รายงานการวิจัย

การพัฒนาผลิตภัณฑ์จากกากขี้แป้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้นมาใช้ใหม่สู่ผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมเพื่อพัฒนาภาคอุตสาหกรรม

Development of Latex Waste Sludge of Rubber Latex Industry Environmentally Friendly Products for Industrial Development

กัตตินาฏ สกุลสวัสดิพันธ์ Kattinat Sagulsawasdipan
ฌานิกา แซ่แง่ ชูกลิ่น Chanika Saenge Chooklin
ระริน เครือวรพันธุ์ Rarin Khuawaraphan
อุไรวรรณ สุกยัง Uraiwan Sookyung
เตือนใจ ปิยัง Tuanjai Piyang

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

ได้รับการสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
งบประมาณกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม
ประจำปี พ.ศ. 2564

รายงานการวิจัย

การพัฒนาผลิตภัณฑ์จากกากขี้แป้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้นมาใช้ใหม่สู่ผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมเพื่อพัฒนาภาคอุตสาหกรรม

Development of Latex Waste Sludge of Rubber Latex Industry Environmentally Friendly Products for Industrial Development

กัตตินาฏ สกุลสวัสดิพันธ์	Kattinat Sagulsawasdipan
ณานิกา แซ่แง่ ชูกลิ่น	Chanika Saenge Chooklin
ระริน เครือวรพันธุ์	Rarin Khuawaraphan
อุไรวรรณ สุกยัง	Uraiwan Sookyung
เตือนใจ ปิยัง	Tuanjai Piyang

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

ได้รับการสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
งบประมาณกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม
ประจำปี พ.ศ. 2564

การพัฒนาผลิตภัณฑ์จากกากขี้แป้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้นมาใช้ใหม่สู่ผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมเพื่อพัฒนาภาคอุตสาหกรรม

กัตตินาฏ สกุลสวัสดิพันธ์[1] ฌานิกา แซ่แง่ ชูกลิ่น[1] ระริน เครือวรพันธุ์[2]
อุไรวรรณ สุกยัง[3] และเตือนใจ ปิยัง[4]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาพัฒนาผลิตภัณฑ์จากกากขี้แป้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้นมาใช้ใหม่สู่ผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณสมบัติของกากขี้แป้ง ศึกษาการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์จากกากขี้แป้ง และประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ผลิตภัณฑ์ที่มีต่อผลิตภัณฑ์ใหม่จากกากขี้แป้ง ผลการศึกษา พบว่าสมบัติของกากขี้แป้งมีปริมาณธาตุอาหารที่สำคัญต่อพืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการทำปุ๋ยหรือเป็นวัสดุปรับปรุงดินเพื่อช่วยปรับสภาพดิน เมื่อพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์จากกากขี้แป้ง ได้แก่ ปุ๋ยหมักกากขี้แป้งใช้ระยะเวลากระบวนการหมักสมบูรณ์เป็นระยะเวลา 50 วัน โดยชุดการทดลองที่ 2 อัตราส่วนผสม กากขี้แป้ง:ยูเรีย:มูลวัว:กากน้ำตาล : เชื้อจุลินทรีย์ เท่ากับ 2.0:0.5:0.5:0.5:1.0 มีความเหมาะสมมากที่สุดในการผลิตปุ๋ยหมักกากขี้แป้ง และมีปริมาณธาตุอาหารหลักมากที่สุด สำหรับการพัฒนาผลิตกระถางต้นไม้ใช้อัตราส่วนผสมปุ๋ยหมักกากขี้แป้ง : ดินปลูก : ดินร่วน เท่ากับ 25:60:15 ใช้กาวแป้งเปียกเป็นวัสดุประสานในการขึ้นรูป โดยชุดการทดลองที่ 4 โดยมีค่าการดูดซับน้ำ เท่ากับ 72.22±19.24 เปอร์เซ็นต์ ค่าการพองตัว เท่ากับ 65.26±6.96 เปอร์เซ็นต์ ค่าความพรุน เท่ากับ 25.67±1.15 เปอร์เซ็นต์ และการเปลี่ยนแปลงของการเสื่อมทางชีวภาพกระถางต้นไม้ มีความเหมาะสมมากที่สุด จากผลการประเมินคุณค่าสังคมเศรษฐกิจ และสิ่งแวดล้อม พบว่าผลิตภัณฑ์มีคุณค่ารวมในระดับมาก ($\bar{x}$=4.34) และพบว่าผู้ใช้มีความพึงพอใจระดับมาก ($\bar{x}$=4.22) ต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์ ซึ่งผลตอบแทนจากการลงทุน ROI ปุ๋ยหมักกากขี้แป้งเท่ากับ 9.25 และผลตอบแทนจากการลงทุน(ROI) กระถางต้นไม้เท่ากับ 65.84 อีกทั้งยังเป็นการช่วยลดปัญหามลพิษสิ่งแวดล้อม และลดค่าใช้จ่ายในการนำของเสียไปกำจัด รวมทั้งยังเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับของเสียอีกด้วย

คำสำคัญ: กากขี้แป้งยาง โรงงานผลิตน้ำยางข้น ผลิตภัณฑ์

[1]อาจารย์ สาขาวิทยาศาสตร์ทางทะเลและสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย อ.สิเกา จ.ตรัง
[2]อาจารย์ สาขาบริหารธุรกิจ วิทยาลัยการโรงแรมและการท่องเที่ยว มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย อ.สิเกา จ.ตรัง
[3]อาจารย์ สาขาเทคโนโลยียางและพอลิเมอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย อ.ทุ่งส่ง จ.นครศรีธรรมราช
[4]หัวหน้าหน่วยจัดการงานวิจัยเพื่อพัฒนาเชิงพื้นที่ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย อ.สิเกา จ.ตรัง

Development of Latex Waste Sludge of Rubber Latex Industry Environmentally Friendly Products for Industrial Development

Kattinat Sagulsawasdipan[1] Chanika Saenge Chooklin[1] Rarin Khuawaraphan[2] Uraiwan Sookyung[3] and Tuanjai Piyang[4]

Abstract

This research is a product development study of latex waste sludge of rubber latex industry environmentally friendly products. The objective was to study the properties of sludge, product design and development from sludge and assess the satisfaction of the users of the product towards new products from sludge. The results showed that the properties of starch sludge contained important nutrients for plants that could be used in fertilizer or as a soil amendment to help improve soil conditions. When developing into a product from sludge, By sludge compost takes a complete fermentation process of 50 days. The experimental set 2 the mixture ratio of sludge : urea : cow manure : molasses : microorganisms was equal to 2.0 : 0.5 : 0.5: 0.5 : 1.0 It is most suitable for producing sludge compost and has the highest amount of macronutrients For the development of plant pot production, the compost mixture ratio of starch sludge : planting soil : loam equal to 25 : 60 : 15 was used pastel glue was used as a binder for forming. In terms of the properties of plant pots, it was found that water absorbency, swelling, porosity, and change in deterioration of plant pots. The experimental set 4 with water absorbency of 72.22±19.24%, the swelling was of 65.26±6.96%, the porosity of 20.33 ± 7.51% and changes in biodegradation of potted plants is most suitable. From the results of the evaluation of social and economic values and environment It was found that the products had a high level of total value ($\bar{x}$=4.34) and that users had a high level of satisfaction ($\bar{x}$=4.22) on the product development. The return on investment ROI of sludge compost is 9.25 and the return on investment (ROI) of plant pots is 65.84. It also helps to reduce environmental pollution problems and reduce the cost of waste disposal It also adds value to the waste.

Keywords: Latex Waste Sludge, Rubber Latex Industry, Products

---

[1] Department of Marine and Environmental Sciences, Faculty of Science and Fisheries Technology, Rajamangala University of Technology Srivijaya, Sikao, Trang

[2] Department of Business Administration, College of Hospitality and Tourism, Rajamangala University of Technology Srivijaya, Sikao, Trang

[3] Department of Rubber and Polymer Technology, Faculty of Science and Technology, Rajamangala University of Technology Srivijaya, Thung song, Nakhon SI thammarat

[4] Area – Based Collaborative Research, Research and Development Institute, Rajamangala University of Technology

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย งบประมาณกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (ววน.) ประจำปี พ.ศ. 2564 เป็นงานวิจัยพื้นฐานเพื่อก่อให้เกิดองค์ความรู้ใหม่ในการประเมินความเป็นไปได้ที่จะพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีประโยชน์ ตลอดจนผลการวิจัยสามารถใช้เป็นแนวทางส่งเสริมให้มีประโยชน์กับโรงงานอุตสาหกรรมยางพารา และชุมชน

ขอขอบคุณบริษัท ยูนิแมครับเบอร์ จำกัด และบริษัท ศรีตรังแอโกรอินดัสทรี จำกัด (มหาชน) สาขาสิเกาที่ให้ความอนุเคราะห์กากขี้แป้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้นในการทำการศึกษาวิจัยและพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์

ขอขอบคุณมหาวิทยาเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัยที่ได้ให้การสนับสนุนในการทำวิจัยนี้ ขอขอบคุณผู้ที่เกี่ยวข้องทุกฝ่ายที่ได้ให้ความช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ ทั้งความสะดวกในการใช้อุปกรณ์และเครื่องมือวิเคราะห์ ตลอดจนสถานที่ในการวิเคราะห์ตัวอย่าง ขอขอบคุณผู้ร่วมวิจัย

ขอขอบคุณนักวิจัย ชุมชน และหน่วยงานสนับสนุนตลอดจนภาคีที่เกี่ยวข้องในพื้นที่ร่วมขับเคลื่อนแผนงานวิจัยให้สามารถสนับสนุนการพัฒนางานวิจัยได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมไปถึงผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านที่ให้ข้อมูลต่าง ๆ ที่อำนวยความสะดวกต่อการดำเนินโครงการวิจัยด้วยดีตลอดมา

กัตตินาฏ สกุลสวัสดิพันธ์ และคณะ

สิงหาคม 2565

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย) ..... ก
Abstract..... ข
กิตติกรรมประกาศ..... ค
สารบัญ..... ง
สารบัญตาราง..... จ
สารบัญภาพ..... ฉ
บทที่ 1 บทนำ..... 1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา..... 1
1.2 ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 2
1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย..... 26
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 26
1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ..... 27
บทที่ 2 วิธีการดำเนินการวิจัย..... 28
2.1 การดำเนินการวิจัย..... 28
2.2 การออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์กากขี้แป้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้นสู่ผลิตภัณฑ์ใหม่..... 29
2.3 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ..... 34
บทที่ 3 ผลการวิจัยและอภิปรายผล..... 35
3.1 องค์ประกอบของกากขี้แป้ง..... 35
3.2 การศึกษาคุณสมบัติของปุ๋ยหมักกากขี้แป้งระหว่างการหมัก..... 36
3.3 การพัฒนาการผลิตกระถางต้นไม้จากปุ๋ยหมักกากขี้แป้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้น.. 47
3.4 การประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์..... 57
3.5 การประเมินมูลค่าด้านสังคม เศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อม..... 60
บทที่ 4 สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ..... 65
บรรณานุกรม..... 68
ภาคผนวก..... 72

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
ตารางที่ 1	ลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของกากขี้แป้ง	7
ตารางที่ 2	อัตราการเกิดกากขี้แป้ง บริษัทอินเตอร์รับเบอร์ลาแท็กซ์ จำกัด	8
ตารางที่ 3	ค่ามาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง	21
ตารางที่ 4	อัตราส่วนการผสมการผลิตปุ๋ยหมักจากกากขี้แป้งโรงงานผลิตน้ำยางข้น	29
ตารางที่ 5	อัตราส่วนผสมการผลิตกระถางต้นไม้จากกากขี้แป้ง	31
ตารางที่ 6	ค่าวิเคราะห์ลักษณะเคมีของกากขี้แป้งจากอุตสาหกรรมผลิตยางข้น	35
ตารางที่ 7	ลักษณะทางกายภาพระหว่างการหมักปุ๋ยหมักกากขี้แป้งทั้ง 4 ชุดการทดลอง	37
ตารางที่ 8	ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิการผลิตปุ๋ยหมักจากกากขี้แป้งโรงงานผลิตน้ำยางข้น	38
ตารางที่ 9	ค่าความชื้นเฉลี่ยการผลิตปุ๋ยหมักจากกากขี้แป้งโรงงานผลิตน้ำยางข้น	40
ตารางที่ 10	ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เฉลี่ย การผลิตปุ๋ยหมักจากกากขี้แป้งโรงงานผลิตน้ำยางข้น	42
ตารางที่ 11	ค่าการนำไฟฟ้า (EC) เฉลี่ย การผลิตปุ๋ยหมักจากกากขี้แป้งโรงงานผลิตน้ำยางข้น	44
ตารางที่ 12	ค่าอินทรียวัตถุ (Organic Matter) เฉลี่ย การผลิตปุ๋ยหมักจากกากขี้แป้งโรงงานผลิตน้ำยางข้น	45
ตารางที่ 13	คุณสมบัติของธาตุอาหารหลักของปุ๋ยหมักกากขี้แป้งที่ผ่านกระบวนการหมักสมบูรณ์	47
ตารางที่ 14	คุณสมบัติปุ๋ยหมักกากขี้แป้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้นสำหรับการผลิตกระถางต้นไม้	48
ตารางที่ 15	คุณสมบัติของดินปลูกตราลำดวน และดินร่วน	49
ตารางที่ 16	อัตราส่วนผสมการผลิตกระถางต้นไม้ที่ใช้กาวแป้งเปียกเป็นวัสดุประสาน	50
ตารางที่ 17	ลักษณะทางกายภาพของกระถางต้นไม้จากปุ๋ยหมักกากขี้แป้ง	51
ตารางที่ 18	ค่าการดูดซับน้ำเฉลี่ยของกระถางต้นไม้	53
ตารางที่ 19	ค่าการพองตัวเฉลี่ยของกระถางต้นไม้	53
ตารางที่ 20	ค่าความพรุนเฉลี่ยของกระถางต้นไม้	54
ตารางที่ 21	การเสื่อมสภาพของกระถางต้นไม้ที่ใช้กาวแป้งเปียกเป็นวัสดุประสาน	56
ตารางที่ 22	การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ปุ๋ยหมักจากกากขี้แป้ง	58
ตารางที่ 23	การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนจากการผลิตกระถางต้นไม้จากปุ๋ยหมักกากขี้แป้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้น	59

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
ตารางที่ 24	ผลการวิเคราะห์ทางการเงิน การพัฒนาผลิตภัณฑ์จากกากขี้แป้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้นมาใช้ใหม่สู่ผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมเพื่อพัฒนาภาคอุตสาหกรรม.....	60
ตารางที่ 25	คุณค่าของผลิตภัณฑ์จากกากขี้แป้ง.....	61
ตารางที่ 26	ความพึงพอใจต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากกากขี้แป้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้นมาใช้ใหม่สู่ผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม.....	63

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
ภาพที่ 1	ลักษณะกากขี้แป้ง	2
ภาพที่ 2	กรรมวิธีการผลิตยางและจุดกำเนิดของเหลือทิ้งจากการผลิตนน้ำยางข้นและยางสกิม	4
ภาพที่ 3	ขั้นตอนการผลิตน้ำยางข้น	6
ภาพที่ 4	วงจรกระบวนการของผลิตภัณฑ์โดยทั่วไป	12
ภาพที่ 5	การแบ่งวงจรกระบวนการของผลิตภัณฑ์	12
ภาพที่ 6	สิ่งที่ควรพิจารณาในการออกแบบผลิตภัณฑ์	13
ภาพที่ 7	วิธีการดำเนินงานวิจัย	28
ภาพที่ 8	การเปลี่ยนแปลงค่าอุณหภูมิในระหว่างการผลิตปุ๋ยหมักกากขี้แป้ง 4 ชุดการทดลอง	39
ภาพที่ 9	การเปลี่ยนแปลงค่าความชื้นภายในระหว่างการหมักทั้ง 4 ชุดการทดลองเป็นระยะเวลา 50 วัน	41
ภาพที่ 10	การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ภายในระหว่างการหมักทั้ง 4 ชุดการทดลอง	43
ภาพที่ 11	การเปลี่ยนแปลงค่าการนำไฟฟ้าภายในระหว่างการหมักในบ่อซีเมนต์ 4 ชุดการทดลอง	44
ภาพที่ 12	การเปลี่ยนแปลงอินทรียวัตถุ (Organic Matter) ระหว่างการหมักในบ่อซีเมนต์ 4 ชุดการทดลอง	46

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ประเทศไทยผลิตและส่งออกยางพาราเป็นอันดับต้น ๆ ของโลก โดยส่วนใหญ่ส่งไปยังประเทศจีน และมาเลเซียในรูปยางแผ่นรมควัน ยางแท่งและน้ำยางข้น ซึ่งกากขี้แป้งเป็นของเสียที่เกิดจาก โรงงานผลิตน้ำยางข้น ซึ่งมีอยู่ประมาณ 77 โรงงานทั่วประเทศ โดยมีกากของเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิตเฉลี่ยประมาณ 77 ตันต่อวัน ซึ่งจัดว่ามีอยู่ในปริมาณมากพอสมควร ซึ่งมีลักษณะเป็นตะกอนสีขาวปนเหลืองอ่อนหรือสีน้ำตาลคล้ำ ส่วนใหญ่เกิดจากการเติมสารเคมี (ไดแอมโมเนียมไฮโดรเจนฟอสเฟต) ลงไปในน้ำยางสดในขั้นตอนการทำน้ำยางข้น ทำให้แมกนีเซียมไอออนที่อยู่ในน้ำยางเกิดตกตะกอนลงก้นถังหลังทิ้งไว้ข้ามคืน นอกจากนี้ยังมีสารพวกแป้ง ฝุ่นไขมัน โปรตีน สารประกอบไนโตรเจน และมีสิ่งเจือปนอื่น รวมทั้งอนุภาคยางที่จับตัวที่มีอยู่ในน้ำยาง สารเหล่านี้จะตกตะกอนแยกตัวออกมาอยู่ในส่วนของก้นถังพักน้ำยางก่อนการปั่น หรืออยู่ในหม้อเครื่องปั่นระหว่างการปั่นน้ำยางข้น ตะกอนแข็งที่ออกมาเรียกว่า “กากขี้แป้ง” ส่วนใหญ่จะกำจัดทิ้งไปโดยการนำไปถมที่ถมถนน หรือเผาทิ้งไป ซึ่งเป็นการจัดการของเสียที่ไม่เหมาะสมก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม และยังมีส่วนที่เหลือถูกกองทิ้งสะสมอยู่ในพื้นที่โรงงานก่อให้เกิดปัญหาด้านกลิ่นและเกิดน้ำชะล้างซึ่งมีสารเคมีรวมถึงแอมโมเนียปนเปื้อนซึ่งเป็นมลพิษทางสิ่งแวดล้อม

จากการศึกษาพบว่า กากขี้แป้งมีองค์ประกอบของธาตุอาหารที่สำคัญของพืช คือ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และ โพแทสเซียม การนำกากขี้แป้งจากอุตสาหกรรมน้ำยางข้นมาใช้ประโยชน์จึงเป็นไปได้ ดังนั้นจึงได้ทำการแปรสภาพกากขี้แป้ง ด้วยการนำกากขี้แป้งมาผสมกับขี้ไก่ ขี้เลื่อย และรำข้าว ร่วมกับการใช้จุลินทรีย์อีเอ็มขยายส่วน แล้วสามารถนำมาใช้ประโยชน์เป็นสารปรับปรุงดิน เป็นการเพิ่มมูลค่ากากขี้แป้ง และ ช่วยลดปัญหาขยะซึ่งก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมได้ (เสาวนีย์ และคณะ, 2553) นอกจากนี้พบว่ากากขี้แป้งยางสามารถนำไปใช้เป็นปุ๋ยในรูปแบบปุ๋ย น้ำและปุ๋ยเม็ดได้หรืออาจนำไปปรับปรุงต่อเพื่อผลิตเป็นวัสดุอื่นเพื่อใช้ประโยชน์ ได้อีกหลากหลายโดยได้มีการศึกษาเพื่อนำกากขี้แป้งยางไปพัฒนาเป็นส่วนผสมในงานเซรามิกส์โดยเฉพาะวัสดุทนไฟ อิฐครูซิเบิล และแผ่นบุผนังเตาเผาอุณหภูมิสูง (สุรพิชญ และ ฉวีวรณ, 2555) แต่อย่างไรก็ตามในปัจจุบันก็ยังมีกากขี้แป้งยางอีกปริมาณมากที่ยังไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ตามศักยภาพที่ควรจะเป็น

จากเหตุผลข้างต้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากกากขี้แป้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้นมาใช้ใหม่สู่ผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมเพื่อพัฒนาภาคอุตสาหกรรม ทั้งนี้ในการออกแบบพัฒนาผลิตภัณฑ์โดยการประเมินคุณค่าของผลิตภัณฑ์ ยึดหลักประเมินด้านหลักการออกแบบ และพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมโดยผนวกแนวคิดด้านเศรษฐศาสตร์และด้านสิ่งแวดล้อมเข้าไป ในขั้นตอนการออกแบบผลิตภัณฑ์พิจารณาตลอดวงจรของผลิตภัณฑ์ตั้งแต่วางแผนการผลิตการออกแบบการผลิต การนำไปใช้และการทำลายหลังการใช้งาน และลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมไปพร้อม ๆ กัน

1.2 ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปัจจุบันประเทศไทยมีโรงงานผลิตน้ำยางข้นอยู่ 77 โรงงาน และสามารถผลิตน้ำยางข้นได้กว่า 1,572,927 ตันต่อปี โดยคิดเป็นสัดส่วนสูงกว่าร้อยละ 64 ของปริมาณความต้องการในตลาดโลก ในกระบวนการผลิตน้ำยางข้นมีกากตะกอนของเสียหรือขี้แป้งปริมาณมากกว่า 24,000 ตันต่อปีและมีการสูญเสียเนื้อยางไปกับขี้แป้ง ซึ่งมีมูลค่ายางสูงถึง 600,000,000 บาทต่อปี (สุรพิชญ, 2558)

1.2.1 กากขี้แป้ง

กากขี้แป้ง เป็นของเหลือทิ้งประเภทของแข็ง มีลักษณะเป็นตม โดยเป็นของแข็งที่เป็นส่วนประกอบในน้ำยางสด แล้วจะถูกแยกออกจากการปั่นในการผลิตน้ำยางข้น มีลักษณะเป็นสีขาวหรือสีเหลืองอ่อน มีแมกนีเซียมและฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบที่สำคัญ

1) ลักษณะสมบัติของกากขี้แป้งยาง เป็นกากตะกอนเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตน้ำยางข้นกากของเสียในอุตสาหกรรมน้ำยางข้น คือ กากขี้แป้ง (sludge) เป็นของเสียเกิดจากกระบวนการตกตะกอนแมกนีเซียมในน้ำยางสดลักษณะเป็นตะกอนสีขาวปนเหลืองอ่อนหรือสีน้ำตาลคล้ำที่บ่อพักน้ำยางหรือตรงหม้อปั่นน้ำยาง มีสิ่งเจือปนของสารอินทรีย์และอนินทรีย์ ได้แก่ อนุภาคยางที่จับตัวสารพวกแป้งฝุ่นไขมัน โปรตีนสารประกอบไนโตรเจน และไอออนของโลหะ เป็นต้น สิ่งเจือปนที่มีอยู่ในน้ำยางจะตกตะกอนแยกตัวออกมาเป็นกากขี้แป้ง ซึ่งจะอยู่ในส่วนของกันถังพักน้ำยางก่อนการปั่นหรืออยู่ในหม้อเครื่องปั่นระหว่างกระบวนการปันน้ำยางข้น ลักษณะทางกายภาพของกากขี้แป้ง 3 ได้แก่ ผิวสัมผัส การจับตัว และความชื้นและของแข็ง พบว่า เมื่อเปียกมีลักษณะเป็นครีมสีเหลือง เมื่อแห้งจับกันเป็นก้อนแข็ง เมื่อนำมาบดจะเป็นผงสีขาว ดังภาพที่ 1

ภาพที่ 1 ลักษณะกากขี้แป้ง
ที่มา: สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (2558)

วราศรี (2543) ได้ทำการศึกษาคุณลักษณะของกากขี้แป้งและอัตราการเกิดกากขี้แป้งของโรงงานผลิตน้ำยางข้น พบว่า จากกระบวนการผลิตน้ำยางข้นกระบวนการที่สำคัญ คือ การปั่น (Centrifugation) ซึ่งจากกิจกรรมการปั่นนี้จะได้ของเหลือทิ้งออกมาในรูปของของแข็งเรียกว่า ตมหรือ กากขี้แป้ง โดยที่กากขี้แป้งเกิดจากของแข็งที่เป็นส่วนประกอบหนึ่งในน้ำยางสดและ

จะถูกแยกออกในขณะทำการปั่นน้ำยางสดรวมถึงจากการตกตะกอนในถังพักน้ำยางที่รวบรวมน้ำยางสดไว้ก่อนที่จะนำไปปั้นกากขี้แป้งมีลักษณะเป็นสีขาวหรือสีเหลืองอ่อนและยังพบว่าในการผลิตน้ำยางข้นจะทำให้เกิดกากขี้แป้งประมาณ 10.7 กิโลกรัมต่อต้นน้ำยางสด โดยในปัจจุบันโรงงานมักทำการกำจัดโดยการนำกากแป้งไปถมที่ ถนน ซึ่งเป็นการจัดการของเหลือทิ้งที่ไม่เหมาะสมและในการวิเคราะห์การหาธาตุอาหารต่าง ๆ ที่มีอยู่ในกากขี้แป้งจะพบว่าประกอบด้วย ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) และโพแทสเซียม (K) และ สังกะสี (Zn) สมบัติของกากแป้งที่เกิดขึ้นจากอุตสาหกรรมน้ำยางข้นเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับกากของเหลือทิ้งชนิดอื่น ๆ ได้แก่ กากตะกอนน้ำเสียจากโรงบำบัดน้ำเสียกรุงเทพมหานคร พบว่า มีค่าใกล้เคียงกันโดยที่กากตะกอนน้ำเสียของโรงบำบัดน้ำเสียมี N_2 P_2O_5 และ K_2O เท่ากับ 1,287 167 และ 690 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

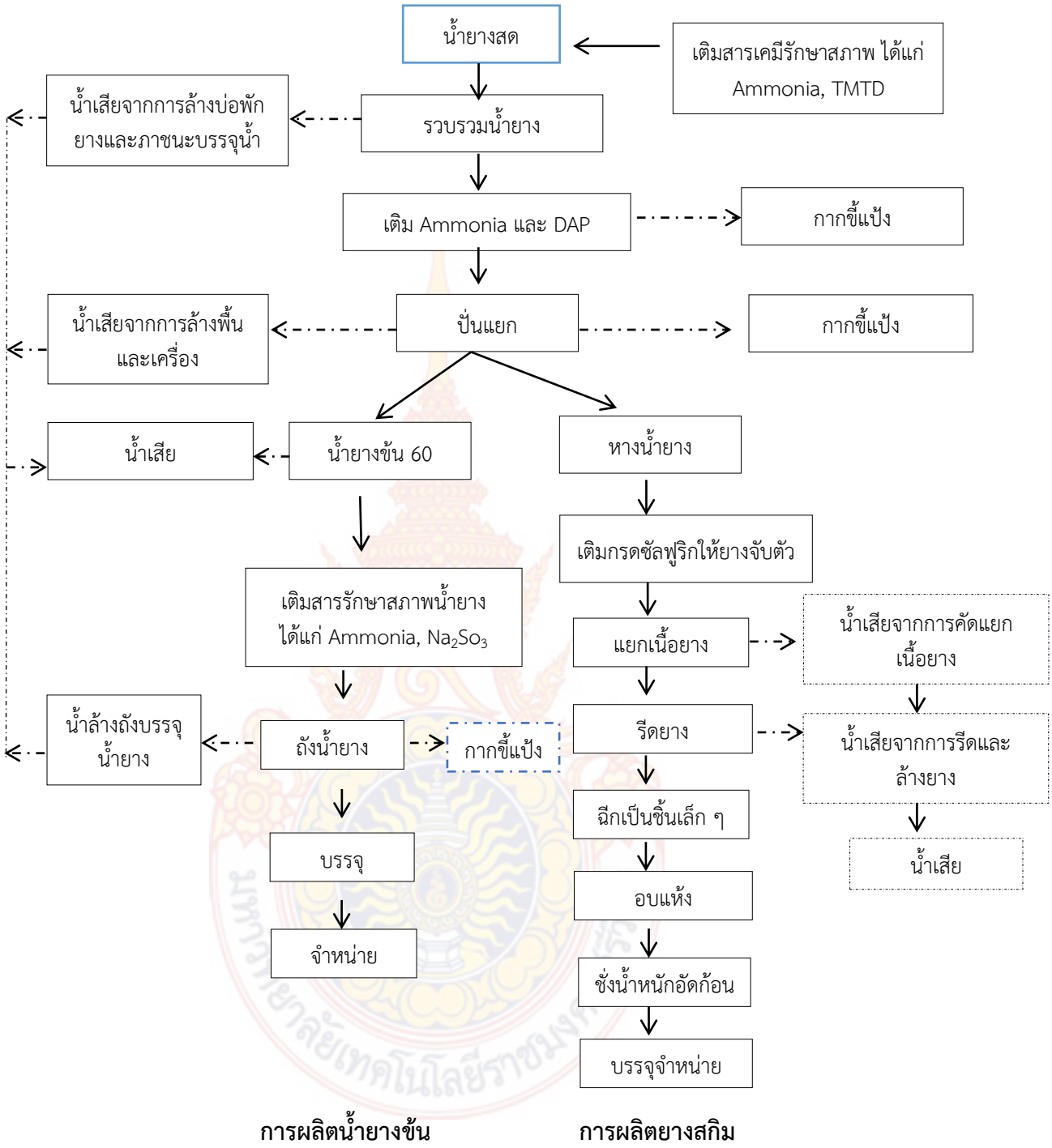
กากขี้แป้งเป็นของเหลือทิ้งที่เกิดจากกระบวนการผลิตน้ำยางข้นของอุตสาหกรรมการผลิตน้ำยางข้น ซึ่งการผลิตน้ำยางข้นจะช่วยให้เกิดการประหยัดในการขนย้ายซึ่งไม่ต้องทำการขนย้ายน้ำยางสดจากสวนไปสู่โรงงานที่ใช้น้ำยางเป็นวัตถุดิบในระยะทางไกลโดยผ่านกรรมวิธีแยกของเหลวออกบางส่วนจึงส่งผลทำให้ได้น้ำยางมีความเข้มข้นมากขึ้นร้อยละ 60 ของเนื้อยางแห้ง (กรมวิชาการเกษตร, 2547) ทำให้ผลผลิตน้ำยางเข้มข้นที่ได้มีคุณภาพสม่ำเสมอและดีกว่าน้ำยางสด

แหล่งกำเนิดของกากขี้แป้ง เกิดจากกระบวนการผลิตน้ำยางข้นวิธีผลิตที่สำคัญ คือ กระบวนการปั่น โดยมีการเติมสารเคมีในกระบวนการผลิตโดยเฉพาะสารเคมีที่เติมในน้ำยางสด ก่อนการปั่นแยก ได้แก่ แอมโมเนียในรูปสารละลาย Tatamethyl Trian Disulfide (TMTD), Zinc Oxide และ Dinnoun Phosphate (DA) เพื่อรักษาสภาพน้ำยางและเพื่อทำให้แมกนีเซียมตกตะกอนก่อนการปั่น แสดงดังสมการ (Guha, 1966)

$$Mg^{2+} + NH_3 + HPO^{2-}_4 \longrightarrow MgNH_4PO_4$$

1.2.2 กระบวนการผลิตน้ำยางข้น

1) น้ำยางสด (Latex) ที่ได้จากการกรีด (Tapping) ค้นยางออกมาใหม่ ๆ จะอยู่ในสภาพที่เรียก Colloids ซึ่งประกอบส่วนที่สำคัญ ดังนี้ ส่วนที่เป็นน้ำ (Watery) อีกทั้งส่วนนี้ทำหน้าที่เป็นตัวกลางของ (Colloids) มีอยู่ประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์ของน้ำยางบริสุทธิ์และ พบว่ามีความถ่วงจำเพาะ (กรมวิชาการเกษตร, 2547) ซึ่งกระบวนการผลิตน้ำยางข้น ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 กรรมวิธีการผลิตยางและจุดกำเนิดของเหลือทิ้งจากการผลิตนน้ำยางข้นและยางสกิม
ที่มา: วลัยพร (2547)

1.2.3 การผลิตน้ำยางข้น

1) การรักษาสภาพน้ำยางสดที่จะนำไปผลิตเป็นน้ำยางข้น น้ำยางสดที่ได้จากสวนยางถ้าไม่ใส่สารเคมีป้องกันน้ำยางจับตัว น้ำยาจะเสียสภาพ คือ เกิดการจับตัวตายในเวลาเพียงไม่กี่ชั่วโมงหลังจากการกรีดยาง ซึ่งการเสียสภาพดังกล่าวเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ เนื่องจากปฏิกิริยาของบัดเตรีกับสารอื่นๆ ที่ไม่ใช่น้ำยาง ดังนั้นการที่จะน้ำยางสดไปผลิตเป็นน้ำยางข้น จึงจำเป็นต้องมีการรักษาสภาพน้ำยางให้คงสถานะเป็นน้ำยางซึ่งสารเคมีที่ใช้โดยทั่วไป ได้แก่ แอมโมเนียหรือแอมโมเนียรวมกับสารช่วยบางชนิด

แอมโมเนียเป็นตัวการสำคัญที่กีดขวางมการเจริญของบักเตรีที่ปะปนในน้ำยางปกติ สภาพน้ำยางจะพิจารณาได้จากการเพิ่มขึ้นจำนวนกรดไขมันระเหย ซึ่งจะเป็นค่าบ่งชี้สถานการณ์เติบโตของบักเตรีในน้ำยาง การเพิ่มขึ้นของนักเตรีในน้ำยางขึ้นอยู่กับปัจจัยสำคัญ คือ ปริมาณแอมโมเนียที่ใช้ช่วงระยะเวลาและการสุขาภิบาลน้ำยางสดตั้งแต่เริ่มไหลออกจากต้นปริมาณแอมโมเนีย 0.30 – 0.70 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักน้ำยาง

2) ขั้นตอนการผลิต การทำน้ำยางข้น คือ จากการนำน้ำยางสดจากส่วนที่เป็นยาง (Dry Rubber Content) เฉลี่ยประมาณร้อยละ 35 สารละลายที่ไม่ใช่ยาง (Non-rubber-solid) ร้อยละ 5 และน้ำ (Watery) มาผ่านกระบวนการแปรรูปให้อยู่ในรูปของน้ำยางข้นที่มีเนื้อยางแห้งอย่างน้อยร้อยละ 60 น้ำยางที่ได้นี้จึงเรียกกันว่า “น้ำยางข้น” (Concentrated Latex) ซึ่งวิธีทำน้ำยางสดให้เป็นน้ำยางข้นอย่างง่าย ๆ มี 3 วิธี คือ

(ก) วิธีการระเหยน้ำ โดยการให้ความร้อนเพื่อให้ส่วนที่เป็นน้ำระเหยออกไป เรียกว่า Evaporation Method น้ำยางข้นที่ได้ เรียกว่า Evaporation Latex

(ข) วิธีทำให้เกิดครีม โดยการเสริมสารบางอย่าง (Creaming Agent) ลงไปเพื่อทำให้ อนุภาคยางโตขึ้นและหยุดการเคลื่อนที่เรียกว่า Creaming Method และน้ำยางที่ได้ เรียกว่า Creamed Latex

(ค) วิธีใช้เครื่องปั่นหนีศูนย์กลาง โดยการแยกเอาส่วนที่ไม่ใช่ยาง ซึ่งมีทั้งส่วนที่เป็นน้ำและส่วนที่เป็นของแข็ง (Non-rubber-solid) ออกจากส่วนที่เป็นยางโดยใช้แรงเหวี่ยง (Centrifuging Force) น้ำยางที่ได้เรียกว่า Centrifuged Latex วิธีนี้นิยมกันมากเพราะทำได้เร็วและน้ำยางข้นที่ได้มีความบริสุทธิ์สูงขึ้นด้วยปัจจุบันโรงงานในประเทศไทยทั้งหมดผลิตน้ำยางข้นด้วยวิธีใช้เครื่องปั่นหนีศูนย์กลาง ซึ่งมีขั้นตอนการผลิตดังนี้

(1) การรับน้ำยางสด น้ำยางสดจะถูกรักษาสภาพไม่ให้จับตัวด้วยแอมโมเนียและสารเคมีอื่น และถูกถ่ายผ่านตะแกรงกรองลงสู่รางรับน้ำยางสด และน้ำยางสดจะไหลจากรางรับน้ำยางสดลงสู่บ่อรับน้ำยางสด

(2) การเตรียมน้ำยางสด มีการปรับสภาพน้ำยางสดให้เหมาะสมต่อกระบวนการปั่นแยกด้วยการเติมแอมโมเนียเพื่อให้น้ำยางมีปริมาณแอมโมเนียเกินกว่าร้อยละ 0.4 โดยมีน้ำหนัก และเติม Diammonium Hydrogen Phophate (DAP) เพื่อให้แมกนีเซียมตกตะกอนเป็นขี้แป้งและทิ้งไว้ 1 คืน ก่อนจะนำน้ำยางเข้าเครื่องปั่น

