

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

การวิจัยในครั้งนี้เพื่อ “การศึกษาและพัฒนาเครื่องแปรรูปสภาพขยะเปียกเพื่อการผลิตดินเทียมสำหรับเกษตรกรอินทรีย์” โดยผู้วิจัยได้ทำการศึกษาและพัฒนาเพื่อเรียนรู้และสามารถนำเสนอแนวความคิดในรูปแบบของการผสมผสานแนวทางการออกแบบผลิตภัณฑ์เพื่อก่อให้เกิดองค์ความรู้ใหม่ทางด้านกระบวนการประยุกต์ใช้ประโยชน์จากส่วนของขยะเปียกมาใช้งานในการผลิตเป็นดินเทียมและ ตลอดจนการรวบรวมมุมมองและทัศนคติที่ส่งผลต่อการประยุกต์ใช้งานขยะเปียกและดินเทียมจากขยะเปียกในรูปแบบการบูรณาการเพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับขยะเปียก โดยสามารถสรุปผลการวิจัยดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

สำหรับโครงการวิจัย “การศึกษาและพัฒนาเครื่องแปรรูปสภาพขยะเปียกเพื่อการผลิตดินเทียมสำหรับเกษตรกรอินทรีย์” สามารถที่จะรายงานผลสรุปการวิจัยรายวัตถุประสงค์การวิจัยและส่วนเพิ่มเติมการวิจัยย่อยเป็นรายละเอียดผลสรุปการวิจัย ดังนี้

5.1.1 วัตถุประสงค์การวิจัยข้อที่ 1 การศึกษากระบวนการขั้นตอนแปรรูปสภาพขยะเปียกเพื่อผลิตดินเทียมสำหรับเกษตรกรอินทรีย์

กระบวนการศึกษาขั้นตอนการแปรรูปสภาพและกระบวนการกำจัดสิ่งที่เป็นขยะเปียกโดยสามารถแยกออกเป็นส่วนของข้อมูลสรุปแหล่งที่ก่อให้เกิดปัญหาขยะเปียกจำนวนมาก ดังนี้

5.1.1.1 กรณีศึกษาร้านอาหาร ในบริเวณพื้นที่ศึกษา “ร้านอาหารตามสั่ง” ร้านอาหารตามสั่งประเภทนี้จะมีจำนวนมากในพื้นที่ กทม. และตามหัวเมืองขนาดใหญ่ โดยร้านอาหารประเภทตามสั่งนี้จะมีจำนวนมากขึ้นในแต่ละปี ซึ่งนับตามนิยามของกรมพัฒนาธุรกิจที่ให้คำนิยามว่า “ธุรกิจภัตตาคาร/ร้านอาหาร คือ การบริการจัดอาหารและเครื่องดื่ม ซึ่งในร้านอาหารประเภทนี้นั้นสามารถที่จะพบลักษณะภาชนะและการใช้งานภาชนะที่บรรจุขยะมีลักษณะเป็นถังพลาสติกขนาดใหญ่ และมีถุงขยะสีดำรองไว้ที่ถังเพื่อให้ง่ายต่อการห่อไปวางไว้หน้าร้านและจะมีรถของ กทม. เก็บในเช้าวันถัดไป โดยแยกเป็นขยะเปียกที่พบ ดังนี้

ก) ขยะเปียกที่พบ : เศษอาหารต่าง ๆ เช่น ผักสด เปลือกไข่ เศษอาหารที่เหลือจากการบริโภค คราบน้ำมันพืช

ข) ขยะทั่วไปที่พบ : ถังพลาสติก แก้วน้ำ กระดาษทิชชู หลอดน้ำ ขวดนมเปรี้ยว ขยะเปียกที่พบมากที่สุด : เปลือกไข่

5.1.1.2 กรณีศึกษาพื้นที่โรงงาน โดยพื้นที่ที่กรณศึกษานั้นจะมีเป้าหมายการรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มโรงงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ ที่มีขนาดโรงอาหารบริการพนักงานจำนวนมากกว่า 200 ที่นั่ง โดยจะมีพนักงานมากกว่า 200 คนขึ้นไป ซึ่งจากการรวบรวมข้อมูลพนักงานจะมีการช่วงระยะเวลาพักรับประทานอาหารประมาณ 1 ชั่วโมง โดยจะพักรับประทานอาหารเที่ยงเวลา 12.00 น.-13.00 น. พนักงานจะรับประทานอาหารในภาชนะที่จัดเตรียมไว้ เช่น ถ้วย จาน ชาม พลาสติก และเมื่อรับประทานอาหารเสร็จพนักงานจะต้องนำภาชนะที่มีเศษอาหารมาเททิ้งรวมกันในถังขนาด 200 ลิตร ที่ทางโรงงานได้เตรียมไว้สำหรับรองรับเศษอาหารในแต่ละวัน ซึ่งเศษอาหารที่เหลือทิ้งในแต่ละวันมีมากกว่า 100 กิโลกรัม เนื่องจากมีส่วนผสมทั้งกากและน้ำเสีย

จากเศษอาหาร ทางโรงงานจะคัดแยกส่วนน้ำออกจากกากอาหารด้วยการกรองก่อนจากนั้นจึงจะนำเศษอาหารเหล่านี้ไปให้ผู้ที่มารับไปใช้ในการเป็นอาหารสัตว์หรือไปใช้ประโยชน์ต่อแต่ไม่มีการซื้อขายกัน เศษอาหารที่อยู่ภายในถังพลาสติกนั้นจะถูกแม่บ้านนำไปกรองเอาส่วนของน้ำออกจากส่วนกาก ซึ่งในขั้นตอนนี้นั้นเป็นช่วงที่แม่บ้านมีความรู้สึกว่าจะไม่อยากทำมากที่สุด เนื่องจากปัญหาของกลิ่นที่เหม็นและรู้สึกสกปรก และอีกทั้งกลิ่นนั้นจะติดตัวไปตลอดทั้งวันหากมีการปฏิบัติหน้าที่ในช่วงกลางวัน ซึ่งแนวทางนี้แม่บ้านเห็นว่า “หากมีเครื่องที่นำเศษอาหารเหล่านี้มาเทลงไปจากนั้นเครื่องสามารถที่จะแยกส่วนของน้ำและส่วนของกากออกจากกันได้นั้นจะดีมากและยังช่วยประหยัดเวลาและทุนแรงได้มาก” จากการวิเคราะห์นั้นพบว่าการที่สังคมของชุมชนหรือโรงงานที่มีเศษอาหารเหลือทิ้งจำนวนมากนั้นจะมีปัญหาเกี่ยวกับเศษขยะเปียกทวีปัญหามากยิ่งขึ้นและบุคคลที่รับผิดชอบไม่มีความรู้สึกลอยจะปฏิบัติงาน

5.1.1.3 ลักษณะทางกายภาพของขยะที่พบจากการลงสำรวจพื้นที่พบว่า ลักษณะการทิ้งขยะเปียกของร้านนี้จะเป็นการทิ้งแบบรวม ๆ กัน ไม่มีการแยกระหว่างเศษอาหารและเศษขยะ ขยะที่พบจะมีอยู่หลากหลายประเภททั้งย่อยสลายได้และย่อยสลายไม่ได้ ส่วนมากจะเป็นขยะที่เกิดจากวัตถุดิบสดที่นำมาประกอบอาหาร จากนั้นนำข้อมูลเบื้องต้นมาผ่านกระบวนการระดมความคิดเพื่อการประยุกต์ใช้งานขยะเปียกในส่วนของการขั้นตอนกระบวนการศึกษาทางด้านการแปรสภาพของขยะเปียกเพื่อการผลิตดินเทียมสำหรับเกษตรอินทรีย์นั้นผู้วิจัยได้ทำการพิจารณาถึงการรวบรวมประเด็นที่สามารถพิจารณาแนวทางเพื่อการนำขยะเปียกมาใช้ประโยชน์ได้อย่างหลากหลายแนวทางด้านการระดมความคิดจากกลุ่มผู้ร่วมวิจัย จำนวน 30 คน โดยนักวิจัยจะร่วมทำการนำเสนอแนวทางและแนวความคิดที่เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้ประโยชน์จากขยะเปียกให้ได้หลากหลายแนวที่สุด โดยจะมีการนำข้อคำถามถึง คือ เป้าหมายการนำขยะเปียกในรูปแบบของเศษเหลือทิ้งต่างๆมาประยุกต์ใช้งานเป็นรูปแบบผลิตภัณฑ์หรือเป็นสิ่งอำนวยความสะดวกแก่มนุษย์ในมุมมองต่างๆ และดำเนินการภายใต้กรอบความเป็นอิสระทางความคิดของนักวิจัยเพื่อจะได้ความคิดเห็นหรือแนวคิดที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด โดยนำเสนอแนวคิดที่สามารถดำเนินการจริงได้ โดยการระดมความคิดเพื่อการใช้ประโยชน์จากเศษขยะเปียก (เศษอาหารประเภทต่างๆ) นั้นนำเสนอผ่านกระบวนการคิดในเชิง “มโนทัศน์ทางการออกแบบ” ด้วยการคิดให้เกิดขึ้นภายในสมองเพื่อการแก้ไขปัญหาจากนั้นจึงนำเสนอออกมาเป็นแผ่นนำเสนอแนวความคิดในการประยุกต์ใช้งาน โดยเน้นการสร้างมุมมองและนำเสนอความคิดในเชิงรูปธรรมที่มีความน่าสนใจและสามารถเข้าใจได้ง่ายสำหรับบุคคลทั่วไป

