



คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์
Faculty of Liberal Arts and Sciences

STJS

Science and Technology Journal of Sisaket Rajabhat University

วารสาร วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ

Print ISSN : 2730-3977

Online ISSN : 2773-9309

ปีที่ 2 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม - ธันวาคม 2565
Vol.2 No.2 July - December 2022



เจ้าของ	คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ	
คณะที่ปรึกษา	อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ คณบดีคณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ รองคณบดีคณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ ผู้ช่วยคณบดีคณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ หัวหน้าสำนักงานคณบดีคณะศิลปศาสตร์ฯ	มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ
บรรณาธิการ	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เตชภณ ทองเต็ม	คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ
กองบรรณาธิการ	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พัชรพรรณ ลิทธิศาสตร์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กนิษฐา อินธิจิต ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนุวัฒน์ ศรีสุวรรณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิริพร ยศแสน นางอำพร ไกรกลาง	คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์
บรรณาธิการผู้ทรงคุณวุฒิ (Peer Reviewers)	ศาสตราจารย์ ดร.ปรีชา ประเทพา ศาสตราจารย์ ดร.สิงหนาท พวงจันทร์แดง ศาสตราจารย์ ดร.ศิริธร ศิริอมรพรรณ รองศาสตราจารย์ ดร.จิรัชญา อายะวรรณ รองศาสตราจารย์ ดร.นนทพงษ์ พลพวก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรัญญา บุญธิจักร ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิรายุส วรรณโกคา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรอนงค์ แสงผ่อง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิราวรรณ อุ้นเมตตาอารี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิตตะวัน กุโบล ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กนกกาญจน์ จิรศิริเลิศ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เจษฎา โพนแก้ว ผู้ช่วยศาสตราจารย์พิศาล สุขชี ดร.โยธิน ดีไธสง ดร.วทีญญา นามบุรี ดร.วัชรวัฒน์ ครองเคหา ดร.สุรีย์พร บุญนา ดร.จิรนนท์ แก้วมา ดร.กนกพร บุญจูบุตร ดร.กาญจนา ดงสงคราม ดร.พีรศุขย์ บุญมาธรรม ดร.จิรนนท์ รัตสีวอ ดร.ธนะพัฒน์ ทักสินทร์	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม มหาวิทยาลัยขอนแก่น มหาวิทยาลัยมหาสารคาม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ มหาวิทยาลัยบูรพา มหาวิทยาลัยนครพนม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล รัตนโกสินทร์ พื้นที่บึงพิตรพิมุข จักรวรรดิ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ตะวันออก วิทยาเขตจันทบุรี มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา วิทยาเขตสตูล มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ



วัตถุประสงค์

เพื่อส่งเสริมให้คณาจารย์ นักวิจัย นักวิชาการ นิสิตนักศึกษา และผู้สนใจทั่วไปได้เผยแพร่ผลงานวิชาการและผลงานวิจัย ตลอดจนได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็นทางวิชาการในสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยมุ่งเน้นในกลุ่มสาขาวิชาที่มีการเปิดสอนในคณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ ได้แก่ กลุ่มสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีประยุกต์ ซึ่งประกอบด้วยสาขาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์และดิจิทัล สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ สาขาวิศวกรรมซอฟต์แวร์ สาขาวิศวกรรมโลจิสติกส์ สาขาเทคโนโลยีโยธาและสถาปัตยกรรม สาขาออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สาขาเทคโนโลยีการจัดการอุตสาหกรรม สาขาเทคโนโลยีการเกษตร สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม และกลุ่มสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ ได้แก่ สาขาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย สาขาสาธารณสุขชุมชน และสาขาวิทยาศาสตร์การกีฬา

ลิขสิทธิ์

กองบรรณาธิการวารสาร จะไม่รับพิจารณาบทความที่เป็นการละเมิดลิขสิทธิ์ ในกรณีที่มีการละเมิดลิขสิทธิ์ขึ้น ทางผู้เขียนเป็นผู้รับผิดชอบแต่เพียงฝ่ายเดียว

หมายเหตุ

วารสารราย 6 เดือน เผยแพร่ทุก ๆ กลางเดือนมิถุนายน และธันวาคม บทความที่ดีพิมพ์ในวารสารเป็นทัศนะ ลิขสิทธิ์ และความรับผิดชอบของผู้เขียนเจ้าของผลงาน



บทบรรณาธิการ

หากจะกล่าวถึงสถานการณ์เด่นของประเทศไทยในช่วง 6 เดือนที่ผ่านมา นั้น ถึงแม้ว่าสถานการณ์โดยรวมของการแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (COVID-19) จะมีแนวโน้มที่ดีขึ้น ประชาชนชาวไทยเริ่มเดินทางท่องเที่ยวมากขึ้น โดยเฉพาะในเขตเมืองท่องเที่ยวหลักพบว่ามีย่านท่องเที่ยวชาวต่างชาติเดินทางเข้ามาท่องเที่ยวในประเทศไทยเพิ่มขึ้นเป็นอย่างมาก ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าช่วงนี้เศรษฐกิจไทยกำลังฟื้นตัวหลังยุคโควิดที่มีมาอย่างยาวนานก็ว่าได้ แต่ก็ได้มีเหตุการณ์ที่ไม่คาดฝัน ทำให้ประชาชนไทยทั้งประเทศต้องพากันตกใจอีกครั้ง เมื่อแถลงการณ์สำนักพระราชวังเรื่อง สมเด็จพระเจ้าลูกเธอ เจ้าฟ้าพัชรกิติยาภา นเรนทิราเทพยวดี กรมหลวงราชสาริณีสิริพัชร มหาวัชรราชธิดา ทรงพระประชวร ประกาศออกมาตามสื่อต่าง ๆ ทำให้ประชาชนรวมถึงหน่วยงานราชการหลายหน่วยงานต่างได้ร่วมใจกันสวดมนต์ขอพรให้พระองค์ทรงหายจากพระอาการประชวร และในนามกองบรรณาธิการวารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ ขอให้พระองค์ทรงหายจากพระอาการประชวรและมีพระพลานามัยสมบูรณ์แข็งแรงในเร็ววัน

สำหรับ วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ (Science and Technology Journal of Sisaket Rajabhat University) เล่มนี้ ได้ทำการเผยแพร่เป็น ปีที่ 2 ฉบับที่ 2 มีบทความวิจัยและบทความวิชาการที่น่าสนใจ จำนวนทั้งสิ้น 8 บทความ ผู้สนใจสามารถค้นคว้าได้ทั้งในรูปแบบออนไลน์และรูปเล่มวารสาร ซึ่งสำหรับสมาชิกวารสารและผู้สนใจทั่วไปที่จะส่งบทความวิจัยเพื่อเผยแพร่ในวารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษของเราในฉบับต่อ ๆ ไป สามารถส่งบทความได้ที่ <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/STJS/> โดยวารสารของเราเปิดรับบทความตลอดทั้งปี มีกำหนดเผยแพร่ปีละ 2 ฉบับ โดยฉบับที่ 1 เผยแพร่ในช่วงเดือน มกราคม - มิถุนายน และฉบับที่ 2 เผยแพร่ในช่วงเดือน กรกฎาคม - ธันวาคม ของทุกปี

สุดท้ายนี้เนื่องในโอกาสวันขึ้นปีใหม่ พ.ศ. 2566 ที่กำลังจะมาถึงในอีกไม่กี่วันข้างหน้า กระผมในนามกองบรรณาธิการขออวยพรให้ทุกท่านมีสุขภาพพลานามัยที่แข็งแรง มีกำลังร่างกายและแรงใจสำหรับพัฒนาผลงานวิชาการที่มีคุณภาพอย่างต่อเนื่อง ทั้งนี้เพื่อพัฒนาประเทศไทยให้เจริญก้าวหน้ายิ่งขึ้นต่อไป

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เตชณณ ทองเต็ม)

บรรณาธิการ

ธันวาคม 2565



สารบัญ

บทความวิจัย	หน้า
การจำแนกอารมณ์ของมนุษย์จากการรู้จำเสียงพูดโดยใช้การเรียนรู้เชิงลึก ศรัณญา กาญจนวัฒนา อัษฎายุธ จารัตน์ และปัญญาชลี ปราณีตพลกรัง	1-11
ผลของสารสกัดชาเขียวต่อคุณภาพของครีมชีสสเปรด จิรายุส วรรัตน์โกคา ศศิธร อินทร์นอก สุมาลี มุสิกกา ธวัชชัย แดนกระโทก กิตติศักดิ์ เต็มเกษม และปฐาภรณ์ แจ่มสูงเนิน	12-22
การพัฒนาเคลือบดอกซากุระโดยใช้ निकเกิลออกไซด์เป็นสารให้สี ธมลวัฒน์ หิรัญชาติอนันต์	23-31
การลดระยะเวลาและเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตน้ำดื่มบรรจุขวด : กรณีศึกษา โรงงานสหกรณ์การเกษตรยางชุมน้อย จำกัด อำเภอขามเฒ่า จังหวัดศรีสะเกษ โชติรส นพพลกรัง และพรทิศา ถามะพันธ์	32-42
การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อจัดจำหน่ายสินค้าวิสาหกิจชุมชน กรณีศึกษา กลุ่มผลิตหมวกยางพารา อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง ภิราภรณ์ บุตรชอ อรยา อินตะขิล เนตรดาว โทธรัตน์ และพิมาย วงค์ทา	43-53
สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตกระเทียมดำต่อคุณสมบัติทางกายภาพ และเคมีของผลิตภัณฑ์กระเทียมดำ จิรายุ มุสิกกา ธนวรรณ มุสิกกา และพนารัตน์ สังข์อินทร์	54-62
การคัดแยกแอคติโนไมซีที่สร้างสารสีจากดินร้งปลวก มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ นฤมล รุ่งเรือง ปิยธิดา สีทา ศศิณา จรรยา วารัตน์ แสนมานิช และทัย กาบบัว	63-69
บทความวิชาการ	
ปัจจัยที่มีผลต่อแนวโน้มและข้อเสนอแนะการบริโภคอาหารคลีนเพื่อสุขภาพในทศวรรษ 2020 กมลวรรณ พงษ์กุล	AA1-AA9

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ
(Science and Technology Journal of Sisaket Rajabhat University)
(บทความวิจัย)



การจำแนกอารมณ์ของมนุษย์จากการรู้จำเสียงพูดโดยใช้การเรียนรู้เชิงลึก Classification of Human Emotion from Speech Recognition Using Deep Learning

ศรัญญา กาญจนวัฒนา^{1*} อัษฎายุธ จารัตน์¹ และ ปัญญชลี ปราณีตพลกรัง²

Sarunya Kanjanawattana^{1*} Atsadayoot Jarat¹ and Panchalee Praneetpholkkrang²

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี¹

สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการ สำนักวิชาเทคโนโลยีสังคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี²

School of Computer Engineering, Institute of Engineering, Suranaree University of Technology¹

School of Management Technology, Institute of Social Technology, Suranaree University of Technology²

*Corresponding Author: Sarunya.k@sut.ac.th

ข้อมูลบทความ	บทคัดย่อ
ประวัติบทความ: รับเพื่อพิจารณา: 29 ธันวาคม 2564 แก้ไข: 10 กรกฎาคม 2565 ตอบรับ: 20 กรกฎาคม 2565	อารมณ์ของมนุษย์เป็นกระบวนการทางจิตที่ตอบสนองต่อสิ่งเร้าที่เกิดขึ้นรอบตัวและมีความซับซ้อนสูง ซึ่งเป็นกลไกทำให้มนุษย์ปรับตัวและการแสดงออกทางอารมณ์ในสถานการณ์ต่าง ๆ อย่างไรก็ตามในสถานการณ์เดียวกันนั้นมนุษย์มีการแสดงอารมณ์แตกต่างกัน ทำให้การที่จะเข้าถึงและจับความรู้สึกของผู้อื่นได้อย่างถูกต้องนั้นเป็นเรื่องยาก การคาดเดาอารมณ์ของคู่สนทนา ทำให้เกิดการตัดสินใจและการกระทำที่เหมาะสมต่อสถานการณ์ เช่น การรักษาผู้ป่วยที่เป็นโรคซึมเศร้าหรือผู้ที่ต้องการได้รับการบำบัดทางจิต การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์คือ เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างโมเดล Convolution Neuron Networks (CNN) และ Long Short-Term Memory (LSTM) และเพื่อหาโครงสร้างโมเดลที่เหมาะสมในการจำแนกอารมณ์จากเสียง โดยได้มีการดำเนินการทดลองกับการปรับแต่งค่าต่างๆ ของ LSTM และ CNN ซึ่งผลการทดลองพบว่า LSTM ที่มีระดับชั้น 4 เหมาะสมกับการจำแนกอารมณ์จากเสียงพูดของมนุษย์ในงานวิจัยนี้ได้พัฒนาแบบจำลองโดยใช้เทคนิคการเรียนรู้เชิงลึกในการจำแนกอารมณ์จากเสียงของมนุษย์ มี 5 อารมณ์ประกอบด้วย ปกติ โกรธ ประหลาดใจ มีความสุขและเศร้า

Article Info	Abstract
Article History: Received: December 29, 2021 Revised: July 10, 2022 Accepted: July 20, 2022	Human emotions are complex mental processes that respond to surrounding stimulators. It is a mechanism that allows humans to adjust themselves and express their emotions in various situations. In a particular situation, humans can manifest their emotions diversely. Therefore, it is difficult to



Keywords:	catch and understand the actual emotions. Predicting the
Human Emotions/	interlocutors' emotions help to decide proper actions for
Classification/Long Short-Term	specific situations such as for treating patients with depression
Memory/Convolution Neuron	or those who need psychotherapy. This study develops deep
Networks/Speech Recognition	learning models to classify human emotions by using human

	speech. Then, humans' voices are classified based on five
	emotional types including normal emotion, anger, surprise,
	happiness, and sadness. The objectives of this study are to 1)
	compare the performances of two classifying models i.e.,
	Convolution Neuron Networks (CNN), and Long Short-Term
	Memory (LSTM), and 2) propose the most appropriate model
	for classifying humans' emotions from speech recognition. It
	reveals that classification results generated by LSTM
	outperform CNN. With LSTM, there are four classes to recognize
	humans' speech emotions such as normal, angry, surprised,
	happy, and sad.

1. บทนำ

อารมณ์เป็นกระบวนการทางจิตของมนุษย์ที่ตอบสนองต่อสิ่งเร้าที่เกิดขึ้นรอบตัว ซึ่งมีความซับซ้อนและเป็นประสบการณ์ส่วนบุคคล หนึ่งในทฤษฎีที่มีการอธิบายการแสดงออกทางอารมณ์ของมนุษย์ คือ ทฤษฎีวิวัฒนาการ [1] ได้กล่าวถึงอารมณ์ว่า เป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้สิ่งมีชีวิตสามารถดำรงเผ่าพันธุ์ได้ผ่านกระบวนการปรับตัวและการแสดงออกทางอารมณ์เป็นการช่วยให้มนุษย์สามารถทำนายหรือคาดเดาพฤติกรรม ซึ่งทำให้ง่ายต่อการแสดงพฤติกรรมตอบโต้สิ่งนั้นๆ แต่พบว่าในสถานการณ์เดียวกันนั้นมนุษย์มีการแสดงอารมณ์แตกต่างกัน ทำให้การที่จะเข้าถึงและจับความรู้สึกของผู้อื่นได้อย่างถูกต้องนั้นเป็นเรื่องยาก รวมทั้งมีกรณีที่เมื่อมนุษย์อยู่ในอารมณ์ความรู้สึกเดียวกันแต่มีการแสดงออกที่ต่างกัน และในบางสถานการณ์หากเรารับรู้อารมณ์ของผู้ที่สนทนาได้เข้าเกินไป อาจนำไปสู่เหตุการณ์ที่ไม่คาดคิดได้ เช่น การรักษาผู้ป่วยที่เป็นโรคซึมเศร้าหรือผู้ที่ต้องการได้รับการบำบัดทางจิต [2-3] การแสดงออกทางอารมณ์ของผู้ได้รับการบำบัดจะช่วยให้ผู้บำบัดหรือแพทย์ผู้รักษาส่งเสริมวิธีการรักษาได้อย่างแม่นยำและมีประสิทธิภาพมากขึ้น ในทางกลับกันถ้าหากเราสามารถรับรู้อารมณ์ได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำมากขึ้น จะทำให้เราสามารถตอบสนองต่อความต้องการที่แตกต่างกันของมนุษย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น เช่น การประยุกต์ใช้ในการตรวจจับอารมณ์ของลูกค้าที่มาใช้บริการ เพื่อปรับปรุงแนวทางการให้บริการต่อไป เป็นต้น

ในปัจจุบันปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence: AI) เป็นเทคโนโลยีที่เข้ามามีบทบาทและความสำคัญต่อชีวิตมนุษย์ในยุคดิจิทัลมากขึ้น เพื่ออำนวยความสะดวกสบายในการใช้ชีวิตประจำวันของมนุษย์ โดยทั่วไปแล้วการตรวจจับอารมณ์ของมนุษย์สามารถวิเคราะห์ได้จากการแสดงออกผ่านทางใบหน้า มีงานวิจัยทางด้านปัญญาประดิษฐ์จำนวนมากศึกษากระบวนการตรวจจับอารมณ์ของมนุษย์ผ่านทางใบหน้า ซึ่งได้มีความพยายามในการเพิ่มความแม่นยำและประสิทธิภาพให้สูงขึ้น Piyapong, et al. [4] ได้นำเสนอวิธีในการตรวจจับใบหน้าและ



ทำการจำแนกอารมณ์โดยใช้การเรียนรู้เชิงลึก มีตรวจจับวัตถุด้วย Object Detection API และการจำแนกประเภทด้วยสถาปัตยกรรม mini-Xception ได้มุ่งเน้นในการวิเคราะห์อารมณ์ 4 กลุ่ม คือ อารมณ์โกรธ อารมณ์เศร้า มีความสุข และอารมณ์ปกติ โดยมีความแม่นยำอยู่ที่ 76.23% ในอีกงานวิจัยหนึ่ง Song, et al. [5] พัฒนาแอปพลิเคชันในการตรวจจับอารมณ์บนใบหน้าผ่านสมาร์ทโฟน ซึ่งได้ใช้ 65,000 นิวรอน 5 ระดับชั้นในโครงข่ายของ Artificial Neuron Networks และได้ใช้วิธีที่ชื่อว่า Dropout ในการแก้ปัญหา Overfitting

อย่างไรก็ตามจากการวิเคราะห์งานวิจัยในอดีตที่ผ่านมา [4, 6] พบว่าในการแสดงออกบางอารมณ์ เช่น โกรธ และ เศร้า บนใบหน้าของมนุษย์ มีการแสดงออกที่คล้ายคลึงกันและส่งผลให้ความแม่นยำในการจำแนกอารมณ์ด้วยใบหน้าของมนุษย์ลดลง อีกทั้งการแสดงออกทางใบหน้าที่ของแต่ละคนไม่เหมือนกันแม้จะอยู่ในอารมณ์เดียวกัน ดังนั้นเพื่อลดช่องว่างของการจดจำอารมณ์จากใบหน้ามนุษย์เพียงอย่างเดียว การใช้เสียงของมนุษย์จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการตรวจจับอารมณ์แทนที่จะเป็นใบหน้า [7]

ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยและคณะได้พัฒนาแบบจำลองโดยใช้เทคนิคการเรียนรู้เชิงลึกในการจำแนกอารมณ์จากเสียงของมนุษย์ มี 5 อารมณ์ประกอบด้วย ปกติ โกรธ ประหลาดใจ มีความสุขและเศร้า จุดประสงค์ของงานวิจัยคือเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างโมเดล Convolution Neural Networks (CNN) และ Long Short-Term Memory (LSTM) และเพื่อหาโครงสร้างโมเดลที่เหมาะสมในการจำแนกอารมณ์จากเสียง ทั้ง 2 อัลกอริทึมมีโครงสร้างโมเดลที่เหมาะสมกับการเรียนรู้ข้อมูลที่มีความซับซ้อนได้ดี CNN มักจะเป็นโมเดลที่ทำงานกับข้อมูลประเภทรูปภาพแต่ก็สามารถทำงานกับข้อมูลเสียงได้เช่นกัน ยกตัวอย่างเช่น ในงานวิจัยของ Abdul Malik Badshah, et al. [8] ได้นำเสนอวิธีการเรียนรู้จดจำอารมณ์จากเสียงพูดโดยใช้ spectrogram ร่วมกับ CNN ข้อมูลที่ใช้ คือชุดข้อมูลของ Berlin emotion จากนั้นได้ทำการฝึกฝนกับ AlexNet ซึ่งได้ผลปรากฏว่า แบบจำลองที่ถูกพัฒนาขึ้นให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าแบบจำลองที่ได้มีการปรับแต่ง Sathit Prasomphan [9] ได้พัฒนาอัลกอริทึมใหม่ที่ใช้สำหรับในการตรวจจับอารมณ์ของมนุษย์โดยใช้คำพูด ที่ถูกแปลงให้อยู่ในรูปของ spectrogram แบบจำลองที่ใช้คือ Neural network แหล่งข้อมูลคือ ฐานข้อมูล Berlin emotion และ Audiovisual Thai Emotion ผลของการทดลองแสดงให้เห็นว่า แบบจำลองที่พัฒนาขึ้นให้ประสิทธิภาพที่ดี งานวิจัยทั้ง 2 งานได้ใช้ CNN ร่วมกับข้อมูลเสียงเพื่อทำการจำแนกอารมณ์ แต่มีวิธีการจัดการข้อมูลเสียงโดยแปลงให้เป็นสเปกโตรแกรมก่อนนำเข้าสู่โมเดล ซึ่งจะเป็นการนำจุดแข็งของ CNN มาใช้กับข้อมูลเสียง และ LSTM เป็นโมเดลที่ทำงานร่วมกับข้อมูลที่เป็น Time-series เช่น คลื่นสัญญาณต่าง ๆ ข้อมูลหุ้นหรือข้อมูลที่เป็นลักษณะ Transaction ที่ขึ้นกับเวลา เป็นต้น ในงานวิจัยของ [8] ได้ใช้ข้อมูลเสียงร่วมกับ LSTM เพื่อจำแนกอารมณ์ โดยวิเคราะห์ถึงระดับเฟรมของเสียงพูด ซึ่งจะเห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างช่วงเวลาและลำดับของเฟรม จากเหตุผลดังกล่าว ในงานวิจัยนี้จึงได้เลือก CNN และ LSTM ในการประมวลผลเนื่องจากอัลกอริทึมมีกระบวนการที่ใช้ในการจัดการข้อมูลอย่างเหมาะสม

CNN และ LSTM เป็นอัลกอริทึมที่มีพื้นฐานมาจาก Artificial Neural Network (ANN) ดังนั้นโดยหลักการแล้วทั้ง 3 อัลกอริทึมมีการทำงานที่คล้ายกันมาก CNN หรือโครงข่ายประสาทแบบคอนโวลูชันมีความสามารถจำลองการมองเห็นของมนุษย์ที่มองพื้นที่ที่สนใจเป็นส่วนย่อย ๆ และนำกลุ่มของพื้นที่เหล่านั้นมาผสมกัน เพื่อพิจารณาว่าสิ่งที่มองอยู่คืออะไร ดังนั้นในส่วนการทำงานของ CNN จึงต้องอาศัยหลักการทางคณิตศาสตร์มารองรับเพื่อให้ CNN สามารถทำงานตามแนวคิดของมนุษย์ได้ CNN มีโครงสร้างสำคัญ 2 ส่วน คือ Feature Extraction ที่ทำหน้าที่ดึงคุณลักษณะที่ใช้ในการรู้จำวัตถุออกมาโดยใช้ Filter และ Classification ทำหน้าที่จำแนกประเภทของการรู้จำวัตถุ ซึ่งเป็นการทำงานของ ANN ในส่วน LSTM ได้ถูกพัฒนามาจาก Recurrent Neural Network (RNN) การทำงานของ RNN และ LSTM ใช้หลักการเดียวกันกับ ANN ต่างกันที่ระหว่างการ



ฝึกสอนข้อมูลที่เข้าไปใน Neuron สามารถนำเอาความรู้ที่เกิดขึ้นก่อนหน้ามาบวกกับข้อมูลเข้าตัวใหม่ที่เข้ามา เพื่อเกิดการเรียนรู้จากลำดับก่อนหน้า

2. วิธีดำเนินการวิจัย

2.1 เทคโนโลยีที่เลือกใช้

ภาษาหลักที่ใช้ คือ Python3 โดยมี Library หลัก ๆ คือ TensorFlow เป็นเครื่องมือในการสร้างโมเดล Librosa ใช้สำหรับการสกัดคุณลักษณะของข้อมูล Pandas ใช้สำหรับการสร้างชุดข้อมูล Numpy เป็นเครื่องมือในการจัดการค่าต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์และ Matplotlib เป็นเครื่องมือในการช่วยแสดงผลลัพธ์ให้เข้าใจง่ายมากขึ้น

2.2 แหล่งข้อมูลเพื่อการวิจัย

ในงานวิจัยนี้ได้รวบรวมข้อมูล 2 ส่วนคือ ส่วนที่ 1 คือ ข้อมูลเสียงพูดที่ผู้วิจัยได้รวบรวมมาเอง แบ่งเป็น 5 อารมณ์ ประกอบด้วย โกรธ ปกติ ประหลาดใจ มีความสุข และเศร้า มีจำนวนราว 500 ข้อมูล เป็นเฉพาะเสียงพูดภาษาไทยเท่านั้น ส่วนที่ 2 คือ ข้อมูลจาก AIResearch.in.th มีจำนวนข้อมูลทั้งหมด 27,854 ข้อมูล แบ่งเป็นอารมณ์ปกติ 7,360 ข้อมูล อารมณ์โกรธ 3,112 ข้อมูล อารมณ์สุข 4,071 ข้อมูล อารมณ์เศร้า 2,781 ข้อมูล อารมณ์หงุดหงิด 7,861 ข้อมูล อารมณ์อื่น ๆ 5 ข้อมูล และไม่มีความเห็นพ้อง 2664 ข้อมูล

2.3 ระเบียบวิธีการวิจัย

2.3.1 การจัดเตรียมข้อมูล

ก่อนนำไปฝึกสอน ข้อมูลเข้าถูกดึงค่าคุณลักษณะด้วย Mel Frequency Cepstral Coefficients (MFCCs) และตัดข้อมูลที่มีความช่วงค่ายาวน้อยเกินไปและข้อมูลที่ผู้วิจัยพิจารณาแล้วไม่สามารถใช้ได้ออกไปจากชุดข้อมูล MFCCs เป็นวิธีการที่เป็นที่นิยมอย่างมากในการดึงคุณสมบัติสำคัญที่อยู่ในข้อมูลเสียงออกมาให้แสดงอยู่ในรูปของเวกเตอร์ MFCCs สามารถแสดงถึงเสียงความถี่ต่ำได้ดี ซึ่งมนุษย์นั้นได้ยินเสียงความถี่ต่ำได้ดีกว่าเสียงที่มีความถี่สูง เมื่อได้ค่าคุณลักษณะที่สำคัญและเหมาะสมกับการนำมาเรียนรู้แล้ว ได้ทำการแบ่งข้อมูลเป็น 3 ส่วนแบบสุ่ม ประกอบด้วย ชุดข้อมูลสำหรับการฝึก เป็นสัดส่วนร้อยละ 70 ของชุดข้อมูล โดยแต่ละคลาสมีจำนวนข้อมูลประมาณ 3,000 ข้อมูล ชุดข้อมูลสำหรับการตรวจสอบ เป็นสัดส่วนร้อยละ 15 ของชุดข้อมูล และชุดข้อมูลสำหรับการทดสอบ เป็นสัดส่วนร้อยละ 15 ของชุดข้อมูล โดยข้อมูลที่ถูกแบ่งนี้จะทำการแบ่งโดยคำนึงถึงความสมดุลของคลาสอารมณ์เป้าหมายด้วย (Balanced data)

2.3.2 การฝึกสอนแบบจำลอง

ในงานวิจัยนี้ ได้เลือก 2 อัลกอริทึม คือ CNN และ LSTM มาทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพกัน เพื่อค้นหาโมเดลที่เหมาะสมสำหรับการจำแนกอารมณ์จากเสียงพูด โดยผู้วิจัยได้นำชุดข้อมูลสำหรับการฝึกมาสอนโมเดลของทั้ง 2 อัลกอริทึมนี้ ดังนั้นโมเดลที่ได้จะมีการเรียนรู้มาจากข้อมูลชุดเดียวกัน คลาสเป้าหมายที่เหมือนกันนั้นจึงนำชุดข้อมูลสำหรับการทดสอบมาประเมินโมเดลที่ได้เพื่อพิจารณาเปรียบเทียบความน่าเชื่อถือของโมเดลทั้ง 2 ตัว

3. การทดลองและผลการทดลอง

3.1 การทดลองเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่าง CNN และ LSTM

กำหนดให้โครงสร้างของ CNN และ LSTM ที่ใช้ในการทดลองนี้แสดงในรูปที่ 1 และ 2 ตามลำดับ เมื่อนำข้อมูลที่เตรียมไว้ฝึกสอนและทดสอบโมเดลได้ผลปรากฏว่า การฝึกโมเดล CNN มีค่าการสูญเสียของโมเดลที่



ด้วยชุดข้อมูลฝึกฝนใน epoch ที่ 500 มีค่า 1.334 และค่าการสูญเสีย (Loss Function) ของโมเดลที่ด้วยชุดข้อมูลทดสอบใน epoch ที่ 500 มีค่า 1.117 ดังที่แสดงในรูปที่ 3 และมีความแม่นยำอยู่ที่ร้อยละ 42.06 สำหรับการฝึกโมเดล LSTM มีค่าการสูญเสียของโมเดลที่ด้วยชุดข้อมูลฝึกฝนใน epoch ที่ 500 มีค่า 0.142 และค่าการสูญเสียของโมเดลที่ด้วยชุดข้อมูลตรวจสอบความถูกต้องใน epoch ที่ 500 มีค่า 0.160 ดังที่แสดงในรูปที่ 4 และมีความแม่นยำอยู่ที่ร้อยละ 40.80 ในการทดลอง ผู้วิจัยเลือก epoch ที่ 500 เนื่องจากเป็นจุดที่ค่าการสูญเสียต่ำลงอย่างต่อเนื่องและให้ค่าความแม่นยำดีที่สุด

ในการทดลอง ผู้วิจัยได้ทำการกำหนดค่า Hyperparameter ของแบบจำลองเป็นค่าปกติที่ทางไลบรารี Keras ได้ทำการกำหนดไว้ให้แล้ว การกำหนดค่า epoch เป็นการกำหนดโดยพิจารณาจากค่าความสูญเสีย (Loss) ขณะการฝึกฝน โดยได้เลือก epoch ที่ได้รับค่า Loss น้อยที่สุดที่ผู้วิจัยรับได้ ในที่นี้จึงใช้ค่า epoch ที่ 500 ตามที่แสดงในรูปที่ 3 และ 4

ค่าการสูญเสีย (Loss Function) เป็นค่าที่แสดงถึงเป้าหมายของการฝึกสอนของโมเดล โดยถ้าหากมีค่าสูญเสียสูง หมายความว่า การฝึกสอนของโมเดลยังไม่ถึงเป้าหมายที่ตั้งไว้ การนำโมเดลที่มีค่าสูญเสียสูงมาใช้งานอาจได้รับผลที่ไม่ถูกต้องหรือมีความแม่นยำต่ำได้ โดยการลดค่าสูญเสียสามารถทำได้โดยการเพิ่มจำนวน Epoch ซึ่งเป็นจำนวนรอบของโมเดลเพื่อฝึกสอน ในทางกลับกันถ้าค่าสูญเสียต่ำมากจนถึงจุดที่เป็นเป้าหมายหรือผู้วิจัยสามารถรับได้แล้ว สามารถนำเอาโมเดลดังกล่าวไปใช้งานได้ ดังนั้นในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ใช้ค่าสูญเสียและค่าความแม่นยำเป็นตัววัดประสิทธิภาพของแบบจำลอง

จากการพิจารณาค่าสูญเสียของข้อมูลทดสอบของโมเดล 2 ตัวที่ epoch ที่ 500 เห็นได้ว่า ถึงแม้ว่า CNN ให้ความแม่นยำสูงกว่า LSTM เล็กน้อยแต่โมเดล LSTM ให้ค่าสูญเสียน้อยกว่า CNN อย่างชัดเจน ดังนั้นเราจึงเลือกใช้ LSTM ในการจำแนกอารมณ์จากเสียง

Model: "sequential"

Layer (type)	Output Shape	Param #
conv1d (Conv1D)	(None, 216, 256)	1536
activation (Activation)	(None, 216, 256)	0
conv1d_1 (Conv1D)	(None, 216, 128)	163968
activation_1 (Activation)	(None, 216, 128)	0
dropout (Dropout)	(None, 216, 128)	0
max_pooling1d (MaxPooling1D)	(None, 27, 128)	0
conv1d_2 (Conv1D)	(None, 27, 128)	82048
conv1d_3 (Conv1D)	(None, 27, 128)	82048
activation_2 (Activation)	(None, 27, 128)	0
flatten (Flatten)	(None, 3456)	0
dense (Dense)	(None, 20)	69140
dense_1 (Dense)	(None, 5)	105
activation_3 (Activation)	(None, 5)	0

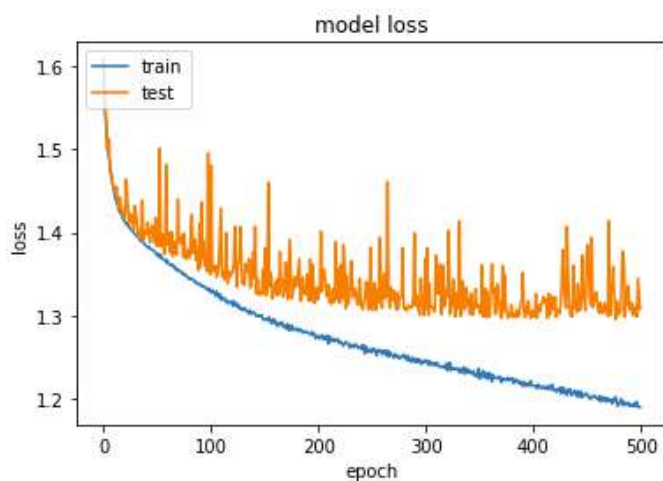
ภาพที่ 1 โครงสร้างของ CNN ที่ใช้ในงานวิจัยนี้



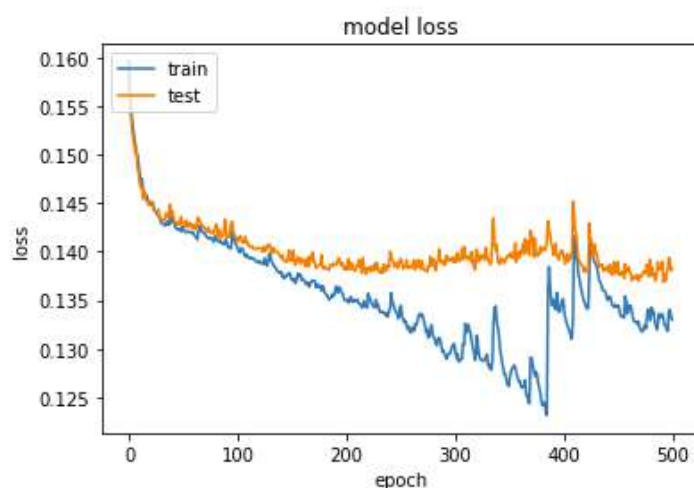
Model: "sequential_1"

Layer (type)	Output Shape	Param #
lstm_5 (LSTM)	(None, 216, 128)	66560
lstm_6 (LSTM)	(None, 216, 64)	49408
lstm_7 (LSTM)	(None, 216, 32)	12416
lstm_8 (LSTM)	(None, 216, 16)	3136
lstm_9 (LSTM)	(None, 8)	800
dense_1 (Dense)	(None, 5)	45

ภาพที่ 2 โครงสร้างของ LSTM ที่ใช้ในงานวิจัยนี้



ภาพที่ 3 ค่าสูญเสีย (Loss) การฝึกสอนและทดสอบโมเดล CNN



ภาพที่ 4 ค่าสูญเสีย (Loss) การฝึกสอนและทดสอบโมเดล LSTM



3.2 การทดลองเพื่อหาโครงสร้างโมเดลที่เหมาะสมในการจำแนกอารมณ์จากเสียง

จากผลการทดลองที่ 3.1 ได้พบว่า LSTM เหมาะสมกับการจำแนกอารมณ์จากเสียงมากกว่า CNN เนื่องจากค่าสูญเสียที่ได้ต่ำกว่า ดังนั้นในการทดลองนี้จึง ทำการปรับโครงสร้าง LSTM เป็นรูปแบบต่างกัน 3 รูปแบบ ดังภาพที่ 5ก-5ค

Layer (type)	Output Shape	Param #
lstm (LSTM)	(None, 216, 128)	66560
lstm_1 (LSTM)	(None, 216, 64)	49408
lstm_2 (LSTM)	(None, 216, 32)	12416
lstm_3 (LSTM)	(None, 216, 16)	3136
lstm_4 (LSTM)	(None, 8)	800
dense (Dense)	(None, 3)	27

5ก

Layer (type)	Output Shape	Param #
lstm (LSTM)	(None, 216, 128)	66560
lstm_1 (LSTM)	(None, 216, 64)	49408
lstm_2 (LSTM)	(None, 216, 32)	12416
lstm_3 (LSTM)	(None, 16)	3136
dense (Dense)	(None, 3)	51

5ข

Layer (type)	Output Shape	Param #
lstm (LSTM)	(None, 216, 128)	66560
lstm_1 (LSTM)	(None, 216, 128)	131584
lstm_2 (LSTM)	(None, 216, 64)	49408
lstm_3 (LSTM)	(None, 216, 32)	12416
lstm_4 (LSTM)	(None, 216, 16)	3136
lstm_5 (LSTM)	(None, 216, 8)	800
lstm_6 (LSTM)	(None, 4)	208
dense (Dense)	(None, 3)	15

5ค

ภาพที่ 5 ก) โครงสร้าง LSTM แบบที่ 1 มีระดับชั้นอยู่ 4 ชั้น

ข) โครงสร้าง LSTM แบบที่ 2 มีระดับชั้นอยู่ 3 ชั้น

ค) โครงสร้าง LSTM แบบที่ 3 มีระดับชั้นอยู่ 6 ชั้น



จากการทดลองโดยนำข้อมูลฝึกสอนและทดสอบทำงานกับ LSTM แบบที่ 1-3 (ตารางที่ 1) พบว่า โครงสร้าง LSTM แบบที่ 1 มีค่าการสูญเสียของโมเดลที่ด้วยชุดข้อมูลฝึกฝนใน epoch ที่ 600 มีค่า 0.141 และ ค่าการสูญเสียของโมเดลที่ด้วยชุดข้อมูลตรวจสอบความถูกต้องใน epoch ที่ 600 มีค่า 0.140 (ภาพที่ 6) และมี ค่าความแม่นยำ (Precision) อยู่ที่ 67.38%

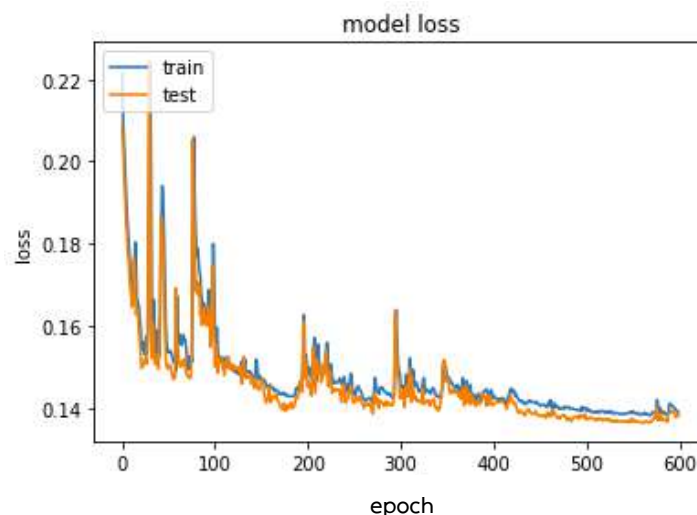
ในโครงสร้าง LSTM แบบที่ 2 มีค่าการสูญเสียของโมเดลที่ด้วยชุดข้อมูลฝึกฝนใน epoch ที่ 600 มีค่า 0.136 และค่าการสูญเสียของโมเดลที่ด้วยชุดข้อมูลตรวจสอบความถูกต้องใน epoch ที่ 600 มีค่า 0.140 (ภาพที่ 7) และมีค่าความแม่นยำอยู่ที่ 65.90%

ในโครงสร้าง LSTM แบบที่ 3 มีค่าการสูญเสียของโมเดลที่ด้วยชุดข้อมูลฝึกฝนใน epoch ที่ 600 มีค่า 0.133 และค่าการสูญเสียของโมเดลที่ด้วยชุดข้อมูลตรวจสอบความถูกต้องใน epoch ที่ 600 มีค่า 0.142 (ภาพที่ 8) และมีค่าความแม่นยำอยู่ที่ 66.13%

