รายงานการวิจัย

การผลิตกระถางต้นไม้จากกากตะกอนน้ำมันปาล์มร่วมกับก้อนเชื้อเห็ดเก่า
Production Plant Pot from Palm Oil Sludge Mixed Mushroom Cultivation Waste

เตือนใจ ปิยัง	Tuanjai Piyang
กัตตินาฏ สกุลสวัสดิพันธ์	Kattinat Sagulsawasdipan
วรรณวิภา ไชยชาญ	Wanvipa Chaichan

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
งบประมาณเงินรายได้ ประจำปี พ.ศ. 2561

รายงานการวิจัย

การผลิตกระถางต้นไม้จากกากตะกอนน้ำมันปาล์มร่วมกับก้อนเชื้อเห็ดเก่า
Production Plant Pot from Palm Oil Sludge Mixed Mushroom Cultivation Waste

เตือนใจ ปิยัง	Tuanjai Piyang
กัตตินาฏ สกุลสวัสดิพันธ์	Kattinat Sagulsawasdipan
วรรณวิภา ไชยชาญ	Wanvipa Chaichan

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
งบประมาณเงินรายได้ ประจำปี พ.ศ. 2561

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย งบประมาณเงินรายได้ประจำปี 2561 เป็นงานวิจัยพื้นฐานเพื่อให้ก่อให้เกิดองค์ความรู้ใหม่ในการผลิตกระถางต้นไม้จากกากตะกอนน้ำมันปาล์มร่วมกับก้อนเชื้อเห็ดเก่า

ขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย สำหรับทุนสนับสนุนงานวิจัย ขอขอบคุณสาขาสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง ในการเอื้อเฟื้ออุปกรณ์และสถานที่ในการทำวิจัย ขอขอบคุณบริษัท ล่ำสูง (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน) ที่ได้อนุเคราะห์กากตะกอนน้ำมันปาล์ม ขอขอบคุณฟาร์มเห็ดสิเกา ที่ให้ความอนุเคราะห์วัสดุเหลือทิ้งจากการเพาะเห็ดในการศึกษาวิจัย และขอขอบศูนย์วิทยบริการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จังหวัดกระบี่ ในการอนุเคราะห์สถานที่และเครื่องอัดกระถางไฮโดรลิคในการทำวิจัยครั้งนี้ และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการที่ให้การช่วยเหลืออำนวยความสะดวกด้วยดีตลอดมา

ขอขอบคุณผู้ร่วมวิจัยที่อุทิศกำลังกายและกำลังใจช่วยในการวิจัยครั้งนี้ลุล่วงได้ด้วยดี ตลอดจนครอบครัวและผองเพื่อนที่ให้ความห่วงใยเป็นกำลังใจให้เสมอมา ประโยชน์อันใดที่เกิดจากงานวิจัยนี้ย่อมเป็นผลมาจากความกรุณาของท่านและหน่วยงาน ผู้วิจัยจึงใคร่ขอขอบพระคุณมา ณ โอกาส นี้

เตือนใจ ปิยัง
กัตตินาฏ สกุลสวัสดิพันธ์
วรรณวิภา ไชยชาญ
สิงหาคม 2562

การผลิตกระถางต้นไม้จากกากตะกอนน้ำมันปาล์มร่วมกับก้อนเชื้อเห็ดเก่า

เตือนใจ ปิยัง[1] กัตตินาฎ สกุลสวัสดิพันธ์[1] และวรรณวิภา ไชยชาญ[1]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อผลิตกระถางต้นไม้ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมจากกากตะกอนน้ำมันปาล์ม และก้อนเชื้อเห็ดเก่า โดยใช้ตัวประสานเป็นกาวแป้งเปียก โดยศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการขึ้นรูป และคุณสมบัติของกระถางต้นไม้ ทำการศึกษาทั้งหมด 6 ชุดการทดลองที่อัตราส่วนผสมกากตะกอนน้ำมันปาล์มต่อก้อนเชื้อเห็ดเก่า ได้แก่ 5 : 0 4 : 1 3 : 2 2 : 3 1 : 4 และ 0 : 5 โดยน้ำหนัก นำไปขึ้นรูปกระถางด้วยเครื่องอัดไฮโดรลิกช่วง 100-150 นิวตัน ซึ่งทำการศึกษาคุณสมบัติค่าการดูดซับน้ำ ค่าการพองตัว ค่าความพรุน และการย่อยสลายของกระถางต้นไม้ ผลการศึกษาพบว่ากระถางต้นไม้ที่ใช้วัสดุประสานกาวแป้งเปียกสามารถขึ้นรูปได้ทุกชุดการทดลอง สำหรับคุณสมบัติของกระถางต้นไม้ พบว่าค่าการดูดซับน้ำ ค่าการพองตัว ค่าความพรุน และการเสื่อมสภาพของกระถางต้นไม้ขึ้นอยู่กับอัตราส่วนของวัสดุผสมอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อพิจารณาคุณสมบัติกระถางต้นไม้ที่อัตราส่วนผสมที่ 1 : 4 เหมาะต่อการขึ้นรูปได้ดี และ คุณสมบัติเหมาะสมที่สุด โดยมีค่าการดูดซับน้ำ 91.18±1.33 เปอร์เซ็นต์ ค่าการพองตัว 91.67±1.11 เปอร์เซ็นต์ ค่าความพรุน 79.00±3.25 เปอร์เซ็นต์ และมีการเสื่อมสภาพของกระถางต้นไม้ย่อยสลายได้ช้าที่สุด

คำสำคัญ: กระถางต้นไม้ กากตะกอนน้ำมันปาล์ม ก้อนเชื้อเห็ดเก่า

---

[1] อาจารย์ สาขาสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง 92150

Production Plant Pot from Palm Oil Sludge Mixed Mushroom Cultivation Waste

Tuanjai Piyang[1] Kattinat Sagulsawasdipan[1] and Wanvipa Chaichan[1]

Abstract

This research has objectives for environmental friendly plant pot production from palm oil sludge and mushroom cultured waste. by using starch paste as binder. The study appropriate ration and property of plant pot from palm oil sludge and mushroom cultured waste. This study has six experiments the ratio of palm oil sludge: mushroom cultured waste of 5:0 4:1 3:2 2:3 1:4 and 0:5 (w/w) the plant pot with automatic potting presses using potting pressure range of 100-150 newton. The study properties of water absorption, plant pot swelling, porosity and deterioration of plant pot. The results showed that plant pots using adhesive paste, wet powder, can be molded into any set of experiments. For property of plant pot the showed that the water absorption, swelling, porosity and degradation of the potted plants were significantly dependent on the mixing ratio. Considering the properties of the plant pots, the 1: 4 ratios was suitable for well forming. The water absorption was 91.18 ± 1.33 percent, the swelling was 91.67 ± 1.11 percent, the porosity was 79.00 ± 3.25 percent and the degradation of the tree was the slowest.

Keywords: Plant Pot, Palm Oil Sludge, Mushroom Cultured Waste

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

สารบัญ

หน้า

กิตติกรรมประกาศ.. ก

บทคัดย่อภาษาไทย.. ข

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.. ค

สารบัญ.. ง

สารบัญตาราง.. ฉ

สารบัญภาพ.. ฌ

บทที่ 1 บทนำ.. 1

1. ที่มาและความสำคัญของปัญหา.. 1

2. หลักการ แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.. 2

3. วัตถุประสงค์.. 23

4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.. 23

บทที่ 2 วิธีการดำเนินงานวิจัย.. 24

1. วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษา.. 24

2. ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย.. 26

3. การวิเคราะห์ข้อมูล.. 34

บทที่ 3 ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล.. 35

1. คุณสมบัติของวัตถุดิบ.. 35

2. อัตราส่วนที่เหมาะสมสำหรับการผลิตกระถางต้นไม้.. 36

3. คุณสมบัติของกระถางต้นไม้.. 42

บทที่ 4 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.. 54

บรรณานุกรม.. 56

ภาคผนวก.. 59

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 คุณสมบัติทางเคมีของกากตะกอนน้ำมันปาล์ม.. 7
ตารางที่ 2 ส่วนประกอบทางเคมีของกากตะกอนปาล์มน้ำมันที่ได้จากกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มโดยแยกตามชนิดของกากตะกอนปาล์มน้ำมัน... 8
ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยของสมบัติทางเคมีและปริมาณธาตุอาหารของกากตะกอนน้ำมัน.................. 8
ตารางที่ 4 สมบัติทางเคมีของขี้เลื่อยไม้ก่อนใช้เป็นวัสดุเพาะเห็ด.. 14
ตารางที่ 5 สมบัติทางเคมีและปริมาณธาตุอาหารของพืชแต่ละชุดการทดลองหลังเพาะเห็ด........ 14
ตารางที่ 6 สมบัติทางเคมีและทางกายภาพของขี้เลื่อย... 15
ตารางที่ 7 ส่วนประกอบของกากน้ำตาล... 18
ตารางที่ 8 การออกแบบอัตราส่วนการผลิตกระถางจากกากตะกอนปาล์มน้ำมันและก้อนเชื้อเห็ดเก่า... 30
ตารางที่ 9 คุณสมบัติของวัตถุดิบ.. 35
ตารางที่ 10 อัตราส่วนการผลิตกระถางต้นไม้ที่ใช้กาวแป้งเปียกเป็นวัสดุประสาน...................... 39
ตารางที่ 11 อัตราส่วนการผลิตกระถางต้นไม้ที่ใช้กากน้ำตาลเป็นวัสดุประสาน......................... 41
ตารางที่ 12 ลักษณะทางกายภาพของกระถางต้นไม้ที่ใช้กาวแป้งเปียกเป็นวัสดุประสาน........... 43
ตารางที่ 13 ลักษณะทางกายภาพของกระถางต้นไม้ที่ใช้กากน้ำตาลเป็นวัสดุประสาน................ 44
ตารางที่ 14 ค่าการดูดซับน้ำของกระถางต้นไม้.. 45
ตารางที่ 15 ค่าการพองตัวของกระถางต้นไม้.. 46
ตารางที่ 16 ค่าความพรุนของกระถางต้นไม้... 47
ตารางที่ 17 การเสื่อมสภาพของกระถางต้นไม้ที่ใช้กาวแป้งเปียกเป็นวัสดุประสาน..................... 49
ตารางที่ 18 การเสื่อมสภาพของกระถางต้นไม้ที่ใช้กากน้ำตาลเป็นวัสดุประสาน......................... 51

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 ส่วนประกอบต่าง ๆ ที่ได้จากการสกัดน้ำมันปาล์ม........ 5
ภาพที่ 2 สัดส่วนของน้ำมันปาล์มสกัดได้........ 7
ภาพที่ 3 ก้อนเห็ดปกติ........ 10
ภาพที่ 4 ก้อนเห็ดกินก้อน........ 10
ภาพที่ 5 ก้อนเห็ดเน่า........ 11
ภาพที่ 6 ดาวเรือง........ 20
ภาพที่ 7 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย........ 27
ภาพที่ 8 การผสมวัตถุดิบกับวัสดุประสาน........ 30
ภาพที่ 9 นำอัตราส่วนผสมทุกอัตราส่วนผสมอัดขึ้นรูปกระถางต้นไม้........ 31
ภาพที่ 10 ดันกระถางกระถางต้นไม้ออกจากตัวบล็อก........ 31
ภาพที่ 11 กระถางต้นไม้อัดเสร็จเรียบร้อยแล้ว........ 32

บทที่ 1
บทนำ

1. ที่มาและความสำคัญของปัญหา

จากอดีตจนถึงปัจจุบันพบว่ามีการใช้วัสดุพลาสติกเพื่อผลิตบรรจุภัณฑ์เพิ่มขึ้นจนมีกระแสการตื่นตัวถึงปัญหาของสิ่งแวดล้อม จึงได้มีการพลักดันให้มีการพัฒนาวัสดุบรรจุภัณฑ์แทนการนำเข้าของเม็ดพลาสติกซึ่งราคาแพงเนื่องจากพลาสติกเหล่านี้ไม่สามารถย่อยสลายได้เองตามธรรมชาติ ดังนั้นจะถูกกำจัดโดยการเผาให้เป็นเถ้า ซึ่งอาจก่อให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซพิษจำนวนมาก และเป็นมลพิษต่อสภาพแวดล้อมทางดิน น้ำ และอากาศ นำไปสู่ปัญหาสิ่งแวดล้อมในที่สุด

อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาวัสดุเศษเหลือทิ้งในท้องถิ่น ได้แก่ กากตะกอนน้ำมันปาล์มจากโรงงานสกัดปาล์มน้ำมันเป็นกากอินทรีย์ที่ได้หลังจากกระบวนการสกัดปาล์มน้ำมันปาล์มดิบจากผลปาล์ม ซึ่งท้ายที่สุดกากตะกอนถูกปล่อยออกจากโรงงานอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมันเป็นปริมาณมากก่อให้เกิดปัญหาต่อชุมชนและเป็นผลเสียต่อระบบนิเวศได้ กากตะกอนน้ำมันปาล์มมีความเป็นกรดที่ระดับ 5.09 ค่าอินทรียวัตถุในปริมาณที่สูงพอสมควร 78.12 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณไขมันที่หลงเหลืออยู่ในกากตะกอนปาล์มน้ำมัน 17.72 เปอร์เซ็นต์ ค่าการนำไฟฟ้าของกากตะกอนน้ำมันปาล์มมีค่าเฉลี่ยประมาณ 4.99 เดซิซีเมนต่อเมตร ซึ่งถือว่าอยู่ในระดับความเป็นเค็มปานกลาง จึงเป็นข้อจำกัดสำหรับการเจริญเติบโตของพืชหลายชนิดได้ (เลอพงศ์ และพรฤดี, 2553) สำหรับก้อนเชื้อเห็ดเก่าวัสดุเหลือทิ้งจากการเพาะเห็ด เกษตรกรส่วนใหญ่นำก้อนเห็ดเก่าทิ้งหรือใส่โคนต้นไม้ในสวน เนื่องจากก้อนเชื้อเห็ดทำจากขี้เลื่อย และมีอาหารเสริมประเภทรำละเอียด ปูนขาว ยิปซัม ดีเกลือ ไทอามีน แป้ง น้ำตาล รากมอส และกระถินป่น ซึ่งธาตุอาหารเหล่านี้ไม่เป็นพิษต่อต้นไม้ (กรมวิชาการเกษตร, 2555) ซึ่งก้อนเชื้อเห็ดเก่าวัสดุเหลือทิ้งจากการเพาะเห็ดมีความเหมาะสมในการพัฒนาเป็นวัสดุในการผลิตกระถางต้นไม้ได้ เนื่องมาจากการเจริญเติบโตของพืชส่วนใหญ่มักเจริญได้ดีในดินที่ความเป็นกรดเป็นด่าง 6.0-7.0 และค่าการนำไฟฟ้าของดินอยู่ในช่วง 2-4 เดซิซีเมนต่อเมตร ถือว่าเป็นช่วงที่ดินที่มีความเหมาะสมในการเติบโตของพืช เห็นได้ว่าเกษตรกรมีการนำก้อนเชื้อเห็ดเก่าวัสดุเหลือทิ้งจากการเพาะเห็ดไปใช้ประโยชน์น้อย

จากเหตุผลข้างต้น ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการนำกากตะกอนน้ำมันปาล์ม และก้อนเชื้อเห็ดเก่าวัสดุเหลือทิ้งจากการเพาะเห็ด นำมาศึกษาเพื่อผลิตกระถางต้นไม้ โดยทดแทนวัสดุหรือผลิตภัณฑ์ที่ทำมาจากพลาสติกจึงเป็นอีกทางหนึ่งที่จะช่วยลดปริมาณขยะ ของเสีย และลดปริมาณก๊าซเรือนกระจก โดยมุ่งหวังว่ากระถางต้นไม้นั้นสามารถช่วยเพิ่มปริมาณธาตุอาหารให้กับดินหลังการย่อยสลายไปตามธรรมชาติของกากตะกอนน้ำมันปาล์มและก้อนเชื้อเห็ดเก่า โดยสามารถย่อยสลายได้เองและส่งผลให้มีปริมาณธาตุอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชได้ดี ทั้งนี้การนำกากตะกอนน้ำมันปาล์มและก้อนเชื้อเห็ดเก่านำมาผลิตกระถางต้นไม้เป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับวัสดุเศษเหลือทิ้งนำมาผลิตเป็น

ผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมเพื่อทดแทนการใช้บรรจุภัณฑ์ประเภทพลาสติกที่ใช้เวลาในการย่อยสลายเป็นเวลานาน ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในระยะยาวอีกด้วย

2. หลักการ แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 อุตสาหกรรมปาล์มน้ำมัน

โรงงานสกัดน้ำมันปาล์มเป็นองค์ประกอบที่สำคัญส่วนหนึ่งในระบบอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมันของประเทศไทยโดยอยู่ในระดับกลางของโครงสร้างดังกล่าว ประกอบด้วยเกษตรกรชาวสวนปาล์มน้ำมัน ซึ่งเป็นผู้ผลิตวัตถุดิบป้อนเข้าสู่อุตสาหกรรมสกัดน้ำมันปาล์ม ปัจจุบันมีเกษตรกรจดทะเบียนจำนวน 66,910 ครัวเรือน โรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม เป็นแหล่งรองรับผลผลิตปาล์มน้ำมันที่ผลิตได้ทั้งหมดจากเกษตรกร ซึ่งปัจจุบันมีจำนวน 50 โรงงาน และโรงกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์เป็นแหล่งใหญ่ที่รองรับน้ำมันปาล์มดิบจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม เพื่อนำมาทำเป็นน้ำมันปาล์มบริโภค ซึ่งกลายเป็นวัตถุดิบให้กับอุตสาหกรรมต่อเนื่องอีกมากมาย

2.1.1 **กระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมัน**

หลักการของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์ม คือ การสกัดน้ำมันจากผลปาล์มโดยใช้ไอน้ำและเครื่องอัด (Pressing Machine) น้ำมันปาล์มที่ได้จะถูกนำไปทำให้บริสุทธิ์โดยการใช้แรงเหวี่ยงจากเครื่องทำน้ำมันให้บริสุทธิ์ (Purifier) ในการแยกน้ำมันปาล์ม โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1) การรับทะลายปาล์มน้ำมันสดเข้าสู่กระบวนการผลิต ทะลายปาล์มน้ำมันสดจากเกษตรกรจะถูกนำมายังโรงงาน และ ถ่ายลงบนลานกองเพื่อหลีกเลี่ยงการเกิดกรดไขมันอิสระจากเอนไซม์ตามธรรมชาติที่มีอยู่ในเนื้อชั้นกลางของผลปาล์ม ควรนำทะลายปาล์มน้ำมันสดเข้าสู่กระบวนการผลิตภายใน 24 ชั่วโมง โดยทั่วไปน้ำมันปาล์มน้ำมันสดมีกรดไขมันอิสระประมาณร้อยละ 10.00 หากทิ้งผลปาล์มน้ำมันไว้นานปริมาณกรดไขมันอิสระจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจะส่งผลให้น้ำมันปาล์มมีปริมาณและคุณภาพลดลง ทะลายปาล์มสดจะถูกลำเลียงจากจุดรับไปยังหม้อนึ่งโดยถ่ายลงกระบะปาล์มน้ำมันและเคลื่อนย้ายเข้าสู่หม้อนึ่งต่อไป

2) การนึ่งปาล์มน้ำมันสดมีวัตถุประสงค์ เพื่อยับยั้งเอนไซม์ตามธรรมชาติ และทำให้ขั้วผลปาล์มน้ำมันนิ่มหลุดร่วงจากทะลายปาล์มน้ำมันได้ง่าย นอกจากนี้การนึ่งปาล์มยังทำให้เนื้อเยื่อของผลปาล์มยุ่ยง่ายต่อการสกัดน้ำมัน การนึ่งปาล์มจะทำในหม้อนึ่ง ซึ่งมีความจุประมาณ 20-30 ตันทะลายปาล์มน้ำมัน และ การนึ่งจะใช้ไอน้ำร้อนที่มีอุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส และมีความดัน 3.10 บาร์ ป้อนเข้าสู่หม้อนึ่งอย่างต่อเนื่อง โดยใช้ระยะเวลาประมาณ 90 นาที

3) การนวดหรือแยกผลปาล์มน้ำมัน ทะลายปาล์มน้ำมันที่ผ่านการนึ่งจะนำเข้าสู่เครื่องแยกแบบหมุนเพื่อแยกผลปาล์มออกจากทะลายปาล์ม ซึ่งขั้นตอนนี้จะก่อให้เกิดทะลายปาล์มน้ำมันเปล่า ทะลายปาล์มน้ำมันสามารถนำไปใช้เป็นปุ๋ยอินทรีย์และวัสดุปรับปรุงดิน เนื่องจากสามารถรักษาความชื้นให้แก่ดินได้ นอกจากนี้ทะลายปาล์มน้ำมันเปล่าสามารถจำหน่าย เพื่อใช้เป็นวัสดุในการเพาะเห็ดในบางโรงงานได้ทำการบีบอัดทะลายปาล์มน้ำมันเปล่าเพื่อลดความชื้นในทะลายปาล์ม ซึ่งสามารถนำทะลายปาล์มเปล่านี้ไปเป็นเชื้อเพลิงชีวมวลสำหรับการผลิตไอน้ำหรือกระแสไฟฟ้า

4) การย่อยผลปาล์มน้ำมันที่แยกออกมาจากทะลายปาล์มน้ำมันแล้วจะนำเข้าสู่หม้อกวนเพื่อเปลี่ยนผลปาล์มน้ำมันให้อยู่ในรูปของปาล์มน้ำมันที่ผ่านการย่อยที่เป็นเนื้อเดียวกัน โดยมีการป้อนน้ำร้อนเข้าสู่ขั้นตอนนี้เพื่อช่วยในการทำให้ปาล์มน้ำมันเป็นเนื้อเดียว ซึ่งปาล์มน้ำมันที่ผ่านการย่อยนี้จะเข้าสู่ขั้นตอนการบีบผลปาล์มน้ำมันต่อไป

5) การหีบน้ำมันปาล์มเป็นขั้นตอนการสกัดน้ำมันปาล์มออกจากผลปาล์มน้ำมันที่ผ่านการย่อยในหม้อกวนแล้ว น้ำมันที่สกัดออกมาได้จะนำเข้าสู่ส่วนของการทำให้น้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ในขณะที่ส่วนที่เป็นของแข็งซึ่งประกอบไปด้วยเส้นใยปาล์มน้ำมัน และเมล็ดปาล์มน้ำมันจะผ่านการแยกอีกครั้งหนึ่ง

6) การทำให้น้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ ประกอบด้วย 4 ขั้นตอนย่อย ซึ่งในขั้นตอนเหล่านี้ของแข็งแขวนลอยจะถูกแยกออกจากน้ำมันปาล์มดิบ

- การกรองน้ำมันปาล์มดิบด้วยตะแกรงสั่น
- การแยกทราย
- การแยกของแข็งแขวนลอยออกจากน้ำมัน
- การทำให้น้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ (Purification)

7) การนำน้ำมันปาล์มกลับคืน ขั้นตอนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำน้ำมันกลับคืนและลดภาระความสกปรกของสารอินทรีย์ในของน้ำเสีย กากตะกอนที่เกิดขึ้นจากถังตกจมนี้ จะมีปริมาณน้ำมันเจือปนอยู่ถึง ร้อยละ 14.00 ยังมีสารอินทรีย์ทั้งที่อยู่รูปของแข็งแขวนลอยและที่ละลายอยู่ในน้ำมันเจือปนอยู่ในปริมาณสูงและสารที่ละลายในน้ำได้ นอกจากนี้ในส่วนที่เป็นของเหลวยังประกอบไปด้วยเส้นใยปาล์มน้ำมันและทราย โดยการนำน้ำมันปาล์มกลับคืนอาจใช้เทคนิควิธีการต่างกันไปตามแต่โรงงานพิจารณา แต่มีเป้าหมายเพื่อลดการสูญเสียน้ำมันไปกับน้ำเสียตามขั้นตอนต่าง ๆ หลังจากหีบน้ำมันแล้ว

8) การนำเมล็ดในปาล์มน้ำมันกลับคืน ในส่วนของแข็งที่ได้จากการบีบผลปาล์มน้ำมันจะประกอบไปด้วยเส้นใยปาล์มน้ำมัน และเมล็ดปาล์มน้ำมันซึ่งจะถูกแยกออกจากกันด้วยเครื่องแยกเส้นใยและเมล็ด เส้นใยปาล์มน้ำมันสามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงชีวมวลสำหรับหม้อน้ำภายใน

โรงงาน ในขณะที่เมล็ดปาล์มน้ำมันจะนำเข้าผ่านกระบวนการแยกอีกครั้ง เพื่อนำเมล็ดในปาล์มน้ำมันออกมาซึ่งจะผ่านเครื่องขัด และเครื่องสีได้เป็นเมล็ดในปาล์มน้ำมัน ส่วนกะลาปาล์มนั้น สามารถที่จะขายเป็นเชื้อเพลิงชีวมวลให้แก่อุตสาหกรรมอื่นได้ และมีเพียงส่วนน้อยของกะลาปาล์มน้ำมันนั้นจะนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับหม้อน้ำภายในโรงงาน (อุตสาหกรรมปาล์มน้ำมัน, ม.ป.ป.)

