



## คำนิยม

ด้วยทิศทางการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของโลกในปัจจุบัน ทำให้ภาคอุตสาหกรรมนอกจากต้องมีความรู้ ความสามารถทางด้านวิศวกรรมแล้ว ความสามารถด้านการจัดการสิ่งแวดล้อม และการอยู่ร่วมกับชุมชน ยังเป็นสิ่งที่สำคัญ และจำเป็นของภาคอุตสาหกรรมมาก เนื่องจากการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมในปัจจุบันมุ่งเน้นไปที่การปรับโครงสร้างเศรษฐกิจให้สมดุลและยั่งยืน องค์กรธุรกิจทั้งในภาคอุตสาหกรรมการผลิตและการบริการ สามารถปรับปรุงกระบวนการผลิตสินค้าและบริการให้ได้มาตรฐานตามหลักสากล และลดต้นทุนการผลิต รวมถึงลดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติแต่ยังคงมีคุณภาพที่ดี อีกทั้งยังสามารถแข่งขันกับคู่แข่งในตลาดระดับประเทศ ระดับภูมิภาค และระดับโลกได้

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ได้ตระหนักถึงภารกิจที่สำคัญนี้ จึงให้การสนับสนุนสาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน เพื่อผลิตบุคลากรที่มีความรู้ ความสามารถและคุณธรรม สามารถสร้างสรรค์ผลงานวิจัยและนวัตกรรมใหม่ อีกทั้งเป็นการบริการสังคมในด้านวิชาการ และเป็นที่ประจักษ์ถึงการเติบโตของสาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน ทั้งในเชิงจำนวนบัณฑิต มหาบัณฑิต ดุษฎีบัณฑิต จำนวนคณาจารย์ผู้ทรงคุณวุฒิ และผลงานวิชาการที่มีคุณภาพ

ผมในฐานะรักษาราชการแทนอธิการบดี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ขอแสดงความยินดีกับสาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน ที่ได้รับเกียรติร่วมเป็นเจ้าภาพจัดการประชุมวิชาการระดับชาติเพื่อนำเสนอผลงานทางวิศวกรรม นวัตกรรมและการจัดการอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน ครั้งที่ 10 ประจำปี 2564 ในวันที่ 29 กันยายน 2564 ผ่านทางโปรแกรม google meet โดยความร่วมมือระหว่างมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนครกับสถาบันน้ำและสิ่งแวดล้อมเพื่อความยั่งยืน สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย (ส.อ.ท.) กระผมเชื่อมั่นเป็นอย่างยิ่งว่า การประชุมวิชาการในครั้งนี้ จะสร้างความร่วมมือระหว่างสถาบันการศึกษาภาคอุตสาหกรรมที่สำคัญของประเทศ ในการพัฒนาความรู้ นวัตกรรมและเทคโนโลยีเพื่อสร้างความเข้มแข็งอย่างยั่งยืนของประเทศ อีกทั้งส่งผลต่อการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของประเทศไทยให้มีความก้าวหน้าต่อไป

(ดร.ณัฐวรพล รัชสิริวัชรบุล)

รักษาราชการแทนอธิการบดี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร



## คำนิยม

สถาบันน้ำและสิ่งแวดล้อมเพื่อความยั่งยืน ได้จัดการประชุมวิชาการและการนำเสนอผลงานทางวิศวกรรม นวัตกรรมและการจัดการอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน (Sustainable Industrial Innovation and Management Conference) ครั้งที่ 10 ประจำปี 2564 ร่วมกับสาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการ อุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร พร้อมทั้งจัดทำผลงานวิจัยที่นำเสนอในที่ประชุมวิชาการ (Proceedings) ฉบับนี้ ซึ่งเป็นการรวบรวมผลงานเชิงวิชาการเพื่อเป็นสื่อกลางและส่งเสริมให้มีการแลกเปลี่ยนประสบการณ์ต่างๆ ในด้านการพัฒนาอุตสาหกรรมเชิงบูรณาการทางเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม โดยเน้นถึงปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในสถานการณ์ปัจจุบัน เพื่อก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด อีกทั้งยังแสดงถึงศักยภาพในการศึกษาและวิจัยของสถาบันต่างๆ ในประเทศอีกด้วย

สถาบันน้ำและสิ่งแวดล้อมเพื่อความยั่งยืน มีความชื่นชมผลงานวิชาการที่เข้าร่วมการประชุมวิชาการในครั้งนี้ และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าผลงานวิจัยที่นำเสนอในที่ประชุมวิชาการ (Proceedings) ฉบับนี้ จะเป็นองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ ที่เป็นประโยชน์ต่อผู้ร่วมการประชุม และผู้ที่สนใจทุกคน ในการนำไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อการพัฒนาอุตสาหกรรมของประเทศไทยให้ยั่งยืนสืบไป

(นางสาวพรรรัตน์ เพชรภักดี)  
ผู้อำนวยการอาวุโส สถาบันน้ำและสิ่งแวดล้อมเพื่อความยั่งยืน  
สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย



**คณะกรรมการจัดประชุมวิชาการ**  
**การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานทางวิศวกรรม**  
**นวัตกรรมและการจัดการอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน**  
**ครั้งที่ 10 ประจำปี 2564 วันที่ 29 กันยายน 2564**  
**ผ่านโปรแกรม google meet**

**ที่ปรึกษาโครงการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร**

1. รักษาราชการแทนอธิการบดีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ประธานที่ปรึกษา  
ดร.ณัฐวรพล รัชสิริวัชรบุล
2. รักษาราชการแทนรองอธิการบดีฝ่ายวิจัยและพัฒนานวัตกรรม ที่ปรึกษา  
ดร.ปริญญ์ บุญกนิษฐ
3. รักษาราชการแทนรองอธิการบดีฝ่ายพัฒนาดิจิทัล ที่ปรึกษา  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์กร พวงนาค
4. รักษาราชการแทนรองอธิการบดีฝ่ายบริหารกิจการสภามหาวิทยาลัย ที่ปรึกษา  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กษิทธิ์เดช สุทธิวานิช
5. รักษาราชการแทนรองอธิการบดีฝ่ายวางแผนและกายภาพ ที่ปรึกษา  
นายกฤษณ์ เจ็ดวรรณะ
6. รักษาราชการแทนรองอธิการบดีฝ่ายวิชาการและพัฒนาคณาจารย์ ที่ปรึกษา  
รองศาสตราจารย์ ดร.ณัฐโชติ รักไทยเจริญชีพ
7. รักษาราชการแทนรองอธิการบดีฝ่ายการเงินและการคลัง ที่ปรึกษา  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อมรศิริ ดิสสร
8. ผู้ช่วยอธิการบดีฝ่ายพัฒนากายภาพ ที่ปรึกษา  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์จักรพันธ์ แสงสุวรรณ
9. ผู้ช่วยอธิการบดีฝ่ายยุทธศาสตร์และแผน ที่ปรึกษา  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรินทร์ สุตคะนึ่ง
10. ผู้ช่วยอธิการบดีฝ่ายกิจการนักศึกษา ที่ปรึกษา  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ศรีทธา แข่งเพ็ญแข
11. ผู้ช่วยอธิการบดีฝ่ายธรรมาภิบาล ที่ปรึกษา  
นายสัมพันธ์ สุวรรณศิริ
12. ผู้ช่วยอธิการบดีฝ่ายการเงินและการคลัง ที่ปรึกษา  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์เพ็ญนภา สุวรรณบำรุง
13. ผู้ช่วยอธิการบดีฝ่ายวิชาการและพัฒนาคณาจารย์ ที่ปรึกษา  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์กุลยศ สุวันทโรจน์
14. ผู้ช่วยอธิการบดีฝ่ายประกันคุณภาพ ที่ปรึกษา  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์พิเชฐ จิรประเสริฐวงศ์



- |                                                                            |           |
|----------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 15. ผู้ช่วยอธิการบดีฝ่ายศิลปวัฒนธรรม<br>ดร.ก้องเกียรติ มหาอินทร์           | ที่ปรึกษา |
| 16. ผู้ช่วยอธิการบดีฝ่ายบริหารและกิจการภายใน<br>นายธนวัฒน์ สุดจิตร์สมโภชน์ | ที่ปรึกษา |

**คณะกรรมการอำนวยการจาก สถาบันน้ำและสิ่งแวดล้อมเพื่อความยั่งยืน สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย**

- |                                                                                             |                         |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 1. ประธานสภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย<br>นายสุพันธุ์ มงคลสุธี                                 | ประธานดำเนินงาน         |
| 2. ประธานคณะกรรมการสถาบันน้ำและสิ่งแวดล้อมเพื่อความยั่งยืน<br>นายสมชาย หวังวัฒนพานิช        | รองประธานดำเนินงาน      |
| 3. รองประธานคณะกรรมการสถาบันน้ำและสิ่งแวดล้อมเพื่อความยั่งยืน<br>นายเจริญชัย ประเทืองสุขศรี | กรรมการ                 |
| 4. คณะกรรมการสถาบันน้ำและสิ่งแวดล้อมเพื่อความยั่งยืน<br>นายไพรัตน์ ตั้งเศรณี                | กรรมการ                 |
| 5. คณะกรรมการสถาบันน้ำและสิ่งแวดล้อมเพื่อความยั่งยืน<br>นายธัญพัฒน์ มั่นนิชนันทน์           | กรรมการ                 |
| 6. ผู้อำนวยการอาวุโส สถาบันน้ำและสิ่งแวดล้อมเพื่อความยั่งยืน<br>นางสาวพรรัตน์ เพชรภักดี     | กรรมการ                 |
| 7. เจ้าหน้าที่อาวุโส สถาบันน้ำและสิ่งแวดล้อมเพื่อความยั่งยืน<br>นางสาววรรณัฐ การิกาญจน์     | กรรมการและ<br>เลขานุการ |



### คณะกรรมการอำนวยการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

1. รักษาราชการแทนอธิการบดีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ประธานกรรมการ  
ดร.ณัฐวรพล รัชสิริวัชรบุล
2. รักษาราชการแทนรองอธิการบดีฝ่ายวิจัยและพัฒนานวัตกรรม กรรมการ  
ดร.ปริชญ์ บุญกนิษฐ
3. รักษาราชการแทนรองอธิการบดีฝ่ายบริหารกิจการสภามหาวิทยาลัย กรรมการ  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กษิต์เดช สุทธิวานิช
4. รักษาราชการแทนรองอธิการบดีฝ่ายวางแผนและกายภาพ กรรมการ  
นายฤกษ์ม์ เจ็ดวรรณะ
5. รักษาราชการแทนรองอธิการบดีฝ่ายวิชาการและพัฒนาคณาจารย์ กรรมการ  
รองศาสตราจารย์ ดร.นัฐโชติ รักไทยเจริญชีพ

### คณะกรรมการดำเนินงาน

1. นายสุวัสต์ แผงธีระสุขมัย ประธานกรรมการดำเนินงาน
2. ดร.ณัฐวรพล รัชสิริวัชรบุล รองประธานกรรมการดำเนินงาน
3. ดร.ปริชญ์ บุญกนิษฐ กรรมการดำเนินงาน
4. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สหรัตน์ วงษ์ศรีษะ กรรมการดำเนินงาน
5. ดร.สุวิทย์ แผงกันยา กรรมการดำเนินงาน
6. ดร.เทอดพงษ์ แดงสี กรรมการดำเนินงาน
7. ดร.สรสุธี บัวพูล กรรมการดำเนินงาน
8. นายพุทธิพงษ์ เลชะชัยวรกุล กรรมการดำเนินงาน
9. ดร.สะคราญ สิขมรังษี กรรมการดำเนินงาน
10. นายศิวรุตม์ จุลพรหม เลขานุการ



## รายชื่อคณะกรรมการพิจารณาบทความ

### คณะกรรมการด้านวิชาการประเมินและพิจารณาบทความวิชาการ

- 1. ดร.ณัฐวรพล รัชสิริวัชรบุล**  
สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
- 2. ดร.ปริญญา บุญเกษม**  
สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
- 3. ดร.สุวิทย์ แพงกันยา**  
สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
- 4. ดร.เทอดพงษ์ แดงสี**  
สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
- 5. ดร.สรสุธี บัวพูล**  
สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
- 6. ดร.สะคราญ สิขมรังสี**  
สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร



## คำนำ

การจัดประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานทางวิศวกรรม นวัตกรรมและการจัดการอุตสาหกรรม เพื่อความยั่งยืน (Sustainable Industrial Innovation and Management Conference) ครั้งที่ 10 ประจำปี 2564 โดยความร่วมมือระหว่าง สถาบันน้ำและสิ่งแวดล้อมเพื่อความยั่งยืน สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย (ส.อ.ท.) สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร เป็นการดำเนินการต่อเนื่องจากการจัดประชุมวิชาการครั้งที่ 9 เมื่อปี 2563 ภายใต้ข้อตกลงความร่วมมือ “พัฒนาศักยภาพบุคลากรสมาชิกสภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทยเพื่อการจัดการอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน” ระหว่าง สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทยและ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

การจัดประชุมวิชาการในครั้งนี้ 10 นี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นเวทีนำเสนอผลงานเชิงวิชาการ พร้อม กับส่งเสริมให้มีการแลกเปลี่ยนประสบการณ์ในด้านการพัฒนาอุตสาหกรรมเชิงบูรณาการ 3 ส่วน ประกอบด้วย ระบบเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม โดยนักวิจัยจากสถาบันการศึกษา ด้าน วิศวกรรมศาสตร์และวิทยาศาสตร์ รวมถึงนักวิจัยจากภาคอุตสาหกรรมภายใต้องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และวิศวกรรมศาสตร์ที่ทันสมัยสอดคล้องตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง

การนำเสนอผลงานวิจัยครอบคลุมด้านการจัดการองค์กรเพื่อความยั่งยืน การเพิ่มประสิทธิภาพของ กระบวนการผลิต การจัดการสิ่งแวดล้อม การจัดการของเสีย การรีไซเคิลวัสดุเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ การ พัฒนาผลิตภัณฑ์ทางวิศวกรรมและเทคโนโลยีเพื่อความเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม การพัฒนาพลังงาน ทดแทนและนวัตกรรมจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน เป็นต้น การจัดประชุมวิชาการในครั้งนี้ หวังเป็นอย่างยิ่งว่าผู้เข้าร่วมประชุมจะได้มีโอกาสแลกเปลี่ยนประสบการณ์ ได้รับความรู้ใหม่ และการ พัฒนาเทคโนโลยีที่ทันสมัย พร้อมทั้งนำความรู้ไปประยุกต์ใช้อย่างเหมาะสม ทั้งการทำงานและการ ดำรงชีวิตที่ดีขึ้น เป็นบุคลากรสำคัญต่อการพัฒนาอุตสาหกรรมของประเทศไทยให้ยั่งยืนต่อไป

คณะกรรมการดำเนินการจัดประชุมวิชาการ ขอขอบพระคุณ คณะกรรมการพิจารณาบทความ ผู้สนับสนุน จากทุกภาคส่วน นักวิจัย ผู้นำเสนอบทความ และผู้เข้าร่วมประชุมวิชาการทุกท่าน มา ณ ที่นี้

สถาบันน้ำและสิ่งแวดล้อมเพื่อความยั่งยืน  
สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย (ส.อ.ท.)  
สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน  
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร  
กันยายน 2564



## ลำดับผลงานวิชาการ (Recorded Presentation)

วันศุกร์ที่ 29 กันยายน 2564

ลำดับ	ชื่อบทความ	ชื่อเจ้าของผลงาน	หน่วยงาน
1.	การวางแผนการผลิตรวมโดยใช้แบบจำลองกำหนดการทางคณิตศาสตร์กรณีศึกษาผลิตภัณฑ์แปรรูปมะขามหวาน	กฤษฎี เล้าประชา, มลรัตน์ แซ่อ่อง, ฉันทพร อุดม และ กอบเกียรติ สำอางค์	สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
2.	การออกแบบธุรกิจ กรณีศึกษา : บ้านวงษ์อนันท์ โฮมสเตย์ อำเภอเชียงคาน จังหวัดเลย	ธัญญาลักษณ์ โสคติวัลย์	สาขาบริหารธุรกิจ วิทยาลัยบัณฑิตศึกษาการจัดการ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
3.	การพัฒนาเครื่องชั่งน้ำหนักคำนวณค่าดัชนีมวลกาย	ปวีรบรรด นาสาวาสดี, ยุทธณรงค์ จงจันทร์, อนุชา ศรีบุรัมย์, จันทรศิริ พลอยงาม, ชีรพล สระแก้ว, ณทกร ชิจจิประศาสตร์ และ สุภาวนันท์ จันทนางกุล	สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏราชชนครินทร์
4.	ความต้องการในการใช้หุ่นยนต์บริการทางการแพทย์ในอนาคตของประเทศไทย	วิศรุต เจตคอป และ ปริญญา บุญกนิษฐ	ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต
5.	ผลิตภัณฑ์กระดาษของเนกประสงค์จากเส้นใยใบข้าวโพดผสมสารสกัดสมุนไพรเพื่อกำจัดคราบสกปรก ยับยั้งจุลินทรีย์และช่วยลดโอกาสการสัมผัสเชื้อก่อโรคบนพื้นผิวสัมผัส	ดวงฤทัย นิคมรัฐ, ภทริกา สูงสมบัติ, ณัฐธยาน์ กฤษณพันธ์, ทินพร แดงรื่น และ นิศารัตน์ โคตรภูธร	สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
6.	นวัตกรรมเครื่องทำความร้อนโดยใช้น้ำมันปาล์มดิบเป็นเชื้อเพลิงพลังงานทางเลือกกับเครื่องยนต์ดีเซล	พงษ์ดนัย เคียรสุวรรณ, วสันต์ พลาชัย, ทวีศักดิ์ ชัตติยวรรณ, ปริญญา พานิชย์, ประไพพิศถาวรศรี และ ประทาน ศรีชัย	สาขาการจัดการเทคโนโลยีนวัตกรรม สาขาวิศวกรรมเครื่องกล
7.	สมรรถนะของนักปฏิบัติการจัดการคลังสินค้าผลิตภัณฑ์เวชภัณฑ์และยา	กัญญารัตน์ นิมตระกูล และ รัฐญา พรหมหิตาท	สาขาวิชาเทคโนโลยีโลจิสติกส์และการจัดการระบบขนส่ง คณะบริหารธุรกิจและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก
8.	การเพิ่มแรงดันแก๊สชีวภาพจากดินโคลน ด้วยเครื่องสุญญากาศ ขนาด 1 แรงม้า	ชัยรัตน์ หงษ์ทอง	สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิต คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
9.	การอบแห้งผักหวาน ตะไคร้ ใบหม่อน และ ใบเตย ด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ระบบลมร้อน	ธนาภา ละโรงสูงเนิน, สมิตานัน รอดพูล, สุรจิตร พระเมือง, และศศิณีวัลย์ พิทักษ์ทิม	สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย
10.	การประยุกต์ใช้บล็อกเชนในการจัดการการขนส่งสินค้า	ธัญญารัตน์ ทาบทอง	สาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน คณะโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยบูรพา





ลำดับ	ชื่อบทความ	ชื่อเจ้าของผลงาน	หน่วยงาน
11.	การปรับปรุงกระบวนการติดตั้งดอกไม้ไฟ กรณีศึกษาบริษัทฮ้อเฮงไฟร์เวิร์ค	ศุภชัย บุญประเสริฐ, มลรัตน์ แช่อ่อง, เจษฎา แสงศรีจันทร์ และ อติศักดิ์ ไสวอมร	สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะ ครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
12.	การทดสอบประสิทธิภาพระบบผลิตไฟฟ้า พลังงานแสงอาทิตย์ระบบเชื่อมต่อสายส่ง ขนาดเล็กมาก	สุรจิตร พระเมือง, เพ็ญประภา หงษ์เหิน และอัจฉรา ผันผ่อน	สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏ เลย
13.	การประยุกต์ใช้อุตสาหกรรม 4.0 เพื่อ ตอบสนองความพึงพอใจของลูกค้าในระบบโล จิสติกส์ภาคการเกษตรของประเทศไทย	อภิขญา สมศรี, ยศสุดา บุรณะสิงห์, นันทกฤษณ์ ยอด พิจิตร และ มนัสชนก จง ประสิทธิ์พร	ศูนย์นวัตกรรมสำหรับวิศวกรรมปัจจัย มนุษย์และการยศาสตร์ ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะ วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนคร เหนือ
14.	การควบคุมอุณหภูมิ ในถังเก็บน้ำร้อนขนาด เล็กที่ใช้ขดลวดความร้อน	มารุต เลิศศรี อนุชาติ ศรีดี วิวัฒน์ และณาวดี ศรีศรีวิวัฒน์	สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะ วิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยี ปทุมวัน
15.	การประยุกต์ใช้ไฟในทอิลลิเมนต์ในการ วิเคราะห์พฤติกรรมของกำแพงกันดินเหล็ก เสริมแบกทาน	มัลลิกา มอบกระโทก, สุขสันต์ ทอพิบูลสุข, อาทิตย์ อุดมชัย และจักรกฤษณ์ ยืนยงค์	สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีสุรนารี
16.	การศึกษากรอบแนวคิดวิธีการบริหารจัดการ ของเสียจากการก่อสร้างตามแนวคิดเศรษฐกิจ หมุนเวียน	กฤตชัย สุทธิลักษณ์, ปริญญา บุญกนิษฐ	ส่วนสิ่งแวดล้อม บริษัท เนวาร์ตัน พัฒนาการ จำกัด(มหาชน)
17.	การพัฒนาระบบหมุนเวียนน้ำในบ่อซีเมนต์ สำหรับเลี้ยงปลาโดยใช้พลังงานไฟฟ้าจาก แสงอาทิตย์	ชะกาแก้ว สุดสีซัง, อภิชาติ กระ จางเยา, ศักดินรินทร์ ชูมาลัย วงศ์ และ อรรถพล ไยบัว	สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการ คณะ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏ พระนครศรีอยุธยา
18.	การเพิ่มประสิทธิภาพการจัดตารางการผลิต กรณีศึกษาอุตสาหกรรมมอเตอร์ไฟฟ้า	ณัฐริชต์ เอมมกมล, ณัฐวรพล รัชสิริวัชรบุล	สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการ อุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
19.	ศึกษาความเร็วรอบที่เหมาะสมสำหรับการ ปกปกป้องลูกตาลโตนต่ออัน	นัทวัฒน์ นิลมาลย์ และ ปรุฬห์ มะยะเฉียว	นักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิชาการ จัดการเทคโนโลยีและนวัตกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย นราธิวาสราชนครินทร์
20.	การวัดศักยภาพในการขนส่งสินค้าระหว่าง ประเทศ กรณีศึกษาธุรกิจส่งออกผลไม้	ปัญจพร จันทะวงษ์, สุวัฑร รักเสรี, จุฑามาศ จินตนา, จำเริญ เชื้อนแก้ว และ พิชัย	สาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์และ ธุรกิจระหว่างประเทศ คณะวิทยาการ จัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง



ลำดับ	ชื่อบทความ	ชื่อเจ้าของผลงาน	หน่วยงาน
21.	การกำจัดสีรีแอกทีฟเรด 120 จากน้ำทิ้งโดยใช้เปลือกส้มโอตัดแปรด้วยสารลดแรงตึงผิว	จักรกฤษณ์ อัมพูช, มงคล ปุชยตานนท์, ศานตมน ล้วนวุฒิ, ณิชญา พูนสุวรรณ, ปรีวัชร นามดวง ชาญณรงค์ ภูงคงวาริน	ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย อุบลราชธานี
22.	การพัฒนาระบบหมุนเวียนน้ำในบ่อซีเมนต์สำหรับเลี้ยงปลาโดยใช้พลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์	ชะกาแก้ว สุดสีซัง, อภิชาติ กระ จ่างเย่า, ศักดิ์รินทร์ ชูมาลัย วงศ์ และ อรรถพล ไยบัว	สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏ พระนครศรีอยุธยา
23.	การศึกษาการกระจายตัวของคลื่นไมโครเวฟในเครื่องอบแห้งด้วยไมโครเวฟแบบสายพาน	กฤษณ์ อภิญาวิศิษฐ์, สุวิทย์ แพงกันยา และ ปฎิวัติ คมวชิร กุล	สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
24.	การศึกษาความพึงพอใจของลูกค้าและการวิเคราะห์สภาพแวดล้อมภายนอกและภายในเพื่อกำหนดแนวทางพัฒนาธุรกิจรับซื้อวัสดุของเก่า	ปฎิญา ดวงมะณี	สาขาบริหารธุรกิจ วิทยาลัยบัณฑิต การจัดการ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
25.	การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการปลูกผักไฮโดรออร์แกนิกแบบอัตโนมัติ	วรินทร์ บุญยะโรจน์, ศิริชัย สารมนัส, คณาภูมิ อินทร์ แก้ว และ ณิชฐมัย ลักษณะ อำนวยการ	สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และ เทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี ราชมงคลพระนคร
26.	ผลของโรติเฟอร์ในการกำจัด Microcystis spp. ในถังปฏิกรณ์ชีวภาพแบบคอลัมน์ที่ใช้ถ่านกัมมันต์จากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่แตกต่างกัน	วัชรพงษ์ ทะคง, นิวุฒิ หวังชัย, Rameshprabu Ramaraj และ Tomoaki Itayama	สาขาวิชาอนามัยสิ่งแวดล้อม คณะ สาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
27.	แปลงปลูกผักอินทรีย์อัจฉริยะด้วยเทคโนโลยี iot ต้นแบบสำหรับผู้พิการ	วัชรีย์ เพ็ชรวงษ์, นางสาวจารุณี ทองอร่าม, สนธยา สังข์ทอง และ อธิสุทธิธินา จันทน์นาลาว	สาขาวิชาระบบสารสนเทศและ คอมพิวเตอร์ธุรกิจ คณะบริหารธุรกิจ และเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล สุวรรณภูมิ
28.	ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศด้วยแบบจำลองภูมิอากาศ BCC-ESM_RCP4.5 บริเวณเทศบาลเมืองสุโขทัย-ลก จังหวัดนราธิวาส	ณัฐพล แก้วทอง, ศศิมาภรณ์ แก้วจุลพันธ์, วรณิศา สุข โสภา และ วชิรเดช สงสุรินทร์	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
29.	การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขององค์กรเพื่อมุ่งสู่ความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมกรณีศึกษาอาคารเอนกประสงค์ และอาคารฝ่ายยานยนต์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มทร.พระนคร	ชาญณรงค์ เรือนเงิน, กัมปนาท ปานย่อย, สุวิมล แพ่งธีระสุขมัย, สรสุธี บัวพูล, พลังวัชร แพ่งธีระสุขมัย	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มทร.พระนคร



## สารบัญ

ชื่อบทความ	หน้า
การวางแผนการผลิตรวมโดยใช้แบบจำลองกำหนดการทางคณิตศาสตร์กรณีศึกษา ผลิตภัณฑ์แปรรูปมะขามหวาน	1
การออกแบบธุรกิจ กรณีศึกษา : บ้านวงษ์อนันท์ โฮมสเตย์ อำเภอเชียงคาน จังหวัดเลย	16
การพัฒนาเครื่องชั่งน้ำหนักคำนวณค่าดัชนีมวลกาย	20
ความต้องการในการใช้หุ่นยนต์บริการทางการแพทย์ในอนาคตของประเทศไทย	29
ผลิตภัณฑ์กระดาษขอกเนกประสงค์จากเส้นใยใบข้าวโพดผสมสารสกัดสมุนไพรเพื่อกำจัด คราบสกปรก ยับยั้งจุลินทรีย์และช่วยลดโอกาสการสัมผัสเชื้อก่อโรคบนพื้นผิวสัมผัส	38
นวัตกรรมเครื่องทำความร้อนโดยใช้น้ำมันปาล์มดิบเป็นเชื้อเพลิงพลังงานทางเลือกกับ เครื่องยนต์ดีเซล	45
สมรรถนะของนักปฏิบัติการจัดการคลังสินค้าผลิตภัณฑ์เวชภัณฑ์และยา	52
การเพิ่มแรงดันแก๊สชีวภาพจากดินโคลน ด้วยเครื่องสุญญากาศ ขนาด 1 แรงม้า	59
การอบแห้งผักหวาน ตะไคร้ ใบหม่อน และใบเตย ด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ระบบลมร้อน	63
การประยุกต์ใช้บล็อกเชนในการจัดการการขนส่งสินค้า	70
การปรับปรุงกระบวนการติดตั้งดอกไม้ไฟกรณีศึกษาบริษัทฮ้อเฮงไฟร์เวิร์ค	78



## สารบัญ

ชื่อบทความ	หน้า
การทดสอบประสิทธิภาพระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ระบบเชื่อมต่อสายส่งขนาดเล็กมาก	86
การประยุกต์ใช้อุตสาหกรรม 4.0 เพื่อตอบสนองความพึงพอใจของลูกค้าในระบบโลจิสติกส์ภาคการเกษตรของประเทศไทย	91
การควบคุมอุณหภูมิ ในถังเก็บน้ำร้อนขนาดเล็กที่ใช้ขดลวดความร้อน	98
การประยุกต์ใช้ไฟไนท์อิฐลิเมนต์ในการวิเคราะห์พฤติกรรมของกำแพงกันดินเหล็กเสริมแบบทวน	103
การศึกษากรอบแนวคิดวิธีการบริหารจัดการของเสียจากการก่อสร้างตามแนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียน	111
การเพิ่มประสิทธิภาพการจัดตารางการผลิต กรณีศึกษาอุตสาหกรรมมอเตอร์ไฟฟ้า	122
ศึกษาความเร็วรอบที่เหมาะสมสำหรับการปกเปลือกลูกตาลโตนดอ่อน	127
การวัดศักยภาพในการขนส่งสินค้าระหว่างประเทศ กรณีศึกษาธุรกิจส่งออกผลไม้	133
การกำจัดสีรีแอกทีฟเรด 120 จากน้ำทิ้งโดยใช้เปลือกส้มโอตัดแปรด้วยสารลดแรงตึงผิว	141
การพัฒนากระบวนการหมักเวียนน้ำในบ่อซีเมนต์สำหรับเลี้ยงปลาโดยใช้พลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์	147



## สารบัญ

ชื่อบทความ	หน้า
การศึกษาการกระจายตัวของคลื่นไมโครเวฟในเครื่องอบแห้งด้วยไมโครเวฟแบบสายพาน	153
การศึกษาความพึงพอใจของลูกค้าและการวิเคราะห์สภาพแวดล้อมภายนอก และภายในเพื่อกำหนดแนวทางพัฒนาธุรกิจรับซื้อวัสดุของเก่า	158
การพัฒนาระบบปลูกผักไฮโดรออร์แกนิกแบบอัตโนมัติ	165
ผลของโรติเฟอร์ในการกำจัด <i>Microcystis</i> spp. ในถังปฏิกรณ์ชีวภาพแบบคอลัมน์ที่ใช้ ถ่านกัมมันต์จากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่แตกต่างกัน	171
แปลงปลูกผักอินทรีย์อัจฉริยะด้วยเทคโนโลยี iot ต้นแบบสำหรับผู้พิการ	177
ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศด้วยแบบจำลองภูมิอากาศ BCC-ESM_RCP4.5 บริเวณเทศบาลเมืองสุโขทัย-ลก จังหวัดนครราชสีมา	183
การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขององค์กรเพื่อมุ่งสู่ความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม กรณีศึกษาอาคารเอนกประสงค์ และอาคารฝ่ายยานยนต์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มทร.พระ นคร	189



## ปัจจัยที่ส่งผลต่อความพร้อมของผู้ประกอบการวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม เพื่อรองรับ การใช้บริการระบบบัญชีออนไลน์ ในเขตกรุงเทพมหานคร

### Factors affecting the readiness of Small and Medium Enterprises entrepreneurs to support online accounting services in Bangkok

อภิวัฒน์ หวังมีชัย

Apiwat Wangmeechai

พรทิwa แสงเขียว

Prontiwa Saengkhiw

คณะบัญชี มหาวิทยาลัยศรีปทุม

#### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบของปัจจัยความรู้ ความเข้าใจ และกระบวนการทำงาน ที่มีผลต่อความพร้อมใช้บริการระบบบัญชีออนไลน์ ของผู้ประกอบการวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม ในเขตกรุงเทพมหานคร โดยใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ได้แก่ ผู้ประกอบการวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม จำนวน 400 ตัวอย่างโดยการกระจายแบบสอบถามออนไลน์ (Google Docs) ผ่านช่องทางจดหมายอิเล็กทรอนิกส์ (E-Mail) ให้กับผู้ประกอบการ ตามฐานข้อมูลที่ปรากฏในกรมพัฒนาธุรกิจการค้า กระทรวงพาณิชย์ ผลการวิจัยพบว่า ปัจจัยด้านความรู้ ด้านความเข้าใจ และด้านกระบวนการทำงาน ส่งผลกระทบต่อความพร้อมใช้บริการระบบบัญชีออนไลน์ของผู้ประกอบการวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม ในเขตกรุงเทพมหานคร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เนื่องจากการใช้บริการระบบบัญชีออนไลน์ สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการทำธุรกิจทางด้านบัญชี และเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันธุรกิจ ในด้านกระบวนการทำงานภายในองค์กรนั้น ระบบบัญชีออนไลน์สามารถช่วยผู้ประกอบการลดต้นทุนค่าใช้จ่ายที่เกิดจากความซ้ำซ้อนในการทำงานของพนักงานได้ ในด้านความได้เปรียบทางธุรกิจกิจการสามารถเพิ่มความพึงพอใจ ของลูกค้า ผ่านระบบบัญชีออนไลน์ได้ เพราะได้ข้อมูลที่ติดต่อกับลูกค้าเป็นปัจจุบัน

**คำสำคัญ :** ความรู้ ความเข้าใจ กระบวนการทำงาน ระบบบัญชีออนไลน์

#### ABSTRACT

This research aims to study the impact of factors on knowledge, understanding and work processes. affecting the availability of online accounting services of small and medium enterprise entrepreneurs in Bangkok by using questionnaires as a tool to collect data The population used in this research were: 400 samples of small and medium enterprise entrepreneurs by distributing online questionnaires (Google Docs) via electronic mail (E-Mail) to entrepreneurs. According to the database that appears in the Department of Business Development Ministry of Commerce. The results showed that knowledge factor understanding and work processes It has a positive impact on the availability of online accounting services for small and medium enterprises. in Bangkok statistically significant at the 0.05 level. Due to the use of online accounting services can increase efficiency in doing business in accounting and increase business competitiveness In terms of working processes within the organization Online accounting systems can help entrepreneurs reduce the cost of the redundant expenses of employees. In terms of business advantages, businesses can increase customer satisfaction through online accounting systems. because the information that contact with customers is current. In terms of business advantages, businesses can increase customer satisfaction through online accounting systems. because the information that contact with customers is current

**Keywords :** knowledge, understanding, work processes, online accounting systems



## 1. บทนำ

สำหรับผู้ประกอบการวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม ที่ประกอบธุรกิจในรูปแบบนิติบุคคล ได้แก่ ห้างหุ้นส่วนจำกัด และ บริษัทจำกัด ผู้ประกอบการมีหน้าที่ต้องจัดทำบัญชีตามพระราชบัญญัติการบัญชี พ.ศ. 2543 ส่งให้กับทางหน่วยงานราชการ เมื่อครบกำหนดสิ้นรอบระยะเวลาบัญชี ทุก ๆ 12 เดือน ต้องมีการจัดทำรายงานงบการเงิน (งบแสดงฐานะการเงิน งบกำไรขาดทุน และ งบแสดงการเปลี่ยนแปลงส่วนของผู้ถือหุ้น ส่งให้กับ กรมพัฒนาธุรกิจการค้า กระทรวงพาณิชย์ ภายในระยะเวลา 5 เดือน หลังจากวันสิ้นรอบบัญชี ทั้งนี้เพื่อวัตถุประสงค์ให้ข้อมูลเกี่ยวกับผลการดำเนินงาน ฐานะการเงิน หรือการเปลี่ยนแปลงฐานะการเงินของกิจการ ซึ่งรายงานงบการเงินของกิจการจะมีข้อมูลต่อการตัดสินใจเชิงธุรกิจ ตลอดจนเป็นข้อมูลสำคัญในการนำไปประกอบการพิจารณาเงื่อนไขในการเข้าถึงแหล่งเงินทุนของกิจการและเป็นตัวชี้วัดการได้มาซึ่งต้นทุนทางการเงินที่เหมาะสมกับความเสี่ยงของกิจการ สามารถทำให้ผู้ใช้บริการเงินเกิดความมั่นใจได้ด้วยการทำบัญชีเดียวตามมาตรฐานของทางราชการ ซึ่งจะนำไปสู่การเติบโตของธุรกิจและระบบเศรษฐกิจโดยรวม แต่ในความเป็นจริงของผู้ประกอบการวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อมส่วนใหญ่ของประเทศไทย มีปัญหาที่สำคัญ คือ งบการเงินไม่น่าเชื่อถือ ขาดระบบบัญชีที่ดี และขาดระบบการควบคุมตรวจสอบภายในกิจการที่มีคุณภาพ จึงส่งผลให้คุณภาพและความน่าเชื่อถือของงบการเงินของผู้ประกอบการวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อมของไทย อยู่ในระดับคุณภาพที่ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานของสถาบันการเงิน ดังนั้น ผู้ประกอบการวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อมหลาย ๆ แห่ง จึงได้เริ่มต้นพัฒนาระบบบัญชีภายในกิจการด้วยการนำโปรแกรมสำเร็จรูปทางการบัญชีมาช่วยในการจัดทำบัญชี งบการเงิน และรายงานเพื่อการบริหาร ทำให้กิจการสามารถจัดทำบัญชี งบการเงิน และรายงานเพื่อการบริหารได้อย่างรวดเร็ว ทันเวลา มีความถูกต้อง และแม่นยำ ข้อมูลมีความน่าเชื่อถือ เป็นประโยชน์ในการวางแผนและตัดสินใจในการดำเนินธุรกิจ และกรมมีข้อมูลทางการบัญชีที่เหมาะสมและน่าเชื่อถือยังเป็นประโยชน์ต่อธุรกิจขนาดกลางและขนาดย่อมในการยื่นขอสินเชื่อต่อสถาบันการเงินอีกด้วย เนื่องจากหากกิจการไม่จัดทำบัญชีให้สอดคล้องกับสภาพข้อเท็จจริงของกิจการ ตาม นโยบายบัญชีชุดเดียว ของ กรมสรรพากร ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม พ.ศ.2562 เป็นต้นไปกิจการจะมีโอกาสน้อยมากในการเข้าถึงแหล่งเงินทุนจากสถาบันการเงิน เพราะสถาบันจะใช้งบการเงินที่กิจการได้นำส่งแสดงต่อกรมสรรพากร เพื่อประกอบการพิจารณาอนุมัติสินเชื่อเงินทุนต่าง ๆ ให้ผู้ประกอบการวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม (สำนักงานมาตรฐานการสอบบัญชีภาชีอากร กรมสรรพากร, 2558)

จากสถานการณ์เศรษฐกิจดิจิทัลประเทศไทยได้เริ่มมี พระราชบัญญัติการพัฒนาดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม พ.ศ. 2560 ที่ผ่านมา ได้เปิดช่องทางให้ผู้ประกอบการวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม (Small and Medium Enterprises – SMEs) มีโอกาสเข้าไปเป็นส่วนสำคัญในการขับเคลื่อนระบบเศรษฐกิจของประเทศ ด้วยการนำระบบคลาวด์คอมพิวเตอร์แบบสาธารณะ เข้ามาเป็นขับเคลื่อนระบบเศรษฐกิจตามนโยบาย SMEs 4.0 Digital Marketing (สำนักงานส่งเสริมเศรษฐกิจดิจิทัล, 2560) และในการจัดทำบัญชีของผู้ประกอบการวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อมมีการนำเทคโนโลยีคลาวด์คอมพิวเตอร์ (Cloud Computing) มาประยุกต์เข้ากับระบบสารสนเทศทางการบัญชี ซึ่งเรียกว่า ระบบบัญชีออนไลน์ผ่านเทคโนโลยีคลาวด์คอมพิวเตอร์ โดยคลาวด์คอมพิวเตอร์ได้นำมาใช้ในโปรแกรม ERP ระดับโลกหลายตัว ซึ่งช่วยให้ระบบงานส่วนหน้าแบบ Mobile สามารถทำงานบนระบบใหญ่ ๆ โดยใช้อุปกรณ์ขนาดเล็กได้อย่างคล่องตัว และสามารถฝากการประมวลผลขนาดใหญ่ไว้บน Cloud Server ได้อย่างสะดวก พร้อมกับการเชื่อมต่อระหว่างสำนักงานใหญ่และสำนักงานบัญชี เพียงแค่มี Internet ก็สามารถใช้งานได้ทุกที่ ทุกเวลา ซึ่งอยู่ที่แห่งไหนก็ทำงานได้ด้วยการเชื่อมต่อระบบ 5G ในราคาประหยัด ช่วยให้ผู้ใช้งานทำงานสะดวกรวดเร็วเทียบเท่ากับการใช้งานผ่านโครงข่ายใยแก้วนำแสง (Fiber Optic) ได้ทันที โดยไม่ต้องติดตั้งโปรแกรมอยู่บนเครื่องคอมพิวเตอร์ตัวใดตัวหนึ่งเท่านั้น อีกทั้งการนำเทคโนโลยีคลาวด์คอมพิวเตอร์ (Cloud Computing) ยังสามารถเชื่อมต่อระบบที่หลากหลายมากขึ้น ไม่ว่าจะเป็น Desktop Application , Web Application และระบบ Legacy ทุกประเภท ระบบบัญชีออนไลน์ผ่านเทคโนโลยีคลาวด์คอมพิวเตอร์ยังถูกออกแบบมาเพื่ออำนวยความสะดวกการใช้งาน การประมวลผลก็เป็นแบบ Real Time สามารถเรียกดูรายงานทางการเงินได้ทันที ระบบสารสนเทศทางการบัญชีดังกล่าวนี้ ช่วยให้ผู้บริหารภายในองค์กรนำผลลัพธ์ที่ได้มาใช้เพื่อประกอบการตัดสินใจได้อย่างสะดวกและรวดเร็วมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ยังมีระบบรักษาความปลอดภัยของข้อมูล ป้องกันการเข้าถึงข้อมูลในการเข้าสู่ระบบด้วย User ID และ Password (ณฐมน พิจิตรไพรวัลย์, ประเวศ เพ็ญวุฒิกุล และฐิตาภรณ์ สินจรูญศักดิ์, 2560) การนำระบบสารสนเทศทางการบัญชีมาประยุกต์ใช้จึงได้รับความนิยมเป็นอย่างสูง

จากที่กล่าวมาจะเห็นว่าระบบสารสนเทศทางการบัญชีเป็นเทคโนโลยีในยุคดิจิทัลที่มีความสำคัญต่อการสร้างความเชื่อมั่นในรายงานทางการเงิน (ดลฤดี ไต้เวชศาสตร์, วิชิต อุ๋อนัน, 2560) ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะทำการศึกษาปัจจัยที่



ส่งผลต่อความพร้อมในการใช้ระบบบัญชีออนไลน์ของผู้ประกอบการวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม ในเขตกรุงเทพมหานคร ทั้งนี้เพื่อรองรับและเตรียมความพร้อมให้กับผู้ประกอบการวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม โดยผลการวิจัยนี้จะช่วยให้ผู้ประกอบการวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม นำไปใช้ประโยชน์เป็นแนวทางในการพัฒนาระบบบัญชีการเงินขององค์กร ให้ปรับเปลี่ยนมาเป็นในรูปแบบออนไลน์ สอดคล้องกับเศรษฐกิจยุคดิจิทัลที่กำลังมีบทบาทในสังคม เศรษฐกิจมากขึ้น สามารถทำให้องค์กรก้าวทันการเปลี่ยนแปลง และพัฒนาให้องค์กรธุรกิจมีความมั่นคง ยั่งยืนมากขึ้นต่อไป

### 1.1 วัตถุประสงค์การวิจัย

1.1.1. เพื่อศึกษาผลกระทบของปัจจัยด้านความรู้ ความเข้าใจ และกระบวนการทำงานขององค์กรที่มีต่อความพร้อมในการใช้บริการระบบบัญชีออนไลน์ของผู้ประกอบการวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม ในเขตกรุงเทพมหานคร

1.1.2. เพื่อศึกษาถึงการยอมรับในการนำนวัตกรรม เทคโนโลยี คลาวด์คอมพิวติ้ง (Cloud Computing) มาประยุกต์ใช้ในกระบวนการจัดทำบัญชี การเงิน ภาษี ของผู้ประกอบการวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม ในเขตกรุงเทพมหานคร ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเกิดประสิทธิผลในองค์กรอย่างยั่งยืน

### 1.2 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

การศึกษางานวิจัยครั้งนี้คาดว่าจะได้รับประโยชน์ ดังนี้

1.2.1 ผู้ประกอบการวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม สามารถนำข้อมูลไปใช้ในการวางแผนและพัฒนาขีดความสามารถของตนเองเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการดำเนินงาน จากการมีระบบบัญชีที่ดีในการแสดงผลการดำเนินงานให้กับผู้บริหารกิจการ

1.2.2 สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางสำหรับผู้ประกอบการวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม และผู้ปฏิบัติงานในองค์กร เพื่อเตรียมความพร้อมที่นำระบบโปรแกรมบัญชีออนไลน์ มาปรับใช้เข้ากับระบบการทำงานในองค์กรจนมีความสอดคล้องและคุ้มค่ากับระบบการทำงานขององค์กร เหมาะสมกับประเภทธุรกิจ และลักษณะการทำงาน

1.2.3 หน่วยงาน หรือสถาบันที่เกี่ยวข้องสามารถ นำข้อมูลที่ได้รับจากการศึกษาไปใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาความพร้อมและศักยภาพของผู้ประกอบการวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม ในการพัฒนาระบบบัญชีจากระบบดั้งเดิม สู่ระบบบัญชีออนไลน์ สอดคล้องการพัฒนาระบบเศรษฐกิจในยุคดิจิทัล เพิ่มขึ้น

## 2. การดำเนินการวิจัย/วิธีการดำเนินการ/วิธีการวิจัย

ประชากร (Population) ที่ใช้ในการวิจัย คือ ผู้ประกอบการเจ้าของธุรกิจขนาดกลางและขนาดย่อม (SMEs) ที่เป็นนิติบุคคลในเขตกรุงเทพมหานคร จำนวน 285,957 คน โดยค้นจากเว็บไซต์ของสำนักงานส่งเสริมวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม (สสว.) (<https://www.sme.go.th> ค้นหาเมื่อวันที่ 12 กุมภาพันธ์ 2564)

ในการวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างโดยเปิดตารางทาร์เยอมาเน่ (<https://www.thesis.com/post/research-tips-sampling> ค้นหาเมื่อวันที่ 31 พฤษภาคม 2564) ได้จำนวน 400 ตัวอย่าง และได้กำหนดประชากรออกเป็น 4 กลุ่มธุรกิจ แล้วให้โควต้า จากนั้นจึงคัดเลือกตัวอย่างแบบอาศัยความน่าจะเป็น (Probability Sampling) โดยวิธีการสุ่มตัวอย่างอย่างง่าย (Simple Random Sampling) จากผู้ประกอบการเจ้าของธุรกิจขนาดกลางและขนาดย่อม (SMEs) ในเขตกรุงเทพมหานคร ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 จำนวนประชากรและกลุ่มตัวอย่างผู้ประกอบการวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม ในเขตกรุงเทพมหานคร

รายชื่อกลุ่มธุรกิจ	จำนวนธุรกิจ	จำนวนตัวอย่าง
1. กลุ่มธุรกิจภาคบริการ	151,709	212
2. กลุ่มธุรกิจภาคการค้า	99,510	139
3. กลุ่มธุรกิจภาคการผลิต	33,847	47
4. กลุ่มธุรกิจภาคการเกษตร	891	2
<b>รวม</b>	<b>285,957</b>	<b>400</b>

ที่มา: จำนวนผู้ประกอบการนิติบุคคลตามนิยามใหม่ ปี 2563 ข้อมูลของจังหวัดกรุงเทพมหานคร โดย สำนักงานส่งเสริมวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม (สสว.) จาก <https://www.sme.go.th> ค้นหาเมื่อวันที่ 12 กุมภาพันธ์ 2564





เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบสอบถามเกี่ยวกับปัจจัยที่ส่งผลต่อความพร้อมในการใช้บริการระบบบัญชีออนไลน์ของผู้ประกอบการวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม ในเขตกรุงเทพมหานคร จำนวน 400 ราย โดยการกระจายแบบสอบถามออนไลน์ (Google Docs) ผ่านช่องทางจดหมายอิเล็กทรอนิกส์ (E-Mail) ให้กับผู้ประกอบการ ตามฐานข้อมูลที่ปรากฏในกรมพัฒนาธุรกิจการค้า กระทรวงพาณิชย์

การวิเคราะห์ข้อมูล ใช้โปรแกรมสำเร็จรูปวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติ ประกอบด้วย การแจกแจงความถี่ (Frequency) ค่าร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่าง การวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ตามวิธีการของเพียร์สัน และทดสอบสมมติฐานการวิจัย โดยใช้การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression Analysis)

### 3. ผลการวิจัย

3.1. ผู้ประกอบการวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม ในเขตกรุงเทพมหานคร มีความคิดเห็นเกี่ยวกับปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อความพร้อมในการใช้บริการระบบบัญชีออนไลน์ ด้านความรู้ ด้านความเข้าใจ และด้านกระบวนการทำงาน อยู่ในระดับมาก ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ความคิดเห็นเกี่ยวกับปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อความพร้อมในการใช้บริการระบบบัญชีออนไลน์

ปัจจัยส่งผลกระทบต่อความพร้อมในการใช้บริการระบบบัญชีออนไลน์	ค่าเฉลี่ย $\bar{X}$	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน SD	การแปลผล
1. ด้านความรู้	4.32	0.370	มาก
2. ด้านความเข้าใจ	4.34	0.438	มาก
3. ด้านกระบวนการทำงาน	4.21	0.549	มาก
รวม	4.59	0.45	มาก

3.2. ผลการทดสอบสมมติฐานด้วยการวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุคูณ (Multiple Regression Analysis) โดยใช้หน่วยวิเคราะห์ทั้งหมดจากกลุ่มตัวอย่าง หรือ การวิเคราะห์ข้อมูลแบบรวม พบว่า อิทธิพล ด้านความเข้าใจ และด้านกระบวนการทำงาน มีอิทธิพลเชิงบวกต่อความพร้อมใช้บริการระบบบัญชีออนไลน์ ของผู้ประกอบการวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม ในเขตกรุงเทพมหานคร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ยกเว้น ด้านความรู้ระบบบัญชีออนไลน์ เนื่องจากว่า ในความเป็นจริงของผู้ประกอบการ ได้โอนหน้าที่ความรับผิดชอบ และ ความรู้ด้านระบบบัญชี ไปให้ผู้จัดการฝ่ายบัญชี หรือ สำนักงานบัญชี รับผิดชอบด้านการทำบัญชี ทำให้ผู้ประกอบการ ไม่จำเป็นต้องมีความรู้ด้านระบบบัญชีอย่างละเอียด ผู้ประกอบการ จะรับรู้ในภาพรวมของผลลัพธ์จากการทำงานผ่านรายงานงบการเงินที่ออกมาเท่านั้น ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การวิเคราะห์การถดถอยแบบพหุคูณ เกี่ยวกับอิทธิพลด้านความรู้ ความเข้าใจ และกระบวนการทำงาน ของ ผู้ประกอบการวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม โดยใช้ตัวแปรตามเป็นความพร้อมใช้บริการระบบบัญชีออนไลน์ด้านเทคโนโลยีสารสนเทศของผู้ประกอบการวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม ในเขตกรุงเทพมหานคร

Variable	Standardized Coefficients Beta	t-value	Sig.
1. ความรู้	-0.052	-1.870	0.062
2. เข้าใจ	0.099	3.144	0.002*
3. กระบวนการทำงาน	0.886	29.838	0.000*

หมายเหตุ: n = 400, R = 0.929, Adjusted R<sup>2</sup> = 0.861, SE<sub>est</sub> = 0.236, F = 826.910, Sig = .0000

\* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05



#### 4. การอภิปรายผล

4.1 ผู้ประกอบการวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม ในเขตกรุงเทพมหานคร มีความคิดเห็นเกี่ยวกับปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อความพร้อมในการใช้บริการระบบบัญชีออนไลน์ **ด้านความรู้** ด้านความเข้าใจ และ ด้านกระบวนการทำงาน อยู่ในระดับมาก เนื่องจาก ระบบบัญชีออนไลน์ สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการทำธุรกิจทางด้านบัญชี และเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันธุรกิจ ในด้านกระบวนการทำงานภายในองค์กรนั้น ระบบบัญชีออนไลน์สามารถช่วยผู้ประกอบการลดต้นทุนค่าใช้จ่ายที่เกิดจากความซ้ำซ้อนในการทำงานของพนักงานได้ ในด้านความได้เปรียบทางธุรกิจกิจการสามารถเพิ่มความพึงพอใจ ของลูกค้า ผ่านระบบบัญชีออนไลน์ได้ เพราะได้ข้อมูลที่ติดต่อกับลูกค้าเป็นปัจจุบัน

4.2 ปัจจัยด้านความรู้ ด้านความเข้าใจ และด้านกระบวนการทำงาน ของผู้ประกอบการวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม ในเขตกรุงเทพมหานคร มีผลกระทบเชิงบวกกับความพร้อมในการใช้บริการระบบบัญชีออนไลน์ เนื่องจากผู้ประกอบการวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม เป็นผู้ที่มีอำนาจตัดสินใจต่อการนำระบบบัญชีออนไลน์เข้ามาใช้ในกิจการของตนเอง ถ้าผู้ประกอบการ มีความรู้ มีความเข้าใจ ด้านการใช้ระบบบัญชีออนไลน์ ที่จะช่วยให้กระบวนการทำงานภายในองค์กรเกิดประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น ลดจำนวนคนทำงานด้านแผนกบัญชีได้ และได้รับข้อมูลผลการดำเนินงานจากฝ่ายบัญชีภายใน เพื่อนำไปเป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจในการดำเนินธุรกิจต่อไป ก็จะทำให้เกิดความพร้อมและเกิดการยอมรับเทคโนโลยีระบบบัญชีออนไลน์ จนนำบริการระบบบัญชีออนไลน์เข้ามาใช้ในกิจการของตนเอง สอดคล้องกับงานวิจัยของ ทวีพร ตรีผอง พิมพ์ปวีณ์ มะณีวงศ์ และวิจิตรรัตน์ บุญทอง (2558) ได้ทำการศึกษาปัจจัยต่อความพร้อมของบุคลากรทางบัญชีเพื่อรองรับประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน : กรณีศึกษา ธุรกิจโรงแรม ตำบลหัวหิน อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ผลวิจัยสรุปได้ดังนี้ ความพร้อมในการรองรับประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน ด้านกฎหมายโดยรวมอยู่ในระดับมาก ทั้งนี้เนื่องจากบุคลากรมีความรู้ และมีความสามารถในการปฏิบัติตามมาตรฐานการบัญชี สามารถปฏิบัติงานตามพระราชบัญญัติการบัญชี พ.ศ.2543 อีกทั้งยังมีความรู้ด้านกฎหมายภาษีอากร ประมวลรัษฎากร อย่างเชี่ยวชาญ อีกทั้งได้สอดคล้องกับงานวิจัยของ ณัฐมน พิจิตรไพรวัลย์, ประเวศ เพ็ญวุฒิกุล,ฐิตาภรณ์ สินจรรยาศักดิ์ (2560) เรื่อง ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการยอมรับและตัดสินใจเลือกใช้ระบบบัญชีออนไลน์ ผ่านเทคโนโลยีคลาวด์ คอมพิวติ้ง ผลการวิจัยพบว่า ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการยอมรับต่อการเลือกใช้ระบบบัญชีออนไลน์ ผ่านเทคโนโลยีคลาวด์คอมพิวติ้ง มี 4 ปัจจัย ได้แก่ 1. ปัจจัยด้านคุณสมบัติของระบบบัญชีออนไลน์ผ่านเทคโนโลยีคลาวด์คอมพิวเตอร์ 2. ปัจจัยด้านคุณลักษณะของระบบบัญชีออนไลน์ผ่านเทคโนโลยีคลาวด์คอมพิวติ้ง 3. ปัจจัยภายในองค์กร 4. ปัจจัยทางสังคมและสภาพแวดล้อม ซึ่งในระหว่างการวิจัย พบว่า ผู้บริหารกิจการยอมรับระบบบัญชีออนไลน์ผ่านเทคโนโลยีคลาวด์มากที่สุด เนื่องจากเป็นเทคโนโลยีที่ทันสมัยต่อการพัฒนารูปแบบระบบการทำบัญชีภายในองค์กร และยังสามารถช่วยต้นทุนให้กับกิจการได้อย่างเห็นผลลัพธ์ชัดเจน

#### 4.3 สรุป/ข้อเสนอแนะ

##### บทสรุป

จากผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าปัจจัยด้านความรู้ ด้านความเข้าใจ และด้านกระบวนการทำงานมีผลต่อความพร้อมในการใช้ระบบบัญชีออนไลน์ของผู้ประกอบการวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม ในเขตกรุงเทพมหานคร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ผลการศึกษาที่ได้จากการวิจัยจะช่วยให้ผู้บริหารภายในองค์กรนำผลลัพธ์ที่ได้ไปใช้เพื่อประกอบการตัดสินใจนำระบบบัญชีออนไลน์ เข้ามาใช้ในการดำเนินงานของกิจการให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ มีผลการดำเนินงานที่ดีขึ้น ก้าวทันการเปลี่ยนแปลงทางด้านเทคโนโลยี และธุรกิจมีความเจริญเติบโตก้าวหน้าอย่างยั่งยืน

##### ข้อเสนอแนะ

4.3.1 ผู้ประกอบการวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม ในเขตกรุงเทพมหานคร ควรให้ความสำคัญกับประเด็นด้านความรู้ ความเข้าใจ และ กระบวนการทำงานขององค์กร เพื่อเตรียมความพร้อมในการใช้บริการระบบบัญชีออนไลน์ ซึ่งจะช่วยให้ผู้บริหารสามารถนำผลลัพธ์ที่ได้ไปประกอบการตัดสินใจได้อย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล และยังสามารถแก้ไขปัญหาข้อมูลที่มีจำนวนมากและซับซ้อน รวมถึงปัญหาเรื่องความปลอดภัยของข้อมูลด้วย

4.3.2 ควรศึกษาปัจจัยด้านอื่นๆ ที่อาจส่งผลกระทบต่อความพร้อมใช้บริการระบบบัญชีออนไลน์ของผู้ประกอบการวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม หรือเพิ่มตัวแปร เพื่อให้มีความสมบูรณ์ และครอบคลุมมากยิ่งขึ้น เช่น ขนาดของธุรกิจ ประเภทธุรกิจ และระยะเวลาในการดำเนินงาน เป็นต้น



## เอกสารอ้างอิง

- [1] กรมพัฒนาธุรกิจการค้า. (2564). ข้อมูลการนิติบุคคลรายพื้นที่, ค้นเมื่อ 12 กุมภาพันธ์ 2564  
<https://datawarehouse.dbd.go.th/area/index>.
- [2] กรวินท์ กรประเสริฐวิทย์. (2558). *ทัศนคติความรู้ความเข้าใจ พฤติกรรม และ คุณลักษณะการใช้งานของเทคโนโลยีที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจในการใช้เครื่องชำระค่าโทรศัพท์อัตโนมัติของประชาชนในกรุงเทพมหานคร ปี 2558*. การศึกษาค้นคว้าอิสระปริญญาโทบริหารธุรกิจ, มหาวิทยาลัยกรุงเทพ.
- [3] ณัฐวุฒิ นิกรพรอุดม. (2559). *การศึกษาวัฒนธรรมการทำงาน รูปแบบการบริหารงาน และกระบวนการทำงาน ที่มีผลต่อคุณภาพชีวิตการทำงานของพนักงานบริษัทข้ามชาติ ในเขตกรุงเทพมหานคร*. การศึกษาค้นคว้าอิสระปริญญาโทบริหารธุรกิจ, มหาวิทยาลัยกรุงเทพ.
- [4] เบญจมาศ วัชโรภาส. (2545). *ความพร้อมขององค์การบริหารส่วนตำบล (อบต.) ในการให้บริการอินเทอร์เน็ตจังหวัดชลบุรี*. ปัญหาพิเศษปริญญาโทบริหารธุรกิจ, มหาวิทยาลัยบูรพา.
- [5] ปัทม นโรจนกันท์. (2559). *การศึกษาข้อมูลส่วนบุคคล กระบวนการทำงาน และบุคลิกภาพของพนักงานที่มีผลต่อความเชื่อมั่นในการใช้บริการ การชำระเงินแก่คู่ค้าผ่านช่องทางอินเทอร์เน็ตของผู้รับบริการธนาคารพาณิชย์ไทยแห่งหนึ่งในเขตกรุงเทพมหานคร*. การค้นคว้าอิสระปริญญาโทบริหารธุรกิจ, มหาวิทยาลัยกรุงเทพ.
- [6] พรวิทย์ ปรามภย์. (2563). *การจัดการด้านบัญชีของผู้ประกอบการธุรกิจขนาดกลางและขนาดย่อม ในอำเภอเมืองขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น*. การค้นคว้าอิสระปริญญาโทบริหารธุรกิจ, มหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ.
- [7] พิธิวัฒน์ วุฒิเสน. (2559). *ระบบการทำงาน กระบวนการทำงาน และบรรยากาศการทำงานโดยการติดต่อสื่อสารผ่านระบบอินเทอร์เน็ตที่มีผลต่อประสิทธิภาพการทำงานเป็นทีมของพนักงานระดับปฏิบัติการบริษัทเอกชนในกรุงเทพมหานคร*. การศึกษาค้นคว้าอิสระปริญญาโทบริหารธุรกิจ, มหาวิทยาลัยกรุงเทพ.
- [8] อรรธรณ เรืองรองกนิ. (2559). *ความรู้ ความเข้าใจและความไว้วางใจที่มีอิทธิพลต่อความภักดีในการเลือกใช้บริการ Netbank ของลูกค้าธนาคารกรุงไทยในเขตกรุงเทพมหานคร*. การค้นคว้าอิสระปริญญาโทบริหารธุรกิจ, มหาวิทยาลัยกรุงเทพ.
- [9] อุมภาพร บุญทอง. (2559). *การศึกษาปัจจัยคุณสมบัติส่วนบุคคล ปัจจัยกระบวนการความรู้ความเข้าใจ และปัจจัยกระบวนการทำงาน ที่มีผลต่อความพร้อมของนักบัญชีไทยเพื่อรองรับเศรษฐกิจดิจิทัล (Digital Economy): กรณีศึกษานักบัญชีไทยในองค์กรธุรกิจ เขตกรุงเทพมหานคร*. การค้นคว้าอิสระปริญญาโทบริหารธุรกิจ, มหาวิทยาลัยกรุงเทพ.
- [10] Bloom. (1956). *Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals*. New York: David Mckay.
- [11] Deming, W.E. (1986). *Out of the crisis*. Cambridge: Massachusetts Institute of Technology
- [12] Good, C.V. (1973). *Dictionary of education*. New York: McGraw-Hill Book Company.



## การวางแผนการผลิตรวมโดยใช้แบบจำลองกำหนดการทางคณิตศาสตร์กรณีศึกษา ผลิตภัณฑ์แปรรูปมะขามหวาน

### A Case Study of Tamarind Products Aggregate Planning by Using Mathematical Programming Model.

กฤษฎี เล้าประชา<sup>1</sup>, มลรัตน์ แซ่อ่อง<sup>2</sup>, ฉันทพร อุดม<sup>3</sup>, กอบเกียรติ สำอางค์<sup>4</sup>

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ  
450 ถนน สุพรรณบุรี – ชัยนาท ตำบลยานยาว อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี 72130

E-mail : Kongfrong4@gmail.com , saeong\_m@hotmail.com , typudom@gmail.com ,  
kobkiat.250840@gmail.com

#### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาเกี่ยวกับการวางแผนการผลิตโดยใช้แบบจำลองกำหนดการทางคณิตศาสตร์ กรณีศึกษาผลิตภัณฑ์แปรรูปมะขามหวาน ซึ่งปัจจุบันดำเนินการผลิต ผลิตภัณฑ์แปรรูปมะขามหวาน โดยไม่มีการวางแผนในการผลิต จึงทำให้บางครั้งการผลิต ผลิตภัณฑ์แปรรูปมะขามหวานไม่เพียงพอต่อความต้องการของลูกค้า ดังนั้นผู้วิจัยจึงสร้างแบบจำลองกำหนดการทางคณิตศาสตร์ช่วยในการวางแผนการผลิตรวมของผลิตภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์แปรรูปมะขามหวาน เพื่อให้สามารถตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าให้ได้มากขึ้น และทำให้ได้กำไรมากที่สุด

จากการวิจัยโดยการสอบถามข้อมูลจากผลิตภัณฑ์กรณีศึกษา ได้ดำเนินการสร้างแบบจำลองกำหนดการทางคณิตศาสตร์ จากนั้นใช้โปรแกรม Solver ซึ่งเป็น Add-in ใน Microsoft Excel ช่วยในการหาคำตอบของแบบจำลองจากผลลัพธ์ที่ได้ พบว่าการวางแผนการผลิตซึ่งแผนการผลิต ผลิตภัณฑ์แปรรูปมะขามหวานเดิมโดยใช้โปรแกรมการวางแผนการผลิตจำนวน 12 เดือนซึ่งมีกำไรสูงสุดจำนวน 1,236,500 บาท หลังจากการลงพื้นที่สำรวจความต้องการผลิตภัณฑ์แปรรูปมะขามหวาน พบว่ามียอดความต้องการของผลิตภัณฑ์แปรรูปมะขามหวานเพิ่มขึ้น จากนั้นจึงนำข้อมูลความต้องการผลิตภัณฑ์แปรรูปมะขามหวานมาวางแผน โดยใช้โปรแกรมช่วยในการวางแผนการผลิต ผลิตภัณฑ์แปรรูปมะขามหวานใหม่ จำนวน 12 เดือน มียอดกำไรสูงสุดจำนวน 1,286,200 บาท ซึ่งเพิ่มขึ้นจากยอดเดิมจำนวน 49,700 บาท คิดเป็นร้อยละ 4.02

**คำสำคัญ :** “การวางแผนการผลิตรวม” , “แบบจำลองกำหนดการทางคณิตศาสตร์” , “แบบจำลองเชิงเส้นจำนวนเต็ม” , “ผลิตภัณฑ์มะขามหวาน”

#### Abstract

The purpose of this research is to study a case study of tamarind products planning by using mathematical programming model. Nowadays, tamarind products are produced without planning. This means there're not enough tamarind products to meet the consumers' demand. This project will show you how mathematical Programming model can be used in tamarind products production planning to meet the consumers' demand and the producers can maximize profits as well. From the study, mathematical Programming model was used in program called Solver which is add-in program of Microsoft Excel. Mathematical Programming model was used to calculate tamarind products production planning for 12 months and the maximum profit was 1,236,500 baht. From the survey, the consumers' demand for tamarind products was increase. The survey's result was calculated in mathematical Programming model for 12 months and the maximum profit was 1,286,200 baht. It increased about 49,700 baht or 4.02 percent.

**Keyword :** “Aggregate Planning”, “Mathematical Programming model”, “Integer Linear Programming”, “Tamarind Product”



## 1. บทนำ

### 1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันอุตสาหกรรมการผลิตในประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน (ASEAN Economic Community: AEC) เป็นการบูรณาการกับเศรษฐกิจโลก จะนำไปสู่การลดลงของจำนวนประชากรที่ทำงาน ผู้บริโภคสามารถเข้าถึงสินค้าที่ราคาถูกลง ต้นทุนการขนส่งลดลง เกิดการเคลื่อนย้ายฐานการผลิตในระบบอุตสาหกรรมไปยังประเทศที่ค่าจ้างแรงงานถูก กรณีภูมิภาคอาเซียน ได้เกิดเครือข่ายการผลิตสำคัญระดับภูมิภาค ซึ่งในกลุ่มประเทศเอเชียตะวันออกเฉียงใต้มีประเทศไทยเป็นสมาชิกที่สำคัญ ซึ่งเป็นทั้งฐานการผลิตและตลาดการค้า เช่น ประเทศญี่ปุ่นได้มีการตั้งฐานการผลิตขึ้นส่วนยานยนต์ ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์และเครื่องใช้ไฟฟ้า เป็นต้น

ในระบบการผลิตนั้น ปริมาณทรัพยากรต่างๆ ที่ใช้ในการผลิตมักมีอยู่อย่างจำกัด ไม่ว่าจะเป็นกำลังการผลิต ด้านแรงงานคน กำลังการผลิตของเครื่องจักร เครื่องมือที่ใช้ในการผลิต หรือวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตหากโรงงานอุตสาหกรรมไม่มีการวางแผนและการจัดการผลิตที่เหมาะสม อาจจะทำให้ผลิตสินค้าไม่ทันวันส่งมอบสินค้า หรืออาจต้องเสียต้นทุนการผลิตที่สูงขึ้น ดังนั้นผู้ผลิตจึงต้องมีการวางแผนและการจัดการ การผลิตที่เหมาะสมเพื่อเป็นส่วนที่สำคัญที่ช่วยให้การผลิตนั้นมีประสิทธิภาพ ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพตรงตามความต้องการของลูกค้า

มะขามหวานเป็นผลผลิตทางการเกษตรที่มีชื่อเสียงและเป็นพืชเศรษฐกิจของจังหวัดเพชรบูรณ์ เนื่องจากในจังหวัดเพชรบูรณ์มีการปลูกมะขามกันอย่างแพร่หลาย ทำให้ผลผลิตมะขามหวานที่ออกมานั้น มีปริมาณมากจนล้นตลาด ทั้งนี้ เพื่อเป็นการระบายผลผลิตที่ได้จากการแปรรูปมะขามหวานที่มีจำนวนมาก และเป็นการเพิ่มมูลค่าของมะขามหวานให้มีความหลากหลายและน่าสนใจขึ้น ซึ่งผลิตภัณฑ์แปรรูปมะขามหวานของกลุ่มแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขามหวานกรณีศึกษา ได้เกิดปัญหาในการผลิต คือ ทางกลุ่มผู้ผลิตไม่สามารถผลิต ผลิตภัณฑ์แปรรูปมะขามหวานตามคำสั่งซื้อของลูกค้าได้ทันตามกำหนด

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงวางแผนการผลิต ผลิตภัณฑ์แปรรูปมะขามหวานโดยใช้แบบจำลองกำหนดการทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Programming Model) ในการหาแผนการผลิตที่เหมาะสมที่สุด เพื่อให้การผลิตเกิดกำไรสูงสุดรวมถึงความสามารถในการส่งมอบสินค้าให้ทันกำหนดเวลาส่งมอบ (Due date) และตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้ตามที่ลูกค้าต้องการ

### 1.2 วัตถุประสงค์ในการทำวิจัย

1.2.1 เพื่อสร้างแบบจำลองกำหนดการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ไขปัญหาการวางแผนการผลิตรวมผลิตภัณฑ์แปรรูปมะขามหวานเพื่อให้ได้กำไรสูงสุด

1.2.2 เพื่อสร้างแผนการผลิต ผลิตภัณฑ์มะขามหวาน เพื่อให้ได้กำไรสูงสุด

1.2.3 เพื่อเปรียบเทียบแผนการผลิต ผลิตภัณฑ์มะขามหวานเดิม กับแผนการผลิต ผลิตภัณฑ์มะขามหวานใหม่ที่สร้างขึ้น

### 1.3 ขอบเขตการวิจัย

1.3.1 ศึกษาและเก็บข้อมูลการผลิตของกลุ่มผลิตภัณฑ์แปรรูปมะขามหวานกรณีศึกษา ซึ่งตั้งอยู่ที่อำเภอชนแดน จังหวัดเพชรบูรณ์ เท่านั้น

1.3.2 ผลิตภัณฑ์แปรรูปมะขามหวานที่ทำการศึกษา ได้แก่ มะขามคลุกน้ำตาล มะขามคลุกบ๊วย มะขามกวน และมะขามแคะไร้เมล็ด เท่านั้น

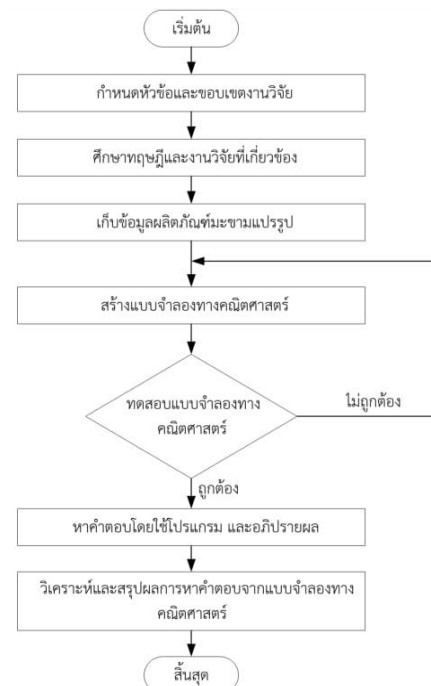
### 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ได้แบบจำลองกำหนดการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ไขปัญหาการวางแผนการผลิตรวมผลิตภัณฑ์แปรรูปมะขามหวาน เพื่อให้ได้กำไรสูงสุด

1.4.2 ได้แผนการผลิต ผลิตภัณฑ์มะขามหวาน เพื่อให้ได้กำไรสูงสุด

1.4.3 ได้ผลเปรียบเทียบแผนการผลิต ผลิตภัณฑ์มะขามหวานเดิม กับแผนการผลิต ผลิตภัณฑ์มะขามหวานใหม่

## 2. วิธีดำเนินงาน



รูปที่ 2.1 ภาพแสดงตัวอย่างวิธีดำเนินการ



## 2.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

2.1.1 เก็บข้อมูลของผลิตภัณฑ์แปรรูปมะขามหวานที่จะทำการศึกษาติดต่อประสานงานกับแผนกผลิตภัณฑ์แปรรูปมะขามหวาน ของกลุ่มผลิตภัณฑ์กรณีศึกษา เพื่อทำการศึกษาและเก็บข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ที่ทำการศึกษา ซึ่งข้อมูลดังกล่าว ได้แก่

- 1) ต้นทุนและราคาขายของสินค้าที่จะทำการศึกษา
- 2) ความต้องการสินค้าของลูกค้า
- 3) ชนิดและข้อจำกัดของผลิตภัณฑ์ที่จะทำการผลิต
- 4) ปริมาณการจำหน่ายของผลิตภัณฑ์
- 5) ขั้นตอนการผลิต ผลิตภัณฑ์แปรรูปมะขามหวาน

โดยนำข้อมูลมาเป็นแนวทางในการศึกษาและวิเคราะห์ปัญหาเกี่ยวกับการวางแผนการผลิต

2.1.2 นำข้อมูลดังกล่าวมาสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

นำข้อมูลดังกล่าวมาวิเคราะห์ และสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อเป็นเครื่องมือช่วยในการวางแผนการผลิต

2.1.3 ทดสอบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

นำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ได้มาทดสอบความถูกต้อง ซึ่งการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองเป็นการตรวจสอบว่า แบบจำลองนั้น สามารถใช้งานได้จริงและให้ผลลัพธ์ได้ถูกต้องตามวัตถุประสงค์ของการศึกษาได้ โดยจะทำการตรวจสอบจากการทดลองหาคำตอบจากปัญหาตัวอย่าง

## 2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

2.2.1 คอมพิวเตอร์แบบพกพา 1 เครื่อง สำหรับการทดสอบแบบจำลองกำหนดการทางคณิตศาสตร์ ของปัญหาที่มีความซับซ้อนและขนาดของปัญหาที่แตกต่างกัน โดยมีคุณสมบัติดังนี้

- หน่วยประมวลผลกลาง (CPU) Intel(R) Pentium(R) 2020M CPU@ 2.40 GHz
- หน่วยความจำหลัก (Ram) 4.00 GB
- หน่วยความจำสำรอง (Hard disk) 500 GB
- ระบบปฏิบัติการ(OS) Microsoft Window 7 Ultimate 64 bit Operating System

2.2.2 โปรแกรม Solver ซึ่งเป็น Add-in Tool บน Microsoft Excel เป็นเครื่องมือในการหาคำตอบของแบบจำลองกำหนดการทางคณิตศาสตร์

## 2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ภัทรารักษ์ สัจจนดำรง ได้คิดค้นการพัฒนาเครื่องมือช่วยในการวางแผนการผลิตหลักของโรงงานโดยใช้หลักการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยวิธีการโปรแกรมเชิง

เส้นตรงโดยเรียกเครื่องมือนี้ว่า MPO (Master Planning Optimizer) ซึ่งเป็นการประมวลผลด้วย Solver ผ่านทางโปรแกรม Microsoft Excel เพื่อสร้างแผนการผลิตหลักที่ทำให้เกิดต้นทุนรวมต่ำที่สุดบนเงื่อนไขที่จำกัดทั้งในส่วนของกำลังการผลิตของโรงงานและจำนวนวัตถุดิบที่มีอยู่ จากนั้นค่อยนำแผนการผลิตหลักที่คำนวณได้นี้ไปใช้วางแผนความต้องการด้านวัสดุต่อไป สำหรับในปี 2551 [1] ต่อมา กนกวรรณ สุภักดี ได้ศึกษาโปรแกรมการตัดสินใจเกี่ยวกับการลงทุนและการผลิตด้วยโปรแกรมเชิงเส้น มีวัตถุประสงค์ช่วยอำนวยความสะดวกในการคำนวณให้แก่ผู้ใช้ในการตัดสินใจเกี่ยวกับการลงทุนและการผลิต และเพื่อเป็นสื่อในการเรียนการสอนในรายวิชาการบริหารการผลิตให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยผลที่คำนวณได้สามารถแสดงผลกำไรสูงสุดหรือค่าใช้จ่ายต่ำสุดจำนวนที่ต้องทำการผลิต และกราฟพื้นที่สมจริงของปัญหา ภายใต้ข้อจำกัดที่มีอยู่ในการศึกษาครั้งนี้เป็นการใช้โปรแกรมประยุกต์ Microsoft Excel 2003 ในการพัฒนาโปรแกรมการตัดสินใจด้วยโปรแกรมเชิงเส้น [2] และในปีเดียวกันนั้น อาคม เกื้อกุล ได้ศึกษาการลดต้นทุนวัตถุดิบคงคลังของโรงงานประกอบชิ้นส่วน อิเล็กทรอนิกส์ โดยทำการศึกษาการจัดการวัตถุดิบทั้งหมด 7 ชนิดที่มียอดขายสูงที่สุดในปี 2551 ในขณะที่เดียวกันก็มีวัตถุดิบที่เป็นสินค้าคงคลังถึง 12,706,065 บาท ณ สิ้นเดือนมกราคม 2551 เนื่องมาจากการสั่งซื้อที่ไม่ได้คำนึงถึงค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการสั่งซื้อวัตถุดิบที่มากเกินไปจนเกินความจำเป็น จึงได้ทำการศึกษาเพื่อหาวิธีการควบคุมการสั่งซื้อวัตถุดิบที่ประหยัด และควบคุมวัตถุดิบคงคลังให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมกับปริมาณความต้องการผลิต รวมถึงพิจารณาถึงปริมาณวัตถุดิบปลอดภัย (Safety Stock:  $s$ ) กับฝ่ายควบคุมวัตถุดิบ ฝ่ายจัดซื้อ และฝ่ายบริการลูกค้า รวมถึงลูกค้าเพื่อกำหนด ปริมาณวัตถุดิบคงคลังปลอดภัยให้เหมาะสมที่สุด จากนั้น ในปี 2552 [3] ต่อมา เอกมัย นิธิเสาวภาคย์ ได้ศึกษาการประหยัดค่าใช้จ่ายโดยรวมของการผลิต ของปัญหาการวางแผนการผลิตได้ถูกเขียนเป็นโปรแกรมเชิงเส้นตรง และได้ใช้โปรแกรม Excel Premium Solver ในการแก้ปัญหา [4] และในปีเดียวกัน ธนยพร อุดม ได้ศึกษากระบวนการผลิตน้ำผลไม้เข้มข้นและกระบวนการผลิตน้ำผลไม้แช่แข็ง เพื่อนำมาสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ แล้วใช้โปรแกรม Solver ซึ่งเป็น Add-Ins Tool ที่อยู่ใน Microsoft Excel 2003 ในการในการแปลงแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ให้หาคำตอบที่เหมาะสมที่สุด จากนั้น จึงทำการเขียนโปรแกรมช่วยในการวางแผนการผลิต โดยใช้ Visual



Basic for Applications (VBA) เพื่อสร้างแบบฟอร์มคำสั่ง และปุ่มใช้งานต่างๆ ทำให้ทราบวันที่จะต้องใช้ผลไม้สดในการผลิตและปริมาณผลไม้สดที่ต้องใช้ในการผลิตน้ำผลไม้แช่แข็ง ซึ่งทำให้แผนกแปรรูปผลไม้ไม่ต้องซื้อผลไม้สดทั้งหมดที่สวนของบริษัทนำมาส่งขายให้ แต่จะซื้อผลไม้สดในปริมาณที่ต้องใช้ในการผลิต ทำให้ค่าใช้จ่ายในการผลิตน้ำผลไม้แช่แข็งต่ำลง ซึ่งเป็นการลดต้นทุนของวัตถุดิบในการใช้ผลิตน้ำผลไม้เข้มข้น ส่งผลให้ได้กำไรเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ โปรแกรมยังสามารถรายงานปริมาณวัตถุดิบต่างๆ ให้ผู้ใช้โปรแกรมทราบถึงปริมาณวัตถุดิบที่ถูกใช้ไป ปริมาณวัตถุดิบที่เหลืออยู่ ทำให้พนักงานไม่ต้องเช็คปริมาณวัตถุดิบด้วยตัวเอง [5] หลังจากนั้นในปี 2553 สมโภช ศรีเกื้อ ได้ศึกษาการวางแผนกำลังการผลิตฟอร์มมาลตีไฮด์ภายใต้ความไม่แน่นอนของความต้องการให้ต้นทุนต่อหน่วยต่ำที่สุด ในปัจจุบันพบว่าบริษัทไม่มีวิธีการพยากรณ์ความต้องการที่ถูกต้องและแม่นยำ ซึ่งส่งผลต่อการวางแผนกำลังการผลิต ดังนั้นจำเป็นต้องหาแนวทางในการพยากรณ์ความต้องการเพื่อนำค่าที่ได้จากการพยากรณ์มาใช้ในการวางแผนกำลังการผลิต ให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมกับความต้องการ โดยขั้นตอนในการวิจัยได้นำข้อมูลความต้องการฟอร์มมาลตีไฮด์ในอดีตปี 2002-2007 มาวิเคราะห์หาวิธีการพยากรณ์ความต้องการที่เหมาะสม จากนั้นทำการพยากรณ์ความต้องการในอนาคตปี 2008 และนำค่าพยากรณ์ที่ได้ไปวางแผนกำลังการผลิต โดยในการวางแผนกำลังการผลิตจะสร้างแนวทางตามเงื่อนไขที่บริษัทกำหนด ซึ่งเลือกแนวทางที่ให้ค่าต้นทุนต่ำที่สุดนำไปประยุกต์ใช้ [6]

### 3. ผลการดำเนินงานวิจัย

#### 3.1 การศึกษาและเก็บข้อมูล

เนื่องจากงานวิจัยนี้ เป็นการวางแผนการผลิตรวม ซึ่งการวางแผนการผลิตรวม เป็นแผนที่สร้างขึ้นเพื่อเชื่อมโยงความสามารถในการผลิตทั้งหมดที่มีอยู่ให้สอดคล้องกับความต้องการสินค้าทั้งหมดที่จะเกิดขึ้นในช่วงเวลาต่างๆ เพื่อให้ได้กำไรสูงสุด เช่น ในช่วงเวลาหนึ่งจะสามารถทำการผลิตสินค้าได้จำนวนเท่าใด กำลังการผลิตที่มีเพียงพอหรือไม่ หากไม่เพียงพอควรจัดการกับความ ต้องการสินค้านั้นอย่างไร เป็นต้น ดังนั้น ผู้วิจัยจึงเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการผลิต สำหรับผลิตภัณฑ์แปรรูปมะขามหวาน 4 แบบ คือ มะขามคลุกน้ำตาล มะขามคลุกบ้วย มะขามกวน และมะขามแคะไร้เมล็ด เช่น ขั้นตอนในการผลิต เพื่อหาปัญหาต่างๆ ในการผลิต ความสามารถในการผลิตสินค้า และปริมาณสินค้าที่ผลิตได้ เป็นต้น รวมถึงยอดขาย และสำรวจความต้องการของลูกค้าจริงจาก

ผู้ประกอบการที่รับผลิตภัณฑ์มะขามหวานไปจำหน่ายต่อ โดยการสัมภาษณ์จากกลุ่มผู้ผลิต ผลิตภัณฑ์แปรรูปมะขามหวานกรณีศึกษา ซึ่งตั้งอยู่ที่ อำเภอชนแดน จังหวัดเพชรบูรณ์ โดยหลังจากการเก็บข้อมูลแล้วพบว่า ในการผลิต ผลิตภัณฑ์แปรรูปมะขามหวานนั้น ยังมีปัญหาในเรื่องของปริมาณที่ผลิตได้ยังไม่สามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าที่ได้ทั้งหมดผู้วิจัยจึงหาแนวทางเพื่อเสนอแก่ผู้ประกอบการและเป็นการเพิ่มทางเลือกในการผลิตและจำหน่ายสินค้า โดยมีนโยบายในการจ้างผู้ผลิตรายอื่น ในกรณีที่ไม่สามารถผลิตสินค้าได้ทัน เพื่อให้สามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้

#### 3.1.1 ข้อมูลผลิตภัณฑ์แปรรูปมะขามหวาน

3.1.1.1 วัตถุดิบและขั้นตอนการผลิต ผลิตภัณฑ์แปรรูปมะขามหวานสำหรับวัตถุดิบในการทำผลิตภัณฑ์แปรรูปมะขามหวาน ทั้ง 4 แบบนั้น ประกอบด้วยวัตถุดิบหลักสำหรับการแปรรูปทุกแบบ คือ มะขามหวาน ซึ่งหาซื้อได้จากสวนมะขามในพื้นที่ใกล้เคียง โดยกระบวนการเตรียมมะขามสำหรับแปรรูปทุกแบบนี้ จะนำมะขามสดมาทำการล้างมะขามทั้งเปลือกให้สะอาด จากนั้นแกะเปลือกมะขาม และดึงเส้นใยในเนื้อมะขามออกให้หมด เพื่อเตรียมพร้อมสำหรับการแปรรูปต่อไป ในขั้นตอนนี้จะมีการคัดเกรดมะขาม ก่อนนำไปทำการผลิต ผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด โดยมะขามที่มีฝักยาวสวย ความยาวฝักประมาณ 4 ข้อขึ้นไป จะถูกนำไปทำมะขามแคะไร้เมล็ด ส่วนมะขามเกรดอื่นๆ จะนำมาทำมะขามคลุกน้ำตาล มะขามคลุกบ้วย และมะขามกวน ส่วนวัตถุดิบอื่นๆ และขั้นตอนการผลิตจะแตกต่างกันตามชนิดของผลิตภัณฑ์แปรรูป โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) มะขามคลุกน้ำตาล ประกอบด้วย มะขามแบบไม่แคะเมล็ด น้ำตาลทราย เกลือ และพริกป่น มีขั้นตอนการผลิต คือ นำเนื้อมะขามหวานแบบไม่แคะเมล็ดไปอบ ใช้เวลาราว 3-5 ชั่วโมง เตรียมไว้ ซึ่งการอบเนื้อมะขามหวานเพื่อไล่ความชื้นในเนื้อมะขาม และเป็นการยืดอายุเนื้อมะขามให้ยาวนานมากขึ้น จากนั้นใส่ น้ำตาล เกลือ และพริกป่น นำไปคลุกเคล้าวัตถุดิบทั้งหมดให้เข้ากัน จากนั้นนำบรรจุถุง

2) มะขามคลุกบ้วย ประกอบด้วย มะขามแบบไม่แคะเมล็ด ผงบ้วย น้ำตาลทราย เกลือป่น และพริกป่น มีขั้นตอนการผลิต คือ นำเนื้อมะขามหวานแบบไม่แคะเมล็ดไปอบ ใช้เวลาราว 3-5 ชั่วโมง เช่นเดียวกับการทำมะขามคลุกน้ำตาลจากนั้น นำน้ำตาลทราย เกลือป่น และพริกป่น คลุกเคล้าวัตถุดิบทั้งหมด โดยระหว่างที่คลุกเคล้ากัน



ค่อยๆ ใส่ผงบิวาลงไปคลุกผสมด้วย เมื่อส่วนผสมเข้ากันดี  
บรรจุในถุง

3) มะขามกวน ประกอบด้วย มะขามหวานหรือ  
มะขามเปรี้ยวที่แกะเมล็ดและสับละเอียดแล้ว หัวกะทิ  
มะพร้าวที่ทึกขอยละเอียด น้ำตาลทราย แปะแซ เกลือ  
ป่น และนมข้นหวาน มีขั้นตอนการผลิต คือ ผสมหัวกะทิ  
น้ำตาลทราย แปะแซ เคี้ยวพอกะทิแตกมัน จากนั้นใส่  
มะขามสับที่เตรียมไว้ เกลือป่น มะพร้าวที่ทึกขูดฝอย นม  
ข้นหวานกวนให้ส่วนผสมเหนียวและงวดลงขนาดพอปั้นได้  
ยกลงรอให้เย็นปั้นเป็นแท่งห่อด้วยพลาสติกใส หรือ  
ภาชนะที่เตรียมไว้

4) มะขามแคะไร้เมล็ด ประกอบด้วย มะขามแบบไม่  
แกะเมล็ด ในส่วนของผลิตภัณฑ์มะขามแคะไร้เมล็ดนี้ มี  
เพียงขั้นตอนการนำมะขามไปอบ (เช่นเดียวกับขั้นตอน  
การเตรียมผลิตมะขามคลุกน้ำตาลและมะขามคลุกบ้วย)  
จากนั้น นำมากรีดเพื่อแกะเมล็ดออก และนำบรรจุถุงหรือ  
ภาชนะที่เตรียมไว้

### 3.1.2 ข้อมูลยอดขาย และความต้องการสินค้าที่แท้จริง ของแต่ละผลิตภัณฑ์

คณะผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลยอดขายจากผู้ผลิต  
พบว่า ยังมีปริมาณความต้องการสินค้าที่ผู้ผลิตไม่สามารถ  
ตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้ทั้งหมด ดังนั้น  
จำนวนยอดขายที่ได้เก็บข้อมูลมาในปัจจุบัน จึงเป็นเพียง  
จำนวนที่ไม่เกินกำลังการผลิตที่ผู้ผลิตสามารถผลิตได้ทัน  
กำหนดวันส่งมอบเท่านั้น ซึ่งอาจทำให้เสียส่วนแบ่งทาง  
การตลาดให้ผู้ผลิตรายอื่น คณะผู้วิจัยจึงได้ทำการสำรวจ  
ความต้องการสินค้าที่แท้จริงจากลูกค้า เพื่อนำมาช่วยใน  
การวางแผนการผลิตให้ได้กำไรสูงสุด ซึ่งแสดงรายละเอียด  
ข้อมูลยอดขายจริงและความต้องการสินค้าที่แท้จริงได้ดัง  
ตารางที่ 3.1

เดือน	ยอดขาย				ความต้องการที่แท้จริง			
	คลุก น้ำตาล (กิโลกรัม)	คลุกบ้วย (กิโลกรัม)	กวน (แพ็ค)	แคะไร้ เมล็ด (กิโลกรัม)	คลุก น้ำตาล (กิโลกรัม)	คลุกบ้วย (กิโลกรัม)	กวน (แพ็ค)	แคะไร้ เมล็ด (กิโลกรัม)
มกราคม	1080	810	810	540	1100	900	850	630
กุมภาพันธ์	960	720	700	480	1000	750	720	500
มีนาคม	1080	800	800	540	1120	820	830	590
เมษายน	1040	780	780	500	1150	880	800	780
พฤษภาคม	1080	810	800	540	1100	830	810	600
มิถุนายน	1040	780	770	520	1100	800	780	550
กรกฎาคม	1080	810	800	540	1150	860	820	580
สิงหาคม	1080	810	810	540	1180	900	830	610
กันยายน	1040	770	750	520	1100	800	800	530
ตุลาคม	1080	810	800	540	1090	840	810	550
พฤศจิกายน	1040	780	770	520	1080	820	800	550
ธันวาคม	1080	810	810	540	1300	950	850	700

ตารางที่ 3.1 ยอดขายและความต้องการที่แท้จริงของ  
ผลิตภัณฑ์แปรรูปมะขามหวานในแต่ละเดือน

### 3.1.3 กำลังการผลิตของผู้ผลิตกรณีศึกษา

จากการเก็บข้อมูล พบว่า ผู้ผลิตกรณีศึกษา มี  
พนักงานผลิตทั้งหมด จำนวน 12 คน เครื่องอบมะขาม  
จำนวน 1 เครื่อง โดยมีกำลังการผลิตโดยเฉลี่ยต่อวัน ดังนี้

- มะขามคลุกน้ำตาล 100 กิโลกรัมต่อวัน
- มะขามคลุกบ้วย 80 กิโลกรัมต่อวัน
- มะขามกวน 100 แพ็ค
- มะขามแคะไร้เมล็ด 50 กิโลกรัม

### 3.2 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Model)

จากการเก็บข้อมูลการผลิตในหัวข้อ 3.1 คณะผู้วิจัย  
จึงได้เสนอแนวคิดในการวางแผนการผลิตให้เพียงพอกับ  
ความต้องการของลูกค้า คือ กรณีที่ผู้ผลิตมีกำลังการผลิต  
ที่ไม่สามารถผลิตได้เพียงพอหรือทันกับความต้องการของ  
ลูกค้า ผู้ผลิตจะว่าจ้างแหล่งผลิตอื่นผลิตสินค้าเพิ่ม โดยไม่  
มีการจ้างพนักงานหรือซื้อเครื่องจักรเพิ่ม เพื่อให้มีสินค้าส่ง  
มอบได้ทันตามกำหนด และเพียงพอกับความต้องการของ  
ลูกค้าได้ เพื่อรักษาระดับพึงพอใจของลูกค้า เพราะหากมี  
การจ้างพนักงานเพิ่ม อาจทำให้การบริหารจัดการยุ่งยาก  
ขึ้น เช่น ทางผู้ผลิต

อาจจะต้องมีการสอนพนักงานใหม่ในเรื่องขั้นตอนการ  
ผลิต และอาจจะต้องยกเลิกการจ้างในช่วงที่ความต้องการ  
ของลูกค้าน้อยลง เป็นต้น

สำหรับการวางแผนการผลิตในงานวิจัยนี้ มีการนำ  
แบบจำลองทางคณิตศาสตร์มาประยุกต์ใช้ เพื่อช่วยในการ  
วางแผนการผลิต เพื่อลดความยุ่งยาก และความผิดพลาด  
ที่อาจจะเกิดขึ้นในการวางแผนการผลิต โดยมี  
วัตถุประสงค์หลักของการวางแผนการผลิตรวม คือ เพื่อ  
ทำให้ผู้ผลิตมีกำไรสูงสุดและสามารถตอบสนองความ  
ต้องการของลูกค้าได้อย่างครบถ้วน

#### 3.2.1 ข้อกำหนด

1) ผลิตภัณฑ์แปรรูปมะขามหวาน ขนาดบรรจุแสดง  
ดังต่อไปนี้

- มะขามคลุกน้ำตาล บรรจุถุงละ 10 กิโลกรัม
- และมะขามคลุกบ้วย บรรจุถุงละ 10 กิโลกรัม
- มะขามกวน บรรจุแพ็คเกจละ 120 กรัม
- มะขามแคะไร้เมล็ด บรรจุถุงละ 10 กิโลกรัม

2) ต้นทุนรวมโดยประมาณ ในการผลิต ผลิตภัณฑ์แปรรูป  
มะขามหวานแต่ละผลิตภัณฑ์ มีรายละเอียดดังนี้

- มะขามคลุกน้ำตาล กิโลกรัมละ 30 บาท
- และมะขามคลุกบ้วย กิโลกรัมละ 35 บาท
- มะขามกวน แพ็คละ 13 บาท
- มะขามแคะไร้เมล็ด กิโลกรัมละ 80 บาท





3) ราคาขายของผลิตภัณฑ์แปรรูปมะขามหวานแต่ละ  
ผลิตภัณฑ์ มีรายละเอียดดังนี้

- มะขามคลุกน้ำตาล กิโลกรัมละ 60 บาท
- และมะขามคลุกบัว กิโลกรัมละ 65 บาท
- มะขามกวน แพ้คละ 20 บาท
- มะขามแคะไร้เมล็ด กิโลกรัมละ 160 บาท

4) ราคาจ้างผู้ผลิตรายอื่น ในการผลิต ผลิตภัณฑ์แปรรูป  
มะขามหวานแต่ละผลิตภัณฑ์ มีรายละเอียดดังนี้

- มะขามคลุกน้ำตาล กิโลกรัมละ 45 บาท
- และมะขามคลุกบัว กิโลกรัมละ 50 บาท
- มะขามกวน แพ้คละ 18 บาท
- มะขามแคะไร้เมล็ด กิโลกรัมละ 130 บาท

### 3.2.2 ข้อสมมติ

- 1) การผลิต ผลิตภัณฑ์แปรรูปมะขามหวาน ผลิตได้  
ตลอดทั้งปี
- 2) ไม่มีการจ้างพนักงานมาผลิตที่กลุ่ม
- 3) หากความต้องการสินค้า เกินกำลังการผลิตสูงสุด  
ของผู้ผลิต ผู้ผลิตสามารถจ้างผู้ผลิตอื่นตามจำนวนที่  
ต้องการได้ตลอดทั้งปี

### 3.2.3 Notations Indices

- $i$  = ชนิดของผลิตภัณฑ์
  - $t$  = จำนวนเดือนที่วางแผนการผลิตรวม
- Parameters

$W_i^t$  = ปริมาณความต้องการผลิตภัณฑ์ชนิด  $i$  ใน  
แต่ละช่วงเวลา  $t$

$R_i$  = ราคาขายต่อหน่วยขายของผลิตภัณฑ์แปรรูป  
มะขามหวาน (บาทต่อหน่วยขาย)

$d^t$  = จำนวนวันทำงานของเดือน  $t$

$I_i^t$  = จำนวนสินค้าคงคลังปลายงวดของผลิตภัณฑ์  
แปรรูปมะขามหวานชนิด  $i$  ในแต่ละช่วงเวลา  $t$

$Sub_i^t$  = จำนวนการจ้างผลิตเพิ่มของผลิตภัณฑ์แปรรูป  
มะขามหวานชนิด  $i$  ในแต่ละช่วงเวลา  $t$

$CP_i$  = ต้นทุนรวมโดยประมาณ ในการผลิตต่อ  
หน่วยของผลิตภัณฑ์แปรรูปมะขามหวานชนิด  $i$  ณ ทุกๆ  
ช่วงเวลา  $t$

$CSub_i$  = ต้นทุนในการจ้างผลิตต่อหน่วยของ  
ผลิตภัณฑ์แปรรูปมะขามหวานชนิด  $i$  ณ ทุกๆ ช่วงเวลา  $t$

$CI_i$  = ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาสินค้าต่อหน่วย  
ของผลิตภัณฑ์แปรรูปมะขามหวานชนิด  $i$  ณ ทุกๆ  
ช่วงเวลา  $t$

$M_i$  = กำลังการผลิตผลิตภัณฑ์แปรรูปมะขาม  
หวานชนิด  $i$  (หน่วยขายต่อเดือน)

### Decision Variables

$X_i^t$  = จำนวนผลิตภัณฑ์ชนิด  $i$  ที่ผลิตได้ในแต่ละ  
ช่วงเวลา  $t$  (หน่วยขาย)

3.2.4 สมการเป้าหมาย (Objective function) เพื่อให้ได้  
กำไรสูงสุด

Maximize Profit =

$$\sum_i \sum_t R_i (X_i^t + Sub_i^t) - \left( \sum_i \sum_t [X_i^t \cdot CP_i + I_i^t \cdot CI_i + Sub_i^t \cdot CSub_i] \right) \quad (3.1)$$

โดยมีข้อจำกัด (Constraints) ดังต่อไปนี้

1) จากสมการที่ (3.2) จำนวนผลิตภัณฑ์ชนิด  $i$  ที่  
สามารถผลิตได้สูงสุดในแต่ละช่วงเวลา  $t$  ต้องมีค่าไม่เกิน  
กำลังการผลิตที่มีอยู่คูณกับจำนวนวันในแต่ละเดือน

$$X_i^t \leq M_i \cdot d^t \quad \forall_{i,t} \quad (3.2)$$

2) จากสมการที่ (3.3) จำนวนสินค้าที่จ้างผลิต มีค่า  
เท่ากับปริมาณความต้องการสินค้าลบออกด้วยผลรวมของ  
สินค้าคงเหลือต้นงวดรวมกับสินค้าที่ได้ในงวดนั้น

$$Sub_i^t = W_i^t - (I_i^{t-1} + X_i^t) \quad \forall_{i,t}$$

(3.3)

3) จำนวนสินค้าคงเหลือของผลิตภัณฑ์ชนิด  $i$  ในแต่  
ละช่วงเวลา  $t$  เท่ากับจำนวนสินค้าคงเหลือต้นงวดรวมกับ  
ปริมาณที่ผลิตได้และจำนวนที่จ้างผลิตในรอบนั้น ลบด้วย  
ปริมาณความต้องการสินค้า

$$I_i^t = I_i^{t-1} + X_i^t + Sub_i^t - W_i^t \quad \forall_{i,t}$$

(3.4)

4) ผลิตภัณฑ์ชนิด  $i$  ในแต่ละช่วงเวลา  $t$  ที่ผลิต,  
จำนวนรอบที่ผลิต ต้องมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับศูนย์ และ  
เป็นจำนวนเต็ม

$$X_i^t \geq 0 \text{ and integer} \quad \forall_{i,t} \quad (3.5)$$

## 3.3 การหาคำตอบจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

### 3.3.1 Indices

$i$  = ชนิดของผลิตภัณฑ์ ( $i = 1$  : มะขามคลุก  
น้ำตาล,  $2$  : มะขามคลุกบัว,  $3$  : มะขามกวน,  $4$  : มะขาม  
หวานไร้เมล็ด)

$t$  = จำนวนเดือนที่วางแผนการผลิตรวม ( $t = 1, 2, 3, \dots, 12$ )

### 3.3.2 Parameters

ความต้องการผลิตภัณฑ์แปรรูปมะขามหวานในแต่ละ  
เดือน ( $W_i^t$ ) ที่ทำการสำรวจและเก็บข้อมูลมา ทั้ง  
แบบเดิมและจากการสำรวจความต้องการที่แท้จริง ดัง  
แสดงในตารางที่ 3.1 ค่าพารามิเตอร์ในการผลิต  
ผลิตภัณฑ์แปรรูปมะขามหวาน ดังแสดงในตารางที่ 3.2



ตารางที่ 3.2 ค่าพารามิเตอร์ในการผลิตผลิตภัณฑ์แปรรูป  
มะขามหวาน

No.	Parameters	Value
1	$R_1$	60 บาทต่อกิโลกรัม (ราคาขายมะขามคลุกน้ำตาล)
2	$R_2$	65 บาทต่อกิโลกรัม (ราคาขายมะขามคลุกบ๊วย)
3	$R_3$	20 บาทต่อแพ็ค (ราคาขายมะขามกวน)
4	$R_4$	160 บาทต่อกิโลกรัม (ราคาขายมะขามแคะไร้เมล็ด)
5	$d^1$	27 วันในเดือนมกราคม
6	$d^2$	24 วันในเดือนกุมภาพันธ์
7	$d^3$	27 วันในเดือนมีนาคม
8	$d^4$	26 วันในเดือนเมษายน
9	$d^5$	27 วันในเดือนพฤษภาคม
11	$d^6$	26 วันในเดือนมิถุนายน
12	$d^7$	27 วันในเดือนกรกฎาคม
13	$d^8$	27 วันในเดือนสิงหาคม
14	$d^9$	26 วันในเดือนกันยายน
15	$d^{10}$	27 วันในเดือนตุลาคม
16	$d^{11}$	26 วันในเดือนพฤศจิกายน
17	$d^{12}$	27 วันในเดือนธันวาคม
18	$CP_1$	30 บาทต่อกิโลกรัม
19	$CP_2$	35 บาทต่อกิโลกรัม
20	$CP_3$	13 บาทต่อแพ็ค
21	$CP_4$	80 บาทต่อกิโลกรัม
22	$CSub_1$	45 บาทต่อกิโลกรัม
23	$CSub_2$	50 บาทต่อกิโลกรัม
24	$CSub_3$	18 บาทต่อแพ็ค
25	$CSub_4$	130 บาทต่อกิโลกรัม
26	$CI_1$	1 บาทต่อกิโลกรัม
27	$CI_2$	1 บาทต่อกิโลกรัม
28	$CI_3$	0.1 บาทต่อแพ็ค
29	$CI_4$	1 บาทต่อกิโลกรัม

30	$M_1$	40 กิโลกรัมต่อวัน
31	$M_2$	30 กิโลกรัมต่อวัน
32	$M_3$	30 แพ็คต่อวัน
33	$M_4$	20 กิโลกรัมต่อวัน

หลังจากการแทนค่าพารามิเตอร์แล้วจะหาคำตอบโดยใช้โปรแกรม Solver ซึ่งเป็น Add-Ins ในโปรแกรม Microsoft Excel 2013 ช่วยในการหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุด โดยผู้วิจัยได้ทำการหาคำตอบจากความต้องการเดิม (ยอดขาย) แสดงเปรียบเทียบกับความต้องการสินค้าที่แท้จริง ที่ได้ทำการสำรวจเพิ่มเติม โดยผลลัพธ์ที่ได้นั้น จะแสดงรายละเอียดต่างๆ ของแผนการผลิต ผลิตภัณฑ์แปรรูปมะขามหวาน ได้แก่ ความต้องการสินค้าปริมาณที่ต้องผลิตเองและปริมาณที่ต้องจ้างผลิต ดังแสดงในตารางที่ 3.3 ถึงตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.3 แผนการผลิต ผลิตภัณฑ์แปรรูปมะขาม  
หวานแต่ละชนิด จากความต้องการสินค้าเดิม

เดือน	ปริมาณความต้องการสินค้าเดิม				ปริมาณสินค้าที่ต้องผลิตเอง ( $X^j$ )				ปริมาณสินค้าที่จะจ้างผลิต ( $3x^j$ )			
	มะขาม คลุกน้ำตาล (กิโลกรัม)	มะขาม คลุกบ๊วย (กิโลกรัม)	มะขาม กวน (แพ็ค)	มะขาม แคะไร้เมล็ด (กิโลกรัม)	มะขาม คลุกน้ำตาล (กิโลกรัม)	มะขาม คลุกบ๊วย (กิโลกรัม)	มะขาม กวน (แพ็ค)	มะขาม แคะไร้เมล็ด (กิโลกรัม)	มะขาม คลุกน้ำตาล (กิโลกรัม)	มะขาม คลุกบ๊วย (กิโลกรัม)	มะขาม กวน (แพ็ค)	มะขาม แคะไร้เมล็ด (กิโลกรัม)
มกราคม	1080	810	810	540	1080	810	810	540	0	0	0	0
กุมภาพันธ์	960	720	700	480	960	720	700	480	0	0	0	0
มีนาคม	1080	800	800	540	1080	800	800	540	0	0	0	0
เมษายน	1040	780	780	500	1040	780	780	500	0	0	0	0
พฤษภาคม	1080	810	800	540	1080	810	800	540	0	0	0	0
มิถุนายน	1040	780	770	520	1040	780	770	520	0	0	0	0
กรกฎาคม	1080	810	800	540	1080	810	800	540	0	0	0	0
สิงหาคม	1080	810	810	540	1080	810	810	540	0	0	0	0
กันยายน	1040	770	750	520	1040	770	750	520	0	0	0	0
ตุลาคม	1080	810	800	540	1080	810	800	540	0	0	0	0
พฤศจิกายน	1040	780	770	520	1040	780	770	520	0	0	0	0
ธันวาคม	1080	810	810	540	1080	810	810	540	0	0	0	0

กำไรสูงสุด เท่ากับ 1,236,500 บาท

ตารางที่ 3.4 แผนการผลิต ผลิตภัณฑ์แปรรูปมะขาม  
หวานแต่ละชนิด จากความต้องการสินค้าที่แท้จริง

เดือน	ปริมาณความต้องการสินค้าที่แท้จริง				ปริมาณสินค้าที่ต้องผลิตเอง ( $X^j$ )				ปริมาณสินค้าที่จะจ้างผลิต ( $3x^j$ )			
	มะขาม คลุกน้ำตาล (กิโลกรัม)	มะขาม คลุกบ๊วย (กิโลกรัม)	มะขาม กวน (แพ็ค)	มะขาม แคะไร้เมล็ด (กิโลกรัม)	มะขาม คลุกน้ำตาล (กิโลกรัม)	มะขาม คลุกบ๊วย (กิโลกรัม)	มะขาม กวน (แพ็ค)	มะขาม แคะไร้เมล็ด (กิโลกรัม)	มะขาม คลุกน้ำตาล (กิโลกรัม)	มะขาม คลุกบ๊วย (กิโลกรัม)	มะขาม กวน (แพ็ค)	มะขาม แคะไร้เมล็ด (กิโลกรัม)
มกราคม	1100	900	850	630	1080	810	810	540	20	90	40	90
กุมภาพันธ์	1000	750	720	500	960	720	720	480	40	30	0	20
มีนาคม	1120	820	830	590	1080	810	810	540	40	10	20	50
เมษายน	1150	880	800	780	1040	780	780	520	110	100	20	260
พฤษภาคม	1100	830	810	600	1080	810	810	540	20	20	0	60
มิถุนายน	1100	800	780	550	1040	780	780	520	60	20	0	30
กรกฎาคม	1150	860	820	580	1080	810	810	540	70	50	10	40
สิงหาคม	1180	900	830	610	1080	810	810	540	100	90	20	70
กันยายน	1100	800	800	530	1040	780	780	520	60	20	20	10
ตุลาคม	1090	840	810	550	1080	810	810	540	10	30	0	10
พฤศจิกายน	1080	820	800	550	1040	780	780	520	40	40	20	30
ธันวาคม	1300	950	850	700	1080	810	810	540	220	140	40	160

กำไรสูงสุด เท่ากับ 1,286,200 บาท

แปรรูปมะขามหวานแต่ละชนิดจากความต้องการ  
สินค้าเดิม ซึ่งทางผู้ผลิตรับคำสั่งซื้อมาไม่เกินความสามารถ  
ที่ผู้ผลิตสามารถผลิตได้เท่านั้น ดังนั้น ผลที่ได้จึงยังไม่มี  
ส่วนของที่ต้องจ้างผลิต ในส่วนนี้จากการสอบถามข้อมูล



จากผู้ผลิต พบว่า มีการหลายคำสั่งซื้อที่ถูกปฏิเสธไป เนื่องจากผลิตได้ไม่ทัน จึงได้ทำการสำรวจไปยังลูกค้า ถึง ปริมาณสินค้าที่แท้จริงที่ต้องการ และได้ทำการหา แผนการผลิตใหม่ จากปริมาณความต้องการสินค้าที่แท้จริง ได้ผลดังตารางที่ 3.4 ซึ่งจะแสดงปริมาณที่ต้อง ผลิตเองและปริมาณที่จะต้องจ้างผลิต ซึ่งจากการสร้าง แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ และใช้ Solver ใน Microsoft Excel 2013 ในการช่วยหาคำตอบ เป็นการ ช่วยในการคำนวณหาแผนการผลิตได้ง่ายขึ้น และสามารถ แสดงปริมาณที่ต้องผลิตเอง รวมถึงที่จะต้องจ้างผลิต เพื่อ ทำให้สามารถวางแผนในการหาผู้ผลิตในการจ้างผลิต และ วางแผนในการจัดหาวัตถุดิบสำหรับผลิตได้ทันเวลาส่ง มอบให้กับลูกค้า ส่งผลให้สามารถเพิ่มรายได้ให้กับผู้ผลิต ได้เพิ่มขึ้น มีผลต่อความน่าเชื่อถือ และไม่ทำให้เสียส่วน แบ่งทางการตลาดให้กับผู้ผลิตรายอื่นในส่วนของการไ้ สูงสุดทั้งปีนั้น พบว่า ผู้ผลิตมีกำไรเพิ่มขึ้น จากการรับคำ สั่งซื้อทั้งหมด และใช้นโยบายในการจ้างผู้ผลิตรายอื่นช่วย ผลิต ถึงแม้ว่าการจ้างผู้ผลิตรายอื่นผลิต จะมีต้นทุนที่ สูงขึ้น แต่ก็ยังทำให้ผู้ผลิตเอง ไม่เสียส่วนแบ่งทาง การตลาดและยังคงมีผลกำไรจากการขายอยู่ส่งผลให้ผล กำไรโดยรวมทั้งหมดเพิ่มขึ้นด้วย โดยกำไรสูงสุดจาก แผนการผลิตจากความต้องการสินค้าแบบเดิม เท่ากับ 1,236,500 บาท ต่อปี เมื่อเก็บข้อมูลและวางแผนโดยการ เพิ่มปริมาณความต้องการของลูกค้าใหม่ ทำให้ได้แผนการ ผลิต ที่มีกำไรสูงสุด เท่ากับ 1,286,200 บาท ซึ่งมีผลกำไร เพิ่มขึ้น 49,700 บาทต่อปี คิดเป็นร้อยละ 4.02

### 3.4 การอภิปรายผลพร้อมตีความในแง่มุมต่างๆของผล ที่ได้รับ มีความสอดคล้องกับทฤษฎีที่นำมาสนับสนุน แนวคิดในการทำวิจัย

3.4.1 งานวิจัยนี้ช่วยในการวางแผนการผลิต ผลิตภัณฑ์แปรรูปมะขามหวาน สามารถรับคำสั่งซื้อจาก ลูกค้าได้สูงสุด 4 ชนิด เท่านั้น

3.4.2 แบบจำลองในงานวิจัยนี้ ออกแบบสำหรับการ วางแผนเพียง 1 ปี เท่านั้น หากจะใช้แบบจำลองในการ วางแผนการผลิตในปีถัดไป จะต้องกรอกข้อมูลความ ต้องการของลูกค้าเข้าไปเอง ซึ่งมี Worksheet สำหรับ กรอกข้อมูลความต้องการไว้แล้ว คือ Worksheet “Parameters”

3.4.3 แบบจำลองในงานวิจัยนี้ ออกแบบสำหรับการ วางแผนสำหรับใช้ในการช่วยในการคำนวณหาแผนการ ผลิต เพื่อหาปริมาณการผลิตที่ต้องผลิตเอง หากปริมาณ ความต้องการเกินความสามารถในการผลิต จะใช้นโยบาย

การจ้างผู้ผลิตรายอื่นผลิตเท่านั้น ไม่พิจารณาการทำงาน นอกเวลา การจ้างคนเพิ่มหรือการให้คนออก

### 4. สรุปผลการวิจัย

การวางแผนและการจัดการ การผลิตที่เหมาะสม เป็นส่วนที่สำคัญที่ช่วยให้การผลิตนั้นมีประสิทธิภาพ ช่วย ลด

ต้นทุนในการผลิต จัดสรรทรัพยากรต่างๆ ที่มีอยู่อย่าง จำกัด ให้มีประสิทธิภาพ และเพื่อให้สามารถมีศักยภาพใน การแข่งขันคู่กับคู่แข่งในวงการอุตสาหกรรมได้ ผู้วิจัยจึง วางแผนการผลิต ผลิตภัณฑ์แปรรูปมะขามหวานโดยใช้ แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Model) ในการหาแผนการผลิตที่เหมาะสมที่สุด เพื่อให้การผลิต มีกำไรสูงที่สุด ให้กับกลุ่มผู้ผลิต ผลิตภัณฑ์แปรรูปมะขาม หวานในเขตพื้นที่ อำเภอชนแดน จังหวัดเพชรบูรณ์ เพื่อให้สามารถจัดหาวัตถุดิบได้ทันกำหนดการผลิต และส่ง มอบสินค้าให้ทันกำหนดเวลาส่งมอบ (Due date) ตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้ตามที่ลูกค้าต้องการ ในการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อวางแผนการ ผลิต ผลิตภัณฑ์แปรรูปมะขามหวานนี้ มีจุดประสงค์ เพื่อ ช่วยในการวางแผนการผลิต เพื่อทำให้มีกำไรจากการผลิต มากที่สุด และเพื่อให้ตอบสนองความต้องการของลูกค้าให้ ได้มากที่สุด โดยเริ่มจากการศึกษากระบวนการผลิต ผลิตภัณฑ์แปรรูปมะขามหวาน ยอดขาย ความสามารถในการ ผลิต รวมถึงการสำรวจความต้องการสินค้าที่แท้จริง เพื่อนำมาสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ แล้วใช้ โปรแกรม Solver ซึ่งเป็น Add-Ins Tool ที่อยู่ใน Microsoft Excel 2013 ในการในการแปลงแบบจำลอง ทางคณิตศาสตร์ให้หาคำตอบที่เหมาะสมที่สุด จากการใช้ โปรแกรมช่วยในการวางแผนการผลิต ผลิตภัณฑ์แปรรูป มะขามหวาน ทำให้ทราบถึงปริมาณการผลิต ผลิตภัณฑ์ แปรรูปมะขามหวานที่ต้องผลิตเอง และปริมาณที่ต้องจ้าง ผลิต ซึ่งแผนการผลิตที่ได้ ช่วยทำให้กลุ่มผู้ผลิต คำนวณหาแผนการผลิตได้ง่ายขึ้นผ่านแบบจำลอง คณิตศาสตร์ที่คำนวณโดย Solver ในโปรแกรม Microsoft Excel 2013 ทำให้สามารถวางแผนในการหา ผู้ผลิตในการจ้างผลิต และวางแผนในการจัดหาวัตถุดิบ สำหรับผลิตได้ทันเวลาส่งมอบให้กับลูกค้า ส่งผลให้ สามารถเพิ่มรายได้ให้กับผู้ผลิตได้เพิ่มขึ้น มีผลต่อความ น่าเชื่อถือ และไม่ทำให้เสียส่วนแบ่งทางการตลาดให้กับ ผู้ผลิตรายอื่นในส่วนของการไ้สูงสุดทั้งปีนั้น พบว่า ผู้ผลิต มีกำไรเพิ่มขึ้น จากการรับคำสั่งซื้อทั้งหมด และใช้นโยบาย ในการจ้างผู้ผลิตรายอื่นช่วยผลิต ถึงแม้ว่าการจ้างผู้ผลิต รายอื่นผลิต จะมีต้นทุนที่สูงขึ้น แต่ก็ยังทำให้ผู้ผลิตเอง ไม่



เสียส่วนแบ่งทางการตลาดและยังคงมีผลกำไรจากการขาย  
อยู่ส่งผลให้ผลกำไรโดยรวมทั้งหมดเพิ่มขึ้นด้วย โดยกำไร  
สูงสุดจากแผนการผลิตจากความต้องการสินค้าแบบเดิม  
เท่ากับ 1,236,500 บาท ต่อปี เมื่อลงพื้นที่สำรวจความ  
ต้องการสินค้า และนำมาหาแผนการผลิตใหม่โดยการใช้  
ปริมาณความต้องการของลูกค้าที่แท้จริง ทำให้ได้แผนการ  
ผลิต ที่มีกำไรสูงสุด เท่ากับ 1,286,200 บาท ซึ่งมีผลกำไร  
เพิ่มขึ้น 49,700 บาทต่อปี คิดเป็นร้อยละ 4.02

## 5. ปัญหาที่พบในระหว่างการทำดำเนินโครงการและ แนวทางในการแก้ปัญหา

1. โปรแกรม Solver ใน Microsoft Excel มี  
ข้อจำกัดทางด้านตัวแปร การเพิ่มประเภทสินค้าให้มากขึ้น  
กว่าในงานวิจัยนี้ อาจทำให้ไม่สามารถหาคำตอบได้ แต่  
หากทำการ

ออกแบบ Cell ใน Worksheet ให้เหมาะสม เช่น การลด  
ช่วงเวลาในการวางแผนการผลิตลง โดยการแบ่ง  
ประมวลผลเป็นสัปดาห์ เพื่อลดจำนวนตัวแปรให้น้อยลง  
เป็นต้น อาจจะช่วยโปรแกรม Solver สามารถประมวลผล  
ได้

2. ต้องใช้เวลามากพอสมควรในการออกแบบและ  
จัด Cell ใน Worksheets เพื่อให้สะดวกและสามารถใช้  
โปรแกรม Solver ในการประมวลผลได้

### 5.1 ข้อเสนอแนะ

1. เนื่องจากโปรแกรม Solver ใน Microsoft Excel  
มีข้อจำกัดในเรื่องของจำนวนตัวแปรในการหาคำตอบ ทำให้  
ไม่

สามารถหาคำตอบของแบบจำลองฯ ได้ในกรณีที่ปัญหา  
ใหญ่เกินข้อจำกัดได้ จึงควรมหาโปรแกรมอื่นที่ไม่มีข้อจำกัด  
ในการหาคำตอบของแบบจำลองฯ มาใช้ในการหาคำตอบ  
ของแบบจำลองฯ แทนโปรแกรม Solver เพื่อให้  
สามารถหาคำตอบของแบบจำลองฯ ที่มีขนาดใหญ่ขึ้นได้

2. ในอนาคตอาจเพิ่มเติมเรื่องการพยากรณ์ในส่วน  
ของความต้องการของลูกค้า หรือการจัดตารางการผลิต  
เพื่อทำให้การวางแผนมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

## 6. เอกสารอ้างอิง

- [1] ภัทธาภรณ์ สัจจนดำรงค์ (2550) การพัฒนาแผนการ  
ผลิตหลักสำหรับอุตสาหกรรมแบบผลิตตามสั่ง  
วิทยานิพนธ์ สาขาวิชาการจัดการด้านโลจิสติกส์  
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
กรุงเทพมหานคร
- [2] กนกวรรณ สุภักดี (2551) โปรแกรมการตัดสินใจ  
เกี่ยวกับการลงทุนและการผลิตด้วยโปรแกรมเชิงเส้น

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏ  
อุบลราชธานี

- [3] อาคม เกื้อกุล (2551) การลดต้นทุนวัตถุดิบคลัง  
ของโรงงานประกอบชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ การ  
ค้นคว้าแบบอิสระ สาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรม  
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
- [4] เอกมัย นิธิเสาวภาคย์และคณะ (2552) การวางแผน  
การผลิตระดับยุทธวิธีของระบบการผลิตปูนซีเมนต์  
ด้วยการโปรแกรมทางคณิตศาสตร์ วารสารวิชาการ  
พระจอมเกล้าพระนครเหนือ 19 (2) : 209-219
- [5] ฉันทพร อุดม (2552) โปรแกรมช่วยในการวางแผน  
การผลิตน้ำผลไม้เข้มข้น วิทยานิพนธ์ สาขา  
วิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์  
มหาวิทยาลัยนเรศวรพิษณุโลก
- [6] สมโภช ศรีเกื้อ (2553) การวางแผนกำลังการผลิต  
ฟอร์มัลดีไฮด์ภายใต้ความไม่แน่นอนของ  
ความต้องการวิทยานิพนธ์สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ  
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
กรุงเทพมหานคร



## การออกแบบธุรกิจ กรณีศึกษา : บ้านวงษ์อนันท์ โฮมสเตย์ อำเภอเชียงคาน จังหวัดเลย

Business Model Design; A case study of Ban Wong Anant Homestay,  
Chiangkhan District, Loei Province

ธัญญาลักษณ์ โสตวิสัย<sup>1</sup>

1 สาขาบริหารธุรกิจ

วิทยาลัยบัณฑิตศึกษาการจัดการ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

129 ม.1 ต.วังสะพุง อ.วังสะพุง จ.เลย 42130

thanyalak85400@gmail.com , 093-3208540

### บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ศึกษาพฤติกรรมการใช้บริการโฮมสเตย์และปัจจัยที่นักท่องเที่ยวใช้ในการเลือกบริการโฮมสเตย์ในเขตเชียงคาน จังหวัดเลย โดยใช้แบบสอบถามทำการสำรวจจากกลุ่มตัวอย่างนักท่องเที่ยวจำนวน 500 คน ทำการวิเคราะห์ด้วยสถิติเชิงพรรณนา โดยผลการศึกษาพบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ร้อยละ 70.40 เป็นเพศหญิง มีช่วงอายุระหว่าง 21-30 ปี ประกอบอาชีพค้าขาย/ ธุรกิจส่วนตัว รายได้เฉลี่ยต่อเดือน 20,001-25,000 บาท อยู่ในระดับการศึกษาปริญญาตรี และผลการศึกษาพบว่าเรื่องพฤติกรรมให้ความสำคัญในเรื่องของการท่องเที่ยวเกี่ยวกับกลุ่มเพื่อนโดยใช้รถยนต์ส่วนตัว ซึ่งจะเข้าถึงการท่องเที่ยวเชียงคานผ่านสื่อทางอินเทอร์เน็ตมากที่สุดโดยที่ส่วนใหญ่เคยมาเที่ยวเชียงคานแล้ว ซึ่งค่าใช้จ่ายครั้งล่าสุดในการเดินทางมาท่องเที่ยวเชียงคานนั้น จะแบ่งเป็น 2 กลุ่ม ซึ่งมีสัดส่วนใกล้เคียงกัน ได้แก่ มีค่าใช้จ่ายต่ำกว่า 10,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 54.34 และมีค่าใช้จ่ายอยู่ในช่วง 10,001 – 15,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 45.66 ในขณะที่คนส่วนใหญ่ที่เคยมาเที่ยวเชียงคาน ยังไม่เคยพักโฮมสเตย์ คิดเป็นร้อยละ 81.74 ของผู้ตอบแบบสอบถามที่เคยมาเที่ยวเชียงคานและส่วนผลของปัจจัยที่นักท่องเที่ยวใช้ในการเลือกบริการโฮมสเตย์ในเขตเชียงคานแสดงให้เห็นว่า ความปลอดภัยในบริเวณที่พัก โปรโมชันในช่วงเทศกาลพิเศษ ความรวดเร็วในการให้บริการ และการบริการสัญญาณอินเทอร์เน็ต (Free Wi-Fi) ราคาถูกกว่าโฮมสเตย์อื่น ความสะดวกในการจองห้องพัก อธิษาศัยของเจ้าของบ้าน และใกล้ร้านสะดวกซื้อ ตามลำดับ เป็นปัจจัยที่ผู้ตอบแบบสอบถามเห็นด้วยมากที่สุด ซึ่งมีค่าเฉลี่ยความเห็นอยู่ระหว่าง 4.21-5.00

**คำสำคัญ:** “การใช้บริการโฮมสเตย์” “ปัจจัยที่ใช้ในการเลือกโฮมสเตย์เชียงคาน”

### Abstract

This study aims to Homestay choosing behavior and factors influencing tourist decision on homestay choosing in Chiangkhan district , Loei province. The sample of 400 tourists was an analysis by descriptive statistics.

The results showed that most sample group are women in 21-30 years old who occupied as trade/ private business officers with 20,001 – 25,000 baht as salary and and the effects of behavior the importance The importance of choosing vehicles to travel as most levels. Secondary, in of travel characteristics. The effect of factors that tourists use in choosing homestay services in Chiangkhan is the most important aspect of the product, and the second is the factor of the service process.