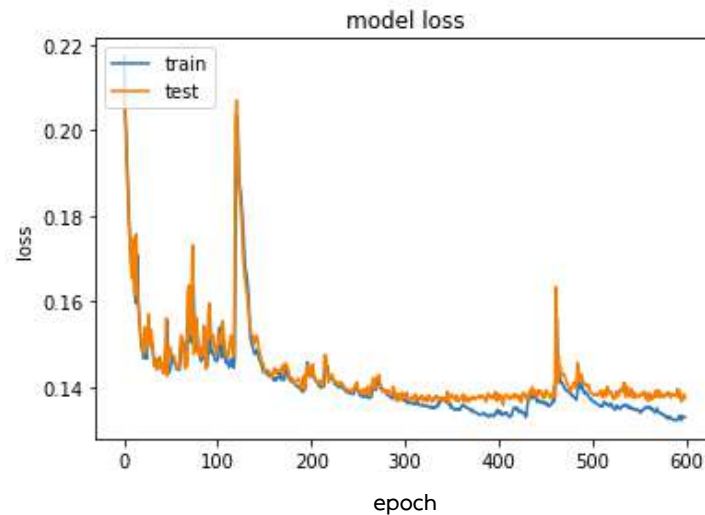
สรุปแล้ว จากการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดล LSTM ทั้ง 3 โครงสร้าง โครงสร้างที่ให้ผลลัพธ์ ที่ดีที่สุดคือ LSTM แบบที่ 1 ที่มีจำนวนระดับชั้นอยู่ 4 ระดับ เนื่องจากค่าการสูญเสียของโมเดลต่ำที่สุดและค่า ความแม่นยำสูงที่สุด

ตารางที่ 1 ผลการทดลองที่ 3.2

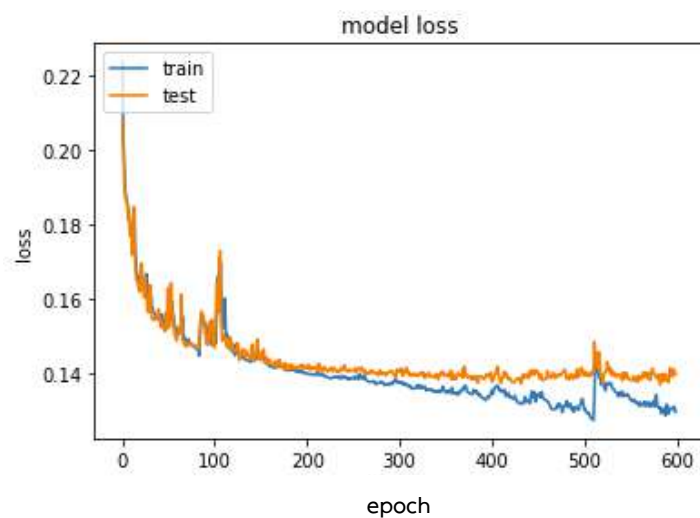
ระดับชั้นของ LSTM	ค่าสูญเสีย	ค่าความแม่นยำ
4 ระดับชั้น	0.14	67.38%
3 ระดับชั้น	0.14	65.90%
6 ระดับชั้น	0.142	66.13%



ภาพที่ 6 แสดงค่าความสูญเสียของโครงสร้าง LSTM แบบที่ 1



ภาพที่ 7 แสดงค่าความสูญเสียของโครงสร้าง LSTM แบบที่ 2



ภาพที่ 8 แสดงค่าความสูญเสียของโครงสร้าง LSTM แบบที่ 3

4. การอภิปรายผลวิจัย

ในการทดลองที่ 1 ผลปรากฏว่า ผลการทดลองกับ CNN ให้ความแม่นยำสูงกว่า LSTM เล็กน้อย แต่ LSTM ได้ให้ประสิทธิภาพสูงกว่า CNN เนื่องจากค่าการสูญเสียที่ได้น้อยกว่าในจำนวน epoch ที่เท่ากัน ซึ่งผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับงานวิจัย [9] ที่ได้เปรียบเทียบประสิทธิภาพของอัลกอริทึมประเภทอนุกรมเวลากับข้อมูลการรู้จำเสียง ซึ่งผลปรากฏว่า LSTM เป็นอัลกอริทึมที่ให้ประสิทธิภาพที่ดีที่สุด ในขณะที่ Gated Recurrent Unit (GRU) ใช้เวลาในการประมวลผลน้อยที่สุด

อย่างไรก็ตามเมื่อวิเคราะห์ค่าความสูญเสียของโมเดลทั้ง 2 ตัวที่ 500 epoch กับชุดข้อมูลทดสอบ CNN มีค่าความสูญเสียอยู่ที่ 1.117 ในขณะที่ LSTM มีค่าความสูญเสียอยู่ที่ 0.142 จากภาพที่ 3 และ 4 เส้นกราฟยังมีแนวโน้มลดลงถ้าหากมีการเพิ่มจำนวน epoch ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่า ถ้าหากผู้วิจัยได้ทำการ



เพิ่มจำนวน epoch มีความเป็นไปได้ว่า โมเดลทั้ง 2 ตัวนี้สามารถให้ค่าความแม่นยำที่สูงขึ้นและค่าความสูญเสียลดลง

เมื่อทำการเปรียบเทียบผลกับ CNN แล้ว สามารถวิเคราะห์ได้ว่า LSTM เป็นอัลกอริทึมที่ถูกสร้างมาเพื่อจัดการกับข้อมูลอนุกรมเวลา (Time-series data) โดยเฉพาะ ลักษณะของข้อมูลอนุกรมเวลา คือ เป็นข้อมูลที่เก็บรวบรวมตามระยะเวลาเป็นช่วงอย่างต่อเนื่องกัน เมื่อข้อมูลที่น่ามาวิเคราะห์ในงานวิจัยนี้เป็นข้อมูลคำพูด ทำให้ขนาดของข้อมูลแต่ละชุดมีความยาวไม่เท่ากัน ซึ่งจะแตกต่างจากข้อมูลประเภทรูปภาพที่ CNN สามารถทำงานได้ดีที่สุด [10] เนื่องจากในอัลกอริทึม CNN มีกระบวนการเตรียมข้อมูลในระดับชั้น Convolution layer เพื่อสกัดปัจจัยสำคัญที่ใช้ในการจำแนกประเภทของรูปภาพ ดังนั้นเพื่อให้มีประสิทธิภาพในการทำงาน โดยทั่วไปแล้วผู้วิจัยจะทำการปรับขนาดของรูปภาพให้เท่ากันทั้งหมดก่อนนำเข้าสู่กระบวนการ ซึ่งขนาดของรูปภาพไม่ได้มีผลต่อปัจจัยสำคัญในการจำแนกรูปภาพ แต่ข้อมูลคำพูดที่ใช้ในการจำแนกอารมณ์ของผู้พูดไม่สามารถถูกตัดทอนออกไปได้ เนื่องจากอาจทำให้เสียปัจจัยสำคัญในการจำแนกอารมณ์ออกไป

ในการทดลองที่ 2 ผลปรากฏว่าโครงสร้างของ LSTM แบบที่ 1 ที่มีระดับชั้นอยู่ 4 ระดับชั้น มีค่าการสูญเสียของ Model ต่ำที่สุดและมีค่าความแม่นยำสูงที่สุด จากการวิเคราะห์ผลการทดลอง โครงสร้างของ LSTM แบบที่ 2 และ 3 มีค่าการสูญเสียและค่าความแม่นยำใกล้เคียงกัน แต่เมื่อมีระดับชั้นต่างกันก็มีผลต่อการปรับค่าน้ำหนักของ Neuron ที่อยู่ในแต่ละระดับชั้น ซึ่งถ้ามีระดับชั้นมากเกินไปอาจทำให้เกิดปัญหา ในระหว่างการฝึกสอน เมื่อ Gradients มีขนาดเล็กลงจนเท่ากับศูนย์ ทำให้น้ำหนักไม่ถูกอัปเดตอีกต่อไป ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้โมเดลไม่สามารถฝึกสอนต่อไปได้ โดยปัญหาดังกล่าวเรียกว่า Vanishing Gradients และถ้าระดับชั้นน้อยเกินไปก็อาจส่งผลให้โมเดลมีการเรียนรู้ไม่เพียงพอต่อการวิเคราะห์ข้อมูลที่มีความซับซ้อนสูง

เมื่อได้ทำการเปรียบเทียบการงานวิจัยในอดีตที่มีการดำเนินการคล้ายกัน Etienne, et al. [11] ได้ทำการออกแบบ neural network สำหรับการจดจำอารมณ์จากเสียงพูด แหล่งข้อมูลคือ IEMOCAP ซึ่งได้ผลปรากฏว่า มีความแม่นยำอยู่ที่ 64% เมื่อเทียบกับงานวิจัยนี้ ความแม่นยำที่ดีที่สุดที่ได้อยู่ที่ 67% มันแสดงให้เห็นว่าแบบจำลองที่ถูกพัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้ให้ผลลัพธ์ที่ดีขึ้น อย่างไรก็ตามเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับ [12] ได้ทำการพัฒนาอัลกอริทึมใหม่ชื่อว่า 2D CNN LSTM และให้ความแม่นยำสูงถึง 95% เมื่อทำการวิเคราะห์การทดลองและผลลัพธ์ที่ได้ พบว่า อัลกอริทึม LSTM พื้นฐานอาจไม่เหมาะสมกับข้อมูลคำพูดของมนุษย์ เนื่องจากมีความยาวของข้อมูลไม่สม่ำเสมออีกครั้งเกิดโอกาสในการสูญเสียข้อมูลระหว่างการฝึกสอนอีกด้วย ดังนั้นเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวการใช้อัลกอริทึมอื่นเช่น BI-LSTM อาจเป็นทางเลือกที่ดีกว่า เนื่องจากมีการประมวลผลข้อมูล 2 ทิศทางต่างจาก LSTM พื้นฐานที่จะทำการวิเคราะห์และประมวลผลไปในทิศทางเดียว ยิ่งไปกว่านั้น เมื่อมีการกำหนดค่า epoch ที่สูงเกินไปอาจทำให้เกิดปัญหา Overfitting ได้

5. สรุปผลการวิจัย

วัตถุประสงค์งานวิจัยคือ เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างโมเดล CNN และ LSTM และเพื่อหาโครงสร้างโมเดลที่เหมาะสมในการจำแนกอารมณ์จากเสียง ผู้วิจัยจึงได้ออกแบบการทดลองเพื่อตอบวัตถุประสงค์งานวิจัยออกเป็น 2 การทดลอง โดยในการทดลองที่ 1 ได้ทำการเปรียบเทียบการทำงานของ 2 อัลกอริทึม คือ CNN และ LSTM กับข้อมูลเสียงพูดที่ผู้วิจัยได้รวบรวมมาเองและข้อมูลจาก AIResearch.in.th มีจำนวนข้อมูลทั้งหมด 27,854 ข้อมูล แบ่งเป็น 5 อารมณ์ ประกอบด้วย โกรธ ปกติ ประหลาดใจ มีความสุข และเศร้า จากผลการทดลองสรุปได้ว่า LSTM เป็นอัลกอริทึมที่เหมาะสมกับการจำแนกอารมณ์จากเสียงพูดมากกว่า CNN เนื่องจากค่าสูญเสีย



ของ LSTM มีค่า 0.16 ขณะที่ CNN มีค่าความสูญเสียอยู่ที่ 1.117 และในผลการทดลองที่ 2 คือ ควรใช้ 4 ระดับชั้น LSTM ในการฝึกสอนเนื่องจากมีค่าความแม่นยำอยู่ที่ 67.38% สูงกว่าผลลัพธ์จากการทดลองอื่น

เอกสารอ้างอิง

- [1] Hammond, M. (2006). Evolutionary theory and emotions. In Stets E.J. and Turnur J.H. Handbook of the Sociology of Emotions, New York: Springer, 368–385.
- [2] Tokuno, S., Tsumatori, G., Shono, S., Takei, E., Yamamoto, T., Suzuki, G., Mituyoshi, S. and Shimura M. (2001). Usage of emotion recognition in military health care. In 2011 Defense Science Research Conference and Expo (DSR), 1–5.
- [3] Yamashita, Y., Onodera, M., Shimoda, K. and Tobe, Y. (2019). Visualizing health with emotion polarity history using voice. In Adjunct Proceedings of the 2019 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing and Proceedings of the 2019 ACM International Symposium on Wearable Computers, 1210–1213.
- [4] Kittichaiwatthana, P., Praneetpholkrang, P., and Kanjanawattana, S. (2020). Facial Expression Recognition using Deep Learning. SUT International Virtual Conference on Science and Technology, 41.
- [5] Song, I., Kim, HJ. and Jeon, P. (2014). Deep learning for real-time robust facial expression recognition on a smartphone. In 2014 IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE), 564–567.
- [6] Dagar, D., Hudait, A., Tripathy, HK. and Das, MN. (2016). Automatic emotion detection model from facial expression. In 2016 International Conference on Advanced Communication Control and Computing Technologies (ICACCCT), 77–85.
- [7] Lugović, S., Dunder, I. and Horvat, M. (2016). Techniques and applications of emotion recognition in speech. In 2016 39th international convention on information and communication technology, electronics and microelectronics (mipro), 278–1283.
- [8] Xie, Y., Liang, R., Liang, Z., Huang, C., Zou, C. and Schuller, B. (2019). Speech emotion classification using attention-based LSTM. IEEE/ACM Transactions on Audio, Speech, and Language Processing, 27(11), 1675–1685.
- [9] Shewalkar, AN. (2018). Comparison of rnn, lstm and gru on speech recognition data. In Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Science. North Dakota State University of Agriculture and Applied Science.
- [10] Rawat, W. & Wang, Z. (2017). Deep convolutional neural networks for image classification: A comprehensive review. Neural computation, 29(9), 2352–2449.
- [11] Etienne, C., Fidanza, G., Petrovskii, A., Devillers, L. and Schmauch, B. (2018). Cnn+ lstm architecture for speech emotion recognition with data augmentation. In Proceeding Workshop on Speech, Music and Mind (SMM 2018), 21–25.
- [12] Zhao, J., Mao, X. and Chen, L. (2019) Speech emotion recognition using deep 1D \& 2D CNN LSTM networks. Biomedical signal processing and control, 47, 312–323.



ผลของสารสกัดชาเขียวต่อคุณภาพของครีมชีสสเปรด

Effect of Green Tea Extract on the Quality of Cream Cheese Spread

จิรายุส วรรัตน์โกคา^{1*} ศศิธร อินทรนอก¹ สุมาลี มุสิก้า¹ ธวัชชัย แदनกระโทก¹

กิตติศักดิ์ เต็มเกษม¹ และ ปฐากรุณ แจ้สูงเนิน¹

Jirayus Woraratphoka^{1*} Sasidhorn Innok¹ Sumalee Musika¹ Thawatchai Daenkrathok¹

Kittisak Temkasem¹ and Pathakun Chaesungnoen¹

สาขาชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา¹

Department of Applied Biology, Faculty of Sciences and Liberal Art,

Rajamangala University of Technology Isan, Nakhon Ratchasima¹

*Corresponding Author: jirayus.wo@rmu.ac.th

ข้อมูลบทความ	บทคัดย่อ
ประวัติบทความ: รับเพื่อพิจารณา: 21 กุมภาพันธ์ 2565 แก้ไข: 20 พฤษภาคม 2565 ตอบรับ: 2 สิงหาคม 2565	วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้เพื่อประเมินความสามารถในการต้านการเกิดออกซิเดชันของสารสกัดชาเขียวและผลของการเติมสารสกัดชาเขียวที่ระดับ ร้อยละ 0.5, 1.0 และ 1.5 ต่อคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของครีมชีสสเปรด รวมถึงการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษา สารสกัดชาเขียวมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกที่สูงโดยมีค่า 1,660.71 mg GAE/g dry extract และมีความสามารถในการจับอนุมูลอิสระดีพีพีเอช และการจับโลหะเหล็กที่ 67.84 mg TE/ g dry extract และ 75.16 mmol EDTA/g dry extract ตามลำดับ การเติมสารสกัดชาเขียวไม่ส่งผลต่อค่าความชื้น โปรตีน และไขมันของชีสสเปรดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) อย่างไรก็ตาม การเติมสารสกัดชาเขียวส่งผลต่อค่าสีของชีสสเปรดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) โดยทำให้เกิดการลดลงของค่าความสว่าง (L^*) และการเพิ่มขึ้นของค่าสีแดง ($-a^*$) และค่าสีเหลือง (b^*) ดังนั้นจึงส่งผลให้คะแนนความชอบด้านสีและความชอบโดยรวมมีค่าลดลงเมื่อมีการเติมสารสกัดชาเขียว การเติมสารสกัดชาเขียวที่ความเข้มข้นร้อยละ 1.0 และ 1.5 อาจส่งผลให้เกิดการเพิ่มขึ้นของค่าความเป็นกรดทั้งหมดและมาโลนาลดีไฮด์ นอกจากนี้ ไม่พบการเปลี่ยนแปลงของค่าความเป็นกรดทั้งหมดและมาโลนาลดีไฮด์ในทุกตัวอย่างระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 21 วัน อย่างไรก็ตาม การเติมสารสกัดจากชาเขียวอาจช่วยเพิ่มสารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติในผลิตภัณฑ์ครีมชีสสเปรดซึ่งถือเป็นผลิตภัณฑ์ทางเลือกหนึ่งให้แก่ผู้บริโภค



Article Info	Abstract
Article History: Received: February 21, 2022 Revised: May 20, 2022 Accepted: August 2, 2022	The objectives of this study were to evaluate the antioxidative ability of green tea extract (GTE) and the effect of GTE supplementation (0.5%, 1.0% and 1.5%) on the chemical and physical properties of cream cheese spread, including change during storage. GTE contained a high phenolic compound with 1,660.71 mg GAE/g dry extract and exhibited DPPH radical scavenging and metal-chelating abilities of 67.84 mg TE/ g dry extract and 75.16 mmol EDTA/g dry extract, respectively. GTE addition was not significantly affected moisture content, protein, and fat contents of cheese spread ($p>0.05$). However, the supplementation with GTE significantly affected the color of cheese spread ($p>0.05$) with the reduction of lightness (L^* value) and the increase of redness ($-a^*$ value) and yellowness (b^* value). Consequently, the decrease in liking score of color and overall was observed with the addition of GTE. The addition of GTE at a concentration of 1.0% and 1.5% could result in an increase in total acidity (TA) and malondialdehyde (MDA) content. In addition, no change in TA and MDA was observed in all samples during storage at 4°C for 21 days. However, the addition of GTE might increase the natural antioxidants in cream cheese spread, which is an alternative product for consumers.
Keywords: Green tea extract/Cream cheese spread/phenolic compound/radical scavenging/metal-chelating	

1. บทนำ

เนยแข็งชนิดอ่อน (soft cheese) เป็นเนยแข็งที่ไม่ผ่านการบ่มและมีความชื้นสูง มีลักษณะอ่อน นุ่ม มีกลิ่นรสของกรดเล็กน้อย และสามารถปาดได้ (spreadable) โดยเนยแข็งได้มาจากการแยกโปรตีนออกจากนมโดยการเติมเอนไซม์เรนิน หรือใช้กรดแล็กติก หรือใช้สองอย่างร่วมกัน ซึ่งทำให้โปรตีนเคซีนที่แขวนลอยอยู่ในนมจับตัวกันเป็นก้อนเคิร์ด และทำการแยกเคิร์ดออกจากน้ำเวย์ ดังนั้นเนยแข็งจึงจัดเป็นอาหารจำพวกโปรตีนเหมือนเนื้อสัตว์ และมีคุณค่าทางโภชนาการอาหารต่าง ๆ ได้แก่ แคลเซียม โปรตีน ฟอสฟอรัส วิตามินบี 12 สังกะสี และไขมัน แต่ให้น้ำตาลแล็กโทสในปริมาณที่น้อยกว่าในน้ำนม เนยแข็งชนิดอ่อนสามารถแบ่งได้หลายประเภทตามปริมาณของไขมันและความชื้น ซึ่งเนยแข็งชนิดครีมหรือครีมชีส (cream cheese) เป็นเนยแข็งชนิดอ่อนที่ได้รับความนิยมในการบริโภคทั้งในการรับประทานแบบชีสสเปรด (spreadable cheese) อาจมีการเติมเครื่องเทศ แต่งรส หรือมีการนำไปใช้เป็นส่วนผสมในการทำเบเกอรี่ เนื่องจากมีกลิ่นหอมเฉพาะและกลั่นมันเนย แต่อย่างไรก็ตามครีมชีสมีปริมาณไขมันอยู่สูงกว่าร้อยละ 25 นอกจากนี้ยังมีปริมาณความชื้นที่สูง (ร้อยละ 55-65) [1] จึงทำให้มีอายุการเก็บ



รักษาสัน และเกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษาได้ เช่น การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน การเกิดกลิ่นหืน การเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัส ลักษณะปรากฏ และคุณค่าทางโภชนาการ หรือเกิดจากการเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์ เป็นต้น การป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันและยับยั้งจุลินทรีย์โดยใช้สารจากธรรมชาติจึงเป็นทางเลือกหนึ่งในการช่วยลดการเกิดการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว และยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ได้

สารสกัดจากชาเขียวมีสารโพลีฟีนอลในระดับสูง ซึ่งมีปริมาณมากถึงร้อยละ 25-35 ของน้ำหนักแห้ง มีสารสำคัญปริมาณมาก โดยเฉพาะสารกลุ่มฟลาโวนอยด์ที่เรียกว่า คาเทชิน (catechin) โดยอีพิแกลโลคาเทชิน-แกลเลต (epigallocatechin gallate) ถือเป็นสารที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพมากที่สุด สารสกัดจากชาเขียวมีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยามากมาย ได้แก่ ฤทธิ์ในการต้านออกซิเดชัน ต้านมะเร็ง ขับปัสสาวะ ลดระดับน้ำตาลและระดับอินซูลินในเลือด ลดโคเลสเตอรอล ลดความอ้วน และมีผลต่อการเรียนรู้และความจำ [2] เนื่องจากคุณสมบัติที่เด่นในเรื่องการต้านอนุมูลอิสระ จึงมีงานวิจัยมากมายได้นำสารสกัดชาเขียวเติมในผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อช่วยเพิ่มคุณสมบัติให้กับร่างกายเมื่อบริโภค ตัวอย่างเช่น เนยแข็งชนิดเชดดาร์ [3] เนยแข็งชนิดคอทเทจ [4] และเนยแข็งชนิดไขมันเต็ม [5] นอกจากนี้ ยังมีงานวิจัยที่ใช้สารสกัดชาเขียวเติมในผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อช่วยลดการเกิดออกซิเดชันของไขมันแทนสารสังเคราะห์ ได้แก่ *tert*-butylhydroquinone (TBHQ) และ butylated hydrotoluene (BHT) เช่น ขนมอบ [6] ผลิตภัณฑ์หลายชนิดที่ทำจากเนื้อสัตว์ [7-8] และเนยแข็งชนิดอ่อน [9] โดยงานวิจัยของ Huvaere และคณะแสดงให้เห็นว่า การเติมสารสกัดชาเขียวที่ระดับ 750 ppm สามารถลดระดับของสารพิษที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน เช่น เฮกซานอล และ เฮปทานอล ในเนยแข็งชนิดอ่อนที่ลดไขมัน (6% ไขมัน) เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ภายใต้การกระตุ้นด้วยแสงฟลูออเรสเซนซ์ ได้ [9]

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาฤทธิ์ของสารสกัดจากชาเขียวในการป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (การต้านอนุมูลอิสระ และการจับโลหะหนัก) และผลต่อคุณภาพทางเคมี กายภาพ และคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของครีมชีสสเปรด เพื่อเป็นแนวทางในการใช้สารสกัดจากพืชในการช่วยยืดอายุการเก็บรักษาและเพิ่มฤทธิ์ทางโภชนเภสัชให้กับผลิตภัณฑ์

2. วิธีดำเนินการวิจัย

2.1 การเตรียมสารสกัดชาเขียว

นำใบชาเขียวแห้ง (ซื้อจากตลาดใน อ.เมือง จ.นครราชสีมา) มาบดให้ละเอียดโดยใช้เครื่องปั่นอาหาร (blender) สกัดสารออกฤทธิ์ด้วยน้ำ โดยชั่งชาเขียว 50 กรัม เติมน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร นำไปต้มที่อุณหภูมิ 80-90 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที กรองด้วยผ้าขาวบาง และนำมาปั่นเหวี่ยง (Centrifuge, Velocity 18R, Dynamica) ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ที่ความเร็วรอบ 3000×g เป็นเวลา 5 นาที นำไประเหยโดยใช้เครื่องกลั่นระเหยสุญญากาศแบบหมุน (Rotary evaporator, R-100, Buchi) จนได้สารสกัดที่เข้มข้น นำส่วนที่เข้มข้นเข้าเครื่องทำแห้งแบบแช่แข็ง (Freeze dryers, CoolSafe110, ScanVac) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เก็บตัวอย่างในตู้แช่ -20 องศาเซลเซียส จนกระทั่งนำมาใช้

2.2 ทดสอบคุณสมบัติเบื้องต้นของสารสกัดจากใบชาเขียว

2.2.1 ทดสอบปริมาณฟีนอลทั้งหมดโดยวิธี Folin-Ciocalteu

วิเคราะห์ปริมาณฟีนอลทั้งหมดตามวิธีที่ดัดแปลงจากวิธีการของ Waterhouse (2002) [10] โดยนำสารสกัดมา 0.1 มิลลิลิตร ใส่หลอดทดลอง เติมน้ำกลั่น 1.5 มิลลิลิตร เติมน้ำละลาย Folin-Ciocalteu reagent



0.1 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ 5 นาที จากนั้นเติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต เข้มข้นร้อยละ 20 (w/v) ลงไป 0.3 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง นาน 45 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 750 นาโนเมตร คำนวณค่าปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดเทียบกับกราฟมาตรฐานกรดแกลลิก (Gallic acid) รายงานผลเป็นมิลลิกรัมกรดแกลลิกต่อกรัมสารสกัดแห้ง (mg Gallic acid equivalent, GAE/g dry extract)

2.2.2 ทดสอบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระโดยใช้วิธี 2,2- diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH)

ทดสอบ DPPH radicals scavenging activity [11] โดยเจือจางสารสกัดตั้งต้นด้วยเอทานอล จากนั้นเติมสารสกัดแต่ละความเข้มข้นลงในหลอดทดลอง 0.1 มิลลิลิตร เติมสารละลาย methanolic DPPH ความเข้มข้น 40 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตร 3.9 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันบ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 45 นาที จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer (Genesys10-S, Thermo-Fisher Scientific) ที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร คำนวณความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเทียบกับสารละลายมาตรฐาน trolox

2.2.3 ทดสอบความสามารถในการจับโลหะเหล็กโดยวิธี metal chelating power

เจือจางสารสกัดที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ลงในหลอดทดลองปริมาตร 1 มิลลิลิตร จากนั้นเติมน้ำกลั่น 1.5 มิลลิลิตร เติม 2 mM $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ปริมาตร 50 มิลลิลิตร และ 5 mM Ferrozine ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันและตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 10 นาที [12] นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 562 นาโนเมตร นำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกับความสามารถในการแย่งจับกับโลหะเหล็ก โดยใช้ Ethylene Diamine Tetra-acetic Acid (EDTA) เป็นสารมาตรฐาน

2.3 การเติมสารสกัดชาเขียวต่อคุณภาพของชีสเปรต

2.3.1 การเตรียมเคิร์ดชีส

นำนํ้านมดิบมาพาสเจอร์ไรส์ ที่ 85 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที ลดอุณหภูมิลงเหลือ 40 องศาเซลเซียส เติมหัวเชื้อจุลินทรีย์ทางการค้า (Lyofast MW036) ลงไป คนให้เข้ากันบ่มที่ 30-35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นตัดเคิร์ด กรองด้วยผ้าขาวบางเพื่อแยกเวย์โปรตีนออก และทิ้งให้ระบายน้ำเวย์ออกในตู้เย็น 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

2.3.2 การผลิตชีสเปรตผสมสารสกัดชาเขียว

ผลิตชีสเปรตโดยมีส่วนผสมพื้นฐานร้อยละโดยน้ำหนักต่อน้ำหนัก ดังนี้ เคิร์ดชีส (ร้อยละ 58.8) ครีม (ร้อยละ 34.3) น้ำมันทานตะวัน (ร้อยละ 4.9) น้ำเชื่อมความเข้มข้นร้อยละ 40 (ร้อยละ 2) นำมาผสมจนเป็นเนื้อเดียวกัน และนำมาผลิตครีมชีสเปรตทั้งหมด 5 สูตร โดยมีการเติมสารสกัดชาเขียวในปริมาณที่แตกต่างกัน 3 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 0.5, 1.0 และ 1.5 โดยน้ำหนักต่อน้ำหนัก ตัวอย่างควบคุมที่ไม่ได้เติมสารสกัด และตัวอย่างที่มีการเติม butylated hydrotoluene (BHT) ร้อยละ 0.01 โดยน้ำหนักต่อน้ำหนัก (ตัวอย่างควบคุมบวก) บรรจุใส่ถ้วยพลาสติก เก็บในตู้เย็น 4 องศาเซลเซียส และติดตามการเปลี่ยนแปลงของค่าการเกิดออกซิเดชันเป็นระยะเวลา 0, 7, 14, และ 21 วัน

2.4 การติดตามการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของชีสเปรตระหว่างการเก็บรักษา

2.4.1 ความเป็นกรดทั้งหมด (titratable acidity)

ชั่งตัวอย่างชีสเปรต 5 กรัม เติมน้ำกลั่นปราศจากไอออน ปริมาตร 50 มิลลิลิตร เติม phenolphthalein 2-3 หยด จากนั้นไทเทรตด้วย 0.1N NaOH จนกระทั่งได้สารละลายสีชมพูเป็นจุดยุติ



2.4.2 วิเคราะห์ thiobarbituric reactive substances (TBARS)

ชั่งตัวอย่าง 1 กรัม เติมสารละลาย trichloro acetic acid (TCA) ร้อยละ 7.5 ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ปั่นผสมให้เข้ากันโดยใช้หัวปั่นความเร็วสูง (Homogenizer, T25D ultraturrax, IKA) นำไปปั่นเหวี่ยงที่ 5000×g นาน 10 นาที จากนั้นนำสารละลายตัวอย่างส่วนใส ปริมาณ 1 มิลลิลิตร เติมสาร thiobarbituric acid (TBA) ร้อยละ 0.2 ปริมาตร 1 มิลลิลิตร และนำไปให้ความร้อนที่ 90 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที ทำให้เย็นทันที และนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 532 นาโนเมตร คำนวณค่า TBA value โดยเปรียบเทียบกับสารละลายมาตรฐาน malondialdehyde (MDA) [13]

2.5 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของซีสสเปรต ได้แก่ ความชื้นโดยวิธีอบไล่ความชื้น ปริมาณโปรตีนโดยวิธี Kjeldahl method และปริมาณไขมันโดยวิธี Rose-Gottlieb method [14]

2.6 การวิเคราะห์ค่าทางกายภาพ (สี)

การวิเคราะห์สี โดยใช้ Chroma meter (CR-410, Konica Minolta) นำตัวอย่างใส่ในภาชนะ และเกลี่ยตัวอย่างให้ผิวหน้าสม่ำเสมอ ทำการวัดค่าสีโดยการบรรจุภาชนะลงในฝาครอบปิดตัวอย่าง ใช้หัวแนบกับฝาครอบในแนวตั้งฉากแล้วกดที่เครื่อง อ่านค่าและบันทึกผล L^* , a^* และ b^* โดยค่า L^* แสดงถึงความสว่าง ตั้งแต่ 0-100 ค่า a^* แสดงค่าสีแดง (+) หรือสีเขียว (-) และค่า b^* แสดงค่าสีเหลือง (+) หรือสีน้ำเงิน (-)

2.7 การวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัส

วิเคราะห์คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของครีมซีสสเปรตในด้านต่าง ๆ ได้แก่ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส ความเป็นเนื้อเดียวกัน ลักษณะการปาดบนแครกเกอร์ และความชอบโดยรวมโดยใช้แบบสอบถามแบบ 9-Point hedonic scale ใช้ผู้ทดสอบชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 20 คน

2.8 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

การวิเคราะห์ข้อมูลโดยทำการทดลอง 3 ซ้ำ และวิเคราะห์ความแปรปรวน ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยวิธี ANOVA และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New multiple Range Test โดยประมวลผลจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SPSS

3. ผลการวิจัย

3.1 คุณสมบัติเบื้องต้นของสารสกัดจากชาเขียว

ปริมาณสารสกัดจากชาเขียวเมื่อสกัดและทำแห้งโดยวิธีแช่เยือกแข็ง ได้ปริมาณร้อยละของสารสกัด (% yield) ปริมาณ 17.91 โดยพบปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด เท่ากับ 1,660.71 mg GAE/g dry extract และมีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ DPPH และการจับโลหะเหล็ก ที่ 67.84 mg TE/ g dry extract และ 75.16 mmol EDTA/g dry extract ตามลำดับ

3.2 คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของครีมซีสสเปรตที่เติมสารสกัดจากชาเขียว

คุณสมบัติทางเคมี ได้แก่ ปริมาณความชื้น ไขมัน และโปรตีนของครีมซีสสเปรตสูตรควบคุมและสูตรที่มีการเติมสารสกัดจากชาเขียวพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) เนื่องจากสารสกัดที่เติมลงไปมีปริมาณน้อยจึงไม่มีผลต่อค่าดังกล่าว โดยครีมซีสสเปรตมีปริมาณความชื้นในช่วงร้อยละ 60.32 – 63.32 ปริมาณไขมันในช่วงร้อยละ 18.22 – 20.37 และปริมาณโปรตีนในช่วงร้อยละ 7.33 – 9.01 (ตารางที่ 1) ส่วนคุณสมบัติทางกายภาพด้านสีของครีมซีสสเปรตพบว่า ครีมซีสสเปรตสูตรควบคุมและสูตรที่เติมสาร BHT ร้อยละ



0.01 มีค่าความสว่าง (L^*) มากกว่าสูตรที่เติมสารสกัดจากชาเขียวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมีค่าในช่วง 89.25 – 89.45 ในขณะที่สูตรที่มีการเติมสารสกัดจากชาเขียวมีค่าความสว่าง (L^*) ที่ลดลงตามความเข้มข้นของสารสกัดชาเขียวที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยการเติมสารสกัดชาเขียวที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.5, 1.0, และ 1.5 มีค่าความสว่าง เท่ากับ 83.61, 80.95 และ 78.56 ตามลำดับ นอกจากนี้ ยังพบว่าการเติมสารสกัดชาเขียว (ที่มีลักษณะสีน้ำตาลแดง) ส่งผลให้ค่าสีเขียวลดลงจนกระทั่งเป็นสีแดง (a^*) เล็กน้อย จากค่า -2.21 เป็น 0.12 และค่าสีเหลือง (b^*) มีค่าเพิ่มขึ้น จากค่า 17.23 เป็น 20.83 ในครีมชีสสเปรตสูตรควบคุมและครีมชีสสเปรตที่เติมสารสกัดชาเขียวร้อยละ 1.5 ตามลำดับ

ตารางที่ 1 คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของครีมชีสสเปรตที่ไม่เติม/เติมสารสกัดจากชาเขียว

คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพ	สูตรคอกเทลชีสสเปรต				
	Control	0.5%GTE	1.0%GTE	1.5%GTE	0.01%BHT
ความชื้น (%) ^{ns}	61.75±1.03	63.32±1.73	61.92±0.67	62.24±2.55	60.32±3.48
ไขมัน (%) ^{ns}	20.37±0.88	20.24±1.95	18.22±1.52	19.10±2.64	19.77±0.30
โปรตีน (%) ^{ns}	9.01±0.23	8.98±0.11	8.72±0.43	8.11±0.23	7.33±1.84
ค่าสี L^*	89.25±0.01 ^a	83.61±0.06 ^b	80.95±0.10 ^c	78.56±0.01 ^d	89.45±0.14 ^a
a^*	-2.21±0.02 ^a	-0.29±0.00 ^b	-0.34±0.06 ^b	0.12±0.02 ^c	-2.19±0.07 ^a
b^*	17.23±0.14 ^{ab}	18.98±0.10 ^a	20.83±0.42 ^a	20.61±1.72 ^a	16.97±0.05 ^b

หมายเหตุ: ^{ns} ในบรรทัดแสดงถึงค่าที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

^{a-d} ที่แตกต่างกันในบรรทัดแสดงถึงค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

GTE = Green tea extract, BHT = Butylated hydroxy toluene

3.3 คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของครีมชีสสเปรตที่เติมสารสกัดจากชาเขียว

การทดสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส โดยใช้ 9-Point hedonic scale พบว่า ครีมชีสสเปรตที่มีการเติมสารสกัดจากชาเขียวที่ความเข้มข้นต่าง ๆ มีความชอบทางด้านกลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และลักษณะการปาดที่ไม่แตกต่างจากตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) (ตารางที่ 2) ส่วนความชอบด้านสีพบว่าผู้ทดสอบชิมมีความชอบครีมชีสสเปรตที่มีการเติมสารสกัดจากชาเขียวน้อยกว่าสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยการเติมสารสกัดที่เพิ่มขึ้นมีแนวโน้มทำให้ความชอบด้านสีมีค่าลดลง ซึ่งค่าสีดังกล่าวอาจส่งผลให้คะแนนความชอบโดยรวมของครีมชีสสเปรตที่เติมสารสกัดจากชาเขียวมีค่าเฉลี่ยลดลงเล็กน้อย (ชอบเล็กน้อย, คะแนนความชอบเฉลี่ยอยู่ในช่วง 5.25 – 5.70) เมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุม (ชอบปานกลาง, คะแนนความชอบเฉลี่ยอยู่ในช่วง 6.60 – 6.85)

3.4 การเปลี่ยนแปลงทางเคมีของครีมชีสสเปรตระหว่างการเก็บรักษา

3.4.1 ความเป็นกรดทั้งหมด (total acidity)

การเติมสารสกัดชาเขียวมีผลทำให้ค่าความเป็นกรดเพิ่มขึ้นเล็กน้อยตามปริมาณของสารสกัดชาเขียว โดยเพิ่มขึ้นจาก 1.42 เป็น 1.68, และ 1.72 กรัมต่อ 100 กรัม ในตัวอย่างควบคุม และตัวอย่างที่มีการเติมสารสกัดชาเขียรร้อยละ 1.0, และ 1.5 ตามลำดับ (วันที่ 0) ส่วนการเติมสารสกัดจากชาเขียวที่ระดับร้อยละ 0.5 และ BHT (สารป้องกันการหืนสังเคราะห์) ไม่ส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของค่าความเป็นกรด เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษาพบว่าค่าความเป็นกรดจะเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในวันที่ 7 และจะลดลงและคงที่ตลอดการเก็บรักษาเป็นเวลา 21 วัน (ตารางที่ 3)



3.4.2 ปริมาณสารประกอบมาโลนาลดีไฮด์ (malondialdehyde, MDA)

เมื่อไขมันเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันจะเกิดการแตกตัวเป็นสารกลุ่มเปอร์ออกไซด์ และแตกตัวต่อเป็นผลิตภัณฑ์สุดท้าย คือ แอลดีไฮด์ และคีโตน ปริมาณสารประกอบมาโลนาลดีไฮด์ จึงเป็นสารทุติยภูมิดัชนีที่บ่งชี้การเกิดออกซิเดชันของไขมัน พบว่า การเติมสารสกัดจากชาเขียวส่งผลให้ปริมาณมาโลนาลดีไฮด์มีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจาก 3.97 เป็น 5.59, และ 6.18 $\mu\text{mol MDA/g sample}$ ในตัวอย่างควบคุม และตัวอย่างที่มีการเติมสารสกัดชาเขียวร้อยละ 1.0, และ 1.5 ตามลำดับ (วันที่ 0) นอกจากนี้พบว่า การเก็บรักษาครีมชีสสเปรดที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 21 วัน ไม่ส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณมาโลนาลดีไฮด์ในทุกสูตรการทดลอง โดยมีค่าอยู่ในช่วง 3.97 – 5.61 และ 5.47 – 6.54 $\mu\text{mol MDA/g sample}$ ในตัวอย่างควบคุม และตัวอย่างที่มีการเติมสารสกัดชาเขียวร้อยละ 1.5 ตามลำดับ (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 2 คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของครีมชีสสเปรดที่ไม่เติม/เติมสารสกัดจากชาเขียว

คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส	สูตรชีสสเปรด				
	Control	0.5%GTE	1.0%GTE	1.5%GTE	0.01%BHT
สี	7.70 $\pm$ 0.28 ^a	5.75 $\pm$ 0.07 ^b	4.95 $\pm$ 0.07 ^{bc}	4.55 $\pm$ 0.35 ^c	7.15 $\pm$ 0.07 ^a
กลิ่น ^{ns}	6.35 $\pm$ 0.21	6.05 $\pm$ 0.07	5.75 $\pm$ 0.35	5.75 $\pm$ 0.49	6.20 $\pm$ 0.70
รสชาติ ^{ns}	5.60 $\pm$ 0.28	5.25 $\pm$ 0.07	4.75 $\pm$ 1.06	5.20 $\pm$ 1.13	5.45 $\pm$ 0.49
เนื้อสัมผัส ^{ns}	6.25 $\pm$ 1.34	5.80 $\pm$ 0.00	5.25 $\pm$ 0.21	5.55 $\pm$ 0.07	5.80 $\pm$ 0.56
ความเป็นเนื้อเดียวกัน	6.50 $\pm$ 0.98 ^a	5.58 $\pm$ 0.35 ^{ab}	4.95 $\pm$ 0.63 ^b	6.10 $\pm$ 0.14 ^a	6.75 $\pm$ 0.07 ^a
ลักษณะการปาด ^{ns}	6.50 $\pm$ 0.98	5.55 $\pm$ 0.77	6.10 $\pm$ 0.00	5.80 $\pm$ 0.14	6.50 $\pm$ 0.28
ความชอบโดยรวม	6.85 $\pm$ 0.70 ^a	5.70 $\pm$ 0.63 ^{bc}	5.25 $\pm$ 1.13 ^c	5.60 $\pm$ 1.27 ^{bc}	6.60 $\pm$ 0.42 ^{ab}

หมายเหตุ: ^{a-c} ที่แตกต่างกันในแนวนอนแสดงถึงค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

GTE = Green tea extract, BHT = Butylated hydroxy toluene

ตารางที่ 3 ปริมาณกรดทั้งหมดและมาโลนาลดีไฮด์ของครีมชีสสเปรดที่ไม่เติม/เติมสารสกัดจากชาเขียว เมื่อเก็บรักษาที่ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 21 วัน

ปริมาณสารระหว่างกรเก็บรักษา	สูตรชีสสเปรด				
	Control	0.5%GTE	1.0%GTE	1.5%GTE	0.01%BHT
ปริมาณ total acidity (g/100g sample)					
วันที่ 0	1.42 $\pm$ 0.14 ^{b/B}	1.34 $\pm$ 0.08 ^{b/B}	1.68 $\pm$ 0.12 ^{a/A}	1.72 $\pm$ 0.11 ^{a/B}	1.28 $\pm$ 0.11 ^{b/B}
วันที่ 7	1.69 $\pm$ 0.08 ^{b/A}	1.63 $\pm$ 0.24 ^{b/A}	1.88 $\pm$ 0.94 ^{a/A}	1.95 $\pm$ 0.11 ^{a/A}	1.58 $\pm$ 0.19 ^{b/A}
วันที่ 14	1.17 $\pm$ 0.21 ^{a/C}	1.17 $\pm$ 0.25 ^{a/B}	1.24 $\pm$ 0.21 ^{a/B}	1.32 $\pm$ 0.19 ^{a/C}	1.25 $\pm$ 0.08 ^{a/B}
วันที่ 21	1.43 $\pm$ 0.14 ^{b/B}	1.35 $\pm$ 0.11 ^{b/B}	1.68 $\pm$ 0.08 ^{a/A}	1.72 $\pm$ 0.12 ^{a/B}	1.28 $\pm$ 0.11 ^{b/B}
ปริมาณ Malondialdehyde ($\mu\text{mol MDA/g sample}$)					
วันที่ 0	3.97 $\pm$ 0.25 ^{b/B}	5.30 $\pm$ 0.21 ^{a/A}	5.59 $\pm$ 0.27 ^{a/A}	6.18 $\pm$ 1.10 ^{a/A}	4.08 $\pm$ 0.52 ^{b/A}
วันที่ 7	5.61 $\pm$ 1.04 ^{ab/A}	4.57 $\pm$ 0.96 ^{ab/A}	6.54 $\pm$ 1.15 ^{a/A}	5.47 $\pm$ 1.19 ^{ab/A}	3.94 $\pm$ 1.27 ^{b/A}
วันที่ 14	4.33 $\pm$ 0.26 ^{c/A}	4.33 $\pm$ 0.31 ^{c/A}	5.57 $\pm$ 0.26 ^{b/A}	6.45 $\pm$ 0.48 ^{a/A}	3.63 $\pm$ 0.36 ^{d/A}
วันที่ 21	4.58 $\pm$ 0.39 ^{b/A}	4.99 $\pm$ 0.64 ^{b/A}	6.09 $\pm$ 0.87 ^{a/A}	6.54 $\pm$ 0.48 ^{a/A}	4.12 $\pm$ 0.36 ^{b/A}

หมายเหตุ: ^{a-b} ที่แตกต่างกันในแนวนอนแสดงถึงค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{A-B} ที่แตกต่างกันในแนวดิ่งแสดงถึงค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

GTE = Green tea extract, BHT = Butylated hydroxy toluene



4. อภิปรายผลวิจัย

การสกัดใบชาเขียวโดยการต้มในน้ำที่อุณหภูมิ 80-90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที แล้วนำไปทำให้เข้มข้นโดยเครื่องระเหยแบบสูญญากาศ และทำแห้งโดยวิธีการแช่เยือกแข็ง จะได้สารสกัดชาเขียวมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกที่สูง (1,660.71 mg GAE/g dry extract) และมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH (67.84 mg TE/ g dry extract) และจับโลหะเหล็กที่สูง (75.16 mmol EDTA/g dry extract) ซึ่ง Huang, et al. พบว่า สารประกอบฟีนอลิกในชาเขียวที่สามารถละลายและถูกสกัดออกมาในน้ำกลั่น ได้แก่ (-)-epigallocatechin (EGC), ((-)- epigallocatechin gallate (EGCG), (-)-epicatechin (EC), gallocatechin (GC) ซึ่งส่งผลต่อความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระที่สูง [15] โดยงานวิจัยส่วนใหญ่ไม่มีการวิเคราะห์คุณสมบัติเริ่มต้นของสารสกัดชาเขียวในรูปของสารสกัดแห้ง แต่อย่างไรก็ตามในงานวิจัยที่เปรียบเทียบอุณหภูมิในการสกัดชาเขียวพบว่า การใช้อุณหภูมิสูงในการต้มชาเขียวจะช่วยสกัดสารออกมาได้ดีกว่า ดังเช่นงานวิจัยของ Evstigneeva, et al. [4] ที่พบว่า การสกัดใบชาเขียว ด้วยน้ำในอัตราส่วน 28 กรัม ต่อน้ำ 100 กรัม ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที จะส่งผลให้ได้สารประกอบที่สกัดได้สูง (ร้อยละ 7.3 ของส่วนประกอบแห้ง) และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี FRAP ที่สูง (209 $\mu\text{g/ml}$ ascorbic equivalent) ซึ่งมากกว่าการสกัดโดยแช่น้ำที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส นอกจากนั้น การเติมสารสกัดจากชาเขียวในผลิตภัณฑ์เนยแข็งจะช่วยเพิ่มฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระซึ่งอาจส่งผลดีต่อสุขภาพได้ ดังเช่นงานวิจัยของ Giroux, et al. ที่รายงานว่าการเติมสารสกัดจากชาเขียวในการผลิตเนยแข็งเชดด้า ที่ระดับ 1 และ 2 กรัมต่อกิโลกรัมเนย สามารถเพิ่มความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPD (N,N-diethyl-p-phenylenediamine) ได้เพิ่มขึ้น จาก 20.8 (เนยแข็งที่ไม่เติมสารสกัดชาเขียว) เป็น 25.1 และ 27.6 mM Trolox equivalent ต่อกรัมตัวอย่าง ตามลำดับ [3] และ งานวิจัยของ Rashidinejad, et al. ที่รายงานว่า การผลิตเนยแข็งไขมันเต็มที่มีการเติมสารสกัดชาเขียวที่ระดับ 250, 500, และ 1,000 ppm ส่งผลให้ปริมาณสารฟีนอลิกเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 14-35 (ปริมาณฟีนอลิกในเนยแข็งพบประมาณ 550-650 mg/100 g) ในเนยแข็งที่ไม่ผ่านการบ่ม และฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระวิธี FRAP และ ORAC เพิ่มขึ้นตามปริมาณของสารสกัดที่เติม แต่การเพิ่มขึ้นไม่ได้เป็นแบบเส้นตรง [5] นอกจากนั้น งานวิจัยของ Lamothe, et al. ยังพบว่าเนยแข็งที่เติมสารสกัดชาเขียวเมื่อผ่านระบบการย่อยแบบจำลองในระบบทางเดินอาหารจะทำให้ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นร้อยละ 29 เมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุมที่ไม่เติมสารสกัดจากชาเขียว [16]

การเติมสารสกัดชาเขียวในครีมชีสสเปรดไม่ส่งผลต่อค่าความชื้น โปรตีน และไขมัน แต่ส่งผลต่อค่าสีของผลิตภัณฑ์โดยทำให้มีความคล้ำเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานของ Giroux, et al. [3] ที่พบว่าการเติมสารสกัดจากชาเขียวในระดับ 1 และ 2 กรัมต่อกิโลกรัมเนยไม่ส่งผลต่อปริมาณโปรตีน ไขมัน แคลเซียม และปริมาณผลผลิตของเนยแข็งเชดด้า แต่ส่งผลให้เนยแข็งมีค่าความสว่าง (L^*) ลดลง ส่วนค่าสีแดง (a^*) และค่าสีเหลือง (b^*) มีค่าเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากการเตรียมสารสกัดจากชาเขียวซึ่งมีสารประกอบฟีนอลิกที่สูงอาจจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสีเนื่องจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลโดยเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสทำให้สีของสารสกัดมีสีที่คล้ำขึ้น [17] ซึ่งค่าสีดังกล่าวส่งผลให้ครีมชีสสเปรดที่มีการเติมสารสกัดจากชาเขียวได้รับคะแนนความชอบด้านสีและความชอบโดยรวมที่น้อยกว่าสูตรควบคุม นอกจากนี้สารสกัดชาเขียวยังประกอบด้วยสารที่ให้กลิ่นและรสชาติ เช่น สารประกอบฟีนอลิก กรดอินทรีย์ และสารเทอร์ปีนที่ระเหยได้ ซึ่งอาจส่งผลให้เกิดรสชาติรบกวนกันระหว่างรสขม รสฝาด รสหวาน และเปรี้ยวเล็กน้อย [18] ซึ่งอาจส่งผลต่อกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ อย่างไรก็ตาม สูตรครีมชีสสเปรดที่ใช้ในการทดลองเป็นสูตรพื้นฐานรสหวานที่มีการเติมน้ำเชื่อมเพียงอย่างเดียวเพื่อปรับปรุงรสชาติจึงทำให้ความชอบทางด้านรสชาติยังไม่เป็นที่พึงพอใจต่อผู้บริโภค หากมีการพัฒนาสูตรครีมชีสสเปรดดังกล่าวรวมกับการใช้ส่วนผสมอาหารเพื่อปรับปรุงด้านสี



อาจทำให้ความพึงพอใจที่ได้รับมีค่าสูงขึ้น ตามที่ได้มีการรายงานของ Evstigneeva, et al. ที่พบว่าการใช้สารสกัดชาเขียวที่มีปริมาณของแข็งร้อยละ 7.3 เติมนลงในคอกเทลเจสที่ผ่านการบีบอัดแล้วที่ระดับร้อยละ 8-9 จะได้รับความพึงพอใจด้านรสชาติและกลิ่นของชาเขียวในระดับปานกลาง หากเพิ่มปริมาณถึงร้อยละ 10-16 จะทำให้เกิดรสขม จึงควรมีการเติมกลิ่นรสอื่น ๆ ร่วมด้วย ซึ่งสูตรเนยแข็งคอกเทลเจสที่เติมสารสกัดชาเขียวร้อยละ 9 ร่วมกับน้ำเชื่อมช็อคโกแลตร้อยละ 19 แยมราสเบอร์รี่ร้อยละ 11 และน้ำตาลร้อยละ 4 และสูตรเนยแข็งคอกเทลเจสชาเขียวที่เติมน้ำผึ้งร้อยละ 12 น้ำเชื่อมแครนเบอร์รี่ร้อยละ 14 และ น้ำตาลร้อยละ 5 เป็นสูตรที่ได้รับความพึงพอใจที่สูง [4]

การเติมสารสกัดชาเขียวมีผลทำให้ค่าความเป็นกรดของผลิตภัณฑ์ชีสสเปรดมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย อาจเนื่องมาจากสารสกัดชาเขียวประกอบด้วยกรดอินทรีย์อื่น ๆ ประมาณร้อยละ 1.5 [18-19] ซึ่งอาจส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของค่าความเป็นกรดในตัวอย่าง ผลดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยของ Evstigneeva, et al. [4] ที่พบว่าการใช้สารสกัดชาเขียวส่งผลให้ค่าความเป็นกรดของคอกเทลเจสลดลงจาก 220°Turner เป็น 204°Turner ในตัวอย่างที่ไม่เติมและเติมสารสกัดชาเขียว ตามลำดับ

สารสกัดจากชาเขียวอาจเป็นแหล่งของสารกันเสียและสารกันหืนจากธรรมชาติที่สามารถนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารได้ ดังเช่นงานวิจัยของ Huvaere, et al. พบว่าสารสกัดชาเขียวในเนยแข็งชนิดอ่อนที่ระดับ 750 ppm สามารถลดปริมาณสารเฮกซานอล (hexanal) และเฮปทานอล (heptanal) ที่เกิดขึ้นได้ แต่ไม่มีผลกับปริมาณสารไฮโดรเปอร์ออกไซด์ (hydroperoxide) ที่เกิดขึ้น ในเนยแข็งที่เก็บในสภาวะที่ได้รับแสงฟลูออเรสเซนต์เป็นตัวกระตุ้น [9] แต่ในการทดลองนี้พบว่า การเติมสารสกัดชาเขียวส่งผลต่อปริมาณมาโลนาลดีไฮด์ที่เพิ่มขึ้นเล็กน้อย อาจเนื่องมาจากสารประกอบสีน้ำตาล (browning reaction products) ในชาเขียวสามารถทำปฏิกิริยากับสาร TBA ทำให้เกิด chromogen product ที่สามารถดูดกลืนแสงที่มีความยาวคลื่นที่ 532 nm ได้ [20] ส่งผลให้ค่าที่อ่านได้เพิ่มขึ้น งานวิจัยนี้ยังพบว่าการเก็บรักษาครีมชีสสเปรดที่อุณหภูมิที่ต่ำ (4 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 21 วัน (3 สัปดาห์) เป็นสภาวะที่ไม่เหนียวนำไปเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน ซึ่งคล้ายคลึงกับงานวิจัยของ Downey [21] ที่พบว่าในการเก็บรักษาครีมชนิด UHT ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 11 สัปดาห์ จะไม่เหนียวนำไปเกิดสารที่เกิดจากการออกซิเดชันของไขมัน (เช่น TBA และ peroxide) หรือเหนียวนำไปเพียงเล็กน้อยเมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้นในครีมชนิด UHT จากบางแหล่ง นอกจากนั้น ยังพบว่าการเก็บที่อุณหภูมิ 10 และ 18 องศาเซลเซียส จะส่งผลให้เกิดออกซิเดชันของไขมันเพิ่มขึ้น 2-3 เท่า และ 3-4 เท่า ตามลำดับ เมื่อเทียบกับการเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ทั้งนี้การเกิดออกซิเดชันของไขมันขึ้นอยู่กับสภาวะในการเก็บรักษา เช่น การเติมแก๊สไนโตรเจนในบรรจุภัณฑ์ก่อนการปิดผนึก ระดับของสารเร่งและยับยั้งการเกิดออกซิเดชันของไขมันที่อยู่ในผลิตภัณฑ์ อุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการเก็บรักษา [21] แม้ว่าการทดลองนี้ไม่สามารถแสดงผลของสารสกัดจากชาเขียวในการยับยั้งการเกิดออกซิเดชันของไขมันในผลิตภัณฑ์ครีมชีสสเปรดได้ อย่างไรก็ตาม ครีมชีสสเปรดที่มีการเติมสารสกัดจากชาเขียว (ที่มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระสูง) ที่ระดับร้อยละ 0.5-1.5 อาจเป็นผลิตภัณฑ์ทางเลือกหนึ่งที่ช่วยเพิ่มสารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติให้แก่ร่างกาย และอาจส่งผลดีต่อสุขภาพเมื่อบริโภค

5. สรุปผลการวิจัย

สารสกัดชาเขียวมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและมีฤทธิ์ทางชีวภาพที่สูง ซึ่งการเติมสารสกัดชาเขียวที่ระดับ ร้อยละ 0.5-1.5 ในผลิตภัณฑ์ครีมชีสสเปรดไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้น โปรตีน และไขมันในผลิตภัณฑ์ แต่ส่งผลต่อคุณภาพทางด้านสีของผลิตภัณฑ์และส่งผลให้ความชอบของผู้บริโภคลดลง ซึ่งสามารถแก้ไขได้โดยการปรับแต่งกลิ่นรสของครีมชีสสเปรดให้เหมาะสมมากขึ้น เนื่องจากไม่พบการเปลี่ยนแปลงของปริมาณ



มาโลนาดีไฮต์ในทุกตัวอย่างระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 21 วัน จึงไม่สามารถประเมินผลของสารสกัดชาเขียวต่อการเกิดออกซิเดชันของไขมันในผลิตภัณฑ์ครีมชีสได้ อย่างไรก็ตาม การเติมสารสกัดจากชาเขียว อาจช่วยเพิ่มสารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติในผลิตภัณฑ์ครีมชีสเปรดซึ่งถือเป็นผลิตภัณฑ์ทางเลือกหนึ่งให้แก่ผู้บริโภค

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ สาขาชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา ที่อำนวยความสะดวกในการทำการทดลอง

เอกสารอ้างอิง

- [1] Phadungath, C. (2005). Cream cheese products: A review. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, 27(1), 191-199.
- [2] ปิยาภัทร ไตรสนธิ. (2560). ชา: เครื่องดื่มเพื่อสุขภาพและสุนทรีย์ภาพ. *อาหารและสุขภาพ*, 47(4), 12-18.
- [3] Giroux, HJ., Grandpré, GD., Fustier, P., Champagne, CP., St-Gelais, D., Lacroix, M. and Britten, M. (2013). Production and characterization of Cheddar-type cheese enriched with green tea extract. *Dairy Science and Technology*, 93, 241-254.
- [4] Evstigneeva, T., Skvortsova, N., and Yakovleva, R. (2016). The application of green tea extract as a source of antioxidants in the processing of dairy product. *Agronomy Research*, 14(S2), 1284-1298.
- [5] Rashidinejad, A., Birch, EJ. and Everett, DW. (2016). Antioxidant activity and recovery of green tea catechins in full-fat cheese following gastrointestinal stimulated digestion. *Journal of Food Composition and Analysis*, 48, 13-24.
- [6] Wang, R. & Zhou, W. (2004). Stability of tea catechins in the breadmaking process. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52, 8224-8229.
- [7] Jo, C., Son, JH., Son, CB. and Byun, MW. (2003). Functional properties of raw and cooked pork patties with added irradiated, freeze-dried green tea leaf extract powder during storage at 4°C. *Meat Science*, 64(1), 13-17.
- [8] Yoon, J., Bae, SM., Gwak, SH. and Jeong, JY. (2021). Use of green tea extract and rosemary extract in naturally cured pork sausages with white kimchi powder. *Food Science and Animals Resources*, 41(5), 840-854.
- [9] Huvaere, K., Nielsen, JH., Bakman, M., Hammershøj, M., Skibsted, L.H., Sørensen, J., Vognsen, L. and Dalsgaard, TK. (2011). Antioxidant properties of green tea extract protect reduced fat soft cheese against oxidation induced by light exposure. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59, 8718-8723.
- [10] Waterhouse, AL. (2003). Determination of total phenolic compounds. Retrieved 1 May 2022, from <https://currentprotocols.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/0471142913.fai0101s06>
- [11] Sanchez-Moreno, C., Larrauri, JA. and Saura-Calixto, F. (1998). A Procedure to measure the antiradical efficiency of polyphenols. *Journal of the Science Food and Agriculture*, 76, 270-276.
- [12] Dinis, TC., Maderia, VM. and Almeida, LM. (1994). Action of phenolic derivatives (acetaminophen, salicylate and 5-aminosalicylate) as inhibitors of membrane lipid peroxidation and as peroxy radical scavengers. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 315, 161-169.
- [13] Jantapirak, S., Klongdee, S., Limsangouan, N., Kantrong, H. and Prasert, W. (2021). Effects of chitosan and phosphate on quality characteristics and shelf life extension of pork meatballs. *Agriculture and Natural Resources*, 55, 219-228.



- [14] AOAC: Official Methods of Analysis. (2000). 17th ed. Arlington, VA, USA.
- [15] Huang, W-Y., Lin, Y-R., Ho, R-F., Liu, H-Y. and Lin, Y-S. (2013). Effects of water solutions on extracting green tea leaves. Scientific World Journal, v.2013, 1-6.
- [16] Lamothe, S., Azimy, N., Bazinet, L., Couillard, C. and Britten, M. (2014). Interaction of green tea polyphenols with dairy matrices in a simulated gastrointestinal environment. Food & Function, 5, 2621-2631.
- [17] O'Connell, JE & Fox, PF. (2001). Significance and applications of phenolic compounds in the production and quality of milk and dairy products: a review. International Dairy Journal, 11, 103-120.
- [18] Namal Senanayake, SPJ. (2013). Green tea extract: Chemistry, antioxidant properties and food applications – A review. Journal of Functional Foods, 5(4), 1529-1541.
- [19] Graham, HN. (1992). Green tea composition, consumption, and polyphenol chemistry. Preventive Medicine, 21, 334-350.
- [20] Shahidi, F. & Zhong, Y. (2005). Lipid oxidation: measurement methods. In F. Shahidi (Ed.). Bailey's industrial oil and fat products (pp. 357-385). New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- [21] Downey, WK. (1969). Lipid oxidation as a source of off-flavour development during the storage of dairy products. International Journal of Dairy Technology, 22(3), 154-161.



การพัฒนาเคลือบดอกซากุระโดยใช้นิกเกิลออกไซด์เป็นสารให้สี Development of Sakura Glaze Using Nickel Oxide as a Coloring Agent

ธมลวัฒน์ หิรัญชาตอนันต์^{1*}

Tamonwat Hirunchart-a-nan^{1*}

สาขาวิชานวัตกรรมการผลิตและการออกแบบเซรามิกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง¹

Division of Production Innovation and Ceramics Design, Faculty of Industrial Technology,

Lampang Rajabhat University¹

*Corresponding Author: tamonwat_hirunchartanan@hotmail.com

ข้อมูลบทความ	บทคัดย่อ
ประวัติบทความ: รับเพื่อพิจารณา: 30 เมษายน 2565 แก้ไข: 27 กรกฎาคม 2565 ตอบรับ: 9 สิงหาคม 2565	การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาอัตราส่วนผสมของน้ำเคลือบที่สามารถหลอมตัวที่อุณหภูมิ 1220 องศาเซลเซียส และพัฒนาอัตราส่วนผสมของน้ำเคลือบที่ก่อให้เกิดผลึกขนาดเล็กสีชมพู ใช้วัตถุดิบ 6 ชนิด ได้แก่ โพแทสเฟลด์สปาร์ แบเรียมคาร์บอเนต แมกนีเซียมคาร์บอเนต ซิงค์ออกไซด์ ดินขาวลำปาง และซิลิกา คำนวณอัตราส่วนผสมด้วยทฤษฎีเซเกอร์จำนวน 16 อัตราส่วน แบ่งการทดลองออกเป็น 3 การทดลองโดยเติมนิกเกิลออกไซด์ ร้อยละ 1.00 1.50 และ 2.00 โดยน้ำหนักผงแห้งทุกอัตราส่วนผสม ใช้เวลาบดด้วยเครื่องบดความเร็วสูง 10 นาที ความถี่เฉพาะ 1.50 เมทริกซ์อุณหภูมิ 1220 องศาเซลเซียส ยืนไฟ 30 นาที เผาด้วยเตาไฟฟ้า บรรยากาศออกซิเดชัน ผลการวิจัยพบว่าตัวอย่างงานวิจัยทั้ง 16 อัตราส่วนผสมหลอมตัวที่อุณหภูมิ 1220 องศาเซลเซียส และการเติมนิกเกิลออกไซด์สามารถก่อให้เกิดเคลือบดอกซากุระ
คำสำคัญ: การพัฒนา/เคลือบ/โลหะ/ นิกเกิลออกไซด์	

Article Info	Abstract
Article History: Received: April 30, 2022 Revised: July 27, 2022 Accepted: August 9, 2022	This research aimed to develop a mixture ratio of glazes capable of melting at 1220 °C and a mixture ratio of glazes to form small pink crystals. 6 types of raw materials were used, including Potash feldspar, Barium Carbonate, Magnesium Carbonate, Zinc Oxide, Kaolin Lampang, and Silica. The ratios were calculated by using the Seger theory of 16 ratios. The experiments were divided into 3 sub-experiments with the addition of 1.00, 1.50 and 2.00 percent nickel oxide by weight of dry powder at all ratios. It takes
Keywords: Development/Glaze/Metal/ Nickel oxide	



10 minutes to grind with a high-speed grinder, a specific gravity of 1.50, burn at 1220 degrees Celsius, stand on fire for 30 minutes, and fire with an electric kiln oxidation atmosphere. The results showed that for the 16 study samples, the mixture melted at 1220°C and the addition of nickel oxide could form the Sakura glaze.

1. บทนำ

ผลิตภัณฑ์เซรามิกเป็นผลิตภัณฑ์ที่สร้างขึ้นด้วยวัตถุดิบ 2 ประเภท ได้แก่ วัตถุดิบเนื้อดินประเภทต่าง ๆ และวัตถุดิบหิน แร่ รวมทั้งสารประกอบต่าง ๆ [1-2] ถูกนำมาผสมรวมกันในอัตราส่วนที่เหมาะสมให้อยู่ในสภาพของเนื้อดินปั้นที่มีความเหนียวคงรูปเป็นก้อนกลมหรือเป็นรูปทรงต่าง ๆ ส่วนเนื้อดินหลอมมีลักษณะดินเหลว ไหลตัวคล้ายนมข้น เนื้อดินผงมีลักษณะเป็นผงฝุ่นมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 4-7 และสุดท้ายคือ น้ำเคลือบซึ่งมีสมบัติต่างจากเนื้อดินที่กล่าวมา เนื่องจากการนำเคลือบจะถูกเคลือบลงบนผิวของผลิตภัณฑ์ด้วยวิธีการชุบ เท ราด พ่น หรือการสเปรย์เป็นละอองผ่านอู่โมลด์ น้ำเคลือบจะเคลือบติดกับผิวผลิตภัณฑ์เป็นชั้นบาง ๆ หนาประมาณ 1-1.5 มิลลิเมตร [3] การเคลือบลงบนผลิตภัณฑ์โดยปัจจัยที่ระบุความบางหรือหนาของชั้นเคลือบ ชนิดของเคลือบนั้น ๆ จะเป็นตัวกำหนด เช่น เคลือบสีที่ต้องการให้ชั้นเคลือบบางเพื่อเน้นโชว์ลายเส้น หรือเคลือบเทมโมกู่ที่ต้องการให้ชั้นเคลือบหนาเพื่อให้เกิดการรวมตัวของออกไซด์ที่เติมลงไป กลายสภาพเป็นหยดน้ำมัน เป็นต้น

น้ำเคลือบทุกชนิดต้องผ่านการเผาที่อุณหภูมิสูงจึงจะเกิดความมันวาว กลายสภาพเป็นเนื้อแก้วติดอยู่บนผิวของผลิตภัณฑ์ หากต้องการสร้างความสวยงามให้กับผลิตภัณฑ์ วัตถุดิบในกลุ่มโลหะทรานซิชันเป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่สามารถรังสรรค์ให้เกิดสีต่าง ๆ แก้วเคลือบได้ เช่น วาเนเดียม (V) ธาตุตามตารางธาตุลำดับที่ 23 เป็นวัตถุดิบที่มีสมบัติเป็นสารก่อให้เกิดสีในน้ำยาเคลือบ ได้แก่ สีเหลือง สีเหลืองเขียว สีน้ำตาลแดง และสีเขียว สารประกอบกลุ่มวาเนเดียมที่นิยมใช้ในงานเซรามิก ประกอบด้วย วาเนเดียมเพนตะออกไซด์ สูตรทางเคมี คือ V_2O_5 โครเมียม (Cr) ธาตุตามตารางธาตุลำดับที่ 24 เป็นวัตถุดิบที่มีสมบัติเป็นสารให้สีเขียวเข้ม สารประกอบกลุ่มโครเมียมที่นิยมใช้ในงานเซรามิก ประกอบด้วย โครเมียมออกไซด์ สูตรทางเคมี คือ Cr_2O_3 แมงกานีส (Mn) ธาตุตามตารางธาตุลำดับที่ 25 วัตถุดิบชนิดนี้มีสมบัติเป็นตัวก่อให้เกิดเฉดสีน้ำตาลถึงสีดำ สารประกอบกลุ่มแมงกานีสที่นิยมใช้ในงานเซรามิก ประกอบด้วย แมงกานีสไดออกไซด์ สูตรทางเคมี คือ MnO_2 เหล็ก (Fe) ธาตุตามตารางธาตุลำดับที่ 26 เป็นวัตถุดิบที่มีสมบัติเป็นสารให้เฉดสีเหลือง แดง น้ำตาล ดำ และสีเขียว สารประกอบกลุ่มเหล็กที่นิยมใช้ในงานเซรามิก ประกอบด้วย เพอร์ริกออกไซด์ สูตรทางเคมี คือ Fe_2O_3 โคบอลต์ (Co) ธาตุตามตารางธาตุลำดับที่ 27 วัตถุดิบชนิดนี้มีสมบัติเป็นตัวก่อให้เกิดสีในน้ำยาเคลือบที่รุนแรง ได้แก่ สีน้ำเงิน สารประกอบกลุ่มโคบอลต์ที่นิยมใช้ในงานเซรามิก ประกอบด้วย โคบอลต์คลอไรด์ สูตรทางเคมี คือ $CoCl$ และโคบอลต์ออกไซด์ สูตรทางเคมี คือ CoO นิกเกิล (Ni) ธาตุตามตารางธาตุลำดับที่ 28 วัตถุดิบชนิดนี้มีสมบัติเป็นตัวก่อให้เกิดเฉดสีได้หลากหลายตั้งแต่สีเขียว สีน้ำเงิน สีน้ำตาล สีเทา สีม่วง สีชมพู และสีดำ สารประกอบกลุ่มนิกเกิลที่นิยมใช้ในงานเซรามิก ประกอบด้วย นิกเกิลออกไซด์ สูตรทางเคมี คือ NiO ทองแดง (Cu) ธาตุตามตารางธาตุลำดับที่ 29 วัตถุดิบชนิดนี้มีสมบัติเป็นตัวก่อให้เกิดสีในน้ำยาเคลือบ ได้แก่ สีเขียว สีฟ้า และเฉดสีแดง สารประกอบกลุ่มคอปเปอร์ที่นิยมใช้ในงานเซรามิก ประกอบด้วย คอปเปอร์คาร์บอเนต สูตรทางเคมี คือ $CuCO_3$ และ คอปเปอร์ออกไซด์ สูตรทางเคมี คือ CuO [4] ด้วยสมบัติการให้



สีของโลหะทรานซิชันที่ได้กล่าวมาทำให้แนวทางการพัฒนาน้ำเคลือบเป็นไปได้อย่างหลากหลาย ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงได้ห้ขบยกประเด็นการเกิดสีของโลหะกลุ่มทรานซิชันบางชนิดที่สามารถก่อให้เกิดลักษณะพิเศษ หรือการตกผลึกขนาดเล็กที่กระจายตัวอยู่ทั่วบริเวณชิ้นงาน

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นพัฒนาน้ำเคลือบที่มีการเกิดผลึกสีชมพูคล้ายการบานของดอกซากุระ โดยผู้วิจัยคาดการณ์ถึงการเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนผสมจากการปรับลดจำนวนโมลของอลูมินาและซิลิกา [5] จะส่งผลให้เกิดลักษณะของการเกิดผลึก ผนวกกับวัตถุดิบตระกูลซิงค์ออกไซด์ซึ่งมีส่วนช่วยทำให้เกิดผลึกในระบบของซิงค์คริสตัล [6-7] และการเลือกโลหะทรานซิชันชนิด นิกเกิล (Ni) มาใช้เป็นสารให้สีจะสามารถทำให้เกิดผลึกสีชมพูจากการค้นพบของผู้วิจัยเองที่ศึกษาการเปลี่ยนแปลงการแพร่สีของออกไซด์ชนิดต่าง ๆ พบว่า นิกเกิลออกไซด์สามารถก่อให้เกิดสีชมพูในระบบกลุ่มวัตถุดิบที่มีกลุ่มต่างประกอบด้วย แบเรียมคาร์บอเนต และแมกนีเซียมคาร์บอเนต และจากงานวิจัยของผู้วิจัยเองได้ศึกษาการพัฒนาน้ำเคลือบอุณหภูมิต่ำพบว่า การเตรียมเคลือบที่มีอุณหภูมิต่ำทำได้ด้วย (1) ต้องมีวัตถุดิบกลุ่มต่างมากกว่า 4 ชนิด (2) การบดผสมวัตถุดิบให้มีความละเอียดผ่านตะแกรงขนาด 45 ไมครอน (3) วิธีการเผาในช่วงอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ก่อนถึงจุดหลอมตัว ให้ใช้อัตราการขึ้นอุณหภูมิ 0.83 องศาเซลเซียส ต่อนาที และ (4) จำนวนโมลของอลูมินาที่นำมาคิดตามทฤษฎีของเซเกอร์ต้องน้อยกว่า 0.22 หากดำเนินการวิจัยตามภายใต้เงื่อนไขที่กล่าวมา จะสามารถพัฒนาเคลือบดอกซากุระที่หลอมตัวอุณหภูมิ 1220 องศาเซลเซียสได้อย่างสมบูรณ์

2. วิธีดำเนินการวิจัย

ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยได้ออกแบบการวิจัย โดยแบ่งออกเป็นประเด็นต่างๆ ดังนี้

- 2.1 การออกแบบงานวิจัย งานวิจัยนี้ได้กำหนดอัตราส่วนผสมตามการแปรค่าจากการทฤษฎีเซเกอร์ทั้งหมด 16 อัตราส่วนผสม (ภาพที่ 1) จากนั้นแบ่งออกเป็น 3 ชุดการทดลอง โดยการเติมนิกเกิลออกไซด์ร้อยละ 1.00 1.50 และ 2.00
- 2.2 การหาอัตราส่วนผสมทำการแปรค่าโดยทฤษฎีของเซเกอร์ ดังนี้

วัตถุดิบกลุ่มต่าง

0.10 K_2O

0.40 BaO

0.10 MgO

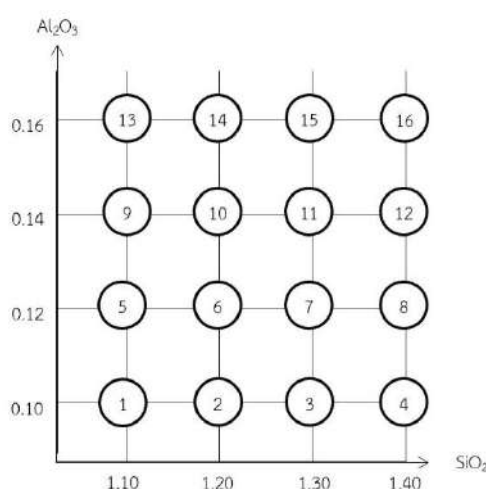
0.40 ZnO

วัตถุดิบกลุ่มกลาง

0.10-0.16 Al_2O_3

วัตถุดิบกลุ่มกรด

1.10-1.40 SiO_2



ภาพที่ 1 การแปรค่าอลูมินาต่อซิลิกา



ตารางที่ 1 ปริมาณร้อยละของวัตถุดิบแต่ละชนิดที่ได้จากการแปรค่าตามทฤษฎีเซเกอร์มีหน่วยเป็นกรัม

อัตราส่วนที่	โพแทส เฟลด์สปาร์	แบเรียม คาร์บอเนต	แมกนีเซียม คาร์บอเนต	ซิงค์ ออกไซด์	ดินขาว ลำปาง	ซิลิกา
1	27.10	38.40	4.09	15.79	0.00	14.62
2	26.33	37.31	3.98	15.34	0.00	17.05
3	25.60	36.28	3.87	14.92	0.00	19.34
4	24.91	35.30	3.76	14.52	0.00	21.51
5	26.74	37.89	4.04	15.58	2.48	13.27
6	25.99	36.83	3.93	15.14	2.41	15.70
7	25.28	35.82	3.82	14.73	2.35	18.00
8	24.61	34.87	3.72	14.34	2.28	20.18
9	26.39	37.40	3.99	15.38	4.90	11.96
10	25.66	36.36	3.88	14.95	4.76	14.40
11	24.96	35.38	3.77	14.55	4.63	16.70
12	24.31	34.45	3.67	14.17	4.51	18.89
13	26.04	36.91	3.93	15.18	7.25	10.68
14	25.33	35.90	3.83	14.76	7.05	13.12
15	24.66	34.95	3.73	14.37	6.87	15.43
16	24.02	34.04	3.63	14.00	6.69	17.63

หมายเหตุ: ภาพที่ 1 การกำหนด 16 อัตราส่วนผสมบนแผนภูมิแกน X แกน Y ตามทฤษฎีของเซเกอร์ โดยแกน X แทนค่าด้วย SiO_2 มีค่าระหว่าง 1.10 -1.40 ค่าความถี่คือ 0.10 แกน Y แทนค่าด้วย Al_2O_3 มีค่าระหว่าง 0.10-0.16 ค่าความถี่คือ 0.02 ยกตัวอย่างการอ่านค่าจุดที่ 1 ค่าค่าได้ 0.10 K_2O 0.40 BaO 0.10 MgO 0.40 ZnO 0.10 Al_2O_3 1.10 SiO_2

2.3 คำนวณหาค่าน้ำหนักของวัตถุดิบจำนวน 16 อัตราส่วนผสม เตรียมทั้งหมด 3 ชุดการทดลอง แต่ละอัตราส่วนผสมเตรียมอัตราส่วนผสมละ 500 กรัม

2.4 วิธีการบดใช้การบดแบบเปียก เติมน้ำร้อยละ 80 โดยน้ำหนัก บดด้วยเครื่องบดความเร็วสูงเป็นเวลา 10 นาที ควบคุมความละเอียดของขนาดอนุภาคเฉลี่ยต้องเล็กกว่า 45 ไมครอน

2.5 ปรับค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำเคลือบอยู่ระหว่าง 1.40-1.45

2.6 เคลือบน้ำเคลือบลงบนแผ่นบิสกิตที่ผ่านการเผาที่อุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 850 องศาเซลเซียส ให้มีความหนาไม่น้อยกว่า 1 มิลลิเมตร

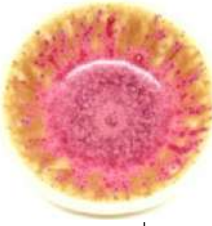
2.7 เผาเคลือบถึงจุดสุกตัวที่อุณหภูมิ 1220 องศาเซลเซียส อัตราการขึ้นอุณหภูมิ 2.5 องศาต่อนาที และปรับลดอัตราการเผาช่วง 50 องศาเซลเซียสสุดท้ายเหลือ 0.83 องศาต่อนาที ยืนไฟ 30 นาที



3. ผลการศึกษา

จากการดำเนินงานวิจัย ผลลัพธ์หลังการเผาที่อุณหภูมิ 1220 องศาเซลเซียส (ตารางที่ 2) พบว่า เคลือบดอกชากระทั่งจำนวน 16 อัตราส่วนมีความมั่นคงวาวปรากฏชัดเจน การไหลตัวพบได้ทั้ง 16 อัตราส่วนผสมแสดงจากความแตกต่างของความหนาของขอบถ้วยและก้นถ้วย ซึ่งสามารถอธิบายปรากฏการณ์การไหลตัวที่อุณหภูมิ 1220 องศาเซลเซียส ได้อย่างสมบูรณ์

ตารางที่ 2 ลักษณะการไหลตัวหลังการเผาที่อุณหภูมิ 1220 องศาเซลเซียส บรรยากาศออกซิเดชัน

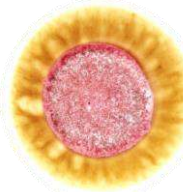
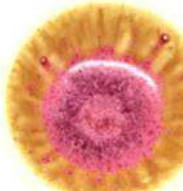
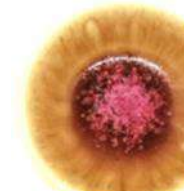
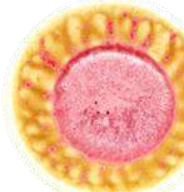
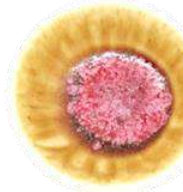
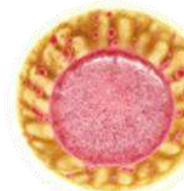
ผลลัพธ์หลังการเผา			
			
