JiTR

Journal of Innovative Technology Research

วารสารวิจัยเทคโนโลยีนวัตกรรม

Journal of Innovative Technology Research

ปีที่ 3 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม - ธันวาคม 2562 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

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

สารบัญ

บทความวิจัย **หน้า**

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

CONTENT

RESEARCH ARTICLE **PAGE**

กองบรรณาธิการ

EDITORIAL BOARD

ผู้ทรงคุณวุฒิประเมินบทความ

รองศาสตราจารย์ ดร.ฉัตรชัย	นิมมล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
รองศาสตราจารย์ ดร.พานิช	อินต๊ะ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
รองศาสตราจารย์ ดร.สุมาลี	ชัยเจริญ	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
รองศาสตราจารย์ ดร.อนิรุตต์	มัทธุจักร์	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จารุณี	ซามาตย์	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิตระยุทธ์	จิตอ่อนน้อม	มหาวิทยาลัยพะเยา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธเนศ	ไชยชนะ	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปริญ	คงกระพันธ์	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ผู้ช่วยศาตราจารย์ ดร.แมน	ตุ้ยแพร่	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.หฤทัย	อาสากิจ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
ดร.นงนุช	เกตุ้ย	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

สารจากอธิการบดี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เป็นสถาบันอุดมศึกษาที่ให้ความสำคัญกับการทำวิจัยและบริการวิชาการ ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแก่สังคมและชุมชน และสนับสนุนในการจัดทำวารสารวิจัยเทคโนโลยีนวัตกรรม เพื่อส่งเสริมให้นำองค์ความรู้ด้านเทคโนโลยีนวัตกรรมไปเผยแพร่ และสามารถถ่ายทอดให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อชุมชนและสังคม สู่การพัฒนาที่ยั่งยืนในอนาคต

เนื่องจากในปัจจุบันเศรษฐกิจของประเทศได้มีการเปลี่ยนแหลงจากภาคการผลิตไปสู่การคิดค้นนวัตกรรมใหม่ ๆ เรียนรู้นวัตกรรมเพื่อนำพาประเทศสู่ยุคดิจิทัลไทยแลนด์ ซึ่งไม่เฉพาะในนวัตกรรมเทคโนโลยีเท่านั้น แต่นวัตกรรมได้แทรกอยู่ในทุกมิติของทุกสาขาอาชีพ ทุกด้าน ขององค์ประกอบของสังคม และในชีวิตประจำวันของเรา ทั้งในด้านการแพทย์ เศรษฐกิจ สังคม การศึกษา ศิลปวัฒนธรรม ฯลฯ และเพื่อเปลี่ยนสภาพที่เคยเป็นอยู่ ไปสู่สภาพที่อยากเป็น ทั้งนี้ การสร้างนวัตกรรม หรือนำนวัตกรรมมาใช้ อาจเกิดผลกระทบทั้งด้านดีและไม่ดี จึงต้องมีการจัดการที่ดี มองผลกระทบให้รอบด้าน เพื่อจะได้ใช้ประโยชน์จากนวัตกรรมให้เกิดประโยชน์จากนวัตกรรมให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด

ในนามมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่ได้ร่วมจัดทำวารสารวิจัยเทคโนโลยีนวัตกรรม จนเกิดองค์ความรู้ใหม่ ซึ่งเป็นกลไกการพัฒนาความรู้ทางเทคโนโลยีนวัตกรรม เพื่อสนับสนุนการพัฒนาประเทศไทย ให้สามารถสร้างสรรค์ และใช้ประโยชน์จากนวัตกรรม เทคโนโลยีดิจิทัล อย่างเต็มศักยภาพในการขับเคลื่อนการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของประเทศ ไปสู่ความมั่นคง มั่งคั่ง และยั่งยืน ต่อไป

รองศาสตราจารย์ ศีลศิริ สง่าจิตร
ผู้ปฏิบัติหน้าที่ อธิการบดีมหาวิทยลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

บทบรรณาธิการ

วารสารวิจัยเทคโนโลยีนวัตกรรม (Journal Of Technology Innovative Research: JITR) ฉบับนี้ เป็นวารสารฉบับต้นปี (กรกฎาคม – ธันวาคม พ.ศ. 2562) ปีที่ 3 ฉบับ 2 เพื่อให้นักวิจัย นักวิชาการ คณาจารย์ และนักศึกษา ได้เผยแพร่บทความทางวิชาการ หรือบทความวิจัย

วารสารฉบับนี้ ประกอบด้วยผลงานวิจัย ทั้งหมด 8 เรื่อง ที่ได้คัดเลือกจากบทความที่เข้าร่วมนำเสนอจากประชุมวิชาการวิจัยและนวัตกรรมสร้างสรรค์ ครั้งที่ 5 ประจำปี 2561 ที่จัดขึ้นเพื่อสนับสนุนให้นักวิจัย ได้มีโอกาสแสดงศักยภาพของตนเองในการเข้าร่วมนำเสนอผลงานเผยแพร่ผลงานวิจัยของอาจารย์และนักศึกษา มทร.ล้านนา ตลอดจนมีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ พัฒนา ในระดับชาติและยกระดับผลงานวิจัยสู่ระดับสากล ซึ่งประกอบด้วยงานวิจัยด้านวิศวกรรมพลังงานและเทคโนโลยี งานวิจัยด้านบริหารธุรกิจและศิลปะศาสตร์ งานวิจัยด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี งานวิจัยด้านวิทยาศาสตร์กายภาพและสุขภาพ งานวิจัยด้านเทคโนโลยีเกษตรและอาหาร งานวิจัยด้าน ศิลปกรรมและสถาปัตยกรรมศาสตร์ และงานวิจัยรับใช้สังคม สอดคล้องกับนโยบายสนับสนุนยกระดับผลงานวิจัยสู่ระดับสากล สร้างเครือข่ายความร่วมมือทางวิชาการ พัฒนางานวิจัยสู่การเป็น Digital Thailand 4.0 ซึ่งจะเป็นการพัฒนาผลงานทางวิชาการ และบูรณาการงานวิจัยร่วมกันทั้งระดับสาขา คณะ และมหาวิทยาลัยทั่วประเทศ

กองบรรณาธิการขอขอบคุณท่านผู้เขียนที่ให้ความสนใจ และไว้วางใจวารสารของเราเป็นอย่างดีตลอดมา และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าบทความที่ได้ตีพิมพ์มีประโยชน์ต่อผู้อ่านทุกท่าน กองบรรณาธิการขอขอบคุณท่านผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่ได้ให้ความกรุณาอ่านและแนะนำการปรับแก้บทความวิจัยให้มีคุณภาพทางวิชาการยิ่งขึ้น

สุดท้ายนี้ หากผู้อ่านมีข้อเสนอแนะในการปรับปรุงวารสารนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น กองบรรณาธิการขอน้อมรับไว้ด้วยความยินดียิ่ง

รองศาสตราจารย์ ดร. พานิช อินต๊ะ
บรรณาธิการ วารสารวิจัยเทคโนโลยีนวัตกรรม

Journal of Innovative Technology Research
Vol.3 No.2 July – December 2019 Rajamangala University of Technology Lanna

ตู้ควบคุมการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ด้วยแสงเทียมและเทคโนโลยีนาโนบับเบิ้ล

สุวรรณ ภู่เชย[1] ธนโชติ ทับชาวนา[1] กิตติพงษ์ มาตรักชาติ[1] และเดือนแรม แพ่งเกี่ยว[1*]

[1] สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลก 65000

รับบทความ 15 ตุลาคม 2561 ตอบรับบทความ 10 ธันวาคม 2561 เผยแพร่ออนไลน์ 30 พฤษภาคม 2563

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอการออกแบบและสร้างตู้ควบคุมการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ด้วยแสงเทียมและเทคโนโลยีนาโนบับเบิ้ลเพื่อนำไปใช้สำหรับการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ในอาคาร โดยใช้หลอดแสงเทียมสำหรับปลูกผักที่มีค่าความเข้มแสงที่เหมาะสมต่อการปลูกผักสลัด คือ 1100 ถึง 2000 ลักซ์ มีระบบควบคุมสภาพอากาศภายในตู้อย่างเหมาะสมและใช้เครื่องสร้างนาโนบับเบิ้ลให้กับสารละลายธาตุอาหารพืชเพื่อช่วยเติมอากาศให้แก่ธาตุอาหารส่งผลดีต่อการลำเลียงสารอาหารจากรากทำให้พืชเจริญเติบโตได้ดี จากผลการทดลองปลูกผักสลัดเรดโอ๊ค 2 รูปแบบ ได้แก่ รูปแบบกึ่งน้ำลึก (Dynamic Root Floating Technique: DRFT) และรูปแบบน้ำนิ่ง พบว่า ค่าเฉลี่ย EC ในระบบกึ่งน้ำลึกมีค่าสูงกว่าระบบน้ำนิ่ง 0.14 mS/cm ค่าเฉลี่ย pH ในระบบกึ่งน้ำลึกมีค่าต่ำกว่าระบบน้ำนิ่ง 0.3 และค่าเฉลี่ย DO ในระบบกึ่งน้ำลึกมีค่าต่ำกว่าระบบน้ำนิ่ง 0.61 mg/l และเมื่อพิจารณาค่าการเจริญเติบโตของผักสลัด พบว่า ความสูงเฉลี่ยของผักสลัดที่ปลูกในระบบน้ำนิ่งสูงกว่าระบบกึ่งน้ำลึก 0.6 เซนติเมตร ความกว้างพุ่มเฉลี่ยของผักสลัดที่ปลูกในระบบน้ำนิ่งมีขนาดพุ่มกว้างกว่าระบบกึ่งน้ำลึก 1.5 เซนติเมตร และความยาวรากของผักสลัดที่ปลูกในระบบน้ำนิ่งมีความยาวรากยาวกว่าระบบกึ่งน้ำลึก 0.5 เซนติเมตร โดยค่าการเจริญเติบโตของผักสลัดเรดโอ๊คระยะปลูกเวลา 11 วัน ในระบบน้ำนิ่งมีการเจริญเติบโตดีกว่าระบบกึ่งน้ำลึก14.6% ซึ่งมีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อยและทั้งสองระบบยังคงรักษาคุณภาพของสารละลายธาตุอาหารพืชที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตได้ดี ดังนั้น จึงสามารถสรุปได้ว่างานวิจัยที่นำเสนอสามารถนำมาใช้ปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ได้อย่างมีประสิทธิภาพทั้งในระบบไฮโดรโปนิกส์แบบกึ่งน้ำลึกและระบบไฮโดรโปนิกส์แบบน้ำนิ่ง

คำสำคัญ: ผักไฮโดรโปนิกส์ , แสงเทียม , นาโนบับเบิ้ล

*E-mail, Duanraemp@gmail.com

Control Hydroponics Cabinets with Artificial Light and Nanobubble Technology

Suwan Puchei[1] Tanachod Tubchawna[1] Kittipong Matrakchat[1] and Duannraem Phaengkieo[1*]

[1] Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering,

Rajamangala University of Technology Lanna Phitsanulok, 65000, Thailand

Receive: 15 October 2018 Accepted: 10 December 2018 Published online: 30 May 2020

Abstract

This paper purposes the design and construction of the plant controlled hydroponics and artificial light with nano bubbles to be used for growing vegetables hydroponics indoors. Using artificial light bulbs for vegetables with the appropriate intensity of light for growing vegetables, 1100 to 2000 lux, have proper control of the air inside the cabinet and use the nano bubble generator for nutrient solutions. In order to help nutrient uptake, contribute to the transport of nutrients from the root causes the plants to grow well. Two types of red oak salad were studied, including Dynamic Root Floating Technique (DRFT) system and still water system. The results found that the average EC in the DRFT system is 0.14 mS / cm higher than the stationary water system, pH of the DRFT system is lower than 0.3 and average of DO is lower than 0.61 mg/l compared with stationary water system. Considering the growth value of salads, it was found that the average height of the salads grown in the stationary water system was higher than DRFT system the 0.6 cm., the average bush width of the lettuce grown in stagnant water systems was larger than DRFT system 1.5 cm and root length of the vegetables grown in a stationary water system have a longer root length than the DRFT system 0.5 cm. The growth of red oak salad at 11 days in stagnant water system was significantly better than the 14.6% deep aquifer, which was slightly different, and both systems maintained their quality. Plant nutrient solution that affects the growth well. Therefore, it can be concluded that the proposed research can be used to grow hydroponics vegetables. It is very effective in both deep hydroponic systems and in stationary hydroponics.

Keywords: Hydroponics, artificial light, Nano bubble

1. บทนำ

ปัจจุบันการปลูกพืชไร้ดินหรือไฮโดรโปนิกส์ (Hydroponics) เป็นที่นิยมอย่างกว้างขวาง และทำรายได้ให้แก่ผู้ประกอบการเป็นอย่างดีแต่สำหรับการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์แบบครัวเรือนอาจมีความยุ่งยากในการดูแลและต้องใช้พื้นที่ในการปลูกค่อนข้างมาก ซึ่งอาจเป็นอุปสรรคสำหรับกลุ่มคนที่ไม่มีพื้นที่สำหรับการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ อีกทั้งสภาพแวดล้อมสำหรับการปลูกต้องมีความเหมาะสม โดยสภาพแวดล้อมหรือปัจจัยที่เหมาะสมสำหรับการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ คือ แสงแดดอยู่ระหว่าง 1,100 ถึง 2,000 ลักซ์ อากาศถ่ายเท มีอุณหภูมิ 20 ถึง 30 องศาเซลเซียส และค่าสารอาหารที่เหมาะสมอยู่ที่ 1.1 ถึง 2.0 mS/cm ที่ผ่านมามีนักวิจัยให้ความสนใจและศึกษาระบบการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์หลากหลายแบบ อาทิเช่น การปลูกผักไฮโดรโปนิกส์แบบระบบน้ำตื้น (Nutrient film technique: NFT) คือ การปล่อยให้น้ำผสมธาตุอาหารพืชไหลไปในรางปลูก โดยสารละลายในรางปลูกจะมีความลึกประมาณ 0.5 เซนติเมตร ทำให้รากและน้ำมีการสัมผัสกับอากาศ ช่วยเพิ่มปริมาณออกซิเจนในสารละลายธาตุอาหารและช่วยลดปัญหาการขาดอากาศของรากพืชได้ [1] แบบระบบน้ำลึก (Deep Flow Technique: DFT) เป็นการปลูกที่มีลักษณะให้รากพืชแช่อยู่ในภาชนะบรรจุสารละลายธาตุอาหารโดยที่ระดับสารละลายในภาชนะปลูกลึกอยู่ที่ระดับ 15 ถึง 20 เซนติเมตร ซึ่งระบบ DFT มี 2 รูปแบบ ได้แก่ แบบหมุนเวียนสารละลายธาตุอาหารแบบเติมอากาศ และแบบระบบกึ่งน้ำลึก (Dynamic Root Floating Technique: DRFT) เป็นระบบที่มีการทำงานคล้ายระบบ NFT แต่ระดับน้ำที่ไหลผ่านรากนั้นมีความลึกอยู่ที่ระดับ 1 ถึง 10 เซนติเมตร ซึ่งระบบดังกล่าวต้องมีการปรับลดระดับน้ำในรางปลูกเช่นเดียวกับระบบ DFT เพื่อเพิ่มปริมาณอากาศที่รากพืชเมื่อพืชมีอายุปลูกมากขึ้น [2] เนื่องจากการเติมอากาศหรือออกซิเจนในน้ำสามารถแก้ไขปัญหาได้หลากหลายจึงมีนักวิจัยหลายท่านได้นำเสนอการใช้เทคโนโลยีนาโนบับเบิ้ลมาประยุกต์ใช้ในการบำบัดน้ำเสีย การเพิ่มประสิทธิภาพการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ[3] รวมถึงการนำมาใช้กับการปลูกพืช[4] นอกจากสารอาหารและอากาศ อีกหนึ่งปัจจัยที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช คือ แสงอาทิตย์ โดยแสงอาทิตย์ประกอบด้วยสเปกตรัมทุกสี โดยแสงแต่ละสีมีความยาวคลื่นที่แตกต่างกันและความยาวคลื่นแสงที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชมีเพียงแสงสีแดงและแสงสีน้ำเงินเท่านั้น และค่าแสงที่เหมาะสมต่อการปลูกพืช คือ 1078-4338 ลักซ์ [5] ซึ่งสามารถใช้หลอดแอลอีดี (LED) สีแดง 80 ถึง 85% กับ หลอดแอลอีดีสีน้ำเงิน 15 ถึง 20% รวมกันเป็นแสงที่มีความยาวคลื่นที่พืชต้องการได้เช่นเดียวกับแสงอาทิตย์ โดยเหมาะสมกับรูปแบบการนำไปใช้งานในร่มหรือการปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์

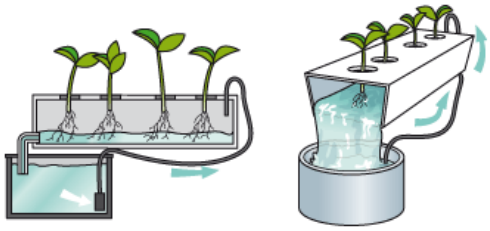
จากที่มาและปัญหาดังกล่าวผู้วิจัยเกิดแนวคิดในการออกแบบและสร้างตู้ควบคุมการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ เพื่อนำไปใช้ในการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ในอาคารโดยมีระบบควบคุมการระบายอากาศเพื่อปรับอุณหภูมิให้เหมาะสม ใช้หลอดไฟแอลอีดีที่ใช้ปลูกผักโดยเฉพาะเนื่องจากให้สเปกตรัมที่เหมาะสม จากนั้นออกแบบค่าปริมาณแสงที่พืชต้องการและประยุกต์ใช้เทคโนโลยีนาโนบับเบิ้ลเพื่อช่วยเติมอากาศให้แก่ธาตุอาหารพืช ซึ่งส่งผลดีต่อการลำเลียงสารอาหารจากรากทำให้พืชเจริญเติบโตได้ดี ลดปัญหาการขาดอากาศของรากพืช อีกทั้งตู้ควบคุมการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ที่สร้างขึ้นมีรูปแบบการปลูกแบบกึ่งน้ำลึก (DRFT) และรูปน้ำนิ่ง โดยสามารถปรับใช้ได้ตามความต้องการ

2. แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

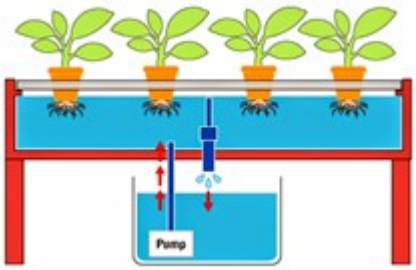
2.1 ระบบการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์

การปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์มีรูปแบบการปลูกที่นิยม 3 รูปแบบ ได้แก่ ระบบการปลูกแบบน้ำตื้น (Nutrient Film Technique: NFT) คือ การให้สารละลายธาตุอาหารพืชไหลผ่านรากพืชที่ปลูกบนรางตามความลาดชันของรางปลูกอย่างช้าๆ เป็นแผ่นฟิล์มบางๆ ประมาณ 1 ถึง 3 มิลลิเมตร พืชที่ปลูกได้ดีและนิยมปลูกในระบบนี้ ได้แก่ ผักกินใบจำพวกผักสลัด มีอายุยาวประมาณ 45 ถึง 50 วัน ระบบการปลูกแบบน้ำลึก (Deep

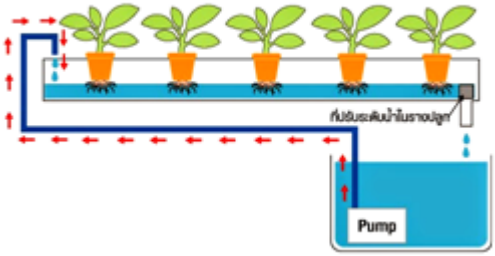
Flow Technique: DFT) การปลูกวิธีนี้มีลักษณะเหมือนการปลูกแบบลอยน้ำซึ่งสามารถปลูกได้ดีในที่ที่มีแดดจัด ซึ่งมีช่องว่างระหว่างแผ่นปลูกกับสารละลายธาตุอาหารพืช 3 ถึง 5 เซนติเมตร เพื่อให้รากพืชบางส่วนสัมผัสกับอากาศ โดยผักที่นิยมนำมาปลูกในระบบนี้ ได้แก่ ผักไทย เช่น ผักคะน้า ผักบุ้ง ผักโขม เป็นต้น และระบบการปลูกแบบกึ่งน้ำลึก (Dynamic Root Floating Technique: DRFT) ระบบนี้พัฒนามาจากระบบ DFT โดยเพิ่มการไหลเวียนของอากาศและสารละลายธาตุอาหารพืช ซึ่งสามารถใช้ปลูกได้ดีทั้งผักไทยและผักสลัด ซึ่งแสดงลักษณะของระบบการปลูกต่างๆ ดังรูปที่ 1 นอกจากระบบการการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์แบบต่างๆ ปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของผัก คือ สารละลายธาตุอาหารพืช โดยสารละลายธาตุอาหารพืชที่สำคัญและจำเป็นต้องควบคุมให้เหมาะสมสำหรับการปลูกแบบไฮโดรโปนิกส์ ได้แก่ ค่า EC, pH และ DO ซึ่งค่า EC คือค่าเหนี่ยวนำกระแสไฟฟ้าในของเหลวที่ใช้ในการปลูกพืช ซึ่งมีค่าที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 1.1-1.6 mS/cm ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ อายุของพืชและสภาพแวดล้อมในการปลูก ขณะนั้น ค่า pH คือ ค่าความเป็นกรด-เบสของสารละลายธาตุอาหารพืช โดยปกติค่า pH ที่ใช้ในการปลูกพืชมีค่าระหว่าง 5.5 - 7.0 และ ค่า DO คือ การหาปริมาณออกซิเจนซึ่งละลายอยู่ในน้ำ ปริมาณค่า DO ที่เหมาะสมคือ ระหว่าง 6.0-8.0 mg/l



(ก) ระบบการปลูกแบบน้ำตื้น



ข) ระบบการปลูกแบบน้ำลึก (DFT)



(ค) ระบบการปลูกแบบกึ่งน้ำลึก (DRFT)

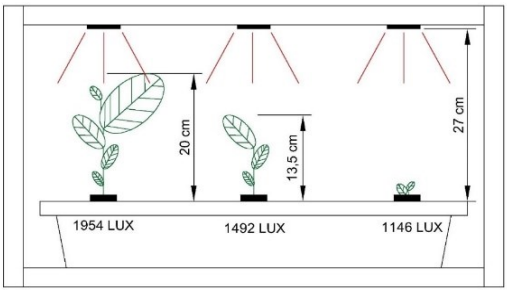
รูปที่ 1 ระบบการปลูกแบบไฮโดรโปนิกส์แบบต่างๆ [6]

2.2 การประยุกต์ใช้แสงเทียมกับการปลูกพืช

ระบบการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ในอาคารจำเป็นต้องใช้แสงเทียม เพื่อให้พืชมีแหล่งของแสงสำหรับการสังเคราะห์แสง โดยแสงจากหลอดแอลอีดีได้ถูกพัฒนาเพื่อการใช้ปลูกผักอีกทั้งมีความร้อนต่ำและประสิทธิภาพการใช้พลังงาน PAR [7] แสดงลักษณะของหลอดแสงเทียมดังรูปที่ 2 ซึ่งค่าความเข้มแสงของหลอดขึ้นอยู่กับความสูงในการใช้งาน ดังแสดงในรูปที่ 3 และจากผลการวิจัยของ สุทธิดา มณีเมือง และคณะ [5] ซึ่งทำการศึกษาผลของความเข้มแสงจากชุดหลอดแอลอีดีสำหรับการเพาะปลูกที่มีต่อผักสลัดเรดโอ๊คในระบบโรงเรือนไฮโดรโปนิกส์ โดยใช้ชุดหลอดแอลอีดีที่ช่วงความยาวคลื่นแสงสีแดง สีขาว และสีน้ำเงิน และมีค่าความส่องสว่าง 327 – 4338 ลักซ์ พบว่า แสงสีน้ำเงินที่มีค่าความส่องสว่าง 4338 ลักซ์ ให้การเจริญเติบโตดีดีที่สุด และสามารถใช้หลอดแอลอีดี (LED) สีแดง 80 ถึง 85% กับ หลอดแอลอีดีสีน้ำเงิน 15 ถึง 20% รวมกันเป็นแสงที่

มีความยาวคลื่นที่พืชต้องการได้เช่นเดียวกับแสงอาทิตย์ โดยเหมาะสมกับรูปแบบการนำไปใช้งานในร่มหรือการปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์

รูปที่ 2 ลักษณะของหลอดแสงเทียม



รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะและความเข้มแสง

2.3 เทคโนโลยีนาโนบับเบิ้ล (Nano Bubble Technology)

นาโนบับเบิ้ล (Nanobubble) มีเส้นผ่าศูนย์กลางน้อยกว่า 200 นาโนเมตร มีขนาดเล็กมากไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่าและคงอยู่ในน้ำได้นานกว่าฟองอากาศทั่วไปหลายเดือน เนื่องจากนาโนบับเบิ้ลมีพื้นที่ผิวของอากาศจำนวนมาก ไม่รวมตัวกันเป็นฟองขนาดใหญ่ ทำให้สามารถละลาย หรือแทรกตัวในตัวกลางที่เป็นของเหลว เช่น น้ำ ได้มากกว่าสภาวะปกติหลายเท่าตัว และทำให้มีแรงลอยตัวจึงทำให้การลอยขึ้นสู่ผิวน้ำช้ากว่าฟองอากาศทั่วไป ทำให้นาโนบับเบิ้ลมีคุณสมบัติพิเศษที่แตกต่างจากฟองอากาศทั่วไป ซึ่งประเทศญี่ปุ่นมีการนำมาประยุกต์ ในด้านต่างๆ มากมาย เช่น การบำบัดน้ำ การทำความสะอาดพื้นผิว ตลอดจนการเกษตรกรรม และการประมง รุ่งระวี ทองดอนเอ [3] โดยการเพิ่มความอิ่มตัวของออกซิเจนในน้ำช่วยให้พืชดูดซับออกซิเจนได้มากขึ้นผ่านทางรากโดยเฉพาะอย่างยิ่งในเวลากลางคืนเมื่อต้องการมากที่สุดน้ำอุดมไปด้วยออกซิเจน นาโนบับเบิ้ลให้ประโยชน์หลายประการสำหรับพืช เช่น ปรับปรุงโครงสร้างของรากซึ่งจะช่วยให้การดูดซึมสารอาหารและการคายน้ำดีขึ้นระดับออกซิเจนที่เพิ่มขึ้นในบริเวณรากกระตุ้นแบคทีเรียที่เป็นประโยชน์ซึ่งไม่เพียง แต่ช่วยยับยั้งเชื้อโรคจากการจับตัว แต่ยังช่วยเพิ่มการเปลี่ยนแอมโมเนียไปเป็นไนเตรตน้ำที่อุดมด้วยออกซิเจนช่วยป้องกันการสลบของรากเนื่องจากการขาดออกซิเจนในอาหารหรือสารอาหาร ผลโดยรวมคือพืชมีสุขภาพดีเติบโตเร็วขึ้นและมีแนวโน้มที่จะเป็นโรคน้อยลง [4] แสดงลักษณะของการเกิดนาโนบับเบิ้ลดังรูปที่ 4

รูปที่ 4 ลักษณะของการเกิดนาโนบับเบิ้ล

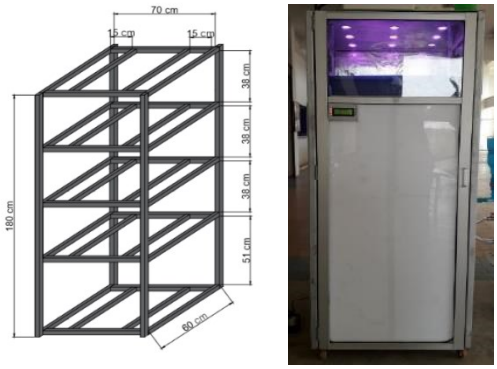
3. วิธีการวิจัย

งานวิจัยนี้ทำการออกแบบตู้ควบคุมการปลูกผักไฮโดรโปรนิกส์ด้วยแสงเทียมและเทคโนโลยีนาโนบับเบิ้ล โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างตู้ควบคุมที่มีคุณลักษณะที่สามารถปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ภายในอาคาร ในโครงงานนี้แบ่งการออกแบบออกเป็น 5 ส่วน ได้แก่ 1) การออกแบบและสร้างตู้ปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ 2) การออกแบบและติดตั้งระบบแสงเทียม 3) การออกแบบระบบกึ่งน้ำลึก (DRFT) และ 4) โปรแกรมควบคุม

อุณหภูมิภายในตู้ปลูกผัก และ 5) การสร้างนาโนบับเบิ้ลด้วยเครื่องสร้างนาโนบับเบิ้ล

3.1 การออกแบบและสร้างตู้ปลูกผักไฮโดรโปนิกส์

โครงสร้างของตู้ปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ใช้โครงสร้างเหล็กเพื่อความแข็งแรงทนทาน ในการออกแบบตู้ปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ ตู้มีลักษณะเป็นชั้นๆ มีอะคลิลิกปิดทุกด้าน เพื่อสะดวกต่อการควบคุมสภาวะภายในตู้ มีหลอดแสงเทียมที่เหมาะสมสำหรับการปลูกผัก และมีพัดลมระบายอากาศในแต่ละชั้น เพื่อระบายอากาศให้ถ่ายเทและควบคุมอุณหภูมิภายในตู้ผัก โครงสร้างของตู้ควบคุมการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์มีการออกแบบที่คำนึงถึงความเหมาะสมในการปลูกผักเรดโอ๊ก ซึ่งมีขนาดความสูง 180 เซนติเมตร ความกว้าง 75 เซนติเมตร และลึก 66 เซนติเมตร ดังแสดงในรูปที่ 5

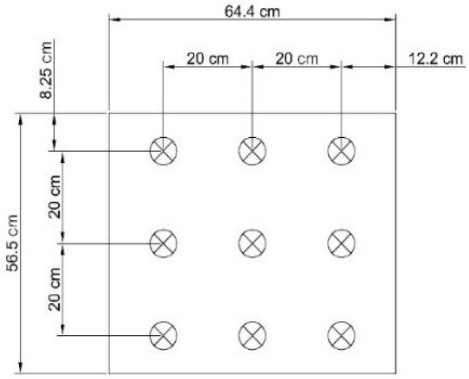


(ก) (ข)

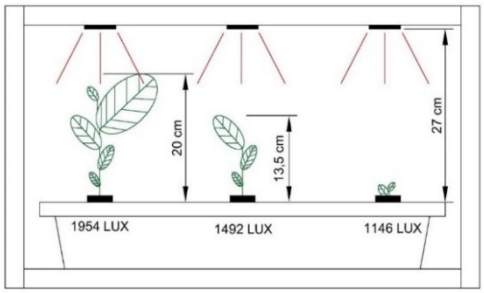
รูปที่ 5 แบบโครงสร้างตู้และตู้ควบคุมการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ (ก) แบบโครงสร้างตู้อัตราส่วน 1:30 (ข) ตู้ควบคุมการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์

3.2 การออกแบบและติดตั้งระบบแสงเทียม

การออกแบบการติดหลอดแสงเทียมเพื่อให้แสงกระจายได้ดีและมีค่าลักซ์เหมาะสมสำหรับการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ ซึ่งค่าลักซ์ที่เหมาะสมคือ 1100 ลักซ์ ถึง 2000 ลักซ์ ซึ่งหลอดแสงเทียมขนาด 5 วัตต์ มีค่าแสงเท่ากับ 450 ลูเมน จากข้อมูลดังกล่าวจึงทำการออกแบบโดยใช้หลอดแสงเทียมทั้งหมด 9 หลอด เรียงเป็นแถวๆ ละ 3 หลอด ระยะห่างระหว่างหลอดเท่ากับ 20 เซนติเมตร และระยะห่างจากหลอดไฟถึงฐานปลูกผักมีระยะเท่ากับ 27 เซนติเมตร แสดงตำแหน่งการติดหลอดแสงเทียม ดังรูปที่ 6 จากผลจากการออกแบบได้ค่าแสงที่กระจายทั่วถึง มีค่าแสงอยู่ระหว่าง 1146 ลักซ์ถึง 1954 ลักซ์ ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะและความเข้มแสดงดังรูปที่ 7 และการอออกแบบแสงเทียมตู้ปลูกผักที่ใช้ในงานวิจัย ดังรูปที่ 8



รูปที่ 6 ตำแหน่งการติดหลอดแสงเทียม

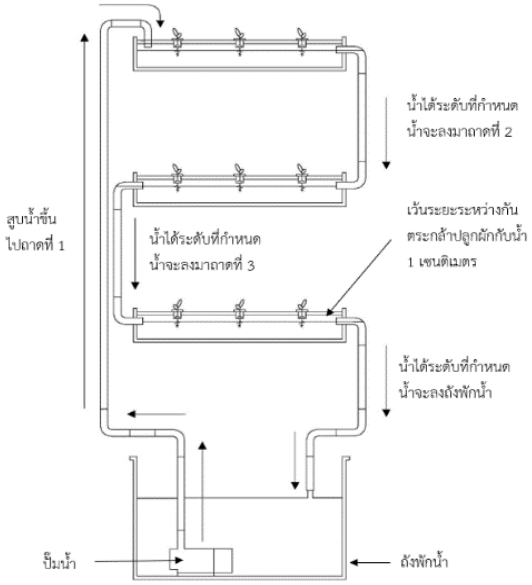


รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะและความเข้มแสง

รูปที่ 8 การอออกแบบแสงเทียมตู้ปลูกผักที่ใช้ในงานวิจัย

3.3 การออกแบบระบบกึ่งน้ำลึก (DRFT)

การออกแบบระบบกึ่งน้ำลึกในงานวิจัย มีการออกแบบการต่อท่อส่งจ่ายน้ำเป็นชั้นๆ เพื่อใช้ในการส่งไปที่ถาดปลูกผัก โดยการสูบน้ำจากถังน้ำด้วยปั๊มน้ำผ่านท่อไปที่ถาดน้ำ และน้ำจากถาดด้านบนลงมาด้านล่างตามลำดับและกลับลงมาสู่ถังน้ำวนลูปไปเรื่อยๆ โดยแต่ละชั้นมีปริมาณน้ำเท่ากัน คือ 25 ลิตร แสดงดังรูปที่ 9



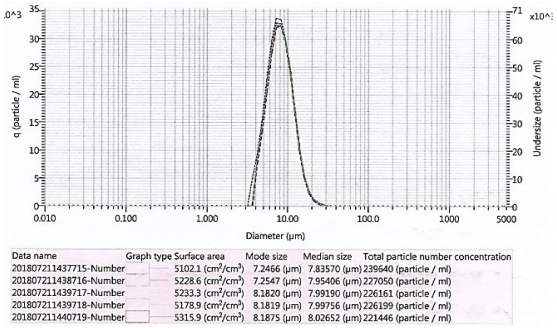
รูปที่ 9 การทำงานของระบบกึ่งน้ำลึก (DRFT)

3.4 โปรแกรมควบคุมอุณหภูมิภายในตู้ปลูกผัก

การควบคุมอุณหภูมิภายในตู้ปลูกผัก ใช้การควบคุมการทำงานของพัดลมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR หรือ Arduino ซึ่งโปรแกรมควบคุมรับค่าอุณหภูมิจากเซ็นเซอร์ทั้งหมด 3 ตัว มีเงื่อนไขการทำงาน คือ ถ้าอุณหภูมิมากกว่าหรือเท่ากับ 30 องศา ระบบจะสั่งงานให้รีเลย์ทำงานโดยจ่ายไฟไปที่พัดลมทำให้พัดลมทำงาน และสั่งให้แสดงค่าอุณหภูมิที่วัดได้ แสดงออกทางหน้าจอแสดงผล

3.5 การสร้างนาโนบับเบิ้ลด้วยเครื่องสร้างนาโนบับเบิ้ล

ในงานวิจัยนี้ทำการทดสอบตู้ควบคุมการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์กับผักสลัดชนิดเรดโอ๊ค (Red Oak) ซึ่งกำหนดค่าสารละลายธาตุอาหารพืชเท่ากับ 2.0 mS/cm และใช้เครื่องสร้างนาโนบับเบิ้ลสำหรับเพิ่มปริมาณออกซิเจนในสารละลายอาหารพืชในช่วงแรกเท่านั้น เริ่มต้นทำการปรับสภาพน้ำก่อนการเริ่มปลูก ซึ่งใช้น้ำกลั่น 100 ลิตร จากนั้นผสมธาตุอาหาร A-B ลงไป และทำการสร้างนาโนบับเบิ้ลในสารละลายธาตุอาหารพืชด้วยเครื่องสร้างนาโนบับเบิ้ลเป็นระยะเวลา 20 นาที และพัก 10 นาที ทำซ้ำทั้งหมด 3 รอบ การเว้นระยะเวลาการสร้างฟองอากาศเพื่อไม่ให้อุณหภูมิน้ำสูงเกินไป เนื่องจากการทำนาโนบับเบิ้ลเป็นเวลาติดต่อกันนานเกินไปจะทำให้น้ำร้อนได้ เมื่อได้สารละลายธาตอาหารพืชที่ผ่านการสร้างฟองอากาศด้วยเครื่องสร้างนาโนบับเบิ้ลแล้วจึงนำตัวอย่างไปทำการทดสอบขนาดของฟองอากาศ จากผลการทดสอบขนาดของฟองอากาศของสารละลายธาตุอาหารพืชด้วยเครื่อง Bubble Size Analyzer ยี่ห้อ HORIBA รุ่น LA-960 พบว่า ขนาดฟองที่มีปริมาณมากที่สุด (Mode size) เฉลี่ยอยู่ที่ 7.81054 μm และขนาดฟองที่มีปริมาณ 50 % (Median size) เฉลี่ยอยู่ที่ 7.959948 μm จากผลการทดสอบขนาดฟองมีขนาดในระดับไมโครซึ่งเมื่อเวลาผ่านไปจะลดขนาดลงอยู่ในระดับนาโน แสดงดังรูปที่ 10



รูปที่ 10 ผลการทดสอบขนาดของฟองอากาศของสารละลายธาตุอาหารพืช

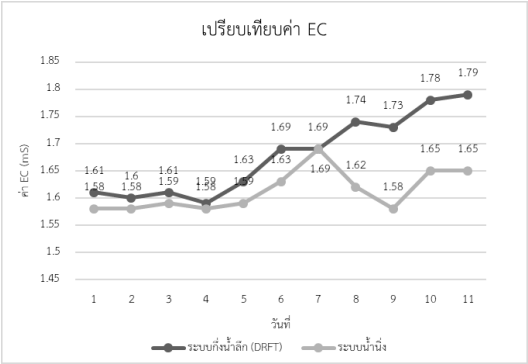
4.ผลการวิจัย

ในงานวิจัยนี้ทำการทดสอบตู้ควบคุมการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ด้วยแสงเทียมและเทคโนโลยีนาโนบับเบิ้ลกับผักสลัดชนิดเรดโอ๊ค จำนวน 27 ต้น เปรียบเทียบระหว่างระบบกึ่งน้ำลึกกับระบบน้ำนิ่ง และจากการทบทวนวรรณากรรมทำให้ทราบค่าปัจจัยที่เหมาะสมต่อปลูกผักสลัดในระบบไฮโดรโปนิกส์ ได้แก่ ค่า EC ค่า pH ค่า DO และค่าอุณหภูมิ แสดงดังตารางที่ 1 และทำการทดลองวัดค่า EC ค่า pH และค่า DO แสดงดังรูปที่ 11 รูปที่ 12 และรูปที่ 13 ตามลำดับ

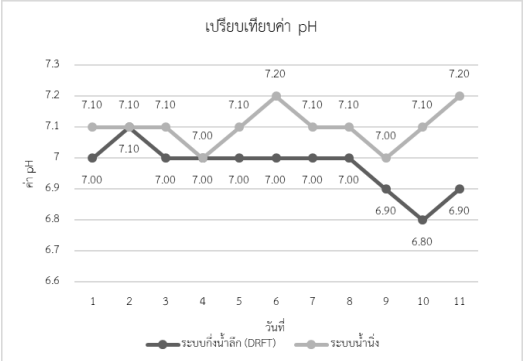
ตารางที่ 1 การกำหนดค่าปัจจัยเริ่มต้นของการปลูกผักสลัด

ปัจจัย	ค่า (หน่วย)
ค่า EC	1.60 mS/cm
ค่า pH	7.00
ค่า DO	6.50 mg/l
ค่าอุณหภูมิ	น้อยกว่า 30 °c

