



วารสารวิจัยและนวัตกรรม การอาชีวศึกษา VE-IRJ

Vocational Education Innovation and Research Journal

ปีที่ 1 ฉบับที่ 1 มกราคม - มิถุนายน 2560

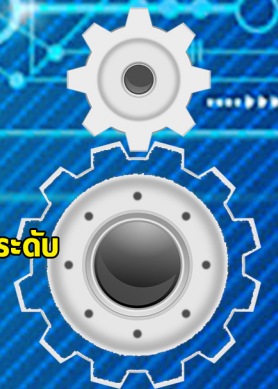
Vol.1 No.1 January - June 2017

บทความพิเศษ

- บทบาทและกลไกในการพัฒนาศักยภาพการอาชีวศึกษาสู่ความเป็นเลิศทางการอาชีวศึกษา

บทความวิจัยและนวัตกรรมอาชีวศึกษา

- เครื่องรีดยางเครป
- การพัฒนาเครื่องย่อยกิ่งไม้ใบไม้
- การอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรโดยใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ
- การใช้เก้าอี้กลมแทนที่ทรายบางส่วนในคอนกรีตมวลเบา
- การออกแบบสร้างและหาประสิทธิภาพอุปกรณ์อัดก้อนเชื้อเห็ด
- อิทธิพลของค่ากำลังอัดของคอนกรีต และขนาดตัวอย่างทดสอบ ที่มีผลต่อการทดสอบค่ากำลังอัดของคอนกรีตที่ได้จากการทดสอบแบบไม่ทำลายโดยใช้คลื่นกระแทก
- การสร้างสื่อมัลติมีเดีย 2 มิติ เรื่อง "ปฏิสัมพันธ์ระหว่างคนกับคอมพิวเตอร์"
- สร้างและหาประสิทธิภาพชุดทดลองกระบวนการผลิตในงานอุตสาหกรรมควบคุมด้วยโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์
- ประสิทธิภาพจุลินทรีย์อีเอ็มร่วมกับมูลสัตว์ต่อผลการผลิตแหนแดง
- การใช้ชุดการเรียนรู้แบบ C-PBL21 สำหรับกิจกรรมโครงการภายใต้การนิเทศของนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงสาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจวิทยาลัยอาชีวศึกษามหาสารคาม





บทความพิเศษ

- บทบาทและกลไกในการพัฒนาสถาบันการอาชีวศึกษาสู่ความเป็นเลิศทางการอาชีวศึกษา

1-8

วรวิทย์ ศรีตระกูล

บทความวิจัยและ
นวัตกรรมการอาชีวศึกษา

- เครื่องรีดยางเครป

9-18

สิทธิไชย สิงห์มหาไชย อภิสิทธิ์ ทินาพิมพ์ และชลพรรณ บพมาตร

- การพัฒนาเครื่องย่อยกิ่งไม้ใบไม้

19-26

พรชัย แยมบาน จริญญา ทวยจันทร์ และทรงศักดิ์ ลือจันทา

- การอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรโดยใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ

27-36

ถาวร ราชรองเมือง สุรศักดิ์ จิตประเสริฐ และทวีวัฒน์ สุภาราส

- การใช้เก้าอี้แลกเปลี่ยนที่ทรายบางส่วนในคอนกรีตมวลเบา

37-54

พัชร อ่อนพรม

- การออกแบบสร้างและหาประสิทธิภาพอุปกรณ์อัดก้อนเชื้อเห็ด

55-61

กรรณิกา สายสัญญาณ และประสานพันธ์ สายสัญญาณ

- อิทธิพลของค่ากำลังอัดของคอนกรีต และขนาดตัวอย่างทดสอบที่มีผลต่อการทดสอบค่ากำลังอัดของคอนกรีตที่ได้จากการทดสอบแบบไม่ทำลายโดยใช้คอนกรีตแตก

62-69

ชูชัย สุจิวิกุล และกนกวรรณ ชัยวรวิทย์กุล

- การสร้างสื่อมัลติมีเดีย 2 มิติ เรื่อง “ปฏิสัมพันธ์ระหว่างคนกับคอมพิวเตอร์”

70-77

ไพบูลย์ เกรียรติโกมล และศัชชญาส์ ดวงจันทร์

- การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดทดลองกระบวนการผลิตในงานอุตสาหกรรมควบคุมด้วย

โปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์

78-85

จรัส จุนเด็น กฤษณ์ โชติพันธ์ และไพโรจน์ ชัยนุกุล

- ประสิทธิภาพลูกรีดรีดอ้อมร่วมกับมูลสัตว์ต่อผลการผลิตแหวนแดง

86-93

ปริศนา อัครพงษ์สวัสดิ์

- การใช้ชุดการเรียนรู้แบบ C-PBL21 สำหรับกิจกรรมโครงการภายใต้การนิเทศของนักศึกษาระดับ

ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ วิทยาลัยอาชีวศึกษามหาสารคาม

94-101

มงคล แสงอรุณ และชฎารัตน์ สุขศิลป์

บทบาทและกลไกในการพัฒนาสถาบันการอาชีวศึกษา สู่ความเป็นเลิศทางการอาชีวศึกษา

ดร.วรวิทย์ ศรีตระกูล*

สถาบันการอาชีวศึกษาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 1

อ.เมือง จ.หนองคาย 43000

ความเป็นมาการก่อตั้งสถาบันการอาชีวศึกษา

สถาบันการอาชีวศึกษา (Institution of Vocational Education) เป็นกลุ่มสถาบันรัฐ ในประเทศไทย ที่ก่อตั้งจากการรวมสถานศึกษาในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา เป็นนิติบุคคลและเป็นส่วนราชการ ในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ ด้วยเหตุผลความจำเป็นในการกระจายอำนาจบริหารราชการแผ่นดิน การปฏิรูปการศึกษาให้เข้าถึงทุกยุทธศาสตร์ความแตกต่างของพื้นที่ เพื่อสนับสนุนการอาชีวศึกษาที่เป็นพลังขับเคลื่อนเศรษฐกิจและสังคม และการผลิตกำลังคนของประเทศ สถาบันการอาชีวศึกษาเริ่มก่อตั้งในปี พ.ศ.2555 เป็นไปตามความในมาตรา 13 แห่งพระราชบัญญัติการอาชีวศึกษา พ.ศ. 2551 ระบุว่า สถานศึกษาอาชีวศึกษาสามารถรวมกันเป็นสถาบันได้ การรวมสถานศึกษาอาชีวศึกษาเพื่อจัดตั้งเป็นสถาบันให้กระทำได้โดยคำแนะนำของ คณะกรรมการการอาชีวศึกษา และคำนึงถึงการประสานความร่วมมือให้เกิดประโยชน์สูงสุดในการใช้ ทรัพยากรร่วมกัน ให้มีฐานะตาม มาตรา 16 ให้สถาบันการอาชีวศึกษาเป็น สถาบันอุดมศึกษา ด้านวิชาชีพและเทคโนโลยี มีวัตถุประสงค์ให้การศึกษา ดำเนินการจัดการเรียนการสอนตั้งแต่หลักสูตร ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) รวมถึงปริญญาตรี สายเทคโนโลยีหรือสายปฏิบัติการ โดยใช้หลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต (ทล.บ.) ส่งเสริมวิชาการและ วิชาชีพชั้นสูงที่ชำนาญการปฏิบัติการสอน การวิจัย การถ่ายทอดวิทยาการและเทคโนโลยี ทุนบำรุงศาสนา ศิลปะและ วัฒนธรรม และอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม รวมทั้งให้บริการวิชาการและวิชาชีพแก่สังคม (พระราชบัญญัติการอาชีวศึกษา, 2551) คณะกรรมการการอาชีวศึกษา จึงได้กำหนดหลักเกณฑ์การรวมและแยกสถาบันการศึกษาเพื่อจัดตั้งเป็น “สถาบันการ อาชีวศึกษา และสถาบันการอาชีวศึกษาเกษตร” จำนวน 23 แห่งทั่วประเทศ โดยมี จำนวนสถาบันฯ และวิทยาลัยที่สังกัด สถาบันฯ แสดงรายละเอียดตามตารางที่ 1 และ 2 ดังนี้

ตารางที่ 1 แสดงประเภทสถาบันการอาชีวศึกษา จำนวนสถาบัน และจำนวนวิทยาลัยในสังกัด

ประเภทสถาบันการอาชีวศึกษา	จำนวนสถาบัน	จำนวนวิทยาลัยในสังกัด
สถาบันการอาชีวศึกษา	19	161
สถาบันการอาชีวศึกษาเกษตร	4	41
รวม	23	202

ที่มา : ศูนย์ประสานงานสถาบันการอาชีวศึกษา สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา, 2560)

* ผู้อำนวยการสถาบันการอาชีวศึกษาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 1

E-mail : voravit_T111@hotmail.com

ตารางที่ 2 แสดงจำนวนสถานศึกษาที่สังกัดในแต่ละสถาบันการอาชีวศึกษา ปีพ.ศ.2560

ภูมิภาค	ชื่อสถาบัน	จำนวนสถานศึกษาในสังกัด
กรุงเทพฯ	สถาบันการอาชีวศึกษากรุงเทพมหานคร	13 สถานศึกษา
ภาคตะวันออก	สถาบันการอาชีวศึกษาภาคตะวันออก	9 สถานศึกษา
ภาคเหนือ	สถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ ๑	7 สถานศึกษา
	สถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ ๒	9 สถานศึกษา
	สถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ ๓	8 สถานศึกษา
	สถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ ๔	6 สถานศึกษา
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	สถาบันการอาชีวศึกษาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ๑	10 สถานศึกษา
	สถาบันการอาชีวศึกษาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ๒	4 สถานศึกษา
	สถาบันการอาชีวศึกษาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ๓	9 สถานศึกษา
	สถาบันการอาชีวศึกษาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ๔	7 สถานศึกษา
	สถาบันการอาชีวศึกษาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ๕	9 สถานศึกษา
ภาคกลาง	สถาบันการอาชีวศึกษาภาคกลาง ๑	10 สถานศึกษา
	สถาบันการอาชีวศึกษาภาคกลาง ๒	7 สถานศึกษา
	สถาบันการอาชีวศึกษาภาคกลาง ๓	10 สถานศึกษา
	สถาบันการอาชีวศึกษาภาคกลาง ๔	9 สถานศึกษา
	สถาบันการอาชีวศึกษาภาคกลาง ๕	7 สถานศึกษา
ภาคใต้	สถาบันการอาชีวศึกษาภาคใต้ ๑	11 สถานศึกษา
	สถาบันการอาชีวศึกษาภาคใต้ ๒	7 สถานศึกษา
	สถาบันการอาชีวศึกษาภาคใต้ ๓	9 สถานศึกษา
รวมสถานศึกษาสังกัดสถาบันการอาชีวศึกษา		161 สถานศึกษา
ภาคเหนือ	สถาบันการอาชีวศึกษาเกษตรภาคเหนือ	9 สถานศึกษา
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	สถาบันการอาชีวศึกษาเกษตรภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	10 สถานศึกษา
ภาคกลาง	สถาบันการอาชีวศึกษาเกษตรภาคกลาง	10 สถานศึกษา
ภาคใต้	สถาบันการอาชีวศึกษาเกษตรภาคใต้	12 สถานศึกษา
รวมสถาบันการอาชีวศึกษาเกษตร		41 สถานศึกษา
รวมสถานศึกษาสังกัดสถาบันการอาชีวศึกษาและสถาบันการอาชีวศึกษาเกษตร		202 สถานศึกษา

ที่มา : ศูนย์ประสานงานสถาบันการอาชีวศึกษา สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา, 2560)

บทบาทของสถาบันการอาชีวศึกษา ในการพัฒนาอาชีวศึกษาสู่ความเป็นเลิศ

จะเห็นได้ว่าสถาบันการอาชีวศึกษา และสถาบันการอาชีวศึกษาเกษตร สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา ซึ่งมีที่ตั้งกระจายอยู่ทั่วประเทศเป็นสถาบันที่มีบทบาทสำคัญยิ่งในการกำหนดแนวทางการจัดการเรียนการสอนสู่ความเป็นเลิศ เพื่อผลิตกำลังคนสู่ประชาคมอาเซียน โดยเน้นคุณลักษณะเด็กไทยที่เรียนสายอาชีพจะต้องมีคุณลักษณะ 3 ด้าน

- 1) ด้านความรู้
- 2) ด้านทักษะทางด้านวิชาการ และวิชาชีพ
- 3) ด้านเจตนาคติที่ดีต่อการปฏิบัติตนต่อการทำงาน

ภารกิจในการจัดการศึกษาด้านอาชีวศึกษานี้ค่อนข้างหนักที่จะต้องระดมทรัพยากรด้านพัฒนาการศึกษาจากแหล่งต่างๆ เช่น สถานประกอบการ องค์กรชุมชน องค์กรเอกชน สถาบันสังคมอื่น และต่างประเทศ มาใช้จัดการศึกษาตามนโยบายของสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษาดังกล่าวให้ดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นทางสถาบันการอาชีวศึกษาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 1-5 ได้มีการเตรียมความพร้อมและแผนงานต่างๆ ในการพัฒนาสถาบันการอาชีวศึกษาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 1-5 สู่ความเป็นเลิศทางการจัดการศึกษาอาชีวศึกษา รวมถึงด้านวิจัยและนวัตกรรม ดังแสดงในรูปที่ 2 โดยในบทความนี้จะกล่าวยกตัวอย่างแผนงานและโครงการความร่วมมือทางวิชาการต่างๆ กับสถาบันการศึกษาชั้นนำของประเทศที่สำคัญดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 แสดงแผนงานและโครงการการพัฒนาสถาบันการอาชีวศึกษาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 1 สู่ความเป็นเลิศทางด้านวิจัยและนวัตกรรม

สถาบันการอาชีวศึกษาที่ดูแลด้านการสร้างกำลังคน จะต้องกำหนดวิสัยทัศน์ วางกลยุทธ์ ในการดำเนินการตามนโยบาย อีกทั้งจะต้องมีการมอบหมายงาน การกำกับ ติดตามงาน ประเมินผลอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้บรรลุผลตามความในพระราชบัญญัติ กฎกระทรวง ประกาศ และ คำสั่งกระทรวงศึกษาธิการ ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการอาชีวศึกษา ซึ่งเป็นการจัดการศึกษาวิชาชีพที่เกิดขึ้นจากข้อตกลงระหว่างสถาบันอาชีวศึกษา และสถานศึกษาอาชีวศึกษาที่เกิดขึ้นจากข้อตกลงระหว่างสถาบันอาชีวศึกษา หรือ สถานศึกษาอาชีวศึกษากับสถานประกอบการ รัฐวิสาหกิจ หรือหน่วยงานของรัฐ เพื่อมุ่งเน้นผลิตผู้สำเร็จการศึกษาในระดับฝีมือ ระดับเทคนิค และระดับเทคโนโลยีสายปฏิบัติการให้เป็นผู้มีความรู้ ความเข้าใจ ทักษะ คุณธรรมจริยธรรม จรรยาบรรณวิชาชีพและกิจนิสัยที่เหมาะสม ปฏิบัติงานได้จริง ปฏิบัติงานที่ใช้เทคนิคในการทำงาน สร้างและพัฒนางาน วางแผน จัดการพัฒนางานเองและทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีความสุข ให้มีความก้าวหน้าทางวิชาการและวิชาชีพ มีสมรรถนะนำไปปฏิบัติงานหรือประกอบอาชีพอิสระได้ตามมาตรฐานการศึกษาวิชาชีพและมาตรฐานสมรรถนะของสาขานั้นๆ โดยสอดคล้องกับแผนยุทธศาสตร์ ปี พ.ศ. 2560 - 2564 รวมถึง “ยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี” เพื่อเป็นกรอบในการพัฒนาประเทศในระยะยาว พร้อมกับการปฏิรูปและการพัฒนาระบบและกลไกในการบริหารราชการแผ่นดินเพื่อการขับเคลื่อนยุทธศาสตร์ โดยกำหนดวิสัยทัศน์ “ประเทศไทยมีความมั่นคง มั่งคั่ง ยั่งยืน เป็นประเทศพัฒนาแล้วด้วยการพัฒนาตามหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง” ควบคู่กับแนวคิด “ประเทศไทย 4.0” อันเป็นแนวคิดใหม่ในการพัฒนาประเทศแตกต่างจากแนวคิดการพัฒนาแบบเดิมที่อาศัยทุนและการลงทุนจากต่างชาติ โดยมีความมุ่งมั่นในการปรับเปลี่ยนโครงสร้าง ไปสู่การเป็นเศรษฐกิจที่ขับเคลื่อนด้วยนวัตกรรม (Value - Based Economy) ซึ่งเป็นการเชื่อมต่อในลักษณะการแปลงยุทธศาสตร์ระยะยาวไปสู่การปฏิบัติ โดยได้กำหนดประเด็นการพัฒนากิจการงานวิจัยเพื่อสร้างสรรค์องค์ความรู้สู่การใช้ประโยชน์ในการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของประเทศ ดังนั้น เพื่อให้ประเทศไทยสามารถขับเคลื่อนไปได้บนฐานความรู้และนวัตกรรม อีกทั้งเป็นการพัฒนาประสิทธิภาพและประสิทธิผลขององค์กรในการดำเนินงานให้เป็นไปตามพันธกิจ ภายใต้วิสัยทัศน์ “เปลี่ยนแปลงประเทศ ด้วยการวิจัยและนวัตกรรม” และสอดคล้องกับยุทธศาสตร์อาชีวศึกษา สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา (สอศ.) ระยะ 20 ปี (พ.ศ. 2560-2579) โดยมี 7 ยุทธศาสตร์ประกอบด้วย 1) ผลิตและพัฒนากำลังคนด้านวิชาชีพอย่างมีคุณภาพและเพียงพอกับความต้องการพัฒนาประเทศ 2) พัฒนาขีดความสามารถกำลังคนด้านวิชาชีพในทุกช่วงวัย 3) ส่งเสริมความร่วมมือภาครัฐและเอกชนในการจัดการอาชีวศึกษา 4) เพิ่มประสิทธิภาพการบริหารจัดการอาชีวศึกษาภายใต้หลักธรรมาภิบาล 5) เพิ่มศักยภาพกำลังคนด้านวิชาชีพให้มีสมรรถนะด้านเทคโนโลยี 6) ส่งเสริมและพัฒนาระบบเครือข่ายเทคโนโลยีดิจิทัลเพื่อการจัดการอาชีวศึกษา และ 7) ผลิตและพัฒนาครูอาชีวศึกษาให้มีสมรรถนะสอดคล้องกับบริบทความเปลี่ยนแปลงและยังมีอีก 5 พันธกิจประกอบด้วย 1.การยกระดับมาตรฐานการผลิตและพัฒนากำลังคนด้านวิชาชีพให้สอดคล้องกับความต้องการของสถานประกอบการ 2.ขยายโอกาสการศึกษาวิชาชีพให้แก่ประชาชนทุกช่วงวัย 3.เพิ่มประสิทธิภาพการบริหารจัดการอาชีวศึกษา 4.พัฒนางานวิจัยและนวัตกรรมและ 5.พัฒนาครูและบุคลากรอาชีวศึกษาให้มีคุณภาพตามเป้าหมายที่ผลิตกำลังคนที่มีทักษะฝีมือสู่มาตรฐานสากล

กลไกการเตรียมความพร้อม เพื่อพัฒนาสถาบันการอาชีวศึกษา

ในการรวมตัวเพื่อจัดตั้งสถาบันการอาชีวศึกษาจำนวน 23 แห่งทั่วประเทศนั้น จะต้องมีการประเมินถึงความพร้อมของแต่ละวิทยาลัยในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา ในประเด็นต่างๆ ได้แก่ ความพร้อมของสถานที่ เครื่องมือและอุปกรณ์ในการสอน และการวิจัย และที่สำคัญที่สุดคือความพร้อมของบุคลากร โดยเฉพาะคณาจารย์ที่จะสอนในระดับปริญญาตรี ซึ่งต้องมีวุฒิการศึกษาในระดับปริญญาโทเป็นอย่างน้อย ที่ตรงกับสาขาวิชาที่จะทำการจัดการเรียนการสอน และคุณสมบัติเป็นไปตามที่สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาได้กำหนดมาตรฐานไว้ วิทยาลัยที่มีความต้องการรวมเป็นสถาบันการอาชีวศึกษา จึงต้องมีการเตรียมความพร้อมด้วยการพัฒนาศักยภาพบุคลากรในสังกัด วิทยาลัยให้มีวุฒิปริญญาโท ทางเทคโนโลยี สอดคล้องกับความต้องการอาจารย์ประจำหลักสูตร ของหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต วิทยาลัยเทคนิคหนองคาย ซึ่งสังกัดสถาบันการอาชีวศึกษาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 1 ในปัจจุบัน เป็นแห่งหนึ่ง ที่ประสบความสำเร็จในการเตรียมความพร้อมดังกล่าว จากการทำความร่วมมือ ดำเนินโครงการศึกษานอกพื้นที่ ของคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี จัดการเรียนการสอนระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต ร่วมกับวิทยาลัย ระหว่างปีการศึกษา 2548 ถึงปีการศึกษา 2555 รวมจำนวน 8 รุ่น โดยเปิดการศึกษาจำนวน 5 สาขาได้แก่

- 1) ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต วิศวกรรมไฟฟ้า
- 2) ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต วิศวกรรมโยธา
- 3) ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต วิศวกรรมเครื่องกล
- 4) ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต วิศวกรรมอุตสาหการ และ
- 5) ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต เทคโนโลยีสารสนเทศ

นอกจากผู้สำเร็จการศึกษาในโครงการจะเป็นบุคลากรของวิทยาลัยเทคนิคหนองคายแล้วยังมีบุคลากร จากวิทยาลัยอื่น ๆ ทั้งที่ตั้งใกล้เคียงจังหวัดหนองคายสำเร็จการศึกษาจากโครงการนี้เป็นจำนวนมาก ส่งผลให้สถาบันการอาชีวศึกษาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 1 สามารถขอเปิดหลักสูตรปริญญาตรี สายเทคโนโลยีหรือสายปฏิบัติการหลักสูตร พ.ศ. 2557 หลักสูตร พ.ศ. 2558 และ หลักสูตรพ.ศ.2559 จำนวนมากที่สุดในประเทศใน 5 จังหวัด 10 วิทยาลัย มีจำนวนรวม 9 หลักสูตร 25 กลุ่มการเรียน (อาชีวศึกษาบัณฑิต : สถาบันการอาชีวศึกษาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 1) ด้วยความร่วมมือและการประสานงานอย่างดียิ่งระหว่างสองสถาบันฯ ทำให้มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ได้ขยายโครงการเปิดการจัดการเรียนการสอน ในระดับปริญญาตรี หลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต (ต่อเนื่อง) ของคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี ตั้งแต่ปีการศึกษา 2551 ถึง 2555 หลากหลายสาขา รวม 5 รุ่น ทำให้ทั้งครู และผู้บริหารในสังกัดได้มีโอกาสร่วมจัดการเรียนการสอน ถือเป็นประสบการณ์ ที่สามารถนำมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนหลักสูตรปริญญาตรีของสถาบันฯ ในปัจจุบันได้เป็นอย่างดี

จากความสำเร็จที่เห็นเชิงประจักษ์ดังกล่าว สามารถกล่าวได้ว่ากลไกการเตรียมความพร้อมที่สำคัญ ในการพัฒนาสถาบันการอาชีวศึกษานั้น ต้องอาศัยกลไกความร่วมมือกับองค์กรภายนอก โดยเฉพาะเรื่องการเตรียมความพร้อมบุคลากรในสังกัด ไม่ว่าในเรื่องวุฒิการศึกษา ศักยภาพด้านวิชาการ และประสบการณ์การจัดการเรียนการสอน ที่บุคลากรจะสามารถนำไปใช้ในการขับเคลื่อนสถาบันฯในด้านต่างๆ สถาบันการอาชีวศึกษาต้องแสวงหาความร่วมมืออย่างไม่หยุดนิ่ง

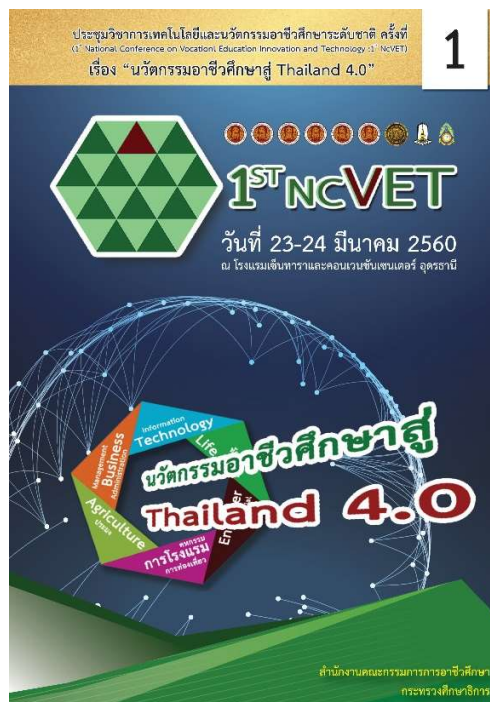
กลไกการพัฒนาศักยภาพด้านการวิจัย และวิชาการ

อาชีวศึกษามีการส่งเสริมการจัดอาชีวศึกษา ให้กว้างขวางยิ่งขึ้นทั้งในและนอกประเทศ เพราะแนวทางการปฏิรูปการศึกษาใหม่เป็นการจัดการศึกษาที่มุ่งเน้นการสร้างสรรค์สมรรถนะของคนในการประกอบอาชีพ โดยมีหลักการที่สำคัญ คือ ต้องผลิตกำลังคนให้สอดคล้องกับความต้องการของประเทศและมีความสามารถที่จะปฏิบัติงานได้ทันทีไม่ต้องไปอบรมหรือฝึกปฏิบัติงานจริงก่อน เพื่อการพัฒนาความรู้ให้เท่าทันกับเทคโนโลยีที่ก้าวไกลอย่างต่อเนื่องและลดความสูญเสียดังกล่าว นอกจากนี้ควรมีการเพิ่มงบประมาณในการจัดการศึกษาให้มีคุณภาพ อีกทั้งจัดตั้งสถาบันวิชาชีพครูผู้สอนอาชีวศึกษา เพื่อให้มีมาตรฐานรองรับที่ชัดเจนจัดการอบรมและบูรณาการองค์ความรู้จากสถานประกอบการร่วมกันพร้อมกับติดตามองค์ความรู้ใหม่ๆ ในสถานประกอบการ เพราะคุณภาพอาชีวศึกษาหัวใจสำคัญอยู่ที่การพัฒนาครูผู้สอนด้วยเช่นกัน นั่นคือ ให้สามารถใช้ประโยชน์จากงานวิจัยได้จริง ทั้งในด้านการสร้างขีดความสามารถทางเทคโนโลยี นวัตกรรม การใช้ประโยชน์เชิงพาณิชย์ การผลักดันให้เกิดความเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ และการพัฒนาในมิติ ทางสังคม และสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้สถาบันการอาชีวศึกษาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 1-5 และสถาบันการอาชีวศึกษาเกษตรภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยมีความร่วมมือกับมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม และมหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ได้จัดการประชุมวิชาการเทคโนโลยีและนวัตกรรมอาชีวศึกษาระดับชาติ ครั้งที่ 1 (1st National Conference on Vocational Education Innovation and Technology : 1st ncVET) เมื่อวันที่ 24-25 มีนาคม 2560 ณ โรงแรมเซ็นทาราและคอนเวนชันเซ็นเตอร์ อุดรธานี โดยมีจุดประสงค์เพื่อพัฒนาบุคลากรตามมาตรฐานของสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา และสนับสนุนการวิจัยของบุคลากรในสถาบันการอาชีวศึกษา สถาบันการอาชีวศึกษาเกษตร และสถาบันอุดมศึกษาภายนอก ซึ่งนับเป็นก้าวสำคัญในการนำผลงานวิจัยมาเผยแพร่ต่อสังคมและประเทศชาติ อันเป็นการช่วยให้การจัดการศึกษาระดับอุดมศึกษาของอาชีวศึกษามีคุณภาพมากยิ่งขึ้น



รูปที่ 2 ลงนามความร่วมมือได้จัดการประชุมวิชาการเทคโนโลยีและนวัตกรรมอาชีวศึกษาระดับชาติ ครั้งที่ 1

(1st National Conference on Vocational Education Innovation and Technology : 1st ncVET)



รูปที่ 3 Proceedings การประชุมวิชาการเทคโนโลยีและนวัตกรรมอาชีวศึกษาระดับชาติ ครั้งที่ 1

ตามที่สถาบันการอาชีวศึกษาได้ดำเนินการตามภารกิจ ตามพระราชบัญญัติการอาชีวศึกษา พ.ศ.2551 ดำเนินการเปิดหลักสูตรระดับปริญญาตรีสายเทคโนโลยีหรือสายปฏิบัติการ เป็นไปตามประกาศกระทรวงศึกษาธิการ โดยสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา เรื่อง “เกณฑ์มาตรฐานหลักสูตรระดับปริญญาตรี พ.ศ. 2558” ประเด็นสำคัญที่มีการเพิ่มเติมได้แก่ “อาจารย์ประจำหลักสูตรปริญญาตรีจะต้องมีผลงานวิชาการเผยแพร่ย้อนหลัง 5 ปี อย่างน้อย 1 เรื่อง” จึงจะมีคุณสมบัติในการเป็นอาจารย์ประจำหลักสูตรได้ ส่งผลถึงหลักสูตรปริญญาตรีของสถาบันการอาชีวศึกษา พ.ศ. 2556 – 2558 ที่ต้องดำเนินการปรับปรุงหลักสูตรภายในรอบ 5 ปีการศึกษาซึ่งมีจำนวน 326 หลักสูตร และมีอาจารย์ประจำหลักสูตรปริญญาตรีมากถึง 1,630 คน ที่ต้องมีผลงานวิชาการดังกล่าวจึงจะสามารถเปิดหลักสูตรต่อไปได้

โดยที่ประชุมผู้อำนวยการสถาบันแห่งประเทศไทย จึงมีมติให้สถาบันการอาชีวศึกษาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 1-5 ดำเนินการจัดตั้งวารสารวิชาการและนวัตกรรมอาชีวศึกษา และมอบหมายให้สถาบันการอาชีวศึกษาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 1 เป็นประธานคณะกรรมการดำเนินงาน จัดตั้งวารสารวิชาการนวัตกรรมอาชีวศึกษาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เพื่อเป็นช่องทางเผยแพร่ผลงานวิชาการของทั้งบุคลากรสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา และบุคคลอื่นที่สนใจ สร้างสรรค์ผลงานวิชาการ นวัตกรรมอาชีวศึกษาที่เกี่ยวข้องกับยุทธศาสตร์การพัฒนาพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ดำเนินการจัดตั้งวารสารวิชาการ ต้องเป็นไปตามการประกันคุณภาพหลักสูตรของสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา ที่กำหนดให้มีบุคคลภายนอกสถาบันเจ้าภาพร่วมส่งผลงานวิชาการอย่างน้อยร้อยละ 25 และมีผู้ทรงคุณวุฒิจากภายนอกอย่างน้อยร้อยละ 25 และสามารถพัฒนาเพื่อให้มีมาตรฐานเข้าสู่ฐานข้อมูล TCI ได้ต่อไป

วารสารวิจัยและนวัตกรรมอาชีวศึกษา ฉบับปฐมฤกษ์ นี้ จัดทำขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์หลัก เพื่อเป็นสื่อกลางแลกเปลี่ยน เผยแพร่บทความวิจัย บทความวิชาการของนักวิชาการ ผู้ทรงคุณวุฒิ อาจารย์ทั้งภายในและภายนอก สถาบัน โดยให้ความสำคัญเกี่ยวกับคุณภาพและมาตรฐานในการจัดทำ เพื่อก้าวสู่การพัฒนาวารสารให้เป็นที่ยอมรับทั้งในระดับชาติและนานาชาติ

วารสารฉบับนี้ เป็นวารสารวิชาการราย 6 เดือน (ปีละ 2 ฉบับ) ตีพิมพ์เผยแพร่ทั้งฉบับพิมพ์และฉบับออนไลน์ มีบทความวิชาการที่ผ่านการพิจารณาจากผู้ทรงคุณวุฒิที่มีความเชี่ยวชาญในสาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง และได้รับความเห็นชอบจากกองบรรณาธิการในกระบวนการพิจารณาลั่นกรองบทความให้ได้คุณภาพและมาตรฐานทางวิชาการ

วารสารวิจัยและนวัตกรรมอาชีวศึกษายินดีเป็นพื้นที่ในการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ทางวิชาการเพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการสร้างสังคมแห่งปัญญา เพื่ออนาคตที่ยั่งยืนของทุกฝ่ายร่วมกัน

เครื่องรีดยางเครป Rolling rubber machine

สิทธิไชย สิงห์มหาไชย^{1*}, อภิสิทธิ์ ธินาพิมพ์² และชลพรรษ บทมาตร³

^{*1,2,3}สาขาวิชาเมคคาทรอนิกส์ ภาควิชาอุตสาหกรรม สังกัด วิทยาลัยเทคนิคหนองคาย จังหวัดหนองคาย 43000

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาเครื่องรีดยางเครป ช่วยลดปัญหากลิ่นเหม็นระหว่างการขนส่งและน้ำจากยางพาราที่ไหลลงบนพื้นถนนเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุได้ และยังช่วยเพิ่มราคาขายยางพาราให้เพิ่มขึ้นเฉลี่ย 1 บาทต่อกิโลกรัม เพราะในปัจจุบัน ราคาขายพารามีราคาขายที่ต่ำลง ส่งผลให้เกษตรกรชาวสวนยาง รายได้ลดลง โดยดำเนินการทดลองหาประสิทธิภาพได้ดังนี้ ทดลองรีดยางเครปครั้งที่ 1 ใช้เวลา 3 ชั่วโมง รีดยางเครปได้ 850 กิโลกรัม มีอัตราสูญเสียร้อยละ 15 ครั้งที่ 2 ใช้เวลา 3 ชั่วโมง รีดยางเครปได้ 880 กิโลกรัม มีอัตราสูญเสียร้อยละ 12 และครั้งที่ 3 ใช้เวลา 3 ชั่วโมง รีดยางเครปได้ 870 กิโลกรัม มีอัตราสูญเสียร้อยละ 13 โดยอัตราสูญเสียมาตรฐานจะไม่เกินร้อยละ 20 ซึ่งจะหมายถึงปริมาณยางเครปที่จะจำหน่าย

คำสำคัญ : ยางเครป, เครื่องรีดยางเครป

Abstract

This research aims to design and develop a rubber grating machine. Reduce the smell of transportation and water from the rubber that runs on the road, the risk of accidents. It also helped increase the average selling price of rubber by 1 baht per kilogram. Because in the capacity. Rubber prices have lower prices. As a result, rubber farmers have reduced their income by conducting experiments on their effectiveness. The first 3 hours of hardening of the rubber crepe was 850 kg, the loss of 15 %,

the second took 3 hours, the rubber was 880 kg, the loss of 12% The third time, 3 hours, 870 kg of rubber tires, 13% loss. The standard loss rate will not exceed 20%, which means the amount of rubber to be sold.

Keywords : Crap rubber, Rolling rubber machine

1. บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีรายได้จากการจำหน่ายผลผลิตจากยางพาราในรูปแบบต่าง ๆ อยู่ในลำดับต้น ๆ ของหมวดสินค้าการเกษตร จากข้อมูลของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2559) ประเทศไทยมีพื้นที่เปิดกรีดยางทั้งสิ้น 18,223,833 ไร่ โดยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 20 จังหวัด จะพบกลุ่มจังหวัด ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน (อุดรธานี, หนองคาย, เลย, หนองบัวลำภู และบึงกาฬ) มีพื้นที่เปิดกรีดยางรวมกันไม่น้อยกว่า 1,486,391 ไร่ จาก 2,752,031 ไร่ ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยเฉพาะจังหวัดบึงกาฬมีพื้นที่ปลูกไม่ต่ำกว่า 1 ล้านไร่ ผลผลิตรวม 759,560 ตัน มูลค่า 17,565 ล้านบาท ราคาขายแผ่นดิบชั้น 3 ที่ 53.81 บาท [1]

จังหวัดหนองคายอยู่ติดกับจังหวัดบึงกาฬเป็นศูนย์กลางการปลูกยางที่มีศักยภาพสูง มีพื้นที่ปลูกยางพารามากที่สุดของภาคอีสานกว่า 1 ล้านไร่ และเป็นศูนย์กลางยางพาราของอาเซียน ซึ่งจะต้องเตรียมพร้อม

ให้ชาวสวนยางและองค์กรเกษตรกรมีความเข้มแข็งสามารถพัฒนาระบบการบริหารจัดการยางพาราให้มีประสิทธิภาพ และเป็นเอกภาพเกี่ยวกับการแก้ปัญหาราคายางพาราตกต่ำ โดยเฉพาะการผลักดันให้มีการแปรรูปอย่างจริงจัง เช่น การนำมาผสมทำถนนยางพารา สนามกีฬา และการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เพื่อสร้างมูลค่าเพิ่ม เช่น หมอนยางพารา หรือให้รัฐบาลจ้างผลิตยางรถยนต์ให้หน่วยงานราชการ ซึ่งจะช่วยระบายยางในประเทศได้จำนวนมาก ตัวอย่างเช่น "หากปีนี้ขายยาง 3 ล้านตัน ได้เงิน 240,000 ล้านบาท การขนย้ายยางก้อนถ้วยจะมีปัญหาน้ำยางไหลลงบนพื้นถนน และยังส่งกลิ่นเหม็นกระทบต่อการจราจรบนถนนอย่างมาก [2]

จากปัญหาดังกล่าวทางคณะผู้วิจัยจึงตระหนักถึงปัญหาจากมลพิษทางอากาศที่ส่งกลิ่นเหม็นรุนแรงจากการขนย้ายและในพื้นที่ส่วนมากไม่มีระบบไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส จึงมีแนวคิดที่จะสร้างเครื่องรีดยางเครปติดตั้งเพลารดไถขึ้นเพื่อให้เกษตรกรสามารถผลิตยางเครปได้ในบริเวณสวนยางพาราของตน เพื่อรีดน้ำและลดปัญหามลพิษทางอากาศซึ่งจะสามารถช่วยไม่ให้เกิดน้ำจากยางพาราไหลเปื้อนพื้นผิวถนนและลดการส่งกลิ่นเหม็นรุนแรงลงได้จึงเป็นที่มาของการจะสร้างเครื่องรีดยางเครปติดตั้งเพลารดไถ

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องรีดยางเครปได้

1.3 ขอบเขตของโครงการ

ออกแบบและสร้างเครื่องรีดยางเครป

1.4 ประโยชน์ที่จะได้รับ

1.4.1 เครื่องรีดยางเครปที่สามารถใช้มอเตอร์ไฟฟ้า หรือเพลารดไถเป็นต้นกำลังได้

1.4.2 เครื่องรีดยางเครปจะช่วยกลุ่มเกษตรกรชาวสวนยางให้ราคายางพาราเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 1 บาทต่อ กิโลกรัม

1.5 คำนิยามศัพท์

ยางเครป (Crepe Rubber) [3] เป็นยางที่ได้จากการนำเศษยางไปรีดด้วยเครื่องรีดยางเครปสองลูกกลิ้ง โดยทั่วไปเรียกว่าเครื่องเครป จะมีการใช้น้ำในการทำความสะอาดในระหว่างการรีด เพื่อนำสิ่งสกปรกออกจากยางในขณะรีดยาง

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ยางพารา

ชาวพื้นเมืองในอเมริกากลางและอเมริกาใต้เรียกต้นไม้ที่ให้ยางว่า คาอูท์ชุก (Caoutchouc) แปลว่า ต้นไม้ร้องไห้ จนถึงปี พ.ศ. 2313 (1770) โจเซฟ ปริสลี [4] จึงพบว่า ยางสามารถลบ รอยดำของดินสอได้โดยที่กระดาษไม่เสีย จึงเรียกกยางว่า ยางลบหรือตัวลบ (Rubber) ซึ่งเป็น คำเรียกกยางเฉพาะในอังกฤษและฮอลแลนด์เท่านั้น ส่วนใน ประเทศทางยุโรป ในสมัยนั้นล้วนเรียกกยางว่า คาอูท์ชุก ทั้งสิ้น จนถึงสมัยที่โลกได้มีการปลูกยางกันมากในประเทศแถบ อเมริกาใต้นั้น จึงได้ค้นพบว่า พันธุ์ยางที่มีคุณภาพดีที่สุดคือยางพันธุ์ Hevea Brasiliensis ซึ่ง มีคุณภาพดีกว่าพันธุ์ Hevea ธรรมดา จึงมีการปลูกและซื้อขายยางพันธุ์ดังกล่าวกัน มาก และศูนย์กลางของการซื้อขายยางก็อยู่ที่เมืองท่าชื่อ พารา (Para) บนฝั่งแม่น้ำอเมซอน ประเทศบราซิล ด้วยเหตุดังกล่าว ยางพันธุ์ Hevea Brasiliensis จึงมีชื่อเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า ยางพารา

ยางมีคุณสมบัติพิเศษหลายอย่างที่มีความสำคัญต่อมนุษย์คือ มีความยืดหยุ่น [5] กัน น้ำได้เป็นฉนวนกันไฟได้ เก็บและพองลมได้ดี เป็นต้น ดังนั้นมนุษย์จึงยังจะต้องพึ่งยางต่อไปอีกนาน แม้ในปัจจุบันมนุษย์สามารถผลิตยางเทียมได้แล้วก็ตาม แต่คุณสมบัติบางอย่าง ของยางเทียมนั้นสู้ยางธรรมชาติไม่ได้ ในโลกนี้ยังมีพืชอีกมากมายหลายชนิดที่ให้น้ำยาง (Rubber

Bearing Plant) ซึ่งอาจจะมีเป็นพันๆ ชนิดในทวีปต่าง ๆ ทั่วโลก แต่น้ำยางที่ได้จากต้นยางแต่ละชนิดก็จะมีคุณสมบัติที่ต่างกันไป บางชนิดก็ใช้ทำอะไรไม่ได้เลย แต่ยาง บางชนิดเช่น ยางกัตตาเปอร์ชาที่ได้จากต้นกัตตา (Guttar Tree) ใช้ทำยางสำเร็จรูปเช่น ยางรถยนต์ หรือ รองเท้า ไม่ได้แต่ใช้ทำสายไฟได้ หรือยางเยลตง และยาง บาลาตา ที่ได้ จากต้นยางชื่อเดียวกัน ถึงแม้จะมีความ เหนียวของยาง (Natural Isomer of Rubber) อยู่บ้าง แต่ก็มีเพียงสูตรอณู (Melecular Formula) เท่านั้นที่ เหมือนกัน แต่โดยที่มี HighRasin Content จึงเหมาะที่จะใช้ทำหมากฝรั่งมากกว่า ยางที่ได้จากต้น Achas Sapota ในอเมริกา กลาง ซึ่งมีความเหนียวกว่ายางกัตตาเปอร์ชาและยางบาลาตามาก คนพื้นเมืองเรียกยางนี้ ว่าชิคิล (Chicle) ดังนั้น บริษัทผู้ผลิตหมากฝรั่งที่ทำมาจากยางชนิดนี้จึงตั้งชื่อหมากฝรั่ง นั้นว่า Chiclets



รูปที่ 1 ต้นยางพารา

2.2 ความสำคัญของยางพารา

ยางพาราเป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทยอีกชนิดหนึ่ง [6] พบว่ามีเกษตรกรตลอดจนผู้ที่ทำธุรกิจเกี่ยวข้องกับยางพาราประมาณ 1 ล้านครอบครัว จำนวนไม่น้อยกว่า 6 ล้านคน ประเทศไทยเป็นประเทศที่ส่งออกยางพาราและผลิตภัณฑ์ยางพาราเป็นอันดับ 1 ของโลก นับตั้งแต่ พ.ศ. 2534

เป็นต้นมา โดยใน พ.ศ. 2552 ประเทศไทยมีการผลิตยางพารา จำนวน 3.16 ล้านตัน มีการส่งออก จำนวน 2.73 ล้านตัน (ร้อยละ 86ของผลผลิตทั้งหมด)ผลิตเพื่อใช้ในประเทศจำนวน399,415 ตัน (ร้อยละ 12 ของผลผลิตทั้งหมด) ซึ่งสามารถทำรายได้เข้าประเทศได้ปีละกว่า 400,000 ล้านบาท แต่การส่งออกยางพาราส่วนใหญ่อยู่ในรูปวัตถุดิบแปรรูปขั้นต้น ซึ่งมีมูลค่าเพิ่มต่ำ เช่น ยางแผ่นรมควัน ยางแท่ง และน้ำยางข้น ทำให้มีผลต่อการสร้างรายได้เข้าสู่ประเทศและการยกระดับรายได้ของเกษตรกรไม่มากเท่าที่ควร และหากเรื่องนี้ได้รับการพัฒนาให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ก็จะส่งผลดีต่อประเทศและเกษตรกรชาวสวนยางพาราอย่างมหาศาล ดังนั้นยางพาราก็ยังคงเป็นพืชเศรษฐกิจชนิดหนึ่งที่มีความจำเป็นในการส่งเสริมอาชีพและมีโอกาสในการพัฒนาให้ดียิ่งขึ้น

ยางพาราเป็นพืชเศรษฐกิจ [7] ที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของภาคใต้และของประเทศไทย โดยเฉพาะ น้ำยาง (Latex) ซึ่งเป็นผลิตผลที่ได้จากทอลำเลียงอาหารในส่วนเปลือกของต้นยางพารา สามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการทำผลิตภัณฑ์ยางชนิดต่างๆ สำหรับใช้ในอุตสาหกรรมหลายประเภท ตั้งแต่อุตสาหกรรมหนัก เช่น การผลิตยางรถยนต์ ไปจนถึงอุปกรณ์ที่ใช้ในครัวเรือน น้ำยางที่ได้จากต้นยางพารามีคุณสมบัติบางอย่างที่ยางสังเคราะห์ (Synthetic Rubber) ไม่สามารถทำให้เหมือนได้



รูปที่ 2 ลานประมูลยางก้อนถ้วย

2.3 ยางเครป

ยางเครป (Crepe Rubber) [8] เป็นยางที่ได้จากการนำเศษยางไปรีดด้วยเครื่องรีดยางเครป สองลูกกลิ้ง โดยทั่วไปเรียกว่าเครื่องเครป จะมีการใช้น้ำในการทำความสะอาดในระหว่างการรีด เพื่อนำสิ่งสกปรกออกจากยางในขณะรีดยาง เนื่องจากยางที่ใช้โดยมากเป็นยางที่มีมูลค่าต่ำมีสิ่งสกปรกเจือปนค่อนข้างมาก เช่น น้ำยาง สกิม เศษยางกันถ้วย เศษยางที่ติดบนเปลือกไม้หรือติดบนดิน และเศษยางที่ได้จากการผลิตยางแผ่นรมควัน เป็นต้น หลังจากรีดในเครื่องเครปแล้วจะนำยางไปผึ่งแห้ง หรืออบแห้งด้วยลมร้อน ยางเครปที่ได้จะมีสีค่อนข้างเข้ม และมีหลายรูปแบบ เช่น ยาง Brown crepe, Flat bark crepe , Skim crepe และ Blanket crepe เป็นต้น ทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับความบริสุทธิ์และชนิดของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต ส่วนยางเครปขาวเป็นยางเครปที่ได้มาจากน้ำยาง ที่มีการกำจัดสารเกิดสีในน้ำยางคือ สารปีตาแคโรทีน ซึ่งมีสีเหลืองอ่อน โดยการฟอกสียางให้มีสีขาวด้วยสารเคมี ยางเครปขาวเป็นยางที่มีคุณภาพและราคาค่อนข้างสูงเชื่อเพลิงและการเผาไหม้



รูปที่ 3 ยางเครป

ตารางที่ 1 ราคาซื้อขายยางพารา

ชนิดยาง	ราคารับซื้อ
	บาท ต่อ กิโลกรัม
ยางก้อนถ้วย	23 - 24
ยางเครป	27 - 28

ที่มา : สำนักงานตลาดกลางยางพาราหนองคาย ค้นหาเมื่อวันที่ 21 ก.ย. 60

2.4 รถแทรกเตอร์

แทรกเตอร์ในอดีตมักมีขนาดใหญ่ น้ำหนักมาก เคลื่อนที่ได้ช้า ไม่มีความคล่องตัวในการทำงาน ดังนั้นงานส่วนมากจึงเป็นงานประเภทการไถเตรียมดินและใช้กับเครื่องนวดเมล็ดพืชหลังจากที่ได้พัฒนาและปรับปรุงให้แทรกเตอร์ในปัจจุบันมีลักษณะและรูปร่างที่แตกต่างกันออกไป มีกำลังต่อน้ำหนักมากขึ้น การบังคับเลี้ยวและการเคลื่อนที่มีความคล่องตัวมาก นอกจากนี้ยังสามารถทำงานต่างๆได้หลายประเภท สามารถนำกำลังจากไฮดรอลิก กำลังจากเพลลาอานวยกำลังมาใช้ร่วมกับอุปกรณ์อื่น ๆ ได้อีกมาก สำหรับแทรกเตอร์ในปัจจุบันสามารถจำแนกออกเป็น 2 ประเภท คือ ประเภทของการขับเคลื่อนของแทรกเตอร์ และประเภทของลักษณะการใช้งาน

2.5 เพลลาอานวยกำลัง (เพลลา PTO)

รถแทรกเตอร์ส่วนใหญ่จะมีเพลลาอานวยกำลังสำหรับขับเคลื่อนซึ่งจะอยู่ด้านหลังของรถแทรกเตอร์ แต่รถแทรกเตอร์บางแบบอาจจะมีเพลลาอานวยกำลังเสริมที่ตรงกลาง หรือทางด้านหน้าตัวรถ



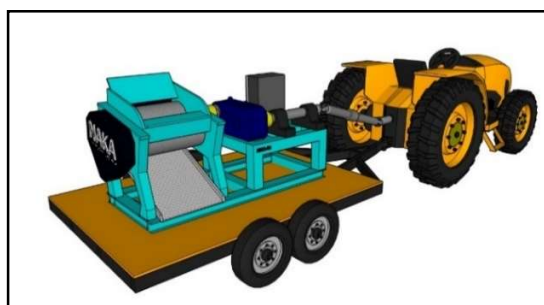
รูปที่ 4 แบบร่างเครื่องรีดยางเครป

เพลานำน้ำหนักมี 2 ระบบ ระบบแรกนั้นการหมุนของเพลานำน้ำหนักจะแยกอิสระจากชุดเกียร์หลัก เรียกว่าเพลานำน้ำหนักอิสระ เพลานำน้ำหนักแบบนี้ใช้ขับเคลื่อนด้วยเครื่องยนต์เป็นส่วนใหญ่ และอีกระบบนั้นการหมุนของเพลานำน้ำหนักจะเป็นสัดส่วนกับการหมุนของล้อขับเคลื่อน ซึ่งขึ้นอยู่กับชุดเกียร์หลักเรียกว่า เพลานำน้ำหนักสัมพันธ์กับความเร็วรถ ซึ่งนิยมใช้กับเครื่องหยอดเมล็ด

