รายงานการวิจัย

กระถางเพาะชำจากกากกาแฟ ปูนขาวจากเปลือกหอย และขี้เลื่อยไม้ยางพารา

Plant Pots from Co-Production of Spent Coffee Grounds Shell Lime and Rubber Wood Sawdust

วรรณวิภา ไชยชาญ Wanvipa Chaichan

วีระศักดิ์ ไชยชาญ Weerasak Chaichan

เอนก สาวะอินทร์ Aneak Sawain

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

งบประมาณเงินแผ่นดิน ประจำปี พ.ศ. 2560

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย งบประมาณแผ่นดิน ประจำปี พ.ศ. 2560 เป็นงานวิจัยเพื่อก่อให้เกิดองค์ความรู้ใหม่เกี่ยวกับการผลิตกระถางเพาะชำจากกากกาแฟ ปูนขาวจากเปลือกหอย และขี้เลื่อยไม้ยางพารา เป็นการศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตกระถางเพาะชำที่สามารถย่อยสลายได้และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม อันจะนำไปสู่การพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีประโยชน์ ตลอดจนผลการวิจัยสามารถนำไปใช้ในการส่งเสริมการใช้ประโยชน์ทางด้านสิ่งแวดล้อม การเกษตรและภาคอุตสาหกรรม

ขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัยที่ได้ให้การสนับสนุนในการทำวิจัยในครั้งนี้ ขอขอบคุณ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง คณาจารย์ และผู้ร่วมวิจัย ตลอดจนผู้เกี่ยวข้องทุกฝ่ายที่ได้ให้ความช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ ทั้งความสะดวกในการใช้อุปกรณ์ สถานที่ และเครื่องมือวิเคราะห์ ขอขอบคุณสถานประกอบการที่อนุเคราะห์วัตถุดิบในการทำวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบคุณครอบครัวที่คอยเป็นกำลังใจอันสำคัญยิ่ง และอีกหลาย ๆ ท่านที่ไม่สามารถกล่าวถึงไว้ในที่นี้ ประโยชน์อันใดที่เกิดจากงานวิจัยนี้ย่อมเป็นผลมาจากความกรุณาของทุกท่านและหน่วยงาน ผู้วิจัยจึงใคร่ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

วรรณวิภา ไชยชาญ
วีระศักดิ์ ไชยชาญ
เอนก สาวะอินทร์
กันยายน 2561

กระถางเพาะชำจากกากกาแฟ ปูนขาวจากเปลือกหอย และขี้เลื่อยไม้ยางพารา

วรรณวิภา ไชยชาญ[1] วีระศักดิ์ ไชยชาญ[2] และ เอนก สาวะอินทร์[1]

บทคัดย่อ

การผลิตกระถางเพาะชำจากกากกาแฟ ปูนขาวจากเปลือกหอย และขี้เลื่อยไม้ยางพารา มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางกายภาพ ทางเคมีของวัตถุดิบและกระถางเพาะชำ ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการขึ้นรูป และประสิทธิภาพของกระถางเพาะชำระหว่างการเพาะชำกล้าพืช อัตราส่วนของกากกาแฟ:ปูนขาวจากเปลือกหอย:ขี้เลื่อยไม้ยางพารา เท่ากับ 3:0:0, 0:3:0, 0:0:3, 1.5:1.5:0, 1.5:0:1.5, 0:1.5:1.5 และ 1:1:1 และกาวแป้งเปียกเป็นวัสดุประสาน แต่ละอัตราส่วนจะขึ้นรูปโดยใช้อัตราส่วนวัตถุดิบ:วัสดุประสาน เท่ากับ 1:0.70, 1:0.85, 1:10, 1:1.15, 1:1.30, 1:1.45, 1:1.60, 1:1.75 และ 1:1.90 ขึ้นรูปกระถางโดยใช้เครื่องอัดกระถางแบบอัตโนมัติ ใช้แรงอัดช่วง 1,600-1,800 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ผลการวิจัย พบว่า วัตถุดิบยังมีธาตุอาหารที่จำเป็นต่อพืชและปริมาณอินทรียวัตถุหลงเหลืออยู่ สามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตกระถางเพาะชำได้ ผลการอัดขึ้นรูปกระถางเพาะชำแสดงให้เห็นว่า ที่อัตราส่วนกากกาแฟ:ปูนขาว:ขี้เลื่อยไม้ยางพารา เท่ากับ 1.5:1.5:0 ขึ้นรูปได้ดีกว่าอัตราส่วนอื่น โดยขึ้นรูปได้ในช่วงอัตราส่วนวัตถุดิบ:วัสดุประสาน เท่ากับ 1:0.70 ถึง 1:1.75 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของกระถางเพาะชำ พบว่า กระถางเพาะชำที่ผลิตได้ทุกอัตราส่วน มีความเป็นด่าง กระถางเพาะชำมีปริมาณอินทรียวัตถุ ปริมาณธาตุอาหารและองค์ประกอบทางเคมีต่าง ๆ ในปริมาณที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช นอกจากนี้ กระถางเพาะชำที่มีการผสมขี้เลื่อยจะมีความชื้น การดูดซับน้ำและการพองตัวมากกว่า ซึ่งจะส่งผลต่ออัตราส่วนเร็วในการย่อยสลายของกระถางเพาะชำ กระถางที่ผลิตได้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้จริง การผลิตกระถางเพาะชำจากเศษวัสดุอินทรีย์ที่ผลิตได้นับเป็นทางเลือกที่สร้างมูลค่าเพิ่มให้กับเศษวัสดุ และเป็นผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

คำสำคัญ: กระถางเพาะชำ กากกาแฟ ปูนขาวจากเปลือกหอย ขี้เลื่อยไม้ยางพารา

---

[1] อาจารย์ สาขาสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย อ.สิเกา จ.ตรัง

[2] อาจารย์ สาขาวิศวกรรมศาสตร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย อ.สิเกา จ.ตรัง

Plant Pots from Co-Production of Spent Coffee Grounds, Shell Lime and Rubber Wood Sawdust

Wanvipa Chaichan Weerasak Chaichan and Aneak Sawain

Abstract

The objectives of plant pots from co-production of spent coffee grounds, shell lime and rubber wood sawdust were studied the physical and chemical properties of raw materials and plant pot, the optimum ratio of forming and efficiency of performance of plant pots during nursery planting. The ratio of coffee ground:shell lime:rubber wood sawdust of 3:0:0, 0:3:0, 0:0:3, 1.5:1.5:0, 1.5:0:1.5, 0:1.5:1.5 and 1:1:1 and used pasty glue as binder. Each experiment was formed with ratio of raw material:binder of 1:0.70, 1:0.85, 1:10, 1:1.15, 1:1.30, 1:1.45, 1:1.60, 1:1.75 และ 1:1.90. Plant pot was formed with automatic potting presses using potting pressure range of 1,600-1,800 psi. The results indicated that raw materials include essential nutrients for plant and organic matter (OM). Then, they can be used as raw material for producing plant pot. The result of plant pot forming shown that the ratio of coffee ground:lime from shell: rubber wood sawdust of 1.5:1.5:0 can be formed better than another ratio. It formed in range of raw material:binder 1:0.70 to 1:1.75. The physical and chemical properties of plant pot results shown that every ratio of plant pot are alkaline. Plant pots include organic matter, essential nutrients and chemical elements for plant that suitable for plant growth. In addition, water absorption and plant pot swelling results of plant pot produced with the mixture of rubber wood sawdust were high. It tend to degrade as quickly as possible. The results of efficiency of performance of plant pots during nursery planting indicated Because of the moisture content water absorption and plant pot swelling is high which is the important factor that speeds up the decomposition of the plant pot. The produced plant pot can be used actually. The production of plant pot from organic residues is the alternative that added value to residues and produced the environmentally friendly product.

Keywords: Plant Pot, Coffee Ground, Shell Lime, Rubber Wood Sawdust

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

[2]Department of Engineering , Faculty of Engineering and Technology, Rajamangala University of Technology Srivijaya,Sikao, Trang

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....ข
กิตติกรรมประกาศ.....ค
สารบัญ.....ง
สารบัญตาราง.....ฉ
สารบัญภาพ.....ช
บทที่ 1 บทนำ.....1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาของการวิจัย.....1
1.2 วัตถุประสงค์.....2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....2
1.4 กรอบแนวคิดของการวิจัย.....4
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....4
1.6 แผนการถ่ายทอดเทคโนโลยีหรือผลการวิจัยสู่กลุ่มเป้าหมาย.....4
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....6
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....6
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....32
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย.....35
3.1 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย.....35
3.2 วิธีการวิจัย.....36
บทที่ 4 ผลการวิจัยและวิจารณ์ผลการวิจัย.....43
4.1 ผลการศึกษาองค์ประกอบทางกายภาพและเคมีของวัตถุดิบ.....43
4.2 ผลการศึกษาอัตราส่วนระหว่างวัตถุดิบและวัสดุประสานที่เหมาะสมในการอัดขึ้นรูปกระถางเพาะชำจากกากกาแฟ ปูนขาวจากเปลือกหอย และขี้เลื่อย.....45
4.3 ผลการศึกษาองค์ประกอบทางกายภาพและเคมีของกระถางเพาะชำจากกากกาแฟ ปูนขาวจากเปลือกหอย และขี้เลื่อย.....53
4.4 ผลการศึกษาคุณสมบัติบางประการของกระถางเพาะชำจากกากกาแฟ ปูนขาวจากเปลือกหอย และขี้เลื่อย.....65
4.5 ผลการศึกษาประสิทธิภาพของกระถางเพาะชำในการเพาะกล้าพืช.....68

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย..... 80
เอกสารอ้างอิง..... 84

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2-1 : องค์ประกอบทางเคมีของกากกาแฟ 14
2-2 : ปริมาณธาตุอาหารในกากกาแฟ 15
2-3 : ผลการทดสอบสมบัติไม้ของไม้ยางพารา จำนวน 4 พันธุ์ เมื่อเปรียบเทียบกับไม้สัก 18
2-4 : คุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางเคมีในเชื้อเพลิงชีวมวล 25
3-1 : อัตราส่วนของวัตถุดิบ 37
4-1 : องค์ประกอบทางกายภาพของวัตถุดิบ 43
4-2 : องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบ 43
4-3 : ผลการศึกษาอัตราส่วนวัตถุดิบ:วัสดุประสานที่เหมาะสมสำหรับการอัดขึ้นรูปกระถางเพาะชำ 46
4-4 : ความเป็นกรด-ด่างของกระถางเพาะชำ 53
4-5 : ค่าความชื้นของกระถางที่ขึ้นรูปได้ที่อัตราส่วนต่าง ๆ 55
4-6 : ค่าเฉลี่ยอินทรียวัตถุของกระถางเพาะชำ 56
4-7 : ค่าเฉลี่ยโพแทสเซียมไดออกไซด์ของกระถางเพาะชำ 57
4-8 : ค่าเฉลี่ยฟอสฟอรัสเพนออกไซด์ของกระถางเพาะชำ 58
4-9 : ค่าเฉลี่ยอลูมิเนียมออกไซด์ของกระถางเพาะชำ 60
4-10 : ค่าเฉลี่ยแมกนีเซียมออกไซด์ของกระถางเพาะชำ 61
4-11 : ค่าเฉลี่ยซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ของกระถางเพาะชำ 62
4-12 : ค่าเฉลี่ยแคลเซียมออกไซด์ของกระถางเพาะชำ 63
4-13 : ค่าเฉลี่ยไอรอนออกไซด์ของกระถางเพาะชำ 64
4-14 : ค่าเฉลี่ยการดูดซับน้ำของกระถางเพาะชำ 65
4-15 : ค่าเฉลี่ยการพองตัวของกระถางเพาะชำ 67
4-16 : ผลการศึกษาประสิทธิภาพของกระถางเพาะชำในการเพาะกล้าพืช 69

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

1-1 : กรอบแนวคิดของการวิจัย..... 4
2-1 : ส่วนประกอบของเมล็ดกาแฟ..... 8
2-2 : สายพันธุ์กาแฟ..... 9
2-3 : กระบวนการผลิตผงกาแฟสำเร็จรูป..... 10
2-4 : องค์ประกอบทางกายภาพของเมล็ดกาแฟ..... 10
2-5 : การใช้ประโยชน์จากเศษเหลือของกาแฟจากอุตสาหกรรมการเกษตร..... 16
2-6 : ลักษณะโครงสร้างของไม้ยางพารา..... 18
2-7 : คุณสมบัติทางเคมีของไม้ยางพารา..... 19
2-8 : รูปแบบการตัดซอยไม้..... 21
2-9 : วิธีการผลิตไม้แปรรูป อัดและอบน้ำยาไม้ยางพารา..... 22
3-1 : การผสมวัตถุดิบและวัสดุประสานในอัตราส่วนต่าง ๆ ด้วยเครื่องผสมอัตโนมัติ..... 37
3-2 : เครื่องอัดกระถางแบบอัตโนมัติ..... 38
3-3 : การขึ้นรูปกระถางเพาะชำด้วยเครื่องอัดกระถางแบบอัตโนมัติ..... 38
3-4 : ตัวอย่างกระถางที่อัดขึ้นรูปได้..... 39
4-1 : ค่าเฉลี่ยความเป็นกรด-ด่างของกระถางเพาะชำ..... 54
4-2 : ค่าเฉลี่ยความชื้นของกระถางเพาะชำ..... 55
4-3 : ค่าเฉลี่ยอินทรียวัตถุของกระถางเพาะชำ..... 56
4-4 : ค่าเฉลี่ยโพแทสเซียมไดออกไซด์ของกระถางเพาะชำ..... 58
4-5 : ค่าเฉลี่ยฟอสฟอรัสเพนออกไซด์ของกระถางเพาะชำ..... 59
4-6 : ค่าเฉลี่ยอลูมิเนียมออกไซด์ของกระถางเพาะชำ..... 60
4-7 : ค่าเฉลี่ยแมกนีเซียมออกไซด์ของกระถางเพาะชำ..... 61
4-8 : ค่าเฉลี่ยซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ของกระถางเพาะชำ..... 62
4-9 : ค่าเฉลี่ยแคลเซียมออกไซด์ของกระถางเพาะชำ..... 63
4-10 : ค่าเฉลี่ยไอรอนออกไซด์ของกระถางเพาะชำ..... 64
4-11 : ค่าเฉลี่ยการดูดซับน้ำของกระถางเพาะชำ..... 66
4-12 : ค่าเฉลี่ยการพองตัวของกระถางเพาะชำ..... 67

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาของการวิจัย

ปัจจุบันการดูแลสิ่งแวดล้อมและการลดภาวะโลกร้อนเป็นสิ่งที่สำคัญ การนำวัสดุที่เหลือใช้หรือการนำขยะมาทำประโยชน์ จึงได้รับการสนใจทั้งภาคการเกษตรและภาคอุตสาหกรรม ส่วนใหญ่ประชากรของประเทศไทยประกอบอาชีพเกษตรกรรม การปลูกพืชให้ได้ผลผลิตสูงนั้น นอกจากเกษตรกรจะต้องดูแลรักษา รดน้ำ พรวนดิน ใส่ปุ๋ยแล้ว พืชบางชนิดจะต้องเพาะกล้าไม้ในถุงเพาะชำหรือในกระถางเพื่อให้ต้นกล้ามีความแข็งแรงพอก่อนที่จะนำไปปลูกต่อไป ปัจจุบันการผลิตกล้าไม้ของเกษตรกรจะปลูกหรือชำกล้าไม้ในถุงเพาะชำพลาสติก กระถางเพาะชำที่ทำจากพลาสติกหรือดินเหนียว ซึ่งหาซื้อได้สะดวกและมีราคาถูก โดยเฉพาะการใช้กระถางเพาะชำหรือถุงที่ทำจากพลาสติกจะไม่มีสารอาหารที่พืชต้องการ และเวลาปลูกต้นกล้าลงดินจะต้องฉีกถุงพลาสติกหรือนำต้นกล้าออกจากกระถางพลาสติก ซึ่งอาจทำให้กระทบกระเทือนต่อระบบรากของต้นกล้าได้ นอกจากนี้ ถุงเพาะชำที่ฉีกทิ้งยังเป็นขยะที่ย่อยสลายได้ยาก ส่วนกระถางพลาสติกนั้นเมื่อมีการชำรุดเสียหายจนไม่สามารถนำไปใช้เพื่อการเพาะชำได้ใหม่ อีกทั้งยังไม่มีการซื้อคืนเนื่องจากกระถางพลาสติกเก่ามีราคาถูก ไม่คุ้มกับที่จะนำกลับมาใช้ใหม่จึงต้องถูกทิ้งเป็นขยะย่อยสลายได้ยากเช่นกัน จากปัญหาข้างต้นกล่าว การเกิดปัญหาการจัดการขยะมูลฝอยจากกิจกรรมการเพาะปลูกพื้นในพื้นที่เกษตรกรรมเป็นสาเหตุก่อให้เกิดปัญหาทางสิ่งแวดล้อม และหากมีการทำลายโดยการเผาจะก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศตามมา เป็นอันตรายต่อระบบทางเดินหายใจของมนุษย์และสัตว์ และเป็นสาเหตุหนึ่งของการเกิดภาวะโลกร้อนอีกด้วย (วรรณวิภา และ เอนก, 2559)

การวิจัยในครั้งนี้จึงเล็งเห็นถึงความสำคัญของการผลิตกระถางเพาะชำที่ไม่ก่อให้เกิดมลพิษกับสิ่งแวดล้อม จากวัสดุที่เป็นมิตรกับธรรมชาติ สามารถย่อยสลายได้ หาได้ง่ายในท้องถิ่น เพิ่มแร่ธาตุและสารอาหารให้แก่พืชที่ทำการเพาะชำและนำไปปลูก จากการศึกษาเบื้องต้น พบว่า มีการผลิตกระถางเพาะชำจากวัสดุหลายชนิด เช่น การวิจัยกระถางต้นไม้จากเศษวัสดุเหลือใช้ทางเกษตร (ปทุมทิพย์ และคณะ, 2550) การศึกษาการพองตัวของกระถางขึ้นรูปจากเส้นใยกกช้าง (อำนาจ, 2554) เป็นต้นซึ่งวัสดุเหลือใช้เพียงอย่างเดียวอาจมีแร่ธาตุและสารอาหารน้อยไม่เพียงพอ จึงมีแนวความคิดที่จะนำมวลชีวภาพหลายชนิดร่วมเป็นวัตถุดิบในการผลิตกระถางเพาะชำ โดยจากการศึกษาวัสดุจากภาคการค้า และอุตสาหกรรม พบว่า วัสดุเหลือใช้และเป็นของเสียที่ก่อเกิดขึ้นในท้องถิ่นที่น่าสนใจ คือ กากกาแฟปูนขาวจากเปลือกหอย และขี้เลื่อยไม้ยางพารา โดยกาแฟจัดเป็นเป็นเครื่องดื่มที่ได้รับความนิยมมากเป็นอันดับหนึ่งและมีการซื้อขายเป็นอันดับสองรองจากปิโตรเลียม (Pushspa *et al*., 2012 ; Solange *et al*., 2011) ในปัจจุบันวัฒนธรรมการบริโภคกาแฟของคนไทยก็เป็นที่นิยมอย่างแพร่หลาย มีการประกอบธุรกิจร้านค้าขายกาแฟเพิ่มจำนวนมากขึ้น ทำให้ปริมาณกากกาแฟที่เหลือใช้หลังจากการชงกาแฟมีปริมาณมากขึ้นตามไปด้วย การจัดการจะทำโดยทิ้งกากกาแฟรวมไปกับขยะมูลฝอยอื่น ๆ ซึ่งเป็นการสูญเสียคุณค่าของกากกาแฟไปโดยเปล่าประโยชน์ (วรรณวิภา และ เอนก, 2559) สำหรับปูนขาวจากเปลือกหอยที่ได้จากการเผาเปลือกหอยที่รวบรวมจากร้านอาหารและอุตสาหกรรมการแปรรูป นับเป็นการนำวัสดุมารีไซเคิลเป็นวัสดุใหม่ที่สามารถ

นำมาใช้ประโยชน์ได้อีกทั้งคุณสมบัติของปูนขาว ในทางการเพาะปลูกสามารถช่วยกันแมลงศัตรูพืชบางชนิด และปรับค่าพีเอชของดินที่เป็นกรดได้ (วรรณวิภา และ เอนก, 2559) ประกอบกับในปัจจุบันมีเพิ่มการเพิ่มจำนวนของอุตสาหกรรมแปรรูปไม้ยางพารา ซึ่งในกระบวนการผลิตในการแปรรูปไม้ยางพาราทุกครั้ง จะก่อให้เกิดผลพลอยได้ที่เกิดจากกระบวนการแปรรูป คือ ขี้เลื่อยออกมา ซึ่งสามารถย่อยสลายได้เองตามธรรมชาติ และสามารถนำมาขึ้นรูปเป็นกระถางเพาะชำได้ จากงานวิจัยของวรรณวิภา และ เอนก (2561) พบว่า กากกาแฟ และปูนขาวจากเปลือกหอยมีแร่ธาตุที่เป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของพืชและสามารถขึ้นรูปเป็นกระถางเพาะชำชีวภาพได้ จากการศึกษาเบื้องต้น พบว่า มีการวิจัยเกี่ยวกับผลิตกระถางเพาะชำจากวัสดุธรรมชาติ แต่ยังไม่มีการผลิตกระถางเพาะชำจากกากกาแฟ ปูนขาวจากเปลือกหอย และขี้เลื่อยไม้ยางพารา แต่อย่างใด ด้วยเหตุนี้ทีมผู้วิจัยนี้จึงมีแนวคิดที่จะศึกษาการใช้วัสดุร่วมระหว่างกากกาแฟ ปูนขาวจากเปลือกหอย และขี้เลื่อยไม้ยางพารา เพื่อการผลิตกระถางเพาะชำที่สามารถเพิ่มธาตุอาหาร การนำวัสดุดังกล่าวมาขึ้นรูปเป็นกระถางเพาะชำจึงเป็นทางเลือกที่มีคุณค่ายิ่งต่อธรรมชาติ ไม่เกิดขยะและสามารถย่อยสลายตัวเป็นปุ๋ยหรือดินร่วน เพิ่มธาตุอาหารให้กับดินอันเป็นประโยชน์ต่อต้นกล้าและยังช่วยในการปรับปรุงดินอีกด้วย และนับว่าเป็นงานที่อาจเข้าข่ายนำไปสู่หนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์หรือ OTOP ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งในการสร้างฐานการผลิตและส่งออกสินค้าเกษตรและอุตสาหกรรมสู่นานาประเทศต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ คุณสมบัติทางเคมีของวัตถุดิบและกระถางเพาะชำจากกากกาแฟ ปูนขาวจากเปลือกหอย และขี้เลื่อยไม้ยางพารา

1.2.2 ศึกษาอัตราส่วนของกากกาแฟ ปูนขาวจากเปลือกหอย และขี้เลื่อยไม้ยางพาราต่อวัสดุประสานที่มีความเหมาะสมต่อการผลิตกระถางเพาะชำ

1.2.3 ศึกษาประสิทธิภาพของกระถางเพาะชำระหว่างการเพาะชำกล้าพืช

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

การศึกษาการผลิตกระถางเพาะชำจากกากกาแฟ ปูนขาวจากเปลือกหอย และขี้เลื่อยไม้ยางพารา ได้กำหนดขอบเขตการศึกษามีรายละเอียดดังนี้

1.3.1 วัตถุดิบและวัสดุประสาน

1) วัตถุดิบในงานวิจัยนี้ ได้แก่

ก) กากกาแฟ รวบรวมจากผู้ประกอบการธุรกิจร้านกาแฟในพื้นที่จังหวัดตรัง

ข) ปูนขาวจากเปลือกหอย นำมาจากการเผาเปลือกหอยตลับให้เป็นปูนขาว โดยรวบรวมเปลือกหอยจากร้านอาหารและอุตสาหกรรมการแปรรูป

ค) ขี้เลื่อยจากโรงงานแปรรูปไม้ยางพารา รวบรวมจากโรงงานแปรรูปไม้ยางพาราพื้นที่จังหวัดตรัง

2) วัสดุประสานที่ใช้ในงานวิจัยนี้ คือ กาวแป้งเปียกจากแป้งมันสำปะหลัง

1.3.2 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพและเคมีของวัตถุดิบและกระถางเพาะชำจากกากกาแฟ ปูนขาวจากเปลือกหอย และขี้เลื่อยไม้ยางพารา

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาองค์ประกอบทางกายภาพและเคมีของวัตถุดิบและกระถางเพาะชำ ดังนี้

1) ความชื้น
2) ความเป็นกรด-ด่าง (pH)
3) ปริมาณอินทรียวัตถุ (OM)
4) ปริมาณโพแทสเซียมออกไซด์ (K_2O)
5) ปริมาณฟอสฟอรัสเพนออกไซด์ (P_2O_5)
6) ปริมาณอลูมิเนียมออกไซด์ (Al_2O_3)
7) ปริมาณแมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)
8) ปริมาณซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ (SO_3)
9) ปริมาณแคลเซียมออกไซด์ (CaO)
10) ปริมาณไอรอนออกไซด์ (Fe_2O_3)

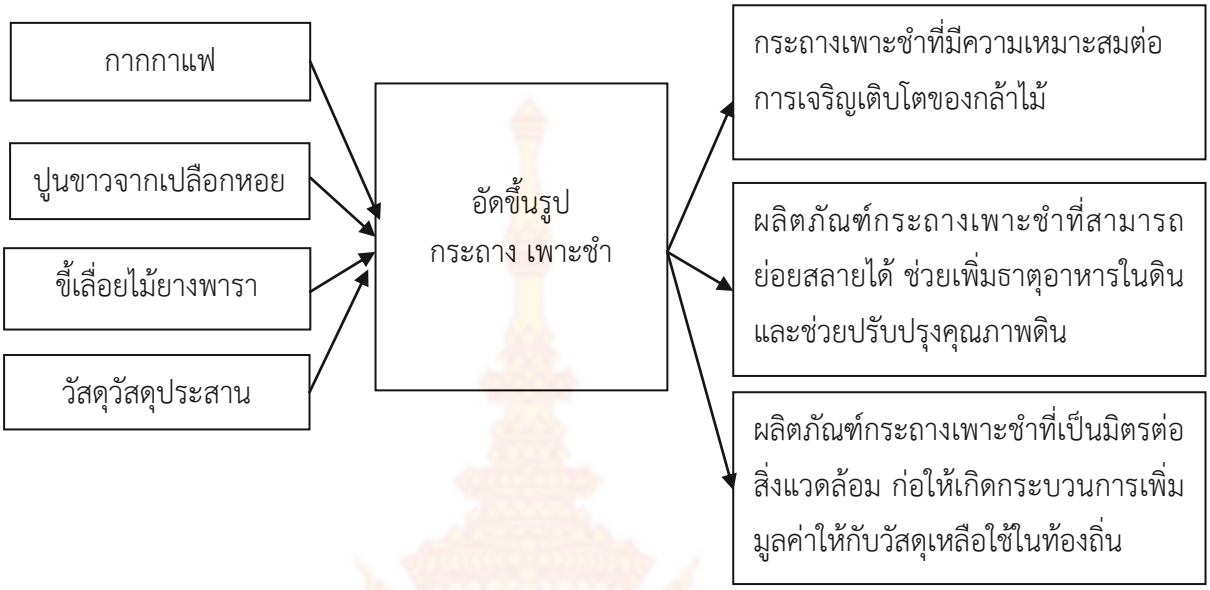
1.3.3 การศึกษาคุณสมบัติของกระถางเพาะชำจากกากกาแฟ ปูนขาวจากเปลือกหอย และขี้เลื่อยไม้ยางพารา

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาองค์ประกอบทางกายภาพและเคมีของวัตถุดิบและกระถางเพาะชำ ดังนี้ ได้แก่ การดูดซับน้ำ และการพองตัวของกระถางเพาะชำ

1.3.4 การศึกษาประสิทธิภาพในการเพาะชำกล้าพืช

การศึกษาและเปรียบเทียบอัตราการเจริญเติบโตของต้นกล้าพืชชนิดที่ทำการทดลองอัตราและลักษณะการย่อยสลายของกระถางเพาะชำ พืชที่ใช้เพาะชำกล้าพืชในกระถางเพาะชำ คือ ดาวเรืองฝรั่งเศส

1.4 กรอบแนวคิดของการวิจัย



ภาพที่ 1-1 กรอบแนวคิดของการวิจัย

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 สามารถลดปริมาณการใช้พลาสติกในการเพาะชำต้นไม้

1.5.2 เป็นการใช้ประโยชน์และเพิ่มมูลค่าของวัสดุธรรมชาติที่เหลือใช้

1.5.3 ลดปริมาณขยะที่ย่อยสลายยากและลดปริมาณก๊าซเรือนกระจก

1.5.4 เป็นแนวทางให้กับเกษตรกร ชุมชน และภาคอุตสาหกรรมในการผลิตผลิตภัณฑ์ใหม่ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

1.6 แผนการถ่ายทอดเทคโนโลยีหรือผลการวิจัยสู่กลุ่มเป้าหมาย

ผลสำเร็จที่จะได้รับจากงานวิจัย คือ กระถางเพาะชำที่ผลิตจากกากกาแฟ ปูนขาวจากเปลือกหอย และขี้เลื่อยไม้ยางพารา เป็นผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม สามารถลดผลกระทบที่จะเกิดต่อสิ่งแวดล้อมได้ เป็นทางเลือกที่มีคุณค่ายิ่งต่อธรรมชาติ ไม่ก่อเกิดเป็นขยะ และสามารถสลายตัวเป็นปุ๋ยหรือดินร่วน เพิ่มธาตุอาหารให้กับดินอันเป็นประโยชน์ต่อต้นกล้าและยังช่วยในการปรับปรุงดิน ลดปัญหาการเกิดภาวะโลกร้อน เป็นทางเลือกให้แก่เกษตรกรในการเลือกใช้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ย่อยสลายได้โดยธรรมชาติ และส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นไม้ได้อีกด้วย ลดค่าใช้จ่ายในการจัดการขยะจากถุงหรือกระถางเพาะชำที่ทำจากวัสดุย่อยสลายยาก สามารถถ่ายทอดองค์ความรู้และเทคโนโลยีหลากหลายรูปแบบเพื่อเข้าถึงกลุ่มเป้าหมาย เช่น การดำเนินงานพร้อมกับการให้คำแนะนำ เสนอแนะ หรือแลกเปลี่ยนกับผู้ประกอบการทางการเกษตร ผู้นำทางการเกษตรในชุมชน หน่วยงานรัฐและเอกชน พร้อมทั้งการพัฒนากลยุทธ์การถ่ายทอดองค์ความรู้ผ่านสื่อสารสนเทศ เช่น การจัดทำผลการศึกษาเผยแพร่ผ่านเว็บไซต์ของคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง

ในส่วนด้านวิชาการถ่ายทอดองค์ความรู้โดยนำเสนอผลงานในงานประชุมวิชาการ การตีพิมพ์ในวารสาร ระดับชาติหรือนานาชาติ หรือการจดอนุสิทธิบัตร

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 กาแฟ (Coffee)

กาแฟเป็นเครื่องดื่มที่ได้รับความนิยมเกือบทุกเพศ ทุกวัย เนื่องด้วยมีกลิ่นหอมชวนรับประทาน จนปัจจุบันกาแฟได้กลายเป็นอาหารที่จำเปนและเปนเครื่องดื่มประจำวันของบางคนไปแล้ว แต่น้อยคนนักที่จะทราบถึงประวัติจุดกำเนิดของกาแฟ กาแฟโดยแหล่งกำเนิดแล้วเปนพืชพื้นเมืองของอะบิสสิเนีย (Abyssinia).และอาระเบีย (Arabia) ถูกค้นพบในศตวรรษที่ 6 ราวปี ค.ศ.1575 ในประเทศอาระเบีย (Arabia).และในขณะเดียวกันบางท่านก็กล่าวว่ากาแฟเป็นพืชพื้นเมืองที่พบในเมืองคัฟฟา (Kaffa) ซึ่งเป็นจังหวัดหนึ่งของประเทศเอธิโอเปย (Ethiopia) กาแฟจึงได้ชื่อเรียกตามจังหวัดนี้ และยังได้เรียกแตกต่างกันออกไปอีกมาก (ปัญญารัฐ, 2545) ชาวอาระเบียเรียกพืชนี้ว่า คะวาฮ (Kawah) หรือคะเวฮ (Kaweh) ซึ่งแปลว่าพลัง (Strength) หรือความกระปรี้กระเปรา (Vigor) ชาวตรุกีเรียกวา คะเวฮ (Kaveh) ต่อมาการเรียกชื่อกาแฟจึงได้เปลี่ยนแปลงไปตามแหลงตาง ๆ ของโลก เช่น คัฟฟี่ (Koffee) ในอังกฤษ เรียกว่า คอฟฟ (Coffee) อันเป็นชื่อที่รู้จักและใช้ในปัจจุบันนี้ เมื่อมาถึงประเทศไทยเรียกวา โกปี๊ ข้าวแผ่ และกาแฟ ในที่สุด

การค้นพบกาแฟ และการนำผลิตผลออกสู่ภายนอกมีตำนานเล่าขานกันมาไม่แพ้นิทานที่สืบทอดกันมา กล่าวกันว่าในศตวรรษที่ 6 มีชายหนุ่มคนหนึ่งมีชื่อว่า คลาดี เป็นชาวอาบิสซีเนียหรือเอธิโอเปียในปัจจุบันหนุ่มน้อยผู้นี้มีอาชีพเป็นคนเลี้ยงแพะ ทุกวันเขาจะนำฝูงแพะออกไปหาอาหารกินตามทุ่งนาและตามเนินเขาต่างๆ และเมื่อเขาเจอแหล่งหญ้าและพุ่มไม้ที่อุดมสมบูรณ์ เขาจะปล่อยให้ฝูงแพะหากินตามสบาย ส่วนตัวเขาตามประสาหนุ่มขี้เกียจก็จะหาที่ร่มเพื่อนอนพัก ตกเย็นก็ต้อนฝูงแพะกลับบ้านนี่คือ กิจวัตรประจำวันของเขาแม้จะเป็นคนขี้เกียจ แต่เขาก็ยังมีความดีอีกอย่างหนึ่ง คือ เป็นคนช่างสังเกตวันหนึ่งเขาสังเกตเห็นความผิดปกติของฝูงแพะ หลังจากที่มันไปหากินตามเนินเขาดูเหมือนมันจะกระปรี้กระเปร่าขึ้น เจ้าหนุ่มคลาดีก็เริ่มจับตาดูว่าฝูงแพะมันไปกินอะไรเข้าไปจึงมีอาการเช่นนี้ และก็สังเกตเห็นว่ามีผลไม้ลูกเล็กสีแดงชนิดหนึ่ง ซึ่งเขาไม่เคยเห็นมาก่อน เป็นอาหารที่ฝูงแพะของเขากิน จากการเฝ้าสังเกตติดต่อกันหลายวันเขาจึงสันนิษฐานว่า จะต้องเป็นผลไม้สีแดงนี้แน่ที่ทำให้ฝูงแพะกระปรี้กระเปร่าขึ้น เพื่อความแน่ใจเค้าจึงเด็ดผลไม้ติดตัวกลับบ้านและลองกินดู เขาก็เลยกลายเป็นหนุ่มคนแรกที่ได้ลิ้มรสชาติผลไม้วิเศษที่มีชื่อแรกภายหลังว่า กาแฟ (องอาจ, 2549) อรุณรัตน์ (2546) ให้คำจำกัดความของกาแฟว่าเป็นไม้พุ่มขนาดกลางสูงประมาณ 3-5 เมตร มีลักษณะลำต้นตั้งตรงระยะเจริญเติบโตจะไม่แตกกิ่ง เมื่อโตขึ้นกิ่งจะแตกมาใหม่ จะมีใบแตกออกมาเป็นคู่ ๆ อยู่ตรงกลางช่อเช่นเดียวกับลำต้น ดอกมีสีขาวเช่นเดียวกับมะลิป่า ผลมีลักษณะคล้ายลูกหว้า เมล็ดที่สุกจะมีสีน้ำตาลปนแดงเป็นส่วนที่อยู่ในกะลามีเยื่อหุ้มบาง ๆ อีกชั้นหนึ่ง ส่วนเนื้อของผลที่ห่อหุ้มกะลาเมื่อสุกเต็มที่ จะมีรสหวานเล็กน้อยลักษณะเป็นยางเหนียว ๆ กาแฟมีมากมายหลายพันธุ์ แต่พันธุ์ที่มีความสำคัญกับการค้ามี 2 ชนิด คือ พันธุ์อาราบิก้าและพันธุ์โรบัสต้า การปลูกกาแฟในประเทศไทยเริ่มในช่วงยุคการล่าอาณานิคมของชาวยุโรป โดยมีรายงานการเริ่มปลูกที่ภาคเหนือจังหวัดลำปาง ภาคตะวันออกที่จังหวัดจันทบุรีและภาคใต้ในแถบสงขลา