แนวคิดที่ 1 : นำเสนอ ลักษณะผลิตภัณฑ์เดิมในพื้นที่ที่ศึกษาเป็นลักษณะของการแยกขยะเปียก ขยะทั่วไปและขยะประเภทน้ำแข็ง โดยที่ขยะเปียกเศษอาหารจะมีคนมารับนำไปเป็นอาหารสัตว์ ส่วนขยะอื่นๆ ไป ก็ใส่ถุงดำทิ้งที่ถังขยะใหญ่ ส่วนขยะประเภทน้ำแข็งเมื่อละลายแล้วก็เอาไปรดน้ำต้นไม้ ส่วนพลาสติกก็นำไปทิ้ง ทำให้สังเกตเห็นถึงกระบวนการขนย้ายระหว่าง สถานที่ที่ศึกษากับคนรับเศษอาหาร จึงเกิดแนวทางในการแก้ไขปัญหาตัวผลิตภัณฑ์ใส่อาหาร ที่สามารถอำนวยความสะดวกต่อการเคลื่อนย้ายได้ง่ายขึ้น

แนวคิดที่ 2 : นำเสนอ “Egg Board” ที่เน้นการสร้างกระบวนการผลิต ด้วยการนำเปลือกไข่ไปล้างน้ำให้สะอาด เพราะจะมีเชื้อสีขาว ๆ ที่เรียกว่า โปรตีนอยู่ในเปลือกไข่ หากทำความสะอาดไม่หมดจะทำให้เกิดกลิ่นและเน่าเสียได้ จากนั้นนำเปลือกไข่ที่ผ่านการล้างไปตากหรือผึ่งลมให้แห้ง แล้วจึงนำเปลือกไข่ที่แห้งแล้วมาบดให้ละเอียด ด้วยการตำหรือการปั่นด้วยเครื่อง พร้อมกับนำเปลือกไข่ที่บดแล้ว ไปต้มกับกรดไฮโดรคลอริกที่เจือจางแล้ว เพื่อกำจัดโปรตีนออกจากเปลือกไข่อีก 1 รอบ จากนั้นนำเปลือกไข่ที่ผ่านการต้มไปตากหรือผึ่งลมให้แห้ง หากต้องการแผ่นเปลือกไข่แบบทึบให้นำเปลือกไข่ที่ผ่านกรรมวิธีมาผสม

รวมกันกับแป้งมันหรือหากต้องการแผ่นเปลือกไข่แบบใส ให้นำเปลือกไข่ที่ผ่านกรรมวิธีมาผสมรวมกับเรซินใส จากนั้นนำไปตากหรือผึ่งให้แห้ง และหากต้องการสีสันทเพื่อเพิ่มความสวยงามให้กับแผ่นเปลือกไข่ สำหรับนำไปใช้งานออกแบบผลิตภัณฑ์ต่อไป สำหรับประโยชน์ของการแปรรูป 1) ได้ผลิตภัณฑ์ใหม่จากวัสดุเหลือใช้ หรือเศษขยะ 2) เป็นการลดปริมาณขยะทั้งทางตรงและทางอ้อม 3) เป็นการเพิ่มคุณค่าให้กับเศษขยะเปียก 4) ช่วยลดปริมาณการนำทรัพยากรธรรมชาติมาใช้เป็นวัตถุดิบในโรงงานอุตสาหกรรม

5.1.2 เพื่อพัฒนาและออกแบบเครื่องแปรรูปสภาพขยะเปียกเพื่อการผลิตดินเทียม สำหรับเกษตรกร อินทรีย์

ผู้วิจัยนำเสนอองค์ประกอบของรูปแบบผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับการแปรรูปสภาพขยะเปียกเป็น 4 ผลิตภัณฑ์ ได้แก่ 1) เครื่องแปรรูปสภาพขยะเปียกเพื่อผลิตดินเทียม 2) เครื่องอัดเม็ดดินเทียมจากขยะเปียก 3) บรรจุภัณฑ์เพื่อการจำหน่ายดินเทียมจากขยะเปียก 4) ขั้วนางจำหน่ายผลิตภัณฑ์และบรรจุภัณฑ์จากดินเทียม เพื่อส่งเสริมภาพลักษณ์และการจัดจำหน่ายดินเทียมสำเร็จรูป สามารถสรุปได้ ดังนี้

5.1.2.1 การวิเคราะห์ข้อมูลความคิดเห็นเพื่อกระบวนการออกแบบผลิตภัณฑ์ : ส่วนของกระบวนการรวบรวมความคิดเห็นของกระบวนการคัดเลือกรูปแบบที่มีความเหมาะสมสำหรับการพัฒนา รูปแบบผลิตภัณฑ์เครื่องแปรรูปสภาพขยะเปียกเป็นดินเทียมเพื่อการเพาะปลูกเกษตรแบบอินทรีย์ โดยผู้วิจัยได้ทำการพัฒนารูปแบบผลิตภัณฑ์ด้วยกระบวนการระดมความคิดจำนวน 3 วิธีการแก้ไขปัญหาทางการออกแบบ ผลิตภัณฑ์จากนั้นจึงทำการ Development จำนวน 30 รูปแบบต่อกระบวนการแก้ไขปัญหาทางการออกแบบ 1 วิธี ซึ่งโดยสรุปการแก้ไขปัญหาการออกแบบ 3 วิธีการแก้ไขปัญหา ประกอบด้วย 1) ส่วนรองรับขยะเปียก 2) ส่วนคัดแยกขยะเปียก 3) ส่วนการบดย่อยขยะเปียกส่วนกาก 4) ส่วนการบดละเอียดเพื่อเตรียมการผสมดินเทียม 5) ส่วนการผสมองค์ประกอบเพื่ออัดเม็ดดินเทียม 6) ส่วนการอัดเม็ดดินเทียม

5.1.2.2 คุณลักษณะทางกายภาพที่เน้นกระบวนการนำส่วนองค์ประกอบ เช่น ปุ๋ยคอก กากมะพร้าว เปลือกถั่ว แกลบเผา แกลบดิบ พางข้าว ฯลฯ มาคลุกคล้าและผสมกันตามสูตรการทดลองที่กำหนด จำนวน 3 สูตร ประกอบด้วย

สูตรที่ 1 ได้แก่ เศษอาหาร 10% แกลบเผา 30% ซากถั่วเหลือง 30% มูลวัว 30%
 สูตรที่ 2 ได้แก่ เศษอาหาร 10% แกลบเผา 30% กากอ้อย 30% มูลวัว 30%
 สูตรที่ 3 ได้แก่ เศษอาหาร 20% แกลบเผา 20% แกลบดิบ 20% กากอ้อย 20%
 มูลวัว 20%