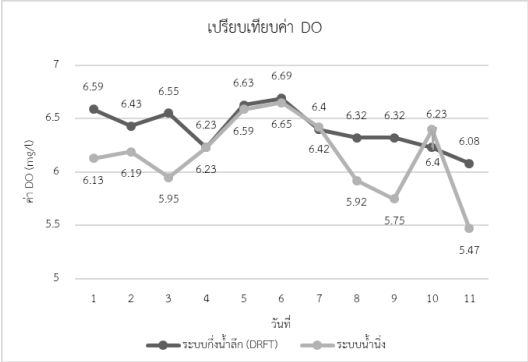
จากผลการทดลองปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ในตู้ควบคุม ซึ่งทำการวิเคราะห์ลักษณะการเจริญเติบโตของผักสลัดเรดโอ๊ค ได้แก่ ความกว้างพุ่ม ความสูง และความยาวราก โดยการวัดขนาดพุ่มของต้นผักวัดจากใบที่แผ่ออกของอีกด้านหนึ่งไปยังใบที่แผ่ออกที่ยาวที่สุดของอีกด้านหนึ่ง การวัดความสูงของต้นผักเริ่มวัดจากขอบฟองน้ำด้านบนไปถึงจุดสูงสุดของต้นผัก และการวัดความยาวรากของต้นผักก็เริ่มวัดจากขอบฟองน้ำด้านบนไปจนจุดที่ยาวที่สุดของราก แสดงผลการวัดค่าการเจริญเติบโต ดังรูปที่ 14 โดยแสดงกราฟเปรียบเทียบความสูง ความกว้างพุ่ม และความยาวรากของผักสลัดที่ปลูกด้วยระบบกึ่งน้ำลึก (DRFT) และระบบน้ำนิ่ง ดังแสดงในรูปที่ 14 (ก) รูปที่ 14 (ข) และรูปที่ 14 (ค) ตามลำดับ



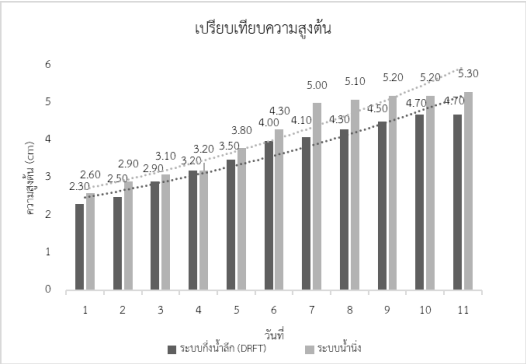
รูปที่ 11 ผลเปรียบเทียบค่า EC ระหว่างระบบกึ่งน้ำลึก(DRFT) และน้ำนิ่ง



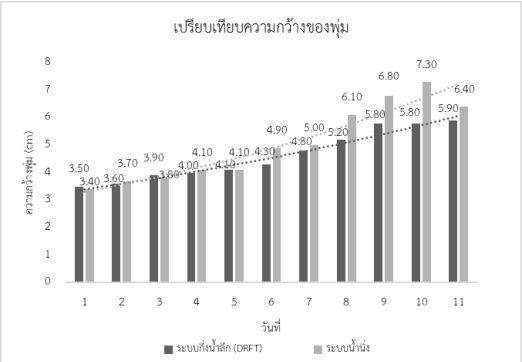
รูปที่ 12 ผลเปรียบเทียบค่า pH ระหว่างระบบกึ่งน้ำลึก(DRFT) และน้ำนิ่ง



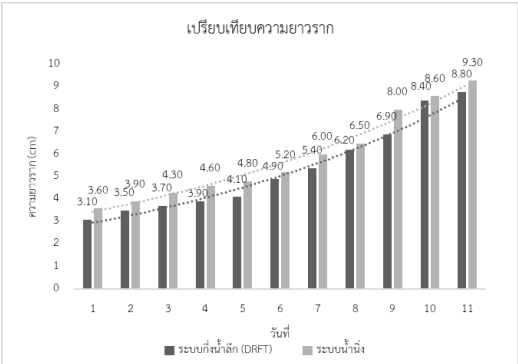
รูปที่ 13 ผลเปรียบเทียบค่า DO ระหว่างระบบกึ่งน้ำลึก(DRFT) และน้ำนิ่ง



(ก) เปรียบเทียบความสูงของผักสลัด



(ข) เปรียบเทียบความกว้างพุ่มผักสลัด



(ค) เปรียบเทียบความยาวรากของผักสลัด

รูปที่ 14 ผลการเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของผักสลัดที่ปลูกด้วยระบบกึ่งน้ำลึก (DRFT) และระบบน้ำนิ่ง

จากผลการทดลองเบื้องต้นเป็นระยะเวลา 11 วัน พบว่า ค่า EC ของระบบกึ่งน้ำลึกและน้ำนิ่งมีค่า 1.79 mS/cm และ 1.65 mS/cm ค่า pH ของระบบกึ่งน้ำลึกและน้ำนิ่งมีค่า 6.90 และ 7.20 และค่า DO ของระบบกึ่งน้ำลึกและน้ำนิ่งมีค่า 6.08 mg/l และ 5.47 mg/l ตามลำดับ และการวัดการเจริญเติบโตของผักสลัด พบว่า ความสูงเฉลี่ยของผักสลัดที่ปลูกในระบบกึ่งน้ำลึกและน้ำนิ่งมีความสูงเท่ากับ 4.70 และ 5.30 เซนติเมตร ความกว้างเฉลี่ยพุ่มของผักสลัดที่ปลูกในระบบกึ่งน้ำลึกและระบบน้ำนิ่งมีความกว้างพุ่มเท่ากับ 5.90 และ 7.40 เซนติเมตร ตามลำดับ และความยาวรากของผักสลัดที่ปลูกในระบบกึ่งน้ำลึกและน้ำนิ่งมีความยาวเท่ากับ 8.80 และ 9.30 เซนติเมตรตามลำดับ

6. อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการออกแบบตู้ควบคุมการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ด้วยแสงเทียมและเทคโนโลยีนาโนบับเบิ้ล ซึ่งทำการทดสอบกับผักสลัดชนิดเรดโอ๊ค จำนวน 27 ต้น โดยกำหนดค่าเริ่มต้นของระบบ ดังตารางที่ 1 และวัดค่าต่างๆ ในสารละลายธาตุอาหารพืช ได้แก่ ค่า EC ค่า pH และค่า DO พบว่า ค่าเฉลี่ย EC ในระบบกึ่งน้ำลึก (DRFT) มีค่าสูงกว่าระบบน้ำนิ่ง 0.14 mS/cm ค่าเฉลี่ย pH ในระบบกึ่งน้ำลึก (DRFT) มีค่าต่ำกว่าระบบน้ำนิ่ง 0.3 และค่าเฉลี่ DO ในระบบกึ่งน้ำลึก (DRFT) มีค่าต่ำกว่าระบบน้ำนิ่ง 0.61 mg/l ในช่วงระยะเวลาการปลูก 11 วัน เป็นช่วงระยะแรกของการเติบโตของผักสลัด ซึ่งค่า EC จะมีค่าเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยแต่เมื่ออายุผักสลัดมากขึ้น ค่า EC จะค่อยๆ ลดลงเนื่องจากการดูดซึมธาตุอาหารจากรากพืชมากขึ้น โดยที่ pH และ DO ควรอยู่ในช่วงที่กำหนดเพื่อให้สารละลายธาตุอาหารพืชอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมต่อการปลูกผักสลัด และเมื่อพิจารณาค่าการเจริญเติบโตของผักสลัด พบว่า ความสูงเฉลี่ยของผักสลัดที่ปลูกในระบบน้ำนิ่งสูงกว่าระบบกึ่งน้ำลึก 0.6 เซนติเมตร ความกว้างพุ่มเฉลี่ยของผักสลัดที่ปลูกในระบบน้ำนิ่งมีขนาดพุ่มกว้างกว่าระบบกึ่งน้ำลึก 1.5 เซนติเมตร และความยาวรากของผักสลัดที่ปลูกในระบบ

น้ำนิ่งมีความยาวรากยาวกว่าระบบกึ่งน้ำลึก 0.5 เซนติเมตร โดยค่าการเจริญเติบโตของผักสลัดเรดโอ๊ค ระยะปลูกเวลา 11 วัน ในระบบน้ำนิ่งมีการเจริญเติบโตดีกว่าระบบกึ่งน้ำลึก14.6% ซึ่งมีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อยและทั้งสองระบบยังคงรักษาคุณภาพของสารละลายธาตุอาหารพืชที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตได้ดี

7. สรุป

งานวิจัยนี้ทำการออกแบบและสร้างตู้ควบคุมการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ด้วยแสงเทียมและเทคโนโลยีนาโนบับเบิ้ลเพื่อนำไปใช้สำหรับการปลูกผักไฮโดโปนิกส์ในอาคาร โดยใช้หลอดแอลอีดีสำหรับปลูกผักที่มีค่าความเข้มแสงที่เหมาะสมต่อการปลูกผักสลัด คือ 1100 ถึง 2000 ลักซ์ รักษาสภาพอากาศภายในตู้อย่างเหมาะสม และใช้เครื่องสร้างนาโนบับเบิ้ลให้กับสารละลายธาตุอาหารพืชเพื่อช่วยเติมอากาศให้แก่ธาตุอาหารส่งผลดีต่อการลำเลียงสารอาหารจากรากทำให้พืชเจริญเติบโตได้ดี เมื่อทำการทดลองปลูกผักสลัดชนิดเรดโอ๊ค ทั้งในรูปแบบกึ่งน้ำลึก (DRFT) และรูปแบบน้ำนิ่ง พบว่า การปลูกทั้งสองรูปแบบผักสลัดมีการเจริญเติบโตใกล้เคียงกัน สามารถรักษาคุณภาพของสารละลายธาตุอาหารพืชได้ดี และใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับตู้ควบคุมการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์เท่ากับ 0.104 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง หรือประมาณ 2.51 กิโลวัตต์ต่อวัน คิดเป็นเงิน 10 บาทต่อวัน ดังนั้น จึงสามารถสรุปได้ว่างานวิจัยที่นำเสนอสามารถนำมาใช้ปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งยังสามารถช่วยลดเวลาในการดูแลผักลงได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลก สำหรับการสนับสนุนวัสดุ อุปกรณ์ และสถานที่ดำเนินงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

[1] ไกรสร วอนแม้น, ณัฐภูมินทร์ นิลโชติ และเสกสรร มธุลาภรังสรรค์. ระบบควบคุมการให้สารอาหารสำหรับปลูกพืชไฮโดรโปนิกส์แบบน้ำบาง. (ออนไลน์). แหล่งที่มา: http://www.eng.kps.ku.ac.th/dblibv2/fileupload/project_IdDoc202_IdPro588.pdf. 19 กุมภาพันธ์ 2561.

[2] กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (2558). การปลูกผักไฮโดรโปนิกส์. เอกสารคำแนะนำ 5/2558. สำนักพิมพ์ ชุมนุมเกษตรกรการเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด. กรุงเทพฯ.

[3] รุ่งระวี ทองดอนเอ. เทคโนโลยีไมโคร/นาโนบับเบิลกับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (ออนไลน์). แหล่งที่มา: https://webs.rmutl.ac.th/assets/upload/files/2017/11/20171105093459_40143.pdf. 19 กุมภาพันธ์ 2561.

[4] Moleaer beyond aeration. Nanobubble Generator for Enchanced Hydroponic Growth (online). Available online: https: / / moleaer. com/ project/ hydroponics/ . (accessed 2 March 2018).

[5] สุทธิดา มณีเมือง, เนตรนภา อินสลุด, นิติ คำเมือง ลือ ประดิษฐ์ เทอดทูล และพฤทธ์ สกุลช่างสัจจะทัย. (2558). ผลของความเข้มแสงจากชุดหลอดแอลอีดีสำหรับการ เพาะปลูกที่มีต่อผักสลัดเรดโอ๊คในระบบโรงเรือนไฮโดรโปนิกส์. วารสาร มทร. อีสาน, 8 (1) ,63-72.

[6] ลักษณะการปลูกโดยทั่วไปของผัก (ออนไลน์). แหล่งที่มา: www.zen-hydroponics.Blogpot. 15 มกราคม 2561.

[7] นภัทร วัจนเทพินทร์ และไชยยันต์ บุญมี. (2558). ไดโอดเปล่งแสงสีอะไรเหมาะสมกับการปลูกพืช. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 5 (1) ,158-176.

Journal of Innovative Technology Research
Vol.3 No.2 July – December 2019 Rajamangala University of Technology Lanna

การผลิตถ่านอัดแท่งด้วยเศษถ่านที่เหลือจากกระบวนการผลิตกล้วยทอดกรอบ

ณัฐพล วิชาญ[1]*, กันยาพร ไชยวงศ์[1], พรพิมล พรมรักษา[1] และ อภินันท์ กาน้อย[1]
[1]คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน
59 หมู่ 13 ต.ฝายแก้ว อ.ภูเพียง จ.น่าน 55000

รับบทความ 15 ตุลาคม 2561 ตอบรับบทความ 10 ธันวาคม 2561 เผยแพร่ออนไลน์ 30 พฤษภาคม 2563

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้มุ่งหมายกำจัดของเหลือทิ้งในกระบวนการทอดกล้วย และพัฒนาผลิตภัณฑ์จากเศษถ่านเหลือทิ้ง และเพิ่มรายได้ให้แก่กลุ่มแปรรูปกล้วยฉาบบ้านทุ่งอ้าว อ.ทุ่งช้าง จ.น่าน โดยสามารถสร้างเครื่องผลิตถ่านอัดแท่งด้วยเศษถ่านที่เหลือจากกระบวนการผลิตกล้วยทอดกรอบได้จำนวน 1 เครื่อง ซึ่งเครื่องผลิตถ่านอัดแท่งนี้มี 2 กระบวนการในเครื่องเดียว คือกระบวนการบดถ่าน และกระบวนการอัดแท่งถ่าน โดยความเร็วรอบของสกรูอัดที่เหมาะสมในการทำงานของเครื่องนี้คือ 300 rpm มีอัตราการผลิต 49.41 kg/hr ถ่านอัดแท่งมีค่าความชื้น 6.35 % มีค่าความหนาแน่นมวล 635.92 kg/m3 มีค่าความร้อน 5,493.46 kcal/kg และมีประสิทธิภาพเชิงความร้อน 37.48 % ซึ่งถ่านอัดแท่งที่ผลิตได้มีราคาสูงกว่าเศษถ่านที่เหลือจากกระบวนการผลิตกล้วยทอดกรอบกิโลกรัมละ 14 บาท เป็นการเพิ่มรายได้ให้แก่กลุ่มแปรรูปกล้วยฉาบได้เป็นอย่างดี

คำสำคัญ: การผลิตถ่าน, ถ่านอัดแท่ง

E-mail : wichan.n@hotmail.com

The Production of Charcoal Briquette with Charcoal Residue from Banana Chip Production

Natthaphon Vichan[1]*, Kanyaphorn Chaiwong[1], Phornpimon Promraksa[1] and Apinun Kanoi[1]

[1]Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering,

Rajamangala University of Technology Lanna Nan

59 Moo 13, Fai Kaeo, Phu Phiang District, Nan, Thailand 55000

Receive: 15 October 2018 Accepted: 10 December 2018 Published online: 30 May 2020

Abstract

This research aims to waste in the banana chip process, to development briquetted with charcoal residue and increase revenue to group of banana chip product at Tungaow village, Tungchang district Nan. Can created Charcoal briquette machine with charcoal residue in the banana chip process. There are 2 process to production of charcoal in this machine which charcoal grinding process and charcoal briquette process, 300 rpm of motor cycle speeded with screw press, 49.41 kg/hr of production rate, 6.35 % of moisture of charcoal briquette, 635.92 kg/m^3 of density, 5,493.46 kcal/kg of heat value and 37.48 % of thermal efficiency. The charcoal briquette is more expensive charcoal grinding in banana chip process at 14 baht/kg. It make to increase revenue to group of banana chip product as well.

Keywords: Production of Charcoal, Charcoal Briquette

1. บทนำ

กลุ่มแปรรูปกล้วยฉาบบ้านทุ่งอ้าว เป็นการรวมตัวของกลุ่มเกษตรกรในหมู่บ้านทุ่งอ้าว อ.ทุ่งช้าง จ.น่าน ด้วยหมู่บ้านทุ่งอ้าวมีลักษณะภูมิประเทศอยู่ในหุบเขา ไม่เหมาะสำหรับการทำนา ทำไร่ ทำสวน โดยมีพื้นที่นาเพียง 400 ไร่ และสวน 1,000 ไร่ จึงทำให้ชาวบ้านส่วนใหญ่ต้องออกไปรับจ้างทำงานตามหมู่บ้านอื่น และต่างจังหวัด ซึ่งทางมูลนิธิปิดทองหลังพระ ได้นำองค์ความรู้ด้านการพัฒนาแหล่งน้ำเข้ามาซ่อมแซมฝายน้ำสองและฝายน้ำอ้าว แนะนำวิธีบริหารจัดการน้ำให้สามารถใช้ร่วมกันได้อย่างทั่วถึง ตั้งแต่ต้นน้ำจนถึงปลายน้ำ จึงทำให้ปัจจุบันชาวบ้านมีน้ำใช้ในการเกษตรได้ตลอดทั้งปี รวมถึงแนะนำปลูกพืชทางเลือกอย่างกล้วยน้ำว้า พร้อมกับประสานบริษัทสยามบานานาเข้าสอนวิธีการแปรรูปกล้วยเพื่อเพิ่มมูลค่า และรับซื้อเข้าโรงงาน โดยกลุ่มเกษตรกรนี้จะใช้เวลาว่างหลังทำนา ทำไร่ ทำสวน นำกล้วยน้ำว้าที่มีมากในท้องถิ่นมาแปรรูปทอดขายส่งให้โรงงานสยามบานาน่า วิธีการจัดการภายในกลุ่มเป็นไปอย่างเรียบง่าย มีสมาชิกไม่น้อยกว่า 10 คน แบ่งกันทำหน้าที่ตั้งแต่การปลอก ล้าง หั่นซอย และทอด รวมถึงการบรรจุใส่ถุงและจัดส่งให้แก่โรงงานสยามบานาน่า โดยโรงงานจะรับซื้อในราคากิโลกรัมละ 50 บาท ซึ่งในแต่ละสัปดาห์สามารถทอดขายได้เฉลี่ย 500 กิโลกรัม ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวัตถุดิบกล้วย ซึ่ง 1 เดือนทอดขายได้ประมาณ 2,000 กิโลกรัม สร้างรายได้กว่า 1 แสนบาทต่อเดือน นอกจากนั้นทางกลุ่มยังได้ออกแบบ และพัฒนาผลิตภัณฑ์ในรูปแบบกล้วยปรุงรสเพื่อจำหน่ายตลาดในจังหวัด รวมถึงกลุ่มนักท่องเที่ยวที่สนใจ ซึ่งถือเป็นอีกหนึ่งผลิตภัณฑ์ที่กำลังพร้อมที่จะเติบโต และเป็นที่ต้องการของผู้บริโภคมากยิ่งขึ้น

ปัจจุบันทางกลุ่ม ฯ มีความจำเป็นต้องเพิ่มการผลิตเพื่อให้เพียงพอกับความต้องการของตลาด ทำให้ต้องมีการผลิตตลอดทั้งสัปดาห์ (จากเดิมที่ 4 วันต่อสัปดาห์) ปัญหาสำคัญอย่างหนึ่งที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต คือการกำจัดของเหลือทิ้งที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เศษถ่านที่เหลือจากกระบวนการให้ความร้อนภายในเตาทอดซึ่งใช้ฟืนเป็นเชื้อเพลิง และโดยลักษณะตัวเตาที่ถูกออกแบบให้มีโครงสร้างคร่อมตัวกระทะแบบเตาดิน ทำให้ภายหลังจากกระบวนการเผาไหม้จะได้ถ่านไม้เป็นผลิตภัณฑ์ร่วมด้วย ทั้งนี้ถ่านไม้ดังกล่าวจะมีลักษณะเป็นเศษถ่านขนาดเล็ก ไม่แข็งมาก ความหนาแน่นต่ำ จึงไม่เหมาะสมต่อการนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในครัวเรือน นอกจากนั้นหากพิจารณาผลในเชิงปริมาณร่วมด้วยจะพบว่าทางกลุ่ม ฯ มีความจำเป็นต้องใช้ฟืนประมาณ 400 กิโลกรัม ต่อวัน และคิดเป็นเศษถ่านเหลือทิ้งที่รอการกำจัดโดยประมาณ 50 กิโลกรัมต่อวัน หรือประมาณ 1500 กิโลกรัมต่อเดือน จึงส่งผลกระทบโดยตรงต่อปัญหาด้านสภาพพื้นที่ การจัดเก็บและสุขอนามัยโดยรอบบริเวณการผลิต จากสาเหตุข้างต้นจึงมีความจำเป็นที่ทางกลุ่มต้องเร่งสร้างแนวทางการกำจัดเศษถ่านดังกล่าว และนำกลับมาใช้ให้เกิดประโยชน์ ดังนั้นในโครงการวิจัยนี้ จึงมุ่งเน้นการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากเศษถ่าน โดยนำมาผ่านกระบวนการอัดแท่ง เพื่อเพิ่มความหนาแน่น และความร้อนให้กับเชื้อเพลิง ในรูปถ่านอัดแท่งทั้งนี้นอกจากจะช่วยเพิ่มมูลค่าด้านพลังงาน เพิ่มรายได้จากการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากวัตถุดิบที่มีอยู่ แล้วยังเป็นอีกหนึ่งแนวทางของการแก้ไขปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมได้อย่างเหมาะสมอีกด้วย

2. วัตถุประสงค์

1) เพื่อกำจัดของเหลือทิ้งในกระบวนการทอดกล้วยของกลุ่มแปรรูปกล้วยฉาบบ้านทุ่งอ้าว

2) เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์จากเศษถ่านเหลือทิ้งและเพิ่มรายได้ให้แก่กลุ่มแปรรูปกล้วยฉาบบ้านทุ่งอ้าว

3. แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

3.1) พลังงานชีวมวล

3.1.1) ความหมายของพลังงานชีวมวล

Biomass เป็นการผสมคำระหว่าง Bio หมายถึง สิ่งมีชีวิต กับ mass ซึ่งหมายถึงปริมาณพลังงานที่ได้จากพืชและสัตว์โดยที่สามารถนำไปใช้ในรูปของพลังงานได้ [1]

ชีวมวลเป็นพลังงานที่ได้จากพืชและสัตว์โดยกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางเคมีโดยใช้ความร้อนหรือ

กระบวนการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีโดยอาศัยจุลินทรีย์ [2]

พลังงานชีวมวล หมายถึง พลังงานที่ได้มาจากชีวมวลโดยอาศัยกระบวนการ ที่ทำให้เกิดการแตกตัวของอินทรีย์สารที่อยู่ในชีวมวลและผลิตพลังงานออกมา [3]

สรุปได้ว่าพลังงานชีวมวล หมายถึง พลังงานที่ได้จากพืชและซากสัตว์หรืออินทรีย์สารต่างๆ โดยที่สามารถนำไปใช้ในรูปของพลังงานได้ พลังงานที่ได้มาจากชีวมวลจะอาศัยกระบวนการ ที่ทำให้เกิดการแตกตัวของอินทรีย์สารที่อยู่ในชีวมวลและผลิตพลังงานออกมา

3.1.2) ความสำคัญของพลังงานจากชีวมวล

จากปัญหาการลดลงของทรัพยากรประเภทใช้แล้วหมดไป เช่น น้ำมัน ก๊าซธรรมชาติ และถ่านหิน ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานที่ใช้กันมาก ประกอบกับการเกิดวิกฤตการณ์พลังงาน ทำให้มนุษย์หาทางประหยัดการใช้พลังงาน และพัฒนาพลังงานรูปอื่นขึ้นมาทดแทน โดยเฉพาะประเภทที่ไม่มีวันหมดสิ้นไปหรือเรียกว่าพลังงานหมุนเวียน (Renewable Energy) เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานจากแหล่งน้ำ พลังงานลม และพลังงานจากชีวมวล เป็นต้น [2]

ชีวมวลสามารถนำมาใช้เป็นพลังงานได้หลายรูปแบบ เช่น นำไม้มาทำฟืนหรือเผาถ่าน นำมาผลิตก๊าซชีวมวลเพื่อใช้กับเครื่องยนต์ นำมูลสัตว์มาหมักหรือย่อยสลายโดยอาศัยปฏิกิริยาทางเคมีที่เกิดจากจุลินทรีย์เปลี่ยนเป็นก๊าซชีวภาพ ใช้ในการหุงต้ม เดินเครื่องยนต์ หรือผลิตกระแสไฟฟ้า เราได้ใช้พลังงานจากชีวมวลมาเป็นเวลานานแล้วจนถึงปัจจุบันก็ยังมีการนำมาใช้ประโยชน์ในสัดส่วนที่ไม่น้อยเลย โดยเฉพาะในประเทศที่กำลังพัฒนา ตามชนบทก็ยังมีการใช้ฟืนหรือถ่านในการหุงหาอาหาร ชีวมวลเป็นอินทรีย์สารที่ได้จากพืชและสัตว์ต่างๆ เช่น เศษไม้ ขยะ วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญที่หาได้ในประเทศ โดยเฉพาะประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม มีผลผลิตทางการเกษตรเป็นจำนวนมากอาทิ แกลบ ฟางข้าว ชานอ้อย กากและกะลาปาล์ม เป็นต้น ซึ่งชีวมวลเหล่านี้สามารถนำมาเผาไหม้เพื่อนำพลังงานความร้อนที่ได้ไปใช้ในกระบวนการผลิตไฟฟ้า

อย่างไรก็ตามการนำชีวมวลมาผลิตพลังงานยังมีข้อจำกัดอยู่ เช่น บางชนิดใช้ได้ทั้งเป็นอาหารและพลังงาน ได้แก่ อ้อย มันสำปะหลัง ถ้าจะนำมาใช้เป็นพลังงานต้องไม่ทำให้อาหารขาดแคลน โดยอาจใช้ส่วนที่เหลือหรือปลูกพืชเหล่านี้ให้มากขึ้น การนำไม้ในป่ามาเป็นเชื้อเพลิงหรือผลิตพลังงาน ย่อมทำให้ไม้หมดไป เกิดผลเสียต่อสิ่งแวดล้อมตามธรรมชาติ จึงควรปลูกไม้โตเร็ว เพื่อนำมาใช้เป็นพลังงานโดยตรงเพื่อลดปัญหาการทำลายป่าลง

3.1.3) วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร [4]

วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรหลักที่สามารถนำมาใช้เป็นพลังงานทดแทน ได้แก่ แกลบ, ฟางข้าว, ชานอ้อย, กากและกะลาปาล์ม, กะลามะพร้าว ฯลฯ จากการประเมินศักยภาพของวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรจากพืช 10 ชนิดที่มีศักยภาพสูง ได้แก่ อ้อย, ข้าว, น้ำมันปาล์ม, มะพร้าว, มันสำปะหลัง, ข้าวโพด, ถั่วลิสง, ฝ้าย, ถั่วเหลืองและข้าวฟ่าง ในปี พ.ศ. 2543 พบว่าปริมาณวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ประมาณ 63 ล้านตัน โดยถูกนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงและใช้เพื่อวัตถุประสงค์อื่นๆ ประมาณ 16 ล้านตัน ปริมาณวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ส่วนที่ยังไม่ได้ใช้เท่ากับ 42 ล้านตันเทียบเท่าพลังงาน 604.82 เพตาจูล (6.04 X 1017 จูล)

กระบวนการผลิตทางการเกษตรของประเทศไทย อันได้มาซึ่งผลผลิตต่างๆ ที่ส่งออกไปยังต่างประเทศมีมูลค่าปีละหลายพันล้านบาท เป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้เกิดวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร สามารถนำมาผลิตพลังงานทดแทน ยังได้จากอุตสาหกรรมเกษตร อาทิเช่น แกลบจากโรงสี กากอ้อยจากโรงงานน้ำตาล กากปาล์ม เปลือกปาล์ม และกะลาปาล์มจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม กาบและกะลามะพร้าวจากโรงงานแปรรูปเนื้อมะพร้าว ขี้เลื่อยจากโรงงานแปรรูปไม้ เป็นต้น ประเมินว่าศักยภาพในการผลิตพลังงานทดแทนจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร จากรายงานการใช้เชื้อเพลิงในปี 2542 ปริมาณการใช้ฟืน 6.7 ล้านตัน ถ่านไม้ 3.3 ล้านตัน โดยใช้ฟืนเป็นเชื้อเพลิงของหม้อไอน้ำ ในอุตสาหกรรมอาหารอบนึ่ง ใช้กับเตาใน

อุตสาหกรรมเซรามิค การผลิตอิฐ และการผลิตปูนขาว ส่วนใหญ่ใช้หุงต้มประกอบอาหารในครัวเรือนชนบท ส่วนถ่านไม้ใช้ในอุตสาหกรรมครัวเรือน หุงต้มประกอบอาหารทั้งครัวเรือนชนบทและในเมือง รายงานกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงานในปี 2539 มีแหล่งผลิตฟืนและถ่านเหลือเพียง 25.6% โดยปริมาณการใช้ฟืนและถ่านคิดเป็น 16.7% เทียบกับการใช้พลังงานอื่นๆ ดังนั้นการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาแปรเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อน สำหรับการหุงต้มประกอบอาหารหรือในอุตสาหกรรมครัวเรือน ซึ่งเป็นสิ่งที่หาได้ง่าย มีค่าใช้จ่ายไม่สูงมากนัก เมื่อเทียบกับพลังงานไฟฟ้า หรือก๊าซธรรมชาติ ยังก่อให้เกิดประโยชน์อย่างคุ้มค่าต่อชุมชน ช่วยลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน การแปรรูปจากซังข้าวโพดเป็นถ่านจึงเป็นรูปแบบหนึ่งที่เกษตรกรสามารถจะทำได้เอง โดยอาศัยความรู้พื้นฐานทางธรรมชาติของวัสดุเหลือใช้ และกระบวนการวิธีการเผาถ่านที่เป็นเทคโนโลยีจากนักวิชาการที่ภาครัฐส่งเสริมเพื่อนำไปสู่ชุมชนที่เข้มแข็งและพึ่งตนเองได้ในที่สุด

3.1.4) ศักยภาพชีวมวลในประเทศไทย

ในปี 2550 กระทรวงพลังงานได้ประเมินศักยภาพของชีวมวลในประเทศที่สามารถใช้ในการผลิตไฟฟ้าอยู่ที่ประมาณ 3,000 MW แบ่งเป็นชีวมวลที่มาจากแกลบ 700 MW ฟางข้าว 650 MW ชานอ้อย 900 MW ยอดอ้อยและใบอ้อย 570 MW เส้นใย กะลา และทะลาย ปาล์มเปล่า 70 MW เศษไม้ 40 MW เหง้ามันสำปะหลัง 70 MW และซังข้าวโพด 70 MW

ความเชื่อมั่นศักยภาพของพลังงานจากชีวมวลในประเทศทำให้กระทรวงพลังงานตั้งเป้าหมายว่าในปี 2554 การผลิตไฟฟ้าจากชีวมวลจะต้องส่งเสริมให้ได้จำนวน 2,800 MW หรือคิดเป็นพลังงานได้ประมาณ 940 พันตันน้ำมันดิบ (kilotons of oil equivalent: ktoe) สามารถใช้ผลิตพลังงานความร้อนเชิงพานิชย์ได้ 3,660 ktoe จากเดือนพฤศจิกายน 2550 ที่สามารถผลิตได้จำนวน 1,977 MW

ตารางที่ 1 ประเภทและศักยภาพชีวมวลในประเทศไทย (2550) [5]

ประเภทของชีวมวล	กำลังไฟฟ้า (MW)
แกลบ	700
ฟางข้าว	650
ชานอ้อย	900
ยอดและใบอ้อย	570
เส้นใย กะลา ทะลายปาล์ม	70
เศษไม้	40
เหง้ามันสำปะหลัง	70
ซังข้าวโพด	70

ตารางที่ 2 ศักยภาพทางพลังงานของชีวมวลในประเทศไทยในปี (2550) [5]

ประเภทของชีวมวล	วัสดุที่ใช้เป็นเชื้อเพลิง	ค่าความร้อน (MJ/kg)	ศักยภาพในการนำมาใช้เป็นพลังงาน (PJ)
อ้อย	ชานอ้อย	16.21	130 - 199
	ใบ และยอด	16.51	
ข้าว	แกลบ	13.98	77 - 87
	ฟางข้าว	14.35	
ข้าวโพด	ซังข้าวโพด	16.12	6 – 8
	ใบ	15.05	
มันสำปะหลัง	เหง้ามันสำปะหลัง	14.56	

ตารางที่ 3 พลังงานชีวมวลที่เกิดขึ้นในแต่ละปี [6]

ชีวมวล	ความชื้น (%)	ค่าความร้อนต่ำ(MJ/kg)	อัตราส่วนชีวมวล ต่อผลผลิต (%)	อัตราส่วนชีวมวล ตัน/ไร่	ปริมาณล้านตัน	พลังงาน (GJ x 10^6)
แกลบ	12.00	13.52	21.00		5.25	70.96
ฟางข้าว	10.00	12.33	49.00		12.25	151.04
ชานอ้อย	50.73	7.37	28.00		14.00	103.15
ใบและยอดอ้อย	9.20	15.48	17.00		8.50	131.57
ขี้เลื่อย	55.00	6.57		3	0.75	4.93
ปีกไม้	55.00	6.57		12	3.00	19.71
ปลายไม้	55.00	6.57		12	3.00	19.71
รากไม้	55.00	6.57		5	1.25	8.21
ใยปาล์ม	38.50	11.40	19.00		0.95	10.83
กะลาปาล์ม	12.00	16.90	4.00		0.20	3.38
ทะลายเปล่าปาล์ม	58.60	7.24	32.00		1.60	11.58
ทางปาล์ม	78.00	1.76	141.00		7.05	12.41
ลำต้นปาล์ม	48.40	7.54		10	0.10	0.75
เหง้ามันสำปะหลัง	59.40	5.49	20.00		3.40	18.68
ซังข้าวโพด	40.00	9.62	24.00		1.20	11.54
เปลือกไม้ยูคาลิปตัส	63.00	4.92		3	1.80	8.85
			รวม			633
			เทียบเท่าน้ำมันดิบ			15,000

ชีวมวลที่เกิดขึ้นในแต่ละปีนั้น บางส่วนได้ถูกนำมาใช้เป็นพลังงานแล้วดังนี้

(1) กระบวนการผลิตของผู้ผลิตชีวมวลเอง

(1.1) โรงงานน้ำตาลใช้ชานอ้อยประมาณ 80% ของส่วนที่เกิดขึ้น เป็นเชื้อเพลิงผลิตไฟฟ้าและไอน้ำเพื่อกระบวนการผลิต คิดเป็นพลังงาน 82.50 ล้านกิกะจูล

(1.2) โรงงานสีข้าว โรงสีไฟ และโรงสีข้าวนึ่งใช้แกลบเป็นพลังงานในการอบข้าวเปลือกสีข้าวและนึ่งข้าว คิดเป็นพลังงานรวม 21.30 ล้านกิกะจูล

(1.3) โรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดิบใช้ใยปาล์มประมาณ 90% ของส่วนที่เกิดขึ้น เป็นเชื้อเพลิงผลิตไฟฟ้าและไอน้ำเพื่อกระบวนการผลิต คิดเป็นพลังงาน 9.75 ล้านกิกะจูล

(1.4) โรงเลื่อยไม้ยางพาราใช้ปีกไม้ยางพาราประมาณ 40% ของส่วนที่เกิดขึ้น เป็นเชื้อเพลิงอบไม้ยางพารา คิดเป็นพลังงาน 7.88 ล้านกิกะจูล

(1.5) โรงงานผลิตเยื่อกระดาษใช้เปลือกไม้ยูค่าลิปตัส และฝุ่นไม้ประมาณ 50% ของส่วนที่เกิดขึ้นเป็นเชื้อเพลิงผลิตไฟฟ้าและไอน้ำเพื่อกระบวนการผลิต คิดเป็นพลังงาน 4.43 ล้านกิกะจูล คิดเป็นพลังงานรวม 125.86 ล้านกิกะจูลหรือ 2,900 ktoe

(2) โรงไฟฟ้าชีวมวลที่ใช้แกลบ ชานอ้อย น้ำมันยางดำและเปลือกไม้ยูคาลิปตัส ผลิตไฟฟ้าจ่ายเข้าระบบ คิดเป็นหน่วยไฟฟ้าเท่ากับ 1,764 ล้านกิโลวัตต์ – ชั่วโมง

(3) โรงงานอุตสาหกรรมที่ใช้ชีวมวลผลิตความร้อนเพื่อกระบวนการผลิตตัวอย่าง เช่น

ก. โรงงานแป้งมัน โรงงานผลิตผงชูรส และโรงงานผลิตน้ำมันพืชใช้แกลบเป็นเชื้อเพลิงทดแทนน้ำมันเตา

ข. โรงงานผลิตถุงมือยางใช้เศษไม้ยางพาราเป็นเชื้อเพลิงทดแทนน้ำมันเตา

ค. โรงงานปูนซิเมนต์ใช้แกลบ และเศษไม้ยางพาราทดแทนถ่านหิน

ง. โรงงานปลาป่นและโรงงานผลิตปูนขาวใช้เศษไม้ยางพาราเป็นเชื้อเพลิง

จ. โรงเผาอิฐใช้แกลบและเศษไม้ยางพาราเป็นเชื้อเพลิง เป็นต้น สถิติการใช้พลังงานส่วนนี้ยังไม่มีตัวเลขที่แน่ชัด จากการสำรวจและประเมินเบื้องต้นของศูนย์ส่งเสริมพลังงานชีวมวล คาดว่าอยู่ที่ 2,000 ktoe

(4) ภาคที่อยู่อาศัยเช่น ฟืนและถ่านไม้ ถูกนำใช้เป็นพลังงานในครัวเรือนตามชนบท ซึ่งยังไม่ทราบปริมาณที่แน่ชัด

ชีวมวลบางชนิดไม่เหมาะนำมาเป็นพลังงานเนื่องจากความชื้นค่อนข้างสูง เช่น กาก และเปลือกมันสำปะหลังชีวมวลบางชนิดเหมาะนำเป็นเชื้อเพลิงได้ดีแต่อยู่ในท้องไร่ ท้องนา ต้องหาวิธีการจัดเก็บรวบรวมเพื่อให้ต้นทุนถูกที่สุดเช่น ฟางข้าว ใบอ้อยยอดอ้อย รากไม้ยางพาราและเหง้ามันสำปะหลัง เป็นต้น

3.1.5) ประโชยน์ของชีวมวล

ประโยชน์ของชีวมวลมาใช้เป็นพลังงานตั้งแต่สมัยโบราณแล้ว ต่อมาโลกได้มีการพัฒนาเจริญมากขึ้นใช้พลังงานเพิ่มขึ้น จึงได้นำเชื้อเพลิงจากฟอสซิล เช่น น้ำมันดิบ ถ่านหินและก๊าซธรรมชาติมาทดแทน ทำให้พลังงานจากชีวมวลมีบทบาทน้อยลงมากในปัจจุบันนี้ [7]

การนำชีวมวลมาเป็นเชื้อเพลิงมีข้อดีหลายประการมีดังนี้

(1) การเผาไหม้สสารทุกชนิดจะเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่ง ล่องลอยไปในอากาศและห่อหุ้มโลกไว้ เมื่อแสงอาทิตย์ส่องลงมายังโลก รังสีบางส่วนไม่สามารถสะท้อนกลับออกไปได้ทำให้โลกร้อนขึ้น จึงเรียกก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ว่าเป็นก๊าซเรือนกระจก1 แต่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากการเผาชีวมวลจะถูกหมุนเวียนกลับไปใช้โดยพืชเพื่อสังเคราะห์แสง ดังนั้นการเผาชีวมวลไม่ถือว่าก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจก

(2) การไม่นำชีวมวลมาใช้ โดยปล่อยให้ย่อยสลายตามธรรมชาติ เช่นมูลสัตว์ จะเกิดก๊าซมีเทนซึ่งถือว่าเป็นก๊าซเรือนกระจกชนิดหนึ่ง และมีอันตรายกว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 21 เท่า

(3) ชีวมวลจะมีกำมะถัน หรือซัลเฟอร์ไม่เกินร้อยละ 0.2 ดังนั้นการนำชีวมวลมาเผาไหม้จะไม่สร้างปัญหาเรื่องฝนกรด (น้ำมันเตามีปริมาณกำมะถันประมาณ 2 เปอร์เซ็นต์ ส่วนถ่านหินมีปริมาณกำมะถันประมาณ 0.3-3.8 เปอร์เซนต์ ซึ่งขึ้นอยู่กับประเภทของถ่านหิน)

(4) ขี้เถ้าของชีวมวลมีสภาพเป็นด่าง ดังนั้นเหมาะสมที่จะนำไปเพาะปลูกหรือปรับสภาพดินที่เป็นกรดแต่ขี้เถ้าจากการเผาถ่านหินจะมีสภาพเป็นด่างดังนั้นเหมาะสมที่จะนำไปเพาะปลูก หรือปรับสภาพดินที่เป็นกรดแต่ขี้เถ้าจากการเผาถ่านหินจะมีสารโลหะหนักปะปนอยู่ ดังนั้นต้องนำไปฝังกลบอย่างถูกวิธีเช่นมีผ้ายางรองรับด้านล่าง