**Keywords:** Homestay choosing behavior , Factors influencing decision on homestay choosing , Chiangkhan



## บทนำ (Introduction)

การท่องเที่ยวเป็นอุตสาหกรรมที่มีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาเศรษฐกิจ สังคม และส่งเสริมให้ประเทศชาติมีรายได้เพิ่มขึ้นอีกหนึ่งช่องทาง ภาคธุรกิจจึงมีมาตรการในการส่งเสริมและพัฒนาธุรกิจการท่องเที่ยว ส่งผลให้อุตสาหกรรมนี้มีการขยายตัวอย่างรวดเร็ว ซึ่งเป็นการพัฒนาทั้งในระดับประเทศและระดับภูมิภาค การท่องเที่ยวจึงมีบทบาทสำคัญในการสร้างรายได้ให้กับประเทศชาติและสามารถช่วยให้เศรษฐกิจฟื้นตัวได้ในเวลาที่รวดเร็วกว่าการผลิตและการให้บริการด้านอื่นๆ [1]

อุตสาหกรรมการท่องเที่ยวส่วนใหญ่มักจะมีมุ่งเน้นและให้ความสำคัญด้านการตลาดและการประชาสัมพันธ์ในการท่องเที่ยวเป็นหลัก ทำให้ธุรกิจที่เกี่ยวข้องกับการท่องเที่ยวมีการขยายตัวตามไปด้วย เช่น ธุรกิจด้านการโรงแรม ร้านอาหาร ร้านของฝาก รวมทั้งด้านการขนส่ง ซึ่งสิ่งต่างๆ เหล่านี้เป็นเครื่องมือในการกระจายรายได้และกระจายความเจริญไปสู่ชุมชนในบริเวณแหล่งท่องเที่ยวต่างๆ ทำให้เกิดการสร้างงานและสร้างอาชีพแก่ชุมชนในท้องถิ่นนั้นๆ ดังนั้น การจัดการด้านการท่องเที่ยวในท้องถิ่นควรได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เพื่อเตรียมความพร้อมรองรับความต้องการของนักท่องเที่ยว และสามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาวะเศรษฐกิจที่เปลี่ยนแปลงไปได้ [2]

จากแนวทางการพัฒนาการท่องเที่ยวตามกรอบของแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 11 (พ.ศ. 2555-2559) จึงเป็นไปได้ที่จะก่อให้เกิดความเข้มแข็งของภาคเอกชนในอุตสาหกรรมท่องเที่ยว โดยเชื่อมโยงกับกลุ่มพื้นที่ที่มีศักยภาพด้านการท่องเที่ยว รวมทั้งการพัฒนาทักษะและองค์ความรู้ขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นและชุมชน แนวทางการจัดการ และการแก้ไขปัญหาด้านการท่องเที่ยวที่อาจจะเกิดขึ้น จำเป็นต้องอาศัยความร่วมมือเจ้าหน้าที่ของรัฐ และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องทุกฝ่าย [3]

อำเภอเชียงคาน เป็นหนึ่งในอำเภอของจังหวัดเลยที่มีชื่อเสียงในด้านการท่องเที่ยว มีวัฒนธรรมขนบประเพณี การใช้ชีวิตแบบเรียบง่าย พอเพียง และมีวิถีชีวิตแบบดั้งเดิมที่น่าไปเยี่ยมชมเยื่อนของผู้ที่สนใจในการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมและวิถีชีวิตแบบดั้งเดิม ได้แก่ วัฒนธรรมเนียมประเพณี วิธีการตกบาตรข้าวเหนียวในยามเช้า ไหว้พระ 9 วัด การปั่นจักรยานชมบ้านไม้เก่าแก่โบราณ ชิมอาหารพื้นบ้านซึ่งมีโอกาสที่จะชบเซาตามภาวะเศรษฐกิจ และกระแสสังคมที่เปลี่ยนแปลงไป ดังนั้นผู้ประกอบการควรมีแนวทางในการพัฒนาตนเองให้อยู่ได้อย่างยั่งยืน สามารถปรับตัวให้เข้ากับสถานการณ์ได้ ทั้งนี้

ที่พักรส่วนใหญ่ในอำเภอเชียงคานเป็นที่พักรแบบโฮมสเตย์ เนื่องจากเป็นจุดดึงดูดนักท่องเที่ยวให้มาพักรและชิมช้บบรรยากาศการใช้ชีวิตวิถีพื้นบ้านของผู้คนในเชียงคานและเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายด้วย [4]

จากข้อมูลดังกล่าวข้างต้น เป็นเหตุผลที่ทำให้ผู้ศึกษาสนใจจะศึกษา สภาพปัจจุบันและแนวทางการพัฒนาธุรกิจโฮมสเตย์ในเขตเชียงคาน จังหวัดเลย เพื่อเป็นการสร้างศักยภาพในการประกอบธุรกิจในสภาวะที่มีการแข่งขันสูง

## 1.วัตถุประสงค์

1.1 เพื่อศึกษาพฤติกรรมการใช้บริการโฮมสเตย์และปัจจัยที่นักท่องเที่ยวใช้ในการเลือกบริการโฮมสเตย์ในเขตเชียงคาน จังหวัดเลย

## 2.วิธีดำเนินงาน

2.1 ประชากรที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ คือนักท่องเที่ยวที่เดินทางมาท่องเที่ยวในเขตเชียงคาน ซึ่งในปี 2560 ที่ผ่านมามีจำนวนนักท่องเที่ยวทั้งสิ้น 455,100 ขนาดกลุ่มตัวอย่าง เนื่องจากทราบจำนวนนักท่องเที่ยวที่เดินทางมาท่องเที่ยวในเขตเชียงคานจังหวัดเลย โดยกำหนดกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้สูตรของ ทาโรยามาเน่ ที่มีความเชื่อมั่น 95% ยอมให้เกิดความคลาดเคลื่อน 5% ได้จำนวนกลุ่มตัวอย่างเป้าหมายที่ต้องการทั้งหมด ดังนี้ [5]

$$n = \frac{N}{1 + N(e)^2}$$

โดย n = ขนาดของกลุ่ม

ตัวอย่าง

N = จำนวนประชากร

e = ความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้

แทนค่าจากสูตร

$$n = \frac{455,100}{1 + 455,100 (.05)^2} = 399.65 \text{ หรือเท่ากับ } 400$$

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา เป็นการศึกษาข้อมูลจากเอกสารและหลักฐานต่างๆ จากแหล่งข้อมูล (Documentary Research) เพื่อวัดระดับความสำคัญปัจจัยที่นักท่องเที่ยวใช้ในการเลือกบริการโฮมสเตย์ ซึ่งแบ่งออกเป็น 7 ด้านคือ 1) ด้านผลิตภัณฑ์ 2) ด้านราคา 3) ด้านช่องทางการจัดจำหน่าย 4) ด้านการส่งเสริมการตลาด 5) ด้านพนักงาน 6) ด้านสิ่งที่มีตัวตนมองเห็นได้ 7) ด้านกระบวนการ ตามแนวคิดทฤษฎีเกี่ยวกับส่วนประสมทางการตลาด (Marketing Mix 7P's) และทำการทดสอบจากกลุ่มตัวอย่าง 30 คน แล้วทำการประมวลผลโดยใช้ Statistical Package For The Social Sciences :SPSS



ในการวัดค่าความเชื่อมั่น (Reliability) และหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาร์ค (Cronbach's Alpha Coefficient) ได้ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาอยู่ที่ 0.7 [6]

2.2 การวิเคราะห์ข้อมูลจากการศึกษาในครั้งนี้ซึ่งใช้สถิติในการทดสอบโดยแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

2.2.1 สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics)

ผู้ศึกษาได้ใช้ค่าร้อยละ (Percentage) และแจกแจงความถี่ (Frequencies) บรรยายลักษณะของข้อมูลทั่วไปและพฤติกรรมทางท่องเที่ยวของผู้ตอบแบบสอบถาม

2.2.2 ใช้ค่าเฉลี่ย (Mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

(Standard Deviation) วิเคราะห์ 7 ด้านคือ 1) ด้านผลิตภัณฑ์ 2) ด้านราคา 3) ด้านช่องทางการจัดจำหน่าย 4) ด้านการส่งเสริมการตลาด 5) ด้านพนักงาน 6) ด้านลักษณะทางกายภาพ 7) ด้านกระบวนการ

2.3 สถิติเชิงอ้างอิง (Inferential Statistics)

ผู้ศึกษาใช้ค่าทดสอบ t-test เพื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบระดับความคิดเห็นแต่ละด้านเกี่ยวกับแนวทางในการพัฒนาธุรกิจโฮมสเตย์ในเขตเชียงคาน จังหวัดเลยของนักท่องเที่ยวที่เดินทางมาท่องเที่ยวในเขตเชียงคาน จังหวัดเลย สำหรับการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (one-way ANOVA) ใช้ในกรณีที่ตัวแปรที่มีมากกว่า 2 กลุ่มขึ้นไป ได้แก่ อายุ ระดับการศึกษา อาชีพ รายได้เฉลี่ยต่อเดือน ลักษณะการเดินทางมาท่องเที่ยว ยานพาหนะในการเดินทางท่องเที่ยว สถานที่เข้าถึงตัวท่านได้มากที่สุด ท่านเคยมาเที่ยวเชียงคานหรือไม่ ค่าใช้จ่ายในการเดินทางท่องเที่ยวที่เชียงคานครั้งล่าสุด ท่านเคยพักโฮมสเตย์ที่เชียงคานหรือไม่ ท่านเคยจองโฮมสเตย์ผ่านช่องทางใด ระยะเวลาในการค้างคืนที่เชียงคานครั้งล่าสุด จากการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย โดยใช้วิธี One - Way ANOVA พบว่ามีหลักฐานเพียงพอที่จะสรุปว่า รายได้เฉลี่ยต่อเดือนที่แตกต่างกันส่งผลต่อการเลือกพักโฮมสเตย์ ในระดับนัยสำคัญ 0.05

### 3. ผลการศึกษา

1. ผลการวิเคราะห์พฤติกรรมการใช้บริการโฮมสเตย์และปัจจัยที่นักท่องเที่ยวใช้ในการเลือกบริการโฮมสเตย์ในเขตเชียงคาน จังหวัดเลย

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับผู้ตอบแบบสอบถาม จากกลุ่มตัวอย่าง 400 คน พบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศหญิงจำนวน คิดเป็นร้อยละ 70.40 อยู่ในช่วงอายุ 21-30 ปี อยู่ในระดับการศึกษาปริญญาตรี ซึ่งเป็นช่วงอายุที่เหมาะสมแก่การท่องเที่ยวแบบ

พักผ่อน และมีความสามารถในการท่องเที่ยวด้วยตนเอง โดยที่ส่วนใหญ่มีรายได้เฉลี่ยต่อเดือน 20,001 – 25,000 บาท

ส่วนที่ 2 ผลการศึกษาพฤติกรรมการใช้บริการโฮมสเตย์ จากกลุ่มตัวอย่าง 400 คน พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่มีการท่องเที่ยวกับกลุ่มเพื่อนโดยใช้รถยนต์ส่วนตัว ซึ่งจะเข้าถึงการท่องเที่ยวเชียงคานผ่านสื่อทางอินเทอร์เน็ตมากที่สุด โดยที่ส่วนใหญ่เคยมาเที่ยวเชียงคานแล้ว ซึ่งค่าใช้จ่ายครั้งล่าสุดในการเดินทางมาท่องเที่ยวเชียงคานนั้น จะแบ่งเป็น 2 กลุ่ม ซึ่งมีสัดส่วนใกล้เคียงกัน ได้แก่ มีค่าใช้จ่ายต่ำกว่า 10,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 54.34 และมีค่าใช้จ่ายอยู่ในช่วง 10,001 – 15,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 45.66 ในขณะที่คนส่วนใหญ่ที่เคยมาเที่ยวเชียงคานแต่ยังไม่เคยพักโฮมสเตย์ คิดเป็นร้อยละ 81.74 ของผู้ตอบแบบสอบถามที่เคยมาเที่ยวเชียงคาน โดยที่ส่วนใหญ่จะมีการจองที่พักผ่านทางโทรศัพท์ และมีระยะเวลาเพียง 1 คืน

ส่วนที่ 3 ปัจจัยที่นักท่องเที่ยวใช้ในการเลือกบริการโฮมสเตย์ จากกลุ่มตัวอย่าง 400 คน วิเคราะห์จาก 7 ด้าน พบว่า ด้านที่ 1 ด้านผลิตภัณฑ์ มีค่าเฉลี่ยในเรื่องความสะอาดของห้องน้ำและห้องสุขามากที่สุด มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.18 (SD = 0.5269) ด้านที่ 2 ปัจจัยด้านราคาในเรื่องของการแสดงห้องพัสดุชัดเจนมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.17 (SD = 0.5323) ด้านที่ 3 ปัจจัยด้านช่องทางการจัดจำหน่ายในเรื่องของความสะดวกในการจองห้องพักมากที่สุด ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.20 (SD = 0.5334) ด้านที่ 4 ปัจจัยด้านการส่งเสริมการตลาด ให้ความสำคัญในเรื่องของกิจกรรมการต้อนรับและสร้างความคุ้นเคยมากที่สุด ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.17 (SD = 0.5146) ด้านที่ 5 ด้านบุคลากรในเรื่องการแต่งการของเจ้าของบ้านมากที่สุด ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.18 (SD = 0.5091) ด้านที่ 6 ปัจจัยด้านกระบวนการพบว่า ในเรื่องความรวดเร็วของการให้บริการ มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.16 (SD = 0.5132) และด้านที่ 7 ปัจจัยด้านลักษณะทางกายภาพ ให้ความสำคัญในเรื่องของการบริการสัญญาณอินเทอร์เน็ตที่ดีที่สุด ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.258 (SD = 0.5401)

### 4. สรุป

งานศึกษาวิจัยในครั้งนี้ เป็นงานวิจัยเชิงสำรวจ โดยทำการสำรวจความคิดเห็นของนักท่องเที่ยวชาวไทย ซึ่งมีวัตถุประสงค์ในการศึกษาเพื่อหาปัจจัยในการเลือกใช้บริการโฮมสเตย์ พร้อมทั้งเป็นแนวทางในการพัฒนาธุรกิจโฮมสเตย์ ในเขตเชียงคาน จังหวัดเลย เพื่อให้ผู้ประกอบการนำผลจากงานวิจัยไปใช้พัฒนาการให้บริการโฮมสเตย์ของตนเอง ให้เติบโตได้อย่างยั่งยืน



ผลการวิจัย พบว่า ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเลือกใช้  
บริการโฮมสเตย์ มีทั้งหมด 7 ปัจจัย ประกอบด้วย 3  
ปัจจัยที่ส่งผลในเชิงบวกต่อการเลือกใช้ใช้บริการโฮมสเตย์  
ได้แก่ ปัจจัยด้านความสะดวกสบายขณะใช้บริการที่พัก  
และทำเลที่ตั้ง ปัจจัยด้านราคาถูกและบริการที่มีให้  
รวมถึงปัจจัยด้านการโฆษณาและสภาพของที่พัก ซึ่ง 2  
ปัจจัยที่ส่งผลในเชิงลบต่อการเลือกใช้ใช้บริการโฮมสเตย์  
ได้แก่ ปัจจัยด้านการจัดกิจกรรมในโฮมสเตย์ และปัจจัย  
ด้านความปลอดภัย

นอกจากปัจจัยดังกล่าวข้างต้นแล้ว ยังพบปัจจัยด้าน  
อื่น ที่ส่งผลต่อการเลือกพักที่พักแบบโฮมสเตย์อีกด้วย  
ได้แก่ เพศ การศึกษา อาชีพ ลักษณะการเดินทางมา  
ท่องเที่ยว ยานพาหนะในการเดินทางท่องเที่ยว สื่อที่  
เข้าถึงมากที่สุด ประสบการณ์การเคยมาท่องเที่ยวที่เชียง  
คาน และประสบการณ์พักโฮมสเตย์

### 5. ข้อเสนอแนะ

จากการผลการวิจัยข้างต้น ผู้ประกอบการโฮมสเตย์  
หรือผู้ที่สนใจประกอบธุรกิจโฮมสเตย์ สามารถนำไปเป็น  
แนวทางในการพัฒนาหรือจัดการโฮมสเตย์ของตนเองให้  
สอดคล้องกับความต้องการของนักท่องเที่ยว ดังต่อไปนี้

1. เปิดช่องทางในการจองที่พักให้สะดวกสบาย เช่น  
ทางโทรศัพท์ เป็นต้น ไม่ควรจองผ่านอินเทอร์เน็ต หรือ  
ควรพัฒนาการจองผ่านอินเทอร์เน็ตให้รวดเร็วและมีความ  
สะดวกสบายมากขึ้น เพื่อเป็นทางเลือกในการจองที่พัก  
อย่างสะดวกสบายให้แก่นักท่องเที่ยวอีกทางเลือกหนึ่ง

2. ควรจัด ตกแต่ง พื้นที่ภายในโฮมสเตย์ให้สวยงาม  
น่าพักอาศัย มีมุมพักผ่อนให้นักท่องเที่ยวสามารถนั่งเล่น  
พักผ่อนหย่อนใจภายในโฮมสเตย์ได้ มีการจัดแบ่ง  
ห้องนอนให้เป็นสัดส่วน พร้อมทั้งที่นอนที่สะอาด  
เหมาะสมแก่การพักผ่อน

3. จัดให้มีบริการรถรับ-ส่ง หรือมีที่จอดรถ

4. มีการโฆษณาที่ดึงดูดน่าสนใจผ่าน social media

5. ตั้งราคาที่พักให้เหมาะสม ให้นักท่องเที่ยวรู้สึก

คุ้มค่างบราคาที่ย่ำ

### 6. กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาอิสระฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ตาม  
วัตถุประสงค์ของการศึกษา โดยได้รับความกรุณาและ  
ช่วยเหลือเป็นอย่างดีจาก ดร.ศักดิ์ชัย เจริญศิริพรกุล ซึ่ง  
เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาให้คำปรึกษาเป็นอย่างดีเสมอมาและ  
แนะนำเพื่อปรับปรุงในสิ่งที่บกพร่องในการศึกษาอิสระ  
ครั้งนี้ ผู้ทำการศึกษาขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณครอบครัวที่ให้ความช่วยเหลือในทุก  
ๆด้าน ไม่ว่าจะเป็นการลงพื้นที่ศึกษาข้อมูล และให้ข้อมูล  
เกี่ยวกับโฮมสเตย์ และทุกๆ คำปรึกษามาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณคณาจารย์และเพื่อนนักศึกษา  
บัณฑิตศึกษาการจัดการ ที่คอยให้คำปรึกษาและให้  
คำแนะนำในการศึกษาครั้งนี้

สุดท้ายนี้หวังว่า การศึกษาอิสระฉบับนี้จะเป็น  
ประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจมีความต้องการที่จะศึกษาในด้านนี้  
หากมีความผิดพลาดประการใดขออภัยขอรับด้วยความ  
เคารพ

### 7. เอกสารอ้างอิง

- [1] กระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา. (2554). อุตสาหกรรม  
การท่องเที่ยวแห่งประเทศไทย. ค้นเมื่อ 30 พฤษภาคม  
2561, <http://www.thailandtourismcouncil.org/en/home-2/>
- [2] นิศารัตน์ วรประดิษฐ์ .(2551). **ฐานข้อมูลด้านการ  
ท่องเที่ยวแห่งประเทศไทย**. ค้นเมื่อ 17 กรกฎาคม  
2561, [http://tatrd.tourismthailand.org/research?keywords=&lang=us&order=rc\\_research\\_document.year\\_of\\_publication&page=93](http://tatrd.tourismthailand.org/research?keywords=&lang=us&order=rc_research_document.year_of_publication&page=93)
- [3] **แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่  
11.(2555-2559)**. ค้นเมื่อ 17 กรกฎาคม 2561,  
[http://www.nesdb.go.th/download/article/article\\_20160323112431.pdf](http://www.nesdb.go.th/download/article/article_20160323112431.pdf)
- [4] **ประวัติเมืองเชียงคาน**. ค้นเมื่อ 2 พฤษภาคม 2561,  
[https://www.paiduaykan.com/76\\_province/Northeast/loie/chaingkan.html](https://www.paiduaykan.com/76_province/Northeast/loie/chaingkan.html)
- [5] Yamane, Taro. (1973). Statistics: An  
Introductory Analysis. (3rd ed). New  
York: Harper and Row Publication
- [6] ธาณินทร์ ศิลป์จาร. (2551). การวิจัยและการ  
วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วย SPSS. กรุงเทพฯ:  
วีอินเทอร์พริ้นท์





## การพัฒนาเครื่องชั่งน้ำหนักคำนวณค่าดัชนีมวลกาย The Development of Scales Calculate Body Mass Index

ปวิวรรต นาสวาสดี<sup>1\*</sup>, ยุทธณรงค์ จงจันทร์<sup>2</sup>, อนุชา ศรีบุรีรัมย์<sup>3</sup>, จันท์ศิริ พลอยงาม<sup>4</sup>, ธีรพล สระแก้ว<sup>5</sup>  
ณทกร ษิทธิประศาสน์<sup>6</sup> และ สุภาวณันท์ จันทนางกุล<sup>7</sup>

Pariwat Nasawat<sup>1</sup>, Yuthanarong Jongjun<sup>2</sup>, Anucha Sriburum<sup>3</sup>, Jansiri Ployngam<sup>4</sup>, Teerapon Srakaew<sup>5</sup>  
Natthakorn Sidthiphasrad<sup>6</sup> and Suphawanun Junthanangkun<sup>7</sup>

<sup>1\*, 2, 5, 6, 7</sup> สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏราชชนครินทร์  
อำเภอเมือง จังหวัดฉะเชิงเทรา 24000

<sup>3</sup> สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์  
อำเภอเมือง จังหวัดกาฬสินธุ์ 46000

<sup>4</sup> สาขาวิชาเทคโนโลยีต่ออุตสาหกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน  
วิทยาเขตขอนแก่น อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40000

pariwat@techno.rru.ac.th

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอการพัฒนาเครื่องชั่งน้ำหนักคำนวณค่าดัชนีมวลกาย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเครื่องชั่งน้ำหนักคำนวณค่าดัชนีมวลกาย (Body Mass Index) หรือค่า BMI การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนความพึงพอใจในผลิตภัณฑ์เครื่องชั่งที่สามารถคำนวณค่าดัชนีมวลกายก่อน และหลังพัฒนา ด้านความน่าเชื่อถือด้านความปลอดภัยเพิ่มขึ้นร้อยละ 24.42 วัตถุประสงค์การใช้งานเพิ่มขึ้นร้อยละ 21.21 โครงสร้างมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นร้อยละ 20.16 ตามลำดับ โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรวมก่อน 3.60 หลังการพัฒนาเครื่องชั่ง 4.16 คิดเป็นร้อยละที่เพิ่มขึ้น 15.55 ผลการพัฒนาเครื่องชั่งน้ำหนักคำนวณค่าดัชนีมวลกายอยู่ในระดับความพึงพอใจมาก

**คำสำคัญ (Key word):** “ค่าดัชนีมวลกาย; เครื่องชั่งน้ำหนักส่วนสูง”

### Abstract

This research presents the development of a weight scale to calculate BMI. The objective is to develop a weight scale to calculate the body mass index (Body Mass Index) or BMI. Comparison of average satisfaction scores in BMI-calculating scale products before and after product development. In terms of reliability, safety increased by 24.42 % purpose of use increased by 21.21 % structural strength increased by 20.16 % respectively. Comparison of the average before 3.60 % and after development 4.16 % representing an increase of 15.55 %. The results of the development of the BMI scale were at a high level of satisfaction.

**Keyword:** “Body Mass Index; Weight scale based on height”

\*สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏราชชนครินทร์  
422 ถนนมรุพงษ์ ตำบลหน้าเมือง อำเภอเมือง จังหวัดฉะเชิงเทรา 24000



## 1. บทนำ (Introduction)

การสำรวจสุขภาพประชาชนไทยโดยการตรวจร่างกายรวมทั้งการสำรวจพฤติกรรมเสี่ยงโรคไม่ติดต่อและการบาดเจ็บ โดยศูนย์ข้อมูลโรคไม่ติดต่อ สำนักโรคไม่ติดต่อในประชากรไทยอายุ 15-74 ปี จำแนกตามปัจจัยเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือดพบว่าภาวะน้ำหนักเกินและอ้วนเมื่อเปรียบเทียบกับผลการสำรวจ ครั้งที่ 2 พบว่า ความชุกของภาวะอ้วน (BMI 25 กิโลกรัมต่อตารางเมตร) มีแนวโน้มสูงขึ้นอย่างชัดเจน โดยเฉพาะในผู้หญิงความชุกเพิ่มจากร้อยละ 34.4 เป็นร้อยละ 40.7 ส่วนในผู้ชายเพิ่มจากร้อยละ 22.5 เป็นร้อยละ 28.4 นอกจากนี้ ภาวะอ้วนลงพุงมีความชุกเพิ่มขึ้นเช่นกัน จากการสำรวจฯ ครั้งที่ 3 พบว่าภาวะอ้วนลงพุงเท่ากับร้อยละ 36.1 ในผู้หญิงและร้อยละ 15.4 ในผู้ชาย จากการสำรวจฯ ครั้งที่ 4 พบว่า ภาวะอ้วนลงพุงเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 45 ในผู้หญิงและร้อยละ 18.6 ในผู้ชายค่าเฉลี่ยดัชนีมวลกายของประชากรชายและหญิงไทยอายุ 15 ปีขึ้นไป เท่ากับ 23.1 และ 24.4 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ตามลำดับ และค่าดัชนีมวลกายจะเพิ่มขึ้นตามอายุจนมีค่าสูงสุดในกลุ่มอายุ 45-59 ปี สำหรับประชาชนในประเทศกลุ่มเอเชียควรมีค่าดัชนีมวลกายมาตรฐานไม่เกิน 23 กิโลกรัมต่อตารางเมตร เท่านั้น ค่าดัชนีมวลกายที่เพิ่มมากขึ้นเท่ากับการเพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือดด้วยเช่นกัน เพื่อลดปัจจัยเสี่ยงโรคหัวใจและหลอดเลือด สำหรับเส้นรอบเอวของประชากรไทยทั้งชายและหญิง อายุ 15 ปีขึ้นไป เฉลี่ยเท่ากับ 79.9 เซนติเมตร และ 79.1 เซนติเมตรตามลำดับ พบว่าเส้นรอบเอวจะเพิ่มขึ้นตามอายุที่เพิ่มมากขึ้นโดยจะสูงสุดในกลุ่มอายุ 45-59 ปี ในทิศทางเดียวกันกับภาวะอ้วนลงพุงจะเพิ่มขึ้นเมื่ออายุมากขึ้นและยังพบว่าความชุกของภาวะอ้วนลงพุงในผู้หญิงสูงกว่าผู้ชาย [1]

อย่างไรก็ตามค่าดัชนีมวลกายยังมีความสัมพันธ์เชิงลบกับคนที่มีความดัชนีมวลกายมาก (อ้วน) ความเร็วกระแสประสาทจะช้ากว่าคนที่มีความดัชนีมวลกายน้อย (ผอม) [2] การจะได้ค่าดัชนีมวลกายของตัวเองออกมาต้องชั่งน้ำหนัก วัดความสูงแล้วนำค่าที่ได้มาคำนวณดัชนีมวลกาย ซึ่งเครื่องชั่งน้ำหนักหยอดเหรียญที่ตั้งบริการตามสถานที่ต่างๆ เช่น ห้องนำสาธารณะ ห้างสรรพสินค้าและร้านสะดวกซื้อ เครื่องชั่งน้ำหนักหยอดเหรียญเหล่านี้จะไม่คำนวณและแสดงค่าดัชนีมวลกายออกมาให้ได้รับทราบซึ่งจะทำให้บุคคลที่ได้ใช้งานนั้นไม่ทราบว่าค่าดัชนีมวลกายของตนเองนั้นเหมาะสมหรือไม่ [3-7]

ดังนั้นผู้วิจัยจึงพัฒนาเครื่องชั่งน้ำหนักคำนวณค่าดัชนีมวลกาย นำหลักการของโปรแกรมการคำนวณหาค่าดัชนีมวลกายมาประยุกต์ใช้ในการทำงานของเครื่องชั่งน้ำหนักหยอดเหรียญ เพื่อวัดค่าดัชนีมวลกาย (BMI) ให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด เพื่อป้องกันอันตรายจากโรคแทรกซ้อนผู้ที่อยู่ในสภาวะความอ้วนตามที่กล่าวไว้ในข้างต้น

## 2. วิธีวิจัย (Research Methodology)

### 2.1 การสำรวจข้อมูลโดยการออกแบบสอบถาม

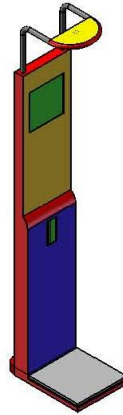
การออกแบบสอบถามโดยกลุ่มคนรักสุขภาพทั่วไปและกลุ่มบุคคลที่ทำงานด้านสาธารณสุขจำนวน 100 ตัวอย่าง ซึ่งลักษณะแบบสอบถามจะให้คะแนนลำดับความสำคัญตามปริมาณความต้องการ 5 ระดับ

### 2.2 นำแบบสอบถามที่ได้มาวิเคราะห์ความต้องการของกลุ่มบุคคลผู้ใช้งาน

การวิเคราะห์โดยฟังเสียงความต้องการกลุ่มคนรักสุขภาพที่ตรวจสอบน้ำหนักของตัวเองเป็นประจำและกลุ่มบุคคลที่ทำงานด้านสาธารณสุขจำนวน 17 คน จากนั้นนำเสียงความต้องการพร้อมคะแนนความสำคัญที่ได้ไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิคการแปลงหน้าที่ทางคุณภาพ เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลความต้องการของผู้ใช้งานเครื่องชั่งน้ำหนักคำนวณค่าดัชนีมวลกายและนำผลลัพธ์ไปออกแบบเครื่องชั่งน้ำหนักคำนวณค่าดัชนีมวลกายให้สามารถตอบสนองความต้องการของกลุ่มผู้ใช้งานดังกล่าวได้ [8-10]

### 2.3 ออกแบบเครื่องให้สามารถตอบสนองความต้องการของกลุ่มผู้ใช้งาน

ออกแบบรูปร่างของเครื่องให้สามารถใช้งานได้ โดยใช้โปรแกรม Solid Works



ภาพที่ 1 เครื่องชั่งน้ำหนักคำนวณค่าดัชนีมวลกาย

## 2.4 ศึกษาการทำงานของอุปกรณ์

การทำงานเซ็นเซอร์วัดน้ำหนัก (Load Cell) ขนาดพิกัด 250 กิโลกรัม โดยอ้างอิงจากผลสำรวจรูปร่างคนไทยทั่วประเทศจากโครงการสำรวจ (Size Thailand) สำรวจประชากรจำนวน 13,442 คน พบค่าเฉลี่ยน้ำหนักเพศชายอยู่ที่ 68.83 เพศหญิง 57.40 กิโลกรัม ผลการสำรวจเป็นค่าเฉลี่ยซึ่งค่าสูงสุดของกลุ่มที่สำรวจอาจเกิน 100 กิโลกรัม ก็ได้ประกอบกับเครื่องชั่งที่ให้บริการทั่วไปกำหนดคุณสมบัติเครื่องชั่งน้ำหนักสูงสุดที่ 150 กิโลกรัม และการใช้งานของเซ็นเซอร์วัดน้ำหนักในอุตสาหกรรมจะออกแบบเพื่อไว้ร้อยละ 50-100 ของน้ำหนักที่ใช้งานจริง [1]

## 2.5 การทดสอบโปรแกรมการคำนวณดัชนีมวลกาย (BMI)

### 2.5.1 การคำนวณค่าดัชนีมวลกาย (ไม่มีเพศเกี่ยวข้อง)

$$\frac{\text{Weight (kg)}}{\text{Tall (m)}^2} = \text{BMI} \quad (1)$$

### 2.5.2 ระดับของ BMI แบ่งได้ 6 ระดับ

#### ตารางที่ 1 ความหมายระดับของ BMI [11-12]

ระดับ BMI	ความหมาย
BMI มากกว่าหรือเท่ากับ 40.0	โรคอ้วนขั้นสูงสุด
BMI 35.0~39.9	โรคอ้วนระดับ 2
BMI 28.5~34.9	โรคอ้วนระดับ 1
BMI 23.5~28.4	น้ำหนักเกิน
BMI 18.5~23.4	น้ำหนักปกติ
BMI น้อยกว่า 18.5	น้ำหนักปกติ



### 2.5.3 วิธีทดสอบโปรแกรมคำนวณค่าดัชนีมวลกาย

Nx4 = ai00 // raw data for tall

Nx3 = aio1 // raw data for weight

// calculation

Tall2 (float) = (nx4/1000)×(nx4/1000);

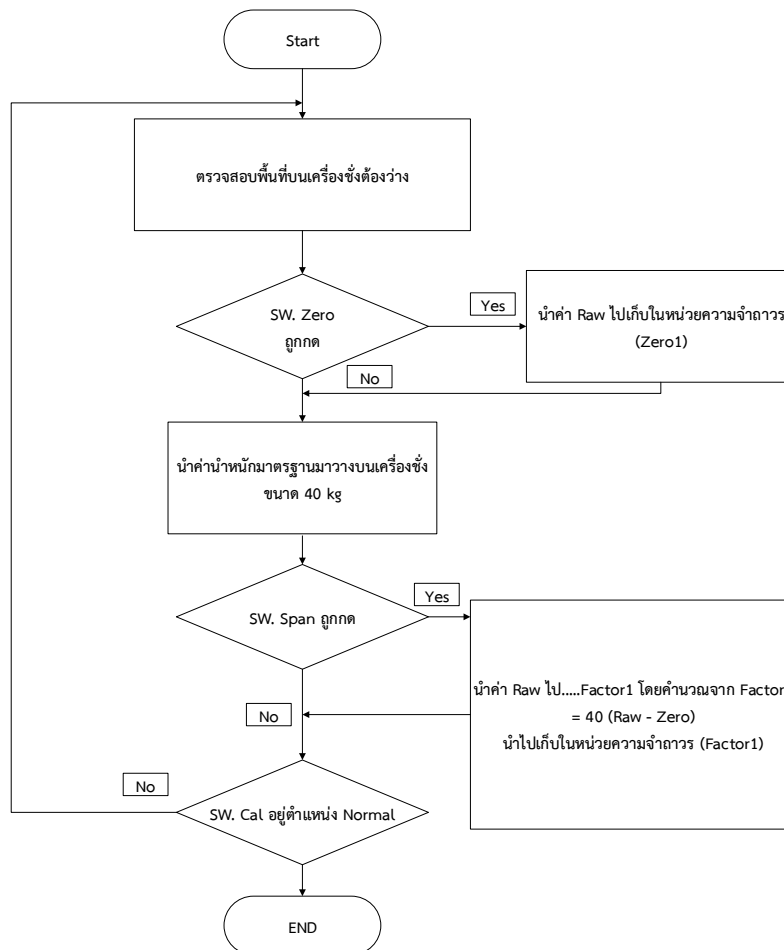
Weight (float) = nx3;

Weight = weight × 100; (กรณีทศนิยม 1 Digit >>27.7)

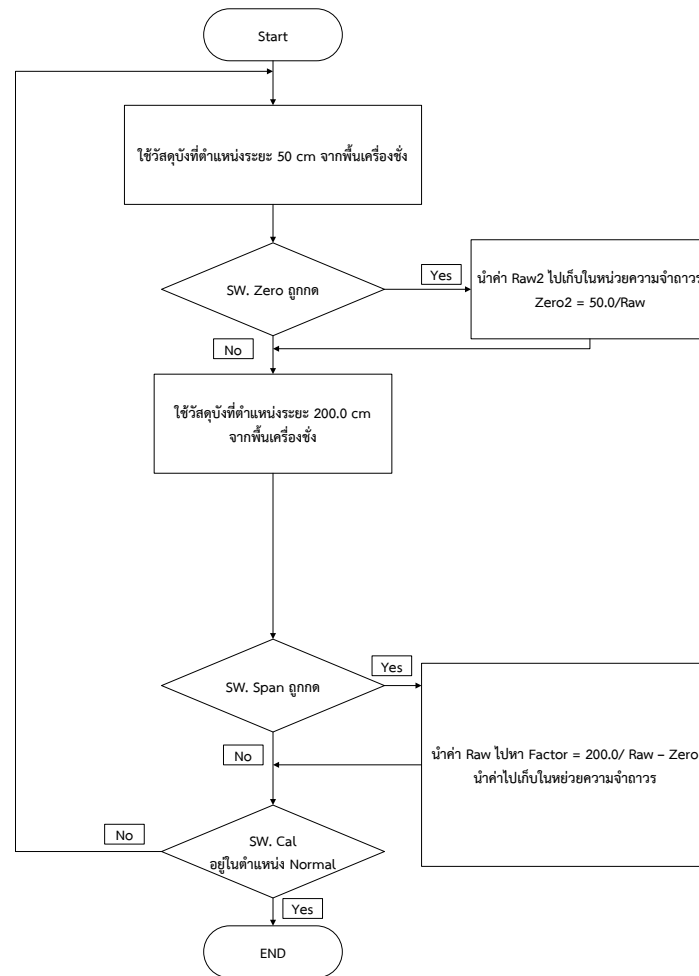
BMI = weight / tall2;

Nx2 = BMI; << แสดงค่า

### 2.5.4 ผังการทำงานของเครื่องชั่งน้ำหนักคำนวณค่าดัชนีมวลกาย



ภาพที่ 2 แสดงการทำงานการสอบเทียบน้ำหนักกับค่าน้ำหนักจริง



ภาพที่ 3 แสดงการทำงานการสอบเทียบความสูงกับค่าความสูงจริง

## 2.6 การทดสอบสมรรถนะของเครื่องชั่งน้ำหนักให้สามารถคำนวณค่าดัชนีมวลกาย

โดยคณะผู้วิจัยเป็นผู้ทดสอบมี 6 ขั้นตอน ดังนี้

1. ชั่งน้ำหนักของผู้ที่ทดสอบเครื่องชั่งน้ำหนักคำนวณดัชนีมวลกายจากเครื่องชั่งอีกตัว (จากคลินิกสวัสดิการพนักงานบริษัท ไออาร์พีซี จำกัด (มหาชน))
2. วัดความสูงของผู้ที่ทดสอบโดยใช้ไม้วัดความสูงเทียบกับตลับเมตร
3. ขึ้นไปยืนบนตำแหน่งที่กำหนดไว้บนเครื่องชั่ง
4. เปรียบเทียบความสูงและน้ำหนักจริงกับความสูงและน้ำหนักที่แสดงบนเครื่องชั่งพร้อมทั้งคำนวณค่าดัชนีมวลกายตามสูตร
5. ทำซ้ำข้อที่ 3 อีก 4 ครั้ง บันทึกค่าที่อ่านได้และนำมาเปรียบเทียบกับค่าจริงเพื่อหาค่าความผิดพลาดของเครื่องชั่ง
6. ตรวจสอบเสียงที่เครื่องแสดงออกมาทางลำโพงว่าตรงกับค่าดัชนีมวลกายที่แสดงที่หน้าจอของเครื่องทุกประโยค เช่น ค่าดัชนีมวลกาย 26.12 เครื่องจะต้องพูดประโยคต่าง ๆ ดังนี้ ค่าดัชนีมวลกายของท่านเท่ากับ > ยี่ > สิบ > หก > จุด > หนึ่ง > สอง แล้วตามด้วยผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีมวลกายที่ตรงกับช่วงต่าง ๆ ดังแสดงในภาพที่ 4-5



ก

ข

ภาพที่ 4 การชั่งน้ำหนักและวัดความสูงเพื่อนำค่าไปทดสอบกับเครื่องชั่งน้ำหนัก

ก. การวัดความสูงจริง ข. การวัดน้ำหนักจริง



ก

ข

ภาพที่ 5 การทดสอบสมรรถนะเครื่องชั่งน้ำหนักคำนวณค่าดัชนีมวลกาย

ก. การทดสอบเครื่องชั่ง ข. ค่าน้ำหนัก ความสูง และค่าดัชนีมวลกายที่เครื่องคำนวณได้

### 3. ผลการวิจัย (Results)

#### 3.1 ผลทดสอบสมรรถนะของเครื่องชั่งน้ำหนักคำนวณค่าดัชนีมวลกาย

การพัฒนาเครื่องชั่งน้ำหนักคำนวณค่าดัชนีมวลกายแสดงผลเป็นตัวเลขและประเมินผลเป็นประโยชน์ต่างๆ การแบ่งค่าดัชนีมวลกายค่าความอ้วน ผอม ซึ่งนำไปใช้งานได้จริงรวมทั้งสามารถพัฒนาเชิงพาณิชย์ได้ด้วยคุณสมบัติที่มากกว่าเครื่องชั่งทั่วไป ประกอบกับกระแสสุขภาพของมนุษย์ในปัจจุบัน นำหลักการและเทคโนโลยีเครื่องมือวัดในโรงงานอุตสาหกรรมมาประยุกต์ใช้จนสามารถพัฒนาเป็นเครื่องชั่งน้ำหนักที่มีฟังก์ชันที่มากกว่าเครื่องชั่งที่มีให้บริการทั่วไป ในด้านโครงสร้างออกแบบให้สามารถวัดความสูงคนที่มีความสูงได้ 200 เซนติเมตร ผู้ตอบแบบสำรวจบางท่านให้ข้อเสนอแนะว่าใช้เซนเซอร์วัดความสูงแบบอื่นได้หรือไม่เพื่อไม่ต้องทำโครงสร้างที่สูงและประหยัดค่าวัสดุโครงสร้างด้วย ซึ่งผู้วิจัยจะได้นำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงและพัฒนาารูปแบบโครงสร้างให้มีรูปแบบโครงสร้างที่นำใช้งานมากขึ้น

#### 3.2 ผลประเมินคุณภาพของเครื่องชั่งน้ำหนักคำนวณค่าดัชนีมวลกาย

เครื่องชั่งน้ำหนักคำนวณค่าดัชนีมวลกาย ก่อนและหลังพัฒนา โดยด้านความน่าเชื่อถือด้านความปลอดภัยเพิ่มขึ้นร้อยละ 24.42 วัตถุประสงค์การใช้งานเพิ่มขึ้นร้อยละ 21.21 โครงสร้างมีความแข็งแรงร้อยละ 20.16 ตามลำดับ โดยค่าเฉลี่ยรวมเปรียบเทียบก่อนและหลังการพัฒนาเครื่องชั่งเพิ่มขึ้นร้อยละ 15.55



#### 4. อภิปรายผล (Discussion)

##### 4.1 ผลการหาคุณภาพของเครื่องชั่งน้ำหนักคำนวณค่าดัชนีมวลกาย

ผลการทดสอบพบว่าความสูงที่เครื่องอ่านได้มีความผิดพลาดอยู่ในช่วง  $\pm 1$  เซนติเมตร ซึ่งส่งผลกระทบต่อค่าดัชนีมวลกายที่คำนวณได้แต่ค่าดัชนีมวลกายของแต่ละคนที่คำนวณออกมาเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับช่วงการวิเคราะห์ค่าดัชนีมวลกายในมาตรฐาน ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าเครื่องชั่งน้ำหนักคำนวณค่าดัชนีมวลกายที่คณะผู้วิจัยพัฒนาขึ้นสามารถทำงานได้ตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ ดังแสดงในตารางที่ 2-4

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบค่าน้ำหนักและความสูงจริงกับค่าที่เครื่องชั่งน้ำหนักคำนวณค่าดัชนีมวลกาย คนที่ 1

ครั้งที่	ค่าจริง		BMI	ค่าที่เครื่องวัดได้		BMI
	ความสูง (ซ.ม.)	น้ำหนัก (ก.ก.)		ความสูง (ซ.ม.)	น้ำหนัก (ก.ก.)	
1	176.0	80.0	25.82	175.0	80.0	26.12
2	176.0	79.8	25.76	174.5	80.0	26.42
3	176.0	79.9	25.79	176.5	80.0	25.68
4	176.0	80.1	25.86	176.0	80.0	25.82
5	176.0	80.1	25.86	175.6	80.0	25.94

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบค่าน้ำหนักและความสูงจริงกับค่าที่เครื่องชั่งน้ำหนักคำนวณค่าดัชนีมวลกาย คนที่ 2

ครั้งที่	ค่าจริง		BMI	ค่าที่เครื่องวัดได้		BMI
	ความสูง (ซ.ม.)	น้ำหนัก (ก.ก.)		ความสูง (ซ.ม.)	น้ำหนัก (ก.ก.)	
1	164.0	87.0	32.34	163.5	87.5	32.73
2	164.0	87.1	32.38	163.5	87.0	32.54
3	164.0	86.9	32.30	164.5	87.3	32.26
4	164.0	87.1	32.38	165.0	86.8	31.88
5	164.0	87.0	32.34	164.0	87.0	32.34

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบค่าน้ำหนักและความสูงจริงกับค่าที่เครื่องชั่งน้ำหนักคำนวณค่าดัชนีมวลกาย คนที่ 3

ครั้งที่	ค่าจริง		BMI	ค่าที่เครื่องวัดได้		BMI
	ความสูง (ซ.ม.)	น้ำหนัก (ก.ก.)		ความสูง (ซ.ม.)	น้ำหนัก (ก.ก.)	
1	165.0	45.0	16.52	164.0	44.8	16.65
2	165.0	45.0	16.52	164.5	45.0	16.62
3	165.0	44.9	16.49	165.5	45.1	16.46
4	165.0	45.0	16.52	164.5	44.9	16.59
5	165.0	45.1	16.56	166.0	45.0	16.33

จากตารางที่ 2 –4 การทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องโดยคณะผู้วิจัยทั้ง 3 คน ขึ้นชั่งเครื่องชั่งน้ำหนักคำนวณค่าดัชนีมวลกายซ้ำกันจำนวน 5 ครั้ง พบว่าค่าความสูงที่เครื่องอ่านได้มีความผิดพลาดอยู่ในช่วง  $\pm 1$  เซนติเมตร ส่วนค่าน้ำหนักที่เครื่องอ่านได้มีความผิดพลาดอยู่ในช่วง  $\pm 0.5$  กิโลกรัม ซึ่งส่งผลกระทบต่อค่าดัชนีมวลกายที่คำนวณได้ แต่ค่าดัชนีมวลกายของผู้ทดสอบแต่ละคนที่คำนวณออกมาเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับช่วงการวิเคราะห์ปริมาณไขมันได้ผิวหนังของร่างกายยังอยู่ในช่วงมาตรฐาน



#### 4.2 การประเมินคุณภาพของเครื่องชั่งน้ำหนักคำนวณค่าดัชนีมวลกาย

คณะผู้วิจัยได้นำตัวอย่างเครื่องชั่งน้ำหนักคำนวณค่าดัชนีมวลกายที่พัฒนาขึ้น เพื่อดูว่ากลุ่มผู้ใช้บริการมีความพึงพอใจในผลิตภัณฑ์เครื่องชั่งที่จะสามารถคำนวณค่าดัชนีมวลกาย โดยเลือกกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ 17 คน เจ้าหน้าที่คลินิกสวัสดิการพนักงานบริษัท ไออาร์พีซี จำกัด (มหาชน) เจ้าหน้าที่โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบ้านเนินพะยอม เขตเทศบาลมาบตาพุด จังหวัดระยอง และเจ้าหน้าที่โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลในเขตตำบลหนองบัว อำเภอบ้านค่าย จังหวัดระยอง โดยได้แบ่งเป็น 5 ระดับ ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ระดับประเมินคุณภาพของเครื่องชั่งน้ำหนักคำนวณค่าดัชนีมวลกาย

ระดับความพึงพอใจ	ความหมายเกณฑ์
ความพึงพอใจในระดับ 5	สำคัญมากและมีผลต่อความพึงพอใจมากที่สุด
ความพึงพอใจในระดับ 4	สำคัญมากและมีผลต่อความพึงพอใจมาก
ความพึงพอใจในระดับ 3	สำคัญมากและมีผลต่อความพึงพอใจปานกลาง
ความพึงพอใจในระดับ 2	สำคัญมากและมีผลต่อความพึงพอใจค่อนข้างน้อย
ความพึงพอใจในระดับ 1	ไม่มีความสำคัญและไม่มีความพึงพอใจ

ตารางที่ 6 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนความพึงพอใจในผลิตภัณฑ์เครื่องชั่งน้ำหนักคำนวณค่าดัชนีมวลกายก่อนและหลังพัฒนา

คุณลักษณะความต้องการของผู้ใช้บริการ	ค่าเฉลี่ย				
	ก่อน	หลัง	SD	ร้อยละที่เปลี่ยนแปลง	
โครงสร้าง	โครงสร้างมีความแข็งแรง	3.77	4.53	0.54	20.16
	มีความทนทาน	3.96	4.33	0.26	9.34
	เคลื่อนย้ายได้สะดวก	3.80	4.26	0.33	12.10
	มีอุปกรณ์ป้องกันเซ็นเซอร์วัดน้ำหนัก	3.87	4.33	0.33	11.88
รูปลักษณ์ภายนอก	ความสวยงาม	3.85	4.41	0.40	14.54
	อ่านน้ำหนักได้ถูกต้อง	3.99	4.26	0.19	6.77
หลักการทำงาน	อ่านความสูงได้ถูกต้อง	3.67	4.41	0.52	20.16
	คำนวณค่าดัชนีมวลกายได้ถูกต้อง	3.79	4.37	0.41	15.30
	คำแนะนำถูกต้องตามหลักวิชาการ	3.67	4.33	0.47	17.98
ความสะดวก/ปลอดภัยในการใช้งาน	ใช้งานง่าย	3.75	4.40	0.46	17.33
	ความน่าเชื่อถือด้านความปลอดภัย	3.48	4.33	0.60	24.42
ราคาค่าบริการ	วัตถุประสงค์การใช้งาน	1.65	2.00	0.25	21.21
<b>ค่าเฉลี่ยรวม</b>		<b>3.60</b>	<b>4.16</b>	<b>0.40</b>	<b>15.55</b>

จากตารางที่ 6 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนความพึงพอใจเครื่องชั่งน้ำหนักคำนวณค่าดัชนีมวลกาย ก่อนและหลังพัฒนาผลิตภัณฑ์ โดยด้านความน่าเชื่อถือด้านความปลอดภัยเพิ่มขึ้นร้อยละ 24.42 วัตถุประสงค์การใช้งานเพิ่มขึ้นร้อยละ 21.21 โครงสร้างมีความแข็งแรงร้อยละ 20.16 ตามลำดับ โดยค่าเฉลี่ยรวมเปรียบเทียบก่อนและหลังการพัฒนาเครื่องชั่งน้ำหนักคำนวณค่าดัชนีมวลกาย เพิ่มขึ้นร้อยละ 15.55 ซึ่งเป็นผลมาจากการพัฒนาเครื่องให้มีคุณสมบัติที่แตกต่างจากของเดิมที่มีใช้งานทั่วไปทั้งเรื่องการวัดความสูงโดยอัตโนมัติ และค่าดัชนีมวลกายที่แสดงออกมาอยู่ในระดับมาตรฐาน





## 5. สรุปผล (Conclusion)

เครื่องชั่งน้ำหนักคำนวณค่าดัชนีมวลกายสามารถทำงานได้ตามค่าที่กำหนดได้แสดงค่าน้ำหนัก ความสูงถูกต้อง พร้อมทั้งคำนวณค่าดัชนีมวลกาย ซึ่งการพูดตัวเลข และประโยคต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับดัชนีมวลกายได้ถูกต้อง ผลเปรียบเทียบความพึงพอใจ ก่อนและหลังการพัฒนาเครื่องชั่งน้ำหนักคำนวณค่าดัชนีมวลกายก่อนพัฒนามีค่าเฉลี่ยรวมร้อยละ 3.60 และหลังการพัฒนา มีค่าเฉลี่ยรวม 4.16 คิดเป็นร้อยละที่เพิ่มขึ้น 15.55 อยู่ในเกณฑ์ระดับความพึงพอใจมาก

## 6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณอาจารย์สุวณีญาณ์ ไชยสิทธิ์ แนะนำความรู้เรื่องการเขียนโปรแกรม สมาชิกอาสาสมัครสาธารณสุขหมู่บ้าน ตำบลหนองบัว เจ้าหน้าที่คลินิกสวัสดิการพนักงานบริษัท ไออาร์พีซี จำกัด (มหาชน) เจ้าหน้าที่โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบ้านเนินพะยอม เขตเทศบาลมาตาพุด จังหวัดระยอง และเจ้าหน้าที่โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลในเขตตำบลหนองบัว อำเภอบ้านค่าย จังหวัดระยอง

## 7. เอกสารอ้างอิง (Reference)

- [1] สำนักโรคไม่ติดต่อ กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข, 2553. แนวปฏิบัติการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมสุขภาพเพื่อลดปัจจัยเสี่ยงโรคหัวใจและหลอดเลือด. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์สำนักพระพุทธศาสนาแห่งชาติ.
- [2] จันทิยา บางสำรวจ, เมตตา โพธิ์กลิ่น, 2556. ผลของอายุ น้ำหนัก ส่วนสูง และค่าดัชนีมวลกายต่อความเร็วของการชั่งน้ำหนักกระแสน้ำของเส้นประสาทมีเดียนและอัลนาในอาสาสมัครปกติ. วารสารวิชาการสาธารณสุข ปีที่ : 22 ฉบับที่ : 1 เลขหน้า : 62-71.
- [3] ลัดดา เหมาะสุวรรณ, มณีรัตน์ ภูวนันท์, 2549. การศึกษาทบทวนสถานการณ์และโครงสร้างพื้นฐานของเครือข่ายที่เกี่ยวข้องกับการลดเสี่ยงสภาวะโภชนาการเกินและโรคอ้วนในเด็กและเยาวชน. สำนักโรคไม่ติดต่อ กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข.
- [4] Simmons E., 2003. Research, program, and policy options – framework. In “Food Policy Options: Preventing and Controlling Nutrition-Related Noncommunicable Diseases.” World Health Organization and World Bank HNP Discussion Paper, Washington, DC: World Bank. November 20-21, 2002.
- [5] Summerbell CD, Waters E, Edmunds LD, Kelly S, Brown T, Campbell KJ., 2005. Interventions for preventing obesity in children. Cochrane Database of Systematic Reviews Issue 3. Art.No.: CD001871.DOI:10.1002/14651858.CD001871.pub2.
- [6] Swinburn B, Egger G. , 2002. Preventive strategies against weight gain and obesity. Int J Obes Relat Metab Disord. 3: 289–301.
- [7] Swinburn B, Gill T, Kumanyika S., 2005. Obesity prevention: a proposed framework for translating evidence into action. Obesity Reviews. 6:23-33.
- [8] ปวีร์วรรต นาสวาสดี และคณะ, 2558. การออกแบบอุปกรณ์ดักฝุ่นปุ๋ยของชุดมอเตอร์ไฟฟ้า. การประชุมวิชาการวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวแห่งชาติ ครั้งที่ 13. น.13.
- [9] พงศกร ดำเกาะ, 2552. การพัฒนาผลิตภัณฑ์โดยใช้เทคนิคการแปลงหน้าที่ทางคุณภาพ (QFD) กรณีศึกษา: โรงงานผลิตแผ่นใยไม้อัดแข็ง. วิทยานิพนธ์ปริญญาอุตสาหกรรมศาสตร มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- [10] สุขอังณา ลี และคณะ, 2555. การประยุกต์ใช้เทคนิคการแปลงหน้าที่ทางคุณภาพในการออกแบบเครื่องฉายรังสีอินฟราเรด. อุบลราชธานี. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.
- [11] กลุ่มวิทยาศาสตร์สุขภาพ สำนักวิทยาศาสตร์การกีฬา กรมพลศึกษา กระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา, 2561. โภชนาการกับการออกกำลังกาย. กรุงเทพฯ: หจก. รวิณ พันธ์ตั้ง กรุ๊ป.
- [12] สำนักวิทยาศาสตร์การกีฬา กรมพลศึกษา กระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา, 2559. คู่มือแบบทดสอบและเกณฑ์มาตรฐานสมรรถภาพทางกายสำหรับประชาชนไทยอายุ 19-59 ปี (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: สำนักวิทยาศาสตร์การกีฬา กรมพลศึกษา กระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา.



## ความต้องการในการใช้หุ่นยนต์บริการทางการแพทย์ในอนาคตของประเทศไทย Future of Service Robot Medical In Thailand

วิศรุต เจคือป1, ปริญญ์ บุญกนิษฐ2

1 ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต

เขตมีนบุรี กรุงเทพมหานคร 10510

Visarut.taw@kbu.ac.th

2 สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน  
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร  
1381 ถนนประชากรราษฎร์ 1 เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800

[prin.b@rmutp.ac.th](mailto:prin.b@rmutp.ac.th)

### บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางในการออกแบบหุ่นยนต์บริการทางการแพทย์ด้วยการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ โดยกระบวนการวิจัยเริ่มจากศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้หุ่นยนต์ทางการแพทย์ทั้งในและต่างประเทศ รวมถึงความเห็นของแพทย์และผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์ไม่น้อยกว่า 5 ปี หลังจากนั้นได้ทำสรุป ความต้องการ และแปลงเป็นคำถามวิจัย โดยเป็นการสัมภาษณ์และทำแบบสอบถาม โดยใช้ลิเคิร์ต (Likert Scale) แล้วจึงนำไปสัมภาษณ์แพทย์หรือผู้เชี่ยวชาญ ทั้งหมด 5 ท่าน โดยมีการสรุปแบ่งเป็น 5 หัวข้อ 1. ประสบการณ์การทำงานร่วมกับหุ่นยนต์ โดยมีเพียง 2 คน ที่เคยทำงานร่วมกับหุ่นยนต์ 2. ความต้องการในการใช้หุ่นยนต์ส่วนใหญ่ต้องการหุ่นยนต์ที่สามารถช่วยลดภาระงานในส่วนงานประจำ ที่เป็นการตรวจชีพจร วัดไข้ และมีการเสนอว่า ควรจะมีหุ่นยนต์ที่สามารถ x-ray ปอดของผู้ที่เข้ามาตรวจเชื้อโควิด-19 3. การนำหุ่นยนต์ไปใช้ที่โรงพยาบาลสนามหรือ Hospitel ส่วนใหญ่มองว่า ควรจะมีการใช้หุ่นยนต์เพื่อลดภาระงานของแพทย์ แต่ก็มีความคิดเห็นว่าการใช้หุ่นยนต์ไม่จำเป็น 4. ในอนาคตการใช้หุ่นยนต์จะกระทบกับวิชาชีพหรือบุคคลที่เกี่ยวข้องหรือไม่ 5. การเลือกใช้หุ่นยนต์พิจารณาจากอะไรบ้าง โดยมีการสำรวจความสำคัญของปัจจัยการพิจารณาการเลือกใช้หุ่นยนต์ เป็นมาตรฐานประมาณ 5 ค่า ระดับของลิเคิร์ต (Likert Scale) จากแบบสอบถามและพบว่า การเลือกใช้หุ่นยนต์บริการทางการแพทย์ ให้ความสำคัญกับการใช้งานที่สะดวก และฟังก์ชันที่ 4.4 คะแนน อยู่ในระดับมากที่สุด ถัดมาเป็นราคาของหุ่นยนต์ อยู่ที่ 4.2 คะแนนอยู่ในระดับมาก และรูปลักษณะ อยู่ที่ 3.6 คะแนนอยู่ในระดับปานกลาง โดยข้อสรุปที่ได้มาจากการวิจัยนี้ สามารถนำไปพัฒนาการออกแบบหุ่นยนต์บริการทางการแพทย์ เพื่อตอบสนองความต้องการทางการแพทย์ และรองรับการเข้าสู่อุตสาหกรรมหุ่นยนต์ต่อไป

**คำสำคัญ** หุ่นยนต์, หุ่นยนต์บริการ, หุ่นยนต์ทางการแพทย์, หอผู้ป่วยเฉพาะกิจ

### Abstract

The purpose of this research is to study the guidelines for the design of medical service robots by interviewing experts. The research process starts from studying research related to the use of medical robots both at home and abroad. including the opinions of doctors and experts with at least 5 years of experience. After that, the needs were summarized and converted into research questions. It was an interview and a questionnaire. By using Likert Scale and then interviewed with 5 doctors or specialists. The summary is divided into 5 topics. 1. Only 2 people out of 5 have experience working with robots who have worked with robots. 2. Most of the needs for robots require that it may help to reduce the work of routine tasks e.g., feel your pulse, check your fever and report that patients should X-ray the lungs to test for COVID-19 3. Using robots in field hospitals. Most would think that robots should be used to reduce the work for doctors. But there are still an opinion that suggest robots are not needed. 4. In the future, will the use of robots impact the profession, or the person involved? 5. What are the considerations for choosing a robot? After explores the importance of factors in determining the choice of robots. It is come

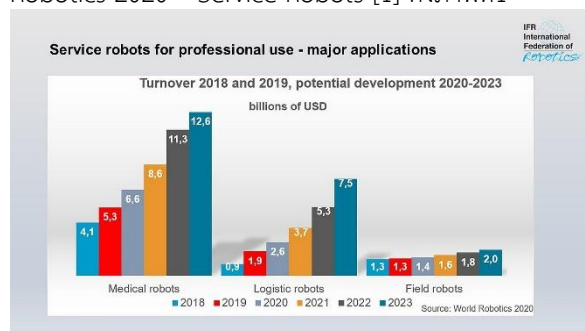


to a scale out of 5.0 from Likert Scales. From the questionnaire and found that choosing to use robots for medical services pay attention to ease of use and the function at 4.4 points, which is the highest level. Next comes the price of the robot, which is 4.2 points is still very high and the appearance is 3.6 points is moderate. The conclusions drawn from this research can be used to develop the design of medical service robots to meet medical needs and support further entry into the robot industry.

**Key word: Robot, Service Robot, Medical Robot, Hospitel**

## 1. บทนำ (Introduction)

ปัจจุบันหุ่นยนต์ได้มีบทบาทในชีวิตประจำวันของมนุษย์เรามากขึ้นเรื่อยๆ การศึกษา การใช้หุ่นยนต์ในชีวิตประจำวันค่อยๆเพิ่มมากขึ้น ทั้งในทางตรงและทางอ้อม ข้อมูลต่างๆตั้งแต่อดีตถึงปัจจุบัน แสดงให้เห็นถึงแนวโน้ม ยอดขาย การใช้งาน และประเภทต่างๆของหุ่นยนต์ที่เพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ การใช้งานหุ่นยนต์ในอุตสาหกรรมต่างๆ และหุ่นยนต์ที่กำลังได้รับความสนใจในปัจจุบันคือหุ่นยนต์ทางการแพทย์ หุ่นยนต์ทางการแพทย์ในปีที่ผ่านมา มีความต้องการและการใช้งานมากขึ้นเรื่อยๆ เมื่อเทียบกับหุ่นยนต์ในอุตสาหกรรมอื่นๆ มูลค่าของยอดขายหุ่นยนต์ทางการแพทย์คิดเป็น 47% ของยอดขายหุ่นยนต์ประเภทต่างๆทั้งหมดในปี 2019 ซึ่งส่วนใหญ่เป็นหุ่นยนต์ผ่าตัด ซึ่งเป็นประเภทที่มีมูลค่าที่สุดในกลุ่ม ยอดขายทำสถิติใหม่ 5.3 พันล้านดอลลาร์สหรัฐ และจะเพิ่มขึ้นอีกประมาณ 28% ภายในปี 2565 ยอดขายหุ่นยนต์ทางการแพทย์มีศักยภาพเพิ่มขึ้นกว่าเท่าตัวโดยแต่ละระดับ 11.3 พันล้านดอลลาร์สหรัฐ หุ่นยนต์ทางการแพทย์ประมาณ 90% มาจากซัพพลายเออร์ในอเมริกาและยุโรป เป็นไปตามรายงาน World Robotics 2020 – Service Robots [1] ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แนวโน้มยอดขายหุ่นยนต์ทางการแพทย์ปี 2018-2023 [1]

และในช่วงปี 2019 ทั่วโลกก็ได้เจอกับเชื้อไวรัสโควิด-19 ทำให้การดำเนินชีวิตของคนทั้งโลกเปลี่ยนไปเนื่องจากเชื้อไวรัสชนิดนี้สามารถแพร่กระจายได้จากระบบของฝอยของระบบทางเดินหายใจ ทำให้ติดได้โดยเร็วและไม่มีอาการแสดง หรือแสดงอาการเพียงเล็กน้อย การดำเนินชีวิตท่ามกลางเชื้อไวรัสโควิด-19 จึงเป็นไปได้โดยลำบาก ต้องมีการปรับตัว โดยการเว้นระยะห่าง สวม

หน้ากากอนามัยเพื่อป้องกันการแพร่ระบาด ในส่วนของการรักษาตัวสำหรับโรคนี้ ก็เป็นไปอย่างยากลำบาก เนื่องจากมีการติดเชื้อที่ง่าย และรวดเร็ว การรักษาทางการแพทย์ด้วยวิธีแบบปกติก็ทำได้ยากลำบากมากขึ้น เนื่องจากการสัมผัสผู้ป่วยก็ทำให้บุคลากรทางการแพทย์ได้รับความเสี่ยงที่จะมีโอกาสติดเชื้อ โควิด-19 ทำให้การนำหุ่นยนต์เข้ามาช่วยเหลือในการรักษาผู้ป่วยโควิด-19 ก็เป็นความคิดที่น่าสนใจ เนื่องจากการใช้หุ่นยนต์เข้ามาช่วยเหลือทางการแพทย์ ก็สามารถช่วยลดการสัมผัสตัวผู้ติดเชื้อลงได้ ทำให้บุคลากรทางการแพทย์สามารถลดความเสี่ยงลงได้ หรือการนำหุ่นยนต์บริการไปใช้ใน หอผู้ป่วยเฉพาะกิจ (Hospitel) เพื่อทำการส่งของตามห้องพัก ลดการสัมผัสระหว่างผู้ป่วย และบุคลากร และนอกจากการใช้หุ่นยนต์เข้ามาช่วยในการแพทย์ ก็ยังสามารถประยุกต์การใช้งานหุ่นยนต์ ในธุรกิจต่างๆช่วงโควิด-19 ได้ เช่น ธุรกิจการท่องเที่ยวสามารถใช้หุ่นยนต์ในด้านการประชาสัมพันธ์สภาพที่ 2 [2] และนอกจากนี้ในยุคปัจจุบันที่โลกกำลังก้าวเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุ หลายประเทศกำลังตระหนัก ถึงสภาวะ



ภาพที่ 2 หุ่นยนต์ไดโนเสาร์ เช็คอิน ที่Henn na hotel [2]

ผู้สูงอายุและเตรียมปรับตัวเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุ ซึ่งความจริงแล้วกล่าวได้ว่าประเทศไทยได้ก้าวเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุอย่างสมบูรณ์แล้ว ผลจากการก้าวเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุนั้นกระทบในสองด้านหลักคือการลดลงของจำนวนประชากรส่งผลให้ขาดแคลนแรงงานในสาขาวิทยาการดังกล่าว อีก



ด้านคือการเพิ่มขึ้นของจำนวน ผู้สูงอายุซึ่งบุคลากรทางการแพทย์นั้นไม่เพียงพอต่อการดูแลผู้สูงอายุ [3] ปัญหาด้านสังคม ผู้สูงอายุบางคนไม่มีญาติหรือ ลูกหลานดูแลเป็นบางส่วน แต่ส่วนใหญ่ จะอยู่เป็นครอบครัวใหญ่ แต่ก็ไม่มีผู้ดูแลที่ชัดเจน เนื่องจากการดูแลผู้สูงอายุค่อนข้างเป็นงานที่ต้องใช้ความใจเย็น ทำให้เกิดความเครียด มีความกดดันมาก ระหว่างผู้ดูแล และผู้ที่ถูกดูแล ซึ่งสืบเนื่องมาจากความเสื่อมของสังขาร และเกิดจากความไม่เข้าใจกัน ก่อให้เกิดความเครียด กดดัน ทำให้การดูแลผู้สูงอายุ ค่อนข้างห่างเหิน นอกจากนี้ผู้ดูแลยังขาดความรู้ความเข้าใจ ในการดูแล ผู้สูงอายุ พอขาดความเข้าใจก็จะเกิดปัญหาอีกประการหนึ่ง ลูกหลานที่รับดูแลผู้สูงอายุ ใครรับดูแลก็คนนั้นตลอดไปไม่มีใครมาเปลี่ยนเวร อาจเป็นเพราะผู้สูงอายุติดที่ด้วยไม่อยากจะไปอยู่ที่อื่น ขณะเดียวกันลูกหลานที่ย้ายไปที่อื่นก็ไม่มีเวลา ดังนั้นผู้ดูแลก็จะอยู่โยงรับผิดชอบ 24 ชั่วโมง ก็จะเครียด กดดัน เป็นปัญหาด้านสังคม ซึ่งก่อให้เกิดปัญหาสุขภาพตามมา ผู้สูงอายุไม่ค่อยเข้าใจสภาวะปัญหาของตนเอง อาจเป็นเพราะขาดความรู้หรือการกระทำที่คุ้นเคย เช่น เคยทำอะไร ก็จะทำอย่างนั้นตลอด [4] จากข้อมูลสถิติประชากรไทย พบว่า ผู้สูงอายุไทยมีสัดส่วนเพิ่มสูงขึ้นจากร้อยละ 8.11 ใน ปี พ.ศ. 2538 เป็นร้อยละ 10.17 ในปี พ.ศ. 2548 แม้ว่า จะเพิ่มเป็นอัตราที่ไม่สูงมาก แต่ เนื่องจากจำนวนประชากรไทยมีจำนวนมากถึง 65 ล้านคน ทำให้ประชากรผู้สูงอายุเพิ่มขึ้นเป็นเงาตามตัว ปัญหาการดูแลผู้สูงอายุอย่างไม่เหมาะสมเป็นปัญหาแอบแฝงและมีแนวโน้ม เพิ่มตามจำนวนประชากรสูงอายุ ในประเทศอังกฤษพบประมาณร้อยละ 4 ของประชากรที่อายุมากกว่า 65 ปี ซึ่งส่งผลกระทบต่อสุขภาพผู้สูงอายุหลายประการ เช่น ควบคุมโรค เบาหวานและความดันโลหิตสูงไม่ได้ เกิดโรคซึมเศร้าแอบแฝงในกลุ่มผู้สูงอายุ เกิดความพิการทุพพลภาพซ้ำซ้อน และอัตราการตายของผู้ป่วยสูงอายุเพิ่มสูงขึ้นก่อนเวลาอันควร [5] เพราะฉะนั้นการนำหุ่นยนต์ทางการแพทย์เข้ามาช่วยแก้ปัญหาทางด้านนี้ก็เป็นอะไรที่น่าสนใจ

## 2. ข้อมูลเบื้องต้น

### 2.1 จุดเริ่มต้นของหุ่นยนต์ทางการแพทย์

หุ่นยนต์ทางการแพทย์เกิดขึ้นครั้งแรกในช่วงปี 1987 โดยทางบริษัท Integrated Surgical Systems Inc. ได้ทำการออกแบบหุ่นยนต์ Neuromate สำหรับการผ่าตัดเส้นประสาท สมองส่วนลึก การตรวจชิ้นเนื้อ หรือ

การผ่าตัดด้วยรังสี[6] และจากนั้นในช่วงปี1992 ก็ได้มีการสร้างหุ่นยนต์ ROBODOC เพื่อใช้ในการผ่าตัดกระดูก โดยเฉพาะ โดยมีการใช้เทคโนโลยีการจำลอง3มิติ โดยมีการนำภาพมาใช้ก่อนได้มีการผ่าตัดจริง ซึ่งช่วยให้แพทย์สามารถกำหนดตำแหน่งที่จะผ่าตัดได้อย่างถูกต้องแม่นยำ เมื่อเทียบกับการใช้วิธีแบบดั้งเดิมโดยการกำหนดด้วยรอยบาก ที่ใช้มือทำการขีดเส้นเอาไว้ และต่อมาก็ยังมีการพัฒนาหุ่นยนต์ทางการแพทย์ออกมาเรื่อยๆ เช่น AESOP ที่มีการใช้ในการผ่าตัดโดยมีความพิเศษตรงที่ เป็นการผ่าตัดโดยใช้ระบบของหุ่นยนต์เป็นครั้งแรก จากนั้นในปีถัดมาก็ได้มี CyberKnife เป็นหุ่นยนต์ตัวแรกที่ออกแบบสำหรับการผ่าตัดด้วยรังสี และการฉายแสง โดยได้รับการพัฒนาโดย Accuray Inc.[7] หลังจากนั้นก็ได้มีการพัฒนาหุ่นยนต์ ระบบ เทคโนโลยีต่างๆ จนกระทั่งปี 2000 บริษัท Honda ได้เปิดตัว ASIMO Humanoid Robot ที่สามารถขยับได้อย่างอิสระ ไม่ว่าจะเป็นการเดิน วิ่ง ขึ้นบันได มีระบบการตอบรับด้วยเสียง และสามารถจดจำใบหน้าได้ [8] หลังจากที่ Honda ได้เปิดตัว ASIMO และ Sony ก็ได้เปิดตัว Humanoid Robot ของบริษัทชื่อว่า Sony Dream Robots(SDR)ที่ Robodex จากนั้นบริษัทต่างๆก็ได้ทำการเร่งวิจัยและพัฒนาหุ่นยนต์รูปแบบต่างๆออกมาเพื่อตอบสนองความต้องการของตลาด จึงทำให้เกิดหุ่นยนต์ในอุตสาหกรรมต่างๆเพิ่มมากขึ้น ในปี 2001 Sony ได้เปิดตัว Aibo เป็นหุ่นยนต์สุนัขรุ่นที่2 ปี2003 Irobot ได้เปิดตัว Service Robot ที่มีชื่อว่า Roomba เป็นหุ่นยนต์ดูดฝุ่นในปี 2003 [9] หลังจากนั้นก็มีการศึกษาถึงผลกระทบการใช้หุ่นยนต์ ข้อดี ข้อเสีย และการเปรียบเทียบต่างๆเกิดขึ้นมามากมาย ในปี 2007 Magnus Anderberg ก็ได้ศึกษาเปรียบเทียบการผ่าตัดส่องกล้อง กับการใช้หุ่นยนต์ผ่าตัด และมีผลสรุปได้ว่า คนไข้ที่ได้รับการผ่าตัดด้วยหุ่นยนต์ผ่าตัด ใช้ระยะเวลาในการพักฟื้นน้อยกว่าการผ่าตัดโดยปกติ และคนไข้เด็กที่ได้รับการผ่าตัดโดยหุ่นยนต์ผ่าตัด มีการใช้ยาแก้ปวดลดลง [10] และในปี 2008 บริษัท Aldebaran Robotics ได้เปิดตัวหุ่นยนต์ฮิวแมนนอยด์ชื่อว่า Nao ภาพที่3 โดยมีการพัฒนาตั้งแต่ปี 2005 – 2007 ซึ่งต่อมาได้มีการพัฒนาปรับปรุงเรื่องของฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ ต่างๆ เช่นมีการเพิ่มกล้อง ระบบป้องกันการชน การขยับตามข้อต่อที่สามารถขยับได้รวดเร็วขึ้น [11]

การใช้หุ่นยนต์ในด้านต่างๆก็พัฒนามากขึ้น ไม่ว่าจะ เป็นอุตสาหกรรมการแพทย์ การท่องเที่ยว การผลิต การบริการต่างๆ ในส่วนของอุตสาหกรรมโรงงานก็ได้มีการใช้หุ่นยนต์เข้ามาช่วยเหลือในด้านการผลิต ไม่ว่าจะเป็นการหยิบจับสิ่งของ การพ่นสี การเชื่อม จัดเรียงสินค้า หรือ



การทำงานอื่นๆ ในปี 2012 Mehmet Cagatay Bahadir  
ก็ได้



ภาพที่3 หุ่นยนต์ฮิวแมนนอยด์ Nao [11]

เห็นถึงความสำคัญในการเลือกใช้หุ่นยนต์อุตสาหกรรม จึงได้มีการออกแบบพัฒนาโปรแกรมการเลือกแขนหุ่นยนต์ อุตสาหกรรมที่เหมาะสมที่สุด โดย Mehmet Cagatay Bahadir ได้กล่าวเอาไว้ถึงในอนาคต การเลือกหุ่นยนต์ใน อุตสาหกรรม สามารถแยกย่อยให้ครอบคลุมในการ เลือก ชิ้นส่วนต่างๆในการทำงานให้เฉพาะเจาะจงในความ ต้องการของงานนั้นโดยเฉพาะได้ เช่น การเลือกตัว ควบคุม เลือกไดรเวอร์ เช่นเซอร์ต่างๆที่ต้องการใช้ได้[12] 2013 Hayley Robinson PGDipSci ได้มีการเลือกใช้ หุ่นยนต์สำหรับผู้ป่วยโรคสมองเสื่อม โยมีการเปรียบเทียบ หุ่นยนต์2แบบ โดยการใช้งานกับทางพนักงาน หรือผู้ป่วย และญาติของผู้ป่วย โดยการทดลองได้ผลสรุปออกมาอย่าง มีนัยสำคัญ โดยผู้ที่เข้าร่วมทดลอง ชอบParoมากกว่า หุ่นยนต์อีกตัว เนื่องจากรูปลักษณ์และการใช้งานได้ง่าย กว่า [13] 2014 Jordan A. Mann มีการใช้ Service Robot มาสื่อสารแนะนำ ตอบคำถามเรื่องการดูแล สุขภาพของผู้สูงอายุ และยังแสดงถึงผลลัพธ์ ว่ารูปลักษณ์ ของตัวหุ่นยนต์ มีความสำคัญกับการตอบสนองของการทำงาน หรือการให้ความร่วมมือในด้านการดูแลสุขภาพ [14] 2020 Helinä Melkas มีการใช้หุ่นยนต์เข้ามาดูแล ผู้สูงอายุในสถานดูแลผู้สูงอายุ ผลตอบรับก็ค่อนข้างดี เนื่องจากแปลกใหม่ แต่ก็มีความอย่างที่ใช้หุ่นยนต์รู้สึก ว่า หุ่นยนต์มีผลกระทบทางด้านปฏิสัมพันธ์ แต่โดยรวม ทาง ผู้ใช้บริการมองว่า หุ่นยนต์ Zora มีศักยภาพในการทำงาน

ทางด้านนี้

### 3.ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

ศึกษาความต้องการ การใช้หุ่นยนต์ทางการแพทย์ใน ประเทศไทย โดยศึกษาเก็บรวบรวมข้อมูลจาก งานวิจัยที่ เกี่ยวข้อง มีทั้งหมด 5 ขั้นตอนดังต่อไปนี้

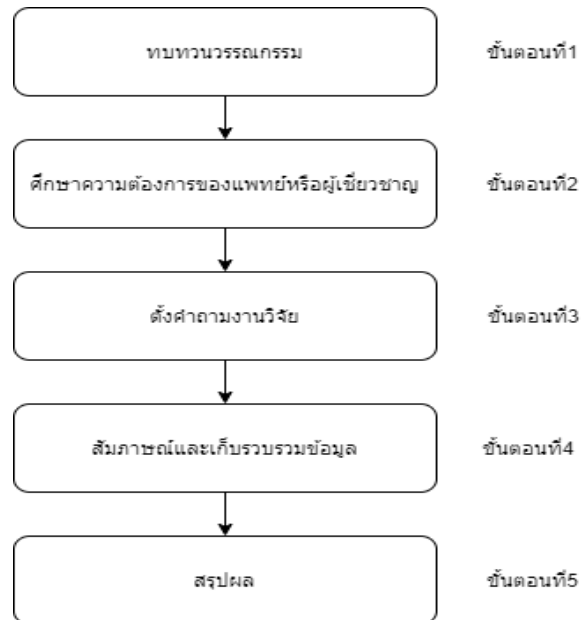
1 ทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยการศึกษา งานวิจัยที่เกี่ยวข้องโดยเน้นไปที่การใช้งานหุ่นยนต์ทาง การแพทย์ทั้งในประเทศและต่างประเทศ โดยคัดเลือกมา ทั้งหมด20งานวิจัย จากทั้งหมด

2 ศึกษาความต้องการของแพทย์หรือผู้เชี่ยวชาญที่มี ประสบการณ์ทางด้านนี้ไม่น้อยกว่า5ปี โดยทำการ สัมภาษณ์ ถึงการทำงาน ปัญหาที่พบเจอ

3 นำข้อมูลที่ได้มาจากทั้งงานวิจัยและการสัมภาษณ์ นำมาแปลงเป็นคำถามเพื่อใช้ในงานวิจัยครั้งนี้

4 ทำการสัมภาษณ์แพทย์และผู้เชี่ยวชาญ จากนั้น เก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อนำมาสรุปผล

5 ทำการสรุปผลจากการสัมภาษณ์ที่ได้มา และทำ การวิเคราะห์เพื่อตั้งปัญหาการวิจัย และแนวทางในการ ต่อยอดงานวิจัยในครั้งนี้



ภาพที่4 ขั้นตอนการวิจัย

### 4. ประเภทของหุ่นยนต์ทางการแพทย์ที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน

#### 4.1 หุ่นยนต์ที่ใช้ในการตรวจสุขภาพ

หุ่นยนต์ประเภทนี้เป็นหุ่นยนต์ที่ออกแบบมาเพื่อใช้ เหลือบุคลากรทางการแพทย์ การทำงานของหุ่นยนต์ ประเภทนี้คือการช่วยเหลือในด้านการตรวจสุขภาพ หรือ การตรวจหาเชื้อโควิด-19 เพื่อที่บุคลากรทางการแพทย์จะ ได้ไม่ต้องสัมผัสกับผู้ป่วยโดยตรง เช่น หุ่นยนต์ OP-swab



ดั่งภาพที่5 [15/20]



ภาพที่5 หุ่นยนต์ OP-swab [15]



ภาพที่6 หุ่นยนต์อัลตราซาว[16]

หุ่นยนต์อัลตราซาวระยะไกลที่ใช้ร่วมกับเทคโนโลยี 5G ที่ประเทศจีน เพื่อความสะดวกของผู้ใช้บริการ ไม่จำเป็นต้องเดินทางไกลเพื่อมาตรวจกับแพทย์ [16]

#### 4.2 หุ่นยนต์ดูแลสุขภาพ

หุ่นยนต์ประเภทนี้นิยมใช้เป็นหุ่นยนต์บริการ ที่มีจอภาพ และบางครั้งสามารถตอบคำถามการดูแลสุขภาพของผู้ใช้บริการ เช่นประเทศฟินแลนด์ ได้มีการนำหุ่นยนต์ Zora มาใช้ในการดูแลสุขภาพผู้สูงอายุ เพื่อทำกิจกรรมออกกำลังกาย โดยการทำตามหุ่นยนต์ ซึ่งมีความแปลกใหม่ ทางผู้สูงอายุก็ชื่นชอบในตัวหุ่นยนต์ และยังสามารถแบ่งเบาภาระ



ภาพที่7 หุ่นยนต์ Zora ทำกิจกรรมการออกกำลังกาย[4] ของบุคลากรที่ทำงานทางด้านนี้ [4] หรือการนำหุ่นยนต์บริการมาใช้ในการตอบคำถาม หรือสอนวิธีการดูแลสุขภาพ หรือการป้องกันการล้ม โดยจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องมีผลทดสอบออกมาว่าการใช้หุ่นยนต์ดูแลสุขภาพเพื่อสอนการป้องกันการล้มให้กับทางผู้สูงอายุ ทางผู้สูงอายุสามารถเรียนรู้และเข้าใจวิธีการดูแลตัวเอง และป้องกันการล้มจากหุ่นยนต์ได้ดีกว่า การศึกษาเอง [17]

#### 4.3 หุ่นยนต์ศัลยกรรม

หุ่นยนต์ศัลยกรรมหรือที่เรียกกันว่าหุ่นยนต์ผ่าตัดมีมานานตั้งแต่ยุคแรกๆของหุ่นยนต์ทางการแพทย์ ตั้งแต่ปี1987 ที่มีการสร้างหุ่นยนต์เพื่อการผ่าตัดเส้นประสาท หรือการผ่าตัดด้วยรังสี[6] การทำงานของหุ่นยนต์ผ่าตัด ไม่ใช่ว่าตัวหุ่นยนต์จะสามารถทำงานได้โดยอัตโนมัติ หุ่นยนต์ก็ยังคงต้องใช้แพทย์ที่มีความเชี่ยวชาญในการบังคับตัวหุ่นยนต์ เพื่อให้การผ่าตัดเป็นได้ได้อย่างราบรื่น การใช้หุ่นยนต์ผ่าตัดมีข้อดีตรงที่ว่า สามารถลดการบอบช้ำของแผลที่ผ่าตัด และยังผู้ที่ได้รับการผ่าตัดยังใช้เวลาในการรักษาตัวน้อยกว่าการผ่าตัดแบบปกติ [10]

#### 4.4 หุ่นยนต์ทำความสะอาด

หุ่นยนต์ทำความสะอาดสามารถแบ่งเบาภาระงานให้กับบุคลากรลงได้ โดยในช่วงปัจจุบันที่มีเชื้อไวรัสโควิด-19 กำลังระบาด เรื่องของการทำความสะอาดจุดเสี่ยงที่ต้องสัมผัส ก็เป็นเรื่องสำคัญ เช่นการทำความสะอาดลูกบิดประตู มือจับประตู เพื่อเป็นการลดความเสี่ยงของพนักงานทำความสะอาด โดยการทำงานของหุ่นยนต์ประเภทนี้ ก็จะสามารถเคลื่อนที่ไปตามทางเดิน และมีเซนเซอร์ตรวจจับต่างๆ เพื่อแยกแยะ ประตู ลูกบิดทางเดิน หรือการป้องกันการชน [18]



ภาพที่8 หุ่นยนต์ทำความสะอาด [18]  
หรืออาจเป็นการใช้หุ่นยนต์ที่มีการติดตั้งหลอดไฟUVC เพื่อการทำความสะอาดฆ่าเชื้อในห้องพัก โดยหุ่นยนต์ได้มีการ



ติดตั้งหลอดไฟ UVC และมีการติดตั้งเซนเซอร์ต่างๆ เพื่อวัดอุณหภูมิ ความชื้น การตรวจจับการเคลื่อนไหวกับตำแหน่งเพื่อหลีกเลี่ยงสิ่งกีดขวาง และยังสามารถประเมินระยะเวลาในการฆ่าเชื้ออัตโนมัติ โดยหุ่นยนต์มีการทำงานผ่าน WIFI และยังมีระบบความปลอดภัย ถ้ามีคนเดินผ่านในระยะของตัวหุ่น จะมีการปิดไฟเพื่อความปลอดภัย [19]



ภาพที่ 9 หุ่นยนต์ UVC [19]

### 5. สรุปผลการทำงานของหุ่นยนต์จากงานวิจัย

การใช้หุ่นยนต์เข้ามาช่วยเหลือในการทำงานด้านต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นทางด้านทางการแพทย์ หรืออุตสาหกรรมอื่น ๆ ปัจจุบันหุ่นยนต์กำลังกำลังก้าวเข้ามามีบทบาทในชีวิตของเรามากขึ้น จนบางครั้งเราก็ไม่ได้คิดว่าสิ่งนั้นคือหุ่นยนต์ คำว่าหุ่นยนต์คนเรามากจะคิดถึง เครื่องจักรที่มีรูปร่างคล้ายกับมนุษย์ แต่จริงๆ แล้วหุ่นยนต์อาจมาได้ในหลายรูปแบบ เช่น หุ่นยนต์ดูดฝุ่น ถ้าไม่ได้บอกว่าสิ่งนี้คือหุ่นยนต์ดูดฝุ่น ทุกคนส่วนใหญ่ก็จะเรียกเครื่องดูดฝุ่นอัตโนมัติ แต่ก็มีบางคนทีเรียกว่าหุ่นยนต์ดูดฝุ่น ในชีวิตประจำวันของเราพบเจอกับหุ่นยนต์ หรือ AI ได้ทั่วไป เช่น google map ก็มีการใช้ AI ในการประเมินเส้นทางที่ใกล้ และรวดเร็วอยู่ตลอดเวลาในการนำทาง โดยประโยชน์ของหุ่นยนต์ก็แตกต่างกันไปตามการใช้งานที่แตกต่างกัน

จากงานวิจัยที่ได้ศึกษามาในช่วงปี 2007-2021 ความต้องการ การใช้หุ่นยนต์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเนื่องจากมีผลการใช้หุ่นยนต์ทางการแพทย์มากมายหลายเรื่อง โดยเรื่องที่หยิบยกมานั้นก็เป็นเพียงแค่ส่วนหนึ่งของการใช้งานหุ่นยนต์ในด้านต่างๆ ซึ่งการใช้งานหุ่นยนต์สามารถลดภาระงาน หรือเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานได้มากขึ้น โดยทางด้านของการผ่าตัดหรือศัลยกรรม มีข้อมูลบอกไว้ว่า การใช้หุ่นยนต์ในการผ่าตัดสามารถ ลดเวลาในการรักษา

ตัวของคนไข้ และสามารถลดการใช้ยาแก้ปวด โดยเทียบ การผ่าตัดส่องกล้อง โดยผลการทดลอง ก็มีทั้งในส่วนของคนไข้ที่เป็นผู้ใหญ่ และเด็ก ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการผ่าตัดโดยใช้หุ่นยนต์ สามารถลดความซ้ำของบาดแผล และความเจ็บปวดให้ลดน้อยลงได้ [10,20,25] ในส่วนของหุ่นยนต์บริการ ก็ยังมีการใช้หุ่นยนต์ ตรวจสอบเชื้อโควิด-19 เพื่อลดการสัมผัสตัว และยังสามารถลดภาระงานในส่วนตรงนี้ได้ [15] และยังมีการใช้หุ่นยนต์ร่วมกับเทคโนโลยี 5G เพื่อบังคับหุ่นยนต์สำหรับการอันตราชาวนครระยะไกล เพื่อความสะดวกของคนไข้ ที่ไม่สามารถเดินทางไปโรงพยาบาลที่อยู่ไกล โดยสามารถเข้ารับการรักษาที่โรงพยาบาลท้องถิ่น แต่ก็ได้รับการดูแลจากแพทย์ผู้เชี่ยวชาญ ทางด้านนั้นผ่านทางหุ่นยนต์บริการ [20,21,22] ในส่วนของปัญหาของผู้สูงอายุก็ยังมีการใช้หุ่นยนต์ดูแลสุขภาพ ในการดูแลผู้สูงอายุในด้านต่างๆ เช่น การออกกำลังกาย การสอนวิธีการดูแลตัวเองเบื้องต้น โดยผลจากงานวิจัย ก็แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพที่เพิ่มขึ้น โดยผู้สูงอายุสามารถเรียนรู้วิธีการป้องกันการลื่นจากหุ่นยนต์ได้ดีกว่าการศึกษาด้วยตัวเอง [4,16,17] ในส่วนของการทำความสะอาด ผลของการใช้หุ่นยนต์ทำความสะอาดฆ่าเชื้อ ก็ยังสามารถรับรองผลการฆ่าเชื้อแบคทีเรียได้ 99.99% และสามารถลดการสัมผัสของพนักงานลงได้ [19,26] ในส่วนของอุตสาหกรรมอื่นๆ เช่น การท่องเที่ยว ก็ได้มีการนำหุ่นยนต์บริการเข้ามาใช้ในการช่วยเหลือด้านการประชาสัมพันธ์ การบริการ โดยผลการวิจัยพบว่าผู้ใช้บริการมีความพึงพอใจกับการใช้บริการของหุ่นยนต์ประชาสัมพันธ์มากกว่าใช้บริการกับพนักงาน [23,24,27] นอกจากนี้ยังมีมีการใช้หุ่นยนต์บาริสต้าชงกาแฟในร้านอาหารโดยมีการเก็บข้อมูลผู้ใช้บริการ 317 คน ผู้ใช้บริการส่วนใหญ่มีความพึงพอใจกับกาแฟที่ชงโดยหุ่นยนต์ [28] และ การใช้หุ่นยนต์ในร้านอาหารก็ยังถือเป็นกลยุทธ์ที่สามารถฟื้นฟูธุรกิจร้านอาหารในช่วงโควิด-19 ที่ต้องการลดการสัมผัสจากผู้คนได้เป็นอย่างดี [29] โดยรวมแล้วผลสรุปจากงานวิจัย การใช้หุ่นยนต์มีผลลัพธ์ที่น่าพึงพอใจ และการใช้งานหุ่นยนต์ในอนาคตมีแนวโน้มที่เพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากการใช้งานหุ่นยนต์สามารถช่วยลดภาระงานที่ทำ และยังสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานได้มากขึ้น แต่อย่างไรก็ตาม การนำหุ่นยนต์เข้ามาใช้งานก็ยังคงต้องคำนึงถึงผลกระทบต่อผู้ใช้งาน และผู้รับบริการ เนื่องจากผู้คนบางกลุ่มก็ไม่ได้ชื่นชอบในการใช้งานหุ่นยนต์ เพราะหุ่นยนต์ก็อาจเข้ามาสร้างผลกระทบต่อผู้ใช้งานแรงงานบางกลุ่มได้



### 5.1 สรุปลการสัมภาษณ์ความต้องการของแพทย์

จากการสัมภาษณ์แพทย์และผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทั้งหมดโดยแบ่งเป็น5หัวข้อ

1 ประสพการณ์การทำงานร่วมกับหุ่นยนต์ จากการสัมภาษณ์มีเพียง2คน ที่เคยทำงานร่วมกับหุ่นยนต์ โดยที่โรงพยาบาลได้มีการนำหุ่นยนต์เข้าช่วยในเรื่องของการจ่ายยา ส่งเอกสาร ส่งเลือด

2 ความต้องการในการใช้หุ่นยนต์ โดยข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ โดยส่วนใหญ่ต้องการหุ่นยนต์ที่สามารถช่วยลดภาระงานในส่วนงานประจำ ที่เป็นการตรวจชีพจรวัดไข้ และงานในส่วนของผู้ป่วยโควิด-19 ถ้ามีหุ่นยนต์ที่สามารถ ตรวจวัดเบื้องต้น และสามารถพูดคุยผ่านทางหุ่นยนต์ได้ ก็จะสามารถลดการสัมผัส และเพิ่มประสิทธิภาพในการดูแลผู้ป่วยได้ดียิ่งขึ้น และมีการเสนอว่า ควรจะมีหุ่นยนต์ที่สามารถ x-ray ปอดของผู้ที่เข้ามาตรวจเชื้อโควิด-19 และส่งข้อมูลเบื้องต้นให้กับทางแพทย์ เนื่องจากปัจจุบัน สามารถใช้ผลของการ x-ray ในการตรวจสอบโควิด-19เบื้องต้นได้ เนื่องจากผู้ป่วยโควิด-19 ภาพการ x-ray ที่ปอดจะมีความแตกต่างจากคนปกติ และบางครั้ง การตรวจหาเชื้อยังไม่ขึ้นผล แต่ฟิล์มการ x-ray จะสามารถบอกผลได้ก่อน

3 การนำหุ่นยนต์ไปใช้ที่โรงพยาบาลสนามหรือ Hospitel การใช้งานในส่วนนี้มีความเห็นแตกต่างกันเล็กน้อย แต่ส่วนใหญ่มองว่า ควรจะมีการใช้หุ่นยนต์เพื่อลดภาระงานของแพทย์ และเจ้าหน้าที่ที่อยู่ตรงนั้น แต่มีบางความเห็นที่มองว่า การใช้หุ่นยนต์ในส่วนนี้อาจไม่จำเป็น โดยมองว่าเป็นการลงทุนที่สูงเกินไป เพราะปกติทางแพทย์หรือเจ้าหน้าที่ ก็มีการให้ผู้ป่วย มีการตรวจเอง และส่งผลให้กับทางแพทย์หรือเจ้าหน้าที่ ด้วยการถ่ายรูปผลตรวจแล้วส่งทางโทรศัพท์อยู่แล้ว

4 ในอนาคตการใช้หุ่นยนต์จะกระทบกับวิชาชีพหรือบุคคลที่เกี่ยวข้องหรือไม่ ความเห็นทุกคนมองว่าการใช้หุ่นยนต์เข้ามาช่วยเหลือในการทำงานไม่มีผลกระทบต่อวิชาชีพ เพราะเนื่องจากการทำงานของหุ่นยนต์ เป็นการแบ่งเบาภาระงานเฉยๆ แต่การตรวจวิเคราะห์ หรืองานอื่นๆก็ยังเป็นในส่วนของวิชาชีพซึ่งไม่สามารถทดแทนกันได้

5 การเลือกใช้หุ่นยนต์พิจารณาจากอะไรบ้างโดยการใช้แบบสอบถาม ลิเคิร์ท (Likert Scale) โดยมีการแบ่งระดับความสำคัญเป็นดังนี้ 1(ไม่สำคัญ) 2(สำคัญน้อย) 3(สำคัญปานกลาง) 4(สำคัญมาก) 5(สำคัญมากที่สุด) [30]

ตารางที่1 การพิจารณาการเลือกใช้หุ่นยนต์

การพิจารณาการเลือกใช้หุ่นยนต์	1	2	3	4	5	MEAN	SD
รูปลักษณ์ที่สวยงามทันสมัย	3	4	4	4	3	3.6	0.55
ฟังก์ชันการใช้งาน	4	4	5	4	5	4.4	0.55
ราคาของหุ่นยนต์	5	3	4	5	4	4.2	0.84
การใช้งานที่สะดวกและไม่ซับซ้อน	5	4	4	4	5	4.4	0.55
รวม	4.25	3.75	4.25	4.25	4.25	4.15	0.62

จากการประเมินการเลือกใช้หุ่นยนต์จากแพทย์และผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทั้งหมด5คน โดยพิจารณาจากรูปลักษณ์ ฟังก์ชัน ราคา และการใช้งานที่สะดวก พบว่า การการเลือกใช้หุ่นยนต์ ให้ความสำคัญกับการใช้งานที่สะดวก และฟังก์ชัน มีคะแนนอยู่ที่ 4.4 คะแนน อยู่ในระดับสำคัญมากที่สุด ถัดมาเป็นราคาของหุ่นยนต์ อยู่ที่ 4.2 คะแนน อยู่ในระดับสำคัญมาก และรูปลักษณ์ อยู่ที่ 3.6 คะแนน อยู่ในระดับสำคัญปานกลาง จากผลสรุปของแบบสอบถามโดยรวม พบว่าในประเทศไทยมีการใช้หุ่นยนต์บริการยังไม่แพร่หลาย ประเภทของหุ่นยนต์บริการที่ต้องการส่วนใหญ่ จะเป็นการบริการในส่วนของการตรวจวัดชีพจร วัดไข้ เพื่อลดภาระงานในส่วนตรงนี้ และมีการนำเสนอถึงความต้องการในการใช้หุ่นยนต์ x-ray เพื่อตรวจปอดของผู้ที่เข้ารับ การตรวจเชื้อ โควิด-19 เพื่อการทำงานที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น และยังสามารถนำไปใช้งานในส่วนอื่นๆได้อีกมากมาย การใช้งานหุ่นยนต์บริการในโรงพยาบาลสนามก็เป็นสิ่งที่น่าสนใจ ที่จะสามารถลดการสัมผัสของผู้ป่วยลงได้ แต่ก็ต้องคำนึงถึงความคุ้มค่าในการลงทุนตรงนี้ ส่วนผลกระทบที่มีต่อวิชาชีพทางการแพทย์ถ้ามีการนำหุ่นยนต์บริการเข้ามาใช้งาน ผลกระทบตรงนี้จะเกิดกับผู้ใช้แรงงานมากกว่า เนื่องจากการทำงานก็ยังคงต้องพึ่งผลการตรวจวิเคราะห์ของทางแพทย์ ทำให้วิชาชีพทางการแพทย์ไม่ได้รับผลกระทบเท่าไร ในส่วนหุ่นยนต์บริการ หุ่นยนต์ควรจะมีการใช้งานที่ง่ายและสะดวก ฟังก์ชันการใช้งานที่หลากหลาย

### 6.สรุปผลและการวิจัยต่อในอนาคต

จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าพบว่าเป็นในอนาคต หุ่นยนต์จะมีส่วนสำคัญในการเปลี่ยนแปลงการทำงานการใช้ชีวิต ทำให้ทั้งทางภาครัฐและภาคเอกชนให้ความสนใจ และจากงานวิจัยที่ศึกษาการใช้งานหุ่นยนต์ทางด้าน การแพทย์มีการเติบโตที่สูงและรวดเร็ว ไม่ว่าจะเป็นการผ่าตัดโดยใช้หุ่นยนต์ หรือการใช้หุ่นยนต์ทางด้าน การ





บริการ โดยการใช้หุ่นยนต์ที่ทางผู้ผลิตออกแบบมานำมา  
ปรับแต่งตามความต้องการ แต่ยังไม่พบงานวิจัยในด้าน  
การพัฒนาการระบบตัดสินใจในการออกแบบหุ่นยนต์  
บริการทางด้านทางการแพทย์โดยเฉพาะส่วน โดยการ  
พิจารณาจากทั้งผู้ใช้บริการและผู้รับบริการ

## 7. กิตติกรรมประกาศ

บทความนี้ได้รับความสนับสนุนการหาแหล่งข้อมูล  
จากสาขาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน  
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล  
พระนคร

## 8. เอกสารอ้างอิง

- [1] International Federation of Robotics(2020)  
service robots record sales  
worldwide<https://ifr.org/news/service-robots-record-sales-worldwide-up-32>
- [2] Anette(2017) [Hotel Review] Tokyo's First  
Robot Hotel - The Strange Henn na Hotel  
Maihama Tokyo Bay  
<http://adventuresofanette.blogspot.com/2017/05/hotel-review-tokyos-first-robot-hotel-hennna-hotel.html>
- [3] Francesco Lanza (2020) Agents and robots for  
collaborating and supporting physicians in  
healthcare scenarios , Journal of Biomedical  
Informatics 108 (2020) 103483
- [4] Helinä Melkas, Lea Hennala, Satu Pekkarinen  
(2020) Impacts of robot implementation on care  
personnel and clients in eldercare institutions ,  
International Journal of Medical Informatics 134  
(2020) 104041
- [5] A. Zlatintsi a,\* , A.C. Dometios a, N. Kardaris a,  
I. Rodomagoulakis a, P. Koutras a,X.  
Papageorgiou a, P. Maragos a, C.S. Tzafestas  
(2020) I-Support: A robotic platform of an  
assistive bathing robot for the elderly  
population , Robotics and Autonomous Systems  
126 (2020) 103451
- [6] James J. Doulgeris(2015) Robotics in  
Neurosurgery: Evolution, Current Challenges, and  
Compromises , Cancer control: journal of the  
Moffitt Cancer Center · September 2015 DOI:  
10.1177/107327481502200314

- [7] Tirth Ginoya (2021) A Historical Review of  
Medical Robotic Platforms , Hindawi  
Journal of Robotics Volume 2021, Article ID  
6640031, 13 pages  
<https://doi.org/10.1155/2021/6640031>
- [8] AISMO (Wikipedia, the free encyclopedia)  
<https://en.wikipedia.org/wiki/AISMO>
- [9] Brian McMorris(2021) A HISTORY TIMELINE OF  
INDUSTRIAL ROBOTICS [https://futura-  
automation.com/2019/05/15/a-history-timeline-of-  
industrial-robotics/](https://futura-automation.com/2019/05/15/a-history-timeline-of-industrial-robotics/)
- [10] Magnus Anderberg (2007) Robotic  
fundoplication in children, *Pediatr Surg Int* (2007)  
23:123–127 DOI 10.1007/s00383-006-1817-2
- [11] Nao Robot (Wikipedia, the free  
encyclopedia)  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Nao\\_\(robot\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Nao_(robot))
- [12] Mehmet Cagatay Bahadir(2012) A Decision  
Support System for Robot Selection based on  
Axiomatic Design Principles , Proceedings of the  
2012 International Conference on Industrial  
Engineering and Operations Management  
Istanbul, Turkey, July 3 – 6, 2012
- [13] Hayley Robinson PGDipSci(2013) Suitability  
of Healthcare Robots for a Dementia Unit and  
Suggested Improvements , *JAMDA* 14 (2013)  
34e40 <http://dx.doi.org/10.1016/j.jamda.2012.09.006>
- [14] Li S-Q, Guo W-L, Liu H,(2020) Clinical  
application of an intelligent oropharyngeal  
swab robot: implication for the COVID-19  
pandemic. *Eur Respir J* 2020; 56: 2001912  
[[https://doi.org/  
10.1183/13993003.01912-2020](https://doi.org/10.1183/13993003.01912-2020)].
- [15] Jordan A. Mann(2015) People respond  
better to robots than computer tablets  
delivering  
healthcare instructions , *Computers in Human  
Behavior* 43 (2015) 112–117
- [16] Kevin D. Evans, PhD Sonography of the  
Lungs: Diagnosis  
and Surveillance of Patients With COVID-19 ,  
*Journal of Diagnostic Medical Sonography*  
2020, Vol. 36(4) 370–376



- [17] Natthawadee Maneeprom(2018), Robotic health monitoring program for fall prevention in elderly:  
Quasi – experimental study, Degree of Doctor of Philosophy in Public Health Common Course College of Public Health Sciences Chulalongkorn University
- [18] Balakrishnan Ramalingam1,\* , Jia Yin 1,\* ,Mohan Rajesh Elara,(2020) A Human Support Robot for the Cleaning and Maintenance of Door Handles Using a Deep-Learning Framework, *Sensors* 2020, 20, 3543; doi:10.3390/s20123543
- [19] Moez Guettari(2021) UVC disinfection robot , *Environmental Science and Pollution Research* (2021) 28:40394–40399  
<https://doi.org/10.1007/s11356-020-11184-2>
- [20] Rainer Kimmig(2020) Robot assisted surgery during the COVID-19 pandemic, especially for gynecological cancer: a statement of the Society of European Robotic Gynaecological Surgery (SERGS), *J Gynecol Oncol.* 2020 May;31(3):e59  
<https://doi.org/10.3802/jgo.2020.31.e59> pISSN 2005-0380 eISSN 2005-0399
- [21] Shengzheng Wu , Dudu Wu,(2020) Pilot Study of Robot-Assisted Teleultrasound Based on 5G Network: A New Feasible Strategy for Early Imaging Assessment During COVID-19 Pandemic , *IEEE TRANSACTIONS ON ULTRASONICS, FERROELECTRICS, AND FREQUENCY CONTROL*, VOL. 67, NO. 11, NOVEMBER 2020
- [22] Scott J Adams1 , Brent Burbridge,(2020) Telerobotic ultrasound to provide obstetrical ultrasound services remotely during the COVID-19 pandemic , *Journal of Telemedicine and Telecare* 0(0) 1–9
- [23] Faruk Seyitoğlu(2021) Service robots as a tool for physical distancing in tourism, *CURRENT ISSUES IN TOURISM* 2021, VOL. 24, NO. 12, 1631–1634  
<https://doi.org/10.1080/13683500.2020.1774518>
- [24] Yuansi Hou(2021) Service robots or human staff: How social crowding shapes tourist preferences , *Tourism Management* 83 (2021) 104242 <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2020.104242>
- [25] Gaby N. Moawad, Sara Rahman(2020) Robotic surgery during the COVID pandemic: why now and why for the future, *Journal of Robotic Surgery* (2020) 14:917–920  
<https://doi.org/10.1007/s11701-020-01120-4>
- [26] Da HuHai, Shuai Li(2020) Segmenting areas of potential contamination for adaptive robotic disinfection in built environments, *Building and Environment* Volume 184,  
<https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.107226>
- [27] Christou, Prokopis, Simillidou, Aspasia and Stylianou, Maria C. (2020) Tourists’ perceptions regarding the use of anthropomorphic robots in tourism and hospitality. *International Journal of Contemporary Hospitality Management* . ISSN 0959-6119, <http://clok.uclan.ac.uk/35303/>
- [28] Hye Jin Sung(2020) Untact: Customer’s Acceptance Intention toward Robot Barista in Coffee Shop, *Sustainability* 2020, 12, 8598; doi:10.3390/su12208598
- [29] Seong Soo Cha(2020) Customers’ intention to use robot-serviced restaurants in Korea: relationship of coolness and MCI factors, *International Journal of Contemporary Hospitality Management* ISSN: 0959-6119
- [30] Likert, R.A. (1932, May). “Technique for the Measurement of Attitudes,” *Arch Psychological.* 25(140) : 1 – 55.



# ผลิตภัณฑ์กระดาษอเนกประสงค์จากเส้นใยใบข้าวโพดผสมสารสกัดสมุนไพรเพื่อกำจัดคราบ สกปรก ยับยั้งจุลินทรีย์และช่วยลดโอกาสการสัมผัสเชื้อก่อโรคบนพื้นผิวสัมผัส

Multipurpose Paper Made of Corn Husk Fibers Mixed with Herbal Extracts for Removing Dirt,  
Inhibiting Microbial Contaminants, and Reducing the Chance of Exposure to Pathogens on Contact  
Surface

ดวงฤทัย นิคมรัฐ<sup>1</sup>, ภัทริกา สูงสมบัติ<sup>1</sup>, นิภาพร ปัญญา<sup>2</sup>, ภาัสสร สิงหธรรม<sup>2</sup>, ญัฐยานันท์ กฤษณพันธ์<sup>1</sup>,  
ทินพร แดงรื่น<sup>1</sup>, นิศารัตน์ โคตรภูธร<sup>1</sup>

1สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร 1381 ถนนประชากรราษฎร์ 1 เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800

2สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

1381 ถนนประชากรราษฎร์ 1 เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800

<sup>1</sup>duongruitai.n@rmu.ac.th

## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ทำการพัฒนากระดาษอเนกประสงค์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ช่วยลดโอกาสการปนเปื้อนเชื้อก่อโรคบนพื้นผิวสัมผัส ที่ทำจากเส้นใยเปลือกข้าวโพด ซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ช่วยลดปริมาณขยะและเป็นการเพิ่มมูลค่าของเหลือทิ้ง จากการศึกษาพบว่ากระดาษที่ทำจากเส้นใยข้าวโพดผ่านการต้มเส้นใยด้วยด่าง โซเดียมไฮดรอกไซด์ เมื่อทำเป็นผลิตภัณฑ์กระดาษอเนกประสงค์ สามารถดูดน้ำได้ โดยเมื่อตัดขนาด 3.5 x 5 in<sup>2</sup> มีประสิทธิภาพการอุ้มน้ำและดูดซับ ได้ 5.3±0.16 mL และ 6.65±0.40 mL ตามลำดับ มีความเหนียวโดยสามารถรับน้ำหนักก่อนหินได้ 1,039±106.60 g สามารถเช็ดคราบสกปรกของถ่านกัมมันต์ปริมาณ 1 กรัม ได้อย่างน้อย 95% ไม่มีความแตกต่างจากกระดาษอเนกประสงค์ทั่วไปทางการค้าอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเคลือบด้วยสารสกัดสมุนไพรชนิด ขิง ข่า มะกรูด และฟ้าทะลายโจรด้วยเอทานอลร้อยละ 99 มีความสามารถยับยั้งเชื้อ *Staphylococcus* sp. และ *Penicillium* spp. ได้ดี สามารถย่อยสลายในดินตามธรรมชาติภายในระยะเวลา 20 วัน ไม่ก่อมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม เป็นมิตรไม่ก่อความระคายเคืองต่อผู้ใช้ ดังนั้นด้วยคุณสมบัติดังกล่าวข้างต้นชี้ให้เห็นว่ากระดาษอเนกประสงค์จากเส้นใยข้าวโพดผสมสารสกัดจากสมุนไพรเป็นทางเลือกสีเขียวหนึ่งที่สามารถพัฒนาต่อไป และสามารถตอบสนองผู้บริโภคผู้รักสิ่งแวดล้อม

**คำสำคัญ (Key word):** เชื้อก่อโรค กระดาษอเนกประสงค์ สารสกัดสมุนไพรในครัวเรือน ยับยั้งจุลินทรีย์ การปนเปื้อนบนพื้นผิวสัมผัส

## 1. บทนำ (Introduction)

ในสถานการณ์ของโรคอุบัติใหม่ชนิดโคโรนาไวรัสระบาดทั่วโลกในขณะนี้ มีการปนเปื้อนเชื้อโคโรนาและมีเชื้อก่อโรคหลากหลายชนิดตามมา ส่งผลก่อโรคทำให้มีอัตราการติดเชื้อสูงในประเทศไทย ส่วนหนึ่งของการติดต่อของเชื้อก่อโรคผ่านทางผิวสัมผัสที่มาจากผู้ติดเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคทำให้ปนเปื้อนจากพื้นผิวสัมผัสในสิ่งแวดล้อม อาจส่งผลในด้านสุขภาพต่อผู้ที่อาศัยอยู่ในบริเวณนั้นหากสัมผัสหรือสูดดมโดยตรง หรือแพร่ผ่านการปนเปื้อนเข้าสู่ร่างกายอาจด้วยทางการหายใจเอาอากาศ ที่มีเชื้อโรคเข้าไป หรือการติดเชื้อผ่านทางผิวหนังบริเวณบาดแผล การกินอาหาร หรือดื่มน้ำที่ปนเปื้อน เชื้อก่อโรค (สมหวัง ตำนชัยจิตกร, 2540)

ข้าวโพด เป็นพืชเศรษฐกิจสำคัญที่ทนต่อลักษณะ

และสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย สามารถปลูกได้ตลอดปีในทุกภาค สามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดี และให้ผลผลิตสูง แต่ต้องมีปริมาณน้ำที่เพียงพอ (สมศรี บุญเรือง และ อำนาง จันทร์ครุฑ, 2551) ปัจจุบันพื้นที่การปลูกข้าวโพดในแต่ละภาค ของประเทศไทยนั้นเพิ่มมากขึ้น ประชากรส่วนใหญ่ยึดอาชีพเกษตรกรรมโดยการปลูกไร่ข้าวโพด ทำให้มีขยะเหลือใช้ทางการเกษตรจากภาคเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตรแปรรูปเป็นจำนวนมาก ขยะที่เกิดขึ้นจึงทำให้เกิดการเผาเพื่อกำจัดขยะซึ่งก่อให้เกิดปัญหาหมอกควันพิษจากการเผาซาก ไร่ข้าวโพด งานวิจัยที่ผ่านมาได้แสดงให้เห็นว่าเส้นใยของข้าวโพดเป็นแหล่งเส้นใยที่มีศักยภาพ สามารถทำเยื่อกระดาษ ที่มีเส้นใยแข็งแรงและสามารถดูดซับความชื้นได้ค่อนข้างดี เมื่อเปรียบเทียบกับฝ้าย จึงถูกนำมาพัฒนาเป็น



กระดาศ (ภัทราวดี งาม และ คณะ, 2561)

สมุนไพรพื้นบ้านของไทยมีหลากหลายชนิด โดยมีการนำมาใช้รับประทานทั้งสด และเป็น องค์ประกอบในอาหาร มี การศึกษาการใช้สมุนไพรเป็นยารักษาโรค มีการศึกษาการสกัดสมุนไพร ต่างๆ ต่อการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ (จารวิ สุขประเสริฐ, 2547) ในการศึกษาพบว่า ข่า เป็นพืชสมุนไพรที่มีคุณสมบัติยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ เช่น *Bacillus cereus*, *B. subtilis*, *B. megaterium*, *Clostridium perfringens*, *Listeria monocytogenes*, *Methicillin-resistant*, *Staphylococcus aureus*, *S. epidermidis* และ *Streptococcus mutans* (ศุภยงค์ วรวิฑูมิ คุณชัย, 2560) มะกรูดมีคุณสมบัติยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ เช่น *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *S. epidermidis* และ *S. aureus* (จิราภรณ์ บุราคร และคณะ, 2554) ขิงมีคุณสมบัติยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ เช่น *S. aureus*, *B. cereus*, *E. coli* และ *Pseudomonas aeruginosa* (วาริรัตน์ หนูหิต, 2557) และสมุนไพรที่ถูกให้ความสนใจอย่างสูงชนิดที่พาทหลายใจ ซึ่งเป็นพืชที่มีคุณสมบัติยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ เช่น *Escherichia coli*, *Salmonella Krefeld*, *S. typhi*, *Vibrio cholera 01*, *Shigella dysenteriae* (ธิดารัตน์ ปลื้มใจ, 2535) จากคุณสมบัติดังกล่าว ทำให้ก่อเกิดแนวทางให้แก่ทีมผู้วิจัยในการนำสารสกัดจากสมุนไพรมาใช้เพื่อยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนบนผิวสัมผัส

งานวิจัยศึกษาประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อก่อโรคบนพื้นผิวสัมผัสของวาริรัตน์ หนูหิต (2557) ได้แสดงให้เห็นถึงความสามารถในการยับยั้งจุลินทรีย์ของส่วนเหง้าสดพืชสมุนไพรตระกูลขิง คือขิง (*Zingiber officinale*) ข่า (*Alpinia galanga*) กระชาย (*Boesenbergia rotunda*) และขมิ้นขาว (*Curcuma mangga*) สกัดด้วยวิธีการกลั่นด้วยน้ำและเมทานอลสามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย ด้วยวิธี Agar diffusion โดยสกัดจากกระชายสามารถยับยั้งเชื้อ *B. cereus* สารสกัดจากขิงสามารถยับยั้งเชื้อ *S. aureus*, *E. coli* และ *P. aeruginosa* ที่ความเข้มข้นของสารสกัดเท่ากับ 100, 200 และ 300 mg/mL และ ยังพบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดน้ำมันหอมระเหยของพืชสมุนไพร โพลขมิ้นชัน ขิง ข่า ด้วยวิธีการกลั่นด้วยน้ำและไอน้ำ และการเตรียมตัวอย่างพืชให้มีขนาดเล็กช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการสกัด และพบว่าวิธีการกลั่นด้วยน้ำให้ปริมาณน้ำมากกว่าการกลั่นด้วยไอน้ำ (วรณี ตันกิตยานนท์, 2549)

ทศพล ลีลา (2553) ได้ศึกษาฤทธิ์ยับยั้งจุลินทรีย์ของสารสกัดหยาบจากสมุนไพรไทย พลุ กระชาย ข่า ตำลึง และเบญจกานีต่อเชื้อแบคทีเรียแกรมบวก (*Bacillus subtilis* และ *S. aureus*) และ เชื้อ

แบคทีเรียแกรมลบ (*E. coli*) ด้วยวิธี Disc diffusion method พบว่าการสกัดด้วยชนิดตัวทำละลายที่มีสภาพขี้ เช่น เมทานอลและเอทานอล เหมาะสมทำให้ได้สารสกัดที่สามารถยับยั้งจุลินทรีย์หลากหลาย และการผสมสารสกัด 2 หรือ 3 ชนิด สามารถช่วยเพิ่มเสริมฤทธิ์ เมื่อเทียบกับการใช้สารสกัดชนิดเดียว ทั้งนี้ สารสกัดที่เลือกจากพืชสมุนไพรในครัวเรือนที่มีน้ำมันหอมระเหย พบว่าส่วนน้ำมันระเหยส่งผลให้มีการยับยั้งจุลินทรีย์ได้ดี จากงานวิจัยของ ปทุม อรุณวัชรินทร์ และคณะ (2550) ได้บ่งบอกประสิทธิภาพการต้านจุลินทรีย์ของน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรที่นิยมใช้ในครัวเรือนไทย ชนิด กะเพรา ตะไคร้ ตะไคร้หอม ผลมะกรูด ใบมะกรูด พริกไทยดำ และโหระพา สาร Borneol และ Geraniol มีประสิทธิภาพด้วยความเข้มข้นที่น้อยที่สุดที่ยับยั้งจุลินทรีย์ (Minimal inhibitory concentration: MIC) ด้วยวิธี Agar dilution สามารถยับยั้งจุลินทรีย์ก่อโรคในอาหารที่ใช้ทดสอบ คือ *Salmonella typhimurium*, *E. coli*, *Listeria monocytogenes*, *B. cereus* และ *S. aureus* และกับจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเน่าเสีย คือ *Lactobacillus plantarum*, *L. cellobiosus* และ รา ได้แก่ *Aspergillus flavus*, *A. niger*, *A. parasiticus* และ *Fusarium oxysporum* ด้วยค่า MICs อยู่ในช่วงร้อยละ 0.04-0.08 และร้อยละ 0.1-0.5 ตามลำดับ

จากที่กล่าวมาข้างต้นทำให้ทีมผู้วิจัยมีความต้องการทำการพัฒนาผลิตภัณฑ์กระดาศอเนกประสงค์ จากเส้นใยข้าวโพดผสมสารสกัดจากสมุนไพรในครัวเรือน เพื่อทำความสะอาดและยับยั้งจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนบนพื้นผิวสัมผัสที่รวมถึงการปนเปื้อนของฝุ่นละอองที่มีขนาดใหญ่ เช่น หยดละอองจากการไอ จาม การสัมผัสในอุปกรณ์ พื้นผิว โดยไม่ก่อการระคายเคืองต่อผิว หรือทำให้พื้นผิวสัมผัสเสียหาย โดยในการศึกษาคุณสมบัติของกระดาศอเนกประสงค์จากเส้นใยข้าวโพดเมื่อผสมสารสกัดสมุนไพรในการดูดซับสิ่งปนเปื้อน แล้วทำการพัฒนาสูตรของกระดาศอเนกประสงค์จากเส้นใยข้าวโพดผสมสารสกัดจากสมุนไพรที่มีความสามารถในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ และศึกษาความสามารถในการย่อยสลายตามธรรมชาติของผลิตภัณฑ์กระดาศอเนกประสงค์ดังกล่าว เพื่อเป็นแนวทางหนึ่งที่สามารถช่วยลดการใช้สารเคมี ซึ่งจะเป็แนวทางหนึ่งในการลดปริมาณขยะ เพิ่มมูลค่า ของเปลือกข้าวโพด และพืชสมุนไพรจะเป็นทางเลือกของผลิตภัณฑ์กระดาศอเนกประสงค์ เพื่อสิ่งแวดล้อม ไม่ก่อมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม และเป็นมิตรต่อผู้ใช้

## 2. วิธีวิจัย (Research Methodology)



ในงานวิจัยนี้มีขั้นตอนการพัฒนาผลิตภัณฑ์กระดาษ  
อเนกประสงค์ด้วยเส้นใยเปลือกข้าวโพดผสมสารสกัด  
สมุนไพรจากครีวเรือน ประกอบด้วย

### 2.1. การเตรียมเส้นใยเปลือกข้าวโพด

เปลือกข้าวโพดและไหมข้าวโพดถูกตัดให้เป็นชิ้นที่  
ความยาวประมาณ 1 เซนติเมตรแล้วทำการต้มด้วย  
โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ร้อยละ 5 แล้วทำการล้างให้  
สะอาดก่อนการปั่นเส้นใยข้าวโพดและแป้งมันร้อยละ 1  
จนได้เส้นใยนุ่มฟู แล้วจึงช้อนเยื่อก่อนการนำมาละลายน้ำ  
แล้วช้อนเส้นใย พร้อมเกลี่ยให้เส้นใยข้าวโพดอยู่บน  
ตะแกรงอย่างสม่ำเสมอ ผึ่งให้แห้ง แล้วลอกกระดาษออก  
จากตะแกรงการทำสารสกัดสมุนไพรด้วยวิธีการแช่ใน  
สารละลายแอลกอฮอล์ ร้อยละ 99 เพื่อให้ได้สารสกัดที่มี  
ประสิทธิภาพในการยับยั้งจุลินทรีย์

สมุนไพรชนิด ขิง ข่า มะกรูดและฟ้าทะลายโจรได้  
ถูกเลือกมาซึ่งน้ำหนัก อย่างละ 100 กรัม แล้วนำไปปั่นใน  
เอทานอล ร้อยละ 99 ปริมาณ 500 มิลลิลิตร จนละเอียด  
แล้วทำการแช่เป็นเวลานาน 24 ชั่วโมง ก่อนการกรอง  
กากสมุนไพรออก และนำสารละลายที่กรองได้มาแยกส่วน  
ใสของสารสกัดสมุนไพรที่ได้ไปเพื่อทดสอบประสิทธิภาพ  
การยับยั้งจุลินทรีย์ต่อไป

การผสมสารสกัดลงในกระดาษเส้นใยข้าวโพดโดย  
การพ่นด้วยกระบอกน้ำจันทน์แผ่นกระดาษแล้วทิ้งไว้ให้  
แห้ง

### 2.2. การทดสอบคุณสมบัติการอุ้มน้ำ ความเหนียว และความสามารถในการขีดสิ่งสกปรกของกระดาษ อเนกประสงค์ที่มีการผสมสารสกัดสมุนไพร

ก) การทดสอบความสามารถในการอุ้มน้ำนั้น  
เปรียบเทียบกับตัวควบคุมกระดาษอเนกประสงค์ที่มีขาย  
ในตลาด จากตัวอย่างกระดาษที่มีขนาด 3.5 X 5  
ตารางนิ้ว แล้วหยดน้ำทีละหยด นับจำนวนหยดจน  
กระดาษอุ้มน้ำ แล้วเริ่มมีหยดน้ำจากกระดาษ บันทึกผล  
ทำซ้ำ 3 ครั้ง

ข) การทดสอบความเหนียวของกระดาษจาก  
ตัวอย่างกระดาษขนาด 3.5 X 5 ตารางนิ้ว จะถูกนำด้าน  
หนึ่งยึดแน่นกับราวและอีกปลายด้านหนึ่งยึดติดกับถุงใน  
แนวตั้ง แล้วใส่หินในถุงห้อยติดกับที่หนีบด้านที่ห้อย  
แนวตั้ง ใส่จนกระดาษขาด นำหินที่อยู่ในถุงก่อนที่ขาดมา  
ชั่งน้ำหนัก บันทึกผล ทำซ้ำ 3 รอบ

ค) การทดสอบความสามารถในการกำจัดคราบ  
สกปรก โดยการใช้น้ำมันก๊าด ปริมาณต่างกันคือ 0.5  
0.8 และ 1 กรัม ผสมในน้ำสะอาด 1 มิลลิลิตร หยดลงบน  
แผ่นกระดาษขนาด 3.5 X 5 ตารางนิ้ว จำนวน 20 หยด  
แล้วปล่อยให้แห้งก่อนการขีดออกในทางเดียวกันจากบน

ลงล่าง จำนวนสามครั้ง เพื่อดูร่องรอยการดูดซับคราบ  
สกปรก ทำซ้ำ 3 รอบ

### 2.3. การทดสอบความสามารถยับยั้งจุลินทรีย์

เชื้อจุลินทรีย์ในกลุ่มที่ปนเปื้อนในอากาศ  
ประกอบด้วย เชื้อแบคทีเรีย *Escherichia coli*,  
*Pseudomonas spp.* *Salmonella spp.* และเชื้อรา  
*Penicilium spp.* และ *Aspergillus spp.* ที่ผ่านการ  
เลี้ยงมาก่อนหนึ่งครั้งจากที่เก็บไว้เพื่อกระตุ้นการ  
เจริญเติบโต ได้ถูกนำมาเลี้ยงอีกครั้งในอาหารเหลวชนิด  
เดิม คือ กรณีนเป็นแบคทีเรียเลี้ยงในอาหาร Nutrient  
broth สำหรับเชื้อราถูกเลี้ยงในอาหาร Potato Dextrose  
broth ดัดแปลงวิธีการ MPN เพื่อทดสอบความสม  
ารถยับยั้งในอาหารเหลวตามวิธีการของ **ฉันทยานุ กฤษณ  
พันธ์ุ และคณะ (2564)** ด้วยการตัดกระดาษเป็นวงกลม  
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร แล้วผ่านการแช่สาร  
สกัดสมุนไพรเข้มข้น 50 กรัมต่อลิตร เป็นเวลานาน 5  
นาที่ ก่อนการนำมาใส่ในหลอดตัวอย่างที่มีเชื้อจุลินทรีย์  
ชนิดต่างๆ ที่ถูกเจือจางจาก 1/10 1/100 และ 1/1000  
ปริมาณ 0.5 มิลลิลิตรในสารละลายอาหารเหลว 10  
มิลลิลิตร ทำซ้ำ 3 หลอด แล้วบ่มเป็นเวลานาน 48 ชั่วโมง  
ก่อนการสังเกตการเปลี่ยนแปลง คือเกิดความขุ่น บันทึก  
ผล

### 2.4. ทดสอบความสามารถในการย่อยสลายเองตาม ธรรมชาติ

กระดาษอเนกประสงค์ขนาด 3.5 X 5 ตารางนิ้ว ที่  
ผสมและไม่ได้ผสมสารสกัดสมุนไพร ได้ถูกนำมาวางบนดิน  
และสเปรย์น้ำสะอาด 5 มิลลิลิตรทุกเช้า สังเกตการ  
เปลี่ยนแปลงของกระดาษที่เปลี่ยนแปลงจนกระทั่ง  
กระดาษถูกย่อยสลายไปหมด

จากขั้นตอนการทำทั้งหมดสามารถอธิบาย แสดงได้  
ในแผนภาพ ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แผนภาพขั้นตอนการศึกษา

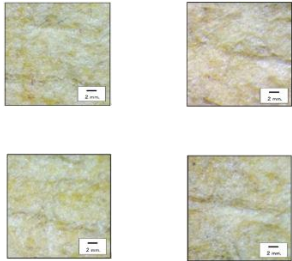


### 3. ผลการวิจัย (Results)

#### 3.1 ลักษณะของกระดาษอเนกประสงค์จากเส้นใยเปลือกข้าวโพด

ก) ลักษณะทางกายภาพของกระดาษที่ทำจากเส้นใยเปลือกข้าวโพด

พบว่ากระดาษเมื่อแห้งแล้วลอกออกจากตะแกรง มีพื้นผิวเรียบ กระดาษเส้นใยข้าวโพดเกาะตัวกันแน่น ความหนาแน่นเท่ากันเสมอตลอดทั่วแผ่น โดยเห็นลักษณะเส้นใยกระดาษด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดสเตอริโอที่กำลังขยาย 50X จากภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ตัวอย่างพื้นผิวของแผ่นกระดาษที่ทำจากเส้นใยเปลือกข้าวโพดด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดสเตอริโอที่กำลังขยาย 50X จากการ แสดงตำแหน่งตรงตามกระดาษจากมุมสี่ด้านบนและล่าง ขวาและซ้ายตรงของกระดาษ

ข) ความสามารถในการอุ้มน้ำและน้ำมันของกระดาษอเนกประสงค์จากเส้นใยเปลือกข้าวโพด

จากการนับจำนวนหยดน้ำลงบนกระดาษจนกว่าน้ำหยดจากกระดาษโดยวัดปริมาตรหยดสุดท้ายก่อนน้ำหยดจากตัวกระดาษ เพื่อบ่งบอกความสามารถในการอุ้มน้ำ เทียบกับกระดาษอเนกประสงค์ทางการค้า ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ความสามารถในการอุ้มน้ำของกระดาษอเนกประสงค์ที่ทำจากเส้นใยเปลือกข้าวโพด (ซ้าย) เทียบกับตัวควบคุมคือกระดาษอเนกประสงค์ทางการค้า (ขวา)

โดยกระดาษอเนกประสงค์ที่ทำด้วยเส้นใยพืชชนิดเปลือกข้าวโพดมีความสามารถในการอุ้มน้ำค่อนข้างน้อยกว่ากระดาษอเนกประสงค์ทางการค้าที่ทำด้วยเส้นใยพลาสติก (5.32 และ 7.37 มิลลิลิตรต่อกระดาษขนาด 3.5X 5 ตารางเซนติเมตรตามลำดับ) ดังตารางที่ 1 ตารางที่ 1 ความสามารถในการอุ้มน้ำของกระดาษอเนกประสงค์ที่ทำจากเส้นใยเปลือกข้าวโพด

ครั้งที่	ปริมาณน้ำที่อุ้มได้สูงสุด (หยด)	
	กระดาษอเนกประสงค์จากเส้นใยข้าวโพด	กระดาษอเนกประสงค์
1	5.5 mL (110 หยด)	7.50 mL (150 หยด)
2	5.25 mL (105 หยด)	7.40 mL (148 หยด)
3	5.20 mL (104 หยด)	7.20 mL (144 หยด)
ค่าเฉลี่ย	5.32±0.16 mL (106 หยด)	7.37±0.15 mL (147 หยด)

หมายเหตุ 1 หยด เท่ากับ 0.05 mL

เมื่อทดสอบดูความสามารถในการอุ้มน้ำมัน พบว่ากระดาษอเนกประสงค์จากเส้นใยข้าวโพดสามารถอุ้มน้ำได้ไม่แตกต่างกับกระดาษอเนกประสงค์ทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญ (6.73 และ 8.22 มิลลิลิตรต่อกระดาษขนาด 3.5X 5 ตามลำดับ)

ค) คุณสมบัติความเหนียวของกระดาษอเนกประสงค์จากเส้นใยข้าวโพด

จากการดึงกระดาษด้วยคลิปที่ปลายข้างหนึ่งยึดแน่นกับราว และอีกปลายหนึ่งในแนวตั้งลง ที่มีการยึดติดกับลูกบรรจุหินที่เต็มลงไปทีละก้อน จนทำให้กระดาษขาดตั้งภาพที่ 4 พบว่ากระดาษอเนกประสงค์จากเส้นใยข้าวโพดสามารถรับน้ำหนักก้อนหินโดยเฉลี่ย คือ  $1125.33 \pm 106.60$  กรัมซึ่งถือว่าค่อนข้างเหนียวไม่แตกต่างจากกระดาษจากเส้นใยไม้ที่ใช้เป็นกระดาษหนังสือและสมุด



ภาพที่ 4 กระดาษอเนกประสงค์จากเส้นใยข้าวโพดขณะก่อนและกำลังจะขาดเมื่อเติมน้ำหนักมากขึ้น

ง) ความสามารถในการเช็ดคราบสกปรกของกระดาษอเนกประสงค์จากเส้นใยข้าวโพด

เมื่อเทียบความสามารถในการเช็ดคราบสกปรกของกระดาษอเนกประสงค์จากเส้นใยข้าวโพดและกระดาษอเนกประสงค์ทั่วไปทางการค้า ด้วยการใช้ผงถ่านกัมมันต์ความเข้มข้น 0.5, 0.8 และ 1 กรัม ต่อ น้ำ 100 มิลลิลิตร พบว่ากระดาษอเนกประสงค์จากเส้นใยข้าวโพดสามารถ



เชื้อคราบสกปรกได้ดี ไม่แตกต่างจากกระดาษ  
อเนกประสงค์ทั่วไปมากนัก ดังแสดงตัวอย่างในภาพที่ 5  
แต่ทั้งนี้ปริมาณคราบผงถ่านกัมมันต์ที่มากขึ้นจะติดบน  
กระดาษอเนกประสงค์จากเส้นใยข้าวโพดพบว่าน้อยกว่า  
กระดาษอเนกประสงค์ทั่วไป โดยเฉพาะเห็นได้ชัดเจนใน  
ตัวอย่างที่มีผงถ่านกัมมันต์ปริมาณมากขึ้นคือ 1 กรัม ต่อ  
น้ำ 100 มิลลิลิตร เป็นการบ่งบอกได้ว่ากระดาษ  
อเนกประสงค์จากเส้นใยข้าวโพดมีความสามารถดูดซับ  
คราบสกปรกได้ค่อนข้างน้อยกว่ากระดาษอเนกประสงค์  
ทั่วไป (ภาพที่ 5) ทั้งนี้อาจเนื่องด้วยความเป็นรูพรุนของ  
กระดาษอเนกประสงค์ทางการค้ามีมากกว่า จำเป็นต้องมีการพัฒนาความหยาบ และรูพรุนของกระดาษ  
อเนกประสงค์จากเส้นใยเปลือกข้าวโพดขณะขึ้นรูปบน  
ตะแกรงต่อไป



ภาพที่ 5 ตัวอย่างคราบสกปรกผงถ่านกัมมันต์หลังจากการกำจัด  
ด้วยกระดาษอเนกประสงค์จากเส้นใยเปลือกข้าวโพดเทียบกับ  
กระดาษอเนกประสงค์ทั่วไป (จากความเข้มข้นเริ่มต้น 1 กรัมต่อ  
น้ำ 10 มิลลิลิตร กระดาษอเนกประสงค์จากเส้นใยข้าวโพดที่ผ่าน  
การเช็ด (ซ้าย) และ กระดาษอเนกประสงค์ทั่วไปที่ผ่านการเช็ด  
(ขวา))

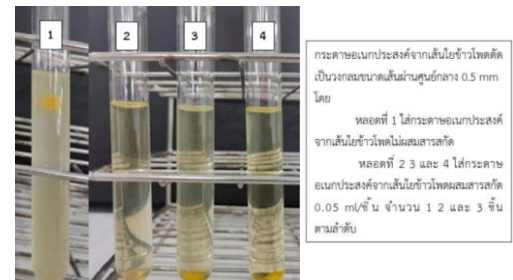
### 3.2 ความสามารถในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ของสาร สกัดสมุนไพรในอาหารเลี้ยงเชื้อแบบเหลว

ในการแช่ (maceration) สมุนไพรปั่นละเอียดใน  
สารละลายเอทานอลร้อยละ 99 ดังแสดงในภาพที่ 6  
สามารถให้สารสกัดสมุนไพรหลังจากการกรองแยกกาก  
ออก เพื่อนำไปศึกษาดูความสามารถในการยับยั้งจุลินทรีย์



ภาพที่ 6 สารสกัดสมุนไพรชนิด ชิง ข่า มะกรูด ฟ้าทะเลลายโจร (เรียง  
จากซ้ายไปขวา) ที่ได้จากการแช่สมุนไพรในสารละลายเอทานอล  
ร้อยละ 99

เมื่อทำการเพาะเชื้อจุลินทรีย์ชนิดแบคทีเรียและเชื้อราใน  
อาหารเลี้ยงเชื้อแบบเหลวในหลอดทดลอง ที่ผ่านการบ่มไว้  
ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 48 ชั่วโมง สามารถสังเกตความ  
เปลี่ยนแปลงของความขุ่นที่ลดลง ดังตารางที่ 2 ซึ่ง  
พบว่า ชิง มะกรูด และรวมทุกชนิด ที่ความเข้มข้น 0.05  
มิลลิลิตรต่อพื้นที่วงกลมของกระดาษที่ทำจากเส้นใย  
เปลือกข้าวโพด 17.6 9 ตารางมิลลิเมตร สามารถยับยั้ง  
เชื้อ *Staphylococcus* sp. ได้ ด้วยการเห็นการลดลงของ  
ความขุ่นในอาหารเลี้ยงเชื้อแบบเหลว (ภาพที่ 7) และ  
พบว่า มะกรูด ฟ้าทะเลลายโจร และผสมรวมทุกชนิด ที่



ความเข้มข้น 0.05 มิลลิเมตรต่อพื้นที่ 19.6 ตาราง  
มิลลิเมตร สามารถยับยั้งเชื้อ *Penicillium* spp. ได้ดี และ  
ยังพบว่าสารสกัดสมุนไพรรวม ที่ความเข้มข้นเพิ่มขึ้นถึง  
0.15 กรัมต่อมิลลิลิตร มีประสิทธิภาพการยับยั้งที่ดีที่สุด

ภาพที่ 7 ตัวอย่างผลการยับยั้งแบคทีเรียของแผ่นกระดาษเส้นใย  
เปลือกข้าวโพดที่ผสมด้วยสารสกัดสมุนไพรผสม (2-4) เทียบกับตัว  
ควบคุม (1) คือ เชื้อแบคทีเรียเจริญเติบโตในอาหารเหลวไม่มี  
กระดาษเส้นใยเปลือกข้าวโพดผสมสารสกัดสมุนไพร

ตารางที่ 2 ตัวอย่างความสามารถในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ชนิด  
แบคทีเรีย *Staphylococcus* sp. และเชื้อรา *Penicillium* sp. ของ  
สารสกัดสมุนไพรชิงและข่าในอาหารเลี้ยงเชื้อแบบเหลว



ชนิดสารสกัด	ชนิดเชื้อจุลินทรีย์	
	<i>Staphylococcus</i> sp.	<i>Penicillium</i> spp.
ไม่มีสารสกัด		
ประสิทธิภาพการยับยั้ง	-	-
จิง		
ประสิทธิภาพการยับยั้ง	+++	-
ซ่า		
ประสิทธิภาพการยับยั้ง	+	+

หมายเหตุ +++ หมายถึง ยับยั้งเชื้อได้ดี / ใส

### 3.3 ความสามารถในการย่อยสลายทางชีวภาพของ กระดาษอเนกประสงค์จากเส้นใยข้าวโพดผสมสารสกัด จากสมุนไพร

ในการย่อยสลายของกระดาษอเนกประสงค์จากเส้นใยข้าวโพดที่ผสมสารสกัดสมุนไพร และกระดาษอเนกประสงค์ทั่วไป ทั้งสองแผ่นขนาด 3.5 x 5 ตารางนิ้ว หลังจากถูกรดน้ำปริมาณ 5 มิลลิตรทุกเช้า พบว่ากระดาษอเนกประสงค์จากเส้นใยข้าวโพดผสมสารสกัดจากสมุนไพรสามารถสลายหมดเองตามธรรมชาติภายใน 20 วัน ในขณะที่ตัวควบคุมคือกระดาษอเนกประสงค์ทั่วไปไม่มีการเปลี่ยนแปลง (ภาพที่ 8) ทั้งนี้สามารถบ่งบอกถึงความสามารถของกระดาษอเนกประสงค์จากเส้นใยข้าวโพดทั้งในสภาวะที่มีและไม่มีการผสมสารสกัดสมุนไพร ในการย่อยสลายได้ดี เป็นข้อดีที่ไม่สามารถพบในกระดาษอเนกประสงค์ทั่วไป



ภาพที่ 8 ตัวอย่างผลการย่อยสลายเองตามธรรมชาติของกระดาษอเนกประสงค์ผสมสารสกัดสมุนไพรบนดินในวันที่ 16 (บน) และ 18 (ล่าง)

### 4. อภิปรายผล (Discussion)

ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์กระดาษอเนกประสงค์จากเส้นใยข้าวโพดผสมสารสกัดสมุนไพร จากการศึกษาที่

พบว่าสามารถอุ้มน้ำได้ 5.32 มิลลิตรต่อพื้นที่ 17.5 ตารางนิ้ว และอุ้มน้ำมันได้ 6.73 มิลลิตรต่อพื้นที่ 17.5 ตารางนิ้ว สามารถเช็ดคราบสกปรกได้ไม่แตกต่างกับกระดาษอเนกประสงค์ทั่วไป บ่งบอกถึงความเป็นไปได้ในการนำกระดาษอเนกประสงค์จากเส้นใยข้าวโพดผสมสารสกัดสมุนไพร เพื่อใช้เช็ดคราบสกปรกที่มีน้ำ มีความชื้นได้ดี และยังสามารถพิเศษในด้านการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *Staphylococcus* sp. และเชื้อรา *Penicillium* spp. ด้วยการใช้สารสกัดสมุนไพรทั้ง 4 ชนิด คือ จิง ซ่า มะกรูด และฟ้าทะลายโจรผสมกัน ซึ่งโดยภาพรวมอาจจะสามารถยับยั้งจุลินทรีย์หลากหลายชนิดซึ่งอาจรวมถึงเชื้อไวรัสก่อโรคได้ เพราะคุณสมบัติของสมุนไพรทั้งสี่ในการต้านเชื้อจุลินทรีย์ได้หลากหลายชนิด แต่ทั้งนี้จำเป็นต้องมีการวิจัยศึกษาในขั้นต่อไป ได้ดีมากยิ่งขึ้น

ในการพัฒนารูปแบบของผลิตภัณฑ์กระดาษอเนกประสงค์จากเส้นใยข้าวโพดผสมสารสกัดสมุนไพร พร้อมใช้ สามารถทำในลักษณะใส่ในซอง ที่มีจำนวน 20 แผ่นต่อน้ำสารสกัดรวม 80 มิลลิตร ทำให้ได้ปริมาตรสุทธิ 23.4 กรัม ในห่อบรรจุกรรมดังภาพที่ 9 ที่มีคุณสมบัติที่พร้อมนำไปใช้



ภาพที่ 9 ผลิตภัณฑ์กระดาษอเนกประสงค์จากเส้นใยข้าวโพดผสมสารสกัดสมุนไพรรวมทุกชนิด

### 5. สรุปผล (Conclusion)

ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์กระดาษอเนกประสงค์จากเส้นใยข้าวโพดผสมสารสกัดจากสมุนไพรในครัวเรือน เพื่อทำความสะอาดและยับยั้งจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนบนพื้นผิวสัมผัส เป็นแนวทางหนึ่งที่สามารถตอบรับกับผู้บริโภค ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ที่สามารถนำไปพัฒนาต่อเพื่อเป็นผลิตภัณฑ์ สีเขียวชนิดทางเลือกเพื่อลดการปนเปื้อนสิ่งสกปรกและลดจำนวน ชนิดเชื้อก่อโรคอย่างปลอดภัยที่น่าสนใจ ด้วยคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์กระดาษจากเส้นใยเปลือกข้าวโพดที่ได้ดังกล่าวสามารถอุ้มน้ำและน้ำมันได้ดี คือ สามารถอุ้มน้ำและน้ำมันได้ 5.32+0.16 และ 6.73+0.40 มิลลิตร ตามลำดับ ทำให้มีคุณสมบัติที่ดีในการจัดการปนเปื้อนของฝุ่นละอองที่เป็นของเหลวที่ละลายน้ำและน้ำมันได้ เช่น หยดละอองจากการไอ จาม หรือการปนเปื้อนเชื้อก่อโรคจากการสัมผัสของผู้ป่วย เมื่อเช็ดบนพื้นผิวสัมผัสของวัตถุ อุปกรณ์ด้วยความเหนียวของ





กระดาษ สามารถรับน้ำหนักได้  $1125.33 \pm 106.60$  กรัม ซึ่งเป็นข้อดี ทำให้ขณะใช้ไม่เปื่อยยุ่ยง่าย ไม่ก่อการระคายเคืองต่อผิวหนังผู้ใช้เมื่อทดลองให้ผู้บริโภคนำไปใช้ (ผลเบื้องต้นในห้องปฏิบัติการ) ไม่ทำให้พื้นผิวสัมผัสของสิ่งของเสียหาย

ด้วยกระดาษอเนกประสงค์จากเส้นใยเปลือกข้าวโพดมีความสามารถในการเช็ดคราบสกปรกไม่แตกต่างกับกระดาษอเนกประสงค์ที่มีตามท้องตลาด แต่ด้วยองค์ประกอบของกระดาษเป็นเส้นใยพืช ชนิด cellulose ทำให้สามารถย่อยสลายได้เองตามธรรมชาติได้ดี ภายใน 20 วัน ทำให้เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และการเสริมคุณสมบัติด้วยการผสมกระดาษด้วยสมุนไพรในครัวเรือน คือ ขิง ข่า มะกรูดและฟ้าทะลายโจร ที่ผ่านการสกัดด้วยแอลกอฮอล์ร้อยละ 95 สามารถยับยั้งจุลินทรีย์ชนิดแบคทีเรีย *Staphylococcus* sp. ได้ดี และยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราโดยเฉพาะเชื้อ *Penicillium* spp. ไม่มีผลกระทบต่อความสามารถในการย่อยสลายตามธรรมชาติ การพัฒนางานวิจัยนี้ในขั้นต่อไป คือ การศึกษาชนิดและความเข้มข้นของสารสกัดสมุนไพรในการเสริมฤทธิ์ประสิทธิภาพให้เหมาะสมต่อไป ทั้งนี้ยังรวมถึงการพัฒนาวิธีการผสม หรือการเคลือบสารสกัดสมุนไพรดังกล่าวให้เกาะติดบนพื้นผิวที่ยังจำเป็นต้องมีการทดลองพัฒนาพื้นผิวกระดาษ ด้านความเรียบ รูพรุน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและระยะเวลาในการยับยั้งจุลินทรีย์และเพิ่มความสามารถในการเก็บกักความสกปรกได้ดียิ่งขึ้น

## 6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ให้การสนับสนุน เอื้อเฟื้อสถานที่ และอุปกรณ์ต่างๆ ในการจัดทำงานวิจัยนี้

## 7. เอกสารอ้างอิง

- [1] จารวี สุขประเสริฐ. 2547. “การคัดเลือกสารสกัดจากพืชสมุนไพรที่มีคุณสมบัติในการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับการผลิตไวน์.” วิทยานิพนธ์. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. กรุงเทพฯ.
- [2] จิราภรณ์ บุราคร และคณะ. 2554. “สมุนไพรพื้นบ้าน.” นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการ. สำนักเทคโนโลยีชุมชน.

