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์มีปริมาณความชื้น ค่าการเชื่อมติด ความเหนียว และการเคี้ยวเพิ่มสูงขึ้นอาจเนื่องจากสมบัติของแป้งกล้วยเมื่อละลายน้ำเม็ดแป้งจะเกิดการดูดซับความชื้นเป็นสารละลายคอลลอยด์ และเกิดการพองตัวเป็นเจลเมื่อได้รับความร้อนที่เหมาะสม นอกจากนี้สารประกอบเพคตินในแป้งกล้วยเป็นสารพวกโพลีแซคคาไรด์ที่มีสมบัติในการละลายน้ำจะทำให้แป้งมีความข้นหนืดเพิ่มขึ้นและมีโครงสร้างของเจลที่แข็งแรง

สำหรับการเติมน้ำพริกไส้อั่วร้อยละ 20 ทำให้เนื้อสัมผัสมีค่าการเชื่อมติดและการเคี้ยวสูงกว่าการเติมน้ำพริกไส้อั่วร้อยละ 10 อาจเนื่องจากปริมาณสมุนไพรในน้ำพริกไส้อั่วที่มีมากกว่า จึงส่งผลให้ได้รับคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสที่น้อยกว่าสูตรการเติมน้ำพริกไส้อั่วร้อยละ 10

ดังนั้นการเติมแป้งกล้วยกับน้ำพริกไส้อั่วร้อยละ 7:10 มีคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสมากกว่าการเติมแป้งกล้วยกับน้ำพริกไส้อั่วร้อยละ 7:20 ซึ่งไม่แตกต่างกับสูตรไม่มีแป้งกล้วยและเติมน้ำพริกไส้อั่วร้อยละ 10 และ 20 การเสริมแป้งกล้วยในผลิตภัณฑ์เป็นการเพิ่มเส้นใยอาหารและเป็นประโยชน์แก่ร่างกายของผู้บริโภคมากกว่าที่สิ่งทดลองที่ไม่ได้เติมแป้งกล้วย จึงเลือกสูตรแป้งกล้วยร้อยละ 7 และน้ำพริกไส้อั่วร้อยละ 10 ในการทดลองขั้นต่อไป

4.3 ผลการศึกษาคุณภาพผลิตภัณฑ์สุดท้ายเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม

ปริมาณความชื้น เส้นใยทั้งหมด ของผลิตภัณฑ์สุดท้ายมากกว่าสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากสูตรที่พัฒนาแล้วเพิ่มปริมาณมันไก่และน้ำพริกไส้อั่ว ส่วนปริมาณเถ้าทั้งหมดของสูตรควบคุมและผลิตภัณฑ์สุดท้ายไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ดังตารางที่ 3 ผลการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ไก่ยอเสริมแป้งกล้วยและน้ำพริกไส้อั่ว ด้วยวิธี 9-Point Hedonic Scaling Test พบว่าด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสและความชอบรวม ของสูตรไก่ยอเสริมแป้งกล้วยร้อยละ 7 และน้ำพริกไส้อั่วร้อยละ 10 มากกว่าสูตรควบคุม ($p \leq 0.05$) ดังรูปภาพที่ 2



รูปภาพที่ 2 การยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ไก่ยอเสริมแป้งกล้วยและน้ำพริกไส้อั่ว

5. การอภิปรายผล

ผลิตภัณฑ์ไก่ยอที่เติมมันไก่มีปริมาณความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 49.07 ถึง 58.08 เมื่อเติมแป้งกล้วยและน้ำพริกไส้อั่วทำให้ผลิตภัณฑ์มีปริมาณความชื้นสูงขึ้นร้อยละ 66.58 ถึง 64.94 น้ำพริกไส้อั่วมีสมุนไพรและเครื่องเทศที่เป็นของสดมีปริมาณน้ำมาก จึงส่งผลให้ในผลิตภัณฑ์มีปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้น สำหรับไขมันสัตว์ส่วนมากเป็นไขมันอิ่มตัว จะแข็งตัวที่อุณหภูมิห้อง ทำหน้าที่ในการอุ้มน้ำ ช่วยให้เกิดลักษณะอิมัลชัน และทำให้ผลิตภัณฑ์มีความชื้นสูงขึ้น [7] จากการทดลองมันไก่ช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีค่า hardness น้อยและมีค่า cohesiveness มากที่สุด โดยทั่วไปไขมันที่เติมในการผลิตไก่ยอมีบทบาทสำคัญช่วยปรับปรุงความนุ่ม ความชุ่มฉ่ำ และกลิ่นรสเมื่อถูกสับละเอียดจนเป็นอิมัลชัน [8] ดังนั้นการเติมมันไก่จึงส่งผลต่อคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสมากกว่าสูตรอื่น สำหรับแป้งกล้วยจะมีคุณสมบัติทางกายภาพดี รวมตัวกับน้ำได้ดี คือ เมื่อได้รับความร้อนแป้งจะพองตัวใส เมื่อปล่อยให้เย็นลงจะเกิดลักษณะคล้ายวุ้น เนื่องจากแป้งกล้วยมีอะไมโลสสูงทำให้มีคุณสมบัติเฉพาะ [9] จึงมีผลต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ไก่ยอโดยมีปริมาณความชื้น ค่า Cohesiveness, Gumminess และ Chewiness สูง

