

การศึกษาและประเมินการออกแบบเพื่อพัฒนาเครื่องแปรรูปสภาพขยะเปียกเป็นดินเทียมสำหรับเกษตรอินทรีย์ : โดยใช้การจำแนกวิเคราะห์การแปลงหน้าที่

ผลิตภัณฑ์เชิงคุณภาพให้เป็นแนวปฏิบัติ

ทรงวุฒิ เอกวุฒิจา¹, สมชาย เซะวิเศษ²

^{1,2}ภาควิชาวิศวกรรมสถาปัตยกรรมและการออกแบบ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทคัดย่อ

การวิจัยมีวัตถุประสงค์ คือ 1) เพื่อศึกษากระบวนการขั้นตอนแปรรูปสภาพขยะเปียกเพื่อผลิตดินเทียม 2) เพื่อออกแบบเครื่องแปรรูปสภาพขยะเปียกเพื่อผลิตดินเทียม 3) เพื่อประเมินประสิทธิภาพเครื่องแปรรูปสภาพขยะเปียก 4) เพื่อตรวจสอบคุณสมบัติดินเทียมที่ผลิตจากเครื่องแปรรูปสภาพขยะเปียก 5) เพื่อประเมินระดับความพึงพอใจเครื่องแปรรูปสภาพขยะเปียก

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง คือ เกษตรกรที่เพาะปลูกพืชอินทรีย์พื้นที่ อ.สีคิ้ว จ.นครราชสีมา ใช้รูปแบบเจาะจงตามคุณสมบัติประสบการณ์เพาะปลูกพืชเกษตรอินทรีย์ จำนวน 3 ท่าน และเครื่องมือการวิจัย คือ แบบประเมินความพึงพอใจเครื่องแปรรูปสภาพขยะเปียก ด้วยมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ การวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัย ของกระบวนการพัฒนาโดยการจำแนกวิเคราะห์การแปลงหน้าที่ผลิตภัณฑ์เชิงคุณภาพให้เป็นแนวปฏิบัติ QFD and TRIZ40 พบว่า 1) ปัจจัยต้องปรับปรุง คือ การซ่อมแซมบำรุงรักษาโรงกลึง คือ ความปลอดภัย, วัสดุกรรมวิธีการผลิตและความมีเอกลักษณ์เฉพาะตัว 2) จุดขายพบจุดที่ควรคำนึง คือ ประโยชน์ใช้สอย, ความสะดวกสบายการใช้งาน ช่วยเพิ่มความน่าสนใจ และมั่นใจให้กับผู้บริโภคในการใช้งาน 3) ความต้องการของลูกค้า คือ ด้านประโยชน์ใช้สอย และความแข็งแรงทนทาน เมื่อผ่านกระบวนการทดสอบผลระดับความพึงพอใจของกลุ่มเกษตรกรที่เพาะปลูกพืชอินทรีย์มีความพึงพอใจในระดับมาก ($\bar{X} = 3.83$, S.D. = 0.34)

กระบวนการทดสอบคุณสมบัติของดิน พบว่า ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมด (Total Organic carbon) ปริมาณไนโตรเจน (Nitrogen) ปริมาณฟอสฟอรัส (Phosphorus) และปริมาณโพแทสเซียม (Potassium) มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 9.2, 0.7, 0.6 และ 0.85 ของน้ำหนักตามลำดับ และมีปริมาณโซเดียม (Sodium) ที่ค่าเฉลี่ยร้อยละ 0.15 ของน้ำหนัก

คำสำคัญ : เครื่องแปรรูปสภาพขยะเปียก, การผลิตดินเทียม, การแปลงหน้าที่ผลิตภัณฑ์, การพัฒนาความสัมพันธ์เชิงคุณภาพ

Study and Evaluation of Design for Development a Wet Waste Converting Machine for Artificial Soil to Organic Agriculture : Using the Classification of Quality Function Development (QFD) and TRIZ40

Songwu Egwutvongs¹, Somchai setvisak²

^{1,2}Faculty of Industrial Education and Technology King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

ABSTRACT

This research has the objectives as this following: 1) To study steps of wet waste separation to produce artificial soil 2) To design the wet waste separation for producing artificial soil 3) To take assessment of effectiveness for wet waste separation 4) To check the properties of artificial soil produced from wet waste separation 5) To take satisfaction assessment for wet waste separation to produce artificial soil

The populations and the group sampling are three agriculturists to cultivate organic plants in District of Sekew in Nakornrachasima province. Moreover, it uses the purposive random with experiential properties of organic plants. Similarly, the tool used in this research is satisfaction assessment of wet waste separation by using 5 rating scales. As the result, it has analyzed information by using percentages, Means and Standard Aviation.

According to the development procedure to classify the analyzing for QFD and TRIZ40, it was found as this following: 1) It relates to the improving factors ; namely fixing and maintaining following by safety , producing method for materials and uniqueness 2) It involves with sale point ; namely, apply advantages and convenience to increase the interest and the confidence for the customers to apply 3) The requirements to customers ; namely, apply advantage and strength when passing the testing procedures with satisfaction level of agriculturists group to cultivate organic plants with excellent satisfaction as $\bar{X} = 3.83$, S.D. = 0.34.

On the other hand, it was found that the Total Organic carbon, Nitrogen, Phosphorus and Potassium had the Means of weights with 9.2 , 0.7 , 0.6 and 0.85 percentages, respectively as well as the Means of weights for Sodium quantities with 0.15 percentages.

Keywords : Wet waste, Production of artificial soil, Product conversion, Quality Function Development

บทนำ

จากปัญหาสภาวะโลกร้อนในปัจจุบันทำให้ผู้คนหันมาสนใจรักษาสภาพแวดล้อม ร่วมกับการใช้ทรัพยากรธรรมชาติให้เกิดประโยชน์สูงสุดมากยิ่งขึ้น (ทวี ทองสว่าง และทัศนีย์ ทองสว่าง, 2523 : 1) ทุกวันนี้สภาพปัญหาขยะในประเทศไทย เป็นปัญหาที่มีความต่อเนื่องเป็นระยะเวลายาวนานสิบปีที่ผ่านมาที่หน่วยงานราชการ หน่วยงานวิจัย สถาบันทางการศึกษา พยายามหาทางในการแก้ไขปัญหาขยะล้นเมือง ซึ่งปัญหาขยะนั้นจะสามารถจัดการกับเศษขยะได้อย่างครบวงจรเป็นที่พึงพอใจของคนทุกฝ่ายจะต้องมีการบูรณาการกระบวนการกำจัดขยะในรูปแบบของการนำมาใช้ประโยชน์ ซึ่งทุกวันนี้ประชาชนยังยึดติดกับการแก้ไขปัญหามลพิษแบบเดิมในสถานที่ที่มีกลิ่นเหม็น สกปรกไม่ชวนมอง อีกทั้งปัญหาขยะที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม คือ ขยะเปียกที่เป็นเศษอาหารเหลือทิ้งจากบ้านเรือนที่มีคราบสกปรกและน้ำเสียจำนวนมาก อีกทั้งกากของเสียขยะเปียกที่สามารถเน่าเสียและส่งกลิ่นเหม็น ซึ่งปัจจุบันยังไม่มีการพัฒนากระบวนการหรือสถานที่กำจัดขยะเปียกเหล่านี้ อย่างชัดเจน จึงมักจะส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมอยู่เสมอ ทั้งในด้านผลกระทบสภาพแวดล้อมทางด้านกลิ่น ทางด้านความสกปรก ทางด้านสถานที่การจัด ในส่วนของตามโรงเรียนขนาดใหญ่หรือสถานที่ขายอาหาร มักจะมีเศษอาหารที่เหลือจากการรับประทานอาหารในแต่ละวันเป็นจำนวนมาก จึงทำให้เกิดปัญหาเรื่องขยะเปียกที่เกิดจากเศษอาหารที่เหลือจากการรับประทาน จากการเรียนรู้เกี่ยวกับการดำเนินชีวิตตามแนวพระราชดำริเศรษฐกิจพอเพียงของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวรัชกาลที่ 9 ซึ่งพระองค์ทรงสอนประชาชนให้รู้จักดำเนินชีวิตแบบพึ่งพาตนเองให้รู้จักนำสิ่งรอบตัวมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด จึงทำให้โรงเรียนและสถานศึกษา