- [3] ณัฐธยาน์ กฤษณพันธ์และคณะ. 2564. “กระดาษอเนกประสงค์จากเส้นใยข้าวโพดผสมสารสกัดจากสมุนไพรเพื่อยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนบนพื้นผิวสัมผัส”. วิทยานิพนธ์. สาขาวิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.
- [4] ทศพล ลีลา. 2553. “ฤทธิ์ยับยั้งจุลินทรีย์ของสารสกัดจากสมุนไพรไทย.” วิทยานิพนธ์. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. คณะวิศวกรรมศาสตร์.
- [5] อิศารัตน์ ปลื้มใจ. 2535. “ฤทธิ์ต้านเชื้อจุลินทรีย์ของฟ้าทะลายโจร” ว. กรมวิทย์ พ. 34(1):9-15.
- [6] ปทุม อรุณวัชรินทร์ และคณะ. 2550. วิทยานิพนธ์. “การยับยั้งจุลินทรีย์ก่อโรคและจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเน่าเสียของน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรไทย.” สาขาอุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- [7] ภัทราวดี ธงงามและคณะ. 2559. “กระดาษเปลือกข้าวโพดทำมือการสร้างบรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อม.” สถาบันถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชน. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา.
- [8] วาริรัตน์ หนูหิต. 2557. “การยับยั้งเชื้อแบคทีเรียก่อโรคที่ปนเปื้อนบนพื้นผิวสัมผัสโดยใช้สารสกัดจากพืชตระกูลขิง.” วิทยานิพนธ์. สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- [9] วรณี ตันกิตติยานนท์. 2549. “การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากพืชสมุนไพรด้วยวิธีการกลั่น.” วิทยานิพนธ์. คณะวิศวกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยบูรพา.
- [10] สมศรี บุญเรือง และ อำนาง จันทร์ครุฑ. 2551. “ข้าวโพด.” นักวิชาการเกษตร. สำนักส่งเสริมและจัดการสินค้าเกษตร. กรมส่งเสริมการเกษตร. กรุงเทพฯ
- [11] สมหวัง ด่านชัยวิจิตร. 2540. “การกำจัดเชื้อในเวชปฏิบัติ.” งานตำราวารสารและสิ่งพิมพ์สถานเทคโนโลยีการศึกษาแพทยศาสตร์. คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาลมหาวิทยาลัยมหิดล.
- [12] ศุภยงค์ วรวิมลคุณชัย. 2560. “คุณสมบัติยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ของข่า.” สาขาวิทยาศาสตร์เคมีและเภสัชศาสตร์. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์



## Heater Innovation Using Crude Palm Oil as an Alternative Energy Fuel for Diesel Engines

พงษ์ดนัย เคียรสุวรรณ<sup>1\*</sup>, วสันต์ พลาศัย<sup>2</sup>, ทวีศักดิ์ ชัดติยวรรณ<sup>2</sup>, ปริญา พานิชย์<sup>2</sup>, ประไพ  
พิศ ถาวรศรี<sup>2</sup>, ประทาน ศรีชัย<sup>2</sup>

<sup>1</sup> สาขาการจัดการเทคโนโลยีนวัตกรรม

<sup>2</sup> สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์

99 ตำบลโคกเคียน อำเภอเมือง จังหวัดนราธิวาส 96000

\* Corresponding author; e-mail address: kho.pongdaanai@gmail.com

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอผลการให้ความร้อนของเชื้อเพลิงปาล์มดิบ เพื่อลดความหนืดจลน์ของน้ำมันปาล์มดิบที่ใช้เป็นพลังงานทางเลือกสำหรับเครื่องยนต์ดีเซลด้วยการสร้างชุดนวัตกรรมอุปกรณ์ให้ความร้อนเชื้อเพลิงที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ที่เงื่อนไขอุณหภูมิและอัตราการไหลของน้ำหล่อเย็นที่เข้าหม้อน้ำ ให้การถ่ายเทความร้อนของน้ำมันขณะไหลผ่านท่อกลมขนาดเล็กที่เป็นท่อขดที่ผลิตจากทองแดงเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 9.6 มิลลิเมตร และหนา 1.5 มิลลิเมตร เพื่อให้เกิดการพาความร้อนจากน้ำหล่อเย็นมาให้ความร้อนเชื้อเพลิงปาล์มดิบ โดยท่อภายนอกผลิตมาจากท่อสแตนเลส เส้นผ่านศูนย์กลางภายในเท่ากับ 76.2 มิลลิเมตร จากผลการวิจัยพบว่าอุปกรณ์สามารถให้ความร้อนกับน้ำมันปาล์มดิบที่ 60 องศาเซลเซียส ที่อัตราการไหล 0.3-1.0 ลิตรต่อนาที เลขนุซเซลต์สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนมีค่าสูงขึ้น ตามอัตราการไหลของน้ำหล่อเย็นที่เพิ่มขึ้น ข้อมูลการทดลองสามารถใช้อ้างอิงในการในสร้างชุดนวัตกรรมอุปกรณ์ให้ความร้อนเพื่อลดความหนืดจลน์เชื้อเพลิงสำหรับปาล์มดิบที่ใช้เป็นพลังงานทางในเครื่องยนต์ดีเซล

**คำสำคัญ :** “เชื้อเพลิงปาล์มดิบ; ลดความหนืดของเชื้อเพลิง; นวัตกรรมการให้ความร้อน; สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน”

### Abstract

This research presents the heating effect of (Crude Palm Oil; CPO) with the heating characteristics of innovative equipment to heat and reduce fuel viscosity of palm oil as alternative fuel. The different temperatures on pathway of hot water at radiator at 80 °C and hot water flow rate were simulated the engine conditions. Heat transfer of oil as it flows through a small circular tube that is a spiral copper tube outlet diameter 9.6 mm thickness 1.5 mm by convection of the copper pipe group inside stainless steel tubes with an internal diameter of 76.2 mm. The test results, fuel outlet temperature maintain at 60 °C . Heat transfer coefficient and Nusselt number increase within water flow rate. The design as a heat transfer characteristic and the analysis of heat transfer characteristics analysis of flow characteristics. It will be tested by adjusting the water flow rate and flow friction. All of result presented that the innovative equipment to heat to create the heating device reduction palm biodiesel viscosity in diesel engine.

**Keywords:** “Crude palm fuel; Viscosity reduction; Heating innovative; Heat transfer coefficient”



## 1. บทนำ (Introduction)

ความเปลี่ยนแปลงของโลกและการพัฒนาในหลายๆ ด้าน ส่งผลให้สถานการณ์ของราคาน้ำมันเชื้อเพลิงในตลาดโลกมีความผันผวนและปรับตัวสูงขึ้น ในขณะที่ยังคงมีความต้องการการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทั้งนี้ประเทศไทยมีการเพาะปลูกปาล์มน้ำมันอย่างแพร่หลายโดยเฉพาะพื้นที่ทางภาคใต้ของประเทศ ที่มีการปลูกปาล์มน้ำมันประมาณ 3,221,007 ไร่ โดยในพื้นที่จังหวัดนราธิวาสมีการเพาะปลูกจำนวน 42,324 ไร่ [1] ผลผลิตจากการปลูกปาล์มน้ำมัน สามารถนำมาเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตเป็นน้ำมันไบโอดีเซล สำหรับใช้เป็นเชื้อเพลิงทางเลือกให้กับเครื่องจักรกลทางการเกษตรและรถยนต์

เนื่องจากน้ำมันปาล์มดิบมีคุณสมบัติเชื้อเพลิงที่แตกต่างกับน้ำมันดีเซล เช่น ค่าความหนืดจลน์ที่มีผลต่อการอุดตันของระบบกรองน้ำมันเชื้อเพลิง นอกจากนี้ค่าความหนืดจลน์ของเชื้อเพลิงที่มากกว่าน้ำมันดีเซล ทำให้ประสิทธิภาพการฉีดน้ำมันให้เป็นละอองฝอยลดลง ส่งผลให้สมรรถนะของเครื่องยนต์ลดลงเช่นกัน

Abeykoon [2] ทดลองการเพิ่มประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนของเครื่องทำความร้อนให้กับเชื้อเพลิงไบโอดีเซล ด้วยเครื่องทำความร้อนเชื้อเพลิง 2 ประเภท โดยเพิ่มประสิทธิภาพทางความร้อนให้กับเชื้อเพลิง จากการทดลองพบว่าการสอดใส่ไบโอดีเซล มีผลต่อการเพิ่มพื้นที่ถ่ายเทความร้อน ทำให้ผลต่างของความดันตกคร่อมมีเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับการเพิ่มความยาวของท่อทดลองที่มีผลต่อ ความดันตกคร่อมที่เพิ่มขึ้น

Thianpong et al. [3] ศึกษาพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของอากาศและการสูญเสียความดัน ในท่อแบบบวมและสอดใส่ไบโอดีเซล เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อน โดยอัตราส่วนพิตช์อยู่ที่ 0.7 และ 1.0 นอกจากนี้สัดส่วนการบิด เท่ากับ 3, 5 และ 7 ค่าเลขเรย์โนลด์ตั้งแต่ 12,000 ถึง 44,000 จากการศึกษาพบว่าการใช้ท่อบวมร่วมกับแผ่นบิด มีผลทำให้ให้ค่าความร้อนสูงกว่ากรณีใช้ท่อแบบมีรอยบวมตามแนวท่อเพียงอย่างเดียว ทั้งนี้อัตราส่วนพิตช์ที่เพิ่มขึ้น มีผลทำให้สมรรถนะทางความร้อนมีค่าลดลง ในขณะที่สัดส่วนบิดที่เพิ่มขึ้น มีผลทำให้สมรรถนะทางความร้อนและความดันตกคร่อมเพิ่มขึ้น

สันติภาพ นาคแก้ว และคณะ [4] ศึกษาคุณลักษณะการถ่ายเทความร้อนของการไหลของน้ำสถานะเดียวภายในท่อตรงและท่อขดเกลียวขนาดเล็ก ทดสอบโดยใช้ท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 34 48 และ 68 มิลลิเมตร การทดลองมีการเปลี่ยนอัตราการไหลของน้ำ

และพลั๊กความร้อน จากการศึกษาพบว่าสัดส่วนความโค้งของจำนวนขดพื้นที่การไหลของของไหลที่มากขึ้น มีผลทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนมีค่าเพิ่มขึ้น

Emiliano and Antonio [5] ทดลองเกี่ยวกับความเข้ากันได้ของการใช้เชื้อเพลิง (Compatibility Test) ในระยะยาวของน้ำมันปาล์มดิบที่ผ่านการอุ่นที่ใช้กับเครื่องยนต์ดีเซล โดยให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 60 และ 80 องศาเซลเซียส ใช้น้ำมันปาล์มดิบเป็นเชื้อเพลิง ระยะเวลาทดสอบ 300 ชั่วโมง เพื่อศึกษาผลกระทบของการอุ่นน้ำมันต่อเครื่องยนต์ จากการทดลองพบว่าการเพิ่มขึ้นของความร้อน ทำให้ค่าความหนืดจลน์ของน้ำมันลดลง และพบว่าการอุ่นน้ำมันที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ช่วยลดการสะสมของคาร์บอนดีในห้องเผาไหม้ได้ถึง 27 เปอร์เซ็นต์

Amir et al. [6] ศึกษาผลของไบโอดีเซลที่เป็นน้ำมันพืช โดยให้ความร้อนเพื่อลดคุณสมบัติของเชื้อเพลิง โดยศึกษาคุณลักษณะของสเปรย์และการผสมตัวของสเปรย์กับอากาศด้วยการถ่ายภาพใช้กล้องความเร็วสูง จากการศึกษาพบว่าเชื้อเพลิงที่ผ่านการอุ่นความร้อนเพิ่มขึ้นส่งผลให้การแพร่กระจายของเชื้อเพลิงที่ผสมกับอากาศได้ดีขึ้นในช่วงผสมตัวของเชื้อเพลิงในช่วงการผสมตัวล่วงหน้า (Air to fuel mixing) ได้ดีขึ้น

Bari et al. [7] ศึกษาผลของการอุ่นน้ำมันปาล์มดิบที่มีผลต่อระบบหัวฉีด สมรรถนะและการปล่อยไอเสียของเครื่องยนต์ดีเซล ที่มีการอุ่นน้ำมันปาล์มดิบอุณหภูมิต่างกัน พบว่าที่อุณหภูมิของน้ำมัน 60 องศาเซลเซียส เป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการใช้งานกับเครื่องยนต์

พิชญ์ ปริญาจารย์ [8] ศึกษาผลของการใช้น้ำมันปาล์มดีเซลในเครื่องยนต์ดีเซลการเกษตรขนาดเล็ก โดยการผสมน้ำมันปาล์มดิบที่ผ่านการอุ่นด้วยความร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส อัตราส่วน 10 เปอร์เซ็นต์ ผสมกับน้ำมันดีเซล 90 เปอร์เซ็นต์ ทดลองที่สภาวะความเร็วคงที่ และทดสอบสมรรถนะ โดยการทำงานต่อเนื่องเป็นเวลา 320 ชั่วโมง จากการศึกษาพบว่าค่ากำลัง สมรรถนะของเครื่องยนต์ กรณีที่ใช้น้ำมันปาล์มดิบมีค่าต่ำกว่าน้ำมันดีเซลเล็กน้อย และผลของการทดสอบความทนทานหลังผ่านการทดสอบแรงบิดลดลง และอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันสูงขึ้น

Shatha et al. [9] ศึกษาผลของจำนวนท่อและทิศทางการไหลของน้ำที่มีต่อค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน โดยความยาวของท่อทองแดงที่ 50 ,100 ,150 , 200 และ 250 มิลลิเมตร และมีจำนวนเกลียวบิด คือ 2 , 4 ,



6 , 8 และ 10 ตามลำดับ โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง  
ของด้านนอกและด้านในท่อเป็น 24 และ 19 มิลลิเมตร  
ตามลำดับ ความเร็วอากาศ 3 เมตรต่อวินาที อัตราการ  
ไหลเชิงปริมาตร 5 ลิตรต่อนาที และอุณหภูมิอากาศของน้ำ  
และอากาศที่ 25 องศาเซลเซียส และ 80 องศาเซลเซียส  
ตามลำดับ จากการทดลองพบว่าความยาวท่อที่เพิ่มขึ้น มี  
ผลทำให้อัตราการถ่ายเทความร้อนและปริมาณฟลักซ์  
ความร้อนมีค่าสูงขึ้น นอกจากนี้ท่อครีบบี้อัตราการถ่ายเท  
ความร้อนสูงกว่าท่อเรียบประมาณ 21.44 เปอร์เซ็นต์

Hoang [10] ออกแบบและการผลิตเครื่อง  
แลกเปลี่ยนความร้อนสำหรับการนำก๊าซไอเสียกลับมาอุ่น  
น้ำมันในเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็ก โดยทดสอบที่ภาระ  
งานของเครื่องยนต์ เท่ากับ 10 25 50 75 และ 100  
เปอร์เซ็นต์ ความเร็วรอบที่ 1500 และ 2000 รอบต่อนาที  
จากการทดลองพบว่าหลังจากติดตั้งเครื่องแลกเปลี่ยน  
ความร้อนในท่อไอเสียของเครื่องยนต์ ค่าที่ได้จากการ  
ทดลองและผลจากแบบจำลองมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมี  
นัยสำคัญ ค่าเฉลี่ยของก๊าซไอเสีย ประมาณ 52  
เปอร์เซ็นต์ และผลต่างความดันในท่อไอเสียที่ภาระ  
งานที่ 75 เปอร์เซ็นต์ เท่ากับ 191 ปาสคาล และ 468  
ปาสคาล ส่วนกรณีภาระงาน 100 เปอร์เซ็นต์ มีค่า  
เท่ากับ 1472 ปาสคาล

หลักการในการออกแบบนวัตกรรมเครื่องทำความ  
ร้อนหรือการออกแบบการแลกเปลี่ยนความร้อนที่ดี ต้อง  
คำนึงถึง ความร้อนที่ให้กับเชื้อเพลิง รวมทั้งคุณสมบัติที่  
ตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้งาน เช่น มีขนาด  
กะทัดรัด สามารถติดตั้งและบำรุงรักษาได้ง่าย อายุการใช้  
งานยาวนาน และมีความปลอดภัย เป็นต้น ดังนั้นเพื่อให้  
บรรลุตามคุณสมบัติดังกล่าวมา จำเป็นต้องมีการพัฒนา  
อุปกรณ์เครื่องทำความร้อนให้มีประสิทธิภาพดีและ  
สามารถใช้งานได้ตามความต้องการ

งานวิจัยที่ผ่านมาได้นำเสนอผลงานการออกแบบชุด  
แลกเปลี่ยนความร้อนของน้ำมันปาล์มดิบ ที่แตกต่างกันทั้ง  
เรื่องขนาด ความยาววัสดุ ของชุดแลกเปลี่ยนความร้อน  
และในด้านการนำเชื้อเพลิงที่ผ่านการให้ความร้อนในการ  
ทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์โดยใช้เชื้อเพลิงปาล์มดิบ  
และไบโอดีเซล แต่ยังมีส่วนที่ต้องศึกษาเพิ่มเติมใน  
ส่วนการใช้งานในสภาวะงานจริงของรถยนต์

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการให้อุณหภูมิ  
น้ำมันปาล์มดิบที่ผ่านกระบวนการลดยางเหนียวด้วย  
นวัตกรรมอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่จำลองเงื่อนไข  
ของการทำงานเครื่องยนต์โดยนำเสนอเป็นอุณหภูมิที่คงตัว  
ของน้ำมันปาล์มดิบหลังจากให้ความร้อน อัตราการให้  
ความร้อน และเลขนัสเซลล์ ที่อัตราการไหลของน้ำร้อน

ต่างกัน

## 2. วิธีวิจัย (Research Methodology)

### ทฤษฎี

ในการทดลองครั้งนี้ทำการวิเคราะห์ผลของอัตรา  
การไหลและการถ่ายเทความร้อน โดยการถ่ายเทความ  
ร้อนวิเคราะห์จากเลขเรโนลด์ ซึ่งหาได้จากสมการ

$$Re = \frac{\rho V D_h}{\mu} = \frac{V D_h}{\nu} = \frac{Q D_h}{\nu A} \quad (1)$$

โดยที่

$D_h$  คือ ขนาดความโตภายในของท่อทางไฮดรอลิก (m)

$Q$  คือ อัตราการไหลแบบปริมาตร ( $m^3/s$ )

$A$  คือ พื้นที่หน้าตัดของการไหลของท่อ ( $m^2$ )

$V$  คือ ความเร็วเฉลี่ยของของไหล (m/s)

$\mu$  คือ ความหนืดของของเหลวแบบไดนามิก

(Pa.s), (N.s/m<sup>2</sup>), (kg/m.s)

$\rho$  คือ ความหนาแน่นของของเหลว (kg/m<sup>3</sup>)

$\nu$  คือ ความหนืดของของเหลวแบบคินเนติก

( $\nu = \mu/\rho$ ), (m<sup>2</sup>/s)

เลขเลขนัสเซลล์ (Nu) สามารถหาได้จาก

$$Nu = 0.023 \times Re^{0.8} \times Pr^{1/3} \quad (2)$$

$Re$  คือ เรโนลด์ (Reynolds)

$Pr$  คือ Prandtl number

โดยที่อัตราการถ่ายโอนความร้อน  $\dot{Q}$  หาได้จาก

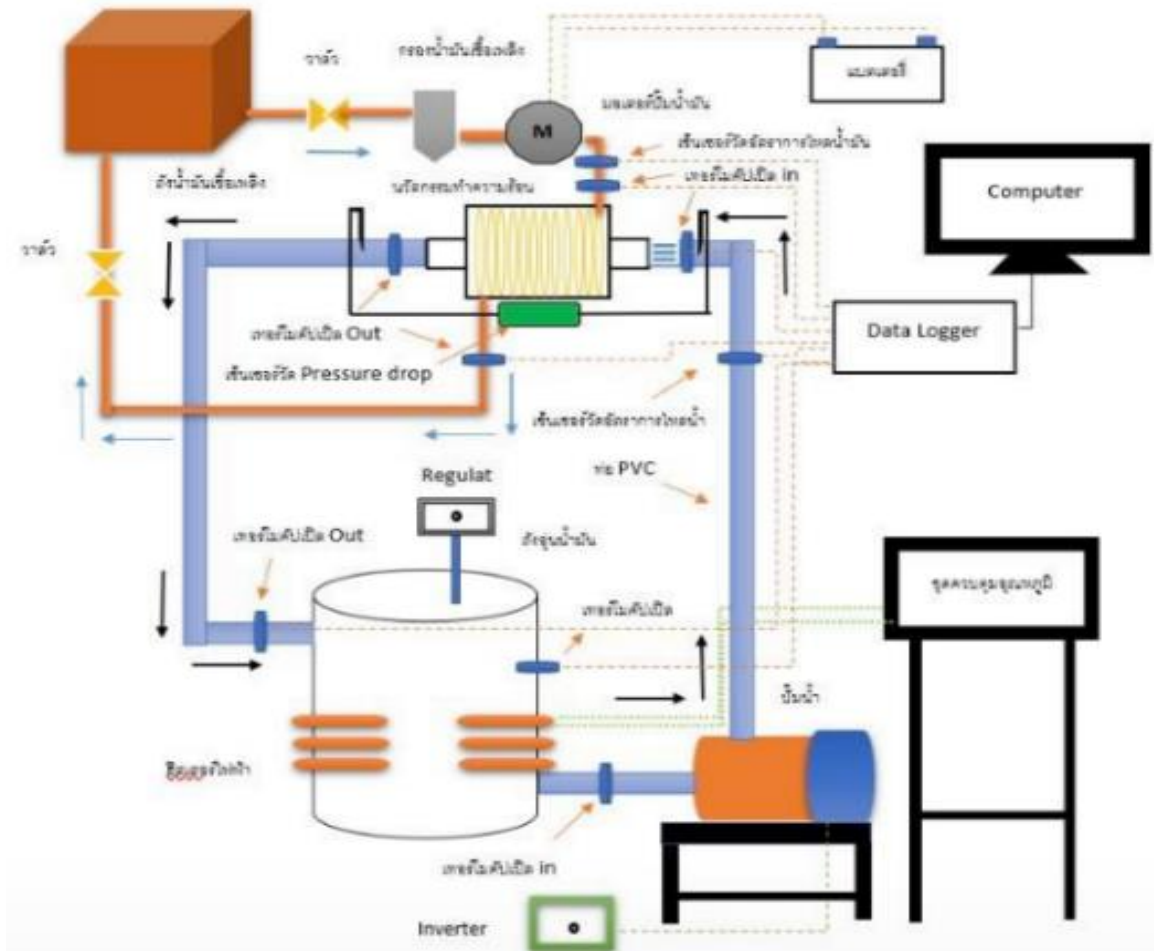
$$\dot{Q} = \dot{m}_c \times C_{p,c} \times (C_{p,o} - C_{p,i}) \quad (3)$$

$C_p$  คือ ความร้อนจำเพาะ ( $J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$ )

$\dot{m}_c$  คือ อัตราการไหลของมวล ( $kg \cdot s^{-1}$ )

### 3. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

จากผังการทดลองมีหลักการทำงาน เริ่มจากถังอุ่น  
น้ำที่ติดตั้ง ฮีตเตอร์ไฟฟ้าแบบจุ่มขนาด 1 กิโลวัตต์  
จำนวน 6 ตัว ถูกควบคุมด้วยชุดควบคุมอุณหภูมิ แบบ  
PID ตั้งค่าอุณหภูมิไว้ ที่ 80 องศาเซลเซียส เพื่อให้ได้น้ำ  
ร้อนที่มีอุณหภูมิคงที่ควบคุมอุณหภูมิให้มีค่าคงที่  $\pm 2$   
องศาเซลเซียส โดยเริ่มจากอุณหภูมิบรรยากาศ จนถึง  
อุณหภูมิที่ต้องการโดยน้ำที่ถูกอุ่นจะถูกไหลเวียนภายใน  
ชุดถังอุ่นน้ำเพื่อให้ได้น้ำที่ไหลเสมือนน้ำในหม้อน้ำ เมื่อ  
อุณหภูมิของน้ำได้ ปั๊มน้ำไฟฟ้าจะดูดน้ำในถัง โดยมีชุด  
ควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ เป็นตัวควบคุมความเร็ว  
รอบของปั๊มน้ำ น้ำร้อนจะไหลผ่านชุดวัดอัตราการไหลของ  
น้ำเพื่อแสดงถึงค่าอัตราการไหล น้ำจะไหลผ่านไปยังชุด  
นวัตกรรมเครื่องทำความร้อน โดยมีชุดวัดความดันตก  
คร่อมวัดเพื่อทราบถึงแรงดันที่สูญเสีย ในขณะที่น้ำร้อน  
ไหลผ่านนวัตกรรมเครื่องทำความร้อน น้ำมันปาล์มดิบจะ  
ถูกปั๊มน้ำมันดูดน้ำมัน ผ่านชุดกรองน้ำมันดีเซล และ ผ่าน  
ชุดวัด



ภาพที่ 1 ผังอุปกรณ์การทดลอง

อัตราการไหลน้ำมัน และทำการแลกเปลี่ยนความร้อนที่  
ชุดนวัตกรรมเครื่องทำความร้อนกระบวนการวิธีดัดยางเหนียว  
และลดกรดไขมันอิสระ เชื้อเพลิง

### 3.1 เชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดสอบ

ในการทดสอบนี้ใช้เชื้อเพลิงปาล์มดิบที่รวบรวมที่ผ่าน  
กระบวนการลดกำเป็นเชื้อเพลิงในการทดสอบที่ทดสอบ  
ผลิตโดยโรงงานต้นแบบมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์

### 3.2 คุณสมบัติของเชื้อเพลิง

ตามตารางที่ 1 คุณสมบัติที่สำคัญของน้ำมันปาล์ม  
ดิบ สำหรับนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิง ค่าความหนืดจลน์ของ  
น้ำมันปาล์มดิบเมื่อเทียบกับน้ำมันดีเซล ค่าความหนืดจลน์  
ของน้ำมันปาล์มดิบมีค่าสูง ถึง 3 เท่า ดังนั้นการอุ่น  
เชื้อเพลิงสามารถช่วยลดค่าความหนืดจลน์ได้ รายงานจาก  
งานวิจัยที่ผ่านมา [7]

ตารางที่ 1 คุณสมบัติของเชื้อเพลิง

ค่า	มาตรฐานการทดสอบ	CPO
ค่าความร้อน (MJ/Kg)	D240	40.14
ความหนืดจลน์ (cSt)	D445	@ 40 องศาเซลเซียส 36.89
@ 50 องศาเซลเซียส		26.48
@ 60 องศาเซลเซียส		20.12
ความหนาแน่น (g/cm <sup>3</sup> )	D4052	0.860
จุดติดไฟ	D93	193
Cetane index [11]	D 613	48-65

### 3.3 ชุดอุปกรณ์การทดลอง

นวัตกรรมเครื่องทำความร้อนโดยใช้น้ำมันปาล์มดิบ  
เป็นเชื้อเพลิงพลังงานทางเลือกกับเครื่องยนต์ดีเซล เป็น  
อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างชุดน้ำหล่อเย็นที่  
แลกเปลี่ยนความร้อนกับชุดท่อทองแดง ในการวิเคราะห์  
ของอัตราการไหลของน้ำมันและน้ำ โดยการถ่ายเทความร้อน



ร้อนวิเคราะห์ได้จาก เลขนัสเซลท์ Nusselt Number (Nu) ค่าปริมาณความร้อนที่ได้รับ (Q)

### 3.4 เงื่อนไขการทดลอง

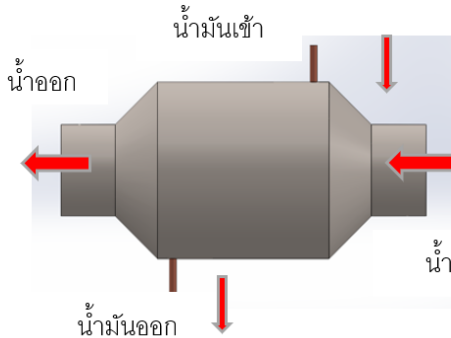
ข้อมูลจากตารางเอามาจากงานวิจัยที่ผ่านมาเกี่ยวกับผลกระทบของการให้ความร้อนเชื้อเพลิงปาล์มดิบเป็นพลังงานทางเลือกต่อสมรรถนะของรถตู้ส่วนบุคคล [12] ข้อมูลอัตราการไหลเชื้อเพลิงเอามาจากงานวิจัยที่ผ่านมาเกี่ยวกับอัตราการไหลเชื้อเพลิงและอัตราการไหลของน้ำหล่อเย็น [13]

ตารางที่ 2 เงื่อนไขการทดลอง

รายการ	รายละเอียด
อัตราการไหลของเชื้อเพลิง [12]	0.14 กิโลกรัมต่อนาที
อัตราการไหลของน้ำ [13]	0.3 ลิตรต่อนาที
	0.5 ลิตรต่อนาที
	0.8 ลิตรต่อนาที
	1.0 ลิตรต่อนาที
อุณหภูมิเชื้อเพลิงขาเข้า [12]	30 องศาเซลเซียส
อุณหภูมิน้ำขาเข้า [12]	80 องศาเซลเซียส

### 3.5 อุปกรณ์การแลกเปลี่ยนความร้อน

จากภาพที่ 2 ความยาวของท่อทองแดง 164 เซนติเมตร จำนวน 8 ขดและท่อสแตนเลสขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 7.62 เซนติเมตร ยาว รวมของอุปกรณ์อยู่ที่ 15 เซนติเมตร เป็นท่อชั้นนอก



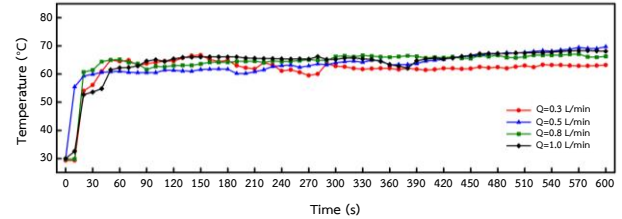
ภาพที่ 2 นวัตกรรมเครื่องทำความร้อน

## 4. ผลการวิจัย

### 4.1 ผลของอุณหภูมิน้ำมันปาล์มดิบที่ทางออกเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่เปลี่ยนแปลงตามระยะเวลา

จากการศึกษาผลของอุณหภูมิน้ำมันปาล์มดิบที่ทางออกจากเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนตามระยะเวลาต่างๆ พบว่าในทุกช่วงของอัตราการไหลน้ำร้อนที่ไหลผ่านเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน อุณหภูมิของน้ำมันปาล์มดิบ

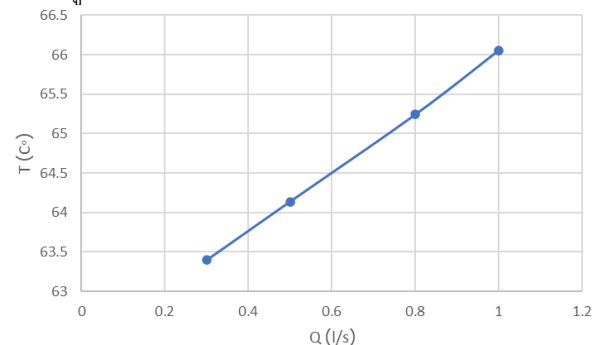
ที่ทางออกเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงระยะเวลา 30 วินาทีแรก หลังจากนั้นอุณหภูมิของน้ำมันปาล์มดิบจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ จนถึงระยะเวลา 60 วินาที หลังจากนั้นอุณหภูมิน้ำมันปาล์มดิบก็จะมีอุณหภูมิคงที่ ดังแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ผลของอุณหภูมิน้ำมันปาล์มดิบที่ทางออกเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนตามระยะเวลา

### 4.2 ผลของอัตราการไหลน้ำร้อนที่มีผลต่ออุณหภูมิ น้ำมันปาล์มดิบเฉลี่ยที่ทางออกเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน

จากการศึกษาผลของอุณหภูมิ น้ำมันปาล์มดิบเฉลี่ยที่ทางออกของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน พบว่าเมื่ออัตราการไหลของน้ำร้อนเพิ่มสูงขึ้น ทำให้อุณหภูมิของน้ำมันปาล์มดิบเฉลี่ยที่ทางออกเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนเพิ่มสูงขึ้น โดยที่อัตราการไหลน้ำร้อน 1 ลิตรต่อนาที ส่งผลให้อุณหภูมิ น้ำมันปาล์มดิบเฉลี่ยที่ดีที่สุดที่ 66 องศาเซลเซียส และเมื่อเปรียบเทียบกับอัตราการไหลของน้ำร้อน 0.3 ลิตรต่อนาที พบว่าอุณหภูมิ น้ำมันปาล์มดิบเฉลี่ยต่ำที่สุด และเมื่อเปรียบเทียบกับอุณหภูมิ น้ำมันปาล์มดิบเฉลี่ยสูงสุด พบว่าผลต่างของอุณหภูมิ น้ำมันปาล์มดิบเฉลี่ยอยู่ที่ 2.3 องศาเซลเซียส ดังแสดงในภาพที่ 4



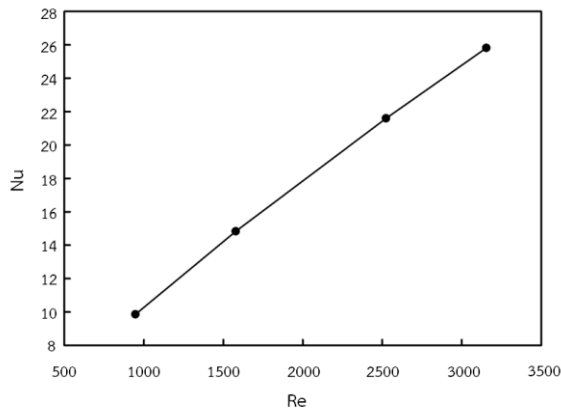
ภาพที่ 4 ผลของอัตราการไหลน้ำร้อนที่มีผลต่อ น้ำมันปาล์มดิบอุณหภูมิ น้ำมันปาล์มดิบเฉลี่ย

### 4.3 ผลของเรย์โนลด์นัมเบอร์น้ำร้อนที่มีผลต่อ เลขนัสเซลล์น้ำร้อน

จากการศึกษาผลของเลขเรย์โนลด์นัมเบอร์น้ำร้อนที่มีผลต่อเลขนัสเซลท์ พบว่าเมื่ออัตราการไหลน้ำร้อนเพิ่มสูงขึ้น จึงทำให้เลขเรย์โนลด์สูงขึ้นตามสมการที่ 1 และเมื่อเลขเรย์โนลด์เพิ่มสูงขึ้น ส่งผลทำให้เลขนัสเซลท์นัมเบอร์สูงขึ้นไปตามดังสมการที่ 2 ซึ่งพบว่าเลขเรย์โนลด์นัมเบอร์เท่ากับ



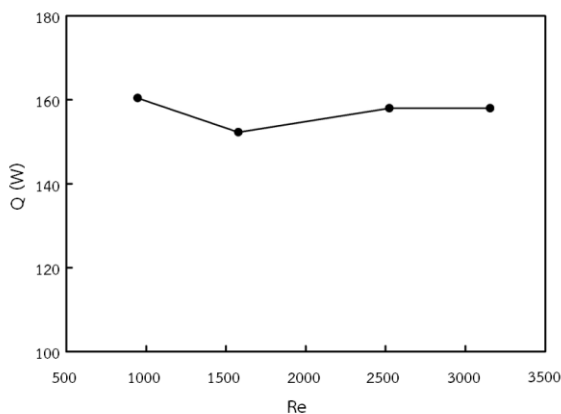
3155.3 จะมีค่าเลขนัสเซลล์ที่สูงที่สุดที่ 25.82 และเมื่อเปรียบเทียบกับเลขนัสเซลล์ที่ต่ำสุด พบว่า ค่านัสเซลล์มีค่าสูงขึ้นเป็น 0.61% ซึ่งเลขนัสเซลล์นัมเบอร์ที่สูงขึ้นมีผลโดยตรงต่อการถ่ายโอนความร้อนให้กับเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน จึงทำให้อุณหภูมิน้ำมันปาล์มดิบเฉลี่ยที่ออกจากเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนดีที่แสดงในภาพที่ 5



ภาพที่ 5 ผลของเลขเรย์โนลด์นัมเบอร์น้ำร้อนที่มีผลต่อเลขนัสเซลล์นัมเบอร์ของน้ำร้อน

#### 4.4 ผลของเลขเรย์โนลด์นัมเบอร์น้ำร้อนที่มีผลต่ออัตราการถ่ายโอนความร้อนให้กับน้ำมันปาล์มดิบ

จากการศึกษาผลของเลขเรย์โนลด์นัมเบอร์น้ำร้อนที่มีผลต่ออัตราการถ่ายโอนความร้อนให้กับน้ำมันปาล์มดิบ พบว่าอัตราการถ่ายโอนความร้อนให้กับน้ำมันปาล์มดิบ จะมีค่าที่ใกล้เคียงกันอยู่ที่ 152-160 W เนื่องจากอุณหภูมิ น้ำมันปาล์มดิบเฉลี่ยที่ทางออกมีค่าที่ใกล้เคียงกันทุกอัตราการไหล จึงทำให้เลขเรย์ที่สูงขึ้น แต่อย่างไรก็ตามไม่ได้ส่งผลต่ออัตราการถ่ายเทความร้อน และเนื่องจากอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนมีระยะแลกเปลี่ยนความร้อนที่สั้น จึงทำให้น้ำร้อนไหลผ่านชุดแลกเปลี่ยนความร้อนอย่างรวดเร็วจึงทำให้เลขเรย์ไม่ส่งผลต่ออัตราการถ่ายโอนความร้อน ดังแสดงในภาพที่ 6



ภาพที่ 6 ผลของเลขเรย์โนลด์นัมเบอร์น้ำร้อนที่มีผลต่ออัตราการถ่ายโอนความร้อนให้กับน้ำมันปาล์มดิบ

#### 5. สรุปผล

จากการทดลองชุดนวัตกรรมเครื่องให้ความร้อนน้ำมันปาล์มดิบที่ผ่านกระบวนการด่างเหนียวเป็นพลังงานเชื้อเพลิง ส่งผลให้อุณหภูมิเมื่อเทียบกับเวลาที่อัตราการไหลต่างกัน อัตราการไหลที่สูงขึ้นไม่ได้ส่งผลให้ค่าอุณหภูมิที่ทางขาออกชุดแลกเปลี่ยนความร้อนมีอุณหภูมิที่ใกล้เคียงกัน เลขเรย์โนลด์เพิ่มสูงขึ้นส่งผลให้เลขนัสเซลล์เพิ่มสูงขึ้น 0.61% และเลขเรย์โนลด์ที่สูงขึ้นไม่ได้ส่งผลต่ออัตราการถ่ายเทความร้อนและค่าอัตราการไหลไม่มีผลต่อค่าความร้อนเนื่องจากอัตราการไหลของน้ำที่ใกล้เคียงส่งผลให้ค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนที่ใกล้เคียงกัน จากการทดลองน้ำมันปาล์มดิบที่ผ่านกระบวนการให้ความร้อนเชื้อเพลิงสามารถใช้เป็นพลังงานทางเลือกกับเครื่องยนต์ดีเซลได้

จากการทดลองนวัตกรรมให้ความร้อนในการออกแบบชุดอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนสามารถนำข้อมูลจากงานวิจัยไปออกแบบความยาวของพื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อนที่ต่างกันและวัสดุที่ใช้เป็นตัวแลกเปลี่ยนความร้อนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของชุดอุปกรณ์ให้ความร้อน

#### 6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี จึงขอขอบคุณมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ โรงงานต้นแบบผลิตปาล์มไบโอดีเซลและคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ในการสนับสนุนทุนในการนำเสนอผลงาน

#### 7. เอกสารอ้างอิง

- [1] สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน), ข้อมูลจาก <https://www.arda.or.th> (วันที่สืบค้นข้อมูล 10 สิงหาคม 2564)
- [2] Abeykoon, C., Heat Transfer Enhancement of a Biodiesel Heater, Division of Applied Science, Computing and Engineering, Glyndwr University, Mold Road, Wrexham, LL11 2AW, United Kingdom, 2015.
- [3] Thianpong., C., Eiamsa-ard, P., Wongcharee, K and Eiamsa-ard, S. 2009, Compound heat transfer enhancement of a dimpled tube with a twisted tape swirl generator. International Communications in Heat and Mass Transfer, 36: pp.698-704.



- [4] สันติภาพ นาคแก้ว, รอนี บิลหมุด และ จตุพร แก้วอ่อน , คุณลักษณะการถ่ายเทความร้อนของการไหลสถานะเดียวภายในท่อตรงและท่อขดเกลียวขนาดเล็ก, วารสารมหาลัยทักษิณ ฉบับที่3 ฉบับพิเศษ, 2556.
- [5] Emiliano P., and Antonio C., An experimental investigation on the long-term compatibility of preheated crude palm oil in a large compression ignition diesel engine, *Biofuel journal* Volume 5, Vol. 4 -, 2018: pp.900-908.
- [6] Amir K., Christian Yohan M. Jaat, Izzuddin Z., B. Manshoor., M.F.M. Ali., Effect of Preheated Fuel on Mixture Formation of Biodiesel Spray *Applied Mechanics and Materials*, Vol 393 2013: pp.493-498.
- [7] Bari, S, Lin, T.H. and Yu, C.W., Effects of preheating of crude palm oil (CPO) on injection system, performance and emission of a diesel engine, *Renewable Energy* 27, 2002: pp.339-351
- [8] พิชญ์ ปริญาจารย์, ผลของการใช้น้ำมันปาล์มดีเซลในเครื่องยนต์ CI ขนาดเล็กที่ใช้ในเครื่องยนต์การเกษตร, คณะวิศวกรรมเครื่องกล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , 2546.
- [9] Shatha Ali Merdan and Zena khalefa Kadhim, Study the flow direction and number of tubes in cross-flow heat exchanger to improve the heat transfer coefficient, 2020 : pp.1-12
- [10] Anh Tuan Hoang, A Design and Fabrication of Heat Exchanger for Recovering Exhaust Gas Energy from Small Diesel Engine Fueled with Preheated Bio-oils, *International Journal of Applied Engineering Research* ISSN 0973-4562 Volume 13, Number 7 2018: pp. 5538-5545
- [11] Alvianingsih, G. and Gamiwa, I., 2017, International Conference on High Voltage Engineering and Power Systems. A design of palm oil and diesel oil fuel mixture heater system for small scale diesel power plant.
- [12] พงษ์ดนัย เตียรสุวรรณ์, ทวีศักดิ์ ชัตติยวรรณ, พงศ์กร เทพษร, วสันต์ พลาศัย, ปริญา พานิชย์, ประไพพิศ ถาวศรี ประทาน ศรีชัย, ผลกระทบของการให้ความร้อนเชื้อเพลิงปาล์มดิบเป็นพลังงานทางเลือกต่อสมรรถนะของรถตู้ส่วนบุคคล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ , 2020.
- [13] Ajay Tripathi, H. Chandra., Performance Investigation of Automobile Radiator Operated with ZnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> Nano Fluid based Coolant, V.E.C Lakhanpur Sarguja University Ambikapur, India 2015.





## สมรรถนะของนักปฏิบัติการจัดการคลังสินค้าของผลิตภัณฑ์เวชภัณฑ์และยา

### The Competency of an Executor in Warehouse Management of Pharmaceutical Products and Drugs

กัญญารัตน์ นิ่มตระกูล<sup>1</sup>, รัฎฐยา พรหมหิตาท<sup>2</sup>

Kanyarat Nimkrakool<sup>1</sup>, Rattaya Phromhitathorn<sup>2\*</sup>

1 สาขาวิชาเทคโนโลยีโลจิสติกส์และการจัดการระบบขนส่ง

คณะบริหารธุรกิจและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก

122/41 ถนนวิภาวดีรังสิต แขวงดินแดง เขตดินแดง กรุงเทพมหานคร 10400

kanyarat\_ni@rmutto.ac.th

2 สาขาวิชาเทคโนโลยีโลจิสติกส์และการจัดการระบบขนส่ง

คณะบริหารธุรกิจและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก

122/41 ถนนวิภาวดีรังสิต แขวงดินแดง เขตดินแดง กรุงเทพมหานคร 10400

rattaya\_ph@rmutto.ac.th

#### บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์คือการหาสมรรถนะการดำเนินงานของนักปฏิบัติการจัดการคลังสินค้าผลิตภัณฑ์เวชภัณฑ์และยา เพื่อเป็นกรอบแนวคิดในการวัดสมรรถนะการดำเนินงาน เกณฑ์ในการประเมินสมรรถนะ และนำไปสู่แนวทางการปรับปรุงสมรรถนะการดำเนินงานของนักปฏิบัติการจัดการคลังสินค้าผลิตภัณฑ์เวชภัณฑ์และยา การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับสมรรถนะการดำเนินงานของนักปฏิบัติการจัดการคลังสินค้าและแนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์เวชภัณฑ์และยาพบว่าคลังสินค้าเวชภัณฑ์และยาจัดอยู่ในโซ่อุปทานของธุรกิจสุขภาพที่มีความหลากหลายในประเภทของผลิตภัณฑ์และมีความซับซ้อนในการบริหารจัดการ ผู้วิจัยพบว่าสมรรถนะหลักของนักปฏิบัติการคลังสินค้าเวชภัณฑ์และยาสามารถจัดออกเป็น 5 หมวดหมู่คือ 1) ด้านความรู้ 2) ด้านคุณธรรม จริยธรรม 3) ด้านภาษาต่างประเทศ 4) ด้านทักษะการปฏิบัติงานในคลังสินค้า 5) ด้านภาวะผู้นำ ประกอบไปด้วยสมรรถนะย่อยภายในทั้งหมด 55 สมรรถนะ

**คำสำคัญ (Key word):** สมรรถนะ; นักปฏิบัติการ; คลังสินค้า; เวชภัณฑ์และยา; ทบทวนวรรณกรรม

#### Abstract

The objective of this research is to identify the operational competencies' practitioners in the warehouse of pharmaceutical products and drugs. And it can be a conceptual framework for measuring warehouse operational competencies and the criteria for competency assessment. Finally, it can lead as a guideline for improving operational competencies of pharmaceutical products and drugs warehouse operators. A review of the literature relating to the operational competencies of warehousing practitioners' theories and pharmaceutical products and drugs concepts. We found that pharmaceutical products and drugs warehouses are among the healthcare supply chains which have a diversified category of products. They are so complex to manage. The researcher found that the core competencies of pharmaceutical products and drug warehouse operators can be classified into 5 categories: 1) knowledge 2) morality and ethics 3) foreign language 4) warehouse operation skills 5) conditions leader that contains a total of 55 sub-competencies.

**Keywords:** Competency; Operator; Warehouse; Pharmaceutical products and drugs; Review



## 1. บทนำ (Introduction)

ในปัจจุบันธุรกิจที่ใช้ระบบโลจิสติกส์เติบโตมากยิ่งขึ้น ก็เป็นเพราะว่าความทันสมัยและประสิทธิภาพของเทคโนโลยี ทำให้ตลาดงานมีความต้องการแรงงานด้านโลจิสติกส์ (Logistics) เพิ่มขึ้นจนกลายเป็นตำแหน่งงานที่ได้รับความนิยมจากนักศึกษาจบใหม่ในแต่ละปีงานโลจิสติกส์มีความเกี่ยวข้องกับระบบการจัดส่งสินค้าและจัดสรรทรัพยากร ต่าง ๆ ไปสู่จุดหมายปลายทางอย่างมีประสิทธิภาพและตรงต่อเวลา เป็นงานที่ต้องอาศัยความรู้พื้นฐานร่วมกับประสบการณ์โดยตรง [1] นอกจากนี้ แมนพาวเวอร์กรุ๊ป ประเทศไทย ได้ทำการสำรวจ พบว่า 10 อันดับสายงานที่ตลาดงานต้องการ สายงานขนส่งและงานโลจิสติกส์ อยู่ในอันดับที่สาม ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การจัดอันดับสายงานที่ตลาดงานต้องการ

ลำดับ	ประเภทสายงาน	เปอร์เซ็นต์
1	สายงานขายและการตลาด	23.10
2	สายงานบัญชีและการเงิน	9.58
3	สายงานขนส่งและงานโลจิสติกส์	9.50
4	สายงานวิศวกร	8.52
5	สายงานไอที	7.78
6	งานระยะสั้น	6.96
7	สายงานธุรการ	6.80
8	สายงานบริการลูกค้า	5.32
9	สายงานการผลิต	5.24
10	สายงานบริการทางการแพทย์และสุขภาพ	3.28

ผลการสำรวจ ระบุเพิ่มเติมว่า บุคลากรด้านการขนส่งและโลจิสติกส์มีอัตราการเติบโตสูงสุดเมื่อเทียบกับปีที่ผ่านมาอยู่ร้อยละ 4.83 ตามทิศทางธุรกิจอีคอมเมิร์ซ, ค่าขายออนไลน์และธุรกิจเดลิเวอรี่ โดยบุคลากรด้านงานคลังสินค้าเป็นงานที่ตลาดแรงงานมีความต้องการลำดับแรก [2]

คลังสินค้า (Warehouse) เป็นสถานที่เก็บรักษาวัตถุดิบ งานที่อยู่ในระหว่างกระบวนการผลิต หรือสินค้าสำเร็จรูปขององค์กร คลังสินค้านี้มีหน้าที่ในการเก็บสินค้าระหว่างการเคลื่อนย้าย เพื่อสนับสนุนกิจกรรมการผลิตและการกระจายสินค้า ประสิทธิภาพของคลังสินค้าจึงส่งผลกระทบต่อซัพพลายเชน คลังสินค้านี้มีกิจกรรมหลักซึ่งสามารถจำแนกออกเป็น 2 กิจกรรม ดังนี้ 1) กิจกรรมที่เกี่ยวกับการเคลื่อนย้าย (Movement Activities) ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน คือกระบวนการรับ

สินค้า (Receiving), ระบบการจัดเก็บสินค้าเข้าชั้นวางหรือการเคลื่อนย้ายสินค้า (Put-away or Transfer/Bulk Storage), กระบวนการในการคัดแยกหรือแปลงหน่วย (Selection or Let Down), การจ่ายสินค้า หรือการหยิบสินค้า (Picking or Order Picking) และการตรวจนับสินค้า (Counting) 2) กิจกรรมที่เกี่ยวกับการเก็บรักษา (Storage Activities) มี 2 ลักษณะ คือ การเก็บรักษาสินค้าชั่วคราว กับการเก็บรักษาสินค้ากึ่งถาวร [3]

การจัดการคลังสินค้าในผลิตภัณฑ์เวชภัณฑ์และยา การเก็บรักษาเป็นไปตามหลักวิชาการ เก็บในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม เพื่อรักษาคุณภาพของสินค้าให้มีประสิทธิภาพและมีความปลอดภัยในการรักษาและการใช้ยา [4] การเก็บรักษาสินค้าบุคลากรต้องมีความระมัดระวังเป็นพิเศษเพื่อไม่ให้เกิดการเสื่อมสภาพ เพื่อเป็นการป้องกันอันตรายและความสูญเสียบุคลากรจะต้องปฏิบัติงานโดยยึดหลักปฏิบัติที่ดีในการจัดเก็บและกระจายสินค้า (Guide to good Storage & Distribution Practice for pharmaceutical products – GSDP pharma) ซึ่งเป็นข้อกำหนดขององค์การอนามัยโลก (World Health Organization - WHO) และสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (Food and Drug Administration – FDA) เนื้อหาของข้อกำหนดจะประกอบด้วย 6 ประเด็นคือ 1) บุคลากร (personal) คุณสมบัติและการอบรมตามข้อกำหนด 2) อาคารสถานที่จัดเก็บและสิ่งอำนวยความสะดวก (premises and facilities) ด้านพื้นที่จัดเก็บ (storage areas) สภาพะการจัดเก็บ (storage conditions) การควบคุมสภาวะการจัดเก็บ (monitoring of storage conditions) 3) ข้อกำหนดในการจัดเก็บ (storage requirements) ด้านงานเอกสาร (documentation) การปิดฉลากและภาชนะบรรจุ (labelling and containers) การรับเข้าวัสดุและยา (receipt of incoming materials and pharmaceutical products) การหมุนเวียนสินค้าคงคลังและการควบคุม (Stock rotation and control) การควบคุมวัสดุและยา ที่ล้าสมัยและเลิกใช้งาน (Control of obsolete and outdated materials and pharmaceutical products) 4) สินค้าคืน (Returned goods) 5) การจัดส่งสินค้าและการขนส่ง (Dispatch and transport) 6) การเรียกเก็บผลิตภัณฑ์คืน (Product recalls) [5]

อีกทั้งในการปฏิบัติงานจนสามารถบรรลุผลสำเร็จตามวัตถุประสงค์และเป้าหมายขององค์กรได้ ส่วนหนึ่งมาจากทักษะ ความรู้ ความสามารถ รวมถึงพฤติกรรมคุณลักษณะและทัศนคติของผู้ปฏิบัติงาน ซึ่งเรียกว่า



“สมรรถนะ (competency)” แนวคิดนี้นำเสนอโดย ศาสตราจารย์ เดวิด แมคเคลแลน (David C. McClelland) แห่งมหาวิทยาลัย ฮาร์วาร์ด [6]

ดังนั้น ในบทความวิชาการนี้จึงจะนำเสนอการ ทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับสมรรถนะในนักปฏิบัติการโลจิสติกส์, คลังสินค้า เวชภัณฑ์ และยา เพื่อเป็นกรอบแนวคิด ในการวัดสมรรถนะการดำเนินงาน เกณฑ์ในการประเมิน สมรรถนะ และนำไปสู่แนวทางการปรับปรุงสมรรถนะการ ดำเนินงานของนักปฏิบัติการจัดการคลังสินค้าของ ผลิตภัณฑ์เวชภัณฑ์และยาได้

## 2. วิธีการวิจัย (Research Methodology)

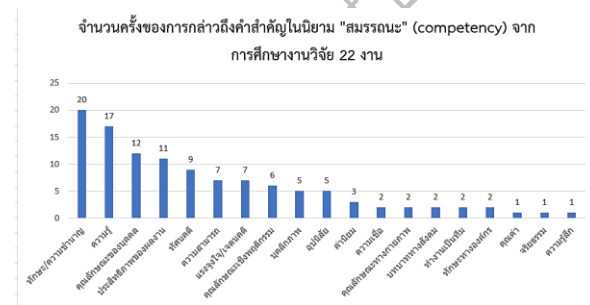
การศึกษานี้เป็นการทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็น ระบบเพื่อเข้าใจหลักฐานเชิงประจักษ์ที่เกี่ยวข้องกับ สมรรถนะของนักปฏิบัติการคลังสินค้าโดยเฉพาะ คลังสินค้า เวชภัณฑ์ และยา โดยเน้นการศึกษางานวิจัยจาก หลากหลายแหล่งข้อมูล และในช่วงเวลาที่แตกต่างกัน โดยนักวิจัยที่หลากหลายประเทศ ตามรูปแบบของ [7] นักวิจัยได้ศึกษาอย่างเป็นระบบโดยมุ่งเน้นการศึกษางานวิจัยเกี่ยวกับสมรรถนะนักปฏิบัติการและการจัดการ คลังสินค้า โดยเฉพาะคลังสินค้า เวชภัณฑ์ และยา ช่วงเวลา ที่ศึกษาคือระหว่างปี พ.ศ. 2514 – 2561 เป็นเวลา 47 ปี ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่ครอบคลุมการศึกษาเกี่ยวกับสมรรถนะ ในประเทศไทยและต่างประเทศเป็นจำนวนมาก โดยใช้คำ สำคัญในการค้นหาภาษาไทย คือ สรรณะ นักปฏิบัติการ โลจิสติกส์ คลังสินค้า เวชภัณฑ์ และยา และภาษาอังกฤษ คือ competency, operator, logistics, warehouse, pharmaceutical products and drugs แหล่งที่มาของ งานวิชาการ ได้แก่ google scholar, EBSCO host และ Thai Journals Online (ThaiJO) นักวิจัยคัดเลือกงาน วิชาการเฉพาะงานวิจัยตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสาร ระดับชาติและนานาชาติ หลังจากนั้นได้มีการคัดเลือกใน ขั้นตอนที่สองโดยการศึกษาบทคัดย่อและผลการศึกษา ของงานวิชาการแต่ละฉบับ จึงได้งานวิจัยที่ได้รับคัดเลือก 22 งานวิจัย นักวิจัยศึกษาเนื้อหาของงานวิชาการทั้ง 22 งานวิจัยอย่างละเอียดเพื่อวิเคราะห์ความแตกต่าง ความ สอดคล้องและสรุปผลเกี่ยวกับสมรรถนะของนัก ปฏิบัติการคลังสินค้า โลจิสติกส์โดยเน้นสินค้า เวชภัณฑ์ และยา

## 3. ความสำคัญของสมรรถนะในนักปฏิบัติการโลจิสติกส์

### 3.1 นิยามของสมรรถนะเชิงวิชาการ

นักวิชาการต่างให้นิยามของ “สมรรถนะ”

(competency) ในมุมมองที่ต่างกัน ผู้วิจัยได้ทำการ วิเคราะห์ความหมายของสมรรถนะจากการรวบรวมคำ นิยามจากงานวิจัย 22 งานวิจัย ตั้งแต่เริ่มต้นการใช้คำว่า “สมรรถนะ” ในงานวิจัยระหว่างปี 2514 ถึง 2561 พบว่า คำนิยามที่พบมากที่สุดในการนิยามทั้งหมด 6 อันดับแรก คือคำว่า ทักษะหรือความชำนาญ (skill/expertise) ความรู้ (knowledge) คุณลักษณะของบุคคล (individual characteristics) ประสิทธิภาพของงาน (work performance) ทัศนคติ (attitude) ความสามารถ (ability) และแรงจูงใจ (motivation) ตามลำดับ ดังภาพ ที่ 1



ภาพที่ 1 จำนวนครั้งของการกล่าวถึงคำสำคัญในนิยาม “สมรรถนะ” (competency)

จากการศึกษาพบว่านักวิชาการส่วนใหญ่ได้มีการ แบ่งประเภทของสมรรถนะออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ 1) คุณลักษณะและพฤติกรรมที่มองเห็นได้ (tangible characteristics) ได้แก่ ความรู้ ทักษะหรือ ความชำนาญ ความสามารถ บุคลิกภาพ คุณลักษณะทาง ภายนอก บทบาททางสังคม การทำงานเป็นทีม และ ทักษะเกี่ยวข้องกับองค์กร ซึ่งสามารถพัฒนาได้ โดย การศึกษาค้นคว้าจนเกิดความรู้ และ 2) คุณลักษณะและ พฤติกรรมที่มองเห็นไม่ได้ (Intangible characteristics) ได้แก่ ค่านิยม ความเชื่อ จริยธรรม ทัศนคติ คุณค่า ความเห็นเกี่ยวกับภาพลักษณ์ของตนเอง บุคลิกภาพ ลักษณะประจำตัวบุคคลและแรงจูงใจ อุปนิสัย และ ความรู้สึก ซึ่งเป็นสิ่งที่พัฒนาได้ยาก ดังตารางที่ 2 และ 3 ตามลำดับ [8-10]

ตารางที่ 2 สมรรถนะที่มองเห็นได้

ปัจจัย	สมรรถนะที่มองเห็นได้							
	ทักษะ/ ความชำนาญ	ความรู้	ความสามรถ	บุคลิกภาพ	คุณลักษณะทางกายภาพ	บทบาททางสังคม	ทำงานเป็นทีม	ทักษะทางองค์กร
ความถี่	20	17	7	5	2	2	2	2



### ตารางที่ 3 สมรรถนะที่ไม่สามารถมองเห็นได้

ปัจจัย	สมรรถนะที่ไม่สามารถมองเห็นได้							
	ทัศนคติ	แรงจูงใจ/ เจตนา	อุปนิสัย	ค่านิยม	ความ เชื่อ	ความรู้รัก	จริยธรรม	คุณค่า
ความถี่	9	7	5	3	2	1	1	1

จากตารางที่ 2 และ 3 แสดงจำนวนค่าที่กล่าวถึง  
นิยามของสมรรถนะจะเห็นได้ว่าในนิยาม “สมรรถนะ”  
มุ่งเน้นให้ความสำคัญไปที่สมรรถนะที่มองเห็นได้มากกว่า  
สมรรถนะที่ไม่สามารถมองเห็นได้ เนื่องจากเป็นสมรรถนะ  
ที่ผู้ประเมินสามารถวัดค่าและประเมินค่าได้ง่ายกว่าและ  
สามารถได้รับการพัฒนาโดยการเรียนรู้จึงได้รับการให้  
ความสนใจมากกว่า

นอกจากนี้ การแบ่งประเภทที่ถูกใช้อย่างแพร่หลาย  
ในงานวิชาการคือการแบ่งประเภทของสมรรถนะออกเป็น  
4 ลักษณะย่อย ๆ คือ 1) สมรรถนะทางอาชีพ 2)  
สมรรถนะส่วนบุคคล 3) สมรรถนะในการเรียนรู้ทางอาชีพ  
และ 4) สมรรถนะทางสังคม [11] ซึ่งมีการ  
ผสมผสานสมรรถนะที่มองเห็นได้กับสมรรถนะที่มองเห็น  
ไม่ได้เข้าด้วยกันใน 4 ประเภทนี้ การแบ่งประเภท  
รูปแบบนี้เน้นบทบาทของบุคคลมากกว่าคุณลักษณะของ  
สมรรถนะเอง ที่บุคคล ๆ นั้นจะสามารถใช้หรือมี  
ปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมภายนอก

อีกรูปแบบหนึ่งของการแบ่งประเภทของสมรรถนะ  
ของบุคลากรที่นักวิชาการนิยมในงานวิจัยคือ สมรรถนะ  
ของสเปนเซอร์ และ สเปนเซอร์ (Spencer and  
Spencer) [12] ปี ค.ศ.1993 เนื่องจากสเปนเซอร์ และ  
สเปนเซอร์ ให้ปัจจัยเกี่ยวกับสมรรถนะไว้ 20 ปัจจัยอย่าง  
ละเอียดเจาะลึก [13] โดยแบ่งปัจจัยดังกล่าวออกเป็น  
สมรรถนะ 6 ลักษณะ คือ 1) การวางแนวทางความสำเร็จ  
(achievement orientation) ประกอบด้วย การวาง  
แนวทางของความสำเร็จ การปฏิบัติตามคำสั่ง การมี  
ความคิดริเริ่ม และตัวชี้วัดการแสวงหาข้อมูล 2) การ  
บริการและการช่วยเหลือทางมนุษย์ (helping and  
human services) ประกอบด้วย ตัวชี้วัดของความเข้าใจ  
กันระหว่างบุคคลและแนวทางการให้บริการลูกค้า 3) การ  
เป็นผู้นำ (leadership) ประกอบด้วย ตัวชี้วัดผลกระทบ  
อิทธิพล และการสร้างความสัมพันธ์ 4) การบริหารจัดการ  
(management) ประกอบด้วย ตัวบ่งชี้ของการพัฒนา  
บุคคลอื่น การออกคำสั่ง การทำงานเป็นทีม และความ  
เป็นผู้นำของกลุ่ม 5) ด้านความรู้ความเข้าใจ (cognitive  
criteria) ประกอบด้วย ตัวบ่งชี้ของการคิดวิเคราะห์ การ  
คิดเชิงแนวคิด และความเชี่ยวชาญ และ 6) ประสิทธิภาพ  
ส่วนบุคคล (personal effectiveness) ประกอบด้วย ตัว  
บ่งชี้ของการควบคุมตนเอง ความมั่นใจในตนเอง และ  
ความยืดหยุ่น อีกทั้งสเปนเซอร์ และ สเปนเซอร์ระบุว่า

สมรรถนะเป็นสิ่งที่อยู่ภายในตัวบุคคลและคงอยู่ตลอดไป  
ในบุคลิกภาพของบุคคลนั้น ๆ อีกทั้งยังสามารถพยากรณ์  
พฤติกรรมและประสิทธิภาพในการทำงานได้ [14]

นอกจากนี้ สมรรถนะยังถูกจัดให้มีหลายระดับตาม  
ความสามารถในการพัฒนาสมรรถนะนั้น ๆ โดยแบ่ง  
ออกเป็น 5 ระดับคือ 1) ระดับเริ่มต้น คือการปฏิบัติตาม  
กฎ มีข้อจำกัดและไม่ยืดหยุ่น 2) ระดับเริ่มมีประสบการณ์  
เบื้องต้น คือสามารถรวมแ่งมุมและแนวคิดต่าง ๆ ของ  
สถานการณ์ได้ 3) ระดับนักปฏิบัติการ คือสามารถลงมือ  
ปฏิบัติอย่างมีสติตามเป้าหมายและแผนระยะยาว 4)  
ระดับผู้รอบรู้ คือสามารถมองสถานการณ์โดยรวมและ  
ตอบโต้โดยใช้ความเชื่อมั่นส่วนบุคคล และ 5) ระดับ  
ผู้เชี่ยวชาญ คือสามารถมีความเข้าใจสถานการณ์โดยใช้  
สัญชาตญาณและมุ่งเน้นประเด็นสำคัญ ๆ ได้ [14]

### 3.2 ความสำคัญของสมรรถนะในการจัดการโลจิสติกส์

กลยุทธ์สำคัญของผู้เชี่ยวชาญการทำงานด้านการ  
จัดการซัพพลายเชนจะมุ่งเน้นไปที่สองเป้าหมาย คือ การ  
บรรลุความต้องการของลูกค้า เช่น ความน่าเชื่อถือของ  
การจัดส่งสินค้า การตรงต่อเวลาของการส่งมอบสินค้า  
และ การลดต้นทุนด้านโลจิสติกส์ [15] ดังนั้น การ  
จัดการโลจิสติกส์จึงเป็นการแสดงถึงประสิทธิภาพของ  
กระบวนการในธุรกิจซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ  
การมุ่งเน้นปัจจัยภายนอกธุรกิจ (customer centric)  
เช่น ลูกค้า และ การมุ่งเน้นปัจจัยภายในธุรกิจ  
(company centric) [16] ในการดำเนินธุรกิจอย่างยั่งยืน  
จำเป็นต้องรักษาสมดุลระหว่าง 2 ส่วนนี้ และต้องได้รับ  
การจัดการอย่างสมเหตุสมผล [17] การรักษาสมดุลของ 2  
ปัจจัยนี้เป็นทักษะที่จำเป็นอย่างยิ่งในธุรกิจโลจิสติกส์  
เช่นเดียวกัน ซึ่งบุคลากรจำเป็นต้องมีชุดทักษะที่กว้าง  
ละเอียดและซับซ้อนมากขึ้น เพื่อสามารถตอบสนองความ  
คาดหวังของลูกค้าและในเวลาเดียวกันก็สามารถทำให้  
กระบวนการปฏิบัติงานมีประสิทธิภาพได้เช่นเดียวกัน  
[18] ด้วยเหตุนี้เอง การรับสมัครบุคลากรด้านโลจิสติกส์  
โดยเฉพาะในตำแหน่งระดับสูงจะต้องมีความสามารถที่  
หลากหลาย มีความเข้าใจในธุรกิจโลจิสติกส์ มีทักษะทาง  
เทคนิคและการเงิน อีกทั้งเข้าใจกฎเกณฑ์เกี่ยวกับ  
กระบวนการผลิตและรู้จักเทคโนโลยีใหม่ล่าสุดเสมอ นั้น  
คือต้องมีสัญชาตญาณทางธุรกิจโลจิสติกส์เพื่อสร้าง  
ทางเลือกทางโลจิสติกส์ที่คุ้มค่าที่สุด ซึ่งความต้องการ  
ทักษะและความสามารถนี้แตกต่างกันออกไปตามลักษณะ  
พื้นฐานขององค์กรและตำแหน่งหน้าที่ของบุคลากรที่มี  
ความเฉพาะเจาะจงตามหน้าที่งานที่รับผิดชอบ [19]

### 4. คลังสินค้าเวซภัณฑ์และยา

โซ่อุปทาน (supply chain) คือกระบวนการที่รวม

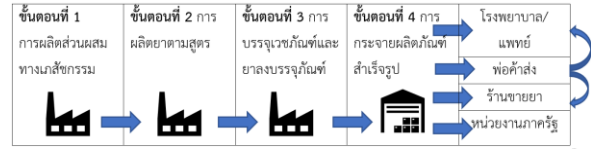


กิจกรรมทั้งหมดจากการระบุความต้องการของลูกค้าผ่าน การคัดเลือกสินค้า การเจรจาต่อรองกับผู้จัดจำหน่าย (supplier) การชำระเงิน การจัดเก็บ การกระจายสินค้า และการกระจายสินค้าซ้ำ [20] ซึ่งโซ่อุปทานของธุรกิจสุขภาพ (healthcare supply chain) แตกต่างจากโซ่อุปทานในอุตสาหกรรมอื่น ๆ เพราะต้องรองรับความแตกต่างของผลิตภัณฑ์เพื่อตอบสนองความต้องการทางสุขภาพและกระบวนการที่หลากหลาย [21] โซ่อุปทานของธุรกิจสุขภาพประกอบด้วยโซ่ภายใน (internal chain) คือ การดูแลผู้ป่วย หน่วยเก็บโรงพยาบาล และ โซ่ภายนอก (external chain) คือ ผู้ผลิต ผู้จัดซื้อ และผู้จัดจำหน่าย เป็นต้น [22] ดังนั้น โซ่อุปทานของธุรกิจสุขภาพจึงรวมทุกกิจกรรมโลจิสติกส์ที่บูรณาการอย่างต่อเนื่องเพื่อการไหลของวัสดุและวัตถุดิบอย่างรวดเร็วอันส่งผลต่อการส่งมอบการดูแลสุขภาพได้อย่างมั่นใจ ระดับการบริการที่สูงเพื่อตอบสนองความต้องการของการดูแลผู้ป่วยอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งเป็นกิจกรรมที่มีความซับซ้อนสูงกว่าในอุตสาหกรรมอื่น ๆ เนื่องจากมีผู้มีส่วนได้ส่วนเสียหลายราย อีกทั้งได้รับอิทธิพลจากกฎหมายและองค์การวิชาชีพแพทย์กำกับดูแล [21]

การจัดการคลังสินค้าเวชภัณฑ์และยามียุคใหม่เนื่องจากผลิตภัณฑ์มีหลากหลายและมีระยะเวลาของการผลิตและจัดเก็บที่ชัดเจน [23] ดังนั้น การจัดการโลจิสติกส์ของคลังสินค้าเวชภัณฑ์และยามิจึงต้องปฏิบัติตามระบบที่เหมาะสมกับความต้องการของคลังสินค้าประเภทนี้ อันเป็นแนวทางปฏิบัติที่สำคัญเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการปฏิบัติงานและเพิ่มปริมาณงานที่ได้ภายใต้ข้อกำหนดของการจัดการเวชภัณฑ์และยา [24] อีกทั้งคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์เวชภัณฑ์และยาที่มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อม (เช่น อุณหภูมิ) ในการขนส่งและการจัดเก็บในคลังสินค้ามากกว่าผลิตภัณฑ์ทั่วไป ทำให้มีความจำเป็นต้องใช้ทักษะความรู้ของบุคลากรด้านโลจิสติกส์ที่แตกต่างกับอุตสาหกรรมอื่น ๆ และมีความซับซ้อนมากขึ้น [25]

วงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์เวชภัณฑ์และยามิมีการพัฒนาเป็นระยะ ๆ คือ ระยะเริ่มต้น ระยะเติบโต ระยะสมบูรณ์ และระยะเสื่อมถอย ซึ่งการวางแผนการผลิตและการจัดการคลังสินค้ามีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งในช่วงระยะเติบโตและระยะสมบูรณ์ เนื่องจากผลิตภัณฑ์ถือเป็นผลิตภัณฑ์ที่ถูกจัดเก็บในพื้นที่ส่วนใหญ่ของคลังสินค้า [25] ภาพที่ 2 แสดงโซ่อุปทานของการผลิตเวชภัณฑ์และยาทั่วไป ซึ่งประกอบไปด้วยขั้นตอนที่ 1 การผลิตส่วนผสมทางเภสัชกรรม (active pharmaceutical ingredient) ขั้นตอนที่ 2 การผลิตยาตามสูตร ขั้นตอนที่ 3 การบรรจุ

เวชภัณฑ์และยาบรรจุภัณฑ์ และขั้นตอนที่ 4 การกระจายผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป [25]



ภาพที่ 2 โซ่อุปทานของการผลิตเวชภัณฑ์และยาทั่วไป (ดัดแปลงจาก Frieman et al. [25])

## 5. ปัจจัยที่ส่งผลต่อสมรรถนะของนักปฏิบัติการโลจิสติกส์และคลังสินค้า

จากการทบทวนวรรณกรรมเพื่อหากรอบสมรรถนะของนักปฏิบัติการโลจิสติกส์และคลังสินค้า ผู้วิจัยได้พบว่ามีนักวิชาการมีการแบ่งประเภทสมรรถนะในรูปแบบที่แตกต่างกัน นักวิจัยจึงรวบรวมสมรรถนะตามตารางที่ 4 และ 5

ตารางที่ 4 สมรรถนะของนักปฏิบัติการโลจิสติกส์

สมรรถนะ	คุณธรรม บัญชี	ความละเอียด	การแก้ไขปัญหา	ความรับผิดชอบ	การวางแผน	การสื่อสารและการเขียน	แรงจูงใจ	การจัดการด้าน การเงิน	คุณธรรม จริยธรรม
สำนักงาน คณะกรรมการ พัฒนาการ เศรษฐกิจและ สังคมแห่งชาติ (2557)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
สราวุธ ชินทร์ สุวรรณ (2011)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ภาคประชา สังคม และ สหประชาชาติ (2562)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
กฤตภาส อารี รัช และ ทวีศักดิ์ กฤษ เจริญ (2557)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

ตารางที่ 5 สมรรถนะของนักปฏิบัติการโลจิสติกส์ (ต่อ)

สมรรถนะ	สื่อสาร ด้านโลจิสติกส์	สื่อสาร ด้านภาษา	แนวโน้ม รอบคอบ	อดทน	มีระเบียบ วินัย	ใฝ่รู้	ทำงาน เป็นทีม	กระตือรือร้น	ไม่รวม สัมผัสรูป และ เทคนิคใหม่
สำนักงาน คณะกรรมการ พัฒนาการ เศรษฐกิจและ สังคมแห่งชาติ (2557)	✓								
สราวุธ ชินทร์ สุวรรณ (2011)		✓							
ภาคประชา สังคม และ สหประชาชาติ (2562)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
กฤตภาส อารี รัช และ ทวีศักดิ์ กฤษ เจริญ (2557)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

จากตารางที่ 4 และ 5 พบว่าการแบ่งประเภทของสมรรถนะนักปฏิบัติการโลจิสติกส์ที่ละเอียดและครอบคลุมที่สุดคือของ กฤตภาส อารีรัช และ ทวีศักดิ์ กฤษ เจริญ [26] ที่แบ่งสมรรถนะของนักปฏิบัติการคลังสินค้าออกเป็น 5 หมวดใหญ่ คือ 1) ด้านความรู้ 2) ด้านคุณธรรม จริยธรรม 3) ด้านภาษาต่างประเทศ 4) ด้านทักษะการปฏิบัติงานในคลังสินค้า 5) ด้านภาวะผู้นำ



อันประกอบไปด้วยสมรรถนะย่อยภายในทั้งหมด 55  
สมรรถนะ แสดงให้เห็นถึงรายละเอียดของสมรรถนะย่อย  
ที่ครอบคลุมของนักปฏิบัติการคลังสินค้า

## 6. สรุปผลการศึกษาและการสังเคราะห์ผล

จากการทบทวนวรรณกรรม พบว่าโซ่อุปทานธุรกิจ  
เพื่อสุขภาพเป็นการจัดการที่ซับซ้อนและแตกต่างจากโซ่  
อุปทานของอุตสาหกรรมอื่น ๆ ซึ่งการจัดการสมรรถนะ  
ของ นักปฏิบัติการคลังสินค้าเวชภัณฑ์และยาอัน  
เป็นกิจกรรม โลจิสติกส์หนึ่งในโซ่อุปทานนี้มีความ  
จำเป็นต้องให้ความสำคัญ เนื่องจากความสำคัญของ  
คลังสินค้าและความแตกต่างของการจัดการผลิตภัณฑ์  
เวชภัณฑ์และยา นักวิชาการจำแนกสมรรถนะของนัก  
ปฏิบัติการคลังสินค้าไว้หลากหลาย การจำแนกสมรรถนะ  
ที่ครอบคลุมและละเอียดเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อสามารถวัด  
สมรรถนะของนักปฏิบัติการได้อย่างแม่นยำ ดังนั้น ผู้วิจัย  
จึงแบ่งสมรรถนะของนักปฏิบัติการคลังสินค้าออกเป็น 5  
หมวดหมู่ใหญ่ ๆ อันประกอบไปด้วยสมรรถนะย่อย 55  
สมรรถนะ

## 7. เอกสารอ้างอิง

- [1] CAMPUS-STAR (2562) เช็กलिस्टก่อนสมัคร –  
คุณสมบัติที่ผู้หางานโลจิสติกส์ ไม่รู้ไม่ได้ [ออนไลน์].  
ข้อมูลจาก [https://campus.campus-  
star.com/variety/134600.html](https://campus.campus-star.com/variety/134600.html).  
(วันที่สืบค้นข้อมูล 22 มีนาคม 2564)
- [2] แมนพาวเวอร์กรุ๊ป ประเทศไทย (2564),  
แมนพาวเวอร์กรุ๊ป ประเทศไทย เผยแนวโน้ม  
ตลาดแรงงานปี 2564 พร้อมแนะนำนายจ้าง-ลูกจ้าง  
ปรับตัวรับมือทุกการเปลี่ยนแปลง [ออนไลน์].  
ข้อมูลจาก  
[https://www.manpowerthailand.com/  
th/blog/2021/02/focus-labor-market-trend-  
and-top-10-jobs-demanded-by-employer-  
employee-th](https://www.manpowerthailand.com/th/blog/2021/02/focus-labor-market-trend-and-top-10-jobs-demanded-by-employer-employee-th). (วันที่สืบค้นข้อมูล 5 เมษายน  
2564).
- [3] กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่,  
การจัดการโลจิสติกส์และซัพพลายเชน, กรุงเทพฯ:  
สำนักพิมพ์บริษัท เอ-พรีนท์ แอนด์ แพ็ค จำกัด, 2559.
- [4] กองส่งกำลังสายแพทย์, 2562, การเก็บรักษาและ  
เวชภัณฑ์ [ออนไลน์]. ข้อมูลจาก  
[https://mssd.nmd.go.th/wp-  
content/uploads/2019/04/](https://mssd.nmd.go.th/wp-content/uploads/2019/04/).  
(วันที่สืบค้นข้อมูล 20 เมษายน 2564)
- [5] องค์การอนามัยโลกแห่งประเทศไทย, 2559,

หลักปฏิบัติที่ดีในการจัดเก็บและกระจายสินค้ายา,  
[ออนไลน์]. ข้อมูลจาก  
[https://pirun.ku.ac.th/~fagiptp/files/  
ColdChain/3.4-GSDP-pharma-\(29.08.2016\).pdf](https://pirun.ku.ac.th/~fagiptp/files/ColdChain/3.4-GSDP-pharma-(29.08.2016).pdf).  
(วันที่สืบค้นข้อมูล 20 เมษายน 2564)

- [6] สำนักงานคณะกรรมการข้าราชการพลเรือน. (2561).  
เอกสารประกอบการอบรมการพัฒนาสมรรถนะหลัก  
(สำหรับข้าราชการใหม่). [ออนไลน์]. ข้อมูลจาก  
[https://www.ocsc.go.th/sites/  
default/files/attachment/page/  
aptitude\\_development.pdf](https://www.ocsc.go.th/sites/default/files/attachment/page/aptitude_development.pdf)  
(วันที่สืบค้นข้อมูล 13 มีนาคม 2564)
- [7] Yin, R. K., 2003, Case Study Research: Design  
and Methods. SAGE Publications.
- [8] รินทร์ภัส นิธิวัฒน์ชยากร, 2557, การศึกษา  
สมรรถนะของผู้เรียนในหลักสูตรเทคโนโลยีสารสนเทศ  
กับความต้องการของนายจ้างในยุคเศรษฐกิจดิจิทัล.  
วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต .  
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- [9] กานดา เลหาศิลป์สมจิตร, 2547, การศึกษาสมรรถนะ  
ของพยาบาลวิชาชีพด้านการพยาบาลวิสัญญี  
โรงพยาบาลรัฐกระทรวงสาธารณสุข.  
กรุงเทพมหานคร : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [10] McClelland, D. C., 1973, Testing for  
competence rather than for “intelligence.”  
American Psychologist, 28(1), 1–14.
- [11] Adnan, H., 2015, Contribution of  
competence teacher (pedagogical,  
personality, professional competence and  
social) on the performance of learning. The  
International Journal of Engineering and  
Science (IJES), 4(2), 1–12.
- [12] Spencer, L. M., and Spencer, S. M., 1993,  
Competence at Work: Models for Superior  
Performance. John Wiley & Son.
- [13] Pujotomo, D., Puspitasari, N. B., Arasyandi,  
M. and Arasyandi, S., 2019, Performance  
Appraisal Based on Employees  
Competence in Procurement Services Unit  
(Case of Area Semarang). Journal of Physics:  
Conference Series.
- [14] Dreyfus, S. E., and Dreyfus, H. L., 1980, A  
Five-Stage Model of the Mental Activities  
Involved in Directed Skill Acquisition.



- Washington, DC: Storming Media. Retrieved June 13, 2010.
- [15] Partida, B., 2017, The right distribution affects logistics performance. *Supply Chain Management Review*, 21(6), 49–51.
- [16] Sabet, E., Yazdani, N. and De Leeuw, S., 2017, Supply chain integration strategies in Fast evolving industries. *The International Journal of Logistics Management*, 28(1), 29–46.
- [17] Cantoni, F. and Bisogni, P. G., 2019, Standard logistics competencies: Are they enough to operate in maritime? An explorative study (pp. 3–27).
- [18] McKinnon, A., Flöthmann, C., Hoberg, K. and Busch, C., 2017, *Logistics Competencies, Skills, and Training: A Global Overview*. World Bank Publications.
- [19] Dembinska, I., 2013, Dembinska, Izabela. "Analysis of the competencies Polish logistics managers in the light of research (No. 1; *Annals of the Oradea University, Fascicle of Management and Technological Engineering*, pp. 71–74). Oradea University.
- [20] Meijboom, B. R., Bakx, S. J. W. G. C. And Westert, G. P., 2010, Continuity in health care: Lessons from supply chain management. *International Journal of Health Planning and Management*, 25(4), 304–317.
- [21] AbuKhoua, E., Al-Jaroodi, J., Lazarova-Molnar, S. and Mohamed, N., 2014, Simulation and Modeling Efforts to Support Decision Making in Healthcare Supply Chain Management. *The Scientific World Journal*, 2014, e354246.
- [22] Pinna, R., Pier, P. C. and Fabiana, M., 2015, The drug logistics process: An innovative experience. *The TQM Journal*, 27(2), 214–230.
- [23] Gu, M., and Chen, D., 2008, Research on modern medicine warehouse inventory management. *Journal of Hubei University of Technology*, 3, 31–33.
- [24] Zhao, W. and Zhang, J., 2013, Research on real-time scheduling modeling optimization of stacker based on hybrid algorithm. *Information Technology*, 37(6), 19–22.
- [25] Friemann, F., Rippel, M. and Schönsleben, P., 2014, Warehouse Capacities in the Pharmaceutical Industry – Plan or Outsource? In B. Grabot, B. Vallespir, S. Gomes, A. Bouras, & D. Kiritsis (Eds.), *Advances in Production Management Systems. Innovative and Knowledge-Based Production Management in a Global-Local World* (pp. 427–434). Springer.
- [26] กฤตภาส อารีรักษ์ และ ทวีศักดิ์ กฤษเจริญ, 2557, สมรรถนะที่พึงประสงค์ของผู้ปฏิบัติงานด้านโลจิสติกส์ระดับปฏิบัติการในส่วนของคลังสินค้าของบริษัทไปรษณีย์ไทย จำกัด เพื่อเตรียมความพร้อมรองรับการเข้าสู่ประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน. วารสารสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ปีที่ 17.



## การเพิ่มแรงดันแก๊สชีวภาพจากดินโคลนด้วยเครื่องสุญญากาศ ขนาด 1 แรงม้า Increasing the Pressure of Biogas from Mud with a 1 hp Vacuum

ชัยรัตน์ หงษ์ทอง

สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิต

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

39 หมู่ 1 ถนนรังสิต - นครนายก ตำบลคลองหก อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12110

Chairat\_h@rmutt.ac.th

### บทคัดย่อ

ปัจจุบันพลังงานเป็นสิ่งสำคัญต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ แต่พลังงานที่ใช้ส่วนใหญ่นั้นเริ่มลดน้อยลง และมีการใช้พลังงานทดแทนกันมากขึ้นงานวิจัยนี้เพื่อนำแก๊สชีวภาพที่ได้จากดินโคลนมาใช้ให้เกิดประโยชน์ โดยจะใช้เรือเก็บแก๊สชีวภาพจากดินโคลนที่มีขนาดความกว้าง 210 เซนติเมตร ยาว 310 เซนติเมตรและสูง 50 เซนติเมตร ใช้เครื่องยนต์เบนซิน 8.5 แรงม้าเป็นตัวขับเคลื่อนใบพัด ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 123 นิ้ว เครื่องผลิตกระแสไฟฟ้า ขนาด 600 วัตต์ ใช้เครื่องดูดสุญญากาศ ขนาด 1 แรงม้า เป็นตัวดูดแก๊สชีวภาพ ทางเข้ามีขนาด  $\varnothing$  16 มิลลิเมตร ทางออกมี 20 มิลลิเมตรและใช้เครื่องสูบน้ำ 5.5 แรงม้า มีท่อเข้า - ออก ขนาด 2 นิ้ว เป็นตัวกระตุ้นดินโคลนเพื่อให้เกิดแก๊สชีวภาพที่หมักหมมอยู่ใต้โคลนลอยขึ้นมาอยู่ในส่วนโค้งตรงกลางของเรือมีขนาด 58 เซนติเมตร ยาว 310 เซนติเมตร หลังจากนั้นต่อสายยางจากเครื่องดูดสุญญากาศเข้ากับบอลวาล์วขนาด  $\varnothing$  1 นิ้ว เพื่อทำการดูดแก๊สชีวภาพเข้าถังแก๊สหุงต้ม ขนาด 15 กิโลกรัม การทดลองจะใช้เวลาในการเก็บแก๊สชีวภาพ 20 นาทีต่อครั้ง ตรวจวัดสัดส่วนแก๊สชีวภาพด้วยเครื่อง BIOGAS 5000 พบว่ามีแก๊สมีเทน 51.5 % , แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 7.5 % , แก๊สออกซิเจน 5.3 % และแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ 50 ppm ผลการทดลอง 2 ชุดการทดลอง ชุดการทดลองละ 10 ครั้ง คือ ชุดการทดลองที่ 1 จะทำการเก็บแก๊สแล้วนำมาจุดติดไฟ แรงดันที่ใช้งาน 1 ปอนด์ ค่าเฉลี่ยที่ได้ 10.53 นาที และชุดการทดลองที่ 2 จะทำการเก็บแก๊สมาประกอบอาหาร ค่าเฉลี่ยที่ได้ 10.11 นาที แก๊สชีวภาพที่ได้สามารถนำมาใช้งานได้

**คำสำคัญ:** แก๊สชีวภาพ, พลังงาน, โคลน

### Abstract

Today, energy is essential to human life but most of the energy resources used are dwindling, and renewable energy is growing. This research aims to harness biogas from mud by using biogas storage vessels. The mud has a width of 210 cm., length of 310 cm., and height of 50 cm. The engine used was an 8.5 horsepower gasoline engine to drive the diameter 123-inch propellers. A 600-watt generator uses a 1 hp vacuum cleaner as a biogas absorber, inlet  $\varnothing$  16 mm, outlet  $\varnothing$  20 mm. A 600-watt generator uses a 1 hp vacuum as a biogas absorber, inlet  $\varnothing$  16 mm, outlet  $\varnothing$  20 mm and a 5.5 hp pump with  $\varnothing$  2-inch inlet and outlet pipes. These two tools are used to stimulate the mud so that the biogas that accumulates beneath the mud floats up into the arc placed at the center of the ship with  $\varnothing$  58 centimeters, length at 310 centimeters. After that, connect the hose from the vacuum to the  $\varnothing$  1 inch ball valve to suck the biogas into the 15 kg gas tank. The experiment takes 20 minutes to collect biogas each time. The biogas proportion is measured with BIOGAS 5000 and found that there is methane 51.5%, carbon dioxide 7.5%, oxygen gas 5.3% and hydrogen sulfide 50 ppm. There are two sets of results from 2 experimental sets. Each set has 10 trials. In Experiment 1, gas is collected and then ignited. The pressure used is 1 lb. The average result is 10.53 minutes. In Experiment 2 gas is collected and then used for cooking. The average result is 10.11 minutes. In conclusion, the biogas obtained can be used.

**Key word:** Biogas, Energy, Mud





## 1. บทนำ (Introduction)

พลังงานเป็นสิ่งจำเป็นในกิจกรรมการดำรงชีวิตของมนุษย์และทวีความสำคัญมากยิ่งขึ้นเรื่อย ๆ ตามการพัฒนาภาวะโศกของสังคม วัฒนธรรมและเทคโนโลยี ซึ่งแหล่งพลังงานค่อย ๆ เปลี่ยนไปเป็นแหล่งพลังงานที่ต้องอาศัยเทคโนโลยีในการผลิตมากยิ่งขึ้น อย่างไรก็ตามประเทศไทยมีแหล่งพลังงานหลายประเภทด้วยกัน แต่มีในปริมาณค่อนข้างน้อย เมื่อเทียบกับประเทศอื่น ๆ บางครั้งวิกฤตการณ์ของโลกอาจจะทำให้ประเทศไทยได้รับอิทธิพลอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ [1] การเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจและสังคมทำให้เกิดผลกระทบในทุกภาคส่วนทั้งภาคอุตสาหกรรมและภาคครัวเรือน ทั้งในทางตรงและทางอ้อมส่งผลกระทบต่อการใช้ชีวิตประจำวันของประชาชน ทำให้ต้องแบกรับค่าครองชีพที่สูงขึ้นตามราคาน้ำมันโลก นักวิชาการด้านเศรษฐกิจได้คาดการณ์ว่าราคาน้ำมันจะถีบตัวสูงขึ้นจนผู้บริโภคไม่มีกำลังซื้อ ซึ่งมีความเป็นไปได้อย่างมากว่าในอนาคตประมาณปี พ.ศ. 2583 สังคมโลกคงต้องเผชิญหน้ากับภาวะการขาดแคลนน้ำมันอย่างแน่นอน [2] โดยเฉพาะประเทศไทยมีการนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศเป็นมูลค่าที่สูงในแต่ละปี โดยในปี 2551 ประเทศไทยมีการนำเข้าพลังงานเชิงพาณิชย์สุทธิคิดเป็นมูลค่าสูงถึง 890,700 ล้านบาท [3] ประเทศไทยได้นำเข้าพลังงานสิ้นเปลืองจากต่างประเทศเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งอยู่ในรูปของน้ำมันดิบเป็นหลัก จึงทำให้ขาดความมั่นคงทางด้านพลังงานของประเทศ โดยเฉพาะทางด้านไฟฟ้าซึ่งการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ) จึงได้กำหนดแผนการพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้า (PDP) เพื่อใช้ทั่วประเทศ ซึ่งในพื้นที่ภาคใต้ได้กำหนดให้มี แผน PDP เพิ่มขึ้นไม่น้อยกว่า 7,000 MW ภายในปี 2573 ประกอบด้วยโรงไฟฟ้าถ่านหิน 6 โรง ๆ ละ 800 MW โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ 3 โรง ๆ ละ 1,000 MW [4] เป็นที่ทราบกันดีอยู่แล้วว่าพลังงานจากใต้ดินกำลังจะหมดไป มนุษย์จึงได้พยายามคิดค้นพลังงานจากบนดินขึ้นมา ไม่ว่าจะเป็นพลังงานจากลม แสงแดด ของเสียหรือแม้กระทั่งการสั่นไหวของเครื่องยนต์ต่าง ๆ แต่หนึ่งในเทคโนโลยีที่นำมาใช้กันอย่างแพร่หลาย นั่นคือ แก๊สชีวภาพ เนื่องจากเป็นพลังงานสะอาด ทั้งยังสามารถลดต้นทุนและลดปัญหาสิ่งแวดล้อม ด้วยเหตุนี้จึงได้มีการส่งเสริมการศึกษาและการวิจัยเรื่องแก๊สชีวภาพมากขึ้น เนื่องจากสามารถนำมาทำเป็นเชื้อเพลิง ไม่ว่าจะเป็นเตาหุงต้ม เครื่องยนต์สันดาปภายใน เครื่องยนต์ผลิตไฟฟ้า เซลล์เชื้อเพลิง [5] จากเหตุผลดังกล่าวนี้จึงได้มีการนำแก๊สชีวภาพมาใช้อย่างจริงจัง ทั้งขนาดครอบครัว ชุมชนและขนาดอุตสาหกรรม แก๊สชีวภาพมีสัดส่วนแก๊สมีเทน ( $\text{CH}_4$ ) เป็นองค์ประกอบหลักเป็นพลังงานสะอาด โดยแก๊สมีเทน 1 ลูกบาศก์เมตร สามารถทดแทนแก๊ส

หุงต้มได้ประมาณ 0.46 กิโลกรัม หรือผลิตไฟฟ้าได้ประมาณ 2.09 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง ส่งผลให้สามารถลดค่าใช้จ่ายในครัวเรือนได้ การผลิตแก๊สชีวภาพสามารถทำได้จากวัตถุดิบหลายแหล่งที่มาด้วยกัน อาทิเช่น การผลิตแก๊สชีวภาพจากชีวมวล (Biomass) ซึ่งเป็นแหล่งวัตถุดิบที่มีมากในประเทศ โดยเฉพาะวัตถุดิบเหลือทิ้งทางการเกษตร เช่น ฟางข้าว ชังข้าวโพด ชานอ้อย เป็นต้น และวัชพืชน้ำ เช่น ผักตบชวา จอก ฐบฤกษ์ เป็นต้น ซึ่งวัสดุเหล่านี้ ภายในโครงสร้างจะมีองค์ประกอบ ทางเคมีของเส้นใย คือ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน ที่สามารถถูกนำมาใช้เพื่อผลิตแก๊สชีวภาพได้ [6] ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้มีแนวคิดที่จะจัดเก็บบรรจุแก๊สชีวภาพจากดินโคลนเข้าสู่ถังโดยใช้ระบบการอัดด้วยไฟฟ้า เพื่อเป็นแนวทางในการนำไปใช้เป็นพลังงานทดแทนต่อไป

## 2. วิธีวิจัย (Research Methodology)

ทำการประกอบและติดตั้งเครื่องเรือเก็บแก๊สชีวภาพ โดยเรือมีขนาดความกว้าง 210 เซนติเมตร ยาว 310 เซนติเมตรและสูง 50 เซนติเมตร ทำการติดตั้งเครื่องยนต์เบนซิน 8.5 แรงม้า เป็นตัวขับเคลื่อนใบพัด ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 123 นิ้ว, เครื่องดูดสูญญากาศยี่ห้อ LEETO ทางเข้ามีขนาด 16 มิลลิเมตร ทางออกมีขนาด 20 มิลลิเมตร เข้ากับตัวเครื่องเรือ จากนั้นทำการยึดสกรูโครงวางเครื่องดูดสูญญากาศเข้ากับตัวเรือ เครื่องดูดสูญญากาศมีขนาดความกว้าง 12 เซนติเมตร ยาว 25 เซนติเมตร ทำการติดตั้งโครงเครื่องปั่นไฟ ขนาด 600 วัตต์ ที่มีขนาดความกว้าง 30 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร และฐานวางเครื่องสูงขึ้นมา 10 เซนติเมตร เข้ากับตัวเครื่องเรือ นำเครื่องปั่นไฟ มาประกอบเข้ากับโครงสร้างที่ยึดกับตัวเรือ ติดตั้งเครื่องสูบน้ำเบนซินขนาด 5.5 แรงม้า เข้ากับโครงที่ยึดเรือ จากนั้นทำการต่อสายยางขนาด 2 นิ้ว เข้ากับทางออกเครื่องสูบน้ำต่อกับท่อเหล็กยาว 3 เมตร เพื่อใช้ในการพ่นโคลนได้น้ำ ต่อท่อ PVC ทางเข้าเครื่องสูบน้ำข้างตัวเรือ ท่อเข้า - ออก เครื่องสูบน้ำมี 2 นิ้ว นำถังก๊าซมาต่อสายเข้ากับหัวเตาแก๊ส โดยหัวเตาแก๊สต้องทำการตัดแปลงหัวเพื่อให้ก๊าซชีวภาพสามารถผ่านไปได้เต็มประสิทธิภาพ ทำการทดลองการจุดติดไฟและการประกอบอาหารของแก๊สชีวภาพที่บรรจุลงถังก๊าซปิโตรเลียมเหลวขนาด 15 กิโลกรัม ที่ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว แรงดันใช้งานที่ 1 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว โดยทำการบันทึกเวลาในการจุดติดไฟและการนำไปใช้ประกอบอาหาร

## 3. ผลการวิจัย (Results)

3.1. ตรวจวัดสัดส่วนของแก๊สชีวภาพ โดยจะใช้เครื่องมือวัดแก๊สชีวภาพ Biogas 5000 ในการวัดค่า พบว่ามีแก๊สมีเทน ( $\text{CH}_4$ ) 51.5 %, แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ( $\text{CO}_2$ )



7.5 %, แก๊สออกซิเจน (O<sub>2</sub>) 5.3 % และในส่วนของแก๊ส  
ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H<sub>2</sub>S) 50 ppm



ภาพที่ 1 สัดส่วนแก๊สชีวภาพที่ได้จากดินโคลน

3.2 ชุดการทดลองที่ 1 การเก็บแก๊สชีวภาพจากดิน  
โคลนเพื่อทดลองการจุดติดไฟ โดยใช้เวลาในการจัดเก็บแก๊ส  
ชีวภาพจากดินโคลน 20 นาทีต่อครั้ง แร่งต้นใช้งานที่ 1  
ปอนด์ต่อตารางนิ้ว

3.3 ชุดการทดลองที่ 2 การเก็บแก๊สชีวภาพจากดิน  
โคลนเพื่อทดลองการประกอบอาหาร โดยใช้เวลาในการ  
จัดเก็บแก๊สชีวภาพจากดินโคลน 20 นาทีต่อครั้ง แร่งต้นใช้  
งานที่ 1 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว

ตารางที่ 1. สรุปผลการทดลองเก็บแก๊สชีวภาพจากดินโคลน

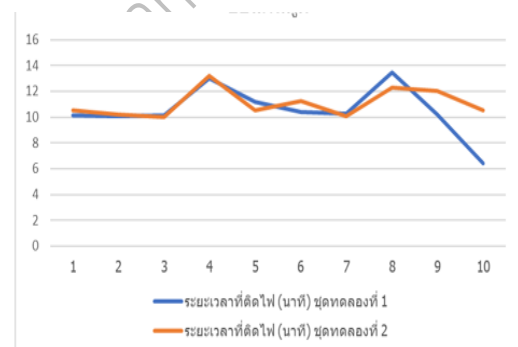
ครั้งที่	ระยะเวลาจุดติดไฟ (นาที)	ระยะเวลาประกอบ อาหาร (นาที)
1	10.13	10.50
2	10.07	10.20
3	10.15	10.02
4	13.00	13.23
5	11.21	10.53
6	10.40	11.23
7	10.27	10.06
8	13.43	12.30
9	10.22	12.03
10	6.43	10.50
ค่าเฉลี่ย	10.53	10.11



ภาพที่ 2 ผลการจุดติดไฟและนำมาประกอบอาหาร

#### 4. อภิปรายผล (Discussion)

จากงานวิจัยนี้พบว่าดินโคลนตามแหล่งน้ำนั้นจะมีการ  
หมักหมนหรือการสะสมของตะกอนดินจากใบไม้หรือวัชพืชที่  
เป็นส่วนประกอบของการเกิดแก๊สจึงทำให้เกิดแก๊สชีวภาพ  
งานวิจัยนี้เป็นการนำแก๊สชีวภาพจากดินโคลนมาทำงานวิจัย  
พบว่าสัดส่วนของแก๊สชีวภาพ โดยจะใช้เครื่องมือวัดแก๊ส  
ชีวภาพ Biogas 5000 ในการวัดค่า มีแก๊สมีเทน (CH<sub>4</sub>)  
51.5 %, แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) 7.5 %, แก๊ส  
ออกซิเจน (O<sub>2</sub>) 5.3 % และใน ส่วน ของ แก๊ส  
ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H<sub>2</sub>S) 50 ppm ในส่วนของการนำแก๊สที่  
ได้ไปใช้งาน โดยการจุดติดไฟและการนำไปประกอบอาหาร  
จะได้เวลาเฉลี่ยที่ 10.79 นาที แต่การนำแก๊สชีวภาพที่ได้  
จากดินโคลนมาใช้ประโยชน์กลับต้องมีกระบวนการในการ  
นำมาใช้งานที่ซับซ้อนและวิธีการที่จะกระตุ้นดินโคลนให้เกิด  
แก๊สชีวภาพยังมีปริมาณไม่มากเพียงพอ จึงต้องมีการศึกษา  
กระบวนการกระตุ้นดินโคลนกันต่อไป



ภาพที่ 3 กราฟเปรียบเทียบการจุดติดไฟและการประกอบ  
อาหารจากแก๊สชีวภาพที่ได้จากดินโคลน

ปัญหาของการนำแก๊สชีวภาพจากดินโคลนมาใช้งาน  
นั้นยังมีกระบวนการที่ซับซ้อนและปริมาณแก๊สชีวภาพที่ได้  
นั้นในแต่ละแหล่งน้ำยังมีสัดส่วนของแก๊สชีวภาพที่แตกต่าง  
กัน

#### 5. เอกสารอ้างอิง

[1] Quality, D.o.E. 2017 Available from:  
[https://web.ku.ac.th/schoolnet/snet6/envi2/  
energy/energy.htm](https://web.ku.ac.th/schoolnet/snet6/envi2/energy/energy.htm)

[2] ปัทมา ศิริธัญญา, 2549 โครงการงานรวบรวมองค์  
ความรู้และสร้างระบบต้นแบบ. แบบเสนอโครงการวิจัย  
สถาบันถ่ายทอดเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล  
ล้านนา.



- [3] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. 2552ก.  
พลังงานน้ำ  
<http://www.dede.go.th/dede/index.php?id=222>
- [4] การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. สรุปรูปแบบพัฒนา  
กำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2553- 2573.  
ฝ่ายวางแผนระบบไฟฟ้า, 123 หน้า.
- [5] นฤมล เชาวะกระโทก, การผลิตก๊าซชีวภาพจากกาก  
ตะกอนดีแคเตอร์ของโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดิบ  
ร่วมกับน้ำเสียจากโรงงานแปรรูปอาหารแช่แข็ง.  
วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขา  
วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์,  
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. 143 หน้า
- [6] รัชพล พะวงศรีรัตน์, การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการ  
เตรียมไฮโดรไลสเสทผักตบชวาโดยหม้อนึ่ง ไอน้ำแรงดันสูง  
เพื่อผลิตเอทานอล



## การอบแห้งผักหวาน ตะไคร้ ใบหม่อน และใบเตย ด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ระบบลมร้อน

### Solar Drying of Melientha Suavis, Lemon Grass, Mulberry Leaf and Pandan Leaf with Hot Air Solar Dryer

ธนาภา ละโรงสูงเนิน<sup>1</sup> สมิตานัน รอดพูล<sup>1</sup> สุรจิตร พระเมือง<sup>2\*</sup> และศิณีวัลย์ พิทักษ์ทิม<sup>3</sup>

<sup>1</sup>สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย ถนนเลย-เชียงคาน ต.เมือง อ.เมือง จ.เลย 42000

<sup>2</sup>สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย ถนนเลย-เชียงคาน ต.เมือง อ.เมือง จ.เลย 42000

surajitr@lru.ac.th

<sup>3</sup>สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี ต.หมากแข้ง อ.เมือง จ.อุดรธานี 41000

#### บทคัดย่อ

ชาสมุนไพร ได้รับความนิยมจากการเป็นเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพซึ่งมาจากพืชหลากหลายชนิด ในการอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยเครื่องอบแห้งชนิดลมร้อน ในการวิจัยนี้ได้ศึกษาอัตราการอบแห้งและระยะเวลาในการอบแห้งสำหรับผักหวาน ตะไคร้ ใบหม่อน และใบเตย โดยใช้ตู้อบแห้งขนาด 80 x 150 x 80 เซนติเมตร รับบลมร้อนจากแผงรับรังสีอาทิตย์ชนิดแผ่นราบขนาด 130 x 150 x 8 เซนติเมตร เป็นระบบไหลเวียนอากาศแบบพาความร้อนตามธรรมชาติ เพื่อทำการอบแห้งผักหวาน ตะไคร้ ใบหม่อนและใบเตยที่ความชื้นเริ่มต้น 262.1%, 681.3%, 252.7% และ 295.3% ตามลำดับ ภายใต้ความเข้มแสงอาทิตย์เฉลี่ย 1,056 วัตต์/ตารางเมตร อุณหภูมิภายในตู้อบแห้งสูงสุด 69.2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 26.5 % ที่อุณหภูมิอากาศแวดล้อม 44.0 องศาเซลเซียสและความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 32.0% ทำให้อุณหภูมิในตู้อบแห้งเฉลี่ย 54.3 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมเฉลี่ย 35.6 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการอบแห้งนาน 4 – 6 ชั่วโมง ได้ความชื้นสุดท้ายของผักหวาน ตะไคร้ ใบหม่อนและใบเตย เท่ากับ 3.6%, 3.9%, 5.2% และ 5.1% ตามลำดับ โดยมีอัตราการอบแห้งของผักหวาน ตะไคร้ ใบหม่อนและใบเตย เป็น 0.2, 0.1, 0.2 และ 0.1 กิโลกรัมน้ำ/ชั่วโมง ตามลำดับ ระบบอบแห้งมีประสิทธิภาพทางความร้อนเฉลี่ย 12.7% ซึ่งมีการสูญเสียความร้อนรวม 2.7 กิโลวัตต์ เป็นการสูญเสียความร้อนจากการนำความร้อนมากที่สุด

**คำสำคัญ** การอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์; ระบบลมร้อนพลังงานแสงอาทิตย์; ชาสมุนไพร

#### Abstract

Herbal products were interested for healthy drinking by variety kind of herbs. This study investigated solar drying with hot air solar dryer for determining solar drying rate and drying duration of 4 products including Melientha Suavis, Lemon Grass, Mulberry leaf and Pandan leaf. Solar hot air dryer was chosen with dimension of 80 x 150 x 80 cm obtaining hot air from flat-plate solar collector by dimension of 130 x 150 x 8 cm using thermos syphon system. Initial moisture contents of Melientha Suavis, Lemon Grass, Mulberry leaf and Pandan leaf were 262.1%db, 681.3%db, 252.7% db and 295.3% db respectively. Drying process performed under solar irradiant by average of 1,056 W/ m<sup>2</sup> obtaining internal temperature by maximum of 69.2 °C, relative humidity 26.5% during ambient air temperature average of 44.0 °C and relative humidity 32.0%. The hot air solar dryer produced hot air temperature average of 54.3 °C, relative humidity 35.6% Rh using drying durations 4 – 5 hrs for 4 products. The final moisture contents of Melientha Suavis, Lemon Grass, Mulberry leaf and Pandan leaf were 3.6% db, 3.9% db, 5.1% db and 5.2% db respectively with the drying rates of 0.2, 0.1 0.2 and 0.1 kg<sub>water</sub>/ h respectively. The thermal



efficiency was 8% with overall heat losses of 2.7 kW by maximum of conductive heat loss.

**Keywords:** Solar drying; Hot air solar dryer; Herbal tea

### บทนำ

การอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ เป็นวิธีการที่ใช้มาตั้งแต่โบราณที่เป็นเป็นการตากแดดให้ได้รับความร้อนจากแสงอาทิตย์โดยตรง และต่อมาได้มีเครื่องมือที่ใช้ในการอบแห้งให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพสูงขึ้นทั้งในเชิงคุณภาพและปริมาณ อาศัยหลักการถ่ายเทความร้อนระหว่างผลิตภัณฑ์กับอากาศร้อนภายในเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งใช้ระยะเวลาในการอบแห้งสั้นลง คุณภาพของผลิตภัณฑ์ดีกว่าการตากแดดตามธรรมชาติ ระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์จึงมีหลากหลายตามวัตถุประสงค์ของการอบแห้งทั้งขนาดความจุ ประเภทของวัสดุ การไหลเวียนอากาศ หรืออื่น ๆ สำหรับการอบแห้งสมุนไพรบางชนิด ที่ไม่ต้องการให้โดนแสงอาทิตย์โดยตรงเพื่อเป็นการรักษาคุณค่าหรือสรรพคุณของตัวยาที่อยู่ในสมุนไพรนั้น ๆ นิยมใช้เครื่องอบแห้งชนิดลมร้อน โดยเฉพาะการผลิตชาสมุนไพรที่ใช้เป็นเครื่องดื่ม หรือการผลิตเพื่อเป็นยาแพทย์แผนไทย

ซาโบหม่อน เป็นชาสมุนไพรชนิดหนึ่งที่มีคนให้ความสนใจ จากการอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ โดยอนุรักษ์ ครองทรัพย์ และคณะ [1] ได้ใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 80 x 100 x 180 เซนติเมตร รับลมร้อนจากแผงรับรังสีชนิดแผ่นราบขนาด 100 x 200 x 14 เซนติเมตร สำหรับอบใบหม่อนสด ความชื้นเริ่มต้น 75.1 % ลดลงเหลือ 5.5 % โดยมีอุณหภูมิในการอบ 55.0 องศาเซลเซียส สูงกว่าอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม 35.2 องศาเซลเซียส ภายใต้ความเข้มแสงอาทิตย์เฉลี่ย 19.6 เมกกะจูล/ตารางเมตร-วัน และจากการศึกษาของเสาวลักษณ์ ยอดวิญญูวงศ์ [2] ที่ทดลองอบใบหม่อนในโรงอบแห้งแบบเรือนกระจกขนาดเล็ก พบว่าโรงอบแห้งแบบเรือนกระจกมีอุณหภูมิสูงสุด 61.5 องศาเซลเซียส ในสภาพอากาศแวดล้อมที่ร้อนจัดที่อุณหภูมิภายนอกโรงอบแห้งสูงสุด 45.5 องศาเซลเซียส

ในการวิจัยนี้ได้อบพืชสมุนไพรบางชนิด โดยอาศัยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ผลิตลมร้อนควบคู่กับการได้รับแสงอาทิตย์โดยตรง ในขนาดครัวเรือน เพื่อลดความชื้นของผักหวาน ใบหม่อน ใบเตย และตะไคร้ เพื่อนำไปใช้เป็นชาสมุนไพร สำหรับเป็นเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ การอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

การอบแห้ง (drying) เป็นการแยกน้ำออกจากวัสดุขึ้น ทำให้ความชื้นของวัสดุเปียกลดลง โดยการให้น้ำเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอน้ำ อาศัยกระบวนการถ่ายเทความร้อนที่ทำให้น้ำเปลี่ยนสถานะจากของเหลวกลายเป็นไอ น้ำในวัสดุจะเปลี่ยนสถานะเป็นไอน้ำและระเหยออกมา และอาศัยความแตกต่างของดันไอน้ำของวัสดุกับอากาศสิ่งแวดล้อม โดยที่น้ำในวัสดุจะถูกดันออกมาจากช่องอากาศเล็ก ๆ ในวัสดุจากกระบวนการถ่ายเทมวลสาร การถ่ายเทมวลของน้ำจากวัสดุขึ้นไปยังอากาศจะหยุดก็ต่อเมื่อความดันไอน้ำที่ผิววัสดุเท่ากับความดันไอน้ำในอากาศ

การอบแห้งโดยทั่วไปแบ่งเป็น 3 ช่วงได้แก่ ช่วงที่ 1 เป็นช่วงที่วัสดุได้รับความร้อนหรือความดันไอน้ำบริเวณผิวมีค่าต่ำกว่าด้านใน ทำให้ความชื้นของวัสดุลดลงอย่างรวดเร็ว อัตราการอบแห้งมีค่าสูงสุด ช่วงที่ 2 เป็นช่วงที่อัตราการอบแห้งคงที่ อุณหภูมิของวัสดุจะมีค่าคงที่ โดยความร้อนที่วัสดุได้รับถูกใช้ไปในการระเหยความชื้น อัตราส่วนความชื้นของวัสดุจะลดลงเป็นสัดส่วนโดยตรงกับเวลา ช่วงที่ 3 เป็นช่วงอัตราการอบแห้งลดลงความชื้นที่ผิวของวัสดุจะระเหยหมดไป เพราะการถ่ายเทความชื้นในรูปของน้ำจากส่วนในสุดของวัสดุเกิดขึ้นไม่ทันกับการระเหยของน้ำจากผิวของวัสดุ ผิวของวัสดุจะอยู่ในสภาพที่แห้งและอุณหภูมิของวัสดุเริ่มสูงขึ้น

อัตราการอบแห้ง จะพิจารณาได้จากอัตราส่วนของปริมาณน้ำที่ระเหยออกจากวัสดุเปียกต่อเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง ดังสมการ

$$\text{Drying rate} = \frac{W_i - W_t}{t} \quad (1)$$

เมื่อ  $W_i$  เป็นน้ำหนักเริ่มต้น (kg)

$W_t$  เป็นน้ำหนักขณะเวลาใด ๆ (kg)

$t$  เป็นเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง (h)

ปริมาณน้ำของวัสดุในกระบวนการอบแห้ง จะกำหนดเป็นค่าความชื้นเทียบกับมวลของวัสดุขึ้นหรือแห้ง เรียกว่าความชื้นมาตรฐานเปียก (Wet basis) และมาตรฐานแห้ง (Dry basis)

ปริมาณความชื้นมาตรฐานเปียก

$$\text{Wet basis} = \frac{W_w - W_d}{W_w} \times 100 \quad (2)$$

ปริมาณความชื้นมาตรฐานแห้ง

$$\text{Dry basis} = \frac{W_w - W_d}{W_d} \times 100 \quad (3)$$

เมื่อ  $W_w$  เป็นน้ำหนักเปียก (kg)



$W_a$  เป็นน้ำหนักแห้ง (kg)

แหล่งพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ เป็นแหล่งพลังงานที่ทุกคนสามารถเป็นเจ้าของได้อย่างเท่าเทียมกันโดยแปรผันตามสภาพภูมิอากาศของแต่ละพื้นที่ เทคโนโลยีการอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ มีหลายประเภทแบ่งตามเกณฑ์ที่กำหนด เช่น การได้รับรังสีอาทิตย์โดยตรงกับการได้รับรังสีอาทิตย์ทางอ้อม ระบบการไหลของอากาศร้อนเป็นแบบพาความร้อนตามธรรมชาติกับการพาความร้อนแบบบังคับ ลักษณะทางกายภาพของระบบอบแห้ง เป็นต้น ในการเลือกระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์จะพิจารณาตามชนิดของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการลดความชื้นซึ่งแต่ละชนิดมีความเหมาะสมกับอุณหภูมิที่แตกต่างกัน ความจุของเครื่องอบแห้ง โดยขนาดของเครื่องอบแห้งที่แตกต่างกันจะสัมพันธ์กับกำลังการผลิตหรือการใช้งาน สำหรับการอบแห้งสมุนไพรมักจะเลือกเครื่องอบแห้งที่อาศัยความร้อนจากอากาศร้อนที่ถ่ายเทพลังงานมาจากพลังงานแสงอาทิตย์ เนื่องจากสมุนไพรบางชนิดเมื่อโดนแสงอาทิตย์โดยตรงจะส่งผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ โดยเฉพาะสมุนไพรที่มีกลิ่นระเหย หรือขึ้นบาง แสงอาทิตย์จะส่งผลให้สีของผลิตภัณฑ์เข้มขึ้น นอกจากนี้ระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ประเภทที่มีความร้อนเสริม หรือระบบเก็บกักความร้อน รวมถึงมีระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้น เพื่อให้กระบวนการทำงานมีประสิทธิภาพมากขึ้น

ประสิทธิภาพทางความร้อนของระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ( $\eta_{th}$ ) สำหรับการลดความชื้นผลิตภัณฑ์ใด ๆ จะเป็นอัตราส่วนของพลังงานความร้อนที่ใช้สำหรับการระเหยน้ำออกจากผลิตภัณฑ์ต่อพลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ในช่วงเวลาที่อบแห้ง

$$\eta_{th} = \frac{m_w}{IA t} \quad (4)$$

เมื่อ  $m_w$  เป็นพลังงานความร้อนในการระเหยน้ำออกไป (J)

$m_w$  = (มวลก่อนอบแห้ง - มวลหลังอบแห้ง)  $\times$  ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ

I เป็นความเข้มแสงอาทิตย์ ( $W/m^2$ )

A เป็นพื้นที่รับแสงอาทิตย์ของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ( $m^2$ )

t เป็นเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง (sec)

การถ่ายเทความร้อนของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดตู้อบลมร้อน จะพิจารณาความร้อนจากแผงรับรังสีอาทิตย์ซึ่งได้รับรังสีอาทิตย์ขณะเวลาใด ๆ แล้ว

ถ่ายเทความร้อนให้อากาศ เพื่อเป็นความร้อนที่จะนำไปใช้ประโยชน์ (qu) โดยมีการสูญเสียความร้อนออกจากระบบประกอบด้วย การสูญเสียความร้อนทางด้านบน ( $U_t$ ) ด้านล่าง ( $U_b$ ) และด้านข้าง ( $U_s$ ) สำหรับการสูญเสียความร้อนด้านบน ส่วนใหญ่เป็นการสูญเสียโดยการแผ่รังสีความร้อนสามารถหาได้จากสมการ

$$U_t = \epsilon \sigma (T - T_a)^4 \quad (5)$$

เมื่อ  $\epsilon$  เป็นค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีของวัตถุเทามีค่าระหว่าง 0 - 1

$\sigma$  เป็นค่าคงที่สเตฟาน-โบลทซ์มันน์ (Stefan-Boltzmann constant) มีค่าเท่ากับ  $5.67 \times 10^{-8} W/m^2K^4$

T เป็นอุณหภูมิด้านบนตัวรับรังสีอาทิตย์ (K)

$T_a$  เป็นอุณหภูมิอากาศ (K)

การสูญเสียความร้อนด้านล่าง ( $U_b$ ) เป็นการสูญเสียความร้อนโดยการนำความร้อน จากแผ่นดูดกลืนรังสีอาทิตย์ หาได้จากสมการ

$$U_b = \frac{k}{L} \quad (6)$$

เมื่อ k เป็นค่าสภาพการนำความร้อนของฉนวน ( $W/m.k$ )

L เป็นความหนาของฉนวน (m)

สำหรับการสูญเสียความร้อนด้านข้าง ( $U_s$ ) เป็นการสูญเสียโดยการนำความร้อนรอบแผ่นรับรังสีอาทิตย์ ซึ่งมีการสูญเสียความร้อนน้อยมากเมื่อเทียบกับด้านอื่น ๆ โดยจะเป็นผลรวมของการสูญเสียความร้อนแต่ละด้าน สมการ

$$U_s = \frac{(UA_c)}{A_s} \quad (7)$$

โดยที่ U เป็นค่าความสูญเสียความร้อนของผนังแต่ละข้าง (W) ที่มีพื้นที่ด้านข้าง  $A_c$  และพื้นที่รอบรูป  $A_s$

$$U = \frac{K_e}{L_e} \quad (8)$$

เมื่อ  $K_e$  เป็นค่าการนำความร้อนของผนัง ( $W/m.k$ )

$L_e$  เป็นความหนาของผนัง (m)

จะได้การสูญเสียความร้อนรวม

$$U_L = U_t + U_b + U_s \quad (9)$$

## วิธีการวิจัย

1. การเตรียมผลิตภัณฑ์และเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์



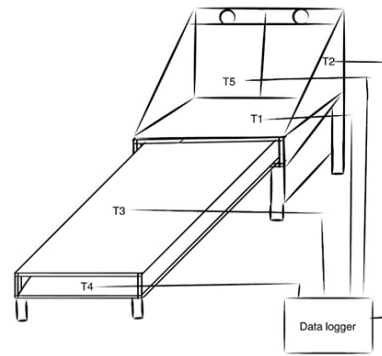
ผักหวานและใบหม่อนใช้เฉพาะส่วนใบเขียวที่ยังไม่  
แก่จัด ส่วนตะไคร้ใช้ส่วนหัวที่นำไปใช้เป็นเครื่องแกงและ  
ใบเตย จะหั่นซอยเป็นชิ้นบางมีความหนาประมาณ 5  
มิลลิเมตร โดยอบแห้งผักหวานและใบหม่อนได้คราวละ 2  
กิโลกรัม ตะไคร้และใบเตย อบได้ครั้งละ 6 และ 4  
กิโลกรัมตามลำดับ ด้วยเครื่องอบแห้งพลังงาน  
แสงอาทิตย์ชนิดลมร้อน ประกอบด้วย ตัวตู้อบแห้งขนาด  
กว้าง 80 เซนติเมตร ยาว 150 เซนติเมตร และสูง 80  
เซนติเมตร แบ่งเป็นสองชั้น วัสดุผนังตู้เป็นสังกะสีแผ่น  
เรียบภายในทาด้วยสีดำด้าน ด้านรับแสงอาทิตย์ปิดด้วย  
แผ่นโพลีคาร์บอเนตใส ระบบไหลเวียนอากาศแบบพา  
ความร้อนตามธรรมชาติ ส่วนที่ผลิตลมร้อนเป็นแผงรับ  
รังสีอาทิตย์แบบแผ่นราบ ขนาดกว้าง 114 เซนติเมตร  
ยาว 150 เซนติเมตร และหนา 8 เซนติเมตร แผ่นดูดกลืน  
รังสีเป็นแผ่นเหล็กทาสีดำด้าน รองรับด้วยแผ่นสเมิร์ท  
บอร์ดและฉนวนกันความร้อนโพลีเอทิลีนหนา 5  
มิลลิเมตร โครงสร้างเป็นเหล็กปิดกระจกด้านบนหนา 5  
มิลลิเมตร คุ้มด้วยสังกะสี ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดลมร้อน

## 2. การเก็บข้อมูล

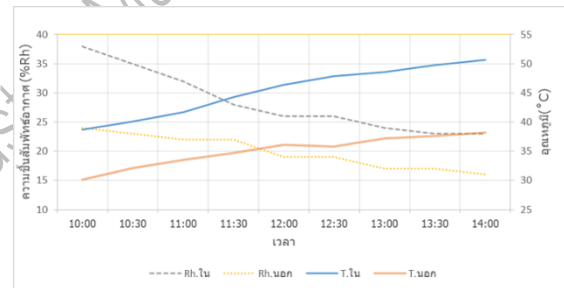
การอบแห้งผลิตภัณฑ์ 4 ชนิด จะชั่งน้ำหนักด้วย  
เครื่องชั่งละเอียดชนิดนิยม 2 ตำแหน่งก่อนอบ หลังอบและ  
ทุก ๆ ชั่วโมงระหว่างอบแห้ง วัดอุณหภูมิ 5 จุดได้แก่  
ภายในตู้อบ ผนังตู้อบ ด้านล่างตู้อบ กระจกแผงรับรังสี  
อาทิตย์ และสิ่งแวดล้อม ด้วยเทอร์โมคัปเปิ้ลบันทึกข้อมูล  
ทุก ๆ 5 นาที (ตำแหน่งวัดแสดงในภาพที่ 2) พร้อม ๆ กับ  
ค่าความชื้นสัมพัทธ์ด้วยไพรานอมิเตอร์ หาสภาพ  
แห้งของผลิตภัณฑ์ 4 ชนิด โดยใช้ตัวอย่างเริ่มต้น  
ผลิตภัณฑ์ละ 100 กรัม เมื่อสิ้นสุดการทดลองนำ  
ผลิตภัณฑ์ทั้ง 4 ชนิดไปอบด้วยเครื่องอบไฟฟ้า 70 - 105  
องศาเซลเซียส นาน 4 -5 ชั่วโมง จนกระทั่งน้ำหนักไม่  
เปลี่ยน จะได้น้ำหนักแห้งของผลิตภัณฑ์เพื่อคำนวณค่า  
ความชื้นมาตรฐานแห้ง/เปียก ในการอบแห้ง



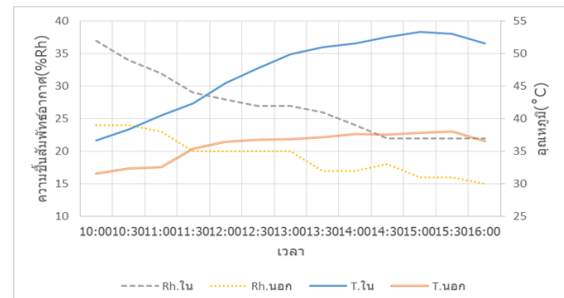
ภาพที่ 2 ตำแหน่งการวัดอุณหภูมิในระบบอบแห้งพลังงาน  
แสงอาทิตย์

## ผลการวิจัย

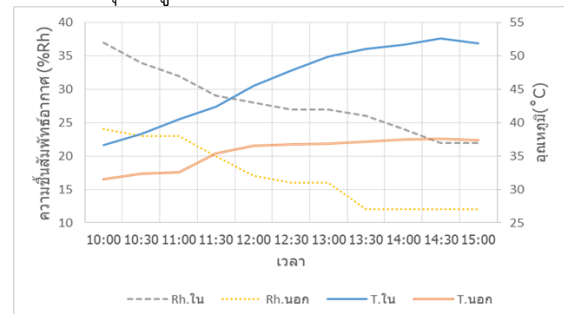
ช่วงเวลาการเก็บข้อมูล เป็นช่วงฝนฟ้าคะนอง  
ต้นฤดูฝน ท้องฟ้ามีเมฆเป็นบางส่วน ทำให้ความชื้น  
สัมพัทธ์มีการแปรปรวนค่อนข้างมาก ค่าความชื้น  
สัมพัทธ์ที่วัดได้มีค่าระหว่าง 420 - 1,120 วัตต์/  
ตารางเมตร และลมค่อนข้างสงบ ได้ผลดังภาพที่ 3 - 5



ภาพที่ 3 อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของการอบ  
ผักหวานและใบหม่อน



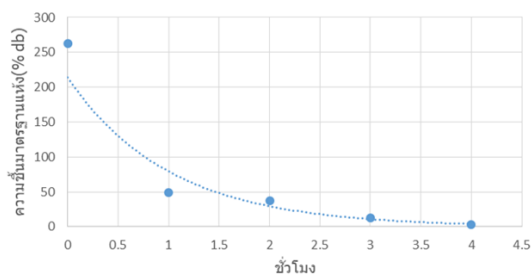
ภาพที่ 4 อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของการอบตะไคร้



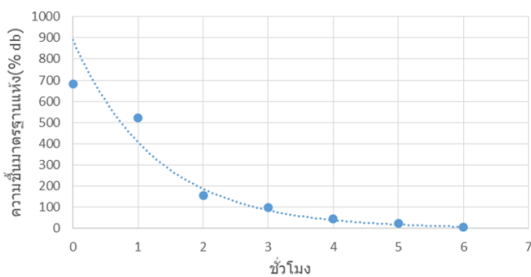
ภาพที่ 5 อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของการอบใบเตย



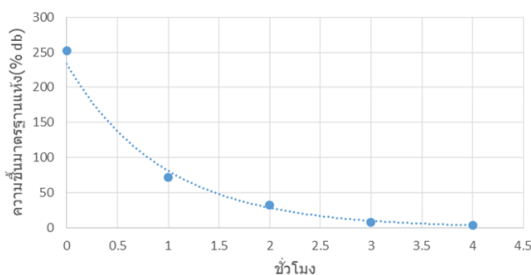
อุณหภูมิในการอบแห้ง สูงสุด 9.2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ 26.5% ในขณะที่อุณหภูมิอากาศแวดล้อม 44.0 องศาเซลเซียส โดยมีอุณหภูมิภายในตู้อบแห้งเฉลี่ย 54.3 องศาเซลเซียส อุณหภูมิอากาศแวดล้อมเฉลี่ย 35.6 องศาเซลเซียส ส่วนความชื้นเริ่มต้นของผักหวาน 262.1% ใช้เวลาในการอบแห้งนาน 4 ชั่วโมง เหลือความชื้นสุดท้าย 3.6% จะได้อัตราการอบแห้ง 0.2 กิโลกรัมน้ำ/ชั่วโมง ดังภาพที่ 6 ส่วนความชื้นเริ่มต้นของตะไคร้ 681.3% ใช้เวลาในการอบแห้งนาน 6 ชั่วโมง มีความชื้นสุดท้าย 3.9% ได้อัตราการอบแห้ง 0.2 กิโลกรัมน้ำ/ชั่วโมง ดังภาพที่ 7 ไบหม่อมมีความชื้นเริ่มต้น 252.7% ใช้เวลาอบแห้งนาน 4 ชั่วโมง เหลือความชื้นสุดท้าย 5.2% มีอัตราการอบแห้ง 0.1 กิโลกรัม น้ำ/ชั่วโมง ดังภาพที่ 8 และไบเตย ความชื้นเริ่มต้น 295.3% ใช้เวลาอบแห้งนาน 5 ชั่วโมง เหลือความชื้นสุดท้าย 5.1% มีอัตราการอบแห้ง 0.1 กิโลกรัมน้ำ/ชั่วโมง ดังภาพที่ 9 ตามลำดับ



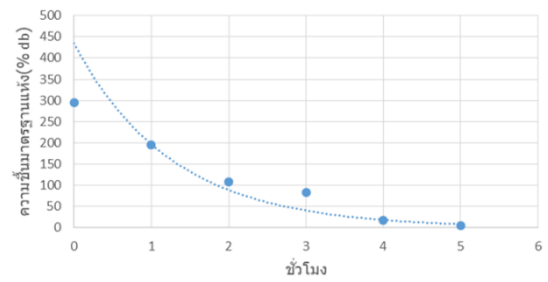
ภาพที่ 6 ความชื้นมาตรฐานแห้งของการอบแห้งผักหวาน



ภาพที่ 7 ความชื้นมาตรฐานแห้งของการอบแห้งตะไคร้



ภาพที่ 8 ความชื้นมาตรฐานแห้งของการอบแห้งไบหม่อม



ภาพที่ 9 ความชื้นมาตรฐานแห้งของการอบแห้งไบเตย ตามประกาศของกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 426 พ.ศ. 2564 เรื่อง ชาจากพืช [3] ได้กำหนดความชื้นของสมุนไพรสำหรับเป็นชาไว้ไม่เกิน 10% ของน้ำหนักเริ่มต้น และจากผลการศึกษาของอนุรักษ์, ครองทรัพย์และคณะ [1] ที่ได้ความชื้นสุดท้ายของชาไบหม่อม 5.5% จะสามารถวิเคราะห์ระยะเวลาในการอบแห้งพืช 4 ชนิดข้างต้น ได้ดังตารางที่ 1 ตารางที่ 1 ระยะเวลาที่เหมาะสมในการอบแห้งพืช 4 ชนิด

	ระยะเวลาอบแห้ง
ผักหวาน ไบหม่อม	2:30 ชั่วโมง
ตะไคร้	4:00 ชั่วโมง
ไบเตย	3:45 ชั่วโมง

เมื่อหาค่าการสูญเสียความร้อนออกจากตัวรับรังสีอาทิตย์ ชนิดแผ่นราบ จะได้การสูญเสียความร้อนด้านบน ( $U_1$ ) 0.0035 กิโลวัตต์ การสูญเสียความร้อนด้านล่าง ( $U_2$ ) 2.67 กิโลวัตต์ และการสูญเสียความร้อนด้านข้าง ( $U_3$ ) 0.028 กิโลวัตต์ จะได้การสูญเสียความร้อนรวม ( $U_L$ ) 2.70 กิโลวัตต์ และมีประสิทธิภาพทางความร้อนเป็น 12.7%

### อภิปรายผลการวิจัย

อุณหภูมิในการอบไบหม่อมเมื่อเปรียบเทียบกับ การศึกษาของอนุรักษ์, ครองทรัพย์ และคณะ [1] ที่อบ ด้วยตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดใกล้เคียงกัน แต่มีระบบ ระบายอากาศใช้ลูกหมุนอากาศ ซึ่งได้อุณหภูมิภายในแผง รับรังสีอาทิตย์เฉลี่ย 55.0 องศาเซลเซียสใกล้เคียงกันและ ได้ประสิทธิภาพทางความร้อนของระบบ 40 % ซึ่งสูงกว่า แสดงว่าระบบอบแห้งของอนุรักษ์, ครองทรัพย์และคณะ มีการสูญเสียความร้อนออกจากระบบน้อยกว่า เมื่อ เปรียบเทียบอุณหภูมิสูงสุดของตู้อบแห้งระบบลมร้อนจาก การศึกษาของสุดธิดา อินทผล และคณะ [4] ได้พัฒนา เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เป็นตู้อบแห้งที่มีสอง ส่วนคล้ายกันแต่จะทำการติดตั้งชุดพัดลมพาอากาศร้อน จากแผงรับแสงอาทิตย์มายังตู้อบแห้งเพื่อใช้สำหรับลด ความชื้น เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สามารถเพิ่ม





อุณหภูมิของอากาศภายในตู้อบแห้งได้สูงกว่าอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม 20 – 30 องศาเซลเซียส โดยมีอุณหภูมิสูงสุดเท่ากับ 70 องศาเซลเซียส ในวันที่สภาพอากาศแจ่มใสตลอดทั้งวัน จะเห็นว่าได้อุณหภูมิที่ใกล้เคียงกัน เมื่อเปรียบเทียบกับสุวรรณ ไทยนะ [5] ที่ได้ออกแบบสร้างและทดสอบตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ประกอบด้วยตู้อบและแผงรับรังสีอาทิตย์ ตู้อบแห้งใบแรกใช้แผ่นกระจกใสเป็นผนังกันและปิดทับแผ่นรับรังสี ตู้อบแห้งที่สองใช้แผ่นพลาสติกเป็นผนังกันและปิดทับแผ่นรับรังสี จากการทดสอบพบว่าตู้อบแห้งที่ใช้กระจกเป็นผนังไม่มีแผงรับรังสีมีประสิทธิภาพสูงสุด 68 % และแบบมีแผงรับรังสีมีประสิทธิภาพสูงสุด 25.5 % แบบมีแผงรับรังสีมีประสิทธิภาพค่อนข้างต่ำแต่เป็นส่วนช่วยให้การรับพลังงานความร้อนเพิ่มขึ้น และสามารถลดระยะเวลาในการอบแห้งให้น้อยลง ผลการทดลองเปรียบเทียบพบว่าตู้ที่ใช้กระจกเป็นผนังมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงกว่าประมาณ 5 % แต่เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพทางความร้อนของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์กับออร์นิจัยส์สวีสต์ และคณะ [6] ทดสอบประสิทธิภาพตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ขนาดใหญ่พบว่าประสิทธิภาพของการอบแห้งเฉลี่ยประมาณร้อยละ 33 ซึ่งสูงกว่าที่การวิจัยได้ประสิทธิภาพทางความร้อน 12.7 %

### สรุปผลการวิจัย

การออกแบบและสร้างตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับอบแห้งพืช 4 ชนิดสำหรับนำไปเป็นชาสมุนไพรเป็นตู้อบแห้งชนิดลมร้อนที่แสงอาทิตย์สามารถตกกระทบกับผลิตภัณฑ์โดยตรง และลมร้อนจากแผงรับรังสีอาทิตย์ ตู้อบแห้งมีขนาดกว้าง 80 เซนติเมตร ยาว 150 เซนติเมตร และสูง 80 เซนติเมตร ส่วนแผงรับแสงอาทิตย์มีขนาดกว้าง 130 เซนติเมตร ยาว 150 เซนติเมตร และสูง 8 เซนติเมตร การไหลเวียนอากาศภายในตู้อบแห้งเป็นระบบไหลเวียนอากาศแบบพาความร้อนตามธรรมชาติ มีความจุในการอบผักหวานและใบหม่อน 2 กิโลกรัม ใบเตย 4 กิโลกรัม และตะไคร้ 6 กิโลกรัม อุณหภูมิภายในตู้อบแห้งสูงสุด 69.2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์อากาศอยู่ระหว่าง 21 - 32 % ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 26.5 % ที่อุณหภูมิอากาศแวดล้อม 44.0 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์อากาศอยู่ระหว่าง 16 - 18 % ความชื้นสัมพัทธ์อากาศเฉลี่ย 17 % และความชื้นแสงอาทิตย์ 1056 วัตต์/ตารางเมตร ความร้อนที่สูญเสียออกจากระบบด้านบน ด้านข้าง และด้านล่างมีค่าเท่ากับ 0.0035 กิโลวัตต์ 0.028 กิโลวัตต์ และ 2.67 กิโลวัตต์ ตามลำดับ มีการสูญเสียความร้อนรวมคือ 2.70

กิโลวัตต์ ทำให้ได้ประสิทธิภาพของตู้อบแห้งเป็น 12.7% การอบ ผักหวาน ตะไคร้ ใบหม่อน และใบเตย มีความชื้นเริ่มต้นผักหวาน 262.1 % ความชื้นสุดท้ายที่ 3.6 % ใช้เวลาในการอบแห้ง 4 ชั่วโมง มีอุณหภูมิภายในตู้อบแห้ง 39.1 – 69.2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์อากาศเฉลี่ย 31 % มีอุณหภูมิอากาศแวดล้อม 44.0 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์อากาศเฉลี่ย 19.5 % การอบแห้งใบหม่อนจะทำการอบแห้งพร้อมกับผักหวานโดยมีความชื้นเริ่มต้น 252.7 % ความชื้นสุดท้ายที่ 3.9 % การอบใบเตยมีความชื้นเริ่มต้นที่ 295.3 % ความชื้นสุดท้ายที่ 5.1 % ใช้เวลาในการอบแห้ง 5 ชั่วโมง มีอุณหภูมิภายในตู้อบ 36.7 - 57.2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์อากาศเฉลี่ย 30.5 % มีอุณหภูมิกอากาศแวดล้อม 41.9 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์อากาศเฉลี่ย 22.5 % และการอบตะไคร้มีความชื้นเริ่มต้นที่ 681.3 % ความชื้นสุดท้ายที่ 5.2 % ใช้เวลาในการอบแห้ง 6 ชั่วโมง มีอุณหภูมิภายในตู้อบแห้ง 40.2 – 58.9 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์อากาศเฉลี่ย 32 % อุณหภูมิอากาศแวดล้อม 43.6 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์อากาศ เฉลี่ย 18.5 % อัตราการอบแห้งของผักหวานเท่ากับ 0.2 กิโลกรัม/ชั่วโมง ใบหม่อน 0.2 กิโลกรัม/ชั่วโมง ใบเตย 0.1 กิโลกรัม/ชั่วโมง และตะไคร้ 0.1 กิโลกรัม/ชั่วโมง

### กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย ที่สนับสนุนทุนการวิจัย และศูนย์วิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย ที่สนับสนุนเครื่องมือและอุปกรณ์ เพื่อให้การดำเนินงานสำเร็จตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย

### เอกสารอ้างอิง

- [1] อนุรักษ์ ครอบทรัพย์, กิ่งผล โคตรเชื้อม, พุทธิกา ทิพมาศ และวารินทร์ เหล่าแขง, การเพิ่มประสิทธิภาพเครื่องอบแห้งสมุนไพรพลังงานแสงอาทิตย์, วารสาร มทร.อีสาน, ปีที่ 9 ฉบับที่ 1 2559
- [2] เสาวลักษณ์ ยอดวิญญูวงศ์, เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบมินิกรีนเฮาส์เพื่อชุมชน. คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม. มหาวิทยาลัยราชภัฏแพร่เพชร, 2560
- [3] สำนักงานอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุข, ประกาศกระทรวงสาธารณสุข -ข้อมูลจาก [https://www.fda.moph.go.th/sites/food/FileTraining/2564/1501\\_01.pdf](https://www.fda.moph.go.th/sites/food/FileTraining/2564/1501_01.pdf) (วันที่สืบค้นข้อมูล 6 กันยายน 2564)



[4] สุดธิดา อินทผล, อุปวิทย์ สุวคั่นธกุล,โอภาส สุขหวาน,  
การพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์.