การเติมมันไก่ร้อยละ 20 มีผลต่อปริมาณความชื้น ค่า Springiness, Cohesiveness คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัส และความชอบรวมมากที่สุด ($p \leq 0.05$) การเติมแป้งกล้วยร้อยละ 7 มีผลต่อคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสน้อยกว่า และส่งผลต่อค่าองค์ประกอบเนื้อสัมผัสมากกว่าสูตรที่ไม่เติมแป้งกล้วย ($p \leq 0.05$) การเสริมแป้งกล้วยร้อยละ 7 และน้ำพริกไส้อั่วร้อยละ 10 มีผลต่อปริมาณเส้นใยทั้งหมดมากกว่าสูตรควบคุม ผลิตภัณฑ์สุดท้ายมีปริมาณโปรตีนน้อยกว่าเกณฑ์ร้อยละ 13 โดยน้ำหนักเนื่องจากมีส่วนผสมของมันไก่ น้ำพริกไส้อั่ว และแป้งกล้วยแทนเนื้อไก่ในสูตร ผู้บริโภคส่วนใหญ่นั้นยอมรับในผลิตภัณฑ์ไก่ยอรสน้ำพริกไส้อั่ว โดยได้รับคะแนนความชอบในทุกด้านระดับชอบปานกลางถึงค่อนข้างชอบมาก (ค่าเฉลี่ย 7.4-7.8) ดังนั้นสูตรที่เหมาะสมในการผลิตไก่ยอรสน้ำพริกไส้อั่วประกอบไปด้วยเนื้ออกไก่ มันไก่ ผงหมูยอ น้ำแข็ง แป้งกล้วย และน้ำพริกไส้อั่วร้อยละ 43 20 9 11 7 10 ตามลำดับ ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ครั้งต่อไปควรศึกษาการเสริมกัมชนิดต่างๆ หรือเจลบุก และเพิ่มซอยโปรตีน เพื่อช่วยปรับปรุงเนื้อสัมผัส เสริมเส้นใยอาหาร และช่วยเสริมน้ำพริกจากอาหารไทยได้หลากหลายชนิดและในปริมาณที่เพิ่มขึ้น ซึ่งจะช่วยให้อาหารพื้นบ้านมีเอกลักษณ์ความเป็นไทยและมีคุณค่าทางโภชนาการเพิ่มมากขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง ผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกๆ ท่าน ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ อุปกรณ์ และเครื่องมือต่างๆ และอำนวยความสะดวกในการศึกษาทดลองครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

นิรนาม. (2559). ไส้อั่ว, สืบค้น 7 มีนาคม 2563 จาก https://th.wikipedia.org/wiki.

กระทรวงอุตสาหกรรม. (2549). มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนไก่ยอ เลขที่ 1332. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. .

รุ่งอรุณ ฉัตรพงศ์เลอเลิศ และอัจฉรา ดลวิทยาคุณ. (2557). การพัฒนาผลิตภัณฑ์หมูยอรสพะแนง. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชมงคลล้านนา ตาก, 7 หน้า.

นภาพร ดีสนาม. (2558). เอกสารประกอบการสอนวิชา เทคโนโลยีผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ สัตว์ปีก และประมง. สาขาอุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง, 155 หน้า.

AOAC. (2000). Official methods of analysis of association of official chemists, 17th ed. The Association of official Analytical Chemists Inc, Washington DC.

จุฑา พีรพัชระ. (2554). การเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์แปรรูปจากกล้วยเพื่อใช้ประโยชน์เชิงพาณิชย์. ศูนย์คลินิกเทคโนโลยี สถาบันวิจัยและพัฒนา. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร. กรุงเทพฯ, 5 หน้า.

ชัยพฤกษ์ หงษ์ลัดดาพร, สว่าง กุลวงษ์ และศรีสุดา ศิริเหล่าไพศาล. (2560). ผลของระดับไขมันและแหล่งไขมันในอาหารต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตในไก่เนื้อ. วารสารแก่นเกษตร, 45(1), หน้า 256-260.

พาชื่น เชิดชู, ชมพู่ ยิ้มโต และประดิษฐ์ หนองคำไผ่. (2551). การพัฒนาผลิตภัณฑ์หมูยอลดไขมันเสริมสมุนไพรแกงเขียวหวาน. รายงานผลโครงการวิจัยงบประมาณ 2550 สาขาวิชาอาหารและโภชนาการ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี จ.ปทุมธานี.

นรินทร์ เจริญพันธ์. (2557). แป้งกล้วย. คณะเทคโนโลยีการเกษตร วิทยาเขตสระแก้ว มหาวิทยาลัยบูรพา.

วารสารวิจัยเทคโนโลยีนวัตกรรม I Journal of Innovative Technology Research
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา 98 หมู่ 8 ตำบลป่าป้อง อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ 50220
Website: https://so04.tci-thaijo.org/index.php/JIT/index E-mail: jitr.rmutl@gmail.com

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

สถาบันวิจัยและพัฒนา
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
98 หมู่ 8 ต.ป่าป้อง อ.ดอยสะเก็ด จ.เชียงใหม่ 50220
https://so04.tci-thaijo.org/index.php/JIT/index