2.6 กระบวนการรีดเย็น

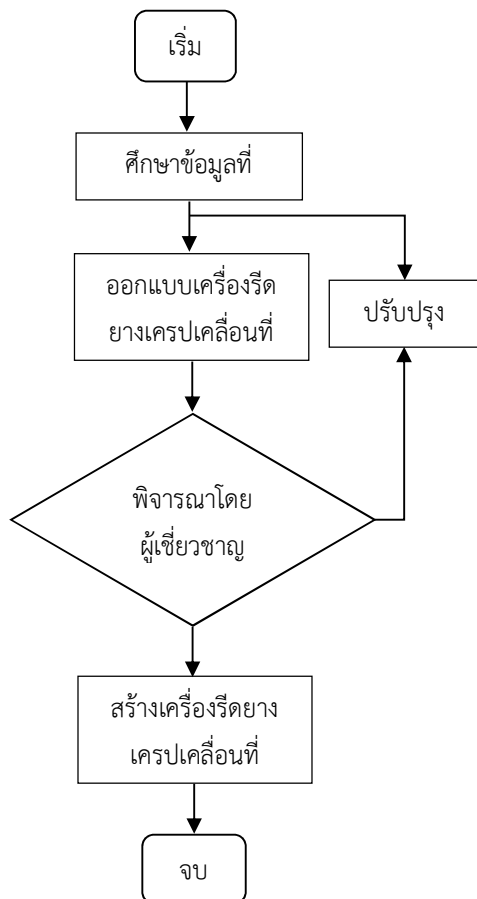
กระบวนการรีดเย็นลดขนาดความหนา [9] คือการรีดโลหะที่อุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิของการเกิดผลึกใหม่ โดยอาศัยเทคโนโลยีการรีดลดขนาดความหนาจากเครื่องรีดแบบต่าง ๆ โดยลูกรีดจะกดทับเนื้อสแตนเลสด้วยแรง มหาศาลขณะที่มีการดึงแผ่นสแตนเลสให้ยืดออกไปด้วย จนสแตนเลสมีขนาดความหนาลดลงตามที่เราต้องการ การลดขนาดจากความหนาหนึ่งลงไปอีกความหนาหนึ่งตามที่เราต้องการ หรือเรียกว่าสัดส่วนการ ลดขนาดต้องไม่มากเกินไป เพราะสแตนเลสบางกลุ่มยังรีดลดขนาดสแตนเลสก็还会有ความแข็งแรงมากขึ้น ทำให้ ลูกรีดต้องใช้แรงมากขึ้น และหากมากเกินไปอาจส่งผลให้สแตนเลสเกิดการแตกหักได้ด้วย ดังนั้นการลดขนาดความหนาจะลดได้ระดับหนึ่งเท่านั้น ซึ่งปกติจะต้องไม่เกินร้อยละ 85 จากนั้นจะต้องนำสแตนเลสไปอบอ่อนคลายความเครียดก่อน เพื่อให้สแตนเลสมีสมบัติเชิงกลเหมาะสมแก่การรีด จึงนำกลับมารีดต่ออีกครั้ง ในการรีดอาจใช้เครื่องรีดเดี่ยว รีดไปรีดกลับ หรือจะใช้เครื่องรีดแบบแทนเด็ม (Tandem) ที่มีหลายห้องรีดต่อเนื่องกันไปจนได้ขนาดความหนาที่เราต้องการก็ได้ ทางผู้จัดทำจึงได้นำทฤษฎีการรีดเย็น มาใช้กับการรีดยางเครปเพื่อลดขนาด และทำความสะอาดยางเครป

2.7 แบบร่างเครื่องรีดยางเครป



3. วิธีการทดลอง

3.1 การสร้างเครื่องรีดยางเครปผู้วิจัยดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้



สำหรับเครื่องรีดยางเครปด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า จะใช้มอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส ขนาดตั้งแต่ 10 แรงม้า ขึ้นไปตามขนาดของเครื่องรีดยางเครปโดยจะมาชุดเพื่อหดรอบมอเตอร์ เพื่อให้รอบต่ำลงจะได้กำลังในการรีด

3.1.2 การออกแบบและสร้างเครื่องรีดยางเครป
การสร้างเครื่องรีดยางเครปผู้วิจัยดำเนินการดังนี้

1) การวางแผนสร้างเครื่องรีดยางเครป โดยมีระบบการทำงานไม่ซับซ้อน ใช้หลักการรีด โดยมีลูกรีดหลักหล่อ 2 ลูกใช้ดันกำลังจาก เพลาขับท้ายรถไถ (PTO) ของรถไถคูโบต้าซึ่งจะให้กำลังขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟสได้ โดยเพลาขับท้ายรถไถมีความเร็วรอบให้เลือก

2) จัดเตรียมวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการสร้างเครื่องรีดยางเคลื่อนที่ตามทีออกแบบไว้

3) จัดทำโครงสร้างของเครื่องรีดยางเครป

4) ประกอบอุปกรณ์ลูกรีด ชุดเฟืองทดชุดติดตั้งเฟืองขับท้ายรถไถ

5) ผู้วิจัยนำเครื่องรีดยางเครป ไปทดลองดูประสิทธิภาพ ด้วยการรีดยางเครป จากยางก้อนถ้วย

6) นำเครื่องรีดยางเครปไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คนตรวจสอบเพื่อประเมินคุณภาพของเครื่องรีดยางเครปด้านโครงสร้างทั่วไป ด้านออกแบบ และด้านการใช้งาน

7) ผู้วิจัยนำผลที่ได้จากการทดลองใช้งานเครื่องรีดยางเครป และคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ มาปรับปรุงแก้ไข จากนั้นทดลองรวบรวมข้อมูลนำผลที่ได้มาวิเคราะห์และเขียนรายงานวิจัยต่อไป

3.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.2.1 ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นชาวสวนยางพารา

3.2.2 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย เป็นชาวสวนยางพาราใน จ.หนองคาย จำนวน 20 คน ซึ่งได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ประกอบไปด้วยแบบประเมินประเมินคุณภาพ แบบบันทึกผลการทดลองและแบบสอบถามความพึงพอใจ ผู้วิจัยดำเนินการสร้างและหาประสิทธิภาพดังต่อไปนี้

3.3.1 แบบประเมินคุณภาพเครื่องรีดยางเครป ผู้วิจัยได้สร้างแบบประเมินสำหรับผู้เชี่ยวชาญประเมินความสอดคล้อง (IOC) ด้านโครงสร้างทั่วไป ด้านการออกแบบ และด้านการใช้งาน

3.3.2 แบบบันทึกข้อมูลการทดลองเป็นตารางที่ออกแบบไว้สำหรับบันทึกข้อมูลในการทดลองหาประสิทธิภาพของเครื่องรีดยางเครป

3.3.3 แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อเครื่องรีดยางเครป เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ ดังนี้

ตารางที่ 1 ความหมายของค่าคะแนน

คะแนนเฉลี่ย	ระดับความพึงพอใจ
4.50-5.00	มากที่สุด
3.50-4.49	มาก
2.50-3.49	ปานกลาง
1.50-2.49	น้อย
1.00-1.49	น้อยที่สุด

3.4 การทดลองใช้และเก็บรวบรวมข้อมูล

3.4.1 การหาคุณภาพการทำงานของเครื่องรีดยางเครป ผู้วิจัยดำเนินการวิจัยดังต่อไปนี้

1) ผู้วิจัยสาธิตการทำงานของเครื่องรีดยางเครปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบ

2) ผู้เชี่ยวชาญประเมินการทำงานของเครื่องรีดยางเครปตามเกณฑ์ที่กำหนด โดยใช้แบบประเมินความสอดคล้องการทำงานของเครื่องในด้านต่างๆเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อวิเคราะห์ผล

3.4.2 การหาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องรีดยางเครป ผู้วิจัยดำเนินการวิจัยดังต่อไปนี้

1) นำยางก้อนถ้วยจำนวน 1,000 กิโลกรัม มาเหล่งลูกรีด พร้อมเปิดน้ำล้างไปตลอดการรีด

โดยจะทำการรีดวนซ้ำ 3 รอบ เพื่อให้ยางเครปที่สะอาดและน้ำจากยางพาราไหลออก

2) จะนำยางเครปที่รีดแล้วไปเรียงเป็นชั้น ๆ

3) เก็บผลทดลองโดยชั่งน้ำหนักยางพาราก่อนรีดและหลังรีดเป็นยางเครป

3.4.3 การหาความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อเครื่องรีดยางเครป ผู้วิจัยดำเนินการดังต่อไปนี้

1) สาธิตการทำงานของเครื่องรีดยางเครปต่อกลุ่มตัวอย่าง

2) อธิบายหลักการทำงานของระบบความปลอดภัย ของเครื่องรีดยางเครป

3) กลุ่มตัวอย่างทดลองใช้เครื่องรีดยางเครปสอบถามจากการใช้งาน และบันทึกผล

4) กลุ่มตัวอย่างตอบแบบสอบถามความพึงพอใจเครื่องรีดยางเครปหลังทดลองใช้ เก็บผลรวบรวมข้อมูลเพื่อวิเคราะห์ผล

3.5 การวิเคราะห์และสรุปผล

3.5.1 วิเคราะห์ค่าเฉลี่ย จากระดับความพึงพอใจของผู้ใช้เครื่องรีดยางเครป และหาค่าเฉลี่ยของจำนวนยางเครปที่รีดได้ต่อเวลา โดยใช้ข้อมูลจากแบบบันทึกข้อมูลมาหาค่าเฉลี่ย

3.5.2 วิเคราะห์ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เพื่อหาค่าการกระจายของระดับความพึงพอใจของผู้ใช้เครื่องรีดยางเครปจากแบบสอบถาม

3.5.3 วิเคราะห์คุณภาพของเครื่องรีดยางเครปจากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับการทำงานของเครื่องเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้หรือไม่ โดยวิเคราะห์ความสอดคล้อง 3 ด้าน

3.5.4 วิเคราะห์ประสิทธิภาพของเครื่องรีดยางเครปใช้สถิติร้อยละ

4. ผลการวิจัย

4.1 เครื่องรีดยางเครป

มีเพลาชับ PTO เป็นต้นกำลังในการรีด มีลูกรีดเหล็กหล่อขนาด 12x24 นิ้ว มีชุดเฟืองทดความเร็วที่ 1 ต่อ 60 รอบ มีกำลังการผลิตยางเครปที่ 3-5 ตัน ต่อวัน

4.2 ผลการประเมินเครื่องรีดยางเครปโดยผู้เชี่ยวชาญ

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยผลการประเมินเครื่องรีดยางเครปโดยผู้เชี่ยวชาญ

รายการประเมิน	ผลการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ		ผลการประเมิน
	ค่าเฉลี่ย	S.D.	
ด้านโครงสร้างทั่วไป	3.8	0.58	เห็นด้วย
ด้านการออกแบบ	3.7	0.52	เห็นด้วย
ด้านการใช้งาน	4.2	0.63	เห็นด้วย

จากตารางที่ 2 พบว่า การประเมินคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ ด้านโครงสร้าง ด้านการออกแบบ และด้านการใช้งานของเครื่องรีดยางเครป ผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นสอดคล้องกันทั้งสามหัวข้อการประเมิน ซึ่งหัวข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือด้านการใช้งานมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.2 รองลงมา คือ ด้านโครงสร้างทั่วไปมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3.8 และด้านการออกแบบมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3.7

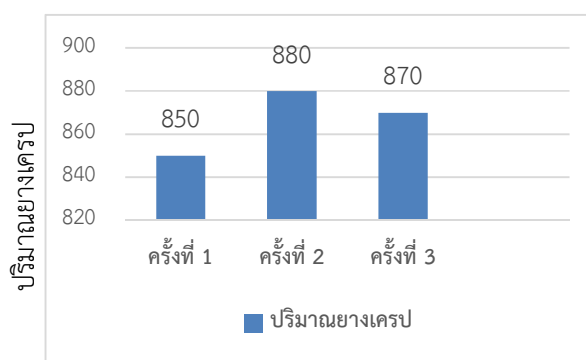
4.3 ผลการประเมินประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องรีดยางเครป

ผลการทดลองใช้เครื่องรีดยางเครปทดลอง 3 ครั้ง โดยใช้ยางก้อนถ้วย 1,000 กิโลกรัมในการทดลอง

ตารางที่ 3 ผลการทดลองประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องรีดยางเครปเคลื่อนที่

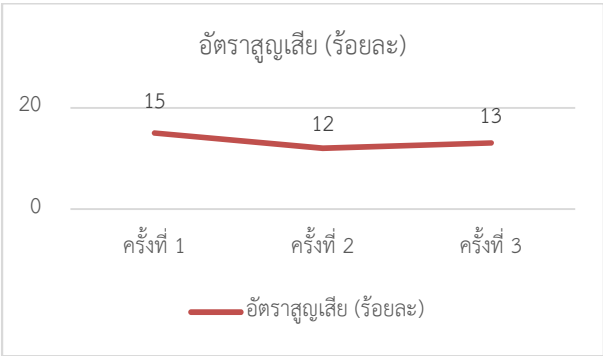
ทดลองใช้งาน	เวลาที่ใช้ (ชั่วโมง)	ปริมาณยางเครป (กก.)	อัตราสูญเสีย (ร้อยละ)
ครั้งที่ 1	3	850	15
ครั้งที่ 2	3	880	12
ครั้งที่ 3	3	870	13

จากตารางที่ 3 ผลการทดลองการใช้งานเครื่องรีดยางเครป 3 ครั้ง ผลการบันทึกได้ว่าครั้งที่ 1 ใช้เวลา 3 ชั่วโมง รีดยางเครปได้ 850 กิโลกรัม มีอัตราสูญเสียร้อยละ 15 ครั้งที่ 2 ใช้เวลา 3 ชั่วโมง รีดยางเครปได้ 880 กิโลกรัม มีอัตราสูญเสียร้อยละ 12 และครั้งที่ 3 ใช้เวลา 3 ชั่วโมง รีดยางเครปได้ 870 กิโลกรัม มีอัตราสูญเสียร้อยละ 13 โดยอัตราสูญเสียมาตรฐานจะไม่เกินร้อยละ 20 ซึ่งจะหมายถึงปริมาณยางเครปที่จะจำหน่าย



กราฟผลการทดลองใช้เครื่องรีดยางเครปทดลอง 3 ครั้ง โดยใช้ยางก้อนถ้วย 1,000 กิโลกรัม ทดลอง

รีดด้วยเครื่องรีดยางเครป 3 ครั้ง ผลที่ได้ พบว่า การรีดครั้งที่ 2 ได้น้ำหนักสูงสุดที่ 880 กิโลกรัม รองลงมาอยู่ที่ 870 กิโลกรัม และ 850 กิโลกรัมตามลำดับ



กราฟการแสดงผลการทดลองใช้เครื่องรีดยางเครปทดลอง 3 ครั้ง โดยใช้ยางก้อนถ้วย 1,000 กิโลกรัม ทดลองรีดด้วยเครื่องรีดยางเครป 3 ครั้ง ผลที่ได้พบว่า อัตราสูญเสีย น้อยที่สุดอยู่ที่ร้อยละ 12 รองลงมาอยู่ที่ร้อยละ 13 และ ร้อยละ 15

4.4 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้เครื่องรีดยางเครป

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ยผลการประเมินเครื่องรีดยางเครป โดยผู้ใช้

รายการประเมิน	ผลการประเมินโดยผู้ใช้		
	ค่าเฉลี่ย	S.D.	ผลการประเมิน
ด้านโครงสร้างทั่วไป	4.2	0.75	มาก
ด้านการออกแบบ	3.9	0.72	มาก
ด้านการใช้งาน	4.5	0.80	มาก

จากตารางที่ 4 พบว่าการประเมินคุณภาพโดยผู้ใช้งานด้านโครงสร้าง ด้านการออกแบบ และด้านการใช้งานของเครื่องรีดยางเครป ผู้ใช้มีความเห็นสอดคล้องกันทั้งสามหัวข้อการประเมิน ซึ่งหัวข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือด้านการใช้งานมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.5 รองลงมา คือ ด้าน

โครงสร้างทั่วไปมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.2 และด้านการออกแบบมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3.9

5. สรุปผล

5.1 เครื่องรีดยางเครป

มีเพลาชับPTOเป็นต้นกำลังในการรีด มีลูกรีดเหล็กหล่อขนาด 12x24 นิ้ว มีชุดเฟืองต่อความเร็วที่ 1 ต่อ 60 รอบ มีกำลังการผลิตยางเครปที่ 3-5 ตัน ต่อวัน

5.2 ปัญหาที่พบ

5.2.1 คุณภาพของยางก้อนถ้วยที่นำมารีดเป็นยางเครป มีการใช้กรดซัลฟูริก ผสมในการจับตัวของน้ำยางสด เป็นอันตรายต่อผู้ที่สัมผัส หรือสูดดมกลิ่น

5.2.2 ยางก้อนถ้วยที่นำมารีดเป็นที่ กรีด 3 ถึง 4 เมตร ซึ่งพบว่าจะมีน้ำผสมอยู่ในน้ำยางพาราอยู่มาก เมื่อนำมารีดแล้วจะทำให้สูญเสียน้ำหนัก

5.3 แนวทางการแก้ไข

5.3.1 การผสมการจับตัวของน้ำยางสด ควรใช้กรดฟอร์มิก หรือกรดอะซิติก จะช่วยให้น้ำยางจับตัว และเป็นอันตรายน้อยกว่ากรดซัลฟูริก

5.3.2 ยางก้อนถ้วยที่นำมารีดยางเครป ควรเป็นยางที่กรีดไม่ต่ำกว่า 6 เมตร เพราะจะมีน้ำผสมอยู่น้อยเวลารีดยางเครปจะสูญเสียน้ำหนักน้อย

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณท่านผู้อำนวยการอุดมภูเบศว์สมบูรณ์เรศ ผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคนิคหนองคาย ที่ให้ความสนับสนุน ตลอดจนงานวิจัยได้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- [1] กฤษณา คงศิลป์และคณะ. น้ำยางและการเก็บรักษาน้ำยาง. เอกสารประกอบการฝึกอบรมหลักสูตร "การปรับปรุงคุณภาพยางแผ่น" ณ ศูนย์วิจัยยางสงขลา. อ.หาดใหญ่ จ. สงขลา.
- [2] พงษ์ธร แซ่ฮุย, ยาง : ชนิด สมบัติ และการใช้งาน, ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ, 2547.
- [3] บุญธรรม นิธิอุทัยและคณะ. เทคโนโลยีน้ำยางข้น. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ปัตตานี. 2536.
- [4] ชลลิกา ทิพย์กุล, สุภาพร บัวแก้ว และ สมจิตต์ ศิขรินมาศ. 2545. สถานการณ์การผลิตและการใช้ยาง ของโลก. แหล่งที่มา : <http://www.rubberthai.com>, 10 มีนาคม 2560.
- [5] สถิตพันธ์ ธรรมสถิตย์. คู่มือกำกับกรรมวิธีการผลิตในโรงอบ/รมยาง. เอกสารประกอบการอบรมเกษตรกร. กรุงเทพฯ. สำนักงานกองทุนสงเคราะห์การทำสวนยาง. 2537.
- [6] สำนักงานกองทุน สงเคราะห์การทำสวนยาง. 2540. สำนักงานกองทุนสงเคราะห์การทำสวนยาง. หลักวิชาและเทคนิคการทำสวนยาง. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ. วิตตอร์เพาเวอร์พอยด์. 2539.
- [7] อุดม โกสยสุก. การทำยางแผ่นชั้นดี. เอกสารตลาดประมูลยางพารา. สำนักงานกองทุนสงเคราะห์การทำสวนยาง. 2536.
- [8] ผดุงชาติยังดี. 2556. การประยุกต์ใช้ระบบภูมิสารสนเทศเพื่อศึกษาการกระจายเชิงพื้นที่ และการยอมรับการเพาะปลูกยางพาราของเกษตรกรในจังหวัดบุรีรัมย์. วารสารวิชาการร่มยสาร : 11-28.
- [9] วรวิทย์ อึ้งภากรณ์ และชาญ ภูมิตาน. การออกแบบเครื่องจักรกล 2. ซีเอ็ดดูเคชั่น, กรุงเทพฯ. 2536.

การพัฒนาเครื่องย่อยกิ่งไม้ ใบไม้ Development Leaves Chipper Creating Machine.

พรชัย แยมบาน^{1*}, จริญญา ทวยจันทร์², ทรงศักดิ์ ลือจันดา³

^{1*,2,3}สาขาวิชาเทคโนโลยีแม่พิมพ์ ประเภทวิชาอุตสาหกรรม สังกัด วิทยาลัยเทคนิคหนองคาย จังหวัดหนองคาย รหัสไปรษณีย์ 43000

บทคัดย่อ

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างเครื่องย่อยกิ่งไม้ ใบไม้ เพื่อลดปัญหาการเผาทำลายและเหลือทิ้งโดยเปล่าประโยชน์ของวัสดุทางการเกษตร ให้เกิดประโยชน์สูงสุด อาทิเช่น ทำอาหารสัตว์ ทำปุ๋ยชีวภาพ หรือแม้กระทั่งใช้ปลูกต้นไม้ ผู้จัดทำได้ออกแบบสร้างเครื่องย่อยกิ่งไม้ ใบไม้ โดยลักษณะเด่น 4 ลักษณะ คือ 1. มีชุดใบมีดที่ย่อยกิ่งไม้ แบบหน้าจาน มี 3 ใบมีด 2. ชุดใบมีดย่อยใบ ระบบ ใบมีดหมุน และใบมีดย่อยอยู่กับที่ 3. ขนาดรูตะแกรงมีขนาด 12 มิลลิเมตร 4. เครื่องมีความปลอดภัยในการใช้งาน แล้วให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินเครื่อง จำนวน 10 ท่าน ผลปรากฏว่า เครื่องมีการออกแบบ เฉลี่ยอยู่ที่ระดับ 4.16 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.49 ด้านการสร้างเครื่อง เฉลี่ยอยู่ ระดับ 4.13 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.31 และด้านการใช้งาน เฉลี่ยที่ระดับ 4.40 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.47 เฉลี่ยรวม อยู่ที่ระดับ 4.16 อยู่ในระดับ มาก ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.42 แสดงว่าเครื่องย่อยกิ่งไม้ ใบไม้ ที่สร้างขึ้นด้านการใช้งาน และได้ทดลองหาสมรรถนะของเครื่องโดยนำกิ่งไม้ และใบไม้ แยกเป็นกิ่งไม้และ ใบไม้สด กับกิ่งไม้ ใบไม้แห้ง โดยการวัดปริมาตรของเศษกิ่งไม้ ใบไม้ การทดสอบสมรรถนะการย่อยจะทดสอบชนิดละ 5 ครั้ง ใช้เวลาครั้งละ 10 นาที ทำการย่อยกิ่งไม้ ใบไม้ ตามเวลาที่กำหนด จากนั้น ใช้ภาชนะวัดปริมาตรของเศษกิ่งไม้ ใบไม้ แล้วบันทึกผลการทดลอง ผลปรากฏว่าเครื่องย่อยกิ่งไม้ ใบไม้ สามารถย่อยกิ่งไม้สดได้ 0.501 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง กิ่งไม้แห้งได้ 0.438 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง

ใบไม้สด 0.307 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง ใบไม้แห้งได้ 0.317 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง และค่าเฉลี่ยที่เครื่องย่อยกิ่งไม้ ใบไม้ที่สร้างขึ้นสามารถย่อยได้ปริมาณ 0.391 ลูกบาศก์เมตร /ชั่วโมง จึงสรุปได้ว่าเครื่องย่อยกิ่งไม้ใบไม้มีสมรรถนะที่ดีสอดคล้องกับเกณฑ์ และสามารถนำไปใช้งานได้ต่อไป

คำสำคัญ : สร้างเครื่องย่อยกิ่งไม้ ใบไม้

Abstract

This project aims to create a sub-branches and leaves to reduce the burning of agricultural waste materials. Maximize the benefits for animal such as a fertilizer or even a tree. The event is designed to create a sub-branches, leaves with distinctive four characteristics: 1. Knife set knife chipper style dish with 3 blades 2. Sets of blades, the blade to blade rotation and the blade in place. Three. Mesh size 12 mm hole size 4. Machine is safe to operate. Then, the experts found that the number 10 has been designed. The average standard deviation in the range of 4.16 to 0.49, the average level of 4.13 to 0.31 and the standard deviation is. The average standard deviation 4.40 0.47 4.16 average at the 0.42 level, the standard deviation indicates that the sub-branches and leaves to create application. We

have tested the performance of the machine by the branches and leaves. Separate branches, twigs and leaves, fresh and dried leaves, twigs, leaves the volumetric fraction of the performance of each sub-test 5 times for 10 minutes each time the sub-branches, leaves at any given time. Then the container is used to measure the volume of debris, leaves and branches were recorded. Results show that a leaf chipper. Chippers can live 0.501 cubic meter / hour dry 0.438 cubic meter branches / hour. Fresh leaves 0.307 cubic meter / hour cubic meter leaves dry 0.317 / hour. And the average of the sub-branches. Leaves could be the amount of 0.391 cubic meters / hour to conclude that the sub-branches, leaves a good performance in accordance with the criteria. And can be used in the future.

Keywords : Leaves Chipper Creating Machine.

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ประเทศไทยประกอบอาชีพเกษตรกรรมเป็นอาชีพหลัก มีการส่งเสริมให้มีการทำเกษตรกรรมแบบ “ทฤษฎีใหม่” เป็นทฤษฎีสำคัญทฤษฎีหนึ่งที่พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวทรงคิดขึ้นด้วยพระอัจฉริยภาพ อันจะช่วยให้ชาวเกษตรกรมีการดำรงชีวิตความเป็นอยู่ที่ดีขึ้น เกษตรกรรมแบบทฤษฎีใหม่นี้ มีชื่อเรียกอีกอย่างหนึ่งคือ “โครงการพัฒนาพื้นที่เกษตรน้ำฝน อันเนื่องมาจากพระราชดำริ” มีสาระสำคัญเกี่ยวกับการทำเกษตรกรรมปลูกพืชหมุนเวียน และปลูกพืชไว้ให้หลายหลากชนิด พื้นที่เดียวกันอย่างที่เราเรียกว่า ไร่นาผสมผสาน หรือไร่นาสวนผสมขึ้น การทำไร่นาสวนผสม มีการปลูกพืช ปลูกต้นไม้ หลายหลากชนิด ทำให้มีวัสดุทางการเกษตรเหลือเป็นจำนวนมาก เช่นซากกิ่งไม้ ใบไม้ที่เกิดจากการตัดแต่งเพื่อให้ได้ผลผลิตทางการเกษตรมาก

ขึ้น ซึ่งเกษตรกรส่วนใหญ่มักจะถูกกำจัดโดยวิธีที่ง่ายและรวดเร็วที่สุดคือ การเผาทำลายซึ่งเป็นวิธีที่ไม่ก่อให้เกิดประโยชน์และยังเป็นการเพิ่มมลภาวะที่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม เพราะผลที่เกิดขึ้นจากการเผาทำลายซากกิ่งไม้ ใบไม้ ก็คือก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และทางตรงกันข้ามเกษตรกรสามารถนำซากเหล่านั้นมาใช้ให้เกิดประโยชน์ได้หลายอย่าง อาทิเช่น ทำอาหารสัตว์ ทำปุ๋ยชีวภาพ และใช้ปลูกต้นไม้ เป็นต้น

ด้วยเหตุนี้เกษตรกรสามารถหาผลประโยชน์ได้จากซากกิ่งไม้ ใบไม้ และหากนำวัสดุทางการเกษตรมาทำปุ๋ย ทำอาหารสัตว์ และใช้ปลูกต้นไม้ ก็จะช่วยลดค่าใช้จ่ายในการซื้อปุ๋ยเคมี ค่าใช้จ่ายในจัดซื้อ อาหารสัตว์ และยังช่วยลดปัญหาโลกร้อนจากการเผาทำลายด้วย ในการที่จะนำวัสดุทางการเกษตรมาเป็นส่วนหนึ่งในการทำปุ๋ยชีวภาพนั้นอาจมีปัญหาในการย่อยให้เล็กลง เช่น ซากกิ่งไม้ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางโตจะทำให้ยากต่อการย่อยสลาย และขนาดใหญ่เกินไปไม่เหมาะสมสำหรับเป็นอาหารสัตว์ดังนั้นถ้าสามารถทำให้ กิ่งไม้ ใบไม้ มีขนาดเล็กก็จะเป็นการช่วยลดเวลาในการย่อยสลาย และเหมาะสมสำหรับเป็นอาหารสัตว์อีกด้วย

จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้นผู้จัดทำโครงการ จึงมีแนวคิดในการสร้างเครื่องย่อยกิ่งไม้ ใบไม้ เพื่อลดปัญหาจากการเผาทำลายและเหลือทิ้งโดยเปล่าประโยชน์ของวัสดุทางการเกษตร อีกทั้ง เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดผู้จัดทำจึงได้สร้างเครื่องย่อยกิ่งไม้ ใบไม้ เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในการทำเกษตรกรรมและต่อยอดสู่ภาคอุตสาหกรรมต่อไป

2. วัตถุประสงค์ของการศึกษา

เพื่อพัฒนาการสร้างเครื่องย่อยกิ่งไม้ ใบไม้ เพื่อการประเมินผล ด้านการออกแบบ ด้านการสร้างเครื่อง ด้านการใช้งาน และหาสมรรถนะของเครื่องย่อยกิ่งไม้ ใบไม้

3. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

3.1 เครื่องย้อยกึ่งไม้ใบไม้ที่มีความพร้อมใช้งาน
เกิดความเหมาะสม ปลอดภัย ต่อผู้ใช้งาน

3.2 เครื่องย้อยกึ่งไม้ ใบไม้สามารถ ทำการย้อย
กึ่งไม้ ใบไม้ ได้เศษกึ่งไม้ใบไม้ ตามขนาดที่กำหนด

4. ขอบเขตของโครงการ

4.1 เครื่องย้อยกึ่งไม้ ใบไม้ที่สร้างขึ้นสามารถย้อย
กึ่งไม้เป็นไม้เนื้อแข็งปานกลางและไม้เนื้ออ่อนขนาด
เส้นผ่าศูนย์กลางของกึ่งไม้ 30-50 มิลลิเมตร

4.2 เครื่องย้อยกึ่งไม้ใบไม้สามารถย้อยใบไม้ ได้ทั้ง
ใบแห้งและใบสด

4.3 ขนาดกึ่งไม้รวมกึ่งที่สามารถป้อนเข้าเครื่องได้
ต้องมีเส้นผ่าศูนย์กลางไม่เกิน 50 มิลลิเมตร

4.4 เครื่องยนต์ต้นกำลังที่ใช้เป็นเครื่องยนต์เบนซิน
ขนาด 5.5 แรงม้า

4.5 เกณฑ์การประเมินทั้ง 3 ด้าน ของเครื่องย้อย
กึ่งไม้ใบไม้อยู่ในเกณฑ์กำหนดอยู่ระหว่าง 3.5 - 4.49
หรือสูงกว่าเกณฑ์การประเมินคุณภาพ 5 ระดับ

4.6 เครื่องย้อยกึ่งไม้ใบไม้มีความสามารถในการย้อย
ไม่น้อยกว่า 0.300 ลูกบาศก์เมตร ต่อ ชั่วโมง

4.7 การประเมินผลเครื่องย้อยกึ่งไม้ใบไม้โดยแบบ
ประเมินแสดงความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ 10 ท่าน จาก
การประเมิน 5 ระดับ

4.8 การทดสอบสมรรถนะของเครื่อง โดยเตรียม
กึ่งไม้ ใบไม้ ทดสอบการย้อยกึ่งไม้ใบไม้แห้งและสดครั้งละ
10 นาที แล้วทำการวัดปริมาตรของเศษกึ่งไม้ใบไม้

5. วิธีการศึกษา และวิเคราะห์ข้อมูล

5.1 วิธีการที่นำมาใช้ในการศึกษาการดำเนิน
โครงการสร้างเครื่องย้อยกึ่งไม้ใบไม้ครั้งนี้มีวิธีการ
ดำเนินงานเป็นลำดับดังนี้

- 1) ศึกษาข้อมูลและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
- 2) วางแผนการดำเนินงาน

3) การออกแบบชิ้นส่วนเครื่องย้อยกึ่งไม้ใบไม้
โดยเน้นการเลือกใช้วัสดุที่มีมาตรฐาน และมีจำหน่ายใน
ท้องตลาดทั่วไป

4) ดำเนินการสร้างเครื่องย้อยกึ่งไม้ ใบไม้
จัดหาวัสดุตามแบบกำหนด จัดเตรียมชิ้นรูปวัสดุ ให้เป็น
ชิ้นส่วนตามแบบกำหนด นำชิ้นส่วนที่ขึ้นรูปประกอบ
ตามแบบกำหนด

5) ดำเนินการทดสอบเครื่องย้อยกึ่งไม้ ใบไม้

6) การประเมิน และการหาสมรรถนะของ
เครื่องย้อยกึ่งไม้ใบไม้

7) สรุปผลการดำเนินโครงการ

5.2 เครื่องมือ และเทคนิคที่ใช้ในการศึกษา

เครื่องมือที่ใช้ในการดำเนินงานโครงการครั้งนี้
ประกอบด้วย

1) แบบประเมินแสดงความคิดเห็นของ
ผู้เชี่ยวชาญ ใช้ในการประเมินผล ของเครื่องย้อยกึ่งไม้
ใบไม้ ทั้ง 3 ด้าน คือ ด้านการออกแบบ ด้านการสร้าง
เครื่อง และด้านการใช้งาน

2) ใบตรวจสอบ (Check Sheet) ใช้ในการจด
บันทึกข้อมูลการทดสอบหาสมรรถนะการทำงานของ
เครื่องย้อยกึ่งไม้ใบไม้ เพื่อนำข้อมูลที่บันทึกจากการ
ทดสอบ มาทำการวิเคราะห์หาสมรรถนะการทำงานของ
เครื่องเครื่องจักร

5.3 สถานที่เก็บข้อมูล

แผนกเครื่องมือกลและซ่อมบำรุง วิทยาลัย
เทคนิคหนองคาย

5.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษาครั้งนี้ผู้ทำการศึกษาได้วิเคราะห์ข้อมูล
การทดลองใช้เครื่องย้อยกึ่งไม้ ใบไม้ จากผู้เชี่ยวชาญ และ
จากกลุ่มตัวอย่าง โดยแบ่งออกได้ดังนี้

- 1) การวิเคราะห์หาค่าจาก แบบประเมินแสดง
ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญของเครื่องทั้ง 3 ด้าน
- 2) การวิเคราะห์หาสมรรถนะของเครื่อง
มีความสามารถในการย้อยได้ไม่น้อยกว่า 0.30 ลูกบาศก์
เมตร ต่อ 1 ชั่วโมง

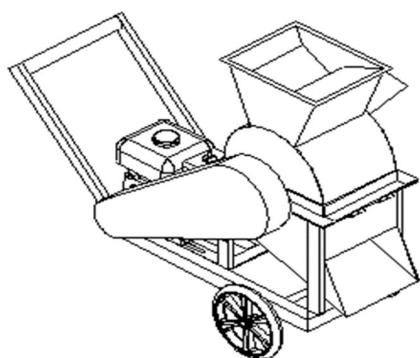
5.5 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูล ได้นำผลจากแบบประเมิน แสดงความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญของแต่ละท่านและ ผลการทดสอบหาสมรรถนะการทำงานของเครื่องย่อยกิ่งไม้ ใบไม้มาทำการวิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้ค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation)

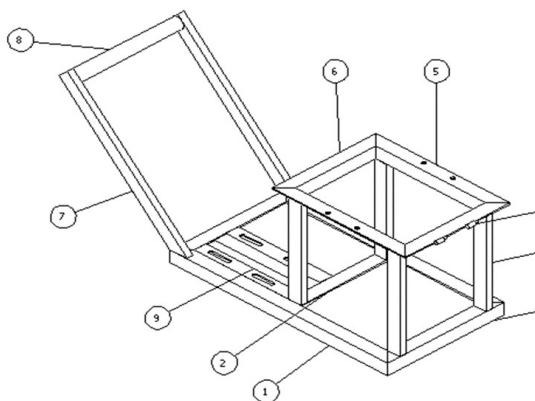
6. ผลการศึกษา

จากการดำเนินการตามวัตถุประสงค์ของโครงการ ผู้จัดทำได้ทำการออกแบบสร้างเครื่อง และทำการ ประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ และทดสอบหาสมรรถนะของเครื่องย่อยกิ่งไม้ ใบไม้ ซึ่งรายละเอียดของผลการศึกษา ดังต่อไปนี้

6.1 ผลการออกแบบและสร้างเครื่องย่อยกิ่งไม้ ใบไม้

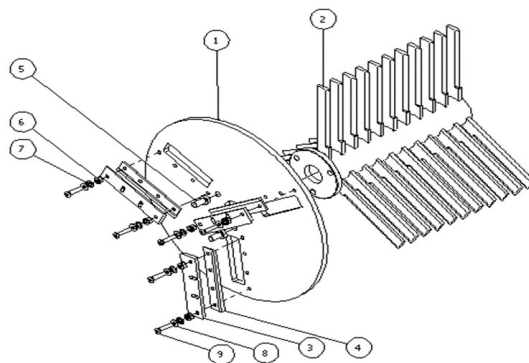


1) ชุดโครงเครื่องย่อยกิ่งไม้ ใบไม้



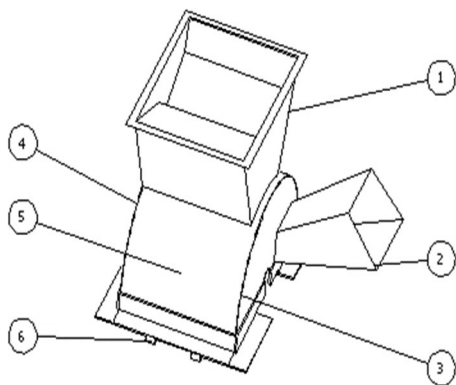
2) ชุดใบมีด

ประกอบไปด้วยใบมีดที่ใช้ในการสับย่อยกิ่งไม้ และใบมีดที่มีลักษณะเป็นฟันใช้ในการตีเพื่อย่อยใบไม้ มีการออกแบบให้สามารถถอดประกอบและปรับเปลี่ยนได้อย่างสะดวก



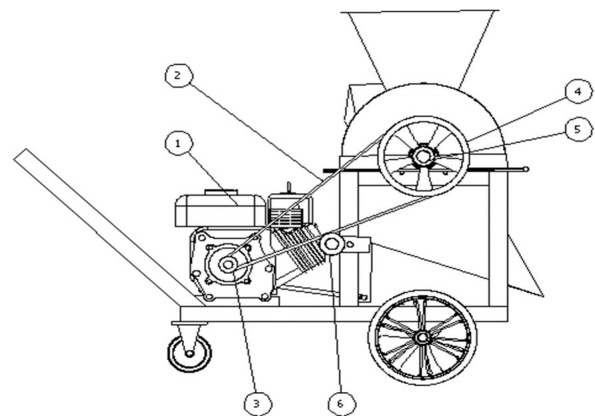
Item	Part Name	Size	Material	Req.
1	หน้าจานหมุน	Ø 370x 9	U St 42-1	1
2	ชุดใบมีดสับใบไม้	-	-	1
3	ใบมีดย่อยกิ่งไม้	-	-	3
4	แผ่นรองใบมีด	130x25x5	SS400	3
5	สกรูหัวหกเหลี่ยม	M10x20L	STD	3
6	นัตหัวหกเหลี่ยม	M6	STD	6
7	แหวน	M6	STD	6
8	แหวนสปริง	M6	STD	6
9	สกรูหัวร่ม	M6x25L	STD	6

3) ชุดฝาครอบ



Item	Part Name	Size	Material	Req.
1	ช่องใส่ใบไม้ และวัชพืช	-	St 32	1
2	ช่องใส่กิ่งไม้	-	St 32	1
3	ฝาครอบข้าง 1	-	St 32	1
4	ฝาครอบข้าง 2	-	St 32	1
5	ฝาครอบบน	-	St 32	1
6	บุช	Ø 20x50L	St 32	2

4) ชุดต้นกำลังและระบบส่งกำลัง



หมายเลข 1 ต้นกำลัง เครื่องยนต์เล็ก ขนาด 5.5 แรงม้า แรงบิดสูงสุดของเครื่องยนต์อยู่ที่ ประมาณ 2,500 รอบต่อนาที โดยมีค่าเท่ากับ 12.5 นิวตันเมตร

หมายเลข 2 ระบบส่งกำลัง ส่งกำลังด้วย สายพานร่อนลิ้ม ใช้ส่งกำลังได้ค่อนข้างมากโดยการ แรงดึงขึ้นต้นในสายพานค่อนข้างน้อย ทั้งนี้เพราะผลจาก เกาะยึดตัวกันระหว่างด้านข้างของสายพานที่เร็วเป็น ร่อนลิ้มของล้อสายพาน ทำให้เกิดแรงเสียดทานสูง ซึ่งเป็น ผลให้สายพานทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

หมายเลข 3 พลูเลย์สายพานขับ จะใช้แบบ Double V-Groove pulley ขนาด 1.5 นิ้ว จำนวน 1 ตัว

หมายเลข 4 พลูเลย์สายพานตาม จะใช้แบบ Double V-Groove pulley ขนาด 4 นิ้ว จำนวน 1 ตัว

หมายเลข 5 เพลา ขนาดของเพลา เส้นผ่าศูนย์กลาง 38 มิลลิเมตร ยาว 525 มิลลิเมตร ยึดพ ลูเลย์สายพานกับเพลาด้วยลิ้มส่งกำลัง

หมายเลข 6 ล้อกดสายพาน

6.2 ผลการแสดงความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ที่มี ต่อเครื่องย่อยกิ่งไม้ใบไม้

1) ผลการแสดงความคิดเห็นด้านการออกแบบ

2) ผลการแสดงความคิดเห็นด้านการสร้าง

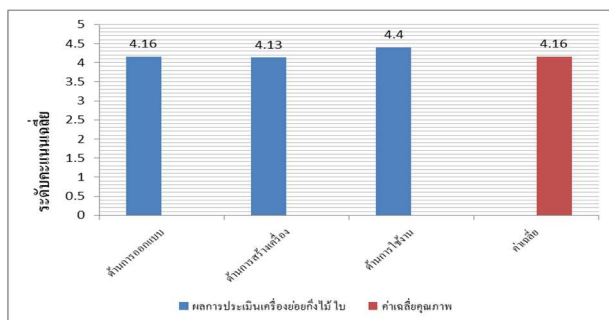
เครื่อง

3) ผลการแสดงความคิดเห็นด้านการใช้งาน

ผลการวิเคราะห์หาค่าแสดงความคิดเห็น เฉลี่ย ของเครื่องย่อยกิ่งไม้ ใบไม้ โดยผู้เชี่ยวชาญ ทั้ง 3 ด้าน

คือ ด้านการออกแบบ ด้านการสร้าง และด้านการใช้งาน สรุปได้ว่า ผู้เชี่ยวชาญทั้ง 10 ท่าน มีความเห็นเกี่ยวกับระดับคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.16 ซึ่งอยู่ในระหว่าง 3.5- 4.49 ตามขอบเขตที่ตั้งไว้ ดังนั้นเครื่องยoyo กิ่งไม้ ไบไม้ ที่ผู้ศึกษาสร้างขึ้นสามารถนำไปใช้งานจริงได้ ปรากฏผลดังตาราง

ลำดับ	การประเมิน	เฉลี่ย	ผลประเมิน
1	ด้านการออกแบบ	4.16	มาก
2	ด้านการสร้าง เครื่อง	4.13	มาก
3	ด้านการใช้งาน	4.40	มาก
ค่าเฉลี่ย		4.16	มาก



6.3 ผลการทดสอบหาสมรรถนะการทำงานของเครื่องยoyo กิ่งไม้ ไบไม้

จากผลการทดสอบหาสมรรถนะในการยoyo กิ่งไม้ ไบไม้ ของเครื่องยoyo กิ่งไม้ เครื่องสามารถยoyo กิ่งไม้สดได้ 0.501 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง กิ่งไม้แห้งได้ 0.438 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง ไบไม้สดได้ 0.308 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง และไบไม้แห้งได้ 0.317 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง

ชนิดของกิ่งไม้-ไบไม้	ผลการทดลองเฉลี่ย (ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง)
กิ่งไม้สด	0.501
กิ่งไม้แห้ง	0.438
ไบไม้สด	0.308
ไบไม้แห้ง	0.317
ค่าเฉลี่ยของการยoyo กิ่งไม้ ไบไม้	0.391



7. สรุปผลการศึกษา

จากการดำเนินโครงการ เครื่องยoyo กิ่งไม้ ไบไม้ ตามวัตถุประสงค์ที่ได้ตั้งไว้นั้น สามารถสรุปผลได้ดังนี้

7.1 สรุปผลการศึกษาเครื่องยoyo กิ่งไม้ ไบไม้

ผลการศึกษาเครื่องยoyo กิ่งไม้ โดยผู้เชี่ยวชาญสรุปผล ได้ดังนี้

- 1) การประเมินด้านการออกแบบ ผลที่ได้เฉลี่ยเท่า 4.16 ซึ่งอยู่ในระดับ มาก ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.49
- 2) การประเมินด้านการสร้างเครื่อง ผลที่ได้เฉลี่ยเท่า 4.13 ซึ่งอยู่ในระดับ มาก ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.31
- 3) การประเมินด้านการใช้งาน ผลที่ได้เฉลี่ยเท่า 4.40 ซึ่งอยู่ในระดับมาก ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.47
- 4) การประเมินผลรวมเฉลี่ยเท่ากับ 4.16 ซึ่งอยู่ในระดับมาก ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.42

7.2 สรุปผลการศึกษา การทดสอบหา

สมรรถนะของเครื่องย้อยกิ้งไม้ ไบไม้

การทดสอบหาสมรรถนะของเครื่องย้อยกิ้งไม้ ไบไม้ เครื่องมีสมรรถนะในการย้อยกิ้งไม้ สดได้ 0.501 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง กิ้งไม้แห้งได้ 0.438 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง ไบไม้สดได้ 0.308 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ชั่วโมง ไบไม้แห้งได้ 0.317 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง และค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.391 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง

จากผลการประเมิน พบว่าค่าเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์ที่ได้กำหนดไว้ อยู่ในช่วง 3.50 -4.49 คือ 4.16 หมายถึง มาก ส่วนเบี่ยงเบน 0.42 ความคิดเห็นสอดคล้องกัน และการทดสอบหาสมรรถนะ พบว่า มีสมรรถนะสูงกว่าเกณฑ์ที่ 0.300 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง ดังนั้น โครงการนี้มีผลการประเมินและสมรรถนะสอดคล้องกับเกณฑ์ที่กำหนดไว้

8. อภิปรายผลการศึกษา

จากการทดสอบสมรรถนะของเครื่องย้อยกิ้งไม้ ไบไม้ เมื่อย้อยระหว่างกิ้งไม้กับไบไม้เครื่องใช้เวลาในการย้อยกิ้งไม้ได้เร็วกว่าการย้อยไบไม้ เพราะการย้อยกิ้งไม้เครื่องจะสับย้อยกิ้งไม้แล้วเศษที่ได้จะมีขนาดเล็กและผ่านลงรูตะแกรงเลย แต่การย้อยไบไม้เครื่องจะใช้เวลาในการสับย้อยนานกว่าเพื่อที่จะได้เศษของไบไม้แล้วค่อยผ่านรูตะแกรง ข้อแตกต่างระหว่างการย้อยกิ้งไม้สดและกิ้งไม้แห้งการย้อยกิ้งไม้สดจะได้ปริมาณที่มากกว่าและใช้เวลาน้อยกว่าการย้อยกิ้งไม้แห้ง เนื่องจากกิ้งไม้สดมีความชื้นทำให้เป็นสารหล่อลื่นในการสับย้อย แต่กิ้งไม้แห้งจะมีความชื้นในเนื้อไม้ น้อย มีความเหนียว ทำให้ใช้เวลาในการสับย้อยนานกว่ากิ้งไม้สด จากผลแสดงความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อเครื่องย้อยกิ้งไม้ ไบไม้ ส่วนใหญ่ให้ความคิดเห็นสอดคล้องกันว่าเครื่องย้อยกิ้งไม้ ไบไม้ที่สร้างขึ้น มีความสามารถในการย้อยได้จริง สามารถนำไปใช้งานได้ โดยเฉลี่ยแล้วผู้เชี่ยวชาญส่วนใหญ่มีความคิดเห็นต่อเครื่องย้อยกิ้งไม้ ไบไม้อยู่ในระดับมาก และมากที่สุด สมรรถนะตรงตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

9. ข้อเสนอแนะเพื่อศึกษาต่อไป

9.1 ควรติดตั้งระบบป้องกันไม้อัตโนมัติ โดยใช้สายพานลำเลียงช่วย

9.2 ในการดำเนินการสร้างเครื่องครั้งต่อไป ควรมีอุปกรณ์ช่วยลดการสั่นสะเทือนของเครื่อง

9.3 เพิ่มถาดรองรับวัสดุที่ผ่านเครื่องย้อยกิ้งไม้ ไบไม้ เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ได้ง่ายและสะดวก

9.4 เครื่องที่จะดำเนินการสร้างครั้งต่อไปให้มีความสามารถในการย้อยกิ้งไม้ที่มีขนาดความโตของกิ้งไม้มากกว่านี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] จารุวัฒน์ มงคลธนาพรรค, และวีระ สุขประเสริฐ, 2536 ,กลุ่มงานทดลองและพัฒนาเครื่องจักรกลเกษตร , กองเกษตรวิศวกรรมเขต 5 จังหวัดขอนแก่น.
- [2] จันทรา ประเสริฐสกุล , 2539, สถิติ 1, พิมพ์ครั้งที่ 1, สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลวิทยาเขตขอนแก่น.
- [3] ฉัตรชัย กองทอง, เลิศศักดิ์ เป้ากลางไพร, และศุภชัย บุบผาชาติ , 2553 , การออกแบบและสร้างเครื่องหยอดเมล็ดข้าวแบบ 6 แถว , โครงการทางเทคโนโลยีอุตสาหกรรม หลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- [4] ชนะ กลีภรณ์ , 2528 , ความแข็งแรงของวัสดุ , พิมพ์ครั้งที่ 9 โรงพิมพ์ชวนพิมพ์ .
- [5] ชลัท อูยถาวรยิ่ง , 2551 , ชิ้นส่วนเครื่องกล , พิมพ์ครั้งที่ 1 (ฉบับปรับปรุง) , สำนักพิมพ์เอนพันธ์ .
- [6] ณรงค์ โทณานนท์ , ศิริ เจือวิจิตรจันทร์, สุชาติ ไทยเพชร และศักดิ์พิชิต จุฑฤกษ์ , 2528 , ไม้เนื้อแข็งของประเทศไทย , เล่ม 1 , พิมพ์ครั้งที่ 2 , กองศึกษาผลิตผลป่าไม้ .

- [7] นพรุจน์ วงศ์ด้วง, ยุรนนท์ จันทะคุณ, และอนนต์
ลุนรินทร์ 2553, การสร้างเครื่องสับก้ามมะพร้าว ,
โครงการทางเทคโนโลยีอุตสาหกรรม หลักสูตร
เทคโนโลยีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยี
อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอม
เกล้าธนบุรี.
- [8] บรรเลง ศรีนิล , และกิตติ นิงสานนท์ , 2524 ,
การคำนวณและการออกแบบเครื่องกล ,
สำนักพิมพ์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
พระนครเหนือ.
- [9] บรรเลง ศรีนิล, และประเสริฐ ก้วยสมบูรณ์, 2524,
ตารางโลหะ , พิมพ์ครั้งที่ 1 ,โรงพิมพ์สถาบัน
เทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- [10] วรวิทย์ อึ้งภากรณ์, และชาญ ถนัดงาน , 2531 ,
การออกแบบเครื่องจักรกล,พิมพ์ครั้งที่ 7,ซีเอ็ค
ยูเคชั่น จำกัด.
- [11] สมฤกษ์ อินทร์เจริญ , 2546 , การสร้างเครื่องสับ
ต้นข้าวโพดอ่อน , สถาบันเทคโนโลยีพระจอม
เกล้าพระนครเหนือ.

การอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรโดยใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ Drying of Agricultural Products Using Heat Energy from Steam Boiler

ถาวร ราชรองเมือง¹ สุรศักดิ์ จิตประเสริฐ² ทวีวัฒน์ สุภารส³

^{1,2}แผนกวิชาช่างยนต์ สังกัด วิทยาลัยเทคนิคหนองคาย จังหวัดหนองคาย รหัสไปรษณีย์ 43000

³ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพฯ 10140

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร 2 ชนิด คือ กล้วยและพริกสด โดยใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ ระบบประกอบด้วยหม้อไอน้ำ 200 กิโลกรัม/ชั่วโมง ตู้อบแห้งขนาดความจุ 0.75 m³ ทำจากเหล็กสแตนเลสหุ้มฉนวนป้องกันความร้อนอย่างดี ติดตั้งเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนด้านล่าง ไอน้ำความดัน 0.5, 1.0 และ 2 บาร์ ไหลผ่านตู้อบแห้งเพื่อแลกเปลี่ยนความร้อนกับตัวอย่างทดลอง โดยการพาความร้อนแบบอิสระ และการพาความร้อนแบบบังคับ จากการทดลองพบว่าความดันหม้อไอน้ำที่เหมาะสมคือ 0.5 บาร์ สามารถสร้างอุณหภูมิภายในตู้อบแห้งชนิดการพาความร้อนแบบบังคับเฉลี่ย 68-72 °C ใช้เวลาอบแห้งเฉลี่ย 8 ชั่วโมง และความดัน 1.0 บาร์ สำหรับการพาความร้อนแบบอิสระ อุณหภูมิเฉลี่ย 65-70 °C ใช้เวลาในการอบแห้งเฉลี่ย 10 ชั่วโมง

คำสำคัญ : การอบแห้ง, ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร, ไอน้ำ, การพาความร้อนแบบบังคับ, การพาความร้อนแบบธรรมชาติ

Abstract

The paper presents the drying study of agricultural products using energy from steam. Two products of banana and chili The system consisted of boiler at 200 kg/hr of capacity and a stainless steel dryer (volume 0.75m³) with insulation system. Heat exchanger was installed at the bottom of dryer for circulated steam at 0.5, 1.0 and 2 bar of steam pressure. Heat exchanged between agricultural product and steam was by force convection and natural convection heat transfer. The results show that the optimized force convection process of 0.5 bar steam pressure and temperature of 68-72 °C for 8 hr drying time yielded the best result. For the natural convection process at pressure of 1.0 bar steam pressure and dryer chamber temperature about 65-70 °C for 10 hr drying time.

Keyword: Drying, Agricultural product, Steam, Force Convection, Natural Convection

1. บทนำ

ในปัจจุบันการถนอมอาหารหรือผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร ด้วยวิธีการตากแห้งหรืออบแห้งเป็นกรรมวิธีที่ทำกันแพร่หลายเพื่อเป็นการถนอมอาหาร และแปรรูปผลิตภัณฑ์ให้มีการเก็บรักษาไว้ให้ยาวนานขึ้น หรือเป็นการแปรรูปผลิตผลทางการเกษตรในช่วงที่ราคาตกต่ำเก็บไว้ในรูปของการอบแห้ง หรือเก็บรักษาสีและรสชาติเอาไว้ขายในช่วงที่ราคาสูงซึ่งเป็นการเพิ่มรายได้ให้เกษตรกรให้สูงขึ้น การเลือกวิธีการถนอมอาหารด้วยวิธีการตากแดดเป็นวิธีหนึ่งซึ่งช่วยลดต้นทุนการผลิตพลังงานแสงอาทิตย์ในบ้านเรามีมากมายและมีความร้อนที่เพียงพอต่อการทำให้แห้ง แต่ก็มีจำกัดในบางช่วงเวลา เช่น ตอนกลางคืน และช่วงฝนตกต้องฟ้าปิดจะเป็นอุปสรรคในการตากแห้งที่ไม่ต่อเนื่อง การใช้พลังงานความร้อนจากแหล่งอื่นจึงเป็นทางเลือกใหม่เพื่อจะเพิ่มประสิทธิภาพต่อการอบแห้ง เช่น พลังงานความร้อนจากเชื้อเพลิงอื่น ๆ พลังงานความร้อนจากไฟฟ้า พลังงานความร้อนจากไอน้ำ ซึ่งสามารถให้ความร้อนได้ตลอดเวลาและต่อเนื่อง

การนำความร้อนจากพลังงานไอน้ำโดยใช้น้ำมันดีเซล หรือน้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงในการเผาไหม้ให้ความร้อนแก่ม้อไอน้ำ แล้วนำความร้อนที่ได้จากไอน้ำไหลผ่านชุดแลกเปลี่ยนความร้อนภายในตู้อบเพื่ออบแห้งผลิตภัณฑ์อาหาร และใช้เวลาในการอบแห้งผลิตภัณฑ์อาหารที่สั้นกว่าการอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งต้นทุนในการผลิตไอน้ำที่ความดัน 0.5 บาร์ จะให้ความร้อนภายในตู้อบอยู่ที่ 50-75 °C สิ้นเปลืองน้ำมันดีเซลชั่วโมงละ 0.49 ลิตร การผลิตไอน้ำที่ความดัน 1 บาร์ จะให้ความร้อนภายในตู้อบอยู่ที่ 60-80 °C สิ้นเปลืองน้ำมันดีเซลชั่วโมงละ 0.57 ลิตร ค่าไฟฟ้าจากพัดลมเป่าลมร้อนภายในตู้ชั่วโมงละ 1 หน่วย และในการผลิตไอน้ำที่ความดัน 2 บาร์ จะให้ความร้อนภายในตู้อบอยู่ที่ 70-95 °C สิ้นเปลืองน้ำมันดีเซลชั่วโมงละ

0.83 ลิตร ค่าไฟฟ้าจากพัดลมเป่าลมร้อนภายในตู้อบชั่วโมงละ 1 หน่วย

R.G.Moreira ได้ศึกษาแบบจำลองการอบแห้งอาหาร เพื่อเปรียบเทียบสมการการเปลี่ยนแปลงพลังงาน มวล และโมเมนต์ ของกระบวนการอบแห้งโดยอาศัยหลักการถ่ายเทความร้อนและมวล พบว่าการเปลี่ยนแปลงพลังงาน มวล และโมเมนต์เป็นฟังก์ชันกับอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ที่นำมาอบแห้ง

Shrikant Baslingapa et al ได้ศึกษาคุณลักษณะคุณภาพและการพาความร้อนของอากาศร้อนในการอบแห้ง โดยการใช้อุณหภูมิ 30 ,50 และ 70 °C อากาศมีความเร็ว 0.6, 1.0 และ 1.4 m/s โดยความสัมพันธ์ของความเร็วอากาศและอุณหภูมิอากาศ พิจารณาจากสมการ Arrhenius ($r=0.995$) พบว่าช่วงเหมาะสมของอุณหภูมิสำหรับการอบแห้ง คือ 59 - 63 °C ที่ความเร็วอากาศ 0.9 – 1.05 m/s

งานวิจัยนี้เป็นการทดลองเพื่อศึกษาพารามิเตอร์ที่มีผลต่อการอบแห้งผลิตภัณฑ์ด้วยไอน้ำ โดยใช้หลักการถ่ายเทความร้อน แบบการพาความร้อนแบบอิสระและการพาความร้อนแบบบังคับ

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 เพื่อศึกษาออกแบบสร้าง และทดสอบตู้อบแห้งแบบการถ่ายเทความร้อนโดยการพา แบบบังคับ (Forced Convection) และการพาความร้อนแบบธรรมชาติ (Natural or Free Convection) โดยใช้ไอน้ำจากหม้อไอน้ำขนาด 200 กิโลกรัม/ชั่วโมง

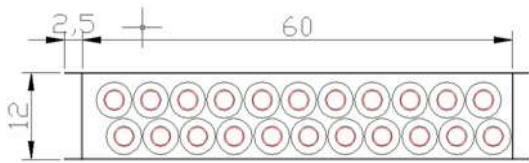
2.2 เพื่อวิเคราะห์หาประสิทธิภาพ ของตู้อบแห้ง พลังงานไอน้ำที่ใช้อบแห้งด้วยวิธีการพาความร้อนแบบธรรมชาติ และการพาความร้อนแบบบังคับ

2.3 ศึกษาสมรรถนะของตู้อบแห้งและขบวนการอบแห้ง ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร 2 ชนิด คือ กลัวยและพริกสด ที่ผ่านการอบแห้งเพื่อไล่ความชื้นด้วยพลังงาน

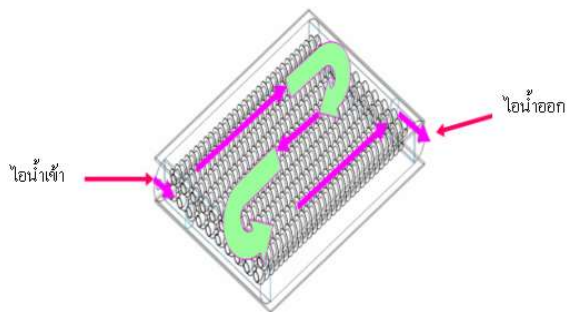
รูปที่ 3 ตู้อบแห้งที่ได้สร้างจากออกแบบ

3.2 ชุดแลกเปลี่ยนความร้อน

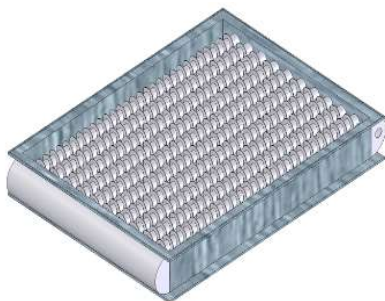
เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนขนาดพื้นที่ $0.6 \text{ m} \times 0.8 \text{ m}$ (0.48 m^2) ทำจากท่อสแตนเลส ขนาด 1 นิ้ว จำนวน 22 ท่อ ติดครีบบางเกลียวและจัดวางท่อเป็น 2 แถว แบบเลื่อมท่อประกอบเป็นชุดแลกเปลี่ยนความร้อน



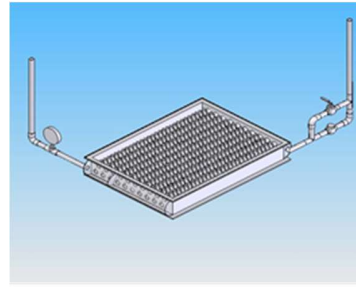
รูปที่ 4 ก) จำนวนท่อติดครีบบางและการจัดวางของท่อในชุดแลกเปลี่ยนความร้อน



รูปที่ 4 ข) แสดงทิศทางการไหลของไอน้ำผ่านท่อชุดแลกเปลี่ยนความร้อน



รูปที่ 5 ก) แผงแลกเปลี่ยนความร้อน (Heat Exchangers)

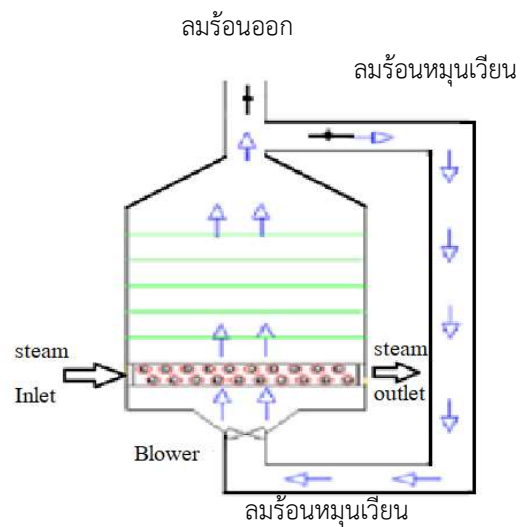


รูปที่ 5 ข) แผงแลกเปลี่ยนความร้อน (Heat Exchangers)

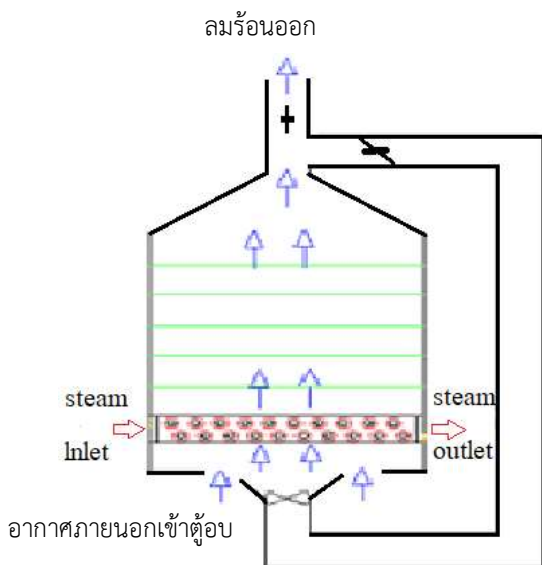


รูปที่ 6 แผงแลกเปลี่ยนความร้อนได้จากการออกแบบสร้าง (Heat Exchangers)

3.3 การควบคุมการไหลของอากาศภายในตู้อบแห้ง



รูปที่ 7 ก) ทิศทางการพาความร้อนแบบบังคับ



รูปที่ 7 ข) ทิศทางการพาความร้อนแบบธรรมชาติ

จากรูปที่ 7 ก) การอบแห้งโดยการพาความร้อนแบบบังคับ (Forced Convection) ใช้พัดลมช่วยในการพาความร้อนภายในเครื่องอบแห้ง โดยมีการออกแบบให้มีความสามารถในการกำหนดทิศทางและอัตราการไหลของอากาศในเครื่องอบแห้งได้ เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้ง และรูปที่ 7 ข) คือ การอบแห้งโดยการพาความร้อนแบบธรรมชาติ (Natural Convection) เป็นเครื่องอบแห้งที่ไม่มีการใช้พัดลมเพื่อการระบายอากาศ การระบายอากาศภายในเครื่องอบแห้ง จะอาศัยหลักการของความหนาแน่นของอากาศ โดยอากาศร้อนภายในเครื่องอบแห้งจะลอยตัวสูงขึ้น และถูกแทนที่ด้วยเย็นภายนอกเครื่องอบแห้ง

3.4 หลักการทำงานของเครื่องอบแห้ง

ตู้อบแห้งใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำโดยมีระบบผลิตไอน้ำประกอบด้วยหม้อไอน้ำขนาดกำลังผลิตไอน้ำที่ 200 กิโลกรัม/ชั่วโมง ตู้อบแห้งขนาดความจุ 0.75 m^3 ทำจากเหล็กสเตนเลส ทุ้มฉนวนเพื่อป้องกันการสูญเสียความร้อนอย่างดี และติดตั้งอุปกรณ์

แลกเปลี่ยนความร้อนขนาดความกว้าง $0.60 \text{ m} \times 0.80 \text{ m}$ ซึ่งมีขนาดท่อแลกเปลี่ยนความร้อนทำจากท่อสเตนเลสเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.54 cm ติดครีบท่อแบบเกลียว ซึ่งจะจัดวางท่อเป็น 2 แถว แบบเลื่อมท่อไว้ด้านล่างของตู้อบ โดยให้ไอน้ำร้อนจากระบบผลิตไอน้ำ ไหลผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนภายในตู้อบแห้ง เพื่อแลกเปลี่ยนความร้อนกับอากาศ อุณหภูมิของอากาศที่ไหลผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนภายในตู้อบแห้ง จะมีอุณหภูมิสูงขึ้น หลังจากนั้นอากาศร้อนจะไหลผ่านผลิตภัณฑ์ที่นำมาอบแห้ง ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่นำมาอบแห้งถูกระเหยน้ำออกด้วยความร้อนจากอากาศร้อนและความชื้นของผลิตภัณฑ์ลดลงในที่สุด อากาศที่ไหลผ่านผลิตภัณฑ์แล้วจะถ่ายเทมวลน้ำที่ระเหยออกไปด้วยและไหลออกสู่ช่องระบายอากาศทิ้ง ในกรณีที่ไม่ต้องการนำอากาศที่ใช้แล้วกลับมาใช้ใหม่ หรือเรียกว่าขบวนการอบแห้งโดยการพาความร้อนแบบอิสระ แต่ถ้าในกรณีที่ต้องการนำอากาศร้อนไหลผ่านผลิตภัณฑ์ไปแล้ว ซึ่งยังมีความร้อนสูงพอที่จะนำกลับมาใช้ใหม่ เพื่อเป็นการประหยัดพลังงานและทำให้การอบแห้งมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น สามารถทำได้โดยปรับลดขนาดของช่องระบายอากาศทิ้ง และปรับลดขนาดช่องดูดของอากาศที่จะเข้าพัดลม (Blower) อากาศที่ใช้แล้วจะถูกดูดโดยพัดลมผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (Reheat) ทำให้อุณหภูมิของอากาศที่นำกลับมาใช้ใหม่มีอุณหภูมิสูงขึ้น และถูกนำไปใช้อบแห้งอีกครั้งโดยผสมกับอากาศจากภายนอกที่บริเวณทางเข้าของพัดลมดูดอากาศ โดยขบวนการอบแห้งด้วยการพาความร้อนแบบบังคับ และไอน้ำที่ไหลผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนจะถูกควบคุมด้วยวาล์วชนิดพิเศษ สตรีมแทรป (Steam Trap) ซึ่งจะทำให้เกิด กลั่นตัวของไอน้ำเป็นคอนเดนเสท ไหลกลับคืนสู่ถังพักน้ำซึ่งจะเป็นการเพิ่มอุณหภูมิของน้ำป้อนให้สูงขึ้น เพื่อช่วยให้กระบวนการแลกเปลี่ยน

ความร้อนของระบบไอน้ำมีประสิทธิภาพสูงสุด และยังช่วยลดต้นทุนการผลิตของระบบไอน้ำ

3.5 วิธีการทดลอง

3.5.1 คัดเลือกกล้วยน้ำว้าสุกอมซึ่งสังเกตได้จากสีเหลืองจัดของเปลือกกล้วยไม่มีจุดดำและมีกลิ่นหอมนำมาล้างหรือฉีดด้วยน้ำทำความสะอาดทั้งไว้ให้แห้งแล้วปอกเปลือกและดึงเส้นใยออกให้หมด



รูปที่ 8 ก) ล้างทำความสะอาดกล้วย ข) ปอกเปลือกและดึงเส้นใยกล้วย

3.5.2 ชั่งน้ำหนักกล้วยน้ำว้าก่อนอบแห้งด้วยเครื่องชั่งละเอียด ลำเลียงเข้าตู้เพื่อทำการอบแห้ง



รูปที่ 9 ก) ชั่งน้ำหนักกล้วยก่อนอบ ข) ลำเลียงกล้วยเข้าตู้

3.5.3 ทำการสตาร์ทเดินเครื่องระบบผลิตไอน้ำ แล้วปรับตั้งระดับแรงดันของหม้อไอน้ำ ที่ 1 บาร์ และ 2 บาร์ สำหรับการอบกล้วย และปรับตั้งระดับแรงดันของหม้อไอน้ำที่ 0.5 บาร์ และ 1 บาร์ สำหรับ การอบพริก พร้อมทั้งทำการบันทึกค่าอัตราการไหลของน้ำป้อนเข้าสู่หม้อไอน้ำ และอัตราการสิ้น เปลืองของน้ำมันเชื้อเพลิง

3.5.4 ทำการเปิดวาล์วควบคุมให้ไอน้ำไหลผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่อยู่ภายในตู้อบแห้ง

3.5.5 ทำการอบแห้งกล้วยที่เติมความจุ 50 กิโลกรัม และพริกชี้ฟ้า 25 กิโลกรัม ด้วยกระบวนการอบแห้งแบบการพาความร้อนแบบอิสระ และกระบวนการอบแห้งแบบการพาความร้อนแบบบังคับที่มีอัตรา การไหลเวียนกลับของอากาศ 90 %

3.5.6 ขณะทำการอบแห้งทำการบันทึกค่าต่างๆ ตามที่ต้องการ

3.5.7 เก็บผลิตภัณฑ์อบแห้งมาชั่งน้ำหนัก ในขณะที่ทำการอบแห้งในทุกๆ 1 ชั่วโมง แล้วบันทึกข้อมูลและทำการสลับสภาพผลิตภัณฑ์ทุก ๆ 1 ชั่วโมง



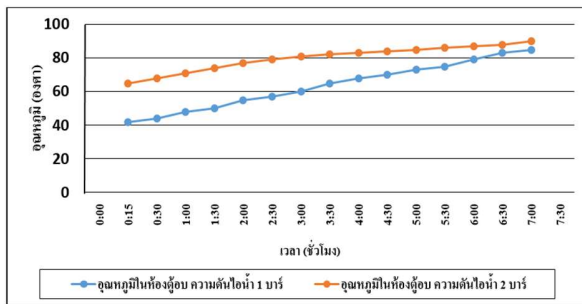
รูปที่ 10 ก) สุ่มกล้วยชั่งน้ำหนักกล้วย ข) ชั่งน้ำหนักกล้วย

3.5.8 เปรียบเทียบผลิตภัณฑ์อบแห้งระหว่างกระบวนการอบแห้งโดยการพาความร้อนแบบอิสระ และการอบแห้งโดยการพาความร้อนแบบบังคับ

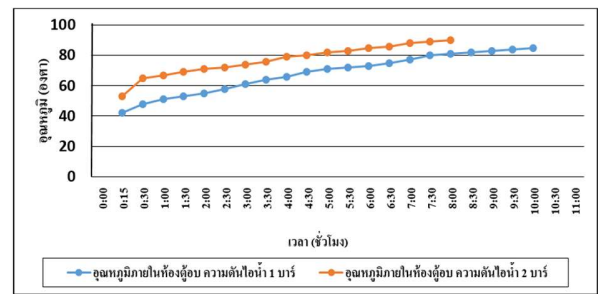
3.5.9 ทดลองไปจนกระทั่งได้ปริมาณความชื้นของกล้วยตรงกับค่าที่ต้องการ (50% dry basis)

4. ผลการวิจัย และวิจารณ์

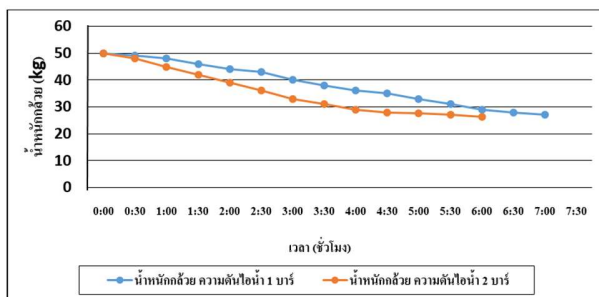
ผลการทดลองอบแห้งกล้วยน้ำว้า โดยใช้วิธีการอบแห้งด้วยการพาความร้อนแบบบังคับที่ระดับแรงดันไอน้ำที่ 1 บาร์ และ 2 บาร์ ซึ่งใช้พัดลมเป่าอากาศไปแลกเปลี่ยนความร้อนกับชุดแลกเปลี่ยนความร้อนเพื่อให้อุณหภูมิสูงขึ้นแล้วส่งผ่านถาดอบกล้วย อากาศยังมีความร้อนเหลืออยู่ถูกนำกลับมาใช้ใหม่เพื่อลดการใช้พลังงานไอน้ำของระบบแล้วทำการสลับถาดทุก ๆ 2 ชั่วโมง เพื่อให้กล้วยในตู้อบแห้งมีความสม่ำเสมอ



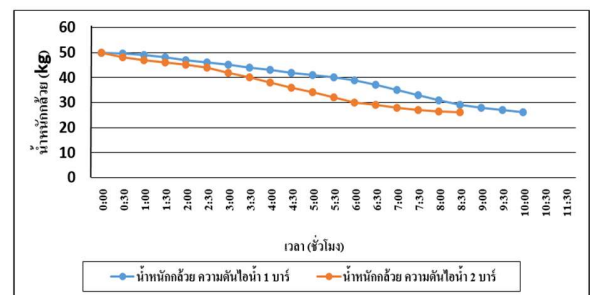
รูปที่ 11 ก) อุณหภูมิอบกล้วยที่ความดันไอน้ำ 1 bar และ 2 bar



รูปที่ 12 ก) อุณหภูมิอบกล้วยที่ความดันไอน้ำ 1 bar และ 2 bar



รูปที่ 11 ข) น้ำหนักกล้วยที่ความดันไอน้ำ 1 bar และ 2 bar



รูปที่ 12 ข) น้ำหนักกล้วยที่ความดันไอน้ำ 1 bar และ 2 bar

รูปที่ 11 ก) และ ข) กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิและน้ำหนักภายในตู้อบกล้วย ที่ความดันไอน้ำ 1 bar และ 2 bar เวลาการอบกล้วยน้ำว่าโดยการพาความร้อนแบบบังคับ

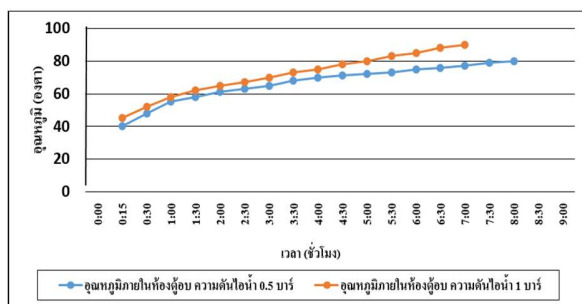
จากรูปที่ 11 ก) และ ข) พบว่า การอบกล้วยน้ำว่าโดยการพาความร้อนแบบบังคับที่ความดันไอน้ำที่ 1 บาร์ มีอุณหภูมิภายในตู้อบเฉลี่ยอยู่ที่ 70 – 75 °C ใช้เวลาในการอบ 7 ชั่วโมง และสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง 4.03 ลิตร และการอบกล้วยน้ำว่าที่ความดันไอน้ำที่ 2 บาร์ มีอุณหภูมิภายในตู้อบเฉลี่ยอยู่ที่ 75–80 °C ใช้เวลาในการอบ 6 ชั่วโมง และสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง 4.26 ลิตร

รูปที่ 12 ก) และ ข) กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิและน้ำหนักภายในตู้อบกล้วย ที่ความดันไอน้ำ 1 bar และ 2 bar เวลาการอบกล้วยน้ำว่าโดยการพาความร้อนแบบธรรมชาติ

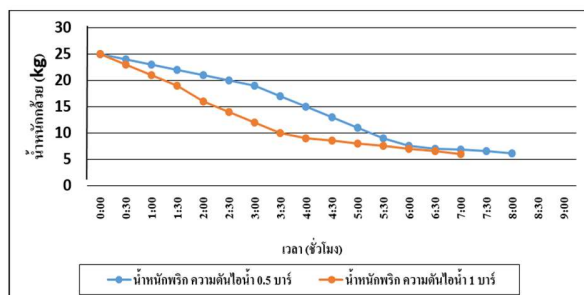
จากรูปที่ 12 ก) และ ข) พบว่า การอบกล้วยน้ำว่าโดยการพาความร้อนแบบธรรมชาติที่แรงดันไอน้ำ 1 บาร์ อุณหภูมิเฉลี่ยภายในตู้อบอยู่ที่ 65–70 °C ใช้เวลาในการอบแห้ง 10 ชั่วโมง สิ้นเปลืองเชื้อเพลิง 5.4 ลิตร และการอบกล้วยน้ำว่าที่ ความดันไอน้ำที่ 2 บาร์ มีอุณหภูมิภายในตู้อบเฉลี่ยอยู่ที่ 75–78 °C ใช้เวลาในการอบกล้วย 8 ชั่วโมง และสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง 7.08 ลิตร จากรูปที่ 11 และรูปที่ 12 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิ และน้ำหนักภายในตู้อบกล้วย ที่ความดันไอน้ำ 1 bar และ 2 bar จะเห็นได้ว่าการอบกล้วยด้วยวิธีการพาความร้อนแบบ

บังคับ (Forced Convection) จะใช้ระยะเวลาในการอบกล้วยที่สั้นกว่า การอบกล้วยน้ำว้าโดยการพาความร้อนแบบธรรมชาติ (Natural Convection) และยังช่วยประหยัดเชื้อเพลิงซึ่งเป็นการลดต้นทุนในการผลิตอีกด้วย

ผลการทดลองอบแห้งพริกชี้ฟ้า โดยใช้วิธีการอบแห้งด้วยการพาความร้อนแบบบังคับที่ระดับแรงดันไอน้ำที่ 0.5 บาร์ และ 1 บาร์ ซึ่งใช้พัดลมเป่าอากาศไปแลกเปลี่ยนความร้อนกับชุดแลกเปลี่ยนความร้อนเพื่อให้อุณหภูมิสูงขึ้นแล้วส่งผ่านถาดอบพริกอากาศยังมีความร้อนเหลืออยู่ถูกนำกลับมาใช้ใหม่ เพื่อลดปริมาณการใช้พลังงานไอน้ำของระบบ ทำการสลับถาดทุก ๆ 2 ชั่วโมง เพื่อให้พริกในตู้อบแห้งมีความสม่ำเสมอ



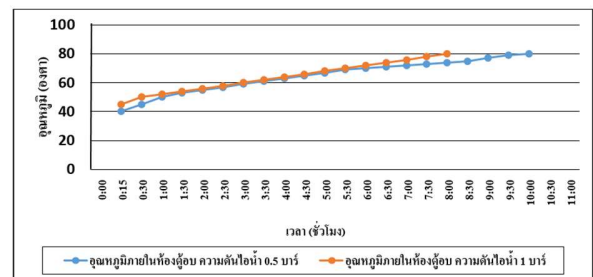
รูปที่ 13 ก) อุณหภูมิอบพริกที่ความดันไอน้ำ 0.5 bar และ 1 bar



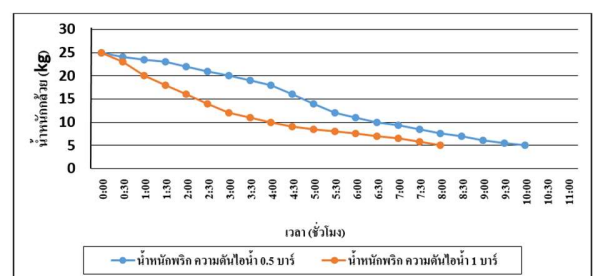
รูปที่ 13 ข) น้ำหนักอบพริกที่ความดันไอน้ำ 0.5 bar และ 1 bar

รูปที่ 13 ก) และ ข) กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิและน้ำหนักภายในตู้อบพริก ที่ความดันไอน้ำ น้ำ 0.5 bar และ 1 bar เวลาการอบพริกชี้ฟ้าโดยการพาความร้อนแบบบังคับ

จากรูปที่ 13 พบว่า การอบพริกชี้ฟ้าโดยการพาความร้อนแบบบังคับที่ความดันไอน้ำที่ 0.5 บาร์ มีอุณหภูมิภายในตู้อบเฉลี่ยอยู่ที่ 68 – 72 °C ใช้เวลาในการอบ 8 ชั่วโมง และสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง 4.98 ลิตร และการอบพริกชี้ฟ้า ที่ความดันไอน้ำที่ 1 บาร์ มีอุณหภูมิภายในตู้อบเฉลี่ยอยู่ที่ 70–75 °C ใช้เวลาในการอบ 7 ชั่วโมง และสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง 3.66 ลิตร



รูปที่ 14 ก) อุณหภูมิอบพริกที่ความดันไอน้ำ 0.5 bar และ 1 bar



รูปที่ 14 ข) น้ำหนักอบพริกที่ความดันไอน้ำ 0.5 bar และ 1 bar

รูปที่ 14 ก) และ ข) กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิและน้ำหนักภายในตู้อบพริก ที่ความดันไอน้ำ น้ำ 0.5 bar และ 1 bar เวลาการอบพริกชี้ฟ้าโดยการพาความร้อนแบบธรรมชาติ

จากรูปที่ 14 พบว่า การอบพริกชี้ฟ้าโดยการพาความร้อนแบบธรรมชาติที่แรงดันไอน้ำ 0.5 บาร์ อุณหภูมิเฉลี่ยภายในตู้อยู่ที่ 60–65 °C ใช้เวลาในการอบแห้ง 10 ชั่วโมง สิ้นเปลืองเชื้อเพลิง 5.68 ลิตร และการอบพริกชี้ฟ้าที่ ความดันไอน้ำที่ 1 บาร์ มีอุณหภูมิภายในตู้อยู่ที่ 65–70 °C ใช้เวลาในการอบพริก 8 ชั่วโมง และสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง 5.8 ลิตร จากรูปที่ 13 และ รูปที่ 14 เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักเทียบกับเวลาการอบพริกชี้ฟ้า จะเห็นได้ว่าการอบพริกชี้ฟ้าด้วยวิธีการพาความร้อนแบบบังคับ (Forced Convection) จะใช้ระยะเวลาในการอบพริกชี้ฟ้าที่สั้นกว่าการอบพริกชี้ฟ้าโดยการพาความร้อนแบบธรรมชาติ (Natural Convection) และยังช่วยประหยัดเชื้อเพลิงซึ่งเป็นการลดต้นทุนในการผลิตอีกด้วย

5. สรุปผลการวิจัย

จากการทดลองการอบแห้งโดยการพาความร้อนแบบบังคับ ซึ่งใช้พัดลมช่วยในการพาความร้อนในเครื่องอบแห้งไหลผ่านผลิตภัณฑ์อบแห้ง แล้วนำอากาศร้อนกลับมาอบแห้งอีกครั้ง เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการอบแห้งให้สูงขึ้น และทำให้ความชื้นในผลิตภัณฑ์ที่อบแห้งระเหยได้เร็วขึ้น ซึ่งจะใช้เวลาในการอบแห้งน้อยกว่าการอบแห้งแบบพาความร้อนแบบธรรมชาติที่อาศัยหลักการของความหนาแน่นของอากาศ โดยปล่อยให้อากาศร้อนภายในเครื่องอบแห้งลอยตัวสูงขึ้น ซึ่งจะช่วยลดต้นทุนค่าเชื้อเพลิงในการอบแห้งผลิตภัณฑ์ ดังนั้นการอบแห้งจึงจำเป็นต้องเลือกปรับแรงดันไอน้ำ และอุณหภูมิในการอบที่เหมาะสม เช่น การอบกล้วยน้ำว้าใช้แรงดันไอน้ำที่ 1 บาร์ อุณหภูมิภายในตู้อยู่ที่ 70–75 °C และพริกชี้ฟ้าที่แรงดันไอน้ำที่ 0.5 บาร์ อุณหภูมิภายในตู้อยู่ที่ 68–72 °C จะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพ และตรงกับความต้องการของตลาด

6. พฤติกรรมการอบแห้งผลิตภัณฑ์



รูปที่ 15 ก) อบกล้วยที่ความดันไอน้ำ P = 1 bar



รูปที่ 15 ข) อบกล้วย ที่ความดันไอน้ำ P = 2 bar



รูปที่ 15 ค) อบพริกที่ความดันไอน้ำ P = 0.5 bar



รูปที่ 15 ง) อบพริกที่ความดันไอน้ำ P = 1 bar

จากรูปที่ 15 ก) เป็นการอบแห้งกล้วยน้ำว้าที่แรงดันไอน้ำ 1 บาร์ อุณหภูมิภายในตู้อบแห้ง 65-70 และน้ำหนักกล้วยที่ใช้ในการอบแห้งจำนวน 50 กิโลกรัม หลังอบแห้งจะเหลือ 26.85 กิโลกรัม คิดเป็น มาตรฐานแห้ง (Md) 86.2 % ลักษณะของสีผิวของกล้วยน้ำว้า หลังอบแห้งจะออกสีเหลืองเหมาะสมกับความต้องการของตลาด รูปที่ 15 ข) เป็นการอบแห้งกล้วยน้ำว้าที่แรงดันไอน้ำ 2 บาร์ อุณหภูมิภายในตู้อบแห้ง 75-78 °C เป็นสภาวะอุณหภูมิในการอบแห้งกล้วยน้ำว้าที่สูงมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์ที่อยู่ชั้นล่างของตู้อบแห้งอยู่ใกล้กับชุดแลกเปลี่ยนความร้อน จะได้รับความร้อนสูงมากเกินไป เป็นผลทำให้กล้วยน้ำว้าหลังอบแห้งจะมีลักษณะของสีออกแดงเข้มและแห้งเกินไปไม่เหมาะสมกับความต้องการของตลาด รูปที่ 15 ค) เป็นการอบแห้งพริกชี้ฟ้าที่แรงดันไอน้ำ 1 บาร์ อุณหภูมิภายในตู้อบแห้ง 68-72 °C และน้ำหนักพริกชี้ฟ้าที่ใช้ในการอบแห้งจำนวน 25 กิโลกรัม หลังอบแห้งจะเหลือ 6.54 กิโลกรัม คิดเป็นมาตรฐานแห้ง (Md) 282.09 % ลักษณะของสีผิวของพริกหลังอบแห้งจะออกสีแดง คงสภาพสีเหมือนเดิมเหมาะสมกับความต้องการของตลาด รูปที่ 15 ง) เป็นการอบแห้งพริกชี้ฟ้าที่แรงดันไอน้ำ 2 บาร์ อุณหภูมิภายในตู้อบแห้ง 70-75 °C เป็นสภาวะอุณหภูมิในการอบแห้งพริกชี้ฟ้าที่สูง ส่งผลทำให้ผลิตภัณฑ์พริกที่อยู่ชั้นล่างของตู้อบแห้งจะมีลักษณะของสีพริกออกแดงคล้ำไม่สวยและแห้งกรอบเกินไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณแผนกวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยเทคนิคหนองคาย ที่ให้การสนับสนุน หม้อไอน้ำ และสถานที่ ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือวัด

และนายชัชวาล ปานสอน ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการรวบรวมข้อมูล

เอกสารอ้างอิง

- [1] R.G Moreieng ,” Modeling of Drying Process of Food ”, USDA. NC 136 Regional Project Modeling Sumwavis,1997.
Shikant Baslingappa Swami, S.K.Das,
- [2] B.maiti, “ Convection hot air drying and quality Characteristics of boris “Journal of food Engineering, Vol, 79, 2007, pp.225-233.
- [3] สุเมธ รุจินินนาท, สมชาติ โสภณธฤทธิ์ และ สมเกียรติ ปรัชญาวรรการ, 2545, "การปรับปรุงลักษณะการไหลของอากาศในเครื่องอบแห้งแบบตู้". การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 3, 23-24 พฤษภาคม, โรงแรมอิมพีเรียลแม่ปิง, จ.เชียงใหม่, หน้า 42-48.
- [4] จินดาพร จำรัสเลิศลักษณ์, อติศักดิ์ นาถกรณกุล, สมชาติ โสภณธฤทธิ์ และสมเกียรติ ปรัชญาวรรการ, 2546, "การศึกษาเปรียบเทียบการอบทุเรียนด้วยอากาศร้อนและไอน้ำร้อนยวดยิ่ง", การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 4, 13-14 มีนาคม, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, หน้า 213-221.

การใช้เถ้าแกลบแทนที่ทรายบางส่วนในคอนกรีตมวลเบา USE OF RICE HUSK ASH AS PARTIAL SAND REPLACEMENT IN LIGHTWEIGHT CONCRETE

พัชร อ่อนพรม

สาขาวิชาเทคโนโลยีก่อสร้าง วิทยาลัยเทคนิคหนองคาย สถาบันการอาชีวศึกษาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 1 หนองคาย 43000

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาคอนกรีตมวลเบาที่ใช้เถ้าแกลบแทนที่ทรายบางส่วน โดยประยุกต์จากกระบวนการผลิตแบบโฟมคอนกรีตกับแบบมวลรวมเบา โดยใช้อัตราส่วนผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1 ต่อทรายในอัตราส่วน 1:1 โดยน้ำหนัก ใช้ปริมาณโฟมในอัตราส่วนร้อยละ 50 โดยปริมาตร ใช้เถ้าแกลบแทนที่ทรายในอัตราส่วนร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40 โดยปริมาตรของทราย ทำการควบคุมค่าการไหลให้อยู่ระหว่างร้อยละ $45 \pm 5\%$ ทำการทดสอบกำลังรับแรงอัด ความหนาแน่น และอัตราการดูดซึมน้ำ ที่อายุ 7, 14, และ 28 วัน แล้วนำผลการทดสอบไปสร้างแบบจำลองโดยใช้สมการถดถอยแบบเชิงเส้นและแบบไม่เชิงเส้น และตรวจสอบความแม่นยำของแบบจำลองโดยคำนวณผ่านค่าสัมประสิทธิ์ของการทำนาย (R^2) ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกำลังสอง (RMS) และร้อยละความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสมบูรณ์ (MAPE) นอกจากนี้ทำการวิเคราะห์ลักษณะอนุภาคของคอนกรีตมวลเบาโดยการถ่ายภาพขยายกำลังสูงด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด (SEM) และการวิเคราะห์หองค์ประกอบทางเคมีด้วยรังสีเอกซ์ด้วยเทคนิค EDS จากผลการทดลองพบว่า การใช้เถ้าแกลบเป็นมวลรวมละเอียดทำให้คอนกรีตมวลเบาใช้น้ำหนักน้อยลง โดยอัตราส่วนที่เหมาะสมในการใช้เถ้าแกลบแทนที่ทราย คือ ปริมาตรร้อยละ 20 โดยปริมาตร ซึ่งให้กำลังรับแรงอัด ความหนาแน่น และอัตราการดูดซึมน้ำ ที่อายุ 28 วัน เท่ากับ

22 กก./ซม.² 954 กก./ม.³ และร้อยละ 28 ตามลำดับ นอกจากนี้ อนุภาคและองค์ประกอบทางเคมีของคอนกรีตมวลเบาที่ใช้เถ้าแกลบแทนที่ทรายไม่มีผลกระทบต่อฟองอากาศและไม่มีการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมี สามารถสรุปได้ว่า เถ้าแกลบสามารถใช้แทนที่ทรายในปริมาณที่เหมาะสมในคอนกรีตมวลเบาได้

แบบจำลองการถดถอยพหุคูณแบบไม่เชิงเส้นให้ความเที่ยงตรงและแม่นยำมากกว่าการถดถอยพหุคูณแบบเชิงเส้น ซึ่งให้ค่า R^2 ของกำลังรับแรงอัด อัตราการดูดซึมน้ำและความหนาแน่นของคอนกรีตมวลเบาผสมเถ้าแกลบ เท่ากับ 0.978, 0.966 และ 0.987 ตามลำดับ อีกทั้งมีค่าความแปรปรวนระหว่างข้อมูลแต่ละชุดต่ำกว่าคือ RMS และ MAPE ต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับแบบจำลองการถดถอยพหุคูณแบบเชิงเส้น

คำสำคัญ : คอนกรีตมวลเบา เถ้าแกลบ และกำลังรับแรงอัด

Abstract

This paper presents a study of lightweight concrete using rice husk ash as partial sand replacement which applies from foam concrete and lightweight aggregate. Lightweight concrete made from Portland cement and sand at a 1:1 ratio by weight and 50% by volume of foam. Rice husk ash was used to replace sand at 0, 10,

20, 30 and 40 by volume of sand. Flows of all mixtures were controlled between $45 \pm 5\%$. Compressive strength density and water absorption of lightweight concrete were determined at 7, 14, and 28 days. After that, the result were gathered for a mathematical model by using linear and nonlinear multiple regression techniques. Coefficient of determination (R^2), root mean square (RMS) and mean absolute percentage error (MAPE) were analyzed to verify the accuracy of models. Furthermore, the scanning electron microscope (SEM) and energy dispersive x-ray spectrometry EDS were analyzed the particle characteristics of lightweight concrete. The results revealed that the use of rice husk ash as a fine aggregate in lightweight concrete caused to the decreasing of the weight. The optimum mixed ratio of rice husk ash as sand was 20% by volume which gave compressive strength density and water absorption at 28 days of 22 kg/cm^2 , 954 kg/m^3 , and 28% respectively. In addition, the morphology particles and the chemical compositions of lightweight concrete shows that the used rice husk ash to replace sand did not have effect on artificial air pores and it does not have change the chemical composition of lightweight concrete. It can be concluded that the rice husk ash could be used as sand with optimum content for lightweight concrete.

The non-linear regression models had more accurate and precise prediction than linear technique. The coefficient of determination (R^2)

of compressive strength, water absorption and density of lightweight concrete containing rice husk ash were provided at 0.978, 0.966 and 0.987 respectively. In addition, the variation between database sets, the root mean square (RMS) and mean absolute percentage error (MAPE) were lower as compared to linear regression technique.

Keywords : Lightweight concrete, Rice husk ash, Compressive strength.

1. บทนำ

คอนกรีตมวลเบาคือ ซีเมนต์เพสต์หรือมอร์ตาร์ ชนิดหนึ่งที่ประกอบด้วยฟองอากาศขนาดเล็ก (Air bubble) ที่ไม่ต่อเนื่องกัน (Disconnection) ผสมอยู่ในอัตราส่วนผสมเพื่อให้มีน้ำหนักเบาและมีคุณสมบัติเป็นฉนวนต้านทานความร้อนที่ดี

ประเทศไทยเป็นประเทศที่ส่งออกข้าวมากที่สุดในโลก โดยมีกำลังการผลิตข้าวปีละประมาณ 25 ล้านตัน และได้กลบจากกระบวนการสีข้าวประมาณ 5 ล้านตัน ในแต่ละตันของข้าวเปลือกเมื่อสีแล้วจะมีกลบอยู่ประมาณ 200 กิโลกรัม และเมื่อนำกลบไปเผาจะได้เถ้ากลบ (Rice husk ash) ประมาณร้อยละ 20 ของน้ำหนักกลบ เถ้ากลบในประเทศไทยมีปริมาณซิลิกาสูง และมีค่าสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการเผา (Loss on Ignition หรือ LOI) ซึ่งปกติมี LOI อยู่ร้อยละ 2-5 ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่ใช้ในการเผากลบ เพราะการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์จะทำให้เถ้ากลบมี LOI สูงขึ้น LOI ที่อยู่ในเถ้ากลบส่วนใหญ่จะเป็นธาตุถ่านติดน้ำสูง และถ้ามีจำนวนมากจะทำให้กำลังของคอนกรีตลดลงได้ [1] ที่ผ่านมามีการศึกษานำเถ้ากลบมาใช้เป็นวัสดุผสมในงานคอนกรีต อาทิเช่น Saraswathy และ Ha-Won Song [2] ทำการศึกษาพฤติกรรมการกัดกร่อนของคอนกรีต

ที่ผสมเถ้าแกลบ โดยใช้เถ้าแกลบแทนที่ปูนซีเมนต์ในอัตราส่วนร้อยละ 5, 10, 15, 20, 25, และ 30 ผลการวิจัยพบว่า การใช้ปริมาณเถ้าแกลบร้อยละ 30 ช่วยลดการแทรกซึมของคลอไรด์และลดความสามารถในการซึมผ่าน อีกทั้งยังพัฒนาคุณสมบัติด้านการกำลังรับแรงอัดและการต้านทานการกัดกร่อนของคอนกรีต โดยจากผลการวิจัยดังกล่าวคณะผู้วิจัยได้แนะนำให้ใช้ปริมาณเถ้าแกลบร้อยละ 20 สำหรับการใช้แทนที่ปูนซีเมนต์

Ganesan และคณะ[3] ทำการศึกษาเถ้าแกลบผสมรวมกับซีเมนต์เพื่อประเมินค่าระดับการแทนที่ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับคุณสมบัติด้านการกำลังและด้านการซึมผ่านของคอนกรีต โดยใช้เถ้าแกลบด้าบดละเอียดผสมกับซีเมนต์ในอัตราส่วนร้อยละ 5, 10, 15, 20, 25, 30, และ 35 โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ ผลการศึกษาพบว่าปริมาณเถ้าแกลบสูงถึงร้อยละ 30 สามารถผสมกลมกลืนกับซีเมนต์ได้ดีโดยไม่มีผลกระทบต่อคุณสมบัติด้านการกำลังและคุณสมบัติด้านการซึมผ่านของคอนกรีต ในขณะที่ Chatveera และ Lertwattanaruk [4] ได้ศึกษาความทนทานของคอนกรีตผสมเถ้าแกลบดำ โดยใช้เถ้าแกลบบดละเอียดแทนที่ปูนซีเมนต์ในอัตราส่วนร้อยละ 0, 20, และ 40 โดยน้ำหนักวัสดุประสาน ผลการศึกษาพบว่าเมื่อปริมาณการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าแกลบดำเพิ่มขึ้นทำให้ความลึกของคาร์บอนขึ้นและการหดตัวแห้งของคอนกรีตเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามคอนกรีตที่ผสมเถ้าแกลบดำส่งผลดีต่อการหดตัวด้วยตัวเองและการต้านทานกรดซัลฟิวริก จากผลการวิจัยดังกล่าวสามารถนำเถ้าแกลบดำมาประยุกต์ใช้เป็นวัสดุป่อโซลานได้

จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า เถ้าแกลบนิยมนำมาใช้เป็นวัสดุป่อโซลาน ซึ่งจำเป็นต้องมีการบดละเอียดก่อนที่จะนำมาใช้แทนที่ปูนซีเมนต์ได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีความสนใจทำการศึกษาผลกระทบเนื่องจากการแทนที่ทรายด้วยเถ้าแกลบในกระบวนการ

ผลิตคอนกรีตมวลเบา เพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบสำหรับการพัฒนากระบวนการผลิตคอนกรีตมวลเบาต่อไป

2. การเตรียมวัสดุ และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

2.1 ปูนซีเมนต์

ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 (Portland Cement Type I) ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย มอก.15-2547 โดยเป็นปูนซีเมนต์ที่ใหม่บรรจุไว้ในถุงพลาสติก และชั่งน้ำหนักเตรียมไว้ก่อนการผสมคอนกรีตมวลเบา

2.2 ทราย

ใช้ทรายแม่น้ำลำเอาส่วนที่เป็นดินตะกอน และสิ่งเจือปนอื่น ๆ จนสะอาด นำมาผึ่งแดดเพื่อลดความชื้นและร่อนผ่านตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 16 และค้ำเบอร์ 100 โดยมีค่าโมดูลัสความละเอียด (F.M.) ตามมาตรฐาน American Society for Testing and Materials C 33 (2002 B : 5-16) [5] ใช้เป็นมวลรวมละเอียดในการผสมคอนกรีตมวลเบา

2.3 น้ำประปาสำหรับผสมคอนกรีตมวลเบา

2.4 เถ้าแกลบ

ใช้เถ้าแกลบจากโรงไฟฟ้าร้อยเอ็ดกรีน จังหวัดร้อยเอ็ด ดังแสดงในรูปที่ 1 นำมาผึ่งแดดเพื่อลดความชื้น จากนั้นนำมาร่อนผ่านตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 16 และค้ำเบอร์ 100



รูปที่ 1 โรงไฟฟ้าชีวมวลร้อยเอ็ดกรีน จังหวัดร้อยเอ็ด

2.5 สารทำให้เกิดฟอง (Foaming agent)

ผสมกับน้ำในอัตราส่วน 1:30 โดยปริมาตร (ตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิต)

2.6 เครื่องผลิตโฟม (Foam generator)

ประกอบด้วยปั๊มลม และถังแรงดันผลิตโฟม โดยควบคุมแรงดันของถังที่ 0.65 MPa ดังแสดงในรูปที่ 2

2.7 ชุดโต๊ะทดสอบการไหลแผ่ ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 2 เครื่องผลิตโฟม (Foam generator)



รูปที่ 3 ชุดโต๊ะทดสอบการไหลแผ่

3. ขั้นตอนการทดสอบ

3.1 การทดสอบคุณสมบัติขั้นพื้นฐานของวัสดุ

3.1.1 ความถ่วงจำเพาะของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ โดยใช้ขวดมาตรฐานเลอชาเตอลิเออร์ (Le Chatelier Flask) ตามมาตรฐาน American Society for Testing Materials C 188 (1997 F : 149-150) โดยหลักการแทนที่ในของเหลวซึ่งไม่ทำปฏิกิริยากับปูนซีเมนต์ เช่น น้ำมันก๊าด (Kerosene) ซึ่งความหนาแน่นหาได้จากน้ำหนักของตัวอย่างหารด้วยปริมาตรของน้ำมันก๊าดที่เปลี่ยนแปลงไปโดยการถูกแทนที่ และนำความหนาแน่นของตัวอย่างหารด้วยความหนาแน่นของน้ำที่อุณหภูมิ 4 °C จะได้ความถ่วงจำเพาะของตัวอย่าง

3.1.2 การกระจายขนาดผลของมวลรวมละเอียดโดยการวิเคราะห์หาขนาดผลของมวลรวมโดยใช้ตะแกรง ตามมาตรฐาน American Society for Testing Materials C 136 (1997 E : 84-87) [6] และหาค่าโมดูลัสความละเอียด (Fineness Modulus, F.M.) คือ ตัวเลขดัชนีที่เป็นปฏิกิริยาโดยประมาณกับขนาดเฉลี่ยของก้อนวัสดุในมวลรวม เป็นค่าที่ไม่มีหน่วยโดยค่าที่ได้บ่งบอกว่าลักษณะของมวลรวมนั้นหยาบหรือละเอียด