ต่าง ๆ มีการศึกษาวิธีการทำสารชีวภาพ (Effective Microorganisms) และทำปุ๋ยชีวภาพ จากเศษอาหารที่เหลือจากการรับประทานอาหารกลางวันของนักเรียนนำมาทำเป็นสารน้ำชีวภาพสำหรับใช้ดับกลิ่นที่เกิดจากห้องสุขาของโรงเรียน และทำปุ๋ยชีวภาพ แทนการใช้สารเคมี ซึ่งถือเป็นการช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายและยังช่วยรักษาสภาพแวดล้อมในโรงเรียนได้อีกด้วย เพื่อเป็นการลดปัญหาที่เกิดขึ้น ต้องดำเนินการสร้างจิตสำนึกของนักเรียน และจัดกิจกรรมการจัดการขยะมูลฝอยภายในโรงเรียน เป็นการเสริมสร้างประสิทธิภาพการจัดการขยะมูลฝอยตามนโยบายของกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เป็นการเพิ่มมูลค่าให้ขยะอีกทั้งยังช่วยให้คนรุ่นใหม่เห็นคุณค่าทรัพยากรธรรมชาติ จากเหตุผล ดังกล่าว ผู้ทำการวิจัยและพัฒนาจึงมีความสนใจที่จะศึกษาและออกแบบเครื่องบดหรือแปรรูปขยะเปียกเพื่อทำดินเทียมแบบชีวภาพ เพื่อช่วยในกระบวนการทำดินเทียม สำหรับการเพาะปลูกตามแนวทางแบบยั่งยืน ตลอดจนการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม เพื่อให้มีความเจริญเติบโต พร้อมกันจากคนในรุ่นปัจจุบันและมีความยั่งยืน ไปจนถึงลูกหลานในอนาคต

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ศึกษากระบวนการขั้นตอนการแปรรูปสภาพขยะเปียกเพื่อผลิตดินเทียม
2. ออกแบบเครื่องแปรรูปสภาพขยะเปียกเพื่อการผลิตดินเทียม
3. ประเมินผลการทดลองใช้งานเครื่องแปรรูปสภาพขยะเปียก ด้านประโยชน์ใช้สอย, ความแข็งแรง, บำรุงรักษา, ราคา, วัสดุและกรรมวิธีการผลิต
4. ตรวจสอบคุณสมบัติดินเทียมที่ผลิตจากเครื่องแปรรูปสภาพขยะเปียกด้านการเพาะปลูกพืชและค่า N P K

5. เพื่อประเมินระดับความพึงพอใจเครื่อง
แปรรูปอาหารขยะเปียกเพื่อการผลิตดินเทียม

ระเบียบวิธีวิจัย

1. กรอบแนวความคิดในการวิจัย มีดังนี้

ก. กรอบแนวคิดทางด้านกระบวนการ
ออกแบบผลิตภัณฑ์ โดยแนวทางพัฒนารูปแบบ
ผลิตภัณฑ์เพื่อตอบสนองความต้องการของมนุษย์
จาก Luddington (อ้างในนิรัช สุดสังข์, 2543 :
23) มีลำดับขั้นตอนดังต่อไปนี้ 1) สรุปรูปแบบ
พื้นผิวและการตกแต่ง 2) เลือกข้อเสนอแนวความคิด
ที่ดีที่สุด 3) การเขียนแบบเพื่อการผลิต 4) การสร้าง
หุ่นจำลอง 5) ประเมินการออกแบบ

ข. กรอบแนวคิดสำหรับการทดลองใช้
งานจริงที่มีต่อผลิตภัณฑ์ประเภทเครื่องแปรรูป
อาหารขยะเปียก เพื่อผลิตดินเทียมสำหรับเกษตรอินทรีย์
ในด้าน การลดปริมาณขยะมูลฝอย (Reduce)
ในส่วนองค์ประกอบเพื่อประเมินประสิทธิภาพ
ดังนี้ 1) การลดปริมาณขยะมูลฝอยที่อาจเกิดขึ้น
2) การแปรรูปและหมุนเวียนนำกลับมาใช้

2. ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีเป้าหมายพัฒนาเครื่อง
แปรรูปอาหารขยะเปียกเพื่อการผลิตดินเทียมสำหรับ
เกษตรอินทรีย์ มีขอบเขตการวิจัย ดังนี้

2.1 วัตถุประสงค์การวิจัยข้อที่ 1 การศึกษา
กระบวนการขั้นตอนแปรรูปอาหารขยะเปียกเพื่อผลิต
ดินเทียมสำหรับเกษตรอินทรีย์

2.1.1 ประชากร คือ กลุ่มของโรงงาน
อุตสาหกรรมและสถาบันการศึกษา ในพื้นที่
เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ ที่มีโรงอาหารขนาดใหญ่
สำหรับบุคลากร ตั้งแต่ 200 คน ขึ้นไป
จำนวน 12 แห่ง

2.1.2 กลุ่มตัวอย่าง คือ กลุ่มของโรงงาน
อุตสาหกรรมและสถาบันการศึกษา ในพื้นที่เขต
ลาดกระบัง กรุงเทพฯ ที่มีโรงอาหารขนาดใหญ่
สำหรับบุคลากร ตั้งแต่ 200 คน ขึ้นไป ใช้การสุ่ม

กลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง: ที่มีนโยบายในการ
ลดปริมาณขยะเปียก จำนวน 3 แห่ง

2.1.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่
แบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง ที่มีการกำหนด
ประเด็นให้ครอบคลุมวัตถุประสงค์การวิจัยที่ 1
และแบบสังเกตการณ์แบบมีส่วนร่วม เป้าหมาย
เพื่อเรียนรู้สภาพปัญหาที่เกิดขึ้นจากขยะเปียกใน
ด้านมลภาวะต่อสภาพแวดล้อมในด้านต่าง ๆ

2.1.4 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ
ด้วยการตรวจสอบข้อมูลแบบสามเส้า (Data
Triangulation) โดยเน้น ความรู้ใหม่ที่เกิดจาก
ความเข้าใจ (Cognitive Structure) ความรู้ที่อยู่ใน
ระดับคุณค่า (Valence and Value) ความรู้ที่
ได้จากการปฏิบัติ (Motoric Action) ตามแนวคิด
วรรณดี สุทธิสารกร (2557 : 46) บนพื้นฐานเวลา
สถานที่และบุคคล

2.2 วัตถุประสงค์การวิจัยข้อที่ 2 การพัฒนา
เครื่องแปรรูปอาหารขยะเปียกเพื่อการผลิตดินเทียม
สำหรับเกษตรอินทรีย์