2.1.2 สิ่งนำเข้าสิ่งนำออกที่เกิดขึ้นจากการสกัดน้ำมันปาล์มดิบ สำหรับในการสกัดน้ำมันปาล์มดิบจะประกอบไปด้วย สิ่งที่นำเข้าสู่กระบวนการผลิต และสิ่งที่ออกมาจากกระบวนการผลิต ดังภาพที่ 1

1) สิ่งนำเข้า การสกัดน้ำมันปาล์มน้ำมันดิบแบบมาตรฐานหรือแบบใช้ไอน้ำ วัตถุดิบที่นำเข้าสู่โรงงาน คือ ผลปาล์มน้ำมันสดที่ถูกตัดมาจากสวนซึ่งทางโรงงานปลูก หรือมาจากการรับซื้อจากสวนภายนอก นอกจากผลปาล์มน้ำมันสดแล้ว โรงงานเหล่านี้ต้องใช้น้ำเป็นจำนวนมากในกระบวนการผลิตน้ำมันปาล์มน้ำมัน

2) สิ่งนำออก กระบวนการผลิตน้ำมันปาล์มก่อให้เกิดของเสีย 2 รูปแบบ ด้วยกัน คือ

- ของเสียในรูปของแข็ง เช่น เส้นใยปาล์มน้ำมัน กะลาปาล์มน้ำมัน ทะลายปาล์มน้ำมันเปล่า รวมถึงกากตะกอนอีกจำนวนมหาศาล
- ของเสียในรูปของเหลว (น้ำเสีย) เนื่องจากในกระบวนการผลิตปาล์มน้ำมันมีการใช้น้ำเป็นปริมาณมาก

ภาพที่ 1 ส่วนประกอบต่าง ๆ ที่ได้จากการสกัดน้ำมันปาล์ม

แหล่งที่มา: ดัดแปลงมาจาก (Chavalparit *et al*., 2006)

2.1.3 วัสดุเศษเหลือจากกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์ม ในปัจจุบันอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์ม ได้มีการขยายตัวและเติบโตขึ้นอย่างรวดเร็วเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคที่เพิ่มสูงขึ้น การขยายตัวของอุตสาหกรรมการผลิตน้ำมันปาล์มก่อให้เกิดของเสียขึ้น จากกระบวนการผลิตในปริมาณที่มากขึ้น ซึ่งหากไม่มีการบำบัดหรือกำจัดของเสียอย่างถูกต้องย่อมส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเป็นอย่างมาก วัสดุเศษเหลือจากกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์ม มีดังนี้

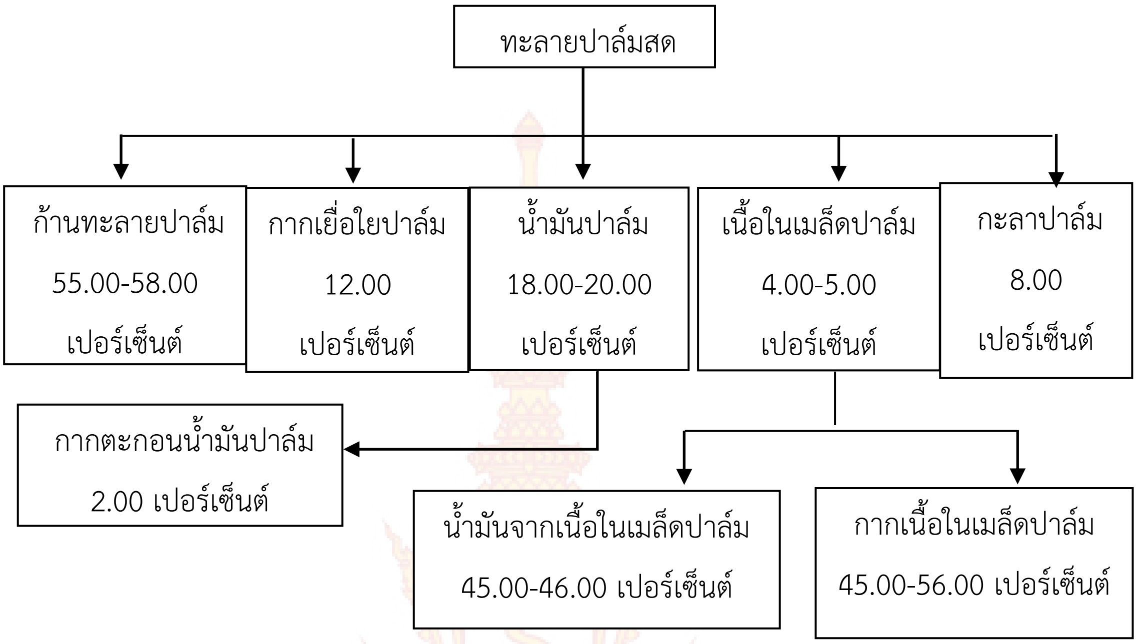
1) ทะลายเปล่า เป็นส่วนของทะลายที่สลัดผลปาล์มออกแล้วในอดีตทะลายเปล่ามีปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมมาก เนื่องจากเป็นที่วางไข่ของด้วงแรด ซึ่งเป็นแมลงที่กัดกินยอดปาล์มและมะพร้าว ดังนั้นโรงงานจะต้องเผาทะลายเปล่า ซึ่งทำได้ยากเนื่องจากมีความชื้นสูง แต่ปัจจุบันได้ใช้ทะลายเปล่าเป็นวัสดุในการเพาะเห็ด แต่ยังอาจนำไปใช้ประโยชน์ และ เพิ่มมูลค่าได้มากกว่าการเพาะเห็ด เนื่องจากในแกนทะลายเปล่ามีเส้นใยที่เหนียวสามารถนำมาใช้ทดแทนเส้นใยจากเปลือกมะพร้าวได้ นอกจากนั้นทะลายเปล่ายังมีปริมาณธาตุอาหารสูง (ไนโตรเจนประมาณ 1.00 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัสประมาณ 0.70 เปอร์เซ็นต์ และโพแทสเซียม ประมาณ 3.00 เปอร์เซ็นต์) ซึ่งสามารถนำไปเป็นวัสดุในการผลิตปุ๋ยหมักที่มีคุณภาพได้

2) เส้นใยเปลือกผลปาล์ม เป็นส่วนของเปลือกนอกของผลปาล์มที่หีบน้ำมันออกแล้ว โดยปกติในโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม จะใช้เส้นใยเปลือกผลปาล์มเป็นเชื้อเพลิงให้กับหม้อผลิตไอน้ำเพื่อนำไอน้ำไปนึ่งทะลาย และ ผลิตกระแสไฟฟ้าสำหรับใช้ในโรงงาน เส้นใยเปลือกผลปาล์มมีปริมาณธาตุอาหารใกล้เคียงกับทะลายเปล่าแต่มีปริมาณโพแทสเซียมน้อยกว่า (โพแทสเซียมประมาณ 0.5 เปอร์เซ็นต์) จึงสามารถนำไปเป็นวัสดุในการผลิตปุ๋ยหมักได้เช่นกัน

3) กากสลัดจ์ปาล์มน้ำมัน เป็นเศษของเหลือผลปาล์มหรือสิ่งเจือปนต่าง ๆ ที่ปะปนอยู่ในน้ำมันปาล์ม สิ่งเจือปนเหล่านี้จะถูกแยกออกในขั้นตอนสุดท้ายของการสกัดน้ำมัน กากสลัดจ์มีโปรตีนและแคลเซียมค่อนข้างสูง จะใช้เป็นอาหารเสริมสำหรับวัวนม นอกจากนั้นยังใช้ผสมกับทะลายเปล่า เปลือกผลปาล์ม เพื่อผลิตปุ๋ยหมักได้อีกด้วย

4) กากตะกอนน้ำมันปาล์ม เป็นกากอินทรีย์ที่ได้หลังจากกระบวนการสกัดปาล์มน้ำมันบริสุทธิ์จากผลปาล์ม ซึ่งท้ายที่สุดกากตะกอนนี้เองจะถูกปล่อยออกจากโรงงานอุตสาหกรรมเป็นปริมาณมาก ก่อให้เกิดปัญหาต่อชุมชนและเป็นผลเสียต่อระบบนิเวศได้ ซึ่งกากตะกอนน้ำมันปาล์มก็ยังคงเป็นประโยชน์ได้ โดยการผสมรวมกับกากเยื่อใยปาล์มในอัตราส่วนที่ใกล้กันเพื่อเป็นอาหารสัตว์ เนื่องจากองค์ประกอบทางเคมีที่เต็มไปด้วยกรดอะมิโน ซึ่งเป็นอนุพันธ์ที่สำคัญของโปรตีน หากแต่อายุการเก็บรักษาส่วนผสมดังกล่าวมีระยะเวลาอันสั้นเพียง 1-2 วันเท่านั้น ซึ่งจากคุณสมบัติและองค์ประกอบของกากอินทรีย์เหลือทิ้งที่เต็มไปด้วยสารอาหาร (เลอพงศ์ และพรฤดี, 2553)

5) กะลาปาล์ม กะลาปาล์มในปัจจุบันใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับหม้อผลิตไอน้ำ (Boiler) กะลาสามารถแปรรูปเป็นถ่านกัมมันต์ (Activate Carbon) ได้ (ธีระพงศ์, 2551)



ภาพที่ 2 สัดส่วนของน้ำมันปาล์มสกัดได

แหล่งที่มา: พรฤดี (2552)

2.1.4 คุณสมบัติทางเคมีกากตะกอนน้ำมันปาล์ม เป็นกากอินทรีย์ที่ได้หลังจากกระบวนการสกัดปาล์มน้ำมันบริสุทธิ์จากผลปาล์ม ซึ่งคุณสมบัติสมบัติทางเคมีมีองค์ประกอบของกากอินทรีย์เหลือทิ้งที่เต็มไปด้วยสารอาหาร รายละเอียดดังตารางที่ 1 ตารางที่ 2 และตารางที่ 3

ตารางที่ 1 คุณสมบัติทางเคมีของกากตะกอนน้ำมันปาล์ม

คุณสมบัติทางเคมีของกากตะกอนน้ำมันปาล์ม	ค่าที่วิเคราะห์ได้
ความเป็นกรดเป็นด่าง	5.09
การนำไฟฟ้า (ไมโครซีเมนต่อเซนติเมตร)	4.99
ปริมาณอินทรียวัตถุ (เปอร์เซ็นต์)	78.12
ปริมาณไขมัน (เปอร์เซ็นต์)	17.72

แหล่งที่มา: เลอพงศ์ และพรฤดี (2553)

ตารางที่ 2 ส่วนประกอบทางเคมีของกากตะกอนปาล์มน้ำมันที่ได้จากกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์ม โดยแยกตามชนิดของกากตะกอนปาล์มน้ำมัน (หน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง)

ส่วนประกอบ	กากตะกอนน้ำมันปาล์ม (เปอร์เซ็นต์)
โปรตีน	12.40
เยื่อใย	15.20
ไขมัน	24.10
เถ้า	11.20
ไนโตรเจนพรีเอ็กแทรก	37.10
แคลเซียม	0.28
ฟอสฟอรัส	0.18

หมายเหตุ: Devendra and Hutagalung (1978)

แหล่งที่มา: จินดา (2548)

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยของสมบัติทางเคมีและปริมาณธาตุอาหารของกากตะกอนน้ำมัน

รายการที่วิเคราะห์	กากตะกอนน้ำมันปาล์ม
ความชื้น (เปอร์เซ็นต์)	6.56
ความเป็นกรดด่าง (3:50)	5.09
ค่าการนำไฟฟ้า (1:10 ไมโครซีเมนต่อเซนติเมตร)	4.99
สัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจน	20.24
อินทรียวัตถุ (เปอร์เซ็นต์)	78.12
ไนโตรเจนทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์)	1.93
ฟอสฟอรัสทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์)	1.41
โพแทสเซียมทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์)	1.38
แคลเซียมทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์)	0.99
แมกนีเซียมทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์)	0.33
เหล็กทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์)	0.20
แมงกานีสทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์)	0.09
ทองแดงทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์)	0.01
สังกะสีทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์)	0.01

ตารางที่ 3 (ต่อ)

รายการที่วิเคราะห์	กากตะกอนน้ำมันปาล์ม
โซเดียมทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์)	0.01
กำมะถันทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์)	0.14
น้ำมัน (เปอร์เซ็นต์)	17.72
เยื่อใย (เปอร์เซ็นต์)	10.04

แหล่งที่มา: พรฤดี (2552)

2.2 ก้อนเชื้อเห็ดเก่า

ก้อนเชื้อเห็ด คือ ก้อนวัสดุเพาะเชื้อเห็ดที่ประกอบด้วยวัสดุต่าง ๆ เช่น ขี้เลื่อย ฟางข้าว และอาหารเสริมต่าง ๆ เช่น รำละเอียด ดีเกลือ ปูนขาว ที่บรรจุในถุงพลาสติกที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อและใส่หัวเชื้อเห็ดแล้ว

2.2.1 วัสดุเหลือทิ้งจากการเพาะเห็ด

1) วัสดุที่เหลือใช้ประเภทฟางข้าว และ คอซังที่เหลือจากการเพาะเห็ดฟาง จะมีลักษณะเป็นท่อนยาว และผ่านการย่อยสลายจุลินทรีย์บางชนิด ขณะเพาะเห็ดฟางมาบ้างแล้ว และ เห็ดได้ใช้พลังงานจากฟางข้าวไปส่วนหนึ่งทำให้องค์ประกอบทางเคมี คือแร่ธาตุอาหารบางชนิดลดน้อยลงกว่าเดิม ถ้าหากมีการย่อยสลายต่อไปจะทำให้รวดเร็วกว่าฟางเข้าใหม่

2) ขี้เลื่อยชนิดต่าง ๆ มีรูปลักษณะเป็นชิ้นส่วนเล็ก ๆ แต่ยังมีองค์ประกอบทางเคมีที่ซับซ้อนกว่าฟางข้าวจะมีการสลายตัวได้ช้ากว่า

3) วัสดุที่เป็นท่อนไม้ ถ้าหากใช้ทำปุ๋ยหมักจะต้องใช้เวลานาน ดังนั้นควรย่อยให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ เสียก่อนก็จะช่วยให้มีการย่อยสลายได้ดีขึ้น แต่เนื่องจากวัสดุดังกล่าวได้ผ่านการเพาะเห็ดมาบ้างแล้วธาตุอาหารทุกชนิดในวัสดุจึงลดน้อยลงไปในการหมักเพื่อผลิตเป็นปุ๋ยหมัก จำเป็นต้องเพิ่มเติมหรือปรับปรุงแต่งให้วัสดุดังกล่าวอยู่ในลักษณะที่เหมาะสมในการย่อยสลายของจุลินทรีย์ที่อยู่ในกองปุ๋ยหมัก (มุกดา, 2548)

2.2.2 ก้อนเชื้อเห็ดเก่า เป็นก้อนเชื้อเห็ดหมดอายุ สามารถนำก้อนเห็ดที่อายุการเก็บดอกเห็ดไปแล้ว 3 เดือน มีลักษณะที่แตกต่างกันสามารถพิจารณาคัดแยกก้อนเห็ดปกติ คือ

1) ก้อนเห็ดปกติ คือ ก้อนเห็ดที่มีอายุครบ 3 เดือน หลังจากเปิดหน้าก้อนเก็บดอกเห็ดแล้ว เป็นก้อนเห็ดที่มีธาตุอาหารสมบูรณ์ และเส้นใยเห็ดยังเดินอยู่ สามารถเก็บดอกเห็ดได้ต่อไป จนกว่าจะหมดสภาพ เริ่มเสื่อมให้ปล่อยไว้ก่อน

ภาพที่ 3 ก้อนเห็ดปกติ
แหล่งที่มา: ศูนย์เกษตรอินทรีย์นาโนออนไลน์ (2554)

2) ก้อนเห็ดกินก้อน คือ ก้อนเห็ดที่มีอายุการเก็บดอกเห็ดแล้ว 3 เดือน แต่ธาตุอาหารที่มากับก้อนเห็ดเดิมเริ่มหมด และเป็นเวลาที่ก้อนเห็ดเริ่มย่อยสลายก้อนจะเริ่มยุบตัว มีเส้นใยเห็ดยังเดินอยู่จากการกินธาตุอาหารอินทรีย์จากการย่อยสลายก้อน ยังสามารถเก็บดอกเห็ดได้อยู่ จนกว่าก้อนจะยุบตัวมากเส้นใส่เห็ดจะเริ่มเสื่อม

ภาพที่ 4 ก้อนเห็ดกินก้อน
แหล่งที่มา: ศูนย์เกษตรอินทรีย์นาโนออนไลน์ (2554)

3) ก้อนเห็ดตาย คือ ก้อนเห็ดที่ขาดธาตุอาหารก่อน 3 เดือน เส้นใยเห็ดตายเนื่องจากไม่มีธาตุอาหารเพียงพอ เศษวัสดุที่มากับก้อน (ขี้เลื่อย) ยังไม่สามารถเป็นปุ๋ยได้ สามารถนำไปใช้หมักทำปุ๋ยได้เลย โดยใช้เวลาหมัก 45 วันจึงใช้เป็นปุ๋ยได้

4) ก้อนเห็ดเน่า คือ ก้อนเห็ดที่เชื้อเห็ดหรือเส้นใยของเห็ดตายก่อนอายุ 1 เดือน ก้อนเห็ดจะถูกย่อยสลายในตัวเองตั้งแต่เริ่มแรก จากจุลินทรีย์ภายในก้อน สามารถนำไปใช้ทำ

เป็นปุ๋ยหมักได้ ใช้เวลาหมักรวมเวลาที่เปิดหน้าก้อนกับเวลาหมักทั้งหมดเป็นเวลา 3 เดือน จึงนำไปใช้เป็นปุ๋ยให้กับต้นไม้ได้ (มติชนออนไลน์, 2558)

ภาพที่ 5 ก้อนเห็ดเน่า
แหล่งที่มา: ศูนย์เกษตรอินทรีย์นาโนออนไลน์ (2554)

เกษตรกรผู้เพาะเห็ดนิยมนำถุงเห็ดเก่าไปใส่โคนต้นไม้ในสวน เนื่องจากถุงก้อนเชื้อเห็ดทำจากขี้เลื่อย และมีอาหารเสริมประเภทรำละเอียด ปูนขาว ยิปซัม ดีเกลือ ไทอามีน แป้ง น้ำตาล รากมอสส์ และกระถินป่น ซึ่งธาตุอาหารเหล่านี้ไม่เป็นพิษกับต้นไม้ (กรมวิชาการเกษตร, 2555)

2.3 ประโยชน์ก้อนเห็ดหลังการเก็บผลผลิต

เกษตรกรผู้เพาะเห็ดนิยมนำถุงเห็ดเก่าไปใส่โคนต้นไม้ในสวน เนื่องจากถุงก้อนเชื้อเห็ดทำจากขี้เลื่อยและมีอาหารเสริมประเภทรำละเอียด ปูนขาว ยิปซัม ดีเกลือ ไทอามีน แป้ง น้ำตาล รากมอสส์ และกระถินป่น ซึ่งธาตุอาหารเหล่านี้ไม่เป็นพิษกับต้นไม้ แต่ต้นไม้ที่นำเอาก้อนเชื้อเห็ดเก่าไปใส่นั้นกลับเกิดอาการใบเหลืองและร่วง สาเหตุเกิดจากอัตราส่วนคาร์บอนกับไนโตรเจนยังมีอยู่มาก ทำให้ไปดูดธาตุอาหารในพืชออกมา จึงเกิดอาการใบเหลืองขึ้น การแก้ไขที่จะทำให้อัตราส่วนระหว่างคาร์บอนกับไนโตรเจนลดลง ทำได้โดยนำเอาก้อนเชื้อเห็ดเก่าไปหมักแบบอับอากาศ โดยนำถุงเห็ดเก่ามาแกะถุงพลาสติกออกเหลือแต่ขี้เห็ดนำก้อนเห็ดเก่าจำนวน 150 กิโลกรัม ผสมกับปูนขาว 1 กิโลกรัม ปุ๋ยเคมีสูตร 15–15–15 จำนวน 1 กิโลกรัม นำไปให้น้ำแล้วหมักแบบอับอากาศ 3 วัน กลับกองทิ้งไว้อีก 4 วัน แล้วกลับกองอีกครั้งหนึ่ง ทิ้งไว้ประมาณ 4 วัน สังเกตดูจะได้ขี้เห็ดที่มีความร่วน ไม่มีกลิ่นเหม็น ขี้เห็ดที่ได้สามารถนำไปเพาะเห็ดฟาง..ทั้งแบบในตะกร้าหรือแบบโรงเรือนได้ แต่ถ้าจะนำไปใช้กับต้นไม้ควรหมักทิ้งไว้อีกประมาณ 10–30.วัน การหมักขี้เห็ดไม่ควรหมักใกล้กับฟาร์มเพาะเห็ด เนื่องจากจะเป็นสาเหตุให้เกิดแหล่งเพาะพันธุ์แมลง