5.1.2.3 การพัฒนาและออกแบบเครื่องแปรรูปสภาพขยะเปียกเพื่อผลิตดินเทียม มีองค์ประกอบ 6 ส่วน ที่มีความจำเป็นต่อกระบวนการสร้างข้อจำกัดทางการออกแบบผลิตภัณฑ์นั้นจะนำข้อจำกัดที่ได้มาสร้างสรรค์เป็นรูปแบบผลิตภัณฑ์เครื่องแปรรูปสภาพขยะเปียกเป็นดินเทียม โดยนำข้อมูลที่ผ่านมากระบวนการวิเคราะห์ความต้องการและองค์ประกอบของเครื่องจักรมาเข้าสู่กระบวนการนำเสนอรูปแบบต่อคณะผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์เพื่อพิจารณาและสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์จากทักษะความสามารถและประสบการณ์ของผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ จากนั้นสรุปรูปแบบผลิตภัณฑ์ เป็นวิธีการแก้ไขปัญหาหลักจำนวน 3 วิธีการแก้ไขปัญหา จากนั้นจึงทำการ Development จำนวน 120 แบบ จากผลการประเมินค่าความเหมาะสม พบว่า ปัจจัยที่ส่งผลต่อรูปทรงและแนวทางการการออกแบบเครื่องแปรรูปสภาพขยะเปียกเป็นดินเทียม โดยนำผลลัพธ์ที่ได้มาสร้างเป็นข้อจำกัดทางการออกแบบร่วมด้วยขั้นตอนสรุปแนวความคิดจากกระบวนการระดมความคิด 60 รูปแบบ และสรุปรูปแบบเครื่องแปรรูป

สภาพขยะเปียกเป็นดินเหนียว จำนวน 3 รูปแบบ ผลวิเคราะห์จากตารางพบว่า ผลิตภัณฑ์เครื่องแปรรสภาพขยะเปียกเป็นดินเหนียว 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 มาปรับปรุงและกำหนดเป็นต้นแบบผลิตภัณฑ์เครื่องแปรรสภาพขยะเปียกเป็นดินเหนียวต้นแบบ

5.1.3 เพื่อประเมินประสิทธิภาพเครื่องแปรรสภาพขยะเปียกในการใช้งานด้านประโยชน์ใช้สอย, ความแข็งแรงทนทาน, การซ่อมแซมบำรุงรักษา, ราคา, วัสดุและกรรมวิธีการผลิต, ความมีเอกลักษณ์เฉพาะตัว

ผลการประเมินประสิทธิภาพเครื่องแปรรสภาพขยะเปียก เป็นดินเหนียวสำหรับเกษตรกรอินทรีย์พบว่า อันดับที่ 1)ด้านอุปกรณ์ส่งกำลัง (ส่วนมอเตอร์และระบบส่งกำลังภายในเครื่องส่วนบดย่อย) มีความเหมาะสมระดับมาก ที่ระดับ ($\bar{x}=4.23$, S.D.=0.61) อันดับที่ 2)ด้านประโยชน์ใช้สอยและการใช้งานบดย่อยเพื่อแปรรสภาพขยะเปียกเป็นดินเหนียวมีความเหมาะสมระดับมาก ที่ระดับ ($\bar{x}=4.06$, S.D.=0.56) อันดับที่ 3)ด้านความแข็งแรงทนทานและวัสดุในการใช้งานมีความเหมาะสมระดับมาก ที่ระดับ ($\bar{x}=4.06$, S.D.=0.56) จากผลการประเมินประสิทธิภาพ พบว่า จุดเด่นหลักของเครื่องแปรรสภาพขยะเปียกเป็นดินเหนียว สำหรับเกษตรกรอินทรีย์ คือส่วนของอุปกรณ์ส่งกำลังที่มีความเหมาะสมและสามารถสร้างแรงบิดสูงในการบดย่อยเศษขยะเปียกที่มีความแข็งหรือเหนียวได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5.1.4 เพื่อประเมินประสิทธิภาพดินเหนียวที่ผลิตจากเครื่องแปรรสภาพขยะเปียก ด้านการเพาะปลูกพืชและค่า N P K ที่เหมาะสมกับการเพาะปลูก

การทดสอบคุณสมบัติของสิ่งเหนียวดิน ด้วยการตรวจสอบคุณลักษณะ ด้านลักษณะทางกายภาพ (Physical Testing) และคุณสมบัติทางเคมี (Chemical Testing) ในห้องปฏิบัติการตามมาตรฐานปี 2548 สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ สรุปผลการทดสอบดังนี้

5.1.4.1 ผลการทดสอบลักษณะทางกายภาพของดินเหนียวจากขยะเปียก ผู้วิจัยสังเกตลักษณะกายภาพเบื้องต้นด้วยการมอง สัมผัสและดมกลิ่นดินเหนียวจากขยะเปียกที่ได้จากเครื่องบดย่อยขยะเปียกและส่วนของการผลิตขนาดเล็กสำหรับการเพาะปลูกพืชอินทรีย์ที่ผู้วิจัยออกแบบด้วยสูตรการผสมดินเหนียว พบว่าดินเหนียวจากขยะเปียกมีสีน้ำตาลไม่สม่ำเสมอ ผิวสัมผัสเป็นเม็ดแข็งขนาดเล็กที่ผ่านกระบวนการขึ้นรูปแบบเม็ดดินเหนียว เมื่อสัมผัสเม็ดดินเหนียวมีลักษณะร่วนไม่ติดมือ ไม่มีความร้อนและมีกลิ่นคล้ายดินและส่วนของกลิ่นปุ๋ยหมักและดินที่ผสมรวม

5.1.4.2 ผลการทดสอบคุณสมบัติอัตราการงอกของเมล็ดพืช เป็นขั้นตอนของการทดสอบอัตราที่เกิดขึ้นหรืองอกของเมล็ดพืชที่ใช้ในการทดลองโดยเป็นเม็ดของผักที่สามารถเกิดได้ง่าย เช่น เมล็ดผักกวางตุ้ง มาใช้เพื่อทดสอบโดยใช้น้ำกลั่นที่ได้จากดินเหนียวจากขยะเปียกมาทดลองเพื่อตรวจสอบอัตราการงอกของเมล็ดพืช พบว่า สูตรที่ 1 มีอัตราการงอก 30% สูตรที่ 2 มีอัตราการงอก 35% สูตรที่ 3 อัตราการงอก 40% สูตรที่ 4 มีอัตราการงอก 65%

5.1.4.3 ผลการทดสอบคุณสมบัติทางเคมีของดินเหนียวจากขยะเปียก ผลการทดสอบลักษณะทางเคมี ผลการทดสอบลักษณะทางเคมีของดินเหนียวจากขยะเปียกในห้องปฏิบัติการ พบว่า ปริมาณ

อินทรีย์วัตถุ (Organic Matter) มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 15.4 ของน้ำหนัก ส่วนอัตราส่วนคาร์บอนต่อ ไนโตรเจน (C/N Ratio) มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 11.30 : 1 ค่าการนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity) มีค่า 4.10 เดซิซีเมนส์ ต่อเมตร ดินเทียมที่ได้จากขยะเปียกมีปริมาณความชื้นก่อนและหลัง ค่าเฉลี่ยร้อยละ 71.7 และ 9.5 ของน้ำหนักตามลำดับและค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) มีค่าที่ 8.3 ส่วนผลการทดสอบปริมาณธาตุอาหารหลัก (Primary Macronutrient Analysis) ประกอบด้วยปริมาณอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมด (Total Organic carbon: TOC) ปริมาณไนโตรเจน (Nitrogen, N) ปริมาณฟอสฟอรัส (Phosphorus, P) และปริมาณ โพแทสเซียม (Potassium, K) มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 9.1 , 0.7 , 0.4 และ 0.87 ของน้ำหนักตามลำดับและมีปริมาณโซเดียม (Sodium) ที่ค่าเฉลี่ยร้อยละ 0.13 ของน้ำหนัก

5.1.5 เพื่อประเมินระดับความพึงพอใจเครื่องแปรรูปขยะเปียกเพื่อการผลิตดินเทียม สำหรับเกษตรกรอินทรีย์

การประเมินระดับความพึงพอใจเครื่องแปรรูปขยะเปียกเพื่อการผลิตดินเทียมสำหรับเกษตรกรอินทรีย์ ประเมินโดยกลุ่มเกษตรกรที่เพาะปลูกพืชอินทรีย์ในพื้นที่ อ.สีคิ้ว จ.นครราชสีมา ที่มีประสบการณ์เพาะปลูกพืชเกษตรอินทรีย์เป็นเวลา 10 ปี จำนวน 3 ท่าน ผลจากการประเมิน พบว่า ค่าเฉลี่ยรวมของผลระดับความพึงพอใจของกลุ่มเกษตรกรที่เพาะปลูกพืชอินทรีย์ มีความพึงพอใจในระดับมาก ($\bar{x} = 3.83$, S.D. = 0.34) สามารถสรุปจากการวิจัยเรื่องการศึกษาและพัฒนาเครื่องแปรรูปขยะเปียกเป็นดินเทียม เพื่อเกษตรกรอินทรีย์ นั้นสามารถสรุปประเด็นสำคัญได้ดังนี้