อัตราส่วนที่ 13	อัตราส่วนที่ 14	อัตราส่วนที่ 15	อัตราส่วนที่ 16
			
อัตราส่วนที่ 9	อัตราส่วนที่ 10	อัตราส่วนที่ 11	อัตราส่วนที่ 12
			
อัตราส่วนที่ 5	อัตราส่วนที่ 6	อัตราส่วนที่ 7	อัตราส่วนที่ 8
			
อัตราส่วนที่ 1	อัตราส่วนที่ 2	อัตราส่วนที่ 3	อัตราส่วนที่ 4

หมายเหตุ: ตารางที่ 1 น้ำหนักวัตถุดิบ 16 อัตราส่วนผสมมีหน่วยเป็นกรัม จากการแปรค่าตามทฤษฎีของเซเกอร์ โดยใช้จำนวนโมลที่อ่านค่าได้ตามที่อธิบายไว้ตามรูปที่ 1 คำนวณค่าออกมาเป็นร้อยละน้ำหนักวัตถุดิบ

เมื่อทำการเติมนิกเกิลออกไซด์เป็นสารให้สีในปริมาณที่ต่างกัน แสดงลักษณะการเกิดผลึกดอกชากระสีชมพูทั้ง 16 อัตราส่วนผสม ในส่วนของลักษณะการเกิดผลึกมีความแตกต่างกัน คือ เกิดผลึกไม่สมบูรณ์ได้แก่อัตราส่วนผสมที่ 4, 8, 12 และ 16 ดังแสดงในตารางที่ 3

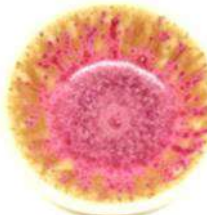
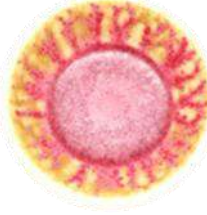
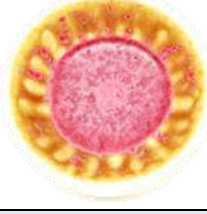
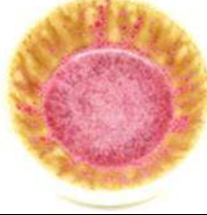
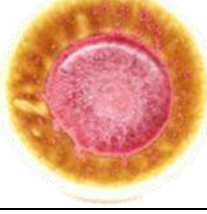
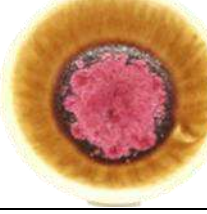


ตารางที่ 3 ลักษณะของเคลือบดอกชากระที่เติมปริมาณนิกเกิลออกไซด์ต่างกัน

นิกเกิล ร้อยละ	อัตราส่วนผสมที่ 1	อัตราส่วนผสมที่ 2	อัตราส่วนผสมที่ 3	อัตราส่วนผสมที่ 4
1.00				
1.50				
2.00				
นิกเกิล ร้อยละ	อัตราส่วนผสมที่ 5	อัตราส่วนผสมที่ 6	อัตราส่วนผสมที่ 7	อัตราส่วนผสมที่ 8
1.00				
1.50				
2.00				



ตารางที่ 3 ลักษณะของเคลือบดอกชากระที่เติมปริมาณนิกเกิลออกไซด์ต่างกัน (ต่อ)

นิกเกิล ร้อยละ	อัตราส่วนผสมที่ 9	อัตราส่วนผสมที่ 10	อัตราส่วนผสมที่ 11	อัตราส่วนผสมที่ 12
1.00				
1.50				
2.00				
นิกเกิล ร้อยละ	อัตราส่วนผสมที่ 13	อัตราส่วนผสมที่ 14	อัตราส่วนผสมที่ 15	อัตราส่วนผสมที่ 16
1.00				
1.50				
2.00				



4. อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการวิจัยตารางที่ 2 พบว่าตัวอย่างการวิจัยจำนวน 16 อัตราส่วน สามารถหลอมตัวที่อุณหภูมิ 1220 องศาเซลเซียส เมื่อพิจารณาสัดส่วนของปริมาณวัตถุดิบหลักที่มีบทบาทสำคัญต่อการหลอมตัวของเคลือบมากที่สุด แสดงให้เห็นว่า อัตราส่วนดังกล่าวมีปริมาณของโพแทสเซิลด์สปาร์และแบเรียมคาร์บอเนตเป็นส่วนผสมสูงกว่าร้อยละ 65 โดยน้ำหนักผงแห้ง และมีปริมาณของซิลิกาเป็นส่วนผสมน้อยกว่าร้อยละ 21 โดยน้ำหนักผงแห้ง เนื่องจากสมบัติของโซดาเฟลด์สปาร์ที่ทำหน้าที่เป็นตัวทำลายโครงสร้างซิลิเกต เมื่อขณะที่อุณหภูมิการหลอมตัว โพแทสเซิลด์สปาร์ ($K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$) เกิดการหลอมละลายไอออนของ K^+ จะหลุดออกจากโครงสร้างเข้าแทรกตัวในโครงสร้างของซิลิเกต (SiO_2) ทำให้โครงสร้างของซิลิเกตมีความแข็งแรงลดลง อุณหภูมิการหลอมตัวจึงลดลงได้ โพแทสเซิลด์สปาร์สามารถหลอมได้ด้วยตัวเองที่อุณหภูมิ 1150 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ยังมีการศึกษาเปรียบเทียบเนื้อดินพอร์ซเลนที่ใช้หลักซ์ 2 ชนิดคือ โพแทสเซิลด์สปาร์และโซดาเฟลด์สปาร์ วิเคราะห์ผลด้วยเทคนิคเทอร์โมกราวิเมตริกและการวิเคราะห์ดิฟเฟอเรนเชียลเทอร์มอล พบว่า โพแทสเซิลด์สปาร์หลอมตัวที่อุณหภูมิ 1195 องศาเซลเซียส [8] ซึ่งจากข้อมูลข้างต้นช่วยสนับสนุนผลการวิจัยถึงสาเหตุของการหลอมตัวของน้ำเคลือบที่อุณหภูมิ 1220 องศาเซลเซียส

จากผลการวิจัยตารางที่ 3 ผลึกมีลักษณะสี่เหลี่ยม และกล่าวได้ว่าอัตราส่วนระหว่างอลูมินาต่อซิลิกา และ ร้อยละการเติมของนิเกิลออกไซด์มีผลต่อการเกิดผลึก ในกรณีของอัตราส่วนระหว่างอลูมินาต่อซิลิกาส่งผลให้อัตราการเกิดผลึกไม่สมบูรณ์เมื่อพิจารณาอัตราส่วนผสมอลูมินาต่อซิลิกาของอัตราส่วนผสมที่ 4, 8, 12 และ 16 พบว่า อัตราส่วนของทั้ง 5 อัตราส่วนผสมคือ 0, 0.11, 0.23 และ 0.38 ตามหลักการของการเกิดเคลือบผลึก ยิ่งตัวด้านทานการก่อผลึกน้อย การเกิดผลึกควรปรากฏมากขึ้นตาม แต่ผลการทดลองกลับสวนทางกันและแสดงผลการทดลองเพียงเกิดการหลอมตัวมากขึ้น ส่งผลให้ผลึกที่เกิดขึ้นเกิดการหลอมตัว ไม่สามารถก่อรูปเป็นผลึกได้ หรืออีกปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลชัดเจน คือสัดส่วนของซิงค์ออกไซด์ต่อซิลิกา กล่าวคือโครงสร้างของผลึกหรือที่มีชื่อเรียกตามหลักวิชาการคือ ผลึกวิลลิไมท์ สูตรทางเคมีคือ $2ZnO \cdot SiO_2$ จากสูตรทางเคมีอย่างง่ายแสดงให้เห็นว่า ผลึกวิลลิไมท์ประกอบไปด้วยจำนวนโมลของซิงค์ออกไซด์ 2 โมล และโมลของซิลิกา 1 โมล แต่ด้วยสัดส่วนของซิงค์และซิลิกาของอัตราส่วนที่ 4, 8, 12 และ 16 คือ ซิงค์ออกไซด์ 0.50, 0.50, 0.50 และ 0.58 โมล ต่อซิลิกา 1 โมล มีค่าโมลของซิงค์ออกไซด์ต่ำกว่า 2 มาก เมื่อเทียบกับอัตราส่วนที่ 13 พบว่ามีสัดส่วนซิงค์ออกไซด์ 1.11 โมล ซึ่งใกล้เคียงกับจำนวนโมลของซิงค์ออกไซด์จากโครงสร้างอย่างง่ายและปรากฏเป็นเคลือบซากุระชัดเจน

การเติมนิกเกิลออกไซด์ลงไปในสูตรเคลือบ พบว่าเคลือบที่มีพื้นสีน้ำตาลและผลึกดอกเข็มสี่เหลี่ยม เนื่องจากนิเกิลออกไซด์เป็นวัตถุดิบที่มีสมบัติเป็นสารให้สีได้หลากหลายเฉดสี ได้แก่ สีเขียว สีน้ำเงิน สีน้ำตาล สีเทา สีม่วง และสีชมพู [3, 9] และการทำให้เคลือบกลายเป็นสีชมพูขึ้นอยู่กับอัตราส่วนของวัตถุดิบกลุ่มต่างคือ ซิงค์ออกไซด์กับแบเรียมคาร์บอเนต โดยในสูตรเคลือบของงานวิจัยจะพบว่า มีปริมาณของแบเรียมคาร์บอเนตมากกว่าร้อยละ 30 นั้นแสดงให้เห็นว่า แบเรียมคาร์บอเนตที่มีอยู่ในอัตราส่วนผสมมากกว่าร้อยละ 30 จะส่งผลให้เคลือบที่เติมนิกเกิลออกไซด์เป็นสารให้สีกลายเป็นเคลือบสีชมพู ส่วนร้อยละการเติมนิกเกิลออกไซด์มีผลต่อการเกิดลักษณะเคลือบดอกซากุระ ยิ่งเติมในปริมาณเพิ่มขึ้น การเกิดลักษณะเคลือบดอกซากุระยิ่งชัดเจน ยกตัวอย่างอัตราส่วนที่ 13



5. สรุปผลการวิจัย

5.1 การพัฒนาอัตราส่วนผสมของน้ำเคลือบที่สามารถหลอมตัวที่อุณหภูมิ 1220 องศาเซลเซียส สามารถดำเนินการจากการแปลค่าจำนวนโมลของอลูมินาให้น้อยกว่า 2.0 โมล ควบคุมคุณภาพความละเอียดของขนาดอนุภาคให้เล็กกว่า 45 ไมครอน ความถ่วงจำเพาะ 1.40-1.45

5.2 การพัฒนาเคลือบดอกซากุระสามารถเติมนิกเกิลออกไซด์ปริมาณร้อยละ 1.00 1.50 และ 2.00 โดยน้ำหนักของผงแห้งเป็นส่วนผสม

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏลำปางที่ให้ออกโอกาสในการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้ ขอขอบคุณสาขาวิชานวัตกรรมการผลิตและการออกแบบเซรามิกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง ที่ให้ความอนุเคราะห์ใช้สถานที่ในการดำเนินงานวิจัย และขอขอบคุณนางสาวศันศณีย์ บุญรักษา นักศึกษาสาขาวิชานวัตกรรมการผลิตและการออกแบบเซรามิกส์ ที่ให้ความร่วมมือเป็นผู้ช่วยนักวิจัย และร่วมดำเนินงานวิจัยจนแล้วเสร็จ

เอกสารอ้างอิง

- [1] ปรีดา พิมพ์ขาวขำ. (2523). เซรามิกส์. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.
- [2] ไพจิตร อังศิริวัฒน์. (2541). เนื้อดินเซรามิก. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.
- [3] ไพจิตร อังศิริวัฒน์. (2537). เคลือบเซรามิก. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.
- [4] รมลวัฒน์ หิรัญชาติอนันต์. (2564). วัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการผลิตอุตสาหกรรมมิก. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.
- [5] นงลักษณ์ มีทอง ประภาวดี ไกรวุฒินันต์ อภิสร สกุลอานวยชัย สุมาลี จันระวัณยศ ศุภสุดา ภูพาน กุศลมาลย์ ทองขุนด่าน และสุธรรม ศรีหล่มสัก. (2557). อิทธิพลของสัดส่วน Al_2O_3 กับ SiO_2 และรูปแบบการเผาต่อเคลือบผลึกวิลลิไมท์. วารสารวิทยาศาสตร์ มข, 42(3), 845-855.
- [6] Ehrt, D. and Flügel, S. (2011). Properties of Zinc Silicate Glasses and Melts. Journal of Materials Science and Engineering, A1, 312-320.
- [7] Karasu, B., Çaki, M. and Turan, S. (2000). The development and characterization of zinc crystal glazes used for Amakusa-like soft porcelains. European ceramic society, 20, 2225-2231.
- [8] ดร. วัณณศิริเวช และสุธี วัณณศิริเวช. (2552). การวิเคราะห์แร่ดิน เคลือบ และตำหนิในผลิตภัณฑ์เซรามิก. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [9] आयुวัฒน์ สว่างผล. (2543). วัตถุดิบที่ใช้แพร่หลายในงานเซรามิกส์. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.



การลดระยะเวลาและเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตน้ำดื่มบรรจุขวด : กรณีศึกษา
โรงงานสหกรณ์การเกษตรยางชุมน้อย จำกัด อำเภอยางชุมน้อย จังหวัดศรีสะเกษ
Reducing time and Increasing the efficiency of bottled water production
: Case Study of Yang Chum Noi Agricultural Cooperative Plant Limited,
Yang Chum Noi District Sisaket Province

โชติรส นพพลกรัง¹ และ พรทิตา ทามะพันธ์^{2*}

Chotiros Nopphonkrang¹ and Porntita Tamapan^{2*}

สาขาวิชาวิศวกรรมโลจิสติกส์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ¹

สาขาวิชาวิศวกรรมโลจิสติกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม²

Division of Logistics Engineering, Faculty of Liberal Arts and Sciences, Sisaket Rajabhat University¹

School of Logistics Engineering, Faculty of Engineering, Nakhon Phanom University²

*Corresponding Author: porntita@npu.ac.th

ข้อมูลบทความ	บทคัดย่อ
ประวัติบทความ: รับเพื่อพิจารณา: 22 พฤษภาคม 2565 แก้ไข: 25 สิงหาคม 2565 ตอบรับ: 19 กันยายน 2565	การศึกษาในครั้งนี้ ผู้ศึกษามีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงและเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิต น้ำดื่มบรรจุขวดโดยใช้หลักการ ECRS และหลักการ 5W1H เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพโดยรวมในการผลิต และมุ่งเน้นขจัดความสูญเปล่าด้านเวลา ทำการบันทึกข้อมูลขั้นตอนการผลิต ระยะเวลาในการผลิตของแต่ละขั้นตอนและหาเวลามาตรฐาน จากนั้นนำมาวิเคราะห์เพื่อหากิจกรรมที่ไม่เพิ่มมูลค่า (NVA) และทำให้เกิดความสูญเปล่าด้วยเทคนิคการตั้งคำถาม 5W1H และออกแบบแนวทางการปรับปรุงกระบวนการผลิตตามหลัก ECRS จากผลการศึกษา เมื่อเปรียบเทียบก่อนและหลังการปรับปรุงขั้นตอนการผลิตพบว่า สามารถลดขั้นตอนการผลิตลงจากเดิม 14 ขั้นตอน เหลือ 11 ขั้นตอนซึ่ง ลดลงร้อยละ 21.43 และสามารถลดระยะเวลาการผลิตน้ำดื่มบรรจุขวด จากเดิม 247.77 วินาทีต่อการผลิตน้ำดื่ม 12 ขวด ลดลงมาเหลือ 207.79 วินาทีต่อการผลิตน้ำดื่ม 12 ขวด ลดลงร้อยละ 16.14
คำสำคัญ: การลดความสูญเปล่า/กระบวนการผลิตน้ำดื่ม/ECRS	



Article Info	Abstract
Article History: Received: May 22, 2022 Revised: August 25, 2022 Accepted: September 19, 2022	This study aimed to improve and optimize the bottled water production process using ECRS and 5W1H principles to increase the overall efficiency of production. In addition, this study was focused on eliminating wasting time recording the production process of each step and finding the standard time. Then, it was analyzed to find non-value-added activities (NVA) and waste using the 5W1H questioning technique and design a guideline for improving the production process according to ECRS principles. Based on the result of the study, it was found that when comparing before and after the improvement of the production process, the production process can be reduced from the original 14 steps to 11 steps, which is a decrease of 21.43 percent. Moreover, it was able to reduce the time of producing bottled water from the original 247.77 seconds per 12 bottles to 207.79 seconds, a decrease of 16.14 percent.
Keywords: Reducing waste/ Drinking water production process/ ECRS	

1. บทนำ

ปัจจุบันระบบการผลิตแบบลีน (Lean) ได้นำมาประยุกต์ใช้ในการกระบวนการผลิตเป็นวงกว้าง และเป็นที่ยอมรับว่าเป็นระบบที่มีประสิทธิภาพ เหมาะสมกับการประกอบอุตสาหกรรมการผลิต เนื่องจาก สามารถช่วยลดความสูญเสีย เปลี่ยนความสูญเสียให้เกิดคุณค่า นำมาซึ่งการบริหารจัดการที่ประสบความสำเร็จ ลีน (Lean) เป็นการใช้ทุกอย่างให้น้อยลงแต่ได้ผลลัพธ์ที่มากกว่า สิ่งที่ลดลงนั้นเรียกว่าความสูญเสียเปล่า (Waste) เช่น วงรอบเวลา ผู้ส่งมอบการใช้แรงงานคน เครื่องมือ เวลา และพื้นที่ปฏิบัติงาน เป็นต้น ซึ่งความสำเร็จในการดำเนินงานคือการเปลี่ยนแปลงความสูญเสียเปล่า (Waste) ให้เป็นคุณค่า (Value) [1]

ความสูญเสียเปล่า (Waste) ในกระบวนการผลิตสามารถจำแนกออกได้เป็น 7 ประเภท ได้แก่ (1) ความสูญเสียเปล่าที่เกิดจากการผลิตมากเกินไป (Over Production) (2) ความสูญเสียเปล่าที่เกิดจากการรอคอย (Waste of Waiting) (3) ความสูญเสียเปล่าที่เกิดจากของเสียมากเกินไป (Waste of Defect) (4) ความสูญเสียเปล่าที่เกิดจากการขนส่ง (Waste of Transportation) (5) ความสูญเสียเปล่าที่เกิดจากการคลังสินค้าและสินค้าคงคลัง (Waste of Warehouse and Inventory) (6) ความสูญเสียเปล่าที่เกิดจากการเคลื่อนไหวมากเกินไป (Waste of Motion) (7) ความสูญเสียเปล่าที่เกิดจากกระบวนการผลิตและกระบวนการทำงานมากเกินไป (Waste of Processing) [2]

จากการศึกษาการลดความสูญเสียเปล่ามีการนำเครื่องมือมาใช้ในการค้นหาและกำจัดความสูญเสียเปล่า ตัวอย่างเช่น การใช้แผนภูมิ Why Why เพื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัญหาและสาเหตุที่เป็นไปได้ จากนั้นวิเคราะห์ความสูญเสียเปล่าทั้ง 7 ประการ ทำให้สามารถลดขั้นตอนในการทำงานส่งผลให้รอบเวลาในการทำงานลดลง ใช้แรงงานน้อยลงแต่ได้ผลลัพธ์ที่มีประสิทธิภาพมากกว่า [3] การค้นหาปัญหาและสาเหตุของปัญหาด้วยแผนภูมิ



ก้างปลา (Fish Bone Diagram) และนำทฤษฎี ECRS มาปรับปรุงแก้ไขปัญหาเพื่อลดความสูญเปล่า ทำให้สามารถลดขั้นตอนในการทำงาน ลดระยะเวลา และระยะทางในการเคลื่อนย้ายสินค้าได้ [4] การศึกษากระบวนการทำงานโดยใช้แผนภูมิการไหล (Work Process Chart) ระบุระยะเวลาการทำงานและระยะทางการเคลื่อนย้ายของแต่ละขั้นตอน จากนั้นนำเวลารวมของพนักงานและเวลาการทำงานมาหาประสิทธิภาพการทำงาน นำเสนอแนวทางการลดความสูญเปล่าด้วยแนวคิด ECRS พร้อมทั้งจัดสมดุลสายการผลิตใหม่ทำให้สามารถลดการใช้แรงงานลง ระยะการไหลและรอบเวลาการทำงานของเครื่องจักรลดลง ส่งผลให้สมดุลของสายการผลิตเพิ่มขึ้น [5]

สหกรณ์การเกษตรยางชุมน้อยจำกัด เป็นผู้ประกอบกิจการน้ำดื่ม ในพื้นที่จังหวัดศรีสะเกษ ผลิตและจำหน่ายน้ำดื่มบรรจุขวดขนาด 1.5 ลิตร มีกำลังการผลิต 180 ขวด/ชั่วโมง มีกรรมวิธีการผลิตโดยผ่านกรรมวิธีรีเวอร์สออสโมซิส มาเชื่อมด้วยระบบโอโซน เช่น ขั้นตอนการทำความสะอาดขวดทั้งภายนอก และภายใน การบรรจุน้ำ การตรวจเช็คการบรรจุน้ำ เป็นต้น จากการสังเกตขั้นตอนการผลิตในเบื้องต้นทางโรงงานจำเป็นต้องรอตัวแทนจำหน่ายนำขวดเปล่ามาส่งคืนเพื่อทำความสะอาดและนำไปบรรจุน้ำดื่มต่อไปเป็นเหตุให้เกิดการสูญเสียเวลาในการรอคอย (Waiting Time) ส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิตทำให้กระบวนการผลิตไม่ต่อเนื่อง อีกทั้งพนักงานที่ปฏิบัติงานไม่มีความเข้าใจและตระหนักถึงการสูญเสียเวลาในการรอ (Waiting Time) ซึ่งหากผู้ประกอบการสามารถหามาตรการรองรับเพื่อลดความสูญเปล่าลดกระบวนการบริหารจัดการในส่วนนี้ได้ ก็ย่อมเพิ่มความสามารถในการผลิตให้ดียิ่งขึ้น

จากข้อสังเกตดังกล่าว ผู้ศึกษาจึงมีแนวคิดที่จะนำหลักการวิเคราะห์ขั้นตอนการทำงานตามหลัก 5W1H ร่วมกับการวิเคราะห์กิจกรรมการปฏิบัติงานที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่า จากนั้นนำแนวคิดการลดความสูญเปล่าตามหลัก ECRS มาใช้ เพื่อลดหรือกำจัดความสูญเปล่าที่เกิดขึ้นในการผลิตน้ำดื่มบรรจุขวด

2. วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาค้นคว้าในครั้งนี้เป็นการศึกษาวิเคราะห์หาแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตน้ำดื่มบรรจุขวดและเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการทำงานของพนักงาน โดยวิธีการดำเนินงานประกอบด้วย (1) การเก็บรวบรวมข้อมูลระยะเวลาการทำงานของแต่ละขั้นตอนการผลิต (2) วิเคราะห์กระบวนการผลิตและกระบวนการทำงาน ของพนักงานที่ไม่ทำให้เกิดประสิทธิภาพ เพื่อขจัดความสูญเปล่าที่ทำให้เสียเวลาในการดำเนินงาน (3) เสนอแนวทางแก้ไขปัญหามุ่งเน้นขจัดความสูญเปล่าและเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิต

2.1 วิธีการเก็บข้อมูล

ผู้วิจัยได้ทำการบันทึกขั้นตอนในการผลิตน้ำดื่มบรรจุขวดจำนวน 12 ขวด พร้อมทั้งบันทึกระยะเวลาในการทำงาน และนำมาหาค่าเวลามาตรฐาน (Standard Time) โดยเริ่มจาก

- 1) แบ่งงานที่ศึกษาออกเป็นงานย่อย ๆ (Elements) จัดบันทึกรายละเอียดการทำงานของแต่ละงานจับเวลาทำงานในแต่ละย่อย
- 2) ประเมินจำนวนรอบจับเวลา (Number: n_1) ซึ่งในแต่ละงานย่อยมีค่าเวลาน้อยกว่า 2 นาที ผู้วิจัยจึงประมาณรอบในการจับเวลาเท่ากับ 10 ครั้ง
- 3) นำข้อมูลเวลาจากการประมาณจำนวนรอบการจับเวลา (n_1) มาคำนวณหาค่าพิสัย (Range: R) จากสมการดังต่อไปนี้

$$R = X_{Max} - X_{Min} \dots\dots\dots \text{สมการที่ (1)}$$



โดยที่

R คือ ค่าพิสัย (วินาที)
X_{max} คือ ข้อมูลสูงสุด
X_{min} คือ ข้อมูลต่ำสุด

4) หาค่าเวลาตัวแทน (Selected Time: ST)

ซึ่งสามารถคำนวณหาได้จาก

$$ST = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \dots\dots\dots \text{สมการที่ (2)}$$

โดยที่

ST คือ ค่าเวลาตัวแทนหรือค่าเฉลี่ย (วินาที)

5) จำนวนรอบจับเวลาที่เหมาะสม (n)

$$(n) = R / \bar{X} \dots\dots\dots \text{สมการที่ (3)}$$

โดยที่

R คือ ค่าพิสัย (วินาที)
 $\bar{X}$ คือ ค่าเฉลี่ย

6) การอ่านค่าบนตาราง Maytag นำผลการคำนวณจำนวนรอบการจับเวลาที่เหมาะสม (n) ของแต่ละกิจกรรมย่อยมาเปรียบเทียบกับค่าประมาณจำนวนรอบจับเวลา (n₁) เมื่อเปรียบเทียบจากตารางแล้วพบว่า จำนวนรอบการจัดเวลา (n) มีค่าน้อยกว่าค่าประมาณจำนวนรอบจับเวลา (n₁) จึงถือว่าค่าประมาณจำนวนรอบจับเวลานั้นเพียงพอและเหมาะสม ซึ่งในแต่ละงานย่อยมีเวลาน้อยกว่า 2 วินาที ผู้วิจัยจึงประมาณรอบในการจับเวลาเท่ากับ 10 ครั้ง ตามที่ได้นำเสนอไว้ข้างต้น

7) การหาค่าเวลาปกติ (Normal Time: NT) สามารถหาได้จาก

$$NT = (ST) \times (RF) \dots\dots\dots \text{สมการที่ (4)}$$

โดยที่

ST คือ ค่าเวลาตัวแทนหรือค่าเฉลี่ย (วินาที)
RF คือ การประเมินอัตราเร็ว (Rating Factor)

8) การหาค่าเวลามาตรฐาน (Standard Time: Std.T) สามารถหาได้จาก



$$Std.T = NT \times (1 + A) \dots\dots\dots \text{สมการที่ (5)}$$

โดยที่

NT คือ เวลาปกติ (วินาที)
A คือ เวลาเผื่อสำหรับบุคคล เท่ากับ 5% สำหรับอุตสาหกรรมทั่วไป

จากการเก็บข้อมูลพบว่า กระบวนการในการผลิตน้ำดื่มของสหกรณ์การเกษตรยางชุมน้อยประกอบไปด้วย 14 ขั้นตอน ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 กิจกรรมกระบวนการผลิตน้ำดื่มบรรจุขวดก่อนการปรับปรุง และเวลามาตรฐาน (หน่วยเป็น วินาที)

ลำดับงาน	กิจกรรม	เวลามาตรฐาน (วินาที)/12 ขวด
1	รับขวดเปล่าจากจุดรับและส่งผลิตภัณฑ์	11.24
2	นำขวดเปล่าไปให้พนักงานแกะพลาสติก	25.94
3	พนักงานทำการแกะพลาสติก	20.06
4	ล้างขวดเปล่าด้วยเครื่องแรงดันน้ำ	15.44
5	นำขวดเปล่าไปตรวจสอบโดยพนักงาน (ดม และดู)	16.40
6	ขัดล้างภายนอกขวดและภายในขวด โดยเครื่องและพนักงานด้วยน้ำยาล้าง	64.75
7	ขัดล้างภายนอกโดยพนักงานด้วยน้ำเปล่า	17.02
8	ขัดล้างภายในโดยพนักงานด้วยน้ำเปล่า	5.60
9	ฉีดล้างภายในขวดด้วยเครื่องหัวฉีดด้วยน้ำแรง 2 ครั้ง	6.33
10	นำขวดเปล่าไปบรรจุน้ำใส่ขวด	10.70
11	ปิดฝาขวด	12.31
12	ตรวจสอบคุณภาพ	18.40
13	ใส่พลาสติกหุ้มฝา	17.94
14	นำขวดน้ำไปปิดพลาสติกหุ้มฝาด้วย เครื่องเป่าลมร้อน	5.64
รวม		247.77

2.2 วิเคราะห์ข้อมูล

หลังจากการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยจากการสังเกต การจับเวลา กระบวนการผลิต เวลาที่ใช้ในการผลิต จึงนำเทคนิคการตั้งคำถาม 5W1H ซึ่งได้แก่ What, Who, When, Where, Why, How และวิเคราะห์กิจกรรมที่มีมูลค่าเพิ่ม (Value Added Activities: VA) กิจกรรมที่ไม่มีมูลค่าเพิ่ม (Non Value Added Activities: NVA) และ กิจกรรมที่จำเป็นต้องมีแต่ไม่มีมูลค่าเพิ่ม (Necessary but Non Value Added Activities: NNVA) [6] ดังตารางที่ 2



ตารางที่ 2 การวิเคราะห์กิจกรรมการผลิตน้ำดื่มบรรจุขวด

ลำดับงาน	5W1H	กิจกรรม	การวิเคราะห์
1	What	รับขวดเปล่าจากจุดรับและส่งผลิตภัณฑ์	NNVA
	Where	แผนกรับขวดเปล่าจากจุดรับและส่ง	
	When	เมื่อลูกค้านำขวดเปล่ามาส่งที่โรงงาน	
	Who	พนักงานรับขวดเปล่า	
	Why	เพื่อรับขวดเปล่าจากการส่งคืนขวดเปล่าของลูกค้า	
	How	รับขวดเปล่าจากลูกค้าที่นำขวดเปล่ามาส่งคืน	
2	What	นำขวดเปล่าไปให้พนักงานแกะพลาสติก	NNVA
	Where	ระหว่างจุดรับส่งขวดเปล่าและจุดแกะพลาสติก	
	When	หลังจากรับขวดเปล่าจากลูกค้า	
	Who	พนักงานรับขวดเปล่า	
	Why	เพื่อนำขวดเปล่าไปส่งยังจุดแกะพลาสติก	
	How	รับขวดเปล่าจากจุดรับส่งเพื่อนำไปส่งยังจุดแกะพลาสติก	
3	What	พนักงานทำการแกะพลาสติก	VA
	Where	จุดแกะพลาสติก	
	When	หลังจากพนักงานนำขวดเปล่ามาจากจุดรับส่งผลิตภัณฑ์	
	Who	พนักงานแกะพลาสติก	
	Why	เป็นการทำความสะอาดขวดเปล่าในขั้นตอนแรก	
	How	ตรวจสอบและแกะพลาสติกบนฝาของขวดเปล่าออก ในกรณีที่ลูกค้าแกะพลาสติกฝาขวดออกไม่หมด	
4	What	ล้างขวดเปล่าด้วยเครื่องแรงดันน้ำ	VA
	Where	แผนกล้างขวดเปล่าด้วยเครื่องฉีดน้ำแรงดันสูง	
	When	หลังจากการตรวจสอบภายนอกของขวดเปล่าเรียบร้อยแล้ว	
	Who	พนักงานล้างขวดเปล่า	
	Why	เพื่อเป็นการล้างสิ่งสกปรกภายนอกขวดเปล่า	
	How	ล้างภายนอกขวดเปล่าด้วยเครื่องฉีดน้ำแรงดันสูง	
5	What	นำขวดเปล่าไปตรวจสอบโดยพนักงาน (ดม, ดู)	NVA
	Where	แผนกตรวจสอบ	
	When	ภายหลังจากการล้างภายนอกขวดเปล่า	
	Who	พนักงานตรวจสอบ	
	Why	เพื่อสังเกตสิ่งแปลกปลอมและกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์	
	How	ตรวจสอบโดยพนักงานด้วยการดู และดมกลิ่น	



ตารางที่ 2 การวิเคราะห์กิจกรรมการผลิตน้ำดื่มบรรจุขวด (ต่อ)

ลำดับงาน	5W1H	กิจกรรม	การวิเคราะห์
6	What	ขัดล้างภายนอกขวดและภายในขวด โดยเครื่องและพนักงานด้วยน้ำยาล้าง	VA
	Where	แผนกขัดล้าง	
	When	ภายหลังจากการตรวจสอบด้วยการดมและดู	
	Who	พนักงานขัดล้าง	
	Why	เพื่อล้างสิ่งสกปรกและกลิ่นไม่พึงประสงค์ทั้งภายนอกและภายในขวด	
	How	ขัดล้างทั้งภายนอกและภายในขวดด้วยน้ำยาล้างขวด	
7	What	ขัดล้างภายนอกโดยพนักงานด้วยน้ำเปล่า	VA
	Where	แผนกขัดล้าง	
	When	ภายหลังจากการขัดล้างขวดเปล่าด้วยน้ำยา	
	Who	พนักงานขัดล้าง	
	Why	เพื่อเป็นการทำความสะอาดน้ำยาล้างขวดก่อนการเตรียมบรรจุ	
	How	ขัดล้างภายนอกขวดด้วยน้ำเปล่า	
8	What	ขัดล้างภายในโดยพนักงานด้วยน้ำเปล่า	VA
	Where	แผนกขัดล้าง	
	When	ภายหลังจากการทำความสะอาดด้วยน้ำยาล้างขวด	
	Who	พนักงานขัดล้าง	
	Why	เพื่อเป็นการทำความสะอาดน้ำยาล้างขวดก่อนการเตรียมบรรจุ	
	How	ขัดล้างภายในโดยพนักงานด้วยน้ำเปล่า	
9	What	ฉีดล้างภายในขวดด้วยเครื่องหัวฉีดด้วยน้ำแร่ 2 ครั้ง	VA
	Where	แผนกฉีดล้างภายใน	
	When	ภายหลังจากการทำความสะอาดด้วยน้ำเปล่า	
	Who	พนักงานฉีดล้าง	
	Why	เพื่อทำความสะอาดภายในขวดก่อนการบรรจุน้ำดื่ม	
	How	ฉีดล้างภายในขวดเปล่าด้วยน้ำแร่จำนวน 2 ครั้ง	
10	What	นำขวดเปล่าไปบรรจุน้ำใส่ขวด	VA
	Where	แผนกบรรจุ	
	When	ภายหลังจากการทำความสะอาดเรียบร้อยแล้ว	
	Who	พนักงานบรรจุ	
	Why	เพื่อบรรจุน้ำใส่ขวด	
	How	นำขวดเปล่าไปบรรจุน้ำ	



ตารางที่ 2 การวิเคราะห์กิจกรรมการผลิตน้ำดื่มบรรจุขวด (ต่อ)

ลำดับงาน	5W1H	กิจกรรม	การวิเคราะห์
11	What	ปิดฝาขวด	VA
	Where	แผนกปิดฝาขวด	
	When	ภายหลังจากการบรรจุน้ำเสร็จ	
	Who	พนักงานปิดฝา จำนวน 2 คน	
	Why	เพื่อป้องกันสิ่งแปลกปลอมเข้าไปในบรรจุภัณฑ์	
	How	ปิดฝาขวดภายหลังจากการบรรจุน้ำเสร็จ	
12	What	ตรวจสอบคุณภาพ	VA
	Where	แผนกตรวจสอบคุณภาพ	
	When	ภายหลังจากการบรรจุผลิตภัณฑ์	
	Who	พนักงานตรวจสอบจำนวน 2 คน	
	Why	เพื่อตรวจสอบความเรียบร้อยของบรรจุภัณฑ์และสังเกตสิ่งแปลกปลอม	
	How	ตรวจสอบความเรียบร้อยของบรรจุภัณฑ์และสังเกตสิ่งแปลกปลอมที่อาจปนเปื้อนมากับน้ำดื่ม	
13	What	ใส่พลาสติกหุ้มฝา	NVA
	Where	แผนกใส่พลาสติกหุ้มฝา	
	When	ภายหลังจากการตรวจสอบผลิตภัณฑ์แล้ว	
	Who	พนักงานใส่พลาสติกหุ้มฝาน้ำจำนวน 2 คน	
	Why	เพื่อป้องกันผลิตภัณฑ์ได้ผ่านการตรวจสอบและไม่มีการเปิดฝาขวดก่อนที่จะถึงมือผู้บริโภค	
	How	นำพลาสติกมาหุ้มฝาขวดที่ปิดสนิท	
14	What	นำขวดน้ำไปปิดพลาสติกหุ้มฝาด้วย เครื่องเป่าลมร้อน	NVA
	Where	แผนกใส่พลาสติกหุ้มฝา	
	When	ภายหลังจากการครอบพลาสติกหุ้มฝา	
	Who	พนักงานใส่พลาสติกหุ้มฝาน้ำจำนวน 2 คนที่ใส่พลาสติกหุ้มฝา	
	Why	เพื่อให้พลาสติกหุ้มฝาดิดกับบรรจุภัณฑ์	
	How	นำเครื่องเป่าลมร้อนเป่าพลาสติกที่ครอบบนฝาขวดที่ปิดสนิท	

จากการวิเคราะห์ขั้นตอนการผลิตตามเทคนิคการตั้งคำถาม 5W1H และการวิเคราะห์ความสูญเปล่าของกิจกรรม พบว่า กิจกรรมที่มีมูลค่าเพิ่ม (VA) ประกอบไปด้วย 9 กิจกรรม ได้แก่ 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11 และ 12 กิจกรรม ที่กิจกรรมที่ไม่มีมูลค่าเพิ่ม (NVA) ประกอบไปด้วย 3 กิจกรรม ได้แก่ กิจกรรมที่ 5, 13 และ 14 กิจกรรม และ กิจกรรมที่จำเป็นต้องมีแต่ไม่มีมูลค่าเพิ่ม (NNVA) ประกอบไปด้วย 2 กิจกรรม ได้แก่ กิจกรรมที่ 1 และ 2

2.3 การออกแบบแนวทางการแก้ปัญหา

การออกแบบแนวทางการแก้ปัญหาเพื่อให้การผลิตน้ำดื่มบรรจุขวดมีประสิทธิภาพมากขึ้น ผู้วิจัยได้นำหลัก ECRS มาใช้ในการปรับปรุงกระบวนการในการทำงาน ได้แก่ การขจัดส่วนที่ไม่จำเป็น (Eliminate) การรวม



กระบวนการทำงานเข้าด้วยกัน (Combine) การจัดลำดับกระบวนการทำงานใหม่ (Rearrange) การปรับเปลี่ยนขั้นตอนให้ง่ายขึ้น (Simplify) การนำหลัก ECRS มาใช้เพื่อลดขั้นตอนที่ไม่จำเป็นซึ่งจะนำไปสู่การลดเวลาในการทำงานและลดการใช้แรงงานที่ไม่จำเป็นในกระบวนการผลิตน้ำดื่มบรรจุขวด ซึ่งจากการวิเคราะห์ทำให้ได้ขั้นตอนที่ไม่เพิ่มมูลค่าจึงนำมากำหนดแนวทางการแก้ไขปัญหา ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 สรุปผลการวิเคราะห์ปัญหาและแนวทางการลดความสูญเปล่า

ลำดับที่	กิจกรรม	ปัญหาที่พบ	แนวทางการแก้ปัญหา
1	นำขวดเปล่าไปตรวจสอบโดยพนักงาน (ดม และดู) (NVA)	เนื่องจากการทำความสะอาดขวดเปล่าที่ได้รับมาจากการส่งคืนของลูกค้า นั้น ต้องผ่านกระบวนการล้างภายนอกขวดด้วยเครื่องฉีดน้ำแรงดันสูง จากนั้นผ่านการล้างด้วยน้ำยาล้างขวดทั้งภายในและภายนอก ล้างน้ำเปล่าทั้งภายในและภายนอก อีกทั้งยังมีการฉีดล้างด้วยน้ำแร่ 2 ครั้ง ซึ่งเป็นการทำงานที่ซ้ำซ้อน	สามารถลดขั้นตอนการดู และการดมขวดเปล่าได้และสามารถสังเกตความผิดปกติของบรรจุภัณฑ์ในขณะที่ทำการฉีดล้างภายนอกด้วยเครื่องฉีดน้ำความดันสูง และสามารถสังเกตได้อีกครั้งในขั้นตอนการล้างด้วยน้ำยาล้างขวด (Combine)
2	ใส่พลาสติกหุ้มฝา (NVA)	การใส่พลาสติกที่หุ้มขวดเป็นการป้องกันที่ซ้ำซ้อน เนื่องจากที่ฝาของขวดน้ำดื่มจะมีจุดล็อกฝาขวดอยู่แล้ว	ลดขั้นตอนการสวมพลาสติกหุ้มฝาขวด (Eliminate)
3	นำขวดน้ำไปปิดพลาสติกหุ้มฝาด้วยเครื่องเป่าลมร้อน (NVA)	เมื่อมีการหุ้มฝาขวดด้วยพลาสติกหุ้มฝา จึงต้องมีการใช้เครื่องเป่าลมร้อน ทำให้พลาสติกหุ้มฝาหดตัว และติดกับฝาขวดมากขึ้น เมื่อลดการใช้พลาสติกหุ้มฝาแล้วขั้นตอนการใช้เครื่องเป่าลมร้อนจึงไม่จำเป็น	ลดขั้นตอนการใช้เครื่องเป่าลมร้อน เนื่องจาก ในขั้นตอนก่อนหน้าได้มีแนวคิดในการลดการใช้พลาสติกหุ้มฝาแล้ว (Eliminate)