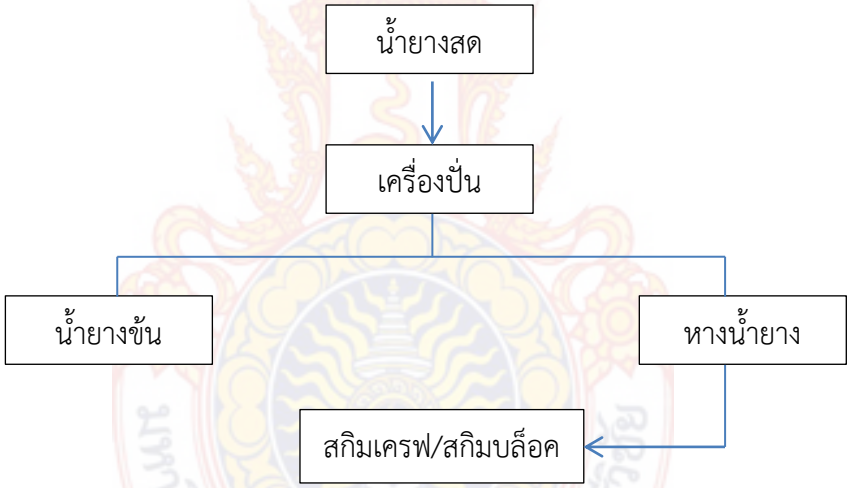
(3) การปั่น การปั่นแยกน้ำยางสดจะได้น้ำยาง 2 ส่วน คือ หางน้ำยาง และน้ำยางข้นในการปั่นแยกจะมีการล้างเครื่องทุก ๆ 2 หรือ 3 ชั่วโมง เนื่องจากการอุดตันของยาง และกากขี้แป้ง บริเวณหัวโบว์ของเครื่องจักร

(4) การไล่แอมโมเนียในหางน้ำยาง หางน้ำยางที่ได้จากการปั่นจะถูกนำไปไล่ แอมโมเนียออก เพื่อลดปริมาณการใช้กรดซัลฟูริกในการตกตะกอนเพื่อผลิตยางสกิม โดยการใช้ถาดไล่ แอมโมเนียหรือเครื่องกวน

การผลิตยางสกิมเครพ โดยการนำก้อนยางสกิมผ่านเครื่องตัดให้เป็นก้อน และล้างน้ำเพื่อชำระกรดออกจากนั้นรีดยางให้เป็นแผ่นและนำไปอบในเตาก่อนบรรจุหีบห่อ

การผลิตยางสกิมบล็อก โดยการนำก้อนยางสกิมผ่านเครื่องตัดให้เป็นก้อน และล้างน้ำเพื่อชำระกรดออกจากก้อนยาง จากนั้นรีดยางให้เป็นแผ่นและนำไปตัดด้วยเครื่องตัดย่อย แล้วนำไปอบในเตาอบก่อนนำมาอัดแท่งและบรรจุหีบห่อ

ทั้งนี้น้ำยางข้นที่ได้หลังจากผ่านขั้นตอนการปั่นแล้ว จะต้องใช้เวลาบ่ม ประมาณ 22 วัน ก่อนนำไปจำหน่ายให้ลูกค้า



ภาพที่ 3 ขั้นตอนการผลิตน้ำยางข้น
ที่มา: สถาบันวิจัยยาง (2554)

1.2.4 การเก็บน้ำยางข้น

การเก็บน้ำยางข้นไว้ในโรงงานเพื่อรอการถ่าย และการขนส่งต่อไปหรือรอการทำผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ อาจบรรจุในถังขนาดใหญ่ 9,000-14,000 ลิตร หรือถังขนาด 200 ลิตร น้ำยางข้นที่เก็บไว้โดยไม่ถูกกวนจะมีปัญหาเกิดครีมขึ้นบนหน้า เนื่องจากอนุภาคยางลอยขึ้นอยู่ผิวหน้าทำให้น้ำยางส่วนนั้นข้นมากขึ้นจึงจำเป็นต้องติดตั้งอุปกรณ์ สำหรับกวนน้ำยางภายในยังซึ่งประกอบด้วยใบพัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1/2-3/4 ของเส้นผ่าศูนย์กลางถึงการกวนจะใช้ความเร็วต่ำ ๆ เช่น 15-30 รอบต่อนาที ระยะเวลาและความถี่ของการกวนเพื่อให้น้ำยางคงเป็นเนื้อเดียวกันตลอดขึ้นกับอุณหภูมิการเก็บน้ำยางถ้าอุณหภูมิสูงน้ำยางจะเกิดตรีมได้เร็วขึ้น

1.2.5 การเกิดของเสียจากกระบวนการผลิตน้ำยางข้น

จากกระบวนการผลิตน้ำยางข้น นอกเหนือจากปริมาณผลผลิตยางพาราซึ่งเป็นผลผลิตหลักจากการผลิตแล้ว ยังมีน้ำเสียและของเสียต่าง ๆ ที่อยู่ในรูปของของแข็งเกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตด้วย อาจกล่าวได้ว่าในกระบวนการผลิตน้ำยางข้นจะเกิดของเสียซึ่งสามารถจำแนกได้เป็น 4 ประเภท คือ

1) น้ำเสีย น้ำเสียจากกระบวนการผลิตน้ำยางข้นมีปริมาณของออกซิเจนละลายที่ถูกใช้ในเวลา 5 วัน (BOD_5) เฉลี่ย 2,390 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณของแข็งแขวนลอย (SS) เฉลี่ย 2,414 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีความเป็นกรด-ด่าง (pH) เฉลี่ย 8.88 ขณะที่น้ำเสียจากการผลิตยางสกิมเครพมีปริมาณของออกซิเจนละลายที่ถูกใช้ในเวลา 5 วัน (BOD5) เฉลี่ย 10,489 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณของแข็งแขวนลอย (SS) เฉลี่ย 728 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีความเป็นกรด-ด่าง (pH) เฉลี่ย 4. 47 (วันชัย, 2540)

2) ของเสียของแข็งที่เป็นเนื้อยางตกค้างสะสมในบ่อดักยาง (Rubber Trap) และในบ่อบำบัดน้ำเสียซึ่งมักเป็นเนื้อยางที่รวมตัวกันมีความบริสุทธิ์เนื่องจากมีการปนเปื้อนของสิ่งสกปรกในน้ำเสียในปริมาณสูง

3) ของเสียของแข็งในรูปเนื้อยางที่ตกค้างในทางระบายน้ำและภาชนะที่ใช้บรรจุยางต่าง ๆ ที่มีการกำจัดออกมา

4) ของเสียของแข็งที่เรียกว่า “กากแป้ง” ได้จากการตกตะกอนจากถังพักน้ำยางและจากการปั่นน้ำยางประกอบด้วยสิ่งเจือจางปนต่าง ๆ ส่วนใหญ่เป็นพวกฝุ่นทรายเปลือกไม้และแมกนีเซียมแอมโมเนียม ฟอสเฟต ลักษณะและคุณสมบัติของกากตะกอนเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตน้ำยางข้น กากของเสียในอุตสาหกรรมน้ำยางข้น คือ กากขี้แป้ง เป็นของเสียเกิดจากกระบวนการตกตะกอนแมกนีเซียมใน น้ำยางสด และมีปริมาณมาก ส่วนใหญ่โรงงานมักกำจัดโดยการนำไปเผาทิ้ง หรือนำไปถมที่ มีลักษณะ ทางกายภาพ และทางเคมี แสดงดังตารางที่ 1 จากค่าลักษณะสมบัติของกากขี้แป้ง พบว่ามีปริมาณ ธาตุอาหารที่สำคัญต่อพืช สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการทำปุ๋ยหรือเป็นวัสดุปรับปรุงดิน เพื่อช่วยปรับสภาพความเป็นกรด-ด่างได้

ตารางที่ 1 ลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของกากขี้แป้ง

ลักษณะสมบัติ	ที่มาของกากขี้แป้ง	
	ถังพักน้ำยาง	เครื่องปั่นยาง
ความชื้น (เปอร์เซ็นต์)	36.72	58.40
ของแข็งระเหยได้ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	51.11	57.09
ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร)	1.91	2.30
ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัมต่อลิตร)	19.50	21.69
โปแตสเซียม (มิลลิกรัมต่อลิตร)	1.79	2.11
แมกนีเซียม (มิลลิกรัมต่อลิตร)	6.69	6.18
สังกะสี (มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.71	0.81

ที่มา: วราศรี (2543)

องค์ประกอบของกากขี้แป้ง การวิเคราะห์ลักษณะทางเคมีเพื่อให้ทราบว่าที่จะนำมาใช้เป็นวัสดุตั้งต้นสำหรับทำปุ๋ยทำให้ทราบค่าความชื้น ค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าธาตุ อาหารหลักในโตรเจน ฟอสฟอรัส โปแตสเซียม และธาตุโลหะหนัก ได้แก่ โครเมียม ตะกั่ว สารหนู และทองแดง เป็นต้น ทั้งนี้ ถ้ามีธาตุโลหะหนักในปริมาณมากจะเป็นสารพิษซึ่งมีผลต่อพืชหากมีการนำไปใช้

1.2.6 อัตราการเกิดกากขี้แป้ง

โรงงานน้ำยางข้นมีกากขี้แป้งเกิดขึ้นระหว่าง 0.7-500 ตันต่อเดือน หรือคิดเป็นอัตราการเกิดกากขี้แป้งต่อน้ำยางข้นที่ผลิตได้ในสัดส่วนระหว่าง 0.6-50 กิโลกรัมกากขี้แป้งต่อตันน้ำยางข้น (สมทิพย์, 2546) กากขี้แป้งที่เกิดขึ้นเป็นของเสียที่มีความชื้นสูงในทางปฏิบัติทางโรงงานจะนำไปทิ้งหรือบางแห่งจะนำไปถมที่หรือฝังกลบ ในปัจจุบันได้มีบางโรงงานนำไปเป็นปุ๋ยใส่สวนปาล์มน้ำมัน วันชัย (2540) ได้ทำการศึกษา พบว่าการผลิตน้ำยางข้นจะเกิดของเสียชนิดนี้ขึ้นประมาณ 1 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักของเนื้อยางที่นำมาใช้ในการผลิตน้ำยางข้นและเนื่องจากแต่ละโรงงานจะมีการนำน้ำยางสดเพื่อผลิตน้ำยางข้นโดยอยู่ในช่วงระหว่าง 39.91 - 157. 56 ตันต่อวันฉะนั้นทำให้สามารถคำนวณได้ว่าจะมีของเสียในรูปกากขี้แป้งขึ้นในแต่ละ โรงงานผลิตน้ำยางข้นระหว่าง 0.39-1.58 ตันต่อวัน การศึกษาอัตราการเกิดกากขี้แป้ง บริษัทอินเตอร์รับเบอร์ลาแท็กซ์ จำกัด ในการศึกษาการใช้ประโยชน์กากขี้แป้งจากโรงงานผลิตน้ำยางในรูปสารบำรุงดินในครั้งนี้ได้นำกากแป้งมาจาก บริษัท อินเตอร์รันเบอร์ลาเท็กซ์ จำกัด ซึ่งเป็นโรงงานผลิตน้ำยางข้น ที่มีกำลังผลิตน้ำยางข้น 80 ตันต่อวัน ตั้งอยู่ที่อำเภอเมืองจังหวัดสุราษฎร์ธานี ซึ่งพบวนการเกิดกากขี้แป้ง ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 อัตราการเกิดกากขี้แป้ง บริษัทอินเตอร์รับเบอร์ลาแท็กซ์ จำกัด

ปริมาณกากขี้แป้งที่เกิดขึ้น (กิโลกรัมต่อวัน)	ปริมาณกากขี้แป้งที่เกิดขึ้น (ตันต่อเดือน)	กากขี้แป้งต่อน้ำยางจ้นที่ผลิตได้ (กิโลกรัมต่อตัน)
1,668	50.04	3.34

ที่มา: ปนัดดา (2545)

1.2.7 แนวทางการใช้ประโยชน์กากขี้แป้ง

กากขี้แป้งที่เกิดขึ้นเป็นของเสียที่มีความชื้นสูง ในทางปฏิบัติทางโรงงานจะนำไปทิ้งไปหรือบางแหล่งจะนำไปถมที่หรือฝังกลบ ในปัจจุบันได้มีบางโรงงานนำไปเป็นปุ๋ยใส่สวนปาล์มน้ำมัน แม้ว่ากากขี้แป้งจะมีองค์ประกอบเป็นธาตุอาหารที่พืชสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้

1) การใช้ประโยชน์ของกากขี้แป้งเพื่อเป็นปุ๋ยให้กับพืช พบว่า มีการศึกษาน้อยมาก วราศรี (2543) ได้ศึกษาถึงการใช้ประโยชน์ของกากแป้ง โดยทดสอบกับการปลูกหญ้าสนาม พบว่าสามารถใช้แทนปุ๋ยเคมีได้เป็นอย่างดี แต่ในกากขี้แป้งมีธาตุสังกะสีปนเปื้อนอยู่และมีเนื้อยางปนเปื้อนอยู่เป็นจำนวนมากการนำไปใช้ประโยชน์โดยการนำไปผสมในดินเพื่อให้เป็นธาตุอาหารแก่พืชนั้นเนื้อยางในกากขี้แป้งอาจทำให้คุณสมบัติของดินเปลี่ยนแปลงได้ในระยะยาวหากมีการใช้กากขี้แป้งจำนวนมากเพราะเนื้อยางย่อยสลายได้ค่อนข้างยากและอาจเกิดการอุดตันบนผิวดินหรือระหว่างดินทำให้การดูดซับน้ำของดินลดน้อยลงได้

2) อิฐประสานจากกากขี้แป้งสามารถนำกากขี้แป้งยางมาผลิตเป็นอิฐก่อสร้างบ้านดินเพื่อประหยัดค่าก่อสร้างสำหรับเกษตรกรชาวสวนยางที่เป็นกลุ่มชาวบ้านซึ่งประกอบอาชีพเสริมในการจัดที่พักให้ นักท่องเที่ยวแบบโฮมสเตย์และสวนผลไม้ การผลิตมีวิธีการทำดังนี้ ใช้กากขี้แป้ง 4 ส่วนผสมกับปูนซีเมนต์ 1 ส่วนเคล้าให้ทั่วแล้วเติมน้ำ 2 ส่วนผสมเป็นเนื้อเดียวกัน เทกากขี้แป้งที่ผสมปูนซีเมนต์และน้ำแล้วลงแม่พิมพ์เพื่อขึ้นรูปเป็นก้อนแล้วอัดให้แน่นด้วยเครื่องทำอิฐประสาน (ครั้งละ 2 ก้อน) นำกากขี้แป้งที่อัดเป็นก้อนแล้วออกจากแม่พิมพ์นำไปฝั่งในที่อากาศถ่ายเทสะดวกเพื่อให้แข็งตัวใช้ระยะเวลาการบ่มตามมาตรฐานการทำอิฐประสานเป็นเวลา 28 วัน อิฐประสานจากกากขี้แป้งที่ผลิตได้นี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในลักษณะต่าง ๆ ในงานก่อสร้างทั่วไปทำเป็นเก้าอี้สนาม โดยจัดวางประกอบกันกับแผ่นปูพื้นสี่เหลี่ยมที่มีลวดลายจากแบบธรรมชาติเช่นลายใบไม้และผลิตภัณฑ์อื่น ๆ

3) กระถางต้นไม้จากกากขี้แป้งในการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากกากขี้แป้ง มีกระบวนการขึ้นรูปกระถางโดยใช้แม่พิมพ์กระถาง เริ่มจากการผสมกากขี้แป้งประมาณ 2-4 ส่วนต่อปูนซีเมนต์ 1 ส่วนและน้ำประมาณ 1-2 ส่วนโดยปริมาตรใช้แม่พิมพ์หล่อกระถางปลูกต้นไม้ตามแบบที่ต้องการ

4) ของใช้ของตกแต่งจากกากขี้แป้งใช้ส่วนผสมเหมือนกับการทำอิฐประสาน โดยหล่อเป็นอ่างน้ำอ่างบัวเพื่อการตกแต่งสถานที่ต่าง ๆ ในบริเวณที่พักของนักท่องเที่ยวในโฮมสเตย์แผ่นสำเร็จสำหรับตกแต่งสวนจากกากแป้ง ขั้นตอนการทำเริ่มจากการผสมกากขี้แป้งกับปูนซีเมนต์เตรียมหล่อด้วย ส่วนผสมเช่นเดียวกับการผลิตข้างต้นใช้แม่พิมพ์สี่เหลี่ยมขนาดตามต้องการ หลังจากเทวัตถุดิบแล้ววางใบไม้หรือสิ่งของรูปร่างตามความต้องการเพื่อเพิ่มลวดลายฝั่งลมทิ้งไว้เมื่อแข็งตัวดีแล้วถอดแม่พิมพ์ออกจะได้แผ่นสำเร็จเพื่อตกแต่งและใช้ประโยชน์อื่นตามความต้องการเป็นผลิตภัณฑ์อีกประเภทหนึ่งที่น่าสนใจและชาวบ้านได้ลองทำเพื่อใช้ตกแต่งบริเวณส่วนต่าง ๆ ในการจัดสวน เช่น ปูทางเดิน

1.2.8 การออกแบบผลิตภัณฑ์จากวัสดุเหลือใช้

1) การรีไซเคิลการแปรรูปวัสดุเหลือใช้กลับมาใช้ใหม่ หรือกระบวนการที่เรียกว่า “รีไซเคิล” คือการนำเอาของเสียที่ผ่านการใช้แล้วกลับมาใช้ใหม่ โดยอาจจะเหมือนเดิมหรือไม่เหมือนเดิมของใช้แล้วจากภาคอุตสาหกรรมที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่“การรีไซเคิล” เป็นหนึ่งในวิธีการลดขยะ ลดมลพิษ ให้กับสภาพแวดล้อม ลดการใช้พลังงาน และลดการใช้ทรัพยากรของโลกไม่ให้ถูกนำมาใช้อย่างสิ้นเปลืองมากเกินไปการแปรรูปของใช้แล้วกลับมาใช้ใหม่มีอยู่ 4 ขั้นตอน ดังนี้

(ก) การเก็บรวบรวม

(ข) การแยกประเภทในแต่ละชนิดออกจากกัน

(ค) การผลิตหรือการปรับปรุง

(ง) การนำมาใช้ประโยชน์ในขั้นตอนการผลิตหรือปรับปรุงนั้น วัสดุต่างชนิดกันย่อมมีกรรมวิธีที่แตกต่างกันออกไป

2) การออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ คือ การสร้างผลิตภัณฑ์ใหม่ที่มีความสวยงามแตกต่างไปจากผลิตภัณฑ์ที่มีรูปแบบเดิม ๆ โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อนำไปใช้เป็นสินค้าเพื่อจำหน่ายที่มีความสวยงามน่าสนใจมากยิ่งขึ้น งานออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ จึงเป็นการสร้างสรรค์ที่เกิดจากความคิดจินตนาการ โดยที่มาของจินตนาการนั้น นักออกแบบ อาจได้รับแรงบันดาลใจในการ

สร้างสรรค์ผลงานจากสิ่งที่อยู่รอบ ๆ ตัว และอยู่ในขอบเขตของกรอบความงามตามทฤษฎีที่กำหนด ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับจุดมุ่งหมายในการออกแบบสร้างสรรค์งานแต่ละชนิด

3) ผลิตภัณฑ์จากวัสดุเหลือใช้ผลิตภัณฑ์จากวัสดุเหลือใช้ คือ ผลิตภัณฑ์ที่สร้างสรรค์จากวัสดุเหลือใช้ หรือวัสดุที่ไม่ใช้ประโยชน์แล้ว แต่สามารถนำส่วนใดส่วนหนึ่งของวัสดุมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีประโยชน์ใช้สอยใหม่

4) การออกแบบที่ดีการออกแบบที่ดีนั้น ต้องมีหลักเกณฑ์ในการยึดถือปฏิบัติที่ถูกต้อง ซึ่งเป็นสิ่งจำเป็น สำหรับนักออกแบบได้แก่

(ก) หน้าที่ของการนำไปใช้ (Function) เป็นสิ่งแรกที่นักออกแบบควรคำนึงถึงเป็นอย่างยิ่ง เพราะของแต่ละอย่างนั้นมีหน้าที่การใช้สอยแตกต่างกัน การออกแบบจะต้องให้เหมาะสมและถูกต้องมากที่สุด

(ข) การประหยัด (Economy) การประหยัดในที่นี้หมายถึงการประหยัดวัสดุ รวมถึงเงินทองที่จะนำมาลงทุนด้วย สิ่งต่าง ๆ ที่มีคุณภาพดีเลิศขนาดไหนก็ตาม ถ้าราคาในการผลิตสูงแล้วไม่ถือเป็นการออกแบบที่ถูกต้อง นอกจากจะต้องทีราคาที่ถูก แบบที่ออกไปนั้นก็ควรเป็นแบบที่ง่ายและเหมาะสม

(ค) ความทนทาน (Durability) การออกแบบที่ดี ยังต้องคำนึงถึงความทนทานวัสดุอะไรก็ตามถึงแม้ว่าจะมีราคาถูก รูปแบบสวยงามแค่ไหนก็แล้วแต่ ถ้าขาดความทนทาน คุณค่าของสิ่งนั้นก็จะด้อยลงไปด้วย

(ง) วัสดุ (Material) การเลือกวัสดุต่าง ๆ ที่จะนำมาใช้งานนั้น ถือเป็นสิ่งสำคัญ อีกอย่างหนึ่ง เพราะจะต้องเลือกให้เหมาะสมกับประโยชน์ใช้สอย ความคงทนถาวร

(จ) โครงสร้าง (Construction) โครงสร้างของสิ่งต่าง ๆ ไม่เหมือนกัน ฉะนั้นผู้ออกแบบจะต้องศึกษา โครงสร้างหรือธรรมชาติของสิ่งเหล่านั้นให้เข้าใจเป็นอย่างดีเสียก่อน จึงจะเป็นนักออกแบบที่ดีได้

(ฉ) ความงาม (Beauty) การออกแบบโดยคำนึงถึงสิ่งต่าง ๆ ดังที่กล่าวมาแล้วนั้นยังไม่เพียงพอ สิ่งที่จะตามมาอย่างเสียไม่ได้ คือความงาม ความงาม คือ ความงาม คือความพอดี ไม่มากไม่น้อยจนเกินไป การตกแต่งหรือการออกแบบนั้น ๆ จึงจะเหมาะสมและสวยงาม เพราะเชื่อว่าทุกคนชอบความสวยงามด้วยกันทั้งนั้น กับการออกแบบก็เช่นเดียวกัน ความงามจึงถือว่าเป็นคุณสมบัติที่จะขาดไม่ได้

(ช) ลักษณะเด่นพิเศษเฉพาะอย่าง (Personality) ไม่ว่าสิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้นหรือเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติก็จะมีลักษณะเด่นประจำตัวของมันอยู่เช่นเดียวกัน สิ่งที่มนุษย์ออกแบบแล้วจะต้องเน้นจุดดีของแต่ละสิ่งออกมาให้เห็นเด่นชัด

จึงถือได้ว่าการออกแบบนั้นสมบูรณ์ที่กล่าวมาแล้วนั้นถือเป็นหัวใจของนักออกแบบที่จะต้องถือมั่นและยึดมั่นอยู่ตลอดไป (ทำนอง, 2532)

1.2.9 หลักการออกแบบที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

1) การออกแบบเพื่อสิ่งแวดล้อม

ตระกูลพันธ์ (2557) การออกแบบผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เป็นการออกแบบที่ได้จากแนวคิดการออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจ หรือ Eco-design (Economic & Ecological Design) ซึ่งประกอบด้วยแนวคิดด้านเศรษฐศาสตร์ และด้านสิ่งแวดล้อม เข้ามาใช้ในกระบวนการออกแบบผลิตภัณฑ์ตลอดวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ (Product life cycle) ได้แก่ ช่วงการวางแผนผลิตภัณฑ์ ช่วงการออกแบบ ช่วงการผลิต ช่วงการนำไปใช้และช่วงการกำจัดหลังหมดอายุการใช้งานผลิตภัณฑ์

ฉัตรชัย (2547) ได้กล่าวถึงการออกแบบเพื่อสิ่งแวดล้อมไว้ว่า การออกแบบเพื่อสิ่งแวดล้อม (Design for Environment) คือ การออกแบบโดยคำนึงถึงการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเป็นหลัก โดยอาจใช้เครื่องมือบัญชีการตรวจการออกแบบเพื่อสิ่งแวดล้อม (DFE Checklist) เพื่อช่วยในการตรวจสอบ และทำการประเมินการออกแบบทางด้านสิ่งแวดล้อมใน ด้านรูปแบบ หรือ เพื่อปรับปรุงให้มีความครอบคลุมต่อผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดช่วงอายุผลิตภัณฑ์ตั้งแต่ส่วนแนวความคิดไปจนถึงผลิตภัณฑ์หมดอายุ

การออกแบบเพื่อสิ่งแวดล้อม เป็นการเชื่อมโยงช่องว่างระหว่างการพัฒนาผลิตภัณฑ์กับ การจัดการด้านสิ่งแวดล้อม โดยพิจารณาผลกระทบที่มีต่อสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ตลอดวงจรชีวิตของมัน ตั้งแต่การสกัดแยกวัตถุดิบจากทรัพยากรธรรมชาติเพื่อนำไปใช้ในการผลิต จนถึงการทิ้งซากผลิตภัณฑ์ ซึ่งผลกระทบเหล่านี้รวมถึงการปลดปล่อยสารเคมีที่เป็นพิษ การใช้ทรัพยากรที่ไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ และการใช้พลังงานที่เกินความจำเป็นวงจรของกระบวนการผลิตภัณฑ์โดยทั่วไป แสดงดังภาพที่ 4 และภาพที่ 5 สามารถแบ่งได้เป็น 5 ขั้นตอนดังนี้

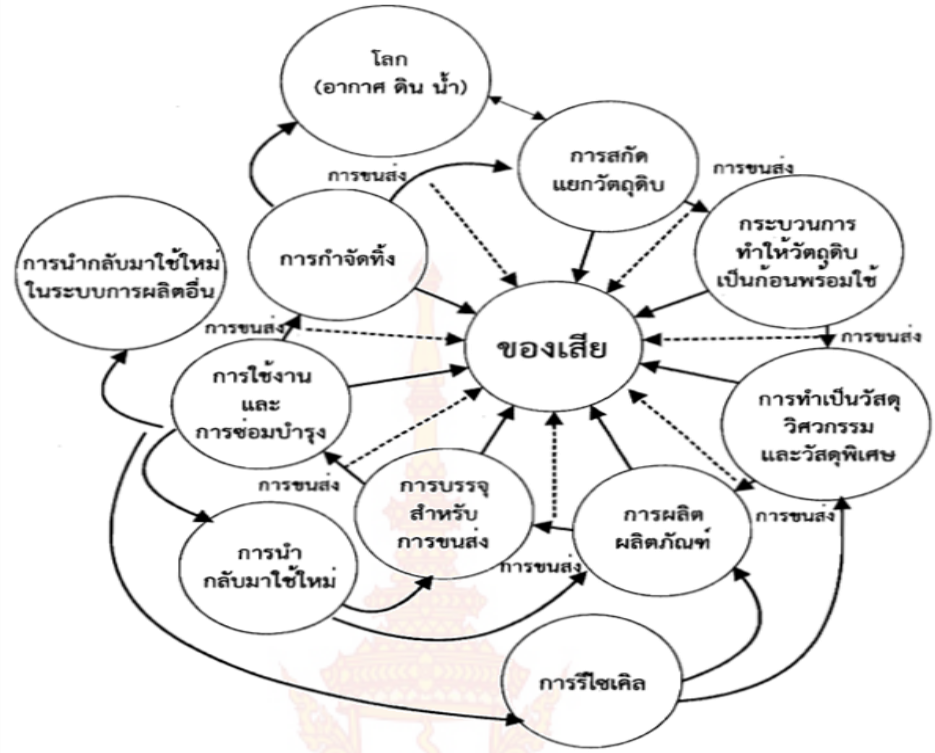
2) ก่อนการผลิต (Pre-manufacture) เป็นการเตรียมชิ้นส่วนและวัตถุดิบสำหรับใช้ในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์

3) การผลิต (Manufacture) ซึ่งนับทุกขั้นตอนของการผลิตตั้งแต่วัตถุดิบเข้ามายังโรงงานจนถึงผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ที่พร้อมสำหรับการบรรจุหีบห่อ

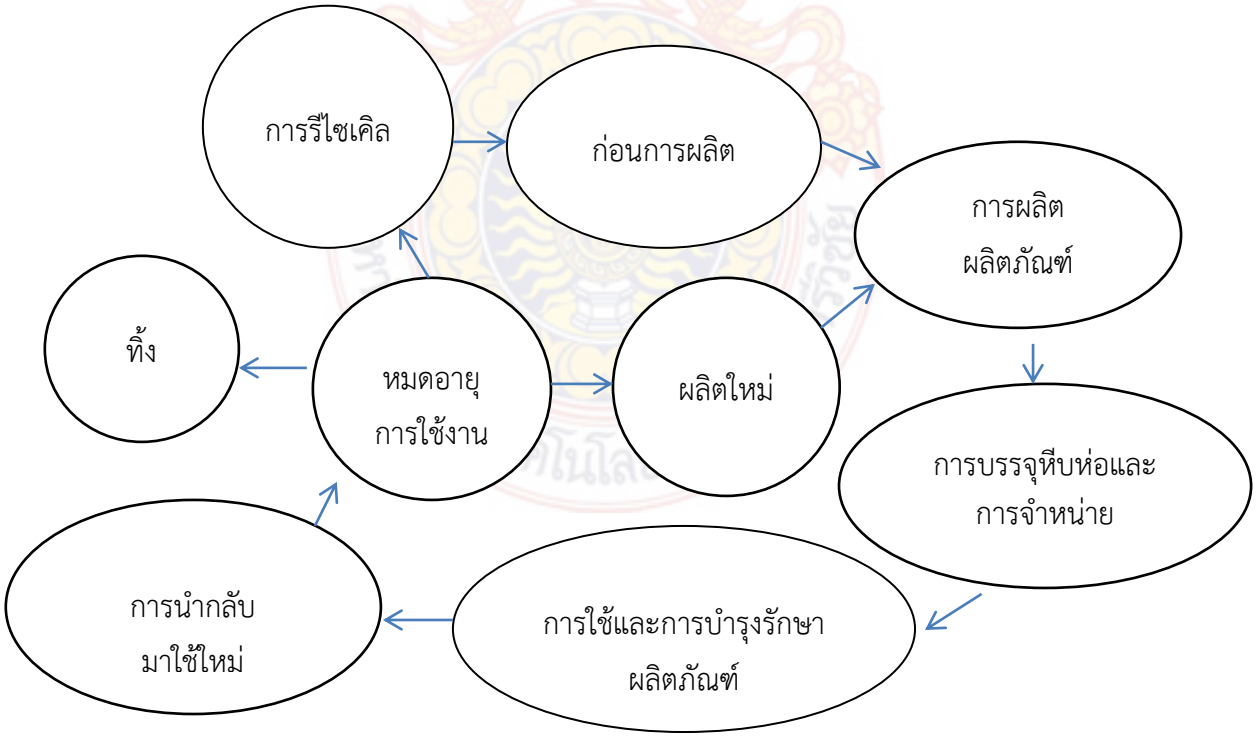
4) การบรรจุหีบห่อและการกระจายสินค้า (Packing and Distribution) ผลิตภัณฑ์จะถูกบรรจุหีบห่อสำหรับการขนส่งและการซื้อขายและส่งไปยังผู้บริโภค

5) การใช้งานและการบำรุงรักษา (Use and Maintenance) ซึ่งนับตั้งแต่ผู้บริโภครับสินค้าจนถึงผู้บริโภคทิ้งสินค้า ช่วงเวลานี้จะรวมการซ่อมบำรุงที่ผู้บริโภคยังครอบครองสินค้านี้อยู่

6) หลังหมดอายุการใช้งาน (End of Life) ผลิตภัณฑ์จะถูกนำไปรีไซเคิลนำมาผลิตใหม่ หรือถูกฝังกลบ หรือเผาทิ้ง

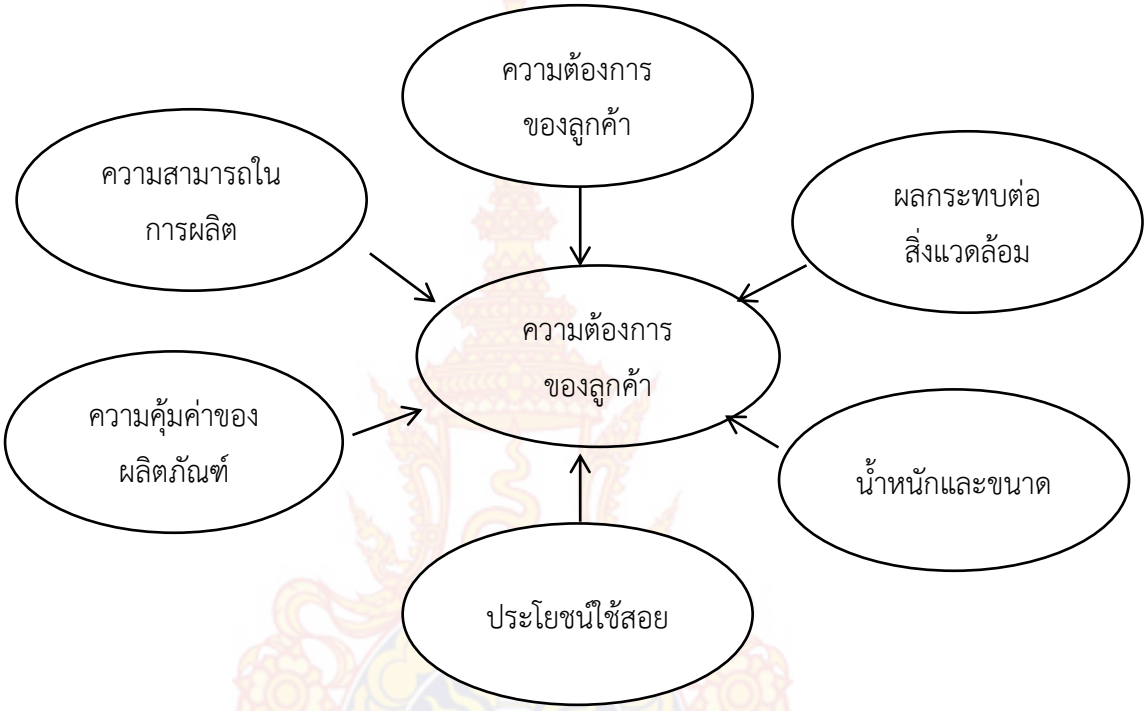


ภาพที่ 4 วงจรกระบวนการของผลิตภัณฑ์โดยทั่วไป
ที่มา: ฉัตรชัย (2547)



ภาพที่ 5 การแบ่งวงจรกระบวนการของผลิตภัณฑ์
ที่มา: ฉัตรชัย (2547)

การออกแบบเพื่อสิ่งแวดล้อมเป็นเพียงส่วนหนึ่งในหลาย ๆ ส่วนที่ต้องพิจารณาในการออกแบบในกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ ส่วนที่ต้องพิจารณาอื่น ๆ ในการออกแบบ ได้แก่ ความคุ้มค่าของผลิตภัณฑ์ (Product Economics) ความต้องการของลูกค้า (Customer Requirements) ความสามารถในการผลิต (Manufacturability) และทำงานที่ต้องการของผลิตภัณฑ์ (Required Product Functions) ซึ่งมีความสัมพันธ์แสดงดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 สิ่งที่ควรพิจารณาในการออกแบบผลิตภัณฑ์
ที่มา: ฉัตรชัย (2547)

1.2.10 ประโยชน์การออกแบบเพื่อสิ่งแวดล้อม

ปัจจุบันในยุโรปได้มีการบังคับใช้กฎระเบียบต่างๆ กับผู้ผลิตเพื่อให้ผู้ผลิตรับผิดชอบในการกำจัดทิ้งหรือการีไซเคิลเมื่อผลิตภัณฑ์ของตนเองหมดอายุการใช้งาน ปัจจุบันจึงมีผู้ผลิตบางส่วนที่เริ่มนำเทคนิคการออกแบบเพื่อสิ่งแวดล้อมมาใช้ เนื่องจากเล็งเห็นผลประโยชน์ต่าง ๆ ดังนี้

1) การออกแบบที่ดีขึ้น เช่น การออกแบบผลิตภัณฑ์ในรุ่นต่าง ๆ ที่ประกอบขึ้นจากชุดประกอบย่อย (Subassembly) ที่ใช้วัสดุประเภทเดียวกันหรือแตกต่างกันเพียงเล็กน้อยทำให้สามารถถอดกลับมาใช้ใหม่ได้เมื่อผลิตภัณฑ์เก่าหมดอายุทำให้ลดของเสียและประหยัดต้นทุนได้

2) ลดค่าใช้จ่ายและเวลาการผลิตสินค้าออกสู่ตลาด เช่นการออกแบบผลิตภัณฑ์ที่ปราศจากการใช้วัสดุอันตราย ทำให้ผู้ผลิตสามารถผลิตสินค้าออกสู่ตลาดได้เร็วขึ้น เนื่องจากไม่ต้องเสียเวลาในการขออนุญาตใช้วัสดุอันตรายและยังลดค่าใช้จ่ายในการกำจัดวัสดุอันตรายเหล่านี้ภายหลัง การใช้งานเสร็จสิ้น

3) ยกระดับบริษัทในตลาด ผู้ผลิตสามารถขยายส่วนแบ่งตลาดหรือเปิดตลาดใหม่ได้ง่ายโดยการติดคำว่า “สีเขียว” ที่ผลิตภัณฑ์ เนื่องจากรัฐบาลสนับสนุนผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

4) ลดความกังวลเกี่ยวกับกฎข้อบังคับต่างๆ เนื่องจากการออกแบบโดยคำนึงถึงสิ่งแวดล้อมทำให้ทราบแหล่งกำเนิดมลพิษและของเสียที่เกิดขึ้นในวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์ จึงมักออกแบบเพื่อป้องกันสิ่งเหล่านี้ไว้แล้ว ดังนั้นกฎเกณฑ์ต่างๆ เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมที่จะออกมาในอนาคต จึงไม่มีผลกระทบกับผู้ผลิตมากนัก