3.1.3 ความถ่วงจำเพาะและการดูดซึมน้ำของมวลรวมละเอียด

โดยการทดสอบหาความถ่วงจำเพาะสภาพแห้ง (Bulk Specific Gravity-Oven Dry) ความถ่วงจำเพาะอิ่มตัวผิวแห้ง (Bulk Specific Gravity-Saturated Surface Dry) ความถ่วงจำเพาะแท้จริง (Apparent Specific Gravity) และร้อยละการดูดซึมน้ำ (Percentage of Absorption) ของมวลรวมละเอียด

ตามมาตรฐาน American Society for Testing Materials C 128 (1997 D : 68-73) [7]

3.1.4 หน่วยน้ำหนักและช่องว่างของมวลรวมละเอียด หน่วยน้ำหนักเป็นค่าน้ำหนักของมวลรวมทั้งหมดในหนึ่งหน่วยปริมาตร โดยรวมช่องว่างระหว่างมวลรวม (Voids) ใช้สำหรับเปลี่ยนค่าน้ำหนักเป็น ค่าปริมาตร หรือค่าปริมาตรเป็นน้ำหนัก เมื่อใช้วิธีการออกแบบอัตราส่วนผสมโดยปริมาตรใช้การทดสอบตามมาตรฐาน American Society for Testing Materials C 29 (1997 A : 1-4) [8]

3.1.5 ความละเอียดของอนุภาคปูนซีเมนต์ โดยการทดสอบตามมาตรฐาน American Society for Testing Materials C 430 (1997 J : 249-250) โดยชั่งตัวอย่างปริมาณ 50 กรัม ใส่ลงบนตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 325 ที่มีขนาดช่องเปิด 45 ไมโครเมตร ร่อนผ่านน้ำจนกระทั่งน้ำที่ผ่านตะแกรงดูใสสะอาด จึงนำส่วนที่ค้างบนตะแกรงไปอบให้แห้งและชั่งน้ำหนัก โดยคำนวณร้อยละน้ำหนักที่ค้างบนตะแกรงได้จากอัตราส่วนของน้ำหนักที่ค้างบนตะแกรงต่อน้ำหนักทั้งหมด

3.1.6 ภาพขยายกำลังสูงของแก้วกลบ เพื่อศึกษาลักษณะรูปร่างของแก้วกลบ ทำการถ่ายภาพโดยใช้เครื่อง Scanning Electron Microscope (SEM)

3.2 การเตรียมตัวอย่างคอนกรีตมวลเบา

3.2.1 อัตราส่วนผสม

คอนกรีตมวลเบาที่ทำการศึกษาในงานวิจัยนี้ ใช้อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อทรายเท่ากับ 1 : 1 โดยน้ำหนัก และทุกอัตราส่วนผสมทำการควบคุมอัตราการใช้ส่วนผสมให้อยู่ระหว่างร้อยละ 45±5 โดยใช้แก้วกลบแทนที่ทราย ในอัตราส่วนร้อยละ 0, 10, 20, 30, และ 40 โดยปริมาตรทราย ใช้ปริมาณโฟมร้อยละ 50 โดยปริมาตรของอัตราส่วนผสม โดยอัตราส่วนผสมคอนกรีตมวลเบา ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 อัตราส่วนผสมคอนกรีตมวลเบา

Mixture No	Mix proportion (volume)				
	OPC	S	RA	W	V
(CC)	0.127	0.155	0	0.218	0.5
10RA	0.123	0.139	0.016	0.222	0.5
20RA	0.119	0.124	0.031	0.226	0.5
30RA	0.116	0.108	0.047	0.229	0.5
40RA	0.112	0.093	0.062	0.233	0.5

3.2.2 สัญลักษณ์ที่ใช้ในงานวิจัย

OPC (Ordinary Portland cement)

หมายถึง ปูนซีเมนต์

S (Natural Sand) หมายถึง ทรายแม่น้ำ

RA (Rice husk Ash) หมายถึง เถ้าแกลบ

W (Water) หมายถึง น้ำ

V (Foaming Agent) หมายถึง สาร

เพิ่มฟอง

สำหรับตัวเลขก่อนสัญลักษณ์ หมายถึง ร้อยละการแทนที่ทรายด้วยเถ้าแกลบ

ตัวอย่างการอ่านสัญลักษณ์

20RA หมายถึง คอนกรีตมวลเบาที่แทนที่ทรายด้วยเถ้าแกลบร้อยละ 20 โดยปริมาตรทราย

3.2.3 การหล่อตัวอย่างคอนกรีตมวลเบา

เริ่มต้นจากการผสมปูนซีเมนต์ ทราย และน้ำสะอาด โดยใช้เครื่องผสมแบบกะทะ จากนั้นนำสารเพิ่มฟอง (Foaming Agent) เจือจางกับน้ำสะอาดในอัตราส่วน 1 : 30 เทลงในเครื่องกำเนิดโฟมเหลวรูป (Foam Generator) ที่ต่อเข้ากับปั๊มลมโดยปรับให้มีความดัน 6 กก./ซม.² ซึ่งโฟมมีความหนาแน่น 50 กก./ม.³ ตามมาตรฐาน ASTM C 796-97 ก่อนนำไปผสมลงในมอร์ตาร์สด และทำการผสมต่อไปจนส่วนผสมทั้งหมดเป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นเทคอนกรีตมวลเบาที่ได้

ลงในแบบหล่อ

3.2.4 การบ่มคอนกรีตมวลเบา

หลังจากถอดแบบคอนกรีตมวลเบาที่มีอายุ 1 วัน ตัวอย่างคอนกรีตมวลเบาจะถูกเก็บรักษาไว้ในสภาพแวดล้อมปกติจนครบอายุตามการทดสอบจึงนำมาทำการทดสอบ ยกเว้นตัวอย่างที่จะนำไปทดสอบอัตราการดูดซึมน้ำ และการถ่ายภาพขยายกำลังสูง ซึ่งต้องมีการเตรียมการกับตัวอย่างก่อนที่จะนำมาทำการทดสอบตามมาตรฐานการทดสอบที่จะกล่าวต่อไป

3.3 การทดสอบคอนกรีตมวลเบา

3.3.1 การทดสอบค่าการไหลแผ่

การทดสอบค่าการไหลแผ่จะประยุกต์ใช้จากชุดทดสอบโต๊ะการไหลแผ่ (Flow table) ตามมาตรฐาน American Society for Testing Materials C 230 (1997 G : 182-186) [9] โดยใส่คอนกรีตมวลเบาลงในแบบหล่อที่วางอยู่ตรงกลางของโต๊ะการไหลแผ่ ซึ่งแบบหล่อเป็นรูปกรวยคว่ำตัดขนาดความสูง 50.8 มม. เส้นผ่านศูนย์กลางบน 69.8 มม. และมีเส้นผ่านศูนย์กลางที่ฐาน 102 มม. โดยปราศจากการยกขึ้นและตกลงของแท่นโต๊ะการทดสอบเพื่อป้องกันการพังทลายของฟองโฟม ค่าการไหลแผ่คิดเป็นร้อยละของรัศมีการไหลแผ่ออกของคอนกรีตมวลเบาบนโต๊ะทดสอบ โดยค่าการไหลแผ่ที่ต้องการจะอยู่ระหว่างร้อยละ 45±5

3.3.2 การทดสอบกำลังรับแรงอัด

การทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตมวลเบา ที่อายุ 7, 14, และ 28 วัน โดยใช้ตัวอย่างขนาด 5×5×5 ซม.³ สามารถหาลำดับรับแรงอัดของคอนกรีตมวลเบาได้จากสมการที่ (1)

$$F = \frac{P}{A} \quad (1)$$

เมื่อ F คือ กำลังรับแรงอัด (ก.ก./ตร.ซม.)

P คือ แรงกระทำสูงสุดบนตัวอย่าง (ก.ก.)

A คือ พื้นที่หน้าตัดรับแรงอัด (ตร.ซม.)

3.3.3 การหาค่าความหนาแน่น

คำนวณหาค่าความหนาแน่นจากมวลต่อปริมาตรของตัวอย่างคอนกรีตมวลเบา จำนวน 3 ตัวอย่าง จากสมการที่ (2)

$$\rho = \frac{M}{V} \quad (2)$$

เมื่อ ρ คือ ความหนาแน่น (ก.ก./ลบ.ม.)

M คือ มวลของตัวอย่างทดสอบ (ก.ก.)

V คือ ปริมาตรของตัวอย่างทดสอบ (ลบ.ม.)

3.3.4 การทดสอบอัตราการดูดซึมน้ำ

การหาปริมาณการดูดซึมน้ำ เป็นการทดลองโดยเปรียบเทียบน้ำหนักของน้ำที่คอนกรีตมวลเบาที่ดูดซึมน้ำภายหลังการแช่น้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมง กับน้ำหนักของคอนกรีตมวลเบาอบแห้งตามมาตรฐาน มอก.1505-2541 สามารถหาได้จากสมการที่ (3)

$$W = \frac{(W_w - W_d) \times 100}{W_d} \quad (3)$$

เมื่อ W คือ อัตราการดูดซึมน้ำ (ร้อยละ)

W_w คือ น้ำหนักตัวอย่างอิ่มตัว (ก.ก.)

W_d คือ น้ำหนักตัวอย่างอบแห้ง (ก.ก.)

3.3.5 การศึกษาผลกระทบของแก้วกลบที่ใช้

แทนทรายต่อความเสถียรของฟองอากาศ โดยวิธีวิเคราะห์ภาพถ่าย (Image Analyzer)

1) การเตรียมตัวอย่างก่อนทำการถ่ายภาพขยายกำลังสูง (SEM) โดยนำตัวอย่างคอนกรีตมวลเบาขนาด 1×1×1 ซม.³ ที่บ่มในน้ำจนถึงอายุการทดสอบ แช่ในเอทานอลเพื่อหยุดปฏิกิริยาไฮเดรชัน ใช้อีพอกซีชนิดแห้งทาผิวตัวอย่างก่อนนำไปทำให้แห้งภายใต้สุญญากาศ จากนั้นนำกระดาดทรายเบอร์ 120,

240, 400, 800, และ 1200 มาขัดผิวตัวอย่าง จากนั้นทำความสะอาดด้วยเอทานอลแล้วขัดด้วยกากเพชรความละเอียด 1 และ 6 ไมคอน ตามลำดับ และนำก้อนตัวอย่างไปเคลือบด้วยทอง แล้วนำไปถ่ายภาพขยายกำลังสูงด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด (SEM) รุ่น JSM 6400 JEOL ผลิตโดยบริษัท JEOL ประเทศญี่ปุ่น โดยใช้เทคนิค Back-scattered กำลังขยาย 500 เท่า 20 kV

2) การวิเคราะห์ธาตุด้วยรังสีเอกซ์ (EDX) โดยใช้ตัวอย่างเดียวกันกับการถ่ายภาพขยายกำลังสูง ทำการทดสอบหลังจากถ่ายภาพขยายกำลังสูงแล้วเสร็จ จากนั้นจึงทำการวิเคราะห์ธาตุเชิงปริมาณ (Quantitative Analysis) ซึ่งงานวิจัยในครั้งนี้ทำการวิเคราะห์ธาตุเฉพาะจุดโดยการใช้รังสีเอกซ์ด้วยเทคนิค EDS (Energy Dispersive X-ray Spectrophotometry, EDS) ซึ่งเป็นระบบที่นิยมใช้กันมากในกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด (SEM)

3.3.6 แบบจำลองโดยใช้สมการถดถอย (Regression Equation Model)

เป็นวิธีทางสถิติที่ใช้การประมาณค่าและการพยากรณ์ค่าของตัวแปรหนึ่ง โดยใช้ค่าของข้อมูลอีกตัวหนึ่งเป็นตัวพยากรณ์ ตัวแปรที่ใช้ในการพยากรณ์เรียกว่า ตัวพยากรณ์ (Predictor) หรือตัวแปรอิสระ (Independent Variable) ส่วนตัวแปรที่ถูกพยากรณ์เรียกว่า ผลที่วัดได้ (Outcome) หรือตัวแปรตาม (Dependent Variable) ในการวิเคราะห์การถดถอยมีหลายรูปแบบที่ใช้พยากรณ์ แต่สำหรับในงานวิจัยนี้จะใช้รูปแบบจำลองการถดถอยพหุคูณแบบอยู่ในรูปเชิงเส้น (Multiple Linear Regression) และรูปแบบจำลองการถดถอยพหุคูณแบบไม่อยู่ในรูปเชิงเส้น (Multiple Non-linear Regression) ในโปรแกรม SPSS Version 15.0 โดยสมการที่นำมาใช้ในงานวิจัย

ครั้งนี้ ดังแสดงในสมการที่ (4) และสมการที่ (5) ตามลำดับ

$$Y = a + a_1 \cdot X_1 + a_2 \cdot X_2 + a_3 \cdot X_3 + a_4 \cdot X_4 + a_5 \cdot X_5 + a_6 \cdot X_6 \quad (4)$$

$$Y = a + a_1 \cdot X_1 + a_2 \cdot X_2 + a_3 \cdot X_3 + a_4 \cdot X_4 + a_5 \cdot X_5 + a_6 \cdot X_6 + a_7 \cdot X_1^2 + a_8 \cdot X_2^2 + a_9 \cdot X_3^2 + a_{10} \cdot X_4^2 + a_{11} \cdot X_5^2 + a_{12} \cdot X_6^2 + a_{13} \cdot X_1 \cdot X_2 + a_{14} \cdot X_1 \cdot X_3 + a_{15} \cdot X_1 \cdot X_4 + a_{16} \cdot X_1 \cdot X_5 + a_{17} \cdot X_1 \cdot X_6 + a_{18} \cdot X_2 \cdot X_3 + a_{19} \cdot X_2 \cdot X_4 + a_{20} \cdot X_2 \cdot X_5 + a_{21} \cdot X_2 \cdot X_6 + a_{22} \cdot X_3 \cdot X_4 + a_{23} \cdot X_3 \cdot X_5 + a_{24} \cdot X_3 \cdot X_6 + a_{25} \cdot X_4 \cdot X_5 + a_{26} \cdot X_4 \cdot X_6 + a_{27} \cdot X_5 \cdot X_6 \quad (5)$$

เมื่อ a_{0-27} คือ ค่าคงที่

เมื่อ Y คือ กำลังรับแรงอัด (กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร) ความหนาแน่น (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) และอัตราการดูดซึมน้ำ (ร้อยละ)

X_1 คือ ปริมาณปูนซีเมนต์ (โดยปริมาตร)

X_2 คือ ปริมาณทราย (โดยปริมาตร)

X_3 คือ ปริมาณน้ำ (โดยปริมาตร)

X_4 คือ ปริมาณฟองโฟม (โดยปริมาตร)

X_5 คือ เถ้ากลบ (โดยปริมาตร)

X_6 คือ อายุตัวอย่างทดสอบ (วัน)

3.3.7 การตรวจสอบความแม่นยำของแบบจำลอง

การตรวจสอบประสิทธิภาพของแบบจำลอง สามารถอธิบายได้โดยการหาค่าความแม่นยำของแบบจำลองด้วยสมการทางสถิติดังนี้ ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกำลังสอง (Root-Mean-Squared; RMS) ค่าสัมประสิทธิ์ของการทำนาย (Coefficient of Determination; R^2) และ ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ของความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์ (Mean Absolute Percent Error; MAPE) ซึ่งเป็นสมการทางสถิติที่ใช้สำหรับตรวจสอบความแม่นยำของแบบจำลอง โดยแสดงไว้ในสมการ (6), (7) และ (8) ตามลำดับดังนี้

$$RMS = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |EP_i - EM_i|^2} \quad (6)$$

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (EP_i - \overline{EP})(EM_i - \overline{EM})}{\sqrt{\left[\sum_{i=1}^N (EP_i - \overline{EP})^2 \right] \left[\sum_{i=1}^N (EM_i - \overline{EM})^2 \right]}} \quad (7)$$

$$MAPE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{|EP - EM|}{EP} \times 100 \quad (8)$$

เมื่อ EP_i คือ ข้อมูลที่ได้จากการทำนาย
 $\overline{EP_i}$ คือ ค่าเฉลี่ยของข้อมูลการทำนาย
 EM_i คือ ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง
 $\overline{EM_i}$ คือ ค่าเฉลี่ยของข้อมูลการทดลอง
 N คือ จำนวนชุดของข้อมูล

4. ผลการทดลองและวิเคราะห์ผล

4.1 ผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ

ตารางที่ 2 พบว่าค่าความถ่วงจำเพาะของทรายมีค่าเท่ากับ 2.56 ในขณะที่เถ้ากลบมีค่าเท่ากับ 1.94 สำหรับการดูดซึมของเถ้ากลบมีค่าเท่ากับร้อยละ 83.5 ซึ่งมากกว่าทรายที่มีค่าเท่ากับร้อยละ 34.6 ดังแสดงในตารางที่ 2

4.2 องค์ประกอบทางเคมีของวัสดุ

องค์ประกอบทางเคมีของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ทราย และเถ้ากลบ ดังแสดงในตารางที่ 3 พบว่าปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 มีปริมาณ CaO เป็นองค์ประกอบหลักถึงร้อยละ 65.00 และมีผลรวมของออกไซด์หลักอื่นได้แก่ CaO, SiO₂, Al₂O₃ และ Fe₂O₃ รวมกันเท่ากับร้อยละ 93.93

สำหรับเถ้ากลบมีผลรวมของ SiO₂, Al₂O₃ และ Fe₂O₃ เกินกว่าร้อยละ 70 ขององค์ประกอบทั้งหมด และมีการสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการเผา (LOI) น้อยกว่าร้อยละ 6 ตามมาตรฐาน ASTM C 618 สามารถจัดเถ้ากลบอยู่ในกลุ่มเถ้าถ่านหินชนิด F ส่วนทรายมีองค์ประกอบหลักคือออกไซด์ของ SiO₂ ซึ่งมีปริมาณร้อยละ 92 ขององค์ประกอบทั้งหมด เนื่องจากทรายแม่น้ำมีความเป็นผลึกสูงในรูปของควอตซ์ นั่นคือทรายแม่น้ำจึงเป็นวัสดุเฉื่อยที่ไม่ทำปฏิกิริยาใดๆ [10]

4.3 คุณสมบัติคอนกรีตสด

จากอัตราส่วนผสมคอนกรีตมวลเบา ในตารางที่ 1 พบว่า เมื่อปริมาณการแทนที่ทรายด้วยเถ้ากลบเพิ่มขึ้น ความต้องการน้ำในอัตราส่วนผสมมีค่าเพิ่มขึ้นเนื่องจากเถ้ากลบมีขนาดใหญ่และมีรูพรุนสูงทำให้มีความต้องการน้ำมากขึ้น [11] เพื่อรักษาความสามารถในการทำงาน

ตารางที่ 2 คุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุ

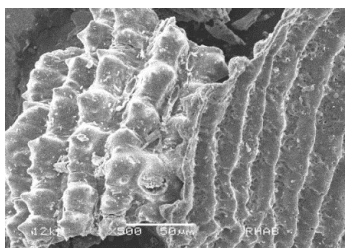
Sample	OPC	S	RA
Specific gravity	3.14	2.56	1.94
Absorption (%)	-	1.21	5.30
Moisture content (%)	-	0.47	-
Voids (%)	-	34.6	83.5
Fineness modulus	-	2.76	1.52

ตารางที่ 3 องค์ประกอบทางเคมีของวัสดุ

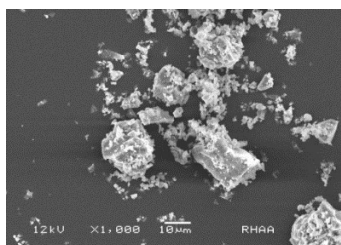
Chemical compositions (%)	OPC	S	RA
SiO ₂	20.62	92.86	90.20
Al ₂ O ₃	5.22	3.17	0.67
Fe ₂ O ₃	3.10	0.27	0.95
CaO	65.00	0.55	0.94
MgO	0.91	0.49	0.49
K ₂ O	0.07	0.32	3.75
Na ₂ O	0.50	0.42	0.12
SO ₃	2.70	0.55	0.21
LOI	1.13	0.67	3.41

4.4 ภาพถ่ายขยายกำลังสูงของวัสดุ

ทำการถ่ายภาพโดยใช้เครื่อง Scanning Electron Microscope (SEM) พบว่าลักษณะทางกายภาพเถ้าแกลบมีรูปร่างเป็นเหลี่ยมเป็นมุม ไม่แน่นอน ผิวขรุขระ และมีรูพรุนสูง ดังแสดงในรูปที่ 4



(a)



(b)

รูปที่ 4 ภาพถ่ายขยายอนุภาคเถ้าแกลบ (a) กำลังขยาย 500 เท่า และ (b) กำลังขยาย 1,000 เท่า

4.5 ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัด อัตราการดูดซึมน้ำ และความหนาแน่น ของคอนกรีตมวลเบาผสมเถ้าแกลบ

ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัด อัตราการดูดซึมน้ำ และความหนาแน่น ของคอนกรีตมวลเบาผสมเถ้าแกลบ ที่อายุ 7, 14, และ 28 วัน ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 สรุปผลการทดสอบคุณสมบัติคอนกรีตมวลเบาผสมเถ้าแกลบ

Mix	Strength-days (MPa)			Absorption-days (%)			Density -days (kg/m ³)		
	7	14	28	7	14	28	7	14	28
	2.	2.	2.				106	103	100
ORA	5	6	8	23	23	23	4	4	0
10R	2.	2.	2.				102		
A	3	3	4	24	25	25	1	998	987
20R	2.	2.	2.						
A	1	2	2	27	27	28	997	967	954
30R	1.	1.	1.						
A	8	8	9	34	35	37	958	934	925
40R	1.	1.	1.						
A	1	2	3	39	40	42	920	907	887

และสามารถวิเคราะห์และอภิปรายผลการทดสอบได้ดังต่อไปนี้

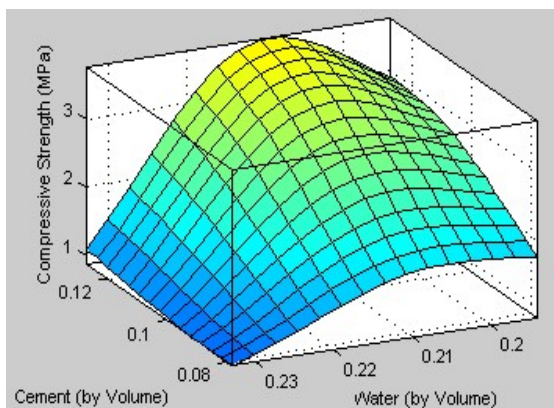
4.5.1 กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตมวลเบาผสมเถ้าแกลบ

1) ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัด ปริมาณปูนซีเมนต์และปริมาณน้ำ ของคอนกรีตมวลเบาผสมเถ้าแกลบ

ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัด ปริมาณปูนซีเมนต์และปริมาณน้ำ ของคอนกรีตมวลเบาผสมเถ้าแกลบ ดังแสดงในรูปที่ 5 พบว่าการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำในปริมาณที่เหมาะสมส่งผลให้กำลังรับแรงอัด

เพิ่มขึ้น เนื่องจากอัตราส่วนผสมคอนกรีตมวลเบา มีปริมาณน้ำที่เพียงพอสำหรับทำปฏิกิริยาไฮเดรชันกับปูนซีเมนต์ จึงส่งผลให้กำลังรับแรงอัดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และเมื่อปริมาณน้ำในอัตราส่วนผสมเพิ่มมากขึ้น ซึ่งนั่นหมายถึงปริมาณการใช้เถ้ากลบแทนที่ทรายมากขึ้น ประกอบกับปริมาณปูนซีเมนต์ลดลง ดังนั้น เมื่อลักษณะทางกายภาพของเถ้ากลบที่มีขนาดใหญ่และรูพรุนสูง บวกกับปริมาณปูนซีเมนต์ที่น้อยลง ส่งผลให้กำลังรับแรงอัดมีแนวโน้มลดลง [13]

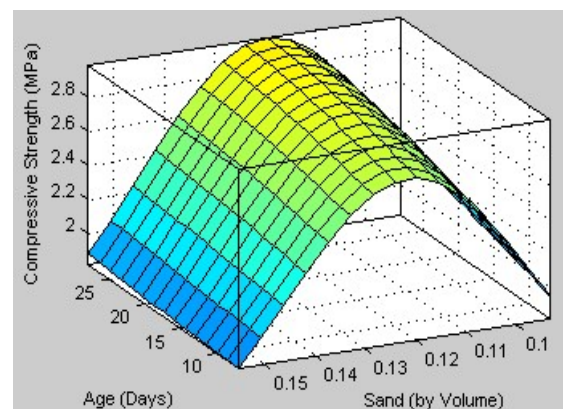
ในขณะที่กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตมวลเบา มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณการแทนที่ที่เพิ่มขึ้นของปูนซีเมนต์ เนื่องจากปริมาณการเพิ่มขึ้นของปริมาณปูนซีเมนต์จะแปรผันตรงกับการลดลงของปริมาณเถ้ากลบ ดังนั้น กำลังรับแรงอัดจึงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น



รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัด ปริมาณปูนซีเมนต์และ ปริมาณน้ำของคอนกรีตมวลเบาผสมเถ้ากลบ

- 2) ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัด ปริมาณทรายและอายุทดสอบ ของคอนกรีตมวลเบาผสมเถ้ากลบ
- ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัด ปริมาณทรายและอายุทดสอบ ของคอนกรีตมวลเบา

ผสมเถ้ากลบ ดังแสดงในรูปที่ 6 พบว่า คอนกรีตมวลเบาที่มีแนวโน้มของกำลังรับแรงอัดเพิ่มขึ้นตามปริมาณการแทนที่ที่เพิ่มขึ้นของทราย และมีกำลังรับแรงอัดสูงที่สุด ณ ปริมาณทรายระหว่างร้อยละ 0.12 ถึงร้อยละ 0.13 โดยปริมาตร หรือเทียบเท่ากับปริมาณทรายร้อยละ 80 ถึง ร้อยละ 90 โดยปริมาตรทราย (10-20RA) ในขณะที่อายุของตัวอย่างที่นำมาทำการทดสอบแทบไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตมวลเบา



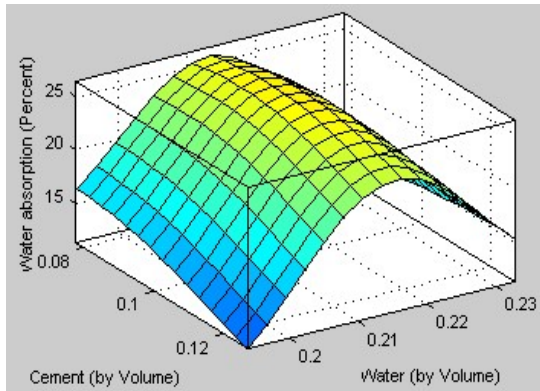
รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัด ปริมาณทรายและ อายุทดสอบของคอนกรีตมวลเบาผสมเถ้ากลบ

4.5.2 อัตราการดูดซึมน้ำของคอนกรีตมวลเบาผสมเถ้ากลบ

- 1) ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการดูดซึมน้ำ ปริมาณปูนซีเมนต์และปริมาณน้ำ ของคอนกรีตมวลเบาผสมเถ้ากลบ

ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการดูดซึมน้ำ ปริมาณปูนซีเมนต์และปริมาณน้ำ ของคอนกรีตมวลเบาผสมเถ้ากลบ ดังแสดงในรูปที่ 7 พบว่า อัตราการดูดซึมน้ำจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณปูนซีเมนต์ที่ลดลงในอัตราส่วนผสม ทั้งนี้เนื่องจากการลดลงของปริมาณปูนซีเมนต์ในอัตราส่วนผสมจะแปรผันโดยตรงกับการเพิ่มขึ้นของ

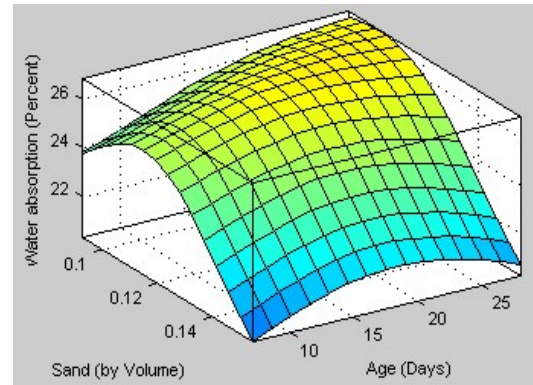
ปริมาณเถ้าแกลบ และเมื่ออัตราส่วนผสมมีปริมาณเถ้าแกลบมากเกินไป จึงส่งผลให้น้ำเมตริกซ์อ่อนแอและทำให้อัตราการดูดซึมน้ำมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น



รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการดูดซึมน้ำ ปริมาณปูนซีเมนต์และปริมาณน้ำของคอนกรีตมวลเบาผสมเถ้าแกลบ

2) ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการดูดซึมน้ำ ปริมาณทรายและอายุทดสอบ ของคอนกรีตมวลเบาผสมเถ้าแกลบ

ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการดูดซึมน้ำ ปริมาณทรายและอายุทดสอบ ของคอนกรีตมวลเบาผสมเถ้าแกลบ ดังแสดงในรูปที่ 8 พบว่า อัตราการดูดซึมน้ำลดลงเมื่อมีปริมาณทรายในอัตราส่วนผสมมากกว่าร้อยละ 0.12 โดยปริมาตร เนื่องจากปริมาณทรายที่เพิ่มขึ้นนั้นหมายความว่าปริมาณเถ้าแกลบที่ลดลงในอัตราส่วนผสม ส่งผลให้คอนกรีตมวลเบาที่มีแนวโน้มอัตราการดูดซึมน้ำลดลง ในขณะที่อายุทดสอบ มีผลกระทบต่อเปลี่ยนแปลงอัตราการดูดซึมน้ำเพียงเล็กน้อย

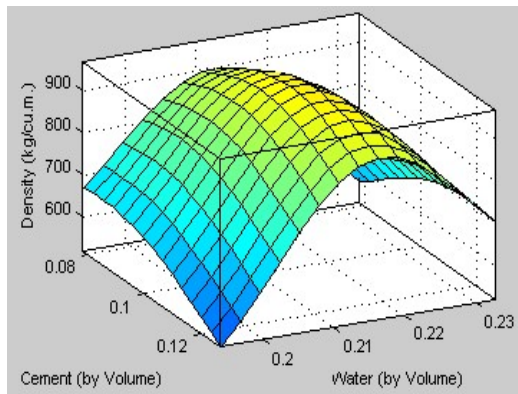


รูปที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการดูดซึมน้ำ ปริมาณทรายและอายุทดสอบของคอนกรีตมวลเบาผสมเถ้าแกลบ

4.5.3 ความหนาแน่นของคอนกรีตมวลเบาผสมเถ้าแกลบ

1) ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่น ปริมาณปูนซีเมนต์และปริมาณน้ำของคอนกรีตมวลเบาผสมเถ้าแกลบ

ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่น ปริมาณปูนซีเมนต์และปริมาณน้ำ ของคอนกรีตมวลเบาผสมเถ้าแกลบ ดังแสดงในรูปที่ 9 พบว่า ความหนาแน่นของคอนกรีตมวลเบาที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณที่เพิ่มขึ้นของปริมาณปูนซีเมนต์ เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของปริมาณปูนซีเมนต์มีผลทำให้ปริมาณเถ้าแกลบในอัตราส่วนผสมลดลง ส่งผลให้ความหนาแน่นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นโดยปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 0.11 ถึง ร้อยละ 0.12 โดยปริมาตร ส่งผลให้คอนกรีตมวลเบาที่มีแนวโน้มค่าความหนาแน่นสูงที่สุด



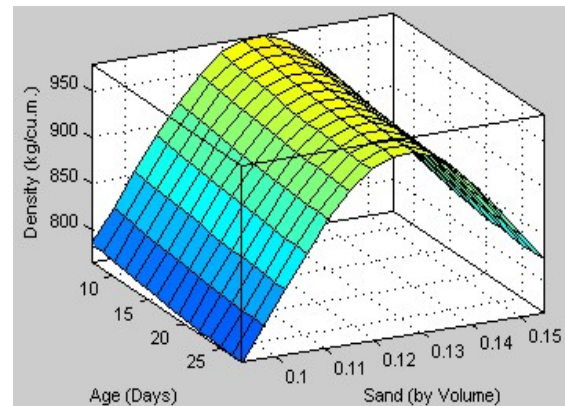
รูปที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่น ปริมาณปูนซีเมนต์และ ปริมาณน้ำของคอนกรีตมวลเบาผสมเถ้าแกลบ

2) ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่น ปริมาณทรายและอายุทดสอบ ของคอนกรีตมวลเบาผสมเถ้าแกลบ

ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่น ปริมาณทรายและอายุทดสอบ ของคอนกรีตมวลเบาผสมเถ้าแกลบ ดังแสดงในรูปที่ 10 พบว่า ความหนาแน่นของคอนกรีตมวลเบา มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณทรายที่เพิ่มขึ้นในอัตราส่วนผสม เนื่องจากการเพิ่มปริมาณทรายจะแปรผันโดยตรงกับการลดลงของเถ้าแกลบ และการที่ทรายมีค่าความถ่วงจำเพาะมากกว่าเถ้าแกลบ จึงส่งผลให้ค่าความหนาแน่นของคอนกรีตมวลเบาเพิ่มขึ้น โดยปริมาณทรายประมาณร้อยละ 0.13 โดยปริมาตร ส่งผลให้คอนกรีตมวลเบา มีแนวโน้มการพัฒนาค่าความหนาแน่นสูงที่สุด ซึ่งปริมาณทรายดังกล่าวสามารถพบได้ในอัตราส่วนผสมคอนกรีตมวลเบาผสมเถ้าแกลบในปริมาณร้อยละ 10 โดยปริมาตรทราย (10RA) โดยมีกำลังรับแรงอัดประมาณร้อยละ 97-99 เมื่อเปรียบเทียบกับคอนกรีตมวลเบาที่ไม่มีเถ้าแกลบ ในอัตราส่วนผสม ในขณะที่คอนกรีตมวลเบาผสมเถ้าแกลบในปริมาณร้อยละ 20, 30, และ 40 โดยปริมาตร

ทราย (20-40RA) พบว่า มีค่าความหนาแน่นประมาณร้อยละ 95-97, 90-92, และ 88-89 ตามลำดับ

ในขณะที่คอนกรีตมวลเบาที่มีอายุทดสอบมากขึ้นจะมีความหนาแน่นลดลง ซึ่งเป็นลักษณะพฤติกรรมปกติของวัสดุประเภทคอนกรีตโดยทั่วไป

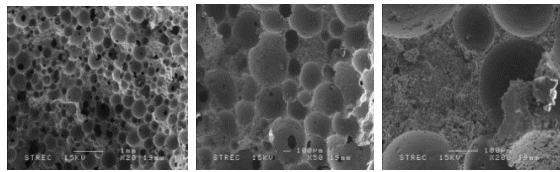


รูปที่ 10 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการดูดซึมน้ำ ปริมาณทรายและ อายุทดสอบของคอนกรีตมวลเบาผสมเถ้าแกลบ

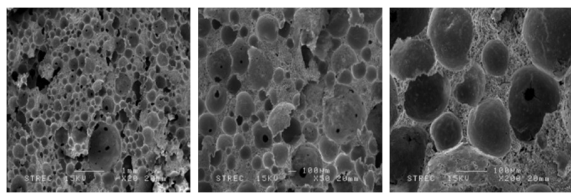
4.6 ภาพถ่ายขยายกำลังสูงด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope, SEM)

รูปที่ 11 (b)-(d) แสดงคอนกรีตมวลเบาที่แทนที่ทรายด้วยเถ้าแกลบในอัตราส่วนร้อยละ 10 ถึงร้อยละ 30 โดยปริมาตรทราย พบว่า มีปริมาณช่องว่างอากาศเพิ่มขึ้นเล็กน้อยตามปริมาณการแทนที่ที่เพิ่มขึ้นของเถ้าแกลบ เมื่อเปรียบเทียบกับคอนกรีตมวลเบาที่ไม่มีผสมเถ้าแกลบ ดังแสดงในรูปที่ 11 (a) ส่งผลให้มีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยเกี่ยวกับคุณสมบัติด้านการรับกำลังความหนาแน่น และอัตราการดูดซึมน้ำ ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดสอบที่ผ่านมาของคุณสมบัติดังกล่าว ในขณะที่การแทนที่ทรายด้วยเถ้าแกลบในอัตราส่วนร้อยละ 40 ดังแสดงในรูปที่ 11 (e) พบว่า มีปริมาณช่องว่าง

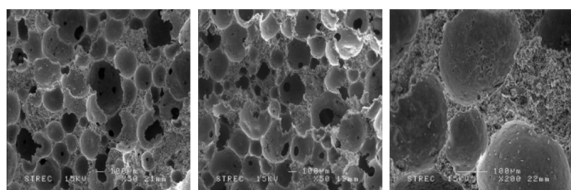
อากาศเพิ่มขึ้นอย่างมาก ซึ่งไม่ส่งผลดีต่อคุณสมบัติต่างๆ
ของคอนกรีตมวลเบา



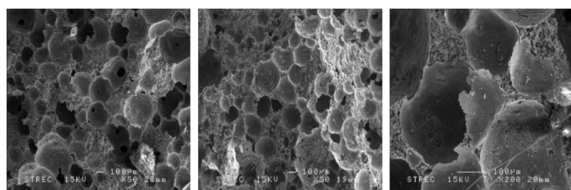
(a) 0RA



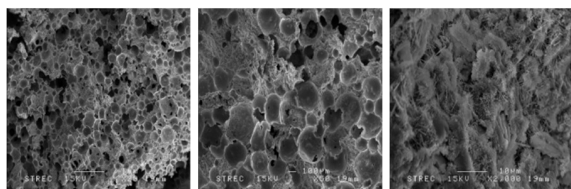
(b) 10RA



(c) 20RA



(d) 30RA

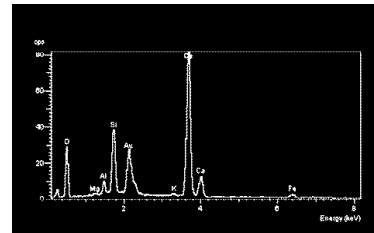


(e) 40RA

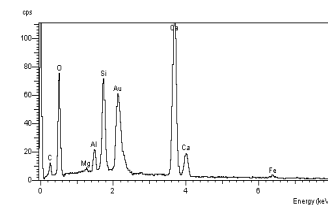
รูปที่ 11 ภาพขยายกำลังสูงคอนกรีตมวลเบาผสมเถ้าแกลบ

4.7 การวิเคราะห์ธาตุด้วยรังสีเอกซ์ (EDX)

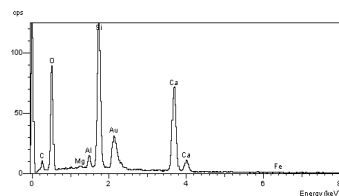
จากผลการวิเคราะห์ธาตุด้วยรังสีเอกซ์ของ
คอนกรีตมวลเบาผสมเถ้าแกลบ ดังแสดงในรูปที่ 12 (a)-(e)
พบว่า ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีของ
คอนกรีตมวลเบา



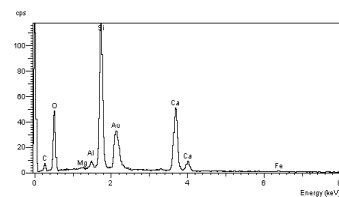
(a) 0RA



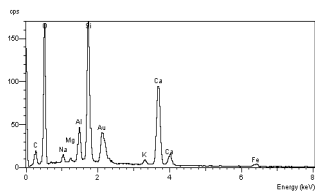
(b) 10RA



(c) 20RA



(d) 30RA



รูปที่ 12 การวิเคราะห์ธาตุด้วยรังสีเอกซ์ (EDX)

4.8 แบบจำลองที่ใช้สมการถดถอยของคอนกรีตมวลเบาผสมเถ้าแกเลบ

4.8.1 การทดสอบประสิทธิภาพของแบบจำลอง

สำหรับการตรวจสอบความแม่นยำของแบบจำลอง ดังแสดงในตาราง 5 พบว่า แบบจำลองการถดถอยพหุคูณแบบไม่อยู่ในรูปเชิงเส้นให้ความเที่ยงตรงและแม่นยำมากกว่าสมการถดถอยแบบเชิงเส้น โดยให้ค่า R^2 ของกำลังรับแรงอัด อัตราการดูดซึมน้ำ และความหนาแน่น สูงถึง 0.978, 0.966 และ 0.987 ตามลำดับ ซึ่งเป็นเกณฑ์ความสัมพันธ์ระดับดี และมีค่าความแปรปรวนระหว่างชุดข้อมูลต่ำ โดยมีค่า RMS และ MAPE ต่ำสุดเท่ากับ 0.089 และ 0.402 ตามลำดับ จัดได้ว่าประสิทธิภาพการทำนายผลอยู่ในเกณฑ์สูง ในขณะที่แบบจำลองแบบเชิงเส้นให้ค่า R^2 เพียง 0.669, 0.834, และ 0.959 สำหรับ กำลังรับแรงอัด อัตราการดูดซึมน้ำ และความหนาแน่น ตามลำดับ

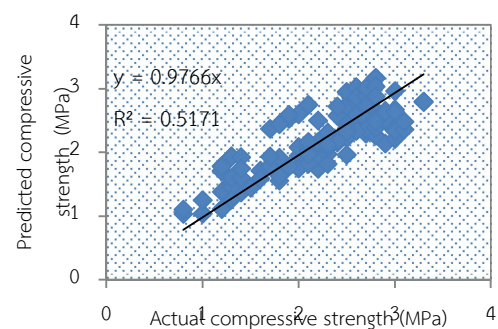
ตารางที่ 5 ข้อมูลทางสถิติของแบบจำลองการถดถอยคอนกรีตมวลเบาผสมเถ้าแกเลบ

Regression models	R^2	RMS	MAPE
Linear regression of CS	0.66914	0.349597	14.37086
Nonlinear regression of CS	0.97817	0.089796	3.32185
Linear regression of AST	0.83434	1.316836	3.86912
Nonlinear regression of AST	0.96633	0.593656	1.71001
Linear regression of DS	0.95954	8.755197	0.69654
Nonlinear regression of DS	0.98735	4.895606	0.40280

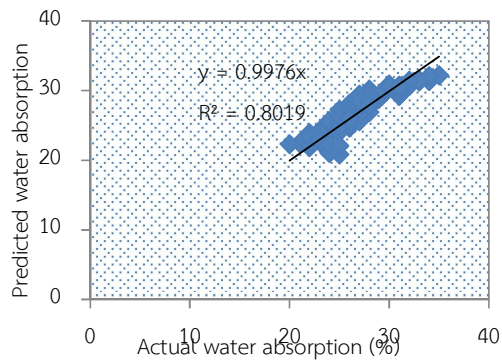
เมื่อได้รูปแบบสมการของแบบจำลองโดยใช้วิธีการ Regressions ในการทดสอบประสิทธิภาพการทำนายคุณสมบัติของคอนกรีตมวลเบาผสมเถ้าแกเลบ หลังจากนั้น คำนวณหาผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองของตัวอย่างข้อมูลที่ใช้ในการเรียนรู้เปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการทดลอง โดยผลการทดลองของสมการถดถอยแบบเชิงเส้นสำหรับการทำนายผลกำลังรับแรงอัด ดังแสดงในรูปที่ 13 พบว่า ผลการทดลองมีการกระจายตัวอย่างมาก โดยมีค่า R^2 เพียง 0.517 ซึ่งเป็นระดับเกณฑ์ความสัมพันธ์ที่ต่ำ

ในขณะที่ผลการทดลองอัตราการดูดซึมน้ำและความหนาแน่น ดังแสดงในรูปที่ 14 และ 15 พบว่าผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองและค่าที่ได้จากการทดลองมีความสัมพันธ์ในเชิงเส้นตรง และเมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์ด้วยค่า R^2 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.801 และ 0.957 ตามลำดับ

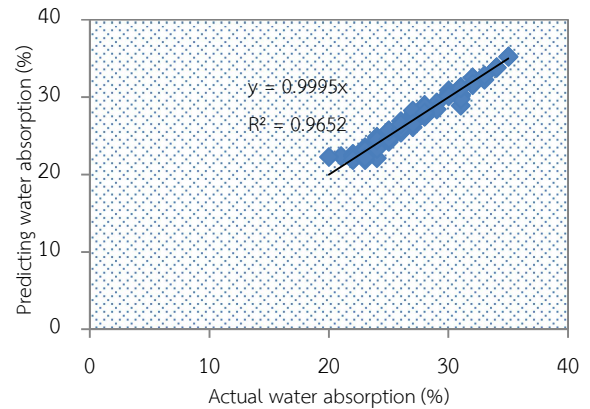
สำหรับผลการทดลองของสมการถดถอยแบบไม่เชิงเส้น ดังแสดงในรูปที่ 16 ถึง 18 พบว่า ผลลัพธ์ที่ได้มีความสัมพันธ์ในเชิงเส้นตรงและมีเที่ยงตรง แม่นยำมากกว่าผลการทดลองของสมการถดถอยแบบเชิงเส้น โดยมีค่า R^2 สำหรับกำลังรับแรงอัด อัตราการดูดซึมน้ำ และความหนาแน่น เท่ากับ 0.977, 0.965, และ 0.980 ตามลำดับ ซึ่งถือเป็นเกณฑ์ระดับความสัมพันธ์ที่ดี



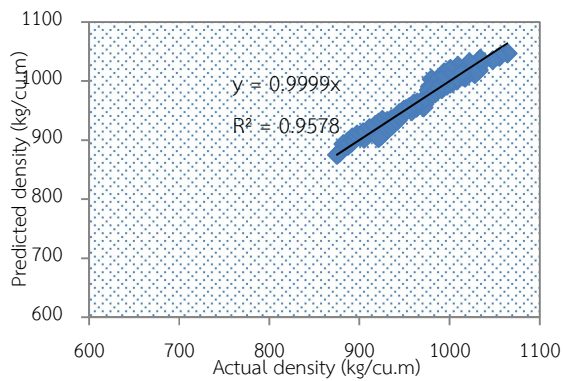
รูปที่ 13 การทำนายกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตมวลเบาผสมเถ้าแกเลบ โดยการใช้แบบจำลองการถดถอยแบบอยู่ในรูปเชิงเส้น



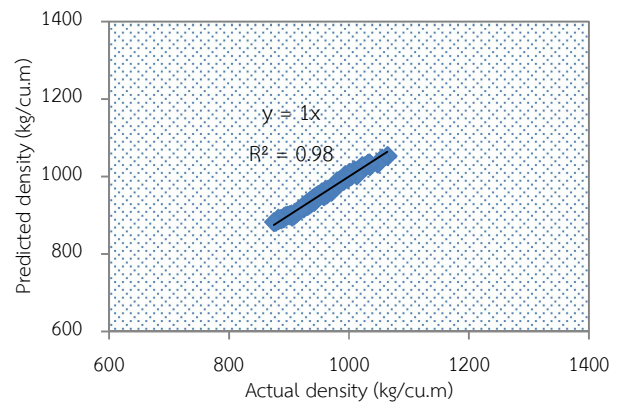
รูปที่ 14 การทำนายอัตราการดูดซึมน้ำของคอนกรีตมวลเบาผสมเถ้าแกลบ โดยใช้แบบจำลองการถดถอยแบบอยู่ในรูปเชิงเส้น



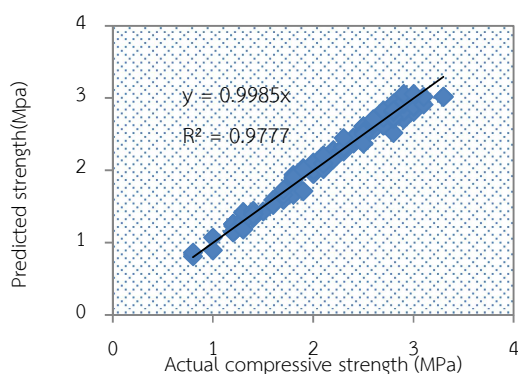
รูปที่ 17 การทำนายอัตราการดูดซึมน้ำของคอนกรีตมวลเบาผสมเถ้าแกลบ โดยใช้แบบจำลองการถดถอยแบบไม่อยู่ในรูปเชิงเส้น



รูปที่ 15 การทำนายความหนาแน่นของคอนกรีตมวลเบาผสมเถ้าแกลบ โดยใช้แบบจำลองการถดถอยแบบอยู่ในรูปเชิงเส้น



รูปที่ 18 การทำนายความหนาแน่นของคอนกรีตมวลเบาผสมเถ้าแกลบ โดยใช้แบบจำลองการถดถอยแบบไม่อยู่ในรูปเชิงเส้น



รูปที่ 16 การทำนายกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตมวลเบาผสมเถ้าแกลบ โดยใช้แบบจำลองการถดถอยแบบไม่อยู่ในรูปเชิงเส้น

5. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

การนำเถ้าแกลบมาใช้แทนที่ทรายบางส่วน ในการหล่อตัวอย่างคอนกรีตมวลเบาเพื่อทดสอบกำลังรับแรงอัด ความหนาแน่น และอัตราการดูดซึมน้ำ จากนั้นนำผลการทดสอบไปสร้างแบบจำลองโดยใช้สมการถดถอยแบบเชิงเส้นและแบบไม่เชิงเส้น พร้อมทั้งตรวจสอบประสิทธิภาพของแบบจำลอง โดยผลการทดลองที่ได้จะนำมาวิเคราะห์ผลร่วมกับ ภาพถ่ายขยาย

กำลังสูงด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด (SEM) และการวิเคราะห์ธาตุด้วยรังสีเอกซ์ด้วยเทคนิค EDS เพื่อศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการนำเถ้ากลับมาใช้สำหรับการผลิตคอนกรีตมวลเบา จากผลการวิจัยสามารถกล่าวสรุปผลและข้อเสนอแนะได้ดังต่อไปนี้

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 การใช้เถ้าแกลบแทนที่ทรายในคอนกรีตมวลเบา

การใช้เถ้าแกลบแทนที่ทรายบางส่วนในอัตราส่วนผสมคอนกรีตมวลเบาส่งผลให้กำลังรับแรงอัดและความหนาแน่นมีแนวโน้มลดลง ในขณะที่อัตราการดูดซึมน้ำมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณการแทนที่ที่เพิ่มขึ้นของเถ้าแกลบ แต่ในขณะเดียวกัน หากใช้เถ้าแกลบในปริมาณที่เหมาะสม ซึ่งสำหรับงานวิจัยในครั้งนี้ ได้แก่ การแทนที่ทรายด้วยเถ้าแกลบในปริมาณร้อยละ 20 โดยปริมาตรทราย จะส่งผลให้กำลังรับแรงอัดดีกว่าหรือเทียบเท่า ในขณะที่คุณสมบัติด้านอัตราการดูดซึมน้ำและความหนาแน่นดีกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับคอนกรีตมวลเบาที่ไม่มีเถ้าแกลบในอัตราส่วนผสม นอกจากนี้เถ้าแกลบ ไม่ส่งผลกระทบต่อเสถียรภาพของฟองโฟม อีกทั้งไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีของคอนกรีตมวลเบา

5.1.2 แบบจำลองสมการถดถอย

แบบจำลองสมการถดถอยที่เหมาะสมกับชุดข้อมูลงานวิจัยในครั้งนี้ คือรูปแบบจำลองการถดถอยพหุคูณแบบไม่เชิงเส้น โดยประสิทธิภาพของแบบจำลอง ดังแสดงต่อไปนี้

1) ประสิทธิภาพของแบบจำลองสำหรับทำนายกำลังรับแรงอัด

ประสิทธิภาพของแบบจำลองสำหรับกำลังรับแรงอัดคอนกรีตมวลเบาผสมเถ้าแกลบ มีค่าสัมประสิทธิ์ของการทำนาย เท่ากับ 0.940

2) ประสิทธิภาพของแบบจำลองสำหรับทำนายอัตราการดูดซึมน้ำ

ประสิทธิภาพของแบบจำลองสำหรับทำนายอัตราการดูดซึมน้ำคอนกรีตมวลเบาผสมเถ้าแกลบ มีค่าสัมประสิทธิ์ของการทำนาย เท่ากับ 0.945

3) ประสิทธิภาพของแบบจำลองสำหรับทำนายความหนาแน่น

ประสิทธิภาพของแบบจำลองสำหรับทำนายความหนาแน่นคอนกรีตมวลเบาผสมเถ้าแกลบ มีค่าสัมประสิทธิ์ของการทำนาย เท่ากับ 0.964

แบบจำลองสมการถดถอยสำหรับการทำนายคุณสมบัติคอนกรีตมวลเบาผสมเถ้าแกลบ จัดได้ว่ามีประสิทธิภาพการทำนายผลอยู่ในเกณฑ์สูง

จากสรุปผลการทดลองที่กล่าวมาข้างต้น จึงสามารถทำให้เกิดความมั่นใจในระดับหนึ่งได้ว่า เถ้าแกลบ สามารถนำมาใช้แทนที่ทรายบางส่วนในอัตราส่วนผสมคอนกรีตมวลเบา โดยการใช้เถ้าแกลบในปริมาณที่เหมาะสมจะส่งผลด้านบวกต่อคุณสมบัติของคอนกรีตมวลเบา อีกทั้งไม่ส่งผลกระทบต่อเสถียรภาพของฟองโฟม และไม่มีการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีของคอนกรีตมวลเบา ประเด็นที่สำคัญที่สุดคือสามารถนำวัสดุเหลือทิ้งมาใช้ประโยชน์ โดยใช้เป็นวัสดุผสมร่วมกับอีกหนึ่งกระบวนการผลิต ทำให้ได้มาซึ่งวัสดุก่อสร้างอีกชนิดหนึ่ง นั่นคือ “คอนกรีตมวลเบาผสมเถ้าแกลบ”

5.2 ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะที่คาดว่าจะสามารถพัฒนางานวิจัยนี้ต่อไปได้อีก และเป็นประโยชน์สำหรับนักวิจัยท่านอื่นที่สนใจในด้านนี้ต่อไป

5.2.1 ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

จากผลงานวิจัยเรื่องคอนกรีตมวลเบาผสมเถ้าแกลบสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการลด

ต้นทุนในการผลิตคอนกรีตมวลเบา และเป็นอีกทางเลือกหนึ่งของกระบวนการผลิตวัสดุที่สามารถนำวัสดุเหลือทิ้งกลับมาใช้ประโยชน์

5.2.2 ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยต่อไป

สามารถนำทฤษฎี Optimization มาใช้เพื่อหาค่าที่เหมาะสมที่สุดโดยเลือกใช้อัลกอริทึมที่เหมาะสมกับชุดข้อมูล นอกจากนี้สามารถศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องการลดความต้องการน้ำในอัตราส่วนผสมคอนกรีตมวลเบาผสมเถ้าแกลบ โดยอาจใช้สารผสมเพิ่มในปริมาณที่เหมาะสมที่จะไม่ส่งผลกระทบต่อเสถียรภาพของฟองโฟมและองค์ประกอบทางเคมีของคอนกรีตมวลเบา

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบอกคุณ ผศ.ดร.เรืองรุชดี ชีระโรจน์ ซึ่งให้คำปรึกษาด้วยดีตลอดมา

เอกสารอ้างอิง

- [1] ปริญญา จินดาประเสริฐ และ ชัย จาตุรพิทักษ์กุล, “ปูนซีเมนต์ปอซโซลานและคอนกรีต”, สมาคมคอนกรีตแห่งประเทศไทย, พ.ศ.2551, หน้า 317.
- [2] V. Saraswathy, and H. Song. “Corrosion performance of rice husk ash blended concrete”. *Construction and Building Materials*. 21 : 1779–1784, 2007.
- [3] K. Ganesan, K. Rajagopal and K. Thangavel. “Rice husk ash blended cement: Assessment of optimal level of replacement for strength and permeability properties of concrete”. *Construction and Building Materials*. 22 : 1675–1683, 2008.