1. ข้อจำกัดทางการออกแบบใหม่นั้นเน้นการตอบสนองกระบวนการแปรรูปขยะเปียกที่เกิดขึ้นในพื้นที่โรงงานอุตสาหกรรมและสถานศึกษา โดยสรุปมีความเห็นว่า การที่สังคมของชุมชนหรือโรงงานที่มีเศษอาหารเหลือทิ้งจำนวนมากนั้นจะมีปัญหาเกี่ยวกับเศษขยะเปียกทวีปัญหามากยิ่งขึ้นและบุคคลที่รับผิดชอบไม่มีความรู้สึกรักจะปฏิบัติงานเนื่องจากกลิ่น ดังนั้นการสร้างมุมมองและทัศนคติที่สร้างความสะดวกสบายและสร้างรูปแบบการแปรรูปที่ก่อให้เกิดประโยชน์อย่างชัดเจนเป็นรูปธรรมได้จะช่วยให้บุคคลทั่วไปสามารถมองเห็นและรับรู้แนวทางการประยุกต์ได้มากยิ่งขึ้น โดยมุ่งเน้นพัฒนาขั้นตอนกระบวนการทางด้านการแปรรูปของขยะเปียกเพื่อการผลิตดินเทียมสำหรับเกษตรกรอินทรีย์

2. ขึ้นออกแบบนำข้อคำนึงถึง เน้นเป้าหมายการนำขยะเปียกในรูปแบบของเศษเหลือทิ้งต่างๆมาประยุกต์ใช้งานเป็นรูปแบบผลิตภัณฑ์หรือเป็นสิ่งอำนวยความสะดวกแก่นักวิจัยในมุมมองต่างๆ และดำเนินการภายใต้กรอบความเป็นอิสระทางความของนักวิจัยเพื่อจะได้ความคิดเห็นหรือแนวคิดที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด โดยนำเสนอแนวคิดที่สามารถดำเนินการจริง จากการวิเคราะห์ QFD พบว่า ปัจจัยที่ต้องปรับปรุง คือ การซ่อมแซมบำรุงรักษา ด้านความปลอดภัย ด้านวิศวกรรมวิธีการผลิตและความมีเอกลักษณ์เฉพาะตัว ในส่วนของ จุดขายในการออกแบบ พบว่า ควรเน้นที่ด้านประโยชน์ใช้สอยเป็นหลักและด้านความสะดวกสบายในการใช้งาน และการการคาดการณ์ความต้องการของลูกค้า พบว่า ความต้องการของลูกค้า คือ ความคาดหวังด้านประโยชน์ใช้สอย รองลงมา คือ ความแข็งแรงทนทาน

3. ประสิทธิภาพเครื่องแปรรูปขยะเปียก ที่เน้นการประเมินรายด้าน ประโยชน์ใช้สอย , ความแข็งแรง , บำรุงรักษา , ราคา , วัสดุและกรรมวิธีการผลิต พบว่า สรุปผลการศึกษา นั้นพบว่า อันดับที่ 1)ด้านอุปกรณ์ส่งกำลัง (ส่วนมอเตอร์และระบบส่งกำลังภายในเครื่องส่วนน้อย) มีความเหมาะสมระดับมาก อันดับที่ 2)ด้านประโยชน์ใช้สอยและการใช้งานน้อยเพื่อแปรรูปขยะเปียกเป็นดินเทียมมีความเหมาะสมระดับมาก อันดับที่ 3)ด้านความแข็งแรงทนทานและวัสดุในการใช้งานมีความเหมาะสมระดับมาก

5.1.6 การทดสอบการเพาะปลูกพืชด้วยดินเทียมจากขยะเปียก

ก) ผลของดินเทียมจากเศษอาหารต่อการเจริญเติบโตของผักกาดหอม

การศึกษาผลของดินเทียมจากเศษอาหาร ต่อการเจริญเติบโตของผักกาดหอมพันธุ์กรีนโอ๊ค มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสมบูรณ์ของดินเทียมจากเศษอาหารและเพื่อศึกษาการเจริญเติบโตของผักกาดหอมพันธุ์กรีนโอ๊ค โดยทำการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design : CRD) ประกอบด้วยสิ่งทดลอง 1 ปัจจัย ได้แก่ดินผสมการค้า 1 ชนิด และดินเทียมจากเศษอาหาร 3 ชนิด มีจำนวนทั้งหมด 3 ซ้ำๆ ละ 3 ต้น ทำการทดลองโดยทำการเพาะเมล็ดผักกาดหอมพันธุ์กรีนโอ๊คลงในถาดหลุมเป็นเวลา 14 วัน จากนั้นย้ายปลูกลงในถุงดำขนาด 6 นิ้วเป็นเวลา 31 วัน รวมทั้งสิ้น 45 วัน จากนั้นทำการเก็บผักกาดหอมพันธุ์กรีนโอ๊คมาทำการวัดการเจริญเติบโตทางสรีรวิทยาต่างๆ ได้แก่ ความกว้างทรงพุ่ม ความยาวราก ความยาวต้น ค่าสี น้ำหนักสดของต้นและราก น้ำหนักแห้งของต้นและราก จากนั้นนำไปอบที่ตู้อบลมร้อนที่ 70°C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง เพื่อทำการวัดปริมาณรงควัตถุต่างๆและปริมาณไนโตรเจน

ผลการทดลองพบว่าผักกาดหอมพันธุ์กรีนโอ๊คที่ปลูกในดินผสมเพื่อการค้ามีการเจริญเติบโตดีที่สุด โดยมีความกว้างทรงพุ่มเท่ากับ 16.27 เซนติเมตร ค่าความยาวทั้งต้นและรากเท่ากับ 40.88 เซนติเมตร ค่าความยาวต้นเท่ากับ 30.05 เซนติเมตร ค่าความยาวรากเท่ากับ 10.833 เซนติเมตร น้ำหนักสดเท่ากับ 39.28 กรัม น้ำหนักแห้งเท่ากับ 1.85 กรัม น้ำหนักสดต้นเท่ากับ 32.10 กรัม น้ำหนักแห้งต้นเท่ากับ 1.42 กรัม น้ำหนักสดรากเท่ากับ 7.18 กรัม น้ำหนักแห้งรากเท่ากับ 0.43 กรัม ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ 936.61 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง คลอโรฟิลล์บี 234.08 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง คลอโรฟิลล์ทั้งหมด 1170.70 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง แคโรทีนอยด์ทั้งหมด 100.33 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ค่า L เท่ากับ 18.61 ค่า A เท่ากับ 12.48 ค่า B เท่ากับ 43.31 ค่า HUE เท่ากับ 178.50 ค่า CHROMA เท่ากับ 22.41 ปริมาณไนโตรเจนเท่ากับ 1647.47 มิลลิกรัมกรัม/กิโลกรัมน้ำหนักสด ในทางตรงกันข้ามผักกาดหอมใบพันธุ์กรีนโอ๊คที่ปลูกในดินเทียมจากเศษอาหาร สูตรที่ 1 มีการเจริญเติบโตน้อยที่สุด โดยมีค่าความกว้างทรงพุ่มเท่ากับ 6.57 เซนติเมตร ค่าความยาวทั้งต้นและรากเท่ากับ 11.33 เซนติเมตร ค่าความยาวต้นเท่ากับ 6.55 เซนติเมตร ค่าความยาวรากเท่ากับ 4.77 เซนติเมตร น้ำหนักสดเท่ากับ 1.10 กรัม น้ำหนักแห้งเท่ากับ 0.0604 กรัม น้ำหนักสดต้นเท่ากับ 6.55 กรัม น้ำหนักแห้งต้นเท่ากับ 0.2199 กรัม น้ำหนักสดรากเท่ากับ 0.88 กรัม และน้ำหนักแห้งรากเท่ากับ 0.0113 กรัม ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ 345.68 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง คลอโรฟิลล์บี 40.72 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง คลอโรฟิลล์ทั้งหมด 386.40 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง แคโรทีนอยด์ทั้งหมด 17.63 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ค่า L เท่ากับ 20.43 ค่า A เท่ากับ -12.09 ค่า B เท่ากับ 46.62 ค่า HUE เท่ากับ 178.29 ค่า CHROMA เท่ากับ 23.77 ปริมาณไนโตรเจนเท่ากับ 1443.67 มิลลิกรัมกรัม/กิโลกรัมน้ำหนักสด