ต่อมามีการพัฒนาและการขยายพื้นที่ให้ปลูกมากขึ้น ปัจจุบันแหล่งปลูกกาแฟโรบัสต้าที่สำคัญ คือ ภาคใต้ ได้แก่ จังหวัดชุมพร ระนอง สุราษฎร์ธานี และนครศรีธรรมราช ส่วนแหล่งปลูกที่เริ่มมีการพัฒนาปลูกใหม่ คือ ภาคเหนือในแถบจังหวัดเชียงราย จังหวัดเชียงใหม่ เป็นต้น ซึ่งจะปลูกกาแฟพันธุ์อาราบิก้าเป็นหลัก (วราพงษ์, 2553)

1) ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของกาแฟ

กาแฟ (Coffee) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Coffeaarabica* L. กาแฟมีหลายชนิดกาแฟชนิดสำคัญทางเศรษฐกิจ ได้แก่ กาแฟอาราบิก้า (*C.arabica Linn*) กาแฟแคนิโฟรา (*C.canephora Pierer ex Frochrer, C.robusta linden*) กาแฟไลเบริก้า (*C.liberica Bull ex Hiern*) และกาแฟเอ็กเซลล่า (*C.excels*) กาแฟจัดเป็นไม้พุ่มขนาดกลางสูงประมาณ 3-5 เมตร ลำต้นของกาแฟมีลักษณะตั้งตรง กิ่งจะขนานไปกับระดับพื้นดินหรือห้อยต่ำลงดิน ซึ่งเป็นที่เกิดของดอกและผลต่อไป ดอกของกาแฟมีสีขาวบริสุทธิ์ กลิ่นหอมคล้ายมะลิอยู่รวมกันเป็นกลุ่ม ส่วนใหญ่ดอกของกาแฟจะออกจากข้อของก้านกาแฟ แม้ว่ากาแฟจะออกดอกเป็นจำนวนมาก แต่จะมีการติดผลเพียง 16-26 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น และได้จำแนกลักษณะที่สำคัญของกาแฟไว้ต่อไปนี้

ก) ลำต้น

โดยธรรมชาติแล้วกาแฟมีลักษณะลำต้นตรงในระยะแรกของการเจริญเติบโตจะไม่แตกกิ่ง แต่มีใบแตกออกตรงข้ออยู่ตรงข้ามกันเป็นคู่ๆ ต่อมาเมื่อมีการเจริญเติบโตขึ้นเรื่อย ๆ ก็มีการแตกกิ่งออกจากลำต้นในลักษณะที่แยกออกจากกัน และอยู่ตรงข้ามกัน กิ่งที่แตกออกมาใหม่จะมีใบแตกออกเป็นคู่ๆ อยู่ตรงข้อเช่นเดียวกับลำต้น กิ่งจะขนานไปกับระดับพื้นดินหรือห้อยต่ำลงดิน ซึ่งเป็นที่เกิดของดอกและผลต่อไป นอกจากการแตกกิ่งออกจากตาของลำต้นอีกเป็นจำนวนมาก ทำให้หน่อเกิดขึ้นใหม่นี้เบียดกับลำต้น ซึ่งถ้าหากปล่อยไว้ให้เจริญเติบโตเรื่อย ๆ โดยไม่มีการปลิดทิ้งหรือตัดจะทำให้กาแฟมีทรงพุ่มที่แนบแน่นเป็นที่สะสมของโรค แมลง และให้ผลผลิตลดต่ำลง (กรมวิชาการเกษตร, 2560)

ข) ดอก

ดอกกาแฟมีสีขาวบริสุทธิ์ กลิ่นหอมคล้ายมะลิป่า รูปคล้ายดาว มีก้านสั้นอยู่รวมกันเป็นกลุ่มจะเกิดตามข้อของต้นกาแฟบ้างเป็นส่วนน้อย แต่ส่วนใหญ่ดอกกาแฟจะออกจากข้อของกิ่งกาแฟ โดยเริ่มไปจากข้อที่อยู่ใกล้ลำต้นออกไปหาปลายกิ่ง กาแฟมีลักษณะพิเศษคือ ข้อของกิ่งจะสั้นสามารถที่จะเกิดดอกและติดผลได้มาก ดอกกาแฟเป็นดอกสมบูรณ์เพศมีทั้งเกสรตัวผู้และเกสรตัวเมียรวมอยู่ในดอกเดียวกัน เกสรตัวเมียจะมีอยู่สองส่วน เกสรตัวผู้มีอยู่จำนวนเท่ากับกลีบดอกคือ ประมาณ 2-4 อัน กาแฟบางพันธุ์อาจจะมีการผสมพันธุ์ข้ามสายพันธุ์กันง่ายหากอยู่ใกล้กันซึ่งการออกดอกของกาแฟขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำ เมื่อถึงฤดูฝน ดอกจะออกหลังจากฝนตกประมาณ 1 เดือน แต่ถ้าหากอากาศชุ่มชื่นอยู่ตลอดปี หรือมีการชลประทานเพียงพอ กาแฟจะออกดอกสม่ำเสมอตลอดทั้งปี (กรมวิชาการเกษตร, 2560)

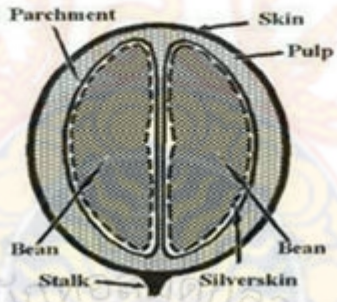
ค) ผล

แม้ว่าดอกกาแฟจะออกเป็นจำนวนมากแต่การติดผลจะมีเพียง 16-26 เปอร์เซ็นต์ เมื่อกลีบดอกร่วงแล้ว ผลกาแฟจะติดเป็นผลมีลักษณะคล้ายลูกหว้า ซึ่งภายในผลกาแฟ

แบ่งออกเป็นสองส่วน ส่วนหนึ่งมีเมล็ดกาแฟ 1 เมล็ด ซึ่งมีลักษณะแบนยาวไปตามรูปของเปลือกหุ้ม ถ้าหากเมล็ดหนึ่งเมล็ดใดลีบเพราะการผสมพันธุ์ไม่ดี เมล็ดที่เหลืออยู่จะมีรูปกลม ส่วนยาวจะมีรูปโค้งเป็นรูปกระบอกตัด เมล็ดที่สุกจะมีสีน้ำตาลปนแดง (จารุพัชร์ และคณะ, 2556)

ง) เมล็ดของกาแฟ

ลักษณะของผลกาแฟจะคล้ายลูกหว้าภายในผลจะแบ่งออกเป็นสองส่วน ส่วนหนึ่ง มีเมล็ดกาแฟ 1 เมล็ด เมล็ดกาแฟเป็นส่วนที่อยู่ในกะลาซึ่งห่อหุ้มด้วยเยื่อบางๆ อีกชั้นหนึ่ง ส่วนเนื้อกาแฟที่หุ้มกะลาเมื่อสุกเต็มที่จะมีรสหวานเล็กน้อย ลักษณะเป็นยางเหนียว ๆ เมื่อปลอกเปลือกและเนื้อทิ้งไปแล้ว นำเมล็ดกาแฟทั้งกะลาไปตากแห้งจะเสียน้ำหนักไปประมาณ 7 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อกะเทาะเอาเปลือกและเนื้อทิ้งแล้ว นำเมล็ดกาแฟทั้งกะลาไปตากแห้งอีกครั้งจะเสียน้ำหนักไปอีกประมาณ 14.78 เปอร์เซ็นต์ หรือกล่าวได้ว่า ผลกาแฟสดที่เก็บมาทำเป็นกาแฟแห้งจะสูญเสียน้ำหนักไปประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ โดยเฉพาะหากนำไปคั่วทำเป็นกาแฟ สำหรับชงรับประทานก็จะมีเนื้อกาแฟแท้เพียงร้อยละ 13.60 ของน้ำหนักสดของที่เก็บมาจากต้นใหม่ ๆ องค์ประกอบของสารในเมล็ดกาแฟที่สำคัญคือ คาเฟอีน 0.3-3.5 เปอร์เซ็นต์ กรดคลอโรเจนิก 3-10 เปอร์เซ็นต์ และกรดแทนนิก เป็นต้น (มาลัยพร, 2552) ส่วนประกอบของเมล็ดกาแฟแสดงดังภาพที่ 2-1



ภาพที่ 2-1 ส่วนประกอบของเมล็ดกาแฟ
ที่มา: กาจนมุนี และคณะ (2547)

2) สายพันธุ์กาแฟ

ปัจจุบันโลกมีสายพันธุ์กาแฟอยู่มากกว่า 6,000 สายพันธุ์ ในประเทศไทยกาแฟนิยมปลูกมี 2 สายพันธุ์ ได้แก่ อาราบิก้าเป็นพันธุ์กาแฟที่ปลูกและเป็นที่นิยมนำมาบริโภคมากที่สุดในโลกปลูกมากในทวีปอเมริกาใต้โดยเฉพาะประเทศบราซิลและโคลัมเบีย พันธ์อาราบิก้าในประเทศไทยปลูกมากบนดอยสูงทางภาคเหนือ เช่น เชียงใหม่.เชียงราย แพร่ ลำปาง เป็นกาแฟที่มีคุณภาพสูง และโรบัสต้าเป็นพันธุ์กาแฟที่นิยมเป็นอันดับสองรองจากอาราบิก้า ปลูกมากในทวีปแอฟริกาและเอเชียโรบัสต้าในประเทศไทยปลูกมากบนพื้นที่ราบทางภาคใต้ เช่น จังหวัดชุมพร และนครศรีธรรมราช (ณัทฐิมา และคณะ, 2556) รายละเอียดของสายพันธุ์โรบัสต้า และสายพันธุ์อาราบิก้า ดังนี้

ก) กาแฟสายพันธุ์โรบัสต้า (Robusta หรือ Coffea Canephora) โรบัสต้าเป็นพันธุ์กาแฟที่ทนทานต่อโรคและสภาพดินฟ้าอากาศ ปลูกในที่สูงกว่าน้ำทะเลไม่มากนัก ส่วนใหญ่ปลูกในที่ร้อนชื้นมีรสชาติเข้มข้น หอมกว่ากาแฟอาราบิก้า มีสัดส่วนของผลผลิตกาแฟทั่วโลกมากกว่า 25 เปอร์เซ็นต์ กาแฟชนิดนี้มีคาเฟอินสูงกว่ากาแฟอาราบิก้าถึง 2 เท่ามีความทนทานต่อโรคมากกว่า แต่คนไม่นิยมดื่มมากนัก เนื่องจากมีรสขมและเปรี้ยว รสชาติและกลิ่นเข้มกระด้าง ไม่อ่อนละมุนเหมือนกาแฟอาราบิก้า ส่วนกาแฟโรบัสต้าที่คุณภาพดี ถูกนำไปผสมกับกาแฟสูตรต่าง ๆ เพื่อเพิ่มกลิ่นและรสชาติให้มีความหลากหลายอย่างยิ่ง นิยมนำมาทำกาแฟสำเร็จรูป โรบัสต้าเป็นที่นิยมในการผลิตกาแฟสำเร็จรูปหรือกาแฟพร้อมดื่ม เช่น กาแฟกระป๋อง ลักษณะเฉพาะของเมล็ดกาแฟโรบัสต้าจะอ้วนกลม กลิ่นฉุนเหมือนเมนทอล ให้รสชาติที่เข้มข้น ในกาแฟโรบัสต้ามีปริมาณแทนนินมากกว่ากาแฟอาราบิก้า โดยมีค่า 3.1 และ 2.9 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ข) กาแฟสายพันธุ์อาราบิก้า (Arabica หรือ Coffea Arabica) อาราบิก้าเป็นพันธุ์กาแฟที่คนนิยมมากที่สุด มีลักษณะเด่นที่มีกลิ่นและรสชาติหอมหวนเป็นที่นิยมของคนทั่วโลก มีรสชาติที่กลมกล่อม ไม่ขม มีสารคาเฟอีนน้อยประมาณ 1-1.6 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนัก ลักษณะเฉพาะของเมล็ดกาแฟอาราบิก้าจะมีทรงเรียว มีกลิ่นหอม รสชาติกลมกล่อม ปลูกที่สูงกว่าระดับน้ำทะเลประมาณ 3,000 ฟุต ให้ผลผลิตสม่ำเสมอรสชาติหอมกลมกล่อม กาแฟอาราบิก้าเป็นกาแฟสายพันธุ์ดั้งเดิม มีความโดดเด่นเรื่องรสชาติและกลิ่นที่ได้รับการยอมรับ มีคุณภาพดีและอร่อยที่สุด โดยมีปริมาณผลิตถึง 80 เปอร์เซ็นต์ ของตลาดโลก ภาพกาแฟสายพันธุ์โรบัสต้าและกาแฟสายพันธุ์อาราบิก้า แสดงดังภาพที่ 2-2

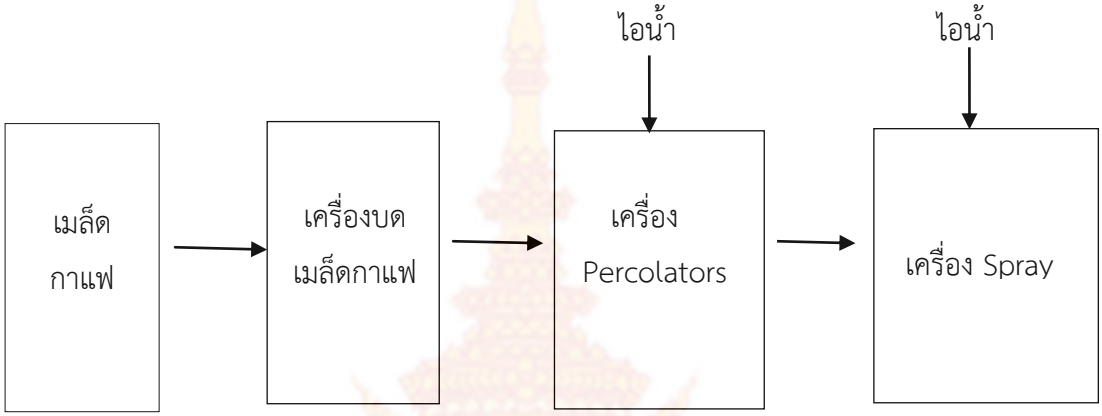
(ก) (ข)

ภาพที่ 2-2 สายพันธุ์กาแฟ (ก) กากแฟสายพันธุ์โรบัสต้าและ (ข) กาแฟสายพันธุ์อาราบิก้า
ที่มา: ณัทฐิมา และคณะ (2556)

3) กระบวนการผลิตกาแฟสำเร็จรูป

นอกจากเปลือกกาแฟแล้ว กากกาแฟก็เป็นของเสียอีกชนิดหนึ่งที่เกิดขึ้นจากกระบวนการสกัดเมล็ดกาแฟดิบในอุตสาหกรรมการผลิตผงกึ่งสำเร็จรูป โดยเมล็ดกาแฟที่ผ่านการ

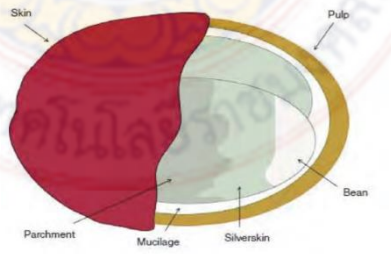
คั่วแล้วจะถูกนำเข้าสู่เครื่องบด ต่อมากาแฟผงที่บดแล้วจะเข้าสู่เครื่อง Percolator เพื่อทำการสกัดกาแฟด้วยไอน้ำ จะทำให้ได้กาแฟออกมาอยู่ในรูปของเหลว จากนั้นจะถูกสเปรย์ด้วยอากาศร้อนทำให้ได้กาแฟผงกึ่งสำเร็จรูปออกมา ซึ่งในร้านกาแฟที่มีการคั่วเมล็ดกาแฟเองก็จะมีขั้นตอนคล้ายกัน เพียงแต่จะไม่มีการผ่านน้ำกาแฟไปยังเครื่อง Spray dryer ขั้นตอนต่าง ๆ แสดงดังภาพที่ 2-3 (ศรันย์, 2554)



ภาพที่ 2-3 กระบวนการผลิตผงกาแฟสำเร็จรูป
ที่มา: ศรันย์ (2554)

4) องค์ประกอบทางกายภายของเมล็ดกาแฟ

เมล็ดกาแฟมีองค์ประกอบทางกายภาพ ดังภาพที่ 2-4 ส่วนที่ใช้ผลิตผงกาแฟ คือ ส่วนในเมล็ด (Bean) เมล็ดกาแฟที่กระเทาะเปลือกออกแล้วประกอบด้วย Bean และ Silver skin จะมีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็น Insoluble polysaccharides และ Soluble carbohydrartes ประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ (Drybasis) มี Oils และ Waxes ประมาณ 8-18 เปอร์เซ็นต์ ที่เหลือเป็น Proteins, free amion acids, caffeine และเกลือแร่ (Esquivel and Jimenez, 2012)



ภาพที่ 2-4 องค์ประกอบทางกายภาพของเมล็ดกาแฟ
ที่มา: Esquivel and Jimenez (2012)

5) ประโยชน์และโทษของกาแฟต่อร่างกาย

อดิศร (2551) กล่าวถึง ประโยชน์และโทษของกาแฟ ที่มีผลต่อร่างกายของมนุษย์ไว้ดังนี้

ก) ประโยชน์

- ป้องกันโรคไวรัสตับอักเสบ บี มีผู้วิจัยพิสูจน์แล้วว่า กาแฟมีประโยชน์ในการป้องกันโรคดังกล่าว

- ป้องกันโรคหอบ คาเฟอีนในกาแฟสามารถระงับความตึงเครียดของประสาทสัมผัสสำรอง ลดการเกิดโรคหอบได้

- ป้องกันมะเร็งตับ มะเร็งลำไส้ และมะเร็งช่องปาก จากผลการทดลองจริงพบว่า กาแฟมีประสิทธิภาพป้องกันโรคข้างต้น โดยเฉพาะคาเฟอีนมีกรดอะซิติกที่ช่วยป้องกันโรค

- ขับไล่ความชรา ออกซิเจน เป็นสารที่ร่างกายต้องการมากจริง แต่ถ้ามากเกินไปโอกาสจะเป็นมะเร็งสูง ทำให้แก่เร็วโดยเฉพาะกาแฟที่เข้มข้นจะทำให้ออกไซด์แตกตัว ลดการเกิดมะเร็งได้กระตุ้นการเผลาผลาญอาหารในร่างกาย

- กาแฟสามารถลดอัตราคลอเลสเตอรอล ป้องกันโรคหัวใจเพราะในกาแฟมีนิโคตินแต่ไม่ใช่ชนิดเดียวกับบุหรี่ แต่เป็นวิตามินบีรวมชนิดหนึ่งที่ร่างกายต้องการช่วยลดคลอเลสเตอรอลในเส้นเลือด จึงป้องกันโรคหัวใจ

- การศึกษาการใช้กากกาแฟเป็นวัสดุสำหรับการผลิตปุ๋ยหมัก พบว่ากากกาแฟสามารถใช้เป็นวัสดุหมักปุ๋ยได้เป็นอย่างดี เนื่องจากมีแร่ธาตุที่เป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของพืช อีกทั้งต้นไม้ที่ปลูกด้วยดินที่มีส่วนผสมของกากกาแฟจะช่วยป้องกันไม่ให้พวกหอยทากหรือตัวบุ้งมา กัดกินใบไม้ (Pushpa *et al*., 2012)

- การศึกษาเพื่อนำกากกาแฟมาใช้ในทางด้านพลังงานทางเลือก เช่น การศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้กากกาแฟสำหรับการผลิตไบโอดีเซล (Nidia *et al*., 2012) การใช้ประโยชน์จากกากกาแฟ เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงในโรงงานอุตสาหกรรมเนื่องจากกากกาแฟมีค่าความร้อนสูง คือ 5,000 กิโลแคลลอรีต่อกิโลกรัม (Silva *et al*., 1998) เป็นต้น

- การนำกากกาแฟมาประดิษฐ์เป็นผลิตภัณฑ์ตกแต่งบ้าน เช่น การออกแบบโคมไฟจากกากกาแฟ ได้แก่ โคมไฟตั้งพื้น โคมไฟตั้งโต๊ะ และโคมไฟระย้า (พิจัยสุข, 2555)

ข) โทษ

จากประโยชน์ที่กล่าวมาหากดื่มในปริมาณมากเกินไปอาจทำให้เกิดโทษแก่ร่างกายได้ เช่น

- ดื่มกาแฟตอนเย็นทำให้นอนไม่หลับ เพราะกาแฟมีผลต่อร่างกายคนเราไม่เหมือนกันควรดื่มให้น้อยลง

- สตรีมีครรภ์ไม่ควรดื่ม เพราะคาเฟอีนมีผลต่ออวัยวะของทารกในครรภ์ที่ยังอ่อนแออยู่

- เด็กไม่ควรดื่มกาแฟ โดยเฉพาะเด็กที่มีอายุต่ำกว่า 10 ขวบ

- คนที่เป็นโรคกระเพาะอาหารควรงดดื่มกาแฟ เพราะคาเฟอีนช่วยหลั่งน้ำย่อยในกระเพาะจะยิ่งเพิ่มกรดในกระเพาะอาหาร
- คนเป็นโรคหัวใจไม่ควรดื่มกาแฟเพราะคาเฟอีนช่วยกระตุ้นโรคหัวใจทำให้เลือดเพิ่ม
- เพิ่มอัตราเสี่ยงในการเป็นโรคกระดูกพรุนสำหรับผู้หญิงหมดประจำเดือน เนื่องจากคาเฟอีนมีผลต่อการดูดซึมยับยั้งแคลเซียม

6) การคั่วกาแฟ

พิจัยสุข (2555) กล่าวว่า การคั่วกาแฟเป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุดในการดึงคุณสมบัติต่าง ๆ ของกาแฟออกมา ไม่ว่าจะเป็นความหอม ความกลมกล่อมรสชาติเข้มข้นกลมกล่อมออกมา การคั่วกาแฟจะใช้ความร้อนที่ 180-240 องศาเซลเซียส ใช้ระยะเวลาประมาณ 10-20 นาที อุณหภูมิและระยะเวลาที่ใช้มีผลต่อความหอมและรสชาติของกาแฟเป็นอย่างยิ่ง ระดับความเข้มอ่อนของการคั่ว สามารถแบ่งออกเป็นระดับได้ 12 ระดับ และกลิ่นหอม แต่จะขออธิบายง่าย ๆ 3 กลุ่มเพื่อเข้าใจเบื้องต้น ดังนี้

ก) กาแฟคั่วระดับอ่อน (Light roast)

สีน้ำตาลอ่อน บางกลุ่มประเทศจะเรียกว่า ซีน่าม่อน เพราะมีสีเหลืองน้ำตาลแบบต้นอบเชย การคั่วกาแฟแบบนี้จะได้รสชาติความเป็นกาแฟที่ดี อาจมีรสชาติความเปรี้ยวของผลไม้ที่อยู่ในรูปกาแฟ

ข) กาแฟคั่วระดับกลาง (Medium roast)

จะมีระดับสีความเข้มเพิ่มขึ้น กาแฟระดับนี้โดยชงแบบหม้อต้มและดื่มกันเป็นแบบแก้วใหญ่ ที่เรียกว่า บักส์

ค) กาแฟคั่วระดับเข้ม (Dark roast)

เมล็ดกาแฟที่คั่วระดับนี้จะมีความเข้มข้นมาก เมล็ดจะมันวาวเหมือนมีน้ำมันมาเคลือบจนบางคนเข้าใจว่าต้องใส่น้ำมันหรือเนย ให้ชงกับเครื่องชงกาแฟที่มีแรงดันได้กาแฟที่เรียกว่า เอสเพรสโซ

7) การบดเมล็ด

ความละเอียดของกากจากการบดมีผลอย่างมากกับรสชาติ ยิ่งบดละเอียดเท่าไรก็ยิ่งได้รสชาติเข้มข้น และครบบริบูรณ์มากขึ้นเท่านั้น เหตุผลหลักที่คนบางคนไม่บดละเอียดมากหนักคือ เพื่อไม่ให้กากสามารถผ่านตัวกรองชนิดหยาบ ๆ ออกไปได้ การผลิตกากกาแฟพร้อมชงมี 3 วิธีด้วยกัน

ก) การโม่

การโม่ เป็นการกดเมล็ดโดยใช้อุปกรณ์หมุนสองตัวเพื่อให้เมล็ดแตก วิธีนี้ความเสี่ยงน้อยที่เมล็ดจะไหม้เครื่องบด อาจมีลักษณะเป็นแบบล้อหรือแบบกรวย โดยแบบกรวยจะทำงานได้เงียบกว่าและมีโอกาสเกิดการอุดตันได้น้อยกว่าตัวโม่แบบกรวย ช่วยรักษากลิ่นส่วน

ใหญ่ไว้ได้ และสามารถบดได้ละเอียดมาก อีกทั้งกากที่ได้จะมีความละเอียดสม่ำเสมอกันอีกด้วย โม่ที่ทำจากเหล็กซึ่งมีการออกแบบยุ่งยากซับซ้อน อาจทำให้ลดประสิทธิภาพ ส่งผลให้มีการบดช้ายิ่งบดช้าเท่าไรก็ยิ่งมีความร้อนเข้าไปในกากกาแฟน้อยลงเท่านั้นด้วยเหตุนี้ จึงรักษากลิ่นได้อย่างดี เนื่องจากสามารถปรับความละเอียดได้หลายระดับมากการบดวิธีนี้จึงเหมาะกับกาแฟทุกประเภท

ข) การสับ

เนื่องจากเครื่องบดสมัยใหม่ มักใช้วิธีหั่นเมล็ดกาแฟออกเป็นชิ้น ๆ ถึงแม้จะให้ผลเหมือนกับเครื่องบดก็ตาม เครื่องบดแบบใบมีด ปั่นเมล็ดให้ละเอียดโดยใช้ใบมีดหมุนด้วยความเร็วสูง (2,000-3,000 รอบต่อนาที) กากกาแฟที่ได้จะไม่ละเอียดสม่ำเสมอ และจะได้รับความร้อนมากกว่าการใช้โม่ เครื่องบดใบมีดจะก่อให้เกิด ฝุ่นกาแฟ ซึ่งทำให้ตะแกรงร่อนของเครื่องชงเอสเพรสโซ และเครื่องชงเฟรนช์เพรสเกิดอุดตันได้ ดั้งนั้นเครื่องบดนี้ จึงเหมาะกับเครื่องชงแบบหยดและยังสามรถใช้บดเครื่องเทศและสมุนไพรได้เป็นอย่างดี เครื่องชนิดนี้ไม่เหมาะกับชงเอสเพรสโซแบบปั๊มป์

ค) การบดเป็นผง

กาแฟตุรกีใช้การละลายผงกาแฟซึ่งถูกบดจนแทบจะเป็นฝุ่นด้วยการตำครก วิธีนี้ให้กากกาแฟละเอียดเกินไปสำหรับทำกาแฟแบบอื่น ๆ (พิจัยสุข, 2555)

8) การบริโภคกาแฟ

กาแฟเป็นพืชเศรษฐกิจที่กำลังมีบทบาทสำคัญ และเป็นเครื่องดื่มที่คนไทยรู้จักมานาน และน้อยคนที่จะปฏิเสธกาแฟเป็นเครื่องดื่มที่มีรสชาติเฉพาะตัว มีความเข้มข้นและความหอมในตัวเอง กาแฟเป็นหนึ่งเครื่องดื่มซึ่งอยู่ในรูปร้อนและเย็นได้ ดังนั้นจึงเป็นเครื่องดื่มที่สามารถดับความกระหายได้ คนไทยนิยมดื่มกาแฟกันมากขึ้น ธุรกิจร้านกาแฟมีการแข่งขันสูงขึ้น โดยสังเกตได้จากร้านขายกาแฟที่เปิดขึ้นมาอย่างมากมาย มีทั้งกิจการของคนไทยและชาวต่างชาติ ทุกวันนี้กระแสความนิยมกาแฟยังมีมากขึ้น ตลาดกาแฟมีการปรับโฉมใหม่ออกสู่ตลาดเพื่อตอบสนองความต้องการที่สอดคล้องกับการใช้ชีวิตประจำวันอย่างลงตัว ไม่ว่าจะอยู่ในรูปของผลิตภัณฑ์กาแฟสำเร็จรูป กาแฟกระป๋อง และร้านกาแฟสดที่อยู่ในรูปแบรนด์ไทยและต่างประเทศ แต่ความนิยมในการบริโภคกาแฟยังถือเป็นส่วนหนึ่งของการแสดงออกถึงความเป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัว โดยสังเกตได้จากค่านิยมในการเลือกซื้อกาแฟจากร้านที่จำหน่ายและปริมาณการดื่ม เนื่องจากกาแฟไม่ได้ถูกตัดสินว่าเป็นเครื่องดื่มที่ให้โทษเหมือนกับการดื่มสุรา หรือมีประโยชน์เช่นเดียวกับการดื่มนม ดังนั้น โทษและประโยชน์ของการดื่มกาแฟจึงมีภาวะก้ำกึ่งเหมือนการดื่มชา ดังนั้น จึงไม่ใช่เรื่องแปลกว่าบางคนดื่มทุกวัน วันละหลาย ๆ แก้ว กาแฟจึงเข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันอย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะในกลุ่มนิสิตนักศึกษา หนุ่มสาววัยทำงาน และกลุ่มนักธุรกิจ จึงทำให้ร้านกาแฟเกิดขึ้นมากมายและมีแนวโน้มขยายตัวเพิ่มขึ้นทำให้เกิดสภาวะการแข่งขันกันสูงขึ้นเรื่อย ๆ (อภิญญา, 2543)

9) กากกาแฟ

กากกาแฟเป็นของเสียที่เกิดจากการผลิตผงกาแฟสำเร็จรูป ในปี ค.ศ. 1970 ประเทศบราซิลได้กลายเป็นผู้ผลิตกาแฟผงกึ่งสำเร็จรูปรายใหญ่ที่สำคัญ ซึ่งสามารถผลิตกาแฟได้ถึง

36 ล้านกิโลกรัมต่อปี ในช่วงแรกนั้นมีผงกาแฟที่ผ่านการใช้แล้ว ซึ่งเป็นของเสียเกิดขึ้น 1.86 กิโลกรัมต่อการผลิตผงกาแฟกึ่งสำเร็จรูป 1 กิโลกรัม แต่หลังจากมีการพัฒนาทางด้านอุตสาหกรรม ทำให้อัตราส่วนการเกิดของเสียส่วนนี้คงเหลือ 1.27 กิโลกรัมต่อการผลิตผงกาแฟกึ่งสำเร็จรูป 1 กิโลกรัม จนกระทั่งในปัจจุบันอัตราส่วนนี้เหลือเพียง 0.91 กิโลกรัมต่อผงกาแฟกึ่งสำเร็จรูป 1 กิโลกรัมเท่านั้น (Silva *et al*., 1998) แม้ว่าอัตราการเกิดของเสียนี้จะลดลง แต่ปริมาณการผลิตกาแฟที่เพิ่มสูงขึ้นมากกว่าในอดีต ก็ทำให้ของเสียจากกระบวนการผลิตกาแฟยังคงมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอยู่ เนื่องจากของเสียเหล่านี้มีองค์ประกอบของสารอินทรีย์อยู่เป็นจำนวนมาก จึงไม่สามารถทิ้งได้โดยไม่ผ่านกระบวนการบำบัดก่อน ด้วยเหตุนี้ ในปัจจุบันจึงมีแนวคิดที่จะนำของเสียเหล่านี้ไปใช้ให้เกิดประโยชน์ในด้านต่าง ๆ (Tokimoto *et al*., 2005)

10) องค์ประกอบทางเคมีของกากกาแฟ

กัญจ์ภัส และชนิดา (2556) ได้ทำการศึกษาความเป็นไปได้ของการใช้กากกาแฟเป็นสารช่วยในการกระจายตัวของซิลิกาในยางธรรมชาติ โดยมีการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของกากกาแฟด้วยเครื่อง XRF (X-ray flurescence) ผลการศึกษาแสดงดังตารางที่ 2-1

ตารางที่ 2-1 องค์ประกอบทางเคมีของกากกาแฟ

ลำดับ	องค์ประกอบ	ความเข้มข้น (เปอร์เซ็นต์)
1	C	99.00
2	Na_2O	0.01
3	MgO	0.12
4	Al_2O_3	0.05
5	SiO_2	0.04
6	P_2O_5	0.13
7	SO_3	0.16
8	Cl	0.01
9	K_2O	0.33
10	CaO	0.12
11	MnO	0.01
12	Fe_2O_3	0.01

ที่มา: กัญจ์ภัส และชนิดา (2556)

Salange *et al.* (2011) ได้ทำการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและการสกัดน้ำตาลจากกากกาแฟ โดยจากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของกากกาแฟ พบว่า กากกาแฟมีธาตุอาหารต่าง ๆ หลายชนิด ซึ่งเป็นธาตุอาหารหลักของพืช ดังแสดงในตารางที่ 2-2

ตารางที่ 2-2 ปริมาณธาตุอาหารในกากกาแฟ

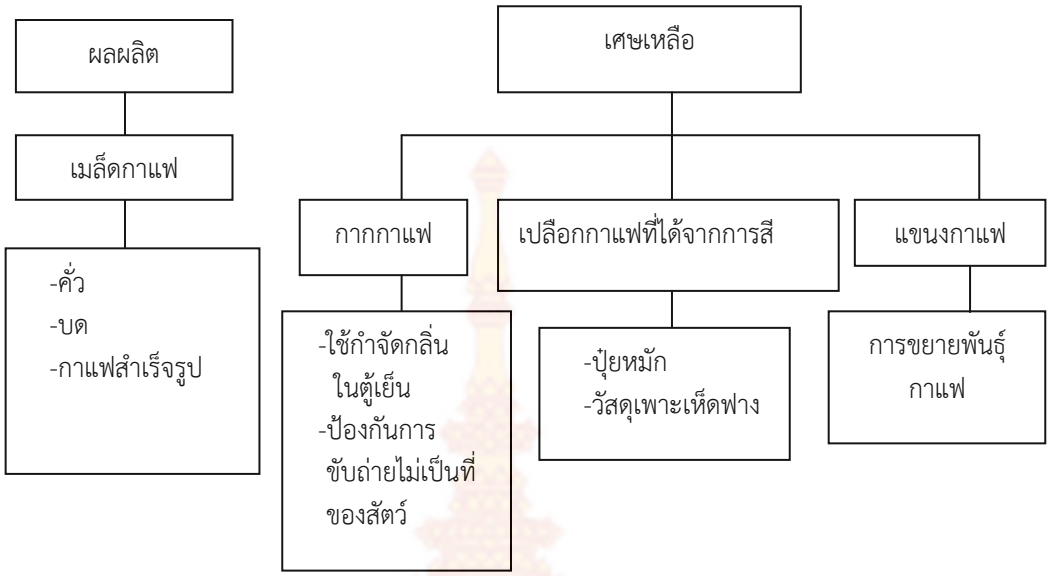
ธาตุอาหาร	ความเข้มข้น (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)
โพแทสเซียม	3549.0
ฟอสฟอรัส	1475.1
แมกนีเซียม	1293.3
แคลเซียม	777.4
อะลูมิเนียม	79.3
ไอรอน	118.7
แมงกานีส	40.1
คอปเปอร์	32.3
ซิงค์	15.1
ซัสเฟอร์	nd
โครเมียม	nd

หมายเหตุ nd หมายถึง ตรวจวัดไม่ได้
ที่มา: Salange *et al.* (2011)