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2551

[5] สุวัฒน์ ไทยนะ, ตู้อบแห้งด้วยแสงอาทิตย์.

วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. สถาบัน

เทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพฯ, 2552

[6] อรุณี ชัยสวัสดิ์, การถ่ายทอดเทคนิคการอบแห้งโดย  
ใช้พลังงานความร้อนจากแสงแดดในการจัดการมาตรฐาน

ผลิตภัณฑ์สมุนไพรและอุตสาหกรรมแปรรูป ในวิสาหกิจ  
ชุมชน. ปทุมธานี: สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

แห่งประเทศไทย, 2549



## การประยุกต์บล็อกเชนในการจัดการการขนส่งสินค้า Application of Blockchain for Goods Transportation Management

ธัญญารัตน์ ทาบทอง

สาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน

คณะโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยบูรพา 169 ถนนลพพาทย์บางแสน

ตำบลแสนสุข อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี 20131 62920280@go.buu.ac.th

### บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาเทคโนโลยีบล็อกเชนและความเหมาะสมในการประยุกต์ในการจัดการการขนส่ง ศึกษาปัญหาและแนวทางการแก้ไขในระบบการจัดการการขนส่ง และออกแบบกระบวนการดำเนินงานสำหรับการจัดการการขนส่ง โดยใช้การวิจัยเชิงคุณภาพ การสัมภาษณ์แบบเจาะลึกจากผู้ที่เกี่ยวข้องจำนวน 12 ท่าน ผลการวิจัยพบว่า บล็อกเชน สามารถสร้างความโปร่งใสในการทำธุรกรรมระหว่างกัน เนื่องจากจุดเด่นของ บล็อกเชน มีระบบที่ได้รับการอนุมัติร่วมกันแล้ว จะไม่สามารถเปลี่ยนแปลงข้อมูลได้ จากการวิเคราะห์ปัญหาด้วยผังก้างปลา พบว่าสาเหตุของปัญหาคือ การทำงานไม่มีประสิทธิภาพ ทั้งในด้านของพนักงาน กระบวนการทำงาน เครื่องมือที่ใช้ และการสื่อสาร เนื่องจากว่าข้อมูลถูกบันทึกบนโปรแกรมไมโครซอฟท์เอกซ์เซล และถูกจัดเก็บไว้คอมพิวเตอร์ส่วนตัวของพนักงานแต่ละคนทำให้ข้อมูลไม่ถูกเชื่อมต่อกันและไม่ถูกปรับอัตโนมัติ ดังนั้นเมื่อมีระบบที่ทุกคนสามารถเข้าถึงร่วมกันได้และระบบนั้นมีแบบฟอร์มที่อำนวยความสะดวกในการทำงาน โดยมีการออกแบบกรอบการทำงานการสร้างข้อมูลในแต่ละบล็อกแล้วส่งต่อไปยังหน่วยงานอื่น ๆ ในรูปแบบดิจิทัล ทำให้เห็นว่า เดิมทีมีกระบวนการทำงาน 15 ขั้นตอน ลดเหลือเพียง 7 ขั้นตอน

**คำสำคัญ :** เทคโนโลยี; บล็อกเชน; การจัดการ; การขนส่ง

### Abstract

The purposes of this research are to study blockchain technology and its suitability to be applied in transportation management, study of problems and solutions in the transportation management system, and design operational processes for transportation management by using qualitative research from in-depth interviews with 12 people who involved in transportation industry. The results showed that blockchain can create transparency of transactions in organizations because of the strengths of blockchain, when there is a system that has been approved together, the information cannot be changed. From the analysis of problems with fishbone diagram found that the cause of the problem was inefficient work, in terms of the employee's skill, work process, tools, and communication because the data is saved on the Microsoft Excel program and stored on each employee's personal computer, the information is disconnected and not automatically adjusted.

Therefore, when there is a system that everyone can access, a form that facilitates workflow, and a designed framework for creating data in each block and then copying it to other departments in digital format, it shows that a 15-step process has been reduced to just 7 steps.

**Key word :** Technology; Blockchain; Management; Transportation



## 1. บทนำ (Introduction)

ในปัจจุบันคงต้องยอมรับว่าโลกเทคโนโลยีได้เดินหน้าไปอย่างรวดเร็วและไม่มีการหยุดพัฒนา เทคโนโลยีเข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันและกลายเป็นส่วนหนึ่งของกิจกรรมซึ่งในหลายปีที่ผ่านมาการขนส่งสินค้าระหว่างประเทศสามารถกระตุ้นเศรษฐกิจโลกได้เป็นอย่างมาก จึงทำให้กระบวนการขนส่งสินค้ามีการปรับเปลี่ยนไปตามเทรนด์ ตามยุคสมัยเพื่อให้ความสะดวกสบายและสร้างความน่าเชื่อถือกับผู้ใช้บริการ ซึ่งแน่นอนว่ากระบวนการขนส่งสินค้านั้นมีองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องด้วยกันมากมาย เช่น แผนกขาย แผนกโลจิสติกส์ แผนกคลังสินค้า ไม่เพียงเท่านั้นยังมีองค์กรภายนอกที่เข้ามาเกี่ยวข้อง เช่น ผู้ให้บริการขนส่งสินค้า และห้างสรรพสินค้า หากมีผู้ที่เกี่ยวข้องหรือขั้นตอนการทำงานที่มากยิ่งขึ้นส่งผลให้เกิดความซับซ้อนในการทำงานมากขึ้น ทำให้เกิดข้อผิดพลาดจากมนุษย์ (Human Error) และเรื่องของการซับซ้อนเพื่อผลประโยชน์ส่วนตัวระหว่างที่สินค้าจะถึงมือผู้บริโภค เกิดความไม่โปร่งใสในกระบวนการทำงานที่ตรวจสอบได้ยาก

อย่างไรก็ตาม โดยปกติการกระจายสินค้าไปถึงมือผู้บริโภคนั้นควรจะเป็นการส่งสินค้าถึงที่หมายแล้วคือเป็นอันเสร็จสิ้น งานวิจัยฉบับนี้จะเป็นการนำสินค้าออกจากคลังสินค้าเมื่อมีคำสั่งซื้อจากแผนกขาย โดยสินค้าถูกส่งไปยังห้างสรรพสินค้าเพื่อจำหน่ายซึ่งมีระยะเวลาการเริ่มต้นและระยะเวลาสิ้นสุดการวางจำหน่ายหรือเรียกว่าการออกบูธจำหน่ายสินค้า อีกทั้งมีการนำสินค้ากลับเข้าคลังสินค้าเช่นเดิม หากจำหน่ายสินค้าไม่หมดในระยะเวลาที่กำหนด ดังจะเห็นได้ว่ากระบวนการเช่นนี้มีความซับซ้อนกว่าปกติ เพราะในการทำงานในแต่ละครั้งที่มีการส่งสินค้าเพื่อไปวางจำหน่าย ณ ห้างสรรพสินค้า มีขั้นตอนที่มากเพียงพอแล้ว แต่ยังมีการรอสินค้าเพื่อนำสินค้ากลับเข้าคลังสินค้าอีกครั้ง จึงทำให้เกิดความซับซ้อนในการทำงานเพิ่มขึ้นอีกชั้น

เช่น การทำงานของพนักงานเกิดข้อผิดพลาดได้จากการรับข้อมูลในแต่ละชุดจะมีออเดอร์การส่งสินค้า ตัวเลข และราคาของสินค้าในแต่ละประเภท รวมไปถึงสถานที่จัดส่งสินค้า จึงทำให้การสื่อสารและการจัดส่งสินค้าไม่มีประสิทธิภาพ เนื่องจากมีออเดอร์ที่มากเกินไปและการใช้เอกสารเกินความจำเป็น รวมไปถึงเอกสารนั้นสามารถย้อนกลับมาแก้ไขได้ เป็นต้น ดังนั้นเพื่อลดปัญหาความผิดพลาดในการทำงาน ลดความล่าช้า และเพิ่มความโปร่งใสในการทำงานมากยิ่งขึ้นนั้น ซึ่งจะต้องพึ่งพาเทคโนโลยีนำข้อมูลเข้าระบบดิจิทัลที่ช่วยให้ผู้ที่เกี่ยวข้องในระบบทราบข้อมูลได้ง่ายและพร้อมเพียงกัน อีกทั้งยังสามารถตรวจสอบย้อนกลับของข้อมูลได้รวดเร็วยิ่งขึ้น โดยเทคโนโลยีหนึ่งที

ผู้วิจัยเห็นว่า สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการแก้ไขปัญหาดังกล่าวนี้ ชื่อว่า บล็อกเชนเป็นเทคโนโลยีที่สามารถนำมาประยุกต์เพื่อสร้างความปลอดภัยและน่าเชื่อถือของข้อมูลโดยไม่ต้องอาศัยคนกลาง [1] เป็นนวัตกรรมที่จะเข้ามาเปลี่ยนแปลงรูปแบบการจัดการข้อมูลและขั้นตอนการทำธุรกรรมให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น [2] เทคโนโลยีบล็อกเชนถูกนำไปประยุกต์กับบิตคอยน์ หลายคนอาจเข้าใจว่าบิตคอยน์กับบล็อกเชนคือเทคโนโลยีตัวเดียวกัน จริง ๆ แล้ว บิตคอยน์คือ นามสกุลเงินดิจิทัล ที่สามารถซื้อขายได้ผ่านระบบออนไลน์ แต่บล็อกเชนเป็นเทคโนโลยีที่อยู่ข้างหลังบิตคอยน์ โดยจะคอยตรวจสอบธุรกรรมที่เกิดขึ้นระหว่างบุคคล ซึ่งจะมีความปลอดภัยมากกว่าปกติ [3] โดยปกติการทำธุรกรรมออนไลน์จะต้องพึ่งพาบุคคลที่สามในการทำหน้าที่ตรวจสอบความน่าเชื่อถือของธุรกรรม บล็อกเชนเป็นนวัตกรรมที่เข้ามาเปลี่ยนแปลงรูปแบบการจัดการข้อมูลและขั้นตอนการทำธุรกรรมให้มีประสิทธิภาพ ปัจจุบันการใช้บล็อกเชนไม่ได้จำกัดเฉพาะในธุรกิจออนไลน์และอุตสาหกรรมการเงินเท่านั้น แต่มีแนวโน้มที่จะประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอื่นอย่างกว้างขวาง [4] ข้อดีของเทคโนโลยีบล็อกเชนสามารถออกแบบมาเพื่อแก้ปัญหาความไม่ไว้วางใจกัน โดยไม่จำเป็นต้องมีคนกลางเข้ามาสร้างความน่าเชื่อถือ หรือระบบไม่รวมศูนย์กลาง (Decentralization) รวมไปถึงเป็นระบบที่รับประกันได้ว่าข้อมูลที่ผ่านการกำหนดข้อตกลงร่วมกันแล้วจะไม่สามารถถูกปลอมแปลงหรือแก้ไขได้ บล็อกเชนคือระบบ (Database) แบบหนึ่ง โดยบล็อก (Block) ทำหน้าที่ส่งต่อข้อมูลที่เกิดขึ้นให้กับผู้ที่เกี่ยวข้องในระบบได้ทำการตรวจสอบ ซึ่งมีการพิสูจน์ความถูกต้องของข้อมูลของแต่ละคนในระบบ ส่วนนี้ทำให้มีความปลอดภัยและไม่สามารถย้อนกลับไปแก้ไขได้ เนื่องจากว่าเมื่อผู้ที่เกี่ยวข้องในระบบได้ทำการยืนยันว่าข้อมูลมีความถูกต้องแล้ว จะถูกเก็บเป็นสำเนาไว้ในเครื่องของทุกคนมาเรียงร้อยต่อเนื่องกันเป็นห่วงโซ่ (Chain) โดยผู้ที่เกี่ยวข้องในระบบจะสามารถทราบข้อมูลร่วมกันทันทีเมื่อมีการอัปเดตข้อมูลใด ๆ ก็ตาม สำเนาข้อมูลจะทำการอัปเดตในเวลาใกล้เคียงกันมาก ทำให้การปลอมแปลงข้อมูลเป็นเรื่องที่ยาก ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาเทคโนโลยีบล็อกเชนเพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาคะบวนการทำงานที่มีความซับซ้อน ลดการปลอมแปลงเอกสาร ลดความผิดพลาดกับผู้ที่เกี่ยวข้องในระบบให้ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

## 2. วิธีวิจัย (Research Methodology)

2.1 ค้นคว้าศึกษาปัญหาและกำหนดวัตถุประสงค์  
ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการการ



ขนส่งสินค้า และศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับ  
เทคโนโลยีบล็อกเชน

2.2 ศึกษาลักษณะการทำงานในอดีต งานวิจัยฉบับนี้จะเป็นการนำสินค้าออกจากคลังสินค้าเมื่อมีคำสั่งซื้อจากแผนกขาย โดยสินค้าถูกส่งไปยังห้างสรรพสินค้าเพื่อจำหน่ายซึ่งมีระยะเวลาการเริ่มต้นและระยะเวลาสิ้นสุดการวางจำหน่าย อีกทั้งมีการขนถ่ายสินค้ากลับเข้าคลังสินค้าเช่นเดิม ถ้าหากจำหน่ายสินค้าไม่หมดในระยะเวลาที่กำหนด

2.2.1 ผู้ที่เกี่ยวข้องทั้งภายในองค์กรและภายนอกองค์กรของอุตสาหกรรมเครื่องใช้ไฟฟ้า โดยทำการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive Selection) ภายในองค์กร จำนวน 8 ท่าน คือแผนกขาย 2 ท่าน แผนกโลจิสติกส์ 3 ท่าน และแผนกคลังสินค้า 3 ท่าน ภายนอกองค์กร จำนวน 4 ท่าน คือผู้ให้บริการขนส่งสินค้า 2 ท่าน และห้างสรรพสินค้า 2 ท่าน รวมทั้งสิ้น 12 ท่าน

### 2.3 เก็บรวบรวมข้อมูล

2.3.1 ผู้วิจัยจะทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจากปัญหาที่เกิดขึ้น ตั้งแต่ มกราคม-มีนาคม พ.ศ. 2563 เป็นเวลา 3 เดือน

2.3.2 การศึกษาคำว่าข้อมูลจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง (Documentary Research) โดยทำการค้นคว้าจากหนังสือ บทความ สื่ออิเล็กทรอนิกส์ รายงานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับความหมาย องค์ประกอบ และลักษณะของการทำงานของเทคโนโลยีบล็อกเชน เพื่อนำมาประกอบการวิเคราะห์ในการทำวิจัยในขั้นต่อไป

2.3.3 การศึกษาวิจัยเชิงคุณภาพ เป็นการศึกษาปัญหาที่เกิดจากการทำงาน เพื่อนำมาใช้เป็นแนวทางในการแก้ปัญหา โดยผู้วิจัยใช้เทคนิคการสัมภาษณ์แบบเจาะลึก (In-depth Interview) จากผู้ที่เกี่ยวข้องทั้งภายในองค์กรและภายนอกองค์กร จำนวน 12 ท่าน และนำไปทำการวิเคราะห์ข้อมูลในขั้นต่อไป

### 2.3.4 ขั้นตอนการทำงานในแต่ละแผนก

1. แผนกขาย ส่งเอกสารที่เรียกว่าใบสั่งสินค้าให้กับแผนกโลจิสติกส์เพื่อนำไปวางจำหน่ายที่ห้างสรรพสินค้า โดยมีการระบุข้อมูล เช่น ชนิดสินค้า จำนวน ราคา เลขรหัสสินค้า วันที่ส่งสินค้าและสถานที่ส่งสินค้า

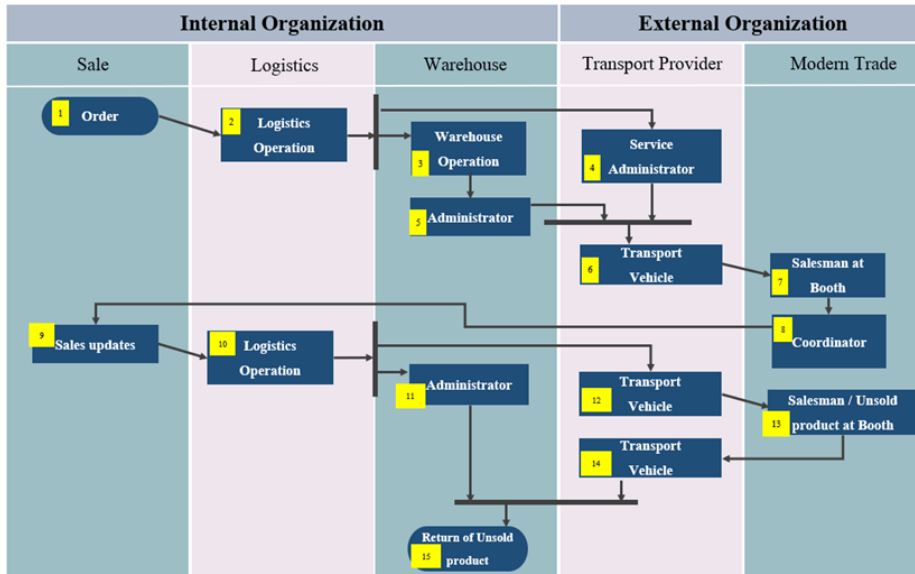
2. แผนกโลจิสติกส์ เมื่อรับใบสั่งสินค้าจากแผนกขายแล้วนั้นจะมีการกระจายข้อมูลให้แผนกคลังสินค้า (Inventory) และบริษัทผู้ให้บริการขนส่งสินค้า โดยมีการระบุข้อมูลเช่น ชนิดสินค้า จำนวน เลขรหัสสินค้า ขนาดสินค้า วันที่ขนถ่ายสินค้า สถานที่ส่งสินค้าและชื่อบริษัทที่ให้บริการขนส่ง เป็นต้น เพื่อจัดเตรียมสินค้าให้พร้อมสำหรับ

การขนถ่ายสินค้า

3. แผนกคลังสินค้า เตรียมเอกสารใบนำสินค้าเข้า-ออกโรงงาน เพื่อให้พนักงานขับรถของบริษัทขนส่งสินค้ายื่นเป็นหลักฐานสำหรับการเข้า-ออกโรงงานและใบสั่งสินค้าไว้สำหรับการเซ็นรับเมื่อขนถ่ายสินค้าเสร็จสิ้น ณ ห้างสรรพสินค้า ซึ่งใบสั่งสินค้าจะทำการตัดลอกไว้เพื่อให้กับพนักงานขายสินค้าที่บูธเก็บไว้เป็นหลักฐานทั้งสองฝ่าย

4. ผู้ให้บริการขนส่งสินค้า ดำเนินการตามใบสั่งสินค้าที่ได้รับข้อมูลมาจากแผนกโลจิสติกส์ เช่น วันที่ขนถ่ายสินค้า สถานที่ส่งสินค้า จำนวนและขนาดสินค้า เป็นต้น และจะต้องแจ้งชื่อพนักงานขับรถ ทะเบียนรถให้กับแผนกโลจิสติกส์และแผนกคลังสินค้าทราบ

5. ห้างสรรพสินค้า มีพื้นที่เช่าสำหรับวางสินค้าเพื่อจำหน่ายในระยะสั้น ให้กับผู้ประกอบการที่สนใจวางสินค้าเพื่อสร้างยอดขายหรือมีการทำโฆษณาเพื่อให้ผู้บริโภครู้จักแบรนด์สินค้าของตน



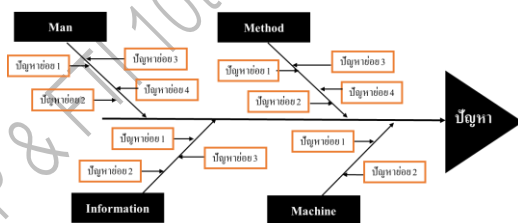
ภาพที่ 1 ขั้นตอนการดำเนินงานแต่ละแผนก (เดิม)

## 2.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

### 2.4.1 ผังก้างปลา (Fishbone Diagram) ซึ่ง

ผู้วิจัยนำเอาเครื่องมือที่ช่วยให้สามารถวิเคราะห์ปัญหาหรือสาเหตุที่เกี่ยวข้องหลายปัจจัย เนื่องจากว่าผู้วิจัยได้ทำการระดมสมอง เพื่อให้ผู้ที่เกี่ยวข้องนั้นร่วมกันหาสาเหตุของปัญหาอย่างเป็นระบบ โดยผู้วิจัยจะศึกษาถึงปัจจัยที่ทำให้เกิดปัญหาทั้งหมด 4 ประเภท 3E 1I ดังนี้

- 1.1 M (Man) พนักงานหรือผู้ที่เกี่ยวข้อง
- 1.2 M (Method) กระบวนการทำงาน
- 1.3 M (Machine) อุปกรณ์หรือเครื่องมือที่ใช้ในกระบวนการทำงาน
- 1.4 I (Information) การสื่อสาร



ภาพที่ 2 ผังก้างปลา (Fishbone Diagram)

2.4.2 การค้นคว้าข้อมูลจากเอกสาร (Document Study) ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลที่สำคัญมาเป็นแนวคิด เพื่อทำการวิเคราะห์ปัญหาและประเด็นสำคัญ

2.4.3 การระดมสมอง (Brainstorming) สร้างความคิดที่หลากหลายภายในกลุ่ม เพื่อเป็นแนวทางสำหรับ

การวางแผนการดำเนินการ การค้นหาสาเหตุของปัญหา

2.4.4 การสัมภาษณ์แบบเจาะลึก (In-depth Interview) ผู้วิจัยนำข้อมูลจากการสัมภาษณ์แบบเจาะลึกเพื่อนำมาเปรียบเทียบในด้านความคิดของแต่ละผู้ที่เกี่ยวข้องในลักษณะเชิงพรรณนา (Descriptive Analysis) เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ของงานวิจัย

2.5 ออกแบบบล็อกเชนในกระบวนการจัดการการขนส่งสินค้า

งานวิจัยฉบับนี้ต้องการให้ข้อมูลมีความปลอดภัยและลดปัญหาการฉ้อโกง ลดความไม่โปร่งใสในการทำงานสามารถตรวจสอบย้อนกลับได้อย่างรวดเร็วและถูกต้อง และที่สำคัญทุกคนสามารถเห็นธุรกรรมต่าง ๆ ในระบบได้ โดยไม่จำเป็นต้องมีคนกลางเข้ามาสร้างความน่าเชื่อถือ บล็อกเชนนี้นจะเป็นการจัดเก็บข้อมูลในรูปแบบของบล็อกซึ่งมีการเชื่อมต่อในแต่ละบล็อกเข้าด้วยกัน ด้วยค่าแฮชฟังก์ชันและมีการกระจายให้ทุก ๆ คนในระบบทราบเพื่อเก็บข้อมูลและเห็นข้อมูลพร้อม ๆ กันแบบเรียลไทม์

## 3. ผลการวิจัย (Results)

จากการศึกษาการประยุกต์บล็อกเชนในการจัดการการขนส่งสินค้า มีการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยผังก้างปลาเพื่อเก็บสาเหตุของปัญหา โดยมีรายละเอียดดังนี้

### 3.1 M (Man) พนักงานหรือผู้ที่เกี่ยวข้อง

พนักงานมีอายุการทำงานน้อย ทำให้ขาดประสบการณ์ ทำงานช้าและขาดความรอบครอบ อีกทั้งยังขาดความซื่อสัตย์ในการทำงาน ผู้วิจัยเล็งเห็นว่าควรทำการจัดหัวข้อฝึกอบรมพนักงานเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการ



ทำงานที่ดีและเข้าใจเนื้องานมากยิ่งขึ้น

### 3.2 M (Method) กระบวนการทำงาน

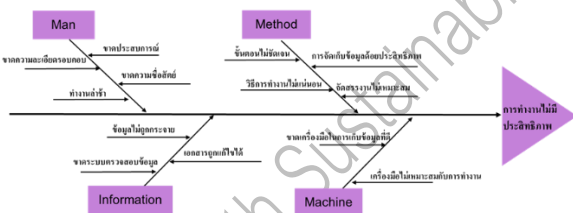
เนื่องจากมีขั้นตอนการทำงานไม่ชัดเจน วิธีการทำงานไม่แน่นอนปรับเปลี่ยนวิธีการทำงานหน้างานบ่อยครั้ง และจัดสรรงานไม่เหมาะสมกับบุคลากร ผู้วิจัยจึงเห็นว่าควรลดขั้นตอนที่ซับซ้อน และจัดการขั้นตอนใหม่ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

### 3.3 M (Machine) อุปกรณ์ หรือเครื่องมือที่ใช้ในกระบวนการทำงาน

ไม่มีระบบที่สามารถรองรับการทำงานที่ดีและยังมีการส่งข้อมูลโดยใช้โปรแกรมไมโครซอฟท์เอกซ์เซลและส่งผ่านข้อมูลด้วยกันทางอีเมลเท่านั้น และมีการใช้เอกสารในรูปแบบที่เป็นกระดาษง่ายต่อการแก้ไขและปลอมแปลง ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการศึกษาข้อมูลนำเข้าสู่ระบบดิจิทัลเพื่อให้ผู้ที่เกี่ยวข้องนั้นสามารถเข้าถึงข้อมูลร่วมกันได้และลดการใช้กระดาษโดยสามารถนำกระดาษเข้ามาจัดเก็บในรูปแบบดิจิทัลไฟล์ได้

### 3.4 I (Information) การสื่อสาร

เนื่องจากข้อมูลไม่สามารถกระจายไปยังผู้ที่เกี่ยวข้องได้พร้อมกันมีการรับข้อมูลส่งต่อเป็นทอด ๆ ทำให้การสื่อสารผิดพลาดได้ง่าย ดังนั้นหากนำข้อมูลเข้าสู่ระบบดิจิทัลและลดขั้นตอนการสื่อสารได้จะทำให้การทำงานมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นและเร็วไวมากขึ้น

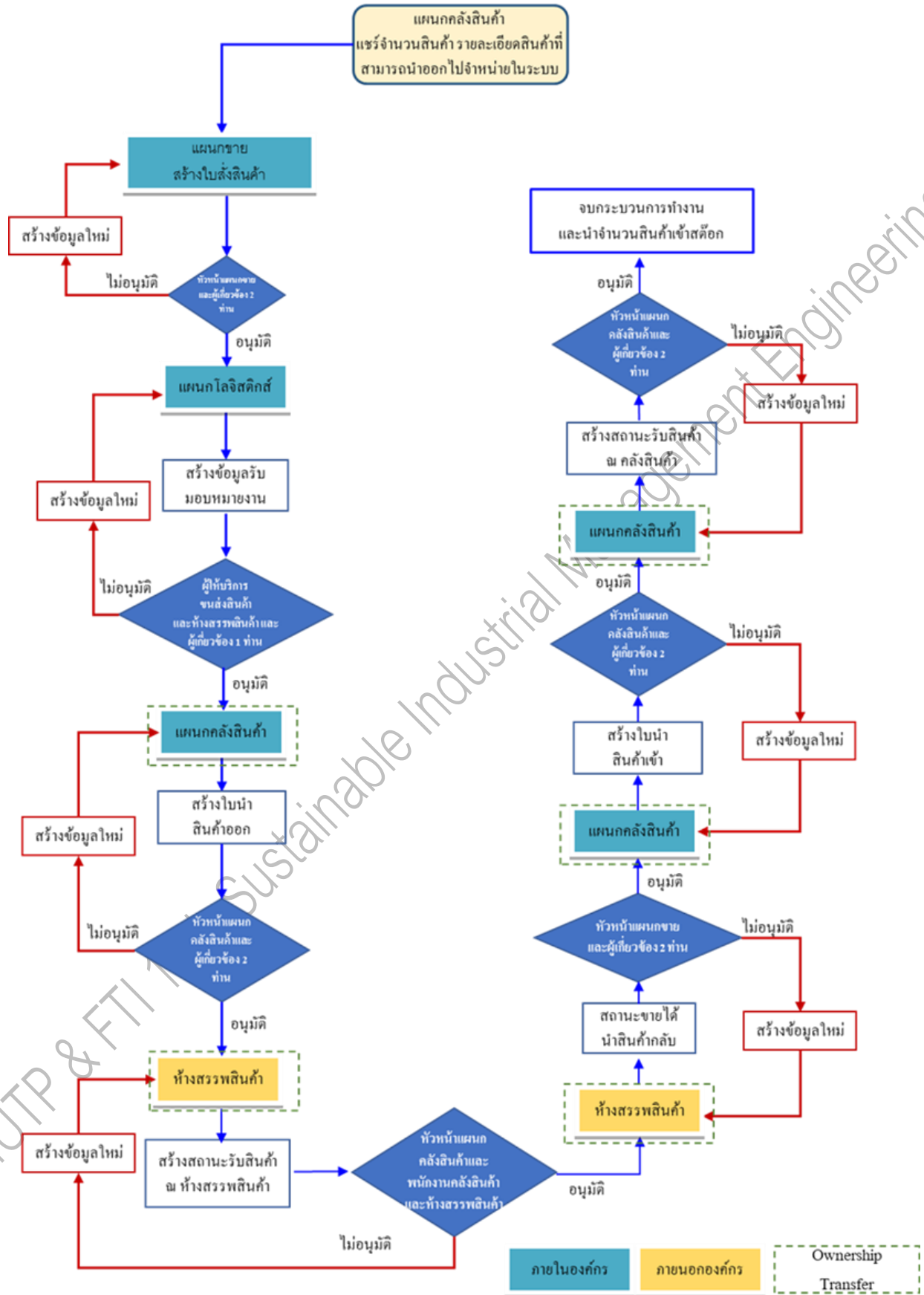


ภาพที่ 3 ผังกว้างปลาสาเหตุหลักและสาเหตุย่อย

จากการวิจัยพบว่าปัญหาการทำงานแบบเดิมไม่มีประสิทธิภาพ ทำให้ต้องใช้เวลาอย่างมากในการทราบผลการดำเนินงานของแต่ละแผนก เนื่องจากว่าผู้ที่เกี่ยวข้องนั้นโดยปกติมีการทำงานส่งข้อมูลด้วยโปรแกรมไมโครซอฟท์เอกซ์

เซลส่งข้อมูลผ่านอีเมล จึงเป็นเหตุผลที่ไม่สามารถทำให้ระบบการทำงานมีประสิทธิภาพ และด้วยโปรแกรมไมโครซอฟท์เอกซ์เซล ผู้ที่เกี่ยวข้องในระบบถือข้อมูลไม่เหมือนกันอีกทั้งยังเป็นระบบออฟไลน์ที่ต่างคนต่างเก็บข้อมูลไว้ในเครื่องคอมพิวเตอร์ของตัวเองทำให้ข้อมูลไม่ได้ถูกเชื่อมต่อไปถึงคนอื่น ๆ หรือข้อมูลถูกอัปเดตผ่านทางอีเมลแล้วลืมอัปเดตในโปรแกรมไมโครซอฟท์เอกซ์เซลของตัวเอง จึงส่งผลให้การทำงานนั้นล่าช้าส่งผลเสียต่อกระบวนการดำเนินงานในทุก ๆ ส่วนงาน อีกทั้งยังไม่สามารถตรวจสอบได้ว่าใครเป็นผู้รับผิดชอบหากสินค้าสูญหาย เนื่องจากว่าการทำงานในรูปแบบเดิมไม่ได้มีการส่งข้อมูลไปถึงกันภายในครั้งเดียวมีการแบ่งกันรับข้อมูลในแต่ละส่วน ซึ่งมีถึง 15 ขั้นตอนด้วยกันจนจบการทำงานเพียง 1 งาน ทำให้เห็นว่ามีตัวกลางที่คอยส่งต่อข้อมูลส่งผลให้เสียเวลาการรอคอย อาจมีการบิดเบือนข้อมูลได้ง่าย

ดังนั้นการนำบล็อกเชนเข้ามาใช้แก้ปัญหาพร้อมกับการดำเนินงานเพื่อป้องกันไม่ให้ผู้ที่เกี่ยวข้องกระทำการบางอย่างที่มิชอบ บล็อกเชนเป็นเทคโนโลยีที่สามารถช่วยเหลือความไม่โปร่งใสในช่องทางที่เกิดขึ้นจากการดำเนินงาน โดยมีการออกแบบกรอบการทำงานการสร้างข้อมูลในแต่ละบล็อกแล้วส่งต่อไปยังหน่วยงานอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องทั้งหมดและอนุมัติโดยผู้ที่เกี่ยวข้องร่วมยืนยันความถูกต้องในการทำงานของระบบโดยมีการอ้างอิงจากจำนวนพนักงานในแผนกที่เกี่ยวข้องกับงานของบล็อกนั้น ๆ 2 ใน 3 ท่าน หรือจำนวนมากกว่าครึ่งหนึ่งของผู้ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งการสร้างข้อมูลขึ้นมาแล้วหากมีการแก้ไขจะไม่สามารถทำได้ จะต้องทำการสร้างข้อมูลขึ้นมาใหม่และจะถูกนำไปเรียงร้อยต่อเป็นห่วงโซ่ทำให้ลดความไม่โปร่งใสในกระบวนการทำงานได้และสามารถลดความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากมนุษย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากว่าข้อมูลจะถูกเก็บไว้ในระบบทำให้ผู้ที่เกี่ยวข้องนั้นรับทราบเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น โดยผู้ที่เกี่ยวข้องมีสิทธิเห็นข้อมูลต่าง ๆ ได้จากการใช้บล็อกเชนประเภท Consortium Blockchain แลกเปลี่ยนข้อมูลเชื่อมต่อกันระหว่างบริษัทได้ เนื่องจากสามารถกำจัดสิทธิได้เฉพาะผู้ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการเท่านั้น



ภาพที่ 4 ขั้นตอนการทำงานหลังจากออกแบบกรอบการทำงาน





ในรูปแบบใหม่นั้นทำให้เห็นได้ว่า ลดขั้นตอนการทำงานเหลือเพียง 7 ขั้นตอน เมื่อแผนกขายได้ทำการสร้างข้อมูลเข้าระบบทุกคนจะสามารถเห็นข้อมูลได้ตั้งแต่เริ่มทันทีหลังจากได้รับการอนุมัติจากผู้ที่เกี่ยวข้องแล้ว เมื่อผู้ที่เกี่ยวข้องกระทำการอะไรบางอย่าง ข้อมูลจะถูกบันทึกเข้าระบบทั้งหมด และจะถูกสำเนาเข้าไปยังเซิร์ฟเวอร์ทุกคนในระบบทันที และนำกระบวนการโอนกรรมสิทธิ์ (Ownership Transfer) เข้ามาใช้ในการดูแลสินค้าอีกชั้นในระหว่างขนส่งเพื่อให้สินค้านั้นจะมีผู้ที่รับผิดชอบสินค้าไม่ให้สูญหายหรือชำรุด

#### 4. อภิปรายผล (Discussion)

ผลการวิจัยเรื่อง การประยุกต์บล็อกเชนในการจัดการการขนส่งสินค้า จากการวิเคราะห์ฝั่งก้างปลาพบว่า พนักงานหรือผู้ที่เกี่ยวข้องยังขาดประสบการณ์ทำงาน ทำให้ขาดความชำนาญ ขาดความรอบคอบ โดยพนักงานควรได้ทำการฝึกอบรมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัย [5] ได้ศึกษาศึกษาความต้องการฝึกอบรมเพื่อพัฒนาศักยภาพของบุคลากรในสังกัดมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ บุคลากรมีความต้องการในการฝึกอบรมเพื่อเพิ่มพัฒนาศักยภาพให้ตนเองโดยรวมที่อยู่ในระดับมาก ซึ่งการพัฒนาความสามารถให้กับตนเองนั้นส่งผลให้มีความชำนาญ และสามารถพัฒนาการทำงานให้มีประสิทธิภาพและก้าวหน้าได้ดียิ่งขึ้น

นอกจากนี้ ควรทำการพัฒนากระบวนการทำงานให้มีขั้นตอนการทำงานที่ชัดเจน ลดความซับซ้อน และมีข้อมูลที่กระจายไปยังทุกคนในระบบ ระบบบล็อกเชนที่ทำงานอยู่บนดิจิทัลทำให้การสื่อสารมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ซึ่งทุกคนในระบบสามารถเข้าถึงข้อมูลได้ โดยผู้ที่มีอำนาจจะคอยอัปเดตข้อมูลจากการสร้างบล็อกข้อมูลต่าง ๆ ภายในระบบ ทุกคนสามารถรับข้อมูลเดียวกันในแต่ละบล็อกได้ในระยะเวลาที่ใกล้เคียงกันมาก ซึ่งแทบจะไม่ต้องรอการส่งข้อมูลเป็นทอด ๆ แบบการทำงานเช่นเดิม ผลการวิจัยครั้งนี้ ยังสอดคล้องกับงานวิจัย [6] ได้ศึกษาและนำเสนอแนวทางในการปรับปรุงขั้นตอนการทำงาน ผลวิจัยกล่าวว่า ขั้นตอนการดำเนินงานจัดทำเอกสารรูปแบบเดิมมีทั้งหมด 9 ขั้นตอน ทำงานผ่านโปรแกรมไมโครซอฟท์เอกซ์เซล โดยมีการนำเอาทฤษฎี ECRS เข้ามาช่วยปรับปรุงและลดขั้นตอนการทำงาน โดยให้มีวิธีการทำงานที่ง่ายขึ้นผ่านระบบออนไลน์ สามารถลดขั้นตอนการทำงานเหลือเพียง 7 ขั้นตอนโดยการพึ่งพาเครื่องมือที่ช่วยให้การไหลของข้อมูลเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพสามารถตรวจสอบได้ง่าย อีกทั้งยังเป็นการเพิ่มความ

ปลอดภัยของข้อมูลด้วยการเก็บข้อมูลในรูปแบบการกระจายข้อมูลให้ทุกคนในระบบ ข้อมูลที่ได้รับจะได้รับเหมือนกันทั้งหมด [7]

#### 5. สรุปผล (Conclusion)

จากการวิจัยเรื่อง การประยุกต์บล็อกเชนในการจัดการการขนส่งสินค้า พบว่าเทคโนโลยีบล็อกเชนช่วยให้การตรวจสอบข้อมูลของธุรกรรมที่เกิดขึ้นนั้นมีความโปร่งใส ผู้ที่เกี่ยวข้องในระบบที่ทุกคนสามารถเข้าถึงร่วมกันได้ และระบบนั้นมีแบบฟอร์มที่อำนวยความสะดวกในการทำงาน ทำให้ลดปัญหาการทำงานที่ไม่มีประสิทธิภาพให้ดียิ่งขึ้น ลดความซับซ้อนของการทำงานได้ จากการออกแบบขั้นตอนการทำงานใหม่นั้น ทำให้เห็นว่าสามารถลดขั้นตอนการทำงานเหลือเพียง 7 ขั้นตอน จาก 15 ขั้นตอน ในปัจจุบันนั้นเทคโนโลยีบล็อกเชนยังไม่ถูกนำไปประยุกต์กับงานทางด้านระบบการขนส่งสินค้าอย่างแพร่หลายในบริษัทและหน่วยงานต่าง ๆ จึงทำให้ขาดตัวอย่างที่มากพอที่สามารถนำมาวิเคราะห์เป็นต้นแบบได้ อาจสร้างระบบต้นแบบขึ้นมาใช้งานจริง เพื่อประเมินประสิทธิภาพ ปัญหาต่าง ๆ ความเข้ากันได้กับระบบงาน และค่าใช้จ่ายในการทำระบบ โดยอาจจะทำในระบบเล็ก ๆ ก่อน นอกจากนี้การวิจัยเรื่อง การประยุกต์บล็อกเชนในการจัดการการขนส่งสินค้า ยังเป็นเพียงขั้นตอนการออกแบบระบบ ซึ่งยังไม่ถูกนำไปใช้ทดสอบจริง จึงไม่สามารถคำนวณประสิทธิภาพแท้จริงที่เกิดขึ้นได้ อีกทั้งยังไม่ได้กล่าวถึงค่าใช้จ่ายในการนำเทคโนโลยีบล็อกเชนเข้าไปประยุกต์

#### 7. เอกสารอ้างอิง (Reference)

- [1] Nakamoto, S. (2551). Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system [Online]. Retrieved January 10th, 2563, Available: <http://bitcoin.org/bitcion.pdf>
- [2] ศูนย์วิจัยเศรษฐกิจและธุรกิจของธนาคารไทยพาณิชย์, Blockchain โอกาสที่ไม่ได้หยุดแค่การเงิน, ข้อมูลจาก <http://www.scbeic.com/th/detail/product/2619> (วันที่สืบค้นข้อมูล 12 มกราคม 2563)
- [3] สำนักงานส่งเสริมเศรษฐกิจดิจิทัล, Blockchain นวัตกรรมปฏิวัติสังคม, ข้อมูลจาก <https://www.depa.or.th/th/article-view/post-1530435032-5b3895d8e3aca> (วันที่สืบค้นข้อมูล



2 กุมภาพันธ์ 2563)

- [4] โสวิชญา สุปราณี, 2560, การยอมรับการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีบล็อกเชนในกระบวนการห่วงโซ่อุปทานของอุตสาหกรรมยานยนต์ไทย, วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
- [5] รัตนา ปฏิสนธิเจริญ, 2554, ความต้องการฝึกอบรมเพื่อพัฒนาศักยภาพของบุคลากรในสังกัดมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, สารนิพนธ์ กศ.ม. (ธุรกิจศึกษา), กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
- [6] มณีรัตน์ คลองเงิน, 2563, แนวทางการลดขั้นตอนการดำเนินงานเพื่อปรับปรุงคุณภาพในกระบวนการจัดทำเอกสารส่งออก กรณีศึกษา: บริษัทไทยโคโคเนท จำกัด (มหาชน), น.1475-1484. ในการประชุมวิชาการ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย ครั้งที่15 (สาขาวิศวกรรมศาสตร์)
- [7] Dwivedi, S.K., Amin, R., & Vollala, S. (2563).  
Blockchain base d secure d information  
sharing protocol in supply chain management  
system with key distribution mechanism.  
Journal of Information Security and  
Applications, 54, 1-15.



## การปรับปรุงกระบวนการติดตั้งดอกไม้ไฟ กรณีศึกษาบริษัทฮ้อเฮงไฟร์เวิร์ค

### Improving the Installation Process of Fireworks : A Case study Ho Heng Firework Company.

ศุภชัย บุญประเสริฐ<sup>1</sup>, มลธิรัตน์ แซ่อ่อง<sup>2</sup>, เจษฎา แสงศรีจันทร์<sup>3</sup>, อติศักดิ์ ไสวอมร<sup>4</sup>

สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ เขตสุพรรณบุรี

450 ถนน สุพรรณบุรี - ชัยนาท ตำบล ย่านยาว อำเภอสามชุก สุพรรณบุรี 72130

E-mail : blancheXII86@gmail.com , saeong\_m@hotmail.com , jad2056@gmail.com , atisak\_14@hotmail.com

#### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาเกี่ยวกับการศึกษาการลดเวลาและการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของ บริษัท ฮ้อเฮง ไฟร์เวิร์ค ปัญหาที่พบคือเกิดการได้เข้าศึกษาการทำงานที่ บริษัท ฮ้อเฮงไฟร์เวิร์ค ผู้วิจัยพบเห็นถึงปัญหาที่สำคัญของบริษัทนี้แบ่งออกเป็น 2 ด้านใหญ่ๆ คือ ด้านต้นทุนที่เกิดจากอุปกรณ์ที่ต้องใช้ในการติดตั้งสายไฟที่ใช้จุดพลุ และด้านเวลาที่ใช้ในการติดตั้งพลุโดยพนักงานที่ติดตั้งสายไฟจะใช้พนักงานชุดเดียวกันกับผู้ที่ไปติดตั้งพลุ ซึ่งเป็นจุดที่มีปัญหาและคาดว่าจะปรับปรุงเพื่อที่จะสามารถลดค่าใช้จ่ายที่ไม่จำเป็นให้กับทีมงานและลดเวลาเพื่อที่จะทำให้ทีมงานผลกำไรที่มากขึ้น ซึ่งพบว่าปัญหาที่เกิดขึ้นนั้นเกิดในส่วนของกระบวนการต่อสายเข้ากับบอร์ดยิงพลุในแต่ละลูกมีเวลานานและสิ้นเปลืองสายไฟเป็นจำนวนมากและใช้เวลาในการติดตั้งมากเกินไปผู้วิจัยได้ทราบถึงปัญหาการทำงานของบริษัท ฮ้อเฮง ไฟร์เวิร์ค จึงได้นำข้อมูลการทำงานดังกล่าวมานำวิจัยและแก้ปัญหาในการทำงานผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะศึกษาขั้นตอนกระบวนการติดตั้งพลุตั้งแต่นั้นขั้นตอนได้รับงานไปจนถึงการติดตั้งแล้วส่งมอบงานให้ลูกค้าเพื่อลดเวลาการติดตั้งสายไฟพลุลดต้นทุนจากอุปกรณ์ที่ต้องใช้ในการสั่งซื้อสายไฟลดค่าแรงในการติดตั้งสายไฟ ซึ่งผู้วิจัยได้ปรับปรุงในส่วน

**คำสำคัญ :** “การลดเวลาการทำงาน”, “การเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน”, “การลดต้นทุนการทำงาน”

#### Abstract

This research was to study the study of reducing the time and increasing the efficiency of work at Hong Heng Firework Company. The problem found was that the study was conducted at Ho Heng Firework Company. The researcher found the problem. The importance of this company is divided into 2 main areas, namely the cost incurred in the equipment required to install firecracker wires. and the time required to install the fireworks by the personnel installing the wires will use the same staff as the person who installed the fireworks. This is a problem area and is expected to improve in order to reduce unnecessary costs for the team and reduce time in order to make the team more profitable. It was found that the problem occurred in the process of connecting the wires to the firework bots in each ball for a long time and wasting a lot of wires and taking too much time to install the researcher. Knowing about the problems of working at Ho Heng Firework Company, therefore, using the said data for research and solving problems in the work, the researcher has an idea to study the process of installing the fireworks from step by step. Get the job to the installation and then deliver the job to the customer to reduce the installation time of firework wires, reduce the cost of equipment required to order wires, reduce the cost of installing wires. The researcher has improved the process of installing firework cables and found that it can reduce the cost of installing wires by 50 percent and can also reduce the installation time of wires for 3 fireworks from 6 minutes to 6 minutes 1 minute.

**Keywords:** “Reduction of Working Time”, “Increase of Work Efficiency”, “Reducing the Cost of Work”



## 1. บทนำ (Introduction)

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

บริษัท อ้อเฮงไฟร์เวิร์ค ตั้งอยู่ใน ตำบลวัดโบสถ์ อำเภอบาง  
ปลาม้า จังหวัดสุพรรณบุรี เป็นบริษัทที่รับงานจุดพลุทั่ว  
ประเทศไทย บริษัทนี้มีพนักงานทั้งหมด 8 คน ในการทำงาน  
และติดตั้ง สายไฟพลุและจุดพลุปัจจุบันงานประเภทการ  
ติดตั้งและจุดพลุแต่ละบริษัทนั้นมีการแข่งขันในเรื่องการ  
ติดตั้งสายไฟให้รวดเร็วตามเวลาและรูปแบบในการยิงที่ผู้จ้าง  
งานกำหนดมาโดยมีภาพพัฒนาขึ้นเรื่อยๆในแต่ละปีจึงทำให้ทีม  
พลุแต่ละทีมต้องหาวิธีการต่างๆเข้ามาช่วยเพื่อที่ทางทีมงาน  
จะได้มีผลกำไรที่เพิ่มขึ้นและลดเวลาในการติดตั้งสายไฟจาก  
การได้เข้าศึกษาการทำงานที่บริษัทอ้อเฮงไฟร์เวิร์คผู้วิจัยพบ  
เห็นถึงปัญหาที่สำคัญของบริษัทนี้แบ่งออกเป็น 2 ด้านใหญ่ๆ  
คือ ด้านต้นทุนที่เกิดจากอุปกรณ์ที่ต้องใช้ในแต่ละงานคือ  
สายไฟที่ใช้มีราคาสูงและเป็นสายไฟที่สั่งมาจากประเทศจีน  
เพราะไม่สามารถใช้สายไฟแบบธรรมดาทั่วไปได้เนื่องจากใน  
งาน 1งาน จะมีสถานที่จุดพลุที่ไม่เหมือนกันเพราะบางที่ไม่มี  
กระแสไฟมาให้เรา เราจึงต้องใช้แบตเตอรี่และสายไฟที่สั่งมา  
จากประเทศจีนในการจุดพลุและสายไฟประเภทนี้กระแสไฟ  
จะไหลผ่านได้ดีกว่าสายไฟแบบธรรมดาเพราะเป็นสายที่มี  
ขนาดเล็กและด้านเวลาที่ใช้ในการติดตั้งพลุโดยพนักงานที่  
ติดตั้งสายไฟจะใช้พนักงานชุดเดียวกันกับผู้ไปติดตั้งพลุ ซึ่ง  
เป็นจุดที่มีปัญหาและคาดว่าจะปรับปรุงเพื่อที่จะสามารถลด  
ค่าใช้จ่ายที่ไม่จำเป็นให้กับทีมงานและลดเวลาเพื่อที่จะทำให้  
ทีมงานมีผลกำไรที่มากขึ้น ซึ่งพบว่าปัญหาที่เกิดขึ้นนั้นเกิดใน  
ส่วนของกระบวนการต่อสายเข้ากับบอร์ดยิงพลุในแต่ละลูกมี  
เวลานานและสิ้นเปลืองสายไฟเป็นจำนวนมากและใช้เวลาใน  
การติดตั้งมากเกินไป ดังนั้นในงานวิจัยผู้วิจัยนี้จึงมีแนวคิดที่  
จะศึกษาขั้นตอนกระบวนการติดตั้งพลุตั้งแต่ขั้นตอนการรับ  
งานไปจนถึงการติดตั้งแล้วส่งมอบงานให้ลูกค้า เพื่อลดเวลา  
การติดตั้งสายไฟพลุลดต้นทุนจากการสั่งซื้อสายไฟลด  
ค่าแรงในการติดตั้งสายไฟ

### 1.2 วัตถุประสงค์

- 1.2.1 เพื่อลดเวลาในการติดตั้งสายไฟพลุ
- 1.2.2 เพื่อที่จะลดต้นทุนในการสั่งซื้อและติดตั้งสายไฟพลุ
- 1.2.3 เพื่อลดค่าแรงในการติดตั้งสายไฟ

### 1.3 ขอบเขตของการศึกษา

- 1.3.1 ศึกษาข้อมูลจากบริษัทอ้อเฮงไฟร์เวิร์คเท่านั้น
- 1.3.2 ระยะเวลาศึกษาเก็บข้อมูลตั้งแต่เดือนเมษายน พ.ศ.  
2563 ถึงเดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ.2564

133 ศึกษากระบวนการตั้งแต่ได้รับงานไปจนถึงการติดตั้ง  
แล้วส่งมอบงานให้ลูกค้า

1.3.4 วิเคราะห์ประสิทธิภาพเฉพาะในส่วน เวลาในการ  
ติดตั้งสายไฟพลุ ต้นทุนในการสั่งซื้อ สายไฟพลุ ค่าแรงในการ  
ติดตั้งสายไฟพลุ

1.3.5 ในงานวิจัยนี้ลักษณะงานมีทั้งหมด 3 ลักษณะ  
ดังนี้

- งานขนาดเล็กใช้พลุจำนวน 50 ลูก ใช้คนงานจำนวน  
3 คน ใช้สายไฟ 1 ม้วน (500 เมตร)

- งานขนาดกลางใช้พลุจำนวน 51-100 ลูก ใช้คนงาน  
จำนวน 5 คน ใช้สายไฟ 2 ม้วน (1,000 เมตร)

- งานขนาดใหญ่ใช้พลุจำนวน 101-300 ลูก ใช้คนงาน  
จำนวน 8 คน ใช้สายไฟ 3 ม้วน (1,500 เมตร)

1.3.6 ค่าแรงคนงานต่อวันคือ 300 บาทต่อคน 1.3.7  
ค่าติดตั้งสายไฟพลุคิดเป็นแบบเหมาจ่าย

- ก่อนปรับปรุงค่าติดตั้งคือ 200 บาทต่องานต่อคน -  
หลังปรับปรุงค่าติดตั้งคือ 100 บาทต่องานต่อคน

### 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 สามารถลดเวลาในการติดตั้งสายไฟได้

1.4.2 สามารถลดต้นทุนในการสั่งซื้อสายไฟในการ  
ติดตั้งสายไฟพลุได้

1.4.3 สามารถลดค่าแรงในการติดตั้งสายไฟในการ  
ติดตั้งได้

### 1.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

[1] นายจามร แซ่เบ้ (2553) จากการศึกษาการเพิ่ม  
ประสิทธิภาพในกระบวนการทำงาน เพื่อหาทางเลือกในการ  
ลดต้นทุนการผลิตและการศึกษาการลดต้นทุนค่าขนส่ง  
กรณีศึกษา บริษัท อัสสุวรรณ เปเปอร์ จำกัด กรณีศึกษา  
การอัดเศษกระดาษชนิด C-BBC,BBC,NDLK การอัดเศษ  
กระดาษชนิด C-BBC ที่มีมาตรฐานจะใช้เวลาเท่ากับ 611  
วินาที หรือ 10.11 นาที ส่วนการอัดเศษกระดาษชนิด C-  
BBC ที่ไม่มีมาตรฐานจะใช้เวลาเท่ากับ 700 วินาทีหรือ  
11.40 นาที ประหยัดเวลาได้ถึง 1.29 นาที การอัดเศษ  
กระดาษชนิด BBC ที่มีมาตรฐานจะใช้เวลาเท่ากับ 458  
วินาที หรือ 7.38 นาที ส่วนการอัดเศษกระดาษ ชนิด BBC ที่  
ไม่มีมาตรฐานจะใช้เวลาเท่ากับ 586 วินาทีหรือเท่ากับ 9.46  
นาที ประหยัดเวลาได้ถึง 2.8 นาที และการอัดเศษกระดาษ  
ชนิด NDLK ที่มีมาตรฐานจะใช้เวลาเท่ากับ 1,074 วินาที  
หรือ 17.54 นาที ส่วนการอัดเศษกระดาษชนิด NDLK ที่ไม่มี  
มาตรฐานจะใช้เวลาเท่ากับ 1,325 วินาทีหรือ เท่ากับ 22.5



นาที่ ประหยัดเวลาได้ถึง 4.55 นาที ซึ่งจากการตั้งเวลา  
มาตรฐานการผลิตจะลดค่าใช้จ่ายต่อเดือนได้ถึง 5,164 บาท  
หรือเท่ากับ 13.51 เปอร์เซ็นต์ ของค่าใช้จ่ายในการผลิตก่อน  
การตั้งเวลามาตรฐาน และปัญหาเรื่องต้นทุนค่าขนส่งที่สูงสืบ  
เนื่องมาจากปัจจัยการบริหารงานอย่างไม่มีประสิทธิภาพของ  
บริษัทในเรื่องน้ำหนักบรรทุกของรถบรรทุกที่ไม่เต็มอัตราแต่  
เสียค่าใช้จ่ายต่อเที่ยวและไม่มีการวางแผนจัดเส้นทางในการ  
รับสินค้าจากลูกค้าจึงได้มีการแก้ไขปัญหาโดยสร้าง  
แบบจำลองใหม่ขึ้นทำให้การบริหารจัดการรถมีประสิทธิภาพ  
มากยิ่งขึ้นโดยปริมาณการรับซื้อสินค้าที่จัดเก็บข้อมูลภายใน  
3 เดือน ส่งผลให้สามารถลดค่าใช้จ่ายลงโดยเฉลี่ย  
55,988.97 บาท ต่อไตรมาส

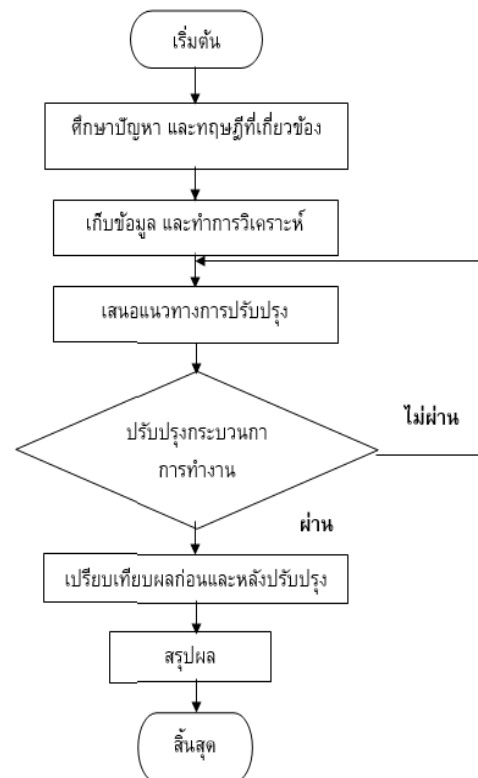
[2] ลัลลนา สุวรรณ (2560) งานวิจัยนี้นำเสนอการ  
ปรับปรุงกระบวนการดำเนินงานเพื่อลดต้นทุนคลังบรรจุ  
ภัณฑ์สินค้าโดยใช้ การกำจัด - การรวมกัน - การจัดใหม่ -  
การทำให้ง่าย เรียกว่า หลักการ "ECRS" กรณีศึกษาผู้ผลิต  
โคมไฟ ผลดำเนินงานพบว่าปริมาณสินค้าคงคลังในส่วนที่  
เกี่ยวข้องกับบรรจุภัณฑ์ลดลงและสามารถลดต้นทุนการ  
สั่งซื้อบรรจุภัณฑ์ที่มีรายการสั่งซื้อน้อยแต่หลากหลาย โดย  
การปรับนโยบายการสั่งซื้อส่งผลให้สามารถลดต้นทุน  
คลังสินค้าบรรจุภัณฑ์ได้อย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเปรียบเทียบ  
ระหว่างหกเดือนก่อนปรับปรุง (ม.ค. - มิ.ย. 2559) และหก  
เดือนหลังปรับปรุง (ก.ค. - ก.ย. 2559)

[3] ศิวพร สุกสี (2562) ในงานวิจัยนี้คณะผู้วิจัยมี  
วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางในการลดค่าใช้จ่ายทางด้าน  
เชื้อเพลิงและกำหนดปริมาณการขนส่งให้แก่บริษัทจำหน่าย  
อุปกรณ์ระดับยนต์ในจังหวัดสุรินทร์ที่ต้องการกระจาย  
สินค้าแก่ลูกค้าในประเทศไทย จากการจัดเส้นทางเดินรถ  
ของบริษัทจำหน่ายอุปกรณ์ระดับยนต์สามารถสรุปผลใน  
ภาพรวมว่าจำนวนเส้นทางที่ได้จากการจัดเส้นทางของทุกวิธี  
นั้นมีจำนวนเท่ากันคือ 6 เส้นทาง และเมื่อพิจารณาจะเห็นว่า  
ต้นทุนการขนส่งรวมที่ได้จากการจัดเส้นทางเดินรถด้วย  
วิธีการอัลกอริทึมแบบประหยัดมีค่าสูงสุดที่ 21,099.70 บาท  
และเมื่อปรับปรุงค่าตอบโดยใช้โปรแกรมเชิงเส้นจำนวนเต็ม  
แบบทวิภาคด้วยตัวแบบปัญหา TSP ต้นทุนการขนส่ง รวมจะ  
ลดลงมาที่ 21,053.44 บาท แต่ถ้าหากใช้วิธีการเดินทางจาก  
เมืองที่ใกล้ที่สุดจะมีต้นทุนการขนส่งรวมต่ำที่สุดคือ  
20,647.38 บาท

[4] ศักดิ์ดา ศิริภัทรโสภณ (2563) การศึกษาค้นคว้านี้มี  
วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการนำระบบการผลิตแบบลีนมา  
ประยุกต์ใช้ในการทำงานจริงเพื่อหาแนวทางการปรับปรุง  
ประสิทธิภาพในการผลิตของผลิตภัณฑ์และลดต้นทุนสินค้า  
ในผลิตภัณฑ์คอลลาเจนชนิดผง ของบริษัท โรงงานเภสัช

อุตสาหกรรม เจเอสพี (ประเทศไทย) จำกัด พบว่าการ  
ออกแบบบรรจุภัณฑ์กล่องที่ใช้มีขนาดใหญ่เกินความจำเป็น  
เมื่อเทียบกับขนาดของโดยกล่องมีขนาด 9x10.7x10  
เซนติเมตร (กว้างxยาวxสูง) และขนาดของ 8.5x5  
เซนติเมตร (กว้างxยาว) ความแตกต่างระหว่างกล่องและของ  
คือกล่องมีความสูงมากกว่าของถึง 1.5 เซนติเมตร ซึ่งเป็น  
การใช้วัสดุกล่องที่เกินความจำเป็น จากผลการดำเนินการ  
จึงสามารถลดต้นทุนสินค้าได้จากเดิมราคา 224 บาท ต่อ  
กล่องลดลงเหลือ 223.21 บาทต่อกล่อง ลดลง 0.79 บาทต่อ  
กล่อง คิดเป็นร้อยละ 0.35 ซึ่งจากเป้าหมายของลูกค้า  
กำหนดไว้คือ อย่างน้อยร้อยละ 0.5-1 แต่เนื่องจากมี  
ค่าใช้จ่ายเกิดขึ้นทำให้สำหรับการปรับปรุงครั้งแรกยังไม่  
ได้ตามเป้าหมายแต่เมื่อมีการผลิตครั้งต่อไปจะสามารถลด  
ต้นทุนสินค้าลงได้เป็น 1.76 บาทต่อกล่องคิดเป็นร้อยละ  
0.79 ซึ่งจะเป็นไปตามเป้าหมายที่ลูกค้ากำหนดไว้ อันเป็นผล  
มาจากการปรับเปลี่ยนบรรจุภัณฑ์ของพิมพ์ลายซื้อสินค้า  
สติกเกอร์วงกลมใส ปรับขนาดกล่อง และสามารถลด  
ระยะเวลาการผลิตจาก 29.28 วัน เป็น 25.17 วัน คิดเป็น  
ร้อยละ 14.04

## 2. วิธีวิจัย (Research Methodology)



ภาพที่ 2.1 ขั้นตอนการดำเนินการ



## 2.1 ศึกษาปัญหาทฤษฎี

ผู้วิจัยได้เข้าทำการศึกษาที่ บริษัท ฮ้อเฮงไทร์เวิร์ค ได้ทราบปัญหาเกี่ยวกับการทำงานของบริษัทฮ้อเฮงไทร์เวิร์คถึงปัญหาต่างๆ ของการทำงานผู้วิจัยจึงได้ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำมาแก้ไขระบบการทำงานของ บริษัท ฮ้อเฮงไทร์เวิร์ค มีดังนี้ การลดความสูญเสียเปล่า 7 ประการ (Waste) การวิเคราะห์ 5W2H หลักการ 4M 1E การเพิ่มผลผลิตของวิสาหกิจส่วนบุคคลการลดส่วนของงานและเวลาไร้ประสิทธิภาพ ทฤษฎีพลุ ทฤษฎีสายไฟ งานวิจัยที่เกี่ยวข้องโดยลักษณะงานที่ศึกษาเกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาด้วยการปรับปรุงกระบวนการทำงานดังที่กล่าว

## 2.2 เก็บข้อมูลและทำการวิเคราะห์

จากการเก็บข้อมูลของ บริษัท ฮ้อเฮงไทร์เวิร์ค จำกัด พบว่าทางบริษัทได้กำหนดขนาดของงานที่รับเป็น 3 ขนาดด้วยกันโดยแบ่งเป็น

- ขนาดเล็ก ใช้พลุจำนวน 1-50 ลูก ราคา 50 บาท/ลูก ใช้คนงาน 3 คน โดยมีค่าแรง 300 บาท/คน ใช้สายไฟ 1 ม้วน (500 เมตร) เป็นเงิน 2,000 บาท จะติดตั้งสายไฟ 1 เส้น ต่อ 1 ลูกจะเสียค่าติดตั้งสายไฟ งานละ 200 บาท/คน

- ขนาดกลาง ใช้พลุจำนวน 51-100 ลูก ราคา 50 บาท/ลูก ใช้คนงาน 5 คน โดยมีค่าแรง 300 บาท/คน ใช้สายไฟ 2 ม้วน (1,000 เมตร) เป็นเงิน 4,000 บาท จะติดตั้งสายไฟ 1 เส้น ต่อ 1 ลูกจะเสียค่าติดตั้ง สายไฟงานละ 200 บาท/คน

- ขนาดใหญ่ ใช้พลุจำนวน 101-300 ลูก ราคา 50 บาท/ลูก ใช้คนงาน 8 คน โดยมีค่าแรง 300 บาท/คน ใช้สายไฟ 3 ม้วน (1,500 เมตร) เป็นเงิน 6,000 บาท จะติดตั้งสายไฟ 1 เส้น ต่อ 1 ลูกจะเสียค่าติดตั้งสายไฟงานละ 200 บาท/คน โดยคนงานที่ติดตั้งสายไฟจะใช้คนงานชุดเดียวกันกับคนที่ไปติดตั้งพลุ

ขั้นตอนก่อนปรับปรุง

ขั้นที่ 1 เข้ารับงาน

ขั้นที่ 2 เสนองาน

ขั้นที่ 3 ออกแบบคิวพลุ

ขั้นที่ 4 สั่งวัสดุอุปกรณ์ที่ต้องใช้

ขั้นที่ 5 ตรวจสอบของที่สั่ง

ขั้นที่ 6 ขนของขึ้นรถ

ขั้นที่ 7 เดินทางไปที่งาน

ขั้นที่ 8 ตั้งกระบอกพลุ

ขั้นที่ 9 ล็อคกระบอกพลุตามแบบคิวยิง

ขั้นที่ 10 ใส่ลูกพลุ

ขั้นที่ 11 เดินสายไฟ 1 เส้นต่อ 1 ลูกไปที่บอร์ดตัวรับ  
เดินจนครบคิวยิงที่ออกแบบไว้

ขั้นที่ 12 เช็กระบบ

ขั้นที่ 13 จุดพลุ

ขั้นตอนการทำงานก่อนปรับปรุง

บริษัท ฮ้อเฮงไทร์เวิร์ค เริ่มขั้นตอนโดยการเข้ารับงานกับลูกค้าที่ทางออแกไนซ์จัดหามาให้ทางบริษัทฮ้อเฮงไทร์เวิร์คเสนองานโดยจะนำภาพถ่ายและวิดีโอผลงานของบริษัทเข้าเสนอกับลูกค้าว่าต้องการแบบไหน (ภาพที่ 2.2) เมื่อลูกค้าตอบตกลงร่วมงานทางบริษัทจะออกแบบคิวยิงพลุตามแบบที่ลูกค้าเสนอไว้โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป (ภาพที่ 2.3) หลังจากนั้นทางบริษัทจะทำการสั่งซื้อวัสดุและอุปกรณ์ที่ต้องใช้ เช่น ลูกพลุ สายไฟ กรรไกร กระดาษขาว เป็นต้น เมื่อของที่สั่งซื้อมาถึงทางบริษัทจะมีการตรวจสอบวัสดุอุปกรณ์ว่าครบถ้วนตามจำนวนหรือไม่ เมื่อวัสดุอุปกรณ์ครบตามจำนวนที่สั่งทางบริษัทจะเรียกคนงานมาขนของขึ้นรถและออกเดินทางไปยังถึงสถานที่จัดงานคนงานจะขนของลงและทำการติดตั้งกระบอกพลุและล็อคกระบอกพลุเข้ากับอุปกรณ์จับยึดกระบอกพลุ (ภาพที่ 2.6) โดยจะตั้งกระบอกตามแบบที่ทางบริษัทได้เขียนไว้หลังจากนั้นคนงานจะนำลูกพลุ (ภาพที่ 2.4) มาใส่ลงในกระบอกและทำการติดตั้งสายไฟ 1 เส้น ต่อพลุ 1 ลูก (ภาพที่ 2.7) และนำสายไฟไปเสียบที่บอร์ดตัวรับจนครบตามจำนวนที่กำหนดไว้คนงานจะใช้เครื่องยิงเช็คระบบหลังจากติดตั้งเสร็จ (ภาพที่ 2.9) และทำการจุดพลุตามแบบที่เขียนไว้ (ภาพที่ 2.10)



ภาพที่ 2.2 เข้านำเสนองานและรับงาน



ภาพที่ 2.3 โปรแกรมสำเร็จรูป



ภาพที่ 2.6 ติดตั้งกระบอกพลุเข้ากับอุปกรณ์จับยึดกระบอก



ภาพที่ 2.4 ลูกพลุ

จากภาพที่ 2.6 แสดงการติดตั้งกระบอกพลุเข้ากับ  
อุปกรณ์จับยึดกระบอกที่ทีมงานจะทำการประกอบอุปกรณ์จับ  
ยึดกระบอกพลุโดยใช้เหล็กและนอตเป็นส่วนประกอบและนำ  
กระบอกเข้าติดตั้งกับอุปกรณ์ โดยจะใช้เชือกผ้าในการมัด  
กระบอกพลุให้ติดกับอุปกรณ์จับยึดกระบอกพลุให้แน่นหนา  
ตามแบบคิวอิงที่วางไว้และคำนึงถึงความปลอดภัยเป็นหลัก  
ก่อนการปรับปรุงจะต่อสายไฟกับพลุเป็นแบบสายไฟ 1 เส้น  
ต่อพล 1 ลูก แสดงดังภาพที่ 2.7



ภาพที่ 2.5 สายไฟ



ภาพที่ 2.7 ติดตั้งสายไฟ 1 เส้น ต่อพล 1 ลูก



ภาพที่ 2.8 นำลูกพลุใส่กระบอกลง

จากภาพที่ 2.8 ทีมงานจะนำลูกพลุมาใส่ลงในกระบอกลงที่ติดตั้งไว้ขั้นตอนนี้ทาง บริษัท ฮอเฮงไฟร์เวิร์ค จะใช้ทีมงานที่มีความชำนาญและประสบการณ์สูงในการปฏิบัติขั้นตอนนี้เพื่อลดอุบัติเหตุและเพื่อความปลอดภัย



ภาพที่ 2.9 เครื่องจุดพลุ

จากภาพที่ 2.9 คือ เครื่องจุดพลุยี่ห้อ kingdom รุ่น 90channel ซึ่งเครื่องนี้สามารถตรวจสอบได้ว่าสายไฟที่ต่อไปนั้นมีความผิดปกติหรือไม่ ซึ่งสังเกตได้จากไฟที่โชว์ตามหมายเลขที่เราต่อสายไฟเข้าไป



ภาพที่ 2.10 พลุ

จากภาพที่ 2.10 แสดงตัวอย่างงานที่เสร็จเรียบร้อยแล้ว โดยในรูปแบบงาน (Genie fest 2020 จัดที่ จังหวัด เพชรบูรณ์

### 2.3 เสนอแนวทางการปรับปรุง

ผู้วิจัยมีแนวคิดที่จะลดเวลาการติดตั้งและลดค่าใช้จ่ายในส่วนของการติดตั้งและค่าสายไฟที่ใช้ โดยจากการติดตั้งแบบเดิม สายไฟ 1 เส้น ต่อพลุ 1 ลูก เปลี่ยนเป็น สายไฟ 1 เส้น ต่อพลุ 2 ลูก ค่าสายไฟในงานทุกขนาดอาจจะลดลงงานละ 50 เปอร์เซ็นต์ โดยมีขั้นตอนการติดตั้งดังที่กล่าวไว้หัวข้อที่ 2.4

### 2.4 ปรับปรุงกระบวนการทำงาน

ขั้นตอนหลังปรับปรุง

ขั้นที่ 1 เข้ารับงาน

ขั้นที่ 2 เสนองาน

ขั้นที่ 3 ออกแบบคิวพลุ

ขั้นที่ 4 สั่งวัสดุอุปกรณ์ที่ต้องใช้

ขั้นที่ 5 ตรวจสอบของที่สั่ง

ขั้นที่ 6 ขนของขึ้นรถ

ขั้นที่ 7 เดินทางไปที่งาน

ขั้นที่ 8 ตั้งกระบอกลง

ขั้นที่ 9 ล้อกระบอกลงตามแบบคิวยิง

ขั้นที่ 10 ใส่ลูกพลุ

ขั้นที่ 11 เดินสายไฟ 1 เส้นต่อ 1 ลูกไปที่บอร์ดตัวรับ  
เดินจนครบคิวยิงที่ออกแบบไว้

ขั้นที่ 12 เช็กระบบ

ขั้นที่ 13 จุดพลุ

ขั้นตอนการทำงานหลังปรับปรุง

บริษัท ฮอเฮงไฟร์เวิร์ค เริ่มขั้นตอนโดยการเข้ารับงานกับลูกค้าที่ทางอแอกไนซ์หามาให้ เสนองานโดยจะนำภาพถ่ายและวิดีโอผลงานของบริษัทเข้าเสนอกับลูกค้าว่าต้องการแบบไหน (ภาพที่ 2.2) เมื่อลูกค้าตอบตกลงร่วมงานทางบริษัทจะออกแบบคิวยิงพลุตามแบบที่ลูกค้าเสนอไว้โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป (ภาพที่ 2.3) หลังจากนั้นทางบริษัทจะทำการสั่งซื้อวัสดุและอุปกรณ์ที่ต้องใช้เมื่อของที่สั่งซื้อมาถึงทางบริษัทจะมีการตรวจสอบวัสดุอุปกรณ์ว่าครบถ้วนตามจำนวนหรือไม่เมื่อวัสดุอุปกรณ์ครบตามจำนวนที่สั่งทาง





บริษัทจะเรียกคนงานมาขนของขึ้นรถและออกเดินทางไปยังสถานที่จัดงานและเมื่อถึงสถานที่จัดงานคนงานจะขนของลงและทำการติดตั้งกระบอกพลุและถือกระบอกลูกเข้ากับอุปกรณ์จับยึดกระบอก (ภาพที่ 2.6) โดยจะตั้งกระบอกตามแบบที่ทางบริษัทได้เขียนไว้หลังจากนั้นคนงานจะนำลูกพลุ (ภาพที่ 2.4) มาใส่ลงในกระบอกและทำการติดตั้งสายไฟ (ภาพที่ 2.6) 1 เส้น ต่อพลุ 3 ลูก (ภาพที่ 2.7) และนำสายไฟไปเสียบที่บอร์ดตัวรับจนครบตามจำนวนที่กำหนดไว้คนงานจะใช้เครื่องยิงเช็กระบบหลังจากติดตั้งเสร็จ (ภาพที่ 2.9) และทำการจุดพลุตามแบบที่เขียนไว้ (ภาพที่ 2.10) โดยแนวคิดการปรับปรุงแก้ไขที่นำเสนอนี้ผู้วิจัยคาดว่าจะสามารถลดค่าแรงในการติดตั้งสายลดค่าสายไฟและลดเวลาในการติดตั้งสายไฟได้



ภาพที่ 2.11 ติดตั้งสายไฟ 1 เส้น ต่อพลุ 3 ลูก

### 3 . ผลการวิจัย (Results)

จากที่ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาและเก็บข้อมูลของ บริษัทอ้อเฮงไฟร์เวิร์ค ผู้วิจัยได้ทราบถึงปัญหาที่เกิดขึ้นและได้เสนอแนวทางการแก้ไขและปรับปรุงและสร้างตารางขั้นตอนการทำงานแบบก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุงขึ้น เพื่อเปรียบเทียบและสรุปผลดังนี้

#### 3.1 เปรียบเทียบขั้นตอนการทำงาน

เปรียบเทียบขั้นตอนการทำงานก่อนและหลังการปรับปรุง พบว่าในงานขนาดเล็กสิ่งที่แตกต่างกันคือ สายไฟที่ใช้ก่อนการปรับปรุงใช้สายไฟจำนวน 500 เมตร ซึ่งคิดเป็นราคา 2,000 บาท หลังปรับปรุงจะลดลงเหลือใช้สายไฟจำนวน 250 เมตร ซึ่งคิดเป็นราคา 1,000 บาท ค่าติดตั้งสายไฟก่อนการปรับปรุง 200 บาท ต่อคน หลังปรับปรุงจะลดลงเหลือ 100 บาท ต่อคน ซึ่งในการติดตั้งสายไฟขนาดเล็กใช้จำนวนคนติดตั้งทั้งหมด 3 คน คิดเป็นเงิน 600 บาท หลังปรับปรุงจะลดลงเหลือ 300 บาท และสามารถลดเวลาการติดตั้งสายไฟจากพลุ 3 ลูก ใช้เวลา 6 นาที เหลือพลุ 3 ลูก 1 นาทีในงานขนาดกลางสิ่งที่แตกต่างกันคือ สายไฟที่ใช้ก่อนการปรับปรุงใช้สายไฟจำนวน 1,000 เมตร ซึ่งคิดเป็นราคา

4,000 บาท หลังปรับปรุงจะลดลงเหลือใช้สายไฟ จำนวน 500 เมตร ซึ่งคิดเป็น ราคา 2,000 บาท ค่าติดตั้งสายไฟก่อนการปรับปรุง 200 บาท ต่อคน หลังปรับปรุงจะลดลงเหลือ 100 บาท ต่อคนในการติดตั้งสายไฟขนาดกลางใช้จำนวนคนติดตั้งทั้งหมด 5 คน คิดเป็นเงิน 1,000 บาท หลังปรับปรุงจะลดลงเหลือ 500 บาท และสามารถลดเวลาการติดตั้งสายไฟจากพลุ 3 ลูก ใช้เวลา 6 นาที เหลือพลุ 3 ลูก 1 นาที ในงานขนาดใหญ่สิ่งที่แตกต่างกันคือ สายไฟที่ใช้ก่อนการปรับปรุงใช้สายไฟจำนวน 1,500 เมตร ซึ่งคิดเป็นราคา 6,000 บาท หลังปรับปรุงจะลดลงเหลือใช้สายไฟ จำนวน 750 เมตร ซึ่งคิดเป็นราคา 3,000 บาท ค่าติดตั้งสายไฟก่อนการปรับปรุง 200 บาท ต่อคนหลังปรับปรุงจะลดลงเหลือ 100 บาท ต่อคนจนการติดตั้งสายไฟขนาดใหญ่ใช้จำนวนคนติดตั้งทั้งหมด 8 คน คิดเป็นเงิน 1,600 บาท หลังปรับปรุงจะลดลงเหลือ 800 บาท และสามารถลดเวลาการติดตั้งสายไฟจากพลุ 3 ลูก ใช้เวลา 6 นาที เหลือพลุ 3 ลูก 1 นาที

#### 3.2 เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการปรับปรุง

เปรียบเทียบผลลัพธ์ในงานขนาดเล็กด้านค่าใช้จ่ายพิจารณาค่าสายไฟโดยก่อนปรับปรุงใช้สายไฟจำนวน 500 เมตร เป็นเงิน 2,000 บาท หลังปรับปรุงลดลงเหลือใช้สายไฟจำนวน 250 เมตร เป็นเงิน 1,000 บาท ค่าติดตั้งสายไฟ 200 บาท ต่อคนงานขนาดเล็กใช้จำนวนคน 3 คน คิดเป็นเงิน 600 บาท หลังปรับปรุงพบว่าค่าติดตั้งสายไฟลดลงเหลือ 100 บาท ต่อคน ซึ่งใช้จำนวนคนติดตั้ง 3 คน คิดเป็นเงิน 300 บาท ค่าพลุก่อนและหลังการปรับปรุง 50 บาทต่อลูก ดังนั้นในส่วนของค่าสายไฟและค่าติดตั้งสายไฟหลังการปรับปรุงสามารถลดต้นทุนได้ประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ ด้านเวลาพบว่าก่อนการปรับปรุงในการติดตั้งสายไฟพลุ 3 ลูก ใช้เวลา 6 นาที หลังปรับปรุงลดลงเหลือ 1 นาที ลดลงประมาณ 600 เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบผลลัพธ์ในงานขนาดกลางด้านค่าใช้จ่ายพิจารณาค่าสายไฟโดยก่อนปรับปรุงใช้สายไฟจำนวน 1,000 เมตร เป็นเงิน 4,000 บาท หลังปรับปรุงลดลงเหลือใช้สายไฟจำนวน 500 เมตร เป็นเงิน 2,000 บาท ค่าติดตั้งสายไฟ 200 บาทต่อคน งานขนาดเล็กใช้จำนวนคน 5 คน คิดเป็นเงิน 1,000 บาท หลังปรับปรุงพบว่าค่าติดตั้งสายไฟลดลงเหลือ 100 บาท ต่อคน ซึ่งใช้จำนวนคนติดตั้ง 5 คน คิดเป็นเงิน 500 บาท ค่าพลุก่อนและหลังการปรับปรุง 50 บาท ต่อลูก ดังนั้นในส่วนของค่าสายไฟและค่าติดตั้งสายไฟหลังการปรับปรุงสามารถลดต้นทุนได้ประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ ด้านเวลาพบว่าก่อนการปรับปรุงในการติดตั้งสายไฟพลุ 3 ลูก ใช้เวลา 6 นาที หลังปรับปรุงลดลงเหลือ 1 นาที ลดลงประมาณ 600 เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบผลลัพธ์ในงานขนาดใหญ่ด้านค่าใช้จ่ายพิจารณาค่าสายไฟโดยก่อน



ปรับปรุงใช้สายไฟ จำนวน 1,500 เมตร เป็นเงิน 6,000 บาท หลังปรับปรุงลดเหลือใช้สายไฟจำนวน 750 เมตร เป็นเงิน 3,000 บาท ค่าติดตั้งสายไฟ 200 บาท ต่อคนงานขนาดเล็ก ใช้จำนวนคน 8 คน คิดเป็นเงิน 1,600 บาท หลังปรับปรุง พบว่าค่าติดตั้งสายไฟลดเหลือ 100 บาทต่อคนซึ่งใช้จำนวนคนติดตั้ง 8 คน คิดเป็นเงิน 800 บาท ค่าพ่วงก่อนและหลังการปรับปรุง 50 บาทต่อลูก ดังนั้นในส่วนของค่าสายไฟ และค่าติดตั้งสายไฟ หลังการปรับปรุงสามารถลดต้นทุนได้ ประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ ด้านเวลาพบว่าก่อนการปรับปรุงในการติดตั้งสายไฟพลู 3 ลูก ใช้เวลา 6 นาที หลังปรับปรุงลดเหลือ 1 นาที ลดลงประมาณ 600 เปอร์เซ็นต์

#### 4 . อภิปรายผล (Discussion)

สรุปแนวคิดผู้วิจัยใช้ปรับปรุงกระบวนการติดตั้งสามารถทำให้ลดค่าใช้จ่ายด้านสายไฟลงประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ ทั้งงานเล็ก กลาง ใหญ่ สามารถลดค่าติดตั้งสายไฟพลูลงได้ประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ และยังสามารถลดเวลาในการติดตั้งสายไฟประมาณ 5 นาที ต่อการติดตั้งสายไฟต่อพลู 3 ลูก จึงเป็นประโยชน์แก่ บริษัท อีโอสองไฟร์เวิร์ค เพื่อนำไปแข่งขันในการตลาดได้อย่างดีทั้งด้านเวลาที่เร็วกว่าคู่แข่งและต้นทุนที่ถูกกว่าคู่แข่งจึงเป็นจุดขายของบริษัทอีโอสองไฟร์เวิร์คได้อย่างดียิ่ง

#### 5 . สรุปผล (Conclusion)

งานขนาดเล็กใช้พลู จำนวน 1-50 ลูก ใช้คนงาน 3 คน โดยมีค่าติดตั้งสายไฟ 200 บาท ต่อคนใช้สายไฟ 500 เมตร เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายและเวลาที่ใช้ในการติดตั้งสายไฟในงานขนาดเล็ก พบว่า เมื่อปรับปรุงแล้ว ค่าสายไฟ จาก 2,000 บาท ลดเหลือ 1,000 บาท ลดลงไป 1,000 บาท ค่าติดตั้งสายไฟจาก 600 บาท ลดเหลือ 300 บาท และเวลาที่ใช้ติดตั้งพลู 3 ลูก จากใช้เวลา 6 นาที ต่อพลู 3 ลูก ลดเหลือใช้เวลา 1 นาที ต่อพลู 3 ลูก เวลาจะลดลงไป 5 นาที ต่อพลู 3 ลูก

งานขนาดกลางใช้พลูจำนวน 51-100 ลูกใช้คนงาน 5 คน โดยมีค่าติดตั้งสายไฟ 200 บาท ต่อคนใช้สายไฟ 1,000 เมตร เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายและเวลาที่ใช้ในการติดตั้งสายไฟในงานขนาดกลาง พบว่าเมื่อปรับปรุงแล้วค่าสายไฟจาก 4,000 บาท ลดเหลือ 2,000 บาท ลดลงไป 2,000 บาท ค่าติดตั้งสายไฟ จาก 1,000 บาท ลดเหลือ 500 บาท ลดลงไป 500 บาท และเวลาที่ใช้ติดตั้งสายไฟพลู 3 ลูก จากใช้เวลา 6 นาที ต่อพลู 3 ลูก ลดเหลือใช้เวลา 1 นาที ต่อพลู 3 ลูก เวลาจะลดลงไป 5 นาที ต่อพลู 3 ลูก

งานขนาดใหญ่ใช้พลูจำนวน 101-200 ลูก ใช้คนงาน 8 คน โดยมีค่าติดตั้งสายไฟ 200 บาท ต่อคนใช้สายไฟ 1,500

เมตร เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายและเวลาที่ใช้ในการติดตั้งสายไฟในงานขนาดกลาง พบว่าเมื่อปรับปรุงแล้วค่าสายไฟ จาก 6,000 บาท ลดเหลือ 3,000 บาท ลดลงไป 3,000 บาท ค่าติดตั้งสายไฟจาก 1,600 บาท ลดเหลือ 800 บาท ลดลงไป 800 บาท และเวลาที่ใช้ติดตั้งสายไฟพลู 3 ลูก จากใช้เวลา 6 นาที ต่อพลู 3 ลูก ลดเหลือใช้เวลา 1 นาที ต่อพลู 3 ลูก เวลาจะลดลงไป 5 นาที ต่อพลู 3 ลูก

#### 5.1 ข้อเสนอแนะ

5.1.1 ในงานถัดไปควรใช้คำสั่งซื้อของลูกค้าอย่างละเอียดมาวิเคราะห์เพิ่มเติมเพื่อให้เกิดการเปรียบเทียบที่สมจริงมากขึ้น

5.1.2 ควรวิเคราะห์ผลกระทบเมื่อทำการปรับปรุงรวมในงานเพิ่มเติม เช่น ความพึงพอใจของคนในงานติดตั้งสายไฟพลู

5.1.3 ควรทดลองใช้สายไฟขนาดอื่นที่มีคุณสมบัติคล้ายกันแต่ความคงทนของการใช้งานดีกว่าเพื่อนำไปใช้ต่อไปในงานถัดไป

#### 6 . กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณพนักงานบริษัทและบริษัทอีโอสองไฟร์เวิร์คทุกๆ ท่านที่กรุณาช่วยเหลือให้ผู้วิจัยได้เข้าไปเก็บข้อมูล และให้คำแนะนำข้อคิดเห็นต่างๆของการทำปริญญาโทฉบับนี้ตั้งแต่ต้นจนสำเร็จลุล่วงเรียบร้อยผ่านไปได้ด้วยดี

#### 7 . เอกสารอ้างอิง

- [1] นายจามร แซ่เบ้ การลดต้นทุนการผลิตและการลดต้นทุนค่าขนส่ง บริษัท อีศวสุวรรณ เปเปอร์ จำกัด ของมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย, 2553.
- [2] ถัลนา สุวรรณา การลดต้นทุนคลังบรรจุมณฑลด้วยหลักการ ECRS กรณีศึกษาผู้ผลิตโคม่ไฟ วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์ และโซ่อุปทาน วิทยาลัยโลจิสติกส์และซัพพลายเชน ของมหาวิทยาลัยศรีปทุมกรุงเทพมหานคร, 2560.
- [3] ศิวพร สุกสี การลดต้นทุนการขนส่งโดยการประยุกต์ใช้ปัญหาการจัดเส้นทางรถโดยสาร บริษัทจำหน่ายอุปกรณ์ประดับยนต์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์, 2562.
- [4] ศักดิ์ดีดา ศิริภัทรโสภณ การนำระบบการผลิตแบบลีนมาประยุกต์ใช้ในการทำงานจริงของบริษัท โรงงานเภสัชอุตสาหกรรม เจเอสพี (ประเทศไทย) จำกัด, 2563.



## การทดสอบประสิทธิภาพระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เชื่อมต่อสายส่งขนาดเล็กมาก An Efficiency Testing of Pico-Grid Connected Solar Electricity

สุรจิตร พระเมือง<sup>1\*</sup> เพ็ญประภา หงษ์เหิน<sup>2</sup> และอัจฉรา ผันผอน<sup>2</sup>

\*ผู้ติดต่อ: surajitr@lru.ac.th, 081-431-4095

<sup>1</sup>สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย 234 ถนนเลย-เชียงคาน ต.เมือง อ.เมือง จ.เลย 42000

<sup>2</sup>สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย 234 ถนนเลย-เชียงคาน ต.เมือง อ.เมือง จ.เลย 42000

### บทคัดย่อ

การผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ได้รับความนิยมมากในปัจจุบัน มีการใช้งานที่หลากหลายตามประเภทของอุปกรณ์นั้น ๆ แต่สำหรับระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อสายส่ง ที่มีกำลังไฟฟ้าต่ำมาก ๆ ยังไม่เป็นที่นิยมนัก ซึ่งการวิจัยนี้ได้ทดสอบประสิทธิภาพระบบเชื่อมต่อสายส่งที่มีกำลังไฟฟ้า 300 วัตต์เป็นการทดสอบในห้องปฏิบัติการ โดยใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกผสมขนาด 37.5 โวลต์ กำลังไฟฟ้า 330 วัตต์ ร่วมกับระบบแปลงไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับแบบเชื่อมต่อสายส่ง กำลังไฟฟ้าสูงสุด 300 วัตต์ โดยใช้โหลดไฟฟ้าเป็นพัดลม 70 วัตต์ จำนวน 2 เครื่อง ซึ่งก่อนนำไปทดสอบระบบเชื่อมต่อสายส่ง แผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้ถูกทดสอบประสิทธิภาพภายใต้สภาวะความเข้มแสงอาทิตย์เฉลี่ย 1084.8 วัตต์/ตารางเมตร อุณหภูมิอากาศเฉลี่ย 29.0 องศาเซลเซียส ได้ประสิทธิภาพ 16.3 % และหลังจากนั้นนำมาทดสอบกับระบบเชื่อมต่อสายส่ง โดยไม่มีแบตเตอรี่สำรองไฟฟ้า พัดลมสามารถทำงานได้เมื่อความเข้มแสงอาทิตย์มีค่าตั้งแต่ 468.4 วัตต์/ตารางเมตร แต่ถ้าวัดไฟฟ้ายึด พัดลมจะทำงานได้ไม่สม่ำเสมอแปรปรวนตามความเข้มแสงอาทิตย์

**คำสำคัญ:** ไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์; ระบบเชื่อมต่อสายส่ง; ประสิทธิภาพระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

### Abstract

Nowadays, photovoltaic utilizations are used in many kinds by devices' characteristics. Whereas, a tiny power of on grid solar electricity is rare. This study presented the laboratory testing of 300 W grid connected inverter system by used of poly crystalline 37.5 V, power of 330 Wp solar panel. The system generated power to load supply for 2 fans by each of 70 W. Firstly, solar panel was tested the efficiency under the conditions of solar intensity average of 1084.8 W/m<sup>2</sup> and ambient air temperature average of 29.0 °C obtaining the efficiency of 16.3%. Lastly, the test of grid

connected system due to solar panel starts working by solar intensity 468.4 W/m<sup>2</sup> and unstable working according to solar irradiant fluctuation when electric transmission line is shutting down.

**Keywords:** Photovoltaic; Grid connected system; Solar electricity efficiency

### บทนำ

การผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในประเทศไทยได้รับความนิยมจากปัจจัยราคาที่ถูกลง โดยเฉพาะระบบไฟฟ้าส่องสว่างพลังงานแสงอาทิตย์ รวมทั้งระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ สังเกตได้จากการเสนอขายในร้านค้าออนไลน์ต่าง ๆ ที่มีให้เลือกหลากหลายราคา ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นระบบโตนเดียวหรือระบบออฟกริด เมื่อสิบกว่าปีที่ผ่านมารัฐบาลได้ส่งเสริมการใช้ไฟฟ้าในครัวเรือนตามโครงการ Solar Home สำหรับบ้านเรือนที่ยังไม่มีไฟฟ้าใช้ โดยสนับสนุนระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ กำลังไฟฟ้ายรวมไม่เกิน 300 วัตต์ แปลงไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับพร้อมแบตเตอรี่สำรองไฟฟ้า เป็นการช่วยให้บ้านเรือนที่ไม่มีไฟฟ้า สามารถใช้งานได้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าที่จำกัดบรรเทาความเดือดร้อนได้ระดับหนึ่ง แม้กระทั่งในพื้นที่ชนบทบางประเทศที่ไฟฟ้าระบบสายส่งเข้าไปไม่ถึง [1] ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์รวมศูนย์ เก็บพลังงานไฟฟ้าในแบตเตอรี่ 120 แอมป์ชั่วโมง จำนวน 6 ชุด แล้วจ่ายไฟฟ้าให้กับครัวเรือนที่อยู่ห่างไกลเป็นไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์ กำลังไฟฟ้าไม่เกิน 200 วัตต์ จำนวน 6 ครัวเรือน พบว่าผลิตไฟฟ้าได้ 87% ของความต้องการไฟฟ้าตลอดทั้งปี และผลการทดสอบประสิทธิภาพระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดเล็ก ในชนบทของแอฟริกาตะวันออก [2] ที่ผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบรวมศูนย์ แล้วส่งไฟฟ้าเป็นแบบกระแสสลับให้กับครัวเรือน ซึ่งข้อจำกัดของระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ แบบเชื่อมต่อสายส่งหรือระบบ ออนกริด ได้แก่ อุปกรณ์เชื่อมต่อและข้อกำหนดต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เนื่องจากการเชื่อมต่อสายส่งระบบตัววงจรเมื่อไฟฟ้าดับ (Islanding system) ของอุปกรณ์อินเวอร์เตอร์จะต้องได้รับการรับรองจากภาครัฐเพื่อให้เกิดความปลอดภัย



ต่อผู้ปฏิบัติงาน แต่สำหรับระบบขนาดเล็กมาก ๆ ที่มีกำลัง  
วัตต์ต่ำกว่า 500 วัตต์ อุปกรณ์มีราคาถูกและมีระบบตัดวงจร  
เมื่อเกิดไฟฟ้าดับไม่เกิดไฟฟ้าไหลย้อนเข้าสู่ระบบสายส่ง ซึ่ง  
การวิจัยนี้ได้ทดสอบระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์  
แบบเชื่อมต่อสายส่งขนาดเล็กมาก เป็นการทดสอบระดับ  
ห้องปฏิบัติการ เพื่อเป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้ใน  
โรงเรียน หรือพื้นที่ขนาดเล็ก ที่จำเป็นต้องใช้ไฟฟ้า  
ตลอดเวลา เช่น การใช้กับพัดลมระบายอากาศในเรือนเพาะ  
ชำ หรือเล้าไก่ เป็นต้น

### การผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์

เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดซิลิกอน ประกอบด้วยสารกึ่ง  
ตัวนำชนิดที่ผลิตขึ้นจากผลึกของซิลิกอนใช้โบรอนเป็น  
สารเจือปน เพื่อทำให้เป็นวัสดุขาดอิเล็กตรอนอิสระ ทั้งนี้การ  
ขาดอิเล็กตรอนทำให้เกิดช่องว่างเรียกว่า โฮล และการขาด  
อิเล็กตรอนที่เป็นประจุลบ ทำให้ส่วนนี้เทียบได้กับอนุภาค  
ประจุบวก ส่วนสารกึ่งตัวนำชนิดอื่น ผ่านการเติมสารเจือปน  
ฟอสฟอรัสเพื่อทำให้เกิดอิเล็กตรอนส่วนเกิน ซึ่งจุดเชื่อมต่อ  
เรียกว่า รอยต่อพี-เอ็น เมื่อแสงอาทิตย์ตกกระทบจะเกิดการ  
เคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนและโฮล เกิดกระแสไฟฟ้าไหลใน  
วงจร ประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ เป็นอัตราส่วน  
ระหว่างกำลังไฟฟ้ากระแสตรงที่ผลิตได้จากระบบต่อความ  
เข้มแสงอาทิตย์ตกกระทบคำนวณได้จากสมการ

$$\eta_{PV} = \frac{P_{DC}}{GA} \times 100\% \quad (1)$$

โดยที่  $\eta_{PV}$  คือประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (%)

$P_{DC}$  คือกำลังไฟฟ้ากระแสตรง (W)

G คือค่ารังสีอาทิตย์ตกกระทบ ( $W/m^2$ )

A คือพื้นที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์รวม ( $m^2$ )

ประสิทธิภาพรวมของระบบ คือ อัตราส่วนระหว่าง  
กำลังไฟฟ้ากระแสสลับที่ได้จากอินเวอร์เตอร์ต่อกำลัง  
แสงอาทิตย์ตกกระทบสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$\eta_{sys} = \frac{P_{AC}}{GA} \times 100\% \quad (2)$$

เมื่อ  $\eta_{sys}$  คือประสิทธิภาพของระบบ (%)

$P_{AC}$  คือกำลังไฟฟ้ากระแสสลับที่ได้จากอินเวอร์เตอร์  
(W)

### วิธีการวิจัย

1. การทดสอบประสิทธิภาพแผงเซลล์  
แสงอาทิตย์ชนิดผลึกผสม (Poly crystalline) กำลังไฟฟ้า  
330 วัตต์ เป็นแผงขนาดกว้าง 1 เมตร ยาว 2 เมตร วางแผง  
เซลล์แสงอาทิตย์ขนานกับพื้น วัดความเข้มแสงอาทิตย์ด้วย  
ไพรานอมิเตอร์ อุณหภูมิอากาศขณะทดสอบด้วย  
เทอร์โมคัปเปิ้ล และวัดความต่างศักย์ไฟฟ้าวงจรเปิด ( $V_{oc}$ )

กระแสไฟฟ้าลัดวงจร ( $I_{sc}$ ) ดังภาพที่ 1 ด้วยมัลติมิเตอร์ แล้ว  
เขียนกราฟ I-V curve แล้วหาค่าประสิทธิภาพของแผง



ภาพที่ 1 การทดสอบประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

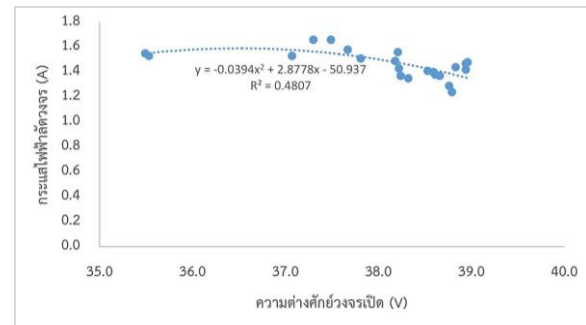
2. การทดสอบใช้งานระบบเซลล์แสงอาทิตย์ต่อ  
เซลล์แสงอาทิตย์เข้ากับระบบ Grid tie micro inverter ซึ่ง  
เป็นรุ่น GMI 350 (ภาพที่ 2) โดยใช้โหนดเป็นพัดลมขนาด  
16 นิ้ว กำลังไฟฟ้า 70 วัตต์ จำนวน 2 เครื่อง เป็นภาระทาง  
ไฟฟ้า ต่อระบบเข้ากับไฟฟ้าในบ้าน 220 โวลต์ พร้อมกับวัด  
ความเข้มแสงอาทิตย์ที่ทำให้พัดลมทำงาน ขณะไม่มีไฟฟ้า  
จากสายส่ง



ภาพที่ 2 เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าระบบ Grid connected  
inverter รุ่น GMI 350

### ผลการวิจัย

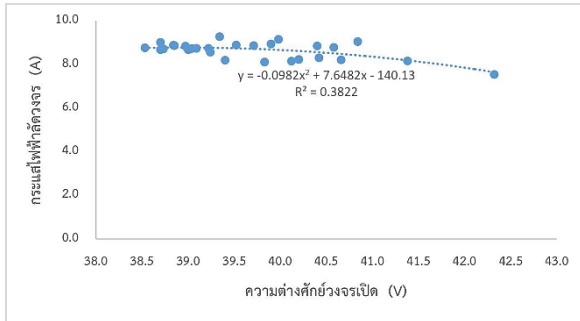
ผลการวัดข้อมูลความต่างศักย์วงจรเปิด และ  
กระแสไฟฟ้าลัดวงจรที่ระดับความเข้มแสงอาทิตย์ต่าง ๆ ได้  
กราฟ I-V Curve ดังแสดงในภาพที่ 3 - 5



ภาพที่ 3 กระแสไฟฟ้าลัดวงจรและความต่างศักย์วงจรเปิด  
(I-V curve) ที่ค่าความเข้มแสงอาทิตย์ช่วง 142.8 - 212.5  
วัตต์/ตารางเมตร

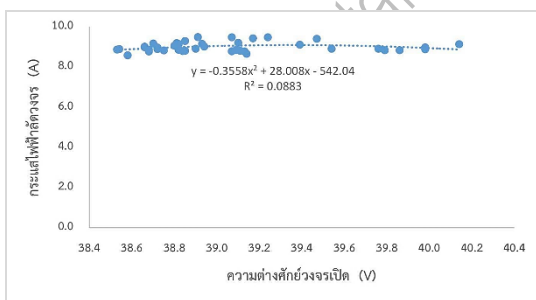


จากภาพซึ่งค่าความเข้มแสงอาทิตย์ช่วง 142.8 - 212.5 วัตต์/ตารางเมตร กระแสไฟฟ้าลัดวงจรมีค่าระหว่าง 1.2 - 1.7 แอมแปร์ ความต่างศักย์วงจรเปิดมีค่าระหว่าง 35.5 - 39.0 โวลต์ ทำให้กำลังไฟฟ้ามีค่าระหว่าง 48.1 - 62.2 วัตต์ โดยมีค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 48.8 วัตต์ เมื่อคำนวณประสิทธิภาพของแผง เซลล์แสงอาทิตย์ พบว่ามีค่าระหว่าง 14.5 - 17.5% และมีค่าเฉลี่ย 14.2%



ภาพที่ 4 กระแสไฟฟ้าลัดวงจรและความต่างศักย์วงจรเปิด (I-V curve) ที่ค่าความเข้มแสงอาทิตย์ช่วง 976.7 - 1062.5 วัตต์/ตารางเมตร

เมื่อค่าความเข้มแสงอาทิตย์ช่วง 976.7 - 1062.5 วัตต์/ตารางเมตร กระแสไฟฟ้าลัดวงจรมีค่าระหว่าง 7.5 - 9.3 แอมแปร์ ความต่างศักย์วงจรเปิดมีค่าระหว่าง 38.5 - 42.3 โวลต์ ทำให้กำลังไฟฟ้ามีค่าเท่ากับระหว่าง 319.1 - 369.6 วัตต์ โดยมีค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 342.6 วัตต์ ประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์มีค่าระหว่าง 15.8 - 18.1% และมีค่าเฉลี่ย 16.8%

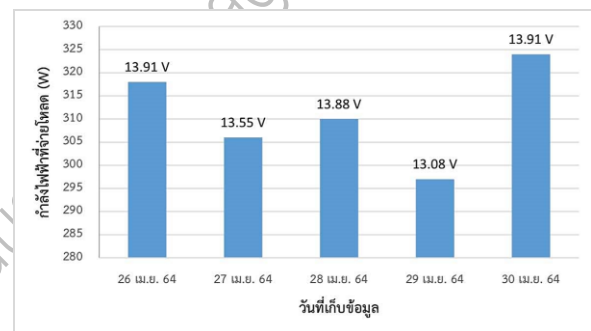


ภาพที่ 5 กระแสไฟฟ้าลัดวงจรและความต่างศักย์วงจรเปิด (I-V curve) ที่ค่าความเข้มแสงอาทิตย์ช่วง 1065.1 - 1139.0 วัตต์/ตารางเมตร

ค่าความเข้มแสงอาทิตย์มีค่ามากขึ้น 1065.05 - 1139.00 วัตต์/ตารางเมตร กระแสไฟฟ้าลัดวงจรมีค่าระหว่าง 8.6 - 9.5 แอมแปร์ ความต่างศักย์วงจรเปิดมีค่าระหว่าง 38.5 - 40.1 โวลต์ ทำให้กำลังไฟฟ้ามีค่าระหว่าง 331.0 - 371.6 วัตต์ โดยมีค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 327.2 วัตต์ ประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์มีค่าระหว่าง 15.1 -

16.0% และมีค่าเฉลี่ย 15.8% และเมื่อหาค่า Fill factor ของเซลล์แสงอาทิตย์จะได้เท่ากับ 0.96

เมื่อต่อเซลล์แสงอาทิตย์เข้ากับเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า SUOER รุ่น 500A ที่เป็นระบบโดดเดี่ยว ใช้แบตเตอรี่ชนิดรอกบลิค ความจุ 45 แอมป์ชั่วโมง เป็นระบบสำรองไฟฟ้าแล้วทดสอบการจ่ายไฟฟ้าให้กับโหลด ซึ่งเป็นหลอดไฟฟ้าส่องสว่าง จำนวน 2 หลอด กำลังไฟฟ้ารวม 36 วัตต์ พัดลมขนาด 16 นิ้ว กำลังไฟฟ้า 70 วัตต์ 1 เครื่อง และสว่านไฟฟ้า เป็นอุปกรณ์ต่อพ่วง ทำการวัดความต่างศักย์ไฟฟ้าคอร้มแบตเตอรี่ และอ่านกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าจากหน้าปัดของเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า ผลการทดสอบได้ดังกราฟที่แสดงในภาพที่ 6 โดยเมื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ ที่มีภาระทางไฟฟ้าหรือการต่อโหลด จะได้ประสิทธิภาพของระบบเป็น 15.3%



ภาพที่ 6 กำลังไฟฟ้าจากอินเวอร์สเตอร์ที่จ่ายให้กับหลอดไฟฟ้าส่งสูงที่สุดเทียบกับความต่างศักย์ของแบตเตอรี่เข้า

หลังจากนั้นได้เปลี่ยนเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าเป็นระบบเชื่อมต่อสายส่ง โดยใช้พัดลมจำนวน 2 เครื่อง กำลังไฟฟ้ารวม 140 วัตต์ เป็นโหลด วัดการทำงานของพัดลมจากการผลิตไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ ได้ผลการทดสอบดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ความสัมพันธ์ของความเข้มแสงอาทิตย์กับการทำงานของพัดลม

การทำงานของพัดลม	การจ่ายไฟฟ้าจากสายส่ง	แสงอาทิตย์ (วัตต์/ตารางเมตร)
เริ่มทำงาน	ไม่มี	468.4 - 502.1
ไม่เสถียร	ไม่มี	500 - 620
เสถียร	ไม่มี	>800
	มี	-



การเริ่มทำงานของพัดลม จะเริ่มหมุนเกือบพร้อมกัน ถ้า  
ห้องฟ้ามีความแปรปรวนจากเมฆบัง เครื่องวัดความเข้ม  
แสงอาทิตย์ซึ่งมีความไวต่อแสงมากกว่าเครื่องแปลง  
กระแสไฟฟ้า จะทำให้ค่าเริ่มต้นทำงานมีการเปลี่ยนแปลง ทำ  
ให้ได้ค่าเริ่มต้นที่ทำให้พัดลมทำงาน 468.4 วัตต์/ตารางเมตร  
และเมื่อพัดลมทำงานในสภาพห้องฟ้ามีความแปรปรวน จะ  
สังเกตเห็นการทำงานที่ไม่ต่อเนื่อง จนกระทั่งห้องฟ้าโปร่งจึง  
ทำงานได้เสถียร

### อภิปรายผลการวิจัย

ค่ากำลังไฟฟ้าจะแปรผันตรงกับกระแสไฟฟ้าที่เป็น  
ผลมาจากค่าความเข้มแสงอาทิตย์ โดยความเข้มแสงอาทิตย์  
ต่ำ ค่ากระแสไฟฟ้าจะน้อยมีค่าระหว่าง 1.2 - 1.7 แอมแปร์  
ในขณะที่ความ ต่างศักย์ไฟฟ้ามีค่าค่อนข้างคงที่ระหว่าง 35.5  
- 38.7 โวลต์ แต่ประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์มีค่า  
ค่อนข้างคงที่ระหว่าง 14.5 - 17.5% และมีค่าเฉลี่ย 14.2%  
แสดงว่าเซลล์แสงอาทิตย์สามารถเปลี่ยนพลังงานให้เป็น  
พลังงานไฟฟ้าได้ ในการหาประสิทธิภาพของเซลล์  
แสงอาทิตย์จะอยู่ในสภาวะมาตรฐาน ได้แก่ การวัดใน  
อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ภายใต้ความเข้มแสงอาทิตย์  
1000 วัตต์/ตารางเมตร ดังนั้นประสิทธิภาพของเซลล์  
แสงอาทิตย์มีค่าเฉลี่ย 16.3% ใกล้เคียงกับค่าทางทฤษฎีที่มี  
ประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกผสม ระหว่าง 18  
- 20% เมื่อต่ออุปกรณ์ไฟฟ้ากับระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์  
แสงอาทิตย์ ที่มีแบตเตอรี่ ในวันที่มีความเข้มแสงอาทิตย์สูง  
ระหว่าง 800 - 1000 วัตต์/ตารางเมตร เซลล์แสงอาทิตย์  
สามารถจ่ายไฟฟ้าให้กับโหลดไฟฟ้าได้มาก (164.97 วัตต์)  
ในขณะที่วันที่มีความเข้มแสงอาทิตย์ต่ำจะต้องได้ใช้ไฟฟ้า  
จากแบตเตอรี่เพื่อจ่ายให้กับโหลด ผลต่างของกำลังไฟฟ้าที่จ่าย  
ให้กับโหลดกับกำลังไฟฟ้าทางทฤษฎีจะแสดงถึงการใช้ไฟฟ้า  
ที่มาจากแบตเตอรี่จะเห็นว่าวันที่ความเข้มแสงอาทิตย์ต่ำ  
จะต้องได้ใช้ไฟฟ้าจากแบตเตอรี่มากกว่าวันที่มีความเข้ม  
แสงอาทิตย์สูง

ความไวของเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า มีผลต่อการ  
ทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ตอบสนองกับการเปลี่ยนแปลง  
ของแสงอาทิตย์ โดยเฉพาะอุปกรณ์ที่อาศัยการเหนี่ยวนำ  
จำพวกมอเตอร์ ซึ่งในช่วงแรกของการทำงานจะใช้  
กระแสไฟฟ้าค่อนข้างสูงเพื่อขับให้มอเตอร์ทำงาน ดังนั้น  
แม้ว่ากำลังรวมของพัดลมจะเป็น 140 วัตต์ แต่ในการเริ่มต้น  
ทำงานของพัดลมจะต้องใช้กำลังไฟฟ้าเพิ่ม 1.5 - 2 เท่า  
ดังนั้นหากแสงอาทิตย์แปรปรวนสูงจากสภาพห้องฟ้าที่มีเมฆ  
ปกคลุม จะส่งผลต่อการผลิตไฟฟ้าของเครื่องแปลง  
กระแสไฟฟ้าขนาดเล็กมาก เสถียรภาพของระบบจึงจะต่ำ  
กว่าเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าขนาดใหญ่เมื่อเทียบกับระบบ

ผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เชื่อมต่อสายส่ง 300  
กิโลวัตต์ [3] และควรมีแบตเตอรี่สำรองไฟฟ้าเพิ่มขึ้น [4]

### สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ประสิทธิภาพของระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์  
เมื่อทดสอบในสภาวะมาตรฐานความเข้มแสงอาทิตย์ระหว่าง  
976.6 - 1139.0 W/m<sup>2</sup> ได้ประสิทธิภาพเฉลี่ย 16.3% ค่า  
Fill Factor เท่ากับ 0.96 พบว่าในสภาวะแสงอาทิตย์มี  
ความเข้มต่ำระหว่าง 142.8 - 212.5 วัตต์/ตารางเมตร มีค่า  
ประสิทธิภาพต่ำกว่าค่าเฉลี่ยเล็กน้อย เป็นผลมาจาก  
กระแสไฟฟ้ามีค่าต่ำ เนื่องจากกระแสไฟฟ้าจะแปรผันตรงกับ  
ความเข้มแสงอาทิตย์ ในขณะที่ความต่างศักย์มีค่าคงที่  
ประสิทธิภาพของระบบเมื่อมีโหลดทางไฟฟ้าและแบตเตอรี่  
เป็นแหล่งสำรองไฟฟ้า จะได้ค่าน้อยกว่าเล็กน้อยเท่ากับ  
15.3% ซึ่งการใช้งานระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์  
ปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของระบบมากที่สุดได้แก่ ชนิด  
ของเซลล์แสงอาทิตย์ เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า แบตเตอรี่  
และสายสายไฟฟ้า ตามลำดับ ถ้าเพิ่มความจุของแบตเตอรี่  
และเปลี่ยน Inverter ให้มีกำลังไฟฟ้าสูงขึ้นจะสามารถนำ  
ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ไปใช้งานได้มากขึ้น

ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เชื่อมต่อสาย  
ส่งขนาดเล็กมาก เป็นระบบที่เหมาะสมกับการใช้งานเฉพาะ  
จุดที่จำเป็นต้องใช้ไฟฟ้าตลอดเวลาแต่ใช้กำลังไฟฟ้าต่ำ ๆ จะ  
ช่วยลดภาระความสิ้นเปลืองไฟฟ้าได้ แต่เนื่องจากข้อจำกัด  
ของอุปกรณ์ที่มีน้อยและความไวแสงที่ตอบสนองต่อการ  
เปลี่ยนแปลงแสงอาทิตย์ได้ช้า จึงอาจส่งผลต่ออุปกรณ์ไฟฟ้า  
บางชนิดได้ในกรณีไฟฟ้าดับและห้องฟ้ามีเมฆปกคลุม มีค่า  
ความเข้มแสงอาทิตย์ต่อกว่า 500 วัตต์/ตารางเมตร เทียบได้  
กับความเข้มแสงอาทิตย์ในช่วง 9 โมงเช้าในวันห้องฟ้าโปร่ง

### กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัย  
ราชภัฏเลย ที่ให้ทุนสนับสนุนในการทำวิจัย ครั้งนี้  
ขอขอบคุณศูนย์วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย ที่ให้  
ความอนุเคราะห์เครื่องมือในการวิจัย



### เอกสารอ้างอิง

- [1] Sini Numminen, Peter D. Lund, Semee Yoon and Johanes Urpelainen, Power availability and reliability of solar pico-grid in rural area: A case study from Northern India. Sustainable Energy Technologies and Assessments. 29 (October 2018)
- [2] Charles Muchunkis, Kristen Ulsrud, Depajit Palit and Win Jonker-Klunne, Diffusion of solar PV in East Africa. WIREs Energy and Environment. 7 (3), 2018.
- [3] เอกพันธ์ ผัดศรี, คณภรณ์ ก้อนแก้ว และอัครินทร์ อินทนิเวศน์, การวิเคราะห์ประสิทธิภาพ และสมรรถนะของระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อกับสายส่งขนาด 300 kW. เชียงใหม่: วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 2561
- [4] รุจทิพันธุ์ ลิมปภาส. ขนาดที่เหมาะสมของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาบ้านพักอาศัยที่ทำงานร่วมกับระบบกักเก็บพลังงาน. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2560



## การประยุกต์ใช้อุตสาหกรรม 4.0 เพื่อตอบสนองความพึงพอใจของลูกค้าในระบบโลจิสติกส์ ภาคการเกษตรของประเทศไทย

### The applications of Industry 4.0 for Responding Customer Satisfaction in Agricultural Logistics System of Thailand

อภิชนา สมศรี<sup>1\*</sup>, ยศสุดา บุรณะสิงห์<sup>1</sup>, นันทกฤษณ์ ยอดพิจิตร<sup>1</sup>, มนัสชนก จงประสิทธิ์พร<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ศูนย์นวัตกรรมสำหรับวิศวกรรมปัจจัยมนุษย์และการยศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ apitchayapalm@gmail.com

<sup>2</sup> ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
manutchanok.jo@kmitl.ac.th

#### บทคัดย่อ

ปัจจุบันภาคการเกษตรมีบทบาทที่สำคัญในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจของประเทศไทย การขาดการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมและสถานการณ์โรคระบาดถือเป็นความท้าทายของภาคการเกษตรในการเพิ่มผลผลิตและการตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค ในช่วงโควิด-19 ระบบโลจิสติกส์จึงถือเป็นกุญแจที่สำคัญในการตอบสนองความพึงพอใจของผู้บริโภค งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบโลจิสติกส์เพื่อเพิ่มการตอบสนองความพึงพอใจของผู้บริโภคในระบบโลจิสติกส์ภาคการเกษตรประเทศไทยโดยการประยุกต์ใช้อุตสาหกรรม 4.0 งานวิจัยนี้ได้นำเสนอการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจของผู้บริโภคและอุตสาหกรรม 4.0 การออกแบบระบบงานและกระบวนการทำงาน และการประเมินผลความพึงพอใจในการใช้งานระบบงานใหม่โดยการประยุกต์ใช้ระบบกับบริษัทรถยนต์ศึกษา เก็บข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามและการสัมภาษณ์เชิงลึกกับผู้บริโภคของภาคการเกษตร วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าเทคโนโลยีในอุตสาหกรรม 4.0 ช่วยตอบสนองความพึงพอใจของผู้บริโภคในระบบโลจิสติกส์ในด้านการส่งมอบสินค้าตรงเวลา การบริหารระบบโลจิสติกส์ การอัปเดตสถานะสินค้า และการบริการข้อมูลก่อนและหลังการขาย มากไปกว่านั้นผลการศึกษายังได้นำเสนอวิธีการแก้ปัญหาทางเทคนิคสำหรับระบบโลจิสติกส์ภาคการเกษตรเพื่อส่งเสริมการพัฒนาอย่างยั่งยืนในสถานการณ์ปกติและสถานการณ์ที่ไม่คาดฝัน

**คำสำคัญ:** ภาคการเกษตร; ระบบโลจิสติกส์; อุตสาหกรรม 4.0; โควิด-19

#### Abstract

Nowadays agriculture plays the important role for driving Thailand's economy. Lack of implementing appropriate technologies and pandemic situation become the greatest challenges of agriculture in term of increasing productivity and serving customer need. During COVID-19, logistic system is the main key for serving customer satisfaction. This paper aims at responding customer satisfaction in agricultural logistics system of Thailand by implementing Industry 4.0. The paper presents the literature review of customer satisfaction and Industry 4.0, the design of work system and process, and the evaluation of new work system by implementing a new work system in a case study. Data collection was carried out using questionnaire and in-depth interview with customers of agriculture. Data analysis was conducted using descriptive statistic. The results show that Industry 4.0 enhances customer satisfaction in logistics system in-term of on-time delivery, logistic management, updated status of shipment, and quality of customer service. Moreover, the finding provides technical solutions for agricultural logistics system in order to enhance sustainable development in normal and unpredicted situations.