จากการศึกษาพบว่าดินเทียมจากเศษอาหารทั้ง 3 สูตรสามารถนำมาปลูกผักกาดหอมพันธุ์กรีนโอ๊คให้เจริญเติบโตได้ แต่ในแต่ละสูตรมีการเจริญเติบโตที่แตกต่างกัน และมีการเจริญเติบโตที่ด้อยกว่าผักกาดหอมพันธุ์กรีนโอ๊คที่ปลูกในดินผสมทางการค้า โดยเฉพาะดินเทียมจากเศษอาหารสูตรที่ 1 ที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของผักกาดหอมพันธุ์กรีนโอ๊คน้อยกว่าดินผสมทางการค้าในทุกด้าน จึงต้องมีการพัฒนาหรือปรับปรุงดินเทียมจากเศษอาหารให้เทียบเท่าหรือสามารถทดแทนดินผสมทางการค้าได้

ข) ผลของดินเทียมจากเศษอาหารต่อการเจริญเติบโตของดาวเรือง

ผลของดินเทียมจากเศษอาหารต่อการเจริญเติบโตของดาวเรือง วางแผนทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design) ประกอบด้วยสิ่งทดลอง จำนวน 4 ทริมเมนต์ ได้แก่ ดินเทียมจากเศษอาหาร 3 สูตร และดินผสมทางการค้า 1 ชนิด จำนวน 4 ซ้ำ ซ้ำละ 3 ต้น ใช้ดาวเรืองทั้งหมด 48 ต้น ทำการทดลองโดยการปลูกดาวเรืองลงในถาดหลุมบรรจุสูตรดินต่างๆ จำนวน 1 เมล็ดต่อ 1 หลุม เป็นเวลา 15 วัน จากนั้นย้ายปลูกต้นดาวเรืองลงในถุงดำขนาด 6 นิ้ว ที่บรรจุดินสูตรต่าง ๆ ทำการรดน้ำทุกวันในเวลาเช้าและเวลาเย็นเป็นเวลา 45 วัน หลังจากนั้นบันทึกผลการเจริญเติบโตของดาวเรืองโดยการวัดระยะเวลากการออกดอกเฉลี่ยของต้นดาวเรือง จำนวนดอกตูมดอกบานเฉลี่ยต่อต้น ความสูงเฉลี่ยของต้นดาวเรือง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของดอกดาวเรืองตั้งแต่ย้ายลงถุงดำขนาด 6 นิ้ว อายุ 15 วัน จนถึง อายุ 60 วันหลังย้ายปลูก มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) โดยใช้โปรแกรมSPSS for window และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างสิ่งทดลอง(Treatment) โดยวิธีDuncan's New Multiple Range Test (DMRT) ผลการทดลองพบว่าดินทางการค้ามีการเจริญเติบโตที่ดีที่สุดโดยมี ระยะเวลากการออกดอกเฉลี่ยของดาวเรืองออกดอกไวที่สุดคือ 40 วัน จำนวนดอกตูมเฉลี่ยต่อต้น 2.83 ดอก จำนวนดอกบานเฉลี่ยต่อต้น 2.08 ดอก ความสูงเฉลี่ยของต้นดาวเรืองที่มีความสูงเฉลี่ย 42.75 เซนติเมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของดอกดาวเรืองเฉลี่ย 6.15 เซนติเมตร ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับดินเทียมทั้ง 3 สูตร

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

การอภิปรายผลการวิจัยสามารถที่จะทำการอภิปรายผลการวิจัยโดยแยกเป็นรายวัตถุประสงค์การวิจัย ทั้ง 5 รายวัตถุประสงค์นั้นผู้วิจัยสามารถที่จะนำเสนอประเด็นที่แสดงถึงความเหมาะสมที่มีความสอดคล้องกับแนวความคิดที่ในประยุกต์ในกระบวนการวิจัย ดังนี้

5.2.1 อภิปรายผลการวิจัยรายวัตถุประสงค์การวิจัยข้อที่ 1 การศึกษากระบวนการขั้นตอนแปรรูปขยะเปียกเพื่อผลิตดินเทียมสำหรับเกษตรกรอินทรีย์

สามารถที่จะสรุปผลการวิจัยที่พบว่าการประยุกต์ขยะเปียกในรูปแบบของวิธีการประยุกต์ใช้ งานที่สอดคล้องกับแนวความคิดของ มาร์ต อัมรานนท์ (2533 : 77-82) ที่เน้นกระบวนการวิเคราะห์ชิ้นงานได้ ทราบถึงรายละเอียดในแง่มุมต่างๆของชิ้นงานนั้น โดยสรุปกรอบในการศึกษาในการการวิจัย ดังนี้

1) ศึกษาความมุ่งหมายของการสร้างงาน : ในกระบวนการวิจัยได้ทำการประยุกต์ แนวความคิดในการใช้งานจำนวน 3 วิธีการ ที่มีการประยุกต์ใช้ในกระบวนการวิเคราะห์ระดมความคิดที่มีการ นำเสนอ ลักษณะผลิตภัณฑ์เดิมในพื้นที่ที่ศึกษาเป็นลักษณะของการแยกขยะเปียก ขยะทั่วไปและขยะประเภท น้ำแข็ง โดยที่ขยะเปียกเศษอาหารจะมีคนมารับนำไปเป็นอาหารสัตว์ ส่วนขยะทั่วไป ก็ใส่ถุงดำทิ้งที่ถังขยะ ใหญ่ ส่วนขยะประเภทน้ำแข็งเมื่อละลายแล้วก็เอาไปรดน้ำต้นไม้ ส่วนพลาสติกก็นำไปทิ้ง ทำให้เล็งเห็นถึง กระบวนการขนย้ายระหว่าง สถานที่ที่ศึกษากับคนรับเศษอาหาร จึงเกิดแนวทางในการแก้ไขปัญหาตัว ผลิตภัณฑ์ใส่อาหาร ที่สามารถอำนวยความสะดวกต่อการเคลื่อนย้ายได้ง่าย

2) ศึกษากระบวนการสร้างงาน : นำเสนอแนวความคิด “Egg Board” ที่เน้นการสร้าง กระบวนการผลิตสำหรับนำไปใช้งานออกแบบผลิตภัณฑ์ต่อไป สำหรับประโยชน์ของการแปรรูป 1)ได้ ผลิตภัณฑ์ใหม่จากวัสดุเหลือใช้หรือเศษขยะ 2)เป็นการลดปริมาณขยะทั้งทางตรงและทางอ้อม 3)เป็นการเพิ่ม

คุณค่าให้กับเศษขยะเปียก 4) ช่วยลดปริมาณการนำทรัพยากรธรรมชาติมาใช้เป็นวัตถุดิบในโรงงานอุตสาหกรรม

3) ศึกษาลักษณะทางกายภาพของชิ้นงาน : โดยประโยชน์ที่ได้รับจากกระบวนการแปรสภาพ

1) นำขยะเปียกมาทำให้เกิดประโยชน์ 2) กำจัดปัญหาขยะ ที่เพิ่มมากขึ้น 3) เพิ่มคุณค่าของขยะเปียก 4) ได้ตั้งคุณสมบัติของขยะเปียกมาใช้ให้เกิดประโยชน์ 5) เพิ่มมูลค่าให้กับขยะเปียกที่มีอยู่มาก

5.2.2 อภิปรายผลการวิจัยรายวัตถุประสงค์การวิจัยข้อที่ 2 เพื่อพัฒนาและออกแบบเครื่องแปรสภาพขยะเปียกเพื่อการผลิตดินเทียม สำหรับเกษตรกรอินทรีย์

ในส่วนของการออกแบบและพัฒนาเครื่องบดขยะเปียก เพื่อทำปุ๋ยชีวภาพและผลิตดินเทียม ที่สามารถบดขยะเปียกและนำมาใช้ประโยชน์ได้อย่างเหมาะสม ผลการวิจัยพบว่ามีความสอดคล้องกับแนวความคิดของ ชีรชัย สุขสด (2544 : 88) ในส่วนของการประเมินงานออกแบบดังนี้ 1) หน้าที่ประโยชน์ใช้สอย 2) ความสะดวกสบายในการใช้ 3) ความสวยงาม 4) ด้านความเหมาะสมกับวัสดุและกรรมวิธีผลิต