จากการศึกษาข้อมูลจากงานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการใช้ประโยชน์จากกากกาแฟ แสดงให้ทราบถึงลักษณะสมบัติของกากกาแฟที่มีองค์ประกอบเป็นแร่ธาตุต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของพืช อีกทั้งคุณสมบัติที่มีความสามารถในการขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ได้ จึงมีความเป็นไปได้ในการนำกากกาแฟไปใช้สำหรับการผลิตเป็นกระถางเพาะชำได้ นอกจากนี้การผลิตกระถางเพาะชำที่มีส่วนผสมของวัสดุที่สามารถช่วยป้องกันแมลงกัดกินต้นกล้าของพืชได้นั้นจะเป็นประโยชน์ต่อการนำไปใช้งานจริง

11) การใช้ประโยชน์จากเศษเหลือของกาแฟจากอุตสาหกรรมการเกษตร

เศษเหลือกาแฟจากอุตสาหกรรมการเกษตร สามารถสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับผลผลิตโดยการใช้ประโยชน์จากสิ่งเหลือใช้ เป็นแนวทางหนึ่งในการทำการเกษตรได้อย่างยั่งยืน ซึ่งในแต่ละปีมีของเหลือใช้ทางการเกษตรเป็นจำนวนมากที่ไม่ได้นำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ และบางครั้งอาจทำให้เกิดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมอีกด้วย ซึ่งในกระบวนการผลิตเมล็ดกาแฟนอกเหนือจากจะได้เมล็ดกาแฟ สารที่เป็นผลผลิตโดยตรงแล้ว ยังมีสิ่งเหลือใช้ที่เป็นผลพลอยได้จากการผลิตอีกหลายชนิดที่เกษตรกรสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ และยังสามารถผลิตเป็นการค้าเพื่อเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกรได้อีกด้วย (พรพรรณ และคณะ, 2557) ดังภาพที่ 2-5



ภาพที่ 2-5 การใช้ประโยชน์จากเศษเหลือของกาแฟจากอุตสาหกรรมการเกษตร
ที่มา: พรพรรณ และคณะ (2557)

2.1.2 ไม้ยางพารา

ไม้ยางพาราเป็นไม้ยืนต้น เป็นไม้ที่มีเนื้อไม้อ่อนและหยาบ มีความแข็งแรงและทนทานน้อยที่สุด มอดหรือปลวกชอบทำลาย การยืดหดตัวไม่สม่ำเสมอมากบ้างน้อยบ้างแล้วแต่ชนิดของไม้ สีของเนื้อไม้ก็แตกต่างกันออกไปจากสีอ่อนไปจนถึงสีเกือบเข้ม อยู่ในสกุล (Genus) Hevea และวงศ์ (Family) Euphorbiaceae มีถิ่นกาเนิด อยู่แถบลุ่มแม่น้ำอะเมซอนในทวีปอเมริกาใต้ โดยชาวพื้นเมืองเรียกว่า "เกาชู" (cao tchu) แปลว่า ต้นไม้ร้องไห้ จนถึงปี พ.ศ. 2313 (1770) โจเซฟ พรีสต์ลีย์ พบว่า ยางสามารถนำมาลบรอยดำของดินสอได้ เรียกว่า ยางลบ หรือตัวลบ (Rubber) ซึ่งเป็นศัพท์ใช้ในอังกฤษและเนเธอร์แลนด์เท่านั้น ศูนย์กลางของการเพาะปลูกและซื้อขายยางในอเมริกาใต้แต่ดั้งเดิมอยู่ที่รัฐปารา (Pará) ของบราซิล ยางชนิดนี้จึงมีชื่อเรียกว่า “ยางพารา” (ศูนย์การศึกษาการค้าระหว่างประเทศ คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย, 2556)

1) การปลูกยางในประเทศไทย

การปลูกยางในประเทศไทยไม่มีการบันทึกเป็นหลักฐานที่แน่นอน แต่คาดว่าน่าจะเริ่มมีการปลูกในช่วงประมาณปี พ.ศ. 2442-2444 ซึ่งพระยารัษฎานุประดิษฐ์ มหิศรภักดี หรือ คอซิมบี้ ณ ระนอง เจ้าเมืองตรังในขณะนั้น ได้นำเมล็ดยางพารามาปลูกที่อำเภอกันตัง จังหวัดตรัง เป็นครั้งแรก ซึ่งชาวบ้านเรียกต้นยางชุดแรกนี้ว่า "ต้นยางเทศา" และต่อมาได้มีการขยายพันธ์ยางมาปลูกในบริเวณจังหวัดตรัง และนราธิวาส ในปี พ.ศ. 2454 ได้มีการนำพันธุ์ยางมาปลูกในจังหวัดจันทบุรี ซึ่งเป็นภาคตะวันออกของประเทศไทย โดยหลวงราชไมตรี หรือ ปูม ปุณศรี เป็นผู้นำพันธุ์ยางมาปลูกและนับจากนั้นเป็นต้นมาได้มีการขยายพันธุ์ปลูกยางพารา ไปทั่วทั้ง 14 จังหวัด ในภาคใต้ และ 3 จังหวัดในภาคตะวันออก นอกจากนี้ยังมีการขยายพันธุ์ยางมาปลูกในภาคกลาง

ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคเหนือ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2534 เป็นต้นมา ยางพาราก็กลายเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย และมีการผลิตเป็นอันดับหนึ่งของโลก (สมรัชนะ, 2553)

2) สมบัติของไม้ยางพารา

จากรายงานของศูนย์การศึกษาการค้าระหว่างประเทศ คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย (2556) อ้างถึงการศึกษาของกฤษดา (2552) พบว่า ไม้ยางพาราแต่ละพันธุ์ให้ผลผลิตไม้แตกต่างกัน จากการประเมินน้ำหนักสดไม้ยางพาราที่มีอายุ 18 ปี จากศูนย์วิจัยปาล์มน้ำมันกระบี่ จำนวน 4 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ RRIM 600 พันธุ์ BPM 24 พันธุ์ RRIT 251 และพันธุ์ PB 235 โดย ไม้ยางพาราที่ให้น้ำหนักสดของไม้ทั้งต้น มากที่สุด คือ พันธุ์ PB 235 รองลงมาคือ พันธุ์ RRIM 600 พันธุ์ RRIT 251 และพันธุ์ BPM 24 ส่วนไม้ยางพารา ที่ให้ปริมาตรไม้ท่อนก่อนแปรรูปและผลิตไม้ แปรรูปมากที่สุด คือ พันธุ์ PB 235 เป็นพันธุ์ที่ให้ปริมาณและผลผลิตไม้สูงกว่าอีก 3 พันธุ์ (พันธุ์ RRIM 600 พันธุ์ RRIT 251 และพันธุ์ BPM 24) ประมาณ 2 เท่า เนื่องจากพันธุ์ PB 235 เป็นพันธุ์ที่มีลำต้นเดี่ยวสูงตรง และมีกิ่งน้อย อย่างไรก็ตามนอกจากพันธุ์ของไม้ยางพาราแล้วปริมาณผลผลิตไม้ยางพารายังแปรผันตามปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ อายุ ขนาดลำต้น จำนวนต้นที่เหลือต่อไร่ พื้นที่เพาะปลูก ปริมาณน้ำฝน คุณภาพดิน รวมไปถึงตาและรอยตำหนิบนต้นยางพารา เป็นต้น

ไม้ยางพารา เมื่อเป็นไม้สดจะมีเนื้อไม้สีขาวอมเหลืองและเมื่อเนื้อไม้แห้งจะเปลี่ยนเป็น สีขาวจาง เป็นไม้ที่ไม่มีแก่น วงรอบปีไม่ชัดเจน จัดเป็นไม้ที่อยู่ในกลุ่มเนื้อแข็งปานกลาง เนื้อไม้ลักษณะหยาบปานกลาง และเสี้ยนตรงจากการทดสอบคุณสมบัติทางวิศวกรรมของไม้ยางพาราที่จำแนกตามสายพันธุ์ (4 สายพันธุ์) เทียบกับ ไม้สัก พบว่า เมื่อพิจารณาคุณสมบัติด้านกายภาพ (Physical property) ได้แก่ ความชื้น ความหนาแน่น ความถ่วงจำเพาะ และด้านกลสมบัติ (Strength property) ได้แก่ ความเค้นอัดตั้งฉากเสี้ยน ความเค้นอัดขนานเสี้ยนความเค้นเฉือนขนานเสี้ยน Modulus of Rupture (MOR) Modulus of elasticity (MOE) และความแข็งแรงของทั้ง 4 พันธุ์มีค่าใกล้เคียงกับไม้สัก ผลการทดสอบ แสดงดังตารางที่ 2-3

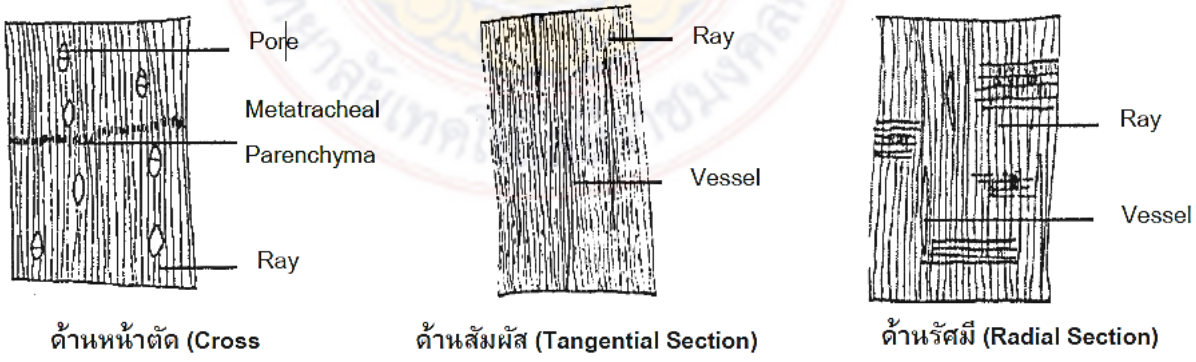
ตารางที่ 2-3 ผลการทดสอบสมบัติไม้ของไม้ยางพารา จำนวน 4 พันธุ์ เมื่อเปรียบเทียบกับไม้สัก

ค่าทดสอบ	พันธุ์ RRIM 600	พันธุ์ BPM 24	พันธุ์ RRIT 251	พันธุ์ PB 235	ไม้สัก*
สกายสมบัติ (physical property)					
- ความชื้น (%)	21.2	18.4	17.8	21.1	-
- ความหนาแน่น (ก./ซ.ม.^{3})	0.67	0.70	0.68	0.67	0.65
- ความถ่วงจำเพาะ	0.55	0.57	0.53	0.52	-
กลสมบัติ (strength property)					
- ความเค้นอัดตั้งฉากเสี้ยน (MPa)	21.4	22.7	17.4	21.8	-
- ความเค้นอัดขนานเสี้ยน (MPa)	39.9	42.4	32.6	42.8	49.0
- ความเค้นเฉือนขนานเสี้ยน (MPa)	17.7	14.0	14.0	18.2	14.6
- Modulus of Rupture (MOR)	89.8	93.1	73.1	75.6	100.0
- Modulus of elasticity (MOE)	8,020	7,782	7,135	7,018	10,089
- ความแข็งแรง (N)	4,488	4,120	3,640	3,870	4,864

ที่มา: ศูนย์การศึกษาการค้าระหว่างประเทศ คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย (2556)

3) ลักษณะโครงสร้าง

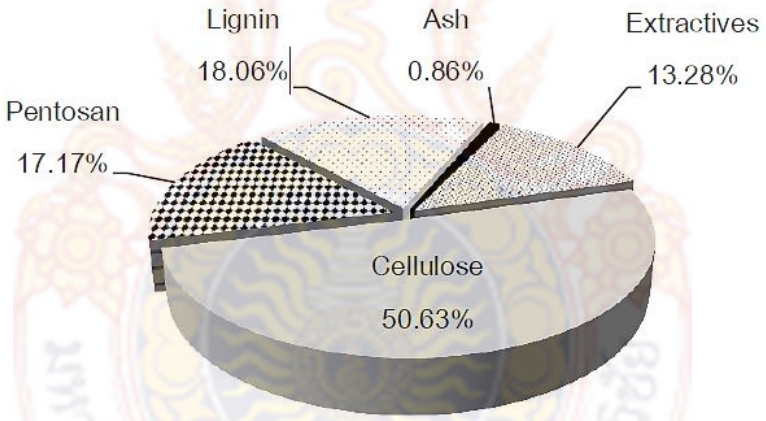
ไม้ยางพาราไม่มีวงเจริญเติบโตให้เห็นเด่นชัดทางด้านหน้าตัด แต่จะเห็นเป็นลายไม้ เนื่องจากความแตกต่างระหว่างความแน่นของไฟเบอร์และปริมาณความหนาแน่นของหมู่เยื่อ Parenchyma ทางด้านข้าง Pore เดี่ยว และแฝด 2 - 3 คละกัน กระจายห่าง ๆ อย่างสม่ำเสมอ มี Metatracheal Parenchyma (concentric) ตัดกับ Ray เห็น เป็นลักษณะตาข่ายทางด้านหน้าตัด ดังแสดงในภาพที่ 2-6



ภาพที่ 2-6 ลักษณะโครงสร้างของไม้ยางพารา

ที่มา: ศูนย์การศึกษาการค้าระหว่างประเทศ คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย (2556)

ไม้ยางพาราเป็นไม้ที่มีลักษณะลำต้นกลม สูงปานกลาง เปลือกสีเทาดำ มองทางด้านหน้าตัดจะเห็นท่อน้ำยาง (Latex Vessel) ต่อกันเป็นวงตามแนวด้านสัมผัส (Tangential) เนื้อไม้มีสีขาวอมเหลือง เมื่อสดและจะมีสีขาวจาง เมื่อแห้งเนื้อจะหยาบ (ปานกลาง) เสี้ยนตรง วงรอบปีไม่เห็นชัด ไม่มีแกน ส่วนเรย์ (Ray) มีขนาดเล็กมากและมีสีอ่อนกว่าเนื้อไม้และพอร์ (Pore) เป็นแบบ Radial Multiple ซึ่งการเรียงตัวจะตัดกัน ระหว่างเรย์กับเมตาทราเคียพาเรงคิมา (Metatracheal parenchyma) ทำให้มองดู เนื้อไม้คล้ายตาข่าย มีความหนาแน่นพื้นฐาน (Basic Density) 0.56 – 0.65 กรัม/ลบ.ซม. สำหรับที่ความชื้น 15% มีความหนาแน่นประมาณ 0.67-0.74 กรัม/ลบ.ซม. โดยมีค่าใกล้เคียงกับไม้ Soft Maple ทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับพันธุ์ของยางพารานั้นๆ สำหรับขนาดของเส้นใยไม้ยางพาราประมาณ 1.26 มม. โดยมีความกว้างประมาณ 0.021 ม.ม. คุณสมบัติทางเคมีของ ไม้ยางพาราสด เมื่อคิดเป็นร้อยละของน้ำหนักอบแห้ง ประกอบด้วย สารแทรก (Extractives) 13.28% (สำหรับสารแทรกแบ่งเป็นสารที่สามารถละลายในน้ำรวม 10.36% และละลายได้ในสารละลายรวม 23.24% เซลลูโลส (Cellulose) 50.63% (Holocellulose 78.72%, Alpha Cellulose 49.41%) เพนโตซาน (Pentosan) 17.17% ลิกนิน (Lignin) 18.06% และเถ้า (Ash) 0.86% ดังแสดงในภาพที่ 2-7



ภาพที่ 2-7 คุณสมบัติทางเคมีของไม้ยางพารา

ที่มา: ศูนย์การศึกษาการค้าระหว่างประเทศ คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย (2556)

4) การแปรรูปไม้ยางพารา

ปัจจุบันโรงงานแปรรูปไม้ยางพารา ส่วนใหญ่อยู่ที่ภาคใต้เนื่องจากพื้นที่ปลูกสวนยาง ประมาณ 85 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่ปลูกยางของประเทศ โรงงานแปรรูปขนาดเล็กส่วนใหญ่ไม่มีเตาอบ หรืออุปกรณ์อัดน้ำยาไม้ของตนเอง ทำให้ไม้แปรรูปที่ได้ด้อยคุณภาพ ส่วนโรงงานแปรรูปไม้ขนาดใหญ่มีอุปกรณ์ต่าง ๆ ค่อนข้างทันสมัย กิจกรรมของโรงงานแปรรูปไม่ใช้แรงงานค่อนข้างมาก ข้อดีในส่วนของโรงงานแปรรูปไม้ยางพารา คือ ปริมาณวัตถุดิบไม้ท่อนที่มีอยู่ค่อนข้างมาก ทำให้การแปรรูปเกิดความชำนาญ และเข้าใจถึงความต้องการในการแปรรูปให้ได้ ไม้แปรรูปมาก ๆ ทั้งยังโรงเลื่อยไม้ยางพาราขนาดเล็ก มีตลาดไม้ยางพาราแปรรูปค่อนข้างแน่นอน ขายไม้ให้กับอุตสาหกรรม

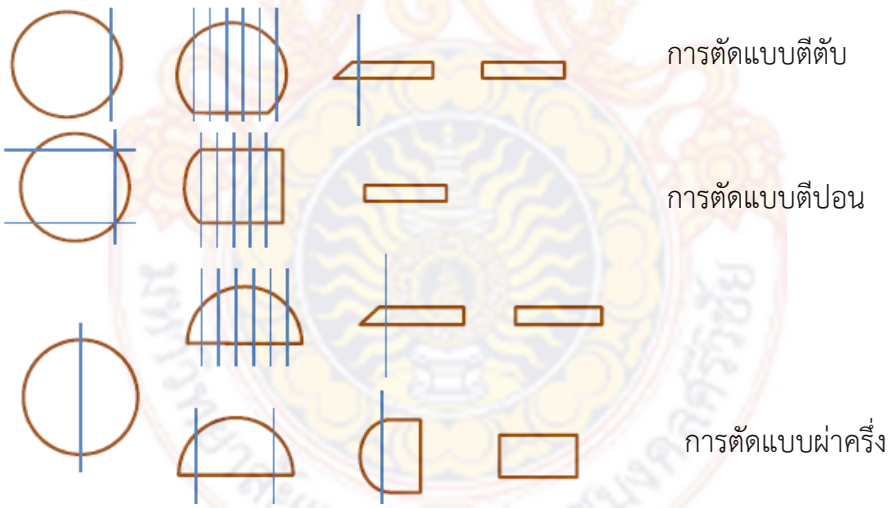
จุดด้อยของโรงงานแปรรูปไม้ยางพารา คือ โรงงานขนาดเล็กและขนาดกลางมักขาดแคลนไม้ท่อนในช่วงฤดูฝน เนื่องจากสวนยางที่ตัดขายส่งห่างไกลเกินไป อัตราการแปรรูปไม้ (Lumber recovery) อัตราการแปรรูปไม้ หมายถึง สัดส่วนของปริมาตร ไม้แผ่นที่ได้จากแปรรูปต่อปริมาตรของไม้ท่อนที่เข้าแปรรูป คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ หรือเขียนเป็นสูตรได้ดังนี้ คือ อัตราการแปรรูปไม้ = ปริมาตรไม้แปรรูป x 100 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตรไม้ท่อนที่เลื่อย โรงงานแปรรูปไม้โดยทั่วไป นิยมใช้ไม้ท่อนหน้าโรงงานเป็นหน่วยน้ำหนักกิโลกรัมหรือเป็นตัน (1,000 กิโลกรัม) บางแห่งไม่มีเครื่องชั่งรับซื้อ เป็นหน่วยปริมาตรโดยใช้การกองไม้ท่อนให้ได้ความกว้าง 1 เมตร ยาว 1 เมตร มักเรียกเป็นหลา (1 ลูกบาศก์เมตร) โดยคิดเทียบน้ำหนักไม้ท่อน 1 ตัน มีปริมาตร 1.30 ลูกบาศก์เมตร (ผสุดี, 2556)

หลังจากไม้ยางพาราถูกโค่นลงจะต้องทำการเลื่อยและอาบ-อบน้ำยาโดยเร็ว เพื่อป้องกันไม้ให้เกิดเชื้อราที่เป็นตำหนิบนเนื้อไม้ ส่งผลให้ไม้แปรรูปที่ได้มีราคาต่ำลง สำหรับไม้ยางพาราที่เข้าสู่โรงเลื่อยจะมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 5 นิ้วขึ้นไป สำหรับการแปรรูปรูปไม้ยางพารานั้น ผู้ที่มีหน้าที่เลือกตำแหน่งในการตัด การปรับทิศทาง และป้องกันไม้ท่อนเข้าเครื่องเลื่อย เรียกว่า “นายไม้” ส่วนผู้ที่ทำหน้าที่ช่วยพลิกและรับไม้ที่ผ่านเลื่อย เรียกว่า “หางม้า” การเลื่อยไม้ส่วนใหญ่จะใช้โต๊ะเลื่อยไฟฟ้าแบบสายพาน โดยเลื่อยไฟฟ้านั้นถือเป็นอุปกรณ์ที่กินไฟฟ้ามากที่สุดในโรงงาน เนื่องจากของมอเตอร์ที่ใช้จะมีขนาดตั้งแต่ 15-50 แรงม้า ขึ้นอยู่กับขนาดของไม้ที่ตัดและอายุของโรงเลื่อย ส่วนใบเลื่อยที่ใช้ส่วนใหญ่นิยมใช้ใบเลื่อยสายพานขนาด 6 - 8 นิ้ว ในโรงเลื่อยส่วนใหญ่จะมีเครื่องลับใบเลื่อยและเจ้าหน้าที่ดูแลรักษาใบเลื่อยประจำโรงงานเพื่อคอยดูแลใบเลื่อยให้สามารถตัดไม้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สำหรับการเลื่อยไม้ยางพาราจะแตกต่างกับทั่วไป เนื่องจากไม้ยางพารามีรูปร่างที่ไม่แน่นอน คือ ลำตัวของไม้ไม่ตรงตลอดทั้งท่อน มีความโค้ง มีตาไม้ และมีตำหนิบนต้นไม้มาก โดยเฉพาะตำหนิตามธรรมชาติของไม้ยางพารา ส่วนมากมักจะเกิดมี Tension wood ในขณะที่ต้นไม้ยังยืนต้นอยู่ บ่อยครั้งที่เนื้อไม้ส่วนที่มี Tension wood เมื่อแปรรูปไม้แล้วพบว่าขุยหรือขนที่เกิดขึ้นขณะแปรรูปไม้สดๆ ผสมกับน้ำยางที่ยังคงมีอยู่ในไม้ทำให้เกิดติดพันเลื่อย ทำให้เลื่อยติดขัดไม้ที่มี Tension wood นี้จะบิดงอง่ายโดยเฉพาะอย่างยิ่งไม้แปรรูปที่มีขนาดบางกว้างและยาวจะยิ่งบิดงอง่ายและมากการไสกบหรือแต่งขัดเงาไม้ในส่วนนี้จะทำได้ยากกว่าไม้ปกติส่วนที่เป็น Tension wood นี้อีกเหมือนกันที่อาจเป็นสาเหตุอย่างหนึ่งที่ทำให้ใบเลื่อยบิดได้เนื่องจากมีความเข้มในไม้ (internal growth stresses) จากข้อจำกัดดังกล่าวทำให้ไม่สามารถประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอัตโนมัติในการตัดซอยได้ ทั้งนี้การตัดซอยไม้ยางพาราสามารถทำได้หลายรูปแบบ แต่การเลือกแนวการตัดซอยไม้ยางพารา ส่วนใหญ่จำเป็นต้องอาศัยวิจารณ์ญาณและความชำนาญของนายม้าในการพลิกไม้หลบบริเวณที่มีตำหนิและเลือกตัดไม้เพื่อให้ได้ไม้เกรดดี (ราคาสูง) ในปริมาณที่มากที่สุด สำหรับการคัดเกรดไม้ยางพาราแปรรูปจะกำหนดตามปริมาณช่วงความยาวที่มีตำหนิ ซึ่งโรงเลื่อยจะใช้วิธีการจ่ายค่าตอบแทนนายม้าแบบจ้างเหมาตามปริมาณไม้เกรดดีที่ตัดซอยได้เพื่อเป็นแรงจูงใจให้นายม้าคำนึงถึงคุณภาพของการตัดซอยไม้ไปพร้อม ๆ กับปริมาณผลผลิตที่ตัดออกมาได้ และการตัดไม้ก็จะมีเจ้าหน้าที่คัดคุณภาพไม้คอยคัดแยกไม้ที่ตัดได้ อย่างไรก็ตามแนวทางนี้อาจทาให้นายม้ามุ่งเน้นการตัดซอยเฉพาะไม้ขนาดใหญ่เพื่อให้ได้ปริมาตรไม้ได้ที่มาก ซึ่งก่อให้เกิดการสูญเสียในส่วนของไม้ขนาดเล็กที่ยังมีประโยชน์ ดังนั้นโรงเลื่อยจึงต้องมีการวางสายการผลิต (Production Line) ที่

เหมาะสมในแต่ละกรณี ซึ่งในกรณีที่ไม้ยางพาราที่ป้อนเข้าสู่โรงเลื่อยมีขนาดใหญ่ควรจัดชุดเลื่อยเป็นแบบ 2-3 โต๊ะเลื่อย เพื่อทำการเลื่อยเปิดปีก และเลื่อยซอยไม้ขนาดใหญ่และเล็ก ตามลำดับ ส่วนกรณีที่ไม้ยางพาราที่ป้อนเข้าสู่โรงเลื่อยมีขนาดเล็กอาจจะใช้โต๊ะเลื่อยเพียงโต๊ะเดียวในการทำหน้าที่ทั้งตัดเปิดปีกไม้หรือตัดครึ่งไม้และทำการตัดซอยไม้ ในการกำหนดความหนาของไม้ยางพาราส่วนใหญ่นายม้าจะมีบล็อกสาหรับควบคุมขนาดเพื่อเป็นการบังคับระยะห่างระหว่างขอบไม้กับใบเลื่อย เพื่อให้สามารถตัดได้ความหน้าตามที่ต้องการเท่ากันตลอดความยาวของไม้ แต่ในกรณีที่พบการตำหนิ (ตาไม้หรือไส้ไม้) นายม้าจะพิจารณาพลิกไม้กลับหัวท้ายหรือตัดหลบแนว เพื่อให้ได้ไม้ที่มีตำหนิตามความเหมาะสม

ไม้ดิบแปรรูปที่ตัดได้จากโต๊ะเลื่อยแต่ละชุดจะมีการแต้มสีบริเวณหัวไม้ ซึ่งสีที่ใช้แต้มนั้นจะกำหนด ให้แตกต่างกันไปตามโต๊ะเลื่อยแต่ละชุดเพื่อใช้ในการตรวจสอบผลผลิตไม้ดิบแปรรูปของนายม้า แต่ละทีมและที่สำคัญสามารถใช้เป็นสัญลักษณ์ในการติดตามเส้นทางของไม้ตลอดทั้งกระบวนการผลิตในการแปรรูปไม้ยางพาราทุกครั้งจะเกิดผลพลอยได้ที่เกิดจากกระบวนการแปรรูป ได้แก่ เศษไม้และปีกไม้ที่ได้จากการซอยส่วนหนึ่งจะถูกนำไปใช้เผาเป็นเชื้อเพลิงเพื่อใช้ในกระบวนการอบไม้ ส่วนที่เหลือจากการใช้เป็นเชื้อเพลิงจะถูกขายให้กับโรงงานผลิตแผ่นชิ้นไม้อัด (Particle Board) สำหรับขี้เลื่อยส่วนใหญ่จะถูกนำไปใช้ในการเผาเพื่อเป็นพลังงาน ส่วนที่เหลือในบางพื้นที่จะมีผู้รับขี้เลื่อยไม้ยางพาราไปใช้การเพาะเห็ด โดยรูปแบบของการตัดซอยไม้ แสดงดังภาพที่ 2-8

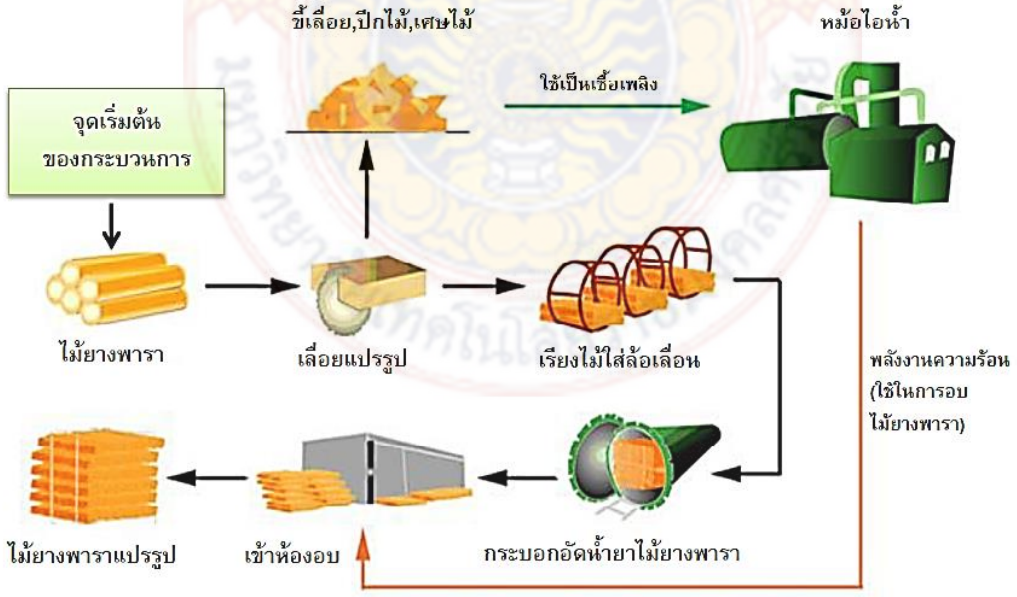


ภาพที่ 2-8 รูปแบบการตัดซอยไม้

ที่มา: ศูนย์การศึกษาการค้าระหว่างประเทศ คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย (2556)

หลังจากไม้ยางพาราที่ผ่านการตัดซอยและคัดเกรดจะถูกนำมาจัดลงแท่นวางสินค้า (พาเลท) เพื่อนำไปอัดน้ำยาถนอมเนื้อไม้โดยเร็ว เพื่อป้องกันไม้ให้เกิดเชื้อราและเพื่อไม่ให้เป็นสีแดงซึ่งเป็นลักษณะที่ลูกค้าไม่ต้องการ กระบวนการอัดน้ำยาถนอมเนื้อไม้ยางพาราส่วนใหญ่จะใช้เทคนิคสุญญากาศควบคู่กับการอัดความดัน (Vacuum-Pressure Impregnation Process) ซึ่งในการอัดน้ำยาจะมีการเติมสารเคมี (ไม้ยางพาราใช้สารประกอบโบรอน) ที่ออกฤทธิ์ในถังผสมน้ำยา ทั้งนี้อาจมี

การผสมสารเคมีอื่นๆ ซึ่งเป็นสูตรลับเฉพาะของแต่ละโรงงานเพื่อฟอกสีไม้ ขั้นตอนการอัดน้ำยาเริ่มต้นจากการที่คนงานจะทำการเข็น พาเลทไม้เข้าไปจัดเรียงในถังอัดน้ำยา จากนั้นจะมีการดูดเอาอากาศจากนอกถังอัดน้ำยาโดยการใช้ปั๊มดูด-อัดอากาศให้มีการคงในสภาพสุญญากาศระยะหนึ่งเพื่อดูดไอน้ำและอากาศออกจากเนื้อไม้ ซึ่งเป็นการเปิดโอกาสให้น้ำยาถนอมเนื้อไม้ สามารถซึมผ่านเข้าไปในเนื้อไม้ได้ดียิ่งขึ้น จากนั้นจะทำการปล่อยน้ำยาถนอมเนื้อไม้ จากถังเข้าไปในถังอัดน้ำยาพร้อมกันนั้นก็ทำการอัดความดันเพื่อให้น้ำยาถนอมเนื้อไม้ ซึมผ่านเข้าไปในเนื้อไม้ เมื่ออัดน้ำยาถนอมเนื้อไม้เข้าเนื้อไม้ได้ที่แล้ว จะทำการหยุดการอัดน้ำยาถนอมเนื้อไม้และปล่อยน้ำยาออกจากถังอัดความดันไปเก็บไว้ในบ่อพัก (น้ำยานี้จะถูกดูดคืนขึ้นไปเก็บไปไว้ในถังน้ำยาถนอมเนื้อไม้เพื่อใช้งานในรอบต่อไป) หลังจากปล่อยน้ำยาออกจากถังก่อนที่จะนำไม้ออกจากถังอัดน้ำยาจะมีการดูดอากาศออกจากถังอีกรอบเพื่อดูดความชื้นและสารเคมีส่วนเกินออกจากไม้ เพื่อให้ไม้หมาดพอเหมาะกับการนำเข้าเตาอบ แต่อาจใช้วิธีการนำไม้ออกพึ่งอากาศแทนเพื่อให้สามารถใช้ถังน้ำยาในการอัดไม้รอบต่อไปได้ ทั้งนี้กระบวนการอัดน้ำยาถนอมเนื้อไม้จะใช้เวลาประมาณ 2 ชั่วโมงไม้ยางพาราเป็นไม้ที่แห้งค่อนข้างช้า ตำหนิจากการบิดงอค่อนข้างมาก ไม้ยางพาราถูกทำลายจากแมลงและเชื้อราได้ง่าย จากเหตุผลที่กล่าวมาจึงนิยมอัดน้ำยาไม้แปรรูปก่อนเข้าอบแห้ง ส่วนการป้องกันการบิดงอทำได้โดยใช้น้ำหนักทับบนกองไม้เพื่อช่วยลดตำหนิดังกล่าว สำหรับในขั้นตอนการอบไม้ยางพารานั้นในประเทศไทยโดยเฉพาะภาคใต้ของประเทศ โดยมากนิยมสร้างห้องอบหรือเตาอบ แล้วใช้พัดลมเป่าอากาศร้อนเข้าไปในเตาอบเพื่อทำให้ไม้แห้ง แต่ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการอบไม้ชนิดนี้มักจะมีคุณภาพไม่สู้ดี คือ ไม้ที่ได้มักจะมีตำหนิ เช่น แตกปลายแตกผิว หรืออาจโค้งงอได้เพราะการควบคุมการอบไม้มีหลักเกณฑ์ที่แน่นอนต้องใช้ความชำนาญของผู้ควบคุมเตาอบเป็นเกณฑ์ มีความสามารถที่จะควบคุมอุณหภูมิภายในเตาให้เป็นไปตามความต้องการได้ โดยวิธีการผลิตไม้แปรรูป อัดและอบน้ำยาไม้ยางพาราแสดงดังภาพที่ 2-9



ภาพที่ 2-9 วิธีการผลิตไม้แปรรูป อัดและอบน้ำยาไม้ยางพารา

ที่มา: ศูนย์การศึกษาการค้าระหว่างประเทศ คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย (2556)

2.1.3 ขี้เลื่อย

ขี้เลื่อย (อังกฤษ: Sawdust or wood dust) เป็นผลพลอยได้จากการเลื่อยไม้ มีลักษณะเป็นผงไม้ละเอียด เป็นของเสียในโรงงานที่เป็นพิษ โดยเฉพาะการทำให้เกิดอาการอักเสบ แต่ก็สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อีกหลายประการ ขี้เลื่อยมีสารอินทรีย์เป็นองค์ประกอบจำนวนมาก (เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน) ที่มีหมู่โพลีฟีนอลซึ่งสามารถจับกับโลหะหนักได้ด้วยกลไกต่างกัน ตัวอย่างเช่น ขี้เลื่อยจากต้นพอบลาร์และต้นเฟอร์ที่ทำปฏิกิริยากับโซเดียมไฮดรอกไซด์และ โซเดียมคาร์บอเนต ดูดซับทองแดงและสังกะสีได้ดี ขี้เลื่อยจากต้นมะพร้าวที่ทำปฏิกิริยากับกรดซัลฟูริกดูดซับนิกเกิลและปรอทได้ (Ngah and Hanafiah, 2008)