5) ลดความรับผิดชอบในอนาคต ถ้าผู้ผลิตลดการใช้วัสดุเป็นพิษและใช้วัสดุที่รีไซเคิลได้ ผู้ผลิตสามารถลดค่าใช้จ่ายที่ต้องกำจัดซากผลิตภัณฑ์เมื่อหมดอายุการใช้จ่ายในการบำบัดดิน และน้ำเสียได้

6) การปฏิบัติเพื่อสิ่งแวดล้อมที่ดีขึ้น การออกแบบเพื่อสิ่งแวดล้อมนอกจากจะทำให้บริษัทประหยัดแล้ว ยังทำให้บริษัทช่วยลดปัญหาด้านมลภาวะของโลกเช่น การทำลายโอโซนในชั้นบรรยากาศ การทำให้โลกร้อนขึ้น การสร้างมลพิษที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ

1.2.11 การพัฒนาผลิตภัณฑ์จากกากขี้แป้ง

การผลิตปุ๋ยหมัก

ปุ๋ยหมัก คือ ปุ๋ยที่ประกอบด้วยจุลินทรีย์ที่ยังมีชีวิตอยู่และมีคุณสมบัติพิเศษ สามารถสังเคราะห์สารประกอบธาตุอาหารพืชได้เอง หรือสามารถเปลี่ยนธาตุอาหารพืชที่มีอยู่ในรูปที่ไม่เป็นประโยชน์ต่อพืชให้มาอยู่ในรูปที่พืชสามารถดูดไปใช้ประโยชน์ได้ ปุ๋ยหมักแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ กลุ่มจุลินทรีย์ที่สามารถสังเคราะห์ สารประกอบธาตุอาหารพืชไนโตรเจนได้เอง ได้แก่ ไรโซเบียมที่อยู่ในปมรากพืชตระกูลถั่วแฟรงเคียที่อยู่ในปมของรากสนทะเล สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่อยู่ในโพรงใบของแหนแดง และยังมีจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ในดินอย่างอิสระอีกมากที่มีความสามารถในการตรึงไนโตรเจนจากอากาศให้แก่พืชได้ และอีกประการหนึ่ง คือ กลุ่มจุลินทรีย์ที่ช่วยทำให้ธาตุอาหารพืชในดินละลายออกมาอยู่ในรูปที่พืชดูดไปใช้ประโยชน์ได้ กรมวิชาการเกษตรเป็นหน่วยงานแรกของประเทศไทยที่ได้ศึกษาวิจัยปุ๋ยหมักมามากกว่า 30 ปี และผลิตปุ๋ยหมักจำหน่ายให้แก่เกษตรกรด้วย

กรมวิชาการเกษตร (2548) กล่าวว่า ตามพระราชบัญญัติปุ๋ย พ.ศ. 2518 ได้ให้คำจำกัดความของปุ๋ยไว้ว่า ปุ๋ยหมายถึง สารอินทรีย์ หรือสารอนินทรีย์ที่เกิดขึ้นโดยธรรมชาติหรือการสังเคราะห์แสง สำหรับใช้ธาตุอาหารแก่พืชในหลักวิชาการของปุ๋ย โดยทั่วไปสามารถจำแนกปุ๋ยได้ 3 ประเภท คือ ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยอินทรีย์ และปุ๋ยหมัก

1) การผลิตปุ๋ยหมัก

ธงชัย (2546) อธิบายว่า การหมักให้เศษพืชและสารอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ รวมทั้งซากสัตว์ให้สลายตัวอาจทำได้หลายวิธีในทางการเกษตรจะพบอยู่ 3 แบบ คือ

(ก) การหมักในหลุม วิธีนี้เป็นการหมักเศษอินทรีย์ต่าง ๆ ในหลุม เช่น หลุมดิน หลุมคอนกรีตหรือในบ่อซีเมนต์ เป็นต้น ด้านบนสุดอาจมีการกลบด้วยดิน วิธีนี้ไม่มีการกลับกองเศษสารอินทรีย์ การหมักจึงเกิดในสภาพอับอากาศหรืออากาศถ่ายเทได้น้อย การย่อยสลายเกิดขึ้นได้อย่างช้า ๆ อุณหภูมิในระหว่างการหมักไม่ค่อยสูงมากนัก เชื้อโรค และไข่ของแมลงอาจไม่ถูกทำลายโดยความร้อนการสลายตัวของสารอินทรีย์ โดยกระทั่งได้ปุ๋ยหมักจะใช้เวลานาน อาจมีกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ สารอินทรีย์ที่เกิดขึ้นจากการสลายตัวจะมีมากกว่าการย่อยสลายในสภาพที่มีอากาศถ่าย เทดี เช่น กรดอินทรีย์ ฮอร์โมน วิตามิน สารฮิวมิค แอลกอฮอล์ ฟีนอล แร่ธาตุอาหาร เอนไซน์ และก๊าซมีเทน เป็นต้น

(ข) การหมักในของเหลว เป็นการนำเอาเศษวัสดุอินทรีย์ต่าง ๆ ใส่ลงในภาชนะที่ปิดมิดชิด บรรจุน้ำในสัดส่วนที่พอเหมาะและสารเร่งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ชนิดต่าง ๆ เช่น กากน้ำตาล กากส่าเหล้า และจุลินทรีย์เร่งการย่อยสลาย การหมักในสภาพนี้เป็นการหมักในสภาพอับอากาศ วัสดุอินทรีย์ที่ใช้หมักจะเป็นเศษพืชหรือซากสัตว์ที่เปียกแฉะ เช่น ผัก ผลไม้ และเศษปลา เป็นต้น การย่อยสลายเกิดอย่างช้า ๆ อาจมีกลิ่นเหม็น แต่ถ้าจะลดกลิ่นลงและเกิดการย่อยสลายเร็วขึ้น ซึ่งอาจใช้เวลาประมาณ 30 ถึง 45 วัน ก็ต้องมีการให้อากาศอย่างต่อเนื่องมีสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์เกิดขึ้นระหว่างการย่อยสลายละลายอยู่ในน้ำคล้ายกันกับสารที่เกิดขึ้นในการหมัก

(ค) การหมักแบบกลับกองบนพื้น การหมักแบบนี้เป็นการหมักแบบให้อากาศกล่าวคือ มีการกลับกองปุ๋ยอยู่ค่อนข้างสม่ำเสมอในระหว่างการกอง ซึ่งเป็นการให้ออกซิเจนแก่จุลินทรีย์ การกองแบบนี้เกิดความร้อนได้สูง การย่อยสลายและการปลดปล่อยธาตุอาหารเกิดขึ้นได้รวดเร็วเกิดสารตัวกลางระหว่างการย่อยสลายน้อยกว่าแบบอื่น

การหมักทั้ง 3 แบบมีข้อดีหรือข้อเสียแตกต่างกัน แต่ถ้ามีการให้อากาศโดยวิธีการที่เหมาะสมแล้วจะเป็นปุ๋ยหมักได้เร็ว ไม่มีกลิ่นเหม็น และมีสารอินทรีย์ที่มีประโยชน์ต่อพืชที่คล้ายคลึงกัน ในทางตรงกันข้ามถ้าเป็นการหมักในสภาพที่มีการถ่ายเทอากาศไม่ดีการสลายตัวเกิดขึ้นอย่างช้า ๆ มักมีกลิ่นเหม็นได้

2) กระบวนการหมักปุ๋ย

การหมักทำปุ๋ยเป็นวิธีการที่ง่ายและเป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถนำกากของเสีย ประเภทกากตะกอนที่มีองค์ประกอบของธาตุอาหารพืชกลับมาใช้ประโยชน์ในการใช้เป็นปุ๋ยบำรุงดินในการปลูกพืชให้แก่กลุ่มเกษตรกร ซึ่งการใช้ประโยชน์จากตะกอนดินเลนในบ่อเลี้ยงกุ้งร่วมกับของเสียทางชีวภาพโดยการนำไปผลิตปุ๋ยหมัก เป็นการลดปัญหาสิ่งแวดล้อม โดยมุ่งเน้นในการนำของเสียชีวภาพกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่และยังเป็นการส่งเสริมสนับสนุนการทำเกษตรแบบปลอดสารพิษ

3) รูปแบบวิธีการหมักปุ๋ย

(ก) การกลับกองปุ๋ย หลังจากตั้งกองปุ๋ยไประยะหนึ่งแล้ว ควรกลับกองปุ๋ย โดยการคุยกองลงมาทั้งหมดเกลี่ยผสมคลุกเคล้ากัน แล้วนำวัสดุทั้งหมดกลับตั้งเป็นกองใหม่ในรูปทรงเดิม โดยพยายามกลับเอาเศษพืชที่เคยอยู่ด้านนอกของกอง ให้กลับเข้าไปอยู่ด้านในของกองการกลับกองปุ๋ย จะทำให้สภาพของกองปุ๋ยโปร่งขึ้น การระบายอากาศดีขึ้น รวมทั้งเป็นการหมุนเวียนเอาวัสดุด้านนอกของกองที่ยังไม่สลายตัวให้เข้าไปรับความร้อนภายในกอง และช่วยกำจัดหนอน ตัวอ่อนของแมลงวันที่อาจเกิดขึ้นบริเวณขอบนอกของกอง ขณะเดียวกันก็เป็นการผสมคลุกเคล้าวัสดุให้เข้ากันมีความชื้นสม่ำเสมอทั้งกองการกลับกองมีความสำคัญมากต่อการแปรสภาพของกองปุ๋ย ยิ่งสามารถกลับกองได้บ่อยครั้งจะยิ่งช่วยให้เศษพืชแปรสภาพไปเป็นปุ๋ยหมักได้เร็วขึ้น เช่น การกลับกองทุก ๆ 3 ถึง 5 วัน หรือทุกสัปดาห์จะทำให้เศษพืชหลายตัวได้รวดเร็ว แต่การกลับกองเป็นขั้นตอนที่สิ้นเปลืองแรงงานอย่างมาก ถ้าไม่มีความจำเป็นต้องรีบใช้ปุ๋ยหมักก็สามารถลดจำนวนครั้งในการกลับกองปุ๋ยลงได้ตามเวลาหรือแรงงานที่มีอยู่แต่อย่างน้อยที่สุดก็ควรจะได้มีการกลับกองประมาณ 3 ถึง 4 ครั้ง คือ กลับกองครั้งแรกประมาณ 10 วันหลังจากเริ่มตั้งกองปุ๋ย ครั้งที่สองประมาณ 15 วัน หลังจากการกลับกองครั้งแรกจากนั้นก็อาจกลับกองทุก ๆ 20 วัน จนสามารถนำไปใช้ได้

(ข) ปุ๋ยหมักแบบไม่พลิกกลับกอง การทำปุ๋ยหมักแบบไม่พลิกกลับกองใช้หลักการ การนำความร้อน (Chimney Convection) เมื่อจุลินทรีย์ในมูลสัตว์เกิดกิจกรรมย่อยสลายจะคายความร้อน ทำให้เกิดความร้อนขึ้นภายในกองปุ๋ย อากาศร้อนภายในกองปุ๋ยมีความเบาจะลอยตัวสูงขึ้น ทำให้อากาศภายนอกที่เย็นกว่าไหลเวียนเข้าไปแทนที่ภายในกองปุ๋ย ทำให้เกิดสภาวะการย่อยสลายของจุลินทรีย์แบบใช้ออกซิเจน (Aerobic Decomposition) ทำให้ไม่ต้องพลิกกลับกอง และช่วยให้กองปุ๋ยไม่มีกลิ่นหรือน้ำเสีย โดยทั่วไปการผลิตปุ๋ยหมักหรือปุ๋ยอินทรีย์ต้องพลิกกลับกองเพื่อนำออกซิเจนให้แก่จุลินทรีย์ภายในกองปุ๋ยใช้ในกระบวนการย่อยสลายทางชีวภาพ ซึ่งการพลิกกลับกองต้องใช้แรงงานและสิ้นเปลืองเวลา (ชาธิณีย์ และคณะ, 2556)

4) กิจกรรมที่เกิดขึ้นในระหว่างการกองปุ๋ยหมักระหว่างกระบวนการย่อยสลายเศษพืชโดยกิจกรรมของจุลินทรีย์นั้น ทำให้สภาพแวดล้อมบางประการในกองปุ๋ยเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งจะมีผลกระทบต่อจุลินทรีย์เป็นอย่างยิ่ง เช่น อุณหภูมิ ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ความชื้น ค่าการนำไฟฟ้า (EC) และค่าอินทรียวัตถุ เป็นต้น อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ก่อให้เกิดประโยชน์มากมายและสามารถแยกเป็นประเด็นได้ ดังนี้

(ก) การย่อยสลายเศษพืชโดยจุลินทรีย์ เมื่อมีการกองเศษพืชได้อย่างเหมาะสมจะเป็นการลดระยะเวลาการย่อยสลายเศษพืชให้สั้นลง ทำให้ได้ปุ๋ยหมักเร็วขึ้นเชื้อจุลินทรีย์ที่มีบทบาทต่อการย่อยสลายเศษพืชประกอบด้วยจุลินทรีย์ 3 กลุ่ม คือ แบคทีเรีย เชื้อรา และแอคทิโนไมซีส ได้แก่ *Bacillus* sp. *Cellulomonas* sp. *Aspergillus* sp. *Nocadia* sp. และ *Sterptomyces* sp. เป็นต้น จุลินทรีย์เหล่านี้จะขับเอนไซม์เซลลูเลสออกมาย่อยสลายเศษพืชได้สารต่าง ๆ มากมาย

(ข) การทำลายโรคพืชบางชนิด การทดลองกองปุ๋ยหมักจากต้นพืชที่เป็นโรคบางชนิด เช่น เชื้อรา *Helminthosporiummaydis* ซึ่งทำให้เกิดโรคใบไหม้ของข้าวโพด เชื้อ *Curvulrialunata* ทำให้เกิดโรคจุดของข้าวโพด และ *Colloectotrichumdermatium var.truncatum* ทำให้เกิดโรคแอนแทรคโนสของถั่วเหลือง พบว่า อุณหภูมิในกองปุ๋ยสูงถึง 70 องศา

เซลเซียส ทำให้เชื้อโรคไม่สามารถเจริญเติบโตได้ นอกจากนี้เชื้อรา *Aspergillus* sp. *Trichodermar* sp. และเชื้อราแอนติโนไมซีต พวก *Steptomyces* sp. บางชนิดมีความสามารถในการสร้างการปฏิชีวนะออกมาทำลายเชื้อโรคพืช หรือเกิดการแข่งขันระหว่างจุลินทรีย์ในกองปุ๋ยกับเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคพืช หรือการที่เชื้อจุลินทรีย์ในกองปุ๋ยหมักปรสิตกับเชื้อโรคพืช ปัจจัยเหล่านี้มีผลต่อการทำลายเชื้อโรคพืชทั้งสิ้น

(ค) การทำละลายไข่ของแมลงและเมล็ดวัชพืชบางชนิด ความร้อนที่เกิดขึ้นจากการกองปุ๋ยหมักบางครั้งอาจสูง 60 - 80 องศาเซลเซียส อุณหภูมิขนาดนี้สามารถทำลายไข่ของแมลงบางชนิดโดยตรงด้วย ในขณะที่เมล็ดวัชพืชบางชนิดอาจถูกกระตุ้นให้งอกได้ง่ายขึ้นที่อุณหภูมิสูง และเมื่องอกแล้วก็จะถูกทำลายได้โดยง่ายเมื่อมีการกลับกองปุ๋ยในโอกาสต่อไป

(ง) การเพิ่มคุณภาพของปุ๋ยหมัก จุลินทรีย์ในกองปุ๋ยหมักบางชนิด เช่น *Azotobacter* sp. สามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศได้ จึงเป็นการเพิ่มคุณภาพของปุ๋ยหมัก และลดปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมีไนโตรเจนลงได้ส่วนหนึ่ง นอกจากนั้นธาตุอาหารฟอสฟอรัสที่เกิดขึ้นจากการสลายตัวของหินฟอสเฟตหรือเศษซากกระดูก จะถูกย่อยออกมาในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชโดยเชื้อ *Thiobacillus* sp. เป็นการเพิ่มคุณภาพของปุ๋ยหมักให้ดีขึ้น และเชื้อ *Bacillus* sp. บางชนิดยังมีความสามารถสร้างฮอร์โมนช่วยให้เจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว

(จ) ประหยัดค่าใช้จ่ายในการทำปุ๋ยหมัก การใช้เชื้อเร่งปุ๋ยหมักเป็นการช่วยให้เกษตรกรสามารถทำปุ๋ยหมักได้อย่างต่อเนื่อง โดยไม่จำเป็นต้องซื้อเชื้อเร่งทุกครั้งไป เป็นการลงทุนเพียงครั้งเดียว เพราะเกษตรกรสามารถทำปุ๋ยหมักที่เป็นแล้วมาใช้ในการต่อเชื้อ โดยใช้ปุ๋ยหมักที่เป็นแล้ว 100 ถึง 200 กิโลกรัมต่อเศษพืชที่จะนำมาทำปุ๋ยหมัก 1 ตัน จึงเป็นการประหยัดค่าใช้จ่าย และ ลดต้นทุนในการผลิตปุ๋ยหมักลงได้ส่วนหนึ่ง (ธงชัย, 2546)

5) ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการแปรสภาพในการผลิตปุ๋ยหมัก

การแปรสภาพของเศษพืชไปเป็นปุ๋ยหมักจะเร็วหรือช้าขึ้นอยู่กับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ภายในกองปุ๋ยการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ขึ้นอยู่กับปัจจัยที่สำคัญต่าง ๆ ดังนี้

(ก) ชนิดของวัสดุที่ใช้หมัก วัสดุที่สามารถนำมาทำปุ๋ยหมักมีหลายประเภท แต่ละปีจะมีปริมาณมากมาย วัสดุเท่านั้นบางชนิดก็ย่อยสลายได้ง่าย และมีแร่ธาตุอยู่พอเพียงกับความต้องการของจุลินทรีย์ ดังนั้นจึงอาจแบ่งวัสดุเหล่านี้ออกเป็น 2 พวก คือ

(1) เศษพืชสลายตัวง่าย เช่น ผักตบชวา ต้นกล้วย ใบตอง เศษผัก เศษหญ้าสด เศษพืชอวบน้ำ กากเมล็ดข้าวฟ่าง และพืชวงศ์ถั่วต่าง ๆ เป็นต้น

(2) เศษพืชสลายตัวยาก เช่น ฟางข้าว แกลบ กากอ้อย ขี้เลื่อย ขุยมะพร้าว ต้นข้าวโพด และต้นข้าวฟ่าง เป็นต้น ปกติเศษพืชเหล่านี้จะมีแร่ธาตุอาหารบางชนิดอยู่น้อยไม่เพียงพอกับความต้องการของจุลินทรีย์โดยเฉพาะไนโตรเจน ดังนั้นถ้าต้องการให้เศษพืชสลายตัวได้รวดเร็วขึ้นต้องเพิ่มธาตุอาหารไนโตรเจนลงไปในรูปของปุ๋ยเคมีหรือมูลสัตว์ต่าง ๆ แทนหรือกองรวมกับเศษพืชที่สลายตัวได้ง่าย โดยกองสลับชั้นระหว่างวัสดุที่สลายตัวได้ยากให้หนาประมาณ 8 นิ้ว แล้วกองทับด้วยเศษพืชที่สลายตัวได้ง่ายหนาประมาณ 4 ถึง 5 นิ้ว เช่นนี้สลับกันไปเรื่อย ๆ จนได้ขนาดกองปุ๋ยที่ต้องการ

(ข) ขนาดของวัสดุที่ใช้หมักพืช ถ้าพืชที่นำมาหมักมีขนาดใหญ่เกินไป ภายในกองจะมีช่องว่างอยู่มาก กองปุ๋ยจะแห้งได้ง่าย ความร้อนที่เกิดขึ้นในกองปุ๋ยจะกระจายหายไปอย่างรวดเร็ว ทำให้กองปุ๋ยไม่ร้อนเท่าที่ควรการย่อยสลายเศษพืชจะช้าศัตรูต่าง ๆ ที่ติดมาก็ไม่ถูกทำลายไป ดังนั้นควรสับหรือหั่นให้มีขนาดเล็กประมาณ 2 ถึง 3 นิ้ว จะทำให้จุลินทรีย์เจริญเติบโตในชิ้นส่วนของพืชได้ทั่วถึง เมื่อเศษพืชอยู่ใกล้ชิดกันมากขึ้น การแพร่ขยายของเชื้อจุลินทรีย์ก็เป็นไปอย่างรวดเร็ว และกองปุ๋ยจะร้อนดีขึ้น อย่างไรก็ตามในการทำปุ๋ยหมักปริมาณมาก การหั่นหรือการสับเศษพืชก็จะเป็นการสิ้นเปลืองแรงงานมากอาจเปลี่ยนไปใช้วิธีการอื่นได้ตามความเหมาะสม เช่น ถ้ามีรถแทรกเตอร์ก็โรยชิ้นส่วนพืชลงบนพื้นแข็งแล้วใช้รถบดทับ หรือใช้วิธีหาเศษพืชที่มีขนาดเล็ก เช่น เศษหญ้าผสมคลุกเคล้าเข้าไปในกองเพื่อลดช่องว่างที่มีอยู่ แต่ถ้ามีเศษหญ้าไม่พอก็อาจใช้ดินหรือเศษหญ้าคลุมกองหรือเลี่ยงไปใช้วิธีกองปุ๋ยหมักในหลุมบ่อหมักแทน (ชาธิณีย์ และคณะ, 2556)

(ค) การระบายอากาศของกองปุ๋ยหมัก ในการตั้งกองปุ๋ยหมักจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องคำนึงถึงสภาพการระบายอากาศภายในกองปุ๋ย เพราะถ้าไม่มีอากาศให้จุลินทรีย์ใช้ในการหายใจ การย่อยสลายของกองปุ๋ยหมักจะเปลี่ยนไปเป็นการย่อยสลายแบบอับอากาศ ทำให้การสลายตัวเกิดขึ้นอย่างช้า และมักเกิดกลิ่นเหม็น ความร้อนที่จะช่วยกำจัดสิ่งไม่พึงประสงค์ในกองปุ๋ย กองปุ๋ยที่แน่นทับหรือรดน้ำจนเปียกแฉะ ถ้าหากหมักเศษพืชในสภาพเช่นนี้ จะใช้เวลานาน ถ้าต้องการให้พืชสลายตัวได้รวดเร็วไม่มีกลิ่นเหม็น และเกิดความร้อนในกองปุ๋ยมากพอที่จะกำจัดเชื้อโรค เมล็ดวัชพืช ตัวอ่อนหรือไข่ของแมลงที่อยู่แล้ว จำเป็นต้องปฏิบัติดูแลให้กองปุ๋ยมีสภาพการระบายอากาศในกองปุ๋ยที่ดีอยู่เสมอ

(ง) ขนาดของกองปุ๋ย ไม่ควรตั้งให้สูงมากนัก ถ้ากองปุ๋ยสูงมาก ส่วนล่างของกองจะถูกน้ำหนักจากส่วนบนกดทับ ทำให้อัดตัวแน่น โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อเศษพืชสลายตัวไประยะหนึ่งแล้วจะมีเนื้อละเอียดขึ้น กองปุ๋ยจะยุบตัวเนื้อปุ๋ยด้านล่างของกองก็จะถูกกดจนแน่นทึบไม่สามารถระบายอากาศได้ ความสูงของกองปุ๋ยที่เหมาะสมอยู่ที่ 1.50 ถึง 1.80 เมตร ความกว้างของกองปุ๋ยก็ไม่ควรมากจนเกินไป เพราะมีผลต่อการระบายของอากาศด้านข้างกองถึง 3.00 เมตร ในทางตรงกันข้ามกองปุ๋ยไม่ควรจะเตี้ยหรือแคบเกินไป เพราะจะทำให้ความร้อนที่เกิดขึ้นกระจายออกไปได้ง่าย กองปุ๋ยจะไม่ร้อนเท่าที่ควรและแห้งได้ง่าย ถ้ากองปุ๋ยแห้งการสลายตัวจะหยุดชะงักลง (ธงชัย, 2550)

(จ) การรดน้ำกองปุ๋ย ขณะตั้งกองปุ๋ยหมักจะต้องรดน้ำจนเศษพืชขึ้นพอที่จุลินทรีย์จะเจริญเติบโตได้ และไม่ต้องรดมากเกินไปจนกระทั้งการระบายอากาศของกองปุ๋ยไม่ดี ถ้าเศษพืชนั้นแห้งและมีขนาดใหญ่ เช่น ซังข้าวโพด เศษวัชพืช จะไม่ค่อยมีปัญหา เรื่องการระบายอากาศในกองปุ๋ย แต่อาจมีปัญหาเศษพืชไม่ค่อยเปียกน้ำต้องรดน้ำจำนวนมาก เศษพืชจึงจะขึ้นพอ แต่ถ้าเศษพืชมีขนาดเล็กดูดซับน้ำได้ดี เช่น ชานอ้อย ขี้เลื่อย ขุยมะพร้าว กากตะกอนน้ำเสีย และกากส่าเหล้า ต้องรดน้ำเล็กน้อยแต่ทำให้วัสดุเหล่านั้นสม่ำเสมอเท่านั้นอย่าให้แฉะ ขณะรดน้ำควรหลีกเลี่ยงการขึ้นเหยียบย่ำบนกองวัสดุ เพราะจะทำให้กองปุ๋ยแน่นทึบเกินไปเชื้อจุลินทรีย์จะเจริญได้ไม่ดีเท่าที่ควร ในกรณีของเศษพืชที่อวบและฉ่ำน้ำ เช่น ผักตบชวา หลังจากนำขึ้นจากน้ำจะอมน้ำไว้มาขึ้นจากน้ำจะอมน้ำไว้มาก ถ้านำปุ๋ยมากองทันทีจะอัดตัวกันแน่น ควรปล่อยทิ้งไว้ให้เหี่ยวพอสมควรแล้วค่อยนำไปกองจะช่วยให้ปุ๋ยมีการระบายดีขึ้น

(ฉ) ความร้อน - เย็น (อุณหภูมิ) อุณหภูมิภายในกองปุ๋ยหมักที่มีสัดส่วนของวัสดุ และเชื้อจุลินทรีย์ที่เหมาะสมจะเพิ่มสูงขึ้นค่อนข้างรวดเร็ว ความร้อนที่เกิดขึ้นมาจากการทำงานของเชื้อจุลินทรีย์ในการย่อยสลายเนื้อเยื่อพืชให้เป็นอาหารในการเจริญเติบโต โดยทั่วไป พบว่า อุณหภูมิจะขึ้นสูงถึง 50 - 60 องศาเซลเซียส ภายในระยะเวลา 2 - 4 วัน หลังจากการหมัก ความร้อนที่เกิดขึ้นจะถูกกักเก็บไว้ในกองปุ๋ย เนื่องจากวัสดุที่ใช้ทำปุ๋ยหมักรอบนอกปิดกั้นอยู่ ความร้อนจึงระบายออกภายนอกกองได้น้อยและช้า ในกรณีเช่นนี้มีผลกระทบต่อจุลินทรีย์ในกลุ่มที่ไม่สามารถเจริญเติบโตในอุณหภูมิสูงได้ จะเหลือแต่พวกที่เจริญเติบโตได้ในอุณหภูมิสูงเท่านั้น ประกอบกับภายในกองมีก๊าซคาร์บอนไดอ๊อกไซด์ (CO_2) ที่เกิดจากกระบวนการหายใจของจุลินทรีย์สะสมมากขึ้นด้วย จึงทำให้ปริมาณของจุลินทรีย์ลดน้อยลง ซึ่งถ้าเป็นเช่นนี้ในระยะยาวการย่อยสลายจะหยุดชะงักลงได้ ดังนั้นถ้ามีการกลับกองปุ๋ยหรือระบายความร้อนออกบ้างจะทำให้กิจกรรมของจุลินทรีย์ดำเนินต่อไปได้ ดังนั้นการกลับกองปุ๋ยหมักจึงมีประโยชน์ทั้งช่วยระบายความร้อน และเพิ่มออกซิเจนให้กับจุลินทรีย์ด้วย

(ช) ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในกองปุ๋ยหมักค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของวัสดุที่ใช้ทำปุ๋ยหมักโดยเฉพาะเศษซากพืช โดยทั่วไปมีค่าเป็นกลางหรือเป็นกรดเล็กน้อย เมื่อนำมากองเป็นปุ๋ยหมัก ในช่วงแรกความเป็นกรด-ด่าง (pH) จะลดลงเล็กน้อยเนื่องจากการปลดปล่อยกรดอินทรีย์จากเชื้อจุลินทรีย์ที่เจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว แต่อย่างไรก็ตามความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในปุ๋ยหมักไม่เปลี่ยนแปลงมากนักค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) จะอยู่ระหว่าง 6 - 8 ขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุที่ใช้ ดังนั้นในการกองปุ๋ยหมักไม่จำเป็นต้องปรับความเป็นกรด – ด่าง (pH) เพราะจะเปลี่ยนแปลงตามธรรมชาติของวัสดุและกิจกรรมของจุลินทรีย์อยู่แล้ว

(ซ) ความชื้นของกองปุ๋ยจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ให้เป็นปุ๋ยต้องอาศัยน้ำหรือความชื้นในการดำรงชีพ วัสดุที่นำมากองจึงต้องเปียกชื้น การรดน้ำต้องระมัดระวังพอสมควร คือรดน้ำพอแค่ให้เศษพืชในกองเปียกชื้นพอสมควรไม่ให้แฉะ ส่วนใหญ่แล้วเศษพืชมักไม่ค่อยดูดซับน้ำจึงอาจต้องรดน้ำให้มากเป็นพิเศษในวันแรก อีกสองสามวันต่อควรดูกองเศษวัสดุพืชว่าด้านในของกองมีความชื้นพียงพอหรือไม่ หากยังไม่พอต้องรดน้ำเพิ่มเติมจนเปียกชื้น โดยทั่วไปคอยตรวจเป็นระยะ ๆ ดูแลให้กองปุ๋ยชื้นอยู่เสมอ ความชื้นที่พอดีของกองปุ๋ยอยู่ในช่วง 40 ถึง 60 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก โดยวิธีใช้มือหยิบเอาเศษพืชในกองออกมาแล้วกำบีบให้แน่น ถ้ามีน้ำไหลซึมออกมาตามซอกนิ้วไหลเป็นทางแสดงว่ากองปุ๋ยแฉะเกินไป ไม่ควรรดน้ำแต่ควรทำการกลับกองปุ๋ยบ่อยขึ้นหรือใช้วัสดุที่แห้งดูดซับน้ำได้ดี เช่น ขี้เลื่อย เศษพืชแห้งผสมคลุกเคล้าลงไป ถ้าบีบดูแล้วน้ำซึมออกมาตามซอกนิ้วแต่ไม่ถึงกับไหลออกมาเป็นทาง แสดงว่าความชื้นพอดีแล้ว แต่เมื่อบีบแล้วไม่มีน้ำซึมออกมาแสดงว่าเศษพืชนั้นแห้งเกินไป ต้องรดน้ำเพิ่มเติม การตั้งกองปุ๋ยในที่โล่งแจ้งในฤดูฝน สิ่งที่ต้องระวังอีกอย่างหนึ่งคือ สภาพของฝนที่ตกหนักติดต่อกันนาน ๆ อาจทำให้ภายในกองปุ๋ยเปียกแฉะได้ ดังนั้นถ้าเป็นช่วงที่มีฝนตกชุกอาจป้องกันไม่ให้กองปุ๋ยเปียกแฉะโดยการปรับแต่งด้านบนของกองให้โค้งมนเป็นรูปครึ่งวงกลม การกองลักษณะนี้ฝนที่ตกลงมาบนกองปุ๋ยส่วนใหญ่จะไหลออกไปด้านข้างของกองทำให้ด้านในของกองไม่เปียกแฉะ แต่ถ้าหมักกองปุ๋ยไประยะหนึ่งจนเศษพืชเปียกยุ่ยมากแล้ว กองปุ๋ยจะดูดซับน้ำฝนได้ง่าย จึงควรหาวัสดุคลุมด้านบนของกองไว้ไม่ให้ฝนจนแฉะ ถ้าความชื้นต่ำกว่า 40 เปอร์เซ็นต์ การย่อยสลายของวัสดุจะช้าลง เพราะจุลินทรีย์ขาดน้ำ แต่ถ้าความชื้นเกิน 80 เปอร์เซ็นต์ ทำให้กองปุ๋ยหมักมีน้ำมากเกินไป โดยน้ำเข้าแทนที่อากาศ ทำให้กองปุ๋ยมีอากาศน้อยลง ไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์

หรืออีกนัยหนึ่ง คือ ทำให้จุลินทรีย์ขาดอากาศ เป็นผลให้การสลายตัวเป็น ปุ๋ยหมักช้าลง หรือทำให้เศษซากพืชเน่าเสียหายก่อนที่จะเป็นปุ๋ยหมัก (ชาธิณีย์ และคณะ, 2556)

6) การดูแลการทำปุ๋ยหมัก

หลังจากกองปุ๋ยหมักเสร็จแล้วจะต้องหมั่นตรวจดูแลกองปุ๋ยหมักอยู่เสมอโดยปฏิบัติดังนี้

(ก) ควรรดน้ำอย่างสม่ำเสมอ

(ข) ควรตรวจสอบความชื้นในกองปุ๋ย โดยการบีบเศษวัสดุจากกองปุ๋ย

(ค) การกองปุ๋ยแบบไม่กลับกอง จะทำแบบเดียวกับแบบชนิดกลับกอง แต่มีการทำช่องระบายอากาศไว้

(ง) จะต้องป้องกันไม่ให้สัตว์เข้าไปทำลายหรือคุ้ยเขี่ยกองปุ๋ยหมัก ถ้ากองแบบในคอกก็ไม่มีปัญหา แต่ถ้ากองบนพื้นดินหรือในหลุมควรหาทางมะพร้าวหรือกิ่งไม้วางทับกองปุ๋ยหมักไว้กันสัตว์คุ้ยเขี่ย

(จ) ทำการให้น้ำกองปุ๋ยหมักให้มีความชื้นพอเหมาะอยู่เสมอ คือ ไม่ให้แห้งหรือแฉะเกินไปมีวิธีการตรวจอย่างง่าย ๆ คือ เอามือสอดเข้าไปในกองปุ๋ยหมักให้ลึก ๆ แล้วหยิบเอาชิ้นส่วนภายในกองปุ๋ยหมักมาบีบดู ถ้าปรากฏว่ามีน้ำติดฝ่ามือแสดงว่าความชื้นพอเหมาะไม่ต้องให้น้ำ ถ้าไม่มีน้ำติดฝ่ามือแสดงว่ากองปุ๋ยหมักแห้งเกินไปต้องให้น้ำในระยะนี้ ถ้าบีบดูมีน้ำทะลักออกมาตามง่ามนิ้วมือ แสดงว่าแฉะเกินไปไม่ต้องให้น้ำ

(ฉ) การกลับกองปุ๋ย นับเป็นหัวใจสำคัญในการทำปุ๋ยหมัก เพราะเชื้อจุลินทรีย์ต่าง ๆ ก็ย่อมต้องการอากาศหายใจเหมือนมนุษย์ ดังนั้นการกลับกองปุ๋ยหมักนอกจากจะช่วยให้ออกซิเจนแก่จุลินทรีย์แล้ว ยังเป็นการระบายความร้อนออกจากกองปุ๋ยอีกด้วย ซึ่งการกลับกองปุ๋ยหมักมากเท่าไรก็จะทำให้ได้ปุ๋ยหมักใช้เร็วมากขึ้นเท่านั้น เพราะทำให้เศษพืชย่อยสลายทั่วทั้งกองและได้ปุ๋ยหมักที่มีคุณภาพดี ตามปกติควรกลับกองปุ๋ยหมักอย่างน้อยเดือนละ 1 ครั้ง

7) หลักเกณฑ์ที่ใช้พิจารณาของปุ๋ยหมักที่เสร็จสมบูรณ์

ลักษณะปุ๋ยหมักที่นำไปใช้ได้แล้ว สังเกตได้จาก

(ก) อุณหภูมิในกองลดลงเท่ากับอุณหภูมิภายนอกรอบ ๆ กองปุ๋ย

(ข) สีของเศษวัสดุเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลดำ และมีลักษณะอ่อนนุ่ม และเปื่อยยุ่ย

(ค) ไม่มีกลิ่นเหม็นฉุนของก๊าซต่าง ๆ

(ง) อาจมีหญ้าหรือเห็ดขึ้นบนกองปุ๋ยหมักได้ (มุกดา, 2548)

7) คุณภาพและมาตรฐานที่ดีของปุ๋ยหมัก

มาตรฐานที่ยึดเป็นเกณฑ์ของปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงที่ดีกำหนดโดยกรมพัฒนาที่ดิน ว่าด้วยการใช้เครื่องหมายรับรองมาตรฐาน ปัจจัยการผลิตทางการเกษตร พ.ศ. 2548 ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่ามาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง

ลำดับ	คุณลักษณะ	เกณฑ์กำหนด
1	ขนาดของปุ๋ย	ไม่เกิน 12.5×12.5 มิลลิเมตร
2	ปริมาณความชื้นและสิ่งที่ระเหยได้	ไม่เกิน 35 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก
3	ปริมาณหินและกรวด	ขนาดใหญ่กว่า 5 มิลลิเมตรไม่เกิน 5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก
4	พลาสติกแก้ววัสดุมีคมและโลหะอื่น ๆ	ต้องไม่มี
5	ปริมาณอินทรียวัตถุ	ไม่น้อยกว่า 30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก
6	ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)	5. 5-8. 5
7	อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N)	ไม่เกิน 20 : 1
8	ค่าการนำไฟฟ้า (EC)	ไม่เกิน 6 เดซิซีเมนต่อเมตร
9	ปริมาณธาตุอาหารหลัก	
	- ไนโตรเจน (Total N)	- ไม่น้อยกว่า 1.0 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก
	- ฟอสฟอรัส (Total P_2O_5)	- ไม่น้อยกว่า 0.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก
	- โพแทสเซียม (Total K_2O)	- ไม่น้อยกว่า 0.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก
10	การย่อยสลายที่สมบูรณ์	มากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์
11	สารหนู (Arsenic)	ไม่เกิน 50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
12	แคดเมียม (Cadmium)	ไม่เกิน 5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
13	โครเมียม (Chromium)	ไม่เกิน 300 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
14	ทองแดง (Copper)	ไม่เกิน 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
15	ตะกั่ว (Lead)	ไม่เกิน 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
15	ปรอท (Mercury)	ไม่เกิน 2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