โดยผลจากการวิจัยซึ่งโดยสรุปการแก้ไขปัญหาการออกแบบ 3 วิธีการแก้ไขปัญหา ที่นำองค์ประกอบการสร้างสรรค์ทางการออกแบบที่ประกอบด้วย 1) ส่วนรองรับขยะเปียก 2) ส่วนคัดแยกขยะเปียก 3) ส่วนการบดย่อยขยะเปียกส่วนกาก 4) ส่วนการบดละเอียดเพื่อเตรียมการผสมดินเทียม 5) ส่วนการผสมองค์ประกอบเพื่ออัดเม็ดดินเทียม 6) ส่วนการอัดเม็ดดินเทียม ตามอัตราส่วนของสูตรในการผลิตดินเทียมจากขยะเปียกจำนวน 3 สูตร ประกอบด้วย 1) สูตรที่ 1 ได้แก่ เศษอาหาร 10% แกลบเผา 30% ซากถั่วเหลือง 30% มูลวัว 30% 2) สูตรที่ 2 ได้แก่ เศษอาหาร 10% แกลบเผา 30% กากอ้อย 30% มูลวัว 30% 3) สูตรที่ 3 ได้แก่ เศษอาหาร 20% แกลบเผา 20% แกลบดิบ 20% กากอ้อย 20% มูลวัว 20% ซึ่งการออกแบบรูปแบบเครื่องแปรสภาพขยะเปียกเป็นดินเทียมเพื่อการเกษตรอินทรีย์นั้นมีผลวิเคราะห์ว่า รูปแบบพัฒนาที่ 1 มีระดับความเหมาะสมมาก รูปแบบพัฒนาที่ 2 มีความเหมาะสมปานกลาง รูปแบบพัฒนาที่ 3 มีความเหมาะสมมาก โดยผู้วิจัยนำรูปแบบพัฒนาที่ 3 มาปรับปรุงและกำหนดเป็นต้นแบบผลิตภัณฑ์เครื่องแปรสภาพขยะเปียกเป็นดินเทียมต้นแบบ ซึ่งผลสรุปรูปแบบผลิตภัณฑ์เครื่องแปรสภาพขยะเปียกที่พัฒนาใหม่พบว่าสอดคล้องกับแนวคิดของ สิทธิศักดิ์ ธัญศรีสวัสดิ์กุล. (2539 : 135-140) ตามกรอบในการพัฒนา ดังนี้ 1) คำนึงถึงความเหมาะสมกับประโยชน์ใช้สอย 2) คำนึงถึงความเหมาะสมกับวัสดุและกรรมวิธีการผลิต 3) คำนึงถึงความสวยงาม

5.2.3 อภิปรายผลการวิจัยรายวัตถุประสงค์การวิจัยข้อที่ 3 เพื่อประเมินประสิทธิภาพเครื่องแปรสภาพขยะเปียกในการใช้งานด้านประโยชน์ใช้สอย, ความแข็งแรงทนทาน, การซ่อมแซมบำรุงรักษา, ราคา, วัสดุและกรรมวิธีการผลิต, ความมีเอกลักษณ์เฉพาะตัว

เพื่อประสิทธิภาพที่มีต่อผลิตภัณฑ์ที่มีต่อ การออกแบบเครื่องแปรสภาพขยะเปียกเพื่อผลิตดินเทียมสำหรับเกษตรกรอินทรีย์ในด้าน การลดปริมาณขยะมูลฝอย (Reduce) (กรมควบคุมมลพิษ. 2550) ในส่วนองค์ประกอบเพื่อประเมินประสิทธิภาพ ดังนี้ 1) การลดปริมาณขยะมูลฝอยที่อาจเกิดขึ้น 2) การแปรสภาพและหมุนเวียนนำกลับมาใช้ ที่มีความสอดคล้องกับผลการประเมินประสิทธิภาพเครื่องแปรสภาพขยะเปียกเป็นดินเทียมสำหรับเกษตรกรอินทรีย์ พบว่า อันดับที่ 1) ด้านอุปกรณ์ส่งกำลัง (ส่วนมอเตอร์และระบบส่งกำลังภายในเครื่องส่วนบดย่อย) มีความเหมาะสมระดับมาก อันดับที่ 2) ด้านประโยชน์ใช้สอยและการใช้งานบดย่อยเพื่อแปรสภาพขยะเปียกเป็นดินเทียมมีความเหมาะสมระดับมาก อันดับที่ 3) ด้านความแข็งแรงทนทานและวัสดุในการใช้งานมีความเหมาะสมระดับมาก จากผลการประเมินประสิทธิภาพ พบว่า จุดเด่นหลักของเครื่อง

แปรสภาพขยะเปียกเป็นดินเทียม สำหรับเกษตรกรอินทรีย์ คือส่วนของอุปกรณ์ส่งกำลังที่มีความเหมาะสมและสามารถสร้างแรงบิดสูงในการบดย่อยเศษขยะเปียกที่มีความแข็งหรือเหนียวได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งในส่วนของการประเมินประสิทธิภาพเครื่องแปรสภาพขยะเปียกเป็นดินเทียมนั้นถือว่าเครื่องมีความเหมาะสมและสอดคล้องกับกรอบแนวคิดที่นำมาประยุกต์ใช้งาน ตามแนวความคิดการสร้างมโนทัศน์ทางการออกแบบผลิตภัณฑ์ที่นำมาใช้เป็นกระบวนการดำเนินงานวิจัยและพัฒนา

5.2.4 อภิปรายผลการวิจัยรายวัตถุประสงค์การวิจัยข้อที่ 4 เพื่อประเมินประสิทธิภาพดินเทียมที่ผลิตจากเครื่องแปรสภาพขยะเปียก ด้านการเพาะปลูกพืชและค่า N P K ที่เหมาะสมกับการเพาะปลูก

การประเมินประสิทธิภาพเครื่องแปรสภาพขยะเปียก ด้าน ประโยชน์ใช้สอย , ความแข็งแรง , บำรุงรักษา , ราคา , วัสดุและกรรมวิธีการผลิต โดยเน้นสร้างผลการประเมินประสิทธิภาพเครื่องแปรสภาพขยะเปียก เป็นดินเทียมสำหรับเกษตรกรอินทรีย์ โดยกลุ่มผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญทางด้านการเกษตรกรรม และกลุ่มเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรในพื้นที่ จ.นครราชสีมา พบว่าเครื่องมีประสิทธิภาพ อันดับที่ 1)ด้านอุปกรณ์ส่งกำลัง (ส่วนมอเตอร์และระบบส่งกำลังภายในเครื่องส่วนบดย่อย) มีความเหมาะสมระดับมาก อันดับที่ 2) ด้านประโยชน์ใช้สอยและการใช้งานบดย่อยเพื่อแปรสภาพขยะเปียกเป็นดินเทียมมีความเหมาะสมระดับมาก อันดับที่ 3)ด้านความแข็งแรงทนทานและวัสดุในการใช้งานมีความเหมาะสมระดับมาก จากผลการประเมินประสิทธิภาพ พบว่า จุดเด่นหลักของเครื่องแปรสภาพขยะเปียกเป็นดินเทียม สำหรับเกษตรกรอินทรีย์ คือส่วนของอุปกรณ์ส่งกำลังที่มีความเหมาะสมและสามารถสร้างแรงบิดสูงในการบดย่อยเศษขยะเปียกที่มีความแข็งหรือเหนียวได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งส่งผลให้เครื่องแปรสภาพขยะเปียกมีประโยชน์ใช้สอยในการใช้งานในการบดย่อยเพื่อแปรสภาพขยะเปียกให้มีความละเอียดและเหมาะสมก่อนการผสมในขั้นตอนการอัดเม็ดดินเทียมขั้นสุดท้าย ที่สอดคล้องกับแนวความคิดของ Luddington (อ้างในนิรัช สุดสังข์. 2543:23) ที่เน้นกระบวนการ 1)สรุปรูปแบบพื้นผิวและการตกแต่ง 2)เลือกข้อเสนอแนวความคิดที่ดีที่สุด 3)การเขียนแบบเพื่อการผลิต 4)การสร้างหุ่นจำลอง 5)ประเมินการออกแบบ เพื่อเป็นการกำหนดแนวทางและทิศทาง ตลอดจนการประเมินผลประสิทธิภาพชิ้นงานผลิตภัณฑ์ในเชิงอุตสาหกรรม

5.2.5 อภิปรายผลการวิจัยรายวัตถุประสงค์การวิจัยข้อที่ 5 เพื่อประเมินระดับความพึงพอใจเครื่องแปรสภาพขยะเปียกเพื่อการผลิตดินเทียม สำหรับเกษตรกรอินทรีย์