2.2.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง คือ
กลุ่มของผู้ทรงคุณวุฒิ ทางด้านการออกแบบ
ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม จำนวน 3 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญ
ด้านการออกแบบเครื่องกลการเกษตร จำนวน 3 ท่าน
ในคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร
ลาดกระบัง

2.2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่
แบบประเมินความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ
ด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ และด้านการผลิต
เครื่องจักรกลการเกษตร การประเมินเป็นแบบ
มาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ

2.2.3 การวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าร้อยละ
ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และในส่วนกระบวนการ
ออกแบบใช้วิธีการจำแนกการวิเคราะห์การแปลง
หน้าที่ผลิตภัณฑ์เชิงคุณภาพให้เป็นแนวทางปฏิบัติ
QFD (Quality Function Development)

2.3 วัตถุประสงค์การวิจัยข้อที่ 3 การประเมินผลการทดลองใช้งานเครื่องแปรรสภาพขยะเปียก ด้านประโยชน์ใช้สอย ด้านความแข็งแรง ด้านบำรุงรักษา ด้านราคา ด้านกรรมวิธีการผลิต

2.3.1 ประชากร คือ กลุ่มผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญทางด้านการเกษตรกรรม เรื่องเพาะปลูกพืชอินทรีย์ กลุ่มเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรในพื้นที่ จ.นครราชสีมา

2.3.2 กลุ่มตัวอย่าง คือ ผู้เชี่ยวชาญและผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านการเกษตรกรรม เรื่องเพาะปลูกพืชอินทรีย์ กลุ่มเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรในพื้นที่ จ.นครราชสีมา ใช้การสุ่มแบบเจาะจงตามคุณสมบัติประสบการณ์เพาะปลูกพืชอินทรีย์เป็นเวลา 10 ปี จำนวน 25 ท่าน

2.3.3 เครื่องมือการวิจัย ได้แก่ แบบประเมินผลการทดลองใช้เครื่องแปรรสภาพขยะเปียกในการใช้งานด้านประโยชน์ใช้สอย ด้านความแข็งแรงทนทาน ด้านการซ่อมแซม บำรุงรักษา ด้านราคา ด้านวัสดุและกรรมวิธีการผลิต ด้านความมีเอกลักษณ์เฉพาะตัว โดยประเมินเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ

2.3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าการทดสอบประเมินผลการใช้งานจริงจากเครื่องที่พัฒนาใหม่

2.4 วัตถุประสงค์การวิจัยข้อที่ 4 เพื่อตรวจสอบคุณสมบัติดินเทียมที่ผลิตจากเครื่องแปรรสภาพขยะเปียกด้านการเพาะปลูกพืช และค่า N P K ใช้กระบวนการทดสอบในห้องทดสอบมาตรฐานในการวิเคราะห์ค่าประกอบการเพาะปลูกพืชที่มีความจำเป็น โดยใช้เครื่องมือวิจัย 1) กระบวนการทดสอบคุณสมบัติของดิน 2) เครื่องมือและอุปกรณ์ในห้องทดลองมาตรฐานเพื่อทดสอบสารอาหารที่มีในดินเทียม

2.5 วัตถุประสงค์การวิจัยข้อที่ 5 การประเมินระดับความพึงพอใจเครื่องแปรรสภาพขยะเปียกเพื่อการผลิตดินเทียมสำหรับเกษตรกรอินทรีย์

2.5.1 ประชากร คือ กลุ่มเกษตรกรที่เพาะปลูกพืชอินทรีย์ในพื้นที่ จ.นครราชสีมา

2.5.2 กลุ่มตัวอย่าง คือ กลุ่มเกษตรกรที่เพาะปลูกพืชอินทรีย์ในพื้นที่ อ.สีคิ้ว จ.นครราชสีมา ใช้การสุ่มแบบเจาะจงตามประสบการณ์เพาะปลูกพืชอินทรีย์เป็นเวลา 10 ปี จำนวน 3 ท่าน

2.5.3 เครื่องมือการวิจัย ได้แก่ แบบประเมินความพึงพอใจเครื่องแปรรสภาพขยะเปียก โดยออกแบบประเมินเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ

2.5.4 การวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าการทดสอบจากกระบวนการใช้งานการแปรรสภาพขยะเปียก

ผลการวิจัย

1. การศึกษากระบวนการขั้นตอนแปรรสภาพขยะเปียกเพื่อผลิตดินเทียมสำหรับเกษตรกรอินทรีย์ จากกระบวนการศึกษา พบว่า

1.1 ในพื้นที่ของโรงงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่และโรงเรียนขนาดเล็กและขนาดใหญ่ นั้นพบว่าปริมาณของเศษขยะเปียกนั้นมีจำนวนมากและจะเหลือทิ้งในแต่ละวันจำนวนมาก ก่อให้เกิดปัญหาในการกำจัด โดยสามารถแยกขยะเปียกในส่วนหนึ่งของโรงงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ โดยมากจะไม่พบปัญหาในการกำจัด เนื่องจากจะมีผู้ประกอบการอาหารสัตว์ และโรงเลี้ยงสุกรมารับเศษอาหารที่เหลือทิ้งไป โดยทำการมารับและขนส่งไปด้วยผู้ประกอบการเอง ซึ่งจะมีการจ้างแรงงานมาคัดแยกตัวขยะเปียกออกจากเศษอาหารที่มีลักษณะแข็ง เช่น กระดูกหรือเศษชิ้นส่วน



ภาพที่ 1 ปัญหาการกำจัดขยะเปียกที่เกิดจากเศษอาหารในพื้นที่โรงงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่

1.2 ในส่วนของโรงเรียนขนาดเล็กที่มี การกำจัดขยะเปียก เนื่องจากประสบปัญหาของ การกำจัดขยะเปียกที่ก่อให้เกิดปัญหากลิ่น และการกำจัดขยะเปียก จึงส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม ของโรงเรียนอย่างมาก โดยนักเรียนจะต้องนำไป เทใส่หลุมขนาดใหญ่แล้วฝังกลบ ซึ่งจะปฏิบัติ เช่นนี้ทุกวันจนก่อให้เกิดเป็นพื้นที่ที่มีมลภาวะ ไม่เหมาะสมสำหรับเด็กและเป็นแหล่งรวมของเชื้อ โรคและสัตว์ที่นำพาเชื้อโรค เช่น หนู แมลงสาบ มด ฯลฯ ดังนั้นในภาพรวมขยะเปียกมักจะ ก่อให้เกิดปัญหากับโรงเรียนขนาดกลาง และเล็ก เท่านั้น ในส่วนโรงงานอุตสาหกรรมและโรงเรียน ขนาดใหญ่จะไม่ประสบปัญหาในการกำจัดขยะ เปียกออกจากพื้นที่