(5) ช่วยลดภาระในการกำจัดเช่น นำไปฝังกลบ และเผาทิ้ง เป็นต้น

(6) ก่อให้เกิดการสร้างงานในท้องถิ่น ชุมชนมีรายได้เพิ่มขึ้น มีการประเมินว่าการนำชีวมวลในท้องถิ่นมาใช้ ทำให้เงินหมุนเวียนในระบบเพิ่มขึ้นถึง 7 เท่า และรายได้ประชาชาติสูงขึ้น กล่าวคือ เมื่อชาวไร่ชาวนามีรายได้เพิ่มขึ้นจากชีวมวล จะนำเงินส่วนนี้ใช้จ่ายหมุนเวียนในท้องถิ่นเช่นจ้างคนเก็บและรวบรวมชีวมวล คนเหล่านั้นจะนำเงินส่วนนี้ใช้จ่ายอีกทอดหนึ่งเป็นอย่างนี้เรื่อยๆ ไป

(7) ประหยัดเงินตราต่างประเทศเพราะไม่ต้องนำเข้าเชื้อเพลิงจากต่างประเทศ เช่น น้ำมันเตาและถ่านหิน เป็นต้นนอกจากนี้ชีวมวลยังมีประโยชน์ในรูปอื่นๆ เช่น ใช้เป็นวัตถุดิบผลิตสินค้า ปุ๋ย และกิจกรรมทางการเกษตร

(8) แปรรูปเป็นปุ๋ย โดยการนำเศษไม้ ใบหญ้าและฟางข้าวเป็นต้นมาหมัก 2-3 เดือน หรือปล่อยให้ย่อยสลายในสวน ในไร่ตามธรรมชาติก็ได้เช่นกัน

(9) เป็นวัตถุดิบเช่น การนำเศษไม้ยางพาราจากโรงเลื่อยมาย่อยละอัดเป็นแผ่นปาร์ติเคิลบอร์ดจากการนำไปแปรรูปเป็นเฟอร์นิเจอร์ต่างๆ

(10) เพาะเห็ดจากขี้เลื่อย และทะลายปาล์มเปล่า

(11) ใช้ในกิจกรรมปศุสัตว์เช่น โรยแกลบใต้โรงเลี้ยงไก่เพื่อรองรับมูลไก่ เป็นต้น

ความต้องการใช้ชีวมวลเป็นเชื้อเพลิง มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในอนาคตเช่นกัน เนื่องจากชีวมวลมีราคาไม่แพง เมื่อเทียบกับเชื่อเพลิงสมัยใหม่ ในปริมาณความร้อนที่เท่ากัน และจากปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล ซึ่งทำให้เกิดการสะสม ของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ในบรรยากาศที่นำไปสู่การเกิดปฏิกิริยาเรือนกระจก และทำให้อุณหภูมิของโลกสูงขึ้น ในขณะที่การนำชีวมวลมาใช้เป็นพลังงานทดแทนการใช้พลังงานเชิงพาณิชย์จะช่วยบรรเทาปัญหาการเพิ่มปริมาณ CO_2 ให้กับบรรยากาศ แต่เนื่องจากชีวมวลบางชนิดมีการผลิตตามฤดูกาลหรือมีเฉพาะบางภูมิภาค ดังนั้นการนำชีวมวลมาใช้ผลิตพลังงาน ในแต่ละโรงงาน ต้องคำนึงถึงปัจจัยอื่น ประกอบ ได้แก่ แหล่งชีวมวล ปริมาณรวมของชีวมวล และเทคโนโลยีการผลิตพลังงานชีวมวล

แม้ว่าในขณะนี้ การใช้พลังงานชีวมวล และเทคโนโลยีบางด้าน ยังไม่สามารถดำเนินการในเชิงพาณิชย์ และไม่มีความคุณค่าทางเศรษฐศาสตร์ แต่การเตรียมพร้อม ก็อาจจะเป็นประโยชน์อย่างมาก หากเกิดวิกฤติพลังงานขึ้นในอนาคต ขณะเดียวกันก็มีความเป็นไปได้ ที่จะทำให้การพัฒนาเทคโนโลยีบางสาขา ไปถึงขั้นที่สามารถลดต้นทุนลง จนกลายมาเป็นทางเลือกที่คุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ได้เช่นกัน

3.2 กระบวนการในการผลิตถ่านอัดแท่ง [4]

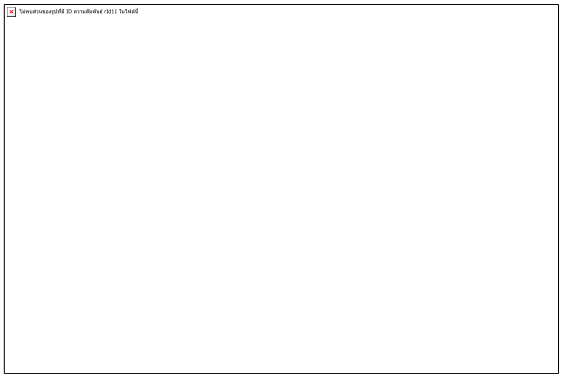
กระบวนการในการผลิตถ่านอัดแท่งเริ่มตั้งแต่การผลิตถ่าน การบดย่อย การผสม การเป็นอัดแท่ง และการทำให้แห้ง มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.2.1) การผลิตถ่าน

ถ่าน คือ ไม้ที่ได้จากการเผาไหม้ภายในบริเวณที่มีอากาศอยู่เบาบาง หรือกระบวนการแยกสารอินทรีย์ภายในไม้ในสภาวะที่มีอากาศอยู่น้อยมาก เมื่อมีการให้ความร้อนระหว่างกระบวนการ จะช่วยกำจัดน้ำ น้ำมันดิน และสารประกอบอื่นๆ ออกจากไม้ ซึ่งถ่านที่ได้หลังการผลิตจะมีปริมาณของคาร์บอนสูงและไม่มีความชื้นทำให้ปริมาณพลังงานในถ่านสูง โดยมีค่าเป็นสองเท่าของปริมาณ พลังงานในไม้แห้ง สำหรับกระบวนการที่ทำให้สารอินทรีย์ในเนื้อไม้เปลี่ยนรูปเป็นถ่านเรียกว่า “Carbonization” ซึ่งสามารถแยกกระบวนการดังกล่าวออกได้เป็น 4 ขั้นตอน ขั้นตอนแรกคือ การเผา ไหม้ (Combustion) เป็นกระบวนการที่ต้องการปริมาณออกซิเจนจำนวนมากระหว่างการเกิดคาร์บอน ไนเซชั่น โดยให้ความร้อนกับวัสดุภายในเตาเผาถ่าน ในขั้นตอนที่ 2 จะเป็นปฏิกิริยาประเภทดูดความร้อน เพื่อไล่ความชื้นออกจากเนื้อวัสดุ ซึ่งในขั้นตอนนี้จะใช้อุณหภูมิจนถึง 270 องศาเซลเซียส ความชื้น จะค่อยๆ ลดลงจนกระทั่งหมดไปซึ่งสังเกตได้จากปริมาณไอน้ำสีขาวที่เกิดขึ้นจนหนาทึบ ส่วนในขั้นตอนที่ 3 ของกระบวนการจะเป็นปฏิกิริยาประเภทคายความร้อนโดยเกิดขึ้นในช่วงอุณหภูมิ 250 – 300 องศาเซลเซียส ในระหว่างปฏิกิริยาคายความร้อนจะเกิดก๊าซต่างๆ ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นก๊าซคาร์บอนมอนอกไซค์ (CO) และก๊าซคาร์บอนไดออกไซค์ (CO_2) นอกจากนี้ยังเกิดกรดอะซิติก เมทิลแอลกอฮอล์ และสารพวกน้ำมันดิน ในขั้นตอนนี้องค์ประกอบที่ระเหยได้ที่ยังคงอยู่ในกระบวนการจะถูกขับออกไป ซึ่งจะทำให้ปริมาณคาร์บอน ของถ่านเพิ่มขึ้นสำหรับในขั้นตอนที่ 4 เป็นการนำผลิตภัณฑ์ถ่านมาทำให้เย็น ซึ่งจะใช้เวลาหลายชั่วโมง ขึ้นอยู่กับชนิดของเตาเผาที่ใช้ในการผลิต คุณภาพของถ่านที่ผู้ใช้ยอมรับได้ คือ ต้องมีปริมาณคาร์บอน 70 เปอร์เซ็นต์ สารระเหยได้ต้องน้อยกว่า 25 เปอร์เซ็นต์ ขี้เถ้าประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ และความหนาแน่น ประมาณ 0.25 – 0.30 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งถ่านจะมีคุณสมบัติเปราะปานกลาง

3.2.2) การบดย่อย

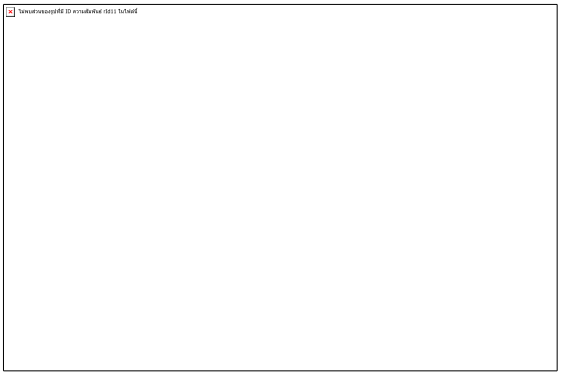
ลักษณะผงถ่านที่นำมาใช้ในการอัดแท่งจะต้องละเอียดพอที่จะนำไปขึ้นรูปได้ดี โดย ขนาดของผงถ่านที่ใช้นั้นจะขึ้นอยู่กับชนิดของถ่านและวิธีการทำผงถ่านให้เป็นแท่ง วิธีการบดย่อย สามารถทำได้หลายวิธีไม่ว่าจะเป็นการใช้เครื่องบด เครื่องสับและเครื่องป่นวัสดุ หรือวิธีที่ง่ายที่สุดก็คือ การบดด้วยมือโดยอาจใช้ครกและสากเป็นอุปกรณ์ซึ่งวิธีนี้ต้องการแรงงานมากและใช้เวลานาน ซึ่งจากการอัดขึ้นรูปผงถ่านหินขนาดต่างๆ พบว่าในปริมาณตัวประสานที่เท่ากันผงถ่านหินขนาดเล็กมี แนวโน้มในการขึ้นรูปได้ดีกว่าและสามารถรับน้ำหนักที่ทำให้ถ่านหินอัดแท่งแตกหักได้ดีกว่าผงถ่านหินขนาดใหญ่



รูปที่ 1 การบดถ่านให้ละเอียด [4]

3.2.3) การผสม

การผสมอัตราส่วนผสมของถ่านอัดแท่งเป็นการผสมวัสดุที่ถูกป่นย่อยแล้วกับสารที่จะช่วยประสานวัสดุให้ติดกันง่ายขึ้น ลักษณะของตัวประสานที่ดีนั้นนอกจากจะต้องมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคสูงแล้วที่อุณหภูมิใช้งานยังต้องเปียกและสามารถปกคลุมพื้นที่ผิวของถ่านได้ทั่วถึง ในการทำถ่านอัดแท่งจากลิกไนท์อบ พบว่าลิกไนท์เมื่อผ่านกรรมวิธีอบแล้วจะขาดคุณสมบัติในการจับตัวเมื่อได้รับแรงกด ดังนั้นจึงต้องมีตัวประสานช่วย ซึ่งในต่างประเทศใช้ Coal tars มาผสม สำหรับประเทศไทยได้ทดลองใช้ผลิตผลทางการเกษตรเป็นตัวประสาน พบว่ากากน้ำตาลและแป้งเปียกเป็นตัวประสานที่ดี ถ่านอัดแท่งที่ใช้กากน้ำตาลเป็นตัวเชื่อมประสานนั้นมีค่าความร้อนสูงกว่า และมีปริมาณเถ้าต่ำกว่าถ่านอัดแท่งที่ใช้แป้งเปียกเป็นตัวเชื่อมประสาน แต่ข้อเสียของการใช้กากน้ำตาลคือต้องใช้ปริมาณมากกว่าและเมื่อทิ้งไว้ในอากาศชื้นๆ จะดูดความชื้นจากในอากาศเข้าไปทำให้อ่อนตัวลง อย่างไรก็ตามยังมีวัสดุอีกมากมายที่สามารถนำมาใช้เป็นตัวประสานได้ ซึ่งในแต่ละท้องถิ่นก็จะมีการใช้วัสดุที่แตกต่างกันออกไป ดังนั้นในการที่เลือกวัสดุใดเป็นตัวประสานนั้นก็ควรพิจารณาถึงคุณสมบัติดังต่อไปนี้ คือ ราคาถูก มีแรงยึดเกาะที่ดี ไม่ก่อให้เกิดกลิ่นเหม็นขณะเผาไหม้ และสามารถหาได้ง่ายสำหรับเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ไม่ได้ใช้ตัวเชื่อมประสานใดๆ เมื่ออัดเสร็จแล้วต้องนำไปใช้เลยเพราะมีความเปราะมาก ทำให้หักเป็นท่อนๆ และป่นกระจายได้ง่าย จึงไม่สามารถเก็บรักษาไว้นานๆ



รูปที่ 2 การผสมส่วนผสมในการผลิตถ่านอัดแท่ง [4]

3.2.4) การอัดเป็นแท่งตามรูปทรงที่กำหนด

ขั้นตอนในการอัดส่วนผสมเป็นแท่งนี้เป็นขั้นตอนในการกำหนดรูปร่างและความแน่นของเนื้อถ่านอัดแท่ง โดยขนาดและรูปร่างนั้นจะขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ในการใช้งาน และความต้องการของผู้ใช้ ซึ่งวิธีที่ง่ายที่สุดก็คือ การใช้มือปั้นและอัดส่วนผสมให้เป็นแท่ง แม้ว่าแรงอัดด้วยวิธีนี้จะมีไม่มากนัก แต่ในปัจจุบันมีการนำเทคโนโลยีทางเครื่องกลเข้ามาช่วยในการอัดเป็นแท่ง ทำให้ลดระยะเวลาและแรงงานคนในการอัดขึ้นรูปได้ดี รวมไปถึงได้ถ่านอัดแท่งมีคุณภาพที่ดี มีความหนาแน่นที่เหมาะสม โดยธารินี มหายศนันท์ (2548) ได้ทำการศึกษาถึงความหนาแน่นของฟืนอัด พบว่า ฟืนอัดที่มีความหนาแน่นระหว่าง 0.35 – 0.45 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร จะมีการติดไฟง่าย และไฟไม่มอดเมื่อเติมเชื้อเพลิง สำหรับฟืนอัดที่มีความหนาแน่นระหว่าง 0.50 – 0.55 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร การติดไฟค่อนข้างยาก และไฟอาจมอดเมื่อเติมเชื้อเพลิง ส่วนฟืนอัดที่มีความหนาแน่นระหว่าง 0.60 – 0.70 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ติดไฟยากและไฟมอดง่ายเมื่อเติมเชื้อเพลิง ดังนั้นจะเห็นได้ว่าเชื้อเพลิงที่มีความหนาแน่นเหมาะสม จะช่วยให้เกิดการลุกไหม้ ให้ความร้อนได้นาน ส่วนเชื้อเพลิงที่มีความหนาแน่นน้อยเกินไปจะทำให้เกิดการลุกไหม้และมอดเร็วไม่สะดวกต่อการใช้งานเพราะต้องเติมเชื้อเพลิงบ่อยๆ แต่ข้อด้อยของเชื้อเพลิงที่มีความหนาแน่นมากเกินไปจะทำให้การลุกไหม้เกิดไม่สะดวกและบางครั้งอาจทำให้เชื้อเพลิงดับอีกด้วย

3.2.5) การทำให้แห้ง

เนื่องจากเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ได้ยังมีปริมาณความชื้นอยู่สูง จึงต้องนำไปตากให้แห้งเพื่อเป็นการลดความชื้นตามมาตรฐานให้ไม่เกินร้อยละ 8 โดยน้ำหนัก และเพื่อทำให้เชื้อเพลิงแข็งตัวเกาะกันแน่น ซึ่งวิธีที่ง่ายและถูกที่สุด สำหรับการทำให้แห้งก็คือการนำไปผึ่งแดดจนกว่าถ่านจะแห้งสนิท

4. วิธีการวิจัย

4.1) ศึกษาแนวทางการพัฒนาเครื่องผลิตถ่านจากเศษถ่านที่เกิดขึ้นในกระบวนการทอดกล้วยกรอบ โดยพิจารณาถึงการผลิตให้เหมาะสมตามปริมาณเศษถ่านเหลือทิ้ง นอกจากนั้นต้องศึกษาถึงผลของการใช้งานเครื่องที่เหมาะต่อสภาพและลักษณะการใช้งานของชุมชน ซึ่งต้องใช้งานได้ง่ายไม่ซับซ้อน

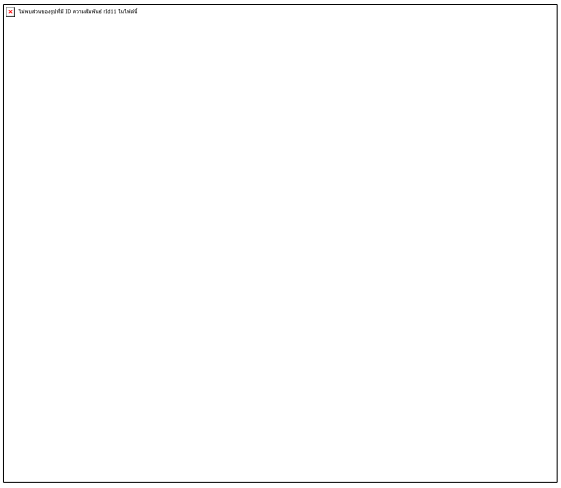
4.2) ดำเนินการออกแบบและสร้างเครื่องผลิตถ่าน ในรูปแบบสกรูอัด และทดสอบพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับการผลิต เช่น อัตราการผลิต

4.3) ทดสอบคุณสมบัติของถ่านอัดแท่งที่ผลิตได้

4.4) วิเคราะห์การใช้งานเครื่อง ข้อดี – ข้อเสีย และทำการปรับปรุงลักษณะการใช้งานให้มีความเหมาะสมสำหรับใช้งานจริงในชุมชน

5. ผลการวิจัย

จากการดำเนินงานวิจัย สามารถสร้างเครื่องผลิตถ่านอัดแท่งได้จำนวน 1 เครื่อง โดยเครื่องผลิตถ่านอัดแท่งจะมี 2 กระบวนการในเครื่องเดียว คือ กระบวนการบดถ่าน และกระบวนการอัดแท่งถ่าน ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 เครื่องผลิตถ่านอัดแท่ง

เครื่องผลิตถ่านอัดแท่งมีมอเตอร์ 3 HP เป็นต้นกำลังในการขับเคลื่อนชุดบดถ่านและอัดถ่าน โดยส่งกำลังผ่านชุดมูเล่ย์และสายพาน หลักการทำงานเริ่มจาก เปิดสวิตช์เบรคเกอร์ซึ่งเป็นตัวควบคุมการทำงานของมอเตอร์ส่งกำลัง หลังจากเครื่องทำงาน ให้นำถ่านใส่ลงไปในชุดบด เมื่อถ่านผ่านชุดบด ลักษณะของถ่านที่ออกมาจะมีลักษณะเป็นผงถ่าน ก่อนถูกลำเลียงเข้าสู่ชุดอัดถ่านต่อไป เมื่อผงถ่านเข้าสู่ชุดอัด จะถูกสกรูอัดขึ้นรูปเป็นรูปแท่งทรงกลม มีรูกลวงตรงกลาง และถ่านที่อัดขึ้นรูปจะถูกลำเลียงออกด้านปลายกระบอกอัด ซึ่งเราสามารถตัดถ่านให้มีความยาวตามต้องการได้เมื่อแท่งถ่านถูกลำเลียงออกจากปลายกระบอกอัด

สำหรับผลการทดสอบเครื่องผลิตถ่านอัดแท่งแสดงดังตารางที่ 4 และผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของถ่านอัดแท่งแสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 4 ทดสอบเครื่องผลิตถ่านอัดแท่ง

ความเร็วรอบของสกรูอัด (rpm)	อัตราการผลิต (kg/hr)	ผลการอัดแท่งถ่าน
500	57.80	แท่งถ่านจับตัวกันไม่ดี มีการแตกหักมาก
400	52.35	แท่งถ่านจับตัวกันไม่ดี มีการแตกหักเล็กน้อย
300	49.41	แท่งถ่านจับตัวกันได้ดี ไม่มีการแตกหัก
200	-	แท่งถ่านจับตัวกันได้ดี มีการอุดตันของกระบอกอัด
100	-	แท่งถ่านจับตัวกันได้ดี มีการอุดตันของกระบอกอัด

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของถ่านอัดแท่ง

รายละเอียด	ผลการทดสอบ
ความชื้น (% weight)	6.35
ความหนาแน่นมวล (kg/m^3)	635.92
ค่าความร้อน (kcal/kg)	5,493.46
ประสิทธิภาพเชิงความร้อน (%)	37.48

ผลการทดสอบเครื่องผลิตถ่านอัดแท่งพบว่า ที่ความเร็วรอบของสกรูอัด 400 และ 500 rpm ไม่สามารถอัดถ่านให้มีการจับตัวได้ และมีการแตกหักของแท่งถ่าน ที่ความเร็วรอบของกรูอัด 300 rpm แท่งถ่านจับตัวกันได้ดี ไม่มีการแตกหักของแท่งถ่าน ที่ความเร็วรอบ 100 และ 200 rpm แท่งถ่านจับตัวกันได้ดี และเกิดการอุดตันของแท่งถ่านในกระบอกอัด ทำให้เครื่องไม่สามารถทำงานต่อได้

เมื่อได้ถ่านอัดแท่งแล้ว จึงนำถ่านอัดแท่งไปทดสอบหาค่าคุณสมบัติของถ่านอัดแท่งพบว่า ถ่านอัดแท่งมีค่าความชื้น 6.35 % มีค่าความหนาแน่นมวล 635.92 kg/m3 มีค่าความร้อน 5,493.46 kcal/kg และมีประสิทธิภาพเชิงความร้อน 37.48 %

6. อภิปรายผลการวิจัย

เครื่องผลิตถ่านอัดแท่งที่สร้างขึ้นต้องใช้ความเร็วรอบของสกรูอัดที่เหมาะสมในการทำงาน จึงจะสามารถผลิตถ่านอัดแท่งออกมาได้ มีการจับตัวกันของผงถ่านได้ดี ไม่มีการแตกหักของแท่งถ่าน หากใช้ความเร็วรอบของสกรูอัดที่สูงเกินไปจะทำให้แท่งถ่านมีการอัดตัวกันน้อย ไม่เกิดการจับตัวกัน และเป็นสาเหตุให้เกิดการแตกหักของแท่งถ่านได้ง่าย หากใช้ความเร็วรอบของสกรูอัดที่ต่ำเกินไป ถึงแม้ว่าแท่งท่านจะจับตัวกันได้ดี แต่เกิดการอุดตันของถ่านที่กระบอกอัด เนื่องจากการระบายถ่านออกจากกระบอกอัดทำได้ช้า จึงเป็นสามเหตุของการอุดตันของกระบอกอัด และทำให้เครื่องอัดแท่งถ่านไม่สามารถทำงานต่อได้ ซึ่งความเร็วรอบของสกรูอัดที่เหมาะสมในการทำงานของเครื่องนี้คือ 300 rpm มีอัตราการผลิต 49.41 kg/hr

เศษถ่านที่เหลือจากกระบวนการผลิตกล้วยทอดกรอบ วางจำหน่ายในราคากิโลกรัมละ 6 บาท แต่เมื่อนำเครื่องผลิตถ่านอัดแท่งมาใช้ในการผลิตถ่านสามารถเพิ่มมูลค่าให้กับถ่านได้ ซึ่งสามารถวางจำหน่ายได้ในราคากิโลกรัมละ 20 บาท ซึ่งมีมูลค่ามากกว่าเดิมถึงกิโลกรัมละ 14 บาท

7. สรุป

งานวิจัยนี้สามารถสร้างเครื่องผลิตถ่านอัดแท่งด้วยเศษถ่านที่เหลือจากกระบวนการผลิตกล้วยทอดกรอบได้จำนวน 1 เครื่อง โดยเครื่องผลิตถ่านอัดแท่งจะมี 2 กระบวนการในเครื่องเดียว คือกระบวนการบดถ่าน และกระบวนการอัดแท่งถ่าน โดยความเร็วรอบของสกรูอัดที่เหมาะสมในการทำงานของเครื่องนี้คือ 300 rpm มีอัตราการผลิต 49.41 kg/hr ถ่านอัดแท่งมีค่าความชื้น 6.35 % มีค่าความหนาแน่นมวล 635.92 kg/m3 มีค่าความร้อน 5,493.46 kcal/kg และมีประสิทธิภาพเชิงความร้อน 37.48 % ซึ่งถ่านอัดแท่งที่ผลิตได้มีราคาสูงกว่าเศษถ่านที่เหลือจากกระบวนการ

ผลิตกล้วยทอดกรอบกิโลกรัมละ 14 บาท เป็นการเพิ่มรายได้ให้แก่กลุ่มแปรรูปกล้วยฉาบได้เป็นอย่างดี

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอพระคุณขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาสำหรับการสนับสนุนทุนวิจัยในโครงการนี้ และขอขอบพระคุณห้องปฏิการวิจัยเทคโนโลยีพลังงานชีวภาพ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ และบุคคลากรในการดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] กรกต พิมทะวงศ์. (2546). พลังงานชีวมวล. วารสารวิชาการราชภัฏอุตรดิตถ์ (สิงหาคม 2546 - มกราคม 2547). (3): 2.

[2] เสรีวัฒน์ สมินทร์ปัญญา. (2539). นิเวศวิทยา: สิ่งแวดล้อมกับการปรับปรุงความเป็นอยู่ของมนุษย์. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: โอ.เอส. พริ้นติ้ง เฮ้าส์.

[3] สุธรรม ปทุมสวัสดิ์. (2546). วารสารเทคนิคศึกษา (ตุลาคม-ธันวาคม 2546). 16(48): 37.

[4] ธารินี มหายศนันท์. (2548). การออกแบบและสร้างเครื่องผลิตถ่านอัดแท่งสำหลับการผลิตในระดับครับ

เรือน. วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (วิศวกรรมเกษตร). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

[5] สำนักนโยบายและแผนพลังงาน. (2551). พลังงานกู้โลกร้อน เชื้อเพลิงทางเลือก ทางรอดประเทศไทย

กรุงเทพมหานคร. กรุงเทพฯ: สำนักฯ.

[6] ศูนย์ส่งเสริมพลังงานชีวมวล มูลนิธิพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม. (2549). ชีวมวล. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: คิว พริ้นท์ แมเนจเม้นท์.

[7] มูลนิธิพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม. (2549). ชีวมวล. กรุงเทพฯ: ศูนย์ส่งเสริมพลังงานชีวมวล มูลนิธิฯ.

Journal of Innovative Technology Research
Vol.3 No.2 July – December 2019 Rajamangala University of Technology Lanna

ผลของการเสริมสารอาหารต่อการหมักแบบสองขั้นตอนของน้ำมะม่วง

นิอร โฉมศรี[1*], กมลวรรณ มโนวรรณ์[2], เบญจวรรณ ปาพันธ์[1] และอัมฤทธิ์ สีกล่อม[2],

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

[2]มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง 200 หมู่ 17 ต.พิชัยอ.เมืองจ.ลำปาง 52000

รับบทความ 15 ตุลาคม 2561 ตอบรับบทความ 10 ธันวาคม 2561 เผยแพร่ออนไลน์ 30 พฤษภาคม 2563

บทคัดย่อ

มะม่วง เป็นผลไม้เศรษฐกิจที่มีศักยภาพการเป็นอาหารฟังชัน งานวิจัยนี้มี วัตถุประสงค์เพื่อพัฒนากระบวนการหมักน้ำมะม่วงด้วยเทคโนโลยีการหมักแบบ 2 ขั้นตอน เพื่อนำผลการศึกษาที่ได้ไปใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารและเครื่องดื่มต่อไป ผลการศึกษาที่ได้พบว่า ไดแอมโมเนียมฟอสเฟตและไทแอมีน ที่ใช้เป็นแหล่งของสารอาหารที่เสริมในน้ำมะม่วงในการหมักขั้นที่ 1 ส่งผลต่อความแตกต่างกันของคุณภาพของผลิตผลที่ได้ ($p \leq 0.05$) ในขณะที่การใช้สายพันธุ์ของแบคทีเรียที่แตกต่างกันในการหมักขั้นที่ 2 ทำให้ได้ผลิตผลที่มีปริมาณกรดทั้งหมดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่ไม่ส่งผลกระทบต่อความแตกต่างกันของปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ ($p > 0.05$) ผลที่ได้จากการวิจัยนี้ แสดงให้เห็นถึงผลกระทบของการใช้สารเสริมอาหารในน้ำมะม่วงที่หมักด้วยกระบวนหมักแบบ 2 ขั้นตอน ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการหมักเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารและเครื่องดื่มฟังชันจากน้ำมะม่วงต่อไปได้

คำหลัก: มะม่วง, การหมัก, สารอาหาร

E-mail: niornchomsri@rmutl.ac.th, 054-342-550

Effect of Nutrient Supplement on Two Stage Fermentation of Mango Juice

Ni-orn Chomsri[1*], Kamonwan Manowan[2], Benjawan Papun[1] and Ammarit Seeklom[2],

[1]Agricultural Technology Research Institute, Rajamangala University of Technology Lanna,

202 Moo 17, Pichai District, Amphoe Muang, Lampang 52000

[2] Rajamangala University of Technology Lanna Lampang,

200 Moo 17, Pichai District, Amphoe Muang, Lampang 52000

Receive: 15 October 2018 Accepted: 10 December 2018 Published online: 30 May 2020

Abstract

Mango is an economic fruit with potential functional food. The purpose of this study was to develop the fermentation process of mango juice using two-stage fermentation technology for further application in food and beverage development. Results showed that diammonium phosphate and thiamine supplements in mango juice as nutrient sources for the first-stage fermentation affected significantly different product quality ($p \leq 0.05$). Utilization of different strains of bacteria in the second-stage fermentation produced various amounts of total acidity in the products ($p \leq 0.05$) while different values of total phenolic content and antioxidant activity were not observed ($p > 0.05$). This research demonstrated the potential of using nutrient supplements in mango juice for two-stage fermentation which could be further applied for development of functional food and beverage products.

Keywords: Mango, Fermentation, Nutrients

1. บทนำ

มะม่วง เป็นไม้ผลที่มีศักยภาพสามารถปลูกได้เกือบทุกภาคของประเทศ เป็นผลไม้เขตร้อนที่ปลูกมากที่สุด เป็นอันดับ 2 ของโลก ประเทศไทยมีผลผลิตมะม่วงเป็นลำดับ 3 ของโลก รองจากอินเดีย และจีน ในปี 2559 ประเทศไทยสามารถผลิตมะม่วงได้มากถึง 3.4 ล้านตัน มะม่วงเป็นไม้ยืนต้น มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Mangifera indica* เป็นพืชที่มีถิ่นกำเนิดในอินเดีย มะม่วงมีมากกว่า 100 สายพันธุ์ ที่ปลูกกระจายอยู่ตามประเทศต่างๆ ทั่วโลก มะม่วงเป็นผลไม้เศรษฐกิจ ปลูกเป็นพืชสวน (วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี, 2561; Jahurul et al., 2017) สำนักพัฒนาการถ่ายทอดเทคโนโลยี กรมส่งเสริมการเกษตร (2547) ได้อธิบายถึงคุณค่าทางโภชนาการของมะม่วงไว้ดังนี้ คุณค่าทางอาหารของเนื้อมะม่วงที่รับประทานได้จำนวน 100 กรัม ประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน แร่ธาตุ และไวตามิน โดยคาร์โบไฮเดรตในมะม่วงพบอยู่ระหว่างร้อยละ 13.8 – 16.9 จัดเป็นผลไม้ที่มีแป้งและน้ำตาลสูง ในขณะดิบจะมีปริมาณแป้งสูง และเมื่อสุกปริมาณแป้งจะลดลง ปริมาณน้ำตาลจะเพิ่มขึ้นโปรตีนในมะม่วงพบอยู่ระหว่างร้อยละ 0.4 – 0.6 ทั้งนี้ ปริมาณโปรตีนไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับพันธุ์มะม่วง เช่น พันธุ์มะม่วงในอินเดีย มีปริมาณโปรตีนอยู่ระหว่างร้อยละ 0.5 – 1.0 ส่วนพันธุ์มะม่วงในอเมริกามีปริมาณโปรตีนอยู่ระหว่างร้อยละ 1.5 – 5.5 ในด้านปริมาณไขมันของมะม่วงพบอยู่ระหว่างร้อยละ 0.4 – 0.6 ส่วนแร่ธาตุที่พบได้แก่ แคลเซียม ฟอสฟอรัส และเหล็ก มะม่วงดิบ มะม่วงห่าม และมะม่วงสุก มีแคลเซี่ยมและฟอสฟรัสไม่แตกต่างกัน คือ แคลเซียม 10 มิลลิกรัม และฟอสฟอรัส 15.5 มิลลิกรัม ในเนื้อมะม่วง 100 กรัม สำหรับเหล็กมีปริมาณเหล็กอยู่ระหว่าง 0.2 – 0.3 มิลลิกรัม ในเนื้อมะม่วง 100 กรัม ไวตามิน มะม่วงสุกมีปริมาณไวตามินเอสูง เพราะมีแคโรทีนมาก มะม่วงจึงเป็นแหล่งที่ดีของไวตามินเอ ส่วนมะม่วงดิบมีปริมาณไวตามินซีสูง ในมะม่วงพบว่ามีเส้นใยอยู่ระหว่างร้อยละ 0.2 – 0.5 มะม่วงสุกมีเส้นใยมากกว่ามะม่วงดิบ นอกจากนั้น มะม่วงยังเป็นแหล่งของสารสำคัญที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพอีกด้วย เช่น แคโรทีนอยด์ และสารประกอบฟีนอล (Santhirasegaram et al., 2013) ทั้งนี้ อาจพบสารอินทรีย์ที่ทำให้เกิดอาการแพ้กับผู้บริโภคบางราย คือ 3–pentaecy catechol (สำนักพัฒนาการถ่ายทอดเทคโนโลยี กรมส่งเสริมการเกษตร, 2547)

การหมัก จัดเป็นการถนอมอาหาร (food preservation) ที่เกิดจากจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ เช่น แบคทีเรีย (bacteria) ยีสต์ (yeast) หรือ รา (mold) เป็นกล้าเชื้อเริ่มต้น (starter) ซึ่งเทคนิคของการเติมกล้าเชื้ออาจเป็นจุลินทรีย์บริสุทธิ์ หรือกล้าเชื้อผสม เช่น ลูกแป้งโคจิ หรือจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนจากธรรมชาติเปลี่ยนสารอินทรีย์ที่อยู่ในอาหารเกิดเป็นสารต่างๆ เช่น เอทิลแอลกอฮอล์ กรดอินทรีย์ คาร์บอนไดออกไซด์ และสารให้กลิ่น เป็นต้น การหมักสามารถเกิดได้ทั้งในสภาวะที่มีอากาศ (aerobic fermentation) หรือไม่มีอากาศ (anaerobic fermentation) ในกระบวนการหมักจุลินทรีย์ย่อยสลายสับสเตรทที่เหมาะสมให้ได้เป็นผลิตภัณฑ์ที่เป็นที่พึงพอใจ (จารุวรรณ, 2551; นิอร, 2555; Maxon, 1954; Sanchez, 2008; British Dictionary, 2015; Wikipedia, 2016; International Food Information Service, 2005; Stanbury et al., 1995; Rao, 2015) กระบวนการหมักมีเทคโนโลยีที่เข้ามาเกี่ยวข้องตั้งแต่กระบวนการเตรียมวัตถุดิบ การย่อยสลาย และการหมัก ซึ่งมีผลต่อลักษณะของการหมัก และผลิตผลที่ได้จากการหมัก สภาวะของการหมักเป็นสิ่งสำคัญที่ต้องคำนึงถึงในการผลิตอาหารหมั สภาวะของการหมักอาหารแต่ละชนิดก็จะแตกต่างกันไปขึ้นกับชนิดของวัตถุดิบ ชนิดการหมักแบบธรรมชาติหรือมีการเติมจุลินทรีย์ เมแทบอลิซึมของจุลินทรีย์ในกระบวนการหมักอาหาร อุณหภูมิในการหมัก การให้อากาศและความเป็นกรดด่างของอาหารหมัก เป็นต้น

ผลิตภัณฑ์จากมะม่วงมีอยู่อย่างหลากหลาย เช่น เนื้อมะม่วงบด มะม่วงในน้ำเชื่อม เนคตาร์ มะม่วงดอง มะม่วงแผ่น เครื่องปรุงรสจากมะม่วง มะม่วงเป็นชิ้นบรรจุกระป๋อง เป็นต้น และยังมีการนำเอาผลพลอยได้

จากการทำผลิตภัณฑ์มะม่วง เช่น ส่วนของเปลือก ไปใช้ประโยชน์ในการผลิตอาหารหรือส่วนผสมของอาหารที่ใช้ประโยชน์ทางยา (nutraceutical ingredients) และใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องสำอางค์ Jahrul et al. (2017) และ Rodriguez-Gonzalez et al. (2017) ตัวอย่างของงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์จากมะม่วงมีอยู่เป็นจำนวนมาก เช่น Moreira et al. (2017) ที่พัฒนาเครื่องดื่มฟังก์ชันจากมะม่วงด้วยโดยการใช้ความดันสูงและการเติมจุลินทรีย์โพรไบโอติกส์ *Lactobacillus rhamnosus* Wibowo et al. (2015) ได้ศึกษาการใช้ความร้อนแบบพาสเจอไรเซชันในการผลิตน้ำมะม่วง แล้วศึกษาอายุการเก็บรักษาน้ำมะม่วงที่ผลิตได้ นักวิจัยพบว่าส่วนผสมที่ใช้ในการเตรียมน้ำมะม่วงส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของน้ำมะม่วงในระหว่างการเก็บรักษา จากผลการศึกษาวิจัย และเทคนิคการหมักแบบต่างๆ ผนวกกับคุณค่าทางโภชนาการของมะม่วง งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ พัฒนากระบวนการหมักมะม่วง เพื่อนำผลการศึกษาที่ได้ไปใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารและเครื่องดื่มต่อไป

2.วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการใช้เทคนิคการหมักแบบสองขั้นตอนในการหมักน้ำมะม่วง
2. เพื่อศึกษาลักษณะการเปลี่ยนแปลงในระหว่างการหมักน้ำมะม่วงและผลิตผลที่ได้

3. แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

จากทฤษฎีที่เกี่ยวข้องการหมัก ที่สามารถสร้างสารประกอบเมแทบอไลต์ต่างๆ ซึ่งมีคุณสมบัติส่งผลดีต่อสุขภาพได้ ดังนั้น สมมติฐานการใช้เทคนิคการหมักแบบสองขั้นตอนในการหมักน้ำมะม่วง ที่มีการเสริมสารอาหารสามารถทำให้เกิดสารประกอบที่มีคุณสมบัติส่งผลดีต่อสุขภาพ จึงเป็นแนวคิดที่สามารถนำผลิตผลที่ได้จากการหมักไปใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่อไปได้

4.วิธีการวิจัย

4.1 วัตถุดิบมะม่วง

มะม่วงที่ใช้ในการศึกษานี้ เป็นผลมะม่วงสุกที่เก็บเกี่ยวในปี 2561 จำนวน 2 สายพันธุ์ ได้แก่ มะม่วงสามปี และมะม่วงมหาชนก

4.2 การเตรียมน้ำมะม่วงและการหมัก

วางแผนศึกษาจำนวน 5 สิ่งทดลอง (ตารางที่ 1) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ การเตรียมน้ำมะม่วงเพื่อใช้ในการทดลองทำโดย นำมะม่วงไปล้างทำความสะอาด ปอกเปลือก แยกเนื้อมะม่วง บด จากนั้นนำไปเตรียมน้ำมะม่วงเพื่อใช้ในกระบวนการหมักขั้นที่ 1 ทำโดยเติมน้ำในอัตราส่วนมะม่วงต่อน้ำเท่ากับ 1: 3 ผสมให้เข้ากันแล้วปรับคุณภาพของน้ำมะม่วงที่ได้ ดังนี้ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 20 องศาบริกซ์ และปรับคุณภาพสารอาหารไดแอมโมเนียมฟอสเฟต และไทแอมีน ตามที่กำหนด นำน้ำมะม่วงหลังจากปรับคุณภาพไปใส่ในขวดหมักขนาด 750 มิลลิลิตร เติมยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* ให้ได้ปริมาณ $1x10^6$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร ปิดปากขวดด้วยแอร์ล็อค (Airlock) นำไปหมักที่อุณหภูมิ 25$\pm$2 องศาเซลเซียส นาน 15 วัน ชั่งน้ำหนักขวดหมักทุกวัน เพื่อติดตามปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ (Chomsri, 2008) หลังจากนั้นคัดเลือกผลิตผลจากการหมักขั้นที่ 1 ไปใช้เป็นซับสเตรตในการหมักขั้นที่ 2 โดยนำซับสเตรตผสมกับกล้าเชื้อแบคทีเรีย *Acetobacter aceti* จำนวน 3 สายพันธุ์ แล้วนำส่วนผสมที่ได้จำนวน 50 มิลลิลิตร ใส่ลงในฟลาสก์ขนาด 250 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปหมักที่อุณหภูมิ 30$\pm$2 องศาเซลเซียส นาน 14 วัน ตรวจวิเคราะห์ค่าพีเอช ปริมาณกรดทั้งหมด และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดตอนเริ่มต้นการหมัก และที่ระยะเวลาการหมัก 7 และ 14 วัน