**.Keywords:** Agriculture; Logistics system; Industry 4.0; COVID-19





## 1. บทนำ (Introduction)

โลจิสติกส์มีความสำคัญอย่างมากต่อการดำเนินธุรกิจและการดำรงชีวิตของผู้คนในช่วงการแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 ซึ่งส่งผลต่อพฤติกรรมของผู้คนเปลี่ยนแปลงจากไปจากเดิมที่ต้องออกไปเลือกสินค้าที่ร้านด้วยตนเองกลายมาซื้อสินค้าอุปโภคบริโภคผ่านออนไลน์มากขึ้นซึ่งสิ่งเหล่านี้ทำให้กิจกรรมการกระจายสินค้ามีบทบาทเป็นอย่างมากและส่งผลให้การจัดการระบบโลจิสติกส์กลายเป็นบทบาทสำคัญในการสร้างความพึงพอใจให้แก่ลูกค้าในช่วงวิกฤตนี้และในอนาคตต่อไป

และจากดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพด้านโลจิสติกส์โดยการสำรวจความพึงพอใจในประสิทธิภาพของระบบโลจิสติกส์ ทำให้รัฐบาลได้เห็นถึงความสำคัญของการบริหารจัดการระบบโลจิสติกส์ในภาคการเกษตรเพื่อตอบสนองความพึงพอใจในประสิทธิภาพของระบบโลจิสติกส์ ซึ่งจะมีความสอดคล้องกับแผนยุทธศาสตร์การพัฒนาประเทศไทยฉบับที่ 3 ที่มีการกำหนดการยกระดับการบริหารจัดการระบบโลจิสติกส์โดยการใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรมในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับภาคการเกษตรตลอดห่วงโซ่อุปทาน โดยเน้นการประยุกต์เทคโนโลยีในอุตสาหกรรม 4.0 ในการติดตามและควบคุมกระบวนการผลิตทำให้ช่วยการบริหารจัดการข้อมูลได้อย่างเหมาะสม [1] ดังนั้นงานวิจัยนี้ได้เห็นถึงปัญหาที่เกิดขึ้นในการบริหารจัดการข้อมูลระบบโลจิสติกส์ในภาคการเกษตร เช่น สินค้าเกิดการเน่าเสียระหว่างการขนส่งสินค้าเพราะไม่ทราบวันที่เก็บเกี่ยวผลผลิต บางครั้งการจัดส่งล่าช้าทำให้สินค้าเกิดการเน่าเสียในระหว่างการขนส่ง

จากปัญหาที่เกิดขึ้นทำให้นักวิจัยศึกษาระบบการติดตามและการตรวจสอบข้อมูลระบบโลจิสติกส์ในภาคการเกษตรเพื่อตอบสนองต่อความพึงพอใจของผู้บริโภค [2] งานวิจัยนี้เลือกใช้คลาวด์ในการติดตามข้อมูลสินค้าและการตรวจสอบข้อมูลย้อนกลับในภาคการเกษตร เนื่องจากใช้เงินลงทุนต่ำ อีกทั้งผู้ประกอบการรายย่อยสามารถลงทุนและเข้าถึงเทคโนโลยีได้ง่าย นอกจากนี้ระบบการติดตามข้อมูลจะช่วยให้ผู้บริโภคทราบข้อมูลตั้งแต่การรับคำสั่งซื้อสินค้า การผลิตตลอดจนกระบวนการจัดการการขนส่งสินค้าให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ทั้งนี้ผู้ผลิตยังสามารถลดต้นทุนการผลิตและลดการเน่าเสียของสินค้าทางการเกษตรเพื่อตอบสนองความพึงพอใจของผู้บริโภคในการให้บริการด้านโลจิสติกส์ [3]

ดังนั้นการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีในอุตสาหกรรม 4.0 เพื่อสร้างระบบการตรวจสอบข้อมูลระบบโลจิสติกส์ในภาคการเกษตรจึงเป็นองค์ประกอบสำคัญของห่วงโซ่อุปทานในภาคการเกษตรและอื่นๆ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์การ

ประยุกต์ใช้คลาวด์ในระบบโลจิสติกส์ของภาคการเกษตรเพื่อการติดตาม จัดเก็บ ตรวจสอบข้อมูลสินค้าในการยกระดับคุณภาพและเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการระบบโลจิสติกส์ในภาคการเกษตรตลอดจนความพึงพอใจของผู้บริโภค

## 2. วิธีวิจัย (Research Methodology)

งานวิจัยนี้กำหนดกรอบการพัฒนาแบบสารสนเทศตามความเหมาะสมในการใช้งานโดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีในอุตสาหกรรม 4.0 ระบบโลจิสติกส์ในภาคการเกษตรเพื่อเป็นแนวทางในการดำเนินงานและสร้างความพึงพอใจให้แก่ผู้บริโภคในการให้บริการ

### 2.1 ทบทวนวรรณกรรม

#### 2.1.1 ความพึงพอใจของผู้บริโภคในระบบโลจิสติกส์

ทบทวนวรรณกรรมเพื่อหาตัวแปรที่ส่งผลต่อความพึงพอใจของผู้บริโภคในระบบโลจิสติกส์ ซึ่งการให้บริการด้านโลจิสติกส์มีความสำคัญที่ส่งผลต่อความพึงพอใจของผู้บริโภคก่อนนำข้อมูลไปสร้างแบบสอบถาม

#### 2.1.2 อุตสาหกรรม 4.0

ทบทวนวรรณกรรมเพื่อหาประโยชน์การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีในอุตสาหกรรม 4.0 โดยงานวิจัยนี้เลือกใช้คลาวด์ในการประยุกต์เข้ากับระบบสารสนเทศ

### 2.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่างในการวิจัย

2.2.1 การวิจัยเชิงปริมาณเป็นกลุ่มผู้บริโภคที่ใช้บริการกับบริษัทรถจักรยานยนต์ซึ่งเป็นผู้ให้บริการด้านโลจิสติกส์ในภาคการเกษตรขนาดเล็กโดยให้บริการโลจิสติกส์ขาออกของผลิตภัณฑ์ผักสด จำนวน 165 ทาน เพื่อทำการประเมินระดับปัจจัยที่ส่งผลต่อความพึงพอใจของผู้บริโภคด้วยแบบสอบถาม

2.2.2 การวิจัยเชิงคุณภาพ การสัมภาษณ์เชิงลึกกับผู้บริโภคในภาคการเกษตรจำนวน 20 ทานถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อความพึงพอใจของผู้บริโภค

2.2.3 การประยุกต์ใช้ระบบกับบริษัทรถจักรยานยนต์ที่เป็นผู้ให้บริการโลจิสติกส์ในภาคการเกษตรขนาดเล็กเพื่อให้ผู้บริโภคประเมินความพึงพอใจหลังการทดสอบใช้ระบบสารสนเทศที่ออกแบบใหม่

### 2.3 ขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัย

#### 2.3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ปัจจัยความพึงพอใจของผู้บริโภคที่ได้จากการทบทวนวรรณกรรม นำไปออกแบบแบบสอบถามเพื่อหาปัจจัยที่ส่งผลต่อความพึงพอใจของผู้บริโภคสูงสุดโดยเกณฑ์การให้คะแนนแบบมาตรวัดของลิเคิร์ท [4] โดยระดับของข้อมูลเป็นแบบมาตรวัดอันดับ (Ordinal scale) ซึ่งแบ่งเป็น 5 ระดับดังนี้ 5



เป็นปัจจัยที่มีความสำคัญมากที่สุด 4 เป็นปัจจัยที่มีความสำคัญมาก 3 เป็นปัจจัยที่มีความปานกลาง 2 เป็นปัจจัยที่มีความสำคัญน้อย 1 เป็นปัจจัยที่มีความสำคัญน้อยที่สุด ซึ่งผู้วิจัยกำหนดค่าช่วงค่าเฉลี่ยตามแนวทางของเบสท์ [5] ในการประเมินซึ่งมีเกณฑ์การประเมินดังนี้ ค่าเฉลี่ย 4.21-5.00 มีความพึงพอใจระดับมากที่สุด ค่าเฉลี่ย 3.41-4.20 มีความพึงพอใจระดับมาก ค่าเฉลี่ย 2.61-3.40 มีความพึงพอใจระดับปานกลาง ค่าเฉลี่ย 1.81-2.60 มีความพึงพอใจระดับน้อย ค่าเฉลี่ย 1.00-1.80 มีความพึงพอใจน้อยที่สุด

### 2.3.2 การหาคุณภาพในการวิจัย

ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้จากการทบทวนวรรณกรรมและข้อมูลจากการสัมภาษณ์เชิงลึกไปสร้างแบบสอบถาม (Questionnaire) และตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาจากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน (IOC)

### 2.3.3 การเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล

#### 2.4.3.1 การเก็บข้อมูลเชิงปริมาณ

ดำเนินการส่งแบบสอบถามไปผู้บริโภคนอกภาคการเกษตร 165 แห่งโดยการส่งแบบสอบถามผ่านอีเมลล์จากนั้นตรวจสอบความถูกต้องด้วยการวิเคราะห์ผลทางสถิติ

#### 2.4.3.2 การเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพ

การเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพโดยการสัมภาษณ์เชิงลึกกับผู้บริโภคนอกภาคการเกษตรจำนวน 20 ท่าน

### 2.3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาปัจจัยที่ส่งผลต่อความพึงพอใจของผู้บริโภคด้วยการหาค่าเฉลี่ย ( $\bar{X}$ ) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) [4]

## 2.4 การออกแบบระบบ

งานวิจัยนี้เลือกการประยุกต์ใช้คลาวด์ในระบบโลจิสติกส์ของภาคการเกษตรเพื่อสร้างความพึงพอใจต่อผู้บริโภค ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

### 2.4.1 การออกแบบกระบวนการ

ออกแบบกระบวนการโดยดำเนินการศึกษากระบวนการทำงานในระบบโลจิสติกส์ของภาคการเกษตร ผลลัพธ์ของขั้นตอนนี้คือ แผนภาพกระบวนการทำงาน

### 2.4.2 การออกแบบระบบ

ขั้นตอนนี้ได้มีการประยุกต์คลาวด์ในระบบสารสนเทศใช้ในการเชื่อมโยงข้อมูล ตรวจสอบข้อมูล และติดตามข้อมูลในระบบโลจิสติกส์ของภาคการเกษตรเพื่อสร้างความพึงพอใจให้แก่ผู้บริโภค ผลลัพธ์ของขั้นตอนนี้คือ ระบบสารสนเทศ

โดยคลาวด์คุณสมบัติเด่นคือสามารถติดตาม เชื่อมโยงข้อมูล การดำเนินการของแต่ละงานได้อย่างละเอียดและกำหนดงานการทำงานได้อย่างยืดหยุ่น นอกจากนี้ยังสามารถส่งแจ้งเตือนได้อีกหนึ่งช่องทางและมีค่าใช้จ่ายในการลงทุนต่ำ [3, 6]

## 2.5 การประเมินผลความพึงพอใจระบบ

### 2.5.1 การประเมินผลความพึงพอใจของผู้บริโภค

หลังการทดสอบระบบใหม่กับบริษัทกรณีศึกษาในภาคการเกษตรเพื่อระบุว่าเทคโนโลยีมีส่วนช่วยในการพัฒนา กิจกรรมต่างๆที่จะส่งผลโดยตรงกับความพึงพอใจของผู้บริโภคในระบบโลจิสติกส์และทำการประเมินผลความพึงพอใจระบบสารสนเทศจากผู้บริโภคโดยที่แบบสอบถามมีเกณฑ์การวัดระดับความพึงพอใจ 5 ระดับดังนี้ 1 ระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับน้อยที่สุด 2 ระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับน้อย 3 ระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับปานกลาง 4 ระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก 5 ระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด [4]

ซึ่งผู้วิจัยกำหนดค่าช่วงค่าเฉลี่ยตามแนวทางของเบสท์ [6] ในการประเมินซึ่งมีเกณฑ์การประเมินดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.21-5.00 มีความพึงพอใจระดับมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.41- 4.20 มีความพึงพอใจระดับมาก

ค่าเฉลี่ย 2.61-3.40 มีความพึงพอใจระดับปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.81-2.60 มีความพึงพอใจระดับน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00-1.80 มีความพึงพอใจน้อยที่สุด

## 3. ผลการวิจัย (Results)

### 3.1 ทบทวนวรรณกรรม

#### 3.1.1 ความพึงพอใจของผู้บริโภคในระบบโลจิสติกส์

ทบทวนวรรณกรรมเพื่อหาตัวแปรที่ส่งผลต่อความพึงพอใจของผู้บริโภคในระบบโลจิสติกส์ ซึ่งการให้บริการด้านโลจิสติกส์มีความสำคัญที่ส่งผลต่อความพึงพอใจของผู้บริโภคนั้น การศึกษาความพึงพอใจของผู้บริโภคในระบบโลจิสติกส์จึงเป็นประโยชน์ในการที่จะพัฒนาการให้บริการด้านระบบโลจิสติกส์ให้สอดคล้องตรงกับความต้องการของผู้บริโภค [6, 7] จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่าตัวแปรที่ส่งผลต่อความพึงพอใจสูงสุด 4 อันดับแรก [8] ประกอบด้วยรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. การส่งสินค้าตรงเวลา เป็นการจัดส่งสินค้าตรงตามระยะเวลาที่กำหนดไว้

2. การอัปเดตสถานะสินค้า เป็นการให้ข้อมูลสถานะของสินค้าตั้งแต่รับคำสั่งซื้อจนถึงจัดส่งสินค้าให้แก่ผู้บริโภค

3. การบริหารระบบโลจิสติกส์ เป็นการจัดการข้อมูลต่างๆ เพื่อวางแผนการจัดเก็บ การจัดส่งสินค้าในการทำงาน



4. การบริการข้อมูลก่อนและหลังการขาย เป็นการให้ข้อมูล  
ต่างๆแก่ลูกค้าเช่น ข้อมูลของสินค้า ข้อมูลการจัดส่ง เป็นต้น

### 3.1.2 อุตสาหกรรม 4.0

เทคโนโลยีในอุตสาหกรรม 4.0 สามารถปรับเปลี่ยน  
วิธีการผลิตได้อย่างยืดหยุ่นและยังส่งเสริมให้เกิดรูปแบบ  
ธุรกิจใหม่ๆขึ้น [7, 9] ซึ่งงานวิจัยนี้เลือกใช้คลาวด์ในการ  
ประยุกต์ใช้กับระบบสารสนเทศเนื่องจากคุณสมบัติเด่นคือ  
สามารถติดตาม เชื่อมโยงข้อมูลการดำเนินการของแต่ละงาน  
ได้อย่างละเอียดและค่าใช้จ่ายต่ำ ซึ่งประโยชน์คลาวด์  
ประกอบด้วยรายละเอียดดังต่อไปนี้

#### 3.1.1.1 คลาวด์

เทคโนโลยีที่ให้บริการในการจัดเก็บข้อมูล สามารถเรียกดู  
ข้อมูลและเข้าถึงในระยะไกลได้ [6] ซึ่งสามารถแบ่งประเภท  
โครงสร้างคลาวด์ได้ด้วยกัน 3 ประเภท และแต่ละประเภท  
เหมาะกับกลุ่มผู้ใช้ที่แตกต่างกัน ดังนี้ [2]

- การให้บริการโครงสร้างพื้นฐาน (IaaS) เป็น  
โครงสร้างที่เหมาะสมกับนักพัฒนาซอฟต์แวร์ในการใช้  
ควบคุมระบบ
- การให้บริการแพลตฟอร์ม (PaaS) เป็นการ  
ให้บริการแพลตฟอร์มจะมุ่งเน้นไปที่การปรับใช้  
และการจัดการแอปพลิเคชัน
- การให้บริการซอฟต์แวร์ (SaaS) เป็นการให้  
บริการซอฟต์แวร์ที่มีความสมบูรณ์ซึ่งได้รับการ  
จัดการโดยผู้ให้บริการ

คิวอาร์โค้ด ถือเป็นเทคโนโลยีหนึ่งในคลาวด์ใช้  
เพื่อการจัดเก็บข้อมูลในรูปแบบตัวเลข ตัวอักษรและ  
ช่วยในการอ่านค่าตัวอักษรหรือใช้เป็นตัวกลางใน  
การสื่อสารข้อมูล รวมทั้งเป็นตัวกลางในการ  
เชื่อมโยงผ่านลิงค์ต่างๆในการเข้าสู่ระบบต่างๆ

### 3.2 การหาคุณภาพของแบบสอบถาม

การหาค่าความน่าเชื่อถือของแบบสอบถามโดยผ่านการ  
ตรวจสอบด้วยเครื่องมือวิจัยจากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน [4]  
พบว่ามีความน่าเชื่อถือมากกว่า 0.5 และในแต่ละคำถามค่า IOC  
เข้าใกล้ 1.00 ซึ่งแสดงความน่าเชื่อถือของแบบสอบถาม ดัง  
ตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่า IOC ของแบบสอบถามส่วนที่ 1

แบบสอบถาม ส่วนที่ 1	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5	IOC
คำถามที่ 1	1	1	1	1	1	1.00
คำถามที่ 2	0	1	0	1	1	0.60
คำถามที่ 3	0	1	1	1	1	0.80
คำถามที่ 4	1	0	1	1	1	0.80
	$\bar{x}$					0.80

### 3.3 ผลการวิจัยเชิงปริมาณ

จากการศึกษาข้อมูลด้วยแบบสอบถามจำนวน 165 ท่าน  
ถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อความพึงพอใจของผู้บริโภคในระบบ  
โลจิสติกส์ภาคการเกษตร และผลที่ได้จากการตอบ  
แบบสอบถามสามารถวิเคราะห์ข้อมูลด้วยการหาค่าเฉลี่ยและ  
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่าปัจจัย  
ด้านการส่งสินค้าตรงเวลามีค่าเฉลี่ย 4.18 และ S.D.  
เท่ากับ 0.81 ส่งผลต่อความพึงพอใจของผู้บริโภคระดับ  
มาก ปัจจัยด้านการบริหารระบบโลจิสติกส์มีค่าเฉลี่ย 4.04  
และ S.D. เท่ากับ 0.84 ส่งผลต่อความพึงพอใจของ  
ผู้บริโภคระดับมาก ปัจจัยด้านการอัปเดตสถานะสินค้ามี  
ค่าเฉลี่ย 4.17 และ S.D. เท่ากับ 0.78 ส่งผลต่อความพึง  
พอใจของผู้บริโภคระดับมากและปัจจัยที่ด้านการบริการ  
ข้อมูลก่อนและหลังการขายมีค่าเฉลี่ย 4.14 และ S.D.  
เท่ากับ 0.77 ส่งผลต่อความพึงพอใจของผู้บริโภคระดับ  
มาก ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

	การส่ง สินค้าตรง เวลา	การบริหาร ระบบโลจิส ติกส์	การอัปเดต สถานะ สินค้า	บริการข้อมูล ก่อนและหลัง การขาย
$\bar{x}$	4.18	4.04	4.17	4.14
S.D.	0.81	0.84	0.78	0.77

### 3.4 ผลการวิจัยเชิงคุณภาพ

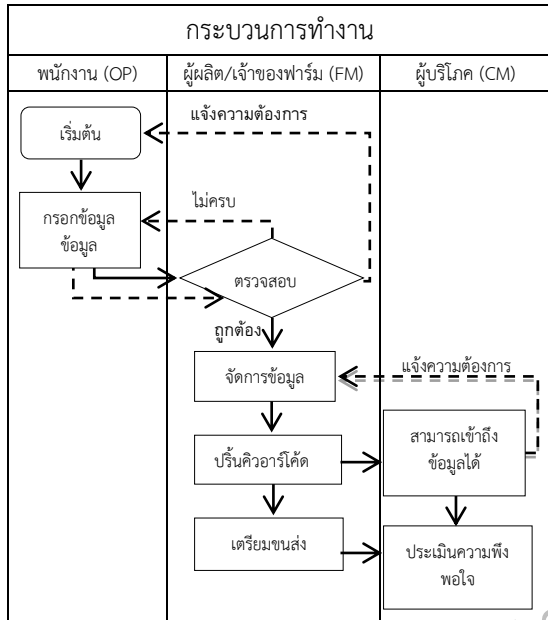
การเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพโดยการสัมภาษณ์เชิงลึกกับ  
ผู้บริโภคในภาคการเกษตรจำนวน 20 ท่านเกี่ยวกับปัจจัยที่  
ส่งผลต่อความพึงพอใจของผู้บริโภคในระบบโลจิสติกส์ภาค  
การเกษตรสามารถสรุปรายละเอียดดังนี้ การส่งสินค้าตรง  
เวลา การบริหารระบบโลจิสติกส์ การอัปเดตสถานะสินค้า  
และบริการข้อมูลก่อนและหลังการขายมีความสำคัญต่อ  
ความพึงพอใจของผู้บริโภคในระบบโลจิสติกส์ภาคการเกษตร  
เพราะผู้บริโภคต้องทราบข้อมูลหรือรายละเอียดต่างๆ เช่น  
ผู้บริโภคต้องการทราบสถานะของสินค้า วันเวลาในการจัดส่ง  
รายละเอียดของสินค้า สินค้าได้คุณภาพ และข้อมูลต่างๆใน  
การดำเนินงาน เพื่อให้เกิดความเชื่อมั่นว่าสินค้าจะถูกส่งครบ  
ตามจำนวนคำสั่งซื้อ สินค้าไม่สูญหาย มีการแจ้งเตือนเมื่อ  
สินค้ามีความล่า และจัดส่งสินค้าได้ตรงตามกำหนดเวลา ซึ่ง  
สิ่งเหล่านี้จะส่งเสริมด้านประสิทธิภาพในการให้บริการด้าน  
โลจิสติกส์ในภาคการเกษตรส่งเสริมการแข่งขันทางธุรกิจ



### 3.5 การออกแบบระบบ

#### 3.5.1 การออกแบบกระบวนการ

ออกแบบกระบวนการตามผลความต้องการที่จะตอบสนองความพึงพอใจของผู้บริโภคที่ได้มาจากการสัมภาษณ์ ระบบที่ได้ดำเนินการศึกษา ซึ่งจะต้องมีการระบุขั้นตอนการดำเนินงานต่างๆของงาน ดังแผนภาพกระบวนการทำงานของระบบใหม่ ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 แผนภาพกระบวนการทำงาน

#### 3.5.2 การออกแบบระบบ

ขั้นตอนนี้ได้นำเครื่องมือประยุกต์ใช้เทคโนโลยีคลาวด์มาปรับแก้ให้เข้ากับผลความต้องการและการตอบสนองความพึงพอใจของผู้บริโภคโดยยึดหลักการออกแบบระบบโดยเน้นมนุษย์เป็นศูนย์กลาง [10] ซึ่งระบบสารสนเทศระบบใหม่มีรายละเอียดการใช้งานส่วนสำคัญดังนี้

1. การเข้าถึงข้อมูล ผู้ใช้งานและผู้มีส่วนเกี่ยวข้องสามารถเข้าถึงระบบสารสนเทศผ่านหน้าเว็บไซต์ โดยการพิมพ์ URL
2. หน้าหลักเว็บไซต์จะแสดงข้อมูลประกอบด้วยเมนูหลัก 3 รายการได้แก่ ส่วนที่ 1 ข้อมูลการดำเนินงานจะดำเนินการติดตามสินค้าตั้งแต่ข้อมูลการปลูก ข้อมูลการดำเนินงาน ข้อมูลการเก็บเกี่ยว โดยที่พนักงานจะทำการอัปเดตข้อมูลผ่านคลาวด์ จากนั้นข้อมูลที่ถูกรับผ่านคลาวด์ ซึ่งข้อมูลที่ถูกรับที่ก็จะแจ้งเตือนอัตโนมัติผ่านแอปพลิเคชันไลน์เพื่อให้พนักงานที่มีส่วนเกี่ยวข้องรับทราบข้อมูล ส่วนที่ 2 การติดตามสถานะสินค้า เป็นการติดตามสถานะสินค้าตั้งแต่การรับคำสั่งซื้อ จนส่งสินค้าให้แก่ผู้บริโภคทำให้สามารถติดตาม

ข้อมูลการดำเนินงานผ่านระบบสารสนเทศ และส่วนที่ 3 การให้บริการลูกค้า พนักงานแปะคิวอาร์โค้ดไว้ที่กล่องสินค้าในการอัปเดตข้อมูลต่างๆลูกค้าสามารถสอบถามรายละเอียดข้อมูลของสินค้าได้หรือเข้าถึงข้อมูลผ่านระบบสารสนเทศเพื่อตรวจสอบข้อมูลต่างๆโดยการสแกนคิวอาร์โค้ดที่กล่องพัสดุ [11, 12] เช่น ต้องการทราบชื่อพนักงานที่จัดส่งสินค้า วันที่จัดส่งสินค้า และสามารถร้องเรียนการให้บริการโลจิสติกส์เพื่อนำไปปรับปรุงให้ดีขึ้นในอนาคต ดังรูปที่ 2 และ 3



รูปที่ 2 ระบบสารสนเทศในการจัดการข้อมูล



รูปที่ 3 การติดตามสถานะสินค้า

### 3.6 การประเมินผลความพึงพอใจระบบ

การประเมินความพึงพอใจของผู้บริโภคโดยการทดสอบระบบสารสนเทศกับบริษัทกรณีศึกษาในระบบโลจิสติกส์ในภาคการเกษตร พบว่าผลความพึงพอใจระบบมีค่าเฉลี่ยรวม



ทั้งหมด 4.11 และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.66  
สรุปได้ว่าความพึงพอใจของระบบโดยรวมอยู่ในเกณฑ์ระดับ  
ดี ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้บริโภคหลัง  
การประยุกต์ใช้งานระบบใหม่

ประเมินความพึงพอใจ	$\bar{X}$ หลังใช้ ระบบ	S.D. หลังใช้ ระบบ
1.การส่งสินค้าตรงเวลา	4.20	0.41
2.การบริหารระบบโลจิสติกส์	4.00	0.86
3.การอัปเดตสถานะสินค้า	4.15	0.59
4.บริการข้อมูลก่อนและหลังการขาย	4.10	0.79
สรุป	4.11	0.66

#### 4. อภิปรายผล (Discussion)

งานวิจัยนี้เป็นการออกแบบระบบสารสนเทศโดยการ  
ประยุกต์ใช้คลาวด์ในการติดตาม ตรวจสอบข้อมูลและจัดการ  
ข้อมูลของระบบโลจิสติกส์ในภาคการเกษตรเพื่อตอบสนอง  
ความพึงพอใจของผู้บริโภคโดยการทดสอบระบบสารสนเทศ  
กับผู้บริโภคของบริษัทกรณีศึกษาในภาคการเกษตร พบว่า  
ระบบสารสนเทศสามารถตอบสนองความพึงพอใจของ  
ผู้บริโภคสูงสุดด้านการส่งสินค้าตรงเวลาซึ่งมีค่าเฉลี่ย 4.20  
และ S.D. เท่ากับ 0.41 รองลงมาด้านการอัปเดตสถานะ  
สินค้าซึ่งมีค่าเฉลี่ย 4.15 และ S.D. เท่ากับ 0.59 ด้านการ  
บริการข้อมูลก่อนและหลังการขายซึ่งมีค่าเฉลี่ย 4.10 และ  
S.D. เท่ากับ 0.79 และด้านการบริหารโลจิสติกส์ซึ่งมีค่าเฉลี่ย  
4.00 และ S.D. เท่ากับ 0.86 ตามลำดับ ซึ่งมีผลการประเมิน  
ความพึงพอใจของทั้งสี่ปัจจัยต่อการใช้ระบบสารสนเทศอยู่ใน  
เกณฑ์ระดับดี และผลจากการทดสอบระบบในบริษัท  
กรณีศึกษาสรุปได้ว่าคลาวด์ซึ่งเป็นหนึ่งในเทคโนโลยี  
อุตสาหกรรม 4.0 ช่วยตอบสนองความพึงพอใจของผู้บริโภค  
ในระบบโลจิสติกส์ของภาคการเกษตรตามรายละเอียดดังนี้  
[4]

1. ความพึงพอใจด้านการส่งมอบสินค้าตรงเวลา คลาวด์ช่วย  
พนักงานจัดการข้อมูลทำให้ลดระยะเวลาการทำงานและส่ง  
สินค้าได้ตรงเวลา [2]

2. ความพึงพอใจด้านการบริหารระบบโลจิสติกส์ คลาวด์ช่วย  
พนักงานทราบวันที่แน่นอนในการเก็บเกี่ยวผลผลิตผ่านระบบ  
คลาวด์จึงทำให้มีการเก็บเกี่ยวผลผลิตและวางแผนการขนส่ง  
สินค้าตรงเวลา สินค้าจึงไม่เน่าเสียในขณะที่ทำการขนส่ง [8]

3. ความพึงพอใจด้านการอัปเดตสถานะสินค้า คลาวด์ช่วย  
ในการติดตามสินค้าได้ในขณะขนส่ง โดยการสแกนคิวอาร์  
โค้ดก่อนการจัดส่งสินค้าเพื่อยืนยันการส่งสินค้าผ่านระบบ  
คลาวด์ ซึ่งลูกค้าสามารถติดตามสถานะได้ผ่านทางหน้าเว็บ  
ไซด์ [6, 10]

4. ความพึงพอใจด้านการบริการข้อมูลก่อนและหลังการขาย  
คลาวด์ช่วยพนักงานในการจัดเก็บและวิเคราะห์ผลที่ได้จาก  
การประเมินความพึงพอใจของผู้บริโภคผ่านระบบคลาวด์จึง  
ทำให้ผู้ผลิตเข้าใจปัญหาที่เกิดขึ้นในมุมมองของผู้บริโภค [12]

งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นถึงความสามารถในการนำ  
เทคโนโลยีในอุตสาหกรรม 4.0 ไปประยุกต์ใช้กับระบบ  
จัดการข้อมูลในภาคการเกษตร เพื่อช่วยยกระดับคุณภาพ  
ชีวิตของเกษตรกรให้มีความรู้ ความเข้าใจเทคโนโลยีใน  
อุตสาหกรรม 4.0 และสามารถเป็นต้นแบบเพื่อการประยุกต์  
ในอุตสาหกรรมอื่นๆต่อไปในอนาคต

#### 5. สรุปผล (Conclusion)

การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีคลาวด์ร่วมกับระบบ  
สารสนเทศในระบบโลจิสติกส์ของภาคการเกษตรและ  
ทดสอบกับผู้บริโภคในบริษัทกรณีศึกษาในภาคการเกษตร  
พบว่าคลาวด์มีส่วนช่วยส่งเสริมการแข่งขันธุรกิจและ  
ยกระดับคุณภาพการให้บริการด้านระบบโลจิสติกส์ของภาค  
การเกษตรในด้านการส่งมอบสินค้าตรงเวลา ด้านการบริหาร  
ระบบโลจิสติกส์ ด้านการอัปเดตสถานะสินค้า และด้านการ  
บริการข้อมูลก่อนและหลังการขายเพื่อตอบสนองความพึง  
พอใจของผู้บริโภคโดยรวมอยู่ในเกณฑ์ดีและความท้าทาย  
การจัดการด้านระบบโลจิสติกส์ในช่วงวิกฤตโควิด-19 จะช่วย  
เพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารจัดการระบบโลจิสติกส์ใน  
ภาคการเกษตรให้มีความยั่งยืนได้ในอนาคต

#### 6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณอย่างยิ่งต่อบุคลากรของศูนย์นวัตกรรม  
สำหรับวิศวกรรมปัจจัยมนุษย์และการยศาสตร์ ภาควิชา  
วิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย  
เทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือสำหรับความ  
ช่วยเหลือในงานวิจัยครั้งนี้



## 7. เอกสารอ้างอิง

- [1] Office of the National Economics and Social Development Council, "Thailand's logistics report," 2019.
- [2] Xiang K., and Ray Z., "Cyber physical ecommerce logistics system: An implementation case in Hong Kong," Computers & Industrial Engineering, vol. 139, 2020.
- [3] Giacomo B., Monica C., and Rebecca C., "Smart factory performance Industry 4.0," Technological Forecasting and Social Change, vol. 150, 2020.
- [4] Danitar T., Somkiat J. and Nantakrit Y., "The Design of Digital Information Systems for Inspection Body (IB) of Industrial Product," J. KMUTNB, 2020 (in Thai).
- [5] Boonlert T., Teravuti B., Wichain K., and Nipon S., "The Development Model of Learning Organization and Knowledge Management by Knowledge Sharing via Internet Network," J. KMUTNB, vol. 24, no. 1, 2014 (in Thai).
- [6] Erik H., and Marco R., "Industry 4.0 and the current status as well as future prospects on logistics," Computers in industry, vol. 89, pp. 23-34, 2017.
- [7] Patrick Z., Percy L., Dean C., and Sherif M., "Cloud-based safety information and communication system in infrastructure construction," Saf. Sci., vol. 98, pp. 50-69, 2017.
- [8] Thao V., David G., and David M., "Exploring logistics service quality in Hai Phong, Vietnam," The Asian Journal of Shipping and Logistics, vol. 36, no. 2, pp. 54-64, 2020.
- [9] Yotsuda B., Manutchanok J. and Nantakrit Y., "Applications of Industry 4.0 during COVID-19 Situation for Logistics System in Customer Satisfaction Context," presented at the IEEE International Conference on Industrial Engineering and Management, Marina Bay Sands, Singapore, Dec. 13-16, 2021.
- [10] Ergonomics of human-system interaction – Part 210 Human-centred design for interactive systems, ISO 9241-210, 2010.
- [11] Laslo T., Ivana S., Srdjan T., Stevan S., and Gordana O., "A readability analysis for QR code application in a traceability system," Computers and Electronics in Agriculture, vol. 109, pp. 1-11, 2014.
- [12] Yotsuda B., Somkiat J., Nantakrit Y. and Manutchanok J., "Evaluation and Analysis of Factors Affecting the Development of Logistics System during COVID-19 Situation in Thailand with Regard to the Concept of Industry 4.0 (Accepted for publication)," Journal of King Mongkut's University of Technology North Bangkok, in press (in Thai).



## การควบคุมอุณหภูมิ ในถังเก็บน้ำร้อนขนาดเล็กที่ใช้ขดลวดความร้อน Temperature control in small hot water tank that using heater

มารุต เลิศศรี<sup>1</sup> อนุชาติ ศรีศิริวัฒน์<sup>2</sup> และณาวดี ศรีศิริวัฒน์<sup>3</sup>

<sup>1</sup>สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน marutloessri19@gmail.com,

<sup>2,3</sup>คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน <sup>2</sup>srisirawat@gmail.com, <sup>3</sup>navadee@hotmail.com

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้จะศึกษาการควบคุมอุณหภูมิ ในถังเก็บน้ำร้อนขนาดเล็กที่ใช้ขดลวดความร้อน ซึ่งเป็นงานวิจัยส่วนหนึ่งของการออกแบบและสร้างระบบควบคุมน้ำร้อนในถังโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ที่ผ่านแผงรับรังสีอาทิตย์ (Solar collector) ร่วมกับการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ผ่านขดลวดความร้อนแบบผสมผสาน โดยเน้นการควบคุมอุณหภูมิในถัง แบบ On-off hysteresis ที่แสดงผลการควบคุมอุณหภูมิจากการจำลองและการทดลองจริงพบว่า การควบคุมอุณหภูมิแบบ On/Off hysteresis จะทำให้ชุดขับทำงานน้อยลง และมีค่าผิดพลาดรอบค่าเป้าหมายสูงขึ้นตามการตั้งค่า hysteresis และเมื่อมีการรบกวนระบบทันทีทันใด ระบบสามารถกลับคืนเข้าสู่ค่าเป้าหมายได้ตามต้องการ ดังนั้นสามารถนำวิธีการควบคุมแบบนี้ไปใช้กับระบบถังเก็บน้ำร้อนขนาดใหญ่ได้ต่อไป

**คำสำคัญ :** คำถังเก็บน้ำร้อนขนาดเล็ก ; การควบคุมอุณหภูมิแบบ On/Off hysteresis

### Abstract

This research will study temperature control in a small hot water tank that uses a heating coil. This is part of the research on the design and construction of a tank-heating water control system using solar energy through the solar collector together with the use of electricity through a combined heating coil. By focusing on the on-off hysteresis controller is controlled the water temperature in the tank, which showed the temperature control results from simulations and actual experiments. On-off hysteresis temperature control makes the drive less active and the error around the target value is higher with the hysteresis setting. When the system is disturbed, it can return to target value as needed. Therefore, this control method can be applied to large hot water tank systems.

**Keywords:** Small hot water tank; temperature control with On/Off hysteresis



## 1. บทนำ (Introduction)

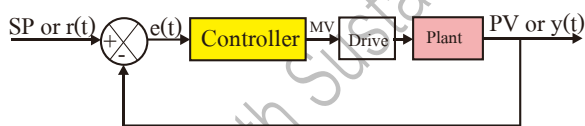
ปัจจุบันราคาพลังงานไฟฟ้าต่อหน่วยมีราคาสูงขึ้น เนื่องจากมีความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าในภาคครัวเรือน อุตสาหกรรมและเกษตรกรรมของประชาชนเพิ่มขึ้น ประเทศ

ไทยอยู่ใกล้บริเวณเส้นศูนย์สูตรดังนั้น เหมาะกับการทำน้ำ ร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งสามารถลดค่าใช้จ่ายด้าน พลังงานไฟฟ้าลงได้ โดยการลงทุน เพียงครั้งเดียว ซึ่งแตกต่าง จากการ

ใช้เครื่องทำน้ำร้อนประเภทอื่นที่สิ้นเปลืองด้านพลังงานอย่า ต่อเนื่องและมีค่าบำรุงรักษาสูง นอกจากนี้ยังช่วยอนุรักษ์ พลังงานและสิ่งแวดล้อมด้วยดังนั้นการออกแบบและสร้าง ระบบควบคุมน้ำร้อนในถังโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ที่ผ่าน แผงรับรังสีอาทิตย์ (Solar collector) ร่วมกับการใช้พลังงาน ไฟฟ้าที่ผ่านขดลวดความร้อนแบบผสมผสานเป็นสิ่งที่ น่าสนใจ สำหรับงานงานวิจัยที่นำเสนอนี้ จะมุ่งเน้นเฉพาะ ส่วนของตัวควบคุมอุณหภูมิในถัง แบบ On-off hysteresis โดยจะแสดงถึงสมรรถนะในการควบคุมอุณหภูมิ ของน้ำทั้งแบบจำลองและทดลองจริง ก่อนนำไปติดตั้งใน ระบบในถังเก็บน้ำร้อนของเครื่องทำน้ำร้อนจากพลังงาน แสงอาทิตย์ต่อไป

## 2. วิธีวิจัย (Research Methodology)

### 2.1 ขั้นตอนการทดลอง



ภาพที่ 1 บล็อกไดอะแกรมของการควบคุมแบบปิด (Close loop control)

จากวงจรระบบน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์แบบ ผสมผสานจะเริ่มจากการออกแบบตัวควบคุมอุณหภูมิของน้ำ ร้อนในถังด้วยวิธี On-Off Hysteresis ทั้งจากการจำลองผล (Simulation) และการทดลองจริง ดังนี้

### 2.2 ขั้นตอนการจำลองผล (Simulation)

1. กำหนดสมการ Plant model จากการทดสอบ แล้ว เขียนโปรแกรม LabView ให้สามารถตั้งค่าเป้าหมาย อุณหภูมิ (SP) รับค่าอุณหภูมิ (PV) เขียนคำสั่งตัวควบคุม แบบ On-Off hysteresis และ PID Control (เพื่อเปรียบ เทียบลักษณะกราฟ)

2. กำหนดการแสดงผลของค่าเป้าหมาย ค่า กระบวนการ ค่าสัญญาณควบคุมชุดขับ

3. เก็บผลการจำลองทางสมรรถนะการควบคุมระบบ เมื่อเปลี่ยนแปลงค่าเป้าหมายอย่างทันทีทันใด

### 2.3 ขั้นตอนการทดลองจริง

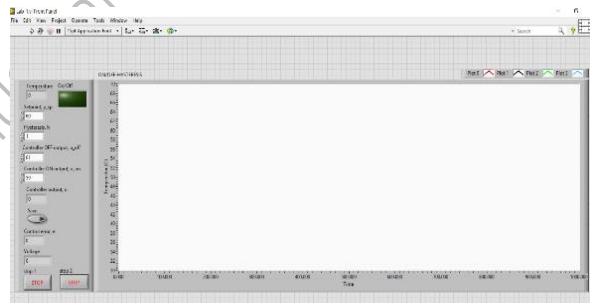
1. เตรียมตัวตรวจจับอุณหภูมิ DS18B20 ชุดขับ SSR และบอร์ดต่อรวม Arduino Uno กัดม้น้ำร้อนแทนถังเก็บ น้ำร้อนขนาดเล็ก

2. ต่อสายสัญญาณทั้งหมดดังรูปที่ 4 และ 5

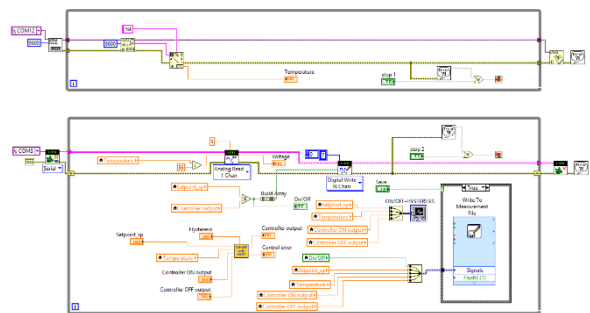
3. เก็บผลการทดลองทางสมรรถนะการควบคุมระบบ เมื่อเปลี่ยนแปลงค่า hysteresis ที่ 1 และ 3 และศึกษาความ แตกต่างของกราฟ

4. เก็บผลการทดลองทางสมรรถนะการควบคุมระบบ เมื่อเปลี่ยนค่าเป้าหมายทันทีทันใดและศึกษาความแตกต่าง ของกราฟ

5. เก็บผลการทดลองทางสมรรถนะการควบคุมระบบ ด้วยการรบกวนระบบและศึกษาการเขาสู่จุดเป้าหมายอีกครั้ง จากกราฟ



ภาพที่ 2 ส่วนแสดงผลโปรแกรม LabVIEW

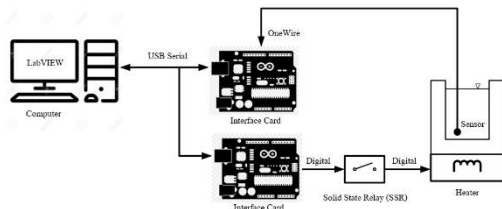


ภาพที่ 3 ส่วนของโค้ดโปรแกรม LabVIEW





ภาพที่ 4 ภาพระบบจริงระบบทำน้ำร้อนที่จะทำการศึกษ



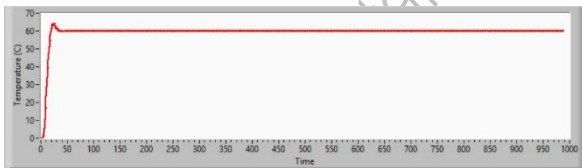
ภาพที่ 5 ภาพโดยรวมระบบควบคุมระบบทำน้ำร้อนที่จะทำการศึกษา

### 3. ผลการวิจัย (Results)

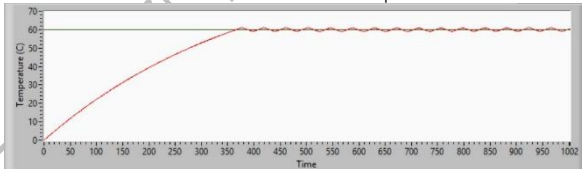
#### 3.1 ผลการทดลอง

สมรรถนะของการควบคุมอุณหภูมิจะแสดงผลจากการจำลองและการทดลองจริง จะมีผลการทดลองดังนี้

#### 3.2 เปรียบเทียบผลการจำลองเมื่อใช้วิธีการควบคุมต่างกัน



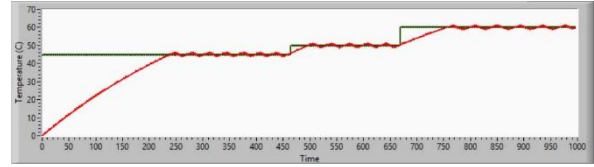
ภาพที่ 6 การจำลองการควบคุมแบบ PID



ภาพที่ 7 การจำลอง On/Off hysteresis

จากภาพที่ 7 พบว่าการควบคุมแบบ PID จะมีสมรรถนะการควบคุมด้านเวลาได้ขึ้น ค่าเปอร์เซ็นต์การพุ่งเกิน และค่าผิดพลาดที่สภาวะคงที่ ดีกว่าการควบคุมแบบ On/Off hysteresis แต่การควบคุมแบบ On/Off hysteresis ก็สามารถทำให้ระบบเข้าสู่ค่าเป้าหมายได้โดยมีค่าผิดพลาดที่สภาวะคงที่เพียงพต่อการนำไปใช้ควบคุม(เมื่อ Plant Model เป็นสมการอันดับหนึ่ง)

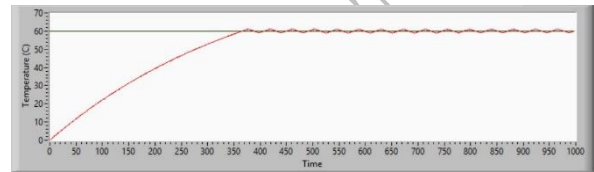
#### 3.3 ผลการจำลองเมื่อเปลี่ยนค่าเป้าหมายทันทีทันใด



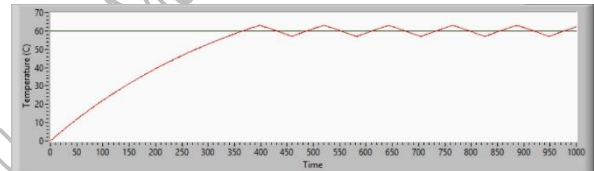
ภาพที่ 8 ผลการจำลองเมื่อเปลี่ยนค่าเป้าหมายทันทีทันใด

ภาพที่ 8 เป็นผลการจำลองเมื่อใช้ตัวควบคุมแบบ On/Off hysteresis พบว่า ระบบสามารถติดตามค่าเป้าหมายได้ตลอด และมีค่าผิดพลาดที่สภาวะคงที่เพียงเล็กน้อย

#### 3.4 เปรียบเทียบผลการจำลอง เมื่อใช้ค่า hysteresis ที่ต่างกัน



(A)

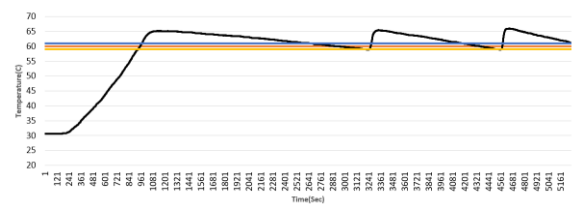


(B)

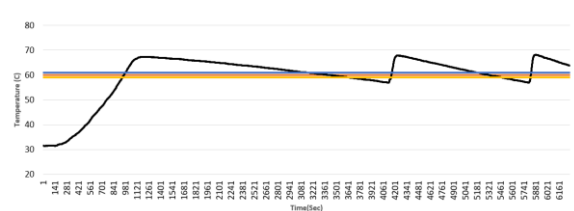
ภาพที่ 9 (A), (B) เปรียบเทียบผลการจำลอง เมื่อใช้ค่า hysteresis ที่ต่างกัน

จากภาพที่ 9 เมื่อตั้งค่า hysteresis ที่ต่างกัน ระบบก็จะวิ่งสู่ค่าเป้าหมายได้และมีค่าผิดพลาดที่สภาวะคงที่สูงขึ้นตามค่า hysteresis ที่เพิ่มขึ้น

#### 3.5 เปรียบเทียบผลการทดสอบจริงเมื่อใช้ค่า hysteresis ที่ต่างกัน



(A)



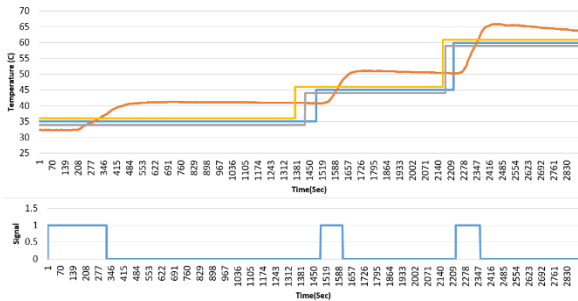
(B)

ภาพที่ 10 ผลการควบคุมอุณหภูมิจริงเมื่อตั้งค่า hysteresis ที่ A.) 1, B.) 3



จากรูปที่ 10 เมื่อตั้งอุณหภูมิเป้าหมายที่ 60 °C และตั้งค่า hysteresis ต่างกันจะพบว่าที่ค่า hysteresis สูงขึ้น จะมีค่า Overshoot สูงตามและสัญญาณขับ(MV) จะใช้เวลาในการ On-off มากขึ้น แต่อุณหภูมิในระบบก็จะแกว่งรอบค่าเป้าหมาย

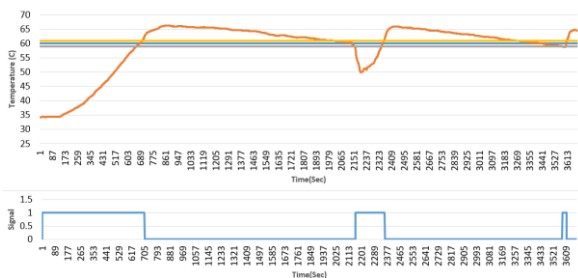
3.6 ผลการทดสอบจริงเมื่อเปลี่ยนค่าเป้าหมายทันทีทันใด



ภาพที่ 11 ผลการทดสอบจริงเมื่อเปลี่ยนค่าเป้าหมายทันทีทันใด

จากภาพที่ 11 เมื่อเปลี่ยนค่าเป้าหมายทันทีทันใด อุณหภูมิในระบบจะมีการหน่วง เล็กน้อยและวิ่งเข้าหาเป้าหมายได้ทุกครั้ง

3.7 ผลการทดสอบจริงเมื่อมีการรบกวนระบบ



ภาพที่ 12 ผลการทดสอบจริงเมื่อมีการรบกวนระบบ

จากรูปที่ 12 ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 60 °C ณ สภาวะคงที่เมื่อมีการรบกวนระบบโดยการใส่น้ำแข็งในภาคน้ำ จะพบว่าระบบสามารถกลับคืนเข้าสู่ค่าเป้าหมายได้ตามต้องการ

#### 4. อภิปรายผล (Discussion)

จากการทดลองที่ 3.5-3.7 ผลการทดลองได้แสดงผลว่าการควบคุมแบบ On/Off hysteresis สามารถนำไปควบคุมอุณหภูมิได้ดี

#### 5. สรุปผล (Conclusion)

เป็นการควบคุมอุณหภูมิ ในถังเก็บน้ำร้อนในส่วนที่ช่วยลดความร้อนสามารถสรุปได้ดังนี้

1. จากการทดลองระบบควบคุมแบบ On/Off hysteresis สามารถควบคุมระบบทางความร้อนได้

2. จากการจำลองระบบที่ใช้การควบคุมแบบ PID จะให้สมรรถนะการควบคุมอุณหภูมิในระบบดีกว่าการควบคุมแบบ On/Off hysteresis แต่การควบคุมแบบ On/Off hysteresis จะทำให้ชุดขับทำงานน้อยลง และมีค่าผิดพลาดรอบค่าเป้าหมายสูงขึ้นตามการตั้งค่า hysteresis

3.จากการทดลองจริงกับชุดกักตุนน้ำขนาดเล็กด้วยการควบคุมแบบ On/Off hysteresis พบว่าการควบคุมอุณหภูมิในระบบจะมีค่าผิดพลาดรอบค่าเป้าหมายสูงขึ้นตามการตั้งค่า hysteresis และเมื่อมีการรบกวนระบบ ระบบสามารถกลับคืนเข้าสู่ค่าเป้าหมายได้ตามต้องการ

4.สามารถนำความรู้จากการควบคุมอุณหภูมิแบบ On/Off hysteresis ไปใช้ในการการควบคุมอุณหภูมิ ในถังเก็บน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ผสมผสานกับขดลวดความร้อนพัฒนาระบบควบคุมระบบทางความร้อนที่เป็นระบบที่ใหญ่กว่าและเป็นแบบ dynamic ได้

#### 6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้แต่งขอขอบคุณ สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน ที่เอื้อเพื่ออุปกรณ์ในการทดลองและทำวิจัยในครั้งนี้

#### 7. เอกสารอ้างอิง

- [1] Finn Haugen., “Comparing PI Tuning Methods in a Real Benchmark Temperature Com” ISSN 1890-1328., Modeling, Identification and Control, Vol. 31, 2010, pp. 79-91
- [2] พลอย พลอยประดับ, อิทธิพลของตำแหน่งหัวตรวจจับอุณหภูมิต่อการควบคุมอุณหภูมิในภาคน้ำร้อนไฟฟ้า, การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 10, 1-3 พฤษภาคม พ.ศ. 2561 โรงแรมราชศุภมิตร อาร์.เอส. โฮเต็ล (R.S. Hotel) อำเภอเมือง จังหวัดกาญจนบุรี, หน้า 782-785
- [3] ภาคภูมิ ศรีทองนวล, สันติ หวังนิพนพานโต, มุสตาฟา ยะกา, 2559, ระบบควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ในห้องอบแห้งยางพาราในตอนเวลากลางคืน, การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้ามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 8, 25-27 พฤษภาคม 2559, โรงแรมดวงจิตต์ รีสอร์ทแอนด์สปา จ.ภูเก็ต, หน้า 777-780.
- [4] Fชัยพร ไทรเกตุ, สันติ หวังนิพนพานโต และ ทศพร พรหมสิทธิ์, 2559, การควบคุมความดันในถังลมแบบอนุกรม 2 ถัง, การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้ามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 8, 25-27 พฤษภาคม 2559, โรงแรมดวงจิตต์ รีสอร์ทแอนด์สปา จ.ภูเก็ต, หน้า 781-784.



- [5] อธิ์ วชิระเสนา, สันติ หวังนิพนพานโต, ยงยุทธ์ พัฒนพงศ์  
และ ชนัญญ์ชัย วุฒินยาวัฒน์, 2559, การพัฒนา  
บอร์ดจำลองการควบคุมเพื่อการศึกษาด้ำนระบบควบ  
คุมด้วยโปรแกรม LABVIEW, การประชุมวิชาการ  
เครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้ามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 8, 25-27 พฤษภาคม 2559, โรงแรมดวง  
จิตต์ รีสอร์ทแอนด์สปา จ.ภูเก็ต, หน้า 805-808.



## การประยุกต์ใช้ไฟไนต์เอลิเมนต์ในการวิเคราะห์พฤติกรรมของกำแพงกันดิน

### เหล็กเสริมแบกทาน

## Application of Finite Element Method to Analyze Performance of A Bearing Reinforcement Earth Wall

มลลิกา มอברהโทก<sup>1\*</sup>, สุขสันต์ หอพิบูลสุข<sup>2</sup>, อาทิตย์ อุดมชัย<sup>3</sup> และจักรกฤษณ์ ยืนยงค์<sup>4</sup>

<sup>1</sup> นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี [manlika.mob@gmail.com](mailto:manlika.mob@gmail.com)

<sup>2</sup> ศาสตราจารย์ สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี [suksun@g.sut.ac.th](mailto:suksun@g.sut.ac.th)

<sup>3</sup> อาจารย์ สาขาวิชาวิศวกรรมโยธาและโครงสร้างพื้นฐาน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี [artit.u@g.sut.ac.th](mailto:artit.u@g.sut.ac.th)

<sup>4</sup> นักวิจัย ศูนย์เชี่ยวชาญเฉพาะทางด้านนวัตกรรมเพื่อการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานอย่างยั่งยืน  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี [chakkrid.sut@gmail.com](mailto:chakkrid.sut@gmail.com)

### บทคัดย่อ

กำแพงกันดินเหล็กเสริมแบกทานประกอบด้วยเหล็กเสริมแบกทานที่เชื่อมต่อเข้ากับแผ่นผนังคอนกรีต ซึ่งถูกประยุกต์ใช้ในงานก่อสร้างของโครงการทั้งภาครัฐและภาคเอกชน แต่ด้วยรูปแบบที่มีความซับซ้อนในบางโครงการ จึงทำให้การออกแบบก่อสร้างที่สมมติพฤติกรรมของกำแพงกันดินเป็นแบบ Plain strain ใน 2 มิติ อาจไม่เหมาะสม เพราะสามารถวิเคราะห์พฤติกรรมได้เพียงแค่ด้านใดด้านหนึ่งของกำแพงเท่านั้น อาจส่งผลกระทบต่อความมั่นคงและงบประมาณการก่อสร้าง เพื่อเป็นการลดต้นทุนการก่อสร้างและเพิ่มเสถียรภาพ งานวิจัยนี้ได้ศึกษาวิเคราะห์เปรียบเทียบพฤติกรรมของกำแพงกันดินเหล็กเสริมแบกทาน ระหว่างผลตรวจวัดจริงในสนามและผลการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ แบบ 3 มิติ โดยโปรแกรม PLAXIS 3D กำแพงกันดินที่ทำการศึกษา สร้างขึ้นที่เหมืองแม่เมาะ จังหวัดลำปาง ถูกเสริมกำลังด้วยเหล็กเสริมแบกทานทั้ง 3 ด้านของกำแพง งานวิจัยนี้นำเสนอพฤติกรรมของกำแพงกันดิน ซึ่งประกอบด้วยพฤติกรรมการทรุดตัวในแนวตั้ง การเคลื่อนตัวด้านข้าง และแรงดึงในเหล็กเสริมแบกทาน จากผลการศึกษาพบว่า พฤติกรรมการทรุดตัวในสภาวะก่อนเปิดใช้งานมีความแตกต่างกันระหว่างผลการตรวจวัดและการวิเคราะห์ แต่เมื่อทำการเปิดใช้งานไปแล้วการทรุดตัวสุดท้ายของกำแพงกันดินมีค่าใกล้เคียงกัน ในขณะที่การเคลื่อนตัวด้านข้างทั้งสองด้านของกำแพงมีรูปแบบเดียวกัน ผลการตรวจวัดการเคลื่อนตัวด้านข้างมีค่าสูงกว่าผลการวิเคราะห์ และแรงดึงสูงสุดที่เกิดขึ้นในเหล็กเสริมแบกทานของทั้งการตรวจวัดและวิเคราะห์ มีความใกล้เคียงกันและระนาบแรงดึงสูงสุดสามารถประมาณได้ด้วยวิธีของ AASHTO (2002)

**คำสำคัญ :** กำแพงกันดินเหล็กเสริมแบกทาน; วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์; โปรแกรม PLAXIS 3D

### Abstract

Bearing reinforcement earth (BRE) wall is composed of a set of bearing reinforcement connected to concrete panels. The BRE wall is used as a retaining wall in both government and private construction projects. The design that assumes the behavior of the BRE wall as a plain strain in 2 dimensions may not be suitable for the project constructed with complex patterns. This is because the plain strain is only analyzed on one side of the wall. It may affect the stability and construction budget. To reduce construction costs and increase the stability of the BRE wall, this research aims to study the behavior of the BRE wall using a finite element method (PLAXIS 3D software). The results obtained from 3D finite element analysis were compared with the observed field data of a BRE wall constructed as a truck ramp in Mae Moh Mine, Lampang Province, Thailand. The BRE wall was reinforced on 3 sides of the wall. The field measurement included the vertical settlement, lateral displacement, and tension force in the reinforcement. The results indicated that the measured settlement at pre-operational conditions slightly



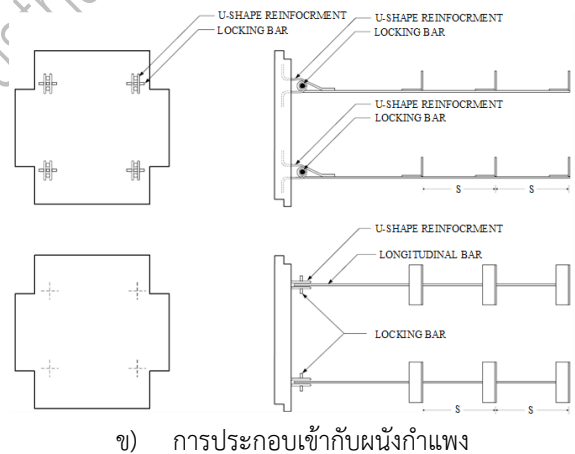
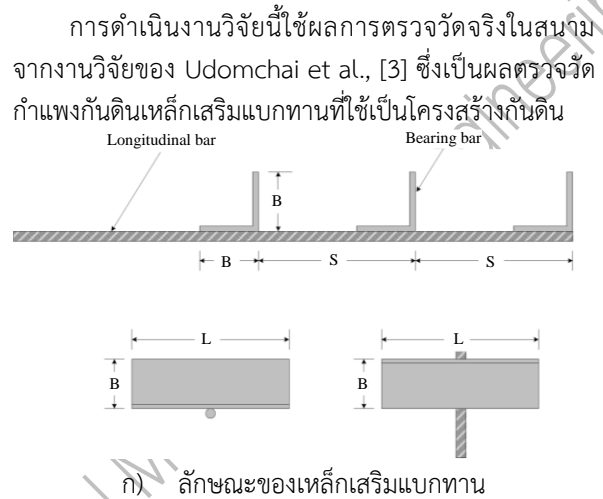
differed from the analysis results. However, during the operation, the measured and calculated settlements were approximately the same. The lateral displacements at both lateral sides had the same movement pattern; the measured lateral displacement value was slightly higher than the calculated result. The calculated tension force in the reinforcement agreed with the measured ones and for maximum tension plane can be approximated by the method proposed by AASHTO (2002).

**Key word:** Bearing reinforcement earth wall; finite element; PLAXIS 3D software

## 1. บทนำ (Introduction)

ดินเป็นวัสดุตามธรรมชาติที่มีกำลังต้านทานแรงอัดสูง แต่มีกำลังต้านทานแรงดึงต่ำมาก การเพิ่มกำลังต้านทานแรงดึงในดินสามารถทำได้โดยการเสริมวัสดุเสริมกำลัง การเสริมกำลังที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายและยอมรับกันว่ามีต้นทุนค่าก่อสร้างต่ำ ขั้นตอนการติดตั้งรวดเร็ว คือ โครงสร้างกันดินแบบกำแพงดินเสริมกำลัง (Mechanically Stabilizes Earth Wall) โดยองค์ประกอบที่สำคัญของกำแพงกันดินเสริมกำลัง มีองค์ประกอบดังนี้ 1) วัสดุเสริมกำลัง (Reinforcing Material) 2) วัสดุดินถมเสริมกำลัง (Reinforced Backfill) และ 3) ผิวหน้ากำแพง (Facing) [1] Horpibulsuk,S., and Niramitkornburee, A. [2] ได้ทำการพัฒนาเหล็กเสริมกำลังชนิดใหม่ เรียกว่า เหล็กเสริมแบกทาน (Bearing reinforcement earth (BRE) wall) เหล็กเสริมชนิดนี้มีกำลังต้านทานแรงอัดสูงในปริมาณเหล็กที่น้อยและสามารถติดตั้งได้อย่างรวดเร็ว โดยมีเหล็กข้ออ้อยเป็นเหล็กตามยาว (Longitudinal member) และใช้เหล็กฉากเป็นเหล็กตามขวาง (Transverse members) ลักษณะของเหล็กเสริมแบกทานแสดงดังรูปที่ 1

กำแพงกันดินเหล็กเสริมแบกทานมีการประยุกต์ใช้จริงในงานก่อสร้างของโครงการภาครัฐและเอกชน แต่ด้วยลักษณะภูมิประเทศและรูปแบบของกำแพงกันดินที่ซับซ้อนในบางโครงการ จึงทำให้การออกแบบก่อสร้างด้วยวิธีที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน ที่สมมติพฤติกรรมของกำแพงกันดินเป็นแบบ Plain strain ใน 2 มิติ อาจไม่เหมาะสม เพราะสามารถวิเคราะห์พฤติกรรมได้เพียงด้านใดด้านหนึ่งของกำแพงเท่านั้น และอาจส่งผลกระทบต่อความมั่นคงและงบประมาณการก่อสร้าง เพื่อเป็นการลดต้นทุนการก่อสร้างและเพิ่มเสถียรภาพของกำแพง ซึ่งเป็นประโยชน์ทั้งผู้รับจ้างและเจ้าของโครงการ งานวิจัยนี้ได้ศึกษาวิเคราะห์เปรียบเทียบพฤติกรรมของกำแพงกันดินเหล็กเสริมแบกทาน ระหว่างผลตรวจวัดจริงในสนามและผลการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนท์เอลิเมนต์ แบบ 3 มิติ ด้วยโปรแกรม PLAXIS 3D โดยผลที่ได้จากการศึกษา จะนำไปวิเคราะห์หาแนวทางการออกแบบที่ประหยัด คุ่มค่า และมีเสถียรภาพที่ดีขึ้นต่อไป



รูปที่ 1 ลักษณะของเหล็กเสริมแบกทานและการประกอบเข้ากับผนังกำแพง

สำหรับท่าเทียบรถบรรทุกในโรงยอยถ่านหิน ตั้งอยู่ที่เหมืองแม่เมาะ อำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง กำแพงกันดินมีความสูง 9.75 เมตร โดยมีระยะฝังในดินฐานราก 0.85 เมตร ความชันของเนินดินมีค่าประมาณ 48 องศา โครงสร้างมีลักษณะดังรูปที่ 2 ซึ่งมีการเสริมกำลังด้วยเหล็กเสริมแบกทานจำนวน 3 ด้าน (ด้านหน้าของกำแพง และด้านข้างทั้ง 2 ด้านของกำแพง) รายละเอียดการเสริมเหล็กบริเวณด้านหน้ากำแพงกันดินเหล็กเสริมแบกทานแสดงดังตารางที่ 1 และตารางที่ 2 โดยพฤติกรรมที่ศึกษา ได้แก่ การทรุดตัวใน

แนวตั้งของดินถม ที่ตรวจวัดโดย Settlement plate, การเคลื่อนตัวด้านข้าง ตรวจวัดโดย Inclinometer และแรงดึงในเหล็กเสริมแบบ ก ทาน (Tension force in the reinforcement) ตรวจวัดโดยใช้เกจวัดความเครียด ตำแหน่งที่ใช้เปรียบเทียบกับพฤติกรรมการทรุดตัวและการเคลื่อนตัวด้านข้าง มีทั้งหมด 2 ตำแหน่ง ได้แก่ ตำแหน่งที่ 1 (ด้านหน้ากำแพง) และตำแหน่งที่ 2 (ด้านข้างกำแพง) ดังแสดงในรูปที่ 3 ซึ่งจะทำการพิจารณาพฤติกรรมการทรุดตัวและการเคลื่อนตัวด้านข้างของกำแพงกันดินใน 3 สภาวะ คือ 1) สภาวะหลังสิ้นสุดการก่อสร้าง โดยมีระยะเวลาการก่อสร้าง 20 วัน 2) สภาวะการติดตั้งท่าเทียบ ซึ่งรับน้ำหนักบรรทุก 5 กิโลนิวตันต่อตารางเมตร และ 3) สภาวะหลังการเปิดใช้งาน ซึ่งรับน้ำหนักบรรทุก 40 กิโลนิวตันต่อตารางเมตร โดยน้ำหนักบรรทุกที่ใช้ในแบบจำลอง มีลักษณะเป็นน้ำหนักบรรทุกทุกแผ่กระจายสม่ำเสมอ (Uniform load) บนกำแพงกันดิน ส่วนพฤติกรรมแรงดึงในเหล็กเสริมแบบ ก ทาน จะทำการเปรียบเทียบทุกชั้นของเหล็กเสริม ในสภาวะหลังสิ้นสุดการก่อสร้างเท่านั้น



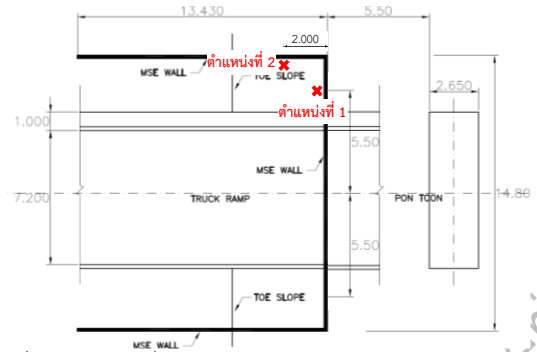
รูปที่ 2 กำแพงกันดินเหล็กเสริมแบบ ก ทาน ที่ทำการศึกษา

ตารางที่ 1 รายละเอียดการเสริมเหล็กด้านหน้าของกำแพงกันดินเหล็กเสริมแบบ ก ทาน

ชั้นที่	เหล็กตามยาว	เหล็กตามขวาง (spacing = 750 mm)	ความยาว (m)
14	DB12	10L-3x50x50x180mm	9.75
11-13	DB12	8L-3x50x50x180mm	8.75
6-10	DB12	7L-3x50x50x180mm	7.75
3-5	DB12	8L-3x50x50x180mm	7.00
1-2	DB12	6L-3x50x50x180mm	4.75

ตารางที่ 2 รายละเอียดการเสริมเหล็กด้านข้างของกำแพงกันดินเหล็กเสริมแบบ ก ทาน

ชั้นที่	เหล็กตามยาว	เหล็กตามขวาง (spacing = 750 mm)	ความยาว (m)
1-14	DB12	8L-3x50x50x180mm	7.25



รูปที่ 3 ตำแหน่งที่ทำการตรวจวัดพฤติกรรมทรุดตัวและการเคลื่อนตัวด้านข้าง

## 2. วิธีวิจัย (Research Methodology)

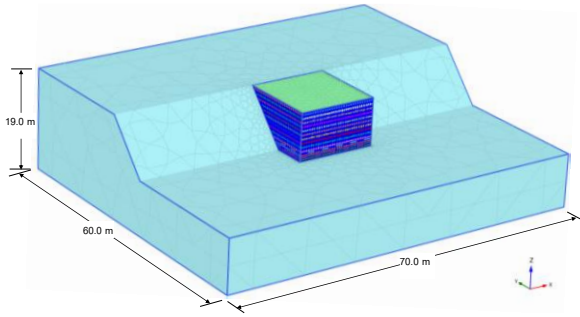
การดำเนินงานวิจัยนี้ได้ทำการสร้างแบบจำลองกำแพงกันดินเหล็กเสริมแบบ ก ทาน ในโปรแกรม PLAXIS 3D แสดงดังรูปที่ 4 ลักษณะดินหลังกำแพงและดินฐานรากเป็นถ่านหินแข็ง และมีวัสดุดินถมเป็นดินเหนียวสีเทา (Claystone) โดยพารามิเตอร์ของดินฐานรากและดินถมในงานวิจัยนี้ ใช้ข้อมูลจาก “โครงการวิจัยและประยุกต์ใช้กำแพงกันดินเหล็กเสริมแบบ ก ทาน เป็นโครงสร้างกันดินในเมืองแม่เมาะ” [4] โดยใช้แบบจำลองที่ใช้สตีเฟนส์และกำลังรับแรงเฉือนประสิทธิผลแบบไม่ระบายน้ำ (Undrained type A) วิเคราะห์ในสภาวะระดับน้ำใต้ดินอยู่ต่ำกว่าระดับฐานรากมาก และเลือกชนิดการวิเคราะห์เป็นแบบ Consolidation analysis

วัสดุดินถมที่เป็นดินเหนียวสีเทาถูกจำลองด้วยแบบจำลอง Mohr-Coulomb หน่วยน้ำหนักไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ และหน่วยน้ำหนักอิ่มตัวด้วยน้ำ มีค่าเท่ากับ 17 และ 19 กิโลนิวตันต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ มุมเสียดทานภายในประสิทธิผล ( $\phi'$ ) มีค่าเท่ากับ 12 องศา หน่วยแรงเหนียวนำประสิทธิผล ( $c'$ ) มีค่าเท่ากับ 57 กิโลปาสคาล โมดูลัสประสิทธิผล ( $E'$ ) มีค่าเท่ากับ 20,000 กิโลปาสคาล และอัตราส่วนปัวซองมีค่าเท่ากับ 0.35 ส่วนฐานรากที่เป็นถ่านหินแข็ง ถูกจำลองด้วยแบบจำลอง Mohr-Coulomb หน่วยน้ำหนักไม่อิ่มตัวด้วยน้ำและหน่วยน้ำหนักอิ่มตัวด้วยน้ำ มีค่าเท่ากับ 16 และ 18 กิโลนิวตันต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ มุมเสียดทานภายในประสิทธิผล ( $\phi'$ ) มีค่าเท่ากับ 30 องศา หน่วยแรงเหนียวนำประสิทธิผล ( $c'$ ) มีค่าเท่ากับ 20 กิโลปาสคาล โมดูลัสประสิทธิผล ( $E'$ ) มีค่าเท่ากับ 60,000 กิโลปาสคาล และอัตราส่วนปัวซองมีค่าเท่ากับ 0.35

ที่ฐานของกำแพงในการก่อสร้างจริงได้มีการปรับระดับด้วยคอนกรีต (Lean concrete) ดังนั้น ในแบบจำลองจึงมีการจำลองคอนกรีตปรับระดับร่วมด้วย และมีคอนกรีตที่ใช้เป็นผนังคอนกรีตเสริมเหล็ก (Facing) คอนกรีตถูกจำลอง



ด้วยแบบจำลอง Elastic ที่มีความหนาเท่ากับ 0.20 เมตร และ 0.14 เมตร สำหรับคอนกรีตปรับระดับและผนัง ตามลำดับ โดยคอนกรีตปรับระดับมีค่าโมดูลัส ( $E$ ) [5]เท่ากับ  $10.5 \times 10^6$  กิโลปาสคาล และผนังคอนกรีตเสริม เหล็กมีค่าโมดูลัส ( $E$ ) เท่ากับ  $27 \times 10^6$  กิโลปาสคาล สำหรับ คอนกรีตปรับระดับและผนัง ตามลำดับ หน่วยน้ำหนัก คอนกรีตเท่ากับ 23.5 กิโลนิวตันต่อลูกบาศก์เมตร และ อัตราส่วนปัวซองมีค่าเท่ากับ 0.25



รูปที่ 4 ลักษณะแบบจำลองที่ใช้ในการวิเคราะห์

เหล็กเสริมแบกทานจำลองด้วย Embedded Beam element มีค่าโมดูลัส ( $E$ ) เท่ากับ  $2.04 \times 10^8$  กิโลปาสคาล หน่วยน้ำหนักของเหล็กเสริม เท่ากับ 78.5 กิโลนิวตันต่อลูกบาศก์เมตร โดยค่า Skin friction ของ Embedded Beam element สามารถคำนวณได้จากกำลังต้านทานแรงฉุดรวม ( $P_t$ ) ซึ่งเป็นผลรวมของกำลังต้านทานแรงฉุดเสียดทาน ( $P_f$ ) และกำลังต้านทานแรงฉุดแบกทานของเหล็กตามขวาง ( $P_b$ ) [6]

$$P_t = P_f + P_b \quad (1)$$

$$P_f = \pi d L_e \alpha (c + \sigma_v \tan \phi) \quad (2)$$

$$P_b = nBL(cN_c + \sigma_v N_q) \quad (3)$$

$$N_q = \exp[\pi \tan \phi] \tan^2 \left( 45 + \frac{\phi}{2} \right) \quad (4)$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi \quad (5)$$

โดยที่

$d$  และ  $L_e$  คือ เส้นผ่านศูนย์กลางและความยาว ประสิทธิภาพของเหล็กตามยาว ตามลำดับ

$\alpha$  คือ แฟคเตอร์หน่วยแรงยึดเกาะมีค่า 0.4 [4]

$c$  และ  $\phi$  คือ หน่วยแรงเหนี่ยวนำและมุมเสียดทาน ภายในของดินถม ตามลำดับ

$\sigma_v$  คือ ความเค้นกดทับในแนวตั้ง

$n$  คือ จำนวนเหล็กตามขวาง

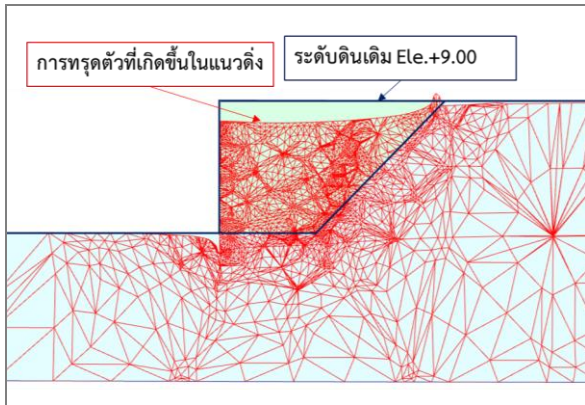
$B$  และ  $L$  คือ ความยาวขาและความยาวของเหล็กฉาก ตามลำดับ

### 3. ผลการวิจัย (Results)

3.1 การทรุดตัวในแนวตั้ง (Vertical Settlement) ของดินถมที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ใน ทั้ง 3 ภาวะที่ทำการวิเคราะห์ แสดงในตารางที่ 3 โดย ลักษณะการทรุดตัวและทิศทางการทรุดตัวแสดงดังรูปที่ 5 ที่ ภาวะหลังสิ้นสุดการก่อสร้าง บริเวณด้านหน้า (ตำแหน่งที่ 1) และบริเวณด้านข้าง (ตำแหน่งที่ 2) มีการทรุดตัว เท่ากับ 18 และ 16 มิลลิเมตร ตามลำดับ เมื่อทำการติดตั้ง ทำเทียบรถบรรทุกบนกำแพงกันดิน ซึ่งมีขนาด 5 กิโล ปาสคาล (ที่ระยะเวลา 30 วัน หลังเริ่มต้นการก่อสร้าง) การ ทรุดตัวที่ฐานรากเพิ่มขึ้นอีกประมาณ 2 มิลลิเมตร ทั้งบริเวณ ด้านหน้าและด้านข้างของกำแพงกันดิน ทำให้มีการทรุด ตัวอยู่ที่ 20 และ 18 มิลลิเมตร ตามลำดับ และเมื่อทำการ เปิดใช้งาน (ที่ระยะเวลา 64 วัน หลังเริ่มต้นการก่อสร้าง) โดยมีน้ำหนักรถบรรทุกหिनกระทำบนกำแพงกันดินเท่ากับ 40 กิโลปาสคาล การทรุดตัวที่เกิดขึ้นมีค่าเท่ากับ 22 และ 20 มิลลิเมตร สำหรับบริเวณด้านหน้าและด้านข้างของกำแพง กันดินตามลำดับ หลังการเปิดใช้งานไปแล้ว 206 วัน (270 วัน หลังเริ่มต้นการก่อสร้าง) การทรุดตัวมีค่าเพิ่มขึ้น 1 มิลลิเมตร ทั้งสองด้านของกำแพงกันดิน ทำให้มีการทรุดตัว สุดท้ายอยู่ที่ 23 และ 21 มิลลิเมตร สำหรับบริเวณด้านหน้า และด้านข้างของกำแพง ตามลำดับ

ตารางที่ 3 ผลการทรุดตัวที่สภาวะต่าง ๆ บริเวณด้านหน้า และด้านข้างของกำแพงกันดินเหล็กเสริมแบกทาน

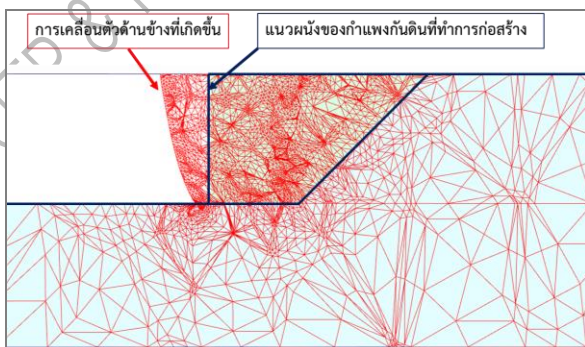
สภาวะ	ค่าการทรุดตัว (mm)	
	ด้านหน้า	ด้านข้าง
สภาวะหลังสิ้นสุดการก่อสร้าง (20 วัน หลังเริ่มต้นการก่อสร้าง)	18	16
สภาวะติดตั้งทำเทียบรถบรรทุก (30 วัน หลังเริ่มต้นการก่อสร้าง)	20	18
สภาวะเปิดใช้งาน (64 วัน หลังเริ่มต้นการก่อสร้าง)	22	20
สภาวะเปิดใช้งาน (270 วัน หลังเริ่มต้นการก่อสร้าง)	23	21



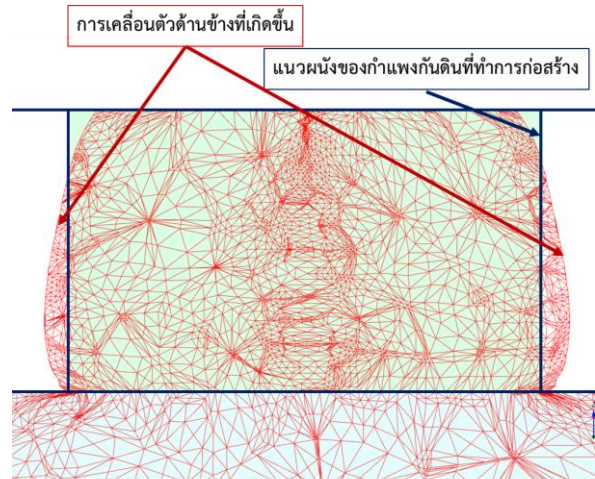
รูปที่ 5 รูปแบบการทรุดตัวในแนวตั้งของกำแพงกันดิน

3.2 การเคลื่อนตัวด้านข้าง (Lateral displacement) ที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์บริเวณด้านหน้ากำแพงกันดิน มีลักษณะที่การเคลื่อนตัวพุ่งออกจากผนังกำแพงกันดิน โดยมีรูปแบบการเคลื่อนตัวดังรูปที่ 6 ส่วนบริเวณด้านข้างของกำแพง ที่ฐานของกำแพงมีการเคลื่อนตัวในทิศพุ่งออกจากกำแพง แสดงดังรูปที่ 7 โดยที่สถานะหลังสิ้นสุดการก่อสร้าง (21 วัน), สถานะการติดตั้งทำเทียบ (30 วัน) และที่สถานะการเปิดใช้งาน (270 วัน) ที่บริเวณด้านหน้ามีค่าการเคลื่อนตัวสูงสุดเท่ากับ 17, 19 และ 24 มิลลิเมตร ตามลำดับ ส่วนบริเวณด้านข้างของกำแพงมีค่าเท่ากับ 1.3, 1.5 และ 2.5 มิลลิเมตร สำหรับสถานะหลังสิ้นสุดการก่อสร้าง, สถานะการติดตั้งทำเทียบ และที่สถานะการเปิดใช้งาน ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4

3.3 แรงดึงในเหล็กเสริมแบกทาน (Tension force in the reinforcement) ค่าแรงดึงสูงสุดในเหล็กเสริมที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ซึ่งวิเคราะห์ที่สถานะหลังสิ้นสุดการก่อสร้าง มีค่าสูงสุดอยู่ที่ 16.31 กิโลนิวตัน ที่ระยะ 2.00 เมตร จากผนังกำแพง ในเหล็กเสริมแบกทานชั้นที่ 2



รูปที่ 6 รูปแบบการเคลื่อนตัวด้านข้าง บริเวณด้านหน้าของกำแพงกันดิน



รูปที่ 7 รูปแบบการเคลื่อนตัวด้านข้าง บริเวณด้านข้างของกำแพงกันดิน

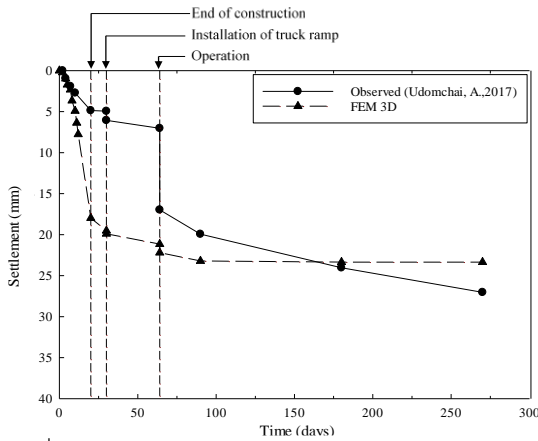
ตารางที่ 4 ผลการเคลื่อนตัวที่สถานะต่าง ๆ บริเวณด้านหน้าและด้านข้างของกำแพงกันดินเหล็กเสริมแบกทาน

สถานะ	ค่าการเคลื่อนตัว (mm)	
	ด้านหน้า	ด้านข้าง
สถานะหลังสิ้นสุดการก่อสร้าง (20 วัน หลังเริ่มต้นการก่อสร้าง)	17	1.3
สถานะติดตั้งทำเทียบครบทุก (30 วัน หลังเริ่มต้นการก่อสร้าง)	19	1.5
สถานะเปิดใช้งาน (270 วัน หลังเริ่มต้นการก่อสร้าง)	24	2.5

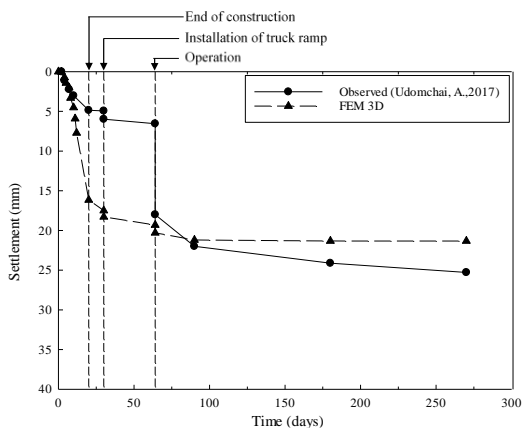
#### 4. อภิปรายผล (Discussion)

4.1 จากผลการทรุดตัวในแนวตั้งที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับผลการตรวจวัดที่ได้ในสนาม ซึ่งแสดงในลักษณะของความสัมพันธ์ระหว่างค่าการทรุดตัวที่ฐานรากกับเวลา ที่บริเวณด้านหน้า (รูปที่ 8) และที่บริเวณด้านข้าง (รูปที่ 9) ระหว่างผลการตรวจวัดและผลการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ พบว่าช่วงเวลาก่อนการเปิดใช้งาน รูปแบบการทรุดตัวมีความแตกต่างกันอย่างมาก ระหว่างผลจากการตรวจวัดและผลจากการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ แต่เมื่อมีการเปิดใช้งานการทรุดตัวในแนวตั้งมีค่าใกล้เคียงกัน โดยที่บริเวณด้านหน้าของกำแพงมีค่าเท่ากับ 27 และ 23 มิลลิเมตร สำหรับผลจากการตรวจวัดและผลจากการวิเคราะห์ตามลำดับ ส่วนบริเวณด้านข้างของกำแพงมีค่าเท่ากับ 25 และ 21 มิลลิเมตร สำหรับผลจากการตรวจวัดและผลจากการวิเคราะห์ ตามลำดับ



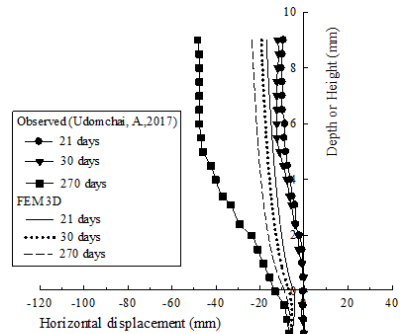


รูปที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างการทรุดตัวกับเวลาบริเวณ  
 ด้านหน้าของกำแพงกันดิน

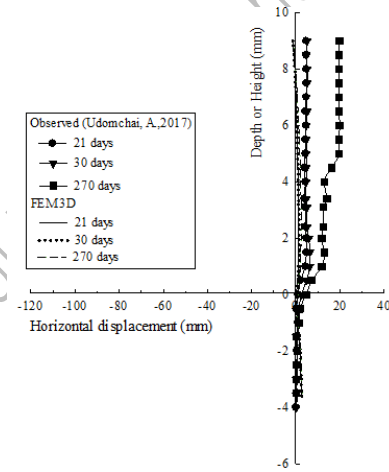


รูปที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างการทรุดตัวกับเวลาบริเวณ  
 ด้านข้างของกำแพงกันดิน

4.2 ผลการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนตัวด้านข้างกับความสูงของกำแพงกันดินเหล็กเสริมแบกทาน ระหว่างผลจากการตรวจวัดและผลจากการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนท์เอลิเมนต์ แสดงดังรูปที่ 10 และ 11 สำหรับบริเวณด้านหน้าและด้านข้างของกำแพงกันดินตามลำดับ จากความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นแสดงให้เห็นว่า ที่บริเวณด้านหน้าของกำแพงกันดิน ในสภาวะก่อนเปิดใช้งาน การเคลื่อนตัวมีความใกล้เคียงกันระหว่างผลจากการตรวจวัด และผลจากการวิเคราะห์ แต่ที่สภาวะเปิดใช้งานแล้ว มีค่าแตกต่างกันอย่างมาก โดยที่การเคลื่อนตัวสูงสุดของการตรวจวัดมีค่าเท่ากับ 48 มิลลิเมตร และผลจากการวิเคราะห์มีค่าเท่ากับ 24 มิลลิเมตร ส่วนบริเวณด้านข้างของกำแพงกันดิน การเคลื่อนตัวที่ได้จากการวิเคราะห์มีค่าน้อยมาก และผลจากการตรวจวัดมีค่าสูงสุดที่สภาวะเปิดใช้งาน โดยมีค่าเท่ากับ 20 มิลลิเมตร

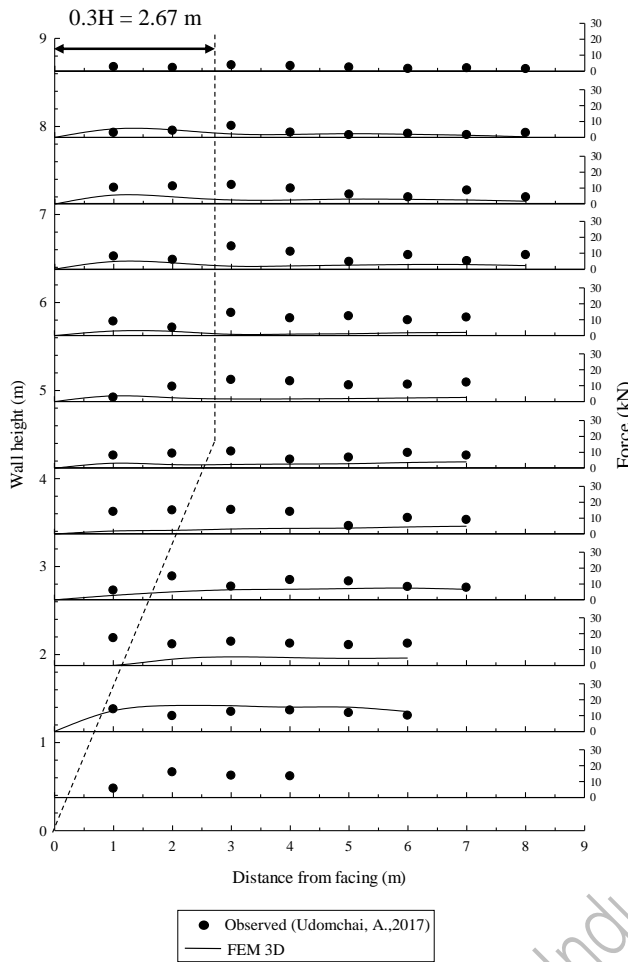


รูปที่ 10 ความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนตัวกับเวลาบริเวณ  
 ด้านหน้าของกำแพงกันดิน



รูปที่ 11 ความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนตัวกับเวลาบริเวณ  
 ด้านข้างของกำแพงกันดิน

4.3 ผลเปรียบเทียบแรงดึงที่เกิดขึ้นในเหล็กเสริมที่ได้จากการคำนวณและการตรวจวัด หลังสิ้นสุดการก่อสร้างที่ระดับความสูงและระยะจากผนังกำแพงต่าง ๆ แสดงดังรูปที่ 11 จากผลการตรวจวัด พบว่า แรงดึงสูงสุดในเหล็กเสริมแบกทานเกิดขึ้นบริเวณด้านหน้าใกล้กับแผ่นกำแพง (ที่ระยะไม่เกิน 3.00 เมตร จากผนังกำแพง) โดยมีค่าแรงดึงสูงสุดเท่ากับ 17.14 กิโลนิวตัน ที่ระยะ 1.00 เมตร จากผนังกำแพง ในเหล็กเสริมแบกทานชั้นที่ 3 ในขณะที่ผลจากการวิเคราะห์ เกิดค่าแรงดึงสูงสุดที่ เหล็กเสริมแบกทานชั้นที่ 2 ที่ระยะ 2.00 เมตร จากผนังกำแพง



รูปที่ 12 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงในเหล็กเสริมกับความสูงของกำแพง

## 5. สรุปผล (Conclusion)

5.1 ผลการวิเคราะห์ผลการทรุดตัวของฐานราก พบว่าการทรุดตัวมีความแตกต่างกันอย่างมากในช่วงสภาวะก่อนการเปิดใช้งาน (ช่วงเวลา 0 - 64 วัน) จากผลการตรวจวัดฐานรากเกิดการทรุดตัวน้อย ในขณะที่ ผลการคำนวณฐานรากมีการทรุดตัวสูงกว่า แต่เมื่อเข้าสู่สภาวะการเปิดใช้งานแล้ว การทรุดตัวของทั้งการตรวจวัดและการวิเคราะห์ เกิดการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก และการทรุดตัวสุดท้ายมีค่าใกล้เคียงกัน ทั้งบริเวณด้านหน้าและด้านข้างของกำแพงกันดิน

5.2 รูปแบบของการเคลื่อนตัวด้านข้างที่บริเวณด้านหน้าของกำแพงกันดิน จากผลตรวจวัดและการวิเคราะห์ มีการเคลื่อนตัวไปในทิศทางเดียวกัน และค่าการเคลื่อนตัวสูงสุดอยู่ที่บริเวณบนสุดของกำแพง โดยการเคลื่อนตัวจะแปรผันกับความสูงของกำแพงกันดิน ในขณะที่บริเวณด้านข้าง

5.3 แรงดึงในเหล็กเสริมค่อนข้างแตกต่างกัน โดยจากผลการตรวจวัดมีค่าสูงกว่าผลการวิเคราะห์ ทั้งนี้อาจเกิดจากกระบวนการก่อสร้าง อาทิเช่น การควบคุมการวางตำแหน่งของเหล็กเสริมให้ถูกต้องสมบูรณ์ตามแบบก่อสร้างอาจคลาดเคลื่อนหรือเหล็กอาจเกิดการเคลื่อนตัวและมีตำแหน่งผิดไปจากแบบก่อสร้างได้ง่าย แตกต่างกับการจำลองโดยโปรแกรม ที่สามารถกำหนดและระบุตำแหน่งของวัสดุได้อย่างแม่นยำ ปัจจัยเหล่านี้อาจส่งผลให้ผลการคำนวณแตกต่างจากผลการตรวจวัดที่ตำแหน่งเดียวกันอย่างเห็นได้ชัด ถึงแม้ว่าแรงดึงในเหล็กเสริมแบททานจะมีค่าแตกต่างกัน แต่เมื่อพิจารณาค่าแรงดึงสูงสุดที่เกิดขึ้นแล้ว พบว่า แรงดึงสูงสุดส่วนใหญ่ทั้งผลการตรวจวัดและการวิเคราะห์ อยู่บนระนาบหรือใกล้เคียงกับระนาบแรงดึงสูงสุด ที่เสนอโดย AASHTO (2002) [7] แสดงด้วยเส้นประในรูปที่ 11

## 6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีที่สนับสนุนด้านโปรแกรมที่ใช้ในการวิเคราะห์ และขอขอบพระคุณเหมืองแม่เมาะ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) อำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง ที่เอื้อเฟื้อข้อมูลในสนามและข้อเสนอแนะ

## 7. เอกสารอ้างอิง

### 7.1 เอกสารอ้างอิงภาษาไทย

- [1] กรมทางหลวง, มาตรฐานดินถมกำแพงดินเสริมกำลัง, 2550.
- [4] สาขาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, การประยุกต์ใช้กำแพงกันดินเหล็กเสริมแบททานเป็นโครงสร้างกันดินในงานเหมืองแม่เมาะ (Application of Bearing Reinforcement Earth (BRE) Wall As A Retaining Structure in Mae Moh Mining) , นครราชสีมา: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, 2558.

### 7.2 เอกสารอ้างอิงภาษาอังกฤษ

- [2] S. Horpibulsuk, C. Suksiripattanapong and A. Niramitkornburee, "A Method of Examination Internal Stability of Bearing Reinforcement Earth (BRE) Wall," *Suranaree Journal of Science and Technology*, vol. 17, no. 1, pp. 1-11, 2010.
- [3] A. Udomchai, S. Horpibulsuk, C. Suksiripattanapong, N. Mavong, R. Rachan and A. Arulrajah, "Performance of the bearing reinforcement earth wall as a retaining structure in the Mae Moh mine, Thailand,"



*Geotextiles and Geomembranes*, vol. 45, no. 4,  
pp. 350-360, 2017.

- [5] American Concrete Institute, Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-19), Farmington Hills, 2019.
- [6] S. Horpibulsuk and A. Niramitkornburee, "Pullout Resistance of Bearing Reinforcement Embedded in Sand," *Soils and Foundation*, vol. 50, no. 2, pp. 215-226, 2010.
- [7] American Association of State Highway and Transportation Officials, Standard Specification for Highway Bridges, Washington: American Association of State Highway and Transportation Officials, 2002..

RMUTP & FTI 10th Sustainable Industrial Management Engineering



## การศึกษากรอบแนวคิดวิธีการบริหารจัดการของเสียจากการก่อสร้าง ตามแนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียน

### A study of the conceptual framework of construction waste management based on concept circular economy

กฤตชัย สุทธิลักษณ์<sup>1</sup>, ปริญญ์ บุญกนิษฐ<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ส่วนสิ่งแวดล้อม บริษัท เนาวรัตน์พัฒนาการ จำกัด(มหาชน)

s\_kridchai@nawarat.co.th

<sup>2</sup> สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

1381 ถนนประชากรราษฎร์ 1 เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800

Prin.b@rmutp.ac.th

#### บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากรอบแนวคิดวิธีการบริหารจัดการของเสียจากอุตสาหกรรมก่อสร้างที่มีประสิทธิภาพตามแนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียน โดยผู้วิจัยได้ทำการศึกษาทฤษฎีและทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียนและได้ศึกษาการบริหารจัดการของเสียในปัจจุบันพร้อมได้นำเสนอกรอบวิธีการบริหารจัดการและสร้างแบบสอบถามขึ้นจากการศึกษาแนวความคิด ทฤษฎี และผลการวิจัยที่เกี่ยวข้อง การดำเนินการวิจัยใช้การตอบแบบสอบถามและการสัมภาษณ์ความคิดเห็นเชิงลึกกับผู้เชี่ยวชาญในกลุ่มองค์กรธุรกิจอุตสาหกรรมก่อสร้างไทย พบว่าการจัดการของเสียจากการก่อสร้างในปัจจุบันยังไม่ได้ให้ความสำคัญเท่าที่ควรและไม่ได้รับการจัดการอย่างถูกวิธีและเหมาะสม ทำให้ของเสียจากการก่อสร้างบางส่วนถูกนำไปแอบทิ้งอย่างผิดกฎหมายตามที่วางจากแบบสอบถามและการสัมภาษณ์ความคิดเห็นเชิงลึกกับผู้เชี่ยวชาญ 15 ท่าน โดยในการสำรวจความคิดเห็นเป็นมาตรฐานประมาณ 5 ค่า ระดับของลิเคิร์ต (Likert Scale) พบว่าหากมีการวางแผนและการบริหารจัดการที่ดีพอจะทำให้ไม่เกิดของเสียก่อสร้างขึ้น โดยคะแนนเฉลี่ย 4.07 คะแนนอยู่ในระดับความเห็นด้วยมาก สำหรับความคิดเห็นเกี่ยวกับนำเสนอกรอบแนวคิดวิธีการบริหารจัดการของเสียจากการก่อสร้างตามแนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียน และการพัฒนาเครื่องมือระบบสนับสนุนการตัดสินใจที่มีประสิทธิภาพช่วยในการบริหารจัดการของเสียในกลุ่มองค์กรธุรกิจอุตสาหกรรมก่อสร้างในประเทศไทย มีคะแนนเฉลี่ย 4.73 คะแนนอยู่ในระดับความเห็นมากที่สุด ส่งผลให้มีแนวทางในการพัฒนาที่เป็นรูปธรรมมากขึ้นในการพัฒนาขั้นตอนการทำงานโดยละเอียดที่ซับซ้อน ซึ่งสามารถนำไปปฏิบัติตามเพื่อแก้ปัญหาในการบริหารจัดการแบบกลุ่ม รวมถึงสามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นต้นแบบในการสนับสนุนการพัฒนาเทคโนโลยีในการบริหารจัดการของเสียจากอุตสาหกรรมก่อสร้าง

**คำสำคัญ (Key word):** ระบบสนับสนุนการตัดสินใจ; การจัดการของเสียจากการก่อสร้าง; ระบบเศรษฐกิจหมุนเวียน



## Abstract

The research aims to study the conceptual framework of efficient construction waste management from the construction industry according to the circular economy concept. The research methodology was studied the theory and literature review related to the circular economy concept and the current construction waste management. Nowadays, the construction waste management is neglected, not properly and effectively. Causing some construction waste to be secretly disposed of illegally as empty spaces. The next step was to present a conceptual framework and in-depth interviews with 15 experts, in the opinion survey on a 5-Point Likert Scale. A questionnaire was created based on the study of concepts, theories and the results of literature review. The result has been found that construction waste planning and management were reduce waste generate, with an average score of 4.07, the score was at a very agreeable level. For comments on the proposed conceptual framework for construction waste management according to the circular economy concept and the development of effective decision support system, to support in the construction sector in Thailand. An average score of 4.73 points, the highest agreeable level. This confirmed that this research can be applied to use as a more concrete development algorithms approach to develop complex detailed workflows, which can be implemented to solve group decision-making problems. It can also be applied as a model to support the development of technology in waste management for the construction industry.

**Keywords:** Decision support system; Construction waste management; Circular economy



## 1. บทนำ (Introduction)

ในปัจจุบันเป็นที่ทราบกันดีว่าของเสียจากอุตสาหกรรมก่อสร้างเป็นแหล่งที่มาของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในเชิงลบโดย Anink et al., (1996) ได้กล่าวไว้ว่าอุตสาหกรรมนี้มีส่วนเชื่อมโยงกับการสร้างของเสียโดยตรง และใช้ทรัพยากรแร่จากธรรมชาติมากถึง 50% สร้างของเสียมากถึง 35% Baek et al., (2013) กล่าวว่าอุตสาหกรรมนี้ นี่ยังก่อให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทั่วโลกมากกว่า 33% de Magalhães et al. (2017) มองว่าอุตสาหกรรมนี้เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้สิ่งแวดล้อมเสื่อมโทรม Akanbi et al., (2018) พบว่าผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ความเสื่อมโทรมของที่ดิน การสูญเสียพื้นที่สำหรับการฝังกลบ การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซเรือนกระจก มลพิษทางการใช้พลังงานที่สูงและการสูญเสียทรัพยากร

ปริมาณของเสียจากการก่อสร้างและการรีไซเคิลส่วนใหญ่เกิดจากกิจกรรมการก่อสร้าง การปรับปรุงอาคาร และการรีไซเคิล Wang et al., (2018) กล่าวว่าของเสียจากการก่อสร้างและการรีไซเคิล มีปริมาณของเสียที่มากที่สุดเมื่อเทียบกับกิจกรรมอื่นๆ ทั่วโลก โดยคิดเป็น 30 % ถึง 40% ของการสร้างของเสียในเมืองทั้งหมด จากข้อมูลของสำนักสถิติสหภาพยุโรปในปี 2018 พบว่าสหภาพยุโรป มีปริมาณมากกว่า 800 ล้านตัน และ จากข้อมูลของ U.S. EPA, (2018) พบว่าปริมาณของเสียจากการก่อสร้างในสหรัฐอเมริกา ประมาณ 548 ล้านตัน จากการวิจัยของ Duan et al., (2019) พบว่า ประเทศจีนมีของเสียจากการก่อสร้างประมาณ 2.5 พันล้านตันต่อปี เนื่องจากการขยายตัวของเมืองในวงกว้างและโครงการฟื้นฟูเมืองของประเทศจีน Ngoc Han Hoang et al., (2019) ได้ทำการศึกษาโดยการทบทวนเอกสารมากมายที่เกี่ยวข้องกับการจัดการขยะจากการก่อสร้างและการรีไซเคิลในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ พบว่าประเทศมาเลเซีย ประเทศสิงคโปร์ และประเทศเวียดนาม เป็นเพียง 3 ประเทศในภูมิภาคนี้ที่มีการเผยแพร่สถิติเกี่ยวกับปริมาณของเสียจากการก่อสร้าง ประเทศสิงคโปร์ มีปริมาณของเสียจากการก่อสร้างประมาณ 1.54 ล้านตันต่อปี ตั้งแต่ปี 2015 สำหรับประเทศมาเลเซียมีปริมาณ 26,000 ตันต่อวัน และในประเทศเวียดนามไม่ได้ระบุปริมาณของเสียจากการก่อสร้างโดยเฉพาะ แต่มีรายงานว่าของเสียจากการก่อสร้างคิดเป็น 10% ถึง 12% ของปริมาณของเสียมูล

ฝอยในท้องถิ่นที่เกิดขึ้นในแต่ละวัน ซึ่งเท่ากับ 6,000 – 7,200 ตันต่อวัน และยังไม่มีการระบุปริมาณของเสียที่เป็นข้อมูลในปัจจุบันในเวียดนามในช่วง 8 ปีที่ผ่านมา และไม่มีรายงานอย่างเป็นทางการเกี่ยวกับปริมาณของเสียจากการก่อสร้างในประเทศที่เหลือนอกภูมิภาคนี้รวมถึงประเทศไทย ซึ่ง Uyasatean, U et al. (2007) ได้ทำการประเมินปริมาณและองค์ประกอบของของเสียจากการก่อสร้างและรีไซเคิลอาคารในกรุงเทพมหานครพบว่าปริมาณของเสียจากการก่อสร้างและรีไซเคิลอาคารที่อยู่อาศัยและอาคารที่ไม่ใช่ที่อยู่อาศัย 489 และ 584.21 ตันในปี 2007 ตามลำดับ และมีองค์ประกอบหลัก คือ คอนกรีต อิฐ และเหล็ก ใน 2 ปีต่อมา Kofoworola, O.F. et al. (2009) ได้ศึกษาจัดการของของเสียจากการก่อสร้างในประเทศไทย และประมาณการปริมาณของเสียจากการก่อสร้าง คาดว่าระหว่างปี 2002 ถึง 2005 ประเทศไทยมีของเสียจากการก่อสร้างเฉลี่ย 1.1 ล้านตันต่อปี ซึ่งคิดเป็นประมาณ 7.7% ของปริมาณของเสียทั้งหมด ในปีถัดมา Manowong, E. et al. (2010) ได้ทำการศึกษาการจัดการของเสียในประเทศกำลังพัฒนา และประเทศอุตสาหกรรมใหม่ พบว่าประเทศไทยมีปัญหาสิ่งแวดล้อมมากมายที่เกี่ยวข้องกับการจัดการขยะก่อสร้างเนื่องจากการขาดหลุมฝังกลบจึงนำไปสู่การทิ้งขยะในที่สาธารณะ ก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมแก่ชุมชนท้องถิ่นและเกือบทุกประเทศในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ของเสียจากการก่อสร้างส่วนใหญ่จะถูกกำจัด ในหลุมฝังกลบและที่ทิ้งของเสียแบบเปิด

เนื่องจากผลกระทบด้านลบของอุตสาหกรรมก่อสร้างต่อสิ่งแวดล้อมและอัตราการผลิตของเสียที่สูง จากข้อมูล World Economic Forum, (2016) พบว่าทั่วโลกมีเพียง 20% ถึง 30% ของของเสียจากการก่อสร้างและการรีไซเคิลที่ถูกนำวัสดุกลับคืนมาใช้ (recovery of material) ด้วยเหตุผลดังกล่าว Suárez et al., (2016) กล่าวว่าส่งผลให้มีของเสียจำนวนมากถูกกำจัดในหลุมฝังกลบ หรือแม้แต่การทิ้งอย่างผิดกฎหมาย โดยไม่มีมาตรการป้องกันสิ่งแวดล้อม Esa et al., (2017) ได้ประเมินศักยภาพของการนำแนวคิดระบบเศรษฐกิจหมุนเวียน (CE) มาใช้เป็นแนวทางในการลดขยะจากการก่อสร้างและรีไซเคิล (C&D) โดยการพัฒนารอบทฤษฎีตาม CE สำหรับการจัดการขยะ C&D ในมาเลเซีย และพบว่าการจัดการของเสียก่อสร้างกลายเป็นสิ่งสำคัญอันดับแรกสำหรับโครงการพัฒนาที่ยั่งยืนทั่วโลก แม้ว่า



จะมีความสนใจในการดำเนินการกู้คืนของเสียดังกล่าวเพิ่มขึ้นก็ตามซึ่งเป็นการนำกลับมาใช้ใหม่และการรีไซเคิลส่วนใหญ่กระบวนการจัดการของเสียนั้นยังไม่มีประสิทธิภาพ ดังนั้นจึงมีการเสนอแนวคิดระบบเศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy) เนื่องจากจะช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากระบบเศรษฐกิจแบบเดิมที่เป็นแบบเส้นตรง (Linear Economy) ซึ่ง Brown et al., (2019) กล่าวว่า การเปลี่ยนมาใช้ระบบเศรษฐกิจหมุนเวียนถือเป็นวิธีแก้ปัญหาที่มีส่วนสนับสนุนการเติบโตทางเศรษฐกิจเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้วัสดุและคุณค่าของวัสดุตลอดช่วงวงจรชีวิต และลดของเสีย จากงานวิจัยของ Md. Uzzal Hossain et al., (2020) พบว่าการนำ CE มาใช้ในอุตสาหกรรมก่อสร้างสามารถส่งเสริมการเปลี่ยนผ่านไปสู่การก่อสร้างที่ยั่งยืนได้สำเร็จ

สำหรับประเทศไทย กองนโยบายการสร้าง ความเข้มแข็งทางการค้าสำนักงานนโยบายและยุทธศาสตร์การค้า., (2562) กล่าวว่ารัฐบาลได้ให้ความสำคัญในการผลักดันและส่งเสริมเศรษฐกิจหมุนเวียน โดยได้บรรจุไว้ในนโยบายหลัก 12 ด้าน และบรรจุไว้ในนโยบายเร่งด่วน 12 เรื่อง การบรรจุไว้ในนโยบายหลัก 12 ด้านไว้ในข้อ 10. เกี่ยวกับการฟื้นฟูทรัพยากรธรรมชาติและการรักษาสิ่งแวดล้อมเพื่อสร้างการเติบโตอย่างยั่งยืน ข้อ 10.6 การพัฒนาระบบการจัดการสิ่งแวดล้อมภายใต้แนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียน เพื่อให้เกิดการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่าและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ โดยการนำความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีและนวัตกรรมมาใช้ในการบริหารจัดการสิ่งแวดล้อม และบรรจุไว้ในนโยบายเร่งด่วน 12 เรื่องที่ต้องดำเนินการไว้ในข้อ 6. การวางรากฐานระบบเศรษฐกิจของประเทศสู่อนาคต โดยต่อยอดอุตสาหกรรมเป้าหมายและวางรากฐานการพัฒนาภายใต้แนวคิดเศรษฐกิจชีวภาพ เศรษฐกิจ หมุนเวียน และเศรษฐกิจ สีเขียว (BCG Model)

จากที่กล่าวมาพบว่าปัญหาของการบริหารจัดการของเสียก่อสร้างยังคงไม่สามารถดำเนินการได้อย่างมีประสิทธิภาพเนื่องจากยังขาดกระบวนการบริหารจัดการเครือข่ายในกระบวนการนำกลับมาใช้ใหม่(Recycle)และกระบวนการนำของเสียก่อสร้างกลับมาใช้ซ้ำ (Reuse) ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุดโดยเฉพาะเรื่องของการเชื่อมโยงระหว่างผู้มิของเสียกับผู้รับของเสียไปบำบัดและ

กำจัด จึงนำมาซึ่งคำถามการวิจัยว่า วิธีการบริหารจัดการของเสียจากอุตสาหกรรมก่อสร้างที่มีประสิทธิภาพเป็นอย่างไร ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษารอบแนวคิดวิธีการบริหารจัดการของเสียจากอุตสาหกรรมก่อสร้างในมิติของการสร้างเครือข่ายความร่วมมือที่เกิดขึ้นในการบริหารจัดการของเสียในกลุ่มองค์กรธุรกิจอุตสาหกรรมก่อสร้าง โดยรายละเอียดและกระบวนการของงานวิจัยมีดังต่อไปนี้

## 2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

E.R. Skoyles et al., (1987) ได้ให้นิยามของเสียจากการก่อสร้างว่าเป็นวัสดุหรือผลิตภัณฑ์ที่ต้องการขนส่งจากสถานที่ก่อสร้างหรือใช้ที่อื่นนอกเหนือจากวัตถุประสงค์เฉพาะของโครงการเนื่องจากความเสียหายส่วนเกินหรือไม่ได้ใช้ หรือไม่สามารถใช้ได้ เนื่องจากการไม่ปฏิบัติตามข้อกำหนดหรือเป็นผลพลอยได้จากกระบวนการก่อสร้าง DEFRA ., (2010) ได้ให้นิยามของการจัดการของเสีย คือ กระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการจัดการกับของเสียเมื่อเกิดขึ้น รวมถึงการวางแผนสถานที่ การขนส่ง การจัดเก็บ การจัดการวัสดุ การปฏิบัติงานในสถานที่ การแยก การนำกลับมาใช้ใหม่ และการรีไซเคิล และการกำจัดขั้นสุดท้าย จากงานวิจัยของ Ngoc Han Hoang et al.,(2019) พบว่าการขาดนโยบายที่กำหนดไว้สำหรับของเสียจากการก่อสร้างและการรื้อถอนในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้จำกัดความของเสียจากการก่อสร้างพบในเอกสารทางกฎหมายของมาเลเซียเท่านั้น ประเทศอื่นๆในภูมิภาคนี้ยังไม่มีการจำกัดความและมักถูกกล่าวถึงในรายงานหรือแนวทางปฏิบัติของกระทรวงที่เกี่ยวข้อง เช่น ประเทศกัมพูชา ประเทศสิงคโปร์และประเทศไทย เป็นต้น ส่วนประกอบหลักของของเสียจากการก่อสร้างที่รายงานในประเทศแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ได้แก่ คอนกรีต อิฐ เศษโลหะ ไม้ และพลาสติก สำหรับดินได้จัดเป็นของเสียจากการก่อสร้างในประเทศกัมพูชา ประเทศมาเลเซีย ประเทศไทย และประเทศเวียดนาม ในขณะที่ประเทศเวียดนามเป็นประเทศเดียวในภูมิภาคนี้ที่ระบุว่ากากตะกอนเป็นของเสียจากการก่อสร้าง

แนวคิดเรื่องการไหลของวัสดุและพลังงานเป็นวงกลมไม่ใช่เรื่องใหม่ ซึ่งปรากฏในหนังสือของ Kenneth E. Boulding., (1966) ได้อธิบายว่า เราควรอยู่ในระบบการผลิตที่เป็นวัฏจักร ในส่วนของคำว่าเศรษฐกิจ



หมุนเวียน (CE) ในปี 1988 คำนี้ได้ปรากฏเป็นครั้งแรก โดย Kneese., (1988) ในหัวข้อ The Economics of Natural Resources แนวคิดนี้ได้รับการพัฒนาเพิ่มเติมตามเหตุการณ์สำคัญ 3 เหตุการณ์ที่เกิดขึ้น ได้แก่ ความผันผวนของราคาวัตถุดิบระหว่างปี 2000 ถึง 2010 การห้ามส่งสินค้าของประเทศจีนเกี่ยวกับแรหายาก และเกิดวิกฤตเศรษฐกิจ ซึ่งต่อมานักวิจัยหลายท่านได้ศึกษาและให้ความสนใจ โดยมีคำจำกัดความของ CE ที่ระบุในงานวิจัยหลายฉบับและชี้ให้เห็นถึงความสำคัญของการเปลี่ยนจากรูปแบบเศรษฐกิจดั้งเดิมแบบเส้นตรง (Linear Economy) ซึ่งเป็นระบบเศรษฐกิจที่เน้นการนำทรัพยากรมาผลิตและบริโภคแบบใช้แล้วทิ้งและก่อให้เกิดขยะจำนวนมาก (Take-Make-Dispose) เปลี่ยนมาเป็นระบบผลิตแบบวงกลมหรือหรือระบบวงปิด (close loop system) ที่ให้ความสำคัญกับการจัดการขยะและของเสียจากสินค้าหลังจากการบริโภค CE เป็นระบบที่เอื้อให้เกิดการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด และนำสินค้าที่ใช้แล้วกลับเข้าสู่กระบวนการผลิตได้อีก (Make-Use-Return) เพื่อการเติบโตอย่างสมดุลของธุรกิจ คุณภาพชีวิต และอนาคตโลกที่ยั่งยืน โดย CE มีหลักการพื้นฐานมาจากแนวคิดชีวลอกเลียน หรือ นวัตกรรมเลียนแบบธรรมชาติ (Bio mimicry) แนวคิดอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ (Eco-industry) และแนวคิดการออกแบบเพื่อสิ่งแวดล้อม ด้วยวิธีคิดเชิงกระบวนการ ไม่ใช่วิธีคิดเชิงผลผลิต ที่มีการตามติดวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์ตั้งแต่ขั้นก่อนการผลิตไปจนถึงหลังการใช้งาน โดยยึดหลักของธรรมชาติเป็นแม่แบบหรือ Cradle to cradle design (C2C) จึงอาจกล่าวได้ว่า CE เป็นระบบการผลิตที่ไม่มีของเสีย เนื่องจากของเสียของธุรกิจหนึ่งจะสามารถนำไปเป็นวัตถุดิบต้นทางของอีกธุรกิจเสมอ ซึ่งการ Reuse กับ Recycle จะเป็นสิ่งสำคัญที่สุดในระบบเศรษฐกิจนี้ ตามคำกล่าวของ Preston F., (2012) CE เป็นแนวคิดที่ออกแบบตามแง่มุมของการฟื้นฟู โดยอิงจากการลดการใช้วัตถุดิบ ซึ่งเป็นแนวคิดที่สอดคล้องกับองค์ประกอบของความยั่งยืนทั้งในด้านสังคม เศรษฐกิจ และสิ่งแวดล้อม CE สามารถช่วยสร้างอุตสาหกรรมให้ประเทศกำลังพัฒนา และช่วยประเทศที่พัฒนาแล้วเพิ่มความเป็นอยู่ที่ดีและลดปัญหาการผันผวนของราคาทรัพยากร ส่งผลกระทบทางบวกต่อความยั่งยืน การใช้ทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อม อย่างไรก็ตาม ยังขาดการวิจัยเกี่ยวกับการรวมแนวคิด CE เข้ากับ

อุตสาหกรรมการก่อสร้าง ซึ่ง Cahalane C., (2014) อธิบายว่ามีความจำเป็นต้องบูรณาการ CE เข้ากับอุตสาหกรรมการก่อสร้างเพื่อให้แน่ใจว่ามีการลดการสร้างของเสียและเพื่อสร้างอนาคตที่ยั่งยืน โดยงานวิจัยของ Esa et al., (2017) พบว่า CE สามารถทำได้สำเร็จใน 3 ระดับที่แตกต่างกัน ได้แก่

1. Micro ระดับที่ให้ความสนใจที่พื้นที่การผลิตระดับนี้ต้องใช้กระบวนการผลิตที่สะอาดขึ้นและการออกแบบที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากขึ้น
2. Meso การออกแบบที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมที่สนับสนุนการนำระบบการค้ำของเสียมาใช้
3. Macro เครือข่ายความร่วมมือขั้นสูงระหว่างอุตสาหกรรมต่างๆ ที่ส่งเสริมองค์ประกอบของการใช้ซ้ำ การลด และรีไซเคิล

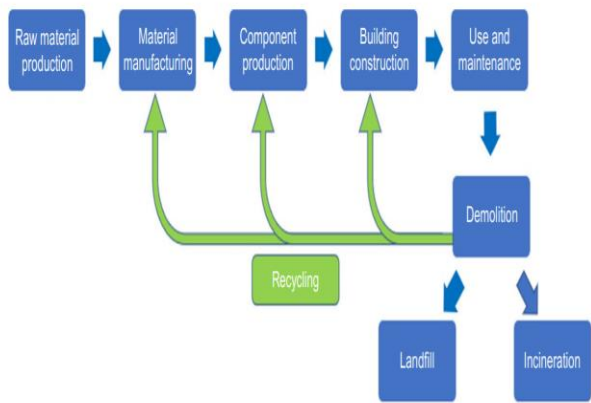
การประยุกต์หลักการ CE ในวัฏจักรชีวิตของการก่อสร้าง ทำให้เกิดการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่าและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมให้ได้มากที่สุด Lei, J., et al., (2020) ได้ทำการศึกษาเพื่อการคิดวงจรชีวิตเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืนในอุตสาหกรรมก่อสร้างในประเทศจีน โดยการประเมินวัฏจักรชีวิตของวัสดุก่อสร้างอาคาร วงจรชีวิตของอาคารรวมถึงการได้มาซึ่งวัตถุดิบ การแปรรูปและการผลิตวัสดุก่อสร้าง การผลิตส่วนประกอบในอาคาร การก่อสร้างอาคาร การใช้งานอาคาร และกระบวนการรีไซเคิลทั้งหมด สำหรับวัสดุก่อสร้าง กระบวนการประเมินวงจรชีวิตหลักคือการได้มาและการประมวลผลของวัตถุดิบ การแปรรูปส่วนประกอบในอาคาร และการกำจัดหลังจากการรีไซเคิล โดยจัดประเภทเป็นอาคารที่อยู่อาศัยและไม่ใช่ที่อยู่อาศัย พบว่าหมวดหมู่วัสดุก่อสร้างที่สำคัญ ได้แก่ เหล็ก คอนกรีต ซีเมนต์ (สำหรับการใช้งานที่ไม่เป็นคอนกรีต ได้แก่ ปูน พลาสติกและปูน ไม้ อิฐ ทราย และกรวด) และพบว่า หินปูน แก้ว และกระเบื้องเซรามิก สามารถนำเวียนกลับมาใช้ในอุตสาหกรรมก่อสร้างอาคารได้ ดังแสดงในภาพที่ 2.1

จากงานวิจัยของ Lei, J., et al., (2020) ได้ทำการประเมินและวิเคราะห์จากกรณีศึกษา พบว่าวัสดุก่อสร้างหลัก ได้แก่ คอนกรีต ทราย กรวด อิฐ และซีเมนต์ สำหรับการใช้งานที่ไม่เป็นคอนกรีต การใช้เหล็ก หินปูน และไม้ในปริมาณที่ค่อนข้างต่ำ ผลการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของเราแสดงให้เห็นว่า เหล็ก ปูน ขาว แก้ว ไม้ และซีเมนต์ มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่



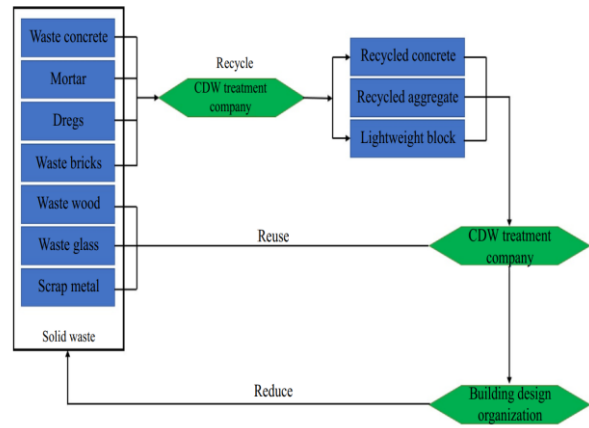


ค่อนข้างสูงกว่าวัสดุอื่นๆ ดังนั้นจึงได้มีข้อเสนอแนะว่า  
เพื่อส่งเสริมการจัดการของเสียก่อสร้างและการรีไซเคิล



ภาพที่ 2.1 วงจรชีวิตของวัสดุก่อสร้างอาคาร  
(Lei and Huang 2020)

ตามหลักการ 3R ควรออกแบบแบบจำลอง CE ที่มี  
ประสิทธิภาพในอาคารและอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องอื่นๆ  
และต้องอาศัยความร่วมมือในการลดและควบคุม  
แหล่งที่มา ตัวอย่างเช่นผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในการ  
ออกแบบอาคารและการก่อสร้างควรลงนามในข้อตกลง  
เพื่อพัฒนาโครงการก่อสร้างที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและ  
การจัดการที่ควรได้รับการปรับปรุงมีความจำเป็นเร่งด่วน  
คือการนำของเสียก่อสร้างมาใช้ซ้ำและการรีไซเคิล  
นอกจากนี้การใช้เทคโนโลยีที่เป็นนวัตกรรมเป็นสิ่งจำเป็น  
สำหรับการส่งเสริม CE ของการจัดการของเสียก่อสร้าง  
นอกเหนือจากการส่งเสริมเทคโนโลยีของการจำแนก  
ประเภทและการแยกของเสียก่อสร้างแล้ว ควรมีการ  
สำรวจการมีส่วนร่วมของเทคโนโลยีร่วมขององค์กรธุรกิจ  
อุตสาหกรรมก่อสร้าง รูปแบบการตลาดใหม่ๆ เช่น  
หุ้นส่วนภาครัฐกับเอกชน ควรได้รับการส่งเสริมเพื่อเพิ่ม  
มูลค่าทางเศรษฐกิจสำหรับบริษัทบำบัดหรือรีไซเคิลของ  
เสียก่อสร้าง และการสร้างแบบจำลองเศรษฐกิจ  
หมุนเวียนที่มีประสิทธิภาพเป็นสิ่งสำคัญสำหรับ  
การจัดการเนื่องจากของเสียก่อสร้างที่นำกลับมาใช้ใหม่  
ไม่เพียงแต่สามารถนำมาใช้สำหรับอุตสาหกรรมก่อสร้าง  
เท่านั้นแต่ยังรวมถึงอุตสาหกรรมอื่นๆด้วย จากงานวิจัย  
ของ Lei, J., et al., (2020) ได้เสนอรูปแบบเศรษฐกิจ  
หมุนเวียนสำหรับกรอบแนวคิดในความร่วมมือ  
ขององค์กรธุรกิจอุตสาหกรรมก่อสร้างในการจัดการของ  
เสียดังแสดงในภาพที่ 2.2



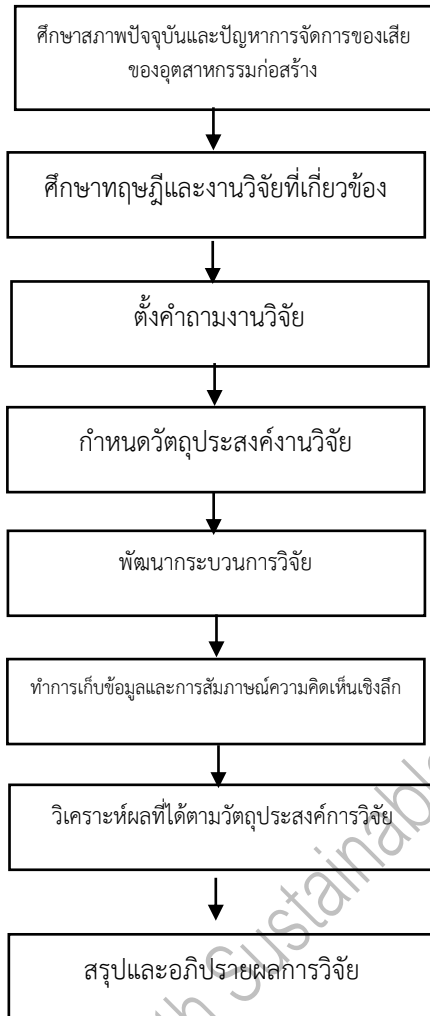
ภาพที่ 2.2 รูปแบบเศรษฐกิจหมุนเวียนสำหรับของเสีย  
จากการก่อสร้างและการรีไซเคิลในอุตสาหกรรมก่อสร้าง  
(Lei and Huang 2020)

จากงานวิจัยของ Huang, B.J., et al.,(2018 )  
กล่าวว่าในบรรดากลยุทธ์ 3R สำหรับการลด (Reduce)  
ของเสียจากการก่อสร้างถือเป็นวิธีที่ดีที่สุดในการ  
จัดการเนื่องจากมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด  
ต่อสิ่งแวดล้อม จึงถือเป็นความสำคัญอันดับแรก การนำ  
ของเสียก่อสร้างกลับมาใช้ซ้ำ (Reuse) คือการกระทำ  
หรือแนวปฏิบัติของการใช้วัสดุก่อสร้างที่เกี่ยวข้องอีกครั้ง  
ไม่ว่าจะเพื่อวัตถุประสงค์เดิม (การนำกลับมาใช้ซ้ำ  
ตามปกติ) หรือเพื่อทำหน้าที่อื่นให้สมบูรณ์ (upcycling  
or repurposing) สำหรับการแปรสภาพนำมาใช้ใหม่  
ของเสียก่อสร้าง (Recycle) คือการนำเอาวัสดุของมา  
ผ่านกระบวนการปรับแต่งเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่หรือสร้าง  
วัสดุและวัตถุใหม่อีกครั้ง ในการพัฒนาแผนการจัดการ  
การลดและการนำกลับมาใช้ซ้ำควรดำเนินการโดยผู้มีส่วน  
ได้ส่วนเสียและผู้เชี่ยวชาญในการออกแบบอาคาร  
และการก่อสร้าง สำหรับการรีไซเคิล และการนำของเสีย  
ก่อสร้างกลับมาใช้ซ้ำในอุตสาหกรรมก่อสร้าง ขยะ  
คอนกรีต อิฐ กากตะกอน และปูนสามารถเปลี่ยนเป็น  
วัสดุรีไซเคิลได้ เช่น คอนกรีตรีไซเคิล บล็อกน้ำหนักรเบา  
และมวลรวมรีไซเคิล



### 3. วิธีวิจัย (Research Methodology)

การศึกษาวิจัยครั้งนี้เพื่อศึกษารอบแนวคิดวิธีการบริหารจัดการของเสียจากอุตสาหกรรมก่อสร้างที่มีประสิทธิภาพตามหลัก CE วิธีการดำเนินการวิจัยประกอบด้วย 8 ขั้นตอน แสดงดังภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นแบบสอบถามสร้างขึ้นจากการศึกษาแนวความคิด ทฤษฎี และผลการวิจัยที่เกี่ยวข้อง และดำเนินการวิจัยใช้การสัมภาษณ์ความคิดเห็นเชิงลึกกับผู้เชี่ยวชาญที่เกี่ยวข้องทั้งหมด 15 ท่านในกลุ่มองค์กรธุรกิจอุตสาหกรรมก่อสร้าง 5 กลุ่ม ได้แก่ สถาปนิกและที่ปรึกษาโครงการ 2 ท่าน กลุ่มบริษัทพัฒนาอสังหาริมทรัพย์ 3 ท่าน กลุ่มผู้รับเหมาก่อสร้าง 4 ท่าน กลุ่มผู้ผลิตและจัดจำหน่ายวัสดุก่อสร้าง 4 ท่าน กลุ่มผู้จัดการของเสีย 2 ท่าน แบบสอบถามแบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ ส่วนที่ 1 เป็นแบบสอบถามเกี่ยวกับความเกี่ยวข้องในกลุ่มองค์กร

ธุรกิจอุตสาหกรรมก่อสร้าง ส่วนที่ 2 เป็นแบบสอบถามในการสำรวจความคิดเห็นเกี่ยวกับการจัดการของเสียและเศษวัสดุก่อสร้างจากอุตสาหกรรมก่อสร้างมีทั้งหมด 6 ข้อ โดยสอบถามเกี่ยวกับสภาพปัจจุบันและปัญหาการจัดการของเสียของอุตสาหกรรมก่อสร้าง ความคิดเห็นเกี่ยวกับผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและความสำคัญในการบริหารจัดการของเสียก่อสร้าง ความคิดเห็นเกี่ยวกับการนำเสนอรอบแนวคิดวิธีบริหารจัดการตามแนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียน และการพัฒนาเครื่องมือสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับช่วยในการบริหารจัดการแบบกลุ่ม โดยแบบสอบถามสร้างตามมาตรวัดของลิเคิร์ต (Likert Scale) โดย Wade M Vagias.(2006) ได้กล่าวถึงมาตรวัดของลิเคิร์ต (Likert Scale) ซึ่งใช้ เกณฑ์ 5 ระดับ แทน 5 ความหมาย คือ 5 หมายถึง ระดับความเห็นด้วยมากที่สุด 4 หมายถึง ระดับความเห็นด้วยมาก 3 หมายถึง ระดับความเห็นด้วยปานกลาง 2 หมายถึง ระดับความเห็นด้วยน้อย 1 หมายถึง ระดับความเห็นด้วยน้อยที่สุด

เกณฑ์การแปลความหมายค่าเฉลี่ยของระดับคะแนนในส่วนที่ 2 ได้แปลผลระดับความพึงพอใจโดยใช้ค่าเฉลี่ยของผลคะแนนเป็นตัวชี้วัดตามเกณฑ์ในการวิเคราะห์ตามแนวคิดของ Best JW.(1977) มีรายละเอียดดังนี้คะแนนเฉลี่ย 4.21 – 5.00 หมายถึงระดับความเห็นด้วยมากที่สุด คะแนนเฉลี่ย 3.41 – 4.20 หมายถึงระดับความเห็นด้วยมาก คะแนนเฉลี่ย 2.61 – 3.40 หมายถึง ระดับความเห็นด้วยปานกลางคะแนนเฉลี่ย 1.81 – 2.60 หมายถึง ระดับความเห็นด้วยน้อย คะแนนเฉลี่ย 1.00 – 1.80 หมายถึง ระดับความเห็นด้วยน้อยที่สุด ความกว้างของอันตรภาคชั้นของค่าเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 0.8 ซึ่ง ชัชวาล. (2539) ได้คำนวณโดยการคำนวณโดยใช้สมการทางคณิตศาสตร์ดังนี้

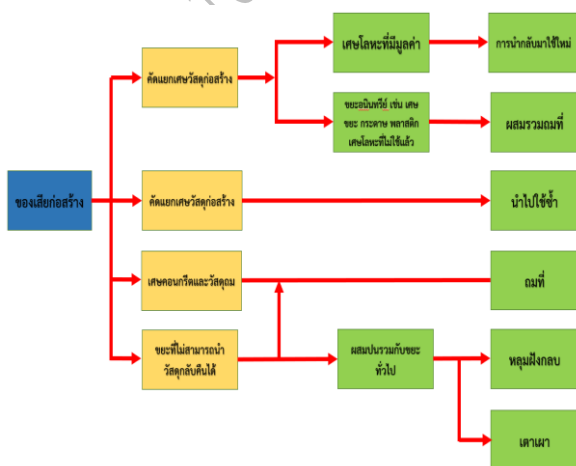
$$\text{ความกว้างของอันตรภาคชั้น} = \frac{\text{คะแนนสูงสุด} - \text{คะแนนต่ำสุด}}{\text{จำนวนชั้น}}$$

แล้วนำค่าเฉลี่ยที่คำนวณได้ มาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ประเมินผลที่กำหนดไว้ สำหรับส่วนที่ 3 เป็นข้อคิดเห็นเกี่ยวกับรอบแนวคิดวิธีการบริหารจัดการของเสียจากการก่อสร้างและข้อเสนอแนะอื่นๆ



#### 4. ผลการวิจัย (Results)

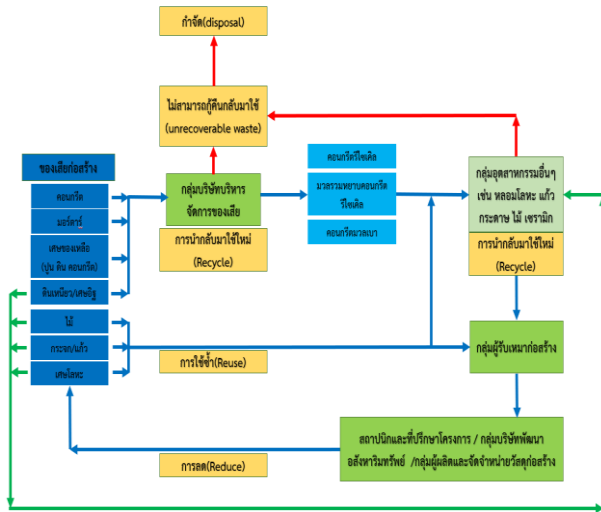
ผลการศึกษาในครั้งนี้พบว่าในปัจจุบันขยะในอุตสาหกรรมก่อสร้างไทยมีหลายชนิดเช่น ดินที่ขุดจากการเตรียมพื้นที่ก่อสร้าง เช่น ดินที่ขุดเป็นหลุมสำหรับอาคารหรือขุดถนนในโครงการ ซึ่งจะให้ส่วนผสมของหน้าดิน ดินเหนียว ทราย กรวดและหิน เป็นต้นและยังมีคอนกรีตจากการก่อสร้างและรื้อถอนซึ่งพบเป็นปริมาณมาก คอนกรีตส่วนใหญ่โตมาจากงานโครงสร้างหรือถนน คอนกรีตที่ทุบทำลายหรือจากโครงสร้างที่มีการปรับปรุงสภาพหรือจากผลิตภัณฑ์คอนกรีตที่ไซไม่ไดเนื่องจากไม่ผ่านการควบคุมคุณภาพ วัสดุก่อ เช่น อิฐมอญและคอนกรีตบล็อก เป็นต้น คอนกรีตบล็อกที่โตจากการรื้อถอนส่วนใหญ่จะติดกับมอร์ตาร์และซีเมนต์ ของเสียผสมจากการก่อสร้างและรื้อถอนอาจประกอบด้วยของเสียจำพวกดิน คอนกรีต และวัสดุผสมรวมกับวัสดุที่ไม่พึงประสงค์จำพวกกระดาษ ไม้ กระจก เหล็ก พลาสติก เป็นต้น สำหรับโครงการขนาดใหญ่ที่มีการก่อสร้างถนนในโครงการมักจะพบของเสียจากการก่อสร้างและรื้อถอนถนนจึงประกอบด้วยแอสฟัลต์ในปริมาณมาก ซึ่งส่วนผสมของ หิน กรวด ดิน และทรายจากวัสดุพื้นทางและวัสดุรองพื้นทางผสมรวมกับแอสฟัลต์ สำหรับการจัดการของเสียก่อสร้างปัจจุบันพบว่ายังไม่ได้ให้ความสำคัญและไม่ได้รับการจัดการอย่างถูกวิธีและเหมาะสม ทำให้ของเสียจากการก่อสร้างบางส่วนถูกนำไปแอบทิ้งอย่างผิดกฎหมายตามที่วาง มีบางส่วนที่เอกชนนำไปถมที่โดยไม่มีการแยกวัสดุอันตราย วัสดุที่ไม่ควรนำไปถมที่และวัสดุที่สามารถนำไปรีไซเคิลได้ออกบางส่วนทิ้งรวมไปกับขยะมูลฝอยชุมชนเพื่อไปฝังกลบดังแสดงในภาพที่ 4.1



ภาพที่ 4.1การจัดการของเสียและเศษวัสดุก่อสร้าง

ผลจากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญที่เกี่ยวข้องพบว่า ความเห็นของปัญหาของเสียจากการก่อสร้างที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมคะแนนเฉลี่ย 4.53 คะแนนอยู่ในระดับความเห็นด้วยมากที่สุด การลดของเสียจากการก่อสร้างมีความสำคัญเท่ากับหน้าที่ของบริหารจัดการก่อสร้างคะแนนเฉลี่ย 4.60 คะแนนอยู่ในระดับความเห็นด้วยมากที่สุด ของเสียก่อสร้างเกิดจากการวางแผนและการบริหารจัดการที่ไม่ดีพอ คะแนนเฉลี่ย 4.07 คะแนนอยู่ในระดับความเห็นด้วยมากที่สุด การนำหลักการระบบเศรษฐกิจหมุนเวียนมาใช้ในการบริหารจัดการของเสียก่อสร้างและการสร้างความร่วมมือ ร่วมกันภายในกลุ่มองค์กรธุรกิจอุตสาหกรรมก่อสร้างมีคะแนนเฉลี่ย 4.60 และ 4.67 คะแนน ตามลำดับ ซึ่งคะแนนอยู่ในระดับความเห็นด้วยมากที่สุด สำหรับความคิดเห็นเกี่ยวกับการพัฒนาเครื่องมือที่ช่วยสนับสนุนการตัดสินใจที่มีประสิทธิภาพ เพื่อช่วยในการบริหารจัดการ มีคะแนนเฉลี่ย 4.73 คะแนน อยู่ในระดับความเห็นด้วยมากที่สุด สรุปได้ว่าภาคธุรกิจก่อสร้างมีความตระหนักถึงปัญหาของเสียที่เกิดขึ้นและต้องการเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพ เพื่อใช้ในการบริหารจัดการร่วมกันตามหลักแนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียน เพื่อส่งผลให้อุตสาหกรรมนี้มีความยั่งยืน

ผลจากการศึกษาทฤษฎี ทบทวนวรรณกรรม งานวิจัยที่เกี่ยวข้องทำให้ได้มาซึ่งกรอบแนวคิดวิธีการบริหารจัดการของเสียที่มีประสิทธิภาพตามแนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียน โดยมุ่งเน้นการมีส่วนร่วมในการจัดการกัน แต่อย่างไรก็ตามในการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญได้มีข้อเสนอแนะในการสร้างความร่วมมือกับกลุ่มอุตสาหกรรมอื่นๆในเรื่องการนำของเสียและเศษวัสดุก่อสร้างไปใช้ประโยชน์ต่อไป ทั้งทางด้าน การนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับงานก่อสร้างหรือผลิตภัณฑ์ในอุตสาหกรรมอื่น ๆ เพื่อให้เกิดการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่าและส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจสังคมและสิ่งแวดล้อมโดยรวม โดยกรอบแนวคิดแสดงในภาพที่ 4.2



ภาพที่ 4.2 กรอบแนวคิดวิธีการบริหารจัดการของเสียจากการก่อสร้างบนพื้นฐานแนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียน

## 5. อภิปรายผล (Discussion)

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องในรูปแบบการทบทวนวรรณกรรมและการสัมภาษณ์ความคิดเห็นเชิงลึกกับผู้เชี่ยวชาญในอุตสาหกรรมนี้จำนวน 15 ท่านพบว่า แนวคิดในการบริหารจัดการของเสียก่อสร้างมีรูปแบบดังแสดงในภาพที่ 4.2 โดยสามารถสร้างความร่วมมือระหว่างกลุ่มองค์กรธุรกิจอุตสาหกรรมก่อสร้างซึ่งใช้หลักการพื้นฐาน 3R ในการจัดการของเสียตามหลักแนวคิดระบบเศรษฐกิจหมุนเวียนและควรจะมีการพัฒนารูปแบบของการนำของเสียจากการก่อสร้างกลับมาใช้ประโยชน์ในกลุ่มองค์กรธุรกิจอุตสาหกรรมก่อสร้างให้มากขึ้นเพื่อช่วยในการลดต้นทุนในการบริหารจัดการช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและส่งผลกระทบต่อสังคมโดยรวมจากภาคธุรกิจนี้ อย่างไรก็ตามพบว่ามีการพัฒนาโปรแกรมที่มีการคำนวณและช่วยในการตัดสินใจที่เป็นรูปธรรมมากขึ้นสำหรับการบริหารจัดการของเสียจากการก่อสร้างที่มีประสิทธิภาพ ดังนั้นทำให้ผู้วิจัยสามารถมองเห็นรูปแบบแนวทางในการพัฒนาที่เป็นรูปธรรมมากขึ้นในการพัฒนาอัลกอริทึมที่ซับซ้อนในการบริหารจัดการแบบกลุ่มหรือการพัฒนาซอฟต์แวร์ในรูปแบบออนไลน์ รวมถึงสามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นต้นแบบในการสนับสนุนการพัฒนาเทคโนโลยีในการบริหารจัดการของเสียจากอุตสาหกรรมก่อสร้าง อีกทั้งปัจจุบันอุตสาหกรรมก่อสร้างเกี่ยวข้องกับทั้งภาครัฐ สถาบันการศึกษา องค์กรวิชาชีพ รวมถึงภาคอุตสาหกรรมอื่นๆ ผลจากงานวิจัยครั้งนี้ทำให้หลาย

ภาคส่วนที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมก่อสร้างสามารถใช้ข้อมูลอ้างอิงและเป็นแนวทางในการดำเนินงานและการตัดสินใจที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินการในอุตสาหกรรมก่อสร้างอย่างยั่งยืนต่อไป

## 6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณผู้เชี่ยวชาญที่เกี่ยวข้องสำหรับข้อมูลในการตอบแบบสอบถามการสัมภาษณ์ความคิดเห็นเชิงลึก อีกทั้งยังให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมและขอขอบคุณ สาขาวิศวกรรมจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ในการสนับสนุนการหาแหล่งข้อมูล

## 7. เอกสารอ้างอิง

### 7.1 เอกสารอ้างอิงภาษาไทย

- [1] กองนโยบายการสร้างความเข้มแข็งทางการค้า สำนักงานนโยบายและยุทธศาสตร์การค้า, ข้อมูลจาก [http://www.tpsoc.moc.go.th/sites/default/files/2\\_paper\\_-\\_circular\\_economy.pdf](http://www.tpsoc.moc.go.th/sites/default/files/2_paper_-_circular_economy.pdf) (วันที่สืบค้นข้อมูล 2 กันยายน 2564).
- [2] ชัชวาลย์ เรื่องประพันธ์. (2539). สถิติพื้นฐาน ขอนแก่น โรงพิมพ์คลังนานาวิทยา; หน้า 15.

