

# การนำเสนอผลงานวิจัยแบบบรรยาย (Oral Presentation)

ผลของการปรับสภาพก่อนน้ำตาลที่ได้จากการย่อย  
เปลือกทุเรียนด้วยกรดซัลฟิวริกเพื่อการผลิตเอทานอล

Effect of Pretreatment to Sugar from  
Durian Peel Hydrolysis with H<sub>2</sub> SO<sub>4</sub> Acid for Ethanol Production

มธุรา อุณหศิริกุล(Matura Unhasirikul)<sup>1\*</sup> จิรภัทร จันทมาลี(Jirapat Chanthamalee)<sup>2</sup>

เบญจวรรณ ลำเลิศ(Benjawan Lamlerd)<sup>3</sup> อัจฉรวาตี วงศ์ณามาศ(Acharawadee

Wongthamat)<sup>4</sup>

<sup>1,2</sup>สาขาวิชาจุลชีววิทยา <sup>3,4</sup>สาขาวิชาชีววิทยา

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาวิทยาลัราชภัฏรำไพพรรณี

\*Corresponding author. E-mail: oocharunee@yahoo.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาการผลิตน้ำตาลจากเปลือกทุเรียน โดยการปรับสภาพด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 2 โมลาร์ ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกทุเรียนที่ไม่ปรับสภาพและปรับสภาพ พบว่า เปลือกทุเรียนที่ไม่ผ่านการปรับสภาพมีปริมาณเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน เท่ากับ 44.45, 22.12 และ 9.08 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่เปลือกทุเรียนที่ผ่านการปรับสภาพมีปริมาณเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน เท่ากับ 51.75, 19.90 และ 6.53 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จากนั้นทำการไฮโดรไลซิสเปลือกทุเรียนด้วยกรดซัลฟิวริกความเข้มข้น 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ ในหม้อนึ่งความดันไอน้ำ ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15, 30, 45 และ 60 นาที และวิเคราะห์ประสิทธิภาพในการไฮโดรไลซิส ผลผลิตร้อยละในการไฮโดรไลซิส น้ำตาลรีดิวซ์และน้ำตาลทั้งหมด จากการทดลองพบว่า เปลือกทุเรียนที่ไม่ผ่านการปรับสภาพ นำไปไฮโดรไลซิสด้วยกรดซัลฟิวริก ความเข้มข้น 1.5 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 30 นาที มีประสิทธิภาพในการไฮโดรไลซิสสูงสุด เท่ากับ 51.53 เปอร์เซ็นต์ ผลผลิตร้อยละในการไฮโดรไลซิสสูงสุด เท่ากับ 80.42 เปอร์เซ็นต์ นำไปไฮโดรไลซิสด้วยกรดซัลฟิวริกความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 30 นาที น้ำตาลรีดิวซ์สูงสุด เท่ากับ 76.37 กรัมต่อลิตร นำไปไฮโดรไลซิสด้วยกรดซัลฟิวริกความเข้มข้น 2.0 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 45 นาที และน้ำตาลทั้งหมดสูงสุด เท่ากับ 98.89 กรัมต่อลิตร เมื่อไฮโดรไลซิสด้วยกรดซัลฟิวริก ความเข้มข้น 1.00 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 15 นาที การไฮโดรไลซิสเปลือกทุเรียนที่ผ่านการปรับสภาพ พบว่า การไฮโดรไลซิสด้วยกรดซัลฟิวริกความเข้มข้น 2.00 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 30 นาที มีประสิทธิภาพในการไฮโดรไลซิสสูงสุด เท่ากับ 30.15 เปอร์เซ็นต์ เมื่อไฮโดรไลซิสด้วยกรดซัลฟิวริก ที่ความเข้มข้น 1.00 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 30 นาที ผลผลิตร้อยละ

ในการไฮโดรไลซิสสูงสุด เท่ากับ 75.08 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และปริมาณน้ำตาลทั้งหมด สูงสุด เท่ากับ 65.57 และ 87.88 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ เมื่อไฮโดรไลซิสด้วยกรดซัลฟิวริก ที่ความเข้มข้น 2.00 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 45 นาที การปรับสภาพและไม่ปรับสภาพเปลือกทุเรียน เมื่อความเข้มข้นของกรดเพิ่มขึ้น ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์จะมีค่าเพิ่มขึ้น ส่วนปริมาณน้ำตาลทั้งหมดแบบไม่ผ่านการปรับสภาพมีค่าลดลงและแบบผ่านการปรับสภาพมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.01$ ) เมื่อเวลาในการไฮโดรไลซิสเพิ่มขึ้น ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์แบบผ่านการปรับสภาพมีค่าเพิ่มขึ้นและปริมาณน้ำตาลทั้งหมดแบบไม่ผ่านการปรับสภาพมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติยิ่ง ( $p \leq 0.01$ )

**คำสำคัญ:** เปลือกทุเรียน ปรับสภาพ ไฮโดรไลซิส ประสิทธิภาพในการไฮโดรไลซิส ผลผลิตร้อยละในการไฮโดรไลซิส

### Abstract

This research objective was to study the sugar production from durian peel by pretreatment with NaOH at concentration of 2 M at room temperature for 24 hours. The proximate analysis of unpretreated and pretreatment durian peels found that cellulose, hemicellulose and lignin were 44.45, 22.12 and 9.08%, respectively while pretreated durian peel were 51.75, 19.9 and 6.53%, respectively then process of hydrolysis with  $H_2SO_4$  at concentration of 0.5, 1.0, 1.5 and 2.0 % (v/v) in autoclave at  $121^\circ C$  for 15, 30, 45 and 60 min and analysis of efficiency acid hydrolysis, yield, reducing sugar and total sugar showed that unpretreated at hydrolysis with concentration of 1.5% for 30 min had the highest efficiency acid hydrolysis at 51.53%, hydrolysis with  $H_2SO_4$  concentration of 0.5% for 30 min had the highest yield at 80.42%, hydrolysis with  $H_2SO_4$  concentration of 2% for 45 min had the highest reducing sugar at 76.37% g/l and hydrolysis with  $H_2SO_4$  concentration of 1% for 15 min had the highest total sugar at 98.89 g/l. The hydrolysis pretreatment durian peel showed that hydrolysis with  $H_2SO_4$  concentration of 2% for 30 min had the highest efficiency acid at 30.15%, hydrolysis with  $H_2SO_4$  concentration of 1% for 30 min had the highest yield at 75.08%, hydrolysis with  $H_2SO_4$  concentration of 2% for 45 min had the highest reducing sugar and total sugar at 65.57 and 87.88 g/l, respectively. The increase in concentration of acid affected on reducing sugar increasing of pretreatment and unpretreated. It also affected on total sugar decreasing of unpretreated and increased in pretreatment with statistical significance ( $p \leq 0.01$ ). The

longer hydrolysis time increased reducing sugar of pretreatment and decreasing total sugar of unpretreated with statistical significance ( $p \leq 0.01$ ).

**Keywords:** durian peel, pretreat, hydrolysis, efficiency acid hydrolysis, yield

## บทนำ

ปัจจุบันหลายประเทศทั่วโลกได้มีการขยายตัวทางด้านอุตสาหกรรม เกษตรกรรม และการคมนาคมขนส่งมากยิ่งขึ้น ทำให้ความต้องการทางด้านพลังงานเชื้อเพลิงมีมากขึ้นตามไปด้วย ส่งผลให้ราคาของน้ำมันเชื้อเพลิงมีราคาสูงขึ้นเรื่อย ๆ จนทำให้เกิดภาวะวิกฤติการณ์น้ำมันเชื้อเพลิง ดังนั้นหลายประเทศจึงมีการวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาและการใช้พลังงานอื่น ๆ มาทดแทน (เสรี มหาวิชุด และเฉลิม เรืองวิริยะชัย, 2555) ประเทศไทยเป็นอีกประเทศหนึ่งที่มีความสำคัญกับพลังงานทดแทน โดยเฉพาะพลังงานจากเอทานอล เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม มีผลผลิตทางการเกษตรจำนวนมาก (ชัชพันธ์ นิवासวงษ์ และเฉลิม เรืองวิริยะชัย, 2555) ที่สามารถนำมาผลิตเป็นพลังงานทดแทนได้ เปลือกทุเรียนเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรอีกชนิดหนึ่งที่น่าสนใจ จัดเป็นวัสดุประเภทลิกโนเซลลูโลส ซึ่งมีส่วนประกอบหลัก ได้แก่ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน (กุศมา แก้วอินทะจักร์ และคณะ, 2549) โดยส่วนใหญ่จะประกอบไปด้วยเซลลูโลสจำนวนมากรวมอยู่กับเฮมิเซลลูโลสและลิกนิน ดังนั้นจึงต้องมีการกำจัดลิกนินด้วยกระบวนการปรับสภาพต่าง ๆ ได้แก่ การปรับสภาพด้วยวิธีการทางกายภาพ ที่นิยม คือ การลดขนาดโดยการบด ทำให้โครงสร้างที่เป็นผลึกแตกออก ทำให้สารละลายย่อยสลายได้ง่ายขึ้น การปรับสภาพด้วยวิธีทางเคมี เช่น การใช้สารละลายกรดอ่อน ทำให้เฮมิเซลลูโลสละลายน้ำออกมา ที่นิยมมากที่สุดคือ การใช้กรดซัลฟิวริกความเข้มข้น 0.5-1.5 เปอร์เซ็นต์ แต่ข้อเสียของกระบวนการนี้ คือ การใช้อุณหภูมิที่สูงจะทำให้เกิดสารข้างเคียงที่ไม่พึงประสงค์และเป็นพิษต่อกระบวนการหมักในขั้นตอนต่อไป การใช้ต่าง จะมีผลทำให้เฮมิเซลลูโลสและลิกนินละลายน้ำออกมาและยังทำให้เกิดการพองตัว เป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวของวัตถุดิบ การปรับสภาพโดยวิธีทางเคมีฟิสิกส์ เป็นวิธีใช้วิธีการทางกายภาพร่วมกับสารเคมี เช่น การใช้สารละลายเบสเจือจางและความร้อนภายใต้ความดันสูงในการปรับสภาพ ประสิทธิภาพขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารละลายและความร้อน และการปรับสภาพโดยวิธีทางชีวภาพ เป็นการใช้อินซิมเปลี่ยนโครงสร้างที่ซับซ้อนของเซลลูโลสให้อยู่ในรูปโซ่ตรงและช่วยลดความเป็นผลึกของเซลลูโลสที่เหมาะสมสำหรับการไฮโดรไลซิสด้วยเอนไซม์ต่อไป แต่มีราคาค่อนข้างสูง นอกจากนั้นการปรับสภาพ ยังเป็นการลดโครงสร้างที่มีลักษณะเป็นผลึกและช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวในการทำปฏิกิริยา กล่าวโดยสรุปก็คือการทำให้เซลลูโลส อยู่ในสภาพที่เหมาะสมต่อการไฮโดรไลซิส หรือเพื่อให้ได้เซลลูโลสบริสุทธิ์นั่นเอง หลังจากนั้น นำเฮมิเซลลูโลสและเซลลูโลสมาย่อยสลายด้วยกระบวนการไฮโดรไลซิส เช่น การเปลี่ยนเป็นน้ำตาลกลูโคสด้วยกระบวนการไฮโดรไลซิสด้วยกรด หรือเอนไซม์ การไฮโดรไลซิสด้วยกรดเจือจางเป็นวิธีที่นิยมใช้

กันมาก กรดที่นิยมใช้ คือ กรดซัลฟูริกเนื่องจากมีราคาถูกและหาได้ง่าย เป็นการเปลี่ยนเฮมิเซลลูโลสให้เป็นน้ำตาล การไฮโดรไลซิสด้วยต่าง จะทำให้สายของโพลีแซคคาไรด์สั้นลงเท่านั้น และการไฮโดรไลซิสด้วยเอนไซม์ วิธีการนี้จะได้น้ำตาลในปริมาณสูงเนื่องจากเอนไซม์เข้าทำปฏิกิริยาที่ตำแหน่งที่มีความจำเพาะกับสับสเตรทและมีผลข้างเคียงน้อย แต่ราคาค่อนข้างสูง (พิภพประไพ ประจำเมือง, 2546 ; ฌัตติยา จันทวงษา, 2553; ชัยนันท์ นิवासวงษ์ และเฉลิม เรื่องวิริยะชัย, 2555; Krishna and Chowdary, 2000) ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการไฮโดรไลซิสด้วยกรดและเอนไซม์ คือ น้ำตาล ที่มีคาร์บอน 6 อะตอม (hexose) เช่น กลูโคส (glucose) และน้ำตาลที่มีคาร์บอน 5 อะตอม (pentose) เช่น ไซโลส (xylose) แมนโนส (mannose) อะราบินอส (arabinose) เป็นต้น (Dwivedi et al., 2009) จากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของเปลือกทุเรียนหมอนทอง ประกอบด้วยเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส ลิกนิน ความชื้น โปรตีน ไขมัน ไฟเบอร์ และคาร์โบไฮเดรตรวมเท่ากับ 30.92, 17.99, 7.69, 6.92, 3.15, 4.01, 0.26, 27.81 และ 57.85 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Unhasirikul et al., 2013) ดังนั้นเปลือกทุเรียนน่าจะนำมาผลิตเป็นน้ำตาลเพื่อใช้ในการผลิตเอทานอลโดยกระบวนการไฮโดรไลซิสด้วยกรดได้ โดยคาดว่าจะช่วยเพิ่มมูลค่าวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรให้เกิดประโยชน์สูงสุดและเป็นการลดมลภาวะทางด้านสิ่งแวดล้อมได้อีกทางหนึ่ง

### วัตถุประสงค์ของการวิจัย

ศึกษาผลของการปรับสภาพต่อการไฮโดรไลซิสเปลือกทุเรียนด้วยกรดซัลฟูริกให้เป็นน้ำตาลเพื่อนำไปใช้ใน การผลิตเอทานอล

### วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมวัตถุดิบ ดัดแปลงจากวิธีการของ Unhasirikul et al. (2013)

นำเปลือกทุเรียนมาหั่นให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ ประมาณ 1-2 เซนติเมตร ซึ่งน้ำหนักสด นำไปอบในตู้อบลมร้อน (Hot air oven) ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส อบให้แห้งจนน้ำหนักคงที่บรรจุใส่ถุงพลาสติกแบบซิปล็อคและเก็บไว้ในกล่องที่มี ซิลิกาเจล เพื่อนำไปใช้ในขั้นตอนต่อไป

2. การปรับสภาพ ดัดแปลงจากวิธีการของสุจิตตรา ตั้งประกอบเจริญ (2549)

ซึ่งตัวอย่าง 600 กรัม นำไปแช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 2.0 โมลาร์ ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 24 ชั่วโมง โดยให้สารละลายท่วมตัวอย่าง จากนั้นกรองแยกสารละลายทิ้งและล้างตะกอนตัวอย่างจนน้ำล้างตะกอนเป็นกลาง (pH=7) อบให้แห้งจนน้ำหนักคงที่ หลังจากนั้น นำตัวอย่างที่ได้มาบดด้วยเครื่องปั่น (Blender) ให้เป็นผงละเอียด แล้วร่อนผ่านตะแกรงขนาด 600 ไมครอน บรรจุใส่ถุงพลาสติกแบบซิปล็อคและเก็บไว้ในกล่องที่มี ซิลิกาเจล เพื่อนำไปใช้ในขั้นตอนต่อไป

### 3. การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกทุเรียน

นำตัวอย่างเปลือกทุเรียนที่ไม่ได้ปรับสภาพและปรับสภาพที่ผ่านการบดในข้อที่ 2 ไปวิเคราะห์ปริมาณเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน ที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์ จ. นครราชสีมา

### 4. การไฮโดรไลซิส ดัดแปลงจากวิธีการของ Unhasirikul et al. (2013)

นำตัวอย่างเปลือกทุเรียนที่ไม่ได้ปรับสภาพและปรับสภาพ ปริมาณ 40 กรัม มาใส่พลาสติก ขนาด 1,000 มิลลิลิตร เติมกรดซัลฟิวริกความเข้มข้น 0.5, 1, 1.5 และ 2 เปอร์เซ็นต์ (ปริมาตรต่อ ปริมาตร) ปริมาตร 400 มิลลิลิตร หรือสัดส่วนของเปลือกทุเรียนต่อสารละลายกรดเท่ากับ 1:10 กรัม ต่อ มิลลิลิตร นำไปไฮโดรไลซิสในหม้อนึ่งความดันไอ (autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15, 30, 45, และ 60 นาที ตามลำดับ จากนั้นนำมากรอง และนำไฮโดรไลเสทที่ได้มาปรับค่าความเป็นกรด - ด่าง ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 2 โมลาร์ เพื่อปรับสภาพให้เป็นกลาง วัดปริมาตรส่วนที่เป็นของเหลว แล้วนำส่วนที่เป็นของแข็งไปอบ ให้แห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่ นำผลการทดลองที่ได้ไปวิเคราะห์ประสิทธิภาพ ในการไฮโดรไลซิส (%Acid hydrolysis efficiency; % AHE) และผลผลิตร้อยละ (%yield) ดัง สมการที่ 1 และ 2 ตามลำดับ และส่วนที่เป็นของเหลวนำไปวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (reducing sugar) โดยวิธี DNS (Bernfeld, 1995) และปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (total sugar) โดย วิธีการทำปฏิกิริยาของฟีนอลและกรดกำมะถัน (Hansen and Phillips, 1981)

$$\% \text{ AHE} = \frac{(\text{ปริมาณของแข็งก่อนการไฮโดรไลซิส} - \text{ปริมาณของแข็งหลังการไฮโดรไลซิส})}{\text{ปริมาณของแข็งก่อนการไฮโดรไลซิส}} \times 100$$

สมการที่ 1

$$\% \text{ Yield} = \frac{\text{ปริมาตรของเหลวภายหลังการย่อย}}{\text{ปริมาตรของเหลวก่อนการย่อย}} \times 100$$

สมการที่ 2

### 5. สถิติที่ใช้ในการทดลอง

งานวิจัยนี้วางแผนการทดลองแบบ  $4^2$  แฟคทอเรียล ประกอบด้วย 2 ปัจจัย ปัจจัยที่ 1 คือ ความเข้มข้นของกรดซัลฟิวริกที่ใช้ในการไฮโดรไลซิส ได้แก่ ความเข้มข้น 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ ปัจจัยที่ 2 คือ ระยะเวลาในการไฮโดรไลซิสในหม้อนึ่งความดันไออุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 15, 30, 45 และ 60 นาที ในแต่ละการทดลองได้ทำการทดลอง 3 ซ้ำ รวม

ทั้งหมด 48 ทรีทเมนต์ และนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (ANOVA) และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ย วิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p \leq 0.05$ ) โดยใช้โปรแกรม SPSS (Trial version) ในการวิเคราะห์ข้อมูล

## ผลการวิจัย

### 1. ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกทุเรียน

จากการนำตัวอย่างเปลือกทุเรียนที่ไม่ผ่านการปรับสภาพและผ่านการปรับสภาพไปวิเคราะห์ปริมาณเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน ที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์ จังหวัดนครราชสีมา พบว่า เปลือกทุเรียนที่ไม่ผ่านการปรับสภาพ มีปริมาณเซลลูโลส 44.45 เปอร์เซ็นต์ เฮมิเซลลูโลส 22.12 เปอร์เซ็นต์ และลิกนิน 9.08 เปอร์เซ็นต์ ส่วนตัวอย่างเปลือกทุเรียนที่ผ่านการปรับสภาพมีปริมาณเซลลูโลส 51.75 เปอร์เซ็นต์ เฮมิเซลลูโลส 19.9 เปอร์เซ็นต์ และลิกนิน 6.53 เปอร์เซ็นต์ เห็นได้ว่าเปลือกทุเรียนที่ผ่านการปรับสภาพ มีปริมาณเซลลูโลสสูงกว่าเปลือกทุเรียนที่ไม่ผ่านการปรับสภาพ ส่วนปริมาณเฮมิเซลลูโลสและลิกนิน พบว่า มีปริมาณต่ำกว่าเปลือกทุเรียนที่ไม่ผ่านการปรับสภาพ แสดงดังตารางที่ 1

ตาราง1 องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกทุเรียน

| เปลือกทุเรียน | องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกทุเรียน |                               |                         |
|---------------|-----------------------------------|-------------------------------|-------------------------|
|               | เซลลูโลส<br>(เปอร์เซ็นต์)         | เฮมิเซลลูโลส<br>(เปอร์เซ็นต์) | ลิกนิน<br>(เปอร์เซ็นต์) |
| ไม่ปรับสภาพ   | 44.45                             | 22.12                         | 9.08                    |
| ปรับสภาพ      | 51.75                             | 19.9                          | 6.53                    |

### 2 ผลการไฮโดรไลซิสเปลือกทุเรียนด้วยกรดซัลฟิวริก

2.1 ผลของความเข้มข้นและเวลาในการไฮโดรไลซิสเปลือกทุเรียนด้วยกรดซัลฟิวริกต่อประสิทธิภาพในการไฮโดรไลซิสและผลผลิตร้อยละ

จากการนำเปลือกทุเรียนที่ไม่ผ่านการปรับสภาพและผ่านการปรับสภาพ มาไฮโดรไลซิสด้วยกรดซัลฟิวริก ความเข้มข้น 0.5, 1, 1.5 และ 2 เปอร์เซ็นต์ ในหม้อนึ่งความดันไออนุหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15, 30, 45 และ 60 นาที พบว่า การไฮโดรไลซิสเปลือกทุเรียนที่ไม่ปรับ

สภาพโดยใช้กรดซัลฟิวริก ที่ความเข้มข้น 1.5 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 30 นาที มีประสิทธิภาพในการไฮโดรไลซิสสูงสุด เท่ากับ 51.53 เปอร์เซ็นต์ รองลงมา คือ การไฮโดรไลซิสด้วยกรดซัลฟิวริกที่ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 45 นาที มีประสิทธิภาพในการไฮโดรไลซิส เท่ากับ 50.84 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งไม่แตกต่างกับความเข้มข้น 1.5 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 15 นาที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ตามลำดับ และต่ำสุด คือ การไฮโดรไลซิส ที่ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 60 นาที มีประสิทธิภาพในการไฮโดรไลซิส เท่ากับ 40.35 เปอร์เซ็นต์ ประสิทธิภาพในการไฮโดรไลซิสเปลือกทุเรียน แบบผ่านการปรับสภาพ พบว่า การไฮโดรไลซิสเปลือกทุเรียนด้วยกรดซัลฟิวริก ที่ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 30 นาที มีประสิทธิภาพในการไฮโดรไลซิสสูงสุด เท่ากับ 30.15 เปอร์เซ็นต์ รองลงมา คือ การไฮโดรไลซิสด้วยกรดซัลฟิวริกที่ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 45 นาที มีประสิทธิภาพในการไฮโดรไลซิส เท่ากับ 28.50 เปอร์เซ็นต์ และต่ำสุด คือ การไฮโดรไลซิสด้วยกรดซัลฟิวริกที่ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 15 นาที มีประสิทธิภาพในการไฮโดรไลซิส เท่ากับ 8.62 เปอร์เซ็นต์ แสดงดังตารางที่ 2

ผลผลิตร้อยละในการไฮโดรไลซิสเปลือกทุเรียน แบบไม่ผ่านการปรับสภาพ พบว่า การไฮโดรไลซิสเปลือกทุเรียนด้วยกรดซัลฟิวริก ที่ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 30 นาที ให้ผลผลิตร้อยละในการไฮโดรไลซิสสูงสุด เท่ากับ 80.42 เปอร์เซ็นต์ รองลงมา คือ การไฮโดรไลซิสด้วยกรดซัลฟิวริกที่ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 15 นาที ให้ผลผลิตร้อยละในการไฮโดรไลซิส เท่ากับ 80.00 เปอร์เซ็นต์ และต่ำสุด คือ การไฮโดรไลซิสด้วยกรดซัลฟิวริก ที่ความเข้มข้น 1.5 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 45 นาที ให้ผลผลิตร้อยละในการไฮโดรไลซิส เท่ากับ 75.83 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งไม่แตกต่างกับความเข้มข้น 1.5 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 60 นาที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนผลผลิตร้อยละในการไฮโดรไลซิสเปลือกทุเรียนแบบผ่านการปรับสภาพ พบว่า การไฮโดรไลซิสด้วยกรดซัลฟิวริก ที่ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 30 นาที ให้ผลผลิตร้อยละในการไฮโดรไลซิสสูงสุด เท่ากับ 75.08 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งไม่แตกต่างกับ ความเข้มข้น 1.5 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 45 นาที รองลงมา คือ การไฮโดรไลซิสด้วยกรดซัลฟิวริกที่ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 60 นาที ให้ผลผลิตร้อยละในการไฮโดรไลซิส เท่ากับ 73.58 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งไม่แตกต่างกับความเข้มข้น 1.5 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 30 นาที และความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 30, 45 และ 60 นาที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และต่ำสุด คือ การไฮโดรไลซิสด้วยกรดซัลฟิวริก ที่ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 15 นาที ให้ผลผลิตร้อยละในการไฮโดรไลซิส เท่ากับ 45.16 เปอร์เซ็นต์ แสดงดังตารางที่ 2



**ตาราง 2** ผลของความเข้มข้นและเวลาของการไฮโดรไลซิสเปลือกทุเรียนที่ไม่ผ่านการปรับสภาพและปรับสภาพด้วยกรดซัลฟิวริกต่อประสิทธิภาพในการไฮโดรไลซิส และผลผลิตร้อยละ

| กรดซัลฟิวริก<br>(เปอร์เซ็นต์) | เวลา<br>(นาท) | ประสิทธิภาพในการย่อย (เปอร์เซ็นต์) |                     | ผลิตร้อยละ (เปอร์เซ็นต์) |                    |
|-------------------------------|---------------|------------------------------------|---------------------|--------------------------|--------------------|
|                               |               | ไม่ปรับสภาพ                        | ปรับสภาพ            | ไม่ปรับสภาพ              | ปรับสภาพ           |
| 0.5                           | 15            | 44.90 <sup>i</sup>                 | 8.62 <sup>j</sup>   | 80.00 <sup>ab</sup>      | 45.16 <sup>j</sup> |
|                               | 30            | 40.85 <sup>l</sup>                 | 10.38 <sup>i</sup>  | 80.42 <sup>a</sup>       | 57.58 <sup>j</sup> |
|                               | 45            | 42.41 <sup>j</sup>                 | 12.85 <sup>h</sup>  | 77.50 <sup>cdef</sup>    | 62.50 <sup>h</sup> |
|                               | 60            | 40.35 <sup>m</sup>                 | 10.34 <sup>i</sup>  | 79.92 <sup>abc</sup>     | 64.08 <sup>g</sup> |
| 1.0                           | 15            | 41.42 <sup>k</sup>                 | 22.33 <sup>g</sup>  | 76.25 <sup>ef</sup>      | 66.08 <sup>f</sup> |
|                               | 30            | 44.62 <sup>i</sup>                 | 25.32 <sup>e</sup>  | 76.42 <sup>ef</sup>      | 75.08 <sup>a</sup> |
|                               | 45            | 50.84 <sup>b</sup>                 | 25.37 <sup>e</sup>  | 77.50 <sup>cdef</sup>    | 73.16 <sup>c</sup> |
|                               | 60            | 49.92 <sup>c</sup>                 | 23.19 <sup>f</sup>  | 76.92 <sup>def</sup>     | 73.58 <sup>b</sup> |
| 1.5                           | 15            | 50.84 <sup>b</sup>                 | 25.42 <sup>e</sup>  | 77.08 <sup>def</sup>     | 71.25 <sup>e</sup> |
|                               | 30            | 51.53 <sup>a</sup>                 | 27.86 <sup>c</sup>  | 76.25 <sup>ef</sup>      | 73.75 <sup>b</sup> |
|                               | 45            | 49.17 <sup>e</sup>                 | 25.38 <sup>e</sup>  | 75.83 <sup>f</sup>       | 75.00 <sup>a</sup> |
|                               | 60            | 48.27 <sup>g</sup>                 | 25.47 <sup>e</sup>  | 75.83 <sup>f</sup>       | 72.50 <sup>d</sup> |
| 2.0                           | 15            | 48.61 <sup>f</sup>                 | 27.26 <sup>d</sup>  | 77.92 <sup>bcdef</sup>   | 71.25 <sup>e</sup> |
|                               | 30            | 49.50 <sup>d</sup>                 | 30.15 <sup>a</sup>  | 76.25 <sup>ef</sup>      | 73.75 <sup>b</sup> |
|                               | 45            | 48.77 <sup>f</sup>                 | 28.50 <sup>b</sup>  | 78.33 <sup>abcde</sup>   | 73.75 <sup>b</sup> |
|                               | 60            | 47.42 <sup>h</sup>                 | 28.18 <sup>bc</sup> | 79.00 <sup>abcd</sup>    | 73.75 <sup>b</sup> |

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์ แสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

จากการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ผลของความเข้มข้นและเวลาในการไฮโดรไลซิสต่อประสิทธิภาพในการไฮโดรไลซิสและผลผลิตร้อยละ พบว่า เมื่อความเข้มข้นของกรดซัลฟิวริกเพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพในการไฮโดรไลซิสเปลือกทุเรียนแบบไม่ผ่านการปรับสภาพและผ่านการปรับสภาพจะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติยิ่ง ( $p \leq 0.01$ ) ส่วนผลผลิตร้อยละในการไฮโดรไลซิสเปลือกทุเรียน แบบไม่ผ่านการปรับสภาพ มีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) และผลผลิตร้อยละในการไฮโดรไลซิสแบบผ่านการปรับสภาพ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติยิ่ง ( $p \leq 0.01$ ) ส่วนผลของเวลาในการไฮโดรไลซิสเปลือกทุเรียน พบว่า เมื่อเวลาในการไฮโดรไลซิสเพิ่มขึ้น ผลผลิตร้อยละแบบผ่านการปรับสภาพ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) แสดงดังตารางที่ 3

**ตาราง 3** ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของการไฮโดรไลซิสเปลือกทุเรียนด้วยกรดซัลฟิวริก

| ปัจจัย      | ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์          |          |                            |          |
|-------------|------------------------------------|----------|----------------------------|----------|
|             | ประสิทธิภาพในการย่อย (เปอร์เซ็นต์) |          | ผลผลิตร้อยละ (เปอร์เซ็นต์) |          |
|             | ไม่ปรับสภาพ                        | ปรับสภาพ | ไม่ปรับสภาพ                | ปรับสภาพ |
| ความเข้มข้น | 0.667**                            | 0.866**  | -0.317*                    | 0.748**  |
| เวลา        | 0.037                              | 0.036    | -0.003                     | 0.335*   |

\*\* ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.01)

\* ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

## 2.2 ผลของความเข้มข้นและเวลาในการไฮโดรไลซิสเปลือกทุเรียนด้วยกรดซัลฟิวริกต่อปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ และปริมาณน้ำตาลทั้งหมด

จากการนำเปลือกทุเรียนที่ไม่ผ่านการปรับสภาพและผ่านการปรับสภาพ มาไฮโดรไลซิสด้วยกรดซัลฟิวริก ความเข้มข้น 0.5, 1, 1.5 และ 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 15, 30, 45 และ 60 นาที ตามลำดับ พบว่า ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในการไฮโดรไลซิสเปลือกทุเรียนที่ไม่ผ่านการปรับสภาพโดยใช้กรดซัลฟิวริก ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 45 นาที มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์สูงสุด เท่ากับ 76.37 กรัมต่อลิตร รองลงมา คือ การไฮโดรไลซิสด้วยกรดซัลฟิวริก ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 15 นาที มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ เท่ากับ 75.30 กรัมต่อลิตร และต่ำสุด คือ การไฮโดรไลซิสด้วยกรดซัลฟิวริก ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 15 นาที มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ เท่ากับ 50.36 กรัมต่อลิตร ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในการไฮโดรไลซิสเปลือกทุเรียนแบบผ่านการปรับสภาพ พบว่า การไฮโดรไลซิสเปลือกทุเรียนด้วยกรดซัลฟิวริก ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 45 และ 60 นาที มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์สูงสุด เท่ากับ 65.57 และ 65.56 กรัมต่อลิตร ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) รองลงมา คือ การไฮโดรไลซิสเปลือกทุเรียนด้วยกรดซัลฟิวริก ความเข้มข้น 1.5 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 45 นาที มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ เท่ากับ 50.44 กรัมต่อลิตร และต่ำสุด คือ การไฮโดรไลซิสเปลือกทุเรียนด้วยกรดซัลฟิวริก ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 15 นาที มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ เท่ากับ 18.23 กรัมต่อลิตร แสดงดังตารางที่ 4

ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในการไฮโดรไลซิสเปลือกทุเรียนแบบไม่ผ่านการปรับสภาพ พบว่า การไฮโดรไลซิสเปลือกทุเรียนด้วยกรดซัลฟิวริก ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 15 นาที มีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดสูงสุด เท่ากับ 98.89 กรัมต่อลิตร รองลงมา คือ การไฮโดรไลซิสเปลือกทุเรียนด้วยกรดซัลฟิวริก ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 45 นาที มีปริมาณน้ำตาลทั้งหมด เท่ากับ 97.09 กรัมต่อลิตร และต่ำสุด คือ การไฮโดรไลซิสเปลือกทุเรียนด้วยกรดซัลฟิวริก ความเข้มข้น 1.5 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 60 นาที มีปริมาณน้ำตาลทั้งหมด เท่ากับ 69.09 กรัมต่อลิตร ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในการ

ไฮโดรไลซิสเปลือกทุเรียน แบบผ่านการปรับสภาพ พบว่า การไฮโดรไลซิสเปลือกทุเรียนด้วยกรดซัลฟิวริก ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 45 นาที มีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดสูงสุด เท่ากับ 87.88 กรัมต่อลิตร รองลงมา คือ การไฮโดรไลซิสเปลือกทุเรียนด้วยกรดซัลฟิวริก ความเข้มข้น 1.5 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 30 นาที มีปริมาณน้ำตาลทั้งหมด เท่ากับ 85.67 กรัมต่อลิตร และต่ำสุดคือ การไฮโดรไลซิสเปลือกทุเรียนด้วยกรดซัลฟิวริกความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 60 นาที มีปริมาณน้ำตาลทั้งหมด เท่ากับ 62.65 กรัมต่อลิตร แสดงดังตารางที่ 4

**ตาราง 4** ผลของความเข้มข้นและเวลาของการไฮโดรไลซิสเปลือกทุเรียนที่ไม่ผ่านการปรับสภาพและปรับสภาพด้วยกรดซัลฟิวริกต่อปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ และปริมาณน้ำตาลทั้งหมด

| กรดซัลฟิวริก<br>(เปอร์เซ็นต์) | เวลา<br>(นาที) | ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (กรัมต่อลิตร) |                     | ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (กรัมต่อลิตร) |                    |
|-------------------------------|----------------|-----------------------------------|---------------------|-----------------------------------|--------------------|
|                               |                | ไม่ปรับสภาพ                       | ปรับสภาพ            | ไม่ปรับสภาพ                       | ปรับสภาพ           |
| 0.5                           | 15             | 50.36 <sup>m</sup>                | 22.48 <sup>m</sup>  | 92.50 <sup>e</sup>                | 66.68 <sup>m</sup> |
|                               | 30             | 58.21 <sup>k</sup>                | 22.89 <sup>lm</sup> | 96.51 <sup>c</sup>                | 63.72 <sup>o</sup> |
|                               | 45             | 67.29 <sup>s</sup>                | 23.87 <sup>jk</sup> | 94.53 <sup>d</sup>                | 75.19 <sup>h</sup> |
|                               | 60             | 55.84 <sup>l</sup>                | 23.38 <sup>kl</sup> | 86.77 <sup>i</sup>                | 62.65 <sup>p</sup> |
| 1.0                           | 15             | 59.52 <sup>j</sup>                | 18.23 <sup>n</sup>  | 98.89 <sup>a</sup>                | 65.72 <sup>n</sup> |
|                               | 30             | 65.49 <sup>i</sup>                | 29.59 <sup>h</sup>  | 83.41 <sup>m</sup>                | 80.34 <sup>d</sup> |
|                               | 45             | 65.49 <sup>i</sup>                | 39.40 <sup>g</sup>  | 97.09 <sup>b</sup>                | 72.75 <sup>j</sup> |
|                               | 60             | 66.55 <sup>h</sup>                | 41.45 <sup>f</sup>  | 87.09 <sup>h</sup>                | 71.63 <sup>k</sup> |
| 1.5                           | 15             | 67.53 <sup>s</sup>                | 27.39 <sup>i</sup>  | 85.65 <sup>j</sup>                | 77.42 <sup>f</sup> |
|                               | 30             | 73.18 <sup>c</sup>                | 46.76 <sup>e</sup>  | 87.43 <sup>s</sup>                | 85.67 <sup>b</sup> |
|                               | 45             | 73.26 <sup>c</sup>                | 50.44 <sup>b</sup>  | 82.42 <sup>n</sup>                | 78.79 <sup>e</sup> |
|                               | 60             | 68.84 <sup>f</sup>                | 47.83 <sup>d</sup>  | 69.09 <sup>o</sup>                | 70.39 <sup>l</sup> |
| 2.0                           | 15             | 75.30 <sup>b</sup>                | 24.03 <sup>j</sup>  | 92.50 <sup>e</sup>                | 74.17 <sup>i</sup> |
|                               | 30             | 72.28 <sup>d</sup>                | 49.30 <sup>c</sup>  | 90.90 <sup>f</sup>                | 84.83 <sup>c</sup> |
|                               | 45             | 76.37 <sup>a</sup>                | 65.57 <sup>a</sup>  | 84.35 <sup>k</sup>                | 87.88 <sup>a</sup> |
|                               | 60             | 71.13 <sup>e</sup>                | 65.56 <sup>a</sup>  | 83.87 <sup>l</sup>                | 76.53 <sup>s</sup> |

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันในกลุ่มแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

จากการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ผลของความเข้มข้นและเวลาในการไฮโดรไลซิสต่อปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และปริมาณน้ำตาลทั้งหมด พบว่า เมื่อความเข้มข้นของกรดซัลฟิวริกเพิ่มขึ้น

ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในการไฮโดรไลซิสเปลือกทุเรียนแบบไม่ผ่านการปรับสภาพและผ่านการปรับสภาพจะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติยิ่ง ( $p \leq 0.01$ ) ส่วนปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในการไฮโดรไลซิสเปลือกทุเรียน แบบไม่ผ่านการปรับสภาพ มีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติยิ่ง ( $p \leq 0.01$ ) และแบบผ่านการปรับสภาพ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติยิ่ง ( $p \leq 0.01$ ) ผลของเวลาในการไฮโดรไลซิสเปลือกทุเรียน ต่อปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และปริมาณน้ำตาลทั้งหมด พบว่า เมื่อเวลาในการไฮโดรไลซิสเพิ่มขึ้น ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในการไฮโดรไลซิสเปลือกทุเรียนแบบผ่านการปรับสภาพ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติยิ่ง ( $p \leq 0.01$ ) ส่วนปริมาณน้ำตาลทั้งหมดจากการไฮโดรไลซิสเปลือกทุเรียน แบบไม่ผ่านการปรับสภาพ มีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติยิ่ง ( $p \leq 0.01$ ) แสดงดังตารางที่ 5

**ตาราง 5** ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของการไฮโดรไลซิสเปลือกทุเรียนด้วยกรดซัลฟิวริก

| ปัจจัย      | ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์   |          |                             |          |
|-------------|-----------------------------|----------|-----------------------------|----------|
|             | น้ำตาลรีดิวซ์ (กรัมต่อลิตร) |          | น้ำตาลทั้งหมด (กรัมต่อลิตร) |          |
|             | ไม่ปรับสภาพ                 | ปรับสภาพ | ไม่ปรับสภาพ                 | ปรับสภาพ |
| ความเข้มข้น | 0.857**                     | 0.812**  | -0.495**                    | 0.670**  |
| เวลา        | 0.165                       | 0.536**  | -0.502**                    | -0.031   |

\*\* ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติยิ่ง ( $p \leq 0.01$ )

\* ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

### สรุปและอภิปรายผล

การนำเปลือกทุเรียนที่ไม่ผ่านการปรับสภาพและผ่านการปรับสภาพด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ไปวิเคราะห์ปริมาณเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน พบว่าเปลือกทุเรียนที่ไม่ผ่านการปรับสภาพมีปริมาณเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน เท่ากับ 44.45, 22.12, และ 9.08 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และเปลือกทุเรียนที่ผ่านการปรับสภาพมีปริมาณเซลลูโลสเฮมิเซลลูโลส และลิกนิน เท่ากับ 51.75, 19.9, และ 6.53 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เห็นได้ว่าปริมาณ เฮมิเซลลูโลสและลิกนินลดลง เมื่อผ่านการปรับสภาพ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของนันทิกา คล้ายชม และคณะ (2554) ที่ศึกษาการผลิตน้ำตาลรีดิวซ์จากซางข้าวฟ่างหวานโดยกระบวนการไฮโดรไลซิสด้วยกรดพบว่า ซางข้าวฟ่างหวานที่ไม่ผ่านการปรับสภาพ มีปริมาณเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนินเท่ากับ 58.23, 25.42 และ 14.95 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง ซางข้าวฟ่างหวานที่ผ่านการปรับสภาพ มีปริมาณของเซลลูโลสเฮมิเซลลูโลสและลิกนินเท่ากับ 90.37, 5.97 และ 3.56 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ

ซึ่ง Krishna and Chowdary (2000) ได้กล่าวว่าการปรับสภาพด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ จะมีผลทำให้เอมิเซลลูโลสและลิกนินละลายน้ำออกมาเป็นการลดโครงสร้างที่เป็นผลึกของเซลลูโลส และเพิ่มพื้นที่ผิวในการเข้าทำปฏิกิริยา จึงทำให้มีปริมาณเซลลูโลสที่เพิ่มขึ้น

เมื่อนำเปลือกทุเรียนมาทำการไฮโดรไลซิสด้วยกรดซัลฟิวริก พบว่า เปลือกทุเรียนที่ไม่ผ่านการปรับสภาพนำไปไฮโดรไลซิสด้วยกรดซัลฟิวริก ความเข้มข้น 1.5 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 30 นาที มีประสิทธิภาพในการไฮโดรไลซิสสูงสุด เท่ากับ 51.53 เปอร์เซ็นต์ ผลผลิตร้อยละในการไฮโดรไลซิสสูงสุด เท่ากับ 80.42 เปอร์เซ็นต์ เมื่อนำไปไฮโดรไลซิสด้วยกรดซัลฟิวริก ที่ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 30 นาที น้ำตาลรีดิวซ์สูงสุด เท่ากับ 76.37 กรัมต่อลิตร เมื่อไฮโดรไลซิสด้วยกรดซัลฟิวริกที่ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 45 นาที และน้ำตาลทั้งหมดสูงสุด เท่ากับ 98.89 กรัมต่อลิตร เมื่อไฮโดรไลซิสด้วยกรดซัลฟิวริกที่ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 15 นาที การไฮโดรไลซิสเปลือกทุเรียนที่ผ่านการปรับสภาพพบว่า การไฮโดรไลซิสด้วยกรดซัลฟิวริกที่ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 30 นาที มีประสิทธิภาพในการไฮโดรไลซิสสูงสุด เท่ากับ 30.15 เปอร์เซ็นต์ เมื่อไฮโดรไลซิสด้วยกรดซัลฟิวริก ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 30 นาที ผลผลิตร้อยละในการไฮโดรไลซิสสูงสุด เท่ากับ 75.08 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และปริมาณน้ำตาลทั้งหมดสูงสุด เท่ากับ 65.57 และ 87.88 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ เมื่อไฮโดรไลซิสด้วยกรดซัลฟิวริกที่ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 45 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของชมพูนุช หาญนันท์วิวัฒน์ (2547) ที่ทำการไฮโดรไลซิสเปลือกทุเรียนแบบไม่ปรับสภาพด้วยกรดซัลฟิวริกความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ได้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์สูงสุดเท่ากับ 47.83 เปอร์เซ็นต์ และเปรียบเทียบกับงานวิจัยของณัฏติยา จันทวงษา (2553) ที่ศึกษาการไฮโดรไลซิสเปลือกทุเรียนแบบปรับสภาพ พบว่า การไฮโดรไลซิสด้วยกรดซัลฟิวริกที่ความเข้มข้น 2 โมลาร์ ได้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์มากที่สุด คือ 6.12 กรัมต่อลิตร เมื่อความเข้มข้นและเวลาในการไฮโดรไลซิสเพิ่มขึ้น ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์จะเพิ่มขึ้น ดรณวรรณ ชื่นบุบผา (2553) ได้กล่าวว่าเมื่อความเข้มข้นและเวลาในการไฮโดรไลซิสเพิ่มขึ้น ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์จะเพิ่มขึ้น โดยพบว่าช่วงเวลา 15-45 นาที มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์สูงสุด ส่วนปริมาณน้ำตาลทั้งหมดเมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของนุจรีย์ เตารัตน์ และอนงค์นาฏ ดวงภักดี (2555) ซึ่งศึกษาการสกัดน้ำตาลกลูโคสจากใบอ้อยโดยใช้กระบวนการไฮโดรไลซิสด้วยกรดซัลฟิวริกพบว่า การไฮโดรไลซิสด้วยกรดซัลฟิวริกความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร เป็นเวลา 60 นาที มีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดสูงสุด 109.60 กรัมต่อลิตร โดยนุจรีย์ เตารัตน์ และอนงค์นาฏ ดวงภักดี ระบุว่าเมื่อเวลาในการไฮโดรไลซิสเพิ่มขึ้น ตั้งแต่เวลา 15-60 นาที ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดมีค่าเพิ่มขึ้น และหากเวลาในการไฮโดรไลซิสมากกว่า 60 นาที ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดมีค่าลดลง ดังนั้นเห็นได้ว่าเปลือกทุเรียนที่ไม่ผ่านการปรับสภาพ มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และปริมาณน้ำตาลทั้งหมดสูงกว่าเปลือกทุเรียนที่ผ่านการปรับสภาพ

จากงานวิจัยนี้สรุปว่าเปลือกทุเรียนสามารถนำมาผลิตน้ำตาลเพื่อใช้ในการผลิตเอทานอลได้ เปลือกทุเรียนที่ไม่ผ่านการปรับสภาพก่อนการไฮโดรไลซิสด้วยกรดซัลฟิวริกจะได้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ และน้ำตาลทั้งหมดสูงกว่าเปลือกทุเรียนที่ผ่านการปรับสภาพ

### ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาการผลิตน้ำตาลจากเปลือกทุเรียนโดยการไฮโดรไลซิสด้วยกรดซัลฟิวริก พบว่า ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่ได้จากการไฮโดรไลซิสเปลือกทุเรียน สามารถนำมาใช้ผลิตเอทานอลได้ และ นอกจากผลิตเอทานอลแล้ว จึงน่าจะมีการนำน้ำตาลที่ได้ไปใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ เช่น ผลิตเป็น น้ำตาลไซลิทอล หรือผลิตภัณฑ์อื่นๆ ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจเพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับเปลือกทุเรียน ต่อไป และยังเป็นทางเลือกในการลดมลภาวะทางด้านสิ่งแวดล้อมได้อีกทางหนึ่ง

### กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยผลของการปรับสภาพและลดสารพิษต่อน้ำตาลที่ได้จากการย่อยเปลือกทุเรียนด้วย กรดเพื่อนำไปใช้ในการผลิตเอทานอล สามารถดำเนินงานจนกระทั่งสำเร็จได้ผลเป็นไปตาม วัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ ด้วยงบสนับสนุนจากกองทุนวิจัยมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณีปี พ.ศ. 2559 รวมทั้งพ่อค้า แม่ค้า ร้านผลิตทุเรียนทอดในตลาดขายผลไม้เนินสูง ต. เขาหัว อ.ท่าใหม่ จ. จันทบุรี ที่ กรุณาให้ความอนุเคราะห์เปลือกทุเรียนโดยมิได้คิดค่าใช้จ่ายใด ๆ ทั้งสิ้น และยังมีอีกหลายท่านซึ่ง ผู้วิจัยไม่สามารถจะกล่าวนามมาได้ทั้งหมด คณะผู้วิจัยขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย

### เอกสารอ้างอิง

- กุศมา แก้วอินทะจักร์, Nguyen Thanh Thuy, คิน เลย์ คู และกนก รัตนะกนกชัย. (2549). การย่อย วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรโดย cellulosome - like multienzyme complex จาก Bacillus circulans B-6. ใน การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 44 สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ กรุงเทพฯ ฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ซันนันท์ นิवासวงษ์ และเฉลิม เรื่องวิริยะชัย. (2555). การผลิตเซลลูโลสเอทานอลในประเทศไทย. วารสารวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 40 (4), 1073 - 1080.
- ชมพูนุช หาญนันท์วิวัฒน์. (2547). การผลิตน้ำตาลจากการย่อยสลายโมเลกุลจากวัสดุเหลือทิ้งทาง การเกษตร โดยใช้รังสีแกมมาเร่งการย่อยสลาย. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมนิวเคลียร์เทคโนโลยี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ณัตติยา จันทวงษา. (2553). การพัฒนาการแปรรูปเปลือกทุเรียนและเปลือกกล้วยเป็นน้ำตาลสำหรับ การผลิตเอทานอลโดยกระบวนการหมักทางชีวภาพ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวเคมี คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ดร.ณรรณ ชื่นบุบผา. (2553). การศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการไฮโดรไลซิสเปลือกกล้วยน้ำว้า และการกำจัดสารพิษ. ปรินูญานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี ภาควิชาวิศวกรรมเคมี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นันทิกา คล้ายชม, เพ็ญจิตร ศรีนพคุณ, และอนุสิษฐ์ ธนะพิมพ์เมธา. (2554, มกราคม - มีนาคม). การผลิตน้ำตาลรีดิวซ์จากขางข้าวฟ่างหวานโดยกระบวนการไฮโดรไลซิสด้วยกรด. วิศวกรรมสาร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 24 (75), 91 - 102.

นุจริย์ เตารัตน์ และอนงค์นาฏ ดวงภักดี. (2555). การสกัดน้ำตาลกลูโคสจากใบอ้อย. ปรินูญานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

พัชร์ประไพ ประจำเมือง. (2546). การผลิตกลูโคสไซรัปจากการย่อยกากมันสำปะหลังด้วยเอนไซม์ในถังปฏิกรณ์ชีวภาพระดับโรงงานต้นแบบ. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สุจิตตรา ตั้งประกอบเจริญ. (2549). การพัฒนาวิธีการผลิตเอทานอลจากเปลือกสับปะรด เปลือกทุเรียน และเปลือกกล้วย. ปรินูญานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต โปรแกรมวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม.

เสรี มหวิหิต และเฉลิม เรืองวิริยะชัย. (2555). การผลิตลิโนเซลลูโลสเอทานอลจากสารละลายที่ได้จากการย่อยลำต้นมันสำปะหลังด้วยวิธีการหมักแบบกะด้วยยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* TISTR 5048. ปรินูญานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมีวิเคราะห์ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

Bernfeld, P. (1995). Amylase  $\alpha$  and  $\beta$  In Colowick and Kaplan, N.O.(eds.). *Methods in enzymology* 1: 149. New York : Academic Press.

Dwivedi, P., Alavalapati, J.R.R. and Lal, P. (2009). Cellulosic ethanol production in the United States: Conversion technologies, current production status, economics, and emerging developments. *Energy for Sustainable Development*, 13: 174 - 182.

Hansen, R.S. and Phillips, J.A. (1981). Chemical composition. In P. Gerhardt (eds). *Manual of methods for general bacteriology*, pp 328-336. Washington, American Society for Microbiology.

- Krishna S.H. and Chowdary G.V. (2000). Optimization of simultaneous saccharification and fermentation for production of ethanol from lignocellulose biomass. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(5): 1971 - 1976.
- Unhasirikul, M., Narkrugs, W. and Naranong, N. (2013). Sugar production from durian (*Durio zibethinus* Murray) peel by acid hydrolysis. *African Journal of Biotechnology*. 12(33): 5244 - 5251.



**การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ยืนต้นในอุทยานสวรรค์  
อำเภอเมือง จังหวัดนครสวรรค์**

**Carbon sequestration in Above Ground Biomass of Perennials Plants  
In Sawan Park Amphoe Muang. Nakhon Sawan province**

สุปราณี เกณฑ์เมือง(Supranee Ganemuang)\* สมฤดี นิมพญา(Somrudee Nimpaya)

ชามะเลียง เชาว์ธรรม(Chammalieng Chaowthum)

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์

\*Corresponding author. E-mail: [supraneezom@gmail.com](mailto:supraneezom@gmail.com)

**บทคัดย่อ**

การประเมินการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินในสวนสาธารณะ อุทยานสวรรค์ อำเภอเมือง จังหวัดนครสวรรค์ มีวัตถุประสงค์เพื่อเก็บรวบรวมชนิดของพรรณไม้และประเมินค่าการกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่ทั้งหมด 314 ไร่ และคำนวณมวลชีวภาพโดยใช้สมการแอลโลเมตริก เวลาในการสำรวจ คือ เดือนเมษายน 2561 ผลการศึกษาพบพรรณไม้ทั้งหมด จำนวน 525 ต้น 15 ชนิด 9 วงศ์ โดยวงศ์ที่พบมากที่สุด คือ Leguminosae พบ 290 ต้น รองลงมา คือ Lythraceae พบ 157 ต้น และ Fabaceae พบ 42 ต้น และวงศ์อื่น ๆ ตามลำดับ และพบว่ามีปริมาณมวลชีวภาพของไม้ยืนต้น (Ws) เท่ากับ 14,323.70 กิโลกรัมต่อไร่ พบการกักเก็บคาร์บอนของไม้ยืนต้น เท่ากับ 7,161.85 กิโลกรัมคาร์บอนต่อไร่ และพบการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ของไม้ยืนต้น เท่ากับ 26,283.99 กิโลกรัมคาร์บอนต่อไร่

**คำสำคัญ :** การกักเก็บคาร์บอน, การดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์, มวลชีวภาพ

**Abstract**

Assessment of Carbon sequestration in above ground biomass of perennial plants in Sawan Park Amphoe muang, Nakhon Sawan province aims to identify the species of plants and evaluate Carbon sequestration of perennial plants in the 314 rai of Sawan Park Amphoe muang, Nakhon Sawan and Calculate the biomass per rai using allometric equations. The survey took place in April 2018. The results show that there are total 525 trees within 15 species. There are 9 families and Leguminosae is the most found family, which found 290 trees. The following found families are

Lythraceae , which found 157 trees and Fabaceae, which found 42 trees. The total above – ground biomass of perennial plants is 14,323.70 kg. / rai, Carbon sequestration value is 7,161.85 kg Carbon / rai, Carbon dioxide absorption is 26,283.99 kg Carbon / rai.