- [4] B. Chatveera and P. Lertwattanaruk. “Durability of conventional concretes containing black rice husk ash”. *Journal of Environmental Management*. 92 : 59-66, 2011.
- [5] . “ASTM C 33 : Standard Specification for Concrete Aggregates,” Annual Book of ASTM Standard. 4(2) : 5-16, 2002 B.
- [6] . “ASTM C 136 : Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregate,” Annual Book of ASTM Standard. 4(2) : 84-87, 1997 E.
- [7] . “ASTM C 128 : Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Fine Aggregate,” Annual Book of ASTM Standard. 4(2) : 74-79, 1997 D.
- [8] . “ASTM C 29 : Standard Test Method for Unit Weight and Voids in Aggregate,” Annual Book of ASTM Standard. 4(2) : 1-4, 1997.
- [9] . “ASTM C 230 : Standard Test Method for of Flow Table for Use in the Tests Hydraulic Cement,” Annual Book of ASTM Standard. 4(1) : 182-186, 1997 G.
- [10] PE. Regan and AR. Arasteh. “Lightweight aggregate foamed concrete”. *Structural Engineer*. 68(9), 1990.
- [11] K. Ramamurthy, E.K. Kunhanandan Nambiar, and G. Indu Siva Ranjani. “A classification of studies on properties of foam concrete”. *Cement & Concrete Composites*. 31, 2009.

- [12] T. Y. Lo, W. C. Tang, and H. Z. Cui. "The effect of aggregate properties on lightweight concrete". *Building and Environment*. . 42 : 3025-3029, 2007.
- [13] K. Jitchaiyaphum, T. Sinsiri, C. Jaturapitakkul, and P.chindaprasirt. "Cellular lightweight concrete containing high-calcium fly ash and natural zeolite". *International Journal of Minerals, Metallurgy and Materials*. 20 : 462- 471, 2013.

การออกแบบสร้างและหาประสิทธิภาพอุปกรณ์อัดก้อนเชื้อเห็ด Design Construction and Efficiency of press equipment Mushroom cube

กรรณิกา สายสิญจน์^{1,*} ประสานพันธ์ สายสิญจน์²

¹สาขาวิชาสามัญสัมพันธ์ วิทยาลัยเทคนิคหนองคาย สถาบันการอาชีวศึกษาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 1 อำเภอเมือง จังหวัดหนองคาย 43000

²สาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้า วิทยาลัยเทคนิคหนองคาย สถาบันการอาชีวศึกษาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 1 อำเภอเมือง จังหวัดหนองคาย 43000

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อออกแบบสร้างและหาประสิทธิภาพของเครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ดให้สามารถอัดก้อนเชื้อเห็ดที่มีความหนาแน่นต่อก้อน เท่ากับ 0.8 g/cm^3 มวล 950 g ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 cm สูง 15 cm ซึ่งบรรจุในถุงพลาสติกในแบบพับข้างกว้าง 9 cm สูง 31 cm

ผลการออกแบบเครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ด ได้ออกแบบโดยเน้นการประหยัดพลังงาน ราคาถูก ใช้ได้ในที่ไม่มีไฟฟ้าและสามารถออกกำลังกายได้ ซึ่งเครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ดที่สร้างขึ้นมา มีความสูง 120 cm กว้าง 100 cm ยาว 130 cm หลักการทำงานอาศัยการหมุนของล้อจักรยานส่งให้เพลาลูกเบี้ยวซึ่งที่ปลายทั้งสองข้างของเพลาดัดด้วยจานหมุนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 30 cm และตรงกลางเพลาดัดด้วยเฟืองโซ่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 cm และเมื่อปั่นจักรยานจะทำให้เพลาลูกเบี้ยวซึ่งทำให้แท่งอัดซึ่งติดที่ปลายของเพลาทิ้ง 2 ด้านเลื่อนลงไปอัดก้อนเชื้อเห็ดในบล็อกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10.5 cm สูง 20 cm โดยให้อัดได้ลึกสุด 8 cm จากขอบด้านบน ซึ่งสามารถอัดได้พร้อมกันครั้งละ 2 บล็อก และเพื่อความรวดเร็วในการเปลี่ยนถุงอัดก้อนเชื้อเห็ดได้ทำการเพิ่มบล็อกที่ใช้สำหรับอัดก้อนเชื้อเห็ดเป็นด้านละ 2 บล็อก จากการหาประสิทธิภาพของเครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ด พบว่า เครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ดใช้การกดอัด จำนวน 3 ครั้งต่อก้อน และเมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องกับแรงงานคน พบว่า การอัดด้วยเครื่องใช้แรงงานคนจำนวน 3 คน ในเวลา 1 นาที สามารถอัดก้อนเชื้อเห็ดได้

จำนวน 120 ก้อน คิดเฉลี่ยเป็น คนละ 40 ก้อนต่อหน้าที่ ซึ่งใช้แรงงานคนทำได้เฉลี่ยมากที่สุด 10 ก้อนต่อหน้าที่ แสดงว่าเครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ดมีประสิทธิภาพสามารถอัดก้อนเชื้อเห็ดได้มากกว่าแรงคนคิดเป็นจำนวน 4 เท่า

คำสำคัญ : ประสิทธิภาพ, เครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ด, ก้อนเชื้อเห็ด

Abstract

This research aims to design, build and efficiency of press machine mushroom cube can press machine mushroom with a density equal to the cube equal to 0.8 g / cm^3 weight 950 g diameter 10 cm high 15 cm, which is packed in a plastic bag in the folded width 9 cm high 31 cm.

Overall, the press machine mushroom cube. Designed with an emphasis on energy efficiency. Is available at no electricity and can exercise. The press machine mushroom cube that create height 120 cm, wide 100 cm, long 130 cm. Working principle relies on the spin of the wheel bicycles to send to the shaft at both ends of the shaft equipped with a rotor diameter of 30 cm and straight. Intermediate shaft sprockets mounted with a diameter of 9 cm and cycling make the rotating shaft, which makes extruded rods, which are attached at the two ends of the shaft moves into press machine. Blog diameter

10.5 cm, high 20 cm by the compression depth 8 cm and can be pressed at the same time, two blocks and the speed of change has increased the bag mushroom cube block for mushrooms are two side-by-block. Efficiency of press machine mushroom cube found that machine use to compress the number three times per pack . When comparing the performance of the machine with the labor force, it was found that the compression of 3 laborers in one minute could compress 120 grams of mushrooms, which accounted for 40 persons per minute. The average of 10 bubbles per minute indicates that the mushroom compressor can effectively compress mushroom than the workers from the 4 times.

Keywords : Efficiency, Press machine Mushroom

Cube, Mushroom cube.

1. บทนำ

การประกอบอาชีพเกษตรกรของไทยในอดีตส่วนใหญ่จะใช้แรงงานจากคนหรือสัตว์ขึ้นกับความเหมาะสมของงานซึ่งทำให้เกิดความล่าช้าไม่รวดเร็วและทันต่อความต้องการ ดังนั้นจึงมีการคิดค้นเครื่องมือและอุปกรณ์ต่าง ๆ เพื่อนำมาใช้แทนแรงงานจากคนและสัตว์เพื่อให้เกิดความรวดเร็วและมีประสิทธิภาพทัดเทียมหรือเหนือกว่าแรงงานจากคน และอีกอาชีพหนึ่งที่ต้องอาศัยแรงงานจากคนเป็นส่วนใหญ่ คือ อาชีพการเพาะเห็ด ซึ่งในปัจจุบันกำลังเป็นที่นิยม[1] เนื่องจากเป็นการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรต่าง ๆ เช่น ขี้เลื่อย ฟางข้าว และในปัจจุบันมีวิธีการและขั้นตอนต่าง ๆ ทางสื่อออนไลน์ซึ่งผู้ที่สนใจสามารถศึกษาด้วยตนเองได้ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นเห็ดอัดก้อนหุ้มด้วยพลาสติก เช่น เห็ดนางรม เห็ดนางฟ้า ส่วนขั้นตอนในการเพาะเห็ดนั้น ต้องใช้เวลาในการเตรียมวัสดุอุปกรณ์เพื่อเตรียมความพร้อมในการเพาะเห็ด

รวมไปถึงต้องใช้เวลาในการอัดก้อนเชื้อเห็ด จึงทำให้เสียเวลาและไม่ทันความต้องการของเกษตรกร ซึ่งในปัจจุบันได้มีการสร้างเครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ดด้วยไฟฟ้าขึ้นมาใช้แทนแรงงานคน [2],[3] เนื่องจากการอัดด้วยเครื่องอัดย่อมทำได้จำนวนมากในเวลารวดเร็ว ความสม่ำเสมอของแรงอัดทำให้ได้ก้อนเห็ดขนาดใกล้เคียงกันและความแน่นของวัสดุเท่าๆกัน ซึ่งส่งผลให้เชื้อเห็ดเกิดดอกเห็ดพร้อมกัน และอีกประการที่สำคัญคือ การอัดก้อนเห็ดด้วยเครื่องไม่ทำให้ก้อนแตก หรือร่วน ซึ่งทั้งสองอย่างมักเกิดจากการอัดก้อนด้วยแรงงานคนซึ่งไม่ชำนาญการที่ก้อนแตกทำให้เสียเวลา และเพิ่มต้นทุนส่วนก้อนร่วนก็เกิดจากการที่มีเศษหินเศษทรายบนพื้นทำให้เกิดรอยร่วนขณะกระทุ้งก้อนเห็ด ทำให้ดอกเห็ดแทรกซึมออกดอกที่บริเวณก้นของก้อนเห็ดทำให้เกิดปัญหาในการจัดเก็บดอกเห็ด [4] แต่การใช้เครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ดจะมีราคาแพงประกอบกับต้องใช้กับไฟฟ้าซึ่งไม่สะดวกในการติดตั้งใช้งานในสถานที่ที่จำกัด

จากที่กล่าวมาคณะผู้วิจัยจึงสนใจที่จะออกแบบและสร้างเครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ดโดยไม่ใช้ไฟฟ้า โดยอาศัยหลักการหมุนของล้อรถจักรยานจากการปั่นด้วยแรงคนที่จะทำให้เพลาลูกหมุนซึ่งทำให้แท่งอัดซึ่งติดที่ปลายของเพลาทั้ง 2 ด้านเคลื่อนที่ลงไปอัดก้อนเชื้อเห็ดได้ครั้งละ 2 ก้อนรวมไปถึงได้ออกแบบบล็อกอัดก้อนเชื้อเห็ดให้มีช่องเปิดเพื่อความสะดวกในการนำก้อนเชื้อเห็ดออก และสามารถเปลี่ยนหัวได้โดยไม่ต้องหยุดเครื่อง ซึ่งเครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ดที่ออกแบบและสร้างขึ้นมามีขึ้นใช้งานได้โดยไม่ใช้ไฟฟ้า และสามารถเคลื่อนย้ายได้ตามความเหมาะสมของสถานที่ รวมไปถึงสามารถออกกำลังภายในขณะที่ทำงานไปด้วย เป็นการประหยัดพลังงานและนำไปใช้ในการประกอบอาชีพต่อไป

2. วัตถุประสงค์

เพื่อออกแบบสร้าง และหาประสิทธิภาพของเครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ด

3. สมมติฐานการวิจัย

อุปกรณ์อัดก้อนเชื้อเห็ดที่ออกแบบสร้างขึ้นมาสามารถอัดก้อนเชื้อเห็ดได้มากกว่าการอัดด้วยแรงคน 3 เท่า

4. วิธีดำเนินการวิจัย

4.1 วัสดุอุปกรณ์สำหรับสร้างตัวเครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ดประกอบด้วย

4.1.1 โครงรถจักรยาน จำนวน 1 คัน

4.1.2 แผ่นจานหมุน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 30 cm จำนวน 2 แผ่น

4.1.3 บล็อกอัดก้อนเชื้อเห็ดทำจากเหล็กหนา 5 mm ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 cm สูง 20 cm จำนวน 4 บล็อก

4.1.4 ชุดเพลาร้อมโซ่ จำนวน 1 ชุด

4.1.5 แผ่นเหล็กฐานตั้ง ขนาด 30 cm x 100 cm จำนวน 1 แผ่น

4.1.6 แท่งเหล็กต้นทำแกนอัด ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 cm ยาว 33 cm จำนวน 2 ท่อน

4.1.7 เหล็กเส้นทำข้อเหวี่ยงขนาด 3 cm x 37 cm x 0.5 cm จำนวน 4 เส้น

4.1.8 ชุดเหล็กเส้นสำหรับทำโครงเครื่อง

4.2 วัสดุอุปกรณ์สำหรับการทดลองหาประสิทธิภาพของเครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ด ประกอบด้วย

4.2.1 เชื้อเห็ดบรรจุถุงพร้อมสำหรับการอัด

4.2.2 ถุงพลาสติกใสแบบพับข้างกว้าง

9 mm สูง 31

4.2.3 เครื่องชั่ง

4.2.4 นาฬิกาจับเวลา

4.2.5 ไม้บรรทัด

4.3 ขั้นตอนการดำเนินงาน

4.3.1 การออกแบบชิ้นส่วนเครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ด

จากการศึกษาข้อมูลและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในการสร้างเครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ด คณะผู้วิจัยได้การออกแบบสร้างเครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ดเพื่อให้ได้เครื่องที่

มีประสิทธิภาพการทำงานสูงสุด และตรงตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ โดยมีกรอบแนวคิดในการออกแบบเครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ด ดังนี้

1) โครงสร้างมีความแข็งแรงทนทานต่อการใช้งาน

2) ความสะดวกในการใช้งานและสามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก

3) จัดซื้อและจัดหาอุปกรณ์ได้สะดวก

4) ระบบส่งกำลังทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5) เครื่องสามารถอัดก้อนเชื้อเห็ดได้ตามขนาดที่ต้องการ

6) สามารถเปลี่ยนหัวได้โดยไม่หยุดเครื่อง

7) ความสะดวกในการถอดประกอบ และดูแลบำรุงรักษาง่าย

8) มีความปลอดภัยในการใช้งาน

4.3.4 ดำเนินการสร้างเครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ด

ในขั้นตอนการดำเนินการสร้างเครื่องจะต้องมีการทำตามขั้นตอนและทำตามแผนที่ได้วางแผนไว้เพื่อลดความผิดพลาดจากการทำงานในเรื่องอุปกรณ์ เวลา และงบประมาณที่กำหนดดังนี้



รูปที่ 1 โครงสร้างเครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ด

1) ประกอบตัวโครงเพื่อทำเป็นตัวยึดขาตั้งซึ่งทำจากเหล็กสูง 120 cm

2) ติดตั้งเพลาระหว่างขาตั้งทั้งสองโดยที่ปลายทั้งสองข้างของเพลาดัดด้วยจานหมุนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 30 cm และตรงกลางเพลาดัดด้วยเฟืองโซ่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 cm

3) นำแท่งเหล็กกลมตันสำหรับเป็นแท่งอัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 cm ยาว 33 cm มาติดเข้าไปที่จากหมุนทั้งสองข้างโดยที่เมื่อทำให้จานหมุนจะทำให้แท่งเหล็กที่ติดอยู่เลื่อนขึ้นลงตามการหมุนนั้น

4) นำโครงรถจักรยานมาประกอบเข้ากับตัวโครงตัวเครื่องอัดโดยการนำโซ่มาคล้องโยงระหว่างเพลาดัดตัวเครื่องมายังเฟืองรถจักรยาน

5) นำบล็อกสำหรับใส่ถุงอัดเชื้อเห็ดมาติดตั้งที่ฐานทั้งสองด้านด้านละ 2 บล็อก โดยที่ฐานบล็อกสามารถเลื่อนซ้าย ขวาได้เพื่อใช้สำหรับการนำถุงเชื้อเห็ดเข้าไปวางและนำถุงเชื้อเห็ดที่อัดเสร็จแล้วออกได้อย่างสะดวก

6) ทาสี ตกแต่งให้สวยงาม



รูปที่ 2 ชุดเพลารวมโซ่



รูปที่ 3 บล็อกสำหรับอัดก้อนเชื้อเห็ด

4.3.5 ดำเนินการทดลองใช้เครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ด

1) นำเครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ดที่ประกอบเสร็จเรียบร้อยแล้วมาจัดเตรียมสถานที่ตั้งเครื่องเพื่อทำการทดลองใช้งานโดยให้วางบนพื้นดิน หรือพื้นคอนกรีตราบเรียบ

2) จัดเตรียมเชื้อเห็ดที่ผสมเสร็จเรียบร้อยแล้วบรรจุใส่ถุงพร้อมสำหรับการอัดก้อน

3) ตรวจสอบความพร้อมของเครื่อง

4) ดำเนินการทดลองโดยทำการปั่นจักรยานเพื่อตรวจสอบการหมุน และการกดอัดก้อนเชื้อเห็ดจับเวลาแล้วบันทึกผลจำนวนก้อนที่ได้ต่อรอบ

5) ทำการทดลองซ้ำ



รูปที่ 4 ก้อนเชื้อเห็ดที่รอการกดอัด



รูปที่ 5 การนำก้อนเชื้อเห็ดเข้ารับการกดอัด

4.3.6 การหาประสิทธิภาพเครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ด
การหาประสิทธิภาพของเครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ดได้ดำเนินการหา ดังนี้

1) หาจำนวนครั้งที่เหมาะสมในการอัดแต่ละก้อน

2) หาจำนวนก้อนที่อัดได้เทียบกับจำนวนรอบการนำเอาผลที่ได้จากการทดลองหาประสิทธิภาพของเครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ดที่ได้แต่ละครั้งมารวบรวมข้อมูลไว้แล้วทำการหาค่าเฉลี่ยเพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่อง โดยทำการทดลองทั้งหมด 5 ครั้ง บันทึกผลและสรุปผล



รูปที่ 6 ชุดเครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ด

5. ผลการทดลอง

5.1 การออกแบบและสร้างเครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ด
เครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ดที่สร้างขึ้นใช้หลักการดังนี้

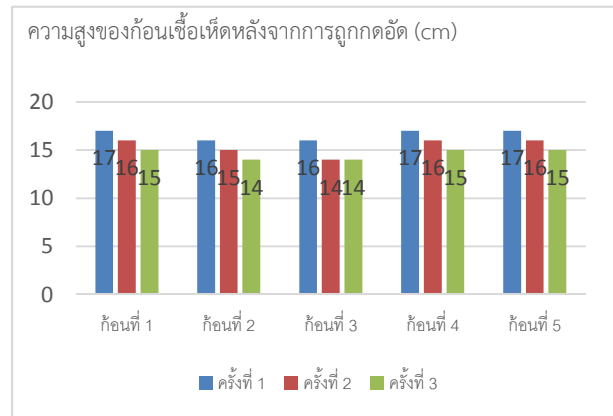
1) ไม่ใช้ไฟฟ้าในการทำงาน
2) สามารถเคลื่อนย้ายได้
3) ใช้หลักการหมุนของล้อรถในการกดอัดก้อนเชื้อเห็ด

4) สามารถออกกำลังกายไปพร้อมกับการทำงาน

5.2 การหาประสิทธิภาพด้านจำนวนครั้งที่ใช้อัดต่อก้อน

ในการหาประสิทธิภาพของเครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ดได้พิจารณาในด้านจำนวนครั้งที่ใช้ในการอัดต่อก้อนเพื่อให้แต่ละก้อนมีความหนาแน่นเท่ากับ 0.8 g/cm^3

โดยในแต่ละก้อนบรรจุเชื้อเห็ดที่พร้อมสำหรับการอัดมวล 950 g ไปในถุงพลาสติกใสพับข้างกว้าง 9 cm สูง 31 cm แล้วทำการอัดเพื่อให้ก้อนเชื้อเห็ดมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 cm สูง 15 cm จำนวนครั้งในการอัดต่อก้อน แสดงผลได้ในรูปที่ 7

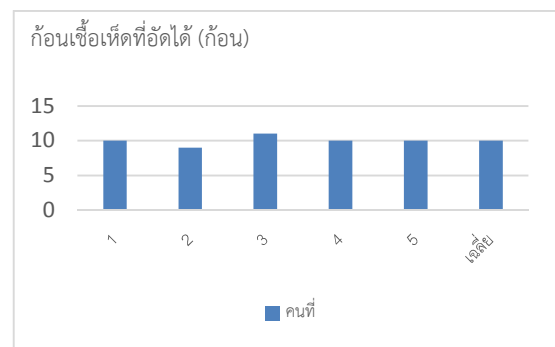


รูปที่ 7 ผลการหาจำนวนครั้งที่ใช้ในการอัดต่อก้อน

จากรูปที่ 7 พบว่า ในการอัดก้อนเชื้อเห็ดมวล 950 g เส้นผ่านศูนย์กลาง 10 cm ให้มีความสูง 15 cm นั้น ต้องใช้การอัดเฉลี่ยต่อก้อนเฉลี่ย จำนวน 3 ครั้ง

5.3 การหาประสิทธิภาพด้านจำนวนก้อนต่อหน้าที่โดยใช้แรงงานคน

ในการหาประสิทธิภาพของเครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ดได้พิจารณาในด้านจำนวนก้อนที่อัดได้ต่อหน้าที่โดยในแต่ละก้อนให้มีความสูง 15 cm ใช้แรงงานคนในการกดอัดด้วยวิธีการแบบดั้งเดิม ทำการทดลองจำนวน 5 คน เพื่อหาจำนวนก้อนที่อัดได้ต่อหน้าที่ แสดงผลได้ในรูปที่ 8

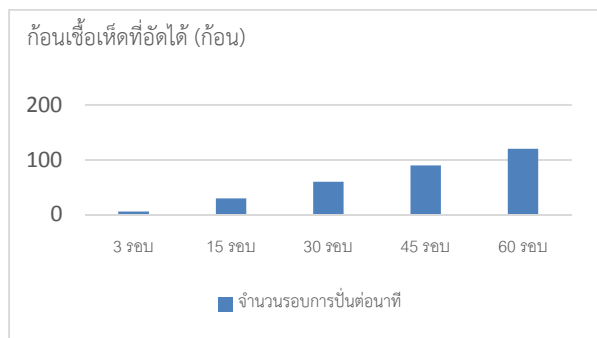


รูปที่ 8 จำนวนก้อนเชื้อเห็ดที่อัดได้โดยใช้แรงงานคน

จากรูปที่ 8 พบว่า ในการอัดก้อนเชื้อเห็ดเห็ดมวล 950 g เส้นผ่านศูนย์กลาง 10 cm ให้มีความสูง 15 cm โดยใช้การอัดแบบวิธีดั้งเดิมทำการทดลองโดยใช้แรงงานจากคน จำนวน 5 คน พบว่า โดยเฉลี่ยการอัดก้อนเชื้อเห็ดเห็ดมวล 950 g เส้นผ่านศูนย์กลาง 10 cm ให้มีความสูง 15 cm ต่อหน้าที่สามารถอัดได้ จำนวน 10 ก้อน

5.4 การหาประสิทธิภาพด้านจำนวนก้อนต่อหน้าที่โดยใช้เครื่องอัดที่สร้างขึ้น

ในการหาประสิทธิภาพของเครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ดได้พิจารณาในด้านจำนวนก้อนที่อัดได้ต่อหน้าที่โดยในแต่ละก้อนใช้การอัดจำนวน 3 ครั้งเท่ากัน จำนวนก้อนที่อัดได้ต่อหน้าที่ แสดงผลได้ในรูปที่ 9



รูปที่ 9 จำนวนก้อนเชื้อเห็ดที่อัดได้เทียบกับรอบการบีบ

จากรูปที่ 6 พบว่า ในการอัดก้อนเชื้อเห็ดเห็ดมวล 950 g เส้นผ่านศูนย์กลาง 10 cm ให้มีความสูง 15 cm นั้น โดยใช้การอัดจำนวน 3 ครั้งต่อก้อน โดยเริ่มอัดได้ที่อัตราเร็ว 3 รอบต่อหน้าที่สามารถอัดได้ จำนวน 6 ก้อน และที่อัตราเร็ว จำนวน 60 รอบต่อหน้าที่ ได้จำนวนก้อนเชื้อเห็ด 120 ก้อน ใช้แรงงานคนในการอัด จำนวน 3 คน คิดเฉลี่ยต่อคน 1 นาทีอัดได้ 40 ก้อน

6. สรุปผลการทดลอง

6.1 ในการออกแบบเครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ด ออกแบบโดยเน้นการประหยัดพลังงาน ราคาถูกใช้ได้ในพื้นที่ไม่มีไฟฟ้าและสามารถออกกำลังกายได้ ซึ่งเครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ดที่สร้างขึ้นมา มีความสูง 120 cm กว้าง 100 cm ยาว

130 cm หลักการทำงานอาศัยการหมุนของเพลลาที่เกิดจากการปั่นจักรยาน ทำให้แท่งอัดซึ่งติดที่ปลายของเพลลาทั้ง 2 ด้านเคลื่อนลงไปอัดก้อนเชื้อเห็ด ในบล็อกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10.5 cm สูง 20 cm โดยให้อัดได้ลึกสุด 8 cm และสามารถอัดได้พร้อมกันครั้งละ 2 บล็อก และเพื่อความรวดเร็วในการเปลี่ยนถุงอัดเชื้อเห็ดได้ทำการเพิ่มบล็อกที่ใช้สำหรับอัดเชื้อเห็ดเป็นด้านละ 2 บล็อก

6.2 ประสิทธิภาพของเครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ดพิจารณาจากจำนวนครั้งที่อัดต่อก้อน และจำนวนก้อนที่อัดได้ใน 1 นาที โดยในการอัดก้อนเชื้อเห็ดจะต้องให้แต่ละก้อนมีความหนาแน่นเท่ากับ 0.8 g/cm^3 ซึ่งบรรจุเชื้อเห็ดที่พร้อมสำหรับการอัด มวล 950 g ไปในถุงพลาสติกใสพับข้างกว้าง 9 cm สูง 31 cm แล้วทำการอัดเพื่อให้ก้อนเชื้อเห็ดมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 cm สูง 15 cm พบว่า เครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ดใช้การกดอัดจำนวน 3 ครั้งต่อก้อน และเมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องกับแรงงานคน พบว่า การอัดด้วยเครื่องใช้แรงงานคน จำนวน 3 คน ในเวลา 1 นาทีสามารถอัดก้อนเชื้อเห็ดได้ จำนวน 120 ก้อน คิดเฉลี่ยเป็นคนละ 40 ก้อนต่อหน้าที่ ซึ่งใช้แรงงานคนทำได้เฉลี่ยมากที่สุด 10 ก้อนต่อหน้าที่ แสดงว่าเครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ดมีประสิทธิภาพสามารถอัดก้อนเชื้อเห็ดได้มากกว่าแรงคนคิดเป็นจำนวน 4 เท่า

กิตติกรรมประกาศ

รายงานการวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีเพราะได้รับความอนุเคราะห์จากแผนกวิชาไฟฟ้ากำลัง แผนกวิชาเครื่องกล แผนกวิชาเครื่องมือกล คณะผู้บริหารวิทยาลัยเทคนิคหนองคาย และสถาบันการอาชีวศึกษาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 1 คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] นายอานนท์ แสนน่าน. (2553). **ฟาร์มหมูบ้านเห็ด**
[ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : <http://www.moobanhed.com/> (29 มีนาคม 2559).
- [2] พนม พงษ์ไพบูลย์. เครื่องอัดเชื้อเห็ด.
กรุงเทพมหานคร, 2538. หน้า 36.
- [3] อภิชาติ เพชรรัตน์ และคณะ. **ทฤษฎีการอัด 1-2**.
กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมวิชาการ, 2535.
หน้า 10-12.
- [4] วรวิทย์ อึ้งภากรณ์ และ ชาญ ถนัดงาน. การ
ออกแบบเครื่องจักรกล เล่ม 1. กรุงเทพฯ : บริษัท
วี.พรีนซ์ (1991) จำกัด. (2556). หน้า 23 - 25,
263 – 283.

อิทธิพลของค่ากำลังอัดของคอนกรีต และขนาดตัวอย่างทดสอบที่มีผลต่อ
การทดสอบค่ากำลังอัดของคอนกรีตที่ได้จากการทดสอบแบบไม่ทำลายโดยใช้ค้อนกระแทก

Effect of the Compressive Strength of Concrete and the Size of Tested Specimens on the
Compressive Strength of Concrete Obtained from Non-Destructive Test Using Rebound
Hammer

ชูชัย สุจิวิกุล^{1*}, กนกวรรณ ชัยวรวิทย์กุล²

^{1*}ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพมหานคร 10140

²นักศึกษา สาขาวิชาเทคโนโลยีโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพมหานคร 10140

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาขนาดตัวอย่างทดสอบที่มีผลต่อค่ากำลังอัดของคอนกรีตที่ได้จากการทดสอบแบบไม่ทำลายโดยใช้ค้อนกระแทก ค่ากำลังอัดของตัวอย่างคอนกรีตที่ใช้จริงตามมาตรฐาน ASTM C192 มีอยู่ 3 ระดับคือ 235, 321, และ 398 กก./ซม.² ตัวอย่างคอนกรีตถูกทำการทดสอบกำลังอัดแบบทำลายโดยใช้ค้อนกระแทก โดยใช้มุมทดสอบ 3 ทิศทางคือ มุม-90° มุม 0° และ มุม+90° ขนาดของตัวอย่างคอนกรีตที่ใช้ในการทดสอบแบบไม่ทำลายมี 5 ขนาด คือ รูปทรงลูกบาศก์ ขนาด 15x15x15 ซม รูปทรงปริซึมสี่เหลี่ยมขนาด 22.5x22.5x15 ซม และ 30x30x15 ซม ตัวอย่างรูปทรงกระบอกมี 2 ขนาด คือ Ø15x20 ซม และ Ø15x30 ซม ตัวอย่างคอนกรีตทั้งหมดถูกบ่มในน้ำที่ 28 วัน จากการทดสอบพบว่าขนาดของก้อนตัวอย่างทดสอบที่มีขนาดกว้างขึ้นและหนาขึ้นได้ค่ากำลังอัดที่อ่านได้จากการทดสอบแบบไม่ทำลายมากกว่าเนื่องจากตัวอย่างคอนกรีตรับแรงสะท้อนจากเครื่องทดสอบค้อนกระแทกได้ดีกว่า และจากการทดสอบได้พบว่าตัวอย่างรูปทรงกระบอกจะให้ค่ากำลังอัดจากการทดสอบโดยค้อนกระแทกสูงกว่าตัวอย่างรูปทรงลูกบาศก์ซึ่งเกิดมาจาก

ตัวอย่างรูปทรงกระบอกมีความหนาที่มากกว่าทำให้แรงสะท้อนได้สูงกว่า

คำสำคัญ : กำลังอัดของคอนกรีต, การทดสอบแบบไม่ทำลาย, ค้อนกระแทก

Abstract

This objective of this research was to study the effect of the compressive strength of concrete and the size of specimens on the compressive strength of concrete obtained from non-destructive using rebound hammer. The actual compressive strength of concrete specimens had 3 levels; i.e. 235, 321, and 398 ksc, according to ASTM C192 standard. The concrete specimens were tested by rebound hammer with 3 different directions; i.e. -90°, 0° and +90°. Five different sizes of concrete samples were investigated: (a) 15 cm cube; (b) 22.5x22.5x15 cm prism; (c) 30x30x15cm prism; (d) Ø15x20 cm cylinder; and (e) and Ø15x30 cm cylinder. All concrete specimens were cured in water at 28 days. It was found from the study

that the wider and the thicker of concrete specimens led to the higher compressive strength obtained from rebound hammer test. Furthermore, it was found that those cylindrical specimens gave the higher compressive strength from rebound hammer than those cube specimens, because the cylindrical specimens were thicker so that the higher rebound number would be obtained.

KEYWORDS : Compressive strength, Nondestructive Test, Rebound Hammer

1. บทนำ

การทดสอบแบบไม่ทำลาย (Nondestructive Test) เป็นการทดสอบที่ทำให้ทราบถึงสมบัติคอนกรีตโดยไม่เกิดความเสียหาย หรือแตกหักต่อโครงสร้างที่ทำการทดสอบ โดยมีอยู่ 4 วิธีที่นิยมใช้กันอยู่ในปัจจุบัน [1] ได้แก่

1. การทดสอบเพื่อประเมินสภาพสมบูรณ์ของเนื้อคอนกรีตด้วยคลื่นเรดาร์ (Radar)
2. การทดสอบคอนกรีตโดยใช้คลื่นอัลตราโซนิก (Ultrasonic Pulse Velocity)
3. การทดสอบประเมินค่ากำลังอัดคอนกรีตด้วยการยิงด้วยหัวยิงทดสอบ
4. การทดสอบวิธีหาค่าความแข็งแรงคอนกรีตด้วยค้อนกระแทก (Rebound Hammer)

การตรวจสอบกำลังอัดคอนกรีตด้วยค้อนกระแทก (Rebound Hammer) ตามมาตรฐาน ASTM C805-02 [2] เป็นวิธีการที่เป็นที่นิยม และได้ผลที่มีความน่าเชื่อถือระดับหนึ่งเนื่องจากมีขั้นตอนการตรวจสอบที่ไม่ซับซ้อน และสามารถเข้าทำการตรวจสอบได้เพียงคนเดียว ซึ่งในหลักการของวิธีการทดสอบวิธีนี้ จะอาศัยสมบัติการดูดซับพลังงานจากค่า Stress Wave Ratio ซึ่งเป็นอัตราส่วนของคลื่นความเค้นอัดที่สะท้อนกลับมาจากเนื้อคอนกรีต กับคลื่นที่ส่งผ่านแท่งกดของเครื่องมือ โดยปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับพลังงานก็คือ

ความหนาแน่น ความแข็ง ความเรียบของผิว รวมไปถึงโมดูลัสยืดหยุ่นของวัสดุ [3, 4]

ในการศึกษาวิจัยที่ผ่านมาการศึกษาเปรียบเทียบวิธีการทดสอบกำลังอัดแบบไม่ทำลายต่างๆ [5] แต่ยังไม่มีความสัมพันธ์ของผลการทดสอบแบบทำลาย และการทดสอบแบบไม่ทำลาย เมื่อตัวอย่างคอนกรีตมีขนาดแตกต่างกัน ในงานวิจัยนี้ได้ใช้ก้อนตัวอย่างคอนกรีตทดสอบที่มีขนาด และรูปทรงแตกต่างกัน ซึ่งทำการเปรียบเทียบระหว่างก้อนตัวอย่างคอนกรีตทดสอบขนาด และรูปทรงมาตรฐาน กับขนาดก้อนตัวอย่างทดสอบที่คณะผู้วิจัยกำหนดขึ้น

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อศึกษาขนาดตัวอย่างทดสอบที่มีผลต่อค่ากำลังอัดของคอนกรีตที่ใช้การทดสอบแบบไม่ทำลายโดยใช้ค้อนกระแทก

3. วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 การออกแบบส่วนผสมของคอนกรีต

ในการทดลองนี้ ผู้วิจัยใช้ส่วนผสมคอนกรีตที่มีกำลังอัดคอนกรีต 3 ระดับคือ 200, 300, และ 400 กก./ซม.² โดยทำการออกแบบส่วนผสมตามมาตรฐาน ACI 211 [6] ส่วนผสมที่ได้รับแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ส่วนผสมคอนกรีต (กก./ 1 ลบ.ม.)

ค่ากำลังอัด (ksc)		200	300	400
w/c		0.62	0.28	0.28
ปริมาณวัสดุ/1 ลบ.ม.	ปูน	298.79	409.00	533.00
	หิน	998.62	751.00	751.00
	ทราย	857.22	953.00	851.00
	น้ำ	203.77	125.97	164.16
นน./ลบ.ม.		2,359.02	2,239.25	2,299.44

3.2 วัสดุที่ใช้ในการเตรียมตัวอย่างคอนกรีต

ในการวิจัยนี้มีวัสดุที่ใช้ในการทดลองดังนี้

3.2.1 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1

3.2.2 ทรายแม่น้ำ ผ่านตะแกรงเบอร์ 4 และ
ค้ำที่ตะแกรงเบอร์ 50

3.2.3 หิน ผ่านตะแกรงเบอร์ 3/4 นิ้ว และ ค้ำ
ที่ตะแกรงเบอร์ 3/8 นิ้ว

3.2.4 สารผสมเพิ่ม น้ำยาผสมคอนกรีต พลาสติไซเซอร์ ประเภทลดน้ำและหน่วงการก่อตัว ที่มีคุณสมบัติเทียบเท่ามาตรฐาน ASTM C 494 Type D [7]

3.3 การเตรียมตัวอย่างคอนกรีต

ผู้วิจัยได้ทำการจัดเตรียมตัวอย่างการวิจัยดังนี้

3.3.1 แท่งตัวอย่างรูปทรงลูกบาศก์ ขนาด
15x15x15 ซม.

3.3.2 แท่งตัวอย่างรูปทรงลูกบาศก์ ขนาด
30x30x15 ซม.

3.3.3 แท่งตัวอย่างรูปทรงลูกบาศก์ ขนาด
22.5x22.5x15 ซม.

3.3.4 แท่งตัวอย่างรูปทรงกระบอก ขนาด
Dia.15x30 ซม.

3.3.5 แท่งตัวอย่างรูปทรงกระบอก ขนาด
Dia.15x20 ซม.

แต่ละกำลังอัดคอนกรีตมีจำนวน 3 ตัวอย่างต่อชุด
ดังนั้นแต่ละขนาดตัวอย่างคอนกรีตจะมีจำนวนเท่ากับ 9
ตัวอย่าง

3.4 การทดสอบกำลังอัดของคอนกรีต

มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.4.1 นำแท่งตัวอย่างที่ทำการบ่มตามเวลาที่
กำหนดที่ 28 วัน ขึ้นจากน้ำ แล้วทิ้งไว้เป็นเวลา 48
ชั่วโมง ก่อนการทดสอบ

3.4.2 จากนั้นจึงทำการทดสอบหาค่ากำลังรับ
แรงอัดของคอนกรีตแบบไม่ทำลายด้วยวิธีค้อนกระแทก
(Rebound Hammer) ผู้วิจัยได้ทำการเลือกใช้ผู้ทำการ
ทดสอบเพียง 1 คน สำหรับการทดสอบกำลังอัดของ

คอนกรีตแบบไม่ทำลายชนิดโดยใช้ค้อนกระแทก โดยใช้
มุมทดสอบ 3 ทิศทางคือ มุม-90° มุม 0° และ มุม+90°
โดยทุกตำแหน่งที่ทำการทดสอบในแต่ละทิศทางของแท่ง
คอนกรีตจะทำการทดสอบไม่น้อยกว่า 10 ครั้ง บันทึก
ค่าแรงสะท้อนที่ได้จากการทดสอบ

3.4.3 นำตัวอย่างมาตรฐาน 2 ขนาด คือ
ตัวอย่างรูปทรงลูกบาศก์ ขนาด 15x15x15 ซม. และ
ตัวอย่างรูปทรงกระบอก ขนาด Dia.15x30 ซม. ไปทำ
การทดสอบกำลังอัดแบบทำลายโดยใช้เครื่องทดสอบ
แรงอัดคอนกรีต (Compression Test)

3.4.4 การวิเคราะห์ข้อมูลและการแปลผล
ผู้วิจัยได้ดำเนินการแบ่งการวิเคราะห์ข้อมูลและแปลผล
ดังนี้

ส่วนของผลการทดสอบการรับกำลังอัด
คอนกรีตแบบไม่ทำลาย บนตัวอย่างคอนกรีตได้ทำการหา
ค่าเฉลี่ยของค่าจำนวนครั้งของการสะท้อน (Rebound
Number) ในแต่ละตำแหน่ง จากนั้นทำการอ่านค่ากำลัง
อัดจากค่าเฉลี่ยของของการสะท้อน (Rebound Number)
ในทิศทางมุมที่ได้ทดสอบ โดยอ่านค่าจากกราฟ
ความสัมพันธ์แสดงในรูปที่ 1 สำหรับการอ่านค่าทดสอบ
ตัวอย่างแบบรูปทรงลูกบาศก์

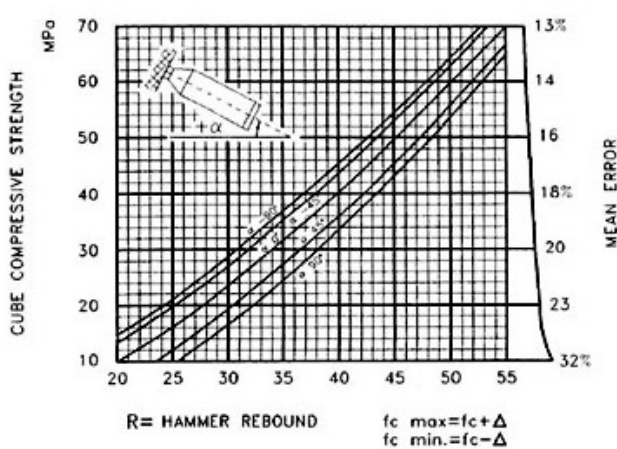
กรณีที่ต้องการแปลงค่ากำลังอัดแบบ
รูปทรงลูกบาศก์มาตรฐานขนาด 15x15x15 ซม. ไปเป็น
กำลังอัดแบบรูปทรงกระบอกมาตรฐานขนาด Ø15 x30
ซม ให้หาค่ากำลังอัดที่อ่านได้จากรูปที่ 3.1 มาคูณด้วยค่า
0.9211 ดังนี้

$$Y = 0.9211(X) \quad (1)$$

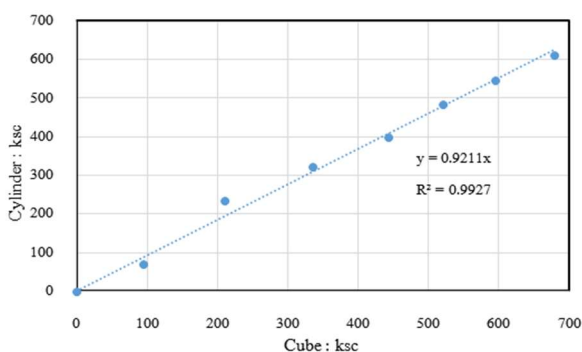
เมื่อ Y คือ ค่ากำลังอัดของคอนกรีตใน
ก้อนตัวอย่างรูปทรงกระบอก และ X คือ ค่ากำลังอัดของ
คอนกรีตในก้อนตัวอย่างรูปทรงลูกบาศก์ สมการที่ (1)
ได้มาจากเส้นแนวโน้มเปรียบเทียบค่าที่ได้จากการ
ทดสอบกำลังอัดตัวอย่างรูปทรงลูกบาศก์มาตรฐานขนาด
15x15x15 ซม. กับค่าที่ได้จากการทดสอบกำลังอัดแบบ
รูปทรงกระบอกมาตรฐานขนาด Ø15 x30 ซม. โดยมี

กำลังอัดตั้งแต่ 100 ksc ถึง 700 ksc ดังแสดงในรูปที่ 2 ซึ่งพบว่าค่ากำลังอัดของคอนกรีตด้วยวิธีทำลายในก้อนตัวอย่างรูปทรงลูกบาศก์ จะมีค่าสูงกว่าค่ากำลังอัดของคอนกรีตในก้อนตัวอย่างรูปทรงทรงกระบอกเล็กน้อยประมาณร้อยละ 8 ซึ่งเป็นผลมาจากค่าความชะลุดของก้อนตัวอย่าง

จากนั้นนำข้อมูลที่ได้ค่ากำลังอัดของคอนกรีตแบบไม่ทำลายมาแสดงผลเปรียบเทียบตามตัวแปรต่างๆ อยู่ในรูปแบบกราฟแท่ง และกราฟเส้น



รูปที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงสะท้อนกับกำลังอัดคอนกรีตรูปทรงลูกบาศก์



รูปที่ 2 เปรียบเทียบค่ากำลังอัดของคอนกรีตที่ได้จากการทดสอบแบบทำลายในตัวอย่างรูปทรงลูกบาศก์ขนาด 15x15x15 ซม. กับรูปทรงกระบอกมาตรฐานขนาด Ø15 x30 ซม. ที่มีระยะเวลาการบ่ม 28 วัน

4. ผลการทดสอบ

4.1 เปรียบเทียบค่ากำลังอัดของตัวอย่างมาตรฐาน การเปรียบเทียบค่ากำลังอัดเป้าหมายของคอนกรีตตามสัดส่วนผสมที่ออกแบบ ค่ากำลังอัดของคอนกรีตแบบทำลาย (D. Test) ที่ทดสอบตามมาตรฐาน BS EN12390-3 [8] และ ASTM C39 [9] และค่ากำลังอัดที่ได้จากการทดสอบแบบไม่ทำลายโดยใช้ค้อนกระแทก ได้แสดงในตารางที่ 2 และ 3 จากการสังเกตพบว่าตัวอย่างมาตรฐานทั้งขนาด 15x15x15 ซม. และขนาด Ø15 x30 ซม. ให้ค่ากำลังอัดจากทดสอบแบบทำลาย (D. Test) ใกล้เคียงกับค่ากำลังอัดเป้าหมายที่ได้จากการออกแบบ โดยที่ตัวอย่างมาตรฐานขนาด Ø15 x30 ซม. ให้ค่ากำลังอัดจากทดสอบแบบทำลายใกล้เคียงกว่าค่ากำลังอัดเป้าหมายซึ่งเป็นไปตามที่คาดไว้

จากตารางที่ 2 และ 3 ยังสังเกตเห็นว่า ค่ากำลังอัดที่ได้จากการทดสอบตัวอย่างมาตรฐานขนาด 15x15x15 ซม. โดยใช้ค้อนกระแทกมีค่าน้อยกว่าค่อนข้างมากเมื่อเทียบกับค่ากำลังอัดที่ได้จากการทดสอบแบบทำลาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อใช้กำลังอัดของคอนกรีตมีค่ามากขึ้นเช่น ที่ $f'_c = 442$ ksc ค่ากำลังอัดที่ได้จากค้อนกระแทกมีค่าน้อยกว่าร้อยละ 25

ในทางตรงกันข้าม ค่ากำลังอัดที่ได้จากการทดสอบตัวอย่างมาตรฐานขนาด Ø15 x30 ซม. โดยใช้ค้อนกระแทกให้ค่าใกล้เคียงกับค่ากำลังอัดที่ได้จากการทดสอบแบบทำลาย ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการทดสอบกำลังอัดคอนกรีตด้วยค้อนกระแทก (Rebound Hammer) ของมาตรฐาน ASTM C805-02 [2] ซึ่งเป็นมาตรฐานของประเทศสหรัฐอเมริกาให้ค่าสอดคล้องกับขนาดตัวอย่างทดสอบรูปทรงกระบอกตามมาตรฐานของประเทศสหรัฐอเมริกาเช่นกัน ซึ่งเป็นข้อสรุปเบื้องต้นได้ว่าขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบมีผลต่อค่ากำลังอัดของคอนกรีตที่ได้จากการทดสอบโดยค้อนกระแทก

นอกจากนี้ ยังสังเกตจากรูปที่ 3 และ 4 เห็นว่ามุมทดสอบค้อนกระแทกที่แตกต่างกันให้ค่ากำลังอัดที่แตกต่างกันเล็กน้อย ประมาณร้อยละ 6 โดยที่การ

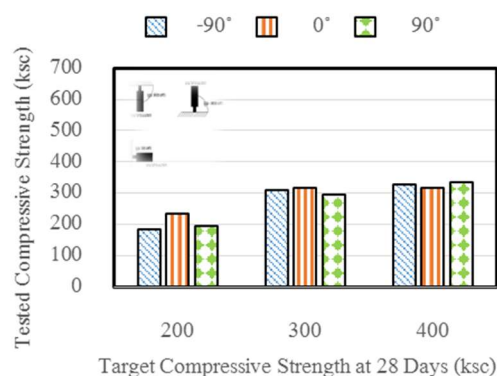
ทดสอบที่มุม -90° มุม 0° และมุม 90° จะมีแนวโน้มให้ค่ากำลังอัดของคอนกรีตน้อยกว่าและสูงขึ้นตามลำดับ

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบจริงแบบทำลายและการทดสอบแบบไม่ทำลายด้วยค้อนกระแทกของก้อนตัวอย่างขนาด $15 \times 15 \times 15$ ซม

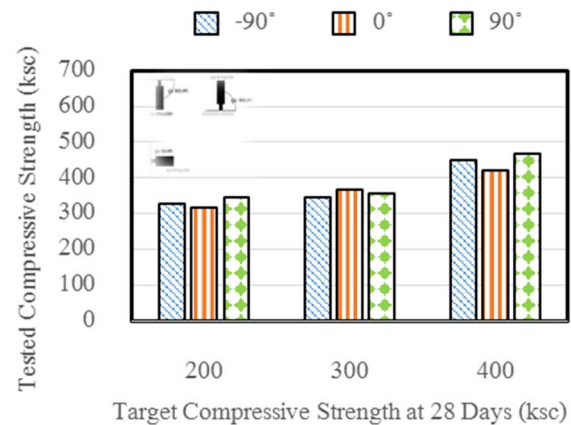
Target f'_c (ksc)	Size of Cube Specimens $15 \times 15 \times 15$ ซม						
	D. Test (ksc)	Rebound Hammer Test (Cube Reading)			Rebound Hammer Test (Cylinder Reading)		
		-90°	0°	90°	-90°	0°	90°
200	230	183	234	193	166	216	178
300	335	311	316	295	286	291	271
400	442	326	316	336	300	291	309

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบจริงแบบทำลาย และการทดสอบแบบไม่ทำลายด้วยค้อนกระแทกของก้อนตัวอย่างทรงกระบอกขนาด $\varnothing 15$ ซม ยาว 30 ซม

Target f'_c (ksc)	Size of Cylinder Specimens $\varnothing 15 \times 30$ ซม						
	D. Test (ksc)	Rebound Hammer Test			Rebound Hammer Test		
		(Cube Reading)			(Cylinder Reading)		
		-90°	0°	90°	-90°	0°	90°
200	235	320	316	346	300	291	319
300	321	346	367	356	319	338	328
400	398	448	420	469	413	387	432



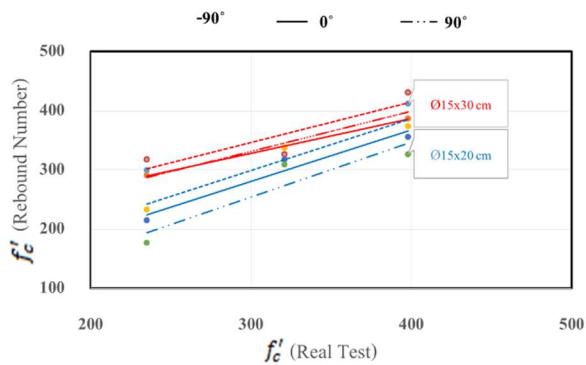
รูปที่ 3 เปรียบเทียบค่ากำลังอัดของคอนกรีตแบบไม่ทำลายด้วยค้อนกระแทก ในก้อนตัวอย่างขนาด $15 \times 15 \times 15$ ซม



รูปที่ 4 เปรียบเทียบค่ากำลังอัดของคอนกรีตแบบไม่ทำลายด้วยค้อนกระแทก ในก้อนตัวอย่างขนาด $\varnothing 15 \times 30$ ซม

4.2 เปรียบเทียบขนาดตัวอย่างคอนกรีตที่ความลึกต่างกัน

การเปรียบเทียบผลการทดสอบค่ากำลังอัดจริงของคอนกรีตและผลการทดสอบ Rebound Hammer ในทั้ง 3 มุมของขนาดมาตรฐาน ขนาด $\varnothing 15 \times 30$ ซม และ $\varnothing 15 \times 20$ ซม เมื่อมีระยะเวลาบ่มที่ 28 วัน จาก รูปที่ 5 พบว่าค่ากำลังอัดของคอนกรีตตัวอย่างขนาด $\varnothing 15 \times 30$ ซม มีค่ากำลังอัดของคอนกรีตสูงกว่าขนาด $\varnothing 15 \times 20$ ซม เกิดจากการที่ก้อนตัวอย่างขนาด $\varnothing 15 \times 20$ ซม มีความลึกของก้อนตัวอย่างที่น้อยกว่าก้อนตัวอย่างขนาด $\varnothing 15 \times 30$ ซม ทำให้เกิดการสะท้อนของแรงกระแทกจากค้อนกระแทก ทำให้ค่ากำลังอัดคอนกรีตที่อ่านได้มีค่าน้อยกว่า เมื่อพิจารณาความแตกต่างของค่ากำลังอัดที่ได้จากทั้งสองขนาดพบว่ามีค่าความแตกต่างกันประมาณร้อยละ 6 ถึง 26 ซึ่งขึ้นอยู่กับกำลังอัดของคอนกรีต



รูปที่ 5 เปรียบเทียบค่ากำลังอัดของคอนกรีตจากการทดสอบแบบไม่ทำลายด้วยค้อนกระแทกในก้อนตัวอย่างขนาด Ø15x20 ซม. และก้อนตัวอย่างขนาดมาตรฐาน Ø15x30 ซม.