ที่มา: กรมพัฒนาที่ดิน (2548)

กระถางต้นไม้

กระถาง ตามพจนานุกรมฉบับบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2525 ได้ให้ความหมายของกระถางไว้ว่า กระถาง หมายถึงภาชนะปากกว้าง มีรูปร่างต่าง ๆ สำหรับปลูกต้นไม้อื่น ๆ ตรงกับคำในภาษาอังกฤษว่า Pot ซึ่งให้คำกำจัดความไว้ว่าภาชนะทำด้วยดิน (Clay) หรือพลาสติกแข็ง (Hard Plastic) มีรูที่ก้นเพื่อระบายน้ำส่วนเกินออกไป ใช้สำหรับปลูกต้นไม้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตามความเหมาะสมของต้นไม้ที่ปลูก ส่วนความสูงขึ้นอยู่กับขนาดของปากกระถาง อาจมีความสูงเท่ากับความกว้างของปากกระถางหรือมีสัดส่วนแตกต่างกันไปตามความเหมาะสม และความสูงของพืชที่ปลูก (สมเพียร, 2526) ต่อมามีวิวัฒนาการเกี่ยวกับวัสดุที่ใช้ทำกระถาง ตลอดจนขนาดรูปร่างของกระถางซึ่งเปลี่ยนไปตามสมัย และการใช้ประโยชน์ ดังนั้นในปัจจุบันกระถางหรือ “Pot” จึงมี

ความหมายกว้างขึ้นยิ่งกว่าเดิม ซึ่งอาจหมายถึง “อะไรก็ได้ไม่จำกัดทั้งขนาดและรูปร่างตลอดจนวัสดุที่ใช้ทำนำมาใช้สำหรับปลูกต้นไม้”

1) กระถางจากวัสดุธรรมชาติ

ปัจจุบันการดูแลรักษาสิ่งแวดล้อมและการลดภาวะโลกร้อนเป็นสิ่งที่ทุกหน่วยงานเห็นความสำคัญ รวมไปถึงการนำวัสดุเหลือใช้มาทำให้เกิดประโยชน์ทั้งภาคการเกษตรและภาคอุตสาหกรรมในการผลิตกระถาง ซึ่งได้รับความสนใจไม่น้อยในการเลือกสรรวัตถุดิบเหลือใช้จากธรรมชาติมาอัดขึ้นรูปเป็นกระถาง เนื่องจากสามารถย่อยสลายได้ เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และในปัจจุบันมีการวิจัยและนำวัสดุธรรมชาติที่หาง่าย และวิธีทำไม่ยากจนเกินไป จึงสามารถนำมาคิดค้นเพื่อนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ กระถางเพาะชำย่อยสลายได้ที่ทำจากวัสดุธรรมชาติทำให้มีความสวยงาม ดึงดูดความสนใจ และน่ามอง กระถางที่ทำมาจากวัสดุธรรมชาติเมื่อไม่ต้องการใช้ก็สามารถนำมาใช้เป็นปุ๋ยได้ วิธีกำจัดก็ไม่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม และธรรมชาติลดความเป็นพิษในอากาศ เมื่อประดิษฐ์กระถางต้นไม้จากธรรมชาติ เมื่อประดิษฐ์เสร็จแล้วทำให้ดูสวยงามกว่ากระถางต้นไม้พลาสติก วัสดุจากธรรมชาติที่สามารถนำมาประดิษฐ์เป็นกระถางต้นไม้ได้ดี เช่น หญ้าแห้ง ฟางข้าว และกากกาแฟ เป็นต้น เมื่อทำเสร็จแล้วต้องนำมาทดลองใช้ก่อนที่จะใช้จริง เพราะว่าถ้านำไปใช้จริงอาจเกิดปัญหาตามมาได้ เช่น กระถางต้นไม้ที่ประดิษฐ์ขึ้นมานั้นมีความคงทนถาวร และสามารถอุ้มน้ำได้มากน้อยแตกต่างกัน กระถางอาจจะไม่คงรูป กระถางมีความคงทนมากน้อยแตกต่างกันแล้วแต่ชนิดของวัสดุที่ทำขึ้น เมื่อปลูกต้นไม้และมีการรดนำก่อนที่จะนำมาใช้หรือไปจำหน่าย ต้องมีการทดลองการใช้งานก่อนเพื่อให้ทราบว่ากระถางต้นไม้ที่ทำจากวัสดุชนิดนั้นมีความคงทนมีความสามารถในการอุ้มน้ำมีความเหมาะสมกับต้นไม้หรือพืชนั้น ๆ จนมีความเหมาะสมและสวยงามตามที่เราต้องการ (พงศธร และคณะ, 2551)

2) คุณสมบัติกระถางต้นไม้จากวัสดุธรรมชาติ

วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่มีคุณสมบัติสามารถระบายความร้อนได้ดี และสามารถอุ้มน้ำได้ ทำให้ผู้ที่ใช้กระถางจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรใช้ปลูกต้นไม้ ไม่ต้องรดน้ำต้นไม้บ่อย ๆ เวลาที่เอาต้นไม้ลงดินก็ไม่ต้องเอากระถางออก เพราะกระถางต้นไม้จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรสามารถลดมลพิษจากการใช้ถุงพลาสติกที่เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อน (ยุพาวรรณ, 2558) การนำตะกอนดินเลนในบ่อเลี้ยงกุ้งร่วมกับของเสียชีวภาพซึ่งสามารถย่อยสลายได้เอง ยังเป็นปุ๋ยชั้นดีให้กับต้นไม้อีกด้วย และที่สำคัญคือ สามารถลดมลพิษจากการใช้ถุงพลาสติกที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดภาวะโลกร้อน

3) ลักษณะการใช้งาน

สมเพียร (2526) การเลือกใช้กระถางที่ใช้สำหรับปลูกไม้ กระถางต่าง ๆ นั้นต้องมีขั้นตอนในการเลือกกระถาง ควรใช้วิธีการแยกพันธุ์ไม้แต่ละชนิดให้ออกมีลักษณะเป็นพันธุ์ไม้ชนิดใดลักษณะของกระถางแต่ละแบบ สามารถอธิบายได้ดังนี้ ความงามของพรรณไม้จะมีมากขึ้นหรือลดลงขึ้นอยู่กับศิลปะการตกแต่งระหว่างต้นไม้กับสภาพแวดล้อม สำหรับกระถางต้นไม้เป็นสิ่งแรกที่

เราควรคำนึงถึง ตามวัตถุประสงค์ในการใช้งานคือ กระถางที่ใช้สำหรับปลูกต้นไม้ โดยตรงกระถางในลักษณะนี้อาจทำจากดิน พลาสติก เซรามิค กระดาษ พีช และอื่น ๆ ซึ่งสามารถเคลื่อนย้ายได้หรืออาจจะเป็นกระถางที่สร้างขึ้นถาวรติดกับตัวอาคาร สำหรับปลูกต้นไม้โดยเฉพาะ หรืออาจเป็นสิ่งของที่หาได้ง่าย ใช้สะดวกซึ่งสามรถดัดแปลงมาจากวัตถุต่าง ๆ ภายในครอบครัวหรือเป็นวัสดุเหลือใช้เช่น ชาม อ่าง และหม้อที่เกิดกางชำรุด เป็นต้น โดยนำมาเจาะรูที่ก้นกระถางเพื่อระบายน้ำที่เป็นส่วนเกินออกเพื่อป้องกันน้ำขังแล้วเป็นอันตรายต่อรากพืชได้

4) การอัดขึ้นรูปกระถาง

กระบวนการอัดขึ้นรูปกระถาง ระหว่างวัตถุดิบกับตัวประสานเข้าด้วยกัน สามารถขึ้นรูปกระถาง แบ่งออกได้เป็น 2 รูปแบบ คือ การขึ้นรูปด้วยวิธีการอัดร้อน และการขึ้นรูปด้วยการอัดเย็น โดยแต่ละวิธีมีการอัดแตกต่างกัน ดังนี้

(ก) การขึ้นรูปด้วยวิธีการอัดร้อน เทคนิคการอัดร้อน เป็นเทคนิคการขึ้นรูปที่เก่าแก่ที่สุดเทคนิคหนึ่ง แต่ก็ยังมีการใช้ในการแปรรูปพลาสติกอย่างกว้างขวางในปัจจุบันก็ยังมีการใช้เทคนิคการอัดพลาสติกกลุ่มเทอร์โมเซตและยาง ส่วนประกอบหลักของเครื่อง คือ แผ่นเหล็กอัดจำนวน 2 ชุด ซึ่งแผ่นหนึ่งสามารถเคลื่อนที่ขึ้นลงได้ อีกแผ่นจะถูกยึดติดกับด้านที่ทำให้สามารถทำการเปิดปิดเบ้าได้เนื่องจากเบ้าถูกยึดติดกับแผ่นแม่เหล็กทั้งสองแผ่นนี้ส่วนประกอบอื่น ๆ คือ อุปกรณ์ให้ความร้อนระบบไฮโดรลิค และอุปกรณ์หล่อเย็น วิธีการขึ้นรูปทำได้โดยนำวัสดุผสมเข้าไปในเบ้าและให้ความร้อนขณะทำการอัด จากนั้นใช้ระบบหล่อเย็นโดยใช้น้ำไหลหมุนเวียนเข้าสู่ระบบท่อใกล้ช่องว่างของเบ้า ความดันที่ใช้ในการอัดเบ้าต้องใช้ให้น้อยที่สุด แต่มากพอที่ทำให้พลาสติกไหลเต็มช่องว่างของเบ้า แต่ไม่สูงจนทำให้พลาสติกรั่วไหลออกจากรอยแยกของเบ้าระดับความดันที่ใช้ขึ้นอยู่กับชนิดและความหนาของชิ้นงานที่ทำการขึ้นรูป

(ข) การขึ้นรูปด้วยการอัดเย็น การขึ้นรูปด้วยอัดเย็นเป็นกรรมวิธีที่ดัดแปลงมาจากกรรมวิธีการผลิตในอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผาใช้เพียงแรงอัดอย่างเดียวไม่ใช้ความร้อนทำให้หลอมละลายกรรมวิธีทั่วไปเหมือนกันแบบอัดร้อนแต่ทำเร็วกว่า เพราะไม่ต้องหลอมละลายก่อนเมื่ออัดก้อนแล้วจึงนำไปเข้าเตาอบในปริมาณมากพร้อม ๆ กันอีกครั้ง ซึ่งขั้นตอนการผลิต มีดังนี้

(1) นำเอาส่วนผสมของพลาสติกเหลวกับวัสดุผสมอื่น

(2) ผลกดแม่แบบโดยใช้แรงอัด 13.70-27.50 เมกะปาสคาล ความเร็วที่กดแล้วแต่ชนิดของเครื่องและความสะดวกสบาย

(3) นำชิ้นงานออกจากแม่แบบ

(4) นำชิ้นงานไปเข้าตาอบซึ่งมีอุณหภูมิ 232 องศาเซลเซียส ปริมาณมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับขนาดของเตา ใช้ระยะเวลาประมาณ 72 ชั่วโมง จะทำไห้พลาสติกสุกและแข็งตัว

(5) นำชิ้นงานที่อบแล้วออกสำหรับชนิดของพลาสติกเป็นพวนเทอร์โมเซตติง และนิยมใช้เฉพาะฟีนอลิกเท่านั้น ก่อนใช้นำฟีนอลิกน้ำไปผสมกับใยหินให้มีลักษณะอ่อนตัววัสดุอื่นนอกจากพลาสติกที่ใช้ผลิตด้วยกรรมวิธีแบบนี้มีพวกบิตูเมน กับวัสดุผสมอื่นเช่น ใยหิน

ส่วนชนิดของผลิตภัณฑ์ใช้ทำพวกอุปกรณ์ไฟฟ้าราคาถูกที่รับแสงน้อย ๆ ปุ่ม และมือจับ (วรรณวนัช และ จันทร์จีรา, 2558)

5) ตัวประสานที่ใช้ในงานวิจัย

แป้งมันสำปะหลัง เป็นแป้งที่ได้จากมันสำปะหลัง ลักษณะของแป้งมีสีขาว เนื้อเนียนลื่นเป็นมัน เมื่อทำให้สุกด้วยการกวนกับน้ำไฟอ่อนปานกลาง แป้งจะละลายง่าย สุกง่าย แป้งเหนียวติดภาชนะ หนืดข้นขึ้นเรื่อย ๆ ไม่มีการรวมตัวเป็นก้อน เหนียวเป็นใย ติดกันหมด เนื้อแป้งใสเป็นเงา พอเย็นแล้วจะติดกันเป็นก้อนเหนียวติดภาชนะ ใช้ทำลอดช่องสิงคโปร์ และครองแครงแก้ว เป็นต้น นอกจากนี้ยังถูกใช้ในอุตสาหกรรมอื่น ๆ เช่น อุตสาหกรรมกระดาษ และอุตสาหกรรมกาว เป็นต้น (วิกิพีเดียสารานุกรมเสรี, 2561)

กาวแป้งเปียก กาวในการนำมาผสมขึ้นรูปในการอัดกระถางเป็นกาวที่ทำมาจากธรรมชาติมาใช้กับงานเปเปอร์มาเช่ได้ (อำนาจ, 2554)

(ก) สมบัติความหนืดของแป้งเปียก แป้งเปียกจากแป้งที่ผ่านการย่อยในน้ำมีความหนืดสูงกว่าแป้งที่ผ่านการย่อยในเอทานอลที่ระยะเวลาการย่อย เดียวกัน 2-5 เท่า เมื่อพิจารณาความหนืดของแป้งที่ผ่านการย่อยด้วยกรดที่วิเคราะห์ได้ พบว่าสามารถเตรียมแป้งดัดแปรที่มีความหนืดขณะร้อนในระดับสูง (ค่าความหนืด เท่ากับ 400-500) ปานกลาง (ค่าความหนืดเท่ากับ 150-200) และต่ำ (น้อยกว่า 20) ได้จากการย่อยด้วยแป้งด้วยกรดในน้ำเป็นเวลา 8 12 และ 24 ชั่วโมง และการย่อยแป้งด้วยกรดในเอทานอลเป็นเวลา 14 และ 16 ชั่วโมง

(ข) ความใสของแป้งเปียก (Paste Clarity) แป้งเปียกจากแป้งที่ผ่านการย่อยมีความใสมากกว่าแป้งเปียกจากแป้งดิบ โดยแป้งเปียกจากแป้งที่ผ่านการย่อยด้วยกรดในน้ำและเอทานอลเป็นระยะเวลาเท่ากัน มีความใสใกล้เคียงกัน (ค่าร้อยละการส่องผ่านแสงมากกว่า 76.00 และ 78.00 ตามลำดับ) ในขณะที่แป้งดิบมีค่าร้อยละการส่องผ่านแสงเพียงร้อยละ 56.00 และหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน ความใสของแป้งเปียกที่ย่อยด้วยกรดในน้ำและเอทานอลมีค่าลดลงอย่างชัดเจน แป้งย่อยด้วยกรดในน้ำ มีค่าความใสน้อยกว่าแป้งย่อยด้วยกรดในเอทานอลระยะเวลาการย่อยเดียวกัน อาจเนื่องมาจากสายโซ่โมเลกุลที่เป็นองค์ประกอบของแป้งที่ผ่านการการย่อยด้วยกรดในน้ำมีขนาดโมเลกุลใหญ่กว่า จึงสามารถจัดเรียงตัวกันใหม่เกิดเป็นโครงสร้างที่ทึบแสงได้มากกว่าแป้งที่ผ่านการย่อยด้วยกรดในเอทานอล (ปฐมา และคณะ, 2558)

1.2.12 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

พิศุทธิ์ (2558) ได้ศึกษากากขี้แป้งยางของเสียจากโรงงานสู่ผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม โดยการมีส่วนร่วมของชุมชน จากการศึกษาพบว่ากากขี้แป้งยางมีธาตุอาหารพืชที่สำคัญ คือ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และ โปแทสเซียม การแปรรูปผลิตภัณฑ์โดยการมีส่วนร่วมของชุมชนได้ใช้แนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมที่ชุมชนสามารถผลิตได้เอง สอดคล้องกับวัสดุและความต้องการของชุมชนเกิดเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เช่น ก้อนอิฐประสาน กระถางต้นไม้ โต๊ะ เก้าอี้ สนาม ของใช้ของตกแต่ง แผ่นสำเร็จสำหรับตกแต่งสวน จากการประเมินผลชุมชนที่มีส่วนร่วมเห็นว่าผลิตภัณฑ์มีคุณค่าในระดับสูงสามารถทำได้ง่ายมีต้นทุนการผลิตต่ำวัสดุที่ใช้หาได้ง่ายในท้องถิ่นมีราคาถูกผลิตภัณฑ์ มีความสวยงามทั้งด้านผิวสัมผัสรูปร่าง ความแปลกใหม่ของวัสดุผู้มีส่วนร่วมได้รับความรู้ และ ประสบการณ์ใหม่ที่นำไปใช้ประโยชน์ได้จริง

อรวรรณ (2553) ได้ทำการศึกษาทดแทนปุ๋ยด้วยกากตะกอนน้ำเสียและกากขี้แป้ง เพื่อการปลูกยางพาราในพื้นที่ปลูกยางตำบลไทรขึง อ.พระแสง จ.สุราษฎร์ธานี เริ่มตั้งแต่การปลูกต้นกล้ายาง (ต้นตอตา) และการปลูกต้นยางชำถุง โดยเตรียมกากตะกอนน้ำทิ้ง กากขี้แป้ง ในคราวเดียวกัน จากนั้นเตรียมแปลงเพาะกล้ายางโดยใช้รถแทรกเตอร์พลิกดิน 2 ครั้ง ไถพรวน 2 ครั้ง ทำแปลงทดลองขนาด 2x5 เมตร กำหนดแนวปลูกด้วยระยะ 1 เมตร สำหรับปลูกเมล็ดงอก (germinated seed) ระยะห่าง 20 เซนติเมตร ขั้นตอนนี้จะมีแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ แปลงที่เกษตรกรปลูกโดยใส่ปุ๋ยบำรุงรูปแบบเดิม และ แปลงที่ใส่กากตะกอนและขี้แป้ง ซึ่งผ่านขบวนการทำแห้งป้องกันการเกิดรา สูตรมีความคงที่เหมาะสม จากนั้นบำรุงดูแลรักษาตลอดระยะเวลา 6 เดือน โดยรดน้ำเช้าเย็นให้ดินชุ่ม กำจัดวัชพืช พร้อมวัดการเจริญเติบโตของกล้ายางทุกเดือน ควบคู่กับการเก็บตัวอย่างดินก่อนและหลังการเติมสิ่งทดลองจนกระทั่งกล้ายาง อายุ 6 เดือน พร้อมที่จะติดตาเขียวต้นกล้ายางแล้วจึงเตรียมถุงเพาะชำ โดยใช้ต้นตอซึ่งติดตาเขียวพันธุ์ RRIM 600 ไปปลูกในถุงเพาะชำ โดยแบ่งเปรียบเทียบ คือ แปลงที่ 1 การดูแลบำรุงรักษาจะไปตามรูปแบบเดิมอย่างที่เกษตรกรเคยทำกันมา แปลงที่ 2 ใส่ดิน 3 ส่วนต่อกาก ตะกอน 1 ส่วน แปลงที่ 3 ใส่ดิน 3 ส่วนต่อใส่กากขี้แป้ง 1 ส่วน แปลงที่ 4 ดิน 3 ส่วนต่อเติมกากตะกอน และ กากขี้แป้ง อย่างละเท่ากันรวม 1 ส่วน แปลงที่ 5 ใส่ดิน 3 ส่วนต่อเติมกากตะกอนมากกว่ากากขี้แป้งลงดินรวม 1 ส่วน และ แปลงที่ 6 ใส่ดิน 3 ส่วนต่อเติมกากตะกอนน้อยกว่ากากขี้แป้งลงดินรวม ซึ่งการวิจัยให้ผลว่ากากตะกอน น้ำเสียและกากขี้แป้งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการปลูกและการเติบโต รวมทั้งมีศักยภาพทดแทน

สัตตะพงศ์ (2551) ได้ทำการศึกษาวิจัยการทดแทนปุ๋ยด้วยกากตะกอนน้ำเสียและกากขี้แป้งเพื่อการเพาะชำยางชำถุง ผลการศึกษาพบว่ากากตะกอนน้ำเสียและกากขี้แป้งสามารถทดแทนปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์ได้อย่างเท่าเทียมหรือดีกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติส่งผลให้มีปริมาณอินทรียวัตถุธาตุอาหารหลัก (N, P, K) และธาตุอาหารรอง (Mg) ในดินเพาะชำยาง ชำถุงเพียงพอต่อการเติบโตของต้นยางชำถุงเมื่อพิจารณาจากความสูงเส้นผ่านศูนย์กลางรัศมีเรือนยอดและน้ำหนักแห้งของราก อีกทั้งยังไม่จำเป็นต้องเติมปุ๋ยหินฟอสเฟตเป็นปุ๋ยรองก้นหลุม (อัตรา 170 กรัมหลุม) เมื่อนำต้นยางช้าถุงปลูกลงหลุมตลอดจนไม่มีความกังวลใจเรื่องปริมาณโลหะหนัก (Cu, Mn, Fe, Zn, Cd, Pb และ Ni) ที่ปนเปื้อนในดินเพาะชำ ยางชำถุง เนื่องจากปริมาณโลหะหนักที่ตรวจวัดได้มีค่าอยู่ในมาตรฐานตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพดินที่ใช้ประโยชน์เพื่อการอยู่อาศัยและเกษตรกรรม

วลัยพร (2547) การใช้ประโยชน์กากขี้แป้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้นในรูปสารบำรุงดินนำกากขี้แป้งของเสียจากโรงงานผลิตน้ำยางข้น มาใช้ประโยชน์ร่วมกับกากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานไก่สดแช่แข็ง ในการทำเป็นวัสดุบำรุงดินสำหรับการเกษตรกรรม กำหนดการทดลองทำในกระถาง ในหน่วยทดลองแบ่งเป็น 3 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 ใส่ปุ๋ยเคมีสูตรที่พืชต้องการลงไปในดินในอัตราที่เหมาะสมต่อการเติบโตต่อพืช กลุ่มที่ 2 ใส่กากขี้แป้งของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมน้ำยางข้น ร่วมกับกากตะกอนน้ำเสียจากระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานไก่สดแช่แข็ง กลุ่มที่ 3 กลุ่มควบคุม ไม่มีการเติมสิ่งใดในดิน และศึกษาการเติบโตของพืชทดลอง 3 ชนิดคือ ผักกาดหอม มะเขือเทศ และข้าว ศึกษาลักษณะสมบัติของดิน กากขี้แป้งและกากตะกอนก่อนการเพาะปลูกพบว่า ไม่มีข้อจำกัดในการนำกากขี้แป้งและกากตะกอนไปใช้ประโยชน์ ในการทำเป็นวัสดุบำรุงดินในการปลูกพืช

สำหรับอัตราส่วนที่เหมาะสมเพื่อเป็นวัสดุบำรุงดิน ในการทดลองปลูกผักกาดหอม มะเขือเทศและข้าว พบว่าอัตราส่วนผสมระหว่างดิน : กากขี้แป้ง : กากตะกอนในอัตราส่วน 1:3:1 เพราะทำให้การเติบโตของพืชทดลองไม่มีอาการขาดธาตุอาหารพืชแต่อย่างใด พิจารณาจากการสะสมธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในพืชซึ่งเป็นธาตุอาหารหลักที่พืชต้องการในการเติบโต และผลผลิตที่ได้จากพืชมีน้ำหนักแห้งไม่แตกต่างจากการใช้ปุ๋ยเคมี การสะสมธาตุอาหารในดินหลังการปลูกพบว่า ไนโตรเจนมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1,119-1,132.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ฟอสฟอรัสมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 297.56-310.90 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และโพแทสเซียมมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 366-384.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เป็นปริมาณการสะสมธาตุอาหารที่สามารถเป็นแหล่งธาตุอาหารไม่แตกต่างจากการใช้ปุ๋ยเคมีในการปลูกพืช และพบว่ามีปริมาณการสะสมสังกะสีในดินอยู่ในช่วง 0.44-1.64 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ค่าที่ได้อยู่ในช่วงที่ยอมรับให้มีได้ในดินเพื่อการเกษตร กล่าวคือไม่เกิน 280-300 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.3.1 เพื่อศึกษาลักษณะคุณสมบัติของกากขี้แป้งยางจากโรงงานผลิตน้ำยางข้น

1.3.2 เพื่อศึกษาการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์จากกากขี้แป้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้นสู่ผลิตภัณฑ์ใหม่

1.3.3 เพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ผลิตภัณฑ์ที่มีต่อผลิตภัณฑ์ใหม่จากกากขี้แป้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้น

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ด้านเศรษฐกิจ การนำผลงานที่เกิดจากการวิจัยและนวัตกรรมที่มีการพัฒนาในการนำกากของเสียกากขี้แป้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้นพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ส่งผลก่อให้ เกิดการจ้างงานให้กับทางชุมชน ชุมชนมีรายได้เพิ่มขึ้น รวมทั้งการศึกษาดังกล่าวแสดงให้เห็นถึงมูลค่าผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ

1.4.2 ด้านสังคม การนำองค์ความรู้ที่ได้จากการวิจัยและนวัตกรรม ไปสร้างให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในการให้ชุมชนบริเวณใกล้เคียง หรือชุมชนที่มีความสนใจในการนำกากของเสียการขี้แป้งจากโรงงานอุตสาหกรรมนำไปพัฒนาชุมชน สร้างอาชีพให้กับคนในชุมชนได้ เกิดการร่วมกลุ่มเกิดขึ้น

14.3 ด้านสิ่งแวดล้อม การนำองค์ความรู้ที่ได้จากการวิจัยและนวัตกรรมไปสร้างให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสภาวะแวดล้อมที่ดีขึ้น โดยการนำของเสียกากขี้แป้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้นไปใช้ประโยชน์ในการผลิตปุ๋ยหมักกากขี้แป้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้น และการผลิตกระถางต้นไม้กากขี้แป้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้น เป็นการเพิ่มคุณภาพชีวิตของประชาชนให้ดีขึ้น และนำไปสู่ความยั่งยืน

1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ

1.5.1 กากขี้แป้ง หมายถึง กากตะกอนที่เกิดจากกระบวนการการผลิตน้ำยางข้น มีลักษณะเป็นตะกอนสีขาวปนเหลืองอ่อนหรือสีน้ำตาลคล้ำที่บ่อพักน้ำยางหรือหม้อปั่นน้ำยาง

1.5.2 การพัฒนาผลิตภัณฑ์ หมายถึง การออกแบบและสร้างผลิตภัณฑ์จากกากตะกอนเหลือทิ้งของน้ำยางข้นหรือรูปแบบต่างๆ เพื่อนำไปสู่การแปรรูปเพื่อสร้างเป็นผลิตภัณฑ์

1.5.3 การออกแบบที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม หมายถึง การคิดค้น หาวิธีการออกแบบการผลิตวัสดุและผลิตภัณฑ์จากกากตะกอนเหลือทิ้งของน้ำยาข้น ให้ส่งผลกระทบกับสิ่งแวดล้อมให้น้อยที่สุด ตลอดกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ ตั้งแต่ช่วงวางแผน การออกแบบ การผลิต การนำไปใช้และการทำลายหลังการใช้เสร็จ

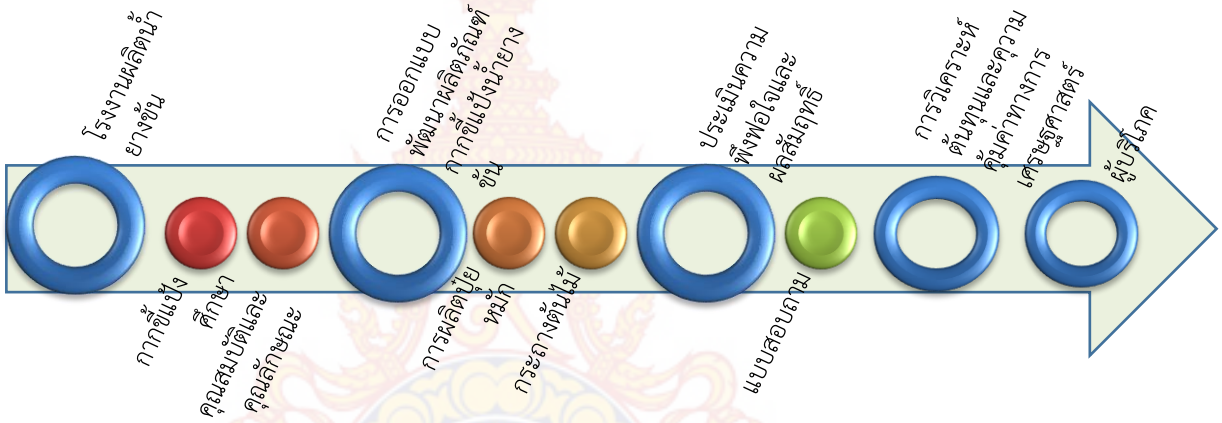
1.5.4 ผลิตภัณฑ์ หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่สร้างขึ้นจากกากตะกอนเหลือทิ้งของน้ำยางข้น โดยนำวัสดุมาสร้างผลิตภัณฑ์ เช่น กระถางต้นไม้ ปุ๋ยอินทรีย์ เป็นต้น

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

บทที่ 2
วิธีการดำเนินการวิจัย

2.1 การดำเนินการวิจัย

การพัฒนาผลิตภัณฑ์จากกากขี้แป้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้นมาใช้ใหม่สู่ผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมเพื่อพัฒนาภาคอุตสาหกรรม โดยในการศึกษาได้มีการออกแบบพัฒนาผลิตภัณฑ์จากกากขี้แป้ง 2 ผลิตภัณฑ์ คือ การผลิตปุ๋ยหมัก การผลิตกระถางต้นไม้ โดยทำการศึกษาคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ พร้อมทั้งประเมินความพึงพอใจการใช้ผลิตภัณฑ์ และวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ของผลิต ซึ่งวิธีการดำเนินงานวิจัย ดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 วิธีการดำเนินงานวิจัย

2.1.1 ศึกษาลักษณะคุณสมบัติกากขี้แป้งยางจากโรงงานผลิตน้ำยางข้น

1) การคัดเลือกโรงงานผลิตน้ำยางข้นโดยใช้วิธีการคัดเลือกแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive selection) โดยกำหนดเกณฑ์คัดเลือกเป็นโรงงานอุตสาหกรรมน้ำยางข้นโดยกำหนดพื้นที่จังหวัดตรัง เป็นพื้นที่ต้นแบบเนื่องจากเป็นจังหวัดที่มีโรงงานผลิตน้ำยางข้น หลายโรงงานและเป็นแหล่งของกากขี้แป้งยางปริมาณมาก

2) วิเคราะห์กากขี้แป้ง อัตราการเกิดกากขี้แป้งจากกระบวนการผลิตในโรงงานผลิตน้ำยางข้น เพื่อรวบรวมข้อมูลผลกระทบปัญหาที่เกิดจากกากขี้แป้ง และทำการเก็บตัวอย่างกากขี้แป้งมาวิเคราะห์คุณสมบัติต่าง ๆ ตามพารามิเตอร์ต่าง ๆ ก่อนการทดลอง ได้แก่ ความเป็นกรด-ด่าง (pH) และปริมาณธาตุอาหารหลัก ธาตุไนโตรเจนทั้งหมด (Total N) ธาตุฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total P_2O_3) และธาตุโพแทสเซียมทั้งหมด (Total K_2O)

2.2.2 ศึกษาการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์กากขี้แป้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้นสู่ผลิตภัณฑ์ใหม่

1) การพัฒนาผลิตภัณฑ์จากกากขี้แป้งยางโดยโรงงานผลิตน้ำยางข้นมีส่วนร่วมกับชุมชนและภาคีต่าง ๆ ทุกขั้นตอน การตัดสินใจ โดยวิธีการสนทนาระดมความคิดแลกเปลี่ยนคิดเห็นในการนำกากขี้แป้งยางในลักษณะเป็นผงแท่งหรือก้อนและเป็นแผ่นเพื่อพัฒนาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์

2) การออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ ขั้นตอนวิธีการและกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ผลิตได้ตามหลักการของการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมตรงกับความต้องการของประชาชนและทางโรงงานผลิตน้ำยางข้นและนำไปสู่การพัฒนาอย่างยั่งยืน

2.2.3 ทดลองผลิตผลิตภัณฑ์ต้นแบบจากกากขี้แป้งยาง 2 นวัตกรรม ได้แก่

1) การผลิตปุ๋ยหมักกากขี้แป้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้น การใช้ประโยชน์จากกากขี้แป้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้นในการนำมาผลิตเป็นปุ๋ยหมักที่อัตราส่วนผสมที่แตกต่างกัน 4 ชุดการทดลองที่อัตราส่วนผสม กากขี้แป้ง : ยูเรีย : มูลวัว : กากน้ำตาล : เชื้อจุลินทรีย์ เท่ากับ 3 : 0 : 0 : 0.5 : 1 รายละเอียดดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 อัตราส่วนการผสมการผลิตปุ๋ยหมักจากกากขี้แป้งโรงงานผลิตน้ำยางข้น

ชุดการทดลอง	อัตราส่วนผสม ((โดยน้ำหนัก)				
	กากขี้แป้ง	ยูเรีย	มูลวัว	กากน้ำตาล	เชื้อจุลินทรีย์
1	3.0	0	0	0.5	1.0
2	2.0	0.5	0.5	0.5	1.0
3	2.0	1.0	0	0.5	1.0
4	2.0	0	1.0	0.5	1.0

การศึกษาคุณสมบัติตามกำหนดเกณฑ์มาตรฐานของปุ๋ยอินทรีย์ (กรมวิชาการเกษตร, 2548) ศึกษาคุณสมบัติของปุ๋ยหมักกากขี้แป้ง ระหว่างการหมักซึ่งทำการศึกษาคุณสมบัติ ได้แก่

(ก) ค่าอุณหภูมิ (Temperature) การวัดปริมาณความร้อนมีหน่วยวัดอุณหภูมิหลายอย่าง ระบบหน่วย องศาเซลเซียส

(ข) ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของตัวอย่างวัตถุดิบ โดยใช้อัตราส่วนของตัวอย่างวัตถุดิบต่อน้ำ เท่ากับ 3 : 50 ใช้แท่งแก้วคนตัวอย่างวัตถุดิบ และน้ำให้เข้ากันเป็นเวลา 30 นาที แล้วตั้งทิ้งไว้ 30 นาที ให้ตกตะกอน และวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ด้วยเครื่องพีเอชมิเตอร์ (pH Meter) (AOAC, 2000)

(ค) ค่าความชื้น โดยจะนำตัวอย่างวัตถุดิบนำมาชั่งน้ำหนัก (กรัม) แล้วบันทึก ค่าน้ำหนักที่ได้เป็นน้ำหนักก่อนอบ จากนั้นนำตัวอย่างวัตถุดิบเข้าตู้อบความร้อน (Hot Air Oven) ที่อุณหภูมิ 103 - 105 องศาเซลเซียส 4 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดตามเวลา นำตัวอย่างวัตถุดิบมาชั่งน้ำหนัก อีกครั้งเป็นน้ำหนักหลังอบแห้ง ทำซ้ำจนกว่าน้ำหนักหลังอบจะคงที่ (อทิตยา, 2557) คำนวณความชื้น ดังนี้

$$\text{ค่าความชื้น (เปอร์เซ็นต์)} = \frac{\text{น้ำหนักก่อนอบ - น้ำหนักหลังอบ}}{\text{น้ำหนักก่อนอบ}} \times 100 \quad (1)$$

(ง) ค่าการนำไฟฟ้า (EC) นำตัวอย่างวัตถุดิบโดยใช้อัตราส่วนผสมโดยใช้ตัวอย่างวัตถุดิบต่อน้ำ เท่ากับ 1 : 10 คนให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้อย่างน้อย 12 ชั่วโมง แล้วนำไปวัดค่าการนำไฟฟ้าด้วยเครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity Meter) (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2548)

(จ) ค่าอินทรียวัตถุ (OM) โดยวิธี Gravimetric Loss on Ignition นำตัวอย่างวัตถุดิบทั้ง 4 ประเภท มาอบในเตาเผาความร้อนสูง (Muffle Furnace) ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลาอย่างน้อย 16 ชั่วโมง จากนั้นเผาตัวอย่างวัตถุดิบทั้ง 4 ประเภท ที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง (AOAC, 2000)

(ฉ) ศึกษาคุณสมบัติปุ๋ยหมักที่ผ่านกระบวนการหมักสมบูรณ์

- ธาตุไนโตรเจนทั้งหมด (Total N) โดยใช้วิธีเจลดาห์ (Kjeldahl method) เป็นวิธีที่สะดวก และให้ถูกต้อง วิธีนี้มี 3 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนการย่อย การกลั่น และการไทเทรต

- ธาตุฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total P_2O_3) โดยวิธีวานาโดโมลิบเดต ใช้กรดเข้มข้นผสม $HClO_4$: HNO_3 ในอัตราส่วน 1:2 โดยปริมาตรในการย่อยตัวอย่างปุ๋ยให้อยู่ในรูปสารละลายฟอสเฟต จากนั้นทำให้เกิดสีกับ Vanadomolydate Reagent เกิดเป็นสารเชิงซ้อนวานาโดโมลิบโดฟอสเฟต ซึ่งมีสีเหลือง วัดหาปริมาณฟอสเฟตด้วยเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร แล้วเปรียบเทียบกับกราฟของสารละลายมาตรฐานฟอสฟอรัส