**Keywords :** carbon sequestration, , Carbon dioxide absorption, biomass

## บทนำ

ในปัจจุบันสภาวะภูมิอากาศของโลกเปลี่ยนแปลงไปอย่างมาก สาเหตุมาจากภาวะโลกร้อน (globalwarming) โดยช่วงปี ค.ศ. 1850-2012 ที่ผ่านมามีอุณหภูมิเฉลี่ยของโลกสูงขึ้นมากถึง 0.85 องศาเซลเซียส (IPCC, 2013) และอนาคตอาจจะมีแนวโน้มที่อุณหภูมิโลกจะเพิ่มขึ้น 1.1 - 6.4 องศาเซลเซียส ในช่วงปี พ.ศ.2544-2643 เนื่องจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสะสมในชั้นบรรยากาศมากกว่าที่เคยเกิดขึ้นทำให้เกิด “ภาวะโลกร้อน” (global warming) ซึ่งมีผลกระทบทำให้สภาพภูมิอากาศเกิดการเปลี่ยนแปลงต่อฤดูกาลต่าง ๆ (กรมแผนการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย, (2558)อ้างถึง IPCC AR5, 2014) และการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยของอุณหภูมิและปริมาณน้ำฝนจะมีผลกระทบต่อการเจริญของป่าไม้

ต้นไม้ใหญ่ในเมืองเพิ่มคุณค่าแก่เมืองได้ทั้งในด้านเศรษฐกิจและด้านนิเวศวิทยา ความสวยงามและความสง่างาม ความยิ่งใหญ่ของต้นไม้จึงเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้เมืองดึงดูดนักท่องเที่ยวมากขึ้น อสังหาริมทรัพย์ที่มีต้นไม้ใหญ่มั่นยืนสวยงามขายได้ราคาสูงกว่าอสังหาริมทรัพย์ที่โล่งร้อนขาดต้นไม้ บางกรณีสูงกว่าโครงการลักษณะเดียวกันมากถึงร้อยละ 20 ในด้านการประหยัดพลังงาน ต้นไม้ขนาดใหญ่สามารถลดความร้อนที่เกิดจากการดูดซับพลังงานความร้อนและการคายน้ำได้มากเท่าเครื่องปรับอากาศขนาด 20,000 บีทียู 2 เครื่อง ต้นไม้ใหญ่คลุมพื้นที่ 200 ตารางเมตร ผลิตออกซิเจนพอเพียงสำหรับมนุษย์ 1 คน ตลอดอายุขัย พื้นที่จำนวนมากที่แผ่คลุมด้วยพุ่มใบยังช่วยลดความร้อนที่เกิดจากปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองได้อีกด้วย ในเชิงนิเวศวิทยา ต้นไม้ในเมืองยังเป็นที่อยู่ของสัตว์ต่าง ๆ โดยเฉพาะนกและสัตว์เลื้อยคลานหลายชนิด (วรัชยา สุนทรศารทูล, 2542) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศส่วนใหญ่เกิดจากการกระทำของมนุษย์ เนื่องจากต้นไม้และป่าไม้มีคุณสมบัติที่ดี คือ สามารถกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไว้ก่อนจะลอยขึ้นสู่บรรยากาศ (Edunones, 2008) การกักเก็บหรือการดูดซับจะผ่านกระบวนการสังเคราะห์แสงและต้นไม้จะนำก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มาใช้ในการสร้างอาหารและเพิ่มปริมาณออกซิเจนในบรรยากาศ ส่วนต้นไม้จะกักเก็บคาร์บอนไว้ที่ส่วนของ ลำต้น ใบ กิ่ง และราก ในรูปแบบของมวลชีวภาพ ในพื้นที่ใดมีผลผลิตมวลชีวภาพมากขึ้นที่นั่นจะมีการกักเก็บคาร์บอนตามผลผลิตของมวลชีวภาพที่เพิ่มขึ้น (อิเบียร์ เอ็นคะวัน และ ธนบดี มะลัย, 2557 อ้างถึง สมชัย, 2556) อุทยานสวรรค์ อำเภอเมือง จังหวัดนครสวรรค์ เป็น

สวนสาธารณะขนาดใหญ่ใจกลางเมือง ตั้งอยู่บนพื้นที่ 314 ไร่ มีรั้วกันโดยรอบ ตรงกลางเป็นเกาะ มีพื้นที่ประมาณ 3 ไร่เศษ มีมังกรสวรรค์ขนาดใหญ่เด่นตระหง่านอยู่ตรงกลางรายล้อมด้วยมังกรขนาดเล็ก 4 ตัว ที่ฐานวงกลมตกแต่งด้วยเมฆมีศาลารอบ 4 หลัง มีสะพานแบบสถาปัตยกรรมจีนเป็นทางเดินเข้าไปยังมังกรสวรรค์ด้านล่างสะพานเป็นสระบัวโค้ง ภายในเกาะมีเวทีน้ำพุ น้ำตกจำลองขนาดใหญ่ ห้องรับรองและสวนดอกไม้ ร่มฝึ่งน้ำภายในอุทยานจัดเป็นสวนสุขภาพในยามเช้าและเย็น จะมีประชาชนนับพันคนมาใช้สถานที่แห่งนี้ในการออกกำลังกาย อุทยานสวรรค์นี้นอกจากเป็นสถานที่ที่สวยงาม ร่มรื่น กรอบนามัยกระทรวงสาธารณสุข ได้มอบประกาศนียบัตรในฐานะสวนสาธารณะได้มาตรฐานระดับดีมากแห่งแรกของภาคเหนือ ซึ่งทั้งประเทศได้รับประกาศนียบัตรนี้เพียง 4 แห่งเท่านั้น อุทยานสวรรค์ จึงเป็นแหล่งท่องเที่ยวที่มีความร่มรื่น มีต้นไม้หลากหลายแล้วยังเป็นแหล่งพักผ่อนหย่อนใจอีกแห่งที่เทศบาลนครสวรรค์และชาวปากน้ำโพภูมิใจ

ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะศึกษาการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ยืนต้นในอุทยานสวรรค์ อำเภอเมือง จังหวัดนครสวรรค์ โดยมีจุดมุ่งหมายที่จะสำรวจ ชนิดพรรณมวลชีวภาพเพื่อนำมาศึกษาหาค่าการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ยืนต้นเพื่อก่อให้เกิดประโยชน์ต่อชุมชนและนำข้อมูลไปประยุกต์ใช้ในการดำเนินการทางวิชาการและเพิ่มศักยภาพเป็นแหล่งดูดซับคาร์บอนต่อไป

### วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ศึกษาชนิดพรรณไม้ยืนต้นในอุทยานสวรรค์ อำเภอเมือง จังหวัดนครสวรรค์
2. สำรวจมวลชีวภาพเหนือพื้นดินในอุทยานสวรรค์ อำเภอเมือง จังหวัดนครสวรรค์
3. ศึกษาการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินในอุทยานสวรรค์ อำเภอเมือง จังหวัดนครสวรรค์

### วิธีดำเนินการวิจัย

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. สายวัด / ตลับเมตร
2. จีพีเอส (GPS)
3. ไคลโนมิเตอร์ (Clinometer)
4. ตารางแบบบันทึกพรรณไม้
5. เชือก
6. หนังสือศึกษาพันธุ์ไม้

### วิธีการดำเนินการวิจัย

1. การเก็บข้อมูลของต้นไม้ที่มีระดับความสูง 130 เซนติเมตร เส้นรอบวง 20 เซนติเมตร ขึ้นไป

- 1.1 การวัดความสูงของต้นไม้โดยใช้ ไคลโนมิเตอร์ ส่องยอดที่สูงที่สุดของต้นไม้ที่

ต้องการสำรวจ

- 1.2 การวัดระยะทางของต้นไม้โดยใช้ตลับเมตรวัดจากจุดที่เราขึ้นไปหาโคลนต้นไม้ ที่ระดับสายตาของผู้วัด

- 1.3 การวัดเส้นรอบวงโดยใช้สายวัดวัดรอบวงในที่ระดับความสูง 130 เซนติเมตรวัดจากพื้นดิน

2. เมื่อได้ข้อมูลความสูงและเส้นรอบวงครบแล้ว ทำการบันทึกชื่อพันธุ์ไม้ ความสูงของต้นไม้ และเส้นรอบวง ลงในตารางบันทึกผลและวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

- 2.1 การหามวลชีวภาพ โดย สมการแอลโลเมตริกสำหรับใช้ในการคำนวณหามวลชีวภาพของต้นไม้ใช้สมการ การหามวลชีวภาพของป่าเบญจพรรณ ดังสมการของ Ogawa (ภานุวัฒน์ ประเสริฐพงษ์. มปป)

$$WS = 0.0396 D^2 H^{0.9326}$$

โดย WS = มวลชีวภาพของลำต้น (กิโลกรัม)

D = ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับอก (เซนติเมตร)

H = ความสูงของต้นไม้ถึงปลายยอด (เมตร)

- 2.2 การคำนวณการกักเก็บคาร์บอน

ปริมาณคาร์บอนกักเก็บ = มวลชีวภาพ (WS)  $\times$  0.5

- 2.3 คำนวณปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ต้นไม้ดูดซับ

คาร์บอนไดออกไซด์ดูดซับ = ปริมาณคาร์บอนกักเก็บ  $\times$  3.67

## ผลการวิจัย

**ตารางที่ 1** ผลการประเมินการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของไม้ยืนต้นในอุทยานสวรรค์

| ลำดับ      | ชื่อวงศ์         | จำนวนต้น | มวลชีวภาพ (Ws)<br>(กิโลกรัมต่อไร่) | ปริมาณคาร์บอนกักเก็บ<br>(กิโลกรัมคาร์บอนต่อไร่) | คาร์บอนไดออกไซด์ดูดซับ<br>(กิโลกรัมคาร์บอนต่อไร่) |
|------------|------------------|----------|------------------------------------|-------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| 1          | Leguminosae      | 290      | 11,701.57                          | 5,850.78                                        | 21,472.38                                         |
| 2          | Lythraceae       | 157      | 1,035.26                           | 517.63                                          | 1,899.70                                          |
| 3          | Dipterocarpaceae | 39       | 541.11                             | 270.55                                          | 992.93                                            |
| 4          | Apocynaceae      | 17       | 201.27                             | 100.63                                          | 369.33                                            |
| 5          | Bignoniaceae     | 7        | 19.14                              | 9.57                                            | 35.11                                             |
| 6          | Fabaceae         | 6        | 108.01                             | 54.00                                           | 198.20                                            |
| 7          | Combretaceae     | 5        | 36.79                              | 18.39                                           | 67.51                                             |
| 8          | Malvaceae        | 2        | 566.10                             | 283.05                                          | 1,038.79                                          |
| 9          | Myrtaceae        | 2        | 114.47                             | 57.23                                           | 210.05                                            |
| รวมทั้งหมด |                  | 525      | 14,323.70                          | 7,161.85                                        | 26,283.99                                         |

จากตารางที่ 1 ผลการศึกษาการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ยืนต้นในอุทยานสวรรค์ อำเภอเมือง จังหวัดนครสวรรค์ ผลการศึกษาพบว่าไม้ยืนต้นทั้งหมด 525 ต้น 15 ชนิด 9 วงศ์ โดยวงศ์ที่พบมากที่สุดก็คือ Leguminosae พบ 290 ชนิด รองลงมา คือ Lythraceae พบ 157 ชนิด วงศ์ Fabaceae พบ 42 ชนิด และวงศ์อื่น ๆ ตามลำดับ

ตารางที่ 2 ผลการสำรวจพันธุ์ไม้ยืนต้นในอุทยานสวรรค์ อำเภอเมือง จังหวัดนครสวรรค์

| ลำดับที่ | ชื่อท้องถิ่น    | ชื่อวิทยาศาสตร์                      | ชื่อวงศ์         | จำนวนต้น |
|----------|-----------------|--------------------------------------|------------------|----------|
| 1        | ต้นตีนเป็ด      | <i>Alstonia scholaris (L) R.Br.</i>  | Apocynaceae      | 17       |
| 2        | ชมพูพันธุ์ทิพย์ | <i>(Tabebuia rosea)</i>              | Bignoniaceae     | 7        |
| 3        | ต้นหูกวาว       | <i>(Terminalia catappa L.)</i>       | Combretaceae     | 5        |
| 4        | ต้นเต็ง         | <i>(Shorea obtusa)</i>               | Dipterocarpaceae | 3        |
| 5        | ต้นคูณ          | <i>(Cassia fistula)</i>              | Fabaceae         | 36       |
| 6        | ต้นนนทรี        | <i>(Peltophorum pterocarpum)</i>     | Fabaceae         | 6        |
| 7        | ต้นจามจุรี      | <i>(Samanea saman (Jacq.) Merr.)</i> | Leguminosae      | 110      |
| 8        | ต้นขี้เหล็ก     | <i>(Senna siamea)</i>                | Leguminosae      | 54       |
| 9        | ต้นประดู่       | <i>(Pterocarpus macrocarpus)</i>     | Leguminosae      | 97       |
| 10       | ต้นหางนกยูง     | <i>(Delonix regia (Bojer) Raf.)</i>  | Leguminosae      | 24       |
| 11       | ต้นมะขาม        | <i>(Tamarindus indica Linn)</i>      | Leguminosae      | 5        |
| 12       | ต้นอินทนิล      | <i>(Lagerstroemia speciosa)</i>      | Lythraceae       | 150      |
| 13       | ต้นตะแบก        | <i>(Lagerstroemia floribunda)</i>    | Lythraceae       | 7        |
| 14       | ต้นจี้ว         | <i>(Bombax ceiba L.)</i>             | Malvaceae        | 2        |
| 15       | ต้นหว้า         | <i>(Syzygium cumini)</i>             | Myrtaceae        | 2        |

จากตารางที่ 2 ผลการศึกษาการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ยืนต้นในอุทยานสวรรค์ อำเภอเมือง จังหวัดนครสวรรค์ ผลการศึกษาพบว่าไม้ยืนต้นทั้งหมด 525 ต้น 15 ชนิด ได้แก่ ต้นตีนเป็ด (*Alstonia scholaris (L) R.Br.*) ชมพูพันธุ์ทิพย์ (*Tabebuia rosea*) ต้นหูกวาว (*Terminalia catappa L.*) ต้นเต็ง (*Shorea obtusa*) ต้นคูณ (*Cassia fistula*) ต้นนนทรี (*Peltophorum pterocarpum*) ต้นจามจุรี (*Samanea saman (Jacq.) Merr.*) ต้นขี้เหล็ก (*Senna siamea*) ต้นจี้ว (*Bombax ceiba L.*) ต้นประดู่ (*Pterocarpus macrocarpus*) ต้นหางนกยูง (*Delonix regia (Bojer) Raf.*) ต้นมะขาม (*Tamarindus indica Linn*) ต้นอินทนิล (*Lagerstroemia speciosa*) ต้นหว้า (*Syzygium cumini*) ต้นตะแบก (*Lagerstroemia floribunda*)

**ตารางที่ 3 ผลการสำรวจ มวลชีวภาพ (Ws) ปริมาณคาร์บอนกักเก็บ คาร์บอนไดออกไซด์ดูดซับ ของ  
ไม้ยืนต้นในอุทยานสวรรค์ อำเภอเมือง จังหวัดนครสวรรค์**

| ลำดับที่ | ชื่อท้องถิ่น    | จำนวนต้น | มวลชีวภาพ (Ws) | ปริมาณคาร์บอนกักเก็บ | คาร์บอนไดออกไซด์ดูดซับ |
|----------|-----------------|----------|----------------|----------------------|------------------------|
| 1        | ต้นตีนเป็ด      | 17       | 63,197.92      | 31,598.96            | 115,968.17             |
| 2        | ชมพูพันธุ์ทิพย์ | 7        | 6,008.47       | 3,004.24             | 11,025.55              |
| 3        | ต้นหูกวาว       | 5        | 33,914.84      | 16,957.42            | 62,233.74              |
| 4        | ต้นเต็ง         | 3        | 11,552.00      | 5,776.00             | 21,197.93              |
| 5        | ต้นคูณ          | 36       | 133,989.59     | 66,994.79            | 245,870.89             |
| 6        | ต้นนนทรี        | 6        | 35,917.40      | 17,958.70            | 65,908.44              |
| 7        | ต้นจามจุรี      | 110      | 2,762,121.03   | 1,381,060.51         | 5,068,492.09           |
| 8        | ต้นขี้เหล็ก     | 54       | 380,989.23     | 190,494.62           | 699,115.24             |
| 9        | ต้นประดู่       | 97       | 302,840.38     | 151,420.19           | 555,712.09             |
| 10       | ต้นหางนกยูง     | 24       | 211,933.38     | 105,966.69           | 388,897.75             |
| 11       | ต้นมะขาม        | 5        | 16,408.28      | 8,204.14             | 30,109.20              |
| 12       | ต้นอินทนิล      | 150      | 316,177.64     | 158,088.82           | 580,185.97             |
| 13       | ต้นตะแบก        | 7        | 8,893.99       | 4,447.00             | 16,320.47              |
| 14       | ต้นจิ้ว         | 2        | 177,755.16     | 88,877.58            | 326,180.71             |
| 15       | ต้นหว้า         | 2        | 35,942.50      | 17,971.25            | 65,954.48              |

**สรุปและอภิปรายผล**

**1. สรุปผลการศึกษา**

1.1 ผลการศึกษาพันธุ์ไม้ยืนต้นในอุทยานสวรรค์ อำเภอเมือง จังหวัดนครสวรรค์พบว่าไม้ยืนต้นจำนวนทั้งหมด 525 ต้น แยกได้ 9 วงศ์ 15 ชนิด โดยวงศ์ที่พบมากที่สุด คือ Leguminosae พบ 290 ต้น รองลงมา คือ Lythraceae พบ 157 ต้น และ Fabaceae พบ 42 ต้น ตามลำดับ

1.2 ผลการศึกษาปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ยืนต้นในอุทยานสวรรค์อำเภอเมือง จังหวัดนครสวรรค์ พบว่ามีปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินทั้งหมดเท่ากับ 14,323.70 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งต้นจามจุรีมีปริมาณมวลชีวภาพมากที่สุดเท่ากับ 8,796.56 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมาคือ ต้นขี้เหล็ก ต้นอินทนิล และต้นประดู่ มีปริมาณมวลชีวภาพ เท่ากับ 1,213.34 1,006.94 และ 964.46 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ

1.3 ผลการศึกษาปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ยืนต้นในอุทยานสวรรค์ อำเภอเมือง จังหวัดนครสวรรค์ พบว่ามีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินทั้งหมดเท่ากับ 7,161.85 กิโลกรัมคาร์บอนต่อไร่ ซึ่งต้นจามจุรีมีปริมาณคาร์บอนมากที่สุดเท่ากับ 4,398.28 กิโลกรัมคาร์บอนต่อไร่ รองลงมา คือ ต้นซีเหล็ก ต้นอินทนิล และต้นประดู่ มีปริมาณคาร์บอน คือ 606.67 503.47 และ 428.23 กิโลกรัมคาร์บอนต่อไร่ ตามลำดับ

1.4 ผลการศึกษาปริมาณการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ยืนต้นในอุทยานสวรรค์ อำเภอเมือง จังหวัดนครสวรรค์ พบว่ามีปริมาณการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินทั้งหมดเท่ากับ 26,283.99 กิโลกรัมคาร์บอนต่อไร่ ซึ่งต้นจามจุรีมีปริมาณคาร์บอนมากที่สุดเท่ากับ 16,141.69 กิโลกรัมคาร์บอนต่อไร่ รองลงมา คือ ต้นซีเหล็ก ต้นอินทนิล และต้นประดู่ มีปริมาณคาร์บอน คือ 2,226.48 1,847.73 และ 1,769.78 กิโลกรัมคาร์บอนต่อไร่ ตามลำดับ

## 2. ข้อเสนอแนะ

2.1 ควรศึกษาการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้ชนิดอื่น เช่น พืชล้มลุก พืชคลุมดิน

2.2 ควรมีการศึกษากักเก็บคาร์บอนใต้พื้นดินมาเปรียบเทียบกับการศึกษาการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน

## กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณอาจารย์สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมทุกท่านที่คอยให้คำปรึกษาและข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งนี้จนเสร็จสมบูรณ์ ท้ายนี้ผู้เขียนขอขอบคุณบิดา มารดา ที่ให้การอุปการะอบรมเลี้ยงดู ตลอดจนส่งเสริมการศึกษา ให้กำลังใจเป็นอย่างดี อีกทั้งขอบคุณเพื่อน ๆ ที่ให้การสนับสนุนและช่วยเหลือด้วยดีเสมอมา ขอบพระคุณเจ้าของเอกสารและงานวิจัยทุกท่าน ที่ผู้ศึกษาค้นคว้าได้นำมาอ้างอิงในการทำวิจัย จนกระทั่งงานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

## เอกสารอ้างอิง

วรัชยา สุนทรสารทูล. (2542). *ต้นไม้ในเมือง*. กรุงเทพฯ

สมชัย เบญจขย. (2556). *ต้นไม้ ป่าไม้กับการกักเก็บคาร์บอน*. สืบค้นเมื่อ 29 มีนาคม 2561. จาก

<https://www.citizenthaipbs.net/node/4965>.

กรมแผนการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย. (2558). *ภาวะโลกร้อน*. สืบค้นเมื่อ 5 เมษายน 2561.

จาก <https://www.dmc.tv/pages-Global-Warming.html>

Eduones. (2008). *ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์*. สืบค้นเมื่อ 25 เมษายน 2561. จาก

<http://suchada.wikispaces.com>



IPCC, (2013). *ภาวะโลกร้อน*. สืบค้นเมื่อ 5 เมษายน 2561. จาก  
<http://climate.tmd.go.th/content/file/11>

**การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ยืนต้น  
ในมหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ อำเภอเมืองนครสวรรค์ จังหวัดนครสวรรค์**  
**Carbon sequestration in Above Ground Biomass of Perennials Plants  
In Nakhon Sawan Rajabhat University, Amphoe Muang Nakhon Sawan,  
Nakhon Sawan province**

สมฤดี นิมพญา(Somrudee Nimpaya) \* สุปราณี เกณฑ์เมือง(Supranee Ganemuang)

ชำมะเลียง เชาว์ธรรม(Chammalieng Chaowthum)

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ \* E-mail: gml210640@gmail.com

**บทคัดย่อ**

การประเมินการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ยืนต้นในมหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ อำเภอเมืองนครสวรรค์ จังหวัดนครสวรรค์ มีวัตถุประสงค์เพื่อระบุชนิดพรรณไม้และประเมินค่าการกักเก็บคาร์บอนของไม้ยืนต้นในพื้นที่ทั้งหมด 105 ไร่ และคำนวณมวลชีวภาพโดยใช้สมการแอลโลเมตริก ช่วงเวลาในการสำรวจ คือ เดือนเมษายน 2561 ผลการศึกษาพบพรรณไม้ทั้งหมด จำนวน 379 ต้น 33 ชนิด จำแนกได้ 17 วงศ์ และวงศ์ที่พบมากที่สุด คือ วงศ์ FABACEAE พบจำนวน 118 ต้น รองลงมา คือ APOCYNACEAE พบจำนวน 43 ต้น รองลงมา คือ BIGNONIACEAE พบจำนวน 41 ต้น มวลชีวภาพของไม้ยืนต้น เท่ากับ 6,220.33 กิโลกรัมต่อไร่ การกักเก็บคาร์บอนของไม้ยืนต้น เท่ากับ 3,110.16 กิโลกรัมคาร์บอนต่อไร่ และการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ของไม้ยืนต้น เท่ากับ 11,414.30 กิโลกรัมคาร์บอนต่อไร่ ของต้นไม้ทั้งหมด

**คำสำคัญ:** ไม้ยืนต้น, มวลชีวภาพ, การกักเก็บคาร์บอน, การดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์

**Abstract**

Assessment of Carbon sequestration in above ground biomass of perennial plants in Nakhon Sawan Rajabhat University, Amphoe Muang Nakhon Sawan, Nakhon Sawan province aims to identify the species of plants and evaluate Carbon sequestration of perennial plants in the 105 rai of Nakhon Sawan Rajabhat University and Calculate the biomass per rai using allometric equations. The survey took place in April 2018. The results show that there are total 379 trees within 33 species. There are 17 families and Fabaceae is the most found family, which found 118 trees. The

following found families are Apocynaceae, which found 43 trees and Bignoniaceae, which found 41 trees. The total above – ground biomass of perennial plants is 6,220.33 kg. / rai, Carbon sequestration value is 3,110.16 kg Carbon / rai, Carbon dioxide absorption is 11,414.30 kg Carbon / rai.

**Keywords:** Tree, Biomass, carbon sequestration, carbon dioxide absorption

## บทนำ

ในปัจจุบันประเทศไทยเกิดสภาวะโลกร้อน อาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่เกิดขึ้นจากการกระทำของมนุษย์ สภาวะโลกร้อน (global warming) หรือ ภาวะภูมิอากาศเปลี่ยนแปลง (climate change) ที่เป็นปัญหาหลักของโลกเราในปัจจุบัน จะสังเกตได้จากอุณหภูมิของโลกที่มีการเปลี่ยนแปลง สาเหตุที่อุณหภูมิโลกเปลี่ยนไป เนื่องมาจาก ก๊าซเรือนกระจก (greenhouse gases) หรือภาวะเรือนกระจก เป็นภาวะที่ชั้นบรรยากาศของโลกเสมือนกระจก ที่ยอมให้รังสีคลื่นสั้นผ่านลงมายังพื้นโลกได้ แต่จะดูดกลืนรังสีคลื่นยาวช่วงอินฟราเรดที่แผ่ออกจากพื้นผิวโลกเอาไว้ จากนั้นจึงคายพลังงานความร้อนให้กระจายอยู่ภายในชั้นบรรยากาศและพื้นผิวโลกปรากฏการณ์เรือนกระจก จึงมีความสำคัญกับโลก เพราะก๊าซจำพวกคาร์บอนไดออกไซด์ หรือ มีเทน จะกักเก็บความร้อนบางส่วนไว้ในโลกไม่ให้สะท้อนกลับสู่บรรยากาศทั้งหมด มิฉะนั้นโลกจะกลายเป็นแบบดวงจันทร์ที่ตอนกลางคืนหนาวจัด และตอนกลางวันร้อนจัด เพราะไม่มีบรรยากาศที่สามารถรองรับพลังงานจากดวงอาทิตย์ ซึ่งการทำให้โลกอุ่นขึ้นเช่นนี้คล้ายกับหลักการเรือนกระจก(ที่ใช้ปลูกพืช) จึงเรียกว่า ปรากฏการณ์เรือนกระจก (Greenhouse Effect) CO<sub>2</sub> ที่มีการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องนั้นถูกปล่อยออกมา จากโรงงานอุตสาหกรรม รถยนต์ หรือการกระทำอื่นๆ ที่เผาเชื้อเพลิง (เช่น ถ่านหิน น้ำมัน ก๊าซธรรมชาติ หรือ สารประกอบไฮโดรคาร์บอน ) ส่งผลให้ระดับปริมาณ CO<sub>2</sub> ในปัจจุบันสูงเกิน 300 พีพีเอ็ม(300 ส่วนในล้านส่วน) เป็นครั้งแรกในรอบกว่า 6 แสนปี ซึ่งคาร์บอนไดออกไซด์ ที่มากขึ้นนี้ได้เพิ่มการกักเก็บความร้อนไว้ในโลกของเรามากขึ้นเรื่อย ๆ จนเกิดเป็นภาวะโลกร้อนในปัจจุบัน ขณะที่นักวิทยาศาสตร์และนักสิ่งแวดล้อมจำนวนมากพยายามชี้ให้เห็นถึงปรากฏการณ์ต่างๆ ที่ผิดปกติเพื่อกระตุ้นเตือนให้มนุษย์ตระหนักถึงในปัญหาที่ตัวเองเป็นส่วนร่วมใช้พลังงานฟอสซิลทั้งน้ำมัน ก๊าซธรรมชาติ และถ่านหินขึ้นมาใช้ อันเป็นสาเหตุสำคัญของภาวะเรือนกระจก และเพื่อนำไปสู่การปรับเปลี่ยนพฤติกรรมโดยด่วน ก่อนที่จะสายเกินแก้ (สมาคมพระคริสตธรรมไทย, มปป)

ต้นไม้อายุยืนต้นขนาดใหญ่ ต้นไม้มีอายุยืนยาวเมื่อเปรียบเทียบกับพืชในลักษณะอื่น ๆ บางพันธุ์สามารถสูงได้ถึง 115 เมตร และบางพันธุ์สามารถมีอายุยืนยาวสองพันปีถึงสามพันปี ต้นไม้ทุกชนิดจัดว่าเป็นพืช แต่พืชบางชนิดอาจไม่จัดว่าเป็นต้นไม้ เช่น พืชเถาขนาดเล็ก กล้วย สาหร่าย เป็นต้น ต้นไม้เป็นส่วนประกอบสำคัญของภูมิประเทศตามธรรมชาติ เนื่องจากสามารถป้องกันภูมิประเทศ

จากการกีดเซาะ และเป็นส่วนสำคัญของการปรับปรุงทัศนและการเกษตร เนื้อไม้จากต้นไม้เป็นวัสดุที่ใช้ทั่วไปในการก่อสร้าง เช่นทำผนังและโครงสร้างต้นไม้ประกอบด้วยอวัยวะ ที่สำคัญต่อการดำรงชีวิต ได้แก่ ราก ลำต้น ใบ ดอก ผล และเมล็ด ซึ่งอวัยวะแต่ละส่วนของพืชนั้นมีหน้าที่และส่วนประกอบแตกต่างกัน ต้นไม้ไม่ได้จำเป็นต้องเป็นป่าไม้อย่างเดียว ต้นไม้ก็ยังพัฒนามาเป็นสวนสาธารณะในเมืองในปัจจุบัน (เดชา บุญค้ำ , 2547) ประโยชน์ของป่าไม้มีมากมาย เช่น ต้นไม้ จะช่วยคายออกซิเจนในช่วงกลางวัน ทำให้อากาศบริสุทธิ์ ช่วยดูดซับก๊าซ คาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเป็นตัวการให้เกิดภาวะเรือนกระจก ทำให้เกิดภาวะโลกร้อน แล้วยังเป็นร่มเงา บังแสงแดด ให้เกิดความร่มรื่น หรือจะเป็นที่อยู่อาศัยของสัตว์ป่า แล้วยังมีพืช ผล ที่สามารถนำมารับประทานเป็นอาหาร หรือ ประมงเป็นยารักษาโรคได้ เป็นแหล่งต้นน้ำ ลำธาร เนื่องจากบริเวณรากของต้นไม้ดูดซับน้ำ และ แร่ธาตุ เป็นการกัก เก็บน้ำไว้บริเวณผิวดิน เป็นแนวป้องกัน การเกิดน้ำท่วม ลำต้นของต้นไม้ยังสามารถ นำไปแปรรูปทำประโยชน์ต่างๆอีกมากมาย เช่น บ้านเรือน ที่พักอาศัย สะพาน เฟอร์นิเจอร์ เรือ การปลูกต้นไม้ นั้นถือว่าเป็นการผ่อนคลายความเครียดได้อย่างหนึ่ง ต้นไม้ที่มีการเจริญเติบโตแล้ว สามารถนำไปขายได้ และต้นไม้ถือว่าเป็นแหล่งอาหารที่สำคัญอย่างหนึ่งสัตว์ป่าและยังเป็นอีกส่วนหนึ่งที่อยู่ในระบบนิเวศวิทยาในปัจจุบัน (อัญชริกา อินทร์งาม, มปป) มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ ตั้งอยู่เลขที่ 398 หมู่ 9 ถนนนครสวรรค์ตก อำเภอเมือง จังหวัดนครสวรรค์ โดยมีพื้นที่ประมาณ 105 ไร่ จัดอยู่ในภาคเหนือตอนล่างภาคกลางตอนบน มหาวิทยาลัยแห่งนี้ได้ถูกจัดเป็นพื้นที่สีเขียว เพราะในพื้นที่ของมหาวิทยาลัย มีทั้งต้นไม้เล็กต้นไม้ใหญ่แตกต่างกันออกไป ต้นไม้ในมหาวิทยาลัยสามารถเป็นร่มเงาให้นักศึกษามาทำกิจกรรมยามว่างได้ต้นไม้ที่สามารถให้ร่มเงาได้ ต้นไม้ยังมีประโยชน์อีกมากมาย