### 7.2 เอกสารอ้างอิงภาษาอังกฤษ

- [1] Anink, D., Mak, J., and Boonstra, C., 1996. Handbook of Sustainable Building: An Environmental Preference Method for Selection of Materials for Use in Construction and Refurbishment. London: James and James.
- [2] Baek, C., Park, S., Suzuki, M., and Lee, S., 2013. Life cycle carbon dioxide assessment tool for buildings in the schematic design phase. Energy and Buildings, 61 (2013), pp. 275-287.
- [3] R. F. de Magalhães, A. de M. F. Danilevicz, and T. A. Saurin, "Reducing construction waste: A study of urban infrastructure projects," Waste Management., vol. 67, pp. 265-277, 2017.
- [4] Akanbi, L.A., Oyedele, L.O., Akinade, O.O., Ajayi, A.O., Davila Delgado, M., Bilal, M., Bello,



- S.A., 2018. Salvaging building materials in a circular economy: A BIM-based whole-life performance estimator. *Resour Conserv. Recycl.* 129, 175-186.  
<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.10.026>.
- [5] Wang, J., Wu, H., Duan, H., Zillante, G., Zuo, J., Yuan, H., 2018. Combining Life Cycle Assessment and Building Information Modelling to account for carbon emission of building demolition waste: a case study. *J. Clean. Prod.* 172, 3154–3166.
- [6] Eurostat:  
[https://ec.europa.eu/eurostat/statisticsexplained/index.php?title=Waste\\_statistics#Total\\_waste\\_generation](https://ec.europa.eu/eurostat/statisticsexplained/index.php?title=Waste_statistics#Total_waste_generation)  
[https://www.epa.gov/sites/production/files/2018/09/documents/construction\\_and\\_demolition\\_debris\\_generation\\_in\\_the\\_united\\_states\\_2015final.pdf](https://www.epa.gov/sites/production/files/2018/09/documents/construction_and_demolition_debris_generation_in_the_united_states_2015final.pdf)
- [7] U.S. EPA, 2018. Construction and Demolition Debris Generation in the United States, 2015. U.S. Environmental Protection Agency Office of Resource Conservation and Recovery.
- [8] Duan, H., Miller, T.R., Liu, G., Tam, V.W., 2019. Construction debris becomes growing concerns of growing cities. *Waste Management.* 83, 1–5.
- [9] Hoang, N., Ishigaki, T., Kubota, R., Yamada, M., Kawamoto, K., 2020. A review of construction and demolition waste management in Southeast Asia. *Journal of Material Cycles and Waste Management* 22 (2), 315–325.
- [10] Uyasatean, U.; Utwarujikulchai, U. Estimation of building-related C&D waste generation and composition in Bangkok. *Nat. Resour. J.* 2007, 5, 133–140.
- [11] Kofoworola, O.F.; Gheewala, S.H. Estimation of construction waste generation and management in Thailand. *Waste Management.* 2009, 29, 731–738.
- [12] Manowong E, Brockmann C (2010) Construction waste management in newly industrialized countries. In: W107-Special Track 18th CIB World Building Congress May 2010 Salford, United Kingdom.
- [13] World Economic Forum, 2016. Shaping the Future of Construction, World Economic Forum (WEF). Available at: [http://www3.weforum.org/docs/WEFShaping\\_the\\_Future\\_of\\_Construction\\_full\\_report.pdf](http://www3.weforum.org/docs/WEFShaping_the_Future_of_Construction_full_report.pdf).
- [14] Suárez, S., Roca, X., Gasso, S., 2016. Product-specific life cycle assessment of recycled gypsum as a replacement for natural gypsum in ordinary Portland cement: application to the Spanish context. *J. Clean. Prod.* 117, 150-159.
- [15] Esa, M.R., Halog, A., Rigamonti, L., 2017. Developing strategies for managing construction and demolition wastes in Malaysia based on the concept of circular economy. *J. Mater. Cycles Waste Management.* 19, 1144-1154.
- [16] Brown, P., Bocken, N., Balkenende, R., Brown, P., Bocken, N., Balkenende, R., 2019. Why Do Companies Pursue Collaborative Circular Oriented Innovation ?. *Sustainability* 11, 635.
- [17] MU Hossain., ST Ng., P Antwi-Afari., B Amor., 2020. Circular economy and the construction industry: Existing trends, challenges and prospective framework for sustainable construction. *Renewable and Sustainable Energy Reviews.* 130, 109948.



- [18] E.R. Skoyles, J.R. Skoyles, Waste Prevention on Site, Mitchell, London, 1987.
- [19] DEFRA (Department for Environment, Food and Rural Affairs), Consultation on the Legal Definition of Waste and Its Application, DEFRA, London, 2010.
- [20] Boulding, Kenneth E., 1966. The economics of the coming spaceship earth. In: Jarrett, H. (Ed.), Environmental Quality in a Growing Economy. The Johns Hopkins Press, Baltimore, pp. 3-14.
- [21] Kneese, Allen V. (1988). "The Economics of Natural Resources". Population and Development Review. 14: 281–309. doi:10.2307/2808100.
- [22] Preston F (2012) A global redesign? shaping the circular economy. Energy environment and resource governance. Chatham House, London.
- [23] Cahalane C (2014) Construction industry needs circular economy for sustainable future. Available from: <http://www.theguardian.com/sustainable-business/construction-industry-circular-economy>. Cited 20 Nov 2014.
- [24] Lei, J., Huang, B., and Huang, Y. (2020). Life cycle thinking for sustainable development in the building industry. In Life Cycle Sustainability Assessment for Decision-Making, J. Ren and S. Toniolo, eds. (Elsevier), pp. 125–138.
- [25] Huang, B.J., Wang, X.Y., Harnwei, K., et al., 2018b. Construction and demolition waste management in China through the 3R principle. Resour. Conserv. Recy, 129, 36–44.
- [26] Wade M Vagias, editor. Likert-type scale response anchors. Clemson International Institute for Tourism & Research Development. Department of Parks, Recreation and Tourism Management: Clemson University; 2006
- [27] Best JW. Research in Education. 3 rd ed. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall, Inc; 1977.



# การเพิ่มประสิทธิภาพการจัดตารางการผลิต กรณีศึกษาอุตสาหกรรมมอเตอร์ไฟฟ้า Efficiency Improvement of Production Scheduling ; A case study of Electric Motor Industry

ณัฐรัชต์ เอ็มกมล<sup>1</sup>, ดร.ณัฐวรพล รัชสิริวัชรบุล<sup>2</sup>

<sup>1</sup>สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน  
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร  
1381 ถนนประชากรราษฎร์ 1 เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800  
kungnoofresh@gmail.com

<sup>2</sup>สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน  
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร  
1381 ถนนประชากรราษฎร์ 1 เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800

## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาเกี่ยวกับการจัดตารางการผลิต กรณีศึกษาโรงงานประกอบมอเตอร์ แบบผลิตตามความต้องการลูกค้าเพื่อลดปัญหาการส่งมอบสินค้าไม่ทันกำหนดเวลา ในงานวิจัยนี้ได้พัฒนาการการสร้งตารางการผลิต ด้วยวิธีฮิวริสติกส์ ตามกฎ Earliest Due Date (EDD) , First Come First Serve (FCFS) , Shortest Processing Time (SPT), Longest Processing Time (LPT), Minimum Slack. Time (MST) โดยใช้โปรแกรม Lakin Scheduler เพื่อให้สามารถเลือกกฎและวิธีการจัดตารางการผลิตที่มีประสิทธิภาพและเหมาะสม หลังจากนั้นนำมาพัฒนาปรับปรุงวิธีการจัดตารางการผลิต เพื่อเปรียบเทียบกับวิธีการจัดตารางการผลิตแบบปัจจุบันซึ่งวัตถุประสงค์คือเพื่อให้เพื่อลดเวลาปิดงาน (Makespan) จำนวนงานล่าช้า (Number of Late Jobs) ผลรวมของค่าเวลาล่าช้า (Total Tardiness) ของระบบที่มีค่าน้อยที่สุด ผลการวิจัยจากการเลือกกฎที่เหมาะสมแล้วนำมาพัฒนาเปรียบเทียบกับจำนวนงานทั้งหมด จำนวน 23 งาน 4 สถานี คำตอบที่ได้หลังจากการพัฒนาปรับปรุงโดยใช้โปรแกรม Lakin Scheduler แล้วพบว่ามีความคุ้มค่าซึ่งวัดประสิทธิภาพการลดลง ได้แก่ เวลาปิดงาน (Makespan) 0.97 เปอร์เซ็นต์ จำนวนงานล่าช้า (Number of Late Jobs) 45.45 เปอร์เซ็นต์ และ ผลรวมของค่าเวลาล่าช้า (Total Tardiness) 74.80 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการปัจจุบัน

**คำสำคัญ (Key word):** ประสิทธิภาพ, ตารางการผลิต, มอเตอร์ไฟฟ้า

## Abstract

This research studies production schedules. Case Study of Motor Assembly Plant Production according to customer requirements to reduce the problem of late delivery of products. In this research, the production schedule was developed. Using heuristic methods, the rules for Earliest Due Date (EDD), First Come First Serve (FCFS), Shortest Processing Time (SPT), Longest Processing Time (LPT), Minimum Slack. Time (MST) using Lakin program. Scheduler to be able to choose efficient and appropriate production scheduling rules and methods. After that, it will be used to improve the production scheduling method. To compare with current production scheduling methods whose purpose is to minimize the makespan, Number of Late Jobs, and the sum of the total tardiness of the system to a minimum. The research findings from selecting the appropriate rules and then developing them were compared with a total number of 23 tasks in 4 stations. The answers after the improvements were developed using the Lakin Scheduler program. It was found that the performance indicators decreased, namely time Makespan 0.97 percent, Number of Late Jobs 45.45 percent, and Total Tardiness 74.80 percent compared to the current method.

Keywords: Efficiency, Production scheduling, Electric motor



## 1. บทนำ (Introduction)

อุตสาหกรรมการผลิตนับเป็นแรงขับเคลื่อนสำคัญต่อภาคเศรษฐกิจ มีแนวโน้มเผชิญกับความเสี่ยงจากการแข่งขันที่รุนแรงและมีข้อจำกัดหลายประการ ที่ส่งผลกระทบต่อการบริหารจัดการภายในองค์กร เช่น ต้นทุน การส่งมอบ การบริการ ทรัพยากร เครื่องจักร สถานที่ พลังงาน และวัตถุดิบ เป็นต้น ปัจจัยดังกล่าวมีความสำคัญอย่างยิ่งที่จะทำให้องค์กรบรรลุตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ และภายใต้สภาวะการแข่งขันที่รุนแรงและการเปลี่ยนแปลงที่รวดเร็วในปัจจุบันทำให้หลายบริษัทมีการปรับปรุงเชิงกลยุทธ์ทั้งด้านการผลิต ให้สามารถผลิตสินค้าได้รวดเร็ว และเพียงพอต่อความต้องการของลูกค้าอย่างมีประสิทธิภาพ

ปัจจุบันการจัดการตารางการผลิตยังไม่มีมาตรฐานในการจัดการตารางการผลิต ผู้จัดการตารางผลิตอาศัยเพียงประสบการณ์ในการจัดการตารางการผลิตเท่านั้น และเพื่อให้การผลิตมีประสิทธิภาพสูงสุดสามารถ ผลิตสินค้าตามความต้องการของลูกค้า ดังนั้นการจัดการตารางการผลิตสำหรับระบบการผลิตแบบต่อเนื่องจึงมีความสำคัญอย่างมาก เนื่องด้วยการผลิตสินค้าหลายชนิดในกระบวนการก่อให้เกิดปัญหาการผลิตล่าช้าเนื่องด้วยลำดับการผลิตของงานไม่สมดุล ดังนั้นเพื่อการผลิตที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น วิธีการหนึ่งที่ใช้แก้ปัญหาคือการปรับปรุงจัดการตารางการผลิตเพื่อลดปัญหาการส่งมอบสินค้าไม่ทันกำหนดเวลา การจัดการตารางการผลิตสำหรับระบบการผลิตต่อเนื่องมีวัตถุประสงค์คือ เพื่อให้เพื่อลดเวลาปิดงาน (Makespan) จำนวนงานล่าช้า (Number of Late Jobs) ผลรวมของค่าเวลาล่าช้า (Total Tardiness) ของระบบที่มีค่าน้อยที่สุดลดปัญหาความล่าช้าในการผลิตจะส่งผลทำให้การส่งมอบสินค้าไม่ทันกำหนดเวลา ซึ่งเป็นปัญหาสำคัญที่มีผลกระทบต่อความเชื่อมั่นของลูกค้า

งานวิจัยนี้ศึกษาเกี่ยวกับ ศึกษาเกี่ยวกับการจัดการตารางการผลิต กรณีศึกษาโรงงานประกอบมอเตอร์ แบบผลิตตามความต้องการลูกค้า โดยมีรูปแบบการผลิตแบบต่อเนื่อง ผลิตสินค้าให้สามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าให้รวดเร็ว และตรงตามกำหนดเวลา

## 2. วิธีวิจัย (Research Methodology)

1. เก็บข้อมูลการทดลองการสร้างแบบจำลองการผลิต เก็บข้อมูลและรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการทดลองการจัดการตารางการผลิต

1.1 ข้อมูลปฐมภูมิ ผู้วิจัยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลปฐมภูมิวิธีที่นิยมใช้กันทั่วไป คือ การสังเกต การเก็บรวบรวมข้อมูลโดยการสังเกตใช้ประกอบการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยวิธีการทดลอง ซึ่งข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้จากการทดลอง

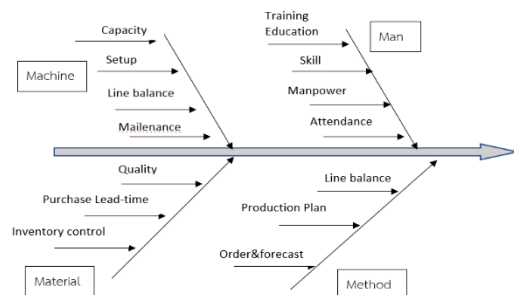
นี้มีความถูกต้องและเชื่อถือได้มาก โดยไม่เกิดความคลาดเคลื่อนจากการวัด หรือการวางแผนการทดลอง

1.2 ข้อมูลทุติยภูมิ ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี และรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการจัดการตารางการผลิต จากหนังสือ รายงาน บทความวิจัย บทความวิชาการ การค้นคว้าอิสระ วิทยานิพนธ์ บล็อก เว็บไซต์ เฟสบุ๊ก ยูทูบ เอกสารต่าง ๆ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

โดยกำหนดให้ข้อมูลด้านเวลาที่ใช้ในแบบจำลองการผลิต แบ่งออกเป็น 1) เวลาไม่แปรผันตามหรือประเภทสินค้าไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของเวลา ประกอบด้วย เวลาโหลดเข้าและโหลดออกของสินค้า เวลาการติดตั้งเครื่องจักร เวลาการตรวจสอบชิ้นงาน และเวลาการเคลื่อนย้ายสินค้า และ 2) เวลาที่แปรผันตามหรือประเภทสินค้ามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงเวลา ประกอบด้วย เวลาการผลิตในแต่ละกระบวนการ

1.3 วิธีการเก็บข้อมูล คือ เก็บข้อมูลเบื้องต้นหนึ่งครั้งแล้วนำมาคำนวณหาจำนวนครั้งในการเก็บข้อมูลที่เหมาะสมที่สุด

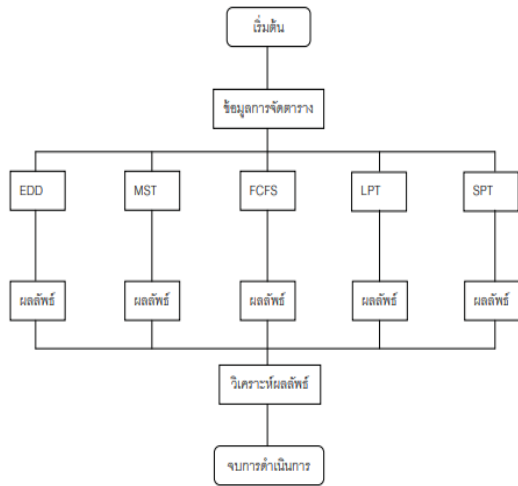
2. ศึกษาข้อมูลทั่วไปและการจัดการตารางการผลิตมอเตอร์กรณีศึกษาอุตสาหกรรมมอเตอร์ไฟฟ้า และนำมาวิเคราะห์ปัญหาดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ผังก้างปลาวิเคราะห์ปัญหาและสาเหตุของปัญหาที่เกิดการส่งมอบล่าช้า

3. วางแผนออกแบบการจัดการจัดการตารางการผลิตกรณีศึกษาของอุตสาหกรรมมอเตอร์ไฟฟ้า จากการเก็บข้อมูลของฝ่ายวางแผนของอุตสาหกรรมมอเตอร์กรณีศึกษา พบว่าวิธีการจัดการตารางการผลิตเดิมไม่มีมาตรฐานจึงส่งผลให้เกิดปัญหาการส่งมอบล่าช้า ดังนั้น เพื่อลดความล่าช้าในการส่งมอบผู้วิจัยจึงพัฒนาวิธีการจัดการตารางการผลิตที่เหมาะสม โดยการจำลองการจัดการตารางการผลิตแบบ JOB SHOP ตามกฎของ Earliest due date (EDD), First Come First Serve (FCFS), Shortest Processing Time (SPT), Longest Processing Time (LPT), Minimum Slack Time (MST) โดยใช้ข้อมูลเดือนตุลาคม พ.ศ. 2563 มาสร้างแบบจำลองดังแสดงขั้นตอนในภาพที่ 2





ภาพที่ 2 แบบจำลองการจัดตารางการผลิตแบบ JOB SHOP ตามกฎของ Earliest due date (EDD), First Come First Serve (FCFS), Shortest Processing Time (SPT), Longest Processing Time (LPT), Minimum Slack Time (MST)

4. สร้างแบบจำลองการจัดตารางการผลิต ด้วยโปรแกรม Legin Scheduler ตามกฎและวิธีการ (Algorithm) โดยใช้กฎ EDD, FCFS, SPT, LPT, MST และเลือกกฎที่ดีที่สุด หลังจากนั้นนำมาพัฒนาปรับปรุงการสร้างตารางการผลิตใหม่และเพื่อนำมาเปรียบเทียบกับวิธีการปัจจุบัน ของโรงงานผลิตมอเตอร์รถจักรยานยนต์

5. สรุปผลการวิจัยที่ได้จากการเปรียบเทียบการจัดตารางการผลิตจากการพัฒนาการสร้างตารางผลิตกับวิธีการจัดตารางผลิตแบบเก่าพร้อมทั้งอภิปรายผลการศึกษา เพื่อนำข้อมูลที่ได้จากการวิจัยไปใช้เป็นแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพการจัดตารางการผลิตในงานที่เกี่ยวข้องต่อไป

### 3. ผลการวิจัย (Results)

งานวิจัยนี้จะใช้การจัดตารางการผลิตด้วยวิธีฮิวริสติก (Heuristics) มาช่วยในการตัดสินใจในการจัดตารางการผลิตแบบใหม่โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้ค่าตัวชี้วัด ได้แก่ เวลาปิดงานของระบบ จำนวนงานล่าช้าและผลรวมของเวลาล่าช้า มีค่าต่ำที่สุดเพื่อให้สามารถส่งงานได้ตามกำหนด และเพิ่มประสิทธิภาพในการในการจัดตารางการผลิตของอุตสาหกรรมมอเตอร์ไฟฟ้ารถจักรยานยนต์ จากการศึกษากระบวนการผลิตการวางแผนการผลิตในปัจจุบันและปัญหาที่พบคือการจัดตารางการผลิตมีความยุ่งยากซับซ้อน ไม่มีมาตรฐานในการจัดตารางการผลิตและส่งงานล่าช้าไม่ทันกำหนด ดังนั้นผู้วิจัยจึงจำเป็นต้องพัฒนาเครื่องมือเพื่อช่วยในการคำนวณเพื่อให้ใช้เวลาในการประมวลผลการจัดลำดับงานที่ลดลงภายใต้ข้อจำกัดต่างๆ เป็นผลให้ผู้วิจัยศึกษาการสร้างแบบจำลองการจัดตารางการผลิตด้วยโปรแกรม Legin

Scheduler โดยใช้กฎ EDD, FCFS, LPT, SPT, MST และใช้ข้อมูลการจัดตารางการผลิตของเดือน ตุลาคม 2563 ที่มีกำหนดส่ง 1-15 ตุลาคม 2563 ที่มีจำนวนทั้งหมด 23 งาน 4 สถานี พบว่า ตารางการผลิตแบบ SPT มีค่าตัวชี้วัดน้อยที่สุด และ EDD รองลงมา และหลังจากนั้นผู้วิจัยได้นำวิธีทั้ง 2 แบบมา ปรับปรุงการสร้างตารางการผลิต โดยใช้การจัดตารางการผลิตด้วยวิธี EDD และนำวิธีการจัดตารางการผลิตแบบ SPT มาพิจารณาพร้อมด้วย พบว่าวิธีการจัดตารางการผลิตพบว่า การปรับปรุงการจัดตารางการผลิตแบบ EDD + SPT และแบบ SPT จะได้ค่าเวลาปิดงาน จำนวนงานล่าช้าเท่ากัน แต่ผลรวมของค่าเวลาล่าช้าของวิธีการจัดตารางการผลิตแบบ EDD + SPT จะน้อยที่สุด และเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับตารางการผลิตแบบเดิมของอุตสาหกรรมผลิตมอเตอร์รถจักรยานยนต์ก็พบว่าค่าตัวชี้วัดทั้งหมดมีค่าลดลง ดังนั้นจะสรุปได้ว่าวิธีการสร้างตารางการผลิตหลังปรับปรุงมีประสิทธิภาพมากที่สุดและสามารถช่วยลดเวลาล่าช้าในการส่งมอบงานได้

ผลของค่าตัวชี้วัดจากการสร้างตารางการผลิตก่อนการปรับปรุง โดยใช้กฎ EDD, FCFS, LPT, SPT, MST, และหลังการปรับปรุงแบบ EDD+ SPT ด้วยโปรแกรม Legin Scheduler สามารถแสดงได้ตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตารางสรุปผลการทดลองการพัฒนาการจัดตารางการผลิตก่อนและหลังการปรับปรุง

วิธีจัด	EDD	FCFS	SPT	LPT	MST	EDD + SPT
ปิด	2,063	2,066	2,046	2,083	2,254	2,046
ช้า	12	11	6	23	23	6
รวม	6,049	10,063	2,859	29,384	20,470	2,536

จากผลสรุปเปรียบเทียบค่าตัวชี้วัดตามตารางที่ 7.1 พบว่าหลังจากที่ผู้วิจัยจึงนำผลลัพธ์ จากวิธี SPT และ EDD มาเป็นแนวทางการปรับปรุงการสร้างตารางการผลิตร่วมกัน เนื่องจากวิธีการจัดตารางการผลิตแบบ SPT มีค่าตัวชี้วัดน้อยที่สุดและแบบ EDD มีผลของค่าเวลาล่าช้าและเวลาปิดงานน้อยที่สุด รองลงมาจากวิธีการจัดตารางการผลิตแบบ SPT และหลังวิจัยจึงได้ปรับปรุงการสร้างตารางการผลิตโดยใช้ตารางการผลิตแบบ EDD และนำวิธีการสร้างตารางการผลิตแบบ SPT มาพิจารณาพร้อมด้วย เป็นแบบ EDD + SPT พบว่าการตารางการผลิต EDD + SPT จะได้ค่าเวลาปิดงาน จำนวนงานล่าช้าเท่ากัน แต่ผลรวมของค่าเวลาล่าช้าของวิธีการจัดตารางการผลิตแบบ EDD + SPT จะน้อยที่สุด

จากผลสรุปการทดลองการจัดตารางการผลิตก่อนและหลังปรับปรุงพบว่า วิธีการหลังการปรับปรุงจะได้ค่าตัวชี้วัดที่



มีประสิทธิภาพที่ดีที่สุดและเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับการจัดตารางการผลิตด้วยวิธีแบบเดิมของอุตสาหกรรมผลิตมอเตอร์กรณีศึกษาพบว่า ค่าตัวชี้วัด ได้แก่ เวลาปิดงานของระบบ จำนวนงานล่าช้าและผลรวมของเวลาล่าช้าของวิธี EDD+SPT มีค่าลดลง เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับวิธีการสร้างตารางผลิตแบบวิธีการเดิมของอุตสาหกรรมผลิตมอเตอร์กรณีศึกษาตามตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบการจัดตารางการผลิตหลังจากการปรับปรุงกับวิธีการจัดตารางการผลิตแบบเดิม

วิธีการจัดตารางการผลิต	วิธีเดิม	EDD + SPT	ผลต่างที่ลดลง	เปอร์เซ็นต์ที่ลดลง
เวลาปิดงานของระบบ (Makespan)	2,066 นาที	2,046 นาที	20 นาที	0.97 เปอร์เซ็นต์
จำนวนงานล่าช้า (Number of Late Jobs)	11 นาที	6 นาที	5 นาที	45.45 เปอร์เซ็นต์
ผลรวมของค่าเวลาล่าช้า (Total Tardiness)	10,063 นาที	2,536 นาที	7,527 นาที	74.80 เปอร์เซ็นต์

ในการจัดตารางการผลิตสำหรับปัญหาที่มีการส่งมอบงานล่าช้า ไม่มีมาตรฐานในการจัดตารางการผลิต และมีปัจจัยต่างๆ เป็นข้อกำหนด การหาคำตอบที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพเป็นที่น่าพอใจ คือ วิธีฮิวริสติก จากการศึกษาสรุปการจัดการตารางการผลิตโดยใช้ฮิวริสติกส์มาประยุกต์ในการปรับปรุงการจัดตารางการผลิตโดยใช้หลักเกณฑ์ EDD และ SPT เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับวิธีการสร้างตารางการผลิตแบบเดิม ด้วยโปรแกรม Legin Scheduler ทำให้มีมาตรฐานในการสร้างจัดตารางการผลิต และมีประสิทธิภาพการผลิตดีขึ้นตามวัตถุประสงค์ในการลดปัญหาการส่งมอบงานล่าช้า โดยมีเวลาปิดงานลดลง 0.97 เปอร์เซ็นต์ จำนวนงานที่ล่าช้าลดลง 5 งานหรือ 45.45 เปอร์เซ็นต์ ของวิธีการสร้างตารางการผลิตแบบเดิม และผลรวมของค่าเวลาล่าช้าลดลง 74.80 เปอร์เซ็นต์ โดยได้เปรียบเทียบกับวิธีการสร้างตารางการผลิตระหว่างการสร้างตารางการผลิตแบบเดิมและการสร้างตารางผลิตแบบใหม่ ตามตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบการสร้างตารางการผลิตแบบเดิมและวิธีแบบใหม่โดยใช้ฮิวริสติกส์มาปรับปรุงโดยใช้หลักเกณฑ์วิธี EDD และ SPT

การสร้างตารางการผลิตแบบเดิม	การสร้างตารางการผลิตแบบใหม่
ไม่มีมาตรฐานการสร้างตารางการผลิตโดยอาศัยประสบการณ์ของเจ้าหน้าที่วางแผน	มีการสร้างตารางการผลิตโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปโดยใช้วิธีฮิวริสติกส์
มีจำนวนงานในการส่งงานล่าช้าสูง	ลดจำนวนงานล่าช้าลงทำให้ส่งงานได้ทันกำหนดเวลามากขึ้น
เลยกำหนดการส่งงานล่าช้าจำนวนมาก	ลดระยะเวลาการส่งงานล่าช้า

#### 4. อภิปรายผล (Discussion)

ในการจัดตารางการผลิตสำหรับปัญหาที่มีการส่งมอบงานล่าช้า ไม่มีมาตรฐานในการจัดตารางการผลิต และมีปัจจัยต่างๆ เป็นข้อกำหนด การหาคำตอบที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพเป็นที่น่าพอใจ คือ วิธีฮิวริสติก จากการศึกษาสรุปการจัดการตารางการผลิตโดยใช้ฮิวริสติกส์มาประยุกต์ในการปรับปรุงการจัดตารางการผลิตโดยใช้หลักเกณฑ์ EDD และ SPT เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับวิธีการสร้างตารางการผลิตแบบเดิม ด้วยโปรแกรม Legin Scheduler ทำให้มีมาตรฐานในการสร้างจัดตารางการผลิต และมีประสิทธิภาพการผลิตดีขึ้นตามวัตถุประสงค์ในการลดปัญหาการส่งมอบงานล่าช้า โดยมีเวลาปิดงานลดลง 0.97 เปอร์เซ็นต์ จำนวนงานที่ล่าช้าลดลง 5 งานหรือ 45.45 เปอร์เซ็นต์ ของวิธีการสร้างตารางการผลิตแบบเดิม และผลรวมของค่าเวลาล่าช้าลดลง 74.80 เปอร์เซ็นต์ โดยได้เปรียบเทียบกับวิธีการสร้างตารางการผลิตระหว่างการสร้างตารางการผลิตแบบเดิมและการสร้างตารางผลิตแบบใหม่ สอดคล้องกับ ปวีญธิดา พัฒนอภิพงษ์ (2561) ได้ศึกษาเรื่อง การจัดตารางการผลิตโดยใช้วิธีฮิวริสติกส์แบบผสม กรณีศึกษา: โรงงานคอนกรีตผสมเสร็จ จึงเสนอวิธีการจัดตารางการผลิตโดยวิธีฮิวริสติก ได้แก่ Earliest Due Date (EDD), First Come First Serve (FCFS), Shortest Processing Time (SPT), Minimum Slack Time (MST), Critical Ratio (CR) และกำหนดรายการสินค้าคงคลัง เพื่อควบคุมปริมาณสินค้าคงคลัง ตัวชี้วัดประสิทธิภาพของการศึกษานี้ จากการศึกษาพบว่า วิธี SPT+Slack1 สามารถลดจำนวนงานล่าช้าได้มากที่สุดจาก 170 งาน เหลือ 95 งาน และลดปริมาณสินค้าคงคลังได้มากที่สุด ซึ่งทำให้สามารถใช้พื้นที่จัดเก็บสินค้าคงคลังภายใต้ขีดจำกัดที่โรงงาน และประหยัดต้นทุนรวมได้ นอกจากนี้มี ดา ศรีผล (2560) ได้ศึกษาเรื่องการจัดตารางการผลิตเพื่อปรับปรุงปริมาณงานล่าช้ากรณีศึกษา ปัญหาการจัดลำดับ



งานส่งผลต่อความสามารถในการผลิตของโรงงานโดยทั่วไป ผลการศึกษาพบว่า เพื่อช่วยในการคำนวณภายใต้ข้อจำกัดต่างๆ ในการจัดลำดับงานหลักการใช้สำหรับพัฒนา เริ่มจากการจัดตามกำหนดการส่งมอบ (EDD) ก่อนเพื่อให้เกิดความล่าช้าที่น้อย และใช้หลักการเวลาดำเนินการมากเข้า ดำเนินการก่อน (LPT) จัดงานที่อยู่ภายในวันเดียวกันของทั้งเครื่องจักรเดียวและเครื่องจักรแบบขนาน เพื่อให้เวลาการผลิตรวมน้อย หลังจากการทดลองปรับปรุงตามแนวทางดังกล่าวทำให้จำนวนงานที่เกิดความล่าช้าลดลง และอรรถประโยชน์ของการใช้เครื่องจักรเพิ่มมากขึ้น และยังสอดคล้องกับ ยอดดวงใจ นาคปฐม (2555) ได้ศึกษา เรื่อง การจัดตารางการผลิตแบบตามสั่งสำหรับอุตสาหกรรมสิ่งทอ และหาวิธีการจัดตารางการผลิตที่เหมาะสม สำหรับการผลิตแบบตามสั่งในโรงงานย้อมผ้า จากการกำหนดตารางการผลิตแบบไหล (Flow shop) โดยวิธีการทางฮิวริสติกส์ (Heuristic) เพื่อลดจำนวนงานล่าช้า และเวลาในการปรับตั้งเครื่องจักร (Setup time) ซึ่งแบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกเป็นการศึกษาการจัดลำดับงานในแต่ละเครื่อง โดยใช้วิธีการทางฮิวริสติกส์ (Heuristic) ได้แก่ FCFS, FDD, SPT, LPT, MST, EDD+LPT และ EDD+MST และส่วนที่สองเป็นการศึกษาพิจารณาการย้ายงานระหว่างเครื่องย้อม เพื่อเพิ่มโอกาสในการผลิตให้ทันกำหนดส่ง จากการศึกษาพบว่า การจัดตารางการผลิตแบบฮิวริสติกส์ผสมผสาน EDD+LPT โดยให้จำนวนงานล่าช้าลดลงจากเดิม และจำนวนครั้งในการทำความสะอาดเครื่องย้อมลดลง

## 5. สรุปผล (Conclusion)

การวิจัยการเพิ่มประสิทธิภาพการจัดตารางการผลิต กรณีศึกษาอุตสาหกรรมมอเตอร์ไฟฟ้า มีวัตถุประสงค์เพื่อหาวิธีการจัดการตารางการผลิตที่เหมาะสมที่สุด กรณีศึกษาโรงงานประกอบมอเตอร์ แบบผลิตตามความต้องการลูกค้า (made to order) เพื่อแก้ไขปัญหาความล่าช้าในการผลิตจะส่งผลทำให้การส่งมอบสินค้าไม่ทันกำหนดเวลา และเพื่อหาแนวทางการใช้กำลังคน ทรัพยากร และเครื่องจักรที่มีอยู่ให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด โดยงานวิจัยนี้ได้พัฒนาการการสร้างตารางการผลิต ด้วยวิธีฮิวริสติกส์ ตามกฎ Earliest Due Date (EDD) , First Come First Serve (FCFS) , Shortest Processing Time (SPT), Longest Processing Time (LPT), Minimum Slack. Time (MST) โดยใช้โปรแกรม Legin Scheduler เพื่อให้สามารถเลือกกฎและวิธีการจัดการตารางการผลิตที่มีประสิทธิภาพและเหมาะสม หลังจากนั้นนำมาพัฒนาปรับปรุงวิธีการจัดการตารางการผลิต เพื่อเปรียบเทียบกับวิธีการจัดการตารางการผลิตแบบปัจจุบันซึ่ง

วัตถุประสงค์คือเพื่อให้เพื่อลดเวลาปิดงาน (Makespan) จำนวนงานล่าช้า (Number of Late Jobs) ผลรวมของค่าเวลาล่าช้า (Total Tardiness) ของระบบที่มีค่าน้อยที่สุด ผลการวิจัยจากการเลือกกฎที่เหมาะสมแล้วนำมาพัฒนาเปรียบเทียบกับจำนวนงานทั้งหมด จำนวน 23 งาน 4 สถานี ค่าตอบที่ได้หลังจากการพัฒนาปรับปรุงโดยใช้โปรแกรม Legin Scheduler แล้วพบว่ามีค่าตัวชี้วัดประสิทธิภาพการลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการปัจจุบัน

## 6. กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยนี้และสมบูรณ์ได้ด้วยความกรุณาจาก ดร.ณัฐวรพล รัชสิริวัชรบุล อาจารย์ที่ปรึกษา สาขาวิชา วิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะ วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำ แนวทางที่ถูกต้อง ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆด้วยความละเอียดถี่ถ้วน ส่งผลให้การวิจัยครั้งนี้สำเร็จด้วยดี

## 7. เอกสารอ้างอิง

- [1] ปวีร์ธิดา พัฒนอภิพงษ์, การจัดการตารางการผลิตโดยใช้วิธีฮิวริสติกแบบผสม กรณีศึกษา: โรงงานคอนกรีตผสมเสร็จ. วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2561
- [2] ยอดดวงใจ นาคปฐม, การจัดการตารางการผลิตแบบตามสั่งสำหรับอุตสาหกรรมสิ่งทอ, วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม, มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2555
- [3] นมิตา ศรีผล, การจัดการตารางการผลิตเพื่อปรับปรุงปริมาณงานล่าช้า : กรณีศึกษา, วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการพัฒนางานอุตสาหกรรมภาควิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2560



## ศึกษาความเร็วรอบที่เหมาะสมสำหรับการปอกเปลือกลูกตาลโตนดอ่อน Study of optimal speed for a toddy plum peeling machine.

นักวิจัย นิลมัลย์<sup>1</sup>, ประพจน์ มະยะเฉียว<sup>2</sup>

<sup>1</sup> นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาการจัดการเทคโนโลยีและนวัตกรรม  
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์  
99 ตำบลโคกเคียน อำเภอเมือง จังหวัดนราธิวาส 96000  
nattawatnilmal@gmail.com

<sup>2</sup> สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์  
มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ paroon27@hotmail.com

### บทคัดย่อ

เครื่องปอกเปลือกลูกตาลโตนดอ่อนมีวัตถุประสงค์ เพื่อช่วยปอกเปลือกลูกตาลโตนดอ่อน และ ลดอันตรายที่เกิดจากกระบวนการปอกเปลือกลูกตาลโตนดอ่อนแบบภูมิปัญญาท้องถิ่น โดยตัวเครื่องปอกเปลือกลูกตาลโตนดอ่อนได้ถูกออกแบบให้ปอกเฉพาะเปลือกบริเวณส่วนบน และด้านข้างของผลลูกตาลโตนด เพื่อให้ง่ายต่อการแกะเนื้อตาลโตนด ตัวเครื่องทำงานด้วยระบบต้นกำลังมอเตอร์ไฟ AC 220V 2 เฟส ขนาด 1 HP ใช้ใบมีดในการปอกแบบ 2 ทิศทาง ความเร็วรอบที่ใช้ในการปอก 240,300 rpm และ 360 rpm ตามลำดับการทดลอง พบว่าที่ความเร็วรอบ 360 และ 240 rpm ผลของลูกตาลโตนดที่ปอกได้ ผลตาลโตนดเสียหาย 20 และ 15% ตามลำดับ เนื่องจากความเร็วรอบที่สูงและต่ำเกินไป และที่ความเร็วรอบ 300 rpm ผลของลูกตาลโตนดที่ปอกได้ ผิวของเปลือกลูกตาลโตนดเรียบไม่เกิดเส้นใยมีลักษณะใกล้เคียงกับการปอกด้วยมือ แสดงให้เห็นว่าความเร็วรอบที่ใช้ในการปอกมีผลต่อการปอกเปลือกลูกตาลโตนดอ่อนอย่างมีนัยสำคัญ คือที่ความเร็วรอบ 300 rpm ทดลองปอกทั้งหมด 60 ผล ผลตาลโตนดอ่อนเสียหาย 10% ขนาดของผลตาลโตนดอ่อนที่สามารถใช้กับเครื่องปอกเปลือกลูกตาลโตนดอ่อนเส้นผ่านศูนย์กลาง 8-12 cm ค่า  $\bar{x} = 10.33$

**คำสำคัญ (Key word):** ลูกตาลโตนด, ปอกลูกตาลโตนด

### Abstract

Toddy plum peeling machine is intended for To help peel the young palmetto and reduce the harm caused by the local wisdom peeling process. The Toddy plum peeling machine is designed to peel only the upper part. and the side of the toddy plum to make it easier to crack toddy palm The machine works with the power system of the motor, AC 220V, 2 phases, size 1 HP, using blades in 2-way stripping. The speed used for stripping is 240,300 rpm and 360 rpm, according to the experimental order. It was found that at 360 and 240 rpm, the tody palm was damaged by 20 and 15%, respectively, due to too high and low rpm. and at a speed of 300 rpm, the toddy palm surface of the bark is smooth, no fibers are formed at the toddy palm bark. close to hand peeling Shows that the speed used in stripping affects The peeling of the palm leaf was significantly weak. is at a speed of 300 rpm, 60 fruits were peeled. 10% of the toddy palm fruit was damaged. The size of the toddy palm that could be used with the peeling machine was 8-12 cm, the value  $\bar{x} = 10.33$ .

**Key word:** toddy plum, peeled toddy palm



## 1. บทนำ (Introduction)

ตาลโตนด [6] นิยมปลูกมากทางภาคใต้ของไทย แถบจังหวัดเพชรบุรีลงไป ประโยชน์จากตาลโตนดมีมากมายลำต้นสามารถนำมาแปรรูปสร้างที่อยู่อาศัยได้ น้ำตาลที่ได้จากวงตาลเป็นผลิตภัณฑ์ขึ้นชื่อสามารถจำหน่ายสร้างรายได้ ผลตาลสามารถแปรรูปเป็นอาหารได้ทั้งผลตาลสุกและผลตาลอ่อน โดยเฉพาะผลตาลอ่อนสามารถรับประทานสดได้ ลักษณะภายนอกของเปลือกผลตาล แข็ง และมีเส้นใย ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แสดงลักษณะทั่วไปของผลตาลโตนด

การจะได้มาซึ่งเนื้อตาลจากผลตาลอ่อนดังภาพที่ 2 ชาวบ้านนิยมใช้วิธีการเฉาะด้วยมีดซึ่งต้องอาศัยความชำนาญเป็นอย่างมากยังมีเข็มนั้นอาจเกิดอุบัติเหตุได้ซึ่งมาจากเนื้อเปลือกตาลที่แข็งและเส้นใยที่เหนียว ที่ผ่านมายังไม่มีงานวิจัยเกี่ยวกับการสร้างเครื่องปอกเปลือกลูกตาลโตนดมีเพียงแต่งานวิจัยเกี่ยวกับการสร้างเครื่องปอกเปลือกมะพร้าวอ่อน [1] เครื่องปอกเปลือกผลมะพร้าวอ่อน ตัวเครื่องประกอบด้วย ชุดใบมีดปอกข้าง และชุดใบมีดปอกบน ทั้ง 2 ชุดนี้มีส่วนประกอบสำคัญ 2 ส่วน ชุดจัดยึดลูกมะพร้าวให้แน่นและนิ่ง และชุดใบมีด ซึ่งหมุนรอบตัวเอง และหมุนรอบไปพร้อมกับกรวยทดสอบปอกเปลือกผลมะพร้าวอ่อน ที่ความเร็วรอบ คือ 25,40 และ 55 rpm ผลปรากฏว่าเครื่องสามารถปอกเปลือกได้ 78.60%, 79.69% และ 78.57% ตามลำดับใช้กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 0.535 กิโลวัตต์, 0.595 กิโลวัตต์ และ 0.725 กิโลวัตต์ ตามลำดับ โดยลักษณะการทำงานด้วยกำลังคนเพียงอย่างเดียว เวลาที่ใช้ในการปอกต่อหนึ่งผลประมาณ 190 วินาที ในหนึ่งชม.จะปอกได้ประมาณ 20 ผล ตัวเครื่องสามารถปอกเปลือกผลมะพร้าวอ่อนได้ มีปัญหาที่ต้องปรับปรุงแก้ไขต่อไปคือผิวที่ปอกลักษณะเป็นลูกคลื่นมีขนาดเฉลี่ยกว้าง 28.70 มิลลิเมตร ยาว 68.20 มิลลิเมตร ยาว 68.20 มิลลิเมตร ลึก 2.43 มิลลิเมตร และเป็นขุย มีขนาดความยาวเฉลี่ย 19.51 มิลลิเมตร [2] เครื่องปอกเปลือกมะพร้าวอ่อนทรง 5 เหลี่ยม

งานวิจัยนี้เพื่อที่จะพัฒนาเครื่องปอกเปลือกผลมะพร้าวอ่อนให้ได้ผลทรง 5 เหลี่ยมตัวเครื่องประกอบด้วยเครื่องปอกเปลือก 2 เครื่องเครื่องที่ 1 ปอกลำตัวผลมะพร้าวอ่อนเครื่องปอกย่อยที่ 2 ปอกไหล่ผลมะพร้าวอ่อนเครื่องปอกย่อยทั้ง 2 เครื่องติดตั้งอยู่บนโครงเดียวกับประกอบขึ้นจากเหล็กฉากขนาด 25 มิลลิเมตร, หนา 2.3 มิลลิเมตรโครงนี้มีขนาดกว้าง 69 เซนติเมตรยาว 158 เซนติเมตรสูง 120 เซนติเมตร น้ำหนัก 120 กิโลกรัมขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส 3 แรงม้า 380 โวลต์ 50 เฮิร์ตชนิดปรับความเร็วรอบได้เครื่องปอกย่อยแต่ละเครื่องประกอบด้วยใบมีดปอกเปลือกมะพร้าวซึ่งทำด้วยมีดเหล็กกล้าแข็งสแตนเลสขนาดกว้าง 31 มิลลิเมตร ยาว 198 มิลลิเมตรหนา 1.5 มิลลิเมตร และชุดกลไกขับเคลื่อนซึ่งทำมาจากโซ่ และเฟืองทำงานได้โดยการถ่ายทอดแรงจากมอเตอร์ต้นกำลังผ่านระบบล้อสายพานลิ่มและสายพานลิ่ม จากการทดสอบปอกเปลือกผลมะพร้าวอ่อนจำนวน 80 ลูก พบว่าความเร็วมีดปอกความหนาซี่เปลือกผลมะพร้าวอ่อนและอายุของผลมะพร้าวอ่อนมีอิทธิพลต่อคุณภาพการปอก พันธุ์น้ำหอมอายุเก็บเกี่ยวชั้นสองที่เหมาะสม (ให้ผิวปอกเรียบขาวดี) ควรเป็น 45 รอบ / นาที ไม่เกิน 2.0 มิลลิเมตร และเก็บมะพร้าวไว้ไม่เกิน 1 สัปดาห์

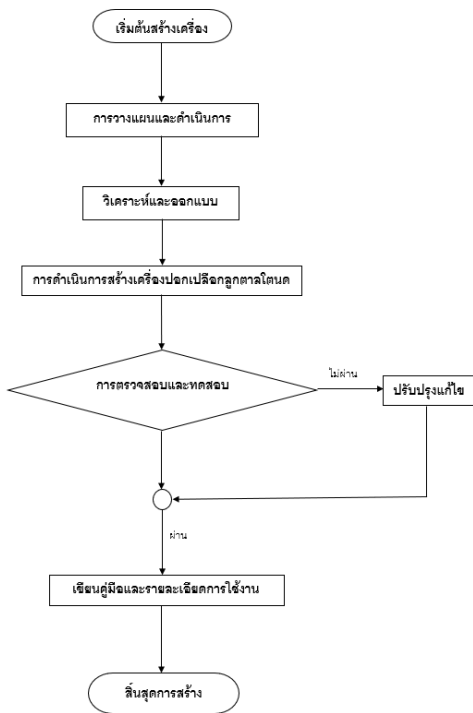


ภาพที่ 2 แสดงผลตาลโตนดที่เฉาะด้วยมีด

จากลักษณะเปลือกนอกของผลตาลอ่อนมีเส้นใยคล้ายกับเปลือกมะพร้าวอ่อนผู้วิจัยมีแนวคิดในการสร้างเครื่องปอกเปลือกลูกตาลโตนดอ่อน เพื่อปอกเปลือกผลตาลบางส่วนออกไปทำให้ง่ายต่อการเฉาะเอาเนื้อตาล ช่วยลดอุบัติเหตุประหยัเวลาเพิ่มปริมาณ โดยใช้หลักการเดียวกับเครื่องปอกผลมะพร้าวอ่อน

## 2. วิธีวิจัย (Research Methodology)

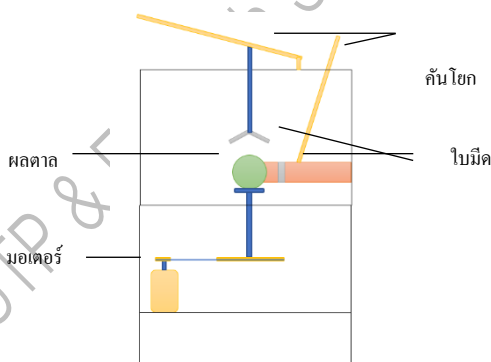
2.1 ขั้นตอนในการออกแบบและสร้างเครื่องปอกเปลือกลูกตาลโตนดอ่อน



ภาพที่ 3 แสดงขั้นตอนการสร้างเครื่องปอกเปลือกลูกตาลโตนด

## 2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

2.2.1 เครื่องปอกเปลือกลูกตาลอ่อน ประกอบด้วยชุดมีดปอก 2 ชุด ชุดต้นกำลังสามารถปรับความเร็วรอบได้ 3 ความเร็วรอบ คือ 240 , 300 และ 360 rpm



ภาพที่ 4 แสดงส่วนประกอบเครื่องปอกเปลือกลูกตาลโตนดอ่อน

- 2.2.2 ผลตาลอ่อนจำนวน 180 ผล
- 2.2.3 เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิตอล ขนาด 0 – 5 Kg
- 2.2.4 ตลับเมตร
- 2.2.5 เวอร์เนียคาลิเปอร์

## 2.2.6 เครื่องวัดความเร็วรอบ

### 2.3 วิธีการทดลอง

2.3.1 นำผลตาลทั้งหมดมาล้างทำความสะอาดผิวภายนอก

2.3.2 วัดขนาดผลตาล

2.3.3 ชั่งน้ำหนักผลตาลก่อนปอก

2.3.4 นำผลตาลมาปอกด้วยเครื่องปอกเปลือกลูกตาลโตนดอ่อนโดยใช้ความเร็วรอบ ความเร็วรอบ 240 rpm จนครบ 60 ผล

2.3.5 นำผลตาลมาปอกด้วยเครื่องปอกเปลือกลูกตาลโตนดอ่อนโดยใช้ความเร็วรอบ ความเร็วรอบ 300 rpm จนครบ 60 ผล

2.3.6 นำผลตาลมาปอกด้วยเครื่องปอกเปลือกลูกตาลโตนดอ่อนโดยใช้ความเร็วรอบ ความเร็วรอบ 360 rpm จนครบ 60 ผล

### 2.4 การหาเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

การหาค่าเฉลี่ยหาได้จากสูตร

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n} \quad (1)$$

$\bar{x}$  คือ ค่าเฉลี่ย

$\sum x$  คือ ผลรวมของข้อมูลทั้งหมด

$n$  คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมด

การหาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

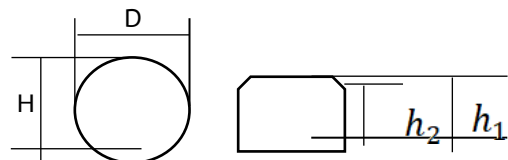
$$S.D. = \sqrt{\frac{\sum (xi - \bar{x})^2}{(n-1)}} \quad (2)$$

S.D. คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$X$  คือ ข้อมูล (ตัวที่ 1,2,3...n)

$\bar{x}$  คือ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต

$n$  คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมด



การหาพื้นที่ผิวปอกที่ใช้สมการดังนี้

พื้นที่ส่วนไหล่ผลถึงยอดแหลม

$$A_1 = \frac{\pi}{2} mD \quad (3)$$

$A_1$  คือ พื้นที่ส่วนไหล่ผลถึงยอดแหลม

$\pi$  คือ ค่าคงตัวทางคณิตศาสตร์

$m$  คือ พื้นที่ผิวเอียงยอดแหลม



$D$  คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางฐานบน

$$m = \sqrt{r^2 + h^2} \quad (4)$$

$m$  คือ พื้นที่ผิวเอียงยอดแหลม

$r$  คือ รัศมีผิวฐานเอียง

$h$  คือ ความสูงฐานบน

พื้นที่ในส่วนลำตัวผล

$$A_2 = \frac{\pi}{2} n(D + d) \quad (5)$$

$A_2$  คือ พื้นที่ส่วนลำตัว

$n$  คือ ความสูงเอียงลำตัว

$D$  คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางฐานบน

$d$  คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางฐานล่าง

$$n = \sqrt{\left(\frac{D-d}{2}\right)^2 + H^2} \quad (6)$$

$n$  คือ ความสูงเอียงลำตัว

$D$  คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางฐานบน

$d$  คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางฐานล่าง

$H$  คือ ความสูงลำตัว

พื้นที่ส่วนฐานผล

$$A_3 = \frac{\pi}{4} d^2 \quad (7)$$

$A_3$  คือ พื้นที่ส่วนฐานผล

$\pi$  คือ ค่าคงตัวทางคณิตศาสตร์

$d$  คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางฐานล่าง

ดังนั้น Total Trimmed and untrimmed fruit surface

$$\text{area} = A_1 + A_2 + A_3$$

### 3. ผลการวิจัย (Results)

3.1 ผลการใช้เครื่องปอกเปลือกลูกตาลโตนดอ่อนที่ความเร็วรอบต่างๆ เครื่องปอกเปลือกลูกตาลโตนดอ่อนที่ออกแบบสร้าง ประกอบด้วยชุดใบมีดปอก 2 ชุด สำหรับปอกผิวบริเวณด้านบน และ สำหรับบริเวณด้านข้าง และ ชุดจับผลลูกตาลโดยลูกตาล จะหมุนอยู่กับที่หลังจากนั้นได้ชุดใบมีดเคลื่อนที่เข้า สัมผัสกับผิวเปลือกผลตาลโตนด เพื่อปอกเปลือกด้านข้าง เมื่อปอกเปลือกด้านข้างเสร็จ เน้นการปอกส่วนด้านบนโดยตัวเครื่องจะทำงานเหมือนกับการปอกด้านข้าง เมื่อปอกเสร็จนำผลตาลที่ได้ออกจากเครื่อง



ภาพที่5 แสดงผลตาลที่ปอกเปลือกด้วยเครื่องปอก

ที่ความเร็วรอบ 360 rpm ผลของลูกตาลโตนดที่ปอกได้ เนื้อตาลเกิดความเสียหาย เนื้อตาลแตกและไม่สวยงามซึ่งไม่สามารถควบคุมการปอกให้อยู่ในการหมุนได้ ดังภาพที่ 6



ภาพที่6 แสดงผลตาลโตนดที่ปอก ด้วยความเร็วรอบ 360 rpm

ที่ความเร็วรอบ 240 rpm ผลของลูกตาลโตนดที่ปอกได้ เนื้อตาลเกิดความเสียหาย เนื่องจากความเร็วรอบที่ต่ำเกินไป ทำให้ผิวของเปลือกผลตาลโตนดมีเส้นใยไม่เรียบ ดังภาพที่ 7



ภาพที่7 แสดงผลตาลโตนดที่ปอก ด้วยเร็วรอบ 240 rpm

ที่ความเร็วรอบ 300 rpm ผิวของเปลือกลูกตาลโตนดเรียบ ไม่เกิดเส้นใยที่เปลือกลูกตาลโตนด เป็นความเร็วรอบที่เหมาะสมสำหรับการปอกเปลือกลูกตาลโตนดอ่อนดังภาพที่8



ภาพที่8 แสดงผลตาลโตนดที่ปอก ด้วยความเร็วรอบ 300 rpm



ตารางที่ 1 ตารางแสดงผลก่อนปอกเปลือกลูกตาลโตนอ่อน

speed (rpm)	Dimension								average weight (g)
	hight (cm)				wide (cm)				
	min	max	$\bar{x}$	SD	min	max	$\bar{x}$	SD	
240	7	11	8.7	1.4	8	11.5	9.5	1.5	712
300	7.5	11.5	11.1	0.9	8.5	11.5	10	1	708
360	6.5	10	7.6	1.2	7	11	9.2	1.4	701

ตารางที่ 2 ตารางแสดงผลหลังปอกเปลือกลูกตาลโตนอ่อน

speed (rpm)	Dimension								average weight (g)
	hight (cm)				wide (cm)				
	min	max	$\bar{x}$	SD	min	max	$\bar{x}$	SD	
240	8	12	10	1.6	9	12	10	0.9	721
300	8	12	10.5	1.4	9	12	10.2	0.9	725
360	8	12	10.5	1.6	9	12	10.2	1	723

ตารางที่ 3 ตารางแสดงผลการปอกเปลือกลูกตาลโตนอ่อน

Speed(rpm)	surface	damaged	%
240	good	18	30
300	very good	6	10
360	good	15	25





#### 4. อภิปรายผล (Discussion)

ความเร็วรอบมีผลต่อคุณภาพของผิวปอก และลักษณะของผิวปอกคือที่ความเร็วรอบต่ำ ผิวปอกมีลักษณะเรียบสวยคมไม่เกิดเส้นใย ที่ความเร็วรอบสูง ผิวปอกอาจจะไม่เรียบเป็นเส้นใย ที่ความเร็วรอบต่ำมากเกินไป จะเกิดผลเสียต่อ ผลตาล และ เปลือก ที่ความเร็วรอบ 360 rpm ผิวของเปลือกผลตาลไม่เรียบส่งผลทำให้เนื้อตาลแตก ดังภาพที่ 6 ส่วนที่ความเร็วรอบ 240 rpm ผิวของเปลือกผลตาลไม่เรียบเกิดเส้นใย ดังภาพที่ 7 ที่ความเร็วรอบ 300 rpm ผิวของเปลือกผลตาลโดนดเรียบไม่เกิดเส้นใยที่เปลือกผลตาลโดนดดังภาพที่ 8 รายละเอียดตามตารางที่ 2

#### 5. สรุปผล (Conclusion)

ผลการทดลองปอกเปลือกลูกตาลอ่อน ด้วยเครื่องปอกเปลือกลูกตาลโดนดอ่อน พบว่าความเร็วรอบในการทำงานของมอเตอร์ ที่ 300 rpm เป็นความเร็วรอบที่เหมาะสม ผลตาลที่ปอกมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 12 เซ็นติเมตร ความสูงเฉลี่ย 8 เซ็นติเมตร น้ำหนักหลังปอกเฉลี่ย 700 กรัม ผิวปอกเรียบสวยงามไม่มีเส้นใย เนื้อตาลไม่เสียหายสามารถนำไปเฉาะเอาเนื้อตาลได้ง่ายขึ้น ช่วยลดอุบัติเหตุ ประหยัดเวลา ได้ปริมาณเพิ่มขึ้น ที่ความเร็วรอบ 300 rpm ทดลองปอกทั้งหมด 60 ผล ผลตาลโดนดอ่อนเสียหาย 10% ขนาดของผลตาลโดนดอ่อนที่สามารถใช้กับเครื่องปอกเปลือกลูกตาลโดนดอ่อน เส้นผ่านศูนย์กลาง 8-12 เซ็นติเมตร ค่า  $\bar{x} = 10.33$  สอดคล้องกับเครื่องปอกเปลือกมะพร้าวอ่อนแบบใบมีดชัก [3] โดยการทดสอบปอกลำตัว ในการทดสอบปอกลำตัวพบว่าความเร็วรอบการหมุนของมะพร้าว 60 rpm มีความเหมาะสมในการปอกมะพร้าวโดยมีปริมาณการเกิดเส้นใย 1.78% ในส่วนของการปอกไหล่ผล พบว่าความเร็วรอบใบมีดชัก 110 หรือ 220 rpm และความเร็วรอบการหมุนของมะพร้าว 60 rpm มีความเหมาะสมในการปอกมะพร้าวโดยมีปริมาณการเกิดเส้นใย 0%

#### 6. กิตติกรรมประกาศ

บทความนี้ขอขอบคุณ สาขาวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยเทคนิคนครราชสีมา ที่เอื้อเฟื้อเครื่องมือ และสถานที่ในการทดสอบ

การสร้างเครื่องปอกเปลือกลูกตาลโดนด และ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครราชสีมาชนครินทร์ ที่เอื้อเฟื้อเครื่องมือและสถานที่ในการทดสอบ

#### 7. เอกสารอ้างอิง

- [1] รัชนิวรรณ สุขชี, เครื่องปอกเปลือกผลมะพร้าวอ่อน, 2536
- [2] ไชยรงค์ ทหาราช, เครื่องปอกเปลือกมะพร้าวอ่อนทรง 5 เหลี่ยม, 2538
- [3] ศิวลักษณ์ ปฐวีรัตน์, การออกแบบและพัฒนาเครื่องปอกเปลือกมะพร้าวอ่อนแบบใบมีดชัก, ประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ระดับชาติ ครั้งที่ 14 และระดับนานาชาติ ครั้งที่ 6 ประจำปี, 2556
- [4] ศุภชัย ตระกูลทรัพย์ทวี, การออกแบบเครื่องกลและชิ้นส่วนเครื่องจักรกล 1, ซีเอ็ด ยูเคชั่น, 2547
- [5] กรมวิชาการเกษตร, เข้าถึงได้จาก <http://www.doa.go.th/> (10 มกราคม 2563)
- [6] สรรพคุณ และ ประโยชน์ของต้นตาล [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก [skm.ssru.ac.th/news/view/a155](http://skm.ssru.ac.th/news/view/a155), (วันที่สืบค้นข้อมูล 15 กรกฎาคม 2564)
- [7] ณัฐพงศ์ รัตนเดช, การออกแบบและพัฒนาเครื่องปอกเปลือกผลมะพร้าวอ่อนแบบอัตโนมัติ, 2553
- [8] วริษฐ์ อิงภากรณ์, ชาญ ถนังงาน, การออกแบบเครื่องจักรกล เล่ม 1, กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ เอช.เอ.น การพิมพ์, 2534
- [9] บรรเลง ศรีนิล, การออกแบบเครื่องจักรกล, กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2531

#### 7.2 เอกสารอ้างอิงภาษาอังกฤษ

- [1] John Bird, " Basic Engineering Mathematics." , Fifth Editions. Burlington, U.S.A.:Elsevier Ltd., 2010
- [2] Steve F. Krar. and J. William Oswal. Technology of Machine Tools, U.S.A.: McGraw-Hill Inc., 1990.
- [3] Gieck, Kurt., " Combined technical formulas", Bangkok : King Mongkut's Institute of Technology North Bangkok, 1994



## การวัดศักยภาพการขนส่งสินค้าระหว่างประเทศ: กรณีศึกษาธุรกิจส่งออกผลไม้ Potential Measurement of International Shipping System: a Case Study of Fruit Export Business

ปัญญาพร จันทะวงษ์<sup>\*1</sup>, สุวภัทร รักเสรี<sup>2</sup>, จุฑามาศ จินตนา<sup>3</sup>, จำเริญ เขื่อนแก้ว<sup>4</sup>, พิชัย เหลี้ยวเรืองรัตน์<sup>5</sup>

สาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์และธุรกิจระหว่างประเทศ

คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง

119 ถนนลำปาง-แม่ทะ หมู่ที่ 9 ตำบลชมพู อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง 52100

panjapornjan@gmail.com

<sup>2</sup> สาขาวิศวกรรมโลจิสติกส์ คณะนวัตกรรมเทคโนโลยีและการสร้างสรรค์ มหาวิทยาลัยพาร์อีส์เทอร์น

suwaphat\_a@hotmail.com

<sup>3</sup> สาขาวิศวกรรมโลจิสติกส์ คณะนวัตกรรมเทคโนโลยีและการสร้างสรรค์ มหาวิทยาลัยพาร์อีส์เทอร์น jutamat@feu.edu

<sup>4</sup> สาขาวิศวกรรมโลจิสติกส์ คณะนวัตกรรมเทคโนโลยีและการสร้างสรรค์ มหาวิทยาลัยพาร์อีส์เทอร์น chamroen@feu.edu

<sup>5</sup> สาขาวิศวกรรมโลจิสติกส์ คณะนวัตกรรมเทคโนโลยีและการสร้างสรรค์ มหาวิทยาลัยพาร์อีส์เทอร์น pichai@feu.edu

### บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิธีการวัดศักยภาพในการขนส่งสินค้าระหว่างประเทศด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ ร่วมกับการสัมภาษณ์เชิงลึก และเพื่อนำเสนอแนวทางการเพิ่มศักยภาพด้านการขนส่งสินค้า กรณีศึกษาธุรกิจส่งออกผลไม้ ผลการวิจัยเป็นการผสมผสานระหว่างผลลัพธ์เชิงปริมาณและคุณภาพ การศึกษาครั้งนี้เริ่มจากการรวบรวมปัจจัยจากงานวิจัยที่ผ่านมา และการสัมภาษณ์เชิงลึกผู้เชี่ยวชาญด้านการขนส่งระหว่างประเทศ ได้แก่ ผู้ที่ทำผลงานวิจัยเกี่ยวกับการขนส่งสินค้าระหว่างประเทศ ระดับนานาชาติอย่างน้อย 10 ปี ตัวแทนหน่วยงานภาครัฐที่เกี่ยวข้องกับด้านโลจิสติกส์ ตลอดจนผู้ประกอบการธุรกิจส่งออกผลไม้ระหว่างประเทศ จากนั้นคัดเลือกปัจจัยที่เกี่ยวข้องโดยใช้ทฤษฎีการวัดค่าความสอดคล้องระหว่างปัจจัยกับวัตถุประสงค์ด้วยแบบสอบถาม แล้วทำการสร้างเกณฑ์การประเมินศักยภาพในการขนส่งสินค้าระหว่างประเทศ โดยมีผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบและวิจารณ์การประยุกต์ใช้เกณฑ์ข้างต้น ต่อมาทำการสร้างสมการทางคณิตศาสตร์เพื่อใช้ในการวัดศักยภาพในการขนส่งสินค้าระหว่างประเทศ สุดท้ายทดลองใช้สมการทางคณิตศาสตร์ประกอบการสัมภาษณ์ผู้ประกอบการเชิงลึก ในธุรกิจส่งออกผลไม้สดแห่งหนึ่งในจังหวัดเชียงราย ซึ่งส่งออกส้ม และผลิตภัณฑ์แปรรูปจากส้ม พร้อมทั้งระดมสมองร่วมกับนักวิชาการและสถานประกอบการเพื่อนำเสนอแนวทางการเพิ่มศักยภาพด้านการขนส่งให้กับผู้ประกอบการ ผลการวิจัยพบว่า เมื่อประยุกต์ใช้สมการทางคณิตศาสตร์ร่วมกับการสัมภาษณ์เชิงลึก ผู้ประกอบการและผู้เชี่ยวชาญด้านการขนส่งเห็นว่า สามารถวิเคราะห์ข้อมูลในการเพิ่มสมรรถนะด้านการขนส่งขององค์กรได้ชัดเจนยิ่งขึ้น นอกจากนี้ยังทำให้สถานประกอบการทราบว่าขณะนี้ศักยภาพการขนส่งระหว่างประเทศอยู่ในระดับใด ส่งผลให้สามารถนำเสนอแนวทางเพิ่มขีดความสามารถของตนได้อย่างตรงประเด็น

**คำสำคัญ:** การขนส่งระหว่างประเทศ, ศักยภาพการขนส่ง, การจัดการโลจิสติกส์ระหว่างประเทศ



### Abstract

This research aims to study potential measurement of international shipping system by mathematical equation combine with in-depth interview method and support guidelines in order to increase the potential of freight forwarding in case of fruit export business. Conclusion of this research are quantitative and qualitative. Firstly, the study was started with gathering factors from past researches and in-depth interview from researcher who study on international shipping at least 10 years, representative of government agencies involved in international logistics and international fruit export entrepreneurs. Then, all factors were evaluated by Item-Objective Congruence. After that, criteria for assessing the potential of international freight forwarding were established. In addition of this, a mathematical model was created. Finally, mathematical equation and in-depth interview were applied with fresh fruit export business which transports oranges and processed orange products in Chiang Rai. Moreover, guidelines were brainstormed with academics and entrepreneur. The results found that when applying mathematical equation with in-depth interview, operator and transport expert agree that this method can be analyze data to increase the efficiency of the organization's logistics more clearly. It also provides establishments recognize that the international shipping potential situation. As a result, exporter is able to provide approaches to increase their competency in a relevant way.

**Keywords:** International Transportation, Transporting Potential, International Logistics



## 1. บทนำ (Introduction)

การพัฒนาประเทศอย่างยั่งยืน โดยให้ผู้ประกอบการสามารถแข่งขันภายในประเทศ และระหว่างประเทศได้อย่างดี จะส่งผลให้พัฒนาโครงสร้างพื้นฐานของประเทศในมิติต่างๆ ทั้งโครงข่ายระบบคมนาคมและขนส่ง โครงสร้างพื้นฐานวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และดิจิทัล และการปรับสภาพแวดล้อมให้เอื้อต่อการพัฒนาอุตสาหกรรมและบริการได้ [1]

นอกจากนี้ การขนส่งสินค้ายังมีความสำคัญต่อภาคธุรกิจเกือบทุกประเภท จะเห็นว่าในหลายๆ ธุรกิจ ต้นทุนการขนส่งสินค้าเป็นต้นทุนที่สำคัญ และกระทบต่อต้นทุนรวมของผลิตภัณฑ์และบริการ โดยต้นทุนของผู้ประกอบการขนส่งจะมากหรือน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการกำหนดราคา ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการวางแผนกำหนดกลยุทธ์ต่างๆ เพื่อยกระดับศักยภาพในการขนส่งสินค้า [2] ทั้งนี้จะเห็นว่าระบบขนส่งสินค้านั้น (Transportation System) มีความสำคัญต่อผู้ประกอบการอย่างยิ่ง โดยเฉพาะธุรกิจขนาดกลางและธุรกิจขนาดย่อม (Small and Medium Enterprises: SMEs) ที่ยังไม่มีแผนผังขั้นตอนระบบดำเนินการในองค์กรอย่างเหมาะสม ตลอดจนในขณะนี้ประเทศไทย ประสบกับปัญหาการแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโคโรนา-19 (COVID-19) ทำให้ผู้ประกอบการส่วนใหญ่ต้องเผชิญกับปัญหาการดำเนินการขนส่งระหว่างประเทศที่แปรปรวน อันเนื่องมาจากขั้นตอนการขนส่งที่ยุ่งยาก ซับซ้อน และมีต้นทุนที่สูงมากขึ้น

ดังนั้นเพื่อเป็นการสนับสนุน ส่งเสริมให้ผู้ประกอบการในประเทศไทยสามารถนำเข้าและส่งออกได้มีศักยภาพยิ่งขึ้น ตลอดจนเตรียมพร้อมรองรับการสำหรับกิจกรรมขนส่งระหว่างประเทศ ซึ่งจะสามารถทำให้ ลดเวลา และต้นทุนการขนส่งได้ รวมถึงตอบสนองความต้องการของลูกค้าในห่วงโซ่อุปทาน (End Customers) ของโซ่อุปทานได้อย่างราบรื่น

บทความวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิธีการวัดศักยภาพในการขนส่งสินค้าระหว่างประเทศ และเพื่อเสนอแนวทางการวัดศักยภาพการขนส่งระหว่างประเทศ ทั้งนี้จะส่งผลให้ผู้ประกอบการนำแบบจำลองดังกล่าวไปใช้วัด (Measure) ชัดความสามารถด้านการขนส่งของตน เพื่อให้สามารถแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นได้อย่างตรงจุด

ประกอบกับสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร [3] อธิบายว่า ในปี พ.ศ. 2563 ประเทศไทยเป็นประเทศอันดับต้นๆ ที่ทำการผลิตและส่งออกผลไม้ รวมถึงมีชื่อเสียงด้านนี้ในแถบภูมิภาคอาเซียน จากสถิติพบว่าประเทศไทยมีมูลค่าการส่งออกผลไม้จำนวน 45,613 ล้านบาท คิดเป็นร้อยละ 64.22 ของสินค้าส่งออกทั้งหมด ตลอดจนประชาชนในแถบภาคเหนือตอนบน ประกอบอาชีพเกษตรกรรมเป็นอาชีพ

หลัก เช่น ลิ้นจี่ ลำไย กล้วยน้ำว่า สับปะรด และผลไม้อื่นๆ ดังนั้นบทความวิจัยนี้จึงนำเสนอการทางคณิตศาสตร์ไปทดลองในธุรกิจผลไม้แห่งหนึ่งในจังหวัดเชียงราย เพื่อเป็นแนวทางในการช่วยเหลือผู้ผลิตรายย่อย และเพื่อเป็นแนวทางสำหรับธุรกิจที่ทำการส่งออกอื่นๆ

## วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาวิธีการวัดศักยภาพในการขนส่งสินค้าระหว่างประเทศด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ ร่วมกับการสัมภาษณ์เชิงลึก
2. เพื่อเสนอแนวทางการเพิ่มศักยภาพด้านการขนส่งสินค้ากรณีศึกษาธุรกิจส่งออกผลไม้ระหว่างประเทศ

## 2. ทบทวนวรรณกรรม

### 2.1 ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องในการสร้างสมการทางคณิตศาสตร์

2.1.1 การประเมินดัชนีความสอดคล้อง  
การหาค่าความเที่ยงตรงของเนื้อหา (Content Validity) เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ โดยใช้ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ (Item-Objective Congruence Index: IOC) โดยให้ผู้เชี่ยวชาญช่วยประเมินว่า ข้อคำถามแต่ละข้อในแบบสอบถาม สามารถวัดได้ตรงกับเนื้อหาที่กำหนดหรือไม่ [4] และปกติแล้วจะให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบ ตั้งแต่ 3 คนขึ้นไป [5]

การประเมินดัชนีความสอดคล้องถูกพัฒนาโดย Rovinelli, R.J. [6] จากการศึกษาวิธีการตรวจสอบรายการทดสอบที่อ้างอิงตามเกณฑ์ และมีการศึกษาทฤษฎีนี้ต่ออีก จากงานวิจัยของ Rovinelli, R. J. and Hambleton, R.K. [7] ซึ่งมีกรกล่าวถึง การใช้ผู้เชี่ยวชาญเชิงเนื้อหาประเมินความถูกต้องของรายการทดสอบที่อ้างอิงเกณฑ์ และได้นิยามสูตร ดังสมการที่ (1)

$$IOC = \frac{\sum R}{N} \quad (1)$$

โดยที่ IOC คือ ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามหรือปัจจัยกับวัตถุประสงค์ R คือ คะแนนการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ และ N คือ จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

ในการพิจารณาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ การกำหนดระดับคะแนนของผู้เชี่ยวชาญถูกแบ่งออกเป็น 3 กรณี ดังนี้

+1 หมายถึง แน่ใจว่าปัจจัยนั้นๆ สามารถวัดวัตถุประสงค์ที่ระบุไว้ได้จริง

0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าปัจจัยนั้นๆ สามารถวัดวัตถุประสงค์ที่ระบุไว้ได้จริง



-1 หมายถึง แน่ใจว่าปัจจัยนั้นๆ ไม่สามารถวัด  
วัดประสงค์ที่ระบุไว้ได้จริง

### 2.1.2 กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์

ในปี ค.ศ. 1980 Thomas L. Saaty เป็นผู้นำแนวคิด  
กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ และกระบวนการลำดับ  
ชั้นเชิงวิเคราะห์เป็นหนึ่งในวิธีการของการตัดสินใจแบบหลาย  
หลักเกณฑ์ (Multiple Criteria Decision Making: MCDM)  
ทั้งนี้กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ เป็นกระบวนการที่ไม่  
สลับซับซ้อน ถูกออกแบบมาเพื่อวิเคราะห์ทางเลือกหรือ  
ปัญหาที่ซับซ้อน [8] กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์  
สามารถแสดงลำดับความสำคัญ ของทางเลือก จากการ  
เปรียบเทียบ เกณฑ์ แต่ละเกณฑ์ เป็น คู่ๆ (Pairwise  
Comparisons) จนครบทุกคู่ แทนการให้คะแนนเป็นตัวเลข  
ตามความพึงพอใจซึ่งมีความยากกว่า [9] การเปรียบเทียบ  
เป็นคู่ เป็นการหาผลลัพธ์จากผู้เชี่ยวชาญ คือ ให้น้ำหนัก  
ความสำคัญโดยการเปรียบเทียบ (Relative Weights) และ  
จุดเด่นของกระบวนการนี้คือ น้ำหนักความสำคัญ ที่ได้มี  
ความน่าเชื่อถือ เนื่องจากต้องพิจารณาถึงความสอดคล้อง  
(Consistency) ด้วย [10] ทั้งนี้เพื่อคำนวณน้ำหนัก  
ความสำคัญของปัจจัยหรือเกณฑ์ทั้งหมดที่เกี่ยวข้องใน  
การศึกษา ด้วยเทคนิคกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ มี  
ขั้นตอนดังนี้

- 1) ระบุวัตถุประสงค์ของปัญหา
- 2) กำหนดปัจจัยหรือเกณฑ์ที่เกี่ยวข้อง จากการ  
สัมภาษณ์ผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องเชิงลึก และการศึกษางานวิจัย
- 3) ทำการเปรียบเทียบการจัดลำดับความสำคัญ โดย  
การพิจารณาเปรียบเทียบความสำคัญในแต่ละเกณฑ์ที่มีส่วน  
เกี่ยวข้องทีละคู่
- 4) พิจารณาคำนวณน้ำหนักความสำคัญ ของปัจจัย ด้วย  
วิธีการคำนวณเวกเตอร์ลักษณะเฉพาะ (Eigenvector) และ  
สุดท้ายคำนวณน้ำหนักความสำคัญจากค่าลักษณะเฉพาะ  
ที่มากที่สุด

### 2.1.3 มาตรวัดของลิเคิร์ต (Likert Scale)

มาตรวัดมีแนวคิดมาจาก Rensis Likert นักจิตวิทยา  
ชาวอเมริกันในปี ค.ศ. 1932 ด้วยแนวคิดที่ว่าต้องการหาวิธี  
วัดทัศนคติ ของแต่ละบุคคลอย่างเป็นระบบ

มาตรวัดของลิเคิร์ต ถูกนำไปใช้เป็นเครื่องมือพื้นฐาน  
และใช้บ่อยที่สุดในการวิจัยทางการศึกษาและการวิจัยทาง  
สังคมศาสตร์ [11]

ระดับมาตรวัดของ Likert มีการกำหนดคะแนน โดยให้  
ระดับมากที่สุด คะแนนเท่ากับ 5 ระดับมากที่สุด คะแนน  
เท่ากับ 4 ระดับปานกลาง คะแนนเท่ากับ 3 ระดับน้อย  
คะแนนเท่ากับ 2 และระดับน้อยที่สุด คะแนนเท่ากับ 1

### 2.2 การสัมภาษณ์เชิงลึก (In-depth Interview)

การสัมภาษณ์เชิงลึกเป็นเทคนิคการวิจัยเชิงคุณภาพที่  
เกี่ยวข้องกับการสัมภาษณ์รายบุคคล โดยต้องทำการ  
สัมภาษณ์ในเชิงตัวต่อตัวกับผู้เข้าร่วม [12]

นอกจากนี้ จากการศึกษางานวิจัยเรื่อง การใช้  
เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลงานวิจัยเพื่อการศึกษาการ  
ดำเนินการที่เป็นเลิศของสถานศึกษา พบว่า แบบสัมภาษณ์  
เชิงลึก มีลักษณะของแบบสอบถามเป็นคำถามปลายเปิด มี  
ความยืดหยุ่น ลักษณะของข้อคำถามมีความชัดเจนและ  
เข้าใจง่าย โดยความสำเร็จของการใช้เครื่องมือประเภทนี้จะ  
ขึ้นอยู่กับผู้ให้สัมภาษณ์ ทักษะการสัมภาษณ์ของนักวิจัยที่  
ต้องมีการทำการศึกษาอย่างดี เป็นเหตุและผลก่อน  
สัมภาษณ์ [13]

### 3. วิธีวิจัย (Research Methodology)

3.1 รวบรวมปัจจัยที่ใช้ในการประเมินศักยภาพในการ  
ขนส่งสินค้าระหว่างประเทศ ในลักษณะของการขนส่ง  
ต่อเนื่องหลายรูปแบบ (Multimodal Transportation) ด้วย  
การศึกษางานวิจัยที่ผ่านมา และการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ  
ด้านการขนส่งระหว่างประเทศ ซึ่งเป็นนักวิชาการผู้ที่ทำ  
ผลงานวิจัยเกี่ยวกับการขนส่งสินค้าระหว่างประเทศระดับ  
นานาชาติอย่างน้อย 10 ปี 3 ท่าน และตัวแทนหน่วยงาน  
ภาครัฐที่เกี่ยวข้องกับด้านโลจิสติกส์ 1 ท่าน ตลอดจน  
ผู้ประกอบการธุรกิจส่งออกผลไม้ระหว่างประเทศ 10 ท่าน  
ในแถบภาคเหนือ

3.2 นำปัจจัยที่ได้จากข้อ 3.1 มาพิจารณาค่าความ  
สอดคล้องของปัจจัยที่รวบรวมได้กับวัตถุประสงค์ (Index of  
Consistency: IOC) ขั้นตอนนี้มีการให้คะแนน โดยผู้ที่ทำ  
ผลงานวิจัยเกี่ยวกับการขนส่งสินค้าระหว่างประเทศระดับ  
นานาชาติอย่างน้อย 10 ปี 3 ท่าน เกณฑ์ใดๆ ต้องมีค่า IOC  
ตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป จึงจะถูกคัดเลือก

3.3 สร้างเกณฑ์ประเมินศักยภาพ ในการขนส่งสินค้า  
ระหว่างประเทศ จากการสัมภาษณ์และระดมสมองกับ  
ผู้เชี่ยวชาญที่เกี่ยวข้อง เพื่อกำหนดระดับเกณฑ์ การประเมิน  
ของปัจจัยตามทฤษฎีของ Rensis Likert ทั้งนี้การพิจารณา  
การสร้างเกณฑ์จะทำการตรวจสอบ วิจัย โดยผู้เชี่ยวชาญ  
ที่มีประสบการณ์ทำงานวิจัยด้านการขนส่งสินค้า จนเป็นที่  
ยอมรับ

3.4 สร้างสมการทางคณิตศาสตร์ โดยนำเกณฑ์ประเมิน  
ศักยภาพ ในการขนส่งสินค้าระหว่างประเทศ มาสร้างสมการ  
ร่วมกับน้ำหนักความสำคัญของแต่ละปัจจัย



ตารางที่ 1 เกณฑ์การประเมินศักยภาพ

ตัวชี้วัด	ความหมาย	ระดับ 1	ระดับ 2	ระดับ 3	ระดับ 4	ระดับ 5
1. ต้นทุนการขนส่ง	การดำเนินการค่าขนส่ง ค่าธรรมเนียมที่เกี่ยวข้อง	61% ขึ้นไปของค่าใช้จ่ายทั้งหมด	51-60% ของค่าใช้จ่ายทั้งหมด	41-50% ของค่าใช้จ่ายทั้งหมด	31-40% ของค่าใช้จ่ายทั้งหมด	ต่ำกว่า 40% ของค่าใช้จ่ายทั้งหมด
2. เวลาในการขนส่ง	การส่งมอบสินค้าไปยังปลายทางได้ตรงเวลา	ส่งตรงตามเวลาที่กำหนดต่ำกว่าเท่ากับ 60%	ส่งตรงตามเวลาที่กำหนด 61-70%	ส่งตรงตามเวลาที่กำหนด 71-80%	ส่งตรงตามเวลาที่กำหนด 81-90%	ส่งตรงตามเวลาที่กำหนด 91-100%
3. ความยืดหยุ่นในการขนส่ง	ความสามารถในการปรับเปลี่ยนเงื่อนไขในการขนส่ง	ยืดหยุ่นได้น้อยที่สุด	ยืดหยุ่นได้น้อย	ยืดหยุ่นได้ปานกลาง	ยืดหยุ่นได้มาก	ยืดหยุ่นได้มากที่สุด
4. ความน่าเชื่อถือ	การร้องเรียนจากลูกค้า	ลูกค้าร้องเรียนมากกว่า 70% ของการส่งทั้งหมด	ลูกค้าร้องเรียน 51-70% ของการส่งทั้งหมด	ลูกค้าร้องเรียน 31-50% ของการส่งทั้งหมด	ลูกค้าร้องเรียน 11-30% ของการส่งทั้งหมด	ลูกค้าไม่เคยร้องเรียน หรือ ร้องเรียนต่ำกว่า 10%
5. ความปลอดภัย	คุณภาพ และความเสียหายของสินค้าเมื่อไปถึงลูกค้า หรือ ระหว่างการขนส่ง	ตรวจพบความเสียหายของสินค้าเมื่อไปถึงลูกค้า หรือ ระหว่างการขนส่งมากกว่า 70% ของการส่งทั้งหมด	ตรวจพบความเสียหายของสินค้าเมื่อไปถึงลูกค้า หรือ ระหว่างการขนส่ง 51-70% ของการส่งทั้งหมด	ตรวจพบความเสียหายของสินค้าเมื่อไปถึงลูกค้า หรือ ระหว่างการขนส่ง 31-50% ของการส่งทั้งหมด	ตรวจพบความเสียหายของสินค้าเมื่อไปถึงลูกค้า หรือ ระหว่างการขนส่ง 11-30% ของการส่งทั้งหมด	ตรวจพบความเสียหายของสินค้าเมื่อไปถึงลูกค้า หรือ ระหว่างการขนส่งต่ำกว่า 10%

โดยการพิจารณานำน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยทั้งหมดมาจากการสัมภาษณ์เชิงลึกผู้เชี่ยวชาญด้านการขนส่ง 3 มุมมอง ได้แก่ นักวิชาการ หน่วยงานภาครัฐ ผู้ประกอบการ และนำเข้าสู่กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์

3.5 ทดลองใช้สมการทางคณิตศาสตร์ ประกอบกับการสัมภาษณ์ผู้ประกอบการเชิงลึก เพื่อประเมินศักยภาพในการขนส่ง โดยคัดเลือกสถานประกอบการด้วยวิธีเจาะจง ซึ่งเป็นผู้ประกอบการที่ทำการส่งออกผลไม้ ได้แก่ ส้ม และผลิตภัณฑ์แปรรูปจากส้ม

3.6 ระดมสมอง (Brainstorming) ร่วมกับนักวิชาการ และสถานประกอบการ เพื่อเสนอแนวทางการเพิ่มศักยภาพในการขนส่งสินค้าระหว่างประเทศ กรณีศึกษาธุรกิจส่งออกผลไม้

#### 4. ผลการวิจัย (Results)

ผลการวิจัยพบว่าเกณฑ์ที่นำมาพิจารณา ซึ่งมีค่า IOC มากกว่า 0.50 ได้แก่ ต้นทุนการขนส่ง เวลาในการขนส่ง ความยืดหยุ่นในการขนส่ง ความน่าเชื่อถือ และความปลอดภัย และจากการสร้างเกณฑ์การประเมินศักยภาพในการขนส่งสินค้าระหว่างประเทศ แสดงได้ดังตารางที่ 1

ทั้งนี้ในการพิจารณานำน้ำหนักความสำคัญด้วยเทคนิคกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ พบว่า มีการให้น้ำหนักความสำคัญกับปัจจัยต่างๆ ได้แก่ เวลา 0.246 ความปลอดภัย 0.235 ความน่าเชื่อถือ 0.193 ความยืดหยุ่น 0.174

และต้นทุน 0.152 และเมื่อนำน้ำหนักความสำคัญมาสร้างสมการทางคณิตศาสตร์เพื่อวัดศักยภาพในการขนส่งสินค้าระหว่างประเทศ แสดงได้ดังสมการที่ 2



$$\text{Potential} = T(0.246) + S(0.235) + R(0.193) + F(0.174) + C(0.152) \quad (2)$$

โดยที่ T หมายถึง ระดับคะแนน 1-5 ที่สถานประกอบการถูกประเมินด้านเวลา S หมายถึง ระดับคะแนน 1-5 ที่สถานประกอบการถูกประเมินด้านความปลอดภัย R หมายถึง ระดับคะแนน 1-5 ที่สถานประกอบการถูกประเมินด้านความน่าเชื่อถือ F หมายถึง ระดับคะแนน 1-5 ที่สถานประกอบการถูกประเมินด้านความยืดหยุ่น และ C หมายถึง ระดับคะแนน 1-5 ที่สถานประกอบการถูกประเมินด้านต้นทุน

จากนั้นทดลองใช้สมการประกอบกับการสัมภาษณ์ผู้ประกอบการเชิงลึก เพื่อประเมินศักยภาพด้านการขนส่งของธุรกิจ ผลการประเมินในสถานประกอบการกรณีศึกษาที่ทำการส่งออกส้ม ไปยังสาธารณรัฐประชาชนจีน จากจังหวัดเชียงราย พบว่า

#### ข้อมูลสำหรับประเมินด้วยสมการทางคณิตศาสตร์

เวลาในการขนส่ง ส่งตรงตามเวลาที่กำหนดเฉลี่ยร้อยละ 72 ของการขนส่งทั้งหมดต่อเดือน ส่วนด้านความปลอดภัย ตรวจพบความเสียหายของสินค้าเมื่อไปถึงลูกค้า

หรือระหว่างการขนส่งร้อยละ 40 ของการขนส่งทั้งหมดต่อเดือน ด้านความน่าเชื่อถือ ลูกค้าร้องเรียนร้อยละ 35 ของการขนส่งทั้งหมดต่อเดือน และความยืดหยุ่น ทางสถานประกอบการสามารถยืดหยุ่นด้านการขนส่งได้น้อย รวมทั้งต้นทุนการขนส่งอยู่ที่ร้อยละ 42 ของต้นทุนทั้งหมด เมื่อนำข้อมูลข้างต้นมาคำนวณตามสมการที่ 2 จะได้

$$\text{Potential} = 3(0.246) + 3(0.235) + 3(0.193) + 2(0.174) + 3(0.152)$$

นั่นคือสถานประกอบการมีศักยภาพด้านการขนส่งสินค้าในระดับ 2.81 จากคะแนนเต็ม 5

ข้อมูลจากการสัมภาษณ์เชิงลึกกับผู้บริหาร ของสถานประกอบการกรณีศึกษา พบว่า

- ด้านเวลาในการขนส่ง บางครั้งผู้ประกอบการประสบปัญหาจากการจ้างบริษัทขนส่ง (Logistics Providers) ซึ่งเป็นบริษัทจากสาธารณรัฐประชาชนจีน ที่ตั้งอยู่ในจังหวัดเชียงราย และในบางครั้งประสบปัญหาด้านการดำเนินการในขั้นตอนทางด้านกฎหมายต่างๆ นอกจากนี้ยังประสบกับปัญหาการฆ่าเชื้อโควิด-19 ทำให้ช่วงของการระบาดใช้เวลานาน กระทั่งเวลาในการขนส่ง ตลอดจนติดปัญหาในเรื่องของการรอคอยสินค้าอื่นๆ ที่ต้องส่งพร้อมกันให้เต็มตู้คอนเทนเนอร์

- ด้านความปลอดภัย ความเสียหายของสินค้าประเภท

ผลไม้ เกิดจากการที่บริษัทขนส่งต้องเปลี่ยนถ่ายยานพาหนะตลอดจนการใช้เวลาในการส่งนานเกินไปทำให้ผลไม้เน่าเสียหาย

- ด้านความน่าเชื่อถือ การร้องเรียนเกิดขึ้นไม่บ่อยมาก แต่เมื่อมีการร้องเรียนแต่ละครั้ง ทางสถานประกอบการจำเป็นต้องมอบส่วนลด หรือเพิ่มปริมาณ (Volume) สินค้าครั้งต่อไปให้กับลูกค้าปลายทาง

- ด้านความยืดหยุ่น ทางสถานประกอบการสามารถยืดหยุ่นด้านการขนส่งได้น้อย เนื่องจากต้องใช้บริการจากบริษัทโลจิสติกส์ ทางองค์กรไม่สามารถที่จะขนส่งเองได้

- ด้านต้นทุนการขนส่ง ขณะนี้สถานประกอบการมีต้นทุนมาจาก การใช้บริการบริษัทโลจิสติกส์ ประกอบกับค่าจ้างพนักงานในการดำเนินการ ตลอดจนค่าธรรมเนียมสำหรับการขนส่งระหว่างประเทศ

สุดท้ายเมื่อระดมสมอง (Brainstorming) เพื่อเสนอแนวทางการเพิ่มศักยภาพในการขนส่งสินค้า โดยใช้ข้อมูลจากการคำนวณศักยภาพ และการสัมภาษณ์เชิงลึกร่วมกับนักวิชาการ และสถานประกอบการ ได้ผลลัพธ์ดังนี้

1) เวลาในการขนส่ง ผู้ประกอบการควรทำการตกลงกับบริษัทโลจิสติกส์เป็นลายลักษณ์อักษร โดยให้ระบุประเด็นรายละเอียดด้านเวลาการขนส่ง หากผิดสัญญาทางบริษัทจะต้องชดเชยอย่างไรบ้าง ตลอดจนมองหาคู่ค้า (Third Party) ที่สามารถส่งสินค้าไปยังปลายทางได้เพิ่มเติมมากกว่า 1 บริษัท เพื่อให้ไม่เกิดการผูกขาด

2) ความปลอดภัย ความเสียหายของสินค้าประเภทผลไม้สามารถเกิดขึ้นได้ง่าย อันดับแรกทางสถานประกอบการต้องปรับปรุงบรรจุภัณฑ์ หรือออกแบบใหม่ให้สามารถขนส่งไปยังต่างประเทศได้เหมาะสมยิ่งขึ้น อีกประการหนึ่งคือ ทางสถานประกอบการควรตกลงกับบริษัทโลจิสติกส์ หากมีของเสียหายเกิดขึ้นจะต้องรับผิดชอบอย่างไรบ้าง

3) ความน่าเชื่อถือ เพื่อลดอัตราการร้องเรียนของลูกค้าปลายทาง ฉะนั้นทางองค์กรควรติดตามการขนส่งอยู่เสมอ และหากเกิดปัญหาขึ้นต้องรีบแจ้งลูกค้า และบอกกล่าววิธีการแก้ปัญหาให้ลูกค้าเข้าใจอยู่เสมอ

4) ความยืดหยุ่น ควรมีการรวมกลุ่มกับผู้ค้าผลไม้ประเภทเดียวกัน เพื่อช่วยเหลือซึ่งกันและกัน และเป็นพันธมิตรทางการค้า จากนั้นจึงหาแนวทางการเพิ่มความสะดวกสบายอื่นๆ ให้กับลูกค้าได้

5) ต้นทุนการขนส่ง ควรมีการวางแผนด้านต้นทุนการขนส่งอยู่เสมอ และพิจารณาว่าต้นทุนที่สามารถเลี่ยง หรือลดได้มีอะไรบ้าง และจะอย่างไร ตลอดจนประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment) ในสถานประกอบการว่า เหตุการณ์ใดบ้างที่มีผลต่อธุรกิจ



## 5. อภิปรายผล (Discussion)

งานวิจัยนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของวรพจน์ มีถม [14] และวรพจน์ มีถม และนิติเดช คูหาทองสัมฤทธิ์ [2] ที่เห็นว่ามาตรวัด (Scale) เป็นมาตรฐานในการประเมินเส้นทางการขนส่งสินค้า เป็นมาตรฐานอย่างชัดเจน เป็นรูปธรรม เป็นเหตุและผล สามารถอธิบายได้ ตลอดจนสอบกลับได้ เนื่องจากหากมีการพิจารณาเพียงผลการศึกษาเชิงคุณภาพเพียงอย่างเดียว ผลการวิจัยอาจตีความได้ไม่ชัดเจนเท่าที่ควร เพราะเกณฑ์ประเมินส่วนใหญ่เป็นเชิงคุณภาพ ไม่ได้เรียงลำดับการสอบกลับ อีกทั้งเรียงลำดับในทิศทางแตกต่างกันออกไป ทำให้มีความจำเป็นที่ต้องประเมินศักยภาพการขนส่งสินค้าระหว่างประเทศเป็นเชิงปริมาณควบคู่ เพื่อให้เห็นผลลัพธ์ระดับที่ชัดเจน ร่วมกับการวิจัยเชิงคุณภาพแบบเดิม ซึ่งหากมีการจัดทำทั้งมาตรฐานการวัด ร่วมกับการประเมินเชิงคุณภาพ จะสามารถแก้ปัญหาของผู้ประกอบการได้เหมาะสมยิ่งขึ้น

## 6. สรุปผล (Conclusion)

บทความวิจัยครั้งนี้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาวิธีการวัดศักยภาพในการขนส่งสินค้าระหว่างประเทศ ด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ ร่วมกับการสัมภาษณ์เชิงลึก และเพื่อนำเสนอแนวทางการเพิ่มศักยภาพด้านการขนส่งสินค้า กรณีศึกษาธุรกิจส่งออกผลไม้ระหว่างประเทศ ผลการศึกษาส่งผลให้ สถานประกอบการสามารถเห็นแก่นแท้ของปัญหาในองค์กรของตนได้ดียิ่งขึ้น ซึ่งจะส่งผลให้เกิดการพิจารณาหาแนวทางแก้ไขได้เหมาะสมมากยิ่งขึ้น

โดยงานวิจัยเริ่มจากการรวบรวมปัจจัยที่ใช้ในการประเมินศักยภาพการขนส่งสินค้าระหว่างประเทศ ในลักษณะของการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบ จากนั้นนำปัจจัยข้างต้นมาพิจารณาหาความสัมพันธ์ของปัจจัยที่รวบรวมได้กับวัตถุประสงค์ แล้วสร้างเกณฑ์การประเมินศักยภาพ ในการขนส่งสินค้าระหว่างประเทศ จึงทำการสร้างสมการทางคณิตศาสตร์ สู่ท้ายทดลองการใช้สมการร่วมกับสัมภาษณ์ผู้ประกอบการเชิงลึก ตลอดจนระดมสมองร่วมกับนักวิชาการและสถานประกอบการ เพื่อหาแนวทางในการเพิ่มศักยภาพในการขนส่ง

ซึ่งพบว่า การใช้วิธีการวัดศักยภาพ ข้างต้นผู้ประกอบการและผู้เชี่ยวชาญด้านการขนส่งเห็นพ้องกันว่าสามารถทำให้วิเคราะห์ข้อมูลสมรรถนะได้ชัดเจนยิ่งขึ้น นอกเหนือจากการสัมภาษณ์เชิงลึก นอกจากนี้ยังทำให้สถานประกอบการทราบว่าขณะนี้ศักยภาพการขนส่งระหว่างประเทศอยู่ในระดับไหน และสามารถเพิ่มขีดความสามารถของตนได้อย่างตรงจุด

สำหรับข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป มีดังนี้

- 1) การศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ควรมีการสัมภาษณ์ลูกค้าสุดท้ายในโซ่อุปทาน (End Customers) เพื่อที่จะได้มองเห็นปัญหาในการขนส่งในมุมมองของลูกค้าเพิ่มเติม
- 2) เพื่อความสะดวกในการใช้งาน ควรพัฒนาต่อยอดเป็นโปรแกรมสำเร็จรูปที่สามารถคำนวณ และแปลผลได้

## 7. เอกสารอ้างอิง

- [1] สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, แผนยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี, ข้อมูลจาก [https://www.nesdc.go.th/download/document/SAC/NS\\_SumPlanOct2018.pdf](https://www.nesdc.go.th/download/document/SAC/NS_SumPlanOct2018.pdf) (วันที่สืบค้นข้อมูล 25 มกราคม 2564)
- [2] วรพจน์ มีถม และนิติเดช คูหาทองสัมฤทธิ์, เกณฑ์มาตรฐานการประเมินศักยภาพเส้นทางการขนส่งสินค้าทางรถไฟด้านกายภาพ, วารสารบริหารธุรกิจเทคโนโลยีมหานคร, ปีที่ 12 ฉบับที่ 1 ม.ค.-มิ.ย. 2558
- [3] สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, สถิติการส่งออกผลไม้, ข้อมูลจาก <http://impexp.oae.go.th/service/> (วันที่สืบค้นข้อมูล 20 พฤษภาคม 2564)
- [4] ธีระ ภูลสวัสดิ์, การหาคุณภาพของเครื่องมือในการวิจัย, การประชุมแลกเปลี่ยนความรู้ในเรื่องของเทคนิคการทำวิจัยเชิงปริมาณ, 19 มิถุนายน 2558
- [5] สุรพงษ์ คงสัตย์ และ ธีรชาติ ธรรมวงค์, ข้อมูลจาก <https://www.mcu.ac.th/article/detail/14329> (วันที่สืบค้นข้อมูล 20 พฤษภาคม 2564)
- [6] Rovinelli, R.J., Methods for Validating Criterion-referenced Test Items. Doctor of Philosophy. Graduate School of the University of Massachusetts, 1976
- [7] Rovinelli, R. J., and Hambleton, R. K., On the Use of Content Specialists in the Assessment of Criterion-referenced Test Item Validity, Dutch Journal of Educational Research. Vol.2.,1977
- [8] ปัญจพร จันทะวงษ์, การเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าต่อเนื่องหลายรูปแบบระหว่างประเทศไทยกับสาธารณรัฐสังคมนิยมเวียดนาม, การประชุมวิชาการด้านการพัฒนาการดำเนินงานทางอุตสาหกรรมแห่งชาติครั้งที่ 9 ประจำปี 2561, กรุงเทพมหานคร : ม.ป.พ.
- [9] ชัชพล มงคลิก, การประยุกต์ใช้ระบบเทคโนโลยีสารสนเทศ ERP, พิมพ์ครั้งที่ 1, จำนวน 500 เล่ม, กรุงเทพมหานคร: วัฒนาพานิช จำกัด, 2559
- [10] วรพจน์ มีถม และสหชัย นิยมณี, ารตัดสินใจเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าระหว่างประเทศไทยกับภาคตะวันออกเฉียงเหนือของสาธารณรัฐอินเดีย โดยใช้ AHP





และ ZOGP, วารสารบริหารธุรกิจเทคโนโลยีมหานคร, ปี  
ที่ 11 ฉบับที่ 2 ก.ค.-ธ.ค. 2557

- [11] Ankur Joshi et al, Likert Scale: Explored and Explained, Journal of Applied Science and Technology, Vol.7.4, 2015
- [12] Elise D., In-depth Interview, from <https://www.userzoom.com/interviews/comprehensive-guide-to-in-depth-interviews-idis/> (Retrieved Jan 26, 2021)
- [13] นฤมล จิตรเอื้อ และประสพชัย พสุนนท์, การใช้เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลงานวิจัยเพื่อการศึกษา การดำเนินการ ที่เป็นเลิศของสถานศึกษา, วารสาร Veridian มหาวิทยาลัยศิลปากร, ปีที่ 11 ฉบับที่ 2 พ.ค. - ส.ค. 2561
- [14] วรพจน์ มีถม, เกณฑ์การประเมินศักยภาพ เส้นทาง การขนส่งสินค้าทางถนน, วารสารบริหารธุรกิจเทคโนโลยีมหานคร, ปีที่ 10 ฉบับที่ 2 ม.ค.-มิ.ย. 2556



## การกำจัดสีย้อมแอคทีฟเรด 120 จากน้ำทิ้งโดยใช้เปลือกส้มโอตัดแปรด้วยสารลดแรงตึงผิว Removal of the reactive red 120 dye from effluent using pomelo peel modified by the surfactant

จักรกฤษณ์ อัมพูช<sup>1\*</sup>, มงคล ปุษยตานนท์<sup>2</sup>, ศานตมน ล้วนวุฒิ<sup>3</sup>, ณัฐยา พูนสุวรรณ<sup>1</sup>, ปรีวัชร นามด้วง<sup>1</sup> ชาญ  
ณรงค์ ภูชงควาริน<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ภาควิชาวิศวกรรมเคมี

<sup>2</sup> ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

<sup>3</sup> ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

85 ถนนสถลมารค อ.วารินชำราบ อุบลราชธานี 34190

chakkrit.u@ubu.ac.th

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาการกำจัดสีย้อมแอคทีฟเรด 120 จากน้ำทิ้งโดยใช้เปลือกส้มโอตัดแปรด้วยสารลดแรงตึงผิวเตตระเดซิลไตร-เมทิลแอมโมเนียมโบรไมด์ งานวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 การศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการดูดซับ ซึ่งประกอบด้วยเวลาสัมผัส ความเข้มข้นสีย้อมเริ่มต้น ค่าพีเอช และอุณหภูมิ พบว่า ความสามารถในการดูดซับสูงสุดมีค่าเท่ากับ 192.61 มิลลิกรัมต่อกรัม ภายใต้สภาวะเวลาสัมผัส 15 นาที ความเข้มข้นสีย้อมเริ่มต้น 300 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่า พีเอช 2.0 และอุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ส่วนที่ 2 การศึกษาพฤติกรรมของการดูดซับด้วยแบบจำลองไอโซเทอมการดูดซับ และศึกษากลไกการดูดซับด้วยแบบจำลองจลนศาสตร์ของการดูดซับ พบว่า ข้อมูลผลการทดลองสอดคล้องกับสมการ ไอโซเทอมแลงเมียร์และไอโซเทอมฟรุนดิช แสดงว่าการดูดซับเกิดขึ้นทั้งในลักษณะชั้นเดียวและหลายชั้น และผลการทดลองสอดคล้องกับสมการปฏิกิริยาอันดับสองเทียม แสดงว่า กลไกการเกิดปฏิกิริยาเคมีที่พื้นผิวของตัวดูดซับเป็นขั้นกำหนดอัตรา จากผลการทดลอง เปลือกส้มโอตัดแปรด้วยสารลดแรงตึงผิวเป็นตัวดูดซับที่มีประสิทธิภาพในการดูดซับสีย้อมแอคทีฟเรด 120 จากน้ำทิ้ง

### Abstract

Removal of the reactive red 120 dye from effluent using pomelo peel modified by the surfactant, tetradecyl trimethyl ammonium bromide was studied in this research. It was divided into 2 parts. Firstly, the factors affecting the adsorption such as contact time, initial dye concentration, pH, and the temperature were investigated. The highest adsorption capacity was 192.61 mg/g under a certain condition: contact time of 15 min, initial dye concentration of 300 mg/L, pH of 2.0, and temperature of 25 °C. Secondly, adsorption behavior and adsorption mechanism were investigated using adsorption isotherm models and adsorption kinetic models, respectively. The experimental results followed both Langmuir and Freundlich isotherms indicating monolayer and multilayer coverage. The experimental data also followed the pseudo-second order reaction model exhibiting that the chemical reaction on the surface of the adsorbent is the rate of limiting step. From the results, the pomelo peel modified by the surfactant is an effective adsorbent for the adsorption of the reactive red 120 dye from effluent.

**คำสำคัญ (Key word):** เปลือกส้มโอตัดแปรด้วยสารลดแรงตึงผิว; สีย้อมแอคทีฟเรด 120; การดูดซับ; ปัจจัยที่ส่งผล; แบบจำลองการดูดซับ



## 1. บทนำ (Introduction)

ปัญหามลพิษทางน้ำที่เกิดจากการปนเปื้อนของสีย้อมผ้าในแหล่งน้ำธรรมชาติมีความรุนแรงมากขึ้น เนื่องจากอุตสาหกรรมที่ใช้สีย้อม เช่น อุตสาหกรรมสิ่งทอ อุตสาหกรรมฟอกย้อม และอุตสาหกรรมกระดาษ เป็นต้น มีการขยายตัวเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ในขั้นตอนการย้อมสีผ้าต้องใช้น้ำในปริมาณมาก ซึ่งจะกลายเป็นน้ำทิ้งปริมาณมากหลังเสร็จสิ้นขั้นตอนการย้อมผ้า [1] สีรีแอคทีฟเรด 120 เป็นสีย้อมเคมีที่นิยมใช้ เนื่องจากละลายน้ำได้ดี ติดทนนาน ทนทานต่อแสงแดด และความร้อน อย่างไรก็ตาม สีย้อมเคมีชนิดนี้ย่อยสลายเองตามธรรมชาติได้น้อย เมื่อปนเปื้อนสู่แหล่งน้ำธรรมชาติจะทำให้แหล่งน้ำมีสีเข้ม ไม่น่าดู บดบังการส่องผ่านของแสงลงไปใต้น้ำ ส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในน้ำ [2] และทำให้แหล่งน้ำเน่าเสียในที่สุด ดังนั้น จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องบำบัดน้ำทิ้งเหล่านี้ก่อนปล่อยสู่แหล่งรองรับทางธรรมชาติ

กระบวนการบำบัดน้ำเสียที่ปนเปื้อนสีย้อมเคมีแบ่งออกได้เป็น 3 วิธี ได้แก่ 1) วิธีทางกายภาพ เช่น การแลกเปลี่ยนประจุ การกรองด้วยแผ่นเยื่อบาง อิเล็กโตรโคโคติคโคแอกกูเลชัน และเออแรดิเอชัน เป็นต้น ถึงแม้ว่ากระบวนการทางกายภาพจะมีประสิทธิภาพสูง แต่มีข้อจำกัดของการฟื้นฟูสภาพของเรซินในการแลกเปลี่ยนประจุ การฟื้นฟูการดูดซับในรูปของเยื่อแผ่นบาง และการจัดการกับตะกอนที่มีปริมาณมากด้วยวิธีโคแอกกูเลชัน เป็นต้น [3] 2) วิธีทางเคมี เช่น เพนตันรีเอเจนต์ โซเดียมไฮโปคลอไรด์ โพโตเคมีคอล อ็อกซิเดชัน โอโซนเนชัน คูเออพิทริล และอิเล็กโตรเคมีคอลเดสตรัคชัน เป็นต้น [4] ถึงแม้ว่าการบำบัดข้างต้นจะให้ประสิทธิภาพการกำจัดสีย้อมสูง แต่จำเป็นต้องใช้สารเคมีเป็นจำนวนมาก ต้องอาศัยตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีราคาสูง ต้องอาศัยการควบคุมสภาวะของการเกิดปฏิกิริยา และมีความซับซ้อนในการดำเนินงาน จึงอาจจะไม่เป็นที่น่าสนใจแก่ผู้ประกอบการในโรงงานอุตสาหกรรม 3) กระบวนการวิธีทางชีวภาพ เช่น การสะสมสีย้อมผ้าไว้ภายในเซลล์ของแบคทีเรียโดยการดูดซึม และการย่อยสลายทางชีวภาพโดยใช้เชื้อราชนิดไวทโรท กระบวนการเหล่านี้เป็นกระบวนการที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดสีย้อมผ้าสูง แต่มักจะมีผลพลอยได้ (By-products) เกิดขึ้นตามมาเสมอและยังจำเป็นต้องรักษาให้ระบบอยู่ในสภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ [5]

การดูดซับ (Adsorption) เป็นวิธีการทางเคมีกายภาพ มีประสิทธิภาพในการกำจัดสีย้อมเคมีสูง ไม่ซับซ้อน และใช้เวลาในการดำเนินการสั้น และใช้ถ่านกัมมันต์เป็นตัวดูดซับที่มีประสิทธิภาพการกำจัดสีย้อมสูง อย่างไรก็ตาม ถ่านกัมมันต์

เป็นวัสดุที่มีราคาแพง เนื่องจากต้องใช้พลังงานความร้อนสูงในสังเคราะห์และการนำกลับมาใช้ใหม่จะต้องฟื้นฟูสภาพด้วยการเผาที่อุณหภูมิสูงซึ่งมีค่าใช้จ่ายสูง [6] ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาตัวดูดซับจากวัสดุธรรมชาติที่มีราคาถูก มีปริมาณมากตลอดทั้งปี และมีประสิทธิภาพในการกำจัดสีย้อมสูงเพื่อทดแทนการใช้ถ่านกัมมันต์

ส้มโอเป็นผลไม้ท้องถิ่นชนิดหนึ่งที่มีผลผลิตภายในประเทศต่อปีสูง มีเปลือกหนา นิยมปลูกทั่วทุกภาคของประเทศ ได้มีรายงานว่ามีเปลือกส้มโอสามารถนำมาตัดแปรเป็นตัวดูดซับในการดูดซับสีย้อมเมทิลีนบลูซึ่งเป็นสีย้อมที่มีประจุบวกได้ดี สามารถดูดซับสีเมทิลีนบลูได้สูงถึง 344.83 มิลลิกรัมต่อกรัม ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เนื่องจากมีหมู่ฟังก์ชันที่มีประจุลบ เช่น คาร์บอกซิล และไฮดรอกซิลอยู่บนพื้นผิว [7] การนำเปลือกส้มโอมาพัฒนาเป็นตัวดูดซับเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับเปลือกส้มโอเหลือทิ้ง และยังเป็น การช่วยลดปัญหาขยะที่เกิดจากเปลือกส้มโอได้อีกด้วย

ถึงแม้ว่าเปลือกส้มโอมีความสามารถในการดูดซับสีย้อมที่มีประจุบวกสูง แต่สำหรับการดูดซับสีย้อมที่มีประจุลบ เช่น สีรีแอคทีฟเรด 120 กลับมีประสิทธิภาพในการดูดซับต่ำ เนื่องจากเกิดแรงผลักระหว่างประจุลบของเปลือกส้มโอและประจุลบของสีรีแอคทีฟเรด 120 เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการดูดซับให้แก่เปลือกส้มโอ จึงมีแนวคิดทำการตัดแปรเปลือกส้มโอด้วยสารลดแรงตึงผิว (สารที่มีโครงสร้างเป็นโซ่ยาวของหมู่แอลคิลปลายด้านหนึ่งไม่มีขั้ว และปลายอีกด้านหนึ่งมีประจุบวก) เมื่อนำเปลือกส้มโอไปดูดซับกับสารลดแรงตึงผิวประเภทที่มีประจุบวกในปริมาณที่มากพอ จะทำให้เกิดแอดไมเซลล์ (Admicelle) บนพื้นผิวของเปลือกส้มโอ ซึ่งทำให้พื้นผิวของเปลือกส้มโอมีการสะสมของประจุบวก [8] และสามารถสร้างแรงยึดเหนี่ยวกับสีย้อมที่มีประจุลบได้ดีขึ้น

ดังนั้นงานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาศึกษาสภาพของเปลือกส้มโอตัดแปรด้วยสารลดแรงตึงผิวในการกำจัดสีรีแอคทีฟเรด 120 จากน้ำทิ้ง โดยศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับ ได้แก่ อิทธิพลของเวลาสัมผัส อิทธิพลของความเข้มข้นเริ่มต้น อิทธิพลของค่าพีเอช และอิทธิพลของอุณหภูมิ เป็นต้น รวมถึงศึกษาพฤติกรรมของการดูดซับด้วยแบบจำลองไอโซเทอมแลงเมียร์ และไอโซเทอมฟรุนดิช และศึกษากลไกการดูดซับโดยใช้แบบจำลองจลนศาสตร์การดูดซับ ได้แก่ แบบจำลองปฏิกิริยาอันดับหนึ่งเทียม และปฏิกิริยาอันดับสองเทียม



## 2. วิธีวิจัย (Research Methodology)

### 2.1 วัสดุและสารเคมี

เปลือกส้มโอรวบรวมจากตลาดในพื้นที่ใกล้เคียงกับมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี สีส้อมผ้าที่ศึกษามี 1 ชนิด ได้แก่ สีรีแอคทีฟเรด 120 สารลดแรงตึงผิวประเภทประจุบวก 1 ชนิด ได้แก่ สารเตตระเดซิลไตรเมทิลแอมโมเนียมโบรไมด์ (Tetradecyl trimethyl ammonium bromine, TDMA)

### 2.2 การเตรียมผงเปลือกส้มโอ

การเตรียมผงเปลือกส้มโอ มีวิธีการดังนี้ นำเปลือกไปล้างด้วยน้ำสะอาด 2-3 ครั้ง กำจัดเปลือกส่วนที่เป็นสีเขียวหรือสีเหลืองออก เหลือเฉพาะส่วนที่เป็นสีขาว หั่นเป็นชิ้นเล็กให้มีปริมาตรประมาณ 1 ลูกบาศก์มิลลิเมตร นำไปตากแดดให้แห้ง จากนั้นอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส จนกระทั่งน้ำหนักคงที่ แล้วนำเปลือกส้มโอไปบดละเอียดให้กลายเป็นผง แล้วนำไปส่อนผ่านตะแกรงขนาด 600 ไมโครเมตร เพื่อให้ได้ขนาดอนุภาคตัวดูดซับ  $\leq 600$  ไมโครเมตร บรรจุในถุงพลาสติกแล้วเก็บไว้ในโถดูดความชื้น

### 2.3 การตัดแปรผงเปลือกส้มโอด้วยสารลดแรงตึงผิว

การตัดแปรผงเปลือกส้มโอด้วยสารลดแรงตึงผิว มีวิธีการดังนี้ นำผงเปลือกส้มโอผสมกับสารละลาย TDMA เข้มข้น 1.0 กรัมต่อลิตร ปริมาตร 100 มิลลิลิตร แล้วนำไปเขย่าเป็นเวลา 15 นาทีที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส นำไปกรองด้วยกระดาษกรอง GF/C (Whatman, UK) แล้วล้างด้วยน้ำกลั่นหลาย ๆ ครั้ง จนกระทั่งน้ำล้างมีค่าการนำไฟฟ้าต่ำกว่า 5 ไมโครซีเมนส์ต่อเซนติเมตร แล้วนำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส จนมีน้ำหนักคงที่ บรรจุในถุงพลาสติกแล้วเก็บไว้ในโถดูดความชื้น

### 2.4 การศึกษาอิทธิพลของปัจจัยที่ส่งผลต่อการดูดซับ

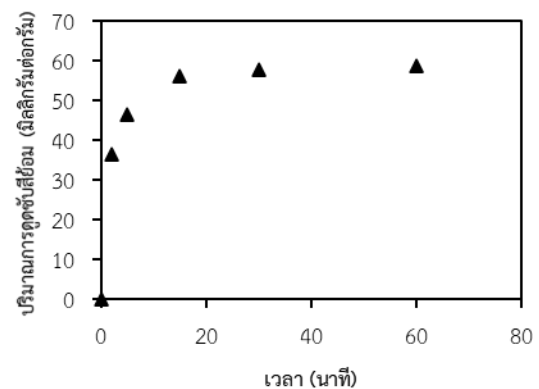
การศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการดูดซับ แบ่งออกเป็น 4 ส่วน ได้แก่ ส่วนแรก การศึกษาอิทธิพลของเวลาสัมผัส นำตัวดูดซับปริมาณ 0.1 กรัม มาเติมในสารละลายสีส้มเคมีที่ความเข้มข้น 200 ส่วนในล้านส่วน (ppm) ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ค่าพีเอชเริ่มต้น 6.3 ซึ่งบรรจุอยู่ขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร นำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่าแนวราบ ที่ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที เก็บตัวอย่างทุก ๆ 5 นาที ในช่วงครึ่งชั่วโมงแรก หลังจากนั้นเก็บตัวอย่างทุก ๆ ครึ่งชั่วโมง ตัวอย่างจะถูกนำปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยง (Centrifuge) ที่ความเร็วรอบ 6,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 30 นาที แล้วนำสารละลายส่วนที่ใสไปทำการหาค่าการดูดกลืนคลื่นแสงด้วยเครื่อง UV-Vis spectrophotometer ที่ความยาวคลื่นสูงสุด ( $\lambda_{max}$ ) 534 นาโนเมตร เพื่อหาความเข้มข้นของสีส้มเคมีที่เหลือในสารละลายส่วนที่ใส ส่วนที่ 2

การศึกษาอิทธิพลของความเข้มข้นเริ่มต้น ทำการทดลองเหมือนการทดลองส่วนแรก แต่เปลี่ยนความเข้มข้นเริ่มต้นหลายค่า ให้อยู่ในช่วง 0 – 300 มิลลิกรัมต่อลิตร เขย่าเป็นเวลา 15 นาที (จากการทดลองส่วนแรก ระบบเข้าสู่สมดุลที่ 15 นาที) ส่วนที่ 3 การศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิ ทำการทดลองส่วนแรกและส่วนที่ 2 ซ้ำ แต่เปลี่ยนอุณหภูมิของระบบเป็น 45 และ 55 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ส่วนที่ 4 การศึกษาอิทธิพลของค่าพีเอชของสารละลาย ทำการทดลองเหมือนกับการทดลองส่วนแรก แต่ปรับค่าพีเอชของสารละลายให้อยู่ในช่วง 2.0-10.0 เขย่าเป็นเวลา 15 นาที ปรับค่าพีเอชด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ และ/หรือสารละลายกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 0.1 โมลาร์

## 3. ผลการวิจัยและอภิปรายผล (Results and Discussion)

### 3.1 ผลการศึกษาอิทธิพลของเวลาสัมผัสต่อการดูดซับ

ปริมาณการดูดซับสีส้มรีแอคทีฟเรด 120 บนตัวดูดซับ (q) เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงเวลาสัมผัส (t) 5 นาทีแรก และเข้าสู่สมดุลที่เวลา 15 นาที (ดังแสดงในภาพที่ 1) อัตราการดูดซับที่เร็วในช่วงแรก เนื่องมาจากพื้นผิวของตัวดูดซับยังไม่มีสีส้มมาดูดติดผิว จึงทำให้มีพื้นที่ว่างเป็นจำนวนมากสำหรับการดูดซับสีส้ม เมื่อเวลาผ่านไปอัตราการดูดซับเริ่มลดลง เนื่องจากสีส้มแพร่เข้าสู่พื้นผิวที่อยู่ภายในโครงสร้างของตัวดูดซับ และเข้าสู่สมดุลที่ 15 นาที นั่นคือ ตัวดูดซับอิ่มตัวไปด้วยสีส้ม หรือเกิดการดูดซับจนเต็มพื้นที่ผิวของตัวดูดซับแล้ว ระบบจึงเข้าสู่สภาวะสมดุลและปริมาณการดูดซับมีค่าคงที่ [9]

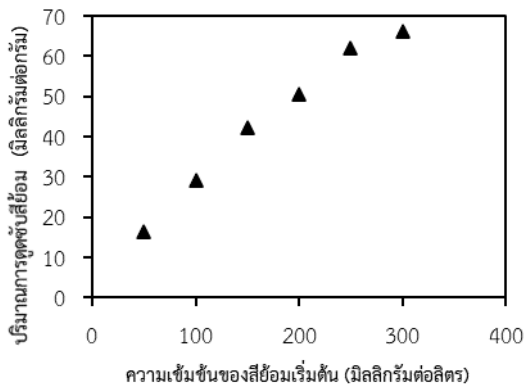


ภาพที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการดูดซับสีส้มรีแอคทีฟเรด 120 บนเปลือกส้มโอตัดแปร (q) และเวลาสัมผัส (t) (ความเข้มข้นเริ่มต้น 300 มิลลิกรัมต่อลิตร อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส และพีเอช 6.3)



### 3.2 ผลการศึกษาอิทธิพลของความเข้มข้นเริ่มต้นของสีย้อมต่อการดูดซับ

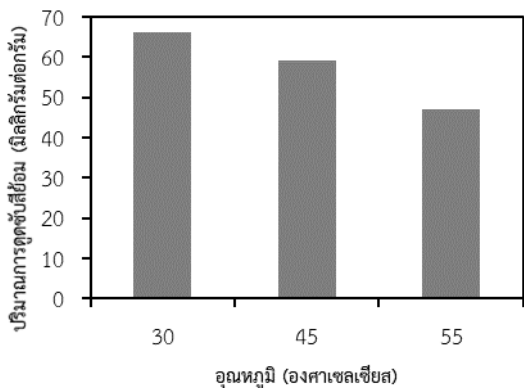
ปริมาณการดูดซับสีย้อมรีแอคทีฟเรด 120 บนตัวดูดซับที่สมดุล ( $q_e$ ) แปรผันตรงกับความเข้มข้นของสีย้อมเริ่มต้น (ดังแสดงในภาพที่ 2) เนื่องจากตัวดูดซับมีพื้นที่ผิวสูงจึงสามารถรองรับโมเลกุลของสีย้อมผ้าได้ในปริมาณมาก ที่ความเข้มข้นของสีย้อมเริ่มต้น 300 มิลลิกรัมต่อลิตร ตัวดูดซับยังไม่อิ่มตัว และคาดว่าปริมาณการดูดซับยังสามารถเพิ่มขึ้นได้อีก ถึงแม้ความเข้มข้นของสีย้อมเริ่มต้นสูงกว่า 300 มิลลิกรัมต่อลิตร



ภาพที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการดูดซับสีย้อมรีแอคทีฟเรด 120 บนเปลือกส้มโอตัดแปรที่สมดุล ( $q_e$ ) และความเข้มข้นเริ่มต้น ( $C_0$ ) (เวลาการสัมผัส 15 นาที อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส และพีเอช 6.3)

### 3.3 ผลการศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิต่อการดูดซับ

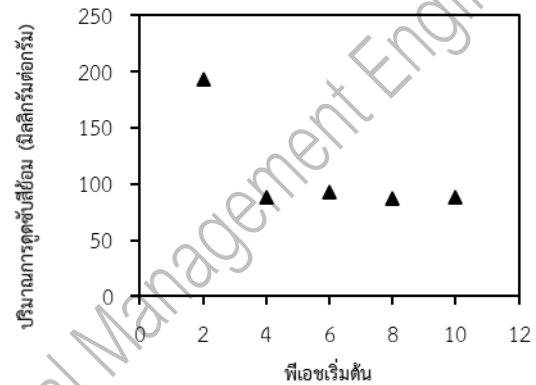
ปริมาณการดูดซับสีย้อมรีแอคทีฟเรด 120 บนตัวดูดซับที่สมดุล ( $q_e$ ) แปรผกผันกับอุณหภูมิ (ดังแสดงในภาพที่ 3) ทั้งนี้เนื่องมาจากการดูดซับเกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาเคมี และเป็นปฏิกิริยาประเภทคายความร้อน (Exothermic reaction) เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นปฏิกิริยาจึงเกิดการย้อนกลับและโมเลกุลสีย้อมเกิดการคายซับ จึงส่งผลให้ปริมาณการดูดซับลดลงเมื่ออุณหภูมิของระบบสูงขึ้น



ภาพที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการดูดซับสีย้อมรีแอคทีฟเรด 120 บนตัวดูดซับ ( $q_e$ ) และอุณหภูมิ (T) (ความเข้มข้นเริ่มต้น 300 มิลลิกรัมต่อลิตร เวลา 15 นาที และพีเอช 6.3)

### 3.4 ผลการศึกษาอิทธิพลของค่าพีเอชเริ่มต้นของสารละลายเริ่มต้นต่อการดูดซับ

ปริมาณการดูดซับสีย้อมรีแอคทีฟเรด 120 บนตัวดูดซับที่สมดุล ( $q_e$ ) แปรผกผันกับค่าพีเอชเริ่มต้นของสารละลาย (ดังแสดงในภาพที่ 4)



ภาพที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการดูดซับสีย้อมรีแอคทีฟเรด 120 บนตัวดูดซับ ( $q_e$ ) และค่าพีเอชเริ่มต้น ( $pH_0$ ) (เวลาสัมผัส 15 นาที ความเข้มข้นเริ่มต้น 300 มิลลิกรัมต่อลิตร อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส)

ที่สภาวะความเป็นกรด มีปริมาณของไฮโดรเนียมไอออน ( $H_3O^+$ ) สูง จึงทำให้สีย้อมเคมีที่มีประจุลบสามารถเข้าไปดูดติดผิวที่ตำแหน่งดูดซับ (Adsorptive site) ที่มีประจุบวกได้ในปริมาณมาก ดังนั้น ปริมาณการดูดซับสูงที่สุดอยู่ที่ค่าพีเอชเริ่มต้นเท่ากับ 2.0 อย่างไรก็ตาม เมื่อทำการเพิ่มค่าพีเอชเริ่มต้นของสารละลาย พบว่า ปริมาณการดูดซับลดลง ทั้งนี้เนื่องมาจากการเพิ่มค่าพีเอชเริ่มต้นของสารละลายเป็นการเพิ่มความเข้มข้นของไฮดรอกไซด์ไอออน ( $OH^-$ ) จึงเกิดสภาวะการแข่งขันการดูดซับบนตำแหน่งที่เฉพาะเจาะจง (Active site) ระหว่างสีย้อมที่มีประจุลบกับไฮดรอกไซด์ไอออน ส่งผลให้ปริมาณการดูดซับลดลง [10]

### 3.5 ผลการศึกษาไอโซเทอมการดูดซับ

การทำนายพฤติกรรมของการดูดซับสีย้อมบนพื้นผิวของตัวดูดซับสามารถทำได้โดยการหาความสัมพันธ์ระหว่างผลการทดลองกับไอโซเทอมการดูดซับ [11] และไอโซเทอมการดูดซับที่เป็นที่รู้จักกันอย่างแพร่หลาย ได้แก่ ไอโซเทอมแลงเมียร์ ซึ่งพฤติกรรมของตัวดูดซับจะอยู่ในลักษณะขั้นเดียว



(Monolayer) ตามสมการที่ (1) และไอโซเทอมฟรุนดลิช ซึ่ง  
พฤติกรรมของตัวดูดซับจะอยู่ในลักษณะหลายชั้น  
(Multilayer) ตามสมการที่ (2)

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{k_L q_{max}} + \frac{C_e}{q_{max}} \quad (1)$$

$$\ln(q_e) = \ln(k_f) + \frac{1}{n} \ln(C_e) \quad (2)$$

เมื่อ  $C_e$  คือความเข้มข้นของสีย้อมรีแอคทีฟเฟรด 120 ที่  
สมดุล หน่วยมิลลิกรัมต่อลิตร (mg/L)  $q_{max}$  คือปริมาณการ  
ดูดซับสีย้อมรีแอคทีฟเฟรด 120 บนตัวดูดซับสูงสุด หน่วย  
มิลลิกรัมต่อกรัม (mg/g)  $k_L$  คือค่าคงที่ไอโซเทอมแลงเมียร์  
หน่วยลิตรต่อมิลลิกรัม  $k_f$  คือค่าคงที่ไอโซเทอมฟรุนดลิช  
หน่วยลิตรต่อกรัม และ  $n$  คือค่าคงที่ไอโซเทอมของการดูด  
ซับแบบฟรุนดลิช

ตารางที่ 1 ค่าคงที่ของไอโซเทอมการดูดซับ

ไอโซเทอม	พารามิเตอร์	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)		
		35	45	55
แลงเมียร์	$q_{max}$ (mg/g)	142.86	138.97	101.96
	$k_L \times 10^3$ (L/mg)	3.80	3.02	3.02
	$R^2$	0.9708	0.9942	0.9905
ฟรุนดลิช	$k_f$ (L/g)	1.41	0.90	0.77
	$n$ (-)	1.36	1.31	1.35
	$R^2$	0.9935	0.9979	0.9952

เมื่อนำผลการทดลองไปพล็อตกับสมการที่ (1) และ (2)  
จะได้ค่าคงที่ของสมการและค่า  $R^2$  ซึ่งบ่งบอกถึงความ  
สอดคล้องของข้อมูล ( $R^2$  เข้าใกล้ 1.0 แสดงว่าผลการทดลอง  
สอดคล้องกับสมการมาก) ดังแสดงในตารางที่ 1 พบว่า ค่า  
 $R^2$  ของทั้งสมการไอโซเทอมแลงเมียร์และไอโซเทอมฟรุนดลิชมี  
ค่าใกล้เคียง 1.0 แสดงว่า พฤติกรรมการดูดซับสีย้อมบน  
พื้นผิวของตัวดูดซับเกิดขึ้นในลักษณะชั้นเดียว (Monolayer)  
และหลายชั้น (Multilayer)

### 3.6 ผลการศึกษาแบบจำลองจลนศาสตร์การดูดซับ

การทำนายกลไกการดูดซับของสีย้อมบนพื้นผิวของตัว  
ดูดซับสามารถทำได้โดยการหาความสัมพันธ์ระหว่างผลการ  
ทดลองกับแบบจำลองจลนศาสตร์การดูดซับ [12] ซึ่ง  
แบบจำลองที่เป็นที่รู้จักกันอย่างแพร่หลาย ได้แก่ สมการ  
ปฏิกิริยาอันดับหนึ่งเทียม ตามสมการที่ (3) และสมการ  
ปฏิกิริยาอันดับสองเทียม (4) ผลการทดลองที่สอดคล้องกับ  
แบบจำลองทั้งสอง แสดงให้เห็นว่า ขั้นตอนการเกิดปฏิกิริยา  
เคมีบนพื้นผิวของตัวดูดซับเกิดขึ้นช้าที่สุด หรือเป็นขั้น

กำหนดอัตรา (Rate of limiting step)

$$\ln(q_e - q_t) = \ln(q_e) - k_1 t \quad (3)$$

$$\frac{t}{q_e} = \frac{1}{k_2 q_e^2} + \frac{t}{q_e} \quad (4)$$

เมื่อ  $k_1$  และ  $k_2$  คือค่าคงที่ของสมการปฏิกิริยาอันดับ  
หนึ่งเทียม หน่วย นาที<sup>-1</sup> (min<sup>-1</sup>) และสองเทียม หน่วยกรัม  
ต่อมิลลิกรัม นาที (g/(mg·min)) ตามลำดับ

เมื่อนำผลการทดลองไปพล็อตกับสมการที่ (3) และ (4)  
จะได้ค่าคงที่ของสมการและค่า  $R^2$  ซึ่งบ่งบอกถึงความ  
สอดคล้องของข้อมูล ( $R^2$  เข้าใกล้ 1.0 แสดงว่าผลการทดลอง  
สอดคล้องกับสมการมาก) ดังแสดงในตารางที่ 2 พบว่า ค่า  
 $R^2$  ของสมการปฏิกิริยาอันดับหนึ่งเทียมน้อยมีค่าน้อยกว่า  
1.0 มาก แสดงว่า ผลการทดลองสอดคล้องกับสมการ  
ปฏิกิริยาอันดับหนึ่งเทียมน้อย ขณะที่ค่า  $R^2$  ของสมการ  
ปฏิกิริยาอันดับสองเทียม มีค่าเท่ากับ 1.0 แสดงว่า ขั้นตอน  
การเกิดปฏิกิริยาเคมีซึ่งเป็นปฏิกิริยาอันดับสองบนพื้นผิวของ  
ตัวดูดซับเกิดขึ้นช้าที่สุด หรือเป็นขั้นกำหนดอัตรา

ตารางที่ 2 ค่าคงที่แบบจำลองเชิงจลนศาสตร์การดูดซับ

แบบจำลอง	พารามิเตอร์	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)		
		35	45	55
ปฏิกิริยา อันดับหนึ่ง เทียม	$q_{e,exp}$ (mg/g)	58.70	59.60	56.09
	$k_1$ (min <sup>-1</sup> )	0.14	0.053	0.07
	$q_{e,cal}$ (mg/g)	36.17	0.052	0.065
ปฏิกิริยา อันดับสอง เทียม	$R^2$	0.9814	0.2317	0.2317
	$k_2$ (g/(mg·min))	0.013	0.71	0.018
	$q_{e,cal}$ (mg/g)	59.88	59.52	56.18
	$R^2$	1.0	1.0	1.0

### 4. สรุปผล (Conclusion)

การกำจัดสีย้อมรีแอคทีฟเฟรด 120 จากน้ำทิ้งโดยใช้เปลือก  
ส้มโอตัดแปรด้วยสารลดแรงตึงผิวเป็นการเพิ่มความสามารถ  
ในการดูดซับสีย้อมประจุลบให้แก่เปลือกส้มโอ โดยปริมาณ  
การดูดซับเกิดขึ้นสูงเท่ากับ 192.61 มิลลิกรัมต่อกรัม ภายใต้  
สภาวะเวลาสัมผัส 15 นาที ความเข้มข้นของสีย้อมเริ่มต้น  
300 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าพีเอชเริ่มต้นของสารละลาย 2.0  
และอุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ผลการทดลองสอดคล้อง  
กับสมการไอโซเทอมแลงเมียร์และไอโซเทอมฟรุนดลิช แสดง  
ว่าการดูดซับเกิดขึ้นทั้งในลักษณะชั้นเดียวและหลายชั้น  
นอกจากนี้ ผลการทดลองสอดคล้องกับสมการปฏิกิริยา



อันดับสองเทียม แสดงว่า กลไกการเกิดปฏิกิริยาที่พื้นผิวของ  
ตัวดูดซับเป็นขั้นกำหนดอัตรา เปลือกส้มโอตัดแปรด้วยสาร  
ลดแรงตึงผิวเป็นตัวดูดซับที่มีศักยภาพสูงในการดูดซับสีรีแอค  
ทีฟเรด 120 จากน้ำทิ้ง

#### 5. กิตติกรรมประกาศ

บทความนี้ได้รับเงินทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนัก  
งบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ 2558 และผู้วิจัย  
ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์  
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานีที่อนุญาตให้ใช้พื้นที่ห้องปฏิบัติการ  
เพื่อดำเนินงานวิจัยจนบรรลุวัตถุประสงค์

#### 6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Yagub M.T., Sen T.K., Afroze, S. and Ang H.M.,  
"Dye and its Removal from Aqueous Solution by  
Adsorption: A Review", *Advances in Colloid and  
Interface Science*, Vol.209. 172-184, 2014
- [2] Wong S., Ghafar N.A., Ngadi, N., Razmi F.A.,  
Inuwa, I.M., and Amin, N.A.S., "Effective Removal  
of Anionic Textile Dyes using Adsorbent  
Synthesized from Coffee Waste", *Scientific  
Reports*, Vol.10. 2928, 2020
- [3] Kumar P., Agnihotri R., and Wasewar K.L., and  
Uslu H. "Status of Adsorptive Removal of Dye  
from Textile Industry Effluent", *Desalination and  
Water Treatment*, Vol.50(1-3). 226-244, 2012
- [4] Katheresan V., Kansedo, J., and Lau S.Y.  
"Efficiency of Various Recent Wastewater Dye  
Removal Methods: A Review", *Journal of  
Environmental Chemical Engineering*, Vol.6(4).  
4676-4697, 2018
- [5] Pai S., Kini M.S., and Selvaraj R., "A Review on  
Adsorptive Removal of Dyes from Wastewater by  
Hydroxyapatite Nanocomposite", *Songklanakarin  
Environmental and Energy Management*, Vol.28.  
11835-11849, 2021
- [6] Djilani C., Zaghdoudi, R., Djazi, F., Bouchekima,  
B., Lallam, A., Modarressi, A., and Rogalski, M.