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบค่ากำลังอัดของคอนกรีตจากการทดสอบแบบไม่ทำลายด้วยค้อนกระแทกในตัวอย่างขนาด Ø15x20 ซม. และขนาดมาตรฐาน Ø15x30 ซม.

กำลังอัดจาก Rebound Hammer				
(1)	มุมทดสอบ 0° [ksc]			ผลต่าง
Real f'_c [ksc]	(2)	(3)	ผลต่าง (2)&(3)	(1)&(2)
	Ø15x20 cm	Ø15x30 cm	(%)	(%)
235	215	291	-26.1	-8.5
321	318	338	-5.9	-0.9
398	356	387	-8.0	-10.6

4.3 เปรียบเทียบขนาดตัวอย่างคอนกรีตที่มีความกว้างต่างกัน

การเปรียบเทียบค่ากำลังอัดของคอนกรีตที่มีขนาดตัวอย่างคอนกรีตที่มีความกว้างต่างกัน 3 ระดับคือ ขนาด 15x15x15 ซม. ขนาด 22.5x22.5x15 ซม. และขนาด 30x30x15 ซม. ที่มุม 0° ได้แสดงไว้ในตารางที่ 5 และรูปที่ 6 และที่มุม 90° ได้แสดงไว้ในตารางที่ 6 และรูปที่ 7 จากตารางและรูปเหล่านี้พบว่าค่ากำลังอัดของคอนกรีตที่ได้จากการทดสอบด้วยค้อนกระแทกขนาดของก้อนตัวอย่างที่มีความกว้างที่มากกว่าจะให้ค่าที่สูงกว่า

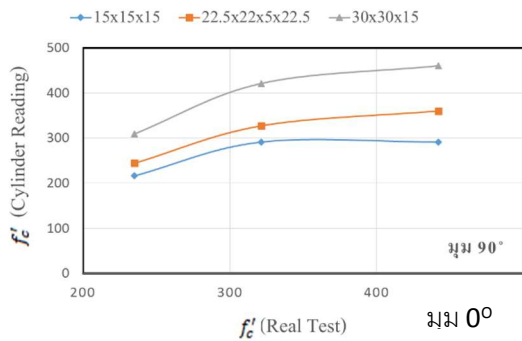
ตัวอย่างคอนกรีตที่มีขนาดแคบกว่า นอกจากนี้ยังสังเกตเห็นว่าเมื่อคอนกรีตมีกำลังต่ำ ค่าที่ได้จากการทดสอบโดยค้อนกระแทกจะให้กำลังที่ค่อนข้างสูงกว่าความเป็นจริงค่อนข้างมาก และเมื่อกำลังอัดของคอนกรีตสูงขึ้น (400 กก./ซม²) ค่าที่ได้จากการทดสอบโดยค้อนกระแทกจะให้กำลังอัดที่ใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการทดสอบจริง

เมื่อพิจารณาค่าร้อยละความแตกต่างของกำลังอัดระหว่างกำลังอัดของคอนกรีตจากการทดสอบโดยค้อนกระแทกจากตัวอย่างคอนกรีตที่มีความกว้างมาก คือ ขนาด 30x30x15 ซม. เมื่อเปรียบเทียบกับค่ากำลังอัดของคอนกรีตจากการทดสอบจริง พบว่า ค่ากำลังอัดของคอนกรีตที่ได้จากการทดสอบโดยค้อนกระแทกมีค่ามากกว่าค่าที่ได้จากการทดสอบจริงประมาณร้อยละ 1 - 18 ที่มุมทดสอบ 0 องศา และร้อยละ 5 - 31 ที่มุมทดสอบ 90 องศา

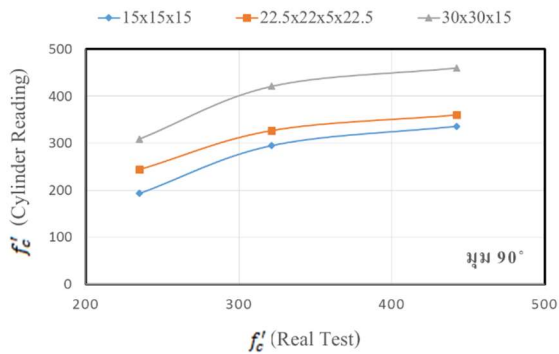
ตารางที่ 5 เปรียบเทียบค่ากำลังอัดของคอนกรีตจาก

การทดสอบแบบไม่ทำลายด้วยค้อนกระแทก ที่มุม 0° ในตัวอย่างขนาด 30x30x15 ซม. และขนาดมาตรฐาน 15x15x15 ซม.

กำลังอัดจาก Rebound Hammer				
(1)	มุมทดสอบ 0° [ksc]			ผลต่าง
Real f'_c [ksc]	(2)	(3)	ผลต่าง (2)&(3)	(1)&(2)
	30x30x15cm	15x15x15cm	(%)	(%)
235	271	216	25.5	15.3
321	379	291	30.2	18.1
398	403	291	38.5	1.3



รูปที่ 6 เปรียบเทียบค่ากำลังอัดจริงของคอนกรีตกับค่ากำลังอัดจากการทดสอบด้วยค้อนกระแทก ในก้อนตัวอย่างขนาด 15x15x15 ซม ก้อนตัวอย่างขนาด 22.5x22.5x15 ซม และก้อนตัวอย่างขนาด 30x30x15 ซม ที่มุม 0°



รูปที่ 7 เปรียบเทียบค่ากำลังอัดจริงของคอนกรีตกับค่ากำลังอัดจากการทดสอบด้วยค้อนกระแทก ในก้อนตัวอย่างขนาด 15x15x15 ซม ก้อนตัวอย่างขนาด 22.5x22.5x15 ซม และก้อนตัวอย่างขนาด 30x30x15 ซม ที่มุม 90°

ตารางที่ 6 เปรียบเทียบค่ากำลังอัดของคอนกรีตจาก

การทดสอบแบบไม่ทำลายด้วยค้อนกระแทก ที่มุม 90° ในตัวอย่างขนาด 30x30x15 ซม. และขนาดมาตรฐาน 15x15x15 ซม.

(1) Real	กำลังอัดจาก Rebound Hammer		ผลต่าง	
	มุมทดสอบ 90° [ksc]		(1)&(2)	(%)
f'_c	(2)	(3)	(2)&	
[ksc]	30x30x15	15x15x15	(3)	
	cm	cm	(%)	
235	309	193	60.1	31.5
321	421	295	42.7	31.2
398	460	336	36.9	15.6

5. สรุปผลการวิจัย

5.1 ขนาดของตัวอย่างคอนกรีตซึ่งเปรียบเสมือนถึงขนาดของโครงสร้างมีผลต่อค่ากำลังอัดที่ได้จากการทดสอบกำลังอัดแบบไม่ทำลายโดยวิธีค้อนกระแทก

5.2 ขนาดตัวอย่างที่บางลงจะให้ค่ากำลังอัดที่อ่านได้จากการทดสอบโดยค้อนกระแทกจะมีค่าน้อยกว่าตัวอย่างคอนกรีตที่มีความหนามากกว่าเนื่องจากค่าแรงสะท้อนของตัวอย่างที่บางมีค่าน้อยกว่า

5.3 ขนาดตัวอย่างคอนกรีตที่มีความกว้างที่มากขึ้นส่งผลให้ค่ากำลังอัดมีค่าที่สูงขึ้นอย่างชัดเจนโดยที่ความกว้างของตัวอย่างมีผลต่อค่ากำลังอัดจากการทดสอบเพราะว่าพื้นที่หน้าตัดในการรับแรงสะท้อนมากกว่าในตัวอย่างที่มีขนาดกว้างกว่า

เอกสารอ้างอิง

- [1] จิวิ ชาโตะ, 2543, การทดสอบแบบไม่ทำลาย, พิมพ์ครั้งที่ 6, สำนักพิมพ์สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), กรุงเทพมหานคร, หน้า 285-316

- [2] American Society for Testing and Materials, ASTM C805-02, 2002, *Standard Test Method for Rebound Number of Hardened Concrete*, Annual Book of ASTM Standards, Philadelphia , Vol. 04.02, pp.100-103
- [3] ทรงฤทธิ์ พุทธลา,วินัย สีสงคราม,นายเวคิน นามบุญลือ, 2549, *การศึกษาความแม่นยำของค้อนยิงคอนกรีต*, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
- [4] Chai Ko Nyim, 2006, *Reliability in Interpreting Non-Destructive Testing (NDT) Results of Concrete Structures*, Thesis of the degree of Master of Engineering (Civil Structure) Faculty of Civil Engineering University Technology Malaysia, pp. 53-74
- [5] วิบูลย์ วุฒินุณ, สมชาย สำลีรงค์กุล และสุพจน์ ศรีนิล, 2548, “การเปรียบเทียบการประเมินกำลังคอนกรีตโดยวิธีอัลตราโซนิก, ชนิดที่แฮมเมอร์ และการทดสอบแบบทำลาย”, การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธา, ครั้งที่ 10, 2-4 พฤษภาคม 2548, โรงแรมแอมบาสเตอร์ ซิตี้ จอมเทียน, จังหวัดชลบุรี, หน้า STR 198-STR 202
- [6] ACI Committee 211, *Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight , and Mass Concrete.*, American Concrete Institute, Farmington Hill, MI, 1991, 38 pages.
- [7] American Society for Testing and Materials, ASTM C494/494M-16, *Standard Specification for Chemical Admixtures for Concrete*, Philadelphia , 2016, 10 pages.
- [8] British Standard, BS EN 12390-3 : 2002 : *Testing hardened concrete---Part 3: Compressive strength of test specimens.*
- [9] American Society for Testing and Materials, ASTM C39 : 2004 : *Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens.*

การสร้างสื่อมัลติมีเดีย 2 มิติเรื่อง ปฏิสัมพันธ์ระหว่างคนกับคอมพิวเตอร์ The Development of Two-Dimensional Multimedia on Human Computer Interaction

ไพบูลย์ เกียรติโกมล^{1,*} และศัชชญาส์ ดวงจันทร์²

¹โครงการร่วมบริหารหลักสูตรมีเดียอาตส์และเทคโนโลยีมีเดีย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพมหานคร 10140

²หลักสูตรเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต กรุงเทพมหานคร 10300

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างสื่อมัลติมีเดีย 2 มิติออนไลน์ เรื่องปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์และคอมพิวเตอร์ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 2 ที่ยังไม่ได้เรียนวิชาปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์และคอมพิวเตอร์ หลักสูตรเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต จำนวน 70 คน ผลการวิจัย พบว่า

1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนหลังจากเรียนด้วยสื่อมัลติมีเดีย 2 มิติออนไลน์ เรื่องปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์สูงขึ้นกว่าก่อนเรียน คิดเป็นร้อยละ 72.86 ของจำนวนกลุ่มตัวอย่าง

2) ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อสื่อมัลติมีเดีย พบว่า ผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อสื่อในภาพรวมอยู่ในระดับมาก และ

3) ผลการประเมินการพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อเว็บไซต์เผยแพร่ความรู้ เรื่องปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์และคอมพิวเตอร์ พบว่า กลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก

คำสำคัญ : สื่อมัลติมีเดีย, การปฏิสัมพันธ์, มนุษย์และคอมพิวเตอร์

This research was aimed to create an online 2D multimedia about human-computer interaction. The samples were 70 second-year students who study in Information Technology Program and have not enrolled the subject about human-computer interaction. Research results were as follow:

1) The comparative analysis between pre- and post-media trial presented that learning achievement of 72.86% of the samples significantly increased.

2) In overall, the students were highly satisfied the media. Regard to satisfaction towards the media in each aspect; the students were mostly satisfied with proper language, then consistency of images and content, and proper exercise respectively.

3) In overall, the students were highly satisfied website where the media were publicized. Regard to satisfaction towards the website in each aspect; the students were mostly satisfied with website color respectively.

Keywords : Two-Dimensional Multimedia, Interaction, Human and Computer

1. บทนำ

ปัจจุบันเทคโนโลยีทางการศึกษามีการพัฒนาอย่างรวดเร็วในรูปแบบต่างๆ ทำให้การศึกษาสิ่ง

Abstract

ต่างๆเป็นไปได้ง่ายและสะดวกยิ่งขึ้น ซึ่งแต่เดิมนั้นในอดีต ผู้สอนและหนังสือเรียนมีบทบาทสำคัญมากในการศึกษา ที่เน้นเนื้อหาทางด้านวิชาการ ทำให้เกิดความเบื่อหน่าย และไม่สามารถนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ได้เท่าที่ควร อีกทั้งเป็นการศึกษาที่ในขอบเขต ไม่เน้นการศึกษาสิ่งต่างๆ แต่การเรียนการสอนในปัจจุบันมุ่งเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญซึ่งสาระสำคัญที่กำหนดไว้ในพระราชบัญญัติ การศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 ในมาตรา 22 ดังนี้ มาตรา ที่ 22 การจัดการศึกษาต้องยึดหลักว่า ผู้เรียนทุกคนมีความสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้และถือว่าผู้เรียนมีความสำคัญที่สุด กระบวนการจัดการศึกษาต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนพัฒนาตามธรรมชาติและเต็มตามศักยภาพ [1]

การเรียนรู้ในยุคศตวรรษที่ 21 นั้นเอื้อให้เกิดการเรียนรู้ได้ตลอดเวลา การเรียนการสอนไม่ได้เกิดขึ้นเฉพาะในห้องเรียน การเรียนรู้เกิดขึ้นได้ตลอดเวลาผ่านทางสื่อและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ทันสมัย ซึ่งสามารถเชื่อมโยงแหล่งการเรียนรู้ที่มีอยู่ทั่วโลกผ่านระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ ทำให้ผู้เรียนเข้าถึงแหล่งเรียนรู้ได้อย่างไร้ขีดจำกัดเรื่องระยะทาง เวลา และสถานที่ โดยเชื่อมโยงเป็นเครือข่ายการเรียนรู้ที่ขยายวงกว้างออกไปจากสังคมโรงเรียนสู่สังคมเครือข่าย (Social Network) [2] การเรียนด้วยคอมพิวเตอร์แสดงให้เห็นถึงความเจริญก้าวหน้าทางด้านเทคโนโลยีที่มีผลต่อการศึกษา อีกทั้งการใช้เทคโนโลยีในการประกอบการเรียนการสอนยังช่วยแก้ไข ปัญหาในเรื่องการไม่ยอมเรียน และยังสามารถเรียนซ้ำได้โดยไม่มีขีดจำกัดเพื่อให้เรียนมีความรู้และทักษะเพียงพอทั้งยังสามารถแสวงความรู้ได้ด้วยตัวเอง ปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์และคอมพิวเตอร์ เป็น การศึกษาการวางแผนและออกแบบลักษณะการมี ปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์หรือผู้ใช้งานคอมพิวเตอร์ กับคอมพิวเตอร์ สาขาวิชานี้ ได้เกี่ยวข้องกับ ด้าน วิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์ ศาสตร์พฤติกรรมผู้บริโภค การออกแบบ และ สาขาอื่นๆที่อาจเกี่ยวข้องในเนื้อหาของงานวิจัยนั้น ๆ วิธีการปฏิสัมพันธ์ ที่เกี่ยวข้องกับ พฤติกรรมของผู้ใช้ และ ฟังก์ชันการใช้งานของคอมพิวเตอร์นั้น ได้ถูกคิดค้นขึ้นอย่างง่าย ๆ ที่รู้จักกันใน

ชื่อของ อินเตอร์เฟซ อินเตอร์เฟสนี้ รวมถึงซอฟต์แวร์และ ฮาร์ดแวร์ ตัวอย่างเช่น ลักษณะ หรือวัตถุประสงค์ของดิสเพลย์ต่าง ๆ ที่แสดงให้เห็นบนจอคอมพิวเตอร์ การรับผล ข้อมูลนำเข้าจากการปฏิบัติการของผู้ใช้ที่กระทำต่อ ฮาร์ดแวร์ เช่น การเคาะคีย์บอร์ด กดแป้นพิมพ์ และ การเคลื่อนย้ายเมาส์ รวมทั้ง การศึกษาที่เกี่ยวกับ การปฏิบัติการที่ผู้ใช้มีปฏิสัมพันธ์กับระบบ

จากที่กล่าวมาข้างต้นผู้วิจัยจึงได้เห็นถึง ความสำคัญในการจัดทำสื่อการสอนมัลติมีเดีย 2 มิติออนไลน์ เรื่อง การปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์ และคอมพิวเตอร์ (HCI) นับเป็นสื่อประเภทหนึ่งที่ทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ในรูปแบบ อนิเมชัน (animation) ที่มีภาพและเสียง ช่วยในการประหยัดเวลาและบุคลากร ผู้เรียนสามารถนำบทเรียนไปทบทวนได้ ช่วยทำให้คุณภาพเรียนดีขึ้น เพื่อให้ผู้เรียนสามารถบรรลุตาม วัตถุประสงค์ของบทเรียน และยังสามารถใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในการประยุกต์ใช้กับการเรียนการสอนต่อไป

สื่อมัลติมีเดียกับการเรียนรู้

งานวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาสื่อมัลติมีเดียในประเทศไทยกับการเรียนรู้ของเยาวชนในระดับ ประถมศึกษา พบว่า เยาวชนในระดับประถมศึกษา มีความพึงพอใจที่มีต่อสื่อการ์ตูนแอนิเมชัน 3 มิติอยู่ในระดับมากที่สุด [3] นักเรียนที่เรียนผ่านสื่อมัลติมีเดีย ประเภทการสอนที่สามารถป้อนกลับข้อความที่มีการเคลื่อนไหว และแบบข้อความที่มีเสียงบรรยายประกอบ เกิดการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพและคะแนนเฉลี่ยสูงกว่านักเรียนที่เรียนโดยการสอนปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ [4] การเรียนรู้โดยใช้สื่อมัลติมีเดียประเภทการสอน ทำให้นักเรียนมีความรู้เพิ่มขึ้นจากก่อนเรียน คิดเป็นร้อยละ 70.52 โดยหลังการเรียนรู้ 7 วัน และ 30 วัน ผู้เรียนมีความคงทนในการเรียนรู้อยู่ในเกณฑ์โดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด [4] การนำสื่อมาช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนได้รับการพัฒนาทักษะการเรียนรู้และเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง อย่างยั่งยืน [5] ดังนั้นการสร้างสื่อมัลติมีเดีย 2 มิติเรื่อง

ปฏิสัมพันธ์ระหว่างคนกับคอมพิวเตอร์ทำให้ผู้เรียนมีผล
การเรียนรู้ในทางที่ดีขึ้น

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 เพื่อสร้างสื่อมัลติมีเดีย 2 มิติเรื่อง ปฏิสัมพันธ์
ระหว่างคนกับคอมพิวเตอร์

2.2 เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน
หลังจากเรียนด้วยสื่อมัลติมีเดีย 2 มิติเรื่อง ปฏิสัมพันธ์
ระหว่างคนกับคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้น

2.3 เพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียนต่อสื่อ
มัลติมีเดีย 2 มิติเรื่อง ปฏิสัมพันธ์ระหว่างคนกับ
คอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้น

2.4 เพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อ
เว็บไซต์ที่ใช้นำเสนอสื่อมัลติมีเดียพัฒนาขึ้น

3. วิธีการดำเนินงาน

ผู้วิจัยได้ออกแบบและสร้างสื่อมัลติมีเดีย 2 มิติ
เรื่องปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์ และคอมพิวเตอร์ (HCI)
โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานแบ่งเป็น 3 ด้านคือ การสร้าง
สื่อมัลติมีเดีย 2 มิติ การสร้างเว็บไซต์เพื่อเป็นช่องทาง
ออนไลน์ในการนำเสนอสื่อที่พัฒนาขึ้น และ ระบบจัดเก็บ
คะแนนแบบทดสอบออนไลน์เพื่อบันทึกคะแนนของ
ผู้เรียนผ่านเว็บไซต์

3.1 ขั้นตอนการสร้างสื่อมัลติมีเดีย 2 มิติ

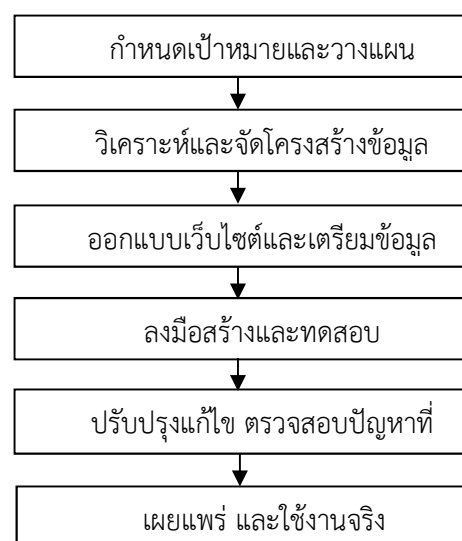
ขั้นตอนการสร้างสื่อมัลติมีเดีย 2 มิติ เรื่อง
ปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์ และคอมพิวเตอร์ (HCI) โดยมี
ขั้นตอนการสร้างดังนี้



รูปที่ 1 ขั้นตอนในการสร้างสื่อมัลติมีเดีย 2 มิติ

3.2 ขั้นตอนการสร้างเว็บไซต์

การสร้างเว็บไซต์มีขั้นตอนในการออกแบบ และ
การสร้างเว็บไซต์ ดังต่อไปนี้



รูปที่ 2 ขั้นตอนในการสร้างเว็บไซต์

3.3 ขั้นตอนการสร้างระบบจัดเก็บคะแนนแบบทดสอบออนไลน์

ขั้นตอนการสร้างระบบจัดเก็บคะแนนแบบทดสอบออนไลน์นี้ ประกอบด้วยดังนี้

3.3.1 วิเคราะห์ผังงาน Flowchart ของระบบเข้าสู่บทเรียน

3.3.2 ออกแบบแผนภาพแสดงระบบฐานข้อมูลการใช้งาน และจัดเก็บคะแนนแบบทดสอบออนไลน์ (Context Diagram)

3.3.3 วิเคราะห์ Data Flow Diagram แผนภาพแสดงการไหลของข้อมูลที่เกิดขึ้นในระบบ

3.3.4 ออกแบบ ER-Diagram Model แผนภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแฟ้มข้อมูลที่อยู่ในฐานข้อมูล

3.3.5 ออกแบบ Data Dictionary พจนานุกรมข้อมูลแสดงรายละเอียดของข้อมูลที่จัดเก็บในแฟ้มข้อมูล หลังจากผู้เรียนได้ทดลองเรียนสื่อมัลติมีเดีย 2 มิติ เรื่อง ปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์ และคอมพิวเตอร์ (HCI) ผ่านเว็บไซต์ที่พัฒนาขึ้น ได้มีการสอบถามความพึงพอใจของผู้เรียนในด้านตัวสื่อมัลติมีเดีย 2 มิติ และความพึงพอใจต่อเว็บไซต์ที่พัฒนาขึ้นแล้วนำคะแนนของผู้เรียนมาวิเคราะห์หาประสิทธิภาพและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน

4. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

4.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทำแบบทดสอบก่อนเรียนและแบบทดสอบหลังเรียน

แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน มีการสร้างแบบทดสอบก่อนเรียนรวม 30 ข้อ แบบฝึกหัดก่อนเข้าสู่บทเรียน 10 ข้อของทั้ง 8 บท แบบฝึกหัดหลังเรียน 10 ข้อของทั้ง 8 บท และแบบทดสอบหลังเรียนรวม 30 ข้อ โดยได้เลือกแบบทดสอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือก ซึ่งใช้การสุ่มดึงข้อสอบมาใช้ในแต่ละครั้งไม่เหมือนกัน ขึ้นอยู่กับการใช้งานในแต่ละครั้งของแต่ละบุคคล

1) แบบทดสอบก่อนเรียน (Pretest) เป็นแบบทดสอบวัดความรู้ผู้เรียนก่อนทำการเรียนการสร้าง

สื่อมัลติมีเดีย 2 มิติ เรื่องปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์ และคอมพิวเตอร์ (HCI) แบบทดสอบแบ่งออกเป็นแบบทดสอบก่อนเรียนรวมจำนวน 30 ข้อ โดยแบบทดสอบก่อนเรียนนี้ใช้เพื่อวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน

2) แบบทดสอบหลังเรียน (Posttest) เป็นแบบทดสอบที่ใช้วัดความรู้ทางการเรียนหลังจากเรียนจบบทเรียนแล้ว ซึ่งมีแบบทดสอบหลังเรียนรวมจำนวน 30 ข้อ โดยแบบทดสอบหลังเรียนนี้ใช้เพื่อหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน

3) แบบฝึกหัดบทละ 10 ข้อของทั้ง 8 บทเรียนเป็นแบบฝึกหัดที่มีทั้งก่อนเรียน และหลังเรียนในแต่ละบท โดยแบบฝึกหัดนี้ใช้เพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียน

4.2 แบบสอบถามวัดความพึงพอใจ

แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้เรียนต่อสื่อมัลติมีเดีย 2 มิติเรื่อง ปฏิสัมพันธ์ระหว่างคนกับคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วยคำถามปลายปิดแบบมาตราส่วนประมาณค่า Rating Scale 5 ระดับและปลายเปิดสำหรับข้อเสนอแนะ

5. ผลการศึกษา

ผลการศึกษาจะนำเสนอแบ่งออกเป็น 3 ส่วนที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การวิจัย มีรายละเอียดดังนี้

5.1 ผลการวิเคราะห์หาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างก่อนและหลังเรียนของผู้เรียน

ผลการทดลองในการทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียนก่อนเรียนทั้ง 8 บท มีจำนวนแบบฝึกหัดท้ายบทเรียนบทละ 15 ข้อ รวมทั้งหมด 120 ข้อ ซึ่งกลุ่มตัวอย่างมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนด้วยสื่อมัลติมีเดียที่พัฒนาขึ้น(E1) คิดเป็นร้อยละ 55.81 ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน

เนื้อหา	คะแนนเต็ม	ค่าเฉลี่ย	S.D.	ร้อยละ
บทที่ 1	15	9.00	2.59	60.00
บทที่ 2	15	7.58	2.48	50.57
บทที่ 3	15	9.42	2.61	62.85
บทที่ 4	15	7.28	2.35	48.57
บทที่ 5	15	8.04	2.89	53.61
บทที่ 6	15	8.95	2.38	59.71
บทที่ 7	15	8.84	2.74	58.95
บทที่ 8	15	7.84	2.84	52.25
ค่าเฉลี่ยรวม		8.37	2.61	55.81
ผลคะแนนเฉลี่ยรวมก่อนเรียน (E1)				55.81

ผลคะแนนเฉลี่ยการทำแบบทดสอบหลังเรียน ซึ่งคะแนนเต็ม 30 คะแนน กลุ่มตัวอย่างทำคะแนนเฉลี่ยได้ 25.60 คะแนน และคะแนนของแบบทดสอบหลังเรียน (E2) คิดเป็น 85.33 ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลคะแนนเฉลี่ยการทำแบบทดสอบหลังเรียน

คะแนน	คะแนนเต็ม	ค่าเฉลี่ย	ร้อยละ
แบบทดสอบหลังเรียน (E2)	30	25.60	85.33

5.2 ผลการหาประสิทธิภาพของบทเรียน

ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของบทเรียน หลังจากการจัดการเรียนรู้ด้วยสื่อมัลติมีเดีย และเว็บไซต์ ที่พัฒนาขึ้น เรื่องปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์ และคอมพิวเตอร์ การวิเคราะห์จากคะแนนบทเรียน แบบทดสอบระหว่างเรียน และหลังเรียน พบว่า บทเรียน มีประสิทธิภาพ 82.95/85.33 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด 80/80 สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการหาประสิทธิภาพของบทเรียน

แบบทดสอบ	คะแนนเต็ม	ค่าเฉลี่ย	ประสิทธิภาพ
ระหว่าง บทเรียน (E1)	120	99.54	82.95
หลังการเรียนรู้ (E2)	30	25.60	85.33

5.3 ความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีสื่อมัลติมีเดีย 2 มิติออนไลน์ เรื่องปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์และคอมพิวเตอร์

ผลจากการพัฒนาสื่อมัลติมีเดีย 2 มิติออนไลน์ เรื่องปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์และคอมพิวเตอร์ หลังจากการจัดการเรียนรู้ด้วยสื่อมัลติมีเดียที่พัฒนาขึ้น เรื่องปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์และคอมพิวเตอร์ ผู้เรียนได้ร่วมทำแบบประเมินความพึงพอใจที่มีต่อสื่อมัลติมีเดียที่พัฒนาขึ้น โดยเป็นแบบประเมินความพึงพอใจ ที่มีลักษณะเป็นมาตราส่วนประเมินค่า 5 อันดับ โดยรวม ผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยสื่อมัลติมีเดีย เรื่องปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์ และคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย = 3.95, S.D. = 0.73)

ผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยสื่อมัลติมีเดีย เรื่องปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์ และคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นในระดับมาก คือ ด้านภาษาที่ใช้มีความเหมาะสมถูกต้อง (ค่าเฉลี่ย = 4.10, S.D. = 0.65) รองลงมาคือ ความเหมาะสมของรูปภาพต่อเนื้อหา ของเรื่อง (ค่าเฉลี่ย = 4.05, S.D. = 0.75) ความเหมาะสมของจำนวนข้อในแบบฝึกหัด (ค่าเฉลี่ย = 4.04, S.D. = 0.70) ความถูกต้องของเนื้อหา (ค่าเฉลี่ย = 4.04, S.D. = 0.66) ความเหมาะสมของแบบทดสอบที่เรียกใช้ (ค่าเฉลี่ย = 4.02, S.D. = 0.72) ความสอดคล้องของรูปภาพกับคำบรรยายในเนื้อหา (ค่าเฉลี่ย = 4.00, S.D. = 0.73) ความสอดคล้องของเนื้อหาเกี่ยวกับวัตถุประสงค์ (ค่าเฉลี่ย = 4.00, S.D. = 0.54) ความชัดเจนของภาพ และสีตัวอักษร (ค่าเฉลี่ย = 3.99, S.D. = 0.85) แบบทดสอบมีความ

สอดคล้องกับเนื้อหา (ค่าเฉลี่ย = 3.99, S.D. = 0.65) ความสอดคล้องของเนื้อหาในแต่ละหัวข้อ (ค่าเฉลี่ย = 3.98, S.D. = 0.66) ความเหมาะสมของเวลากับเนื้อหาแต่ละตอน (ค่าเฉลี่ย = 3.97, S.D. = 0.67) ความสวยงามสีสันของสื่อ (ค่าเฉลี่ย = 3.95, S.D. = 0.77) มีลำดับขั้นตอนในการนำเสนอเนื้อหา (ค่าเฉลี่ย = 3.93, S.D. = 0.64) การนำเสนอการแนะนำชื่อเรื่องของบทเรียน (ค่าเฉลี่ย = 3.91, S.D. = 0.80) อธิบายเนื้อหาต่อการเข้าใจ มีความชัดเจน (ค่าเฉลี่ย = 3.90, S.D. = 0.83) ความสนใจน่าติดตามในการดำเนินเรื่อง (ค่าเฉลี่ย = 3.87, S.D. = 0.88) และความชัดเจนของเสียงประกอบ (ค่าเฉลี่ย = 3.49, S.D. = 0.85) ตามลำดับ

5.4 ความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อเว็บไซต์ที่ใช้นำเสนอสื่อมัลติมีเดียพัฒนาขึ้น

หลังจากการจัดการเรียนรู้ผ่านทางเว็บไซต์ที่พัฒนาขึ้น เรื่องปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์และคอมพิวเตอร์ ผู้เรียนได้ร่วมทำแบบประเมินความพึงพอใจที่มีต่อเว็บไซต์ที่พัฒนาขึ้น โดยเป็นแบบประเมินความพึงพอใจ ที่มีลักษณะเป็นมาตราส่วนประเมินค่า (Rating scale) 5 อันดับ โดยรวมผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อรูปแบบการจัดการเรียนรู้ผ่านทางเว็บไซต์ เรื่องปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์ และคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย = 3.90, S.D. = 0.87)

ผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อรูปแบบการจัดการเรียนรู้ผ่านทางเว็บไซต์ เรื่องปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์ และคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นในระดับมาก คือ ด้านสีสันในการออกแบบเว็บไซต์มีความเหมาะสม (ค่าเฉลี่ย = 4.18, S.D. = 0.80) รองลงมาคือ หน้าโฮมเพจมีความสวยงาม มีความทันสมัย น่าสนใจ (ค่าเฉลี่ย = 4.08, S.D. = 0.89) มีความเร็วการแสดงผล ตัวอักษรและข้อมูลต่างๆ (ค่าเฉลี่ย = 4.05, S.D. = 0.76) การจัดรูปแบบในเว็บไซด์ต่อการอ่านและการใช้งาน (ค่าเฉลี่ย = 4.04, S.D. = 0.90) เป็นสื่อในการเผยแพร่ข่าวประชาสัมพันธ์ (ค่าเฉลี่ย = 4.03, S.D. = 0.86) สีพื้นหลังกับสีตัวอักษร มีความเหมาะสมต่อการอ่าน (ค่าเฉลี่ย = 4.03, S.D. = 0.80) ความเหมาะสมของเวลากับเนื้อหาแต่ละตอน

(ค่าเฉลี่ย = 4.02, S.D. = .79) สามารถเป็นแหล่งความรู้ได้ (ค่าเฉลี่ย = 3.94, S.D. = 0.79) ความถูกต้องในการเชื่อมโยงภายในเว็บไซต์ (ค่าเฉลี่ย = 3.93, S.D. = 0.87) ขนาดตัวอักษร และรูปแบบตัวอักษร มีความสวยงามและอ่านได้ง่าย (ค่าเฉลี่ย = 3.87, S.D. = 0.92) ความถูกต้องในการเชื่อมโยงไปยังเว็บไซต์อื่น (ค่าเฉลี่ย = 3.86, S.D. = 0.81) เนื้อหา มีประโยชน์ต่อผู้ใช้งาน และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ (ค่าเฉลี่ย = 3.84, S.D. = 0.90) ภาพประกอบสามารถสื่อความหมายได้ (ค่าเฉลี่ย = 3.80, S.D. = 0.87) ข้อความในเว็บไซด์ถูกต้องตามหลักภาษา และไวยากรณ์ (ค่าเฉลี่ย = 3.79, S.D. = 0.99) มีการจัดหมวดหมู่ให้ง่ายต่อการค้นหาและทำความเข้าใจ (ค่าเฉลี่ย = 3.79, S.D. = 0.83) การจัดลำดับเนื้อหาเป็นขั้นตอน มีความต่อเนื่อง อ่านแล้วเข้าใจ (ค่าเฉลี่ย = 3.78, S.D. = 1.02) ปริมาณเนื้อหา มีเพียงพอกับความต้องการ (ค่าเฉลี่ย = 3.77, S.D. = 0.99) เนื้อหากับภาพมีความสอดคล้องกัน (ค่าเฉลี่ย = 3.76, S.D. = 0.84) มีความชัดเจน ถูกต้อง น่าเชื่อถือ และข้อมูลมีการปรับปรุงอยู่เสมอ (ค่าเฉลี่ย = 3.76, S.D. = 0.72) และการประชาสัมพันธ์ข่าวสาร ภาพในเว็บไซด์มีความเหมาะสม น่าสนใจ (ค่าเฉลี่ย = 3.74, S.D. = 0.99) ตามลำดับ

6. สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยเรื่องการสร้างสื่อมัลติมีเดีย 2 มิติเรื่อง "ปฏิสัมพันธ์ระหว่างคนกับคอมพิวเตอร์" สรุปผลการวิจัยได้ดังนี้ ผลการวิเคราะห์หาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างก่อน และหลังเรียนของผู้เรียน จากการเรียนรู้ผ่านทางสื่อมัลติมีเดีย 2 มิติออนไลน์ และเว็บไซด์ของนักศึกษาชั้นปีที่ 2 ที่ยังไม่ได้เรียนวิชาปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์และคอมพิวเตอร์จำนวน 70 คน หลักสูตรเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต ผลการทดสอบ พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนหลังจากเรียนด้วยสื่อมัลติมีเดีย 2 มิติออนไลน์เรื่องเรื่องปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์สูงขึ้นกว่าก่อนเรียน คิดเป็นร้อยละ 72.86 ของจำนวนกลุ่มตัวอย่าง

ผลการหาประสิทธิภาพของบทเรียนโดยนักศึกษา
ชั้นปีที่ 2 ที่ยังไม่ได้เรียนวิชาปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์
และคอมพิวเตอร์จำนวน 70 คน หลักสูตรเทคโนโลยี
สารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต ที่ทำการจัดการเรียนผ่าน
ทางสื่อมัลติมีเดีย 2 มิติออนไลน์ และเว็บไซต์ ผลการ
ทดสอบ พบว่า บทเรียนมีประสิทธิภาพ 82.95/85.33
ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด 80/80 สอดคล้องกับ
วัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

จากการประเมินสื่อมัลติมีเดีย 2 มิติออนไลน์ เรื่อง
ปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์ และคอมพิวเตอร์ โดยใช้
โปรแกรมสร้างสื่อมัลติมีเดียในการพัฒนางานขึ้นมาให้
ออกมาตรงตามเป้าหมายที่วางไว้ และเป็นไปตาม
วัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ พบว่า โดยรวมผู้เรียนมีความพึง
พอใจอยู่ในระดับมาก การจัดการเรียนรู้โดยใช้สื่อ
มัลติมีเดียเข้ามาช่วยในการเรียนรู้ เน้นให้ผู้เรียนปฏิบัติ
และลงมือทำโดยตนเอง โดยมีการนำเสนอเนื้อเรื่องที่
เข้าใจง่าย ไม่น่าเบื่อ เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ และ
เข้าใจเรื่องปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์ และคอมพิวเตอร์ได้
ง่ายมากยิ่งขึ้น สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการดำเนินงาน
ต่างๆได้

จากการประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อ
เว็บไซต์ของสื่อมัลติมีเดีย 2 มิติออนไลน์ เรื่องปฏิสัมพันธ์
ระหว่างมนุษย์ และคอมพิวเตอร์ของนักศึกษาชั้นปีที่ 2
ที่ยังไม่ได้ลงเรียนวิชาปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์ และ
คอมพิวเตอร์ จำนวน 70 คน พบว่า โดยรวมผู้เรียนมี
ความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก การจัดการเรียนรู้โดยใช้
เว็บไซต์เข้ามาช่วยในการเรียนรู้ เน้นให้ผู้เรียนปฏิบัติและ
ลงมือทำโดยตนเอง โดยมีการนำเสนอเว็บไซต์ที่น่าสนใจ
มีความทันสมัย จัดรูปแบบในเว็บไซต์ต่อการอ่านและ
การใช้งาน

7. อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการวิเคราะห์หาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
ของผู้เรียนที่เรียนผ่านสื่อที่พัฒนาขึ้น พบว่า ผลสัมฤทธิ์
ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน สอดคล้องกับ
ธนัญชัย เดชพลกรัง [6] และ วรพรรณ บุตติด้วง [7]
ที่พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการจัดการเรียนรู้
โดยบทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดียสูงกว่าก่อนเรียน
โดยรวมผู้เรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากและม
ีความเห็นว่าสื่อมัลติมีเดียสอดคล้องกับกิจกรรมการเรียน
การสอน ช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ และเข้าใจง่ายมาก
ยิ่งขึ้น สอดคล้องกับ ที่พบว่า ผู้เรียนมีความพึงพอใจมาก
ต่อสื่อการเรียนการสอนออนไลน์ [6][7][8] โดยการสร้าง
สื่อการเรียนการสอนออนไลน์ สามารถใช้ในการจัดการ
เรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ[9]

8. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

8.1 เป็นแนวทางในการสร้างสื่อมัลติมีเดียสำหรับ
กลุ่มสาระอื่นๆ เพื่อให้ให้นักศึกษามีความรู้เพิ่มขึ้น และ
สามารถทบทวนความรู้ได้ตลอดเวลา

8.2 การพัฒนาสื่อมัลติมีเดีย มีขั้นตอนการพัฒนา
หลายขั้นตอน แต่ละขั้นตอนจะต้องดำเนินการอย่าง
ประณีต และอาศัยผู้เชี่ยวชาญหลายๆด้าน ดังนั้น การทำ
วิจัยเพื่อสร้าง และพัฒนาสื่อจะต้องมีการวางแผนการ
ดำเนินงานใหม่ในแต่ละขั้นตอนอย่างเหมาะสม และ
จะต้องดำเนินงานตามแผนที่วางไว้ เพื่อให้การดำเนินงาน
เป็นไปตามแผนที่วางไว้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากสถาบันวิจัยและ
พัฒนา มหาวิทยาลัยสวนดุสิต

- [1] กระทรวงศึกษาธิการ. สื่อมัลติมีเดียเพื่อการศึกษา. ค้นเมื่อวันที่ 10 กุมภาพันธ์ 2557.
จาก http://www.thaiedunet.com/cet/html/multimedia/multi_lesson/multimedia_main.html , พ.ศ.2545.
- [2] ไพฑูรย์ ศรีฟ้า. เตรียมปรับโฉมห้องเรียนยุคศตวรรษที่ 21.ค้นเมื่อวันที่ 10 กุมภาพันธ์ 2557. จาก [http://www.academia.edu/7198463/เตรียมปรับโฉมห้องเรียนยุคศตวรรษที่ 21](http://www.academia.edu/7198463/เตรียมปรับโฉมห้องเรียนยุคศตวรรษที่21), พ.ศ.2556.
- [3] ศัชชญาน์ ดวงจันทร์ จักรพันธ์ เกิดทรัพย์ วารินทร์ ภูสีคุณ สุระ ยอดสิงห์ และสายใจ บุญเสริม. “การสร้างสื่อการ์ตูนแอนิเมชัน 3 มิติ สะท้อนแนวคิดพลิกชีวิตด้วยเศรษฐกิจพอเพียง: กรณีศึกษาโรงเรียนวัดหนองกระสังสามัคคี”. มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต, พ.ศ.2554.
- [4] นวลมณี มัดจุปะ. “การพัฒนาหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ เรื่อง การสร้างภาพเคลื่อนไหว ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6”. คุรุศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม, พ.ศ.2554.
- [5] สุทธนันท์ กัลละ ขวัญตา ภูริวิทยาธิระ และปณิดา พุ่มพุท. เจตคติของนักศึกษาต่อการใช้สื่อภาพยนตร์ในการจัดการเรียนการสอนรายวิชาการพยาบาลบุคคลที่มีปัญหาทางจิต. ราวาธิบดีพยาบาลสาร, 19(1), 102-113, พ.ศ.2556.
- [6] ธัญชัย เดชพลกรัง. "การพัฒนารบบเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดียที่สร้างขึ้นตามทฤษฎีการเรียนรู้แบบมีส่วนร่วม วิชาคณิตศาสตร์ ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6". คุรุศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาเทคโนโลยีและการสื่อสาร, มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา, พ.ศ.2551.
- [7] วรพรรณ บุตติด้วง. "การพัฒนารบบเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง “สารในชีวิตประจำวัน”ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1". คุรุศาสตร์ มหาบัณฑิต, สาขาเทคโนโลยีและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร, พ.ศ.2550.
- [8] อินทิรา พาสันุด. "การทดสอบหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความพึงพอใจของผู้เรียนในการเรียนแบบ e-Learning โดยผ่านระบบสร้างสื่อการเรียนการสอนออนไลน์". คุรุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาบัณฑิต, สาขาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, พ.ศ.2554.
- [9] พัทธิรา ครอบราษฎร์. "การสร้างรบบเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดียออนไลน์แบบมีตัวชี้นำเรื่ององค์ประกอบศิลป์". คุรุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาบัณฑิต, สาขาคุรุศาสตร์เทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, พ.ศ. 2553.

จรัส จุนเด็น^{1*} กฤษณ์ โชติพันธ์² และไพโรจน์ ช่วยนุกุล³

^{*1,2,3}สาขาวิชา/ภาควิชาเทคโนโลยีไฟฟ้า สังกัดวิทยาลัยเทคนิคสุราษฎร์ธานี จังหวัดสุราษฎร์ธานี รหัสไปรษณีย์ 84000

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) สร้างชุดทดลองกระบวนการผลิตในงานอุตสาหกรรม ควบคุมด้วยโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์ 2) หาประสิทธิภาพชุดทดลองกระบวนการผลิตในงานอุตสาหกรรม ควบคุมด้วยโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์ 3) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยชุดทดลองกระบวนการผลิตในงานอุตสาหกรรม ควบคุมด้วยโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์ และ 4) ประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อการเรียนการสอนโดยใช้ชุดทดลองกระบวนการผลิตในงานอุตสาหกรรมควบคุมด้วยโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) พุทธศักราช 2556 สาขาไฟฟ้า สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยได้แก่นักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) ปีที่2 สาขาไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยเทคนิคสุราษฎร์ธานี ที่ลงทะเบียนเรียนรายวิชาระบบควบคุมในงานอุตสาหกรรม รหัส3104 – 2006 ปีการศึกษา 2560 จำนวน 30 คน ผลการวิจัยพบว่าผู้เรียนมีความเห็นต่อคุณภาพชุดทดลองกระบวนการผลิตในงานอุตสาหกรรม ควบคุมด้วยโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์ในระดับดีมาก ชุดทดลองที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ (E1/E2) เท่ากับ 80.86/81.6 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ 80/80 เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนก่อนเรียนและคะแนนหลังเรียนพบว่า มีความแตกต่างกัน

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยที่คะแนนหลังเรียนสูงกว่าคะแนนก่อนเรียน และผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อชุดทดลอง โดยภาพรวมมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก

คำสำคัญ : ประสิทธิภาพชุดทดลอง, กระบวนการผลิตในงานอุตสาหกรรม, โปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์

Abstract

The purposes of this study aim to 1) produce experimental Set Automation Control of Manufacturing Process System by using Programmable Controller, 2) find out the efficiency of the experimental Set, 3) investigate the students' learning progressive, and 4) assess the students' satisfaction with learning and teaching. The study was carried out with 30 electrical power student, high vocational certificate level from electrical department, Suratthani Technical College , Subject Process Control System in Industrial work , Code :3104-2006. The main findings were as follows , The level of experimental Set quality was very good. The percentage of total average score of efficiency (E1/E2) was 80.86/81.6 . when comparing the students' achievement, there was a significant different between pre-test and post-

test. The post-test scores were higher than the pre-test score.($p < .01$) The level of students' satisfaction with the experimental Set is acceptable.