ศัตรูเห็ดได้ สิ่งที่ควรระวังอีกประการหนึ่งในการนำเอาถุงขี้เห็ดเก่าไปใช้กับต้นไม้คือ เห็ดบางชนิดกินพืชที่ยังมีชีวิตอยู่เป็นอาหาร และห้ามนำขี้เห็ดไปไว้ข้างโรงเรือนเพาะเห็ดอย่างเด็ดขาด เนื่องจากในถุงเห็ดเก่าจะมีแมลง ประเภทด้วงและแมลงหวี่ เฉลี่ยถุงละไม่ต่ำกว่า 100 ตัว ซึ่งจะสร้างความเสียหายให้กับฟาร์มเห็ดอย่างมาก นอกจากนี้ไรศัตรูเห็ดเป็นอีกปัญหาหนึ่งที่จะตามมาจากการทิ้งถุงเห็ดเก่าไว้ข้างโรงเรือน เนื่องจากถุงเห็ดเก่าสามารถเป็นที่เพาะตัวไรศัตรูเห็ดได้เป็นอย่างดี ได้แก่ ไรขาวใหญ่ ไรไข่ปลา ไรลูกโป่ง ไรดีด และเป็นปัญหาใหญ่มากสำหรับฟาร์มเห็ด เนื่องจากทำให้ผลผลิตลดลง และยังไม่มีวิธีแก้ไข ดังนั้น การกำจัดก้อนเชื้อเห็ดเก่าที่ดีที่สุด คือการนำไปแยกขี้เห็ดออกจากถุงพลาสติกเพื่อนำขี้เห็ดไปหมักให้อัตราส่วนคาร์บอนกับไนโตรเจนต่ำเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในการปลูกพืชชนิดอื่นได้ (กรมวิชาการเกษตร, 2555)

2.4 การนำก้อนเชื้อเห็ดไปใช้ประโยชน์

สุทธิพันธ์ (2544) ได้นำผลพลอยได้ที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตเห็ดอย่างหนึ่ง คือ ก้อนเชื้อเห็ดที่เพาะแล้ว ปัจจุบันได้มีการศึกษาค้นคว้าอย่างกว้างขวาง ในการที่จะนำก้อนเชื้อเห็ดที่เพาะแล้วมาใช้ประโยชน์ เนื่องจากในก้อนเชื้อเห็ดที่เพาะแล้วมีองค์ประกอบที่สำคัญคือ ซากพืชที่เหลือจากการย่อยของเห็ด ซึ่งจัดเป็นสารในกลุ่มของลิกโนเซลลูโลส นอกจากนี้ยังมีเส้นใยของเห็ดและสารชีวภาพอื่น ๆ เช่น เอนไซม์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างการเจริญของเห็ด โดยทั่วไปก้อนเชื้อเห็ดที่เพาะแล้วมักนำไปใช้ใน 3 ลักษณะ คือ ใช้เป็นอาหารสัตว์ ใช้เป็นสารปรับปรุงดินหรือปุ๋ยและใช้ในการบำบัดสารพิษโดยวิธีชีวภาพ ดังนี้

2.4.1 การใช้ก้อนเชื้อเห็ดที่เพาะแล้วเป็นอาหารสัตว์ ในการเลี้ยงสัตว์ข้อจำกัดสำคัญที่มักพบ คือความสามารถในการย่อยวัสดุของสัตว์ เช่น ฟางข้าวและเปลือกถั่ว เนื่องจากองค์ประกอบหลักของเซลล์พืช คือ สารลิกโนเซลลูโลส เมื่อสัตว์รับสารนี้เข้าสู่ร่างกายทำให้สัตว์ไม่สามารถย่อยซากพืชได้อย่างสะดวก เนื่องจากเป็นตัวขัดขวางระหว่างเอนไซม์ย่อยสลาย และโพลีแซคคาไรด์ในเซลล์พืช ดังนั้นถ้าสามารถลดปริมาณหรือกำจัดลิกนินให้หมดไป ความสามารถในการย่อยของสัตว์จะเพิ่มขึ้น เห็ดบางชนิด เช่น เห็ดสกุลนางรมเห็ดหอม และเห็ดหลินจือ มีความสามารถในการย่อยสารลิกนินได้เป็นอย่างดี เมื่อทดลองเพาะเห็ดนางรมบนฟางข้าว พบว่าฟางข้าวที่เหลือจากการเพาะมีปริมาณของลิกนินลดลง เมื่อทดสอบการย่อยในสัตว์พบว่า สัตว์สามารถย่อยฟางข้าวที่เหลือจากการเพาะเห็ดได้อย่างมีประสิทธิภาพ (สุทธิพันธ์, 2544) นอกจากนี้ยังมีการนำก้อนเชื้อเห็ดที่เพาะแล้วมาใช้เลี้ยงสัตว์ พบว่าช่วยเพิ่มคุณค่าในด้านโปรตีน เนื่องจากเซลล์ของเห็ดที่เหลืออยู่ในก้อนเชื้อเห็ดที่เพาะแล้วเป็นแหล่งโปรตีนที่มีคุณค่าสำหรับสัตว์ และแนวโน้มจะใช้เป็นโปรไบโอติกในอาหารสัตว์อีกด้วย

2.4.2.การใช้ก้อนเชื้อเห็ดที่เพาะแล้วเป็นสารปรับปรุงดินหรือปุ๋ย การนำก้อนเชื้อเห็ดที่เพาะแล้วเมื่อนำมาเติมลงในดินจะช่วยเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน พบว่าในดินที่มีการเติมก้อนเชื้อเห็ดที่เหลือจากการเพาะเห็ดฟางลงไปทำให้การเพาะมะเขือเทศให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น 7 เท่า และหัวผักกาดเพิ่มขึ้น 3 เท่า (สุทธิพันธุ์, 2544 *อ้างถึงใน* chang and yau, 1971) คาดว่าการเติมก้อนเชื้อเห็ดที่เพาะแล้วลงในดินจะช่วยเพิ่มปริมาณฮิวมัสภายในดิน ทำให้ดินสามารถอุ้มน้ำได้ดี มีการถ่ายเทของอากาศเพิ่มขึ้น และมีสารอาหารเพิ่มขึ้น

2.4.3.การใช้ก้อนเห็ดที่เพาะแล้วในการบำบัดสารพิษโดยวิธีชีวภาพ การบำบัดสารพิษโดยวิธีชีวภาพ หรือ Bioremedition คือกระบวนการบำบัดอันตรายหรือความ เป็นพิษที่เกิดขึ้นโดยวิธีชีววิธี ซึ่งกระบวนการนี้เกี่ยวข้องรวมถึงการบำบัดดินหรือน้ำที่มีการปนเปื้อนของสารพิษฆ่าแมลง สารอินทรีย์ที่เป็นพิษ กระบวนการบำบัดสารพิษโดยวิธีชีวภาพ มีอยู่ 2 แนวทาง คือ แนวทางแรก คือการส่งเสริมให้จุลินทรีย์ที่พบในแหล่งที่มีการปนเปื้อนมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว ทำให้มีปริมาณกำจัดสารพิษอย่างมีประสิทธิภาพ ทำได้โดยการเพิ่มสารอาหารบางอย่าง หรือปรับสภาพให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ แนวทางที่ 2 คือการใช้หัวเชื้อจุลินทรีย์ที่มีความสามารถในการย่อยสลายสารพิษเหล่านั้น เติมลงไปในพื้นที่ที่มีการปนเปื้อน ให้มีการกำจัดสารพิษเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว และได้มีการทดลองใช้ก้อนเชื้อเห็ดที่เพาะแล้วในการกำจัดการปนเปื้อนของสารพิษฆ่าแมลงในดิน เนื่องจากในก้อนเชื้อเห็ดที่เพาะแล้วมีเส้นใยของเห็ดที่มีความสามารถในการย่อยสลายสารจำพวกไฮโดรคาร์บอน (สุทธิพันธ์, 2544)

2.5 คุณสมบัติทางเคมีและปริมาณธาตุอาหารของก้อนเห็ดหลังการเก็บผลผลิต

2.5.1.สมบัติทางเคมีและปริมาณธาตุอาหารพืชของขี้เลื่อยไม้เนื้ออ่อน ขี้เลื่อยไม้ไผ่ ฟางสับหมัก ก่อนใช้เป็นวัสดุเพาะเห็ดสำหรับขี้เลื่อยไม้เนื้ออ่อน มีความชื้นเท่ากับ 8.51 เปอร์เซ็นต์ ความเป็นกรดด่าง (pH) เท่ากับ 6.69 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณไนโตรเจน (N) เท่ากับ 0.09 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณฟอสฟอรัส (P) เท่ากับ 0.02 เปอร์เซ็นต์ พบว่าสมบัติทางเคมีและปริมาณธาตุอาหารพืชของฟางสับหมักมีสูงกว่าขี้เลื่อยไม้ไผ่และขี้เลื่อยไม้เนื้ออ่อน และเมื่อเปรียบเทียบวัสดุ 2 ชนิดระหว่างขี้เลื่อยไม้เนื้ออ่อน และขี้เลื่อยไม้ไผ่สมบัติทางเคมีของขี้เลื่อยไม้เนื้ออ่อนจะสูงกว่าขี้เลื่อยไม้ไผ่เล็กน้อย แต่ปริมาณธาตุอาหารในขี้เลื่อยไม้ไผ่สูงกว่าขี้เลื่อยไม้เนื้ออ่อน ดังนั้นขี้เลื่อยไม้ไผ่มีความเหมาะสมต่อการนำมาใช้เป็นวัสดุในการเพาะเห็ดได้ รายละเอียดดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 สมบัติทางเคมีของขี้เลื่อยไม้ก่อนใช้เป็นวัสดุเพาะเห็ด

สมบัติทางเคมี (เปอร์เซ็นต์)	ขี้เลื่อยไม้เนื้ออ่อน
ความชื้น (Moisture)	8.51
ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)	6.69
ปริมาณไนโตรเจน (Nitrogen)	0.09
ปริมาณฟอสฟอรัส (Phosphorus)	0.02

แหล่งที่มา: สุภาพร และปริญญา (2556)

2.5.2 สมบัติทางเคมีและปริมาณธาตุอาหารพืชของในแต่ละชุดทดลองหลังเพาะเห็ด วัสดุเพาะในแต่ละชุดการทดลองเมื่อผ่านการเพาะเห็ดและเก็บผลผลิตแล้ว มีความชื้น (Moisture) อยู่ระหว่าง 10.01–12.89 เปอร์เซ็นต์ ความชื้นมีค่าลดลงจากการวิเคราะห์ในชุดทดลองก่อนเพาะ ความชื้นที่ลดลงเนื่องมาจากเห็ดใช้ความชื้นในการเจริญเติบโต ความเป็นกรดด่าง (pH) อยู่ระหว่าง 5.15–6.47 ซึ่งมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับชุดทดลองก่อนเพาะเห็ด ปริมาณเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสมีค่าลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับชุดทดลองก่อนเพาะเห็ดโดยปริมาณเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน และฟอสฟอรัสที่ลดลง เนื่องมาจากการใช้ในการเจริญเติบโตของเห็ด ซึ่งธาตุอาหารที่เห็ดจำเป็นต้องใช้ในการเจริญเติบโตได้แก่ แคลเซียม ไนโตรเจน โดยเฉพาะไนโตรเจนมีความจำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตและสังเคราะห์โปรตีน (ปัญญา, 2532) รายละเอียดดังตารางที่ 5 และ 6

ตารางที่ 5 สมบัติทางเคมีและปริมาณธาตุอาหารของพืชแต่ละชุดการทดลองหลังเพาะเห็ด

ชุดการทดลอง	สมบัติทางเคมี			
	ความชื้น (เปอร์เซ็นต์)	ความเป็นกรดด่าง	ไนโตรเจน (เปอร์เซ็นต์)	ฟอสฟอรัส (เปอร์เซ็นต์)
1	12.89	5.15	0.11	0.03
2	11.93	6.19	0.08	0.06
3	10.86	5.80	0.06	0.04
4	10.78	6.47	0.05	0.02
5	10.01	5.62	0.05	0.03

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

แหล่งที่มา: สุภาพร และปริญญา (2556)

ตารางที่ 6 สมบัติทางเคมีและทางกายภาพของขี้เลื่อย

วัสดุ	ความหนาแน่นรวม (กรัมต่อมิลลิกรัม)	ค่าความเป็นกรดด่าง	ค่าการนำไฟฟ้า (ไมโครซีเมนต่อเซนติเมตร)	ปริมาณธาตุอาหาร (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก)		
				ไนโตรเจน	ฟอสฟอรัส	โพแทสเซียม
ขี้เลื่อยสด	0.290	5.64	6.18	0.24	0.20	0.45
ขี้เลื่อยที่ผ่านการเพาะเห็ด	0.418	8.89	9.40	0.64	0.27	0.56
ขี้เลื่อยที่ผ่านการเพาะเห็ดแล้วหมัก	0.499	7.97	12.85	1.15	0.41	0.58

แหล่งที่มา: สุชาดา (2539)

2.6 กระถาง

กระถาง ตามพจนานุกรมฉบับบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2542 ได้ให้ความหมายของกระถางไว้ว่า กระถาง หมายถึงภาชนะปากกว้าง มีรูปร่างต่าง ๆ สำหรับปลูกต้นไม้และอื่น ๆ ตรงกับคำในภาษาอังกฤษว่า Pot ซึ่งให้คำจำกัดความไว้ว่าภาชนะทำด้วยดิน (Clay) หรือพลาสติกแข็ง (Hard Plastic) มีรูที่ก้นเพื่อระบายน้ำส่วนเกินออกไป ใช้สำหรับปลูกต้นไม้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตามความเหมาะสมของต้นไม้ที่ปลูก ส่วนความสูงนั้นขึ้นอยู่กับขนาดของปากกระถาง อาจมีความสูงเท่ากับความกว้างของปากกระถาง หรือมีสัดส่วนแตกต่างกันไปตามความเหมาะสมและความสูงของพืชที่ปลูก

2.6.1 กระถางจากวัสดุธรรมชาติ ปัจจุบันการดูแลสิ่งแวดล้อมและการลดภาวะโลกร้อนเป็นสิ่งที่ทุกหน่วยงานเห็นความสำคัญ รวมไปถึงการนำวัสดุเหลือใช้มาทำให้เกิดประโยชน์ ทั้งภาคเกษตรและภาคอุตสาหกรรม ในกระบวนการผลิตกระถางซึ่งได้รับความสนใจไม่น้อยในการเลือกสรรวัตถุดิบเหลือใช้จากธรรมชาติมาเป็นการอัดขึ้นรูปเป็นกระถาง เนื่องจากสามารถย่อยสลายได้ เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ในปัจจุบันมีการวิจัยและนำวัสดุธรรมชาติมาผลิตกระถางกันมากขึ้น กระถางต้นไม้ที่ทำจากวัสดุธรรมชาติ คือกระถางที่ประดิษฐ์สร้างสรรค์มาจากวัสดุธรรมชาติที่หาได้ง่าย และ วิธีทำไม่ยากจนเกินไป จึงสามารถนำมาคิดค้นเพื่อนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ กระถางเพาะชำย่อยสลายได้ที่ทำจากวัสดุธรรมชาติทำให้มีความสวยงาม ดึงดูดความสนใจ น่ามอง กระถางที่ทำจากวัสดุธรรมชาติเมื่อไม่ต้องการใช้ ก็สามารถนำมาใช้เป็นปุ๋ยได้ วิธีกำจัดก็ไม่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม และธรรมชาติลดความเป็นพิษในอากาศ เมื่อประดิษฐ์กระถางต้นไม้จากธรรมชาติ เมื่อประดิษฐ์เสร็จแล้วทำให้ดูสวยงามกว่ากระถางต้นไม้พลาสติก วัสดุจากธรรมชาติที่สามารถนำมาประดิษฐ์เป็นกระถางต้นไม้ได้ดี เช่น กากมะพร้าว หญ้าแห้ง ฟาง และกากกาแฟ เป็นต้น เมื่อทำเสร็จแล้วต้องนำมา

ทดลองใช้ก่อนที่จะใช้จริง เพราะว่าถ้านำไปใช้จริงอาจจะเกิดปัญหาตามมาได้ เช่น กระถางต้นไม้ที่ประดิษฐ์ขึ้นมานั้นมีความคงทนถาวร และสามารถอุ้มน้ำได้มากน้อยแตกต่างกัน กระถางอาจจะไม่คงรูป กระถางมีความคงทนมากน้อยแตกต่างกันแล้วแต่ชนิดของวัสดุที่ทำขึ้นเมื่อปลูกต้นไม้และมีการรดน้ำก่อนที่จะนำมาใช้หรือนำไปจำหน่าย ต้องมีการทดลองการใช้งานก่อนเพื่อให้ทราบว่ากระถางต้นไม้ที่ทำจากวัสดุชนิดนั้นมีความคงทน มีความสามารถในการอุ้มน้ำ มีความเหมาะสมกับต้นไม้หรือพืชประดับชนิดนั้น ๆ จนมีความเหมาะสมและสวยงามตามที่เราต้องการ (พงศธร และคณะ , 2551)

2.6.2 ลักษณะสำคัญของกระถาง ภาชนะที่เรานำมาใส่ดินเพื่อใช้ปลูกพันธุ์ไม้ลงไป ซึ่งเป็นภาชนะขนาดเล็กที่สามารถยกย้ายเคลื่อนที่ได้สะดวกหรือเป็นภาชนะใหญ่โตที่ติดอยู่กับที่ยกเคลื่อนย้ายไปไหน โดยเฉพาะสิ่งเหล่านี้จะถือว่าเป็นกระถางทั้งสิ้นเพราะมีหลักสำคัญอยู่ 3 ประการด้วยกัน คือ

1) เป็นภาชนะที่มีปริมาตรจำกัด คือ มีด้านต่าง ๆ โดยรอบแต่มีด้านหนึ่งเปิดเพื่อใช้ปลูกต้นไม้ในด้านหรือส่วนนั้น ภายในมีพื้นที่เพื่อบรรจุดินหรือเครื่องปลูกต้นไม้

2) เป็นภาชนะที่มีที่ระบายน้ำออกจากภาชนะนั้น อาจจะเป็นรูที่มีอยู่ทางส่วนล่าง เพื่อให้น้ำที่ใช้รดต้นไม้ลงไปในภาชนะนั้นไม่ตกค้างขังอยู่ในภาชนะนั้นได้ การระบายน้ำออกจากภาชนะนั้นจะต้องมีปริมาณพอสมควรกับขนาด และปริมาตรของภาชนะนั้น ๆ ด้วย

3) เป็นภาชนะที่สามารถทนทานต่อความชื้นและมีอายุคงทนถาวรพอสมควร ไม่เป็นภาชนะที่สร้างขึ้นจากวัสดุที่ไม่คงทนถาวรอยู่ได้นานพอสมควร และเป็นภาชนะที่สามารถดูแลรักษาได้ง่ายด้วย เช่น การเปลี่ยนเครื่องปลูกหรือเปลี่ยนดินการให้น้ำพันธุ์ไม้ในภาชนะสะดวก (พงศธร และคณะ, 2551)

2.6.3 คุณสมบัติกระถางต้นไม้จากวัสดุเหลือใช้ทางเกษตร มีคุณสมบัติสามารถระบายความร้อนได้ดี และสามารถอุ้มน้ำได้ ทำให้ผู้ที่ใช้กระถางจากวัสดุเหลือใช้ปลูกต้นไม้ ไม่ต้องรดน้ำต้นไม้บ่อย ๆ เวลาที่เอาต้นไม้ลงดินก็ไม่ต้องเอากระถางออกเพราะกระถางต้นไม้จากวัสดุเหลือใช้ทางเกษตรทำมาจากกากตะกอนปาล์มน้ำมันและก้อนเชื้อเห็ดเก่าที่สามารถย่อยสลายได้เองยังเป็นปุ๋ยชั้นดีให้กับต้นไม้อีกด้วยและที่สำคัญ คือสามารถลดมลพิษจากการใช้ถุงพลาสติกที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดภาวะโลกร้อน (ยุพาวรรณ, 2558)

2.7 ตัวประสานที่ใช้ในงานวิจัย

ตัวประสานที่ใช้กาวเป็นวัสดุที่ใช้เชื่อมติดวัสดุ 2 ชิ้น เข้าด้วยกัน แบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ กาวแป้งเปียก และกากน้ำตาล ซึ่งเป็นตัวประสานจากธรรมชาติ แต่จะมีคุณภาพของตัวประสาน และการนำไปใช้ที่แตกต่างกัน ดังนี้

2.7.1 กาวแป้งเปียก เป็นการนำมาผสมขึ้นรูปในการอัดกระถางเป็นกาวที่ทำจากธรรมชาติล้วน ๆ มาใช้กับงานเปเปอร์มาเช่ได้ เนื่องจากงานเปเปอร์มาเช่เป็นงานการขึ้นรูปจากเศษหนังสือพิมพ์ที่ไร้ค่ามารังสรรค์ปั้นแต่ง เป็นชิ้นงานที่มีราคาแถมขั้นตอนการทำไม่ยุ่งยากลงทุนไม่มาก ซึ่งมีความสอดคล้องกับการอัดขึ้นรูปกระถางเพาะชำย่อยสลายได้จากกากกาแฟ งานเปเปอร์มาเช่เป็นงานที่สามารถสร้างสรรค์ได้ตามจินตนาการทำให้งานนี้สามารถพัฒนารูปแบบไปได้อย่างไมรู้จบ กาวที่ใช้ในงานเปเปอร์มาเช่ มีหลายสูตร สูตรหนึ่งจากผู้ที่มีอาชีพทำกระปุกออมสินกระดาษขายเมื่อมีเหรียญอยู่ภายในการยึดเกาะของกาวจึงต้องมีความแข็งแรงพอ (อำนาจ, 2554)