ตารางที่ 1 การเสริมสารอาหารในน้ำมะม่วง

Treatment	DAP (mg/l)	Thiamine (mg/l)	Code
1	0	0	SP0D0T

2	500	120	SP500D120T
3	0	0	MH0D0T
4	500	120	MH500D120T
5	250	0	MH250D0T

DAP = Diammonium phosphate

4.3 การตรวจวิเคราะห์

ในการศึกษานี้ ตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี ดังนี้ การวิเคราะห์ค่าพีเอช โดยใช้เครื่องวัดพีเอช (Consourt, Model C831, Belgium) การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (TSS) โดยใช้ hand refractometer การวิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมด โดยวิธีการไตเตรทตามวิธีดัดแปลงจาก Iland et al. (2000) และคำนวณปริมาณกรดเทียบกับกรดซิตริกในการหมักขั้นที่ 1 หรือกรดแอซีติกในการหมักขั้นที่ 2 การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ใช้วิธี dinitrosalicylic acid (DNS) ตามวิธีดัดแปลงจาก Miller (1972) การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด ใช้วิธี Phenol sulfuric method ตามวิธีดัดแปลงจาก Wrolstadet al. (2012) การวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนของกรดแอมิโนอิสระ (free apha-amino nitrogen; FAN) ตามวิธีดัดแปลงจาก Chomsri (2008) การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนที่ละลายได้ทั้งหมด ใช้วิธี Bradford (1976) การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดใช้วิธีดัดแปลงจาก Spinola et al., 2015) การวิเคราะห์ค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant activity) ใช้การทดสอบ ABTS test ตามวิธีดัดแปลงจาก Wongputtisin et al. (2007) และการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยใช้การประเมินแบบ 9 point hedonic scaling (Meilgaard and Carr, 2006)

4.4 การวิเคราะห์ค่าทางสถิติ

รวบรวมข้อมูลที่ได้จากการศึกษาแล้วนำไปวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ ANOVA (Analysis of Variance) จากนั้นเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติแบบ Duncan's New Multiple's Range Test (DMRT)

5. ผลการวิจัยและอภิปราย

5.1 คุณภาพของวัตถุดิบ

ผลการตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของมะม่วงวัตถุดิบที่ใช้ในการศึกษานี้ จำนวน 2 สายพันธุ์ ได้แก่ พันธุ์สามปี และพันธุ์มะม่วงมหาชนก ทำให้ทราบว่าคุณสมบัติทางเคมีของมะม่วงทั้งสองสายพันธุ์ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ มีความแตกต่างกันดังแสดงในตารางที่ 2 แสดงให้ทราบว่าสายพันธุ์ของมะม่วงมีอิทธิพลต่อองค์ประกอบทางเคมีของมะม่วง ทั้งนี้ Rumainum et al. (2018) ก็ได้รายงานถึงผลของสายพันธุ์มะม่วง คือ พันธุ์ทองดำ และพันธุ์น้ำดอกไม้ที่มีต่อความแตกต่างกันของคุณสมบัติทางกาย และทางเคมีด้วยเช่นกัน

5.2 คุณลักษณะการหมักขั้นที่ 1 และคุณภาพของผลิตผล

การศึกษาการหมักน้ำมะม่วงเจือจางเสริมสารอาหารต่างๆ กัน ด้วยการหมักแบบ 2 ขั้นตอน โดยการหมักขั้นที่ 1 ใช้ยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* ในการหมักพบว่า ยีสต์มีการเจริญเติบโตตลอดช่วงระยะเวลาของการหมักน้ำมะม่วงในขั้นตอนการหมักขั้นที่ 1 (ภาพที่ 1) ในด้านปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเริ่มต้น 20 องศาบริกซ์ ที่ใช้เป็นค่าที่แสดงถึงปริมาณน้ำตาลเริ่มต้นในการหมัก นั้น ตรวจวัดด้วยรีแฟรคโตมิเตอร์ ที่มีหลักการตรวจวัดด้วยหลักการหักเหของแสงผ่านปริซึม (The University of York Science Education Group, 2000) อาจมีความคลาดเคลื่อนจากองค์ประกอบที่อยู่ในน้ำผลไม้ หรือน้ำหมัก เช่น ของแข็งที่ละลายได้ชนิดอื่นที่มิใช่น้ำตาล และปริมาณแอลกอฮอล์ที่เกิดขึ้นในระหว่างการหมัก เป็นต้น แสดงให้เห็นถึงลักษณะการเปลี่ยนน้ำตาลเป็นแอลกอฮอล์และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์โดยยีสต์ในช่วงระยะเวลาการหมักนาน 14 วัน แตกต่างกัน (ภาพที่ 2) ทั้งนี้ การเปลี่ยนแปลงของสิ่งทดลอง จำนวน 5 สิ่งทดลองไม่แตกต่างกันในช่วงระยะเวลา 3 วันแรกของการหมัก หลังจากนั้นพบว่า น้ำมะม่วงที่มีการเสริมสารอาหาร

แตกต่างกัน ส่งผลต่ออัตราการหมักที่แตกต่างกัน แสดงให้เห็นได้ว่าสารอาหารมีอิทธิพลต่อการหมักน้ำมะม่วง โดยอัตราการหมักเกิดขึ้นได้ช้าในน้ำมะม่วงที่ไม่มีการเสริมแหล่งไนโตรเจนจากไดแอมโมเนียมฟอสเฟต หรือไทแอมีน นอกจากนั้น ผลการติดตามการเปลี่ยนแปลงแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ยังทำให้ทราบอีกว่าสายพันธุ์มะม่วงที่แตกต่างกันในการศึกษานี้ ไม่ทำให้อัตราการหมักในขั้นตอนที่ 1 มีความแตกต่างกันมากนัก และการเสริมแหล่งไนโตรเจนมีแนวโน้มของการส่งผลกระทบต่ออัตราการหมักมากกว่าการเสริมแหล่งไทแอมีน

สารอาหารที่เติมลงไปในการหมักซับสเตรตครั้งนี้ มีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของยีสต์ ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการผลิตแอลกอฮอล์และเมแทบอไลต์ต่างๆ (Sroka and Tuszyn´ski, 2007; Rauhut et al.,2005; Ribéreau-Gayon et al., 2006) อย่างไรก็ตาม ยังมีปัจจัยสำคัญต่างๆ ที่ควรคำนึงอีกหลายประการ เช่น สายพันธุ์ของยีสต์ ปริมาณกล้าเชื้อเริ่มต้นที่ใช้ในกระบวนการหมั ปริมาณสารจำเป็นอื่นๆ และอุณหภูมิที่ใช้ในการหมัก เป็นต้น (Pereira et al. 2009; Dittrich and Grossmann, 2010; Grossmann et al., 2011)

ในด้านคุณภาพของผลิตผลที่ได้จากการหมักขั้นตอนที่ 1 (ตารางที่ 3 และภาพที่ 3) พบว่า ไดแอมโมเนียมฟอสเฟต และไทแอมีน ที่ใช้เป็นแหล่งของสารอาหารที่เสริมในน้ำมะม่วง ส่งผลต่อความแตกต่างกันของค่าพีเอช ปริมาณกรดทั้งหมด ค่าของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และปริมาณแอลกอฮอล์ในผลิตผลที่ได้ ($p>0.05$) ซึ่งบ่งบอกถึงองค์ประกอบที่แตกต่างกันของผลิตผลที่ได้จากการหมักด้วยเช่นกัน

ในการศึกษาการหมักขั้นที่สอง จึงคัดเลือกผลผลิตจากสิ่งทดลองที่ 2 คือ ผลิตผลที่ได้จากการหมักน้ำมะม่วงสายพันธุ์สามปี ที่เสริมสารอาหารไดแอมโมเนียมฟอสเฟตปริมาณ 500 มิลลิกรัมต่อลิตร และไทแอมีน 120 มิลลิกรัมต่อลิตร ไปใช้ในการหมักขั้นที่ 2 ต่อไป

5.2 คุณลักษณะการหมักขั้นที่ 1 และคุณภาพของผลิตผล

การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช ปริมาณกรดทั้งหมด ค่าพีเอช และค่าของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ในระหว่างการหมักขั้นที่ 2 ด้วยแบคทีเรีย *Acetobacter aceti* พบว่า ซับสเตรตที่ใช้ในการหมักมีการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในลักษณะลดลงอย่างต่อเนื่อง ตั้งแต่เริ่มต้นการหมักจนสิ้นสุดการหมัก (ภาพที่ 4-6) ในขณะที่พบการเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรดทั้งหมดในปริมาณที่เพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นว่าแบคทีเรีย *A. Aceti* จำนวน 3 สายพันธุ์ ที่ใช้ในการหมักขั้นที่ 2 นี้ สามารถเจริญเติบโตและใช้ซับสเตรตเปลี่ยนเป็นเมแทบอไลต์ต่างๆ ให้กับผลิตภัณฑ์ได้

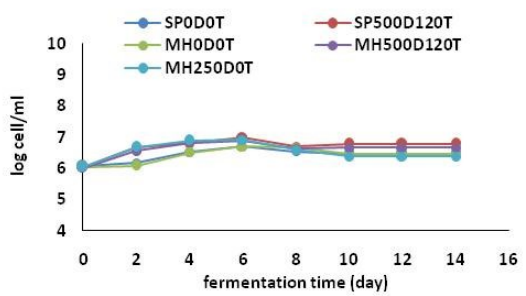
เมื่อนำผลิตผลที่ได้จากการหมักขั้นที่ 2 ไปตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ (ภาพที่ 7 และตารางที่ 4) ซึ่งเป็นคุณลักษณะส่วนหนึ่งของการเป็นอาหารฟังชัน (Greenwalt et al., 1997; Miranda et al., 2016) พบว่า สายพันธุ์ของแบคทีเรียที่แตกต่างกันส่งผลกระทบต่อกระทบต่อปริมาณกรดทั้งหมดที่ได้ในผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการหมักแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) แต่ไม่ส่งผลกระทบต่อความแตกต่างกันของปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ ($p>0.05$)

ตารางที่ 2 ผลการตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของวัตถุดิบมะม่วงจำนวน 2 พันธุ์ คือ พันธุ์สามปี และพันธุ์มหาชนก

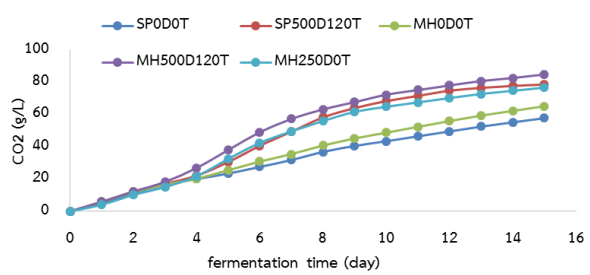
Properties	Sampee	Mahachanok
pH	3.95	4.27
Total acidity (%)	0.56	0.36
Total soluble solids (^{o}Brix)	16	17
Reducing sugar content (mg/ml)	32.61	29.77
Total sugar content (mg/ml)	110.28	126.36
FAN (mg/l) [a]	69.20	49.93

Protein content (μg/ml)[b]	81.14	89.91
Total phenolic content (mg/l)	112.97	116.36
Antioxidant activity (% ABTS) [c]	68.60	52.05

[a] FAN คือ Free α-amino nitrogen, [b] โปรตีน วิเคราะห์ในรูปแบบของโปรตีนที่ละลายได้, [c] วิเคราะห์โดยการเตรียมตัวอย่างที่ระดับการเจือจาง 5 เท่า



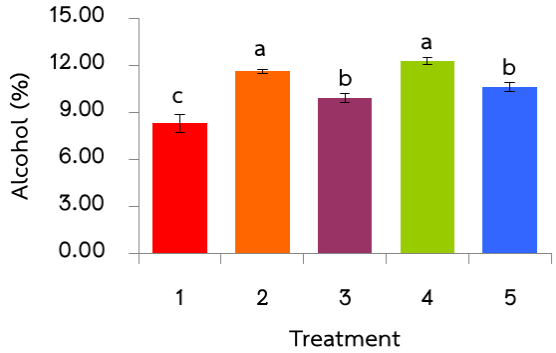
ภาพที่ 1 การเจริญเติบโตของยีสต์ในระหว่างการหมักขั้นตอนที่ 1



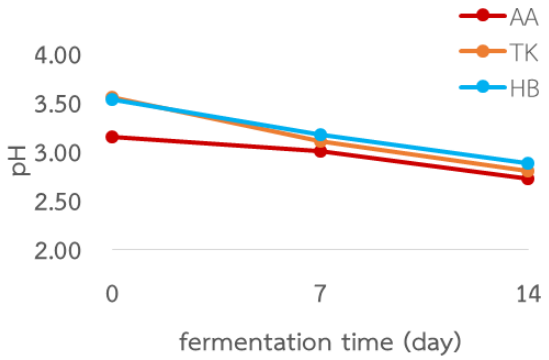
ตารางที่ 3 คุณภาพของผลิตผลจากการหมักน้ำมะม่วงในขั้นตอนที่ 1

Treatment	pH *	TA (%) *	TSS (°Brix) *
SP0D0T	3.09±0.00[c]	0.83±0.01[ab]	12.10±0.70[a]
SP500D120T	3.06±0.06[c]	0.94±0.07[a]	8.20±0.00[c]
MH0D0T	3.25±0.02[b]	0.69±0.08[b]	10.70±0.14[b]
MH500D120T	3.47±0.02[a]	0.46±0.00[c]	7.20±0.28[d]
MH250D0T	3.45±0.09[a]	0.45±0.08c	8.70±0.14c

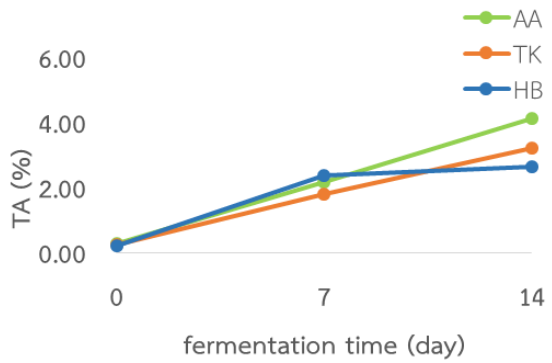
หมายเหตุ: ตัวอักษรที่มีความแตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)



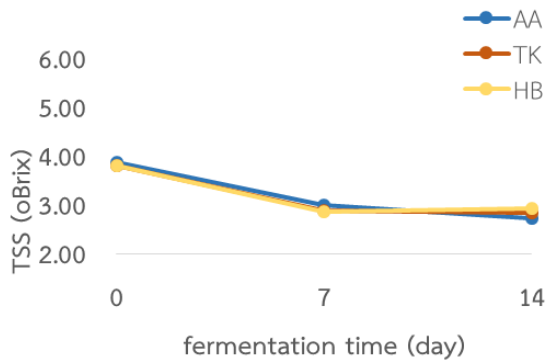
ภาพที่ 3 ปริมาณแอลกอฮอล์ของผลิตผลจากการหมักน้ำมะม่วงขั้นที่ 1



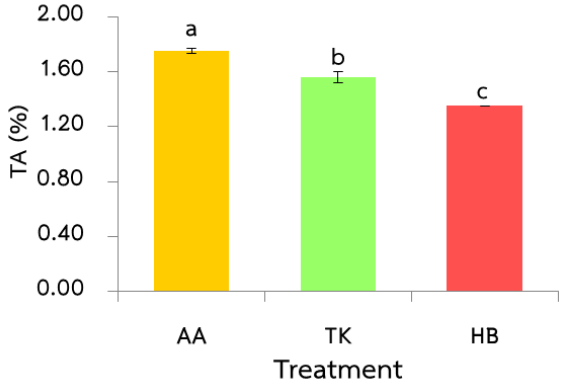
ภาพที่ 4 การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชในระหว่างการหมักขั้นที่ 2 ของซับสเตรตที่ได้จากการหมักน้ำมะม่วงในขั้นตอนที่ 1



ภาพที่ 5 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมดในระหว่างการหมักขั้นที่ 2 ของซับสเตรตที่ได้จากการหมักน้ำมะม่วงในขั้นตอนที่ 1



ภาพที่ 6 การเปลี่ยนแปลงค่าของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในระหว่างการหมักขั้นที่ 2 ของซับสเตรตที่ได้จากการหมักน้ำมะม่วงในขั้นตอนที่ 1



ภาพที่ 7 ค่าพีเอชของผลิตผลที่ได้จากการหมักขั้นที่ 2

ตารางที่ 4 คุณภาพทางเคมีของผลิตผลที่ได้จากการหมักขั้นที่ 2

Tr	TPC	AO	AA	Trolox
	ns	ns	ns	ns
AA	105.46±7.71	43.85±4.39	9.84±0.98	15.30±1.53
TK	96.81±0.64	43.99±0.39	9.87±0.08	15.35±0.13
HB	93.18±0.64	41.44±0.19	9.30±0.04	14.46±0.06

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

6. สรุป

การหมักแบบ 2 ขั้นตอน ของน้ำมะม่วงที่มีการเสริมสารอาหาร 2 ชนิด คือ ไดแอมโมเนียมฟอสเฟต และไทแอมีน ส่งผลกระทบต่อคุณลักษณะการหมักในด้านต่างๆ และผลิตผลที่ได้จากการหมัก โดยการเสริมสารอาหารในน้ำมะม่วงช่วยปรับปรุงคุณลักษณะการหมักและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการหมัก ผลการศึกษาที่ได้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการหมักเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์และเครื่องดื่มหมักฟังชันจากน้ำมะม่วงต่อไปได้

กิตติกรรมประกาศ

คณะวิจัยขอขอบคุณ โครงการ การศึกษาเชิงบูรณาการระหว่างการเรียนรู้ในสถานศึกษากับการนำวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและนวัตกรรมไปพัฒนาและยกระดับผู้ประกอบการผลิตภัณฑ์ชุมชนในพื้นที่ภาคเหนือ 6 จังหวัด และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาที่สนับสนุนการศึกษาวิจัยในทุกมิติ

เอกสารอ้างอิง

จารุวรรณมณีศรี. 2551. **เทคโนโลยีอาหารหมัก**. สำนักพิมพ์โฟร์เพซ. กรุงเทพฯ. 247 น.

วิกิพีเดีย. (2560). **มะม่วง**. [ออนไลน์]. ได้จาก :https://th.wikipedia.org/wiki/มะม่วง.

นิอรโฉมศรี. 2555. **จุลชีววิทยาอาหาร**. บริษัทเชียงใหม่ปรินท์ติ้งจำกัด. เชียงใหม่. 170 น.

สำนักพัฒนาการถ่ายทอดเทคโนโลยีกรมส่งเสริมการเกษตร. พันธุ์มะม่วงที่เหมาะสมในการแปรรูป. (2547). **ผลิตภัณฑ์มะม่วง 2547.** 46น.

British Dictionary. (2015). **Fermentation**. Available source: http://dictionary.Cambridge. org/dictionary/british/ferment?q=fermentation, February 4, 2016.

Greenwalt, C.J., Ledford, R.A. and Steinkraus, K.H. (1997). Determination and characterization of the antimicrobial activity of the fermented tea kombucha. **Lebensm.-Wiss. u.-Technol** 31: 291–296.

International Food Information Service. (2005). **Dictionary of Food Science and Technology**. Blackwell Pulblishing, Oxford. 413 p.

Jahurul, M.H.A., Zaidul, I.S.M., Ghafoor, K., Al-Juhaimi, F, Y., Nyam, K.L., Norulaini, N.A.N., Sahena, F. and Omar, A.K, M. (2015**).** Mango (*Mangiferaindica* L.) by-products and their valuable components: a review. **Food Chemistry** 183: 173–180.

Meilgaard, H., Civille, G.V. and Carr, B.T. (2006). Sensory evaluation techniques. **CRC Press. Boca Raton**. 464 p.

Miranda, B., Lawton, N.M., Tachibana, S.R., Swartz, N.A. and Hall, W.P. (2016). Titration and HPLC characterization of Kombucha fermentation: a laboratory experiment in food analysis. **Journal of Chemical Education** 93: 1770−1775.

Moreira, R, M., Martins, M, L., Júnior, B, R, C, L., Martins, E, M, F., Ramos, A, M., Cristianini, M., Campos, A, N, R., Stringheta, P, C., Silva, V, R, O., Canuto, J, W., Oliveira, D, C. and Pereira, D, C, S. (2017). Development of a juçara and Ubá mango juice mixture with added *Lactobacillus rhamnosus* GG processed by high pressure. **LWT - Food Science and Technology** 77: 259-268.

Pereira, A.P., Dias, T., Andrade, J., Ramalhosa, E. and Estevinho, L. (2009). Mead production: Selection and characterization assays of *Saccharomyces cerevisiae* strains. **Food and Chemical Toxicology** 47: 2057–2063.

Rauhut, D., Beisert, B., Berres, M., Gawron-Scibek, M. and Kuerbel, H. (2005). Pulse flame photometric detection: an innovative technique to analyse volatile sulphur compounds in wine and other beverages. In T. Hofmann, M. Rothe, M. & P. Schieberle, State of the art in flavour chemistry and biology (pp. 363-368).

Ribéreau-Gayon, P., Dubourdieu, D., Donèche, B. and Lonvaud, A. (2006). **Handbook of Enology Volume 1: the microbiology of wine and vinifications**. Chichester: John Wiley & Sons 512 p.

Rodríguez-González, S., Gutiérrez-Ruíz, I, M., Pérez-Ramírez, I, F., Mora, O., Ramos-Gomez, M. and Reynoso-Camacho, R. (2017). Mechanisms related to the anti-diabetic properties of mango (*Mangiferaindica* L.) juice by-product. **Journal of Functional Foods** 37: 190–199.

Rumainum, I.M., Worarad, K., Srilaong, V. and Yamane, K. (2018). Fruit quality and antioxidant capacity of six Thai mango cultivars. **Agriculture and Natural Resources** 52: 208-214.

Santhirasegaram, V., Razali, Z. and Somasundram, C. (2013). Effects of thermal treatment and sonication on quality attributes of Chokananmango (*Mangiferaindica* L.) juice. **UltrasonicsSonochemistry** 20: 1276–1282.

Spínola, V., Pinto, J. and Castilho, P, C. (2015). Identification and quantification of phenolic compounds of selected fruits from Madeira Island by HPLC-DAD–ESI-MSn and screening for their antioxidant activity. **Food Chemistry** 173: 14–30.

Sroka, P. and Tuszyn´ski, T. (2007). Changes in organic acid contents during mead wort fermentation. **Food Chemistry**. 104: 1250–1257.

Stanbury, P. F., Whitaker, A. and Hall, S. J. (1995). Principles of fermentation technology. **Butterworth- Heinemann (Pergamon)**. Oxford. 824 p.

The University of York Science Education Group. (2000). **Salters Horners Advanced Physics: Student Book AS Level**. Heinemann Educational Publishers. Oxford. 364 p.

Wibowo, S., Grauwet, T., Gedefa, G, B., Hendrickx, M. and Loey, A, V. (2015). Quality changes of pasteurised mango juice during storage. **Part II: Kinetic modelling of the shelf-life markers. Food Research International**. 78: 410–423.

Wikipedia. (2016). **Fermentation**. Available source: https://en.wikipedia.org/wiki/Fermentation, February 4, 2016.

WorldAtlas. (2018). **The Top Mango Producing Countries In The World**. Available source:https://www.worldatlas.com/articles/the-top-mango-producing-countries-in-the-world.html. April 9, 2018.

Journal of Innovative Technology Research
Vol.3 No.2 July – December 2019 Rajamangala University of Technology Lanna

การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีนาโนบับเบิ้ล สำหรับการปลูกผักสลัดระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ DRFT

เดือนแรม แพ่งเกี่ยว[1*], เอกรัฐ ชะอุ่มเอียด[1], บุญญฤทธิ์ วังงอน[1] และศุภชัย ชุมนุมวัฒน์[2]

[1] สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลก 65000

[2] สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลก 65000

รับบทความ 15 ตุลาคม 2561 ตอบรับบทความ 10 ธันวาคม 2561 เผยแพร่ออนไลน์ 30 พฤษภาคม 2563

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีนาโนบับเบิ้ลสำหรับการปลูกผักสลัดไฮโดรโปนิกส์แบบกึ่งน้ำลึก (Dynamic Root Floating Technique : DRFT) มีจุดมุ่งหมายเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้กับระบบ DRFT โดยทำทดลองร่วมกับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนผักปลอดภัยจากสารพิษตำบลเกาะตาเลี้ยง อำเภอศรีสำโรง จังหวัดสุโขทัย ซึ่งเปรียบเทียบการปลูกผักสลัดชนิดกรีนโอ๊คและเรดโอ๊คในระบบ Nanobubble-DRFT กับระบบ DRFT ทั่วไป โดยเติมนาโนบับเบิ้ลเพียง 1 ครั้งต่อสัปดาห์ระยะเวลา 20 นาที เพื่อช่วยเติมอากาศให้แก่ธาตุอาหารพืช จากผลการทดลอง พบว่า ในระยะเลาปลูก 7 สัปดาห์ ผักสลัดที่ปลูกในระบบที่ใช้นาโนบับเบิ้ลมีการเจริญเติบโตดีกว่า กล่าวคือ มีความสูงมากกว่า 1.18 เซนติเมตร คิดเป็น 9.76 % มีขนาดความกว้างพุ่มมากกว่า 2.73 เซนติเมตร คิดเป็น 13.84 % และมีความยาวรากยาวกว่า 1.82 เซนติเมตร คิดเป็น 17.34% อีกทั้งวิธีการที่นำเสนอสามารถช่วยลดระยะเวลาปลูกผักสลัดลงได้ 1 สัปดาห์ ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าวิธีการที่นำเสนอเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพสำหรับนำมาประยุกต์ใช้กับการปลูกผักสลัดไฮโดรโปนิกส์แบบ DRFT ได้

คำสำคัญ: นาโนบับเบิ้ล ไฮโดรโปนิกส์ ระบบกึ่งน้ำลึก

*E-mail, Duanraemp@gmail.com

The Application of NanoBubble Technology for DRFT Hydroponics

Duanraem Phaengkieo[1*], Accarat Chaoumead[1], Bunyarit Wangngon[1] and Suppachai Chumnumwat[2]

[1]Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering,
Rajamangala University of Technology Lanna Phitsanulok, 65000, Thailand
[2]Department of Mechanical engineering, Faculty of Engineering,
Rajamangala University of Technology Lanna Phitsanulok, 65000, Thailand

Receive: 15 October 2018 Accepted: 10 December 2018 Published online: 30 May 2020

Abstract

This research purposes the application of nanobubble technology for growing Dynamic Root Floating Technique (DRFT) hydroponics system. The aim of research is to improve the efficiency of the DRFT system. This research was conducted in collaboration with a group of Ko Ta Liang safe vegetable Agricultural Community Enterprise Network, Si Samrong District, Sukhothai province. Comparative study of green oak and red oak salad in Nanobubble-DRFT with conventional DRFT system. Nano Bubble only once a week for 20 minutes to help replenish nutrients. The results showed that in the 7-week planting period, the vegetables grown in the nano-bubble system had better growth, ie higher than 1.18 centimeters (or 9.76%), width of the shrub 2.73 centimeters (13.84%) and roots longer than 1.82 centimeters (or 17.34%). In addition, the method proposed can help reduce the time to grow vegetables for a week. It can be concluded that the proposed method is an effective method for applying DRFT hydroponics.

Keywords: nanobubble, hydroponic, Dynamic Root Floating Technique (DRFT)

1. บทนำ

ไฮโดรโปนิกส์ (Hydroponics) หรือการปลูกพืชไร้ดินเป็นการปลูกพืชในสารละลายธาตุอาหารพืชทดแทนซึ่งนับเป็นวิธีการใหม่ในการปลูกพืช และปัจจุบันการปลูกพืชไฮโดรโปนิกส์ได้รับความนิยมอย่างกว้างขวางและทำรายได้ให้แก่ผู้ประกอบการเป็นอย่างดี เนื่องจากประหยัดพื้นที่และไม่ปนเปื้อนกับสารเคมีต่างๆ ในดิน ทำให้ได้พืชผักที่สะอาดเป็นอาหาร ซึ่งมีการปลูกในโรงเรือนที่สามารถควบคุมแมลงศัตรูพืชได้ ทำให้มีการใช้สารเคมีน้อยลง ผลผลิตมีการปนเปื้อนสารเคมีน้อย ระบบไฮโดรโปนิกส์สามารถจำแนกได้หลายรูปแบบและที่นิยมใช้ในประเทศไทย ได้แก่ ระบบการปลูกแบบน้ำตื้น (Nutrient Film Technique: NFT) ระบบการปลูกแบบน้ำลึก (Deep Flow Technique: DFT) และระบบการปลูกพืชไฮโดรโปนิกส์แบบกึ่งน้ำลึก (Dynamic Root Floating Technique : DRFT) โดยเฉพาะระบบ DRFT เป็นรูปแบบการปลูกพืชโดยให้สารละลายไหลผ่านรากพืชในรางปลูก โดยระดับน้ำที่ไหลผ่านรากพืชมีความลึก 1 ถึง 10 เซนติเมตร ซึ่งเป็นระบบที่ได้รับความนิยม ข้อดีของระบบดังกล่าว คือ ระบบไม่มีความซับซ้อน ใช้อุปกรณ์น้อย จึงทำให้ต้นทุนถูก ซึ่งการเจริญเติบโตของผักในระบบไฮโดรโปนิกส์มีปัจจัยที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตเช่นเดียวกับการปลูกผักในระบบอื่นๆ ได้แก่ อากาศ แสงแดด น้ำ และอาหารพืช ซึ่งอาหารพืชของการปลูกไฮโดรโปนิกส์ที่นิยมใช้ในปัจจุบัน คือ การใช้สารละลายธาตุอาหารเข้มข้นที่มีการควบคุมค่าความเป็นกรด- ด่าง (pH) และค่าการนำไฟฟ้าของเกลือ (Electrical Conductivity, EC) ให้เหมาะสมกับผักหรือพืชแต่ละชนิด ซึ่งสารละลายดังกล่าวมีการใช้ในปริมาณที่มากหรือน้อยเกินไปจะส่งผลต่อคณภาพการเจริญเติบโตของผักและปริมาณของผลผลิตรวมถึงต้นทุนในการปลูกด้วย ดังที่กล่าวไว้ข้างต้นนอกจากสารอาหารแล้วปริมาณออกซิเจนในน้ำถือเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของต้นพืชและผัก ซึ่งเทคโนโลยีนาโนบับเบิ้ลเป็นเทคโนโลยีที่สามารถสร้างฟองอากาศขนาดเล็กระดับ 100 ถึง 200 นาโนเมตร โดยฟองอากาศขนาดเล็กดังกล่าวมีประสิทธิภาพในการเพิ่มปริมาณออกซิเจนในน้ำได้ [1] ซึ่งมีนักวิจัยหลายท่านนำเทคโนโลยีนาโนบับเบิ้ลมาประยุกต์ใช้สำหรับภาคเกษตร อาทิเช่น การบำบัดน้ำเสีย การเลี้ยงสัตว์น้ำ [1] การลดโรคในพืช เป็นต้น [1], [2], [3]

จากที่มาและปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยจึงเกิดแนวคิด ในการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีนาโนบับเบิ้ลสำหรับการปลูกผักสลัดไฮโดรโปนิกส์แบบกึ่งน้ำลึก (Dynamic Root Floating Technique: DRFT) เพื่อช่วยเติมอากาศให้แก่ธาตุอาหารพืชส่งผลดีต่อการลำเลียงสารอาหารจากรากทำให้พืชเจริญเติบโตได้ดี ลดปัญหาการขาดอากาศของรากพืช โดยทดสอบเปรียบเทียบระหว่างวิธีการที่นำเสนอกับรูปแบบการปลูกแบบกึ่งน้ำลึกทั่วไป

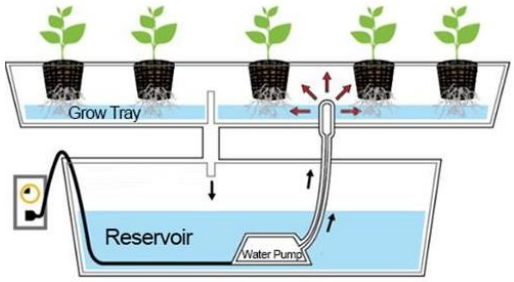
2.วัตถุประสงค์

ในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างต้นแบบการนำเทคโนโลยีนาโนบับเบิ้ลมาประยุกต์ใช้สำหรับการปลูกผักสลัดไฮโดรโปนิกส์แบบกึ่งน้ำลึก (Dynamic Root Floating Technique : DRFT)

3. แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

3.1 การปลูกผักสลัดไฮโดรโปนิกส์แบบกึ่งน้ำลึก (Dynamic Root Floating Technique : DRFT)

การปลูกผักสลัดไฮโดรโปนิกส์แบบกึ่งน้ำลึกเป็นการปลูกพืชโดยให้รากแช่อยู่ในสารละลายธาตุอาหารโดยตรง และให้อากาศไหลผ่านรากพืชอย่างต่อเนื่องที่ระดับความลึกประมาณ 4 เซนติเมตร โดยที่สารละลายธาตุอาหารพืชจะไหลลงสู่ถังบรรจุ จากนั้นจึงไหลเวียนขึ้นไปในถาดปลูกด้วยปั๊มน้ำ ขณะที่สารละลายไหลเวียนขึ้นไปด้านหัวถาดปลูกจะผ่านหัวพ่นอากาศเพื่อเติมอากาศให้สารละลาย และไหลผ่านรากพืชตามถาดปลูกมาสู่ด้านท้ายถาดปลูกจะผ่านสะดือปรับน้ำ (Nutrient Level Adjust) ซึ่งทำหน้าที่ปรับระดับความสูงต่ำของสารละลายในถาดปลูก แสดงลักษณะของระบบกึ่งน้ำลึกดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ลักษณะของระบบกึ่งน้ำลึก [4]

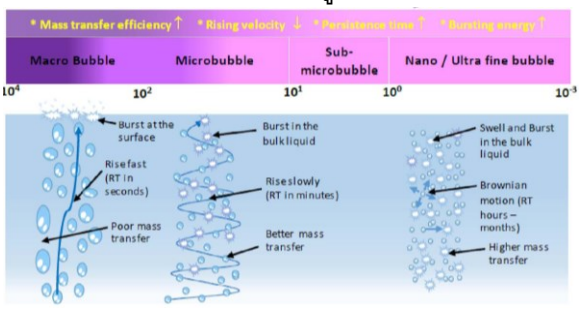
3.2 ชนิดของผักไฮโดรโปนิกส์ (Hydroponic Type)

โดยผักสลัดชนิดต่างๆ ที่นิยมปลูกแบบไฮโดรโปรนิกส์มีหลากหลายพันธุ์ ได้แก่ กรีนโอ๊ค (Green Oak) เรดโอ๊ค (Red Oak) เรดคอรัล (Red Coral) บัตเตอร์เฮด (Butter Head) คอส (Cos) เรดปัตตาเวีย (Red Batavia) เป็นต้น[5] แสดงตัวอย่างผักสลัด ดังรูปที่ 2 โดยมีอายุเก็บเกี่ยวระหว่าง 40- 50 วัน อุณหภูมิปลูกที่เหมาะสมเท่ากับ 20- 30 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) อยู่ระหว่าง 5.8- 7.0 ค่าการนำไฟฟ้าของเกลือของสารอาหาร (Electric Conductivity: EC) ที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 1.2- 2.0 ms/cm ซึ่งพิจารณาการกำหนดปริมาณตามช่วงอายุของผักสลัด [6]

รูปที่ 2 ตัวอย่างผักสลัดที่นิยมปลูกแบบไฮโดรโปรนิกส์

3.3 เทคโนโลยีนาโนบับเบิ้ล (Nano Bubble Technology)

นาโนบับเบิ้ล (Nano Bubble) คือ ฟองอากาศขนาดเล็กระดับ 100 ถึง 200 นาโนเมตรและไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่า การเกิดนาโนบับเบิ้ลเกิดจากการยุบตัวของฟองขนาดไมโครบับเบิ้ลสารละลายที่มีอิเลคโตรไลท์ (Electrolyte solution) เนื่องจากฟองอากาศมีขนาดเล็กมากจึงมีพื้นที่ผิวของอากาศจำนวนมหาศาลทำให้สามารถละลายหรือแทรกตัวในตัวกลางที่เป็นของเหลว เช่น น้ำ ได้มากกว่าสภาวะปกติหลายเท่าตัว และทำให้มีแรงลอยตัวต่ำ ซึ่งทำให้การลอยขึ้นสู่ผิวน้ำช้ากว่าฟองอากาศทั่วไป นอกจากนี้ ผิวของฟองนาโนบับเบิ้ลไม่รวมตัวกันเป็นฟองขนาดใหญ่ ฟองนาโนบับเบิ้ลจึงอยู่ในของเหลวหรือน้ำได้นานกว่าสภาวะปกติ และที่สำคัญก็คือผิวของฟองนาโนบับเบิ้ลมีประจุลบล้อมรอบทำให้ฟองนาโนคงตัวอยู่ในน้ำได้นานและทำให้ฟองนาโนบับเบิ้ลมีคุณสมบัติพิเศษต่างจากฟองอากาศทั่วไป [1], [2] จากคุณสมบัติดังกล่าวนาโนบับเบิ้ลจึงถูกนำไปประยุกต์ใช้อย่างกว้างขวาง อาทิ การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ การบำบัดน้ำเสีย การเพาะปลูก เป็นต้น [1]



รูปที่ 3 ลักษณะการเปลี่ยนแปลงขนาดของฟองอากาศ

4.วิธีการวิจัย

4.1 พื้นที่ดำเนินงานวิจัย

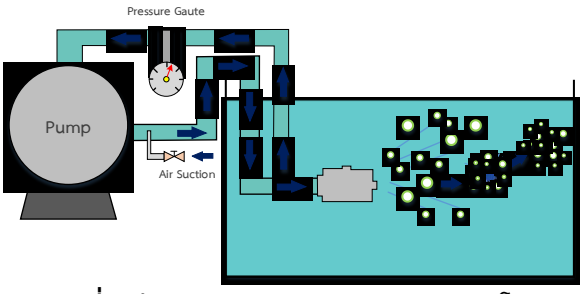
งานวิจัยนี้ดำเนินงานวิจัยร่วมกับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนผักปลอดภัยจากสารพิษตำบลเกาะตาเลี้ยง อำเภอศรีสำโรง จังหวัดสุโขทัย แสดงพื้นที่สำหรับการดำเนินงานวิจัยดังรูปที่ 4

รูปที่ 4 พื้นที่วิจัยกลุ่มวิสาหกิจชุมชนผักปลอดภัยจากสารพิษตำบลเกาะตาเลี้ยง อำเภอศรีสำโรง จังหวัดสุโขทัย

4.2 การทดสอบประสิทธิภาพเครื่องผลิตนาโนบับเบิ้ล

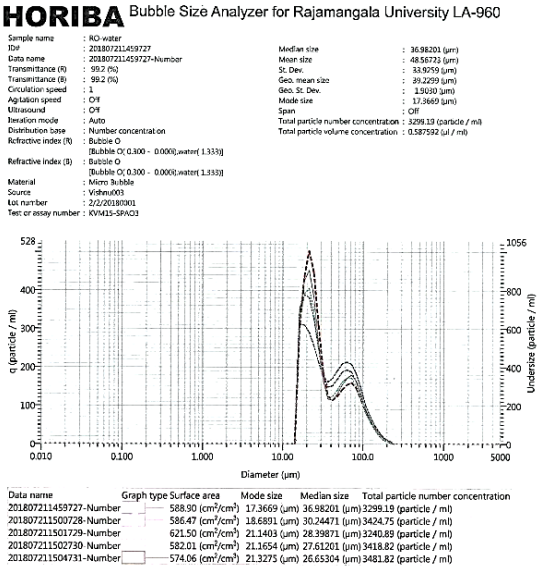
เครื่องผลิตนาโนบับเบิ้ลที่ใช้ในงานวิจัยมีกำลังผลิตเท่ากับ 10 ลิตรต่อนาที แสดงลักษณะของเครื่องผลิตนาโนบับเบิ้ล ดังรูปที่ 5 และลักษณะการเกิดฟองอากาศขนาดนาโน ดังรูปที่ 6