1) สมบัติทางกายภาพของขี้เลื่อย

โดยปกติขี้เลื่อยที่เราจะพบอยู่โดยทั่วไปตามโรงเลื่อยมีอยู่ 2 ชนิด ได้แก่ ขี้เลื่อยไม้เนื้อแข็ง และขี้เลื่อยไม้เนื้ออ่อน แต่ที่นิยมนำมาใช้เป็นเชื้อในการเพาะเชื้อเห็ดนั้นจะนิยมใช้ขี้เลื่อยไม้เนื้ออ่อน โดยเฉพาะขี้เลื่อยจากไม้ยางพาราเพราะจะมีสารอาหารอยู่มาก มีความเบาและความฟูสูง ความหนาแน่นต่ำฟุ้งกระจายได้ในอากาศแต่ค่อนข้างเปลืองเนื้อที่มากในการเก็บรักษา เพราะอัตราส่วนของปริมาตรเมื่อเทียบกับน้ำหนักแล้วค่อนข้างมากกว่า รวมทั้งไม่สะดวกในการขนส่งไปที่ไกล ๆ อีกทั้ง ไม้ยางพาราจะมีอยู่มากในภาคใต้เท่านั้น (Nuri, 1986)

2) ผลิตภัณฑ์จากขี้เลื่อย

ผลิตภัณฑ์จากขี้เลื่อย หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ทำหรือประดิษฐ์ขึ้นโดยการนำขี้เลื่อยมาผสมกับกาวในสัดส่วนที่เหมาะสม อาจเติมวัสดุอื่นเพื่อช่วยการยึดเกาะ เช่น ใยสาและฟางข้าว ลงในส่วนผสมด้วยก็ได้แล้วนำมาขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ตั้งทิ้งไว้ให้แห้งจนแข็งตัว นิยมนำมาทำเป็นตุ๊กตารูปสัตว์ ดอกไม้ ต้นไม้ อาจผสมสีลงในวัสดุหรือตกแต่งสีเพื่อความสวยงาม และอาจประกอบด้วยวัสดุอื่นหรือใช้วัสดุอื่นช่วยในการทำ เช่น ลวด และ ไม้ เป็นต้น (วารุณี, 2549)

อิทธิสุนทร (2551) กล่าวถึง ขี้เลื่อยว่า

ก) แหล่งกำเนิด : จากโรงเลื่อยต่าง ๆ มีความแตกต่างกันตามชนิดของไม้

ข) คุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์

- ความเป็นกรด-ด่าง 4.2-6 มีความแปรปรวนมากขึ้นอยู่กับชนิดของไม้และอายุของขี้เลื่อย
- คุณสมบัติในการอุ้มน้ำดีมาก จนอาจมากเกินไปจนมีปัญหาเกี่ยวกับการระบายอากาศ
- คุณสมบัติในการแลกเปลี่ยนประจุ จะมีค่าสูงเมื่อขี้เลื่อยผ่านขบวนการสลายตัว
- ความหนาแน่นรวมเมื่อแห้งต่ำ
- ความพรุนสูง
- ความคงทนของโครงสร้าง สามารถสลายตัวได้

ค) ลักษณะการนำไปใช้ทำปุ๋ยหมักและใช้เป็นวัสดุปลูก โดยปกติก่อนนำมาใช้เป็นวัสดุปลูกปล่อยให้ขี้เลื่อยสลายตัวก่อนประมาณ 6 เดือน

ง) อายุการใช้งาน 2-3 ครั้ง

ฉ) ราคาถูกมาก

ช) ข้อดี

- น้ำหนักเบาง่ายต่อการนำมาใช้
- ความสามารถในการอุ้มน้ำดีมาก
- ราคาถูก

ซ) ข้อเสีย

- ต้องเสียเวลาในการปล่อยให้สลายตัวนาน
- มีความแปรปรวนในด้านองค์ประกอบมาก
- มีการสลายตัวหลังจากนำมาใช้และเกิดการอัดตัวแน่น
- ยากในการกำจัดโรคและแมลง

3) องค์ประกอบที่สำคัญจากขี้เลื่อย

ขี้เลื่อยเป็นส่วนที่ได้จากเนื้อไม้ ซึ่งเป็นเนื้อเยื่อประเภทไซเลม (Xylem) ทำหน้าที่ลำเลียงน้ำขึ้นไปเลี้ยงต้นพืช จึงมีส่วนประกอบหลักเป็นผนังเซลล์ ซึ่งมีสารประกอบดังนี้

ก) เซลลูโลส (Cellulose)

องค์ประกอบส่วนใหญ่ของเศษพืชประกอบด้วยเซลลูโลสประมาณ 15-45 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง (Alexander *et al*., 1997) เซลลูโลสประกอบด้วย Polymer molecule ของหน่วยย่อยของ D-anhydroglucopyrnose มาเชื่อมต่อกันเป็นสายยาวแบบ Linear polymer ด้วยพันธะ β-1,4 glycosidic จำนวนหน่วยย่อยของโมเลกุลเซลลูโลสมีตั้งแต่ 15 หน่วยย่อยจนถึง 14,000 หน่วยย่อย ซึ่งแตกต่างกันออกไปตามชนิดของพืช ซึ่งแต่ละโมเลกุลจะเชื่อมต่อกันด้วยพันธะไฮโดรเจน (Hydrogen bond) ระหว่าง Hydroxyl group ของคาร์บอนตำแหน่ง ที่ 3 กับออกซิเจนใน Ring ของโมเลกุลหน่วยย่อยถัดไป แบะสายของเซลลูโลสที่ขนานยังยึดเกาะกันด้วยพันธะไอโดรเจน ซึ่งเกิดขึ้นจาก Hrdroxyl group ของคาร์บอนตำแหน่งที่ 6 กับออกซิเจนไปเชื่อมต่อโมเลกุลของหน่วยย่อยของเซลล์ลูโลสอีกเส้นหนึ่ง (Raven *et al*., 1992)

ข) เฮมิเซลลูโลส (Hemicellulos)

จัดเป็น Polysaccharide ที่มีมากที่สุดรองลงมาจากเซลลูโลส น้ำหนักแห้งโดยเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 20-40 เปอร์เซ็นต์ ประกอบด้วยน้ำตาลหลายชนิดเชื่อมต่อกันอาจเป็นเส้นตรงหรือแตกเป็นแขนง เช่น Glucose, Mannose, Galactose, Xylose และ Arabinose นอกจากนี้ยังมี Uronic acid ได้แก่ Glucuronic acid และ Galacturonic acid ส่วนใหญ่แล้ว Xylose มักเป็นพื้นฐานการเกิดเฮมิเซลลูโลส ทั้งในไม้อ่อนและไม้เนื้อแข็ง ซึ่งอยู่ในรูปของไซเลม (Xylem) ปริมาณของ (Xylem) จะอยู่ระหว่าง 15-30 เปอร์เซ็นต์ ในผนังเซลล์ (Cell wall) ของพืช (Sjorstrom, 1981)

ค) ลิกนิน (Lignin)

ในองค์ประกอบของเศษพืชจะมีลิกนิน ซึ่งเป็นส่วนประกอบที่ย่อยสลายยากอยู่ประมาณ 15-30 เปอร์เซ็นต์ (Alexander, 1977) ลิกนินเป็น Polymeric โมเลกุลที่แตกแขนงมากมาย ซึ่งประกอบด้วยหน่วยย่อย Coniferyl alcohol และ Sinapyl alcohol โดยการเชื่อมต่อด้วยพันธะของ Alkyl-aryl หรือ Alkyl-alkyl และพันธะ Aryl-ether

4) การใช้ประโยชน์จากขี้เลื่อย

จากภาพที่ 2-9 จะเห็นได้ว่าในขั้นตอนการเลื่อยแปรรูปไม้ยางพารา จะเกิดวัสดุที่เหลือใช้ ได้แก่ ขี้เลื่อย ปีกไม้และเศษไม้ ซึ่งได้มีการนำขี้เลื่อยมาใช้ประโยชน์หลายด้าน เช่น ขายให้เกษตรกรผู้เพาะเห็ด หรือส่งโรงงาน (ไม้บอร์ดที่เอาขี้เลื่อยมาอัดแน่น) โรงงานทำธูป ยากันยุง ขายเป็นเชื้อเพลิง ทำเม็ดเชื้อเพลิง เช่น งานวิจัยของ Vladimir *et al.* (2011) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการเผาไหม้ของเศษไม้เหลือใช้และเศษวัสดุทางการเกษตรของประเทศไทยในเตาเผาแบบฟลูอิดไดซ์เบด โดยทำการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางเคมีในเชื้อเพลิงชีวมวลทั้งสิ้น 4 ชนิด ได้แก่ แกลบ เปลือกเมล็ดทานตะวัน ขี้เลื่อยไม้ยางพารา และเปลือกยูคาลิปตัส ผลการศึกษาแสดงดังตารางที่ 2-4

ตารางที่ 2-4 คุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางเคมีในเชื้อเพลิงชีวมวล

Biomass fuel	Ultimate analysis (wt.%, as-received basis)					Proximate analysis (wt.%, as-received basis)				
	C	H	O	N	S	W	A	VM	FC	LHV (kJ/kg)
Rice husk	40.5	4.1	28.7	0.3	0.03	8.4	18.0	58.0	15.6	14,620
Sunflower shells	52.2	5.6	29.7	0.6	0.10	9.1	2.7	65.6	22.6	17,150
Rubberwood sawdust	46.7	5.7	33.5	1.8	0.04	6.6	5.7	61.5	26.2	17,070
Eucalyptus bark	25.8	2.9	19.2	0.2	0.02	47.5	4.4	41.5	6.6	8 320

ที่มา: Vladimir *et al.* (2011)

นอกจากนี้ ยังมีนักวิจัยได้ทำการศึกษาและนำขี้เลื่อยมาทำเป็นกระถาง คือ พรเทพ และ วรินทร์ (2554) ทำโครงการพัฒนากระถางต้นไม้จากขี้เลื่อย มีการขึ้นรูปกระถางเพาะชำโดยทำการศึกษาปัจจัย 3 ปัจจัย ได้แก่ ปริมาณขี้เลื่อย กาวแป้งเปียก และแรงดันในการขึ้นรูปกระถางเพาะชำ ดังที่กล่าวมานั้นเป็นเหตุผลที่ทำให้ทีมนักวิจัยเลือกใช้ขี้เลื่อยมาเป็นส่วนประกอบในการผลิตกระถางเพาะชำร่วมกับกากกาแฟ เนื่องจากมีความเป็นไปได้ในการผลิตกระถางเพาะชำ นอกจากนี้ขี้เลื่อยมีมีธาตุอาหารที่จำเป็นต่อพืช และเป็นวัสดุที่ย่อยสลายได้ เพิ่มอินทรียวัตถุในดิน ทำให้ดินร่วนซุยเป็นการปรับปรุงโครงสร้างดินให้เหมาะสมแก่การเพาะปลูกพืชต่อไป

2.1.4 ปูนขาวจากเปลือกหอย

เปลือกหอย เป็นของเสียที่มีองค์ประกอบของสารที่ก่อเกิดจากการเจริญเติบโตจากกระบวนการทางธรรมชาติ ของเสียดังกล่าวจึงอาจสามารถนำมารีไซเคิลเป็นวัสดุใหม่ที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้จากองค์ประกอบของเปลือกหอยหลายชนิดที่ประกอบด้วยธาตุแคลเซียม เป็นองค์ประกอบหลัก เมื่อทำการเผาที่อุณหภูมิสูงจะกลายเป็นสารประกอบ แคลเซียมออกไซด์ แคลเซียมคาร์บอเนต และอื่นๆ อย่างเช่น การเผาเปลือกหอยแมลงภู่เพื่อการผลิตปูนขาวในระดับอุตสาหกรรม ซึ่งการควบคุมอุณหภูมิการเผาเปลือกหอยจะมีผลต่อองค์ประกอบของผลผลิต โดยหากทำการควบคุมเผาที่อุณหภูมิ 500–600 องศาเซลเซียส ผลผลิตที่ได้จะเป็นแคลเซียมคาร์บอเนต แต่ถ้าหากควบคุมอุณหภูมิการเผาที่ 700–900 องศาเซลเซียส แคลเซียมคาร์บอเนตจะแตกสลายกลายเป็นแคลเซียมออกไซด์ (Barros *et al*., 2009) หรือ ปูนขาว (Lime) ซึ่งการศึกษาการผลิตปูนขาวจากเปลือกหอยเพื่อนำกลับมาใช้ประโยชน์มีการศึกษาอย่างแพร่หลาย เช่น ผลิตปูนขาวจาก เปลือกหอยแครง (Cockle shell) (Mohamed *et al*., 2012) การศึกษาการรีไซเคิลเปลือกหอยนางรม (Oyster shells) เพื่อใช้สำหรับงานทางด้านการบำบัดน้ำเสียในการควบคุมการเกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชั่น (Eutrophication) (Kwon *et al*., 2004) ปูนขาวเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการเผาหินปูนจนเหลือ CaO หรือ แคลเซียมออกไซด์ มีลักษณะเป็นก้อนหรือผงสีขาวเมื่อละลายน้ำจะให้สภาพเป็นด่าง นิยมใช้มากในภาคอุตสาหกรรมและการเกษตร

1) คุณสมบัติของปูนขาว

เอนก และ ชุตินุช (2557) ได้ศึกษาการผลิตปูนขาวจากเปลือกหอยโดยได้ศึกษาลักษณะสมบัติขนาดของอนุภาค ศักยภาพปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และความสามารถในการละลายน้ำของปูนขาว ได้ผลดังนี้

ก) ลักษณะสมบัติของปูนขาวจากเปลือกหอย ลักษณะของเปลือกหอยเมื่อนำมาบดจะมีองค์ประกอบของแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) แต่เมื่อมีการให้ความร้อน ปูนขาวที่ได้จะมีองค์ประกอบของแคลเซียมออกไซด์ (CaO) จะมีลักษณะภายนอกเป็นผงสีขาว

ข) ผลการทดสอบขนาดอนุภาค (Sieve Analysis) ของปูนขาวจากเปลือกหอย การทดสอบขนาดอนุภาคของปูนขาวจากเปลือกหอยแครงหอยตลับและหอยนางรม โดยตะแกรงร่อนขนาดเบอร์ 25 (710 ไมโครเมตร) 50 (300 ไมโครเมตร) 60 (250 ไมโครเมตร) 100 (150 ไมโครเมตร) 200 (75 ไมโครเมตร) เมช และ Pan (ถาดรอง) เมื่อใช้ปริมาณปูนขาว 10 กรัม โดยเปรียบเทียบกับการทดสอบขนาดอนุภาคของปูนขาวจากท้องตลาดด้วยเช่นกัน ผลการทดสอบขนาดอนุภาค (Sieve Analysis) ของปูนขาวจากเปลือกหอย แสดงให้เห็นว่าขนาดของปูนขาวจากหอยแครงส่วนใหญ่จะเล็กว่า 200 เมช ปูนขาวจากเปลือกหอยตลับจะมีขนาดส่วนใหญ่อยู่ที่ 200 เมช

ค) ผลการทดสอบศักยภาพการปรับค่าพีเอช (pH Adjustment) ของปูนขาวจากเปลือกหอยค่าการทดสอบของพีเอช (pH) ของปูนขาวจากเปลือกหอยแครง หอยตลับและหอยนางรมในความเข้มข้นที่ 1 3 5 7 9 และ 11 กรัมต่อลิตร แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชจากน้ำดิบที่ค่าพีเอช เท่ากับ 7.30 เปลี่ยนพีเอช เป็น 10-13 ตามลำดับ ปูนขาวจากเปลือกหอยตลับ จะมีค่าพีเอชน้อยที่สุด

ง) ความสามารถการละลายน้ำของปูนขาวจากเปลือกหอยการทดสอบความสามารถการละลายน้ำของปูนขาวจากเปลือกหอยแครง หอยตลับ และหอยนางรม โดยเปรียบเทียบการทดสอบความสามารถการละลายน้ำของปูนขาวจากท้องตลาดด้วยเช่นกัน ในการทดสอบจะใช้ปริมาณปูนขาว 10 กรัมต่อลิตร จะเห็นได้ว่า ปูนขาวจากเปลือกหอยแครงนั้นสามารถละลายน้ำได้ดีที่สุด ตามด้วยปูนขาวจากท้องตลาด ปูนขาวจากเปลือกหอยตลับ และปูนขาวจากเปลือกหอยนางรม ตามลำดับ

2) การประยุกต์ใช้ปูนขาวสำหรับงานทางด้านสิ่งแวดล้อม

ปัจจุบันปัญหาน้ำเสียจากชุมชนและอุตสาหกรรมส่งผลกระทบในหลายพื้นที่ก่อให้เกิดมลพิษทางน้ำเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตที่อยู่ในแหล่งน้ำธรรมชาติและส่งผลกระทบต่อมนุษย์จากการมีแหล่งน้ำสะอาดสำหรับการอุปโภคบริโภคลดลง อย่างไรก็ตามกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำหรือการบำบัดน้ำเสียเข้ามามีส่วนช่วยให้น้ำที่ผ่านกระบวนการมีความสะอาดมากขึ้น ซึ่งหนึ่งในกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำหรือการบำบัดน้ำเสียคือการใช้กระบวนการทางเคมี ซึ่งกระบวนการนี้มักเป็นการปรับสภาพน้ำด้วยการเติมสารเคมีเพื่อวัตถุประสงค์ใดวัตถุประสงค์หนึ่ง เช่น การปรับค่าพีเอชของน้ำ การกำจัดสารแขวนลอย โลหะหนัก และการฆ่าเชื้อโรค เป็นต้น อย่างไรก็ตามการบำบัดน้ำเสียด้วยกระบวนการทางเคมีหลายกระบวนการจำเป็นต้องใช้ปูนขาวเพื่อปรับสภาพน้ำให้มีความเหมาะสมกับการเกิดปฏิกิริยาดังต่อไปนี้

ก) การควบคุมค่าความเป็นด่าง (Alkalinity)

ความเป็นด่างของน้ำ หมายถึง คุณสมบัติของน้ำที่ทำให้กรดเป็นกลาง โดยความเป็นด่างของน้ำประกอบด้วย คาร์บอเนต ไบคาร์บอเนต ไฮดรอกไซค์ เป็นส่วนใหญ่แต่อาจมีพวกบอเรต ซิลิเคต ฟอสเฟต และสารอินทรีย์ต่างๆ ค่าความเป็นด่างโดยตัวมันเองไม่ถือว่าเป็นสารมลพิษ แต่มีผลเกี่ยวกับคุณสมบัติด้านอื่นๆ เช่น ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ความเป็นกรด (Acidity) และความกระด้าง (Hardness) คุณสมบัติของความเป็นด่างต่อแหล่งน้ำเป็นตัวการควบคุม มิให้ pH เปลี่ยนแปลงเร็วเกินไป เกณฑ์ที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำควรมีค่าความเป็นด่างระหว่าง 100-120 มิลลิกรัมต่อลิตร ในการควบคุมกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศ (Anaerobic) การควบคุมค่าความเป็นด่างของน้ำเสียให้อยู่ในช่วงค่าที่เหมาะสม ช่วงค่าที่แนะนำสำหรับการควบคุมค่าความเป็นด่าง ควรอยู่ในช่วง 2,000–3,000 มิลลิกรัมต่อลิตร as $CaCO_3$ (Metcaft & Eddy, 2004) (1,000–5,000 มิลลิกรัมต่อลิตร) (เกรียงศักดิ์, 2542) ซึ่งสามารถปรับค่าความเป็นด่างให้สูงขึ้นโดยใส่ปูนขาว (Liming) ในกระบวนการสร้างตะกอน (Coagulation) สำหรับการผลิตน้ำประปา หรือการบำบัดน้ำเสียในขั้นตอนหลังจากการเติมสารส้มหรือสารช่วยรวมตะกอนชนิดอื่นจำเป็นจะต้องปรับค่าพีเอชให้อยู่ในช่วงค่าที่เหมาะสมกับการทำปฏิกิริยาของสารเคมีชนิดนั้น ๆ เช่น สารส้ม (Aluminum Sulfate, Alum) สามารถเกิดปฏิกิริยาได้ดีที่สุดที่ค่าพีเอช 4.0–7.0 หรือ เฟอริกคลอไรด์ ($FeCl_3$) สามารถเกิดปฏิกิริยาได้ดีที่พีเอช 3.5–6.5 และพีเอชสูงกว่า 8.5 เป็นต้น (เกรียงศักดิ์, 2536) ซึ่งการปรับค่าพีเอชของน้ำหรือน้ำเสียให้อยู่ในช่วงค่าที่เหมาะสมสามารถใช้ปูนขาวได้

ข) การกำจัดฟอสฟอรัสด้วยปูนขาว

การใช้ปูนขาวสำหรับการกำจัดฟอสฟอรัสได้นิยมใช้กันมากในอดีต แต่ปัจจุบันมีการหันมาใช้เกลือโลหะทดแทนมากกว่า สาเหตุเป็นเพราะการใช้ปูนขาวจะมีสลัดจ์ปูนขาวมากเกินไป และมีความยุ่งยากในการจัดการ การจัดเก็บปูนขาว และการใส่ปูนขาว สำหรับการ หาปริมาณปูนขาวที่เติมลงไปในระบบบำบัด ควรทำการทดสอบกับน้ำเสียจริงเท่านั้น จึงจะได้ปริมาณปูนขาวที่เหมาะสมตามความต้องการ สำหรับการกำจัดฟอสฟอรัส อย่างไรก็ตามปูนขาวเป็นสารเคมี ที่มีราคาถูกกว่าสารเคมีอื่น ๆ ดังนั้นจึงมีผู้ใช้ปูนขาวเพื่อกำจัดฟอสฟอรัสออกจากน้ำเสีย อนึ่ง การนำสลัดจ์ปูนขาวกลับมาใช้อีก กระทำได้โดยการเผาสลัดจ์ปูนขาวที่อุณหภูมิ 980 องศาเซลเซียส ทำให้สารแคลเซียมคาร์บอเนต ในสลัดจ์ถูกเปลี่ยนไปเป็นปูนขาวอีกครั้ง นอกจากนี้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จากการเผานี้สามรถนำไปปรับค่าพีเอชให้แก่น้ำทิ้งออกลดลงได้ หลังจากที่เติมปูนขาวเพื่อกำจัดฟอสฟอรัสในน้ำเสียเสร็จสิ้น

3) วิธีการผลิตปูนขาว

ปูนขาวสามารถผลิตได้จากกระบวนการเผาหินปูนที่อุณหภูมิมากกว่า 1,000 องศาเซลเซียส เพื่อกำจัดคาร์บอนไดออกไซด์ออก (CO_2) จนได้เป็นผลิตภัณฑ์ปูนขาวของแคลเซียมออกไซด์ (CaO)

ชนิดของปูนขาว ปูนขาวสามารถแบ่งออกเป็น 2 ชนิด ได้แก่

ก) Quicklime

เป็นชนิดของปูนขาวที่ผลิตได้จากการเผาหินปูน โดยไม่ได้ผ่านการทำปฏิกิริยากับน้ำ ประกอบด้วยแร่ธาตุหลัก คือ Ca และ Mg โดยมีสัดส่วนของ CaO มากกว่า MgO แบ่งเป็น 2 ชนิด

- High Calcium Quick lime เป็นปูนขาวที่มีส่วนประกอบเฉพาะ CaO

- Dolomitic Quick lime เป็นปูนขาวที่ส่วนประกอบของ CaO และ MgO โดยมีส่วนของ CaO มากกว่า

- กระบวนการผลิตปูนขาวชนิด Quick lime ได้จากการเผาหินปูน ดังสมการ $KCal + CaCO_3 = CaO + CO_2$, $aMg(CO_3)_2 = MgO + CaCO_3 + CO_2$

ข) Hydrated lime

เป็นชนิดของปูนขาวที่ผลิตได้จากการทำปฏิกิริยาของปูนขาวชนิด Quicklime กับน้ำแบ่งเป็น 3 ชนิด คือ

- Hydrated high calcium lime เป็นปูนขาวที่มีส่วนประกอบเฉพาะ $Ca(OH)_2$

- Monohydrated dolomitic lime เป็นปูนขาวที่ส่วนประกอบของ $Ca(OH)_2$ และ MgO โดยมีส่วนของ $Ca(OH)_2$ มากกว่า

- Dihydrated dolomitic lime เป็นปูนขาวที่ส่วนประกอบของ $Ca(OH)_2$ และ $Mg(OH)_2$ โดยมีส่วนของ $Ca(OH)_2$ มากกว่า $Mg(OH)_2$

4) ประโยชน์ปูนขาว

ปูนขาว (Lime) มีลักษณะเป็นก้อนหรือเป็นผงสีขาว ได้จากการเผาวัสดุที่มีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นแคลเซียมคาร์บอเนต (Calcium carbonate) เช่น หินปูน หินอ่อน และเปลือกหอย เป็นต้น ปูนขาวสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลาย ๆ ด้าน โดยเฉพาะด้านสถาปัตยกรรมและประติมากรรม รวมทั้งใช้ผสมกับขมิ้นเป็นปูนแดงกินกับหมากพลู ใช้เป็นส่วนประกอบของพิมพ์ และใช้ปรับสภาพความเป็นกรดของดินในการทำการเกษตร เป็นต้น (สุขกมล, 2545) การปรับปรุงดินปูนขาวในทางเกษตร มีใช้มากในด้านการปรับปรุงดิน อาทิ หน้าดินเหนียว ดินเป็นกรด ดินมีเชื้อโรค เป็นต้น ซึ่งมักใช้ในแปลงนา แปลงผัก และ สวนผลไม้ เพื่อปรับปรุงให้ดินมีคุณภาพเหมาะแก่การเพาะปลูก ซึ่งปูนขาวสามารถปรับปรุงดินได้ ดังนี้

ก) การแลกเปลี่ยนประจุ

เมื่อนำปูนขาวผสมกับดินประจุที่เกิดจากปูนขาวจะเข้าแทนที่ประจุของแร่ธาตุต่าง ๆ ในดินทำให้แร่ธาตุถูกปลดปล่อยออกมาจากดิน ซึ่งจะทำให้พืชสามารถดูดซึมและนำมาใช้ประโยชน์ได้ง่าย

ข) ช่วยให้ดินร่วนซุย

เมื่อมีการแลกเปลี่ยนประจุของไอออนต่าง ๆ จะทำให้ดินสามารถแยกเป็นเม็ดหรือแบ่งเป็นก้อนได้ง่าย แทนที่จะเป็นเนื้อละเอียดเกาะกันแน่น

ค) ปรับสภาพความเป็นกรด-ด่าง

การใส่ปูนขาวในดินจะช่วยปรับสภาพความเป็นกรด-ด่าง ได้ดี โดยเฉพาะในสภาพดินที่มีค่าความเป็นกรดสูง (H^+) จะถูกทำให้ความเป็นกรดลดลงจากสภาพความเป็นด่างของปูนขาว (OH^-) จึงมักใช้ปูนขาวหว่านโรยปรับสภาพดินที่เป็นกรด เช่น บ่อเลี้ยงกุ้ง และบ่อเลี้ยงปลา

ง) การฆ่าเชื้อโรค

เนื่องจากสภาพความเป็นด่างของปูนขาวจะมีผลต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ต่าง ๆ ในดินได้ ทั้งนี้ควรใช้ในขณะดินแห้งหรือมีน้ำน้อยเพื่อสภาพความเป็นด่างเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ ร่วมด้วยกับการฆ่าเชื้อจากแสงแดด การฆ่าเชื้อโรคด้วยปูนขาวสามารถนำไปใช้กับแหล่งต่าง ๆ ของการเกษตร อาทิ การฆ่าเชื้อในดินตามแปลงเกษตร พื้นโรงเรือนเลี้ยงสัตว์ รางระบายน้ำ บ่อบำบัดน้ำเสีย และแหล่งน้ำเน่าเสีย เป็นต้น เมื่อปูนขาวละลายน้ำหรือได้รับความชื้นจะทำให้ดินหรือน้ำมีสภาพเป็นด่างเพิ่มขึ้นไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรียบางชนิดได้

จ) การปรับสภาพน้ำ

การปรับสภาพน้ำในทางเกษตรมักใช้ปรับสภาพน้ำตามบ่อเก็บน้ำ แหล่งน้ำขัง รวมถึงระบบบำบัดน้ำเสียในการเกษตร โดยเฉพาะแหล่งน้ำที่มีลักษณะเป็นกรดจากสภาวะการเน่าเสียของสารอินทรีย์หรือแหล่งน้ำที่มีกรดกำมะถันมาก ซึ่งการใช้ปูนขาวจะช่วยลดความเป็นกรดของน้ำได้

2.1.5 กาวแป้งเปียก

กาวในการนำมาผสมขึ้นรูปในการอัดกระถางเป็นกาวที่ทำจากธรรมชาติล้วน ๆ มาใช้กับงานเนื่องจากงานเปเปอร์มาเช่ เป็นงานการขึ้นรูปจากเศษหนังสือพิมพ์ที่ไร้ค่ามารังสรรค์ปั้นแต่งเป็นชิ้นงานที่มีราคาแถมขั้นตอนการทำไม่ยุ่งยาก ลงทุนไม่มาก ซึ่งมีความสอดคล้องกับการอัดขึ้นรูปกระถางเพาะชำจากกากกาแฟ งานเปเปอร์มาเช่เป็นงานที่สามารถสร้างสรรค์ได้ตามจินตนาการ ทำให้งานนี้สามารถพัฒนารูปแบบไปได้อย่างไม่รู้จบ กาวที่ใช้ในงานเปเปอร์มาเช่ มีหลายสูตร สูตรหนึ่งจากผู้ที่มีอาชีพทำกระปุกออมสินกระดาษขาย เมื่อมีเหรียญอยู่ ภายในการยึดเกาะของกาวจึงต้องมีความแข็งแรงพอ (อำนาจ, 2554) โดยในงานวิจัยนี้เลือกใช้กาวแป้งเปียกในการอัดขึ้นรูปกระถาง ซึ่งมีรายละเอียดต่อไปนี้

1) สมบัติความหนืดของกาวแป้งเปียก

กาวแป้งเปียกจากแป้งที่ผ่านการย่อยในน้ำมีความหนืดสูงกว่าแป้งที่ผ่านการย่อยในเอทานอลที่ระยะเวลาการย่อยเดียวกัน 2-5 เท่า เมื่อพิจารณาความหนืดของแป้งที่ผ่านการย่อยด้วยกรดที่วิเคราะห์ได้ พบว่า สามารถเตรียมแป้งดัดแปรงที่มีความหนืดขณะร้อนในระดับสูง (ค่าความหนืด เท่ากับ 400-500) ปานกลาง (ค่าความหนืดเท่ากับ 150-200) และต่ำ (ค่าความหนืดน้อยกว่า 20) ได้จากการย่อยด้วยแป้งด้วยกรดในน้ำเป็นเวลา 8 12 และ 24 ชั่วโมง และการย่อยแป้งด้วยกรดในเอทานอลเป็นเวลา 1 4 และ 16 ชั่วโมง ตามลำดับ (ปฐมา และคณะ, ม.ป.ป.)

2) ความใสของกาวแป้งเปียก

กาวแป้งเปียกจากแป้งที่ผ่านการย่อยมีความใสมากกว่ากาวแป้งเปียกจากแป้งดิบ โดยกาวแป้งเปียกจากแป้งที่ผ่านการย่อยด้วยกรดในน้ำและเอทานอลเป็นระยะเวลาเท่ากัน มีความใสใกล้เคียงกัน ค่าร้อยละการส่องผ่านแสงมากกว่า 76 และ 78 ตามลำดับ ในขณะที่แป้งดิบ มีค่าร้อยละการส่องผ่านแสงเพียงร้อยละ 56 และหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน ความใสของกาวแป้งเปียกที่ย่อยด้วยกรดในน้ำและเอทานอลมีค่าลดลงอย่างชัดเจน แป้งย่อยด้วยกรดในน้ำมีค่าความใสน้อยกว่าแป้งย่อยด้วยกรดในเอทานอลระยะเวลาการย่อยเดียวกัน อาจเนื่องมาจาก สายโซ่โมเลกุลที่เป็นองค์ประกอบของแป้งที่ผ่านการการย่อยด้วยกรดในน้ำมีขนาดโมเลกุลใหญ่กว่า จึงสามารถจัดเรียงตัวกันใหม่เกิดเป็นโครงสร้างที่ทึบแสงได้มากกว่าแป้งที่ผ่านการย่อยด้วยกรดในเอทานอล (ปฐมา และคณะ, ม.ป.ป.) 1.5 เซนติเมตร หาอัตราการคืนสภาพของแผ่นเซลลูโลสและการหาค่าแรงดึงซึ่งเป็นคุณสมบัติเชิงกลเพื่อใช้ในการขึ้นรูปกระถางย่อยสลายได้ พบว่าแผ่นเซลลูโลสที่เหมาะสมในการขึ้นรูปมากที่สุดคือ แผ่นที่มีความหนา 1 เซนติเมตร อบครั้งที่ 1 ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง รับภาระได้ที่ 148.60 นิวตัน มีระยะยืดอยู่ที่ 35 มิลลิเมตร จากนั้นนำไปกดลงแม่พิมพ์เพื่อขึ้นรูป โดยใช้เครื่องกดไฮดรอลิก ด้วยแรง 120 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร บนพื้นที่ 17×17 เซนติเมตร กดค้างไว้เป็นเวลา 2 นาที และนำกระถางที่ขึ้นรูปสมบูรณ์แล้วไปอบด้วยอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง เพื่อให้กระถางคงรูปใช้งานได้จริงและมีอัตราการคืนสภาพน้อยที่สุด โดยที่แผ่นที่เลือกนี้มีอัตราการคืนสภาพเท่ากับร้อยละ 5.06

2.1.6 พืชที่ใช้ในการทดลอง

ดาวเรืองฝรั่งเศส (French Marigold) ชื่อวิทยาศาสตร์คือ Tagetes patula เป็นไม้พื้นเมืองจากนิวเม็กซิโก อริโซนาถึงอาร์เจนตินา พวกลี้ภัย Huguenot ในประเทศฝรั่งเศสเป็นผู้นำดาวเรืองชนิดนี้เข้าไปในอังกฤษ จึงเรียกกันว่า ดาวเรืองฝรั่งเศส (เต็ม, 2549)

1) ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ดาวเรืองฝรั่งเศส (French Marigolds) ดาวเรืองฝรั่งเศสเป็นดาวเรืองต้นเล็ก ต้นเป็นพุ่มเตี้ย ๆ สูงประมาณ 6-12 นิ้ว ดอกสีเหลือง ส้ม ทอง น้ำตาลอมแดง และสีแดง ดอกมีขนาดเล็กประมาณ 1.5 นิ้ว นิยมปลูกประดับในแปลงมากกว่าปลูกเพื่อตัดดอก เนื่องจากมีก้านดอกสั้น นอกจากนี้ยังเป็นดาวเรืองที่สามารถลดปริมาณไส้เดือนฝอยที่ทำให้เกิดอาการรากปมในรากพืชได้ ตัวอย่างดาวเรืองฝรั่งเศส ได้แก่ พันธุ์ดอกชั้นเดียว ดอกมีขนาด 1.5-2 นิ้ว ได้แก่ พันธุ์เรด มาเรตต้า (Red Marietta) นอธตี้ มาเรตต้า (Naughty Marietta) เอสปานา (Espana) ลีโอปาร์ด (Leopard) เป็นต้น และพันธุ์ดอกซ้อน ดอกมีขนาดตั้งแต่ 1.5-3 นิ้ว ได้แก่ พันธุ์ควีน โซเฟีย (Queen Sophia) สการ์เลต โซเฟีย (Scarlet Sophia) โกลเด้น เกต (Golden Gate) เป็นต้น (เต็ม, 2549)

2) วิธีการปลูกดาวเรือง

ก) ไถเตรียมดิน หว่านปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยหมักลงไป ประมาณ 1 ตันต่อไร่ ยกร่องแปลงปลูกกว้าง 1 เมตร รดน้ำแปลงไว้ล่วงหน้า 1 วัน

ข) ขุดหลุมกว้าง 15 เซนติเมตร แปลงละ 3 แถว ระยะระหว่างแถว 30 เซนติเมตร ระยะระหว่างต้น 30 เซนติเมตร ใส่ปุ๋ยทริบเบิ้ลซุปเปอร์ฟอสเฟส หรือสูตร 15:15:15 ประมาณ 1 ช้อนชา รองก้นหลุม แล้วเกลี่ยดินข้างหลุมมากลบปุ๋ยเล็กน้อย เพื่อป้องกันไม่ให้รากดาวเรืองสัมผัสปุ๋ยโดยตรง

ค) นำต้นกล้าที่มีอายุ 7-10 วัน (นับจากวันเพาะเมล็ด) โดยแยกต้นกล้าให้มีดินหุ้มติดรากมาด้วย เพื่อป้องกันรากกระทบกระเทือน นำมาปลูกในแต่ละหลุมที่เตรียมไว้ รดน้ำให้ชุ่ม