1) สมบัติความหนืดของกาวแป้งเปียก แป้งเปียกที่ผ่านการย่อยในน้ำมีความหนืดสูงกว่าแป้งที่ผ่านการย่อยในเอทานอลที่ระยะการย่อย เดียวกัน 2-5 เท่า เมื่อพิจารณาความหนืดของแป้งที่ผ่านการย่อยด้วยกรดที่วิเคราะห์ได้ พบว่าสามารถเตรียมแป้งงดัดแปรที่มีความหนืดขณะร้อนในระดับสูง (ค่าความหนืด เท่ากับ 400-500) ปานกลาง (ค่าความหนืด เท่ากับ 150-200) และต่ำ (ค่าความหนืด น้อยกว่า 20) ได้จากการย่อยด้วยแป้งด้วยกรดในน้ำเป็นเวลา 8 12 และ 24 ชั่วโมง และการย่อยแป้งด้วยกรดในเอทานอลเป็นเวลา 1 4 และ 16 ชั่วโมง ตามลำดับ (ปฐมา และคณะ, 2558)

2) ความใสของกาวแป้งเปียก (Paste Clarity) แป้งเปียกจากแป้งที่ผ่านการย่อยมีความใสมากกว่าแป้งเปียกจากแป้งดิบ โดยแป้งเปียกจากแป้งที่ผ่านการย่อยด้วยกรดในน้ำและเอทานอลเป็นระยะเวลาเท่ากัน มีความใสใกล้เคียงกัน (ค่าร้อยละการส่องผ่านแสงมากกว่า 76.00 และ 78.00 ตามลำดับ) ในขณะที่แป้งดิบมีค่าร้อยละการส่องผ่านแสงเพียงร้อยละ 56.00 และหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน ความใสของแป้งเปียกที่ย่อยด้วยกรดในน้ำและเอทานอลมีค่าลดลงอย่างชัดเจน แป้งย่อยด้วยกรดในน้ำมีค่าความใสน้อยกว่าแป้งย่อยด้วยกรดในเอทานอล ระยะเวลาการย่อยเดียวกันอาจเนื่องมาจากสายโซ่โมเลกุลที่เป็นองค์ประกอบของแป้งที่ผ่านการการย่อยด้วยกรดในน้ำมีขนาดโมเลกุลใหญ่กว่า จึงสามารถจัดเรียงตัวกันใหม่เกิดเป็นโครงสร้างที่ทึบแสงได้มากกว่าแป้งที่ผ่านการย่อยด้วยกรดในเอทานอล (ปฐมา และคณะ, 2558)

2.7.2 กากน้ำตาล เป็นของเหลวลักษณะเหนียวข้นสีน้ำตาลดำที่เป็นผลพลอยจากการผลิตน้ำตาลทราย ซึ่งไม่สามารถจะตกผลึกน้ำตาลได้อีก เป็นเนื้อของสิ่งที่ไม่ใช่น้ำตาลที่ละลายปนอยู่ในน้ำอ้อย ซึ่งประกอบด้วยน้ำตาลซูโครส น้ำตาลอินเวอร์ท และสารเคมี เช่น ปูนขาวที่ใช้ในการตกตะกอนให้น้ำอ้อยใส กากน้ำตาลมีระดับพลังงานระดับต่ำถึงปานกลางขึ้นอยู่กับปริมาณของน้ำที่มีอยู่ในกากน้ำตาล มีโพแทสเซียม และมีปริมาณน้ำในระดับสูง ทำให้เกิดเชื้อราได้ง่าย (บุญเทียม, 2523)

1) ประโยชน์ของกากน้ำตาล สามารถใช้ได้ในหลายอุตสาหกรรมรม เช่น ใช้ทำปุ๋ย ใช้เลี้ยงสัตว์ใช้ผลิตแอลกอฮอล์ ใช้ในอุตสาหกรรมยีสต์ ใช้ทำผงชูรส และใช้ทำกรดน้ำส้ม

แต่ส่วนใหญ่จะใช้ผลิตแอลกอฮอล์ และใช้เป็นอาหารสัตว์ สำหรับในประเทศไทยส่วนใหญ่จะใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตแอลกอฮอล์สำหรับการผลิตสุราและการผลิตเอทานอล เพื่อใช้เป็นส่วนผสมในการผลิตแก๊สโซฮอล์ นอกจากนี้ยังใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตผงชูรส อุตสาหกรรมการผลิตอาหารสัตว์ อุตสาหกรรมการผลิตยีสต์ ตลอดจนการนำกากน้ำตาลไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมรายย่อยต่าง ๆ (บริษัท ไทยชูการ์ มิลเลอร์ จำกัด, 2558)

2) ส่วนประกอบของกากน้ำตาล.เป็นผลพลอยที่จากกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายเป็นกากที่แยกได้ครั้งสุดท้าย และไม่ถูกนำกลับไปใช้ในกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายอีก กากน้ำตาลมีสัดส่วนประมาณร้อยละ 4.00–5.00 ของปริมาณอ้อยที่ใช้ในการผลิตน้ำตาลทราย กากน้ำตาลแต่ละชนิดจะมีองค์ประกอบ และคุณสมบัติต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับแหล่งที่ทำการผลิต กรรมวิธีของการผลิต ฤดูกาล และ สภาพการเก็บกากน้ำตาลในโรงงาน (บุญเทียม, 2523) รายละเอียดดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ส่วนประกอบของกากน้ำตาล

ส่วนประกอบ	ปริมาณ (เปอร์เซ็นต์)	ค่าเฉลี่ย (เปอร์เซ็นต์)
น้ำ	17.00 – 25.00	20.00
ซูโครส	30.00 – 40.00	35.00
กลูโคส	4.00 – 9.00	7.00
ฟรุคโตส	5.00 – 12.00	9.00
น้ำตาลรีดิวซ์อื่น ๆ	1.00 – 5.00	3.00
คาร์โบไฮเดรตอื่น ๆ	2.00 – 5.00	4.00
เถ้า	7.00 – 15.00	12.00
สารประกอบไนโตรเจน	2.00 – 6.00	4.50
กรดที่ไม่มีไนโตรเจน	2.00 – 8.00	5.00
อื่นๆ	0.10 – 1.00	0.50

แหล่งที่มา: Paturau (1982)

2.8 การอัดขึ้นรูปกระถาง

กระบวนการอัดขึ้นรูปกระถาง ระหว่างวัตถุดิบกับตัวประสานเข้าด้วยกัน สามารถขึ้นรูปกระถาง แบ่งออกได้เป็น 2 รูปแบบ คือ การขึ้นรูปด้วยวิธีการอัดร้อน และ การขึ้นรูปด้วยการอัดเย็น โดยแต่ละวิธีมีการอัดแตกต่างกัน ดังนี้

2.8.1 การขึ้นรูปด้วยวิธีการอัดร้อน เป็นเทคนิคการขึ้นรูปเทคนิคหนึ่ง แต่ก็ยังมีการใช้ในการแปรรูปพลาสติกอย่างกว้างขวาง ในปัจจุบันก็ยังมีการใช้เทคนิคการอัดพลาสติกกลุ่มเทอร์โมเซต และยาง ส่วนประกอบหลักของเครื่อง คือ แผ่นเหล็กอัด จำนวน 2 ชุด ซึ่งแผ่นหนึ่งสามารถเคลื่อนที่ขึ้นลงได้ อีกแผ่นจะถูกยึดติดกับด้านที่ทำให้สามารถทำการปิดเปิดเบ้าได้เนื่องจากเบ้าถูกยึดติดกับแผ่นเหล็กทั้งสองแผ่นนี้ส่วนประกอบอื่น ๆ คือ อุปกรณ์ให้ความร้อนระบบไฮโดรลิค และอุปกรณ์หล่อเย็น วิธีการขึ้นรูปทำได้โดยนำวัสดุผสมเข้าไปในเบ้า และให้ความร้อนขณะทำการอัด จากนั้นใช้ระบบหล่อเย็นโดยใช้น้ำไหลหมุนเวียนเข้าสู่ระบบท่อใกล้ช่องว่างของเบ้า ความดันที่ใช้ในการอัดเบ้าต้องใช้ให้น้อยที่สุด แต่มากพอที่ทำให้พลาสติกไหลเต็มช่องว่างของเบ้า แต่ไม่สูงจนทำให้พลาสติกรั่วไหลออกจากรอยแยกเบ้าระดับความดันที่ใช้ขึ้นอยู่กับชนิดและความหนาของชิ้นงานที่ทำการขึ้นรูป (จันทร์จีรา, 2558)

2.8.2 การขึ้นรูปด้วยการอัดเย็น เป็นกรรมวิธีที่ดัดแปลงมาจากกรรมวิธีการผลิตในอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผาใช้เพียงแรงอัดอย่างเดียวไม่ใช้ความร้อนทำให้หลอมละลายกรรมวิธีทั่วไปเหมือนกับแบบอัดร้อนแต่ทำได้เร็วกว่า เพราะไม่ต้องรอให้หลอมละลายก่อน เมื่ออัดก้อนแล้วจึงนำไปเข้าเตาอบในปริมาณมากพร้อม ๆ กันอีกครั้ง ซึ่งขั้นตอนการผลิต มีดังนี้

1) นำเอาส่วนผสมของพลาสติกเหลวกับวัสดุผสมอื่น

2) กดแม่แบบโดยใช้แรงอัด 13.70–27.50 เมกะปาสคาล ความเร็วที่กดแล้วแต่ชนิดของเครื่องและความสะดวกสบาย

3) นำชิ้นงานออกจากแม่แบบ

4) นำชิ้นงานไปเข้าตบอบซึ่งมีอุณหภูมิ 232 องศาเซลเซียส ปริมาณมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับขนาดของเตา ใช้ระยะเวลาประมาณ 72 ชั่วโมง จะทำให้พลาสติกสุกและแข็งตัว

2.8.3 นำชิ้นงานที่อบแล้วออก สำหรับชนิดของพลาสติกเป็นพวกเทอร์โมเซตติงและนิยมใช้เฉพาะฟีนอลิก เท่านั้นก่อนใช้น้ำฟีนอลิกน้ำไปผสมกับใยหินให้มีลักษณะอ่อนตัววัสดุอื่นนอกจากพลาสติกที่ใช้ผลิตด้วยกรรมวิธีแบบนี้มีพวกบิตูเมน กับวัสดุผสมอื่นเช่นใยหิน ส่วนชนิดของผลิตภัณฑ์ใช้ทำพวกอุปกรณ์ไฟฟ้าราคาถูกที่รับแรงน้อย ๆ ปุ่ม และมือจับ (จันทร์จีรา, 2558)

2.9 พืชที่ใช้ในการทดลองวิจัยดาวเรือง

ดาวเรือง เป็นไม้ดอกที่คนไทยนิยมปลูกกันมาก เนื่องจากเมล็ดมีขนาดใหญ่ปลูกง่าย งอกเร็ว ต้นโตเร็ว และแข็งแรงไม่ค่อยมีโรคหรือแมลงรบกวน ให้ดอกเร็ว ดอกดก มีหลายชนิดและหลายสี รูปทรงของดอกสวยงาม สีสันสดใส บานทนนานหลายวัน สามารถปักแจกันได้นาน 1-2 สัปดาห์ ให้ดอกในระยะเวลาสั้น คือ ประมาณ 60-70 วัน หลังปลูก ดังนั้นในการปลูกดาวเรือง สามารถกำหนดระยะเวลาการออกดอกให้ตรงกับเทศกาลสำคัญได้จึงมีผู้นิยมปลูก และใช้ดาวเรืองกันมาก นอกจากนี้ยังสามารถปลูกได้ตลอดปี และปลูกได้ทุกจังหวัดในประเทศไทย ดาวเรืองเป็นไม้ดอกที่ทำรายได้ให้กับผู้ปลูกสูง ในปัจจุบันการปลูกดาวเรืองนอกจากปลูกเพื่อตัดดอกขายแล้ว ยังนิยมปลูกในกระถางหรือถุงพลาสติก เพื่อประดับตกแต่งอาคารสถานที่ และปลูกเพื่อตัดดอกส่งโรงงานอาหารสัตว์อีกด้วย

2.9.1 ลักษณะทั่วไปดอกดาวเรืองเป็นไม้ดอกต้นสูง 25.00-60.00 เซนติเมตร ใบเป็นรูปหอก ปลายแหลม ขอบหยัก ดอกเป็นช่อกระจุกเดี่ยวที่ปลายยอด ดอกวงนอกกลีบดอกเป็นรูปรางน้ำ โคนเป็นหลอดเล็ก ปลายแผ่ ดอกวงในกลีบดอกเป็นหลอดมีหลายสี เช่น สีส้ม เหลืองทอง ขาว และสองสีในดอกเดียวกัน และมีทั้งดอกชั้นเดียวและดอกซ้อน ดังภาพที่ 6

ภาพที่ 6 ดาวเรือง
แหล่งที่มา: พืชเกษตรดอทคอม (2556)

2.9.2 การเจริญเติบโตได้ทุกในสภาพดิน แต่เป็นพืชที่ต้องการดินร่วน หน้าดินไม่แน่น มีการระบายน้ำดี ไม่ชอบน้ำท่วมขังสภาพดินมีความชุ่มชื้นพอเหมาะ ไม่แห้งแล้ง การขยายพันธุ์จะใช้วิธีการเพาะหรือปลูกด้วยเมล็ดพันธุ์เป็นหลัก ซึ่งอาจเพาะในกระบะหรือแปลงเพาะ ด้วยการผสมดินกับวัสดุเพาะ เช่น ปุ๋ยคอก ขุยมะพร้าว และขี้เถ้าแกลบ (พืชเกษตรดอทคอม, 2556)

2.9.3 วัสดุเพาะ คือ ขุยมะพร้าว ทราย ขี้เถ้าแกลบ ปุ๋ยคอก ในอัตราส่วน 1: 1 : 1 : 1 หรือแปลงเพาะที่มีดินร่วนซุยค่อนข้างละเอียด คราดดินให้ผิวดินเรียบสม่ำเสมอ

ทำร่องบนกระบะเพาะหรือแปลงเพาะให้ลึกประมาณ 0.50 เซนติเมตร กว้าง 1.00 เซนติเมตร แต่ละร่องห่างกัน 5.00 เซนติเมตร หยอดเมล็ดลงร่องห่างกัน 1-2 นิ้ว แล้วกลบแต่ละร่องด้วยวัสดุเพาะ หรือดินละเอียดเพียงบาง ๆ รดน้ำด้วยฝักบัวฝอยให้ชุ่มแล้วคลุมกระบะเพาะด้วยกระดาษหนังสือพิมพ์หรือคลุมแปลงเพาะด้วยฟางหรือหญ้าแห้ง ควรรดน้ำวันละ 2 ครั้ง เช้า-เย็น เพื่อรักษาความชื้น เมล็ดดาวเรืองจะงอกภายใน 3-5 วัน เป็นต้นกล้า

2.9.4 การขยายพันธุ์ เตรียมกระถางใส่ดินลงไป และรดน้ำให้ดินชุมชื่นทิ้งไว้ 1 คืน นำต้นกล้าที่มีอายุ 7-10 วัน (นับจากวันเพาะเมล็ด) โดยแยกต้นกล้าให้มีวัสดุเพาะหรือดินหุ้มติดรากมาด้วย เพื่อป้องกันรากกระทบกระเทือน นำมาปลูกในแต่ละหลุมที่เตรียมไว้ รดน้ำให้ชุ่ม ขั้นตอนต่อไปนำต้นกล้าที่มีอายุ 7-10 วัน โดยเลือกต้นกล้าที่มีดินหุ้มติดรากมาด้วย เพื่อป้องกันรากกระทบกระเทือน นำมาปลูกในแต่ละกระถางที่ได้เตรียมเดินไว้ รดน้ำให้ชุ่ม รดน้ำดาวเรืองไปเรื่อย ๆ อาทิตย์แรกควรรดเช้าเย็น อาทิตย์ต่อไปรดเช้า หรือเย็นอย่างเดียว เมื่อดาวเรืองอายุ 15–25 วัน ใส่ปุ๋ยลงไป และก็รอให้ต้นดาวเรืองออกดอก ก็สามารถตัดดอกไปใส่ในกระถางประดับบ้านให้สวยงามได้แล้ว

2.9.5 ประโยชน์ มีสารยับยั้งการเจริญเติบโตและการวางไข่ของไส้เดือนฝอยจึงมีการปลูกแล้วไถกลบเป็นปุ๋ยพืชสดหรือปลูกรอบแปลงมะเขือเทศช่วยไล่แมลงหวี่ได้ผลพอสมควร (พืชเกษตรดอทคอม, 2556)

2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

มลสุดา (2556) ทำการศึกษาเรื่องการผลิตภาชนะย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากกาบกล้วย จากการศึกษาพบว่า ปริมาณของเส้นใยมีผลกระทบต่อสมบัติทางกลส่งผลให้ค่าสมบัติการต้านแรงดัดโค้ง สมบัติการต้านแรงดึงมีค่าลดลง ในขณะที่สมบัติการต้านแรงกระแทกจะมีค่าเพิ่มขึ้นจนมีค่าสูงสุดเมื่อปริมาณเส้นใยมีค่า 75.00 เปอร์เซ็นต์ หลังจากนั้นจะมีค่าลดลง อีกทั้งการเพิ่มปริมาณเส้นใยจะส่งผลให้ค่าความหนาแน่นและค่าการซึมน้ำเพิ่มมากขึ้น ส่วนอิทธิพลของความยาวของเส้นใยนั้นพบว่า เมื่อเส้นใยมีความยาวเพิ่มมากขึ้นจะส่งผลทำให้สมบัติการต้านแรงดัดโค้ง สมบัติการต้านแรงดึง สมบัติการต้านแรงกระแทก และค่าความหนาแน่นมีค่าเพิ่มขึ้น แต่ค่าการซึมน้ำของชิ้นงานจะมีค่าลดลง โดยชิ้นงานที่มีสมบัติทางกลและสมบัติทางกายภาพดีที่สุด คือ กรณีที่มีอัตราส่วนระหว่างเส้นใยกล้วยต่อตัวประสานเท่ากับ 66.67 : 33.33 โดยน้ำหนัก และมีความยาวเส้นใยเท่ากับ 10 มิลลิเมตร สำหรับการศึกษาโครงสร้างสัณฐานวิทยาพบว่าชิ้นงานที่มีการผสมตัวประสานจะมีผิวหน้าเรียบแต่จะมีรูพรุนเกิดขึ้นภายในชิ้นงานมากกว่าชิ้นงานที่ไม่มีตัวประสาน

อดิศร (2555) ทำการศึกษาการผลิตกระถางต้นไม้จากเศษวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมสกัดน้ำมันปาล์ม ได้แก่ เส้นใยปาล์มน้ำมันและเถ้าปาล์มน้ำมัน จากการศึกษาพบว่า

ปริมาณส่วนผสมที่เหมาะสม คือ เส้นใยปาล์ม 180 กรัม เถ้าปาล์มน้ำมัน 70 กรัม และกาวแป้งเปียก 150 กรัม การขึ้นรูปง่ายได้สภาพกระถางเป็นรูปทรงดีมาก อัตราการดูดซับน้ำของกระถางต้นไม้ใช้เส้นใยปาล์มน้ำมันเฉลี่ยมีค่าอัตราการดูดซับน้ำมากกว่ากระถางต้นไม้ใช้ใยปาล์มน้ำมัน และเถ้าปาล์มน้ำมัน มีการอิ่มตัวของการดูดซับที่ 35 นาที เท่ากัน อัตราการระเหยของน้ำของกระถางต้นไม้ใช้ใยปาล์มน้ำมันเฉลี่ยมีอัตราการระเหยของน้ำเร็วกว่ากระถางต้นไม้ใช้ใยปาล์มน้ำมัน และ เถ้าปาล์มน้ำมัน เท่ากับ 132 ชั่วโมง และ 156 ชั่วโมง ตามลำดับ

พรเทพ และวรินทร์ (2554) ทำโครงการพัฒนากระถางต้นไม้จากขี้เลื่อย มีการขึ้นรูป กระถางเพาะชำ โดยทำการศึกษาปัจจัย 3 ปัจจัย ได้แก่ ปริมาณขี้เลื่อย 146 148 และ 150 กรัม กาวแป้งเปียก 51 50 และ 67.50 กรัม และแรงดันในการขึ้นรูปกระถางเพาะชำ 500 1,000 และ 1,500 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว การทดสอบใช้ค่าเฉลี่ยการย่อยสลายในดิน จากการศึกษาพบว่าอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดในการขึ้นรูปกระถาง คือปริมาณขี้เลื่อย 150 กรัม ผสมกับกาวแป้งเปียก 67.50 กรัม ใช้แรงดันในการขึ้นรูปกระถางที่ 1,000 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว โดยใช้เวลาในการย่อยสลายในดิน 36 วัน

พรฤดี (2552) ทำการศึกษาเรื่องการพัฒนาบรรจุภัณฑ์กระถางจากกากตะกอนน้ำมันปาล์มและกากตะกอนเยื่อกระดาษจากบ่อบำบัดน้ำเสียสำหรับกล้าไม้ จากการศึกษาพบว่ากากตะกอนน้ำมันปาล์มและกากตะกอนเยื่อกระดาษจากบ่อบำบัดน้ำเสีย สามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบของบรรจุภัณฑ์ได้หลังการหาสัดส่วนที่เหมาะสมของวัสดุ รวมทั้งการเพิ่มธาตุอาหาร และตัวเชื่อมประสานในการเชื่อมเกาะกันของวัสดุโดยทำการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารค่าความเป็นกรดด่าง ค่าการนำไฟฟ้า และปริมาณอินทรียวัตถุ พบว่า กากตะกอนน้ำมันปาล์มและกากตะกอนจากบ่อบำบัดน้ำเสียเหมาะสมในการนำมาใช้เป็นวัตถุดิบ หรือ ส่วนผสมในการผลิตเป็นบรรจุภัณฑ์กระถางที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และ ยังสามารถนำไปใช้ในการปลูกพืชได้อีกด้วย