ผลระดับความพึงพอใจของกลุ่มเกษตรกรที่เพาะปลูกพืชอินทรีย์ มีความพึงพอใจในระดับมาก ต่อเครื่องแปรสภาพขยะเปียกเป็นดินเทียมสำหรับเกษตรกรอินทรีย์นั้นในภาพรวมเครื่องที่พัฒนาใหม่มีความเหมาะสมในส่วนของระบบกลไกในการขับเคลื่อนและส่วนของสายพานลำเลียงเพื่อแยกส่วนกากและส่วนน้ำของขยะเปียกออกจากกัน ซึ่งผ่านการควบคุมด้วยแผงควบคุมเพียงปุ่มสัมผัสเดียว ทำให้ง่ายต่อการใช้งานและควบคุมอุปกรณ์ที่มีลักษณะกึ่งอัตโนมัติเพื่อแปรสภาพขยะเปียกในส่วนกระบวนการบดย่อย ซึ่งสอดคล้องกับแนวความคิดของ สถาพร ตีบุญมี ณ ชุมแพ (2550:35) ที่กล่าวว่า กระบวนการประยุกต์การวิจัยในการออกแบบผลิตภัณฑ์ โดยจะต้องอาศัยข้อคำนึงถึงในการพิจารณาเพื่อการประยุกต์ใช้ในการออกแบบ ดังนี้ หน้าที่การใช้สอย (Function) , ความปลอดภัย (Safety) , ความแข็งแรง (Construction) , ความสะดวกสบายการใช้งาน (Ergonomics) , ความสวยงามน่าใช้ (Aesthetics or Sales Appeal) , ราคา (Cost) , การซ่อมแซมง่าย (Ease of Maintenance) โดยการพัฒนาจะต้องมีความสมบูรณ์ของระบบดังนี้ 1)ระบบขับเคลื่อนและถ่ายทอดกำลัง 2)ระบบบังคับและควบคุมเครื่องยนต์ 3)ระบบรองรับ 4)ระบบเบรก 5)ระบบ

ไฟฟ้า 6)ระบบด้านความปลอดภัย 7)ระบบไอเสียและควบคุมมลพิษ 8)กระบวนการผลิตชิ้นส่วนเครื่องจักรกลในการแปรรูป 9)การบริหารและการจัดการในอุตสาหกรรมเทคโนโลยี 9)นวัตกรรมด้านเกษตรกรรม รวมถึงการใช้คอมพิวเตอร์เพื่อการออกแบบและการผลิตซึ่งมีบทบาทสำคัญในภาคการผลิตของอุตสาหกรรมด้านเกษตรกรรมสมัยใหม่ ทั้งนี้เพื่อรองรับการพัฒนาด้านเทคโนโลยีเกษตรกรรมในศตวรรษที่ 21 ที่มุ่งเน้นการพัฒนาด้านสมรรถนะ 3 ด้าน คือ ความปลอดภัย , การประหยัดเชื้อเพลิง และการลดมลพิษ โดยเมื่อนำหลักแนวคิดที่ได้มาประเมินผลการศึกษาและพัฒนาใหม่พบว่าผลลัพธ์ที่มีความสอดคล้องกันกับแนวคิด ดังผลการศึกษา ประสิทธิภาพเครื่องแปรรูปขยะเปียก ที่เน้นการประเมินรายด้าน ประโยชน์ใช้สอย , ความแข็งแรง , บำรุงรักษา , ราคา , วัสดุและกรรมวิธีการผลิต พบว่า สรุปผลการศึกษา นั้นพบว่า อันดับที่ 1)ด้านอุปกรณ์ส่งกำลัง (ส่วนมอเตอร์และระบบส่งกำลังภายในเครื่องส่วนย่อย) มีความเหมาะสมระดับมาก อันดับ ที่ 2)ด้านประโยชน์ใช้สอยและการใช้งานบดย่อยเพื่อแปรรูปขยะเปียกเป็นดินเทียมมีความเหมาะสมระดับมาก อันดับที่ 3)ด้านความแข็งแรงทนทานและวัสดุในการใช้งานมีความเหมาะสมระดับมาก

5.2.6 อภิปรายผลการทดสอบการเพาะปลูกพืชด้วยดินเทียมจากขยะเปียก

ผลของดินเทียมจากเศษอาหารต่อการเจริญเติบโตของดาวเรือง วางแผนทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design) ประกอบด้วยสิ่งทดลอง จำนวน 4 ทรีตเมนต์ โดยดินทางการค้ามีการเจริญเติบโตที่ดีกว่าดินเทียมจากขยะเปียกทั้ง 3 สูตร ระยะเวลาออกดอกเฉลี่ยของดาวเรืองออกดอกไวที่สุดคือ 40 วัน จำนวนดอกตูมเฉลี่ยต่อต้น 2.83 ดอก จำนวนดอกบานเฉลี่ยต่อต้น 2.08 ดอก ความสูงเฉลี่ยของต้นดาวเรืองที่มีความสูงเฉลี่ย 42.75 เซนติเมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของดอกดาวเรืองเฉลี่ย 6.15 เซนติเมตร ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับดินเทียมทั้ง 3 สูตร และดินเทียมจากเศษอาหารทั้ง 3 สูตร สามารถนำมาปลูกผักกาดหอมพันธุ์ กรีนโอ๊คให้เจริญเติบโตได้ แต่ในแต่ละสูตรมีการเจริญเติบโตที่ต่างกัน และมีการเจริญเติบโตที่ดีกว่าผักกาดหอมพันธุ์กรีนโอ๊คที่ปลูกในดินผสมทางการค้า โดยเฉพาะดินเทียมจากเศษอาหารสูตรที่ 1 ที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของผักกาดหอมพันธุ์กรีนโอ๊คน้อยกว่าดินผสมทางการค้าในทุกด้าน จึงต้องมีการพัฒนาหรือปรับปรุงดินเทียมจากเศษอาหารให้เทียบเท่าหรือสามารถทดแทนดินผสมทางการค้าได้ สอดคล้องกับแนวความคิดของ Siomos et al. (อ้างโดย คงเอก ศิริงามและคณะ, 2558 : 10) กล่าวว่า ผักกาดหอมพันธุ์บัตเตอร์เฮดที่ปลูกด้วยวิธีการปลูกพืชในสารละลายธาตุอาหารมีปริมาณคลอโรฟิลล์น้อยกว่า ผักกาดหอมพันธุ์บัตเตอร์เฮดที่ปลูกด้วยวิธีการปลูกพืชในดิน นอกจากนี้สารอินทรีย์ที่เป็นองค์ประกอบภายในดิน (organic matter) อาจมีบทบาทสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าการแลกเปลี่ยนประจุบวก (CEC) และค่าความเป็นกรด- เบส (pH) ทำให้ธาตุอาหารที่อยู่ในดินสามารถเคลื่อนย้ายเข้าสู่พืชได้ดีขึ้นโดยเฉพาะอย่างยิ่ง แมกนีเซียมและเหล็กซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญในการสังเคราะห์รงควัตถุที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงได้แก่คลอโรฟิลล์และแคโรทีนอยด์

5.3 ข้อเสนอแนะการวิจัย

สำหรับการวิจัย “เครื่องแปรรสภาพขยะเปียกเพื่อการผลิตดินเทียมสำหรับเกษตรอินทรีย์” นั้นจากการศึกษาและพัฒนาให้มันพบว่ามีความเหมาะสมและสามารถที่จะนำองค์ความรู้ที่ได้รับนั้นไปบูรณาการทางการออกแบบหรือบูรณาการทางการเรียนการสอน หรือการบูรณาการในการนำไปใช้งานในภาคเอกชน ได้อย่างหลากหลายและสามารถแสดงถึงแนวคิดในการเป็นอีกทางเลือกหนึ่งให้กับชุมชนหรือสังคมในการแสดงการร่วมเป็นส่วนหนึ่งการใช้แนวคิดรักโลก โดยผู้วิจัยสามารถสรุปเป็นข้อเสนอแนะให้เกิดการต่อยอดประเด็นที่สามารถสร้างมุมมองใหม่และสร้างกระบวนการวิจัยใหม่ ดังนี้