3. ผลการวิจัย

ภายหลังจากการวิเคราะห์ปัญหาด้วยเทคนิคการตั้งคำถาม 5W1H และออกแบบแนวทางการแก้ปัญหาด้วยหลัก ECRS โดยการควบรวมขั้นตอน (Combine) การตรวจสอบขวดเปล่าด้วยการดมและการดูของพนักงานเข้ากับขั้นตอนการทำความสะอาดขวดเปล่าด้วยการฉีดล้างด้วยเครื่องฉีดน้ำแรงดันสูงและขั้นตอนการล้างขวดเปล่าด้วยน้ำยาล้างทำความสะอาดทั้งภายนอกและภายในและการลดขั้นตอน (Eliminate) การสวมพลาสติกหุ้มฝาและการนำขวดน้ำดื่มไปปิดพลาสติกหุ้มฝาด้วยเครื่องเป่าลมร้อน สามารถลดขั้นตอนการทำงานในกระบวนการผลิตน้ำดื่มบรรจุขวดจากเดิม 14 ขั้นตอนเหลือ 11 ขั้นตอน และสามารถลดเวลาในการปฏิบัติงานจากเดิม 247.77 วินาทีต่อน้ำดื่ม 12 ขวด เหลือ 207.79 วินาทีต่อน้ำดื่ม 12 ขวด ดังแสดงในตารางที่ 4



ตารางที่ 4 ผลการเปรียบเทียบขั้นตอนการผลิตก่อนการปรับปรุงและหลังการปรับปรุงกระบวนการ

ตัวชี้วัด	ก่อนการปรับปรุง	หลังการปรับปรุง	ลดลงร้อยละ
1. ขั้นตอนการผลิต	14 ขั้นตอน	11 ขั้นตอน	21.43
2. ระยะเวลาในการปฏิบัติงาน	247.77 วินาทีต่อ น้ำดื่ม 12 ขวด	207.79 วินาทีต่อ น้ำดื่ม 12 ขวด	16.14

4. อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการศึกษา เมื่อนำหลัก ECRS มาใช้ในการออกแบบแนวทางการปรับปรุงขั้นตอนการผลิต การควบคุมขั้นตอนการนำขวดเปล่าไปตรวจสอบโดยพนักงาน (ดม และดู) เข้ากับขั้นตอนการล้างขวดเปล่า นั้น เนื่องจากในขั้นตอนการผลิตมีการล้างขวดเปล่าถึง 4 ขั้นตอน ได้แก่ การล้างภายนอกด้วยเครื่องฉีดน้ำแรงดัน การล้างภายนอกและภายในด้วยน้ำยาล้างขวด การล้างภายนอกและภายในด้วยน้ำเปล่า และการล้างภายในขวดด้วยน้ำแร่ อีก 2 ครั้ง ดังนั้น การสังเกตความผิดปกติของบรรจุภัณฑ์ ทั้งความเสียหาย สี และกลิ่น สามารถตรวจสอบได้ภายในขั้นตอนการชำระล้าง

การปรับปรุงขั้นตอนการผลิตโดยการลดขั้นตอนการใส่พลาสติกหุ้มฝาและนำขวดน้ำไปปิดพลาสติกหุ้มฝาด้วย เครื่องเป่าลมร้อนเนื่องจากฝาของขวดบรรจุน้ำดื่มเป็นฝาล็อคและเกลียวล็อคจะหลุดเมื่อเปิดครั้งแรก อีกทั้งการลดการใช้พลาสติกหุ้มฝายังสามารถลดขั้นตอนการแกะพลาสติกหุ้มฝาได้ในอนาคต

การควบคุมและการลดขั้นตอนการผลิตส่งผลให้โรงงานมีความสามารถในการผลิตน้ำดื่มได้มากขึ้น หากมีการปรับปรุงขั้นตอนการผลิตอย่างต่อเนื่องจะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตให้ดียิ่งขึ้นได้

5. สรุปผลการวิจัย

การศึกษากระบวนการผลิตน้ำดื่มบรรจุขวดที่ผลิตในโรงงานผลิตน้ำดื่มโดยสหกรณ์การเกษตรยางชุมน้อย ได้ทำการศึกษาโดยการเก็บรวบรวมขั้นตอนการผลิต และบันทึกเวลาในการปฏิบัติงานแต่ละขั้นตอน จากนั้นนำไปคำนวณหาเวลามาตรฐานในการปฏิบัติงานก่อนการปรับปรุง จากนั้น ทำการวิเคราะห์ขั้นตอนการผลิตด้วยเทคนิคการตั้งคำถาม 5W1H เพื่อวิเคราะห์ขั้นตอนที่ไม่มีคุณค่า ทำให้เกิดความสูญเปล่า และวางแผนแนวทางการแก้ปัญหาด้วยหลัก ECRS จากโรงงานกรณีศึกษา สามารถสรุปผลการปรับปรุงได้ ดังนี้

1) สามารถลดขั้นตอนในการปฏิบัติงานได้จากเดิมก่อนการปรับปรุงมีการปฏิบัติงานทั้งสิ้น 14 ขั้นตอน ภายหลังจากการควบคุมและการลดขั้นตอนการผลิตภายหลังจากการวิเคราะห์และวางแผนแนวทางการแก้ปัญหาจะเหลือขั้นตอนการผลิตทั้งสิ้น 11 ขั้นตอน ซึ่งลดลงร้อยละ 21.43

2) สามารถลดระยะเวลาในการผลิตน้ำดื่มบรรจุขวดได้ จากการปรับปรุงขั้นตอนการผลิตตามหลัก ECRS ส่งผลให้ระยะเวลาในการผลิตน้ำดื่มบรรจุขวดจากเดิมระยะเวลารวมเท่ากับ 247.77 วินาทีต่อน้ำดื่ม 12 ขวด ลดลงเหลือ 207.79 วินาทีต่อน้ำดื่ม 12 ขวด ลดลงร้อยละ 16.14

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณผู้จัดการและพนักงานโรงงานน้ำดื่มสหกรณ์การเกษตรยางชุมน้อยที่ได้ให้ความอนุเคราะห์สถานที่และข้อมูลเพื่อใช้ในการศึกษา รวมไปถึงการอำนวยความสะดวกทำให้การศึกษาในครั้งนี้สามารถสำเร็จลุล่วงด้วยดี



เอกสารอ้างอิง

- [1] วรธิดา รัตนโค้น. (2559). การประยุกต์ใช้แนวความคิดแบบลีนมาปรับปรุงกระบวนการทำงานของแผนกบัญชี กรณีศึกษาของบริษัท เอ็มเอ็มทีเอช เอ็นจิ้น จำกัด จังหวัดชลบุรี. สืบค้น 23 พฤษภาคม 2565, จาก http://digital_collect.lib.buu.ac.th/dcms/files/57710027.pdf
- [2] กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม. (2563). การลดความสูญเสียในกระบวนการทำงาน. สืบค้น 23 พฤษภาคม 2565, จาก <https://www.dip.go.th/th/category/2020-05-23-11-52-18/2020-05-23-14-39-33>
- [3] คลอเคลีย วจนะวิชากร. (2562). การลดความสูญเสียเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตไม้กวาดทางมะพร้าว กรณีศึกษาวิสาหกิจชุมชนบ้านบึงหวาย จังหวัดอุบลราชธานี. วารสารวิชาการวิศวกรรมศาสตร์ ม.อ., 13(1), 141-152.
- [4] ยุทธกร เชิดสม วันพิชิต เบ้งจิ้น ธงธรรม นิชรตัน และอนุพันธ์ ฐานะ. (2563). การลดเวลาและเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตเสื้อแขนสั้น : กรณีศึกษาบริษัทผู้ผลิตชุดกีฬา. การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ 7 เรื่องนวัตกรรมการเรียนรู้สู่การพัฒนาชุมชน (น. 1163-1174). ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ.
- [5] นพดล ศรีพุทธา จิตตานันท์ โฆษิตวัฒน์ และดอน แก้วดก. (2563). การลดความสูญเสียในกระบวนการบรรจุภัณฑ์ผงซักฟอกด้วยการใช้เทคนิค ECRS. การประชุมวิชาการราชชมงคลด้านเทคโนโลยีการผลิตและการจัดการ ประจำปี 2563 (น. 190-196). ชลบุรี: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก.
- [6] สมชาย เปรียงพรม และนภาพร ภาษาสุข. (2564). การลดความสูญเสียในการปฏิบัติงานของกระบวนการจ่ายสินค้า: กรณีศึกษาบริษัทอุตสาหกรรมการผลิตเครื่องดื่ม จำกัด. วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม, 17(2), 69-86.



การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อจัดจำหน่ายสินค้าวิสาหกิจชุมชน
กรณีศึกษา กลุ่มผลิตหมวกยางพารา อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง
The develop information system for distribution of community enterprise
products, a case study of para hat production group,
Muang District, Lampang Province

ภิราภรณ์ บุตรซอ¹ อรยา อินทะขิล¹ เนตรดาว โทธรัตน์¹ และ พิมาย วงศ์ทา^{1*}
Piraporn Butsoon¹ Oraya Inthakel¹ Natedao Thotharat¹ and Phimine Wongtha^{1*}

สาขาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง¹
Division of Business Computer, Faculty of Management Science, Lampang Rajabhat University¹

*Corresponding Author: pmy999@gmail.com

ข้อมูลบทความ	บทคัดย่อ
ประวัติบทความ: รับเพื่อพิจารณา: 26 พฤศจิกายน 2565 แก้ไข: 9 ธันวาคม 2565 ตอบรับ: 9 ธันวาคม 2565	งานวิจัยนี้ วัตถุประสงค์ (1) เพื่อพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อจัดจำหน่ายสินค้าวิสาหกิจชุมชน กรณีศึกษา กลุ่มผลิตหมวกยางพารา อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง (2) เพื่อศึกษาความพึงพอใจการทดลองใช้ระบบสารสนเทศเพื่อจัดจำหน่ายสินค้าวิสาหกิจชุมชน โดยใช้กลุ่มตัวอย่าง คือ กลุ่มลูกค้าทั่วไป จำนวน 30 คน ด้วยวิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบบังเอิญ (Accidental Sampling) เครื่องมือที่ใช้สำหรับการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่แบบสัมภาษณ์แบบไม่มีโครงสร้าง และแบบสอบถามความพึงพอใจ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลได้แก่ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยการพัฒนาระบบฯ ได้ดำเนินการพัฒนาระบบตามขั้นตอน SDLC (System Development Life Cycle) และใช้ MySQL ในการจัดการฐานข้อมูล ผลการพัฒนา ระบบสารสนเทศเพื่อจัดจำหน่ายสินค้าวิสาหกิจชุมชน กรณีศึกษา กลุ่มผลิตหมวกยางพารา อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง พบว่าเป็นระบบสารสนเทศที่ทำงานอยู่บนเว็บไซต์ ประกอบด้วย 2 ส่วนได้แก่ 1) ผู้ดูแลระบบ จัดการข้อมูลระบบหลังร้าน คือข้อมูลสินค้า ข้อมูลลูกค้า ข้อมูลการสั่งซื้อของลูกค้า การจัดส่งสินค้า 2) ผู้ใช้ทั่วไปหรือลูกค้า สามารถดูรายละเอียดสินค้าและสั่งซื้อสินค้า ผลการสอบถามความพึงพอใจของผู้ใช้พบว่าความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.60$, S.D. = 0.06)



Article Info	Abstract
Article History: Received: November 26, 2022 Revised: December 9, 2022 Accepted: December 9, 2022	This research aimed to (1) develop an information system for the distribution of community enterprise products, a case study of para rubber hat production group, Muang District, Lampang Province; (2) study the users' satisfaction with the information system for the distribution of community enterprise. The sample consists of 30 general customers. The participants in the study were selected through accidental sampling. The methods used in the research were unstructured interviews and questionnaires. The Mean and Standard Deviation of the data were analyzed. The system development followed System Development Life Cycle (SDLC) and used MySQL for database management systems. The outcome of the developed information system for the distribution of community enterprise products, a case study of para rubber hat production group, Muang District, Lampang Province, is an information system on the website, consisting of 2 parts: 1) Administrator (back-end) manages system information, product information, customer information, order information, and shipping; 2) General users or customers (front-end) can view product details and can order. The results show that user satisfaction was at the highest level ($\bar{X}$ = 4.60, S.D. = 0.06)
Keywords: The develop information system/ distribution/ community enterprise	

1. บทนำ

การขับเคลื่อนทางเศรษฐกิจและสังคมของประเทศเข้าสู่ยุคดิจิทัล การส่งเสริมด้านเศรษฐกิจสู่ดิจิทัล ทำให้ก้าวทันโลกยุคโลกาภิวัตน์ และการแข่งขันทั้งด้านผลิตภัณฑ์ กระบวนการผลิต การตลาด และส่งเสริมการขาย การใช้เทคโนโลยีดิจิทัล เพื่อรองรับการให้บริการของภาคธุรกิจ และการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศในเชิงธุรกิจ เพื่อช่วยลดค่าใช้จ่าย และเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน ทั้งธุรกิจขนาดเล็ก ขนาดกลางและขนาดใหญ่ ทั้งทางตรงและทางอ้อม และกลยุทธ์การสื่อสารการตลาดออนไลน์ การเลือกซื้อผ่านระบบออนไลน์ที่สะดวก รวดเร็วไม่ยุ่งยาก ซับซ้อน ซึ่งปัจจุบันเป็นยุคการใช้เทคโนโลยีทำให้ผู้บริโภคและผู้ประกอบการธุรกิจให้ความสนใจช่องทางการจำหน่ายผ่านอินเทอร์เน็ต ซึ่งช่องทางการจำหน่ายแบบเดิมไม่สามารถกระจายสินค้าได้อย่างทั่วถึง ดังนั้นการพัฒนาช่องทางการจัดจำหน่ายโดยใช้การตลาดดิจิทัลเพื่อเพิ่มความสามารถในการแข่งขันให้กับผลิตภัณฑ์วิสาหกิจชุมชน ซึ่งช่องทางการจัดจำหน่ายโดยใช้การตลาดดิจิทัล การพัฒนาโครงสร้างการปฏิบัติงานการตลาดดิจิทัล การออกแบบช่องทางการจัดจำหน่ายดิจิทัล การส่งเสริมการขายด้วยช่องทางการตลาดดิจิทัล [1] และการพัฒนาเทคโนโลยีและนวัตกรรมดิจิทัลเพื่อสนับสนุนวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม เพื่อส่งเสริมการตลาดและขายสินค้าออนไลน์ของผู้ประกอบการในการเผยแพร่สินค้า การจำหน่ายสินค้าผ่านช่องทางออนไลน์ [2] และระบบสารสนเทศเพื่อการ



จัดการข้อมูลวิสาหกิจชุมชน ทำให้เก็บข้อมูลเป็นระเบียบมากยิ่งขึ้น ช่วยให้ข้อมูลเป็นปัจจุบันและสะดวกรวดเร็วในการบริหารจัดการข้อมูลวิสาหกิจชุมชน [3] และในการทำธุรกิจปัจจุบันมีทั้งผู้ประกอบการที่เกิดจากการสร้างเป็นบริษัท ร้านค้า หรือการรับสินค้าหรือบริการต่างๆ มาเพื่อจำหน่ายในแบบมีหน้าร้าน และแบบจำหน่ายออนไลน์ และในส่วนกลุ่มชุมชนที่รวมตัวกันเป็นลักษณะของชุมชนและการรวมกลุ่มของคนในชุมชนในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขึ้นมาในลักษณะของวิสาหกิจชุมชนซึ่งเป็นกิจการของชุมชนเกี่ยวกับการผลิตสินค้า การบริการซึ่งจัดการด้วยทุนของชุมชนเพื่อสร้างรายได้และพึ่งพาตนเองของครอบครัว ชุมชน สร้างเศรษฐกิจชุมชนให้เข้มแข็งและยั่งยืน [5] ซึ่งวิสาหกิจชุมชนนำไปสู่การพัฒนาและสร้างผลิตภัณฑ์ต่างๆ ที่มีรูปแบบของผลิตภัณฑ์หลากหลายรูปแบบโดยกลุ่มวิสาหกิจชุมชนหมวี่ยงพาราเป็นอีกกลุ่มหนึ่งที่ทำผลิตภัณฑ์หมวกจากยางพาราเพื่อจำหน่าย และมีการจัดแสดงสินค้าในการออกร้านตามสถานที่ต่างๆ ทำให้เกิดค่าใช้จ่ายขึ้น และยังไม่มีช่องทางการจำหน่ายสินค้า ที่สามารถติดต่อกับลูกค้า ได้สะดวก รวดเร็ว ประกอบกับช่องทางออนไลน์ปัจจุบันได้รับความนิยมค่อนข้างมาก ทำให้กลุ่มวิสาหกิจชุมชนหมวี่ยงพาราสนใจเพิ่มช่องทางการตลาดผ่านทางออนไลน์ เพื่อที่จะได้สามารถจัดการนำเสนอข้อมูลสินค้าเกี่ยวกับหมวี่ยงพาราให้เป็นที่รู้จักของผู้สนใจโดยทั่วไป ซึ่งช่องทางการจำหน่ายแบบออนไลน์ช่วยขยายการจัดจำหน่ายผลิตภัณฑ์ และการนำเทคโนโลยีสารสนเทศ มาช่วยสนับสนุนและเพิ่มช่องทางการจำหน่ายสินค้าทำให้ผู้ซื้อและผู้ขายสามารถติดต่อซื้อสินค้าได้สะดวกรวดเร็ว และ [2] เทคโนโลยีดิจิทัลสนับสนุนวิสาหกิจชุมชนเป็นระบบที่พัฒนาขึ้นให้ผู้บริโภคที่ต้องการซื้อสินค้าจากผู้ประกอบการวิสาหกิจชุมชนโดยมีรายละเอียดของสินค้า เช่น ชื่อ ภาพสินค้า ราคา สัญลักษณ์และชื่อของร้าน ข้อมูลสำหรับการติดต่อสื่อสาร [4] ผู้ประกอบการธุรกิจออนไลน์ในยุคดิจิทัลต้องใช้เทคโนโลยีและเปลี่ยนกลยุทธ์ทางการตลาด เพิ่มยอดขายและขยายตลาดให้มากยิ่งขึ้นโดยการนำเทคโนโลยีที่ทันสมัยมาใช้ในการพัฒนาธุรกิจแบบออนไลน์

จากหลักการและเหตุผลดังกล่าวจึงมีแนวความคิดพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อจัดจำหน่ายสินค้าวิสาหกิจชุมชน กรณีศึกษา กลุ่มผลิตหมวี่ยงพารา อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง และศึกษาความพึงพอใจ การทดลองใช้ระบบสารสนเทศเพื่อจัดจำหน่ายสินค้าวิสาหกิจชุมชน กรณีศึกษา กลุ่มผลิตหมวี่ยงพารา อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง เพื่อให้ผู้ใช้สามารถปรับปรุงแก้ไขข้อมูลสินค้า และเพื่อเพิ่มช่องทางการจำหน่ายสินค้าให้ผู้ผลิต และประชาสัมพันธ์และเผยแพร่สินค้าหมวี่ยงพาราและผลักดันให้เกิดการเติบโตทางด้านเศรษฐกิจสมัยใหม่ต่อไป

2. วิธีดำเนินการวิจัย

2.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

2.1.1 ศึกษาปัญหาและความต้องการระบบ ของกลุ่มผลิตหมวี่ยงพารา โดยการสัมภาษณ์ สังเกต และเอกสารที่เกี่ยวข้อง และศึกษาขั้นตอนการทำงาน

2.1.2 วิเคราะห์และออกแบบระบบ โดยวิเคราะห์ขั้นตอนและกระบวนการทำงาน ส่วนของการนำข้อมูลเข้าระบบ ส่วนของผลลัพธ์ของระบบ ออกแบบฐานข้อมูล และการแสดงผลข้อมูลและหน้าจอแสดงผลข้อมูล

2.1.3 พัฒนาระบบตามที่ได้วิเคราะห์และออกแบบระบบตามโครงร่าง และประเมินผลความเหมาะสมของระบบโดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 คน

2.1.4 ทดลองใช้ระบบ และสอบถามความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างคือลูกค้าทั่วไป จำนวน 30 คน โดยใช้วิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบบังเอิญ (accidental sampling)

2.1.5 วิเคราะห์ สรุปผลและจัดทำรายงานผล



2.2 เครื่องมือการวิจัย

2.2.1 แบบสัมภาษณ์ความต้องการระบบสารสนเทศเพื่อจัดจำหน่ายสินค้าวิสาหกิจชุมชน กลุ่มผลิตหมวกยางพารา อำเภอเมือง จังหวัดลำปางแบบไม่มีโครงสร้าง

2.2.2 ระบบสารสนเทศเพื่อจัดจำหน่ายสินค้าวิสาหกิจชุมชน กรณีศึกษา กลุ่มผลิตหมวกยางพารา อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง

2.2.3 แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบสารสนเทศเพื่อจัดจำหน่ายสินค้าวิสาหกิจชุมชน กรณีศึกษา กลุ่มผลิตหมวกยางพารา อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง

กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ ลูกค้าทั่วไป จำนวน 30 คน คัดเลือกแบบบังเอิญ (Accidental Sampling) โดยเป็นผู้ที่มีประสบการณ์ใช้งานหรือเข้าไปชมสินค้าในเว็บไซต์ขายสินค้าแบบออนไลน์ ที่สมัครใจเข้าร่วมทดลองใช้ระบบสารสนเทศเพื่อจัดจำหน่ายสินค้าวิสาหกิจชุมชน กรณีศึกษา กลุ่มผลิตหมวกยางพารา อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง

สถิติที่ใช้ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน [6]

3. ผลการวิจัย

3.1 ผลการพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อจัดจำหน่ายสินค้าวิสาหกิจชุมชน กรณีศึกษา กลุ่มผลิตหมวกยางพารา อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง

3.1.1 ผลการศึกษาความต้องการผู้ใช้ระบบสารสนเทศเพื่อจัดจำหน่ายสินค้าวิสาหกิจชุมชน กรณีศึกษา กลุ่มผลิตหมวกยางพารา อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง พบว่าต้องการนำเสนอสินค้าที่ผู้ใช้สามารถเข้าไปดูรายละเอียดสินค้า และลูกค้าสามารถสั่งซื้อสินค้าผ่านเว็บไซต์ได้ และเมื่อลูกค้าชำระเงินเรียบร้อยแล้วมีการจัดส่งสินค้าให้ลูกค้า และกลุ่มวิสาหกิจชุมชนหมวกยางพาราสามารถนำเสนอข้อมูลรายละเอียดหมวกยางพาราผ่านช่องทางออนไลน์

3.1.2 ผลการออกแบบองค์ประกอบของระบบสารสนเทศเพื่อจัดจำหน่ายสินค้าวิสาหกิจชุมชน กรณีศึกษา กลุ่มผลิตหมวกยางพารา อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง พบว่า ประกอบด้วย 3 ส่วน (ดังรูปที่ 1)

ส่วนที่ 1 ผู้ใช้ระบบ

1.1) ลูกค้า 1.2) แอดมิน

ส่วนที่ 2 กระบวนการจำหน่ายสินค้าออนไลน์

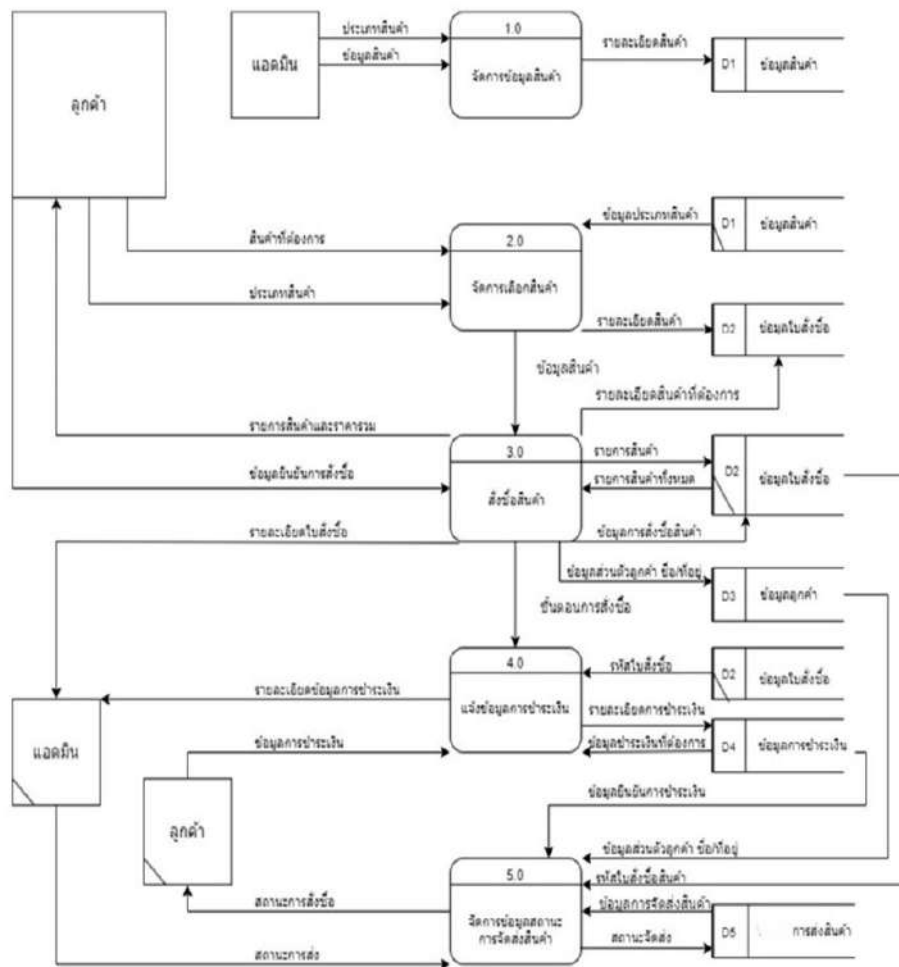
2.1) การจัดการข้อมูลสินค้า 2.2) จัดการเลือกสินค้า 2.3) สั่งซื้อสินค้า

2.4) แจ้งข้อมูลการชำระเงิน 2.5) จัดการข้อมูลสถานะการจัดส่งสินค้า

ส่วนที่ 3 ฐานข้อมูล

3.1) ข้อมูลสินค้า 3.2) ข้อมูลใบสั่งซื้อ 3.3) ข้อมูลลูกค้า 3.4) ข้อมูลการชำระเงิน

3.5) ข้อมูลการส่งสินค้า



รูปที่ 1 การวิเคราะห์และออกแบบสารสนเทศเพื่อจัดจำหน่ายสินค้าวิสาหกิจชุมชน

3.1.3 ผลการพัฒนาระบบเพื่อจัดจำหน่ายสินค้าวิสาหกิจชุมชน กรณีศึกษา กลุ่มผลิตหมวกยางพารา อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง พบว่า ประกอบด้วย 2 ส่วน (ดังรูปที่ 2-4)

ส่วนที่ 1 ผู้ดูแลระบบ

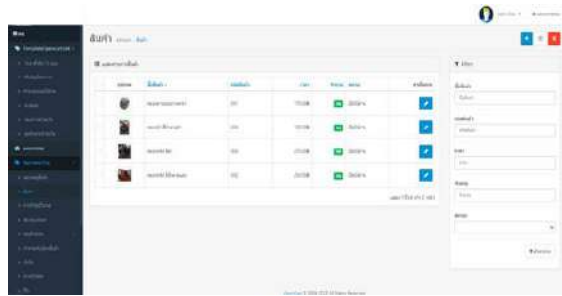
1.1) การจัดการข้อมูลสินค้า 1.2) ข้อมูลการสั่งซื้อ 1.3) ข้อมูลการจัดส่ง 1.4) รายงาน

โดยผู้ดูแลระบบ สามารถจัดการข้อมูลสินค้า เกี่ยวกับประเภทสินค้า รายละเอียดสินค้า ราคา รูปภาพ สามารถจัดการข้อมูลการสั่งซื้อของลูกค้าตรวจสอบหลักฐานการชำระเงิน และจัดส่งสินค้าให้ลูกค้า ตามที่อยู่ของลูกค้าระบุ และสามารถจัดการข้อมูลรายงาน ดังรูปที่ 2 ถึง 3

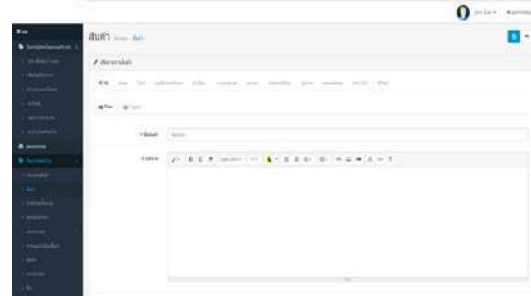
ส่วนที่ 2 ผู้ใช้งานทั่วไป (ลูกค้า)

2.1) ค้นหาข้อมูลสินค้า 2.2) สั่งซื้อสินค้า 2.3) ยืนยันการชำระเงิน

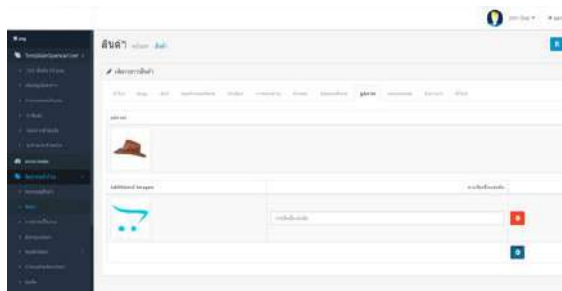
โดยผู้ใช้งานทั่วไปหรือลูกค้า สามารถค้นหาข้อมูลสินค้า และทำการเลือกสินค้าใส่ตะกร้าคือการสั่งซื้อสินค้า จะทำการสั่งซื้อในฐานะลูกค้าทั่วไป หรือทำการสมัครสมาชิกหากทำการสมัครสมาชิกกรอกรายละเอียดชื่อ ที่อยู่ เบอร์โทรศัพท์ เมื่อสั่งซื้อสินค้าเสร็จยืนยันการชำระเงิน



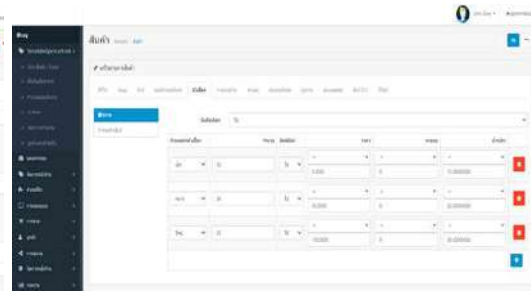
(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

รูปที่ 2 การจัดการข้อมูลระบบหลังร้าน ข้อมูลรายละเอียดสินค้า

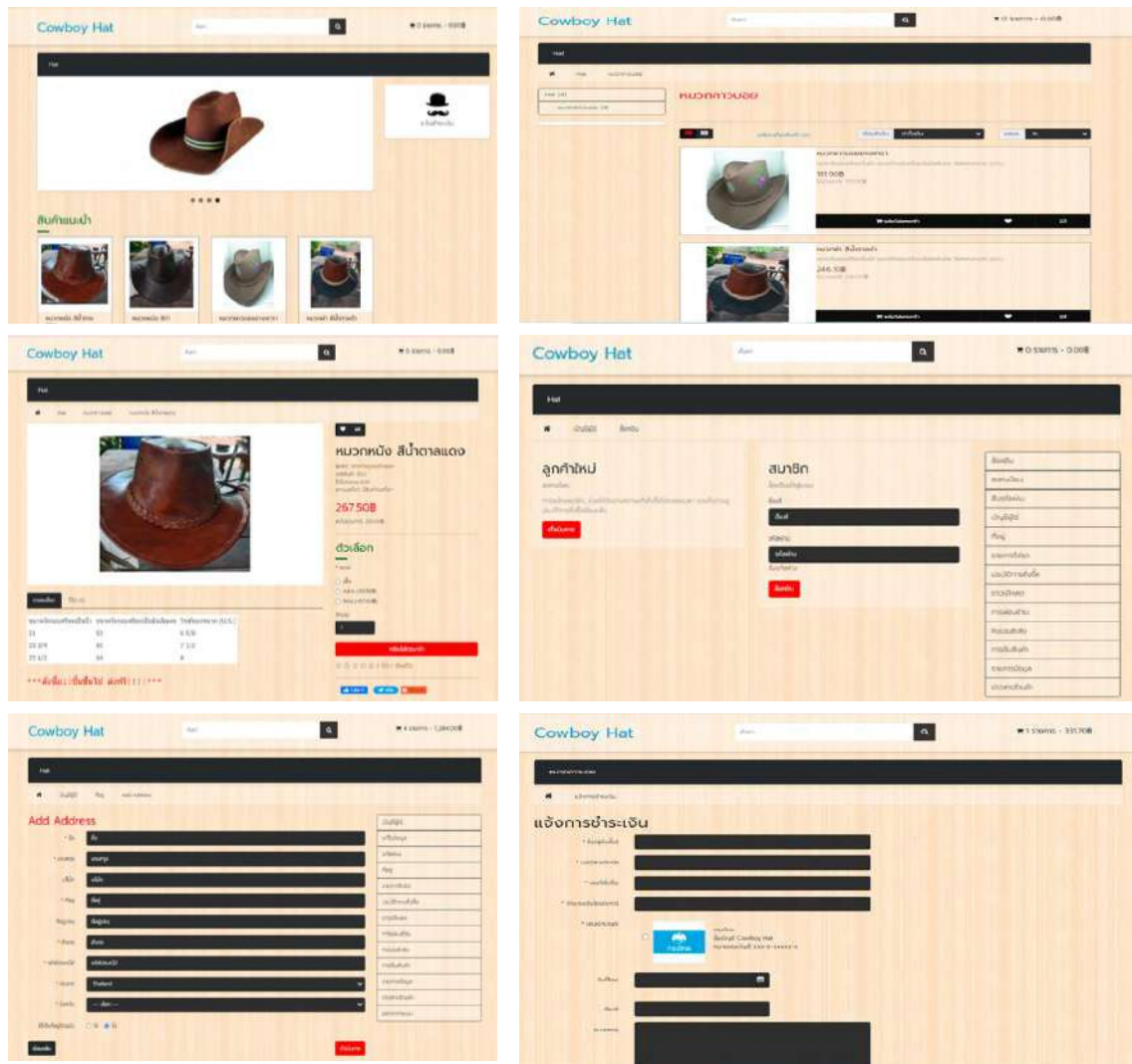


(ก)



(ข)

รูปที่ 3 การจัดการข้อมูลระบบหลังร้าน ข้อมูลการสั่งซื้อของลูกค้า (ก) และข้อมูลการจัดส่งสินค้า (ข)



รูปที่ 4 หน้าร้านเว็บไซต์จำหน่ายสินค้าวิสาหกิจชุมชน ภูมิศึกษากลุ่มผลิตหมวกยางพารา

3.2 ผลการสอบถามความพึงพอใจของผู้ทดลองใช้ระบบสารสนเทศเพื่อพัฒนาระบบเพื่อจัดจำหน่ายสินค้าวิสาหกิจชุมชน ภูมิศึกษา กลุ่มหมวกยางพารา อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง

กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ ลูกค้าทั่วไป จำนวน 30 คน คัดเลือกแบบบังเอิญ (Accidental Sampling) โดยเป็นผู้ที่มีประสบการณ์ใช้งานหรือเข้าไปชมสินค้าในเว็บไซต์ขายสินค้าแบบออนไลน์ (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ผลการสอบถามความพึงพอใจของผู้ทดลองใช้ระบบสารสนเทศเพื่อจัดจำหน่ายสินค้าวิสาหกิจชุมชน

รายการ	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
1. ด้านการออกแบบ	4.56	0.07	มากที่สุด
2. ด้านการใช้งาน	4.58	0.03	มากที่สุด
3. ด้านประสิทธิภาพ	4.68	0.09	มากที่สุด
รวม	4.60	0.06	มากที่สุด



จากตารางที่ 1 ความพึงพอใจของผู้ทดลองใช้ระบบสารสนเทศเพื่อจัดจำหน่ายสินค้าวิสาหกิจชุมชน โดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.60, S.D. = 0.06) เพื่อพิจารณาแต่ละด้านพบว่าด้านประสิทธิภาพ อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.68 S.D. = 0.09) ด้านการใช้งาน อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.58, S.D. = 0.03) ด้านการออกแบบ อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.56, S.D. = 0.07) ตามลำดับ

4. อภิปรายผลการวิจัย

4.1 ผลการพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อจัดจำหน่ายสินค้าวิสาหกิจชุมชน กรณีศึกษา กลุ่มผลิตหมวก ยางพารา อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง

4.1.1 ผลการศึกษาความต้องการผู้ที่ใช้ระบบสารสนเทศเพื่อจัดจำหน่ายสินค้าวิสาหกิจชุมชน กรณีศึกษา กลุ่มผลิตหมวกยางพารา อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง พบว่าต้องการนำเสนอสินค้าที่ผู้ใช้สามารถเข้าไปดูรายละเอียดสินค้า และลูกค้าสามารถสั่งซื้อสินค้าผ่านเว็บไซต์ได้ และเมื่อลูกค้าชำระเงินเรียบร้อยแล้วมีการจัดส่งสินค้าให้ลูกค้า และกลุ่มวิสาหกิจชุมชนหมวกยางพาราสามารถนำเสนอข้อมูลรายละเอียดหมวกยางพาราผ่านช่องทางออนไลน์เหตุที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจากการวิสาหกิจชุมชนหรือส่วนของผู้ประกอบการธุรกิจชุมชนตระหนักถึงการนำเทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการทำธุรกิจ และ [2] การพัฒนาเทคโนโลยีและดิจิทัลเพื่อสนับสนุนวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม ส่งเสริมการตลาด ขายสินค้าออนไลน์ การเผยแพร่สินค้า การจำหน่ายสินค้าผ่านช่องทางออนไลน์ [3] และระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการข้อมูลวิสาหกิจชุมชน ทำให้เก็บข้อมูลเป็นระเบียบมากยิ่งขึ้น ช่วยให้ข้อมูลเป็นปัจจุบันและสะดวกรวดเร็วในการบริหารจัดการข้อมูลวิสาหกิจชุมชน สอดคล้องกับ [1] วิจัยเรื่องการพัฒนาช่องทางจัดจำหน่ายโดยใช้การตลาดดิจิทัลเพื่อเพิ่มความสามารถในการแข่งขันให้กับผลิตภัณฑ์วิสาหกิจชุมชน ตำบลท่าขุนราม อำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร พบว่าปัจจัยทางการตลาดที่มีผลต่อการซื้อผลิตภัณฑ์ และช่องทางกาจัดจำหน่ายโดยใช้การตลาดดิจิทัลเพื่อเพิ่มความสามารถในการแข่งขันให้กับผลิตภัณฑ์วิสาหกิจชุมชน สอดคล้องกับ [2] วิจัยเรื่องการพัฒนาเทคโนโลยีและนวัตกรรมดิจิทัลเพื่อสนับสนุนรูปแบบเทคโนโลยีดิจิทัลสำหรับวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม พบว่าสภาพการณ์ของผู้ประกอบการธุรกิจชุมชนมีความต้องการและความสามารถในการสืบค้น ติดต่อและนำเสนอสินค้า การแสดงสินค้า การสั่งซื้อสินค้าผ่านระบบออนไลน์ สอดคล้องกับ [4] วิจัยเรื่องปัจจัยความสำเร็จของผู้ประกอบการธุรกิจออนไลน์ในยุคดิจิทัล พบว่า ผู้ประกอบการธุรกิจออนไลน์ในยุคดิจิทัลต้องค้นหาความต้องการของลูกค้าและสนองความต้องการเพื่อให้เกิดโอกาสการตลาดอย่างรวดเร็ว โดยการใช้เทคโนโลยีในยุคดิจิทัล สอดคล้องกับ [7] วิจัยเรื่องการพัฒนาสารสนเทศเพื่อส่งเสริมผลิตภัณฑ์ OTOP ของตำบลสะลง อำเภอแม่อรม จังหวัดเชียงใหม่ พบว่าระบบสารสนเทศตามความต้องการของชุมชน โดยชุมชนปรับปรุงรายการสินค้า แสดงรายละเอียดสินค้าให้กับลูกค้า และมีช่องทางการติดต่อสื่อสารกับลูกค้า และสอดคล้องกับ [8] วิจัยเรื่องการพัฒนาเว็บพอร์ทัลอิเล็กทรอนิกส์เพื่อสนับสนุนการจำหน่ายผลิตภัณฑ์ชุมชนของจังหวัดพิจิตรหรืออยุธยา พบว่ากลุ่มต้องการการขายสินค้าผ่านเว็บไซต์ที่มีกระบวนการจัดจำหน่าย และการรับคำสั่งซื้อของลูกค้าในการจำหน่ายสินค้า OTOP