Keywords : Efficiency of experimental set, Automation Control of Manufacturing Process System, Programmable Controller

1. บทนำ

การจัดการเรียนการสอนด้านอาชีวศึกษา เป็นการศึกษาที่มุ่งเน้น เพื่อผลิตและพัฒนากำลังคนในด้านวิชาชีพระดับฝีมือ ระดับเทคนิคและระดับเทคโนโลยีเพื่อการประกอบอาชีพ ให้สามารถดำรงตนในสังคมและนำมาพัฒนาประเทศชาติ นอกจากนี้ยังช่วยให้คนที่มีอาชีพอยู่แล้วสามารถพัฒนาอาชีพของตนเองให้ทันสมัย สร้างความเจริญก้าวหน้า ซึ่งกำลังคนเหล่านี้ต้องมีคุณภาพ มีความรู้ และความชำนาญในทักษะวิชาชีพต่าง ๆ ก้าวทันเทคโนโลยีที่เจริญขึ้นไปอย่างไม่หยุดยั้ง โดยเฉพาะในอุตสาหกรรมการผลิต มีการพัฒนาอย่างรวดเร็ว เพื่อรองรับการแข่งขันทางเศรษฐกิจสูง จึงมีการใช้เครื่องจักรอุตสาหกรรมแทนกำลังคนให้มากที่สุด เพื่อช่วยเพิ่มกำลังในการผลิต ลดต้นทุน และประหยัดเวลา กระบวนการผลิตจึงเป็นระบบอัตโนมัติ จึงมีการนำเครื่องควบคุมระบบอัตโนมัติได้แก่โปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์มาใช้ควบคุมเครื่องจักร การศึกษาทางด้านอาชีวศึกษาจึงเป็นการเรียนที่มีบทบาทสูงในการตอบสนองความต้องการของตลาดแรงงานภาคอุตสาหกรรมทั้งภายในและภายนอกประเทศ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงพุทธศักราช 2557 ได้พัฒนาขึ้น เพื่อผลิตและพัฒนาแรงงานระดับผู้ชำนาญการ ให้มีความรู้ ความชำนาญ ประสบการณ์ในสาขาอาชีพ มีคุณธรรม จริยธรรม วินัย เจตคติ บุคลิกภาพ ความคิดสร้างสรรค์ ความสามารถในการจัดการ การตัดสินใจ การแก้ปัญหา การพัฒนางาน พัฒนาตนเองให้ตรงตามความต้องการของตลาดแรงงาน สอดคล้องกับภาวะเศรษฐกิจและสังคมทั้งในชุมชน ระดับท้องถิ่นและ

ระดับชาติ ดังนั้นในกระบวนการจัดการเรียนการสอน จำเป็นต้องมีการวางแผนการสอน ใช้สื่อประกอบการสอน[1] เพื่อพัฒนาคุณภาพ และเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนรู้ของผู้เรียน การจัดกระบวนการเรียนรู้โดยใช้ชุดทดลองเป็นวิธีหนึ่งของการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่สามารถทำให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ ลงมือทดลองปฏิบัติบนแผงทดลอง ก่อนการนำความรู้ไปปฏิบัติงานจริง การใช้สื่อการสอนโดยใช้ชุดทดลองถือว่าเป็นนวัตกรรมทางการสอนอย่างหนึ่งซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนได้รับความรู้อย่างมีประสิทธิภาพ

การจัดการเรียนการสอน รายวิชาระบบควบคุม ในงานอุตสาหกรรม รหัสวิชา 3104 – 2006 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2557 สาขาวิชาไฟฟ้า เป็นรายวิชาที่อยู่ในหมวดวิชาชีพสาขาวิชา มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้มีความรู้ ทักษะ กระบวนการคิด วิเคราะห์งาน ที่เกี่ยวข้องกับระบบการควบคุมทางอุตสาหกรรม จึงต้องให้ผู้เรียนมีความสามารถในการนำความรู้มาประยุกต์ใช้ในระบบงานการควบคุมอัตโนมัติ การจัดทำชุดทดลองกระบวนการผลิตในงานอุตสาหกรรม ทำให้ผู้เรียนสามารถลงมือปฏิบัติงานได้จริง เน้นกระบวนการคิดและการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ชุดทดลองจึงเป็นสื่อเพื่อใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญทำให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเองรักการอ่านและมีนิสัยใฝ่เรียนรู้มีความสามารถในการสื่อสารสามารถคิดวิเคราะห์ แก้ปัญหาคิดริเริ่มสร้างสรรค์เป็นคนเก่ง แบ่งปันความรู้ซึ่งกันและกัน เป็นสื่อช่วยกระตุ้นความสนใจ ให้ผู้เรียนใช้ฝึกฝนเพื่อเพิ่มพูนทักษะในด้านต่าง ๆ ทำให้ผู้เรียนเกิดความสุข สนุกสนานในการเรียน ส่งผลทำให้เกิดเจตคติที่ดีในการเรียน อันจะได้เป็นแนวทางในการพัฒนาการคิดของผู้เรียนให้มีประสิทธิภาพและประสิทธิผลผู้วิจัยจึงได้เห็นความสำคัญถึงการพัฒนาทักษะการเรียนรู้ กระบวนการผลิตในงานอุตสาหกรรม โดยได้สร้างเป็นชุดฝึกและจำลองสถานการณ์ในโรงงานอุตสาหกรรมให้ใช้งานได้หลากหลายและอำนวยความสะดวกให้กับนักศึกษาเพื่อพัฒนาทักษะการเรียนรู้ของผู้เรียนต่อไป

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 เพื่อสร้างชุดทดลองกระบวนการผลิตในงานอุตสาหกรรมควบคุมด้วยโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์

2.2 เพื่อหาประสิทธิภาพชุดทดลองกระบวนการผลิตในงานอุตสาหกรรมควบคุมด้วยโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์

2.3 เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยชุดทดลองกระบวนการผลิตในงานอุตสาหกรรม ควบคุมด้วยโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์

2.4 เพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนต่อชุดทดลองกระบวนการผลิตในงานอุตสาหกรรมควบคุมด้วยโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์

3. ขอบเขตของการวิจัย

3.1 ขอบเขตด้านโครงสร้าง/เนื้อหา

3.1.1 ชุดทดลองกระบวนการผลิตในงานอุตสาหกรรมควบคุมด้วยโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์ ดำเนินการสร้างขึ้นตามหลักเกณฑ์ จุดมุ่งหมายและเกณฑ์การใช้หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) พุทธศักราช 2557 ประเภทวิชาอุตสาหกรรม สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา

3.1.2 ชุดทดลองกระบวนการผลิตในงานอุตสาหกรรมควบคุมด้วยโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์ เนื้อหาครอบคลุมคำอธิบาย จุดประสงค์รายวิชา วิชา ระบบควบคุมในงานอุตสาหกรรม รหัสวิชา 3104 – 2006 ใช้สำหรับการเรียนการสอน ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) ชั้นปีที่ 2 สาขางานไฟฟ้ากำลัง สาขาวิชาไฟฟ้า วิทยาลัยเทคนิคสุราษฎร์ธานี สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา

3.1.3 ชุดทดลองที่สร้างขึ้นจำลองการทำงานของเครื่องจักรในอุตสาหกรรม เพื่อเรียนรู้การควบคุมแบบลำดับ ในส่วนของการจ่ายชิ้นงานออกจากแม่กลึงขึ้นเจาะและผลักชิ้นงานออกจากตำแหน่งเจาะเพื่อลำเลียงไปสู่สายพาน สามารถเรียนรู้และประยุกต์ใช้งาน

โปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์ ร่วมกับนิวแมติกส์ไฟฟ้าและมอเตอร์

3.2 ขอบเขตด้านตัวแปร

3.2.1 ตัวแปรต้น คือ การเรียนการสอนโดยใช้ชุดทดลองกระบวนการผลิตในงานอุตสาหกรรมควบคุมด้วยโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์

3.2.2 ตัวแปรตาม คือ ประสิทธิภาพ ความก้าวหน้าทางการเรียนและความพึงพอใจต่อชุดทดลองกระบวนการผลิตในงานอุตสาหกรรมควบคุมด้วยโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์

3.3 ขอบเขตด้านประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.3.1 ประชากร คือ นักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 2 สาขางานไฟฟ้ากำลังสาขาวิชาไฟฟ้า วิทยาลัยเทคนิคสุราษฎร์ธานี สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษาที่ลงทะเบียนเรียนวิชาระบบควบคุมในงานอุตสาหกรรม รหัสวิชา 3104-2006 ปีการศึกษา 2560

3.3.2 กลุ่มตัวอย่างคือ นักศึกษา ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 2 ห้องที่ 1 สาขางานไฟฟ้ากำลังสาขาวิชาไฟฟ้า วิทยาลัยเทคนิคสุราษฎร์ธานี สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา จำนวน 30 คน โดย สุ่ม/เลือก แบบเจาะจง

3.4 ขอบเขตด้านระยะเวลา

ระยะเวลาในการดำเนินการวิจัย เริ่มตั้งแต่วันที่ เดือนพฤษภาคม พ.ศ.2560 ถึง เดือนกันยายน พ.ศ.2560 รวมระยะเวลา 5 เดือน

4. สมมติฐานของการวิจัย

4.1 ชุดทดลองกระบวนการผลิตในงานอุตสาหกรรมควบคุมด้วยโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์ ได้รับความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญในเกณฑ์ไม่ต่ำกว่าระดับดี

4.2 ชุดทดลองกระบวนการผลิตในงานอุตสาหกรรมควบคุมด้วยโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์ใช้สอนได้อย่างมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด (E1/E2) 80/80

4.3 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนด้วยชุดทดลองกระบวนการผลิตในงานอุตสาหกรรมควบคุมด้วยโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

4.4 ผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อชุดทดลอง ภาพรวมอยู่ในระดับพึงพอใจไม่ต่ำกว่าระดับมาก

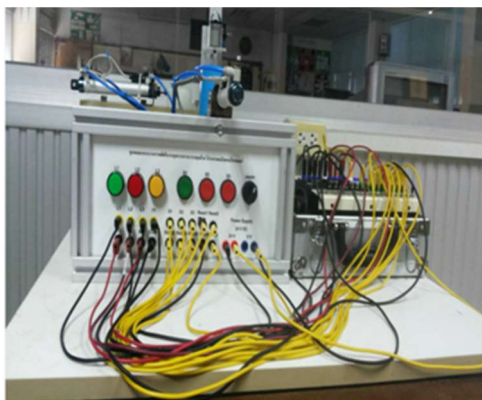
5. วิธีดำเนินการวิจัย

รายงานการวิจัยเรื่อง การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดทดลองกระบวนการผลิตในงานอุตสาหกรรมควบคุมด้วยโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์ หลักสูตร ศึกษานิเทศศาสตร์วิชาชีพชั้นสูง(ปวส.) สาขา ไฟฟ้า ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยตามขั้นตอนดังนี้ 1) ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง 2) กำหนดประชากรและเลือกกลุ่มตัวอย่าง 3) สร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 4) ตรวจสอบคุณภาพชุดทดลองโดยผู้เชี่ยวชาญ 5) ทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง 6) เก็บข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผล

5.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย

5.1.1 ชุดทดลองกระบวนการผลิตในงานอุตสาหกรรมควบคุมด้วยโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์



รูปที่ 1 แสดงการออกแบบชุดทดลองนำมาเชื่อมต่อ กับ Programmable Controller

5.1.2 แบบทดสอบก่อนเรียน(Pretest)

5.1.3 ใบบางที่ใช้ร่วมกับการทดลองจำนวน 5 ใบบาง ประกอบด้วย ใบบางที่ 1 การตรวจสอบการ

เชื่อมต่ออินพุต/เอาต์พุต ใบบางที่ 2 การควบคุมกระบอกสูบน้ำแมตติสทำงาน ตามลำดับงาน A+,A- ใบบางที่ 3 การควบคุมกระบอกสูบน้ำแมตติสทำงาน ตามลำดับงาน A+,B+,A-,B- ใบบางที่ 4 การควบคุมกระบอกสูบน้ำแมตติสทำงาน ตามลำดับงาน A+,B+,B-,A-,C+,C- และใบบางที่ 5 การควบคุมกระบอกสูบน้ำแมตติสและมอเตอร์เจาะทำงาน ตามลำดับงาน A+,B+พร้อมกับ M1(ON), B-,A-พร้อมกับ M1(OFF),C+,C-

5.1.4 แบบทดสอบหลังการทำใบบางในแต่ละใบบางจำนวน 5 ชุด

5.1.5 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์หลังการทำใบบางครบ 5 ใบบาง (Posttest)

5.1.6 แบบสอบถามความคิดเห็น /ความพึงพอใจของนักศึกษาต่อชุดทดลอง

5.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล ในการวิจัยครั้งนี้มีรายละเอียดขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูลดังนี้

5.2.1 ผู้สอนทำการชี้แจงวัตถุประสงค์ของการสอนและวิธีการเรียนให้กลุ่มตัวอย่างทราบ

5.2.2 ทดสอบก่อนเรียน (Pretest) เพื่อตรวจสอบความรู้ของผู้เรียนก่อนการเรียนด้วยชุดทดลอง

5.2.3 สอนกลุ่มตัวอย่างด้วยชุดทดลอง ที่คณะผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยให้ผู้เรียนทำตามขั้นตอนของใบบางการทดลอง และทำการทดสอบระหว่างเรียนหลังนักศึกษาทดลองใบบางในแต่ละใบบางการทดลองเสร็จสิ้น

5.2.4 ทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ผู้เรียน(Posttest) หลังจบการทำใบบางครบ 5 ใบบาง

5.2.5 เก็บรวบรวมข้อมูลจากการทำแบบทดสอบ เพื่อนำข้อมูลหาประสิทธิภาพของชุดทดลอง(E1/E2) เปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่ตั้งไว้ คือ 80/80และเปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนใช้สถิติ (t-test) [2]

5.2.6 ให้ผู้เรียนกลุ่มตัวอย่างทำแบบประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อชุดทดลองโดยใช้สถิติค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Mean) โดยดูค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

6. ผลการวิจัย

การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดทดลอง กระบวนการผลิตในงานอุตสาหกรรมควบคุมด้วยโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์หลักสูตร ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง(ปวส.) สาขาไฟฟ้า รายวิชาระบบควบคุมในงานอุตสาหกรรม รหัสวิชา 3104 – 2006 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล คณะผู้วิจัยขอเสนอตามลำดับ ดังนี้

6.1 ผลการประเมินคุณภาพของชุดทดลองจากผู้เชี่ยวชาญ

การวิเคราะห์ผลการประเมินคุณภาพชุดทดลอง กระบวนการผลิตในงานอุตสาหกรรมควบคุมด้วยโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์ จากผู้เชี่ยวชาญ 5 คน ผลการประเมินปรากฏดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการประเมินคุณภาพชุดทดลองจากผู้เชี่ยวชาญ

รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	แปลผล
1. ชุดทดลองสอดคล้องกับหลักสูตรรายวิชา	4.65	0.37	ดีมาก
2.ชุดทดลองมีความเหมาะสมที่จะใช้ในการเรียน	4.62	0.32	ดีมาก
3.ชุดทดลองช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียน	4.25	0.62	ดี
4.ชุดทดลองเหมาะสมกับระดับผู้เรียน	4.48	0.65	ดี
5.ใบงานการทดลองมีความเหมาะสมกับผู้เรียน	4.67	0.49	ดีมาก
6.จัดรูปแบบชุดทดลองมีความเหมาะสม	4.55	0.35	ดีมาก
เฉลี่ย	4.53	0.45	ดีมาก

จากตารางที่ 1 พบว่า ผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นต่อชุดทดลองกระบวนการผลิตในงานอุตสาหกรรมควบคุมด้วยโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์

ภาพรวมในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) เท่ากับ 4.53 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)เท่ากับ 0.45

6.2 ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพชุดทดลอง กระบวนการผลิตในงานอุตสาหกรรมควบคุมด้วยโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์

ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดทดลอง กระบวนการผลิตในงานอุตสาหกรรมควบคุมด้วยโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์ตามหลักสูตร ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง(ปวส.) สาขาไฟฟ้า รายวิชาระบบควบคุมในงานอุตสาหกรรม รหัสวิชา 3104 – 2006 ปรากฏดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงผลการหาประสิทธิภาพของชุดทดลอง

รายการ	คะแนน	เฉลี่ย	ร้อยละเต็ม
คะแนนจากการทำแบบทดสอบระหว่างเรียน(E1)	50	40.43	80.86
คะแนนจากการทำแบบทดสอบหลังเรียน(E2)	50	40.8	81.6

จากตารางที่ 2 พบว่า ชุดทดลองกระบวนการผลิตในงานอุตสาหกรรมควบคุมด้วยโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง(ปวส.) สาขาไฟฟ้า รายวิชาระบบควบคุมในงานอุตสาหกรรม รหัสวิชา 3104 – 2006ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 80.86/81.6 สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน 80/80 ที่ตั้งไว้

6.3 ผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ผลการวิเคราะห์คะแนนวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนปรากฏดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

รายการ	N	$\bar{X}$	S.D.	t
คะแนนทดสอบก่อนเรียน	30	19.97	4.04	28.04**
คะแนนทดสอบหลังเรียน	30	40.8	2.87	

**มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากตาราง 3 ค่า t ที่คำนวณได้เท่ากับ 28.04 มากกว่าค่า t จากตาราง คือ 2.756 ซึ่งผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนทดสอบก่อนเรียนและคะแนนทดสอบหลังเรียนพบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยที่คะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

6.4 ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อชุดทดลองกระบวนการผลิตในงานอุตสาหกรรมควบคุมด้วยโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์

ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อชุดทดลองกระบวนการผลิตในงานอุตสาหกรรมควบคุมด้วยโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์ปรากฏดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของ

ผู้เรียนที่มีต่อชุดทดลอง

รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	แปลผล
1.ลักษณะการออกแบบ ขนาดรูปร่างมีความสวยงามเหมาะสมในการฝึกปฏิบัติ	4.43	0.53	มาก
2.ขนาดของชุดทดลองมีความเหมาะสมในการฝึกปฏิบัติ	4.29	0.49	มาก
3.วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้งานมีความแข็งแรงต่อการฝึกปฏิบัติ	4.14	0.69	มาก
4.ชุดทดลองมีประสิทธิภาพการใช้งานตรงตามวัตถุประสงค์ของรายวิชา	4.00	0.58	มาก
5.ชุดทดลองมีความปลอดภัยในการใช้งาน	3.86	0.38	มาก
รวม	4.14	0.11	มาก

จากตารางที่ 4 พบว่า โดยรวมมีความพึงพอใจในระดับมาก ที่ $\bar{X} = 4.14$ และ $S.D. = 0.11$ เป็นไปตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้

7. สรุปผลการวิจัยอภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดทดลองกระบวนการผลิตในงานอุตสาหกรรมควบคุมด้วยโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง(ปวส.) สาขาไฟฟ้า รายวิชาระบบควบคุมในงานอุตสาหกรรม รหัสวิชา 3104 – 2006 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลและมีข้อเสนอแนะ ดังนี้

7.1 สรุปผลการวิจัย

จากผลการวิจัย พบว่า การสอนด้วยชุดทดลองกระบวนการผลิตในงานอุตสาหกรรมควบคุมด้วยโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์ดังนี้

7.1.1 ผลการประเมินคุณภาพของชุดทดลองจากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 คน พบว่า ผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นต่อชุดทดลองกระบวนการผลิตในงานอุตสาหกรรมควบคุมด้วยโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์ภาพรวมในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) เท่ากับ 4.53 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.45

7.1.2 ผลการศึกษาที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ปรากฏว่าการเรียนการสอนด้วยชุดทดลองกระบวนการผลิตในงานอุตสาหกรรมควบคุมด้วยโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์ วิชาการระบบควบคุมในงานอุตสาหกรรม รหัสวิชา 3104 – 2006 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2557 มีประสิทธิภาพ 80.86/81.6 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ 80/80 ที่กำหนดไว้

7.1.3 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างก่อนและหลังเรียนด้วยชุดทดลองกระบวนการผลิตในงานอุตสาหกรรมควบคุมด้วยโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์ วิชาการระบบควบคุมในงานอุตสาหกรรม รหัสวิชา 3104 – 2006 พบว่า หลังการเรียนด้วยชุดทดลองกระบวนการผลิตในงานอุตสาหกรรมควบคุมด้วยโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์ดังกล่าว ผู้เรียนกลุ่มตัวอย่างมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

7.1.4 ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อการเรียนด้วยชุดทดลองกระบวนการผลิตในงานอุตสาหกรรมควบคุมด้วยโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์ รายวิชาการระบบควบคุมในงานอุตสาหกรรม รหัสวิชา 3104 – 2006 โดยภาพรวม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.14 แสดงว่า ผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อการเรียนด้วยเอกสารประกอบการสอนดังกล่าวอยู่ในระดับ มาก

7.2 การอภิปรายผล

ผลการวิจัยชุดทดลองกระบวนการผลิตในงานอุตสาหกรรมควบคุมด้วยโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์ วิชาการระบบควบคุมในงานอุตสาหกรรม รหัสวิชา 3104 – 2006 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2557 ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เป็นไปตามสมมติฐานของการศึกษา ดังนี้

7.2.1 จากรายงานการวิจัยชุดทดลองกระบวนการผลิตในงานอุตสาหกรรมควบคุมด้วยโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์ วิชาการระบบควบคุมในงานอุตสาหกรรม รหัสวิชา 3104 – 2006 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2557 ที่ผู้วิจัย

สร้างขึ้นเป็นไปตามสมมติฐานของการวิจัย โดยประสิทธิภาพตัวแรก ซึ่งได้จากคะแนนการทำแบบทดสอบระหว่างเรียน คะแนนสอบหลังเรียนแต่ละหน่วย และคะแนนจากใบงานภาคปฏิบัติมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 80.86 สูงกว่าเกณฑ์กำหนดร้อยละ 80 และประสิทธิภาพตัวหลัง ซึ่งเป็นคะแนนจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 81.6 สูงกว่าเกณฑ์กำหนด ร้อยละ 80 เช่นเดียวกัน ซึ่งเป็นตามเกณฑ์ที่กำหนดการยอมรับประสิทธิภาพของชุดทดลองดังกล่าว เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดและยอมรับว่ามีประสิทธิภาพ อภิปรายผลได้ดังนี้ การสอนโดยใช้ชุดทดลองกระบวนการผลิตในงานอุตสาหกรรมควบคุมด้วยโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์ วิชาการระบบควบคุมในงานอุตสาหกรรม รหัสวิชา 3104 – 2006 ทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามจุดประสงค์ที่กำหนดไว้ มีผลทำให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นพบว่า มีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่า ชุดทดลองกระบวนการผลิตในงานอุตสาหกรรมควบคุมด้วยโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์ วิชาการระบบควบคุมในงานอุตสาหกรรม รหัสวิชา 3104 – 2006 ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นนี้ มีความถูกต้องทันสมัย มีเนื้อหาสาระครบถ้วน มีความต่อเนื่อง มีความกระชับรัดกุม และชัดเจน อีกทั้งผู้เรียนยังได้รับคำแนะนำวิธีการเรียนรู้จากครูผู้สอนที่จัดการเรียนรู้ ทำให้สามารถเรียนรู้ด้วยความเข้าใจ ถูกต้องตามขั้นตอนซึ่งสอดคล้องกับปรากฏการณ์สุนทร [3] ทำการวิจัยเรื่องรายงานการสร้างและหาประสิทธิภาพของชุดทดลอง วิชางานนิวแมติกส์และไฮดรอลิกส์เบื้องต้น รหัสวิชา 1008-2100 ผลการวิจัยพบว่าชุดการสอนมีประสิทธิภาพ 82.02/83.33 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 และสอดคล้องกับธนาร ตรีหะรัญ [4] ทำการวิจัยเรื่อง การสร้างและหาประสิทธิภาพเอกสารประกอบการสอน วิชาธรณีวิทยาปิโตรเลียมรหัสวิชา 3120-2202 ผลการวิจัยพบว่าผลการเรียนการสอนโดยใช้เอกสารประกอบการสอนดังกล่าวมีประสิทธิภาพในการพัฒนาการเรียนรู้ 82.56/83.73

7.2.2 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยเอกสารประกอบการสอนวิชาระบบควบคุมในงานอุตสาหกรรม รหัสวิชา 3104 – 2006 มีความก้าวหน้าหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน จากผลการทดลองพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนที่เรียนด้วยเอกสารประกอบการสอนดังกล่าว มีความก้าวหน้าหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อ 3 โดยสรุปการเรียนการสอน วิชา ระบบควบคุมในงานอุตสาหกรรม รหัสวิชา 3104-2006 โดยใช้ชุดทดลองกระบวนการผลิตในงานอุตสาหกรรมควบคุมด้วยโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์ทำให้การสอนมีประสิทธิภาพ ช่วยเพิ่มทักษะหลังการจัดการเรียนรู้ และสามารถนำไปใช้จัดการเรียนรู้เพื่อให้ผู้เรียนบรรลุตามจุดมุ่งหมายได้ ซึ่งสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ข้อที่ 3 ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจากการสร้างและพัฒนาแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สร้างตามกระบวนการอย่างมีระบบ ผู้เรียนจึงมีโอกาสประสบความสำเร็จทีละขั้นตอน ทำให้เกิดความภาคภูมิใจและมีกำลังใจในการเรียน

7.2.3 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อชุดทดลองกระบวนการผลิตในงานอุตสาหกรรมควบคุมด้วยโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์วิชาระบบควบคุมในงานอุตสาหกรรม รหัสวิชา 3104 – 2006 โดยภาพรวมพบว่าผู้เรียนมีความพึงพอใจในระดับมาก ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อ 4 สอดคล้องกับพงศศักดิ์ อำนวยผล [5] รายงานผลการวิจัยการสร้างและหาประสิทธิภาพการจัดการเรียนการสอน วิชา ชีลสกรีนและวงจรพิมพ์ รหัสวิชา 2104-2223 ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนการสอนโดยใช้เอกสารประกอบการสอนอยู่ในระดับมาก ทั้งนี้ เนื่องมาจากชุดทดลองที่ผู้วิจัยสร้างโดยมีแนวคิดมาจากความต้องการให้ผู้เรียนศึกษา ทำความเข้าใจบทเรียน และปฏิบัติกิจกรรมการเรียน ส่งผลให้ความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อชุดทดลอง โดยภาพรวมพบว่ามีความพึงพอใจในระดับมาก

7.3 ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาวิจัยเพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพชุดทดลองกระบวนการผลิตในงาน

อุตสาหกรรมควบคุมด้วยโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์ ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะ ดังนี้

7.3.1 การประเมินผลการเรียนรู้แต่ละบทเรียนควรให้ผู้เรียนทราบผลทันที เพื่อให้เกิดกำลังใจ มีความเชื่อมั่น ที่จะทำกิจกรรมครั้งต่อไป

7.3.2 ครูผู้สอนควรมีการพัฒนาเนื้อหาการสอนอย่างต่อเนื่อง เพื่อหาข้อบกพร่องและนำมาปรับปรุงต่อไป

7.3.3 ครูผู้สอนควรจัดสิ่งแวดล้อมและบรรยากาศที่กระตุ้นและจูงใจ มีการเสริมแรงเพื่อให้ผู้เรียนตั้งใจเรียน

7.3.4 ครูควรเอาใจใส่และดูแลผู้เรียนให้ทั่วถึง โดยคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคลของผู้เรียน

7.3.5 ควรมีการสร้างชุดทดลองในรายวิชาอื่น ๆ ทางด้านสาขาวิชาไฟฟ้า เพื่อให้การเรียนการสอนเกิดผลสัมฤทธิ์สูงสุด

เอกสารอ้างอิง

- [1] ชัยยงค์ พรหมวงศ์ และคณะ.(2521).ระบบสื่อการสอน.กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [2] ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ.(2538).เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา.พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์สุวิริยาสาสน.
- [3] ปราการ ผาติสุนทร. รายงานการสร้างและหาประสิทธิภาพของชุดทดลอง วิชางานนิวแมติกส์และไฮดรอลิกส์เบื้องต้น รหัสวิชา 2100-1008.ขอนแก่น, 2551. (อัดสำเนา)
- [4] ธนาธร ศรีหะรัญ.การสร้างและหาประสิทธิภาพเอกสารประกอบการสอน วิชาธรณีวิทยาปิโตรเลียม (3120-2202).สงขลา, 2552.(อัดสำเนา).
- [5] พงศศักดิ์ อำนวยผล. รายงานผลการวิจัยการสร้างและหาประสิทธิภาพการจัดการเรียนการสอน วิชาชีลสกรีนและวงจรพิมพ์ รหัสวิชา 2104-2223.ภูเก็ต, 2553.(อัดสำเนา).

ประสิทธิภาพจุลินทรีย์อีเอ็มร่วมกับมูลสัตว์ต่อผลผลิตแหนแดง

Efficiency of Effective Microorganism Corporation with Animal Manure on the Azolla Yield

ปรีศนา อัครพงษ์สวัสดิ์

สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีเชียงใหม่ สถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 1 จังหวัดเชียงใหม่ 50120

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้ใช้แผนการทดลองแบบ Factorial in CRD 6x3x2 ปัจจัยที่ 1 ชนิดมูลสัตว์ [มูลไก่ มูลไก่ปั่นเม็ด มูลสุกร มูลโค มูลนกกกระทาผสม มูลโค (1:3) และมูลค่างควาผสมมูลโค (1:3)] ปัจจัยที่ 2 ระดับมูลสัตว์ 0.5, 1.0, 1.5 กิโลกรัม ปัจจัยที่ 3 หมักและไม่หมักอีเอ็ม เพาะในบ่อซีเมนต์เส้นผ่าศูนย์กลาง 100 เซนติเมตร สูง 50 เซนติเมตร (0.79 ม²) ในระยะเวลา 30 วัน มีวัตถุประสงค์; เพื่อศึกษาประสิทธิภาพจุลินทรีย์อีเอ็มร่วมกับใช้มูลสัตว์ต่างชนิดในระดับที่แตกต่างกันต่อผลผลิตแหนแดง ผลการทดลองพบว่าใช้มูลนกกกระทาผสมมูลโค (1:3) และมูลค่างควาผสมมูลโค (1:3) 1 - 1.5 กิโลกรัม หมักหรือไม่หมักอีเอ็มก่อนนำลงบ่อเพาะจะให้ผลผลิตแหนแดงในบ่อซีเมนต์ 0.79 ตารางเมตร (ม²) สูงกว่ามูลไก่ผง มูลไก่ปั่นเม็ด มูลสุกร และมูลโคอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<.01)

คำสำคัญ : แหนแดง, มูลสัตว์, จุลินทรีย์อีเอ็ม, ผลผลิต

Abstract

The experiment was conducted following factorial in Completely randomized design (CRD) with 6x3x2, first factor was carried out with six types of animal manure [chicken powder manure, chicken pellet manure, swine manure, cow manure, quail manure mix with cow manure (1:3) and bat manure mix with cow manure (1:3)] second factor with three varying levels of animal manure (0.5, 1.0 and 1.5 kg) and fermented with or without effective

microorganism (EM) in third factor. The experiment was conducted in cement pond with 100 cm. of diameter and high 50 cm. (0.79 m²) and 30 days were collected data. The objective was determine the Efficiency of EM corporation with animal manure on the Azolla yield The results found that higher of Azolla yield in cultivated with or without EM fermented of quail manure mix with cow manure (1:3) at 0.5 – 1.5 kg per cement pond and bat manure mix with cow manure (1:3) 1 – 1.5 kg per cement pond than chicken powder manure, chicken pellet manure, swine manure and cow manure in all levels and used 1.5 kg of chicken powder manure were lowest Azolla yield.

Keywords : Azolla, animal manure, Effective Microorganism, yield

1. บทนำ

แหนแดง (Azolla, Water fern and Water velvet) เป็นพืชน้ำพวงเฟิร์น ใบแหนแดงเป็นที่อยู่อาศัยของ Anabena สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่สามารถตรึงไนโตรเจนในอากาศได้ แหนแดงเป็นพืชที่ประกอบด้วยไนโตรเจนสูง ซึ่งสามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ได้ดี แหนแดงเติบโตได้ดีที่อุณหภูมิ 20 – 30 องศาเซลเซียส มีแสง 50 – 70% pH 4.0 – 5.5 ความลึกของน้ำประมาณ 10 เซนติเมตร [10] แหนแดงต้องการธาตุ

อาหารที่สำคัญคือ P, K, Fe และ Mo ซึ่งส่วนใหญ่จะพบมากในมูลสัตว์ โดยเฉพาะ P พบมากในมูลสัตว์ปีก ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจนำมูลสัตว์มาเป็นแหล่งอาหารเพาะเห็ดนางฟ้าโดยอาศัยจุลินทรีย์อีเอ็มช่วยย่อยสลาย

2. วัตถุประสงค์

เพื่อหาประสิทธิภาพจุลินทรีย์อีเอ็มร่วมกับมูลสัตว์ต่างชนิดต่อผลผลิตเห็ดนางฟ้า

3. ตรวจเอกสาร

3.1 เห็ดนางฟ้า (*Azolla pinnata*)

จัดเป็นพืชพวกเฟิร์นน้ำชนิดหนึ่ง ที่มีขนาดเล็ก ประกอบด้วยลำต้นกลวง เรียว แตกกิ่งก้านสาขา แบบขนนก มีใบเป็นแผ่นแบนๆ 2 แผ่นซ้อนกัน แตกออกมาจากสองข้างของกิ่งเป็นคู่ๆ ลอยอยู่ที่ผิวน้ำ โดยส่วนรากจมอยู่ในน้ำ มีรากพิเศษ ยาวอยู่ทางด้านใต้ของลำต้นทั้งต้นและกิ่ง มีใบขนาดเล็กปกคลุม เรียงสลับซ้อนกัน ใบแต่ละใบแบ่งเป็น 2 ส่วนเท่าๆกัน ส่วนบนหนาสีเขียวหรือสีแดง ส่วนล่างบางอยู่ใต้น้ำ ไม่ค่อยมีสี ใบล่างสุดสร้าง sporocarp 2- 4 อัน ที่แกนของใบด้านใต้ใบ ภายในมีเมกะสปอร์และไมโครสปอร์ ในใบของเห็ดนางฟ้ามีโพรงขนาดใหญ่ ซึ่งเป็นที่อาศัยของ Anabena ซึ่งเห็ดนางฟ้าได้รับสารอาหารจากเห็ดนางฟ้าส่วนเห็ดนางฟ้าจะได้ไนโตรเจนจากการตรึงไนโตรเจนของ Anabena เห็ดนางฟ้าเจริญเติบโตอยู่บนผิวน้ำในที่ที่มีน้ำขังในเขตร้อนและอบอุ่นทั่วไปพบตามแหล่งน้ำจืด หอสนา สระ บึง บ่อ และตามที่มีน้ำขัง มีทั้งในทวีปอเมริกาเหนือ อเมริกาใต้ แถบลุ่มแม่น้ำไนล์ แถบร้อนในเอเชีย รวมทั้งประเทศไทยพบเห็ดนางฟ้าชนิด *Azolla pinnata* มีขนาดยาวประมาณ 1 - 2 เซนติเมตร ต้นแก่ที่ได้รับแสงเต็มที่จะเป็นสีแดงคล้ำ ต้นอ่อนหรือได้รับแสงไม่เต็มที่จะเป็นสีเขียว [10] สอดคล้องกับ [4] ที่รายงานความสัมพันธ์ของเห็ดนางฟ้ากับสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินไว้ว่า ภายในโพรงใบบนของเห็ดนางฟ้ามีสาหร่าย สีน้ำเงินแกมเขียวอาศัยอยู่ในลักษณะที่พึ่งพาอาศัยซึ่งกันและกัน สาหร่ายนี้สามารถตรึงไนโตรเจนจาก

อากาศและเปลี่ยนให้เป็นสารประกอบในรูปของแอมโมเนียมให้เห็ดนางฟ้าไปใช้ได้ สอดคล้องกับ [13] ที่กล่าวว่า เห็ดนางฟ้าสามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศนำมาสร้างสารประกอบพวกไนเตรต ซึ่งเห็ดนางฟ้าใช้ในการดำรงชีพเจริญเติบโตได้ หรือเรียกได้ว่าเห็ดนางฟ้าเป็นผู้ผลิตปุ๋ยไนโตรเจนจากอากาศได้ การตรึงไนโตรเจนจากอากาศนั้นเป็นการทำงานของสาหร่ายที่อาศัยร่วมในใบเห็ดนางฟ้าไม่ใช้การทำงานของเห็ดนางฟ้าเดี่ยว ๆ หากจะให้เห็ดนางฟ้าขยายพันธุ์ดีสามารถจับไนโตรเจนจากอากาศมาใช้พื้นที่การเกษตรได้มากขึ้น ควรใส่ปุ๋ยคอกคาวหมัก กระดูก ปั่นหมัก ขี้เถ้าไม้ มูลสุกรเป็นการเพิ่มธาตุฟอสฟอรัสให้เห็ดนางฟ้าช่วยทำให้เห็ดนางฟ้ามีการเจริญเติบโตดี เห็ดนางฟ้ามีหลายสายพันธุ์ เช่น *Azolla filiculoides*, *Azolla pinnata*, *Azolla critata*, *Azolla rubra* และ *Azolla nilotica* เห็ดนางฟ้าที่พบเห็นนั้นมีอยู่ 2 สี คือ

1. พวกที่มีสีเขียวเป็นพวกที่อยู่ในสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสม
2. พวกที่มีสีชมพูหรือสีแดง เป็นพวกที่อยู่ในสิ่งแวดล้อมไม่เหมาะสมขาดธาตุอาหารจำพวกฟอสฟอรัส มีอุณหภูมิสูง มีแสงมากเกินไป ทำให้เห็ดนางฟ้ามีใบเรียวเล็กมีสีแดง ซึ่งเป็นสาเหตุที่เรียกว่า เห็ดนางฟ้า [10]

3.1.1 คุณค่าทางอาหารของเห็ดนางฟ้า

เห็ดนางฟ้ามีไนโตรเจน เป็นองค์ประกอบสูงถึง 3 - 5% เมื่อเห็ดนางฟ้าสลายจะปลดปล่อยไนโตรเจนออกมาให้เป็นธาตุอาหารพืช [4] สอดคล้องกับ [10-11] ที่รายงานผลการวิเคราะห์องค์ประกอบสารอาหารในเห็ดนางฟ้ามีไนโตรเจน 3.71% ฟอสฟอรัส 0.25% โพแทสเซียม 1.25% เถ้า 14.34% คาร์โบไฮเดรต 53.26% ไขมัน 3.6% โปรตีน 17.5% และ พลังงาน 315.4 Kcal นอกจากนี้ [13] กล่าวว่าเห็ดนางฟ้ามีธาตุอาหารไนโตรเจน และฟอสฟอรัสสูง และมีคุณค่าอาหารโปรตีน 18 - 38% [1-3]

3.1.2 การขยายพันธุ์เห็ดนางฟ้า

[1] กล่าวถึงการขยายพันธุ์เห็ดนางฟ้าทำได้ 2 วิธี คือแบบไม่อาศัยเพศโดยการแตกหน่อ เมื่อต้นมีการเจริญเติบโตเต็มที่และแบบอาศัยเพศโดยการสร้างสปอร์สืบพันธุ์เพศผู้และเพศเมียซึ่งสามารถขยายพันธุ์ได้ง่าย โดยมีวิธีการเลี้ยงในบ่อดินโคลน กระถาง และซีเมนต์เลี้ยงในบ่อธรรมชาติโดยเลี้ยงในกระชัง และ เลี้ยงในแปลงโดยตรง การเลี้ยงเห็ดนางฟ้า สามารถเริ่มต้นได้โดยเพาะเลี้ยงขยายพันธุ์ในถังซีเมนต์ หรือกระถางปลูกบัวทำการใส่ดินประมาณ 1/2 ของกระถาง ใส่ปุ๋ยอินทรีย์หรือปุ๋ยคอกประมาณ 500 กรัมต่อดิน 10 กิโลกรัม แล้วเติมน้ำให้ทั่วผิวดินประมาณ 10 เซนติเมตร วางไว้ที่ร่มรับแสงประมาณ 50% อย่าให้อยู่กลางแจ้งแดด เมื่อเห็ดนางฟ้าเจริญเติบโตเต็มผิวของกระถางจึงนำไปขยายต่อบ่อดินที่มีระดับน้ำ 10 – 20 เซนติเมตรเมื่อต้องการใช้เป็นปุ๋ยในนาข้าว จึงนำไปขยายต่อในนาข้าวที่เตรียมก่อนปักดำข้าวโดยปล่อยเห็ดนางฟ้าประมาณ 10%ของพื้นที่ เห็ดนางฟ้าจะเจริญเต็มพื้นที่ภายใน 15 – 30 วันหลังจากทำการคราดกลบแล้วทำการปักดำข้าวได้ทันที เห็ดนางฟ้าบางส่วนจะลอยอยู่บนผิวน้ำหลังจากปักดำข้าวควรจะปล่อยให้เจริญเติบโตต่อไปซึ่งการเจริญเติบโตเห็ดนางฟ้าขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ เช่น

1) น้ำ นับเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดเห็ดนางฟ้าจะเจริญได้ดีในน้ำหรือในดินที่มีความชื้นสูง ระดับน้ำที่ใช้ในการเลี้ยงไม่ควรสูงเกินไป ระดับที่เหมาะสมคือ 10 - 30 เซนติเมตรและเห็ดนางฟ้าจะตายเมื่อขาดน้ำ เห็ดนางฟ้าเจริญเติบโตได้นานี้หรือมีกระแสน้ำไหลเป็นเวลากลางวันหรือบริเวณคลื่นลมจัดจะทำให้เห็ดนางฟ้าแตกกระจายออกจากกัน ทำให้การเจริญเติบโตและการตรึงไนโตรเจนลดลงอย่างมาก

2) แสงสว่าง เห็ดนางฟ้าต้องการแสงสว่างหรือแสงแดดในการสร้างอาหาร โดยการสังเคราะห์แสงโดยต้องการแสงประมาณ 50 – 70% ของแสงสว่าง

3) อุณหภูมิ เห็ดนางฟ้าเจริญได้ดีในที่ที่มีอากาศค่อนข้างเย็นมากกว่าอากาศร้อนอบอ้าว อุณหภูมิสูงมากๆ เห็ดนางฟ้าจะตาย อุณหภูมิที่เหมาะสมคือ 20 – 25 องศา

เซลเซียส หากอุณหภูมิสูงถึง 45 องศาเซลเซียสเห็ดนางฟ้าจะตายหมด

4) ความเป็นกรด-เบสของน้ำ เห็ดนางฟ้าจะเจริญได้ดีในสภาพกรด - เบส ประมาณ 4 - 6

5) แร่ธาตุ แร่ธาตุที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตเห็ดนางฟ้า ได้แก่ P, K, Ca, Mg, Fe เห็ดนางฟ้าต้องการปุ๋ยไนโตรเจนน้อย เพราะเห็ดนางฟ้าสามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศได้เอง

6) การตรึงไนโตรเจนของ *Anabaena azollae* สามารถทำได้ดีในสภาพแวดล้อมที่มีไนโตรเจนต่ำ และสามารถตรึงไนโตรเจนค่าสูงสุด ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส และจะหยุดกระบวนการตรึงไนโตรเจนในสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูงกว่า 45 องศาเซลเซียส

3.2 มูลสัตว์ หรือ ปุ๋ยคอก (Animal manure)

มูลสัตว์ (ปุ๋ยคอก) เป็นปุ๋ยอินทรีย์ชนิดหนึ่งซึ่งได้มาจากการเลี้ยงสัตว์ ปุ๋ยคอกมีอินทรีย์วัตถุ ธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง (ตารางที่ 1 และ 2) ซึ่งเป็นธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช ช่วยปรับปรุงโครงสร้างของดินให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช ทำให้ดินมีการระบายน้ำและอากาศดีขึ้น

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ของธาตุปุ๋ยในมูลสัตว์แห้ง

ชนิดสัตว์	ไนโตรเจน (N)	ฟอสฟอรัส (P ₂ O ₅)	โพแทสเซียม (K ₂ O)
ไก่	1.8 - 2.9	2.9 - 4.8	0.8 - 1.4
เป็ด	0.5 - 1.2	1.0 - 2.2	0.8 - 1.4
ม้า	0.5 - 1.0	0.3 - 0.7	0.2 - 0.7
โค	0.3 - 0.8	0.3 - 0.5	0.2 - 0.5
ควาย	0.8 - 1.2	0.5 - 1.0	0.5 - 1.0
สุกร	0.6 - 1.0	0.5 - 0.8	0.2 - 0.8
ค่างคว	1.0 - 6.0	0.5 - 1.0	0.5 - 1.2

ที่มา : [4] [6]

นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มความคงทนให้แก่ผิวดินเป็นการลดการชะล้างพังทลายของดินและช่วยรักษาหน้า

ดินไว้ ยังเป็นแหล่งธาตุอาหารของจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ในดิน ซึ่งมีผลทำให้กิจกรรมต่างๆ ของจุลินทรีย์ดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพและยังช่วยเพิ่มปริมาณของจุลินทรีย์ในดินอีกด้วย [8]

ตารางที่ 2 ผลวิเคราะห์ธาตุอาหารในมูลไก่และมูลค่างคาว

มูลสัตว์ปีก	pH	ธาตุอาหารหลัก (%)			ธาตุอาหารรอง (%)			Na (%)
		N	P	K	Ca	Mg	S	
มูลไก่ไข่	7.5	2.28	5.91	3.02	12.1	1.07	0.674	1.988
มูลไก่เนื้อ (ใหม่)	8	2.65	2.69	1.85	2.18	0.512	0.178	1.289
มูลไก่เนื้อ (เก่า)	8.2	2.09	6.07	0.42	11.3	0.86	0.68	2.504
มูลไก่อัดเม็ด	8	2.84	7.63	0.78	2.6	0.34	0	0
มูลค่างคาว	7.5	3.32	13.95	0.29	18.01	0.48	0.28	0

ที่มา : 1- 3 [4], 4 - 5 [5]

3.3 จุลินทรีย์ EM (Effective Microorganism)

EM หมายถึง กลุ่มจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพ มีหลายประเภท เช่น พวกสาหร่าย โปรโตซัว เชื้อรา แบคทีเรีย และ พวกไวรัสค้นพบโดย ศ. ดร.เทรูโอะฮิระ นักวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยริวกิว เมืองโอกินาวา ประเทศญี่ปุ่น ซึ่งได้ศึกษาแนวคิดเรื่อง "ดินมีชีวิต" ของโมกิจิ โอกะตะ (พ.ศ. 2425 - 2498) จากนั้นได้ค้นคว้าทดลองและค้นพบอีเอ็มเมื่อ พ.ศ. 2526 ตั้งแต่นั้นมาได้มีการผลิตและส่งเสริมให้มีการนำไปใช้อย่างแพร่หลายโดยการทำเกษตรแบบธรรมชาติ เป็นการคืนจุลินทรีย์สู่แผ่นดินต่อมา ศ.วาคูกามิ ได้นำมาเผยแพร่ในประเทศไทย โดยมูลนิธิบำเพ็ญสาธารณประโยชน์ด้วยกิจกรรมทางศาสนาหรือ คิวเซ มีการฝึกอบรมการใช้จุลินทรีย์อีเอ็ม เพื่อการปลูกพืช ประมงและการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม ส่งเสริมให้ใช้ในแปลงผัก ไม้ผล [9] [12]

3.3.1 ประเภทของจุลินทรีย์ EM [7] แบ่งได้ดังนี้

1) กลุ่มจุลินทรีย์พวกเชื้อราที่มีเส้นใย (Filamentous fungi) ประกอบด้วยจุลินทรีย์ที่เป็นเชื้อ

ราในรูปเส้นใยที่สำคัญคือ *Penicillium sp.* *Trichoderma sp.* และ *Mucor sp.* ทำหน้าที่เป็นตัวเร่งการย่อยสลายอินทรีย์สาร ทำงานได้ดีในสภาพที่มีออกซิเจน ทนทานต่อความร้อนปกติ ใช้เป็นหัวเชื้อร่วม เพื่อทำปุ๋ยหมัก

2) เป็นกลุ่มจุลินทรีย์พวกสังเคราะห์แสง (Photosynthetic microorganisms) ประกอบด้วยจุลินทรีย์มากกว่า 10 สกุล และ 80 ชนิด (Species) จุลินทรีย์กลุ่มนี้จะช่วยเปลี่ยนให้ดินเข้าสู่วัฏจักรของการย่อยสลาย นอกจากจะใช้ปรับปรุงดินแล้ว ยังใช้ประโยชน์ในการทำหัวเชื้อผลิตปุ๋ยหมัก กระตุ้น *Azotobacter* และ *Mycorrhiza* ในดินทำงานได้ดี ช่วยสังเคราะห์สารอินทรีย์ เช่น กรดอะมิโน ไนโตรเจน น้ำตาล วิตามิน ฮอริโมน และอื่นๆ เพื่อสร้างความสมบูรณ์ให้เกิดขึ้น

3) เป็นกลุ่มจุลินทรีย์ที่ใช้ในการหมัก (Fermented microorganisms) ทำหน้าที่เป็นตัวกระตุ้นให้ดินต้านทานโรค เข้าสู่วงจรการย่อยสลายได้ดี ช่วยลดการพังทลายของดิน ป้องกันโรคและแมลงศัตรูพืชบางชนิดของพืชและสัตว์ สามารถบำบัดมลพิษในน้ำเสียที่เกิดจากสิ่งแวดล้อมเป็นพิษต่างๆ ได้

4) เป็นกลุ่มจุลินทรีย์พวกตรึงไนโตรเจน (Nitrogen fixing microorganisms) มีทั้งพวกที่เป็นสาหร่าย (Algae) และพวกแบคทีเรีย (Bacteria) ทำหน้าที่ตรึงก๊าซไนโตรเจนจากอากาศเพื่อให้ดินผลิตสารที่เป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโต เช่น โปรตีน (Protein) กรดอินทรีย์ (Organic acids) กรดไขมัน (Fatty acids) แป้ง (Starch) ฮอริโมน (Hormones) วิตามิน (Vitamins)

5) เป็นกลุ่มจุลินทรีย์พวกสร้างกรดแลคติก (Lactic acids) มีประสิทธิภาพในการต่อต้านเชื้อราและแบคทีเรียที่เป็นโทษ ส่วนใหญ่เป็นจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการอากาศหายใจ ทำหน้าที่เปลี่ยนสภาพดินเน่าเปื่อย หรือดินก่อโรคให้เป็นดินที่ต้านทานโรค ช่วยลดจำนวนจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของโรคพืช และช่วยย่อยสลายเปลือกเมล็ดพันธุ์พืช ช่วยให้เมล็ดงอกได้ดี แข็งแรงกว่าปกติ

3.3.2 ลักษณะทั่วไปของ EM

จุลินทรีย์ EM สด หมายถึง การใช้จุลินทรีย์ (อีเอ็ม) จากโรงงานผลิตหรือผู้จำหน่ายที่ยังไม่ได้ทำการแปรรูป โดยปกติอีเอ็ม (หัวเชื้อ) มีอายุการใช้งานอย่างสมบูรณ์ [12] มีลักษณะดังต่อไปนี้

- 1) เป็นของเหลวสีน้ำตาลกลิ่นหอมอมเปรี้ยวอมหวาน
- 2) ต้องการที่อยู่ที่เหมาะสม ไม่ร้อนเกินไปหรือเย็นเกินไป
- 3) ต้องการอาหารจากธรรมชาติ เช่น น้ำตาล รำข้าว โปรตีน และสารประกอบอื่นๆ ที่ไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต
- 4) เป็นจุลินทรีย์จากธรรมชาติ ไม่สามารถใช้ร่วมกับสารเคมีและ ยาฆ่าเชื้อต่างๆ ได้
- 5) อีเอ็มจะทำงานในที่มืดได้ดี ควรใช้ช่วงเย็นของวัน
- 6) เป็นตัวทำลายความสกปรกทั้งหลาย ช่วยปรับสภาพความสมดุลของสิ่งมีชีวิต และสิ่งแวดล้อม