- "Adsorption of Dyes on Activated Carbon  
Prepared from Apricot Stones and Commercial  
Activated Carbon", *Journal of the Taiwan Institute  
of Chemical Engineering*, Vol.53. 112-121, 2015
- [7] Hameed B.H., Mahmoud, D.K., and Ahmad, A.L.,  
"Sorption of Basic Dye from Aqueous Solution by  
Pomelo (*Citrus Grandis*) Peel in a Batch System,  
*Colloids and Surface A: Physicochemical and  
Engineering*, Vol.316(1-3). 78-84, 2008
- [8] Umpuch C., and Sopasin S., "Biosorption of  
Rhodamine B by Organo-Pomelo Peel: Kinetic,  
Mechanistic, and Thermodynamic Studies",  
*Songklanakarin Journal of Science and  
Technology*, Vol.4(4). 921-927, 2018
- [9] Chaiyaraksa C., Ruenroeng C., Buaphuan, B.,  
and Choksakul S., "Adsorption of Cationic and  
Anionic Dye using Modified Pineapple Peel",  
*Songklanakarin Journal of Science and  
Technology*, Vol.41(1). 199-206, 2019
- [10] Khalaf I.H., Al-Sudani F.T., AbdulRazak A.A.,  
Aldahri T. and Rohani S. "Optimization of Congo  
Red Dye Adsorption from Wastewater by a  
Modified Commercial Zeolite Catalyst using  
Response Surface Modeling Approach". *Water  
Science and Technology*, Vol.83(6). 1363-1383,  
2021.
- [11] Fernandes J.V., Rodrigues, A.M., Menezes,  
R.R., and Neves, G. "Adsorption of Anionic Dye  
on the Acid-Functionalized Bentonite". *Materials  
(Basel)*, Vol.13(16). 3600, 2020.
- [12] Muhammad A., Shah A.A., Bilal S., and Rahman  
G. "Basic Blue Dye Adsorption from Water Using  
Polyaniline/Magnetite ( $Fe_3O_4$ ) Composites: Kinetic  
and Thermodynamic Aspects". *Materials (Basel)*,  
Vol.12(11). 1764, 2019.



## การพัฒนาระบบหมุนเวียนน้ำในบ่อซีเมนต์สำหรับเลี้ยงปลาดุก โดยใช้พลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ Development of Water Circulating System in Catfish Ponds using Electric Power of Solar

ชะกาแก้ว สุตสีซัง<sup>1</sup>, อภิชาติ กระจ่างเฝ้า<sup>2</sup>, ศักดิ์นรินทร์ ชูมาลัยวงศ์<sup>2</sup>, อรรถพล ไยบัว<sup>2</sup>

<sup>1</sup> สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการ

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา

96 ถนนปรีดีพนมยงค์ อ.พระนครศรีอยุธยา จ.พระนครศรีอยุธยา 13000 schakakaew@aru.ac.th

<sup>2</sup> สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา

96 ถนนปรีดีพนมยงค์ อ.พระนครศรีอยุธยา จ.พระนครศรีอยุธยา 13000 apichit99@hotmail.com

### บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์เพื่อสร้างระบบหมุนเวียนน้ำในบ่อซีเมนต์สำหรับเลี้ยงปลาดุกโดยใช้พลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ มีกระบวนการออกแบบ กระบวนการจัดสร้างระบบหมุนเวียนน้ำในบ่อซีเมนต์สำหรับเลี้ยงปลาดุกโดยใช้พลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ จากบ่อปูนซีเมนต์ขนาด 2,000 x 4,000 x 800 มิลลิเมตร (กว้าง x ยาว x สูง) จำนวน 3 บ่อ โดยใช้บ่อที่ 1 เลี้ยงแบบไม่ผ่านระบบหมุนเวียนน้ำ (ไม่มีถังกรองน้ำ) บ่อที่ 2 เลี้ยงผ่านระบบหมุนเวียนน้ำ (มีถังกรองน้ำ) และบ่อที่ 3 เป็นบ่อพักน้ำ และนำพลังงานทดแทนมาประยุกต์ใช้ในระบบหมุนเวียนน้ำในบ่อซีเมนต์สำหรับเลี้ยงปลาดุกโดยใช้พลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ เพื่อช่วยในการประหยัดต้นทุนและพลังงาน สามารถใช้งานได้ในระยะยาวอย่างมีประสิทธิภาพ การประเมินคุณสมบัติของการศึกษา การพัฒนาและทดลองระบบหมุนเวียนน้ำในบ่อซีเมนต์สำหรับเลี้ยงปลาดุกโดยใช้พลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ วัดค่าคุณภาพน้ำ 1.ค่าความเป็นกรด-ด่าง 2.ค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ 3.ค่าสารแขวนลอยที่ละลายอยู่ในน้ำ 4.ค่าความขุ่นใส เพื่อเปรียบเทียบ ทั้ง 2 ระบบมีความแตกต่างกัน จากการทดลองระยะเวลา 35 วันโดยทำการเก็บค่าคุณภาพน้ำทุกๆ 7 วันหลังจากวันที่เริ่มทดลองเลี้ยงลูกปลาดุกในบ่อซีเมนต์ พบว่า บ่อที่เลี้ยงผ่านระบบหมุนเวียนน้ำมีค่าความเป็นกรด-ด่าง (PH) อยู่ในระดับ 5.90-6.10 ซึ่งเป็นระดับที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงสัตว์น้ำ จากการวัดค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำ (DO) อยู่ในระดับ 6.9-7.1 อยู่ในเกณฑ์คือไม่ต่ำกว่า 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ด้านค่าสารแขวนลอยที่ละลายอยู่ในน้ำ (TDS) เมื่อเปรียบเทียบกับบ่อที่ไม่ได้เลี้ยงผ่านระบบหมุนเวียนน้ำแล้วพบว่า สารแขวนลอยที่ละลายอยู่ในน้ำมีค่าต่ำกว่าบ่อที่ไม่ได้เลี้ยงผ่านระบบหมุนเวียนน้ำแสดงว่ามีสารแขวนลอยต่ำกว่าบ่อที่ไม่ได้เลี้ยงผ่านระบบหมุนเวียนน้ำ และค่าความขุ่นใสพบว่า บ่อที่เลี้ยงผ่านระบบหมุนเวียนน้ำมีความใสกว่า บ่อที่ไม่ได้ผ่านระบบหมุนเวียนน้ำ อยู่ในระดับ 41.9-42.8 มิลลิกรัมต่อลิตร

**คำสำคัญ (Key word):** ระบบหมุนเวียนน้ำ , พลังงานไฟฟ้า , แสงอาทิตย์

### ABSTRACT

This study will examine the solar-powered water circulation system in concrete pond for catfish farming. The experiment uses 3 concrete ponds in 2,000 x 4,000 x 800 millimeters size. The first pond does not have water circulation system and water filter tank while the second one uses water circulation system with a water filter tank and the third one is a clarifier. The water circulation system is powered by solar power for the purpose of cost and energy saving and sustainability. The two systems will be compared with pH value, DO value, TDS value and turbidity value. After measuring water quality every 7 days, totally 35 days, it was found that the pond with water circulation system has 5.90-6.10 pH value which is suitable for aquatic animals farming. Furthermore, it has 6.9-7.1 DO value, which is over the standard of 5 milligrams per liter, while its TDS value is lower than the value in the pond without water circulation system. In a similar way, the pond with water circulation system has clearer water at the turbidity value of 41.9-42.8 milligrams per liter.





(Key word): water circulation system, Electric Power, Solar cell

## 1. บทนำ (Introduction)

ประเทศไทยเป็นประเทศทางด้านเกษตรกรรมประชากรส่วนใหญ่ประกอบอาชีพทางการเพาะปลูกเลี้ยงสัตว์และการประมง โดยเฉพาะปลาน้ำจืดซึ่งเป็นแหล่งโปรตีนและเป็นสินค้าส่งออกของประเทศ ปลาที่นิยมเลี้ยงมีอยู่ 2 กลุ่ม คือ ปลากินพืช เช่น ปลานิลแดงปลาสร้อย ปลาช่อน และปลาอินทรี เช่น ปลาดุก ปลาช่อน และปลาหมอ โดยเฉพาะอย่างยิ่งปลาหมอไทยนั้นถือได้ว่าเป็นปลาน้ำจืดที่รู้จักกันแพร่หลายและกำลังได้รับความนิยมในการบริโภคมากขึ้นในปัจจุบันเนื่องจากเป็นปลาที่มีรสชาติดี เนื้อแน่น ถือเป็นปลาที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของไทยชนิดหนึ่งและสามารถพบได้ทุกภาคของประเทศ ปลาหมอไทยมีชื่อเรียกแตกต่างกันในแต่ละท้องถิ่น เช่น ปลาหมอไทย ปลาสะเด็ด และปลาแซ้ง โดยธรรมชาติอาศัยอยู่ในแม่น้ำหนอง บึง และแหล่งน้ำทั่วไปสามารถประกอบอาหารเช่น ทอด ย่าง และนึ่ง หรือแปรรูปผลิตภัณฑ์ได้หลากหลาย เช่น ทำปลาเค็ม ปลาดุกแห้ง และอื่นๆ จึงเป็นที่ต้องการของท้องตลาด

ปลาดุกเป็นปลาน้ำจืดที่เป็นที่รู้จักกันโดยทั่วไป ในประเทศไทยมีพันธุ์ปลาดุกอยู่ 5 ชนิด แต่ที่เป็นที่รู้จักทั่วไปคือ ปลาดุกอูย (*Clarias macrocephalus*) และปลาดุกด้าน (*Clarias batrachus*) ส่วนปลาดุกอูยเทศนั้นจะเป็นชนิดพันธุ์หนึ่งที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจในปัจจุบัน โดยชนิดพันธุ์นี้ได้จากการผสมข้ามสายพันธุ์ระหว่างปลาดุกอูยเทศเมียบกับปลาดุกเทศ (*Clarias gariepinus*) เพศผู้ที่มีถิ่นกำเนิดในทวีปแอฟริกา ผลที่ได้คือสามารถเพาะขยายพันธุ์ได้ดี ลูกที่ได้มีอัตราการเจริญเติบโตรวดเร็ว มีความทนโรคสูง มีรูปร่างลักษณะใกล้เคียงกับปลาดุกอูย จึงทำให้เกษตรกรนำวิธีการผสมข้ามพันธุ์ไปปฏิบัติกันอย่างแพร่หลาย ลูกพันธุ์ที่เกิดจากคู่ผสมนี้กรมประมงให้ชื่อว่า ปลาดุกอูยเทศ หรือ บิ๊กอูย หรือ อูยบ่อ ชาวบ้านเรียกกันว่า ปลาดุกบิ๊กอูย (กรมประมง.2563)

จากการเพาะเลี้ยงปลาดุกในประเทศไทย (กรมประมง. 2563) ถูกจัดอยู่ในอันดับสองรองจากผลผลิตปลานิลโดยคิดเป็นร้อยละ 27 (โดยประมาณ) ของผลผลิตจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในประเทศไทย พื้นที่การเพาะเลี้ยงจำนวนผู้เลี้ยง และผลผลิตมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น สถานการณ์ปัจจุบันมีพื้นที่เพาะเลี้ยงปลาดุก 96,675.72 ไร่ และมีเกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงปลาดุก 49,384 ราย (ข้อมูลจากระบบภูมิสารสนเทศประมง (Fisheries Map) ณ วันที่ 31 สิงหาคม 2561) รูปแบบการเลี้ยงส่วนใหญ่เป็นการเลี้ยงปลาดุกในบ่อดิน ต่อมาได้ดัดแปลงใช้ แผ่นพลาสติกปูพื้นก้นบ่อ และมีการเลี้ยงปลาดุกในบ่อซีเมนต์

สำหรับการเลี้ยงปลาดุกในแหล่งน้ำธรรมชาตินั้นทำให้จำนวนของปลาดุกในปัจจุบันลดน้อยลง เนื่องมาจากการ

เปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมแหล่งน้ำธรรมชาติเสื่อมโทรมมากขึ้น หรือการนำน้ำจากแหล่งน้ำไปใช้เพื่อประโยชน์ทางด้านอื่น จึงส่งผลให้ราคาของปลาดุกสูงขึ้น จากสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไปทำให้การเลี้ยงปลาดุกในแหล่งน้ำธรรมชาติเป็นวิธีการที่ได้ผลผลิตต่ำ และต้องใช้เนื้อที่ในการเลี้ยงที่มีบริเวณกว้างประกอบกับราคาที่ดินสูงขึ้น ทำให้พื้นที่การเลี้ยงปลาดุกลดลง ปัจจุบันมีการประยุกต์การเลี้ยงปลาดุกกันในรูปแบบต่างๆ เช่น การเลี้ยงปลาดุกในกระชัง การเลี้ยงปลาดุกในบ่อพลาสติก ซึ่งกำลังได้รับความนิยมมากขึ้น และการเลี้ยงปลาดุกในบ่อซีเมนต์เหมาะสำหรับผู้เลี้ยงที่มีพื้นที่จำกัด กำลังได้รับความนิยมในวงกว้าง เพราะสามารถดูแลง่าย และการทำไม่ยุ่งยาก ได้เริ่มมีการเพาะเลี้ยงปลาดุกในระบบการเลี้ยงแบบบ่อซีเมนต์ในเชิงธุรกิจ เพื่อจำหน่ายปลาเนื้อหรือเพื่อจำหน่ายลูกปลา การเลี้ยงปลาในบ่อซีเมนต์นั้นจะต้องมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำออกเป็นระยะ เพื่อป้องกันการเน่าเสียของน้ำ และยังส่งผลให้ปลาเจริญเติบโตดีขึ้นเนื่องจากปลาจะมีการกินอาหารที่ดีขึ้น น้ำที่เปลี่ยนถ่ายนั้นจะต้องมีคุณภาพของน้ำที่ไม่แตกต่างจากน้ำในบ่อเดิมมากนัก และจะต้องเป็นน้ำที่สะอาดไม่ทำให้ปลาในบ่อเป็นโรค รวมถึงการเพิ่มอากาศภายในบ่อ ส่งผลให้ต้นทุนการผลิตมีค่าสูงขึ้นสิ้นเปลืองการใช้พลังงานในระบบการเติมอากาศ ซึ่งพลังงานแสงอาทิตย์ถือว่าเป็นพลังงาน ทดแทนรูปแบบหนึ่งที่มีศักยภาพในการผลิตไฟฟ้า เพื่อทดแทนพลังงานจากฟอสซิลเป็นพลังงานสะอาด ปราศจากมลพิษ พบว่าประเทศไทยมีศักยภาพการใช้ ประโยชน์จากพลังงานแสงอาทิตย์สูง

ในปัจจุบันศูนย์การเรียนรู้ บ้านสวนขวัญ ตำบลคลองจิก อำเภอบางปะอิน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา นำปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงตามแนวพระราชดำริของพระบาทสมเด็จพระปรมินทรมหาภูมิพลอดุลยเดช มีการนำปลาดุกมาเลี้ยงเป็นอาชีพเสริมและนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเป็นต้นแบบให้กับประชาชนในชุมชนและพื้นที่ใกล้เคียง จากการสัมภาษณ์ผู้เพาะเลี้ยงได้ประสบปัญหาน้ำในบ่อซีเมนต์ที่เลี้ยงปลาดุก มีกลิ่นเหม็น ชุน ทำให้ต้องเปลี่ยนถ่ายน้ำอยู่บ่อยครั้งไม่มีเวลาในการทำเกษตรอื่นๆ เนื่องจากศูนย์การเรียนรู้ บ้านสวนขวัญ ตำบลคลองจิก อำเภอบางปะอิน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ได้มีการทำเกษตรแบบผสมผสาน (วรวรรณ ธัญสิริพิสิฐ.2561)

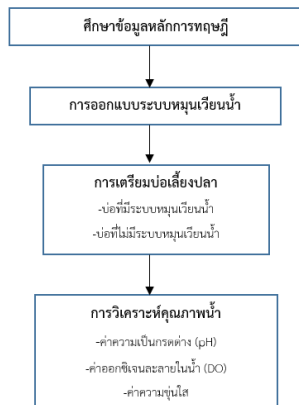
จากปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยคิดว่าควรจัดทำการพัฒนา ระบบหมุนเวียนน้ำในบ่อซีเมนต์สำหรับเลี้ยงปลาดุกโดยใช้พลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ควบคุมด้วยโปรแกรมระบบอัตโนมัติ เพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำในบ่อซีเมนต์เลี้ยงปลาดุกและเป็นการนำเทคโนโลยีสู่ชุมชนเป็นต้นแบบ ซึ่งผู้วิจัยคาดว่าผลที่ได้ จากการทดลองจะเป็นประโยชน์ต่อชุมชน เป็น



แนวทางในการพัฒนาระบบหมุนเวียนน้ำในบ่อซีเมนต์สำหรับ  
เลี้ยงปลาโดยใช้พลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ รวมทั้งเป็น  
การช่วยยกระดับคุณภาพชีวิตของชาวบ้านชุมชนคลองจิกให้  
ดีขึ้น และเป็นการนำเทคโนโลยีสู่ชุมชนอีกทางหนึ่งด้วย

## 2. วิธีวิจัย (Research Methodology)

ในการออกแบบและสร้างแบบระบบหมุนเวียนน้ำในบ่อ  
ซีเมนต์สำหรับเลี้ยงปลาโดยใช้พลังงานไฟฟ้าจาก  
แสงอาทิตย์มีขั้นตอนการดำเนินงานและวิธีการทดลอง  
ดังต่อไปนี้



ภาพที่ 1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

### 2.1 ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับหลักการการเติมอากาศใน บ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

จากการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับบ่อเลี้ยงปลาดุก  
ของชุมชนนั้น พบว่าประสบปัญหาด้านคุณภาพของน้ำ ซึ่งมี  
กลิ่นเหม็นและขุ่นซึ่งไม่เหมาะกับการเลี้ยงปลาน้ำจืด ที่มี  
ปัจจัยที่เกี่ยวข้องหลายอย่างที่ต้องคำนึงถึง เพราะหากมีการ  
เพาะเลี้ยงปลาน้ำจืดในบ่อปิดจะเห็นได้ ว่า ปริมาณออกซิเจน  
ที่ละลายในน้ำ (Dissolved oxygen, DO) ถือเป็นปัจจัยที่  
สำคัญในลำดับต้นๆ ที่ต้องคำนึงถึง เนื่องจากเป็นปัจจัยที่  
ส่งผลต่อคุณภาพของน้ำโดยตรง และเกี่ยวข้องกับการเติบโต  
ของสัตว์น้ำในบ่อเพาะเลี้ยง หากในระบบไม่มีออกซิเจน  
ไหลเวียนจะส่งผลให้ ปริมาณออกซิเจนในน้ำไม่เพียงพอต่อ  
กระบวนการ หายใจของสัตว์น้ำ รวมถึงกลุ่มจุลินทรีย์ที่  
ต้องการ ออกซิเจนเพื่อกระบวนการย่อยสลายของเสีย  
อินทรีย์ใน น้ำ ส่งผลให้น้ำในบ่อมีคุณภาพดีและลดการเน่า  
เสียของน้ำ ชุมชนจึงได้หาวิธีการ เพื่อลดการเน่าเสียของน้ำ  
ในการเพาะเลี้ยง โดยการเปลี่ยนถ่ายน้ำ ซึ่งวิธีการนี้ทำให้เกิด  
การสิ้นเปลืองน้ำและยังทำให้ต้นทุนในการเลี้ยงปลาเพิ่ม  
สูงขึ้น ทางผู้วิจัยได้เล็งเห็นถึงปัญหาที่เกิดขึ้น จึงได้มีแนวทาง  
ในการแก้ไขปัญหาโดยวิธีการเพิ่มระบบหมุนเวียนน้ำในบ่อ  
ซีเมนต์สำหรับเลี้ยงปลา เพื่อช่วยลดจำนวนครั้งในการเปลี่ยน  
ถ่ายน้ำน้อยลง

### 2.2 ศึกษาการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีพลังงาน แสงอาทิตย์

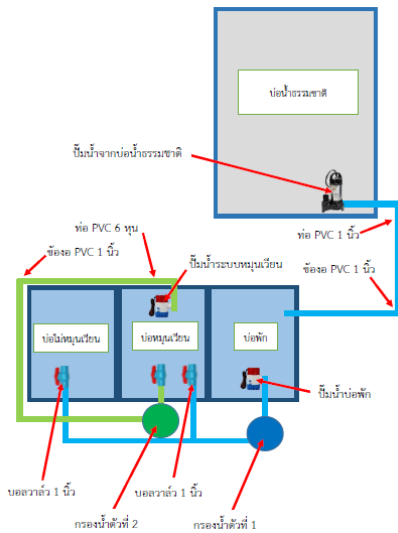
จากการศึกษาข้อมูลด้านค่าพลังงานแสงอาทิตย์ ของ  
จังหวัดพระนครศรีอยุธยา มีความเข้มรังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ย  
ทั้งปีประมาณ 18.2 เมกะจูลต่อตารางเมตร ซึ่งมีศักยภาพใน  
การผลิตไฟฟ้าได้เป็นอย่างดี พลังงานแสงอาทิตย์เป็นอีกหนึ่ง  
พลังงานทางเลือก เหมาะกับการนำไปใช้ในชุมชน เพื่อให้เกิด  
ประสิทธิภาพ และเพื่อลดค่าใช้จ่ายในครัวเรือน  
ตารางที่ 1 คุณสมบัติของเซลล์แสงอาทิตย์ประเภทต่าง ๆ

ประเภท	crystalline Silicon		Thin Film
	Mono	Poly	
ประสิทธิภาพแผง เซลล์แสงอาทิตย์	15-20 %	13-16 %	7-13 %

ซึ่งเทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์สามารถติดตั้งและ ใช้  
งานได้ง่าย ต้นทุนไม่สูงมาก เหมาะแก่การใช้งาน ในครัวเรือน  
หรือชุมชน คือ เซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ (PV Stand  
alone system) เป็นระบบผลิตไฟฟ้าที่ได้รับ การออกแบบ  
สำหรับใช้งานโดยไม่จำเป็นต้องมีระบบ สายส่งไฟฟ้า  
สามารถใช้ร่วมกับอุปกรณ์ต่างๆ เช่น ปั้มน้ำหรืออุปกรณ์  
ประเภทมอเตอร์ต่างๆ ระบบสำคัญประกอบด้วยแผงเซลล์  
แสงอาทิตย์ 320 วัตต์ จำนวน 2 แผง อุปกรณ์ ควบคุม การ  
เก็บประจุ แบตเตอรี่ Solar Deep Cycle 100 AH 12 โวลต์  
และอุปกรณ์เปลี่ยน ระบบไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้า  
กระแสสลับแบบอิสระ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาการนำ  
เซลล์แสงอาทิตย์มาประยุกต์ใช้เป็นแหล่งกำเนิดพลังงาน ใน  
ระบบหมุนเวียนน้ำสำหรับบ่อเลี้ยงปลา

### 2.3 การออกแบบระบบการหมุนเวียนและขนาดท่อ

ท่อพีวีซีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 นิ้ว ใช้สำหรับ  
ติดตั้งกับบ่อซีเมนต์เลี้ยงปลาเพื่อใช้ในการหมุนเวียนน้ำ ทำ  
การเจาะรูท่อเพื่อใช้ในการหมุนเวียนของน้ำ และ ติดตั้ง  
ระบบกรองน้ำไหลเวียน ทำการติดตั้งท่อน้ำทั้งบริเวณ  
ด้านข้างบ่อ ติดตั้งปั้มน้ำระบบหมุนเวียน 12 VDC 108 W  
จำนวน 2 ตัว แผงเซลล์แสงอาทิตย์ 320 วัตต์ จำนวน 2 แผง  
ทำการติดตั้งระบบหมุนเวียนน้ำ โดยใช้เซลล์แสงอาทิตย์เป็น  
แหล่งพลังงาน แสดงดังภาพที่ 3 ทำการ ทดลอง  
เปรียบเทียบกับบ่อซีเมนต์ไม่มีระบบหมุนเวียนน้ำ



ภาพที่ 3 การออกแบบระบบหมุนเวียนและขนาดท่อ

## 2.4 การเตรียมบ่อเลี้ยงปลา

ใช้บ่อซีเมนต์ กว้าง 200 เซนติเมตร ยาว 400 เซนติเมตร สูง 80 เซนติเมตร ทำการเตรียมบ่อซีเมนต์ สำหรับเลี้ยงปลา โดยล้างบ่อซีเมนต์ด้วยน้ำสะอาด ตากบ่อให้แห้ง 1 สัปดาห์ เติมน้ำในบ่อซีเมนต์ ซึ่งน้ำที่ใช้เลี้ยงปลา เป็นน้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติ นำมาพักที่พักน้ำ บ่อที่ 1



ภาพที่ 2 บ่อซีเมนต์สำหรับเลี้ยงปลา

(ก) การเตรียมบ่อ

(ข) ปล่อยน้ำสำหรับเลี้ยงปลา

## 2.5 การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

ทำการตรวจสอบวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำ เบื้องต้นก่อนทำการทดลอง ผลจากการวิเคราะห์แสดงดัง ตารางที่ 2 จากตารางการวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำ พบว่าค่าความเป็นกรดต่าง (pH) ของน้ำเริ่มต้น ค่าความขุ่นใส ความเป็นต่าง รวมถึงความกระด้างของน้ำ เป็นค่าที่เหมาะสมในการเพาะเลี้ยงปลาน้ำจืด และทำการ ตรวจสอบวิเคราะห์คุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลาทุกสัปดาห์ จำนวนทั้งสิ้น 5 สัปดาห์ ได้แก่ ค่า pH โดยใช้เครื่อง pH meter เก็บข้อมูลตลอดระยะเวลาการเลี้ยง และทำการวิเคราะห์ค่าปริมาณ

ออกซิเจนที่ ละลายในน้ำ (DO) หลังการเพาะเลี้ยง ด้วยเครื่อง Oxygen meter รวมทั้งทำการวิเคราะห์ค่าความขุ่นใสของน้ำ ด้วยเครื่องวัดความขุ่นในน้ำ Turbidity Meter ตารางที่ 2 คุณสมบัติของน้ำเบื้องต้น ศูนย์การเรียนรู้ บ้านสวนขวัญ ตำบลคลองจิก อำเภอบางปะอิน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

คุณสมบัติของน้ำ	ค่าคุณสมบัติของน้ำ
ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)	6.4
ค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ(DO) (Mg/L)	4.9
ค่าความขุ่นใส (Mg/L)	0.48

## 3. ผลการวิจัย (Results) และอภิปรายผล (Discussion)

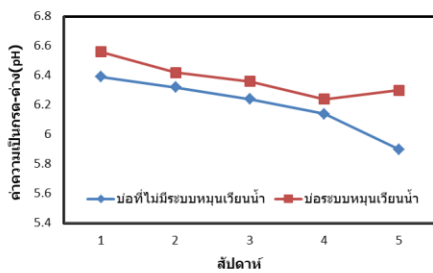
จากการทดลองระบบหมุนเวียนน้ำโดยใช้เซลล์แสงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานทางเลือก เปรียบเทียบกับระบบการเลี้ยงแบบไม่มีระบบหมุนเวียนน้ำ แต่ใช้วิธีการเปลี่ยนถ่ายน้ำจากบ่อซีเมนต์ทุก 1 สัปดาห์ ระยะเวลาการเลี้ยง 35 วัน

ปริมาณการใช้น้ำสำหรับการเปลี่ยนถ่ายน้ำในบ่อซีเมนต์ในระบบหมุนเวียนน้ำโดยใช้เซลล์แสงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงาน ทำการเลี้ยงโดยการเปลี่ยนถ่ายน้ำออกจากบ่อเลี้ยง 3 ส่วนใน 4 ส่วน และเติมน้ำในบ่อเท่าปริมาตรเดิมทุกๆ 1 เดือน ระยะเวลาการเลี้ยง 35 วัน คิดเป็นปริมาณน้ำสิ้นเปลืองจากการเปลี่ยนถ่ายน้ำตลอดระยะเวลาการเลี้ยงค่อนข้างมีปริมาณมาก ซึ่งปริมาณการใช้น้ำสิ้นเปลืองในการเปลี่ยนถ่ายน้ำในบ่อที่ไม่มีระบบหมุนเวียนน้ำ โดยการเปลี่ยนถ่ายน้ำ 3 ส่วนใน 4 ส่วน ทุกๆ 1 สัปดาห์ ระยะเวลาการเลี้ยง 35 วัน คิดเป็นปริมาณน้ำสิ้นเปลืองจากการเปลี่ยนถ่ายน้ำตลอดระยะเวลาการเลี้ยงนั้นลดน้อยลง

ทำการตรวจสอบวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดต่าง(pH) ของน้ำจากการเลี้ยงปลาจากบ่อซีเมนต์ระบบหมุนเวียนน้ำ และบ่อที่ไม่มีระบบหมุนเวียนน้ำ พบว่าค่า pH เริ่มต้นของน้ำมีค่า  $6.4 \pm 0.1$  ซึ่งถือว่าคุณภาพของน้ำมีความเหมาะสมกับการเพาะเลี้ยงปลาน้ำจืด ซึ่งอยู่ในช่วง 6.5 – 8.5 (มันสินและไพพรรณ, 2539) หลังจากทดลองเลี้ยงในช่วงแรกการวิเคราะห์คุณภาพของน้ำในบ่อ พบว่า pH มีค่าลดลงในระบบการเลี้ยงทั้ง 2 ระบบแต่ค่า pH ในบ่อที่ไม่มีระบบหมุนเวียนน้ำ มีค่า pH ต่ำกว่าบ่อซีเมนต์ที่มีระบบหมุนเวียนน้ำ และ pH จะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อทำการเปลี่ยนถ่ายน้ำออกจากระบบทั้ง 2 ระบบ ค่า pH ของน้ำในระบบที่ไม่มีมีการหมุนเวียนน้ำมีค่าลดลงต่ำสุดถึง 5.90 แสดงถึงสภาวะเป็นกรดของน้ำเพิ่มขึ้น และมีค่า pH สูงสุดที่ 6.39 สำหรับระบบหมุนเวียนน้ำมีค่า pH ค่อนข้างคงที่ในช่วง 6.30 – 6.56 แต่อย่างไรก็ตามระบบการเพาะเลี้ยงปลาในบ่อซีเมนต์ทั้ง 2 ระบบค่า pH

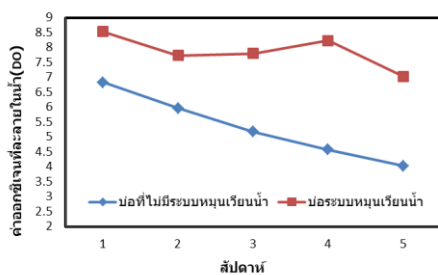


ของบ่อบรรเทาหมุนเวียนน้ำและบ่อที่ไม่มีระบบหมุนเวียนน้ำตลอดการทดลอง ยังคงเป็นค่าที่เหมาะสมสำหรับการเพาะเลี้ยงปลาและไม่ก่อให้เกิดมลพิษสอดคล้องตามคู่มือการประเมินน้ำทิ้งและปริมาณมลพิษจากกิจกรรมการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ(กรมควบคุมมลพิษ, 2554) ภาพที่ 4 แสดงค่า pH เฉลี่ยในแต่ละสัปดาห์ในบ่อบรรเทาหมุนเวียนน้ำและบ่อที่ไม่มีระบบหมุนเวียนน้ำ พบว่าบ่อที่มีระบบหมุนเวียนน้ำค่า pH ลดลงเล็กน้อยเมื่อระยะเวลาการเลี้ยงเพิ่มขึ้น และเมื่อมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำส่งผลให้ค่า pH เพิ่มขึ้น ความแตกต่างของค่า pH ในแต่ละสัปดาห์ค่อนข้างคงที่ น้ำมีกลิ่นคาวเล็กน้อยแตกต่างจากน้ำในระบบที่ไม่มีหมุนเวียนน้ำ น้ำมีกลิ่นเหม็นที่รุนแรงกว่าและสีของน้ำค่อนข้างเข้มกว่าในระบบที่มีการหมุนเวียนน้ำ



ภาพที่ 4 ค่าความเป็นกรดต่าง(pH) เฉลี่ยในแต่ละสัปดาห์ของน้ำจากการเลี้ยงปลาในบ่อซีเมนต์

จากการศึกษาคุณภาพของน้ำในบ่อซีเมนต์ระบบหมุนเวียนน้ำ และบ่อที่ไม่มีระบบหมุนเวียนน้ำ เป็นเวลา 35 วัน พบว่า ค่าออกซิเจนที่ละลายน้ำ (DO) ของระบบหมุนเวียนน้ำมีค่าสูงกว่าระบบที่ไม่มีระบบหมุนเวียนน้ำ ในสัปดาห์ที่ 5 คือ 7.03 และ 4.03 ตามลำดับ ตามภาพที่ 5 การใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานเพื่อใช้ในการหมุนเวียนน้ำทำให้น้ำมีการเคลื่อนที่ไหลวน และไหลผ่านระบบกรองของเสียอินทรีย์ ทำให้มีปริมาณของออกซิเจนละลายในน้ำสูงซึ่งเป็นสภาวะที่เหมาะสมในการหายใจของปลา ปริมาณออกซิเจนมากกว่าระบบน้ำนิ่ง มีผลต่ออัตราการรอดของปลา และยังส่งผลทำให้การเจริญเติบโตและประสิทธิภาพในการกินอาหารเพิ่มขึ้น



ภาพที่ 5 ค่าออกซิเจนที่ละลายน้ำ (DO) เฉลี่ยในแต่ละสัปดาห์ของน้ำจากการเลี้ยงปลาในบ่อซีเมนต์

จากการศึกษาคุณภาพของน้ำในบ่อซีเมนต์ระบบหมุนเวียนน้ำ และบ่อที่ไม่มีระบบหมุนเวียนน้ำ เป็นเวลา 35 วัน พบว่า ค่าความขุ่นใส ของระบบหมุนเวียนน้ำมีค่าสูงกว่าระบบที่ไม่มีระบบหมุนเวียนน้ำ ในสัปดาห์ที่ 5 คือ 42.26 และ 60.40 ตามลำดับ การใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานเพื่อใช้ในการหมุนเวียนน้ำทำให้น้ำมีการเคลื่อนที่ไหลวน และไหลผ่านระบบกรองของเสียอินทรีย์ ทำให้มีค่าความขุ่นใสของน้ำดีขึ้น

#### 4. สรุปผล (Conclusion)

จากการทดลองระบบหมุนเวียนน้ำในบ่อซีเมนต์สำหรับการเพาะเลี้ยงปลา โดยทำการเปรียบเทียบ บ่อซีเมนต์ที่มีระบบหมุนเวียนน้ำ กับ บ่อซีเมนต์ที่ไม่มีระบบหมุนเวียนน้ำ พบว่า บ่อซีเมนต์ที่มีระบบหมุนเวียนน้ำนั้น มีจำนวนการเปลี่ยนถ่ายน้ำ จำนวนลดน้อยลงกว่าบ่อที่ไม่มีระบบหมุนเวียนน้ำตลอดระยะเวลาการเลี้ยง 35 วัน ซึ่งจากการวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำระหว่างทำการเพาะเลี้ยงทั้ง 2 ระบบพบว่า ค่าความเป็นกรดต่าง(pH) และค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ(DO) ของน้ำยังคงอยู่ในช่วงที่เหมาะสมในการเพาะเลี้ยงปลา ระบบที่มีการไหลเวียนของน้ำค่าความขุ่นใสมีค่าที่ดีขึ้น ส่งผลให้ปลากินอาหารได้ดีขึ้น จะเห็นได้ว่าระบบหมุนเวียนน้ำโดยใช้พลังงานทดแทนจากแสงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับระบบหมุนเวียนน้ำในการเพาะเลี้ยงปลาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

#### 6. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา ในการสนับสนุนงบประมาณโครงการยุทธศาสตร์เพื่อพัฒนาท้องถิ่น การวิจัยในครั้งนี้

#### 7. เอกสารอ้างอิง

- [1] กชพร กฤตยานันต์. การพัฒนาระบบหมุนเวียนน้ำแบบปิดขนาดเล็กสำหรับการเลี้ยงปลาน้ำจืด. กรุงเทพฯ: คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2554
- [2] กรมควบคุมมลพิษ. (2554). คู่มือการประเมินน้ำทิ้งและปริมาณมลพิษจากกิจกรรมการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ. สำนักจัดการคุณภาพน้ำ. กรมควบคุมมลพิษ. กรุงเทพฯ. หน้า 67.
- [3] กรมประมง. (2563). เอกสารประกอบการฝึกอบรมโครงการพัฒนาศักยภาพกระบวนการผลิตและการแปรรูปสัตว์น้ำ. ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ. กรมประมง.
- [4] เดชา นาวานุเคราะห์. และ ชลิต อินทรรัตน์. การศึกษาการเจริญเติบโตของปลาดุกอุยเทศที่เลี้ยงในบ่อคอนกรีตกลมด้วย อัตราปล่อยที่ต่างกัน. พิษณุโลก: สถาบัน



เทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตพิษณุโลก. 2543.

- [5] มั่นสิน ตูชัน ทูลเวศม์ และไพพรรณ พรประภา.  
(2539).การจัดการคุณภาพน้ำและการบำบัดน้ำเสียในบ่อ  
เลี้ยงปลาและสัตว์น้ำอื่นๆ.สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัย  
ธรรมศาสตร์.กรุงเทพฯ. หน้า 214.
- [6] ผกามาศ ออมสิน, ภาศกร รักกลัด, และ ยุพิน พูนดี.  
การจัดการคุณภาพน้ำในการเลี้ยงปลานิลแดงโดยระบบ  
หมุนเวียนน้ำผ่านบึงประดิษฐ์. พิษณุโลก: มหาวิทยาลัย  
นเรศวร. 2548.พลู สงห์อ่อน. วิธีการเลี้ยงปลาตกในบ่อ  
ปูน. ขอนแก่น: 2553.



## การศึกษาการกระจายตัวของคลื่นไมโครเวฟในเครื่องอบแห้งด้วยไมโครเวฟแบบสายพาน

### A Study of Microwave Distribution in Belt-conveyor Microwave Dryer

กฤษณ์ อภิญาวิศิษฐ์<sup>\*1</sup>, สุวิทย์ แพงกันยา<sup>2</sup>, ปฎิวัติ คมวชิรกุล<sup>1</sup>

<sup>1</sup> สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร  
1381 ถนนประชากรราษฎร์ 1 เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800  
krit.a@rmutp.ac.th

<sup>2</sup> สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร  
1381 ถนนประชากรราษฎร์ 1 เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800

#### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการกระจายตัวของคลื่นไมโครเวฟในห้องอบแห้งเพื่อพัฒนาเครื่องอบแห้งด้วยไมโครเวฟแบบสายพาน ห้องอบแห้งมีขนาดความกว้าง 90 cm ความยาว 30 cm และความสูง 30 cm ห้องอบแห้งติดตั้งแมกนีตรอนขนาด 800 W จำนวน 2 ตัวที่ตำแหน่งด้านบนของห้องอบแห้ง จากการศึกษาพบว่า การกระจายคลื่นไมโครเวฟที่สม่ำเสมอพบในบริเวณตรงกลางของห้องอบแห้ง เงื่อนไขการอบแห้งที่กำลังไมโครเวฟ 600 W มีการกระจายของคลื่นไมโครเวฟที่สม่ำเสมอ การรั่วไหลของคลื่นอยู่ในมาตรฐานความปลอดภัยของคลื่นไมโครเวฟของ The US Department of Health and Human Services การศึกษานี้สามารถเป็นแนวทางในการออกแบบเครื่องอบแห้งด้วยไมโครเวฟแบบสายพานได้ในอุตสาหกรรม  
คำสำคัญ: เครื่องอบแห้ง; ไมโครเวฟ; สายพานลำเลียง

#### Abstract

This research is the study of microwave distribution in the drying chamber to develop the belt-conveyor microwave dryer. The dimensions of the drying chamber are 90 cm width, 3 cm length and 30 cm height. Two 800 W magnetrons were installed at the top of the chamber. It was found that the uniform of microwave distribution was observed at the center area of drying chamber. The uniform microwave distribution in the drying chamber at 600 W is achieved. A microwave leakage from the prototype is within the microwave oven safety standard of the US Department of Health and Human Services. This study can be used as a guideline for an industrial design for belt-conveyor microwave dryer.

**Keywords:** Dryer; Microwave; Belt conveyor

#### 1. บทนำ

ในปัจจุบันมีการศึกษาการใช้เทคนิคไมโครเวฟไปใช้ในการแปรรูปผลไม้และผักอย่างแพร่หลาย เช่น ผลไม้อบแห้ง ซึ่งมีประโยชน์และมีไขมันต่ำจึงทำให้เป็นที่นิยมของผู้บริโภคที่รักสุขภาพ จากงานวิจัยที่ผ่านมาการแห้งผลไม้อบแห้งที่ใช้เทคนิคไมโครเวฟประสบความสำเร็จในด้านการลดเวลาและพลังงานในกระบวนการอบแห้ง ผลิตภัณฑ์อบแห้งมีคุณภาพสูงเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอบแห้งด้วยลมร้อนซึ่งเป็นที่นิยมในปัจจุบัน จากงานวิจัยรูปแบบการใช้เทคนิคไมโครเวฟ เช่น การอบแห้งโดยใช้ไมโครเวฟร่วมกับลมร้อน การอบแห้งด้วยไมโครเวฟร่วมกับรังสีอินฟราเรด และ

การอบแห้งด้วยไมโครเวฟภายใต้ความดันสุญญากาศ เป็นต้น ข้อดีของไมโครเวฟคือทำให้วัสดุในการอบแห้งมีอุณหภูมิสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว ส่งผลทำให้อัตราการถ่ายเทมวลสูงขึ้นตามไปด้วย จึงทำให้ลดระยะเวลาและพลังงานในการอบแห้งเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอบแห้งด้วยลมร้อนเพียงอย่างเดียว [1,2]

ในปัจจุบันเทคโนโลยีการทำความร้อนด้วยไมโครเวฟในประเทศไทยส่วนใหญ่ยังใช้ในระดับอุตสาหกรรมขนาดเล็กและระดับครัวเรือน จากข้อดีดังกล่าวจึงทำให้นักวิจัยได้พัฒนาเครื่องอบแห้งเชิงพาณิชย์ เช่น เครื่องอบแห้งด้วยไมโครเวฟความดันสุญญากาศ เครื่องอบแห้งไมโครเวฟแบบ



ระบบสายพานลำเลียง เป็นต้น เครื่องอบแห้งด้วยไมโครเวฟแบบระบบสายพานลำเลียงมีข้อดีคือ สามารถอบแห้งผลิตภัณฑ์ได้อย่างต่อเนื่องจึงเหมาะสำหรับการพัฒนาไปยังอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ต่อไป อีกทั้งการอบแห้งด้วยไมโครเวฟแบบสายพานลำเลียงยังสามารถลดปัญหาการกระจายคลื่นไมโครเวฟในห้องอบแห้งที่ไม่สม่ำเสมอได้อีกด้วย ซึ่งเป็นข้อเสียของการใช้เทคนิคไมโครเวฟ

การนำไมโครเวฟมาประยุกต์ใช้ในการอบแห้งจำเป็นต้องคำนึงการออกแบบเป็นสำคัญ เนื่องจากปัญหาการกระจายคลื่นไมโครเวฟที่ไม่สม่ำเสมอ จึงส่งผลกระทบต่ออุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ การออกแบบระบบไมโครเวฟมีความซับซ้อน จำเป็นต้องใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เข้ามาช่วยในการทำนายการกระจายตัวของคลื่นไมโครเวฟ จากงานวิจัยปัจจุบันได้มีการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการอบแห้งด้วยไมโครเวฟร่วมกับลมร้อน [3-5] ซึ่งสามารถลดปัญหาความไม่สม่ำเสมอได้ แต่อย่างไรก็ตามแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ยังมีข้อจำกัดอยู่มากเช่น การทำนายการกระจายคลื่นไมโครเวฟในห้องอบแห้งที่วัสดุมีการเคลื่อนที่ในกรณีเครื่องอบแห้งแบบสายพานลำเลียงซึ่งทำให้มีความซับซ้อนของแบบจำลอง อีกทั้งโปรแกรมที่ใช้ในการทำนายการกระจายตัวของคลื่นไมโครเวฟมีราคาค่อนข้างสูง การสร้างต้นแบบห้องอบแห้งเพื่อใช้ในการทดลองจึงจำเป็นในการออกแบบ

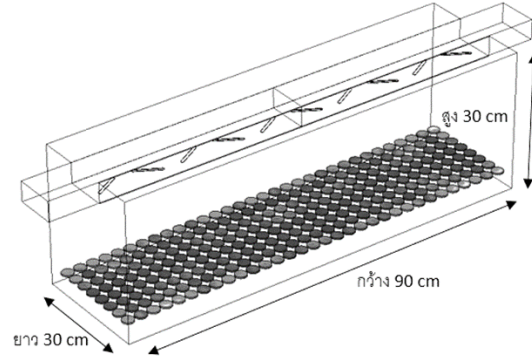
จากบทความที่กล่าวมาข้างต้น งานวิจัยนี้จึงมีความสนใจที่จะออกแบบพัฒนาเครื่องอบแห้งด้วยไมโครเวฟแบบสายพาน และทดสอบการกระจายตัวของไมโครเวฟรวมทั้งตรวจสอบความปลอดภัยของการรั่วไหลของเครื่องอบแห้งด้วยไมโครเวฟ

## 2. วิธีวิจัย

### 2.1 การออกแบบ

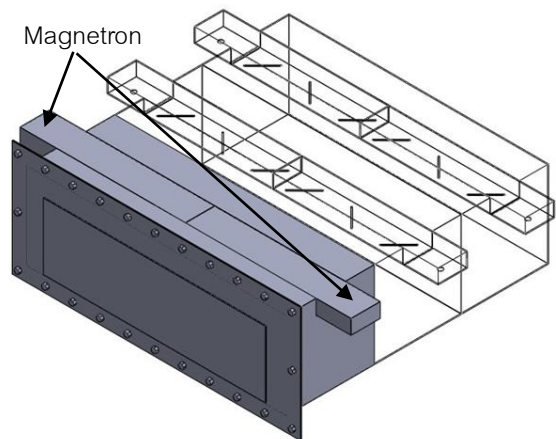
ในการออกแบบผู้วิจัยได้ใช้แมกนีตรอนขนาดกำลังไมโครเวฟ 800 W ความถี่ 2.45 GHz ซึ่งเป็นกำลังไมโครเวฟที่ใช้โดยทั่วไปในครัวเรือนและหาซื้อได้ง่ายราคาถูก ติดตั้งกับท่อนำคลื่น (Waveguide) WR340 ขนาดพื้นที่หน้าตัดของท่อ ความกว้าง 43×86 cm และความยาวของท่อนำคลื่น 130.8 cm โดยท่อนำคลื่นได้พัฒนามาจากงานวิจัยของเมธลOUTH และคณะ (2010) [4] ที่ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการทำนายการกระจายของคลื่นไมโครเวฟในห้องอบแห้งแบบสายพาน แต่ยังมีข้อจำกัดในการเปรียบเทียบกับผลการทดลอง โดยทั่วไปตำแหน่งการติดตั้งแมกนีตรอนของเครื่องอบแห้งด้วยไมโครเวฟแบบสายพานอยู่ด้านบนของเครื่องเพื่อการกระจายตัวของไมโครเวฟที่ดี [4] ขนาดของ

ห้องอบแห้งจากงานวิจัยที่ผ่านมาแมกนีตรอน 1 ตัวสามารถใช้กับห้องอบแห้งที่มีขนาดความกว้าง ยาว และสูง อยู่ในช่วง 0.3-0.5 m ต่อแมกนีตรอน 1 ตัว [4] โดยเครื่องอบแห้งที่ทำการออกแบบมีขนาด ความกว้าง 90 cm ความสูง 30 cm และความยาว 30 cm ดังแสดงในภาพที่ 1 หลังจากการออกแบบได้สร้างห้องอบแห้งเพื่อทดสอบการกระจายตัวของคลื่นไมโครเวฟ



ภาพที่ 1 แบบโครงสร้างห้องอบแห้งด้วยไมโครเวฟ

การทดลองการกระจายคลื่นไมโครเวฟทำการทดลองเพียง 1 แถว ซึ่งประกอบด้วยแมกนีตรอนจำนวน 2 ตัว โดยเครื่องอบแห้งด้วยไมโครเวฟแบบสายพานสามารถสร้างเครื่องจริงได้โดยการเพิ่มจำนวนแถวของแมกนีตรอนขึ้นอยู่กับขนาดของเครื่องและกำลังการผลิตที่เหมาะสมต่อไปในอนาคต โดยลักษณะการเพิ่มแถวของแมกนีตรอนของเครื่องอบแห้งด้วยไมโครเวฟแบบสายพานสามารถทำได้ดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 การขยายเครื่องอบแห้งด้วยไมโครเวฟแบบสายพาน



## 2.2 การทดสอบการกระจายตัวของคลื่นไมโครเวฟ

ในการทดสอบคลื่นไมโครเวฟทำการทดสอบโดยการรับพลังงานจากคลื่นไมโครเวฟที่เปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนของน้ำ ซึ่งสามารถวัดอุณหภูมิของน้ำที่เปลี่ยนแปลงโดยใช้สมการที่ (1) โดยใช้น้ำ 100 mL ใส่ในแก้วทรงกระบอกมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6.7 cm สูง 9.8 cm ซึ่งเป็นวัสดุที่คลื่นไมโครเวฟผ่านทะลุได้ โดยวางตำแหน่งแต่ละแก้วตั้งแสดงในภาพที่ 3 โดยการทดลองวัดอุณหภูมิของน้ำเริ่มต้นซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิห้อง หลังจากนั้นเปิดไมโครเวฟเป็นเวลา 122 วินาที โดย 2 วินาทีแรกเป็นช่วงที่ไมโครเวฟเริ่มเข้าสู่การทำงานเต็มพิกัด หลังจากนั้นวัดอุณหภูมิของน้ำ โดยใช้เทอร์โมมิเตอร์ Type K ซึ่งต่อกับเครื่อง Fluke 78 Automotive Multimeter ในการทดสอบแต่ละเงื่อนไขทำการทดสอบ 3 ครั้ง

$$P_{\text{abs}} = m_w C_{p_w} \frac{\Delta T}{\Delta t} \quad (1)$$

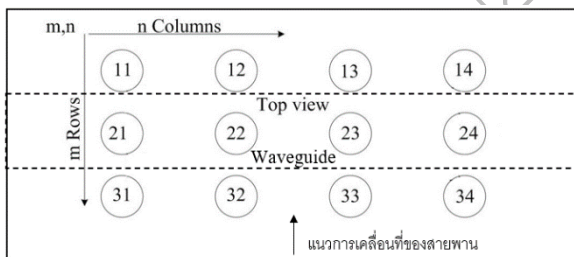
โดย  $P_{\text{abs}}$  คือ พลังงานการดูดซับคลื่นไมโครเวฟ, W

$M_w$  คือ มวลของน้ำ, kg

$C_{p_w}$  คือ ค่าความจุความร้อนจำเพาะของน้ำ, J/(kg·K)

$\Delta T$  คือ ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิของน้ำ, K

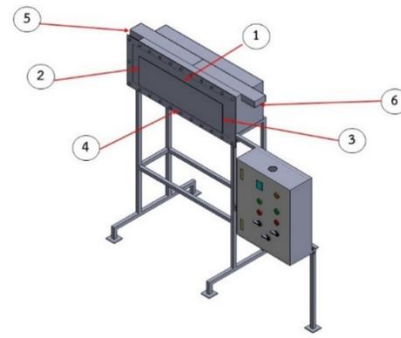
$\Delta t$  คือ เวลา, s



ภาพที่ 3 การวางตำแหน่งของน้ำในการทดสอบการกระจายตัวของคลื่นไมโครเวฟ

## 2.3 การทดสอบการรั่วไหลของคลื่นไมโครเวฟ

ในการวัดคลื่นไมโครเวฟทำการวัดคลื่นไมโครเวฟรอบๆ ของเครื่อง โดยใช้เครื่องวัด microwave leakage detector ยี่ห้อ Hti รุ่น HT-M2 ในการวัด โดยวัดห่างตัวเครื่อง 5 cm ซึ่งเป็นตามความปลอดภัยของ The US Department of Health and Human Services (DHHS) ซึ่งค่าความเข้มของเครื่องไมโครเวฟไม่เกิน 5 mW/cm<sup>2</sup> ซึ่งตำแหน่งการวัดแสดงดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ตำแหน่งการวัดการรั่วไหลของคลื่นไมโครเวฟของห้องอบแห้ง

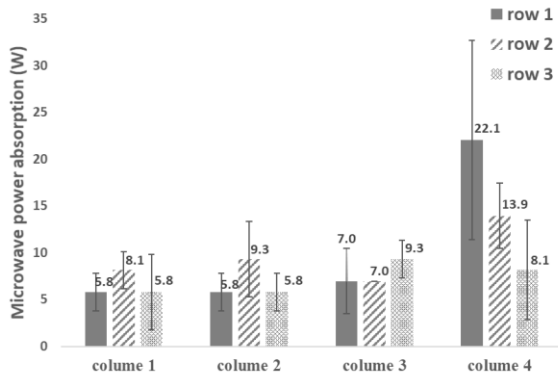
## 3. ผลการวิจัยและอภิปรายผล

### 3.1 การกระจายของคลื่นไมโครเวฟในห้องอบแห้ง

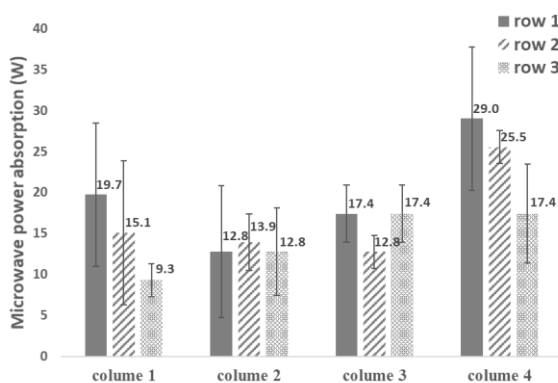
ในการทดสอบการกระจายตัวของคลื่นไมโครเวฟโดยศึกษาการกระจายตัวของคลื่นไมโครเวฟที่ระดับกำลังไมโครเวฟแต่ละตัว 400 600 และ 800 W ซึ่งในห้องอบแห้งใช้แมกนีตรอนจำนวน 2 ตัว ติดตั้งในห้องอบแห้งขนาดความกว้าง 90 cm ความยาว 30 cm ความสูง 30 cm โดยใช้น้ำในการทดสอบการดูดซับคลื่นไมโครเวฟ จากการศึกษาพบว่าการกระจายตัวของคลื่นไมโครเวฟมีความสม่ำเสมอที่บริเวณตรงกลางของเครื่องอบแห้ง ซึ่งพบได้ในทุกระดับกำลังไมโครเวฟดังแสดงในภาพที่ 5-7 แสดงถึงการดูดซับกำลังไมโครเวฟของน้ำในตำแหน่งต่างๆ แต่อย่างไรก็ตามบริเวณด้านข้างของห้องอบแห้ง (คอลัมน์ 1 และ 4) น้ำได้รับคลื่นไมโครเวฟสูงกว่าบริเวณตรงกลาง (คอลัมน์ 2 และ 3) อาจเป็นเพราะคลื่นไมโครเวฟมีการสะท้อนกับผนังด้านข้างของห้องอบแห้งทำให้ความเข้มของคลื่นไมโครเวฟมีค่ามากกว่าบริเวณตรงกลางของห้องอบแห้ง จากผลการทดลองสามารถลดปัญหาดังกล่าวได้โดยหลีกเลี่ยงการวางวัสดุอบแห้งใกล้กับผนังของห้องอบแห้ง

เมื่อพิจารณาความแตกต่างของระดับกำลังไมโครเวฟเงื่อนไขที่ระดับกำลังไมโครเวฟ 600 W มีความสม่ำเสมอมากกว่าที่ระดับกำลังไมโครเวฟอื่น ซึ่งสามารถใช้เป็นแนวทางในการเลือกระดับกำลังไมโครเวฟของเครื่องอบแห้งด้วยไมโครเวฟแบบสายพานได้ในอนาคต นอกจากนี้งานวิจัยนี้มีพื้นที่หน้าตัดของห้องอบแห้ง 0.9×0.3 m<sup>2</sup> ซึ่งสามารถลดอัตราการไหลของลมร้อนเมื่อนำไปประยุกต์ร่วมกับระบบลมร้อนได้ 46% เมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องอบแห้งด้วยไมโครเวฟร่วมกับลมร้อนแบบสายพานถ้าเสียโดยมีพื้นที่หน้าตัดของห้องอบแห้ง 0.9×0.3 m<sup>2</sup> ของงานวิจัยของ Neamtang และคณะ (2019) [5] ด้วยเหตุผลนี้จึงสามารถลดการใช้พลังงานในระบบลมร้อนได้

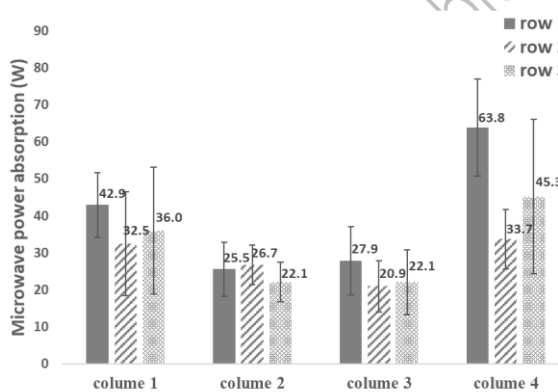




ภาพที่ 5 การดูดซับกำลังไมโครเวฟของน้ำในตำแหน่งต่างๆ ที่ระดับกำลังไมโครเวฟ 400×2 W



ภาพที่ 6 การดูดซับกำลังไมโครเวฟของน้ำในตำแหน่งต่างๆ ที่ระดับกำลังไมโครเวฟ 600×2 W

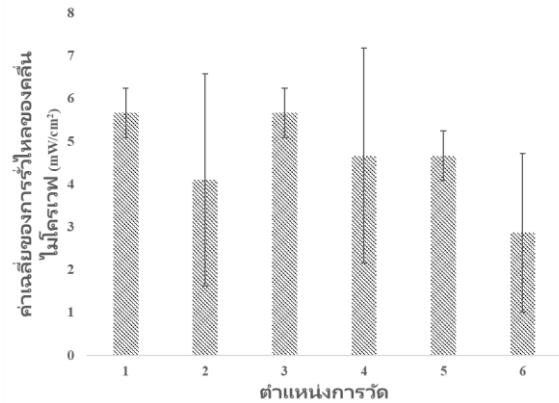


ภาพที่ 7 การดูดซับกำลังไมโครเวฟของน้ำในตำแหน่งต่างๆ ที่ระดับกำลังไมโครเวฟ 800×2 W

### 3.2 การรั่วไหลของคลื่นไมโครเวฟ

การรั่วไหลของคลื่นไมโครเวฟทำการตรวจสอบรอบๆ ตัวเครื่องซึ่งตำแหน่งการวัดแสดงในภาพที่ 4 โดยค่าเฉลี่ยการรั่วไหลของคลื่นไมโครเวฟแต่ละตำแหน่งแสดงดังภาพที่ 8 จากการศึกษาพบว่า การรั่วไหลของคลื่นไมโครเวฟส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของ The US Department of Health and Human Services (DHHS) ซึ่งมีค่าไม่เกิน 5

mW/cm<sup>2</sup> แต่อย่างไรก็ตามมีการรั่วไหลของคลื่นไมโครเวฟเกินค่ามาตรฐานเล็กน้อยคือตำแหน่งที่ 1 และ 3 ซึ่งเป็นตำแหน่งตรงประตูของห้องอบแห้ง แต่อย่างไรก็ตามตำแหน่งประตูจะเป็นตำแหน่งทางเข้าของสายพานซึ่งสามารถติดตั้งตัวกันคลื่นไมโครเวฟได้



ภาพที่ 8 ค่าเฉลี่ยการรั่วไหลของคลื่นไมโครเวฟ (mW/cm<sup>2</sup>)

### 4. สรุปผล

จากการศึกษาการกระจายตัวของคลื่นไมโครเวฟของห้องอบแห้งของเครื่องไมโครเวฟแบบสายพานซึ่งมีการติดตั้งแม่กนีตรอนที่ตำแหน่งด้านบนของเครื่องพบว่าคลื่นไมโครเวฟมีการกระจายตัวที่สม่ำเสมอในบริเวณตรงกลางของเครื่องในทุกๆระดับกำลังไมโครเวฟ เมื่อพิจารณากำลังไมโครเวฟที่ต่างกันเงื่อนไขกำลังไมโครเวฟ 600 W มีการกระจายที่ดีเมื่อเปรียบเทียบกับเงื่อนไขกำลังไมโครเวฟอื่น การรั่วไหลของคลื่นไมโครเวฟอยู่ในมาตรฐานความปลอดภัยของ (DHHS) ซึ่งมีค่าไม่เกิน 5 mW/cm<sup>2</sup>

### 5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุนอุดหนุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่สนับสนุนการวิจัย

### 6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Varith, J., Dijkanarukkul, P., Achariyaviriya, A. and Achariyaviriya S., "Combined Microwave-hot Air Drying of Peeled Longan", Journal of Food Engineering, Vol. 81, No. 2, pp. 459-468, 2007
- [2] Kassem, A.S., Shokr, A.Z., El-Mahdy A.R., Aboukarima A.M. and Hamed E.Y., "Comparison of Drying Characteristics of Thompson Seedless Grapes Using Combined Microwave Oven and Hot Air Drying", Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences, Vol. 10, No. 1, pp. 33-40, 2011



- [3] Malafronte, L., Lamberti, G., Barba, A.A., Raaholt, B., Holtz, E., and Ahn , L., " Combined convective and microwave assisted drying: Experiments and modeling", Journal of Food Engineering, Vol. 112, No. 4, pp. 304-312, 2012
- [4] Methlouthi A., Rouaud O. and Boillereaux, L., Microwave Applicator with Conveyor Belt System, COMSOL Conference, Paris, 17-19 November 2010
- [5] Neamtang P., Apinyavisit K. and Nathakaranakule A., Thepa S. and Soponronnarit S., Design, Fabrication and Test of Industrial Microwave-Hot Air Belt Dryer for Mango Drying, 10th Asia-Pacific Drying Conference (ADC2019), Vadodara, India, 14-17 December 2019



## การศึกษาความพึงพอใจของลูกค้าและการวิเคราะห์สภาพแวดล้อมภายนอก และภายในเพื่อกำหนดแนวทางพัฒนาธุรกิจรับซื้อวัสดุของเก่า

Customer Satisfaction Study and Analysis of the External and Internal Environment  
to Determine the Guidelines for Development of Old Materials Purchase Business.

ปริญญญา ดวงมะณี<sup>1</sup>

<sup>1</sup> สาขาบริหารธุรกิจ

วิทยาลัยบัณฑิตการจัดการ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

[Praewesp@gmail.com](mailto:Praewesp@gmail.com)

### บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาถึงความพึงพอใจของลูกค้าและผลกระทบของสภาพแวดล้อมภายนอกและภายใน เพื่อกำหนดแนวทางพัฒนาธุรกิจรับซื้อวัสดุของเก่า ของร้านเจริญยนต์ รับซื้อของเก่า จังหวัดขอนแก่น เนื่องจากยอดการรับซื้อมีแนวโน้มลดลงทั้งมูลค่าและจำนวนลูกค้า เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ แบบสอบถามกลุ่มตัวอย่างลูกค้าจำนวน 100 คน ผลการศึกษาพบว่า ผู้มาใช้บริการให้ความพึงพอใจมากที่สุด ในเรื่องของสถานที่ตั้งที่สะดวก และให้ราคาสูง จากผลการวิเคราะห์สภาพแวดล้อมภายนอกและภายใน พบว่า มีจุดอ่อนด้านการส่งเสริมการตลาด และพนักงานบริการมีน้อย จึงได้กำหนดแนวทางการพัฒนาธุรกิจ ได้แก่ 1).โครงการใส่หน้ากากเข้าหากัน 2).โครงการเจริญยนต์ ออฟฟิเชียล 3).โครงการสร้างงานสร้างอาชีพเศรษฐกิจชุมชนเข้มแข็ง และ 4).โครงการฝึกอบรมพนักงาน

**คำสำคัญ (Key word):** “ร้านรับซื้อของเก่า” “ความพึงพอใจของลูกค้า”

### ABSTRACT

The purpose of this study was to examine customer satisfaction and the impact of external and internal environments. To determine the guidelines for the development of the business of purchasing old materials of Charoen Yon Shop, old materials purchase business. Mueang District, Khon Kaen Province This is because the amount of purchases tends to decrease in both value and number of customers. The instrument used in the study was a questionnaire of 100 people who came to use the service. The service users are most satisfied. in terms of convenient location and give a high price And from the analysis of the external and internal environment, it was found that there were weaknesses in marketing promotion. and few service personnel. Therefore, business development guidelines have been established as follows; 1) wear-mask together project, 2) Charoen Yont Official project, 3) Creating job career for economic community project and 4) employees training project.

**Keyword:** “Purchasing old materials shop” “Customer’s satisfaction”



## 1. บทนำ (Introduction)

ในปัจจุบันประเทศไทยมีการขยายตัวของชุมชนเมืองที่เพิ่มขึ้น ทำให้มีความต้องการบริโภคเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้เกิดการผลิตผลิตภัณฑ์ที่สูงขึ้น [7] และก่อให้เกิดปัญหาที่ตามมาคือขยะมูลฝอยที่เกิดจากการอุปโภคบริโภคที่มีเพิ่มขึ้นในทุกๆปี โดยเฉพาะความนิยมใช้บริการสินค้าออนไลน์ ก่อให้เกิดขยะประเภทพลาสติก และยังขาดการจัดการที่ดีเป็นสาเหตุที่ส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม ความเป็นอยู่ และคุณภาพชีวิตคนในชุมชน ซึ่งเป็นปัญหาสำคัญและเป็นปัญหาหลักของประเทศไทย ในการบริหารจัดการขยะมูลฝอยและขยะรีไซเคิล จึงได้กำหนดเป็นวาระแห่งชาติในทุก ๆ ภาคส่วนให้ความสำคัญระดับองค์กรปกครองท้องถิ่นไปจนถึงระดับประเทศในนโยบายยุทธศาสตร์ชาติ [4] ซึ่งในต่างประเทศนั้นจะให้ความสำคัญตั้งแต่ต้นกำเนิดของขยะ นั่นคือการป้องกันการเกิดขยะ การลดการใช้หรือการเลือกใช้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม [6]

จากรายงานสถานการณ์มลพิษของประเทศไทยของกรมควบคุมมลพิษ พบว่า มีปริมาณขยะมูลฝอยเพิ่มขึ้น 28.7 ล้านตัน (เพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2561 ร้อยละ 3) มีการนำกลับมาใช้เป็นผลิตภัณฑ์พลาสติก 1.91 ล้านตัน และมีการนำขยะไปรีไซเคิล 0.36 ล้านตัน คิดเป็นสัดส่วนการรีไซเคิลประมาณร้อยละ 19 [3] ทั้งนี้ วิธีการแก้ปัญหาขยะมูลฝอยคือ การจัดการในรูปแบบต่าง ๆ โดยการมีส่วนร่วมทั้งในส่วนของประชาชน ภาคเอกชน และภาครัฐบาลที่มีการส่งเสริมการจัดการขยะมูลฝอยโดยผลักดันให้ประชาชนมีส่วนร่วม เพื่อสร้างรายได้ในชุมชน โดยในการจัดการนั้นจะต้องมีการจัดการตั้งแต่ ต้นทาง กลางทาง และปลายทางอย่างถูกวิธี ด้วยเหตุผลนี้ จึงได้นำกลับมาใช้ประโยชน์ และเป็นขยะที่สร้างมูลค่าทางเศรษฐกิจ โดยการนำมาสู่กระบวนการรีไซเคิล ร้านรับซื้อขยะรีไซเคิลมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น จากปี พ.ศ. 2561 [1] จากแนวโน้มที่มีการเพิ่มขึ้นของร้านรับซื้อขยะรีไซเคิลสอดคล้องกับประชากรที่เพิ่มขึ้นและกระแสการรักษาสิ่งแวดล้อม รวมทั้งการทำธุรกิจรับซื้อขยะรีไซเคิลนั้นใช้เงินลงทุนที่ไม่สูงมาก มีผู้ประกอบการรายใหม่เข้ามาได้ง่าย และทำให้ร้านรับซื้อขยะรีไซเคิลทำธุรกิจภายใต้สภาพแวดล้อมการแข่งขัน

ร้านเจริญยนต์ รับซื้อของเก่าทุกชนิด อยู่ที่บ้านเลขที่ 392 หมู่ที่ 20 บ้านซำจาน ตำบลบ้านค้อ อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น ดำเนินธุรกิจมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2559 จนถึงปัจจุบัน ประกอบธุรกิจเป็นธุรกิจครอบครัว มีคนงานทั้งหมด 9 คน แบ่งหน้าที่เป็น รับจ้างรายวันจำนวน 1 คน และรับจ้างคัดแยกประเภทของเก่าจำนวน 8 คน รับซื้อวัสดุของเก่าทุกชนิด ที่สามารถนำไปรีไซเคิลได้ อย่างไรก็ตามในขณะนี้ ร้านเจริญยนต์ได้มีการพัฒนารูปแบบการดำเนินธุรกิจ

โดยการนำเครื่องบดพลาสติกมาใช้ในการบดพลาสติกเก่า เพื่อส่งต่อไปให้โรงงานนำไปสู่กระบวนการรีไซเคิลต่อไป ควบคู่ไปกับการซื้อของเก่าหน้าร้าน ซึ่งที่ผ่านมามียอดของรายได้จากการขายพลาสติกบด และยอดขายวัสดุเก่าชนิดอื่น ๆ ให้กับโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูป ดังแสดงในตารางที่ 1

เดือน (พ.ศ.2564)	ยอดขายพลาสติกบด (บาท)	ยอดขายของเก่าชนิดอื่น ๆ (บาท)	ส่วนต่าง (บาท)
กุมภาพันธ์	74,327.00	24,925.00	49,402.00
มีนาคม	201,756.00	16,701.44	185,054.56
เมษายน	79,834.00	12,320.00	67,514.00

ตารางที่ 1 รายได้จากยอดขายพลาสติกบดและยอดขายของเก่าชนิดอื่น ๆ ของร้านเจริญยนต์ รับซื้อของเก่าทุกชนิดในเดือน กุมภาพันธ์ - เมษายน พ.ศ. 2564

จากตารางที่ 1 แสดงถึงรายได้ที่ได้รับจากยอดขายพลาสติกบดและยอดขายของเก่าชนิดอื่น ๆ ให้กับโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูป ตั้งแต่เดือน กุมภาพันธ์ - เมษายน พ.ศ.2564 จะเห็นได้ว่ารายได้ส่วนใหญ่มาจากการขายพลาสติกที่ได้ทำการคัดแยกประเภทและทำการบด ซึ่งยอดขายผกผันกับยอดขายของเก่าประเภทอื่น ๆ ที่ได้ทำการซื้อหน้าร้านจากลูกค้าชาจรและลูกค้าประจำที่มาใช้บริการน้อยลง ผู้ศึกษาจึงมีความสนใจในการศึกษาพฤติกรรมและความพึงพอใจของผู้ที่มาใช้บริการในการเลือกใช้บริการร้านเจริญยนต์ เพื่อนำมาเป็นแนวทางการพัฒนาธุรกิจรับซื้อวัสดุของเก่า โดยเฉพาะวัสดุของเก่าที่เป็นพลาสติก เพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้บริการ เพิ่มศักยภาพและประสิทธิภาพทางการบริหารจัดการที่มีระบบเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงที่จะมีแนวโน้มเกิดขึ้นในอนาคต และสร้างกลยุทธ์เพื่อสร้างความได้เปรียบทางการแข่งขันในการดำเนินธุรกิจรับซื้อขยะรีไซเคิลให้มีจำนวนมากขึ้น ต่อไป

### 1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาพฤติกรรมและความพึงพอใจของผู้ที่มาใช้บริการในการเลือกใช้บริการร้านเจริญยนต์รับซื้อของเก่าทุกชนิด ในอำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น

1.2.2 เพื่อศึกษาถึงผลกระทบของสภาพแวดล้อมทั่วไปทางธุรกิจ สภาพภาวะการแข่งขัน และสภาพแวดล้อมภายในและภายนอกทางธุรกิจของร้านเจริญยนต์

1.2.3 เพื่อการวางแผนกลยุทธ์สร้างความได้เปรียบทางการแข่งขันของธุรกิจของร้าน เจริญยนต์ รับซื้อของเก่าทุกชนิด จังหวัดขอนแก่น



## 2. ทบทวนวรรณกรรม

ความรู้เกี่ยวกับขยะมูลฝอยและขยะรีไซเคิล

พระราชบัญญัติรักษาความสะอาดและความเป็นระเบียบเรียบร้อยของบ้านเมือง พ.ศ. 2535 ได้ให้ความหมายว่า มูลฝอย หมายความว่า เศษกระดาษ เศษผ้า เศษอาหาร เศษสินค้า ถุงพลาสติก ภาชนะที่ใส่อาหาร ถ้ำมูลสัตว์หรือซากสัตว์ และกรรมมูลพิษกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ได้ให้ความหมาย ขยะหรือขยะมูลฝอยหรือมูลฝอย (solid waste) หมายถึงมูลฝอยติดเชื้อ มูลฝอยที่เป็นพิษ หรือมูลฝอยที่เป็นอันตรายจากกิจกรรมต่างๆของครัวเรือนและชุมชน

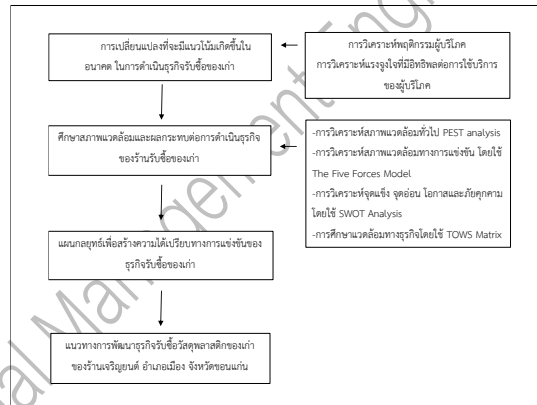
ศิริวรรณ เสรีรัตน์ (2553) กล่าวว่า การวิเคราะห์พฤติกรรมผู้บริโภค เป็นการวิจัยหรือค้นหาเพื่อให้ทราบถึงพฤติกรรมความต้องการในการใช้ผลิตภัณฑ์และบริการต่างๆ โดยใช้คำถามช่วยในการค้นหาคำตอบที่จะช่วยในวงกลยุทธ์การตลาด ในการตอบสนองผู้บริโภคได้อย่างเหมาะสม คำถามที่ใช้ค้นหาพฤติกรรมผู้บริโภคคือ 6W1H ซึ่งประกอบไปด้วย ใครคือกลุ่มเป้าหมาย ลูกค้านี้ซื้ออะไร ทำไมลูกค้าจึงได้ตัดสินใจซื้อ บุคคลใดบ้างที่มีส่วนร่วมในการตัดสินใจซื้อ ลูกค้าซื้อเมื่อใด ลูกค้าซื้อได้ที่ไหน และ ลูกค้าซื้อได้อย่างไร

แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับความพึงพอใจ

ความพึงพอใจหรือความพอใจ ตรงกับคำในภาษาอังกฤษว่า "Satisfaction" หมายถึง สิ่งที่ตอบสนองความต้องการขั้นพื้นฐานของมนุษย์ เป็นการลดความตึงเครียดทางด้านร่างกายและจิตใจ หรือสภาพความรู้สึกของบุคคลที่มีความสุข ความชื่นใจ ตลอดจนสามารถสร้างทัศนคติในทางบวกต่อบุคคลต่อสิ่งหนึ่ง ซึ่งจะเปลี่ยนแปลงไปตามความพอใจต่อสิ่งนั้น วิมลสิทธิ์ หรยางกูร (2526) ให้ความหมายว่า ความพึงพอใจ เป็นการให้ค่าความรู้สึกของคนเราที่สัมพันธ์กับโลกทัศน์ ที่เกี่ยวกับความหมายของสภาพแวดล้อม ค่าความรู้สึกของบุคคลที่มีต่อสภาพแวดล้อมจะแตกต่างกัน จึงสรุปได้ว่าความพึงพอใจ หมายถึง ความรู้สึกที่ดีหรือทัศนคติที่ดีของบุคคลซึ่งมักเกิดจากการได้รับการตอบสนองตามที่ต้องการ ก็จะเกิดความรู้สึกที่ดีในสิ่งนั้น ตรงกันข้ามหากความต้องการไม่ได้รับการตอบสนอง ความไม่พึงพอใจก็จะเกิดขึ้น ความพึงพอใจที่มีต่อการใช้บริการจะเกิดขึ้นหรือไม่นั้น จะต้องพิจารณาถึงลักษณะของการให้บริการขององค์กร ประกอบกับระดับความรู้สึกของผู้มารับบริการในมิติต่าง ๆ ของแต่ละบุคคล ดังนั้นการวัดความพึงพอใจในการใช้บริการอาจจะกระทำได้หลายวิธี ได้แก่ 1) การใช้แบบสอบถาม ซึ่งเป็นวิธีการที่นิยมใช้กันแพร่หลายวิธีหนึ่ง โดยการร้องขอหรือขอความร่วมมือจากกลุ่มบุคคลที่ต้องการวัด แสดงความคิดเห็นลงในแบบฟอร์มที่กำหนด 2) การสัมภาษณ์ เป็นอีกวิธีหนึ่งที่จะทำให้ทราบถึง

ระดับความพึงพอใจของผู้ใช้บริการซึ่งเป็นวิธีการที่ต้องอาศัยเทคนิคและความชำนาญพิเศษของผู้สัมภาษณ์ที่จะจงใจให้ผู้ถูกสัมภาษณ์ตอบคำถามให้ตรงกับข้อเท็จจริง และ 3) การสังเกต เป็นอีกวิธีหนึ่งที่จะทำให้ทราบถึงระดับความพึงพอใจของผู้ใช้บริการได้โดยวิธีการสังเกตจากพฤติกรรมทั้งก่อนมารับบริการ ขณะรอรับบริการและหลังจากการได้รับบริการแล้ว เช่น การสังเกตกิริยาท่าทาง การพูด สีหน้า และความรู้สึกของการมาขอรับบริการ เป็นต้น

จากการทบทวนวรรณกรรม สามารถกำหนดกรอบแนวคิดในการศึกษาได้ดังนี้



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการศึกษา

## 3. วิธีการดำเนินการศึกษา (Research Methodology)

3.1 การศึกษาพฤติกรรมและความพึงพอใจของผู้ที่มาใช้บริการในการเลือกใช้บริการร้านเจริญยนต์รับซื้อของเก่าทุกชนิด ในอำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น

(1) การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

(1.1) ประชากรที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ได้แก่ ลูกค้าเก่าของร้านเจริญยนต์รับซื้อของเก่า และประชาชนทั่วไปที่คาดว่าจะจะเป็นลูกค้าใหม่ ซึ่งประกอบด้วย ลูกค้าที่มีอาชีพหลักในการเก็บของเก่าขาย และประชาชนอีกจำนวนหนึ่งที่มีวัสดุของเก่าที่ไม่ใช้แล้วต้องการที่จะกำจัดจึงได้นำมาขาย และมีที่พักอาศัยอยู่ในเขตอำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น ซึ่งไม่สามารถที่จะประมาณจำนวนที่แน่นอนได้

(1.2) กลุ่มตัวอย่าง จากการที่ประชากรที่ใช้ทำการศึกษาไม่สามารถที่จะประมาณจำนวนที่แน่นอนได้ ทำให้ต้องทำการศึกษาโดยใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นตัวแทนในการศึกษา ดังนั้น จึงทำการคำนวณหาขนาดของกลุ่มตัวอย่างโดยใช้สูตรการคำนวณหาของ Taro Yamane [2] ดังนี้

$$n = \frac{Z^2 pq}{E^2}$$

โดยที่ n หมายถึง จำนวนตัวอย่าง

Z ได้แก่ ระดับความเชื่อมั่นที่กำหนดให้ ในที่นี้กำหนดระดับความเชื่อมั่น 95% (ระดับ 0.05) จะได้ Z = 1.96



E คือ ค่าความคลาดเคลื่อนสูงสุด กำหนดค่า  
ความคลาดเคลื่อน 0.1

p คือ สัดส่วนประชากรของลักษณะที่สนใจ  
กำหนดสัดส่วนประชากร 0.5

q คือ  $1 - p$

ทำการแทนค่าในสูตรตามข้อกำหนด ดังนี้

$$n = \frac{1.96^2(0.5)(1-0.5)}{0.1^2}$$

$$n = 96.04$$

ผลที่ได้เป็นจำนวนตัวอย่างเท่ากับ 96.04 ราย ดังนั้น  
เพื่อความสะดวกในการนำไปใช้คำนวณ และเพื่อให้ได้จำนวน  
ข้อมูลที่ครบถ้วนไม่เกิดความผิดพลาด จึงได้กำหนดจำนวน  
ตัวอย่างในการสอบถามเป็น 100 ตัวอย่าง

(2). เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

(2.1) การศึกษาคั้งนี้ใช้แบบสอบถาม  
(Questionnaires) เป็นเครื่องมือในการศึกษา โดย  
แบบสอบถามที่ใช้ศึกษาแบ่งออกเป็น 3 ส่วนตาม  
วัตถุประสงค์ดังนี้

แบบสอบถามส่วนที่ 1: ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบ  
แบบสอบถาม สอบถามข้อมูลทั่วไปด้านประชากรศาสตร์  
ได้แก่ เพศ ช่วงอายุ ระดับการศึกษา สถานสมรส อาชีพ  
และรายได้ต่อเดือน

แบบสอบถามส่วนที่ 2: ความพึงพอใจของลูกค้าในการ  
ใช้บริการที่ร้านเจริญยนต์สอบถามข้อมูลเกี่ยวกับความพึง  
พอใจของลูกค้าในการใช้บริการ โดยเป็นแบบสอบถามที่มี  
ลักษณะปลายปิด (Closed Ended) คำถามมีหลายคำตอบ  
ให้ เลือ ก (Multiple Choices Question) จะ แบ่ง  
ความสำคัญออกเป็น 5 ด้าน ได้แก่ ด้านการบริการของ  
พนักงาน ด้านราคา ด้านสถานที่ ด้านกระบวนการทำงาน  
ของบุคลากร และด้านการส่งเสริมการขาย แบบสอบถาม  
ในส่วนนี้ถามข้อมูลเชิงทัศนคติระดับความคิดเห็นมีคำตอบให้  
เลือก 5 ทาง ทำการแปรผลวิเคราะห์ และประมวลผล จาก  
กลุ่มตัวอย่างผู้ตอบแบบสอบถาม มีเกณฑ์วัดแบบ (Rating  
Scale) ใช้เกณฑ์ 5 ระดับ ดังนี้

ระดับ 5 หมายถึง ระดับความพึงพอใจมากที่สุด

ระดับ 4 หมายถึง ระดับความพึงพอใจมาก

ระดับ 3 หมายถึง ระดับความพึงพอใจปานกลาง

ระดับ 2 หมายถึง ระดับความพึงพอใจน้อย

ระดับ 1 หมายถึง ระดับความพึงพอใจน้อยที่สุด

แบบสอบถามส่วนที่ 3 : แบบสอบถามปลายเปิด เพื่อให้  
ผู้ตอบแบบสอบถามได้แสดงความคิดเห็น เสนอแนะทางร้าน  
ในข้อที่ควรปรับปรุงและพัฒนาในด้านใดมากที่สุด เพื่อนำมา  
เป็นแนวทางในการวางแผนกลยุทธ์ต่อไป

(3) การวิเคราะห์คุณภาพเครื่องมือ

นำแบบสอบถามที่ใช้เป็นเครื่องมือในการเก็บข้อมูลใน  
ครั้งนี้ ไปทำการปรึกษากับอาจารย์ที่ปรึกษา และทำการ  
ทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างที่มีความใกล้เคียง จำนวน 30 ชุด  
เพื่อหาค่าความเชื่อมั่นด้วยวิธีการสัมประสิทธิ์แอลฟา และได้  
ค่าสหสัมพันธ์ของแบบสอบถามซึ่งอยู่ในช่วงระหว่าง 0.7 –  
0.9 และมีค่าใกล้เคียง 1 ซึ่งค่าความเชื่อมั่นนี้แสดงว่ามีความ  
เชื่อถือได้มาก [5]

(4). การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้ศึกษาทำการเก็บข้อมูลกลุ่มตัวอย่างจากลูกค้าที่มาใช้  
บริการร้านเจริญยนต์ จำนวน 100 ฉบับ ในระหว่างเดือน  
กุมภาพันธ์ - สิงหาคม พ.ศ. 2564 โดยใช้วิธีการเก็บตัวอย่าง  
แบบสอบถามตามความสะดวก (Convenience Sampling)

(5). สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ คือ สถิติเชิงพรรณนา  
(Descriptive Statistic) และประมวลผลโดยใช้โปรแกรม  
สำเร็จรูป SPSS Statistic 26

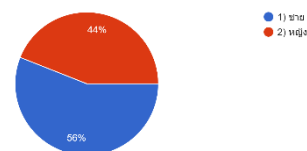
3.2 วิธีการศึกษาสภาพแวดล้อมและผลกระทบต่อ  
การดำเนินธุรกิจ โดยทำการวิเคราะห์สภาพแวดล้อมทั่วไป  
โดยใช้เครื่องมือ PEST Analysis ทำการวิเคราะห์  
สภาพแวดล้อมทางการแข่งขัน โดยใช้เครื่องมือ Five Forces  
Model และ ทำการวิเคราะห์สภาพแวดล้อมภายในและ  
ภายนอกโดยใช้เครื่องมือ SWOT Analysis

3.3 วิธีการวางแผนกลยุทธ์เพื่อสร้างรายได้เปรียบ  
ทางการแข่งขันของธุรกิจ ทำการศึกษาโดยนำผลการ  
วิเคราะห์พฤติกรรมและความพึงพอใจของลูกค้าที่มาใช้  
บริการ ผลการวิเคราะห์ปัจจัยสภาพแวดล้อมทั่วไป สภาพ  
การแข่งขัน สภาพแวดล้อมภายในและภายนอก นำมา  
วิเคราะห์ปัจจัยเชิงกลยุทธ์ เพื่อวางแผนกลยุทธ์

## 4.ผลการวิจัย (Results)

### 4.1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

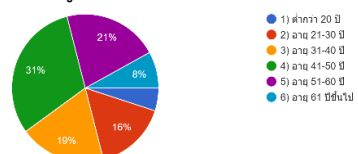
ด้านประชากรศาสตร์ ได้แก่ เพศ ช่วงอายุ ระดับ  
การศึกษา สถานภาพการสมรส อาชีพ และรายได้ต่อเดือน



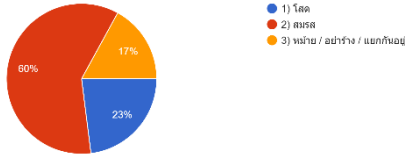
ภาพที่ 1

แสดง

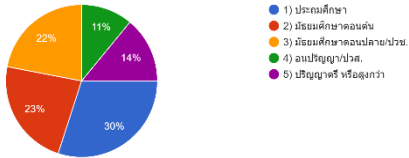
จำนวนและร้อยละของผู้ตอบแบบสอบถามจำแนกตามเพศ



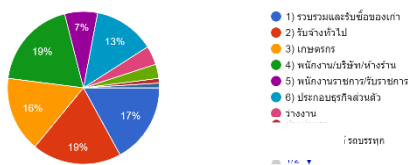
ภาพที่ 2 จำนวนและร้อยละ ของผู้ตอบแบบสอบถาม  
จำแนกตามช่วงอายุ



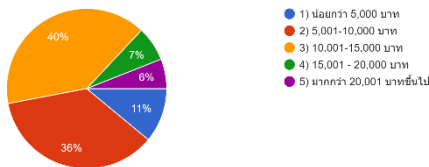
ภาพที่ 3  
จำนวนและร้อยละ ของผู้ตอบแบบสอบถาม  
จำแนกตามสถานภาพ



ภาพที่ 4  
จำนวนและร้อยละ ของผู้ตอบแบบสอบถามจำแนกตาม  
ระดับการศึกษา



ภาพที่ 5 จำนวนและร้อยละ ของผู้ตอบแบบสอบถาม  
จำแนกตามอาชีพ



ภาพที่ 6  
จำนวนและร้อยละ ของผู้ตอบแบบสอบถาม  
จำแนกตามรายได้ต่อเดือน

#### 4.2 ผลการศึกษาพฤติกรรมผู้บริโภค

ด้านพฤติกรรมการขายวัสดุของเก่าของลูกค้าที่มาใช้บริการพบว่า ส่วนใหญ่ลูกค้าตัดสินใจมาขายด้วยตัวเอง และตัวเองมีอิทธิพลในการตัดสินใจนำวัสดุของเก่ามาขาย วัสดุของเก่าที่นำมาขายเป็นประเภทแก้วมากที่สุด วันที่สะดวกมาขายมากที่สุดไม่มีความแน่นอน ช่วงเวลาที่สะดวกมาขายคือ ช่วงสาย (08.31 – 12.00) ความถี่ในการขายแต่ละเดือนมีความไม่แน่นอน ส่วนใหญ่เก็บวัสดุของเก่ามาจากชุมชน และนำมาขายที่ร้านเจริญยนต์ รายได้ต่อครั้งในการขายอยู่ระหว่าง 1 – 500 บาท และทราบข้อมูลข่าวสารของร้านรับซื้อวัสดุของเก่า จากการพบเห็นด้วยตัวเอง

#### 4.3 ผลการศึกษาความพึงพอใจของลูกค้า

ด้านความพึงพอใจของลูกค้าในการใช้บริการที่ร้านเจริญยนต์ ด้านราคา พบว่า ลูกค้าให้ความพึงพอใจในระดับ

มากที่สุด ได้แก่ ราคาซื้อขายเหมาะสมและเป็นธรรม มีการแจ้งราคาชัดเจน ด้านการบริการของพนักงาน พบว่า ลูกค้าให้ความพึงพอใจในระดับมากที่สุด ได้แก่ พนักงานบริการยิ้มแย้มแจ่มใส กระตือรือร้นในการให้บริการ สุภาพ ซื่อสัตย์ และเป็นกันเอง ด้านสถานที่ พบว่า ลูกค้าให้ความพึงพอใจในระดับมากที่สุด ได้แก่ มีจุดพักของในระหว่างรอการให้บริการ ร้านมีทำเลที่ตั้งที่สามารถมองเห็นได้ง่าย สะดวก และปลอดภัย ด้านกระบวนการทำงาน พบว่า ลูกค้าให้ความพึงพอใจในระดับมากที่สุด ได้แก่ มีการคัดแยกประเภทของเก่าได้อย่างถูกต้อง มีตาชั่งมาตรฐาน มีการจัดคิวและลำดับการใช้บริการ และบอกจุดบริการชัดเจน และด้านการส่งเสริมการขาย พบว่า ลูกค้าให้ความพึงพอใจในระดับน้อย ได้แก่ การบริการเรื่องน้ำดื่ม การมีของสมนาคุณลูกค้าเมื่อมีโอกาสตามประเพณี การประชาสัมพันธ์ผ่านช่องทางออนไลน์ และการบริการเรียกรับซื้อนอกสถานที่ ตามลำดับ

นอกจากนี้ ลูกค้าได้มีข้อเสนอแนะทั่วไป ได้แก่

- (1) ร้านเจริญยนต์ควรมีการประชาสัมพันธ์ผ่านช่องทางออนไลน์เพื่อที่จะได้รับรู้ข่าวสารของราคาของเก่าเพื่อกระตุ้นให้ลูกค้ามาขายวัสดุของเก่า
- (2) ต้องการให้มีบริการรับซื้อวัสดุของเก่านอกสถานที่เพื่ออำนวยความสะดวกแก่ลูกค้า

#### 4.4 ผลการศึกษาผลกระทบจากสภาพแวดล้อมทั่วไปทางธุรกิจ สภาพการแข่งขันในอุตสาหกรรม และสภาพแวดล้อมภายในและภายนอก

(1) สภาพแวดล้อมทั่วไปทางธุรกิจ พบว่าปัจจัยด้านการเมืองและกฎหมาย มีผลกระทบด้านบวก จากนโยบายรัฐบาลในการส่งเสริมธุรกิจขนาดย่อม (SMEs) ในด้านสินเชื่อและกองทุนร่วม การลดภาษีเงินได้เพื่อสร้างความเข้มแข็งทางเศรษฐกิจ ปัจจัยด้านเศรษฐกิจ มีผลกระทบด้านบวก เนื่องจากสถานการณ์โรคระบาดกระตุ้นความต้องการใช้วัสดุส่งอาหารออนไลน์ (Food delivery) มีผลทำให้มีความต้องการในการใช้บรรจุภัณฑ์ห่อหุ้มผลิตภัณฑ์สินค้าเพื่อรักษาความสะอาดมากขึ้น [8] ปัจจัยด้านสังคมมีผลกระทบเชิงบวก เนื่องจากธุรกิจรับซื้อของเก่ามีประโยชน์กับสังคมและสิ่งแวดล้อมมาก เป็นการประหยัดพลังงานและลดปริมาณการใช้ทรัพยากรบนโลก และปัจจัยด้านเทคโนโลยีมีผลกระทบเชิงบวก นำไปสู่การเปลี่ยนแปลงด้านการดำเนินกิจกรรมทางธุรกิจเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะการเติบโตของอุตสาหกรรมพลาสติกมีความต่อเนื่อง อาทิเช่น อุตสาหกรรมยานยนต์ เครื่องมือทางการแพทย์ โดยมีรูปแบบผลิตภัณฑ์และการบริการที่มีความทันสมัยมากขึ้น



(2).สภาพแวดล้อมทางการแข่งขัน โดยใช้เครื่องมือ  
Five Forces Model พบว่า ระดับการแข่งขันสูงจะมี 3 แรง  
กดดันได้แก่

อำนาจของผู้ซื้อ เนื่องจากมีตัวเลือกในการขายและช่อง  
ทางการขายมากขึ้น หากเป็นลูกค้าประจำจะมีความรู้และรู้  
โครงสร้างต้นทุนของเก่า

อุปสรรคที่เกิดจากสินค้าทดแทน จะเป็นพลาสติกใหม่  
เนื่องจากเม็ดพลาสติกใหม่มีคุณภาพที่ดีกว่าเม็ดพลาสติกที่  
ได้มาจากการรีไซเคิล และพลาสติกจากวัสดุธรรมชาติหรือ  
Bio-plastic ที่เป็นกระแสโลก

ความเข้มข้นในการแข่งขัน เนื่องจากผู้ประกอบการราย  
ใหญ่มาจากทั้งในและต่างประเทศ มีเงินในการลงทุนและมี  
ความเชี่ยวชาญด้านกระบวนการรีไซเคิล ทำให้การแข่งขันมี  
ความรุนแรง [8]

และอำนาจของผู้ขายปัจจัยการผลิตจะอยู่ระดับการ  
แข่งขันปานกลาง และคู่แข่งรายใหม่อยู่ระดับการแข่งขันต่ำ

(3). สภาพแวดล้อมภายในและภายนอก ผลการ  
วิเคราะห์จุดแข็ง จุดอ่อน โอกาส และภัยคุกคาม พบว่า ร้าน  
เจริญยนต์ มีจุดแข็ง ได้แก่ 1).มีทำเลที่มองเห็นได้ง่าย ลูกค้า  
สังเกตได้ง่าย 2).เนื่องจากทำธุรกิจมานานมีจำนวนฐานลูกค้า  
มากและมีความน่าเชื่อถือ 3).รู้แหล่งวัตถุดิบการรับซื้อของ  
เก่าที่มีราคาถูก 4).หาแรงงานได้ง่าย ส่วนจุดอ่อน พบว่า  
ได้แก่ 1).มีพื้นที่แคบ ทำให้มีการจัดเก็บของได้น้อย 2).มีที่ตั้ง  
ใกล้ชุมชน ทำให้มีเสียงดังในการรับซื้อวัสดุของเก่า จึงมีเวลา  
จำกัดในการทำงาน 3).ไม่มีการส่งเสริมการตลาด 4). มี  
พนักงานบริการน้อย ด้านโอกาสของธุรกิจ พบว่า ได้แก่ 1).  
คู่แข่งรายใหม่เข้ามาได้ยาก 2). ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี  
ด้านการสื่อสารทันสมัยมากขึ้น 3).การขยายของ  
อุตสาหกรรมพลาสติกที่มีแนวโน้มสูงขึ้น และ 4).โอกาสใน  
การพบเจอลูกค้าใหม่ผ่านการสัญจรไปมาในถนนเส้นหลัก  
ส่วนภัยคุกคาม ที่พบ ได้แก่ 1).การเกิดมลพิษทางเสียงใน  
ชุมชน 2).ราคาวัสดุของเก่าเปลี่ยนแปลงรวดเร็ว โดยเฉพาะ  
วัสดุพลาสติก 3).ราคาน้ำมันมีความผันผวนและมีแนวโน้ม  
ราคาสูงขึ้น ส่งผลกระทบต่อต้นทุนในการขนส่ง

4.5 การวางแผนกลยุทธ์เพื่อสร้างรายได้เปรียบทางการ  
แข่งขันของธุรกิจ สำหรับแผนกลยุทธ์เพื่อสร้างรายได้  
เปรียบทางการแข่งขันของร้านเจริญยนต์รับซื้อวัสดุของ  
เก่า ได้กำหนดเป็นโครงการปฏิบัติการ ได้ 4 โครงการ ดังนี้

โครงการที่ 1 ใส่หน้ากากเข้าหากัน

โครงการที่ 2 เจริญยนต์ ออฟฟิเชียล

โครงการที่ 3 สร้างงานสร้างอาชีพเศรษฐกิจชุมชน  
เข้มแข็ง

โครงการที่ 4 ผีก่อบรมพนักงาน

มีการประเมินโครงการทางการตลาดจากยอดรับซื้อหน้า  
ร้าน จังหวัดขอนแก่น ปี 2565 คาดว่าจะทำให้มีรายได้  
เพิ่มขึ้นร้อยละ 30 พร้อมกับสร้างความมั่นใจและความ  
ปลอดภัยในสถานการณ์การแพร่ระบาดโคโรนา 2019

5.สรุปและอภิปรายผลการศึกษา

การศึกษาพฤติกรรมของกลุ่มตัวอย่างผู้มาใช้บริการ  
ร้านเจริญยนต์ จังหวัดขอนแก่น พบว่า ส่วนใหญ่เป็นเพศชาย  
ช่วงอายุ 41-50 ปี ส่วนใหญ่มีระดับการศึกษาชั้น  
ประถมศึกษา และสถานภาพการสมรส มีการประกอบ  
อาชีพเป็นช่างซ่อมรถ แม่บ้าน และว่างงาน มีรายได้ต่อเดือน  
ระหว่าง 10,000-15,000 บาท ทราบข้อมูลข่าวสารของร้าน  
รับซื้อของเก่า จากคนรู้จักแนะนำมา ปัจจัยที่ตัดสินใจมาขาย  
ที่ร้านเจริญยนต์ เนื่องจาก ใกล้บ้านสะดวก บริการรวดเร็ว  
และให้ราคาสูง สอดคล้องกับผลการศึกษาของ สวรร กมลวา  
ทิพย์ (2561) ที่ศึกษาการวางแผนกลยุทธ์เพื่อเพิ่มยอดขาย  
ของเก่าของบริษัทสมคิดของเก่า จำกัด อำเภอเมือง จังหวัด  
ขอนแก่นและการศึกษาของพรพิพัฒน์ เพชรพรไพศาล  
(2559) ที่ศึกษาเรื่องการวางแผนกลยุทธ์เพื่อเพิ่มยอดขาย  
ของเก่าของ ห้างหุ้นส่วน พรไพศาล อำเภอเมือง จังหวัดเลย

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] กัญยาภรณ์ มีชัย. (2562). การวิเคราะห์ศักยภาพห่วงโซ่  
อุปทานธุรกิจรีไซเคิล จากแนวโน้มราคา  
ขยะรีไซเคิลประเภทกระดาษ โลหะ และพลาสติกใน  
ประเทศไทย. การศึกษาอิสระ  
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการจัดการ  
สิ่งแวดล้อม คณะบริหารการพัฒนาสิ่งแวดล้อม  
สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์.
- [2] กัลยา วานิชย์บัญชา. (2549). สถิติสำหรับงานวิจัย.  
พิมพ์ครั้งที่ 2.สำนักงานพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,  
กรุงเทพฯ.
- [3] กรมควบคุมมลพิษ. (2560). รายงานสถานการณ์ขยะมูล  
ฝอยชุมชนของประเทศไทยปี พ.ศ. 2559.  
ค้นเมื่อ 1 พฤษภาคม 2561, จาก  
[http://infofile.pcd.go.th/waste/wsthaz\\_annua](http://infofile.pcd.go.th/waste/wsthaz_annua)
- [4] กรมควบคุมมลพิษ. (2563). รายงานสถานการณ์ขยะมูล  
ฝอยชุมชนของประเทศไทยปี พ.ศ. 2562.  
2563. บริษัท สไตลครีเอทีเฮาส์ จำกัด, กรุงเทพฯ.
- [5] ธาณิชทร์ ศิลป์จารุ. (2551). การวิจัยและวิเคราะห์  
ข้อมูลทางสถิติด้วย SPSS. พิมพ์ครั้งที่ 9.  
บิสซิเนสอาร์แอนด์ตี, กรุงเทพฯ.





- [6] สุปราณี ศิริอาภาภานนท์ (2561), แนวทางการบริหาร  
จัดการขยะรีไซเคิล: ประสบการณ์ต่างประเทศ  
กับการประยุกต์ใช้ในประเทศไทย. วารสารรัฐธุรกิจ.  
60 (1): 103-104.
- [7] สรวร กมลวาทีพย์. (2561). แนวทางในการวางแผน  
กลยุทธ์เพื่อเพิ่มยอดขายของเก่าของบริษัท  
สมคิดของเก่า จำกัด อำเภอเมือง จังหวัด  
ขอนแก่น. การศึกษาอิสระปริญญาบริหารธุรกิจ  
มหาบัณฑิต วิทยาลัยบัณฑิตศึกษาการจัดการ.
- [8] อภิญญา ชนุนทอง. (2564). แนวโน้มธุรกิจ/  
อุตสาหกรรม ปี 2564-2566: อุตสาหกรรมพลาสติก.  
ค้นเมื่อ 1 พฤษภาคม 2564,  
<https://www.krungsri.com/th/research/industry/industryoutlook/Petrochemicals/Plastics/IO/io-plastics-21>.
- [9] Jie Luo. (2557). แผนธุรกิจ JIP รีไซเคิล. การศึกษา  
อิสระ บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิสหากิจ  
ขนาดกลางและขนาดย่อม. มหาวิทยาลัยกรุงเทพ.



## การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการปลูกผักไฮโดรอร์แกนิกแบบอัตโนมัติ The study of factors affecting an automatic hydro-organic vegetable growing system

วารินทร์ บุญยโรจน์<sup>1\*</sup>, ศิริชัย สารমনัส<sup>2</sup>, คณาวุฒิ อินทร์แก้ว<sup>1</sup>, ณัฐชัมย์ ลักษณะอำนาจพร<sup>1</sup>

<sup>1</sup> สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

1381 ถนนประชากรราษฎร์ 1 เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800

<sup>2</sup> สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

\*Corresponding author Email: varinthorn.b@rmutp.ac.th

### บทคัดย่อ

ระบบปลูกผักมีความจำเป็นต้องการแร่ธาตุและสารอาหาร โดยการนำจุลินทรีย์มาใช้กับพืชจะช่วยลดปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมี นอกจากนี้จุลินทรีย์สังเคราะห์แสงนั้นมีธาตุอาหารเหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของพืช งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการปลูกผักไฮโดรอร์แกนิกแบบอัตโนมัติ ซึ่งวิเคราะห์น้ำหมักชีวภาพที่ระยะเวลา 28 วัน พบว่า น้ำหมักชีวภาพมีค่าความเป็นกรด-ด่างมีความเป็นกลาง ปริมาณฟอสฟอรัส และมวลตะกอนจุลชีพ มีค่า 5,200 mg/L และ 1,200 mg/L ตามลำดับ สำหรับประสิทธิภาพการทำงานของระบบปลูกผักไฮโดรอร์แกนิกแบบอัตโนมัตินั้นได้มีการตรวจติดตามตลอดระยะเวลาการทดลอง (ระยะเวลาที่เหมาะสมในการทดลองปลูกพืช 45 วัน) เก็บข้อมูลอัตราการเจริญเติบโตของผักสลัด กรีนคอสได้จากความยาวของใบ ความกว้างของใบ และความยาวของราก ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจะเจริญเติบโตได้ดีในช่วงเวลากลางวัน และผักสลัดกรีนคอสสามารถเจริญเติบโตได้โดยใช้น้ำหมักชีวภาพ ซึ่งความเข้มข้นของจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงและความเข้มข้นของสารอาหารในน้ำหมักชีวภาพนั้นมีส่วนสำคัญในการช่วยให้ผักสลัดกรีนคอสเจริญเติบโตได้ดี และจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงประกอบด้วยโปรตีนและวิตามิน นอกจากนี้ ระบบดังกล่าวยังสามารถนำไปใช้งานได้ง่าย ประหยัดต้นทุนด้านการเกษตรและต้องมีการบำรุงรักษาระบบอย่างสม่ำเสมอ

**คำสำคัญ:** ไฮโดรอร์แกนิก; น้ำหมักชีวภาพ; ระบบน้ำหมุนเวียน

### Abstract

Vegetable Growing System has an absolute requirement of nutrients and minerals. The microbial application can facilitate in addressing limited access to chemical fertilizer concerns. Moreover, the photosynthetic microorganism community can contribute together in nutrient availability for plant growth. This research aims to study of factors affecting an automatic hydro-organic vegetable growing system. Moreover, an analytical of fermented juice was also observed at 28 days. pH, phosphorus, and mixed liquor suspended solids in fermented juice were found neutral, 5,200 mg/L, and 1,200 mg/L, respectively. The efficiencies of an automatic hydro-organic vegetable growing system were also monitored along an experimental period (45 days of operation optimization). The vegetable growth rate was observed in terms of leaf length, leaf width, and root length. These experimental results showed that the phototrophic growth of photosynthetic microorganisms should be the main bacterial activity at daytime operation and vegetables could grow by using fermented juice. The photosynthetic microorganism concentration and nutrients concentration in fermented juice was significant to promote the productivity of vegetable growing which the photosynthetic biomass is rich



in proteins and vitamins. Besides, this system can be easily applied and also very cost-effective for agricultural practice, and frequent maintenance every experimental run was necessary.

**Key words:** Hydro-organic; Fermented Juice; Water Recirculating System

## 1. บทนำ (Introduction)

การบริโภคผักเป็นปัจจัยสำคัญปัจจัยหนึ่งที่ช่วยเสริมสร้างสุขภาพร่างกายให้แข็งแรง ซึ่งการผลิตผักปลอดสารพิษมีอยู่หลายรูปแบบ โดยผักปลอดสารพิษตามลักษณะการใช้สารเคมีและฮอร์โมนเป็นประเภทต่างๆ สามารถแบ่งออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่ ผักปลอดสารเคมี ผักไฮโดรโปนิคส์ ผักเกษตรอินทรีย์ ซึ่งพบว่าผักปลอดสารพิษ ยังคงมีการใช้สารเคมีและฮอร์โมนในกระบวนการเพาะปลูก ผักอนามัย ใช้ปุ๋ยเคมีและสารเคมีกำจัดวัชพืชและแมลง ผักไฮโดรโปนิคส์ ใช้สารเคมีร่วมกับฮอร์โมน และผักเกษตรอินทรีย์ไม่มีการใช้สารเคมีในระบบปลูก ผักเกษตรอินทรีย์จึงเป็นผักที่ปลอดภัยจากสารเคมีมากกว่าผักที่ผลิตจากระบบอื่น แต่ในขณะเดียวกันมีรายงานพบสารเคมีตกค้างในผักที่สูงเกินมาตรฐานซึ่งไม่สามารถล้างออกได้ด้วยน้ำหรือทำลายด้วยความร้อนจากการหุงต้ม

การปลูกผักไฮโดรโปนิคส์ (Hydroponic) เป็นรูปแบบผลิตผักอย่างหนึ่งที่สนับสนุนหลักการปลูกผักโดยลดการพึ่งพาปัจจัยภายนอกในการทำเกษตร เช่น ปุ๋ยเคมี สารเคมีกำจัดศัตรูพืช ตามหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง เป็นระบบที่ใช้สารละลายธาตุอาหารและน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด จึงเป็นแนวทางเกษตรอีกรูปแบบหนึ่งในอนาคต เพื่อลดการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช เพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำและระบบน้ำ ซึ่งตามกระบวนการผลิตผักไฮโดรโปนิคส์ไม่จัดอยู่ในกลุ่มของผักอินทรีย์เพราะใช้ปุ๋ยเคมีเป็นสารละลายธาตุอาหาร หากมีการจัดการไม่ถูกวิธี จะทำให้เกิดการปนเปื้อนต่อแหล่งน้ำสาธารณะ ดังนั้นการผลิตผักจึงมีความจำเป็นต้องคำนึงถึงคุณภาพของผลผลิต ประสิทธิภาพในการผลิต และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งการใช้ Nähmgewächse เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สามารถนำมาใช้เพื่อการปลูกผักอินทรีย์ และสามารถนำมาใช้พัฒนาระบบปลูกผักไฮโดรโปนิคส์ โดยมีศักยภาพเพียงพอเพื่อใช้เป็นธาตุอาหารทดแทนในการปลูกพืชผักได้ เนื่องจากมีธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตของพืช [1, 2, 3, 4] ซึ่งระบบอัตโนมัติจะช่วยส่งเสริมและสนับสนุนให้เกษตรกรมีผลผลิตทางการเกษตรที่เพิ่มขึ้น [5] คณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการปลูกผักไฮโดรโปนิคส์แบบอัตโนมัติเพื่อเป็นแนวทางในเรื่องการปลูกและใช้น้ำหมักชีวภาพเพื่อทดแทนการใช้ปุ๋ยและสารเคมีด้วยระบบการปลูกผักไฮโดรโปนิคส์แบบใช้น้ำหมักชีวภาพที่มีการควบคุมอัตรา

การไหลของน้ำให้คงที่

## 2. วิธีวิจัย (Research Methodology)

ในการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการปลูกผักไฮโดรโปนิคส์ ผู้วิจัยได้จัดสร้างระบบปลูกผักไฮโดรโปนิคส์ประกอบด้วย รางปลูก ถังบรรจุน้ำหมักชีวภาพ และปั๊มหมุนเวียนน้ำ ซึ่งมีการประยุกต์ใช้พลังงานแสงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานมีการติดตั้งหลอดไฟ LED และแผงโซลาร์เซลล์ โดยติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ ขนาด 50 วัตต์ จำนวน 1 แผง แบตเตอรี่ ขนาด 12 โวลต์ จำนวน 1 ก้อน และหลอดไฟ LED (3 วัตต์) จำนวน 12 หลอด และปั๊มน้ำขนาดเล็กแบบจุ่ม ขนาด 4.2 วัตต์ จำนวน 1 ตัว โดยการควบคุมการทำงานของระบบใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการทำงาน

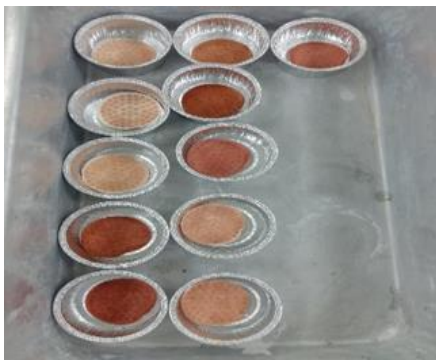
การวิเคราะห์น้ำหมักชีวภาพ โดยการวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่างๆ ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ค่าฟอสฟอรัสของน้ำหมักชีวภาพ การวิเคราะห์มวลตะกอนจุลชีพ (MLSS) ศึกษาการเจริญเติบโตของผักไฮโดรโปนิคส์ ได้แก่ จำนวนใบ ขนาดความยาวและความกว้างของใบ ความสูงของลำต้น ความยาวของราก



ภาพที่ 1 ระบบปลูกผักไฮโดรโปนิคส์



ภาพที่ 2 การตรวจวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง



ภาพที่ 3 การวิเคราะห์หมวตะกอนจุลชีพ

### 3. ผลการวิจัย (Results)

#### 3.1 ประสิทธิภาพการทำงานของระบบปลูกผักไฮโดรออร์แกนิกแบบอัตโนมัติ

การทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของระบบปลูกผักไฮโดรออร์แกนิกแบบอัตโนมัติ พบว่า ระบบปลูกผักไฮโดรออร์แกนิกแบบอัตโนมัติที่พัฒนาขึ้น สามารถทำงานได้ตามเกณฑ์ในการทดสอบประสิทธิภาพที่ได้กำหนดไว้ โดยมีอัตราการไหลของน้ำ ( $n = 5$ ) ของชุดการทดลองมีอัตราการไหลเฉลี่ยเท่ากับ  $40.25 \pm 0.25$  มิลลิลิตรต่อวินาที โดยเกณฑ์ที่ใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพ ได้กำหนดไว้อัตราการไหลของน้ำ เท่ากับ 40 mL/sec และมีการทำงานของปั้มน้ำ เท่ากับ 40 mL/sec สำหรับการศึกษาปริมาณการใช้ไฟฟ้าในการเดินระบบของชุดเพาะปลูกในน้ำแบบประหยัดพลังงาน โดยเปรียบเทียบปริมาณการใช้ไฟฟ้าของชุดทดลองที่มีการติดตั้งชุดควบคุมแบบใช้พลังงานไฟฟ้าจากบ้านเรือน ดังตารางที่ 1

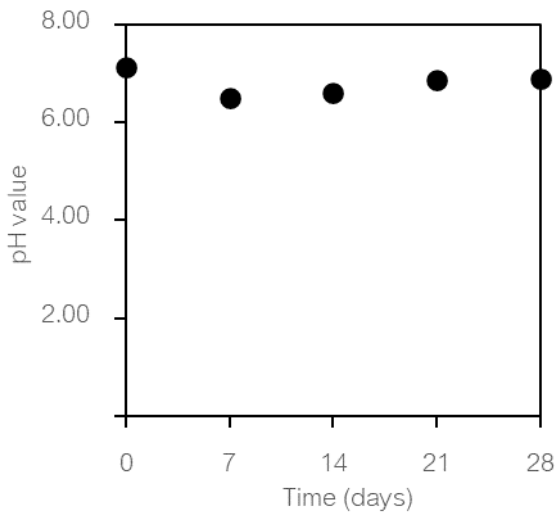
ตารางที่ 1 ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของระบบปลูกผักไฮโดรออร์แกนิกแบบอัตโนมัติ ในส่วนของอุปกรณ์ที่ใช้ไฟฟ้าในชุดควบคุม

อุปกรณ์ที่ใช้ไฟฟ้า ในชุดควบคุม	ปริมาณการใช้ไฟฟ้า (กิโลวัตต์)		
	1 วัน	30 วัน	180 วัน
บอร์ดและเซนเซอร์	0.03	0.90	5.40
ปั้มน้ำ	0.10	3.00	18.00
หลอดไฟ LED	0.65	19.50	117.00
ค่าไฟฟ้า (บาท)	2.830	84.790	509.40

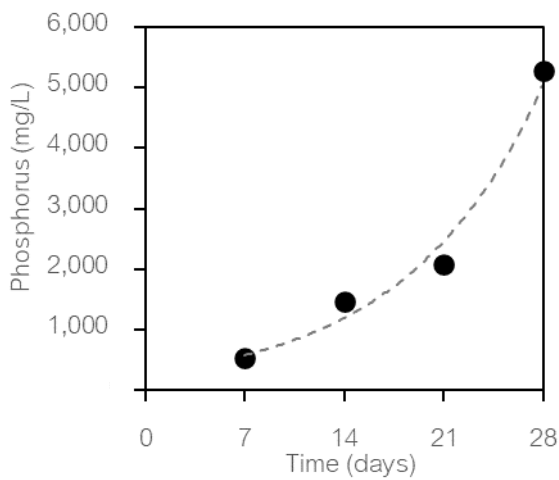
ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของระบบปลูกผักไฮโดรออร์แกนิกแบบอัตโนมัติ ที่มีการติดตั้งชุดการสั่งการแบบใช้พลังงานไฟฟ้าจากบ้านเรือน พบว่า ในระยะเวลา 24 ชั่วโมง บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์และเซนเซอร์ใช้ปริมาณไฟฟ้าเท่ากับ 0.03 กิโลวัตต์ ปั้มน้ำใช้ปริมาณไฟฟ้าเท่ากับ 0.10 กิโลวัตต์ หลอดไฟ LED ใช้ปริมาณไฟฟ้าเท่ากับ 0.65 กิโลวัตต์ และในระยะเวลา 30 วัน บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์และเซนเซอร์ใช้ปริมาณไฟฟ้าเท่ากับ 0.90 กิโลวัตต์ ปั้มน้ำใช้ปริมาณไฟฟ้าเท่ากับ 3 กิโลวัตต์ หลอดไฟ LED ใช้ปริมาณไฟฟ้าเท่ากับ 19.50 กิโลวัตต์

#### 3.2 ผลการวิเคราะห์น้ำหมักชีวภาพ

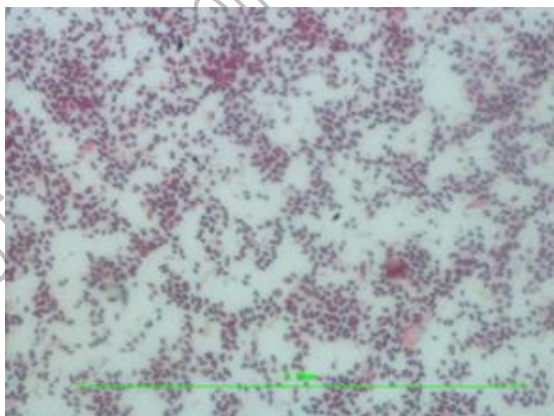
ค่าความเป็นกรด-ด่าง เป็นค่าที่บอกปริมาณของกรดที่ปนอยู่ในน้ำ ค่าพีเอชมีอิทธิพลต่อปฏิกิริยาเคมีส่วนใหญ่ที่เกิดขึ้นในน้ำ จะมีค่าความเป็นกรด-ด่าง มีความเป็นกลางอยู่ในช่วง 6-8 และช่วงเวลาที่ทำให้จุลินทรีย์เจริญเติบโตได้ดีมากที่สุด ก็คือช่วงเวลาที่แสงแดดทั้งวัน เพราะจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงมีคุณสมบัติพิเศษ คือ ทนทานต่อสภาวะที่มีแสงและไม่มีแสง มีอากาศ และไม่มีอากาศได้ ส่วนจุลินทรีย์ชนิดที่ไม่ทนต่อแสงจึงมีข้อจำกัดในการใช้งานซึ่งจะส่งผลให้ประสิทธิภาพลดลง ดังนั้น จุลินทรีย์สังเคราะห์แสงสามารถใช้ได้ทุกช่วงเวลาของวัน ซึ่งค่าอุณหภูมิที่ได้มีค่าไม่เกิน 30 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ ตลอดช่วงเวลากการเดินระบบ เมื่อวิเคราะห์น้ำหมักชีวภาพ พบว่า ค่าการนำไฟฟ้า ค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมด ผักสลัดกรีนคอสมีการเจริญเติบโตมีการเจริญเติบโตอย่างต่อเนื่อง ค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมดของน้ำหมักชีวภาพ โดยค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมด จะเป็นดัชนีบ่งบอกคุณภาพของน้ำหมักชีวภาพและธาตุอาหารในปุ๋ยมวลตะกอนจุลชีพ (MLSS) มีการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง เมื่อใช้ระยะเวลาในการหมักนาน ตะกอนที่แขวนลอย ค่าฟอสฟอรัสในน้ำหมักชีวภาพเพิ่มขึ้นซึ่งจะส่งผลให้น้ำหมักชีวภาพมีประสิทธิภาพดีขึ้นด้วยเช่นกัน



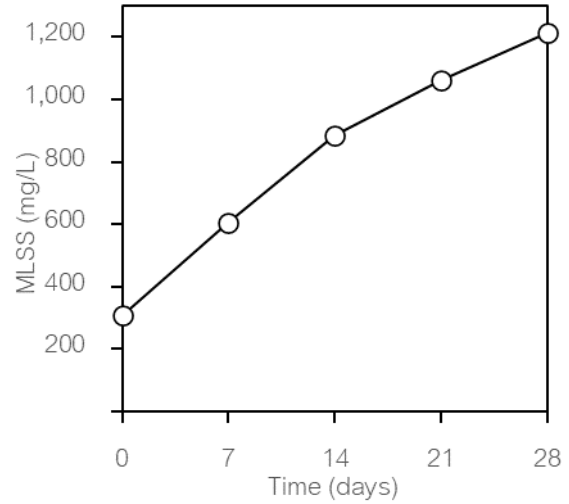
ภาพที่ 4 ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำหมักชีวภาพ



ภาพที่ 5 ค่าฟอสฟอรัสของน้ำหมักชีวภาพ



ภาพที่ 6 ลักษณะตะกอนจุลชีพในน้ำหมักชีวภาพ



ภาพที่ 7 ตะกอนจุลชีพในน้ำหมักชีวภาพ

## 2.2 การเจริญเติบโตของผักไฮโดรออร์แกนิก

การเพาะเมล็ดผักสลัดกรีนคอส เริ่มต้นจากการนำเมล็ดเพาะในถาดหลุมที่มีฟองน้ำ ซึ่งฟองน้ำจะช่วยให้มีการระบายอากาศได้ดี ซึ่งเป็นการเพาะกล้าพืชแบบไม่ใช้ดิน [7] ทำให้เมล็ดพันธุ์มีความชุ่มชื้น แสงแดดส่องไม่ถึง เมื่อดันกล้าโตขึ้นให้ทำการวัดค่าความยาวใบ ความกว้างใบ และความยาวราก หลังจากอายุกล้าประมาณ 21-28 วัน ได้นำต้นกล้าเข้าสู่ระบบปลูกผักไฮโดรออร์แกนิกแบบอัตโนมัติ

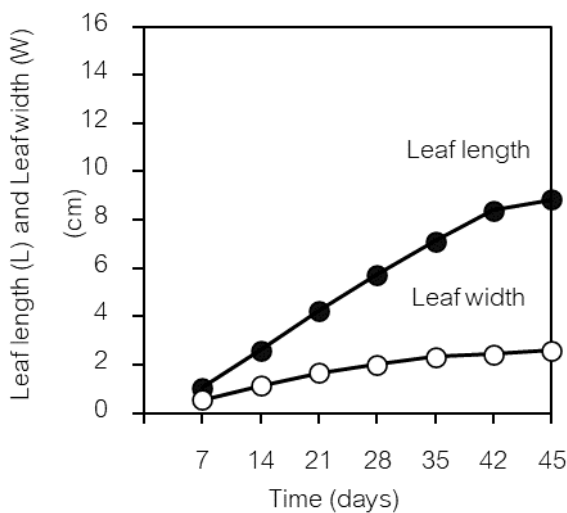


ภาพที่ 8 การทดสอบการงอกของเมล็ดผักสลัดกรีนคอส  
ระยะเวลา 7 วัน

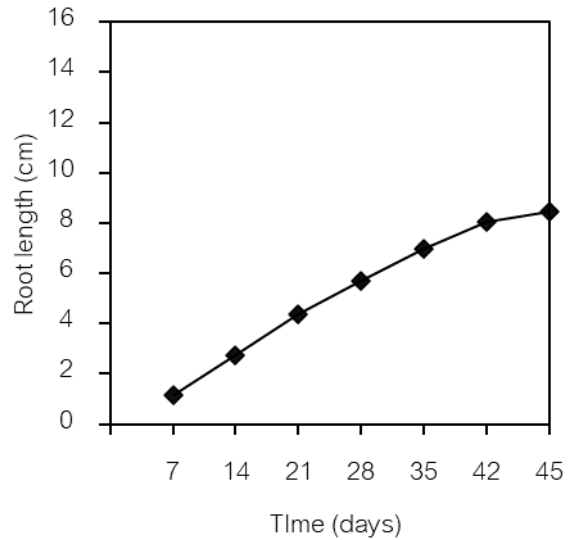


ภาพที่ 9 ผักสลัดที่ปลูกด้วยระบบปลูกผักไฮโดรโอรร์แกนิคแบบอัตโนมัติ

จากการศึกษาการเจริญเติบโตของผักสลัดกรีนคอสเป็นระยะเวลา 45 วัน พบว่า ความกว้างและความยาวของใบ ความยาวราก จำนวนใบ และความสูงของต้นผักสลัดกรีนคอสที่มีการรดด้วยน้ำหมักชีวภาพนั้นมีแนวโน้มการเจริญเติบโตอย่างต่อเนื่องตลอดการทดลอง แต่การใช้น้ำหมักชีวภาพนั้นอาจทำให้เกิดเมือกในระบบได้ [6] และฤดูกาลมีผลต่อการเจริญเติบโตของผักสลัดกรีนคอส [4] โดยในช่วงฤดูหนาวอากาศเย็นจะส่งผลดีต่อปริมาณผลผลิต



ภาพที่ 10 ความยาวและความกว้างใบของผักสลัดกรีนคอส



ภาพที่ 11 ความยาวรากของผักสลัดกรีนคอส

#### 4. อภิปรายผล (Discussion)

จากการศึกษาการเจริญเติบโตของผักสลัดกรีนคอสเป็นระยะเวลา 45 วัน เจริญเติบโตของผักสลัดกรีนคอสโดยใช้น้ำหมักชีวภาพนั้นผักสลัดกรีนคอสสามารถเจริญเติบโตได้ดีโดยน้ำหมักชีวภาพซึ่งมีสารละลายธาตุอาหารของพืช โดยระบบอัตโนมัติมีส่วนช่วยส่งเสริมให้ผลผลิตทางการเกษตรเพิ่มสูงขึ้น [5] สำหรับปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของผักสลัดกรีนคอสประกอบด้วยปัจจัยต่างๆ ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง มวลตะกอนจุลชีพ ค่าฟอสฟอรัสของน้ำหมักชีวภาพ พบว่า น้ำหมักชีวภาพมีค่าความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของผักสลัดกรีนคอสซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 6-8 และมีมวลตะกอนจุลชีพและธาตุอาหารที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตของผักสลัดกรีนคอส ทำให้ผักสลัดกรีนคอสสามารถเจริญเติบโตได้ดี

#### 5. สรุปผล (Conclusion)

จากการเปรียบเทียบความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของระบบปลูกผักไฮโดรโอรร์แกนิคแบบอัตโนมัติ โดยพิจารณาจากค่าไฟฟ้า โดยจะมีค่าไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเดือนละประมาณ 85 บาท ซึ่งการใช้ระบบอัตโนมัติจะมีส่วนช่วยลดปัญหาเรื่องแรงงาน นอกจากนี้การใช้น้ำหมักชีวภาพกับระบบการปลูกผักไฮโดรโอรร์แกนิคแบบใช้น้ำหมุนเวียนที่มีการควบคุมอัตราการไหลของน้ำให้คงที่ 40 mL/sec อาจยังก่อให้เกิดเมือกในระบบ โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณรากปลูก สายยาง จึงควรหมั่นทำความสะอาดระบบปลูกเป็นประจำสม่ำเสมอ และควรผักสลัดในฤดูหนาวจะให้ผลผลิตที่ดีกว่าในช่วงฤดูร้อน



## 6. กิตติกรรมประกาศ

บทความนี้ได้รับเงินทุนสนับสนุนจากงบประมาณรายได้คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2563 ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

## 7. เอกสารอ้างอิง

- [1] ชัยรัตน์ บุรณะ, LED นวัตกรรมแสงเทียมเพื่อการผลิตพืชยุค 4.0, ข้อมูลจาก <https://talad.co/blog/led-artificial-light/> (วันที่สืบค้นข้อมูล 10 มกราคม 2563)
- [2] นวัตกรรมการเกษตร, เทคโนโลยีบัณฑิต, สาขาวิศวกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยรังสิต, 2563
- [3] ศณัฐษ์ แซ่ม้า และสุรัชย์ แซ่จ้าว, ระบบรดน้ำแปลงผักอัตโนมัติ, อุตสาหกรรมศาสตร์บัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ, 2561
- [4] เอกสารการออกแบบระบบปลูกพืชไม่ใช้ดิน, สาขาวิศวกรรมชลประทานและการจัดการน้ำ, คณะวิศวกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, 2562
- [5] กรมวุฒิ นงนุช, ระบบสั่งงานด้วยเสียงบนเทคโนโลยีสรรพสิ่งเพื่อประยุกต์ควบคุมมอเตอร์ในงานด้านเกษตรกรรม, รายงานการวิจัย, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ, 2561
- [6] กนกวรรณ กรสุวรรณ และสุพัตรา การปลูก, การศึกษาประสิทธิภาพของธาตุอาหารพืชอินทรีย์สำหรับปลูกพืชไฮโดรโปนิคส์, คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, 2556
- [7] ธรรมศักดิ์ ทองเกต, การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน (Soilless Culture), ข้อมูลจาก <http://www.eto.ku.ac.th/neweto/e-book/other/soliless%20plants.pdf> (วันที่สืบค้นข้อมูล 22 พฤศจิกายน 2562)
- [8] ปิยะดา บำรุงเขตต์ คมสัน แสงอรุณ และชลกานต์ มาตรฐานนิวงศ์, ระบบเฝ้าระวังแปลงผักไฮโดรโปนิคส์ด้วยเซ็นเซอร์ไร้สายผ่านระบบ GSM, วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต, วิศวกรรมโทรคมนาคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, 2554



## ผลของโรติเฟอร์ในการกำจัด *Microcystis* spp. ในถังปฏิกรณ์ชีวภาพแบบคอลัมน์ที่ใช้ถ่านกัมมันต์จากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่แตกต่างกัน

Effect of rotifer on removal of *Microcystis* spp. by column type model bioreactor using several kind agriculture waste materials of activated charcoal

วัชรพงษ์ ทะคง<sup>1\*</sup>, นิวุฒิ หวังชัย<sup>2</sup>, Rameshprabu Ramaraj<sup>3</sup>, Tomoaki Itayama<sup>4</sup>

<sup>1\*</sup> สาขาวิชาอนามัยสิ่งแวดล้อม คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร 59/7 หมู่ 1 ถนนวปรอ 366 ตำบลเชียงเครือ อำเภอเมือง จังหวัดสกลนคร 47000

watcharapong.tha@ku.th

<sup>2</sup> คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

63 หมู่ 4 ต.หนองหาร อ.สันทราย จ.เชียงใหม่ 50290 niwooti@hotmail.co.th

<sup>3</sup> วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ rameshprabu@mju.ac.th

63 หมู่ 4 ตำบลหนองหาร อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ 50290

<sup>4</sup> Graduate School of Engineering, Nagasaki University

1-14 Bunkyo, Nagasaki, Japan 852-8521 Itayama@nagasaki-u.ac.jp

### บทคัดย่อ

ประสิทธิภาพการกำจัด *Microcystis* spp. ของถังปฏิกรณ์ชีวภาพแบบคอลัมน์ที่บรรจุถ่านกัมมันต์ผลิตจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร เพื่อนำกลับมาใช้ประโยชน์ให้คุ้มค่า (Upcycling) โดยเน้นไปที่ซังข้าวโพดและไม้ ด้วยวิธีการนำมาเผาที่อุณหภูมิ 500-600 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง จากนั้นนำถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากไม้และซังข้าวโพดมาบดผ่านตะแกรงให้ได้ขนาด 1-2 มิลลิเมตร แล้วบรรจุลงในคอลัมน์จำนวน 2 คอลัมน์ ปริมาตรรวมที่ได้หลังจากบรรจุเท่ากับ 3.2 x 9.2 เซนติเมตร จากนั้นนำน้ำที่ปนเปื้อน *Microcystis* spp. ทดสอบกับถังปฏิกรณ์ชีวภาพแบบคอลัมน์ที่ระยะเวลาพักเก็บ (hydraulic retention time ; HRT) เป็นเวลา 8 ชั่วโมง อัตราการไหลของน้ำเข้าผ่านระบบตั้งเวลาอัตโนมัติโดยปั๊มทำงานเป็นเวลา 15 วินาที และหยุดการทำงาน 8 นาที ผลการทดลองพบว่า ถังปฏิกรณ์ชีวภาพแบบคอลัมน์ที่บรรจุถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากไม้ มีค่าเฉลี่ยในการกำจัดคลอโรฟิลล์เอ ร้อยละ 51.24 และถังปฏิกรณ์ชีวภาพที่บรรจุถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากซังข้าวโพด มีค่าเฉลี่ยในการกำจัดคลอโรฟิลล์เอ ร้อยละ 50.33 เมื่อทดสอบนัยสำคัญทางสถิติด้วยวิธี Independent t-test พบว่า แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value > 0.05) แต่ในเชิงความคุ้มค่าและการอนุรักษ์ การนำวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร เช่น ซังข้าวโพดที่เหลือจากการบริโภคและการเลี้ยงสัตว์ จะมีความคุ้มค่าในการนำมาแปรรูปเป็นถ่านกัมมันต์เพื่อประยุกต์ใช้ในการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพได้ดีกว่าถ่านที่ทำมาจากไม้ จากนั้นได้นำถ่านทั้ง 2 ชนิดภายในคอลัมน์มาศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ โดยพบกลุ่มโรติเฟอร์ (*Philodina* spp.) ที่สามารถกินและย่อยสลาย *Microcystis* spp. เจริญได้ดี

**คำสำคัญ (Key word):** ถ่านกัมมันต์; ไม้และซังข้าวโพด; ถังปฏิกรณ์ชีวภาพแบบคอลัมน์; *Microcystis* spp.; คลอโรฟิลล์เอ

### บทคัดย่อ

The removal of *Microcystis* spp. using agriculture waste materials, raw material of biomass carbonization to made activated carbon upcycling such as woods and corncob in a column type model bioreactor. For carbonization process we used temperature around 500-600 °C for 3 hours. The activated carbon was crashed grinder and sifted into the desired particle size (1~2mm), then filled into the reactors and the bulk volume of charcoal is around 3.2 x 9.2 cm. The hydraulic retention time (HRT) was around 8 hours. We used the timer to setting working time 15 second and stop time 8 minute and used 2 pumps to get the influent in to column type bioreactor process. The chlorophyll a (Chl-a) concentration of the influent and effluent water,





which were sampled at intervals was measured by the hot methanol method. It has been verified that the concentration of chlorophyll-a in cyanobacterial cells has a good positive correlation with cyanotoxin. There are protozoa and metazoan such as microorganism inhibiting in the reactor. It has been proved that several kinds of microorganisms such as one species of rotifers *Philodina* spp., can remove the cyanobacterial cells by predation and decomposition. The results showed that the wood charcoal and corncob charcoal column type model bioreactor could effectively remove the cyanobacterial cells mean 51.23%. and 50.32% respectively, we analyze the independent t-test were different with no statistical different significance. This represents a significant bioremediation potential by using a series of well-controlled microcosm experiments. But in term of upcycling value and very bad point when they made a lot of wood charcoal, tropical forest could be destroyed for conservation of natural resources. Agriculture waste material such as corncob from consumption and livestock. It has been more cost-effective applied into activated carbon for biological wastewater treatment applications better than wood charcoal.