ง) หลังจากนั้น ต้องรดน้ำเช้า-เย็น ประมาณ 7 วัน ซึ่งต้นกล้า จะตั้งตัวได้ดี แล้วรดน้ำเพียงวันละ 1 ครั้ง ในตอนเช้า ในช่วงที่ดอกดาวเรืองเริ่มบานไม่ควรรดน้ำให้โดนดอกเพื่อป้องกันดอกเป็นโรค

จ) เมื่อดาวเรืองอายุ 15 และ 25 วัน ควรใส่ปุ๋ย 15:15:15 ในอัตรา 1 ช้อนต่อต้น เมื่ออายุ 35 และ 45 วัน ใส่ปุ๋ยสูตร 12:24:12 ในอัตราเดียวกัน โดยวิธีฝังลงในดินตื้น ๆ ห่างโคนต้น 6 นิ้ว แล้วรดน้ำให้ชุ่มทุกครั้งที่ใส่ปุ๋ย

ฉ) ช่วงดาวเรืองอายุ 21-25 วัน ซึ่งเป็นระยะที่ต้นมีใบจริงขนาดใหญ่ประมาณ 4 คู่ และส่วนยอดมีใบเล็ก ๆ 1-2 คู่ จะต้องปลิดยอดทิ้งเพื่อให้แตกกิ่งข้าง โดยใช้มือซ้ายจับคู่ใบบนสุดที่จะเหลือไว้ แล้วใช้มือขวาดึงส่วนยอดลงทางด้านข้างจนหลุดออกมา หลังจากนั้น 5-7 วันตาข้างจะเริ่มแตกและเจริญเป็นกิ่งใหม่ ซึ่งจะติดตุ่มดอกทั้งที่ตายอดปลายกิ่งและตาข้าง

ช) หลังจากปลูก 40-45 วันในแต่ละกิ่ง เมื่อดอกยอดมีขนาดเท่าเมล็ดข้าวโพดดอกข้างมีขนาดเท่าเมล็ดถั่วเขียว ต้องรีบปลิดดอกข้างออกให้หมดภายใน 2-3 วัน คงเหลือดอกยอดไว้ดอกเดียว เพื่อให้ดอกมีขนาดใหญ่

ซ) หลังจากนั้นประมาณ 20 วัน (อายุ 60-65 วัน) ก็ตัดดอกไปจำหน่ายได้ ซึ่งจะได้ประมาณ 10-12 ดอกต่อต้น (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2560)

3) วิธีการดูแลรักษา

ก) หลังจากย้ายปลูกลงแปลงครบ 10 วัน หรือสังเกตจากดาวเรืองมีใบจริงจำนวน 3 คู่ ให้เด็ดยอดดาวเรืองออก เพื่อให้เกิดการแตกของกิ่งข้างของดาวเรือง โดยวิธีการเด็ดยอดคือ ใช้นิ้วชี้ และนิ้วโป้งจับตรงโคนของยอดดาวเรือง ยอดบนสุด แล้วเด็ดยอดออกพยายามเด็ดยอดให้ชิดโคนยอดและให้ยอดหลุดอย่าให้เกิดบาดแผลจาก การเด็ดยอด (การเด็ดยอดดาวเรืองควรเด็ดยอดในช่วงเช้าเนื่องจากดาวเรืองจะอวบน้ำอยู่ และหลังจากเด็ดยอดควรพ่นยาป้องกันกำจัดเชื้อราก่อโรคกลุ่มไดเทน)

ข) หลังจากเด็ดยอดแล้ว ให้ใส่ปุ๋ยสูตร 15:0:0 อัตรา 2 กรัม (1 ช้อนชา) ต่อต้น โดยหว่านปุ๋ยรอบโคนต้นห่างจากโคนต้นประมาณ 20 เซนติเมตร (หนึ่งฝามือ) พร้อมกับพูนโคนและกำจัดวัชพืช (ในช่วงนี้หากเป็นฤดูฝนให้เริ่มทำค้างสำหรับป้องกันต้นดาวเรืองล้ม เพราะหากทำค้างดาวเรืองเกินไปจากช่วงนี้ไปรากของดาวเรืองจะเจริญเติบโตมาก จะทำให้ในการทำไม้หลักปักค้างดาวเรืองโดนใส่รากดาวเรือง)

ค) หลังจากย้ายปลูก 35-40 วัน (เริ่มเห็นตุ่มดอก) ให้ใส่ปุ๋ยสูตร 15:0:0 อัตรา 2 กรัม (1 ช้อนชา) ต่อต้น ร่วมกับปุ๋ยสูตร 0:0:60 อัตรา 1 กรัม (ครึ่งช้อนชาต่อต้น) โดยหว่านปุ๋ยรอบโคนต้นห่างจากโคนต้นประมาณ 20 เซนติเมตร (หนึ่งฝามือ) พร้อมกับพูนโคนและกำจัดวัชพืช

ง) การพ่นปุ๋ยทางใบและอาหารเสริม ช่วงหลังจากย้ายปลูก 35-40 วัน (ช่วงเป็นตุ่มดอก) ให้เริ่มพ่นอาหารเสริมพวก แคลเซียม–โบรอน และอาหารเสริมต่าง ๆ ยกเว้นธาตุอาหารเสริมกลุ่มที่เป็นธาตุเหล็ก (Fe) โดยพ่นทุก ๆ 3-4 วันก่อนที่ตุ่มดอกจะเริ่มเห็นสีดอก ช่วงหลังจากย้ายปลูกแล้วประมาณ 70-75 วัน (เก็บดอกแล้วประมาณ 3-4 วัน) ให้พ่นปุ๋ยทางใบสูตร 2:2:3 (N:P:K) เช่น ปุ๋ยทางใบสูตร 20:20:30 โดยพ่นทุก 5-7 วันประมาณ 2-3 ครั้ง หลังจากพ่นครั้งแรก

จ) การให้น้ำดาวเรือง ดาวเรืองเป็นพืชที่ชอบการให้น้ำในลักษณะให้น้อย ๆ แต่บ่อย ๆ ครั้งหรือชอบชื้นแต่ไม่ชอบแฉะและน้ำท่วมขัง (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2560)

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปฐมา และคณะ (ม.ป.ป.) ศึกษาอัตราการคืนสภาพของแผ่นเซลลูโลสและการหาค่าแรงดึงซึ่งเป็นคุณสมบัติเชิงกลเพื่อใช้ในการขึ้นรูปกระถางย่อยสลายได้ พบว่า แผ่นเซลลูโลสที่เหมาะสมในการขึ้นรูปมากที่สุด คือ แผ่นที่มีความหนา 1 เซนติเมตร อบครั้งที่ 1 ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง รับภาระได้ที่ 148.60 นิวตัน มีระยะยืดอยู่ที่ 35 มิลลิเมตร จากนั้นนำไปกด

ลงแม่พิมพ์เพื่อขึ้นรูป โดยใช้เครื่องกดไฮดรอลิก ด้วยแรง 120 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร บนพื้นที่ 17×17 เซนติเมตร กดค้างไว้เป็นเวลา 2 นาที และนำกระถางที่ขึ้นรูปสมบูรณ์แล้วไปอบด้วยอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง เพื่อให้กระถางคงรูปใช้งานได้จริงและมีอัตราการคืนสภาพน้อยที่สุด โดยที่แผ่นที่เลือกนี้มีอัตราการคืนสภาพเท่ากับร้อยละ 5.06

อำนาจ (2554) ได้ทำการศึกษาถึงการพองตัวของกระถางที่อัดขึ้นรูปจากเส้นใยกกช้างที่มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาส่วนผสมที่เหมาะสมในการอัดขึ้นรูปกระถาง โดยมีค่าการพองตัวที่น้อย จากการศึกษาและออกแบบการทดลอง เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการอัดขึ้นรูปกระถาง ซึ่งมีปัจจัยที่ส่งผลกระทบคือ ปริมาณความหนาแน่นเส้นใยและอัตราส่วนกาว ทำการตั้งสมมุติฐานเบื้องต้น จากนั้นกำหนดสูตร และทำการอัดขึ้นรูปตามสูตร นำกระถางที่ได้ทำการทดสอบคุณสมบัติในด้านการพองตัว (Inflation) เพื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติของกระถางกับเกณฑ์กำหนดของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 867-2547 และเก็บข้อมูลนำมาประมวลผลโดยโปรแกรมวิเคราะห์ผลทางสถิติ (MiniTab) ซึ่งเป็นไปตามสมมุติฐานรอง (H1) คือ เส้นใยและกาวมีการพองตัวมากกว่า 12 เปอร์เซ็นต์ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เมื่อได้ตามสมมุติฐานตามที่กำหนด จึงได้ทำการอัดขึ้นรูปกระถาง ตามอัตราส่วนผสมที่โปรแกรมวิเคราะห์ผลทางสถิติ (MiniTab) ได้เสนอที่เส้นใย 385 กรัม และกาว 224 กรัม ที่ค่าการพองตัว 12.68 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นได้ทำการตรวจสอบ เพื่อเปรียบเทียบข้อมูลจากโปรแกรมว่าได้อัตราส่วนผสมที่ถูกต้องหรือไม่ พบว่าเมื่อนำค่าการพองตัวมาเปรียบเทียบระหว่างค่าที่ได้จากโปรแกรมเท่ากับ 12.68 กับค่าที่ได้จากการทดสอบคุณสมบัติเท่ากับ 12.96 เปอร์เซ็นต์ มีค่าต่างกันที่ 0.28 หรือ 0.28 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่าอัตราส่วนที่ได้จากโปรแกรมจะได้ค่าการพองตัวที่ 12 เปอร์เซ็นต์จริง

พรเทพ และ วรินทร์ (2554) ทำโครงการพัฒนากระถางต้นไม้จากขี้เลื่อย มีการขึ้นรูปกระถางเพาะชำ โดยทำการศึกษาปัจจัย 3 ปัจจัย ได้แก่ ปริมาณขี้เลื่อย 146 148 และ 150 กรัม กาวแป้งเปียก 51 50 และ 67.5 กรัม และแรงดัน ในการขึ้นรูปกระถางเพาะชำ 500 1,000 และ 1,500 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว การทดสอบใช้ค่าเฉลี่ยการย่อยสลายในดิน จากการศึกษาพบว่า อัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดในการขึ้นรูปกระถาง คือ ปริมาณขี้เลื่อย 150 กรัม ผสมกับกาวแป้งเปียก 67.5 กรัม ใช้แรงดันในการขึ้นรูปกระถางที่ 1,000 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว โดยใช้เวลาในการย่อยสลายในดิน 36 วัน

อดิศร (ม.ป.ป.) ทำการศึกษาการผลิตกระถางต้นไม้จากเศษวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมสกัดน้ำมันปาล์ม ได้แก่ เส้นใยปาล์มน้ำมันและเถ้าปาล์มน้ำมัน จากการศึกษาพบว่าปริมาณส่วนผสมที่เหมาะสม คือ เส้นใยปาล์ม 180 กรัม เถ้าปาล์มน้ำมัน 70 กรัมและกาวแป้งเปียก 150 กรัม การขึ้นรูปง่ายได้สภาพกระถางเป็นรูปทรงดีมาก อัตราการดูดซับน้ำของกระถางต้นไม้ใช้ใยปาล์มน้ำมันเฉลี่ย มีค่าอัตราการดูดซับน้ำมากกว่ากระถางต้นไม้ใช้ใยปาล์มน้ำมัน และเถ้าปาล์มน้ำมันและมีการอิ่มตัวของการดูดซับที่ 35 นาที เท่ากัน อัตราการระเหยของน้ำของกระถางต้นไม้ใช้ใยปาล์มน้ำมันเฉลี่ยมีอัตราการระเหยของน้ำเร็วกว่ากระถางต้นไม้ใช้ใยปาล์มน้ำมันและเถ้าปาล์มน้ำมัน เท่ากับ 132 ชั่วโมง และ 156 ชั่วโมง ตามลำดับ

ปัญญา และพิทยา (2553) ได้ทำการศึกษาการพัฒนากระถางเพาะไม้ประดับโดยการพิจารณาเลือกวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร มีวิธีการทดสอบเพื่อพิจารณาเลือกวัสดุ ได้แก่ หมาก ใบไม้ ผักตบชวา กาบมะพร้าว ชานอ้อย โดยการทดสอบคุณสมบัติความแข็งแรงของวัสดุ และอัตราส่วนที่

เหมาะสมในการพิจารณาเลือกวัสดุความชื้นของวัสดุการดูดซับน้ำการพองตัวของกระถาง ผลการศึกษาพิจารณาเลือกวัสดุ พบว่าการทดสอบหาความชื้นของวัสดุ หมาก ใบไม้ ผักตบชวา กาบมะพร้าว ชานอ้อย พบว่า ผักตบชวามีความชื้นที่สูงกว่าวัสดุประเภทชนิดต่าง ๆ ที่ 56.77 เปอร์เซ็นต์ และมีความหนาแน่นเท่ากับ 0.41 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร โดยได้นำชิ้นส่วนที่ผ่านการอัดโดยเครื่องอัดไฮโดรลิกแล้ว มาหาค่าความแข็งแรงของวัสดุโดยใช้เครื่องทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ โดยใช้การทดสอบแรงกดกดลงในชิ้นส่วนเป็นระยะ 20 มิลลิเมตร การทดสอบอัตราส่วนที่เหมาะสม พบว่าในอัตราส่วนที่ 100:100 ผักตบชวากับปุ๋ยคอกใช้แรงกดอัดที่ 1 ตัน มีการรับแรงกดได้มากที่สุดที่ 16.72 ตัน การทดสอบการดูดซับน้ำ พบว่าอัตราส่วนผสมที่ 3:0 มีการดูดซับน้ำในปริมาณมากที่แรงกด 15 ตัน ในการดูดซับน้ำของกระถางในปริมาณที่มากจะมีผลดีต่อการกักเก็บน้ำ ทำให้ประหยัดน้ำที่ใช้ในการรดน้ำของกระถางต้นไม้การทดสอบการพองตัว พบว่า อัตราส่วนผสม มีผลต่อความแข็งแรงของกระถางเป็นค่าชี้วัดในการพิจารณาเลือกแรงกดอัดของกระถางที่เหมาะสมกับการใช้งาน ในอัตราส่วนที่ 3:0 มีค่าการพองตัวของเปอร์เซ็นต์ที่สูงกว่าอัตราส่วนอื่น ๆ เนื่องจากชิ้นส่วนของกระถางที่นำมาทดสอบมีปริมาณของช่องว่างวัสดุมากทำให้น้ำแทรกเข้าไปในวัสดุที่อยู่ในเนื้อชิ้นส่วนวัสดุได้มาก ทำให้น้ำเกิดการดันตัวของชิ้นส่วนวัสดุออกมามากทำให้เกิดการพองตัวได้มากและการทดสอบความแข็งแรงของกระถาง พบว่าที่อัตราส่วนผสม 1:1 ใช้แรงกดอัดของวัสดุที่ 15 ตัน และมีการดูดซับน้ำที่น้อยและการพองตัวของกระถางที่น้อยมีการรับแรงกดที่สูงสุด และเหมาะสมสำหรับการนำไปใช้งานโดยได้วิเคราะห์ผลการทดสอบจากอัตราส่วนผสม 3:0 และ 2:1

วิทยาลัยการอาชีพด่านซ้าย (2552) มีการดำเนินโครงการเรื่องกระถางดอกไม้เศษวัสดุเหลือใช้ Leavings flowerpot จากเศษกระดาษและวัสดุเหลือใช้ โดยนำกระดาษแช่น้ำทิ้งไว้ประมาณ 4 ชั่วโมง ปั่นให้ละเอียดแล้วนำมาผสมกับกาวน้ำ ใส่ผงชอล์กที่เหลือทำให้เกิดการแข็งตัว นำส่วนผสมที่ได้ใส่ลงในแม่พิมพ์กระถางแล้วนำไปตากแดดให้แห้ง แล้วนำกระดาษหนังสือพิมพ์มาหุ้มโดยรอบกระถางเพื่อให้ผิวกระถางเรียบ ตกแต่งด้วยสีน้ำมันและวาดลวดลายเพื่อให้เกิดความสวยงาม

ปทุมทิทย์ และคณะ (2550) ทำการศึกษาเรื่องการผลิตกระถางต้นไม้จากวัสดุเหลือใช้จากการเกษตร โดยผลิตกระถางจากขุยมะพร้าว มีส่วนผสมดังนี้ ขุยมะพร้าว 100 กรัม ใยมะพร้าว 150 กรัม และกาวแป้งเปียก 50 กรัม นำไปอัดด้วยเครื่องอัดไฮโดรลิกด้วยแรงอัดที่ 10 ตัน ผลิตกระถางขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 6 นิ้ว หลังจากนำกระถางไปตากทิ้งไว้ประมาณ 10 นาที เมื่อกระถางแห้งดีแล้วสามารถนำไปใช้งานได้ทันที

Phokha S. *et al.* (2011) ทำการผลิตกระถางต้นไม้จากใบอ้อย มีส่วนผสมคือ ใบอ้อย:มูลวัว : กาวแป้งเปียก : ซีเมนต์ เท่ากับ 1 : 1 : 4 : 1 ตามลำดับ ผลการศึกษาพบว่า ขนาดของกระถางทรงสี่เหลี่ยมมุมฉากที่ผลิตได้และมีความเหมาะสม คือ สูง 150 มิลลิเมตร ฐานกว้าง 100 มิลลิเมตร และเส้นผ่าศูนย์กลาง 150 มิลลิเมตร น้ำหนักประมาณ 1.36 กิโลกรัม ระยะเวลาที่ทำให้กระถางแห้งประมาณ 2 วัน กระถางมีความชื้นเฉลี่ย 22.20% ความหนาแน่นเฉลี่ย เท่ากับ 0.000113 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ความทนทานต่อแรงกดจากด้านบนเฉลี่ยที่ 27.73 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้เพื่อศึกษาการผลิตกระถางเพาะชำจากกากกาแฟ ปูนขาวจากเปลือกหอยและขี้เลื่อยไม้ยางพารา ซึ่งมีอุปกรณ์และวิธีการดำเนินการวิจัยดังต่อไปนี้

3.1 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

3.1.1 วัตถุดิบและวัสดุประสานที่ใช้ในการศึกษา

1) กากกาแฟ
2) ปูนขาวจากเปลือกหอย
3) ขี้เลื่อยไม้ยางพารา
4) กาวแป้งเปียก

3.1.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบความเป็นกรด-ด่าง (pH)

1) เครื่องชั่งอย่างละเอียด ทศนิยม 4 ตำแหน่ง
2) เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH meter)
3) บีกเกอร์ ขนาด 250 มิลลิลิตร
4) น้ำกลั่น

3.1.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบความชื้น

1) บีกเกอร์
2) เครื่องชั่งอย่างละเอียด ทศนิยม 4 ตำแหน่ง
3) ตู้อบ (Hot air oven)
4) ตู้ดูดความชื้น
5) ถ้วยระเหย

3.1.4 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบปริมาณอินทรียวัตถุ (OM)

1) เครื่องอย่างละเอียดชั่ง ทศนิยม 4 ตำแหน่ง
2) ขวดรูปชมพู่ ขนาด 50 มิลลิลิตร
3) บิวเรต
4) ปิเปต
5) จุกยาง
6) บีกเกอร์
7) ขวดปรับปริมาตร
8) เฟอรัสซัลเฟต
9) ออร์โทรฟีแนนโทรลีน อินดิเคเตอร์

10) โพแทสเซียมไดโครเมต

11) กรดซัลฟูริก 98 เปอร์เซ็นต์

12) ซิลเวอร์ซัลเฟต

3.1.5 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบการดูดซับน้ำและการพองตัว

1.5.1 เครื่องชั่งอย่างละเอียด ทศนิยม 4 ตำแหน่ง

1.5.2 ถาด

1.5.3 น้ำ

1.5.4 เวอร์เนียคาลิปเปอร์

1.5.5 กรรไกร

1.5.6 คัตเตอร์

3.1.6 อุปกรณ์สำหรับการขึ้นรูปกระถางเพาะชำ

1) เครื่องชั่งอย่างละเอียด ทศนิยม 4 ตำแหน่ง

2) เครื่องผสมอัตโนมัติ

3) เครื่องอัดกระถางแบบอัตโนมัติ

3.2 วิธีการวิจัย

งานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาดำเนินงานตามลำดับ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.2.1 การรวบรวม การเตรียมวัตถุดิบ และวัสดุประสาน

1) กากกาแฟจะทำการรวบรวมมาจากร้านกาแฟสด กากกาแฟที่รวบรวมได้และทำการลดความชื้น โดยนำกากกาแฟไปตากที่อุณหภูมิห้อง ประมาณ 2-3 วัน หลังจากนั้นนำมาร่อนเพื่อคัดแยกขนาดให้มีขนาด 2 มิลลิเมตร

2) ขี้เลื่อยไม้ยางพารา ทำการรวบรวมจากโรงงานแปรรูปไม้ยางพารา นำมาร่อนเพื่อคัดแยกขนาดให้มีขนาด 2 มิลลิเมตร

3) ปูนขาวจากเปลือกหอย เตรียมโดยนำเปลือกหอยตลับมาเผานำมาเผาที่อุณหภูมิสูงให้กลายเป็นปูนขาว

4) กาวแป้งเปียก เตรียมโดยนำแป้งมันสำปะหลังผสมกับน้ำ ที่อัตราส่วนของแป้งมันสำปะหลัง:น้ำเปล่า เท่ากับ 1:10 แล้วนำมากวนตั้งบนไฟอ่อน ๆ ประมาณ 15 นาที จะได้กาวแป้งเปียกสีใส มีลักษณะเหนียว คนจนให้เย็นจะได้กาวแป้งเปียกที่สามารถนำมาใช้งานได้

3.2.2 การผสมวัตถุดิบกับวัสดุประสาน

ในขั้นตอนการผสมวัตถุดิบกับวัสดุประสานจะนำกากกาแฟ ปูนขาวจากเปลือกหอย และขี้เลื่อยไม้ยางพารา ตามอัตราส่วนที่กำหนดไว้มาผสมกับกาวแป้งเปียก โดยใช้เครื่องผสมอัตโนมัติ ดังภาพที่ 3-1 กวนจนกระทั่งส่วนผสมทั้งหมดผสมเป็นเนื้อเดียวกัน

ภาพที่ 3-1 การผสมวัตถุดิบและวัสดุประสานในอัตราส่วนต่าง ๆ ด้วยเครื่องผสมอัตโนมัติ

โดยงานวิจัยนี้กำหนดชุดการทดลองออกเป็น 7 ชุดการทดลอง (ตารางที่ 3-1) โดยอัตราส่วนของวัสดุประสานที่ใช้ในการผสมเพื่อศึกษาอัตราส่วนระหว่างวัตถุดิบและปริมาณกาวที่เหมาะสมในการอัดขึ้นรูปกระถางเพาะชำ จะมีการผสมในอัตราส่วนในหัวข้อ 2.3

ตารางที่ 3-1 อัตราส่วนของวัตถุดิบ

ชุดการทดลอง	อัตราส่วน		
	กากกาแฟ	ปูนขาวจากเปลือกหอย	ขี้เลื่อยไม้ยางพารา
1	3	0	0
2	0	3	0
3	0	0	3
4	1.5	1.5	0
5	1.5	0	1.5
6	0	1.5	1.5
7	1	1	1

3.2.3 การศึกษาอัตราส่วนระหว่างวัตถุดิบและปริมาณกาวที่เหมาะสมในการอัดขึ้นรูปกระถางเพาะชำจากกากกาแฟ ปูนขาวจากเปลือกหอย และขี้เลื่อย

สำหรับการอัดขึ้นรูปกระถางเพาะชำ ผู้วิจัยนำวัตถุดิบที่ผสมตามขั้นตอน 2.2 มาขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดกระถางแบบอัตโนมัติ แสดงดังภาพที่ 3-2 โดยปริมาณกาวแป้งเปียกที่ในการผสมกับวัตถุดิบที่แตกต่างกัน คือ วัตถุดิบ:ปริมาณกาว เท่ากับ 1:0.73 1:0.80 1:10 1:1.15 1:1.30 1:1.45 1:1.60 1:1.75 และ 1:1.60 ตามลำดับ เพื่อหาปริมาณกาวแป้งเปียกที่เหมาะสมในการขึ้นรูปกระถางเพาะชำในแต่ละอัตราส่วน มวลของวัตถุดิบที่ผสมกาวแป้งเปียกแล้วที่ใส่ในแม่พิมพ์ เท่ากับ 200 กรัม เวลาในการอัดกระถาง กระถางละ 5 วินาที บันทึกผลการขึ้นรูปกระถางเพาะชำ หลังจากนั้นจะทำการศึกษาคุณสมบัติต่าง ๆ เฉพาะกระถางที่สามารถขึ้นรูปได้เท่านั้น ภาพตัวอย่างการขึ้นรูป

กระถางเพาะชำด้วยเครื่องอัดกระถางแบบอัตโนมัติ ดังภาพที่ 3-3 และตัวอย่างกระถางที่อัดขึ้นรูปได้ ดังภาพที่ 3-4

ภาพที่ 3-2 เครื่องอัดกระถางแบบอัตโนมัติ

ภาพที่ 3-3 การขึ้นรูปกระถางเพาะชำด้วยเครื่องอัดกระถางแบบอัตโนมัติ

ภาพที่ 3-4 ตัวอย่างกระถางที่อัดขึ้นรูปได้

3.2.4 การศึกษาองค์ประกอบทางกายภาพและเคมีของวัตถุดิบและกระถางเพาะชำจากกากกาแฟ ปูนขาวจากเปลือกหอย และขี้เลื่อย

ผู้วิจัยทำการศึกษาองค์ประกอบทางกายภาพและเคมีของวัตถุดิบและกระถางเพาะชำ โดยทำการศึกษาเฉพาะกระถางที่ขึ้นรูปได้เท่านั้น ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1) การศึกษาค่าความเป็นกรด-ด่าง

วิธีวิเคราะห์

ก) ชั่งตัวอย่างกระถางเพาะชำ จำนวน 10 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 50 มิลลิลิตร

ข) เติมน้ำกลั่นปริมาตร 20 มิลลิลิตร คนด้วยแท่งแก้วให้เข้ากัน

ค) ทำการวัดค่าความเป็นกรด-ด่างด้วยเครื่องพีเอชมิเตอร์

ง) อ่านค่าจากเครื่องพีเอชมิเตอร์ แล้วทำการจดบันทึก

2) การศึกษาค่าความชื้น

วิธีวิเคราะห์

ก) ชั่งน้ำหนักตัวอย่างกระถางเพาะชำก่อนอบ บันทึกค่าที่อ่านได้จากเครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง

ข) นำไปอบที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียสนำมาชั่งน้ำหนักจนกระทั่งน้ำหนักคงที่ คำนวณน้ำหนักที่สูญหาย การคำนวณค่าความชื้นดังสมการต่อไปนี้

$$\text{ค่าความชื้น (เปอร์เซ็นต์)} = \frac{\text{มวลของตัวอย่างก่อนอบ} - \text{มวลของตัวอย่างหลังอบ}}{\text{มวลของตัวอย่างก่อนอบ}} \times 100$$

3) การศึกษาค่าปริมาณอินทรียวัตถุ

ปริมาณอินทรียวัตถุ มีผลตอคุณสมบัติของดินทั้งทางกายภาพ และมีผลต่อความอุดมสมบูรณของดินและการเจริญเติบโตของพืชในกระถางเพาะชำจึงมีความสำคัญ คือ หากใช้กระถางเพาะชำที่มีปริมาณอินทรียวัตถุจะเป็นการเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน การวิเคราะห์ปริมาณอินทรียวัตถุมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

การเตรียมตัวทำปฏิกิริยา

ก) สารละลายมาตรฐาน โพแทสเซียมไดโครเมต 1 นอร์มอล โดยเตรียมโพแทสเซียมไดโครเมต ที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง จำนวน 49.0247 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ ขนาด 600 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร คนให้ละลายหมด ถ่ายและล้างใส่ขวดปรับปริมาตร ขนาด 1,000 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรเขย่าให้เข้ากัน

ข) สารละลายเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต 0.5 นอร์มอล ($Fe(NH_4)_2(SO_4)_2.6H_2O$) ชั่ง 196.1 กรัม ละลายในน้ำกลั่น แล้วเติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 20 มิลลิลิตร ทำให้เย็น ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น จนได้ปริมาตร 1 ลิตร ปริมาตรของเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟตที่ทำปฏิกิริยากับโพแทสเซียมไดโครเมท ในสารละลาย Blank จะนำมาคำนวณนอร์มอล ที่แท้จริงของเฟอรัสแอมโมเนียมซัลเฟต

ค) ออร์โทรฟีแนนโทรลีน เตรียมโดย ละลายออร์โทรฟีแนนโทรลีน 14.85 กรัม และเฟอร์รัสซัลเฟต ($FeSo_4.7H_2O$) 6.95 กรัม ปรับปริมาตรเป็น 1,000 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่น

วิธีวิเคราะห์

ก) การย่อยสลาย (Degestion) ชั่งตัวอย่างที่บดละเอียด 100 มิลลิกรัมลงในขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 มิลลิลิตร เติม 1 นอร์มอล โพแทสเซียมไดโครเมต 10 มิลลิลิตร เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 10 มิลลิลิตร ภายในตู้ดูดควัน แล้วเขย่าให้เข้ากัน ทิ้งไว้ค้างคืน

ข) การไทเทรต (Tritration) เติมน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร ลงในข้อ 1) ทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง เติมอินดิเคเตอร์ที่ 0.5 มิลลิลิตร ไทเทรตด้วยเฟอรัสแอมโมเนียมซัลเฟต จนได้สารละลายสีเขียว และเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นน้ำตาลปนแดง แสดงว่าถึงจุดยุติ บันทึกผล

การคำนวณ

สำหรับการคำนวณปริมาณอินทรียวัตถุ จะมีการคำนวณอินทรีย์คาร์บอน (OC) ก่อนแล้วคำนวณปริมาณอินทรียวัตถุ (OM) โดยปริมาณอินทรีย์คาร์บอน โดยคำนวณจากสมการ ดังนี้

$$\text{อินทรียคาร์บอน (เปอร์เซ็นต์)} = \frac{0.3896 \times N \times \text{ml of } K_2Cr_2O_2 \text{ (C-D)}}{\text{w of sample (g)} \times C} \times 100$$

กำหนดให้

C = ปริมาตรของ $FeSo_4$ $7H_2O$ ที่ ไตเตรต พอดีกับ K_2Cr_2O ใน Blank (มิลลิลิตร)

D = ปริมาตรของ $FeSo_4$ $7H_2O$ ที่ ไตเตรต พอดีกับ K_2Cr_2O ใน ตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

N = ความเข้มข้น ของสารละลายมาตรฐาน K_2Cr_2O (นอร์มอล)

W = มวลของตัวอย่าง (กรัม)

การคำนวณปริมาณอินทรียวัตถุ (OM) คำนวณดังนี้

ปริมาณอินทรียวัตถุ (เปอร์เซ็นต์) = ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน (เปอร์เซ็นต์) x 1.724

4) ศึกษาปริมาณธาตุอาหารและองค์ประกอบทางเคมีต่างๆ ของกระถางเพาะชำ

การศึกษาปริมาณธาตุอาหารและองค์ประกอบทางเคมีต่าง ๆ ของกระถางเพาะชำ ผู้วิจัยส่งวิเคราะห์ธาตุอาหารและองค์ประกอบทางเคมีต่างๆ ที่ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิเคราะห์โดยเครื่อง CNS-O Analyzer และ X-Ray fluorescence spectrometer

3.2.5 การศึกษาคุณสมบัติบางประการของกระถางเพาะชำ

งานวิจัยนี้จะทำการศึกษาคุณสมบัติของกระถางเฉพาะอัตราส่วนที่ขึ้นรูปได้เท่านั้น โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) การดูดซับน้ำของกระถางเพาะชำ

การทดสอบการพองตัวตามความหนา (มอก. 876-2547) โดยอ้างอิงวิธีการทดสอบจาก อำนาจ (2554) โดยตัดชิ้นทดสอบขนาด 50 x 50 มิลลิเมตร อัตราส่วนละ 3 ชิ้นทดสอบ แล้วนำไปชั่งมวลก่อนการแช่น้ำ จากนั้นวางชิ้นทดสอบในระนาบเดียวกับระดับผิวน้ำ โดยให้ขอบบนอยู่ใต้ผิวน้ำ ชิ้นทดสอบแต่ละชิ้นควรวางห่างกันและห่างผนังของภาชนะพอสมควร เมื่อแช่ชิ้นทดสอบครบ 2 ชั่วโมง แล้วจึงนำชิ้นทดสอบขึ้นจากน้ำ โดยไม่มีการดูดซับน้ำ ทำเช่นนี้ทุกชิ้นทดสอบ จากนั้นนำไปชั่งหาน้ำหนักที่แน่นอน แล้วหาค่าเฉลี่ยแสดงสูตรดังต่อไปนี้

การดูดซับน้ำของกระถางเพาะชำ (เปอร์เซ็นต์) =

$$\frac{\text{มวลของกระถางเพาะชำหลังแช่น้ำ} - \text{มวลของกระถางเพาะชำก่อนแช่น้ำ}}{\text{มวลของกระถางเพาะชำก่อนแช่น้ำ}} \times 100$$

2) การพองตัวของกระถางเพาะชำ

ตัดชิ้นทดสอบขนาด 50 x 50 มิลลิเมตร วัดความหนาชิ้นทดสองทั้ง 4 มุม หาค่าเฉลี่ยเป็นความหนาก่อนแช่น้ำ นำชิ้นทดสอบไปแช่น้ำในภาชนะที่อุณหภูมิห้อง เมื่อแช่ชิ้นทดสอบครบ 2 ชั่วโมง แล้วจึงนำชิ้นทดสอบขึ้นจากน้ำ และนำไปวัดความหนาตามตำแหน่งเดิม หาค่าเฉลี่ยเป็นความหนาหลังแช่น้ำ ใช้ชิ้นทดสอบ 3 ชิ้นต่อหนึ่งอัตราส่วน แล้วหาค่าเฉลี่ย (อำนาจ, 2554) แสดงสูตรดังต่อไปนี้

การพองตัวของกระถางเพาะชำ (เปอร์เซ็นต์) =

$$\frac{\text{ความหนาของกระถางเพาะชำหลังแช่น้ำ - ความหนาของกระถางเพาะชำก่อนแช่น้ำ}}{\text{ความหนาของกระถางเพาะชำก่อนแช่น้ำ}} \times 100$$

3.2.6 การศึกษาประสิทธิภาพของกระถางเพาะชำในการเพาะกล้าพืช

การศึกษาประสิทธิภาพของกระถางเพาะชำในการเพาะกล้าพืช จะทำการทดสอบโดยการเพาะกล้าพืชในกระถางที่ขึ้นรูปได้ โดยพืชที่เลือกใช้ในการทดสอบ คือ ดาวเรืองฝรั่งเศส มีรายละเอียด ดังนี้

1) ทำการทดลองปลูกดาวเรืองฝรั่งเศส ที่มีอายุเท่ากัน ปลูกในกระถางเพาะชำที่ขึ้นรูปได้ กระถางละ 1 ต้น โดยใส่ดินในปริมาณที่เท่ากันลงในกระถางเพาะชำ รดน้ำวันละ 2 ครั้ง จำนวน 100 มิลลิลิตร ทุกวัน

2) ทำการสังเกตลักษณะทางกายภาพที่เปลี่ยนแปลงไปของกระถางเพาะชำ และการเจริญเติบโตของต้นดาวเรืองฝรั่งเศส

บทที่ 4
ผลการวิจัยและวิจารณ์ผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ศึกษาการผลิตกระถางเพาะชำจากกากกาแฟ ปูนขาวจากเปลือกหอย และขี้เลื่อยไม้ยางพารา มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของวัตถุดิบและตัวประสานในการขึ้นรูปกระถางเพาะชำ ศึกษาองค์ประกอบทางกายภาพและทางเคมีของวัตถุดิบและกระถางเพาะชำ ศึกษาการดูดซับน้ำและการพองตัวของกระถางเพาะชำ และศึกษาประสิทธิภาพของกระถางเพาะชำในการเพาะกล้าพืช ผลการวิจัย มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1 ผลการศึกษาองค์ประกอบทางกายภาพและเคมีของวัตถุดิบ