4.1.2 ผลการออกแบบองค์ประกอบของระบบสารสนเทศเพื่อจัดจำหน่ายสินค้าวิสาหกิจชุมชน กรณีศึกษา กลุ่มผลิตหมวกยางพารา อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง พบว่า ประกอบด้วย 3 ส่วน ส่วนที่ 1) ผู้ใช้ระบบ 1.1) ลูกค้า 1.2) แอดมิน ส่วนที่ 2) กระบวนการจำหน่ายสินค้าออนไลน์ 2.1) การจัดการข้อมูลสินค้า 2.2) จัดการเลือกสินค้า 2.3) สั่งซื้อสินค้า 2.4) แจ้งข้อมูลการชำระเงิน 2.5) การจัดส่งสินค้า ส่วนที่ 3) ฐานข้อมูล 3.1) ข้อมูลสินค้า 3.2) ข้อมูลใบสั่งซื้อ 3.3) ข้อมูลลูกค้า 3.4) ข้อมูลการชำระเงิน 3.5) ข้อมูลการส่งสินค้า เหตุที่เป็นเช่นนี้อาจ



เนื่องจากจากผู้วิจัยได้ศึกษาข้อมูลความต้องการของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนและใช้หลักการของ การพัฒนาระบบตาม ขั้นตอน SDLC (System Development Life Cycle) สอดคล้องกับ [2] วิจัยเรื่องการพัฒนาเทคโนโลยีและ นวัตกรรมดิจิทัลเพื่อสนับสนุนรูปแบบเทคโนโลยีดิจิทัลสำหรับ วิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม โดยใช้การพัฒนา เว็บไซต์ตามวงจรการพัฒนาซอฟต์แวร์แบบ SDLC พบว่าตรงตามวัตถุประสงค์ในการใช้งาน มีความสวยงาม สะดวก ในการใช้งาน และสอดคล้องกับ [8] วิจัยเรื่องการพัฒนาระบบพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์เพื่อสนับสนุนการจำหน่าย ผลิตภัณฑ์ชุมชนของจังหวัดพรนครศรีอยุธยา พบว่าการออกแบบและพัฒนาระบบพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ ประกอบด้วยส่วนของหน้าหลัก มีประเภทของสินค้า รายการสินค้า การสมัครสมาชิก ตะกร้าสินค้า การสั่งซื้อสินค้า การแจ้งชำระเงิน

4.1.3 ผลการพัฒนาระบบเพื่อจัดจำหน่ายสินค้าวิสาหกิจชุมชน กรณีศึกษา กลุ่มผลิตหมวกยางพารา อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง นั้น ประกอบด้วย 2 ส่วน 1) ผู้ดูแลระบบ 1.1) จัดการข้อมูลสินค้า 1.2) ข้อมูลการสั่งซื้อ 1.3) ข้อมูลการจัดส่ง 1.4) รายงาน 2) ผู้ใช้งานทั่วไป (ลูกค้า) 2.1) ค้นหาข้อมูลสินค้า 2.2) สั่งซื้อสินค้า 2.3) ยืนยัน การชำระเงิน เหตุที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจากการการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศช่วยในการจัดจำหน่ายเป็นปัจจัยนำสู่ การดำเนินธุรกิจสินค้าออนไลน์ โดยเน้นกระบวนการสั่งซื้อที่เข้าใจง่าย สะดวก ผ่านสื่อออนไลน์ [9] และสอดคล้อง กับ [10] วิจัยเรื่องการพัฒนาเว็บไซต์เพื่อเพิ่มช่องทางการจัดจำหน่ายสำหรับผลิตภัณฑ์ชุมชน (OTOP) จังหวัดสงขลา กรณีศึกษา กลุ่มวิสาหกิจชุมชนสุชาวดี พบว่าการจำหน่ายสินค้าผ่านทางเว็บไซต์ การสั่งซื้อสินค้า โดยเลือกสินค้าลงตะกร้า การกรอกรายละเอียดการสั่งซื้อและข้อมูลการจัดส่งสินค้า การชำระค่าสินค้าโดย ทางการโอนชำระและมีการยืนยันการชำระเงิน เป็นช่องทางที่สะดวกสำหรับลูกค้า และ สอดคล้องกับ [11] วิจัย เรื่องการส่งเสริมวิสาหกิจชุมชน อำเภอภูเพียง จังหวัดน่าน โดยใช้ระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการ พบว่าการใช้ ระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการผ่านเว็บไซต์เป็นช่องทางหนึ่งในการจำหน่ายสินค้า ให้แก่ลูกค้า โดยจะนำเสนอ ข้อมูลสินค้า ราคา วิธีการสั่งซื้อสินค้า การชำระเงิน ซึ่งเป็นเครื่องมือช่วยเพิ่มขีดความสามารถของธุรกิจ

4.2 ผลการสอบถามความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบสารสนเทศเพื่อจัดจำหน่ายสินค้าวิสาหกิจชุมชน กรณีศึกษา กลุ่มหมวกยางพารา อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง

พบว่าความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.60$, S.D. = 0.06) โดยด้านประสิทธิภาพ อยู่ใน ระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.68$ S.D. = 0.09) ด้านการใช้งาน อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.58$, S.D. = 0.03) ด้านการ ออกแบบ อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.56$, S.D. = 0.07) เหตุที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจากการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี ทำให้เกิดความสะดวกและรวดเร็ว ในการให้บริการและการเพิ่มช่องทางการจำหน่าย การติดต่อกับผู้ใช้ระบบ สอดคล้องกับงานวิจัยของ [10] วิจัยเรื่องการพัฒนาเว็บไซต์เพื่อเพิ่มช่องทางการจัดจำหน่ายสำหรับ ผลิตภัณฑ์ชุมชน (OTOP) จังหวัดสงขลา กรณีศึกษา กลุ่มวิสาหกิจชุมชนสุชาวดี พบว่าความพึงพอใจต่อเว็บไซต์ โดยรวมพบว่าอยู่ในระดับมาก ความพึงพอใจต่อความถูกต้องของการเพิ่ม ลบ สินค้าในตะกร้ามีค่าสูงสุด สอดคล้อง กับ [7] วิจัยเรื่องการพัฒนาเว็บไซต์เพื่อส่งเสริมผลิตภัณฑ์ OTOP ของตำบลสะลง อำเภอแม่ริม จังหวัด เชียงใหม่ พบว่าความพึงพอใจของผู้ใช้ด้านข้อมูลนำเข้า ด้านการทำงานของระบบ ด้านการแสดงผลมีความพึง พอใจมากทำให้ลูกค้าและผู้สนใจดูรายละเอียดสินค้าได้ง่าย สอดคล้องกับ [12] วิจัยการปฏิบัติการวิจัยอย่างมีส่วนร่วม เพื่อพัฒนาช่องทางจัดจำหน่ายผลิตภัณฑ์ชุมชนด้วยระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต กรณีศึกษา ผลิตภัณฑ์ชุมชนจังหวัด พระนครศรีอยุธยา พบว่าผลการดำเนินงานพัฒนาช่องทางการจำหน่าย ความคิดเห็นด้านการติดต่อกับผู้ใช้ระบบ ด้านการประมวลผลของระบบ ด้านผลลัพธ์ที่ได้จากระบบอยู่ในระดับมาก และสอดคล้องกับ [3] วิจัยเรื่องระบบ



สารสนเทศเพื่อการจัดการข้อมูลวิสาหกิจชุมชนกลุ่มผ้าทอ จังหวัดน่าน พบว่าความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบอยู่ในระดับดีมาก เนื่องจากการเก็บข้อมูล มีความถูกต้องและสามารถบริหารจัดการข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5. สรุปผลการวิจัย

ผลการพัฒนาระบบเพื่อจัดจำหน่ายสินค้าวิสาหกิจชุมชน กรณีศึกษา กลุ่มผลิตหมวกยางพารา อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง พบว่า ผลการศึกษาค้นคว้าความต้องการผู้ใช้ระบบสารสนเทศเพื่อจัดจำหน่ายสินค้าวิสาหกิจชุมชน กรณีศึกษา กลุ่มผลิตหมวกยางพารา อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง มีรายละเอียดสินค้าที่ผู้ใช้สามารถเข้าไปดูรายละเอียดสินค้า และลูกค้าสามารถสั่งซื้อสินค้าผ่านเว็บไซต์ได้ และเมื่อลูกค้าชำระเงินเรียบร้อยแล้วมีการจัดส่งสินค้าให้ลูกค้า และกลุ่มวิสาหกิจชุมชนหมวกยางพาราสามารถนำเสนอข้อมูลรายละเอียดหมวกยางพาราผ่านช่องทางออนไลน์ และในส่วนของการพัฒนาระบบเพื่อจัดจำหน่ายสินค้าวิสาหกิจชุมชน กรณีศึกษา กลุ่มผลิตหมวกยางพารา อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง นั้น ประกอบด้วย 2 ส่วน 1) ผู้ดูแลระบบ 1.1) จัดการข้อมูลสินค้า 1.2) ข้อมูลการสั่งซื้อ 1.3) ข้อมูลการจัดส่ง 1.4) รายงาน 2) ผู้ใช้งานทั่วไป (ลูกค้า) 2.1) ค้นหาข้อมูลสินค้า 2.2) สั่งซื้อสินค้า 2.3) ยืนยันการชำระเงิน ที่สามารถทำได้โดยง่าย สะดวก รวดเร็วในการเผยแพร่ข้อมูลผลิตภัณฑ์ และความพึงพอใจของผู้ทดลองใช้ระบบสารสนเทศเพื่อจัดจำหน่ายสินค้าวิสาหกิจชุมชน โดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.60$, S.D. = 0.06) โดยด้านประสิทธิภาพ อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.68$ S.D. = 0.09) ด้านการใช้งาน อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.58$, S.D. = 0.03) ด้านการออกแบบ อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.56$, S.D. = 0.07) ทำให้เกิดความง่ายและสะดวกต่อการใช้งาน

เอกสารอ้างอิง

- [1] เพชร บุดสีทา. (2564). การพัฒนาช่องทางจัดจำหน่ายโดยใช้การตลาดดิจิทัลเพื่อเพิ่มความสามารถในการแข่งขันให้กับผลิตภัณฑ์วิสาหกิจชุมชน ตำบลท่าขุนราม อำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร. วารสารวิชาการตลาดและการจัดการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, 8(2), 48-59.
- [2] แสงเพชร พระฉาย ศรายุทธ เนียนกระโทก สุระ วรรณแสง และประภาณุช ถีสุงเนิน. (2562). การพัฒนาเทคโนโลยีและนวัตกรรมดิจิทัลเพื่อสนับสนุนรูปแบบเทคโนโลยีดิจิทัลสำหรับวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ, 5(1), 88-100.
- [3] พัชรภรณ์ หงส์สืบสอง. (2565). ระบบสารสนเทศเพื่อกาจัดการข้อมูลวิสาหกิจชุมชนกลุ่มผ้าทอ จังหวัดน่าน. Journal of Information and Learning, 33(2), 98-107.
- [4] สมทบ แก้วเชื้อ บัณฑิต ผังนิรันดร์ และธนพล ก่อฐานะ. (2565). ปัจจัยความสำเร็จของผู้ประกอบการธุรกิจออนไลน์ในยุคดิจิทัล. วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม, 15(2), 33-44.
- [5] พรณธิกา เหล่าพวงศักดิ์. (2557). การพัฒนารูปแบบการจัดการเครือข่ายวิสาหกิจชุมชนเพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแข่งขันของเศรษฐกิจชุมชนในพื้นที่ภาคตะวันตก (วิทยานิพนธ์ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต). นครปฐม: มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- [6] John, BW. (1997). Research in Education. Boston MA.: Allyn and Bacon.
- [7] บุชรภาณ มหัทธชัย. (2555). วิจัยเรื่องการพัฒนากระบวนการสารสนเทศเพื่อส่งเสริมผลิตภัณฑ์ OTOP ของตำบลสะลวง อำเภอแมริม จังหวัดเชียงใหม่. วารสารวิจัยราชภัฏเชียงใหม่, 13(1), 41-49.
- [8] ชุตินา นิ่มนวล. (2560). การพัฒนาระบบพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์เพื่อสนับสนุนการจำหน่ายผลิตภัณฑ์ชุมชนของจังหวัดพนครศรีอยุธยา. วารสารราชภัฏเพชรบูรณ์สาร, 19(2), 58-64.
- [9] ประทีนร์ ชันทอง และธนากร ธนาธารชูโชติ. (2562). รูปแบบการตลาดธุรกิจสินค้าออนไลน์ในประเทศไทย. วารสาร มจร พุทธปัญญาปริทรรศน์, 4(2), 45-56.



- [10] ชัยนันท์ ปัญญาภูโส และ สันติพงศ์ ตั้งธรรมกุล. (2559). การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อเพิ่มช่องทางการจัดจำหน่ายสำหรับผลิตภัณฑ์ชุมชน (OTOP) จังหวัดสงขลา กรณีศึกษา กลุ่มวิสาหกิจชุมชนสุชาวดี (รายงานวิจัย). มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย.
- [11] สุขสวรรค์ คำวงศ์ และเมตตา ตาละลักษณ์. (2557). การส่งเสริมวิสาหกิจชุมชน อำเภอกุฉินารายณ์ จังหวัดน่าน โดยใช้ระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการ. วารสารการพัฒนาชุมชนและคุณภาพชีวิต, 2(3), 305-311.
- [12] ชูติมา นิ่มนวล. (2562). การปฏิบัติการวิจัยอย่างมีส่วนร่วมเพื่อพัฒนาช่องทางจัดจำหน่ายผลิตภัณฑ์ชุมชนด้วยระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต กรณีศึกษา ผลิตภัณฑ์ชุมชนจังหวัดพระนครศรีอยุธยา. วารสารร่มพญักษ์ มหาวิทยาลัยเกริก, 37(1), 67-77.



สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตกระเทียมดำต่อคุณสมบัติทางกายภาพ
และเคมีของผลิตภัณฑ์กระเทียมดำ

Optimal Conditions for the Production of Black Garlic to Physical and
Chemical Properties of Black Garlic Products

จิรายุ มุสิก้า^{1*} ธนวรรณ มุสิก้า¹ และพนารัตน์ สังข์อินทร์¹

Jirayu Musika^{1*} Thanawan Musika¹ and Panarat Sungin¹

สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ¹

Department of Food Science and Technology, Faculty of Liberal Arts and Science, Sisaket Rajabhat University¹

*Corresponding Author: jirayu.m@sskru.ac.th

ข้อมูลบทความ	บทคัดย่อ
ประวัติบทความ: รับเพื่อพิจารณา: 31 สิงหาคม 2565 แก้ไข: 12 ธันวาคม 2565 ตอบรับ: 16 ธันวาคม 2565	วัตถุประสงค์การวิจัยนี้เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตกระเทียมดำ โดยใช้กระเทียมกลีบและกระเทียมโทนที่ปลูกในตำบลคอนกาม อำเภอยางชุมน้อย จังหวัดศรีสะเกษ และศึกษาสภาวะการบ่มระยะเวลา 15 วัน คือ สภาวะที่ 1 ห่อกระเทียมด้วยกระดาษไขและอลูมิเนียมฟอยล์ที่ละหวั (A), สภาวะที่ 2 ห่อกระเทียมด้วยอลูมิเนียมฟอยล์และห่อทับด้วยผ้าขาวบาง (B) บ่มกระเทียมในตู้อบลมร้อนที่ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 วัน พบว่ากระเทียมโทนสภาวะที่ 1 (A) สีเนื้อกระเทียมเปลี่ยนเป็นสีดำ และเนื้อสัมผัสมีนุ่มคล้ายเจลลี่ และได้ค่าร้อยละผลผลิตสูงสุดเท่ากับร้อยละ 40 ซึ่งมีค่ามากกว่าตัวอย่างอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในการทดสอบการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และการทดสอบด้านประสาทสัมผัสของกระเทียมดำ พบว่าแต่ละตัวอย่างของกระเทียมดำมีค่าสีที่ใกล้เคียงกัน ส่วนปริมาณร้อยละของไขมัน โปรตีนและคาร์โบไฮเดรต รวมถึงปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH และ ABTS พบว่ากระเทียมดำที่ผลิตจากกระเทียมโทนในสภาวะที่ 1 (A) มีค่าสูงสุด ผลการทดสอบแบบวิธีการเรียงลำดับความชอบ (ranking test) โดยให้ผู้ทดสอบที่ยังไม่ผ่านการฝึกฝน ก็ยังพบว่ากระเทียมดำที่ผลิตจากกระเทียมโทนสภาวะที่ 1 (A) ได้รับคะแนนการเรียงลำดับความชอบมาเป็นอันดับ 1 ดังนั้น กระเทียมโทนที่ถูกห่อด้วยกระดาษไขและอลูมิเนียมฟอยล์ที่ละหวั จึงเป็นสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการนำมาผลิตเป็นกระเทียมดำและควรค่าต่อการศึกษาความชอบและการยอมรับผู้บริโภคในอนาคตต่อไป



Article Info	Abstract
Article History: Received: August 31, 2022 Revised: December 12, 2022 Accepted: December 16, 2022	The objective of this research is to study the optimal conditions to produce black garlic using the garlic cloves and single-clove garlic raised in Konkam Subdistrict, Yangchum Noi District, Sisaket Province. We compare two 15-day incubation conditions: (1) Condition A, wrapping each garlic with wax paper and aluminum foil; (2) Condition B, wrapping the garlic with aluminum foil and wrapping with cloth on top. Curing the garlic in an incubator at 65 degrees Celsius for 15 days, we found the single-clove garlic in Condition A had its pulp color changed to black, and the texture became soft like jelly. Furthermore, Condition A returns the highest yield percentage equal to 40 percent, which is statistically significantly greater than other samples ($p \leq 0.05$). The physical, chemical, and sensory properties showed the colors have no statistically significant differences ($p > 0.05$) in all samples. The fat content (percentage) and antioxidant properties (found using the DPPH and ABTS methods) of black garlic produced from single-clove garlic in Condition A was also the highest. The results from the ranking test by untrained panelists showed that the black garlic in Condition A received a preference rating of 1 st place.
Keywords: Black garlic/Sisaket garlic/ Physical and chemical properties	

1. บทนำ

กระเทียมเป็นผลผลิตทางการเกษตรซึ่งนิยมปลูกในภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคเหนือของประเทศไทย โดยเฉพาะในพื้นที่จังหวัดศรีสะเกษมีพื้นที่การเพาะปลูกกระเทียมมากในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง ในอำเภอขามเฒ่า รามัน รัตนวาปี เป็นต้น กระเทียมที่เพาะปลูกในจังหวัดศรีสะเกษมีลักษณะเด่นที่สำคัญแตกต่างจากกระเทียมแหล่งอื่น คือ มีเปลือกนอกสีขาวแกมม่วง เปลือกบาง หัวแน่น กลิ่นฉุน รสเผ็ดร้อน สามารถเก็บไว้ได้นานโดยไม่ผุ กระเทียมศรีสะเกษปลูกในดินมูลทรายซึ่งมีการทับถมของตะกอนสารอาหารของพืช ผลผลิตจึงมีคุณภาพดี ขายได้ราคาสูงกว่ากระเทียมจากแหล่งอื่น [1] จากการวิจัยที่ผ่านมาพบว่า กระเทียมมีคุณสมบัติด้านฤทธิ์ทางชีวภาพที่หลากหลาย เช่น ใช้เป็นยาแผนโบราณ ช่วยระบบย่อยอาหาร ขับลม และลดการอักเสบ มีฤทธิ์เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ฤทธิ์ต้านมะเร็ง ช่วยรักษาโรคความดันโลหิต ป้องกันไวรัส และช่วยลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือด [2] นอกจากนี้พบว่ากระเทียมสามารถป้องกันการเกิดภาวะหลอดเลือดแข็ง โดยไปลดการสร้างไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์หรือลดการหลั่ง TNF- α และยังมีผลยับยั้ง activator protein-1 (AP-1) และ c-Jun N-terminal kinases (JNKs) ซึ่งทำหน้าที่ควบคุมการสร้างโปรตีน จึงทำให้การสร้าง NF- κ B ลดลง [3] กระเทียมที่เพาะปลูกในจังหวัดศรีสะเกษ ได้รับการขึ้นทะเบียนสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ (GI) พืชเศรษฐกิจในปี พ.ศ. 2563 ผลผลิตกระเทียมจะ



เริ่มเก็บเกี่ยวในช่วงเดือนเมษายนถึงเดือนพฤษภาคม โดยจะมีทั้งกระเทียมกลีบและกระเทียมโทน โดยเฉพาะกระเทียมโทนจะมีเนื้อเยื่อและมิกลีนน้อยกว่าและหายาก

สารพฤกษเคมีที่มีในกระเทียมบ่มจนเป็นสีดำมาแยกสารประกอบ พบว่ากระเทียมดำช่วยเพิ่มสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่มีประโยชน์ต่อร่างกายได้ดีกว่ากระเทียมสดถึง 13 เท่า โดยมีจำหน่ายในประเทศเกาหลี จีน และญี่ปุ่น เป็นที่รู้จักและนิยมบริโภคในกลุ่มผู้บริโภคที่ใส่ใจเรื่องสุขภาพในรูปแบบของผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพประเภทหนึ่ง [4] ระยะเวลาที่ใช้ในการบ่มกระเทียมสดให้กลายเป็นกระเทียมดำนั้น จะใช้ระยะเวลาตั้งแต่ 4-40 วัน อุณหภูมิที่ใช้ในการบ่มอยู่ระหว่าง 50 ถึง 90 องศาเซลเซียส อุณหภูมิที่ใช้ในการบ่มเป็นปัจจัยที่สำคัญที่จะส่งผลกระทบต่อคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก กรดอะมิโนที่จำเป็น ตลอดจนคุณสมบัติทางด้านประสาทสัมผัสของกระเทียมดำ อย่างไรก็ตามกระเทียมแต่ละสายพันธุ์ที่ปลูกในพื้นที่แตกต่างกัน ก็มีผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีและสภาวะการผลิตกระเทียมดำด้วย [5] ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะศึกษาผลของสภาวะการผลิตและชนิดของกระเทียม ต่อคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของกระเทียมดำ โดยนำกระเทียมกลีบและกระเทียมโทน มาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์กระเทียมดำที่สามารถใช้อุปกรณ์ในครัวเรือนมาแปรรูป และวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ ภาย เคมีและด้านประสาทสัมผัสของกระเทียมดำ เพื่อเป็นแนวทางในการนำกระบวนการผลิตไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารกลุ่มวิสาหกิจชุมชน ซึ่งในจังหวัดศรีสะเกษมีผลผลิตกระเทียมจำนวนมาก สามารถนำมาพัฒนาเป็นสินค้าทางการเกษตรที่มีความโดดเด่นเป็นเอกลักษณ์ของจังหวัดศรีสะเกษได้

2. วิธีดำเนินการวิจัย

2.1 ศึกษาชนิดของกระเทียมและสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตกระเทียมดำ

นำตัวอย่างกระเทียมกลีบและกระเทียมโทนที่ปลูกในพื้นที่ตำบลคอนกาม อำเภอยางชุมน้อย จังหวัดศรีสะเกษ คัดเลือกระยะที่แก่จัดหรือหลังการเก็บเกี่ยวประมาณ 3-4 เดือน เส้นผ่านศูนย์กลาง ประมาณ 2 เซนติเมตร แบ่งตัวอย่างออกเป็น 2 สภาวะ ดังนี้ สภาวะที่ 1 ห่อกระเทียมด้วยกระดาษไขและอลูมิเนียมฟอยล์ที่ละหวั (A) และสภาวะที่ 2 ห่อกระเทียมด้วยอลูมิเนียมฟอยล์และห่อทับด้วยผ้าขาวบาง (B) นำไปบ่มในตูอบลมร้อนที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 วัน

2.2 ศึกษาคัดเลือกชนิดของกระเทียมและสภาวะกระเทียมดำที่เหมาะสม

นำตัวอย่างกระเทียมจากข้อ 2.1 วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัส เพื่อคัดเลือกชนิดของกระเทียมและสภาวะการผลิตกระเทียมดำที่เหมาะสม ดังรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.2.1 ร้อยละผลผลิต (Yield) สูตร: น้ำหนักก่อนบ่ม/น้ำหนักหลังบ่ม $\times 100$

2.2.2 วิเคราะห์ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมันตามวิธีมาตรฐาน AOAC (2016) [6]

2.2.3 วิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดตามวิธี Compendium of method for food analysis (2003) [7]

2.2.4 วิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระตามวิธีมาตรฐาน AOAC (2016) [6]

2.2.5 วิเคราะห์ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และวิธี ABTS ดัดแปลงตามวิธี ชุตินา แก้วพิบูลย์ [8] การวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH^o) radical scavenging activity โดยการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 517 นาโนเมตร ด้วยเครื่องวัดการดูดกลืนแสง (Spectrophotometer) (Lambda 25: Perkin Elmer Inc., Waltham, MA, USA) แล้วคำนวณหาค่าร้อยละการยับยั้งอนุมูลอิสระชนิด DPPH^o



การวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี วิธี ABTS (ABTS radical scavenging activity assay) โดยการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร ด้วยเครื่องวัดการดูดกลืนแสง (Spectrophotometer) (Lambda 25: (PerkinElmer, Inc.) แล้วคำนวณหาค่าร้อยละการกำจัดอนุมูลอิสระ

2.2.6 วัดค่าสี โดยใช้เครื่องคลอริมิเตอร์ (Colorimeter) (ColorFlex EZ Spectrophotometer 45/0, USA) แสดงค่าเป็น L^* = ความสว่าง a^* = ความเป็นสีแดง b^* = ความเป็นสีเหลือง

2.2.7 การทดสอบคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส

ทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีการเรียงลำดับ (ranking test) ใช้ผู้ทดสอบที่ยังไม่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 100 คน เพื่อคัดเลือกสภาวะที่เหมาะสม โดยนำตัวอย่างกระเทียมดำที่ได้ทำการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสด้วยวิธี Ranking test ทำการเสิร์ฟตัวอย่างให้ผู้ทดสอบเรียงลำดับความชอบ โดยคะแนน 1 หมายถึง ลำดับที่ชอบมากที่สุด และคะแนน 3 หมายถึงลำดับที่ชอบน้อยที่สุด [9]

2.3 การวิเคราะห์ทางสถิติ

คุณสมบัติทางด้านกายภาพ เคมี และคุณสมบัติทางด้านประสาทสัมผัสด้านความชอบนำมาหาค่าเฉลี่ย วิเคราะห์ความแปรปรวนโดยวิธี Analysis of Variance (ANOVA) และความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป IBM SPSS Statistics version 25 [10]

3. ผลการวิจัย

3.1 ผลของชนิดกระเทียมและสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตกระเทียมดำ

ผลการศึกษาศึกษาชนิดของกระเทียม 2 ชนิด 2 สภาวะที่การบ่มเป็นระยะเวลา 15 วัน คือ สภาวะที่ 1 ห่อกระเทียมด้วยกระดาษไขและอลูมิเนียมฟอยล์ที่ละหวั (A), สภาวะที่ 2 นำกระเทียมห่อด้วยอลูมิเนียมฟอยล์และห่อทับด้วยผ้าขาวบางอีกชั้น (B) จากนั้นนำกระเทียมบ่มในตู้อบลมร้อนที่ 65 องศาเซลเซียส จากการสังเกตลักษณะทางด้านกายภาพ พบว่ากระเทียมโทนสภาวะที่ 1 ห่อกระเทียมด้วยกระดาษไขและอลูมิเนียมฟอยล์ที่ละหวั (A) สีเนื้อกระเทียมเปลี่ยนเป็นสีดำ และเนื้อสัมผัสมีนุ่มคล้ายเจลลี่ และได้ร้อยละผลผลิตสูงสุดเท่ากับร้อยละ 40 ซึ่งมีค่ามากกว่าตัวอย่างอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p \leq 0.05$ (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ลักษณะทางกายภาพของตัวอย่างกระเทียมดำจากกระเทียม 2 ชนิด และสภาวะการห่อ 15 วัน 2 รูปแบบ

ตัวอย่าง	ลักษณะทางกายภาพ (จากการสังเกต)	ร้อยละผลผลิต (Yield)
กระเทียมกลีบ (A)	เนื้อกระเทียมเปลี่ยนเป็นสีดำ เนื้อสัมผัสมีความแข็งและแห้ง	29.00±0.00 ^{bc}
กระเทียมกลีบ (B)	เนื้อกระเทียมเปลี่ยนเป็นสีดำ เนื้อสัมผัสมีความแข็งและแห้ง แต่บางหัวเป็นเปียกน้ำ ทำให้เนื้อมีเยื่อ	27.00±0.00 ^c
กระเทียมโทน (A)	เนื้อกระเทียมเปลี่ยนเป็นสีดำ เนื้อสัมผัสมีนุ่มคล้ายเจลลี่	40.00±0.00 ^a
กระเทียมโทน (B)	เนื้อกระเทียมเปลี่ยนเป็นสีดำ เนื้อสัมผัสมีนุ่มคล้ายเจลลี่ แต่บางหัวเป็นเปียกน้ำ ทำให้เนื้อมีเยื่อ	30.00±0.00 ^b

หมายเหตุ : abc ตัวอักษรที่ต่างกันแสดงถึงค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (A) คือ สภาวะการผลิตกระเทียมดำ โดยสภาวะที่ 1 ห่อกระเทียม ด้วยกระดาษไขและอลูมิเนียมฟอยล์ที่ละหวั (A) และ (B) คือ สภาวะการผลิตกระเทียมดำสภาวะที่ 2 นำกระเทียมห่อด้วยอลูมิเนียมฟอยล์และห่อทับด้วยผ้าขาวบางอีกชั้น



3.2 ผลการศึกษาคุณสมบัติด้านกายภาพและเคมีของกระเทียมดำ

ผลการศึกษาคุณสมบัติด้านกายภาพค่าสีของกระเทียมดำดังแสดงในตารางที่ 2 พบว่าค่าสีด้านค่าความสว่าง (L^*) ของกระเทียมดำ มีค่าอยู่ในช่วง 15.61 ถึง 16.73 และค่าความเป็นสีแดง (a^*) ของกระเทียมดำ มีค่าอยู่ในช่วง 1.31-1.81 ซึ่งทั้งสองค่าพบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ส่วนค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) ของกระเทียมดำ พบว่ากระเทียมกลีบ ในสภาวะที่ 2 (B) มีค่าความเป็นสีเหลืองถึงสีน้ำเงินมากที่สุด (0.97) เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) รองลงมาเป็นกระเทียมโทน ในสภาวะที่ 2 (B) และกระเทียมกลีบในสภาวะที่ 1 (A) ซึ่งทั้งสองตัวอย่างพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ส่วนกระเทียมโทนในสภาวะที่ 1 (A) พบว่ามีค่าความเป็นสีเหลืองน้อยที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 2 คุณสมบัติด้านกายภาพค่าสีของตัวอย่างกระเทียมดำจากกระเทียม 2 ชนิด และสภาวะการห่อ 15 วัน 2 รูปแบบ

ตัวอย่าง	ค่าคุณภาพทางกายภาพ (ค่าสี)		
	$L^*(ns)$	$a^*(ns)$	b^*
กระเทียมกลีบ (A)	15.69±0.01	1.81±0.08	0.16±0.06 ^b
กระเทียมกลีบ (B)	15.61±0.03	1.44±0.01	0.97±0.06 ^a
กระเทียมโทน (A)	16.76±0.03	1.58±0.04	0.04±0.08 ^c
กระเทียมโทน (B)	16.43±0.07	1.31±0.01	0.25±0.03 ^b

หมายเหตุ : abc ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวดังแสดงถึงค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

(ns) ในแนวดังแสดงถึงค่าที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

A-B แสดงถึงสภาวะการผลิตกระเทียมดำ โดยสภาวะที่ 1 ห่อกระเทียมด้วยกระดาษไขและอลูมิเนียมฟอยล์ที่ละหั่ว (A), สภาวะที่ 2 นำกระเทียมห่อด้วยอลูมิเนียมฟอยล์และห่อทับด้วยผ้าขาวบางอีกชั้น (B)

ผลการศึกษาคุณสมบัติด้านเคมีของกระเทียมดำ พบว่ากระเทียมกลีบ ในสภาวะที่ 1 (A) มีค่าความชื้นต่ำที่สุด (40.94%) โดยต่ำกว่ากระเทียมกลีบในสภาวะที่ 2 (B), กระเทียมโทนในสภาวะที่ 1 (A) และกระเทียมโทนในสภาวะที่ 2 (B) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p<0.05$ ในขณะที่เดียวกันก็พบว่ากระเทียมกลีบ ในสภาวะที่ 1 (A) มีค่าน้ำอิสระในอาหารต่ำสุด (0.37%) โดยต่ำกว่ากระเทียมกลีบในสภาวะที่ 2 (B), กระเทียมโทนในสภาวะที่ 1 (A) และกระเทียมโทนในสภาวะที่ 2 (B) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p<0.05$ ส่วนค่าไขมันของกระเทียมดำ พบว่ากระเทียมโทนทั้ง 2 สภาวะ มีค่าร้อยละของไขมันมากกว่ากระเทียมกลีบทั้งสองสภาวะ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ในขณะที่ค่าร้อยละของโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตของกระเทียมดำในทุกตัวอย่าง พบว่ามีค่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 3)



ตารางที่ 3 ค่าคุณสมบัติด้านเคมีของตัวอย่างกระเทียมดำจากกระเทียม 2 ชนิด และสภาวะการห่อ 15 วัน 2 รูปแบบ

ตัวอย่าง	ค่าคุณภาพทางเคมี				
	ความชื้น (ร้อยละ)	น้ำอิสระใน อาหาร	ไขมัน (ร้อยละ)	โปรตีน (ร้อยละ) ^(ns)	คาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ) ^(ns)
กระเทียมกลีบ (A)	40.94±0.08 ^b	0.37±0.07 ^b	0.05±0.01 ^b	8.37±0.99	30.71±0.91
กระเทียมกลีบ (B)	80.76±0.06 ^a	0.56±0.02 ^a	0.07±0.11 ^b	8.37±0.36	29.87±0.47
กระเทียมโทน (A)	70.94±0.06 ^a	0.57±0.06 ^a	0.11±0.06 ^a	8.47±0.06	30.87±0.06
กระเทียมโทน (B)	80.13±0.06 ^a	0.58±0.06 ^a	0.10±0.06 ^a	8.41±0.06	30.64±0.06

หมายเหตุ : abc ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวดิ่งแสดงถึงค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

(ns) ในแนวดิ่งแสดงถึงค่าที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

A-B แสดงถึงสภาวะการผลิตกระเทียมดำโดยสภาวะที่ 1 ห่อกระเทียมด้วยกระดาษไขและอลูมิเนียมฟอยล์ที่ละหัว (A), สภาวะที่ 2 นำกระเทียมห่อด้วยอลูมิเนียมฟอยล์และห่อทับด้วยผ้าขาวบางอีกชั้น (B)

ผลการศึกษาปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระของกระเทียมดำโดยวิธี DPPH และ ABTS ดังแสดงในตารางที่ 4 พบว่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของกระเทียมดำโดยวิธี DPPH มีค่าอยู่ในช่วง 33.35 ถึง 33.97 $\mu\text{mol Trolox/g}$ และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของกระเทียมดำโดยวิธี ABTS มีค่าอยู่ในช่วง 74.38 ถึง 75.39 $\mu\text{mol Trolox/g}$ ซึ่งทั้งกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH และ ABTS ของกระเทียมดำทั้ง 4 ตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 4 ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระของตัวอย่างกระเทียมดำจากกระเทียม 2 ชนิด และสภาวะการห่อ 15 วัน 2 รูปแบบ

ตัวอย่าง	ค่าปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ	
	DPPH ($\mu\text{mol Trolox/g}$) ^(ns)	ABTS ($\mu\text{mol Trolox/g}$) ^(ns)
กระเทียมกลีบ (A)	33.57±0.91	74.45±0.26
กระเทียมกลีบ (B)	33.61±0.26	74.38±0.29
กระเทียมโทน (A)	33.97±0.16	75.39±1.85
กระเทียมโทน (B)	33.35±0.16	74.66±1.85

หมายเหตุ : abc ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวดิ่งแสดงถึงค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

(ns) ในแนวดิ่งแสดงถึงค่าที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

A-B แสดงถึงสภาวะการผลิตกระเทียมดำโดยสภาวะที่ 1 ห่อกระเทียมด้วยกระดาษไขและอลูมิเนียมฟอยล์ที่ละหัว (A), สภาวะที่ 2 นำกระเทียมห่อด้วยอลูมิเนียมฟอยล์และห่อทับด้วยผ้าขาวบางอีกชั้น (B)

ผลการเรียงลำดับคะแนนความชอบ (ranking test) เพื่อคัดเลือกสภาวะการผลิตกระเทียมดำทั้ง 4 ตัวอย่าง ดังแสดงในตารางที่ 5 พบว่าตัวอย่างกระเทียมดำทั้ง 4 ตัวอย่างมีคะแนนความชอบไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) อย่างไรก็ตาม พบว่ากระเทียมโทนในสภาวะที่ 1 (A) มีคะแนนการเรียงลำดับความชอบมาเป็นอันดับ 1



ตารางที่ 5 การเรียงลำดับคะแนนความชอบ (ranking test) ตัวอย่างกระเทียมดำ 4 ตัวอย่าง

ตัวอย่าง	คะแนนการเรียงลำดับความชอบ (ranking test) ^{ns}
กระเทียมกลีบ (A)	74
กระเทียมกลีบ (B)	69
กระเทียมโทน (A)	87
กระเทียมโทน (B)	84

หมายเหตุ : (ns) ในแนวตั้งแสดงถึงค่าที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

A-B แสดงถึงสภาวะการผลิตกระเทียมดำโดยสภาวะที่ 1 ห่อกระเทียมด้วยกระดาษไขและอลูมิเนียมฟอยล์ที่ละหวั (A), สภาวะที่ 2 นำกระเทียมห่อด้วยอลูมิเนียมฟอยล์และห่อทับด้วยผ้าขาวบางอีกชั้น (B)

4. อภิปรายผลวิจัย

จากผลการศึกษาศึกษาชนิดของกระเทียม 2 ชนิด 2 สภาวะ ในการบ่มระยะเวลา 15 วัน คือ สภาวะที่ 1 ห่อกระเทียมด้วยกระดาษไขและอลูมิเนียมฟอยล์ที่ละหวั (A), สภาวะที่ 2 นำกระเทียมห่อด้วยอลูมิเนียมฟอยล์และห่อทับด้วยผ้าขาวบางอีกชั้น (B) จากนั้นนำกระเทียมบ่มในตู้อบลมร้อนที่ 65 องศาเซลเซียส จากการสังเกตลักษณะทางด้านกายภาพ พบว่ากระเทียมโทนสภาวะที่ 1 ห่อกระเทียมด้วยกระดาษไขและอลูมิเนียมฟอยล์ที่ละหวั (A) สีเนื้อกระเทียมเปลี่ยนเป็นสีดำ และเนื้อสัมผัสมีนุ่มคล้าย เจลลี่ และได้อ้อยละผลผลิตสูงสุดเท่ากับร้อยละ 40 ซึ่งมีค่ามากกว่าตัวอย่างอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ($p\leq 0.05$) เนื่องจากสภาวะที่ 1 ห่อกระเทียมด้วยกระดาษไขและอลูมิเนียมฟอยล์ที่ละหวั ส่งผลให้การถ่ายเทความร้อนและการสูญเสียความชื้นระหว่างการบ่มเหมาะสมกว่าสภาวะอื่น นอกจากนี้การใช้กระเทียมโทนที่มีขนาดชิ้นใหญ่กว่ากระเทียมกลีบ พบว่าลักษณะเนื้อสัมผัสของกระเทียมจะมีนุ่มคล้ายเจลลี่ ส่วนกระเทียมกลีบเนื้อสัมผัสมีความแข็งและแห้ง เนื่องจากมีขนาดหัวที่เล็กกว่า ส่งผลให้การถ่ายเทความร้อนและการสูญเสียความชื้นระหว่างการบ่มเกิดได้มากกว่าสภาวะอื่น