รูปที่ 5 เครื่องผลิตนาโนบับเบิ้ล กำลังการผลิต 10 L/m



รูปที่ 6 ลักษณะการเกิดฟองอากาศขนาดนาโน

ซึ่งในงานวิจัยนี้กำหนดค่าสารละลายธาตุอาหารพืชเท่ากับ 2.0 mS/cm และใช้เครื่องสร้างนาโนบับเบิ้ลสำหรับเพิ่มปริมาณออกซิเจนในสารละลายอาหารพืชในทุกๆ สัปดาห์ เพื่อสังเกตุและวัดค่าการเจริญเติบโตและค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญในสารละลายธาตุอาหารพืช และจากผลการทดสอบขนาดของฟองอากาศของสารละลายธาตุอาหารพืช ด้วยเครื่อง Bubble Size Analyzer ยี่ห้อ HORIBA รุ่น LA-960 แสดงผลการวิเคราะห์ดังรูปที่ 7 และตารางที่ 1 โดยที่ Mode size คือ ขนาดฟองที่มีปริมาณมากที่สุด Median size คือ ขนาดฟองที่มีปริมาณ 50 % และ Mean size คือ ค่ากลางของฟองอากาศ จากผลการทดสอบ พบว่า เครื่องสร้างนาโนบับเบิ้ลสามารถผลิตฟองอากาศได้ในระดับไมโครเมตร ซึ่งเมื่อเวลาผ่านไปจะลดลงเหลือในระดับนาโนเมตร



รูปที่ 7 ผลการวิเคราะห์ขนาดของฟองอากาศ

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ขนาดของนาโนบับเบิ้ล

ผลการวิเคราะห์ขนาดของนาโนบับเบิ้ล	ขนาด
Mode size	17.3669 μm
Medien size	36.98201 μm
Mean size	48.56723 μm

4.3 ชนิดของผักสลัดและการทดลอง

ในงานวิจัยนี้ทำการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีนาโนบับเบิ้ลสำหรับการปลูกผักสลัดแบบไฮโดรโปนิกส์แบบ DRFT ซึ่งชนิดของผักสลัดที่ใช้ทดลอง คือ ชนิดกรีนโอ๊คและเรดโอ๊ค ซึ่งทำการทดสอบเปรียบเทียบระหว่างการประยุกต์ใช้นาโนบับเบิ้ลในสารละลายธาตุอาหารพืชกับรูปแบบการปลูก DRFT แบบทั่วไป โดยแบ่งการตรวจวัดออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 การตรวจวัดค่าตัวแปรในสารละลายธาตุอาหารพืช คือ ค่า EC, pH, DO และอุณหภูมิ และส่วนที่ 2 การตรวจวัดการเจริญเติบโตของผักสลัด คือ ความสูง ความกว้างพุ่ม และความยาวราก

5. ผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ติดตั้งเครื่องสร้างนาโนบับเบิ้ลสำหรับสร้างฟองอากาศในสารละลายธาตุอาหารพืชในอ่างที่ 2 แสดงแบบร่างพื้นที่ทดลองดังรูปที่ 7 กำหนดค่าเริ่มต้นสำหรับการปลูกผักสลัดทั้งสองระบบ ได้แก่ ค่า EC ค่า pH ค่า DO และค่าอุณหภูมิสารละลายธาตุอาหารพืช แสดงดังตารางที่ 2 และผลการตรวจวัดค่าตัวแปรในสารละลายธาตุอาหารพืช และการตรวจวัดการเจริญเติบโตของผักสลัด ระยะเวลา 7 สัปดาห์ แสดงดังตารางที่ 3 และตารางที่ 4 ตามลำดับ

ตารางที่ 2 การกำหนดค่าปัจจัยเริ่มต้นของการปลูกผักสลัด

Parameters	Nanobubble - DRFT System	Conventional DRFT System
ค่า EC	2.0 mS/cm	2.0 mS/cm
ค่า pH	4.09	3.78
ค่า DO	7.58 mg/l	6.76 mg/l
ค่าอุณหภูมิสาร	30.27 °c	29.76 °c

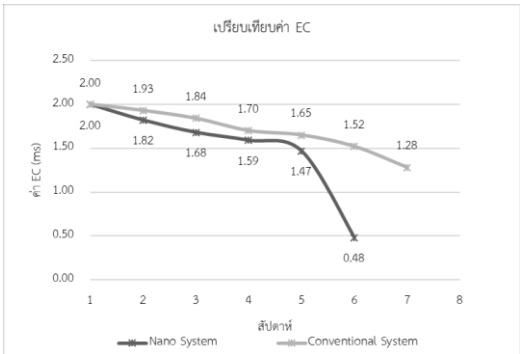
ตารางที่ 3 ผลการตรวจวัดค่าตัวแปรในสารละลายธาตุอาหารพืช

Week	Nanobubble-DRFT System				Conventional DRFT System			
	EC (mS/cm)	pH	DO (mg/l)	Temp (°c)	EC (mS/cm)	pH	DO (mg/l)	Temp (°c)
1	2.00	4.09	7.58	30.27	2.00	3.78	6.76	29.76
2	1.82	4.30	7.10	31.17	1.93	3.20	6.59	31.58
3	1.68	4.12	6.76	30.27	1.84	3.17	5.72	29.76
4	1.59	4.20	6.11	30.32	1.70	3.07	5.83	29.00
5	1.47	4.98	6.07	34.39	1.65	4.32	4.34	35.34
6	0.48	6.95	5.62	30.20	1.52	5.17	4.45	31.58
7	-	-	-	-	1.28	5.89	5.86	29.50

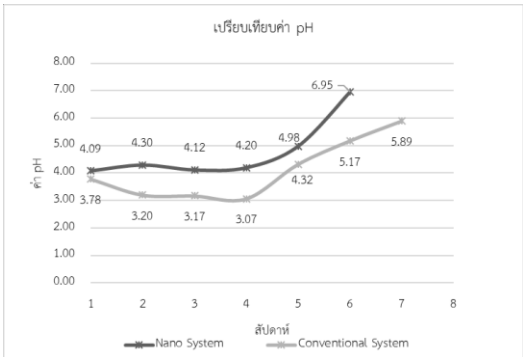
ตารางที่ 4 ผลการตรวจวัดค่าการเจริญเติบโตของผักสลัด

สัปดาห์	Nanobubble-DRFT System			Conventional DRFT System		
	ความสูง (cm)	ความกว้างพุ่ม (cm)	ความยาวราก (cm)	ความสูง (cm)	ความกว้างพุ่ม (cm)	ความยาวราก (cm)
1	2.10	3.65	1.12	2.67	2.17	1.35
2	4.57	7.23	5.44	3.92	6.78	4.03
3	7.49	14.63	7.59	6.85	13.89	6.39
4	10.49	18.53	9.79	9.91	16.68	8.57
5	10.89	19.27	10.12	10.13	18.09	9.12
6	13.27	22.45	12.31	11.55	18.20	9.58
7	-	-	-	12.09	19.72	10.49

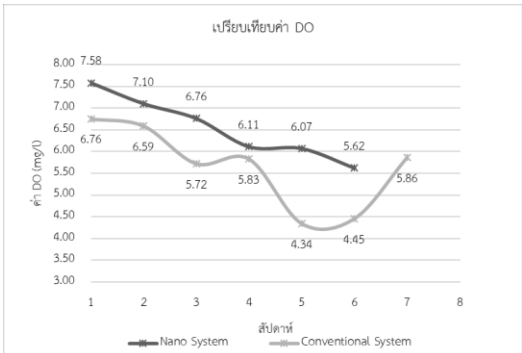
ผลการเปรียบเทียบระหว่างระบบ Nanobubble -DRFT กับระบบ DRFT ทั่วไป ระยะเวลาปลูก 7 สัปดาห์ แสดงการเปลี่ยนแปลงของค่า EC, pH, DO และอุณหภูมิของสารละลายธาตุอาหารพืช ดังรูปที่ 8(ก)- (ง) ตามลำดับ และแสดงผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความสูง ความกว้างพุ่ม และความยาวราก ดังรูปที่ 9(ก)-(ค) ตามลำดับ



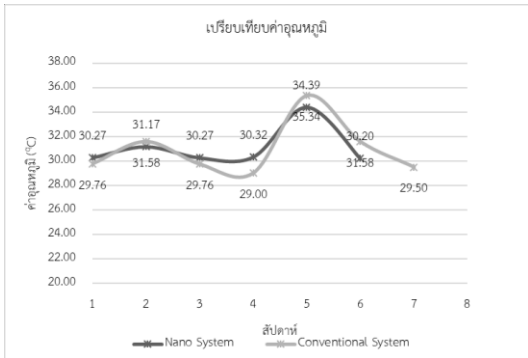
(ก) ผลการเปรียบเทียบค่า EC



(ข) ผลการเปรียบเทียบค่า pH

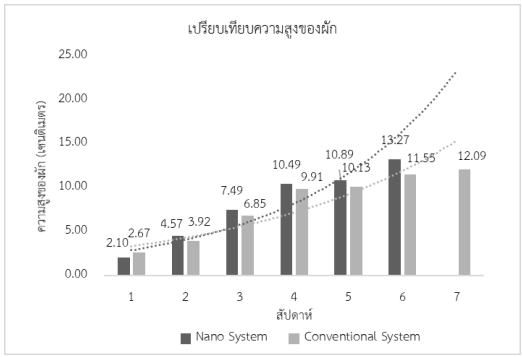


(ค) ผลการเปรียบเทียบค่า DO

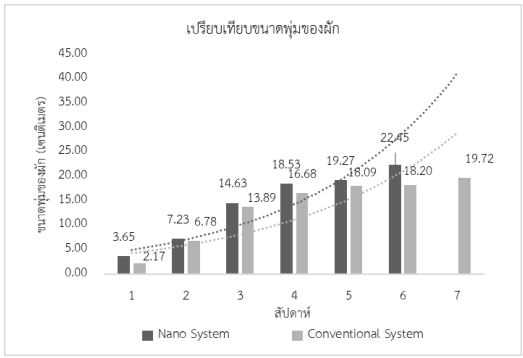


(ง) ผลการเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิสารละลายธาตุอาหารพืช

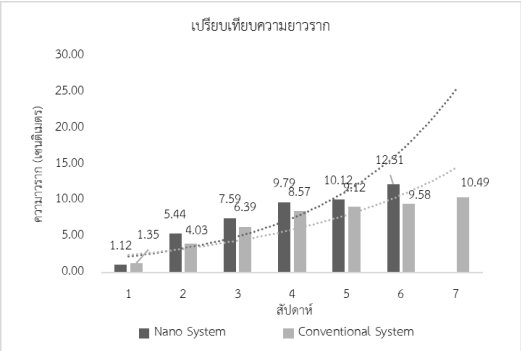
รูปที่ 8 ผลการเปรียบเทียบค่า EC, pH, DO และอุณหภูมิระหว่างระบบ DRFT-Nanobubble กับระบบ DRFT ทั่วไป



(ก) ผลการเปรียบเทียบความสูงเฉลี่ยของผักสลัด



(ข) ผลการเปรียบเทียบความกว้างเฉลี่ยของผักสลัด



(ค) ผลการเปรียบเทียบความยาวรากเฉลี่ยของผักสลัด

รูปที่ 9 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความสูง ความกว้างพุ่ม และความยาวรากระหว่างระบบ DRFT-Nanobubble กับระบบ DRFT ทั่วไป

(ก) (ข)

รูปที่ 10 การเปรียบเทียบแปลงปลูกและการวัดขนาดผักสลัด (ก) ระบบ DRFT ร่วมกับนาโนบับเบิ้ล (ข) ระบบ DRFT ทั่วไป

ผลการทดสอบของระบบ DRFT-Nanobubble กับระบบ DRFT ทั่วไปเมื่อวัดการเจริญเติบโตของผักสลัด พบว่า ความสูงเฉลี่ยของผักสลัดที่ปลูกในระบบ DRFT-Nanobubble และระบบ DRFT ทั่วไปมีความสูงเท่ากับ 13.27 และ 12.09 เซนติเมตร ความกว้างเฉลี่ยพุ่มของผักสลัดที่ปลูกในระบบ DRFT-Nanobubble และระบบ DRFT ทั่วไปมีความกว้างพุ่มเท่ากับ 22.45 และ 19.72 เซนติเมตร และความยาวรากของผักสลัดที่ปลูกในระบบ DRFT-Nanobubble และระบบ DRFT ทั่วไปมีความยาวเท่ากับ 12.31 และ 10.49 เซนติเมตร ตามลำดับ แสดงลักษณะแปลงปลูกและการวัดขนาดผักสลัดในระบบ DRFT-Nanobubble และระบบ DRFT ทั่วไปดังรูปที่ 10 (ก) และรูปที่ 10 (ข)

6. อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการเปรียบเทียบระหว่างการปลูกผักสลัดไฮโดรโปนิกส์แบบ DRFT ร่วมกับการใช้นาโนบับเบิ้ลกับการปลูกผักสลัดไฮโดรโปนิกส์แบบ DRFT ทั่วไป พบว่า ผักสลัดที่ปลูกในระบบที่นำเสนอมีการเจริญเติบโตดีกว่า คือ มีความสูงมากกว่า 1.18 คิดเป็น 9.76 % มีขนาดความกว้างพุ่มมากกว่า 2.73 เซนติเมตร คิดเป็น 13.84 % และมีความยาวรากยาวกว่า 1.82 เซนติเมตร คิดเป็น 17.34% โดยค่าการเจริญเติบโตของผักสลัดเรดโอ๊คระยะปลูกเวลา 7 สัปดาห์ ไฮโดรโปนิกส์แบบ DRFT ร่วมกับการใช้นาโนบับเบิ้ลมีการเจริญเติบโตดีกว่าการปลูกผักสลัดไฮโดรโปนิกส์แบบ DRFT ทั่วไป อีกทั้งสามารถลดระยะเวลาปลูกลงได้ 1 สัปดาห์

7. สรุป

งานวิจัยนี้นำเสนอการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีนาโนบับเบิ้ลสำหรับการปลูกผักสลัดระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ DRFT โดยการเติมนาโนบับเบิ้ล 1 ครั้งต่อสัปดาห์ เปรียบเทียบกับการปลูกผักสลัดระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ DRFT ทั่วไป จากผลการทดลอง พบว่า ผักสลัดที่ปลูกในระบบที่ใช้นาโนบับเบิ้ลมีการเจิญเติมโตที่ดีกว่า อีกทั้งสามารถเก็บผลผลิตได้เร็วกว่าการปลูกในระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ DRFT ทั่วไป ดังนั้น จึงสามารถสรุปได้ว่าวิธีการที่นำเสนอเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพสำหรับนำมาประยุกต์ใช้กับการปลูกผักสลัดแบบไฮโดรโปนิกส์แบบ DRFT ได้

กิตติกรรมประกาศ

ได้รับทุนอุดหนุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาภายใต้โครงการความร่วมมือในการจัดการศึกษาเชิงบูรณาการการเรียนรู้ในสถานศึกษากับการนำวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและนวัตกรรมไปพัฒนาและยกระดับผู้ประกอบการผลิตภัณฑ์ชุมชนในพื้นที่ภาคเหนือ 6 จังหวัด

เอกสารอ้างอิง

[1] รุ่งระวี ทองดอนเอ. เทคโนโลยีไมโคร/นาโนบับเบิลกับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (ออนไลน์). แหล่งที่มา: https://webs.rmutl.ac.th/assets/upload/files/2017/11/20171105093459_40143.pdf. 19 กุมภาพันธ์ 2561.

[2] Moleaer beyond aeration. Nanobubble Generator for Enchanced Hydroponic Growth (online). Available online: https: / / moleaer. com/ project/ hydroponics/ . (accessed 2 March 2018).

[3] วิรัชญา จารุจารีต. (2556). เทคโนโลยีไมโครนาโนบับเบิลส์ กับการประยุกต์ใช้ด้านการเกษตร. เคหการเกษตร, 37 (11) ,183-185.

[4] Hydroponics Deep Flow Technique system (DFT) (online). Available online: http://www.yoonhidroponik.web.id/2017/07/hydroponics- deep- flow- technique- system. html. (accessed 19 January 2018).

[5] ค่า pH และค่า EC (ออนไลน์). แหล่งที่มา: http://zen-hydroponics.blogspot.com /2014/06/ph-ec.html. 20 มกราคม 2561.

[6] ฟาร์มผักไฮโดรโปนิกส์ เกษตรผสมผสาน. ชนิดของผักไฮโดรโปนิกส์ (ออนไลน์). แหล่งที่มา: www.forfarm.co/29. 15 มกราคม 2561.

[7] ลักณะการปลูกโดยทั่วไปของผัก (ออนไลน์). แหล่งที่มา: www.zen-hydroponics.Blogpot. 15 มกราคม 2561.

JiTR Journal of Innovative Technology Research
Vol.3 No.2 July – December 2019 Rajamangala University of Technology Lanna

การศึกษากระบวนการสร้างทักษะการใช้งานคอมพิวเตอร์สำหรับการเรียนรู้ของนักเรียนในถิ่นทุรกันดาร : กรณีศึกษาโรงเรียนบ้านโพซอ ตำบลเสาหิน อำเภอแม่สะเรียง จังหวัดแม่ฮ่องสอน

ศิริลักษณ์ กรุดเงิน[1]*, วรจักร์ เมืองใจ[1] และภมร ทรงยศ[2]

1 ส่วนสนับสนุนการดำเนินงานมูลนิธิโครงการหลวง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
128 ถนนห้วยแก้ว ตำบลช้างเผือก อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50300
2 ศูนย์ส่งเสริมและสนับสนุนมูลนิธิโครงการหลวงและโครงการตามพระราชดำริ สถาบันพัฒนาและฝึกอบรมโรงงานต้นแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 126 ถนนประชาอุทิศ แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพมหานคร 10140

รับบทความ 15 ตุลาคม 2561 ตอบรับบทความ 10 ธันวาคม 2561 เผยแพร่ออนไลน์ 30 พฤษภาคม 2563

บทคัดย่อ

บทความนี้เป็นการศึกษากระบวนการสร้างทักษะการใช้งานคอมพิวเตอร์ สำหรับการเรียนรู้ของนักเรียนในถิ่นทุรกันดาร กรณีศึกษาโรงเรียนบ้านโพซอ ตำบลเสาหิน อำเภอแม่สะเรียง จังหวัดแม่ฮ่องสอน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการพัฒนาทักษะการใช้งานคอมพิวเตอร์ของนักเรียนในพื้นที่ที่ห่างไกล และศึกษากระบวนการจัดการเรียนการสอนคอมพิวเตอร์ วิธีการให้ความรู้แก่นักเรียนที่ได้จากการปฏิบัติงานจริงในพื้นที่และปัจจัยที่ส่งผลต่อความสำเร็จในการถ่ายทอดเทคโนโลยี การวิจัยนี้เป็นการวิจัยกรณีศึกษาพื้นที่ที่มีลักษณะเฉพาะ เนื่องจากเป็นโรงเรียนในพื้นที่ทุรกันดาร ใกล้แนวพรมแดนไทย-พม่า มีข้อจำกัดด้านพลังงานที่ผลิตจากระบบไฟฟ้าพลังแสงอาทิตย์ และจำนวนอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ไม่เพียงพอ สำหรับการเรียนการสอน ทำให้กระบวนการสร้างทักษะการใช้งานคอมพิวเตอร์เป็นไปอย่างยากลำบากและจำเป็นต้องได้รับความร่วมมือจากหลายภาคส่วน จากผลศึกษาพบว่า กระบวนการสร้างทักษะการใช้งานคอมพิวเตอร์ให้เกิดผลสัมฤทธิ์นั้น ในส่วนแรกของกระบวนการพัฒนา เริ่มต้นจากการจัดเตรียมทรัพยากรพื้นฐานของการใช้งานคอมพิวเตอร์ ปรับปรุงห้องคอมพิวเตอร์ จัดหาอุปกรณ์คอมพิวเตอร์และแหล่งพลังงานที่หมาะสม ส่วนที่สองเตรียมความพร้อมผู้เรียน ในด้านความรู้ ความเข้าใจถึงประโยชน์จากการใช้งานและมีทักษะในการใช้งานคอมพิวเตอร์ ส่วนที่สาม เตรียมความพร้อมของแหล่งความรู้ บุคลากรและหลักสูตรที่เหมาะสม และส่วนสุดท้ายที่สำคัญ คือ พื้นที่จัดแสดงความรู้และการต่อยอดองค์ความรู้ ซึ่งส่วนนี้จะเป็นส่วนสำคัญในการสร้างให้เกิดการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง โดยปัจจัยความสำเร็จที่สำคัญในการพัฒนาทักษะการใช้งานคอมพิวเตอร์ที่สำคัญที่สุดคือสร้างการยอมรับในศักยภาพผู้เรียนว่า สามารถเรียนรู้ได้ และทุกภาคส่วน ความเข้าใจถึงความจำเป็นของทักษะการใช้งานคอมพิวเตอร์ การสื่อสารผ่านระบบอินเตอร์เน็ต ว่าสิ่งนี้จะเป็นเครื่องมืออันทรงประสิทธิภาพในการเรียนรู้และการพัฒนาศักยภาพของนักเรียนได้ในอนาคต

คำสำคัญ: ทักษะการใช้งานคอมพิวเตอร์, กระบวนการสร้างทักษะ

Study of Process Improving Computer skills for young people : A Case study of Ban Po Sor, Sao Hin, Mae Sa riang, Mae Hong Sorn

Sirilak Krudngirn1* Worrajak Muangjai1 and Pamorn Chongyod2

1 Royal Project Foundation & King's Recommended Project Suporting Center of RMUTL

, 128 Huay Kaew Road, Muang, Chiang Mai, Thailand, 50300

2 King Mongkut's University of Technology Thonburi,

126 Pracha Uthit Rd., Bang Mod, Thung Khru, Bangkok 10140, Thailand

Receive: 15 October 2018 Accepted: 10 December 2018 Published online: 30 May 2020

Abstract

This article is a lesson-learnt from fieldwork in supporting High-school in remote rural area ,Po-sor Secondary school (Extending Education) with the objective to observe and support the school to initiate the training in computer-skills. This condition is limited to develop computer skill, the amount of energy from solar power and the number of computers for teaching is not enough. The process of skill up is difficult and need to get cooperation from many sectors. Research results that found that the process of develop computer skills to achieve the achievement. First step, preparing the basic resources of computer use - computer room, computer equipment and energy resources. Second step prepares the students, knowledge, and attitude to understand the benefits of using and skilled in computer use. The third step prepares the source of knowledge, teacher or facilitator and effective courses. The last step, the knowledge representation space and implementation of their information. This is an important part of continuous skill development. The most important factor in developing computer skills is acceptance in potential learners that they can learn and all sectors understanding the necessity of computer skills and internet communication. This will be a powerful tool in learning and developing potential students in the future.

Keywords: computer skill, skill development

* Email: sirilak28@rmutl.ac.th ,เบอร์โทรศัพท์ 0864400482

1. บทนำ

ทักษะการใช้งานคอมพิวเตอร์เป็นพื้นฐานที่สำคัญในการต่อยอดความรู้ความสามารถ การเรียนรู้และการประกอบอาชีพในโลกยุคปัจจุบัน เทคโนโลยีดิจิทัลสร้างการเปลี่ยนแปลงในสังคมโลกไปอย่างสิ้นเชิง อุปกรณ์มีประสิทธิภาพสูงขึ้น สร้างให้เกิดกิจกรรมดิจิทัลในรูปแบบใหม่ ประชาชนในยุคดิจิทัล (Digital Native) เชื่อมต่อเครือข่ายอินเตอร์เน็ต 24 ชั่วโมงต่อวัน สร้างข้อมูลดิจิทัล (Digital Content) และใช้ข้อมูลดิจิทัลสร้างคุณค่าของตนเอง เกิดการรวมกลุ่มคนที่เห็นคุณค่าในสิ่งเดียวกันและเปลี่ยนสิ่งนั้นให้เป็นธุรกิจ เกิดอาชีพรูปแบบใหม่ สร้างเม็ดเงินและธุรกิจขนาดใหญ่ เทคโนโลยีที่พัฒนาอย่างรวดเร็ว และก้าวกระโดด แต่การสร้างทักษะการใช้งานคอมพิวเตอร์ในกับนักเรียนของไทยส่วนใหญ่ยังคงเป็นปัญหา และเป็นปัญหาอย่างมากในพื้นที่ที่ห่างไกลและมีทรัพยากรอย่างจากัด ในบริบทที่มีความขัดแย้งกับแนวทางของโลกในปัจจุบันอย่างมาก จึงเป็นที่มาของคาถามวิจัยที่ว่า การพัฒนาทักษะการใช้งานคอมพิวเตอร์ในเด็กที่ศึกษาอยู่ในโรงเรียนชายขอบ มีกระบวนการในการดาเนินการอย่างไรบ้าง รวมถึงกระบวนการจัดการเรียนการสอนที่เหมาะสม ควรทาอย่างไร และสุดท้ายปัจจัยสาคัญที่ส่งผลสู่ความสาเร็จในการสร้างทักษะมีอะไรบ้าง

2.วัตถุประสงค์

วัตถุสงค์ของงานวิจัยนี้ เพื่อศึกษากระบวนการพัฒนาทักษะการใช้งานคอมพิวเตอร์ของนักเรียนในพื้นที่ที่ห่างไกล และศึกษากระบวนการจัดการเรียนการสอนคอมพิวเตอร์ วิธีการให้ความรู้แก่นักเรียนที่ได้จากการปฏิบัติงานจริงในพื้นที่และปัจจัยที่ส่งผลต่อความสาเร็จในการถ่ายทอดเทคโนโลยี เพื่อให้เกิดการพัฒนาความสามารถด้านเทคโนโลยีของนักเรียนและเยาวชนในพื้นที่ห่างไกลได้อย่างแท้จริง

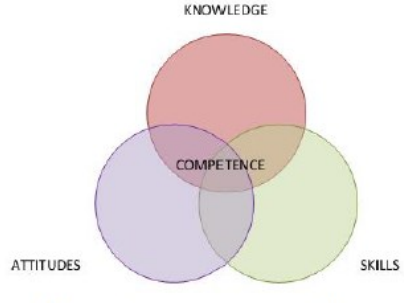
3. แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

3.1 โรงเรียนบ้านโพซอ อาเภอแม่สะเรียง จังหวัดแม่ฮ่องสอน เป็นโรงเรียนสังกัดสำนักงานประถมศึกษาเขตสอง 2 จังหวัดแม่ฮ่องสอน พื้นที่ของโรงเรียนอยู่ในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าและพื้นที่ป่าสงวนเป็นบางส่วน ทำให้พื้นที่ทั้งหมดเป็นป่าที่มีความอุดมสมบูรณ์ด้วยป่าน้ำชนิด อีกทั้งพื้นที่ตำบลเสาหินยังเป็นพื้นที่ที่มีอาณาเขตติดต่อกับประเทศพม่า เป็นเส้นทางเศรษฐกิจการค้าชายแดนระหว่างไทย-พม่า โรงเรียนเปิดสอนตั้งแต่ระดับชั้นอนุบาล 1 จนถึงระดับมัธยมศึกษาตอนปลายปีที่ 6 นักเรียนส่วนใหญ่เป็นชนเผ่าปกาเกอญอ พักนอนในโรงเรียน จำนวนนักเรียนปีการศึกษา 2561 ประมาณ 412 คน บุคคลากร 37 คน[1] ระบบพลังงานใช้ระบบพลังงานแสงอาทิตย์ กำลังไฟอยู่ที่ 20 กิโลวัตต์ ปัจจุบันในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายเปิดสอนในหลักสูตรทักษะอาชีพเกษตรกรรม คหกรรมและช่างอุตสาหกรรม

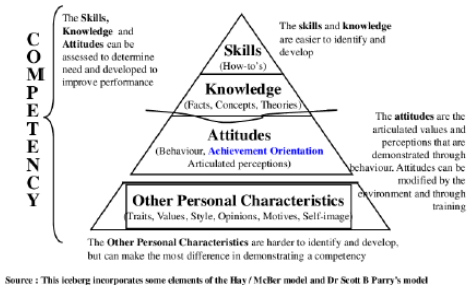
3.2 ทักษะและความสามารถ

ทักษะ (skill) ว่าหมายถึง ความชำนาญหรือความสามารถในการกระทำหรือการปฏิบัติอย่างใดอย่างหนึ่ง ที่เกิดขึ้นจากการฝึกฝน หรือการกระทำบ่อยๆ

ซึ่งทักษะ เป็นองค์ประกอบสำคัญชองการสร้างความสามารถ หรือ Competence หมายถึง คุณลักษณะที่ทุกคนมีและใช้ได้อย่างเหมาะสม เพื่อผลักดันให้ผลการปฏิบัติงานบรรลุตาม เป้าหมาย



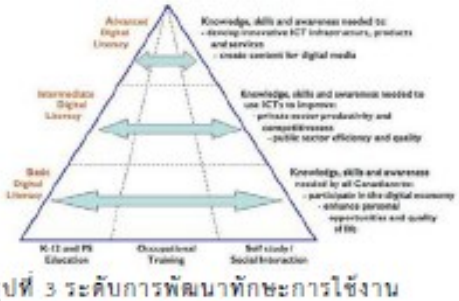
รูปที่ 1 องค์ประกอบของการสร้างความสามารถ



รูปที่ 2 องค์ประกอบของความสามารถของ Iceberg Model

3.3 ทักษะการใช้งานคอมพิวเตอร์

กรอบการพัฒนาทักษะการใช้งานคอมพิวเตอร์ให้กับนักเรียน ให้สามารถเข้าถึงเทคโนโลยี เพื่อพัฒนำองค์ความรู้และศักยภาพของตนให้อยู่ในสังคมได้อย่างมีคุณภาพชีวิตที่ดี (Basic Computer Literacy)



รูปที่ 3 ระดับการพัฒนาทักษะการใช้งานคอมพิวเตอร์ กรณีศึกษาประเทศแคนาดา

3.4 กระบวนการสร้างทักษะ

ในกระบวนการการพัฒนาความรู้ความสามารถและการพัฒนาทักษะ ได้แบ่ง ออกเป็น 6 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ทักษะพื้นฐานที่จำเป็น (pre-requirement skill)

ขั้นตอนที่ 2 สอนหรืออธิบาย (instruction)

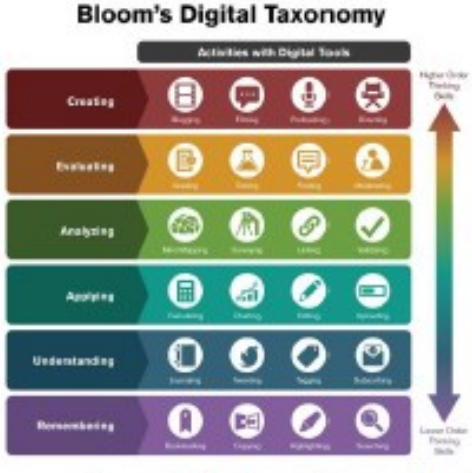
ขั้นตอนที่ 3 ทำให้ดู (modeling)

ขั้นตอนที่ 4 ฝึกฝน (rehearsal)

ขั้นตอนที่ 5 ให้คำแนะนำและปรับแก้ (feedback)

ขั้นตอนที่ 6 การนำไปใช้ในสถานการณ์จริง (generalization)

รูปที่ 4 องค์ประกอบของการสร้างความสามารถแนวคิดเกี่ยวกับความรู้ความสามารถ (Competence) มีองค์ประกอบและการพัฒนาที่เป็นขั้นตอน การที่จะสร้างให้เกิดความรู้ความสามารถในผู้เรียน ผู้เรียนต้องตระหนักทบทวนและใช้เวลาลงมือปฏิบัติ เพื่อที่ช่วยให้สามารถเผชิญและแก้ไข สถานการณ์หรือปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นได้จริง และประเมินผลโดยใช้แนวคิดของบลูม



รูปที่ 5 การประเมินทักษะการใช้งานคอมพิวเตอร์และกิจกรรมที่เกี่ยวข้อง

3.5 หลักสูตรเทคโนโลยีระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย หลักสูตรการเรียนเพื่อสร้างความรู้ความสามารถทางคอมพิวเตอร์ สำหรับในปัจจุบันใช้ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ออกโดยสำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ มีกลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี มุ่งพัฒนาผู้เรียนแบบองค์รวม เพื่อให้มีความรู้ความสามารถมีทักษะในการทำงาน

เห็นแนวทางในการประกอบอาชีพและการศึกษาต่อได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยมีสาระสำคัญ แบ่งออกเป็น 4 ด้าน ดังนี้

1. การดำรงชีวิตและครอบครัว
2. การออกแบบและเทคโนโลยี
3. เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร
4. การอาชีพ

โดยจากหลักสูตรแกนกลาง จำแนกเป็นทักษะพื้นฐานของคอมพิวเตอร์ได้ดังนี้

3.1.อธิบายองค์ประกอบ หลักการทำงานและบอกคุณลักษณะของคอมพิวเตอร์ ระบบสารสนเทศ ระบบสื่อสารข้อมูลสำหรับเครือข่ายและอุปกรณ์ต่อพ่วงได้

3.2.แก้ปัญหาด้วยกระบวนการเทคโนโลยีสารสนเทศอย่างมีประสิทธิภาพ มีขั้นตอนและการเขียนโปรแกรมภาษา

3. ใช้คอมพิวเตอร์ในการประมวลผลข้อมูลให้เป็นสารสนเทศเพื่อการตัดสินใจติดต่อสื่อสาร ค้นหาข้อมูลผ่านอินเทอร์เน็ต

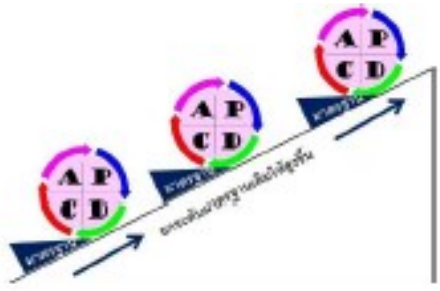
3.4 การพัฒนาโครงงานคอมพิวเตอร์ และใช้ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ให้เหมาะสมกับงาน และใช้เทคโนโลยีสารสนเทศนำเสนองานในรูปแบบที่เหมาะสมตรงตามวัตถุประสงค์

3.5 บอกข้อควรปฏิบัติสำหรับผู้ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสร้างชิ้นงานหรือโครงงานอย่างมีจิตสำนึกและความรับผิดชอบ

4.วิธีการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยกรณีศึกษาประชากรในการศึกษาครั้งนี้ คือโรงเรียนในกลุ่มศูนย์การศึกษาศิลาทอง จำนวน 14 โรงเรียน โดยคัดเลือกโรงเรียนแกนนำ จำนวน 1 โรงเรียน เป็นกลุ่มตัวอย่างที่มีนักเรียนหลากหลายทางภูมิสังคมและบริบท

ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย 4 ขั้นตอน ตามกรอบแนวคิด วงจรเดมมิ่ง (Deming Cycle) [1] ดังรูปที่ 1



รูปที่ 6 แผนภูมิขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

2.1 ขั้นตอนการวางแผน (Plan) โดยการสำรวจและพูดคุยกับนักเรียน บุคลากรทางการศึกษาและผู้บริหารสถานศึกษาและผู้เชี่ยวชาญ ถึงมุมมองและขอบเขตที่มีต่อพัฒนาทักษะทางคอมพิวเตอร์และทักษะที่จำเป็นด้านต่างของเยาวชนในพื้นที่

2.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน (Do) คณะวิจัยได้แบ่งการดำเนินงานออกเป็น 2 ระยะ ดังนี้

1. ระยะที่ 1 จัดกิจกรรม Workshop อบรมเชิงปฏิบัติการ โดยเข้าพื้นที่นำผู้เชี่ยวชาญและวิทยากรถ่ายทอดทักษะทุกๆ 1 เดือน กิจกรรมเน้นให้เยาวชนได้เพลิดเพลินกับกิจกรรม และสอดแทรกความรู้พื้นฐาน เพื่อให้เยาวชนได้เลือกตามความถนัด และความสนใจ
2. ระยะที่ 2 จัดกิจกรรมฝึกทักษะร่วมกับกิจกรรมการเรียนการสอน โดยเข้าพื้นที่นำผู้เชี่ยวชาญและวิทยากรถ่ายทอดทักษะที่จำเป็น และหาผู้รับผิดชอบหลักในพื้นที่
3. ระยะที่ 3 จัดพื้นที่นำแสดงทักษะการทำงานโดยให้ผู้รับผิดชอบหลักในพื้นที่ สร้างกิจกรรมให้นักเรียนมีพื้นที่แสดงความสามารถและใช้งานความรู้ที่มีอย่างต่อเนื่อง

2.3 ขั้นตอนการตรวจสอบ (Check) มีการทดสอบและประเมินผ่านกิจกรรม ใบงานและการสัมภาษณ์ผู้เรียน นำผลการประเมิน นำปรับแก้กลยุทธ์การดำเนินงาน

2.4 ขั้นตอนการปรับปรุงและแก้ไข (Action) การปรับปรุงแก้ไขได้เข้าไปอยู่ทุก ๆขั้นตอน ซึ่งดำเนินงานแก้ไขปรับเปลี่ยนตามสถานการณ์

5. ผลการวิจัย

ผลการวิจัยกระบวนการสร้างทักษะการใช้งานคอมพิวเตอร์ สาหรับการเรียนรู้ของนักเรียนในถิ่นทุรกันดาร พบว่า ต้องวางแผนพัฒนาทั้ง 4 ด้าน ดังนี้

ขั้นที่ 1 : พัฒนาโครงสร้างพื้นฐาน

ประเมินสภาพความเป็นจริงของทรัพยากรที่มี ปรับปรุงระบบเดิมให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดและทดลองทำระบบใหม่ที่เหมาะสม เพื่อให้รองรับการเรียนการสอนตามตารางและหลักสูตรกำหนด

รูปที่ 7 การทดสอบและปรับปรุงอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ แบบประหยัดพลังงาน

ขั้นที่ 2 : พัฒนาบุคลากรและหลักสูตร

พูดคุย ทำความเข้าใจ และประเมินหาจุดแข็งของบุคลากรที่มี ออกแบบกระบวนการสอนที่ผู้สอนมีศักยภาพที่ทำได้ และเพิ่มเติมส่วนที่องค์ความรู้ส่วนที่ขาดให้แก่บุคลากร และพัฒนาหลักสูตรที่เหมาะสม ตรงตามความต้องการของเรียน

ขั้นที่ 3 :พัฒนาผู้เรียน

ทดสอบระดับความรู้พื้นฐานของผู้เรียนทดสอบความถนัดและความต้องการใช้งานของแต่ละบุคคล ประเมินผลระดับการเรียนรู้ของแต่ละบุคคล กระบวนการจัดการเรียนการสอนคอมพิวเตอร์และวิธีการให้ความรู้แก่นักเรียนให้พื้นที่ที่ห่างไกลนั้น โดยใช้ 6 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ทักษะพื้นฐานที่จำเป็น (pre-requirement skill) อธิบายพื้นที่ความรู้ที่จำเป็นต่อการใช้งานจริง เช่น การเปิด-ปิดเครื่อง การตรวจสอบการใช้งาน ข้อควรระวังในการใช้งาน ข้อตกลงในการเรียน

ขั้นตอนที่ 2 สอนหรืออธิบาย (instruction) ยกตัวอย่างการทำงานที่ใกล้เคียงกับชีวิตประจำวันของผู้เรียน อาทิ การทำงานของคอมพิวเตอร์ กับการทำงานของคน

ขั้นตอนที่ 3 ทาให้ดู (modeling) ให้ระบุกิจกรรมที่สนใจและเริ่มทดลองใช้งาน เช่น กำรอ่ำนหนังสือ กำรดูหนัง กำรถ่ำยภำพ

ขั้นตอนที่ 4 ฝึกฝน (rehearsal) ให้แบบฝึกหัดที่ให้ได้ฝึกการใช้งานอย่างต่อเนื่อง เช่น การเล่ากิจวัตรประจำวันช่วงปิดภาคเรียน โดยใช้อุปกรณ์คอมพิวเตอร์เข้ามามีส่วนร่วม

ขั้นตอนที่ 5 ให้คำแนะนำและปรับแก้ (feedback) ให้ผู้เรียนนำเสนอปัญหาและอุปสรรคจากการทำงานจริง นำเสนอและหาทางแก้ไขร่วมกัน

ขั้นตอนที่ 6 การนาไปใช้ในสถานการณ์จริง (generalization) กำหนดภารกิจและสถานการณ์ให้นักเรียนได้ฝึกปฏิบัติอย่างสม่ำเสมอ เช่น กิจกรรมวิทยุโรงเรียน

ขั้นที่ 4 : พัฒนาพื้นที่การเรียนรู้และการประยุกต์ใช้งาน ซึ่งวิเคราะห์หาแนวทางเพิ่มพื้นที่สำหรับการนำองค์ความรู้ไปใช้งานในชีวิตประจำวันและส่งเสริมกำรฝึกทักษะผ่านกิจกรรมการแข่งขันทักษะอาชีพ งานศิลปวัฒนธรรมของกลุ่มโรงเรียน

6. อภิปรายผลการวิจัย

การศึกษาและถอดบทเรียนกระบวนการสร้างทักษะการใช้งานคอมพิวเตอร์ สำหรับการเรียนรู้ของนักเรียนในถิ่นทุรกันดาร ซึ่งกระบวนการจัดการเรียนการสอนคอมพิวเตอร์และวิธีการให้ความรู้แก่นักเรียนให้พื้นที่ที่ห่างไกล ต้องใช้ความร่วมมือของทุกฝ่ายในการวางแผนและตรวจประเมิน ประยุกต์การเรียนรู้ทักษะคอมพิวเตอร์เข้ากับทุกกิจกรรมการเรียนรู้ ทั้งนี้เพื่อเพิ่มโอกาสในการฝึกการใช้งานให้ได้ในกิจกรรมการเรียนรู้และกิจกรรมวิชาการให้มากที่สุด