ผู้วิจัยจัดทำเป็นต้นแบบร่วมกันระดม ความคิดในการพัฒนาและจำลองรูปแบบ เพื่อ

จัดสร้างต้นแบบผลิตภัณฑ์เครื่องแปรรูปขยะเปียก โดยได้ทำการระดมความคิดจำนวน 60 แบบ และทำ การคัดเลือกแบบจำลองจำนวน 3 แบบ ก่อนที่จะ นำทั้ง 3 แบบ นั้นมาผ่านกระบวนการประเมิน โดยคณะผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านการออกแบบ ผลิตภัณฑ์จำนวน 3 ท่าน และทำการนำแบบที่ ได้รับเลือกจำนวน 1 แบบ มาทำการทดลองขึ้น รูปแบบผลิตภัณฑ์จริง ทดลองใช้งาน และทดลอง ปั่นเพื่อแปรรูปดินเทียมจากขยะเปียก โดยทำ การทดลองกับโรงเรียนกลุ่มเป้าหมาย บ้านหนอง แวงวิทยาคม อ.สีคิ้ว จ.นครราชสีมา อาศัยการเรียนรู้ ร่วมกันของกลุ่มเด็กนักเรียนจากการปฏิบัติจริง และใช้งานกระบวนการแปรรูปขยะเปียกเป็น ดินเทียมเพื่อเกษตรอินทรีย์ ดังนี้



ภาพที่ 2 ปัญหาการกำจัดขยะเปียกที่เกิดจากเศษอาหารในพื้นที่โรงเรียนและสถานศึกษา

กระบวนการระดมความคิดเพื่อรับทราบปัญหาจากขยะเปียกและร่วมกันสร้าง
แนวความคิดประยุกต์ในการแก้ไขปัญหาด้วยกระบวนการออกแบบและพัฒนา



ภาพที่ 3 กระบวนการออกแบบและพัฒนาเครื่องแปรรูปสภาพขยะเปียก โดยการ Design Development

2. การพัฒนาและออกแบบเครื่องแปรรูปสภาพขยะเปียกเพื่อการผลิตดินเทียมสำหรับเกษตรอินทรีย์ โดยการประยุกต์ใช้จำแนกการวิเคราะห์การแปลงหน้าที่ผลิตภัณฑ์เชิงคุณภาพให้

เป็นแนวปฏิบัติ (Quality Function Development : QFD) ตามหัวข้อการศึกษาและพัฒนาเครื่องแปรรูปสภาพขยะเปียก เพื่อการผลิตดินเทียมสำหรับเกษตรอินทรีย์ ดังนี้

ตารางที่ 1 การแปลงหน้าที่เชิงคุณภาพให้เป็นแนวปฏิบัติ (Quality Function Development : QFD)

ผลิตภัณฑ์ A		ผลิตภัณฑ์ B		ข้อกำหนดทางเทคนิค					
				ความพึงพอใจในการควบคุม	ปริมาณและรูปร่าง	ลักษณะวัสดุ	ความสะดวกในการใช้งาน	ปัจจัยด้านราคาที่จูงใจภาคเอกชน	ความแข็งแรง
ความต้องการของลูกค้า									
1. ระบบมือโยก				●			●		
2. ความแข็งแรงทนทาน				●			●		○
3. ประสิทธิภาพ					●		●		○
4. ความสะอาดภายในในการใช้							○	○	
5. ความยืดหยุ่นในการปรับใช้							○		
6. ราคา					○				
7. ความปลอดภัย				○		●	○		●
8. วัสดุและการวิธีการผลิต						●	●		
9. การซ่อมแซมบำรุงรักษา									○



ความพึงพอใจในการใช้งาน		ความพึงพอใจของ		ผลการต่าง ๆ จาก			
		การควบคุม		เครื่องมือของ TIZ ที่นำมาใช้แก้ปัญหา			
แรง (10)	(ความชัดเจนเชิงเทคนิค)	35	➡	28	13	35	-
เสียงรบกวนของวัสดุ (13)		35	➡	32	35	30	-
กำลัง (21)		35	➡	35	34	2	10
ความแม่นยำของการผลิต (29)		35	➡	1	32	35	23

2.1 การเปรียบเทียบใกล้เคียง พบว่าผลิตภัณฑ์ใกล้เคียงรูปแบบ A มีความโดดเด่นในด้านประโยชน์ใช้สอย ด้านราคาและวัสดุที่ใช้ในการผลิต พร้อมกับมีจุดอ่อนในด้านระบบกลไก ด้านความสะดวกสบายในการใช้งานและการซ่อมบำรุงรักษา ส่วนผลิตภัณฑ์ใกล้เคียงรูปแบบ B มีความโดดเด่นในด้านระบบกลไก ด้านความแข็งแรง ด้านประโยชน์ใช้สอยและควมมีเอกลักษณ์เฉพาะตัว พร้อมกับมีจุดอ่อนด้านความแข็งแรง ด้านความปลอดภัยและซ่อมบำรุง

2.2 ปัจจัยที่ต้องปรับปรุงพบว่าการซ่อมแซมบำรุงรักษา รองลงมา คือ ด้านความปลอดภัย ด้านวัสดุกรรมวิธีการผลิตและด้านควมมีเอกลักษณ์เฉพาะตัว หากมีการพัฒนาในครั้งต่อไปควรคำนึงถึงปัจจัยนี้

2.3 จุดขาย พบว่า จุดที่ควรคำนึงสำหรับเครื่องแปรรูปพริกเพื่อการผลิตดินเทียมสำหรับเกษตรอินทรีย์จากการวิเคราะห์ทางด้านการตลาด คือ ด้านประโยชน์ใช้สอย ด้านความสะดวกสบายในการใช้งาน ด้านราคา ด้านความปลอดภัยและวัสดุที่ใช้ในการผลิต

จากมุมมองทางด้านการตลาด ปัจจัยที่กล่าวมาจะช่วยเพิ่มความน่าสนใจและความมั่นใจให้กับผู้บริโภคในการใช้งานเครื่องแปรรูปพริกที่พัฒนาใหม่ได้

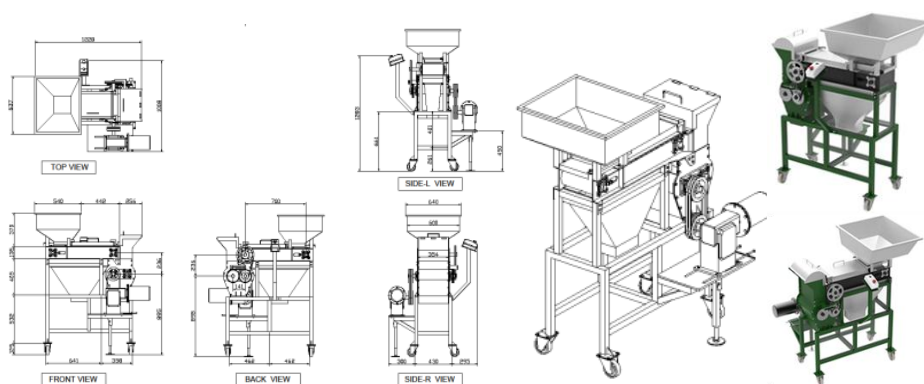
2.4 ความต้องการของลูกค้า พบว่าความต้องการของลูกค้าต่อเครื่องแปรรูปพริกมากที่สุด คือ ด้านประโยชน์ใช้สอย รองลงมา คือ ความแข็งแรงทนทาน จากข้อมูลที่ได้จากการสอบถามของกลุ่มเป้าหมายผ่านกระบวนการวิเคราะห์ของ House of Quality จะนำมาเป็นแนวทางในการออกแบบและพัฒนาเครื่องแปรรูปพริกเพื่อการผลิตดินเทียมสำหรับเกษตรอินทรีย์ต่อไป

นำข้อจำกัดที่ได้จากกระบวนการแปลงหน้าที่เชิงคุณภาพ (Quality Function Development : QFD) มาพัฒนารูปแบบผลิตภัณฑ์เครื่องแปรรูปพริกเป็นดินเทียม ด้วยการสร้างสรรค์ผ่านการวิเคราะห์ SWOT เพื่อพิจารณาจุดแข็ง จุดอ่อน โอกาส ความเสี่ยง จากนั้นนำผลลัพธ์ที่ได้มาระดมความคิดทางด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (รจนา จันทรส, 2016)