ผู้วิจัยได้มีความสนใจที่จะศึกษาการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ยืนต้นในมหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ อำเภอเมือง จังหวัดนครสวรรค์ โดยมีจุดมุ่งหมายที่จะสำรวจชนิดพรรณไม้ยืนต้นเพื่อนำมาศึกษาหาค่าการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ยืนต้น เพื่อก่อให้เกิดประโยชน์ชุมชนและสามารถมาประยุกต์ใช้ในด้านวิชาการและเพิ่มศักยภาพเป็นแหล่งดูดซับคาร์บอน

### วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาเกี่ยวกับพรรณไม้ยืนต้นในมหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ อำเภอเมือง นครสวรรค์ จังหวัดนครสวรรค์
2. เพื่อศึกษามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ยืนต้นในมหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ อำเภอเมืองนครสวรรค์ จังหวัดนครสวรรค์
3. เพื่อศึกษาการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ยืนต้นในมหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ อำเภอเมืองนครสวรรค์ จังหวัดนครสวรรค์

## วิธีดำเนินการวิจัย

### เครื่องมือและอุปกรณ์

1. สายวัด / ตลับเมตร
2. ไคลโนมิเตอร์
3. จีพีเอส
4. ตารางแบบบันทึกพันธุ์ไม้
5. หนังสือพันธุ์ไม้ เรื่องพันธุ์ไม้ในมหาวิทยาลัยนครสวรรค์, หนังสือไม้ยืนต้นวิธีการ

### ดำเนินการวิจัย

1. การเก็บข้อมูลของต้นไม้ที่มีระดับความสูง 130 เซนติเมตร เส้นรอบวง 20 เซนติเมตร ขึ้นไป

1.1 การวัดความสูงของต้นไม้โดยใช้ ไคลโนมิเตอร์ ส่องยอดที่สูงที่สุดของต้นไม้ที่ต้องการสำรวจ

1.2 การวัดระยะห่างของต้นไม้โดยใช้ตลับเมตรวัดจากจุดที่เรายืนไปหาโคนต้นไม้ ที่ระดับสายตาของผู้วัด

1.3 การวัดเส้นรอบวงโดยใช้สายวัดวัดรอบวงในที่มีระดับความสูง 130 เซนติเมตรวัดจากพื้นดิน

2. เมื่อได้ข้อมูลความสูงและเส้นรอบวงครบแล้ว ทำการบันทึกชื่อพันธุ์ไม้ ความสูงของต้นไม้ และเส้นรอบวง ลงในตารางบันทึกผลและวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

2.1 การหามวลชีวภาพ โดย สมการแอลโลเมตริกสำหรับการคำนวณหามวลชีวภาพของต้นไม้ใช้สมการ การหามวลชีวภาพของป่าเบญจพรรณ ดังสมการของ Ogawa (ภานุวัฒน์ ประเสริฐพงษ์. มปป)

$$WS = 0.0396 D^2 H^{0.9326}$$

โดย WS = มวลชีวภาพของลำต้น (กิโลกรัม)

D = ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับอก (เซนติเมตร)

H = ความสูงของต้นไม้ถึงปลายยอด (เมตร)

- 2.2 การคำนวณการกักเก็บคาร์บอน

ปริมาณคาร์บอนกักเก็บ = มวลชีวภาพ (WS) × 0.5

- 2.3 คำนวณปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ต้นไม้ดูดซับ

คาร์บอนไดออกไซด์ดูดซับ = ปริมาณคาร์บอนกักเก็บ × 3.67

## ผลการวิจัย

**ตารางที่ 1** ผลการประเมินการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินในมหาวิทยาลัยราชภัฏ  
นครสวรรค์

| ลำดับ      | ชื่อวงศ์          | จำนวนต้น | WS (กิโลกรัมต่อไร่) | การกักเก็บคาร์บอน<br>(กิโลกรัมคาร์บอนต่อไร่) | การดูดซับ<br>คาร์บอนไดออกไซด์<br>(กิโลกรัมคาร์บอนต่อไร่) |
|------------|-------------------|----------|---------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| 1          | FABACEAE          | 118      | 2,388.31            | 1,194.16                                     | 4,382.56                                                 |
| 2          | APOCYNACEAE       | 43       | 399.45              | 199.73                                       | 733.00                                                   |
| 3          | BIGNONIACEAE      | 41       | 961.05              | 480.52                                       | 1,763.52                                                 |
| 4          | ANACARDIACEAE     | 38       | 914.52              | 457.26                                       | 1,678.15                                                 |
| 5          | LYTHRACEAE        | 32       | 155.74              | 77.87                                        | 285.79                                                   |
| 6          | LEGUMINOSAE       | 28       | 449.77              | 224.89                                       | 825.34                                                   |
| 7          | LAMIACEAE         | 20       | 145.16              | 72.58                                        | 266.37                                                   |
| 8          | DIPTEROCARPACEAE  | 18       | 76.43               | 38.21                                        | 140.24                                                   |
| 9          | PALMAE            | 11       | 20.46               | 10.23                                        | 37.55                                                    |
| 10         | MORACEAE          | 6        | 52.86               | 26.43                                        | 96.99                                                    |
| 11         | EBENACEAE         | 5        | 43.23               | 21.62                                        | 79.33                                                    |
| 12         | MELIACEAE         | 5        | 41.92               | 20.96                                        | 76.92                                                    |
| 13         | MYRTACEAE         | 5        | 19.19               | 9.59                                         | 35.21                                                    |
| 14         | BELERIC MYROBALAN | 3        | 20.30               | 10.15                                        | 37.25                                                    |
| 15         | LECYTHIDACEAE     | 3        | 38.94               | 19.47                                        | 71.46                                                    |
| 16         | CAESALPINIACEAE   | 2        | 490.62              | 245.31                                       | 900.28                                                   |
| 17         | GUTTIFERACEAE     | 1        | 2.37                | 1.18                                         | 4.35                                                     |
| รวมทั้งหมด |                   | 379      | 6,220.33            | 3,110.16                                     | 11,414.30                                                |

จากตารางที่ 1 ผลการประเมินการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินจากในมหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ อำเภอเมือง จังหวัดนครสวรรค์ ผลการศึกษาพบว่าพบไม้ยืนต้นทั้งหมด 379 ต้น 33 ชนิด โดยวงศ์ที่พบมากที่สุด คือ วงศ์ FABACEAE พบจำนวน 118 ต้น รองลงมา คือ วงศ์APOCYNACEAE พบจำนวน 43 ต้น และวงศ์ คือ BIGNONIACEAE พบจำนวน 41 ต้น ตามลำดับ และพบว่ามวลชีวภาพของไม้ยืนต้น (WS) เท่ากับ 6,220.33 กิโลกรัมต่อไร่ พบการ

กักเก็บคาร์บอนของไม้ยืนต้น เท่ากับ 3,110.16 กิโลกรัมคาร์บอนต่อไร่ และพบการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ของไม้ยืนต้น เท่ากับ 11,414.30 กิโลกรัมต่อไร่ ของต้นไม้ทั้งหมด

ตารางที่ 2 ผลการสำรวจพันธุ์ไม้ในมหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์

| ลำดับที่ | พันธุ์ไม้   | ชื่อวิทยาศาสตร์                         | ชื่อวงศ์         | จำนวนต้น |
|----------|-------------|-----------------------------------------|------------------|----------|
| 1        | ปรดู่ป่า    | <i>Pterocarpus macrocarpus</i> Kurz.    | FABACEAE         | 99       |
| 2        | มะขาม       | <i>Tamarindus indica</i> L.             | FABACEAE         | 19       |
| 3        | ตีนเป็ด     | <i>Alstonia scholaris</i> (L.) R.Br.    | APOCYNACEAE      | 43       |
| 4        | แคแสด       | <i>Spathodea campanulata</i> P.Beauv.   | BIGNONIACEAE     | 3        |
| 5        | ทองอุไร     | <i>Tecoma stans</i> (L.) Juss. ex Kunth | BIGNONIACEAE     | 16       |
| 6        | ปีป         | <i>Millingtonia hortensis</i> L.f.      | BIGNONIACEAE     | 13       |
| 7        | แคนา        | <i>Dolichandrone spathacea</i> Schum.   | BIGNONIACEAE     | 9        |
| 8        | มะม่วง      | <i>Mangifera indica</i> (L.)            | ANACARDIACEAE    | 37       |
| 9        | มะปราง      | <i>Bouea macrophylla</i> Gritt.         | ANACARDIACEAE    | 1        |
| 10       | เสลา        | <i>Lagerstroemia tomentosa</i> C. Presl | LYTHRACEAE       | 32       |
| 11       | ราชพฤกษ์    | <i>Cassia fistula</i> L.                | LEGUMINOSAE      | 13       |
| 12       | กระถินณรงค์ | <i>Acacia auriculiformis</i> A.         | LEGUMINOSAE      | 8        |
| 13       | จามจุรี     | <i>Samanea saman</i> (Jacq.) Merr.      | LEGUMINOSAE      | 6        |
| 14       | จี่เหล็ก    | <i>Senna siamea</i> (Lam.)              | LEGUMINOSAE      | 1        |
| 15       | สัก         | <i>Tectona grandis</i> L. F.            | LAMIACEAE        | 20       |
| 16       | พะยอม       | <i>Shorea talura</i> Roxb.              | DIPTEROCARPACEAE | 16       |
| 17       | กระบาก      | <i>Anisoptera costata</i>               | DIPTEROCARPACEAE | 2        |
| 18       | ปาล์ม       | <i>Elaeis guineensis</i> Jacq.          | PALMAE           | 11       |
| 19       | ข่อย        | <i>Streblus asper</i> Lour.             | MORACEAE         | 2        |
| 20       | ขนุน        | <i>Artocarpus heterophyllus</i> Lam.    | MORACEAE         | 2        |

ตารางที่ 2 ผลการสำรวจพันธุ์ไม้ในมหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ (ต่อ)

| ลำดับที่ | พันธุ์ไม้  | ชื่อวิทยาศาสตร์                             | ชื่อวงศ์         | จำนวนต้น |
|----------|------------|---------------------------------------------|------------------|----------|
| 21       | กร่าง      | <i>Ficus benghalensis L.</i>                | MORACEAE         | 2        |
| 22       | ตะโกนา     | <i>Diospyros rhodcalyx</i>                  | EBENACEAE        | 3        |
| 23       | มะเกลือ    | <i>Diospyros mollis Griff.</i>              | EBENACEAE        | 2        |
| 24       | ยมหิน      | <i>Chukrasia velutina Wight &amp; Arn.</i>  | MELIACEAE        | 1        |
| 25       | มะฮอกกานี  | <i>Swietenia macrophylla King</i>           | MELIACEAE        | 1        |
| 26       | สะเดา      | <i>Azadirachta indica A.</i>                | MELIACEAE        | 3        |
| 27       | หว่า       | <i>Syzygium cumini L.</i>                   | MYRTACEAE        | 1        |
| 28       | ยูคาลิปตัส | <i>Eucalyptus Citriodora Hook.</i>          | MYRTACEAE        | 3        |
| 29       | ชมพู       | <i>Eugenia javanica Lam.</i>                | MYRTACEAE        | 1        |
| 30       | สมอภิกษ    | <i>Terminalia bellirica (Gaertn.) Roxb.</i> | BELERIC MYROBALA | 3        |
| 31       | สาละลังกา  | <i>Couroupita guianensis Aubl.</i>          | LECYTHIDACEAE    | 3        |
| 32       | อโศกน้ำ    | <i>Saraca indica L.</i>                     | CAESALPINIACEAE  | 2        |
| 33       | ชะมวง      | <i>Garcinia cowa Roxb.</i>                  | GUTTIFERACEAE    | 1        |
|          |            |                                             | รวมทั้งหมด       | 397      |

จากตารางที่ 2 ผลการสำรวจพันธุ์ไม้ในมหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ อำเภอเมือง จังหวัดนครสวรรค์ พบไม้ทั้งหมด 379 ต้น 33 ชนิด ได้แก่วงศ์ FABACEAE คือ ประดู่ป่า (*Pterocarpus macrocarpus Kurz.*) 99 ต้น มะขาม (*Tamarindus indica L.*) 19 ต้น วงศ์ APOCYNACEAE คือ ตีนเป็ด (*Alstonia scholaris (L) R.Br.*) 43 ต้น วงศ์ BIGNONIACEAE คือ แคนแสด (*Spathodea campanulata P.Beauv.*) 3 ต้นทองอุไร (*Tecoma stans (L.) Juss. ex Kunth*) 16 ต้น ป๊อป (*Millingtonia hortensis L.f.*) 13 ต้น แคนา (*Dolichandrone spathacea Schum.*) 9 ต้น วงศ์ ANACARDIACEAE คือ มะม่วง (*Mangifera indica (L.)*) 37 ต้น มะปราง (*Bouea macrophylla Gritt.*) 1 ต้น วงศ์ LYTHRACEAE คือ เสลา (*Lagerstroemia tomentosa C. Presl*) 32 ต้น วงศ์ LEGUMINOSAE คือ ราชพฤกษ์ (*Cassia fistula L.*) 13 ต้น กระถินณรงค์ (*Acacia auriculiformis A.*) 8 ต้น จามจุรี (*Samanea saman (Jacq.) Merr.*) 6 ต้น ชีเหล็ก (*Senna siamea(Lam.)*) 1 ต้น วงศ์ LAMIACEAE คือ สัก (*Tectona grandis L. F.*) 20 ต้น วงศ์ DIPTEROCARPACEAE คือ พะยอม (*Shorea talura Roxb.*) 16 ต้น กระบาก (*Anisoptera*



*costata*) 2 ต้น วงศ์ PALMAE คือ ปาล์ม (*Elaeis guineensis* Jacq.) 11 ต้น วงศ์ MORACEAE คือ  
ข่อย (*Streblus asper* Lour.) 2 ต้น ขนุน (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) 2 ต้น กร่าง (*Ficus  
benghalensis* L.) 2 ต้น วงศ์ EBENACEAE คือ ตะโกนา (*Diospyros rhodcalyx*) 3 ต้น มะเกลือ  
(*Diospyros mollis* Griff.) 2 ต้น วงศ์ MELIACEAE คือ ยมหิน (*Chukrasia velutina* Wight &  
Arn.) 1 ต้น มะฮอกกานี (*Swietenia macrophylla* King) 1 ต้น สะเดา (*Azadirachta indica*  
A.) 3 ต้น วงศ์ MYRTACEAE คือ หว้า (*Syzygium cumini* L.) 1 ต้น ยูคาลิปตัส (*Eucalyptus  
Citriodora* Hook.) 3 ต้น ชมพู (*Eugenia javanica* Lam.) 1 ต้น วงศ์ BELERIC MYROBALAN  
คือสมอพิเภก (*Terminalia bellirica* (Gaertn.) Roxb.) 3 ต้น วงศ์ LECYTHIDACEAE คือ สาละ  
ลังกา (*Couropita guianensis* Aubl.) 3 ต้น วงศ์ CAESALPINIACEAE คือ อโศกน้ำ (*Saraca  
indica* L.) 2 ต้นและวงศ์ GUTTTIFERACEAE คือ ชะมวง (*Garcinia cowa* Roxb.) 1 ต้น

### สรุปและอภิปรายผล

จากการศึกษาการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ยืนต้นในมหาวิทยาลัย  
ราชภัฏนครสวรรค์ อำเภอเมือง จังหวัดนครสวรรค์ ผลการศึกษาพบว่าพบไม้ยืนต้นทั้งหมด 379 ต้น  
33 ชนิด 17 วงศ์ โดยวงศ์ที่พบมากที่สุด คือ วงศ์ FABACEAE พบจำนวน 118 ต้น รองลงมา วงศ์  
APOCYNACEAE พบจำนวน 43 ต้น และวงศ์ BIGNONIACEAE พบจำนวน 41 ต้น และวงศ์อื่นๆ  
ตามลำดับ และพบว่ามีปริมาณมวลชีวภาพ (WS) ของไม้ยืนต้นของพื้นที่ที่สำรวจทั้งหมดมากที่สุด คือ  
ประดู่ป่า มะม่วง และแคนารองลงมาตามลำดับ โดยค่าที่พบอยู่ที่ 2,224.94 911.61 และ 797.04  
กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ และพบว่ามีปริมาณการกักเก็บคาร์บอน ของไม้ยืนต้นของพื้นที่ที่สำรวจ  
ทั้งหมดมากที่สุด คือ ประดู่ป่า แคนา และมะม่วงรองลงมาตามลำดับ โดยค่าที่พบอยู่ที่ 1,112.47  
455.81 และ 797.04 กิโลกรัมคาร์บอนต่อไร่ ตามลำดับ และพบว่ามีปริมาณการดูดซับ  
คาร์บอนไดออกไซด์ของไม้ยืนต้นของพื้นที่ที่สำรวจทั้งหมดมากที่สุด คือ ประดู่ป่า มะม่วง และแคนา  
รองลงมาตามลำดับ โดยค่าที่พบอยู่ที่ 4,082.77 1,672.81 และ 1,462.57 กิโลกรัมคาร์บอนต่อไร่  
ตามลำดับ ในภาพรวมของพื้นที่ที่ศึกษาพบ มวลชีวภาพ (WS) ทั้งหมด เท่ากับ 6,220.33 กิโลกรัมต่อ  
ไร่ การกักเก็บคาร์บอนทั้งหมด 3,110.16 กิโลกรัมคาร์บอนต่อไร่ และการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์  
ทั้งหมดเท่ากับ 11,414.30 กิโลกรัมคาร์บอนต่อไร่

### ข้อเสนอแนะ

ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมของพื้นที่มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ (เขตพื้นที่การศึกษา  
ย่านมัทรี) อำเภอพะเยา จังหวัดน่าน

ควรมีการศึกษากักเก็บคาร์บอนใต้พื้นดินมาเปรียบเทียบกับ การกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน

### กิตติกรรมประกาศ

การศึกษานี้สำเร็จลงได้ด้วยดี ผู้ศึกษาต้องขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ประจำสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมที่กรุณาให้คำปรึกษา ชี้แนะ แก้ไข ข้อบกพร่อง และเป็นกำลังใจให้ ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ที่ให้คำปรึกษาแนะนำและเป็นกำลังใจที่ดีเสมอมา รวมทั้งขอขอบคุณเพื่อนๆ ทุกคน ที่ให้การช่วยเหลือในด้านต่างๆ และเป็นกำลังใจให้ตลอดมา

### เอกสารอ้างอิง

ชัยมา ก้นฉิ่ง. การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของพืชที่มีเนื้อไม้ ป่าชุมชนห้วยข้าวกล้า

อำเภอจุน จังหวัดพะเยา. วิทยาลัยพลังงานและสิ่งแวดล้อม: พะเยา, 2559.

เดชา บุญค้ำ. ต้นไม้. กรุงเทพฯ. 2545.

ภาณุวัฒน์ ประเสริฐพงษ์. “การศึกษามวลชีวภาพ.” [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:

<http://www.op.mahidol.ac.th/oppe/downloads/sus-meeting-> (มปป), สืบค้น  
วันที่ 2 มกราคม 2561.

สุกัญญา เวียงยา. การประเมินปริมาณการกักเก็บคาร์บอนบนพื้นที่ป่า และสวนยางพารา ลิ่นจี ลำไย  
จังหวัดน่าน. มหาวิทยาลัยนเรศวร: น่าน, 2558.

สุภาวรรณ วงศ์คำจันทร์. พันธุ์ไม้. มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์: นครสวรรค์, 2558.

สมาคมพระคริสตธรรมไทย. “สภาวะโลกร้อน.” [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:

<http://www.thaibible.or.th/home/article/treatise/arti/131-2014-09-13-03-14-01>.  
(มปป), สืบค้น วันที่ 2 มกราคม 2561

อัญชริกา อินทร์งาม. “ประโยชน์ของต้นไม้.” [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:

<https://www.l3nr.org/posts/406804> (มปป), สืบค้น วันที่ 2 มกราคม 2561.

## การบำบัดน้ำเสียจากโรงงานเซรามิคด้วยกระบวนการสร้างและรวมตะกอนทางเคมี Treatment of Ceramic Wastewater by Chemical Coagulation and Flocculation Process

พิมผกา โพธิ์ลังกา(Phimphaka Phothilangka)\* รัชฎาภรณ์ สิงห์ไชย(Rutsadaporn Singchai)

จตุพงษ์ หนานวล(Jatupong nanual)

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง

\*Corresponding author. E-mail: pphothilangka@gmail.com

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเพื่อหาปริมาณที่เหมาะสมของสารสร้างรวมตะกอน (coagulant) เพื่อใช้สำหรับบำบัดน้ำเสียด้วยกระบวนการสร้างและรวมตะกอนทางเคมี ซึ่งเป็นขั้นตอนที่จำเป็นอย่างยิ่งต่อการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานเซรามิค เนื่องจากสามารถลดความขุ่นและของแข็งทั้งหมดของน้ำเสียได้ น้ำเสียที่ใช้ในการทดลองนี้เป็นน้ำตัวอย่างที่เก็บมาจากโรงงานเซรามิคในตำบลศาลา อำเภอกะเคา จังหวัดลำปาง ทำการทดลองด้วยชุดทดลอง *Jar Test* ตามวิธีการมาตรฐานเพื่อศึกษากระบวนการสร้างและรวมตะกอนโดยใช้ โพแทสเซียมอลูมิเนียมซัลเฟต (potassium aluminum sulfate;  $KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ ) เป็นสารสร้างรวมตะกอนในปริมาณที่แตกต่างกัน โดยใช้ น้ำเสีย 500 มิลลิลิตร บำบัดด้วยการกวนเร็วความเร็วรอบ 100 รอบต่อนาที (rpm) เป็นเวลา 2 นาที แล้วกวนช้าที่ 30 rpm เป็นเวลา 20 นาที และปล่อยให้ตกตะกอนเป็นเวลา 20 นาที ความเข้มข้นของสารสร้างรวมตะกอนที่ใช้คือ 0.04 - 1.0 % (W/V) ผลการทดลองชี้ให้เห็นว่ากระบวนการสร้างและรวมตะกอนด้วยการใช้ potassium aluminum sulfate เข้มข้น 0.04% จะส่งผลต่อการกำจัดความสกปรกในรูป COD, ของแข็งทั้งหมด, และค่าความขุ่นได้ 16.89%, 79%, และ 55.95% ตามลำดับ น้ำทิ้งที่ได้มีค่า COD เท่ากับ 2,880 mg/L ปริมาณของแข็งทั้งหมด เท่ากับ 0.12% และค่าความขุ่นสุดท้ายเท่ากับ 43.3 NTU

**คำสำคัญ:** น้ำเสียโรงงานเซรามิค การสร้างตะกอนรวม สารสร้างรวมตะกอน ความขุ่น

### Abstract

This research attempted to determine the optimum dose of the coagulants required for the coagulation and flocculation process as an essential stage of the ceramic wastewater treatment. This process lessens turbidity and total solid of wastewater. The wastewater used in these experiments was collected from local

ceramic factories in Sala sub-district, Koka district, Lampang province. A series of jar test experiments was conducted as the standard treatment method in order to investigate the coagulation-flocculation process by different doses of potassium aluminum sulfate as coagulant. The experiments were run at 100 rpm for 2 min, 30 rpm for 20 min and 20 min for settling to treat ceramic wastewater 500 mL. The concentrations of alum were applied as 0.04 - 1.0 % (W/V). The results showed that coagulation process with 0.04% of potassium aluminum sulfate affectively removed COD, TS, and turbidity on 16.89, 79%, and 55.95%, respectively. The effluent characteristics were 2,880 mg/L COD, and 0.12% TS. The final turbidity was 43.3 NTU

**Keywords:** Ceramic Waste Water, Coagulation, Coagulant, Turbidity

## บทนำ

น้ำเสียจากโรงงานเซรามิคโดยเฉพาะจากสถานประกอบการที่มีการเคลือบและล้างสี จะมีน้ำเสียที่มีลักษณะขุ่นมาก อันเกิดจากอนุภาคของของแข็งที่แขวนลอยอยู่ในน้ำและคอลลอยด์ องค์ประกอบเหล่านี้แม้มีบางชนิดไม่เป็นพิษ แต่ความขุ่นที่มีส่งผลต่อแหล่งน้ำที่รองรับน้ำเสีย โดยของแข็งแขวนลอยต่างๆ สามารถขวางกั้นปริมาณแสงที่ส่องผ่านสู่แหล่งน้ำ ทำให้การสังเคราะห์แสงของสิ่งมีชีวิตในน้ำลดลง ส่งผลต่อปริมาณออกซิเจนที่อาจไม่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในน้ำ นอกจากนี้ยังทำให้เกิดทัศนียภาพที่ไม่น่ามองอีกด้วย

กระบวนการสร้างและรวมตะกอน (coagulation and flocculation process) เป็นกระบวนการบำบัดน้ำเสียที่ถูกออกแบบมาเพื่อใช้ในการลดความขุ่นของน้ำเสีย (Al-Asheh & Aidan, 2017) ซึ่งส่วนใหญ่มีทั้งของแข็งแขวนลอยและสารประกอบคอลลอยด์ เทคนิคนี้สามารถบำบัดน้ำเสียอย่างมีประสิทธิภาพและมีการประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลาย เช่น ใช้สำหรับบำบัดน้ำเสียจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม การล้างหมักพิมพ์ โรงงานฟอกย้อม อุตสาหกรรมสิ่งทอ เป็นต้น หลักการของกระบวนการสร้างและรวมตะกอนคือ การเติมสารสร้างรวมตะกอน (Coagulant) เช่น Aluminium Sulfate ( $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ ) ลงไปในน้ำเสียทำให้คอลลอยด์หลายอนุภาคจับตัวกันเป็นกลุ่ม (floc) จนมีน้ำหนักมากและสามารถตกตะกอนลงมาได้รวดเร็ว สารสร้างรวมตะกอนทำหน้าที่เสมือนเป็นตัวประสานให้อนุภาคมารวมตัวกันเป็นกลุ่มก้อนมากขึ้น ซึ่งน้ำเสียต่างชนิดกันย่อมใช้สารสร้างรวมตะกอนในปริมาณไม่เท่ากันในการบำบัดน้ำเสีย การลดค่าความขุ่นในน้ำเสียเป็นกระบวนการที่จำเป็นและเป็นประเด็นท้าทายกับสถานประกอบการที่มีน้ำเสียลักษณะดังกล่าว การศึกษาในครั้งนี้จึงมุ่งทดลองหาปริมาณสารสร้างรวมตะกอนที่เหมาะสมต่อการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานเซรามิค โดยใช้ potassium aluminum sulfate ซึ่งเป็นสารที่หาได้ง่ายและมีราคาไม่แพง เป็นสารสร้างรวมตะกอน

## วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของสารสร้างรวมตะกอนในการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานเซรามิก

## วิธีดำเนินการวิจัย

### น้ำเสียที่ใช้ในการทดลอง

น้ำเสียที่ใช้ในการทดลองนี้เป็นน้ำเสียจากสายการผลิตการเคลือบสี การล้างสี ในสถานประกอบการเซรามิก ในตำบลศาลา อำเภอกะเคอะ จังหวัดลำปาง ซึ่งมีลักษณะขุ่นมาก การศึกษาลักษณะของน้ำเสียทำได้โดยการเก็บตัวอย่างแบบcomposite จากบ่อบำบัดน้ำของสายการผลิตการเคลือบสี การล้างสีจากโรงงานเซรามิก ตัวแปรที่วิเคราะห์ได้แก่ ปริมาณค่าความขุ่น ของแข็งทั้งหมด ค่าพีเอช อุณหภูมิ และค่าซีโอดี โดยวิเคราะห์ตามวิธีมาตรฐานของ American Water Works Association (AWWA) ดังรายละเอียดในตาราง 1

ตาราง 1 ตัวแปรและวิธีการที่วิเคราะห์

| Parameters                  | Method                                       |
|-----------------------------|----------------------------------------------|
| pH                          | pH Meter (Eutech pH 700)                     |
| Temperature                 | Thermometer                                  |
| Chemical Oxygen Demand; COD | Closed Reflux and Titrimetric Method (5220C) |
| Soluble COD; CODs           | Closed Reflux and Titrimetric Method         |
| Particulate COD; CODx       | Closed Reflux and Titrimetric Method         |
| Total Solids;TS             | Gravimetric method                           |
| Turbidity                   | Gravimetric method                           |