จากผลศึกษาคุณสมบัติด้านกายภาพและเคมีของกระเทียมดำ ศึกษาชนิดของกระเทียม 2 ชนิด 2 สภาวะ ในการบ่มระยะเวลา 15 วัน พบว่ากระเทียมดำทั้ง 2 สภาวะ โดยสภาวะที่ 1 ห่อกระเทียมด้วยกระดาษไขและอลูมิเนียมฟอยล์ที่ละหวั (A) สภาวะที่ 2 นำกระเทียมห่อด้วยอลูมิเนียมฟอยล์และห่อทับด้วยผ้าขาวบางอีกชั้น (B) มีค่า L^* และ a^* ทั้ง 4 ตัวอย่างไม่มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ค่า L^* แสดงถึงค่าความสว่างของกระเทียมดำ มีความสว่างอยู่ในช่วง 15.61 ถึง 16.76 ค่า a^* คือค่าที่แสดงความเป็นสีแดงถึงสีเขียวของกระเทียมดำ มีค่าอยู่ในช่วง 1.31 ถึง 1.81 ส่วนค่า b^* คือค่าที่แสดงเป็นสีเหลืองถึงสีน้ำเงินมีค่าอยู่ในช่วง 0.04 ถึง 0.97 โดยกระเทียมโทน ในสภาวะที่ 2 (B) มีค่า b^* มากที่สุดเท่ากับ 0.97 พบว่าสีเนื้อกระเทียมดำมีเฉดความเป็นสีเหลืองมากกว่าตัวอย่างอื่น จึงทำให้เนื้อกระเทียมมีสีดำเข้มเหลือง ดังแสดงในตารางที่ 2 จากนั้นวัดค่าปริมาณความชื้น (ร้อยละ) ของกระเทียมดำทั้งหมด 4 ตัวอย่าง พบว่ามีค่าความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 40.94 ถึง 80.76 โดยตัวอย่างกระเทียมกลีบ ในสภาวะที่ 1 (A) มีปริมาณความชื้นน้อยสุด (40.94%) เมื่อเทียบกับตัวอย่างอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) นอกจากนี้พบว่ากระเทียมดำอีก 3 ตัวอย่าง มีค่าความชื้นค่อนข้างสูง และไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยกระเทียมกลีบและกระเทียมโทน ที่ห่อด้วยอลูมิเนียมฟอยล์และห่อทับด้วยผ้าขาวบางอีกชั้น (B) พบว่ามีค่าความชื้นที่สูงมาก คือเท่ากับร้อยละ 80.76 และ 80.13 ตามลำดับ เนื่องจากเป็นสภาวะที่นำกระเทียมห่อด้วยอะลูมิเนียมฟอยล์และห่อทับด้วยผ้าขาวบางอีกชั้น เมื่อระยะเวลาบ่มนานขึ้นจะส่งผลให้ความชื้นในกระเทียมระเหยออกมาเกาะกับผ้าขาวบางจนเกิดการควบแน่นเกิดเป็นน้ำแล้วไหลกลับเข้าไปในกระเทียมที่กำลังบ่ม ส่งผลให้กระเทียมที่บ่มมีความชื้นสูง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของชุตติมา แก้วพิบูลย์ (2563) [8]



ที่รายงานว่า ปริมาณความชื้นควรอยู่ในช่วงร้อยละ 60-90 จะทำให้กระเทียมดำมีความนุ่ม และยืดหยุ่นเหมาะกับการรับประทาน หากปริมาณความชื้นน้อย จะทำให้กระเทียมดำแห้งและเหนียว ส่วนปริมาณน้ำอิสระในอาหารของกระเทียมดำทั้งหมด 4 ตัวอย่าง พบว่ามีปริมาณน้ำอิสระในอาหารอยู่ในช่วง 0.36 ถึง 0.58 โดยตัวอย่างกระเทียมโทน ในสภาวะที่ 2 (B) มีปริมาณน้ำอิสระในอาหารสูงสุดเท่ากับ 0.58 ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติกับตัวอย่างกระเทียมกลีบ ในสภาวะที่ 2 (B) และ กระเทียมโทน ในสภาวะที่ 1 (A) แต่มีความแตกต่างทางสถิติกับตัวอย่างกระเทียมกลีบ (A) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากกระเทียมโทนในตัวอย่างนี้ถูกนำมาห่อด้วยอะลูมิเนียมฟอยล์และห่อทับด้วยผ้าขาวบางอีกชั้น เมื่อระยะเวลาบ่มนานขึ้นส่งผลให้ความชื้นในกระเทียมระเหยออกมาเกาะกับผ้าขาวบางจนเกิดการควบแน่นเกิดเป็นน้ำแล้วไหลกลับเข้าไปในกระเทียมที่กำลังบ่มส่งผลให้กระเทียมดำมีปริมาณน้ำอิสระในอาหารสูง ซึ่งเป็นค่าที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณความชื้น (ร้อยละ) [11] ดังแสดงในตารางที่ 3 ปริมาณไขมัน (ร้อยละ) ของกระเทียมดำทั้งหมด 4 ตัวอย่าง มีปริมาณไขมันอยู่ในช่วงร้อยละ 0.05 ถึง 0.11 โดยตัวอย่างกระเทียมโทน ในสภาวะที่ 1 (A) และสภาวะที่ 2 (B) มีปริมาณไขมันสูงสุดเท่ากับร้อยละ 0.11 และ 0.10 ตามลำดับ ส่วนปริมาณโปรตีน (ร้อยละ) และคาร์โบไฮเดรตของกระเทียมดำทั้งหมด 4 ตัวอย่าง พบว่ากระเทียมโทนในสภาวะที่ 1 (A) มีปริมาณร้อยละของโปรตีน (8.47%) และคาร์โบไฮเดรต (30.87%) สูงที่สุดของกระเทียมดำทั้งหมด 4 ตัวอย่าง แม้ว่าจะไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับตัวอย่างอื่น ($p>0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 3 และเมื่อพิจารณาที่ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH และ ABTS ของกระเทียมดำทั้งหมด 4 ตัวอย่าง ก็ยังพบว่าตัวอย่างกระเทียมโทน ในสภาวะที่ 1 (A) มีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH และ ABTS สูงสุดเท่ากับ 33.91 และ 75.39 $\mu\text{mol Trolox/g}$ ตามลำดับ แม้ว่าจะไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติ ($p>0.05$) เมื่อเทียบกับตัวอย่างอื่นก็ตาม นอกจากนี้ยังพบว่าระยะเวลาการบ่มที่เพิ่มขึ้น 15 วัน ส่งผลต่อปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH และ ABTS เพิ่มขึ้น

สำหรับการทดสอบคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสโดยวิธีการเรียงลำดับความชอบ (ranking test) 4 ตัวอย่าง โดยให้ผู้ทดสอบที่ยังไม่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 100 คน เรียงลำดับความชอบ 1 หมายถึงชอบมากที่สุด 2 ชอบปานกลาง 3 ชอบน้อยและ 4 ชอบน้อยที่สุด เพื่อคัดเลือกสภาวะ จากการทดสอบเรียงลำดับความชอบ พบว่าทั้ง 4 ตัวอย่าง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่กระเทียมดำที่ผลิตจากกระเทียมโทน ในสภาวะที่ 1 (A) ได้รับคะแนนการเรียงลำดับความชอบมาเป็นอันดับ 1 (ตารางที่ 5) เนื่องจากมีสีดำสม่ำเสมอ เนื้อสัมผัสมีกลิ่นคล้ายเจลลี่ รสชาติดี และไม่มีการปนเปื้อน เมื่อพิจารณาร่วมกันกับค่าคุณภาพทางด้านเคมีและปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ พบว่ากระเทียมดำที่ผลิตจากกระเทียมโทนในสภาวะที่ 1 (A) มีค่าสูงกว่าตัวอย่างอื่น จึงคัดเลือกกระเทียมดำที่ผลิตจากกระเทียมโทน ที่ห่อกระเทียมด้วยกระดาษไขและอะลูมิเนียมฟอยล์ที่ละหวั ไปศึกษาความชอบและการยอมรับผู้บริโภคต่อไป

5. สรุปผลการวิจัย

จากผลการศึกษาชนิดของกระเทียม 2 ชนิด 2 สภาวะ ในการบ่มเป็นระยะเวลา 15 วัน คือ สภาวะที่ 1 ห่อกระเทียมด้วยกระดาษไขและฟอยล์ที่ละหวั (A) และสภาวะที่ 2 นำกระเทียมห่อด้วยฟอยล์และห่อทับด้วยผ้าขาวบางอีกชั้น (B) จากนั้นนำกระเทียมบ่มในตู้อบลมร้อนที่ 65 องศาเซลเซียส จากการสังเกตลักษณะทางด้านกายภาพจากตัวอย่างกระเทียมดำ 4 ชนิด พบว่ากระเทียมโทนสภาวะที่ 1 ห่อกระเทียมด้วยกระดาษไขและอะลูมิเนียมฟอยล์ที่ละหวั (A) สีเนื้อกระเทียมเปลี่ยนเป็นสีดำ และเนื้อสัมผัสมีกลิ่นคล้ายเจลลี่ และได้ร้อยละผลผลิตสูงสุดเท่ากับร้อยละ 40 ซึ่งมีค่ามากกว่าตัวอย่างอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) นอกจากนี้ยังพบว่ากระเทียมโทนสภาวะที่ 1



ห่อกระเทียมด้วยกระดาษไขและอะลูมิเนียมฟอยล์ที่ละหวั (มีปริมาณร้อยละของไขมัน โปรตีน และคาร์โบไฮเดรต รวมถึง ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH และ ABTS สูงที่สุดอีกด้วย โดยผลการทดสอบแบบวิธีการเรียงลำดับความชอบ ก็ยังพบว่ากระเทียมดำที่ผลิตจากกระเทียมโทนในสภาวะที่ 1 (A) ได้รับคะแนนการเรียงลำดับความชอบมาเป็นอันดับ 1 ดังนั้นกระเทียมโทน สภาวะที่ 1 ซึ่งห่อกระเทียมด้วยกระดาษไขและอะลูมิเนียมฟอยล์ที่ละหวั จึงเป็นตัวอย่างที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการศึกษาความชอบและการยอมรับของผู้บริโภคต่อไป

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุนอุดหนุนการวิจัย งบประมาณบำรุงการศึกษา (บกศ.) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2564 รอบที่ 2 จากมหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ และสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะศิลปศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ ที่สนับสนุนอุปกรณ์ เครื่องมือและสถานที่ในการทำงานวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] สำนักงานข้อมูลสมุนไพร. (2565). กระเทียม. คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล. สืบค้น 15 มกราคม 2563, จาก <http://www.medplant.mahidol.ac.th/pubhealth/allium.html>
- [2] อรรถธัญ มาโนจำ นฤฤติ อย่างบุญ พัฒนชัย สายคุณ ปิณฑนา ชมชื่นชู วิภาพร บุญทะลา นฤฤติ วาดเขียน และกรณรัตน์ สกุลนามรัตน์. (2560). คุณสมบัติเคมีและกายภาพของกระเทียมดำศรีสะเกษ. การประชุมวิชาการระดับชาติ นวัตกรรมและเทคโนโลยีวิชาการ 2017 เรื่อง วิจัยจากองค์ความรู้สู่การพัฒนาอย่างมั่นคง มั่งคั่งและยั่งยืน (น. A401-408). สุรินทร์: มหาวิทยาลัยโนโลยีราชชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์.
- [3] พิมพ์วิภา ศูนย์ผล ฤกษ์ณะ พอกเพียร อรพรรณ ดินานพ จิระภา ทองลาย นุจรี สอนสะอาด และกรณรัตน์ สกุลนามรัตน์. (2560). สารประกอบฟีนอลและคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของกระเทียมดำศรีสะเกษและจีน. การประชุมวิชาการระดับชาติ นวัตกรรมและเทคโนโลยีวิชาการ 2017 เรื่อง วิจัยจากองค์ความรู้สู่การพัฒนาอย่างมั่นคง มั่งคั่งและยั่งยืน (น. A417-425). สุรินทร์: มหาวิทยาลัยโนโลยีราชชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์.
- [4] จันเพ็ญ บางสำรวจ. (2553). กระเทียมกับการต้านอนุมูลอิสระ. วารสาร มฉก.วิชาการ, 14(27), 113-122.
- [5] Yuan, H., Sun, L., Chen, M., and Wang, J. (2018). An analysis of the changes on intermediate products during the thermal processing of black garlic. Food chemistry, 239, 56–61.
- [6] Association of Official Analytical Chemists (AOAC). (2016). Official methods of analysis of the association of official analytical chemists. Washington D.C.: USA.
- [7] Compendium of method for food analysis. (2003). Compendium of methods for food analysis. Department of Medical Sciences (DMS) and The National Bureau of Agriculture Commodity and Food Standards (ACFS).
- [8] ชุตินา แก้วพิบูลย์ และณวงศ์ บุญนาค. (2563). การประเมินฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของกระเทียมโทนดำ. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 29(1), 111-118.
- [9] เพ็ญขวัญ ขมปรีดา. (2550). การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสและการยอมรับของผู้บริโภค. กรุงเทพฯ: ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- [10] อิศรพงศ์ พงษ์ศิริกุล. (2544). การวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับอุตสาหกรรมเกษตร. เชียงใหม่: ภาควิชาเทคโนโลยีการพัฒนาลิขสิทธิ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- [11] รัตนันท์ พรหมนารุณทัย. (2543). บทบาทของ Water activity ในอุตสาหกรรมอาหาร. วารสารจารย์, 56(7), 57-61.
- [12] Li, FM., Li, T., Li, W., and Yang, LD. (2015). Changes in antioxidant capacity, levels of soluble sugar, total polyphenol, oraganosulfer compound and constituents in garlic clove during storage. Industrial Crops and Products, 69, 137-142.



การคัดแยกแอคติโนมัยซีท์ที่สร้างสารสีจากดินรังปลวก มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ
Isolation of Pigment Producing Actinomycetes from Termite Mound
in Sisaket Rajabhat University

นฤมล รุ่งเรือง¹ ปิยธิดา สีทา¹ ศศินา จรรยา¹ วารินทร์ แสนมานิช² และ ทัย กาบบัว^{1*}

Narumon Rungruang¹ Piyathida Seetha¹ Sasina Junya¹

Wareerat Sanmanoch² and Thai Kabbua^{1*}

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ¹

สาขาวิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี²

Division of Environmental Science, Faculty of Liberal Arts and Science, Sisaket Rajabhat University¹

Department of Microbiology, Faculty of Science, Ubon Ratchathani Rajabhat University²

*Corresponding Author: t.kabbua@sskru.ac.th

ข้อมูลบทความ	บทคัดย่อ
ประวัติบทความ: รับเพื่อพิจารณา: 25 ตุลาคม 2565 แก้ไข: 15 ธันวาคม 2565 ตอบรับ: 19 ธันวาคม 2565	งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อคัดแยกแอคติโนมัยซีท์จากดินรังปลวก ศึกษาการสร้างและการสกัดสารสี รวมทั้งศึกษาการติดสีของเส้นใยฝ้าย ที่ย้อมด้วยสารสีที่สกัดได้ โดยคัดแยกแอคติโนมัยซีท์ที่สร้างสารสีจาก ดินรังปลวกในบริเวณมหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ ด้วยการเพาะเลี้ยง บนอาหารเลี้ยงเชื้อ Starch M-Protein Agar พบแอคติโนมัยซีท์ที่สร้าง สีบนอาหารแข็งจำนวน 3 ไอโซเลท โดยทั้ง 3 ไอโซเลท มีลักษณะโคโลนีกลม นูน และมีสีโคโลนีเป็นสีแดง เหลือง และส้ม จึงนำมา เพาะเลี้ยงบนปลายข้าวเพื่อศึกษาการสร้างสารสี ในสภาวะการหมักแบบแข็ง เป็นเวลา 3-5 วัน นำปลายข้าวที่มีสีไปอบให้แห้งและบดให้ละเอียด แล้วสกัดสีด้วยใช้เอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 70 นำสี ย้อมที่ได้มาย้อมสีเส้นใยฝ้าย พบว่า สีจากแอคติโนมัยซีท์ จำนวน 1 ไอโซเลท สามารถย้อมติดสีเส้นใยฝ้ายได้ คือโทนสีชมพู อย่างไรก็ตาม ควรมีการวัดค่าสีเทียบกับสีมาตรฐาน และศึกษาการย้อมติดสี ความคงทนของสี รวมทั้งการระบุชนิดของแอคติโนมัยซีท์เพื่อการประยุกต์ใช้ต่อไปในอนาคต



Article Info	Abstract
Article History: Received: November 25, 2022 Revised: December 15, 2022 Accepted: December 19, 2020	The objectives of this research were to isolate the actinomycetes from a termite mound, study pigment production and extraction, and study cotton fiber dyeing with the extracted pigment. The pigment-producing actinomycetes were isolated from termite mound soil in Sisaket Rajabhat University by cultivating actinomycetes on Starch M-Protein Agar. Three isolates of pigment-producing actinomycetes on the substrate were obtained. They were circular and convex colonies, and the pigments appeared red, yellow, and orange. The pigment-producing actinomycetes were then inoculated on broken milled rice in solid-state fermentation for 3-5 days to study dye production. The inoculated broken milled rice was dried and ground. Dye was extracted with 70% ethanol for cotton fiber dyeing. Pink-color extracted dye from one isolate was able to dye cotton fibers. However, the dye should be compared with color standard specifications, and fiber dyeing, color fastness testing, and species identification of actinomycetes should be further investigated for dye application.
Keywords: Termite mound/Dye/Pigment/ Actinomycetes	

1. บทนำ

รังปลวกเป็นแหล่งของแอคติโนแบคทีเรียสายพันธุ์ต่าง ๆ ที่สามารถสร้างสารออกฤทธิ์ประเภทต่าง ๆ และสามารถเพาะเลี้ยงสำหรับการใช้ประโยชน์ด้านเทคโนโลยีชีวภาพในอนาคตได้ [1-4] นอกจากนี้แอคติโนแบคทีเรียยังสามารถผลิตสารสี (pigments) บนอาหารเลี้ยงเชื้อได้หลายชนิด สี เช่น เขียว ชมพู แดง เทา น้ำตาล ฟา ม่วง สม และเหลือง เป็นต้น โดยคุณลักษณะเฉพาะที่โดดเด่นของสีย้อมจากแอคติโนแบคทีเรียคือ เป็นสีย้อมที่ผลิตจากแบคทีเรียที่เป็นประโยชน์ ใช้พื้นที่น้อย ไม่ขึ้นกับฤดูกาล สามารถผลิตได้อย่างรวดเร็ว และผลิตสีได้บนวัตถุดิบราคาถูกและหาได้ง่าย เป็นสีย้อมที่ย้อมติดเส้นใยไหมได้หลายชนิด น้ำทิ้งจากกระบวนการย้อมสีไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมเหมือนสีย้อมเคมีสังเคราะห์ ทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายในกระบวนการบำบัดน้ำเสีย นอกจากนี้สีที่ได้ไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพของผู้ผลิตและผู้ใช้ รวมถึงเป็นการลดการใช้และการนำเข้าสารเคมีสังเคราะห์จากต่างประเทศได้อีกด้วย [5] สำหรับข้อดีของการใช้สีย้อมจากแอคติโนแบคทีเรียคือ แอคติโนแบคทีเรียมีการเจริญเติบโตบนอาหารเลี้ยงเชื้อค่อนข้างเร็ว (3-5 วัน) และใช้เวลาประมาณ 5-7 วัน ในการสร้างสีบนปลายข้าว ซึ่งใช้ระยะเวลาสั้นกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับสีที่ได้จากพืชหรือสัตว์ [6] แอคติโนแบคทีเรียและสารสีที่ได้จากแอคติโนแบคทีเรียบางชนิดสามารถผลิตสารปฏิชีวนะ สารที่มีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อก่อโรคในมนุษย์ และสารที่มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ จึงถูกนำไปใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ อีกมากมาย เช่น สารให้สีในเครื่องสำอาง อาหาร ยา และอุตสาหกรรมสิ่งทอ เป็นต้น [7-8]



แอคติโนมัยสีทเป็นกลุ่มแบคทีเรียแกรมบวกและมีลักษณะคล้ายเชื้อรา เนื่องจากสามารถสร้างเส้นใยสั้น ๆ บนอาหารเลี้ยงเชื้อได้ พบได้แพร่หลายในระบบนิเวศต่าง ๆ ทั่วโลก สามารถพบได้ในถิ่นอาศัยที่แตกต่างกันทั้งในสภาพแวดล้อมปกติและสภาพแวดล้อมที่มีความรุนแรงต่าง ๆ [9-11] โดยแอคติโนมัยสีทที่สร้างสารสีและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพต่าง ๆ ที่สำคัญคือกลุ่ม *Streptomyces* เช่น *Streptomyces* sp. JAR6 ที่ผลิตสารสีแดงซึ่งมีฤทธิ์ในการยับยั้งจุลินทรีย์และเซลล์มะเร็ง *Streptomyces glaucescens* NEAE-H สร้างสารสีเมลานินที่มีฤทธิ์เป็นสารต้านอนุมูลอิสระและยับยั้งเซลล์มะเร็งได้ และสารสีที่ได้จาก *Streptomyces* spp. ที่คัดแยกจากดินรังต่อ-หมาล่าสามารถยับยั้งการติดเชื้อใหม่ได้ โดยมีความคงทนของสีต่อแสงในระดับปานกลาง และมีค่าความคงทนต่อการซักดีมาก เป็นต้น แอคติโนมัยสีทสามารถคัดแยกได้จากแหล่งต่าง ๆ เช่น ดินจากแหล่งต่าง ๆ ดินบริเวณที่มีเศษซากใบไม้ ดินรอบรากพืช ดินตะกอนป่าชายเลน ดินรังต่อ-หมาล่า และดินรังปลวก เป็นต้น [5-6, 12-16] จากข้อมูลข้างต้นจะพบว่าแหล่งที่ใช้ในการคัดแยกแอคติโนมัยสีทนั้นมีความหลากหลายทั้งทางด้านสภาพภูมิประเทศ สภาพภูมิอากาศ และสภาพของพื้นที่ที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างสำหรับการคัดแยกแอคติโนมัยสีท โดยที่ปัจจัยดังกล่าวจะส่งผลถึงความหลากหลายของสายพันธุ์และความสามารถในการสร้างสารต่าง ๆ ของแอคติโนมัยสีทที่ทำการคัดแยกได้

ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะทำการคัดแยกแอคติโนมัยสีทจากดินรังปลวกในบริเวณมหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ โดยพื้นที่ในการเก็บตัวอย่างดินรังปลวกนั้นเป็นพื้นที่ปลูกต้นลำตวนซึ่งเป็นต้นไม้ประจำมหาวิทยาลัย โดยคาดหวังว่าจะได้แอคติโนมัยสีทที่สร้างสารสีที่มีลักษณะโดดเด่นเฉพาะตัวและสามารถใช้สารสีนั้นในการย้อมเส้นใยต่าง ๆ ได้ งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อคัดแยกแอคติโนมัยสีทจากดินรังปลวกในพื้นที่เก็บตัวอย่าง ศึกษาการสร้างและการสกัดสารสี รวมทั้งศึกษาการติดสีของเส้นใยฝ้ายที่ย้อมด้วยสารสีที่สกัดได้เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการประยุกต์ใช้ต่อไป

2. วิธีดำเนินการวิจัย

2.1 การเก็บตัวอย่างดินรังปลวก

เก็บตัวอย่างดินจากรังปลวก ที่อยู่บริเวณรอบโคนต้นลำตวนในมหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ ตำบลโพธิ์อำเภอมือ จังหวัดศรีสะเกษ ในเดือนกันยายน 2563 แยกตัวอย่างดินปลวกออก นำตัวอย่างดินใส่ถุงพลาสติก ปิดปากถุงให้สนิท ให้เก็บรักษาตัวอย่างดินที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จนกว่าจะทำการคัดแยกแอคติโนมัยสีท [5-6]

2.2 การคัดแยกแอคติโนมัยสีท

บดดินตัวอย่างให้ละเอียดและตากดินให้แห้งในอากาศที่อุณหภูมิห้อง ชั่งดิน 10 กรัม ละลายในน้ำกลั่นปลอดเชื้อปริมาตร 90 มิลลิลิตร จากนั้นทำการเจือจางสารละลายตั้งต้นลงทีละ 10 เท่า จนได้ความเข้มข้นที่ระดับ 10^{-4} ปีเปตสารละลายดินที่มีความเข้มข้น 10^{-3} และ 10^{-4} ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร เกลี่ย (spread) ลงบนอาหารเลี้ยงเชื้อแข็ง Starch M-Protein agar (HIMEDIA, Mumbai, India) ให้ทั่วผิวน้ำอาหาร บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ในตู้บ่ม (Incubator: IN55 MEMMERT, Buechenbach, Germany) เป็นเวลา 7-14 วัน สังเกตโคโลนีของเชื้อแอคติโนมัยสีทที่เจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อ แล้วนำมาทำบริสุทธิ์ด้วยการขีดไขว้ (streak) ให้ได้โคโลนีเดี่ยว (single colony) เก็บเชื้อบนอาหารเลี้ยงเชื้อ slant agar บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส นาน 7-10 วัน บันทึกลักษณะของแอคติโนมัยสีทที่สังเกตได้ แล้วเก็บเป็น stock culture ในตู้เย็น หรือที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อใช้สำหรับการศึกษาในขั้นตอนต่อไป [5-6]

2.3 การสร้างผงสีย้อม

เตรียมปลายข้าวที่ใช้สำหรับศึกษาการสร้างสารสี โดยชั่งปลายข้าว 30 กรัม ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ใส่น้ำประปาให้ท่วมปลายข้าว แล้วแช่ทิ้งไว้ประมาณ 2 ชั่วโมง เทน้ำออกจากปลายข้าวให้หมด นำไปฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่ง



ความดันไอน้ำ (autoclave: HVA-85 HIRAYAMA, Saitama, Japan) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส 15 นาที ทั้งให้เย็น ปิเปตน้ำกลั่นปลอดเชื้อ ปริมาตร 9 มิลลิลิตร ลงในขวดรูปชมพู่ที่มีปลายข้าว ใช้ห่วงถ่ายเชื้อ (loop) ขูดเชื้อ แอคติโนมัยสีทที่ต้องการศึกษามาละลายในปลายข้าวที่เตรียมไว้ นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5-7 วัน สังเกตการสร้างสีของแอคติโนมัยสีทบนปลายข้าว นำปลายข้าวที่มีการสร้างสารสีไปใช้สำหรับการสกัดสารสีต่อไป [5-6]

2.4 การสกัดสารสี

นำปลายข้าวที่ผ่านการหมักด้วยแอคติโนมัยสีทไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ในตู้อบ (Oven, UN7 MEMMERT, Buechenbach, Germany) เป็นเวลา 2 ชั่วโมง แล้วบดให้ละเอียด ชั่งผงสีที่ได้ 10 กรัม ละลายในเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 70 ปริมาตร 40 มิลลิลิตร นำไปเขย่าบนเครื่องเขย่าที่ความเร็ว 120 รอบต่อนาที เป็นเวลา 4 ชั่วโมง จากนั้นตั้งทิ้งไว้เพื่อให้ปลายข้าวตกตะกอน แล้วจึงเทส่วนที่เป็นสารละลายสีที่มีสีเพื่อใช้ในการศึกษาการย้อมเส้นใยต่อไป [5-6]

2.5 การติดสีของเส้นใยที่ย้อมด้วยสารสกัดสี

นำเส้นใยฝ้ายมาต้มในน้ำเดือด 20 นาที ผึ่งให้แห้ง ตัดเส้นใยฝ้ายให้ได้ความยาว 12 นิ้ว แล้วชั่งเส้นใยฝ้ายให้ได้ประมาณ 0.2 กรัม แช่เส้นใยฝ้ายลงในสารละลายสีที่สกัดได้ ปริมาตร 30 มิลลิลิตร นำไปเขย่าบนเครื่องเขย่า (GFL Orbital Shaker 3005, Berlin, Germany) ที่อุณหภูมิห้อง ที่ความเร็ว 120 รอบต่อนาที เป็นเวลา 18-20 ชั่วโมง ผึ่งให้แห้ง เป็นเวลา 10-12 ชั่วโมง แล้วย้อมซ้ำอีก 1 ครั้ง นำมาตาก แล้วล้างออกด้วยน้ำประปา ผึ่งให้แห้ง สังเกตการติดสีของเส้นใยฝ้าย [6]

3. ผลการวิจัย

3.1 ผลการคัดแยกแอคติโนมัยสีท

เมื่อคัดแยกแอคติโนมัยสีทจากดินร้งปลวกด้วยการเพาะเลี้ยงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ Starch M-Protein agar พบว่าสามารถคัดแยกแอคติโนมัยสีทที่มีสีของโคโลนีบนอาหารเลี้ยงเชื้อได้จำนวน 3 ไอโซเลท ได้แก่ โคโลนีสีแดง สีเหลือง และสีส้ม โดยลักษณะและสีโคโลนีของแต่ละไอโซเลท แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ลักษณะและสีของโคโลนีของแอคติโนมัยสีทที่คัดแยกได้

ไอโซเลท	ลักษณะโคโลนี	สีของโคโลนี
sskru1	กลม นูน	แดง
sskru2	กลม นูน	เหลือง
sskru3	กลม นูน	ส้ม

3.2 ผลการสร้างผงสีและการสกัดสี

เมื่อนำแอคติโนมัยสีททั้ง 3 ไอโซเลท มาเพาะเลี้ยงบนปลายข้าว พบว่าทั้ง 3 ไอโซเลท มีการสร้างสืบนปลายข้าวเมื่อเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 3-5 วัน หลังจากนำปลายข้าวที่มีสีไปอบแห้งและบดให้ละเอียด จะได้ผงสีของทั้ง 3 ไอโซเลท เมื่อนำผงสีที่ได้ไปสกัดสีด้วยเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 70 จะได้สารละลายสีของย้อมของแต่ละไอโซเลท โดยลักษณะของผงสีและสารละลายสีของย้อมทั้ง 3 ไอโซเลท แสดงดังภาพที่ 1 ซึ่งไอโซเลท sskru1 จะได้



สารละลายสีย้อมโทนชมพู (ภาพที่ 1ก) แต่ไอโซเลท sskru2 และ sskru3 (ภาพที่ 1ข และ 1ค) จะได้สารละลายค่อนข้างใส ไม่มีสีที่ชัดเจน เมื่อสังเกตด้วยสายตา



ภาพที่ 1 ลักษณะของผงสีและสารละลายสีย้อมที่สกัดได้ (ก) ไอโซเลท sskru1
(ข) ไอโซเลท sskru2 (ค) ไอโซเลท sskru3

3.3 ผลการย้อมสีเส้นใยด้วยสารสกัดสี

เมื่อนำสารสีที่สกัดได้มาย้อมเส้นใยฝ้าย พบว่าสีย้อมจากไอโซเลท sskru 1 สามารถย้อมติดสีเส้นใยได้ในโทนสีชมพูเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (C) ดังแสดงในภาพที่ 2 แต่สีย้อมจากไอโซเลท sskru 2 และ sskru 3 ไม่สามารถย้อมติดสีเส้นใยได้



ภาพที่ 2 เส้นใยฝ้ายที่ย้อมด้วยสารสกัดสีจากไอโซเลท sskru1 (C คือชุดควบคุม)

4. อภิปรายผลการวิจัย

จากการนำดินร่วนปลูกภายในบริเวณมหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษมาคัดแยกแอกติโนมัยสปีท์ที่สร้างสารสี พบ 3 ไอโซเลท ที่สร้างสีของโคโลนิบนอาหารเลี้ยงเชื้อ Starch M-Protein agar คือโคโลนีสีแดง สีเหลือง และสีส้ม สอดคล้องกับงานวิจัยที่แยกแอกติโนมัยสปีท์จากดินร่วนปลูก ดินร่วนต่อ-หมาล่า และดินที่ปลูกทุเรียนภูเขาไฟ ที่พบว่าแอกติโนมัยสปีท์กลุ่มนี้จะมีการสร้างสีของโคโลนิบนอาหารเลี้ยงเชื้อ [5-6, 13] แต่สีของโคโลนีจะแตกต่างกันไปตามสายพันธุ์ อาหารเพาะเลี้ยง อายุของแอกติโนมัยสปีท์ และค่า pH ของดิน โดยค่า pH เป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อชนิด จำนวน การกระจายตัว และกิจกรรมต่าง ๆ ของแอกติโนมัยสปีท์ที่เกิดขึ้นในดิน [13, 17] เมื่อนำแอกติโนมัยสปีท์ที่แยก



บริสุทธิ์ได้ไปเพาะเลี้ยงบนปลายข้าวเพื่อให้เกิดการสร้างสี แล้วอบแห้งและบดให้ละเอียดเพื่อให้ได้ผงสี พบว่าแอคติโนมัยสีทจะสร้างสารสีบนปลายข้าวได้ในระยะเวลา 3-7 วัน และได้ผงสีเป็นสีชมพู สีเหลือง และสีส้ม สอดคล้องกับผงสีที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเชื้อแอคติโนมัยสีทบนปลายข้าวจากงานวิจัยที่ผ่านมาที่ใช้เวลาในการเพาะเลี้ยง 5-7 วัน [5-6, 13, 18] เมื่อนำผงสีที่ได้ไปสกัดสีด้วยเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 70 พบว่าสามารถสกัดสีจากผงสีชมพูของไอโซเลท sskru1 เป็นสารละลายสีโทนชมพู แต่สารละลายสีที่สกัดจากผงสีเหลืองและสีส้ม นั้น สีมืดจางมาก สารละลายค่อนข้างใส ไม่มีสีที่ชัดเจน ซึ่งการสร้างเม็ดสีบนปลายข้าวอาจจะยังมีปริมาณน้อยหรือจำนวนเชื้อเริ่มต้นในการสร้างสารสีไม่เท่ากันจึงควรมีการนับจำนวนเชื้อหรือสปอร์ของเชื้อก่อนนำลงสู่ปลายข้าว นอกจากนี้ การเลือกตัวทำละลายในการสกัดสารสีอาจจะยังไม่มีที่เหมาะสมจึงจำเป็นต้องหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสารสีต่อไปทั้งในการเลือกชนิดของตัวทำละลายและสภาวะที่เหมาะสมในการสกัด สำหรับเหตุผลในการเลือกเอทานอลเป็นสารสกัดสี เนื่องจากเอทานอลเป็นตัวทำละลายที่มีพิษต่ำ หาง่าย และราคาถูก นอกจากนี้การสกัดสีจากปลายข้าวที่เพาะเลี้ยงแอคติโนมัยสีทด้วยเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 70 พบว่าสีที่สกัดได้สามารถย้อมติดสีเส้นใยชนิดต่าง ๆ ได้ [5-6, 18] เมื่อนำสารละลายสีที่สกัดได้ไปย้อมสีเส้นใยฝ้าย พบว่าเส้นใยฝ้ายสามารถย้อมติดสีที่ใช้อย่างได้เป็นโทนสีชมพู เมื่อเปรียบเทียบกับเส้นใยฝ้ายในกลุ่มควบคุม สอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมาที่พบว่าเส้นใยที่ย้อมด้วยสารสกัดสีจากแอคติโนมัยสีทจะย้อมติดสีโทนชมพู [5-6, 13] แต่อย่างไรก็ตามพบว่าเมื่อทั้งเส้นใยฝ้ายที่ย้อมสีได้สักระยะ จะสังเกตเห็นว่าสีของเส้นใยฝ้ายมีสีที่ซีดจางลง ซึ่งจะต้องมีการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลให้เกิดปรากฏการณ์ดังกล่าวต่อไป นอกจากนี้จะต้องมีการวิเคราะห์ค่าสีหรือเทียบสีที่ได้กับสีมาตรฐาน วิเคราะห์การติดสี ความคงทนของสีต่อการซักและแสง และหาสภาวะที่เหมาะสมในการย้อมต่อไป รวมทั้งวิเคราะห์หาสายพันธุ์ของแอคติโนมัยสีทที่แยกได้ หากผลการวิเคราะห์ค่าเกี่ยวกับสีได้ผลดีและมีความโดดเด่น ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการประยุกต์ใช้งานและการเก็บรักษาสายพันธุ์ที่มีความโดดเด่นต่อไปในอนาคต

5. สรุปผลการวิจัย

การคัดแยกแอคติโนมัยสีทที่สร้างสีโคโลนีจากดินร่วนปลูกในบริเวณมหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ บนอาหารเลี้ยงเชื้อ Starch M-Protein Agar สามารถคัดแยกได้ 3 ไอโซเลท คือ โคโลนีสีแดง สีเหลือง และสีส้ม โดยเชื้อทั้ง 3 ไอโซเลท สามารถสร้างสีบนปลายข้าวได้ แต่ไอโซเลทที่สามารถสกัดสารสีและย้อมติดสีเส้นใยฝ้ายได้มีเพียง 1 ไอโซเลท คือ sskru1 อย่างไรก็ตามผลการศึกษาที่ได้เป็นเพียงข้อมูลพื้นฐานเท่านั้น จะต้องมีการศึกษาเกี่ยวกับสภาวะการสกัดสี การย้อมสี การวิเคราะห์ค่าสี และการระบุสายพันธุ์ของแอคติโนมัยสีทเพิ่มเติม ทั้งนี้เพื่อเป็นประโยชน์สำหรับการนำไปประยุกต์ใช้ในอนาคตต่อไป

6. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยใคร่ขอขอบคุณ คณะอาจารย์สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ ที่สนับสนุนการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้ทั้งในด้านสถานที่ วัสดุในการวิจัย และคำปรึกษาแนะนำต่าง ๆ จนงานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลงไปได้

เอกสารอ้างอิง

- [1] Sujada, N., Sungthong, R. and Lumyong, S. (2014). Termite nests as an abundant source of cultivable actinobacteria for biotechnological purposes. *Microbes and Environments*, 12(2), 211-219.
- [2] Krishanti, NPRA., Zulfiana, D., Wikantoso, B., Zulfritri, A. and Yusuf, S. (2018). Antimicrobial production by an actinomycetes isolated from the termite nest. *Journal of Tropical Life Science*, 8(3), 279-288.



- [3] Kolipaka, UM. & Sankar, GG. (2019). Studies on antimicrobial activity of a metabolite produced by *Streptomyces malaysiensis* isolated from termite mound soil. Research Journal of Pharmacy and Technology, 12(5), 2175-2181.
- [4] Padilla, MA., Rodrigues, RAF., Bastos, JCS., Martini, MC., Barnabé, ACS., Kohn, LK., Uetanabaro, APT., Bomfim, GF., Afonso, RS., Fantinatti-Garbogini, F. and Arns, CW. (2015). Actinobacteria from termite mounds show antiviral activity against bovine viral diarrhea virus, a surrogate model for hepatitis c virus. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine, 2015, 1-9. doi: 10.1155/2015/745754.
- [5] สิทธิชัย อุดก้า และนฤมล เกื่อนกุล. (2564). การใช้ประโยชน์จากสีของแอคติโนแบคทีเรียที่คัดแยกจากดินรังต่อ-หมาเราในการย้อมสีเส้นใยไหม. Life Science and Environmental Journal, 22(2), 166-177.
- [6] นฤมล เกื่อนกุล และนฤมล หวละลึก. (2560). การคัดแยกแอคติโนไมซีตจากดินรังปลวก อำเภอศรีษะพนาลัย จังหวัดสุโขทัย เพื่อใช้ในการย้อมสีเส้นใยไหม. PSRU Journal of Science and Technology, 2(3), 1-8.
- [7] Parmar, RS. & Singh, C. (2018). A comprehensive study of eco-friendly natural pigment and its applications. Biochemistry and Biophysics Reports, 13, 22-26.
- [8] Takahashi, Y. & Nakashima, T. (2018). Actinomycetes, an inexhaustible source of naturally occurring antibiotics. Antibiotics., 7(45), 1-17.
- [9] Bawazir, AA. & Shantaram, M. (2018). Ecology and distribution of actinomycetes in nature-A review. International Journal of Current Research, 10(6), 71664-71668.
- [10] Ma, A., Zhang, X., Jiang, K., Zhao, C., Liu, J., Wu, M., Wang, Y., Wang, M., Li, J. and Xu, S. (2020). Phylogenetic and physiological diversity of cultivable actinomycetes isolated from alpine habitats on the Qinghai-Tibetan plateau. Frontier Microbiology, 11, 1-15.
- [11] Trenozhnikova, L. & Azizan, A. (2018). Discovery of actinomycetes from extreme environments with potential to produce novel antibiotics. Central Asian Journal of Global Health, 7(1), 337-350.
- [12] จันทร์จรัส วัฒนะโชติ รวีวรรณ วัฒนดิลก และณิชา สิรินนท์ธนา. (2559). การพัฒนาการเพิ่มผลผลิตสารสีและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของเชื้อแอคติโนไมซีต. ชลบุรี: สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา.
- [13] ทัย กาบบัว. (2564). การคัดแยกแอคติโนไมซีตที่สร้างสารสีจากดินที่ปลูกทุเรียนภูเขาไฟ. วารสารวิชาการ ปทุมวัน, 11(32), 60-72.
- [14] Abraham, J. & Chauhan, R. (2018). Profiling of red pigment produced by *Streptomyces* sp. JAR6 and its bioactivity. 3Biotech, 8(1), 22.
- [15] Fernandes, CJ., Doddavarapu, B., Harry, A., Dilip, SPS. and Ravi, L. (2021). Isolation and identification of pigment producing actinomycete *Saccharomonospora azurea* SJCJABS01. Biomedical & Pharmacology Journal, 14(4), 2261-2269.
- [16] Kulkarni, A., Desai, SV. and Shet, AR. (2017). Isolation and characterization of pigment producing actinomycetes from different sources. Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences, 8(35), 101-109.
- [17] Barka, EA., Vatsa, P., Sanchez, L., Gaveau-Vaillant, N., Jacquard, C., Klenk, HP., Clement, C., Ouhdouch, Y. and Wezeld, GPV. (2016). Taxonomy, physiology, and natural products of actinobacteria. Microbiology and Molecular Biology Reviews, 80(1), 1-43.
- [18] นฤมล เกื่อนกุล. (2563). การประยุกต์ใช้สีจากแอคติโนแบคทีเรียสายพันธุ์กลายในการย้อมเส้นใยไหม. PSRU Journal of Science Technology, 5(2), 26-34.