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานผู้เชี่ยวชาญในการประเมินผลการคิดเชิงมนทัศน์

รายการประเมิน	รูปแบบพัฒนาที่ 1			รูปแบบพัฒนาที่ 2			รูปแบบพัฒนาที่ 3		
 ประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญตามแนวคิดเชิงมนทัศน์สู่การออกแบบ	รูปถ่าย			รูปถ่าย			รูปถ่าย		
	$\bar{X}$	S.D.	ความหมาย	$\bar{X}$	S.D.	ความหมาย	$\bar{X}$	S.D.	ความหมาย
1. ใช้งานได้อย่างเหมาะสม	4.17	0.75	มาก	2.83	1.17	ปานกลาง	4.00	0.63	มาก
2. มีความสะดวกในการใช้	4.17	0.75	มาก	3.17	0.75	ปานกลาง	4.00	0.89	มาก
3. เคลื่อนย้ายสะดวก	3.67	1.03	มาก	2.67	0.82	ปานกลาง	3.33	0.82	ปานกลาง
4. สามารถใช้งานได้ง่าย	4.00	0.63	มาก	3.00	0.63	ปานกลาง	3.83	0.41	มาก
5. การดูแลรักษาไม่ยุ่งยาก	4.17	0.75	มาก	2.67	0.82	ปานกลาง	3.50	1.22	ปานกลาง
6. มีความสวยงามน่าใช้งาน	3.00	0.63	ปานกลาง	2.33	0.52	น้อย	2.83	0.75	ปานกลาง
7. มีรูปแบบทันสมัยน่าสนใจ	3.00	0.63	ปานกลาง	2.17	0.75	น้อย	2.67	0.52	ปานกลาง
8. ผลิตด้วยวัสดุที่เหมาะสม	4.17	0.41	มาก	3.33	0.82	ปานกลาง	3.67	0.82	มาก

รายการประเมิน  ประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ ตามแนวคิดเชิงโมโนทัศน์ การออกแบบ	รูปแบบพัฒนาที่ 1			รูปแบบพัฒนาที่ 2			รูปแบบพัฒนาที่ 3		
	$\bar{X}$	S.D.	ความหมาย	$\bar{X}$	S.D.	ความหมาย	$\bar{X}$	S.D.	ความหมาย
9. กรรมวิธีการผลิตเหมาะสม	3.67	0.82	มาก	3.00	0.89	ปานกลาง	3.17	0.75	ปานกลาง
10. แข็งแรงเหมาะสมใช้งาน	4.50	0.84	มาก	3.17	1.33	ปานกลาง	3.33	1.21	ปานกลาง
รวม	3.88	0.40	มาก	2.82	0.62	ปานกลาง	3.45	0.58	ปานกลาง



ภาพที่ 4 แบบเพื่อการผลิตในระบบอุตสาหกรรมเครื่องแปรรูปขยะเปียกเป็นดินเทียม

นำปัจจัยที่ส่งผลต่อรูปทรงและแนวทางการออกแบบเครื่องแปรรูปขยะเปียกเป็นดินเทียม โดยนำผลลัพธ์ที่ได้มาสร้างเป็นข้อจำกัดทางการออกแบบร่วมกับขั้นตอนสรุปแนวความคิดจากกระบวนการระดมความคิด 60 รูปแบบ และสรุปรูปแบบเครื่องแปรรูปขยะเปียกเป็นดินเทียม จำนวน 3 รูปแบบ

ผลวิเคราะห์จากตารางที่ 2 พบว่า ผลลัพธ์เครื่องแปรรูปขยะเปียกเป็นดินเทียม รูปแบบพัฒนาที่ 1 มีระดับความเหมาะสมมาก ($\bar{X}=3.88$, S.D.=0.40) รูปแบบพัฒนาที่ 2 มีความเหมาะสมปานกลาง ($\bar{X}=2.82$, S.D.=0.62) รูปแบบพัฒนาที่ 3 มีความเหมาะสมมาก ($\bar{X}=4.00$, S.D.=0.58) โดยผู้วิจัยนำรูปแบบพัฒนาที่ 3 มาปรับปรุงและ

กำหนดเป็นต้นแบบผลิตภัณฑ์เครื่องแปรรูปขยะเปียกเป็นดินเทียมต้นแบบ

3. ประเมินผลการทดลองใช้งานเครื่องแปรรูปขยะเปียก ด้านประโยชน์ใช้สอย ด้านความแข็งแรง ด้านบำรุงรักษา ด้านราคา ด้านวัสดุและกรรมวิธีการผลิต

ทำการประเมินผลการทดลองใช้เครื่องแปรรูปขยะเปียก เป็นดินเทียมสำหรับเกษตรกรอินทรีย์ โดยกลุ่มผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญทางด้านการเกษตรกรรม และกลุ่มเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรในพื้นที่ จ.นครราชสีมา จำนวน 25 ท่าน โดยผลการประเมินการใช้งานเครื่องแปรรูปขยะเปียกเป็นดินเทียม ที่ผ่านการทดสอบการใช้งานและทำการประเมินผลทดลองใช้งาน

จากตารางที่ 3 สรุปผลการศึกษา อันดับที่ 1)ด้านอุปกรณ์ส่งกำลัง (ส่วนมอเตอร์และระบบส่งกำลังภายในเครื่องส่วนบดย่อย) มีความเหมาะสมระดับมาก ที่ระดับ ($\bar{X}=4.23$, S.D.=0.61) อันดับ ที่ 2)ด้านประโยชน์ใช้สอยและการใช้งานบดย่อย เพื่อแปรรูปขยะเปียกเป็นดินเทียมมีความเหมาะสมระดับมาก ที่ระดับ ($\bar{X}=4.06$, S.D.=0.56) อันดับ ที่ 3) ด้านความแข็งแรงทนทานและวัสดุในการใช้งานมีความเหมาะสมระดับมาก ที่ระดับ ($\bar{X}=4.06$, S.D.=0.56) จากผลประเมินการทดลองใช้งาน พบว่า จุดเด่นหลักของเครื่องแปรรูปขยะเปียกเป็นดินเทียมสำหรับเกษตรกรอินทรีย์ คือ ส่วนของอุปกรณ์ส่งกำลังที่มีความเหมาะสมและสามารถสร้างแรงบิดสูงในการบดย่อยเศษขยะเปียกที่มีความแข็งหรือเหนียวได้อย่างเหมาะสม ซึ่งส่งผลให้เครื่องแปรรูปขยะเปียกมีประโยชน์ใช้สอยในการใช้งานในการบดย่อยเพื่อแปรรูปขยะเปียกให้มีความละเอียดและเหมาะสมก่อนการผสมในขั้นตอนอัดเม็ดดินเทียม

4. เพื่อตรวจสอบคุณสมบัติดินเทียมที่ผลิตจากเครื่องแปรรูปขยะเปียกด้านการเพาะปลูกพืช และค่า N P K ผู้วิจัยทำการทดสอบคุณสมบัติของสิ่งเทียมดิน ด้วยการตรวจสอบคุณลักษณะด้านลักษณะทางกายภาพ (Physical Testing) และคุณสมบัติทางเคมี (Chemical Testing) ในห้องปฏิบัติการตามมาตรฐานปี 2548 โดยเทียบตามเกณฑ์ของสำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ สรุปผลทดสอบ ดังนี้