**คำสำคัญ (Key word):** Activated carbon; Wood and corn cob; Column type model bioreactor; *Microcystis* spp.; Wastewater Treatment

## 1. บทนำ (Introduction)

ในปัจจุบันไซยาโนแบคทีเรียที่สร้างสารพิษเป็นปัญหาที่พบในแหล่งน้ำมากขึ้น เนื่องจากปริมาณประชากรและโรงงานอุตสาหกรรมได้เพิ่มมากขึ้น แหล่งน้ำตามธรรมชาติหรืออ่างเก็บน้ำที่ใช้สำหรับการอุปโภคและบริโภค โดยเฉพาะแหล่งน้ำดิบที่นำมาผลิตน้ำดื่มและน้ำปะปา เกิดการปนเปื้อนจากสารไซยาโนทอกซิน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง microcystin และ cylindrospermopsin ที่ผลิตมาจากสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (Toxic cyanobacteria) (Carmichael, 1992; Arman & Clarke, 2021) สาเหตุหลักเกิดจากที่การปล่อยน้ำเสียที่เกิดจากกิจกรรมทางการของมนุษย์ เช่น การเกษตรและโรงงานอุตสาหกรรม โดยน้ำเสียจากการเกษตรนั้นจะมีปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ไปแคสเซียม และสารพิษต่าง ๆ ในปริมาณสูง โดยจะพบสิ่งสกปรกในรูปของสารอินทรีย์ปนสวนมาก ซึ่งส่งผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์และเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตหลายชนิดทั่วโลก รวมทั้งแพลงก์ตอนสัตว์ ซึ่งสามารถกินสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินแล้วเกิดการสะสมสารพิษในทางชีวภาพ (Bioaccumulate) และส่งต่อไปยังห่วงโซ่อาหารในระบบนิเวศ (Chen *et al.*, 2012; Zamora-Barrios, 2019) ซึ่งสารพิษที่พบส่วนใหญ่คือ ไมโครซิस्टิน (Microcystins) เป็นสารในกลุ่ม cyclic heptapeptide โดย hepatotoxins จะมีผลต่อดับ (Sano *et al.*, 2004) ส่วนมากสร้างโดย *Microcystis* spp., *Anabaena* spp., *Oscillatoria* spp. และ *Nostoc* spp. (Singh *et al.*, 2012) โดยจะปลดปล่อยลงสู่แหล่งน้ำเมื่อ

เซลล์แก่หรือตาย (McElhiney and Lawton, 2005) การสัมผัสสารไมโครซิस्टินในมนุษย์ ได้แก่ การบริโภคน้ำดื่มที่ปนเปื้อน, ปลา, หอย ผัก ผลิตภัณฑ์ประมง และกิจกรรมนันทนาการทางน้ำ (Xiang *et al.*, 2019) มีงานวิจัยพบว่าสายพันธุ์ของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน *Microcystis aeruginosa*, *Microcystis viridis*, และ *Microcystis wesenbergii* มีความเข้มข้นของไมโครซิस्टินในเซลล์สูง, ความเข้มข้นของ ไมโครซิस्टินต่ำ และไม่พบสารไมโครซิस्टินตามลำดับ (Chen, 2015) โดยองค์การอนามัยโลก (WHO) ได้กำหนดค่ามาตรฐานความปลอดภัยของน้ำดื่มสำหรับ Microcystin-LR ไม่เกิน 0.1 ไมโครกรัมต่อลิตร (Falconer, 1999).

เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศที่เติบโตในภาคเกษตรกรรมและอุตสาหกรรม ทำให้มีวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรเป็นจำนวนมาก เช่น วัสดุเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมกากมัน ซังข้าวโพด ชานอ้อย รวมถึงของเหลือทิ้งจากภาคเกษตรกรรมจำพวก ไม้ ซี้เลื้อย ซังข้าวโพดจากการเลี้ยงสัตว์ เปลือกข้าวโพด กะลามะพร้าว เป็นต้น การนำวัสดุเหล่านี้มาใช้ประโยชน์ในด้านการบำบัดน้ำเสีย จึงเป็นการแก้ไขปัญหาในการกำจัดของเหลือทิ้ง และลดต้นทุนในการบำบัดน้ำเสียจากทั้งหน่วยงานภาครัฐและเอกชน วัตถุประสงค์ที่ใช้ผลิตส่วนใหญ่จะเป็นอินทรีย์วัตถุที่เป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรและอุตสาหกรรม เช่น ไม้ ซี้เลื้อย ชานอ้อย กะลามะพร้าว เป็นต้น ถ่านกัมมันต์ต่างจากถ่านชนิดอื่น ๆ เนื่องจากมีความพรุนมาก กว้าง จึงทำให้ถ่านมีพื้นที่ผิวภายในเพิ่มขึ้น สามารถดูดซับกลิ่นและสีได้มากกว่าถ่านธรรมดา จึง



สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้หลายด้าน เช่น ดูดซับสี ฟอกสี ดูดซับกลิ่น ของสารละลายทำให้ก๊าซใหญ่บริสุทธิ์และใช้ใน อุตสาหกรรมประเภทต่างๆ คือ อุตสาหกรรมน้ำตาล อุตสาหกรรมเคมีและยา อุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรม เครื่องดื่มแอลกอฮอล์ เป็นต้น จะเห็นได้ว่าถ่านกัมมันต์ให้ ประโยชน์หลายด้าน (คณิตาและคณะ, 2540)

ถ่านกัมมันต์ (Activated carbon) สารกลุ่มคาร์บอนที่มี ผิวหน้ามีรูพรุนจำนวนมาก ที่ผ่านกระบวนการทางเคมีหรือ กายภาพ เพื่อทำให้เกิดรูพรุนในโครงสร้าง โดยทั่วไปจะมี พื้นที่ผิวหน้าประมาณ 300 – 500 ตารางเมตรต่อกรัม และมี รูพรุนขนาดเล็ก (Microporous) จำนวนมาก ซึ่งรูพรุนขนาด เล็กจำนวนมากส่งผลให้ปริมาณ พื้นที่ทั้งหมด (Total Surface area) สูงเช่นกัน จึงมีสมบัติในการดูดซับ อนุภาค สารต่างๆ ได้เป็นอย่างดี (รัตนวรรณ, 2552; พีระพงษ์ 2552) จึงส่งผลให้จุลินทรีย์ขนาดเล็ก เช่น กลุ่มโรติเฟอร์ กลุ่มโปรโต ซัว เป็นต้น สามารถเจริญเติบโตและอาศัยในรูพรุนเพื่อเพิ่ม ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพได้อีกด้วย โดยความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิตของการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธี ทางชีวภาพ โดยสิ่งมีชีวิตจะทำหน้าที่บำบัด หรือย่อยสลาย สารอินทรีย์ เช่น แบคทีเรียจะเป็นส่วนหนึ่งของฟล็อก หรือ อยู่ในลักษณะเซลล์อิสระรอบๆ บริเวณฟล็อก, Free-swimming ciliates กลิ่นแบคทีเรียในน้ำและสิ่งมีชีวิตอื่นเข้าสู่เซลล์ และกลุ่ม Stalked ciliates มักจะพบเกาะที่ชีวมวล และหมุนวนเพื่อกินแบคทีเรียที่แขวนลอยเข้าทางปาก, กลุ่ม โรติเฟอร์ (*Philodina* spp.) สามารถกินทั้งแพลงก์ตอนพืช และแพลงก์ตอนสัตว์ที่มีขนาดเล็กได้อย่างรวดเร็ว เป็นต้น (พรทิพย์ สีแดง, 2555)

งานวิจัยนี้จึงมีแนวความคิดในการนำวัสดุเหลือทิ้งทาง การเกษตรในประเทศไทย จำพวกไม้ และซังข้าวโพดซึ่งวัสดุ ดังกล่าวนี้นี้เป็นวัสดุที่หาได้ง่ายในทุกฤดูกาลและสามารถพบ เห็นได้โดยทั่วไป มาผลิตเป็นถ่านกัมมันต์ โดยเทคนิคนี้ใช้ เทคโนโลยีไม่ยุ่งยาก มีต้นทุนต่ำ จึงเป็นแนวทางหนึ่งของการ ประยุกต์ใช้ถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากวัสดุเหลือทิ้งทาง การเกษตรมาสร้างเป็นนวัตกรรมถึงปฏิกรณ์ชีวภาพแบบ คอลัมน์ เพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการกำจัด *Microcystis* spp. ที่มีการปนเปื้อนในแหล่งน้ำอุบะโคคริโคค โดยผลที่ได้ จากการศึกษาอาจใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาการควบคุม หรือการกำจัดสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่เกิดการสะสม สารพิษ เช่น ไมโครซินที่ผลิตจากสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน สายพันธุ์ *Microcystis* spp. ในสัตว์น้ำและผลิตภัณฑ์ประมง โดยสารพิษชนิดนี้จะส่งผลต่อตับและสมองของคนบริโภค น้ำ หรือผลิตภัณฑ์ประมงที่มีการปนเปื้อนของสารพิษใน ระยะเวลา

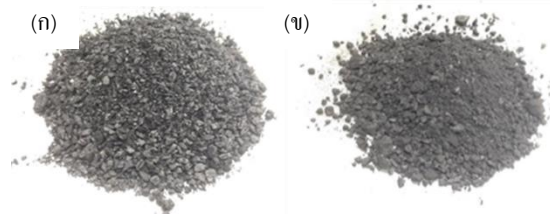
## 2. วิธีวิจัย (Research Methodology)

### 2.1 การเก็บตัวอย่างน้ำ

ทำการเลือกจุดเก็บตัวอย่างน้ำที่มีการปนเปื้อน *Microcystis* spp. หรือ Eutrophic lake ที่เป็นแหล่งน้ำที่มี ปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำสูง เช่น สารกลุ่มไนโตรเจน และ ฟอสฟอรัส ซึ่งเป็นตัวกระตุ้นการเจริญเติบโตของพีชน้ำ และ สาหร่าย จึงทำให้เกิดปรากฏการณ์สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำ เงินบลูม (algae bloom) และมีปริมาณออกซิเจนต่ำ จุดที่ สำรองและเก็บตัวอย่างน้ำ คือ อ่างเก็บน้ำใช้ทางการเกษตรที่ มีการเกิดสาหร่ายบลูม ที่เมืองซิมาบาระ จังหวัดนงาซากิ ประเทศญี่ปุ่น (32°51'12.3948"N, 130°15'40.1184"E) แล้วนำมาผสมกับอาหารเลี้ยงเชื้อ BG 11 (Kratz and Myers 1955, Stanier *et al*, 1971) แล้วเจือจาง 20 เท่า เพื่อใช้สำหรับเป็นน้ำเสียดสอบ โดยน้ำจากแหล่งน้ำ ธรรมชาติจะมีจุลินทรีย์ที่จำเป็นต่อการเป็นเชื้อตั้งต้นสำหรับ ถึงปฏิกรณ์ชีวภาพแบบคอลัมน์ในห้องปฏิบัติการ

### 2.2 การเตรียมถ่านกัมมันต์ (activated carbon) จากไม้ และซังข้าวโพด

เตรียมวัสดุในการทำถ่านโดยการนำไม้ และซังข้าวโพด ไปตากแดด เป็นเวลา 120 ชั่วโมงหรือ 5 วัน เพื่อเป็นการ เตรียมไม้และซังข้าวโพดสำหรับทำถ่านเพื่อไล่ความชื้น (Bound Water) จากนั้นนำไปเผาที่อุณหภูมิ 500-600 องศา เซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง จากนั้นนำถ่านกัมมันต์ที่ได้มา ทำการบดแล้วร่อนผ่านตะแกรงให้ขนาด 1-2 มิลลิเมตร แล้ว บรรจุลงในถังปฏิกรณ์กัมมันต์แบบคอลัมน์จำนวน 2 คอลัมน์ 1 คอลัมน์สำหรับถ่านกัมมันต์ที่ทำจากเศษไม้ และอีก 1 คอลัมน์สำหรับถ่านกัมมันต์ที่ทำจากซังข้าวโพด ปริมาตร โดยรวมของปริมาณถ่านกัมมันต์ในแต่ละคอลัมน์ประมาณ 3.2 x 9.2 เซนติเมตร (ภาพที่ 1)



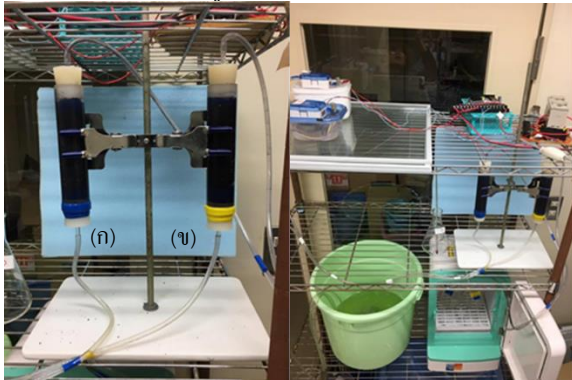
ภาพที่ 1 ถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากไม้ (ก) และซังข้าวโพด (ข) ที่ผ่านการบดและร่อนให้ได้ขนาด 1-2 มิลลิเมตร

### 2.3 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัด *Microcystis* spp. ของคอลัมน์ปฏิกรณ์ชีวภาพที่บรรจุถ่านกัมมันต์ ที่ทำจากไม้และถ่านกัมมันต์ที่ทำจากซังข้าวโพด

ศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำ เงินสายพันธุ์ *Microcystis* spp. ของถังปฏิกรณ์ชีวภาพแบบ คอลัมน์ที่บรรจุถ่านกัมมันต์ที่ทำจากไม้และซังข้าวโพด โดย การนำถ่านกัมมันต์ที่ผ่านการบดและร่อนจากตะแกรงให้มี



ขนาด 1-2 มิลลิเมตร แล้วนำมาล้างด้วย 70% EtOH จากนั้นล้างด้วยน้ำปราศจากไอออน (Mili-Q water) ที่ผ่านการนิ่งฆ่าเชื้อ (Autoclave) แล้วนำไปกระตุ้นด้วยไอน้ำด้วยวิธีการนิ่งฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งฆ่าเชื้อความดันไอ แล้วนำไปทำให้แห้งด้วยการใส่ในตู้อบลมร้อน อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง หลังจากนั้นทำการบรรจุถ่านกัมมันต์ที่ทำจากไม้ลงในคอลัมน์ A และบรรจุถ่านไม้ลงในคอลัมน์ B ปริมาณถ่านทั้งหมดอยู่ที่ 3.2 x 9.2 เซนติเมตร (ภาพที่ 2)



ภาพที่ 2 แบบจำลองถังปฏิกรณ์ชีวภาพแบบคอลัมน์ในห้องปฏิบัติการ คอลัมน์ที่ใช้น้ำเงินบรรจุถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากไม้ (ก) และคอลัมน์เหลืองบรรจุถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากขี้ข้าวโพด (ข)

โดยระยะเวลาเก็บกักน้ำ (Hydraulic Retention Time, HRT) 8 ชั่วโมง ผู้วิจัยได้ใช้ปั๊มจำนวน 2 บั๊มเพื่อนำน้ำเข้าระบบถังปฏิกรณ์ชีวภาพแบบคอลัมน์ ตั้งเวลาอัตโนมัติ โดยให้ปั๊มนำน้ำเข้าทำงาน 15 วินาที และหยุดทำงาน 8 นาที. ทำการวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์เอจากน้ำเข้าและน้ำออก ด้วยวิธี Hot Methanol method (Hansen, O., & Riemann, B., 1978) โดยใช้สูตรคำนวณปริมาณคลอโรฟิลล์เอ ดังต่อไปนี้

$$\text{Removal (\%)} = \left(1 - \frac{C_{\text{Eff}}}{C_{\text{Inf}}}\right) \times 100\%$$

$C_{\text{Inf}}$  : ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ หรือปริมาณไมโครซิ汀 (Microcystin),  $\mu\text{g} / \text{L}$

$C_{\text{Eff}}$  : ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ หรือปริมาณไมโครซิ汀 (Microcystin),  $\mu\text{g} / \text{L}$

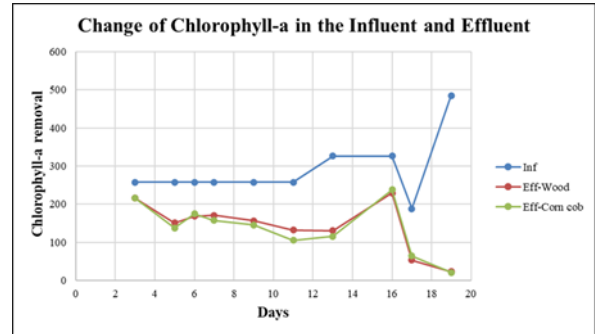
และสังเกตเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ โดยจะทำการวิเคราะห์ทุกๆ 3 ครั้งต่อสัปดาห์

### 3. ผลการวิจัย (Results)

#### 3.1 การศึกษาประสิทธิภาพของถังปฏิกรณ์ชีวภาพแบบคอลัมน์ที่บรรจุถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากไม้ และขี้ข้าวโพดเพื่อการกำจัด *Microcystis* spp.

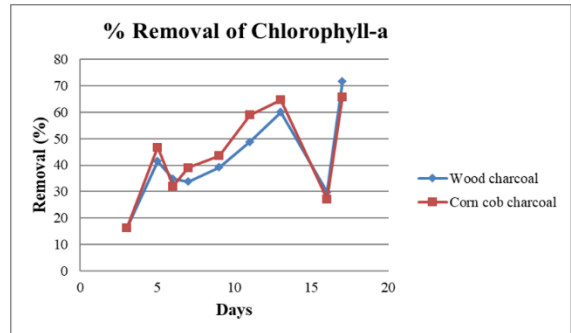
จากการศึกษาประสิทธิภาพของถังปฏิกรณ์ชีวภาพที่บรรจุถ่านกัมมันต์ที่ทำจากไม้ และถ่านกัมมันต์ที่ทำจากขี้

ข้าวโพดเพื่อการกำจัด *Microcystis* spp. โดยการวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์เอในน้ำก่อนเข้าคอลัมน์และน้ำหลังออกจากคอลัมน์ พบว่าความเข้มข้นของปริมาณคลอโรฟิลล์เอจากน้ำก่อนเข้าคอลัมน์เริ่มต้น 30 ~ 150 ไมโครกรัมต่อลิตร และความเข้มข้นของปริมาณคลอโรฟิลล์เอจากน้ำออกจากคอลัมน์ลดลงเหลือปริมาณ 20 ไมโครกรัมต่อลิตร (ภาพที่ 3)



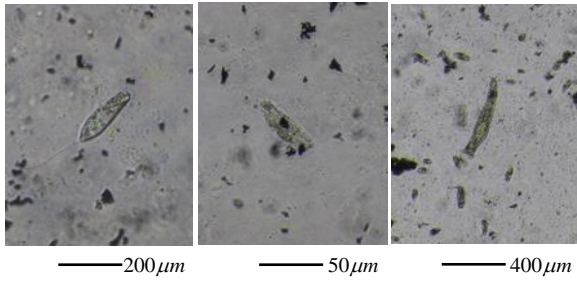
ภาพที่ 3 การเปลี่ยนแปลงของคลอโรฟิลล์เอในน้ำก่อนเข้าและหลังจากถังปฏิกรณ์ชีวภาพแบบคอลัมน์

ดังนั้น เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกำจัด *Microcystis* spp. ระหว่างถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากไม้และขี้ข้าวโพด พบว่า ปริมาณการกำจัดคลอโรฟิลล์เอที่ดีที่สุด คือ วันที่ 17 ของการทดลอง โดยถังปฏิกรณ์ชีวภาพที่บรรจุถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากถ่านไม้ลดลง 134.625 ไมโครกรัมต่อลิตร และร้อยละ 71.649 ของการกำจัดคลอโรฟิลล์เอ และประสิทธิภาพของถังปฏิกรณ์ชีวภาพแบบคอลัมน์ที่บรรจุถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากขี้ข้าวโพดปริมาณการกำจัดคลอโรฟิลล์เอ 123.605 ไมโครกรัมต่อลิตร และคิดเป็นร้อยละ 65.78 ของการกำจัดคลอโรฟิลล์เอ (ภาพที่ 4)



ภาพที่ 4 ร้อยละของประสิทธิภาพการกำจัดคลอโรฟิลล์เอในถังปฏิกรณ์ชีวภาพแบบคอลัมน์

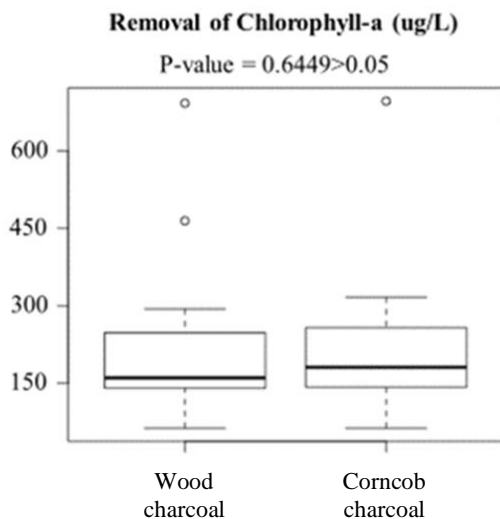
จากการศึกษากลุ่มจุลินทรีย์ที่สามารถเจริญและอาศัยอยู่ในถังปฏิกรณ์ชีวภาพแบบคอลัมน์หลังจากทำการทดลองในวันที่ 17 แล้วนำถ่านกัมมันต์ทั้งสองชนิดมาศึกษากลุ่มจุลินทรีย์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ โดยพบกลุ่มของโปรโตซัวที่สำคัญ (*Euplotes* spp., *Euglena* spp.) และกลุ่มของเมตาซัว (*Philodina* spp.) ที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของถังปฏิกรณ์ชีวภาพแบบคอลัมน์ที่สามารถย่อยสลายสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่มีพิษ *Microcystis* spp. ได้ (ภาพที่ 5)



ภาพที่ 5 กลุ่มโพรโตซัว (ก) *Euglena* spp. (ข) *Euplotes* spp. และกลุ่มเมตาซัว (ค) *Philodina* spp.

### 3.2 การวิเคราะห์ทางสถิติ

จากการวิเคราะห์ทางสถิติเชิงอนุมาน ด้วยการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่มที่เป็นอิสระต่อกัน เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัด *Microcystis* spp. ของถังปฏิกรณ์ทางชีวภาพที่บรรจุถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากไม้และซังข้าวโพด พบว่า ถังปฏิกรณ์ชีวภาพแบบคอลัมน์ที่บรรจุถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากไม้ มีค่าเฉลี่ยในการกำจัดคลอโรฟิลล์เอ ร้อยละ 51.24 และถังปฏิกรณ์ชีวภาพที่บรรจุถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากซังข้าวโพด มีค่าเฉลี่ยในการกำจัดคลอโรฟิลล์เอ ร้อยละ 50.33 เมื่อทดสอบนัยสำคัญทางสถิติด้วยวิธี Independent t-test พบว่า แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p\text{-value} > 0.05$ )



ภาพที่ 6 เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกำจัดคลอโรฟิลล์เอของถังปฏิกรณ์ชีวภาพที่บรรจุถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากไม้และซังข้าวโพด

### 4. อภิปรายผล (Discussion)

ถังปฏิกรณ์ชีวภาพแบบคอลัมน์ที่บรรจุด้วยถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากไม้และซังข้าวโพด เป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่สามารถใช้กำจัดสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินหรือสารไมโครซิ汀ที่ผลิตออกมาจากเซลล์สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่มีพิษ

(*Microcystis* cells) พบว่าปริมาณความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์เอ มีผลต่อความสัมพันธ์เชิงบวกกับกลุ่มโพรโตซัวและเมตาซัวที่อาศัยอยู่ในถังปฏิกรณ์ทางชีวภาพแบบคอลัมน์ที่ช่วยกำจัด *Microcystis* spp. โดยการศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ ซึ่งพบกลุ่มจุลินทรีย์หลายชนิด โดยกลุ่มที่สำคัญอันดับต้นๆ ได้แก่ กลุ่มโรติเฟอร์ (*Philodina* sp.) ซึ่งเป็นสายพันธุ์ที่สามารถกินและย่อยสลายเซลล์ *Microcystis* spp. มีงานวิจัยหลายฉบับได้ทำการศึกษาระบบการบำบัดน้ำที่ปนเปื้อน *Microcystis* spp. ด้วยวิธีทางชีวภาพโดยใช้ถ่านกัมมันต์แบบเม็ดและแบบผง พบว่า ถ่านกัมมันต์มีประสิทธิภาพในการกำจัดสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน ยกตัวอย่างเช่น งานวิจัยของ Dang *et al.*, (2021) ได้ประยุกต์ใช้ซังข้าวโพดมาผลิตเป็นถ่านชีวภาพ เพื่อกำจัดสารพิษตกค้างจากยาปฏิชีวนะในกลุ่ม flooroquinolones ที่พบมากในน้ำเสียจากโรงพยาบาล และ Shimizu *et al.*, (2016) ได้พัฒนาเซรามิกมาเป็นวัสดุที่มีรูพรุนสำหรับกลุ่มโพรโตซัว เช่น กลุ่ม flagellate, *Monas guttula* ที่สามารถเจริญเติบโตในรูพรุนของวัสดุที่ทำมาจากเซรามิกและยังมีประสิทธิภาพในการกำจัดสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่มีพิษ โดยเฉพาะสายพันธุ์ *Microcystis aeruginosa* พบว่าประสิทธิภาพของ *Monas guttula* สามารถกำจัด *M. aeruginosa* cells และ Microcystin-LR ได้ร้อยละ 94 และ 75 ตามลำดับ

### 5. สรุปผล

การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการกำจัดสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินสายพันธุ์ *Microcystis* spp. ของถังปฏิกรณ์ทางชีวภาพแบบคอลัมน์ที่บรรจุถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากไม้และซังข้าวโพด พบว่า ถังปฏิกรณ์ชีวภาพแบบคอลัมน์สามารถกำจัดเซลล์ *Microcystis* spp. โดยคำนวณประสิทธิภาพการกำจัดปริมาณคลอโรฟิลล์เอ ร้อยละ 70 ในวันที่ 17 ซึ่งแสดงถึงประสิทธิภาพในการบำบัดทางชีวภาพอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และจากการศึกษากลุ่มจุลินทรีย์ในถ่านกัมมันต์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ สามารถพบกลุ่มของโพรโตซัวที่สำคัญ (*Euplotes* spp., *Euglena* spp.) และกลุ่มของเมตาซัว (*Philodina* spp.) ที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของถังปฏิกรณ์ชีวภาพแบบคอลัมน์ที่สามารถย่อยสลายสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่มีพิษ *Microcystis* spp. ได้

### 6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนวัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือในการวิจัยที่ห้องปฏิบัติการหลักสูตรวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ทรัพยากรน้ำ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนงาชาภิประเทศญี่ปุ่น



## 7. เอกสารอ้างอิง

### 7.1 เอกสารอ้างอิงภาษาไทย

- [1] คณิตา วัฒนะกิจ, ฉัตรชัย คงเดชอุดมกุล และภาวณิน มงคลขจรศิลป์. 2540. การดูดซับโลหะหนักโดยไซทานกัมมันตจากกากเมล็ดกาแฟ. วิทยานิพนธ์ปริญญาตรี. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ. 62 น.
- [2] รัตน์วรรณ (วิบูลย์สวัสดิ์) เกียรติโกมล. 2552. การสังเคราะห์แร่ดินที่มีสมบัติทางแม่เหล็กเพื่อเป็นตัวลดปริมาณสารปนเปื้อนในระบบของเหลว. รายงานการวิจัย. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. นครราชสีมา. 1-85 น.
- [3] พิระพงษ์ เนียมเสวก. 2552. เปรียบเทียบความสามารถในการดูดซับของถ่านกัมมันต์ที่ได้รับจากวิธีการผลิตและวัสดุที่แตกต่างกัน. รายงานวิจัย. ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์. 96 น.
- [4] พรทิพย์ สีแดง. 2555. ชีววิทยา และจุลชีววิทยาเบื้องต้น สำหรับวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม. โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์, นครปฐม.

### 7.2 เอกสารอ้างอิงภาษาอังกฤษ

- [1] Carmichael, W.W. 1992. Cyanobacteria secondary metabolites the cyanotoxins. *Journal of Applied Bacteriology* 72: 445-459.
- [2] Arman, T. and Clarke J.D. 2021. Microcystin Toxicokinetics, Molecular Toxicology, and Pathophysiology in Preclinical Rodent Models and Humans. *Toxins* 13: 537.
- [3] Chen, W., Jia, Y., Li, E., Zhao, S., Zhou, Q., Liu, L. and Song, L. 2012. Soil-Based Treatments of Mechanically Collected Cyanobacterial Blooms from Lake Taihu: Efficiencies and Potential Risks. *Environmental Science & Technology* 46: 13370-13376.
- [4] Zamora-Barrios, C.A., Nandini, S. and Sarma S.S.S. 2019. Bioaccumulation of microcystins in seston, zooplankton and fish: A case study in Lake Zumpango, Mexico. *Environmental Pollution*. 249: 267-276.

- [5] Sano, T., Takagi, H. and Kaya, K. 2004. A Dhb-microcystin from the Filamentous Cyanobacterium *Planktothrix rubescens*. *Phytochemistry* 65: 2159-2162.
- [6] Singh, S., Srivastava, A., Oh, H.M., Ahn, C.Y., Choi, G.G. and Asthana, R.K. 2012. Recent Trends in Development of Biosensors for Detection of Microcystin. *Toxicon* 60: 878-894.
- [7] McElhiney, J. and Lawton, L.A. 2005. Detection of the Cyanobacterial Hepatotoxins Microcystins. *Toxicology and Applied Pharmacology* 203: 219-230.
- [8] Xiang, L., Li, Y.-W., Liu, B.-L., Zhao, H.-M., Li, H., Cai, Q.-Y., Mo, C.-H., Wong, M.-H., Li, Q.X. 2019. High ecological and human health risks from microcystins in vegetable fields in southern China. *Environmental International* 133: 105142.
- [9] Chen, W.T. 2015. Analysis on eutrophication and cyanobacteria blooms characteristics in Dashaha Reservoir. *Guangdong Water Resources and Hydropower* 6: 33-35.
- [10] Falconer, I.R. 1999. An overview of problems caused by toxic blue-green algae (Cyanobacteria) in drinking and recreational water. *Environmental Toxicology* 14(1): 5-12.
- [11] Dang, B.T., Gotore, O., Ramaraj, R., Unpaprom, Y., Wangchai, N., Bui, X.T., Maseda, H. and Itayama, T. 2021. Sustainability and application of corn-cob-derived biochar for removal of fluoroquinolones. *Biomass Conversion and Biorefinery*.
- [12] Shimizu, K., Utsumi, M., Okano, K., Itayama, T., Iwami, N., Maseda, H., Kinohira, H., Li, J., Inamori, Y., Zhang, Z. and Sugiura, N. 2016. Removal of *Microcystis aeruginosa* cells and microcystin-LR using ceramic carrier in a continuous flow bioreactor. *Japanese Journal of Water Treatment Biology* 52(2): 35-43.



## แปลงปลูกผักอินทรีย์อัจฉริยะด้วยเทคโนโลยี iot ต้นแบบสำหรับผู้พิการ

### Intelligent organic vegetable planting with iot technology for the disabled

วัชรีย์ เพ็ชรวงษ์<sup>1</sup>, นางสาวจารุณี ทองอร่าม<sup>2</sup>, สหณยา สังข์ทอง<sup>3</sup>, อธิสฤทธิธัฒนา จันทน์หลาว<sup>4</sup>

<sup>1-4</sup> สาขาวิชาระบบสารสนเทศและคอมพิวเตอร์ธุรกิจ

คณะบริหารธุรกิจและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

450 หมู่ 6 ถ.สุพรรณบุรี-ชัยนาท ต.ย่านยาวสามชุก สุพรรณบุรี 72130

Watcharee.p@rmutsb.ac.th

#### บทคัดย่อ

งานนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อพัฒนาแปลงปลูกผักอินทรีย์อัจฉริยะด้วยเทคโนโลยี iot ต้นแบบสำหรับผู้พิการ ดำเนินการวิจัยตามตัวแบบ ADDIE Model :สำหรับผู้พิการทั้งนี้ใช้วิธีการต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์ต้นแบบ โดยอุปกรณ์ที่ใช้ในการพัฒนาแบ่งเป็นกลุ่มฮาร์ดแวร์ ได้แก่ บอร์ด UNO ที่เชื่อมต่อกับเซนเซอร์ ได้แก่ เซนเซอร์วัดความชื้นในดิน และวัสดุอิเล็กทรอนิกส์อื่น ๆ ได้แก่ บิมน้ำ จอแสดงผล LCD ส่วนกลุ่มซอฟต์แวร์ได้แก่ โปรแกรม Arduino เพื่อเขียนคำสั่งต่าง ๆ และฝังไว้ในบอร์ดเพื่ออ่านค่าและกำหนดค่า

ผลการศึกษาพบว่า ได้แปลงปลูกผักอินทรีย์อัจฉริยะด้วยเทคโนโลยี iot ต้นแบบสำหรับผู้พิการ ที่มีลักษณะเป็นแปลงยกพื้นสูง 80 เซนติเมตร เพื่อให้ผู้พิการสามารถเข้าถึงได้ รวมทั้งมีมุ้งคลุมแปลงปลูกผักเพื่อป้องกันแมลงศัตรูพืชได้ และแปลงปลูกผักนี้มีระบบควบคุมการให้น้ำอัตโนมัติ จากการอ่านค่าความชื้นในดิน ทั้งนี้ผู้ใช้สามารถดูค่าความชื้นในดินของแปลงปลูกสาธิตนี้และสามารถควบคุมการให้น้ำผ่านทางสมาร์ตโฟน สำหรับผลการทดสอบประสิทธิภาพของแปลงปลูกนี้ พบว่า ทุกกรณีมีผลการทดสอบที่ระบบสามารถทำงานได้ถูกต้องมากกว่าร้อยละ 80 โดยที่ความสามารถในการอ่านค่าความชื้นของดินมีความถูกต้องสูงที่สุด คิดเป็นร้อยละ 90 รวมทั้งผลการเปรียบเทียบกับแปลงปลูกปกติพบว่า พืชที่ปลูกจากแปลงปลูกผักอินทรีย์อัจฉริยะด้วยเทคโนโลยี iot นี้ มีขนาดลำต้นที่สูงและแข็งแรงกว่าแปลงปลูกปกติ

**คำสำคัญ (Key word):** ผักอินทรีย์; แปลงปลูก; สำหรับผู้พิการ; IoT;

#### Abstract

This work has an objective To develop intelligent organic vegetable plant with iot technology for people with disabilities Conduct research according to the ADDIE Model: For People with Disabilities, using a prototype electronic circuit connection method. The development equipment is divided into hardware groups, namely UNO board connected to the sensor, namely soil moisture sensor. And other electronic materials such as water pumps, LCD displays, software segments include Arduino programs to write commands and embed them in the board for reading and configuration.

The results of the study showed that Has converted to grow organic vegetables with intelligent iot technology for people with disabilities That looks like a platform raised 80 centimeters high so that the disabled can access. Including a mosquito net covering the vegetable plot to prevent pests. And this vegetable plot has an automatic water control system. From the soil moisture readings Users can view soil moisture content of this demonstration plot and can control watering through smartphones. For the efficiency test of this plant, it was found that all cases had the test results that the system can work more than 80% with the highest accuracy in the soil moisture readings. Accounted for 90 percent, including the results of comparison with the normal plantation found that The plants grown from the smart organic vegetable plant with this iot technology have stems taller and stronger than regular vegetable plant.

#### 1. บทนำ (Introduction)

จากสถานการณ์จำนวนผู้พิการในประเทศไทยมีแนวโน้มสูงขึ้นและปัจจุบันมีจำนวนผู้พิการจำนวน 2,048,366 คน คิดเป็นร้อยละ 3.08 ของประชากรทั้ง

ประเทศ และเป็นผู้พิการทางการเคลื่อนไหวหรือร่างกายมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 49.60 และเมื่อวิเคราะห์ผู้พิการพบว่า เป็นกลุ่มที่มีอายุตั้งแต่ 60 ปีขึ้นไปร้อยละ 54.28 และในกลุ่มอายุวัยทำงานร้อยละ 41.71 โดยอาชีพของผู้พิการใน



วัยแรงงานส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเกษตรกรรมร้อยละ 41.79 [1] จากข้อมูลคนพิการดังกล่าวทำให้เห็นถึงสถานการณ์กลุ่มคนที่เป็นภาระพึ่งพิงสังคม แต่ภาครัฐก็ให้ความสำคัญกับการพัฒนาคุณภาพชีวิตผู้พิการมีแผนพัฒนาคุณภาพชีวิตคนพิการแห่งชาติ ฉบับที่ 5 พ.ศ. 2560 -2564 ที่มีแนวคิดให้ คนพิการเข้าถึงสิทธิได้จริง ดำรงชีวิตอิสระ ในสังคมอยู่เย็นเป็นสุขร่วมกันอย่างยั่งยืน ซึ่งมีหลากหลายประเด็นในการพัฒนาคุณภาพชีวิตคนพิการ ทั้งนี้ในส่วนของยุทธศาสตร์ที่ 3 ของแผนนี้มีเป้าหมายเพื่อเสริมสร้างความเข้าและเจตคติเชิงสร้างสรรค์ต่อคนพิการและความพิการ [2] มีประเด็นการสนับสนุนและพัฒนาองค์ความรู้วิจัย นวัตกรรม และเทคโนโลยีอำนวยความสะดวก ในทุกมิติที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาคุณภาพชีวิตคนพิการ และส่งเสริมการนำกระบวนการวิจัย ผลงานวิจัย องค์ความรู้ ตลอดจนการพัฒนา นวัตกรรมและเทคโนโลยีไปใช้ประโยชน์อย่างเป็นรูปธรรม และแก้ไขปัญหาหรือสร้างความเข้มแข็งด้านสังคม ชุมชน ความมั่นคงและคุณภาพชีวิตของคนพิการและทุกช่วงวัย [1] จากแผนการพัฒนาที่เกี่ยวข้องกับคนพิการต่าง ๆ ของภาครัฐจะเห็นถึงการให้ความสำคัญและต้องการพัฒนา และส่งเสริมคุณภาพชีวิตของคนพิการให้ดีขึ้น โดยเฉพาะประเด็นการวิจัย นวัตกรรม และเทคโนโลยีที่สามารถอำนวยความสะดวกให้คนพิการลดข้อจำกัดทางด้านความพิการลงได้

เทคโนโลยี IoT เป็นเทคโนโลยีที่สามารถช่วยเหลือคนพิการได้อย่างมาก เพราะด้วยข้อจำกัดของผู้พิการ และด้วยความสามารถของเทคโนโลยีทำให้ผู้พิการสามารถทำงานได้ผลลัพธ์เท่าเทียมกับผู้อื่นทั่วไปได้ เพราะเทคโนโลยี IoT เป็นโครงข่ายสื่อสารที่มีการเชื่อมต่ออุปกรณ์สื่อสารร่วมกับเครื่องใช้ไฟฟ้า หรือวัตถุอื่น ๆ ที่ฝังระบบอิเล็กทรอนิกส์ ซอฟต์แวร์อุปกรณ์เซนเซอร์และส่วนเชื่อมต่อโครงข่าย ที่จะช่วยให้อุปกรณ์และวัตถุดังกล่าวสามารถ เก็บหรือแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างกันได้ [3] ดังนั้น จึงสามารถทำให้อุปกรณ์หรือวัตถุต่าง ๆ ที่ฝังแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์สามารถรับรู้สภาพแล้วล้อมและถูกควบคุมได้จากระยะไกลผ่านทางอินเทอร์เน็ต ส่งผลให้การทำงานที่นำเทคโนโลยีนี้ไปประยุกต์ใช้มีประสิทธิภาพและความแม่นยำและเกิดประโยชน์ทางเศรษฐกิจเพิ่มมากขึ้น เช่น แนวคิด smart home smart farm smart factory เป็นต้น กล่าวคือสามารถทำให้เครื่องไม้เครื่องมือต่าง ๆ ทำงานได้อย่างอัตโนมัติและผู้ใช้สามารถควบคุม เครื่องไม้เครื่องมือต่าง ๆ ได้จากระยะไกลผ่านทางอินเทอร์เน็ตแลกเปลี่ยนข้อมูลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อความแม่นยำอีกด้วย เมื่อการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีทำให้การดำรงชีวิตสะดวกขึ้นแล้วนั้น มีการชีวิตความเป็นอยู่ที่ดีเป็นอีกมิติที่สำคัญ เพราะจากข้อมูลสถิติคน

พิการกลุ่มคนพิการสูงอายุมีสัดส่วนสูงสุด รองลงมาเป็นกลุ่มวัยทำงาน ทำอย่างไรจึงจะทำให้กลุ่มคนพิการส่วนใหญ่ของประเทศลดการพึ่งพิงผู้อื่น เข้มแข็งขึ้น และมีสุขภาพอนามัยที่ดีขึ้น

เกษตรอินทรีย์เป็นการทำการเกษตรที่มุ่งเน้นการผลิตอาหารปลอดภัยเพื่อให้ผู้บริโภคได้ทานอาหารที่ปลอดภัย ไม่มีสารเคมีตกค้าง ไม่ทำให้เกิดการเจ็บป่วยการจากมีสารเคมีตกค้างในร่างกาย กลุ่มคนพิการส่วนใหญ่เป็นกลุ่มที่เปราะบางทั้งทางสุขภาพและจิตใจ หากทำให้กลุ่มนี้มีสุขภาพที่แข็งแรงด้วยการบริโภคผักที่ปลอดภัยก็จะส่งผลให้พวกเขามีจิตใจที่เข้มแข็งขึ้นตามมา ทั้งนี้การส่งเสริมการทำเกษตรอินทรีย์สำหรับคนพิการอาจจะเป็นเรื่องที่ซับซ้อน แต่จากสถิติข้อมูลการประกอบอาชีพของคนพิการพบว่า ทำการเกษตรกว่าร้อยละ 40 ของกลุ่มคนพิการทั้งหมด ซึ่งเห็นว่าคนพิการมีทักษะ ประสบการณ์ในการประกอบอาชีพเกษตรแล้ว แต่จากข้อจำกัดทางด้านร่างกายจะส่งผลให้การทำการเกษตรของคนพิการไม่เท่าเทียมกับคนทั่วไป จากข้อดีของเทคโนโลยี IoT ที่ผู้ใช้สามารถควบคุมวัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ ให้สามารถทำงานได้อย่างอัตโนมัติ นั่นจึงเป็นการผสานที่จะเกิดประโยชน์ต่อคนพิการ ทั้งลดภาระการพึ่งพิง การทำเกษตรอินทรีย์ส่งผลทำให้ได้บริโภคผักที่ปลอดภัย ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งพัฒนาแปลงปลูกผักอินทรีย์อัจฉริยะด้วยเทคโนโลยี IoT ต้นแบบสำหรับผู้พิการ ที่มีกระบวนการศึกษาค้นคว้า วิจัย ให้เหมาะสมกับคนพิการ

## 2. วิธีวิจัย (Research Methodology)

งานวิจัยเรื่อง แปลงปลูกผักอินทรีย์อัจฉริยะด้วยเทคโนโลยี IoT ต้นแบบสำหรับผู้พิการ ดำเนินการวิจัยตามตัวแบบ ADDIE Model ซึ่งแบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอน แต่ละขั้นตอนมีวิธีการศึกษา เครื่องมือที่ใช้ และการวิเคราะห์ซึ่งสามารถสรุปแต่ละขั้นตอนได้ดังนี้

### 2.1 ขั้นตอนที่ 1 การวิเคราะห์ (Analysis)

ขั้นตอนนี้มีเป้าหมายเพื่อกำหนดฟังก์ชันของแปลงปลูกผักอินทรีย์อัจฉริยะด้วยเทคโนโลยี IoT ต้นแบบสำหรับผู้พิการ ซึ่งเริ่มจากการทบทวนจากงานวิจัยและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง จากนั้นร่างฟังก์ชันแปลงปลูกผักอินทรีย์อัจฉริยะด้วยเทคโนโลยี IoT ต้นแบบสำหรับผู้พิการ ขึ้นมา และนำร่างฟังก์ชันนี้ให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่านได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญทางด้านเทคโนโลยี กลุ่มผู้เชี่ยวชาญที่ใกล้ชิดกับคนพิการ และผู้พิการ ทั้งนี้ใช้แบบประเมินความเหมาะสมของฟังก์ชันแปลงปลูกผักอินทรีย์อัจฉริยะด้วยเทคโนโลยี IoT ต้นแบบสำหรับผู้พิการ เป็นเครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญ และนำมาวิเคราะห์ข้อมูลตามค่า IOC โดยหากฟังก์ชันใดมีค่า IOC มีค่ามากกว่า 0.5 ฟังก์ชันในข้อนั้น ๆ ทั้งนี้ผลการวิเคราะห์ฟังก์ชันของแปลง

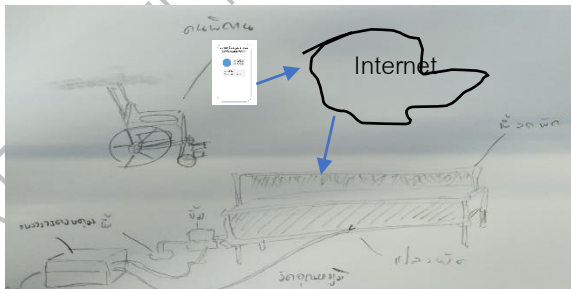


ปลูกผักอินทรีย์อัจฉริยะด้วยเทคโนโลยี iot สำหรับผู้พิการ  
สรุปฟังก์ชันที่เหมาะสมของแปลงปลูกผักอินทรีย์อัจฉริยะ  
ด้วยเทคโนโลยี iot สำหรับผู้พิการ ได้ดังนี้

- แปลงปลูกผักอัจฉริยะเป็นลักษณะแปลงยกพื้นสูง เพื่อให้ผู้  
พิการที่ใช้รถวีลแชร์เข้าถึงได้สะดวก
- แปลงปลูกผักอัจฉริยะมีมุ้งคลุมเพื่อป้องกันแมลง  
ศัตรูพืช
- แปลงปลูกผักอัจฉริยะสามารถอ่านค่าความชื้น  
ของดินในแปลงได้
- แปลงปลูกผักอัจฉริยะมีหน้าจอแสดงระดับความ  
ชื้นของดินในแปลงปลูกได้
- แปลงปลูกผักอัจฉริยะสามารถสั่งให้ปั๊มน้ำทำงาน  
อัตโนมัติได้
- แปลงปลูกผักอัจฉริยะสามารถสั่งให้ปั๊มน้ำหยุด  
การทำงานได้อย่างอัตโนมัติ
- ผู้ใช้สามารถอ่านค่าความชื้นของดินผ่านทาง  
แอปพลิเคชันได้
- ผู้ใช้สามารถสั่งการให้ปั๊มน้ำที่ต่อพ่วงกับแปลงผัก  
ทำงานผ่านทางแอปพลิเคชันได้
- ผู้ใช้สามารถสั่งการให้ปั๊มน้ำที่ต่อพ่วงกับแปลงผัก  
หยุดการทำงานผ่านทางแอปพลิเคชันได้

## 2.2 ขั้นตอนที่ 2 การออกแบบ (Design)

ในขั้นตอนนี้มีเป้าหมายเพื่อนำข้อกำหนดฟังก์ชันที่เป็น  
ผลลัพธ์จากขั้นตอนที่ 1 มาร่างเป็นแบบเพื่อให้เข้าใจภาพที่  
ตรงกัน ซึ่งจากข้อกำหนดฟังก์ชันจะพบว่า แปลงปลูกผัก  
อินทรีย์นี้ มีอุปกรณ์ที่จับต้องได้ 2 ส่วนหลัก ได้แก่ 1) ตัว  
แปลงปลูกผักอินทรีย์อัจฉริยะด้วยเทคโนโลยี iot สำหรับผู้  
พิการ และ 2) แอปพลิเคชันเพื่อควบคุมและเข้าถึงแปลงปลูก  
ผักอินทรีย์ข้างต้น ทั้งนี้ผลการออกแบบของทั้ง 2  
องค์ประกอบนี้ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แบบแปลงปลูกผักอินทรีย์อัจฉริยะสำหรับผู้พิการ

## 2.3 ขั้นตอนที่ 3 การพัฒนา (Development)

การพัฒนาแปลงปลูกผักอินทรีย์อัจฉริยะสำหรับ  
ผู้พิการ เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถใช้งานระบบได้อย่างมี

ประสิทธิภาพ มีการพัฒนาส่วนประกอบด้วยเทคโนโลยี iot  
มีการพัฒนาอยู่ 2 ส่วนประกอบด้วยดังนี้

1) การพัฒนาในส่วนของฮาร์ดแวร์

2) การพัฒนาในส่วนซอฟต์แวร์

## 2.4 ขั้นตอนที่ 4 การติดตั้ง (Implementation)

ในขั้นตอนนี้มีเป้าหมายเพื่อนำผลจากการพัฒนาใน  
ขั้นตอนที่ 3 ซึ่งได้แปลงปลูกผักอินทรีย์อัจฉริยะด้วย  
เทคโนโลยี iot ต้นแบบสำหรับผู้พิการไปติดตั้งเพื่อทดลองใช้  
งาน ซึ่งติดตั้งทดลองใช้งาน 2 แห่ง ได้แก่ 1) ใต้อาคารคณะ  
บริหารธุรกิจและเทคโนโลยีสารสนเทศ ศูนย์สุพรรณบุรี และ  
2) สมาคมคนพิการจังหวัดอุทัยธานี

## 2.5 ขั้นตอนที่ 5 การประเมินผล (Evaluation)

ในขั้นตอนนี้มีเป้าหมายเพื่อประเมินประสิทธิภาพของ  
แปลงปลูกผักอินทรีย์ด้วยเทคโนโลยี iot สำหรับผู้พิการ โดย  
ดำเนินการประเมิน 2 ลักษณะ 1) ประเมินในลักษณะของ  
การทดสอบประสิทธิภาพ สามารถทำงานได้ถูกต้องการตาม  
เงื่อนไขที่กำหนดหรือไม่อย่างไร ดังข้อมูลตามตารางที่ 1 และ  
2) ประเมินความพึงพอใจจากกลุ่มผู้เชี่ยวชาญที่กำหนด  
ฟังก์ชันแปลงปลูกผักอินทรีย์ด้วยเทคโนโลยี iot สำหรับผู้  
พิการในระยะที่ 1 ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 1 แสดงข้อมูลการทดสอบประสิทธิภาพของแปลง  
ปลูกผักอินทรีย์อัจฉริยะด้วยเทคโนโลยี iot สำหรับผู้พิการ

หัวข้อที่ทำการ ทดสอบ	การทดสอบครั้งที่					ความ ถูกต้อง	
	1	2	3	4	5	จำนวน	ร้อยละ
การควบคุมน้ำ/ปั๊มน้ำ						5	
- อยู่ในช่วง 400 หยุด จ่ายน้ำ	x	/	/	/	/	4/5	90
- มากกว่า 400 เปิดน้ำ	x	/	/	/	/	4/5	90
การควบคุมเซนเซอร์วัดความชื้นใน ดิน						5	
- ความชื้น ดินมากกว่า 400 เปิด น้ำ	x	/	/	/	/	4/5	90
- ความ ชื้น ดิน อยู่ ในช่วง 400 หยุดจ่ายน้ำ	x	/	/	/	/	4/5	90





จากตารางที่ 1 ผลการทดสอบแปลงปลูกผักอินทรีย์  
อัจฉริยะสำหรับผู้พิการในกรณีทดสอบ 5 ครั้ง สามารถสรุป  
ได้ว่า แปลงปลูกผักอินทรีย์อัจฉริยะสำหรับผู้พิการนี้สามารถ  
ทำได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ตารางที่ 2 ความพึงพอใจต่อแปลงปลูกผักอินทรีย์อัจฉริยะ  
ด้วยเทคโนโลยี iot สำหรับผู้พิการ

ความพึงพอใจต่อแปลงปลูกผัก อัจฉริยะด้วยเทคโนโลยี iot สำหรับผู้พิการ		
1. แปลงปลูกผักอัจฉริยะเป็น แปลงยกพื้นสูง เพื่อให้ผู้พิการที่ใ้ แชร่เข้าถึงได้สะดวก	4.67	มากที่สุด
2. แปลงปลูกผักอัจฉริยะมี มุ้งคลุมเพื่อป้องกันแมลง ศัตรูพืช	4.33	มาก
3. แปลงปลูกผักอัจฉริยะ สามารถอ่านค่าความชื้นของ ดินในแปลงได้	5.00	มากที่สุด
4. แปลงปลูกผักอัจฉริยะมี หน้าจอแสดงระดับความชื้น ของดินในแปลงปลูกได้	5.00	มากที่สุด
5. แปลงปลูกผักอัจฉริยะ สามารถสั่งให้ปั้มน้ำทำงาน อัตโนมัติได้	5.00	มากที่สุด
6. แปลงปลูกผักอัจฉริยะ สามารถสั่งให้ปั้มน้ำหยุดการ ทำงานได้อย่างอัตโนมัติ	5.00	มากที่สุด
7. ผู้ใช้สามารถอ่านค่า ความชื้นของดินผ่านทาง แอปพลิเคชันได้	4.00	มาก
8. ผู้ใช้สามารถสั่งการให้ปั้มน้ำ ที่ต่อพ่วงกับแปลงผักทำงาน ผ่านทางแอปพลิเคชันได้	4.00	มาก
9. ผู้ใช้สามารถสั่งการให้ปั้มน้ำ ที่ต่อพ่วงกับแปลงผักหยุด การทำงานผ่านทาง แอปพลิเคชันได้	4.00	มาก

จากตารางที่ 2 พบว่าผู้เชี่ยวชาญต่างพึงพอใจทุก  
ข้อในระดับมากและมากที่สุด โดยผู้เชี่ยวชาญต่างพึงพอใจ  
ฟังก์ชันที่เป็นลักษณะอัตโนมัติของแปลงปลูก ได้แก่ การอ่าน  
ความชื้นดิน การควบคุมการทำงานของปั้มน้ำ เป็นต้น และ  
พึงพอใจที่แปลงปลูกผักมีลักษณะโต๊ะที่ยกพื้นสูงชัน ทำให้ผู้

พิการที่ใช้รถวีลแชร์สามารถเข้าถึงแปลงได้อย่างสะดวกมาก  
ขึ้น ในขณะที่แอปพลิเคชันที่เชื่อมต่อกับแปลงปลูกผัก  
ผู้เชี่ยวชาญต่างมีความพึงพอใจในระดับมาก

### 3. ผลการวิจัย (Results)

ผลการพัฒนาแปลงปลูกผักอินทรีย์อัจฉริยะด้วย  
เทคโนโลยี iot ต้นแบบสำหรับผู้พิการนี้ ประกอบด้วย 2  
ส่วนหลัก ได้แก่ แปลงปลูกผักอินทรีย์ และ แอปพลิเคชัน ทั้งนี้  
ขอนำเสนอแต่ละส่วนดังนี้



ภาพที่ 2 แปลงปลูกผักอินทรีย์อัจฉริยะต้นแบบสำหรับผู้  
พิการ

3.1 แปลงปลูกผักอินทรีย์อัจฉริยะ ดังภาพที่ 4-1  
ประกอบด้วย

- แปลงปลูกขนาด 40 ซม x 140 ซม x 25 ซม (กว้าง x ยาว x สูง) และยกพื้นสูงจากพื้นดิน 50 ซม ดังภาพที่ 4-1 ตัวแปลงปลูกทำด้วยเหล็กเพื่อให้ทนต่อการใช้งาน และมีหลังคามุ้งเพื่อกันแมลงศัตรูพืช
- ปั้มน้ำ อุปกรณ์การสูบน้ำจากถังน้ำไปยังแปลงปลูก
- เซนเซอร์อ่านค่าความชื้นดิน ติดตั้งไว้ในแปลงปลูกผักอินทรีย์ ที่เชื่อมต่อออกมายังตัวกล่องควบคุม
- กล่องควบคุม ติดตั้งบริเวณด้านล่างด้านนอกของแปลงปลูก ทั้งนี้กล่องควบคุมประกอบด้วย

- หน้าจอ LCD แสดงข้อมูลความชื้นของดิน และสถานการณ์ทำงานของปั้มน้ำ
- แผงวงจรควบคุม อยู่ภายในกล่องทำหน้าที่รับค่าจากเซนเซอร์ความชื้นดิน และนำมาประมวลผลต่อ เพื่อสั่งหรือควบคุมการทำงานของปั้มน้ำต่อไป

3.2 แอปพลิเคชันควบคุมแปลงปลูกผักอินทรีย์

แอปพลิเคชันนี้มีหน้าจอ User Interface ดังภาพที่ 4-2 ซึ่งผู้ใช้สามารถเข้าถึงและใช้งานทั้งเพื่อการควบคุมและอ่านค่าได้จากกระยะไกลผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต โดยแอปพลิเคชันนี้มี 2 ฟังก์ชันงานหลัก ได้แก่



- ฟังก์ชันการควบคุมการเปิด/ปิด ป้อนน้ำ ฟังก์ชันนี้ผู้  
สามารถควบคุมการใช้งานได้ โดยกดปุ่มเพื่อ  
ควบคุมการทำงานของปั้มน้ำ
- ฟังก์ชันการอ่านค่าความชื้นดิน ฟังก์ชันนี้ทำหน้าที่ให้  
ข้อมูลความชื้นดินจากแปลงปลูกอินทรีย์ ทำให้ผู้ใช้  
สามารถรับรู้ค่า ความชื้นของดินในระดับใด ซึ่งมี  
3 ระดับได้แก่ ปกติ ขึ้นเกินไป และแห้งเกินไป  
ทั้งนี้จะแสดงข้อความให้ผู้ใช้รับรู้และเข้าใจได้อย่าง  
ขึ้น



ภาพที่ 3 User Interface ของแอปพลิเคชันแปลงปลูกผัก  
อินทรีย์

ทั้งนี้การใช้งานของแอปพลิเคชันนี้ ผู้ใช้ต้องเชื่อมต่อ  
อินเทอร์เน็ตจึงจะสามารถควบคุมและอ่านค่าความชื้นของ  
ดินในแปลงปลูกผักอินทรีย์อัจฉริยะได้ ดังนั้น จึงทำให้การ  
เข้าถึงแปลงปลูกผักสามารถเข้าถึงได้ทุกที่ ทุกเวลา และทุก  
สถานที่ ที่สามารถเข้าถึงอินเทอร์เน็ตได้

#### 4. อภิปรายผล (Discussion)

จากผลการวิจัยพบว่า แปลงปลูกผักอินทรีย์อัจฉริยะด้วย  
เทคโนโลยี iot สำหรับผู้พิการ มีลักษณะเป็นแปลงยกพื้นสูง  
และมีเซนเซอร์อ่านค่าความชื้นดินเพื่อควบคุมการทำงานของ  
ปั้มน้ำอย่างอัตโนมัติและผ่านทางสมาร์ทโฟน ทั้งนี้งานวิจัยนี้  
พัฒนาขึ้นบนฐานแนวคิดเทคโนโลยี iot ที่นำมาประยุกต์กับ  
งานทางด้านเกษตรและสำหรับกลุ่มผู้พิการ จึงจะเห็นได้  
ว่า แปลงปลูกผักยกพื้นนี้ ออกแบบและพัฒนาตามข้อจำกัด  
ของผู้พิการ และปัญหาหลักของผู้พิการคือการเข้าถึงสิ่งต่าง ๆ  
ดังนั้น ระบบอัตโนมัติและการควบคุมผ่านเทคโนโลยี iot จึง  
เป็นแนวคิดที่นำมาประยุกต์ใช้เพื่อลดข้อจำกัดและเพิ่มความ  
สะดวกในการเข้าถึงอุปกรณ์ จึงผลการศึกษาที่สอดคล้องกับ  
งานทางด้านเทคโนโลยี iot ที่นำมาประยุกต์กับงานทางด้าน  
การเกษตรที่ให้ความสำคัญกับอ่านค่าจากเซนเซอร์ต่าง ๆ  
แล้วใช้กลไกสมองกลในการควบคุมการทำงานของอีกอุปกรณ์  
หนึ่ง [4][5][6][7][8]

งานวิจัยนี้เป็นกลุ่มงานที่พัฒนาเทคโนโลยีสารสนเทศ  
อำนวยความสะดวกให้กับกลุ่มผู้พิการซึ่งสอดคล้องกับ  
แผนพัฒนาคุณภาพชีวิตคนพิการแห่งชาติ ฉบับที่ 5 พ.ศ.  
2560-2564 ที่กำหนดวิสัยทัศน์ไว้ว่า “คนพิการเข้าถึงสิทธิ  
ได้จริง ดำรงชีวิตอิสระ ในสังคมอยู่เย็นเป็นสุขร่วมกันอย่าง  
ยั่งยืน” โดยพันธกิจข้อที่ 4 กำหนดไว้ว่า สร้างสภาพแวดลอม  
การเดินทาง บริการสาธารณะ และพัฒนาเทคโนโลยีที่คน  
พิการเข้าถึงและใช้ประโยชน์ได้ โดยแผนพัฒนานี้กำหนด  
ยุทธศาสตร์แห่งความเท่าเทียม (EQUAL) โดยผลการวิจัยนี้ได้  
ได้แปลงปลูกผักอินทรีย์อัจฉริยะนี้สอดคล้องกับยุทธศาสตร์ข้อ  
ที่ ๔. สร้างสภาพแวดลอมและบริการสาธารณะที่ทุกคนเข  
าถึงและใช้ประโยชน์ได้ (Accessibility) [2] รวมทั้งงานวิจัยนี้  
ทำให้ช่วยลดปัญหาของผู้พิการ เพราะผู้พิการมีปัญหาระยะการ  
เดินทางและมีความต้องการอุปกรณ์อำนวยความสะดวก [9] และผู้พิการมี  
ความมีความสนใจและพึงพอใจในการใช้เทคโนโลยี  
สารสนเทศและมีคุณภาพชีวิตคนพิการในระดับมาก

#### 5. สรุปผล (Conclusion)

งานวิจัยเรื่อง แปลงปลูกผักอินทรีย์อัจฉริยะด้วย  
เทคโนโลยี iot ต้นแบบสำหรับผู้พิการนี้ ผลการศึกษาพบว่า  
ได้แปลงปลูกผักอินทรีย์อัจฉริยะด้วยเทคโนโลยี iot ต้นแบบ  
สำหรับผู้พิการ ที่มีลักษณะเป็นแปลงยกพื้นสูง 80 เซนติเมตร  
เพื่อให้ผู้พิการสามารถเข้าถึงได้ รวมทั้งมีมุ้งคลุมแปลงปลูกผัก  
เพื่อป้องกันแมลงศัตรูพืชได้ และแปลงปลูกผักนี้มีระบบ  
ควบคุมการให้น้ำอัตโนมัติ จากการอ่านค่าความชื้นดิน ทั้งนี้  
ผู้ใช้สามารถดูค่าความชื้นดินของแปลงปลูกสาธิตนี้และ  
สามารถควบคุมการให้น้ำผ่านทางสมาร์ทโฟน สำหรับผลการ  
ทดสอบประสิทธิภาพของแปลงปลูกนี้ พบว่า ทุกกรณีมีผล  
การทดสอบที่ระบบสามารถทำงานได้ถูกต้องมากกว่าร้อยละ  
80 โดยที่ความสามารถในการอ่านค่าความชื้นของดินมีความ  
ถูกต้องสูงสุด คิดเป็นร้อยละ 90 รวมทั้งผลการเปรียบเทียบกับ  
แปลงปลูกปกติพบว่า พีชที่ปลูกจากแปลงปลูกผักอินทรีย์  
อัจฉริยะด้วยเทคโนโลยี iot นี้ มีขนาดลำต้นที่สูงและแข็งแรง  
กว่าแปลงปลูกผักปกติ

#### 5.3 ข้อเสนอแนะ

##### 5.3.1 ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัย

5.3.1.1 การทดลองครั้งนี้ทดลองปลูก  
ต้นหอม ดังนั้น ระดับความชื้นของดินจึงกำหนดค่าที่  
เหมาะสมกับพืชชนิดนี้ ทำให้แปลงปลูกผักอินทรีย์นี้เหมาะสม  
กับการปลูกต้นหอมเท่านั้น ดังนั้น หากมีกลไกที่สามารถ  
กำหนดค่าความชื้นได้อย่างยืดหยุ่นขึ้นอยู่กับพืชชนิดนั้น ๆ  
เพราะพืชแต่ละชนิดต้องการปริมาณน้ำในการเพาะปลูก  
ต่างกัน ก็จะทำให้ลดข้อจำกัดและทำให้แปลงปลูกนี้สามารถ



นำไปใช้เพาะปลูกพืชได้หลากหลายชนิดขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ใช้

5.3.1.2 จากแปลงปลูกผักอินทรีย์ต้นแบบนี้มีขนาดเล็ก จึงทำให้มีต้นทุนต่อการประดิษฐ์สูงกว่าผลผลิตจากพืชผลที่ได้จากการเพาะปลูก ดังนั้น ควรวิจัยทดลองกับแปลงปลูกผักที่มีขนาดใหญ่มากขึ้น หรือมีความแตกต่างกันหรือลักษณะเป็นโรงเรียนที่มีจำนวนหลายแปลง เพื่อให้เกิดการคุ้มค่าต้นทุนต่อต้นทุนในการประดิษฐ์แปลงปลูกผักนี้

5.3.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

5.3.2.1 ควรนำแนวคิดแปลงปลูกผักอินทรีย์นี้ไปให้กับหน่วยงานที่มีหน้าที่ดูแลกลุ่มผู้พิการรวมไปถึงกลุ่มผู้สูงอายุ ได้แก่ สำนักงานความมั่นคงของมนุษย์ประจำจังหวัดต่าง ๆ มูลนิธิคนพิการ หรือกลุ่มคนพิการต่าง ๆ รวมไปถึงบ้านพักคนชรา เพื่อให้หน่วยงานเหล่านี้ได้มีอุปกรณ์หรือเครื่องมือสำหรับการดูแลกลุ่มคนพิการและผู้ชราให้สามารถเข้าถึงหรือทำงานได้ด้วยตนเองให้สะดวกมากขึ้น

5.3.2.2 จัดเวทีเผยแพร่ความรู้การประดิษฐ์แปลงปลูกผักอินทรีย์สำหรับคนพิการและผู้สูงอายุในรูปแบบอบรมเชิงปฏิบัติการเพื่อให้ความรู้ ทักษะในการประดิษฐ์แปลงปลูกผักอินทรีย์ได้แพร่กระจายออกไปและเกิดการต่อยอดในรูปแบบต่าง ๆ ทั้งนี้เผยแพร่ได้ทั้งกลุ่มนักเรียนนักศึกษา ชุมชน วัด หน่วยงานที่ดูแลชุมชนต่าง ๆ เป็นต้น

## 6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับเงินสนับสนุนจากกองทุนส่งเสริมงานวิจัย ประจำปี 2564 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ และได้รับความร่วมมือจากสมาคมคนพิการจังหวัดอุทัยธานีที่ร่วมเป็นผู้มีส่วนได้ส่วนเสียกับงานวิจัยนี้ ในทั้งในส่วนของ การออกแบบและประเมินผลการวิจัย

## 7. เอกสารอ้างอิง

ให้เรียงลำดับตามที่ปรากฏในเนื้อเรื่อง และให้เคร่งครัดกับแบบฟอร์มดังแสดงในตัวอย่างข้างล่างนี้

- [1] กรมส่งเสริมและพัฒนาคุณภาพชีวิตคนพิการ, รายงานข้อมูลสถานการณ์ด้านคนพิการในประเทศไทย, ข้อมูลจาก <https://dep.go.th/th/law-academic/knowledge-base/disabled-person-situation> (วันที่สืบค้นข้อมูล 29 กุมภาพันธ์ 2564)
- [2] คณะกรรมการส่งเสริมและพัฒนาคุณภาพชีวิตคนพิการแห่งชาติ ข้อมูลจาก <http://web1.dep.go.th/?q=th/announcements/general&title=&page=3> (วันที่สืบค้นข้อมูล 29

กุมภาพันธ์ 2564)

- [3] ธิรพิรุฬห์ ทองคำวิฑูรย์, เทคโนโลยี Internet of Things และข้อเสนอแนะในการบริหารคลื่นความถี่ในประเทศไทย 2559, วารสารงาน กสทช ประจำปี 2559
- [4] ชินวัจน์ งามวรรณการ สุทัศน์ รุ่งระวีวรรณ และ อมรเทพ มณีเนียม, การพัฒนาระบบควบคุมอุปกรณ์ภายในโรงงานขนาดย่อม ด้วยเทคโนโลยีไร้สายผ่านแอปพลิเคชันบนอุปกรณ์เคลื่อนที่ ภายใต้แนวคิดอินเทอร์เน็ตสำหรับทุกสรรพสิ่ง, (2561). มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา
- [5] จิรศักดิ์ วงษ์บงกช และคณะ, โปรแกรมทดสอบอุณหภูมิและความชื้นในดินสำหรับโรงเรียนอัจฉริยะเพื่อใช้ปลูกผักออร์แกนิก, 2019. การประชุมวิชาการงานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ครั้งที่ 11
- [6] พรคิด อ้นขาว, ระบบควบคุมสารละลายธาตุอาหารแบบอัตโนมัติสำหรับปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ด้วยInternet of Thinkgs (IoT), 2562. วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย 11(1) : 146-157
- [7] บัณฑิตพงษ์ ศรีอำนาจ และคณะ, การออกแบบระบบสมาร์ตฟาร์มโดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งสำหรับมะนาว จังหวัดเพชรบุรี, 2562. การประชุมวิชาการระดับชาติ วิทยาลัยนครราชสีมา ครั้งที่ 6 ประจำปี พ.ศ.2562 “สังคมผู้สูงอายุ: โอกาสและความท้าทายของอุดมศึกษา”
- [8] ธีระชัย หล้าเนียม. การออกแบบและประยุกต์สวนอัจฉริยะบนระบบไอโอที, 2559, วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
- [9] ธัญชนก ผิวคำ และ สุรชัย สุขสกุลชัย, การศึกษาปัญหาและความต้องการของผู้พิการทางสายตา ศูนย์ฝึกอาชีพหญิงตาบอดสามพราน จังหวัดนครปฐม, วารสารสหศาสตรศรีปทุม ชลบุรี ปีที่ 3 ฉบับที่ 2 มิถุนายน – กันยายน 2560



## ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศด้วยแบบจำลองภูมิอากาศ BCC-ESM\_RCP4.5 บริเวณเทศบาลเมืองสุโขทัย-ลก จังหวัดนราธิวาส

The impact of climate change with climate models BCC-ESM\_RCP4.5

Su-ngai Kolok Municipality Narathiwat Province

ณัฐพล แก้วทอง<sup>1</sup>, ศศิมาภรณ์ แก้วจุลพันธ์<sup>2</sup>, วรณิศา สุขโสภะ<sup>3</sup>, วชิรเดช สงสุรินทร์<sup>4</sup>

<sup>1</sup> อาจารย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

2/4 ถนนราชดำเนินนอก ตำบลบ่อยาง อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา 90000

natapon.k@rmutsv.ac.th

<sup>2</sup> ผู้ช่วยวิจัย คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย sasimaporn.kt@gmail.com

<sup>3</sup> ผู้ช่วยวิจัย คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย wannisa.suksopa@gmail.com

<sup>4</sup> นักศึกษา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย wichian967@gmail.com

### บทคัดย่อ

บทความนี้เป็นการศึกษาวิเคราะห์ผลกระทบการเกิดปริมาณน้ำหลาก ด้วยแบบจำลองภูมิอากาศ BCC-ESM\_RCP4.5 โดยคาดการณ์ลักษณะภูมิอากาศที่จะเกิดขึ้นในอนาคตภายใต้โครงการ CMIP5 บริเวณสถานี X.119A สะพานลันตู ลุ่มน้ำโก-ลก จ.นราธิวาส ซึ่งเป็นตำแหน่งตรวจวัดที่สำคัญในการแจ้งเตือนการเกิดน้ำท่วมในเขตเทศบาลเมืองสุโขทัย-ลก งานวิจัยนี้ได้ใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนคาดการณ์รายวันที่ได้ปรับแก้ความถูกต้องโดยสถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2549-2575 จำนวนทั้งสิ้น 4 สถานี คือ สถานี 583011 สถานี 583013 สถานี 583010 และสถานี 583002 และทำการวิเคราะห์เปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนเป็นปริมาณน้ำท่า ด้วยแบบจำลอง HEC-HMS ผลการวิจัยพบว่าอัตราการไหลผ่านสถานี X.119A สะพานลันตู ลุ่มน้ำโก-ลก จ.นราธิวาส จากแบบจำลองภูมิอากาศ BCC-ESM\_RCP4.5 ในปี พ.ศ. 2564-2575 มีค่าอัตราการไหลสูงสุดประมาณ 294 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ซึ่งต่ำกว่าค่าอัตราการไหลสูงสุดในปี พ.ศ. 2549-2560 มีอัตราการไหลประมาณ 350 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที แต่เมื่อวิเคราะห์จากข้อมูลที่ปริมาณน้ำในแม่น้ำโก-ลกกลับตาลปัตรพบว่า ในอนาคตมีความถี่การเกิดน้ำท่วมสูงกว่าช่วงปัจจุบัน และถ้าพิจารณาถึงปริมาณการเกิดน้ำท่าในอนาคตพบว่ามีความถี่ลดลงเมื่อเทียบกับปัจจุบัน ดังนั้นสิ่งที่น่ากังวลในอนาคตคงไม่ใช่ในมิติเรื่องของอุทกภัย แต่สิ่งที่ต้องตระหนักควรจะทำให้ความสำคัญเรื่องของการขาดแคลนน้ำในลุ่มน้ำโก-ลก โดยหน่วยงานภาคราชการ เอกชนและภาคอุตสาหกรรมจึงมีความจำเป็นต้องพิจารณาเลือกแนวทางในการจัดการปัญหาที่เกิดขึ้น อาจมีการดำเนินการสำรองน้ำต้นทุนไว้ใช้ในช่วงฤดูแล้งหรือช่วงสภาวะฝนทิ้งช่วง เพื่อเป็นการลดความเสี่ยงในการขาดแคลนน้ำที่จะเกิดขึ้นได้

### Abstract

This article analyzes the impact of flooding with climate models BCC-ESM\_RCP4.5 which predicts the climate that will occur in the future under the CMIP5 project at Station X.119A, Lantu Bridge, Kolok River Basin, Narathiwat Province which is an important measurement location of the flood alert in the municipality of Su-ngai Kolok. This research uses data of daily rainfall forecasts that have been revised for accuracy by Hydro-Informatics Institute from 2006 - 2032 at 4 stations, namely 583011, 583013, 583010 and 583002 which analyzes the conversion of rain to runoff by using the HEC-HMS model. The results showed that the flow rate through station X.119A, Lantu Bridge, Kolok River Basin, Narathiwat Province from the climate model BCC-ESM\_RCP4.5 in 2021-2032 has a peak flow rate of approximately 294 cms, which is lower than the 2006-2017 peak flow rate of approximately 350 cms. However, when analyzing the frequency of water volume exceeding



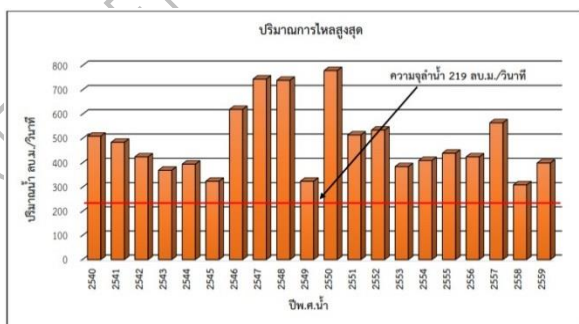
the drainage capacity of the Su-ngai Kolok River, it was found that In the future, the frequency of flooding is higher than the current period and when considering the amount of runoff in the future, it was found that the volume decreased from the present. Therefore, the concern in the future may not be in terms of flooding, but should focus on water scarcity in the Kolok Basin. Government agencies, the private sector and the industrial sector need to consider a solution for problem management by increasing the water storage for use during the dry season or during intermittent rain to reduce the risk of water shortage that will occur.

**คำสำคัญ (Key word):** ลุ่มน้ำโก-ลก; HEC-HMS; รอบปีการเกิดซ้ำ; การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ; BCC-ESM

## 1. บทนำ (Introduction)

ลุ่มน้ำโก-ลก เป็นลุ่มน้ำชายแดนระหว่างประเทศไทยกับสหพันธรัฐมาเลเซีย โดยมีเส้นแบ่งประเทศคือแม่น้ำโก-ลก โดยแม่น้ำโก-ลก ไหลผ่านพื้นที่เศรษฐกิจหลัก ๆ หลายพื้นที่ ประกอบด้วย อ.สุโขทัยโก-ลก จ.นราธิวาสของไทย และรัฐกลันตันของมาเลเซีย ไหลลงสู่อ่าวไทยบริเวณ อ.ตากใบ จ.นราธิวาส โดยลุ่มน้ำโก-ลก มีพื้นที่รับน้ำประมาณ 1,980 ตารางกิโลเมตร (รวมพื้นที่ทั้งฝั่งประเทศไทย และประเทศมาเลเซีย) ความยาวลำน้ำประมาณ 120 กิโลเมตร มีต้นน้ำอยู่บนเทือกเขาสันกาลาศีรี อ.แว้ง ไหลจากทางทิศใต้ขึ้นสู่ทิศเหนือผ่านพื้นที่ อ.แว้ง อ.สุโขทัยโก-ลก และไหลไปรวมกับลุ่มน้ำบางนรา ที่ อ.ตากใบก่อนที่จะไหลลงสู่อ่าวไทยที่บ้านตารา อ.ตากใบ จ.นราธิวาส

ลุ่มน้ำโก-ลก มีปริมาณฝนเฉลี่ยประมาณ 2,900 มิลลิเมตรต่อปี ปริมาณน้ำฝนมากที่สุดประมาณ 4,350 มิลลิเมตรต่อปี เกิดขึ้นในปี พ.ศ. 2553 โดยแม่น้ำโก-ลก มีความสามารถในการระบายน้ำเพียง 219 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที บริเวณ อ.เมืองสุโขทัยโก-ลก จุดตรวจวัดน้ำท่าสะพานลันตู X.119 A จากการบันทึกข้อมูลน้ำท่าในอดีต พบว่าในปี พ.ศ. 2550 มีปริมาณการไหลสูงสุดประมาณ 780 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ดังในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ปริมาณน้ำท่าบริเวณสถานี X.119A

ซึ่งในปัจจุบันมีหน่วยงานหลาย ๆ หน่วยงานให้

ความสำคัญกับปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ จากผลการศึกษาของหน่วยงานต่าง ๆ พบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยของโลกสูงกว่าปกติอย่างต่อเนื่อง โดยคาดการณ์ว่าอุณหภูมิเฉลี่ยของโลกจะสูงขึ้นประมาณ 1.5-4.5 องศาเซลเซียสในปี พ.ศ. 2643 [1] ส่วนประเทศไทยพบว่ามีอุณหภูมิสูงขึ้นประมาณ 1 องศาเซลเซียสในรอบ 40 ปี [2] อีกทั้งยังมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงฝนรายปีเพิ่มขึ้นในทุกภาคของประเทศไทย [3] แต่ก็มีบางผลงานวิจัยให้ผลที่ขัดแย้ง โดยวิเคราะห์ว่าปริมาณฝนรวมรายปีมีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีแนวโน้มว่าจะมีปริมาณฝนลดลงในช่วงเดือนพฤษภาคม - ตุลาคม และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วงเดือนพฤศจิกายน - เมษายน [4]

จากสภาพปัญหาน้ำท่วมบริเวณเขตเทศบาลเมืองสุโขทัยโก-ลกที่เกิดขึ้นเป็นประจำ และการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่เกิดขึ้น ทำให้หลายหน่วยงานมีความวิตกกังวลและไม่สามารถคาดการณ์ได้ว่าแนวโน้มหรือทิศทางสถานการณ์การเกิดอุทกภัยในอนาคตจะทวีความรุนแรงขึ้นหรือบรรเทาลง ทำให้การกำหนดทิศทางและการวางแผนเป็นไปได้ยาก

ดังนั้นในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศด้วยแบบจำลองภูมิอากาศ BCC-ESM\_RCP4.5 บริเวณเทศบาลเมืองสุโขทัยโก-ลก จ.นราธิวาส ที่จะทำให้เกิดความเสียหายจากการเกิดน้ำท่วมในเขตชุมชนริมฝั่งลุ่มน้ำโก-ลก บริเวณสถานีวัดน้ำท่าสะพานลันตู X.119 A เพื่อให้ทราบถึงขนาดและปริมาณความถี่ในการเกิดอุทกภัยที่มีโอกาสเกิดขึ้นในอนาคต เพื่อใช้เป็นแนวทางในการบริหารจัดการวางแผนรับมือสถานการณ์การเกิดน้ำท่วมที่มีโอกาสเกิดขึ้นในพื้นที่เขตเทศบาลเมืองสุโขทัยโก-ลก เพื่อให้หน่วยงานราชการ ภาคเอกชน หรือภาคอุตสาหกรรม เพื่อลดและบรรเทาความเสี่ยงที่จะเกิดความเสียหายที่เกิดขึ้นได้

## 2. วิธีวิจัย (Research Methodology)

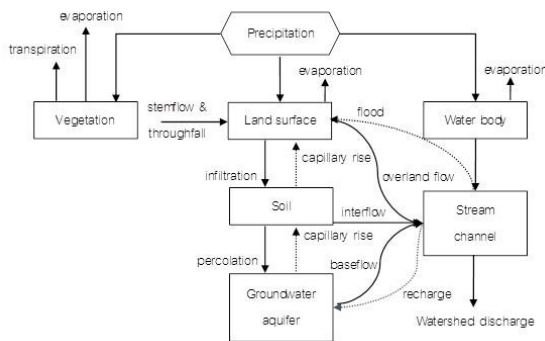
### 2.1 แบบจำลอง HEC-HMS

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ Hydrologic Modeling



System (HEC-HMS) [5] ได้พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปขึ้น โดย Hydrologic Engineering Center, U.S. Army Corps of Engineers ร่วมกับศูนย์วิศวกรรมชลศาสตร์ HEC : Next-Generation Software Development Project เมื่อเดือนมีนาคม ปีพ.ศ. 2541 ได้วิเคราะห์ความสัมพันธ์ปริมาณน้ำท่าที่มาจากน้ำฝน และขั้นตอนการไหลทั้งในสภาพทั่วไป HEC-HMS เป็นแบบจำลองทางอุทกศาสตร์ที่สามารถจำลองการวิเคราะห์ข้อมูลน้ำฝนและพื้นที่รับน้ำให้เป็นน้ำท่า ดังภาพที่ 2 และยังสามารถต่าง ๆ ในการจำลองกราฟน้ำท่าในช่วงเวลานาน ๆ คำนวณการกระจายน้ำท่าในรูปแบบเซลล์ตาราง (Grid Cell) ของพื้นที่รับน้ำฝน การเคลื่อนตัวของน้ำท่าผ่านแม่น้ำและอ่างเก็บน้ำ ซึ่งในปัจจุบันได้พัฒนามาจนถึงเวอร์ชันที่ 4.8.0 โดยข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ประกอบด้วย

- 1) ข้อมูลน้ำฝนรายวัน
- 2) ข้อมูลปริมาณการระเหยจากผิวดินรายเดือน
- 3) ข้อมูลน้ำท่ารายวัน (ใช้ในการปรับเทียบแบบจำลอง)
- 4) ข้อมูลลักษณะทางกายภาพของพื้นที่



ภาพที่ 2 แผนภาพ HEC-HMS

## 2.2 รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องในการสร้างแบบจำลอง HEC-HMS

### 2.2.1 ข้อมูล Climate Change

แบบจำลองใช้ข้อมูลฝนจาก แบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลก (AR5) [6] หรือรายงานการสังเคราะห์และประเมินความรู้ด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ครั้งที่ 5 มีการปรับปรุงแบบจำลองภูมิอากาศโดยใช้ภาพฉายการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (มีส่วนร้อยละ 80-90 จากปัจจัยทั้งหมดที่ทำให้ค่า RF (Radiative Forcing) เปลี่ยนแปลง และส่วนประกอบอื่น ๆ จากกิจกรรมของมนุษย์แบบใหม่ เรียกว่า Representative Concentration Pathways (RCP) ซึ่งเป็นสถานการณ์ที่เป็นไปได้ของการปล่อยและสะสมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาในชั้นบรรยากาศ ภาพฉายนี้ถูกใช้

ในการจำลองสภาพภูมิอากาศในอนาคตโดยใช้แบบจำลองต่าง ๆ ที่ซึ่งไม่ซับซ้อนจนถึงแบบจำลองที่ซับซ้อนมาก เช่น Earth System Model

RCP ที่ใช้ใน AR5 ประกอบด้วยภาพ 4 แบบที่สะท้อนการเปลี่ยนแปลงค่า RF ในปี พ.ศ. 2643 เมื่อเทียบกับปี พ.ศ. 2554 ซึ่งทั้ง 4 แบบนี้เป็นภาพในอนาคตที่อาจจะเกิดขึ้นได้ทั้งนั้น ขึ้นอยู่กับรูปแบบการพัฒนาทางเศรษฐกิจและสังคมที่เป็นตัวกำหนดปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่จะถูกปล่อยออกมาสู่บรรยากาศโลก ภาพทั้ง 4 ประกอบด้วย

- RCP 2.6 แสดงถึงภาพที่มีการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอย่างได้ผล จนส่งผลทำให้ค่า RF ในปี พ.ศ. 2643 เพิ่มขึ้นเป็น 2.6 วัตต์ต่อตารางเมตรและความเข้มข้นของก๊าซ CO<sub>2</sub> จะอยู่ที่ 421 ppm (ใกล้เคียงกับ 2.29) วัตต์ต่อตารางเมตร และความเข้มข้นของก๊าซ CO<sub>2</sub> ที่ 391 ppm ในปีพ.ศ. 2554

- RCP 4.5 และ RCP 6.5 เป็นภาพที่สะท้อนการร่วมมือกันลดก๊าซเรือนกระจก โดยมีเป้าหมายในการรักษาระดับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและค่า RF ให้คงที่ในปี พ.ศ. 2643 ที่ 4.5 และ 6.5 วัตต์ต่อตารางเมตร ตามลำดับ ซึ่งความเข้มข้นของก๊าซ CO<sub>2</sub> จะอยู่ที่ 538 และ 670 ppm ตามลำดับ

- RCP 8.5 เป็นภาพที่สะท้อนการพัฒนาที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกมามาก จนค่า RF เพิ่มขึ้นเป็น 8.5 วัตต์ต่อตารางเมตร และความเข้มข้นของก๊าซ CO<sub>2</sub> ที่ 936 ppm

ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ใช้ แบบจำลองข้อมูลฝนคาดการณ์จากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลก (AR5) ที่ผ่านการปรับแก้ Bias Correction โดยใช้ข้อมูลปริมาณฝนคาดการณ์ระหว่างปีพ.ศ. 2549-2585 จากสถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ (องค์การมหาชน) ของแบบจำลอง BCC-ESM โดยใช้ภาพการณ์จำลอง (Scenario) การปล่อยก๊าซเรือนกระจก Representative Concentration Pathways (RCPs) RCP 4.5 ภายใต้ค่าพลังงานความร้อนที่ระดับ 4.5 จากสถานีตรวจอากาศ 4 สถานี ประกอบด้วย สถานี 583011 สถานี 583013 สถานี 583010 และ สถานี 583002 ครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมดของกลุ่มน้ำโขง-ลก

### 2.2.2 ข้อมูลลักษณะกายภาพของกลุ่มน้ำโขง-ลก

จากการศึกษาลักษณะกายภาพของกลุ่มน้ำโขง-ลก ซึ่งกลุ่มน้ำโขง-ลก ได้ครอบคลุมทั้ง อ.เวียง อ.สุโขทัย อ.สุรินทร์และตามชายแดนระหว่างไทยมาเลเซีย โดยมีความยาวของลำน้ำ 60.10 km. และความยาวลำน้ำจากจุดออกจนถึงจุดที่ใกล้ศูนย์ถ่วงเท่ากับ 27 km. สภาพต้นน้ำของกลุ่มน้ำโขง-ลก มีลักษณะเป็นพื้นที่ที่มีความลาดชัน เนื่องจากต้น



น้ำของกลุ่มน้ำโก-ลก อยู่ในอ.แฉัง ซึ่งพื้นที่แฉังนั้นจะเต็มไปด้วยเทือกเขาความลาดชันจึงส่งผลทำให้น้ำไหลมารวมกันที่สถานี X.119 A ได้อย่างรวดเร็ว ทำให้น้ำได้เข้าท่วมในเขตอ.โงะ-ลกที่อยู่ติดริมฝั่งกลุ่มน้ำโก-ลก โดยจากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องก่อนหน้าเรื่องการศึกษาปริมาณน้ำหลากของกลุ่มน้ำโก-ลก จ.นราธิวาส [5] ได้ทำการวิเคราะห์ปริมาณน้ำหลากในกลุ่มน้ำโก-ลก ด้วยแบบจำลอง HEC-HMS และได้ทำการปรับแก้ค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ โดยได้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R2) ในการสอบเทียบระหว่าง พ.ศ.2550-2552 ได้ค่า 0.729 และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R2) จากการตรวจสอบระหว่าง พ.ศ. 2557-2558 ได้ค่า 0.764 ดังนั้นจึงสามารถกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่เป็นตัวแทนของกลุ่มน้ำโก-ลกได้ ดังนี้ ค่า Initial Loss (mm) 60-98 ค่า CN 51-65 ค่า %Impervious 0.2 ค่า Tp. 5200-5400 min ค่า Initial discharge 4-6 ค่า Recession constant 0.8-0.9 ค่า Ratio to peak 0.55-0.7 ดังแสดงในตารางที่ 1 ซึ่งค่าพารามิเตอร์ดังกล่าวสามารถเป็นตัวแทนของกลุ่มน้ำโก-ลกในกรณีศึกษาผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศด้วยแบบจำลองภูมิอากาศ BCC-ESM\_RCP4.5 บริเวณเทศบาลเมืองสุโขทัย จ.นราธิวาสด้วย

ตาราง 1 ค่าพารามิเตอร์ HEC-HMS ของกลุ่มน้ำโก-ลก

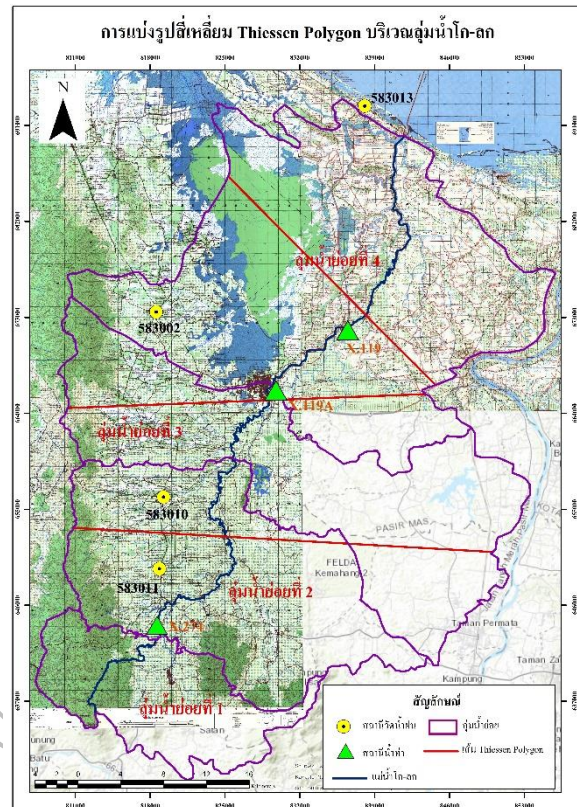
Parameter form HEC-HMS							
Sub-Basin	Basin Area (km <sup>2</sup> )	Loss	Transform	Base flow			
Sub-Basin 1	206	Initial abstraction	98	Lag time (min)	5400	Initial discharge	4
		CN	55			Recession constant	0.9
		impervious	0.2			Ratio to peak	0.65
Sub-Basin 2	457	Initial abstraction	95	Lag time (min)	5300	Initial discharge	5
		CN	51			Recession constant	0.9
		impervious	0.2			Ratio to peak	0.55
Sub-Basin 3	504	Initial abstraction	60	Lag time (min)	5200	Initial discharge	4
		CN	65			Recession constant	0.8
		Ratio to peak	0.50				
Sub-Basin 4	813	Initial abstraction	70	Lag time (min)	5200	Initial discharge	6
		CN	65			Recession constant	0.8
		impervious	0.2			Ratio to peak	0.70

## 2.3 การแบ่งลุ่มน้ำและการคำนวณค่าเปอร์เซ็นต์ถ่วงน้ำหนักของแต่ละสถานี

### 2.3.1 การแบ่งลุ่มน้ำหลัก

การแบ่งขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำหลักทำการแบ่งด้วยแนวเส้นสันปันน้ำ โดยอาศัยแนวสันเขาหรือบริเวณที่สูงและแบ่งตามขอบเขตแดนแบ่งประเทศไทยกับมาเลเซีย ส่วนพื้นที่ที่ศึกษาทางฝั่งมาเลเซียนั้น ไม่มีข้อมูลแผนที่ ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้จึงเลือกใช้วิธีการแบ่งลุ่มน้ำหลัก โดยอาศัยแนวถนนของแผนที่ Google Earth เนื่องจากไม่มีข้อมูลทางฝั่งมาเลเซีย ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ได้มีการแบ่งลุ่มน้ำหลัก โดยสมมติและตีความว่าแนวถนนเป็นเส้นการแบ่งลุ่มน้ำเส้นหนึ่ง เพราะฉะนั้นแนวการแบ่งลุ่มน้ำทางฝั่งมาเลเซียจึงใช้แนว

ถนนการแบ่งลุ่มน้ำหลักควบคู่กับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องของกลุ่มน้ำโก-ลกในฝั่งประเทศมาเลเซีย ซึ่งมีพื้นที่ลุ่มน้ำโก-ลก รวมทั้งหมดเท่ากับ 1,980.38 ตารางกิโลเมตร ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ลุ่มน้ำหลัก, ลุ่มน้ำย่อย, สถานีน้ำฝน, สถานีน้ำท่า และอีเอสเอส

### 2.3.2 การแบ่งลุ่มน้ำย่อย

เนื่องจากว่าลุ่มน้ำโก-ลกเป็นลุ่มน้ำระหว่างเส้นแบ่งของประเทศไทยกับประเทศมาเลเซีย การแบ่งลุ่มน้ำย่อยในส่วนของฝั่งมาเลเซียไม่มีข้อมูลทางภูมิประเทศ ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้จึงเลือกใช้วิธีการแบ่งลุ่มน้ำย่อยโดยอาศัยแนวถนนของแผนที่ Google Earth โดยสามารถแบ่งลุ่มน้ำย่อยได้ทั้งหมด 4 ลุ่มน้ำย่อย ซึ่งลุ่มน้ำย่อย 1 มีพื้นที่เท่ากับ 206.12 ตารางกิโลเมตร ลุ่มน้ำย่อย 2 มีพื้นที่เท่ากับ 457.19 ตารางกิโลเมตร ลุ่มน้ำย่อย 3 มีพื้นที่เท่ากับ 503.83 ตารางกิโลเมตร ลุ่มน้ำย่อย 4 มีพื้นที่เท่ากับ 813.24 ตารางกิโลเมตร ดังภาพที่ 3

### 2.3.3 ค่าพารามิเตอร์เชิงถ่วงน้ำหนักของแต่ละสถานี

การศึกษานี้จะใช้วิธีการหาค่าถ่วงน้ำหนักหรือเฉลี่ยด้วยวิธีรูปสี่เหลี่ยม (thiessen polygon) ในการศึกษาจะพิจารณาผลกระทบของฝนเฉพาะจุด บนอาณาบริเวณรอบ ๆ ซึ่งในกรณีที่สถานีตรวจวัดน้ำฝนไม่มีการเก็บบันทึกข้อมูล



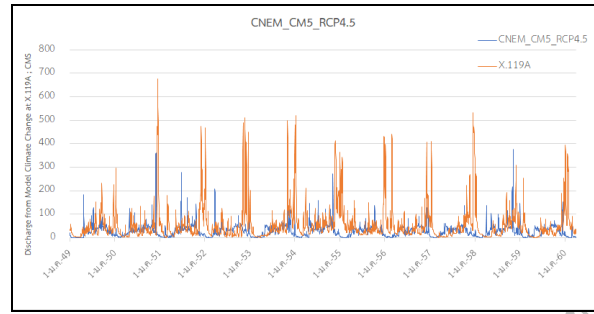
อย่างต่อเนื่อง จะใช้ผลการวิเคราะห์ฝนเฉพาะจุด (point rainfall) โดยการคำนวณความลึกสมมติเทียบเท่าของ ปริมาณฝน ซึ่งวิธีผล [7] กล่าวว่าวิธีนี้จะลดปัญหาความไม่ สมมติสมอในการกระจายที่ตั้งของสถานีวัดน้ำฝนได้ จึงเลือกใช้ วิธีนี้ในการแบ่งพื้นที่ถ่วงน้ำหนักของแต่ละสถานี เพราะ แบบจำลอง HEC-HMS ต้องอาศัยข้อมูลพื้นที่รับน้ำและค่า เปอร์เซ็นต์ถ่วงน้ำหนักของแต่ละสถานีดังตารางที่ 2

ตาราง 2 ค่าเปอร์เซ็นต์ถ่วงน้ำหนักของแต่ละสถานี

Sub-Basin	Basin Area (km2)	Rain Station	Sub-Basin Area (km2)	Weighted Percentage (%)
Sub-Basin 1	206.12	583010	206.12	100.00
Sub-Basin 2	457.19	583010	339.79	74.00
		583011	117.40	26.00
Sub-Basin 3	503.83	583010	97.40	19.00
		583011	319.19	63.00
		583002	87.24	17.00
Sub-Basin 4	813.24	583011	80.39	10.00
		583013	403.26	50.00
		583002	329.59	41.00

### 3. ผลการวิจัย (Results)

จากการประมวลผลแบบจำลอง HEC-HMS โดยใช้ข้อมูล ฝนจากแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ระหว่างปี พ.ศ. 2549-2579 โดยใช้ข้อมูลการปรับเทียบค่าพารามิเตอร์จาก ตารางที่ 2 ผลการประมวลผลกรณีศึกษาปกติ [5] มาใช้ในการ วิเคราะห์กรณีศึกษาสภาพฝนในอนาคตที่ได้จากแบบจำลอง ต่าง ๆ ซึ่งผลการเปรียบเทียบข้อมูลจริงจากสถานี X.119A และ ข้อมูลที่ได้จากแบบจำลอง CNEM\_CM5\_RCP4.5 ระหว่างปี พ.ศ. 2549-2560 พบว่ารูปแบบในการเกิดน้ำหลาก มีลักษณะการเกิดที่ใกล้เคียงกัน ดังแสดงในภาพที่ 4 และเมื่อ พิจารณาซึ่งเมื่อพิจารณาผลจากตารางที่ 3 พบว่าปริมาณ น้ำท่าเฉลี่ยรายวัน; ลบ.ม./วินาที ช่วง พ.ศ. 2549-2563 มีปริมาณค่าเฉลี่ยรายวัน 29.82 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที มากกว่าในช่วงปี พ.ศ. 2564-2579 ซึ่งมีอัตราการไหล 29.22 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที แต่เมื่อเทียบในส่วนของอัตราการไหล สูงสุดพบว่าสถานการณ์ในอนาคต (พ.ศ. 2564-2579) มีอัตรา การไหลสูงสุดที่จะเกิดประมาณ 293.70 ลูกบาศก์เมตรต่อ วินาที ซึ่งเป็นขนาดที่น้อยกว่าในสถานการณ์การเกิดใน ปัจจุบัน (พ.ศ. 2549-2563) ซึ่งมีค่าสูงสุด 349.60 ลูกบาศก์ เมตรต่อวินาที แต่มีความถี่ในการเกิดอุทกภัยมากกว่าใน สภาพปัจจุบัน ดังแสดงผลการวิจัยในภาพที่ 4 และตารางที่ 3



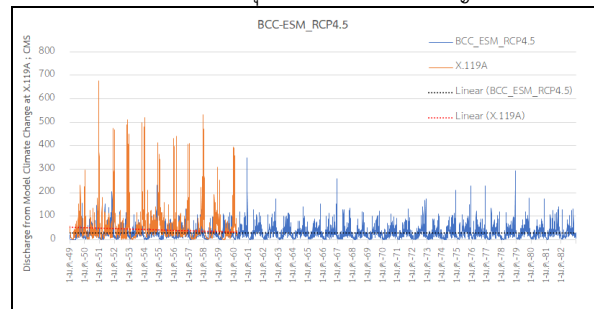
ภาพที่ 4 กราฟเปรียบเทียบข้อมูลจริงจากสถานี X.119A และข้อมูลที่ได้จากแบบจำลอง CNEM\_CM5\_RCP4.5

ตาราง 3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าจากแบบจำลอง CNEM\_CM5\_RCP4.5 ในสภาพปัจจุบันและอนาคต

Summary		
Duration Year	B.E.2549-2563	B.E.2564-2579
Mean DISCHARHE	29.82	29.22
SD DISCHARHE	25.85	24.83
MAX DISCHARHE	349.60	293.70
DISCHARHE more than 219 cms	5.00	7.00
DISCHARHE more than 219 cms per Year	0.33	0.44

### 4. อภิปรายผล (Discussion)

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าในสภาพปัจจุบันและ อนาคตด้วยแบบจำลอง HEC-HMS โดยใช้ชุดข้อมูลฝนจาก แบบจำลองภูมิอากาศ CNEM\_CM5\_RCP4.5 พบว่า สถานการณ์การเกิดน้ำท่าในลุ่มน้ำโก-ลกในอนาคตมีปริมาณ ความรุนแรงในการเกิดอุทกภัยน้อยลง แต่มีความถี่ในการเกิด มากยิ่งขึ้น ซึ่งส่งผลมาจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ อุณหภูมิสูงขึ้น ซึ่งถ้ามองในมิติด้านการบริหารจัดการน้ำจะ สามารถจัดการได้ง่ายขึ้นเนื่องจากความรุนแรงในการเกิดมี ความรุนแรงน้อยลง แต่จะมีปริมาณความถี่ที่สูงขึ้น แต่ถ้า พิจารณาในมิติด้านปริมาณการเกิดน้ำท่าจะพบว่าปริมาณ การเกิดน้ำท่าในอนาคตมีปริมาณลดลงเมื่อเทียบกับปีปัจจุบัน ดังแสดงในภาพที่ 5 ดังนั้นสิ่งที่น่ากังวลในอนาคตคงไม่ใช่มิติ เรื่องของอุทกภัย แต่สิ่งที่ต้องตระหนักควรจะทำให้ความสำคัญ เรื่องการขาดแคลนน้ำในลุ่มน้ำโก-ลก เป็นสำคัญ



ภาพที่ 5 กราฟแสดงปริมาณน้ำท่าจากแบบจำลอง CNEM\_CM5\_RCP4.5 ในสภาพปัจจุบันและอนาคต





## 5. สรุปผล (Conclusion)

จากผลการวิจัยพบว่าผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศด้วยแบบจำลองภูมิอากาศ BCC-ESM\_RCP4.5 ในอนาคตจะมีความรุนแรงของการเกิดจะลดลงกว่าปัจจุบัน แต่จำนวนความถี่ที่เกิดจะมีจำนวนเพิ่มมากขึ้นกว่าในปัจจุบัน ดังนั้นในการพิจารณาออกแบบโครงการพัฒนาแหล่งน้ำหรือโครงการป้องกันน้ำท่วมจึงจำเป็นต้องพิจารณารอบปีการเกิดซ้ำของโครงการฯ ให้รอบคอบเนื่องจากอาจมีผลกระทบกับงบประมาณในการก่อสร้าง ถ้าออกแบบในรอบปีที่เกิดเกินไปก็เกิดความสิ้นเปลือง แต่ถ้าน้อยเกินไปก็ส่งผลให้เกิดความเสี่ยงในการเกิดอุทกภัยที่สูงขึ้น แต่สิ่งที่ทางคณะวิจัยเป็นกังวลมากกว่าการขนาดและเหตุการณ์การเกิดอุทกภัยคือสภาวะการเกิดภัยแล้ง เนื่องจากผลจากแบบจำลองแสดงให้เห็นว่าปริมาณน้ำท่าที่เกิดขึ้นในพื้นที่มีปริมาณลดลงและมีการลดลงอย่างต่อเนื่องเนื่องจากสภาวะการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลก ดังนั้นหน่วยงานภาครัฐ เอกชนและภาคอุตสาหกรรมจึงมีความจำเป็นต้องพิจารณาเลือกแนวทางในการจัดการปัญหาที่เกิดขึ้น อาจมีการดำเนินการสำรองน้ำต้นทุนไว้ในช่วงฤดูแล้งหรือช่วงสภาวะฝนทิ้งช่วงเพื่อเป็นการลดความเสี่ยงในการขาดแคลนน้ำที่จะเกิดขึ้น แต่ทั้งนี้ผลที่ได้จากงานวิจัยนี้ได้นำเสนอแค่แบบจำลองเดี่ยวซึ่งความแม่นยำอาจยังไม่มากพอ ดังนั้นจึงควรดำเนินการวิเคราะห์และสรุปผลจากแบบจำลองหลายๆ แบบจำลองประกอบกัน เพื่อสามารถลดความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นได้

## 6. กิตติกรรมประกาศ

บทความนี้สามารถเสร็จสิ้นสมบูรณ์ได้ด้วยความช่วยเหลือข้อมูลจาก สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ (องค์การมหาชน) หรือ สสน. ศูนย์อุทกวิทยาชลประทานภาคใต้ที่ได้สนับสนุนข้อมูลด้านอุทกวิทยาของกลุ่มน้ำโขง-ลก ตลอดจนบุคคลอื่น ๆ ที่ไม่ได้กล่าวนามในที่นี้ที่ให้ความร่วมมือและเสียสละเวลาในการให้ข้อมูล ตลอดจนข้อเสนอต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการศึกษานี้ ทำให้เกิดความสมบูรณ์ในการวิเคราะห์ปัญหาอย่างรอบด้าน ได้ลุล่วงเป็นอย่างดี และที่สำคัญคณะวิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัยที่อนุมัติให้ทุนอุดหนุนโครงการวิจัย ประเภทเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2563 เพื่อใช้ในการทำการวิจัยในครั้งนี้

## 7. เอกสารอ้างอิง

- [1] IPCC., Climate Change 2014 Synthesis Report, Intergovernmental, 2014
- [2] กรมทรัพยากรธรณี กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ภาวะโลกร้อน, 2550

- [3] ศุภกร ชินวรรณโณ, วิริยะ เหลืองอร่าม, เฉลิมรัฐ แสงมณี และจุฑาทิพย์ ธนภิตดีเมธาวุฒิ, การจำลองสภาพภูมิอากาศอนาคตสำหรับประเทศไทยและพื้นที่ข้างเคียง, รายงานฉบับสมบูรณ์เสนอต่อสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, 2552
- [4] แสงจันทร์ ลีมีจิรกาล, อัครมน ลีมีสกุล และทวิวงศ์ ศรีบุรี, การประเมินสภาวะความรุนแรงสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย: การวิเคราะห์ความเสี่ยงและความล่อแหลมของพื้นที่วิกฤต, ร่างรายงานฉบับสมบูรณ์, สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, 2552
- [5] วัชรพล แก้วทอง, บาสรี ยี่ปานะ และปกรณ์ ดิษฐกิจ, การศึกษาปริมาณน้ำหลากของกลุ่มน้ำโขง-ลก จังหวัดนราธิวาส, วารสารวิชาการ มทร.สุวรรณภูมิ, ปีที่ 7 ฉบับที่ 1 101-113 2562
- [6] IPCC., Climate Change the physical Basis, Intergovernmental panel Climate Chang, Printed in the United States of America, 2013
- [7] วีระพล แต่สมบัติ, อุทกวิทยาประยุกต์, กรุงเทพฯ: พิสิษฐ์เซ็นเตอร์, 2531



การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขององค์กรเพื่อมุ่งสู่ความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม  
กรณีศึกษาอาคารเอนกประสงค์ และอาคารฝ่ายยานยนต์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มทร.พระนคร  
Organizational Greenhouse Gas Emissions Assessment for Environmental Friendly  
A Case study of Multipurpose Building and Vehicle Building Engineering Faculty, RMUTP

ชาญณรงค์ เรือนเงิน<sup>1</sup>, กัมปนาท ปานย่อย<sup>1</sup> สุวิมลส์ แผงธีระสุขมัย<sup>1</sup>, สรสุธี บัวพูล<sup>1</sup>, พลังวัชร แผงธีระสุขมัย<sup>2</sup>

<sup>1</sup> สาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมนวัตกรรมเพื่อความยั่งยืน <sup>1</sup> สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

1381 ถนนประชากรราษฎร์ 1 เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800

Channarong-r@rmutp.ac.th

### บทคัดย่อ

การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขององค์กรเพื่อมุ่งสู่ความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม กรณีศึกษาอาคารเอนกประสงค์ และฝ่ายยานยนต์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มทร.พระนคร ผู้ศึกษาได้ใช้วิธีการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขององค์กร ตามแนวทางการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขององค์กรบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) โดยจำแนกประเภทของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ ประเภทที่ 1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรง ประเภทที่ 2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อม และประเภทที่รายงานแยกเพิ่มเติม โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขององค์กรที่มีนัยสำคัญ และนำไปสู่การกำหนดแนวทางลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขององค์กรจากการศึกษาพบว่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดเท่ากับ 172.46 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เท่าต่อปี โดยแบ่งเป็น ประเภทที่ 1, 2, และ ประเภทที่รายงานแยกเพิ่มเติม มีค่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขององค์กรเท่ากับ 2.86, 165.78, และ 3.82 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เท่าต่อปี เมื่อทำการวิเคราะห์แต่ละประเภทพบว่าประเภทที่ 2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงานไฟฟ้ามีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 96.13 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดขององค์กร ทั้งนี้ ผู้ศึกษาได้เสนอแนวทางและมาตรการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขององค์กรในประเภทที่ 2 ดังนี้ 1.เปลี่ยนหลอดฟลูออเรสเซนต์ภายในองค์กรให้เป็นหลอด LED 2.เปลี่ยนการใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานทางเลือก (พลังงานแสงอาทิตย์) 3.เลือกใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีฉลากประหยัดไฟ เบอร์ 5 หรือใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีเครื่องหมายมาตรฐานเฉพาะด้านสิ่งแวดล้อม 4.ดูแลรักษาอุปกรณ์ไฟฟ้าโดยจัดทำเป็นแผนซ่อมบำรุงเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance) และเปลี่ยนอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในองค์กรที่เสื่อมสภาพหรืออุปกรณ์ไฟฟ้าที่ทำการซ่อมบำรุงแล้วไม่คุ้มค่ากับรายจ่ายที่องค์กรจะต้องจ่ายในการซ่อมบำรุง

คำสำคัญ: ก๊าซเรือนกระจก คาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กร สิ่งแวดล้อม ภาวะโลกร้อน



## ABSTRACT

Corporate Greenhouse Gas Emission Assessment Program for Environmentally Friendly case study of multipurpose building and the automotive department The Faculty of Engineering, RMUTP. The project operator has used a method for calculating the amount of greenhouse gas emissions of the organization. According to the Greenhouse Gas Management Organization's Greenhouse Gas Emission Assessment Guidelines (Public Organization) by classification of greenhouse gas emissions into 2 types. These are Type 1; Direct Greenhouse Gas Emissions and Type 2; Indirect Greenhouse Gas Emissions and additional separate reported types. The objective is to quantify the company's greenhouse gas emissions that are significant, and the determination of guidelines is to reduce the amount of greenhouse gas emissions of the organization. According to the study, total greenhouse gas emissions equal 172.46 tons of CO<sub>2</sub> per year. They are divided into types 1, 2, and additional separate reported types. The company's greenhouse gas emissions were 2.86, 165.78, and 3.82 tons of CO<sub>2</sub> per year. When analyzing each category, it was found that Type 2 indirect greenhouse gas emissions from electricity use accounted for 96.13% of the organization's total GHG emissions. The project operator has proposed guidelines and measures to reduce the amount of greenhouse gas emissions of the organization in Type 2 as follows: 1. Change the fluorescent light bulbs in the organization to LED light bulbs. 2. Change the use of electricity to alternative energy. (Solar energy) 3. Choose electrical equipment with energy-saving label 5 or marked with specific environmental standards. 4. Maintain electrical equipment by a preventive maintenance plan. Replacing the deteriorated electrical equipment or that has been repaired is not worth the expenses that the organization will have to pay for maintenance.

Keywords: greenhouse gas, Carbon Footprint Organization, environment, global warming.



## 1. บทนำ (Introduction)

ประเทศไทยมีการพัฒนาทางด้านเศรษฐกิจและอุตสาหกรรม โดยในระยะแรกมุ่งเน้นการขับเคลื่อนประเทศด้วยเกษตรกรรม ต่อมาจึงพัฒนาอุตสาหกรรมเบาเพื่อทดแทนการนำเข้า ตามด้วยการพัฒนาอุตสาหกรรมหนักที่เน้นการผลิตเพื่อการส่งออก [1] จากการเติบโตทางเศรษฐกิจได้ส่งผลกระทบต่อการศึกษาด้านสิ่งแวดล้อม เช่น มลพิษทางน้ำ มลพิษทางอากาศ และในปัจจุบันปัญหาสิ่งแวดล้อมของโลกเริ่มรุนแรงมากขึ้นจึงเป็นตัวเร่งให้เกิดปฏิกิริยาเรือนกระจก (Greenhouse effect) บนชั้นบรรยากาศ [2]

ประเทศไทยได้สูญเสียของการขับเคลื่อนด้วยนวัตกรรมซึ่งเป็นการพัฒนาตามนโยบายการขับเคลื่อน 17 เป้าหมายการพัฒนาอย่างยั่งยืนของโลกและในส่วนของประเทศไทยจะมีการพัฒนาตนเองที่กำลังใช้อยู่เพื่อให้บรรลุเป้าหมายการพัฒนาอย่างยั่งยืนของโลก [3] โดยการพัฒนาที่ยั่งยืนของโลกมีข้อกำหนดที่เกี่ยวข้องกับการรักษาสิ่งแวดล้อมและลดการปล่อยมลพิษซึ่งตรงกับวัตถุประสงค์ในการพัฒนาเมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศที่กล่าวว่า การจัดการเพื่อลดมลพิษด้านสิ่งแวดล้อมในพื้นที่อุตสาหกรรมหนาแน่นซึ่งมีเป้าหมายเพื่อการพัฒนาอุตสาหกรรมโดยสร้างความสมดุล ทั้งทางด้านเศรษฐกิจ สิ่งแวดล้อม และสังคมทำให้อุตสาหกรรมอยู่ร่วมกับชุมชนได้อย่างเป็นสุขและยั่งยืน [4] สืบเนื่องจากภาวะโลกร้อนในปัจจุบันมีความรุนแรงขึ้นโดยสาเหตุหลักมาจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของภาคอุตสาหกรรมซึ่งในประเทศไทยได้มีแนวคิดในการประเมินผลกระทบจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของภาคอุตสาหกรรมโดยที่มีองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) เป็นหน่วยงานหลักในการขับเคลื่อนและในปัจจุบันสถาบันการศึกษาได้เข้ามามีส่วนร่วมในการสนับสนุนการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยกำหนดเป็นกลยุทธ์และนโยบายเพื่อมุ่งสู่การเป็นมหาวิทยาลัยสีเขียว (Green University) หรือสถาบันการศึกษาที่แสดงถึงความรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม

ผู้ศึกษาได้ทำการศึกษาข้อมูลแผนยุทธศาสตร์การพัฒนามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ระยะ 15 ปี (พ.ศ.2560 ถึง พ.ศ.2574) ซึ่งมีการกำหนดวิสัยทัศน์ พันธกิจ และยุทธศาสตร์ในการพัฒนามหาวิทยาลัยที่มุ่งเน้นในด้านพัฒนาการดำเนินงานบูรณาการวัฒนธรรมและรักษาสิ่งแวดล้อม อ ย่ า ง ยั ง ยี น [ 5 ] จากการศึกษาค้นคว้าปัจจุบันการขับเคลื่อนด้านการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของมหาวิทยาลัยแห่งนี้ ยังไม่มีการดำเนินงานอย่างเป็นรูปธรรม ซึ่งผู้ศึกษาจึงได้พิจารณาถึงโอกาสในการพัฒนาหน่วยงานของสถาบันการศึกษาให้เป็นมหาวิทยาลัยสีเขียว โดยใช้อาคารเอนกประสงค์และอาคาร

ฝ่ายยานยนต์ ของสาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมนวัตกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร (ศูนย์พระนครเหนือ) เป็นกรณีศึกษา โดยใช้การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขององค์กรตามแนวทางขององค์การบริหารก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) เป็นเครื่องมือในการประเมินและทำการเสนอแนวทางการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมการดำเนินงานภายในมหาวิทยาลัยเพื่อเป็นโครงการนำร่องและตัวอย่างให้กับหน่วยงานอื่นขององค์กร เพื่อมุ่งสู่สถาบันการศึกษาที่มีความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมได้อย่างยั่งยืนต่อไป

## 2. วิธีวิจัย (Research Methodology)

ศึกษาข้อมูลและขั้นตอนการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรตามแนวทางขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) รวมงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง กำหนดขอบเขตพื้นที่สำรวจคืออาคารเอนกประสงค์และอาคารฝ่ายยานยนต์ ประสานหน่วยงานเจ้าของพื้นที่เพื่อสำรวจและขอรับการสนับสนุนข้อมูล จากนั้นสำรวจพื้นที่แล้วแบ่งข้อมูลจากการสำรวจเป็น 2 ชุด ชุดที่ 1 เป็นข้อมูลที่จะนำไปใช้ในการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ใช้เงื่อนไขการประเมินตามแนวทางขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจกคือการจัดทำบัญชีรายการก๊าซเรือนกระจก ในขอบเขตองค์กร (Organizational boundaries) แบบควบคุม (Control Approach) ที่ปล่อยจากระบบมีการควบคุมการดำเนินงาน (Operational Control) ในการประเมินโดยนำข้อมูลชุดที่ 1 มาแปลงหน่วยการนับให้เป็น กิโลกรัม ลิตร กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง แล้วแยกประเภทแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกเป็นประเภททางตรง (Direct GHG Emissions) ประเภททางอ้อม (indirect GHG Emissions) และส่วนที่ต้องรายงานแยกส่วน คำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยสมการ

$$CO_2 \text{ Emission} = \text{Activity data} \times \text{Emission factor} \quad [6] \quad (1)$$

CO <sub>2</sub> Emission	คือ ปริมาณก๊าซเรือนกระจกเทียบเท่าที่คำนวณได้
Activity data	คือ ข้อมูลกิจกรรมที่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก
Emission factor	คือ ค่าคงที่ที่ใช้เปลี่ยน Activity data ให้เป็นค่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

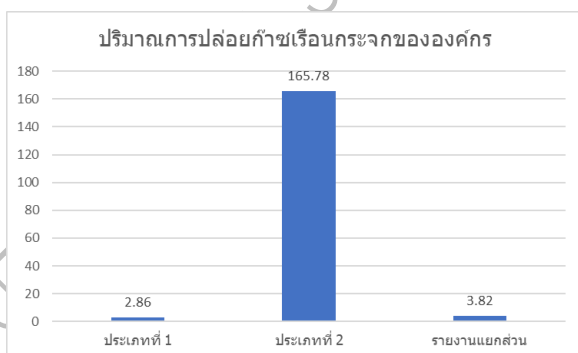
เมื่อได้ค่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแล้วจะพิจารณาแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่มีระดับนัยสำคัญเกินร้อยละ 5 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด



เพื่อหามาตรการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและ  
เสนอมาตรการต่อองค์กรในลำดับถัดไป

### 3. ผลการวิจัย (Results)

จากการสำรวจสามารถแบ่งประเภทข้อมูลตามแหล่ง  
ปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ดังนี้ ประเภทที่ 1 แหล่งการปล่อย  
ก๊าซเรือนกระจกทางตรง พบข้อมูลแหล่งปล่อยก๊าซเรือน  
กระจกจากการใช้น้ำมันดีเซลในรถยนต์จำนวน 493.38 ลิตร  
พบการรั่วไหลของสารทำความเย็นประเภท R-32 จำนวน  
2.20 กิโลกรัม, ประเภท R134A จำนวน 0.02 กิโลกรัม  
พบการรั่วไหลของก๊าซมีเทน (CH<sub>4</sub>) จากใช้ห้องสุชาจำนวน  
47.94 กิโลกรัม และพบการรั่วไหลของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์  
จากถังดับเพลิง จำนวน 27.24 กิโลกรัม ประเภทที่ 2 แหล่ง  
การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงานไฟฟ้า  
ในปริมาณ 331,628.24 กิโลวัตต์ต่อปี และส่วนที่ต้องรายงาน  
แยกส่วนพบการรั่วของสารทำความเย็น ประเภท R-22 จำนวน  
2.17 กิโลกรัม โดยผู้ศึกษาได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูล และ  
คำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยจากผล  
การคำนวณพบว่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก  
ประเภทที่ 1 แหล่งการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรงเท่ากับ  
2.86 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ประเภทที่ 2 แหล่ง  
การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงานไฟฟ้า  
ขององค์กรเท่ากับ 165.78 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า  
และส่วนที่ต้องรายงานแยกส่วน โดยพิจารณาเฉพาะสารทำ  
ความเย็น ประเภท R 22 เท่ากับ 3.82 ตัน  
คาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า โดยผลรวมปริมาณการปล่อย  
ก๊าซเรือนกระจกขององค์กรรวมทั้งหมดเท่ากับ 172.46 ตัน  
คาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า



ภาพที่ 1 กราฟแสดงปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก  
ของแต่ละประเภท

### 4. อภิปรายผล (Discussion)

จากผลการศึกษาสามารถแสดงความแตกต่างอย่าง  
ชัดเจนว่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อม

มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดถึง 165.78 ตัน  
คาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า หรืออัตราร้อยละ 96.13 ของ  
ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดขององค์กร ทั้งนี้  
เมื่อพิจารณาสาเหตุของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก  
ในประเภทที่ 2 พบว่า การดำเนินกิจกรรมขององค์กรที่อยู่ใน  
รูปแบบของสำนักงานมีการใช้พลังงานไฟฟ้าเครื่องปรับอากาศ  
หลอดไฟให้แสงสว่าง และเครื่องคอมพิวเตอร์ของห้องเรียน  
ห้องปฏิบัติการ และสำนักงาน เป็นต้น เพื่ออำนวยความสะดวก  
ในการจัดการเรียนการสอน โดยมีการใช้งานอย่างต่อเนื่อง  
ในเวลาทำการถึง 8 ชั่วโมงต่อวัน ส่วนปริมาณการปล่อยก๊าซ  
เรือนกระจกในประเภทที่ 1 นั้นจะมีการปล่อยก๊าซเรือน  
กระจกจากการเผาไหม้ของน้ำมันเชื้อเพลิงในยานพาหนะ  
ขององค์กร และการรั่วไหลของก๊าซเรือนกระจกจาก  
แหล่งต่าง ๆ ภายในองค์กรคิดเป็นอัตราร้อยละ 1.66 เมื่อ  
เปรียบเทียบกับปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด  
และส่วนที่ต้องรายงานแยกเป็นารรั่วไหลของสารทำความเย็น  
ประเภท R-22 คิดเป็นอัตราร้อยละ 2.21 ตามลำดับ

จากการดำเนินงานและศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง  
จะพบว่ากระประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของ  
องค์กรที่ดำเนินการตามแนวทางขององค์การบริหารก๊าซ  
เรือนกระจก (องค์การมหาชน) พบว่าผลการศึกษามีความ  
สอดคล้องกับงานวิจัยด้านการประเมินการปล่อยก๊าซเรือน  
กระจกขององค์กร ซึ่งมีผลการปล่อยก๊าซเรือนกระจก  
ประเภทที่ 2 แหล่งการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจาก  
การใช้พลังงาน มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด เป็น  
งานการศึกษาของไพรัช อุศุภรัตน์ และคณะ (2553);  
ธนัท พูลประทีน และคณะ (2553); นันทญา เขียวแสวง และ  
คณะ (2554); ลักษณ์นารา ขวัญชุม และคณะ (2558);  
สุรวุฒิ สุตหา และคณะ (2560) และบุญญา บัวเพื่อน  
(2563)

### 5. สรุปผล (Conclusion)

จากการดำเนินงานการประเมินการปล่อยก๊าซเรือน  
กระจกขององค์กร พบว่าแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก  
ประเภทที่ 2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้  
พลังงาน มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดถึง  
อัตราร้อยละ 96.13 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก  
ทั้งหมดขององค์กร สาเหตุจากการใช้พลังงานไฟฟ้าอำนวยความสะดวก  
ขององค์กร ซึ่งผลการดำเนินงานมีความสอดคล้องกับงานวิจัยที่  
ใช้การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขององค์กรตาม  
แนวทางขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก

ผู้ศึกษา จึงได้นำเสนอแนวทางและมาตรการทดแทน  
การใช้พลังงานไฟฟ้าจากภายนอกด้วยการใช้พลังงานไฟฟ้า  
จากแสงอาทิตย์ที่ผลิตภายในองค์กรจะสามารถช่วยลด



ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจนถึงอัตราร้อยละ 69.50 ของปริมาณการใช้ไฟฟ้าทั้งองค์กร เมื่อเทียบกำลังผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์จากพื้นที่ติดตั้งของอาคารเอนกประสงค์ที่ผลิตได้วันละ 6 ชั่วโมง และการเปลี่ยนหลอดไฟแสงสว่างจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ปรับเปลี่ยนเป็นหลอดไฟฟ้าแสงสว่างประเภท LED จะยังสามารรถช่วยลดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้

## 6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้ศึกษาขอขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษาหลักอาจารย์สุวิมล แพ่งธีระสุขมัย อาจารย์อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ดร.สรสุธิ บัวพูล ที่ให้คำแนะนำและข้อเสนอแนะเพื่อการพัฒนาในประเด็นต่างๆ ของการศึกษามาตั้งแต่เริ่มจนสำเร็จ รวมถึงผู้ช่วยศาสตราจารย์สหรัตน์ วงษ์ศรีษะ อาจารย์พุทธิพงศ์ เลขาชัยวรกุล และอาจารย์ศิวรุทธ์ จุลพรหม ที่กรุณาสละเวลาให้คำปรึกษา ซึ่งนับว่าเป็นประโยชน์อย่างยิ่ง จนกระทั่งการดำเนินงานบรรลุวัตถุประสงค์ของการศึกษาในครั้งนี้

## 7. เอกสารอ้างอิง

- [1] กระทรวงอุตสาหกรรม, ยุทธศาสตร์การพัฒนาอุตสาหกรรมไทย 4.0 (ระยะเวลา 20 ปี 2560 - 2579), กรุงเทพฯ กระทรวงอุตสาหกรรม, 2559
- [2] สุภาสินี ตันติศรีสุ, วารสารเศรษฐศาสตร์สุโขทัยธรรมาธิราช ปีที่ 6, นนทบุรี: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, 2555
- [3] ศูนย์ศึกษาการพัฒนาที่ยั่งยืนและเศรษฐกิจพอเพียง, สืบสารสู่ปฏิบัติ เพื่อการพัฒนาอย่างยั่งยืนของไทย, กรุงเทพฯ: บริษัท ส.พิจิตรการพิมพ์ จำกัด, 2562
- [4] กรมโรงงานอุตสาหกรรม, เกณฑ์และตัวชี้วัดการเป็นเมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศฉบับปรับปรุง, กรุงเทพฯ: กองพัฒนาอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ, 2562
- [5] มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร, แผนยุทธศาสตร์การพัฒนามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร, กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร, 2559
- [6] องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน), ข้อกำหนดในการคำนวณและรายงานคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร, กรุงเทพฯ: สำนักงานส่งเสริมตลาดคาร์บอนและนวัตกรรม องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน), 2564