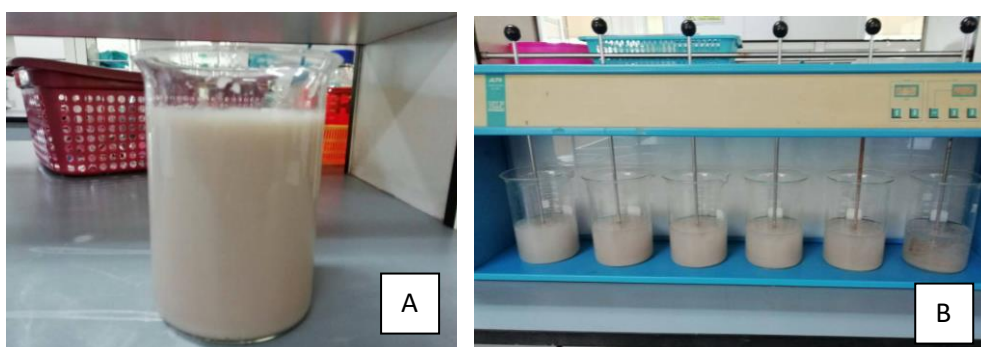
ภาพ 1 น้ำเสียจากโรงงานเซรามิกที่ใช้ในการทดลอง

### การศึกษาการตกตะกอนของน้ำเสีย

นำน้ำเสียจากโรงงานเซรามิคจำนวน 1,000 มิลลิลิตร มาใส่ในภาชนะแก้วทรงกระบอก เส้นผ่าศูนย์กลาง 10 ซม. สูง 16 ซม. ตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอนตามแรงโน้มถ่วงของโลกเป็นเวลาทั้งสิ้น 8 สัปดาห์ ทำการเก็บตัวอย่างน้ำบริเวณส่วนบนของภาชนะมาวิเคราะห์ทุกๆ 2 สัปดาห์ ตัวแปรที่ทำการวิเคราะห์ได้แก่ ความเป็นกรด-ด่าง (pH) อุณหภูมิ ของแข็งทั้งหมด ค่าความขุ่น และค่าซีโอดี ด้วยวิธีวิเคราะห์ตามวิธีการมาตรฐานของ AWWA ดังรายละเอียดในตาราง 1

### การบำบัดน้ำเสียด้วยกระบวนการสร้างรวมตะกอน

ศึกษาการตกตะกอนด้วยกระบวนการสร้างรวมตะกอน โดยใช้ โพลีแทสเซียมอลูมิเนียมซัลเฟต ( $KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ ) เป็นสารสร้างรวมตะกอน ปริมาณที่ใช้ได้แก่ 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, และ 1.0 % ซึ่งเป็นช่วงค่าความเข้มข้นที่มีผลต่อการสร้างรวมตะกอนในน้ำเสียด้วยโพลีแทสเซียมอลูมิเนียมซัลเฟต (Guidaa et al., 2007 ; Ismail et al., 2012; Al-Asheh & Aidan, 2017 ; Irfan et al., 2017) ทำการทดลองด้วยชุดทดลอง Jar-test (VELP-Scientifica JLT6) ดังแสดงในภาพ 2(B) เติลระบบด้วยการกวนเร็วที่ความเร็วรอบ 100 rpm เป็นเวลา 2 นาที จากนั้นจึงกวนช้าด้วยความเร็ว 30 rpm เป็นเวลา 20 นาที และปล่อยให้ตกตะกอนเป็นเวลา 20 นาที วิเคราะห์คุณภาพน้ำก่อนและหลังจาการเติลระบบ โดยตัวแปรที่ทำการวิเคราะห์ได้แก่ ความเป็นกรด-ด่าง อุณหภูมิ ของแข็งทั้งหมด ค่าความขุ่น ค่าซีโอดีทั้งหมด (CODt) ซีโอดีละลายน้ำ (CODs) และซีโอดีที่เป็นอนุภาค (CODx) ด้วยวิธีวิเคราะห์ตามวิธีการมาตรฐานของ AWWA ดังรายละเอียดในตาราง 1 เพื่อศึกษาปริมาณสารสร้างรวมตะกอนที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานเซรามิค



ภาพ 2 ลักษณะทางกายภาพของน้ำเสียจากโรงงานเซรามิคที่ใช้ในการทดลอง (A)และ ชุดทดลอง Jar-test (B)

## การวิเคราะห์ข้อมูล

รวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ค่าตัวแปรต่างๆ ตามวิธีการมาตรฐาน (ตาราง 1) สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่สถิติเชิงพรรณนา ประกอบไปด้วย ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

## ผลการวิจัยและอภิปรายผล

### 1. สมบัติของน้ำเสีย

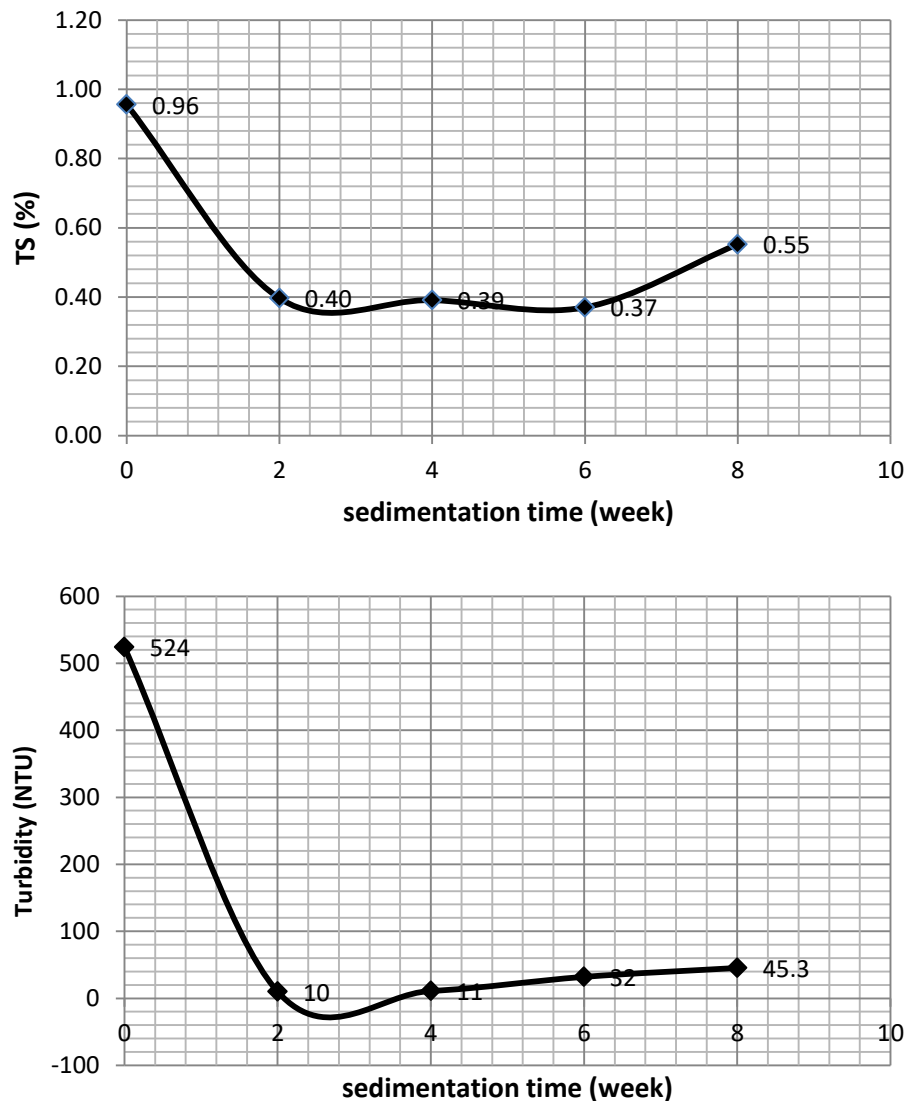
น้ำเสียที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้เป็นน้ำเสียที่เก็บตัวอย่างจากโรงงานเซรามิกขนาดเล็ก ในตำบลศาลา อำเภอกะเคา จังหวัดลำปางที่มีสายการผลิตของการเคลือบสีและ ล้างสีผลิตภัณฑ์เซรามิก น้ำเสียดังกล่าวมีลักษณะดังแสดงในตาราง 2 ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำชี้ให้เห็นว่า น้ำเสียจากโรงงานเซรามิกดังกล่าวมีค่าความสกปรกสูง โดยมีค่าความสกปรกในรูปซีโอดีทั้งหมดเฉลี่ยเท่ากับ 3,504 mg/L มีค่าความขุ่นสูงถึง 524 NTU ค่าพีเอชเฉลี่ย ประมาณ 7.4 ชี้ให้เห็นว่าน้ำชะขยะมีคุณสมบัติเป็นกลางถึงด่าง มีปริมาณของแข็งทั้งหมดเป็นองค์ประกอบ 1.830 g/L ซึ่งส่วนใหญ่เป็นของแข็งที่ไม่ละลายน้ำ นอกจากนี้ยังพบว่าน้ำเสียดังกล่าวมีโลหะหนักเป็นองค์ประกอบได้แก่ ตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียม ที่ความเข้มข้น 7.669, 0.033, 0.527 mg/L ตามลำดับ ขณะที่ไม่พบปริมาณทองแดงในน้ำเสียดังกล่าว

ตาราง 2 ลักษณะของน้ำเสียจากโรงงานเซรามิกที่ใช้ในการทดลอง

| Parameters                   | Units | Value        |
|------------------------------|-------|--------------|
| pH                           | --    | 7.4±0.055    |
| Chemical Oxygen Demand (COD) | mg/L  | 3,504±272    |
| Total Solids (TS)            | g/ L  | 1.830±0.186  |
| Turbidity                    | NTU   | 524          |
| Cadmium (Cd)                 | mg/L  | 0.033±0.001  |
| Chromium (Cr)                | mg/L  | 0.527±0.038  |
| Lead (Pb)                    | mg/L  | 7.669±0.5772 |
| Copper (Cu)                  | mg/L  | ND           |

### การตกตะกอนน้ำเสีย

เมื่อทดลองนำน้ำเสียจากโรงงานเซรามิคซึ่งเป็นน้ำเสียที่มีความขุ่นสูงมาศึกษาการตกตะกอนของน้ำเสียด้วยการตกตะกอนตามแรงโน้มถ่วงของโลก พบว่าการตั้งทิ้งไว้ทำให้ของแข็งแขวนลอยที่อยู่ในน้ำเสียสามารถตกตะกอนลงได้อย่างช้าๆ ดังแสดงในภาพ 3



ภาพ 3 การเปลี่ยนแปลงของปริมาณของแข็งทั้งหมด (บน) และค่าความขุ่น (ล่าง) ของน้ำเสียจากโรงงานเซรามิค เมื่อตั้งทิ้งให้ตกตะกอนเป็นเวลา 8 สัปดาห์

จากภาพ 3 จะเห็นได้ว่าในช่วง 2 สัปดาห์แรกนั้น ของแข็งในน้ำเสียจากโรงงานเซรามิคมีแนวโน้มที่จะตกตะกอนอย่างเป็นระเบียบ ซึ่งสามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างการลดลงของแข็งทั้งหมดและระยะเวลาที่ใช้ในการตกตะกอนได้ดังสมการที่ (1)



$$TS = 0.478t - 0.559559 \quad \text{-----}(1)$$

เมื่อ TS คือ ปริมาณของแข็งทั้งหมด (mg/L) และ t คือ ระยะเวลาที่ใช้ในการตกตะกอน การวิเคราะห์ปริมาณความขุ่นในน้ำพบว่า มีแนวโน้มลดลง สอดคล้องกับการลดลงของ ปริมาณของแข็งทั้งหมด โดยในระยะ 2 สัปดาห์แรกนั้น การตกตะกอนด้วยแรงโน้มถ่วงส่งผลให้ค่า ความขุ่นลดลงในอัตราเร็วที่มากกว่าการลดลงของปริมาณของแข็งทั้งหมด ความสัมพันธ์ระหว่างการ ลดลงของค่าความขุ่นและระยะเวลาที่ใช้ในการตกตะกอนแสดงในสมการที่ (2)

$$Turbid = 457t - 504 \quad \text{-----}(2)$$

เมื่อ Turbi คือ ค่าความขุ่น (NTU) และ t คือ ระยะเวลาที่ใช้ในการตกตะกอน โดยภาพรวมแล้วการตกตะกอนด้วยแรงโน้มถ่วงนี้จะสามารถลดปริมาณของแข็งทั้งหมดใน ระบบร้อยละ 58.52 และสามารถลดความขุ่นได้ ร้อยละ 98.09 ในเวลา 2 สัปดาห์ หลังจากสัปดาห์ที่ 2 ไปแล้วการตกตะกอนจะเป็นไปอย่างช้ามากและมีแนวโน้มที่จะเกิดการสร้างตะกอนใหม่จากสารที่เป็นองค์ประกอบของน้ำเสีย ขณะเดียวกันค่าความสกปรกของน้ำในรูปของ COD มีแนวโน้มที่จะ ลดลงเมื่อเวลาผ่านไป โดยสามารถลดค่าซีโอดีของน้ำเสียจาก 3,568 mg/L ไปเป็น 3,104 mg/L คิด เป็นประสิทธิภาพในการกำจัดค่าซีโอดีเฉลี่ยตลอดการทดลองใน 8 สัปดาห์ เท่ากับ 13%

### การบำบัดน้ำเสียด้วยกระบวนการสร้างและรวมตะกอน

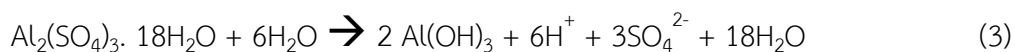
การศึกษาผลการใช้สารรวมตะกอนที่มีต่อการตกตะกอนของน้ำเสียจากโรงงานเซรามิค ด้วย โปแทสเซียมอลูมิเนียมซัลเฟต ความเข้มข้น 0.2 -1.0 % ทำการทดลองด้วยวิธี Jar test โดยใช้ การกวนเร็ว 100 rpm เป็นเวลา 2 นาที จากนั้น จึงกวนช้าด้วยความเร็ว 30 rpm เป็นเวลา 20 นาที แล้วตั้งทิ้งไว้ให้สารละลายตกตะกอน เป็นเวลา 20 นาที ผลการทดลองแสดงในตาราง 3

**ตาราง 3** ผลของการดำเนินระบบด้วยปริมาณสารสร้างรวมตะกอนที่แตกต่างกัน

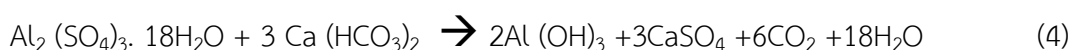
| coagulant<br>doses<br>(%) | TS<br>(%) | Turbidity<br>(NTU) | CODt<br>(mg/L) | CODs<br>(mg/L) | CODx<br>(mg/L) |
|---------------------------|-----------|--------------------|----------------|----------------|----------------|
| 0                         | 0.06      | 26                 | 3,424          | -              | -              |
| 0.2                       | 0.08      | 12                 | 3,264          | 528            | 2,736          |
| 0.4                       | 0.19      | 15                 | 2,944          | 160            | 2,784          |
| 0.6                       | 0.23      | 18                 | 2,928          | 80             | 2,848          |
| 0.8                       | 0.25      | 62                 | 2,896          | 208            | 2,688          |
| 1.0                       | 0.50      | 20                 | 2,864          | 112            | 2,752          |

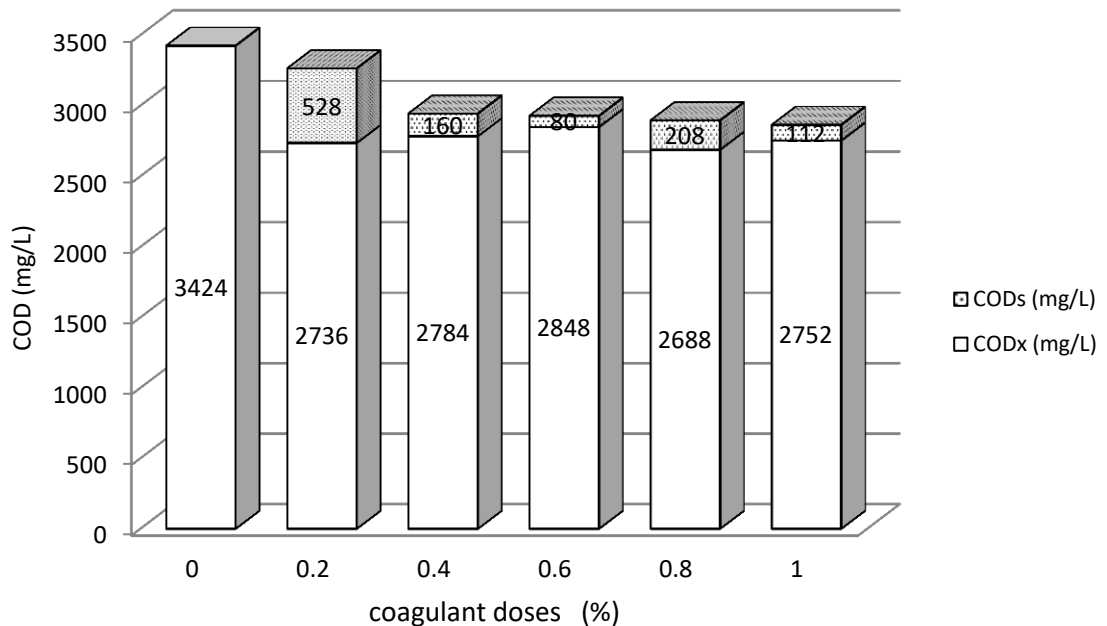
ผลการทดลองในตารางที่ 3 ชี้ให้เห็นว่าน้ำทิ้งที่ออกจากระบบบำบัดด้วยกระบวนการสร้างรวมตะกอนจะมีแนวโน้มของการเพิ่มขึ้นของปริมาณของแข็งตามปริมาณสารสร้างรวมตะกอนที่เติมลงไป การพิจารณาถึงการกำจัดค่าความขุ่นของน้ำ พบว่าการใช้สารสร้างรวมตะกอนที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.2, 0.4, และ 0.6 ส่งผลให้ระบบมีประสิทธิภาพในการกำจัดค่าความขุ่นได้ไม่แตกต่างกันมากนักคิดเป็น 54%, 42%, และ 31% ตามลำดับ ขณะที่แต่ละความเข้มข้นของสารสร้างรวมตะกอนที่ใช้ส่งผลต่อการลดค่าซีโอดีในปริมาณที่ไม่แตกต่างกันมากนัก

หากพิจารณาความสัมพันธ์ของความสกปรกในรูปของซีโอดีที่ละลายน้ำ (Soluble COD; CODs) กับ ความสกปรกในรูปของซีโอดีที่อยู่ในรูปของอนุภาค (Particulate COD; CODx) ดังภาพ 4 จะเห็นได้ว่า สารสร้างรวมตะกอน (coagulant) อย่าง Potassium Aluminum Sulfate ที่นอกจากจะช่วยลดค่าความสกปรกของน้ำเสียจากโรงงานเซรามิคได้แล้ว ยังส่งผลต่อการเปลี่ยนรูปของสารกล่าวคือ ค่าความสกปรกในรูป COD มีแนวโน้มที่จะลดลงเรื่อยๆเมื่อมีการใช้สารสร้างรวมตะกอนเพิ่มขึ้น ซึ่งอธิบายได้ว่าเมื่อเติม Alum ลงในสารละลาย Alumจะทำปฏิกิริยากับ available alkalinity ที่อยู่ในระบบ เช่น คาร์บอเนต (carbonate;  $\text{CO}_3^{2-}$ ), ไบคาร์บอเนต (bicarbonate ;  $\text{HCO}_3^-$ ) และ ไฮดรอกไซด์ (hydroxide ;  $\text{OH}^-$ ) หรือ ฟอสเฟต (phosphate ;  $\text{PO}_4^{3-}$ ) เกิดเป็นเกลืออลูมิเนียมที่ไม่ละลายน้ำซึ่งสามารถไปจับกับอนุภาคของคอลลอยด์อันเป็นองค์ประกอบของน้ำเสียแล้วตกตะกอนลงมา (Priyanka et al., 2014) ส่งผลให้น้ำมีความใสมากขึ้นและความค่าความสกปรกลดลง ซึ่งปฏิกิริยาที่มีความเป็นไปได้แสดงในสมการที่ (3) (Droste, 1997)



นอกจากนี้ยังพบว่า ในน้ำเสียที่มีองค์ประกอบของสภาพต่างอยู่แล้ว เช่น คาร์บอเนต และ/หรือ ไบคาร์บอเนต ปฏิกิริยาของสารสร้างรวมตะกอนอาจเกิดได้ ดังแสดงในสมการที่ (4)





ภาพ 4 การเปลี่ยนแปลงของค่า COD เมื่อใช้ปริมาณสารสร้างรวมตะกอนที่แตกต่างกัน

ผลการทดลองดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นของสารสร้างรวมตะกอน 0.2 % - 0.6 % ส่งผลให้ค่า CODs เพิ่มขึ้น และมีมากกว่าความเข้มข้นอื่นๆ แสดงให้เห็นถึงการลดลงของความเสี่ยงในรูปของซีโอดีที่อยู่ในลักษณะอนุภาค การพิจารณาถึงการกำจัดค่าความขุ่นของน้ำ พบว่าการใช้ Potassium Aluminum Sulfate เข้มข้น 0.2% ส่งผลให้น้ำทั้งมีปริมาณความขุ่นน้อยที่สุด (12 NTU) เมื่อเทียบกับการใช้ alum ที่ความเข้มข้นอื่น ดังนั้นเพื่อให้ได้ปริมาณสารสร้างรวมตะกอนที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานเซรามิค การใช้ Potassium Aluminum Sulfate ที่ความเข้มข้น 0.2 % เป็นสารสร้างรวมตะกอนจึงถูกเลือกเพื่อนำไปศึกษาต่อไป

#### การศึกษาปริมาณสารสร้างรวมตะกอนที่เหมาะสมต่อการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานเซรามิค

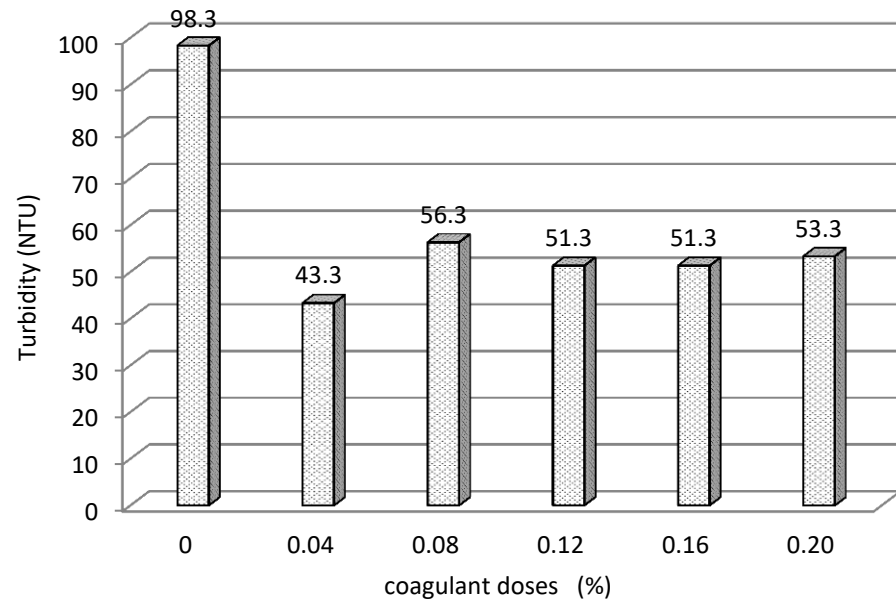
เพื่อเป็นการใช้ปริมาณสารสร้างรวมตะกอนที่น้อยที่สุดและส่งผลต่อการกำจัดค่าความสกปรกและลดความขุ่นของน้ำเสียจากโรงงานเซรามิค ความเข้มข้นของ Potassium Aluminum Sulfate ซึ่งเป็นสารสร้างรวมตะกอนที่หาได้ง่ายและราคาไม่แพง ที่ความเข้มข้น 0.04 - 0.2 % (W/V) จึงถูกนำไปศึกษาการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีตกตะกอนร่วมด้วยกระบวนการ Jar test (VELP-Scientifica JLT6) การศึกษาครั้งนี้ ใช้ความเข้มข้นของสารสร้างรวมตะกอนที่ 0.04, 0.08, 0.12, 0.16, และ 0.2% ควบคู่ไปกับชุดควบคุม (ไม่มีการใช้สารสร้างรวมตะกอน) ทำการกวนเร็วด้วย

ความเร็ว 100 rpm เป็นเวลา 2 นาที จากนั้น จึงกวนช้าด้วยความเร็ว 30 rpm เป็นเวลา 20 นาที แล้วตั้งทิ้งไว้ให้สารละลายตกตะกอน เป็นเวลา 20 นาที ผลการทดลองแสดงในตาราง 4

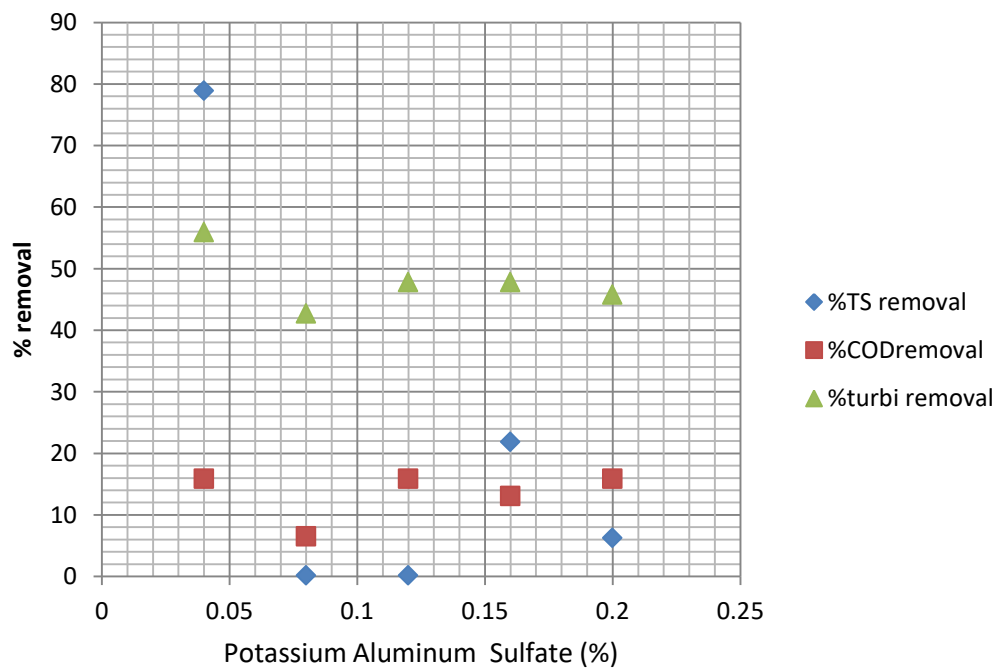
**ตารางที่ 4** ผลของการดำเนินระบบด้วยปริมาณสารสร้างรวมตะกอนที่แตกต่างกัน

| coagulant doses<br>(%) | TS<br>(%) | Turbidity<br>(NTU) | CODt<br>(mg/L) |
|------------------------|-----------|--------------------|----------------|
| 0                      | 0.58      | 98.3               | 3,424          |
| 0.04                   | 0.12      | 43.3               | 2,880          |
| 0.08                   | 0.76      | 56.3               | 3,200          |
| 0.12                   | 0.89      | 51.3               | 2,880          |
| 0.16                   | 0.45      | 51.3               | 2,976          |
| 0.20                   | 0.54      | 53.3               | 2,880          |

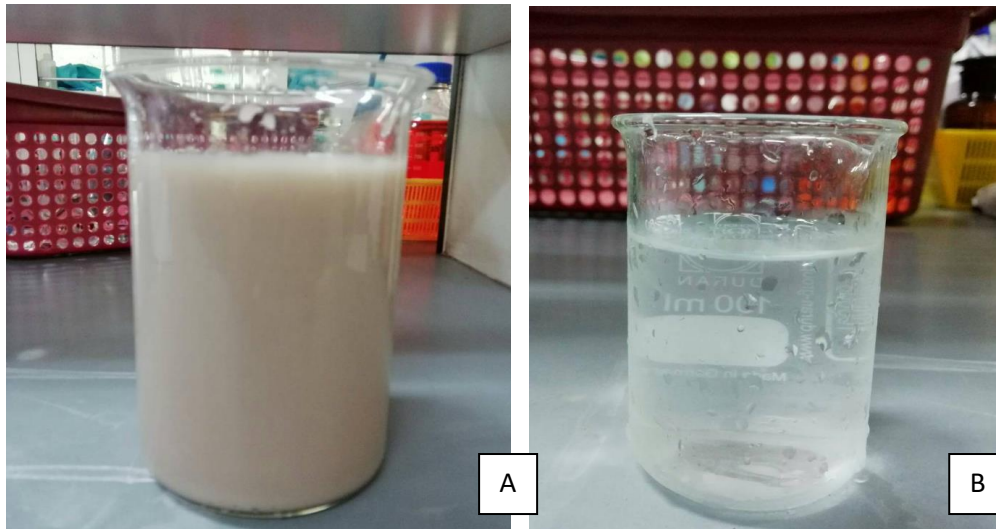
การบำบัดน้ำเสียจากโรงงานเซรามิคด้วยกระบวนการสร้างและรวมตะกอนโดยใช้ potassium aluminum sulfate ที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นสารสร้างรวมตะกอน ซึ่งให้เห็นว่าปริมาณสารสร้างรวมตะกอนที่ 0.04% สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการตกตะกอนของระบบส่งผลให้สามารถลดความขุ่นได้ 55.95% (ภาพ 5) สอดคล้องกับปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ลดลงจาก 0.58% เหลือเพียง 0.12% คิดเป็นประสิทธิภาพในการลดปริมาณของแข็งได้เท่ากับ 78.99 ขณะที่ค่าความสกปรกของน้ำเสียในรูป COD ถูกกำจัดไปได้ร้อยละ 16.89 (ภาพ 6) ผลการทดลองดังกล่าวมีความสอดคล้องกับการศึกษาการบำบัดน้ำเสียด้วยกระบวนการสร้างและรวมตะกอนทางเคมีโดยใช้ aluminum sulfate เป็นสารสร้างรวมตะกอนของ Guidaa et al. (2007) ที่แสดงให้เห็นว่าปริมาณของ aluminum sulfate ที่ 0.045% เป็นปริมาณที่น้อยเกินกว่าจะสามารถกำจัดค่าความสกปรกของน้ำเสียในรูป COD ได้ ซึ่งการจะเพิ่มประสิทธิภาพการกำจัด COD นั้น สามารถทำได้โดยการปรับค่าพีเอชให้ถึง 8.0 (Guidaa et al., 2007)