4.1 ผลการทดสอบลักษณะทางกายภาพของดินเทียมจากขยะเปียก ลักษณะทางกายภาพของดินเทียมที่ได้จากขยะเปียกนั้น พบว่า มีสีน้ำตาลเข้มและมีเนื้อดินที่ร่วนซุย สามารถที่จะบดอัดเป็นเม็ดขนาดเล็กได้ดี มีน้ำหนักที่เบากว่าดินปกติทั่วไป ซึ่งเมื่อนำดินที่ได้มาวิเคราะห์เพื่อเตรียมการหมักดินในรูปแบบการหมักจุลินทรีย์ในถังหมักดินนั้น พบว่าเมื่อหมักเป็นระยะเวลา 30 วัน จะพบเนื้อดินมีสีดำคล้ำขึ้นกว่าเดิมและมีความขึ้นผสมมากขึ้นกว่าระยะแรก ผิวสัมผัสนุ่ม มีลักษณะร่วนซุยดีมีกลิ่นคล้ายดินเปียก ไม่มีความร้อนเกิดขึ้นระหว่างการหมัก

ตารางที่ 3 ผลประเมินการทดลองใช้งานเครื่องแปรรูปขยะเปียก เป็นดินเทียมสำหรับเกษตรกรอินทรีย์

รายละเอียด (n = 25)	ค่าเฉลี่ย	S.D.	ระดับความเหมาะสม
ด้าน : ส่วนสายพานลำเลียงและ: ส่วนบดย่อย	3.90	0.77	ระดับเหมาะสมมาก
ด้าน : ประโยชน์ใช้สอยและการใช้งานบดย่อยเพื่อแปรรูปขยะเปียก	4.06	0.56	ระดับเหมาะสมมาก
ด้าน : อุปกรณ์ส่งกำลัง (ส่วนมอเตอร์ระบบส่งกำลังในเครื่องส่วนบดย่อย)	4.23	0.61	ระดับเหมาะสมมาก
ด้าน : ความแข็งแรงทนทานและวัสดุในการใช้งาน	4.00	0.68	ระดับเหมาะสมมาก

4.2 ผลการทดสอบลักษณะทางเคมี : ผลการทดสอบลักษณะทางเคมีของปุ๋ยหมักในห้องปฏิบัติการ พบว่า ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (Organic Matter) มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 15.5 ของน้ำหนัก ส่วนอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N Ratio) มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 11.25:1 ค่าการนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity) มีค่า 4.21 เดซิซีเมนส์ต่อเมตร ปุ๋ยหมักมีปริมาณความชื้นก่อนและหลัง ค่าเฉลี่ยร้อยละ 72.6 และ 9.6 ของ

น้ำหนักตามลำดับและค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) มีค่าที่ 8.5 ส่วนผลการทดสอบปริมาณธาตุอาหารหลัก (Primary Macronutrient Analysis) ซึ่งจะ ประกอบด้วยปริมาณอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมด (Total Organic carbon:TOC) ปริมาณไนโตรเจน (Nitrogen, N) ปริมาณฟอสฟอรัส (Phosphorus, P) และปริมาณโพแทสเซียม (Potassium, K) มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 9.2, 0.7, 0.6 และ 0.85 ของน้ำหนักตามลำดับ

และมีปริมาณโซเดียม (Sodium) ที่ค่าเฉลี่ยร้อยละ 0.15 ของน้ำหนัก

	ดินเทียม สูตร 1	ลักษณะเนื้อดินมีสีน้ำตาลเข้มมาก มีน้ำหนักและมีความร่วนซุย โดยดินเทียมที่ได้จะมีส่วนผสมของแกลบและขี้เถ้าผสมในอัตราส่วน มีกลิ่นของปุ๋ยคอกและแกลบ ซึ่งจากส่วนผสมน้ำให้ดินมีน้ำหนักไม่มากนักดินมีเม็ดที่ละเอียด
	ดินเทียม สูตร 2	ลักษณะเนื้อดินมีสีน้ำตาลเข้มมาก และมีการนำมาผสมกับน้ำหมักจุลินทรีย์ร่วมกับกากน้ำตาลเวลา 30 วัน ดินมีความร่วนซุยดีและเนื้อดินมีน้ำหนักเบาและสามารถดื่มน้ำหนักต้นพืชได้ดี

ภาพที่ 5 กระบวนการทดสอบดินเทียมที่ได้จากเครื่องแปรรูปขยะเปียกเป็นดินเทียมที่พัฒนาใหม่

ตารางที่ 4 แสดงระดับความพึงพอใจของกลุ่มเกษตรกรที่เพาะปลูกพืชอินทรีย์ (n = 3)

รายการ	$\bar{X}$	S.D.	ความหมาย
1. รูปแบบเครื่องแปรรูปมีความง่ายในการผลิตดินเทียมจากขยะเปียก	3.67	0.57	ระดับมาก
2. รูปแบบมีความง่ายในการใช้งานเพื่อการผลิตดินเทียม (ขั้นตอนการเท)	3.67	0.57	ระดับมาก
3. โครงสร้างมีความแข็งแรงและเหมาะสมกับการใช้งาน	4.00	0.00	ระดับมาก
4. รูปแบบส่วนย่อยเพื่อการผลิตดินเทียม (ขั้นตอนการบด)	3.67	0.57	ระดับมาก
5. เครื่องแปรรูปมีความสะดวกสบายในการใช้งาน	4.00	1.00	ระดับมาก
6. ผลิตภัณฑ์สามารถแปรรูปขยะเปียกเป็นดินเทียมได้เหมาะสม	3.67	0.57	ระดับมาก
7. ระบบกลไกการทำงานของเครื่องย่อยมีความเหมาะสม	3.67	0.57	ระดับมาก
8. ตำแหน่งการควบคุมเครื่องจักรมีความเหมาะสมในการใช้งาน	4.00	0.00	ระดับมาก
9. การวางตำแหน่งส่วนลำเลียงขยะเปียกมีการแยกส่วนน้ำและกากได้ดี	4.00	0.00	ระดับมาก
10. โครงสร้างเครื่องสามารถทนการกระแทกและสั่นสะเทือนขณะใช้ได้	4.00	0.00	ระดับมาก
11. เครื่องแปรรูปขยะเปียกสามารถใช้งานง่ายไม่ยุ่งยาก	4.00	0.00	ระดับมาก
12. สร้างมุมมองที่ดีต่อกระบวนการใช้ประโยชน์จากขยะเปียกได้	3.67	0.57	ระดับมาก
13. สามารถช่วยให้เห็นประโยชน์ของขยะเปียกในการเกษตรกรรมได้	3.67	0.57	ระดับมาก
14. เครื่องแปรรูปขยะเปียกมีความสวยงามแสดงถึงเทคโนโลยีได้	4.00	0.00	ระดับมาก
15. เครื่องหมายหรือสัญลักษณ์ในการสื่อความหมายได้อย่างชัดเจน	3.67	0.57	ระดับมาก
16. การดูแลรักษาง่ายต่อการซ่อมบำรุงตรวจสอบได้ง่ายไม่ซับซ้อน	4.00	0.00	ระดับมาก
รวมค่าเฉลี่ย	3.83	0.34	ระดับมาก