นฤมล (2551) ทำการศึกษาการประดิษฐ์กระถางต้นไม้แก้มลิง จากการศึกษาพบว่าประสิทธิภาพกระถางต้นไม้แก้มลิงพบว่าการรดน้ำต้นไม้ไว้ปริมาณมากน้ำจะดูดซึมเข้าไปไว้ในส่วนของแก้มลิงที่ได้ประดิษฐ์ขึ้นมาซึ่งผลของการดูดซึมน้ำนั้นใช้ได้มีคุณภาพใกล้เคียงกันแต่ถ้าให้เรียงลำดับจากคุณภาพในการดูดซับน้ำได้ดีที่สุดไปสู่การดูดซับน้ำน้อยที่สุด ดังนี้ ขุยมะพร้าว ชานอ้อย กาบกล้วย ผักตบชวา และ กระถางทั่วไป ตามลำดับ ซึ่งส่วนประกอบที่ทำให้กระถางต้นไม้แก้มลิงสามารถซึมซับน้ำไว้ได้นานที่สุด คือการป้องกันการระเหยของน้ำอย่างรวดเร็ว และ กักเก็บน้ำที่รดไว้ได้นานที่สุดเมื่อปริมาณน้ำในกระถางต้นไม้ลดลงน้ำที่ถูกเก็บไว้ในบริเวณแก้มลิงก็ถูกดูดซึมมาใช้แทนทำให้ต้นไม้คงความสดชื้นและเจริญเติบโตได้อยู่

ปทุมทิพย์ (2550) ทำการศึกษาเรื่องการผลิตกระถางต้นไม้จากวัสดุเหลือใช้จากการเกษตร โดยผลิตกระถางจากขุยมะพร้าว มีส่วนผสมดังนี้ ขุยมะพร้าว 100 กรัม ใยมะพร้าว 150 กรัม และกาวแป้งเปียก 50 กรัม นำไปอัดด้วยเครื่องอัดไฮโดรลิกด้วยแรงอัดตามขนาดของเครื่องอัด

และ แรงคน ผลิตกระถางขนาดเส้นศูนย์กลางประมาณ 6 นิ้ว หลังจากนำกระถางไปตากทิ้งไว้ประมาณ 10 นาที เมื่อกระถางแห้งดีแล้วสามารถนำไปใช้งานได้ทันที

นงลักษณ์ (2547) ศึกษาการผลิตกระถางจากผักตบชวา เพื่อหาอัตราส่วนผสมระหว่างผักตบชวากับดินเหนียวที่เหมาะสม พบว่า กระถางที่ผลิตจากผักตบชวา และ ดินเหนียว ในอัตราส่วน 1 : 5 (โดยน้ำหนัก) เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุด เป็นเนื้อเดียวกันและขึ้นรูปกระถางได้ง่าย มีผิวเรียบ แต่เมื่อเพิ่มปริมาณดินเหนียวในอัตราส่วน 1 : 8 และ 1 : 9 พบว่าการยึดแกะของกระถางขณะขึ้นรูปไม่ค่อยดีทำให้กระถางแตกสลายได้ง่าย

ไชยพจน์ และคณะ (ม.ป.ป.) ได้ศึกษาการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการอุ้มน้ำและลักษณะการเปลี่ยนแปลงรูปทรงของกระถางดอกไม้จากฟางข้าวกับกระถางดอกไม้จากขุยมะพร้าว โดยการนำเอาฟางข้าวและขุยมะพร้าวมาสับให้ละเอียดแล้วนำมาผสมกับกาว แล้วนำมาเทลงในแบบกระถางที่เตรียมไว้ แล้วนำไปตากจนแห้ง จากนั้นนำไปทดสอบประสิทธิภาพในการอุ้มน้ำ และลักษณะการเปลี่ยนแปลงรูปทรง โดยใส่ดินลงไปในกระถางดอกไม้จากฟางข้าว และขุยมะพร้าวอย่างละ 300 กรัม แล้วเทน้ำลงไป จำนวน 1,000 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ 45 นาที พบว่ากระถางดอกไม้จากขุยมะพร้าวมีน้ำไหลออกมา 680 มิลลิลิตร และกระถางยังคงสภาพรูปทรงเหมือนเดิม ส่วนกระถางจากฟางข้าวมีน้ำไหลออกมา 870 มิลลิลิตร ซึ่งกระถางมีการเปลี่ยนแปลงรูปทรงไปจากเดิม สรุปได้ว่ากระถางดอกไม้จากขุยมะพร้าวมีประสิทธิภาพในการอุ้มน้ำ และคงสภาพรูปทรงของกระถางได้ดีกว่ากระถางจากฟาง

3. วัตถุประสงค์

3.1 เพื่อศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตกระถางต้นไม้จากกากตะกอนน้ำมันปาล์มร่วมกับก้อนเชื้อเห็ดเก่า

3.2 เพื่อศึกษาคุณสมบัติกระถางต้นไม้จากกากตะกอนน้ำมันปาล์มร่วมกับก้อนเชื้อเห็ดเก่า

4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

4.1 สามารถทราบอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตกระถางต้นไม้จากกากตะกอนน้ำมันปาล์มร่วมกับก้อนเชื้อเห็ดเก่า

4.2 สามารถทราบคุณสมบัติกระถางต้นไม้จากกากตะกอนน้ำมันปาล์มร่วมกับก้อนเชื้อเห็ดเก่า

4.3 สร้างมูลค่าเพิ่มให้กับกากตะกอนน้ำมันปาล์มร่วมกับก้อนเชื้อเห็ดเก่า

4.4 ลดการใช้กระถางที่ทำมาจากพลาสติก และ ถุงเพาะชำพลาสติก ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งของการเกิดสภาวะโลกร้อนในปัจจุบัน และ ยังช่วยลดมลพิษที่เกิดจากผลิตภัณฑ์พลาสติกที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

บทที่ 2
วิธีการดำเนินงานวิจัย

1. วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษา

1.1 วัตถุดิบและวัสดุที่ใช้ในการศึกษา

1.1.1 กากตะกอนปาล์มน้ำมัน

1.1.2 ก้อนเชื้อเห็ดเก่า

1.1.3 กาวแป้งเปียก

1.1.4 กากน้ำตาล

1.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบค่าความกรด-ด่าง (pH)

1.2.1 พีเอชมิเตอร์ (pH meter)

1.2.2 เครื่องชั่ง

1.2.3 บีกเกอร์

1.2.4 ช้อนตักสาร

1.2.5 แท่งแก้วคนสาร

1.2.6 น้ำกลั่น

1.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบค่าการนำไฟฟ้า (EC)

1.3.1 เครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity Meter)

1.3.2 เครื่องชั่ง

1.3.3 บีกเกอร์

1.3.4 ช้อนตักสาร

1.3.5 แท่งแก้วคนสาร

1.3.6 น้ำกลั่น

1.4 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบค่าปริมาณอินทรียวัตถุ (OM)

1.4.1 ขวดชมพู่

1.4.2 เครื่องชั่ง

1.4.3 บีกเกอร์

1.4.4 ช้อนตักสาร

1.4.5 แท่งแก้วคนสาร

1.4.6 น้ำกลั่น

1.4.7 ปิเปต

1.4.8 ขวดปรับปริมาตร

1.4.9 กระบอกตวง

1.4.10 จุกยาง

1.4.11 หยอดหยด

1.4.12 ชุดไทเทรต

1.4.13 น้ำกลั่น

1.4.14 สารละลายมาตรฐานโปแตสเซียมไดโครเมต 1 นอร์มอล ($K_2Cr_2O_7$)

1.4.15 กรดซัลฟูริกเขมขน (Conc. H_2SO_4) 98.00 เปอร์เซ็นต์

1.4.16 สารละลายเฟอรัสแอมโมเนียมซัลเฟต 0.5 นอร์มอล

1.4.17 สารละลายออรโทฟแนนโทรลีน อินดิเคเตอร

1.4.18 ละลายเฟอรัสซัลเฟต ($FeSO_4.7H_2O$)

1.5 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบค่าความชื้น

1.5.1 ถ้วยอบ

1.5.2 เครื่องชั่ง

1.5.3 ช้อนตักสาร

1.5.4 ตู้ดูดความชื้น (Desiccator)

1.5.5 ตู้อบ (Hot Air Oven)

1.6 อุปกรณ์ที่ใช้ในการขึ้นรูปกระถาง

1.6.1 เครื่องอัดไฮโดรลิก

1.7 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบค่าความพรุน

1.7.1 ขวดปรับปริมาตร

1.7.2 เครื่องชั่ง

1.7.3 อ่างควบคุมอุณหภูมิ

1.7.4 บีกเกอร์

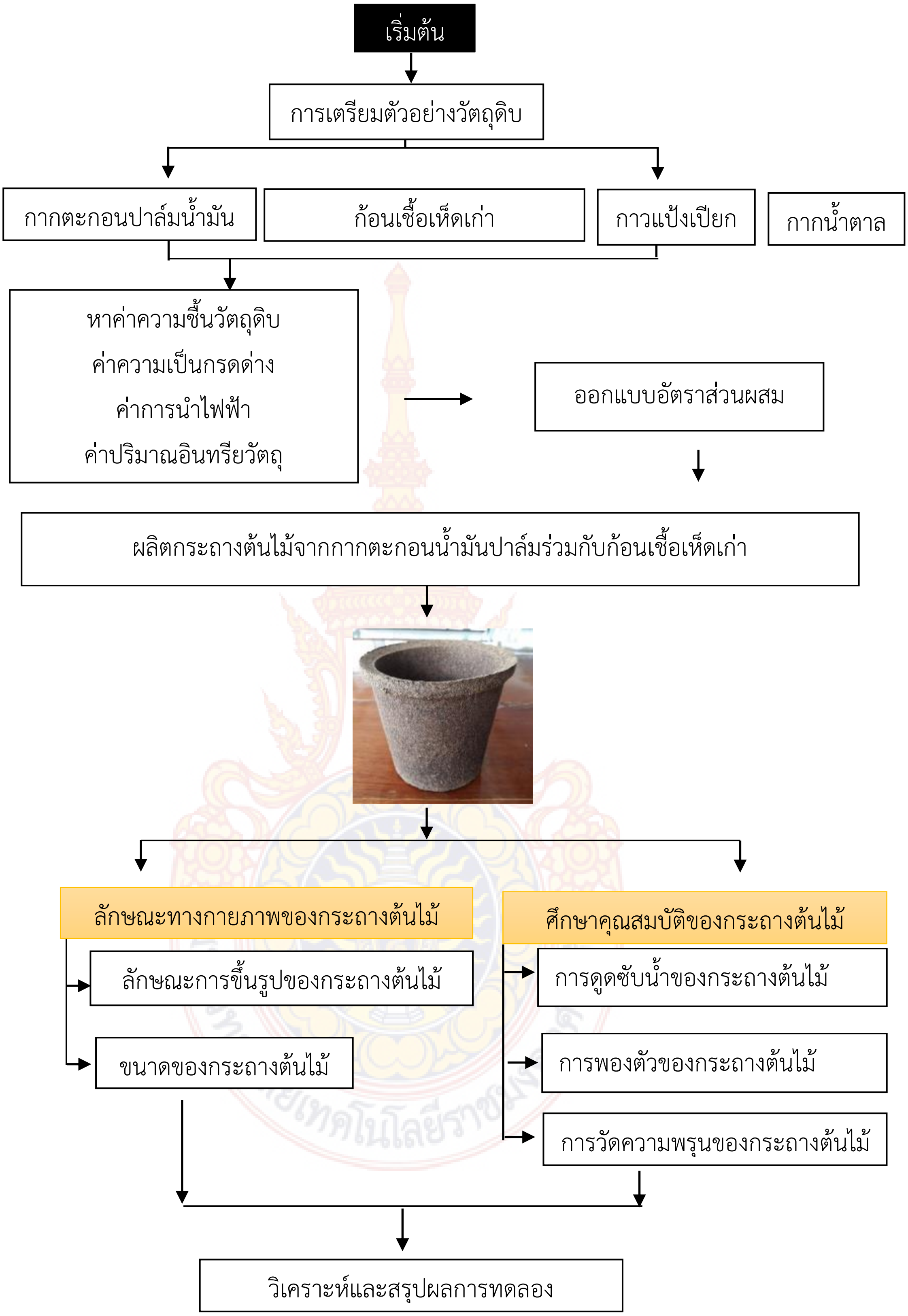
1.7.5 กระบอกตวง

1.7.6 น้ำกลั่น

1.7.7 บิวเรต

2. ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

การผลิตกระถางต้นไม้จากกากตะกอนน้ำมันปาล์มร่วมกับก้อนเชื้อเห็ดเก่า มีขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย ดังนี้ คือ ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมการผลิตกระถางต้นไม้กากตะกอนน้ำมันปาล์มร่วมกับก้อนเชื้อเห็ดเก่าและทำการศึกษาคุณสมบัติการผลิตกระถางต้นไม้จากกากตะกอนน้ำมันปาล์มร่วมกับก้อนเชื้อเห็ดเก่า รายละเอียดของขั้นตอนดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

2.1 การรวบรวมวัตถุดิบและการเตรียมวัตถุดิบ

2.1.1 การเตรียมกากตะกอนน้ำมันปาล์ม โดยนำกากตะกอนน้ำมันปาล์มที่รวบรวมได้จากโรงงานอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมันมาตากแดดให้แห้ง จากนั้นนำกากตะกอนน้ำมันปาล์มไปบดกับเครื่องบดละเอียด โดยผ่านตะแกรง ขนาด 0.50 มิลลิลิตร แล้วนำกากตะกอนน้ำมันปาล์มที่ผ่านการบดแล้วเก็บรักษาในถุงซิปล็อคเพื่อนำไปวิเคราะห์ และเตรียมขึ้นรูปกระถางต่อไป

2.1.2 ก้อนเชื้อเห็ดเก่า ซึ่งก้อนเชื้อเห็ดเก่าที่ใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ เป็นก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้า โดยนำก้อนเชื้อเห็ดเก่าที่รวบรวมได้นำแยกถุงพลาสติกที่ห่อหุ้มออกจากก้อนเห็ดและนำก้อนเห็ดตากแดดให้แห้งจนได้ความชื้นที่เหมาะสม จากนั้นทำการบดเพื่อให้มีขนาดเล็กลงและละเอียดแล้วร่อนผ่านตะแกรงร่อน ขนาด 2.00 มิลลิลิตร จากนั้นเก็บรักษาในถุง บริเวณนั้นที่ไม่มีความชื้นเพื่อนำไปวิเคราะห์ และเตรียมขึ้นรูปกระถางต่อไป

2.2 การเตรียมตัวประสาน

งานวิจัยนี้เลือกใช้วัสดุประสาน 2 ชนิด คือ กาวแป้งเปียกและกากน้ำตาล โดยมีรายละเอียดการเตรียม ดังนี้

2.2.1 การเตรียมกาวแป้งเปียก

กาวแป้งเปียก นำแป้งมันสำปะหลังจำนวน 100 กรัม มาละลายน้ำ 1,000 มิลลิลิตร ในหม้อที่เตรียมไว้ตั้งไฟอ่อนกวนไปเรื่อย ๆ จนน้ำเดือด แป้งเปียกจะมีลักษณะ เหนียว และมีสีใสหลังจากนั้นยกออกจากเตาแล้ววางไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง ก่อนที่นำไปเป็นส่วนผสมในการผลิตกระถางต่อไป

2.2.2 การเตรียมกากน้ำตาล

นำกากน้ำตาลที่ขายตามท้องตลาด นำผสมกับวัตถุดิบตามอัตราส่วนที่ได้กำหนดไว้เพื่อนำผลิตกระถางต่อไป

2.3 การศึกษาคุณสมบัติของวัตถุดิบก่อนการขึ้นรูป

การศึกษาคุณสมบัติของวัตถุดิบก่อนการขึ้นรูป ได้แก่ กากตะกอนน้ำมันปาล์ม และก้อนเชื้อเห็ดเก่า โดยทำการศึกษาคุณสมบัติของวัตถุดิบ ดังนี้

2.3.1 หาค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ของกากตะกอนน้ำมันปาล์ม โดยใช้อัตราส่วนของตัวอย่างกากตะกอนน้ำมันปาล์มต่อน้ำเท่ากับ 3 : 50 ใช้แท่งแก้วคนให้ตัวอย่างกากตะกอนน้ำมันปาล์มและน้ำให้เข้ากันเป็นเวลา 5 นาที แล้วตั้งทิ้งไว้ 30 นาที ให้ตกตะกอนและวัดค่าความเป็นกรดด่างสารละลายใสด้วยเครื่องพีเอชมิเตอร์ (AOAC, 2000)

2.3.2 หาค่าการนำไฟฟ้าของกากตะกอนน้ำมันปาล์ม โดยใช้อัตราส่วน กากตะกอนน้ำมันปาล์มต่อน้ำเท่ากับ 1 : 10 คนให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้อย่างน้อย 12 ชั่วโมง แล้วนำไปวัดค่าการนำไฟฟ้าด้วยเครื่อง Electrical Conductivity Meter (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2548)

2.3.3 หาปริมาณอินทรียวัตถุ โดยนำวัตถุดิบ 1 กรัม ใส่ในขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมสารละลาย 1 นอร์มอล ($K_2Cr_2O_7$) 10 มิลลิลตร และกรด H_2SO_4 เข้มข้น 15 มิลลิลิตร เขย่า วางทิ้งไว้ 30 นาที จากนั้นเติมน้ำกลั่น ประมาณ 75 มิลลิลิตร หยดออรโทฟแนนโทรลีน อินดิเคเตอร ลงไป 3-4 หยด จากนั้นทำการไทเทรต $K_2Cr_2O_7$ ที่เหลือจากการทำปฏิกิริยาด้วยสารละลาย Ammonium Ferrous Sulphate จนกระทั่งสีของสารแขวนลอยค่อย ๆ เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลปนแดง แล้วคำนวณหาปริมาณอินทรียวัตถุ (สมศักดิ์, 2537)

2.3.4 หาค่าความชื้น โดยจะนำก้อนเชื้อเห็ดเก่า มาชั่งน้ำหนัก (กรัม) แล้วบันทึกค่าน้ำหนักที่ได้เป็นน้ำหนักก่อนอบ จากนั้นนำชิ้นก้อนเชื้อเห็ด เข้าสู่ตู้อบที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส 4 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดตามเวลา นำชิ้นก้อนเชื้อเห็ดเก่า มาชั่งน้ำหนักอีกครั้งเป็นน้ำหนักหลังอบแห้ง ทำซ้ำจนกว่าน้ำหนักหลังอบจะคงที่ (อทิตยา, 2557) คำนวณความชื้นดังสูตรต่อไปนี้

$$\text{ค่าความชื้น (เปอร์เซ็นต์)} = \frac{\text{น้ำหนักของตัวอย่างก่อนอบ - น้ำหนักของตัวอย่างหลังอบ}}{\text{น้ำหนักของตัวอย่างหลังอบ}} \times 100$$

2.4 การออกแบบอัตราส่วนการผลิตกระถางต้นไม้

การออกแบบอัตราส่วนการผลิตกระถางต้นไม้จากกากตะกอนน้ำมันปาล์มร่วมกับก้อนเชื้อเห็ดเก่า ซึ่งออกแบบชุดการทดลองเป็น 6 ชุดการทดลอง โดยใช้ตัวประสานที่แตกต่างกันที่ตัวประสานโดยจะทดลองการใช้ตัวประสาน 2 ประเภท คือ กาวแป้งเปียกและกากน้ำตาล ทำการทดลองซึ่งในการทดลองแต่ละชุดการทดลองมี 3 ซ้ำ โดยใช้อัตราส่วนผสมระหว่างกากตะกอนน้ำมันปาล์ม และก้อนเชื้อเห็ดเก่า แตกต่างกัน โดยชุดการทดลองที่ 1 2 3 4 5 และ 6 มีอัตราส่วนกากตะกอนปาล์มน้ำมัน : ก้อนเชื้อเห็ดเก่า เท่ากับ 5:0 4:1 3:2 2:3 1:4 และ 0:5 ตามลำดับ รายละเอียดดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 การออกแบบอัตราส่วนการผลิตกระถางจากกากตะกอนปาล์มน้ำมันและก้อนเชื้อเห็ดเก่า

ชุดการทดลอง	อัตราส่วน (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	
	กากตะกอนปาล์มน้ำมัน	ก้อนเชื้อเห็ดเก่า
1	5	0
2	4	1
3	3	2
4	2	3
5	1	4
6	0	5

หมายเหตุ: วัสดุประสานคือ แป้งเปียก และ กากน้ำตาล

2.5 ขั้นตอนการขึ้นรูปกระถางต้นไม้

การผลิตกระถางต้นไม้จากกากตะกอนน้ำมันปาล์มร่วมกับก้อนเชื้อเห็ดเก่าเพื่อหาปริมาณที่เหมาะสมซึ่งมีขั้นตอนการทดลอง ดังนี้

2.5.1 นำส่วนผสมตามชุดการทดลองทั้งหมดที่เตรียมไว้ในภาชนะคลุกเคล้าให้เนื้อเข้ากันเป็นหนึ่งเดียว โดยก่อนจะขึ้นรูปมีการทดสอบความชื้นเบื้องต้นก่อนการขึ้นรูป ให้มีความชื้นประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ ด้วยวิธีการกำตัวอย่างวัตถุดิบที่ผสมเสร็จ ถ้าปล่อยมือตัวอย่างยังคงจับตัวกันเป็นก้อนสามารถไปขึ้นรูปได้แต่ถ้าหากปล่อยมือตัวอย่างมีการแตกจะมีการเพิ่มวัสดุประสานก่อนนำไปขึ้นรูปโดยเครื่องอัดไฮโดรลิคมีแรงอัดช่วง 100-150 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

ภาพที่ 8 การผสมวัตถุดิบกับวัสดุประสาน

2.5.2 การนำอัตราส่วนผสมทุกอัตราส่วนที่เตรียมไว้ นำไปอัดขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดไฮโดรลิค แรงอัดช่วง 100-150 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร เพื่ออัดขึ้นรูปกระถางต้นไม้ตามอัตราส่วนที่เตรียมไว้ซึ้งในการอัดจะปล่อยทิ้งไว้ 1 นาที ก่อนดันตัวกระถางต้นไม้ออกจากบล็อก

ภาพที่ 9 นำอัตราส่วนผสมทุกอัตราส่วนผสมอัดขึ้นรูปกระถางต้นไม้

2.5.3 รอให้กระถางต้นไม้มีความแน่น แล้วดันกระถางออกจากตัวบล็อกเครื่องอัดกระถางไฮโดรลิค

ภาพที่ 10 ดันกระถางต้นไม้ออกจากตัวบล็อก

2.5.4 นำกระถางต้นไม้ที่อัดได้นำไปตั้งในอุณหภูมิห้อง เพื่อให้กระถางต้นไม้แห้งและนำไปทดสอบคุณสมบัติของกายภาพต่อไป เป็นอันเสร็จสามารถใช้งานได้

ภาพที่ 11 กระถางต้นไม้อัดเสร็จเรียบร้อยแล้ว

2.6 ศึกษาคุณสมบัติกระถางต้นไม้

2.6.1 ลักษณะทางกายภาพของกระถางต้นไม้ จะศึกษาลักษณะโดยทั่วไป เช่น รูปร่าง ขนาด และน้ำหนัก โดยทำจดบันทึกข้อมูล