ภาพ 5 การเปลี่ยนแปลงของค่าความขุ่นเมื่อใช้ปริมาณสารสร้างรวมตะกอนที่แตกต่างกัน



ภาพ 6 ประสิทธิภาพของระบบในการกำจัดของแข็ง ความขุ่น และ COD เมื่อใช้สารสร้างรวมตะกอนที่แตกต่างกัน



ภาพ 7 ลักษณะของน้ำเสียที่บำบัดด้วยกระบวนการสร้างและรวมตะกอน โดยใช้ alum 0.04% เป็น สารร่วมสร้างตะกอน (B) เปรียบเทียบน้ำเสียจากโรงงานเซรามิก (A)

### สรุป

การบำบัดน้ำเสียจากโรงงานเซรามิกที่เน้นกระบวนการวาดและเคลือบสีเป็นหลักสามารถลดค่าความสกปรกได้โดยใช้ potassium aluminum sulfate เป็นสารสร้างรวมตะกอน โดยความเข้มข้นที่เหมาะสมคือ 0.04 % ต่อการดำเนินระบบด้วยการกวนเร็ว 100 rpm เป็นเวลา 2 นาที ต่อด้วยการกวนช้าด้วยความเร็ว 30 rpm เป็นเวลา 20 นาที แล้วตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอน เป็นเวลา 20 นาที พบว่าการใช้สารสร้างรวมตะกอนสามารถลดความขุ่นและปริมาณของแข็งได้เท่ากับ 55.95% และ 78.99% ตามลำดับ ขณะที่ค่าความสกปรกของน้ำเสียในรูป COD ถูกกำจัดไปได้ร้อยละ 55.95 เมื่อเทียบกับการบำบัดน้ำด้วยการตกตะกอนตามแรงโน้มถ่วงที่สามารถลดค่าความสกปรกได้เพียง 13% แต่อาจใช้เวลาานกว่าถึง 2 สัปดาห์

### ข้อเสนอแนะ

การใช้ Potassium Aluminum Sulfate เป็นสารสร้างรวมตะกอนเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ช่วยลดต้นทุนในการบำบัดน้ำเสีย เนื่องจากเป็นสารที่หาได้ง่ายและมีราคาถูกเมื่อเทียบกับสารที่มีคุณสมบัติเป็นสารสร้างรวมตะกอนชนิดอื่น การทราบปริมาณที่เหมาะสมต่อการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานเซรามิกจะทำให้การดำเนินระบบเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตามยังคงมีบางปัจจัยที่มีผลต่อการบำบัดน้ำเสียด้วยกระบวนการสร้างและรวมตะกอนทางเคมี เช่น pH (pH booster) หรือการใช้สารสร้างรวมตะกอนตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป เป็นต้น

## กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณกลุ่มผู้ประกอบการเซรามิค ตำบลศาลา อำเภอห้างฉัตร จังหวัดลำปาง ที่ให้ความร่วมมือและมีส่วนร่วมในการทำวิจัยในครั้งนี้

## เอกสารอ้างอิง

- Al-Asheh, S., and Aidan, A. (2017). Operating Conditions of Coagulation-Flocculation Process for High Turbidity Ceramic Wastewater. *Journal of Water Environmental. Nanotechnology*, 2(2), 80-87.
- American Public Health Association. *Standard methods for the examination of water and wastewater*, American Public Health Association. Washington DC: American Water Works Association, Water Environment Federation; 1995.
- Droste, L. R., *Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment*. John Wiley & Sons, Inc.; 1997.
- Guidaa, M., Mattei, M., Rocca,D.C., Melluso, G., & Meriç, S. (2007). Optimization of alum-coagulation/flocculation for COD and TSS removal from five municipal wastewater. *Desalination*, 211, 113–127.
- Irfan, M., Butt, T., Imtiaz, N., Abbas, N., Khan, A. R., & Shafique, A. (2017). The removal of COD, TSS and colour of black liquor by coagulation–flocculation process at optimized pH, settling and dosing rate. *Arabian Journal of Chemistry*, 10,2307-2318.
- Ismail, M. I., Fawzy, S.A., Abdel-Monem, M. N., Mahmoud, H. M., & El-Halwany, A. M., (2012). Combined coagulation flocculation pre treatment unit for municipal wastewater. *Journal of Advanced Research*, 3, 331–336.
- Priyanka, P. H., Nagaraja, M.,Chitrapur, R., (2014). Effective use of nanocrystalline and lime when used in combination of coagulants - Alum,  $\text{FeCl}_3$  and  $\text{FeSO}_4$  for suspended solids and COD removal from pharmaceutical industry effluents. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 4(5), 1-6.

## การพัฒนาระบบจัดการด้านสุขาภิบาลอาหารเทศบาลตำบลวังทอง Development of Food Sanitation Management System in Wang Thong Subdistrict Municipality

วิไรรณ แสนชนะ(Wiraiwan Sanchana)<sup>1\*</sup> ปราโมทย์ สิริจักร(Pramote Sittijuk)<sup>2</sup>

พรชดณัย วัชรธนพัฒน์ธาดา(Patcharadanai Watcharathanapattthada)<sup>3</sup>

<sup>1</sup>สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิชณุโลก

<sup>2</sup>สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยพิษณุโลก

<sup>3</sup>สาขาวิชารัฐประศาสนศาสตร์ คณะรัฐประศาสนศาสตร์ มหาวิทยาลัยพิษณุโลก

\*Corresponding author. E-mail: wiraiwans@rmutl.ac.th

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความต้องการ พัฒนา และประเมินความพึงพอใจของระบบจัดการด้านสุขาภิบาลอาหารเทศบาลตำบลวังทอง โดยทำการสัมภาษณ์เพื่อรวบรวมข้อมูลและความต้องการจากกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง สรุปสาระสำคัญของปัญหาและความต้องการเชิงเนื้อหาพบว่า 1) ทำอย่างไรจึงจะทำให้ผู้ประกอบการเกิดความสะดวกสบาย ลดขั้นตอนและระยะเวลาในการเดินทางมาติดต่อ 2) ทำอย่างไรจึงจะช่วยทำให้เจ้าหน้าที่เกิดความสะดวกสบายในการประมวลผลและสรุปข้อมูลการตรวจประเมินสุขาภิบาลอาหารของผู้ประกอบการต่าง ๆ ให้อยู่ในรูปแบบกราฟสารสนเทศได้อย่างถูกต้องและการแสดงผลเป็นไปโดยทันทีทันใด และ 3) ทำอย่างไรจึงจะช่วยลดค่าใช้จ่ายและต้นทุนของเทศบาล หลังจากนั้นนำผลวิจัยที่ได้มาทำการออกแบบระบบด้วยหลักการเชิงวัตถุ แล้วพัฒนาระบบโดยใช้หลักการ Responsive Web มีผู้ใช้งานหลัก 4 ระดับคือ ผู้บริหาร เจ้าหน้าที่กองสาธารณสุข อสม. ทีมสุขภาพ และผู้ประกอบการ และเมื่อติดตั้งและอบรมการใช้งานระบบแล้วจึงทำการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ พบว่า ผู้ใช้มีความพึงพอใจในภาพรวมอยู่ในระดับมาก ( $\bar{x} = 4.28$ )

**คำสำคัญ:** การพัฒนาระบบ ระบบจัดการ สุขาภิบาลอาหาร

### Abstract

This research aims to study needs, develop, and evaluate satisfaction in food sanitation management system for Wang Thong Subdistrict Municipality. A group of purposive samples was interviewed to gather data and needs. Problems and needs were summarized into: 1) how to facilitate entrepreneurs, reduce process and time



for travelling; 2) how to facilitate staff in processing and summarize information in evaluation of food sanitation into graphic format correctly and quickly; and 3) how to reduce cost and expense of the municipality. Results were used to design a system using OOP and Responsive Web development. Users were divided into 4 main groups: administrators, sanitation department staff and village health volunteer, health team, and entrepreneurs. After installation and training, users' satisfaction was evaluated and found overall satisfaction in high level ( $\bar{x} = 4.28$ ).

**Keywords:** system development, management system, food sanitation

## บทนำ

กรมอนามัยได้ดำเนินงานอาหารปลอดภัย โดยมุ่งเน้นการแก้ไขและลดปัญหาความปลอดภัยที่เกิดจากการบริโภคอาหาร อาหารสดในตลาดสด และอาหารปรุงสำเร็จจากสถานประกอบกิจการด้านอาหารต่าง ๆ เช่น ร้านจำหน่ายอาหาร แผงลอยจำหน่ายอาหาร โรงอาหารในโรงเรียน สถาบันการศึกษา โรงครัวโรงพยาบาล การจัดบริการอาหารต่าง ๆ มินิมาร์ท ขณะเดียวกันได้มุ่งเน้นการเพิ่มศักยภาพของประชาชนให้มีความรู้ และตระหนักในการเลือกบริโภคอาหารที่ปลอดภัย การลดพฤติกรรมเสี่ยงต่อสุขภาพ ตลอดจนเฝ้าระวังและผลักดันให้ผู้ประกอบการได้ทำการผลิต จำหน่าย และปรุงประกอบอาหารที่ถูกสุขลักษณะ ปลอดภัยต่อผู้บริโภค รวมทั้งการส่งเสริมการพัฒนาศักยภาพที่เกี่ยวข้องในการดูแลสถานประกอบกิจการด้านอาหาร เช่น การอบรมเจ้าหน้าที่ผู้รับผิดชอบในองค์กรท้องถิ่นในการตรวจสอบอาหารตั้งแต่เริ่มมีการดำเนินงานโครงการอาหารสะอาดรสชาติอร่อย Clean Food Good Taste ในการพัฒนาระดับสถานประกอบกิจการด้านสุขาภิบาลอาหารเรื่อยมาตั้งแต่ปี 2542 จนถึงปัจจุบัน ซึ่งมีองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นเป็นผู้รับผิดชอบในการกำกับดูแลสถานประกอบกิจการ ตาม พรบ.การสาธารณสุข 2535 โดยมีหน่วยงานในสังกัดกระทรวงสาธารณสุขเป็นผู้สนับสนุนด้านวิชาการ (กระทรวงสาธารณสุข, 2556)

เทศบาลตำบลวังทอง อำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลก เป็นองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นที่หนึ่งที่ได้เล็งเห็นถึงความสำคัญของการดำเนินงานอาหารปลอดภัย ซึ่งพบว่ามีปัญหาเช่นเดียวกับในภาพรวมทั้งประเทศ คือมีสถานประกอบเพิ่มขึ้นมากขึ้น (ข้อมูลสถานประกอบกิจการทั่วประเทศ, 2560) และเจ้าหน้าที่ท้องถิ่นมีน้อยและมีภาระมากจึงดูแลได้ไม่ครอบคลุมทั่วถึง การรักษาคุณภาพจึงอาจไม่เป็นไปตามที่คาดหวัง การนำมาตราการด้านกฎหมายมาบังคับใช้ยังไม่ทั่วถึง ตลอดจนประชาชนทั่วไปและผู้ประกอบการไม่ทราบเกี่ยวกับกฎหมาย การประกอบอาชีพจำหน่ายอาหารมีความอิสระทำได้ง่าย หากไม่มีระบบหรือมาตรการดำเนินการรองรับหรือการส่งเสริมผลักดันสถานประกอบกิจการให้เข้าสู่ระบบตามกฎหมายแล้ว อาจส่งผลให้การดำเนินงานของท้องถิ่นไม่สามารถควบคุมดูแล

ข้อมูลสถานประกอบการได้ จึงมีความจำเป็นต้องศึกษาพัฒนาระบบการรับรองด้านสุขาภิบาลอาหารขึ้น ตามแนวทางกระบวนการสร้างคุณค่า เพื่อเป็นต้นแบบและมีมาตรฐานระบบเดียวกันทั่วประเทศ

ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีและการให้บริการอินเทอร์เน็ตมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้การเข้าถึงข้อมูลข่าวสารเป็นไปได้อย่างรวดเร็วและทั่วถึง ทำให้ผู้ผลิตรวมถึงนักพัฒนาพร้อมใจกันพัฒนาซอฟต์แวร์และอุปกรณ์ต่าง ๆ ให้สามารถใช้งานอินเทอร์เน็ตได้ ไม่ว่าจะเป็นคอมพิวเตอร์ โทรศัพท์ หรือแม้แต่แท็บเล็ตก็สามารถใช้งานอินเทอร์เน็ตได้เช่นกัน นั้นหมายความว่าปัจจุบันมีอุปกรณ์มากมายที่สามารถใช้งานอินเทอร์เน็ต ซึ่งมีคุณสมบัติที่แตกต่างกันออกไป เช่น ความกว้าง ความสูง ความละเอียดหน้าจอ และอื่น ๆ อีกมากมาย (โกวิทย์ แซ่เล้า, 2555) ดังนั้นการออกแบบเว็บไซต์ให้รองรับการเข้าชมผ่านมือถือได้นั้นจึงกำลังมีผู้ให้ความสนใจทั้งในส่วนของด้านธุรกิจ หรือ ด้านการศึกษา ทั้งนี้การออกแบบเว็บไซต์ด้วยหลักการ Responsive Web Design จะทำให้เว็บไซต์สามารถรองรับการเข้าชมผ่านอุปกรณ์ทุกชนิด ทุกขนาดหน้าจอ ตั้งแต่คอมพิวเตอร์หน้าจอแตกต่างกันไป จนถึงสมาร์ทโฟนและแท็บเล็ต

ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงสนใจที่จะนำความเจริญก้าวหน้าของเทคโนโลยีเว็บมาพัฒนาระบบจัดการด้านสุขาภิบาลอาหารเทศบาลตำบลวังทองขึ้น ภายใต้โจทย์สำคัญ 3 ประการ คือ 1) ทำอย่างไรจึงจะทำให้ผู้ประกอบการอาหารเกิดความสะดวกสบาย ลดขั้นตอนและระยะเวลาในการเดินทางมาติดต่อทำธุรกรรมกับสำนักงานเทศบาลฯ 2) ทำอย่างไรจึงจะช่วยทำให้เจ้าหน้าที่เกิดความสะดวกสบายในการประมวลผลและสรุปข้อมูลการตรวจประเมินสุขาภิบาลอาหารของผู้ประกอบการต่าง ๆ ให้อยู่ในรูปแบบกราฟสารสนเทศได้อย่างถูกต้องและการแสดงผลเป็นไปโดยทันทีทันใด และ 3) ทำอย่างไรจึงจะช่วยลดค่าใช้จ่ายและต้นทุนเอกสาร และกระดาษลงได้ ซึ่งในปัจจุบันเทศบาลฯ จะต้องใช้เอกสารและกระดาษทุกขั้นตอนในการทำธุรกรรมงานสุขาภิบาลอาหาร ซึ่งจากโจทย์ข้างต้น คณะผู้วิจัยได้นำมาวิเคราะห์ และกำหนดโครงสร้างการทำงานของระบบจัดการด้านสุขาภิบาลอาหารเทศบาลตำบลวังทองในรูปแบบเว็บแอปพลิเคชันที่สามารถจัดการกับขั้นตอนการทำธุรกรรมของผู้ประกอบการอาหาร กับเทศบาลฯ ตั้งแต่กระบวนการต้นน้ำถึงปลาย ได้แก่ การยื่นคำร้องขอใบอนุญาตประกอบการจำหน่ายอาหาร การอนุมัติใบอนุญาตตามลำดับสายงาน การจัดทำและต่อใบอนุญาต การจัดทำบัตรผู้ได้รับอนุญาตประกอบการจำหน่ายอาหาร การตรวจประเมินสุขาภิบาลอาหาร การจัดทำทะเบียนผู้ประกอบการจำหน่ายอาหาร และการจัดทำรายงานสรุป รวมทั้งได้ปรับปรุงกระบวนการเดิม โดยทำการพัฒนาฟังก์ชันการประเมินตนเองด้านสุขาภิบาลอาหารโดยผู้ประกอบการ เพื่อให้ระบบทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น ทั้งนี้ส่วนการประเมินตนเองจะช่วยให้เทศบาลฯ ได้รับข้อมูลสารสนเทศเพื่อใช้ประกอบการตัดสินใจในการให้ใบอนุญาต และต่อใบอนุญาตจำหน่ายอาหารสำหรับผู้ประกอบการได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งยังมีการออกแบบระบบ

ให้สามารถรองรับการเข้าชมผ่านอุปกรณ์ทุกชนิด ทุกขนาดหน้าจอ ตั้งแต่คอมพิวเตอร์จอแตกต่างกันไปจนถึงสมาร์ทโฟน และแท็บเล็ตอีกด้วย

### วัตถุประสงค์ของการวิจัย

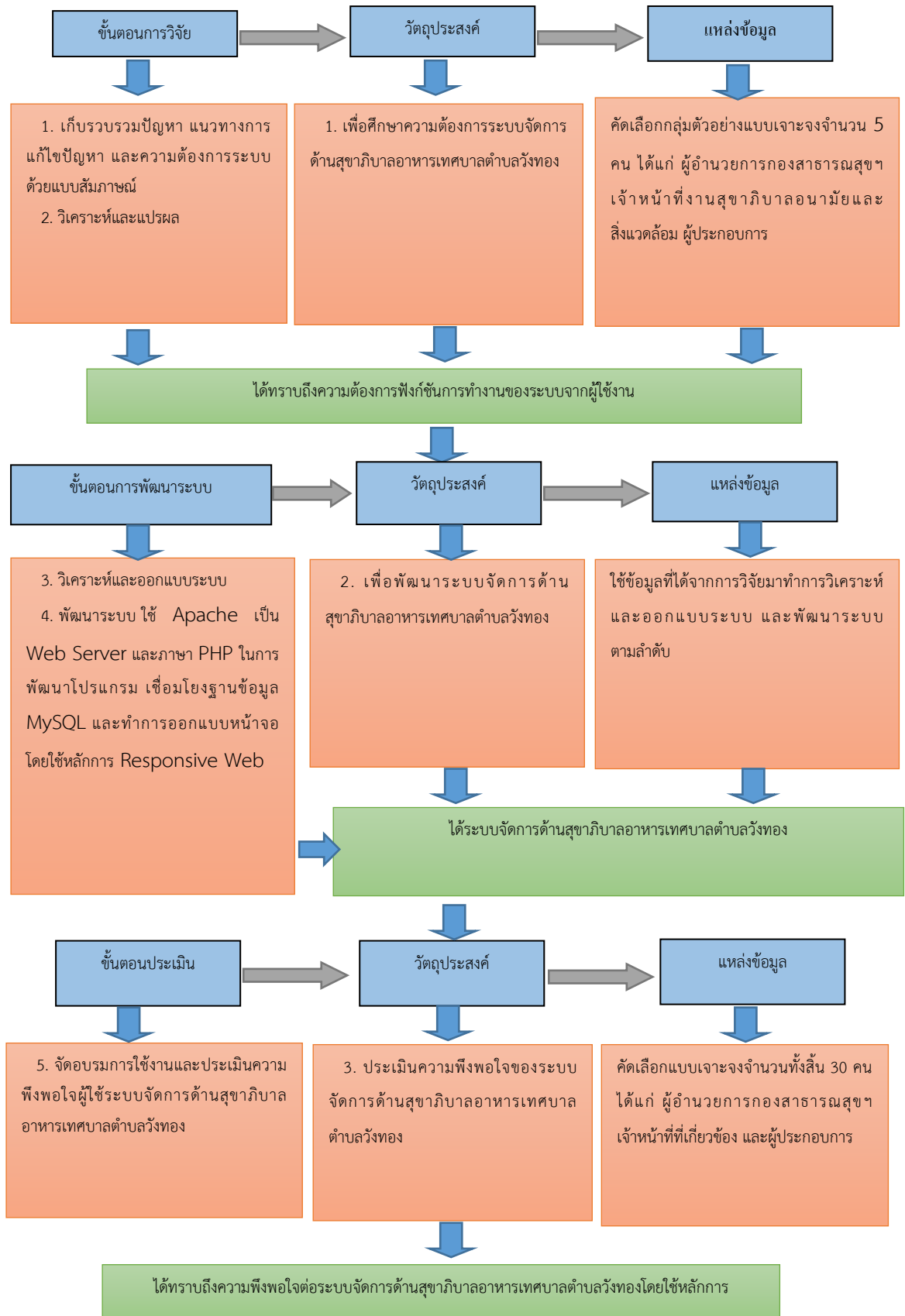
1. เพื่อศึกษาความต้องการระบบจัดการด้านสุขาภิบาลอาหารเทศบาลตำบลวังทอง
2. เพื่อพัฒนาระบบจัดการด้านสุขาภิบาลอาหารเทศบาลตำบลวังทอง
3. เพื่อประเมินความพึงพอใจระบบจัดการด้านสุขาภิบาลอาหารเทศบาลตำบลวังทอง

### วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาเรื่อง การพัฒนาระบบจัดการด้านสุขาภิบาลอาหารเทศบาลตำบลวังทอง แบ่งการศึกษาออกเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นตอนการวิจัย ทำการเก็บรวบรวมปัญหา แนวทางการแก้ไขปัญหา และความต้องการระบบ ด้วยแบบสัมภาษณ์ เสร็จแล้ววิเคราะห์และแปลผล โดยคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจงจำนวน 5 คน ได้แก่ ผู้อำนวยการกองสาธารณสุขฯ เจ้าหน้าที่งานสุขาภิบาลอนามัยและสิ่งแวดล้อม และผู้ประกอบการ
2. ขั้นตอนการพัฒนาระบบ ทำการวิเคราะห์และออกแบบระบบ เสร็จแล้วนำผลจากการวิเคราะห์และออกแบบมาทำการพัฒนาระบบเว็บแอปพลิเคชัน โดยใช้ Apache เป็น Web Server และภาษา PHP ในการพัฒนาโปรแกรม เชื่อมโยงฐานข้อมูล MySQL และทำการออกแบบหน้าจอ โดยใช้หลักการ Responsive Web
3. ขั้นตอนการประเมินความพึงพอใจผู้ใช้ระบบจัดการด้านสุขาภิบาลอาหารเทศบาลตำบลวังทอง เมื่อมีการติดตั้งระบบแล้วทำการจัดอบรมการใช้งานและประเมินความพึงพอใจผู้ใช้ระบบจัดการด้านสุขาภิบาลอาหารเทศบาลตำบลวังทอง โดยคัดเลือกแบบเจาะจงจำนวนทั้งสิ้น 30 คน ได้แก่ ผู้อำนวยการกองสาธารณสุขฯ เจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้อง และผู้ประกอบการ

แสดงในรายละเอียดในภาพ 1



ภาพ 1 ขั้นตอนวิธีดำเนินการวิจัย

## ผลการวิจัย

คณะผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยเพื่อพัฒนาระบบจัดการด้านสุขาภิบาลอาหารเทศบาลตำบลวังทอง ตามขั้นตอนการดำเนินการวิจัยที่ได้กำหนดไว้ตามลำดับ ซึ่งสามารถนำเสนอผลการวิจัยออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ผลการศึกษาความต้องการของผู้ใช้ระบบจัดการด้านสุขาภิบาลอาหารเทศบาลตำบลวังทอง โดยใช้แบบสัมภาษณ์รวบรวมข้อมูล สรุปความต้องการของผู้ใช้งานแต่ละระดับดังนี้

1. ผู้ประกอบการ หรือผู้ประกอบการอาหารมีความต้องการลดขั้นตอน และระยะเวลาในการเดินทางมาติดต่อทำธุรกรรมกับสำนักงานเทศบาลฯ
2. เจ้าหน้าที่กองสาธารณสุขมีความต้องการในส่วนของการประมวลผลที่รวดเร็วและแม่นยำ และสามารถสรุปข้อมูลการตรวจประเมินสุขาภิบาลอาหารของผู้ประกอบการต่าง ๆ ให้อยู่ในรูปแบบของกราฟสารสนเทศได้อย่างถูกต้องและการแสดงผลเป็นไปโดยทันที ทันเวลา
3. อสม. ทีมสุขภาพ สามารถจัดการข้อมูลผลการตรวจประเมินสถานประกอบการด้านสุขาภิบาลอาหารผ่านทางโทรศัพท์มือถือหรือแท็บเล็ตได้
4. ผู้บริหารมีความต้องการที่จะสามารถเรียกดูรายงานสรุปข้อมูลสารสนเทศในรูปแบบตารางและกราฟ ผ่านทางอุปกรณ์ทุกชนิด ทุกขนาดหน้าจอ ทั้งนี้เทศบาลตำบลวังทองมีความต้องการที่จะลดค่าใช้จ่ายและต้นทุนเอกสาร และกระดาษลงได้

ส่วนที่ 2 ผลการพัฒนาระบบจัดการด้านสุขาภิบาลอาหารเทศบาลตำบลวังทอง

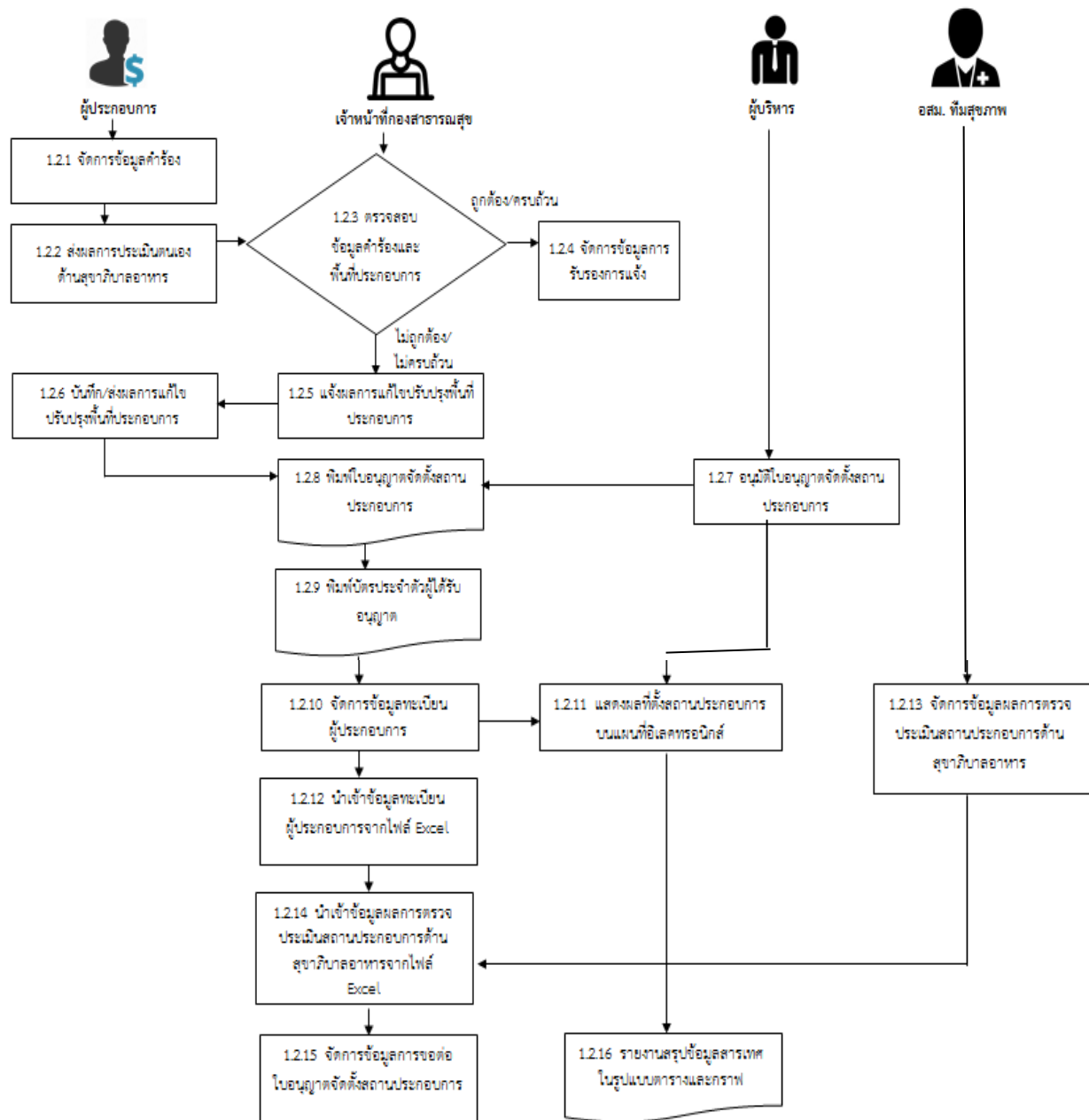
1. ผลการวิเคราะห์และออกแบบระบบ เมื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลของระบบเสร็จสิ้นได้นำข้อมูลที่วิเคราะห์ได้ นำมาทำการออกแบบระบบ ซึ่งมีโครงสร้างการทำงานของระบบ ดังนี้