สรุปผลการวิจัย

จากการวิจัยเรื่องการศึกษาและพัฒนาเครื่องแปรรูปขยะเปียกเป็นดินเทียม เพื่อเกษตรกรอินทรีย์ สรุปรายวัตถุประสงค์ได้ดังนี้

1. ข้อจำกัดทางการออกแบบใหม่นั้นเน้นการตอบสนองกระบวนการแปรรูปขยะเปียกที่เกิดขึ้นในพื้นที่โรงงานอุตสาหกรรมและ

สถานศึกษา โดยสรุปมีความเห็นว่า การที่สังคมและชุมชนหรือโรงงานที่มีเศษอาหารเหลือทิ้งจำนวนมาก จะมีปัญหาเกี่ยวกับเศษขยะเปียกทวีปัญหามากยิ่งขึ้นและบุคคลที่รับผิดชอบไม่มีความรู้สึกละเลยจะปฏิบัติงานเนื่องจากกลั่น ดังนั้นการสร้างมุมมองและทัศนคติที่สร้างความสะดวกสบาย และสร้างรูปแบบการแปรรูปที่

ก่อให้เกิดประโยชน์อย่างชัดเจนเป็นรูปธรรมได้จะช่วยให้บุคคลทั่วไปสามารถมองเห็นและรับรู้แนวทางการประยุกต์ได้มากยิ่งขึ้น โดยมุ่งเน้นพัฒนาขั้นตอนกระบวนการทางการแปรสภาพของขยะเปียกเพื่อการผลิตดินเทียมสำหรับเกษตรอินทรีย์

2. ขั้นตอนออกแบบนำข้อคำถามถึงถึง เน้นเป้าหมายการนำขยะเปียกในรูปแบบของเศษเหลือทิ้งต่างๆมาประยุกต์ใช้งานเป็นรูปแบบผลิตภัณฑ์หรือเป็นสิ่งที่อำนวยความสะดวกแก่นุชย์ในมุมมองต่าง ๆ และดำเนินการภายใต้กรอบความเป็นอิสระทางความคิดของนักวิจัย เพื่อจะได้ความคิดเห็น หรือ แนวคิดที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด โดยนำเสนอแนวคิดที่สามารถดำเนินการจริง จากการวิเคราะห์ QFD พบว่า ปัจจัยที่ต้องปรับปรุง คือ การซ่อมแซมบำรุงรักษา ด้านความปลอดภัย ด้านวัสดุกรรมวิธีการผลิตและความมีเอกลักษณ์เฉพาะตัว ในส่วนของจุดขายในการออกแบบ พบว่า ควรเน้นที่ด้านประโยชน์ใช้สอยเป็นหลักและด้านความสะดวกสบายในการใช้งาน และการคาดการณ์ความต้องการของลูกค้า พบว่า ความต้องการของลูกค้า คือ ความคาดหวังด้านประโยชน์ใช้สอย รองลงมา คือ ความแข็งแรงทนทาน (พัฒนา ปะทะกิจ, 2560 : 13-23)

3. การทดลองใช้งานเครื่องแปรสภาพขยะเปียก ที่เน้นการประเมินรายด้านประโยชน์ใช้สอย ด้านความแข็งแรง ด้านบำรุงรักษา ด้านราคา ด้านวัสดุและกรรมวิธีการผลิต นั้นพบว่า อันดับที่ 1) ด้านอุปกรณ์ส่งกำลัง ส่วนมอเตอร์และระบบส่งกำลังภายในเครื่องส่วนน้อย มีความเหมาะสมระดับมาก อันดับที่ 2) ด้านประโยชน์ใช้สอยและการใช้งานน้อยเพื่อแปรสภาพขยะเปียกเป็นดินเทียมมีความเหมาะสมระดับมาก อันดับที่ 3) ด้านความแข็งแรงทนทานและด้านวัสดุในการใช้งานมีความเหมาะสมระดับมาก

4. คุณสมบัติดินเทียมที่ผลิตจากเครื่องแปรสภาพขยะเปียกด้านการเพาะปลูกพืชและค่า N P K พบว่า ดินเทียมมีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมด (Total Organic Carbon : TOC) มีปริมาณไนโตรเจน (Nitrogen, N)=9.2% และปริมาณฟอสฟอรัส (Phosphorus, P)=0.7% และปริมาณโพแทสเซียม (Potassium, K)=0.6%

5. ค่าเฉลี่ยรวมของผลระดับความพึงพอใจของกลุ่มเกษตรกรที่เพาะปลูกพืชอินทรีย์ มีความพึงพอใจในระดับมาก ($\bar{X} = 3.83$, S.D. = 0.34) ซึ่งสรุปได้ว่าตัวเครื่องแปรสภาพขยะเปียกเป็นดินเทียมที่พัฒนาใหม่นั้น มีจุดเด่น คือ ตำแหน่งการควบคุมเครื่องจักรมีความเหมาะสมในการใช้งานตลอดจนการวางตำแหน่งส่วนลำเลียงขยะเปียกมีการแยกส่วนน้ำและกากได้ดี ซึ่งตัวเครื่องมีโครงสร้างทนการกระแทกและสันสะเทือนขณะใช้ได้ดี

อภิปรายผล

การศึกษาและพัฒนาเครื่องแปรสภาพขยะเปียกเป็นดินเทียมสำหรับเกษตรอินทรีย์ นั้นสามารถสรุปผลการวิจัยรายวัตถุประสงค์ที่ทำการวิจัย จำนวน 5 ข้อ ดังนี้

1. ส่วนการศึกษากระบวนการขั้นตอนแปรสภาพขยะเปียกเพื่อผลิตดินเทียมสำหรับเกษตรอินทรีย์ นั้นในพื้นที่โรงงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่และสถานศึกษานั้นพบปัญหาในการกำจัดขยะเปียกที่ส่งผลกระทบต่อทางด้านปัญหาสิ่งแวดล้อมที่ประกอบด้วย 1) ปัญหาทางด้านกลิ่น 2) ปัญหาความสกปรก 3) ปัญหาเป็นแหล่งเพาะเชื้อโรค และแมลงพาหะนำเชื้อโรค เช่น แมลงวัน หนู แมลงหวี่ หนอน 4) ปัญหาด้านสถานที่เป็นต้น ซึ่งปัญหาเหล่านี้ส่งผลกระทบต่อในภาพรวมของทั้ง 2 สถานที่ ซึ่งสอดคล้องกับ นายแพทย์ชลน่าน ศรีแก้ว (กรมควบคุมมลพิษ, 2551 : 121) ได้แสดงแนวคิดปัญหาขยะทั่วไปหรือขยะเปียกต้องมีมาตรการมา

รองรับอย่างเป็นกิจจะลักษณะ เพื่อกระตุ้นให้เกิดการปฏิบัติตามอย่างพร้อมเพรียงในการช่วยอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม ด้วยการลดจำนวนการทิ้งขยะเปียกต่อสถานที่ต่าง ๆ ลงหรือควรมีการเพิ่มกระบวนการนำขยะชนิดต่าง ๆ มาใช้ประโยชน์ให้มากขึ้นเพื่อช่วยลดปริมาณขยะ (อนันต์ รัตมี, 2560 : 106-114)