4. ขั้นตอนการวิจัย

ทำการวิจัยโดยใช้แผนการทดลองแบบ Factorial in CRD 6x3x2 ปัจจัยที่ 1 ชนิดมูลสัตว์ [มูลไก่ มูลไก่ป่น เม็ด มูลสุกร มูลโค มูลนกกระทาผสม มูลโค (1:3) และมูลค้างคาวผสมมูลโค (1:3) ปัจจัยที่ 2 ระดับมูลสัตว์ 0.5, 1.0, 1.5 กิโลกรัม ปัจจัยที่ 3 หมักและไม่หมักอีเอ็ม เพาะเลี้ยงในบ่อซีเมนต์เส้นผ่าศูนย์กลาง 100 เซนติเมตร สูง 50 เซนติเมตร (พื้นที่ 0.79 ม²) ในระยะเวลา 30 วัน ดำเนินการดังนี้

- 1) เตรียมวงบ่อซีเมนต์เส้นผ่าศูนย์กลาง 100 เซนติเมตร สูง 50 เซนติเมตร ล้างให้สะอาด จำนวน 144 บ่อ วางไว้ในที่ร่ม รับแสงประมาณ 70% โดยใช้สแลนพลาสติก 70% คลุมโรงเรือน
- 2) ใส่ดินลงในวงบ่อสูงประมาณ 20 เซนติเมตร เติมน้ำเปล่าสูงจากผิวดินประมาณ 10 เซนติเมตร
- 3) ทำการผสมชุดการทดลอง มูลไก่ผง มูลไก่ป่น เม็ด มูลสุกร มูลโค มูลนกกระทาผสมมูลโค (1:3) และมูล

ค้างคาวผสมมูลโค (1:3) จำนวน 0.5, 1 และ 1.5 กิโลกรัม หมักและไม่หมักอีเอ็ม

- 4) ชั่งพันธุ์เห็ดแดงลงในบ่อ 100 กรัมต่อบ่อ พันธุ์เห็ดแดงที่ใช้นำมาเพาะเลี้ยงในบ่อดินก่อน 7 วัน เพื่อให้ได้พันธุ์เห็ดแดงที่แข็งแรงและสมบูรณ์

4.1 เก็บรวบรวมข้อมูล

ทำการชั่งน้ำหนักเห็ดแดงสด เมื่อเริ่มต้นทำการทดลองและทำการชั่งทุก 10 วัน จนสิ้นสุดการทดลอง ที่ระยะเวลา 30 วัน

4.2 การวิเคราะห์ทางสถิติ

วิเคราะห์ค่าความแปรปรวนตามแผนการทดลองแบบ Factorial in CRD และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยกลุ่มด้วยวิธี DMRT

5. ผลและวิจารณ์ผล

พบว่า ผลผลิตเห็ดแดงที่เพาะด้วยมูลนกกระทาผสมมูลโค (1:3) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>.05$) กับมูลค้างคาวผสมมูลโค (1:3) แต่จะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<.05$) กับมูลไก่ผง มูลไก่ป่นเม็ด มูลโค และมูลสุกร ซึ่งการเพาะเห็ดแดงด้วยมูลนกกระทาผสมมูลโค (1:3) 1 และ 1.5 กิโลกรัม หมักอีเอ็มก่อน เท่ากับ 2,630, 2,655 กรัม/บ่อ ไม่หมักอีเอ็ม 2,635, 2,540 กรัม/บ่อ ตามลำดับ และมูลค้างคาวผสมมูลโค (1:3) 1 และ 1.5 กิโลกรัม/บ่อเท่ากับ 2,487, 2,465 กรัม/บ่อ ไม่หมัก อีเอ็ม 2,627, 2,497 กรัม/บ่อตามลำดับ (ตารางที่ 3 และ รูปที่ 1) ซึ่งสูงกว่าผลผลิตเห็ดแดงที่เพาะด้วยมูลไก่ผง มูลไก่ป่นเม็ด มูลโค มูลสุกร ($p<.01$) ซึ่งข้อมูลองค์ประกอบธาตุอาหารพบว่ามูลนกกระทาและมูลค้างคาวจะมี P และ N สูง เมื่อนำมูลโคมาปรับสมดุล N และ P ในมูลนกกระทาและมูลค้างคาวอัตรา (1:3) จึงเหมาะสมที่จะทำให้เห็ดแดงเจริญเติบโตได้ดี สอดคล้องกับ [10] ที่กล่าวว่าเห็ดแดงต้องการ N น้อย เพราะสามารถตรึง N ได้เองจากอากาศและ เห็ดแดงจะเจริญได้ดีในดินที่มี N ต่ำ

ตารางที่ 3 ผลผลิตแทนแดงที่เพาะเลี้ยงด้วยมูลสัตว์ต่าง
ชนิดหมักและไม่หมักอีเอ็ม

Treatment interaction	Azolla yield (g)
มูลไก่ผง ไม่หมักอีเอ็ม	1809.1 ^c
มูลไก่ป่นเม็ด ไม่หมักอีเอ็ม	1656.6 ^{cd}
มูลสุกร ไม่หมักอีเอ็ม	1710.0 ^c
มูลโค ไม่หมักอีเอ็ม	1757.5 ^c
มูลนกกระทาผสมมูลโค (1:3) ไม่หมักอีเอ็ม	2528.3 ^{ab}
มูลค่างควาผสมมูลโค (1:3) ไม่หมักอีเอ็ม	2359.1 ^b
มูลไก่ผง หมักอีเอ็ม	1862.5 ^c
มูลไก่ป่นเม็ด หมักอีเอ็ม	1928.3 ^c
มูลสุกร หมักอีเอ็ม	1575.0 ^{cd}
มูลโค หมักอีเอ็ม	1620.0 ^{cd}
มูลนกกระทาผสมมูลโค (1:3) หมักอีเอ็ม	2621.6 ^a
มูลค่างควาผสมมูลโค (1:3) หมักอีเอ็ม	2439.1 ^{ab}
F-value (ชนิดมูลสัตว์ * อีเอ็ม)	**
มูลไก่ผง 0.5 กก.	2052.5 ^c
มูลไก่ผง 1.0 กก.	2033.7 ^{cd}
มูลไก่ผง 1.5 กก.	1421.2 ^f
มูลไก่ป่นเม็ด 0.5 กก.	1916.2 ^{cd}
มูลไก่ป่นเม็ด 1.0 กก.	1740.0 ^{de}
มูลไก่ป่นเม็ด 1.5 กก.	1721.0 ^{de}
มูลสุกร 0.5 กก.	1646.2 ^e
มูลสุกร 1.0 กก.	1705.0 ^{de}
มูลสุกร 1.5 กก.	1576.2 ^e
มูลโค 0.5 กก.	1550.0 ^e
มูลโค 1.0 กก.	1747.5 ^e
มูลโค 1.5 กก.	1768.7 ^e
มูลนกกระทาผสมมูลโค (1:3) 0.5 กก.	2495.0 ^a
มูลนกกระทาผสมมูลโค (1:3) 1.0 กก.	2632.5 ^a
มูลนกกระทาผสมมูลโค (1:3) 1.5 กก.	2597.5 ^a
มูลค่างควาผสมมูลโค (1:3) 0.5 กก.	2158.7 ^b
มูลค่างควาผสมมูลโค (1:3) 1.0 กก.	2557.5 ^a
มูลค่างควาผสมมูลโค (1:3) 1.5 กก.	2481.2 ^a
F-value (ชนิดมูลสัตว์ * ระดับมูลสัตว์)	**

ตารางที่ 3 ผลผลิตแทนแดงที่เพาะเลี้ยงด้วยมูลสัตว์ต่าง
ชนิดหมักและไม่หมักอีเอ็ม (ต่อ)

Treatment interaction	Azolla yield (g)
T1; มูลไก่ผง 0.5 กก.	2157.5 ^b
T2; มูลไก่ผง 1.0 กก.	2037.5 ^b
T3; มูลไก่ผง 1.5 กก.	1232.5 ^c
T4; มูลไก่ป่นเม็ด 0.5 กก.	1800.1 ^{cd}
T5; มูลไก่ป่นเม็ด 1.0 กก.	1597.5 ^c
T6; มูลไก่ป่นเม็ด 1.5 กก.	1572.5 ^b
T7; มูลสุกร 0.5 กก.	1675.0 ^d
T8; มูลสุกร 1.0 กก.	1840.0 ^b
T9; มูลสุกร 1.5 กก.	1615.0 ^b
T10; มูลโค 0.5 กก.	1632.5 ^d
T11; มูลโค 1.0 กก.	1875.0 ^b
T12; มูลโค 1.5 กก.	1765.0 ^b
T13; มูลนกกระทาผสมมูลโค (1:3) 0.5 กก.	2410.0 ^a
T14; มูลนกกระทาผสมมูลโค (1:3) 1.0 กก.	2635.0 ^a
T15; มูลนกกระทาผสมมูลโค (1:3) 1.5 กก.	2540.0 ^a
T16; มูลค่างควาผสมมูลโค (1:3) 0.5 กก.	1952.5 ^{bc}
T17; มูลค่างควาผสมมูลโค (1:3) 1.0 กก.	2627.5 ^a
T18; มูลค่างควาผสมมูลโค (1:3) 1.5 กก.	2497.5 ^a
T19; มูลไก่ผงหมัก 0.5 กก.	1947.5 ^b
T20; มูลไก่ผงหมัก 1.0 กก.	2030.0 ^b
T21; มูลไก่ผงหมัก 1.5 กก.	1610.0 ^c
T22; มูลไก่ป่นหมัก 0.5 กก.	2032.5 ^b
T23; มูลไก่ป่นเม็ดหมัก 1.0 กก.	1882.5 ^b
T24; มูลไก่ป่นเม็ดหมัก 1.5 กก.	1870.0 ^b
T25; มูลสุกรหมัก 0.5 กก.	1617.5 ^c
T26; มูลสุกรหมัก 1.0 กก.	1570.0 ^c
T27; มูลสุกรหมัก 1.5 กก.	1537.5 ^c
T28; มูลโคหมัก 0.5 กก.	1467.5 ^c
T29; มูลโคหมัก 1.0 กก.	1620.0 ^c
T30; มูลโคหมัก 1.5 กก.	1772.5 ^{bc}
T31; มูลนกกระทาผสมมูลโค (1:3) หมัก 0.5 กก.	2580.0 ^a
T32; มูลนกกระทาผสมมูลโค (1:3) หมัก 1.0 กก.	2630.0 ^a
T33; มูลนกกระทาผสมมูลโค (1:3) หมัก 1.5 กก.	2655.0 ^a
T34; มูลค่างควาผสมมูลโค (1:3) หมัก 0.5 กก.	2365.0 ^a
T35; มูลค่างควาผสมมูลโค (1:3) หมัก 1.0 กก.	2487.5 ^a
T36; มูลค่างควาผสมมูลโค (1:3) หมัก 1.5 กก.	2465.0 ^a
F-value (ชนิดมูลสัตว์ * ระดับที่ใช้ * อีเอ็ม)	**

ตารางที่ 3 ผลผลิตแทนแดงที่เพาะเลี้ยงด้วยมูลสัตว์ต่างชนิดหมักและไม่หมักอีเอ็ม (ต่อ)

Treatment interaction	Azolla yield (g)
มูลไก่ผง	1835.8 ^c
มูลไก่ปั้นเม็ด	1792.5 ^c
มูลสุกร	1642.5 ^d
มูลโค	1688.7 ^d
มูลนกกระทา+มูลโค	2575.0 ^a
มูลค่างควา+มูลโค	2399.1 ^b
F-value (ชนิดมูลสัตว์)	**
ระดับการใช้ 0.5 กก.	1969.8 ^b
ระดับการใช้ 1.0 กก.	2069.3 ^a
ระดับการใช้ 1.5 กก.	1927.7 ^c
F-value (ระดับการใช้มูลสัตว์)	**
หมักอีเอ็ม	1970.1
ไม่หมักอีเอ็ม	2007.7
F-value (การใช้อีเอ็ม)	ns

ตัวอักษรยกกำลังที่เหมือนกันในแถวตั้ง แสดงว่าไม่มี ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>.05$)

การใช้มูลไก่ผง 1.5 กิโลกรัม หมักหรือไม่หมักอีเอ็มให้ผลผลิตแทนแดงต่ำสุด 1432.5, 1510 กรัม/บ่อ เป็นไปได้ที่มูลไก่ผงมี N สูง และมีเศษฝุ่นละอองเล็กๆ ที่ปนมาลอยตามผิวน้ำ ทำให้ไม่เหมาะกับการเติบโตแทนแดงซึ่งจะขยายตัวไปตามผิวน้ำ แทนแดงบางส่วนจะตายเนื่องจากสภาพน้ำเน่าเหม็น เกิดแก๊สฝุ่นละอองรวมตัวกัน ขัดขวางการกระจายตัวของแทนแดง และสังเกตได้ว่าใช้มูลสัตว์ 1.5 และ 0.5 กิโลกรัม จะให้ผลผลิตต่ำกว่า 1 กิโลกรัม อย่างมีนัยสำคัญ ($p<.05$) การใช้มูลสัตว์ 0.5 กิโลกรัม/บ่อ การเจริญเติบโตแทนแดงจะลดลงในระยะท้าย ๆ อันอาจเนื่องจากปริมาณธาตุอาหารลดลงตามระยะเวลา ในส่วนการหมักและไม่หมักอีเอ็มพบว่าผลผลิตแทนแดงโดยรวมไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>.05$)

รูปที่ 1 ผลการใช้จุลินทรีย์อีเอ็มร่วมกับมูลสัตว์ต่อผลผลิตแทนแดง

รูปที่ 2 สภาพเพาะเลี้ยงแทนแดงและผลผลิตแทนแดง นำไปตากแห้งก่อนนำไปผสมในอาหารเลี้ยงสัตว์

5. สรุปผล

การเพาะเลี้ยงแทนแดงสามารถใช้มูลนกกระทาผสมมูลโค (1:3) มูลค่างควาผสมมูลโค (1:3) ในอัตรา 1–1.5 กิโลกรัม โดยหมักหรือไม่หมักอีเอ็มก่อนก็ได้จะให้ผลผลิตดีที่สุดใกล้เคียงกันต่อบ่อซีเมนต์พื้นที่ 0.79 ม²

กิตติกรรมประกาศ

ขอบคุณผู้สนับสนุนทุนวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ และสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา

เอกสารอ้างอิง

- [1] Bairagi, A., Ghosh, K.S. Sen, S.K. & Ray, A.K.,
Duckweed (*Lemna polyrhiza*) leaf meal as
a source of feed stuff in formulated diets
for rohu (*Labeo rohita* Ham.) fingerlings
after fermentation with a fish intestinal
bacterium. Bioresource Technology, 85,
17-24, 2002.
- [2] Detta, S.N., Culture of Azolla and its
efficacy in diet of *Labeo rohita*.
Aquaculture, 310, 376-379, 2011.
- [3] Rai, V.K. Sharma, N.K., & Rai, A.K. 2003.
Growth and cellular ion content of a salt-
sensitive symbiotic system *Azolla pinnata* -
Anabaena azollae under NaCl stress.
Journal of Plant Physiology, 163, 937-944.
- [4] กรมวิชาการเกษตร, วิเคราะห์คุณภาพมูลสัตว์,
กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, พ.ศ. 2542.
- [5] กองเกษตรเคมี, วิเคราะห์คุณภาพมูลสัตว์,
กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, พ.ศ. 2537.
- [6] เกชา ลาวัลยะวัฒน์, วิเคราะห์ธาตุปุ๋ยในมูลสัตว์แห้ง,
พ.ศ. 2554.
- [7] เกรียงไกร จำเริญมา, อี เอ็ม คือ อะไร. วารสาร گیษะ
และสัตววิทยา, 15, 2 (เมย.-มิย.), พ.ศ. 2538.
- [8] ดินและปุ๋ยแห่งประเทศไทย, สมาคม, สรุปประเด็น
การให้ความรู้เรื่องปุ๋ยอย่างเหมาะสมเพื่อลดต้นทุน
การผลิต กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, พ.ศ. 2548.
- [9] เทรุโอะ ฮิงะ, การปฏิวัติอันยิ่งใหญ่เพื่อช่วยเหลือ
โลก, สุขภาพใจการพิมพ์, พ.ศ. 2536.
- [10] นันทกร บุญเกิด, การใช้แทนแดงในนาข้าว,
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, พ.ศ. 2546.

การใช้ชุดการเรียนรู้แบบ C-PBL21 สำหรับกิจกรรมโครงการภายใต้การนิเทศของนักศึกษา
ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ วิทยาลัยอาชีวศึกษามหาสารคาม
Learning to use a C-PBL21 for project activities under the supervision of students.
The Diploma Business Computer. Mahasarakham Vocational College.

มงคล แสงอรุณ^{1,*} และชฎารัตน์ สุขศีล²

¹ภาควิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ วิทยาลัยอาชีวศึกษามหาสารคาม สถาบันการอาชีวศึกษาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 3 จังหวัดมหาสารคาม 44000

²ภาควิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ วิทยาลัยเทคนิคมหาสารคาม สถาบันการอาชีวศึกษาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 3 จังหวัดมหาสารคาม 44000

บทคัดย่อ

งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ทดลองใช้ชุดการเรียนรู้ C-PBL21 สำหรับกิจกรรมโครงการภายใต้การนิเทศของนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ วิทยาลัยอาชีวศึกษามหาสารคาม และ 2) สำรวจความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อการใช้ชุดการเรียนรู้แบบ C-PBL21 สำหรับกิจกรรมโครงการภายใต้การนิเทศของนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ วิทยาลัยอาชีวศึกษามหาสารคาม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือ ชุดการเรียนรู้ C-PBL21 และแบบประเมินความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อชุดการเรียนรู้ C-PBL21 ผลการวิจัย พบว่า

1) การทดลองใช้ชุดการเรียนรู้ C-PBL21 สำหรับกิจกรรมโครงการภายใต้การนิเทศของนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ วิทยาลัยอาชีวศึกษามหาสารคาม สามารถนำขั้นตอนการใช้งานของชุดการเรียนรู้ ซึ่งประกอบไปด้วย 7 ขั้นตอน ได้แก่ การเตรียมตัวผู้เรียน การสำรวจชุมชน การวิเคราะห์การตัดสินใจ การวางแผนกิจกรรม การลงมือปฏิบัติ การสรุปเพื่อการนำเสนอ และการต่อยอดองค์ความรู้ มาประยุกต์ใช้ในการจัดกิจกรรมโครงการภายใต้การนิเทศได้

2) ผลการสำรวจความพึงพอใจของผู้เรียน ต่อชุดการเรียนรู้ C-PBL21 พบว่า ความพึงพอใจโดยรวม

ต่อชุดการเรียนรู้ C-PBL21 อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x} = 4.61$, S.D. = 0.57) เมื่อพิจารณารายด้านพบว่า ขั้นตอนการเตรียมผู้เรียน อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x} = 4.56$, S.D. = 0.50)

คำสำคัญ : ชุดการเรียนรู้ C-PBL21, กิจกรรมโครงการภายใต้การนิเทศ

Abstract

This research aims to 1) test kit to learn C-PBL21 for project activities under the supervision of undergraduate diploma. Business Computer University College and 2) customer satisfaction survey of students who are learning to use a C-PBL21 for project activities under the supervision of the student diploma. Business Computer University College The instrument used for this research. Learning Series C-PBL21 and assessment of student satisfaction with the learning kit C-PBL21.

The research found that

1) Trial Kit to learn C-PBL21 for project activities under the supervision of the student diploma. Business Computer University College Can the use of learning. Which consists of seven steps to prepare the students. Community

Survey Decision Analysis Event Planning Practice
To conclude the presentation, And further knowledge. The application of project activities under the supervision.

2) The results of satisfaction surveys of students. The Learning Series C-PBL21 find satisfaction. Overall, the series C-PBL21 learning at a highest level ($\bar{x} = 4.61$, S.D. = 0.57), considering that each aspect. Preparation classes At a highest level ($\bar{x} = 4.56$, S.D. = 0.50)

Keywords : Learning Series C-PBL21, project activities under supervision.

1. บทนำ

สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา ได้มีนโยบายในการจัดการเรียนการสอน ให้มีความสัมพันธ์และสอดคล้องกับแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ โดยมุ่งเน้นที่จะผลิตผู้มีความรู้ความเข้าใจ และทักษะในระดับฝีมือ มีสมรรถนะที่สามารถปฏิบัติงานอาชีพได้จริง มีคุณธรรม จริยธรรม จรรยาบรรณวิชาชีพ และมีกิจนิสัยที่เหมาะสมในการทำงาน สอดคล้องกับความต้องการของเศรษฐกิจและสังคม สามารถปฏิบัติงานได้อย่างมีความสุขและพัฒนาตนเองให้มีความก้าวหน้าทางวิชาการและวิชาชีพ [1] ผู้เรียนเมื่อเรียนจบจะต้องมีงานทำ และสามารถที่จะดำรงชีวิตอย่างมีความสุขในสังคมได้อย่างภาคภูมิใจ

การศึกษาในศตวรรษที่ 21 ครู คือ บุคคลสำคัญที่มีบทบาทในการพัฒนาผู้เรียน ดังนั้นการพัฒนาครูให้พร้อมกับการเปลี่ยนแปลงของโลกไม่ว่าจะเป็นทางด้านเศรษฐกิจ สังคม การเมือง และการแข่งขันในระดับเอเซีย หรือระดับสากล โดยครูต้องมีการเปลี่ยนแปลงตัวเองโดยสิ้นเชิงเพื่อให้เป็น “ครูเพื่อศิษย์ในศตวรรษที่ 21” บทบาทของครูอาจารย์จะต้องเปลี่ยนไป ครูที่รักศิษย์และเอาใจใส่ศิษย์ แต่ยังใช้กระบวนการจัดการเรียนการสอนแบบเดิม ๆ จะไม่ใช่ครูที่ทำประโยชน์แก่ศิษย์อย่างแท้จริง กล่าวคือ ครูที่มีใจแก่ศิษย์ยังไม่พอ ครู

เพื่อศิษย์ต้องเปลี่ยนจุดสนใจหรือจุดเน้นการสอนไปเป็นเน้นการเรียนรู้ (ทั้งของศิษย์และของตนเอง) ต้องมีการเรียนรู้และปรับปรุงรูปแบบการเรียนรู้ที่ตนเองได้ให้แก่ศิษย์ด้วย ครูเพื่อศิษย์ต้องเปลี่ยนแปลงตนเองจาก “ครูสอน” (teacher) ไปเป็น “ครูฝึก” (Coach) หรือ “ผู้อำนวยความสะดวกในการเรียนรู้” (Learning facilitator) และต้องเรียนรู้ทักษะในการทำหน้าที่นี้โดยรวมตัวกันเป็นกลุ่มเพื่อการเรียนรู้ร่วมกันอย่างเป็นระบบและต่อเนื่องที่เรียกว่า PLC (Professional Learning Community) [2] เพื่อให้ครูได้เกิดการพัฒนาตนเองและเรียนรู้ที่จะปรับเปลี่ยนแนวคิดและกระบวนการจัดการเรียนการสอนให้สอดคล้องกับปัจจุบัน

ในการวิจัยในครั้งนี้ จึงมีการนำชุดการจัดการเรียนรู้ C-PBL21 (Critical thinking & Project Base Learning) ของชมรมพัฒนาทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา มาใช้ เป็นเครื่องมือที่ช่วยให้ครูสามารถจัดการเรียนรู้ที่สอดคล้องและเชื่อมโยงกับทักษะที่จำเป็นในการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ซึ่งการพัฒนาครูผู้สอนให้มีความรู้ ความเข้าใจและทักษะการจัดการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการคิดเชิงระบบ ซึ่งสอดคล้องกับแนวพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ ที่มีรูปแบบการจัดการกระบวนการเรียนรู้มุ่งให้ผู้เรียนเป็นศูนย์กลางของการเรียนรู้ ได้คิด ได้วิเคราะห์ สังเคราะห์ และได้ปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง มีประสบการณ์ตรง ได้ฝึกปฏิบัติงานค้นพบความถนัด และสามารถเลือกวิธีเรียนรู้ด้วยตนเอง มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้จากกลุ่ม ได้ฝึกคิดอย่างหลากหลาย ตลอดจนมีโอกาสนในการฝึกประเมินผลงานของตนเอง การปรับปรุงตนเองและยอมรับผู้อื่น [3] ซึ่งจะส่งผลต่อการพัฒนาการศึกษาของประเทศไทย ต่อไปในอนาคต

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

2.1 เพื่อทดลองใช้ชุดการเรียนรู้แบบ C-PBL21 สำหรับกิจกรรมโครงการภายใต้การนิเทศของนักศึกษา

ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชา คอมพิวเตอร์ธุรกิจ วิทยาลัยอาชีวศึกษามหาสารคาม

2.2 เพื่อสำรวจความพึงพอใจของการชุดการเรียนรู้ แบบ C-PBL21 สำหรับกิจกรรมโครงการภายใต้การนิเทศ ของนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ วิทยาลัยอาชีวศึกษา มหาสารคาม

3. วิธีดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยได้กำหนดวิธีการในการดำเนินการวิจัย เป็น 2 ระยะ คือ

ระยะที่ 1 ทดลองใช้ชุดการเรียนรู้แบบ C-PBL21 ในการทำกิจกรรมโครงการภายใต้การนิเทศ ของนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ วิทยาลัยอาชีวศึกษา มหาสารคาม ประชากร ได้แก่ นักศึกษาระดับ ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง จำนวน 120 คน และกลุ่ม ตัวอย่างจากการสุ่มแบบเจาะจง จำนวน 25 คน ซึ่งเป็น นักศึกษา สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ วิทยาลัย อาชีวศึกษามหาสารคาม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ชุดการเรียนรู้ C-PBL21 ประกอบไปด้วย 7 ขั้นตอน ได้แก่ การเตรียมนักศึกษา การสำรวจชุมชน การ วิเคราะห์การตัดสินใจ การวางแผนกิจกรรม การลงมือ ปฏิบัติ การสรุปข้อมูลเพื่อการนำเสนอ และการต่อยอด องค์ความรู้

ระยะที่ 2 การสำรวจความพึงพอใจของผู้เรียน หลังจากทดลองใช้ชุดการเรียนรู้แบบ C-PBL21 มาใช้ในการ ทำกิจกรรมโครงการภายใต้การนิเทศของนักศึกษา ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชา คอมพิวเตอร์ธุรกิจ วิทยาลัยอาชีวศึกษามหาสารคาม เครื่องมือได้แก่ แบบประเมินความพึงพอใจในต่อชุดการ เรียนรู้ C-PBL21 จำนวน 28 ข้อ การวิเคราะห์ข้อมูลโดย ค่าสถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน

4. ผลการวิจัย

ระยะที่ 1 การทดลองใช้ชุดการเรียนรู้ C-PBL21 จำนวน 7 ขั้นตอน มีดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การเตรียมผู้เรียน เป็นการหลอมรวม ความรู้เดิมของผู้เรียนสู่ความรู้ใหม่ที่จะเกิดขึ้นด้วยการให้ ความรู้กับผู้เรียนในเรื่องของกระบวนการคิดวิเคราะห์ การคิดอย่างเป็นระบบ และการประเมินสถานการณ์ ภายใต้แนวคิดของการปรับบทบาทของครูสู่ผู้เรียนด้วย กระบวนการ CLIP STEP เพื่อกระตุ้นและช่วยเสริมแรง ให้ผู้เรียนพร้อม สู่การเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 และ นอกจากกิจกรรมการให้ความรู้ในภาคทฤษฎีแล้ว เพื่อให้ ผู้เรียนเกิดการผ่อนคลายโดยได้จัดกิจกรรมการพักผ่อน ด้วยกระดาษ เพื่อเป็นการเชื่อมโยงสู่กระบวนการคิด อย่างเป็นระบบถ่ายทอดสู่ชิ้นงานให้กับผู้เรียน กิจกรรมนี้ ทำให้ผู้เรียนเกิดความเพลิดเพลินสนุกสนานเป็นอย่างมาก ส่วนในเรื่องของการประเมินสถานการณ์นั้น ได้นำความรู้ เรื่องของการจัดทำโครงการภายใต้การนิเทศที่เกิดขึ้นได้ และการสร้างอาชีพอิสระสำหรับผู้เรียนในอนาคต พร้อมทั้ง ยกตัวอย่างโครงการภายใต้การนิเทศที่ผ่านมา ให้ผู้เรียนร่วมแสดงความคิดเห็นแบบมีส่วนร่วมพร้อม กับ สอดแทรกแนวคิด และทำการเปรียบเทียบ ตลอดจนข้อ แตกต่าง ในการจัดทำโครงการภายใต้การนิเทศในรูปแบบ เดิมกับรูปแบบใหม่ที่จะนำ C-PBL21 มาใช้ในการ ทำโครงการที่จะเกิดขึ้น ในครั้งนี้

ขั้นตอนที่ 2 การสำรวจชุมชน ผู้เรียนแบ่งกลุ่ม สมาชิกออกเป็น 4 กลุ่ม กลุ่มละ 5 คน ตามความสมัครใจ ที่จะทำงานร่วมกัน และออกสำรวจชุมชนเพื่อนำมาเป็น ข้อมูลที่ได้มาทำการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของข้อมูล โดย การใช้เทคนิค Force connections ทำให้ผู้เรียนได้ เห็น ความสัมพันธ์ของข้อมูลที่ได้จากการสำรวจชุมชนของ สมาชิกในกลุ่ม กระบวนการต่อไปคือการเขียน Mind Mapping เพื่อค้นหาโครงการภายใต้การนิเทศที่น่าสนใจ และเป็นที่ยอมรับของสมาชิกในกลุ่ม จากการสำรวจ ชุมชนของผู้เรียนทำให้กระผมได้รับทราบ กระบวนการ ได้มาของข้อมูลที่ผู้เรียนแต่ละกลุ่มที่ออกสำรวจชุมชน จากการปฏิบัติกิจกรรม ด้วยการสอบถาม และสังเกตจาก การทำงานกลุ่ม ผู้เรียนจะมีความสุขมากในการที่จะแสดง

ข้อมูลที่ได้นำไปสำรวจชุมชนมา และยังเกิดความสนุกสนาน ในการเชื่อมโยงข้อมูล ซึ่งบางหัวข้อไม่มีความสัมพันธ์กัน แต่ผู้เรียนมีแนวคิดที่ว่า สามารถเป็นไปได้ ทำให้เห็นถึง ศักยภาพของผู้เรียนในด้านการลงพื้นที่จริง การเก็บข้อมูล จากการสัมภาษณ์ที่เกิดขึ้นในขั้นตอนนี้



รูปที่ 1 การสำรวจชุมชน

ขั้นตอนที่ 3 การวิเคราะห์การตัดสินใจ จากที่ผู้เรียนได้ทำการสรุปการสำรวจชุมชน ในรูปแบบของ Mind Mapping ส่งผลให้ผู้เรียนเกิดแนวคิดของโครงการที่หลากหลาย จากนั้นกระผมกำหนดให้ผู้เรียนคัดเลือกหัวข้อของกิจกรรมที่จะทำมาทั้งหมด 5 หัวข้อ สำหรับการจัดทำโครงการ สู่กระบวนการตัดสินใจของสมาชิกกลุ่ม เพื่อใช้เป็นโครงการของกลุ่ม โดยมีการออกแบบเกณฑ์สำหรับการตัดสินใจเพื่อเป็นเครื่องมือประกอบการตัดสินใจ และผู้เรียนใช้หลักประชาธิปไตยในการเลือก มีการแสดงเหตุผล และความพร้อมในการที่จะเลือกหัวข้อต่างๆ จากนั้นให้สมาชิกกลุ่ม ทำการโหวต เพื่อเลือกหัวข้อที่มีความพร้อมในการจัดทำโครงการ และมีคะแนนมากที่สุดอันดับ 1 ระหว่างการเลือกหัวข้อผู้เรียนมีการแสดงออกในหลักการและเหตุผล และมีการใช้หลักประชาธิปไตยและการยอมรับความคิดเห็นของเพื่อนในการเลือกและตัดสินใจเพื่อเลือกหัวข้อที่จะนำมาจัดทำโครงการของกลุ่ม

ขั้นตอนที่ 4 การวางแผนกิจกรรม เมื่อผู้เรียนได้หัวข้อและความพร้อมในการจัดทำโครงการเป็นที่เรียบร้อยแล้ว ในขั้นตอนนี้จะเป็นการจัดทำการวางแผนกิจกรรมที่จะทำโครงการภายใต้การนิเทศ โดยใช้

องค์ความรู้ในเรื่องวงจรบริหารงานคุณภาพ (PDCA) เข้ามาใช้ในการวางแผนกิจกรรม เพื่อช่วยให้การกำหนดแผนกิจกรรมของกลุ่มเป็นไปอย่างมีระบบ นอกจากนี้ได้เพิ่มในส่วนของการวิเคราะห์ปัญหาที่จะเกิดขึ้น (PPA: Potential Problem Analysis) เพื่อหาแนวทางแก้ไขเบื้องต้น ในระหว่างการวางแผนกิจกรรมผู้เรียนมีการแสดงความคิดเห็นร่วมกันในการวางแผนเพื่อให้การวางแผนกิจกรรมเหมาะสมและตรงตามโครงการของสมาชิกในกลุ่ม



รูปที่ 2 การวางแผนกิจกรรม

ขั้นตอนที่ 5 การลงมือปฏิบัติ หลังจากการวางแผนกิจกรรมของผู้เรียนเป็นที่เรียบร้อยแล้ว ผู้เรียนแต่ละกลุ่มได้ลงมือทำกิจกรรมโครงการ ตามตารางการจัดทำโครงการที่ได้กำหนดไว้ในแผนกิจกรรม ในระหว่างการทำกิจกรรม กระผมได้นัดพบผู้เรียนเป็นระยะของการทำกิจกรรม เพื่อสอบถามถึงปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างทำกิจกรรม และให้คำแนะนำชี้แนะถึงปัญหาที่จะเกิดขึ้น ในการแนะนำจะเน้นแนวทางแก้ไขให้ผู้เรียนนำไปปฏิบัติ เพื่อให้ผู้เรียนได้เรียนรู้และเกิดทักษะในการปฏิบัติด้วยตนเอง เมื่อสิ้นสุดการปฏิบัติกิจกรรม ผู้เรียนได้ทำการประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนต่อกิจกรรมโครงการผลที่ได้ คือ ผู้เรียนเกิดความพึงพอใจต่อกิจกรรมโครงการที่ได้ทำในระดับ มากที่สุด การประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนในครั้งนี้เป็นส่วนหนึ่งของการชี้วัดได้ว่า รูปแบบการจัดการเรียนการสอนแบบ C-PBL21 ทำให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการคิดอย่างเป็นระบบ และมีการวางแผนการจัดทำโครงการได้ตามบริบทที่ผู้เรียนสามารถ

ออกแบบขั้นตอนการทำงานจนกระทั่ง เกิดผลงานในรูปแบบของชิ้นงาน หรือกระบวนการของผู้เรียนในแต่ละกลุ่มได้ด้วยตนเอง โดยมีครูผู้สอนทำหน้าที่และมีบทบาทเป็นผู้อำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ (Facilitator) ช่วยให้ผู้เรียนพร้อมสู่การเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21



รูปที่ 3 การลงมือปฏิบัติตามแผนกิจกรรม

ขั้นตอนที่ 6 การสรุปข้อมูลเพื่อการนำเสนอ
 หลังจากการลงมือปฏิบัติจนสิ้นสุดโครงการภายใต้การนิเทศแล้วงานกิจกรรมนักเรียนนักศึกษา ได้ให้ผู้เรียนทำการจัดสรุปผลงานในรูปแบบของรายงาน และทำการนำเสนอผลงานต่อคณะกรรมการประเมินโครงการ จากกิจกรรมที่ผ่านมาในฐานะครูผู้สอน มีความรู้สึกและเห็นถึงความหลากหลายในการนำเสนองานในด้านของกระบวนการและการจัดทำโครงการอย่างมีระบบและตรวจสอบได้ ซึ่งมีความสอดคล้องและตรงตามนโยบายของสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา ที่มุ่งเน้นให้สถานศึกษาผลิตนักศึกษาตามหลัก 3R ได้แก่ ความสามารถในการอ่าน การเขียน และการคิด และหลัก 8C ได้แก่ 1.ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และ การแก้ปัญหา 2.ทักษะการสร้างสรรค์และนวัตกรรม 3. ทักษะการทำงานเป็นทีมและการเป็นผู้มีภาวะผู้นำ 4. ทักษะด้านการสื่อสาร สารสนเทศและเท่าทันสื่อ 5. ทักษะด้านความเข้าใจ ความต่างทางวัฒนธรรม 6.ทักษะด้านคอมพิวเตอร์ 7.ทักษะด้านอาชีพและการเรียนรู้ และ 8.ทักษะด้านความมีวินัย คุณธรรม จริยธรรม

ขั้นตอนที่ 7 การต่อยอดองค์ความรู้ บทสรุปของการจัดการเรียนรู้แบบ C-PBL21 ในครั้งนี้ สิ่ง que ผู้เรียนได้รับ คือ การต่อยอดองค์ความรู้จากกิจกรรมโครงการภายใต้การนิเทศ ในรูปแบบของการต่อยอดองค์ความรู้ กิจกรรม และแนวทางการปฏิบัติในทิศทางที่เป็นระบบในการจัดกิจกรรมโครงการภายใต้การนิเทศต่อไป ส่วนครูผู้สอนสามารถนำองค์ความรู้ที่ได้จากการจัดการเรียนรู้แบบ C-PBL21 ไปสู่สร้างชุมชนการเรียนรู้ทางวิชาชีพ (PLC: Professional Learning Community) สำหรับครูผู้สอนในวิทยาลัยอาชีวศึกษามหาสารคาม ต่อไปในอนาคต

ระยะที่ 2 การสำรวจความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อการใช้ชุดการเรียนรู้แบบ C-PBL21 สำหรับโครงการภายใต้การนิเทศของนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ วิทยาลัยอาชีวศึกษามหาสารคาม ดังตารางแสดงผลการสำรวจความพึงพอใจในการใช้ชุดการเรียนรู้แบบ C-PBL21

ตารางที่ 1 ผลการสำรวจความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อการใช้ชุดการเรียนรู้แบบ C-PBL21 สำหรับโครงการภายใต้การนิเทศของนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ วิทยาลัยอาชีวศึกษามหาสารคาม

รายการประเมิน	ความคิดเห็น		
	$\bar{x}$	S.D.	ความหมาย
1.ขั้นการเตรียมผู้เรียน	4.56	0.50	มากที่สุด
1.1 การแนะนำตนเอง	4.60	0.71	มากที่สุด
1.2 ทักทายเด็ก	4.56	0.58	มากที่สุด
1.3 การฝึกกระบวนการคิดสู่การปฏิบัติ :	4.52	0.59	มากที่สุด

รายการประเมิน	ความคิดเห็น		
	$\bar{x}$	S.D.	ความหมาย
กิจกรรมพับกระดาษ A4			
1.4 การจัดทำโครงการวิชาชีพสาขางานคอมพิวเตอร์ธุรกิจ	4.52	0.77	มากที่สุด
1.5 แบบวิเคราะห์ความสามารถของผู้เรียนจากการเรียนรู้			
2.ชั้นการสำรวจชุมชน	4.21	0.48	มาก
2.1 การสำรวจชุมชนรอบตัว	4.20	0.50	มาก
2.2 การจัดระเบียบของการสำรวจเทคนิค Force Connection	4.32	0.54	มาก
2.3 การจัดทำ Mind Mapping เพื่อค้นหาหัวข้องาน	4.12	0.77	มาก
3.ชั้นการวิเคราะห์และการตัดสินใจ	4.32	0.46	มาก
3.1 ตารางการวิเคราะห์การตัดสินใจ	4.36	0.54	มาก
3.2 กระบวนการตัดสินใจ 5 ขั้นตอน	4.28	0.56	มาก
4.ชั้นการวางแผนกิจกรรม	4.26	0.36	มาก

รายการประเมิน	ความคิดเห็น		
	$\bar{x}$	S.D.	ความหมาย
4.1 แบบเสนอโครงการ	4.24	0.58	มาก
4.2 การกำหนดชื่อโครงการ	4.12	0.51	มาก
4.3 การกำหนดผู้รับผิดชอบโครงการ	4.20	0.59	มาก
4.4 การกำหนดครูที่ปรึกษาโครงการ	4.12	0.71	มาก
4.5 การกำหนดหลักการและเหตุผล	3.03	0.71	ปานกลาง
4.6 การกำหนดวัตถุประสงค์	4.32	0.54	มาก
4.7 การกำหนดเป้าหมายเชิงปริมาณ และเชิงคุณภาพ	4.28	0.57	มาก
4.8 การกำหนดงบประมาณ	4.16	0.51	มาก
4.9 การกำหนดทรัพยากรที่ใช้	4.04	0.64	มาก
4.10 วิธีการและขั้นตอนการดำเนินการ	4.24	0.58	มาก
4.11 การติดตามผล	4.48	0.33	มาก
4.12 ปัญหาและอุปสรรค	4.48	0.33	มาก
4.13 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	4.44	0.36	มาก
5.ชั้นการลงมือปฏิบัติ	4.16	0.65	มาก

รายการประเมิน	ความคิดเห็น		
	$\bar{x}$	S.D.	ความหมาย
5.1 การปฏิบัติ ตามขั้นตอนในชั้น การวางแผน กิจกรรม	4.16	0.65	มาก
6.ขั้นการสรุป ข้อมูลเพื่อนำเสนอ	4.18	0.42	มาก
6.1 การเสนอ ข้อมูล	4.28	0.49	มาก
6.2 การเผยแพร่ ข้อมูล	4.08	0.50	มาก
7.ขั้นการต่อยอด องค์ความรู้	4.16	0.53	มาก
7.1 การ ประยุกต์ใช้ในเชิง ธุรกิจ	4.20	0.58	มาก
7.2 การ ประยุกต์ใช้ในงาน อื่น ๆ	4.12	0.59	มาก
รวม	4.61	0.57	มากที่สุด

จากตารางที่ 1 ผลการสำรวจความพึงพอใจ
ของผู้เรียนต่อชุดการเรียนรู้ C-PBL21 พบว่า ความพึง
พอใจ โดยรวมต่อชุด การเรียนรู้ C-PBL21 อยู่ในระดับ
มากที่สุด ($\bar{x} = 4.61$, S.D.=0.57) เมื่อพิจารณารายด้าน
พบว่า ขั้นการเตรียมผู้เรียน อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x} =$
4.56, S.D.=0.50)

5. สรุปผลและข้อเสนอแนะ (Conclusion)

สรุปผลและข้อเสนอแนะ สำหรับการจัดทำ
กิจกรรมการจัดการเรียนรู้ C-PBL21 สำหรับกิจกรรม
โครงการภายใต้การนิเทศในครั้งนี้

ด้านครูผู้สอน ในที่นี้ข้าพเจ้าเองพบว่า การจัด
กิจกรรม C-PBL21 สามารถนำมาประยุกต์สู่การจัด
กิจกรรมการเรียนการสอนได้จริง โดยสามารถนำรูปแบบ
มาปรับใช้เพิ่มเติม หรือ นำบางส่วนของกิจกรรม
มาใช้ในการเรียนการสอนตามบริบท และข้อแตกต่างกัน
ในแต่ละกิจกรรม หรือรายวิชาที่ต้องการจัดการเรียนรู้ซึ่ง
ปลายทางที่เห็นอย่างชัดเจนคือ ความเปลี่ยนแปลงของ
ตนเองในการทำหน้าที่ของครูผู้สอนในศตวรรษที่ 21 ใน
บทบาทของผู้อำนวยความสะดวกในการเรียนรู้

ด้านผู้เรียน จากการจัดกิจกรรม C-PBL21
สำหรับผู้เรียน เพื่อเป็นรูปแบบในการจัดทำโครงการ
วิชาชีพในครั้งนี้ ผู้เรียนมีความสุขในการเรียน ผู้เรียนได้มี
การดึงความรู้หรือความสามารถที่อยู่ในผู้เรียนออกมาเพื่อ
ใช้ในการแสดงความคิดเห็นในการทำกิจกรรมร่วมกับ
เพื่อนในกลุ่ม ซึ่งผู้เรียนมีความคิดที่หลากหลายและบน
ความหลากหลายนี้ทำให้ผู้เรียนได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้
ร่วมกับผู้อื่น ก่อให้เกิดการยอมรับในความคิดของผู้อื่น
จากเรื่องที่ไม่รู้ได้รู้ และผู้เรียนสามารถที่จะเรียนรู้ในการ
พัฒนาศักยภาพของตนเองมีการทำงานเป็นทีม (Team
Learning) ซึ่งส่งผลให้ผู้เรียนเป็นผู้ที่มีคุณสมบัติตาม
สมรรถนะของสาขาวิชาที่เรียน ซึ่งตรงตามความต้องการ
ของสถานศึกษาที่จะผลิตผู้เรียนตามหลัก 3R และ 8C

ด้านการจัดการเรียนการสอน สำหรับ
อาชีวศึกษานั้น หากเราในฐานะครูผู้สอนได้นำหลักการ
หรือรูปแบบการจัดกิจกรรม C-PBL21 มาปรับใช้ในการ
จัดการเรียนการสอนสำหรับผู้เรียนจริง ภายใต้บริบทของ
แต่ละสาขาวิชา เชื่อได้ว่าสิ่งที่จะเกิดขึ้นจะส่งผลต่อการ
จัดการเรียนการสอน คือ การสร้างห้องเรียนแห่งศตวรรษ
ใหม่ในด้านสายอาชีพ และท้ายสุดจะทำให้ครูและผู้เรียน
มีการพัฒนาไปด้วยกัน คุณภาพทางการศึกษาสำหรับ
ผู้เรียนด้านสายอาชีพจะเพิ่มมากขึ้น เพราะ ผู้เรียนที่สาย
อาชีพ จะมีการพัฒนาทั้งทางด้านความรู้ ทักษะ และการ
คิดสร้างสรรค์ ซึ่งเป็นที่ต้องการของตลาดแรงงานใน
ปัจจุบัน จากประสบการณ์การจัดการเรียนการสอน
C-PBL21 สำหรับกิจกรรมองค์การโครงการภายใต้การ
นิเทศในครั้งนี้ สามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนการ

สอนด้านอาชีวศึกษาได้จริง และยังสามารถปรับรูปแบบ
ของกระบวนการตามบริบทในแต่ละสาขาวิชาในการจัด
เรียนการสอนได้ ทำให้ครูเกิดความท้าทาย เกิดเกิด
ความคิดสร้างสรรค์และกล้าที่จะตั้งศักยภาพในตัวเอง
ออกมาใช้อย่างถูกที่ถูกลเวลา

เอกสารอ้างอิง

- [1] กระทรวงศึกษาธิการ. (2556). ประกาศ
กระทรวงศึกษาธิการ เรื่อง มาตรฐานคุณวุฒิ
อาชีวศึกษา ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ พ.ศ.
2556. กรุงเทพฯ.
- [2] วิจารย์ พานิช. วิธีสร้างการเรียนรู้เพื่อศิษย์ใน
ศตวรรษที่ 21.-- กรุงเทพฯ : มูลนิธิสดศรี-สฤษดิ์
วงศ์, 2555.
- [3] ชมรมพัฒนาทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่21 .
คุณค่าของครูยุคใหม่. 2559. กรุงเทพฯ.

คำแนะนำสำหรับผู้เขียน

สารสังเขปของวารสาร

วารสารวิจัยและนวัตกรรมอาชีวศึกษา จัดทำโดยสถาบันการอาชีวศึกษาภาคตะวันออก ออกเฉียงเหนือ 1 รับบทความจากผู้เขียนทั้งในและนอกสถาบันฯ บทความที่เสนอเพื่อขอรับการพิจารณาอาจเป็นภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษก็ได้ บทความจะต้องมีสองภาษา เอกสารอ้างอิงและแบบฟอร์มตามที่วารสารกำหนด ใช้ผู้ทรงคุณวุฒิทั้งภายในและภายนอกสถาบันฯ ที่เกี่ยวข้อง จำนวนไม่น้อยกว่า 2 ท่าน กำหนดตีพิมพ์ ปีละ 2 ฉบับ (มกราคม-มิถุนายน และ กรกฎาคม-ธันวาคม)

วัตถุประสงค์ (Aim and Scope)

วารสารวิจัยและนวัตกรรมอาชีวศึกษา มีนโยบายเพื่อเป็นสื่อกลางในการเผยแพร่ผลงานวิจัยและนวัตกรรม ที่นำไปสู่การพัฒนาการอาชีวศึกษา หรือ การนำองค์ความรู้ด้านการอาชีวศึกษาที่ผ่านกระบวนการวิจัยและนวัตกรรม แล้วนำไปสู่การพัฒนาสถานประกอบการ ชุมชน เศรษฐกิจ สังคม สิ่งแวดล้อม ประกอบไปด้วยขอบเขตเนื้อหา ด้านเทคโนโลยีอุตสาหกรรม เทคโนโลยีสารสนเทศ บริหารธุรกิจ และอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับการอาชีวศึกษา

ข้อกำหนดเกี่ยวกับบทความวิชาการที่จะส่งตีพิมพ์ในวารสารนี้

1. เป็นผลงานวิชาการที่ไม่เคยเผยแพร่ที่ไหนมาก่อน
2. เป็นผลงานที่ผ่านการพิจารณาจากผู้ทรงคุณวุฒิไม่น้อยกว่า 2 ท่าน
3. ผลงานที่ต้องเรียบเรียงถูกต้องตามรูปแบบที่วารสารวิจัยและนวัตกรรมอาชีวศึกษากำหนดอย่างเคร่งครัด

การเตรียมต้นฉบับ

บทความต้องมีความยาวประมาณ 8-10 หน้ากระดาษ A4 ส่วนการกำหนดคอลัมน์ การตั้งค่านำกระดาษ รายละเอียดขนาดอักษร แบบอักษร การกำหนดหัวข้อ รายละเอียดการพิมพ์ รูปภาพ ตารางและเอกสารอ้างอิง ให้ศึกษาจากคำแนะนำในการจัดทำบทความตามที่วารสารกำหนด โดยสามารถดาวน์โหลดแบบฟอร์มสำเร็จรูป (template) ได้ที่ <http://www.iven1.ac.th/ive-irj/index.htm>

บทคัดย่อ (Abstract) ให้มีทั้งภาษาไทย และภาษาอังกฤษ แปลจากบทคัดย่อภาษาไทย ควรได้รับการตรวจสอบและแก้ไขจากผู้สอน/ผู้เชี่ยวชาญภาษาอังกฤษก่อนส่งบทความ และควรมีคำสำคัญ (Key words) จำนวน 4-6 คำ

เนื้อเรื่อง (Text) ประกอบด้วย

- 1) บทนำ (Introduction)
- 2) วิธีดำเนินการวิจัย (Methodology)
- 3) ผลการวิจัยหรือผลการทดลอง (Result)
- 4) อภิปรายผลการวิจัย (Discussion)
- 5) สรุปผลการวิจัย (Conclusion)
- 6) ข้อเสนอแนะ (Suggestion)
- 7) เอกสารอ้างอิง (Reference) การอ้างอิงในบทความใช้การอ้างอิงแบบตัวเลข ตามมาตรฐานสากล โดยใช้หมายเลขในเครื่องหมายก้ามปู ดังที่แสดงไว้ในส่วนท้ายของประโยคนี้ [1] การอ้างอิงท้ายบทความ จะต้องมีการอ้างอิงหรือกล่าวถึงในบทความ และจัดเรียงตามลำดับการอ้างอิงที่ปรากฏในบทความ ใช้การอ้างอิงตามรูปแบบของ IEEE

ตัวอย่าง [1] ชื่อผู้แต่ง, “ชื่อบทความ,” ชื่อวารสาร, ปีที่, ฉบับที่, เลขหน้าบทความที่อ้างอิง, ปีที่พิมพ์.

- [2] นิตยา เงินประเสริฐศรี, “องค์การเนวอน,” วารสารสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์, ปีที่ 27, ฉบับที่ 15, หน้า 37-42, มกราคม-มิถุนายน, 2554

- [3] J.K. Author, “Title of chapter in the book,” in *Title of His Published Book*, xth ed. City of Publisher, Country if not USA: Abbrev. of Publisher, year, ch. x, sec. x,

สถาบันการอาชีวศึกษาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 1

Institute of Vocational Education : Northeastern Region 1



โทรศัพท์ 042-411445
โทรสาร 042-411447
E-mail : journal@ivene1.ac.th