- ธาตุโพแทสเซียมทั้งหมด (Total K_2O) โดยวิธี Flame Photometer Method ใช้กรดผสม เช่นเดียวกับการวิเคราะห์หาฟอสฟอรัส ย่อยปุ๋ยอินทรีย์น้ำ โดยโพแทสเซียมที่อยู่ในรูปของสารละลายจะถูกความร้อนจากเปลวไฟ ทำให้เปลี่ยนเป็นอะตอม อะตอมของโพแทสเซียมนี้จะปลดปล่อยพลังงานแสงออกมาเป็นปฏิภาคโดยตรงกับจำนวนอะตอมของโพแทสเซียมที่มีอยู่ในสารละลายตัวอย่าง ซึ่งสามารถวัดพลังงานแสงที่ปล่อยออกมานี้ด้วยเครื่องเฟลมโฟโตมิเตอร์

2) การผลิตกระถางต้นไม้จากกากขี้แป้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้น โดยนำปุ๋ยหมักที่ผ่านการะบวนการหมักสมบูรณ์ที่มีปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจนรวมมากที่สุด นำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์กระถางต้นไม้ย่อยสลายได้ ซึ่งได้ออกแบบอัตราส่วนผสมในการผลิตกระถางต้นไม้จากกากขี้แป้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้น โดยทำการทดลองเป็น 4 ชุดการทดลอง ที่อัตราปุ๋ยหมักจากกากขี้แป้ง : ดินปลูกตราลำดวน : ดินร่วน ที่อัตราส่วนผสมที่แตกต่างกัน เท่ากับ 100:0:0 75:20:5 50:40:10 และ 25:60:15 ดังตารางที่ 5 ซึ่งใช้กาวแป้งเปียกเป็นวัสดุประสานในการขึ้นรูปผลิตกระถางต้นไม้ งานวิจัยนี้เลือกใช้กาวแป้งเปียกเป็นวัสดุประสาน สำหรับขั้นตอนในการเตรียมวัสดุประสานขั้นตอนแรกนำแป้งมันสำปะหลังตราเทสโก้โลตัส ชั่งน้ำหนักปริมาณ 100 กรัม มาละลายน้ำ 1,000 มิลลิลิตร

ตารางที่ 5 อัตราส่วนผสมการผลิตกระถางต้นไม้จากกากขี้แป้ง

ชุดการทดลอง	อัตราส่วนผสม (ร้อยละโดยน้ำหนัก)		
	ปุ๋ยหมักจากกากขี้แป้ง	ดินปลูกตราลำดวน	ดินร่วน
1	100	0	0
2	75	20	5
3	50	40	10
4	25	60	15

(ก) ขั้นตอนการขึ้นรูปกระถางต้นไม้ การพัฒนาผลิตภัณฑ์จากกากขี้แป้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้นมาใช้ใหม่สู่ผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมเพื่อพัฒนาภาคอุตสาหกรรม มีขั้นตอนการขึ้นรูปกระถางต้นไม้ ดังนี้

(1) นำอัตราส่วนผสมที่ได้ออกแบบการผลิตกระถางต้นไม้ตามชุดการทดลองทั้งหมดที่เตรียมไว้ลงภาชนะคลุกเคล้าให้เป็นเนื้อเดียวกัน มีการทดสอบความชื้นเบื้องต้นก่อนการขึ้นรูป โดยการทดสอบกับตัวอย่างวัตถุดิบที่ผสมเสร็จเบื้องต้นโดยการใช้มือกำตัวอย่าง ถ้าปล่อยมือตัวอย่างยังคงจับตัวกันเป็นก้อนสามารถไปขึ้นรูปได้ แต่ถ้าหากปล่อยเนื้อตัวอย่างมีการแตกจะมีการเพิ่มตัวประสานก่อนนำไปขึ้นรูป

(2) นำส่วนผสมทุกอัตราส่วนที่ผสมเป็นเนื้อเดียวกันเตรียมไว้นำไปอัดขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดไฮโดรลิก เพื่ออัดขึ้นรูปกระถางต้นไม้ตามอัตราส่วนที่เตรียมไว้ซึ่งในการอัดจะปล่อยทิ้งไว้ 1 นาที ก่อนดันตัวกระถางต้นไม้ออกจากบล็อกรอให้กระถางต้นไม้มีความแน่น

(2) ดันกระถางต้นไม้ออกจากตัวบล็อกเครื่องอัดกระถางไฮโดรลิก

(3) นำกระถางต้นไม้ที่อัดได้นำไปตั้งในอุณหภูมิห้องเพื่อให้กระถางแห้งและนำทดสอบคุณสมบัติต่าง ๆ ต่อไป ขั้นตอนการขึ้นรูปกระถางต้นไม้

(ข) ศึกษาคุณสมบัติของกระถางต้นไม้ ลักษณะทางกายภาพของกระถางต้นไม้ จะศึกษาลักษณะโดยทั่วไป เช่น รูปร่าง ขนาด สี และน้ำหนัก โดยทำจดบันทึกข้อมูล

(1) การดูดซับน้ำของกระถางต้นไม้ ตัดชิ้นทดสอบขนาด 5.00x5.00 เซนติเมตร อัตราส่วนละ 3 ชิ้นทดสอบ แล้วนำไปชั่งมวลก่อนการแช่น้ำ จากนั้นวางชิ้นทดสอบในระนาบเดียวกับระดับผิวน้ำโดยให้ขอบบนอยู่ใต้ผิวน้ำ ชิ้นทดสอบแต่ละชิ้นควรห่างกันและห่างผนังของภาชนะพอสมควร เมื่อแช่ชิ้นทดสอบครบ 1 ชั่วโมง แล้วจึงนำชิ้นทดสอบขึ้นจากน้ำโดยไม่มีการซับน้ำ ทำเช่นนี้ทุกชิ้นทดสอบ จากนั้นนำไปชั่งหาน้ำหนักที่แน่นอน (ดัดแปลงมาจากมาลินี และคณะ, 2553) แล้วหาค่าเฉลี่ยแสดงสูตรดังต่อไปนี้

$$\text{การดูดซับของกระถางต้นไม้ (เปอร์เซ็นต์)} = \frac{\text{น้ำหนักหลังแช่น้ำ-น้ำหนักก่อนแช่น้ำ}}{\text{น้ำหนักก่อนแช่น้ำ}} \times 100 \qquad (2)$$

(2) การทดสอบการพองตัวของกระถางต้นไม้ตามความหนา (มอก. 876-2547) ได้กำหนดจำนวนทำซ้ำไว้ 3 ซ้ำ เพื่อสุ่มตัวอย่างนำไปทดสอบคุณสมบัติด้านการพองตัวตัดชิ้นทดสอบขนาด 5.00x5.00 เซนติเมตร จากนั้นทำเครื่องหมายตำแหน่ง ที่วัดความหนา และวัดความหนาของชิ้นทดสอบเป็นความหนาก่อนแช่น้ำ และแช่ชิ้นทดสอบในน้ำสะอาดที่อุณหภูมิ 20±2 องศาเซลเซียส เมื่อแช่ชิ้นทดสอบครบ 1 ชั่วโมง รีบนำชิ้นทดสอบขึ้นมาซับน้ำที่ผิวออกให้หมดด้วยผ้าหมาด แล้วปล่อยไว้ที่อุณหภูมิห้อง โดยวางให้ขอบด้านใดด้านหนึ่งอยู่บนแผ่นวัสดุที่ไม่ดูดซึมน้ำปล่อยชิ้นทดสอบไว้อีก 1 ชั่วโมง นำชิ้นทดสอบขึ้นมาวัดความหนาตามตำแหน่งเดิมเป็นความหนาหลังแช่น้ำ สูตรดังต่อนี้

$$\text{การพองตัวของกระถางต้นไม้ (เปอร์เซ็นต์)} = \frac{\text{ความหนาหลังแช่น้ำ-ความหนาก่อนแช่น้ำ}}{\text{ความหนาก่อนแช่น้ำ}} \times 100 \quad (3)$$

(3) การวัดความพรุนของกระถางต้นไม้ ซึ่งต้องมาทำการทดลองเพื่อหาความพรุนของกระถางต้นไม้ดังนี้

- การหาความหนาแน่นรวม นำกระถางต้นไม้ที่ตากแห้งหรืออบเรียบร้อยแล้วมาตัดเป็นชิ้นขนาด 5.00x5.00 เซนติเมตร บันทึกน้ำหนักชิ้นส่วนที่ได้วัดขนาดชิ้นส่วนเพื่อนำมาคำนวณหาปริมาตรของชิ้นส่วนกระถาง และคำนวณหาความหนาแน่นรวมของชิ้นส่วนกระถางต้นไม้ จากสูตรที่ 4

$$\text{ความหนาแน่นรวม (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)} = \frac{\text{น้ำหนักชิ้นส่วนกระถาง (กรัม)}}{\text{ปริมาตรชิ้นส่วนกระถาง (ลูกบาศก์เซนติเมตร)}} \quad (4)$$

- การหาความหนาแน่นของวัสดุ ($\boldsymbol{\rho}$) ซึ่งขวดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร ที่แห้งและสะอาดบันทึกผล (m_1) นำชิ้นตัวอย่างของกระถางต้นไม้ข้างต้นมาบดให้ละเอียดแล้วบรรจุลงในขวดปรับปริมาตรชั่งน้ำหนัก ปริมาตรอีกครั้งบันทึกผล (m_2) เติมน้ำกลั่น 60 มิลลิลิตร ลงในขวดปรับปริมาตร เขย่าให้เข้ากัน นำขวดปรับปริมาตรไปอุ่นในอ่างควบคุมอุณหภูมิพร้อมกับที่ใช้ที่จับหลอดทดลองจับที่คอขวดปรับปริมาตร เพื่อเขย่าในขณะที่ขวดอุ่น เมื่อไอปรากฏให้อุ่นต่อไปอีก 2-3 วินาที หลังจากนั้นนำขวดปรับปริมาตรไปตั้งไว้ที่อ่างน้ำคว่ำบีกเกอร์ขนาด 50 มิลลิลิตร ลงที่ปากขวดปรับปริมาตรแล้วปล่อยน้ำเย็นให้ไหลเบา ๆ ลงที่ก้นบีกเกอร์จนกระทั่งขวดปรับปริมาตร เย็นลง เติมน้ำลงในขวดปรับปริมาตรจนถึงขีดบอกความจุใช้ผ้าเช็ดขวดปรับปริมาตรให้แห้ง แล้วนำไปชั่งอีกครั้งบันทึกผล (m_3) (สุชาดา, 2539) เทวัสดุในขวดทิ้งทั้งหมด ล้างขวดให้สะอาดแล้วนำไปคว่ำให้แห้งเติมน้ำกลั่นจากบิวเรตลงในขวดปรับปริมาตร ปริมาตรนี้คือความจุของขวดปรับปริมาตร (V_F)

หาน้ำหนักของวัสดุ (m_s) จากสูตรการที่ 5

$$m_s = m_2 - m_3 \quad (5)$$

หาปริมาตรของวัสดุ (V_s) จากสูตรที่ 6 และ 7

$$V_w = (m_3 - m_2) / (\rho_{\text{น้ำที่ทำการทดลอง}}) \quad (6)$$

$$V_S = V_F - V_W \quad (7)$$

โดยที่ V_S = ปริมาตรของวัสดุ (ลูกบาศก์เซนติเมตร)

V_W = ปริมาตรน้ำที่ถูกแทนที่ด้วยวัสดุ (ลูกบาศก์เซนติเมตร)

จากนั้นสามารถคำนวณค่าความหนาแน่นของวัสดุได้ จากสูตรที่ 8

$$\rho_S = (m_S) / (V_S) \quad (8)$$

เมื่อ ρ_S = ความหนาแน่นของวัสดุ (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)

m_S = มวลของวัสดุ (กรัม)

V_S = ปริมาตรของวัสดุ (ลูกบาศก์เซนติเมตร)

(ค) การคำนวณหาความพรุน จากสูตรที่ 9

$$\varepsilon = [\ 1 - (\rho_b / \rho_S) \times 100\ ] \quad (9)$$

เมื่อ ε = ค่าความพรุน

ρ_S = ความหนาแน่นของวัสดุ (กรัมต่อลูก บาศก์เซนติเมตร)

ρ_b = ความหนาแน่นรวมของกระ ๆ ถางต้นไม้ (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)

(3) การทดสอบการเปลี่ยนแปลงการเสื่อมทางชีวภาพกระถางต้นไม้

ทำการทดลองปลูกต้นดาวเรืองกับกระถางต้นไม้ที่สามารถขึ้นรูปเพื่อสังเกตลักษณะความเปลี่ยนแปลงของการเสื่อมทางชีวภาพ โดยเลือกใช้ต้นดาวเรืองปลูกเป็นระยะเวลา 15 วันในการทดสอบ ซึ่งทำการทดสอบโดยทำการรดน้ำวันละ 1 ครั้ง ครั้งละ 500 มิลลิลิตรต่อหนึ่งชุดการทดลอง เป็นระยะเวลา 28 วัน เพื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงการเสื่อมทางชีวภาพกระถางต้นไม้

(4) การศึกษาต้นทุนและความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

การประเมินผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์จากเกณฑ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการพิจารณาจากการลงทุนจะทำให้ผู้วิเคราะห์โครงการการลงทุนทราบว่าโครงการนั้น ๆ ให้ผลตอบแทนเป็นที่น่าพอใจหรือไม่ หรือมีปัจจัยอะไรบ้างที่มีผลกระทบต่อโครงการ ซึ่งโดยปกติแล้วโครงการที่ถือว่าเป็นโครงการที่ควรลงทุนจะต้องลงทุนจะต้องให้ค่าต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

(ก) มูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนสุทธิ (NPV) ถ้ามูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนสุทธิ (NPV) ที่คำนวณได้ที่ค่าเป็นบวก แสดงว่าอัตราผลตอบแทนจากการลงทุนสูงกว่าอัตราส่วนลด และถ้ามีมูลค่าปัจจุบันเป็นศูนย์ (0) แสดงว่าอัตราผลตอบแทนจากการลงทุนเท่ากับอัตราส่วนลดพอดีซึ่งทั้งสองกรณี สามารถยอมรับโครงการได้ แต่ถ้าหากมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนสุทธิมีค่าเป็นลบแสดงว่าผลตอบแทนจากการลงทุน ได้รับโครงการต่ำอัตราส่วนลดนั้น คือเกิดการขอทุนโครงการนั้นไม่สามารถยอมรับได้ จึงควรล้มเลิกโครงการ

(ข) อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (B/C Ratio) ถ้าหากผลของการคำนวณอัตราส่วนของผลตอบแทนต่อต้นทุน มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ >1 (B/C>1) แสดงว่าผลตอบแทนที่ได้จากโครงการจะมีค่ามากกว่าหรืออย่างน้อยที่สุดเท่ากับค่าใช้จ่ายที่เสียไปในการดำเนินโครงการ

(5) ประเมินความพึงพอใจความพึงพอใจของชุมชนที่มีต่อผลิตภัณฑ์ใหม่จากกากขี้แป้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้น

(ก) ประเมินผลสัมฤทธิ์ จากการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ 2 ผลิตภัณฑ์/นวัตกรรมจากกากขี้แป้งยาง โดยการประเมินคุณค่าของผลิตภัณฑ์แนวทางในการประเมินยึดหลักประเมินด้านหลักการ ออกแบบ และพัฒนา ผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม โดยผนวกแนวคิดด้านเศรษฐศาสตร์และด้านสิ่งแวดล้อมเข้าไป ในขั้นตอนการออกแบบผลิตภัณฑ์พิจารณาตลอดวงจรของผลิตภัณฑ์ตั้งแต่วางแผนการผลิตการออกแบบการผลิต การนำไปใช้และการทำลายหลังการใช้งาน และลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมไปพร้อม ๆ กัน

(ข) ประเมินผลสัมฤทธิ์จากความพึงพอใจของผู้ใช้ผลิตภัณฑ์ที่มีต่อผลิตภัณฑ์ใหม่กากขี้แป้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้น

2.3 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลโดยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ SPSS ในการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เพื่อทดสอบคุณสมบัติแต่ละนวัตกรรมว่าแต่ละผลิตภัณฑ์มีปริมาณแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 หรือไม่ถ้าแตกต่างกันจะทำการเปรียบเทียบความแตกต่างโดยวิธี Duncan 's new multiple range test (DMRT) ของตัวแปร

บทที่ 3
ผลการวิจัย และอภิปรายผล

จากการศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากกากขี้แป้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้นมาใช้ใหม่สู่ผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมเพื่อพัฒนาภาคอุตสาหกรรม โดยศึกษาลักษณะคุณสมบัติของกากขี้แป้งยางจากโรงงานผลิตน้ำยางข้น การพัฒนาผลิตภัณฑ์จากกากขี้แป้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้น และประเมินความพึงพอของผู้ใช้ผลิตภัณฑ์ที่มีต่อผลิตภัณฑ์ใหม่จากกากขี้แป้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้น ผลการดำเนินงานวิจัยดังนี้

3.1 องค์ประกอบของกากขี้แป้ง

ก่อนการดำเนินการนำกากขี้แป้งมาปุ๋ยหมักกากขี้แป้งทำการวิเคราะห์ลักษณะเคมีเพื่อให้ทราบ ก่อนว่ากากขี้แป้งที่จะนำมาใช้เป็นวัสดุตั้งต้นสำหรับทำปุ๋ยนั้นมีค่าความชื้น ค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าธาตุอาหารหลัก ได้แก่ ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) ค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N) และธาตุโลหะหนัก ได้แก่ ตะกั่ว สารหนู และทองแดง เป็นต้น เนื่องจากธาตุโลหะหนักในปริมาณมากจะเป็นสารพิษซึ่งมีผลต่อพืชหากมีการนำไปใช้ เป็นต้น ผลจากการวิจัยพบว่า ตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ค่าวิเคราะห์ลักษณะเคมีของกากขี้แป้งจากอุตสาหกรรมผลิตยางข้น

พารามิเตอร์	ค่าวิเคราะห์	เกณฑ์มาตรฐานของกรมวิชาการเกษตร พ.ศ. 2548
ความเป็นกรด-ด่าง	7.54	5.5-8.5
ค่าความชื้น (เปอร์เซ็นต์)	25.53	35.00
ค่าการนำไฟฟ้า (เดซิซีเมนต่อเมตร)	1.25	ไม่เกิน 6.00
ค่าไนโตรเจนทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์)	2.22	≥ 1.0
ค่าฟอสฟอรัสทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์)	21.60	≥ 0.5
โพแทสเซียมทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์)	2.10	≥ 0.5
อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N)	18.18	≤ 20/1
ปริมาณตะกั่วทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	310	≤ 500
สารหนูทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	35	≤ 50
ทองแดงทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	350	≤ 500

จากผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 6 พบว่ากากขี้แป้งไม่จัดเป็นของเสียอันตราย มีค่าธาตุโลหะหนักไม่เกินมาตรฐานตามพระราชบัญญัติปุ๋ย (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 นอกจากนี้พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่าง มีความเป็นกลาง ค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนมีค่าน้อยกว่า 20/1 มีค่าไนโตรเจนค่อนข้างสูง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษา กรมควบคุมมลพิษ (2548) พบว่าสมบัติของกากขี้แป้ง มีปริมาณธาตุอาหารที่สำคัญต่อพืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการทำปุ๋ยหรือเป็นวัสดุปรับปรุงดินเพื่อช่วยปรับสภาพดินมีค่ากรดเบสเป็นกลาง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของวลัยพร (2547) ได้ทำการศึกษานำกากขี้แป้งและกากตะกอนไปใช้ประโยชน์ในการทำเป็นวัสดุบำรุงดินในการปลูกพืช สำหรับอัตราส่วนที่เหมาะสมเพื่อเป็นวัสดุบำรุงดินในการทดลองปลูกผักกาดหอม มะเขือเทศและข้าว พบว่าอัตราส่วนผสมระหว่างดิน : กากขี้แป้ง : กากตะกอนในอัตราส่วน 1:3:1 ทำให้การเติบโตของพืชทดลองไม่มีอาการขาดธาตุอาหารพืชแต่อย่างใด พิจารณาจากการสะสมธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในพืชซึ่งเป็นธาตุอาหารหลักที่พืชต้องการในการเติบโต และผลผลิตที่ได้จากพืชมีน้ำหนักแห้งไม่แตกต่างจากการใช้ปุ๋ยเคมี

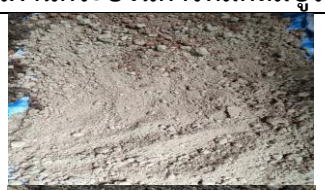
3.2 การศึกษาคุณสมบัติของปุ๋ยหมักกากขี้แป้งระหว่างการหมัก

ผลการศึกษาคุณสมบัติปุ๋ยหมักกากขี้แป้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้นในระหว่างการผลิตปุ๋ยหมักจนหมักสมบูรณ์ซึ่งใช้ระยะเวลา 50 วัน โดยทำการศึกษาคุณสมบัติของปุ๋ยหมักกากขี้แป้งระหว่างกระบวนการหมัก ได้แก่ ค่าอุณหภูมิ ค่าความชื้น ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ค่าการนำไฟฟ้า (EC) และค่าอินทรียวัตถุ (Organic Matter) โดยผลการศึกษาคุณสมบัติของปุ๋ยหมักในระหว่างการหมักและปริมาณธาตุอาหารหลัก (N P และ K) เมื่อผ่านกระบวนการหมักสมบูรณ์ ดังนี้

3.2.1 ลักษณะทางกายภาพในระหว่างการหมัก

จากการศึกษาลักษณะทางกายภาพของปุ๋ยหมักกากขี้แป้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้นในระหว่างการหมักทั้ง 4 ชุดการทดลอง ที่อัตราส่วนผสม กากขี้แป้ง : ยูเรีย : มูลวัว : กากน้ำตาล : เชื้อจุลินทรีย์ ชุดการทดลองที่ 1 เท่ากับ 3.0 : 0 : 0 : 0.5 : 1.0 ชุดการทดลองที่ 2 ที่อัตราส่วนผสมเท่ากับ 2.0 : 0.5 : 0.5 : 0.5 : 1.0 ชุดการทดลองที่ 3 ที่อัตราส่วนผสมเท่ากับ 2.0 : 1 : 0 : 0.5 : 1.0 และชุดการทดลองที่ 4 ที่อัตราส่วนผสมเท่ากับ 2.0 : 0 : 1 : 0.5 : 1.0 โดยระหว่างการหมักปุ๋ยจะสังเกตจากการเปลี่ยนแปลงของปุ๋ยหมักในระหว่างการหมัก ซึ่งสังเกตสี ขนาด และลักษณะของการย่อยสลายในระยะเวลาในการหมักปุ๋ยจนกว่ากระบวนการหมักสมบูรณ์ผลการศึกษาพบว่าในสัปดาห์ที่ 2 ระยะเวลาการหมักได้ 14 วัน ยังไม่มีการเปลี่ยนแปลงในลักษณะของการย่อยสลาย และขนาดของวัตถุดิบ แต่สีของวัตถุดิบมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม สำหรับสัปดาห์ที่ 4 ระยะเวลาการหมักได้ 28 วัน ทุกชุดการทดลองวัตถุดิบเริ่มมีการเปลี่ยนสี และมีการย่อยสลายทำให้ขนาดวัตถุดิบมีขนาดเล็กลง สำหรับในสัปดาห์ที่ 5 ระยะเวลาการหมักได้ 35 วัน ทุกชุดการทดลองวัตถุดิบเริ่มมีการเปลี่ยนสีเป็นสีน้ำตาลเข้ม มีการย่อยสลาย และเริ่มเปื่อยยุ่ย และสัปดาห์ที่ 6 ระหว่างวันที่ 42 – 50 วัน ทุกชุดการทดลองวัตถุดิบมีการเปลี่ยนสีเป็นสีดำ และมีการย่อยสลายอย่างสมบูรณ์เป็นระยะเวลาหมัก 50 วัน สามารถนำไปทดลองปลูกกับพืชได้ ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ลักษณะทางกายภาพระหว่างการหมักปุ๋ยหมักกากขี้แป้งทั้ง 4 ชุดการทดลอง

ชุดการทดลอง	ลักษณะทางกายภาพระหว่างการหมักปุ๋ยจากกากขี้แป้ง			
	ระยะการหมัก 1 – 14 วัน	ระยะการหมัก 15 - 28 วัน	ระยะการหมัก 29 - 42 วัน	ระยะเวลาการหมัก 42 จนผ่านกระบวนการหมักสมบูรณ์
1				
2				
3				
4				

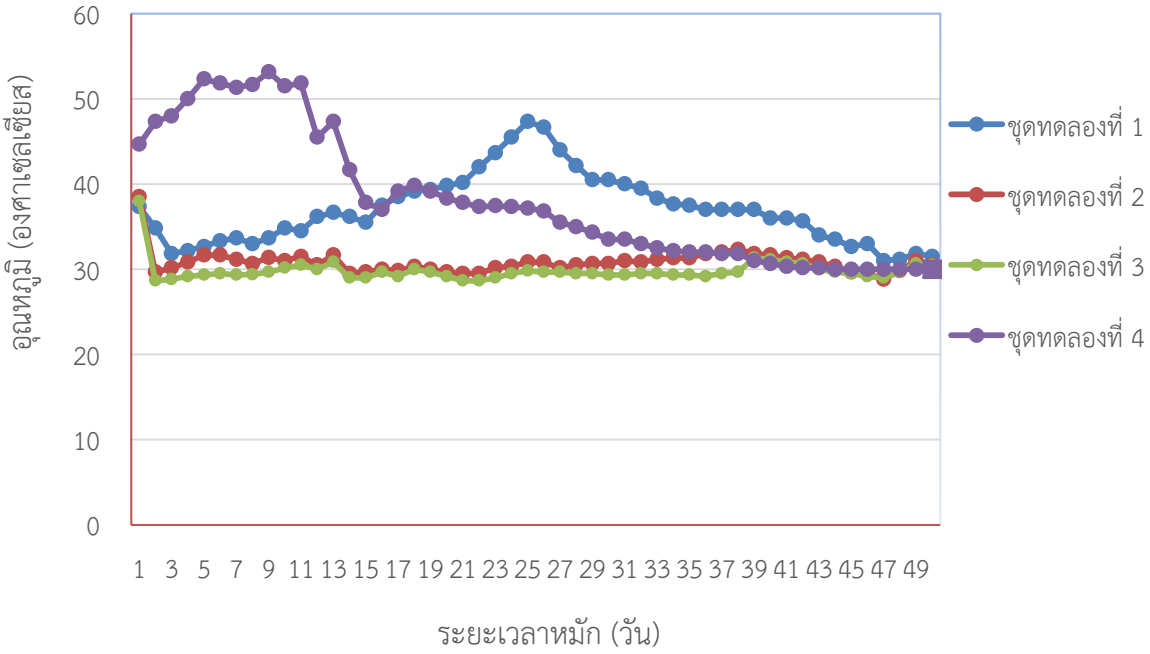
จากตารางที่ 7 พบว่าลักษณะทางกายภาพในปุ๋ยหมักที่หมักจนสมบูรณ์ พบว่า ทุกชุดการทดลองมีลักษณะเป็นในทิศทางเดียวกัน โดยสีของปุ๋ยหมักจะมีสีเข้มขึ้นแตกต่างจากกองปุ๋ยใหม่ ๆ เป็นสีน้ำตาลเข้มหรือสีดำ ลักษณะความอ่อนนุ่ม ไม่แข็ง กระด้าง และไม่เป็นก้อน เมื่อหมักจนสมบูรณ์ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ ประไพพรรณ (2559) การทำปุ๋ยหมักผักตบชวาร่วมกับกากตะกอนส่วนเกินจากระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานน้ำยาง พบว่า ลักษณะทางกายภาพเป็นเครื่องชี้วัดการเกิดปฏิกิริยาภายในกองปุ๋ยอีกอย่างหนึ่ง ซึ่งจากการทดลองทำปุ๋ยหมัก พบว่าในช่วงสัปดาห์แรกของการหมักปุ๋ยหมัก สามารถมองเห็นวัสดุหมักแต่ละส่วนได้อย่างชัดเจน เนื่องจากยังไม่เกิดการย่อยสลาย เมื่อกระบวนการย่อยสลายเริ่มเกิดขึ้น จะเกิดกลิ่นเหม็น คล้ายก๊าซแอมโมเนียรุนแรงขึ้น

3.2.2 ผลการศึกษาอุณหภูมิ

ผลการศึกษาอุณหภูมิการผลิตปุ๋ยหมักจากกากขี้แป้งโรงงานผลิตน้ำยางข้น โดยการตรวจวัดอุณหภูมิทุกวันตลอดระยะเวลาการหมักปุ๋ยหมัก โดยระหว่างการผลิตปุ๋ยหมักทุกวันจนกระทั่งอุณหภูมิคงที่ และใกล้เคียงกับอุณหภูมิห้อง พบว่ากระบวนการหมักกากขี้แป้ง : ยูเรีย : มูลวัว : กากน้ำตาล : เชื้อจุลินทรีย์ ทั้ง 4 ชุดการทดลอง โดยมีค่าอุณหภูมิเฉลี่ยการผลิตปุ๋ยหมักจากกากขี้แป้งโรงงานผลิตน้ำยางข้นที่ระยะเวลาการหมักเป็นระยะเวลา 50 วัน มีค่าเฉลี่ยอุณหภูมิชุดการทดลองที่ 1 และชุดการทดลองที่ 2 เท่ากับ 37.01± 4.08 และ 38.06± 7.75 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แต่ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิมีความแตกต่างกันกับชุดการทดลองที่ 2 และ 3 เท่ากับ 30.82± 1.37 และ 29.80± 1.34 ตามลำดับ ผลการศึกษาค่าเฉลี่ยอุณหภูมิ ดังตารางที่ 8 และค่าอุณหภูมิระหว่างกระบวนการหมักปุ๋ยจากกากขี้แป้งเป็นระยะเวลา 50 วัน ดังภาพที่ 8

ตารางที่ 8 ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิการผลิตปุ๋ยหมักจากกากขี้แป้งโรงงานผลิตน้ำยางข้น

ชุดการทดลองที่ **กากขี้แป้ง : ยูเรีย : มูลวัว**	**คุณสมบัติ** **ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)**
1 (3.0 : 0 : 0)	37.01± 4.08[b]
2 (2.0 : 0.5 : 0.5)	30.82± 1.37[a]
3 (2.0 : 1 : 0)	29.80± 1.34[a]
4 (2.0 : 0 : 1)	38.06± 7.75[b]



ภาพที่ 8 การเปลี่ยนแปลงค่าอุณหภูมิในระหว่างการผลิตปุ๋ยหมักกากขี้แป้ง 4 ชุดการทดลอง

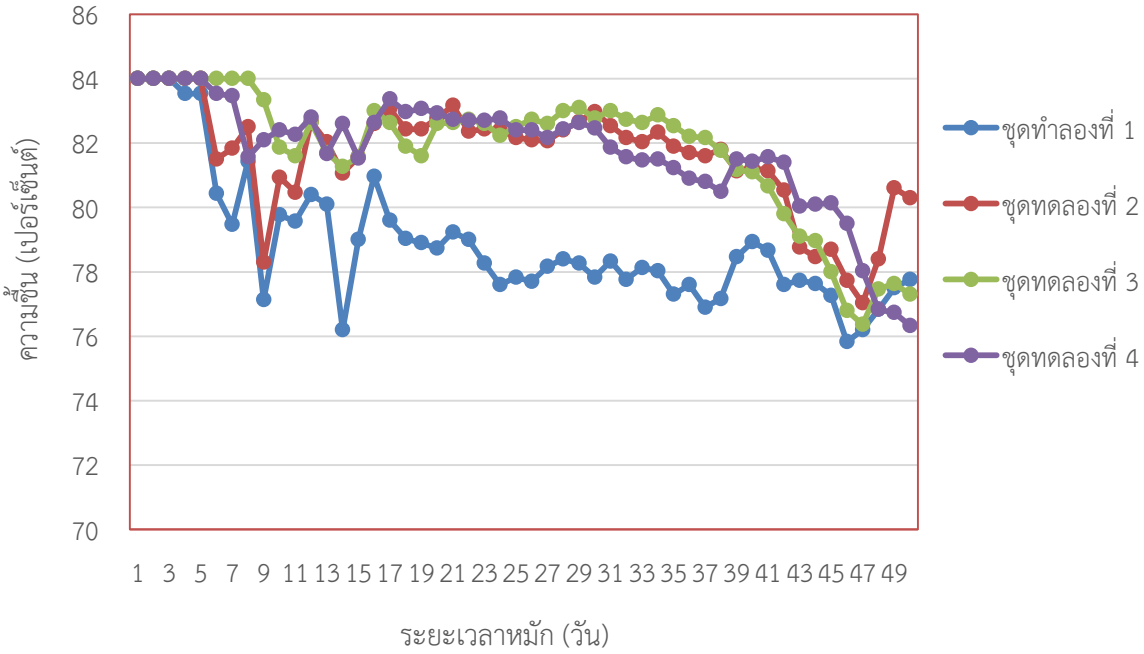
จากภาพที่ 8 จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิในระหว่างการหมักปุ๋ยหมักจากกากขี้แป้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้น ซึ่งชุดการทดลองที่ 4 มีแนวโน้มของอุณหภูมิเพิ่มสูงตั้งแต่เริ่มกระบวนการหมัก เมื่อผ่านกระบวนการหมักได้ 9 วัน อุณหภูมิเริ่มลดลง สำหรับชุดการทดลองที่ 1 – 3 ค่าอุณหภูมิจะเพิ่มขึ้นหลังจากหมักปุ๋ยหมักผ่านไปแล้วระยะ 4 วัน สำหรับชุดการทดลองที่ 1 อุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นเมื่อหมักผ่านไปเป็นระยะเวลา 25 วัน และหลังจากนั้นอุณหภูมิเริ่มลดลงเรื่อย ๆ จนกระทั่งมีอุณหภูมิใกล้เคียงกันทั้ง 4 ชุดการทดลอง ทั้งนี้อุณหภูมิของปุ๋ยหมักสูงในช่วงแรกเนื่องมากจากจุลินทรีย์มีการเผาผลาญและเจริญเติบโตมากขึ้นในระยะแรกของกระบวนการหมัก จึงทำให้เกิดการย่อยสลายมากที่สุด จนทำให้เกิดความร้อนสะสมภายในปุ๋ยหมัก และเมื่อเวลาผ่านไปอุณหภูมิภายในปุ๋ยหมักจะค่อยๆ ลดลง หลังจากการหมักในระยะเวลาหนึ่งเนื่องจากจุลินทรีย์บางส่วนเริ่มตายลง ปริมาณสารอินทรีย์ถูกย่อยสลายจนหมดทำให้อุณหภูมิต่ำลงมา จนกระทั่งท้ายสุดอุณหภูมิจะเริ่มคงที่ เมื่อเกิดการย่อยสลายสมบูรณ์แล้ว โดยผลของอุณหภูมิหลังจากการหมักเป็นระยะเวลา 40 วัน อุณหภูมิภายในปุ๋ยหมักเริ่มลดลง และระยะเวลาการหมักเป็นระยะเวลา 50 วัน การผลิตปุ๋ยหมักจากกากขี้แป้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้นจะหมักได้สมบูรณ์ อุณหภูมิที่พบเมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมักอยู่ในช่วง 28.83 – 52.33 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 5) นอกจากนี้จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิที่พบสูงสุดในการทดลองนี้ไม่เข้าช่วง Thermoplic Phase เนื่องจากในกองปุ๋ยมีความชื้นค่อนข้างสูง (พนาลี และคณะ, 2554) ซึ่งความชื้นจะมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิภายในกองปุ๋ย โดยอุณหภูมิภายในกองปุ๋ยหมักที่ไม่สามารถเข้าสู่ช่วง Thermoplic Phase ได้ อาจเกิดจากกองปุ๋ยมีขนาดเล็ก วัสดุหมักมีปริมาณความชื้นสูงหรือสภาพอากาศในช่วงทดลองหมักปุ๋ยที่มีฝนตกชุกทำให้อุณหภูมิภายนอกเย็น (ณัฐพล, 2558)

3.2.3 ค่าความชื้น

ผลการศึกษาความชื้นการผลิตปุ๋ยหมักจากกากขี้แป้งโรงงานผลิตน้ำยางข้น โดยค่าความชื้นเป็นค่าที่บ่งบอกถึงปริมาณน้ำในกองปุ๋ยหมัก ซึ่งน้ำจะถูกใช้โดยจุลินทรีย์ในกระบวนการดูดซึมสารอาหารและกระบวนการขับถ่ายของเสีย ค่าความชื้นมีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ โดยการตรวจวัดความชื้นทุกวันตลอดระยะเวลาการหมักปุ๋ยหมัก พบว่าทั้ง 4 ชุดการทดลอง มีค่าความชื้นเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 78.92 – 81.82 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งใช้ระยะเวลาในการหมักประมาณ 50 วัน ซึ่งมีค่าความชื้นที่เกินผ่านเกณฑ์มาตรฐานของกรมวิชาการเกษตร พ.ศ. 2548 โดยกำหนดให้ค่าความชื้นไม่เกิน 35 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ผลการศึกษาค่าความชื้นเฉลี่ยชุดการทดลองที่ 2 3 และ4 มีค่าความชื้นเฉลี่ยเท่ากับ 81.65 ± 1.67 81.82 ± 2.05 และ 81.79 ± 1.80 ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แต่ค่าความชื้นเฉลี่ยชุดการทดลองที่ 1 มี เท่ากับ78.92 ± 2.04 แตกต่างกับชุดการทดลองที่ 1 2 และ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยผลการศึกษาค่าความชื้นเฉลี่ย ดังตารางที่ 9 และค่าความชื้นระหว่างกระบวนการหมักปุ๋ยจากกากขี้แป้งเป็นระยะเวลา 50 วัน ดังภาพที่ 9