ในส่วนแรกของกระบวนการพัฒนา เริ่มต้นจากการจัดเตรียมทรัพยากรพื้นฐานของการใช้งานคอมพิวเตอร์ ปรับปรุงห้องคอมพิวเตอร์ จัดหาอุปกรณ์คอมพิวเตอร์และแหล่งพลังงานที่หมาะสม ทั้งนี้

-อุปกรณ์ที่เหมาะสำหรับการเรียนการสอน ในพื้นที่ควรเป็นคอมพิวเตอร์ที่มีแหล่งพลังงานสำรอง อาทิ โน้ตบุ๊ค แท็บแล็ต หรือ โทรศัพท์มือถือ มากกว่าคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ เพราะด้วยข้อจำกัดของระบบพลังงาน ประสิทธิภาพการใช้งานและความสะดวกในการเดินทาง

-อุปกรณ์ที่เหมาะสมควรเป็นไปตามความต้องการของผู้ใช้งานเป็นสำคัญ มีประสิทธิ์ภาพดี ซ่อมแซมง่าย ทนทานต่อการพังและเหมาะสมกับแหล่งพลังงานที่มี

ส่วนที่สอง เตรียมความพร้อมของแหล่งความรู้ บุคลากรและหลักสูตรที่เหมาะสม ทั้งนี้

-ครูหรือผู้สอนมีส่วนสำคัญอย่างมาก สำหรับการเรียนในพื้นที่ห่างไกล เพราะเป็นแหล่งความรู้หลักของผู้เรียน

-สร้างยอมรับในศักยภาพผู้เรียนว่า สามารถเรียนรู้และพัฒนาได้เป็นสิ่งสำคัญ

-ควรมีการออกแบบหลักสูตรที่เฉพาะเจาะจง โดยใช้บริบทการเรียนรู้ของพื้นที่เป็นหลัก

- สร้างทางเลือกในการเข้าถึงแหล่งความรู้ให้หลากหลาย เช่น ห้องสมุด

ส่วนที่สาม เตรียมความพร้อมผู้เรียน ในด้านความรู้ ความเข้าใจถึงประโยชน์จากการใช้งานและมีทักษะในการใช้งานคอมพิวเตอร์ ทั้งนี้

-การทำให้ผู้เรียนทราบถึงความง่ายของการใช้งานและประโยชน์ของการใช้งานเป็นสิ่งจำเป็น

-ทักษะต้องเกิดจากการฝึกฝนและมีเป้าหมายที่ชัดเจน และส่วนสุดท้ายที่สาคัญ คือ พื้นที่จัดแสดงความรู้และการต่อยอดองค์ความรู้ ซึ่งส่วนนี้จะเป็นส่วนสำคัญในการสร้างให้เกิดการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ซึ่งในส่วนนี้เป็นส่วนสำคัญที่จะช่วยให้เกิดการฝึกฝนใช้งานอย่างต่อเนื่อง

7. สรุป

กระบวนการสร้างทักษะการใช้งานคอมพิวเตอร์ให้เกิดผลสัมฤทธิ์นั้น ในส่วนแรกของกระบวนการพัฒนาเริ่มต้นจากการจัดเตรียมทรัพยากรพื้นฐานของการใช้งานคอมพิวเตอร์ ปรับปรุงห้องคอมพิวเตอร์ จัดหาอุปกรณ์คอมพิวเตอร์และแหล่งพลังงานที่หมาะสม ส่วนที่สองเตรียมความพร้อมผู้เรียน ในด้านความรู้ ความเข้าใจถึงประโยชน์จากการใช้งานและมีทักษะในการใช้งานคอมพิวเตอร์ ส่วนที่สาม เตรียมความพร้อมของแหล่งความรู้ บุคลากรและหลักสูตรที่เหมาะสม และส่วนสุดท้ายที่สำคัญ คือ พื้นที่จัดแสดงความรู้และการต่อยอดองค์ความรู้ ซึ่งส่วนนี้จะเป็นส่วนสำคัญในการสร้างให้เกิดการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง บทเรียนจากการทำงานพบว่า ในกระบวนการติดตั้งในระยะแรกด้วยระบบ Stand alone ไม่ประสบผลสำเร็จ เนื่องจากผู้วิจัยขาดประสบการณ์การในการนำเทคโนโลยีลงพื้นที่ ซึ่งการออกแบบอุปกรณ์โดยขาดความเข้าใจในบริบทของพื้นที่ องค์ความรู้การถ่ายทอดเทคโนโลยีที่ดี และการวางแผนการจัดการอุปกรณ์ ทำให้อุปกรณ์ไม่มีผู้ดูแลโดยตรงอุปกรณ์สูญหาย ประกอบกับประสิทธิภาพของอุปกรณ์และรูปแบบการใช้งานไม่ตรงกับความต้องการของครูผู้สอน ทำให้ขาดแรงจูงใจในการใช้งาน นักเรียนไม่สามารถมีสิทธิ์เข้าใช้งานได้อย่างอิสระ ทำให้อุปกรณ์ชุดแรกไม่ประสบความสำเร็จ หลังจากปรับเปลี่ยนแนวทางในการทำงาน โดยเน้นการทำงานร่วมกับครู สร้างความคุ้นเคยและทำความเข้าใจผู้ใช้งาน ใช้ระบบที่เหมาะสมให้ตรงความต้องการ มีความคุ้นเคยในการใช้งานอยู่แล้ว ลดภาระการเรียนรู้ของผู้ใช้งาน และเพิ่มแนวทางการสนับสนุนให้เกิดงานจากครูผู้สอนโดยตรง โดยให้ผู้ใช้งานมีส่วนร่วมตั้งแต่กระบวนการติดตั้ง ทดสอบใช้งานและประเมินผลการใช้งาน และสิ่งที่สำคัญที่สุดคือ สร้างการยอมรับในศักยภาพผู้เรียนว่าสามารถเรียนรู้ได้ และจากการลงพื้นที่พบว่านักเรียนมีพัฒนาการเรียนรู้ รับคำสั่งและปฏิบัติตามได้ แต่เนื่องจากขาดความต่อเนื่องในการปฏิบัติ จึงยังขาดความชำนาญในการเครื่องมือ และควรสร้างความเข้าใจถึงความจำเป็นของทักษะการใช้งานคอมพิวเตอร์ และการค้นคว้าและหาข้อมูลโดยอาศัยการสื่อสารผ่านระบบอินเตอร์เน็ตที่จำเป็นในอนาคต ให้ผู้เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอนได้ตระหนักทราบและสนับสนุนให้เกิดการเรียนอย่างเต็มกำลัง

อีกปัจจัยสำคัญที่นำไปสู่การพัฒนาทักษะทางเทคโนโลยี คือการสร้างการเรียนรู้ที่จะเกิดผลต้องตอบโจทย์บริบทของผู้เรียน สร้างให้เกิดแรงจูงใจในการเรียนรู้อย่างแท้จริง ปัจจัยการพัฒนาทักษะการใช้งานคอมพิวเตอร์ที่สำคัญที่สุดคือ สร้างการยอมรับในศักยภาพผู้เรียนว่าสามารถเรียนรู้ได้ และทุกภาคส่วน ความเข้าใจถึงความ

จำเป็นของทักษะการใช้งานคอมพิวเตอร์ การสื่อสารผ่านระบบอินเตอร์เน็ต ว่าสิ่งนี้จะเป็นเครื่องมืออันทรงประสิทธิภาพในการเรียนรู้และการพัฒนาศักยภาพของนักเรียนได้ในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ผศ.ดร.จัตตุฤทธิ์ ทองปรอน และบุคลากรส่วนสนับสนุนการดำเนินงานมูลนิธิโครงการหลวงและกิจกรรมวิชาการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

ดร.กฤษณพงศ์ กีรติกร, รศ.ดร.ศักดิ์รินทร์ ภูมิรัตน์, รศ.ดร.สุวิทย์ เตีย, รศ.ดร.กรกฎ วัฒนวิเชียร, อาจารย์สุรเดช พหลโยธิน อาจารย์รัตนพล พนมวัน ณ อยุธยา อาจารย์ชเนนทร์ มั่นคง คณาจารย์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี และหน่วยงานในพื้นที่ทุกหน่วยงาน

เอกสารอ้างอิง

ก่อเกียรติ สอนสะอาด,“ข้อมูลพื้นฐานโรงเรียนบ้านโพซอ”, รายงานประจำปี, พ.ศ.2559, หน้า 1-2. กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร. 2559. แผนพัฒนาดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม. กรุงเทพมหานคร

ขจรศักดิ์ ศิริมัย. 2554a. เรื่องน่ารู้เกี่ยวกับสมรรถนะ. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา competency.rmutp.ac.th/wpcontent/uploads/2011/01/aboutcompetency.pdf (30 ตุลาคม 2560).

---. 2554b. แนวทางการพัฒนาระบบสมรรถนะเพื่อพัฒนาการบริหารทรัพยากรบุคคล. [ระบบ ออนไลน์]. แหล่งที่มา http://competency.rmutp.ac.th/ (30 พฤศจิกายน 2560).

คณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. 2551. หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551. [ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา https://www.kroobannok.com/news_file/p59087671156.pdf (25 มีนาคม 2560).

จิรประภา อัครบวร. ม.ป.ป. What is competen. [ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา www.nitiphong.com/paper_pdf/whatisCompetency.pdf (30 ตุลาคม 2560).

วชิรวัชร งามละม่อม. 2558. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวกับความต้องการ. [ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา http://learningofpublic.blogspot.com/2015/09/blog-post_9.html (24 มีนาคม 2560).

วิทยา ดำรงเกียรติศักดิ์. 2553. 6 ขั้นตอนการสร้างทักษะ (behavior skill training). [ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา http://www.infocommmju.com/icarticle/images/stories/ icarticles/ ajwittaya/ digital/ Behavior- Skills-Training-BST.pdf (25 กุมภาพันธ์ 2561).

บริรักษ์ นาให้ผล. 2558. รูปแบบการเรียนรู้ของคนยุคดิจิตอล. The 6th International Conference on Human Resource and Organization Management and Development

สำนักงานทดสอบทางการศึกษา. (2555). คู่มือประเมินสมรรถนะสำคัญของผู้เรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน โรงพิมพ์สำนักงานพระพุทธศาสนาแห่งชาติ

อิศรภักดี ปิยะชาติ. 2559. BRANDiNG 4.0. [ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา (24 มีนาคม 2017).

ปกป้อง ศศิวัฒิวัฒน์. (2556). การพัฒนามนุษย์เพื่อผลิตภาพ (Human Capital Development for Better Productivity): สถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย

Waqas Anwaar, Munam Ali Shah, “Energy Efficient Computing: A Comparison of Raspberry PI with Modern Devices”, International Journal of Computer and Information Technology, 2015, pp. 1.

Agrawal, V.C. 2009. Leadership development in PSU Jonghwi Park et. al., 2017. Conference on Digital Citizenship Education in Asia- Pacific Outcome Document. [Online].

Clayton P Alderfer. 2016. ERG Theory ของ Clayton P. Alderfer. [Online]. (30 November 2017).

All Aboard. 2015. Digital Skills in Higher Education. [Online]. Retrieved. from http://allaboardhe.org/digital-skills/ (29 Mar 2017).

Bangkok, UNESCO. 2017. Digital Kids Asia Pacific Project Brief. [Online]. (17 February 2017).

Don Bartholomew. 2010. The Digitization of Research And Measurement In Public Relations. [Online]. Retrieved. from http://socialmediaexplorer.com/online-public-relations/the-digitization-of-research-and-measurement-in-public-relations/ (1 November 2017).

Rod Baxter. 2015. Generating Value by Motivating Individuals. [Online] . Retrieved. from https://vgpblog.wordpress.com/2015/05/22/generating-value-by-motivating-individuals/ (May 22, 2015).

Douglas A. J Belshaw. 2011. What is 'digital literacy'? Durham University. Ian Bremmer. 2016. These 5 Facts Explain How Technology Is Shaping Our World. [Online] . Retrieved. from http://time.com/4187146/davos-2016-technology-facts/ (24 March 2017).

Mohammad Chuttur. 2009. Overview of the Technology Acceptance Model: Origins,Developments and Future

Directions. Sprouts: Working Papers on Information Systems,9(37). Madison Metropolitan School District. 2016. Digital Citizenship: Lessons & resources for high school students (grades9-12). [Online]. Retrieved. from http://madison.campusguides.com/digitalcitizenship/hs

Oluwole Olumid Durodolu. 2016. Technology Acceptance Model as a predictor of using information system' to acquire information literacy skills. Library Philosophy and Practice (e-journal),1450(1), 2-27.

COMMON SENSE Education. 2015. Our K-12 Digital Citizenship Curriculum. [Online]. Retrieved. from www.commonsensemedia.org/educators/scope-and-sequence (18 February 2018).

Paul Epping. 2017. Technology is determining our future. [Online]. แหล่งที่มา https://su.org/impact/ (29 March 2017).

Ferrari, Anusca. 2012. DIGCOMP project state of the art. [Online]. Retrieved. from http://is.jrc.ec.europa.eu/pages/EAP/DIGCOMP.html (25 November 2017).

---. (2013). DIGCOMP: A Framework for Developing and Understanding Digital Competence in Europe. o. Document Number)

Forbes. 2560. The World's Billionaires. [Online]. Retrieved.from https://www.forbes.com/billionaires/list/#version:static (26 March 2017).

Gilleran, Anne and Kearney, Caroline (2014). Developing pupil competences through eTwinning o. Document Number) Institute, DQ. 2017. Digital Intelligence

(DQ) A Conceptual Framework & Methodology for Teaching and Measuring

Digital Citizenship White Paper. [Online]. Retrieved. from (17 กุมภาพันธ์ 2561). Kampylis, Panagiotis et al. (2017). Digital competence frameworks and self- assessment tools A holistic perspective o. Document Number)

Lai, PC. 2017. The Literature review of Technology Adoption Model and Theories for the novelty technology.

Journal of Information Systems and Technology Management,14(1). Partnership for 21st Century Learning. 2007. Partnership for 21st Century Skills (P21). [Online]. Retrieved. From http://www.p21.org/our-work/p21-framework (30 October 2017).

Messner, Angelina. 2009a. Need Assessment and Analysis Methods. University of Wisconsin-Stout.

---. 2009b. Needs Assessment and Analysis Methods.OECD/UNESCO. (2016). Education in Thailand: An OECD-UNESCO Perspective (No.ISBN 978-92-64-25911-9). Paris. (O.

Publishing o. Document Number) Park, Sung Youl 2009. An Analysis of the Technology Acceptance Model in Understanding University Students'

Behavioral Intention to Use e- Learning. Educational Technology & Society,12 (3), 150–162.

Park, Yuhyun. 2016a. 8 digital life skills all children need – and a plan for teaching them. [Online]. Retrieved. From https://www.weforum.org/agenda/2016/09/8-digital-life-skills-all-children-need-and-a-plan-for-teaching-them (24 March 2017).

---. 2016b. 8 digital skills we must teach our children. [Online]. Retrieved. From https://www.weforum.org/agenda/2016/06/8-digital-skills-we-must-teach-our-children/ (24 March 2016).

Quellmalz, Edys S. and Kozma, Robert 2003. Designing Assessments of Learning with Technology. Assessment in Education,,10(3).

Rauf, Hisham 2011. Uses and gratifications theory. [Online]. แหล่งที่มา https://4you2be.wordpress.com/2011/07/29/uses-and-gratifications-theory/ (30 December 2017).

Rowell, Mmitcham. 2015. Uses and Gratifications Theory Blumler & Katz. [Online]. แหล่งที่มา https://www.slideshare.net/mmitcham-rowell/uses-and-gratifications-theory-2-54298669 (25 November 2017).

Ministry of Information and Communication Technology. (2552). The Second Thailand Information and Communication Technology (ICT). Retrieved. from www.mict.go.th.

Journal of Innovative Technology Research
Vol.3 No.2 July – December 2019 Rajamangala University of Technology Lanna

การใช้เทคโนโลยี QR-Code เพื่อการประชาสัมพันธ์เผยแพร่ผ้าทอลายโบราณ วิสาหกิจชุมชนกลุ่มผ้าทอมือโบราณพาดีผ้าทอ ตำบลบ่อสวก อำเภอเมืองน่าน จังหวัดน่าน

พัชราภรณ์ หงษ์สิบสอง[1*], อนันต์ มงคลเกียรติชัย[2], ยุภวดี ณัฐสิฐโสภณ[3] และศิรินทรา ก้ออิสละ[4]

[1*,2,3,4] สาขาระบบสารสนเทศทางคอมพิวเตอร์ คณะบริหารธุรกิจและศิลปศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน
59 หมู่ 13 ตำบลฝายแก้ว อำเภอภูเพียง จังหวัดน่าน 55000

รับบทความ 15 ตุลาคม 2561 ตอบรับบทความ 10 ธันวาคม 2561 เผยแพร่ออนไลน์ 30 พฤษภาคม 2563

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1.) เพื่อศึกษาสภาพ และความหลากหลายของผ้าทอมือลายโบราณ 2.) เพื่อออกแบบและประเมินเทคโนโลยีคิวอาร์โค้ด3.) เพื่อศึกษาผลการใช้และความพึงพอใจของผู้ใช้เทคโนโลยีคิวอาร์โค้ด 4.) เพื่อเผยแพร่องค์ความรู้ผ้าทอมือลายโบราณในรูปแบบหนังสือเล่มเล็ก โดยพัฒนาระบบเป็นเว็บแอปพลเคชั่น ใช้ภาษา PHP เป็นหลักในการพัฒนา และ MySQL เป็นระบบจัดการฐานข้อมูล ผลการศึกษาสภาพความหลากหลายของกลุ่มผ้าทอมือลายโบราณ พบว่าผลิตภัณฑ์ผ้าทอลายคำเคิบของกลุ่มฯ ได้ผ่านการคัดสรรให้เป็นผลิตภัณฑ์ OTOP 5 ดาวในระดับภาคและปัจจุบันผ้าทอมือลายโบราณที่สามารถสร้างชื่อเสียงเป็นที่รู้จัก ได้แก่ ผ้าลายคำเคิบ, ผ้าลายเชียงแสน, ผ้าลายน้ำไหล, ผ้าลายม่าน, ผ้าลายปล้อง และผ้าลายตีนจก เป็นต้น ผลการออกแบบและประเมินระบบโดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 คน และประเมินความพึงพอใจโดยผู้ใช้งานทั่วไป จำนวน 50 คน พบว่าการประเมินคุณภาพระบบโดยผู้เชี่ยวชาญมีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.05 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.55 ซึ่งแสดงว่าระบบมีคุณภาพการใช้งานอยู่ในระดับดี และการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ ค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.33 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.61 ซึ่งแสดงว่าผู้ใช้งานทั่วไปมีความพึงพอใจต่อระบบอยู่ในระดับดีมาก สามารถสรุปได้ว่าระบบมีประสิทธิภาพ สามารถสร้างการประชาสัมพันธ์เผยแพร่วิสาหกิจชุมชนกลุ่มผ้าทอมือโบราณพาดีผ้าทอได้

คำสำคัญ: คิวอาร์โค้ด, สมาร์ทโฟน, นวัตกรรมผ้าทอ, ประชาสัมพันธ์ผ้าทอ

E-mail: aompat@rmutl.ac.th, โทร.08-9637-7610

1. บทนำ

ปัจจุบันเทคโนโลยีโทรศัพท์เคลื่อนที่มีความก้าวล้ำทางเทคโนโลยี มีบทบาทมากขึ้นในชีวิตประจำวันของคนในยุคนี้เป็นอย่างมาก และเป็นอุปกรณ์ที่เป็นเสมือนปัจจัยที่ 5 ในการดำรงชีวิตของมนุษย์อย่างเช่นโทรศัพท์มือถือเป็นสื่อกลางในการเข้าถึงข้อมูลข่าวสารที่ผู้คนส่วนใหญ่ต้องการบริโภคข้อมูลข่าวสารเพิ่มมากขึ้นและต้องการเข้าถึงข้อมูลข่าวสารเหล่านั้นได้อย่างทันท่วงที ปัจจุบันมีเทคโนโลยีที่สามารถเข้าถึงข้อมูลผ่านโทรศัพท์มือถือ เรียกว่าคิวอาร์โค้ด คือรหัสชนิดหนึ่งซึ่งสามารถเก็บข้อมูลได้ มีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมขาวดำ นิยมใช้เก็บข้อมูลสินค้า เช่นชื่อสินค้า ราคาสินค้า เบอร์โทรศัพท์ติดต่อ และชื่อเว็บไซต์ ฯลฯ ซึ่งถือเป็นการผสมผสานอย่างลงตัวของเทคโนโลยี โทรศัพท์เคลื่อนที่ประเภทสมาร์ทโฟน และสื่อสิ่งพิมพ์ได้อย่างลงตัว และมีความสะดวกต่อการเรียนรู้ ที่ข้อมูลมากมายถูกรวบรวมไว้บนฐานข้อมูลทางอินเทอร์เน็ต ไม่ว่าจะเป็นรูปแบบแผ่นพับ นิตยสาร หรือป้ายประกาศ ซึ่งในอนาคตคิวอาร์โค้ด จะช่วยให้คนได้รับข้อมูลข่าวสารได้ง่ายเพิ่มมากขึ้น (ขวัญจุฑา คำบรรลือ และคณะ, 184-193:2560)

ชาวบ้านซาวหลวงมีการทอผ้าเพื่อใช้เป็นเครื่องนุ่มห่มและใช้สอยในครัวเรือนมาแต่ดั้งเดิม เฉกเช่นเดียวกับชุมชนอื่นๆ อีกหลายแห่งในจังหวัดน่าน โดยมีผ้าที่เป็นลายเอกลักษณ์คือผ้าลายน้ำไหล และผ้าลายเฉพาะถิ่นอีกหลายลายเช่นลายบ่อสวก ก่อนมีการตั้งกลุ่ม สตรีในหมู่บ้านโดยส่วนใหญ่มีองค์ความรู้ในด้านการทอผ้า ต่อมาในปี 2527 ผู้ใหญ่บ้านซาวหลวงได้เล็งเห็นความสำคัญของการรวมกลุ่มว่าจะสามารถช่วยสร้างอาชีพเสริมรายได้ให้คนในชุมชนเพิ่มขึ้น โดยมีนางบัวลอย อุเทธิเป็นประธานกลุ่มฯ แต่กลุ่มฯก็ยังไม่เติบโตเท่าที่ควร ต่อมาในปี 2540 จึงได้มีการเลือกนางพาดี จันทร์ศักดิ์เป็นประธานกลุ่มตามมติที่ประชุม เนื่องจากเห็นว่านางพาดีมีความสามารถทั้งในด้านการผลิตและการตลาด หลังจากนั้นผลิตภัณฑ์ของกลุ่มฯ เริ่มเป็นที่รู้จักกว้างขวางมากขึ้นทำให้ยอดขายของกลุ่มเพิ่มขึ้นและมีหน่วยงานสนับสนุนให้ความช่วยเหลืออย่างต่อเนื่อง และในปี 2546 ผลิตภัณฑ์ผ้าทอลายคำเคิบของกลุ่มฯ ได้ผ่านการคัดสรรให้เป็นผลิตภัณฑ์ OTOP 5 ดาวในระดับภาคซึ่งเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้ยอดขายของกลุ่มฯ เพิ่มสูงขึ้น ซึ่งปัจจุบันผ้าทอมือลายโบราณที่สามารถสร้างชื่อเสียงและเป็นที่รู้จัก เช่นผ้าลายคำเคิบ, ผ้าลายเชียงแสน, ผ้าลายน้ำไหล, ผ้าลายม่าน, ผ้าลายปล้องและผ้าลายตีนจก เป็นต้น ซึ่งแต่ละลายมีประวัติความเป็นมาที่น่าสนใจเพราะเป็นภูมิปัญญาชาวบ้านที่ทรงคุณค่าและควรค่าแก่การศึกษาเป็นอย่างยิ่ง ที่สำคัญเพื่อการประหยัดทรัพยากรการใช้กระดาษในการจัดแสดงข้อมูลประวัติลายผ้าทอมือโบราณต่างๆ เพราะการใช้เทคโนโลยีคิวอาร์โค้ดเข้ามาช่วยจะทำให้ข้อมูลที่แสดงเล็กลง และง่ายต่อการเข้าถึงข้อมูลยิ่งขึ้น

2.วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อศึกษาสภาพ และความหลากหลายของผ้าทอมือลายโบราณ

2.2 เพื่อออกแบบและประเมินเทคโนโลยีคิวอาร์โค้ด

2.3 เพื่อศึกษาผลการใช้และความพึงพอใจของผู้ใช้เทคโนโลยีคิวอาร์โค้ด

2.4 เพื่อเผยแพร่องค์ความรู้ผ้าทอมือลายโบราณในรูปแบบหนังสือเล่มเล็ก

3. แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

สรุปแนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยสู่กรอบแนวคิดและอภิปรายผล

4.วิธีการวิจัย

4.1 การศึกษาสภาพและความหลากหลายของกลุ่มผ้าทอมือลายโบราณ แหล่งข้อมูลได้แก่ประธานกลุ่มผ้าทอมือลายโบราณคือนางพาดี จันทร์ศักดิ์ ลักษณะของแบบสัมภาษณ์คือการสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง เป็นคำถามแบบปลายเปิด มีเนื้อหาเกี่ยวกับผ้าทอมือลายโบราณต่างๆที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะ การเก็บรวบรวมข้อมูลมีขั้นตอนดังนี้ 1) มีการนัดหมายวันที่/เวลาของผู้ที่

จะไปสัมภาษณ์ 2) แนะนำและบอกกล่าวถึงจุดมุ่งหมายของการสัมภาษณ์ พร้อมบันทึกผลการสัมภาษณ์ 3) สรุปประเด็นสำคัญของข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ 4) นำผลการสัมภาษณ์มาวิเคราะห์ พร้อมบอกสิ่งที่ต้องการพัฒนาให้ทราบ

4.2 การวิเคราะห์และออกแบบข้อมูล มีขั้นตอนดังนี้ 1) ศึกษาข้อมูลผ้าทอมือลายโบราณเพิ่มเติม ผู้วิจัยศึกษาค้นคว้าข้อมูลจากเอกสาร หนังสือ วารสาร ผลงานวิจัย ซึ่งสืบค้นจากแหล่งต่างๆ เพื่อเป็นแนวทางในการดำเนินการวิจัย และเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับใช้เป็นแนวทางในการสร้างการประยุกต์เทคโนโลยีคิวอาร์โค้ด 2) ศึกษาการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีคิวอาร์โค้ดเพื่อใช้ในงานด้านต่างๆ 3)วิเคราะห์ข้อมูลและสังเคราะห์ข้อมูลที่ได้ ทำการออกแบบข้อมูลเพื่อให้รองรับกับรูปแบบการแสดงข้อมูลเทคโนโลยีคิวอาร์โค้ด 4) ดำเนินการสร้างเทคโนโลยีคิวอาร์โค้ด 6) นำเทคโนโลยีคิวอาร์โค้ดที่สร้างติดแท็กสินค้าเพื่อนำไปใช้งาน

4.3 การประเมินผล ศึกษาผลการใช้ และศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้งาน จากแหล่งข้อมูลได้แก่ ผู้ร่วมชมงานจากการแสดงสินค้าโอทอป ที่ได้มาจากการสุ่มแบบบังเอิญ 1) กลุ่มตัวอย่างได้ใช้เทคโนโลยีคิวอาร์โค้ดเพื่อแสดงผลข้อมูลผ้าทอมือลายโบราณจากผ้าทอชิ้นนั้น 2) ศึกษาผลการใช้โดยให้กลุ่มตัวอย่างทำการสแกนคิวอาร์โค้ด 3) ให้กลุ่มตัวอย่างทำแบบประเมินความพึงพอใจต่อข้อมูลที่ได้รับหลังระบบแสดงผลข้อมูลเสร็จสิ้น นำผลจากการให้คะแนนมาทำการวิเคราะห์เพื่อตรวจสอบความพึงพอใจโดยใช้วิธีหาค่าเฉลี่ยต้องไม่ต่ำกว่า 3.50 และความพึงพอใจตามเกณฑ์ร้อยละ 80

4.4 จัดทำรูปเล่มรายงานฉบับสมบูรณ์ และองค์ความรู้เพื่อเผยแพร่ข้อมูลเรื่องผ้าทอมือลายโบราณในรูปแบบหนังสือให้แก่วิสาหกิจชุมชนกลุ่มผ้าทอมือลายโบราณ ตำบลบ่อสวก อำเภอเมืองน่าน จังหวัดน่าน

4.5 เผยแพร่งานวิจัยโดยเข้าร่วมการนำเสนอผลงานในการประชุมวิชาการ CRCI 2018

5. ผลการวิจัย

การพัฒนาเทคโนโลยี QR-Code เพื่อการประชาสัมพันธ์เผยแพร่ผ้าทอลายโบราณ วิสาหกิจชุมชนกลุ่มผ้าทอมือโบราณพาดีผ้าทอ ตำบลบ่อสวก อำเภอเมืองน่าน จังหวัดน่าน คณะผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาระบบโดยนำเสนอในรูปแบบของ Web Responsive ซึ่งสามารถปรับการแสดงผลตามขนาดหน้าจอได้ทั้งเดสก์ทอปและสมาร์ทโฟนประกอบไปด้วยรายละเอียดดังนี้

ภาพที่ 1 : หน้าจอหลักของระบบ

ภาพที่ 2 : หน้าจอแสดงข้อมูลผ้าทอเมืองน่าน

6. อภิปรายผลการวิจัย

การใช้เทคโนโลยี QR-Code เพื่อการประชาสัมพันธ์เผยแพร่ผ้าทอลายโบราณ วิสาหกิจชุมชนกลุ่มผ้าทอมือโบราณพาดีผ้าทอ ตำบลบ่อสวก อำเภอเมืองน่าน จังหวัดน่าน มีรายละเอียดการอภิปรายผล ดังต่อไปนี้

1. การศึกษาสภาพ และความหลากหลายของกลุ่มผ้าทอมือลายโบราณ เพื่อการประชาสัมพันธ์เผยแพร่วิสาหกิจชุมชนกลุ่มผ้าทอมือโบราณพาดีผ้าทอ โดยใช้วิธีการสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง เป็นคำถามแบบปลายเปิด มีเนื้อหาเกี่ยวกับผ้าทอมือลายโบราณต่างๆที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะจากประธานกลุ่มผ้าทอมือลายโบราณคือนางพาดี จันทร์ศักดิ์ ซึ่งปัจจุบันผ้าทอมือลายโบราณที่สามารถสร้างชื่อเสียงและเป็นที่รู้จัก เช่นผ้าลายคำเคิบ, ผ้าลายเชียงแสน, ผ้าลายน้ำไหล, ผ้าลายม่าน, ผ้าลายปล้อง และผ้าลายตีนจก เป็นต้น แต่ละลายมีประวัติความเป็นมาที่น่าสนใจเพราะเป็นภูมิปัญญาชาวบ้านที่ทรงคุณค่าและควรค่าแก่การศึกษาเป็นอย่างยิ่ง กลุ่มวิสาหกิจชุมชนมีความต้องการพัฒนาเรื่องการประชาสัมพันธ์ผ้าทอให้เป็นที่รู้จักอย่างแพร่หลายจึงคิดว่าคิวอาร์โค้ดเป็นเทคโนโลยีที่น่าสนใจ สามารถอำนวยความสะดวกเรื่องข้อมูลข่าวสารได้ตลอดเวลา สอดคล้องกับ Chih Ming Chen (2010) ได้ทำวิจัยและพัฒนาเกี่ยวกับการใช้บาร์โค้ดบนโทรศัพท์ในการรับทราบข้อมูลการท่องเที่ยว ณ สถานที่ท่องเที่ยวนั้น โดยทำการศึกษาและวิธีการของคิวอาร์โค้ด และการประยุกต์ใช้ โดยนำคิวอาร์โค้ดไปติดไว้ตามสถานที่ท่องเที่ยวต่างๆ หากนักท่องเที่ยวต้องการที่จะทราบข้อมูลเพิ่มเติมก็สามารถที่จะดึงข้อมูลจากคิวอาร์โค้ดนั้นได้ทันที

2. ผลการออกแบบและประเมินเทคโนโลยีคิวอาร์โค้ด เพื่อการประชาสัมพันธ์เผยแพร่วิสาหกิจชุมชนกลุ่มผ้าทอมือโบราณพาดีผ้าทอ มีผลการประเมินความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญด้านการพัฒนาระบบสารสนเทศ จำนวน 5 ท่าน พบว่าด้านความถูกต้องในการทำงานของระบบมีคุณภาพการทำงานอยู่ในระดับดี มีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.05 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.55 สอดคล้องกับงานวิจัยของณัฐวดี หงษ์บุญมี และสิทธิพล ปราจันทร์ ได้พัฒนาระบบตรวจสอบสินค้าในพิพิธภัณฑ์ผ้าด้วยสมาร์ทโฟนโดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีคิวอาร์โค้ด ผลการประเมินระบบใช้การประเมินคุณภาพระบบจากผู้เชี่ยวชาญ ได้แก่ผู้เชี่ยวชาญด้านการพัฒนาระบบสารสนเทศ จำนวน 2 คน พบว่าระบบมีคุณภาพการทำงานอยู่ในระดับดี มีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.02 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.55 สรุปได้ว่าระบบที่พัฒนาขึ้น มีประสิทธิภาพสามารถนำไปใช้ในการตรวจสอบข้อมูลสินค้าในพิพิธภัณฑ์ผ้าได้

3. การศึกษาผลการใช้และความพึงพอใจของผู้ใช้เทคโนโลยีคิวอาร์โค้ด เพื่อการประชาสัมพันธ์เผยแพร่วิสาหกิจชุมชนกลุ่มผ้าทอมือโบราณพาดีผ้าทอ การประเมินผลใช้แบบประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ได้แก่ เจ้าของข้อมูล คุณพาดี จันทร์ศักดิ์ และผู้ใช้งานทั่วไป จำนวน 50 คน ความพึงพอใจในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.33 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.61 โดยระดับความพึงพอใจ

ที่มากที่สุด ได้แก่ด้านความสวยงาม และการสื่อความหมายได้ถูกต้อง เหมาะสม กระชับ จากการที่ผู้วิจัยได้นำเทคโนโลยีคิวอาร์โค้ด เพื่อการประชาสัมพันธ์เผยแพร่ข้อมูลชุมชนกลุ่มผ้าทอมือโบราณพาดีผ้าทอ มาใช้ในการประชาสัมพันธ์สินค้า เป็นการอำนวยความสะดวก ช่วยในการให้ข้อมูลความรู้อย่างรวดเร็วและแม่นยำ เพื่อให้ผู้ใช้ที่มีจำนวนมาก สามารถรับรู้ถึงข้อมูลได้อย่างทั่วถึงด้วยตนเองตามความต้องการของแต่ละบุคคล และนำเสนอผลงานให้เป็นที่น่าสนใจและกระตุ้นให้เห็นถึงความสำคัญของสินค้า ซึ่งนำเสนอเพื่อให้เหมาะแก่การใช้งานได้ทุกเพศทุกวัย สอดคล้องกับงานวิจัยของ ขวัญจุฑา คำบรรลือ (2558) ได้ศึกษาการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีคิวอาร์โค้ด เพื่อส่งเสริมกิจกรรมการเรียนรู้สำหรับศูนย์รวบรวมสายพันธุ์กล้วย เฉลิมพระเกียรติ จังหวัดกำแพงเพชร ผลคือมีความพึงพอใจในด้านการออกแบบอยู่ในระดับพึงพอใจมากที่สุด ด้านเนื้อหา อยู่ในระดับพึงพอใจมากที่สุด และด้านการนำเสนออยู่ในระดับพึงพอใจมากที่สุด และโดยรวมความพึงพอใจอยู่ในระดับพึงพอใจมากที่สุด ค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.67 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.47 จากการที่ผู้วิจัยได้นำเทคโนโลยีคิวอาร์โค้ดมาใช้ เป็นการอำนวยความสะดวกโดยผู้ใช้งานได้แสดงความคิดเห็นว่าป้ายแสดงคิวอาร์โคด มีความสวยงามและสื่อความหมายได้ข้อมูลถูกต้อง เหมาะสม กระชับ เป็นงานวิจัยที่สามารถใช้ประโยชน์ได้จริง เพราะสามารถประชาสัมพันธ์ สร้างชื่อเสียงและทำให้ประชาชนเข้าถึงข้อมูลผ้าทอมือลายโบราณได้มากขึ้น ซึ่งเป็นการนำเสนอที่เหมาะแก่การใช้งานได้ทุกเพศทุกวัย ตามที่ กรพรหม พิกุลแล้ว (2553) ได้ทำการประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยีคิวอาร์โค้ดในพิพิธภัณฑ์เครื่องถ้วย เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ณ มหาวิทยาลัยกรุงเทพ โดยระบบนี้จะอำนวยความสะดวกให้ผู้ใช้สามารถทราบรายละเอียดของผลงานที่จัดแสดงและนำเสนอในรูปแบบมัลติมีเดียวให้มีความน่าสนใจเพื่อให้ผู้ใช้ที่มีจำนวนมากสามารถรับรู้ถึงข้อมูลได้อย่างทั่วถึงด้วยตนเอง ตามความต้องการของแต่ละบุคคล และนำเสนอผลงานให้เป็นที่น่าสนใจ และกระตุ้นให้มีการเข้าชมพิพิธภัณฑ์มากขึ้น เช่นเดียวกับ Tai-Wei, Chin-Hung and Mike (2011) ได้ทำการศึกษาเรื่อง QR Code Based Augmented Reality Applications : Handbook of Augmented Reality 2011 เป็นการศึกษาการใช้คิวอาร์โค้ดรวมกับ AR (Augmented Reality) โดยในโครงงานนี้จะใช้ผลิตภัณฑ์ที่มีคิวอาร์โค้ดไว้ที่กล่องของผลิตภัณฑ์นั้นๆ หลังจากนั้นวัตถุสามมิติจะปรากฏขึ้นบนคิวอาร์โค้ด ซึ่งจากการใช้ระบบนี้จะทำให้ลูกค้าสามารถเห็นลักษณะของสินค้าได้โดยทันที ซึ่งจากการศึกษาเรื่องนี้เป้าหมายเพื่อนำมาใช้ให้เกิดความสะดวกสบายมากขึ้นต่อไปในอนาคต

4. คณะผู้วิจัยได้เผยแพร่องค์ความรู้ผ้าทอมือลายโบราณในรูปแบบหนังสือเล่มเล็ก จำนวน 100 เล่ม โดยเผยแพร่ให้แก่ห้องสมุดประชาชน จำนวน 20 เล่ม ห้องสมุดพร้อมปัญญา จำนวน 20 เล่ม วิสาหกิจชุมชนกลุ่มผ้าทอมือลายโบราณ ตำบลบ่อสวก อำเภอเมืองน่าน จังหวัดน่าน จำนวน 20 เล่ม ศูนย์วัฒนธรรมจังหวัดน่าน จำนวน 20 เล่ม และห้องสมุดมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน จำนวน 20 เล่ม

7. สรุป

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1.) เพื่อศึกษาสภาพ และความหลากหลายของผ้าทอมือลายโบราณ 2.) เพื่อออกแบบและประเมินเทคโนโลยีคิวอาร์โค้ด 3.) เพื่อศึกษาผลการใช้และความพึงพอใจของผู้ใช้เทคโนโลยีคิวอาร์โค้ด 4.) เพื่อเผยแพร่องค์ความรู้ผ้าทอมือลายโบราณในรูปแบบหนังสือเล่มเล็ก เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาระบบใช้ภาษา PHP เป็นหลักในการพัฒนา และ MySQL เป็นระบบจัดการฐานข้อมูล

ผลการพัฒนาระบบแบ่งการทำงานเป็น 2 ส่วนคือ สำหรับเจ้าหน้าที่สามารถจัดการข้อมูล ผู้ใช้บริการสามารถสแกนคิวอาร์โค้ดผ่านสมาร์ทโฟนได้ ผลการศึกษาสภาพ และความหลากหลายของกลุ่มผ้าทอมือลายโบราณ เพื่อการประชาสัมพันธ์เผยแพร่วิสาหกิจชุมชนกลุ่มผ้าทอมือโบราณพาดีผ้าทอ พบว่าผลิตภัณฑ์ผ้าทอลายคำเคิบของกลุ่มฯ ได้ผ่านการคัดสรรให้เป็น

ผลิตภัณฑ์ OTOP 5 ดาวในระดับภาคและปัจจุบันผ้าทอมือลายโบราณที่สามารถสร้างชื่อเสียงเป็นที่รู้จักได้แก่ ผ้าลายคำเคิบ, ผ้าลายเชียงแสน, ผ้าลายน้ำไหล, ผ้าลายม่าน, ผ้าลายปล้อง และผ้าลายตีนจก เป็นต้น ซึ่งแต่ละลายมีประวัติความเป็นมาที่น่าสนใจเพราะเป็นภูมิปัญญาชาวบ้านที่ทรงคุณค่าและควรค่าแก่การศึกษาเป็นอย่างยิ่ง ผลการออกแบบและประเมินระบบโดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 คน และประเมินความพึงพอใจโดยผู้ใช้งานทั่วไป จำนวน 50 คน พบว่าการประเมินคุณภาพระบบโดยผู้เชี่ยวชาญมีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.05 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.55 ซึ่งแสดงว่าระบบมีคุณภาพการใช้งานอยู่ในระดับดี และการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ ค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.33 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.61 ซึ่งแสดงว่าผู้ใช้งานทั่วไปมีความพึงพอใจต่อระบบอยู่ในระดับดีมาก สามารถสรุปได้ว่าระบบมีประสิทธิภาพ สามารถสร้างการประชาสัมพันธ์เผยแพร่วิสาหกิจชุมชนกลุ่มผ้าทอมือโบราณพาดีผ้าทอได้

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณโครงการความร่วมมือในการจัดการศึกษาเชิงบูรณาการการเรียนรู้ในสถานศึกษากับการนำวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและนวัตกรรมไปพัฒนาและยกระดับผู้ประกอบการผลิตภัณฑ์ชุมชนในพื้นที่ภาคเหนือ 6 จังหวัด

เอกสารอ้างอิง

กรพรหม พิกุลแล้ว. (2553). **การประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยีคิวอาร์โค้ดในพิพิธภัณฑ์เครื่องถ้วยเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ณ มหาวิทยาลัยกรุงเทพ**. วารสารนักวิชาการ, 30(2), 110-114.