การศึกษาองค์ประกอบทางกายภาพของกากกาแฟ ปูนขาวจากเปลือกหอย และขี้เลื่อยไม้ยางพารา ดังตารางที่ 4-1 และวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ดังตารางที่ 4-2

ตารางที่ 4-1 องค์ประกอบทางกายภาพของวัตถุดิบ

ชนิดของวัตถุดิบ	pH	ความชื้น (เปอร์เซ็นต์)
กากกาแฟ	5.65	15.88
ปูนขาว	8.15	7.53
ขี้เลื่อยไม้ยางพารา	7.50	26.60

ตารางที่ 4-2 องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบ

พารามิเตอร์	หน่วย	ชนิดของวัตถุดิบ		
		กากกาแฟ*	ปูนขาวจากเปลือกหอย*	ขี้เลื่อยไม้ยางพารา
OM	%	1.440	0.110	79.55
N		2.530	nd	0.250
P_2O_5		0.331	0.227	0.100
K_2O		0.740	0.542	0.430
MgO		0.260	0.931	-
Al_2O_3		0.019	0.204	-
SiO_2		0.110	0.890	-
SO_3		0.380	0.474	-
CaO		0.330	72.998	-
SrO		nd	0.290	-

หมายเหตุ: * อ้างอิงข้อมูลจาก วรรณวิภา และเอนก (2559)
nd หมายถึง ตรวจวัดไม่ได้
- หมายถึง ไม่ได้ตรวจวัด

จากตารางที่ 4-1 ผลการศึกษาความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของวัตถุดิบ พบว่า กากกาแฟ ปูนขาวจากเปลือกหอย และขี้เลื่อย มีค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 5.83 7.13 และ 7.50 ตามลำดับ เมื่อตากกากกาแฟที่อุณหภูมิห้อง 2 วัน พบว่า กากกาแฟมีความชื้น เท่ากับ 17.31 เปอร์เซ็นต์ หลังจากเผาเปลือกหอยตลับจนได้ปูนขาว พบว่า ปูนขาวจากเปลือกหอยมีความชื้น เท่ากับ 7.35 เปอร์เซ็นต์ ส่วนขี้เลื่อยมีความชื้น เท่ากับ 26.6 เปอร์เซ็นต์

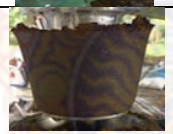
จากตารางที่ 4-2 พบว่า ปริมาณอินทรียวัตถุ (OM) ของกากกาแฟ ปูนขาวจากเปลือกหอย และขี้เลื่อย เท่ากับ 1.44 เปอร์เซ็นต์ 0.11 เปอร์เซ็นต์ และ 79.55 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ผลการศึกษาธาตุอาหารและองค์ประกอบต่าง ๆ ของกากกาแฟ ปูนขาวจากเปลือกหอย และขี้เลื่อย พบว่า วัตถุดิบทุกชนิดมีธาตุองค์ประกอบอื่น ๆ หลงเหลืออยู่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งธาตุอาหารหลัก สำหรับการเจริญเติบโตของพืช กล่าวคือ กากกาแฟมีปริมาณของ N P_2O_5 และ K_2O เท่ากับ 2.53 เปอร์เซ็นต์ 0.331 เปอร์เซ็นต์ และ 0.740 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนปูนขาวจากเปลือกหอยมีปริมาณของ N P_2O_5 และ K_2O โดยมีค่าเท่ากับ nd เปอร์เซ็นต์ 0.277 เปอร์เซ็นต์ และ 0.542 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และขี้เลื่อยมีปริมาณของ N P_2O_5 และ K_2O โดยมีค่าเท่ากับ 0.25 เปอร์เซ็นต์ 0.10 เปอร์เซ็นต์ และ 0.43 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

จากผลการวิเคราะห์ข้างต้น แสดงให้เห็นว่า กากกาแฟมีปริมาณธาตุอาหารหลงเหลืออยู่นั้น สอดคล้องกับงานวิจัยของปริยานุช และคณะ (2557) ได้ทำการศึกษาความเป็นไปได้ของการใช้วัสดุปลูกที่มีส่วนผสมของกากกาแฟต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้ามะเขือเทศ พบว่า กากกาแฟมีอินทรียวัตถุและธาตุไนโตรเจนซึ่งช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชได้ กากกาแฟ (Coffee grounds) เป็นส่วนที่เหลือทิ้งจากการทำกาแฟสด มีไนโตรเจนประมาณ 2 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร มีค่าความเป็นกรด-ด่าง อยู่ระหว่าง 6.5-6.8 และมีส่วนช่วยฟื้นฟูโครงสร้างของดิน กากกาแฟมีค่าคาร์บอนต่อไนโตรเจนเป็น 11:1 เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมสำหรับพืชและธาตุอาหารในดิน มีสารประกอบบางชนิด เช่น สารประกอบฟีนอล คาเฟอีน สารแทนนิน และเซลลูโลส เป็นต้น นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ กัญจ์ภัส และชนิดา (2556) ได้ทำการศึกษาความเป็นไปได้ของการใช้กากกาแฟเป็นสารช่วยในการกระจายตัวของซิลิกาในยางธรรมชาติ โดยมีการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของกากกาแฟด้วยเครื่อง XRF (X-ray flurescence) พบว่ากากกาแฟยังมี C Na_2O MgO Al_2O_3 SiO_2 SO_3 Cl K_2O CaO MnO และ Fe_2O_3 หลงเหลืออยู่ นอกจากนี้ ปูนขาวจากเปลือกหอยที่มีธาตุอาหารหลงเหลืออยู่ สอดคล้องกับงานวิจัยของเอนก และชุตินุช (2557) แสดงผลการศึกษาว่า ปูนขาวจากเปลือกหอยยังมีธาตุอาหารหลงเหลืออยู่ ได้แก่ Na_2O SiO_2 SO_3 CaO และ SrO เท่ากับ 1.61 เปอร์เซ็นต์ 0.06 เปอร์เซ็นต์ 0.13 เปอร์เซ็นต์ 60.1 เปอร์เซ็นต์และ 0.24 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนขี้เลื่อยก็ยังมีธาตุอาหารหลงเหลืออยู่เช่นกัน ได้แก่ N P_2O_5 และ K_2O เท่ากับ 0.25 เปอร์เซ็นต์ 0.10 เปอร์เซ็นต์และ 0.43 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังนั้นวัตถุดิบที่ผู้วิจัยเลือกใช้ ได้แก่ กากกาแฟ ปูนขาวจากเปลือกหอย และขี้เลื่อยไม้ยางพารา มีความเป็นไปได้ในการนำมาใช้เป็นวัตถุตั้งต้นในการผลิตกระถางเพาะชำ

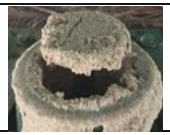
4.2 ผลการศึกษาอัตราส่วนระหว่างวัตถุดิบและวัสดุประสานที่เหมาะสมในการอัดขึ้นรูปกระถางเพาะชำจากกากกาแฟ ปูนขาวจากเปลือกหอย และขี้เลื่อย

งานวิจัยนี้เลือกใช้กากกาแฟ ปูนขาวจากเปลือกหอย และขี้เลื่อย เป็นวัตถุดิบในการขึ้นรูปกระถางเพาะชำ โดยผู้วิจัยเลือกใช้กาวแป้งเปียกเป็นตัวประสาน และใช้อัตราส่วนระหว่างแป้ง:น้ำเปล่า เท่ากับ 1:10 ในการกวนเพื่อทำเป็นกาวผสมวัตถุดิบกับกาว จะใช้วัตถุดิบ:วัสดุประสานที่แตกต่างกัน เพื่อศึกษาอัตราส่วนระหว่างวัตถุดิบและกาวที่เหมาะสมต่อการขึ้นรูปกระถางเพาะชำ โดยต้องขึ้นรูปกระถางได้เต็มใบ วัตถุดิบที่ใช้จะมีการผสมกันระหว่างกากกาแฟ ปูนขาว และขี้เลื่อย อัตราส่วนของ กากกาแฟ:ปูนขาว:ขี้เลื่อย เท่ากับ 3:0:0 0:3:0 0:0:3 1.5:1.5:0 1.5:0:1.5 0:1.5:1.5 และ 1:1:1 ทำการขึ้นรูปอัตราส่วนละ 4 ซ้ำ โดยใช้เครื่องอัดกระถางแบบอัตโนมัติ ใช้แรงดันอัดกระถาง ช่วง 1,600-1,800 psi กระถางเพาะชำที่ผลิตได้ต้องมีเส้นผ่าศูนย์กลางของปากกระถาง ก้นกระถาง และความสูง เท่ากับ 10 8 และ 8 เซนติเมตร ตามลำดับ มวลของกระถางที่ขึ้นรูปได้ เท่ากับ 105 กรัม ผลของการขึ้นรูปกระถางเพาะชำจากกากกาแฟ ปูนขาวจากเปลือกหอย และขี้เลื่อย แสดงผลดังตารางที่ 4-3

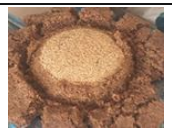
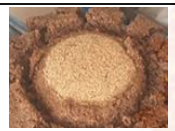
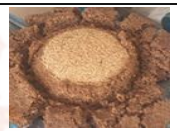
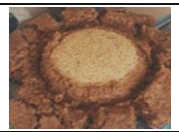
ตารางที่ 4-3 ผลการศึกษาอัตราส่วนวัตถุดิบ:วัสดุประสานที่เหมาะสมสำหรับการอัดขึ้นรูปกระถางเพาะชำ

อัตราส่วน กากกาแฟ:ปูนขาว: ขี้เลื่อยไม้ยางพารา	อัตราส่วน วัตถุดิบ:วัสดุประสาน	ผลการขึ้นรูป				เปอร์เซ็นต์ การขึ้นรูป	แรงดัน อัดกระถาง (psi)
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4		
3:0:0	1:0.70					0	1,800
	1:0.85					0	1,800
	1:1					0	1,800
	1:1.15					0	1,800
	1:1.30					0	1,800
	1:1.45					0	1,800
	1:1.60					0	1,800

ตารางที่ 4-3 (ต่อ)

อัตราส่วน กากกาแฟ:ปูนขาว: ขี้เลื่อยไม้ยางพารา	อัตราส่วน วัตถุดิบ:วัสดุประสาน	ผลการขึ้นรูป				เปอร์เซ็นต์ การขึ้นรูป	แรงดัน อัดกระถาง (psi)
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4		
3:0:0	1:1.75					0	1,800
	1:1.90					0	1,800
0:3:0	1:0.70					0	1,600
	1:0.85					0	1,600
	1:1					0	1,600
	1:1.15					0	1,600

ตารางที่ 4-3 (ต่อ)

อัตราส่วน กากกาแฟ:ปูนขาว: ขี้เลื่อยไม้ยางพารา	อัตราส่วน วัตถุดิบ:วัสดุประสาน	ผลการขึ้นรูป				เปอร์เซ็นต์การขึ้นรูป	แรงดันอัดกระถาง (psi)
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4		
0:0:3	1:0.70					0	1,600
	1:0.85					0	1,600
	1:1					0	1,600
	1:1.15					0	1,600
	1:1.30					0	1,600
	1:1.45					0	1,600
	1:1.60					0	1,600

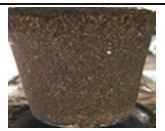
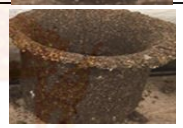
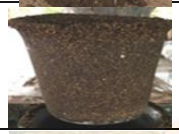
ตารางที่ 4-3 (ต่อ)

อัตราส่วน กากกาแฟ:ปูนขาว: ขี้เลื่อยไม้ยางพารา	อัตราส่วน วัตถุดิบ:วัสดุประสาน	ผลการขึ้นรูป				เปอร์เซ็นต์ การขึ้นรูป	แรงดัน อัดกระถาง (psi)
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4		
1.5:1.5:0	1:0.70					100	1,800
	1:0.85					100	1,800
	1:1					100	1,800
	1:1.15					100	1,800
	1:1.30					100	1,800
	1:1.45					100	1,800
	1:1.60					100	1,800

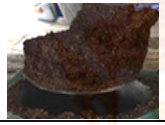
ตารางที่ 4-3 (ต่อ)

อัตราส่วน กากกาแฟ:ปูนขาว: ขี้เลื่อยไม้ยางพารา	อัตราส่วน วัตถุดิบ:วัสดุประสาน	ผลการขึ้นรูป				เปอร์เซ็นต์ การขึ้นรูป	แรงดัน อัดกระถาง (psi)
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4		
1.5:1.5:0	1:1.75					100	1,800
	1:1.90					0	1,800
0:1.5:1.5	1:0.70					0	1,700
	1:0.85					0	1,700
	1:1					0	1,700
	1:1.30					0	1,700

ตารางที่ 6 (ต่อ)

อัตราส่วน กากกาแฟ:ปูนขาว: ขี้เลื่อยไม้ยางพารา	อัตราส่วน วัตถุดิบ:วัสดุประสาน	ผลการขึ้นรูป				เปอร์เซ็นต์ การขึ้นรูป	แรงดัน อัดกระถาง (psi)
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4		
1:1:1	1:0.70					100	1,700
	1:0.85					100	1,700
	1:1					100	1,700
	1:1.15					100	1,700
	1:1.30					100	1,700
	1:1.45					100	1,700
	1:1.60					100	1,700

ตารางที่ 4-3 (ต่อ)

อัตราส่วน กากกาแฟ:ปูนขาว: ขี้เลื่อยไม้ยางพารา	อัตราส่วน วัตถุดิบ:วัสดุประสาน	ผลการขึ้นรูป				เปอร์เซ็นต์การขึ้นรูป	แรงดันอัดกระถาง (psi)
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4		
1:1:1	1:1.75					100	1,700
	1:1.90					0	1,600

จากตารางที่ 4-3 พบว่า การทดลองการอัดขึ้นรูปกระถางเพาะชำจากกากกาแฟ ปูนขาวจากเปลือกหอย และขี้เลื่อย ที่อัตราส่วนกากกาแฟ:ปูนขาว:ขี้เลื่อย เท่ากับ 3:0:0 0:3:0 0:0:3 1.5:0:1.5 และ 0:1.5:1.5 ไม่สามารถขึ้นรูปได้เต็มใบ ในการใช้กาวปริมาณต่างๆ แสดงให้เห็นว่า เมื่อใช้วัตถุดิบเพียงชนิดเดียวในการขึ้นรูปกระถางเพาะชำจะไม่สามารถขึ้นรูปกระถางได้ เมื่อมีการเพิ่มปริมาณขี้เลื่อยเป็นส่วนผสมร่วมกับกากกาแฟ และปูนขาวจากเปลือกหอย ก็ยังไม่สามารถขึ้นรูปได้เช่นกัน จากผลการขึ้นรูปกระถางเพาะชำ พบว่า อัตราส่วนที่สามารถขึ้นรูปกระถางเพาะชำได้ คือ อัตราส่วนกากกาแฟ:ปูนขาว:ขี้เลื่อยไม้ยางพารา เท่ากับ 1.5:1.5:0 และ 1:1:1 โดยใช้อัตราส่วนวัตถุดิบ:วัสดุประสาน ในช่วง 1:0.70 ถึง 1:1.75 แต่หากพิจารณาลักษณะทางกายภาพของกระถางเพาะชำที่สามารถขึ้นรูปได้ข้างต้น พบว่า กระถางเพาะชำที่สามารถขึ้นรูปได้ดีที่สุด คือ อัตราส่วนกากกาแฟ:ปูนขาว:ขี้เลื่อย เท่ากับ 1.5:1.5:0 สามารถขึ้นรูปได้เต็มใบ ลักษณะผิวด้านนอกของกระถางเรียบสวย กระถางมีความคงทน แข็งแรงมากที่สุด และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้จริง

4.3 ผลการศึกษาองค์ประกอบทางกายภาพและเคมีของกระถางเพาะชำจากกากกาแฟ ปูนขาวจากเปลือกหอย และขี้เลื่อย

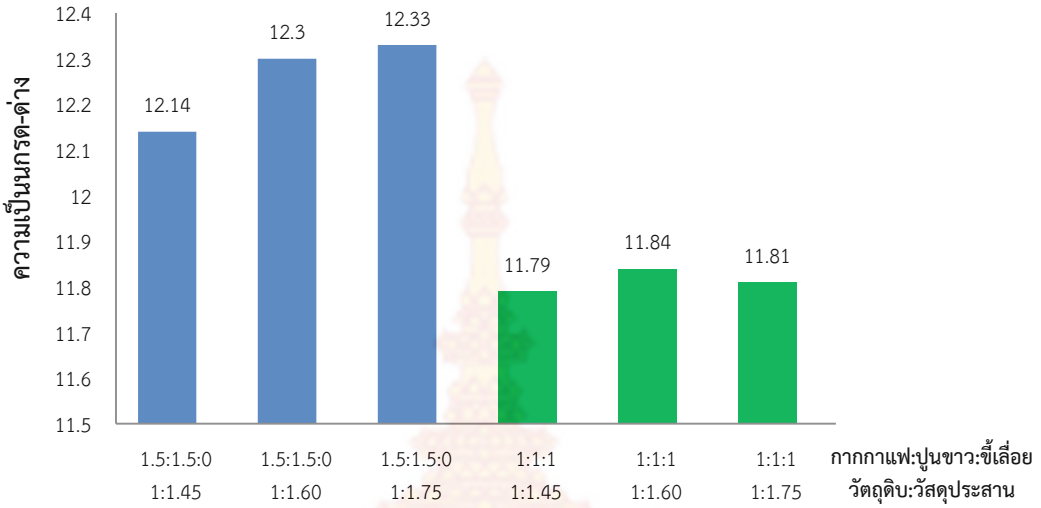
การศึกษาองค์ประกอบทางกายภาพและเคมีของกระถางเพาะชำจากกากกาแฟ ปูนขาวจากเปลือกหอย และขี้เลื่อยที่สามารถขึ้นรูปได้ โดยเลือกที่อัตราส่วนวัตถุดิบ:วัสดุประสาน ในอัตราส่วนที่เท่ากัน ผลการศึกษาดังนี้

4.3.1 ความเป็นกรด-ด่างของกระถางเพาะชำ

จากการทดสอบความเป็นกรด-ด่าง ของกระถางที่ขึ้นรูปได้ ซึ่งมีผลต่อดินในการเพาะปลูก และมีผลต่อพืชที่ปลูกลงในกระถาง งานวิจัยนี้ศึกษาความเป็นกรดด่างในกระถางเพาะชำที่ขึ้นรูปได้ มาทำการทดสอบความเป็นกรด-ด่าง ด้วยเครื่องพีเอชมิเตอร์ ผลการศึกษาแสดงดังตารางที่ 4-4 และภาพที่ 4-1

ตารางที่ 4-4 ความเป็นกรด-ด่างของกระถางเพาะชำ

อัตราส่วน กากกาแฟ:ปูนขาว:ขี้เลื่อย	อัตราส่วน วัตถุดิบ:วัสดุประสาน	ค่าเฉลี่ยความเป็นกรด-ด่าง
1.5:1.5:0	1:1.45	12.14
	1:1.60	12.30
	1:1.75	12.33
1:1:1	1:1.45	11.79
	1:1.60	11.84
	1:1.75	11.81



ภาพที่ 4-1 ค่าเฉลี่ยความเป็นกรด-ด่างของกระถางเพาะชำ

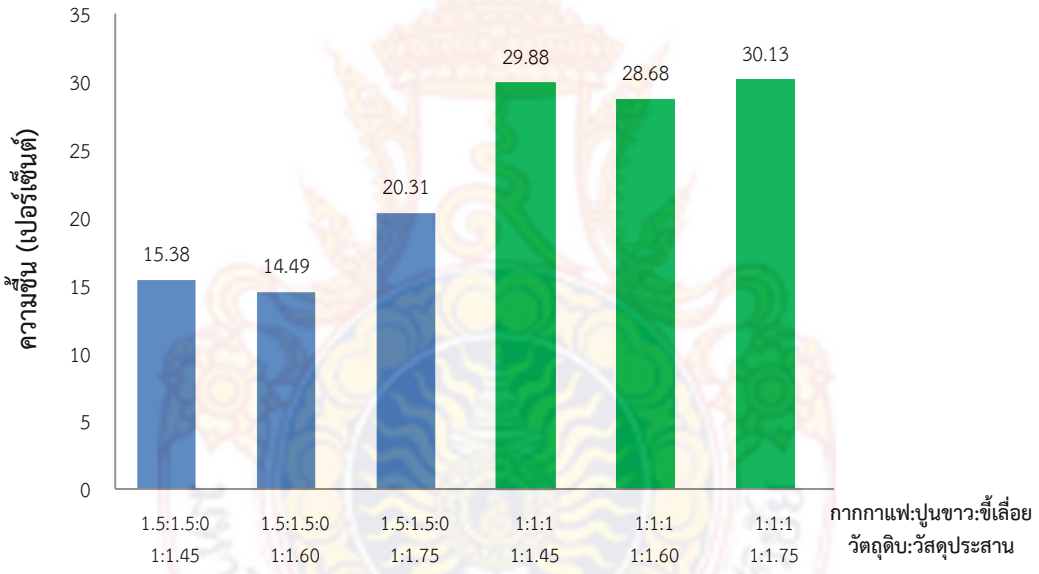
จากตารางที่ 4-4 และภาพที่ 4-1 ค่าเฉลี่ยความเป็นกรด-ด่าง อยู่ระหว่าง 11.79-12.33 โดยกระถางเพาะชำที่มีค่าเฉลี่ยความเป็นกรด-ด่างสูงสุดและต่ำสุด คือ กระถางที่ขึ้นรูปในอัตราส่วนของกากกาแฟ:ปูนขาว:ขี้เลื่อย เท่ากับ 1.5:1.5:0 อัตราส่วนวัตถุดิบ:วัสดุประสาน เท่ากับ 1:1.75 และอัตราส่วนของกากกาแฟ:ปูนขาว:ขี้เลื่อย เท่ากับ 1:1:1 อัตราส่วนวัตถุดิบ:วัสดุประสาน 1:1.45 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่า กระถางเพาะชำที่ผลิตได้ทุกอัตราส่วนมีค่าความเป็นด่าง เนื่องจากกระถางมีส่วนผสมของปูนขาว แต่หากกระถางที่มีขี้เลื่อยเป็นส่วนผสมจะทำให้ค่าความเป็นด่างลดลง สอดคล้องกับอิทธิสุนทร (2551) กล่าวว่า ขี้เลื่อยมีความเป็นกรด-ด่าง 4.2-6.0 มีความเป็นกรดอ่อน ๆ เมื่อผสมกับส่วนผสมที่มีความเป็นด่างสูง ๆ ก็สามารถช่วยในการปรับความเป็นกรด ด่างให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อพืชได้ ดังนั้น กระถางเพาะชำที่ผลิตได้นี้น่าจะมีความเหมาะสมในการเพาะปลูกพืชที่เจริญเติบโตในดินที่เป็นด่าง และยังช่วยปรับสภาพดินเสื่อมโทรม โดยเฉพาะดินที่มีความเป็นกรดสูง เพราะจะสามารถปรับสภาพความเป็นกรดของดินให้เป็นกลางได้

4.3.2 ความชื้นของกระถางเพาะชำ

การทดสอบความชื้นของกระถาง โดยนำกระถางแต่ละอัตราส่วนมาชั่งน้ำหนักของกระถางก่อนอบ และนำกระถางของแต่ละอัตราส่วนไปอบที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส จนกระทั่งน้ำหนักชิ้นส่วนกระถางคงที่ ผลการศึกษาดังตารางที่ 4-5 และภาพที่ 4-2

ตารางที่ 4-5 ค่าความชื้นของกระถางที่ขึ้นรูปได้ที่อัตราส่วนต่าง ๆ

อัตราส่วน กากกาแฟ:ปูนขาว:ขี้เลื่อย	อัตราส่วน วัตถุดิบ:วัสดุประสาน	ค่าเฉลี่ยความชื้น (เปอร์เซ็นต์)
1.5:1.5:0	1:1.45	15.38
	1:1.60	14.49
	1:1.75	20.31
1:1:1	1:1.45	29.88
	1:1.60	28.68
	1:1.75	30.13



ภาพที่ 4-2 ค่าเฉลี่ยความชื้นของกระถางเพาะชำ

จากตารางที่ 4-5 และภาพที่ 4-2 พบว่า ค่าความชื้นเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 14.49-30.13 เปอร์เซ็นต์ โดยกระถางเพาะชำที่มีค่าความชื้นเฉลี่ยที่สูงและต่ำสุด คือ กระถางที่ขึ้นรูปในอัตราส่วน กากกาแฟ:ปูนขาว:ขี้เลื่อย 1:1:1 อัตราส่วนวัตถุดิบ:วัสดุประสาน เท่ากับ 1:1.75 และ อัตราส่วน กากกาแฟ:ปูนขาว:ขี้เลื่อย เท่ากับ 1.5:1.5:0 อัตราส่วนวัตถุดิบ:วัสดุประสาน เท่ากับ 1:1.60 ตามลำดับ จากผลค่าความชื้นของกระถางเพาะชำ แสดงให้เห็นว่า กระถางเพาะชำในทุก ๆ อัตราส่วน จะมีค่าความชื้นเฉลี่ยที่ไม่แตกต่างกัน โดยค่าเฉลี่ยความชื้นของกระถางจะมีผลต่อระยะเวลาการย่อยสลายของกระถาง และความแข็งแรงของกระถาง กระถางที่มีความชื้นมาก จะย่อยสลายได้ดี นอกจากนี้ยังสามารถอุ้มน้ำไว้หล่อเลี้ยงพืชได้ (ปัญญา และพิทยา, 2553) ดังนั้น จึงมีความเป็นไปได้

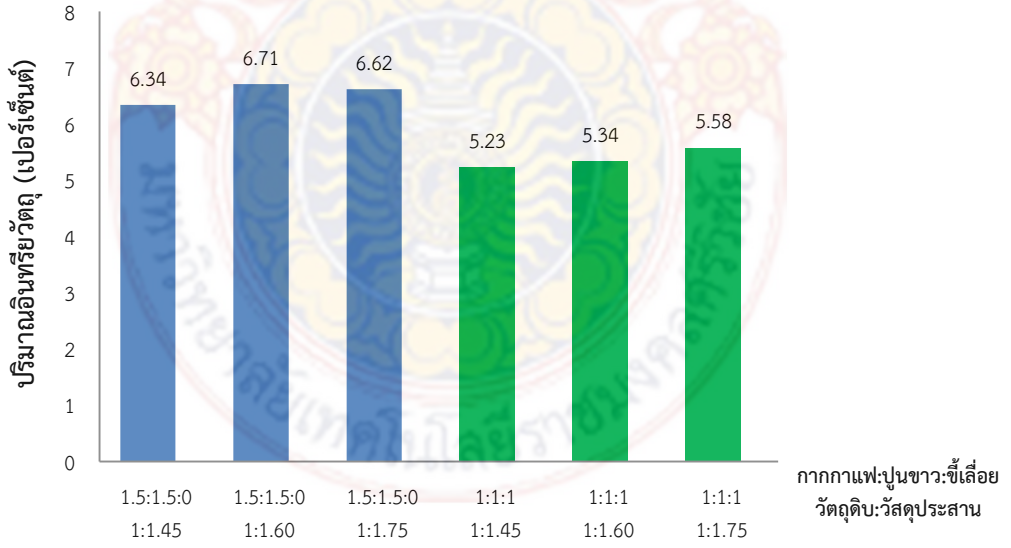
ว่ากระถางเพาะชำที่มีการผสมขี้เลื่อย น่าจะใช้เวลาย่อยสลายได้เร็วกว่ากระถางเพาะชำที่ไม่มีการผสมขี้เลื่อย

4.3.3 ปริมาณอินทรียวัตถุของกระถางเพาะชำ

ผลการศึกษาปริมาณของอินทรียวัตถุของกระถางเพาะชำ แสดงดังตารางที่ 4-6 และภาพที่ 4-3

ตารางที่ 4-6 ค่าเฉลี่ยอินทรียวัตถุของกระถางเพาะชำ

อัตราส่วน กากกาแฟ:ปูนขาว:ขี้เลื่อย	อัตราส่วน วัตถุดิบ:วัสดุประสาน	ค่าเฉลี่ยอินทรียวัตถุ (เปอร์เซ็นต์)
1.5:1.5:0	1:1.45	6.34
	1:1.60	6.71
	1:1.75	6.62
1:1:1	1:1.45	5.23
	1:1.60	5.34
	1:1.75	5.58



ภาพที่ 4-3 ค่าเฉลี่ยอินทรียวัตถุของกระถางเพาะชำ

จากตารางที่ 4-6 และภาพที่ 4-3 แสดงให้เห็นว่า ค่าเฉลี่ยอินทรียวัตถุของกระถางเพาะชำอยู่ระหว่าง 5.23-6.71 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งกรมพัฒนา ที่ดิน (2553) ได้ระบุเกณฑ์ในการประเมินระดับอินทรียวัตถุในดินไว้ว่า หากมีปริมาณอินทรียวัตถุมากกว่า 3 เปอร์เซ็นต์ ถือว่ามีปริมาณอินทรียวัตถุ

อยู่ในระดับสูง โดยจารุวรรณ (ม.ป.ป.) กล่าวว่า แป้งมันสำปะหลังมาจากส่วนราก หรือลำต้นใต้ดิน จะมีปริมาณคาร์โบไฮเดรทสูง มากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณโปรตีน ต่ำกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน และเส้นใย ต่ำไม่เกิน 5 เปอร์เซ็นต์ ยังเป็นส่วนที่ช่วยเพิ่มอินทรียวัตถุอีกด้วย ซึ่งอินทรียวัตถุมีบทบาทและความสำคัญต่อการเพาะปลูกเป็นอย่างมาก แหล่งธาตุอาหารพืช โดยเฉพาะอย่างยิ่งธาตุไนโตรเจนดินบางแห่งพืชได้รับฟอสฟอรัสและกำมะถันส่วนใหญ่จากการสลายตัวของอินทรียวัตถุ ดังนั้น จากผลการศึกษาจะเห็นได้ว่า กระถางเพาะชำที่ผลิตได้ทุกชุดการทดลองมีค่าอินทรียวัตถุมากกว่า 3 เปอร์เซ็นต์ จึงมีความเหมาะสมในการเพาะปลูกพืช ช่วยเพิ่มอินทรียวัตถุแก่ดิน ทำให้ดินโปรง รวนซุย ระบายน้ำ และถ่ายเทอากาศได้ดี ทั้งยังเป็นแหล่งพลังงานของจุลินทรียดิน

4.3.4 ปริมาณธาตุอาหารและองค์ประกอบทางเคมีต่างๆ ของกระถางเพาะชำ

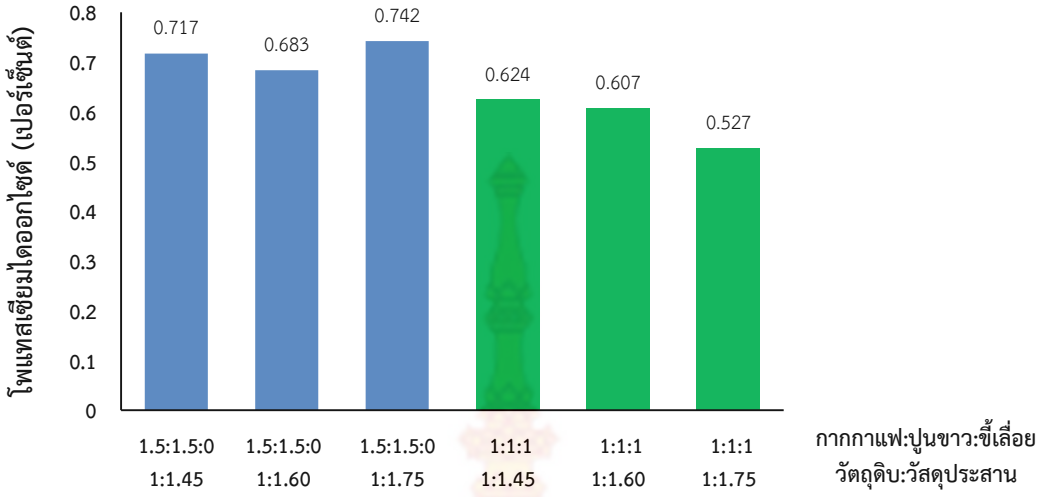
จากการทดสอบปริมาณธาตุอาหารและองค์ประกอบทางเคมีต่างๆ ของกระถางเพาะชำเป็นส่วนที่สำคัญอย่างยิ่ง เนื่องจากช่วยเพิ่มปริมาณธาตุอาหารแก่ดินในการเพาะปลูกนำไปสู่การเจริญเติบโตของพืชให้มีความสมบูรณ์ขึ้นอีกด้วย ผลการศึกษาปริมาณธาตุอาหารและองค์ประกอบทางเคมี วิเคราะห์ด้วยเครื่อง X-Ray fluorescence spectrometer ผลการวิเคราะห์ดังนี้

1) โพแทสเซียมไดออกไซด์ (K_2O) ของกระถางเพาะชำ

โพแทสเซียมไดออกไซด์ (K_2O) เป็นโพแทสเซียมที่ละลายน้ำได้ ผลการวิเคราะห์โพแทสเซียมไดออกไซด์ของกระถางเพาะชำ ดังตารางที่ 4-7 และภาพที่ 4-4

ตารางที่ 4-7 ค่าเฉลี่ยโพแทสเซียมไดออกไซด์ของกระถางเพาะชำ

อัตราส่วน กากกาแฟ:ปูนขาว:ขี้เลื่อย	**อัตราส่วน วัตถุดิบ:วัสดุประสาน**	**ค่าเฉลี่ยโพแทสเซียมไดออกไซด์ (เปอร์เซ็นต์)**
1.5:1.5:0	1:1.45	0.717
	1:1.60	0.683
	1:1.75	0.742
1:1:1	1:1.45	0.624
	1:1.60	0.607
	1:1.75	0.527



ภาพที่ 4-4 ค่าเฉลี่ยโพแทสเซียมไดออกไซด์ของกระถางเพาะชำ

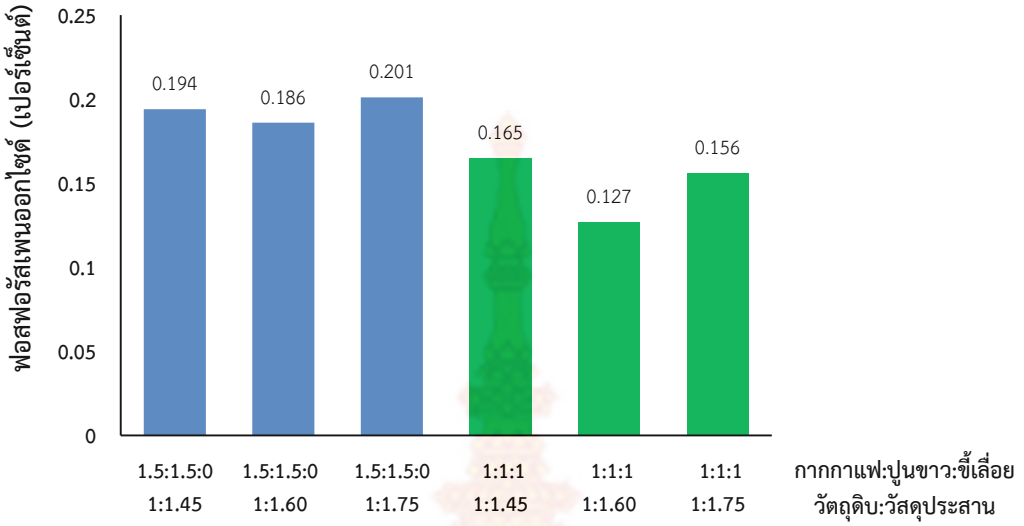
จากตารางที่ 4-7 และภาพที่ 4-4 แสดงให้เห็นว่า ปริมาณโพแทสเซียมไดออกไซด์ของกระถางเพาะชำ มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.527-0.742 เปอร์เซ็นต์ โดยกระถางเพาะชำที่มีค่าโพแทสเซียมไดออกไซด์เฉลี่ยสูงสุด คือ กระถางเพาะชำอัตราส่วนกากกาแฟ:ปูนขาว:ขี้เลื่อย เท่ากับ 1.5:1.5:0 อัตราส่วนวัตถุดิบ:วัสดุประสาน เท่ากับ 1:1.75 และค่าเฉลี่ยต่ำสุด คือ กระถางเพาะชำอัตราส่วนกากกาแฟ:ปูนขาว:ขี้เลื่อย 1:1:1 อัตราส่วนวัตถุดิบ:วัสดุประสาน เท่ากับ 1:1.75 สอดคล้องกับข้อมูลของกรมพัฒนาที่ดิน (2540) ที่ทำการทดสอบคุณสมบัติของวัสดุอินทรีย์ที่ย่อยสลายยาก (ขี้เลื่อย) พบว่า มีปริมาณโพแทสเซียมไดออกไซด์ในขี้เลื่อย 0.40 เปอร์เซ็นต์ และโดยภาพรวมจะเห็นได้ว่ากระถางเพาะชำที่ผลิตได้มีปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ พ.ศ. 2548 ซึ่งกำหนดให้มีค่าปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดไม่น้อยกว่า 0.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