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ
(Science and Technology Journal of Sisaket Rajabhat University)
(บทความวิชาการ)



ปัจจัยที่มีผลต่อแนวโน้มและข้อเสนอแนะการบริโภคอาหารคลีนเพื่อสุขภาพในทศวรรษ 2020

The Factors Influencing and Recommendations on Healthy Clean Food Trends in the 2020s

กมลวรรณ พงษ์กุล^{1*}

Kamonwan Pongkul^{1*}

สาขาวิชาออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ¹

Division of Industrial Product Design, Faculty of Liberal Arts and Science, Sisaket Rajabhat University¹

*Corresponding Author: Kamonwan.k@sskru.ac.th

ข้อมูลบทความ	บทคัดย่อ
ประวัติบทความ: รับเพื่อพิจารณา: 9 สิงหาคม 2565 แก้ไข: 20 กันยายน 2565 ตอบรับ: 27 กันยายน 2565	กระแสเกี่ยวกับการดูแลสุขภาพของประชาชนในปัจจุบันมีความแตกต่างจากในอดีตมาก กระแสสุขภาพทั่วโลกไม่ได้หยุดแค่เรื่องของการรักษาโรคให้สมบูรณ์แข็งแรงเท่านั้นแต่ยังหันมาให้ความสนใจเรื่องของการป้องกันและดูแลสุขภาพก่อนที่จะมีการเจ็บป่วย รวมถึงรักษาสุขภาพจิตใจให้สมบูรณ์และแข็งแรง กระแสการรับประทานอาหารคลีนเป็นตัวอย่างที่ชัดเจน บทความวิชาการชิ้นนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาถึงความนิยามความหมายของอาหารคลีน (Clean Food), ปัจจัยส่วนบุคคลและปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการบริโภคอาหารคลีน (Clean Food) ของผู้บริโภคโดยรวม ประกอบกับข้อมูลทางเอกสารทางวิชาการ และเพื่อศึกษาแนวโน้มการบริโภคอาหารสุขภาพของประชากรในช่วงทศวรรษ 2020 โดยการศึกษาค้นคว้าพบว่ากลุ่มตัวอย่างผู้บริโภควัยทำงานในกรุงเทพมหานครให้ความสำคัญกับปัจจัยด้านผลิตภัณฑ์มากที่สุดในการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์อาหารคลีน ผู้ที่เลือกทานผลิตภัณฑ์อาหารคลีนยินดีที่จะจ่ายเงินเพิ่มเล็กน้อยเพื่อในการซื้ออาหารสุขภาพ โดยการศึกษาพบว่าส่วนมากเคยทานอาหารคลีนและเลือกไม่รับประทานต่อ สถานการณ์โควิด-19 เป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการเลือกทานอาหารและเครื่องดื่มคลีนเพื่อสุขภาพมากขึ้น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเสริมภูมิคุ้มกันให้ร่างกาย ทั้งนี้องค์กรด้านสาธารณสุขยังได้แนะนำด้านแนวทางการเลือกทานอาหารสุขภาพเพื่อสุขภาพร่างกายที่ดีในระยะยาว เช่น ลดหวาน มัน เค็ม



Article Info	Abstract
Article History: Received: July 9, 2022 Revised: September 20, 2022 Accepted: September 27, 2022	The current trend in people's health care is very different from the past. Health consciousness trends are concerned not only with treating diseases in order to improve their health, but also with prevention and self-care before becoming ill. These include mental health as well. The clean eating trend is an outstanding example of this trend. The purpose of this research was to investigate the definition of "clean food," how personal factors and marketing mix factors influenced consumers' clean eating behavior, and to study trends in consumer behavior toward healthy food in the 2020s by academic research. According to a study of working-age consumers in Bangkok, the most influential factor in purchasing clean food products is the product. Clean food consumers are willing to pay more for healthy food. The study also showed that the majority of consumers tried clean food and decided to discontinue this eating pattern. The Covid-19 pandemic had an impact on the choices of healthy foods and beverages with proposed to boost the immune system. Public health organizations also recommend long-term health guidelines for healthy food choices, such as limiting sugary, oily, and salty foods.
Keywords: Clean eating/ Healthy food/ Consumer behavior trend	

1. บทนำ

อาหารและการบริโภคอาหารเป็นหนึ่งในปัจจัยพื้นฐานของมนุษย์ในการดำรงชีวิต มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโต และการใช้ชีวิตของมนุษย์ พฤติกรรมการทานอาหารของมนุษย์มีอิทธิพลมาจากหลายปัจจัยประกอบเข้าด้วยกัน ไม่ว่าจะเป็นโภชนาการ วัฒนธรรม และความชอบหรือความต้องการของแต่ละบุคคล พฤติกรรมการทานอาหารของผู้บริโภคในปัจจุบันมีความแตกต่างจากในอดีต โดยจากการศึกษาของ Kokkoris & Stavrova [1] ที่ดำเนินการวิจัยศึกษาพฤติกรรมผู้บริโภคในประเทศเยอรมันก็พบว่าผู้บริโภคให้ความสำคัญกับการทานอาหารที่มุ่งเน้นการบริโภคเพื่อประโยชน์ต่อสุขภาพ (health-conscious eating) มากขึ้น และการบริโภคตามใจชอบ (indulgent eating) ก็เป็นสิ่งที่ประชาชนให้ความสนใจน้อยกว่าเช่นกัน

การทานอาหารคลีนหรืออาหารสุขภาพ เป็นการรับประทานอาหารเพื่อมุ่งเน้นสร้างเสริมสุขภาพร่างกายให้สมบูรณ์แข็งแรง ลดภาวะน้ำหนักเกินเกณฑ์และโรคอ้วน ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดโรค โดยเฉพาะกลุ่มโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง หรือโรค NCDs (non-communicable diseases) ที่เกิดจากการไม่ดูแลสุขภาพ เช่น โรคเบาหวาน โรคหลอดเลือดและหัวใจ โรคมะเร็ง โรคความดันโลหิตสูง และโรคอ้วนลงพุง ซึ่งมีอาหารเป็นหนึ่งในปัจจัยหลักของโรค กลุ่มนี้ร่วมกับพฤติกรรมการใช้ชีวิตอื่นๆ เช่น ความเครียด หรือการพักผ่อนไม่เพียงพอ และอาจนำไปสู่การเสียชีวิต



ขึ้น [2] ซึ่งการทานอาหารคลีนสามารถชะลอหรือลดความเสี่ยงในการเกิดโรคต่างๆเหล่านี้ได้ เนื่องจากอาหารคลีนจะเน้นการทานอาหารสดใหม่ แปรรูปน้อย ประมงแต่งไม่จัด เป็นแหล่งโภชนาการและสารอาหารที่ดี ทำให้สุขภาพร่างกายของผู้บริโภคอาหารคลีนดียิ่งขึ้น

จากสถานการณ์โรคระบาดโควิด-19 ที่อุบัติขึ้นในช่วงปลายปี ค.ศ. 2019 และเริ่มมีผลกระทบต่อการใช้ชีวิตของประชาชนในประเทศไทยในเดือนมีนาคม ปี ค.ศ. 2020 เนื่องจากรัฐบาลได้ขอความร่วมมือปรับการทำงานเป็นการทำงานจากที่บ้าน (work from home) จำกัดเวลาปิดให้บริการห้างสรรพสินค้า (ยกเว้นร้านจำหน่ายยาและเครื่องอุปโภคบริโภค) ทำให้หลาย ๆ ธุรกิจซบเซาลง และต้องปรับตัวให้เข้ากับสถานการณ์ดังกล่าว รวมถึงถึงธุรกิจร้านอาหารที่ต้องปรับตัวเพื่อความอยู่รอดเช่นกัน กลุ่มร้านอาหารหรือเมนูอาหารคลีนหรืออาหารเพื่อสุขภาพมีแนวโน้มเป็นที่สนใจมากขึ้น เช่น ร้านสลัดออร์แกนิก ร้านจำหน่ายข้าวกล้องคลีนแบบคอร์สรายสัปดาห์/รายเดือน ร้านเครื่องดื่มจากผลไม้สดหรือผลไม้สกัดเย็น อาหารจากโปรตีนพืชทางเลือก เป็นต้น แปรนัยร้านอาหารและร้านอาหารทั่วไปมีการจำหน่ายเมนูเพื่อสุขภาพมากขึ้น ทั้งในรูปแบบทานที่ร้านหรือจัดส่งเดลิเวอรี่ถึงบ้าน ซึ่งทั้งหมดนี้มีที่มาจากวิถีการใช้ชีวิตของผู้บริโภคที่เพิ่มความใส่ใจดูแลสุขภาพเพื่อสร้างเสริมภูมิคุ้มกันให้ตนเองในช่วงสถานการณ์โรคระบาดโควิด-19 จะเห็นได้ว่าการเกิดของโรคอุบัติใหม่โควิด-19 เป็นหนึ่งในตัวแปรสำคัญที่ส่งผลต่อความนิยมในอาหารคลีน บทความวิเคราะห์การตลาดจาก Mintel [3] ได้รายงานไว้ว่าโรคระบาดโควิด-19 เป็นปัจจัยที่ทำให้ผู้บริโภคเพิ่มความใส่ใจด้านการเลือกทานอาหารเพื่อสุขภาพที่ดี และผู้บริโภคถึง 42% ยินดีที่จะจ่ายเงินเพื่อซื้ออาหารและบริการเพื่อสุขภาพ ไม่ว่าจะเป็นเครื่องดื่มฟังก์ชันนอล (functional drink) อาหารเสริมและวิตามิน และอาหารสุขภาพ

กลุ่มผู้บริโภคที่ทานอาหารคลีนเพื่อสุขภาพ ก็เลือกวิธีการบริโภคอาหารโดยการปรุงอาหารเองที่บ้านมากขึ้น เพื่อความมั่นใจในความสะอาดและสุขอนามัย ความสดใหม่ของวัตถุดิบ ความมั่นใจในการปรุงรสอาหารที่ไม่จัดเกินไป และเพื่อให้ได้รสชาติถูกปากผู้ทานเอง โดยการสำรวจจากกระทรวงสาธารณสุข [4] รายงานว่าในช่วงประมาณเดือนเมษายน-พฤษภาคม ปี พ.ศ. 2563 คนไทยประมาณ 57% กินอาหารปรุงเองมากขึ้น ซื้ออาหารปรุงสำเร็จน้อยลง การเลือกซื้ออาหารคำนึงถึงโซเดียมและน้ำตาล 46% และ 52% ตามลำดับ และประมาณ 39% ทานผัก-ผลไม้มากขึ้น ทั้งนี้ยังเห็นได้ว่าแบรนด์ผลิตภัณฑ์วัตถุดิบอาหารต่าง ๆ มีแนวโน้มออกผลิตภัณฑ์ใหม่ทดแทนการแปรรูปลง เพื่อตอบโจทย์กลุ่มผู้บริโภคยุคใหม่

ดังนั้น ในบทความวิชาการนี้ผู้เขียนจึงได้นำเสนอนิยามของอาหารคลีน (Clean Food) และแตกต่างของปัจจัยส่วนบุคคลและปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดที่ส่งผลต่อพฤติกรรมบริโภคอาหารคลีนของประชากรไทยโดยรวม และสุดท้ายเพื่อศึกษาแนวโน้มการบริโภคอาหารสุขภาพของประชากรในช่วงทศวรรษ 2020 ในการทานอาหารคลีน โดยแบ่งการนำเสนอข้อมูลออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่หนึ่ง นิยามความหมายของอาหารคลีน ส่วนที่สอง พฤติกรรมและแนวโน้มการบริโภคอาหารในทศวรรษที่ 2020 และส่วนที่สาม ข้อเสนอแนะในการเลือกทานอาหารคลีนที่ถูกต้อง

2. นิยามและพัฒนาการของอาหารคลีน

อาหารคลีน (Clean food หรือ Eating clean) คือ อาหารที่เน้นธรรมชาติของอาหารให้มากที่สุด อาหารสดจากธรรมชาติ ไม่ผ่านการปรุงแต่ง กระบวนการแปรรูป เติมน้ำตาล เติมน้ำมัน เติมน้ำส้มสายชู ดังนั้นอาหารจะไม่มีรสหวานจัด เค็มจัด หรือมันจัด และยังคงคำนึงถึงหลักโภชนาการที่มีทานครบ 5 หมู่ในสัดส่วนที่เหมาะสม นั่นคือโปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน เกลือแร่ และวิตามินให้เพียงพอต่อความต้องการของแต่ละบุคคลในแต่ละวัน



เพื่อสร้างเสริมสุขภาพที่แข็งแรง [5-6] โดยงานวิจัยจาก The BMJ พบว่า การทานอาหารที่ผ่านกระบวนการแปรรูปเพิ่มขึ้น 10% จะเพิ่มความเสี่ยงต่อโรคหัวใจหลอดเลือดและโรคหลอดเลือดสมอง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดอาหาร สารอาหารของผลิตภัณฑ์นั้น ๆ การเติมวัตถุปรุงแต่งอาหาร ภาชนะบรรจุที่สัมผัสอาหาร รวมถึงสิ่งปนเปื้อนอาจเกิดขึ้นระหว่างกระบวนการผลิต [7] ดังนั้นการทานอาหารคลีนที่เน้นการทานอาหารจากวัตถุดิบธรรมชาติ ปราศจากการปรุงแต่ง หรือที่เรียกว่า Whole food จึงสามารถลดความเสี่ยงจากกลุ่มโรคดังกล่าวได้

ตัวอย่างการเลือกทานอาหารคลีน เช่น กลุ่มคาร์โบไฮเดรต ควรเลือกทานข้าวหรือขนมปังจากไม่ขัดสี เลี่ยงการทานเบเกอรี่และขนมอบที่มีปริมาณคาร์โบไฮเดรต ไขมันและน้ำตาลสูง กลุ่มไขมัน ควรเลือกทานไขมันดีจากปลา และถั่ว เลี่ยงการทานของทอดน้ำมันท่วม ทานโปรตีนลิ้น ไขมันแทรกน้อย เลี่ยงการทานโปรตีนแปรรูป เช่น แฮม ไส้กรอก ปรุงแต่งรสชาติน้อย โซเดียมต่ำ น้ำตาลน้อย หรืออาจใช้รสชาติเครื่องเทศทดแทนเครื่องปรุง เลือกทานผลไม้ที่มีปริมาณน้ำตาลแฝงต่ำ ต้มน้ำเปล่าเป็นหลัก จึงทำให้ผู้ที่เลือกทานอาหารคลีนได้รับคุณประโยชน์จากอาหารครบถ้วน สร้างเสริมภูมิคุ้มกัน ลดความเสี่ยงจากการเกิดโรคเรื้อรัง ควบคุมน้ำหนักได้ดี ร่างกายไม่ได้รับสารปนเปื้อน จึงส่งผลดีต่อร่างกายในระยะยาว

งานวิจัยจากวารสาร Nutrients โดย Ambwani et al. [8] ได้รายงานว่าการสำรวจการรับรู้เกี่ยวกับการอาหารคลีนในวัยรุ่นและวัยผู้ใหญ่ตอนต้น (14-24 ปี) ประเทศสหรัฐอเมริกา กลุ่มตัวอย่างจำนวน 55% เคยได้ยินคำว่า “การทานอาหารคลีน” ผ่านช่องทางสื่อสังคมออนไลน์ และช่องทางออนไลน์อื่น ๆ โดยจำนวน 40% เข้าใจว่าการทานอาหารคลีนคือ อาหารไม่แปรรูป และ 13% เข้าใจว่าการทานอาหารคลีน คือ การทานอาหารอินทรีย์ (Organic foods) และอาหารไม่ผ่านแปรรูปตัดแปรทางพันธุกรรม (Non-GMO) ทั้งนี้มีกลุ่มตัวอย่างมากถึง 71% เข้าใจว่าการทานอาหารคลีนคือการทานเพื่อมุ่งหวังผลลัพธ์ด้านสุขภาพ ทั้งนี้การศึกษาวัยอีกฉบับโดยผู้วิจัยเดียวกันนี้ พบว่าการทานอาหารคลีนก็ก่อให้เกิดความเครียดเชิงอารมณ์ที่เกิดจากความเครียดสะสมในการทานอาหาร คลีนอย่างหมกมุ่นหรือทานมาเป็นเวลานาน และยังอาจส่งผลเสียต่อการเข้าถึงสังคมด้วย ผู้วิจัยจึงได้แนะนำให้หาสมดุลระหว่างการทานอาหารคลีนเพื่อสุขภาพและไม่กระทบต่อสุขภาพจิตใจ [9]

ในประเทศไทยก็ได้ให้ความสำคัญกับการทานอาหารเพื่อสุขภาพเช่นกัน โดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ (สสส.) ภายใต้การกำกับดูแลของนายกรัฐมนตรี ได้ดำเนินการออกฉลาก “ทางเลือกสุขภาพ” พิมพ์ลงบนฉลากอาหาร หรือฉลากโภชนาการเพื่อให้เป็นการให้ข้อมูล ความรู้ทางโภชนาการแก่ผู้บริโภคเพื่อตัดสินใจเลือกซื้ออาหารที่ดีต่อสุขภาพ นั่นคือเกณฑ์ด้านน้ำตาล ไขมัน และโซเดียม ทำให้ผู้บริโภคได้ตระหนักรู้ถึงสารอาหารในอาหารหรือเครื่องดื่มที่กำลังเลือกซื้อ และลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคที่เกี่ยวข้องกับโรคอ้วน เช่น เบาหวาน ความดันโลหิตสูง หัวใจและหลอดเลือด มะเร็ง และภาวะไตวายเรื้อรังได้ [10]

3. พฤติกรรมและแนวโน้มการบริโภคอาหารคลีน (Clean Food) ของประชากรในทศวรรษที่ 20

การเลือกทานอาหารคลีนเพื่อสุขภาพ เป็นรูปแบบการทานอาหารสุขภาพที่กำลังเป็นที่นิยม และได้รับเสียงตอบรับจากผู้บริโภคค่อนข้างมาก การศึกษาวัยพฤติกรรมการบริโภคของผู้บริโภคในทวีปเอเชียรวมถึงประเทศไทย ก็พบว่าผู้บริโภคส่วนใหญ่ให้ความสำคัญกับการทานอาหารเพื่อสุขภาพมากขึ้น โดยมากกว่า 90% สนใจที่จะเลือกซื้ออาหารและเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ และผู้บริโภค 76% จากการสำรวจยินดีจ่ายเงินเพิ่มขึ้นเล็กน้อยหากอาหารดีต่อสุขภาพมากขึ้น [11] ซึ่งความต้องการใส่ใจสุขภาพมากขึ้น ต้องการลดความเสี่ยงจากโรคเรื้อรังที่อาจเกิดขึ้น เช่น โรคหัวใจ โรคเบาหวาน หรือโรคอ้วน และรายได้ที่สูงขึ้นอยู่ผู้บริโภคเป็นปัจจัยในการเลือกซื้ออาหารคลีน รายงานจากกรมการส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศก็ได้รายงานไว้ในประเทศจีนก็มีแนวโน้มความนิยมอาหารคลีนเช่นกัน



โดยผู้คนค้นหาอาหารคลีนในปี พ.ศ. 2562 เพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2561 มากขึ้นถึง 235.8% มีบริษัทที่ดำเนินธุรกิจที่มีชื่อเกี่ยวกับอาหารคลีนจำนวน 7,500 ราย และบริษัทที่ดำเนินธุรกิจอาหารคลีน 78% ก่อตั้งหลังปี พ.ศ. 2561 [12]

การศึกษาวิจัยพฤติกรรมผู้บริโภคอาหารคลีน ผ่านสื่ออิเล็กทรอนิกส์ในเขตกรุงเทพมหานครของ อธิมา พัฒม [13] พบว่า ปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดทั้ง 4 ด้าน ประกอบด้วยปัจจัยด้านผลิตภัณฑ์ ปัจจัยด้านราคา ปัจจัยด้านช่องทางการจัดจำหน่าย และปัจจัยด้านการส่งเสริมการตลาด เป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้ออาหารคลีนของผู้บริโภคในระดับมาก โดยปัจจัยด้านผลิตภัณฑ์มีผลมากที่สุด รองลงมาด้วยด้านราคา ด้านการส่งเสริมการตลาด และด้านช่องทางการจัดจำหน่าย ตามลำดับ โดยผู้บริโภคกลุ่มตัวอย่างซื้ออาหารคลีนมากกว่า 1 ครั้ง/สัปดาห์ โดยจะซื้อผักสดปลอดสารพิษมากที่สุด ทั้งนี้การศึกษาวิจัยของ ชนัญญา พรศักดิ์วิวัฒน์ [14] พบว่า กลุ่มตัวอย่างผู้บริโภควัยทำงานในกรุงเทพมหานครส่วนมาก เคยทานอาหารคลีนและไม่รับประทานต่อ (43%) เนื่องจากมีสาเหตุว่าไม่นิยมอาหารประเภทนี้ ส่วนกลุ่มที่เคยทานและรับประทานต่อ ส่วนกลุ่มที่เลือกรับประทานต่อ (23%) นั้นให้เหตุผลว่าต้องการทานเพื่อสุขภาพ และเป็นกลุ่มผู้ที่ออกกำลังกายและทานอาหารเพื่อสุขภาพเป็นหลัก และกลุ่มที่ไม่เคยทานอาหารคลีน (34%) มีสาเหตุคือไม่สนใจเนื่องจากคิดว่าไม่อร่อย

ปัจจัยที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการบริโภคอาหารคลีน เป็นที่เข้าใจในวงกว้างว่ามีปัจจัยสำคัญด้านการบริโภคเพื่อสุขภาพกายาร่างกายดีขึ้น ทั้งด้านอายุที่ยืนยาวขึ้น กล้ามเนื้อและกระดูกแข็งแรง เสริมภูมิคุ้มกัน ระบบการย่อยอาหารทำงานปกติ ชะลอความเสี่ยงต่อโรคภัยไข้เจ็บที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต รวมถึงส่งผลต่อการควบคุมน้ำหนัก และการมีรูปร่างที่ดีขึ้น นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่น ๆ ที่ส่งผลต่อการเลือกทานอาหารคลีนด้วย [15] เช่น

- ประหยัดค่าใช้จ่าย : การได้รับโภชนาการที่ดี ทำให้สุขภาพโดยรวมของร่างกายดีขึ้น จึงลดโอกาสในการเจ็บป่วย ทำให้ประหยัดค่ารักษาพยาบาลในอนาคตลงได้มาก และการรับประทานอาหารคลีนก็ช่วยให้ประหยัดค่าใช้จ่ายประจำสัปดาห์ลงได้ เนื่องจากผู้บริโภคอาหารคลีนมักวางแผนการทานอาหารแต่ละวัน ทำให้การซื้อของเป็นระบบ ไม่ซื้ออาหารตุนมากเกินไป และยังลดโอกาสในการทานอาหารนอกบ้านซึ่งอาจมีราคาสูง

- อายุยืนยาวขึ้น : ผู้บริโภคอาหารคลีนมักทานธัญพืช, ผักและผลไม้บด ซึ่งรายงานจาก JAMA Internal Medicine พบว่าการทานธัญพืช 28 กรัมต่อวัน ช่วยลดโอกาสการเสียชีวิตได้ 5% [16] และงานวิจัยจาก American Journal of Epidemiology ก็รายงานว่าทานผักผลไม้สดปริมาณมากกว่า 569 กรัมต่อวันช่วยยืดอายุได้เพิ่ม 1.12 ปี หรือลดโอกาสการเสียชีวิตได้ 11% เมื่อเทียบกับกลุ่มที่ทานผักผลไม้สดน้อยกว่า 249 กรัมต่อวัน [17]

- มีความสัมพันธ์ที่ดีขึ้น : การเตรียมอาหารคลีนในแต่ละมื้อเป็นช่วงเวลาที่ใช้ผู้บริโภคได้ใช้เวลาพูดคุยหรือทำกิจกรรมร่วมกันคนในครอบครัวหรือเพื่อนร่วมห้อง การศึกษาจาก Johns Hopkins Bloomberg School of Public Health ในปี 2014 ยังรายงานว่า สุขภาพที่ดีมาจากการทำอาหารเองจากบ้าน โดยผู้ที่ทานอาหารจากบ้านจำนวน 6 - 7 มื้อต่อสัปดาห์ มีแนวโน้มได้รับแคลอรีน้อยกว่าผู้ที่ทำอาหารจากบ้านจำนวน 1 ครั้งต่อสัปดาห์ จำนวน 137 แคลอรี และยังบริโภคไขมันน้อยกว่า 3 กรัมและน้ำตาลน้อยกว่า 16 กรัม [18]

- เพื่อพัฒนาระบบสมองและความทรงจำให้ดีขึ้น : เนื่องจากการทานอาหารเพื่อสุขภาพจำพวกผัก ผลไม้ ปลาและถั่วช่วยเสริมการทำงานของสมองและความทรงจำให้ดียิ่งขึ้น การที่สมองได้รับสารอาหารที่ดี เช่น กรดไขมัน โอเมก้า-3 จะทำให้สมองทำงานมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น และในทางกลับกัน สมองจะทำงานช้าลงเมื่อทานน้ำตาล แอลกอฮอล์ อาหารขยะและไขมันไม่ดี

- ร่างกายรู้สึกมีพลังงานมากขึ้น : การทานผลไม้ที่มีใยอาหารสูง เช่น แอปเปิ้ลจะใช้เวลาในการย่อย และทำให้ไม่หิวระหว่างวัน และยังให้วิตามินเกลือแร่ ทั้งนี้รวมธัญพืชควินัว อัลมอลด์ ไซ้ ผักแคล ผลไม้รสเปรี้ยว



และน้ำเปล่า นอกจากนี้ไฟเบอร์ในผักผลไม้ยังเป็นประโยชน์ต่อจุลินทรีย์ดีในลำไส้ ทำให้ระบบการขับถ่ายและภูมิคุ้มกันในร่างกายได้มีประสิทธิภาพ สุขภาพจิตและอารมณ์ดี

ในสถานการณ์ระบาดของโควิด-19 ทำให้การตระหนักถึงความสำคัญในการดูแลสุขภาพและการทานอาหารที่ดีเกิดขึ้นรวดเร็วมากขึ้น บทความของนิตยสารออนไลน์ Forbes ปี 2020 [19] รายงานว่าผู้บริโภคชาวอเมริกันได้เข้าใจว่าการทานอาหารและเครื่องดื่มที่ดี ส่งผลอย่างยิ่งต่อความแข็งแรงและระบบภูมิคุ้มกันของร่างกายที่ต้องพร้อมป้องกันไวรัส ผู้บริโภคมีแนวโน้มเลือกอาหารที่ดีขึ้น อ่านฉลากและทำความเข้าใจฉลากอาหารมากขึ้น รวมถึงรู้ว่าต้องหลีกเลี่ยงอาหารประเภทไหน โดยผู้บริโภค 54% ให้ความใส่ใจกับปัจจัยสุขภาพมากกว่ารสชาติและราคาอาหาร ผู้บริโภค 74% ตั้งใจจะลดปริมาณการบริโภคน้ำตาลลง แม้ว่าผู้บริโภค 38% จะทานขนมแทนมื้ออาหารในบางโอกาสเนื่องจากการทำงานจากที่บ้าน แต่ก็มีคามตั้งใจจะลดน้ำหนักให้กลับมาเท่ากับน้ำหนักก่อนสถานการณ์โควิด-19 นอกจากนี้ผู้เชี่ยวชาญยังเห็นว่ากระแสนิยมการทานอาหารจากพืชจะเป็นกระแสเพื่อสุขภาพในปี ค.ศ. 2021

การทานอาหารคลีนอย่างเคร่งครัดอาจส่งผลในเชิงลบได้ โดยงานวิจัยได้รายงานว่าเมื่อผู้บริโภคจำกัดการทานอาหารอย่างเคร่งครัดเกินไป อาจทำให้เกิดภาวะทุพโภชนาการ นอกจากนี้การทานอาหารคลีนที่มีรูปแบบการรับประทานแตกต่างจากบุคคลทั่วไป ทำให้ผู้บริโภคเกิดการขาดความสัมพันธ์ในสังคมไปเนื่องจากปฏิเสธทานอาหารจานน้อยลง และทั้ง 2 สาเหตุนี้อาจส่งผลต่อเนื่องให้เกิดความเครียดทางอารมณ์ในอนาคต [9] ผู้บริโภคอาหารคลีนจึงต้องสร้างความสมดุลในการรูปแบบการทานอาหารเพื่อประโยชน์ทั้งร่างกายและจิตใจ

4. ข้อเสนอแนะในการเลือกทานอาหารคลีนที่ถูกต้อง

การบริโภคอาหารรูปแบบคลีน ผู้บริโภคจะต้องมีการปรับเปลี่ยนรูปแบบอาหารที่คุ้นเคย ให้เป็นการทานรูปแบบเน้นธรรมชาติ ลดการปรุงแต่ง ซึ่งต้องใช้กำลังใจในการปรับตัว และการรับประทานอาหารคลีนที่ดี ผู้บริโภคจะต้องหาจุดสมดุลในการเลือกทานอาหาร มีความรู้ความเข้าใจในการเลือกทานอาหารแม้บางโอกาสอาจไม่ได้ทานอาหารคลีนครบถ้วน 100% เพื่อสุขภาพจิตและสุขภาพกายที่ดีในเวลาเดียวกัน องค์การอนามัยโลก (WHO) ได้ให้คำแนะนำด้านการทานอาหารเพื่อสุขภาพเพื่อการป้องกันโรคเรื้อรังไม่ติดต่อ โดยการทานอาหารที่ลดการใช้เกลือ น้ำตาล ไขมันอิ่มตัว ไขมันทรานส์ และทานอาหารที่หลากหลายจากธรรมชาติ ทั้งนี้ยังมีรายละเอียดอื่น ๆ อีก [20] เช่น

- ทานผักและผลไม้มาก ๆ : เนื่องจากผักผลไม้เป็นแหล่งจากวิตามิน แร่ธาตุ ไฟเบอร์ โปรตีนจากพืช และสารต้านอนุมูลอิสระที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย ผักผลไม้จะช่วยลดโอกาสในการเกิดโรคอ้วน โรคหัวใจ โรคเบาหวาน และโรคเมตาบอลิก

- ทานไขมันน้อยลง : ไขมันและน้ำมันเป็นแหล่งพลังงานในร่างกาย แต่การทานมากเกินไปหรือทานผิดประเภท เช่น ไขมันอิ่มตัวและไขมันทรานส์ทำให้ร่างกายเสี่ยงต่อโรคหัวใจมากขึ้น ดังนั้นจึงแนะนำให้รับประทานไขมันไม่อิ่มตัวจากพืช เช่น น้ำมันมะกอก น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันทานตะวัน และน้ำมันข้าวโพด มากกว่าการทานไขมันจากสัตว์ที่มีไขมันอิ่มตัวสูง เช่น เนย กี น้ำมันหมู น้ำมันมะพร้าว น้ำมันปาล์ม และแนะนำให้ทานไขมันไม่เกิน 30% ของพลังงานที่ร่างกายควรได้รับต่อวัน

- จำกัดการทานน้ำตาล : แนะนำว่าควรทานน้ำตาลไม่เกิน 10% ของพลังงานที่ร่างกายควรได้รับ หรือทานไม่เกิน 5% ของพลังงานที่ร่างกายควรได้รับเพื่อสุขภาพที่ดี ทั้งนี้อาจเลือกผลไม้สดแทนขนมกรุบกรอบ ขนมอบ เพื่อ



ช่วยลดปริมาณการบริโภคน้ำตาล รวมถึงการจำกัดการทานเครื่องดื่มแต่งกลิ่นรสที่มีปริมาณน้ำตาลสูง (น้ำอัดลม น้ำผลไม้ น้ำเชื่อม นมแต่งกลิ่นรส และโยเกิร์ตแต่งกลิ่นรส)

- ลดการทานเกลือ : ใน 1 วันควรจำกัดการทานเกลือไม่เกิน 5 กรัม เพื่อลดโอกาสในการเกิดโรคความดันโลหิตสูงและโรคหัวใจที่มักเกิดขึ้นในวัยผู้ใหญ่ รวมทั้งควรลดปริมาณการใช้เครื่องปรุงรสโซเดียมสูงด้วย เช่น ซีอิ๊วขาว และน้ำปลา หรือเลือกสูตรลดโซเดียมทดแทน

นอกจากนี้กลุ่มคณะกรรมการแพทยศาสตร์เพื่อการรักษาอย่างมีความรับผิดชอบ (The Physicians Committee for Responsible Medicine) แห่งสหรัฐอเมริกาได้ให้คำแนะนำด้านการเลือกทานอาหารในปี ค.ศ. 2020 -2025 โดยแนะนำว่าควรเน้นทานอาหารจากพืช (Plant-based diet) จำกัดหรือลดการทานคาร์โบไฮเดรต โดยเน้นทานคาร์โบไฮเดรตจากผักผลไม้และธัญพืชแทน ตั้มน้ำแทนการดื่มนม เลี่ยงการทานเนื้อแดงและเนื้อสัตว์แปรรูป เพื่อสุขภาพที่ยืนยาวและลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคเรื้อรัง เช่น โรคหัวใจ เบาหวาน มะเร็งบางชนิด และดีต่อการควบคุมน้ำหนัก [21]

5. สรุป

การรับประทานอาหารคลีนเป็นรูปแบบการทานอาหารที่เน้นการบริโภคผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติ ลดการปรุงแต่ง แปรรูปอาหาร และบริโภคอาหารที่หลากหลายในปริมาณที่เหมาะสมต่อตนเอง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างเสริมสุขภาพที่แข็งแรง ป้องกันโรคเรื้อรังในระยะยาวและเป็นการปรับรูปแบบการทานอาหารเพื่อควบคุมน้ำหนัก ซึ่งผู้บริโภคส่วนมากทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศเข้าใจในความหมายและวัตถุประสงค์ของรูปแบบการทานอาหารคลีน เนื่องจากปัจจุบันผู้บริโภคตระหนักรู้ถึงความสำคัญในการเลือกอาหารซึ่งมีผลต่อสุขภาพในระยะยาว

จากการศึกษาค้นคว้าพบว่าปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดทั้ง 4 ด้านส่งผลมากต่อการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ โดยเฉพาะปัจจัยด้านผลิตภัณฑ์ที่ส่งผลมากที่สุด โดยผู้บริโภคยินดีจ่ายเงินเพิ่มขึ้นเพื่อซื้ออาหารดีต่อสุขภาพ แต่ทั้งนี้กลุ่มตัวอย่างผู้บริโภควัยทำงานในกรุงเทพมหานครส่วนมากเคยทานอาหารคลีนและเลือกไม่รับประทานต่อ (43%) เนื่องจากไม่นิยมอาหารกลุ่มดังกล่าว ในปี 2020 หรือช่วงสถานการณ์โรคระบาดโควิด-19 เป็นหนึ่งในปัจจัยที่ส่งผลให้ผู้บริโภคเลือกทานอาหารคลีนมากขึ้น เนื่องจากความต้องการมีสุขภาพที่ดี เสริมภูมิคุ้มกันจากไวรัส และบางส่วนมีความตั้งใจที่จะทานอาหารสุขภาพมากขึ้นเพื่อลดน้ำหนักหลังสถานการณ์โควิด-19 นี้ แต่ทั้งนี้การทานอาหารคลีนอย่างเคร่งครัด อาจส่งผลเชิงลบต่อผู้บริโภคได้ เช่น ภาวะเครียดจากการเลือกทานอาหารสุขภาพเป็นเวลานาน อาจเกิดภาวะทุพโภชนาการจากการได้รับสารอาหารไม่เพียงพอ และปฏิสัมพันธ์ทางสังคมอาจน้อยลง จึงต้องปรับสมดุลการทานอาหารคลีนให้เหมาะสมกับลักษณะการใช้ชีวิต องค์กรอนามัยโลกและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องทางสาธารณสุขก็ได้ให้แนวทางในการเลือกทานอาหารสุขภาพ เช่น ลดการปรุงอาหารด้วยเกลือ น้ำตาล และไขมันไม่อิ่มตัวลง เน้นทานโปรตีนเนื้อขาวหรือโปรตีนจากพืชทดแทนโปรตีนเนื้อแดง เพื่อสุขภาพโดยรวมที่ดีของผู้บริโภค



เอกสารอ้างอิง

- [1] Kokkori, K. and Stavrova, O. (2021). Meaning of food and consumer eating behaviors. Food Quality and Preference, 94(4), 1-5.
- [2] กระทรวงสาธารณสุข. (2561). รู้ทันมหันตภัยโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง...ภัยเงียบใกล้ตัว. สืบค้น 12 กรกฎาคม 2565, จาก <http://www.thaincd.com/document/file/download/knowledge/รู้ทันมหันตภัยโรคไม่ติดต่อ>
- [3] Mintel. (2021). 42% OF THAI CONSUMERS SPEND MORE ON HEALTHY LIVING. Retrieved 12nd July 2022, from <https://www.mintel.com/press-centre/social-and-lifestyle/42-of-thai-consumers-spend-more-on-healthy-living>
- [4] Hfocus. (2020). สำรวจโควิด19 ทำคนไทยกินอาหารปรุงเองมากขึ้นกว่า 57.48% ซื้อปรุงสำเร็จน้อยลง. สืบค้น 14 กรกฎาคม 2565, จาก <https://www.hfocus.org/content/2020/06/19588>
- [5] กุสุมา ไชยสูตร. (2015). อาหารคลีน. สืบค้น 14 กรกฎาคม 2565, จาก https://www.si.mahidol.ac.th/siriraj_online/thai_version/Health_detail.asp?id=1205
- [6] นักสิทธิ์ ปัญญาใหญ่. (2558). อาหารเพื่อสุขภาพ (Food for Health). ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร, มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่.
- [7] Srour, B., Kesse-Guyot, E., Allès, B., Andrianasolo, R.M., Deschasaux, M., Galan, P., Julia, C. and Touvier, M. (2019). Ultra-processed food intake and risk of cardiovascular disease: prospective cohort study (NutriNet-Santé). The bmj, 365, 1-14.
- [8] Ambwani, S., Sellinger, G., Rose, K., Richmond, T. and Sonnevile, K. (2020). It's Healthy Because It's Natural. Perceptions of "Clean" Eating among U.S. Adolescents and Emerging Adults. Nutrients. 12(6), 1708.
- [9] Ambwani, S., Shippe, M., Gao, V., and Austin, S. (2019). Is #cleaneating a healthy or harmful dietary strategy? Perceptions of clean eating and associations with disordered eating among young adults. Journal of Eating Disorders, 7(17), 1-4.
- [10] Healthierlogo. (2022). ทางเลือกสุขภาพ. สืบค้น 12 กรกฎาคม 2565, จาก <https://healthierlogo.com/ข้อมูลโครงการ/ความเป็นมา/>
- [11] Morin, I. (2 0 1 7) . Asian consumers and healthy eating. Retrieved 12nd July 2022, from <https://www.elevatelimited.com/insights/newsletters/asian-consumers-and-healthy-eating/>
- [12] สำนักพัฒนาตลาดและธุรกิจไทยในต่างประเทศ. (2564). กลุ่มผู้บริโภค "กินคลีน" ขยายตัวมากขึ้น. กรมการส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ, 17, 1-9.
- [13] จิตติมา พัฒม. (2558). พฤติกรรมการบริโภคอาหารคลีน (Clean Food) ผ่านสื่ออิเล็กทรอนิกส์ในเขตกรุงเทพมหานคร. วารสารการจัดการธุรกิจ มหาวิทยาลัยบูรพา คณะการจัดการและการท่องเที่ยว มหาวิทยาลัยบูรพา, 4(2), 1-21.
- [14] ชนัญญา พรศักดิ์วิวัฒน์. (2560). พฤติกรรมการบริโภคอาหารเพื่อสุขภาพรูปแบบอาหารคลีน (Clean Food) กลุ่มวัยทำงานในเขตกรุงเทพมหานคร. การศึกษาค้นคว้าอิสระ สาขาวิชาเศรษฐศาสตร์ธุรกิจ, มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย.
- [15] Dunn, S.T. (2 0 1 5) . 10 Reasons to Eat Clean", Clean Eating. Retrieved 1 9th July 2022 , from <https://www.cleaneatingmag.com/clean-diet/10-reasons-to-eat-clean/>
- [16] Wu, H., Flint, A.J., Qi, Q., van Dam, R.M., Sampson, L.A., Rimm, E.B., Holmes, M.D., Willett, W.C., Hu, F.B., Sun, Q. (2015). Association Between Dietary Whole Grain Intake and Risk of Mortality. JAMA Internal Medicine, 175(3), 373-384.
- [17] Tanoue, L. (2009). Fruit and vegetable consumption and lung cancer risk: Updated information from the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition (EPIC). Yearbook of Pulmonary Disease, 1121(15), 143-144.



- [18] Digiulio, S. (2014). Doing THIS Means You'll Eat 137 Fewer Calories Every Day. Retrieved 23th July 2022, from <https://www.prevention.com/food-nutrition/healthy-eating/a20428744/cook-at-home-to-lose-more-weight/>
- [19] Lempert, P. (2020). Food Trends Forecast 2021: Being Healthy In A Post Covid-19 World. Retrieved 1st July 2022, from <https://www.forbes.com/sites/phillemper/2020/10/19/food-trends-2021-staying-healthy-in-a-post-covid-19-world/?sh=4eb3c684485b>
- [20] WHO. (2020). A healthy diet is essential for good health and nutrition. Retrieved 26th July 2022, from <https://www.who.int/initiatives/behealthy/healthy-diet>
- [21] Physicians Committee. (2022). 2020-2025 Dietary Guidelines for Americans Recommendations. Retrieved 26th July 2022, from <https://www.pcrm.org/good-nutrition/nutrition-programs-policies/2020-2025-dietary-guidelines>