2.6.2 การดูดซับน้ำของกระถางต้นไม้ ตัดชิ้นทดสอบขนาด 5.00×5.00 เซนติเมตร อัตราส่วนละ 3 ชิ้นทดสอบ แล้วนำไปชั่งมวลก่อนการแช่น้ำ จากนั้นวางชิ้นทดสอบในระนาบเดียวกับระดับผิวน้ำโดยให้ขอบบนอยู่ใต้ผิวน้ำ ชิ้นทดสอบแต่ละชิ้นควรห่างกันและห่างผนังของภาชนะพอสมควร เมื่อแช่ชิ้นทดสอบครบ 1 ชั่วโมง แล้วจึงนำชิ้นทดสอบขึ้นจากน้ำ โดยไม่มีการซับน้ำ ทำเช่นนี้ทุกชิ้นทดสอบ จากนั้นนำไปชั่งหาน้ำหนักที่แน่นอนดัดแปลงมาจาก (มาลินี และคณะ, 2553) แล้วหาค่าเฉลี่ยแสดงสูตรดังต่อไปนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์การดูดซับของกระถาง} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างหลังแช่น้ำ-น้ำหนักตัวอย่างก่อนแช่น้ำ}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนแช่น้ำ}} \times 100$$

2.6.3 การทดสอบการพองตัวของกระถางต้นไม้ตามความหนา (มอก. 876-2547) ได้กำหนดจำนวนทำซ้ำไว้ที่ 3ใบ เพื่อสุ่มตัวอย่างนำไปทดสอบคุณสมบัติด้านการพองตัว ตัดชิ้นทดสอบขนาด 5.00x5.00 เซนติเมตร จากนั้นทำเครื่องหมายตำแหน่ง ที่วัดความหนา และ วัดความหนาของชิ้นทดสอบเป็นความหนาก่อนแช่น้ำ และแช่ชิ้นทดสอบในน้ำสะอาดที่อุณหภูมิ 20±2 องศาเซลเซียส เมื่อแช่ชิ้นทดสอบครบ 1 ชั่วโมง รีบนำชิ้นทดสอบขึ้นมาซับน้ำที่ผิวออกให้หมดด้วยผ้าหมาด แล้วปล่อยไว้ที่อุณหภูมิห้อง โดยวางให้ขอบด้านใดด้านหนึ่งอยู่บนแผ่นวัสดุที่ไม่

ดูดซึมน้ำปล่อยชิ้นทดสอบไว้อีก 1 ชั่วโมง นำชิ้นทดสอบขึ้นมาวัดความหนาตาม ตำแหน่งเดิมเป็นความหนาหลังแช่น้ำ สูตรดังต่อไปนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์การพองตัวของกระถาง} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างหลังแช่น้ำ-น้ำหนักตัวอย่างก่อนแช่น้ำ}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนแช่น้ำ}} \times 100$$

2.6.4 การวัดความพรุนของกระถางต้นไม้ ซึ่งต้องมาทำการทดลองเพื่อหาความพรุนของกระถางต้นไม้ ดังนี้

1) การหาความหนาแน่นรวม นำกระถางต้นไม้ที่ตากแห้ง หรืออบเรียบร้อยแล้วมาตัดเป็นชิ้นขนาด 5.00 x 5.00 เซนติเมตร บันทึกน้ำหนักชิ้นส่วนที่ได้วัดขนาดชิ้นส่วนเพื่อนำมาคำนวณหาปริมาตรของชิ้นส่วนกระถาง และคำนวณหาความหนาแน่นรวมของชิ้นส่วนกระถาง จากสูตรที่ 1

$$\text{ความหนาแน่นรวม } (\rho_b) = \frac{\text{น้ำหนักชิ้นส่วนกระถาง}}{\text{ปริมาตรชิ้นส่วนกระถาง}} \qquad (1)$$

2) การหาความหนาแน่นของวัสดุ ชั่งขวดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร ที่แห้งและสะอาด บันทึกผล (m_1) นำชิ้นตัวอย่างของกระถางต้นไม้ข้างต้นมาบดให้ละเอียดแล้วบรรจุลงในขวดปรับปริมาตร ชั่งน้ำหนักปริมาตรอีกครั้ง บันทึกผล (m_2) เติมน้ำกลั่น 60 มิลลิลิตร ลงในขวดปรับปริมาตร เขย่าให้เข้ากัน นำขวดปรับปริมาตรไปอุ่นในอ่างควบคุมอุณหภูมิพร้อมกับที่ใช้ที่จับหลอดทดลองจับที่คอขวดปรับปริมาตร เพื่อเขย่าในขณะที่ขวดอุ่น เมื่อไอปรากฏให้อุ่นต่อไปอีก 2-3 วินาที หลังจากนั้นนำขวดปรับปริมาตรไปตั้งไว้ที่อ่างน้ำคว่ำบีกเกอร์ ขนาด 50 มิลลิลิตร ลงที่ปากขวดปรับปริมาตรแล้วปล่อยน้ำเย็นให้ไหลเบา ๆ ลงที่ก้นบีกเกอร์จนกระทั่งขวดปรับปริมาตรเย็นลง เติมน้ำลงในขวดปรับปริมาตรจนถึงขีดชอกความจุใช้ผ้าเช็ดขวดปรับปริมาตรให้แห้งแล้วนำไปชั่งอีกครั้ง บันทึกผล (m_3) (สุชาดา, 2539) เทวัสดุในขวดทิ้งทั้งหมด ล้างขวดให้สะอาดแล้วนำไปคว่ำให้แห้งเติมน้ำกลั่นจากบิวเรตลงในขวดปรับปริมาตร ปริมาตรนี้คือความจุของขวดปรับปริมาตร (V_F)

หาน้ำหนักของวัสดุ (m_s) จากสูตรการที่ 2

$$m_s = m_2 - m_3 \qquad (2)$$

หาปริมาตรของวัสดุ (V_s) จากสูตรการที่ 3 และ 4

$$V_w = (m_3 - m_2) / (\rho_{\text{อุณหภูมิน้ำที่ทำการทดลอง}}) \qquad (3)$$

$$V_s = V_F - V_W \quad (4)$$

โดยที่ V_s = ปริมาตรของวัสดุ (ลูกบาศก์เซนติเมตร)

V_W = ปริมาตรน้ำที่ถูกแทนที่ด้วยวัสดุ (ลูกบาศก์เซนติเมตร)

จากนั้นสามารถคำนวณค่าความหนาแน่นของวัสดุได้ จากสูตรที่ 5

$$\rho_s = (m_s) / (V_s) \quad (5)$$

เมื่อ ρ_s = ความหนาแน่นของวัสดุ (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)

m_s = มวลของวัสดุ (กรัม)

V_s = ปริมาตรของวัสดุ (ลูกบาศก์เซนติเมตร)

3) การคำนวณหาความพรุน จากสูตรที่ 6

$$\varepsilon = [\, 1 - (\rho_b / \rho_s) \times 100 \,] \quad (6)$$

เมื่อ ε = ความพรุน

ρ_s = ความหนาแน่นของวัสดุ (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)

ρ_b = ความหนาแน่นรวมของกระถางต้นไม้ (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)

2.6.5 การทดสอบการเปลี่ยนแปลงของการเสื่อมทางชีวภาพกระถางต้นไม้ ทำการทดลองปลูกต้นดาวเรืองกับกระถางต้นไม้ที่สามารถขึ้นรูปเพื่อสังเกตลักษณะความเปลี่ยนแปลงของการเสื่อมทางชีวภาพ โดยทำการรดน้ำวันละ 1 ครั้ง ครั้งละ 500 มิลลิลิตรต่อหนึ่งชุดการทดลองเพื่อเปรียบเทียบการเสื่อมทางชีวภาพ

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับการศึกษาการผลิตกระถางต้นไม้จากกากตะกอนน้ำมันปาล์มร่วมกับก้อนเชื้อเห็ดเก่า โดยทำการวิเคราะห์ข้อมูลค่าความเป็นกรดด่าง ค่าการนำไฟฟ้า ค่าความชื้น ปริมาณอินทรียวัตถุ การดูดซับน้ำของกระถาง การพองตัวของกระถางต้นไม้ การวัดความพรุนของกระถางต้นไม้ และการทดสอบเปลี่ยนแปลงของการเสื่อมทางชีวภาพของกระถางต้นไม้ โดยใช้วิธีการวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลแต่ละชุดการทดลองเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของข้อมูลแต่ละชุดการทดลอง โดยใช้โปรแกรมทางสถิติ SPSS เพื่อหาค่าความแตกต่างของข้อมูล

บทที่ 3
ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

การผลิตกระถางต้นไม้จากกากตะกอนน้ำมันปาล์มร่วมกับก้อนเชื้อเห็ดเก่า โดยศึกษาหาอัตราส่วนที่เหมาะสมและคุณสมบัติของกระถางต้นไม้ ซึ่งทำการศึกษาทั้งหมด 6 ชุดการทดลอง ใช้วัสดุประสาน 2 ประเภท คือ กาวแป้งเปียก และ กากน้ำตาล ในอัตราส่วนผสมกากตะกอนน้ำมันปาล์ม : ก้อนเชื้อเห็ดเก่า เท่ากับ 5:0 4:1 3:2 2:3 1:4 และ 0:5 เพื่อศึกษาคุณสมบัติต่าง ๆ ดังนี้

1. คุณสมบัติของวัตถุดิบ ได้แก่ ค่าความเป็นกรดด่าง ค่าการนำไฟฟ้า ค่าความชื้น และค่าปริมาณอินทรียวัตถุ

2. คุณสมบัติกระถางต้นไม้ ได้แก่ องค์ประกอบทางกายภาพ การดูดซับน้ำ การพองตัวเมื่อแช่น้ำ ความพรุน และการเสื่อมทางชีวภาพของกระถางต้นไม้

ผลการศึกษาแสดงต่อไปนี้

1. คุณสมบัติของวัตถุดิบ

จากการศึกษาคุณสมบัติของวัตถุดิบก่อนการขึ้นรูปกระถางต้นไม้ โดยทำการวิเคราะห์คุณสมบัติ ได้แก่ ค่าความเป็นกรดด่าง ค่าการนำไฟฟ้า ค่าความชื้น และค่าปริมาณอินทรียวัตถุ พบว่ากากตะกอนน้ำมันปาล์มน้ำมัน มีค่าความเป็นกรดด่าง (pH) 5.93±0.01 ค่าการนำไฟฟ้า 2.90±0.41 ไมโครซีเมนต่อเซนติเมตร ค่าความชื้นเท่ากับ 0.35±0.25 เปอร์เซ็นต์ และ ค่าปริมาณอินทรียวัตถุ 74.43±11.27 เปอร์เซ็นต์ สำหรับก้อนชื้อเห็ดเก่า มีความเป็นกรดด่าง (pH) 9.47±0.02 ค่าการนำไฟฟ้า 1.36±0.01 ไมโครซีเมนต่อเซนติเมตร ค่าความชื้น 1.15±0.71 เปอร์เซ็นต์ และค่าปริมาณอินทรียวัตถุ 0.93±0.01 เปอร์เซ็นต์ รายละเอียดดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 คุณสมบัติของวัตถุดิบ

วัตถุดิบ	ค่าเฉลี่ยคุณสมบัติของวัตถุดิบ			
	ค่าความเป็นกรดด่าง (pH)	ค่าการนำไฟฟ้า (ไมโครซีเมนต่อเซนติเมตร)	ค่าความชื้น (เปอร์เซ็นต์)	ค่าปริมาณอินทรียวัตถุ (เปอร์เซ็นต์)
กากตะกอนปาล์มน้ำมัน	5.93 ± 0.01	2.90 ± 0.41	0.35 ± 0.25	74.43 ± 11.27
ก้อนเชื้อเห็ดเก่า	9.47 ± 0.02	1.36 ± 0.01	1.15 ± 0.71	0.93 ± 0.01

จากตารางที่ 9 พบว่ากากตะกอนน้ำมันปาล์มและก้อนเชื้อเห็ดเก่าวัสดุเหลือทิ้งจากการเพาะเห็ด มีค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ค่าการนำไฟฟ้า ค่าความชื้น และค่าอินทรียวัตถุที่เหมาะสมสำหรับการปลูกพืชได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของสุชาดา (2539) พบว่าขี้เลื่อยที่ผ่านการเพาะเห็ดมีสมบัติทางกายภาพและทางเคมีเหมาะสมในการใช้เป็นวัสดุปลูกไม่แตกต่างจากวัสดุปลูกผสมมากนัก ซึ่งมีค่าความเป็นกรดด่าง (pH) 8.89 และค่าการนำไฟฟ้า 9.40 ไมโครซีเมนต่อเซนติเมตร พรฤดี และคณะ (2552) สำหรับกากตะกอนน้ำมันปาล์มมีค่าปริมาณความชื้น ไขมัน อินทรียวัตถุ อัตราส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจน ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ค่าการนำไฟฟ้า รวมถึงปริมาณธาตุอาหารที่จำเป็นต่อพืช เช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม เป็นต้น พบว่ากากตะกอนน้ำมันปาล์มมีปริมาณธาตุอาหารที่จำเป็นต่อพืชที่เหมาะสม แสดงให้เห็นว่ากากตะกอนน้ำมันปาล์มและก้อนเชื้อเห็ดเก่าวัสดุเหลือทิ้งจากการเพาะเห็ดมีศักยภาพ สำหรับใช้เป็นวัตถุดิบผลิตบรรจุภัณฑ์กระถางต้นไม้ และพืชสามารถเจริญเติบโตได้

2. อัตราส่วนที่เหมาะสมสำหรับการผลิตกระถางต้นไม้

จากการศึกษาการผลิตกระถางต้นไม้จากกากตะกอนน้ำมันปาล์มร่วมกับก้อนเชื้อเห็ดเก่าสำหรับในการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตกระถางต้นไม้ ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ใช้วัสดุประสาน 2 ประเภท คือ กาวแป้งเปียก และ กากน้ำตาล ที่อัตราส่วนผสมกากตะกอนปาล์มน้ำมัน : ก้อนเชื้อเห็ดเก่า เท่ากับ 5:0 4:1 3:2 2:3 1:4 และ 0:5 ตามลำดับ ในการอัดขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดไฮโดรลิคแรงอัดช่วง 100-150 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร กระถางต้นไม้มีเส้นผ่าศูนย์กลางของปากกระถาง ก้นกระถาง และความสูง เท่ากับ 10 12 และ 10 เซนติเมตร ตามลำดับ ผลการขึ้นรูปของกระถางต้นไม้จากกากตะกอนน้ำมันปาล์มร่วมกับก้อนเชื้อเห็ดเก่า พบว่าอัตราส่วนผสมที่ใช้กาวแป้งเปียกเป็นวัสดุประสานสามารถขึ้นรูปได้ทุกชุดการทดลอง สำหรับชุดการทดลองที่ใช้วัสดุประสานกากน้ำตาลสามารถขึ้นรูปได้เฉพาะชุดการทดลองที่ 1 รายละเอียดดังตารางที่ 10 และตารางที่ 11

ตารางที่ 10 อัตราส่วนผสมการผลิตกระถางต้นไม้จากกากตะกอนน้ำมันปาล์มร่วมกับก้อนเชื้อเห็ดเก่าที่ใช้กาวแป้งเปียกเป็นวัสดุประสาน

ชุดการทดลอง	อัตราส่วนผสม	การขึ้นรูป		ลักษณะการขึ้นรูป		
	กากตะกอนปาล์มน้ำมัน : ก้อนเชื้อเห็ดเก่า	ได้	ไม่ได้	จำนวนซ้ำ		
				1	2	3
1	5:0	√				
2	4:1	√				
3	3:2	√				

ตารางที่ 10 (ต่อ)

ชุดการทดลอง	อัตราส่วนผสม	การขึ้นรูป		ลักษณะการขึ้นรูป		
	กากตะกอนปาล์มน้ำมัน : ก้อนเชื้อเห็ดเก่า	ได้	ไม่ได้	จำนวนซ้ำ		
				1	2	3
4	2:3	√				
5	1:5	√				
6	0:5	√				

ตารางที่ 11 อัตราส่วนผสมการผลิตกระถางต้นไม้จากกากตะกอนน้ำมันปาล์มร่วมกับก้อนเชื้อเห็ดเก่าที่ใช้กากน้ำตาลเป็นวัสดุประสาน

ชุดการทดลอง	อัตราส่วนผสม	การขึ้นรูป		ลักษณะการขึ้นรูป		
	กากตะกอนปาล์มน้ำมัน : ก้อนเชื้อเห็ดเก่า	ได้	ไม่ได้	จำนวนซ้ำ		
				1	2	3
1	5:0	√				

หมายเหตุ: กากน้ำตาลเป็นวัสดุประสาน อัตราส่วนผสม 4:1 3:2 2:3 1:4 0:5 ไม่สามารถขึ้นรูปได้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

จากตารางที่ 10 และ ตารางที่ 11 พบว่าอัตราส่วนผสมที่ใช้กาวแป้งเปียกเป็นวัสดุประสาน สามารถขึ้นรูปได้ ขึ้นรูปได้เต็มใบทุกชุดการทดลอง ซึ่งชุดการทดลองที่สามารถขึ้นรูปได้ดีที่สุด และมีความแข็งแรง เรียบสวย คือ ชุดการทดลองที่ 5 สำหรับอัตราส่วนผสมที่ใช้กากน้ำตาลเป็นวัสดุประสานสามารถขึ้นรูปได้เฉพาะชุดการทดลองที่ 1 เนื่องมาจากชุดการทดลองนี้ใช้อัตราส่วนผสมของกากตะกอนน้ำมันปาล์มเพียงอย่างเดียวซึ่งกากตะกอนน้ำมันปาล์มมีเนื้อละเอียดและมีความเหนียว เมื่อนำไปผสมกับ วัสดุประสานกากน้ำตาลสามารถขึ้นรูปได้ สำหรับชุดการทดลองที่ 2 3 4 5 และ 6 ไม่สามารถขึ้นรูปได้ เนื่องจากกระถางที่อัดขึ้นรูปจะติดกับแท่งอัดกระถาง

3. คุณสมบัติของกระถางต้นไม้

3.1 ลักษณะทางกายภาพของกระถางต้นไม้

จากการศึกษาการผลิตกระถางต้นไม้จากกากตะกอนน้ำมันปาล์มร่วมกับก้อนเชื้อเห็ดเก่า โดยใช้วัสดุประสาน 2 ประเภท คือ กาวแป้งเปียก และ กากน้ำตาล ที่อัตราส่วนผสมกากตะกอนปาล์มน้ำมัน : ก้อนเชื้อเห็ดเก่า เท่ากับ 5:0 4:1 3:2 2:3 1:4 และ 0:5 ตามลำดับ พบว่า ชุดการทดลองที่ 1 มีน้ำหนักเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 479.33 ± 5.86 กรัม รองลงมาชุดการทดลองที่ 2 3 4 5 และ 6 เท่ากับ 472.33±1.02 443.00±2.00 437.00±2.00 409.67±7.64 และ 279.67 ± 4.51 กรัม ตามลำดับ สำหรับชุดการทดลองที่ใช้กาวแป้งเปียกเป็นวัสดุประสานสามารถขึ้นรูปได้ทุกชุดการทดลอง ทั้งนี้ลักษณะสีของกระถางต้นไม้จะขึ้นอยู่กับปริมาณกากตะกอนน้ำมันปาล์ม ถ้ามีปริมาณอัตราส่วนผสมของกากตะกอนปาล์มน้ำมันมากจะทำให้กระถางต้นไม้มีสีเข้ม ซึ่งพบว่าชุดการทดลองที่ 1 จะมีสีเข้มมากที่สุด และชุดการทดลองที่ใช้อัตราส่วนผสมของกากน้ำตาลเป็นวัสดุ ประสานกระถางต้นไม้มีน้ำหนักเฉลี่ย 545.67 ± 11.06 กรัม กระถางขึ้นรูปได้ดี มีสีดำเข้ม รายละเอียดดังตารางที่ 12 และตารางที่ 13

ตารางที่ 12 ลักษณะทางกายภาพของกระถางต้นไม้ที่ใช้กาวแป้งเปียกเป็นวัสดุประสาน

ชุด การทดลอง	อัตราส่วนผสม กากตะกอนน้ำมันปาล์ม: ก้อนเชื้อเห็ดเก่า			
	จำนวนซ้ำ	น้ำหนัก (กรัม)	ค่าเฉลี่ยน้ำหนัก (กรัม)	ลักษณะรูปร่างกระถาง
1	1	477	479.33 ± 5.86	- สามารถขึ้นรูปได้ดี
	2	486		- มีความทนทาน
	3	475		- ผิวเรียบเนียน สีดำ
2	1	465	472.33 ± 1.02	- สามารถขึ้นรูปได้
	2	467		- มีรอยร้าวด้านนอก ผิวขรุขระ
	3	485		- สีน้ำตาลผสมดำ
3	1	441	443.00 ± 2.00	- สามารถขึ้นรูปได้
	2	445		- มีรอยร้าวนอกกระถาง
	3	443		- ผิวขรุขระ สีน้ำตาลผสมดำ
4	1	435	437.00 ± 2.00	- สามารถขึ้นรูปได้ เกิดรอยร้าว
	2	439		- รอบกระถางเป็นส่วนน้อย
	3	437		- ผิวขรุขระ สีน้ำตาลผสมดำ
5	1	403	409.67 ± 7.64	- สามารถขึ้นรูปได้ เกิดรอยร้าว
	2	418		- บางส่วนตรงท้ายกระถาง
	3	408		- ผิวขรุขระ สีน้ำตาลผสมดำ
6	1	275	409.67 ± 7.64	- สามารถขึ้นรูปได้ เกิดรอยร้าว
	2	284		- เกิดการพองตัวและแตกตัว
	3	280		- ผิวขรุขระ สีน้ำตาลผสมดำ

ตารางที่ 13 ลักษณะทางกายภาพของกระถางต้นไม้ที่ใช้กากน้ำตาลเป็นวัสดุประสาน

ชุด การทดลอง	อัตราส่วนผสม			
	กากตะกอนน้ำมันปาล์ม : ก้อนเชื้อเห็ดเก่า			
	จำนวนซ้ำ	น้ำหนัก (กรัม)	ค่าเฉลี่ยน้ำหนัก (กรัม)	ลักษณะรูปร่างกระถาง
	1	547		- สามารถขึ้นรูปได้ดี
1	2	534	545.67 ± 11.06	- มีลักษณะเป็นเนื้อละเอียด
	3	556		- สีดา (ตั้งทิ้งไว้จะเกิดเชื้อรา)

หมายเหตุ: วัสดุประสานกากน้ำตาล อัตราส่วนผสม 4:1 3:2 2:3 1:4 และ 0:5 ไม่สามารถขึ้นรูปได้