ตารางที่ 9 ค่าความชื้นเฉลี่ยการผลิตปุ๋ยหมักจากกากขี้แป้งโรงงานผลิตน้ำยางข้น

ชุดการทดลองที่ **กากขี้แป้ง : ยูเรีย : มูลวัว**	**คุณสมบัติ** **ค่าความชื้นเฉลี่ย (เปอร์เซ็นต์)**	**ค่ามาตรฐาน** **กรมพัฒนาที่ดิน (2548)**
1 (3.0 : 0 : 0)	78.92 ± 2.04[b]	ไม่เกิน 35 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก
2 (2.0 : 0.5 : 0.5)	81.65 ± 1.67[a]	
3 (2.0 : 1 : 0)	81.82 ± 2.05[a]	
4 (2.0 : 0 : 1)	81.79 ± 1.80[a]	



ภาพที่ 9 การเปลี่ยนแปลงค่าความชื้นภายในระหว่างการหมักทั้ง 4 ชุดการทดลองเป็นระยะเวลา 50 วัน

จากภาพที่ 9 ค่าความชื้นของปุ๋ยหมักกากขี้แป้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้นช่วงวันที่ 1 -3 มีค่าความชื้นใกล้เคียงกันของชุดการทดลองที่ 2-3 แตกต่างกับชุดการทดลองที่ 4 ซึ่งช่วงแรกมีค่าความชื้นสูงเนื่องจากชุดการทดลองที่ 4 มีอัตราส่วนผสมของกากขี้แป้งและมูลวัวเป็นส่วนผสมหลัก ทำให้มีเก็บความชื้นมาก หลังจากนั้นเมื่อระยะเวลาการหมักวันที่ 4 -7 ชุดการทดลองที่ 2 3 และ 4 มีค่าเท่ากัน และมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน แต่ชุดการทดลองที่ 1 มีค่าความชื้นเริ่มลดลงเล็กน้อย และพบว่าการหมักปุ๋ยหมักในช่วง 7 วันแรกมีค่าความชื้นมากที่สุด แต่เมื่อพิจารณาแล้วมีแนวโน้มค่าความชื้นเริ่มลดลงทุกชุดการทดลอง เนื่องมาจากในช่วงแรกตัววัตถุดิบยังมีความชื้นอยู่ และขนาดของวัตถุดิบที่มีความหยาบ และขนาดใหญ่มีความสามารถเก็บความชื้นได้ดีส่งผลให้มีค่าความชื้นสูงในช่วงแรก ค่าความชื้นแต่อย่างไรก็ตามระหว่างการหมักมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 78.92 – 81.82 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าความชื้นเกินค่ามาตรฐาน ทั้งนี้ค่าความชื้นเกินกว่าค่ามาตรฐาน เนื่องจากการหมักวัสดุในการหมักมีความสามารถในการกักเก็บความชื้นได้ดี จึงควรควบคุมความชื้นให้เหมาะสมต่อการย่อยสลายของจุลินทรีย์ ควรควบคุมให้อยู่ในช่วง 50-60 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นช่วงที่ทำให้เกิดการย่อยสลายที่สูงสุด (นภารัตน์, 2544) ซึ่งถ้าหากความชื้นมากเกินไป ปุ๋ยจะถูกอัดแน่นและลดปริมาณช่องว่างของอากาศภายในกองปุ๋ยทำให้เกิดสภาพการขาดออกซิเจนได้ (ธนิยา, 2551) แต่หากความชื้นน้อยกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้จุลินทรีย์ที่ทำการย่อยสลายตายและการหมักปุ๋ยล้มเหลว (ธเนศ, 2553) ผลการศึกษาการผลิตปุ๋ยในการศึกษาครั้งนี้ พบว่า ทุกชุดการทดลองมีปริมาณความชื้นเริ่มต้นที่ค่อนข้างสูง เนื่องจากกากขี้แป้งในการหมักปุ๋ยชีวภาพสามารถกักเก็บความชื้นได้ดีทำให้มีค่าความชื้นสูง ซึ่งการหมักปุ๋ยมีความชื้นสูงทั้ง 4 ชุดการทดลองโดยค่าความชื้นเฉลี่ยที่ผ่านกระบวนการหมักสมบูรณ์เกินค่ามาตรฐานที่กำหนดไม่เกิน 35 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากวัตถุดิบหลักในการ

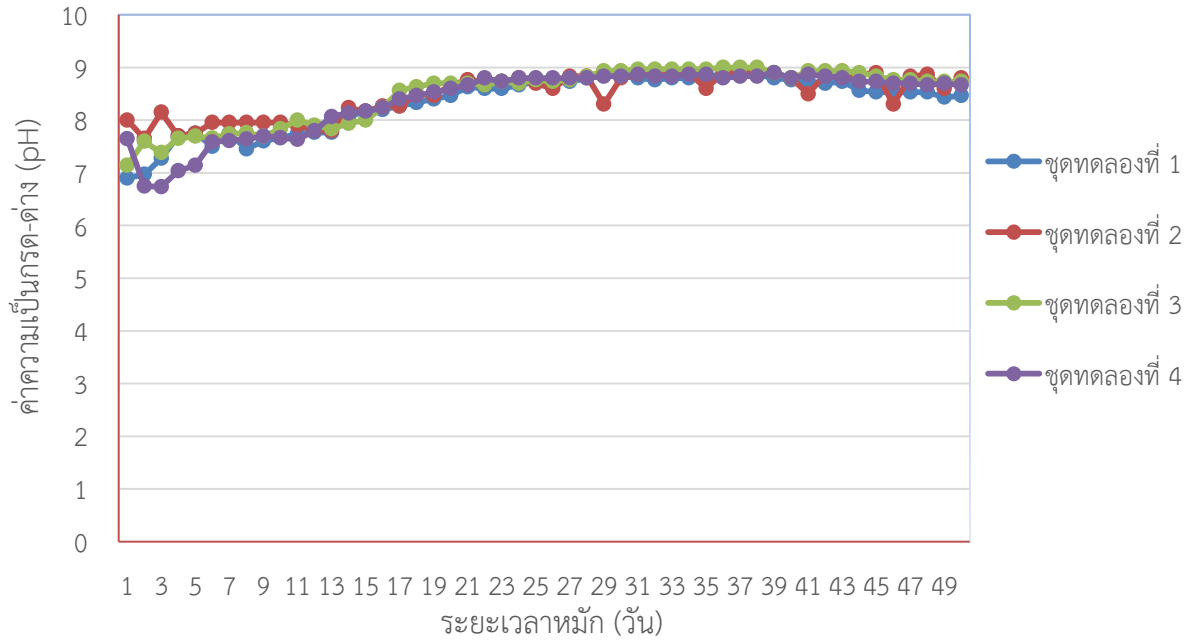
หมักกากขี้แป้ง และ วัวมูลเป็นวัตถุดิบที่มีความสามารถในกักเก็บความชื้นได้ดี และช่วงของการทดลองฝนตกชุกส่งผลทำให้มีค่าความชื้นเกินค่ามาตรฐานทั้ง 4 ชุดการทดลอง

3.2.4 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)

ผลการศึกษาอุณหภูมิการผลิตปุ๋ยหมักจากกากขี้แป้งโรงงานผลิตน้ำยางข้น โดยการตรวจวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ทุกวัน ตลอดระยะเวลาการหมักปุ๋ยหมักระหว่างการผลิตปุ๋ยหมัก ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ที่เปลี่ยนแปลงภายในกองปุ๋ยการเปลี่ยนแปลงมีความสัมพันธ์ต่อการเจริญเติบโตและกิจกรรมต่าง ๆ ของจุลินทรีย์การย่อยสลายสารอินทรีย์เกิดขึ้นได้สูงที่ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) 6-9 (สุธี, 2552) ผลการศึกษาการผลิตปุ๋ยหมักกากขี้แป้งพบว่าทั้ง 4 ชุดการทดลอง มีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เฉลี่ยอยู่ในช่วงที่ 8.34 – 8.48 กระบวนการหมักปุ๋ยจากกากขี้แป้งมีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานของกรมวิชาการเกษตร พ.ศ. 2548 โดยกำหนดให้มีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) 5.50 – 8.50 ผลการศึกษาค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เฉลี่ยชุดการทดลองที่ 1 และ 4 มีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เฉลี่ย เท่ากับ 8.34±0.54 และ 8.38±0.61 ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ระดับ 0.05 แต่สำหรับชุดการทดลองที่ 2 และ 3 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เฉลี่ย เท่ากับ 8.48±0.41 และ 8.48±0.54 แตกต่างกับชุดการทดลองที่ 2 และ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 อย่างไรก็ตามผลการศึกษาค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เฉลี่ย ดังตารางที่ 10 และค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ระหว่างกระบวนการหมักปุ๋ยจากกากขี้แป้งเป็นระยะเวลา 50 วัน ดังภาพที่ 10

ตารางที่ 10 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เฉลี่ย การผลิตปุ๋ยหมักจากกากขี้แป้งโรงงานผลิตน้ำยางข้น

ชุดการทดลองที่ **กากขี้แป้ง : ยูเรีย : มูลวัว**	**คุณสมบัติ** **ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)**	**ค่ามาตรฐาน** **กรมพัฒนาที่ดิน (2548)**
1 (3.0 : 0 : 0)	8.34±0.54[a]	5.5 – 8.5
2 (2.0 : 0.5 : 0.5)	8.48±0.41[b]	
3 (2.0 : 1 : 0)	8.48±0.54[b]	
4 (2.0 : 0 : 1)	8.38±0.61[a]	



ภาพที่ 10 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ภายในระหว่างการหมักทั้ง 4 ชุดการทดลอง

จากภาพที่ 10 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของปุ๋ยหมักกากขี้แป้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้นทุกชุดการทดลองมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน โดยปกติในช่วงเริ่มต้นของกระบวนการหมักค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของปุ๋ยหมักจะเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ และเมื่อผ่านกระบวนการหมักใกล้หมักสมบูรณ์จะมีค่าความเป็นกรด – ด่าง (pH) ลดลงซึ่งเป็นช่วงจุลินทรีย์สามารถย่อยสลายวัตถุที่ย่อยได้ง่าย และผลิตกรดอินทรีย์บางชนิดออกมา (สุชาดา, 2548) หลังจากนั้นค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) จะเริ่มสูงขึ้นจนมีค่าถึงด่าง การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) นั้น Huang *et al.* (2004) รายงานว่าการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในกองปุ๋ยเกิดจากการทำงานของจุลินทรีย์ได้ย่อยสลายสารประกอบอินทรีย์ในโตรเจนใน สภาวะที่มีออกซิเจน และสารประกอบอินทรีย์ในโตรเจนจะถูกแปรสภาพเป็นแอมโมเนียโดยอาศัย กระบวนการแอมโมนิฟิเคชั่น (Ammonification) และกระบวนการมิเนอราไลเซชั่น (Mineralization) ซึ่งเป็นการแปรสภาพอินทรีย์ในโตรเจนเป็นอนินทรีย์ในโตรเจนทำให้ค่าพีเอชในกองปุ๋ยเพิ่มขึ้น

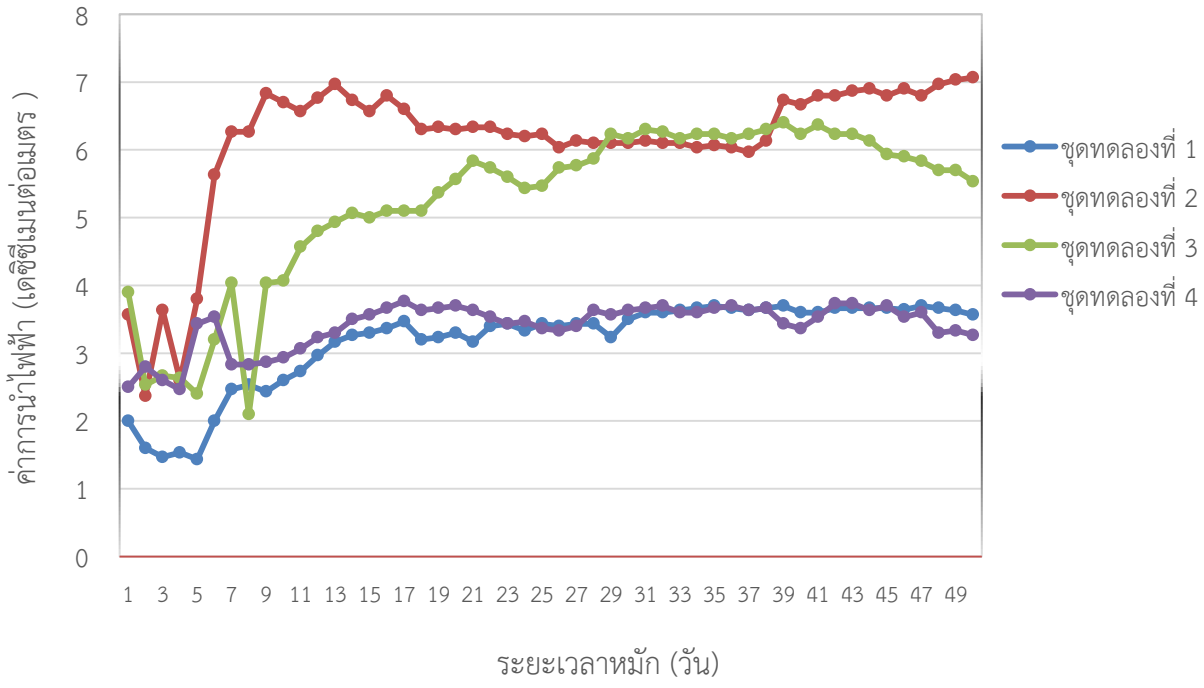
3.2.5 ค่าการนำไฟฟ้า (EC)

ผลการศึกษาค่าการนำไฟฟ้า (EC) การผลิตปุ๋ยหมักจากกากขี้แป้งโรงงานผลิตน้ำยางข้น โดยการตรวจวัดค่าการนำไฟฟ้า (EC) ทุกวัน ตลอดระยะเวลาการหมักปุ๋ยหมักระหว่างการผลิตปุ๋ยหมักค่าการนำไฟฟ้า (EC) ที่เปลี่ยนแปลงภายในกองปุ๋ยการเปลี่ยนแปลง พบว่ามีค่าการนำไฟฟ้า (EC) เฉลี่ยทั้ง 4 ชุดการทดลองตลอดระยะเวลาการหมักมีค่าการนำไฟฟ้า (EC) อยู่ในช่วงที่ 3.18 – 5.85 เดซิซีเมนต่อเมตร ซึ่งมีค่าการนำไฟฟ้า (EC) ที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานของกรมวิชาการเกษตร พ.ศ. 2548 โดยกำหนดให้มี ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ไม่เกิน 6.00 เดซิซีเมนต่อเมตร ผลค่าการนำไฟฟ้า (EC) เฉลี่ยชุดการทดลองที่ 1 และ 4 มีค่าการนำไฟฟ้า (EC) เฉลี่ย เท่ากับ 3.18±0.66 และ 3.41±0.34

ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แต่สำหรับชุดการทดลองที่ 2 และ 3 ค่าการนำไฟฟ้า (EC) เฉลี่ยเท่ากับ 5.85±1.06 และ 5.24±1.19 แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 อย่างไรก็ตามผลการศึกษาค่าเฉลี่ยการนำไฟฟ้า (EC) ดังตารางที่ 11 และค่าการนำไฟฟ้า (EC) ระหว่างกระบวนการหมักปุ๋ยจากกากขี้แป้งเป็นระยะเวลา50 วัน ดังภาพที่ 11

ตารางที่ 11 ค่าการนำไฟฟ้า (EC) เฉลี่ย การผลิตปุ๋ยหมักจากกากขี้แป้งโรงงานผลิตน้ำยางข้น

ชุดการทดลองที่ **กากขี้แป้ง : ยูเรีย : มูลวัว**	**คุณสมบัติ** **ค่าการนำไฟฟ้า (EC) (เดซิซีเมนต่อเมตร)**	**ค่ามาตรฐาน** **กรมพัฒนาที่ดิน (2548)**
1 (3.0 : 0 : 0)	3.18±0.66[a]	ไม่เกิน 6 เดซิซีเมนต่อเมตร
2 (2.0 : 0.5 : 0.5)	5.85±1.06[b]	
3 (2.0 : 1 : 0)	5.24±1.19[c]	
4 (2.0 : 0 : 1)	3.41±0.34[a]	



ภาพที่ 11 การเปลี่ยนแปลงค่าการนำไฟฟ้าภายในระหว่างการหมักในบ่อซีเมนต์ 4 ชุดการทดลอง

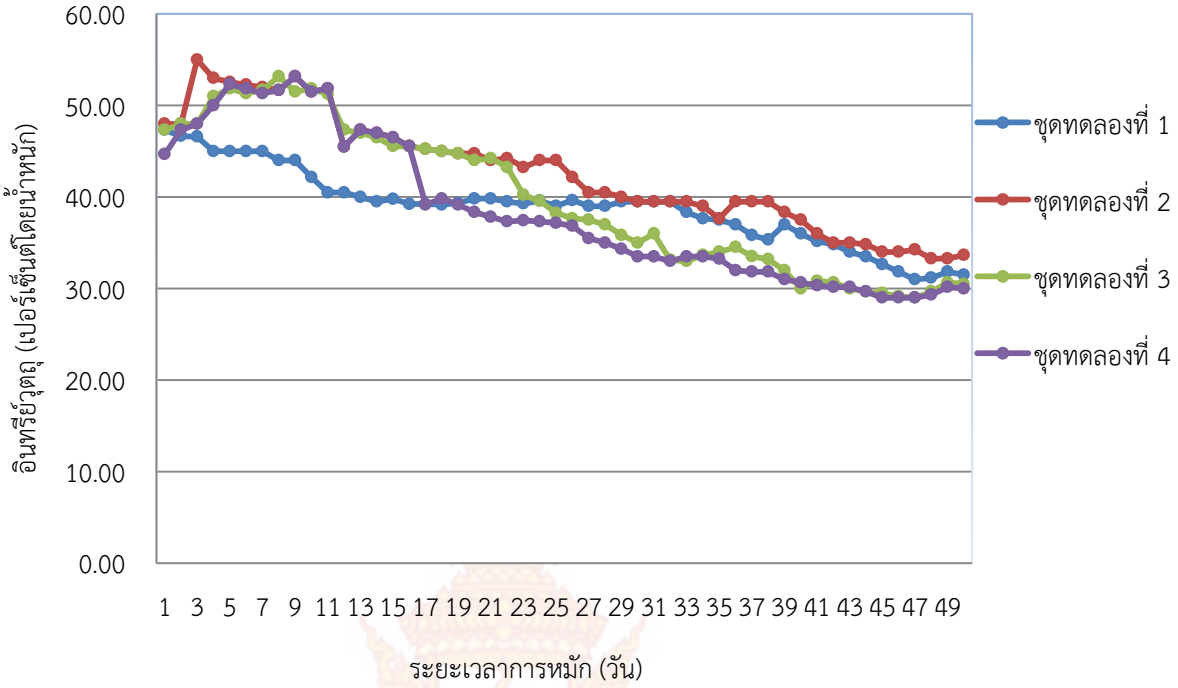
จากภาพที่ 11 ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ของปุ๋ยหมักกากขี้แป้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้น ชุดการทดลองที่ 2 และ ชุดการทดลองที่ 3 โดยอัตราส่วนผสมเติมปุ๋ยยูเรีย และมูลวัวลงไปในแต่ละชุดการทดลองทำให้ค่าการนำไฟฟ้า (EC) สูงขึ้น แต่ชุดการทดลองที่ 1 และ ชุดการทดลองที่ 4 ค่าการนำไฟฟ้า (EC) จะต่ำกว่าชุดการทดลองที่ 2 และ 4 เนื่องจากชุดการทดลองที่ 1 ในการผลิตปุ๋ยหมักใช้กากขี้แป้งเป็นส่วนผสมหลักเพียงอย่างเดียว และชุดการทดลองที่ 4 ผสมกากขี้แป้ง ร่วมกับมูลวัว ซึ่งค่าการนำไฟฟ้า (EC) ที่สูงขึ้นนั้นเป็นตัวบ่งชี้ว่าของปุ๋ยหมักมีความเข้มข้น

3.2.6 ค่าอินทรียวัตถุ (Organic Matter)

ผลการศึกษาอินทรียวัตถุ การผลิตปุ๋ยหมักจากกากขี้แป้งโรงงานผลิตน้ำยางข้น โดยการตรวจปริมาณอินทรียวัตถุ (Organic Matter) ทุกวัน ตลอดระยะเวลาการหมักปุ๋ยหมักระหว่างการผลิตปุ๋ยหมักปริมาณอินทรียวัตถุ (Organic Matter) ที่เปลี่ยนแปลงภายในกองปุ๋ย พบว่ามีค่าเฉลี่ยปริมาณอินทรียวัตถุ (Organic Matter) ทั้ง 4 ชุดการทดลอง อยู่ในช่วงที่ 38.51±8.03 - 42.71±6.62 ทุกชุดการทดลองมีปริมาณอินทรียวัตถุไม่ต่ำกว่า 30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ผ่านเกณฑ์มาตรฐานของกรมวิชาการเกษตร พ.ศ. 2548 ซึ่งผลค่าอินทรียวัตถุ (Organic Matter) เฉลี่ย ชุดการทดลองที่ 1 3 และ 4 มีค่าอินทรียวัตถุ (Organic Matter) เฉลี่ยเท่ากับ 38.86±4.18 39.78±8.02 และ 38.51±8.03 ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แต่แตกต่างกับชุดการทดลองที่ 2 ที่มีค่าอินทรียวัตถุ (Organic Matter)) เท่ากับ 38.86±4.18 แตกต่างกันกับชุดการทดลองที่ 1 3 และ 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 อย่างไรก็ตามผลการศึกษาค่าอินทรียวัตถุเฉลี่ย ดังตารางที่ 12 และค่าอินทรียวัตถุระหว่างกระบวนการหมักปุ๋ยจากกากขี้แป้งเป็นระยะเวลา 50 วัน ดังภาพที่ 12

ตารางที่ 12 ค่าอินทรียวัตถุ (Organic Matter) เฉลี่ย การผลิตปุ๋ยหมักจากกากขี้แป้งโรงงานผลิตน้ำยางข้น

ชุดการทดลองที่ กากขี้แป้ง : ยูเรีย : มูลวัว	**คุณสมบัติ ค่าอินทรียวัตถุเฉลี่ย (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก)**	**ค่ามาตรฐาน กรมพัฒนาที่ดิน (2548)**
1 (3.0 : 0 : 0)	38.86±4.18[a]	ไม่ต่ำกว่า 30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก
2 (2.0 : 0.5 : 0.5)	42.71±6.62[b]	
3 (2.0 : 1 : 0)	39.78±8.02[a]	
4 (2.0 : 0 : 1)	38.51±8.03[a]	



ภาพที่ 12 การเปลี่ยนแปลงอินทรียวัตถุ (Organic Matter) ระหว่างการหมักในบ่อซีเมนต์ 4 ชุดการทดลอง

ปริมาณอินทรียวัตถุที่มีแนวโน้มลดลง ซึ่งปุ๋ยหมักที่ได้ควรมีปริมาณอินทรียวัตถุไม่ต่ำกว่า 30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก (กรมวิชาการเกษตร, 2548) จากผลการทดลองในช่วงเริ่มต้นของการหมักพบว่า มีปริมาณอินทรียวัตถุอยู่ใน 15 วันแรก 38.50 – 53.16 เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักแห้ง และมีปริมาณลดลงตามระยะเวลาการหมักโดยมีปริมาณอินทรียวัตถุมีค่าคงที่หรือมีเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย เมื่อสิ้นสุดระยะเวลาการหมักที่ 50 วัน ปริมาณอินทรียวัตถุลดลงจากค่าเริ่มต้นอยู่ในช่วง 35.20-40.55 เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักแห้ง โดยปริมาณอินทรียวัตถุที่หายไปจะอยู่ในรูปแหล่งอาหาร และพลังงานให้กับจุลินทรีย์ (ธันวคีย์, 2547) การลดลงของปริมาณอินทรียวัตถุเป็นผลมาจากการที่ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในวัสดุถูกย่อยสลายและนำไปใช้เป็นแหล่งพลังงานโดยจุลินทรีย์ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณอินทรียวัตถุ ดังนั้นเมื่ออินทรีย์คาร์บอนลดลงปริมาณของอินทรียวัตถุจะลดลงไปด้วย ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Garcia *et al.* (2003) ที่ทำการทดลองเกี่ยวกับการใช้กากตะกอนที่ได้จากการบดผลมะกอกผสมกับใบมะกอก พบว่าปริมาณลงตลอดระยะเวลาการทดลอง

3.2.7 ปริมาณธาตุอาหารหลักของปุ๋ยหมักกากขี้แป้งที่ผ่านกระบวนการหมักสมบูรณ์

ผลการศึกษาธาตุอาหารหลักในการผลิตปุ๋ยหมักจากกากขี้แป้งโรงงานผลิตน้ำยางข้นทั้ง 4 ชุดการทดลองที่ผ่านกระบวนการหมักสมบูรณ์ เป็นระยะเวลา 50 วัน ซึ่งได้ทำการศึกษาคุณสมบัติธาตุอาหารหลัก ได้แก่ ธาตุไนโตรเจนทั้งหมด (Total N) ธาตุฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total P_2O_3) ธาตุโพแทสเซียมทั้งหมด (Total K_2O) ผลการศึกษาดังตารางที่ 13

ตารางที่ 13 คุณสมบัติของธาตุอาหารหลักของปุ๋ยหมักกากขี้แป้งที่ผ่านกระบวนการหมักสมบูรณ์

ชุดการทดลอง	อัตราส่วนผสม (โดยน้ำหนัก)				ธาตุอาหารหลัก (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)		
	กากขี้แป้ง : ยูเรีย : มูลวัว : กากน้ำตาล				ธาตุไนโตรเจน	ธาตุฟอสฟอรัส	ธาตุโพแทสเซียม
1	3.00	0	0	0.50	3,000.00	934.37	241.54
2	2.00	0.50	0.50	0.50	4,000.00	950.00	395.43
3	2.00	1.00	0	0.50	3,800.00	960.47	541.05
4	2.00	0	1.00	0.50	3,200.00	913.43	401.35

จากตารางที่ 13 พบว่าธาตุอาหารหลักชุดการทดลองที่ 2 มีปริมาณธาตุอาหารหลักรวมมากที่สุด ซึ่งมีค่าธาตุไนโตรเจนเท่ากับ 4,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ธาตุฟอสฟอรัสเท่ากับ 950.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และธาตุโพแทสเซียมเท่ากับ 395.43 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยมีปริมาณธาตุอาหารหลักรวมเท่ากับ 5,345.43 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ที่อัตราส่วนผสมกากขี้แป้ง : ยูเรีย : มูลวัว : กากน้ำตาล ที่อัตราส่วนผสมที่เท่ากับ 2.00 : 0.50 : 0.5 : 0.50 รองลงมาเป็นชุดการทดลองที่ 3 4 และ 1 ซึ่งมีปริมาณธาตุอาหารหลักเท่ากับ 5,345.43 4,514.78 และ 4,175.91 ตามลำดับ วลัยพร (2547) ได้ทำการศึกษานำกากขี้แป้งของเสียจากโรงงานผลิตน้ำยางข้น มาใช้ประโยชน์ร่วมกับกากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานไก่สดแช่แข็ง ในการทำเป็นวัสดุบำรุงดินสำหรับการเกษตรกรรมกากขี้แป้งและกากตะกอนก่อนการเพาะปลูกพบว่า ไม่มีข้อจำกัดในการนำกากขี้แป้งและกากตะกอนไปใช้ประโยชน์ ในการทำเป็นวัสดุบำรุงดินในการปลูกพืช สำหรับอัตราส่วนที่เหมาะสมเพื่อเป็นวัสดุบำรุงดิน ในการทดลองปลูกผักกาดหอม มะเขือเทศและข้าว พบว่าอัตราส่วนผสมระหว่างดิน : กากขี้แป้ง : กากตะกอนในอัตราส่วน 1:3:1 เพราะทำให้การเติบโตของพืชทดลองไม่มีอาการขาดธาตุอาหารพืชแต่อย่างใด พิจารณาจากการสะสมธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในพืชซึ่งเป็นธาตุอาหารหลักที่พืชต้องการในการเติบโต และผลผลิตที่ได้จากพืชมีน้ำหนักแห้งไม่แตกต่างจากการใช้ปุ๋ยเคมี การสะสมธาตุอาหารในดินหลังการปลูกพบว่า ไนโตรเจนมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1,119-1,132.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ฟอสฟอรัสมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 297.56-310.90 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และโพแทสเซียมมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เป็นปริมาณการสะสม

ธาตุอาหารที่สามารถเป็นแหล่งธาตุอาหาร ไม่แตกต่างจากการใช้ปุ๋ยเคมีในการปลูกพืช และพบว่ามีปริมาณการสะสมสังกะสีในดินอยู่ในช่วง 0.44-1.64 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ค่าที่ได้อยู่ในช่วงที่ยอมรับให้มีได้ในดินเพื่อการเกษตร กล่าวคือไม่เกิน 280-300 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

3.3 การผลิตกระถางต้นไม้จากปุ๋ยหมักกากขี้แป้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้น

3.3.1 ผลการศึกษาปุ๋ยหมักจากกากขี้แป้งโรงงานผลิตน้ำยางข้น

จากการศึกษาคุณสมบัติของวัตถุดิบก่อนการขึ้นรูปกระถางต้นไม้ โดยในการศึกษาครั้งนี้เลือกชุดการทดลองที่มีปริมาณธาตุอาหารหลักรวมมากที่สุด ผลการศึกษาชุดการทดลองที่มีปริมาณธาตุอาหารหลักรวมมากที่สุดคือ ชุดการทดลองที่ 2 อัตราส่วนผสม กากขี้แป้ง : ยูเรีย : มูลวัว เท่ากับ 2 : 0.5 : 0.5 : 0.5 พบว่ามีปริมาณธาตุอาหารหลักรวม เท่ากับ 5,345.43 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยมีค่าไนโตรเจน 4,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ฟอสฟอรัส 950.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และโพแทสเซียม 395.43 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม สำหรับผลจากการศึกษาวัตถุดิบปุ๋ยหมักกากขี้แป้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้น พบว่า มีค่าความชื้น 81.65 ± 1.67 เปอร์เซ็นต์ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) 8.48±0.41 ค่าการนำไฟฟ้า 5.85±1.06 ไมโครซีเมนต่อเซนติเมตร และค่าอินทรียวัตถุ 42.71±6.62 ดังตารางที่ 14

ตารางที่ 14 คุณสมบัติปุ๋ยหมักกากขี้แป้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้นสำหรับการผลิตกระถางต้นไม้

วัตถุดิบ	ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน			
	ค่าความชื้น (เปอร์เซ็นต์)	ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)	ค่าการนำไฟฟ้า (ไมโครซีเมนต่อเซนติเมตร)	ค่าอินทรียวัตถุเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก
ปุ๋ยหมักกากขี้แป้ง	81.65 ± 1.67	8.48±0.41	5.85±1.06	42.71±6.62

จากตารางที่ 14 พบว่าคุณสมบัติของปุ๋ยหมักกากขี้แป้งโรงงานผลิตน้ำยางข้น ค่าความชื้น ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ค่าการนำไฟฟ้า และค่าอินทรียวัตถุ (Organic Matter) เฉลี่ยที่ได้จากการกระบวนการหมักปุ๋ยหมักจากกากขี้แป้งที่ผ่านกระบวนการหมักสมบูรณ์ 50 วันที่ใช้ เป็นส่วนผสมหลักในการผลิตกระถางต้นไม้ เมื่อพิจารณาคุณสมบัติของกากขี้แป้งมีความเป็นด่างเป็นด่าง และปุ๋ยหมักจากกากขี้แป้งมีธาตุอาหารหลัก ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่จำเป็นต่อพืช โดยวัตถุอินทรีย์ทั่วไปจะสามารถย่อยสลายได้ดี เมื่อค่าสัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนอยู่ที่ 10:1 (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548) แสดงว่ากากขี้แป้งไม่มีปัญหาในการย่อยสลายและปลดปล่อยธาตุอาหารการเติมกากขี้แป้งในการปลูกต้นปาล์มน้ำมัน ซึ่งทำให้ดินมีไนโตรเจน ความเป็นกรดด่างและการนำไฟฟ้าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ

3.3.2 ส่วนผสมกระถางต้นไม้ ดินปลูกตราลำดวน และดินร่วน

จากการศึกษาคุณสมบัติของวัตถุดิบก่อนการขึ้นรูปกระถางต้นไม้ของดินปลูกตราลำดวน และดินร่วน พบว่าดินปลูกตราลำดวน มีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) 6.63±0.06 ค่าการนำไฟฟ้า 1.60±0.44 ไมโครซีเมนต่อเซนติเมตร และค่าความชื้น 1.00±0.00 เปอร์เซ็นต์ สำหรับดินร่วน มีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) 8.07±0.47 ค่าการนำไฟฟ้า 0.33±0.06 ไมโครซีเมนต่อเซนติเมตร และค่าความชื้น 1.00 ± 0.00 เปอร์เซ็นต์ การศึกษาดังตารางที่ 15

ตารางที่ 15 คุณสมบัติของดินปลูกตราลำดวน และดินร่วน

วัตถุดิบ	ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		
	ค่าความเป็นกรดด่าง (pH)	ค่าการนำไฟฟ้า (ไมโครซีเมนต่อเซนติเมตร)	ค่าความชื้น (เปอร์เซ็นต์)
ดินปลูกตราลำดวน	6.63 ±0.06	1.60 ± 0.44	1.00 ± 0.00
ดินร่วน	8.07 ± 0.47	0.33 ± 0.06	1.00 ± 0.00

จากตารางที่ 15 คุณสมบัติดินปลูกตราลำดวน และดินร่วน มีคุณสมบัติที่เหมาะสมสามารถนำมาผลิตกระถางต้นไม้ เนื่องจากดินลำดวน เป็นดินที่ผสมขึ้นสำหรับใช้ปลูกต้นไม้กระถางหรือลงแปลงปลูก มีคุณสมบัติครบถ้วนเป็นดินดี คือมีความร่นซุย รักษาความชุ่มชื้นได้สม่ำเสมอน้ำและอากาศถ่ายเทได้สะดวก คงสภาพอยู่ได้นาน pH ประมาณ 6 – 6.5 ไม่เป็นกรดหรือเป็นด่างจนเกินไป และมีน้ำหนักเบา (ร้านธนกิจพานิช, 2563)

3.3.3 ผลการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมการผลิตกระถางต้นไม้กากขี้แป้ง

ผลการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสม ซึ่งได้ทำการทดลองหาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมในการขึ้นรูปกระถางต้นไม้ที่อัตราส่วนที่แตกต่างกัน ปุ๋ยหมักจากกากขี้แป้ง: ดินปลูก: ดินร่วน ที่อัตราส่วนผสมที่แตกต่างกัน เท่ากับ 100:0:0 75:20:5 50:40:10 25:60:15 โดยใช้กาวแป้งเปียกเป็นวัสดุประสานในการขึ้นรูปผลิตกระถางต้นไม้ ผลการศึกษาที่อัตราส่วนกาวแป้งเปียกที่อัตราส่วนผสมแป้งมันสำปะหลัง : น้ำเปล่า เท่ากับ 1 : 10 เป็นอัตราส่วนผสมที่มีความเหมาะสมมากที่สุด เครื่องที่ใช้ในการอัดขึ้นรูปกระถางต้นไม้โดยใช้เครื่องอัดไฮโดรลิกแรงอัดช่วง 1,800-1,900 กิโลพาสคาล กระถางต้นไม้เส้นผ่าศูนย์กลางของปากกระถาง ก้นกระถาง และความสูง เท่ากับ 10 6 และ 8 เซนติเมตร ตามลำดับ ผลการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมสำหรับการผลิตกระถางต้นไม้ พบว่าชุดการทดลองที่ 2 มีความเหมาะสมมากที่สุด เนื่องจากสามารถขึ้นรูปได้เต็มใบ มีผิวเรียบ และมีความแข็งแรง รายละเอียดดังตารางที่ 16

ตารางที่ 16 อัตราส่วนผสมการผลิตกระถางต้นไม้ที่ใช้กาวแป้งเปียกเป็นวัสดุประสาน

ชุดการทดลอง	อัตราส่วนผสม (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	การขึ้นรูป		ลักษณะการขึ้นรูป
	ปุ๋ยหมักจากกากขี้แป้ง: ดินปลูก: ดินร่วน	ได้	ไม่ได้	
1	100:0:0	√		
2	75:20:5	√		
3	50:40:10	√		
4	25:60:15	√		

จากตารางที่ 16 พบว่าทุกอัตราส่วนผสมสามารถขึ้นรูปได้เต็มใบ แต่เมื่อทำการพิจารณาความสมบูรณ์ของกระถางต้นไม้ พบว่าชุดการทดลองที่ 1 และชุดการทดลองที่ 2 กระถางต้นไม้มีความสมบูรณ์ เนื่องมาจากชุดการทดลอง 1 มีการใช้อัตราส่วนผสมของปุ๋ยหมักกากขี้แป้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้นเพียงอย่างเดียว หรือร้อยละ 100 และชุดการทดลองที่ 2 ใช้อัตราส่วนผสมของปุ๋ยหมักกากขี้แป้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้น ร้อยละ 75 เนื่องจากเมื่อมีการนำปุ๋ยหมักกากขี้แป้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้นผสมกับวัสดุประสานกาวแป้งเปียกผสม สามารถผสมได้ง่ายและเป็นเนื้อเดียวกัน เมื่อนำไปอัดขึ้นรูปกระถางต้นไม้ส่งผลให้กระถางต้นไม้มีความสมบูรณ์ มีความหนาแน่นกระถางต้นไม้มีน้ำหนัก