ขวัญจุฑา คำบันลือ. (2557). **การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีคิวอาร์โค้ด เพื่อส่งเสริมกิจกรรมการเรียนรู้สำหรับศูนย์รวบรวมสายพันธุ์กล้วยเฉลิมพระเกียรติ**. วิทยานิพนธ์ กศ.ม., มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.

ณัฐวดี หงส์บุญมี และสิทธิผล ปราจันทร์. (2017). **ระบบตรวจสอบสินค้าในพิพิธภัณฑ์ผ้าด้วยสมาร์ทโฟนโดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีคิวอาร์โค้ด**. The Thirteenth National Conferrence on Computing and Information Technology. 13 : 241-246

Chih Ming Chen. (2010). **Research and Development of application of mobile barcode to mobile sightseeing guide on mobile phone**. Wseas transactions on information science and application, 7(1), 16-25.

Tai-Wei, Chin-Hung and Mike. (2011). **QR Code Based Augmented Reality Applications : Handbook of Augmented Reality 2011**. New York : The Free.

Journal of Innovative Technology Research
Vol.3 No.2 July – December 2019 Rajamangala University of Technology Lanna

ผลิตภัณฑ์แผ่นใยซีเมนต์อัดผสมชานอ้อย

นิรมล ปั้นลาย[1] ประชุม คำพุฒ[2*] และ กิตติพงษ์ สุวีโร[3]

[1]อาจารย์ สาขาวิชาสถาปัตยกรรมภายใน คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

[*2]อาจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

[3]อาจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

รับบทความ 15 ตุลาคม 2561 ตอบรับบทความ 10 ธันวาคม 2561 เผยแพร่ออนไลน์ 30 พฤษภาคม 2563

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนากรรมวิธีการผลิตแผ่นชานอ้อยอัดซีเมนต์ โดยใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 เป็นสารเชื่อมประสาน ใช้เส้นใยชานอ้อยเป็นวัสดุเสริมแรง ใช้หินฝุ่นบดย่อยเป็นมวลรวม กำหนดส่วนผสมและขึ้นรูปตัวอย่างผลิตภัณฑ์โดยวิธีการสั่นเขย่าแบบกึ่งอัตโนมัติ ทำการทดสอบสมบัติทางกายภาพและทางกลตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมมอก. 878-2537 เรื่องแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ความหนาแน่นสูง พบว่าการใช้หินฝุ่นบดย่อยแทนทรายช่วยเพิ่มความแข็งแรงของผลิตภัณฑ์และทำให้ค่าความหนาแน่นลดลงจนสามารถผ่านเกณฑ์มาตรฐานได้ การผสมเส้นใยชานอ้อยในปริมาณที่สูงขึ้นส่งผลให้ค่าความต้านทานแรงดัดเพิ่มขึ้น ส่วนค่าความหนาแน่นและสัมประสิทธิ์การนำความร้อนลดลงเล็กน้อย ซึ่งอัตราส่วนที่เหมาะสมสำหรับการนำไปใช้คือปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 : หินฝุ่นบดย่อย : เส้นใยชานอ้อย : น้ำเท่ากับ 1 : 2 : 0.2 : 0.4 โดยน้ำหนัก โดยผลิตภัณฑ์แผ่นชานอ้อยอัดซีเมนต์ที่ได้มีต้นทุนต่ำและคุณสมบัติทั้งหมดผ่านตามเกณฑ์มาตรฐานกำหนด

คำสำคัญ: แผ่นใยอัดซีเมนต์, ชานอ้อย, มอก. 878-2537, เส้นใยชานอ้อย

*E-mail: choomy_gtc@hotmail.com, prachoom.k@en.rmutt.ac.th, เบอร์โทรศัพท์ 025493410

Product of Cement-bonded Bagasse Fiber Board

Niramol Panlai[1] Prachoom Khamput[2*] and Kittipong Suweero[3]

[1]Lecturer, Interior Architecture, Rajamangala University of Technology Thanyaburi

[*2]Lecturer, Civil Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi

[3]Lecturer, Civil Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi

Receive: 15 October 2018 Accepted: 10 December 2018 Published online: 30 May 2020

Abstract

This paper aim to describe the manufacturing process of cement-bonded bagasse fiber board by using Portland cement type 1 as cementitious material, bagasse fibers were utilized as reinforcement material, and while grinding limestone were aggregates. The admixture formulation and forming fiber board were defined according semi-automatic shaking process. Physical and mechanical tests accord with TIS 878-2537 standard about standpoints cement with high density. From testing results, crushed limestone instead of sand usage improved the strength of the product, and the density of the sample could be reduced to reach the standard. The bagasse fibers in higher doses admixing effected to increase bending strength, but the density and thermal conductivity values were decreased slightly. The reasonable ratio of commercial usage was Portland cement type 1: grinded limestone: bagasse fiber: water set at 1: 2: 0.2: 0.4 by weight, respectively, that appeared the cement-bonded bagasse fiber board had low cost and all properties of the product reached the standard of Thailand.

Keywords: Cement-bonded Fiber Board; Bagasse; TIS 878-2537; Bagasse Fiber

1. บทนำ

ปัจจุบันกระบวนการผลิตน้ำตาลนั้นใช้อ้อยเป็นวัตถุดิบหลักที่สำคัญโดยอ้อยที่เก็บเกี่ยวจากไร่จะถูกขนถ่ายมาถึงโรงงานจะผ่านการชั่งน้ำหนักจากนั้นอ้อยจะถูกเทลงบนสะพานอ้อยบริเวณแท่นเทและลงสู่สายพานลำเลียง และไหลเข้าสู่เครื่องตีอ้อย (leveler) เครื่องสับอ้อย เครื่องย่อยอ้อย (shredder) เพื่อทุบและฉีกย่อยท่อนอ้อยให้เป็นฝอยละเอียด ซึ่งจะช่วยให้สามารถสกัดน้ำอ้อยออกจากอ้อยได้มากที่สุด อ้อยที่ผ่านการเตรียมจนเป็นเส้นฝอยละเอียด จะถูกลำเลียงเข้าไปในชุดลูกหีบที่ทำหน้าที่สกัดน้ำอ้อยออก โดยมีการฉีดพรมน้ำร้อนลงบนท่อนกากอ้อยเพื่อเจือจางน้ำอ้อยเข้มข้นที่ติดค้างอยู่ภายในกากอ้อยที่ออกจากลูกหีบลูกหน้าของลูกหีบชุดสุดท้าย และส่งน้ำอ้อยจากลูกหีบชุดสุดท้ายย้อนข้ามชุดที่ขวางหน้าไปพรมกากอ้อยที่ออกจากลูกหีบลูกหน้า น้ำอ้อยที่สกัดออกมาได้ยังมีสิ่งปนเปื้อนจำพวกดินทราย และเศษกากอ้อยละเอียด ปะปนอยู่ค่อนข้างมาก จึงถูกสูบเข้าตะแกรงหมุน เพื่อกรองเอากากอ้อยละเอียดที่ปนมาในน้ำอ้อยรวมออก น้ำอ้อยที่ผ่านการกรองแล้วจะถูกส่งต่อไปยังถังพักเพื่อรอส่งไปกระบวนการทำใส และต้มเคี่ยวผลิตน้ำตาลทรายดิบต่อไป ส่วนกากอ้อยละเอียดที่แยกได้จะถูกส่งกลับไปทำการสกัดน้ำอ้อยที่หน้าลูกหีบหรืออาจใช้เป็นสารช่วยกรองให้ขั้นตอนการทำน้ำอ้อยใสสำหรับกากอ้อยที่ออกจากลูกหีบชุดสุดท้าย ซึ่งมีน้ำตาลเหลืออยู่น้อยมากและมีความชื้นประมาณร้อยละ 52 ส่วนใหญ่จะถูกส่งไปเป็นเชื้อเพลิงเผาไหม้ภายในหม้อน้ำเพื่อผลิตไอน้ำมาให้ในกระบวนการผลิตและผลิตไฟฟ้าต่อไป [1] จะเห็นได้ว่ากากอ้อยเป็นส่วนของชานอ้อยที่ได้จากกระบวนการหีบอ้อยจากชุดลูกหีบชุดสุดท้าย โดยปัจจุบันโรงงานน้ำตาลใช้กากอ้อยเป็นเชื้อเพลิงสำหรับผลิตไฟฟ้าและไอน้ำเพื่อใช้ในกระบวนการผลิตน้ำตาล และจำหน่ายไฟฟ้าบางส่วนให้แก่การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย เถ้าชานอ้อยเป็นของเหลือทิ้งจากโรงงานผลิตน้ำตาลที่ได้จากการเผาชานอ้อยเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าเพื่อใช้ภายในโรงงาน เมื่อคำนวณโดยวิธีของ Cordeiro และคณะ [2] จะได้เถ้าชานอ้อยหลังจากการเผาเพื่อผลิตกระไฟฟ้าประมาณ 427,700 ตันต่อปี โดยเถ้าชานอ้อยที่เป็นผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมน้ำตาลดังกล่าว ถูกนำมาใช้เพียงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับปริมาณที่ได้ ดังนั้นจึงต้องใช้พื้นที่ในการกำจัดทิ้งเป็นบริเวณกว้าง และรอบ ๆ บริเวณพื้นที่จัดทิ้งยังได้รับผลกระทบจากฝุ่นละอองของเถ้าชานอ้อยอีกด้วย ส่วนในปัจจุบันชานอ้อยได้ถูกนำไปเผาเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าจนหมด แต่ถ้าหากมีการเพิ่มมูลค่าให้กับชานอ้อยได้มากกว่าการเผาเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า ทางโรงงานน้ำตาลก็มีความเป็นไปได้ที่จะนำมาใช้ในโครงการดังกล่าวเพื่อเป็นตัวช่วยประสานในการนำเถ้าชานอ้อยออกไปสู่ภายนอกโรงงานโดยเกิดความคุ้มค่ามากที่สุดได้

เมื่อพิจารณาเส้นใยชานอ้อยพบว่า มีลักษณะสั้นมาก ความยาวประมาณ 2-4 เซนติเมตร ค่าความแข็งแรงเมื่อเทียบกับพืชเส้นใยอื่นค่อนข้างต่ำและไม่ค่อยมีความยืดหยุ่น และมีลักษณะหยาบไม่เหมาะสมต่อการนำไปผลิตสิ่งทอสำหรับสวมใส่ ไม่เหมาะสมต่อการใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมสิ่งทอสำหรับสวมใส่โดยตรงดังนั้นการใช้ประโยชน์จากเส้นใยชานอ้อยจึงเป็นการใช้ประโยชน์ในลักษณะของมัดเส้นใย (fiber bundle) สามารถนำไปผลิตผ้าไม่ทอ (nonwoven) ที่ใช้ในกลุ่มสิ่งทอเทคนิคเช่นสิ่งทอในยานยนต์และสิ่งทอสำหรับงานก่อสร้างโดยจากการทดสอบพบว่าผลิตภัณฑ์สิ่งทอสำหรับงานก่อสร้างจากชานอ้อยมีคุณสมบัติดีกว่าสิ่งทอจากใยมะพร้าวหรือเส้นใยธรรมชาติชนิดอื่นๆในด้านการต้านการลามไฟและป้องกันแสง [3] อีกทั้งเส้นใยชานอ้อยมีน้ำหนักเบาและขนาดเส้นใยที่สม่ำเสมอจึงเหมาะต่อการนำมาใช้เป็นวัสดุเสริมแรงและเถ้าชานอ้อยที่มีขนาดเล็กเมื่อผสมคอนกรีตช่วยให้คอนกรีตมีคุณสมบัติในการทึบน้ำ [4] ดังนั้นจากคุณสมบัติของชานอ้อยและเถ้าชานอ้อยดังที่กล่าวมาแล้วจึงเหมาะสมที่จะนำไปเป็นวัสดุหลักในการผลิตเป็นแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์อย่างยิ่งโดยทำการใช้เครื่องมือในการผลิตที่ดัดแปลงจากเครื่องอัดคอนกรีตบล็อกก็จะช่วยลดต้นทุนในการผลิตให้ต่ำลงกว่าแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ที่มีจำหน่ายทั่วไปในท้องตลาดได้ ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้เถ้าชานอ้อยแทนปูนซีเมนต์ร้อยละ 20 ตามงานวิจัยที่ผ่านมา ดังนั้นการศึกษาวิจัยในครั้งนี้จึงมุ่งเน้นการใช้ชานอ้อยมาเป็นวัสดุเสริมแรงในแผ่นใยอัดซีเมนต์เป็นหลักเพื่อให้การขึ้นรูปและการทดสอบ

สอดคล้องเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 878-2537 เรื่องแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ความหนาแน่นสูง

. วัตถุประสงค์

เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์แผ่นใยอัดซีเมนต์ที่ใช้ชานอ้อยเป็นส่วนผสมให้มีสมบัติต่าง ๆ ผ่านตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมมอก. 878-2537 เรื่องแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ความหนาแน่นสูง

3. แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย ใช้ทฤษฎีของการกำหนดส่วนผสมคอนกรีตและการอัดขึ้นรูปแบบใช้การสั่นเขย่าให้คอนกรีตเรียงตัว แล้วทำการทดสอบสมบัติของชิ้นตัวอย่างตามระยะเวลาการก่อตัวของคอนกรีต โดยใช้ทฤษฎีของความแข็งแรงและการทดสอบสมบัติทางด้านกายภาพและทางกล ประกอบด้วย ความต้านทานแรงดัด, มอดุลัสยืดหยุ่น, ความหนาแน่น, ความชื้น และสภาพการนำความร้อน

4. วิธีการวิจัย

4.1 วัสดุและอุปกรณ์

1) ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1

2) หินฝุ่นจากโรงโม่หินจังหวัดสระบุรี นำมาบดย่อยให้มีขนาดเท่ากับทราย

3) เถ้าชานอ้อย จากโรงงาน บริษัท น้ำตาลสระบุรี จำกัด (สระโบสถ์) นำมาอบไล่ความชื้น ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 325-200 เมช

4) ชานอ้อยโรงงานน้ำตาล จากโรงงาน บริษัท น้ำตาลสระบุรี จำกัด (สระโบสถ์) (ภาพที่ 1 และ 2)

5) น้ำประปา หรือน้ำสะอาด

6) เครื่องตัดเส้นใยชานอ้อย

7) เครื่องผสมคอนกรีต

8) เครื่องอัดแผ่นชานอ้อยอัดซีเมนต์แบบสั่นเขย่ากึ่งอัตโนมัติ ซึ่งดัดแปลงจากเครื่องอัดอิฐบล็อก (ภาพที่ 3)

9) แท่นพลิกแผ่นอัดซีเมนต์

10) ตะแกรง สำหรับร่อนวัสดุผสม

11) แบบหล่อขนาด 300 x 300 x 15 ลบ.มม.

12) ชุดทดสอบหาค่าความหนาแน่น ความชื้น และการดูดซึมน้ำ

13) เครื่องทดสอบความต้านทานแรงดึง

14) เครื่องทดสอบอเนกประสงค์

ภาพที่ 1 กองชานอ้อยภายในโรงงาน บจ.น้ำตาลสระบุรี

ภาพที่ 2 เส้นใยชานอ้อยจากโรงงาน บจ.น้ำตาลสระบุรี

ภาพที่ 3 เครื่องตัดเส้นใยชานอ้อย

4.2 การกำหนดอัตราส่วนผสม

การกำหนดส่วนผสมของแผ่นชานอ้อยอัดซีเมนต์ โดยใช้การอ้างอิงจากงานวิจัยที่ผ่านมาของคณะผู้ดำเนินงานวิจัย เรื่องแผ่นใยมะพร้าวอัดซีเมนต์ [5] และจากการทดลองขึ้นรูปเบื้องต้นจำนวน 30 อัตราส่วน พบว่าเส้นใยชานอ้อยสามารถผสมในแผ่นชานอ้อยอัดซีเมนต์ได้ปริมาณมากกว่าเส้นใยมะพร้าวเกินกว่า 3 เท่า โดยไม่ทำให้แผ่นอัดซีเมนต์เสียรูปหรือเกิดการพองตัว (เดิมอ้างอิงการผสมเส้นใยมะพร้าวได้สูงสุด 75 กรัม แต่เส้นใยชานอ้อยสามารถผสมได้สูงสุดถึง 300 กรัม) อีกทั้งจากการปรับสภาพชานอ้อยโดยวิธีการล้างด้วยน้ำเปล่าแทนสารปรับปรุงเส้นใย และการใช้วิธีการบดชานอ้อยผ่านตะแกรงขนาด 1 นิ้ว จะทำให้มีความยาวของเส้นใยชานอ้อยมีขนาดคละอยู่ประมาณ 2 – 4 เซนติเมตร ซึ่งเมื่อทดลองผสมขึ้นรูปแล้วจะทำให้เนื้อของแผ่นชานอ้อยอัดซีเมนต์มีเนื้อไม่ร่วนเหมือนกับการแยกใช้ขนาดเส้นใยชานอ้อยแบบคงที่ 2, 3 และ 4 เซนติเมตร ดังนั้นจึงสามารถกำหนดอัตราส่วนผสมได้ดังตารางที่ 1

.3 การขึ้นรูปตัวอย่างสำหรับทดสอบ

ทำการเตรียมส่วนผสมตามกำหนดในตารางที่ 1 จากนั้นนำปูนซีเมนต์เถ้าชานอ้อยหินฝุ่นบดย่อยเส้นใยชานอ้อยใส่ในเครื่องผสมคอนกรีตแล้วเติมน้ำประปาผสมส่วนผสมให้เข้ากัน แล้วตักส่วนผสมเทลงในแบบหล่อที่ติดตั้งบนเครื่องอัดแผ่นแบบสั่นเขย่าทำการอัดขึ้นรูปได้เป็นตัวอย่างแผ่นใยชานอ้อยอัดซีเมนต์ นำออกจากแบบไปบ่มในที่ร่มจนได้อายุที่ต้องการ

.4 การทดสอบสมบัติต่าง ๆ

หลังจากทำการขึ้นรูปตัวอย่างแผ่นชานอ้อยอัดซีเมนต์และนำไปบ่มจนได้ระยะเวลาตามกำหนดแล้ว จึงนำมาทดสอบสมบัติทางกายภาพและทางกลประกอบด้วย ลักษณะทั่วไป, ความหนาแน่น, ความชื้น, ความต้านทานแรงดัด, มอดุลัสยืดหยุ่น [6] และสภาพการนำความร้อน [7] ซึ่งมีรายละเอียดขั้นตอนการทดสอบตามที่มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.878-2537 เรื่องแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์:ความหนาแน่นสูง ได้กำหนดไว้

ตารางที่ 1 อัตราส่วนผสมโดยน้ำหนักของแผ่นใยชานอ้อยอัดซีเมนต์

อัตราส่วน	ปูนซีเมนต์ (กรัม)	หินฝุ่นบดย่อย (กรัม)	ชานอ้อย (กรัม)	น้ำประปา (กรัม)
BG.50	1,000	2,000	50	400
BG.75	1,000	2,000	75	400
BG.100	1,000	2,000	100	400
BG.125	1,000	2,000	125	400
BG.150	1,000	2,000	150	400
BG.175	1,000	2,000	175	400
BG.200	1,000	2,000	200	400
BG.225	1,000	2,000	225	400
BG.250	1,000	2,000	250	400
BG.275	1,000	2,000	275	400
BG.300	1,000	2,000	300	400

<u>หมายเหตุ</u> การนำส่วนผสมทั้งหมดไปขึ้นรูปเป็นแผ่นให้ทำการตักส่วนผสมไปชั่งน้ำหนักให้มีขนาดเท่ากันแผ่นละ 3,450 กรัม

ตารางที่ 1 อัตราส่วนผสมโดยน้ำหนักของแผ่นใยชานอ้อยอัดซีเมนต์

อัตราส่วน	ปูนซีเมนต์ (กรัม)	หินฝุ่นบดย่อย (กรัม)	ชานอ้อย (กรัม)	น้ำประปา (กรัม)
BG.50	1,000	2,000	50	400
BG.75	1,000	2,000	75	400
BG.100	1,000	2,000	100	400
BG.125	1,000	2,000	125	400
BG.150	1,000	2,000	150	400
BG.175	1,000	2,000	175	400
BG.200	1,000	2,000	200	400
BG.225	1,000	2,000	225	400
BG.250	1,000	2,000	250	400
BG.275	1,000	2,000	275	400
BG.300	1,000	2,000	300	400

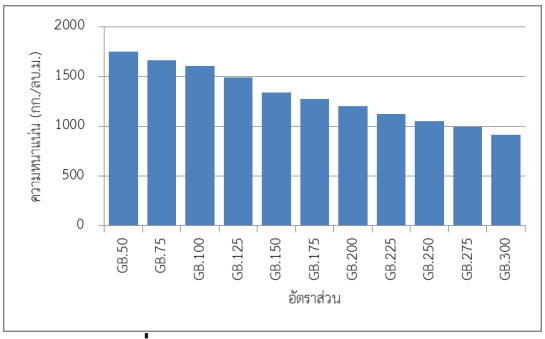
<u>หมายเหตุ</u> การนำส่วนผสมทั้งหมดไปขึ้นรูปเป็นแผ่นให้ทำการตักส่วนผสมไปชั่งน้ำหนักให้มีขนาดเท่ากันแผ่นละ 3,450 กรัม

5. ผลการวิจัย

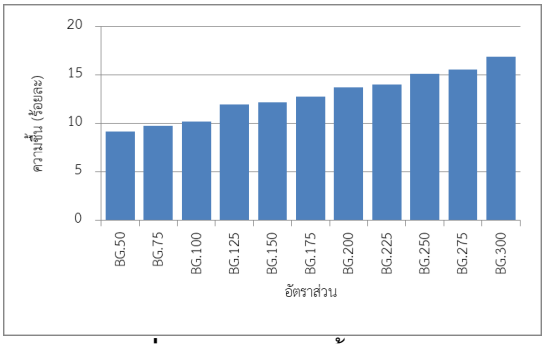
5.1 ลักษณะทั่วไปความหนาแน่นความชื้นการพองตัวเมื่อแช่น้ำและสภาพการนำความร้อน

ตารางที่ 2 ความหนาแน่น ความชื้น การพองตัวเมื่อแช่น้ำ และสภาพการนำความร้อนของแผ่นชานอ้อยอัดซีเมนต์

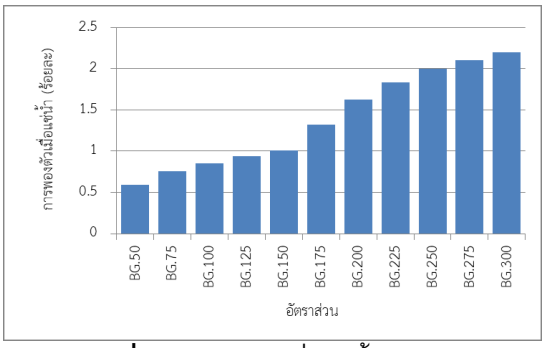
อัตราส่วน	ความหนาแน่น (กก./ลบ.ม.)	ความชื้น (ร้อยละ)	การพองตัวเมื่อแช่น้ำ (ร้อยละ)	ส.ป.ส. การนำความร้อน (วัตต์/ม.-เคลวิน)
BG.50	1748.52	9.123	0.589	0.181
BG.75	1663.05	9.726	0.754	0.173
BG.100	1605.11	10.148	0.852	0.168
BG.125	1489.32	11.962	0.941	0.161
BG.150	1341.51	12.144	1.009	0.157
BG.175	1277.08	12.782	1.321	0.148
BG.200	1201.25	13.714	1.623	0.142
BG.225	1120.33	13.995	1.836	0.135
BG.250	1052.08	15.134	2.001	0.122
BG.275	990.87	15.537	2.102	0.119
BG.300	912.17	16.841	2.198	0.111
ค่ามาตรฐาน	1100-1300	9-15	ไม่เกิน 2	ไม่เกิน 0.155



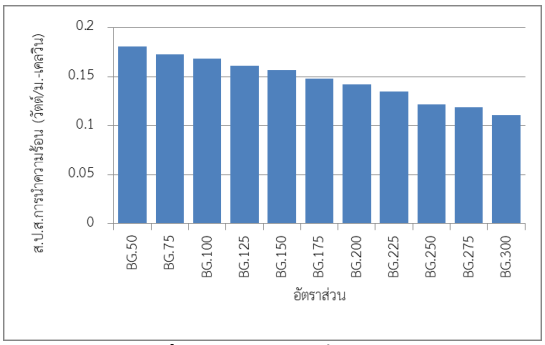
ภาพที่ 4 ความหนาแน่น (กก./ลบ.ม.)



ภาพที่ 5 ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)



ภาพที่ 6 การพองตัวเมื่อแช่น้ำ (ร้อยละ)



ภาพที่ 7 สัมประสิทธิ์การนำความร้อน (วัตต์/ม.-องศาเคลวิน)

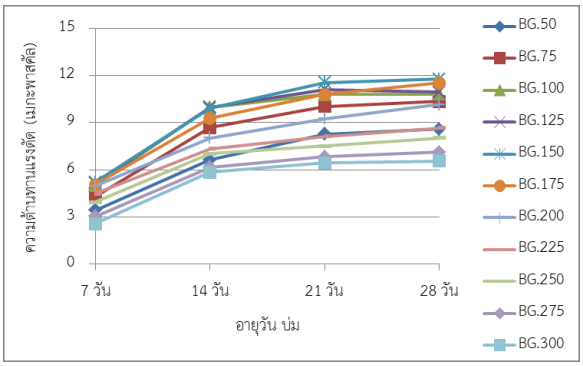
5.2 ความต้านทานแรงดัด และมอดุลัสยืดหยุ่น

ตารางที่ 3 ความต้านทานแรงดัดของแผ่นชานอ้อยอัดซีเมนต์ที่อัตราส่วนต่าง ๆ

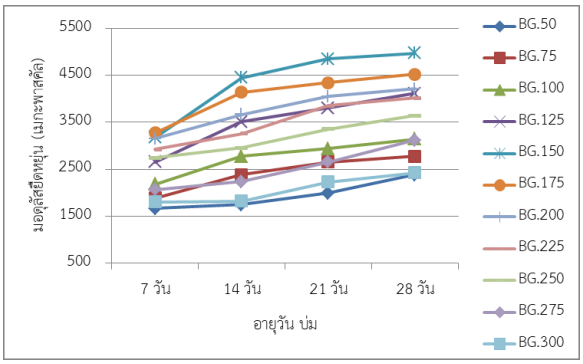
อัตราส่วน	ความต้านทานแรงดัด (เมกะพาสคัล)			
	7 วัน	14 วัน	21 วัน	28 วัน
BG.50	3.42	6.63	8.26	8.59
BG.75	4.29	8.68	10.04	10.35
BG.100	5.02	9.95	10.78	10.81
BG.125	5.12	9.99	11.11	10.93
BG.150	5.2	9.91	11.56	11.76
BG.175	5.05	9.26	10.79	11.52
BG.200	4.95	8.03	9.25	10.16
BG.225	4.48	7.34	8.13	8.66
BG.250	3.94	7.02	7.5	8.03
BG.275	3.03	6.15	6.81	7.12
BG.300	2.56	5.84	6.44	6.54
ค่ามาตรฐาน				ไม่น้อยกว่า 9

ตารางที่ 4 มอดุลัสยืดหยุ่นของแผ่นชานอ้อยอัดซีเมนต์ที่อัตราส่วนต่าง ๆ

อัตราส่วน	มอดุลัสยืดหยุ่น (เมกะพาสคัล)			
	7 วัน	14 วัน	21 วัน	28 วัน
BG.50	1663.39	1748.39	1992.51	2383.94
BG.75	1884.32	2381.93	2648.05	2775.08
BG.100	2173.54	2771.42	2935.71	3138.64
BG.125	2655.12	3508.92	3801.33	4109.55
BG.150	3174.39	4446.86	4845.41	4971.17
BG.175	3269.81	4138.17	4338.72	4519.32
BG.200	3150.45	3662.4	4051.11	4212.09
BG.225	2918.66	3251.85	3852.87	4014.14
BG.250	2745.08	2957.23	3357.29	3642.57
BG.275	2063.22	2237.08	2651.08	3113.98
BG.300	1799.41	1816.76	2229.66	2418.56
ค่ามาตรฐาน				ไม่น้อยกว่า 3000



ภาพที่ 8 ความต้านทานแรงดัด (เมกะพาสคัล)

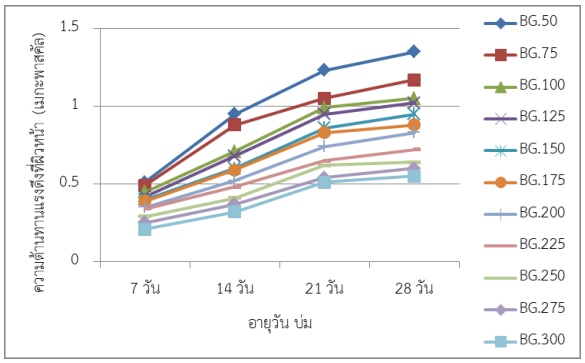


ภาพที่ 9 มอดุลัสยืดหยุ่น (เมกะพาสคัล)

5.3 ความต้านทานแรงดึงที่ผิวหน้า

การทดสอบความต้านทานแรงดึงที่ผิวหน้าของแผ่นชานอ้อยอัดซีเมนต์ ทำการทดสอบที่อายุการบ่ม 7, 14, 21 และ 28 วัน (ภาพที่ 10) ได้ผลการทดสอบดังภาพที่ 11 และตารางที่ 5

ภาพที่ 10 การทดสอบความต้านทานแรงดึงที่ผิวหน้าแผ่น



ภาพที่ 11 ความต้านทานแรงดึงที่ผิวหน้า (เมกะพาสคัล)

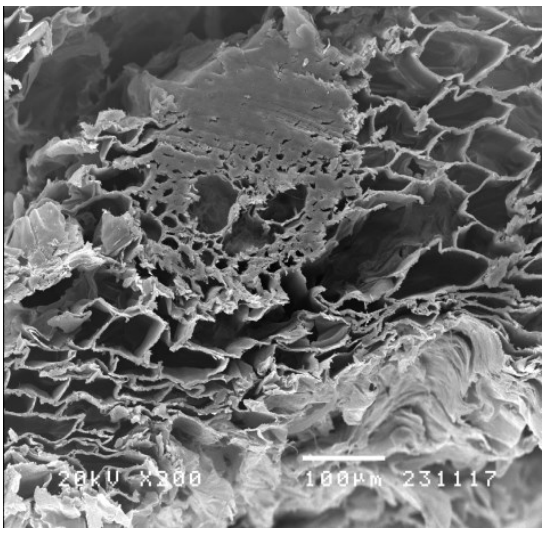
ตารางที่ 5 ความต้านทานแรงดึงที่ผิวหน้าของแผ่นชานอ้อยอัดซีเมนต์ที่อัตราส่วนต่าง ๆ

อัตราส่วน	ความต้านทานแรงดึงที่ผิวหน้า (เมกะพาสคัล)			
	7 วัน	14 วัน	21 วัน	28 วัน
BG.50	0.51	0.95	1.23	1.35
BG.75	0.49	0.88	1.05	1.17
BG.100	0.45	0.71	0.99	1.05
BG.125	0.42	0.68	0.95	1.02
BG.150	0.4	0.6	0.86	0.95
BG.175	0.39	0.59	0.83	0.88
BG.200	0.35	0.52	0.74	0.83
BG.225	0.34	0.48	0.65	0.72
BG.250	0.29	0.41	0.62	0.64
BG.275	0.25	0.37	0.54	0.6
BG.300	0.21	0.32	0.51	0.55
ค่ามาตรฐาน				ไม่น้อยกว่า 0.5

6. อภิปรายผลการวิจัย

6.1 ลักษณะทั่วไป ความหนาแน่น ความชื้น การพองตัวเมื่อแช่น้ำ และสภาพการนำความร้อน

การตรวจพินิจลักษณะทั่วไปของแผ่นชานอ้อยอัดซีเมนต์ ด้วยวิธีการสังเกตและการวัดขนาดแบบละเอียด พบว่า แผ่นใยชานอ้อยอัดซีเมนต์ทั้งหมดมีลักษณะผ่านตามที่มาตรฐาน มอก.878-2537 เรื่อง แผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์: ความหนาแน่นสูงกำหนด คือ ขอบและผิวหน้าของแผ่นชานอ้อยอัดซีเมนต์ทั้งหมดมีความเรียบและได้ฉาก ทั้งนี้เป็นผลมาจากปริมาณของเส้นใยที่ผสมไม่มากจนเกินไป และมีลักษณะพื้นผิวขรุขระ (ภาพที่ 12) ทำให้ซีเมนต์เพสต์สามารถยึดเกาะและเชื่อมประสานผิวของเส้นใยชานอ้อยได้ดี และการอัดขึ้นรูปด้วยวิธีการสั่นเขย่าที่มีแผ่นพลาสติกใสปิดทับด้านบนอีก 1 ชั้น ก่อนการถอดแบบ จึงทำให้ผิวหน้ามีลักษณะเรียบ อีกทั้งการอัดโดยวิธีการสั่นเขย่าต้องใช้น้ำผสมในปริมาณที่น้อย แค่พอหมาด จึงทำให้แผ่นชานอ้อยอัดซีเมนต์เกาะตัวกันแข็งเป็นก้อนตั้งแต่นำออกจากแบบอัด อีกทั้งปริมาณน้ำที่ใช้ยังพอดีกับความต้องการในการทำปฏิกิริยาไฮเดรชั่นของปูนซีเมนต์ จึงไม่เกิดการเยิ้มจากน้ำที่เหลือจากการทำปฏิกิริยาเหมือนกับวิธีการเทหล่อคอนกรีตแบบปกติ โดยทุกอัตราส่วนผสมมีมิติที่ไม่คลาดเคลื่อนเกิน ±2 มิลลิเมตร



ภาพที่ 12 ขยายหน้าตัดชานอ้อย 200 เท่า จากกล้อง SEM

ส่วนของความหนาแน่น ความชื้น การพองตัวเมื่อแช่น้ำ และสภาพการนำความร้อน เมื่อครบอายุการบ่ม 28 วัน พบว่าการผสมเส้นใยชานอ้อยในปริมาณที่สูงขึ้นส่งผลให้ความหนาแน่นและสภาพการนำความร้อนมีแนวโน้มลดลงตามลำดับ เนื่องจากชานอ้อยมีน้ำหนักเบากว่าหินฝุ่นบดย่อย เมื่อใช้เป็นวัสดุผสมเพิ่มในมอร์ต้าจึงทำให้มอร์ต้ามีความหนาแน่นลดลง ซึ่งเป็นผลดีในด้านของการเป็นฉนวนความร้อนที่ดีขึ้นและลดน้ำหนักของโครงสร้างอาคารลงได้ ในทางกลับกันค่าความชื้นและการพองตัวเมื่อแช่น้ำมีแนวโน้มสูงขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากชานอ้อยเป็นเส้นใย

ธรรมชาติที่มีรูพรุน จึงมีความสามารถในการกักเก็บความชื้นได้สูง อีกทั้งเมื่อผสมชานอ้อยในปริมาณมากขึ้นจะเกิดความพรุนในเนื้อและผิวหน้าของแผ่นชานอ้อยอัดซีเมนต์มากขึ้น ซึ่งช่องว่างความพรุนนี้ทำให้น้ำซึมเข้าไปภายในได้ง่ายกว่า และส่งผลให้ชานอ้อยเกิดความชื้นสะสมดันแผ่นชานอ้อยอัดซีเมนต์ให้พองตัวออก โดยอัตราส่วนของแผ่นชานอ้อยอัดซีเมนต์ ที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ด้านความหนาแน่น ความชื้น การพองตัวเมื่อแช่น้ำ และสภาพการนำความร้อน และเหมาะสมสำหรับการเลือกไปใช้งานในการวิจัยครั้งนี้ คือ อัตราส่วน BG.175, BG.200 และ BG.225 ตามลำดับ

6.2 ความต้านทานแรงดัด และมอดุลัสยืดหยุ่น

จากตารางที่ 3 แสดงผลการทดสอบความต้านทานแรงดัดของแผ่นชานอ้อยอัดซีเมนต์อัตราส่วนต่าง ๆ ที่ระยะเวลาการบ่ม 7, 14, 21 และ 28 วัน ตามลำดับ พบว่าความต้านทานแรงดัดมีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการบ่มที่มากขึ้น เนื่องจากกระบวนการทำปฏิกิริยาไฮเดรชั่นของปูนซีเมนต์กับน้ำ ซึ่งในการทดลองนี้ผสมเถ้าชานอ้อยในอัตราส่วนร้อยละ 20 ซึ่งเป็นปริมาณที่สามารถใส่ได้สูงสุดตามงานวิจัยที่ผ่านมาโดยไม่ทำให้คุณสมบัติในด้านการรับกำลังของคอนกรีตด้อยลง การใช้หินฝุ่นบดย่อยแทนทรายก็มีส่วนช่วยให้แผ่นชานอ้อยอัดซีเมนต์รับแรงได้มากขึ้น การผสมปริมาณเส้นใยชานอ้อยให้เข้ากันได้มากที่สุดจนถึง 300 กรัม หลังจากนั้นจะไม่สามารถผสมและอัดขึ้นรูปได้ แต่เมื่อพิจารณาถึงความต้านทานแรงดัด การผสมชานอ้อยจะช่วยให้ความต้านทานแรงดัดเพิ่มขึ้นจนมีค่าสูงสุดที่ปริมาณชานอ้อย 150 กรัม และจะเริ่มลดลงตามลำดับ จนปริมาณชานอ้อย 200 กรัม มีค่าความต้านทานแรงดัด 10.16 เมกะพาสคัล เป็นอัตราส่วนสุดท้ายที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน มอก.878-2537 ที่กำหนดไว้ว่า ค่าต้านทานแรงดัดต้องไม่น้อยกว่า 9 เมกะพาสคัล

จากตารางที่ 4 แสดงผลการทดสอบมอดุลัสยืดหยุ่นของแผ่นชานอ้อยอัดซีเมนต์อัตราส่วนต่าง ๆ ที่ระยะเวลาการบ่ม 7, 14, 21 และ 28 วัน ตามลำดับ พบว่าค่ามอดุลัสยืดหยุ่นมีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการบ่มที่มากขึ้น เช่นเดียวกันกับความต้านทานแรงดัด โดยสามารถผสมชานอ้อยได้จนถึง 275 กรัม ได้ค่ามอดุลัสยืดหยุ่น เท่ากับ 3113.98 เมกะพาสคัล ที่อายุการบ่ม 28 วันเมื่อนำค่าทั้งค่าความต้านทานแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่นมาเปรียบเทียบกับแผ่นวีว่าบอร์ดและแผ่นสมาร์ทบอร์ด ที่จำหน่ายในท้องตลาดพบว่าค่าความต้านทานแรงดัดมีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนค่ามอดุลัสยืดหยุ่นของวีว่าบอร์ดและสมาร์ทบอร์ดจะมีค่าสูงกว่าแผ่นชานอ้อยอัดซีเมนต์ประมาณ 1 เท่า ทั้งนี้เนื่องมาจากกระบวนการผลิตวีว่าบอร์ดและสมาร์ทบอร์ดที่ต้องใช้เครื่องจักรขนาดใหญ่ ในโรงงานที่มีต้นทุนการผลิตสูง จึงสามารถควบคุมคุณภาพได้ดีกว่า และทั้งวีว่าบอร์ดและสมาร์ทบอร์ดทำมาจากส่วนผสมของชิ้นไม้เป็นหลักจึงมีความแข็งแรงกว่าการใช้ชานอ้อยเป็นส่วนผสม

6.3 ความต้านทานแรงดึงที่ผิวหน้า

จากตารางที่ 5 แสดงค่าความต้านทานแรงดึงที่ผิวหน้าของแผ่นชานอ้อยอัดซีเมนต์พบว่าเมื่อผสมเส้นใยชานอ้อยในปริมาณที่เพิ่มขึ้นทำให้ความต้านทานแรงดึงที่ผิวหน้ามีค่าลดลงตามลำดับ เนื่องจากการผสมชานอ้อยในแผ่นอัดซีเมนต์การเรียงตัวของชานอ้อยส่วนใหญ่จะขนานไปกับผิวหน้าแผ่น เมื่อผสมชานอ้อยในปริมาณที่มากขึ้นทำให้การเกาะตัวของซีเมนต์เพสต์ที่ผิวหน้าลดลงและการรับแรงดึงที่ผิวหน้าจะทำให้เส้นใยชานอ้อยจะถูกดึงแยกออกจากกันทางด้านข้างส่งผลให้แนวโน้มการรับแรงดึงที่ผิวหน้าลดลงดังกล่าวโดยอัตราส่วนสุดท้ายที่แผ่นชานอ้อยอัดซีเมนต์รับแรงดึงผิวหน้าผ่านเกณฑ์มาตรฐาน มอก.878-2537 ที่กำหนดไว้ว่าต้องไม่ต่ำกว่า 0.5 เมกะพาสคัล คือปริมาณชานอ้อย 275 กรัม มีค่าความต้านทานแรงดึงที่ผิวหน้าเท่ากับ0.60 เมกะพาสคัล

7. สรุป

7.1 สรุปผล

การพัฒนากรรมวิธีการผลิตแผ่นชานอ้อยอัดซีเมนต์ได้ทำการค้นคว้าข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับกระบวนการผลิตที่เหมาะสมกับวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม ทำการจัดเตรียมวัสดุเครื่องมือและ

อุปกรณ์ การกำหนดอัตราส่วนผสมเพื่อดำเนินการขึ้นรูปตัวอย่างแผ่นชานอ้อยอัดซีเมนต์โดยวิธีการใช้เครื่องอัดแบบสั่นเขย่าที่ดัดแปลงจากเครื่องอัดคอนกรีตบล็อกทั่วไปแล้วทำการทดสอบสมบัติตามมาตรฐาน มอก.878-2537 เรื่องแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์: ความหนาแน่นสูงและมาตรฐาน ASTM C518 ในส่วนของสภาพการนำความร้อน โดยผลการทดสอบพบว่าอัตราส่วนที่เหมาะผสมในการนำไปใช้งานโดยมีสมบัติทุกประการผ่านตามเกณฑ์มาตรฐานและสามารถใช้ชานอ้อยเป็นส่วนผสมในปริมาณสูงสุดคือ BG.200 โดยมีส่วนผสมปูนซีเมนต์ ต่อ เถ้าชานอ้อย ต่อ หินฝุ่นบดย่อย ต่อ ชานอ้อย ต่อ น้ำประปา เท่ากับ 1,000 : 200 : 2,000 : 200 : 400 (กรัม)

ตารางที่ 6 สรุปสมบัติด้านต่าง ๆ ของแผ่นชานอ้อยอัดซีเมนต์อัตราส่วน BG.200

ข้อมูลจำเพาะ	หน่วย	ค่ามาตรฐาน มอก. 878-2537	แผ่นชานอ้อยอัดซีเมนต์ (BG.200)
ความหนาแน่น	กก./ลบ.ม.	1,100 - 1,300	1201.25
ปริมาณความชื้นในแผ่น	ร้อยละ	9-15	13.714
ความต้านทานแรงดัด	เมกะพาสคัล	9	10.06
มอดูลัสยืดหยุ่น	เมกะพาสคัล	3,000	4212.09
ความต้านทานแรงดึงที่ผิวหน้า	เมกะพาสคัล	0.5	0.83
สภาพการนำความร้อน (ค่า k)	วัตต์/เมตร-องศาเคลวิน	น้อยกว่า หรือ เท่ากับ 0.15	0.142
การพองตัวเมื่อแช่น้ำ 24 ชั่วโมง	ร้อยละ	2	1.623
ราคาจำหน่าย (ขนาดแผ่น 30x30x1.5 ลบ.ซม.)	บาท/แผ่น	-	12

7.2 ข้อเสนอแนะ

1) ในการวิจัยครั้งต่อไปต้องทำการประดิษฐ์เครื่องจักรที่สามารถอัดขึ้นรูปแผ่นชานอ้อยอัดซีเมนต์ให้มีขนาดที่ใหญ่ขึ้น เพื่อสามารถนำไปใช้งานได้อย่างแพร่หลาย

2) ควรเพิ่มการผสมสีลงไปในแผ่นชานอ้อยอัดซีเมนต์ เพื่อสร้างสีสันให้สวยงามและเป็นทางเลือกให้กับผู้บริโภคที่ไม่ต้องการฉาบปิดผิวหน้าของผนัง

3) ควรเพิ่มเติมในส่วนของการบากร่องหรือทำเดือยที่ขอบแผ่นชานอ้อยอัดซีเมนต์ เพื่อให้การติดตั้งได้เรียบสนิทมากขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ได้รับทุนอุดหนุนโครงการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี งบประมาณรายจ่ายประจำปี 2561

เอกสารอ้างอิง

[1] สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย, 2559. โครงการเพิ่มศักยภาพการแข่งขันของอุตสาหกรรมน้ำตาลไทยอย่างยั่งยืนให้เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม, กระทรวงอุตสาหกรรม. http: / / www. cms2 green. com/lowsugar/Manufacture.php

[2] Cordeiro, G.C., Filijp, R.D.T., Fairbairt, E.M.R., Luis, M.M.T., and Oliver, C.H., 2004, Influence of mechanical grind on the pozzolanic activity

of residual sugarcane bagasse ash, Proceedings of the international conference on use of recycled materials in building and structure, Barcelona; pp. 342.