1.1 ผู้ใช้งาน ประกอบด้วย ผู้บริหาร เจ้าหน้าที่กองสาธารณสุข อสม. ทีมสุขภาพ และผู้ประกอบการ

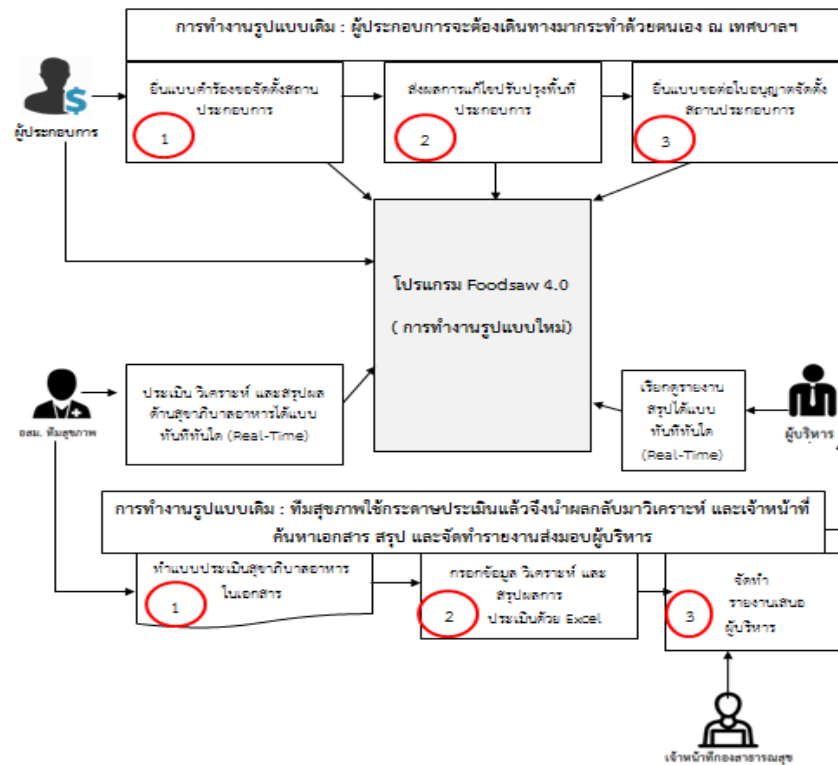
1.2 ขั้นตอนการทำงาน/ประมวลผลของโปรแกรม มีดังนี้ 1) จัดการข้อมูลคำร้องขอจัดตั้งสถานประกอบการ/ขอรับใบอนุญาต 2) ส่งผลการประเมินตนเองในด้านสุขาภิบาลอาหารโดยผู้ประกอบการ 3) ตรวจสอบข้อมูลคำร้องและพื้นที่ประกอบการ 4) จัดการข้อมูลการรับรองการแจ้งจัดตั้งสถานประกอบการ 5) แจ้งผลการแก้ไขปรับปรุงพื้นที่ประกอบการ 6) บันทึก/ส่งผลการแก้ไขปรับปรุงพื้นที่ประกอบการ 7) อนุมัติใบอนุญาตจัดตั้งสถานประกอบการ 8) พิมพ์ใบอนุญาตจัดตั้งสถานประกอบการ 9) พิมพ์บัตรประจำตัวผู้ได้รับอนุญาตจัดตั้งสถานประกอบการ 10) จัดการข้อมูลทะเบียนผู้ประกอบการ 11) แสดงผลที่ตั้งสถานประกอบการบนแผนที่อิเล็กทรอนิกส์ 12) นำเข้าข้อมูลทะเบียนผู้ประกอบการจากไฟล์ Excel 13) จัดการข้อมูลผลการตรวจประเมินสถานประกอบการด้านสุขาภิบาลอาหาร 14) นำเข้าข้อมูลผลการตรวจประเมินสถานประกอบการด้าน

สุขภาพอาหารจากไฟล์ Excel 15) จัดการข้อมูลการขอต่อใบอนุญาตจัดตั้งสถานประกอบการ และ  
16) รายงานสรุปข้อมูลสารสนเทศในรูปแบบตารางและกราฟ

1.3 รูปแบบการแสดงผลและการเข้าถึงระบบจัดการด้านสุขภาพอาหารเทศบาล  
ตำบลวังทอง ระบบสามารถทำงานบนระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต และแสดงผลในรูปแบบ  
Responsive Web ที่สามารถปรับขนาดได้อย่างเหมาะสมกับขนาดของหน้าจอคอมพิวเตอร์ และ  
สมาร์ตโฟน

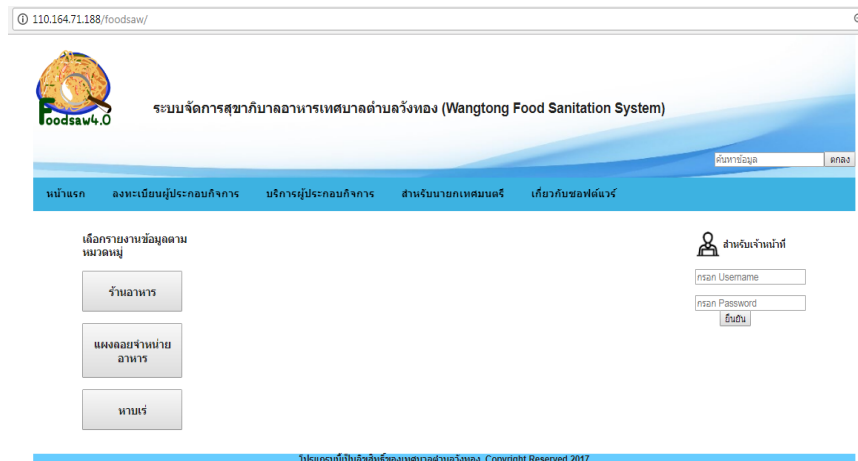


ภาพ 2 ขั้นตอนการทำงานของระบบ



ภาพ 3 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างขั้นตอนการทำงานรูปแบบเดิมกับการใช้ระบบใหม่

2. ผลการพัฒนาระบบ เมื่อนำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์และออกแบบมาพัฒนาระบบ การพัฒนาระบบจัดการด้านสุขาภิบาลอาหารเทศบาลตำบลวังทอง โดยใช้ Apache เป็น Web Server และภาษา PHP ในการพัฒนาโปรแกรม เชื่อมโยงฐานข้อมูล MySQL และทำการออกแบบ หน้าจอ โดยใช้หลักการ Responsive Web ซึ่งมีหน้าจอการพัฒนาระบบดังแสดงในภาพ 4 ถึง ภาพ 9 ดังนี้



ภาพ 4 หน้าจอหลักแสดงบน Desktop

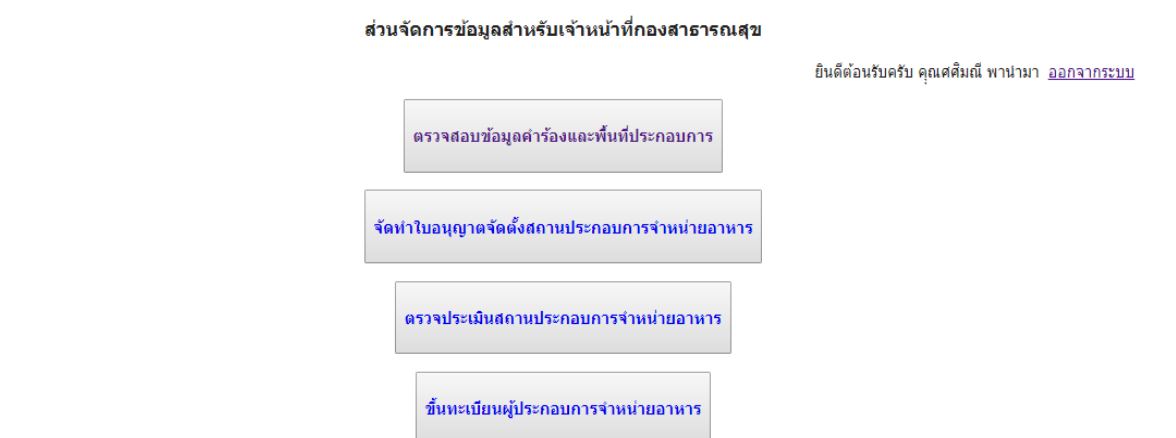


ภาพ 5 หน้าจอหลักแสดงบนสมาร์ทโฟน และแท็บเล็ต





ภาพ 6 หน้าจอส่วนบริการผู้ประกอบการ



ภาพ 7 หน้าจอส่วนจัดการข้อมูลสำหรับเจ้าหน้าที่/เจ้าพนักงานสาธารณสุข



ภาพ 8 หน้าจอส่วนจัดการข้อมูลสำหรับเจ้าพนักงานท้องถิ่น

ข้อมูลคำร้องของผู้ประกอบการ (ผ่านการตรวจสอบจากกองสาธารณสุขแล้ว)

| รายการ<br>ที่ | เลขที่<br>เอกสาร | วันที่ยื่น | ชื่อ-สกุล            | ที่อยู่                                        | หมายเลข<br>โทรศัพท์ | ยื่นขอ          | ประกอบกิจการ                                                               | เอกสาร/หลัก<br>ฐาน | พิมพ์แบบ<br>คำร้อง                                                                  | ค่า<br>ส่ง                                                                          |
|---------------|------------------|------------|----------------------|------------------------------------------------|---------------------|-----------------|----------------------------------------------------------------------------|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 1             | 85               | 03 2560    | นางสุวรรณ ศรี<br>ทอง | 22/1 ตำบลวังทอง อำเภอวังทอง<br>จังหวัดพิษณุโลก | 0878518337          | รับใบ<br>อนุญาต | สถานที่จำหน่ายอาหารหรือ<br>สะสมอาหาร<br>ประเภทร้านอาหาร<br>พื้นที่ 80 เมตร | รูปถ่าย            |  |  |

ภาพ 9 หน้าจอการตรวจสอบและให้ผลการตรวจสอบคำร้องขออนุญาตประกอบกิจการจำหน่าย  
อาหาร

ส่วนที่ 3 ผลการประเมินความพึงพอใจระบบจัดการด้านสุขาภิบาลอาหารเทศบาลตำบลวังทอง ซึ่งประกอบด้วย 4 ด้าน ได้แก่ 1) ด้าน Function Requirement Test เป็นการประเมินความถูกต้องและประสิทธิภาพของระบบว่าตรงตามความต้องการของผู้ใช้ระบบมากน้อยเพียงใด 2) ด้าน Function Test เป็นการประเมินความถูกต้องและประสิทธิภาพของระบบว่าสามารถทำงานได้ตามฟังก์ชันงานของระบบมากน้อยเพียงใด 3) ด้าน Usability Test เป็นการประเมินลักษณะการออกแบบระบบว่ามีความง่ายต่อการใช้งานมากน้อยเพียงใด และ 4) ด้าน Security Test เป็นการประเมินระบบในด้านการรักษาความปลอดภัยของข้อมูลว่ามีมากน้อยเพียงใด ซึ่งสามารถสรุปผลดังตาราง 1

ตาราง 1 แสดงผลการประเมินความพึงพอใจต่อการใช้ระบบจัดการด้านสุขาภิบาลอาหารเทศบาลตำบลวังทอง

| หัวข้อการประเมินผล                  | ค่าเฉลี่ย | ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน | ระดับความพึงพอใจ |
|-------------------------------------|-----------|---------------------|------------------|
| 1. ด้าน Functional Requirement Test | 4.35 (2)  | 0.66                | มาก              |
| 2. ด้าน Functional Test             | 4.18 (4)  | 0.72                | มาก              |
| 3. ด้าน Usability Test              | 4.40 (1)  | 0.67                | มาก              |
| 4. ด้าน Security Test               | 4.20 (3)  | 0.58                | มาก              |
| รวม                                 | 4.28      | 0.66                | มาก              |

จากตาราง 1 พบว่า ผู้ใช้ระบบมีความพึงพอใจต่อการใช้ระบบจัดการด้านสุขาภิบาลอาหารเทศบาลตำบลวังทอง ในภาพรวมอยู่ในระดับมาก ( $\bar{x} = 4.28$ ) โดยสามารถเรียงลำดับรายการประเมินที่ผู้ใช้พึงพอใจจากระดับมากไปน้อย ดังนี้ 1) ด้าน Usability Test เป็นการประเมินลักษณะการออกแบบระบบว่ามีความง่ายต่อการใช้งานมากน้อยเพียงใด ( $\bar{x} = 4.40$ ) 2) ด้าน Functional Requirement Test เป็นการประเมินผลความถูกต้อง และประสิทธิภาพของระบบว่าตรงตามความต้องการของผู้ใช้ระบบมากน้อยเพียงใด ( $\bar{x} = 4.35$ ) 3) ด้าน Security Test เป็นการประเมินระบบใน

ด้านการรักษาความปลอดภัยของ ข้อมูลในระบบว่ามีอย่างน้อยเพียงใด ( $\bar{x} = 4.20$ ) และ 4) ด้าน Functional Test เป็นการประเมินความถูกต้องและประสิทธิภาพในการทำงานของระบบว่าสามารถทำงานได้ตามฟังก์ชันงานของระบบอย่างน้อยเพียงใด ( $\bar{x} = 4.18$ ) ตามลำดับ

### สรุปและอภิปรายผล

จากการศึกษาและพัฒนาระบบจัดการด้านสุขาภิบาลอาหารเทศบาลตำบลวังทอง สามารถสรุปและอภิปรายดังนี้

#### 1. สรุปผล การวิจัยนี้เป็นการวิจัยและพัฒนา โดยสามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1.1 สรุปผลส่วนของการเก็บรวบรวมข้อมูลความต้องการระบบจัดการด้านสุขาภิบาลอาหารเทศบาลตำบลวังทอง โดยใช้แบบสัมภาษณ์จากผู้อำนวยการกองสาธารณสุข เจ้าหน้าที่งานสุขาภิบาลอนามัยและสิ่งแวดล้อม และผู้ประกอบการ จำนวนทั้งสิ้น 5 คน พบว่า ผู้ใช้ทั้ง 4 ระดับ ไม่ว่าจะเป็นผู้บริหาร เจ้าหน้าที่กองสาธารณสุข อสม.ทีมสุขภาพ และผู้ประกอบการ หรือผู้ประกอบการกิจการอาหารมีความต้องการความสะดวกสบายในส่วนของงานของตนเอง ไม่ว่าจะเป็นลดขั้นตอนและระยะเวลาในติดต่อทำธุรกรรมต่าง ๆ การประมวลผลที่รวดเร็วและแม่นยำ และสามารถสรุปข้อมูลการตรวจประเมินสุขาภิบาลอาหารของผู้ประกอบการต่าง ๆ ให้อยู่ในรูปแบบของกราฟสารสนเทศได้อย่างถูกต้องและการแสดงผลเป็นไปโดยทันที ทันเวลา และสามารถดูสารสนเทศต่าง ๆ ผ่านทางอุปกรณ์ทุกชนิด ทุกขนาดหน้าจอ

1.2 สรุปผลส่วนของการพัฒนาระบบ คณะผู้วิจัยได้นำผลจากการวิเคราะห์ และประมวลผลสาระความรู้ที่ได้จากการสัมภาษณ์ความต้องการ มาทำการพัฒนาระบบ ซึ่งสามารถจัดการกับขั้นตอนการทำธุรกรรมของผู้ประกอบการอาหาร กับเทศบาลฯ ตั้งแต่การยื่นคำร้องขอใบอนุญาตประกอบกิจการจำหน่ายอาหาร การอนุมัติใบอนุญาตตามลำดับสายงาน การจัดทำและต่อใบอนุญาต การจัดทำบัตรผู้ได้รับอนุญาตประกอบกิจการจำหน่ายอาหาร การตรวจประเมินสุขาภิบาลอาหาร การจัดทำทะเบียนผู้ประกอบการกิจการจำหน่ายอาหาร และการจัดทำรายงานสรุป รวมทั้งได้ปรับปรุงกระบวนการเดิม โดยทำการพัฒนาฟังก์ชันการประเมินตนเองด้านสุขาภิบาลอาหารโดยผู้ประกอบการ เพื่อให้ระบบทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น ทั้งนี้ส่วนการประเมินตนเองจะช่วยให้เทศบาลฯ ได้รับข้อมูลสารสนเทศเพื่อใช้ประกอบการตัดสินใจในการให้ใบอนุญาต และต่อใบอนุญาตจำหน่ายอาหารสำหรับผู้ประกอบการได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งยังมีการออกแบบระบบให้สามารถรองรับการเข้าชมผ่านอุปกรณ์ทุกชนิด ทุกขนาดหน้าจอ ตั้งแต่คอมพิวเตอร์พกพาที่แตกต่างกันไปจนถึงสมาร์ตโฟน และแท็บเล็ต เพื่อเพิ่มความสะดวกให้กับผู้ใช้งาน

1.3 สรุปผลการประเมินความพึงพอใจผู้ใช้งานระบบ เมื่อติดตั้งระบบแล้วผู้วิจัยได้ทำการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ ซึ่งเป็นผู้อำนวยการกองสาธารณสุขฯ เจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้อง และผู้ประกอบการ จำนวน 30 คน พบว่า ผู้ใช้ระบบมีความพึงพอใจต่อการใช้งานระบบจัดการด้านสุขาภิบาลอาหารเทศบาลตำบลวังทอง ในภาพรวมอยู่ในระดับมาก ( $\bar{x} = 4.28$ )

## 2. อภิปรายผล

1. การเก็บรวบรวมข้อมูลความต้องการระบบจัดการด้านสุขาภิบาลอาหารเทศบาลตำบลวังทอง โดยใช้แบบสัมภาษณ์ สำเร็จไปได้ด้วยดี ได้ข้อมูลครบถ้วน ทั้งในส่วนของผู้บริหาร เจ้าหน้าที่ที่ใช้ งานโดยตรง และผู้ประกอบการที่เข้ามาใช้งาน ซึ่งคณะผู้วิจัยได้ใช้การสุ่มกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง เพราะว่าข้อมูลที่ได้นั้นเป็นข้อมูลการใช้งานเฉพาะด้าน เป็นความต้องการของผู้ใช้งานจริง ๆ และกลุ่มตัวอย่างมีความรอบรู้ ความชำนาญและประสบการณ์เกี่ยวกับการจัดการด้านสุขาภิบาลอาหารจริง ซึ่ง สอดคล้องกับหนังสือของ กัลยา วาณิชยบัญชา (2542) ที่ได้เขียนความหมายของการเลือกกลุ่ม ตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) ว่าเป็นการเลือกกลุ่มตัวอย่างโดยพิจารณาจากการ ตัดสินใจของผู้วิจัยเอง ลักษณะของกลุ่มที่เลือกเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย การเลือกกลุ่ม ตัวอย่างแบบเจาะจงต้องอาศัยความรอบรู้ ความชำนาญและประสบการณ์ในเรื่องนั้น ๆ ของผู้ทำวิจัย

2. การพัฒนาระบบ คณะผู้วิจัยได้ใช้ Apache เป็น Web Server และภาษา PHP ในการ พัฒนาโปรแกรม เชื่อมโยงฐานข้อมูล MySQL และทำการออกแบบหน้าจอ โดยใช้หลักการ Responsive Web เพื่อที่จะสามารถรองรับการเข้าชมผ่านอุปกรณ์ทุกชนิด ทุกขนาดหน้าจอ ซึ่งใน ปัจจุบันมีออกแบบระบบโดยใช้หลักการ Responsive Web อย่างเช่น จารุณี ภักทรวงจรณา สุพัฒน์วรี ทิพย์เจริญ และพงศกร จันทราช (2560) ที่ทำการพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการ สำหรับการ จัดทำแผนพัฒนาชุมชนในพื้นที่ชุมชนกึ่งเมืองตำบลสารภี อำเภอสารภี จังหวัดเชียงใหม่ เพื่อรองรับ การบริหารจัดการชุมชนแบบมีส่วนร่วมสู่การพัฒนาอย่างยั่งยืน ที่ได้ทำการพัฒนาระบบโดยใช้ภาษา สคริปต์พีเอชพี (PHP) และใช้ระบบฐานข้อมูลมายเอสคิวแอล (MySQL) ในการจัดเก็บข้อมูล และใน ส่วนของการออกแบบเว็บไซต์ของระบบสารสนเทศนั้นได้ใช้เทคนิคการออกแบบการแสดงผลใน ลักษณะ Responsive Website ที่รองรับการแสดงผลบนทุกอุปกรณ์

3. การประเมินความพึงพอใจผู้ใช้งานระบบ เมื่อติดตั้งระบบแล้วผู้วิจัยได้ทำการประเมินความ พึงพอใจของผู้ใช้ พบว่า ผู้ใช้มีความพึงพอใจในด้านความง่ายในการใช้งานระบบ (Usability Test) มา เป็นอันดับ 1 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากระบบที่คณะผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นนั้นมีการออกแบบเมนูต่าง ๆ เข้าใจ ง่าย และเพิ่มความสะดวกรบายให้กับผู้ใช้ อีกทั้งถ้าผู้ใช้ไม่เข้าใจในขั้นตอนการใช้งานตรงส่วนใดก็ สามารถดูคู่มือออนไลน์เพื่อแนะนำการใช้งานระบบทุกขั้นตอนโดยละเอียด ซึ่งสอดคล้องกับงานของ ศิรวิพัฒน์ (2551) ที่ทำงานวิจัยเรื่อง การสร้างต้นแบบออนไลน์ในในประเทศไทยด้วยวิกิ พีเดีย ที่ได้มีการประเมินความพึงพอใจในส่วนของการใช้งานเช่นกัน และผลการประเมินความพึงพอใจใน

ส่วนของด้านความง่ายในการใช้งานระบบ (Usability Test) ก็มีความพึงพอใจมากกว่าด้านอื่น ๆ เช่นกัน

### ข้อเสนอแนะ

คณะผู้วิจัยให้ข้อเสนอแนะเพื่อการต่อยอดงานวิจัยนี้ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ดังนี้

1. ควรมีการพัฒนาระบบต่อยอดในลักษณะของโมบายแอปพลิเคชัน เพื่อที่จะได้เพิ่มความสะดวกของผู้ใช้งานมากยิ่งขึ้น
2. ในส่วนของการออกแบบหน้าจออินเทอร์เน็ตเฟสอาจออกแบบตามโครงสร้างฐานข้อมูลเป็นหลัก โดยยังไม่ได้มีการใช้ชุดคำสั่ง Ajax หรือ JQuery ที่ช่วยควบคุมการโต้ตอบอินเทอร์เน็ตเฟสที่ง่ายต่อการของผู้ใช้มากยิ่งขึ้น

### กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับงบประมาณสนับสนุนจากเทศบาลตำบลวังทอง ขอขอบคุณผู้อำนวยการกองสาธารณสุขฯ เจ้าหน้าที่งานสุขาภิบาลอนามัยและสิ่งแวดล้อม ผู้ประกอบการ และบุคคลอื่น ๆ ที่ไม่ได้กล่าวถึงที่มีส่วนช่วยให้การดำเนินการวิจัยนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

### เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงสาธารณสุข. (2556). โครงการพัฒนาระบบการจัดการสุขาภิบาลอาหาร ขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ปี 2556. (สำเนา). กรุงเทพฯ: สำนักสุขาภิบาลอาหารและน้ำ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข.
- กัลยา วาณิชย์บัญชา. (2542). การวิเคราะห์สถิติ: สถิติเพื่อการตัดสินใจ. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์วิทยาลัย.
- โกวิท ชาญเล่า. (10 กรกฎาคม 2555). แนวทางการพัฒนาเว็บแบบ Responsive Web Design. สืบค้นเมื่อวันที่ 12 กรกฎาคม 2560, จาก <http://sysadmin.psu.ac.th/author/govit-s/>
- ข้อมูลสถานประกอบกิจการทั่วประเทศ. (2560). จำนวนสถานประกอบกิจการ. กรุงเทพฯ: กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน.
- คิวกร สิริวัฒนานนท์. (2551). การสร้างต้นแบบออนไลน์ในประเทศไทยด้วยวิกิพีเดีย. วิทยานิพนธ์ วท.ม., กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- จารุณี ภัทรวงษณา สุพัฒน์วี ทิพย์เจริญ และพงศกร จันทราช. (2560). ระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการ สำหรับการจัดทำแผนพัฒนาชุมชนในพื้นที่ชุมชนกึ่งเมืองตำบลสารภี อำเภอสารภี จังหวัดเชียงใหม่. วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยฟาร์อีสเทอร์น. 11 (4), หน้า 128-146.

## การเสริมดักแด้ไหมในอาหารต่อการเจริญเติบโต

### และประสิทธิภาพการใช้อาหารของกุ้งขาว

#### Silk worm pupae supplemented in feed on growth performance and feed utilization of whit leg shrimp (*Litopeneus vannamei*)

ผการัตน์ ปานช่วย(Phakarat Panchuai)

อัจฉรา อูยยาหาญ(Atchara Auyyahan) รุ่งกานต์ กล้าหาญ(Rungkarn Klahan)\*

<sup>1</sup> สาขาวิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

\* Corresponding author E-mail: rukiirun@windowslive.com

#### บทคัดย่อ

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของการเสริมดักแด้ไหมในอาหารต่อการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการใช้อาหารและอัตราการรอดตายของกุ้งขาว และคุณภาพน้ำเลี้ยงกุ้ง โดยทำการศึกษาในกุ้งขาวระยะ post larva 15 (P15) แบ่งเป็น 3 ชุดการทดลอง ชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ ได้แก่ กุ้งขาวที่ได้รับอาหารที่ไม่มีการเสริมดักแด้ไหมในอาหาร และกุ้งขาวกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมดักแด้ไหม 3 และ 6% โดยเลี้ยงกุ้งขาวในน้ำความเค็ม 10 ppt ทำการทดลองเป็นระยะเวลา 45 วัน โดยไม่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำตลอดการทดลอง เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า การเจริญเติบโต และประสิทธิภาพการใช้อาหารของกุ้งขาวที่ได้รับอาหารเสริมดักแด้ไหมที่ 3 และ 6% มีค่าดีกว่ากลุ่มควบคุม ( $P < 0.05$ ) นอกจากนี้อัตราการรอดตายของกุ้งขาวที่ได้รับอาหารเสริมดักแด้ไหม 6% มีอัตราการรอดตายสูงที่สุดเท่ากับ  $40.69 \pm 0.19$  ( $P < 0.05$ ) และกุ้งขาวในกลุ่มดังกล่าวยังมีการลอกคราบสูงกว่ากลุ่มทดลองอื่นด้วย ( $p < 0.05$ ) โดยมีค่าเท่ากับ  $6.00 \pm 1.00$  คราบ สำหรับคุณภาพน้ำในแต่ละกลุ่มทดลองมีค่าอยู่ในช่วงปกติของการเลี้ยงกุ้งทะเลทั่วไป ซึ่งจากการทดลองชี้ให้เห็นว่าการเสริมดักแด้ไหมในอาหารกุ้งขาวสามารถเสริมได้ทั้งระดับ 3 และ 6% ในอาหารจะสามารถเพิ่มการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการใช้อาหาร และอัตราการรอดตายได้ดี แต่ถ้าต้องการเพิ่มการลอกคราบของกุ้งขาว ควรเสริมดักแด้ไหมในอาหารที่ 6%

**คำสำคัญ:** กุ้งขาว ดักแด้ไหม ประสิทธิภาพการใช้อาหาร

#### Abstract

This study was to investigate the effect of silk worm pupae supplementation feed on growth performance and feed utilization including water quality. Post lava 15 (P15) stage of shrimp was used and divided into 3 groups with 3 replications. Shrimp

was cultured in 10 ppt saline water and fed with silk worm pupae supplemented at 0, 3 and 6% for 45 days without water change through the experiment. At the end of trial, growth performance and feed utilization showed higher in shrimp fed with silk worm pupae supplemented at 3 and 6% than control group ( $P < 0.05$ ). Moreover, survival rate and molting of shrimp fed with silk worm pupae supplemented at 6% was highest were  $40.69 \pm 0.19$  % and  $6.00 \pm 1.00$  molt ( $P < 0.05$ ), respectively. Water quality in each group was in range of water quality standard for *Litopenaeus vannamei* culture. The result indicated that silk worm pupae supplemented at 3 and 6 % can promoted growth performance, feed utilization and survival rate in the event of focus on molting should to use at 6%.