3.3.4 ผลการศึกษาสมบัติของกระถางต้นไม้จากปุ๋ยหมักกากขี้แป้ง

1) ลักษณะทางกายภาพของกระถางต้นไม้จากปุ๋ยหมักกากขี้แป้ง

ผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพของกระถางต้นไม้ที่ได้การออกแบบอัตราส่วนผสม 4 ชุดการทดลอง ที่อัตราส่วนผสมระหว่างปุ๋ยหมักกากขี้แป้ง:ดินปลูก:ดินร่วน ที่อัตราส่วนผสมที่แตกต่างกันแต่ละชุดการทดลอง เท่ากับ 100:0:0 75:20:5 50:40:10 25:60:15 ตามลำดับ โดยใช้วัสดุประสาน คือ กาวแป้งเปียก ผลการศึกษาพบว่า ลักษณะรูปร่างของกระถางต้นไม้ สามารถขึ้นรูปได้เต็มใบทุกชุดการทดลองมีขนาดของกระถางใกล้เคียงกันทุกชุดการทดลอง น้ำหนักของกระถางต้นไม้มีความแตกต่างกันในแต่ละชุดการทดลอง โดยชุดการทดลองที่ 1 มีน้ำหนักมากที่สุด รองลงมา ชุดการทดลองที่ 2 3 และ 4 ตามลำดับ เท่ากับ 187.35 ± 3.59 159.84± 3.53 135.04 ± 2.76 และ 119.42 ± 2.26 กรัม ตามลำดับ รายละเอียดดังตารางที่ 17

ตารางที่ 17 ลักษณะทางกายภาพของกระถางต้นไม้จากปุ๋ยหมักกากขี้แป้ง

ชุดการทดลอง	อัตราส่วนผสม (ร้อยละโดยน้ำหนัก) ปุ๋ยหมักกากขี้แป้ง : ดินปลูก : ดินร่วน			
	จำนวนซ้ำ	น้ำหนัก (กรัม)	ค่าเฉลี่ยน้ำหนัก (กรัม)	ลักษณะทางกายภาพ
1	1	184.94	187.35 ± 3.59	- สามารถขึ้นรูปได้ดี - มีความแข็งแรง มีผิวเรียบเนียน - มีขนาดใกล้เคียงกัน - มีสีน้ำตาลอ่อน
	2	191.48		
	3	185.63		
2	1	156.00	159.84± 3.53	- สามารถขึ้นรูปได้ดี - มีความแข็งแรง มีผิวเรียบเนียน - มีขนาดใกล้เคียงกัน - มีสีน้ำตาลอ่อน
	2	160.56		
	3	162.93		

ตารางที่ 17 ลักษณะทางกายภาพของกระถางต้นไม้จากปุ๋ยหมักกากขี้แป้ง (ต่อ)

ชุดการทดลอง	อัตราส่วนผสม (ร้อยละโดยน้ำหนัก) ปุ๋ยหมักกากขี้แป้ง : ดินปลูก : ดินร่วน			
	จำนวนซ้ำ	น้ำหนัก (กรัม)	ค่าเฉลี่ยน้ำหนัก (กรัม)	ลักษณะทางกายภาพ
3	1	133.48	135.04 ± 2.76	- สามารถขึ้นรูปได้ดี - ผิวขรุขระ ขอบกระถางมีรอบแตก - ขนาดของกระถางใกล้เคียงกัน - มีสีน้ำตาลเข้ม
	2	133.41		
	3	138.23		
4	1	120.77	119.42 ± 2.26	- สามารถขึ้นรูปได้ดี - ผิวขรุขระ และมีรอยแตกร้าวขอบกระถางเล็กน้อย - ขนาดของกระถางไม่เท่ากัน - มีสีน้ำตาลดำ
	2	120.68		
	3	116.82		

จากตารางที่ 17 พบว่าทุกชุดการทดลองสามารถขึ้นรูปกระถางได้เต็มใบทุกชุดการทดลอง เมื่อพิจารณาจากข้อมูลที่ได้ทำการศึกษาพบว่าน้ำหนักของกระถางต้นไม้ที่ผลิตแต่ละชุดการทดลอง ชุดการทดลองที่ 1 มีน้ำหนักมากที่สุด รองลงมาชุดการทดลองที่ 2 3 และ 4 ตามลำดับ

2) การดูดซับน้ำของกระถางต้นไม้

ผลการศึกษาการดูดซับน้ำของกระถางต้นไม้ เป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง พบว่าชุดการทดลองทั้ง 4 ชุดการทดลอง ที่อัตราส่วนผสมปุ๋ยหมักกากขี้แป้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้นร่วมกับของเสียชีวภาพ : ดินปลูก : ดินร่วน เท่ากับ 100:0:0 75:20:5 50:40:10 25:60:15 ตามลำดับ โดยชุดการทดลองที่ 4 มีค่าการดูดซับน้ำมากที่สุด เท่ากับ 72.22±19.24 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาชุดการทดลองที่ 3 2 และ 1 ตามลำดับ เท่ากับ 60.17±3.09 เปอร์เซ็นต์ 48.89±18.36 เปอร์เซ็นต์ และ 43.33±12.81 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยชุดการทดลองที่ 1 และ 2 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แตกต่างกันกับชุดการทดลองที่ 3 และ 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ดังตารางที่ 18

ตารางที่ 18 ค่าการดูดซับน้ำเฉลี่ยของกระถางต้นไม้

ชุดการทดลอง	อัตราส่วนผสม (ร้อยละโดยน้ำหนัก) ปุ๋ยหมักกากขี้แป้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้น : ดินปลูก : ดินร่วน	ค่าการดูดซับน้ำ (เปอร์เซ็นต์)
1	100:0:0	43.33±12.81[a]
2	75:25:5	48.89±18.36[a]
3	50:40:10	60.17±3.09[b]
4	25:60:15	72.22±19.24[c]

จากตารางที่ 18 พบว่าค่าการดูดซับน้ำของกระถางต้นไม้ทุกชุดการทดลองมีแนวโน้มค่าการดูดซับน้ำเพิ่มมากขึ้นตามปริมาณอัตราส่วนผสมของดินปลูก เนื่องจากดินปลูกตราลำดวนมีส่วนผสมของขุยมะพร้าว เส้นใยมะพร้าวเป็นส่วนผสมที่สามารถช่วยในการดูดซับน้ำได้ดี ทำให้กระถางต้นไม้มีค่าการดูดซับน้ำสูงตามปริมาณการเพิ่มขึ้นของดินปลูกตราลำดวน สอดคล้องกับการศึกษาของระริน และ เตือนใจ (2562) พบว่าค่าการพองตัวมากที่สุด เมื่อมีการผสมเส้นใยจากเพิ่มขึ้นทำให้ค่าการดูดซับเพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนผสมของเส้นใยจาก

3) การพองตัวของกระถางต้นไม้

ผลการศึกษาการพองตัวของกระถางต้นไม้ เป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง พบว่าชุดการทดลองทั้ง 4 ชุดการทดลอง ที่อัตราส่วนผสมปุ๋ยหมักกากขี้แป้ง : ดินปลูก: ดินร่วน เท่ากับ 100:0:0 75:20:5 50:40:10 25:60:15 ตามลำดับ โดยชุดการทดลองที่ 4 มีค่าการพองตัวมากที่สุด เท่ากับ 65.26±6.96 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาชุดการทดลองที่ 3 2 และ 1 ตามลำดับ เท่ากับ 64.44±3.85 56.67±5.77 และ 51.67±20.21b เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยชุดการทดลองที่ 3 และ 4 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แตกต่างกันกับชุดการทดลองที่ 1 และ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ดังตารางที่ 19

ตารางที่ 19 ค่าการพองตัวเฉลี่ยของกระถางต้นไม้

ชุดการทดลอง	อัตราส่วนผสม (ร้อยละโดยน้ำหนัก) ปุ๋ยหมักกากขี้แป้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้น : ดินปลูก : ดินร่วน	ค่าการพองตัว (เปอร์เซ็นต์)
1	100:0:0	51.67±20.21[b]
2	75:25:5	56.67±5.77[a]
3	50:40:10	64.44±3.85[c]
4	25:60:15	65.26±6.96[c]

จากตารางที่ 19 พบว่าค่าการพองตัวของกระถางต้นไม้ ทุกชุดการทดลอง มีแนวโน้มมีค่าการพองตัวเพิ่มมากขึ้น ตามปริมาณอัตราส่วนผสมของดินปลูก เนื่องจากใช้ดินปลูกมีส่วนผสมของขุยมะพร้าวและเส้นใยมะพร้าว เมื่อนำไปผสมกับกาวแป้งเปียกทำให้ผสมกันยากมีลักษณะไม่เป็นเนื้อเดียวกัน ทำให้เมื่อนำไปขึ้นรูปกระถางต้นไม้ขึ้นรูปได้ไม่แน่น ทำให้เกิดช่องว่าง ส่งผลทำให้มีค่าการพองตัวของกระถางต้นไม้มากตามอัตราส่วนผสมของดินปลูก เช่นเดียวกับการศึกษาของระริน และ เตือนใจ (2562) พบว่าค่าการพองตัวมากที่สุด เมื่อมีการผสมเส้นใยจากเพิ่มขึ้นทำให้ค่าพองตัวเพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนผสมของเส้นใยจาก

4) ค่าความพรุนของกระถางต้นไม้

ผลการศึกษาค่าความพรุนของกระถางต้นไม้ พบว่าชุดการทดลองทั้ง 4 ชุดการทดลอง ที่อัตราส่วนผสมปุ๋ยหมักกากขี้แป้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้น : ดินปลูก: ดินร่วน เท่ากับ 100:0:0 75:20:5 50:40:10 25:60:15 ตามลำดับ โดยชุดการทดลองที่ 4 มีค่าความพรุนมากที่สุด เท่ากับ 25.67±1.15 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาชุดการทดลองที่ 3 2 และ 1 ตามลำดับ เท่ากับ 22.00±1.73 20.33±7.51 และ 16.33±4.24 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยชุดการทดลองที่ 2 และ 3 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แตกต่างกันกับชุดการทดลองที่ 1 และ 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 20

ตารางที่ 20 ค่าความพรุนเฉลี่ยของกระถางต้นไม้

ชุดการทดลอง	อัตราส่วนผสม (ร้อยละโดยน้ำหนัก) ปุ๋ยหมักกากขี้แป้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้น : ดินปลูก : ดินร่วน	ค่าความพรุน (เปอร์เซ็นต์)
1	100:0:0	16.33±4.24[a]
2	75:25:5	20.33±0.51[b]
3	50:40:10	22.00±1.73[b]
4	25:60:15	25.67±1.15[c]

จากตารางที่ 20 พบว่าค่าความพรุนของกระถางต้นไม้ ทุกชุดการทดลองมีแนวโน้มค่าความพรุนเพิ่มมากขึ้น จากอัตราส่วนผสมของดินปลูกตราลำดวน โดยชุดการทดลองที่ 4 มีค่าความพรุนของกระถางต้นไม้มากที่สุด เนื่องมาจากใช้อัตราส่วนผสมใช้ดินปลูกตราลำดวนมากที่สุด เนื่องจากดินปลูกตราลำดวนมีส่วนผสมของขุยมะพร้าวและเส้นใยมะพร้าว เนื่องจากเมื่อนำไปผสมกับกาวแป้งเปียกไม่ได้จับตัวเป็นเนื้อเดียวกันทำให้เกิดช่องว่างเกิดขึ้น เมื่อนำไปอัดขึ้นรูปไม่แน่น ส่งผลทำให้มีค่าความพรุนของกระถางต้นไม้มากที่สุด สอดคล้องกับการศึกษาวิจัยของระริน และ เตือนใจ (2562)ได้ทำการศึกษาค่าความพรุน พบว่าชุดการทดลองที่ใช้อัตราส่วนผสมดินเพียงอย่างเดียว ทำให้มีค่าความพรุนของกระถางต้นไม้น้อยที่สุด

5) การทดสอบการเปลี่ยนแปลงการเสื่อมทางชีวภาพกระถางต้นไม้

ผลการศึกษาการทดสอบการเปลี่ยนแปลงการเสื่อมสภาพของกระถางต้นไม้ พบว่า พบว่าชุดการทดลองทั้ง 4 ชุดการทดลองอัตราส่วนผสม ปุ๋ยหมักกากขี้แป้ง : ดินปลูก: ดินร่วน เท่ากับ 100:0:0 75:20:5 50:40:10 25:60:15 ตามลำดับ โดยทำการทดสอบการเสื่อมสภาพของกระถางต้นไม้ ซึ่งทำการทดลองด้วยต้นดาวเรืองที่มีอายุ 15 วัน และทำการรดน้ำในแต่ละวัน ปริมาณ 50 มิลลิลิตรต่อวัน พบว่า การเสื่อมสภาพของกระถางต้นไม้จากการเก็บข้อมูลเป็นระยะเวลา 0-28 วัน กระถางต้นไม้ทุกชุดการทดลองมีแนวโน้มการเสื่อมสภาพตามระยะเวลา แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 21

ตารางที่ 21 การเสื่อมสภาพของกระถางต้นไม้ที่ใช้กาวแป้งเปียกเป็นวัสดุประสาน

ชุดการทดลอง	ระยะเวลาการเสื่อมของกระถางต้นไม้				
	วันที่ 0	วันที่ 7	วันที่ 14	วันที่ 21	วันที่ 28
1					
2					
3					
4					

จากตารางที่ 21 พบว่าค่าการเปลี่ยนแปลงการเสื่อมสภาพกระถางต้นไม้ ทุกชุดการทดลองมีแนวโน้มการเสื่อมสภาพตามระยะเวลา เมื่อพิจารณาลักษณะการเสื่อมสภาพของกระถางต้นไม้โดยวันแรกได้มีการปลูกดาวเรืองโดยกระถางต้นไม้ไม่มีการเปลี่ยนแปลงสภาพใด ๆ ทุกชุดการทดลอง เมื่อผ่านเวลา 7 วัน ชุดการทดลองที่ 1 มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงมีการแตกตัว เนื่องมาจากชุดการทดลองที่ 1 มีส่วนผสมปุ๋ยหมักกากขี้แป้งเพียงอย่างเดียวจึงมีโอกาสจะแตกตัวได้ง่าย ส่งผลให้เมื่อมีการรดน้ำจะทำให้มีการพองตัวของกระถางต้นไม่ เมื่อผ่านไป 14 วัน การเสื่อมสภาพของกระถางต้นไม้ในชุดการทดลองที่ 2 กระถางเริ่มมีรอยราวเกิดขึ้นแต่ยังคงสภาพการทดลองที่ 3 และ 4 ไม่มีการแตกสลายตัวของกระถางต้นไม้ ผ่านไป 21 วัน การเสื่อมสภาพของกระถางต้นไม้ในชุดการทดลองที่ 3 และ 4 และ กระถางเริ่มมีรอยร้าวแต่ยังคงสภาพกระถาง และเมื่อผ่านไป 28 วัน ชุดการทดลองที่ 1 และ 2 กระถางต้นไม้มีการเสื่อมสภาพ มีการพองตัว และแตกเป็นชิ้น โดยจากการทดลองชุดการทดลองที่ 1 มีการเสื่อมสภาพของกระถางต้นไม้เร็วที่สุด ซึ่งมีค่าการดูดซับ ค่าการพองตัว และค่าความพรุนน้อย จึงทำให้กระถางมีความเสื่อมสภาพได้เร็วกว่าชุดการทดลองอื่น

3.4 การประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

การพัฒนาผลิตภัณฑ์จากกากขี้แป้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้นมาใช้ใหม่สู่ผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมเพื่อพัฒนาภาคอุตสาหกรรม โดยการนำของเสียที่เกิดขึ้นจากโรงงานอุตสาหกรรมพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ปุ๋ยหมัก และพัฒนาเป็นกระถางต้นไม้ เมื่อนำมาประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์รายละเอียดดังนี้

3.4.1 ต้นทุนและผลตอบแทนจากปุ๋ยหมักกากขี้แป้งโรงงานผลิตน้ำยางข้น พบว่าจากการพัฒนาปุ๋ยหมักกากขี้แป้งหากทางบริษัทยูนิแมครับเบอร์ จำกัด บริษัท ศรีตรังแอโกรอินดัสทรี จำกัด (มหาชน) และชุมชนมีการผลิตปุ๋ยหมักกากขี้แป้งจะมีกำไรสุทธิเฉลี่ย เท่ากับ 0.85 บาทต่อกิโลกรัม และกำไรเหนือต้นทุนเงินสด เท่ากับ 3.39 บาทต่อกิโลกรัม โดยมีอัตราผลตอบแทนจากการลงทุน (ROI) เท่ากับ 9.25 ต้นทุนรวมในการผลิตปุ๋ยหมักเท่ากับ 9.15 บาทต่อกิโลกรัม แบ่งเป็นต้นทุนคงที่ไม่เป็นเงินสด เท่ากับ 2.54 บาทต่อกิโลกรัม โดยพบว่าเป็นค่าเสียโอกาสเงินลงทุน คิดเป็นร้อยละ 35.40 ด้านต้นทุนผันแปรรวม เท่ากับ 6.61 บาทต่อกิโลกรัม ซึ่งพบว่าต้นทุนผันแปรที่สำคัญประกอบด้วย บ่อหมักซีเมนต์คิดเป็นร้อยละ 60.51 รองลงจะมีค่าเท่ากัน ได้แก่ค่าวัสดุทางการเกษตร (จอบ พลั่ว กากน้ำตาล) ค่ามูลวัว ค่าน้ำ และ ค่าใช้จ่ายอื่น ๆ คิดเป็นร้อยละ 7.56 สำหรับค่าน้ำมันเชื้อเพลิง คิดเป็นร้อยละ 4.54 ค่าจุลินทรีย์อีเอ็ม คิดเป็นร้อยละ 3.78 และค่าไฟฟ้า คิดเป็นร้อยละ 0.95 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 22

ตารางที่ 22 การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ปุ๋ยหมักจากกากขี้แป้ง

รายการ	มูลค่าเป็นเงินสด	มูลค่าไม่เป็นเงินสด	ร้อยละ
1. ต้นทุนคงที่			
1.1 ค่าเสื่อมราคาเครื่องมือและอุปกรณ์		0.90	35.40
1.2 ค่าเสียโอกาสที่ดิน		0.1	3.90
1.3 ค่าเสียโอกาสเงินลงทุน		1.54	60.60
ต้นทุนคงที่รวม		**2.54**	**100.0**
2.2 บ่อหมักซีเมนต์	4		60.51
2.3 ค่าวัสดุทางการเกษตร (จอบ พลั่ว กากน้ำตาล)	0.50		7.56
2.4 ค่าไฟฟ้า	0.063		0.95
2.5 ค่ามูลวัว	0.50		7.56
2.6 ค่าจุลินทร์อีเอ็ม	0.25		3.78
2.7 ค่าน้ำ	0.50		7.56
2.8 ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง	0.30		4.54
2.9 ค่าใช้จ่ายอื่น ๆ	0.50		7.56
2.10 ค่าเสียโอกาสแรงงานครัวเรือน		7.50	0.00
ต้นทุนผันแปรรวม	**6.61**		**100.0**
		10.04	
ต้นทุนรวมทั้งหมด	**9.15**		
ต้นทุนเงินสดรวม	**6.61**		
รายได้รวม (บาทต่อกิโลกรัม)	**10.00**		
กำไรสุทธิ (บาทต่อกิโลกรัม)	**0.85**		
กำไรเหนือต้นทุนเงินสด (บาทต่อกิโลกรัม)	**3.39**		
Return on Investment (ROI)	**9.25**		

ที่มา: จากการคำนวณ

3.4.2 ต้นทุนและผลตอบแทนจากการผลิตกระถางต้นไม้จากปุ๋ยหมักกากขี้แป้งโรงงานผลิตน้ำยางข้น พบว่าจากการพัฒนากระถางต้นไม้หากทางบริษัท ยูนิแมครับเบอร์ จำกัด และบริษัท ศรีตรังแอโกรอินดัสทรี จำกัด (มหาชน) มีการผลิตกระถางต้นไม้จะมีกำไรสุทธิเฉลี่ย เท่ากับ 7.94 บาท/ใบ และกำไรเหนือต้นทุนเงินสด เท่ากับ 16.39 บาทต่อใบ โดยมีอัตราผลตอบแทนจากการลงทุน (ROI) เท่ากับ 65.84 ต้นทุนรวมในการผลิตกระถางต้นไม้ เท่ากับ 3.61 บาทต่อใบ แบ่งเป็นต้นทุนคงที่ไม่เป็นเงินสด เท่ากับ 0.95 บาทต่อใบ โดยพบว่าเป็นค่าเสื่อมราคาเครื่องมือและอุปกรณ์มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 97.90 ด้านต้นทุนผันแปรรวม เท่ากับ 11.11 บาทต่อใบ ซึ่งพบว่าต้นทุนผัน

แปรที่สำคัญ ประกอบด้วย ค่าเสียโอกาสแรงงานครัวเรือน คิดเป็นร้อยละ 67.51 ค่าใช้จ่ายอื่น ๆ ร้อยละ 11.70 ค่าแก๊สเชื้อเพลิง คิดเป็นร้อยละ 9.00 และ ค่าแป้งมันสำปะหลัง คิดเป็นร้อยละ 7.92 ตามลำดับ ดังตารางที่ 23

ตารางที่ 23 การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนจากการผลิตกระถางต้นไม้จากปุ๋ยหมักกากขี้แป้งโรงงานผลิตน้ำยางข้น

รายการ	มูลค่าเป็นเงินสด	มูลค่าไม่เป็นเงินสด	ร้อยละ
1. ต้นทุนคงที่			
1.1 ค่าเสื่อมราคาเครื่องมือและอุปกรณ์		0.93	97.90
1.2 ค่าเสียโอกาสที่ดิน		0.01	1.1
1.3 ค่าเสียโอกาสเงินลงทุน		0.01	1.1
ต้นทุนคงที่รวม		**0.95**	**100.0**
2. ต้นทุนผันแปร			
2.1 ค่าแป้งมันสำปะหลัง (บาท/ใบ)	0.88		7.92
2.2 ค่าวัสดุ (หม้อ กะละมัง ไม้พาย)	1.18		0.13
2.3 ค่าแก๊สเชื้อเพลิง (บาท/ใบ)	1.00		9.00
2.4 ค่าน้ำมัน (บาท/ใบ)	0.05		0.00
2.5 ค่าไฟฟ้าสำหรับอัดกระถาง (บาท/ใบ)	0.50		0.02
2.6 ค่าใช้จ่ายอื่น ๆ	1.30		11.70
2.7 ค่าเสียโอกาสแรงงานครัวเรือน		7.50	67.51
ต้นทุนผันแปรรวม	**11.11**		**100.00**
		8.45	
ต้นทุนรวมทั้งหมด	12.06		
ต้นทุนเงินสดรวม	3.61		
รายได้รวม (บาทต่อใบ)	20.00		
กำไรสุทธิ	7.94		
กำไรเหนือต้นทุนเงินสด	16.39		
Return on Investment (ROI)	**65.84**		

ที่มา: จากการคำนวณ

การพัฒนาผลิตภัณฑ์จากกากขี้แป้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้นมาใช้ใหม่สู่ผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมเพื่อพัฒนาภาคอุตสาหกรรม โดยการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ปุ๋ยหมัก และพัฒนาเป็นกระถางต้นไม้ โครงการมีงบประมาณในการดำเนินโครงการ 459,000 บาท และการดำเนินงานส่งผลกระทบต่อการจ้างงานและรายได้ในพื้นที่ โดยรายได้ในช่วงการผลิตและจำหน่ายยังไม่ได้ทำการจำหน่าย เมื่อนำไปวิเคราะห์ทางการเงินเพื่อวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการลงทุน โดยกำหนดอัตราคิดลด 7 เปอร์เซ็นต์ ผลการวิเคราะห์พบว่า มูลค่าปัจจุบันของรายได้ (PVB) เท่ากับ 3,581,098 บาท มูลค่าปัจจุบันของต้นทุนรวม (PVC) เท่ากับ 1,094,461 บาท มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) เท่ากับ 2,486.637 บาท อัตราส่วนรายได้ต่อต้นทุน (BCR) เท่ากับ 2.79 และผลตอบแทนจากของโครงการ (IRR) เท่ากับ 25% ดังตารางที่ 24

ตารางที่ 24 ผลการวิเคราะห์ทางการเงิน การพัฒนาผลิตภัณฑ์จากกากขี้แป้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้นมาใช้ใหม่สู่ผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมเพื่อพัฒนาภาคอุตสาหกรรม

หน่วย: บาท

รายการ	มูลค่า
มูลค่าปัจจุบันของรายได้ (PVB)	3,581,098
มูลค่าปัจจุบันของต้นทุนรวม (PVC)	1,094,461
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV)	2,486.637
อัตราส่วนรายได้ต่อต้นทุน (BCR)	2.79
ผลตอบแทนจากการลงทุน (IRR)	25%

ที่มา: จากการคำนวณ

3.5 การประเมินมูลค่าด้านสังคม เศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อม

จากการประเมินมูลค่าด้านเศรษฐกิจ สังคมและสิ่งแวดล้อมโดยการใช้แบบประเมินคุณค่าของผลิตภัณฑ์ กับพนักงานบริษัท ยูนิแมครับเบอร์ จำกัด จำนวน 30 คน ในการประเมินการพัฒนาผลิตภัณฑ์ปุ๋ยหมัก และกระถางต้นไม้จากปุ๋ยกากขี้แป้ง โดยมีระดับการประเมินค่า 5 ระดับ ตามความหมายดังนี้

4.51-5.00 หมายความว่า ผลิตภัณฑ์มีคุณค่ามากที่สุด
3.51-4.50 หมายความว่า ผลิตภัณฑ์มีคุณค่ามาก
251-3.50 หมายความว่า ผลิตภัณฑ์มีคุณค่าปานกลาง
1.51-2.50 หมายความว่า ผลิตภัณฑ์มีคุณค่าน้อย
0.00-1.50 หมายความว่า ผลิตภัณฑ์มีคุณค่าน้อยที่สุด

มีผลการประเมิน แสดงดังตารางที่ 25 ซึ่งสรุปได้ดังนี้ จากผลการประเมินคุณค่า 8 ด้านที่สอดคล้องกับสังคมเศรษฐกิจ และสิ่งแวดล้อม พบว่าผลิตภัณฑ์มีคุณค่าโดยรวมในระดับมาก ($\bar{x}$ =4.34) เมื่อพิจารณารายละเอียดแต่ละด้านเรียงจากมากไปน้อยพบว่า ด้านวิธีการผลิตสามารถทำได้ง่าย และต้นทุนการผลิตต่ำ มีค่าเท่ากันมีความสะดวกสบายในการใช้มีคุณค่ามากที่สุด ($\bar{x}$ =4.52) รองลงมาคือ วัสดุมีราคาถูก ส่งผลให้ราคาของผลิตภัณฑ์ต่ำลง ขายได้ในราคาที่ไม่แพง ผลิตภัณฑ์มี

ประโยชน์และตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ มีคุณค่าในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$=4.50) รองลงมาได้แก่ ความแปลกใหม่ของผลิตภัณฑ์ มีคุณค่าระดับมาก ($\bar{x}$=4.45) รองลงมาด้านราคาของวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์มีคุณค่าระดับมาก ($\bar{x}$=4.20) รองลงมาคือด้านการขนส่ง ประหยัดในการขนส่ง วัตถุดิบเนื่องจากเป็นวัตถุดิบที่เหลือทิ้งในโรงงานน้ำยางข้น มีคุณค่าระดับมาก ($\bar{x}$ = 4.15) และลำดับสุดท้าย ความปลอดภัยผิวสัมผัสและกลิ่น มีคุณค่าระดับมาก ($\bar{x}$=3.85)

ตารางที่ 25 คุณค่าของผลิตภัณฑ์จากกากขี้แป้ง

รายการ	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ระดับ
1. วิธีการผลิตทำง่าย ต้นทุนการผลิตต่ำ	4.52	0.55	มากที่สุด
2. วัสดุหาได้ง่าย ราคาถูก	4.50	0.50	มากที่สุด
3. ผลิตภัณฑ์มีประโยชน์ตรงตามความต้องการ	4.50	0.51	มากที่สุด
4. ความสะดวกสบายในการใช้	4.52	0.51	มากที่สุด
5. ความแปลกใหม่	4.45	0.55	มาก
6. การขนส่ง และการเคลื่อนย้าย	4.15	0.50	มาก
7. ราคาของวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์	4.20	0.54	มาก
8. ความปลอดภัยด้านผิวสัมผัสและกลิ่น	3.85	0.51	มาก
รวม	**4.34**	**0.52**	**มาก**

จากการการศึกษาการพัฒนารูปแบบผลิตภัณฑ์ คุณค่าของผลิตภัณฑ์จากกากขี้แป้ง วัสดุจากกากขี้แป้ง สามารถประเมินมูลค่าด้านสังคม เศรษฐกิจ และสิ่งแวดล้อม จากผลการประเมินคุณค่า 8 ด้าน พบว่าผลิตภัณฑ์มีคุณค่าโดยรวมในระดับมาก สามารถทำได้ง่ายและต้นทุนการผลิตต่ำ วัสดุหาได้ง่าย ราคาถูก ผลิตภัณฑ์ที่มีประโยชน์และตอบสนองความต้องการ มีความสะดวกสบายในการใช้ สำหรับผลิตภัณฑ์มีค่าโดยภาพรวมระดับมาก มีความความแปลกใหม่ การขนส่งและการเคลื่อนย้ายสะดวก นอกจากนั้นยังเห็นว่าราคาวัตถุดิบถูก ส่งผลให้ราคาของผลิตภัณฑ์ต่ำลงขายได้ในราคาที่ไม่แพง การขนส่ง ประหยัดในการขนส่งวัตถุดิบเนื่องจากเป็นวัตถุดิบที่เหลือทิ้งจากโรงานน้ำยางข้น การขนส่งและเคลื่อนย้ายผลิตภัณฑ์จึงมีความสะดวก และลำดับสุดท้ายคือคุณค่าด้านความปลอดภัย เกี่ยวกับความปลอดภัยของผิวสัมผัส และความปลอดภัยด้านกลิ่น เห็นว่าคนในชุมชนหรือบริษัทสามารถปรับใช้ความรู้ไปจัดการของเสีย เพื่อลดต้นทุนการผลิตได้ความรู้ดีมาก เข้าใจง่าย ทำใช้เองได้ ไม่ยุ่งยากแต่ต้องเพิ่มความ มั่นใจในเรื่องความคงทนจะได้มั่นใจในการผลิตและการนำมาใช้ได้ ควรขยายองค์ความรู้ให้ใหญ่กว่านี้ เพื่อจะได้เป็นตัวอย่างของบริษัทหรือต้นแบบชุมชนและชุมชนอื่นได้มากกว่านี้

3.5.2 ความพึงพอใจต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากกากขี้แป้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้นมาใช้ใหม่สู่ผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

การพัฒนาผลิตภัณฑ์จากกากขี้แป้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้นมาใช้ใหม่สู่ผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม โดยพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ปุ๋ยหมัก และกระถางต้นไม้จากปุ๋ยกากขี้แป้ง พบว่าผู้ใช้มีความพึงพอใจต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์ 10 ประเด็น ภาพรวมมีความพึงพอใจระดับมาก ($\bar{x}$=4.22) รายละเอียดดังตารางที่ 26 ได้แก่

1) ความคิดสร้างสรรค์เฉลี่ยต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากกากขี้แป้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้น ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยหมัก และกระถางต้นไม้จากปุ๋ยกากขี้แป้งมีความพึงพอใจในระดับมาก ($\bar{x}$=4.11) เกี่ยวกับประเด็นใช้วัสดุอย่างคุ้มค่า ($\bar{x}$=4.30) เรียบง่ายดูดี ($\bar{x}$=4.10) และใช้งานสะดวก ($\bar{x}$=3.93)

2) รักษาสิ่งแวดล้อม เฉลี่ยต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากกากขี้แป้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้น ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยหมัก และกระถางต้นไม้จากปุ๋ยกากขี้แป้งมีความพึงพอใจในระดับมาก ($\bar{x}$=4.15) เกี่ยวกับประเด็น ลดกระถางใช้ประถางพลาสติก ($\bar{x}$=4.33) ลดการใช้สารเคมีกับพืช ($\bar{x}$=4.06) และลดขยะทางพลาสติกได้ ($\bar{x}$=4.35)

3) เพิ่มมูลค่าของเหลือใช้เฉลี่ยต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากกากขี้แป้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้น ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยหมัก และกระถางต้นไม้จากปุ๋ยกากขี้แป้งมีความพึงพอใจในระดับมาก ($\bar{x}$=4.15) เกี่ยวกับประเด็น สร้างรายได้เพิ่ม ($\bar{x}$=4.05) สามารถเพิ่มมูลค่าให้กับกากขี้แป้ง ($\bar{x}$=4.17) และเป็นปุ๋ยทางการเกษตรและกระถางต้นไม้ ($\bar{x}$=4.24)

4) หน้าที่ใช้สอยเฉลี่ยต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากกากขี้แป้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้น ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยหมัก และกระถางต้นไม้จากปุ๋ยกากขี้แป้งมีความพึงพอใจในระดับมาก ($\bar{x}$=4.33) เกี่ยวกับประเด็น เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีประโยชน์ มีความพึงพอใจเท่ากันในตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ ($\bar{x}$=4.33)

5) ความปลอดภัยเฉลี่ยต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากกากขี้แป้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้น ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยหมัก และกระถางต้นไม้จากปุ๋ยกากขี้แป้งมีความพึงพอใจในระดับมาก ($\bar{x}$=4.39) เกี่ยวกับประเด็น ความปลอดภัยด้านผิวสัมผัส ($\bar{x}$=4.40) และความปลอดภัยด้านกลิ่น ($\bar{x}$=4.37)

6) ความแข็งแรง เฉลี่ยต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากกากขี้แป้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้น ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยหมัก และกระถางต้นไม้จากปุ๋ยกากขี้แป้งมีความพึงพอใจในระดับมาก ($\bar{x}$=4.09) เกี่ยวกับประเด็น ความแข็งแรงในตัวผลิตภัณฑ์หรือโครงสร้างผลิตภัณฑ์ ($\bar{x}$=4.33) การรับน้ำหนัก ($\bar{x}$=3.97) และการรับแรงกระแทก ($\bar{x}$=3.97)

7) ความสวยงามเฉลี่ยต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากกากขี้แป้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้น ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยหมัก และกระถางต้นไม้จากปุ๋ยกากขี้แป้งมีความพึงพอใจในระดับมาก ($\bar{x}$=4.22) เกี่ยวกับประเด็นความสวยงามของผิวสัมผัส ($\bar{x}$=4.17) ความสวยงามของรูปร่างผลิตภัณฑ์ ($\bar{x}$=4.13) และความแปลกใหม่ของวัตถุดิบ ($\bar{x}$=4.37)

8) วัสดุและวิธีการผลิตเฉลี่ยต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากกากขี้แป้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้น ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยหมัก และกระถางต้นไม้จากปุ๋ยกากขี้แป้งมีความพึงพอใจในระดับมาก ($\bar{x}$=4.28) เกี่ยวกับประเด็นวัสดุหาง่ายในท้องถิ่น ($\bar{x}$=4.13) วัสดุมีราคาถูก ($\bar{x}$=4.37) วิธีการผลิตทำง่าย ($\bar{x}$=4.27) และต้นทุนในการผลิตต่ำใช้งานสะดวก ($\bar{x}$=4.33)

9) การขนส่งเฉลี่ยต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากกากขี้แป้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้น ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยหมัก และกระถางต้นไม้จากปุ๋ยกากขี้แป้งมีความพึงพอใจในระดับมาก ($\bar{x}$=4.35) เกี่ยวกับประเด็นการประหยัดในการขนส่งวัตถุดิบ ($\bar{x}$=4.47) และการบรรจุและเคลื่อนย้ายผลิตภัณฑ์สะดวก ($\bar{x}$=4.23)

10) คุณค่าของผลิตภัณฑ์จากการขี้แป้งเฉลี่ยต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากกากขี้แป้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้น ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยหมัก และกระถางต้นไม้จากปุ๋ยกากขี้แป้งมีความพึงพอใจในระดับมาก ($\bar{x}$=4.13)

ตารางที่ 26 ความพึงพอใจต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากกากขี้แป้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้นมาใช้ใหม่สู่ผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

ประเด็น	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ระดับ
ความคิดสร้างสรรค์			
1.1 ใช้วัสดุอย่างคุ้มค่า	4.30	0.79	มาก
1.2 เรียบง่ายดูดี	4.10	0.71	มาก
1.3 ใช้งานสะดวก	3.93	0.79	มาก
ภาพรวม	**4.11**	**0.04**	มาก
รักษาสิ่งแวดล้อม			
2.1 ลดกระถางใช้ประถางพลาสติก	4.33	0.57	มาก
2.2 ลดการใช้สารเคมีกับพืช	4.06	0.82	มาก
2.3 ลดขยะทางพลาสติกได้	4.35	0.64	มาก
ภาพรวม	4.15	0.13	มาก
เพิ่มมูลค่าของเหลือใช้			
3.1 สร้างรายได้เพิ่ม	4.05	0.46	มาก
3.2 สามารถเพิ่มมูลค่าให้กับกากขี้แป้ง	4.17	0.53	มาก
3.3 เป็นปุ๋ยทางการเกษตรและกระถาปลูกต้นไม้	4.24	0.55	มาก
ภาพรวม	4.15	0.05	มาก

ตารางที่ 26 ความพึงพอใจต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากกากขี้แป้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้นมาใช้ใหม่สู่ผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม (ต่อ)