[3] ธัญญารัตน์ คงขุนเทียน, 2559. ชานอ้อยวัตถุดิบสิ่งทอชีวมวล, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรีhttp://www.thaitextile.org/index.

[4] รัฐพล สมนา และชัย จาตุรพิทักษ์กุล, 2554. การใช้เถ้าชานอ้อยบดละเอียดเพื่อปรับปรุงกำลังอัดการซึมผ่านน้ำและความต้านทานคลอไรด์ของคอนกรีตที่ใช้มวลรวมหยาบจากการย่อยเศษคอนกรีตเก่า, วารสารวิจัยและพัฒนา มจธ. ปีที่ 34, ฉบับที่ 4. ตุลาคม - ธันวาคม 2554. หน้า 369-381.

[5] ประชุม คำพุฒ, 2560. ผลิตภัณฑ์แผ่นใยมะพร้าวอัดซีเมนต์ต้นทุนต่ำ. การประชุมวิชาการคอนกรีตประจำปีครั้งที่ 12, โรงแรม เดอะรีเจ้นท์ ชะอำบีช รีสอร์ท, อำเภอชะอำ, เพชรบุรี, หน้าENV-07- ENV-13.

[6] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.), 2537. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เรื่องแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ความหนาแน่นสูง มอก. 878-2537. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม.

[7] American Society for Testing and Materials, 2015. ASTM C518-15, Standard Test Method for Steady- State Thermal Transmission Properties by Means of the Heat Flow Meter Apparatus, ASTM International, West Conshohocken, PA.

Journal of Innovative Technology Research
Vol.3 No.2 July – December 2019 Rajamangala University of Technology Lanna

การพัฒนาภาพลักษณ์ภูมิปัญญาขนมไทย "ขนมอาลัวกุหลาบ" ด้วยโปรแกรมระบบบริหารจัดการเว็บแอพพลิเคชั่น

สุพิชฌาย์ ถาวรลิมปะพงศ์[1*], ประเสริฐ ลือโขง[2]
[1] สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
[2] วิทยาลัยเทคโนโลยีและสหวิทยาการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
[1,2]98 หมู่ 8 ตำบลป่าป้อง อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ 50220

รับบทความ 15 ตุลาคม 2561 ตอบรับบทความ 10 ธันวาคม 2561 เผยแพร่ออนไลน์ 30 พฤษภาคม 2563

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาโปรแกรมระบบบริหารจัดการเว็บแอพพลิเคชั่น Catalog ในรูปแบบ Web Responsive เพื่อเผยแพร่และประชาสัมพันธ์การพัฒนาภาพลักษณ์ภูมิปัญญาขนมไทย "ขนมอาลัวกุหลาบ" และเพิ่มช่องทางการสร้างรายได้ให้กับผู้ประกอบการ ในอำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ วิธีการดำเนินการวิจัยประกอบด้วย 1) สัมภาษณ์เพื่อทราบความต้องการจากผู้ประกอบการ 2) พัฒนาโปรแกรมระบบบริหารจัดการเว็บแอพพลิเคชั่นโดยการทำงานร่วมกันระหว่างอาจารย์ นักศึกษาและผู้ประกอบการ 3) การทดสอบใช้งานจริงโดยผู้ประกอบการและกลุ่มลูกค้า 4) การประเมินผลการใช้งานโปรแกรมจากผู้เชี่ยวชาญและผู้ประกอบการ ผลการวิจัยพบว่าการประชาสัมพันธ์ขนมอาลัวกุหลาบด้วยเว็บแอพพลิเคชั่น ทำให้ขนมอาลัวเป็นที่รู้จักแพร่หลายมากยิ่งขึ้น โดยเปิดช่องทางให้ผู้ซื้อได้เห็นขนมอาลัวในรูปแบบใหม่ๆ ทำให้ความต้องการซื้อเพิ่มมากขึ้น ซึ่งเป็นการเพิ่มโอกาสในการสร้างรายได้ให้แก่ผู้ประกอบการ จากผลการประเมินด้วยวิธีการสัมภาษณ์พบว่าผู้ประกอบการมีความพึงพอใจในการประชาสัมพันธ์ ขนมอาลัวกุหลาบด้วยเว็บแอพพลิเคชั่นมาก มีรายได้เพิ่มขึ้นจากเดิม และผลิตภัณฑ์เป็นที่รู้จักมากขึ้นในกลุ่มลูกค้า ภายใต้ชื่อ Roselamun by Tayanit

คำสำคัญ: ขนมไทย, ขนมอาลัว, ขนมอาลัวกุหลาบ, เว็บแอพพลิเคชั่น

Development of Local Wisdom image of Traditional Thai desserts called "Rose Allure" using the Web Application Responsive Management System

Supitcha Thawornlimpapong[1*], Prasert Luekong[2]

[1] Research and Development Institute, Rajamangala University of Technology Lanna.

[2] Collage of Integrated Science and Technology, Rajamangala University of Technology Lanna.

[1,2]98, Papong, Doi Saket, Chaingmai 50220

Receive: 15 October 2018 Accepted: 10 December 2018 Published online: 30 May 2020

Abstract

The purpose of this research is to develop the web-based management system which is designed the layout by responsive web to promote the various model images of Thai dessert "Rose Allure" and increase income opportunities for entrepreneurs in Fang district, Chiang Mai. The main research method consists of 1) Interviewing the needs of entrepreneurs. 2) Implementing and developing the web application management system by teachers, students and collaborate with the entrepreneurs 3) Testing the of the service by entrepreneurs and customers. 4) Assessing satisfaction of the application from the experts and entrepreneurs. From the results, we found that promoting the Rose Allure dessert through this web application makes it more popular. Customers have the channel to see the variety of Rose Allure styles in attractive packaging which increase the demand of buying this dessert. This is an opportunity to expand income for entrepreneurs. The results of the interviews revealed that the entrepreneurs were satisfied plentifully with this promoting with the web applications. Their revenue has increased and products are more popular among customers.

Keywords: Thai desserts, Allure, Rose Allure, web application

1. บทนำ

ปัจจุบันการเพิ่มมูลค่าให้ขนมโดยเริ่มจากการจัดทำรูปลักษณ์ให้มีความสวยงามและสามารถนำไปใช้ประโยชน์ด้านต่าง ๆ ได้นอกเหนือจากการรับประทานเพียงอย่างเดียว การบรรจุภัณฑ์และการนำเสนอผลิตภัณฑ์จึงมีส่วนสำคัญเป็นอย่างมากที่จะส่งผลให้ขนมไทยหัตถกรรมที่แสดงออกถึงความอ่อนช้อยก่อให้เกิดความคิดสร้างสรรค์และภูมิปัญญาหลากหลาย สืบสานวิถีชีวิตประเพณีวัฒนธรรมที่สามารถนำวัตถุดิบมาปรุงแต่งเป็นของหวานได้มากหลายรูปแบบจัดเป็นมรดกทางวัฒนธรรมอย่างหนึ่งที่บ่งบอกถึงเสน่ห์แสดงให้เห็นถึงความละเอียดอ่อนประณีตวิจิตรบรรจง ตั้งแต่วัตถุดิบที่เน้นความพิถีพิถัน สีที่ให้ความสวยงามมีกลิ่นหอมรสชาติของขนมที่ละเมียดละไมชวนให้รับประทานมากขึ้น เพื่อปลุกกระแสความนิยมของขนมไทย ซึ่งผู้ประกอบการยังพบว่าผลิตภัณฑ์ภูมิปัญญาขนมไทย “ขนมอาลัวกุหลาบ” นี้ รวมถึงขนมไทยร่วมสมัยชนิดอื่น ๆ ยังไม่เป็นที่รู้จักกันอย่างแพร่หลาย และที่สามารถนำไปเป็นของฝาก ของชำร่วย ขนมทานเล่น ที่เข้ากับทุกเทศกาลนั้นได้อย่างไร

ดังนั้น นักวิจัยร่วมกับผู้ประกอบการ ซึ่งตั้งอยู่เลขที่ 192 หมู่ 5 ต.โป่งน้ำร้อน อ.ฝาง จ.เชียงใหม่ โดยเจ้าของผลิตภัณฑ์ ได้เห็นถึงความสำคัญที่จะสืบสานมรดกทางวัฒนธรรม คงความเป็นเอกลักษณ์เฉพาะของภูมิปัญญาขนมไทยให้เป็นที่รู้จักแพร่หลาย ด้วยเทคโนโลยีที่ทุกคนสามารถเข้าถึงได้ในทุกทีทุกเวลาได้อย่างไม่จำกัด เว็บไซต์จึงเป็นช่องทางการเข้าถึงข้อมูลได้ง่ายและกว้างขวาง ในยุคปัจจุบันที่เทคโนโลยีเข้ามามีบทบาทเป็นอย่างมากในการติดต่อสื่อสาร ธุรกิจการค้าตลอดจนการใช้ชีวิตประจำวัน และด้วยเหตุผลดังกล่าวจึงจำเป็นต้องมีสร้างโปรแกรมระบบบริหารจัดการเว็บแอพพลิเคชั่น Catalog ในรูปแบบ Web Responsive ภายใต้โดเมนเนม roselamun.com เพื่อเป็นเครื่องมือและช่องทางการประชาสัมพันธ์และเผยแพร่ถึงการพัฒนาภาพลักษณ์ภูมิปัญญาขนมไทย "ขนมอาลัวกุหลาบ" ให้คงความเป็นเอกลักษณ์สืบไป

2. วัตถุประสงค์

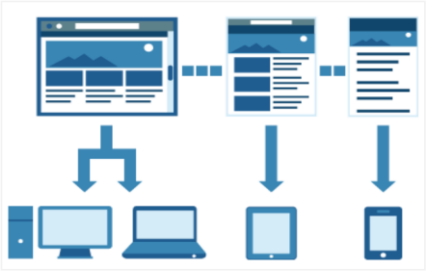
เพื่อพัฒนาโปรแกรมระบบบริหารจัดการเว็บแอพพลิเคชั่น Catalog ในรูปแบบ Web Responsive เพื่อการสืบสานมรดกทางวัฒนธรรม ด้วยการประชาสัมพันธ์ และเผยแพร่ถึงการพัฒนาภาพลักษณ์ภูมิปัญญาขนมไทย "ขนมอาลัวกุหลาบ"

3. แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

3.1 เว็บไซต์ [1] คือ สื่อนำเสนอข้อมูลบนเครื่องคอมพิวเตอร์ หรือ คือ การรวบรวม หน้าเว็บเพจหลายหน้า ซึ่งเชื่อมโยงกันผ่านทางไฮเปอร์ลิงก์ ซึ่งต้องเปิดด้วยโปรแกรมเฉพาะทางที่เรียกว่า เว็บเบราว์เซอร์ โดยเว็บไซต์พื้นฐานถูกสร้างขึ้นจากภาษาทางคอมพิวเตอร์ที่เรียกว่า HTML ต่อมาได้มีการพัฒนาและนำภาษาอื่น ๆ ร่วมด้วย เพื่อให้เว็บไซต์สามารถแสดงผลและมีการทำงานได้หลากหลายรูปแบบมากขึ้น เช่น ภาษา PHP, SQL, Java ฯลฯ

3.2 Web Application [2] คือ แอพพลิเคชั่นที่ถูกเขียนขึ้นมาเพื่อเป็นเบราว์เซอร์ สำหรับการใช้งานเว็บเพจ ต่าง ๆ ซึ่งถูกปรับแต่งให้แสดงผลแต่ส่วนที่จำเป็นเพื่อเป็นการลดทรัพยากรในการประมวลผลของตัวเครื่องสมาร์ทโฟน หรือ แท็บเล็ต ทำให้โหลดหน้าเว็บไซต์ได้เร็วขึ้น อีกทั้งผู้ใช้งานยังสามารถใช้งานผ่านอินเทอร์เน็ต (Internet) และอินทราเน็ต (Intranet) ในความเร็วต่ำได้

3.3 Responsive Web [3] คือ เว็บไซต์ที่สามารถรองรับแสดงผลการทำงานบนหน้าจออุปกรณ์เครือข่าย เช่น Desktop Internet, Mobile Internet (iPad, iPhone, Android, Windows mobile อื่น ๆ) ได้ ซึ่งอุปกรณ์เหล่านี้มีความละเอียดและความคมชัดแตกต่างกันไปตามขนาดความกว้างของของหน้าจอ จึงทำให้หน้าต่างเว็บไซต์ที่ถูกออกแบบให้ดูผ่านหน้าจอคอมพิวเตอร์อย่างเดียว มีปัญหาการทำงานและเกิดการแสดงที่ผิดเพี้ยนเมื่อเปิดใช้งานผ่านอุปกรณ์ที่มีหน้าจอขนาดเล็กกว่าเช่น Mobile Internet Users แท็บเล็ต โทรศัพท์มือถือ เป็นต้น

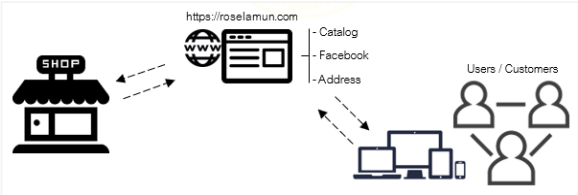


รูปที่ 1 การแสดงผลของ Responsive Web ในอุปกรณ์ต่างชนิดกัน

Responsive Web Design ถูกออกแบบและพัฒนาให้สามารถรองรับการแสดงผลได้กับหน้าจอที่มีคุณสมบัติแตกต่างกัน โดยสามารถปรับเปลี่ยนรูปแบบการแสดงผลอัตโนมัติ หากผู้ใช้เข้าถึงเว็บไซต์จากอุปกรณ์ต่างชนิดกัน ตัวอย่างเช่น การแสดงผลผ่านทางอุปกรณ์คอมพิวเตอร์จะเป็นลักษณะหน้าจอที่สมบูรณ์แบบ ส่วนการแสดงผลผ่านมือถือหรืออุปกรณ์ที่มีหน้าจอขนาดเล็กกว่า จะถูกปรับรูปแบบให้มีการเรียงลำดับเมนูลงมาด้านล่างโดยอัตโนมัติ ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 1 โดยการปรับรูปแบบนี้ ขึ้นอยู่กับโครงสร้างการออกแบบของผู้พัฒนาเว็บไซต์

ปัจจุบัน ประชากรในชุมชน มีการใช้งานผ่าน Mobile Internet มีการเจริญเติบโตสูง และมีแนวโน้มที่จะแซง Desktop Internet Users ทำให้บุคคลทั่วไปสามารถเข้าชมเว็บไซต์ได้ตลอดเวลา ซึ่งแทบทุกครัวเรือนมีโทรศัพท์มือถือ เป็นเครื่องมือสื่อสารและเข้าถึงเว็บไซต์เป็นหลัก ดังนั้นผู้วิจัยจึงเห็นความสำคัญและประโยชน์ในการพัฒนาโปรแกรมระบบบริหารจัดการเว็บแอพพลิเคชั่น Catalog ในรูปแบบ Web Responsive ทำให้สามารถแพร่และประชาสัมพันธ์การพัฒนาภาพลักษณ์ภูมิปัญญาขนมไทย “ขนมอาลัวกุหลาบ” แสดงผลได้อย่างมีประสิทธิภาพในทุกอุปกรณ์

4. วิธีการดำเนินงานวิจัย



รูปที่ 2 กรอบแนวคิด

ผู้วิจัยได้ออกแบบกรอบแนวคิดโครงการ ดังรูปที่ 2 ผู้ประกอบการใช้ช่องทางการประชาสัมพันธ์ และเผยแพร่การพัฒนาภาพลักษณ์ภูมิปัญญาขนมไทย “ขนมอาลัวกุหลาบ” ผ่านเว็บแอพพลิเคชั่น Catalog ในรูปแบบ Web Responsive โดยส่วนที่ 1) Front-End (หน้าร้าน) สำหรับแสดงผลิตภัณฑ์ ข้อมูลติดต่อ และ Facebook Fan page ส่วนที่ 2) Back-End (หลังร้าน) สำหรับผู้ประกอบการบริหารจัดการข้อมูลต่าง ๆ ที่จะแสดงผลในหน้า Front-End (หน้าร้าน) ภายใต้โดเมนเนม roselamun.com ซึ่งผู้ใช้ (User/Customers) สามารถเข้าเว็บไซต์ชมรูปตัวอย่างสินค้า และรายละเอียดสินค้า รวมไปถึงข้อมูลเกี่ยวกับผู้ประกอบการได้

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงคุณภาพ ร่วมกับผู้ประกอบการ นางสาวทยานิจ เยสุวรรณ์ สถานที่ตั้งเลขที่ 192 หมู่ 5 ตำบลโป่งน้ำร้อน อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ โดยมีขั้นตอนการวิจัยดังนี้

4.1 การรวบรวมข้อมูล

4.1.1) ข้อมูลปฐมภูมิ (Primary Data) การสัมภาษณ์เพื่อทราบความต้องการจากผู้ประกอบการและข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

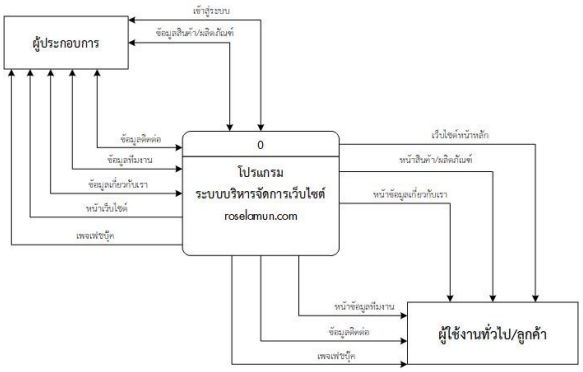
4.1.2) ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data) ได้จากการเก็บรวบรวม และค้นหาข้อมูลจากเว็บไซต์ หนังสือ บทความงานวิจัยอื่น ๆ เพื่อนำข้อมูลมาเป็นแนวทางประกอบงานวิจัย

4.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

4.2.1) การสัมภาษณ์และมีการทำงานร่วมกันกับผู้ประกอบการ ในช่วงวันเสาร์-อาทิตย์ เนื่องจากในการเดินทางไปยังสถานประกอบการที่ต้องใช้ระยะอย่าง

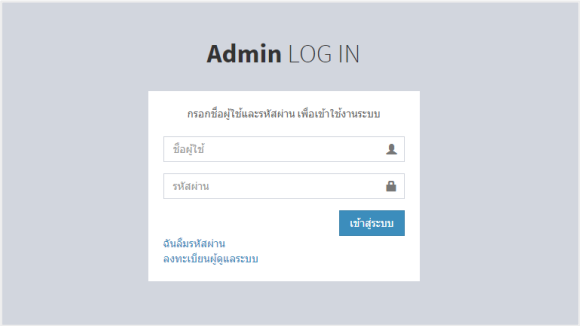
น้อย 3 ชั่วโมง และบันทึกภาพกระบวนการผลิต เพื่อเป็นข้อมูลประกอบ

4.2.2) การทำแผนผังโครงร่างโปรแกรมระบบบริหารจัดการเว็บแอพพลิเคชั่น โดยมีการทำงานร่วมกันระหว่างอาจารย์ นักศึกษา และผู้ประกอบการ

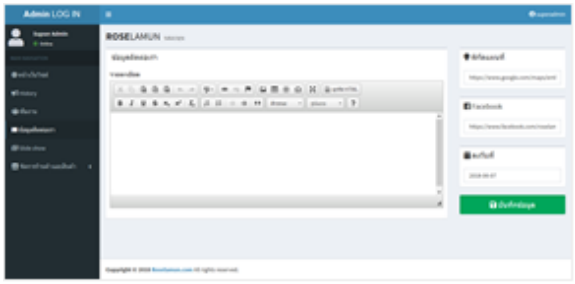


รูปที่ 3 แผนผังโครงร่างโปรแกรม

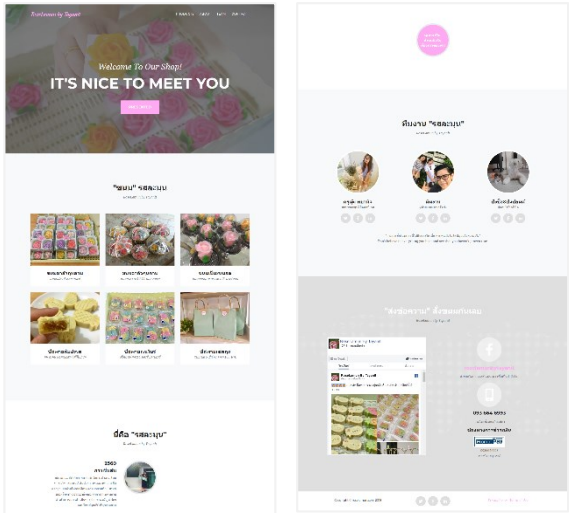
4.2.3) การทดสอบใช้งานจริงโดยให้ผู้ประกอบการและกลุ่มลูกค้าทดลองใช้โปรแกรมระบบบริหารจัดการเว็บแอพพลิเคชั่น ดังแสดงในรูปที่ 4-6



รูปที่ 4 หน้า Login



รูปที่ 5 หน้าจัดการข้อมูลเว็บแอพพลิเคชั่น



รูปที่ 6 เว็บไซต์ roselamun.com

4.2.4) การประเมินผลการใช้งานโปรแกรมจากผู้เชี่ยวชาญและผู้ประกอบการ โดยการสัมภาษณ์ และสังเกตการณ์

4.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลความพึงพอใจการใช้โปรแกรมระบบบริหารจัดการเว็บไซต์ โดยใช้แนวคิดมาตรวัดของลิเคิร์ท สเกล (Likert Scale) [4] ซึ่งมีเกณฑ์การให้คะแนนในแต่ละระดับดังนี้

คะแนน 5 หมายถึง	มีผลมากที่สุด
คะแนน 4 หมายถึง	มีผลมาก
คะแนน 3 หมายถึง	มีผลปานกลาง
คะแนน 2 หมายถึง	มีผลน้อย
คะแนน 1 หมายถึง	มีผลน้อยที่สุด

จากการนำค่าเฉลี่ยที่ได้มาเรียงระดับความสำคัญและหาค่าเฉลี่ยเลขคณิตโดยกำหนดเกณฑ์การแปลความหมายของค่าเฉลี่ยดังนี้

สูตรความกว้างของอันตรภาคชั้น

$$= \frac{(\text{ข้อมูลที่มีค่าสูงสุด - ข้อมูลที่มีค่าต่ำสุด})}{\text{จำนวนชั้น}}$$

$$= \frac{5 - 1}{5} = 0.8$$

โดยมีเกณฑ์สำหรับการแปลความหมายค่าเฉลี่ยระดับความสำคัญ ดังนี้

4.21 – 5.00 หมายถึง พอใจระดับดีมากที่สุด
3.41 – 4.20 หมายถึง พอใจระดับดีมาก
2.61 – 3.40 หมายถึง พอใจระดับดีปานกลาง
1.81 – 2.60 หมายถึง พอใจระดับน้อย
1.00 – 1.80 หมายถึง พอใจระดับน้อยที่สุด

5. ผลการวิจัย

5.1 ผลการวิเคราะห์ความต้องการของผู้ประกอบการ

กิจการที่ใช้ในการวิจัยนี้ เกิดจากความรักในการทำขนมไทยของผู้ประกอบการ เริ่มด้วยการทดลองทำลองผิดลองถูก แจกจ่ายให้กับเพื่อนผอง จนกลายเป็นแบรนด์ขนมเล็ก ๆ ที่หวังจะเข้าถึงกลุ่มลูกค้าทุกเพศทุกวัย ที่เป็นขนมสำหรับทานเองหรือเป็นของฝาก ของขวัญน่ารักๆ ที่สามารถตอบโจทย์ลูกค้าได้ทุกเทศกาล

5.2 ผลการวิเคราะห์และออกแบบโครงสร้างโปรแกรม

การพัฒนาโปรแกรมระบบบริหารจัดการเว็บแอพพลิเคชั่น ดังรูปที่ 3 โดยมีผู้เกี่ยวข้อกับโปรแกรมอยู่ 2 ส่วน คือ ผู้ประกอบการ และผู้เข้าชมเว็บไซต์ ซึ่งผู้ประกอบการสามารถบริหารจัดการข้อมูลบนหน้าเว็บไซต์ได้เอง และมีการเชื่อมโยงกับ Fan page Facebook ของกิจการ เพื่อเป็นอีกช่องทางหนึ่งในการเผยแพร่และติดต่อ สั่งซื้อ ผลิตภัณฑ์

5.3 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของโปรแกรม

ผลการทดสอบโปรแกรมระบบบริหารจัดการเว็บแอพพลิเคชั่น ด้วยกระบวนการดังนี้

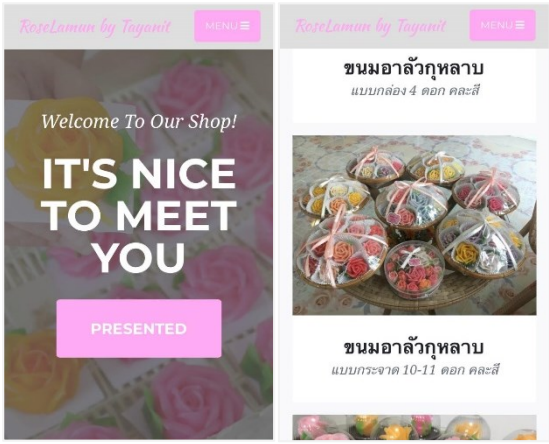
1. ด้านผู้ประกอบการ

1.1 การเข้าสู่ระบบ

1.2 การจัดการข้อมูลโดยการเพิ่ม/แก้ไข/ลบข้อมูลผลิตภัณฑ์ ข้อมูลติดต่อ ข้อมูลทีมงาน ข้อมูลเกี่ยวกับเรา และ Facebook ของกิจการ

2. ด้านผู้เข้าชมเว็บไซต์ บน www.roselamun.com ในการแสดงข้อมูลผลิตภัณฑ์ ข้อมูลติดต่อ ข้อมูลทีมงาน ข้อมูลเกี่ยวกับเรา และ Facebook ของกิจการ

จากกระบวนการทั้งหมดของโปรแกรมเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนและหลังที่มีเว็บแอพพลิเคชั่นพบว่าสามารถเป็นเครื่องมืออำนวยความสะดวกในการเผยแพร่ภาพลักษณ์ขนมไทย “ขนมอาหลัวกุหลาบ” ได้เป็นอย่างดี และสามารถรองรับแสดงผลการทำงานบนหน้าจออุปกรณ์เครือข่ายโดยไม่ผิดเพี้ยน ดังแสดงในรูปที่ 7



รูปที่ 7 การแสดงผลบนหน้าจออุปกรณ์เครือข่าย

5.4 ผลการประเมินการใช้งานโปรแกรม ผลความคิดเห็นต่อการตอบรับของลูกค้าหลังจากใช้งานโปรแกรมระบบบริหารจัดการเว็บไซต์ จากการสัมภาษณ์ด้านผู้ประกอบการมีความพึงพอใจในระดับดีมาก

6. อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการวิจัยพบว่าโปรแกรมระบบบริหารจัดการเว็บแอพพลิเคชั่น Catalog ในรูปแบบ Web Responsive เป็นเครื่องมือช่วยในการจัดการข้อมูลของเว็บไซต์ให้เป็นแหล่งข้อมูลเพื่อสืบสานมรดกทางวัฒนธรรม และการเผยแพร่ประชาสัมพันธ์ สินค้า และผลิตภัณฑ์ ที่สามารถเข้าถึงข้อมูลได้ทุกที่ ทุกเวลา และแสดงผลบนหน้าจอได้ทุกอุปกรณ์เครือข่าย และสามารถเป็นช่องทางเพิ่มการรายได้ และการประชาสัมพันธ์ได้เป็นอย่างดี เมื่อเปรียบเทียบจากเดิมที่เป็นเพียงแค่การ

บอกต่อ ๆ กันไปของกลุ่มลูกค้า และในกลุ่มลูกค้านั้นยังเป็นกลุ่มเล็ก ๆ และซึ่งหลังจากที่ได้นำโปรแกรมดังกล่าวเข้ามามีบทบาทกับผลิตภัณฑ์ขนมไทย “ขนมอาลัวกุหลาบ” ทำให้มีผลตอบรับจากกลุ่มลูกค้าเพิ่มขึ้นและมีรายได้เพิ่มขึ้นจากเดิม โดยเฉพาะช่วงเทศกาลสำคัญของไทย จากผลการสัมภาษณ์ผู้ประกอบการพบว่ามีความพึงพอใจในระดับดีมาก

7. สรุปผล

จากผลการวิจัยสรุปได้ว่าโปรแกรมระบบบริหารจัดการเว็บแอพพลิเคชั่น Catalog ในรูปแบบ Web Responsive ทำให้ผลิตภัณฑ์ขนมไทย “ขนมอาลัวกุหลาบ” มีผลตอบรับจากกลุ่มลูกค้าและมีรายได้เพิ่มขึ้นจากเดิม โดยเฉพาะช่วงเทศกาลสำคัญของไทย จากผลการสัมภาษณ์ผู้ประกอบการพบว่ามีความพึงพอใจในระดับดีมาก

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับงบประมาณสนับสนุนภายใต้โครงการจัดการศึกษาเชิงบูรณาการระหว่างการเรียนรู้ในสถานศึกษา กับการนำวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี และนวัตกรรม ไปพัฒนาและยกระดับผู้ประกอบการผลิตภัณฑ์ชุมชนในพื้นที่ภาคเหนือ 6 จังหวัด ประจำปี 2561 โดยความร่วมมือระหว่างสำนักปลัดกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กับ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

เอกสารอ้างอิง

[1] Thai Webmaster Association. (2018) . **Website**. Retrived Jun 29, 2018, from https://www.webmaster.or.th/website

[2] M.D.Soft. (2013). **Web Application**. Retrived Jun 29, 2018, from https://www.mdsoft.co.th/ความรู้/359-web-application.html

[3] Strom web. (2013). **Responsive Web**. Retrived Jun 29, 2018, from https://web.stoms.co.th/2013/10/15/responsive-web-design/

[4] R.B. Burn. The Self-Concept Theory, Measurement, Development and Behaviour. Longman, Ince. New York., 1979.

วารสารวิจัยเทคโนโลยีนวัตกรรม

Journal of Innovative Technology Research (JITR)

เป็นวารสารพิมพ์เผยแพร่ผลงานทางวิชาการทางด้านเทคโนโลยีและนวัตกรรม ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา รวมทั้งสถาบันและหน่วยงานอื่น ๆ ทั่วประเทศ ซึ่งจัดพิมพ์เป็นราย 6 เดือน (ปีละ 2 ฉบับ, ฉบับที่ 1 เดือน มกราคม – มิถุนายนและฉบับที่ 2 เดือน กรกฎาคม – ธันวาคม)

วัตถุประสงค์ : เพื่อเผยแพร่ผลงานทางวิชาการทางด้านเทคโนโลยีและนวัตกรรม

ขอบเขตเนื้อหา ประกอบด้วย :

1. เทคโนโลยีนวัตกรรม ด้านอาหาร เกษตร และเทคโนโลยีชีวภาพ
2. เทคโนโลยีนวัตกรรม ด้านเทคโนโลยีทางการแพทย์และสุขภาพ
3. เทคโนโลยีนวัตกรรม ด้านวิศวกรรม พลังงานและสิ่งแวดล้อม
4. เทคโนโลยีนวัตกรรม ด้านศิลปกรรมและสถาปัตยกรรมศาสตร์

กำหนดตีพิมพ์เผยแพร่ : ปีละ 2 ฉบับ ดังนี้

1. ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน
2. ฉบับที่ 2 กรกฎาคม - ธันวาคม

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

<u>นโยบายการพิจารณารับตีพิมพ์ผลงาน</u>

ข้อแนะนำทั่วไป :

1. บทความในวารสารวิจัยนี้ต้องไม่เคยเผยแพร่ในวารสาร รายงานหรือ สิ่งพิมพ์อื่นใดมาก่อน และไม่อยู่ในระหว่างการพิจารณาตีพิมพ์ในวารสารอื่น
2. ต้นฉบับจะต้องได้รับการกลั่นกรอง ตรวจสอบเชิงวิชาการจากผู้ทรงคุณวุฒิก่อนการตีพิมพ์
3. ส่งทางระบบวารสารออนไลน์ วารสารวิจัยเทคโนโลยีนวัตกรรม

ประเภทของบทความที่ตีพิมพ์ :

1. บทความวิจัย *(Research Article)* เป็นบทความที่ได้จากงานวิจัย
2. บทความวิชาการ *(Academic Articles)* เป็นบทความที่มีลักษณะ ดังนี้
    1) *Literature Review* เป็นบทความจากการทบทวนเอกสาร ซึ่งเป็นผลมาจากการวิจัยหลาย ๆ ครั้ง ถือเป็นบทความที่มีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง
    2) *Technical Paper* เป็นบทความนำเสนอกระบวนการในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ การทดสอบภาคสนาม รวมไปถึงเทคนิคการวิเคราะห์ใหม่ๆ
    3) *Professional Practice* เป็นบทความที่มาจากประสบการณ์ หรือความชำนาญของผู้เขียน
    4) *Policy Paper* เป็นบทความเกี่ยวกับนโยบายด้านต่างๆ ของหน่วยงาน

ขั้นตอนการดำเนินงานภายหลังรับต้นฉบับ :

1. ข้อความยืนยันการได้รับบทความหรือสิ่งตีพิมพ์ (ต้นฉบับ) ทางอีเมล์
2. กองบรรณาธิการวารสารวิจัยเทคโนโลยีนวัตกรรม ตรวจสอบบทความเบื้องต้น และให้ผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบบทความแล้วหากพบว่าเนื้อหายังไม่สมบูรณ์ ไม่ผ่านการพิจารณาของผู้ทรงคุณวุฒิทางวารสารฯ จะแจ้งทางอีเมล์ ส่วนบทความที่สามารถปรับปรุงแก้ไขได้ ทางวารสารฯ จะแจ้งสิ่งที่ต้องปรับ แก้ไขให้เจ้าของบทความทราบเพื่อทำการแก้ไขต่อไป การแก้ไขนี้อาจทำถึง 2 ครั้ง จนกว่าบทความจะมีความสมบูรณ์ได้มาตรฐานและผู้ทรงคุณวุฒิยืนยันให้ลงตีพิมพ์ได้
3. บทความที่ผ่านผู้ทรงคุณวุฒิ ที่ยืนยันให้ตีพิมพ์ได้แล้ว จะเข้าสู่การพิจารณาโดยกองบรรณาธิการวารสารฯ เป็นขั้นสุดท้าย บทความบางเรื่องอาจไม่ได้รับการพิจารณาในขั้นตอนสุดท้าย ซึ่งผลการพิจารณาของกองบรรณาธิการวารสารฯ ถือเป็นที่สิ้นสุด
4. แจ้งกำหนดการตีพิมพ์ให้เจ้าของผลงานทราบทางอีเมล์

การส่งต้นฉบับ :

1. ส่งแฟ้มข้อมูลบทความนามสกุล .Doc
2. ทางไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ jitr.rmutl@gmail.com

R : Responsibility - รับผิดชอบต่อภารกิจต่อชุมชนสังคมประเทศชาติ
M : Morality - ยึดมั่นในคุณธรรมความงามความดี
U : Unity - ความเป็นหนึ่งเดียว
T : Technology - วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นฐานการพัฒนา
L : Learning society - สังคมแห่งการเรียนรู้

JiTR
Journal of Innovative Technology Research

สถาบันวิจัยและพัฒนา
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
98 หมู่ 8 ตำบลป่าป้อง อ.ดอยสะเก็ด จ. เชียงใหม่ 50220
โทร: 0 5326 6516 #1022 , โทรสาร : 0 5326 6522
http://jitr.rmutl.ac.th/