จากตารางที่ 12 และ ตารางที่ 13 พบว่าทุกชุดการทดลองที่ใช้วัสดุประสานกาวแป้งเปียก เมื่อพิจารณาลักษณะทางกายภาพของกระถางต้นไม้ ได้แก่ ลักษณะการขึ้นรูป และลักษณะพื้นผิวมีลักษณะทางกายภาพที่เหมาะสมกับการผลิตกระถาง เนื่องจากมีการขึ้นรูปได้ดีที่สุดในลักษณะเต็มใบ ผิวภายนอกของกระถางเรียบสวย และมีความแข็งแรง ซึ่งน้ำหนักของกระถางจะขึ้นอยู่กับปริมาณปริมาณของก้อนเห็ดหลังเก็บผลผลิต ถ้าใส่ในอัตราส่วนผสมที่มากจะทำให้น้ำหนักกระถางลดลง เนื่องมาจากกระถางต้นไม้มีอัตราส่วนผสมก้อนเชื้อเห็ดเก่าอาจจะส่งผลต่อลักษณะความพรุนในโครงสร้างสูงภายในทำให้มีโอกาสการเสียรูปได้ง่ายกว่ากระถางที่มีส่วนผสมของกากตะกอนน้ำมันปาลม และชุดการทดลองที่มีอัตราส่วนผสมของกากตะกอนน้ำมันปาล์มเพียงอย่างเดียว มีน้ำหนักของกระถางต้นไม้มากที่สุด เนื่องมาจากกากตะกอนน้ำมันปาล์มทำให้เกิดการยึดเกาะ และช่วยเพิ่มความสามารถในการยึดเกาะกันแน่นของกาวแป้งเปียกจะมีลักษณะเหนียวข้น ทำให้ลักษณะความพรุนในกระถางต้นไม้ต่ำ ดังนั้นการเสียรูปจึงขึ้นรูปได้ยาก สำหรับชุดการทดลองที่ใช้กากน้ำตาลเป็นวัสดุประสาน ทำให้น้ำหนักมากกว่าที่ใช้กาวแป้งเปียกเป็นวัสดุประสาน เนื่องมาจากกากน้ำตาลมีคุณสมบัติเป็นของเหลวและข้น จึงนำมาผสมกับกากตะกอนน้ำมันปาล์มที่มีลักษณะแน่นและเหนียว ทำให้สามารถขึ้นรูปได้ ผิวเรียบเนียน ซึ่งไม่สอดคล้องกับการศึกษาของพรฤดี (2552) ได้กล่าวว่า จากการทดสอบความต้านทานแรงกดของ บรรจุภัณฑ์กระถางที่มีส่วนผสมของกากตะกอนน้ำมันปาล์มเพียงอย่างเดียวอาจจะมีลักษณะความพรุนในโครงสร้างสูง เมื่อพิจารณาลักษณะทางกายภาพของกระถางต้นไม้ที่สามารถขึ้นรูปได้ข้างต้น โดยเลือกชุดการทดลองที่ 5 ซึ่งเป็นกระถางต้นไม้ที่ขึ้นรูปได้ดีที่สุด แข็งแรง คงทน

3.2 การดูดซับน้ำของกระถางต้นไม้

จากการศึกษาการดูดซับน้ำของกระถางต้นไม้ เป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง พบว่าชุดการทดลองที่ใช้กาวแป้งเปียกเป็นวัสดุประสาน อัตราส่วนผสมกากตะกอนน้ำมันปาล์ม : ก้อนเชื้อเห็ดเก่าที่ชุดการทดลองที่ 6 มีค่าการดูดซับน้ำมากที่สุด 94.59±17.17 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาชุดการทดลองที่ 5 4 3 2 และ 1 ตามลำดับ เท่ากับ 91.18 ± 5.33 88.67±3.73 83.71±4.02 77.80±4.05 และ 72.62±6.41 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และชุดการทดลองที่ใช้กากน้ำตาลเป็นวัสดุประสาน ชุดการทดลองที่ 1 อัตราส่วนผสม 5:0 ค่าการดูดซับน้ำน้อยที่สุด เท่ากับ 59.99±7.73 แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 14

ตารางที่ 14 ค่าการดูดซับน้ำของกระถางต้นไม้

ชุดการทดลอง	อัตราส่วน กากตะกอนน้ำมัน ปาล์ม : ก้อนเชื้อเห็ดเก่า	ค่าการดูดซับน้ำของกระถางต้นไม้ วัสดุประสาน	
		กาวแป้งเปียก** (เปอร์เซ็นต์)	กากน้ำตาล (เปอร์เซ็นต์)
1	5 : 0	72.62 ± 6.41	59.99 ± 7.73
2	4 : 1	77.80 ± 4.05	ไม่สามารถขึ้นรูปได้
3	3 : 2	83.71 ± 4.02	ไม่สามารถขึ้นรูปได้
4	2 : 3	88.67 ± 3.73	ไม่สามารถขึ้นรูปได้
5	1 : 4	91.18 ± 5.33	ไม่สามารถขึ้นรูปได้
6	0 : 5	94.59 ± 17.17	ไม่สามารถขึ้นรูปได้

หมายเหตุ: ** ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากตารางที่ 14 การดูดซับน้ำของกระถางต้นไม้จากกากตะกอนน้ำมันปาล์มร่วมกับก้อนเชื้อเห็ดเก่า ที่ใช้กาวแป้งเปียกเป็นวัสดุประสาน พบว่า ทุกชุดการทดลองมีแนวโน้มมีค่าการดูดซับน้ำเพิ่มมากขึ้นตามปริมาณอัตราส่วนผสมก้อนเชื้อเห็ดเก่า เนื่องจากก้อนเชื้อเห็ดเก่าจะช่วยในการดูดซับน้ำ ทำให้กระถางมีค่าการดูดซับน้ำสูงตามปริมาณการเพิ่มขึ้นของก้อนเชื้อเห็ดเก่า ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของพรฤดี (2552) พบว่าสูตรที่ไม่มีส่วนผสมของกากตะกอนเยื่อกระดาษจากบ่อบำบัดน้ำเสียมีค่าความต้านทานการดูดซึมน้ำสูงกว่าสูตรที่มีส่วนผสมของกากตะกอนเยื่อกระดาษจากบ่อบำบัดน้ำเสียร่วมด้วย แต่อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาชุดการทดลองที่ 6 มีค่าดูดซับน้ำมากที่สุด เนื่องมาจากการใช้อัตราส่วนผสมของก้อนเชื้อเห็ดเก่าและปริมาณกาวแป้งเปียกที่ใช้ ทำให้เกิดช่องว่างของชิ้นส่วนที่นำมาทดสอบไม่สามารถอัดขึ้นรูปได้แน่นจึงทำให้มีค่าการดูดซับน้ำของกระถางต้นไม้มากที่สุด เมื่อพิจารณา

ชุดการทดลองที่ใช้กากน้ำตาลเป็นวัสดุประสาน มีค่าการดูดซับน้ำน้อยที่สุด เนื่องจากกากน้ำตาลเมื่อนำผสมกับกากตะกอนน้ำมันปาล์มจะเป็นเนื้อเดียวกัน แต่จะไม่จับตัวกันแน่น ซึ่งส่งผลต่อลักษณะโครงสร้างของกระถางให้แน่น ทำให้มีความสามารถในการดูดซับน้ำได้น้อยลง

3.3 การพองตัวของกระถางต้นไม้

จากการศึกษาการพองตัวของกระถางต้นไม้ เป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง พบว่า ชุดการทดลองที่ใช้กาวแป้งเปียกเป็นวัสดุประสาน อัตราส่วนผสมกากตะกอนน้ำมันปาล์ม : ก้อนเชื้อเห็ดเก่า พบว่า ชุดการทดลองที่ 6 มีค่าการพองตัวมากที่สุด 95.32±3.54 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาชุดการทดลองที่ 5 4 3 2 และ 1 ตามลำดับ อัตราส่วนผสม 1:4 2:3 3:2 4:1 และ 5:0 ตามลำดับ เท่ากับ 91.67±1.11 89.62±1.19 81.00±2.73 79.92±3.04 และ 66.33±234 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สำหรับชุดการทดลองที่ใช้กากน้ำตาลเป็นวัสดุประสานที่อัตราส่วนผสมกากตะกอนน้ำมันปาล์ม : ก้อนเชื้อเห็ดเก่า เท่ากับ 5:0 มีค่าการพองตัวน้อยที่สุด เท่ากับ 61.03±3.10 แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 15

ตารางที่ 15 การพองตัวของกระถางต้นไม้

ชุดการทดลอง	อัตราส่วนกากตะกอนน้ำมันปาล์ม : ก้อนเชื้อเห็ดเก่า	ค่าการพองตัวของกระถางต้นไม้ วัสดุประสาน	
		กาวแป้งเปียก** (เปอร์เซ็นต์)	กากน้ำตาล (เปอร์เซ็นต์)
1	5 : 0	66.33 ± 2.34	61.03 ± 3.10
2	4 : 1	79.92 ± 3.04	ไม่สามารถขึ้นรูปได้
3	3 : 2	81.00 ± 2.73	ไม่สามารถขึ้นรูปได้
4	2 : 3	89.62 ± 1.19	ไม่สามารถขึ้นรูปได้
5	1 : 4	91.67 ± 1.11	ไม่สามารถขึ้นรูปได้
6	0 : 5	95.32 ± 3.54	ไม่สามารถขึ้นรูปได้

หมายเหตุ: ** ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากตารางที่ 15 การพองตัวของกระถางต้นไม้จากกากตะกอนน้ำมันปาล์มและก้อนเชื้อเห็ดเก่าที่ใช้กาวแป้งเปียกเป็นวัสดุประสาน มีค่าการพองตัวเพิ่มมากขึ้นตามปริมาณใช้อัตราส่วนผสมก้อนเชื้อเห็ดเก่า เนื่องมาจากก้อนเชื้อเห็ดเก่ามีค่าการพองตัวเพิ่มมากขึ้น ตามอัตราส่วนผสมของก้อนเชื้อเห็ดเก่า เนื่องมาจากการใช้อัตราส่วนผสมของก้อนเชื้อเห็ดเก่าทำให้เกิดช่องว่าง ทำให้ไม่สามารถ

อัดขึ้นรูปได้แน่น จึงทำให้มีค่าการพองตัวของกระถางต้นไม้มากที่สุด สำหรับที่ใช้กากน้ำตาลเป็นวัสดุประสาน มีค่าการดูดซับน้ำน้อย เนื่องจากกากน้ำตาลเป็นวัสดุประสานมีลักษณะเป็นของเหลวข้นเหนียว เมื่อนำมาผสมกับกากตะกอนน้ำมันปาล์มจะเป็นเนื้อเดียวกัน อาจจะส่งผลต่อลักษณะโครงสร้างของกระถางให้แน่น ทำให้มีความสามารถในการดูดซับน้ำได้น้อยลง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของนันทยา (2559) ได้ทำการศึกษากระถางเพาะชำจากกากกาแฟผสมกับปูนขาวจากเปลือกหอย พบว่าการพองตัวของกระถางต้นไม้จากกากกาแฟ : ปูนขาว : กาวแป้งเปียก ที่อัตราส่วนผสม 8 : 2 : 3 มีค่าการพองตัวมาก เนื่องมาจากปริมาณกากกาแฟมาก

3.4 ค่าความพรุนของกระถางต้นไม้

จากการศึกษาค่าความพรุนของกระถางต้นไม้ พบว่าชุดการทดลองที่ใช้กาวแป้งเปียกเป็นวัสดุประสาน อัตราส่วนผสมกากตะกอนน้ำมันปาล์ม : ก้อนเชื้อเห็ดเก่า พบว่า ชุดการทดลองที่ 6 มีค่าความพรุนมากที่สุด เท่ากับ 85.33±3.51 เปอร์เซ็นต์ รองลงมา ชุดการทดลองที่ 5 4 3 2 และ 1 ตามลำดับ มีค่าเท่ากับ 79.00±4.00 71.00±1.73 70.00±0.00 67.67±4.16 และ 68.00±1.73 ตามลำดับ สำหรับชุดการทดลองที่ใช้กากน้ำตาลเป็นวัสดุประสานที่อัตราส่วนผสมกากตะกอนน้ำมันปาล์ม : ก้อนเชื้อเห็ดเก่า เท่ากับ 5:0 มีค่าความพรุน 65.33±2.52 แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 16

ตารางที่ 16 ค่าความพรุนของกระถางต้นไม้

ชุดการทดลอง	อัตราส่วน กากตะกอนน้ำมันปาล์ม: ก้อนเชื้อเห็ดเก่า	ค่าเฉลี่ยความพรุนของกระถางต้นไม้ วัสดุประสาน	
		กาวแป้งเปียก** (เปอร์เซ็นต์)	กากน้ำตาล (เปอร์เซ็นต์)
1	5 : 0	67.67±4.16	65.33±2.52
2	4 : 1	68.00±1.73	ไม่สามารถขึ้นรูปได้
3	3 : 2	70.00±0.00	ไม่สามารถขึ้นรูปได้
4	2 : 3	71.00±1.73	ไม่สามารถขึ้นรูปได้
5	1 : 4	79.00±4.00	ไม่สามารถขึ้นรูปได้
6	0 : 5	85.33±3.51	ไม่สามารถขึ้นรูปได้

หมายเหตุ: ** ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากตารางที่ 16 ค่าความพรุนของกระถางต้นไม้จากกากตะกอนน้ำมันปาล์มร่วมกับก้อนเชื้อเห็ดเก่า พบว่าทุกชุดการทดลองมีแนวโน้มมีค่าความพรุนของกระถางมากขึ้นจากอัตราส่วนผสมของก้อนเชื้อเห็ดเก่า เนื่องปริมาณอัตราส่วนผสมก้อนเชื้อเห็ดเก่าทำให้เกิดช่องว่างเกิดขึ้นเมื่อนำไปอัดขึ้นรูปได้ไม่แน่น ซึ่งทำให้มีความพรุนมาก จะเห็นได้ว่าชุดการทดลองใช้ชุดการทดลองที่ 1 ที่ใช้กาวแป้งเปียกและกากน้ำตาลที่เป็นวัสดุประสานมีค่าการพองตัวน้อยที่สุด เนื่องมาจากในชุดการทดลองมีการใช้กากตะกอนน้ำมันปาล์มเพียงอย่างเดียว เมื่อนำไปอัดขึ้นรูปจะอัดกันแน่นเป็นเนื้อเดียวกัน มีช่องว่างน้อย ทำให้มีค่าความพรุนน้อยตามไปด้วย

3.5 การเสื่อมสภาพของกระถางต้นไม้

จากการศึกษาการเสื่อมสภาพของกระถางต้นไม้ โดยทำการทดสอบการเสื่อมสภาพของกระถางต้นไม้จากกากตะกอนน้ำมันปาล์มร่วมกับก้อนเชื้อเห็ดเก่าได้ทำการปลูกดาวเรืองแล้วรดน้ำในแต่ละวัน ในปริมาณ 150 มิลลิลิตรต่อใบ พบว่าการเสื่อมสภาพของกระถางต้นไม้ จากการเก็บข้อมูลระยะเวลา 0-30 วัน กระถางต้นไม้ทุกชุดการทดลองมีแนวโน้มการเสื่อมสภาพตามระยะเวลา แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 17

ตารางที่ 17 การเสื่อมสภาพของกระถางต้นไม้ที่ใช้กาวแป้งเปียกเป็นวัสดุประสาน

ชุดการทดลอง	ระยะเวลาการเสื่อมของกระถางต้นไม้			
	วันที่ 0	วันที่ 10	วันที่ 20	วันที่ 30
1				
2				
3				

ตารางที่ 17 (ต่อ)

ชุดการทดลอง	ระยะเวลาการเสื่อมของกระถางต้นไม้			
	วันที่ 0	วันที่ 10	วันที่ 20	วันที่ 30
4				
5				
6				

ตารางที่ 18 การเสื่อมสภาพของกระถางต้นไม้ที่ใช้กากน้ำตาลเป็นวัสดุประสาน

ชุดการทดลอง	ระยะเวลาการเสื่อมของกระถางต้นไม้			
	วันที่ 0	วันที่ 10	วันที่ 20	วันที่ 30
1				

หมายเหตุ: อัตราส่วนผสมที่ใช้กากน้ำตาลเป็นวัสดุประสานที่มีอัตราส่วน ดังนี้ 4:1:1.2 3:2:1.20 2:3:1.43 1:4:0.46 และ 0:5:1.60 ไม่สามารถขึ้นรูปได้

จากตารางที่ 17 และ ตารางที่ 18 การเสื่อมสภาพของกระถางต้นไม้ พบว่าทุกชุดการทดลองมีแนวโน้มการเสื่อมสภาพตามระยะเวลา เมื่อพิจารณาลักษณะการเสื่อมสภาพของกระถางต้นไม้ ซึ่งวันแรกได้มีการปลูกดาวเรืองโดยกระถางต้นไม้ไม่มีการเปลี่ยนแปลงสภาพใด ๆ พบว่ากระถางต้นไม้ไม่มีการเปลี่ยนแปลงในช่วงวันแรกทุกชุดการทดลอง เมื่อผ่านเวลา 10 วัน ชุดการทดลองที่ 1 2 3 4 และ 5 มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลง มีการแตกตัว และพองตัวมากขึ้นเกิดขึ้น และชุดการทดลองที่ 6 มีการพองตัวมีการแตกสลายตัวของก้อนเชื้อเห็ดเก่า เมื่อวันที่ 20 การเสื่อมสภาพของกระถางต้นไม้ในชุดการทดลองที่ 2 3 4 และ 5 กระถางมีการแตกตัวเกิดขึ้นแต่ยังคงสภาพกระถาง และวันที่ 30 การเสื่อมสภาพของกระถางต้นไม้ในชุดการทดลอง 4 และ 5 กระถางมีการแตกตัวแต่ยังคงสภาพกระถาง และชุดการทดลองที่ 1 2 และ 3 กระถางต้นไม้มีการเสื่อมสภาพตัวกระถางมีการพองตัว และแตกเป็นชิ้น สำหรับชุดการทดลองที่ 1 ที่ใช้กากน้ำตาลเป็นวัสดุประสานจะมีการเสื่อมสภาพของกระถางต้นไม้ตามระยะเวลาการย่อยสลายของกระถางต้นไม้จากกากตะกอนน้ำมันปาล์มและก้อนเชื้อเห็ดเก่าเพิ่มมากขึ้นตามระยะเวลาในการย่อยสลายทุกชุดการทดลองโดยมีแนวโน้มเป็นทิศทางเดียวกัน อย่างไรก็ตามพบว่าชุดการทดลองที่ 5 มีการเสื่อมสภาพช้าที่สุด เนื่องจากกระถางต้นไม้มีความแข็งแรง คงทน และชุดการทดลองที่ 6 มีการเสื่อมสภาพของกระถางต้นไม้เร็วที่สุด ซึ่งมีค่าการดูดซับ ค่าการพองตัว และค่าความพรุนมาก จึงทำให้กระถางมีความเสื่อมสภาพได้เร็วกว่าชุดการทดลองอื่น ๆ เนื่องมาจากก้อนเชื้อเห็ดเก่าทำให้เกิดช่องว่างของกระถางต้นไม้จึงทำให้การดูดซับน้ำในแต่ละวันได้ดีต่อการเสื่อมสภาพได้ง่ายสอดคล้องกับงานวิจัยของพรฤดี (2552) การพัฒนาบรรจุภัณฑ์กระถางจากกากตะกอนน้ำมันปาล์ม และกากตะกอนเยื่อกระดาษจากบ่อบำบัดน้ำเสียสำหรับกล้าไม้การเสื่อมสภาพกระถางจะเพิ่มมากขึ้น เมื่อระยะเวลาการย่อยสลายนานขึ้น

บทที่ 4
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การผลิตกระถางต้นไม้จากกากตะกอนน้ำมันปาล์มร่วมกับก้อนเชื้อเห็ดเก่าโดยใช้วัสดุประสาน 2 ประเภท คือ กาวแป้งเปียก และ กากน้ำตาล ทั้งหมด 6 ชุดการทดลอง ที่อัตราส่วนผสมกากตะกอนน้ำมันปาล์ม : ก้อนเชื้อเห็ดเก่า เท่ากับ 5:0 4:1 3:2 2:3 1:4 และ 0:5 โดยศึกษาคุณสมบัติของวัตถุดิบ และศึกษาการขึ้นรูปของกระถางต้นไม้ ศึกษาองค์ประกอบทางกายภาพ การดูดซับน้ำ การพองตัว ความพรุน และการเสื่อมสภาพของกระถางต้นไม้ สรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

1. คุณสมบัติของวัตถุดิบก่อนขึ้นรูปกระถางต้นไม้

จากการศึกษาคุณสมบัติของวัตถุดิบก่อนขึ้นรูปกระถางต้นไม้วัตถุดิบที่ทำการศึกษา คือ กากตะกอนน้ำมันปาล์ม และ ก้อนเชื้อเห็ดเก่า พบว่าวัตถุดิบที่ผ่านการหาความชื้นของวัตถุดิบก่อนการขึ้นรูปเพื่อทำให้วัตถุดิบมีความชื้นน้อยลง มีความเป็นไปได้และเหมาะสมที่จะสามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตกระถางต้นไม้ได้

2. ศึกษาการขึ้นรูปของกระถางต้นไม้

จากการศึกษาการผลิตกระถางต้นไม้ พบว่า สามารถอัดขึ้นรูปได้ของกาวแป้งเปียกเป็นวัสดุประสาน แต่กากน้ำตาลที่เป็นวัสดุประสาน สามารถอัดขึ้นรูปได้ชุดการทดลองที่ 1 และชุดที่ไม่สามารถขึ้นรูปได้ ชุดการทดลองที่ 2 3 4 5 และ 7 เนื่องมาจากวัตถุดิบที่ใช้อัตราส่วนผสมมีคุณสมบัติการไม่จับตัวกันของกากน้ำตาล เพราะก้อนเชื้อเห็ดเก่าเกิดช่องว่างระหว่างการอัดจึงทำให้กระถางไม่สามารถขึ้นรูปได้

3. ศึกษาองค์ประกอบทางกายภาพ

จากการศึกษาองค์ประกอบทางกายภาพ พบว่า อัตราส่วนที่เหมาะสมต่อการขึ้นรูปที่ดีที่สุด ได้แก่ ชุดการทดลองที่ 5 ที่มีอัตราส่วนผสมกากตะกอนน้ำมันปาล์ม : ก้อนเชื้อเห็ดเก่า ในอัตราส่วนผสม 1:4 โดยมีค่าการดูดซับน้ำ 91.18 ± 5.33 เปอร์เซ็นต์ ค่าการพองตัว 91.67 ± 19.11 เปอร์เซ็นต์ ค่าความพรุน 79.00±4.00 เปอร์เซ็นต์ และการเสื่อมสภาพของกระถางต้นไม้ได้ช้าที่สุด

ดังนั้นการผลิตกระถางต้นไม้จากกากตะกอนน้ำมันปาล์มร่วมกับก้อนเชื้อเห็ดเก่า เป็นการส่งเสริมในการนำวัสดุเศษเหลือจากโรงงานอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมันและวัสดุเศษเหลือจากการเพาะเห็ดในการนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร เป็นผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ทดแทนการใช้บรรจุภัณฑ์ประเภทพลาสติกได้ ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

ข้อเสนอแนะ

1. ควรเพิ่มความหนาของกระถางต้นไม้ และการปรับเปลี่ยนสารเติมแต่งให้เหมาะสม จึงเป็นแนวทางหนึ่งในการเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้งานของกระถางต้นไม้

2. ควรเพิ่มการวิเคราะห์ธาตุอาหารของกระถางต้นไม้จากกากตะกอนน้ำมันปาล์มและก้อนเชื้อเห็ดเก่า

3. กระถางต้นไม้ที่มีอัตราส่วนผสมของกากตะกอนน้ำมันปาล์มมีความแข็งแรง สามารถขึ้นรูปได้ดี จึงเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่จะไปประยุกต์ใช้กับงานชนิดอื่น เช่น กระถางเพาะชำ กระถางปลูกดอกไม้ เป็นต้น

บรรณานุกรม

กรมวิชาการเกษตร. 2555. **ถุงก้อนเชื้อเห็ดเก่ามีประโยชน์หรือมีโทษ.** ข่าวเกษตรอุดรธานี. แหล่งที่มา: http://www.wangsammo.udonthani.doae.go.th/km%2001%2055.pdf, 3 มิถุนายน 2560.