ประเด็น	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ระดับ
หน้าที่ใช้สอย			
4.1 เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีประโยชน์	4.33	0.51	มาก
4.2 ตอบสนองความต้องการของผู้ใช้	4.33	0.57	มาก
ภาพรวม	4.33	0.05	มาก
ความปลอดภัย			
5.1 ความปลอดภัยด้านผิวสัมผัส	4.40	0.56	มาก
5.2 ความปลอดภัยด้านกลิ่น	4.37	0.49	มาก
ภาพรวม	4.39	0.05	มาก
ความแข็งแรง			
6.1 ความแข็งแรงในตัวผลิตภัณฑ์หรือโครงสร้างผลิตภัณฑ์	4.33	0.48	มาก
6.2 การรับน้ำหนัก	3.97	0.41	มาก
6.3 การรับแรงกระแทก	3.97	0.41	มาก
ภาพรวม	4.09	0.44	มาก
ความสวยงาม			
7.1 ความสวยงามของผิวสัมผัส	4.17	0.53	มาก
7.2 ความสวยงามของรูปร่างผลิตภัณฑ์	4.13	0.43	มาก
7.3 ความแปลกใหม่ของวัตถุดิบ	4.37	0.49	มาก
ภาพรวม	4.22	0.49	มาก
วัสดุและวิธีการผลิต			
8.1 วัสดุหาง่ายในท้องถิ่น	4.13	0.51	มาก
8.2 วัสดุมีราคาถูก	4.37	0.62	มาก
8.3 วิธีการผลิตทำง่าย	4.27	0.52	มาก
8.4 ต้นทุนในการผลิตต่ำ	4.33	0.55	มาก
ภาพรวม	4.28	0.55	มาก
การขนส่ง			
9.1 การประหยัดในการขนส่งวัตถุดิบ	4.47	0.68	มาก
9.2 การบรรจุและเคลื่อนย้ายผลิตภัณฑ์สะดวก	4.23	0.57	มาก
ภาพรวม	4.35	0.62	มาก
คุณค่าของผลิตภัณฑ์จากการขี้แป้ง	4.13	0.51	มาก
ภาพรวม	4.22	0.29	มาก

บทที่ 4
สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

การศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากกากขี้แป้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้นมาใช้ใหม่สู่ผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมเพื่อพัฒนาภาคอุตสาหกรรม ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ใช้กากขี้แป้งเป็นวัตถุดิบหลักในการศึกษาและพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ ได้แก่ การพัฒนาผลิตเป็นปุ๋ยหมักกากขี้แป้ง และการพัฒนาเป็นกระถางต้นไม้ ซึ่งสามารถสรุปผลการวิจัยได้ ดังนี้

4.1 การพัฒนาการผลิตปุ๋ยหมักจากกากขี้แป้ง

การพัฒนาการผลิตปุ๋ยหมักจากกากขี้แป้งได้ออกแบบชุดการทดลอง 4 ชุดการทดลอง อัตราส่วนผสม กากขี้แป้ง : ยูเรีย : มูลวัว : กากน้ำตาล : เชื้อจุลินทรีย์ ชุดการทดลองที่ 1 เท่ากับ 3.0 : 0 : 0 : 0.5 : 1.0 ชุดการทดลองที่ 2 ที่อัตราส่วนผสมเท่ากับ 2.0 : 0.5 : 0.5 : 0.5 : 1.0 ชุดการทดลองที่ 3 ที่อัตราส่วนผสมเท่ากับ 2.0 : 1 : 0 : 0.5 : 1.0 และชุดการทดลองที่ 4 ที่อัตราส่วนผสมเท่ากับ 2.0 : 0 : 1 : 0.5 : 1.0 ทำการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตปุ๋ยหมักกากขี้แป้ง โดยศึกษาคุณสมบัติของปุ๋ยหมักจนกว่ากระบวนการหมักสมบูรณ์ ผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพของปุ๋ยหมักในระหว่างการหมัก ซึ่งจะสังเกตจากการเปลี่ยนแปลงของปุ๋ยหมักในระหว่างการหมักสมบูรณ์แล้ว เป็นระยะเวลา 50 วัน ปุ๋ยหมักจะมีสีเข้มขึ้นแตกต่างจากกองปุ๋ยใหม่ๆ เป็นสีน้ำตาลเข้มหรือสีดำ ลักษณะความอ่อนนุ่ม ไม่แข็ง กระด้าง และไม่เป็นก้อน เมื่อหมักจนสมบูรณ์มีค่าอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ในช่วง 29.80-38.06 องศาเซลเซียส ค่าความชื้นเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 78.92 – 81.82 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เฉลี่ยอยู่ในช่วง 8.34 – 8.48 มีค่าการนำไฟฟ้า (EC) อยู่ในช่วงที่ 3.18 – 6.13 เดซิซีเมนต่อเมตร มีค่าอินทรียวัตถุ (Organic Matter) 38.51 - 42.71 และเมื่อนำไปวิเคราะห์ธาตุอาหารหลักของปุ๋ยหมักกากขี้แป้ง พบว่าชุดการทดลองที่ 2 มีปริมาณธาตุอาหารหลักรวมมากที่สุด ซึ่งมีค่าธาตุไนโตรเจนเท่ากับ 4,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ธาตุฟอสฟอรัสเท่ากับ 950.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และธาตุโพแทสเซียมเท่ากับ 395.43 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยมีปริมาณธาตุอาหารหลักรวมเท่ากับ 5,345.43 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

4.2 การพัฒนาการผลิตกระถางต้นไม้จากปุ๋ยหมักกากขี้แป้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้น

จากการศึกษาคุณสมบัติของวัตถุดิบก่อนการขึ้นรูปกระถางต้นไม้ โดยในการศึกษาครั้งนี้เลือกชุดการทดลองที่มีปริมาณธาตุอาหารหลักรวมมากที่สุด ผลการศึกษาชุดการทดลองที่มีปริมาณธาตุอาหารหลักรวมมากที่สุดคือ ชุดการทดลองที่ 2 อัตราส่วนผสม กากขี้แป้ง:ยูเรีย:มูลวัว เท่ากับ 2:0.5:0.5:0.5 ได้ทำการทดลองหาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมในการขึ้นรูปกระถางต้นไม้ที่อัตราส่วนที่แตกต่างกัน โดยทำการศึกษา 4 ชุดการทดลอง ที่อัตราส่วนผสมปุ๋ยหมักจากกากขี้แป้ง : ดินปลูก : ดินร่วน ที่อัตราส่วนผสมที่แตกต่างกัน เท่ากับ 100:0:0 75:20:5 50:40:10 25:60:15 โดยใช้กาวแป้งเปียกเป็นวัสดุประสานในการขึ้นรูปผลิตกระถางต้นไม้ ผลการศึกษาที่อัตราส่วนกาวแป้งเปียกที่อัตราส่วนผสมแป้งมันสำปะหลัง:น้ำเปล่า เท่ากับ 1 : 10 เป็นอัตราส่วนผสมที่มีความเหมาะสมมากที่สุด ผลการศึกษาคุณสมบัติของกระถางต้นไม้ พบว่าลักษณะรูปร่างของกระถางต้นไม้ สามารถขึ้นรูปได้เต็มใบทุกชุดการทดลองมีขนาดของกระถางใกล้เคียงกันทุกชุดการทดลอง

ค่าการดูดซับน้ำของกระถางต้นไม้ทุกชุดการทดลองมีแนวโน้ม ค่าการดูดซับน้ำ ค่าการพองตัว และค่าความพรุนของกระถางต้นไม้ เพิ่มมากขึ้นตามปริมาณอัตราส่วนผสมของดินปลูก โดยชุดการทดลองที่ 4 มีค่ามากที่สุด เท่ากับ 72.22±19.24 65.26±6.96 และ 25.67±1.15 ตามลำดับ สำหรับผลการศึกษาการทดสอบการเปลี่ยนแปลงการเสื่อมสภาพของกระถางต้นไม้ทุกชุดการทดลองมีแนวโน้มการเสื่อมสภาพตามระยะเวลา

4.3 การประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

การพัฒนาผลิตภัณฑ์จากกากขี้แป้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้นมาใช้ใหม่สู่ผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมเพื่อพัฒนาภาคอุตสาหกรรม โดยการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ปุ๋ยหมัก และพัฒนาเป็นกระถางต้นไม้ พบว่าการผลิตดังกล่าวการผลิตปุ๋ยหมักกากขี้แป้งจะมีกำไรสุทธิเฉลี่ย เท่ากับ 0.85 บาทต่อกิโลกรัม และกำไรเหนือต้นทุนเงินสด เท่ากับ 3.39 บาทต่อกิโลกรัม โดยมีอัตราผลตอบแทนจากการลงทุน (ROI) เท่ากับ 9.25 ต้นทุนรวมในการผลิตปุ๋ยหมักเท่ากับ 9.15 บาทต่อกิโลกรัม สำหรับการผลิตกระถางต้นไม้จะมีกำไรสุทธิเฉลี่ย เท่ากับ 7.94 บาทต่อใบ และกำไรเหนือต้นทุนเงินสด เท่ากับ 16.39 บาทต่อใบ โดยมีอัตราผลตอบแทนจากการลงทุน (ROI) เท่ากับ 65.84 ต้นทุนรวมในการผลิตกระถางต้นไม้ เท่ากับ 3.61 บาทต่อใบ แบ่งเป็นต้นทุนคงที่ไม่เป็นเงินสด เท่ากับ 0.95 บาทต่อใบ

4.4 การประเมินมูลค่าด้านสังคม เศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อม

จากผลการประเมินคุณค่าสังคมเศรษฐกิจ และสิ่งแวดล้อม พบว่าผลิตภัณฑ์มีคุณค่ารวมในระดับมาก ($\bar{x}$ =4.34) และพบว่าผู้ใช้มีความพึงพอใจต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์ภาพรวมมีความพึงพอใจระดับมาก ($\bar{x}$=4.22)

4.5 ข้อเสนอแนะ

4.1 สามารถนำความรู้ไปใช้ต่อและพัฒนาได้อีก จะนำความรู้สู่สังคมทั้งจังหวัด สร้างสรรค์สิ่งใหม่ได้อีก กากขี้แป้งมีประโยชน์มาก สามารถนำมาทำของใช้ได้หลายอย่าง โครงการที่ใช้หลักการเศรษฐกิจพอเพียงช่วยลดค่าใช้จ่ายและช่วยประหยัดเพราะใช้วัสดุในท้องถิ่น ลดมลพิษที่เกิดจากกากตะกอนได้อีกด้วย

4.2 จากการทดลองหมักปุ๋ยในการศึกษาครั้งนี้มีค่าความชื้นค่อนข้างสูงอันเนื่องมาจากวัสดุหมักมีค่าความชื้นสูงจึงควรปรับปรุงการลดปริมาณความชื้นให้มีค่าที่เหมาะสม ก่อนนำมาหมักทำปุ๋ยและทำการศึกษาที่ค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนเพิ่มในการศึกษาครั้งต่อไป

4.3 ควรมีการวิจัยต่อยอดเกี่ยวกับการนำวัตถุดิบอื่น ได้แก่ วัสดุที่เหลือทิ้งในกระบวนการผลิตทางการเกษตรหรือวัสดุที่ได้จากธรรมชาติ เช่น ฟางข้าว แกลบ เปลือก ผลไม้ มาเป็นส่วนผสมกับกากขี้แป้งเพื่อเพิ่มความแข็งแรง เพื่อเพิ่มความแปลกใหม่ อีกทั้งเพื่อเพิ่มความสวยงาม ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างเต็มประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

4.4 ควรมีการนำวัสดุที่ได้จากการพัฒนากากขี้แป้งแปรรูปเป็น ผลิตภัณฑ์ที่มีความหลากหลายตอบสนองความต้องการของผู้ใช้มากยิ่งขึ้น เช่น อิฐประสานก่อสร้าง อิฐตัวหนอน อิฐปูสนาม อิฐเพื่อการตกแต่งอื่นๆ แผ่นฝ้าเพดาน แผ่นกั้นผนัง โต๊ะและเก้าอี้สนาม เป็นต้น

4.5 ส่งเสริมให้มีการวิจัยพัฒนาเกี่ยวกับแผนธุรกิจชุมชน ในการแปรรูปกากขี้แป้งเพื่อพัฒนาและแปรรูปในลักษณะวิสาหกิจชุมชนโดยร่วมมือกับองค์กรต่าง ๆ ในชุมชน โดยเฉพาะอย่างยิ่งร่วมมือกับภาคเอกชนเพื่อสร้างความเข้มแข็งในการผลิตและการจัดจำหน่ายผลิตภัณฑ์ อันจะส่งผลให้เกิดการพัฒนาอย่างยั่งยืนต่อไป

บรรณานุกรม

กรมวิชาการเกษตร. 2548. **ปุ๋ยอินทรีย์ : การผลิต การใช้ มาตรฐานและคุณภาพ.** พิมพ์ครั้งที่ 1 โรงพิมพ์ชุมชนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด, กรุงเทพฯ.

กรมพัฒนาที่ดิน. 2548. มาตรฐานปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : **https://www.ldd.go.th/link_q/standard** (25 ธันวาคม 2564).

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยาคณะเกษตรมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2548. **ปฐพีวิทยาเบื้องต้น.** พิมพ์ครั้งที่ 10. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.กรุงเทพฯ.

ฉัตรชัย จันทร์เด่นดวง. 2547. การออกแบบเพื่อสิ่งแวดล้อม. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก https://www2.mtec.or.th/th/e-magazine/admin/upload/214_53-56.pdf. (25 ธันวาคม 2564).

ชาธิณีย์ ฉลาดถ้อย, จีระศักดิ์ เอี่ยงอ่อง และ ชนิตร์นันท์ เพิ่มศิริบุตร. 2556. การพัฒนาปุ๋ยหมักจากกากตะกอนร่วมกับกาบกล้วย และกากตะกอนร่วมกับชานอ้อยเพื่อเพิ่มปริมาณธาตุอาหารให้กับพืช. ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.

ณัฐพล ศรีเมือง. 2558. การเปลี่ยนแปลงทางเคมี กายภาพ และจุลชีววิทยาในการหมักปุ๋ยผักตบชวา. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

เตือนใจ ปิยัง, วรรณวิภา ไชยชาญ และ กัตตินาฏ สกุลสวัสดิพันธ์. 2561. การผลิตกระถางต้นไม้ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมจากกากตะกอนน้ำมันปาล์มและวัสดุเหลือทิ้งจากการเพาะเห็ด. **วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย.** 10(3): 497-511.

ตระกูลพันธ์ พัชรเมธา. 2557. การออกแบบผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม. **วารสารมหาวิทยาลัยศิลปกร.** 34 (1): 120-135.

ธงชัย มาลา. 2546. ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยชีวภาพเทคนิคการผลิตและการใช้ประโยชน์. กรุงเทพมหานคร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ธนิยา เกาศล, 2551. การนำของเสียโรงงานผลิตยางแทนมาหมักปุ๋ย. รายงานวิจัย, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ธันวคีย์ ศรีธาวิรัตน์. 2547. การศึกษากระบวนการทำปุ๋ยหมักจากเศษอาหารร่วมกับเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยราชัฏพิบูลสงคราม.

นภารัตน์ ไวยเจริญ. 2544. การทำปุ๋ยหมักของมูลฝอยจากตลาดสดในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ปนัดดา คำรัตน์. 2545. ประสิทธิภาพของถ่านกัมมันต์ที่เตรียมจากการขึ้แป้งของโรงงานน้ำยางข้นในการกำจัดตะกั่วและปรอทน้ำเสียสังเคราะห์. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยา.

ปฐมา จาตกานนท์, กุลฤดี แสงสีทอง, รุ่งทิวา วันสุขสรร และ กล้าณรงค์ ศรีรอต. 2558. สมบัติของฟิลม์จากแป้งมันสำปะหลังดัดแปรด้วยกรดในน้ำและเอทานอล. สถาบันค้นคว้าศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ. 10 น.

ประไพพรรณ จันทร์ทิพย์. 2599. การทำปุ๋ยหมักผักตบชวาร่วมกับกากตะกอนส่วนเกินจากระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานน้ำยางข้นและกากตะกอนจากโรงงานยางแท่ง STR 20. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

พงศธร หนูเล็ก, จิราณุวัฒน์ แสงมุกด์ และ ชินพันธุ์ แซ่ซิ้ม. 2551. กระถางต้นไม้จากขุยมะพร้าวไอเดียลดโลกร้อน. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.manger.co.th. (25 ธันวาคม 2564).

พนาลี ชีวกิดาการ, สมทิพย์ ด่านธีรวนิชย์, เจิดจรรย์ ศิริวงศ์ และนภารัตน์ ไวยเจริญ. 2554. โครงการวิจัยการใช้กากตะกอนส่วนเกินจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบแอกติเวเต็ดสลัดจ์และกากแป้งของโรงงานน้ำยางข้นมาทำเป็นปุ๋ยหมักอัดเม็ด. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

พิศุทธิ์ ศิริพันธุ จิรศักดิ์ จินดาโรจน์ ทรงกลด จารุสมบัติ. 2558. กากขี้แป้งยางของเสียจากโรงงานสู่ผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมโดยการมีส่วนร่วมของชุมชน. **วารสารการจัดการป่าไม้** 8(16): 53-63.

มุกดา สุขสวัสดิ์. 2548. **ปุ๋ยอินทรีย์.** พิมพ์ครั้งที่ 4. บริษัทอมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง จำกัด (มหาชน), กรุงเทพฯ.

ยุพาวรรณ พลการ. 2558. คุณสมบัติกระถางต้นไม้จากเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://prezi.com/tucbnugh8djr/presentation/. (2 มกราคม 2565).

ระริน เครือวรพันธุ์ และ เตือนใจ ปิยัง. 2562. การเปรียบเทียบต้นทุนและผลตอบแทนจากการสร้างมูลค่าเพิ่มจากวัสดุเหลือใช้ของชุมชนพื้นที่ลุ่มน้ำปะเหลียน จังหวัดตรัง. รายงานการวิจัย. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง.

วลัยพร ผ่อนผัน. 2547. การใช้ประโยชน์กากขี้แป้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้นในรูปสารบำรุงดิน. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วราศรี เถกปรสิทธิ์. 2543. การใช้ประโยชน์จากกากขี้แป้งทดสอบกับการปลูกหญ้าสนาม. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. 2561. แป้งมันสำปะหลัง. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : https://th.wikipedia.org. (11 มกราคม 2563).

วันชัย แก้วยอด. 2540. การตรวจสอบการจัดการน้ำเสียโรงงานยาง: กรณีศึกษาในจังหวัดสงขลา วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

วรรณวนัช บุ่งสุด และ จันทร์จีรา อภิรักษ์เมธาวงศ์. 2558. การศึกษากรรมวิธีการขึ้นรูปแบบเย็นของวัสดุรีไซเคิลจากเศษเมลามีน. รายงานการวิจัย. สำนักวิชาวิศวกรรมการผลิต. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, นครราชสีมา. 58 น.

สมเพียร เกษมทรัพย์. 2526. ไม้ดอกกระถาง. โรงพิมพ์อักษรพิทยา กรุงเทพมหานคร 224 หน้า.

สมทิพย์ ด่านธีรวนิชย์. 2546. การจัดการของเสียอุตสาหกรรมน้ำยางข้น. รายงานวิจัย, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

สถาบันวิจัยยาง. 2554. ข้อมูลวิชาการยางพาราา 2554. สถาบันวิจัยยางพารา กรมวิชาการเกษตร โรงพิมพ์ชุมชนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด. กรุงเทพมหานคร.

สัตตะพงศ์ ชอบกตัญญู. 2551. การทดแทนปุ๋ยด้วยกากตะกอนน้ำเสียและกากขี้แป้ง เพื่อการเพาะชำยางชำถุง. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เสาวนีย์ ก่อวุฒิกุลรังษ์, ณัฐพงศ์ นิธิอุทัย และ วิไลรัตน์ ชีวะเศรษฐธรรม. 2546. การศึกษาเบื้องต้นเกี่ยวกับการเตรียมปุ๋ยเหลวจากกากขี้แป้งน้ำยางข้น. โครงงานวิจัยระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

เสาวนีย์ ก่อวุฒิกุลรังษี, ยุพดี ชัยสุขสันต์, สมพร ประเสริฐส่งสกุล และ สะเราะ นิยมเดชา. 2553. การแปรสภาพกากขี้แป้งจากอุตสาหกรรมน้ำยางข้นและการใช้ประโยชน์. รายงานวิจัย, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

สุรพิชญ ลอยกุลนันท์ และ ฉวีวรรณ คงแก้ว. 2555. กระบวนการแยกเนื้อยางและสารอินทรีย์ออกจากกากตะกอนน้ำยางธรรมชาติ (GRASS 3). สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ,กรุงเทพฯ.

สุรพิชญ ลอยกุลนันท์. 2558. นวัตกรรมการนำกลับเนื้อยางและสารอินทรีย์จากกากตะกอนของเสียในอุตสาหกรรมน้ำยางพารา. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก **https://www.nstda.or.th/th/nstda-r-and-d/781-nstda-research-development-tlo-02.** (24 กันยายน 2564)

สุชาดา จิตรภิรมย์ศรี. 2539. การศึกษาการใช้ประโยชน์ขี้เลื่อยเหลือทิ้งจากการเพาะเห็ดสำหรับเป็นวัสดุปลูกไม้กระถาง. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการพัฒนาทรัพยากร มหาวิทยาลัยมหิดล.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2548. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมปุ๋ย. มอก.75 ประกาศในราชกิจจานุเบกษาฉบับประกาศและงานทั่วไปเลม 122 ตอนที่ 5 6ง, กรุงเทพมหานคร, 12 น.

สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ. 2558. เทคโนโลยีการแยกเนื้อยางและสารอินทรีย์ออกจากกากตะกอนน้ำยางธรรมชาติ (ขี้แป้ง). [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก **http://www.clinictech.most.go.th/online/techlist/attachFile/20151111102 3541.pdf.** (25 ธันวาคม 2564).

อรวรรณ ศิริรัตน์พิริยะ. 2553. การทดแทนปุ๋ยด้วยกากตะกอนน้ำเสียและกากขี้แป้งเพื่อการปลูกยางพาราขึ้น ในพื้นที่ปลูกยางตำบลไทรขึง อ.พระแสง จ.สุราษฎร์ธานี.

อาทิตยา กาญจนะ. 2557. การศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้กากใบชาจากอุตสาหกรรมเครื่องดื่มทดแทนการใช้ชิ้นไม้สับในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิล. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการจัดการเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

อำนาจ อมฤก. 2554. การศึกษาการพองตัวของกระถางขึ้นรูปจากเส้นใยกกช้าง. รายงานวิจัย, มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์

AOAC. 2000. Official Methods of Analysis. 17th. Gaithersburg, MD, Maryland, USA, AOAC International.

Guha, M. M. and Yeaw, KH. 1966. Content of major nutrients in rubber growing soil of Malaysia. Proc. 2nd Malay. **Soul Cout. Kuala Lumper**, p. 171-180

Garcia Gomez A. Roiang A. Bemal M.P. 2003. Composting of the solid fraction olive mill wastewater with olive leaves: organic matter degradation and biological activity. Bioresource Technology. 86: 59-64.

Huang, G.F., Wong, J.W.C., Wu, Q.T. and Nagar, B.B. 2004. Effect of CN on Composting of Pig Manure with Sawdust. **Waste Management.** 24: 805-813.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
แบบประเมินความพึงพอใจต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากกากขี้แป้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้นมาใช้ใหม่สู่ผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

แบบประเมินความพึงพอใจต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากกากขี้แป้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้น มาใช้ใหม่สู่ผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

<u>คำชี้แจง</u> โปรดเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่างหลังข้อความ ตามความคิดเห็นของท่านในการประเมินคุณค่าของผลิตภัณฑ์จากกากขี้แป้ง โดยมีค่าคะแนนตามระดับคุณค่าของผลิตภัณฑ์จากกากขี้แป้งระดับความพึงพอใจโดยใช้เกณฑ์การแปลความหมายของลิเคิร์ท (Likert Scale, 2539) เพื่อจัดระดับคะแนนเฉลี่ยในช่วงคะแนนดังต่อไปนี้

คะแนนเฉลี่ย 4.50-5.00 แปลความว่า พึงพอใจในระดับมากที่สุด
คะแนนเฉลี่ย 3.50-4.49 แปลความว่า พึงพอใจในระดับมาก
คะแนนเฉลี่ย 2.50-3.49 แปลความว่า พึงพอใจในระดับปานกลาง
คะแนนเฉลี่ย 1.50-2.49 แปลความว่า พึงพอใจในระดับน้อย
คะแนนเฉลี่ย 1.00-1.49 แปลความว่า พึงพอใจในระดับน้อยที่สุด

ข้อ	ประเด็น	ระดับความพึงพอใจ				
		5	4	3	2	1
1	**ความคิดสร้างสรรค์**					
	1.1 ใช้วัสดุอย่างคุ้มค่า					
	1.2 เรียบง่ายดูดี					
	1.3 ใช้งานสะดวก					
2	**รักษาสิ่งแวดล้อม**					
	2.1 ลดกระถางใช้ประถางพลาสติก					
	2.2 ลดการใช้สารเคมีกับพืช					
	2.3 ลดขยะทางพลาสติกได้					
3	**เพิ่มมูลค่าของเหลือใช้**					
	3.1 สร้างรายได้เพิ่ม					
	3.2 สามารถเพิ่มมูลค่าให้กับกากขี้แป้ง					
	3.3 เป็นปุ๋ยทางการเกษตรและกระถาปลูกต้นไม้					
4	**หน้าที่ใช้สอย**					
	4.1 เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีประโยชน์					
	4.2 ตอบสนองความต้องการของผู้ใช้					
5	**ความปลอดภัย**					
	5.1 ความปลอดภัยด้านผิวสัมผัส					
	5.2 ความปลอดภัยด้านกลิ่น					

ข้อ	ประเด็น	ระดับความพึงพอใจ				
		5	4	3	2	1
6	**ความแข็งแรง**					
	6.1 ความแข็งแรงในตัวผลิตภัณฑ์หรือโครงสร้างผลิตภัณฑ์					
	6.2 การรับน้ำหนัก					
	6.3 การรับแรงกระแทก					
7	**ความสวยงาม**					
	7.1 ความสวยงามของผิวสัมผัส					
	7.2 ความสวยงามของรูปร่างผลิตภัณฑ์					
	7.3 ความแปลกใหม่ของวัตถุดิบ					
8	**วัสดุและวิธีการผลิต**					
	8.1 วัสดุหาง่ายในท้องถิ่น					
	8.2 วัสดุมีราคาถูก					
	8.3 วิธีการผลิตทำง่าย					
	8.4 ต้นทุนในการผลิตต่ำ					
9	**การขนส่ง**					
	9.1 การประหยัดในการขนส่งวัตถุดิบ					
	9.2 การบรรจุและเคลื่อนย้ายผลิตภัณฑ์สะดวก					
10	**คุณค่าของผลิตภัณฑ์จากการขึ้แป้งโดยรวม**					

☺**ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะอื่น ๆ**

.....

.....

.....

.....

.....

📖 **ขอขอบพระคุณทุกท่านที่กรุณาสละเวลาของท่านที่ให้ความร่วมมือ*ตอบแบบสอบถาม*มา ณ โอกาสนี้** 📖

ผลการประเมินดัชนีความสอดคล้อง (IOC)
การพัฒนาผลิตภัณฑ์จากกากขี้แป้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้นมาใช้ใหม่สู่ผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

ข้อ	คำถาม	ผลการประเมิน (คนที่)			
		1	2	3	IOC
1	**ความคิดสร้างสรรค์**	+1	+1	+1	1.00
	1.1 ใช้วัสดุอย่างคุ้มค่า	+1	+1	+1	1.00
	1.2 เรียบง่ายดูดี	+1	+1	+1	1.00
	1.3 ใช้งานสะดวก	+1	+1	+1	1.00
2	**รักษาสิ่งแวดล้อม**	+1	+1	+1	1.00
	2.1 ลดกระถางใช้ประถางพลาสติก	+1	+1	+1	1.00
	2.2 ลดการใช้สารเคมีกับพืช	+1	+1	+1	1.00
	2.3 ลดขยะทางพลาสติกได้	+1	+1	+1	1.00
3	**เพิ่มมูลค่าของเหลือใช้**	+1	+1	+1	1.00
	3.1 สร้างรายได้เพิ่ม	+1	+1	+1	1.00
	3.2 สามารถเพิ่มมูลค่าให้กับกากขี้แป้ง	+1	+1	+1	1.00
	3.3 เป็นปุ๋ยทางการเกษตรและกระถาปลูกต้นไม้	+1	+1	+1	1.00
4	**หน้าที่ใช้สอย**	+1	+1	+1	1.00
	4.1 เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีประโยชน์	+1	+1	+1	1.00
	4.2 ตอบสนองความต้องการของผู้ใช้	+1	+1	+1	1.00
5	**ความปลอดภัย**	+1	+1	+1	1.00
	5.1 ความปลอดภัยด้านผิวสัมผัส	+1	+1	+1	1.00
	5.2 ความปลอดภัยด้านกลิ่น	+1	+1	+1	1.00
6	**ความแข็งแรง**	+1	+1	+1	1.00
	6.1 ความแข็งแรงในตัวผลิตภัณฑ์หรือโครงสร้างผลิตภัณฑ์	+1	+1	+1	1.00
	6.2 การรับน้ำหนัก	+1	+1	+1	1.00
	6.3 การรับแรงกระแทก	+1	+1	+1	1.00
7	**ความสวยงาม**	+1	+1	+1	1.00
	7.1 ความสวยงามของผิวสัมผัส	+1	+1	+1	1.00
	7.2 ความสวยงามของรูปร่างผลิตภัณฑ์	+1	+1	+1	1.00
	7.3 ความแปลกใหม่ของวัตถุดิบ	+1	+1	+1	1.00
8	**วัสดุและวิธีการผลิต**	+1	+1	+1	1.00
	8.1 วัสดุหาง่ายในท้องถิ่น	+1	+1	+1	1.00
	8.2 วัสดุมีราคาถูก	+1	+1	+1	1.00

ข้อ	คำถาม	ผลการประเมิน (คนที่)			
		1	2	3	IOC
	8.3 วิธีการผลิตทำง่าย	+1	+1	+1	1.00
	8.4 ต้นทุนในการผลิตต่ำ	+1	+1	+1	1.00
9	**การขนส่ง**	+1	+1	+1	1.00
	9.1 การประหยัดในการขนส่งวัตถุดิบ	+1	+1	+1	1.00
	9.2 การบรรจุและเคลื่อนย้ายผลิตภัณฑ์สะดวก	+1	+1	+1	1.00
10	**คุณค่าของผลิตภัณฑ์จากการขึ้แป้งโดยรวม**	+1	+1	+1	1.00

ภาคผนวก ข
การเตรียมกากขี้แป้งโรงงานผลิตน้ำยางข้น

การเคลื่อนย้ายกากขี้แป้งจากโรงงานกระบวนการเตรียมตัวอย่างกากขี้แป้ง

การเทกากขี้แป้งการ

การเกลี่ยตัวอย่างกากขี้แป้ง

ภาพผนวก ข การเตรียมกากขี้แป้งโรงงานผลิตน้ำยางข้น

ภาคผนวก ค
การผลิตปุ๋ยหมักจากกากขี้แป้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้น

การเตรียมบ่อซีเมนต์สำหรับการหมักปุ๋ยกากขี้แป้ง

ชั่งน้ำหนักตามอัตราส่วนผสม

การวัดปริมาตรกากน้ำตาลและจุลินทรีย์

การเติมสารอาหารในกระบวนการหมัก

การผสมส่วนผสมให้เข้ากัน

การหมักปุ๋ยหมักจากกากขี้แป้ง

การผลิตปุ๋ยหมัก 4 ชุดการทดลอง

ภาพผนวก ค การผลิตปุ๋ยหมักจากกากขี้แป้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้น

ภาคผนวก ง
การทดสอบคุณสมบัติระหว่างการหมักปุ๋ยหมัก

การวัดค่าการนำไฟฟ้าทุกวัน

การวัดค่าอุณหภูมิทุกวัน

การเตรียมตัวอย่างทดสอบความเป็นกรด-ด่าง

การทดสอบความเป็นกรด-ด่าง

ภาพผนวก ง การทดสอบคุณสมบัติระหว่างการหมักปุ๋ยหมัก

ภาคผนวก จ
ลักษณะทางกายภาพระหว่างการหมักปุ๋ยหมักจากกากขี้แป้ง

ผ่านกระบวนการหมัก สัปดาห์ที่ 1

ผ่านกระบวนการหมัก สัปดาห์ที่ 2

ผ่านกระบวนการหมัก สัปดาห์ที่ 3

ผ่านกระบวนการหมัก สัปดาห์ที่ 4

ผ่านกระบวนการหมัก สัปดาห์ที่ 5

ผ่านกระบวนการหมักสมบูรณ์

ภาพผนวก จ ลักษณะทางกายภาพระหว่างการหมักปุ๋ยหมักจากกากขี้แป้ง

ภาคผนวก ฉ
การเตรียมกากขี้แป้งในการผลิตกระถางต้นไม้

กากตากตัวอย่างปุ๋ยหมักให้แห้ง

การบดตัวอย่างให้ละเอียดปุ๋ยหมัก

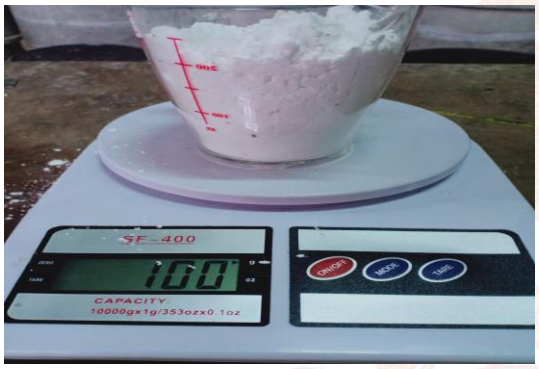
ตัวอย่างปุ๋ยหมักจากกากขี้แป้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้น

ภาพผนวก ฉ การเตรียมกากขี้แป้งในการผลิตกระถางต้นไม้

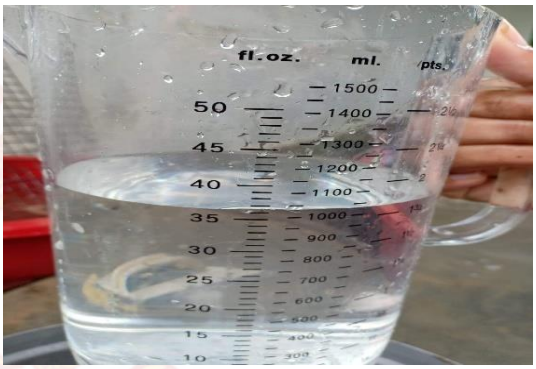
ภาคผนวก ช
การเตรียมวัตถุประสานกาวแป้งเปียก

กาวแป้งเปียก

เตรียมแป้งมันสำปะหลัง



นำแป้งมันสำปะหลังตราห่านคู่ชั่งน้ำหนัก
ปริมาณ 100 กรัม



ตวงน้ำ 1000 มิลลิลิตรเทใส่หม้อที่เตรียมไว้

ตั้งไฟอ่อนกวนเรื่อย ๆ จนน้ำเดือด

แป้งเปียกจะมีลักษณะเหนียวและมีสีใส

ภาพผนวก ช การเตรียมวัตถุประสานกาวแป้งเปียก

ภาคผนวก ซ
การขึ้นรูปกระถางต้นไม้จากกากขี้แป้ง

ชั่งวัตถุดิบในการผสม

การผสมวัตถุดิบให้มีเนื้อเดียวกัน

ใส่วัตถุดิบลงในบล็อก

อัดกระถางต้นไม้ให้แน่น

ดันกระถางต้นไม้ขึ้นจากบล็อก

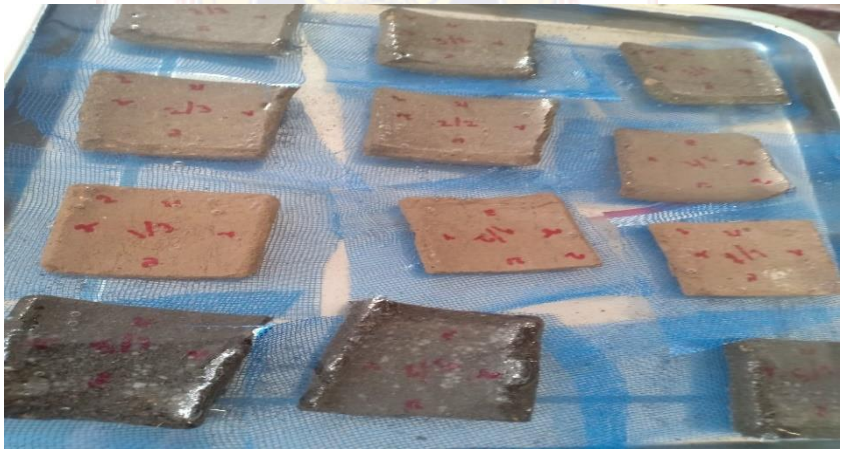
กระถางต้นไม้พร้อมใช้งาน

ภาพผนวก ซ การขึ้นรูปกระถางต้นไม้จากกากขี้แป้ง

ภาคผนวก ณ
การศึกษาคุณสมบัติของกระถางต้นไม้ค่าการพองตัว

วัดขนาดชิ้นส่วนให้มีขนาดเท่ากัน

ชิ้นส่วนก่อนแช่น้ำ



ชิ้นส่วนหลังการแช่น้ำ

ภาพผนวก ณ การศึกษาคุณสมบัติของกระถางต้นไม้ค่าการพองตัว

ภาคผนวก ญ
การศึกษาคุณสมบัติของกระถางต้นไม้ค่าความพรุน

วัดขนาดชิ้นส่วนให้มีขนาดเท่ากัน

บดตัวอย่างกระถางที่ตัวให้ละเอียด

การหาค่าความพรุน

ภาพผนวก ญ การศึกษาคุณสมบัติของกระถางต้นไม้ค่าความพรุน