2) ฟอสฟอรัสเพนออกไซด์ (P_2O_5) ของกระถางเพาะชำ

ผลการวิเคราะห์ฟอสฟอรัสเพนออกไซด์ (P_2O_5) ของกระถางเพาะชำ ดังตารางที่ 4-8 และภาพที่ 4-5

ตารางที่ 4-8 ค่าเฉลี่ยฟอสฟอรัสเพนออกไซด์ของกระถางเพาะชำ

อัตราส่วน กากกาแฟ:ปูนขาว:ขี้เลื่อย	อัตราส่วน วัตถุดิบ:วัสดุประสาน	ค่าเฉลี่ยฟอสฟอรัสเพนออกไซด์ (เปอร์เซ็นต์)
1.5:1.5:0	1:1.45	0.194
	1:1.60	0.186
	1:1.75	0.201
1:1:1	1:1.45	0.165
	1:1.60	0.127
	1:1.75	0.156



ภาพที่ 4-5 ค่าเฉลี่ยฟอสฟอรัสเพนออกไซด์ของกระถางเพาะชำ

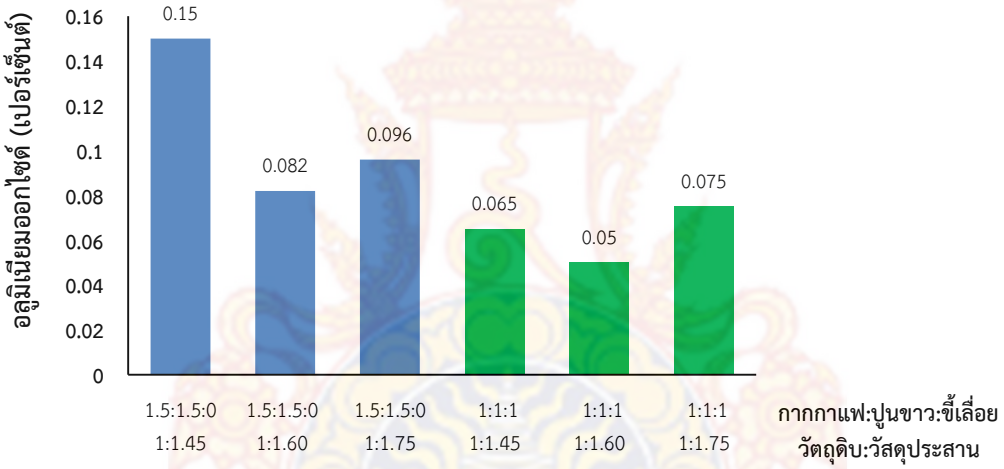
จากตารางที่ 4-8 และภาพที่ 4-5 แสดงให้เห็นว่า ปริมาณฟอสฟอรัสเพนออกไซด์ของกระถางเพาะชำ มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.127-0.201 เปอร์เซ็นต์ โดยกระถางเพาะชำที่มีค่าฟอสฟอรัสเพนออกไซด์เฉลี่ยสูงสุด คือ กระถางเพาะชำอัตราส่วนกากกาแฟ:ปูนขาว:ขี้เลื่อย เท่ากับ 1.5:1.5:0 อัตราส่วนวัตถุดิบ:วัสดุประสาน เท่ากับ 1:1.75 และต่ำสุด คือ กระถางเพาะชำอัตราส่วนกากกาแฟ:ปูนขาว:ขี้เลื่อย 1:1:1 อัตราส่วนวัตถุดิบ:วัสดุประสาน เท่ากับ 1:1.60 ซึ่งกระถางเพาะชำที่มีค่าฟอสฟอรัสเพนออกไซด์เฉลี่ยสูงสุด เป็นไปในแนวทางเดียวกับปริมาณโพแทสเซียมออกไซด์เฉลี่ยซึ่งมีปริมาณที่สูงในกระถางเพาะชำชุดเดียวกันโดยมีกากกาแฟเป็นส่วนประกอบอัตราส่วนกากกาแฟ:ปูนขาว:ขี้เลื่อย เท่ากับ 1.5:1.5:0 มีความสอดคล้องกับ กัญจ์ภัส และ ชนิดา (2556) ได้ทำการศึกษาความเป็นไปได้ของการใช้กากกาแฟเป็นสารช่วยในการกระจายตัวของซิลิกาในยางธรรมชาติ โดยมีการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของกากกาแฟด้วยเครื่อง XRF (X-ray flurescence) พบว่ามีปริมาณฟอสฟอรัสเพนทอกไซด์ 0.13 เปอร์เซ็นต์ และโพแทสเซียม 0.33 เปอร์เซ็นต์ และยังพบว่า ปริมาณฟอสฟอรัสที่มาจากแร่ธาตุนี้ ยังมีส่วนผสมของแคลเซียมคาร์บอเนต ที่จะแตกสลายกลายเป็นแคลเซียมออกไซด์ (Barros *et al*., 2009) ดังนั้น จึงเปรียบเสมือนปูนทางการเกษตรอีกชนิดหนึ่งอีกด้วย (กรมพัฒนาที่ดิน, 2550)

3) ปริมาณอลูมิเนียมออกไซด์ (Al_2O_3) ของกระถางเพาะชำ

ผลการวิเคราะห์อลูมิเนียมออกไซด์ของกระถางเพาะชำ ดังตารางที่ 4-9 และภาพที่ 4-6

ตารางที่ 4-9 ค่าเฉลี่ยอลูมิเนียมออกไซด์ของกระถางเพาะชำ

อัตราส่วน กากกาแฟ:ปูนขาว:ขี้เลื่อย	อัตราส่วน วัตถุดิบ:วัสดุประสาน	ค่าเฉลี่ยอลูมิเนียมออกไซด์ (เปอร์เซ็นต์)
1.5:1.5:0	1:1.45	0.150
	1:1.60	0.082
	1:1.75	0.096
1:1:1	1:1.45	0.065
	1:1.60	0.050
	1:1.75	0.075



ภาพที่ 4-6 ค่าเฉลี่ยอลูมิเนียมออกไซด์ของกระถางเพาะชำ

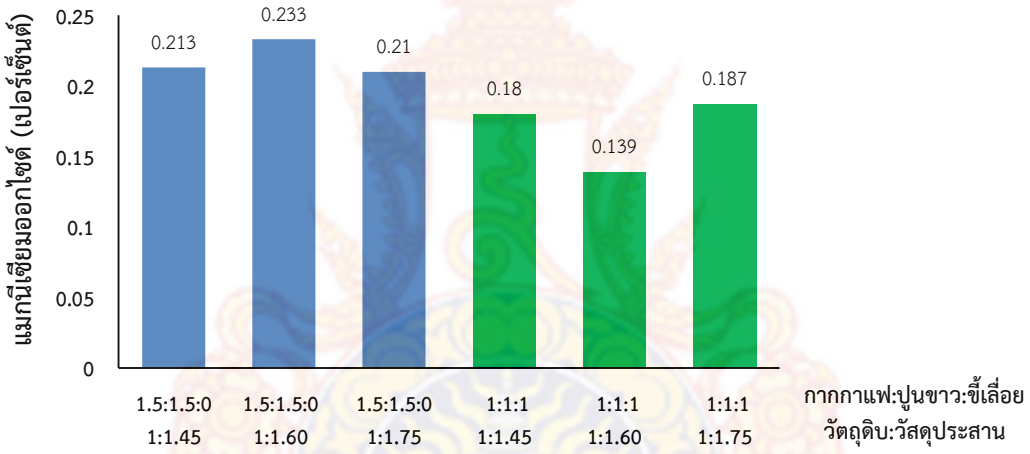
จากตารางที่ 4-9 และภาพที่ 4-6 แสดงให้เห็นว่า ปริมาณอลูมิเนียมออกไซด์ของกระถางเพาะชำ มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.050-0.150 เปอร์เซ็นต์ โดยกระถางเพาะชำที่มีค่าอลูมิเนียมออกไซด์เฉลี่ยสูงสุด คือ กระถางเพาะชำอัตราส่วนกากกาแฟ:ปูนขาว:ขี้เลื่อย เท่ากับ 1.5:1.5:0 อัตราส่วนวัตถุดิบ:วัสดุประสาน เท่ากับ 1:1.45 และต่ำสุด คือ กระถางเพาะชำอัตราส่วนกากกาแฟ:ปูนขาว:ขี้เลื่อย 1:1:1 อัตราส่วนวัตถุดิบ:วัสดุประสาน เท่ากับ 1:1.60 ซึ่งกระถางเพาะชำที่มีค่าอลูมิเนียมออกไซด์เฉลี่ยต่ำสุด

4) ปริมาณแมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) ของกระถางเพาะชำ

ผลการวิเคราะห์แมกนีเซียมออกไซด์ของกระถางเพาะชำ ดังตารางที่ 4-10 และภาพที่ 4-7

ตารางที่ 4-10 ค่าเฉลี่ยแมกนีเซียมออกไซด์ของกระถางเพาะชำ

อัตราส่วน กากกาแฟ:ปูนขาว:ขี้เลื่อย	อัตราส่วน วัตถุดิบ:วัสดุประสาน	ค่าเฉลี่ยแมกนีเซียมออกไซด์
1.5:1.5:0	1:1.45	0.213
	1:1.60	0.233
	1:1.75	0.210
1:1:1	1:1.45	0.180
	1:1.60	0.139
	1:1.75	0.187



ภาพที่ 4-7 ค่าเฉลี่ยแมกนีเซียมออกไซด์ของกระถางเพาะชำ

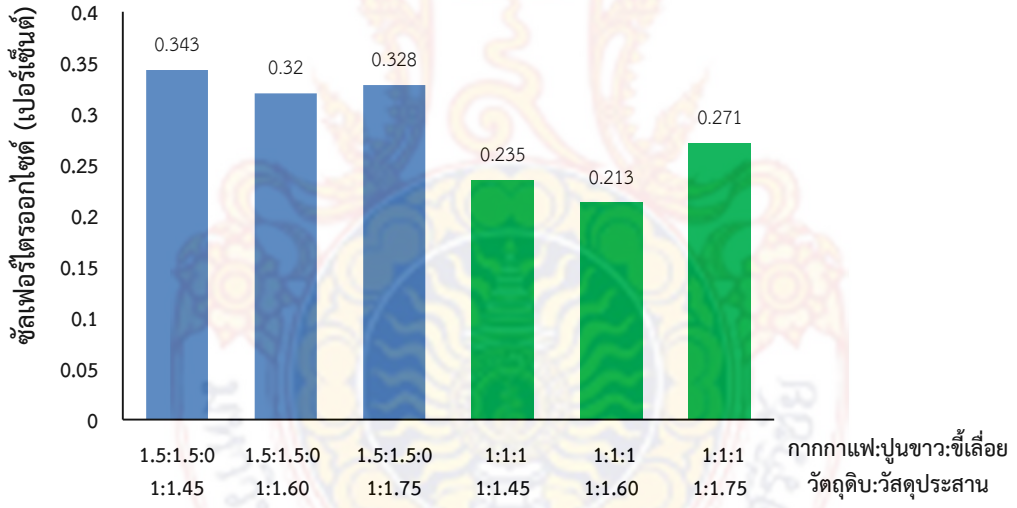
จากตารางที่ 4-10 และภาพที่ 4-7 แสดงให้เห็นว่า ปริมาณแมกนีเซียมออกไซด์ของกระถางเพาะชำ มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.139-0.233 เปอร์เซ็นต์ โดยกระถางเพาะชำที่มีค่าแมกนีเซียมออกไซด์เฉลี่ยสูงสุด คือ กระถางเพาะชำอัตราส่วนกากกาแฟ:ปูนขาว:ขี้เลื่อย เท่ากับ 1.5:1.5:0 อัตราส่วนวัตถุดิบ:วัสดุประสาน เท่ากับ 1:1.60 และต่ำสุด คือ กระถางเพาะชำอัตราส่วนกากกาแฟ:ปูนขาว:ขี้เลื่อย 1:1:1 อัตราส่วนวัตถุดิบ:วัสดุประสาน เท่ากับ 1:1.60 ซึ่งกระถางเพาะชำที่มีค่าแมกนีเซียมออกไซด์เฉลี่ยต่ำสุดมีความสอดคล้อง กรมพัฒนาที่ดิน (ม.ป.ป) ที่กล่าวว่า แมกนีเซียมออกไซด์ได้มากจากการเผาหินปูนหรือเปลือกหอยที่อุณหภูมิสูง จะได้สารแมกนีเซียมออกไซด์แต่มีอยู่น้อยกว่าแคลเซียมออกไซด์

5) ปริมาณซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ (SO_3) ของกระถางเพาะชำ

ผลการวิเคราะห์ซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ของกระถางเพาะชำ ดังตารางที่ 4-11 และภาพที่ 4-8

ตารางที่ 4-11 ค่าเฉลี่ยซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ของกระถางเพาะชำ

อัตราส่วน กากกาแฟ:ปูนขาว:ขี้เลื่อย	อัตราส่วน วัตถุดิบ:วัสดุประสาน	ค่าเฉลี่ยซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ (เปอร์เซ็นต์)
1.5:1.5:0	1:1.45	0.343
	1:1.60	0.320
	1:1.75	0.328
1:1:1	1:1.45	0.235
	1:1.60	0.213
	1:1.75	0.271



ภาพที่ 4-8 ค่าเฉลี่ยซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ของกระถางเพาะชำ

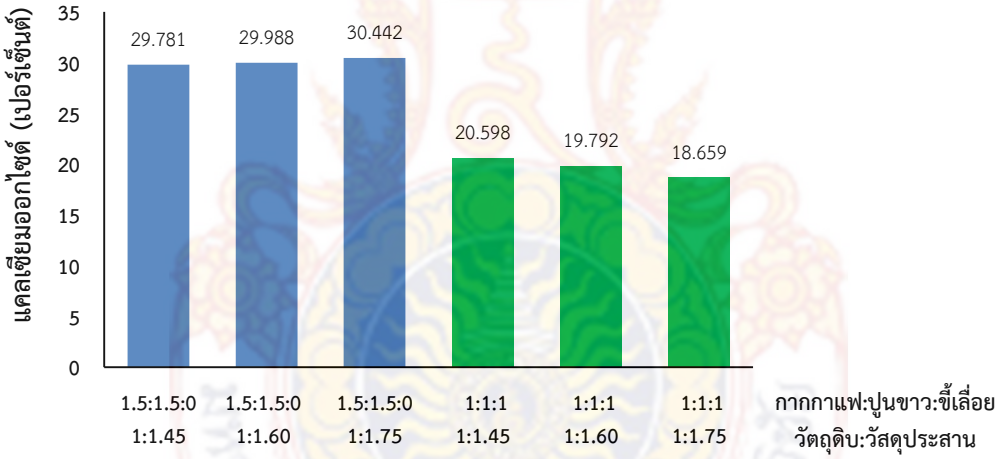
จากตารางที่ 4-11 และภาพที่ 4-8 แสดงให้เห็นว่า ปริมาณซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ของกระถางเพาะชำ มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.213-0.343 เปอร์เซ็นต์ โดยกระถางเพาะชำที่มีค่าซัลเฟอร์ไตรออกไซด์เฉลี่ยสูงสุด คือ กระถางเพาะชำอัตราส่วนกากกาแฟ:ปูนขาว:ขี้เลื่อย เท่ากับ 1.5:1.5:0 อัตราส่วนวัตถุดิบ:วัสดุประสาน เท่ากับ 1:1.45 และต่ำสุด คือ กระถางเพาะชำอัตราส่วนกากกาแฟ:ปูนขาว:ขี้เลื่อย 1:1:1 อัตราส่วนวัตถุดิบ:วัสดุประสาน เท่ากับ 1:1.60 ซึ่งกระถางเพาะชำที่มีซัลเฟอร์ไตรออกไซด์เฉลี่ยสูงสุดมีความสอดคล้องกับปริมาณอลูมิเนียมเฉลี่ย และซัลเฟอร์ไตรออกไซด์เฉลี่ยต่ำสุดมีความสอดคล้องกับปริมาณฟอสฟอรัสเพนออกไซด์ออกไซด์ ปริมาณอลูมิเนียมออกไซด์ และแมกนีเซียมออกไซด์ซึ่งมีปริมาณน้อยในกระถางเพาะชำชุดเดียวกัน

6) ปริมาณแคลเซียมออกไซด์ (CaO) ของกระถางเพาะชำ

ผลการวิเคราะห์แคลเซียมออกไซด์ของกระถางเพาะชำ ดังตารางที่ 4-12 และภาพที่ 4-9

ตารางที่ 4-12 ค่าเฉลี่ยแคลเซียมออกไซด์ของกระถางเพาะชำ

อัตราส่วน กากกาแฟ:ปูนขาว:ขี้เลื่อย	อัตราส่วน วัตถุดิบ:วัสดุประสาน	ค่าเฉลี่ยแคลเซียมออกไซด์
1.5:1.5:0	1:1.45	29.781
	1:1.60	29.988
	1:1.75	30.442
1:1:1	1:1.45	20.598
	1:1.60	19.792
	1:1.75	18.659



ภาพที่ 4-9 ค่าเฉลี่ยแคลเซียมออกไซด์ของกระถางเพาะชำ

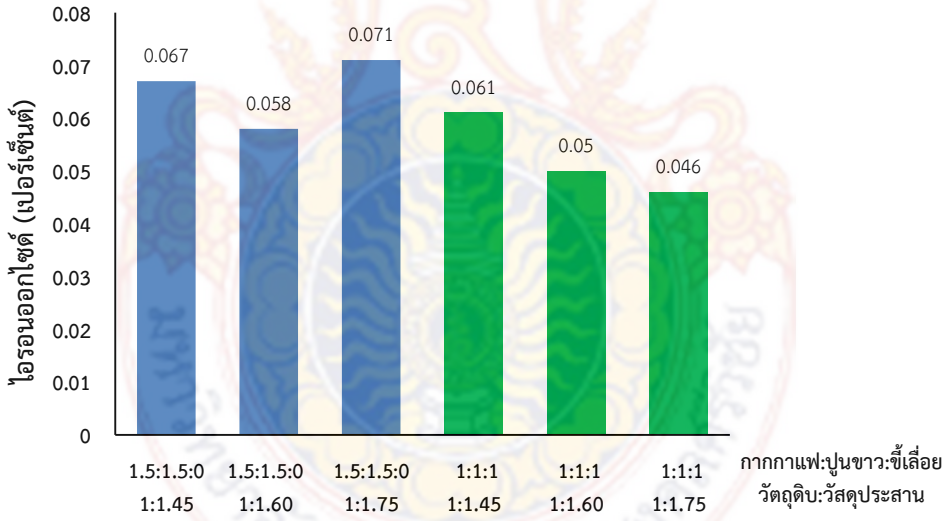
จากตารางที่ 4-12 และภาพที่ 4-9 แสดงให้เห็นว่า ปริมาณแคลเซียมออกไซด์ของกระถางเพาะชำ มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 30.442-18.659 เปอร์เซ็นต์ โดยกระถางเพาะชำที่มีค่าแคลเซียมออกไซด์เฉลี่ยสูงสุด คือ กระถางเพาะชำอัตราส่วนกากกาแฟ:ปูนขาว:ขี้เลื่อย เท่ากับ 1.5:1.5:0 อัตราส่วนวัตถุดิบ:วัสดุประสาน เท่ากับ 1:1.75 และต่ำสุด คือ กระถางเพาะชำอัตราส่วนกากกาแฟ:ปูนขาว:ขี้เลื่อย 1:1:1 อัตราส่วนวัตถุดิบ:วัสดุประสาน เท่ากับ 1:1.75 ซึ่งปริมาณแคลเซียมออกไซด์กระถางเพาะชำขึ้นอยู่กับปริมาณปูนขาวจากเปลือกหอยที่เป็นส่วนผสม สอดคล้องกับงานวิจัยของ เอนก และ ชุตินุช (2557) กล่าวว่า ปูนขาวจากเปลือกหอยยังมีธาตุอาหาร CaO อยู่ 60.1 ppm

7) ปริมาณไอรอนออกไซด์ (Fe_2O_3) ของกระถางเพาะชำ

ผลการวิเคราะห์ไอรอนออกไซด์ของกระถางเพาะชำ ดังตารางที่ 4-13 และภาพที่ 4-10

ตารางที่ 4-13 ค่าเฉลี่ยไอรอนออกไซด์ของกระถางเพาะชำ

อัตราส่วน กากกาแฟ:ปูนขาว:ขี้เลื่อย	อัตราส่วน วัตถุดิบ:วัสดุประสาน	ค่าเฉลี่ยไอรอนออกไซด์
1.5:1.5:0	1:1.45	0.067
	1:1.60	0.058
	1:1.75	0.071
1:1:1	1:1.45	0.061
	1:1.60	0.050
	1:1.75	0.046



ภาพที่ 4-10 ค่าเฉลี่ยไอรอนออกไซด์ของกระถางเพาะชำ

จากตารางที่ 4-13 และภาพที่ 4-10 แสดงให้เห็นว่า ปริมาณไอรอนออกไซด์ของกระถางเพาะชำ มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.046-0.071 เปอร์เซ็นต์ โดยกระถางเพาะชำที่มีค่าไอรอนออกไซด์เฉลี่ยสูงสุด คือ กระถางเพาะชำอัตราส่วนกากกาแฟ:ปูนขาว:ขี้เลื่อย เท่ากับ 1.5:1.5:0 อัตราส่วนวัตถุดิบ:วัสดุประสาน เท่ากับ 1:1.75 และต่ำสุด คือ กระถางเพาะชำอัตราส่วนกากกาแฟ:ปูนขาว:ขี้เลื่อย 1:1:1 อัตราส่วนวัตถุดิบ:วัสดุประสาน เท่ากับ 1:1.75 ซึ่งกรมพัฒนาที่ดิน (ม.ป.ป) ศึกษาการใช้วัสดุอินทรียวัตถุกับดิน พบว่า ปริมาณไอรอนออกไซด์และอลูมิเนียมออกไซด์เพิ่มขึ้นตามปริมาณ

อินทรียวัตถุ สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์กล่าวคือ กระถางเพาะชำที่มีไอรอนออกไซด์เฉลี่ยสูงสุดมีปริมาณอินทรียวัตถุที่มีปริมาณสูงด้วยเช่นกัน

4.4 ผลการศึกษาคุณสมบัติบางประการของกระถางเพาะชำจากกากกาแฟ ปูนขาวจากเปลือกหอย และขี้เลื่อย

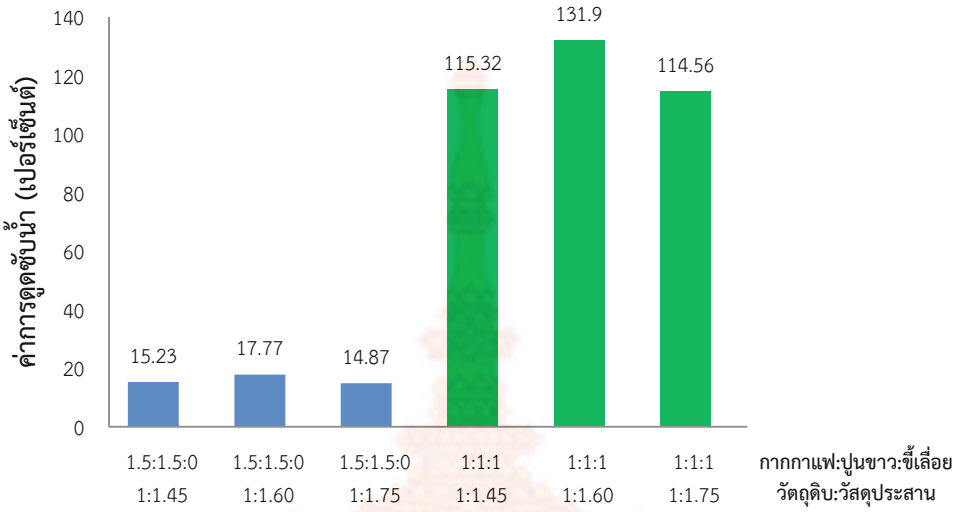
งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาคุณสมบัติบางประการของกระถางเพาะชำจากกากกาแฟ ปูนขาวจากเปลือกหอย และขี้เลื่อย โดยคุณสมบัติที่ทำการศึกษา ได้แก่ การดูดซับน้ำ และการพองตัวของกระถางเพาะชำ ผลการศึกษามีรายละเอียดดังนี้

4.4.1 ผลการศึกษาการดูดซับน้ำ

ผลการศึกษาการดูดซับน้ำ แสดงดังตารางที่ 4-14 และภาพที่ 4-11

ตารางที่ 4-14 ค่าเฉลี่ยการดูดซับน้ำของกระถางเพาะชำ

อัตราส่วน กากกาแฟ:ปูนขาว:ขี้เลื่อย	อัตราส่วน วัตถุดิบ:วัสดุประสาน	ค่าเฉลี่ยการดูดซับน้ำ (เปอร์เซ็นต์)
1.5:1.5:0	1:1.45	15.23
	1:1.60	17.77
	1:1.75	14.87
1:1:1	1:1.45	115.32
	1:1.60	131.90
	1:1.75	114.56



ภาพที่ 4-11 ค่าเฉลี่ยการดูดซับน้ำของกระถางเพาะชำ

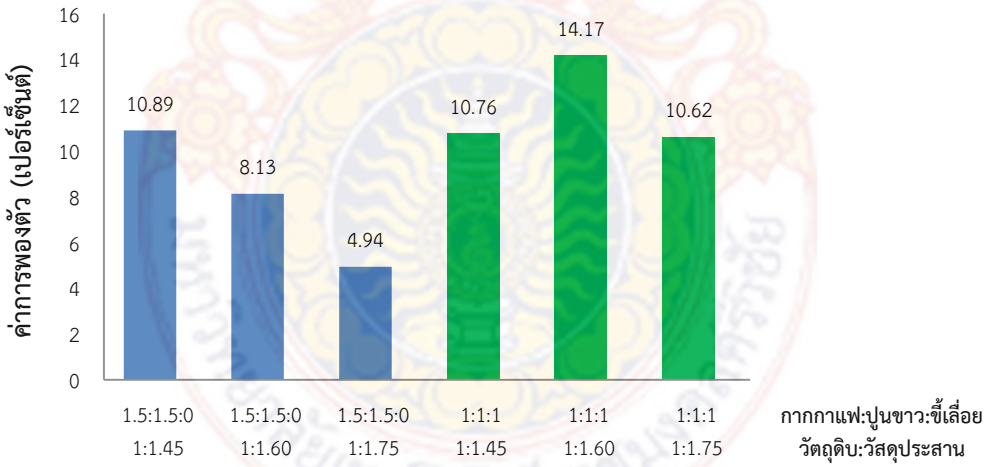
จากตารางที่ 4-14 และภาพที่ 4-11 พบว่า ค่าการดูดซับน้ำของกระถางเพาะชำ ที่อัตราส่วนกากกาแฟ:ปูนขาว:ขี้เลื่อย เท่ากับ 1:1:1 อัตราส่วนวัตถุดิบ:วัสดุประสาน เท่ากับ 1:1.60 มีค่าการดูดซับน้ำในปริมาณมากที่สุด และค่าการดูดซับน้ำที่มีค่าน้อยที่สุด คือ อัตราส่วนกากกาแฟ:ปูนขาว:ขี้เลื่อย 1.5:1.5:01 อัตราส่วนวัตถุดิบ:วัสดุประสาน 1:1.75 จากผลการศึกษาจะเห็นว่า เมื่อมีการผสมขี้เลื่อยลงไปในการผลิตกระถางจะทำให้กระถางมีค่าการดูดซับน้ำเพิ่มขึ้น ซึ่งในการดูดซับน้ำของกระถางในปริมาณที่มาก จะมีผลต่อการกักเก็บน้ำ ทำให้ประหยัดน้ำที่ใช้ในการรดน้ำของกระถางต้นไม้ (ปัญญา และ พิทยา, 2553) แต่จะส่งผลให้อายุการใช้งานของกระถางน้อยลง เนื่องจากกักเก็บน้ำในปริมาณมาก จะทำให้ความแข็งแรงของกระถางน้อยลง เคลื่อนย้ายยาก ส่งผลต่อการเพาะปลูกต้นไม้ ทำให้เกิดความเสียหายของกระถาง

4.4.2 ผลการศึกษาการพองตัว

ผลการศึกษาการพองตัว แสดงดังตารางที่ 4-15 และภาพที่ 4-12

ตารางที่ 4-15 ค่าเฉลี่ยการพองตัวของกระถางเพาะชำ

อัตราส่วน กากกาแฟ:ปูนขาว:ขี้เลื่อย	อัตราส่วน วัตถุดิบ:วัสดุประสาน	ค่าเฉลี่ยการพองตัว (เปอร์เซ็นต์)
1.5:1.5:0	1:1.45	10.89
	1:1.60	8.13
	1:1.75	4.94
1:1:1	1:1.45	10.76
	1:1.60	14.17
	1:1.75	10.62



ภาพที่ 4-12 ค่าเฉลี่ยการพองตัวของกระถางเพาะชำ

จากตารางที่ 4-14 และภาพที่ 4-12 พบว่า ค่าการพองตัวของกระถางเพาะชำ อัตราส่วนกากกาแฟ:ปูนขาว:ขี้เลื่อย เท่ากับ 1:1:1 อัตราส่วนวัตถุดิบ:วัสดุประสาน เท่ากับ 1:1.60 มีค่าการพองตัวที่สูงกว่าอัตราส่วนอื่น ๆ เนื่องจากชิ้นส่วนของกระถางเพาะชำที่มีส่วนผสมของขี้เลื่อยที่นำมาทดสอบมีช่องว่างมาก ทำให้น้ำแทรกเข้าไปอยู่ในชิ้นส่วนของกระถางได้มาก ทำให้เกิดการพองตัวมาก จากผลการศึกษาการพองตัวของกระถางเพาะชำมีความสอดคล้องกับผลการศึกษาการดูดซับน้ำ

กล่าวคือ กระถางเพาะชำที่มีส่วนผสมของขี้เลื่อยจะมีค่าการดูดซับน้ำและการพองตัวสูงกว่า ซึ่งจะส่งผลต่ออัตราในการย่อยสลายของกระถางเพาะชำที่เร็วขึ้น

4.5 ผลการศึกษาประสิทธิภาพของกระถางเพาะชำในการเพาะกล้าพืช

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพของกระถางเพาะชำ ในการเพาะกล้าพืช โดยเลือกใช้ต้นดาวเรืองฝรั่งเศส ในการทดสอบ และทำการปลูกในกระถางที่ขึ้นรูปดีที่สุด คือ อัตราส่วนกากกาแฟ:ปูนขาว:ขี้เลื่อย เท่ากับ 1.5:1.5:0 และ 1:1:1 ในวัสดุประสาน:วัตถุดิบเท่ากับ 1:1.45 1:1.60 และ 1:1.75 แสดงผลดังตารางที่ 4-16

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

ตารางที่ 4-16 ผลการศึกษาประสิทธิภาพของกระถางเพาะชำในการเพาะกล้าพืช

อัตราส่วน กากกาแฟ:ปูนขาว:ขี้เลื่อย	ระยะเวลา หลังจากการปลูกพืช (วัน)	อัตราส่วนวัตถุดิบ:วัสดุประสาน		
		1:1.45	1:1.60	1:1.75
1.5:1.5:0	1			
	2			
	3			

ตารางที่ 4-16 (ต่อ)

อัตราส่วน กากกาแฟ:ปูนขาว:ขี้เลื่อย	ระยะเวลา หลังจากการปลูกพืช (วัน)	อัตราส่วนวัตถุดิบ:วัสดุประสาน		
		1:1.45	1:1.60	1:1.75
1.5:1.5:0	4			
	5			
	6			
	7			

ตารางที่ 4-16 (ต่อ)

อัตราส่วน กากกาแฟ:ปูนขาว:ขี้เลื่อย	ระยะเวลา หลังจากการปลูกพืช (วัน)	อัตราส่วนวัตถุดิบ:วัสดุประสาน		
		1:1.45	1:1.60	1:1.75
1.5:1.5:0	8			
	9			
	10			
	11			

ตารางที่ 4-16 (ต่อ)

อัตราส่วน กากกาแฟ:ปูนขาว:ขี้เลื่อย	ระยะเวลา หลังจากการปลูกพืช (วัน)	อัตราส่วนวัตถุดิบ:วัสดุประสาน		
		1:1.45	1:1.60	1:1.75
1.5:1.5:0	12			
	13			
	14			

ตารางที่ 4-16 (ต่อ)

อัตราส่วน กากกาแฟ:ปูนขาว:ขี้เลื่อย	ระยะเวลา หลังจากการปลูกพืช (วัน)	อัตราส่วนวัตถุดิบ:วัสดุประสาน		
		1:1.45	1:1.60	1:1.75
1.5:1.5:0	15			
	16			

ตารางที่ 4-16 (ต่อ)

อัตราส่วน กากกาแฟ:ปูนขาว:ขี้เลื่อย	ระยะเวลาหลังจากการปลูกพืช (วัน)	อัตราส่วนวัตถุดิบ:วัสดุประสาน		
		1:1.45	1:1.60	1:1.75
1:1:1	1			
	2			
	3			
	4			

ตารางที่ 4-16 (ต่อ)

อัตราส่วน กากกาแฟ:ปูนขาว:ขี้เลื่อย	ระยะเวลา หลังจากการปลูกพืช (วัน)	อัตราส่วนวัตถุดิบ:วัสดุประสาน		
		1:1.45	1:1.60	1:1.75
1:1:1	5			
	6			
	7			

ตารางที่ 4-16 (ต่อ)

อัตราส่วน กากกาแฟ:ปูนขาว:ขี้เลื่อย	ระยะเวลา หลังจากการปลูกพืช (วัน)	อัตราส่วนวัตถุดิบ:วัสดุประสาน		
		1:1.45	1:1.60	1:1.75
1:1:1	8			
	9			
	10			
	11			

ตารางที่ 4-16 (ต่อ)

อัตราส่วน กากกาแฟ:ปูนขาว:ขี้เลื่อย	ระยะเวลา หลังจากการปลูกพืช (วัน)	อัตราส่วนวัตถุดิบ:วัสดุประสาน		
		1:1.45	1:1.60	1:1.75
1:1:1	12			
	13			
	14			

ตารางที่ 4-16 (ต่อ)

อัตราส่วน กากกาแฟ:ปูนขาว:ขี้เลื่อย	ระยะเวลา หลังจากการปลูกพืช (วัน)	อัตราส่วนวัตถุดิบ:วัสดุประสาน		
		1:1.45	1:1.60	1:1.75
1:1:1	15			
	16			

จากตารางที่ 4-16 การศึกษาประสิทธิภาพของกระถางเพาะชำ ทำการปลูกดาวเรืองฝรั่งเศสรดน้ำวันละ 2 ครั้ง เช้าและเย็น ในปริมาณน้ำที่รด เท่ากับ 100 มิลลิลิตร และทำการสังเกตการเปลี่ยนแปลงของพืช และการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของกระถาง เป็นเวลา 16 วัน จากการศึกษาข้างต้นแสดงให้เห็นว่า ลักษณะทางกายภาพของกระถางยังคงไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนัก แต่ความเป็นไปได้ของกระถางเพาะชำ อัตราส่วนกากกาแฟ:ปูนขาว:ขี้เลื่อย เท่ากับ 1:1:1 อัตราส่วนวัตถุดิบ:วัสดุประสาน เท่ากับ 1:1.60 จะทำการย่อยสลายได้เร็วที่สุด ทั้งนี้มีความสอดคล้องกับค่าเฉลี่ยการดูดซับน้ำ และการพองตัวของกระถางเพาะชำที่มีค่าสูงสุด และในระยะเวลา 16 วัน ผู้วิจัยยังไม่สามารถสังเกตการเปลี่ยนแปลง ของการเจริญเติบโตของดาวเรืองฝรั่งเศสได้ ดังนั้น จะเห็นได้ว่ากระถางเพาะชำที่ผลิตได้มีอายุการใช้งานนานเกิน 15 วัน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของพรเทพ และ วรินทร์ (2554) ที่ทำการศึกษากระถางต้นไม้จากขี้เลื่อย โดยใช้กาวแป้งเปียกเป็นตัวประสาน พบว่า กระถางจะใช้เวลาในการย่อยสลายในดิน 36 วัน จากการศึกษา พบว่า กระถางเพาะชำจากกากกาแฟ ปูนขาวจากเปลือกหอย และขี้เลื่อย สามารถใช้ในการเพาะปลูกพืชได้ ซึ่งมีความเป็นไปได้ที่จะใช้ทดแทนกระถางหรือถุงเพาะชำที่ทำจากพลาสติก และยังสามารถย่อยสลายได้ ซึ่งเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เพิ่มปริมาณธาตุอาหาร และอินทรียวัตถุในดิน ลดปริมาณขยะ และสามารถนำไปใช้งานได้จริง