5.3.1 ประเด็นการวิจัยในเชิงเกษตรกรรม : ในส่วนของการต่อยอดในเชิงเกษตรกรรมจากเครื่องแปรรสภาพขยะเปียกเป็นดินเทียมนั้นพบว่ามีโอกาสและสร้างรายได้ให้กับเกษตรกรเพิ่มมากขึ้นอีกทั้งยังสามารถช่วยเกษตรกรในการลดต้นทุนการผลิตลงจากเดิม โดยสามารถสร้างมุมมองและการเพาะปลูกพืชแบบอินทรีย์เพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับสินค้าเกษตรกรรมที่ทำให้มูลค่าพืชผักที่เพาะปลูกจากแนวคิดนี้มีราคาที่สูงขึ้นแต่สามารถลดต้นทุนการผลิตลงจากเดิม ซึ่งในประเด็นนี้นั้นผู้วิจัยมีทัศนะว่า “หากมีการส่งเสริมอย่างจริงจังจากภาครัฐและยังมีการร่วมมือกับชุมชนที่เหมาะสมจะสามารถช่วยขับเคลื่อนการสร้างประโยชน์จากการใช้ขยะเปียกได้อย่างเหมาะสมและมีคุณค่ามากยิ่งขึ้นจากเดิม” จากผลการทดลองในกลุ่มเกษตรกรนั้นมีความความสนใจและมีส่วนร่วมในการผลิตเนื้อดินเทียมจากขยะเปียกและสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย โดยเฉพาะการนำดินเทียมจากขยะเปียกใช้สำหรับการปรับปรุงสภาพดินเพาะปลูกในพื้นที่เดิมที่ไม่มีคุณค่าทางอาหารในดินเดิมนั้นการนำดินเทียมจากขยะเปียกไปช่วยเพิ่มคุณค่าและสร้างเนื้อดินเดิมให้มีคุณค่าเพิ่มมากขึ้น

5.3.2 ประเด็นการวิจัยในเชิงสังคมสีเขียว : ในการวิจัยในครั้งนี้ได้รับความสนใจจากกลุ่มองค์กรที่เน้นการอนุรักษ์และช่วยส่งเสริมมุมมองการดำรงอยู่อย่างพอเพียงในรูปแบบของการอนุรักษ์ธรรมชาติ เช่น โครงการขยะทองคำ ของ สสส. ที่มีการร่วมมือกันในการพัฒนาเครื่องแปรรสภาพขยะเปียกให้สามารถใช้งานได้ดีขึ้นและสามารถใช้งานได้หลากหลายมากขึ้น โดยเน้นการตอบสนองกับชีวิตสังคมที่เร่งรีบในเมืองใหญ่ให้สามารถใช้ประโยชน์จากขยะเปียกได้มากยิ่งขึ้น ซึ่งทางโครงการวิจัย “ขยะทองคำ” ได้ประสานความร่วมมือระหว่างผู้วิจัยและกลุ่มนักวิจัยในโครงการขยะทองคำร่วมกันพัฒนาเครื่องจักรที่สามารถตอบสนองได้อย่างเหมาะสมกับสังคมเมืองใหญ่และร่วมกันพัฒนาในระยะที่ 2 อย่างต่อเนื่องเกิดการแลกเปลี่ยนองค์ความรู้ระหว่างกัน ซึ่งถือเป็นการกระจายองค์ความรู้ชุมชนและสังคมที่มีประสิทธิภาพอีกทางหนึ่ง

5.3.3 ประเด็นการวิจัยในเชิงสร้างสรรค์เศรษฐกิจ : สำหรับการสร้างสรรค์เศรษฐกิจนั้นในทัศนะของผู้วิจัยเห็นว่าเป็นการสร้างสรรคที่เน้นการสร้างสังคมสีเขียวที่เน้นการสร้างสรรคเศรษฐกิจที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมโดย ผลลัพธ์ที่ได้นั้นจะมีการตอบสนองในด้านเศรษฐกิจและการตอบสนองในด้านเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ซึ่งหากมีการเน้นกระบวนการพัฒนางานวิจัยและการสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์ไปในทิศทางนี้จะช่วยลดผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อโลกใบนี้ได้เป็นอย่างดีและมนุษย์ยังสามารถที่จะคงความสมบูรณ์ของแหล่งทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่บนโลกได้อย่างเหมาะสม และยังเป็นการพัฒนาอย่างยั่งยืนในการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรที่มีอยู่อย่างคุ้มค่าและเหมาะสมสำหรับมนุษย์มากยิ่งขึ้น โดยเน้นการพัฒนากระบวนการใช้ประโยชน์จากสิ่งที่มีอยู่หรือสิ่งที่สามารถทดแทนได้อย่างเหมาะสมให้สามารถนำสิ่งที่เหลือทิ้งเหล่านั้นสามารถนำกลับมาใช้งานได้อย่างต่อเนื่องไม่มีที่สิ้นสุดหรือสามารถคืนสิ่งที่มีคุณค่ากลับไปสู่ธรรมชาติอีกครั้งหนึ่งนั้น ถือเป็นสิ่งที่จะช่วยกันส่งเสริมให้โลกที่ดำรงอยู่ในปัจจุบันนี้มีความยั่งยืนและไม่ผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อมที่มีต่อมนุษย์ให้ลดน้อยลง ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการนำสิ่งที่ด้อยคุณค่ากลับมาประยุกต์หรือ

พัฒนาให้ดียิ่งขึ้นและก่อให้เกิดประโยชน์อย่างยั่งยืนมากยิ่งขึ้น โดยเน้นการสร้างกระบวนการพัฒนาอย่างยั่งยืนในบริบทของสังคมเกษตรกรรม

5.3.4 ประเด็นการวิจัยในเชิงการต่อยอดทางธุรกิจ : ในส่วนของการต่อยอดทางธุรกิจนั้นถือว่ามีโอกาสในการสร้างอนาคตให้กับกลุ่มผู้ประกอบการในการสร้างสรรค์รูปแบบผลิตภัณฑ์ในเชิงอุตสาหกรรมที่เน้นเป็นธุรกิจสีเขียวที่เน้นการสร้างผลิตภัณฑ์ที่ช่วยก่อให้เกิดผลตอบแทนทางธุรกิจที่มีโอกาสในการเจริญเติบโตสูงเนื่องจากไม่มีคู่แข่งทางธุรกิจ เนื่องจากการสร้างสรรค์ธุรกิจในการรักษาสິงแวดล้อมที่สร้างเครื่องปรับอากาศขยะเปียกให้สามารถที่จะนำไปใช้งานตามพื้นที่ต่างๆได้อย่างเหมาะสมและสร้างผลตอบแทนในแง่ของดินที่นิยมจากเศษอาหารเหลือทิ้งหรือแม้กระทั่งการได้ผลตอบแทนจากการลดค่าใช้จ่ายในการกำจัดขยะเปียกในแต่ละวันของสถานประกอบการเอกชน ซึ่งสิ่งเหล่านี้ถือเป็นสิ่งที่ภาคเอกชนขนาดใหญ่ให้ความสนใจและมีแนวความคิดในการต่อยอดการนำขยะเปียกมาใช้งานอย่างเหมาะสม ซึ่งปัจจุบันมีการต่อยอดทางธุรกิจจากโครงการวิจัยนี้ร่วมกับภาคเอกชนและบริการการสร้างความรู้เกี่ยวกับขยะเปียกเป็นดินที่นิยมให้กับองค์กรเอกชนอย่างสม่ำเสมอ

5.3.5 ประเด็นการวิจัยในเชิงการต่อยอดทางการเรียนรู้ : เป็นรูปแบบการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างองค์ความรู้หรือการเผยแพร่องค์ความรู้ที่ได้จากกระบวนการวิจัยในครั้งนี้ที่เน้นการบูรณาการเรียนรู้แห่งศตวรรษที่ 21 ให้กับกลุ่มเด็กนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 นั้นผลการเรียนรู้นั้นเด็กมีความสนใจและสามารถสร้างองค์ความรู้ที่มีการบูรณาได้อย่างเหมาะสมหลากหลายรายวิชา ทำให้เด็กนักเรียนสามารถเรียนรู้รายวิชาที่มีความเกี่ยวข้องได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ เช่น รายวิชาคณิตศาสตร์ ภาษาไทย เกษตร การงานพื้นฐาน อาชีพ ศิลปะ เป็นต้น อีกทั้งยังเป็นการปลูกฝังให้เด็กนั้นเรียนรู้กระบวนการปรับอากาศขยะเปียกเป็นดินที่นิยมเพื่อการเพิ่มมูลค่าและเป็นการเพิ่มคุณค่าให้กับขยะที่สามารถที่จะคืนกลับสู่สภาพแวดล้อมรอบข้างได้อย่างมีคุณค่า และยังทำให้เด็กมีมุมมองและทัศนคติที่ดีต่อการร่วมเป็นส่วนหนึ่งในการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม โดยเด็กสามารถประยุกต์และเรียนรู้จริงในรูปแบบของการเรียนรู้แบบ PBL หรือ การเรียนรู้แบบ BBL เป็นต้น