จันทร์จีรา อภิรักษ์เมธาวงศ์. 2558. การศึกษากรรมวิธีการขึ้นรูปแบบเย็นของวัสดุรีไซเคิลจากเศษเมลามีน. รายงานวิจัย, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

จินดา สนิทวงศ์ณอยุธยา. 2543. การใช้กากเนื้อในเมล็ดปาลมเป็นอาหารเสริมสำหรับโครีดนม. รายงานวิจัย, กองอาหารสัตวกรมปศุสัตวกระทรวงเกษตรและสหกรณ, กรุงเทพฯ.

ไชยพจน์ สมภาร, พิภพ ทรายคำ และ สุวิชาดา คำบุญเรือน. ม.ป.ป. การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการอุ้มน้ำและการลักษณะการเปลี่ยนแปลงรูปทรงของกระถางที่ใช้วัสดุในการผลิตที่ต่างกัน. รายงานวิจัย, ศูนย์การศึกษานอกระบบและการศึกษาตามอัธยาศัย อำเภอเชียงม่วง.

ธีระพงศ์ จันทรนิยม. 2551. กระบวนการไร้ของเสียในอุตสาหกรรมการสกัดน้ำมันปาล์ม. **วารสารหาดใหญ่วิชาการ**. 6(2): 159-164.

นงลักษณ์ บรรยงวิจัย. 2547. การผลิตกระถางผักตบชวา. รายงานวิจัย, กรมวิทยาศาสตร์บริการ

นฤมล หวลระลึก. 2551. **การประดิษฐ์กระถางต้นไม้แก้มลิง.** ห้องสมุดสสวท. แหล่งที่มา: https://library.ipst.ac.th/handle/ipst/4470?show=full, 3 มิถุนายน 2560.

บริษัท ไทยชูการ์ มิลเลอร์ จำกัด. 2558. **ประโยชน์และส่วนประกอบของกากน้ำตาล.** กระบวนการผลิตน้ำตาลทราย. แหล่งที่มา: http://www.thaisugarmillers.com/tsmc-02-02.html, 5 มิถุนายน 2560.

บุญเทียม พันธุเพ็ง. 2523. **กากน้ำตาล ประโยชน์ และวิธีทำกากน้ำตาล.** เว็บเพื่อพืชเกษตรไทย. แหล่งที่มา: http://puechkaset.com/, 10 มิถุนายน 2560.

ปฐมา จาตกานนท์, กุลฤดี แสงสีทอง, รุ่งทิวา วันสุขสรร และ กล้าณรงค์ ศรีรอต. ม.ป.ป. สมบัติของฟิล์มจากแป้งมันสำปะหลังดัดแปรด้วยกรดในน้ำและเอทานอล. รายงานวิจัย, สถาบันค้นคว้าศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ.

ปทุมทิพย์ ต้นทับทิมทอง. 2550. **กระถางต้นไม้ชำร่วยจากวัสดุเหลือใช้ทางเกษตร.** คลินิกเทคโนโลยีที่พึงของประชาชน. แหล่งที่มา: http://www.clinictech.rmutk.ac.th, 23 มกราคม 2560.

พงศธร หนูเล็ก, จิราณุวัฒน์ แสงมุกด์ และ ชินพันธุ์ แซ่ซิ้ม. **กระถางต้นไม้จากขุยมะพร้าวไอเดียลดโลกร้อน** GreenMBlog. แหล่งที่มา : https://mgronline.com/smes/detail/9510000060064, 8 กรกฎาคม 2560

พรเทพ แก้วเชื้อ และ วรินทร์ เกียรตินุกูล. 2554. โครงการพัฒนาการพัฒนากระถางต้นไม้จากขี้เลื่อย. *ใน* **การประชุมวิชาการด้านการวิจัยดำเนินงานแห่งชาติ ประจำปี 2554**, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

พรฤดี สงวนสุข. 2552. การพัฒนาบรรจุภัณฑ์กระถางจากกากตะกอนน้ำมันปาล์มและกากตะกากเยื่อกระดาษจากบ่อบำบัดน้ำเสียสำหรับกล้าไม้. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ,มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พืชเกษตรดอทคอม. 2556. **ดาวเรืองฝรั่งเศส.** แหล่งที่มา: http:// www.puechkaset.com , 15 มิถุนายน 2560.

มติชนออนไลน์. 2558. **ก้อนเห็ดหลังการเก็บผลผลิต.** แหล่งที่มา: http://www. matichon.co.th /news_detail.php?newsid=1429772566, 8 กรกฎาคม 2560

มลสุดา ลิวไธสง. 2556. การผลิตภาชนะย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากกาบกล้วย. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

มาลินี ชัยศุภกิจสินธ์, ทิพย์รัตน์ พิฑูรทัศน์, พนิดา พุทธชาดสมบัติ และ รัชมาลิณี สุเริงฤทธิ์. 2553. สมบัติของแผ่นใยไม้อัดจากใยมะพร้าวกับโฟมพอลิสไตรีนผสมสารหน่วงไฟ. **วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา** 15 (2): 57-66.

มุกดา สุขสวัสดิ์. 2548. **ปุ๋ยอินทรีย์**. กรุงเทพฯ : อัมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง.

ยุพาวรรณ พลการ. 2558. คุณสมบัติกระถางต้นไม้จากวัสดุเหลือใช้ทางเกษตร. แหล่งที่มา: https://prezi.com/tucbnugh8djr/presentation/, 13 มิถุนายน 2560.

เลอพงศ์ จารุพันธ์ และ พรฤดี สงวนสุข. 2553. บรรจุภัณฑ์กระถางจากกากตะกอนน้ำมันปาล์มละกากตะกอนบ่อบำบัดน้ำเสีย. *ใน* นิทรรศการงานวิจัยบนเส้นทางงานวิจัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศูนย์เกษตรอินทรีย์นาโนออนไลน์. 2554. **รูปก้อนเห็ดหลังการเก็บผลผลิต.** แหล่งที่มา: http:// www.phikanes.com/, 13 มิถุนายน 2560.

ศูนย์วิจัยปาล์มน้ำมันสุราษฎร์ธานี. 2556. **กระบวนการแปรรูปปาล์มน้ำมัน.** แหล่งที่มา: http://www.doa.go.th/palm/.html, 14 มิถุนายน 2560.

สุชาดา จิตรภิรมย์ศรี. 2539. การศึกษาการใช้ประโยชน์ขี้เลื่อยเหลือทิ้งจากการเพาะเห็ดสำหรับเป็นวัสดุปลูกไม้กระถาง. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยมหิดล.

สุทธิพันธ์ แก้วสมพงษ์. 2544. เทคโนโลยีชีวภาพและพันธุศาสตร์โมเลกุลของเห็ด. ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะอุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุภาพร พงศ์ธรพฤกษ์ และ ปริญญา ไกรวุฒินันท 2556. การใช้ประโยชน์ขี้เลื่อยไม้ไผ่เหลือทิ้งจากการทำตะเกียบมาผลิตเป็นวัสดุเพาะเห็ด. **วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร** (ฉบับพิเศษ): 20-26.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑอุตสาหกรรม. 2548. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม**. มอก. 75-2548.

อดิศร ไกรนรา. 2555. การผลิตกระถางต้นไม้จากเศษวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมสกัดน้ำมันปาล์ม. *ใน* **ประชุมวิชาการวลัยลักษณ์วิจัย ครั้งที่ 3.** มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์, นครศรีธรรมราช.

อาทิตยา กาญจนะ. 2557. การศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้กากใบชาจากอุตสาหกรรมเครื่องดื่มทดแทนการใช้ชิ้นไม้สับในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิล. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, มหาบัณฑิตมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

อำนาจ อมฤก. 2554. การศึกษาการพองตัวของกระถางขึ้นรูปจากเส้นใยกกช้าง *ใน* **การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี (ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ).** โรงแรมแอมบาสเดอร์ซิตี้จอมเทียนพัทยา จังหวัดชลบุรี

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

Chavlaparit,O. Rulkens, W.H. Mol, A.P.J.and Khaodhair, S. 2006. Options for Environmental Sustainability of the Crude Palm Oil Industry in Thailand though Enhancement of industrial ecosystems. Department of Environmental and Hazardous, Environmental Technology, Waste Management, Social Sciences**, Environment Development and Sustainability.** 8(2):271–287.

Paturau.J.M. 1982. By-product of the cane sugar industry. **Sugar Series** 3:167-193.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
ผลการศึกษาคุณสมบัติวัตถุดิบก่อนขึ้นรูป

ตารางผนวก ก ผลการทดสอบคุณสมบัติวัตถุดิบก่อนขึ้นรูป

วัตถุดิบ	จำนวนซ้ำ	ค่าเฉลี่ยคุณสมบัติของวัตถุดิบ							
		ค่าความเป็นกรดด่าง	ค่าเฉลี่ยค่าความเป็นกรดด่าง	ค่าการนำไฟฟ้า (เดซิซีเมนต์ ต่อ เมตร)	ค่าเฉลี่ยค่าการนำไฟฟ้า	ค่าความชื้น (เปอร์เซ็นต์)	ค่าเฉลี่ยค่าความชื้น	ค่าปริมาณอินทรีวัตถุ (เปอร์เซ็นต์)	ค่าเฉลี่ยค่าปริมาณอินทรียวัตถุ
กากตะกอนน้ำมันปาล์ม	1	5.93		3.17		0.09		84.90	
	2	5.92	5.93	2.42	2.90	0.58	0.35	75.90	74.43
	3	5.94		3.1		0.38		62.50	
ก้อนเชื้อเห็ดเก่า	1	9.46		1.37		1.97		0.94	
	2	9.49	9.48	1.37	1.36	0.75	1.15	0.94	0.93
	3	9.49		1.35		0.72		0.92	

ภาคผนวก ข
ผลการศึกษาค่าการดูดซึมน้ำ

ตารางผนวก ข ผลการทดสอบค่าการดูดซึมน้ำระยะเวลา 1 ชั่วโมง

ชุดการทดลอง	อัตราส่วน กากตะกอนน้ำมันปาล์ม : ก้อนเชื้อเห็ดเก่า	จำนวนซ้ำ	ค่าการดูดซึมน้ำ (เปอร์เซ็นต์) น้ำหนักก่อนแช่ (กรัม)	น้ำหนักหลังแช่ (กรัม)	ค่าเฉลี่ย
1	5 : 0	1	23	38	72.62
		2	21	37	
		3	20	35.29	
2	4 : 1	1	22	38.29	77.80
		2	21	38.24	
		3	22	39	
3	3 : 2	1	15	28.23	83.71
		2	14	25.26	
		3	16	29.2	

ตารางผนวก ข (ต่อ)

ชุดการทดลอง	อัตราส่วน กากตะกอนน้ำมันปาล์ม : ก้อนเชื้อเห็ดเก่า	จำนวนซ้ำ	ค่าการดูดซึมน้ำ (เปอร์เซ็นต์) น้ำหนักก่อนแช่ (กรัม)	น้ำหนักหลังแช่ (กรัม)	ค่าเฉลี่ย
		1	14	26	
4	2 : 3	2	14	27	88.67
		3	16	29.99	
		1	15	29.54	
5	1 : 4	2	16	30.43	91.18
		3	17	31.69	
		1	14	30	
6	0 : 5	2	15	28	94.59
		3	16	29.25	

ตารางผนวก ข (ต่อ)

ชุดการทดลอง	อัตราส่วน กากตะกอนน้ำมันปาล์ม : ก้อนเชื้อเห็ดเก่า	จำนวนซ้ำ	ค่าการดูดซึมน้ำ (เปอร์เซ็นต์)		ค่าเฉลี่ย
			น้ำหนักก่อนแช่ (กรัม)	น้ำหนักหลังแช่ (กรัม)	
		1	23	38	
1	5 : 0	2	22	27	59.99
		3	26	39.99	

หมายเหตุ: อัตราส่วนที่ใช้กากน้ำตาลเป็นตัวประสาน ที่มีอัตราส่วน ดังนี้ 4:1:1.28 3:2:1.20 2:3:1.43 1:4:0.46 0:5:1.60 ไม่สามารถขึ้นรูปได้

ภาคผนวก ค

ผลการศึกษาค่าการพองตัว

ตารางผนวก ค ผลการทดสอบค่าพองตัวระยะเวลา 1 ชั่วโมง

ชุดการทดลอง	อัตราส่วน กากตะกอนน้ำมันปาล์ม : ก้อนเชื้อเห็ดเก่า	จำนวนซ้ำ	ค่าการพองตัว (เปอร์เซ็นต์)		ค่าเฉลี่ย
			ความหนาก่อนแช่ (กรัม)	ความหนาหลังแช่ (กรัม)	
		1	0.63	1.02	
1	5 : 0	2	0.63	1.03	66.33
		3	0.53	0.92	
		1	0.95	1.75	
2	4 : 1	2	0.63	1.15	79.92
		3	0.63	1.09	
		1	1	1.78	
3	3 : 2	2	0.6	1.09	81.00
		3	1.08	1.98	

ตารางผนวก ค (ต่อ)

ชุดการทดลอง	อัตราส่วน กากตะกอนน้ำมันปาล์ม : ก้อนเชื้อเห็ดเก่า	จำนวนซ้ำ	ค่าการพองตัว (เปอร์เซ็นต์) ความหนาก่อนแช่ (กรัม)	ความหนาหลังแช่ (กรัม)	ค่าเฉลี่ย
		1	1.13	2.14	
4	2 : 3	2	0.7	1.32	89.62
		3	0.55	1.05	
		1	0.53	0.9	
5	1 : 4	2	0.76	1.52	91.67
		3	0.96	1.97	
		1	0.55	1.3	
6	0 : 5	2	0.76	1.33	95.32
		3	0.63	1.1	

ตารางผนวก ค (ต่อ)

ชุดการทดลอง	อัตราส่วน กากตะกอนน้ำมันปาล์ม : ก้อนเชื้อเห็ดเก่า	จำนวนซ้ำ	ค่าการพองตัว (เปอร์เซ็นต์) ความหนาก่อนแช่ (กรัม)	ความหนาหลังแช่ (กรัม)	ค่าเฉลี่ย
		1	0.7	1.11	
1	5 : 0	2	0.93	1.53	61.03
		3	1	1.6	

หมายเหตุ: อัตราส่วนที่ใช้กากน้ำตาลเป็นตัวประสาน ที่มีอัตราส่วน ดังนี้ 4:1:1.28 3:2:1.20 2:3:1.43 1:4:0.46 0:5:1.60 ไม่สามารถขึ้นรูปได้

ภาคผนวก ง
ผลการศึกษาค่าความพรุน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

ตารางผนวก ง ผลการทดสอบค่าความพรุน

ชุดการทดลอง	อัตราส่วน กากตะกอนน้ำมันปาล์ม : ก้อนเชื้อเห็ดเก่า	จำนวนซ้ำ	ความหนาแน่นของวัสดุ (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)	ความหนาแน่นรวม (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)	ความพรุน	ความพรุน (เปอร์เซ็นต์)
		1	1.53	0.51	67	
1	5 : 0	2	1.5	0.5	67	66.33
		3	1.56	0.47	70	
		1	1.38	0.51	63	
2	4 : 1	2	1.77	0.52	71	67.67
		3	1.68	0.52	69	
		1	1.71	0.52	70	
3	3 : 2	2	1.82	0.54	70	70
		3	1.65	0.5	70	

ตารางผนวก ง (ต่อ)

ชุดการทดลอง	อัตราส่วน กากตะกอนน้ำมันปาล์ม : ก้อนเชื้อเห็ดเก่า	จำนวนซ้ำ	ความหนาแน่นของวัสดุ (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)	ความหนาแน่นรวม (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)	ความพรุน	ความพรุน (เปอร์เซ็นต์)
		1	1.71	0.52	705	
4	5 : 0	2	1.95	0.53	73	71.00
		3	1.75	0.53	70	
		1	2.07	0.51	75	
5	4 : 1	2	2.4	0.51	79	79.00
		3	3.13	0.53	83	
		1	4.73	0.5	89	
6	3 : 2	2	3.45	0.52	85	85.33
		3	2.92	0.52	82	

ตารางผนวก ง1 (ต่อ)

ชุดการทดลอง	อัตราส่วน กากตะกอนน้ำมันปาล์ม : ก้อนเชื้อเห็ดเก่า	จำนวนซ้ำ	ความหนาแน่นของวัสดุ (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)	ความหนาแน่นรวม (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)	ความพรุน	ความพรุน (เปอร์เซ็นต์)
		1	3.6	0.53	85	
1	5 : 0	2	2.21	0.49	78	84
		3	5	0.53	89	

หมายเหตุ: อัตราส่วนที่ใช้กากน้ำตาลเป็นตัวประสาน ที่มีอัตราส่วน ดังนี้ 4:1:1.28 3:2:1.20 2:3:1.43 1:4:0.46 0:5:1.60 ไม่สามารถขึ้นรูปได้

ภาคผนวก จ
การเตรียมวัตถุดิบสำหรับผลิตกระถางต้นไม้

ภาคผนวก จ1 กากตะกอนน้ำมันปาล์ม

ภาคผนวก จ2 การขนย้ายกากตะกอนน้ำมันปาล์ม

ภาคผนวก จ3 นำกากตะกอนน้ำมันปาล์มตากแดดจนแห้ง

ภาคผนวก จ4 กากตะกอนน้ำมันปาล์มตาก

ภาคผนวก จ5 นำกากตะกอนน้ำมันปาล์มแห้งบดด้วยเครื่องบดละเอียด

ภาคผนวก จ6 กากตะกอนน้ำมันปาล์ม

ภาคผนวก จ7 ก้อนเชื้อเห็ดเก่า

ภาคผนวก จ8 แยกก้อนเชื้อเห็ดเก่าออกจากถุง

ภาคผนวก จ9 นำก้อนเชื้อเห็ดเก่า

ภาคผนวก จ10 ขี้เลื่อยจากก้อนเชื้อเห็ดเก่า

ภาคผนวก จ10 นำขี้เลื่อยจากก้อนเชื้อเห็ดเก่า ตากแดด

ภาคผนวก จ11 ร่อนขี้เลื่อยเพื่อเตรียมการขึ้นรูป

ภาคผนวก ฉ
ขั้นตอนการขึ้นรูปกระถางต้นไม้

ภาคผนวก ฉ1 ชั่งวัตถุดิบในการผสม

ภาคผนวก ฉ2 การผสมวัตถุดิบให้เป็นเนื้อเดียว

ภาคผนวก ฉ3 ใส่วัตถุดิบลงในบล็อก

ภาคผนวก ฉ4 อัดกระถางให้แน่น

ภาคผนวก ฉ5 ดันกระถางขึ้นจากบล็อก

ภาคผนวก ฉ6 กระถางต้นไม้พร้อมใช้งาน

ภาคผนวก ช
การศึกษาคุณสมบัติของกระถางต้นไม้

ภาคผนวก ช1 วัดขนาดชิ้นส่วนให้มีขนาดเท่ากัน

ภาคผนวก ซ2 ชิ้นส่วนก่อนใส่น้ำ

ภาคผนวก ช3 ชิ้นส่วนหลังการแช่น้ำ

ภาคผนวก ช4 วัดชิ้นส่วนหลังการแช่น้ำ

ภาคผนวก ฉ5 หาค่าความพรุน

ภาคผนวก ซ
การทดสอบการเสื่อมสภาพของกระถางต้นไม้เป็นระยะเวลา 30 วัน

ภาคผนวก ซ1 การปลูกดาวเรือง ระยะเวลา 2 วัน

ภาคผนวก ซ2 การปลูกดาวเรือง ระยะเวลา 4 วัน

ภาคผนวก ซ3 การปลูกดาวเรือง ระยะเวลา 6 วัน

ภาคผนวก ซ4 การปลูกดาวเรือง ระยะเวลา 8 วัน

ภาคผนวก ซ5 การปลูกดาวเรือง ระยะเวลา 10 วัน

ภาคผนวก ซ6 การปลูกดาวเรือง ระยะเวลา 12 วัน

ภาคผนวก ซ7 การปลูกดาวเรือง ระยะเวลา 14 วัน

ภาคผนวก ซ8 การปลูกดาวเรือง ระยะเวลา 16 วัน

ภาคผนวก ซ9 การปลูกดาวเรือง ระยะเวลา 18 วัน

ภาคผนวก ซ10 การปลูกดาวเรือง ระยะเวลา 20 วัน

ภาคผนวก ซ11 การปลูกดาวเรือง ระยะเวลา 22 วัน

ภาคผนวก ซ12 การปลูกดาวเรือง ระยะเวลา 24 วัน

ภาคผนวก ซ13 การปลูกดาวเรือง ระยะเวลา 26 วัน

ภาคผนวก ซ14 การปลูกดาวเรือง ระยะเวลา 28 วัน

ภาคผนวก ซ15 การปลูกดาวเรือง ระยะเวลา 30 วัน