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย

จากการผลิตกระถางเพาะชำจากกากกาแฟ ปูนขาวจากเปลือกหอย และขี้เลื่อยไม้ยางพารา โดยมีกาวแป้งเปียกเป็นวัสดุประสาน เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางกายภาพและเคมีของวัตถุดิบและกระถางเพาะชำ ศึกษาอัตราส่วนของวัตถุดิบและวัสดุวัสดุประสานที่มีความเหมาะสมต่อการผลิตกระถางเพาะชำ ศึกษาคุณสมบัติของกระถางเพาะชำ และศึกษาประสิทธิภาพของกระถางเพาะชำระหว่างการเพาะชำกล้าพืช ผลการวิจัยสามารถสรุปได้ดังนี้

5.1 การศึกษาองค์ประกอบทางกายภาพและเคมีของวัตถุดิบ

ผลการศึกษาความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของวัตถุดิบ พบว่า กากกาแฟ ปูนขาวจากเปลือกหอย และขี้เลื่อย มีค่า ความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 5.83 7.13 และ 7.50 ตามลำดับ ความชื้นของกากกาแฟ ปูนขาวจากเปลือกหอย และขี้เลื่อย เท่ากับ 17.31 เปอร์เซ็นต์ 7.35 เปอร์เซ็นต์ 26.6 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณอินทรียวัตถุ (OM) พบว่า กากกาแฟ ปูนขาวจากเปลือกหอย และขี้เลื่อย มีปริมาณอินทรียวัตถุ เท่ากับ 1.44 เปอร์เซ็นต์ 0.11 เปอร์เซ็นต์ และ 79.55 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ นอกจากนี้วัตถุดิบยังมีธาตุองค์ประกอบอื่น ๆ หลงเหลืออยู่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งธาตุอาหารหลักของพืช กล่าวคือ กากกาแฟมีปริมาณของ N P_2O_5 และ K_2O เท่ากับ 2.53 เปอร์เซ็นต์ 0.331 เปอร์เซ็นต์ และ 0.740 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนปูนขาวจากเปลือกหอยมีปริมาณของ N P_2O_5 และ K_2O โดยมีค่าเท่ากับ nd เปอร์เซ็นต์ 0.277เปอร์เซ็นต์ และ 0.542 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และขี้เลื่อยมีปริมาณของ N P_2O_5 และ K_2O โดยมีค่าเท่ากับ 0.25 เปอร์เซ็นต์ 0.10 เปอร์เซ็นต์ และ 0.43 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

5.2 การศึกษาอัตราส่วนระหว่างวัตถุดิบและวัสดุประสานที่เหมาะสมในการอัดขึ้นรูปกระถางเพาะชำจากกากกาแฟ ปูนขาวจากเปลือกหอย และขี้เลื่อย

การอัดขึ้นรูปกระถางเพาะชำจากกากกาแฟ ปูนขาวจากเปลือกหอย และขี้เลื่อย ที่อัตราส่วนกากกาแฟ:ปูนขาว:ขี้เลื่อย เท่ากับ 3:0:0 0:3:0 0:0:3 1.5:0:1.5 และ 0:1.5:1.5 ไม่สามารถขึ้นรูปได้เต็มใบ ในการใช้กาวปริมาณต่างๆ แสดงให้เห็นว่า เมื่อใช้วัตถุดิบเพียงชนิดเดียวในการขึ้นรูปกระถางเพาะชำจะไม่สามารถขึ้นรูปกระถางได้ และเมื่อมีการเพิ่มปริมาณขี้เลื่อยเป็นส่วนผสมร่วมกับกากกาแฟ และปูนขาว จะไม่สามารถขึ้นรูปได้เช่นกัน อัตราส่วนที่สามารถขึ้นรูปกระถางเพาะชำได้ คือ อัตราส่วนกากกาแฟ:ปูนขาว:ขี้เลื่อยไม้ยางพารา เท่ากับ 1.5:1.5:0 และ 1:1:1 โดยใช้อัตราส่วนวัตถุดิบ:วัสดุประสาน ในช่วง 1:0.70 ถึง 1:1.75 แต่หากพิจารณาลักษณะทางกายภาพของกระถางเพาะชำที่สามารถขึ้นรูปได้ข้างต้น พบว่า กระถางเพาะชำที่สามารถขึ้นรูปได้ดีที่สุด คือ อัตราส่วนกากกาแฟ:ปูนขาว:ขี้เลื่อย เท่ากับ 1.5:1.5:0 สามารถขึ้นรูปได้เต็มใบ ลักษณะผิวด้านนอกของกระถางเรียบสวย กระถางมีความคงทน แข็งแรงมากที่สุด และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้จริง

5.3 การศึกษาองค์ประกอบทางกายภาพและเคมีของกระถางเพาะชำจากกากกาแฟ ปูนขาวจากเปลือกหอย และขี้เลื่อย

5.3.1 ความเป็นกรด-ด่าง (pH)

ค่าเฉลี่ยความเป็นกรด-ด่างของกระถางเพาะชำ อยู่ระหว่าง 11.79-12.33 โดยกระถางเพาะชำที่มีค่าเฉลี่ยความเป็นกรด-ด่าง เฉลี่ยที่สูงสุดและต่ำสุด คือ กระถางที่ขึ้นรูปในอัตราส่วนของ 1.5:1.5:0 อัตราส่วนวัตถุดิบ:วัสดุประสาน เท่ากับ 1:1.75 และ 1:1:1 สูตรกาว 1:1.45 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่า กระถางเพาะชำที่ผลิตได้ทุกอัตราส่วน มีค่าความเป็นด่าง ดังนั้น กระถางเพาะชำที่ผลิตได้นี้น่าจะมีความเหมาะสมในการเพาะปลูกพืชที่เจริญเติบโตในดินที่เป็นด่าง และยังช่วยปรับสภาพดินเสื่อมโทรม โดยเฉพาะดินที่มีความเป็นกรดสูง เพราะจะสามารถปรับสภาพความเป็นกรดของดินให้เป็นกลางได้

5.3.2 ความชื้น

ความชื้นเฉลี่ยของกระถางเพาะชำอยู่ระหว่าง 14.49-30.13 โดยกระถางเพาะชำที่มีค่าความชื้นเฉลี่ยที่สูงและต่ำสุด คือ กระถางที่ขึ้นรูปในอัตราส่วน 1:1:1 อัตราส่วนวัตถุดิบ:วัสดุประสาน 1:1.75 และ อัตราส่วนกากกาแฟ:ปูนขาว:ขี้เลื่อย เท่ากับ 1.5:1.5:0 อัตราส่วนวัตถุดิบ:วัสดุประสาน 1:1.60 ตามลำดับ จากผลค่าความชื้นของกระถางเพาะชำ แสดงให้เห็นว่ากระถางเพาะชำที่มีการผสมขี้เลื่อยจะมีความชื้นมากกว่า และน่าจะใช้เวลาในการย่อยสลายน้อยกว่ากระถางเพาะชำที่ไม่มีการผสมขี้เลื่อย

5.3.3 ปริมาณอินทรียวัตถุ

ค่าเฉลี่ยอินทรียวัตถุของกระถางเพาะชำอยู่ระหว่าง 5.23-6.71 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งปริมาณอินทรียวัตถุที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชส่วนใหญ่ เท่ากับ 2.75 จะเห็นได้ว่ากระถางเพาะชำจากกากกาแฟ ปูนขาวจากเปลือกหอย และขี้เลื่อย มีปริมาณอินทรียวัตถุในปริมาณที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช คือ มากกว่า 2.75 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้น กระถางเพาะชำที่ผลิตได้มีความเหมาะสมในการเพาะปลูกพืช

5.3.4 ปริมาณธาตุอาหารและองค์ประกอบทางเคมีต่าง ๆ ของกระถางเพาะชำ

1) ปริมาณโพแทสเซียมไดออกไซด์

โพแทสเซียมออกไซด์ของกระถางเพาะชำอยู่ระหว่าง 0.527-0.742 เปอร์เซ็นต์ โดยกระถางเพาะชำที่มีค่าโพแทสเซียมออกไซด์เฉลี่ยสูงสุด คือ กระถางเพาะชำอัตราส่วนกากกาแฟ:ปูนขาว:ขี้เลื่อย เท่ากับ 1.5:1.5:0 อัตราส่วนวัตถุดิบ:วัสดุประสาน เท่ากับ 1:1.75 และต่ำสุด คือ กระถางเพาะชำอัตราส่วนกากกาแฟ:ปูนขาว:ขี้เลื่อย 1:1:1 อัตราส่วนวัตถุดิบ:วัสดุประสาน เท่ากับ 1:1.75 โดยภาพรวม พบว่า กระถางเพาะชำที่ผลิตได้มีปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ พ.ศ. 2548 ซึ่งกำหนดให้มีค่าปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดไม่น้อยกว่า 0.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

2) ปริมาณฟอสฟอรัสเพนออกไซด์

กระถางเพาะชำมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.127-0.201 เปอร์เซ็นต์ โดยกระถางเพาะชำที่มีค่าฟอสฟอรัสเพนออกไซด์เฉลี่ยสูงสุด คือ กระถางเพาะชำอัตราส่วนกากกาแฟ:ปูนขาว:ขี้เลื่อย เท่ากับ 1.5:1.5:0 อัตราส่วนวัตถุดิบ:วัสดุประสาน เท่ากับ 1:1.75 และต่ำสุด คือ กระถางเพาะชำอัตราส่วนกากกาแฟ:ปูนขาว:ขี้เลื่อย 1:1:1 อัตราส่วนวัตถุดิบ:วัสดุประสาน เท่ากับ 1:1.60

3) ปริมาณอลูมิเนียมออกไซด์

กระถางเพาะชำมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.050-0.150 เปอร์เซ็นต์ โดยกระถางเพาะชำที่มีค่าอลูมิเนียมออกไซด์เฉลี่ยสูงสุด คือ กระถางเพาะชำอัตราส่วนกากกาแฟ:ปูนขาว:ขี้เลื่อย เท่ากับ 1.5:1.5:0 อัตราส่วนวัตถุดิบ:วัสดุประสาน เท่ากับ 1:1.45 และต่ำสุด คือ กระถางเพาะชำอัตราส่วนกากกาแฟ:ปูนขาว:ขี้เลื่อย 1:1:1 อัตราส่วนวัตถุดิบ:วัสดุประสาน เท่ากับ 1:1.60

4) ปริมาณแมกนีเซียมออกไซด์

กระถางเพาะชำมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.139-0.233 เปอร์เซ็นต์ โดยกระถางเพาะชำที่มีค่าแมกนีเซียมออกไซด์เฉลี่ยสูงสุด คือ กระถางเพาะชำอัตราส่วนกากกาแฟ:ปูนขาว:ขี้เลื่อย เท่ากับ 1.5:1.5:0 อัตราส่วนวัตถุดิบ:วัสดุประสาน เท่ากับ 1:1.60 และต่ำสุด คือ กระถางเพาะชำอัตราส่วนกากกาแฟ:ปูนขาว:ขี้เลื่อย 1:1:1 อัตราส่วนวัตถุดิบ:วัสดุประสาน เท่ากับ 1:1.60

5) ปริมาณซัลเฟอร์ไตรออกไซด์

กระถางเพาะชำมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.213-0.343 เปอร์เซ็นต์ โดยกระถางเพาะชำที่มีค่าซัลเฟอร์ไตรออกไซด์เฉลี่ยสูงสุด คือ กระถางเพาะชำอัตราส่วนกากกาแฟ:ปูนขาว:ขี้เลื่อย เท่ากับ 1.5:1.5:0 อัตราส่วนวัตถุดิบ:วัสดุประสาน เท่ากับ 1:1.45 และต่ำสุด คือ กระถางเพาะชำอัตราส่วนกากกาแฟ:ปูนขาว:ขี้เลื่อย 1:1:1 อัตราส่วนวัตถุดิบ:วัสดุประสาน เท่ากับ 1:1.60

6) ปริมาณแคลเซียมออกไซด์

กระถางเพาะชำมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 18.659-30.442 เปอร์เซ็นต์ โดยกระถางเพาะชำที่มีค่าแคลเซียมออกไซด์เฉลี่ยสูงสุด คือ กระถางเพาะชำอัตราส่วนกากกาแฟ:ปูนขาว:ขี้เลื่อย เท่ากับ 1.5:1.5:0 อัตราส่วนวัตถุดิบ:วัสดุประสาน เท่ากับ 1:1.75 และต่ำสุด คือ กระถางเพาะชำอัตราส่วนกากกาแฟ:ปูนขาว:ขี้เลื่อย 1:1:1 อัตราส่วนวัตถุดิบ:วัสดุประสาน เท่ากับ 1:1.75

7) ปริมาณไอรอนออกไซด์

กระถางเพาะชำมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.046-0.071 เปอร์เซ็นต์ โดยกระถางเพาะชำที่มีค่าไอรอนออกไซด์เฉลี่ยสูงสุด คือ กระถางเพาะชำอัตราส่วนกากกาแฟ:ปูนขาว:ขี้เลื่อย เท่ากับ 1.5:1.5:0 อัตราส่วนวัตถุดิบ:วัสดุประสาน เท่ากับ 1:1.75 และต่ำสุด คือ กระถางเพาะชำอัตราส่วนกากกาแฟ:ปูนขาว:ขี้เลื่อย 1:1:1 อัตราส่วนวัตถุดิบ:วัสดุประสาน เท่ากับ 1:1.75

จากผลการวิเคราะห์ พบว่า กระถางเพาะชำอัตราส่วนกากกาแฟ:ปูนขาว:ขี้เลื่อย เท่ากับ 1.5:1.5:0 ปริมาณธาตุอาหารและองค์ประกอบทางเคมีต่าง ๆ ของกระถางเพาะชำสูงสุด

5.4 การศึกษาคุณสมบัติบางประการของกระถางเพาะชำจากกากกาแฟ ปูนขาวจากเปลือกหอย และขี้เลื่อย

ผลการศึกษา สรุปได้ว่า ค่าการดูดซับน้ำของกระถางเพาะชำ ที่อัตราส่วนกากกาแฟ:ปูนขาว: ขี้เลื่อย เท่ากับ 1:1:1 อัตราส่วนวัตถุดิบ:วัสดุประสาน เท่ากับ 1:1.60 มีค่าการดูดซับน้ำในปริมาณมากที่สุด และค่าการดูดซับน้ำที่มีค่าน้อยที่สุด คือ อัตราส่วนกากกาแฟ: ปูนขาว:ขี้เลื่อย 1.5:1.5:0 อัตราส่วนวัตถุดิบ:วัสดุประสาน เท่ากับ 1:1.75 จากผลการศึกษาจะเห็นว่า เมื่อมีการผสมขี้เลื่อยลงไปในการผลิตกระถางจะทำให้กระถางมีค่าการดูดซับน้ำเพิ่มขึ้น และค่าการพองตัวของกระถางเพาะชำ อัตราส่วนกากกาแฟ:ปูนขาว:ขี้เลื่อย 1:1:1 อัตราส่วนวัตถุดิบ:วัสดุประสาน เท่ากับ 1:1.60 จากผลการศึกษาการพองตัวของกระถางเพาะชำมีความสอดคล้องกับผลการศึกษาการดูดซับน้ำ กล่าวคือ กระถางเพาะชำที่มีส่วนผสมของขี้เลื่อย จะมีค่าการดูดซับน้ำและการพองตัวสูงกว่า ซึ่งจะส่งผลต่ออัตราส่วนเร็วในการย่อยสลายของกระถางเพาะชำ

5.5 การศึกษาประสิทธิภาพของกระถางเพาะชำในการเพาะกล้าพืช

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของกระถางเพาะชำ เป็นเวลา 16 วัน พบว่า ลักษณะทางกายภาพของกระถางยังคงไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนัก แต่ความเป็นไปได้ของกระถางเพาะชำ อัตราส่วนกากกาแฟ:ปูนขาว:ขี้เลื่อย เท่ากับ 1:1:1 อัตราส่วนวัตถุดิบ:วัสดุประสาน เท่ากับ 1:1.60 จะทำการย่อยสลายได้เร็วที่สุด ทั้งนี้มีความสอดคล้องกับค่าเฉลี่ยการดูดซับน้ำและการพองตัวของกระถางเพาะชำที่มีค่าสูงสุด และในระยะเวลา 16 วัน ผู้วิจัยยังไม่สามารถสังเกตการเปลี่ยนแปลง ของการเจริญเติบโตของดาวเรืองฝรั่งเศสได้ ดังนั้น จะเห็นได้ว่า กระถางเพาะชำที่ผลิตได้มีอายุการใช้งานนานเกิน 15 วัน จากการศึกษา พบว่า กระถางเพาะชำจากกากกาแฟ ปูนขาวจากเปลือกหอย และขี้เลื่อย สามารถใช้ในการเพาะปลูกพืชได้ ซึ่งมีความเป็นไปได้ที่จะใช้ทดแทนกระถางหรือถุงเพาะชำที่ทำจากพลาสติก และยังสามารถย่อยสลายได้ ซึ่งเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เพิ่มปริมาณธาตุอาหาร และอินทรียวัตถุในดิน ลดปริมาณขยะ และสามารถนำไปใช้งานได้จริง

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน. ม.ป.ป. **วัสดุปรับปรุงดินและปุ๋ยธาตุอาหารพืช**. แหล่งที่มา: http://www.ldd.go.th/Lddwebsite/web_ord/Technical/pdf/P_Technical04034_06.pdf, 26 กรกฎาคม 2561.

กรมพัฒนาที่ดิน. มปป. **อิทธิพลระยะยาวของการใส่วัสดุอินทรีย์ต่อการกระจาย ขนาดของเม็ดดินและอินทรียวัตถุในดินที่ปลูกอ้อย**. แหล่งที่มา: http://www.ldd.go.th/WEB_NSFC/PDF/portfolio_1.pdf, 27 กรกฎาคม 2561.

กรมพัฒนาที่ดิน. 2550. **การใช้สารปรับปรุงบำรุงดินในพื้นที่เกษตรกรรม**. แหล่งที่มา: http://www.ldd.go.th/menu_dataonline/G7/G7_01.pdf, 10 กรกฎาคม 2561.

กรมพัฒนาที่ดิน. 2553. **คู่มือการปฏิบัติงาน กระบวนการวิเคราะห์ตรวจสอบดินทางเคมี**. แหล่งที่มา: http://www.ldd.go.th/PMQA/2553/Manual/OSD-03.pdf, 18 สิงหาคม 2560.

กรมวิชาการเกษตร. มปป. **ลักษณะทางพฤกษศาสตร์และพันธุ์กาแฟ**. แหล่งที่มา: http://www.doa.go.th/hortold/images/stories/academy/coffee/botanyandcultivar.pdf, 8 สิงหาคม 2561.

กรมส่งเสริมการเกษตร. มปป. **การปลูกดาวเรือง**. แหล่งที่มา: http://ktank.doae.go.th/uploads/05_dow(31.5.60).pdf, 4 พฤษภาคม 2560.

กาญจน์มุนี ศรีวิศาลภพ, ณรงค์ชัย ปัญญานนชัย และ ธนรัฐ สวัสดิชัย. 2547. **คุณรู้เรื่องกาแฟดีแค่ไหน**. พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์ดอกหญ้ากรุ๊ป, กรุงเทพฯ.

กฤษดา สังข์สิงห์. 2552. **สมบัติของไม้ยางพารา**. แหล่งที่มา: www.thaifta.com/trade/study/imtgt_chap5-2.pdf, 20 มกราคม 2560.

กิตติธัช สุเหร็น และ ชานนท์ ดีเบา. 2559. การผลิตแท่งเพาะชำจากชีวมวลผสมปุ๋ยมูลไส้เดือน. ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อมท้องถิ่น, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง.

กัญจ์ภัส สรัชนพพรสิน และ ชนิดา ซิ้มเจริญ. 2556. ความเป็นไปได้ในการใช้กากกาแฟเป็นสารช่วยในการกระจายตัวของซิลิกาในยางธรรมชาติ. ปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาเคมีวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์. 2536. **วิศวกรรมประปา**. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์ มิตรนราการพิมพ์, กรุงเทพฯ.

เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์. 2542. **การบำบัดน้ำเสีย**. พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์สยามสเตชั่นเนอรี่ซัพพลายส์, กรุงเทพฯ.

จารุวรรณ บางแวก. มปป. **โครงการวิจัยวิจัยพัฒนาและการใช้ประโยชน์จากแป้งพืชศักยภาพ.** แหล่งที่มา: http://www.doa.go.th/research/attachment.php?aid=2231, 27 กรกฎาคม 2561.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

จารุพัชร์ พิชัยอุตกฤษฎ์, ชนิสรา ศรีพุ่ม, ฐิติรัตน์ สมงาม, เทอดฉัตร สุดประโคน, ปรียาพร ชูวงษ์, สุจีมาศ แก้วมุกดา, สุนทรีพร พารารักษ์, สุวนันท์ สอนศรี และ วัชระพล หาบ้านแท่น. 2556. **กาแฟ cafe**. แหล่งที่มา: https://sites.google.com/site/kafaeswu/home, 12 พฤษภาคม 2560.

ณัทฐิมา สุขเสวียด, พรชุลีย์ นิลวิเศษ และ สุนันท์ สีสังข์. 2556. การผลิตและการตลาดกาแฟของเกษตรกรในจังหวัดชุมพร, น. 10 *ใน* **รายงานการประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาของมหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 3**.

ณรงค์ฤทธิ์ สมบัติสมภพ. 2545. **การผลิตและทดสอบวัสดุผสมพีวีซีกับขี้เลื่อยไม้ในกระบวนการอัดรีด.** แหล่งที่มา: http://www.kmutt.ac.th/rippc/ptrf512.htm, 7 พฤษภาคม 2561.

เต็ม สมิตินันทน์. 2549. **ชื่อพรรณไม้แห่งประเทศไทย**. แหล่งที่มา: http://www.dnp.go.th/botany/, 4 พฤษภาคม 2560.

ปฐมา จาตกานนท์, กุลฤดี แสงสีทอง, รุ่งทิวา วันสุขศรี และ กล้าณรงค์ ศรีรอต. ม.ป.ป. **สมบัติของฟิล์มจากแป้งมันสำปะหลังดัดแปรด้วยกรดในน้ำและเอทานอล,** น.10. *ใน* สถาบันค้นคว้าศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ.

ปัญญา หลักงาม และ พิทยา ทองย้อย. 2553. การศึกษาและพัฒนากระถางเพาะไม้ประดับจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร. ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ปัญญารัฐ ไม้สนธิ์. 2545. การศึกษาโครงสร้างตลาดกาแฟผงสำเร็จรูปในประเทศไทย. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเศรษฐศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ปริยานุช จุลกะ, พิจิตรา แก้วสอน และ ปนัดดา จีนประสม. 2557. ผลของการใช้วัสดุปลูกที่มีส่วนผสมของกากกาแฟต่อการงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้ามะเขือเทศ. **วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร** ปีที่ 45 ฉบับที่ 2.

ปทุมทิพย์ ต้นทับทิมทอง, มาริสา จินะดิษฐ์, สุรัตน์ บุญพึ่ง และ จิระพล กลิ่นบุญ. 2550. การวิจัยกระถางต้นไม้จากเศษวัสดุเหลือใช้ทางเกษตร. วิทยานิพนธ์คณะวิชาเทคโนโลยีเคมี, สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ.

ผุสดี มุหะหมัด. 2556. **การแปรรูปไม้ยางพารา**. แหล่งที่มา: https://www.gotoknow.org/posts/349581, 20 มกราคม 2560.

พรเทพ แก้วเชื้อ และ วรินทร์ เกียรตินุกูล. 2554. โครงการพัฒนากระถางต้นไม้จากขี้เลื่อย. *ใน* **การประชุมวิชาการด้านการวิจัยดำเนินงานแห่งชาติ ประจำปี 2554**. โรงแรม เอส ดี อเวนิว, กรุงเทพมหานคร.

พรพรรณ แสนภูมิ มนัสนันท์ นพรัตน์ไมตรี และ สุภาวดี ฉิมทอง. 2557. การปรับปรุงกากกาแฟด้วยเอนไซม์เพื่อใช้เป็นพรีไบโอติกส์ในอาหารสัตว์. คณะสัตว์ศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร, มหาวิทยาลัยศิลปากร.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

พิจัยสุข แถวเที่ยง. 2555. โครงการออกแบบโคมไฟจากกากกาแฟ. วิทยานิพนธ์หลักสูตรปริญญาศิลปมหาบัณฑิต สาขาวิชาการออกแบบผลิตภัณฑ์ ภาควิชาการออกแบบผลิตภัณฑ์ มหาวิทยาลัยศิลปากร, นครปฐม.

มาลินี ชัยศุภกิจสินธ์, ทิพย์รัตน์ พิฑูรทัศน์, พนิดา พุทธชาดสมบัติ และ รัชมาลิณี สุเริงฤทธิ์. 2553. สมบัติของแผ่นใยไม้อัดจากใยมะพร้าวกับโฟมพอลิสไตรีนผสมสารหน่วงไฟ. **วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา.** 57-66 น.

มาลัยพร ดวงบาล. 2552**.** การผลิตสารต้านอนุมูลอิสระกรดแกลลิกจากกากกาแฟสดที่เหลือใช้โดยเอนไซม์แทนเนส. รายงานการวิจัยมหาวิทยาลัยราชภัฏ, นครสวรรค์.

วราพงษ์ บุญมา. 2553. **พันธุ์กาแฟ**. แหล่งที่: www.natres.psu.ac.th/Department/PlantScience/510-211/lecturenote/.../coffee.doc, 20 มกราคม 2560.

วรรณวิภา ไกรพิทยากร และ เอนก สาวะอินทร์. 2559. ความเป็นไปได้ของการผลิตกระถางย่อยสลายได้จากกากกาแฟผสมปูนขาวจากเปลือกหอย, *ใน* **รายงานการประชุมวิชาการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติครั้งที่ 15** ณ โรงแรมเดอะ ทวิน ทาวเวอร์, กรุงเทพฯ.

วรรณวิภา ไชยชาญ และ เอนก สาวะอินทร์. 2561. การผลิตและสมบัติของกระถางเพาะชำชีวภาพจากกากกาแฟผสมปูนขาวจากเปลือกหอย, น. 48-59 *ใน* **รายงานการประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 28** สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยทักษิณ, สงขลา.

วารุณี อริยวิริยะนันท์. 2549. **ผลิตภัณฑ์จากขี้เลื่อย**. แหล่งที่มา: http://www.trueplookpanya.com/true/sarapan_detail.php?cms_id=464, 20 มกราคม 2560.

วิทยาลัยการอาชีพด่านซ้าย. 2552. **กระถางดอกไม้เศษวัสดุเหลือใช้ leavings flowerpots**. วิทยาลัยการอาชีพด่านซ้าย, จังหวัดเลย.

ศรัณย์ จิตตวนิชประภา. 2554**.** การดูดซับยาปฏิชีวนะ Ciprofloxacin ด้วยถ่านที่เตรียมจากกากกาแฟ. สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยศิลปากร.

ศูนย์การศึกษาการค้าระหว่างประเทศ คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย. 2556. **อุตสาหกรรมไม้ยางพาราและผลิตภัณฑ์**, น. 66-137. รายงานฉบับสมบูรณ์ (Final Report) โครงการพัฒนาความร่วมมือด้านอุตสาหกรรมกับประเทศเพื่อนบ้าน (ยุทธศาสตร์การพัฒนาความร่วมมือด้านอุตสาหกรรมภายใต้กรอบโครงการพัฒนาเขตเศรษฐกิจสามฝ่ายอินโดนีเซีย-มาเลเซีย-ไทย: IMT-GT).

สมรัชนะ มูลสาย. 2553. **ความรู้เกี่ยวกับยางพารา**. แหล่งที่มา: http://www.oknation.net/blog/socahan9/2010/08/01/entry-2, 20 มกราคม 2560.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

สุขกมล วงศ์สวรรค์. 2545. การวิเคราะห์ปูนขาวจากเปลือกหอยที่แหล่งโบราณคดีวังไผ่. อำเภอบ้านหมี่ จังหวัดลพบุรี. วิทยานิพนธ์ปริญญาศิลปะศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาโบราณคดี สมัยประวัติศาสตร์, มหาวิทยาลัยศิลปากร.

สุจิน สุนีย์ และ ธีรเวท ฐิติกุล. 2552. โครงการวิจัยเรื่อง เครื่องอัดขึ้นรูปกระถางจากขุยและใยมะพร้าว**.** คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

องอาจ ชังธาดา. 2549. **ประวัติและความเป็นมาของกากกาแฟ**. แหล่งที่มา: http://aglib.doa.go.th/lib/images/Downloads/2551/EB00208.pdf, 20 มกราคม 2560.

อดิศา เบญจรัตนานนท์. 2551. **หอมกลุ่นกาแฟ**. แหล่งที่มา: file:///C:/Users/asus/Downloads/75342-Article%20Text-179736-1-10-20170122%20(1).pdf, 23 มกราคม 2560.

อดิศร ไกรนรา. ม.ป.ป. การผลิตกระถางต้นไม้จากเศษวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมสกัดน้ำมันปาล์ม, น. 257-264. *ใน* **รายงานการประชุมวิชาการวลัยลักษณ์ ครั้งที่ 3**.

อรุณรัตน์ อนุภาโส. 2546. **ลักษณะทางพฤกษศาสตร์**. แหล่งที่มา: https://sites.google.com/site/stampswu/home/prawati/laksna-thang-phvkssastr, 20 มกราคม 2560.

อภิญญา ศักภิยานันท์. 2543. **พฤติกรรมการบริโภคเครื่องดื่มกาแฟสดของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานคร**. สำนักวิทยบริการและเทคโนโลยี สารสนเทศ, มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี.

อิทธิสุนทร นันทกิจ. 2551. **การปลูกพืชในวัสดุปลูก**. แหล่งที่มา: http://www.kmitl.ac.th/hydro/Substratdoc.htm, 20 มกราคม 2560.

อิทธิสุนทร นันทกิจ. 2551. **แหล่งกำเนิดขี้เลื่อย**. แหล่งที่มา: http://www.kmitl.ac.th/hydro/Substratdoc.htm, 20 มกราคม 2560.

อำนาจ อมฤก. 2554. การศึกษาการพองตัวของกระถางขึ้นรูปจากเส้นใยกกช้าง. สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์ แขวงหนองค้างพลู เขตหนองแขม, กรุงเทพมหานคร.

เอนก สาวะอินทร์ และ ชุตินุช สุจริต. 2557. การรีไซเคิลเปลือกหอยตลับเพื่อผลิตปูนขาวสำหรับการบำบัดน้ำและน้ำเสีย. การนำเสนอภาคบรรยาย. *ใน* **การประชุมวิชาการการพัฒนาชนบทที่ยั่งยืน ครั้งที่ 4 "Rethink : Social Development for Sustainability in ASEAN Community"** ประจำปี 2557. เซ็นทารา โฮเต็ล แอนด์ คอนเวนชั่นเซ็นเตอร์, จังหวัดขอนแก่น.

Alexander, J., Bisson, J.I., Jenkins, P.L. and Bannister, C. 1997. องค์ประกอบของขี้เลื่อย. แหล่งที่มา: http://dmhost2.psu.ac.th/~rumpsu/index.php/psu-research/2014-09-09-02-01-15/20-2015-02-20-01-20-18, 20 มกราคม 2560.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

Barros, M.C., Bello, P.M., Bao, M. and Torrado, J.J. 2009. From waste to commodity: transformingshells into high purity calcium carbonate. **Journal of Cleaner production.** 17: 400 – 407 .

Best, J.W. 1993**.** Research in Education. Boston, M.A.: Allyn and Bacon.

Esquivel, P. and Jimenez, V.M. 2012. **องค์ประกอบทางกายภายของเมล็ดกาแฟ**. แหล่งที่มา: https://coffeelike58.wordpress.com, 20 มกราคม 2560.

Kwon, H.B., Lee, C.W., Jun, B.S., Yon, J.D., Weon, S.Y. and Koopman, B. 2004. Recycling waste oyster shell for eutrophication control. **Conservation and Recycling.** 41: 75–82.

Kittichai, S., Witchuda, P., Kanokwan, W. and Anantasit, C. 2015. Fabrication and properties of biological plant pots. Sakon Nakhon Rajabhat University **Journal of Science and Technology**. SNRU Journal of Science and Technology 7(2) July – December (2015) 1-7

Metcalf and Eddy. 2004. **Wastewater Engineering Treatment and Reuse.** 4th ed. McGraw-Hill inc, New York.

Mustakimah, M., Suzana, Y. and Saikat, M. 2012. Decomposition Study of Calcium Carbonate in Cockle Shall. **Journal of Engineering Science and Technology** Vol. 7, No. 1 (2012) 1 - 10

Mohamed, M., Rashidi, N.A., Yusup, S., Teong, L.K., Rashid, U. and Ali, R.M. 2012. Effect of experimental variables on conversion of cockle shell to calcium oxide using thermal gravimetric analysis. **Journal of Cleaner Production**. 37: 394 – 397.

Ngah, W.S. and Hanafiah, M.A. 2008. **ขี้เลื่อย.** แหล่งที่มา: https://th.wikipedia.org/wiki/, 20 มกราคม 2560.

Nuri, N.M. 1986. **การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของขี้เลื่อยเพื่อการเพาะเห็ด**. แหล่งที่มา: http://www.lib.kps.ku.ac.th/, 20 มกราคม 2560.

Níidia, S.C., Vânia, F.M., Silva and Teresa, M.M. 2012. Valorization of Coffee Grounds for Biodiesel Production. **Journal of Chemical Engineering Transations.** 26: 267-272.

Pushpa, S.M. and Madhava, M.N. 2012. **Sustainable management of coffee industry by- product and value addition – A review**, pp. 45-58. *In* Resources, Conservation and Recycling 66.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

Phokha, S., Duangaupama, K. and Ruangsan, K.. 2011. Plant Pot Production from the Leaves of Sugarcane, pp. 135-137. *In* 2nd International Science, Social-Science, **Engineering and Energy Conference 2010**: Engineering Science and Management. Procedia Engineering.

Raven, P.H., Ever, R.F. and Eichhorn, S.E. 1992. **Biology of Plants**. New York, NY, U.S.A.: Worth Publishers. 791 pp.

Salange, I.M., Livia, M.C., João, P.A., Silva, Inês, C.R. and José, A.T. 2011. **A study on chemical constituents and sugars extraction from spent coffee grounds**. Cabohydrate Polymer**.** 83: 368-374.

Silva, M.A., Nebra, S.A., Macgaco, M.J., Silva and Scanchez, C.G. 1998. The use of biomass residues in the Brazilian soluble coffee industry. **Biomass and Bioenergy.** 14 : 457-467.

Sjostrom, E. 1981. **Wood chemistry fundamental and application**, pp 60-66. Academic Press, New York.

Tokimoto, T., Kawasaki, N., Nakamura, T., Akutakawa, J. and Tanada, S. 2005. Removal of lead ions in drinking water by coffee grounds as vegetable biomass**. Journal of Colloid and Interface Science.** 281 : 56-61.

Vladimir, I.K., Porametr, A., Songpol, C., Rachadaporn, K. and Kasama, S. 2011. **Combustion of some Thai agricultural and wood residues in a pilot swirling fluidized-bed combustor**. World Renewable Energy Congress .