**Keywords:** *Litopenaeus vannamei*. silk worm pupae. Feed conversion ratio.

## บทนำ

กุ้งขาวแอฟริกาที่เกษตรกรนิยมเลี้ยงในประเทศไทยเรียกว่ากุ้งขาวแวนนาไม หรือ “กุ้งขาว” เป็นกุ้งที่เลี้ยงง่าย มีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว เนื่องจากพ่อแม่พันธุ์ได้รับการพัฒนาสายพันธุ์มาเป็นเวลานาน และทำให้มีการนำเข้าไปเลี้ยงในหลาย ๆ ประเทศ สำหรับประเทศไทยได้มีการนำกุ้งขาวเข้ามาทดลองเลี้ยงในปี พ.ศ. 2541 แต่การทดลองในครั้งนั้นไม่ประสบความสำเร็จมากนัก (วิกิพีเดีย, 2561) จนกระทั่งเดือนมีนาคม พ.ศ. 2545 กรมประมงได้อนุญาตให้นำพ่อแม่พันธุ์ที่ปลอดเชื้อ (Specific Pathogen Free, SPF) จากต่างประเทศเข้ามาทดลองเลี้ยง ซึ่งเป็นช่วงเวลาเดียวกันที่การเลี้ยงกุ้งกุลาดำในประเทศไทยกำลังประสบปัญหาในเรื่องกุ้งโตช้า โดยเฉพาะในขณะที่จับกุ้งจะพบว่า มีกุ้งขนาดเล็กน้ำหนักประมาณ 3 ถึง 5 กรัมเป็นจำนวนมาก ทำให้เกษตรกรส่วนใหญ่ประสบปัญหาภาวะขาดทุน ในขณะเดียวกันเกษตรกรบางส่วนได้ทดลองเลี้ยงกุ้งขาว ซึ่งส่วนใหญ่ให้ผลค่อนข้างดี และจากกระแสการเลี้ยงกุ้งขาวที่ได้ผลดีกว่ากุ้งกุลาดำ ส่งผลให้เกษตรกรจำนวนมากหันมาเลี้ยงกุ้งขาวกันมากขึ้น แต่เนื่องจากกุ้งขาวเป็นกุ้งชนิดใหม่ที่ไม่เคยเลี้ยงในประเทศไทยมาก่อน ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรม การเลี้ยง การให้อาหาร ตลอดจนปัจจัยอื่น ๆ ที่มีผลเกี่ยวกับการเลี้ยงยังไม่มีการศึกษามาก่อน ทำให้เกษตรกรบางส่วนประสบปัญหาในเรื่องของกุ้งเป็นโรค ลูกพันธุ์ที่มีคุณภาพไม่ดีหลังจากเลี้ยงไปแล้วมีปัญหากุ้งโตช้าและมีลักษณะผิดปกติบางอย่างเกิดขึ้น (วิกิพีเดีย, 2561) โรคของกุ้งขาวที่พบในปัจจุบันมีมากขึ้นกว่าในอดีต เช่น โรคโรคดวงขาวหรือโรคจุดขาว โรคตัวพิการ โรคตัวแดง(ทอ) โรคกุ้งตายด่วน โรคEMS โรคชี้ขาว เป็นต้น (อุตสาหกรรมกุ้งขาวไทย, 2561) ซึ่งโรคเหล่านี้เกิดมาจากการที่พื้นบ่อและคุณภาพน้ำและอาหารที่ด้อยคุณภาพ การใช้อาหารที่ไม่มีคุณภาพที่ส่งผลให้กับสุขภาพและการเจริญเติบโตของกุ้งลดลงหรือช้าลง ดังนั้นการเสริมวัตถุดิบในอาหารเพื่อเพิ่มการ



เจริญเติบโตและเสริมสุขภาพกุ้งจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการเพิ่มผลผลิตกุ้งขาวต่อไปด้กแต่ใหม่เป็น  
สิ่งหนึ่งที่ได้จากการปลูกหมอนเลี้ยงใหม่ มีคุณค่าทางโภชนาการซึ่งมีโปรตีนสูงถึง 55.77 % ไขมัน  
24.62 % และในน้ำมันมีกรดไขมันอิ่มตัว 32.83 % มีกรดไขมันไม่อิ่มตัว 67.17 % เป็นกรดไขมัน  
จำเป็น คือ กรดไลโนเลอิก และกรดไลโนเลนิก ค่อนข้างมากกว่า คือ 6.08 % และ 26.53 %  
(กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2559) ดักแต่ใหม่ยังเป็นสัตว์ในกลุ่มเดียวกับกุ้งขาวอยู่ในPhylum  
arthropoda ซึ่งเปลือกของดักแต่ใหม่มีไคตินเช่นเดียวกับกุ้ง และการเจริญเติบโตต้องใช้การลอก  
คราบเช่นเดียวกัน (วิกิพีเดีย, 2558) ดังนั้นการใช้ดักแต่ใหม่ในอาหารกุ้งขาวน่าจะเป็นเพิ่มการ  
เจริญเติบโตและการลอกคราบของกุ้งได้ดีขึ้น นอกจากนี้ยังมีการใช้ในการใช้ดักแต่ใหม่ในอาหารสัตว์  
น้ำชนิดอื่นๆ เช่น การใช้ดักแต่ใหม่บ้านเป็นแหล่งโปรตีนในอาหารปลาตุลุ่มผสม เนื่องจากการ  
ทดลองพบว่า การใช้ดักแต่ใหม่บ้านทดแทนปลาป่น จำนวน 5 ระดับ คือ 0, 25, 50, 75 และ 100  
เปอร์เซ็นต์ของโปรตีนจากปลาป่น พบว่าประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนมีค่าลดลงตามระดับ การใช้  
ดักแต่ใหม่เพิ่มขึ้นและสามารถใช้ดักแต่ใหม่ทดแทนปลาป่นได้ 25 เปอร์เซ็นต์ ของโปรตีนจากปลา  
ป่นในหารปลาตุลุ่มผสม ตลอดช่วงเลี้ยง 3 เดือนโดยมีผลให้เติบโต ประสิทธิภาพการใช้อาหาร อัตรา  
รอด ต้นทุน การผลิตปลา สุขภาพปลาคุณภาพซาก และยอมรับภัยของผู้บริโภค ใกล้เคียงกับ  
อาหารที่ใช้ปลาป่นและกากถั่วเหลืองเป็นแหล่งโปรตีน (อรพินทและคณะ, 2546) และการใช้ดักแต่  
ใหม่ทดแทนอาหารปลาในการเลี้ยงปลาเทราต์พบว่า ค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อไม่ต่างกัน ถ้า  
ใช้ดักแต่ใหม่ทดแทน (Dheke and Gubhaju, 2013) จากข้อมูลดังกล่าว แสดงให้เห็นว่าดักแต่ใหม่มี  
คุณสมบัติในการเป็นอาหารสัตว์น้ำ สามารถทำให้สัตว์น้ำมีการเจริญเติบโตได้ดีขึ้น ดังนั้นการทดลอง  
นี้จึงต้องการศึกษาระดับการใช้ดักแต่ใหม่ในอาหารกุ้งขาวเพื่อเพิ่มศักยภาพกุ้งขาวเชิงพานิชต่อไป

### วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาระดับการใช้ดักแต่ใหม่อบแห้งที่เหมาะสมในอาหารกุ้งขาวต่อการเจริญเติบโตและ  
ประสิทธิภาพการใช้อาหาร

### วิธีดำเนินการวิจัย

#### การเตรียมสัตว์ทดลอง

นำลูกกุ้งขาวแวนนาไม (p15) มาเลี้ยงปรับสภาพด้วยอาหารกุ้งเบอร์ 2 โปรตีน 43  
เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 7 วัน ในตู้ขนาด 24 นิ้ว ปริมาณน้ำ 20 ลิตร จากนั้นสุ่มกุ้งจำนวน 30 ตัว  
ชั่งน้ำหนักและใส่ในตู้ทดลองตามการแบ่งกลุ่มทดลองจำนวนทั้งหมด 12 ตู้



### การเตรียมน้ำ

นำถัง 1000 ลิตร เติมน้ำความเค็ม 250 ppt และปรับค่าความเค็มให้ได้ 10 ppt ด้วยน้ำจืด จากนั้นทำการบำบัดน้ำด้วยคลอรีน และให้อากาศทิ้งไว้ 2-3 วัน ตรวจสอบคุณภาพน้ำให้ได้มาตรฐาน การเลี้ยงกุ้ง จากนั้น นำน้ำใส่ตู้กระจกขนาด 24 นิ้ว โดยผ่านการกรองด้วยถุงกรองปริมาตร 20 ลิตร/ตู้

### การเตรียมอาหาร

นำผักแต้ใหม่แห้ง จำนวน 200 กรัม อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 2 ชั่วโมง ด้วยเครื่องอบลมร้อน (hot oven) จนแห้งสนิท จากนั้นนำมาบดด้วยเครื่องบดละเอียด เก็บผักแต้ใหม่ปั่นละเอียดในถุงซิปล็อกที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อนำไปวิเคราะห์ค่าทางเคมีของวัตถุดิบ และนำไปใช้เสริมในอาหารทดลองตามชุดการทดลองดังนี้คือ

ชุดการทดลองที่ 1 (ชุดควบคุม) อาหารกุ้งเบอร์ 2 จำนวน 250 กรัม เสริม โปรตีนชั้น 1 % และปลาป่น 5 % ชุดการทดลองที่ 2 อาหารกุ้งเบอร์ 2 จำนวน 250 กรัม เสริม โปรตีนชั้น 1 % และปลาป่น 2 % ผักแต้ใหม่แห้งบด 3 % ชุดการทดลองที่ 3 อาหารกุ้งเบอร์ 2 จำนวน 250 กรัม เสริมกับ โปรตีนชั้น 1 % ผักแต้ใหม่แห้งบด 6 %

### การดำเนินการทดลอง

เลี้ยงกุ้งขาวระยะ post larva 15 (p15) ในตู้กระจกขนาด 24 นิ้ว ปริมาตรน้ำ 20 ลิตร ความเค็ม 10 ppt ที่ความหนาแน่น 30 ตัว/ตู้ ด้วยอาหารทดลองที่เสริมผักแต้ใหม่แห้งที่ระดับ 0, 3 และ 6 % วันละ 3 ครั้ง คือ 07.00 น., 13.00 น. และ 18.00 น. ตรวจวัดคุณภาพน้ำได้แก่ ค่า ความเป็นกรด - ด่าง, แคลเซียม, แมกนีเซียม, อังคาไลน์, แอมโมเนีย, ไนไตรท์ และอุณหภูมิทำการทดลองเป็นระยะเวลา 45 วัน ระหว่างการทดลองเก็บข้อมูลการเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย ประสิทธิภาพการใช้อาหาร และคุณภาพน้ำทุกสัปดาห์ตลอดการทดลองเพื่อนำค่าที่ได้ไปทดสอบทางสถิติต่อไป

### ผลการวิจัย

จากการทดลองพบว่ากุ้งขาวที่ได้รับอาหารเสริมผักแต้ใหม่แห้งที่ระดับ 3% และ 6% มีการเจริญเติบโตสูงกว่ากลุ่มทดลองอื่น ( $p < 0.05$ ) ดังแสดงในตารางที่ 1 โดยพิจารณาจากค่าน้ำหนักสุดท้าย  $0.27 \pm 0.025$  น้ำหนักเพิ่ม  $0.24 \pm 0.02$ ,  $0.27 \pm 0.025$  และน้ำหนักเพิ่มต่อวัน โดยมีค่าเท่ากับ  $0.005 \pm 0.000$  และอัตราการรอดตายของกุ้งกลุ่มดังกล่าวมีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุมเช่นกันโดยมีค่าอยู่ในช่วง 4.66 - 4.69% สำหรับปริมาณอาหารที่กินของกุ้งขาวแต่ละกลุ่มทดลองมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.01 - 0.02 กรัม/ตัว/วัน แต่อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของกุ้งขาวที่ได้รับอาหารเสริมผักแต้ใหม่แห้งที่ระดับ 6% และ 3% และที่สำคัญจำนวนการลอกคราบ

ของกุ้งขาวที่ได้รับอาหารเสริมผักดกดำใหม่ในระดับ 6% มีค่าสูงกว่ากลุ่มทดลองอื่น ( $p < 0.05$ ) โดยมีค่าเท่ากับ  $6.00 \pm 1.00$  คราบ

**ตารางที่ 1** การเจริญเติบโตของกุ้งขาวอัตรารอดตายและการลอกคราบกุ้งขาว (*Litopenaeus vannamei*) ที่เลี้ยงเสริม ด้วยผักดกดำใหม่และอาหารสำเร็จรูป

| การเจริญเติบโตและอัตรารอด            | ระดับการเสริมผักดกดำใหม่ (เปอร์เซ็นต์) |                      |                      |
|--------------------------------------|----------------------------------------|----------------------|----------------------|
|                                      | 0                                      | 3                    | 6                    |
| น้ำหนักเริ่มต้น (กรัม/ตัว)           | $0.03 \pm 0.00^a$                      | $0.03 \pm 0.00^a$    | $0.03 \pm 0.00^a$    |
| น้ำหนักสุดท้าย (กรัม/ตัว)            | $0.203 \pm 0.005^b$                    | $0.27 \pm 0.025^a$   | $0.27 \pm 0.025^a$   |
| น้ำหนักเพิ่ม (กรัม/ตัว)              | $0.17 \pm 0.005^b$                     | $0.24 \pm 0.02^a$    | $0.27 \pm 0.025^a$   |
| น้ำหนักเพิ่มขึ้นต่อวัน(กรัม/ตัว/วัน) | $0.004 \pm 0.00^b$                     | $0.005 \pm 0.0005^a$ | $0.005 \pm 0.0005^a$ |
| อัตรารอด (%)                         | $4.02 \pm 0.069^b$                     | $4.66 \pm 0.19^a$    | $4.69 \pm 0.19^a$    |
| อาหารที่ให้ (กรัม/ตัว/วัน)           | $0.01 \pm 0.00^a$                      | $0.02 \pm 0.00^b$    | $0.01 \pm 0.00^b$    |
| อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ        | $4.03 \pm 0.023^a$                     | $2.23 \pm 0.35^b$    | $2.23 \pm 0.35^b$    |
| จำนวนคราบ (คราบ)                     | $3.33 \pm 0.57^b$                      | $4.00 \pm 1.00^b$    | $6.00 \pm 1.00^a$    |

หมายเหตุ: <sup>abcd</sup> ค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกันกับตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ )

สำหรับผลการศึกษาคูณภาพน้ำ ได้แก่ แคลเซียม แมกนีเซียม อัลคาไลน์ แฮมโมเนีย ไนโตรที่อุณหภูมิความเป็นกรด – ด่าง จากน้ำเลี้ยงกุ้งขาวที่ได้รับอาหารเสริมผักดกดำใหม่ในระดับต่างๆ พบว่า มีค่าอยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงกุ้งโดยค่าแคลเซียมมีค่าอยู่ในช่วง 163 – 200 มิลลิกรัมต่อลิตร แมกนีเซียมมีค่าอยู่ในช่วง 527 – 848 มิลลิกรัมต่อลิตร อัลคาไลน์มีค่าอยู่ในช่วง 106-178 มิลลิกรัมต่อลิตร แฮมโมเนียมีค่าอยู่ในช่วง 0.026 - 0.033 มิลลิกรัมต่อลิตร ไนโตรที่มีค่าอยู่ในช่วง 0.61 - 1.37 มิลลิกรัมไนโตรเจนลิตร ความเป็นกรด – ด่างมีค่าอยู่ในช่วง 7.16 - 7.20 pH อุณหภูมิมีค่าอยู่ในช่วง  $30.2 \pm 0$  องศาเซลเซียส ยกเว้นค่าต่อคุณภาพน้ำที่แสดงค่าของเสียในน้ำคือ ค่าแฮมโมเนียและไนโตรที่พบว่าค่าไนโตรที่มีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐานอย่างมาก เนื่องจากตลอดการเลี้ยงไม่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำแต่อย่างใดส่งผลให้ค่าของเสียมีค่าสูงขึ้น (ตารางที่2)

**ตารางที่ 2** คุณภาพน้ำจากกุ้งขาว (*Litopenaeus vannamei*) ที่เลี้ยงเสริมด้วยผักแด่ใหม่และอาหารสำเร็จรูป

| พารามิเตอร์                   | ระดับการเสริมผักแด่ใหม่ (เปอร์เซ็นต์) |                             |                             |
|-------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
|                               | 0                                     | 3                           | 6                           |
| แคลเซียม (มิลลิกรัมต่อลิตร)   | 163.33 ± 3.33 <sup>b</sup>            | 163.33 ± 9.54 <sup>b</sup>  | 200.00 ± 8.16 <sup>a</sup>  |
| แมกนีเซียม (มิลลิกรัมต่อลิตร) | 848.20 ± 23.91 <sup>a</sup>           | 651.40 ± 68.27 <sup>b</sup> | 527.20 ± 28.78 <sup>b</sup> |
| อัลคาไลน์ (มิลลิกรัมต่อลิตร)  | 129.20 ± 4.16 <sup>b</sup>            | 178.50 ± 14.72 <sup>a</sup> | 106.25 ± 4.25 <sup>b</sup>  |
| แอมโมเนีย (มิลลิกรัมต่อลิตร)  | 0.026 ± 0.005 <sup>b</sup>            | 0.033 ± 0.008 <sup>a</sup>  | 0.026 ± 0.005 <sup>a</sup>  |
| ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร)   | 0.61 ± 0.04 <sup>a</sup>              | 0.77 ± 0.14 <sup>a</sup>    | 1.37 ± 0.35 <sup>b</sup>    |
| ความเป็นกรด – ด่าง (pH)       | 7.16 ± 0.03 <sup>a</sup>              | 7.16 ± 0.00 <sup>a</sup>    | 7.20 ± 0.00 <sup>a</sup>    |
| อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)       | 30.20 ± 0.00 <sup>a</sup>             | 30.20 ± 0.00 <sup>a</sup>   | 30.20 ± 0.00 <sup>a</sup>   |

หมายเหตุ: <sup>abcd</sup> ค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกันกับตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05)

### สรุปและอภิปรายผล

การเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารของกุ้งขาวที่ได้รับอาหารเสริมผักแด่ใหม่ที่ระดับ 6% และ 3% มีค่าสูงกว่ากลุ่มชุดควบคุม (p<0.05) โดยพิจารณาจากค่าน้ำหนักสุดท้าย น้ำหนักเพิ่ม และน้ำหนักเพิ่มต่อวัน มีค่าแตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งผลการทดลองนี้ชี้ให้เห็นว่า การใช้อาหารเสริมผักแด่ใหม่ที่ระดับ 6 % และ 3% เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและการใช้อาหารกุ้งขาว นอกจากนี้เมื่อพิจารณาจากค่าการลอกคราบพบว่า กุ้งขาวกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมผักแด่ใหม่ที่ระดับ 6 % และ 3% มีการลอกคราบสูงกว่ากลุ่มชุดควบคุม เนื่องจากผักแด่ใหม่มีโปรตีน และไขมันสูง รวมถึงกรดไขมันที่จำเป็นอีกด้วย ซึ่งจะส่งผลให้ปูตัวมีความสมบูรณ์ ใช้อาหารได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้กุ้งเจริญเติบโตได้ดี เนื่องจากตับกุ้งเป็นส่วนสำคัญเป็นการดำรงชีวิตของกุ้ง โดยตับกุ้งจะทำหน้าที่ย่อยอาหารและเปลี่ยนสารอาหารไปเป็นพลังงานสำหรับการดำรงชีวิตของกุ้ง นอกจากนี้ตับกุ้งยังเป็นอวัยวะสำคัญที่ช่วยสะสมอาหารและแร่ธาตุต่างๆ รวมทั้งสารโคตินเพื่อช่วยในการลอกคราบ สร้างเปลือกใหม่ให้กับกุ้ง (โบนอฟิตเตส มาร์เก็ตติง, 2018) การทดลองนี้สอดคล้องกับ การศึกษาการทดแทนผักแด่ใหม่ในอาหารปลาที่พบว่าการใช้ผักแด่ใหม่บ้านทดแทนปลาป่นในอาหารปลาดุก ลูกผสมทำการศึกษาในอาหาร 32 และ 28 เปอร์เซ็นต์ โปรตีนสำหรับปลาดุกระยะเล็ก (20 – 80 กรัม) และระยะเติบโต (80 – 300 กรัม) ตามลำดับ และอาหารมีพลังงานที่ย่อยได้ 2800 + 50 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม เท่ากันทั้งสองระยะ วางแผนการทดลองแบบ CRD 5 ชุดการทดลอง 3 ซ้ำ โดยให้อาหารทั้งสองระยะมีระดับการใช้ผักแด่ใหม่บ้านทดแทนปลาป่น จำนวน 5 ระดับ คือ 0, 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ของโปรตีนจากปลาป่น แบ่งการศึกษาเป็น 2 การทดลอง การทดแทนที่ 1 ศึกษา

ประสิทธิภาพการย่อยได้ของโภชนะในอาหารโดย เอนไซม์ เปปซิน พบว่าประสิทธิภาพการย่อยได้ของโปรตีนในอาหารลดลง ( $p < 0.05$ ) ตามระดับการใช้ดักแด้ไหมที่เพิ่มขึ้น ส่วนประสิทธิภาพการย่อยได้ของวัตถุแห้งมีค่าใกล้เคียงกัน ( $p > 0.05$ ) การทดลองที่ 2 ศึกษาผลการใช้ดักแด้ไหมบ้านทดแทนปลาป่นในอาหารปลาดุกลูกผสมต่อสมรรถภาพการเติบโตและคุณภาพผลผลิต ทดลองในลูกปลาดุกลูกผสมขนาดน้ำหนักเฉลี่ย  $19.50 \pm 5.0$  กรัม เป็นระยะเวลา 3 เดือนพบว่า น้ำหนักเพิ่มต่อตัวต่อวัน ปริมาณอาหารที่กิน การใช้ประโยชน์ที่กินสุทธิและต้นทุนการผลิตปลาต่อกิโลกรัมมีค่าต่ำลง ( $p < 0.05$ ) อัตราการเปลี่ยนอาหารมีค่าสูงขึ้น ( $p < 0.05$ ) อัตราการรอดการตายและประสิทธิภาพโปรตีนในอาหารมีค่าใกล้เคียงกันค่าต่ำลง ( $p < 0.05$ ) ตามระดับการใช้ดักแด้ไหมที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นการใช้ดักแด้ไหมทดแทนปลาป่นที่ระดับ 25 เปอร์เซ็นต์ ของโปรตีนจากปลาป่นเป็นระดับเหมาะสมในอาหารปลาดุกลูกผสมซึ่งประสิทธิภาพลดลงตามระดับการใช้ดักแด้ไหมที่เพิ่มขึ้นและสามารถใช้ดักแด้ไหมทดแทนปลาป่นในอาหารได้ โดยมีผลทำให้ปลาดุกเจริญเติบโตได้ดี ประสิทธิภาพการใช้อาหาร อัตราการลดต้นทุน การผลิตปลา สุขภาพปลา คุณภาพซากปลา และยอมรับผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภคใกล้เคียงกับอาหารที่ใช้ปลาป่น และกากถั่ว เป็นแหล่งโปรตีน (อรพินทและคณะ, 2546) ดังนั้นการใช้ดักแด้ไหมจะช่วยให้กุ้งเจริญเติบโตได้ดีเพราะในดักแด้ไหมมีโปรตีนสูงและไขมันสูงซึ่งคล้ายกับการทดลองของ (Dheke and Gubhaju, 2013) ค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อไม่ต่างกันถ้าใช้ดักแด้ไหมทดแทน นอกจากนี้ยังมีการใช้ดักแด้ไหมสดเป็นอาหารปลาคาร์พ มีอัตราการเจริญเติบโตที่ดีขึ้นโดยอาหารที่มีดักแด้ไหม 30 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีอาหารปลา ร้อยละ 10 และร้อยละ 20 ของดักแด้รวมกับปลาป่น 20 เปอร์เซ็นต์ และ 10 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการเจริญเติบโตต่ำกว่า แม้จะไม่มี ความแตกต่างกันทางสถิติ การย่อยโปรตีนและไขมันจากอาหารดักแด้ดีกว่าอาหารที่มีการควบคุมอาหารปลา การสะสมโปรตีน ไขมัน และถ้ามีการสะสมด้วยเอนไซม์ 20 เปอร์เซ็นต์ และ 30 เปอร์เซ็นต์ สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ อาหารทดลองไม่มีอิทธิพลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านสีกลิ่นรสและรส ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าดักแด้ที่ไม่สามารถย่อยสลายได้จะทดแทนปลาป่นในอาหารของปลาคาร์พโดยไม่กระทบต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพ (Nandeesh, et al., 1990)

สำหรับคุณภาพน้ำของการทดลองเลี้ยงกุ้งขาวพบว่า มีแคลเซียม แมกนีเซียม อัลคาไลน์ ความเป็นกรด-ด่าง และอุณหภูมิ มีค่าอยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงกุ้งขาว ยกเว้นค่าคุณภาพน้ำที่แสดงค่าของเสียในน้ำคือ ค่าแอมโมเนียและไนโตรเจน พบว่า ค่าไนโตรเจนมีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐานอย่างมาก เนื่องจากตลอดการเลี้ยงไม่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำแต่อย่างใด ส่งผลให้ค่าของเสียมีค่าสูงขึ้น ค่ามาตรฐานของคุณภาพน้ำของแคลเซียม 550 มิลลิกรัมต่อลิตร แมกนีเซียม 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าอัลคาไลน์ในน้ำที่เหมาะสมกับการเลี้ยงกุ้งขาวคือ 80-150 มิลลิกรัมต่อลิตร แอมโมเนีย ไม่ควรเกิน 1 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร ไนโตรเจนไม่ควรเกิน 0.1 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร pH อยู่ระหว่าง 7-

8 อุณหภูมิในน้ำที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของกุ้ง 28-33 องศาเซลเซียส (คุณภาพน้ำที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงกุ้งทะเล, 2561)

จากการทดลองสรุปได้ว่าการใช้ผักตบชวาในสูตรอาหารสำหรับกุ้งขาวควรใช้ที่ระดับ 3 - 6 เปอร์เซ็นต์ จะส่งผลต่อการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการใช้อาหาร และถ้าต้องการให้กุ้งขาวมีการลอกคราบสูงขึ้น และ อัตรารอดตายดีขึ้นควรใช้ที่ 6 %

### กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ ไร่นานัน จุล จังหวัดเพชรบูรณ์ ที่ได้สนับสนุน ผักตบชวาอบแห้ง และ ฟาร์มวาสนา กุ้งขาวแวนนาไม จังหวัดสมุทรสงคราม ที่ได้สนับสนุนลูกพันธุ์กุ้งขาวแวนนาไมเพื่อทำวิจัยครั้งนี้

### เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (2559). โภชนาการผักตบชวา. ค้นเมื่อ 1 มีนาคม 2561, จาก <https://www2.moac.go.th/main.php?filename=index2016>.
- คุณภาพน้ำในการเลี้ยงกุ้ง. (2561). คุณภาพน้ำที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงกุ้งทะเล. ค้นเมื่อ 1 พฤษภาคม 2561, จาก <https://sites.google.com/site/prawitchaikong/content5>.
- โบนาฟิเดส มาร์เก็ตติ้ง. (2018). บำรุงตับกุ้ง. ค้นเมื่อ 15 พฤษภาคม 2561, จาก <http://bonafidesmarketing.com/articledetail.asp?id=28823>
- วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. (2561). กุ้งขาวแวนนาไม. ค้นเมื่อ 7 เมษายน 2561, จาก <https://th.wikipedia.org/wiki/%E0%B8%81%E0%B8%B8%E0%B9%89%E0%B8%87%E0%B8%82%E0%B8%B2%E0%B8%A7>.
- วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. (2558). ไคติน. ค้นเมื่อ 14 พฤษภาคม 2561, จาก <https://th.wikipedia.org/wiki/%E0%B9%84%E0%B8%84%E0%B8%97%E0%B8%B4%E0%B8%99>.
- อรพินท์ จิตรสถาพร และคณะ. (2546). การใช้ผักตบชวาเป็นแหล่งโปรตีนในอาหารปลา  
ลูกผสม. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 41: สาขาประมง.
- อุตสาหกรรมกุ้งไทย. (2561). โรคกุ้งขาว. ค้นเมื่อ 8 เมษายน 2561, จาก [http://www.thailandshrimp.org/agriculture\\_vannamei9.html](http://www.thailandshrimp.org/agriculture_vannamei9.html).

- Dheke S. and S. R. Gubhaju. (2013). Growth response of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) on substitution of shrimp meal by different protein sources. 1(1): 24-29.
- Nandeesh, M.C., G.K.Srikanth, P.Keshavanath T.J. Varghese, N.Basavaraja and S.K.Das. (1990). Effects of non- defatted silkworm-pupae in diets on the growth of common carp, *Cyprinus carpio* Biological Wastes. 33(1): 17-23.