2. กระบวนการพัฒนาเครื่องแปรรูปสภาพขยะเปียกเพื่อการผลิตดินเทียมสำหรับเกษตรอินทรีย์ โดยใช้การจำแนกวิเคราะห์การแปลงหน้าที่ผลิตภัณฑ์เชิงคุณภาพเป็นแนวปฏิบัติ (Quality Function Development : QFD) พบว่า 1) ปัจจัยแรกที่ต้องปรับปรุงคือ ด้านการซ่อมแซมบำรุงรักษา รองลงมา คือ ด้านความปลอดภัย ด้านวัสดุกรรมวิธีการผลิตและด้านความมีเอกลักษณ์เฉพาะตัว หากมีการพัฒนาในครั้งต่อไปควรคำนึงถึงปัจจัยนี้ 2) จุดขาย พบว่า จุดที่ควรคำนึง คือ ด้านประโยชน์ใช้สอย ด้านความสะดวกสบายในการใช้งาน ด้านราคา ด้านความปลอดภัยและวัสดุที่ใช้ในการผลิต ทั้งหมดจะช่วยเพิ่มความน่าสนใจและมั่นใจให้กับผู้บริโภคในการใช้งาน 3) ความต้องการของลูกค้า พบว่า มีความต้องการ ด้านประโยชน์ใช้สอย และด้านความแข็งแรงทนทาน จากข้อมูลที่ผ่านมากระบวนการวิเคราะห์ของ House of Quality นั้นสอดคล้องตามแนวคิด “Instructional Design Integrated with Quality Function Deployment (QFD) and TRIZ40” (จตุรงค์ เลาหะเพ็ญแสงและสมชาย เชะวิเศษ, 2557)

3. ผลการทดลองใช้งานเครื่องแปรรูปสภาพขยะเปียก เป็นดินเทียมสำหรับเกษตรอินทรีย์ พบว่า จุดเด่นหลัก คือ ส่วนอุปกรณ์ส่งกำลังที่มีความเหมาะสมและสร้างแรงบิดสูงในการบดย่อยเศษขยะเปียกที่มีความแข็งหรือเหนียวได้อย่างเหมาะสม ซึ่งส่งผลให้มีประโยชน์ใช้สอยในการบดย่อยเพื่อแปรรูปสภาพขยะเปียกมีความละเอียดและ

เหมาะสมก่อนนำเข้าสู่ขั้นตอนการผสมในการอัดเม็ดดินเทียม สอดคล้องตามกรอบแนวคิดทางด้านกระบวนการประยุกต์การวิจัยในการออกแบบผลิตภัณฑ์ คือ ด้านหน้าที่การใช้สอย ด้านความปลอดภัย ด้านความแข็งแรง ด้านความสะดวกสบายการใช้งาน (สภาพ ติบุญมี ณ ชุมแพ, 2550 : 35)

4. คุณสมบัติดินเทียมที่ผลิตจากเครื่องแปรรูปสภาพขยะเปียกด้านการเพาะปลูกพืชและค่า N P K ด้วยการตรวจสอบคุณลักษณะ ด้านลักษณะทางกายภาพ (Physical Testing) และคุณสมบัติทางเคมี (Chemical Testing) พบว่า ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมด (Total Organic carbon :TOC) ปริมาณไนโตรเจน (Nitrogen, N) ปริมาณฟอสฟอรัส (Phosphorus, P) และปริมาณโพแทสเซียม (Potassium, K) มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 9.2, 0.7, 0.6 และ 0.85 ของน้ำหนักตามลำดับและมีปริมาณโซเดียม (Sodium) ที่ค่าเฉลี่ยร้อยละ 0.15 ของน้ำหนัก โดยสอดคล้องกับแนวคิดที่ว่า ธาตุอาหารพืชส่วนใหญ่อยู่ในรูปของสารประกอบอินทรีย์ เช่น ไนโตรเจนอยู่ในสารประกอบจำพวกโปรตีน เมื่อใส่ลงไปในดินพืชจะไม่สามารถดูดไปใช้ประโยชน์ได้ทันที แต่ต้องผ่านกระบวนการย่อยสลายของจุลินทรีย์ในดินแล้วปลดปล่อยธาตุอาหารเหล่านั้นออกมาในรูปสารประกอบอินทรีย์ (สำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2556)

5. ระดับความพึงพอใจเครื่องแปรรูปสภาพขยะเปียกเพื่อการผลิตดินเทียมสำหรับเกษตรอินทรีย์ ประเมินโดยกลุ่มเกษตรกรที่เพาะปลูกพืชอินทรีย์ พบว่า มีความพึงพอใจในระดับมาก ภาพรวมเครื่องที่พัฒนาใหม่มีความเหมาะสมในส่วนของระบบกลไกในการขับเคลื่อนเครื่องแปรรูป และส่วนของสายพานลำเลียงที่สามารถแยกส่วนกากและส่วนน้ำของขยะเปียกออกจากกัน

สอดคล้องกับแนวคิด “การสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมในกระบวนการออกแบบผลิตภัณฑ์” ในส่วนของหลักการคิดวิเคราะห์เพื่อการออกแบบผลิตภัณฑ์ด้วยกระบวนการคิดในกรอบ (ทรงวุฒิ เอกวุฒิจา, 2557 : 36)

ข้อเสนอแนะการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้เป็นกระบวนการวิจัยที่เน้นการผสมผสานแนวความคิดในการออกแบบและพัฒนาเครื่องแปรรูปสาหร่ายเป็ยเป็นดินเทียม โดยเน้นที่การนำเสนอกระบวนการได้มาของการออกแบบผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการวิเคราะห์ด้วยหลักการและทฤษฎีที่มีความหลากหลายของวิธีการได้มาของข้อมูล ซึ่งผู้วิจัยคาดหวังว่ากระบวนการผสมผสานแนวความคิดการประยุกต์ใช้กระบวนการวิจัยที่หลากหลายจะสามารถช่วยสร้างมุมมองและแนวทางดำเนินการวิจัยในเชิงการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมได้อย่างเหมาะสม และช่วยจุดประกายให้นักออกแบบได้นำแนวความคิดสร้างสรรค์มาประกอบในการวิจัยอย่างเหมาะสม

References

- Bureau of Land Survey and Land Use Planning. (2012). **Soil component**. Bangkok: Ministry of Agriculture and Cooperatives.
- Chandhasa, R. et al. (2016). **The cultural identity of ethnic handicrafts products appeared in Tai Lue Vetiver Phayao Province**. Research and Development Journal Suan Sunandha Rajabhat University (8)1. Bangkok : Suan Sunandha Rajabhat University.
- Debunme chumphae. (1999). **Industrial Technology**. Bangkok: Odeon Store.
- Egwutvongsa, S. (2016). **Thinking for develop industrial products**. Bangkok : Min service supply press printing.
- Louhapensen, J. (2014). **Accepted and will be published in Applied Mechanics and Materials**. Instructional Design Integrated with Quality Function Deployment(QFD) and TRIZ40.
- Pahakit P. (2016). **Integration of QFD and FMEA for customer satisfaction Case studies in the automotive industry**. The Journal of Industrial Technology. (5)1. Bangkok : Suan Sunandha Rajabhat University
- Pollution Control Department. (2015). **Minutes of the 2nd Pollution Control Department**. Bangkok: Information Technology.
- Pollution Ratsame A. (2016). **Industrial Technology Management in Thailand**. The Journal of Industrial Technology (5)1. Bangkok : Suan Sunandha Rajabhat University.
- Sutinarakorn, W. (2013). **Qualitative Research: Research of Alter**. Bangkok: Siam Palitat
- Sutson, N. (1999). **Industrial Technology**. Bangkok: Odeon Store.
- Tongswai T. (1979). **Conservation of natural resource and environment**. Bangkok: Odeon Store.